Fraunhofer
IKTS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KERAMISCHE TECHNOLOGIEN UND SYSTEME IKTS

JAHRESBERICHT 2013 2014



JAHRESBERICHT 2013 2014





Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien und Systeme IKTS
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden
Telefon +49 351 2553-7700
Fax +49 351 2553-7600

Institutsteil Hermsdorf
Michael-Faraday-Straße 1, 07629 Hermsdorf
Telefon +49 36601 9301-0
Fax +49 36601 9301-3921

Institutsteil Materialdiagnostik
Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden-Klotzsche
Telefon +49 351 88815-501
Fax +49 351 88815-509

info@ikts.fraunhofer.de
www.ikts.fraunhofer.de

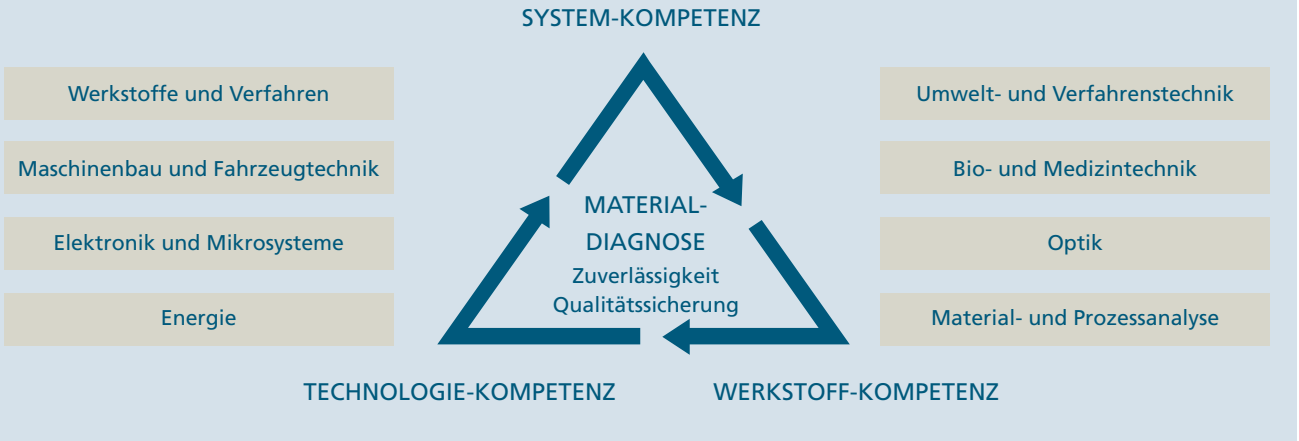
VORWORT

Liebe Freunde des IKTS,

es freut mich Ihnen mitteilen zu können, dass die IKTS-Familie um einen weiteren Standort gewachsen ist. Mit Wirkung zum 1. Januar 2014 gehört die ehemalige Dresdner Zweigstelle des Fraunhofer IZFP (Institut für Zerstörungsfreie Prüfung) mit ihren ca. 125 Mitarbeitern nun zu uns. Inhaltlich stellt dieser Zusammenschluss eine ideale Ergänzung und Vervollständigung unserer Kernkompetenzen dar. Bisher haben wir uns schon konsequent über die gesamte Wertschöpfungskette vom **keramischen Werkstoff** bis zum **System** bzw. Endprodukt aufgestellt, was insbesondere alle **keramischen Technologien und Herstellungsverfahren** einschließt. Dieses Kompetenzdreieck ergänzen wir nun zentral durch die **Material- und Prozessdiagnostik**. Entsprechend haben wir unseren neuen Standort »IKTS-MD« (Materialdiagnostik) benannt. Die herausragende Kompetenz des IKTS-MD in der Prüf- und Analysetechnik bis hin zur Nanoanalytik ergänzen wir ideal durch unser Werkstoff- und Technologieverständnis. Zukünftig werden wir uns somit noch stärker der Entwicklung von Verfahren zur In-Line-Qualitätssicherung, Zustandsüberwachung, Bewertung von Produkten, Prozessen, Strukturen und biologischen Objekten widmen. Gerade auf diesen Gebieten stellen wir bei unseren Industriepartnern einen ständig zunehmenden Bedarf fest und freuen uns auf neue Projektansätze. Nicht verschweigen möchte ich, dass es neben den ausgezeichneten inhaltlichen Synergien dieses Zusammenschlusses auch noch erhebliche betriebswirtschaftliche Herausforderungen gibt, die wir in einem auf drei Jahre angesetzten Integrationsprozess lösen müssen.

Ein weiteres Highlight ist auf dem Cover dieses Berichts abgebildet. Am 7. Mai haben wir feierlich unseren spektakulären Neubau in Hermsdorf eröffnet. Bereits Anfang 2014 haben wir begonnen dieses Gebäude zu beziehen und die Arbeiten aufzunehmen. Auf über 5000 m² sind hervorragend ausgestattete Labors und Technika entstanden, mit denen wir insbesondere unsere Aktivitäten auf dem Gebiet der Membrantechnologie für die Flüssigfiltration und Gastrennung sowie unsere Oxidkeramikentwicklungen erweitert haben. Damit haben wir einen wesentlichen Bestandteil des von uns initiierten »Greentech Campus« Hermsdorf realisiert, der in der Folge auch zu Industrieansiedlungen auf dem Gebiet der Umwelttechnologie führen soll. Die Erweiterungen in

Fraunhofer IKTS – »One Stop Shop« für Keramik





Hermsdorf sind auch unseren Schwerpunkten Medizin-, Speicher- und Foliengießtechnologie zu Gute gekommen. So haben wir z. B. neue Räumlichkeiten zur Verstetigung der auf dem Thema Hochtemperatur-Natriumbatterien arbeitenden Thüringer Forschergruppe und ein »Kompetenzzentrum Gießtechnologie« geschaffen.

Natürlich kommt auch der Standort Dresden nicht zu kurz. Im Berichtszeitraum haben wir unseren ebenfalls sehr gelungenen dritten Bauabschnitt mit ca. 2500 m^2 bezogen. In diesem Gebäude haben wir u. a. unsere Spritzgießtechnologie, unsere Lithium-Ionen-Batterie-Entwicklungen sowie unsere Aktivitäten zur MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) gebündelt und werden dort ein »Kompetenzzentrum Druck- und Dickschichttechnologie« einrichten. Zusammen mit dem oben genannten »Kompetenzzentrum Gießtechnologie« sowie unseren Vielschichtkeramik-MEMS-Linien haben wir damit weitere wichtige Voraussetzungen geschaffen, um das Thema »Additive Fertigung«, auf dem wir seit vielen Jahren aktiv sind, stark auszubauen. Dieses Gebiet bildet einen wesentlichen strategischen Schwerpunkt des Fraunhofer IKTS.

Auch unsere Auslandsaktivitäten haben wir mit der Gründung des Fraunhofer CEI – Center for Energy Innovations in Connecticut USA weiter gestärkt. Speziell unsere Kompetenzen auf dem Gebiet der Energie- und Umwelttechnologie möchten wir dort für den amerikanischen Markt erschließen. Das Fraunhofer CEI wurde in enger Zusammenarbeit mit der renommierten University of Connecticut in Storrs unter Leitung von Prof. Prabhakar Singh gegründet, so dass wir wechselseitig und ausgewogen vom jeweiligen Know-how profitieren. Die Finanzierung stammt zu 2/3 aus amerikanischen und zu 1/3 aus deutschen Mitteln.

Im Berichtszeitraum konnten wir somit unsere Infrastruktur über die gesamte Breite unserer Keramik- und Prüftechnikkompetenz deutlich ausbauen. Das war nur mit der hervorragenden Unterstützung aus Bund und Ländern möglich. Insbesondere danken wir den Sächsischen und Thüringer Ministerien SMWK, SMWA, TMBWK und TMWAT für die exzellente Unterstützung, die natürlich kein Selbstzeck ist, sondern unserer Mission entsprechend unseren Industriepartnern zu Gute kommt. Erneut möchte ich Ihnen anbieten, von diesen Möglichkeiten ausgiebig Gebrauch zu machen. Wir sehen uns als Dienstleister für die Industrie und stehen jederzeit für Gespräche zur Planung gemeinsamer Aktivitäten zur Verfügung.

Last but not least möchte ich wieder der gesamten IKTS-Belegschaft für das enorme und sehr erfolgreiche Engagement danken. Als Team haben wir wieder ein Spitzenergebnis erzielt. So konnten wir unseren Industrieertrag erneut deutlich auf nun 14,4 Millionen Euro steigern (Steigerung um 1,8 Millionen Euro zum Vorjahr, Rho_{wi} = 40 %). Auch das laufende Jahr beginnt positiv und wir streben mit dem IKTS-MD nun einen Gesamthaushalt von über 52 Millionen Euro an.

Beim Lesen des vorliegenden Berichts wünsche ich Ihnen viel Vergnügen. Um die Orientierung zu erleichtern, haben wir den Bericht neu strukturiert und nun entlang unserer acht Geschäftsbereiche aufgegliedert. Unsere Geschäftsfelder sind in Bild 1 zusammen mit dem oben beschriebenen Kompetenzdreieck dargestellt. Ich hoffe, dass der Bericht neue Projektideen anregt und das gesamte IKTS-Team freut sich auf die Zusammenarbeit mit Ihnen.

Ihr,



Alexander Michaelis

Mai 2014

INHALT

2 Vorwort

4 Inhalt

5 **Das Fraunhofer IKTS im Profil**

6 Kurzporträt
8 Kernkompetenzen
10 Das Fraunhofer IKTS in Zahlen
13 Organigramm
14 Ihre Ansprechpartner
20 Kuratorium
21 Die Fraunhofer-Gesellschaft

22 **Retrospektive**

22 Veranstaltungen und Highlights
27 Wissenschaft trifft Markt – Messerückblick

30 **Aus der Forschungsarbeit des Fraunhofer IKTS**

30 Werkstoffe und Verfahren
42 Maschinenbau und Fahrzeugtechnik
52 Energie
68 Umwelt- und Verfahrenstechnik
78 Elektronik und Mikrosysteme
86 Bio- und Medizintechnik
94 Optik
102 Material- und Prozessanalyse
112 Institutsteil Materialdiagnostik

124 **Koopertionsausbau in Verbünden, Allianzen und Netzwerken**

130 **Namen, Daten, Ereignisse**

156 Veranstaltungen und Messen – Ausblick
158 Anfahrt zum Fraunhofer IKTS

DAS FRAUNHOFER IKTS IM PROFIL



KURZPORTRÄT

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS deckt das Feld der Technischen Keramik von der grundlagenorientierten Vorlaufforschung bis zur Anwendung in seiner ganzen Breite ab. Hierzu stehen an den Standorten Dresden-Gruna, Dresden-Klotzsche und Hermsdorf hervorragend ausgerüstete Labors und Technika auf 30 000 m^2 Nutzfläche zur Verfügung.

Ausgehend von einem umfassenden Werkstoffwissen über keramische Hochleistungswerkstoffe erstrecken sich die Entwicklungsarbeiten über die gesamte Wertschöpfungskette bis hin zur Prototypenfertigung. Das Fraunhofer IKTS zeichnet sich damit durch eine mehrfache Kompetenz aus: Der Dreiklang aus Werkstoff-Know-how, Fertigungstechnologien und Systemintegration wird ergänzt durch eine Werkstoff- und Prozessanalytik auf höchstem Niveau. Chemiker, Physiker, Werkstoffwissenschaftler und Ingenieure arbeiten im IKTS interdisziplinär zusammen, wobei alle Arbeiten durch versierte Techniker begleitet werden.

Neben den Keramikherstellern stehen insbesondere die bestehenden und zukünftigen Anwender von Keramik als Projektpartner und Kunden im Fokus. Das Fraunhofer IKTS arbeitet in acht marktorientierten Geschäftsfeldern, um keramische Technologien und Komponenten für neue Branchen, neue Produktideen und neue Märkte jenseits der klassischen Einsatzgebiete zu demonstrieren und zu qualifizieren. Dazu gehören die klassischen Werkstoffe und Verfahren, Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Elektronik und Mikrosysteme, Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bio- und Medizintechnik, Optik sowie die Material- und Prozessanalyse. Das Institut bietet sich damit als kompetenter Ansprechpartner und erster Anlaufpunkt für alle keramikbezogenen Problemstellungen an – ein echter »One Stop Shop« für die Keramik.

Als unikale Kompetenzen können wir hierbei bieten:

Durchgehende Fertigungslinien vom Werkstoff zum Prototypen

In allen keramischen Stoffklassen stehen uns sämtliche Standardverfahren der Masseaufbereitung, Formgebung, Wärmebehandlung und Finishbearbeitung zur Verfügung. Wo es sinnvoll ist, kann selbst die Phasensynthese am Institut erfolgen. In der Funktionskeramik besteht eine besondere Kernkompetenz in der Pasten- und Folientechnologie. Mehrere Reinräume und kontaminationsarme Fertigungsbereiche werden bereitgehalten, unter anderem für die Technologielinien der Vielschichtkeramik und der hochreinen Oxidkeramik.

Multiskalenentwicklung

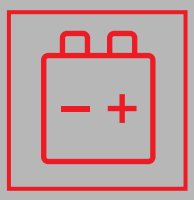
Das Fraunhofer IKTS kann Entwicklungen vom Labor- in den Technikumsmaßstab übertragen. Für alle relevanten Technologielinien stehen industrietaugliche Ausrüstungen und Maschinen aktueller Bauart zur Verfügung, um für Partner und Kunden die für den Markteinstieg notwendigen Prototypen und Vorserien zu realisieren, industrielle Fertigungsprozesse zu entwickeln und Qualitätsprozesse zu implementieren. Somit können Remanenzkostenrisiken und Time-to-Market minimiert werden.

Synergien zwischen den Werkstoffen und Technologien

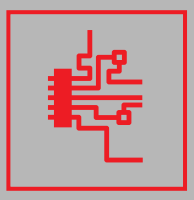
Die Kombination der unterschiedlichen Technologieplattformen wie zum Beispiel der Funktions- und Strukturkeramik erlaubt multifunktionale Bauteile und Systeme, die geschickt Eigenschaften der Keramik ausnutzen. Dies ermöglicht die Herstellung innovativer Produkte mit deutlichem Mehrwert und niedrigen Kosten.



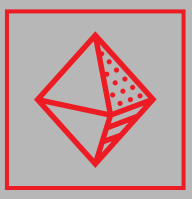
Umwelt- und Verfahrenstechnik



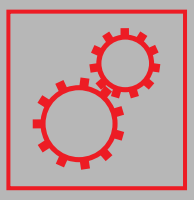
Energie



Elektronik und Mikrosysteme



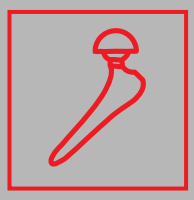
Werkstoffe und Verfahren



Maschinenbau und Fahrzeugtechnik



Material- und Prozessanalyse



Bio- und Medizintechnik



Optik

Kompetente Analytik und Qualitätsbewertung

Gerade in keramischen Produktionsprozessen ist eine leistungsfähige Analytik und Qualitätskontrolle von Beginn an ein entscheidender Faktor für die Marktakzeptanz der Produkte. Da wir sowohl Werkstoffe als auch keramische Herstellprozesse auf einer fundamentalen Ebene verstehen, gleichzeitig jedoch auch den Entwurf und die Integration komplexer physikalischer Prüfsysteme beherrschen, können wir unseren Kunden einzigartige Lösungen für Werkstofffragen in Produktion und Qualitätsüberwachung bieten.

Netzwerkbildner

In unseren laufenden Projekten sind wir aktuell mit über 450 nationalen und internationalen Partnern verbunden. Zudem ist das Fraunhofer IKTS in zahlreichen Allianzen und Netzwerken aktiv. Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft sind wir beispielsweise im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe und Bauteile – MATERIALS tätig. Darüber hinaus stellt das Fraunhofer IKTS den Sprecher der Fraunhofer-Allianz AdvanCer, die aus vier besonders auf die Keramik spezialisierten Instituten besteht. Wir sind in der Lage, den Aufbau von Netzwerken, die für eine erfolgreiche Produktentwicklung notwendig sind, zu unterstützen und auch über unsere eigenen Möglichkeiten hinausgehende Kompetenzen zu vermitteln oder zu integrieren. Unsere Arbeiten an der Forschungsfront basieren auf einem langjährigen Erfahrungs- und Wissensschatz, der auf die Interessen unserer Partner ausgerichtet ist.

Standortübergreifendes Management zur nachhaltigen Qualitätssicherung

Qualität, Nachvollziehbarkeit, Transparenz und Nachhaltigkeit gehören für uns zu den wichtigsten Instrumenten zur Differenzierung im Wettbewerb. Das IKTS verfügt daher über ein einheitliches Managementsystem nach DIN EN ISO 9001 sowie über ein Umweltmanagementsystem nach DIN EN ISO 14001. Darüber hinaus wird das Institut in seinen Teilbereichen nach weiteren Richtlinien zertifiziert, unter anderem nach dem Medizinproduktegesetz, und wird regelmäßig verschiedenen industriellen Audits unterzogen.

KERNKOMPETENZEN

WERKSTOFFE UND HALBZEUGE

STRUKTURKERAMIK

Oxidkeramik

Nichtoxidkeramik

Hartmetalle und Cermets

Pulver und Suspensionen

Polymerkeramik

Faserkomposite

Verbundwerkstoffe

Schaumkeramik

FUNKTIONSKERAMIK

Isolatoren

Dielektrika

Halbleiter

Ionenleiter

Magnete

Pasten und Folien

Lote und Glasdichtungen

Precursorbasierte und Nanotinten

Komposite

UMWELT- UND VERFAHRENSTECHNIK

Substrate
- Granulate
- Platten
- Rohre
- Kapillaren
- Hohlfasern
- Waben
- Schäume

Membranen und Filter
- Oxide, Nichtoxide
- Zeolithe, Kohlenstoff
- MOF, ZIF, Komposite
- Ionenleiter, Mischleiter

Katalysatoren
- Oxide
- Metalle, CNT

ROHSTOFF-, PROZESSANALYSE UND MATERIALDIAGNOSE

Rohstoffanalyse und Bewertung
- Analyse von Partikeln, Suspensionen und Granulaten
- Chemische Analyse

Prozessbegleitende Charakterisierung in der keramischen Technologie
- Charakterisierung
- Prozess-Simulation und Auslegung
- Qualitätsmanagement

Untersuchte Werkstoffe
- Stahl, NE-Metalle
- Keramik, Beton
- Werkstoffe der Halbleiterindustrie
- Kunststoffe, Verbundwerkstoffe (GFK und CFK)
- Biomaterialien und -gewebe

Prozessauslegung, Prozessüberwachung,

TECHNOLOGIE

Pulvertechnologie

Formgebung

Wärmebehandlung und Sintern

Finishbearbeitung

Precursortechnologie

Fasertechnologie

Additive Fertigung

Pilotfertigung und Scale up

Beschichtungs-technologie

Fügetechnologie

Dickschicht-technologie

Multilayer
- HTCC, LTCC

Aersosol- und Inkjet-Printing

Dünnschicht-technologie

Electrochemical Machining

Galvanik

Stofftrennung
- Filtration
- Pervaporation
- Dämpfepermeation
- Gastrennung
- Membranextraktion

Katalyse

Biomasse-Technologie
- Aufbereitung
- Konversion

Photokatalyse

Chemische Verfahrenstechnik

Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung
- Gefüge und Phasen
- Mechanische und physikalische Eigenschaften
- Hochtemperatur-Eigenschaften
- Korrosion

Technologien
- Mikro- und Nanoanalytik
- Ultraschall
- HF-Wirbelstrom
- Optische Methoden
- Röntgenverfahren

KOMPONENTEN UND SYSTEME

Bauteilauslegung

Prototypen-fertigung

Verschleiß-komponenten

Werkzeuge

Optische Komponenten

Heizsysteme

Medizintechnik und Implantate

Filter

Systemdefinition und Anlagenentwicklung

Modellierung und Simulation

Konstruktion und Prototypenbau

Validierung/ CE-Kennzeichnung

Prüfstandsbau

Begleitung Feldtests

Muster und Prototypen
- Membranen, Filter
- Membranmodule
- Membrananlagen

Filtrationsversuche
- Labor, Technikum, Feld
- Pilotierung

Modellierung und Simulation
- Stofftransport
- Wärmetransport
- Reaktion

Reaktorentwicklung

Anlagenauslegung

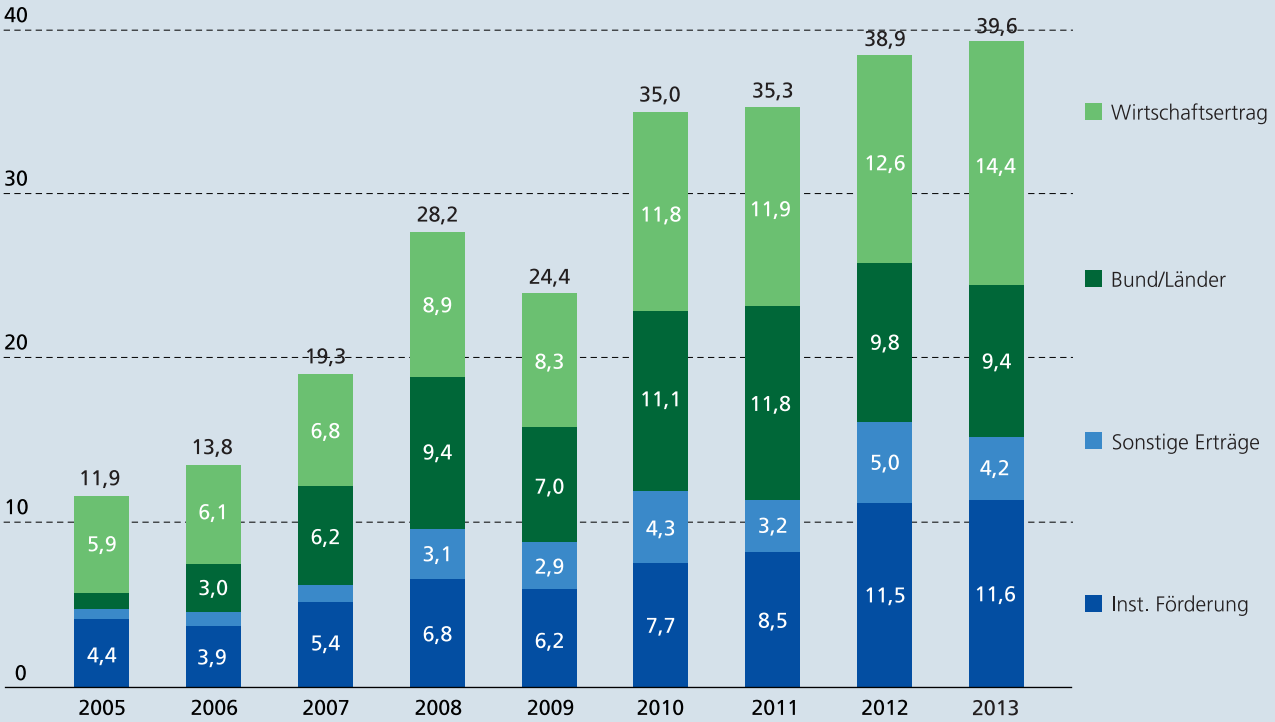
Bauteil- und Systemverhalten
- Schadensanalyse
- Versagensmechanismen
- Messung und Simulation Bauteilverhalten
- Prüfung nach zertifizierten Normen und Prüfungen außerhalb des Normenbereichs

Komponenten, Systeme und Services
- Sensoren und Sensornetzwerke
- Prüfköpfe und Prüfsysteme
- Structural Health Monitoring
- Datenanalyse und Simulation
- Biomedizinische Sensorsysteme
- Prüfung nach zertifizierten Normen und Prüfungen außerhalb des Normenbereichs

Bauteilverhalten, Zuverlässigkeitsanalyse, Lebensdauer- und Qualitätsmanagement, Kalibrierung

DAS FRAUNHOFER IKTS IN ZAHLEN

Entwicklung des Gesamthaushaltes (in Millionen Euro) des Fraunhofer IKTS in den Haushaltsjahren 2005 bis 2013



Haushalt und Erträge

Der gemeinsame Betriebshaushalt des Fraunhofer IKTS ist um ca. 0,7 Millionen Euro auf 36,1 Millionen Euro angewachsen. Das Volumen teilt sich mit 25,7 Millionen Euro auf den Standort Dresden und 10,4 Millionen Euro auf den Standort Hermsdorf auf. Hierbei konnten weitere Synergien durch die Vernetzung der Standorte erreicht werden. Zusätzlich wurden 3,5 Millionen Euro in den Ausbau der Geräteinfrastruktur investiert, so dass sich ein Gesamthaushalt von 39,6 Millionen Euro ergibt. An beiden Standorten fanden zudem umfangreiche Baumaßnahmen statt, die mit weiteren Investitionen zur Erstausstattung verbunden sind.

Insgesamt wurden 28 Millionen Euro an externen Erträgen erwirtschaftet. Erfreulicherweise konnte dabei der Anteil an Industrieerträgen auf 14,4 Millionen gesteigert werden. Der Standort Hermsdorf trug dazu mit einem nochmals um 0,92 Millionen Euro gestiegenen Industrievolumen von 5,5 Millionen Euro bei. Am Standort Dresden wurde der Industrieertrag um 0,88 Millionen Euro auf eine neue Rekordmarke von 8,9 Millionen Euro gesteigert. Gemeinsam erreichte das IKTS damit eine Wirtschaftsertragsquote nach Fraunhofer von 39,9 % und präsentiert damit erneut die Bedeutung des Instituts für Hersteller und Anwender der Technischen Keramik. Das Wachstum im direkten Industrieforschungssegment gleicht einen leichten Rückgang bei den Erträgen auf 1 Million Euro

aus EU-Projekten aus. Durch die Unklarheiten zu den Richtlinien und Auswirkungen der Finanzierung der Projekte im neuen Rahmenprogramm werden Beteiligungen an EU-Projekten spezifisch für den jeweiligen Einzelfall getroffen.

Personalentwicklung

Das Jahr 2013 wurde durch eine Konsolidierung bei der Personalkapazität geprägt. Insgesamt ergab sich ein Zuwachs um vier Vollstellen auf 442. Viele dieser Stellen sind in Teilzeitarbeitsverhältnissen besetzt, so dass sich eine deutlich höhere Anzahl von Mitarbeitern ergibt. Insgesamt werden 517 Personen beschäftigt, davon 369 mit einem Arbeitsvertrag in Dresden und 148 in Hermsdorf. Viele der studentischen Mitarbeiter bleiben für eine spätere Promotion am Institut. Zwischen den Standorten kommt es dabei zunehmend zu einem Personalaustausch. Zusätzlich besteht durch die Gründung des Fraunhofer CEI nun auch die Option zu einem Aufenthalt in USA. Für Doktoranden und Stammwissenschaftler ist dies ein weiterer Baustein der Karriereentwicklung.

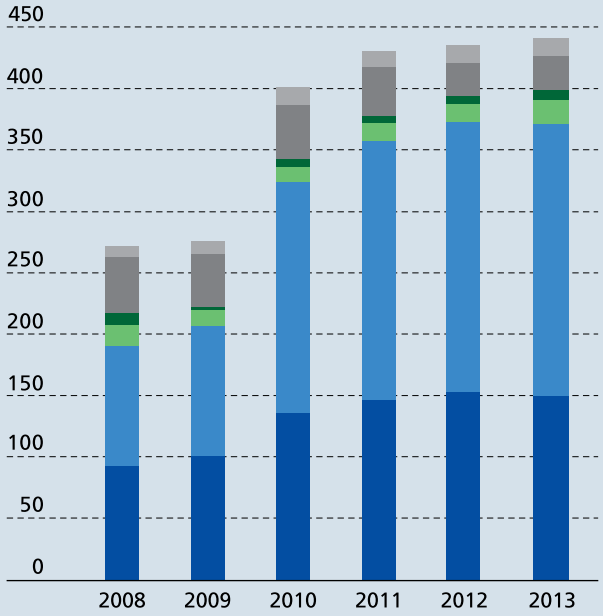
Gemeinsam mit dem Lehrstuhl IFWW der TU Dresden werden aktuell ca. 60 Promotionen betreut, davon 19 (vierzehn in Dresden und fünf in Hermsdorf) im Rahmen des klassischen Doktorandenvertrags.

Im Rahmen der langfristigen Personalsicherung werden auch Ausbildungsplätze im Bereich der Verwaltung angeboten. Eine Ausweitung auf den IT- und PR-Bereich ist für 2014/2015 vorgesehen.

Erweiterung der Forschungsbasis

Die Möglichkeiten des IKTS sind 2013/2014 stark geprägt von der Übernahme der neuen Bauabschnitte. Sowohl für den

Entwicklung des Personalbestands des Fraunhofer IKTS
Mitarbeiterzahl 2008 bis 2013, Vollstellenäquivalente Personalstruktur zum 31.12. des jeweiligen Jahres



	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	8	9	15	13	16	14
	47	45	43	40	27	28
	10	2	6	6	5	8
	17	13	13	14	15	19
	97	106	187	211	221	223
	94	101	137	147	154	150
=	273	276	401	431	438	442

Azubis
Studentische Hilfskräfte, Praktikanten, Diplomanden
Mitarbeiter mit Zeit- und Werksverträgen sowie Nebentätigkeit
Doktoranden
Graduierte und technische Mitarbeiter
Wissenschaftliche Mitarbeiter



Standort Dresden, als auch für Hermsdorf ermöglichen die neuen Labor- und Büroflächen eine Optimierung der Arbeitsgebiete. So ist das Spritzgießzentrum in Dresden mit den Bereichen Mikro- bis 2-K-Spritzgießen erfolgreich etabliert worden. Zunehmend werden weitere Formgebungstechniken aus dem Bereich Additive Fertigung ergänzt. In Verbindung mit weiteren Investitionen in die Rohstoff- und Pulveraufbereitung, sowie strategischen Investitionen zu Beschichtung von Bauteilen, Granulaten und Fasern, können neue Kompositmaterialien mit angepassten Bindersystemen und optimierten Verarbeitungsbedingungen bis hin zur Entbinderung und Sinterung angeboten werden.

Am Standort Hermsdorf wurde im Rahmen der Thüringer Forschergruppe »Innovative keramische Werkstoffe für Energiespeicher« eine lokale Kompetenz für Stromspeicher aufgebaut und eine Reihe von Technologien werden entwickelt. Unter anderem sind dies stationäre Batterien auf Basis von Natrium-ß-Aluminat (cerenergy®) und Metall-Luft-Batterien. Das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie und die Fraunhofer-Gesellschaft haben die Industrialisierung dieser Technik mit der Finanzierung eines Batterietechnikums unterstützt, welches sich gegenwärtig im Aufbau befindet. Insbesondere beim Thema Natrium-Hochtemperatur-Batterien wird das IKTS mittlerweile als deutschlandweit führend wahrgenommen, was zu vielfältigem Industrieinteresse führt.

1 *Die Institutsleitung des Fraunhofer IKTS, v.l.n.r.: Prof. Michael Stelter, Dr. Christian Wunderlich, Prof. Alexander Michaelis, Dr. Michael Zins, Dr. Ingolf Voigt.*

ORGANIGRAMM FRAUNHOFER IKTS

Institutsleiter
Prof. Dr. habil. Alexander Michaelis

Stellvertretender Institutsleiter/ Verwaltungsleiter
Dr. Michael Zins

Stellvertretende Institutsleiter
Prof. Dr. Michael Stelter
Dr. Ingolf Voigt
Dr. Christian Wunderlich

Strategie/Marketing
Prof. Dr. Michael Stelter
Dr. Bärbel Voigtsberger

Werkstoffe

Oxidkeramik, Hartmetalle und Cermets
Dr. habil. Andreas Krell

Nitridkeramik und elektrisch funktionelle Strukturkeramik, Carbid- und Filterkeramik
Dipl.-Krist. Jörg Adler

Precursorkeramik und Kompositwerkstoffe
Dr. Isabel Kinski

Verfahren und Bauteile
Dr. Hagen Klemm

Umwelt- und Verfahrenstechnik

Nanoporöse Membranen
Dr. Hannes Richter

Hochtemperaturseparation und Katalyse
Dr. Ralf Kriegel

Biomassetechnologien und Membranverfahrenstechnik
Dr. Burkhardt Faßauer

Chemische Verfahrenstechnik und Elektrochemie
Dr. Matthias Jahn

Sintern und Charakterisierung
Dr. habil. Mathias Herrmann

Energiesysteme

Werkstoffe und Komponenten
Dr. Mihails Kusnezoff

Systemintegration und Technologietransfer
Dr. Roland Weidl

Intelligente Mikrosysteme

Intelligente Materialien und Systeme
Dr. Andreas Schönecker

Hybride Mikrosysteme
Dr. Uwe Partsch

Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
Professur für Anorganisch-Nichtmetallische Werkstoffe
Prof. Dr. habil. Alexander Michaelis
Instrumentiertes Pressen, Kombinatorische Mikroelektrochemie

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Professur für Technische Umweltchemie
Prof. Dr. Michael Stelter

IHRE ANSPRECHPARTNER

Institutsleitung



Institutsleiter
Prof. Alexander Michaelis
Telefon +49 351 2553-7512
alexander.michaelis@ikts.fraunhofer.de



Stellvertretender Institutsleiter
Verwaltungsleiter
Dr. Michael Zins
Telefon +49 351 2553-7522
michael.zins@ikts.fraunhofer.de



Stellvertretender Institutsleiter
Dr. Ingolf Voigt
Telefon +49 36601 9301-2618
ingolf.voigt@ikts.fraunhofer.de



Stellvertretender Institutsleiter
Dr. Christian Wunderlich
Telefon +49 351 88815-501
christian.wunderlich@ikts.fraunhofer.de



Stellvertretender Institutsleiter
Strategie/Marketing
Prof. Michael Stelter
Telefon +49 36601 9301-3031
michael.stelter@ikts.fraunhofer.de



Strategie/Marketing
Dr. Bärbel Voigtsberger
Telefon +49 36601 9301-3924
baerbel.voigtsberger@ikts.fraunhofer.de

Werkstoffe

Oxidkeramik, Hartmetalle und Cermets
Abteilungsleiter
Dr. habil. Andreas Krell



Oxidkeramik
Dr. habil. Andreas Krell
Telefon +49 351 2553-7538
andreas.krell@ikts.fraunhofer.de



Hartmetalle und Cermets
Dr. Volkmar Richter
Telefon +49 351 2553-7614
volkmar.richter@ikts.fraunhofer.de

Nichtoxidkeramik
Abteilungsleiter
Dipl.-Krist. Jörg Adler



Carbidkeramik und Filterkeramik
Dipl.-Krist. Jörg Adler
Telefon +49 351 2553-7515
joerg.adler@ikts.fraunhofer.de



Nitridkeramik und elektrisch funktionelle Strukturkeramik
Dr. Hans-Peter Martin
Telefon +49 351 2553-7744
hans-peter.martin@ikts.fraunhofer.de



Abteilungsleiterin

Dr. Isabel Kinski
Telefon +49 36601 9301-3931
isabel.kinski@ikts.fraunhofer.de



Pilotfertigung hochreine Keramik
Dipl.-Ing. (FH) Frank Kastner
Telefon +49 36601 9301-4300
frank.kastner@ikts.fraunhofer.de



Oxid- und polymerkeramische Komponenten
Dipl.-Ing. Henry Ludwig
Telefon +49 36601 9301-4968
henry.ludwig@ikts.fraunhofer.de



Precursorkeramik
Dr.-Ing. Lutz-Michael Berger
Telefon +49 351 2553-7825
lutz-michael.berger@ikts.fraunhofer.de

Precursorkeramik und Kompositwerkstoffe
Abteilungsleiterin
Dr. Isabel Kinski



Abteilungsleiter

Dr. Hagen Klemm
Telefon +49 351 2553-7553
hagen.klemm@ikts.fraunhofer.de



Pulvertechnologie
Dr. Manfred Fries
Telefon +49 351 2553-7810
manfred.fries@ikts.fraunhofer.de



Formgebung
Dr. Tassilo Moritz
Telefon +49 351 2553-7747
tassilo.moritz@ikts.fraunhofer.de

Verfahren und Bauteile

Abteilungsleiter
Dr. Hagen Klemm



Bauteilentwicklung
Dipl.-Ing. Jens Stockmann
Telefon +49 351 2553-7561
jens.stockmann@ikts.fraunhofer.de



Finishbearbeitung
Mst. Matthias Nake
Telefon +49 351 2553-7586
matthias.nake@ikts.fraunhofer.de



Verfahrenstechnik und Silikatkeramik
Dipl.-Chem. Gundula Fischer
Telefon +49 36601 9301-1850
gundula.fischer@ikts.fraunhofer.de

IHRE ANSPRECHPARTNER

Umwelt- und Verfahrenstechnik

Nanoporöse Membranen
Abteilungsleiter
Dr. Hannes Richter



Zeolithmembranen und Nanokomposite
Dr. Hannes Richter
Telefon +49 36601 9301-1866
hannes.richter@ikts.fraunhofer.de



Kohlenstoffbasierte Membranen
Dipl.-Ing. (FH) Susanne Kämnitz
Telefon: +49 36601 9301-1916
susanne.kaemnitz@ikts.fraunhofer.de



Membranmuster
Dipl.-Ing. Jan-Thomas Kühnert
Telefon: +49 36601 9301-2619
jan-thomas.kuehnert@ikts.fraunhofer.de

Hochtemperaturseparation und Katalyse
Abteilungsleiter
Dr. Ralf Kriegel



Hochtemperaturmembranen und -speicher
Dr. Ralf Kriegel
Telefon +49 36601 9301-4870
ralf.kriegel@ikts.fraunhofer.de



Hochtemperaturseparation
Dr. Robert Kircheisen
Telefon +49 36601 9301-4906
robert.kircheisen@ikts.fraunhofer.de



Katalyse und Materialsynthese
Dr. Jörg Richter
Telefon: +49 36601 9301-2327
joerg.richter@ikts.fraunhofer.de

Biomassetechnologien und Membranverfahrenstechnik
Abteilungsleiter
Dr. Burkhardt Faßauer



Biomassekonversion und Wassertechnologie
Dr. Burkhardt Faßauer
Telefon +49 351 2553-7667
burkhardt.fassauer@ikts.fraunhofer.de



Mischprozesse und Reaktoroptimierung
Dr. Karin Jobst
Telefon +49 351 2553-7827
karin.jobst@ikts.fraunhofer.de



Membranverfahrenstechnik und Modellierung
Dr. Marcus Weyd
Telefon +49 36601 9301-3937
marcus.weyd@ikts.fraunhofer.de



Technische Elektrolyse und Geothermie
Dipl.-Chem. Hans-Jürgen Friedrich
Telefon +49 351 260-3537
hans-juergen.friedrich@ikts.fraunhofer.de



Abteilungsleiter

Systemverfahrenstechnik
Dr. Matthias Jahn
Telefon +49 351 2553-7535
matthias.jahn@ikts.fraunhofer.de



Modellierung und Simulation
Dr. Wieland Beckert
Telefon +49 351 2553-7632
wieland.beckert@ikts.fraunhofer.de



Elektrochemie
Dr. Michael Schneider
Telefon +49 351 2553-7793
michael.schneider@ikts.fraunhofer.de

Chemische Verfahrenstechnik und Elektrochemie
Abteilungsleiter
Dr. Matthias Jahn



Abteilungsleiter

Keramografie und Phasenanalyse
Dr. habil. Mathias Herrmann
Telefon +49 351 2553-7527
mathias.herrmann@ikts.fraunhofer.de



Thermische Analyse und Thermophysik
Dr. Tim Gestrich
Telefon +49 351 2553-7814
tim.gestrich@ikts.fraunhofer.de



Wärmebehandlung
Dipl.-Ing. Gert Himpel
Telefon +49 351 2553-7613
gert.himpel@ikts.fraunhofer.de

Sintern und Charakterisierung

Abteilungsleiter
Dr. habil. Mathias Herrmann



Pulver- und Suspensions-charakterisierung
Dr. Annegret Potthoff
Telefon +49 351 2553-7761
annegret.potthoff@ikts.fraunhofer.de



Labor für Qualität und Zuverlässigkeit, Mechanisches Labor
Dipl.-Ing. Roy Torke
Telefon +49 36601 9301-1918
roy.torke@ikts.fraunhofer.de



Chemische und Strukturanalyse
Dipl.-Phys. Jochen Mürbe
Telefon +49 36601 9301-4946
jochen.muerbe@ikts.fraunhofer.de



Abteilungsleiter

Dr. Mihails Kusnezoff
Telefon +49 351 2553-7707
mihails.kusnezoff@ikts.fraunhofer.de



Fügetechnik und AVT
Dr. Jochen Schilm
Telefon +49 351 2553-7824
jochen.schilm@ikts.fraunhofer.de



Hochtemperatur-Elektrochemie und Katalyse
Dr. Nikolai Trofimenko
Telefon +49 351 2553-7787
nikolai.trofimenko@ikts.fraunhofer.de

Energiesysteme

Werkstoffe und Komponenten
Abteilungsleiter
Dr. Mihails Kusnezoff

Systemintegration und Technologietransfer

Abteilungsleiter
Dr. Roland Weidl



Keramische Energiewandler
Dr. Stefan Megel
Telefon +49 351 2553-7505
stefan.megel@ikts.fraunhofer.de



Werkstoffe MCFC
Dr. Mykola Vinnichenko
Telefon +49 351 2553-7282
mykola.vinnichenko@ikts.fraunhofer.de



Dr. Roland Weidl
Telefon +49 36601 9301-5013
roland.weidl@ikts.fraunhofer.de



Systemkonzepte
Dipl.-Ing. Thomas Pfeifer
Telefon +49 351 2553-7822
thomas.pfeifer@ikts.fraunhofer.de



Validierung
Dipl.-Ing. (FH) Jens Baade
Telefon +49 351 2553-7338
jens.baade@ikts.fraunhofer.de



Energiespeichersysteme
Dr. Mareike Wolter
Telefon +49 351 2553-7971
mareike.wolter@ikts.fraunhofer.de

Intelligente Mikrosysteme

Intelligente Materialien und Systeme
Abteilungsleiter
Dr. Andreas Schönecker



Dr. Andreas Schönecker
Telefon +49 351 2553-7508
andreas.schoenecker@ikts.fraunhofer.de



Funktionsschichten für Mikroelektronik und Verschleißschutz
Dr. Ingolf Endler
Telefon +49 351 2553-7693
ingolf.endler@ikts.fraunhofer.de



Angewandte Werkstoffmechanik
Dr. Peter Neumeister
Telefon +49 351 2553-7372
peter.neumeister@ikts.fraunhofer.de



Abteilungsleiter

Energietechnik-Labore HOT

Dr. Uwe Partsch

Telefon +49 351 2553-7696

uwe.partsch@ikts.fraunhofer.de



Dickschichttechnik und Photovoltaik

Dr. Markus Eberstein

Telefon +49 351 2553-7518

markus.eberstein@ikts.fraunhofer.de



Mikrosysteme, LTCC und HTCC

Dr. Steffen Ziesche

Telefon +49 351 2553-7875

steffen.ziesche@ikts.fraunhofer.de



Funktionswerkstoffe für Hybride Mikrosysteme

Dr. Stefan Barth

Telefon +49 36601 9301-1868

stefan.barth@ikts.fraunhofer.de



Systemintegration, AVT

Dr. Lars Rebenklau

Telefon +49 351 2553-7986

lars.rebenklau@ikts.fraunhofer.de

Hybride Mikrosysteme

Abteilungsleiter

Dr. Uwe Partsch

KURATORIUM



Durch den Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft sind folgende Personen in das Kuratorium des Fraunhofer IKTS berufen:

Dr. G. Gille
Vorsitzender des Kuratoriums des Fraunhofer IKTS

Dr. J. Damasky
Vorstandsmitglied Webasto AG, Stockdorf

A. Heller
Landrat des Saale-Holzland-Kreises

Prof. Dr. C. Kaps
Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauchemie

A. Krey
Geschäftsführer Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG), Erfurt

Dr. R. Lenk
CeramTec GmbH, Plochingen
Leiter Service Center Entwicklung

Dr. C. Lesniak
ESK Ceramics GmbH & Co. KG, Kempten
Vice President Technology and Innovation

Dr. H.-H. Matthias
Geschäftsführer Tridelta GmbH, Hermsdorf

Dr. R. Metzler
Geschäftsführer Rauschert GmbH, Judenbach-Heinersdorf

Dipl.-Ing. P. G. Nothnagel
Geschäftsführer Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, Dresden

Dipl.-Ing. M. Philipps
Endress+Hauser GmbH & Co. KG, Maulburg
Bereichsleiter Sensorik

Dr.-Ing. W. Rossner
Siemens AG, München
Leiter Zentralabteilung Technik, Keramik

Dr. K. R. Sprung
Geschäftsführer Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e.V., Berlin

MR C. Zimmer-Conrad
Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst
Referatsleiter Technologiepolitik und Technologieförderung

Dipl.-Ing. R. Fetter
Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur
Abteilung 4, Referat 43

Dr. habil. M. Gude
Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie
Leiter der Abteilung 5 - Energiepolitik, Technologie- und Forschungsförderung

Dr. K.-H. Stegemann
X-FAB Dresden GmbH & Co. KG
Manager Business Development

Neu berufen:
Dr. W. Köck
Geschäftsführender Direktor PLANSEE SE, Reutte

Dr. Peter Heilmann
Geschäftsführer arxes Information Design Berlin GmbH

Dr. Dirk Stenkamp
Vorstandsmitglied TÜV Nord AG, Hannover

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

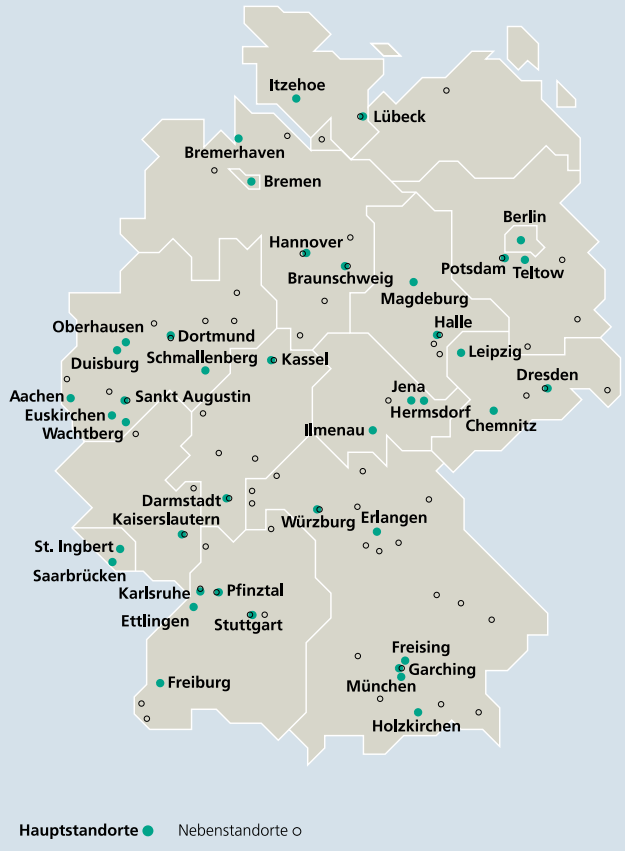
Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 67 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 23 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2 Milliarden Euro. Davon fallen rund 1,7 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Standorte in Deutschland



Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

VERANSTALTUNGEN UND HIGHLIGHTS



1





17./18. April 2013

Dritter Nano4water-Workshop

Seit seiner Gründung im Jahr 2008 hat sich das Cluster »nano4water« zu einer festen Anlaufstelle für EU-Forschungsprojekte im Bereich nanobasierter Wasseraufbereitungstechnologien entwickelt. Im Mittelpunkt des nunmehr dritten nano4water-Workshops zum Thema »Nano- and membrane-based systems for water treatment«, welcher am 17. und 18. April 2013 erstmals im Fraunhofer IKTS veranstaltet wurde, standen neue Technologien der nanobasierten Wasseraufbereitung. Knapp 90 Teilnehmer aus 18 Ländern folgten der Einladung des Forschungsclusters, um sich über aktuelle Ergebnisse zu informieren. Neben dem Erfahrungsaustausch standen das Erschließen von Synergien und die Kommerzialisierung neuer Membran- und Filtertechnologien im Fokus des Treffens.

15. Juli 2013

Eröffnung Forschungszentrum für Energie und Umweltchemie CEEC in Jena

Thüringens Minister für Bildung, Wissenschaft und Kultur Christoph Matschie und der Vorstandsvorsitzende der Ernst-Abbe-Stiftung Professor Jens Goebel unterzeichneten am 15. Juli 2013 den Finanzierungsvertrag für ein neues Forschungszentrum für Energie und Umweltchemie in Jena. Das »CEEC–Center for Energy and Environmental Chemistry« wird gemeinsam von der Friedrich-Schiller-Universität Jena und dem Fraunhofer IKTS betrieben. Die Bauarbeiten starteten im Frühjahr 2014. Auf den rund 1200 m² Forschungsfläche werden künftig bis zu 20 Arbeitsgruppen zu den Schwerpunkten Energiespeicherung und Energieeffizienz arbeiten. Der Neubau ist Teil der Forschungsinitiative für erneuerbare Energien »E^4« des Thüringer Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur.

25. Juli 2013

Gründung Fraunhofer Center for Energy Innovation CEI in den USA

Als siebente Forschungseinrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft in den USA wurde am 25. Juli 2013 das Fraunhofer Center for Energy Innovation CEI gemeinsam vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, dem Department of Energy and Environmental Protection DEEP des Staats Connecticut und der University of Connecticut gegründet. Die Mission des Fraunhofer CEI an der Universität von Connecticut ist es, modernste Technologien für das Energiemanagement, die Energiespeicherung und -versorgung sowie für Brennstoffzellen und die Wasserkraftnutzung durch Auftragsforschung zu entwickeln, zur Marktreife zu bringen und zu kommerzialisieren.

1 *Tourneeauftakt des Dresdner Kreuzchors im Fraunhofer-Institutszentrum Dresden.*

2 *Teilnehmer des Nano4water-Workshops beim Institutsrundgang.*

3 *Gouvernour Dannel P. Malloy erklärte zur Eröffnung des Fraunhofer CEI den 25. Juli zum Fraunhofer-Day im Staat Connecticut (Quelle: Peter Morenus/ UConn).*





21. August 2013

MUW SCREENTEC GmbH und Fraunhofer IKTS entwickeln gemeinsam innovative Stromspeichertechnologien

Am 21. August 2013 erhielt die MUW SCREENTEC GmbH einen Förderbescheid in Höhe von knapp 1,2 Millionen Euro aus dem Programm der einzelbetrieblichen Technologieförderung des Landes Thüringen für ein Gemeinschaftsprojekt mit dem Fraunhofer IKTS. Bis Ende 2014 wollen die Projektpartner einen katalytischen Membranreaktor zur Nutzung von »Power-to-Gas«-Strategien entwickeln. In die Kooperation bringt das Fraunhofer IKTS Know-how im Bereich keramischer Membranen für die Stofftrennung sowie Katalysatoren für die heterogene Katalyse ein. MUW SCREENTEC GmbH verfügt über langjährige Erfahrungen in der Erzeugung von Wasserstoff sowie im Werkzeug- und Anlagenbau für Solartechnik und Wasserstoffproduktion.

18. September 2013

Fraunhofer-Industrietag Smart Materials

Knapp 70 Teilnehmer und Aussteller aus Industrie und Forschung diskutierten am 18. September 2013 die Potenziale von Smart Materials für moderne Produkte und Produktionsverfahren beim »Fraunhofer-Industrietag Smart Materials« in Dresden. Ziel des Industrietags war es, regionale Akteure im Bereich Smart Materials zu vernetzen und die Anwendungs- und Vermarktungspotenziale intelligenter Materialien für verschiedene Branchen zu diskutieren. Unterstützt wurde die Veranstaltung durch die Wirtschaftsförderung Sachsen und das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst.

19./20. September 2013

International Symposium on Piezocomposite Applications ISPA

Bereits zum fünften Mal fand am 19. und 20. September 2013 das »International Symposium on Piezocomposite Applications ISPA« im Fraunhofer IKTS in Dresden statt. Thema der zweitägigen Veranstaltung waren aktuelle Ergebnisse und Leistungsangebote sowie Marktanforderungen und zukünftige Forschungsinteressen im Bereich Piezoverbunde. Mehr als 80 Teilnehmer und 10 Aussteller aus 14 Ländern besuchten das Symposium und die begleitende Industrieausstellung und machten diese zu einer hervorragenden Plattform für den Wissensaustausch. Die erfolgreiche Tagungsreihe wird im September 2015 in Dresden fortgesetzt.

17. Oktober 2013

Dresdner Kreuzchor im Fraunhofer-Institutszentrum Dresden

Auf Einladung des Fraunhofer IKTS besuchten am 17. Oktober 2013 ca. 180 Gäste, darunter viele Fraunhofer-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter, die Generalprobe des Dresdner Kreuzchors vor seiner China-Tournee im November 2013. Das Programm umfasste knapp 30 Stücke, darunter deutsche und chinesische Volkslieder. Der Dresdner Kreuzchor gehört, ähnlich wie der Thomanerchor aus Leipzig, zu den renommiertesten und zugleich ältesten Knabenchören der Welt.





1. Januar 2014

Integration des Fraunhofer IZFP Dresden in das Fraunhofer IKTS

Zum 1. Januar 2014 wurde der Dresdner Standort des Fraunhofer-Instituts für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP in das Fraunhofer IKTS integriert. Im Rahmen des Integrationsprozesses soll der Standort Dresden-Klotzsche weiter ausgebaut und zu einem Zentrum der Materialdiagnostik entwickelt werden. Der neue Institutsteil erweitert das Forschungsportfolio des Fraunhofer IKTS um die Themen Diagnose von Werkstoffen und Bauteilen, Zustandsüberwachung, Nanoanalytik und Sensorik sowie Bio- und Umwelttechnik. Hiermit leistet das IKTS einen wertvollen Beitrag zur Qualitätssicherung der Produkte und Fertigungstechnologien seiner Partner und Kunden aus Luft- und Raumfahrt, Elektronik, Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie sowie Umwelt, Energie und Lebenswissenschaften.

16./17. Januar 2014

Vision Keramik

Mehr als 210 Teilnehmer folgten am 16. und 17. Januar 2014 der Einladung von Institutsleiter Professor Alexander Michaelis zur achten »Vision Keramik« in Dresden. Das alle zwei Jahre stattfindende Symposium beleuchtet aktuelle Entwicklungen und Zukunftsperspektiven der Keramik. Im Fokus steht dabei ein breites Anwendungsspektrum der Werkstoff-, Komponenten- und Systementwicklung in Märkten wie Maschinenbau, Elektronik (Vielschichtkeramik), Photovoltaik und Brennstoffzellen-Systeme. In der begleitenden Industrieausstellung präsentierten 18 Aussteller aus Unternehmen und Forschung ihre Produkte. Eine Ausstellung des Fachbereichs Produktdesign der Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle bereicherte die »Vision Keramik« um eine weitere Perspektive. Teil der diesjährigen Veranstaltung war auch ein Empfang anlässlich des 50. Geburtstags von Professor Alexander Michaelis.

Preise

Fraunhofer-Preis für größten Neukundenauftrag im ersten Quartal 2013

Der Fraunhofer-Preis für den größten Neukundenauftrag ging im ersten Quartal 2013 an das Fraunhofer IKTS. Für rund 1,4 Millionen Euro entwickeln IKTS-Forscher gemeinsam mit Mayur REnergy Solutions Ltd. Festoxidbrennstoffzellen (SOFC) für eine saubere und zuverlässige Stromversorgung in Indien. Diese lassen sich effizient mit Methan oder Flüssiggas betreiben – Energieträgern, die in Indien breit verfügbar sind. Diese Geräte wollen die Partner zur dezentralen Energieerzeugung vor Ort einsetzen, um die angespannte Stromsituation in Indien und anderen Entwicklungsländern nachhaltig zu lösen.

3 *Eröffnung der achten Vision Keramik mit mehr als 210 Gästen.*

4 *Fraunhofer-Preis für den größten Neukundenauftrag ging im ersten Quartal 2013 an die IKTS-Forscher Dr. Christian Wunderlich und Thomas Pfeifer.*





1. Hans-Riegel-Fachpreis für Forschungsarbeit am Fraunhofer IKTS

Friederike Kuhl vom Sankt Afra-Gymnasium in Meißen gewann den 1. Preis des Hans-Riegel-Fachpreises im Bereich Biologie mit dem Thema »Der Einfluss unterschiedlicher Zirkoniumoxid-Anteile auf die mechanischen, strukturellen und biologischen Eigenschaften eines Hydroxylapatit-Knochenimplantats«. Die Arbeit lief im Rahmen der Dissertation von Matthias Ahlhelm unter Bereitstellung der nötigen institutsinternen Ressourcen über ein Jahr hinweg. Fachlich brachte das Fraunhofer IKTS die Material-, Verfahrens-, Charakterisierungs- und Forschungskompetenz ein.

Fraunhofer-Medaille für Professor Alexander Michaelis

Am 16. Januar 2014 erhielt Professor Alexander Michaelis, Institutsleiter des Fraunhofer IKTS, die Fraunhofer-Medaille aus den Händen des Fraunhofer-Präsidenten Professor Reimund Neugebauer. Die Übergabe fand im Rahmen der achten »Vision Keramik« in Dresden statt. Professor Michaelis steht seit zehn Jahren an der Spitze des Fraunhofer IKTS. Unter seiner Leitung entwickelte sich das Fraunhofer IKTS zum größten Fraunhofer-Institut in Sachsen und zur europaweit bedeutendsten Forschungseinrichtung mit dem Schwerpunkt Hochleistungskeramik. Zentrale Weichenstellungen waren die Fokussierung auf »keramische Systemlösungen«, die sich seit 2006 auch in der Namensgebung des Instituts wiederspiegelt, und die starke Ausrichtung auf die Themenfelder der Energie- und Umwelttechnologie, mit denen heute über 50 % der Erträge erwirtschaftet werden. Seit 2004 wuchs das Institut von damals 120 Mitarbeitern und einem Betriebshaushalt von 10 Millionen Euro auf heute rund 630 Mitarbeiter und einen Betriebshaushalt von ca. 45 Millionen Euro. Hintergrund hierfür ist neben dem kontinuierlichen Wachstum des Forschungsvolumens die Integration des Hermsdorfer Instituts für Technische Keramik HITK im Jahr 2010 und des Dresdner Standorts des Fraunhofer-Instituts für Zerstörungsfreie Prüfung IZFP im Januar 2014.

1 *Professor Alexander Michaelis erhält die Fraunhofer-Medaille von Fraunhofer-Präsident Professor Reimund Neugebauer.*
2 *Übergabe der Zertifizierungsurkunde nach DIN EN ISO 14001 an das Fraunhofer IKTS.*

Standortübergreifendes integriertes Managementsystem zur nachhaltigen Qualitätssicherung und Einhaltung umweltrechtlicher Forderungen

Die im Jahr 2012 begonnene zusätzliche Einführung eines nachhaltigen Umweltmanagementsystems nach DIN EN ISO 14001 im Fraunhofer IKTS in Dresden wurde mit Unterstützung des Hermsdorfer Institutsteils erfolgreich im Februar 2013 zur Zertifizierung gebracht.

Die Etablierung eines standortübergreifenden Managementsystems sowohl bezüglich der Umsetzung der Forderungen der DIN EN ISO 9001, DIN EN ISO 14001 und DIN EN ISO / IEC 17025 als auch die weitere Sicherstellung der Umsetzung der Forderungen der EN ISO 13485 für den Bereich Design und Entwicklung, Fertigung und Vertrieb von Kronen und Brückengerüsten aus Oxidkeramik als Anwendungsschwerpunkt im Institutsteil Hermsdorf stellt die Qualität unserer Leistungen zur Differenzierung im Wettbewerb und die Übereinstimmung der betrieblichen Abläufe mit dem geltenden Recht einschließlich der in den Standards geforderten Nachweisführung sicher.

WISSENSCHAFT TRIFFT MARKT – MESSERÜCKBLICK 2013





Drei Kontinente, 244 Quadratmeter: Auf insgesamt 24 internationalen Messen und Ausstellungen präsentierte sich das vielseitige Institut weltweit. Im B2B-Kommunikations-Mix gilt die Messe als eines der bedeutendsten Instrumente (AUMA e.V.) für den persönlichen Dialog mit Industrie und Politik.

Höhepunkte

Zum großen Jahresauftakt zeigten Wissenschaftler des Geschäftsfelds »Energie« auf dem World Future Energy Summit in Abu Dhabi und zur 9. FC Expo in Tokio die neuste Generation von eneramic®. Noch in diesem Jahr wird das portable, mit Flüssiggas betriebene Brennstoffzellensystem im Feld getestet.

Parallel zur nano tech leitete das Institut im Januar mit dem erstmalig in Japan angebotenen Seminar »Thick-film pastes for aluminum nitride made by Fraunhofer IKTS« erfolgreich eine Workshopreihe im Bereich der Dickschichttechnologie für die Leistungselektronik ein. Die Fraunhofer-Repräsentanz in Tokio begleitete dies als Mittler zwischen deutscher Forschung und japanischem Markt. Bei weiteren Branchenauftritten, wie zur SMT in Nürnberg, IMAPS in Orlando oder zur internationalen Photovoltaik-Messe und -Konferenz EU PVSec in Paris, überzeugte das Geschäftsfeld »Elektronik und Mikrosysteme« mit Nano-Edelmetalltinten und -pasten sowie intelligenten Komponenten wie keramischen MEMS für moderne Anwendungen in Luft- und Raumfahrt, Sicherheits- und Messtechnik oder im Automobilbau.

Mit Auftritten zur internationalen Fachmesse TerraTec in Leipzig, zur BiogasWorld und den GreenTec Awards in Berlin veranschaulichte das Geschäftsfeld »Umwelt- und Verfahrenstechnik« das umfassende Kompetenzportfolio im Bereich der Werkstoff-, Technologie- und Systementwicklung zur effizienten, sicheren und wirtschaftlichen Gewinnung, Umwandlung und Nutzung von Bioenergie sowie Lösungen zur verfahrenstechnisch-energetischen Optimierung von Mischprozessen in der Stoffwirtschaft und in Abwasserbehandlungsanlagen. Anhand eines Laborversuchsstands wurden Filtrationsprozesse und der Einsatz keramischer Membranen erläutert.

1 *Großes Besucherinteresse an IKTS-Brennstoffzellenkompetenzen zum weltgrößten Industrietreff FuelCell Expo in Tokio.*

2 *Gemeinschaftsbeteiligung des Energy Saxony e.V.: Thüringens Wirtschaftsminister Matthias Machnig besichtigt IKTS-Stand zur Hannover Messe.*



1


2

Der weltweit größte Industrietreff HANNOVER MESSE (HMI) im April bildete für das gesamte Institut eine Darstellungsplattform der Superlative. Mit über 6650 Ausstellern aus 62 Ländern und 225 000 Besuchern hat die Messe ihren Anspruch als unangefochtenes Technologie-Event behauptet. Auf vier Gemeinschaftsständen (Fraunhofer-Allianz Energie, MNT Mikro-Nanotechnologie Thüringen e.V., Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG), Energy Saxony e.V.) präsentierte das IKTS aktuelle Produktentwicklungen in den Bereichen »Research & Technology«, »Industrial Supply« und »Energy«. Das Tankstellen-Exponat »Energie aus Stroh« veranschaulichte vielen Interessenten die Verwertung von Weizenstroh zur Erzeugung von Biogas mit keramischen Membranen, die anschließende Reinigung und Aufkonzentrierung des Gases zu Biokraftstoff für die Betankung von Fahrzeugen sowie die weiterführende effiziente Verstromung in Brennstoffzellen unter Nutzung der erzeugten Abwärme zum Heizen. Wie das Prinzip der Photolumineszenz in der technischen Keramik nutzbar gemacht wird, wurde mit den am Institut synthetisierten Leuchtstoffen in Form gepresster Grünkörper und der daraus entwickelten transparenten Optokeramiken demonstriert. Diese neuartigen Materialien sind mit ihren außergewöhnlichen optischen und mechanischen Eigenschaften besonders für Anwendungen in der Medizin-, Laser-, Beleuchtungstechnik interessant.

Im Bereich »Bio- und Medizintechnik« verzeichnete die 35. Internationale Dentalschau (IDS) in Köln mit 125 000 Fachbesuchern aus 149 Ländern ein Rekordergebnis. Der Institutsteil Hermsdorf präsentierte sich mit keramischen Brücken- und Kronengerüsten sowie CAD/CAM-Anwendungen. In Kooperation mit dem Fraunhofer IFAM in Bremen wurden auf der Compamed in Düsseldorf führenden Unternehmen der Branche bioresorbierbare 3D-gedruckte Knochenersatz- und Wabenstrukturen gezeigt.

Aktuelle Verfahren und Entwicklungen des Geschäftsfelds »Material- und Prozessanalyse« im Bereich der Pulvertechnologie und Suspensionscharakterisierung lockten interessierte Fachbesucher auf dem IKTS-Stand zur POWTECH in Nürnberg.

Im Geschäftsfeld »Maschinenbau und Fahrzeugtechnik« überzeugten die Auftritte auf der bedeutenden Metallbearbeitungsmesse EMO in Hannover und zur EuroPM in Göteborg. Erstmalig wurden komplett dicht gesinterte Wolfram-Carbid-Folien für die Herstellung extrem dünner Kreismesser sowie leistungsstarke Hartmetallwerkzeuge zur Bearbeitung von Super- und Titanlegierungen vorgestellt.

Überblick

World Future Energy Summit (WFES)
Abu Dhabi, 15.–17. Januar 2013
Gemeinschaftsstand im Deutschen Pavillon

TerraTec
Leipzig, 29.–31. Januar 2013

nano tech
Tokio, 30. Januar –1. Februar 2013
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

Fuel Cell Expo
Tokio, 27. Februar –1. März 2013
Gemeinschaftsstand im Deutschen Pavillon

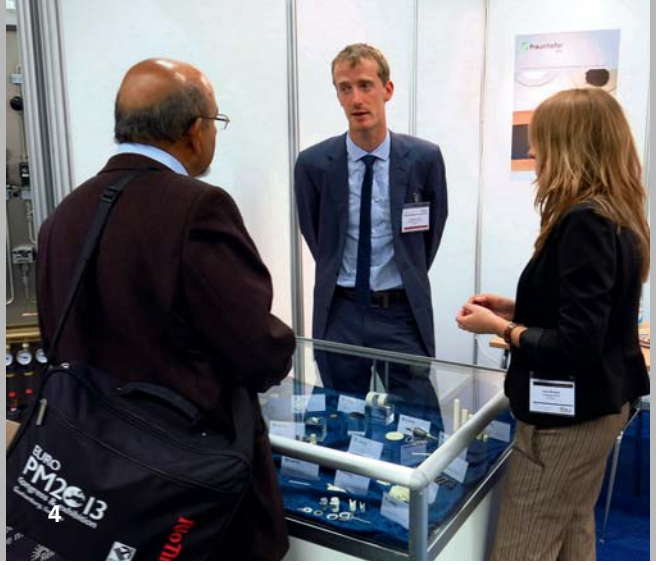
intec 2013
Leipzig, 26. Februar.–1. März 2013
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

Internationale Dentalschau IDS
Köln, 12.–16. März 2013

Hannover-Messe
Hannover, 8.–12. April 2013
Gemeinschaftsstände: Mikro-Nanotechnologie Thüringen, Energy Saxony, Fraunhofer-Allianz Energie, LEG Thüringen



3



4

SMT Hybrid Packaging
Nürnberg, 16.–18. April 2013
Gemeinschaftsstand »Future Packaging 2013«

Powtech
Nürnberg, 23.–25. April 2013

BiogasWorld
Berlin, 23.–25. April 2013

Sensor & Test
Nürnberg, 14.–16. Mai 2013
Gemeinschaftsstand »Forschung für die Zukunft«

GreenTec Awards
Berlin, 30. August 2013

EuroPM
Göteborg, 15.–18. September 2013

EMO
Hannover, 16.–21. September 2013
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

IMAPS 2013
Orlando, 29. September–3. Oktober 2013

EU PVSec
Paris, 1.–3. Oktober 2013
Gemeinschaftsstand der Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH

Materialica
München, 15.–17. Oktober 2013

Productronica
München, 12.–15. November 2013
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

CompaMed
Düsseldorf, 20.–22. November 2013
Gemeinschaftsstand der IVAM Service GmbH

Hagener Symposium
Hagen, 28.–29. November 2013

EuroMold
Frankfurt am Main, 3.–6. Dezember 2013
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand, Allianz Generative Fertigung

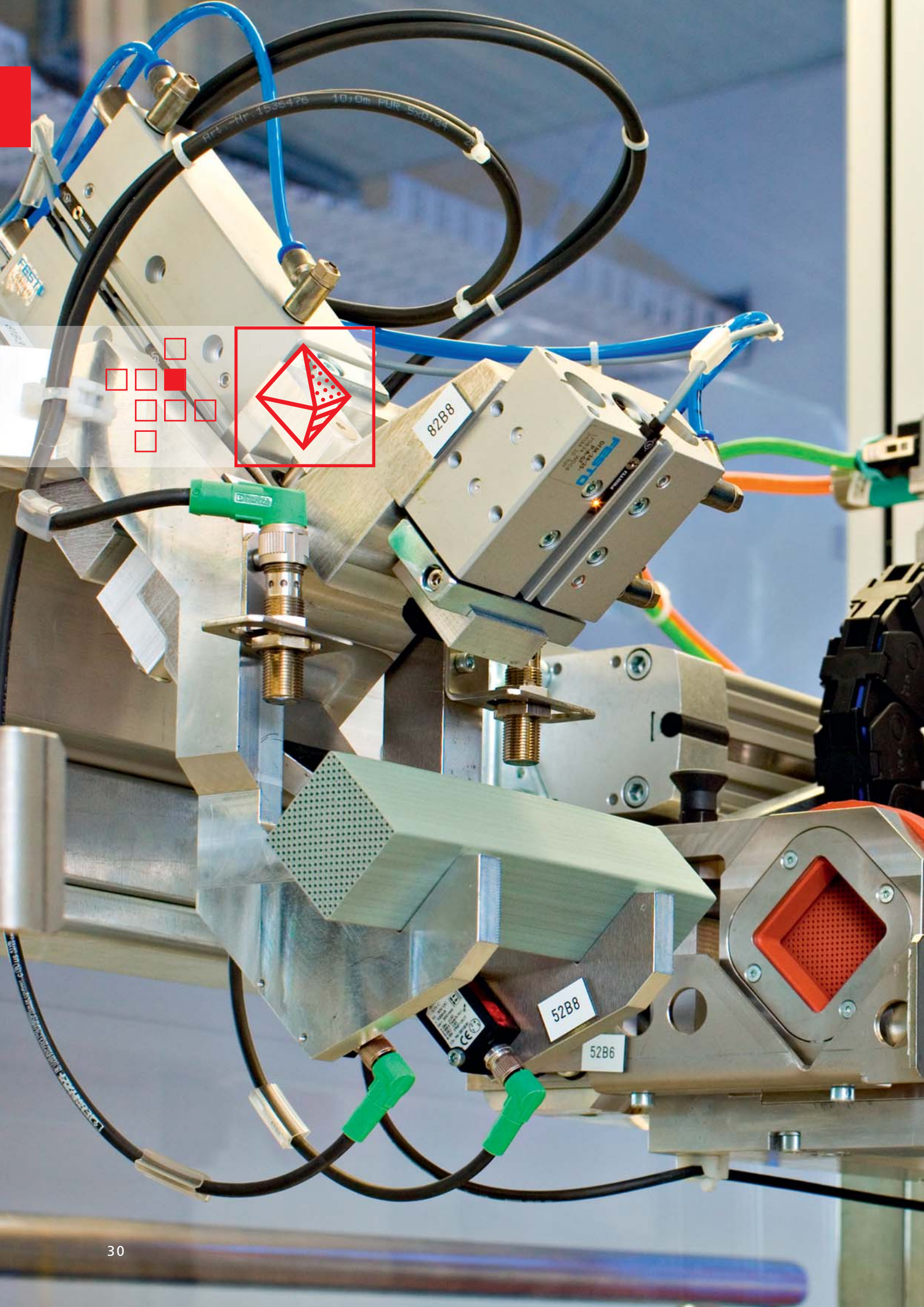
Dresdner Sensor-Symposium
Dresden, 9.–11. Dezember 2013

1 *Pressekonferenz zur HMI: Gemeinsam mit Chip Bottone und Andreas Frömmel (FuelCell Energy, Inc., FCES GmbH) beantwortete Institutsleiter Alexander Michaelis zahlreiche Fragen zum Thema »Energiewende ohne Netzausbau: dezentrale, saubere Stromerzeugung mit Brennstoffzellenkraftwerken«.*

2 *Bauteile aus Strukturkeramik halten extremen Bedingungen stand – hohe Nachfrage zur HMI im Bereich »Industrial Supply«.*

3 *Systemintegration in der Mikroelektronik – maßgeschneiderte Lösungen auf dem internationalen Branchentreffpunkt SMT Hybrid Packaging in Nürnberg.*

4 *EuroPM: Angepasste Material- und Formgebungskonzepte zur pulvermetallurgischen Leitveranstaltung in Göteborg.*


82B8
52B8
52B6

GESCHÄFTSFELD

WERKSTOFFE UND VERFAHREN

Projektberichte

32 Nanotinten mit angepassten Sintereigenschaften

34 Direktsynthese von Lithium-Ionen-Elektrodenmaterialien

36 Gelcasting – Ein Verfahren für besonders defektarme Formteile

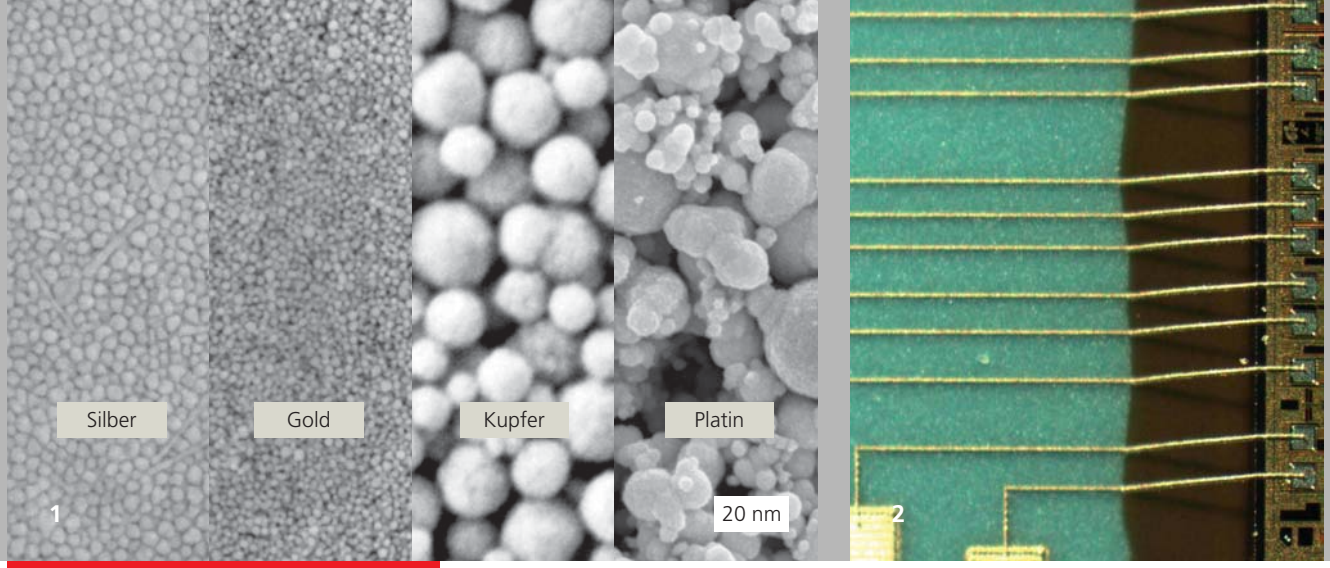
38 Smart Materials am Fraunhofer IKTS

40 Keramische Folien auf Basis UV-härtender Bindersysteme

Im Geschäftsfeld »Werkstoffe und Verfahren« werden oxidische, nichtoxidische und silikatische Keramikwerkstoffe sowie Verbundwerkstoffe, Gläser, Hartmetalle und Cermets entwickelt und modifiziert. Die Angebotspalette erstreckt sich dabei von der gezielten Werkstoffsynthese aus prekeramischen Vorstufen oder kommerziell verfügbaren Rohstoffen bis hin zur anwendungsorientierten Werkstoffentwicklung. In Abhängigkeit von der Zielstellung werden die Werkstoffe zu Pulvern, Suspensionen, Granulaten, Feedstocks, Pasten, Tinten, Folien oder Fasern sowie hochdichten, zellulären oder porösen Sinterteilen verarbeitet. Die erfolgreiche Erschließung neuer Anwendungsfelder durch eine gezielte Verbindung von strukturellen und funktionellen Eigenschaften in keramischen Werkstoffen oder Keramik-Metallverbunden spiegelt sich u. a. in der Entwicklung von Hochtemperaturwerkstoffen, elektrisch leitfähigen Keramiken, Leuchtstoffen, superharten Verschleißwerkstoffen, polykristallinen Schleifstoffen oder funktionellen keramischen Schichten wider.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Entwicklung von neuen und der Optimierung von etablierten pulvertechnologischen Fertigungsverfahren unter dem Aspekt der Defektvermeidung und Kosteneinsparung. Nanoskalige Pulverqualitäten und defektfreie Kristallstrukturen ermöglichen ganz neue Eigenschaften wie z. B. transparente keramische Bauteile, Werkstoffe mit besonders vorteilhaften Kombinationen von Härte und Festigkeit sowie Komponenten mit hoher Schlagresistenz oder optisch besonders reflektierenden Oberflächen.

Das breite Leistungsspektrum der Formgebungsverfahren reicht von der Press-, Gieß- und plastischen Formgebung über generative Verfahren bis hin zu Multilayertechnologie und Direktdruckverfahren. Eine große Anzahl von Wärmebehandlungsverfahren sowie eine leistungsfähige Grün- und Finishbearbeitung runden das umfangreiche Kompetenzportfolio des Fraunhofer IKTS ab. Mit Beschichtungsverfahren, wie beispielsweise der chemischen Gasphasenabscheidung oder dem thermischen Spritzen, lassen sich die Oberflächeneigenschaften verändern und Bauteile den Anforderungen anpassen. Somit können unsere Kunden von geschlossenen technologischen Ketten profitieren, die eine Technologieentwicklung bis in den Pilotmaßstab ermöglichen.



NANOTINTEN MIT ANGEPASSTEN SINTEREIGENSCHAFTEN

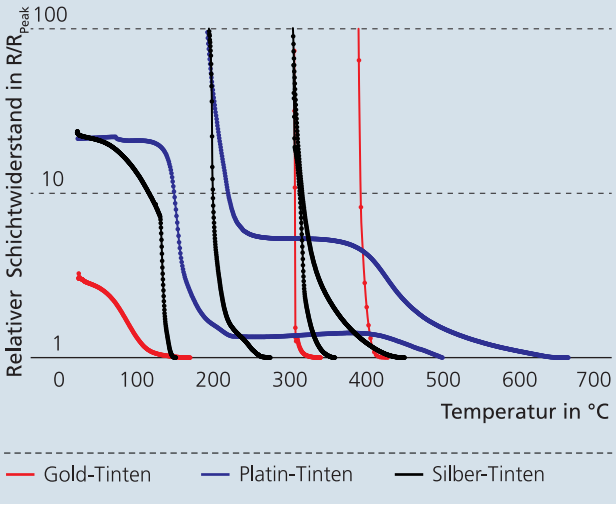
Dr. Marco Fritsch, Dr. Sindy Mosch, Robert Jurk, Dr. Nikolai Trofimenko

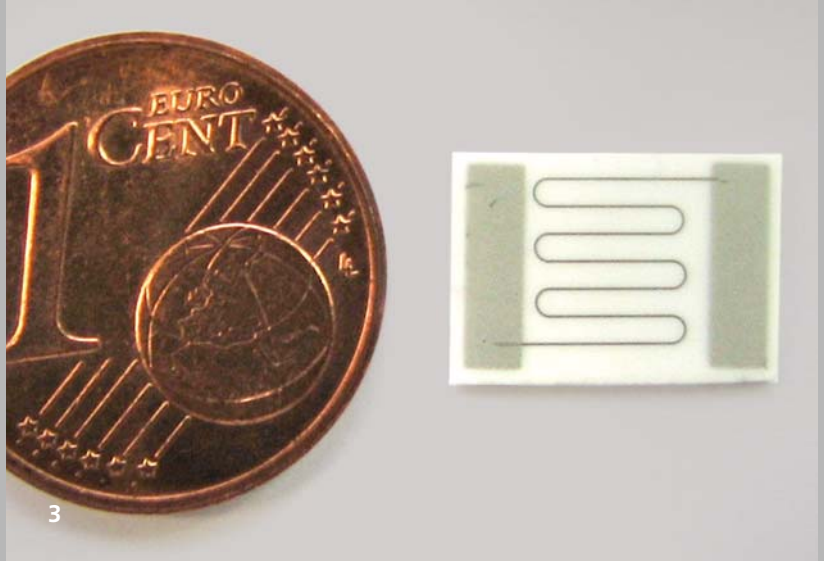
Der digitale Druck funktioneller Materialien hat großes Potenzial für die Produktion elektronischer und sensorischer Bauelemente. Verfahren wie der Tintenstrahldruck (Inkjet) zeichnen sich hierbei durch ihre hohe Flexibilität, Schnelligkeit sowie Skalierbarkeit aus. Im Gegensatz zur klassischen Halbleitertechnologie werden für die Elektronikfertigung Materialtinten zum direkten Druck der Schaltungskomponenten auf das Zielsubstrat eingesetzt. Diese Entwicklung führte bereits zu einer Vielzahl innovativer Anwendungen, wie flexible elektrische Schaltungen, miniaturisierte und kostengünstige Sensorik, Wafer/Chip-Umverdrahtung und Kontaktierung, Lichterzeugung mittels OLEDs oder Energieerzeugung in der Photovoltaik. Um das Potenzial dieser und weiterer Anwendungen zu erschließen, ist die Entwicklung geeigneter Materialtinten notwendig. Das Fraunhofer IKTS hat hierfür im Rahmen einer Mittelstandsorientierten Eigenforschung (MEF) Materialsynthesen von Metalltinten für Direktschreibverfahren entwickelt. Die bislang untersuchten Metalle umfassen Gold, Silber, Platin, Palladium, Rhodium sowie Kupfer. Darüber hinaus werden aktuell auch Kohlenstoff- und Glas-basierte Tinten erforscht.

Die technischen Anforderungen an solche Tinten sind umfangreich. Neben der Kompatibilität zur Drucktechnologie müssen Zielparameter und Funktionserfüllung der zu druckenden Struktur auf dem jeweiligen Substratmaterial gegeben sein. Da das Druckverfahren auf der Erzeugung und Abscheidung kleiner Tintentropfen in Druckdüsen basiert, müssen die Partikel in den Tinten deutlich kleiner als ein Mikrometer sein. Da man solch kleine Partikel durch herkömmliche pulvertechnologische Verarbeitungsverfahren wie Mahlung, Sichtung und Klassierung nur unzureichend bzw. sehr aufwendig herstellen kann, wurde am Fraunhofer IKTS eine Nanopartikelsynthese für Metalle entwickelt. Darin werden in einem ersten Schritt die metallischen Nanopartikel in einer Fällungsreaktion kontrolliert erzeugt und anschließend in eine Drucktinte überführt. Die herstellbaren Partikelgrößen sowie deren Verteilungsbreite können während des Prozesses in einem Bereich von 10 bis 500 nm in Abhängigkeit der Synthesebedingungen variabel erzeugt werden.

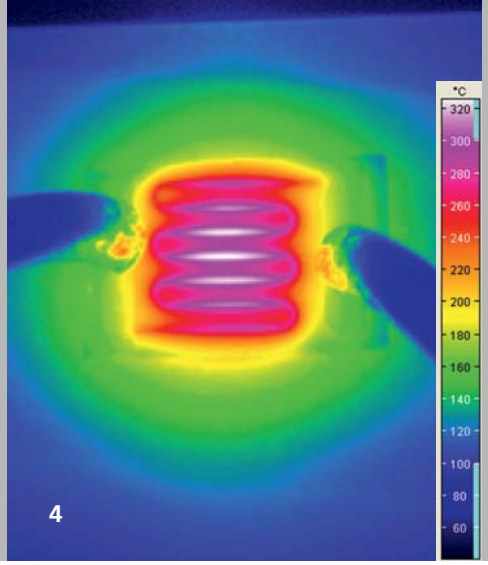
Notwendige Eigenschaften für den Druckprozess, wie niedrige Viskosität und abgesenkte Oberflächenspannung zur Tropfenbildung der Tinte, werden durch Auswahl und Einsatz von Lösungsmitteln sowie organischen Additiven eingestellt. Für das Erreichen einer ausreichend hohen elektrischen Leitfähigkeit, bzw. der Formierung und Verdichtung des Schichtgefüges,

Sinterverhalten und relativer Schichtwiderstand von Edelmetall-Nanotinten





3



4

werden die gedruckten Strukturen gesintert. Die Schwierigkeit hierbei liegt in der je nach Anwendung begrenzten Temperaturstabilität des Substratmaterials. Insbesondere auf Polymer basierende Substrate müssen oftmals deutlich unterhalb von 180 °C gebrannt werden, während keramische Substrate bis zu mehreren einhundert Grad Celsius stabil sind. Ergebnisse des Fraunhofer IKTS belegen, dass durch gezielte Auswahl und Einsatz organischer Dispergatoren während der Tintensynthese ein direkter Einfluss auf die notwendige Sintertemperatur zur Schichtformierung genommen werden kann. Hierbei bestimmt das thermische Entbinderungsverhalten des Dispergators an der Partikeloberfläche den notwendigen Temperaturbereich zur Versinterung der Partikel. Ausgehend von diesem Ansatz können für das jeweilige Metall bzw. zu druckende Funktionsmaterial die Tintenrezepturen so angepasst werden, dass unterschiedliche Anwendungen unter Verwendung verschiedenster Substratmaterialien realisiert werden können. Beispielsweise wurden mittels Gold-Tinte die elektrischen Kontaktierungen von Silizium-Chips auf Polymer-Substrat gedruckt und bei 200 °C gesintert. Die erreichte elektrische Schichtleitfähigkeit liegt um den Faktor drei niedriger als bei reinem Gold-Metall, und ist vergleichbar mit Gold-Dickschichtpasten. Bei deutlich höheren Sintertemperaturen von 500 °C wurde mit einer Platin-Tinte ein miniaturisierter Heizer auf Keramik realisiert. Sensorische Bauelemente können so bei Temperaturen bis 350 °C konstant betrieben werden. Zudem eignen sich die hier dargestellten Metalltinten, aufgrund des zum Metall ähnlichen Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstands, zum Druck miniaturisierter Temperatursensoren. Solche Sensoren können platzsparend in vorhandene elektrische Komponenten integriert werden.

Beispiele von IKTS-Tinten für DoD-Inkjet und Aerosoljet-Druck

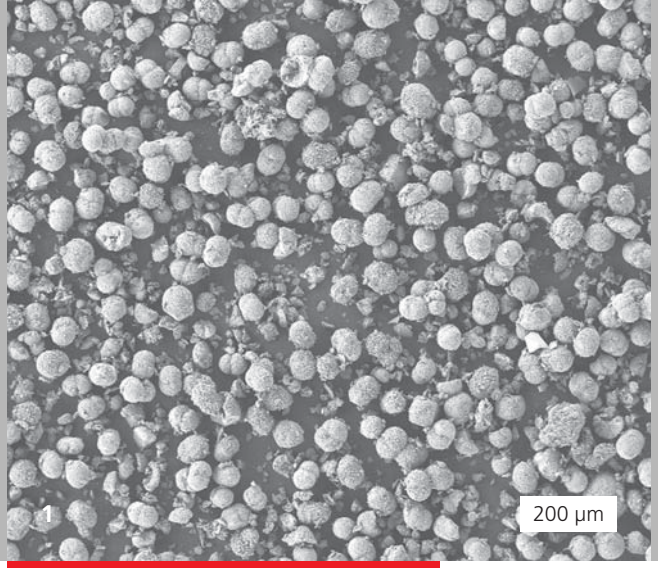
Eigenschaft	Gold	Silber	Platin
Partikelgröße D_{50} nm	40–150	40–300	40–100
Feststoffgehalt m.-%	15–60	5–70	20–60
Druckträger	organische Lösungsmittel oder Wasser		
Tintendichte g/cm³	1,1–2,5	1,1–3,0	1,1–2,8
Schichtdicke Druck µm	einstellbar im Bereich 0,3–15,0		
Einbrand Peaktemp. °C	25–440	25–500	180–700
Substratmaterial	variabel z.B. Polymer, Metall, Keramik		
ρ Ωmm²/m	0,046–0,07	0,03–0,05	0,22–0,33

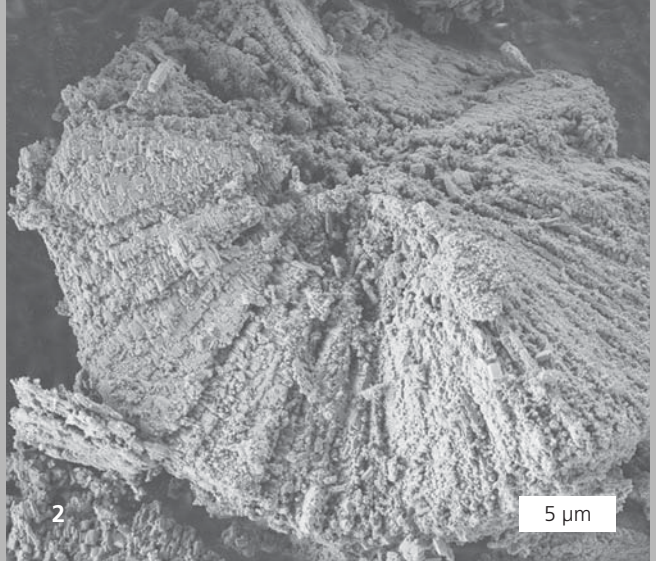
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Synthese metallischer Nanopartikel
- Formulierung und Herstellung von Materialtinten
- Kompatibilität mit verschiedenen Substratmaterialien von Polymer bis Keramik
- Einsatz in massenfertigungstauglicher digitaler Drucktechnologie wie Inkjet- und Aerosoldruck
- Entwicklung elektronischer Komponenten aus der gedruckten Elektronik, Sensorik oder miniaturisierten Bauteilen der Energiewandler und Energiespeicher

1 *Nanopartikel.*
2 *Chip-Kontaktierung Gold-Tinte.*
3 *Heizer mit Platin-Mäander.*
4 *Wärmebild Platin-Heizdemonstrator.*

Kontakt Dr. Marco Fritsch • Telefon +49 351 2553-7869 • marco.fritsch@ikts.fraunhofer.de





DIREKTSYNTHESE VON LITHIUM-IONEN-ELEKTRODENMATERIALIEN

Dr. Isabel Kinski, Dr. Mareike Wolter, Dr. Kristian Nikolowski

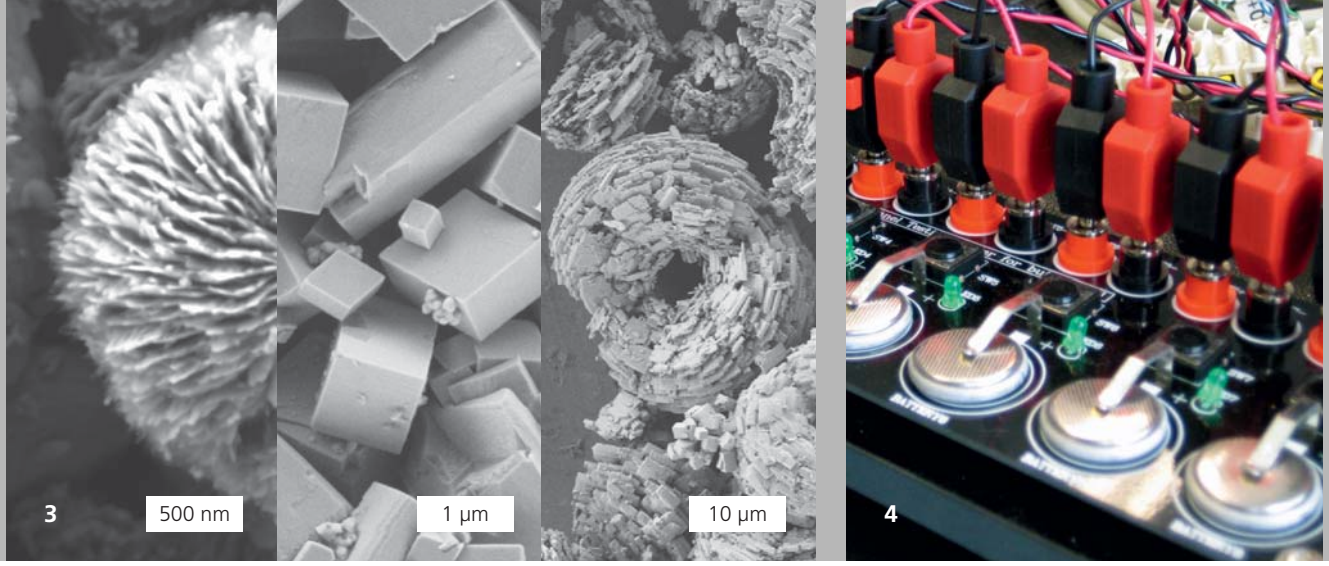
Der zukünftig großflächige Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien in Bereichen wie der Elektromobilität und der Speicherung regenerativ erzeugter Energie stellt hohe Ansprüche an die zu verwendenden Elektrodenmaterialien: Sie sollen langlebige und zyklenfeste Batterien mit hoher Energie- und/oder Leistungsdichte ermöglichen, die darüber hinaus kostengünstig, sicher und umweltverträglich sind.

Um diese Anforderungen erfüllen zu können, müssen Eigenschaften bestehender Materialien auf verschiedenen Ebenen weiterentwickelt und optimiert werden. Eine hohe Energiedichte wird im Vergleich zu heute verwendeten Systemen zum Beispiel durch eine höhere spezifische Speicherkapazität sowie eine höhere Zellspannung erreicht. Um gleichzeitig hohe Leistungsdichten und eine hohe Lebensdauer zu ermöglichen, ist eine exakte Kontrolle der Partikelgröße und -morphologie bereits während der Synthese notwendig. Nur dadurch können optimale Verhältnisse für den Ionen- und Elektronentransport im Festkörper und an den Grenzflächen (z. B. zum Elektrolyten) geschaffen werden.

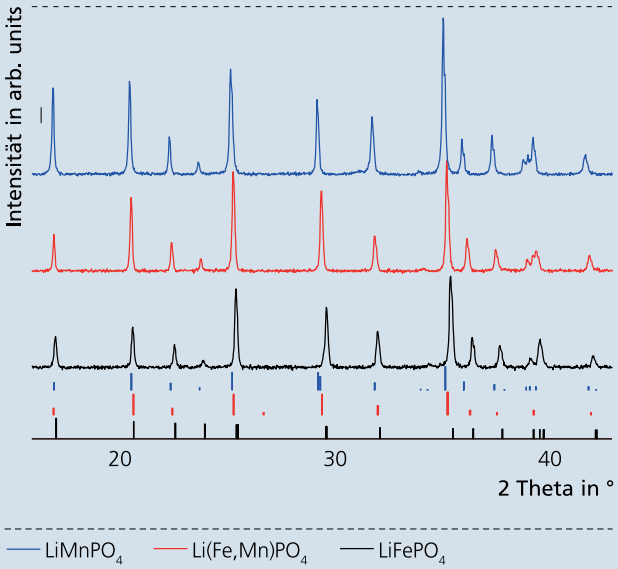
Dazu werden am Fraunhofer IKTS neuartige Aktivmaterialien entwickelt und mittels verschiedener Verfahren gezielt optimiert. Für die Kathodenseite werden u. a. Materialien mit Olivinstruktur sythetisiert, wie $LiFePO_4$ (LFP) und $LiMnPO_4$ (LMP). Außerdem wird die Herstellung von Hochspannungsmaterialien wie $LiNi_{0,5}Mn_{1,5}O_4$ untersucht, welches in der Spinellstruktur kristallisiert. Auf der Anodenseite stehen alternative Materialien im Fokus, die im Vergleich zum heute eingesetzten Graphit wesentlich größere spezifische Kapazitäten aufweisen. Arbeitsschwerpunkt sind dabei Prozesse, die in den Produktionsmaßstab skalierbar sind. Am Fraunhofer IKTS sind diese Verfahren vom Labor- bis in den Technikumsmaßstab etabliert.

Eine gezielte Einstellung der Partikelmorphologie kann prinzipiell auf zwei Wegen erreicht werden:
Im Top-Down-Ansatz werden verfügbare (bspw. kommerzielle) Pulver über Schleifprozesse auf die gewünschte Größe gebracht und anschließend klassiert.
Der Bottom-Up-Ansatz dagegen stellt die Partikelmorphologie und -größe bereits bei der Synthese der Primärpartikel her. Über die Wahl der Syntheseroute wird so die Partikelgröße und -verteilung sowie die Morphologie der synthetisierten Materialien gezielt eingestellt. Neben den klassischen Festkörperreaktionen und Sol-Gel-Ansätzen unter Normaldruck können hierfür Hydro- bzw. Solvothermalsynthesen mit mikrowellenunterstützten Reaktoren in Autoklaven verwendet werden.

Dies konnte in Synthesevariationen über den Bottom-Up-Ansatz für Mischreihen von LFP und LMP bereits gezeigt werden. Mittels mikrowellenunterstützter Synthesen bzw. im Autoklaven wurde sowohl phasenreines LFP und LMP als auch die Mischphase $Li(Mn,Fe)PO_4$ hergestellt (siehe Graphik). Die Entstehung der einphasigen Phosphate ist dabei stark abhängig vom pH-Wert und dem Verhältniss der Li-, P- und Mn- bzw. Fe-Anteile der eingesetzten Ausgangsstoffe. Außerdem wirken sich Reaktionszeit und -temperatur im Autoklaven bzw. in der Mikrowelle auf den Kristallinitätsgrad und die Kristallitgröße aus. Die Verwendung von Mikrowellen verkürzt darüber hinaus die Reaktionszeit erheblich von 24 Stunden im Autoklaven auf 21 Minuten im Mikrowellenreaktor.



Pulver-XRD-Aufnahme: Einphasig-synthetisiertes LFP- und LMP-Pulver sowie die Kationen-substituierte Variante



Elektronenmikroskopische Aufnahmen ausgewählter Pulver sind in den Bildern 1 bis 3 dargestellt. Für diese Synthesen wurden überwiegend Phosphate, Hydroxide und Acetate eingesetzt.

Aus den entwickelten Pulvern werden Elektroden für die Untersuchung der elektrischen Eigenschaften gefertigt. Hierfür können verschiedene Zellformate (Knopfzellen, Pouchzellen) hergestellt und charakterisiert werden (Bild 4). Am Fraunhofer IKTS steht dazu eine Vielzahl von Messkanälen (> 100) für einen weiten Temperaturbereich zur Verfügung, an denen Performance-, Lebensdauer- und Leistungstests sowie impedanzspektroskopische Untersuchungen durchgeführt werden können. Durch post-mortem-Analysen und ein breites Spektrum analytischer Methoden werden die Pulver nach den elektrochemischen Untersuchungen charakterisiert, um die Grundlage für eine weitere systematische Optimierung zu legen.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Synthese anorganischer Kathoden und Anodenmaterialien über Festkörperreaktionen, Sol-Gel- (z. B. Pechini), Metallorganik-, Inertgas-, Hydrothermal- und mikrowellenunterstützter Synthesen
- Charakterisierung von Aktivmaterialien in Lithium-Ionen-Testzellen
- Post-mortem-Analytik an Aktivmaterialien und Zellen
- Technologie- und Prozessentwicklung für die Lithium-Ionen-Batterie-Fertigung
- Skalierung aller Fertigungsschritte vom Labor- in den Technikumsmaßstab

1 *10 bis 20 µm große LFP-sphärische Partikel über Direktsynthese.*
2 *Zerbrochenes polykristallines Partikel.*
3 *Verschiedene LFP-Partikelgrößen und Morphologien.*
4 *Charakterisierung von Aktivmaterialien in Knopfzellen.*

Kontakt Dr. Isabel Kinski • Telefon +49 36601 9301-3931 • isabel.kinski@ikts.fraunhofer.de



1



2

GELCASTING – EIN VERFAHREN FÜR BESONDERS DEFEKTARME FORMTEILE

Dr. Jens Klimke, Dr. Andreas Krell

Der Weg zum »perfekten keramischen Festkörper« durch Minimierung der Defektkonzentration im keramischen Gefüge führt über einen vielstufigen Optimierungsprozess: Von Auswahl bzw. Herstellung geeigneter Ausgangsstoffe sowie deren Aufbereitung über Verdichtung bis Sinterung. Entwicklungsfortschritte auf diesem Weg werden besonders an dichtgesinterten transparenten Keramiken deutlich, weil dort größere Defekte direkt erkennbar sind und selbst kleinste Poren durch ihren Beitrag zur Lichtstreuung die messbare Transmission mindern. Transparentkeramiken mit sehr guter In-Line-Transparenz von z. B. 95 % des Maximalwerts bei 4 mm Dicke werden durch einen Verlustkoeffizienten von $k = 0{,}056\ cm^{-1}$ beschrieben (Möglichkeiten zur Steigerung des Maximalwerts durch reflexionsmindernde Beschichtung aus Metall-Fluorid werden im Beitrag von U. Reichel zum Geschäftsfeld Optik auf S. 98-99 beschrieben). Für wirkliche »Optokeramik« oder »Laser-Keramik« gelten hingegen noch höhere Anforderungen mit $k = 0{,}01\ cm^{-1}$, meist sogar $k < 0{,}001\ cm^{-1}$. Zusätzlich ist für lokale Abweichungen des Brechungsindex dickenbezogen $\Delta n < 0{,}01–1$ ppm ($10^{-8}–10^{-6}$) zu erfüllen.

Für die hohen Anforderungen derartiger Keramiken stoßen übliche keramische Pressverfahren aufgrund verbleibender Pressdefekte an ihre Grenzen. Dagegen bieten flüssige Formgebungsverfahren Vorteile bei der Aufbereitung der Suspensionen und der erreichbaren Homogenität der Grünkörper. Neben dem klassischen Schlickerguss hat in den letzten Jahren Gelcasting als modernes Formgebungsverfahren mehr und mehr Beachtung gefunden. Beim Gelcasting werden zur dünnflüssigen, leicht gießbaren Suspension aus stabilisiertem und deagglomeriertem Keramikpulver 3 bis 5 Ma% Monomere zugesetzt, die nach Gießen in eine Gießform durch Polymerisationsreaktion das Wasser binden und dadurch den optimalen Dispergierzustand der Suspension erhalten. Die keramischen Partikel bleiben in der Hydrogelmatrix eingebettet, aus der nach Trocknung besonders defektarme Grünkörper entstehen. Die nebenstehende Graphik gibt einen schematischen Überblick zum Prozessablauf. Gelcasting eignet sich idealerweise für Ausgangsmaterialien im Korngrößenbereich von ca. 0,1 bis 2 µm. Bei gröberen Pulvern kann abhängig von der Dichte Sedimentation eintreten, während bei feineren Pulvern zunehmende Abstoßungskräfte der einzelnen Partikel den Feststoffanteil verringern. Durch die simple Gießtechnik in nichtporöse Formen und die gute mechanische Bearbeitbarkeit der Grünkörper können insbesondere bei Kleinserien Kostenvorteile realisiert werden. Die Herausforderungen beim Gelcasting liegen in der Optimierung der keramischen Suspensionen hinsichtlich der Mahlaufbereitung mit geeigneten Dispergierhilfsmitteln und Feststoffkonzentrationen sowie in der Auswahl der gelbildenden Monomere. Langjährige Erfahrungen zeigen, dass sich nahezu jedes keramische Pulver unterschiedlich verhält, da der Polymerisationsprozess durch die Reinheit der Ausgangsstoffe und chemische Reaktionen an der Pulveroberfläche beeinflusst wird. Hohe Härte, hoher Schmelzpunkt, chemische Inertheit und Thermoschockbeständigkeit machen Spinell zu einem attraktiven Material u. a. für ballistische Materialien, kratzresistente Fenster und IR-Dome. Während Gelcasting für transparenten Korund mittlerweile gut etabliert ist, wird in der Literatur außerhalb des Fraunhofer IKTS bisher keine durch Gelcasting hergestellte transparente Spinellkeramik ($MgAl_2O_4$) beschrieben, obwohl mit Spinellkeramik aufgrund des kubischen Kristallsystems eine höhere Transmission



3



4

als bei Korundkeramik erzielbar ist. Die Ursachen liegen in der schwierigen Dispergierbarkeit des Spinells, die im wässrigen Medium durch Hydrolyse erschwert wird, so dass störend hohe Viskositäten bzw. geringe Feststoffgehalte resultieren.
Durch die starke Schwindung beim Trocknen und beim Sintern wächst besonders bei dickwandigen und großformatigen Teilen das Risiko der Bildung von Rissen und erkennbaren Defekten. Im Ergebnis umfangreicher Optimierungsarbeiten konnten die Probleme im Fraunhofer IKTS Dresden überwunden werden, so dass eine wässrige und eine nichtwässrige Route für Gelcasting zur Verfügung stehen, die bisher unerreichte Qualitäten ermöglichen. Durch Anpassung des Gelcasting-Prozesses konnten erstmals auch komplexere größere Teile aus Spinell in Halbkugelform realisiert werden. Bild 1 zeigt die Halbkugeln nach Trocknung (links), Sinterung an Luft (Mitte) und heißisostatischem Pressen (rechts), Bild 2 eine Auswahl größerer Teile aus transparenter Spinellkeramik und Bild 3 einen Blick durch praktisch defektfreie Spinellkeramik mit einer Dicke von 17,7 mm. Mit einem In-Line-Verlustfaktor k = 0,012 cm^{-1} und mit Δn = 0,25–0,36 ppm (Messung der Carl ZEISS AG, Oberkochen) kommt die transparente Spinellkeramik in den Bereich optisch geforderter Qualität. Auch für die potenziell geeigneten Ausgangsmaterialien für keramische Laser Y_2O_3 und $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG) konnten durch Gelcasting Fortschritte hinsichtlich der Defektfreiheit und damit der Transparenz erzielt werden. Bild 4 zeigt im Fraunhofer IKTS durch Gelcasting hergestellte Entwicklungsmuster (Durchmesser ca. 2 cm) aus transparenter Spinell-, Yttriumoxid- und Yttriumaluminiumoxid-Keramik.

Ablaufschema Gelcasting-Prozess

1. Aufbereitung Suspension
2. Zugabe Monomere
3. Gießen
4. Entgasen in Vakuum
5. Polymerisation
6. Entformung und Trocknung
7. Ausbrennen von Organik
8. Sintern

Leistungs- und Kooperationsangebot

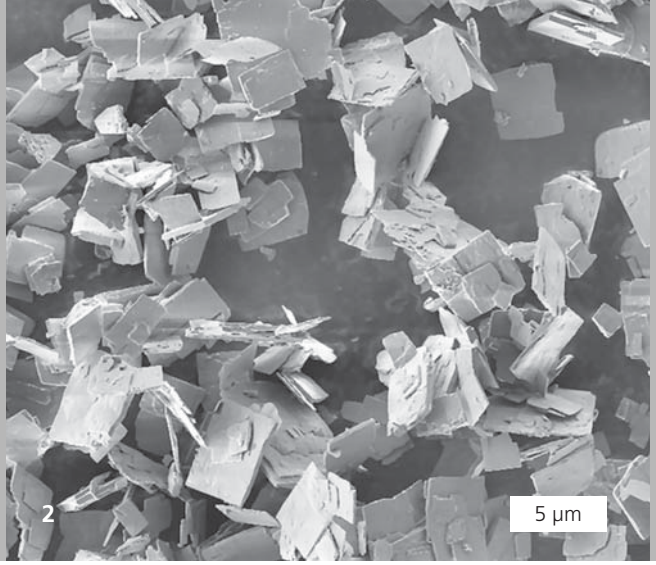
- Entwicklung besonders defektarmer oxidischer Keramiken für Hochleistungswerkzeuge und optische Anwendungen
- Optimierung von Suspensionen
- Optische Charakterisierung und Simulationsrechnung
- Realisierung von Kleinserien

1 *Gelcasting-Formkörper aus Spinell: getrocknet (links), gesintert (Mitte) und nach HiP (rechts).*
2 *Transparente Spinellkeramik hergestellt durch Gelcasting.*
3 *Besonders defektarme Spinellkeramik mit geringem Verlustfaktor.*
4 *Entwicklungsmuster aus Spinell (links), Yttriumoxid (Mitte) und YAG (rechts).*

Kontakt Dr. Jens Klimke • Telefon +49 351 2553-7815 • jens.klimke@ikts.fraunhofer.de



1



2

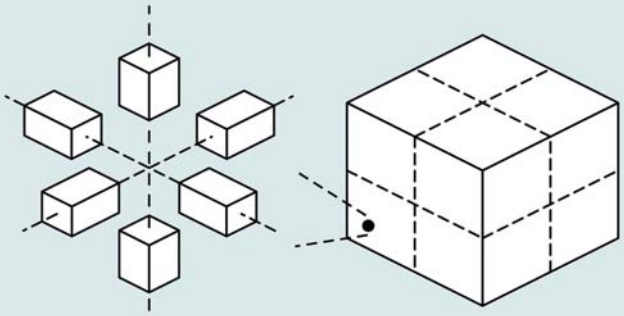
SMART MATERIALS AM FRAUNHOFER IKTS

Dr. Peter Neumeister, Dr. Andreas Schönecker, Prof. Michael Stelter

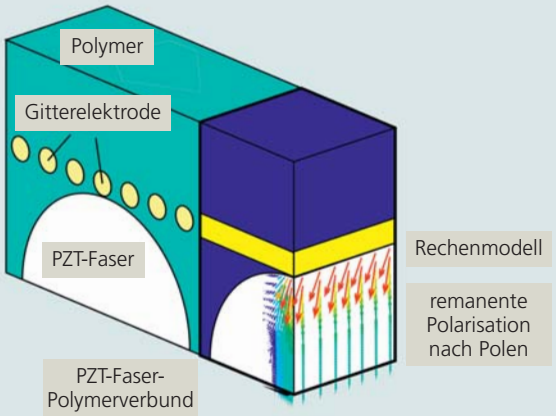
Als intelligente Materialien (engl.: smart materials) werden Materialien bezeichnet, die verschiedene physikalische Eigenschaften miteinander vereinen und diese funktionell koppeln. Das gezielte Ausnutzen dieser Kopplungen ermöglicht die Konzentration der Funktionen auf Materialebene und damit eine Reduktion des konstruktiven und schaltungstechnischen Aufwands zur Erfüllung komplexer Aufgaben. Smart Materials bieten damit einen eleganten Gegenentwurf zu immer höher integrierten mikromechatronischen Systemen.

Die Kernkompetenz der Arbeitsgruppen »Multifunktionale Werkstoffe und Bauteile« und »Angewandte Werkstoffmechanik« bilden ferroelektrische Perowskitkeramiken, die neben ihren herausragenden dielektrischen Eigenschaften eine Vielzahl funktioneller Kopplungen besitzen. Die am weitesten bekannte Funktionskopplung ist die Piezoelektrizität, die eine lineare Kopplung zwischen mechanischen und elektrischen Feldgrößen darstellt. Sie bildet die Grundlage für Aktoren, Sensoren und Schallwandler. Infolge des piezoelektrischen Effekts wirken sich die elektrischen Randbedingungen auf die elastische Steifigkeit der Keramiken aus. Somit ist es möglich, Strukturen mit elektrisch schaltbaren Steifigkeiten zu konstruieren. Die piezoelektrischen Eigenschaften ferroelektrischer Keramiken hängen stark von der Temperatur und der elektromechanischen Beanspruchung ab. Eine gezielte Kombination dieser Abhängigkeit insbesondere im Rahmen der thermomechanischen Wechselwirkung zwischen Funktionskeramik und umliegender Struktur erlaubt die direkte Kompensation zum Beispiel der Temperaturabhängigkeit innerhalb des funktionellen Verbunds. Darüber hinaus weisen ferroelektrische Keramiken elektrokalorische Eigenschaften auf. Das Einbringen eines elektrischen Felds bewirkt eine signifikante Temperaturänderung, die bei Abschalten der elektrischen Last nahezu zurückgeht. Durch die geschickte Anordnung und Verschaltung elektrokalorischer Keramikelemente werden aktive Festkörperkühlelemente möglich. In miniaturisierter Ausführung können so hochlokalisierte Wärmequellen in mikroelektronischen Bauteilen effizient gekühlt werden. Perowskitische Kristalle erleben thermisch induzierte und lastinduzierte Phasenumwandlungen. Die durch diese Umwandlungen auftretenden signifikanten Änderungen in den thermoelektromechanischen Werkstoffeigenschaften bergen weitere Anwendungspotenziale, wie zum Beispiel hochpräzise thermische Schalter.

Ein aktueller Forschungsschwerpunkt liegt auf der Entwicklung kostengünstiger bleifreier Piezokeramiken. Kalium-Natrium-Niobat-Verbindungen (KNN, Bild 1) weisen gute piezoelektrische Koppeleigenschaften auf und besitzen daher das Potenzial, die herausragenden, aber bleihaltigen PZT-Keramiken in speziellen Anwendungen abzulösen. Ziel der Arbeiten ist die Entwicklung einer wirtschaftlichen und robusten Syntheseroute sowie die Optimierung der Koppeleigenschaften. Ein Ansatz hierzu stellt die Texturierung des Vielkristalls dar, d. h. die gezielte Ausrichtung der Kristallgitter der einzelnen Körner. Hierzu werden chemisch kompatible Kornkeime entwickelt (Bild 2). Mit Hilfe der Werkstoffmechanik werden Fragen nach dem benötigten Texturierungsgrad, nach bevorzugten kristallographischen Phasen sowie nach mechanischen Wechselwirkungen zwischen den Körnern beantwortet, wobei mikroskopische Modellansätze Verwendung finden (Bild 3). Die Erfassung des makroskopischen Materialverhaltens unter gekoppelten elektrischen und mechanischen Lasten ermöglicht



3



4

die Simulation des Polungsverhaltens und der daraus resultierenden piezoelektrischen Eigenschaften in Bauteilen komplexer Geometrie (Bild 4).

Das Fraunhofer IKTS wird in den nächsten Jahren das Potenzial der intelligenten Materialien weiter systematisch erschließen. Beginnend bei der Materialsynthese über die Entwicklung effizienter Verfahrenstechnologien bis hin zum Entwurf, Aufbau und zur Validierung von kompletten Systemen wird die Wertschöpfungskette geschlossen. Von besonderer Bedeutung ist dabei eine durchgängige Modellierung. Sie erlaubt die Verknüpfung von Werkstoffdesign auf struktureller Ebene mit dem makroskopischen Systemverhalten.

Eine erweiterte Aufstellung erfährt das Forschungsgebiet der intelligenten Materialien durch die enge Vernetzung mit den Fachabteilungen des Fraunhofer IKTS, wie zum Beispiel mit der keramischen Strukturaufklärung (Forschungsfeld »Sintern und Charakterisierung«), der Aufbau- und Verbindungstechnik und der Entwicklung neuer Werkstoffverbunde (»Hybride Mikrosysteme« und »Werkstoffe und Komponenten«) sowie der Systemkompetenz bei Ultraschallanwendungen und Strukturüberwachung (IKTS-MD).

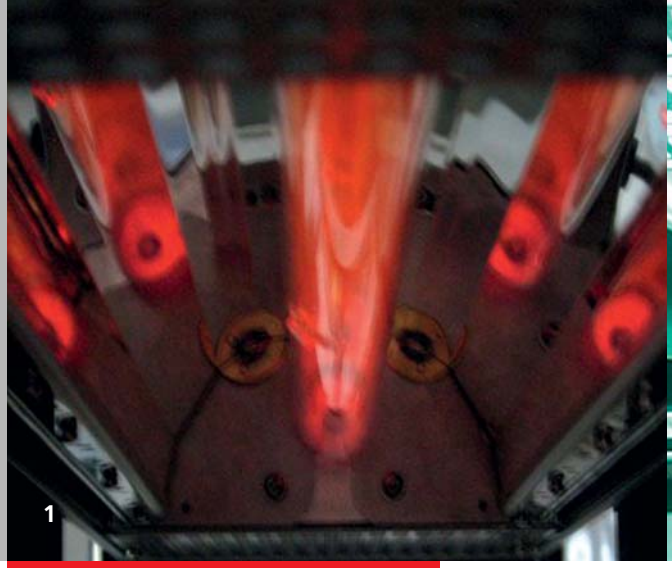
Die Zielmärkte der Aktivitäten liegen in klassischen Geschäftsfeldern wie der Leistungs- und Mikroelektronik, dem Automobilbau, Maschinen- und Anlagenbau, der Optik, Mess- und Prüftechnik aber auch in neuen, stark wachsenden Märkten wie Medizintechnik und Ambient Assisted Living.

Leistungs- und Kooperationsangebot

Ferroelektrische Keramiken und funktionelle Systeme:
- Werkstoffsynthese
- Technologieentwicklung
- Werkstoffcharakterisierung, Werkstoffmodellierung
- Systementwicklung, Prototypenbau, Validierung

1 *Tablettenprobe aus kalziniertem KNN.*
2 *Natrium-Niobat-Keime für texturiertes KNN.*
3 *Mikroskopischer Materialmodellansatz.*
4 *Verteilung der bleibenden Polarisation nach Polung im Keramik-Polymerverbund.*

Kontakt Dr. Peter Neumeister • Telefon +49 351 2553-7372 • peter.neumeister@ikts.fraunhofer.de





1

KERAMISCHE FOLIEN AUF BASIS UV-HÄRTENDER BINDERSYSTEME

Dipl.-Chem. Beate Capraro

Motivation und Zielstellung

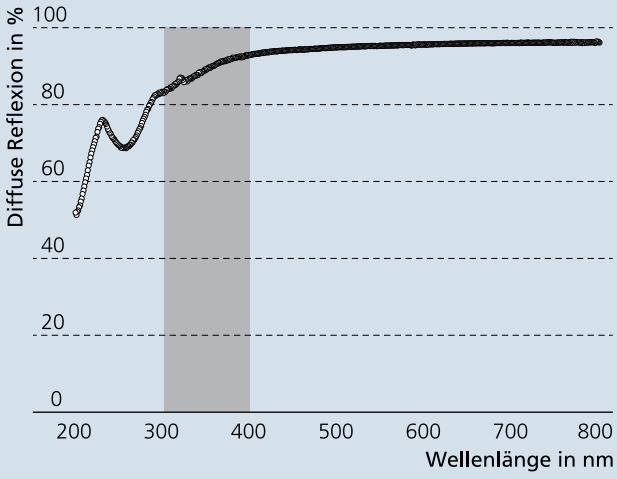
Das Foliengießen als effizientes Formgebungsverfahren nimmt im Bereich der Technischen Keramik einen zunehmenden Stellenwert ein, der sich in den letzten Jahren durch Entwicklungen insbesondere auf den Gebieten der LTCC-Technologie, Piezoaktorik und Brennstoffzellentechnik erhöht hat. Beim klassischen Foliengießprozess werden organische Lösemittel sowie Phthalate als Weichmacher eingesetzt. Auf Grund deren anerkannten Gefährdungspotenzials auf Umwelt und Gesundheit und der verschärften Gesetzgebung (Richtlinie 2002/95/EC-ROHS-Direktive) gibt es Bestrebungen, die organischen Lösemittel durch alternative Gießschlickersysteme zu ersetzen. Ein großes Potenzial stellen hierbei UV-härtende Foliengießsysteme dar.

Anhand einer keramischen Modellsubstanz wurde der Nachweis erbracht, dass UV-härtende Bindersysteme zur Substitution konventioneller, lösungsmittelbasierter Systeme geeignet sind. Die technologische Herausforderung bestand darin, gießfähige Schlicker mit minimalen Organikgehalten aufzubereiten. Das erfordert die Untersuchung alternativer Hilfsstoffe und die Evaluierung angepasster Prozessbedingungen während der Schlickeraufbereitung, des Gießens und der thermischen Nachbehandlung.

Ergebnisse

Als Modellsubstanz wurde für die Untersuchungen Al_2O_3 ausgewählt, welches als Ausgangsmaterial für die Herstellung von porösen Supporten für die Flüssigfiltration und Gasseparation dient. Im Rahmen der Untersuchungen wurden UV-härtbare Schlickerversätze entwickelt, die nach dem Doctor-Blade-Verfahren zu Folien gegossen wurden. Hierfür wurde zunächst das verwendete Al_2O_3 hinsichtlich der UV-Aktivität untersucht. Interessant hierbei ist der Bereich von 300 bis 400 nm.

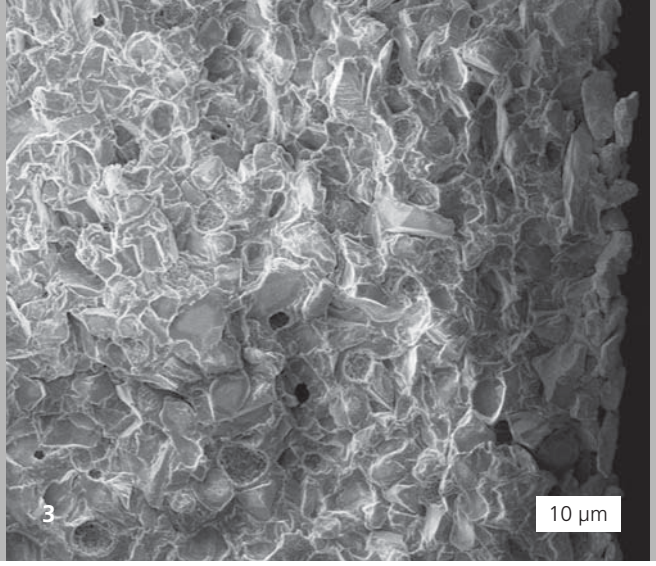
Spektrum der diffusen Reflexion des Al_2O_3 im Wellenlängenbereich von 200 bis 800 nm



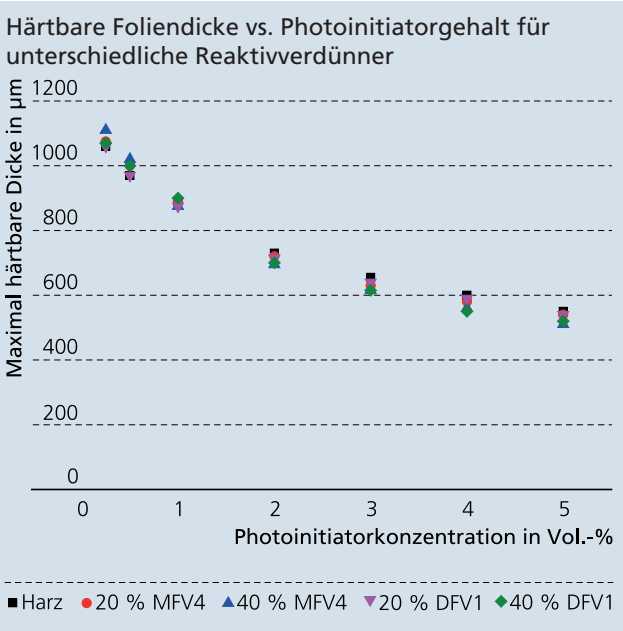
Anschließend wurden geeignete UV-härtbare Binder evaluiert und die Wirksamkeit unterschiedlicher Fotoinitiatoren untersucht.

Um in einen Viskositätsbereich zu gelangen, der einen Foliengießprozess ermöglicht, wurden Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Reaktivverdünner auf die Schlickerviskosität durchgeführt. Der Einfluss des Gehalts an Feststoff, Reaktivver-

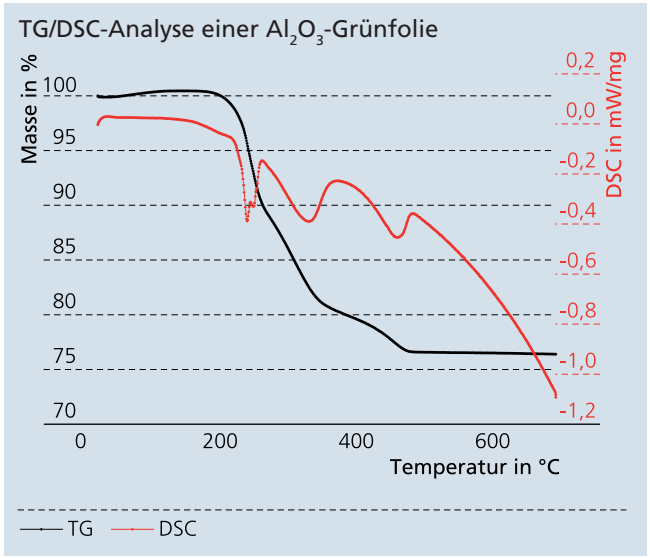




dünner und Initiator auf die Viskosität des Schlickers, die maximal härtbare Foliendicke sowie die mechanischen Eigenschaften der Folien wurden untersucht.



Zur Untersuchung des Entbinderungs- und Sinterverhaltens wurden thermische Analysen durchgeführt. Die Entbinderung ist bei 450 °C abgeschlossen. Technologische Aspekte der Entwicklung eines Foliengießprozesses auf Basis UV-härtender Binder standen im Fokus der sich anschließenden Untersuchungen. Zunächst wurde unter Testung unterschiedlicher Aufbereitungsaggregate eine Aufbereitungstechnologie für den Foliengießschlicker erarbeitet. Die Bewertung erfolgte durch die Bestimmung der rheologischen Eigenschaften sowie nach den Kriterien Homogenität, Blasenfreiheit und Aufbereitungszeit. Einen weiteren Schwerpunkt bildete die Integration der UV-Quellen in die vorhandenen Gießanlagen. Es wurden Hg-UV-Lampen und UV-Halbleiter-Lichtquellen getestet. Diese wurden hinsichtlich ihrer Eignung für die Härtung keramischer Schlicker unter dem Aspekt der Oberflächen- und Tiefenhärtung bewertet.



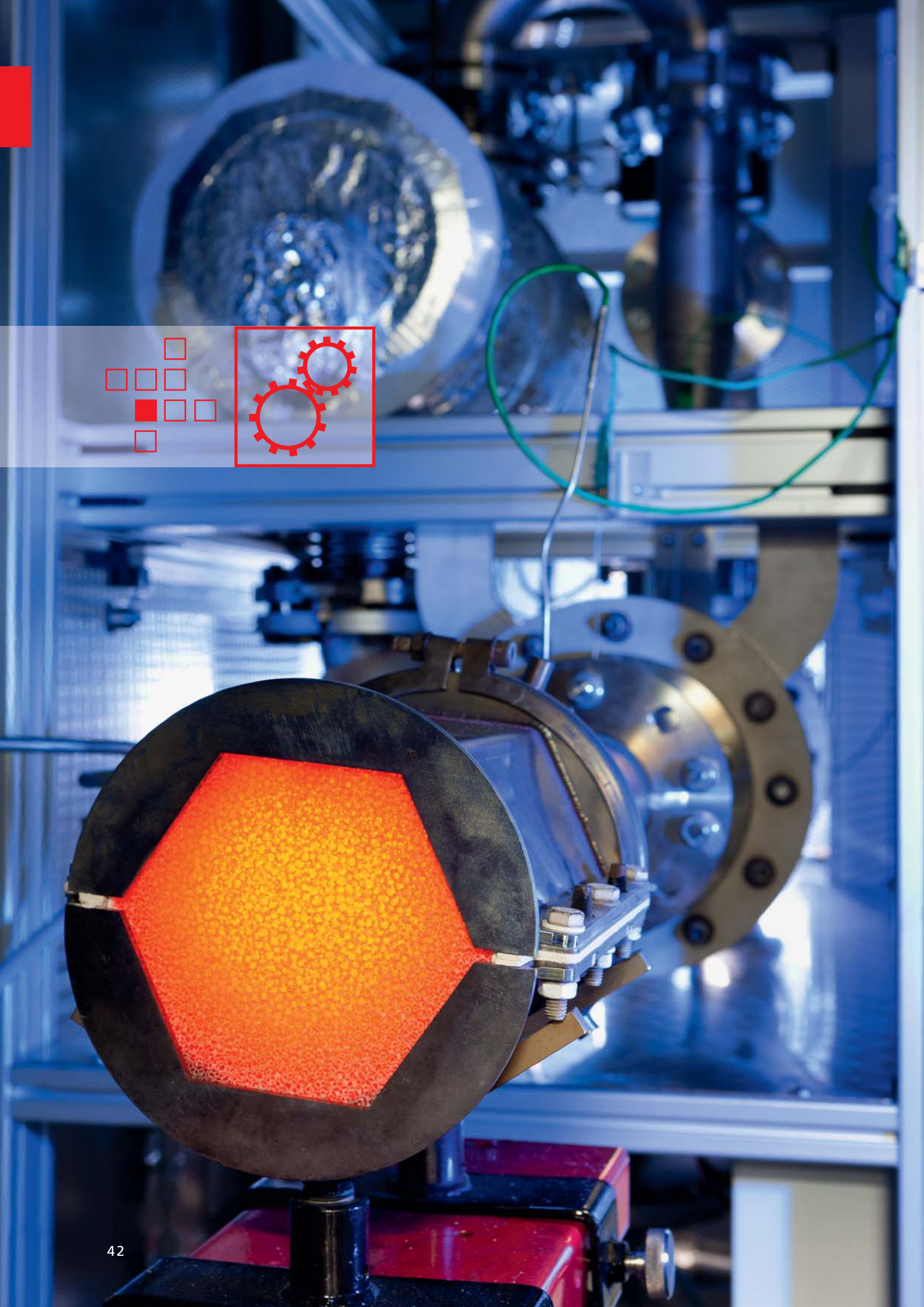
In den Untersuchungen zur Abhängigkeit der Folienhöhe und -qualität sowie der Aushärtung von den Prozessparametern (Geschwindigkeit, Rakelspalt, UV-Quellen) erzielten die Hg-UV-Quellen bessere Ergebnisse.

Danksagung

Wir danken dem BMWi und der AIF für die Unterstützung des Forschungsvorhabens 16972N: »Grundlegende Untersuchungen zu UV-härtenden Schlickersystemen für das Gießen keramischer Folien«.

1 *In die Foliengießanlage integrierte Hg-UV-Quelle.*
2 *Aufbereitung des Foliengießschlickers.*
3 *REM-Aufnahme einer UV-gehärteten Al_2O_3-Grünfolie.*

Kontakt Beate Capraro • Telefon +49 36601 9301-1022 • beate.capraro@ikts.fraunhofer.de



GESCHÄFTSFELD

MASCHINENBAU UND FAHRZEUG-TECHNIK

Projektberichte

44 Dieselpartikelfilter mit optimierter Druckverlust- und Filtrationseffizienz

46 Plasmaspritzen von nitridischen Werkstoffen

48 Sicherheit durch Keramik: Ein Wegweiser zur Spitze

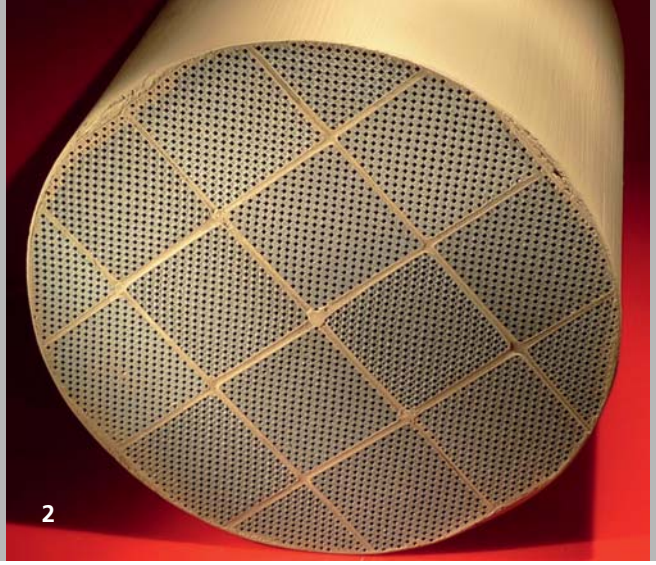
50 Schlagresistente Oxidkeramik in Werkzeugen zur spanenden Bearbeitung

Im Geschäftsfeld »Maschinenbau und Fahrzeugtechnik« werden Verschleißteile und Werkzeuge sowie spezifisch beanspruchte Bauteile aus Hochleistungskeramiken, Hartmetallen und Cermets für den Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau entwickelt und hergestellt.

Steigende Energie- und Rohstoffpreise, der verschärfte internationale Wettbewerb und die verstärkten Forderungen nach Nachhaltigkeit stellen heute große Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau dar. Im Fahrzeugbau spielen zudem immer strenger werdende Abgasnormen eine Rolle. Durch den Einsatz von Komponenten aus Hochleistungskeramik können entscheidende Eigenschaftsverbesserungen in bestehenden und neuen Systemen und Anlagen erreicht und somit den aktuellen Herausforderungen begegnet werden. Neue Werkzeugwerkstoffe, wie nanokristalline Hartmetalle und schlagresistente Keramiken, sowie Schleifmittel und keramische Bindersysteme sichern die effektive Bearbeitung neuartiger, hochfester Werkstücke. Im Fahrzeugschutz erlangen opake Keramiken sowie Hartmetalle zunehmend an Bedeutung. Transparente Keramiken schützen Fenster, Sichteinrichtungen und Optiken. Darüber hinaus spielen im Fahrzeugbau DeNOx-Katalysatoren für die SCR-Technik oder als Speicherkats eine wichtige Rolle. Auch kombinierte Systeme von keramischen Dieselpartikeln mit eingelagertem NOx-Speicherkat befinden sich für die zukünftige Abgasnachbehandlung in der Entwicklung.

Das Fraunhofer IKTS unterstützt seine Kunden bei der applikationsorientierten Werkstoffauswahl, wobei sowohl etablierte Werkstoffsysteme als auch neu entwickelte Werkstoffkombinationen zum Einsatz kommen. Die Wissenschaftler verfügen zudem über langjährige Erfahrungen in der keramik- und hartmetallgerechten Auslegung von Bauteilen und ein umfangreiches Know-how hinsichtlich der wirtschaftlichen Herstellungsverfahren und erfolgreichen Integration in das Anwendersystem. Neue Ideen für Anwendungen werden so schnell, zuverlässig und kostengünstig in Prototypen und Kleinserien umgesetzt. Bei der Auswahl des optimalen Herstellungsprozesses kann auf eine im internationalen Maßstab herausragende Bandbreite an keramischen Fertigungsverfahren zurückgegriffen werden. Die vorhandene Ausrüstung erlaubt ein Up-Scaling der ausgewählten technologischen Einzelprozesse über den Technikumsmaßstab bis hin zur Übertragung in die industrielle Fertigung beim Kunden.





DIESELPARTIKELFILTER MIT OPTIMIERTER DRUCKVERLUST- UND FILTRATIONSEFFIZIENZ

Dr. Uwe Petasch, Dipl.-Krist. Jörg Adler

Dieselpartikel sind krebserregend und damit besonders kritisch für Mensch und Umwelt. Partikelfilter, die heute weit verbreitet sind, reduzieren den Feinstaub von dieselmotorischen Abgasen sicher und effektiv. Dabei werden an die Filter folgende grundlegende Anforderungen gestellt:

- Hohe Filtrationswirkung zur effizienten Abscheidung von Rußpartikeln aus dem Abgas
- Geringer Gegendruck im unbeladenen Zustand und bei der Rußbeladung im Filterbetrieb
- Sehr gute thermische Beständigkeit zur Bewältigung der bei der Regeneration auftretenden hohen Temperaturen und Temperaturgradienten

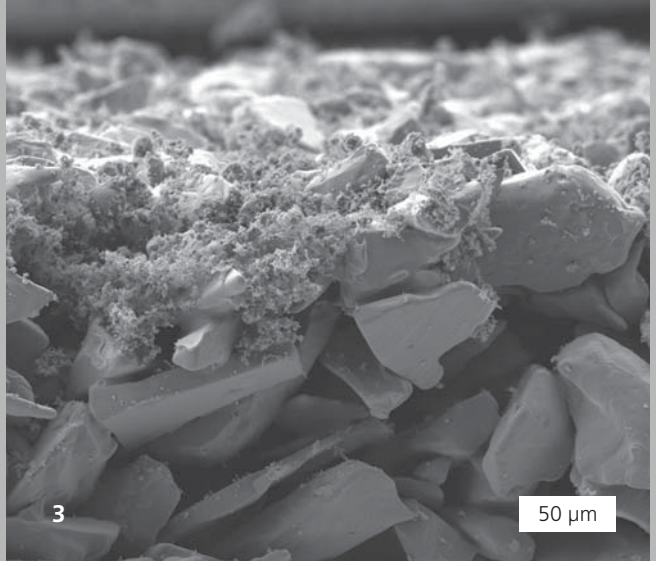
Keramische Wall-flow-Filter zur Rußpartikelfiltration haben in den zurückliegenden Jahren bereits einen hohen Entwickungsstand erreicht. Die fortschreitende Verschärfung der Emissionsgrenzwerte und die Forderung nach energieeffizienteren Fahrzeugen machen aber auch zukünftig Weiterentwicklungen notwendig, die insbesondere auf Verringerungen des Gegendrucks und Verbesserungen der Abscheideleistung von Partikelfiltern ausgerichtet sind.

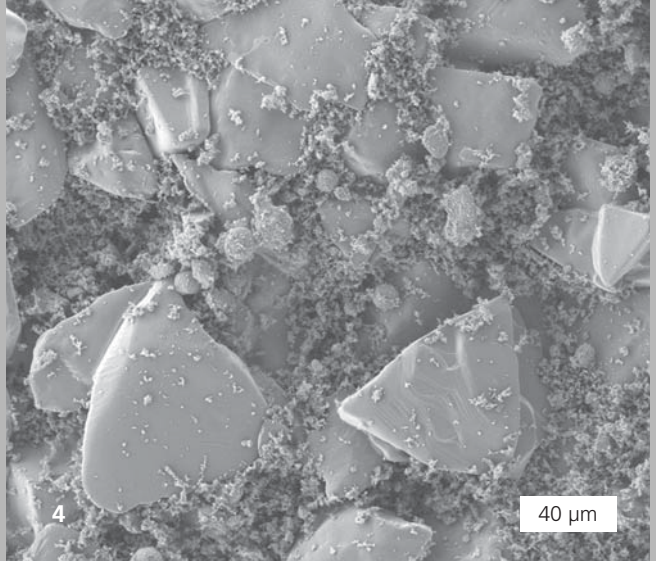
Am Fraunhofer IKTS wurde poröses flüssigphasengesintertes Siliziumcarbid (liquid phase sintered silicon carbide, LPS-SiC) als Material für die Anwendung in der Rußpartikelfiltration entwickelt und für die industrielle Serienfertigung von Partikelfiltern, hauptsächlich für Off-Road-Anwendungen, qualifiziert.

Neben den sehr guten thermischen Eigenschaften liegt der Vorteil dieses Materials in der reproduzierbaren Einstellung der Porengröße über das eingesetzte SiC-Korn. Mit dem Ziel einer weiteren Optimierung der Druckverlust- und Filtrationseigenschaften wurde im Rahmen einer experimentellen Studie der Einfluss der Porosität auf die Filtrationseffizienz und das Gegendruckverhalten von Partikelfiltern untersucht. Dabei konnten sowohl Eigenschaftsänderungen des porösen Filtermaterials bei Abstufung der Porengröße zwischen 10 und 20 µm als auch das Verhalten realer Filterstrukturen bei Änderung der Materialeigenschaften getrennt betrachtet werden. Dafür werden einerseits scheibenförmige Proben und andererseits extrudierte Wabensegmente an einem speziellen Laborteststand (Bild 1) unter reproduzierbaren Bedingungen mit synthetischem Ruß beladen und dabei der Gegendruck und die Abscheideleistung (auf Basis der Partikelanzahl) gemessen.

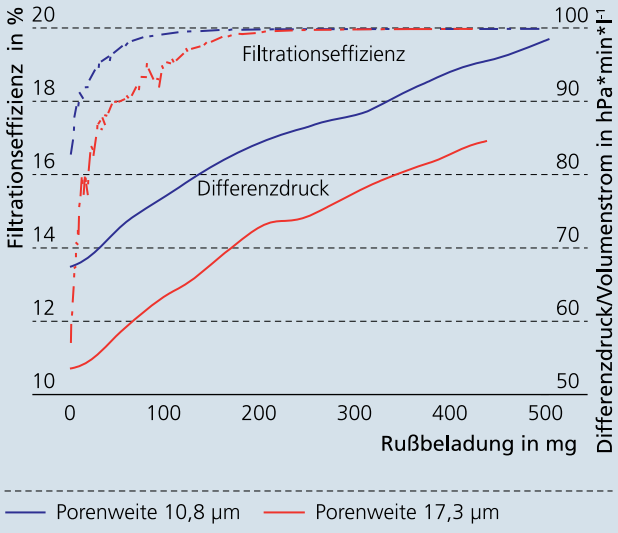
Alle getesteten Materialien zeigten unabhängig von der Porosität ein für Wall-flow-Dieselpartikelfilter (DPF) typisches zweistufiges Filtrationsverhalten mit einer anfänglichen Tiefeneinlagerung von Ruß in der Filterwand und einer nachgelagerten Filtration durch den sich aufbauenden Rußkuchen (Bild 3). Der Partikelabscheidegrad in der Tiefenfiltrationsphase startet in Abhängigkeit von der Porenweite zwischen 60 % und 85 % und erreicht nach Ausbildung einer Rußschicht auf der Filterwand mehr als 99,5 %.

Eine Steigerung der Porenweite wirkt sich bei den Filtersegmenten vorteilhaft auf den Ausgangsgegendruck sowie den Gegendruck bei der Rußbeladung aus. Dagegen zeigen Partikelfilter mit geringerer Porenweite eine höhere Filtereffizienz, da bei ihnen die relativ ineffiziente Tiefenfiltrationsphase weniger stark ausgeprägt ist.

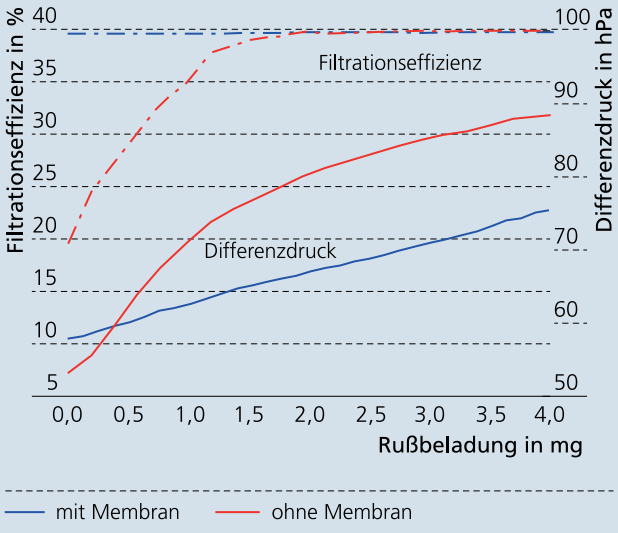




Gegendruck und Filtrationseffizienz für Wall-flow-DPF unterschiedlicher Porenweite



Optimierte Druckverlust- und Filtrationseffizienz für DPF mit Filtrationsmembran



Eine weitere Effizienzsteigerung ist durch den Aufbau einer zusätzlichen feinporösen Filtrationsmembran auf der Filterwand möglich. Dabei wird neben der Filtrationseffizienz aber auch das Gegendruckverhalten der Filter durch die Membran beeinflusst. Zur Entwicklung optimierter Materialien wurden in einer Kooperation mit dem Fraunhofer ITWM Mikrostruktursimulationen angewendet, die auf den experimentell und analytisch gewonnenen Ergebnissen zur Partikelabscheidung an porösem LPS-SiC aufbauen. Damit konnten detaillierte Vorschläge für den Aufbau der Filtrationsmembran erarbeitet werden, die im Anschluss experimentell auf die Filtermaterialien umgesetzt wurden. Ein Optimum hinsichtlich Filtrationseffizienz und Druckverlust bilden Filtermaterialien, bei denen die oberste Porenlage mit einer feinporösen keramischen Füllung versehen ist (Bild 4). Bei einer derartigen Filtrationsmembran wird der Anfangsgegendruck des unbeladenen Filtermaterials nur geringfügig beeinträchtigt. Dagegen lässt sich die Tiefenfiltration der Rußpartikel vollständig unterbinden, womit der Gegendruck bei der Rußbeladung deutlich unter dem von Filtermaterialien mit herkömmlicher Porosität liegt und trotzdem eine Abscheideleistung von ca. 99 % schon für das unbeladene Filtermedium erreicht wird.

Leistungs- und Kooperationsangebot

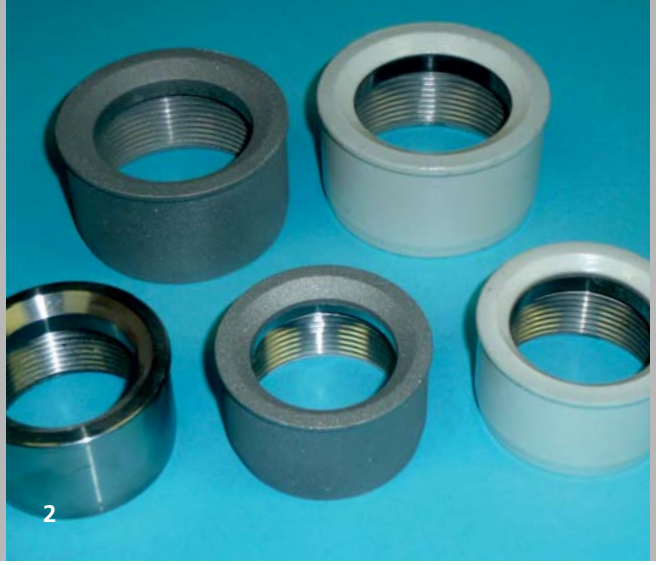
- Auslegung, Entwicklung und Optimierung von Dieselpartikelfiltern
- Anwendungsbezogene Charakterisierung von Filtereigenschaften

1 *Berußungs- und Gegendruckprüfstand.*
2 *Wall-flow-Dieselpartikelfilter.*
3 *Bruchfläche DPF-Filterwand nach Rußbeladung.*
4 *Filtrationsmembran auf DPF für optimiertes Druckverlust- und Filtrationsverhalten.*

Kontakt Dr. Uwe Petasch • Telefon +49 351 2553-7616 • uwe.petasch@ikts.fraunhofer.de



1



2

PLASMASPRITZEN VON NITRIDISCHEN WERKSTOFFEN

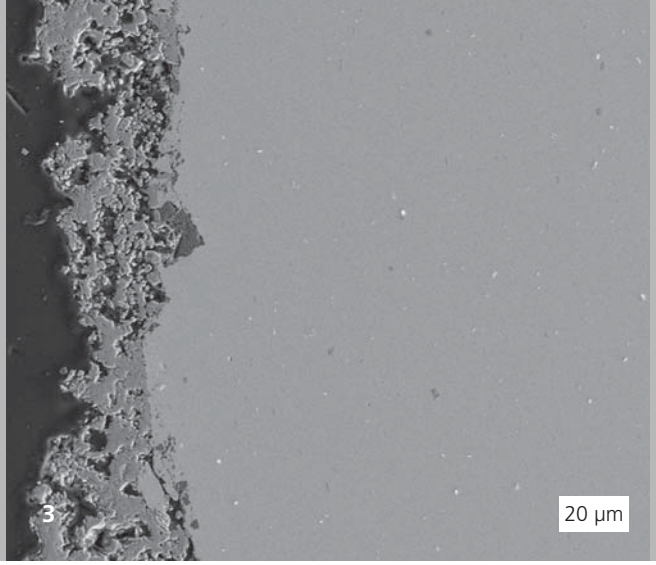
Dipl.-Ing. (FH) Bernd Gronde

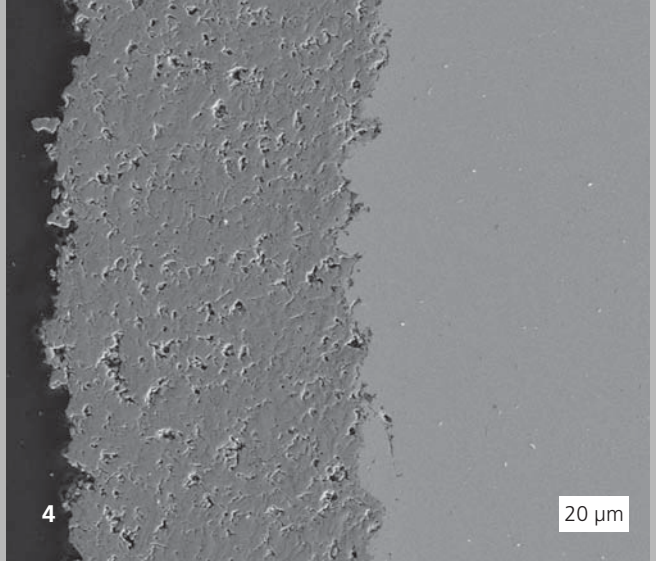
Nitridische Keramiken wie z. B. Titannitrid zeichnen sich durch eine Reihe herausragender technischer Eigenschaften aus wie u. a. durch eine hohe Verschleißfestigkeit, sehr gute Gleit- und Antihafteigenschaften, eine hohe Bioverträglichkeit sowie Hochtemperaturstabilität. Außerdem zeigt dichtes Titannitrid ein ausgeprägtes metallisches Verhalten, wie die Leitfähigkeit für elektrischen Strom. Bei Anwendungen von Titannitrid als monolithisches Bulkmaterial stehen diesen sehr vorteilhaften technischen Eigenschaften seine hohe Sprödigkeit und geringe Duktilität gegenüber. In vielen Applikationen können jedoch über keramische Beschichtungen mit Titannitrid die Eigenschaften von herkömmlichen Werkstoffen stark verbessert werden.

Aus diesem Grund wurden am Fraunhofer IKTS orientierende Untersuchungen zur Herstellung von phasenreinen nitridischen Schichten auch mittels Plasmaspritzen durchgeführt. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, kostengünstig große Bauteile selbst komplexer Geometrien im industriellen Maßstab zu beschichten, um so Oberflächenbeständigkeit und Oberflächengüte des Trägermaterials zu erhöhen. Üblicherweise werden nitridische Schichten wie z. B. Titannitrid bisher durch verschiedene Verfahren nach dem Prinzip der Gasphasenabscheidung hergestellt. Für die Herstellung von Schichten mit höherer Schichtdicke stellt das Plasmaspritzen eine wirtschaftlich vorteilhafte Variante dar.

Generell unterliegen alle nitridischen Werkstoffe unter oxidierender Atmosphäre bei hohen Temperaturen Oxidationsprozessen. Das Plasmaspritzen musste daher mit einem eigens entwickelten Plasmabrenner auf einer Einkathoden-Plasmaspritzanlage im Stickstoffplasma erfolgen. Für den Plasmabrenner wurde ein Schutzgasmantel entwickelt und konstruktiv umgesetzt. Auf diese Weise war es möglich, einen Sauerstoffeintrag aus der Atmosphäre in das Stickstoffplasma zu verhindern.

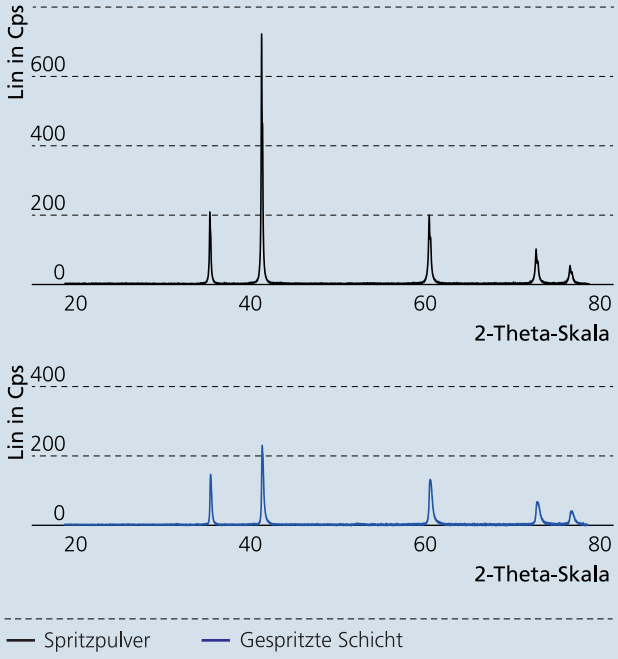
Für das Plasmaspritzen können als Ausgangsmaterial nur gut rieselfähige Pulver eingesetzt werden, da nur so eine kontinuierliche Förderung des Materials während des Spritzprozesses gewährleistet werden kann. Die Recherche nach geeigneten Ausgangspulvern ergab, dass keines der kommerziell verfügbaren Pulver diesen Anforderungen entsprach. Deshalb wurden die Untersuchungen zunächst auf den Werkstoff Titannitrid beschränkt und aus speziell ausgewählten handelsüblichen Pulvern mit mittleren Korngrößen zwischen 1 und 10 µm mittels Sprühgranulierung ein gut rieselfähiges Titannitrid-Granulat hergestellt. Das erreichte Korngrößenband lag zwischen 40 und 80 µm. Mit diesem Pulver wurden Versuche zum Plasmaspritzen auf Edelstahlsubstraten durchgeführt. Die Optimierung des Prozesses erfolgte mit und ohne Schutzgas durch die Variation der Prozessparameter Plasmaleistung, Plasmagasmenge und Zusammensetzung des Gases sowie dem Spritzabstand. Die gespritzten Schichten wurden hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung und ihres Gefüges untersucht. Mittels Röntgendiffraktometrie konnte gezeigt werden, dass während des Prozesses keine signifikanten Oxidationsreaktionen stattfanden. Die durch Plasmaspritzen erzeugten Schichten wiesen ein nahezu gleiches Röntgendiffraktogramm wie das keramische Ausgangspulver auf (Graphik). Darüber hinaus wurden die Substrathaftung sowie das Gefüge (Schichtdicke, Schichtstruktur, Porosität und Rissbildung) der





plasmagespritzten Schichten mittels FESEM-Untersuchungen an polierten Querschliffen (Bild 3) bewertet. Auf Grund der großen Korngröße und des Kornbands der Granulate wurde eine relativ hohe Porosität erwartet, die sich in den Aufnahmen bestätigte. Die besten Schichten hatten eine gleichmäßige Porosität, eine gute Haftfestigkeit zum Substrat und keine makroskopischen Risse (Bild 4). Im Weiteren werden die mechanischen und chemischen Eigenschaften der Schichten und der Zusammenhang zur Pulverqualität und den Spritzparametern untersucht. Zur konventionellen Nutzung sind eine weitere Optimierung der Plasmaspritzparameter und eine Überarbeitung des Schutzgasmantels erforderlich.

Titannitrid-Röntgendiffraktogramme des Ausgangspulvers und der plasmagespritzten Schicht



Leistungs- und Kooperationsangebot

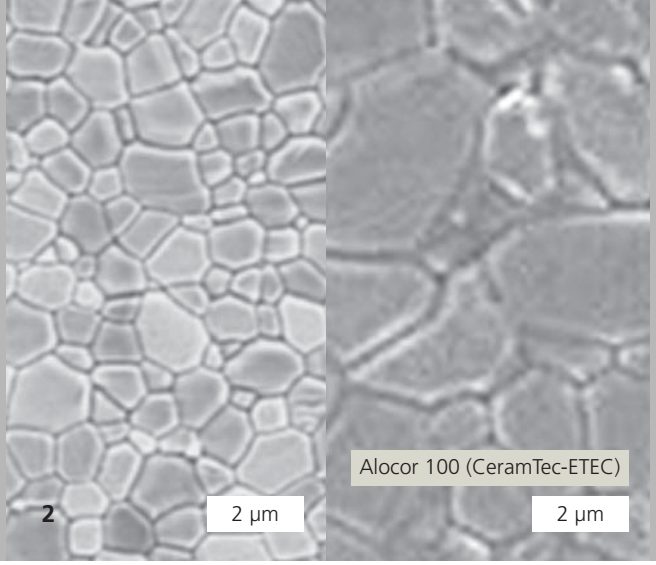
- Schichtentwicklung und -prüfung hinsichtlich Morphologie, physikalischer und chemischer Eigenschaften sowie Lebensdauerprüfungen
- Beschichtung von Bauteilen verschiedener Größen und Geometrien, für die folgende Anlagen zur Verfügung stehen:
  1. Beschichtungszentrum für Kleinteile mit Bauteilabmessungen von 10 bis 300 mm Länge und 5 bis 120 mm Durchmesser
  2. Beschichtungsanlage für universelle Anwendung mit Bauteilabmessungen von max. 2400 mm Länge, max. 500 mm Durchmesser und max. 1 t Bauteilgewicht
  3. Beschichtungsanlage für universelle Anwendung mit Bauteilabmessungen von max. 7000 mm Länge, max. 700 mm Durchmesser und max. 1 t Bauteilgewicht. Die Anlage verfügt über eine Zusatzbaugruppe zur Flächenbeschichtung von Bauteilen mit 10 bis 200 mm Länge, 10 bis 1000 mm Breite und einem max. Gewicht von 20 kg

1 *Plasmabeschichtungsanlage für Bauteile bis 7 m Länge.*
2 *Bauteile mit verschiedenen, keramischen, plasmagespritzten Beschichtungen.*
3 *FESEM einer fehlerhaften TiN-Schicht auf Edelstahl.*
4 *FESEM einer reinphasigen, gut haftenden TiN-Schicht auf Edelstahl.*

Kontakt Dipl.-Ing. (FH) Bernd Gronde • Telefon +49 36601 9301-4758 • bernd.gronde@ikts.fraunhofer.de



1



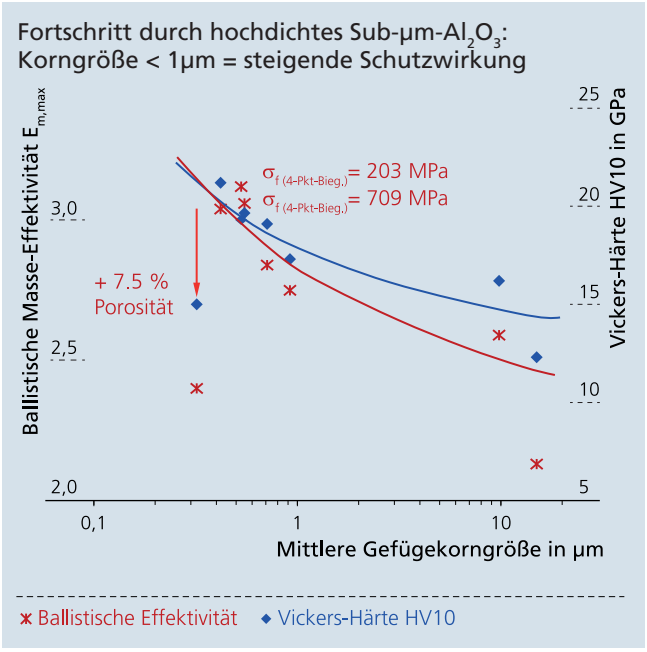
2

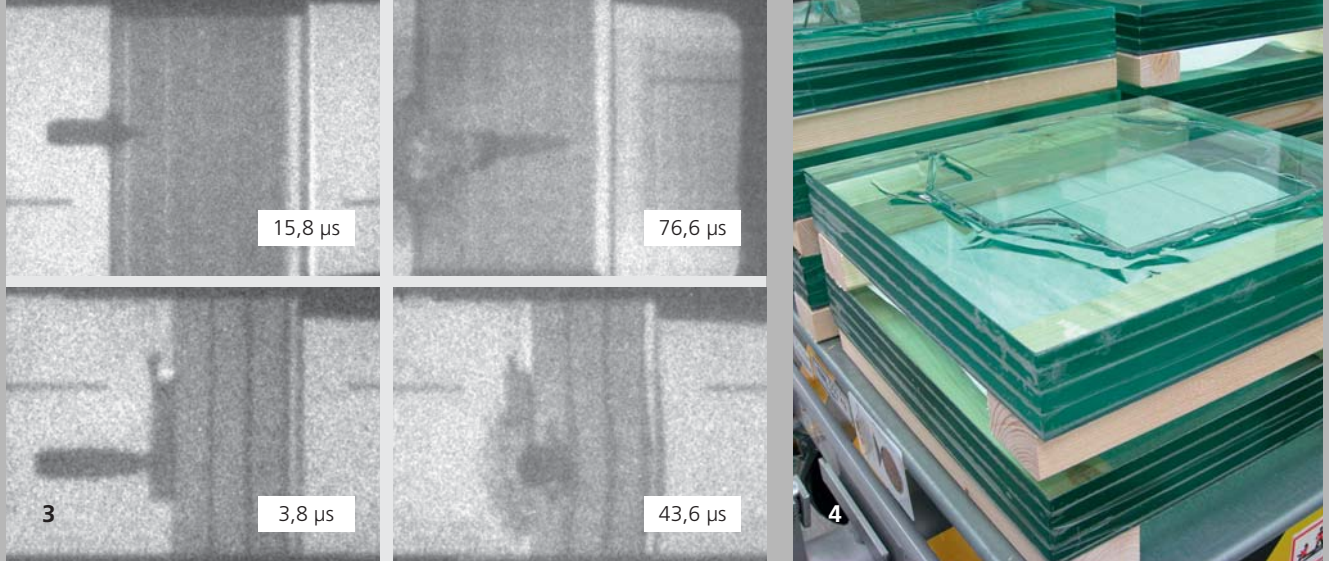
SICHERHEIT DURCH KERAMIK: EIN WEGWEISER ZUR SPITZE

Dr. Andreas Krell, Dipl.-Ing. Thomas Hutzler, Dr. Jens Klimke

»Ceramic ... materials have been inserted to reduce the excess weight of the armored vehicle and provide the security ...«. So erläutert Mercedes-Benz die Funktion keramischer Materialien für den Schutz seiner VIP-Linousinen. Der Aufbau ist dabei gemeinhin identisch: Die Keramik wird auf einem meist metallischen Grund (Backing) aufgebracht und außen von einem Splitterschutz überdeckt. Für transparente Sicherheitsfenster ist das Backing natürlich Glas. Die besondere Wirkung ist, dass bei Einschlag eines Eindringkörpers die Keramik selbst bricht, ihre scharfkantigen Bruchstücke dann aber den Eindringkörper aufreiben. Der Keramikschutz wirkt also ganz so, wie die am Fraunhofer IKTS Dresden entwickelten keramischen Schleifmittel (s. Beitrag »Schlagresistente Oxidkeramiken in Werkzeugen« auf S. 50-51). Dabei ermöglichen wenige Millimeter Sinterkeramik eine stärkere Schutzwirkung als dicker Panzerstahl oder 10 cm dickes Panzerglas mit einem Flächengewicht von 150 kg/m^2. Demgegenüber reduziert die Keramik im Verbund mit dem Backing die Gesamtmasse des Schutzsystems auf nahezu 50 % – mit entsprechenden Vorteilen für Beweglichkeit, Reichweite und Sicherheit von Fahrzeug und Insassen.
Dieses Verständnis der Schutzmechanismen erklärt, warum die mit verminderter Korngröße steigende Härte der Keramik auch die Schutzwirkung erhöht (Graphik rechts) – und warum noch feinere Gefüge nutzlos sind, wenn sie auf Kosten einer noch verbliebenen Restporosität und daher mit niederer Härte erzielt werden. Ebenso wird verständlich, warum eine Änderung der Festigkeit um mehr als Faktor 3 ohne Konsequenz für die Masse-Effektivität des Schutzes bleibt: Die Keramik muss brechen, um ihre abrasive Wirkung zu entfalten.
Die Erkenntnis des Nutzens von Feinkörnigkeit und Härte der Keramik für weitere Gewichtsreduzierung und Zuverlässigkeitserhöhung des Schutzes hat jetzt zu ersten neuen Produkten geführt (Bild 2).
Die gemeinsam mit dem Fraunhofer EMI durchgeführten Untersuchungen zeigen aber auch, dass allein die Härte als »Wegweiser zur Spitze« unzureichend ist. Entscheidend für die abrasive Wirkung der Keramik (Bild 3) ist vielmehr deren Fragmentierungsmodus, wodurch Gestalt, Größe und Masse der auf den Eindringkörper einwirkenden Keramikpartikel bestimmt werden. Auf Basis dieser Untersuchungen kann nun festgelegt werden,

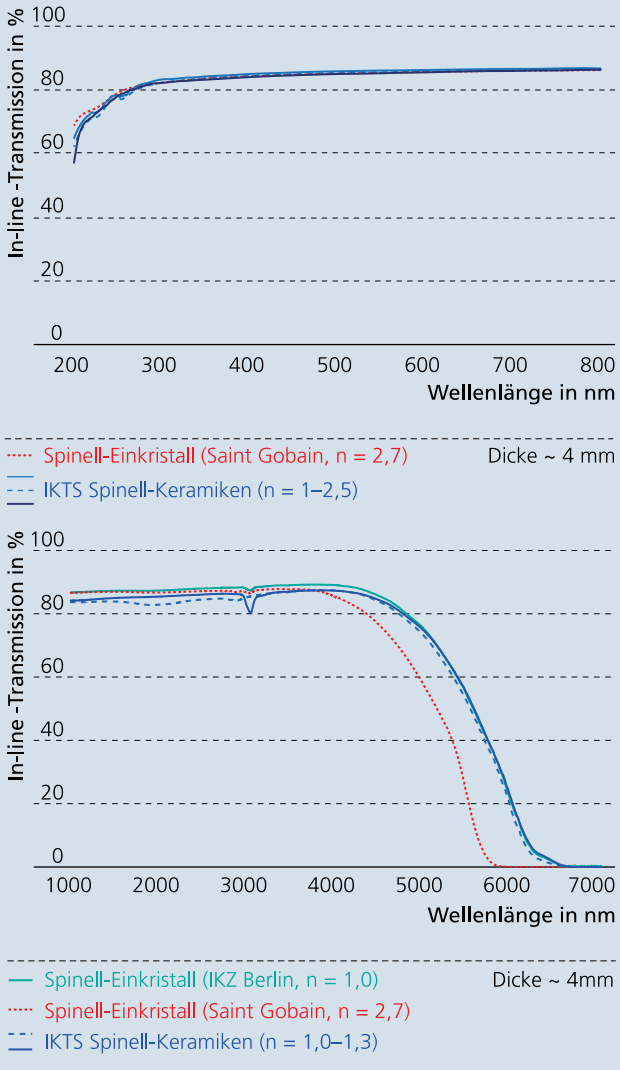
- wie die Fragmentierung der Keramik gezielt beeinflusst werden kann, beispielsweise durch deren intrinsische Eigenschaften (darunter auch durch Einbringung optimierter





Defektpopulationen) oder durch richtige Auswahl und Eigenschaften des Backing.
- unter welchen Bruchmoden der Keramik ihr Vorteil hoher Härte bzw. hohen E-Moduls überhaupt nutzbar ist – oder auch verspielt wird.

Breitband-Transparenz der Spinell-Keramiken des Fraunhofer IKTS ($MgO{\cdot}nAl_2O_3$, n=1-3) von Ultraviolett bis Infrarot



Ein anderer Sicherheitsaspekt betrifft die Nutzung transparenter Keramiken für anspruchsvollere optische Sicht-Anforderungen, z. B. in Periskopen mit Multispektralfähigkeit. Die nebenstehenden Graphiken zeigen eine Transparenz unserer Spinell-Keramiken von Ultraviolett über den sichtbaren Bereich bis nach Infrarot auf dem Niveau der besten Einkristalle. Ein Herstellungsbeispiel ist im Beitrag über Gelcasting zur Herstellung von transparentem Spinell im Kapitel zum Geschäftsfeld »Werkstoffe und Verfahren« auf S. 36-37 beschrieben.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Schutzkeramiken mit definiert eingestellten Eigenschaften sowie Entwicklung und Herstellung kompletter Keramik-Backing-Verbunde (Bild 4) für spezifische Testprogramme
- Schutz-Bewertung in Kooperation mit Fraunhofer EMI
- Beratung zu sinnvollen Kombinationen der Schutzkeramiken mit passenden Backing-Materialien und zum Gesamtaufbau der Schutzverbunde

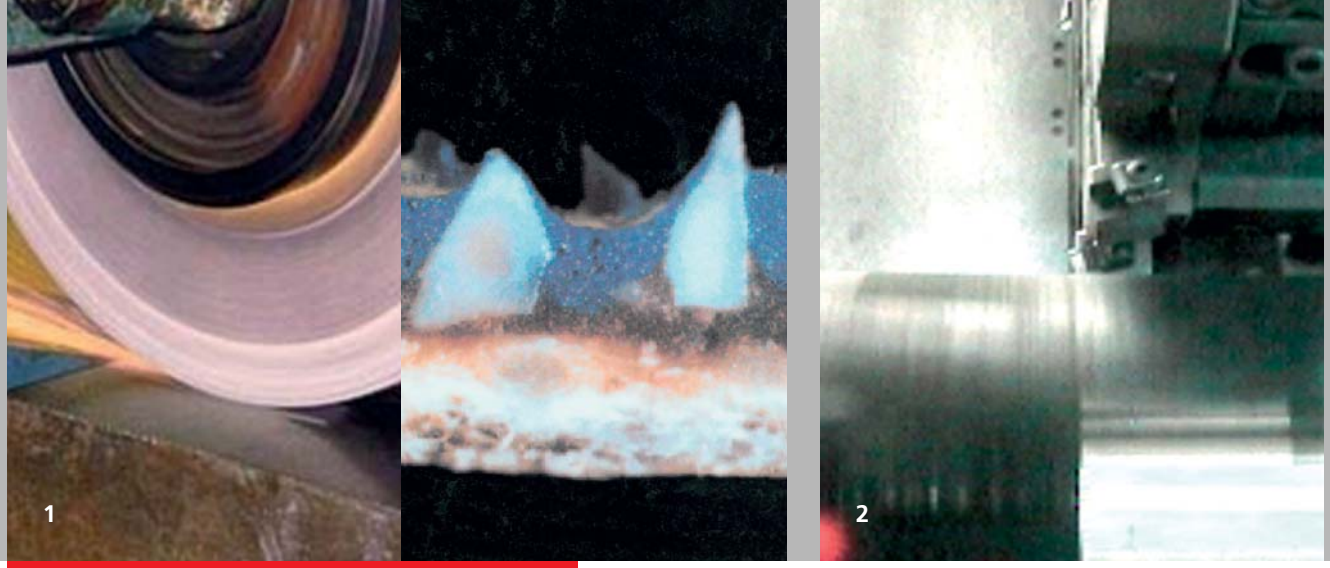
1 Fahrzeuge mit keramischen Panzerungskomponenten: Mercedes S600 (Quelle: mercedes-benz.de) und Fennek Spähwagen der Bundeswehr (Quelle: bundeswehr.de).

2 Opake Schutzkeramik-Beispiele: IKTS-Versuchsmuster (0,55 µm Korngröße) und erstes kommerzielles Produkt (0,85 µm).

3 Projektilzerstörung durch wenige Millimeter transparenter IKTS-Keramik (unten) im Vergleich zu Glasfenster ohne Keramik (Quelle: Fraunhofer EMI, alle Bilder im gleichen Maßstab).

4 IKTS-Herstellung transparenter Keramik-Glas-Verbundtargets.

Kontakt Dr. Andreas Krell • Telefon +49 351 2553-7538 • andreas.krell@ikts.fraunhofer.de



MASCHINENBAU UND FAHRZEUGTECHNIK

SCHLAGRESISTENTE OXIDKERAMIK IN WERKZEUGEN ZUR SPANENDEN BEARBEITUNG

Dipl.-Ing. Thomas Hutzler, Dr. Andreas Krell, Dr. Jens Klimke

Keramiken, selbst sogenannte »bruchzähe« Sorten, sind immer spröd und gelten daher als wenig schlagresistent. Wo immer möglich, kann man versuchen, dem durch keramikgerechtes Design Rechnung zu tragen. Dieser Ausweg versagt allerdings dort, wo ein Werkzeugteil unmittelbar einer schlagenden Beanspruchung ausgesetzt ist und gerade dieses Teil wegen besonderer Anforderungen an Härte, Abrasionsresistenz, Hochtemperaturbeständigkeit und chemischer Inertheit gegenüber dem Werkstück-Material nicht in Metall sondern keramisch ausgeführt werden muss. Oxide und insbesondere Keramiken aus Sinterkorund (α-Al_2O_3) erfüllen die genannten keramikspezifischen Vorteile in besonderer Weise, gehören jedoch zu den Strukturkeramiken mit niedrigster Bruchzähigkeit und sollten daher besonders schlaganfällig sein.

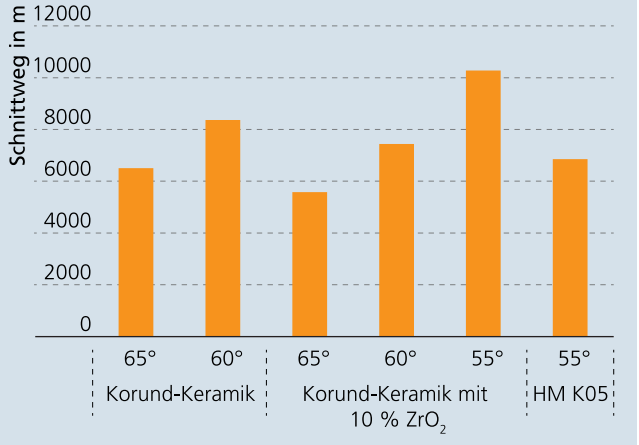
Dass dies keineswegs so sein muss, zeigt besonders eindrucksvoll die Arbeitsweise von Schleifwerkzeugen, bei denen die enorme, vieltausendfache Schlag- und Thermoschock-Beanspruchung besonders augenfällig ist (Bild 1).
20-jährige intensive Forschungen der Dresdner Fraunhofer IKTS-Arbeitsgruppe Oxidkeramik haben u. a. für die in den Bildern 1 bis 4 illustrierten Werkzeugtypen gezeigt, dass selbst einphasige Al_2O_3-Keramik die generellen Keramikvorteile mit einer hohen Schlagfestigkeit verbinden kann, wenn bestimmte geometrische Randbedingungen (die technisch nutzbare Festigkeit ist größenabhängig!) mit folgenden Spezifika verbunden werden:

- Hohe Sinterdichte > 99 % (bzw. Restporosität < 1 %)
- Mittlere Gefügekorngröße < 1 µm
- Vorteilhafterweise eine Reinheit > 99 % Al_2O_3

Dies ermöglicht nicht nur besonders hohe Härten HV10 > 20 GPa, sondern zudem ein minimales Verschleiß- und Ausbruchverhalten in der unmittelbaren Prozesszone des Werkzeugs.

Nicht immer ist eine höchstmögliche Härte der Werkzeugkeramik notwendig, z. B. bei bestimmten Schleifaufgaben oder bei der Bearbeitung besonders abrasiv wirkender, dabei aber eher weicher Span- oder Faserverbundplatten. Die folgende Graphik zeigt die Standzeiten von Sub-Mikrometer-Schneidkeramiken mit unterschiedlichem Keilwinkel der Schneide im Vergleich zu einem üblichen Hartmetall.

Standzeit unterschiedlicher Submikro-Schneidkeramiken beim Fräsen von beschichteten Spanplatten
(Quelle: TU Braunschweig, IFW)







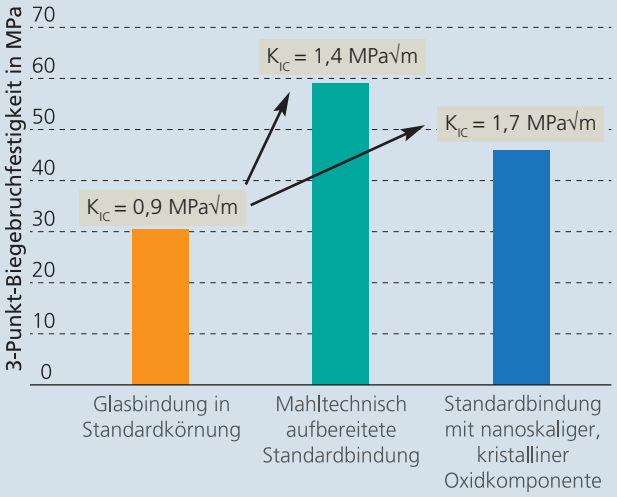
Für solche Aufgaben wurden, angepasst an die jeweiligen Spanungsaufgaben, mehrphasige Oxidkeramiken auf Al_2O_3-Basis entwickelt, deren besondere Eigenschaften u. a. durch folgende Maßnahmen modifiziert werden:

- Transformationsverstärkende Wirkung von ZrO_2-Zusätzen
- Wirkungen nicht-isometrischer Gefügebestandteile
- Verbesserte Spanungseffektivität durch besondere Form-Gestaltung des keramischen Aggregats
- Extreme Defekt-Vermeidung durch entsprechende Keramik-Technologie

Oftmals reicht die ausschließliche Fokussierung der Untersuchungen auf die spanaktiven Werkzeugkomponenten aber nicht aus. Insbesondere bei kompositartig zusammengesetzten Werkzeugen wie Schleifscheiben erweist sich eine komplexe Betrachtung aller am Arbeitsprozess beteiligten Werkstoffkomponenten als dringend notwendig. Im Rahmen einer mehrjährigen anwendungsnahen Entwicklung konnten dazu umfangreiche werkstoffliche und technologische Kompetenzen für das Gebiet der Schleifkörperherstellung erworben werden.

Ausgehend von kommerziell verfügbaren Schleifkorn- und Bindungskomponenten gelang es, durch gezielte Modifizierung der vorwiegend amorphen Bindung erhebliche Verbesserungen der mechanischen Eigenschaften des Schleifkörpers insgesamt zu bewirken. So lassen sich zum Beispiel auf dem Wege einer speziellen mahltechnischen Aufbereitung hochdisperse homogene Bindungspulvermischungen erzeugen, die infolge eines günstigeren Fließ- und Benetzungsverhaltens während des Brands zu einer verbesserten Anbindung der einzelnen Schleifkörner im Scheibenverbund führen. Daraus resultiert z. B. eine Verdoppelung der Biegebruchfestigkeit und der Bruchzähigkeit des Schleifkörpers. Ähnlich positive Effekte konnten alternativ auch ohne spezielle Mahlung durch den Zusatz nanoskaliger, kristalliner Oxidpartikel erzielt werden (Graphik rechts).

Schleifkörper mit verbesserten mechanischen Eigenschaften durch Bindungsmodifizierung



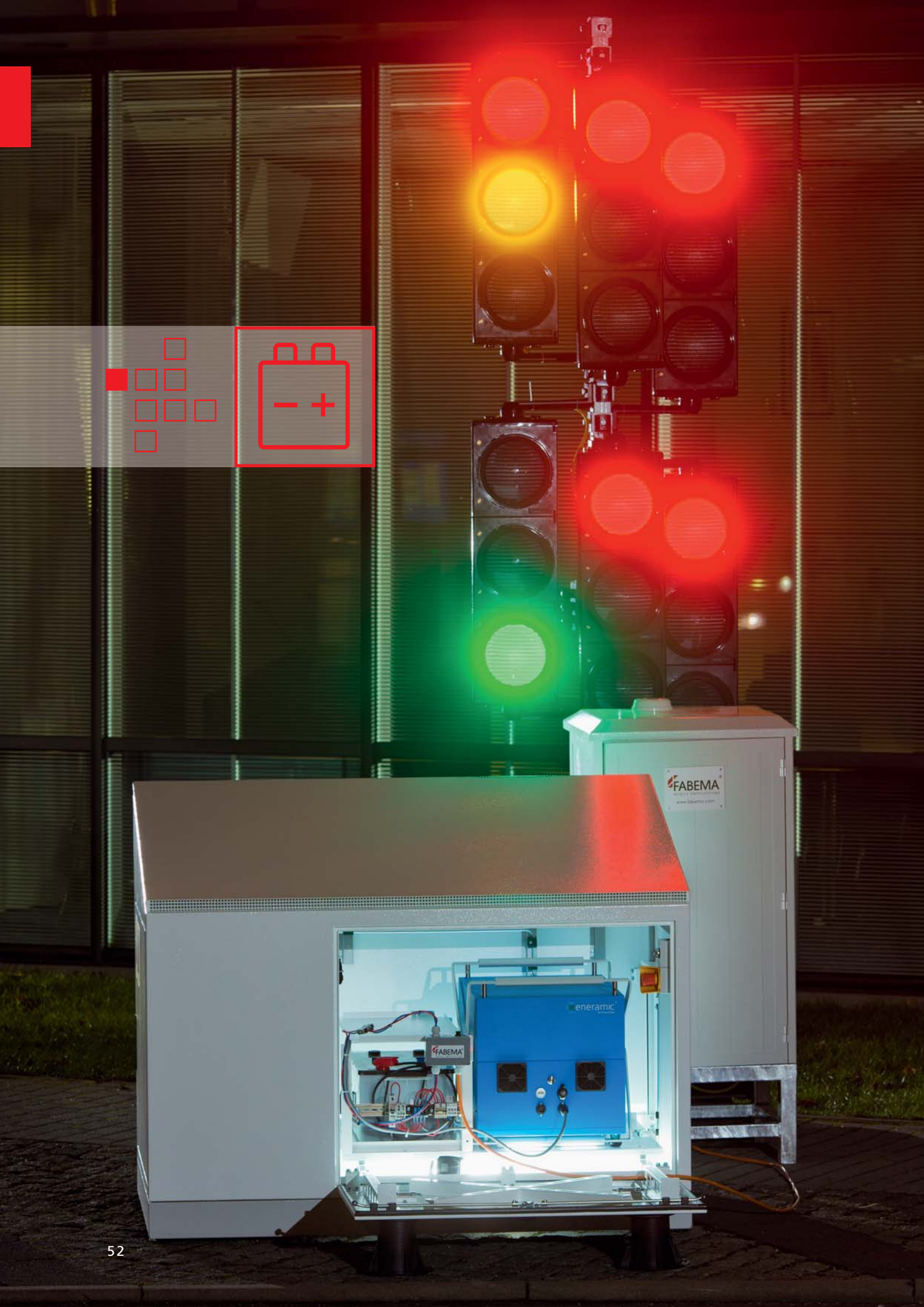
1 *Schleifen von Metall; links: Schleifscheibe, rechts: polykristallines Al_2O_3-Keramik-Korn in Schleifband (Quelle: Hermes Schleifmittel GmbH & Co. KG).*

2 *Drehen von gehärtetem Stahl im unterbrochenen Schnitt mit einphasiger Al_2O_3-Schneidkeramik des Fraunhofer IKTS Dresden.*

3 *Fräsen abrasiver Spanplatten auf Holz-Basis: Werkzeug mit integrierter Keramik-Schneide (Quelle: DIAMONDE).*

4 *Test mit Schneide aus Sub-µm-Al_2O_3 (Quelle: Fraunhofer IKTS): Zustand nach Überfräsen einer Stahl-Schraube (Quelle: TU Braunschweig, IFW).*

Kontakt Dipl.-Ing. Thomas Hutzler • Telefon +49 351 2553-7711 • thomas.hutzler@ikts.fraunhofer.de


FABEMA
eneramic
FABEMA

GESCHÄFTSFELD

ENERGIE

Projektberichte

54 eneramic® – Vorbereitung der Kommerzialisierung

56 Langzeitstabile zelluläre SiC-Keramik für Brenneranwendungen

58 CFY-Stacktechnologie für die Hochtemperaturelektrolyse

60 Synthesegaserzeugung aus Biomasse zur stofflichen und energetischen Nutzung

62 ß´´-Aluminiumoxidkeramik für die Na/$NiCl_2$-Batterie

64 Metallgetragene Brennstoffzelle durch papiertechnologische Fertigung

66 Kontinuierliche Verzuckerung im Membranreaktor

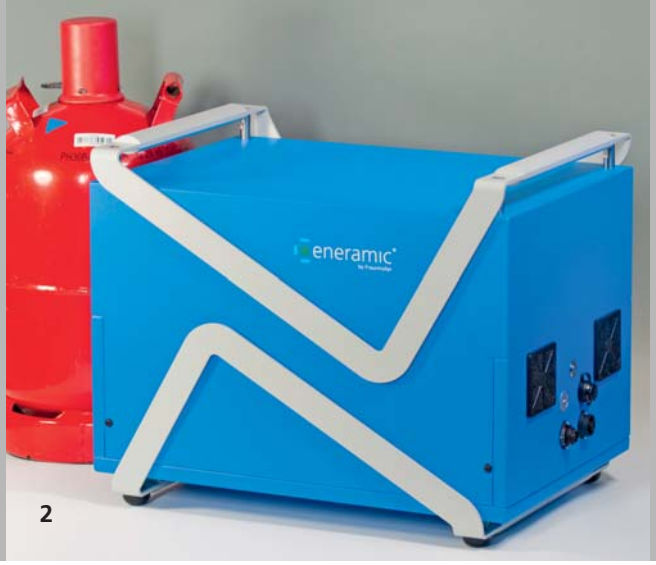
Im Geschäftsfeld »Energie« werden auf Basis von keramischen Werkstoffen und Technologien innovative Komponenten, Module und komplette Systeme in den primären Anwendungsfeldern Batterietechnik, Brennstoffzellensysteme, thermoelektrische Generatoren, Photovoltaik, Energy Harvesting sowie Gasturbinen entwickelt, gebaut und getestet. Neben der Energiewandlung werden am Institut auch solche Themen betrachtet, bei denen die Verarbeitung von Biomasse, Herstellung von Biokraftstoffen (auch unter Nutzung der elektrischen Energie für Wasserstoffproduktion) und die effiziente Nutzung von Bioenergie in Energiewandlungssystemen im Fokus stehen, wodurch eine enge Zusammenarbeit zwischen den Geschäftsfeldern Energie und Umweltverfahrenstechnik entsteht.

Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung ist eine der zentralen Aufgaben im 21. Jahrhundert. Für eine erfolgreiche Energiewende müssen erneuerbare und konventionelle Energien wirtschaftlich konkurrenzfähig mit einer hohen Effizienz unter Berücksichtigung von Umweltaspekten entwickelt werden. Bei der Umwandlung und Speicherung von elektrischer und thermischer Energie sind sowohl die Robustheit und Lebensdauer der Systeme als auch deren wirtschaftliche Herstellkosten relevant.

Als Komplett-Dienstleister (One Stop Shop) erlaubt das Fraunhofer IKTS eine umfassende Betrachtung dieser Problemstellungen und bildet die Grundlage für innovative Lösungsansätze, die gerade im dynamischen Marktsegment der Energieerzeugung und -speicherung Wettbewerbsvorteile versprechen. Um eine kosteneffiziente Nutzung der spezifischen Eigenschaften innovativer keramischer Komponenten im Systemkontext sicherzustellen, werden Werkstoff- und Komponentenparameter simuliert und auf die Integration in Energiewandler und -systeme hin optimiert. Die Brücke zwischen Komponenten- und Systementwicklung wird aktiv überwunden, um einen beschleunigten Transfer in die Applikation zu ermöglichen. In Kooperation mit Industriepartnern betreibt das Fraunhofer IKTS mehrere Technika, in denen die vollständige Prozesskette für eine moderne Fertigung abgebildet wird und die entwickelten Werkstoffe und Prozesse im semiindustriellen Umfeld mit Kunden getestet und optimiert werden können.



1



2

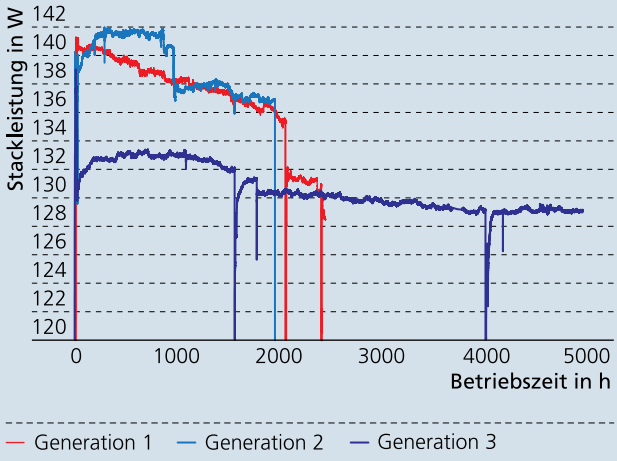
ENERGIE

eneramic® – VORBEREITUNG DER KOMMERZIALISIERUNG

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Reuber, Dipl.-Ing. (FH) Jens Baade, Dr. Christian Wunderlich

Unter der Marke eneramic® hat das Fraunofer IKTS in den vergangenen Jahren eine komplette SOFC-basierte Technologieplattform für die mobile Stromerzeugung aus handelsüblichen Flüssiggaskraftstoffen geschaffen. Ausgehend von der Vision einer effizienten und robusten netzfernen Stromversorgung und der breiten SOFC-Kompetenz des Fraunhofer IKTS entstand mit finanzieller Unterstützung der Fraunhofer-Zukunftsstiftung eine neuartige, patentrechtlich geschützte Systemlösung für den Leistungsbereich von 50 bis 500 W_{el}. Begleitend zur technischen Entwicklung wurden mit industriellen Partnern die Anforderungen pozentieller Einstiegsmärkte für die Produktentwicklung erster Prototypengeräte definiert. Im Anschluss an die Erfahrungen der nun folgenden Feldtestphase wird 2015 ein erstes eneramic®-Einstiegsprodukt kommerziell verfügbar sein.

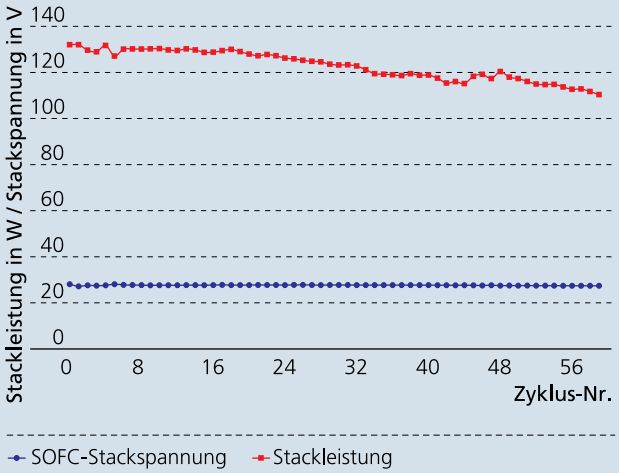
Stationärer Langzeittest der drei Systemgenerationen

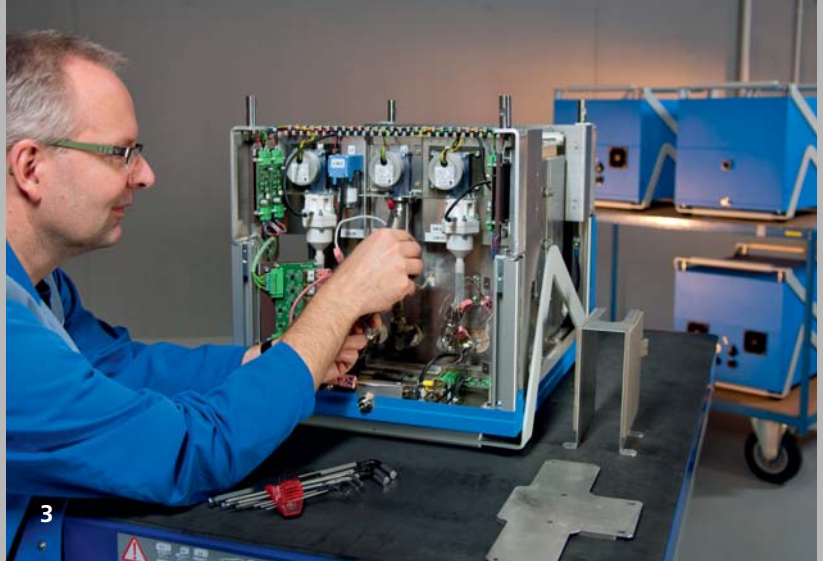


Entwicklungsstatus der Technologieplattform

Die Prototypengeräte haben im Laborbetrieb einen hohen technischen Reifegrad bis heute wiederholt nachgewiesen. Stationäre Langzeitversuche der Systemplattform bis 5000 Stunden zeigen sehr geringe Verluste durch Alterung und belegen die Vorteile im Vergleich zu Wettbewerbstechnologien, wie z. B. Akkumulatoren. In der dritten Generation beträgt die Leistungsdegradation weniger als 1% pro 1000 Stunden (Bild 1). Die Vorgaben hinsichtlich der Lebensdauer (10 000 h mit P_{el} > 100 W) sind damit erreichbar. Auch im Bereich der Start-Stopp-Zyklen konnte die Lebensdauer der Prototypen durch entsprechende Anpassung der Betriebsführung bis auf 65 Zyklen bei geringen elektrischen Verlusten mehr als verdoppelt werden (Bild 2).

Alterungsbedingte Leistungsverluste der Prototypen durch Start-Stopp-Zyklisierung





3



4

Der Prototypenbau wurde am Fraunhofer IKTS mit stabilen und reproduzierbaren Prozessen inklusive der erforderlichen Qualitätssicherung für die Komponenten und Komplettgeräte etabliert.

Feldtestphase

Das Gerät ist als Batterie-Hybrid für Anwendungen in diversen Marktsegmenten der Industrie- und Freizeitmärkte geeignet und stellt eine effiziente und langlebige Alternative zu bestehenden Technologien sowie auch zu anderen Brennstoffzellentypen dar. Die vielversprechenden Testergebnisse im Labor und Außenbereich werden im Jahr 2014 an im Feld eingesetzten Geräten für verschiedene Einstiegsmärkte validiert. Dafür wurde mit der eneBox (Bild 4) ein integrierter Aufstellort für die Gasversorgung und Batterien sowie eine Absicherung gegen Vandalismus und andere Fremdeinwirkungen geschaffen.

Kommerzialisierungsvorbereitung

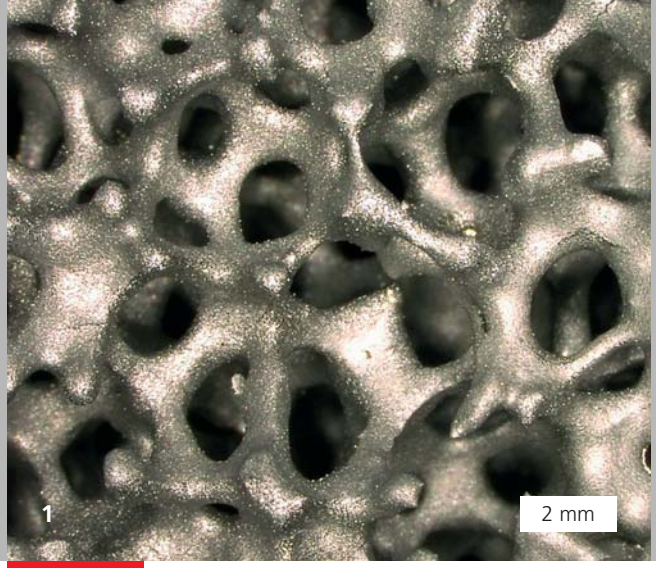
Im Rahmen der Technologieentwicklung wurden die Voraussetzungen zur Kommerzialisierung der Technologie und darauf basierender Produkte umfassend bewertet. Diese Analyse beinhaltete:

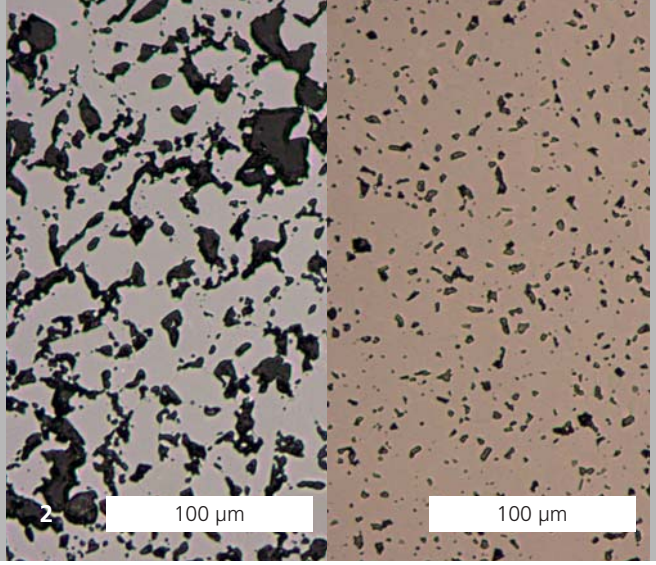
- Lasten-/Pflichtenheft für kommerzielle Serienprodukte als Basis zur Bewertung der Technologiereife und als Entwicklungsschnittstelle der Marktanforderungen
- Marktsegmentierung und Analyse
- Wettbewerbsvergleiche
- Betrachtung von Wertschöpfungsketten und Make-or-Buy-Fragestellungen im Produktionsprozess
- Design to Cost – Einführung eines Value-Engineering-Prozesses zur Identifikation und Analyse von Kostensenkungspotenzialen

Im Ergebnis der Analyse wurde festgestellt, dass das Marktsegment von 100 W_{el} ein sehr attraktiver Ausgangspunkt für die Markteinführung ist. Kommerzielle Serienprodukte können aufgrund des gewählten Kraftstoffs Flüssiggas, aufgrund des guten elektrischen Wirkungsgrads, der langen Lebensdauer und der geringen Wartungskosten die kostengünstigste Lösung zur netzunabhängigen Dauerstromversorgung in diesem Leistungsbereich sein.

1 *Systemtests mit Ampelanlage.*
2 *Systemprototyp der dritten Generation.*
3 *Prototypenfertigung.*
4 *Outdoor-Systemtests in eneBox.*

Kontakt Dr. Christian Wunderlich • Telefon +49 351 2553-7232 • christian.wunderlich@ikts.fraunhofer.de





ENERGIE

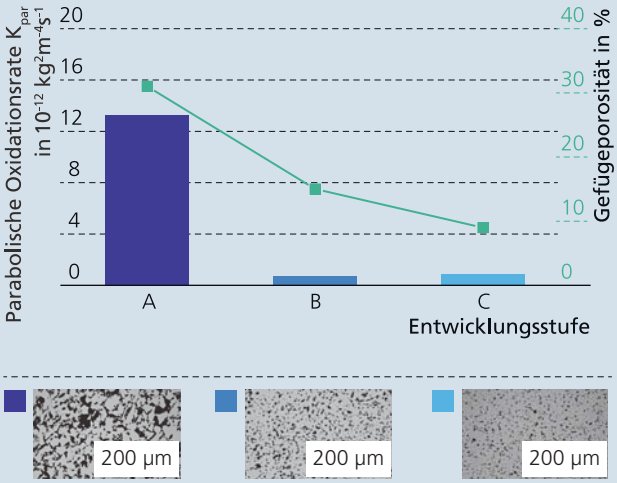
LANGZEITSTABILE ZELLULARE SiC-KERAMIK FÜR BRENNERANWENDUNGEN

Dipl.-Ing. Alexander Füssel, Dipl.-Krist. Jörg Adler

Frei durchströmbare zellulare Strukturen sind für reaktionstechnische Applikationen und speziell für Brenneranwendungen von großem Interesse. Um die seit Langem bekannten Vorteile der Verbrennung in porösen Medien, wie hohe Modulationsfähigkeit, niedrige Schadstoffemission und hohe Leistungsdichte nutzen zu können, müssen die eingesetzten Werkstoffe thermisch und mechanisch hoch belastbar sein. Für den Einsatz von zellularer Keramik im Brenner ist die mechanische Stabilität der Struktur über den gesamten Einsatzzeitraum von entscheidender Bedeutung, da das Ausbrechen einzelner Teile für die Peripherie des Brenners oder das beheizte Gut kritisch sein kann.

Drucklos gesintertes Siliziumcarbid (SSiC) ist eine für den Hochtemperatureinsatz bewährte Keramik, die infolge der Ausbildung einer passivierenden Oxidschicht Temperaturen von bis zu 1350 °C in oxidierenden Atmosphären über technisch relevante Zeiträume standhalten kann. Mit Hilfe des Replikationsverfahrens nach Schwartzwalder lassen sich offenzellige keramische Schäume aus SSiC herstellen. Diese zeichnen sich durch eine gute mechanische Festigkeit aus, weisen aber einen Gefügeporenanteil von über 32 % auf, was zur inneren Oxidation und damit starker Lebensdauerbegrenzung führt. Verantwortlich dafür ist das in den Poren entstehende Siliziumdioxid, das aufgrund des abweichenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten, insbesondere bei wechselnder thermischer Belastung, die Entstehung von mechanischen Spannungen und Rissen verursacht. Dieser Effekt führt zu einer Degradation des Gefüges und dem Verlust der makroskopischen Festigkeit der Schaumstruktur. Zur Verbesserung der Lebensdauer erfolgte am Fraunhofer IKTS die Weiterentwicklung der SSiC-Schaumkeramik. Basierend auf einer gezielten Anpassung der Formgebungs- und Wärmebehandlungsprozesse, konnte eine Absenkung der Gefügeporosität auf unter 10 % erreicht und eine innere Oxidation damit unterbunden werden (siehe Graphik).

Abhängigkeit der Oxidationsrate von der Gefügeporosität

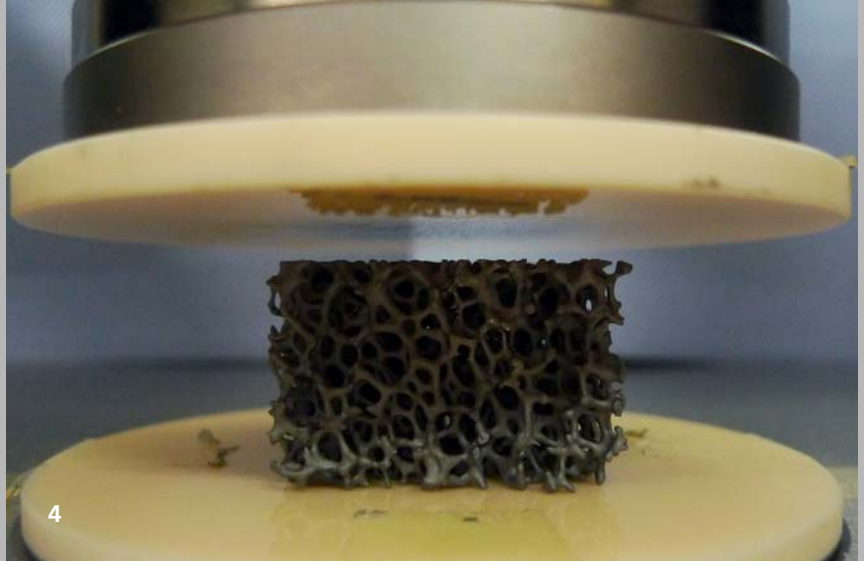


Oxidation bei 1215 °C in trockener Luft.

Die Oxidationsraten bei Auslagerung an trockener Luft bei 1215 °C sind dadurch signifikant verringert. Neben der Optimierung des Gefüges wurde außerdem eine zweifache Beschichtung durchgeführt, um die mechanische Stabilität der Schaumkeramik zu verbessern.

Im Rahmen eines vom Freistaat Sachsen geförderten Projekts wurde am Fraunhofer IKTS die mechanische Festigkeit in Ab-

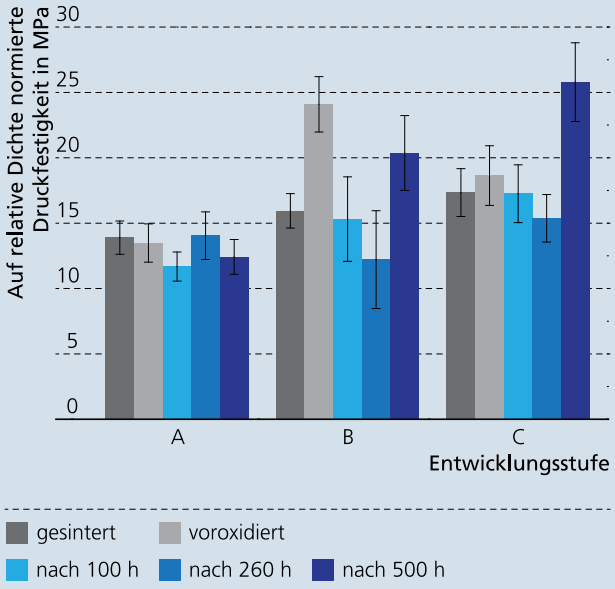




hängigkeit von der Auslagerungszeit untersucht. Dafür wurde ein neu entwickelter Prüfstand verwendet, der die Gasströmung und -zusammensetzung eines erdgasbetriebenen Porenbrenners mit dem gleichmäßigen Temperaturprofil eines elektrisch beheizten Rohrofens kombiniert. Darin wurden Schaumkeramikproben in drei Entwicklungsstufen über einen Zeitraum von 100, 260 und 500 Stunden bei einer Temperatur von 1200 °C unter annähernd realistischen Porenbrennerbedingungen ausgelagert. Eine nennenswerte Degradation der mechanischen Festigkeit konnte nicht detektiert werden (siehe nebenstehende Graphik). Die ermittelten Oxidationsraten liegen für die drei Entwicklungsstufen A, B und C bei $118*10^{-12}$, $63*10^{-12}$ und $5*10^{-12}$ $kg^2m^{-4}s^{-1}$, was einer Verringerung um zwei Größenordnungen zwischen Stufe A und C entspricht.

Bei Brennertests mit Schäumen alternativer Hochtemperaturmaterialien (Eisen-Chrom-Aluminiumlegierung und Aluminiumoxid) versagten die Proben durch extreme Oxidation oder thermoschockbedingte Risse innerhalb kurzer Zeit, während die SSiC-Schaumkeramik weit über 1000 Stunden eingesetzt werden konnte. Damit ist die SSiC-Schaumkeramik das bisher aussichtsreichste Material für den Langzeiteinsatz im Porenbrenner. Im Fokus der weiteren Entwicklung stehen vor allem die Bewertung des Verhaltens unter zyklischer thermischer Beanspruchung und die Optimierung der Verarbeitungseigenschaften.

Festigkeitsänderung nach Einsatz im Brennerprüfstand



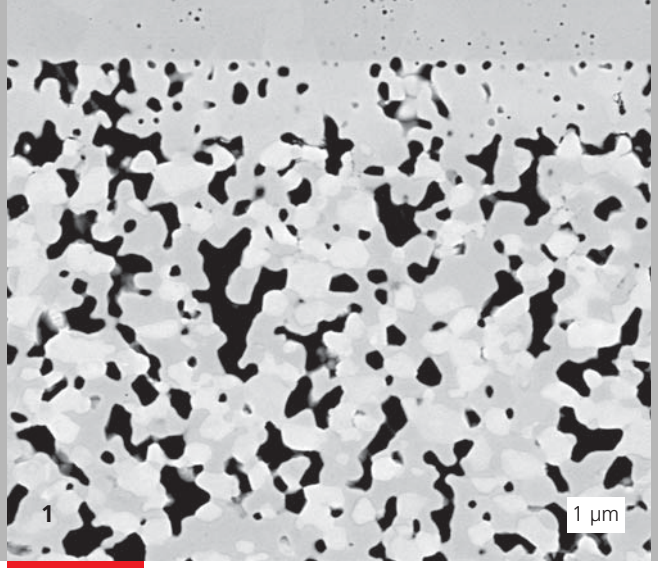
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Entwicklung von Schaumkeramik für Brenneranwendungen sowie reaktionstechnische Bereiche zum Beispiel als Katalysatorträger
- Durchführung umfangreicher Belastungstests und anschließende Charakterisierung

1 *SiC-Schaumkeramik.*
2 *Gefügeoptimierung.*
3 *Rohrofenprüfstand.*
4 *Druckfestigkeitsprüfung.*

Europa fördert Sachsen. EFRE Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.

Kontakt Alexander Füssel • Telefon +49 351 2553-7714 • alexander.fuessel@ikts.fraunhofer.de



1



2

ENERGIE

CFY-STACKTECHNOLOGIE FÜR DIE HOCHTEMPERATURELEKTROLYSE

Dr. Stefan Megel, Dr. Nikolai Trofimenko, Dr. Mihails Kusnezoff

In den letzten Jahren haben die am Fraunhofer IKTS entwickelten CFY-Stacks mit elektrolytgetragenen Zellen aus vollstabilisiertem Zirkondioxid (10ScSZ) und CFY-Interkonnektoren (Cr5Fe1Y) der Firma Plansee SE ihre Robustheit und Leistungsfähigkeit in verschiedenen Systemen unter Beweis gestellt. Es zeigte sich, dass CFY-Stacks sehr einfach in verschiedene Systeme mit einer elektrischen Leistung von kleiner 2 kW integriert werden konnten. Für höhere Leistungen wurden Stackmodule entwickelt, die für den Systemintegrator als Einzelkomponente zur Verfügung stehen und einfach integrierbar sind. In einem gemeinsamen Projekt deutscher und österreichischer Firmen konnte ein modulares, mit Erdgas betriebenes System aufgebaut werden, dass eine Leistung von größer 5 kW_{el} erreicht. Durch die Verschaltung einzelner Module können in der nahen Zukunft Systeme in der Leistungsklasse bis 20 kW aufgebaut werden.

Durch kontinuierliche Entwicklung der CFY-Stacks wurde die Langzeitstabilität (ΔP/P0 = 0,7 %/1000 h) und die Systemzyklenstabilität (ΔP/P0 = 1 %/10 Zyklen) verbessert und lässt weitere Verringerungen erwarten. Es wird sehr stark auf die kostengünstige Herstellung fokussiert, um die SOFC-Stacks bis zur Serienreife zu entwickeln und eine Konkurrenz zu herkömmlichen Technologien der Stromerzeugung bereitzustellen.

Während die kommerzielle Stromerzeugung mit SOFC-Systemen aus CFY-Stacks am Durchbruch zur Marktreife steht, ist die Hochtemperaturelektrolyse ein weiterer wichtiger Ansatz, um zukünftige Probleme in der Energieversorgung zu lösen. Die Nutzung erneuerbarer Energien wie Geothermie, Wasserkraft und Biomasse kann geregelt und damit dem Verbrauch angepasst werden, was bei der Gezeiten-, Solar- und Windenergie nicht ohne Weiteres möglich ist. Derzeit liegt der Anteil der erneuerbaren Energien in Deutschland bei 20 % des Bruttostromverbrauchs (Quelle: BMWi 2013). Durch die Gegenläufigkeit von Energiebedarf der Endnutzer und Aufkommen der erneuerbaren Energien müssen aufwendige Regelungen die Netzstabilität gewährleisten. Bis 2020 ist ein Ausbau der erneuerbaren Energien auf mehr als 35 % geplant, was eine erhebliche Verstärkung der Diskontinuität bewirkt. Diese kann nur zum Teil durch intelligente Regelung der thermischen Kraftwerke abgefangen werden. Es werden immer mehr Speicher benötigt, die die fluktuierende Stromproduktion kompensieren können. Der geplante Kapazitätsausbau der erneuerbaren Energien macht Energiespeicher für Überschussstrom essenziell. Während im Kurzzeitbereich Batterien elektrische Energie sinnvoll speichern können, kommt für die langfristige Speicherung nur chemische Energie in Frage.

Das derzeit bestehende Gasversorgungsnetz hat das Potenzial die benötigten Energiemengen zu speichern. Für die Umwandlung von Überschussstrom in Kohlenwasserstoffverbindungen steht die Elektrolyse zur Verfügung. Der spezifische elektrische Energieeinsatz für die Wasserelektrolyse im Hochtemperaturbereich (SOEC) ist niedriger als bei der alkalischen Elektrolyse, die bei Temperaturen von unter 120 °C abläuft. Durch die Einbringung von Hochtemperaturwärme ist ein allothermer Betrieb möglich, der den spezifischen elektrischen Energieeinsatz noch einmal reduziert.

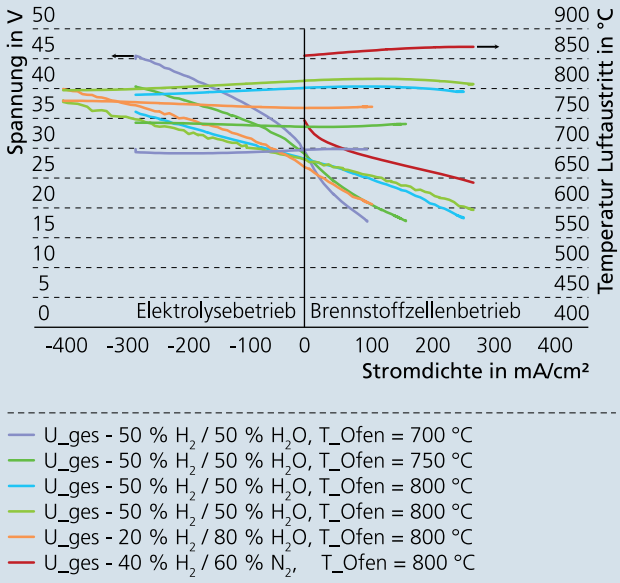


3



4

Kennlinien eines 30-Ebenen-CFY-Stacks im Ofenbetrieb im SOFC- und SOEC-Betrieb, Luft: 100 Nl/min, η_{FU_max}= 0,75 (Elektrolyse)



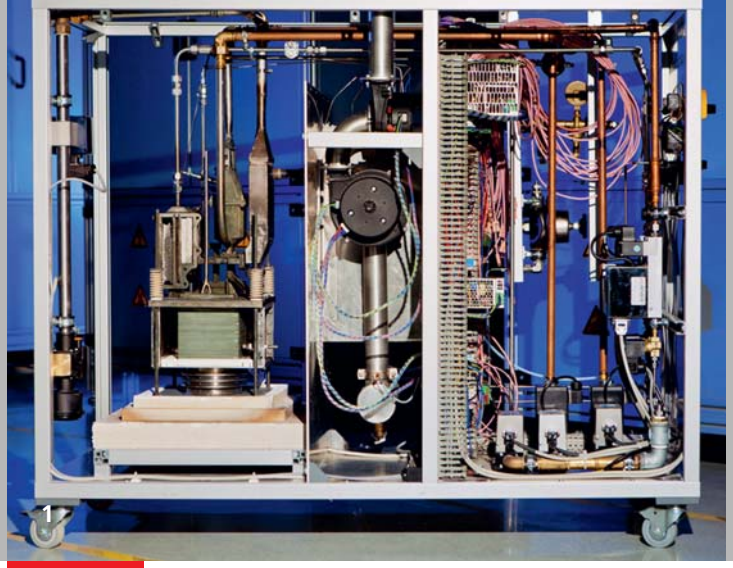
Die vorhandene CFY-Stacktechnologie eignet sich ausgezeichnet für den Elektrolysebetrieb. Die Kennlinien eines 30-Ebenen-Stacks sind in der Graphik dargestellt und zeigen einen linearen Verlauf bei größeren Stromdichten im Temperaturbereich von 700 bis 850 °C. Der Anstieg der Kurven ist der flächennormierte Widerstand, der im SOEC- und SOFC-Betrieb annähernd gleich ist. Eine besondere Bedeutung kommt der Degradation zu. Es konnte in Zelltests festgestellt werden, dass die Hauptursache der Degradation in der Kathodenhaftung und in der Kathodenkontaktierung zu suchen ist. Insbesondere bei hohen Stromdichten kommt es zu schnelleren Alterungsraten auf der Zellebene. Parallel hierzu werden neue Kontaktschichtpasten entwickelt und im Zellmessplatz sowie in Stacks getestet. Es ist davon auszugehen, dass alle Stackkomponenten für einen optimierten Elektrolysebetrieb angepasst werden können. Die am Fraunhofer IKTS konzentrierte Erfahrung bei der Entwicklung von Zellen, Pasten und Fügegläsern ermöglicht schnelle Design- und Materialiterationen. Nicht nur die Einzelkomponentenentwicklung, sondern auch der effiziente Modulaufbau erlaubt zukünftig einen schnelleren Umstieg auf größere SOEC-Module, die für die Anwendung in der Speichertechnik notwendig sind.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Tests von Komponenten im SOFC/SOEC-Stack, Ermittlung der Komponenteneignung und Langlebigkeit unter realen SOFC/SOEC-Betriebsbedingungen
- Stackintegration in Module
- Auslieferung von SOFC/SOEC-Stacks oder Stack-Modulen im Leistungsbereich bis 10 kW_{el}

1 *Optimierte Kathodenstruktur einer elektrolytgetragenen Zelle vom Fraunhofer IKTS.*
2 *Zusammenbau eines CFY-Stacks.*
3 *Neues Labor zur Fügung und zur Versandvorbereitung.*
4 *Stackmodul aus acht Stacks mit 30 Ebenen im Test am Fraunhofer IKTS.*

Kontakt Dr. Mihails Kusnezoff • Telefon +49 351 2553-7707 • mihails.kusnezoff@ikts.fraunhofer.de





ENERGIE

SYNTHESEGAS AUS BIOMASSE ZUR STOFFLICHEN UND ENERGETISCHEN NUTZUNG

Dr. Matthias Jahn, Dorothea Männel, Erik Reichelt

Motivation und Zielstellung

Aufgrund der endlichen Ressourcen an fossilen Rohstoffen erfährt der Einsatz von Biomasse zur stofflichen und energetischen Nutzung eine wachsende Bedeutung. Das Verfahren der anaeroben Fermentation zur Biogaserzeugung ist ein weit verbreitetes und etabliertes Verfahren. Es weist jedoch in Kopplung mit einem Gasmotor-Blockheizkraftwerk, das nur einen elektrischen Wirkungsgrad von η_{el} = 38 % besitzt, einen auf die zugeführte chemische Energie bezogenen elektrischen Wirkungsgrad von η_{el} = ca. 25 % auf. Ziel der Prozess- und Reaktorentwicklung am Fraunhofer IKTS ist es, neue effizientere Konversionsverfahren zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse anwendbar zu machen. Über den Weg der Synthesegaserzeugung aus Biomasse ist eine nachfolgende effiziente stoffliche und energetische Nutzung möglich.

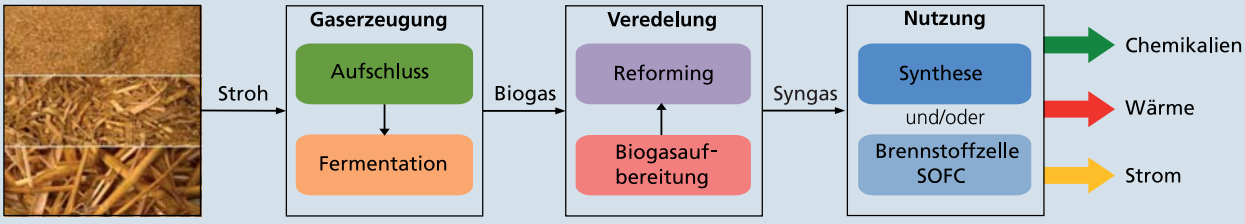
Verfahrenstechnische Entwicklung

Am Anfang der Prozesskette zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse steht die Biogaserzeugung durch Aufschluss und Fermentation sowie die anschließende Veredelung durch Biogasaufbereitung und Reforming. Mit Hilfe eines neuartigen Verfahrens können schwer abbaubare hochlignozellulosehaltige Reststoffe, z. B. Stroh, in der Nassfermentation eingesetzt werden.

Komponente	Wertebereich
Methan	37–75 %
Kohlenstoffdioxid	25–50 %
Stickstoff	0,01–17 %
Sauerstoff	0,01–2,6 %
Schwefelwasserstoff	0,002–2 %
Ammoniak	0,01–3,5 ppm
Wasserdampf	100 % relative Feuchte
bei ϑ = 20 °C und p = 101,3 kPa	3,1 %

Biogas kann direkt, d. h. ohne zusätzliche Abtrennung des enthaltenen CO_2, durch katalytische partielle Oxidation als Reformingverfahren in ein wasserstoff- und kohlenmonoxidreiches Synthesegas überführt werden. Dieser Reformingschritt kann mit sehr kleinen Luftzahlen $\lambda < 0{,}1$ durchgeführt werden und stellt letztendlich eine kombiniertes Verfahren aus partieller Oxidation und dem sogenannten trockenen Reforming dar. Da diese Prozesse stark endotherm ablaufen, ist die Wärmeintegration des Reformers von entscheidender Bedeutung.

Prozesskette zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse





3



4

Energetische und stoffliche Nutzung

Eine direkte energetische Nutzung des erzeugten Synthesegases ist über die Verstromung in einer Hochtemperaturbrennstoffzelle (engl. Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) möglich. Im Vergleich zur konventionellen Verstromung in Verbrennungsmotoren sind elektrische Wirkungsgrade $\eta_{el} > 50$ % realisierbar. Damit liegt der auf die chemische Energie der Biomasse bezogene Wirkungsgrad bei $\eta_{el} \geq 35$ %. Zusätzlich kann über diesen Weg neben der Bereitstellung elektrischer Energie auch Wärme auf einem hohen Temperaturniveau ausgekoppelt werden.

Neben der direkten energetischen Nutzung ist auch eine stoffliche Speicherung der im Biogas gebundenen Energie möglich. So kann das erzeugte Synthesegas über das Fischer-Tropsch-Verfahren in langkettige Kohlenwasserstoffe überführt werden. Dabei können sowohl Treibstoffe wie Diesel oder Benzin als auch wichtige Plattformchemikalien erzeugt werden. Auch hier ist keine aufwändige CO_2-Abtrennung nötig, was die Effizienz des Verfahrens deutlich erhöht.

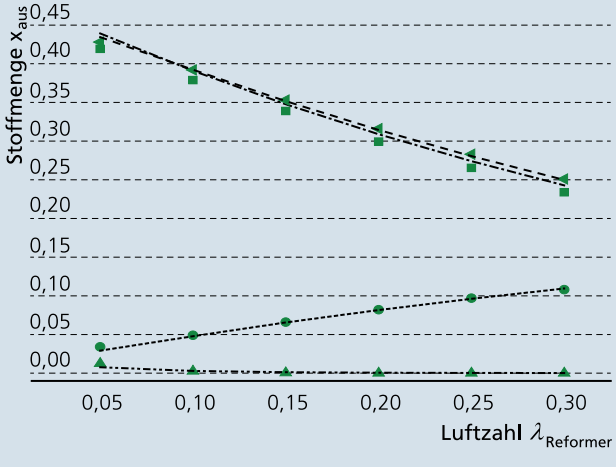
Nutzen und Vorteile des Verfahrens

Gegenüber anderen Verfahren der Biomassenutzung wie der Pyrolyse oder der Vergasung bietet der Weg der Synthesegaserzeugung über die fermentative Route den Vorteil, dass weniger umweltschädliche Nebenprodukte entstehen und der beim Prozess anfallende Gärrest als Produkt in der Landwirtschaft verwendet werden kann. Das am Fraunhofer IKTS entwickelte Verfahren besitzt gegenüber anderen Verfahrenskonzepten zur Synthesegaserzeugung zudem den Vorteil, dass eine Abtrennung von CO_2 aus dem Biogas nicht erforderlich ist, da dieses in der Reformierung direkt genutzt werden kann. Das hergestellte Synthesegas weist mit einem Anteil an Wasserstoff und Kohlenmonoxid von $x_{H2} = x_{CO} = 40$ % einen sehr großen spezifischen Energieinhalt auf und ist sehr gut für chemische Synthesen geeignet.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Verfahrens- und Reaktorauslegung
- Multiphysiksimulation von chemischen und elektrochemischen Prozessen und Reaktoren
- Entwicklung und Betrieb von Systemen
- Reaktionstechnische Untersuchungen an Reaktoren
- Entwicklung von Katalysatoren und keramischen Trägermaterialien sowie vollkeramischen Reaktoren
- Lebensdaueranalysen für Komponenten und Systeme
- Analyse von Gasen und Flüssigkeiten (FID-GC, WLD-GC, PFPD-GC und GC/MS).

Vergleich zwischen experimentellen Ergebnissen und thermodynamischem Gleichgewicht.



Bedingungen: $\vartheta_{Ofen} = 800$ °C, $P'_{ch,sys} = 1{,}5$ kW, $x'_{CH_4} = x'_{CO_2} = 0{,}5$

	x''_{H_2}	x''_{CO}	x''_{CO_2}	x''_{CH_4}
experimentell	◀	■	●	▲
theoretisch	– –	–·–	----	-·-·

1 *Biogas-SOFC-System.*
2, 3 *Einsatz des Systems zur energetischen Nutzung von Klärgas.*
4 *Systemkomponenten.*

Kontakt Dr. Matthias Jahn • Telefon +49 351 2553-7535 • matthias.jahn@ikts.fraunhofer.de



1


2

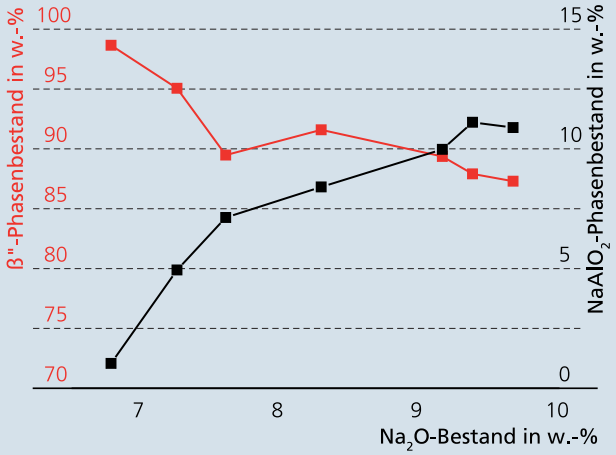
ENERGIE

ß“-ALUMINIUMOXIDKERAMIK FÜR DIE $Na/NiCl_2$-BATTERIE

Dr. Ing. Matthias Schulz

Stationäre Stromspeicher der MWh-Klasse müssen kostengünstig und langlebig sein. Hochtemperaturbatterien wie $Na/NiCl_2$ oder Na/S, die auf dem keramischen Ionenleiter Natrium-ß“-Aluminat basieren, lassen sich sehr kostengünstig aus strategisch verfügbaren Rohstoffen herstellen. Insbesondere $Na/NiCl_2$-Batterien sind aufgrund ihrer hohen Energiedichte und der Skalierbarkeit zu großen, sicheren Systemen höchst attraktiv. Das Fraunhofer IKTS hat deshalb ein langfristig angelegtes Programm implementiert, um diesen Batterietyp für stationäre Anwendungen neu zu etablieren. Die leistungs- und kostenbestimmende Kernkomponente dieser Batterien sind keramische Festelektrolyte aus Natrium-ß“-Aluminat. Dieses Bauteil soll mit besonderem Augenmerk auf Werkstoff, kostengünstige neue Fertigungsverfahren und die Qualitätsprüfung neu entwickelt werden.

ß“- und $NaAlO_2$-Phasenbestand in bei 1300 °C kalziniertem Natrium-ß“-Aluminat



Keramische Synthese von Natrium-ß“-Aluminat

Am Fraunhofer IKTS arbeitet seit zwei Jahren eine Forschergruppe auf dem Gebiet der $Na/NiCl_2$-Batterien. Der Fokus der Arbeiten liegt zunächst auf der Synthese, Formgebung und Sinterung von Natrium-ß“-Aluminat. Mit dem Ziel ein feinkristallines und dichtes Gefüge bei hohem ß“-Phasenbestand zu erreichen, wurden im Labor- und Halbtechnikumsmaßstab Rohstoff- und Stöchiometrievariationen durchgeführt. Neben verschiedenen Stabilisierungselementen wurden der Na_2O-Gehalt systematisch an die Synthesebedingungen angepasst und die Bildung unerwünschter Nebenbestandteile wie ß-Aluminat und $NaAlO_2$ minimiert. In Graphik 1 ist der Phasenbestand von kalziniertem Material für verschiedene Natrium-Gehalte der Rohstoffe dargestellt.

Formgebung und Sinterung

Ausgehend von rieselfähigen Granalien erfolgt die Formgebung zu Tabletten mit unterschiedlichen Durchmessern und Dicken durch uniaxiales Trockenpressen. Einseitig verschlossene Rohre und Becher mit Durchmessern zwischen 20 und 30 mm und Längen bis 120 mm werden derzeit durch isostatisches Pressen realisiert. Dabei werden Dichten > 97 %, Festigkeiten von ca. 200 MPa und feinkristalline störungsarme Gefüge erreicht.

Eine detaillierte Analyse ergab Zielkosten für das Bauteil, welche mit dem Stand der Technik nicht erreicht werden können. Das Fraunhofer IKTS konzentriert sich daher, basierend auf seiner eigenen Werkstoffkompetenz, auf massentaugliche Pro-



3



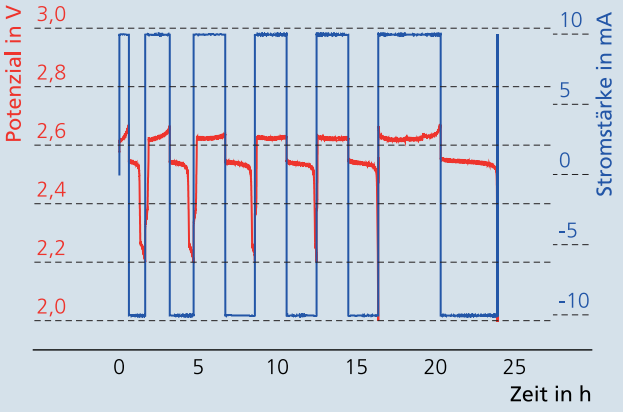
4

duktionsverfahren mit hohen Stückzahlen von weit über 100 000 Teilen pro Jahr inklusive der dazu nötigen, automatisierten In-line-Prüfung.

Hochtemperaturzellen und Elektrochemie

Die Leistungsfähigkeit von Na/$NiCl_2$-Batterien wird maßgeblich durch die elektrochemischen Eigenschaften des keramischen Elektrolyten aus Na-ß"-Aluminat bestimmt. Neben den mechanischen und keramographischen Eigenschaften ist die Leitfähigkeit für Natrium-Ionen entscheidend. Zur Bestimmung dieser Kenngröße stehen verschiedene Methoden und entsprechende Hochtemperaturmesszellen zur Verfügung.

Lade-/Entladezyklen einer planaren Na/$NiCl_2$-Labortestzelle bei 300 °C



Neben Festkörper-Impedanz-Messungen werden Gleichstrom-Leitfähigkeiten in symmetrischen Natrium/Natrium-Messzellen bestimmt. Die Gesamtperformance und die Stabilität der Elektrolyte wird in Na/$NiCl_2$-Vollzellen ermittelt. Nach dem Fügen von Na-ß"-Aluminat an Rezipienten werden diese verbaut und durch Lade-/Entladezyklen charakterisiert. In Graphik 2 sind beispielhaft einige Lade-/Entladezyklen einer planaren Na/$NiCl_2$-Labortestzelle bei 300 °C dargestellt. Ausgehend von der im Labormaßstab gesammelten Zellkompetenz werden angepasste Designs für die stationäre Energiespeicherung entwickelt.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Synthese von Natrium-ß"-Aluminat im Labormaßstab bis 10 kg
- Pulver- und Granulatherstellung im Technikumsmaßstab bis 100 kg
- Herstellung von Tabletten und einseitig verschlossenen Rohren durch Trockenpressen bzw. isostatisches Pressen
- Sinterung der Elektrolyte in speziellen natriumstabilen Kapseln
- Charakterisierung der gesinterten ß"-Aluminate (Phasenbestand, Gefüge, Festigkeiten)
- Elektrochemische Bestimmung der Na-Ionen-Leitfähigkeit
- Charakterisierung von planaren und tubularen Na-ß"-Aluminat-Elektrolyten in Na/$NiCl_2$-Vollzellen

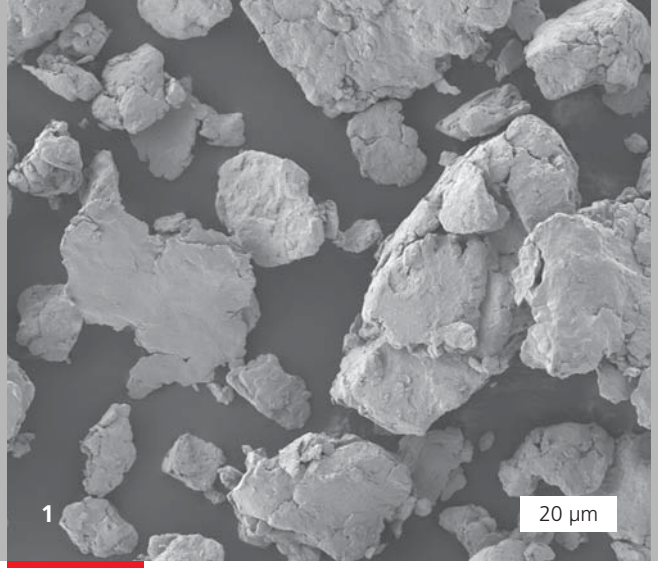
Danksagung

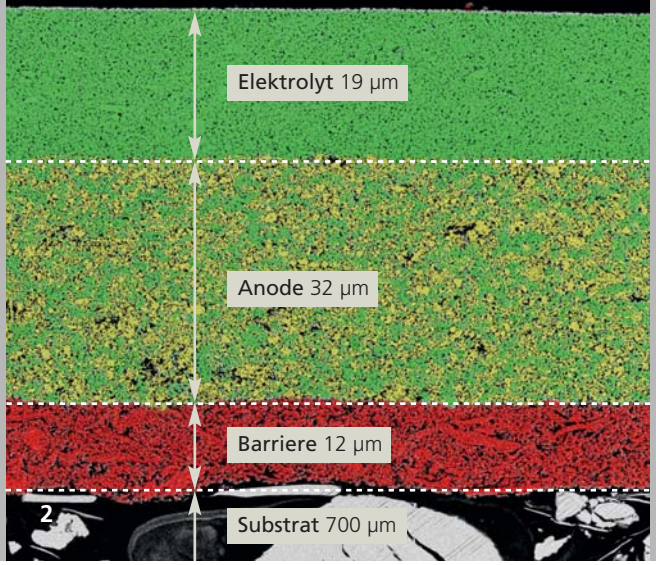
Die vorgestellten Ergebnisse wurden in einer Thüringer Forschergruppe erarbeitet, welche mit Mitteln aus dem Europäischen Sozialfond (ESF) und des Freistaats Thüringen gefördert wurde.

1 Dünne, dichte Na-ß"-Aluminat-Tablette.
2 Na/$NiCl_2$-Testzelle und eingeglaste Na-ß"-Aluminat-Scheibe.
3 Einseitig verschlossenes Na-ß"-Aluminat-Rohr.
4 Na-benetzte Probe nach einer Leitfähigkeitsmessung.

ESF EUROPA FÜR THÜRINGEN
EUROPÄISCHER SOZIALFONDS

Kontakt Dr.-Ing Matthias Schulz • Telefon +49 36601 9301-2328 • matthias.schulz@ikts.fraunhofer.de





METALLGETRAGENE BRENNSTOFFZELLE DURCH PAPIERTECHNOLOGISCHE FERTIGUNG

Dipl.-Ing. Tim Slawik, Dipl.-Ing. Charif Belda, Dr. Roland Scholl, Dr. Tassilo Moritz, Dr. Mihails Kusnezoff

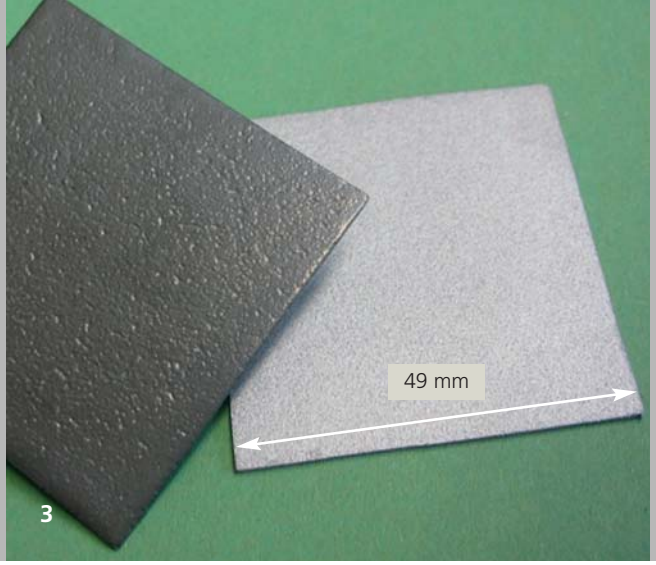
Metallgetragene Hochtemperatur-Brennstoffzellen (MSC) sind eine aussichtsreiche und kostengünstige Ergänzung zu vollkeramischen Systemen. Der Herstellungsprozess umfasst typischer Weise den sequenziellen Aufbau der MSC-Halbzelle aus kommerziellen Komponenten (poröses Metallsubstrat, Elektrolyt) und funktionellen Schichten (Barriere, Anode). Dieser Ansatz erfordert verschiedene Füge- und Beschichtungsschritte, einschließlich mehrerer thermischer Behandlungen. Da die Fertigungsschritte sehr unterschiedliche Technologien mit getrennten Wärmebehandlungen beinhalten und diese nur sehr aufwendig automatisierbar sind, kann man zukünftige Kostenvorteile nur durch die Reduzierung von Prozessschritten und die Verwendung angepasster Fertigungstechniken erreichen.

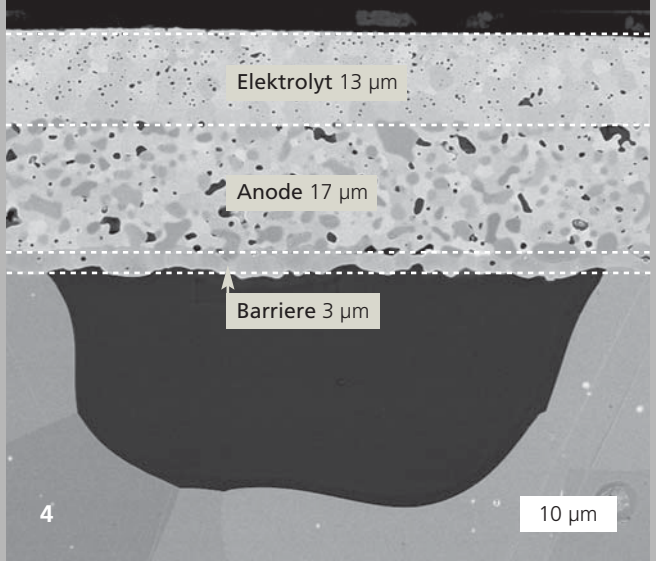
Mit der gleichzeitigen papiertechnologischen Verarbeitung der verschiedenen Ausgangspulver ist ein entscheidender Schritt in Hinblick auf eine effizientere Herstellung erarbeitet worden. Diese Vereinfachung und Verkürzung der Prozesskette [1] bietet ein hohes Potenzial, um die Fertigungskosten gegenüber dem Stand der Technik deutlich zu reduzieren. Eine gemeinsame Formgebung aller strukturellen (Metallsubstrat) und funktionellen Keramik- und Cermet-Schichten, mit anschließender gemeinsamer Wärmebehandlung (Co-Sinterung) führt zu einer Minimierung des fertigungstechnischen Aufwands. Voraussetzung ist jedoch ein enges Prozessfenster für die Verarbeitung der verschiedenen Ausgangsstoffe.

Kommerziell erhältliche keramische und metallische Ausgangspulver unterscheiden sich häufig hinsichtlich ihrer Schwindungsrate und Absolutschwindung. Dies kann zu hohen mechanischen Spannungen und somit zum Wölben bzw. zu Rissen und Delaminationen bei der Co-Sinterung führen. Indem man gasverdüste Metallpulver durch eine neuartige Hochenergiemahlung hinsichtlich ihrer Morphologie modifiziert (Bild 1), gelingt die Anpassung der Sintereigenschaften an die übrigen Schichten.

Die erarbeitete Lösung zur Herstellung der MSC-Halbzelle beinhaltet die Bildung einer 4-fach-Schichtfolge aus metallischen, keramischen und metall-keramischen Partikeln im Grünzustand (Bild 2) durch Anwendung des papiertechnischen Streichens wässriger oder organischer Partikelsuspensionen.

Darüber hinaus wird das gleichzeitige Entstehen einer dichten, rissfreien Elektrolytschicht und einer porösen metallischen Trägerstruktur durch die optimale Abstimmung des Schwindungsverhaltens der gemahlenen Metall-Pulver mit kommerziell erhältlichen ZrO_2-Pulvern erreicht. Das ZrO_2-Pulver startet bei einer relativen Werkstoffdichte von ca. 48 % der theoretischen Dichte (TD) des Materials, das Metall hingegen bei ca. 30 % TD. Nach einer Sinterung bei 1350 °C erreicht der Elektrolyt eine Dichte von ca. 6,0 g/cm³ (99 % TD). Das Metallsubstrat besitzt hingegen bei gleicher Endschwindung, aufgrund der niedrigeren Ausgangsdichte, noch eine offene Porosität von ca. 30 % und erfüllt damit die Voraussetzung für eine gute Durchströmung. Durch die geeignete Wahl der Ausgangspulver für die zwischen Elektrolyt und Metallsubstrat anzuordnende Barriere- bzw. Anodenschicht gelingt es, den Schichtverbund nahezu ohne Wölbung gemeinsam zu sintern (Bild 3). Bild 4 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der gesinterten MSC-Halbzelle mit einer dichten Elektrolyt-





schicht (13 µm), einer feinporösen Anode (17 µm), einer feinporösen Barriereschicht (ca. 3 µm) sowie einer grobporösen Schicht des Metallsubstrats (500 µm). Die Messung der Helium-Leckrate an Einzel- und Verbundschichten belegt eine ausreichende Porosität in der Anodenschicht und eine sehr gute Gasdichtheit des Elektrolyten (> 10^{-9} mbar*l/s). Erste elektrochemische Tests belegen die Funktionsfähigkeit einer derart kostengünstig hergestellten MSC für den Betrieb als Hochtemperaturbrennstoffzelle (SOFC). Es wurde ein flächennormierter Zellwiderstand von 0,75–0,8 Ω cm² bei 750°C erzielt.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Entwicklung der papiertechnologischen Herstellung einer MSC-Halbzelle für ein vom Kunden vorgegebenes Metallsubstrat
- Nachweis der Kostenreduzierung und Funktionsfähigkeit der entwickelten Halbzelle

Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse sind Teil des ECEMP-Projekts C 3 (CeraDuct/CerMetComp), das mit Mitteln der Europäischen Union (EFRE) und des Freistaats Sachsen gefördert wurde.

Quellen

[1] Slawik, Tim: Diplomarbeit: Anwendung papiertechnologischer Verfahren zur Darstellung von Halbzeugen für flächenhafte funktionelle Metall- und Nichtmetall-Schichtverbunde, TU Dresden, 2011

[2] Krüger, Holger: Diplomarbeit: Herstellung und Charakterisierung von MSC-Schichtverbunden unter Anwendung papiertechnologischer Streichverfahren, TU Dresden, 2012

1 *Durch Hochenergiemahlung modifiziertes Metallpulver für die Substratschicht.*

2 *Elektronenmikroskopaufnahme des 4-lagigen Schichtverbunds im Grünzustand.*

3 *Ansicht des keramischen Elektrolyten (links) und des metallischen Substrats (rechts) nach der Co-Sinterung.*

4 *Elektronenmikroskopaufnahme der gesinterten MSC-Halbzelle.*

Europa fördert Sachsen. EFRE Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.

Kontakt Dr. Mihails Kusnezoff • Telefon +49 351 2553-7707 • mihails.kusnezoff@ikts.fraunhofer.de



1



2

ENERGIE

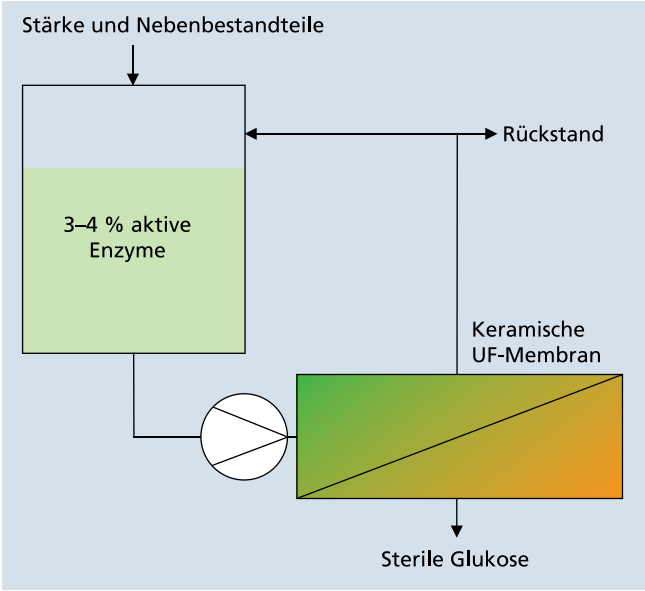
KONTINUIERLICHE VERZUCKERUNG IM MEMBRANREAKTOR

Dr. Marcus Weyd, Dr. Ingolf Voigt

Getreidestärke wird in Europa oft als Rohstoff für die Ethanolproduktion eingesetzt. Die Stärke muss verflüssigt und zu Glukose aufgespalten werden, bevor sie fermentativ zu Ethanol umgesetzt werden kann. Die enzymatische Verflüssigung und Verzuckerung beeinflussen die Effizienz des Gesamtverfahrens deutlich, da sowohl das Volumen der verwendeten Reaktoren als auch die Menge der eingesetzten Enzyme stark kostenrelevant sind. Nach dem Stand der Technik verbleiben die Enzyme in der verzuckerten Lösung. Sie sind ein Verbrauchsmaterial und müssen ersetzt werden, zudem belasten sie die Fermentation. Um Enzymkosten zu reduzieren, werden sie nur in geringen Konzentrationen von typischerweise 0,5 % eingesetzt. Dies führt zu langen Verzuckerungszeiten von 72 Stunden und erfordert ein großes Reaktorvolumen [1]. Günstig wäre es, selektiv Enzyme und unverzuckertes Medium zurückhalten und einen kontinuierlichen Prozess betreiben zu können. Somit könnte man höhere Enzymkonzentrationen im Sinne besserer Umsatzraten verwenden. Der reduzierte Enzymbedarf und die Verringerung des Reaktorvolumens würden dann die Effizienz des Verfahrens verbessern.

Mit keramischen Ultrafiltrationsmembranen des Fraunhofer IKTS wurden Pilotierungsversuche zur Abtrennung von Glukose durch Membranfiltration aus dem Verzuckerungsprozess, mit der im Folgenden schematisch dargestellten Anlage durchgeführt. Es wurden Membranen (1,2 m lange Mehrkanalrohre) verschiedener Porengrößen verwendet und Membranleistungen sowie die Enzymrückhaltung getestet. Dabei wurden die Porengrößen der Membranen so gewählt, dass Wasser und Glukose abgetrennt und Stärke und Enzyme von der Membran zurückgehalten werden.

In mehrmonatigen Pilotierungsversuchen wurden das Filtrationsverhalten und der Einfluss der Verfahrensparameter (insbesondere Überströmungsgeschwindigkeit und Feeddruck) systematisch ermittelt.



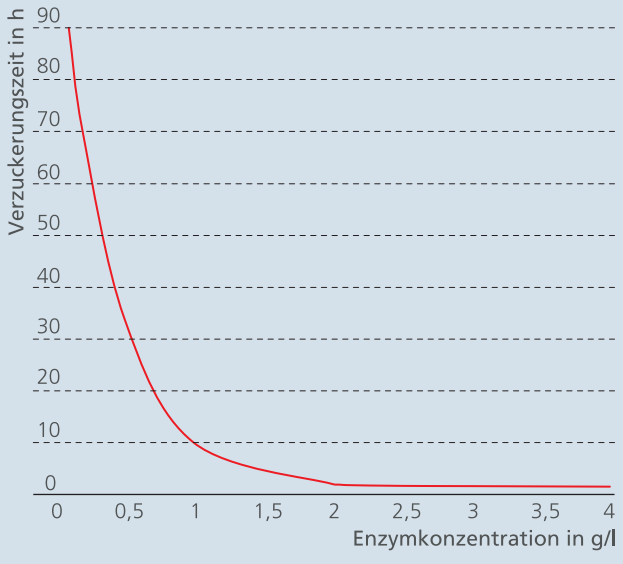
Es kamen auch Stärken unterschiedlicher Qualität zum Einsatz. Verschiedene Membrangeometrien wurden verwendet und Reinigungstechniken erprobt. Der Verzuckerung konnte durch die Membran stets ein stark glukosehaltiges und steriles Permeat entzogen werden. Enzyme und Stärke wurden von der Membran zurückgehalten. Da die Enzyme nicht verloren gehen, können höhere Enzymkonzentrationen eingesetzt und die Verzuckerungszeit verringert werden. Des Weiteren wird eine reine Glukoselösung der Fermentation zugeführt. Somit wird diese nicht durch Begleitstoffe belastet und es wird eine





sehr hochwertige Hefe gebildet, die als Nebenprodukt verwertet werden kann. Nach weiteren Pilotierungsversuchen nahm die erprobte Technik im Mai 2012 Einzug in eine großtechnische Demonstrationsanlage (GFT Membrane Systems GmbH) mit einer Membranfläche von 640 m², aufgeteilt in 4 Anlagenstränge, jeder Strang mit 4 Modulen zu jeweils 40 m². Drei Anlagenstränge laufen im Parallelbetrieb, der vierte Strang ist Reserve bzw. wird gereinigt. Es wird eine Enzymkonzentration von 4 % eingesetzt. Die Verzuckerungszeit beträgt 4 Stunden. Die Anlage produziert 32 m³/h Glukose (30 DE). Es wird angestrebt, die beschriebene Technologie auf weitere Verzuckerungsprozesse zu erweitern.

Minimale Verzuckerungszeit als Funktion der Enzymkonzentration



Leistungs- und Kooperationsangebot

- Kunden- und anwendungsspezifische Membrantestung und Verfahrensentwicklung
- Kundenspezifische Membranentwicklung
- Entwicklung und Konstruktion von Membran(test)anlagen
- Lieferung von Membranmustern

Quellen

[1] I. Voigt, H. Richter, M. Weyd, E. Tusel, H.E.A. Brüschke, »Membrane enhanced biofuel production«, 3rd International Conference on Energy Process Engineering ICEPE, 4-6 June 2013, Frankfurt, Germany.

1 *Feed-, Permeat- und Retentatprobe aus der Glukosefiltration.*

2 *Keramische Rohrmembranen.*

3 *Kreislaufbehälter der Pilotfiltrationsanlage.*

4 *Großtechnische Demonstrationsanlage (640 m² Membranfläche).*

Kontakt Dr. Marcus Weyd • Telefon +49 36601 9301-3937 • marcus.weyd@ikts.fraunhofer.de



GESCHÄFTSFELD

UMWELT- UND VERFAHRENS-TECHNIK

Projektberichte

70 Membrankontaktor auf Basis keramischer Hohlfasermodule

72 Praxisnahe Simulation des Wärmeübergangs in Hochtemperatursystemen

74 Keramische Nanofiltrationsmembranen mit Trenngrenze 200 Da

76 Energiebedarf von Sauerstoff-Membrananlagen

Das Geschäftsfeld »Umwelt- und Verfahrenstechnik« befasst sich mit der Entwicklung von Werkstoffen, Technologien und Systemen für einen effizienten, sicheren und wirtschaftlichen Umweltschutz. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der nachhaltigen Verbesserung von Gewinnungs-, Umwandlungs-, Transport- und Speicherprozessen im Bereich konventioneller und Bioenergien. Darüber hinaus werden Strategien und Prozesse zur Wasser- und Luftreinhaltung sowie zur Rückgewinnung von werthaltigen Rohstoffen aus Reststoffen und entwickelt.

Ausgehend von seiner Keramikkompetenz entwickelt das Fraunhofer IKTS innovative technische Prozesslösungen, die in konkrete Anlagen überführt werden. Werkstoff-, Technologie- und Verfahrensexpertise greifen ineinander und ermöglichen die Entwicklung komplexer verfahrenstechnischer Systeme für die Flüssigfiltration, Pervaporation, Dämpfepermeation, Gastrennung und Partikelfiltration. Damit spielen die Membran-, Filter und Katalysatorsysteme des Fraunhofer IKTS eine entscheidende Rolle bei Prozessen der katalytischen Abgasreinigung, Abwasserbehandlung und Wasseraufbereitung. Auch bei der Auslegung von Verbrennungs- und Vergasungsprozessen, der Nutzung und Gewinnung von Sauerstoff sowie der Erzeugung und Verwendung von synthetisierten und alternativen Kraftstoffen kommen diese Komponenten zum Tragen.

Das Wissen um die Prozesstechnik zur Zerkleinerung, zum Aufschluss und Mischen biogener Substrate stellt eine weitere Kernkompetenz des Fraunhofer IKTS im Bereich der biochemischen und thermochemischen Biomassekonversion dar. Unter Nutzung technischer Anlagen im Bereich der angewandten Elektrochemie werden zudem materialspezifische Fragestellungen im Bereich der Tiefen Geothermie beantwortet.

Die große Breite an Kompetenzen deckt alle relevanten Themen für eine wirtschaftliche Etablierung von ressourcenschonenden verfahrenstechnischen Prozessen ab. In Pilot- und Kundenanlagen werden thermofluidische, elektrochemische und thermomechanische Stofftransporte und Reaktionen für Membranprozesse und Reaktoren modelliert, validiert und optimiert. Mit zahlreichen Laboren, Technika und den Applikationszentren für Membrantechnologie und Bioenergie verfügt das Geschäftsfeld über eine ausgezeichnete Infrastruktur, um Projekte verschiedenster Umfänge und Skalen realisieren zu können.



1

MEMBRANKONTAKTOR AUF BASIS KERAMISCHER HOHLFASERMODULE

Dr. Thomas Hoyer, Dr.-Ing. Hannes Richter

Keramische Hohlfasermodule

Trennaufgaben in flüssigen Medien sind in der chemischen Industrie eine Schlüsselaufgabe. Viele Verfahren sind sehr energieintensiv, wie z. B. die Destillation. Ein energiesparenderes Verfahren ist die Extraktion, bei der ein Stoff von einem Lösungsmittel in ein anderes überführt wird. Klassische Extraktionsverfahren sind nur dann erfolgreich, wenn die beiden flüssigen Phasen einen Dichteunterschied aufweisen und keine stabilen Emulsionen bilden. Die Extraktion kann dann durch intensives Mischen mit anschließender Phasentrennung erfolgen. Mit Hilfe von Membrankontaktoren kann dagegen selbst in Systemen, die diese Anforderungen nicht erfüllen, extraktiv getrennt werden. Die beiden flüssigen Phasen werden nicht dispergiert, sondern verbleiben in separaten Räumen und werden durch eine poröse Membran in Kontakt gebracht.

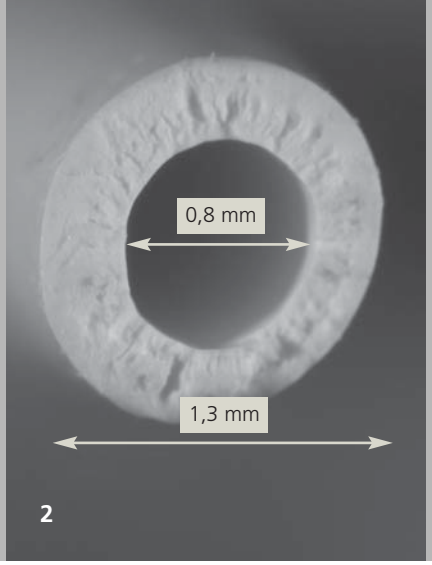
Mit Hohlfaserkontaktoren aus Polymermaterialien kann eine Vielzahl von Trennaufgaben nicht bewältigt werden, weil aggressive Lösungsmittel die Polymere angreifen, die Polymere die Extraktionstemperatur beschränken oder die oberflächenenergetischen Eigenschaften der Polymere zu einer ungünstigen Lage der Phasengrenzfläche führen.

Keramische Membranen sind hier ein Ausweg, da ihre einzigartige Stabilität den Einsatz für Trennaufgaben unter extremen Prozessbedingungen möglich macht. Die Lage der Phasengrenzfläche kann dabei durch die Porengröße und die gezielte Modifizierung der Keramikoberfläche definiert werden.

Die keramischen Hohlfasern wurden vom Thüringischen Institut für Textil- und Kunststoffforschung e.V. (TITK) nach der patentierten ALCERU®-Technologie hergestellt. Die Sinterung erfolgte am Fraunhofer IKTS meist im Temperaturbereich 1320 bis 1350 °C. Eine erhebliche Verbesserung der Hohlfaserqualität wurde in zahlreichen Spinnversuchen realisiert durch den Einsatz von Dispergatoren, eine verbesserte Technologie zur Herstellung der Spinnlösung, durch eine veränderte Strömung im Spinndüsengehäuse sowie durch eine angepasste Sinterung (Bild 2).

Die Bündelung der Fasern erfolgte mit porösen Endscheiben aus Aluminiumoxid. Es wurden zwei Geometrien gefertigt: Durchmesser 27 mm mit quadratischen Kanälen und Durchmesser 53 mm mit sechseckigen Kanälen.

Eine eigens konstruierte Vorrichtung erlaubt das schnellere Einfädeln der Fasern in die Endstücke. Nach dem Einfädeln wurden die Fasern mit hochviskosen Glaspasten abgedichtet. Durch die Kombination verschiedener Maßnahmen (Glastyp, Lagerung beim Tempern, Temperkurve) konnten nahezu defektfreie Module in den Längen 115 mm, 250 mm und 500 mm mit einer Membranfläche von ca. 0,23 m^2, 0,06 m^2 bzw. 1 m^2 gefertigt werden (Bild 1 und 4). Die Hohlfaserbündel wurden anschließend durch Nachbehandlung oberflächenmodifiziert, um gezielt hydrophile oder hydrophobe Eigenschaften einzustellen.







Membranextraktion

Zur Bestimmung von Funktionalität und Extraktionsleistungen der Hohlfaserbündel wurde eine Extraktionsanlage konstruiert und aufgebaut (Bild 3). Es erfolgten Versuche mit unterschiedlich modifizierten Membranen in verschiedenen Stoffsystemen.

Sowohl mit einem hydrophilen Bündel im System n-Butylacetat/Aceton/Wasser als auch mit einem hydrophoben Bündel in einem Testsystem mit besonders niedriger Grenzflächenspannung (n-Butanol/Bernsteinsäure/Wasser) konnte die Eignung der Hohlfaserbündel für die Membranextraktion nachgewiesen werden.

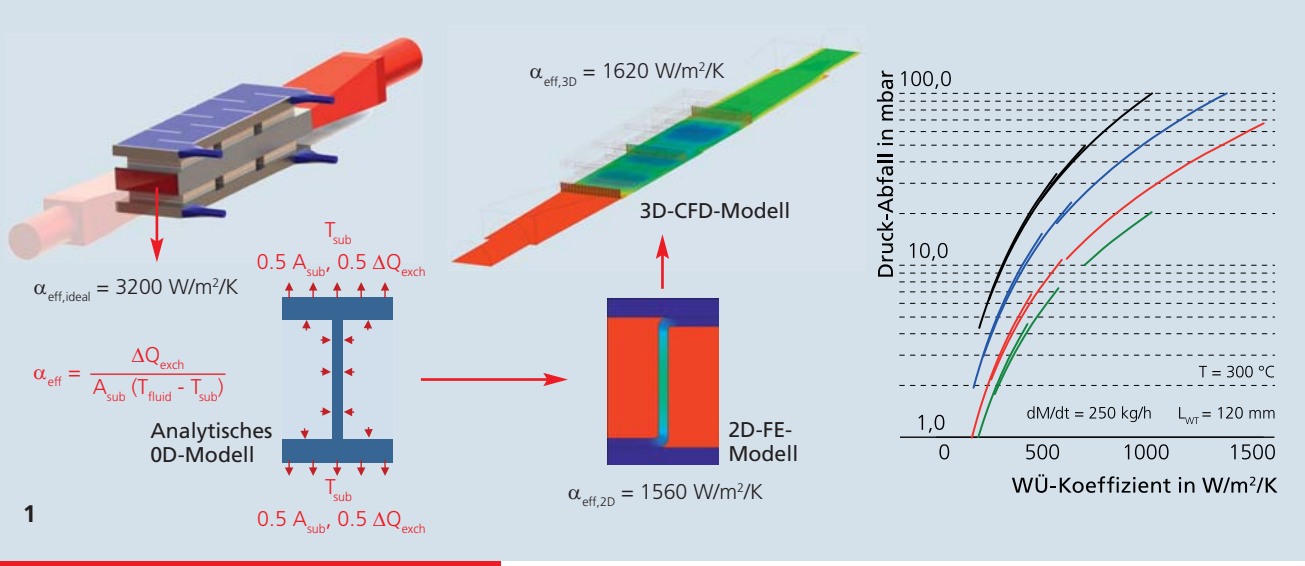
Durch numerische Simulation konnte gezeigt werden, dass der bisherige Testaufbau bezüglich Anströmung der Kapillarbündel, Totvolumen im Modul und Modultemperierung sehr ungünstige Verhältnisse aufweist. Nach Verbesserung der Strömungsführung, Neukonstruktion des Moduls und Einbau einer zusätzlichen Temperierungseinheit steht nun eine Anlage zur Untersuchung der Membran- und Verfahrensparameter für die Analyse der Membranextraktion kundenspezifischer Stoffgemische zur Verfügung.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Kundenspezifische Entwicklung von keramischen Hohlfasermodulen
- Einstellung der Oberflächeneigenschaften (hydrophil/hydrophob) durch nachträgliche Oberflächenmodifizierung
- Untersuchung der Stofftrennung durch Membranextraktion für kundenspezifische Stoffgemische
- Verfahrensentwicklung für
  - Biotechnologie: Wässrige Zweiphasensysteme (ATPS: Aqueous Two-Phase Systems)
  - Systeme mit geringen Dichteunterschieden
  - Systeme mit extremen Phasenverhältnissen
  - Systeme mit chemisch aggressiven Flüssigphasen etc.

1 *Hohlfasermodul mit 1000 Aluminiumoxidfasern, Austauschfläche 1 m², Länge 500 mm, Durchmesser 53 mm.*
2 *Keramische Hohlfaser (Bruchfläche).*
3 *Membranextraktions-Versuchsanlage.*
4 *Hohlfaserbündel unterschiedlicher Geometrie.*

Kontakt Dr. Thomas Hoyer • Telefon +49 36601 9301-1867 • thomas.hoyer@ikts.fraunhofer.de



1

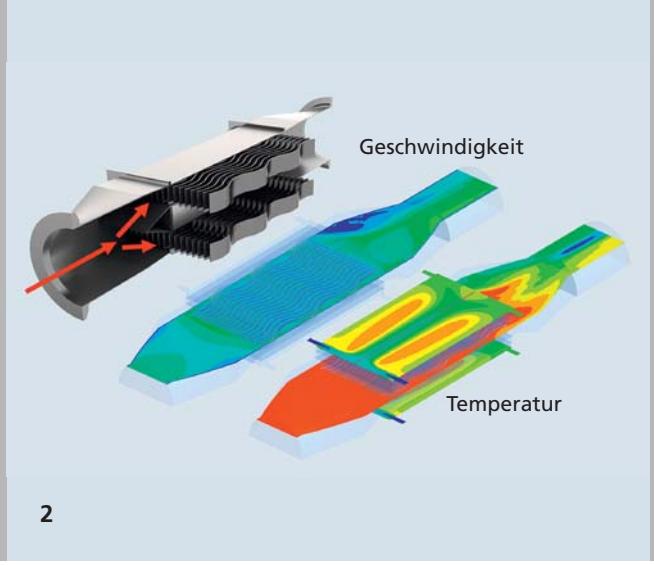
UMWELT- UND VERFAHRENSTECHNIK

PRAXISNAHE SIMULATION DES WÄRMEÜBERGANGS IN HOCHTEMPERATURSYSTEMEN

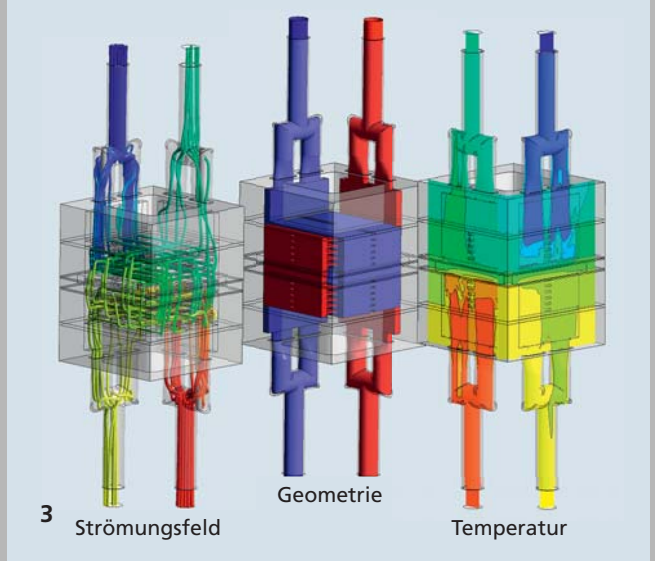
Dipl.-Inf. (FH) Gregor Ganzer, Dipl.-Ing. (FH) Marcel Dannowski, Dr. Wieland Beckert

Die Entwicklung innovativer Energiewandler-Systeme, wie Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC) oder Thermoelektrischer Generatoren (TEG), bildet ein wichtiges Arbeitsgebiet des Fraunhofer IKTS. Für Energiesysteme hat das thermische Management eine zentrale Bedeutung, da es die thermischen Bedingungen für einen stabilen, effizienten Betrieb über das gesamte Lastfeld sicherstellt. Wesentlicher Prozess ist die Wärmeübertragung, durch die Prozesswärme von den Komponenten abgeführt bzw. zur Wärmerückgewinnung zwischen den Wärmeträgermedien (Frischgas, Abgas, Kühlwasser) umverteilt wird. Wärmeübertragung findet sowohl innerhalb der aktiven Komponenten (Brennstoffzellen, Reaktoren) als auch in speziellen Wärmeübertrager-(WÜ)-Bauteilen statt. Simulation und Modellierung bilden innerhalb der Entwicklungskette, von Konzeption/Auslegung bis Optimierung und Fehleranalyse, ein effizientes Werkzeug. Hochintegrierte Systeme mit multifunktionellen Komponenten, die in enger Wechselwirkung stehen, erfordern anstelle extern zugekaufter Standardkomponenten oft spezifisch entwickelte und in das System eingepasste Bauteile, deren Auslegung und Optimierung auf modellbasierter Entwicklungsunterstützung fußt. Die Modellbeschreibung von Wärmetauschprozessen ist wegen der Kopplung an die Strömungsprobleme und durch die Überlagerung von Wärmestrahlung überaus komplex. Thermische Wechselwirkungen zwischen Komponenten bzw. Prozessen (z. B. Thermoelektrik, Reaktionswärme) sind als Kopplungen in den Modellen zu berücksichtigen. Die Arbeitsgruppe Simulation bietet die Kompetenz, die relevanten Aspekte des Betriebs der Komponenten in entsprechenden numerischen Modellen abzubilden und zu analysieren. Dies wurde im Rahmen verschiedener Projekte am Fraunhofer IKTS durch maßgebliche Beteiligung der Modellierung an der Auslegung und Optimierung von integrierten Bauteilen mit Wärmeübertrager-Funktionalität nachgewiesen.

Thermoelektrische Generatoren haben großes Potenzial für die Abwärmenutzung. Im Hochtemperaturbereich sind oberhalb von 300 °C noch keine TE-Wandlermodule kommerziell verfügbar. Die Entwicklung keramisch basierter Hochtemperatur-Module und ihr Einsatz zur Abwärmenutzung ist Gegenstand verschiedener Entwicklungsprojekte (HiTEG, TECer, TEMat-Komp), an denen das Fraunhofer IKTS beteiligt war. Herzstück eines TEG ist der Wärmeübertrager mit integrierten TE-Wandler-Modulen. Die thermische Abstimmung zwischen Wärmeübertrager und TE-Modul bietet großen Spielraum für die Optimierung der ausgekoppelten elektrischen Leistung und ist Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb. Damit ist sie eine wichtige Aufgabe für die Modellierung, wobei die thermoelektrische Kopplung genauso berücksichtigt werden muss, wie die komplexe Strömung im Wärmeübertrager.
Auf Basis einer hierarchischen Modellstrategie wird an einem idealisierten 1D-Modell zunächst eine Grob-Auslegung des TE-Wärmeübertragers (Fläche, Querschnitt, Modulbelegung) durchgeführt, um das Performance-Ziel für die elektrische Energie mit den konstruktiven (Bauraum), wirtschaftlichen (Modulzahl) und prozessbedingten (Druckverlust) Anforderungen abzugleichen. Anschließend werden für die favorisierte Wärmeübertrager-Konstruktion an einem detailliertem 3D-CFD-Modell ohne idealisierende Vereinfachungen die Vorhersagen hinsichtlich WÜ-Koeffizient, Druckverlust und elektrischer Leistung validiert bzw. verfeinert und bei Bedarf ein weiterer Design-Zyklus durchlaufen.

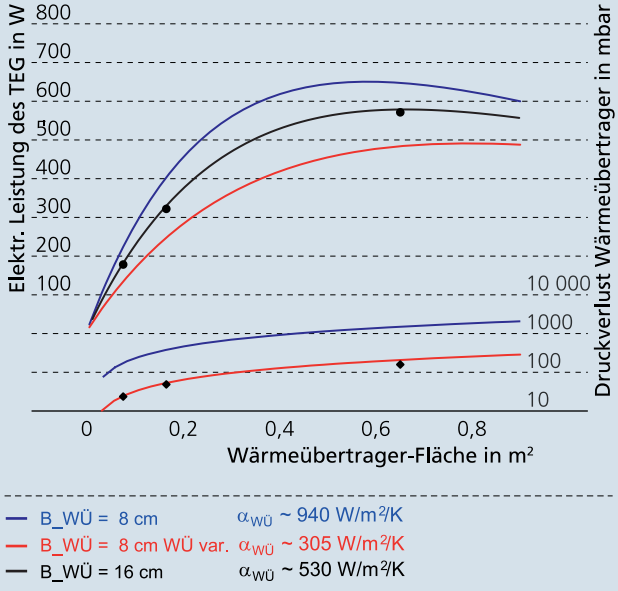


2



3

Beispiel für thermische Anpassung von TE-Wandler und Wärmeübertrager

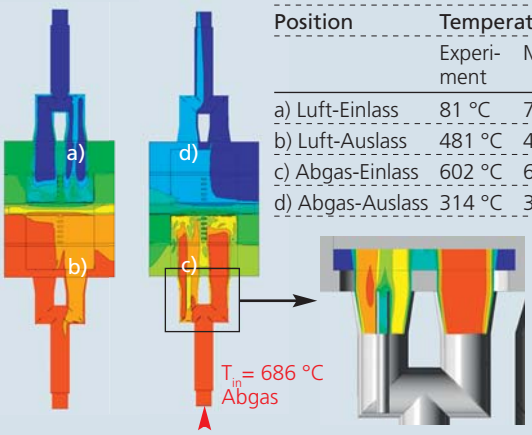


Ein anderes Beispiel beschäftigt sich mit der Luftvorwärmereinheit aus dem SOFC-Mikrosystem eneramic®, für das ein Mikro-Wärmeübertrager in unmittelbarer thermischer Ankopplung an den SOFC-Stack entwickelt werden musste, der sich geometrisch und prozesstechnisch in den engen Bauraum des Gesamtsystems integriert. Auf Grundlage eines detaillierten CFD-Modells in der Software Fluent wurde ein planarer Wärmeübertrager konstruiert, der die prozesstechnischen Spezifikationen (WÜ-Leistung ca. 400 W, Druckverlust < 5 mbar, Startzeit < 30 min) erfüllt und durch konstruktive Maßnahmen eine robuste und kostengünstige (Kreuzstrom-Design, interne Gas-Verteil-Manifolds, skalierbare Module) Bauweise sicherstellt. Durch eine hierarchische Modellstrategie wurde in einer stark vereinfachten Stufe ermittelt, dass die Spezifikationen mit einem konstruktiv einfachen Kreuzstrom-Design erfüllt werden können. Aus den Erfahrungen an einer ersten 3D-CFD-Modell-Variante wurde die Möglichkeit abgeleitet, durch eine interne Isolationsschicht zwischen den Modulen die Leistung weiter zu verbessern. Anhand einer aufwendig instrumentierten experimentellen Evaluierung konnten die Vorhersagen des finalen 3D-CFD-Modells für die Temperaturverteilung mit Abweichungen von weniger als 2 % verifiziert werden. Dabei wurde der starke Einfluss der inneren Wärmestrahlung bestätigt, der im Modell bereits berücksichtigt wurde. Die Komponente hat sich im Systemeinsatz erfolgreich bewährt.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Modellbasierte Entwicklungsunterstützung zur Auslegung/ Optimierung integrierter Wärmeübertrager
- Modell-Analyse des thermischen Managements von Reaktor- bzw. Energiewandler-Komponenten

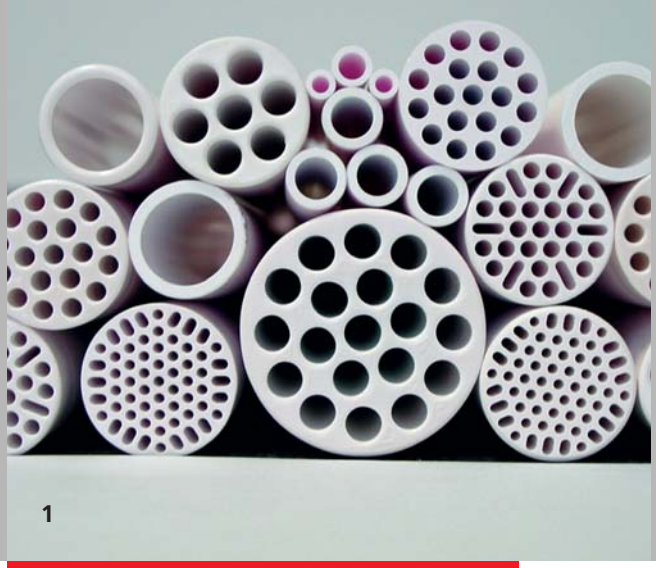
Vergleich der Ergebnisse von CFD-Simulation und Messung für das SOFC-WÜ-Beispiel



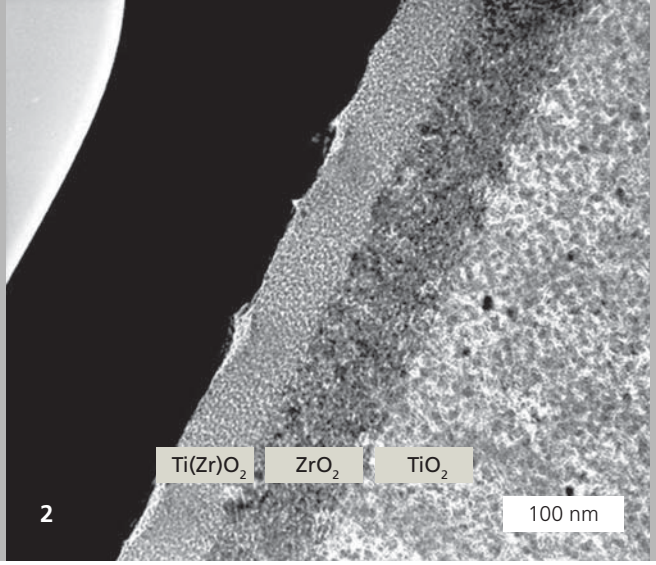
Position	Temperatur	
	Experiment	Modell
a) Luft-Einlass	81 °C	78 °C
b) Luft-Auslass	481 °C	470 °C
c) Abgas-Einlass	602 °C	606 °C
d) Abgas-Auslass	314 °C	301 °C

1 *Hierarchische Modellstrategie für die Auslegung von TE-Wärmeübertragern.*
2 *Beispiel für die detaillierte 3D-CFD-Analyse einer integrierten TE-WÜ-Einheit.*
3 *Geometrie und Ergebnisse einer 3D-CFD-Simulation für den integrierten Wärmetauscher eines Mikro-SOFC-Systems.*

Kontakt Dr. Wieland Beckert • Telefon +49 351 2553-7632 • wieland.beckert@ikts.fraunhofer.de



1



2

KERAMISCHE NANOFILTRATIONS-MEMBRANEN MIT TRENNGRENZE 200 Da

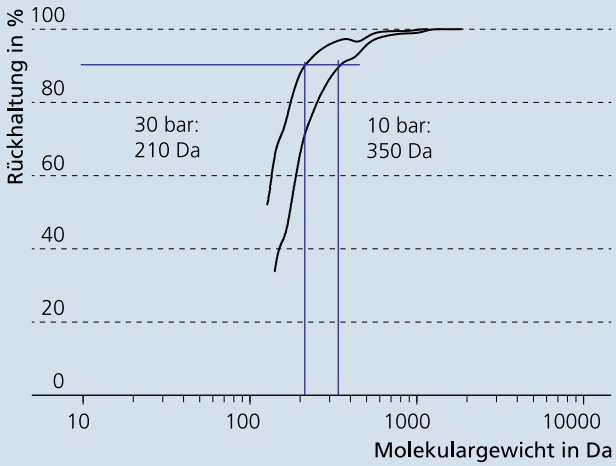
Dr. Ingolf Voigt, Dipl.-Chem. Petra Puhlfürß

Membranverfahren sind als schonendes, energiearmes und umweltverträgliches Trennverfahren vielfältig im Einsatz. Keramische Membranen nehmen in der Mikrofiltration und Ultrafiltration bereits einen festen Platz ein und werden dort verwendet, wo hohe Temperaturen, extreme pH-Werte und abrasive Inhaltsstoffe vorliegen. Keramische Nanofitrationsmembranen mit einer Trenngrenze von 450 Da wurden schon in den Jahren 1997 bis 2000 gemeinsam mit der Rauschert Kloster Veilsdorf GmbH erfolgreich entwickelt und werden seit 2006 durch die Inopor GmbH (100-prozentige Tochter von Rauschert) kommerziell angeboten. Viele Anwendungen im Bereich der Wasseraufbereitung, Produktreinigung, der Behandlung von Biomasse und dem Rückhalt von Katalysatoren konnten seitdem realisiert werden. Dabei zeigte sich aber auch ein wachsendes Interesse an NF-Membranen mit kleineren Trenngrenzen und erhöhter Stabilität oder für die Verwendung im organischen Lösemittel. Im Projekt »nanomembrane« wurden gemeinsam mit zehn Projektpartnern aus Industrie und Forschung neue keramische NF-Membranen entwickelt und getestet, die diesen Anforderungen genügen.

Als Träger wurden Ein- und Mehrkanalrohre aus Al_2O_3 bis zu einer Länge von 1200 mm verwendet (Bild1). Die Präparation der NF-Membranen erfolgte durch eine modifizierte polymere Sol-Gel-Technik auf der Basis von Titanium- und Zirkoniumalkoholaten unter Verwendung von Schutzgruppen zur Kontrolle der Hydrolyse. Die anschließende Temperung unter inerten Bedingungen führte zur Pyrolyse der Schutzgruppen und zur Bildung von Kompositmembranen bestehend aus TiO_2/ZrO_2-C mit einer Schichtdicke von ca. 50 nm (Bild 2). Durch den Kohlenstoffgehalt gelang es, die Benetzungseigenschaften der Membran so einzustellen, dass auch ein Einsatz im organischen Lösemittel möglich ist.

Die Untersuchung der hydrophilen Membranen in Wasser zeigte eine Trenngrenze von 350 Da bei einem Transmembrandruck von 10 bar. Bei erhöhtem Transmembrandruck von 30 bar werden offenbar auch die kleinsten Poren durchströmt, so dass die Trenngrenze auf 210 Da sinkt. Dabei wurden hohe Wasserflüsse von 13 l/(m²·h·bar) bzw. 9 l/(m²·h·bar) erreicht.

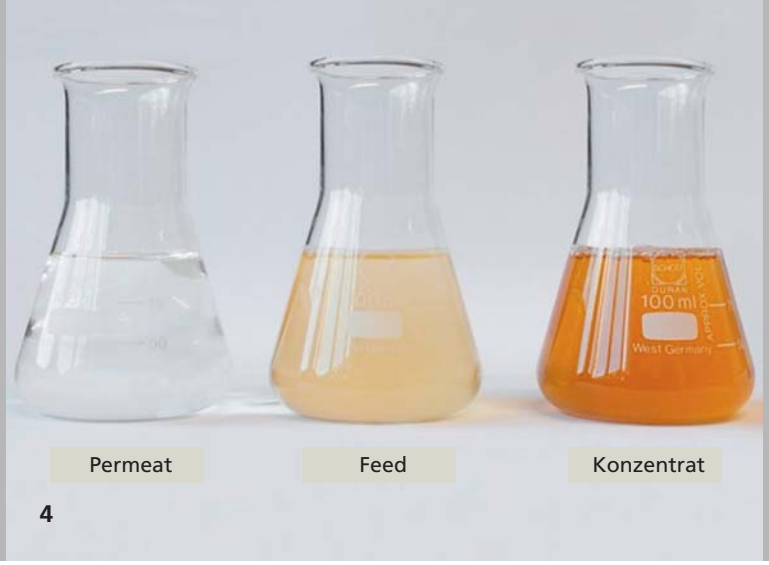
Trennverhalten der hydrophilen NF-Membran bei einem Transmembrandruck von 30 bar und 10 bar



Die Untersuchung des Rückhaltevermögens im organischen Lösemittel erfolgte im Rahmen des Projekts bei der Merck KGaA unter Verwendung von Polystyrolen als Molekulargewichtsstandards.



3

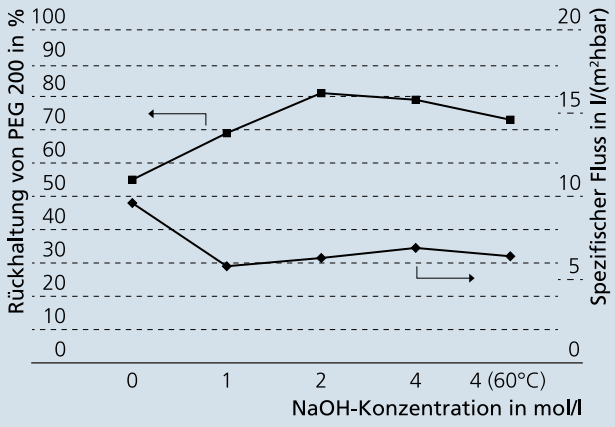


4

Die besten Rückhalte wurden in Tetrahydrofuran mit einem Cut-off von 350 Da bei einem spezifischen Fluss von 3,5 l/(m²·h·bar) erreicht. Es zeigte sich, dass das Trennverhalten im organischen Lösemittel sehr stark vom Lösemittel abhängt und auch die Vorgeschichte der Membran einen deutlichen Einfluss nimmt. Für weiterführende systematische Untersuchungen in organischen Lösemitteln wurde im Applikationszentrum Membrantechnik des Fraunhofer IKTS in Schmalkalden eine Containeranlage mit zwei Versuchsanlagen für die Druckbereiche 25 bar (Bild 3) und 40 bar aufgebaut. Mit diesen Anlagen können unter Beachtung aller gültigen Bestimmungen des Arbeitsschutzes und der Sicherheit Versuche mit leicht entzündlichen Lösemitteln durchgeführt werden.

Zur Bewertung der chemischen Stabilität der neuen keramischen NF-Membranen wurden Filtrationsversuche mit wässriger Natronlage und Salzsäure bei 25 °C durchgeführt. Nach der Filtration über einen Zeitraum von zwei Stunden wurde die Membran gespült und anschließend der Rückhalt mit Polyethylenglycol einer Molmasse von 200 g/mol bestimmt. Die Membranen zeigten ein stabiles Verhalten bis 4 M NaOH (16 Ma%). Auch eine Temperaturerhöhung auf 60 °C führte nicht zum Angriff der Membranen. In Salzsäure wurde eine Stabilität der Membran bis 2 M HCl (7 Ma%) gezeigt.

PEG-200-Rückhalt der neuen NF-Membran nach Filtration von Natronlauge



Im Rahmen des Projekts wurden neben den Versuchen im organischen Lösemittel umfangreiche Anwendungsversuche zur Wasseraufbereitung bei Partnern aus der Textilindustrie, Papier- und Zellstoffherstellung sowie der Metallverarbeitung durchgeführt. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Membranen zur Pflege von Mercerisierlauge, zur Reinigung und Kreislaufführung von Waschwasser in der Textilveredelung, zur Pflege von Reinigungsbädern von Metallteilen nach der ECM-Behandlung und zur Aufbereitung von Bleichlaugen (Bild 4) erfolgreich eingesetzt werden können.

Danksagung

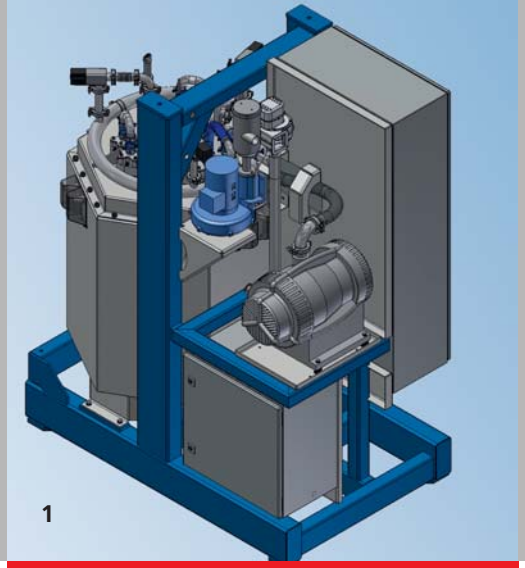
Wir bedanken uns beim BMBF und dem Projekträger Jülich für die finanzielle Unterstützung und bei allen Partnern im Projekt »nanomembrane« (FKZ 03X0080) für die Zusammenarbeit.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Lieferung von Membranmustern
- Kundenspezifische Membranentwicklung
- Kunden- und anwendungsspezifische Membrantestung im Applikationszentrum Membrantechnik
- Versuche mit mobilen Anlagen beim Kunden
- Anlagenauslegung, Pilotierung

1 *Keramische Membranen in verschiedenen Rohrgeometrien.*
2 *TEM-Aufnahme einer NF-Membran.*
3 *Versuchsanlage für organische Lösemittel.*
4 *Proben bei der Aufbereitung von Bleichlauge.*

Kontakt Dipl.-Chem. Petra Puhlfürß • Telefon +49 36601 9301-4918 • petra.puhlfuerss@ikts.fraunhofer.de



1



2



3

ENERGIEBEDARF VON SAUERSTOFF-MEMBRANANLAGEN

Dr. Ralf Kriegel

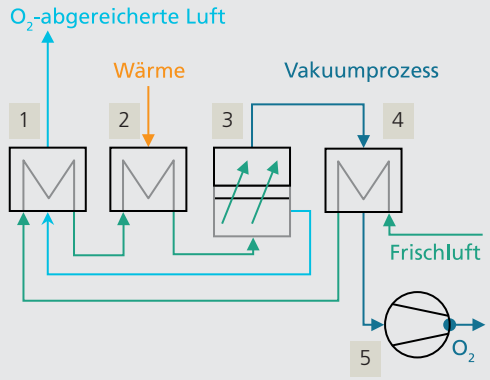
Die Produktion von reinem Sauerstoff (O_2) liegt heute weltweit bei ca. 120 Mrd. Nm^3/a und steigt etwa 5,5 % pro Jahr. Hauptverbraucher sind die Stahlproduktion und die chemische Industrie (Ethylenoxid, Partialoxidation etc.). Dezentrale Verwendung findet O_2 beispielsweise in Klärwerken, Krankenhäusern, in der Schweiß- und Schneidtechnik oder in der Fischzucht. O_2 besitzt darüber hinaus ein immenses Anwendungspotenzial für die Biomassevergasung, zur Effizienzsteigerung von Verbrennungsprozessen und Verbrennungskraftmaschinen sowie für Oxyfuel-Prozesse. Dafür ist jedoch eine Verringerung der O_2-Gestehungskosten erforderlich.

Die industrielle O_2-Produktion erfolgt heute in kryogenen Luftzerlegungsanlagen (LZA) nach dem Linde®-Verfahren. Energetisch optimierte LZA können bei hohen Durchsätzen einen minimalen Energieverbrauch von ca. 0,36 $kWh_{el.}/Nm^3$ O_2 erreichen. Anlagen mit Produktionsraten unter 1000 Nm^3 O_2/h werden nicht gebaut, da PSA und VPSA-Anlagen (PSA: Pressure Swing Adsorption, VPSA: Vacuum PSA) im Kleinmaßstab wirtschaftlich günstiger sind. Kleine PSA-Anlagen benötigen ca. 0,9 $kWh_{el.}/Nm^3$ O_2 und erreichen nur ca. 95 Vol.-% O_2. Da vor allem die Energiekosten den O_2-Preis bestimmen, ist eine dezentrale O_2-Erzeugung mit PSA-Anlagen für viele potenzielle Anwendungen mit geringem und mittlerem O_2-Bedarf wirtschaftlich nicht sinnvoll. Eine Belieferung mit O_2 in Flaschen oder Flüssigtanks ist i. d. R. auf Dauer noch teurer.

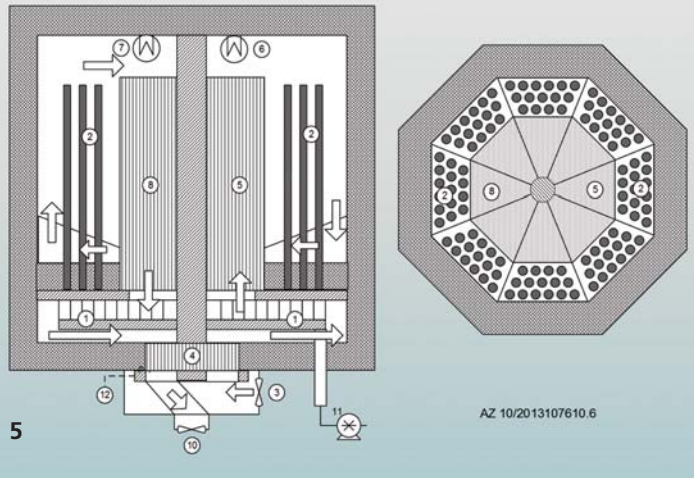
Ein alternatives Verfahren zur Herstellung von reinem O_2 beruht auf der Gastrennung mit gemischt leitenden keramischen Membranen (MIEC: Mixed Ionic Electronic Conductor). Das an sich gasdichte Material transportiert O_2 bei ausreichend hoher Temperatur (> 800 °C) in Form von Oxidionen und elektronischen Ladungsträgern (Elektronen oder Defektelektronen). Seit Ende der 1980er Jahre wurde eine Vielzahl keramischer Materialien hinsichtlich ihrer O_2-Permeation und weiterer Materialeigenschaften untersucht. Vielversprechende Materialien wie BSCF ($Ba_{0,5}Sr_{0,5}Co_{0,8}Fe_{0,2}O_{3-\delta}$) wurden am Fraunhofer IKTS erfolgreich für erste O_2-Generatoren eingesetzt (Bild 1 bis 3).

Der Energiebedarf für O_2-Membrananlagen hängt primär von der Prozessführung ab. Am Fraunhofer IKTS wird der in Bild 4 schematisch dargestellte Vakuumprozess entwickelt. Beim alternativen Überdruckprozess muss die gesamte Luftmenge (Volumenstrom Luft : $O_2 \approx 10 : 1$) verdichtet werden, so dass für einen effizienten Betrieb eine Rückgewinnung der Kompressionsenergie erforderlich ist. Beim Vakuumprozess kann diese entfallen, da nur der O_2-Volumenstrom verdichtet wird. Neben Elektroenergie für die Kompression wird thermische Energie zur Lufterhitzung und zur O_2-Kühlung benötigt. Wie in Bild 4 dargestellt, sollte die Prozesswärme durch Wärmetauscher möglichst weitgehend zurückgewonnen werden, so dass nur die thermischen Verluste ausgeglichen werden müssen.

Während die Kompressionsenergie vom spezifischen Energiebedarf der Vakuumpumpe (≈ 0,18 kWh/Sm^3) bestimmt wird und mit sinkendem Vakuumdruck steigt, hängt der Bedarf an thermischer Energie vom Wärmerückgewinnungsgrad (WRG) der Wärmetauscher und dem Luftdurchsatz ab. Durch Einführung des sogenannten O_2-Abtrenngrads, also des aus der Luft abgetrennten O_2-Anteils, ist eine Normierung des Energiebedarfs auf das erzeugte O_2-Volumen bei gleichzeitiger Berechnung des maximal für den Prozess zulässigen Vakuum-



4

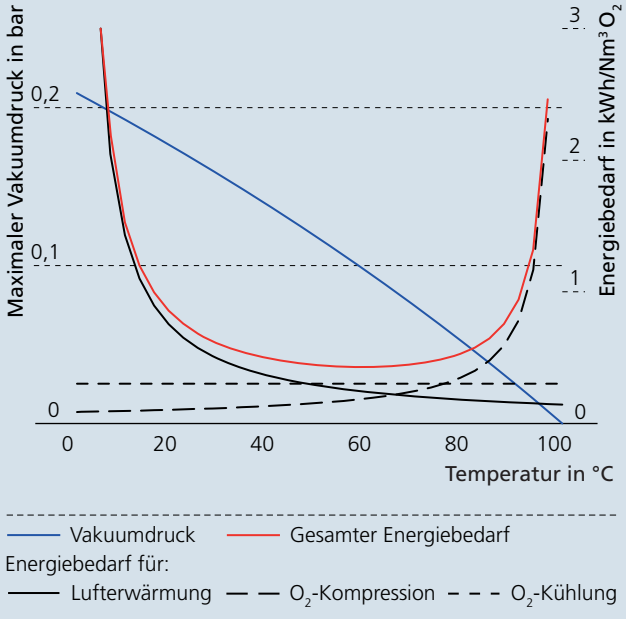


5

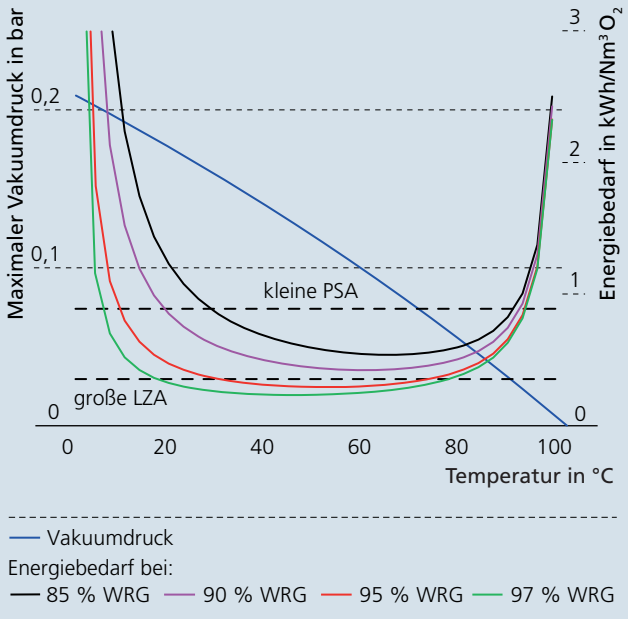
drucks möglich. Diese Kenngrößen sind in der linken Graphik in Abhängigkeit vom O_2-Abtrenngrad dargestellt, wobei für den thermischen Energiebedarf von 90 % WRG ausgegangen wurde.

Entwicklung befindlichen Geräten sollte es möglich sein, die O_2-Gestehungskosten insbesondere für kleine und mittlere O_2-Produktionsraten gegenüber dem Stand der Technik deutlich zu senken.

Vakuumdruck und Energiebedarf für die O_2-Membrananlage (90 % Wärmerückgewinnung)
Vakuumprozess mit BSCF-Rohrmembranen bei 850 °C, Kreuzstrom Luft/O_2



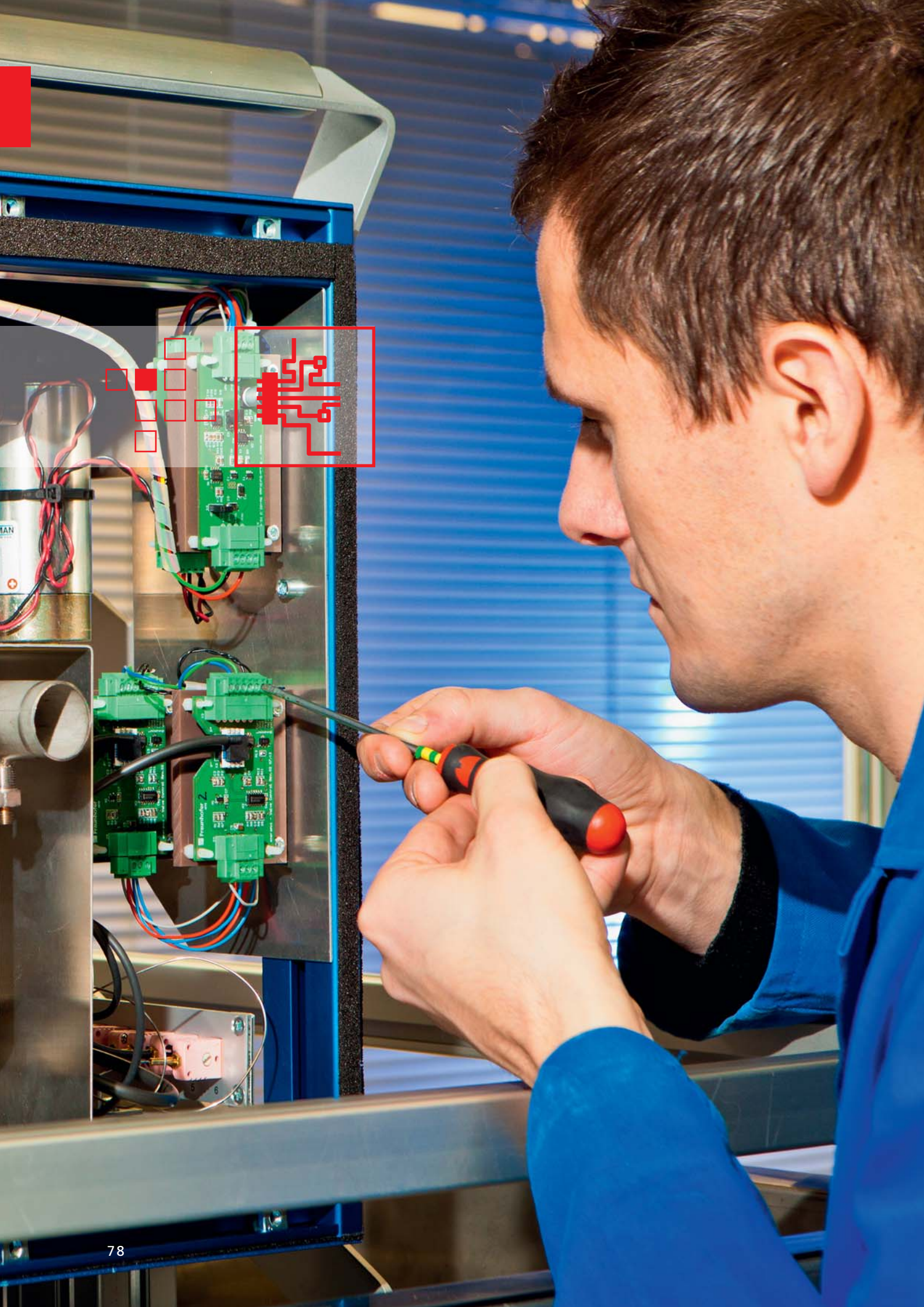
Energiebedarf und Vakuumdruck abhängig vom O_2-Abtrenngrad und Wärmerückgewinnung
Vakuumprozess mit BSCF-Rohrmembranen bei 850 °C, Kreuzstrom Luft//O_2



Offensichtlich existiert ein breites Minimum des Gesamtenergiebedarfs bei mittleren O_2-Abtrenngraden. Im Gegensatz zu bisherigen Arbeiten ist der Energiebedarf jedoch unabhängig von der Höhe der O_2-Permeation und damit auch von der Art des verwendeten Materials. Die Graphik rechts zeigt darüber hinaus, dass der Gesamtenergiebedarf entscheidend vom WRG der Wärmetauscher bestimmt wird und das Membranverfahren den minimalen Energieverbrauch der kryogenen LZA ab ca. 92 % WRG unterschreitet. Da bei RNV-Anlagen (Regenerative Nachverbrennung) WRG bis 98 % Stand der Technik sind, wurde das Konzept eines energieeffizienten O_2-Generators entwickelt und patentiert (Bild 5). Mit derartigen, in der

1 *CAD-Modell O_2-Generator.*
2 *Membransegment.*
3 *Prototyp für 2 kg O_2/h.*
4 *Schema Vakuumverfahren: 1) Luft-Luft-Wärmetauscher, 2) Lufterhitzer, 3) Membranmodul, 4) O_2-Kühler, 5) Vakuumpumpe.*
5 *O_2-Generator mit regenerativen Wärmetauschern.*

Kontakt Dr. Ralf Kriegel • Telefon +49 36601 9301-4870 • ralf.kriegel@ikts.fraunhofer.de



GESCHÄFTSFELD

ELEKTRONIK UND MIKROSYSTEME

Projektberichte

80 Mikrobatterie mit Multilayerkeramik

82 Hochstromtragfähige Spulen in LTCC für Leistungselektronik und Sensorik

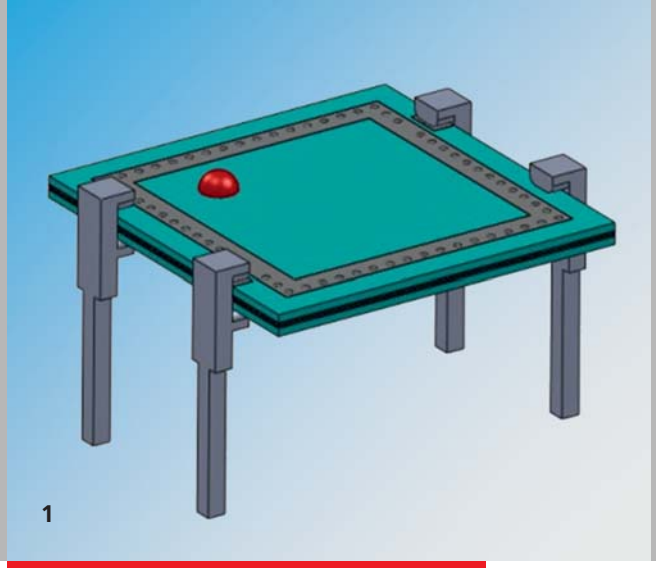
84 Perowskit-Werkstoffe für elektrokalorische Kühlelemente

Innerhalb des Geschäftsfeldes »Elektronik und Mikrosysteme« werden Komponenten und Mikrosysteme für die Leistungselektronik, Sensorik/Aktorik sowie die Energietechnik auf der Basis der keramischen Hybridtechnologie entwickelt. Dabei setzt das Fraunhofer IKTS eine breite technologische Basis an Aufbau-, Füge- und Strukturierungstechnologien unter Nutzung modernster keramischer Werkstoffe und effektiver Auslegungs- und Charakterisierungsmethoden ein.

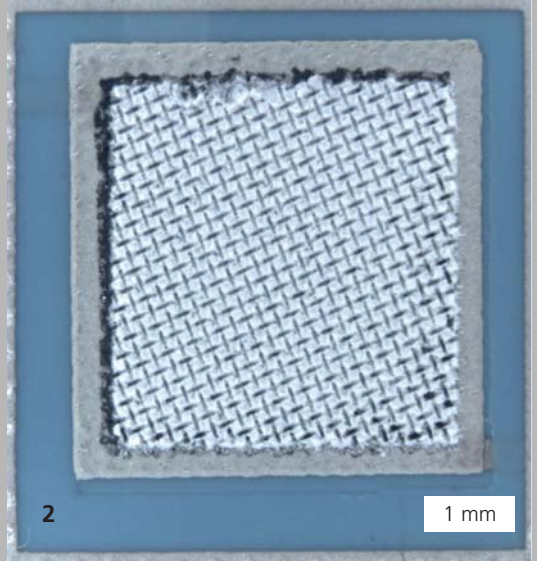
Mikrosysteme werden zukünftig nicht nur deutlich komplexer, leistungsfähiger und kleiner, sondern durch erweiterte Funktionalitäten, wie Sensorik, Aktorik und drahtlose Vernetzung, zunehmend direkt mit ihrer Umwelt interagieren. Daraus ergeben sich steigende Anforderungen an die Entwicklung kostengünstiger, robuster sowie zuverlässiger Werkstoff- und Herstellungstechnologien für miniaturisierte Baugruppen und deren Energieversorgung. Diese Herausforderung können nur durch eine integrierte Betrachtung von Material, Prozess und Packaging gemeistert werden. Innerhalb des Geschäftsfeldes Elektronik und Mikrosysteme bilden daher geschlossene Technologieketten vom Werkstoff bis zur Charakterisierung des Einsatzverhaltens die Grundlage für die Mikrosystemtechnik der Zukunft.

Das Fraunhofer IKTS ist ein langjähriger Partner für die Entwicklung innovativer Elektronik-, Sensor- und Mikrosysteme. Die Grundlage dafür bildet ein umfassendes Verständnis in der Herstellung, Charakterisierung und Verarbeitung der Funktionswerkstoffe in geschlossenen technologischen Ketten. Eine besondere Werkstoffkompetenz besteht in der Synthese von Komplexperowskiten, welche die Grundlage für Ultraschallwandler und adaptronische Systeme bilden, sowie von Spezialgläsern, die in der Fügetechnik und in der Dickschichttechnik eingesetzt werden. Das Fraunhofer IKTS ist weltweit führender Technologiedienstleister in der Dickschicht- und Multilayertechnologie sowie der Entwicklung, Charakterisierung und Verarbeitung funktionskeramischer Pasten, Tinten und Schlicker.

Die umfangreiche technische Infrastruktur sowie themenspezifische Kompetenzzentren gewährleisten einen industrieorientierten Entwicklungsprozess und einen effizienten Transfer von Know-how und Technologie zum Kunden.



1



2

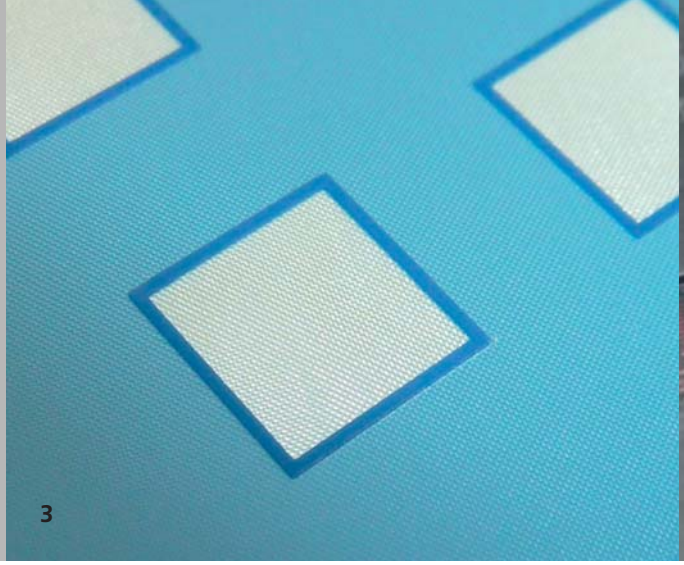
MIKROBATTERIE MIT MULTILAYERKERAMIK

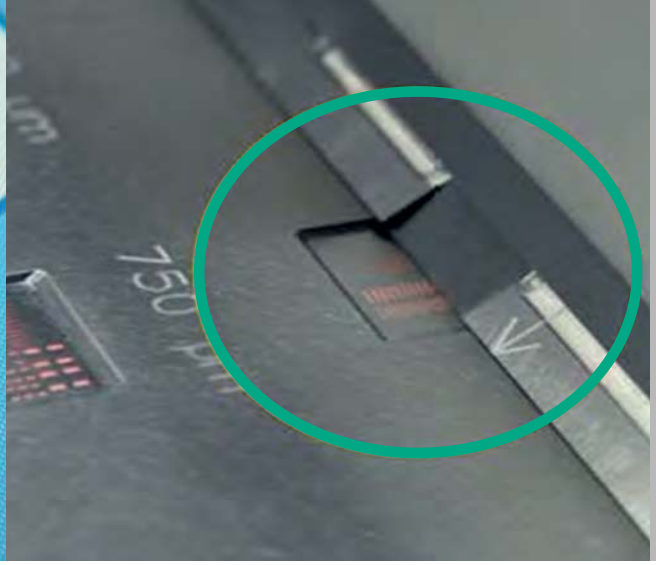
Dr. Mihails Kusnezoff, Dr. Steffen Ziesche, Dr. Ulrike Langklotz, Dr. Lars Rebenklau

In den nächsten zehn Jahren wird eine weitere Reduktion des Energieverbrauchs sowohl der Digitalelektronik als auch der analogen Funktionen und der Funkschnittstellen von elektronischen Geräten von mehr als einer Größenordnung erwartet. Somit werden in Zukunft tatsächlich Systeme realisiert, für die Energiespeicher mit den Abmessungen von wenigen mm³ ausreichend sind. Durch Heterosystemintegration und Miniaturisierung werden deren Kosten reduziert und damit der Einstieg in neue Anwendungsfelder eröffnet. Die energieautarken Anwendungen erfordern neben der miniaturisierten Bauform eine sehr hohe Kalender- und Zyklenlebensdauer, eine geringe Selbstentladung und hohe Strombelastbarkeit (Pulsbetrieb) des Energiespeichers. Für dieses Parameterspektrum stehen gegenwärtig nur Knopfzellen mit einer geringen Leistungsdichte oder Festkörper-Dünnfilmbatterien zur Verfügung. Letztere besitzen aufgrund ihrer geringen Elektrodendicken im Nanometerbereich eine stark eingeschränkte Kapazität und verursachen darüber hinaus wegen des aufwändigen Vakuumprozesses so hohe Herstellungskosten, dass eine breite Anwendung nicht möglich ist. Die gemeinsame Forschung der Fraunhofer-Institute IIS, IKTS und IZM zielt daher auf die Entwicklung neuer Technologieplattformen, die eine kostengünstige Realisierung integrationsfähiger und flexibler Mikrobatterien im Kapazitätsbereich bis ca. 2 mAh erlauben. Am Fraunhofer IKTS wird ein auf keramischen Technologien basierender Batterie-Aufbau als SMD-Element für eine effiziente und massentaugliche Integration auf Schaltungsträger-Ebene verfolgt.

Keramik ist inert bzw. korrosionsstabil und stellt eine gute Werkstoffbasis für die Realisierung der Batteriegehäuse und für die Integration der aktiven Batterieelemente dar. Durch Verwendung der Multilayertechnologie (LTCC oder HTCC) ist eine kompakte Bauweise und eine serientaugliche Herstellung im Mehrfachnutzen möglich. Allerdings stellen die Glasanteile in der Keramik (LTCC) und die typischen Leiterbahnmaterialien (Ag, AgPd, Au) eine Herausforderung bezüglich der Kompatibilität zum flüssigen Elektrolyten (meist LiPF6-basiert) und zu den klassischen Stromableitern (Cu und Al) dar. Um diese Probleme zu überwinden, wurden chemische und elektrochemische Kompatibilitätsuntersuchungen (LTCC, Leiterbahnmaterialien u. a.) durchgeführt und geeignete Materialkombinationen ausgewählt. Insbesondere die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Glaskomponenten der hauseigenen Leitpasten und des verwendeten LTCC sowie die Wechselwirkung zwischen unterschiedlichen Metallen beim Einbrand der Keramik wurden dabei reduziert. Das entwickelte planare Batterie-Design erlaubt ein sequenzielles Drucken der Aktivschichten in die Kavitäten von zwei symmetrischen LTCC-Schalen und deren Fügung. Die Fügetechnik ist eine der wichtigsten Aufgabenstellungen in der Batteriefertigung und wird in der Entwicklung mit zwei Ansätzen verfolgt: die Verwendung von Polymerkleber (Klebetechnik) und Glasloten (Fügetechnologie). Durch systematische Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass nur ausgewählte Kleber in der fluoridhaltigen Elektrolytlösung beständig sind.

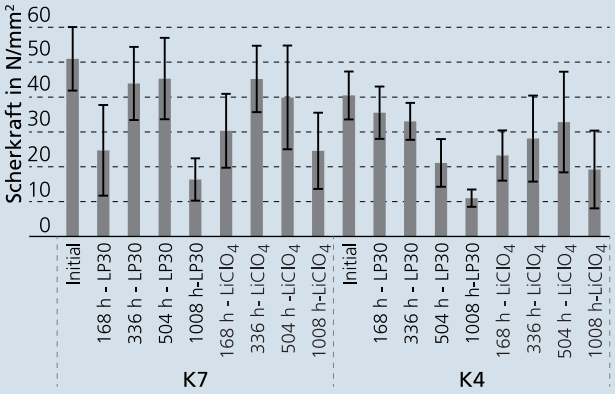
Die Langzeituntersuchungen zeigen (Bild 1), dass die Klebeverbindungen nicht nur die Dichtheitsanforderungen erfüllen, sondern auch deren mechanische Eigenschaften den Anforderungen für den Dauereinsatz der Mikrobatterie gerecht werden. Die für die Herstellung der Kathode notwendigen Ausgangsstoffe (Cu-NCM- bzw. NCM-Kathodenpulver) wurden synthetisiert, für die Anode wurden kommerzielle Materialien eingesetzt.



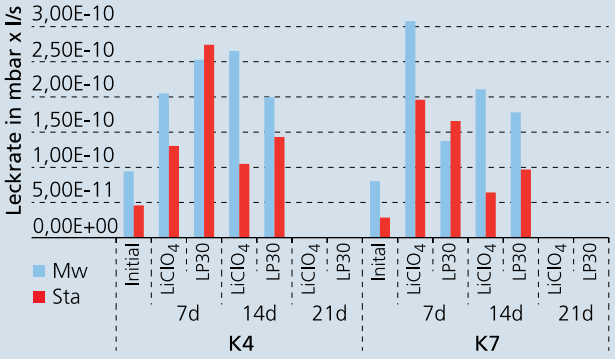


3

Haftfestigkeit Klebstoffe auf LTCC; Schertest K4, K7, nach 1008 h Auslagerung in LP30 und $LiClO_4$



Leckratetests für Kleber K4, K7; nach Auslagerung in LP30 und $LiClO_4$

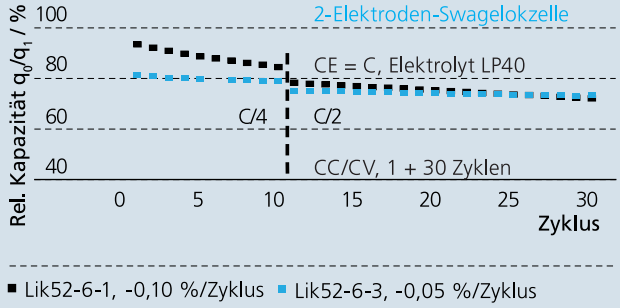


Beide Elektroden werden mittels Dickschichttechnik in Kavitäten eingebracht und anschließend mit einer Separatorschicht, die aus einem ionenleitenden Glas besteht, überdruckt. Dafür sind die Eigenschaften der siebdruckfähigen Pasten entscheidend. Für die Herstellung der Kathode wurde synthetisiertes Cu-NCM als Aktivmaterial eingesetzt, für die Anode Graphit. Die Verarbeitung der Pasten erfolgt dabei an Luft. Die Lade-/Entladecharakteristik der Elektroden auf Al- bzw. Cu-Stromkollektor zeigt, dass eine gute Performance und Zyklenstabilität (Bild 2) erreicht worden ist. Die Pasten werden bezüglich ihres rheologischen Verhaltens für die Abscheidung in die Kavitäten noch weiter optimiert. Die Versuche zur Elektrolytbefüllung der geklebten LTCC-Schalen haben gezeigt, dass eine einfache Befüllung durch eine Öffnung in der Halbschale bereits zu funktionierenden Mustern führt. Zudem werden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IZM weitere Verfahren ausgewählt, um eine blasenfreie Befüllung der LTCC-Mikrokavitäten in der Glovebox zu ermöglichen. Bei kleinen Elektrolytmengen ist insbesondere die Qualitätssicherung bei der Befüllung der Mikrobatterie für die spätere Zuverlässigkeit und Stabilität entscheidend. Aufgrund der guten Benetzung der Elektroden und der Separatorschicht mit der Elektrolytlösung werden die Elektroden und der Elektrolyt mit der Lösung leicht getränkt, wodurch eine ausreichend große elektrochemisch aktive Zone entsteht. Weitere Arbeiten im gemeinsamen Projekt sollen zum Aufbau von prototypischen Mikrobatterien führen.

Leistungs- und Kooperationsangebot

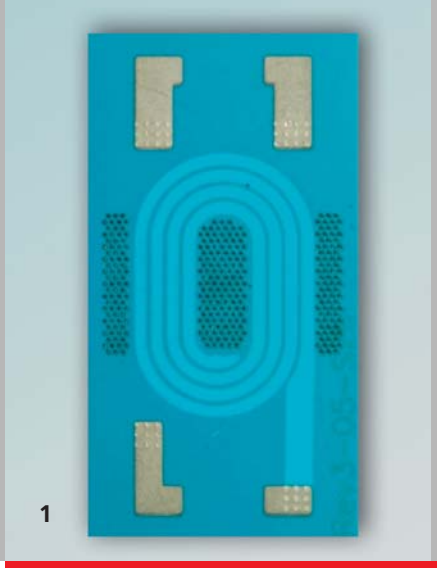
- Entwicklung von hermetischen multilayerkeramischen Gehäusen für Energiespeicher, Elektronik und Sensorik
- Entwicklung der Füge- und Klebeverbindungen für Mikrobatterien
- Pasten für Lithium-Batterieelektroden
- Elektrochemische Tests an Elektroden und Batterien

Lade-/Entladecharakteristik der Elektroden

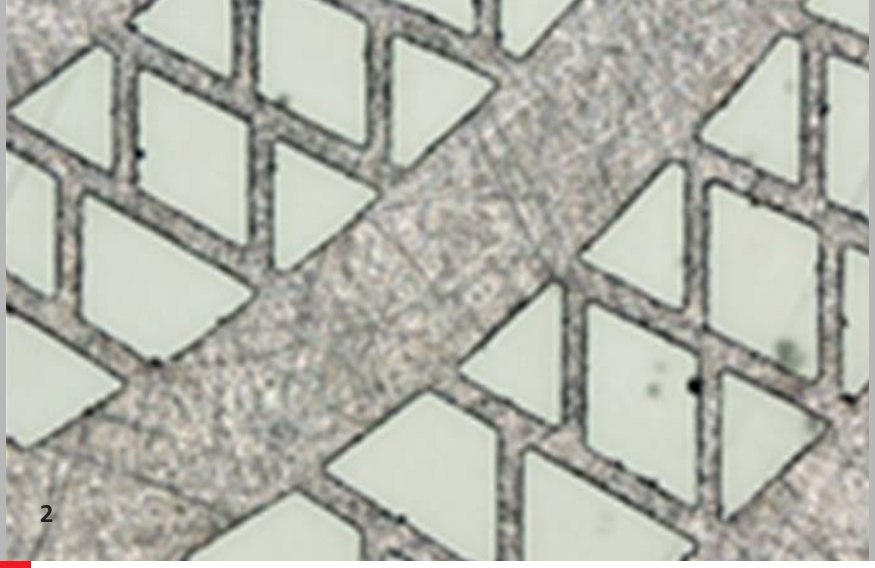


1 *Aufbau einer Mikrobatterie.*
2 *Elektroden und Separator in LTCC-Kavität.*
3 *Druck in Kavitäten.*

Kontakt Dr. Mihails Kusnezoff • Telefon +49 351 2553-7707 • mihails.kusnezoff@ikts.fraunhofer.de



1



2

HOCHSTROMTRAGFÄHIGE SPULEN IN LTCC FÜR LEISTUNGSELEKTRONIK UND SENSORIK

Martin Ihle, Dr. Steffen Ziesche, Dr. Stefan Barth, Dr. Markus Eberstein, Dr. Uwe Partsch

Mehrlagige keramische Schaltungsträger für elektronische Anwendungen bei hoher Temperatur, z. B. im Automobil, sind Stand der Technik, jedoch nicht im Zusammenhang mit extrem geringen Leitungswiderständen in leistungselektronischen Applikationen. Zur Realisierung der Leiterbahnen in keramischen Multilayern werden üblicherweise Drucktechnologien wie z. B. der Siebdruck von Silber- und Goldpasten verwendet, womit sich Schichtdicken von 10 bis 20 µm erzeugen lassen. Gegenüber alternativen Technologien wie z. B. Leiterplatten- oder DCB-Technologie (Kupferlagendicke bis 400 µm) ergeben sich für leistungselektronische Anwendungen aufgrund der erhöhten resistiven Verluste und der daher begrenzten Stromtragfähigkeit Nachteile. Die Überwindung der beschriebenen Situation war Ziel des Projekts ALFERMO (Advanced LTCC Ferrite Modules).

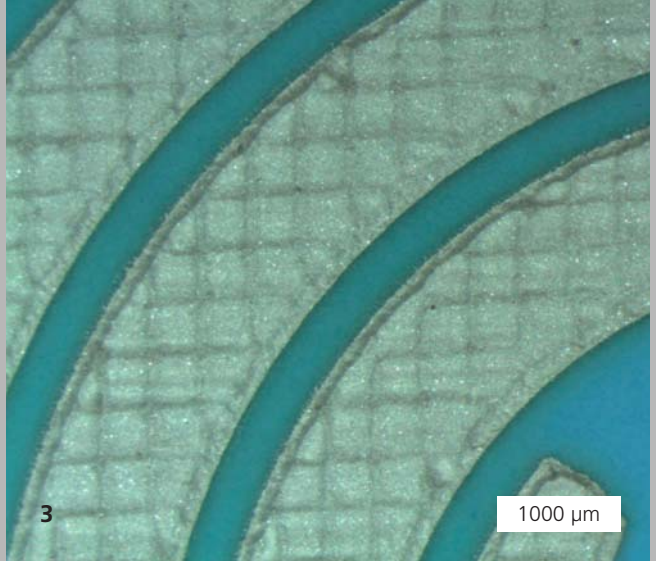
Dabei konnte eine signifikante Vergrößerung der Stromtragfähigkeit dielektrisch eingebetteter Leiterbahnen durch Nutzung der neuen Laser/Fill-Technologie erreicht werden. Im Unterschied zum üblichen Siebdruck wurden vor dem Aufbringen der Leitpasten mit einem UV-Laser Kanäle in LTCC-Grünfolien eingebracht. Auch das Prägen der Kanäle mit speziell für das Layout angefertigten Prägetools ist möglich. Die Kanäle werden im Anschluss unter Anwendung von Spezialschablonen durch Schablonendruck mit speziell im Projekt entwickelten Leitpasten hohen Feststoffgehalts gefüllt.

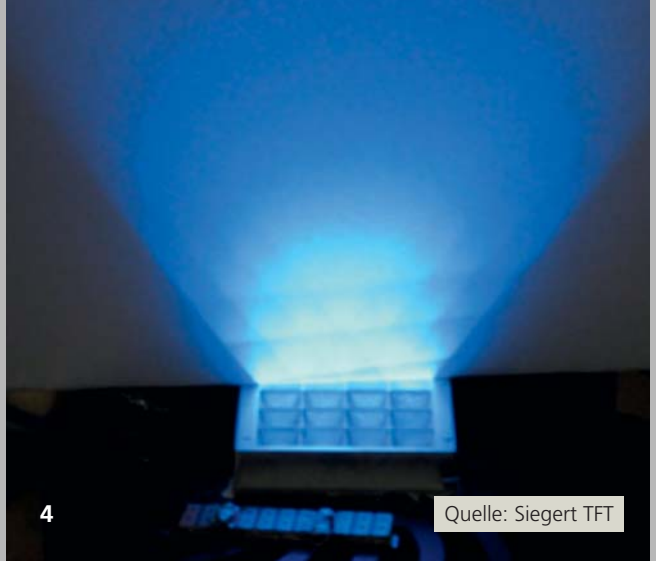
Resultierend aus den unterschiedlichen Schwindungsraten des Silbers und des glaskeramischen LTCC-Materials verwölben LTCC-Körper mit eingebetteten Leiterbahndicken von > 50 µm während des freien Sinterns sehr stark. Um diesen Effekt zu minimieren, wurden neben der Optimierung der Silberpasten Verfahren des Drucksinterns und des Self-Constraint-Sinterns (»Intrinsisch gehemmte Sinterung«) eingesetzt und optimiert. Während beim Drucksintern ein Sinterpress-Ofen verwendet wird, der eine Kraft auf den keramischen Multilayer während des Sintervorgangs ausübt, wird beim Self-Constraint-Sintern ein zusätzliches LTCC-Haltetape eingesetzt, dass als Schwindungs-Hemmer in X-Y-Richtung fungiert. Die Self-Constraint-Sintertechnologie kann in einem Standard-Batchofen zum Einsatz kommen. Mit beiden Verfahren konnten deformationsfreie mehrlagige Hochstrom-Spulenelemente in LTCC integriert werden, die eine deutliche Verringerung der resistiven Verluste aufwiesen.

Vergleich der LTCC-Transformatoren
hergestellt in neuartiger Laser/Fill-Technologie (self-constraint- und druckgesintert) mit der konventionellen siebgedruckten Herstellungstechnologie

Transformatortyp	R_p (Ω)	L_p (µH)	R_s (Ω)	L_s (µH)	η (%) @ P = 100 W
Siebdruck-Variante	1,18	10,90	0,11	1,30	81,0
Self-constraint	0,31	8,90	0,04	1,10	89,5
Druckgesintert	0,28	15,60	0,04	1,90	92,0

Im Projekt ALFERMO wurden integrierte Spulen mit acht Metalllagen zur Ansteuerung von 100 W LED-Arrays zu sehr kompakten, planaren LTCC-Transformatoren verschaltet.
Gegenüber konventionellen, in Leiterplattentechnologie hergestellten Transformatoren kann somit eine Größenreduktion um bis zu 90 % erreicht werden.
Weiterhin wurden LTCC-kompatible Ferritfolien und spritzgegossene Ferritkörper entwickelt, die als Decklage für die Spu-





len bzw. als integrierte Kerne im Cofiring mit dem Multilayer gesintert werden können.

Die Tabelle listet die im Projekt ALFERMO mit verschiedenen Technologien prozessierten Hochstrom-Transformatoren und deren Kenndaten auf. Untersucht wurden die Widerstände und Induktivitäten der Primär- und Sekundärseite und die Effizienz der Transformatoren. Als Referenz fungiert die Standard-Siebdruck-Variante. Im Vergleich zur Referenz wurden für die druckgesinterten Transformatoren ein um den Faktor 4 niedrigerer Widerstand und eine um 11 % gesteigerte Effizienz ermittelt. Auch die self-constraint gesinterte Transformator-Variante zeigt eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der resistiven Verluste und der Effizienz. Die höheren Werte der Induktivtät und der Effizienz des druckgesinterten Transformators gegenüber der Self-Constraint-Variante ist durch den Aufbau der Multilayer zu erklären. Aufgrund der geringeren Abstände der druckgesinterten Spulenlagen zueinander ergeben sich eine bessere Kopplung der Spulen und damit höhere Induktivitäts- und Effizienzwerte. In der Self-Constraint-Variante verringern die zusätzlich benötigten schwindungshemmenden Tapes und der damit größere Abstand zwischen den einzelnen Metallisierungslagen die Kopplung der Spulen.

Mit Hilfe der neu entwickelten LTCC-Fertigungstechnologien sind gedruckte Planarspulen bis 70 µm Leiterbahnbreite, 70 µm Leiterbahnabstand und Schichtdicken bis zu 70 µm mit einem vertikalen Abstand von bis zu 50 µm in LTCC integrierbar. Mit den im Projekt entwickelten hochleitfähigen Pasten können integrierte Metallisierungen generiert werden, die herkömmlichen Kupferkaschierungen in der Leiterplattentechnologie entsprechen oder deren Eigenschaften sogar übertreffen. Zur Optimierung der magnetischen Eigenschaften der Spulen können ferritische Körper wie Platten oder Kerne monolithisch in LTCC integriert werden.
Die Integration von Spulen mit hohem Querschnitt in Mehrlagenkeramiken kann nunmehr die Basis verschiedener Applikationen sein. Sie kann induktives passives Bauelement für LC-Schwingkreise und Filteranwendungen sein. Weiterhin können mittels magnetisch gekoppelter Spulen hochintegrierte Transformatoranwendungen generiert werden. Zusätzlich ist es möglich, durch den Einsatz von sensorisch aktiven Spulen Sensor-Anwendungen höchster Güte (z. B. Wirbelstromsensoren) zu integrieren.

Danksagung

Dank gilt dem BMBF für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Projekts »ALFERMO« (13N10663).

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Konstruktion und Herstellung von kundenspezifischen LTCC-Schaltungen mit integrierten Spulen (Sensoren, Transformatoren, Bauelemente etc.)
- Entwicklung von hochtemperaturstabilen Aufbau- und Verbindungstechniken für die entwickelten Komponenten
- Charakterisierung der Komponenten (Elektrische Kenngrößen, Zuverlässigkeit etc.)
- Aufbau und Erprobung von Prototypen oder Vorserien
- Hilfestellung bei der Überführung in die Serienfertigung

1 *100 W-Hochstrom-Transformator in LTCC mit integrierten ferritischen Vias (Volumen = 0,8 cm³).*
2 *Detail-Schablone.*
3 *Druckbild eines Spulenausschnitts nach dem Schablonendruck.*
4 *Strahlungscharakteristik einer Anordnung von 16 UV-LEDs mit polymerkeramischer Reflektoreinheit.*

Kontakt Dr. Steffen Ziesche • Telefon +49 351 2553-7875 • steffen.ziesche@ikts.fraunhofer.de



1



2

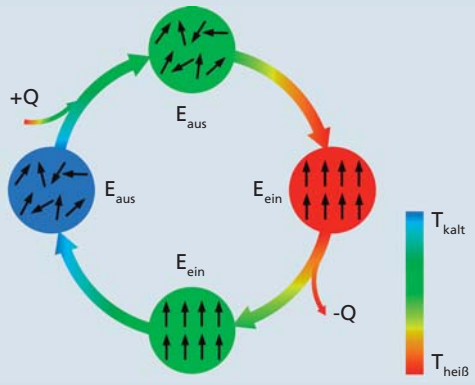
PEROWSKIT-WERKSTOFFE FÜR ELEKTROKALORISCHE KÜHLELEMENTE

Dipl.-Chem. Christian Molin, Dr. Sylvia Gebhardt, Dr. Andreas Schönecker

Bestimmte ferroelektrische Keramiken reagieren auf Änderung der elektrischen Feldstärke im Material durch eine deutlich messbare Abkühlung oder Erwärmung (elektrokalorischer Effekt). Dieses Phänomen könnte zukünftig große wirtschaftliche Bedeutung für die Realisierung aktiver Kühlelemente in der Leistungselektronik oder für umweltfreundliche Klimaanlagen und Kühlschränke erlangen.

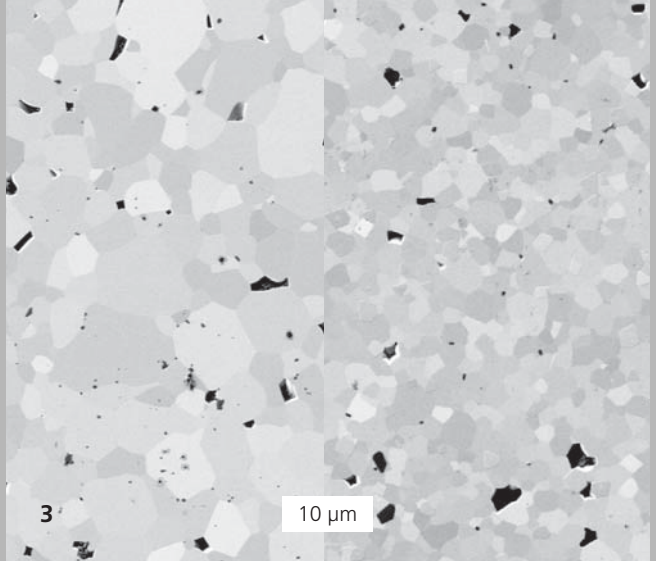
In der Graphik ist der Kühlkreislauf eines elektrokalorischen Kühlersystems schematisch dargestellt. Beim Anlegen eines elektrischen Felds (E_{ein}) richten sich die Dipole im ferroelektrischen Werkstoff aus und das elektrokalorische Element erwärmt sich auf eine Temperatur $T_{heiß}$. Nach Abgabe der Wärmemenge -Q an eine Wärmesenke wird das elektrische Feld abgeschaltet (E_{aus}). Das Material kühlt dabei auf T_{kalt} ab und ist anschließend in der Lage, die Wärmemenge +Q aus einer Wärmequelle aufzunehmen. Im nächsten Schritt wird das elektrische Feld wieder zugeschaltet und der Kreislauf ist geschlossen. Das Ergebnis ist die Übertragung einer Wärmemenge Q von einer Wärmequelle auf eine Wärmesenke.

Kühlkreislauf

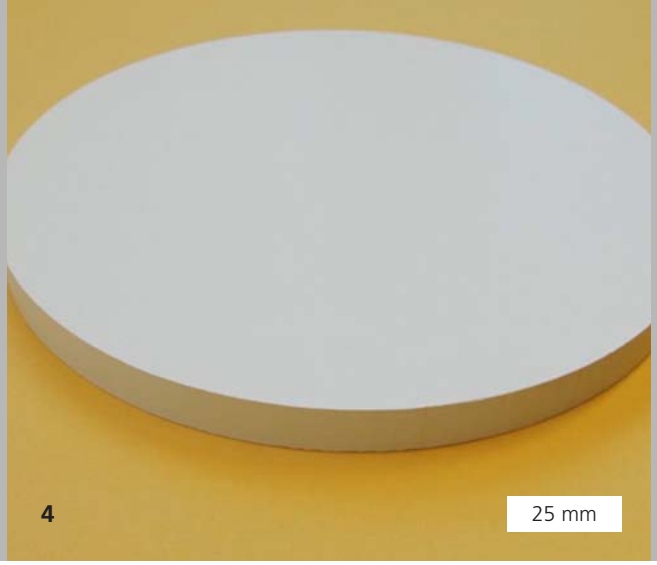


Ein hoher elektrokalorischer Effekt wird in der Nähe des Phasenübergangs zwischen ferroelektrischer und paraelektrischer Phase ferroelektrischer Werkstoffsysteme beobachtet. Werkstoffzusammensetzung, Effektgröße und Betriebsbedingungen sind Gegenstand aktueller Forschung im DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1599 »Ferroic Cooling«, an der sich das Fraunhofer IKTS durch Entwicklung effektiver elektrokalorischer Werkstoffe und Bauteile beteiligt. Ziel der Arbeiten am Fraunhofer IKTS ist die Entwicklung ferroelektrischer Werkstoffe mit hoher Temperatur- und Entropieänderung während des Kühlkreislaufs. Durch gezielte Auswahl und Synthese der Werkstoffe ist es möglich, die Phasenumwandlung applikationsorientiert einzustellen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Entwicklung von Keramiken mit niedrigen dielektrischen Verlustfaktoren und hohen Durchschlagsfestigkeiten gelegt.

Für Anwendungen im Bereich der Raumtemperatur wurde das ferroelektrische Mischsystem Bleimagnesiumniobat-Bleititanat (PMN-PT) gewählt. Durch eine gezielte Veränderung der stöchiometrischen Zusammensetzung sowie durch den Zusatz von verschiedenen Dotierungsmitteln kann der Phasenübergang im Temperaturbereich von -30 bis 175 °C variiert und der dielektrische Verlustfaktor und die Durchschlagsfestigkeit beeinflusst werden. Die Ausgangsstoffe werden in dem benötigten Mischungsverhältnis in einer Planetenkugelmühle gemischt. Nach anschließendem Kalzinieren des getrockneten Pulvers erfolgt die Aufbereitung zu einem pressfähigen Granulat. Durch die Verwendung unterschiedlicher, uniaxialer Pres-



3

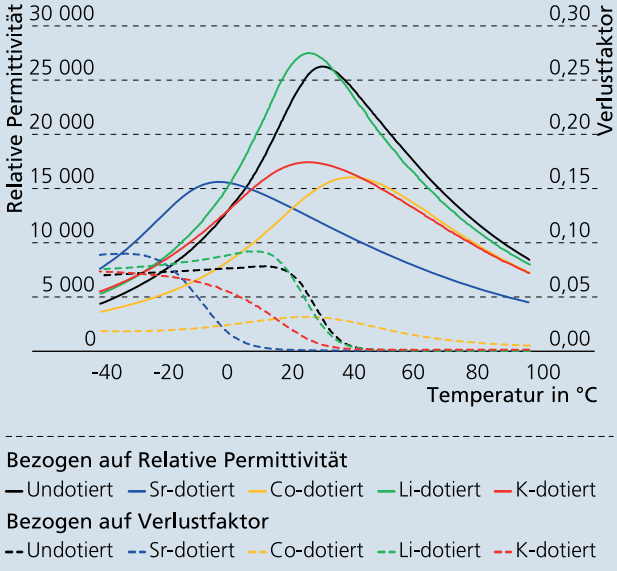


4

sen können bei der Formgebung verschiedene Geometrien (d = 10 mm, d = 30 mm, d = 160 mm, l x b = 124 mm x 124 mm) und Probendicken von 0,5 bis 30 mm erreicht werden. Die Grünkörper werden in bleihaltiger Atmosphäre gesintert und durch mechanische Bearbeitung auf das gewünschte Endmaß gebracht. Anschließend werden sie mit Elektroden versehen. Zur Charakterisierung der elektrokalorischen Proben werden die dielektrischen und ferroelektrischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur gemessen. Zudem wird die Durchschlagsfestigkeit bei Raumtemperatur bestimmt. Die Charakterisierung der elektrokalorischen Eigenschaften erfolgt in einem neu entwickelten Messplatz am Fraunhofer IKTS und in Kooperation mit Partnern des SPP 1599 »Ferroic Cooling«. Bisher konnten Temperaturänderungen von $1 \cdot 10^{-4}$ K·mm/V experimentell nachgewiesen werden.

Elektrokalorische Werkstoffe werden auch als Target für die Abscheidung keramischer Dünnschichten Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt. Die lieferbaren Zusammensetzungen sind in der Tabelle zusammengestellt.

Dielektrische Eigenschaften verschieden dotierter PMN-PT-Keramiken



Leistungs- und Kooperationsangebot

- Technologieentwicklung für elektrokalorische Werkstoffsysteme
- Technologieentwicklung für oxidkeramische Targets
- Anpassung an Kundenanforderungen
- Herstellung und Lieferung spezifizierter Muster

Überblick zu den hergestellten und lieferbaren oxidkeramischen Targets

Werkstoff	Zusammensetzung	Maß (grün)	Maß (gesintert)
BST	$Ba_xSr_{1-x}TiO_3$	d = 160 mm	d = 130 mm
		d = 30 mm	d = 25 mm
PMN-PT	$(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - x $PbTiO_3$	d = 160 mm	d = 130 mm
		d = 30 mm	d = 25 mm
KNN	$K_xNa_{1-x}NbO_3$	d = 160 mm	d = 130 mm
		d = 30 mm	d = 25 mm
BT	$BaTiO_3$	l x b = 124 x 124 mm²	l x b = 100 x 100 mm²

1 *0,92 PMN - 0,08 PT, Durchmesser = 8,5 mm, poliert.*

2 *Kalziniertes PMN-PT-Pulver, kaliumdotiert.*

3 *FESEM-Aufnahme von undotiertem (links) und tantaldotiertem PMN-PT (rechts).*

4 *PMN-PT-Target, Durchmesser = 160 mm.*

Kontakt Dr. Sylvia Gebhardt • Telefon +49 351 2553-7694 • sylvia.gebhardt@ikts.fraunhofer.de



GESCHÄFTSFELD

BIO- UND MEDIZINTECHNIK

Projektberichte

88 Plasmagel-Schichten für medizinische Anwendungen

90 Implantatvariabilität Contra Patientenindividualität

92 Keramikschaum als Knochenersatz

Innerhalb des Geschäftsfelds »Bio- und Medizintechnik« entwickelt das Fraunhofer IKTS Lösungen für die Dentaltechnik und Endoprothetik sowie für medizintechnische Komponenten und Sensoren.

Für Hersteller von Medizinprodukten stellen lange Marktvorlaufzeiten und ein hochregulierter Markt erhebliche Herausforderungen bei der Einführung von Produktinnovationen dar. Durch den Zugriff auf die langjährige Material- und Technologiekompetenz des Fraunhofer IKTS können diese Hürden wesentlich effizienter und vor allem schneller gemeistert werden. Es bestehen langjährige Kooperationen sowohl in der Bearbeitung von kundenspezifischen Aufgabenstellungen als auch im Rahmen von Gutachtertätigkeiten.

Als zertifiziertes Forschungsinstitut ist das Fraunhofer IKTS ein anerkannter Partner für Material- und Komponentenentwickler in der Dentalindustrie. Auch in der Endoprothetik, insbesondere auf dem Gebiet des Knochenersatzmaterials und des biokeramischen Oberflächen- und Formkörperdesigns, baut es seine Aktivitäten kontinuierlich aus. Auf Basis kommerziell verfügbarer Materialien entwickelt das Fraunhofer IKTS neue keramische Werkstoffe und Komponenten mit verbesserten, modifizierten Eigenschaften, die an neue Anforderungen und Anwendungen einer stetig alternden Gesellschaft angepasst sind. Dabei nutzen die Wissenschaftler sowohl klassische Schäumungs-, Abformungs- und Schlickergusstechnologien als auch funktionale Sol-Gel- und Plasma-Beschichtungen sowie neuartige Verfahren.

Aufbauend auf einer breiten Charakterisierungskompetenz entwickelt das Fraunhofer IKTS darüber hinaus spezielle Verfahren, Systeme und Instrumente für die Stimulation und das Monitoring von Zellen und Geweben sowie für die Separation, Detektion und Suppression von mikrobiellen Organismen und Toxinen. Das Dienstleistungsportfolio umfasst in diesem Produktbereich die Konzipierung, Verfahrens- und Softwareentwicklung, Konstruktion und Bau von Prototypen bis hin zur Unterstützung bei der Überführung in die Fertigungsphase. Das Fraunhofer IKTS verfügt in diesen Zusammenhang neben den biophysikalischen und biochemischen auch über entsprechend eingerichtete biomechanische Prüflabore. Auf Basis dieser Kompetenzen werden gezielt Lösungen zur Bewältigung der medizinischen Herausforderungen unserer Gesellschaft entwickelt und in die Anwendung überführt.

Das Fraunhofer IKTS, Institutsteil Hermsdorf, ist zertifiziert nach EN ISO 13485:2003 + AC:2009 für den Geltungsbereich »Design und Entwicklung, Fertigung und Vertrieb von Kronen und Brückengerüsten aus Oxidkeramik«.





BIO- UND MEDIZINTECHNIK

PLASMAGEL-SCHICHTEN FÜR MEDIZINISCHE ANWENDUNGEN

Dr. Thomas Hoyer

Plasmagel

Am Fraunhofer IKTS wurde ein Verbundwerkstoff in Form einer Beschichtung entwickelt. Dafür wurden folgende Materialien kombiniert:

- Oxide, Carbide, Metalle über atmosphärisches Plasmaspritzen (APS) und
- Nanokompositmaterialien über Sol-Gel-Technik (SGT)

Die Verbindung der Vorteile beider Verfahren, Verschleißfestigkeit der APS-Schichten und funktionelle Vielfalt der SGT-Schichten, ermöglicht die gezielte Einstellung von Oberflächeneigenschaften und eröffnet damit neue Einsatzgebiete. Die Beschichtungen erhielten den Namen »Plasmagel«.

APS-Beschichtungen werden seit Jahrzehnten erfolgreich zur Verbesserung von Produktoberflächen angewendet, z. B. zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit, der elektrischen Isolierung, der Wärmeisolierung oder zur Erzielung von Antihaft- oder Notlaufeigenschaften. Dabei können sowohl Keramiken, Metalle als auch Cermets (Keramik-Metall-Verbunde) eingesetzt werden. Die APS-Beschichtung führt in der Regel zu dicken Schichten (Schichtdicke größer als 40 µm) mit einer Restporosität von 5 bis 10 %, die durch eine nachträgliche Versiegelung mit beispielsweise Epoxidharz geschlossen wird.

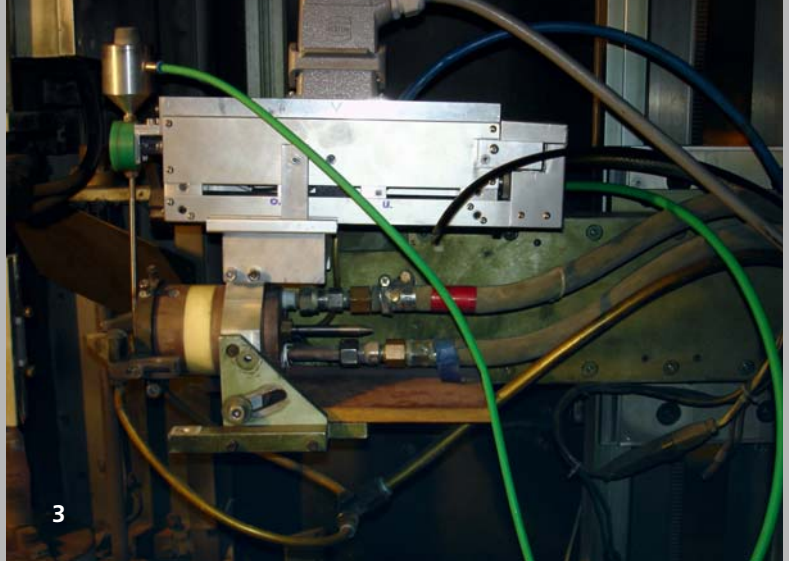
Mit Hilfe der Sol-Gel-Technik lassen sich dichte, dünne Nanokompositschichten (Schichtdicke kleiner als 10 µm) herstellen, bei denen Metalloxide mit Kohlenwasserstoffen und/oder Silikonen verbunden sind. Die große Vielfalt der Substitutionsmöglichkeiten gestattet die gezielte Einstellung von Schichteigenschaften, wie z. B. Hydrophobie, Leitfähigkeit, Brechungsindex und Farbe.

Verschiedene Anwendungen konnten mit den Plasmagel-Schichten erschlossen werden:

- Bauteile von Windkraftanlagen (chemische und mechanische Beständigkeit sowie elektrische Isolation)
- Transportwalzen (Verschleißbeständigkeit und Antihafteigenschaften)
- Zangenspitzen für die Hochfrequenzchirurgie (Antihafteigenschaften und elektrische Isolation)

Das letzte Beispiel aus der Medizintechnik demonstriert, wie selbst kleine Krümmungsradien in hoher Qualität beschichtet werden können (Bild 1). Die Zangen werden zur Blutstillung genutzt, indem man bei mangelnder spontaner Gerinnung Blutgefäße mit den Spitzen des Werkzeugs fasst. Mit impulsmoduliertem HF-Strom, der zwischen den metallischen Flächen der Spitzen durch das Gewebe fließt, erreicht man durch Dehydration einen kompletten Verschluss der Aderenden.

Vor dem Einsatz von Plasmagel waren die Zangen mit Kunststoff ummantelt. An dieser Oberfläche hafteten nach der Operation koagulierte Blut- und Gewebereste, bei deren Entfernung es oft zur Beschädigung der Kunststoffoberfläche kam. Das ist mit den mechanisch beständigen Keramikschichten nun nicht mehr zu befürchten. Die Antihafteigenschaften der Sol-Gel-Versiegelung führen zusätzlich dazu, dass koaguliertes Blut und Gewebe viel leichter entfernbar sind.



3

Viruzide Beschichtungen

Ein hoher Anteil der epidemischen Krankheitsereignisse wird durch Tröpfchen- oder Schmierinfektionen ausgelöst (Influenza, Vogelgrippe, Schweinegrippe, HIV, SARS, Geflügelpest, Masern). In der Krankenversorgung oder Notfallmedizin treten viele Komplikationen durch Infektionen auf, die erst im Krankenhaus erworben werden. Eine interessante Strategie wäre die Verminderung kontaminierter Oberflächen bzw. die Funktionalisierung von häufig berührten Gegenständen als viruzide Oberflächen, die durch ihre Eigenschaften die Übertragungskette unterbrechen.

Seit 2010 werden am Fraunhofer IKTS viruzide Oberflächenbeschichtungen entwickelt (EFRE-TNA: AVIRO). Die Herausforderung besteht vor allem darin, viruzide Materialien so als Beschichtung aufzubringen, dass die virenzerstörende Wirkung beim Beschichtungsprozess nicht verloren geht. Die Schichten müssen alltagstauglich und die Prozesse auf verschiedene Substrate anwendbar sein – bei vertretbaren Kosten. Durch die Kombination der viruziden Materialien mit Kupfer gelang es Schichten zu erzeugen, die sowohl Viren als auch Bakterien zerstören.

Im Test auf die virenzerstörende Wirkung erreichten bei pulverförmigen Ausgangsmaterialien die logarithmischen Virenreduktionsfaktoren (VRF) Werte größer als 4 (Testvirus: Modifizierter Vaccinavirus Ankara). Das ist für die meisten Anwendungen ausreichend. Schichten konnten bereits mit VRF größer als 2 realisiert werden.

Unterschiedliche Beschichtungsverfahren und Schichtzusammensetzungen wurden untersucht. Das Plasmaspritzen ist auch für diese Art der Beschichtung eine favorisierte Methode. Im Jahr 2013 wurden die Voraussetzungen geschaffen, um kleinste Pulvermengen im APS verarbeiten zu können (wenige Gramm, Bild 3), und um Plasmaspritzen im Schutzgasmantel durchführen zu können, damit empfindliche metallische Komponenten vor der Oxidation geschützt sind. Damit soll es gelingen, die hohen Virenreduktionsfaktoren der Pulver bei der Schichtherstellung zu erhalten.

Das Anwendungsspektrum ist sehr breit gefächert. In Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen könnten beschichtet werden: Türgriffe, Haltegriffe, Fußböden, medizinische Hilfsmittel oder chirurgische Instrumente. In Tierzuchtbetrieben spielen Viruserkrankungen ebenfalls eine große Rolle, z. B. Maul- und Klauenseuche (MKS) oder Geflügelpest. Viruzide Oberflächen könnten in der Stalleinrichtung dazu beitragen, die vielfältigen Übertragungswege zu blockieren. Auch ein Einsatz in der Lebensmittel- und pharmazeutischen Produktion ist denkbar, um die Keimfreiheit von Produkten sicherzustellen.

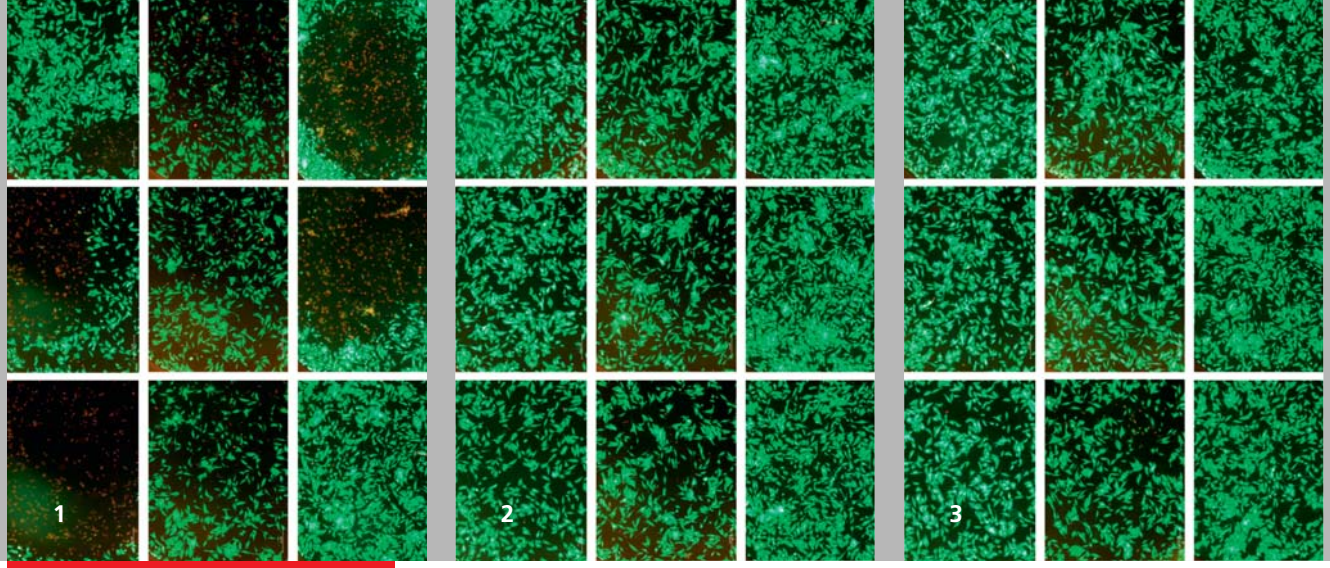
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Entwicklung von angepassten viruzid-bakteriziden Schichten für Kundenanwendungen

1 *Beschichtete Zangenspitzen.*
2 *Plasmagespritzte Schichten mit viruziden und bakteriziden Eigenschaften.*
3 *APS-Dosiereinrichtung für kleine Pulvermengen.*

EFRE
EUROPA FÜR THÜRINGEN
EUROPÄISCHER FONDS FÜR REGIONALE ENTWICKLUNG

Kontakt Dr. Thomas Hoyer • Telefon +49 36601 9301-1867 • thomas.hoyer@ikts.fraunhofer.de



IMPLANTATVARIABILITÄT CONTRA PATIENTENINDIVIDUALITÄT

Dr. Holger Lausch, Dr. Michael Arnold, Dipl.-Math. Michael Brand

Ausgangssituation

Auf der Suche nach dem optimalen Implantat bzw. dessen Oberfläche, das die im klinischen Betrieb noch auftretenden Probleme überwindet, wurden am Fraunhofer IKTS unterschiedliche biokeramische Werkstoffe und Oberflächen mit und ohne Beschichtungen sowie mit unterschiedlichen Formgebungen entwickelt.

Diese wurden sowohl biomechanisch (IKTS) als auch zellbiologisch (Forschungspartner: FORBIOMIT Rostock) getestet. Neben den eindeutig positiven biomechanischen/bioaktiven Eigenschaften zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen zellbiologischen Testverfahren mit primären humanen Osteoblasten sowie Osteosarkomzelllinien. Eine eindeutige In-vitro-Validierung von metallischen wie auch keramischen Implantatmaterialien und ihren Oberflächen bzw. Beschichtungen ist derzeit nicht zu gewährleisten.

Forschungsansatz

Ausgehend von den bekannten Unterschieden der Adhäsions-, Proliferations-, Migrations- und Differenzierungseigenschaften von primären humanen Osteoblasten und Osteosarkomzellen sowie vergleichbaren immortalisierten Zelllinien sollten neuartige In-vitro-Testverfahren mit unterschiedlichen primären humanen, sprich patientenindividuellen, nicht-neoplastischen Zellen zur Anwendung kommen.

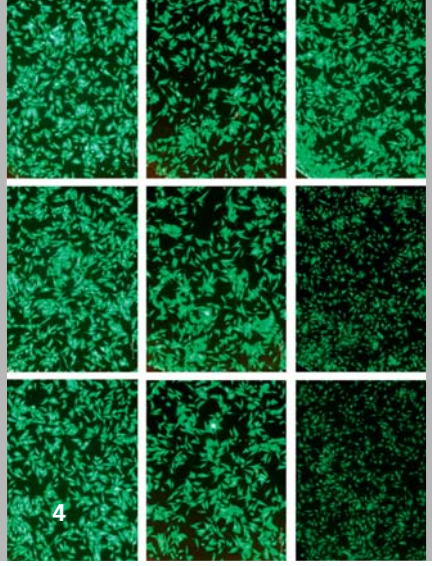
Dabei wurden insgesamt zwölf Proben aus unterschiedlichen metallischen bzw. keramischen Werkstoffen, mit und ohne Beschichtungen, in unterschiedlichen Rauigkeiten mit jeweils drei primären humanen, patientenindividuellen Zellen mikrobiologisch getestet.

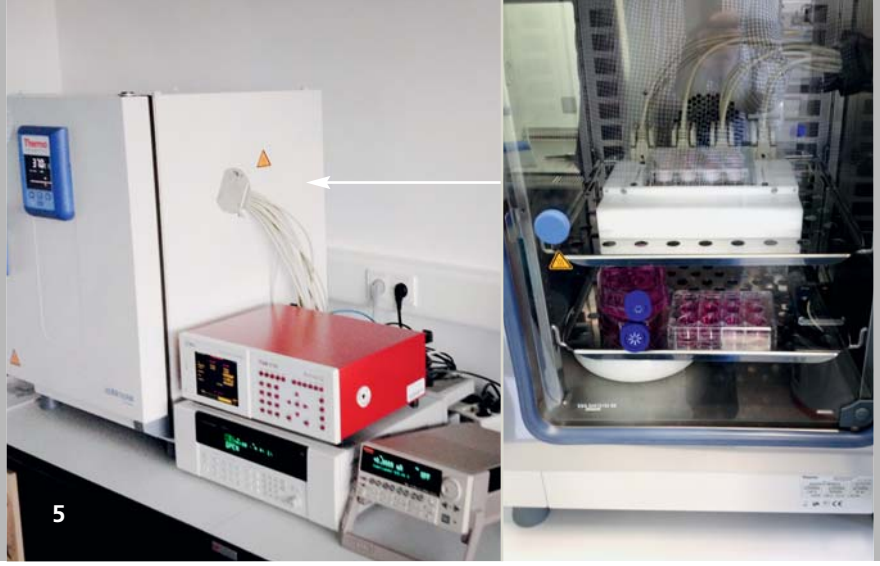
Probe	Ra-Wert	WST-1*	WST-1 – patientenindividuell		
			Pat 1	Pat 2	Pat 3
1	4,7653	83	73 %	80 %	96 %
2	1,7873	81	76 %	71 %	97 %
3	3,0728	86	78 %	75 %	104 %
4	7,2313	80	75 %	77 %	88 %
5	3,2831	82	81 %	68 %	96 %
6	5,9647	79	79 %	67 %	92 %
7	4,3968	75	77 %	68 %	80 %
8	2,1607	69	55 %	62 %	89 %
9	5,2654	68	58 %	55 %	90 %
10	6,7751	87	87 %	84 %	89 %
11	0,0293	92	98 %	86 %	92 %
12	0,0259	105	104 %	76 %	136 %

*WST-1 = Zellstoffwechsel in %-lebend-tot-Färbung
Zellkultur in 6 well = 100 % (Werte unter 80 % kritisch, d. h. nicht empfehlenswert)

Ergebnisse

Die Variabilität der genannten Eigenschaften von patientenspezifischen Zellen mit unterschiedlicher genetischer Prädisposition bzw. pathologisch bedingten Veränderungen (Stoffwechsel- oder Kreislauferkrankungen, Diabetes, Alkohol, Rauchen, Drogen etc.) ist dabei gegenüber verschiedenen bioaktiven Im-





plantatoberflächen teilweise dominanter als die Variabilität der Bioaktivität unterschiedlicher Implantatoberflächen gegenüber primären humanen Zellen.

Zudem können die Ergebnisse und Zellbilder keine Korrelation zwischen Proliferation, Zellstoffwechsel oder Adhäsion bezüglich dem Material und der Oberfläche der Testimplantate belegen. In der Praxis bedeutet das, dass es nicht unbedingt nur eine optimale bioaktive Oberfläche (z. B. für die Adhäsion primärer humaner Osteoblasten) geben muss, sondern patientenindividuell verschiedene bioaktive Oberflächen optimal sein können. Wenn es überhaupt ein übergreifendes Merkmal für eine längerfristig bioaktive Implantatoberfläche gibt, dann ist es eine hierarchisch strukturierte Oberfläche, die nano-, meso- und mikroskalige Strukturbereiche integriert.

Folgeprojekte und Perspektiven

Auf Grundlage dieser Projektergebnisse werden am IKTS derzeit in mehreren Projekten biophysikalische Zellmonitoring-Assays entwickelt. In diesen kann das Adhäsions-, Proliferations- und Differenzierungsverhalten von patienten-individuellen, primären humanen Osteoblasten und anderen Zellen gegenüber Implantatformkörpern aus unterschiedlichen Werkstoffen mit verschiedenen bzw. verschieden funktionalisierten Oberflächen parallel getestet werden. Vorteilhaft sind dabei die identischen Testbedingungen, wie gleiches Nährmedium, gleiche Inkubationsbedingungen, gleiches In-vitro-Modell sowie die identische Zellen.

Dieser Projektansatz soll perspektivisch zu einem Implantat-Pretest-Modul weiter entwickelt werden, mit dem bei geplanten Implantationen und Revisionen innerhalb von zwei bis drei Tagen unter den lokal vorhandenen bzw. verfügbaren Implantat-Samples das für den jeweiligen Patienten optimale Produkt ermittelt werden kann.

Im Unterschied zum patientenindividuell hergestellten Implantat können so erhebliche Kosten vermieden und zugleich eine patientenspezifische Implantatauswahl getroffen werden. Eine integrierbare Zellstimulation verkürzt nicht nur den Testzeitraum sondern evaluiert zugleich die postoperativ optionale Stimulation patienten- und implantatspezifisch.

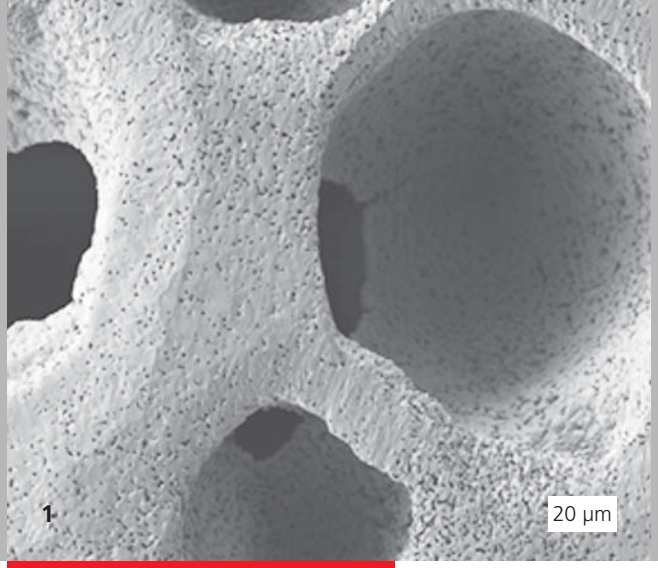
Leistungs- und Kooperationsangebot

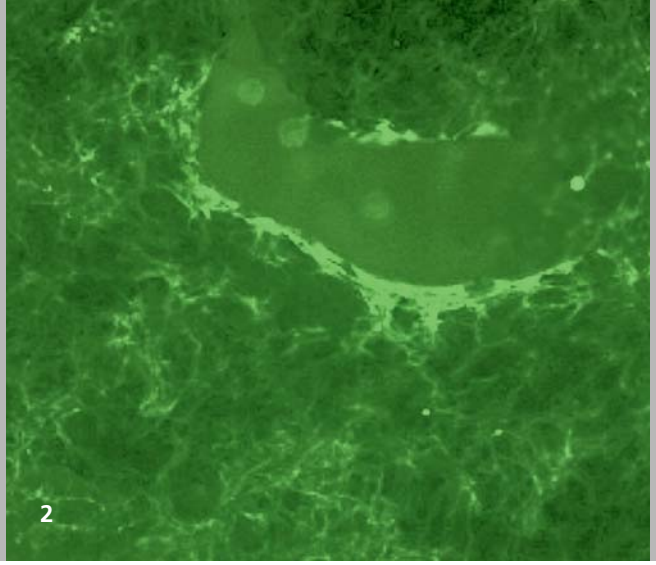
- Design und maßgeschneiderte applikationsspezifische Anpassung von In-vitro-Messsystemen für das gewebespezifische Zellmonitoring
- Evaluierung und Validierung von metallischen und keramischen Implantatwerkstoffen, Beschichtungen und Oberflächenstrukturen

Lebend-Tot-Färbung und Cell Spreading:
1 *Zelltestbilder (horizontal: Patienten 1–3, vertikal: Proben 1–3).*
2 *Zelltestbilder (horizontal: Patienten 1–3, vertikal: Proben 4–6).*
3 *Zelltestbilder (horizontal: Patienten 1–3, vertikal: Proben 7–9).*
4 *Zelltestbilder (horizontal: Patienten 1–3, vertikal: Proben 10–12).*

5 *Biophysikalisches Assay für das Zellmonitoring auf bioaktiven sowie antimikrobiellen Implantatoberflächen mit humanen Osteoblasten.*

Kontakt Dr. Holger Lausch • Telefon +49 36601 9301-1973 • holger.lausch@ikts.fraunhofer.de





KERAMIKSCHAUM ALS KNOCHENERSATZ

M. Sc. (Chem.) Matthias Ahlhelm, Dr. Tassilo Moritz

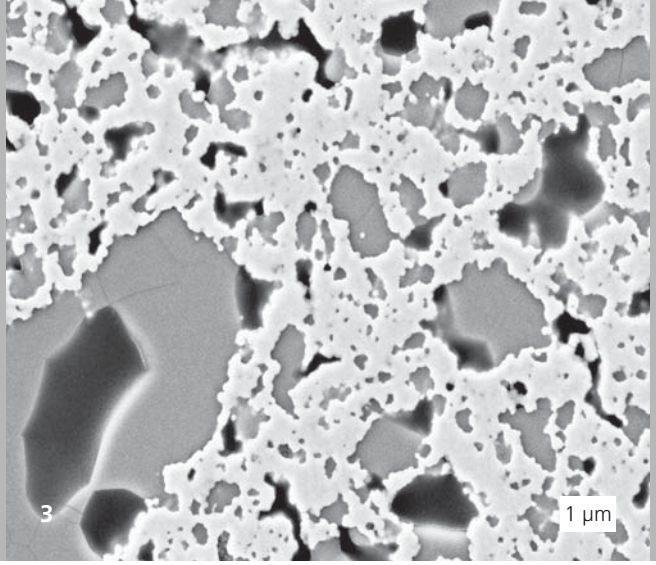
Menschliche Knochen weisen im Allgemeinen eine für das Kultivieren von Zellen scheinbar günstige Porengröße von ca. 100 bis 700 µm auf. Dabei sind sowohl Makro- als auch Mikro-/Mesoporen vorhanden. Ein solcher Knochen besteht in seiner anorganischen Phase zu einem Großteil aus Apatit, einem Kalziumphosphat. Als Material zur Herstellung eines künstlichen Knochens eignet sich daher Hydroxylapatitpulver (HAp, $Ca_5(PO_4)_3(OH)$). Zur Erzeugung der Porositäten sind unterschiedlichste Techniken denkbar (z. B. Replika-, Platzhaltertechnik, Direktschäumung).

Die hier vorgestellten Keramikschäume wurden über die sogenannte Gefrier-Direktschäumung hergestellt. Dies ist ein Verfahren, bei dem der Umgebungsdruck um eine wässrige keramische Suspension in einem Gefriertrockner (Christ GmbH, Gamma 1-20) abgesenkt wird, was ein Aufblähen dieser zur Folge hat. Als physikalische Gegebenheit wird bei Unterschreiten des Tripelpunkts (ca. 6 mbar) flüssiges Wasser zu Eis. Der entstandene Schaum wird so stabilisiert. Über Sublimation, der sogenannten Gefriertrocknung, wird die Struktur getrocknet. Nach der für keramische Werkstoffe üblichen finalen Wärmebehandlung resultiert ein fester keramischer Schaum, der als potenzielles Knochenersatzmaterial dienen kann. Übliche gefriergeschäumte Biomaterial-Strukturen weisen eine überwiegend offene Porosität zwischen 70 und 90 %, Porengrößen im Bereich von Mikro/Meso (0,1 bis 20 µm) bis Makro (100 bis 1000 µm) und Interkonnektivität auf. Die porenverbindenden Stege sind ausgefüllt und gleichzeitig mikroporös und tragen damit zur Stabilisierung der hochporösen Struktur bei (Bild 1). Zur Verifizierung der Biokompatibilität und -verträglichkeit werden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT Lebend- bzw. Totfärbungen mit Fluoresceindiacetat (FDA) von murinen (Maus-) Fibroblastzellen durchgeführt. Ein erster Hinweis auf eine einsetzende Differenzierung von humanen mesenchymalen Stammzellen (hMSCs aus Knochenmark) gelingt mit Alkaliner Phosphatase (ALP). Der Nachweis von immunzytochemischer Kollagen-I-Färbung in und auf den porösen Strukturen bestätigt schließlich eine aktive Stoffwechselreaktion. Die hMSCs differenzieren, d. h. sie sind in der Lage sich eigenständig in unterschiedliche Zell- bzw. Gewebetypen zu entwickeln (Bild 2).

Ein natürlicher poröser Knochen hält einer relativ hohen Druckbelastung stand. Das synthetisch erzeugte Hydroxylapatit weist allerdings per se eine recht niedrige mechanische Festigkeit auf. Ähnlich verhält es sich mit anderen Materialien wie bspw. Tricalciumphosphat oder Bioglass®; allesamt geeignete nichtmetallische Biomaterialien. Entsprechend geringer fällt die Druckfestigkeit bei hochporösen Strukturen aus.

Das Gefrierschäumen bietet nun die Möglichkeit nicht nur komplett unterschiedliche Materialien (bspw. auch Metalle) zu schäumen, sondern ebenfalls zwei oder mehrere Materialien gleichzeitig, zeitversetzt und/oder interpenetrierend oder aufeinander geschichtet darzustellen.

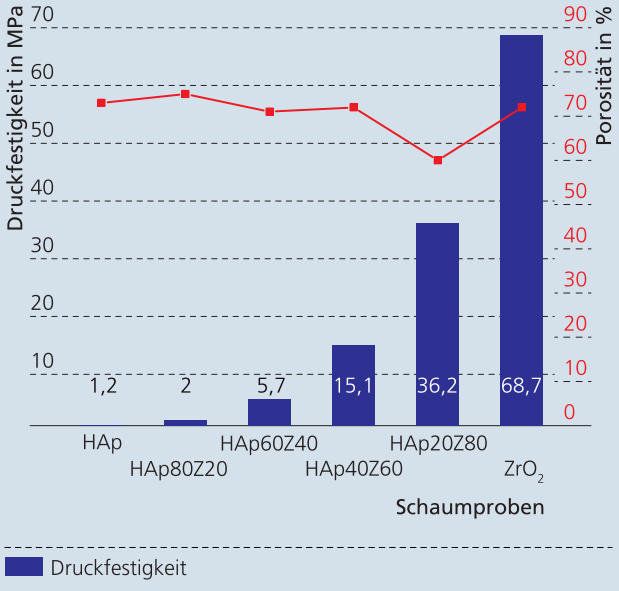
Daher wurde das wenig druckbeständige HAp (bspw. MERCK KGaA oder SIGMA-ALDRICH GmbH) mit nachweislich druckbeständigerem und ebenfalls biokompatiblem Zirkoniumdioxid (ZrO_2, TZ3-Y-E, TOSOH GmbH) in einer hybriden Mischung gepaart. Verschiedene Mischungsverhältnisse von 20 Vol.-% ZrO_2





in HAp bis 100 Vol.-% ZrO_2 wurden ausgeführt, um die Auswirkung von ZrO_2 auf die Druckfestigkeit der porösen Gefrierschäume zu evaluieren. Es zeigt sich, dass ab dem Mengenverhältnis 60:40 Vol.-% (ZrO_2:HAp) ein signifikanter Anstieg der strukturellen Druckfestigkeit auf ca. 15 MPa zu verzeichnen ist. Dieser geht mit dem Erreichen der Perkolationsgrenze von ZrO_2 im Hydroxylapatit einher. Zusammenhängende ZrO_2-Gerüste (weiß), die sich um einzelne HAp-Cluster (grau) ausbilden, führen zu der gewünschten Verstärkung (Bild 3). Mit einem Zusatz von insgesamt 80 Vol.-% ZrO_2 ließen sich poröse Strukturen erzeugen, die annähernd 40 MPa standhalten konnten (siehe Graphik).

Steigerung der strukturellen Druckfestigkeit von HAp-ZrO_2-Hybridschäumen



Im Folgenden wurden wieder Versuche zur Biokompatibilität und -verträglichkeit der Strukturen durchgeführt. Alle Keramikschäume sind demnach nicht zytotoxisch und somit biokompatibel. Erste Untersuchungen zum Differenzierungsverhalten liefern auch bei diesen neuen druckbeständigeren keramischen Hybridschäumen positive Ergebnisse.

Die Verwendung ähnlicher oder neu entwickelter Materialien in Kombination mit der zusätzlichen Möglichkeit der endformnahen Gestaltung (Bild 4) über die Gefrierschäumung sowie weitere Prozessoptimierung lassen einen Einsatz als Implantat denkbar werden.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Suspensionsentwicklung für gefriertechnologische Formgebungsmethoden wie:
  - Gefrierschäumen
  - Gefriergießen
- FuE-Projekte sowie Machbarkeitsstudien zur Herstellung von synthetischem Knochenersatzmaterial

1 *REM-Aufnahme eines HAp-Schaums.*
2 *Kollagen-I-Nachweis auf HAp-Schaum.*
3 *HAp-ZrO_2-Hybridschaum.*
4 *Gefriergeschäumtes Daumenknochenreplikat aus HAp.*

Kontakt M. Sc. (Chem.) Matthias Ahlhelm • Telefon +49 351 2553-7572 • matthias.ahlhelm@ikts.fraunhofer.de



GESCHÄFTSFELD

OPTIK

Projektberichte

96 Transparente YAG:Ce-Keramik zur Konvertierung von blauem Licht

98 Transparentkeramiken mit Nano-Metallfluorid-Antireflex-Schichten

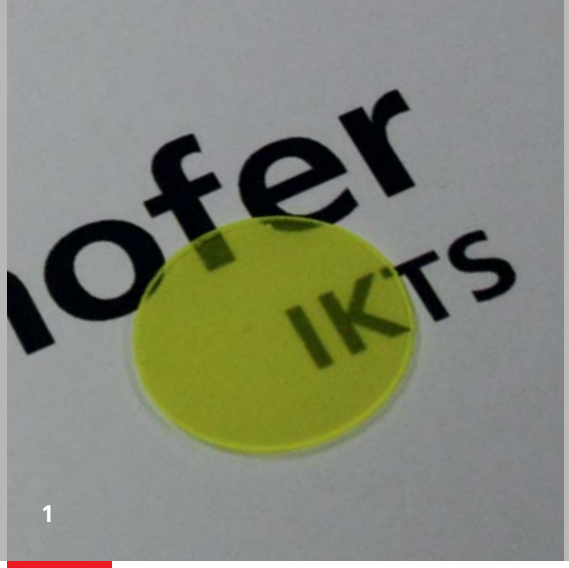
100 Piezoelektrische Schichtaktoren für optische Systeme

Im Geschäftsfeld »Optik« werden auf Basis kommerzieller und eigensynthetisierter Materialien Komponenten für die Bereiche Beleuchtung, Sicherheit, Medizin- und Lasertechnik sowie für spezielle optische und dekorative Anwendungen entwickelt, charakterisiert und hergestellt.

Optische Technologien sind Innovations- und Wachstumstreiber für ressourcenschonende LED-Beleuchtungen, effizientere laserbasierte Fertigungsprozesse oder medizinische Diagnosesysteme. Eine erfolgreiche Durchsetzung verlangt jedoch, dass wissenschaftliches Know-how mittels wettbewerbsfähiger Herstellungstechnologien in Produkte mit hoher Performance und Zuverlässigkeit transferiert wird. Diese Herausforderung beginnt beim Werkstoff, der alle folgenden Herstellungsschritte und die Eigenschaften des fertigen Produkts grundlegend bestimmt.

Bereits vor über zehn Jahren zeigte das Fraunhofer IKTS völlig neue Wege in der Herstellung transparenter Keramiken mit besonders feinkristallinen Gefügen und besonders hohen mechanischen Kennziffern auf. Dieses Wissen wurde seitdem kontinuierlich ausgebaut und ermöglicht heute die Herstellung polykristalliner Keramik mit hoher optischer Homogenität und mechanischer Belastbarkeit bei gleichzeitig minimalem Absorptions- und Streuverlust. Ganz andere Anforderungen werden an optisch aktive Materialien gestellt, bei denen hohe Quantenausbeute, thermische Stabilität des Farbraums oder lange Nachleuchtzeiten entscheidende Erfolgskriterien darstellen. Bei der Entwicklung aktiver Optokeramiken konnten die Erfahrungen im Bereich der Transparentkeramik und der Leuchtstoffsynthese gezielt zusammengeführt werden, um die homogene Verteilung der Dotierstoffe sowie die Dispergierung in Medien (Polymere oder keramische Matrices) sicherzustellen. Von zunehmender Bedeutung für das Geschäftsfeld sind optische Systeme, die nicht auf Transmission, sondern auf Reflexion beruhen und als Hochleistungskomponenten mit hoher Steifigkeit sowie geringer Dichte und niedrigem thermischen Ausdehnungskoeffizienten Einsatz in der Laser- und Weltraumtechnik finden.

Die Herstellung von Komponenten und Materialien mit unterschiedlichsten optischen Anforderungen erfordert innovative Werkstoff- und Herstellungskompetenzen, die sogar bis zur Modifikation und Neuentwicklung von Werkzeugen reichen. Hier berät und unterstützt das Fraunhofer IKTS durch den Zugriff auf das interdisziplinäre Wissen in allen Kompetenz- und Geschäftsfeldern.



1

OPTIK

TRANSPARENTE YAG: CE-KERAMIK ZUR KONVERTIERUNG VON BLAUEM LICHT

Dr. Katja Wätzig, Dr. Isabel Kinski

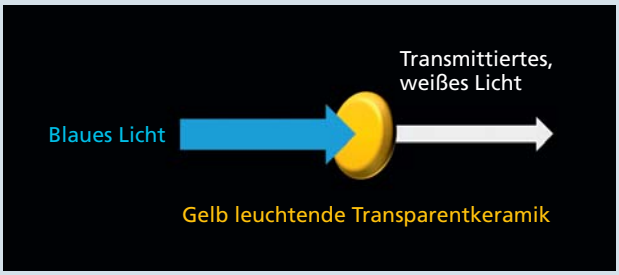
Zur Herstellung von LEDs werden üblicherweise gelbe Leuchtstoffe in einer Silikonmatrix dispergiert und auf einen blau leuchtenden Halbleiterchip aufgebracht. Das teilweise durch das Silikon transmittierte, blaue Licht und der Anteil an vom Leuchtstoff konvertierten, gelben Licht ergeben in Mischung weißes Licht.

Die Dispergierung des Leuchtstoffs in Silikon eignet sich nicht mehr sobald eine größere Menge an Wärme entsteht, wie beispielsweise in Hochleistungs-LEDs aufgrund der hohen Energiedichte. Die Silikonmatrix beginnt zu altern und verfärbt sich. Der Leuchtstoff verliert einen Teil seiner Effizienz und damit lässt die Lichtausbeute deutlich nach.

Reflexionsanordnung



Transmissionsanordnung



Diese Probleme bei Verwendung von Silikon als Matrix lassen sich mit Optokeramiken, d. h. polykristallinen Keramiken aus optisch aktiven Materialien, lösen. So ist beispielsweise die Wärmeleitfähigkeit der leuchtenden Keramiken wesentlich höher als die von Silikon. Zudem können Streueffekte gezielt durch den Grad an Transparenz und Oberflächenrauigkeit eingestellt werden. Damit lassen sich die Wärmeableitung und die optische Performance des Materials steuern.

Für die Erzeugung von weißem Licht wird in LEDs der Leuchtstoff Yttrium-Aluminium-Granat mit Cerium-Dotierung (kurz: YAG:Ce) eingesetzt. Dieses Material wandelt blaues Licht in gelbes um und diese Mischung aus transmittiertem blauem und emittiertem gelbem führt dann zum gewünschten weißen Licht. YAG:Ce lässt sich aufgrund seiner Kristallstruktur nicht nur in Form von Einkristallen zu einem hochtransparenten Werkstoff umsetzen, sondern auch als polykristalline Keramik. Durch diese Materialeigenschaften können YAG:Ce-Keramiken unterschiedlicher Transparenz in Abhängigkeit der Rohstoffzusammensetzung, des Dotiergrads und der Sinterbedingungen hergestellt werden. Dabei sind die bei geringerer Transparenz verbleibenden Streuanteile durch Restporosität oder Zweitphase für die Anwendung als Weißlicht emittierende Keramik durchaus erwünscht, da eine homogenere Mischung des blauen und des erzeugten gelben Lichts realisiert wird. Die Erzeugung weißen Lichts mit blauem Licht und der gelb leuchtenden YAG:Ce-Keramik ist in Transmissions- oder Reflexionsanordnung möglich.

In Transmissionsanordnung durchläuft der Lichtstrahl nur einmal das keramische Material während in Reflexionsanordnung



2



3

mit einem spiegelnden Hintergrund ein zweimaliger Durchgang stattfindet. Je nach Anordnung muss zur Einstellung des Farborts, d. h. des als gelblich oder bläulich weiß wahrgenommen Lichts, entweder die Dotierstoffmenge oder die Dicke des Materials unter Beachtung des Streuanteils verändert werden.

Perspektivisch eröffnen sich für Licht konvertierende Keramiken zahlreiche Anwendungen, die einerseits bisher in ungenügendem Maße mit Leuchtstoffen oder anderseits mit teuren Einkristallen realisiert werden.

Voraussetzung für die Herstellung von aktiven Optokeramiken ist die Synthese von geeigneten Pulvern des Aktivmaterials. Kommerziell verfügbare Leuchtstoffe enthalten zu hohe Konzentrationen an Aktivator und führen im hochverdichteten keramischen Material zur Konzentrationslöschung. Am Fraunhofer IKTS werden deshalb über Festphasenreaktion, Sol-Gel-Synthese, Sprühtrocknung mit Kalzinierung oder Hydrothermalsynthese Leuchtstoffpulver mit optimiertem Dotierungsgrad, einheitlicher Partikelgröße und günstiger Verarbeitbarkeit hergestellt und zu Optokeramiken mit geringer Defektdichte verarbeitet.

Leistungs- und Kooperationsangebot

Pulversynthese und Keramikherstellung
- Synthese von fluoridischen, oxidischen, nitridischen oder oxidnitridrischen Leuchtstoffpulvern
- Herstellung transparenter und transluzenter Optokeramiken unterschiedlicher Geometrie
- Variation des Dotierungs- und Streuanteils in Optokeramiken
- Industrienahe Pilotfertigung von Keramiken

Charakterisierung von Transmission und Fluoreszenz
- Photolumineszenz im Anregungsbereich von 250 bis 850 nm und Emissionsbereich von 250 bis 1700 nm Wellenlänge in Reflexions- und Transmissionsanordnung
- Quantenausbeute von Pulvern und Keramiken
- Abklingzeiten im µs-Bereich
- Total-/In-Line-Transmission zur Unterscheidung von Transmission, Streuung, Absorption und Reflexion

1 *Transparente YAG:Ce-Keramik mit 0,83 mm Dicke.*
2 *Weiß leuchtende YAG:Ce-Keramik nach Anregung mit blauem Licht (Transmissionsanordnung).*
3 *Weiß leuchtende YAG:Ce-Keramik nach Anregung mit blauem Licht (Reflexionsanordnung).*

Kontakt Dr. Isabel Kinski • Telefon +49 36601 9301-3931 • isabel.kinski@ikts.fraunhofer.de



1

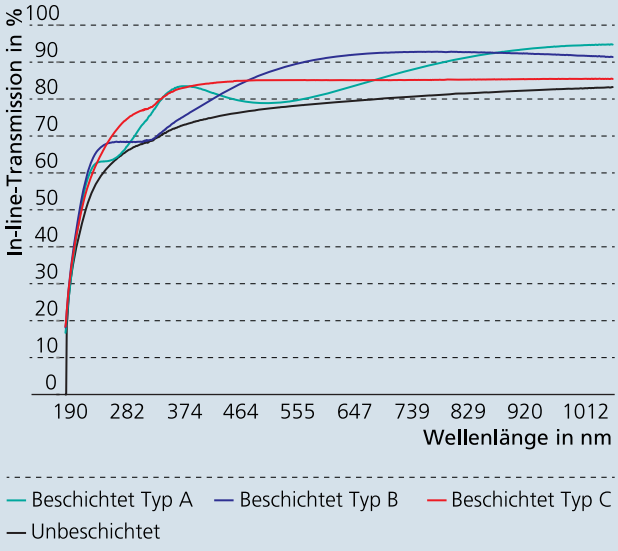
OPTIK

TRANSPARENTKERAMIKEN MIT NANO-METALLFLUORID-ANTIREFLEX-SCHICHTEN

Dr. Uwe Reichel, Prof. Dr. Erhard Kemnitz (Humboldt-Universität Berlin)

Die Möglichkeit, transparente $MgAl_2O_4$-Spinellkeramik mittels automatisierter uniaxialer Pressverfahren herzustellen, wurde bereits im Jahresbericht 2011/2012 (S. 36/37) beschrieben. In dem vorliegenden Heft auf Seite 36 im Beitrag von Jens Klimke und Andreas Krell wird mit dem Gelcasting ein weiteres Verfahren zur Herstellung besonders defektfreier großformatiger Formteile aus transparentem Spinell vorgestellt.

Transmissionsmessung an mit MgF_2-Sol beschichteten Spinellscheiben (Dicke 1 mm)



Hochentwickelte transparente $MgAl_2O_4$-Spinellkeramik zeichnet sich durch eine hohe In-line-Transmission in einem weiten Wellenlängenbereich vom Ultraviolett bis zum Infrarot aus. Um ein Maximum an Transmission zu erreichen, sind neben einem homogenen und defektfreien Gefüge der Keramik eine Oberflächenbearbeitung in optischer Qualität und das Aufbringen optischer Antireflex-(AR)-Schichten erforderlich.

Mechanismus der Antireflexbeschichtung

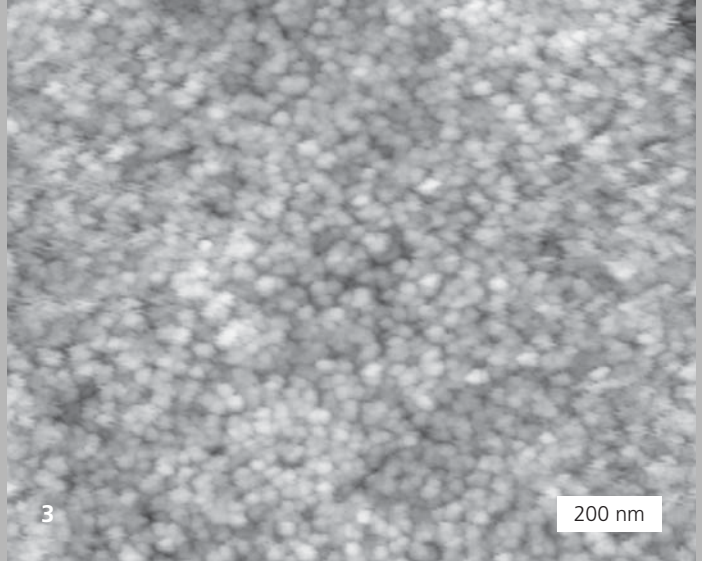
Durch Einbringen von Porosität in eine Schicht verringert sich deren Brechzahl. Für Materialien wie SiO_2, Al_2O_3 und TiO_2, die gewöhnlich in Sol-Gel-Prozessen verwendet werden, sind poröse λ/4-Schichten unter Beachtung der entsprechenden Brechzahlen für eine Vielzahl von Substraten herstellbar. Für handelsübliche Gläser (n ~ 1,46–1,65) ist eine Beschichtung mit SiO_2 am gebräuchlichsten [1]. Die erforderliche Porosität von ca. 50 % gewährleistet eine ausreichende mechanische Stabilität.

Magnesiumfluorid hat mit einer Brechzahl n = 1,38 einen deutlich niedrigeren Brechungsindex als SiO_2 mit n = 1,5. Dadurch sind bei MgF_2-Schichten geringere Porositäten und dadurch eine höhere mechanische Stabilität erreichbar, ebenso eine höhere Transmission.

Es wurde untersucht, ob die durch neue Methoden der fluorolytischen Sol-Gel-Synthese zur Verfügung stehenden nanoskopischen Metallfluoride für eine optische Beschichtung der transparenten Keramik und somit zur Verbesserung des Transmissionsverhaltens geeignet sind.



2

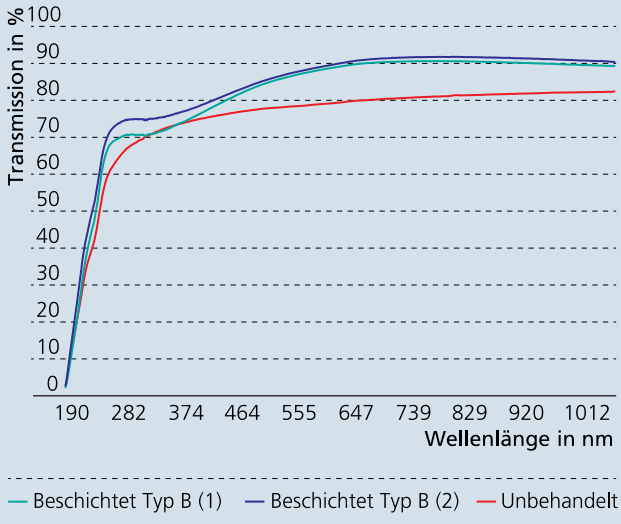


3

Methodik

Hochtransparente $MgAl_2O_4$-Spinellkeramik wurde hinsichtlich ihrer Herstellungstechnologie und optischen Eigenschaften charakterisiert. Mittels der fluorolytischen Sol-Gel-Synthese wurden unterschiedliche nanoskopische Metallfluoride hergestellt und die Keramiken damit beschichtet (»dip coating«). An diesen beschichteten Keramiken wurden ebenfalls optische Eigenschaften bestimmt und mit den Ergebnissen der unbeschichteten Keramiken verglichen.

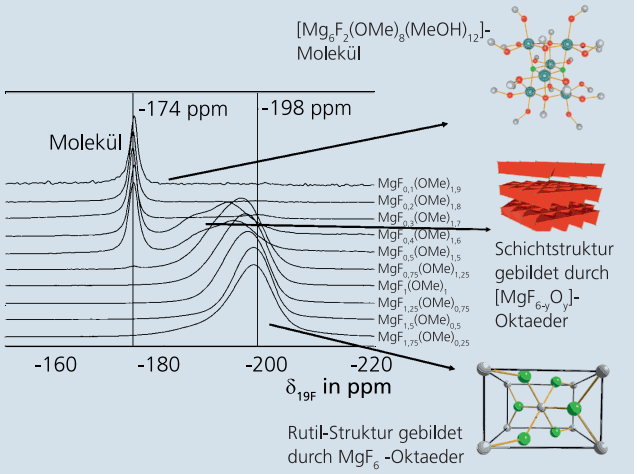
Transmissionsmessung an mit CaF_2-Sol beschichteten Spinellscheiben (Dicke 3 mm)



Ergebnisse

Die hergestellten und untersuchten Beschichtungen führten zu einer signifikanten Steigerung der In-line-Transmission der betrachteten Keramiken um bis zu 10 % (absolut) in verschiedenen Spektralbereichen und in Abhängigkeit verschiedener Metallfluoride. Es wurde damit gezeigt, dass nanoskopische Metallfluoride, hergestellt über die fluorolytische Sol-Gel-Synthese, eine geeignete Basis zur optischen Beschichtung von transparenten Keramiken bieten und damit neue Möglichkeiten zur gezielten Verbesserung des spektralen Transmissionsverhaltens dieser Werkstoffe eröffnen.

Stufen der Sol-Gel-Synthese von MgF_2: ^{19}F-MAS-NMR von $MgF_{2-x}(OMe)_x$-Xerogels



Quelle: J. Mater. Chem. 2011, 21, 15015-15021.

Quellen

[1] A. Krell, J. Klimke: Fraunhofer IKTS Jahresbericht 2006, Seite 23.

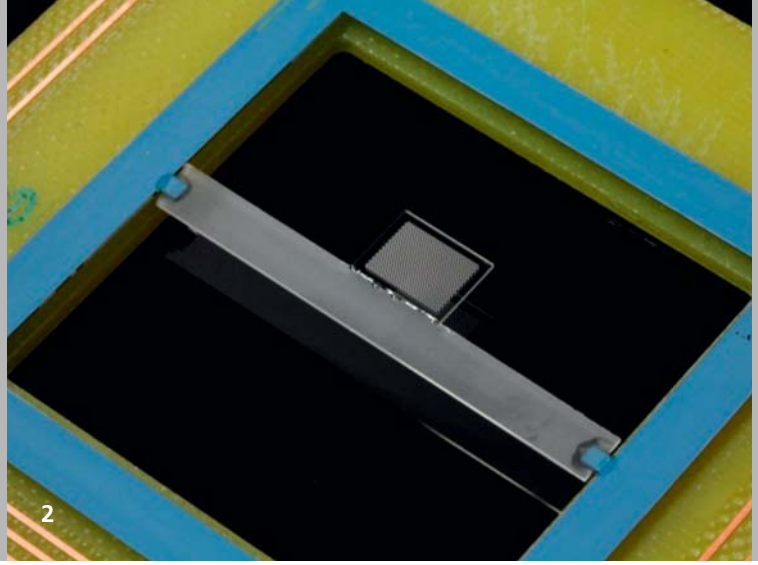
1 *Spinell-Scheiben (3 mm dick) ohne (links) und mit (rechts) AR-Beschichtung.*

2 *MgF_2-Nano-Sol.*

3 *AFM-Bild einer 3-fachen MgF_2-Beschichtung, calziniert bei 300 °C.*

Kontakt Dr. Uwe Reichel • Telefon +49 36601 9301-3944 • uwe.reichel@ikts.fraunhofer.de





OPTIK

PIEZOELEKTRISCHE SCHICHTAKTOREN FÜR OPTISCHE SYSTEME

Dipl.-Phys. Bernhard Bramlage, Dipl.-Ing. (FH) Dörthe Ernst, Dr. Sylvia Gebhardt

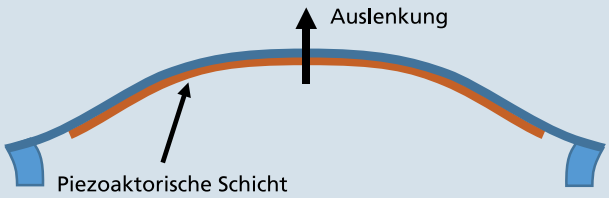
Motivation

Die Integration piezoaktorischer Elemente in optische Systeme ist vorteilhaft, z. B. für Stellaufgaben oder zur Strahlformung. Insbesondere wenn eine Miniaturisierung, komplexe aktorische Strukturen oder ein hoher Integrationsgrad angestrebt werden, stoßen konventionelle Piezo-Bauelemente an ihre Grenzen. Gefragt ist eine Technologie, die in geringstem Bauraum ihre Wirkung entfaltet und mit minimalem Aufwand einen hohen Integrationsgrad mit der umgebenden Elektronik und anderen funktionalen Elementen ermöglicht.

Technologie

Grundlage für flachbauende Aktoriklösungen sind die am Fraunhofer IKTS entwickelten piezokeramischen Dickschichtpasten. Über Siebdruck und Schablonendruck können piezokeramische Schichten auf Substraten abgeschieden und mit weiteren funktionalen Schichten, z. B. Elektroden, Isolationen und Widerständen, kombiniert werden. Als Substrate kommen vor allem die in der Elektroniktechnologie standardmäßig eingesetzten keramischen Verdrahtungsträger wie Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC) und Aluminiumoxid (Al_2O_3), aber auch Silizium (Si) und Zirkoniumoxid (ZrO_2) in Frage. Durch den Sinterprozess entsteht eine haftfeste Verbindung zwischen den funktionalen Schichten und dem Substrat, die frei von Klebstoffen und Lösungsmitteln ist. Bei Anlegen eines elektrischen Felds an die piezokeramische Schicht, kann diese in der Fläche gestaucht oder gedehnt werden und damit das Substrat, z. B. als Biegewandler, verformen. Die Hybridtechnik ermöglicht die Integration von Standard-SMD-Bauelementen direkt auf dem keramischen Träger, die keramische Mehrlagentechnologie eine darüber hinaus gehende Funktionalität im Substratinneren.

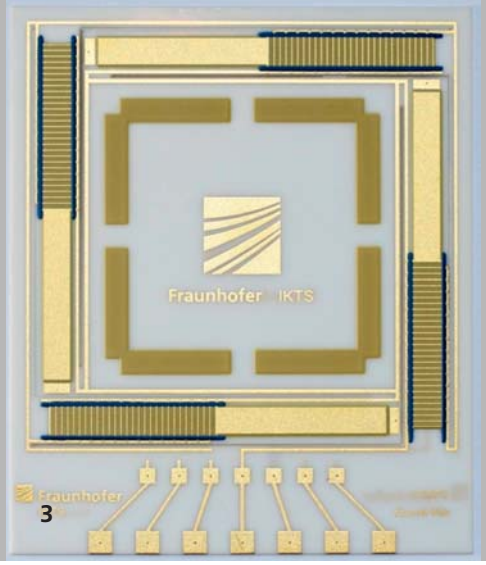
Aktorrahmen: Wirkungsschema im Schnittbild



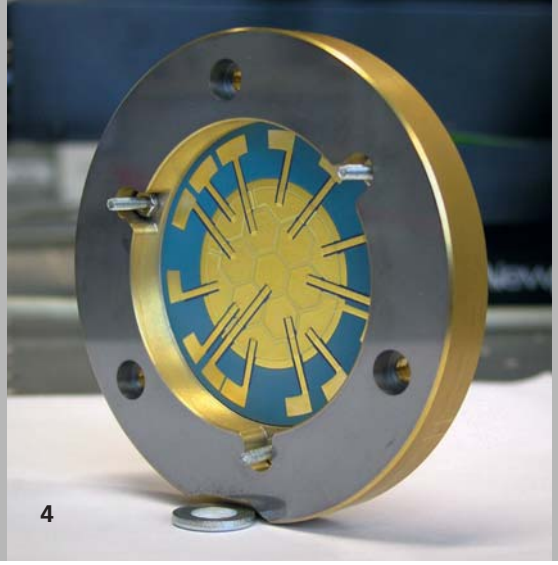
Ergebnisse

Für die Erweiterung des Arbeitsbereichs einer plenoptischen Kamera wurden Stellelemente entwickelt, die eine Positionierung von Mikrolinsenarrays erlauben. Ein flacher Rahmen aus LTCC, der mit piezoaktorischen Strukturen bedruckt ist, positioniert das optische Element. Der Anwendungsfall erfordert eine stufenförmige Bewegung, die nachgewiesen wurde (Bild 2, Graphik rechts oben).

Durch das Design der Elektrodenstrukturen ist es möglich, eine Verbiegung des Substrats in zwei Richtungen in einem einzigen Element zu kombinieren und so z. B. eine s-förmige Biegelinie zu erzeugen. Damit wurde eine Aktorplattform entwickelt, die einen ebenen Hub einer Last ermöglicht ohne Torsionsmomente in die Biegestruktur einzubringen (Bild 3, Graphik rechts unten).

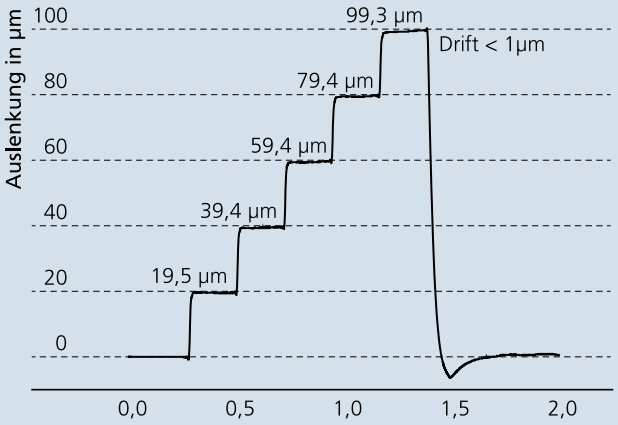


3

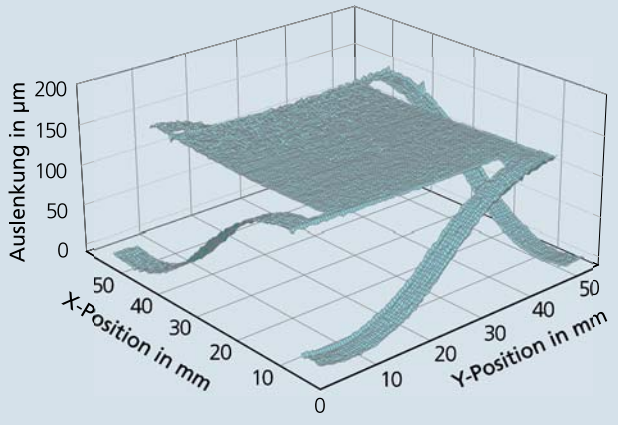

4

Die piezoaktorischen Schichten lassen sich auch zur Verformung optischer Oberflächen nutzen. Zur Herstellung eines deformierbaren Spiegels wurde eine wabenförmige Anordnung gedruckter Piezoelemente auf einer LTCC-Keramik aufgebaut, um die auf der gegenüberliegenden Seite befindliche Spiegeloberfläche zu verformen. Durch gezielte Ansteuerung einzelner Elemente lässt sich das Bauteil zur Korrektur von Abbildungsfehlern im Strahlengang und zur Refokussierung von Laserstrahlen einsetzen (Bild 4).

Aktorrahmen: Ansteuerverhalten



Plattform für ebenen Hub: Auslenkung



Danksagung

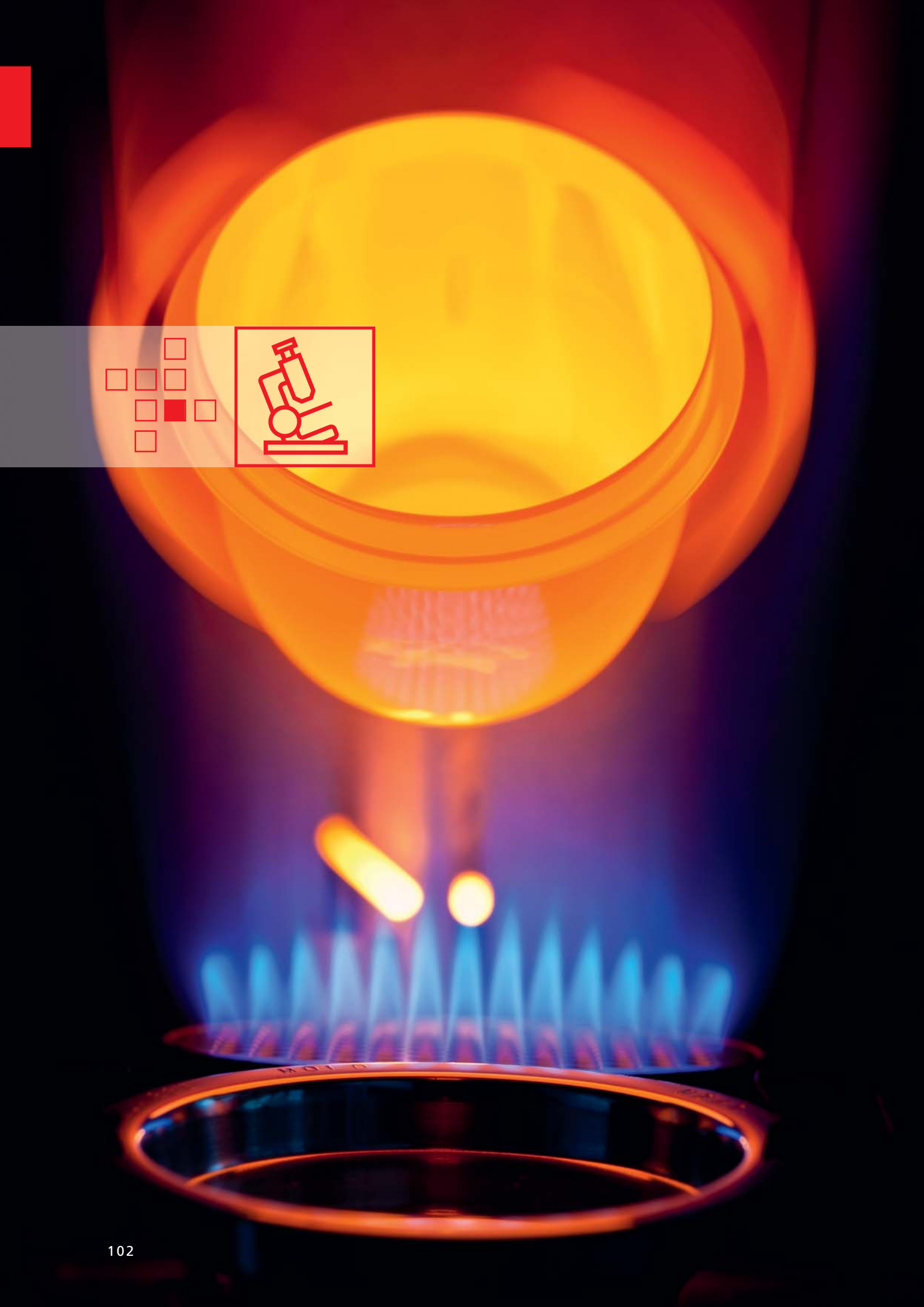
Wir danken dem Fraunhofer IOF für die Zusammenarbeit im Bereich der Optik im Rahmen des DFG Schwerpunkprogramms »Aktive Mikrooptik« und dem BMBF Projekt »Kompetenzdreieck Optische Mikrosysteme«.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Entwicklung maßgeschneiderter Sensoren, Aktoren, Ultraschallwandler und Generatoren auf Basis piezokeramischer Dickschichten
- Auslegung von planaren Sensor- und Aktorsystemen sowie Simulation des Systemverhaltens

1 *PZT-Dickschicht-Paste.*
2 *Aktorrahmen mit Mikrolinsenarray.*
3 *Aktorplattform für ebenen Hub.*
4 *Adaptiver Laserspiegel.*

Kontakt Dr. Sylvia Gebhardt • Telefon +49 351 2553-7694 • sylvia.gebhardt@ikts.fraunhofer.de



GESCHÄFTSFELD

MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

Projektberichte

104 Hochauflösende Analyse von Grenzflächen mittels FIB/STEM und EBSD

106 Abbildung lokaler elektrischer Leitfähigkeit in Keramiken

108 Sintermodellierung mittels kinetischer Methoden

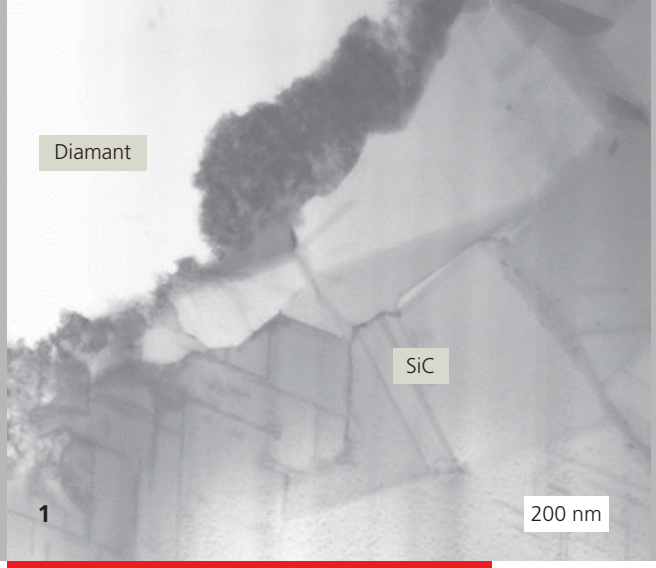
110 Nanomaterialien
Rohstoff – Verarbeitung – Gefüge

Im Geschäftsfeld »Material- und Prozessanalyse« bietet das Fraunhofer IKTS Anwendern und Herstellern ein umfassendes Portfolio an Test-, Charakterisierungs- und Analysemethoden an, um die Eigenschaften von keramischen und pulvermetallurgischen Roh- und Werkstoffen sowie Bauteilen und Prozessen zu charakterisieren und zu bewerten.

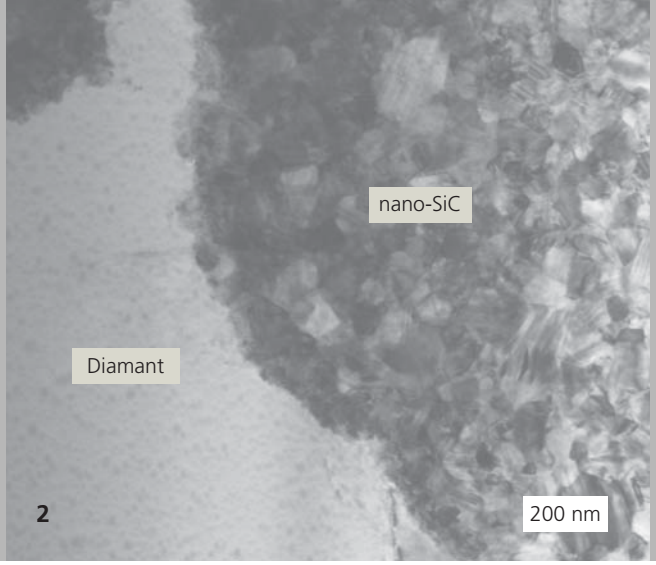
Wie können wir einen stabilen Herstellungsprozess einrichten? Kann ich einen bestehenden Werkstoff durch einen kostengünstigeren ersetzen, ohne dass mein Produkt an Qualität verliert? Wie beeinflusst die Gefügestruktur die Eigenschaften meines Werkstoffs? Welche Qualitätsstandards müssen wir einhalten? – Um diese Fragen zu beantworten, müssen komplexe Zusammenhänge von Rohstoff, Herstellungstechnologie, Werkstoffgefüge und -eigenschaften sowie Einsatzbedingungen und Bauteilauslegung als Gesamtheit betrachtet werden, und Kennwerte nicht nur ermittelt, sondern auch interpretiert werden.

Das Fraunhofer IKTS versteht sich als ein zentraler Anlaufpunkt für alle Fragen der chemischen, thermischen, mikrostrukturellen, mechanischen, tribologischen, elektrischen und elektrochemischen Analyse, Bewertung und Optimierung von keramisch bzw. pulvermetallurgisch hergestellten Werkstoffen sowie den damit verbundenen Fertigungsverfahren. Neben allen notwendigen Standardmethoden stehen speziell für die Untersuchung von superharten und keramischen Hochtemperaturwerkstoffen weltweit einzigartige Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung. Auf Grundlage einer umfangreichen Prozess-, Werkstoff- und Analysekompetenz unterstützt und berät das Fraunhofer IKTS Kunden bei der Entwicklung neuer Materialien und Produkte, der Klärung komplexer Versagensmechanismen und der Erreichung gesetzlicher und qualitativer Standards. Die akkreditierten Labore für die Kennwertermittlung an Pulvern, Suspensionen, thermophysikalischen und elektrischen/dielektrischen Eigenschaften von Werkstoffen, elektrischen Komponenten und Teilsystemen sind in der Lage, ihnen vielfältige Aufgaben der Qualitätssicherung und Zertifizierung von Produkten und Prozessen bis hin zur Baumusterprüfung abzunehmen.

Das Fraunhofer IKTS ist aufgrund der wissenschaftlichen Kompetenz und der langjährigen Erfahrung ein zuverlässiger Dienstleister für die Durchführung vielfältiger Messeverfahren und die gemeinsame Entwicklung von innovativen Charakterisierungs- und Analyselösungen.



1



2

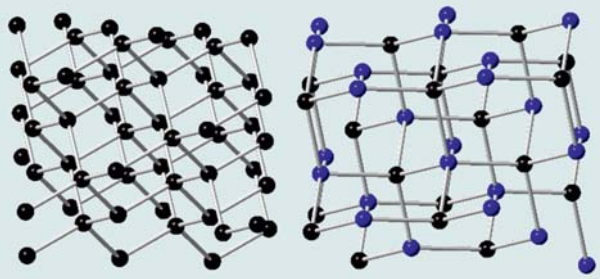
HOCHAUFLÖSENDE ANALYSE VON GRENZFLÄCHEN MITTELS FIB/STEM UND EBSD

Dipl.-Ing. Björn Matthey, Dipl.-Ing. Sören Höhn

Motivation

Superharte Werkstoffe auf Basis von Siliziumcarbid gebundenem Diamant decken zunehmend den Bedarf an verschleißbeständigen Werkstoffen. Aufgrund der steigenden mechanischen Anforderungen versagen herkömmliche monolithische Keramiken zunehmend. Ein Verfahren zur wirtschaftlichen Herstellung von Bauteilen aus superharten SiC-Diamant-Verbundkeramiken ist die Infiltration von diamantbeinhaltenden Vorkörpern mit flüssigem Silizium [1].

Lokale Kristallorientierung von Diamant (links) und kubischem Siliziumcarbid (rechts) an der Grenzfläche

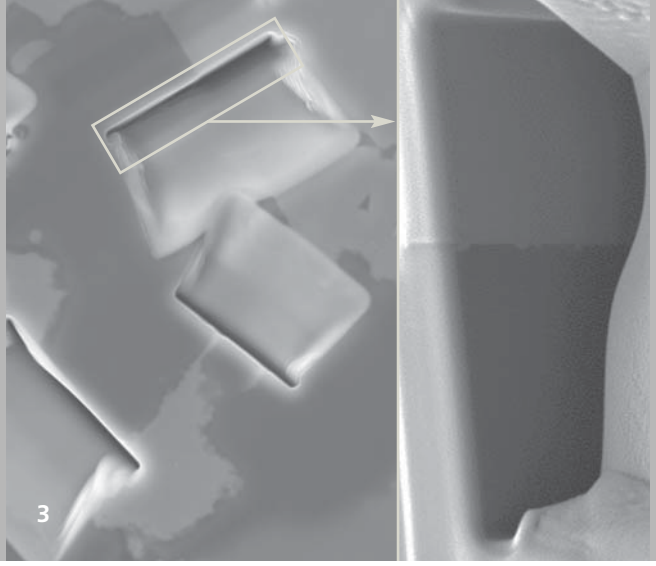


Hochauflösende Analytik von Grenzflächen

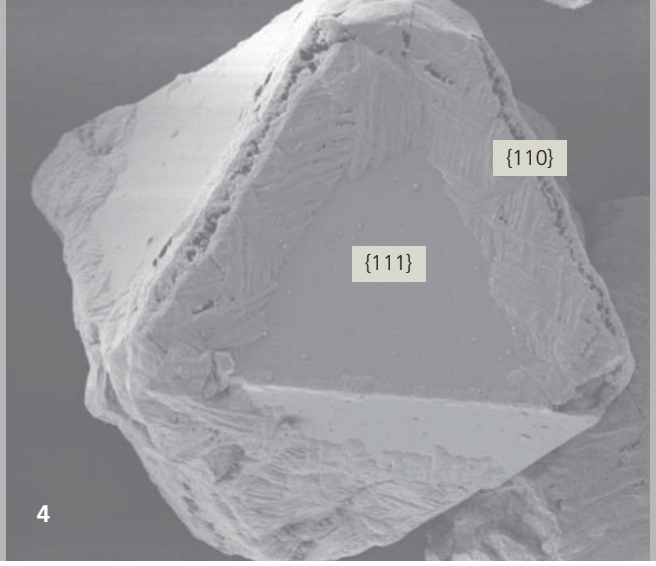
Während der Infiltration spielen sich komplexe Prozesse zur reaktiven Bildung von Siliziumcarbid auf den Oberflächen des Diamanten ab. Die sich dabei bildenden Grenzflächen zwischen Diamant und SiC sind von hohem Interesse, da insbesondere die Einbindung der Hartstoffphase in die keramische Matrix maßgeblich die Eigenschaften des Kompositwerkstoffs und damit die Leistung von Verschleißbauteilen beeinflusst. Herkömmliche hochauflösende Rasterelektronenmikroskope stoßen dabei an ihre Grenzen. Einen Weg zur Steigerung der Auflösung bieten STEM-Detektoren, welche Elektronen in Transmission zur Bilderzeugung verwenden. Voraussetzung dafür ist, dass elektronentransparente Proben zur Verfügung stehen, die durch die Focused-Ion-Beam-(FIB)-Methode in situ präpariert werden. Die Kombination von FIB und STEM erlaubt es, Gefüge im unteren Nanometerbereich aufzulösen und wichtige Erkenntnisse über die Struktur der Grenzflächen zu gewinnen. Die Bilder 1 und 2 zeigen die Grenzfläche zwischen Diamant und SiC, an der sich durch Diffusion SiC-Kristallite im Bereich von 20 bis 80 nm bilden.

Lokale Analyse von Grenzflächen und Orientierungsbeziehungen

Metastabile Phasen wie Diamant wandeln sich während einer Wärmebehandlung in ihre stabile Modifikation um. Im Falle des Diamanten wandelt sich das kubische in das hexagonale Kristallgitter. Dieser Prozess beginnt an den Oberflächen oder Defekten in den Partikeln. Die Geschwindigkeit der Umwandlung ist dabei von der kristallographischen Orientierung der Oberfläche abhängig. Die Oberflächen von Diamantpartikeln (Bild 4) der verwendeten Größe folgen zum großen Teil niedrigen Indizierungen wie z. B. {111} und {110} [2]. Durch die Zielpräparation mittels FIB können lokale Schnitte durchgeführt werden, um vollständige Informationen über die Lage der Grenzfläche im dreidimensionalen Koordinatensystem zu erhalten (Bild 3). Auf Basis dieser Informationen kann in Verbin-



3



4

dung mit der Kristallorientierung zur Probenoberfläche, welche mittels Electron Backscatter Diffraction (EBSD) bestimmt wurde, die Indizierung der Oberfläche erfolgen und dadurch das Verhalten der unterschiedlichen Grenzflächen genau analysiert werden. Das Wissen über diese Grenzflächen kann für das gezielte Design von Werkstoffen mit definierten Strukturen und Eigenschaften genutzt werden. Aufgrund eines Lösungs-Wiederausscheidungsprozesses bilden sich auf diesen Oberflächen lateral große SiC-Körner. Dabei können sich zwischen den beiden angrenzenden Phasen kohärente Phasengrenzen bilden. Voraussetzungen dafür sind geringe Unterschiede von Atomabständen der beiden Kristallgitter. Mit der Analyse der Indizierung und der Lage der Oberflächen von zwei angrenzenden Phasen können Indizien über mögliche Beziehungen der angrenzenden Phasen gewonnen werden. Derartige Analysen sind traditionell nur mittels hochauflösender Transmissionselektronenmikroskopie möglich.

Quellen

[1] M. Herrmann, B. Matthey, S. Höhn, I. Kinski, D. Rafaja, A. Michaelis, Journal of the European Ceramic Society, 32, 2012

[2] Butenko et al., Journal of Applied Physics, Vol. 88, 1999

Danksagung

Wir danken dem BMBF für die Förderung im Projekt EkoDiSc (03X3583H) und der AiF für die Förderung im Projekt DiaSiC (16861BR/1).

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Herstellung von Prototypen aus superharten verschleißbeständigen Diamant-SiC-Keramiken
- Artefaktfreie Gefügepräparation mittels Ionenstrahl-basierten Methoden von superharten keramischen Werkstoffen
- Hochauflösende Analysen an nanokristallinen Gefügen und Grenzflächen mittels FESEM, FIB/STEM und EBSD

1 *Grenzfläche zwischen Diamant und SiC aufgenommen im hochauflösenden STEM-Kontrast am FESEM.*

2 *Nanokristallines SiC an der Grenzfläche zwischen Diamant und SiC.*

3 *FIB-Präparation verschiedener Grenzflächen eines Diamantpartikels zur Bestimmung der dreidimensionalen Lage der Diamantgrenzfläche.*

4 *Gewachsener Diamantkristall mit oktaedrischem Habitus und der beginnenden Graphitisierung an unterschiedlichen Kristallflächen.*

Kontakt Dipl.-Ing. Björn Matthey • Telefon +49 351 2553-7973 • bjoern.matthey@ikts.fraunhofer.de

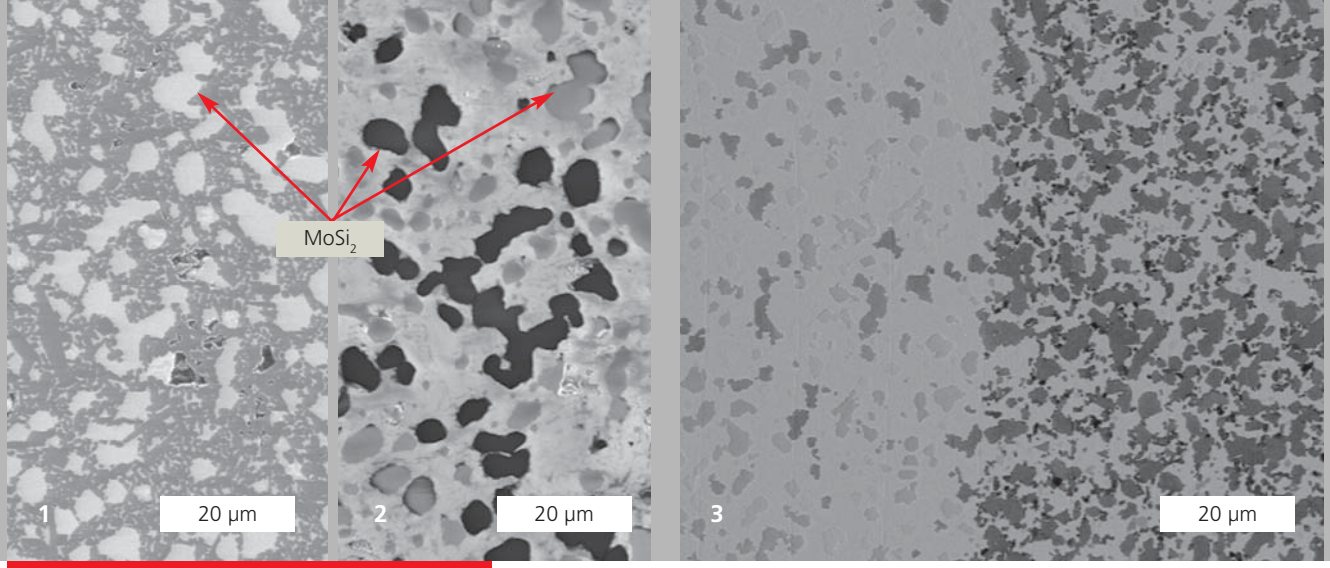


ABBILDUNG LOKALER ELEKTRISCHER LEITFÄHIGKEIT IN KERAMIKEN

Dipl.-Ing. Kerstin Sempf, Dr. habil. Mathias Herrmann

Für eine Reihe von Anwendungen (z. B. Heizer, Sensoren, Brennstoffzellen, Komponenten mit Dickschichtleiterbahnen) spielt die elektrische Leitfähigkeit von Keramiken oder Kompositen eine entscheidende Rolle. Um die Leitfähigkeit von Kompositen aus elektrisch leitfähigen und nichtleitfähigen Komponenten gezielt einstellen zu können, ist eine genaue Kenntnis der lokalen Einbindung der Komponenten in die leitfähigen Pfade notwendig.

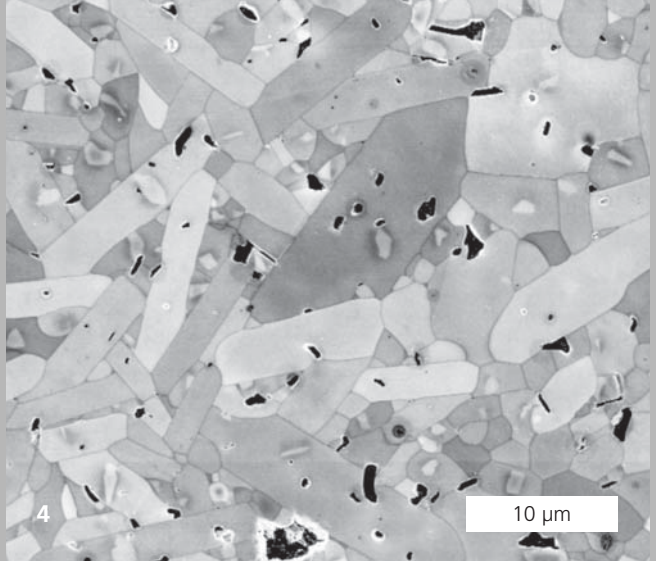
Um lokale Leitfähigkeitsunterschiede darstellen zu können, wurden methodische Entwicklungen durchgeführt, die es ermöglichen im Feldemissionsrasterelektronenmikroskop (FESEM) Leitfähigkeitspfade in einer isolierenden Grundmatrix und auch lokale Leitfähigkeitsunterschiede in Halbleitern darzustellen.

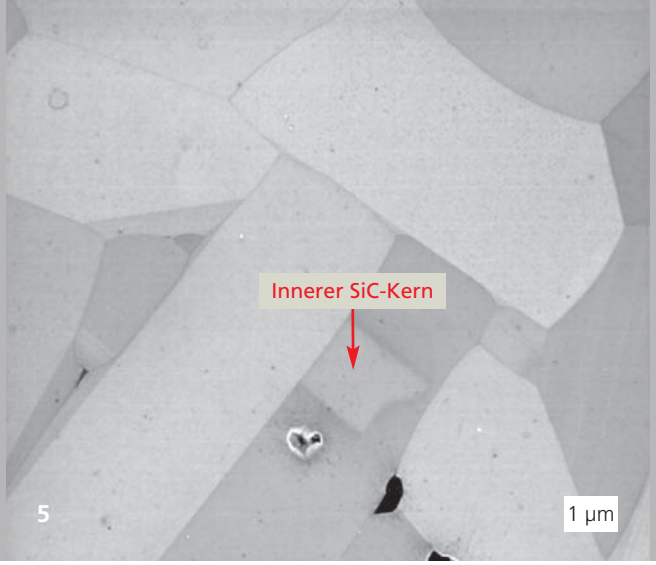
Am Beispiel von SiC/Si_3N_4/$MoSi_2$-Kompositwerkstoffen, wie sie bei der Herstellung von Glühkerzen Anwendung finden [1] und an SiC-Werkstoffen wurde die Methodik intensiv bearbeitet [2, 3].

Der Vergleich der Bilder 1 und 2 zeigt, dass je nach Abbildungsmodus unterschiedliche Informationen gewonnen werden können. Während im SE-Modus (Bild 1) $MoSi_2$/Si_3N_4 und Sinteradditive sichtbar sind, zeigt Bild 2 Kontraste als Funktion der lokalen Leitfähigkeit (höchste elektrische Leitfähigkeit ist dunkel dargestellt). Hier zeigt sich schon deutlich, dass nicht alle $MoSi_2$-Partikel in gleichem Maße elektrisch eingebunden sind. Die elektronenmikroskopische Aufnahme ermöglicht es, das ausgebildete Netzwerk der leitenden Partikel darzustellen, in dem es zu einer unterschiedlichen Ableitung der durch den Elektronenstrahl eingebrachten Ladung kommt. Partikel im Netzwerk können die Ladung abführen und damit aufladungsfrei abgebildet werden. Befinden sich die elektrisch leitenden Partikel isoliert in der Matrix, erzeugen die eingebrachten und nicht abfließenden Ladungsträger Aufladungen auf den Partikeln und werden somit heller abgebildet. Bild 3 zeigt, dass es in Abhängigkeit der Perkolation der leitfähigen Phase zu unterschiedlichen Kontrasten der gleichen Phase kommt. So zeigt der linke Teil des Bildes den nicht leitenden und rechts den leitenden Bereich des Bauteils. Die Grenzfläche zwischen beiden Gebieten kann klar aufgezeigt werden. Während im leitenden Gebiet die leitende Phase (SiC/$MoSi_2$) dunkel erscheint, wird diese im isolierenden Bereich hell abgebildet.

Die Abbildung mittels FESEM und geeigneten Detektionsmechanismen erlaubt es, das Unter- und Überschreiten der Percolationsschwelle lokal darzustellen und insbesondere die Grenze zwischen leitenden und isolierenden Bereichen aufzuzeigen.

Auch an einphasigen Werkstoffen können die sich ausbildenden Oberflächenpotenziale zur Abbildung der Gefügestruktur genutzt werden. Bild 4 zeigt gut die kontrastierte Kornstruktur eines SSiC-Werkstoffs, die aufgrund der unterschiedlichen Einbindung der Körner im Gefüge entsteht.





Daneben erlaubt die Methode z. B. die Darstellung von lokal unterschiedlicher Leitfähigkeit in SiC-Körnern, die durch unterschiedliche Defektkonzentrationen im Halbleiter bedingt ist. Diese lokal unterschiedliche Leitfähigkeit beeinflusst auch wesentlich das Korrosionsverhalten der Werkstoffe [2–4]. Bild 5 zeigt einen SiC-Korn-Kern im SSiC. Diese Gefügestruktur ist mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Aufwachsen von Siliziumcarbid auf ein Primärkorn des Ausgangspulvers entstanden. Ähnliche Kern-Hülle-Strukturen können quantitativ für flüssigphasengesinterte Siliziumcarbid-Werkstoffe (LPS SiC) und auch siliziuminfiltrierte Werkstoffe (SiSiC) analysiert werden.

Diese zwei Beispiele geben einen Einblick in die Möglichkeiten der Werkstoffcharakterisierung durch eine gezielte Nutzung der modernen Rasterelektronenmikroskopie.

Leistungsangebot

- Keramographische Schliffpräparation
- Untersuchung und Interpretation der Gefügestrukturen
- Evaluierung von Werkstoffen und Bestimmung von Werkstoffkennwerten
- Schadensanalyse

Quellen

[1] Zschippang, E., Klemm, H., Herrmann,M., Höhn, S., Matthey, B., Guth, U., Michaelis, A.: Electrical Resistivity of Si_3N_4-SiC-$MeSi_2$ (Me = Nb, Mo, W, Zr) Composite, J. Ceram. Sci. Tech. 04 [04], 2013, pp. 197–206

[2] Sempf, S., Herrmann, M., Sydow, U.: New Ways of Revealing the Microstructures of SiC materials, Prakt. Metallographie 49, 2012, pp. 64–74

[3] Herrmann, M., Sempf, K., Schneider, M., Sydow, U., Kremmer, K., Michaelis, A.: Electrochemical corrosion of silicon carbide ceramics in H_2SO_4, J. Europ. Ceram. Soc. 34, 2014, Nr.2, p. 229_DS235

[4] Sydow, U., Sempf, K., Herrmann, M., Schneider, M., Kleebe, H.-J., Michaelis, A.: Electrochemical corrosion of liquid phase sintered silicon carbide ceramics, Materials and corrosion 64, 2013, Nr.3, p. 218

1 *SE Abbildung eines $SiC/Si_3N_4/MoSi_2$-Kompositwerkstoffs.*

2 *Gleicher Gefügeausschnitt im Leitfähigkeitsmodus.*

3 *Übergang vom Isolator zum Leiter im $SiC/Si_3N_4/MoSi_2$-Kompositwerkstoff.*

4 *Gefüge von SSiC.*

5 *Detail des Gefüges mit Kern-Hülle-Struktur .*

Kontakt Kerstin Sempf • Telefon +49 351 2553-7704 • kerstin.sempf@ikts.fraunhofer.de





SINTERMODELLIERUNG MITTELS KINETISCHER METHODEN

Dr. Tim Gestrich, Dipl.-Technomath. Roland Neher, Dr. Jens Klimke

Thermoanalytische Methoden werden bei der Entwicklung von keramischen und pulvermetallurgischen Prozessen und Materialien bereits erfolgreich eingesetzt. Insbesondere für die Schritte Entbindern, Ausgasen und Sintern ermöglichen die Ergebnisse thermoanalytischer Untersuchungen die Steuerung und Optimierung der technischen Prozesse. Beim Sintern von Keramik ist die Kenntnis über das Längenänderungsverhalten (und damit auch über die Dichteänderung) von besonderer technischer und ökonomischer Bedeutung.

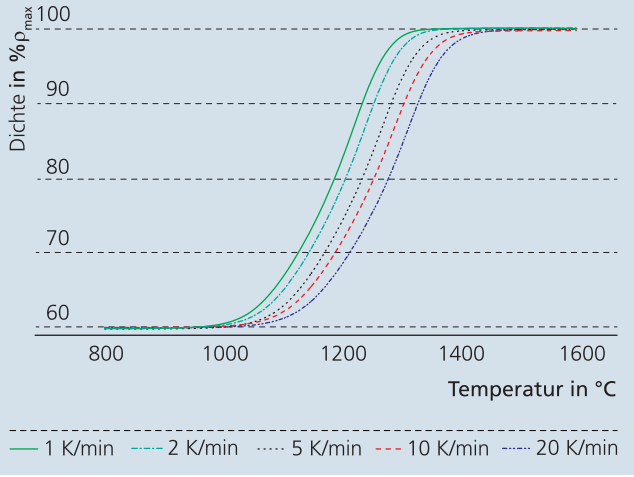
Genaue Informationen über den Beginn und das Ende des Sinterns erlauben die Festlegung von Sinterzyklen für den technischen Prozess, die Grundlage für eine energie- und kostengünstige Keramikproduktion sind. Im Allgemeinen werden solche Informationen aus thermodilatometrischen Untersuchungen gewonnen.

Einen größeren Vorteil kann man erreichen, wenn man die Schwindungsrate steuert, z. B. in Abhängigkeit von der Dichte. So führt das Konstanthalten der Sinterrate zur Verringerung von inneren Spannungen.

Die Sintergeschwindigkeit lässt sich auf zwei Wegen steuern. Zum einen über die direkte Regelung des Thermodilatometers mittels Feedback-Steuerung. Zum anderen können Methoden angewendet werden, die die Kinetik des Sinterns beschreiben und die Berechnung der Längenänderung für beliebige Temperatur-Zeit-Verläufe erlauben. Das bietet den Vorteil, das Längenänderungsverhalten im Voraus zu berechnen und je nach verwendeter Methode auch Kenntnisse über Sintermechanismen ableiten zu können.

In der Arbeitsgruppe »Thermische Analyse und Thermophysik« des Fraunhofer IKTS werden drei Methoden zur direkten

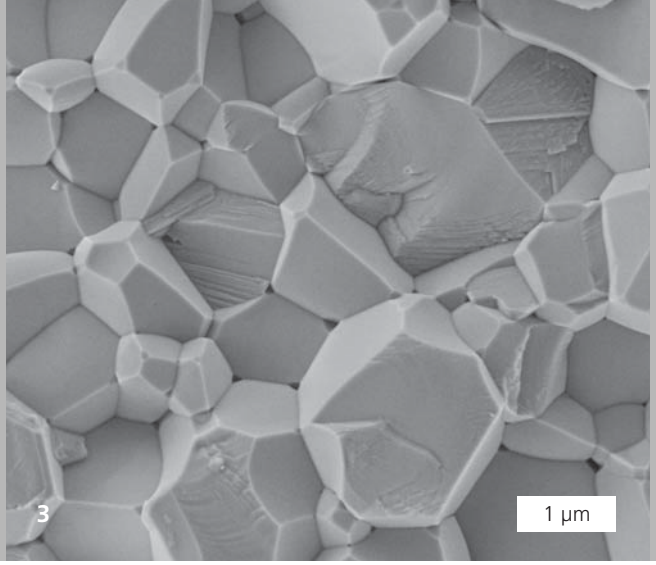
Dichte während des Sinterns von Al_2O_3 (Submicron-Pulver) mit 1, 2, 5, 10 und 20 K/min

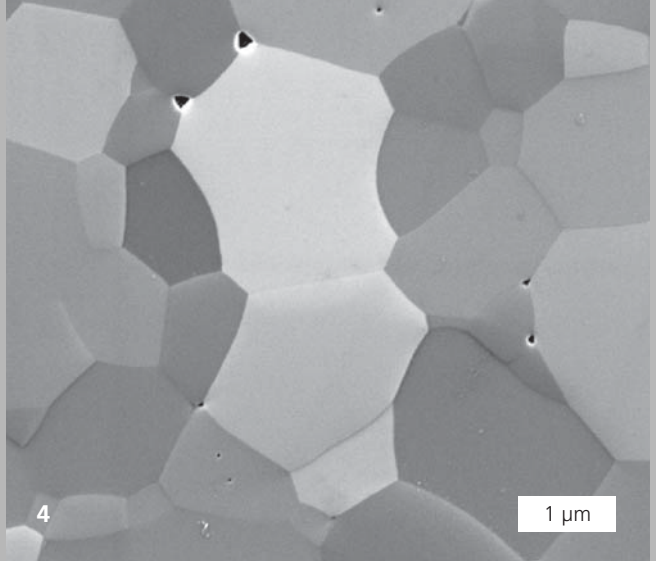


Modellierung thermoanalytischer Daten angewendet: Kinetic Field of Response (KFR) nach Palmour [1], Master Sintering Curve (MSC) nach Su und Johnson [2] und Thermokinetik nach Opfermann [3].

Die KFR-Methode erlaubt einen schnellen und einfachen Überblick über das kinetische Verhalten des Materials während der Verdichtung. Generell können aber alle kinetisch bestimmten, thermisch aktivierten Prozesse mit KFR beschrieben werden.

Die MSC geht vom isotropen Sintern aus und unterstellt, dass ein Mechanismus (z. B. Volumen- oder Korngrenzendiffusion) das Sintern dominiert und die Gefügeentwicklung nur von der Dichte abhängt. Das Software-Tool Thermokinetic (Netzsch GmbH) beruht auf der Theorie zur Kinetik chemischer Reaktionen. Für Prozesse mit mehreren parallelen oder konkurrierenden Schritten werden verschiedene Gleichungen zu einem Differenzialgleichungssystem kombiniert, um die Konzentrati-





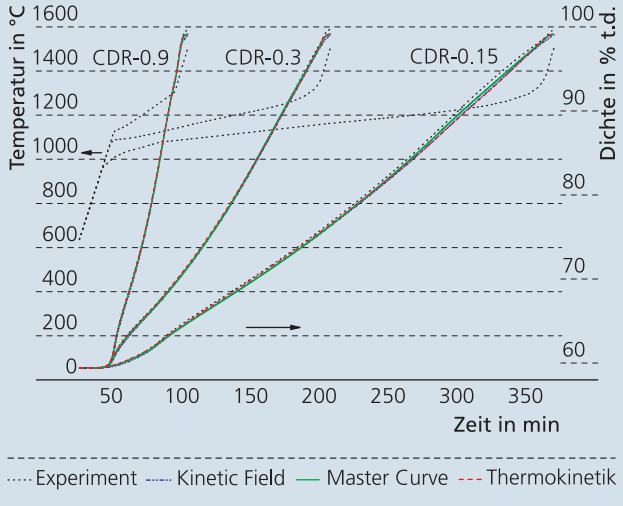
onsänderungen jedes einzelnen Reaktanden und des Reaktionsprodukts zu beschreiben. Dies kann formal auch auf Längenänderungen angewendet werden. Dieses Verfahren ist am kompliziertesten, erlaubt aber die Beschreibung sehr komplexer Prozesse.

Um ihre Eignung in Bezug auf die Vorhersage des Sinterverhaltens zu beurteilen, wurden alle drei Methoden experimentell verglichen. Dabei wurde hochreines Al_2O_3 (Partikelgröße von 0,15 bis 0,20 µm, mit MgO dotiert) als Modellsystem für Festphasensintern und SiC mit Y_2O_3/Al_2O_3-Additiven als Modellsystem für komplexes Verdichten mit stark variierender Menge an flüssiger Phase genutzt.

Im Fall des Al_2O_3-Modellsystems beschrieben alle Methoden die Dichteentwicklung richtig und auch für komplizierte Temperatur-Zeit-Profile konnte das Längenänderungsverhalten korrekt im Voraus berechnet werden.

Auch für die flüssigphasensinternden Siliziumcarbid-Werkstoffe, die eine mehrstufige Verdichtung mit relativ stark variierenden Aktivierungsenergien aufweisen, konnte mit allen drei Methoden eine gute Übereinstimmung zwischen Experiment und berechneten Werten erreicht werden, wobei die Thermokinetik eine leicht bessere Anpassung erlaubte.

Experimentelle Ergebnisse und Vorhersage durch KFR, MSC und TK für drei konstante Verdichtungsraten



Die Methoden können deshalb für die Optimierung des Gefüges, der Endeigenschaften und der Sinterprozesse einer breiten Palette von keramischen Werkstoffen genutzt werden.

Danksagung

Die Ergebnisse wurden zum Teil im Rahmen des DFG-Projekts He 2457/14 erarbeitet. Wir danken der DFG für die finanzielle Unterstützung.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Aufklärung und Optimierung von Sinter- und Ausheizprozessen
- Thermoanalytische Untersuchungen von Prozessen in verschiedenen Atmosphären und im Temperaturbereich von -160 bis 2400 °C
- Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Wärmeausdehnung)

Quellen

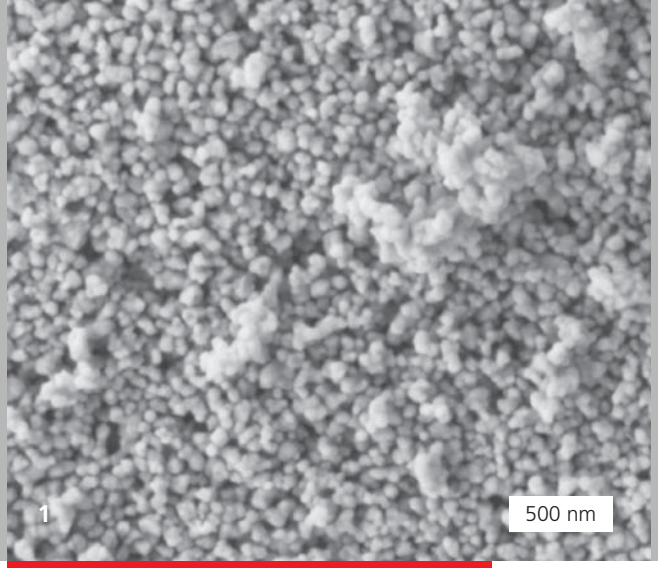
[1] Palmour, H., III, Hare, T. M., in: Kuczynski, G. C., Uskoković, D. P., Palmour, H. I., Ristić, M. M. (Eds.): Sintering 85, Springer US, 1987, pp. 17–34

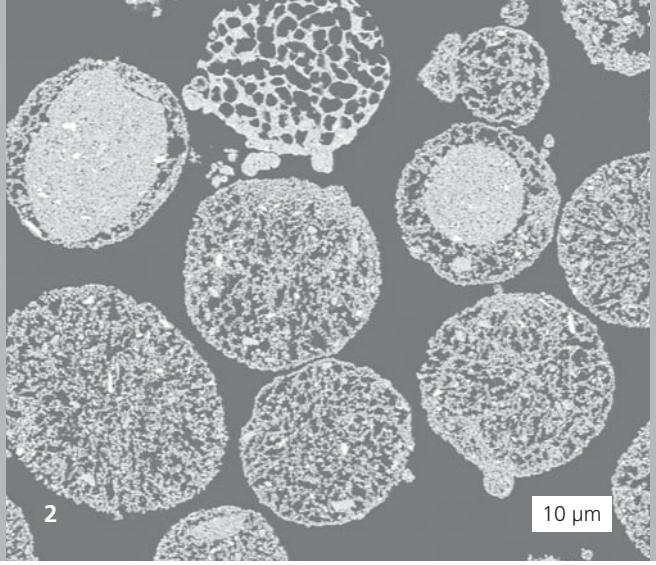
[2] Su, H., Johnson, D. L., Journal of the American Ceramic Society 79, 1996, pp. 3211–3217

[3] Opfermann, J., Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 60, 2000, pp. 641–658

1 *Netzsch-Thermodilatometer.*
2 *Thermoanalytisches Labor.*
3 *Bruchfläche: Al_2O_3.*
4 *Gefüge: Al_2O_3.*

Kontakt Dr. Tim Gestrich • Telefon +49 351 2553-7814 • tim.gestrich@ikts.fraunhofer.de





NANOMATERIALIEN ROHSTOFF – VERARBEITUNG – GEFÜGE

Dr. Annegret Potthoff, Dr. Anja Meyer, Kerstin Lenzner, Jan Räthel

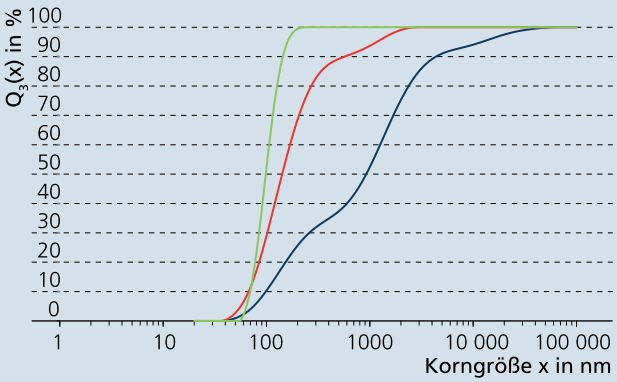
Motivation

Der Einsatz nanoskaliger Materialien zur Entwicklung von Hochleistungskeramiken lässt eine Verbesserung bspw. der physikalischen, mechanischen und optischen Eigenschaften erwarten. Herstellungsbedingt liegen Rohstoffe häufig in Form von Aggregaten und Agglomeraten vor (Bild 1). Durch eine Variation des mechanischen Energieeintrags wurden unterschiedliche Aufbereitungszustände eingestellt, um Korrelationen zwischen den Partikelgrößenverteilungen und resultierenden Verarbeitungseigenschaften entlang der keramischen Fertigungskette Granulierung – Formgebung – Sintern abzuleiten.

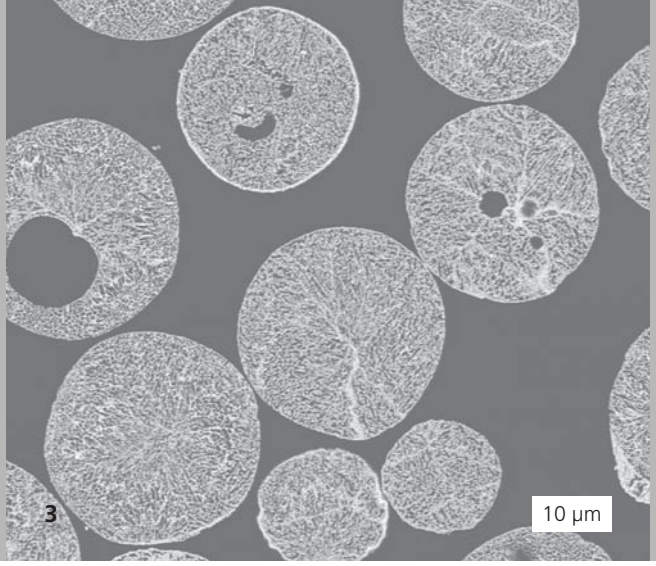
Vorgehen und Ergebnisse

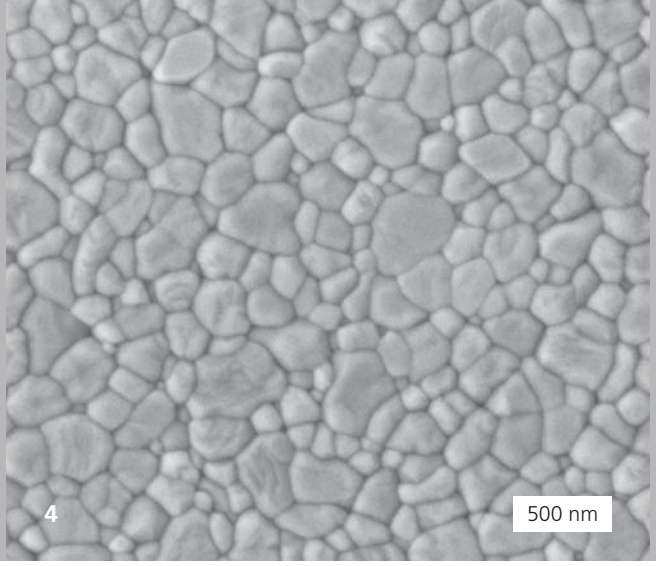
Als repräsentativer oxidischer Rohstoff wurde das mit 3 Mol-% Y_2O_3-teilstabilisierte ZrO_2 TZ-3Y-E (Tosoh Inc.) verwendet und in wässriger Suspension aufbereitet. Ausgewählte polymere Hilfsmittel und organische Säuren dienten zur kolloidchemischen Stabilisierung der ZrO_2-Suspensionen. Unter diesen Randbedingungen konnten durch die Abstufung des Energieeintrags während der Aufbereitungsstufen Rühren – Mixen – Mahlen drei deutlich verschiedene Partikelgrößenverteilungen erzielt werden (Graphik 1). Diese unterschiedlichen Aufbereitungsgrade beeinflussen die inneren Strukturen (Bild 2 und 3) und die Festigkeiten daraus hergestellter Sprühgefriergranulate. Während die aus einer gerührten Probe hergestellten Granulate noch Reststrukturen der Rohstoffagglomerate und eine geringe Einzelgranalienfestigkeit aufweisen, zeigen die Granulate aus dem gemahlenen Rohstoff homogene Strukturen und höhere Festigkeiten. Mittels Trockenpressen und kaltisostatischer Nachverdichtung (CIP) wurden die Granulate unter identischen Bedingungen weiterverarbeitet und in Anlehnung an die vom Rohstoffhersteller angegebenen Parameter bei einer Sintertemperatur T = 1350 °C gesintert. Der Einfluss des während der Aufbereitung eingebrachten Energieeintrags lässt sich auf die erzielten physikalischen und mechanischen Eigenschaften anhand der Sinterdichten (Graphik 2), 4-Punkt-Biegebruchfestigkeiten und Kristallitgrößenverteilungen im Gefüge deutlich nachweisen (Bild 4). Mit steigendem Energieeintrag erhöhen sich bei konstanten Sinterbedingungen Dichte und Festigkeit der hergestellten Prüfkörper. Der Einfluss des Aufbereitungszustands der Primärpartikel ist somit über die gesamte keramische Fertigungskette nachweisbar.

Partikelgrößenverteilung der realisierten Aufbereitungszustände

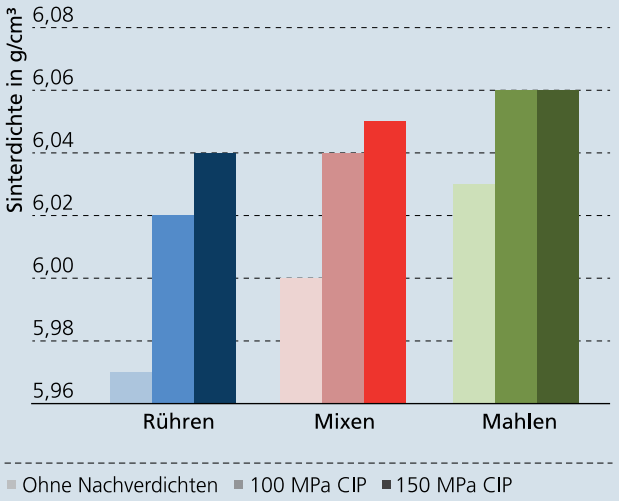


— Rühren: Aggregate und Agglomerate
— Mixen: Aggregate
— Mahlen: Primärpartikel und Aggregate





Sinterdichten als Funktion der Aufbereitungs- und Formgebungsvariante



Zusammenfassung und Ausblick

Die für nanoskaliges Zirkonoxid erarbeiteten Aufbereitungsvarianten und die erreichten Ergebnisse lassen sich problemlos auf die Aufbereitung anderer oxidischer oder nicht-oxidischer Rohstoffe übertragen:

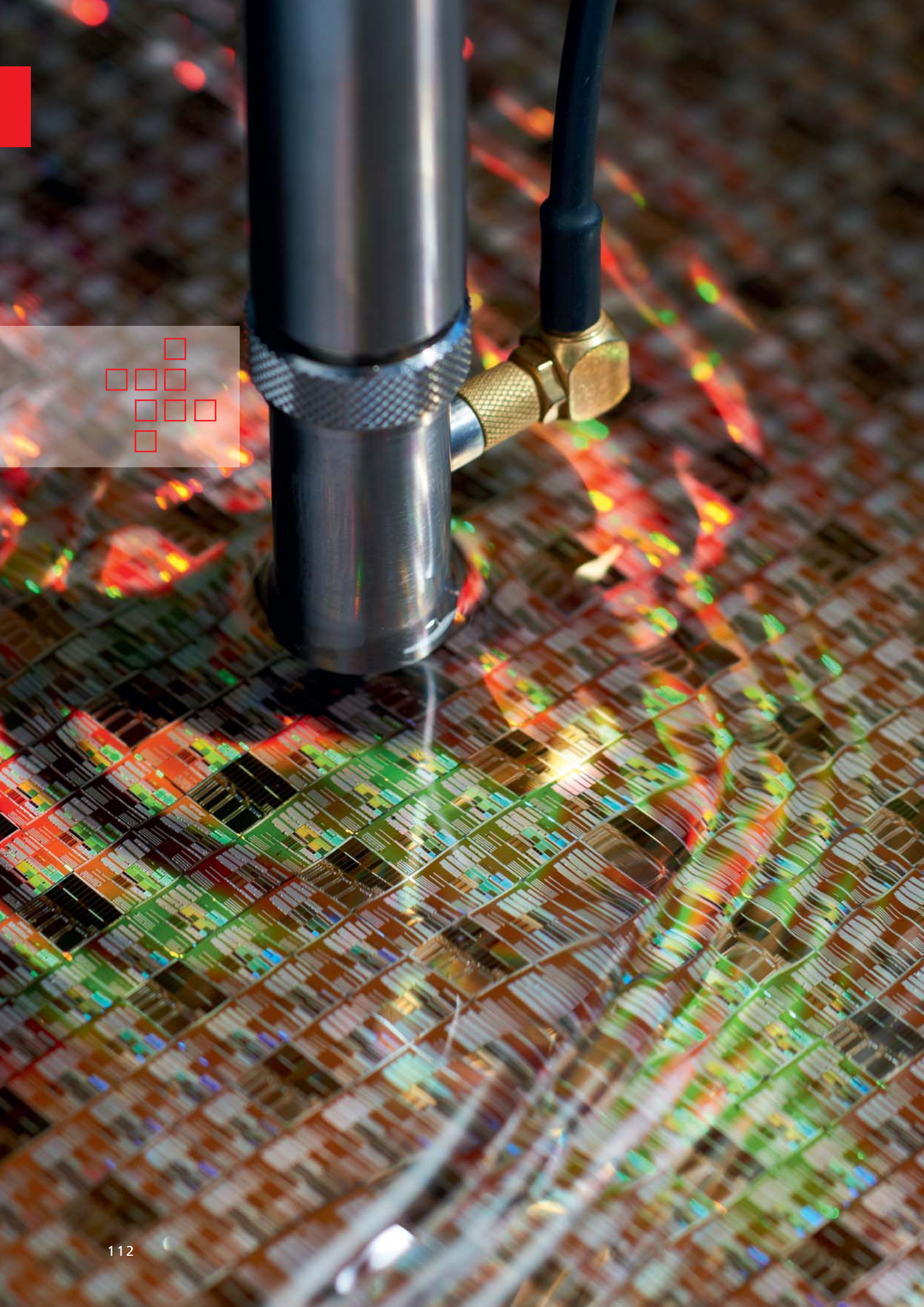
- Die Effektivität der Aufbereitung bei identischem spezifischen Energieeintrag hängt von der Art des verwendeten Hilfsmittels ab.
- Werden vergleichbare Partikelgrößen erreicht, so unterscheiden sich die Weiterverarbeitungseigenschaften in Abhängigkeit von der Art der Stabilisierung nicht.
- Der Aufbereitungszustand spiegelt sich sowohl in den Granulateigenschaften als auch in Eigenschaften der gesinterten Prüfkörper wider.
- Das im Rohstoff enthaltene Potenzial kann in den nachfolgenden Prozessen vollständig ausgeschöpft werden, wenn bei der Aufbereitung des Nanomaterials nicht nur deagglomeriert, sondern deaggregiert wird.
- Bei der Abschätzung der Wirtschaftlichkeit stehen der energie-/kostenintensiveren Aufbereitung Einsparungen durch kürzere Prozesszeiten in der Wärmebehandlung und geringere Temperaturen beim Sintern sowie ein hohes Eigenschaftsniveau daraus hergestellter dichter, nanoskaliger Keramiken gegenüber.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Analyse und Evaluierung von bestehenden Aufbereitungs-, Formgebungs-, Entbinderungs- und Sinterprozessen
- Analyse, Bewertung und Konfektionierung keramischer Rohstoffe unter Berücksichtigung der sich anschließenden Verarbeitungsroute
- Einsatz geeigneter, prozessbegleitender Charakterisierungsmöglichkeiten in der gesamten Prozesskette Rohstoffanmusterung – Aufbereitung – Formgebung – Sinterung

1 *FESEM: Granulat TZ-3Y-E.*
2 *FESEM: Sprühgefriergranulat Rühren.*
3 *FESEM: Sprühgefriergranulat Mahlen.*
4 *FESEM: Mahlen (gesintert, geätzt).*

Kontakt Dr. Annegret Potthoff • Telefon +49 351 2553-7761 • annegret.potthoff@ikts.fraunhofer.de



INSTITUTSTEIL MATERIAL-DIAGNOSTIK

Projektberichte

114 Multiskalige Charakterisierung von mikroelektronischen Produkten

116 Neue Sensoren für die Materialcharakterisierung

118 Simulationsgestützte Optimierung piezoelektrischer Sensoren

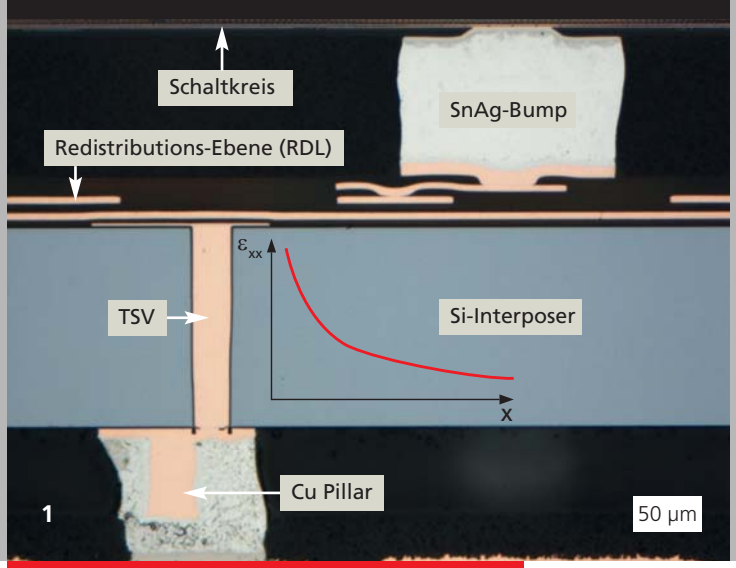
120 SHM für die Energiewende – von heißen Rohren zu Gründungsstrukturen

122 Keramische Leuchtstoffe für die Qualitäts- und Prozesskontrolle

Seit dem 1. Januar 2014 ist der ehemalige Institutsteil Dresden (IZFP-D) des Fraunhofer-Instituts für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP in das Fraunhofer IKTS integriert. Der neue Standort wird als Zentrum für Materialdiagnostik den exzellenten wissenschaftlichen Ruf und die langjährigen Kompetenzen der Mitarbeiter noch stärker auf die Zukunftsfelder der angewandten Mikroelektronik und komplexer Sensorsysteme ausrichten.

In beinahe allen Anwendungsbereichen steigt mit zunehmender Komplexität von Produkten und Systemen auch die Nachfrage nach einem FuE-Partner, der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Lebensdauer vom Material bis zum fertigen System evaluieren und gewährleisten kann. Eine einzigartige technische Ausstattung am Fraunhofer IKTS MD sowie die exzellente Vernetzung mit industriellen Anwendern sind die Basis für anforderungsgerechte Verfahrens- und Geräteentwicklungen sowie ein umfangreiches Portfolio an Dienstleistungen für die Diagnose von Werkstoffen, Bauteilen und Prozessen. In den Bereichen Nanoanalytik, Sensorik und Zustandsüberwachung bestehen unikale Kompetenzen, welche von der multiskaligen Werkstoffcharakterisierung über die Sensorentwicklung bis hin zur Integration in komplexe Gesamtsysteme eingebracht werden. Für einen effizienten und wirtschaftlichen Entwicklungsprozess stehen Simulations- und Softwarekompetenzen sowie die langjährige Erfahrung bei der Entwicklung hochpräziser Prüfelektronik zur Verfügung.

Ob bei der Qualitätssicherung im Leichtbau, der integrierten Zustandsüberwachung von Luftfahrzeugen und Anlagenstrukturen oder dem rasant wachsenden Bereich der Bio- und Umwelttechnik – die Kompetenzen des IKTS MD werden in beinahe allen Branchen nachgefragt, in denen langlebige und sichere Produkte sowie effiziente Fertigungsprozesse entscheidend sind. Auch in Zukunft werden die Mitarbeiter am Fraunhofer IKTS MD ihren Beitrag leisten, um den Alltag ein klein wenig sicherer zu gestalten.



1

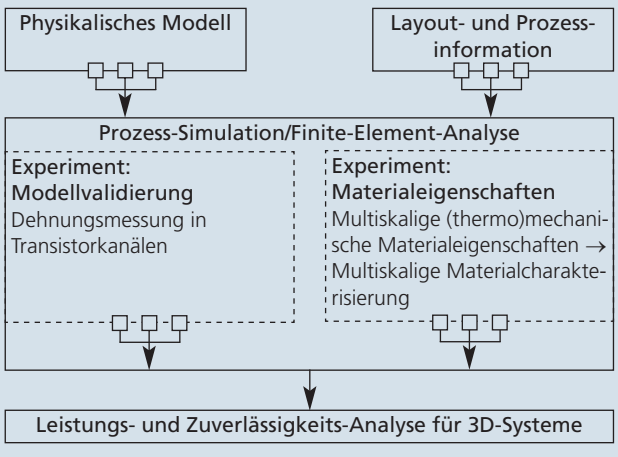
INSTITUTSTEIL MATERIALDIAGNOSTIK

MULTISKALIGE CHARAKTERISIERUNG VON MIKROELEKTRONISCHEN PRODUKTEN

Dr. Martin Gall, Dr. Uwe Mühle, Prof. Dr. Ehrenfried Zschech

Moderne mikroelektronische Produkte sind durch die heterogene Integration unterschiedlicher Materialien charakterisiert. Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit und der Zuverlässigkeit dieser komplexen Systeme sind Simulationen unter Verwendung sehr genauer Materialdaten notwendig. Zudem sind Materialeigenschaften oft größenabhängig, d. h. die Eigenschaften einer makroskopischen Probe unterscheiden sich oft von denen einer mikro- oder nanoskaligen Probe desselben Materials. Die folgende Graphik veranschaulicht die Anwendung physikalischer Modelle und exakter Layout- bzw. Prozessinformationen bei Simulationen zur multiskaligen Charakterisierung moderner mikroelektronischer Produkte. Hier ist der spezielle Fall der 3D-Integration von integrierten Schaltkreisen (IC) dargestellt. Als Input für die Simulation werden sehr genaue (thermo)mechanische Materialdaten benötigt.

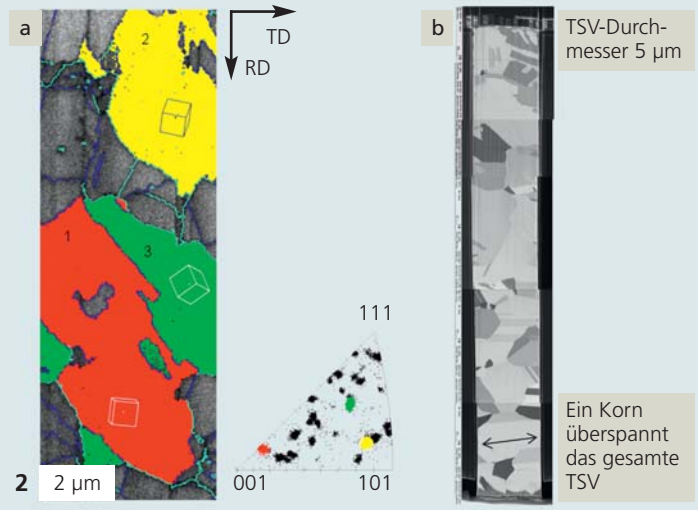
Übersicht des multiskaligen Materialcharakterisierungs-Ansatzes

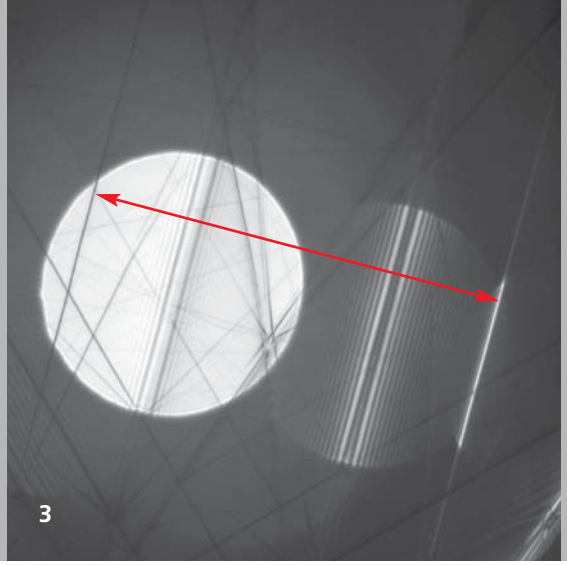


Die Modell-Validierung erfordert die hochaufgelöste Messung mechanischer Spannungen in den Transistorkanälen.

Bild 1 zeigt ein Beispiel eines 3D-integrierten Systems (Silizium-Interposer-Technologie, Fraunhofer IZM-ASSID). Wesentlich für die Zuverlässigkeit solcher mikroelektronischen Produkte ist die Beherrschung mechanischer Spannungen im Bereich der aktiven Bauelemente. Die dreidimensionale Anordnung von ICs führt zu neuen Herausforderungen an die Messung mechanischer Spannungen auf einer Längenskala im einstelligen Nanometerbereich. Von Interesse ist dabei insbesondere der Einfluss des unterschiedlichen thermischen Ausdehnungsverhaltens von Silizium- und Kupferkontaktierungen, den sogenannten Through Silicon Vias (TSVs), sowie weitererer Elemente des Packagings wie Lotverbindungen auf die Leistungsfähigkeit aktiver Bauelemente.

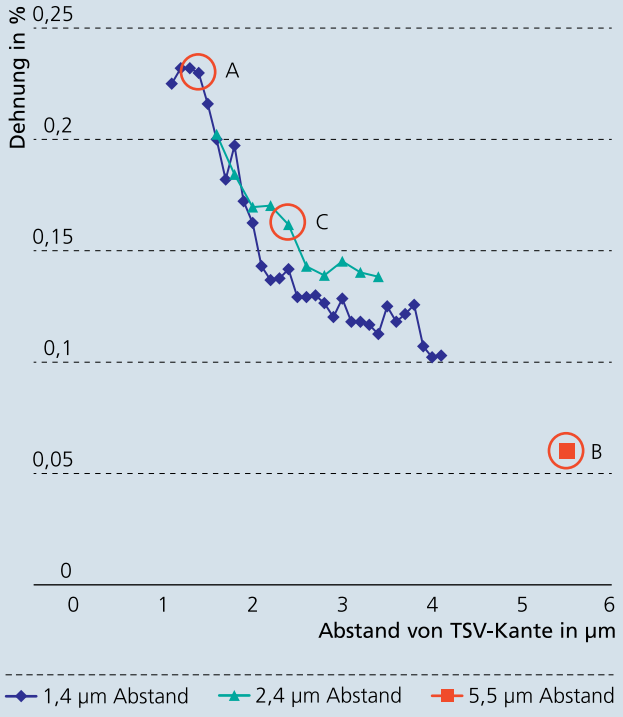
Bild 2 zeigt Details solcher TSVs. In 2(a) ist das Werkstoffgefüge dargestellt, das sich aufgrund der hohen elastischen Anisotropie des Kupfers auf den lokalen Spannungszustand auswirkt. 2(b) zeigt eine Gesamtaufnahme im Rasterelektronenmikroskop (REM). Um die mechanischen Spannungen in der Nähe der TSVs zu bestimmen, wurde eine Methode entwickelt, die die hohe Sensitivität der Elektronenbeugung im Transmissionselektronenmikroskop (TEM) auf Verzerrungen des Kristallgitters nutzt (Bild 3). Diese Anwendung setzt voraus, dass der mechanische Spannungszustand, wie er sich im Ergebnis des Prozesses einstellt, während der Präparation der TEM-Probe erhalten bleibt. Der TSV und die umgebenden Schichtsysteme dürfen daher durch die Ionenstrahl-Präparation im Focused Ion Beam (FIB) nicht beeinträchtigt werden. Eine





schädigungsarm gefertigte TEM-Probe erlaubt es, Elektronenbeugungsdiagramme in unterschiedlicher Entfernung vom TSV aufzunehmen. Die lokalen Spannungen in den Transistorkanälen haben maßgeblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der aktiven Bauelemente (Graphik unten).

Dehnung als Funktion des Abstands vom TSV für drei Core-Testtransistoren (A, B, C) und innerhalb zweier TEM-Proben (blau und grün dargestellter Verlauf)



Leistungs- und Kooperationsangebot

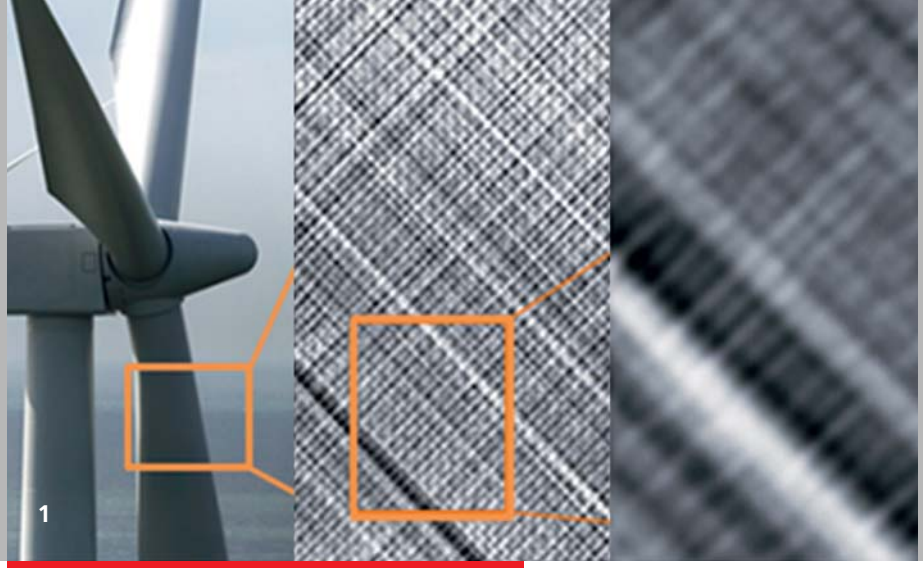
- Multiskalige Materialcharakterisierung
- Rasterelektronenmikroskopie und Focused Ion Beam
- Abbildende und analytische Transmissionselektronenmikroskopie
- Reverse engineering und Probenpräparation

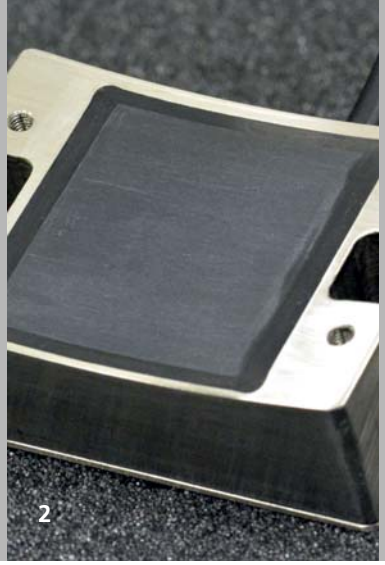
Kooperationspartner

- Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, All Silicon System Integration Dresden ASSID, Germany
- GLOBALFOUNDRIES Inc., Dresden, Germany
- Semiconductor Research Corporation, Albany/NY, USA
- SEMATECH, Albany/NY, USA
- Mentor Graphics Corporation, Fremont/CA, USA
- Qualcomm Inc., San Diego/CA, USA

1 *Aufbau eines 3D-Systems (Si-Interposer-Technologie, Fraunhofer IZM-ASSID) mit prinzipieller Darstellung des Verlaufs der Dehnung als Funktion des Abstands (rot).*
2 *Through Silicon Via: (a) Lokale Mikrostruktur, (b) Gesamtaufnahme im REM.*
3 *Elektronenbeugungsaufnahme im Convergent Beam Electron Diffraction (CBED) Mode: Der Abstand zwischen der dunklen und hellen sogenannten Kikuchi-Linie ist umgekehrt proportional zur Spannungskomponente in dieser Richtung.*

Kontakt Dr. Martin Gall • Telefon +49 351 88815-524 • martin.gall@ikts-md.fraunhofer.de





INSTITUTSTEIL MATERIALDIAGNOSTIK

NEUE SENSOREN FÜR DIE MATERIAL-CHARAKTERISIERUNG

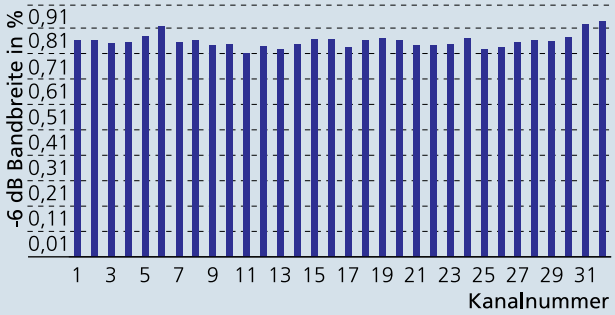
Jun.-Prof. Henning Heuer, Dr. Thomas Herzog, M.Sc. (NDT) Martin Schulze, Dipl.-Ing. Matthias Pooch, Dr. Peter Krüger, Dipl.-Ing. Thomas Lohse, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Simone Gäbler, Ba. Eng. Jürgen Michauk

Die Anwendung neuer Werkstoffe setzt Methoden zu deren Prüfung und Qualitätssicherung voraus. Im weltweiten Wettbewerb müssen Innovationen immer schneller in wirtschaftlich verwertbare Anwendungen überführt werden. Neue Sensorkonzepte zur Materialcharakterisierung helfen, das mit dem Einsatz neuer Werkstoffe und Produktionsverfahren verbundene Risiko zu reduzieren, und stellen somit eine Voraussetzung für den schnellen und effizienten Einsatz neuer Materialien dar. Ob faserverstärkte Kunststoffe in Luft- und Raumfahrt sowie Automobilbau oder nichtmetallische Werkstoffe für Hochleistungsanwendungen: Mit neuen Konzepten auf Basis von Ultraschall-, Röntgen- und Wirbelstromsensoren können komplexe Werkstoffe und Strukturen heute effizient geprüft werden.

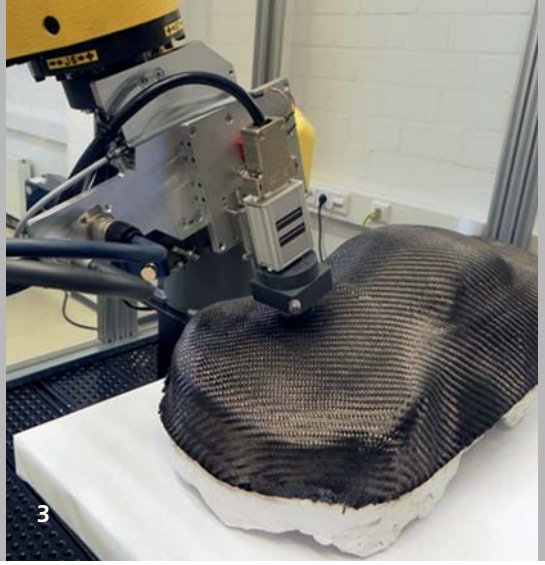
Durch die Integration des vormaligen Fraunhofer IZFP-D in das Fraunhofer IKTS steht unseren Kunden nun die gesamte Prozesskette vom Sensormaterial (z. B. piezoelektrische Keramiken) bis zur Fertigung und Zertifizierung komplexer Phased-Array-Ultraschallsensoren und -systeme einschließlich Elektronik, Software und Applikation aus einer Hand zur Verfügung. Zusammen mit der Abteilung »Prüfsysteme« und dem akkreditierten Prüflabor können somit komplette, auf Kundenbedürfnisse optimierte Ultraschallprüfsysteme entwickelt, gefertigt und zertifiziert werden.

Mit den Ultraschallsensoren, aber auch mit Halbzeugen wie PZT-Kompositen, kann flexibel auf Anforderungen des Markts reagiert werden. Aktuelle Forschungsthemen sind hochkanalige Matrixsensoren im konventionellen Frequenzbereich und Hochfrequenz-Matrixsensoren auf Dünnschichtbasis für die zukünftige Ultraschall-Phased-Array-Mikroskopie. Ultraschallsensoren, speziell mehrkanalige Phased-Array-Sensoren, stellen komplexe mikrotechnische Erzeugnisse dar. Die im Verbund Silicon Saxony verfügbaren Kompetenzen in der Mikrotechnologie bieten eine hervorragende Umgebung zur Realisierung neuer Generationen von Ultraschallsensoren.

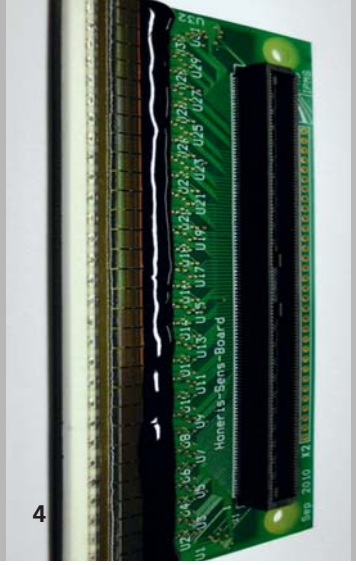
Streuung der Bandbreite eines 32-Kanal-Phased-Array-Sensors mit 2,5 MHz Mittenfrequenz



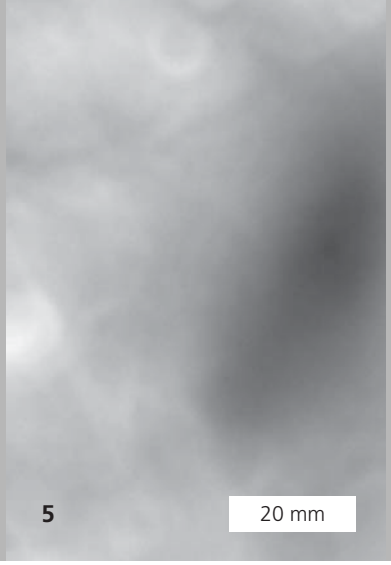
Das Fraunhofer IKTS-MD hat im Bereich der Hochfrequenz-Wirbelstromprüfverfahren (HFEC) eine weltweit führende Position inne und besitzt alle erforderlichen Kompetenzen auf den Gebieten Elektronik, Software, Sensorik und Manipulation sowie das Applikations-Know-how.
Die EddyCus®-Systeme werden für die Prüfung gering leitfähiger Materialien wie CFK, Halbleiter oder Keramiken eingesetzt. Unsere Kunden kommen u. a. aus den Branchen Automobilbau, Solartechnik und der Keramikindustrie. Neben der Entwicklung und Realisierung von Sensorsystemen wurden Lösungen zur Integration der Prüfsysteme in automatisierte Prozesse entwickelt.



3



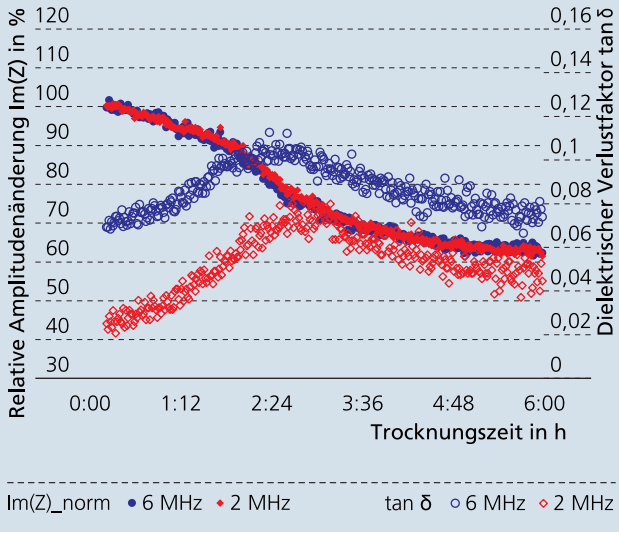
4



5

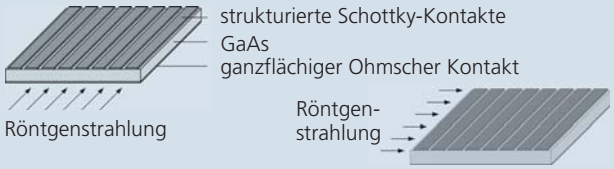
Auf der Basis von Industrierobotern werden flexibel einsetzbare Prüfsysteme für komplex geformte 3D-Strukturen hergestellt, indem mittels Streifenlichtprojektion eine Digitalisierung unbekannter Objekte einschließlich Scanbahnplanung und Programmerstellung durchgeführt wird. Hochfrequenz-Wirbelstromprüfsysteme kommen bei der Charakterisierung (z. B. der Aushärtereaktion von Epoxidharzen oder elektrischen Bewertung von Keramiken) zum Einsatz.

Monitoring der Vernetzungsreaktion von Epoxidharz (L20) mit HFEC



In enger Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-Instituten IPMS und IIS wurde eine neue Generation hochauflösender, direktkonvertierender Röntgendetektoren entwickelt. Erste Prototypen sind bereits verfügbar und werden aktuell in industrielle Anwendungen überführt. Direktwandelnde Röntgendetektoren konvertieren ähnlich dem Funktionsprinzip einer Solarzelle in das Absorbermaterial (hier GaAs) einfallende Röntgenphotonen direkt in elektrische Impulse. Mittels CMOS-integrierter Ausleseelektronik können die Impulse mit einem Halbleiterchip ausgelesen, analysiert und weiterverarbeitet werden. Die Vorteile der direktwandelnden Detektoren in Kombination mit monolithisch integrierter Ausleseelektronik bestehen in der Erhöhung der Empfindlichkeit, der Möglichkeit einer Energieauflösung durch Einstellen von Schwellwerten sowie einer kostengünstigen Fertigung auch sehr großer Detektoren. Realisiert wurde eine Detektorzeile mit 1024 einzeln auslesbaren Pixeln von jeweils 100 µm Größe. Die Module sind reihbar ausgelegt, so dass sie quasi blindpixelfrei zu großen, meterlangen Detektoren kombiniert werden können.

Links: Betrieb als ortsauflösender Sensor
Rechts: Betrieb als energieauflösendes Spektrometer



Leistungs- und Kooperationsangebot

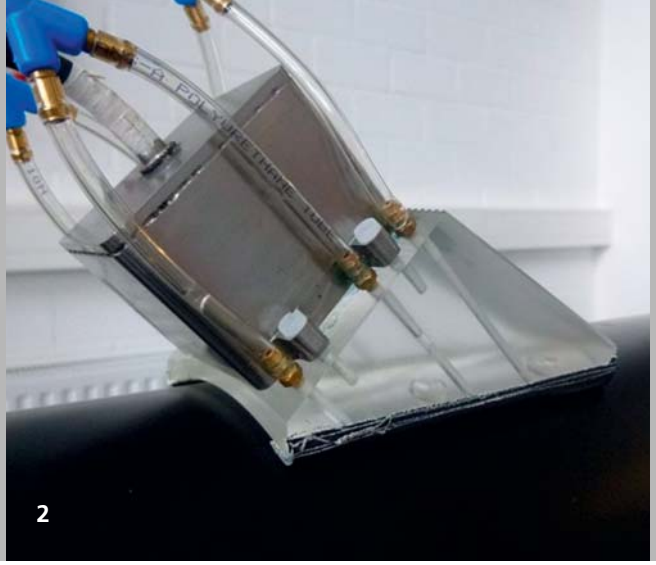
- **Ultraschallsensoren:** Technologieentwicklung und Kleinserienfertigung von individuellen Ultraschallsensoren
- **Wirbelstromsensoren:** komplette Systeme zur Charakterisierung von schwach- und nichtleitenden Materialien, Applikationsentwicklung, Dienstleistungen
- **Röntgendetektoren:** Auslegung, Entwicklung und Fertigung von Röntgendetektorzeilen, Applikationsentwicklung

1 Prüfung von CFK mit abbildendem Wirbelstromverfahren.
2 Konturangepasster Ultraschallsensor (Phased-Array-Sensor) mit 32 Kanälen, 2,25 MHz.
3 Robotergestützter Scanner für 3D-Anwendungen.
4 Direktkonvertierende Röntgen-Detektorzeile mit GaAs-Absorber.
5 Defektoskopie an SiC-Keramiken mit Hochfrequenz-Wirbelstromverfahren (Quelle: Suragus GmbH).

Kontakt Jun.-Prof. Henning Heuer • Telefon +49 351 88815-630 • henning.heuer@ikts-md.fraunhofer.de



1



2

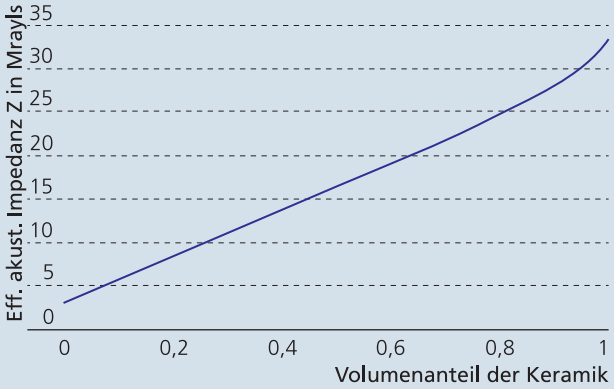
SIMULATIONSGESTÜTZTE OPTIMIERUNG PIEZOELEKTRISCHER SENSOREN

Dr. Frank Schubert, Dr. Mike Röllig, Jun.-Prof Henning Heuer, Dr. Bernd Köhler, Andreas Gommlich, Henry Scholz

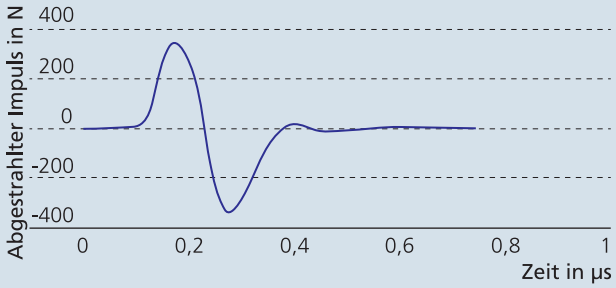
Piezoelektrische Sensoren werden für eine Vielzahl technisch-industrieller Aufgabenstellungen eingesetzt. Ein spezielles Gebiet ist dabei die Materialdiagnostik und Zustandsüberwachung mit Ultraschallwellen, bei der individuell angepasste, optimierte und zum Teil auch eingebettete Sensoren zum Einsatz kommen. Zur Optimierung ihrer Funktionalität sowie zur Steigerung der Zuverlässigkeit werden leistungsfähige numerische Modellierungsprogramme verwendet, wobei sowohl auf kommerzielle FEM-Software, als auch auf spezielle, am Fraunhofer IKTS entwickelte Simulationsprogramme zurückgegriffen werden kann.

Die simulationsgestützte Optimierung setzt bereits auf der Materialebene an, wo z. B. die effektive akustische Impedanz eines Piezokomposits durch Variation des Volumenanteils der piezoelektrischen Keramikstäbchen in der Polymermatrix auf die beabsichtigte Anwendung angepasst werden kann. Sind

Effektive akustische Impedanz eines Piezokomposits als Funktion des Keramik-Volumenanteils

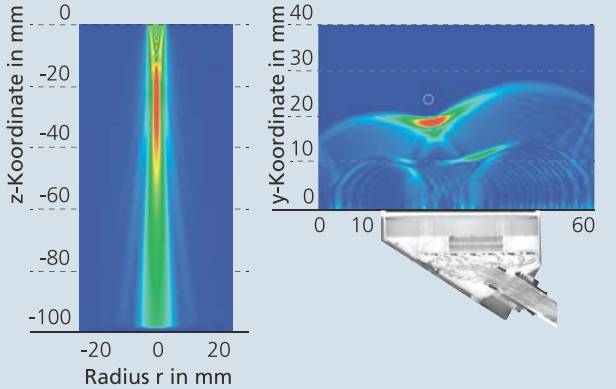


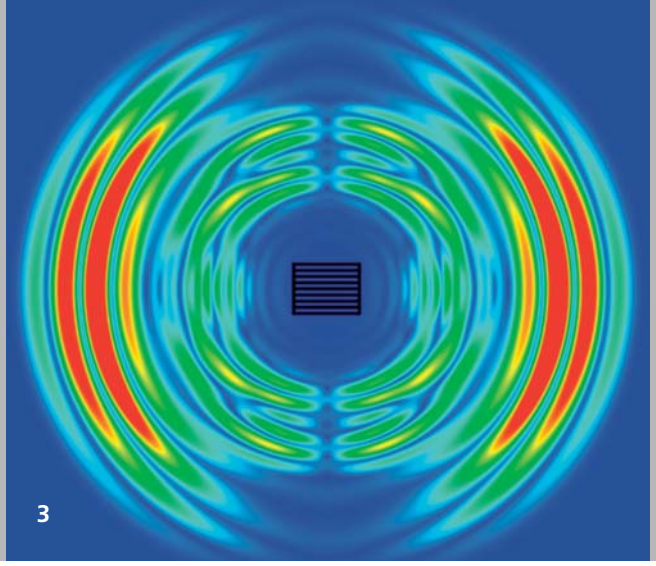
Berechneter abgestrahlter Impuls eines Piezowandlers



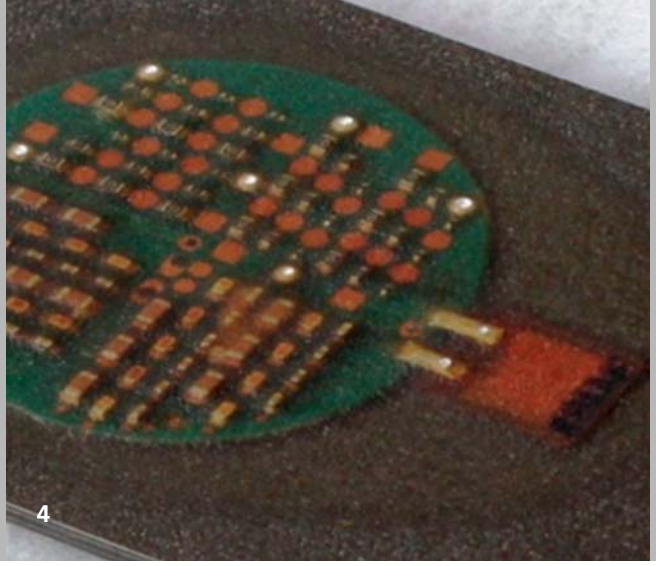
Lastmedium und Piezomaterial bekannt, kann unter Berücksichtigung von Dämpfungskörper und Anpassschichten eine auf die jeweilige Anwendung maßgeschneiderte Impulsform mit passendem Frequenzspektrum erzeugt werden. Dazu werden eigenentwickelte Simulationsprogramme unter Einbeziehung der Kopplung von piezoelektrischen und akustischen Feldgrößen verwendet. Mit Hilfe des abgestrahlten Impulses lässt sich anschließend das abgestrahlte Wellenfeld im Lastme-

Simulierte Wellenfelder von Ultraschallwandlern





3

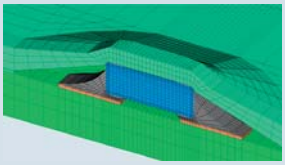


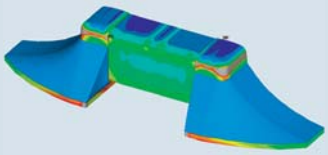
4

dium berechnen und optimieren. Dabei können sowohl einfache Intensitätsplots wie auch zeitaufgelöste Schnappschüsse der Wellenausbreitung berechnet werden. Es lassen sich beliebige einkanalige Prüfköpfe und mehrkanalige Phased-Array-Konfigurationen realisieren. Dabei kommt ein leistungsfähiges Hybrid-Verfahren zur Anwendung, welches spezielle numerische Methoden mit dem Konzept der transienten Punktquellensynthese verknüpft. Damit lassen sich auch zeitaufgelöste dreidimensionale Wellenfelder (»4D-Simulation«) effektiv auf dem PC berechnen. Bei Bedarf kann auch die Wechselwirkung der abgestrahlten Wellen mit Fehlstellen einbezogen werden.

Ein anderer, zunehmend bedeutsam werdender Anwendungsbereich piezoelektrischer Wandler ist die strukturelle Zustandsüberwachung von Bauwerken, Fahrzeugen und Anlagen. Hierbei werden Sensoren dauerhaft und zuverlässig in die Struktur integriert, um z. B. Spannungen, Dehnungen und Materialveränderungen kontinuierlich und mit hoher Empfindlichkeit messen zu können. So lassen sich mit geführten Ultraschallwellen makroskopische Risse oder Delaminationen, aber auch mesoskopische Alterungserscheinungen und Verformungsstrukturen erkennen. Wichtig ist dabei, dass der integrierte Wandler sowohl hinsichtlich seiner Funktionalität als auch seiner Zuverlässigkeit über die gesamte Lebensdauer des überwachten Bauteils sorgfältig ausgelegt und optimiert wird. Zudem muss sichergestellt sein, dass der Sensor selbst keine Strukturveränderungen und Schädigungen im Bauteil erzeugt. Die Richtcharakteristik eines integrierten Wandlers hängt neben den Einbettungsdetails insbesondere von seiner Größe, seiner Form und seiner Elektrodenkonfiguration ab. Das resultierende Wellenfeld kann somit im weiten Rahmen adaptiert und auf die individuelle Aufgabe hin optimiert werden. Dazu kommen spezielle akustische Simulationstools für eingebettete piezoelektrische Wandler zur Anwendung. Ein anderer wichtiger Aspekt betrifft die Einbettungstechnogie, die sowohl hinsichtlich der Geometrie der Sensoren und sensornahen Elektronik als auch hinsichtlich der verwendeten Materialien optimiert werden muss, um die auftretenden thermomechanischen Lastspitzen möglichst klein zu halten und somit die Lebensdauer des Messsystems zu erhöhen. Hierzu wurden spezielle FEM-basierte Modelle entwickelt, mit denen sich realistische thermomechanische Belastungsszenarien simulieren lassen.

FEM-basierte Belastungssimulationen





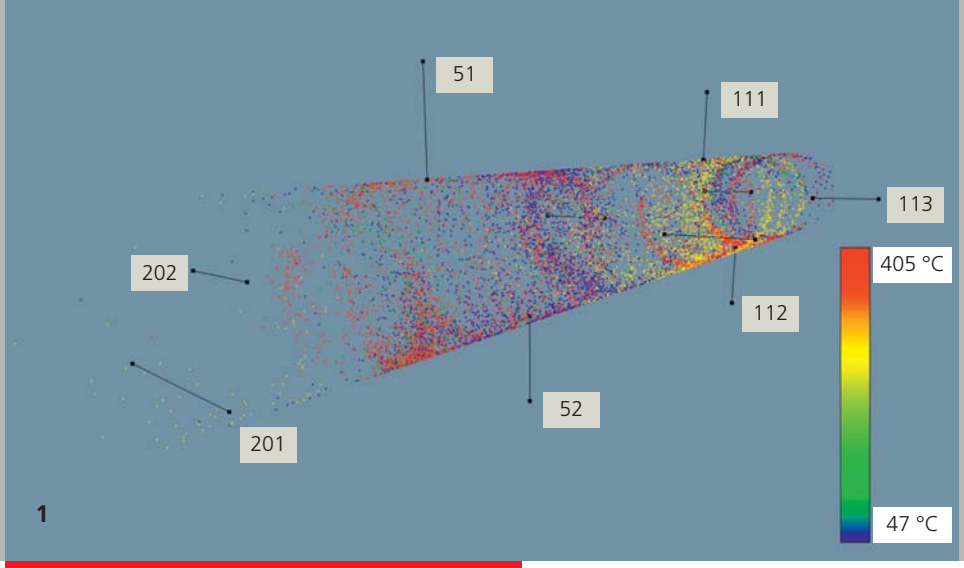
Die Ergebnisse der simulationsgestützten Optimierungen lassen sich abschließend experimentell verifizieren, wobei z. B. Laservibrometrie, elektrische Impedanzmessungen und zyklische Belastungstests zur Verfügung stehen.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Simulationsgestütztes Sensordesign
- Material- und Geometrieauswahl
- Optimierung von Einbettungstechnologie, Sensorfunktionalität und Zuverlässigkeit
- Experimentelle Verifizierung und Validierung im akkreditierten Prüflabor

1 *Gekrümmter Phased-Array-Wandler für die Vollwellenprüfung.*
2 *Phased-Array-Prüfkopf mit Keil zur Winkeleinschallung und mit Wasserankopplung.*
3 *Simuliertes Wellenfeld eines Piezofaserwandlers.*
4 *In CFK eingebettetes Piezosystem für die Zustandsüberwachung mit Lamb-Wellen.*

Kontakt Dr. Frank Schubert • Telefon +49 351 88815-523 • frank.schubert@ikts-md.fraunhofer.de



1

SHM FÜR DIE ENERGIEWENDE – VON HEISSEN ROHREN ZU GRÜNDUNGSSTRUKTUREN

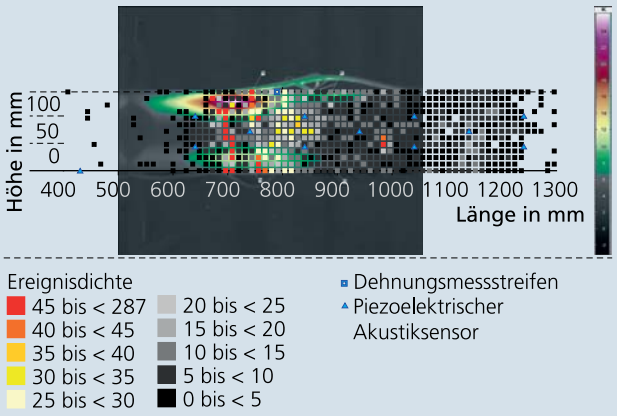
Dipl.-Ing. Bernd Frankenstein, M.Sc. Thomas Klesse, Dr. Lars Schubert, Dipl.-Geophys. Eberhard Schulze, Dr. Bianca Weihnacht

Die Energiewende ist in aller Munde – und auch Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten. Der Umstieg auf erneuerbare Energien bringt besondere Herausforderungen mit sich, sowohl für die bestehenden Primärenergiekraftwerke (Kohle, Öl, Gas) als auch für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen (On- und Offshore-Windkraftanlagen). Zur Erzeugung des Grundenergiebedarfs wurden früher konventionelle Kohle- und Kernkraftwerke mit möglichst konstanter Leistung betrieben. Die Bereitstellung der variierenden Energiespitzen übernahmen Gaskraftwerke, konnten diese doch relativ schnell ab- und zugeschaltet werden. Durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien mit Spitzen an sonnen- und windreichen Tagen reicht dieser Regelmechanismus nicht mehr aus, so dass auch Grundlastkraftwerke dynamisch gefahren werden müssen. Dies ist mit ständiger thermischer Wechselbeanspruchung der Rohrleitungssysteme durch Temperaturschwankungen verbunden, da üblicherweise mit Temperaturen bis 500 °C gearbeitet wird. Warmfeste Stähle ermüden schneller, wenn sie häufigen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt werden. Methoden der permanenten Strukturüberwachung (SHM – Structural Health Monitoring) helfen hier, Schäden frühzeitig zu erkennen.

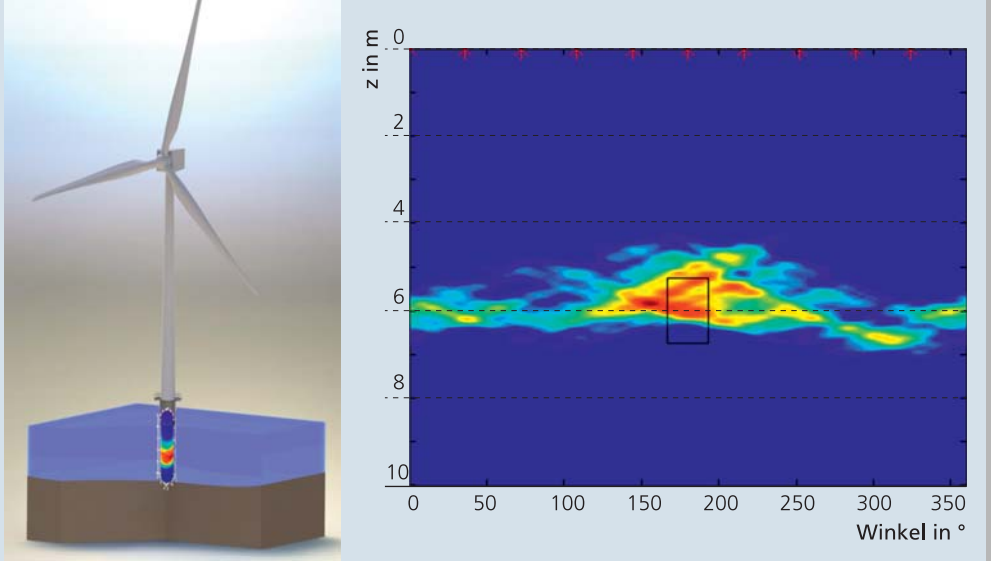
Besonders Offshore-Bauwerke sind hohen dynamischen Wechselbelastungen (infolge Wind, Wellen und Bauteilschwingungen aufgrund der Rotordynamik) ausgesetzt und im Schadensfall aufgrund aktueller Wettersituationen möglicherweise nicht erreichbar. Damit fällt eine Anlage im ungünstigsten Fall für längere Zeit aus. SHM-Methoden helfen hier, frühzeitig Schäden an Rotorblättern, Antriebsstrang, Getriebe und den Gründungsstrukturen zu erkennen.

Heiße Rohrleitungen können mittels Schallemissionsverfahren und permanent installierter Ultraschallwandler überwacht werden. Im Schadensfall führen Versetzungen innerhalb der Rohrwandung zum Auftreten akustischer Emissionen, die mit den angeschlossenen Wandlern lokalisiert werden können. Bild 1 stellt lokalisierte Schallemissionsereignisse an einem Test-Mockup im Kraftwerk Neurath dar und ordnet die Temperatur bei deren Auftreten farbcodiert zu. Es ist gut erkennbar, dass spezifische Bereiche des Rohrs bei Temperaturwechseln eine höhere Schallemissionsrate aufweisen. Neben den temperaturinduzierten Schallereignissen sind bei Betriebstemperaturen von 400 °C auch strömungsinduzierte Emissionen zu erkennen.

Akustische Emissionen während eines Balken-Ermüdungstests
(rot: hohe Ereignisdichte, schwarz: geringe Ereignisdichte; im Hintergrund eine Thermographieaufnahme nach dem Strukturversagen)



Auch in Faserverbundstrukturen können aktive und passive SHM-Verfahren zur Schadensanalyse genutzt werden, die auf



2

geführten Wellen als Sonderform der Ultraschallmessungen basieren. Der nebenstehenden Graphik liegt der dynamische Belastungstest eines Glasfaserkomposit-Balkens zugrunde, wie er in nahezu jedem Rotorblatt zur Stabilisation der Halbschalen verwendet wird. Im Hintergrund ist ein Thermographiebild eingeblendet, welches im Bereich der Schädigung der Klebenaht durch vermehrte Reibung der Kompositwerkstoffe höhere Temperaturen aufweist als in ungeschädigten Bereichen. Im Vordergrund sind die Bereiche erhöhter Schallemissionsraten durch eine gelb-rote Farbgebung gekennzeichnet. Die Lage dieser akustisch nachgewiesenen Schäden stimmt gut mit den Thermographie-Ergebnissen überein.

Für den Bau von Offshore-Windkraftanlagen existieren verschiedene Gründungsstrukturen. Bild 2 zeigt im linken Teil eine häufige Form, den Monopile. Innerhalb eines Monopiles existieren über eine Länge von bis zu 8 m Stahl-Beton-Stahl-Fügeverbindungen, die sogenannten Grout-Verbindungen. Diese sind hohen Wechselbelastungen ausgesetzt, die unter anderem der in 100 m Höhe befindliche Rotor in die Struktur einträgt. Im Fehlerfall können Ausbröckelungen entstehen, die diese Fügeverbindung in ihrer Qualität herabsetzen und Setzungen des Turms verursachen. Derartige Verbindungen sollen mit aktiv angeregtem Ultraschall überprüft werden. Das Bild 2 stellt das Ergebnis eines Synthetic-Aperture-Focusing-Technique-(SAFT)-Rekonstruktionsverfahrens dar, bei dem eine Schädigung auf dem Umfang der Grout-Verbindung lokalisiert werden konnte.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Problemangepasste Auslegung, Entwurf und Fertigung von SHM-Systemen zur Strukturüberwachung
- Simulation elastischer Wellenausbreitungsvorgänge und Fehlerinteraktionen mittels Ansys, EFIT und Wave3000
- Messtechnische Begleitung von Fatique-Tests an industriellen Großstrukturen
- Instrumentierung von Kraftwerkskomponenten, On- und Offshore-Windenergieanlagen (Zertifizierungen vorhanden)

1 *Geortete Schallemissions-Ereignisse an einer Heißdampfleitung bei unterschiedlichen Temperaturen (rot: 400 °C, blau: 50 °C).*

2 *Monopile-Windenergieanlage im Offshore-Bereich (links) und Abbildung von Materialfehlern durch ein bildgebendes Ultraschallverfahren (rechts).*

Kontakt Dipl.-Ing. Bernd Frankenstein • Telefon +49 351 88815-530 • bernd.frankenstein@ikts-md.fraunhofer.de



1

INSTITUTSTEIL MATERIALDIAGNOSTIK

KERAMISCHE LEUCHTSTOFFE FÜR DIE QUALITÄTS- UND PROZESSKONTROLLE

M. Sc. Manuela Reitzig, Dr. Olaf Röder, Dr. Jörg Opitz, Dr. Thomas Härtling

Hintergrund

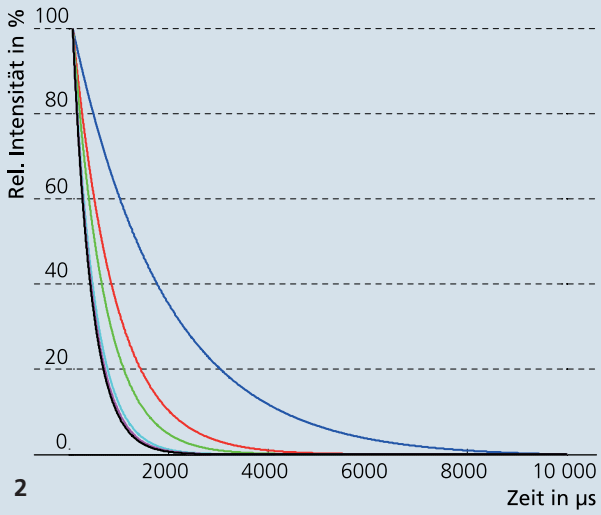
Keramische Leuchtstoffe zeigen als Reaktion auf optische Anregung – z. B. Laserbestrahlung – eine ausgeprägte Lumineszenz. Besonders interessant ist dabei der Fall der sogenannten Aufkonversionsmaterialien. In dieser Stoffklasse bewirkt das elektronische Zusammenspiel eines Wirtskristallgitters und eines Dotiermaterials, dass nach der Absorption zweier niederenergetischer Lichtquanten (Photonen) ein höherenergetisches Quant emittiert wird. Auf diese Weise wird Infrarotlicht im Kristallgitter in sichtbares Licht umgewandelt. Bild 1 zeigt das resultierende, gut sichtbare Leuchten der typischerweise pulverförmig vorliegenden Materialien als Punktcode auf einem metallischen Bauteil.

Materialeigenschaften

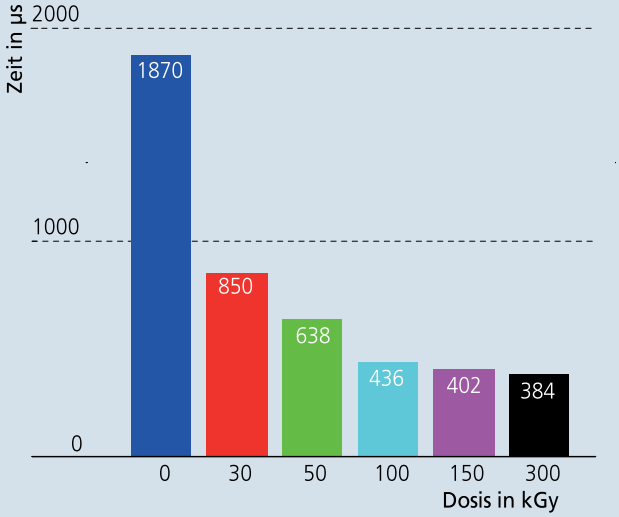
Neben der intensiven Emission von Licht zeichnen sich die Materialien durch eine hohe Robustheit aus. Da es sich vorwiegend um Oxide, Oxysulfide oder Fluoride handelt, sind verschiedene Leuchtstoffe auch bei hohen Temperaturen inert, unempfindlich gegen Feuchtigkeit und kompatibel in der Beimischung zu verschiedenen Matrixmaterialien, etwa Tinten oder Pasten. Eingesetzt werden häufig Pigmente von 1 bis 10 µm Partikelgröße, weshalb sehr dünne Beschichtungen bzw. die Integration in sehr dünne Schichten möglich sind. Von besonderer Bedeutung für verschiedene Anwendungen in der Prozesskontrolle ist die Sensitivität der Emissionsnachleuchtzeit nach externen Energieeinträgen. Spezielle Untergruppen der Aufkonversionsmaterialien verändern beispielsweise diese Nachleuchtzeit drastisch, wenn sie einer hochenergetischen Strahlung, etwa Elektronen- oder Gammastrahlung, ausgesetzt werden.

Konzept der Mikro- und Nanosensoren

Die verschiedenen Eigenschaften der Leuchtstoffe wurden in den vergangenen Jahren in der Arbeitsgruppe »Optische Prüfverfahren und Nanosensorik« intensiv untersucht (Fraunhofer ATTRACT-Programm). Aufkonversionsmaterialien sind dabei ein gutes Beispiel für den von der Arbeitsgruppe verfolgten Ansatz, optisch aktive Stoffe als mikro- und nanoskalige Sensoren für die Qualitätssicherung und Prozesskontrolle zu nutzen. Die Pigmente werden an oder in zu prüfende Produkte und Bauteile eingebracht. Sie liefern durch Veränderung ihrer optischen Eigenschaften Informationen über Materialzustände im Prüfobjekt, über die Prozesshistorie oder dienen der eindeutigen Markierung zur Chargenverfolgung und Fälschungssicherheit. Neben metallischen Nanopartikeln und Nanodiamanten werden auch keramische Leuchtstoffe eingesetzt. Am damaligen Dresdner Standort des Fraunhofer IZFP wurde bisher vorwiegend auf kommerziell erhältliche Partikel und Pigmente zurückgegriffen. Durch die Integration des Institutsteils in das Fraunhofer IKTS wird es möglich, die Wertschöpfungskette durch die Einstellung der optischen Materialeigenschaften in der Synthese keramischer Leuchtstoffe gezielt zu erweitern.
Auf diese Weise ist es zukünftig möglich, Kunden und Partnern des Instituts noch umfassendere Lösungen anzubieten und gemeinsam weiterreichende Wertschöpfung zu erzielen.



2



Produktmarkierung

Ein erstes interessantes Anwendungsfeld für keramische Leuchtstoffe stellt die Produktmarkierung dar: Insbesondere dort, wo Barcodes oder RFID-Lösungen aufgrund extremer Umgebungsbedingungen versagen oder wo eindeutige, fälschungssichere Markierungen notwendig sind. So kann etwa ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber hohen Temperaturen, Feuchte oder starken elektromagnetischen Feldern genutzt werden. In Bild 1 ist hierfür ein Beispiel aus der Automobilindustrie gezeigt. Markiert wurden metallische Fahrzeugkomponenten, welche bei mehr als 900 °C warmumgeformt werden. Die Markierung in Form eines Punktcodes wurde vor der Umformung aufgebracht und kann auch nach Durchlaufen des Prozesses einwandfrei ausgelesen werden. Das Bild zeigt die Lichtemission der Leuchtstoffe nach Laseranregung. Diese eindeutige Produktkennzeichnung erlaubt eine Chargenverfolgung selbst für Bauteile, die unter extremen Prozessbedingungen hergestellt werden. Nutzt man verschiedene, eigens synthetisierte Leuchtstoffe für den Punktcode, kann diese Kennzeichnung zusätzlich fälschungssicher ausgeführt werden.

Prozesskontrolle

Ein weiteres Anwendungsbeispiel der Leuchtstoffe ist in Bild 2 dargestellt. Hier ist die Nachleuchtzeit der Lichtemission nach kurzer Laserpulsanregung gezeigt. Untersucht wurden Materialien, die einer Elektronenbestrahlung mit unterschiedlichen Energiedosen ausgesetzt wurden. Gut zu erkennen ist der Zusammenhang zwischen Elektronendosis und Nachleuchtzeit – letztere nimmt mit zunehmender Bestrahlungsstärke ab. Diese Materialeigenschaft kann beispielsweise in der Dosisbestimmung bei der Elektronenstrahlsterilisation kompliziert geformter, schwer zugänglicher Oberflächen an medizinischen Produkten und deren Verpackungen sowie Lebensmittelverpackungen angewendet werden. Der Einsatz kommerzieller Dosismessstreifen ist in diesen Fällen häufig nicht möglich. Am damaligen Fraunhofer IZFP-D wurden 2013 durch Integration der Leuchtstoffe dosimetrisch aktive Verpackungen innerhalb eines durch Fraunhofer geförderten Projekts im Rahmen der Initiative »Märkte von Übermorgen« entwickelt. Damit ist nicht nur der Sterilisationserfolg direkt an der Produktverpackung nachweisbar, sondern auch die Validierung bzw. Revalidierung von Elektronenbestrahlungsanlagen möglich. Zur Sicherung der Qualität des gesamten Bestrahlungsprozesses wurden weiterhin geeignete Auslesesysteme und -elektroniken für die optischen Eigenschaften der Leuchtstoffe entwickelt. Auf dieser Basis wird aktuell die Integration sowohl der Markierungslösungen als auch der Dosimetrie in verschiedene Herstellungsprozesse umgesetzt.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Individuelle Kennzeichnungslösungen
- Materialintegration in Produkt oder Verpackung
- Prozessintegration des Prüfverfahrens

1 *Punktcode auf Basis keramischer Leuchtstoffe zur Chargenverfolgung metallischer Warmumformteile.*

2 *Verkürzung der Emissionsnachleuchtzeit aufgrund Elektronenbestrahlung eines geeigenten Markermaterials mit unterschiedlichen Energiedosen.*

Kontakt Dr. Thomas Härtling • Telefon +49 351 88815-555 • thomas.haertling@ikts-md.fraunhofer.de

KOOPERATIONSAUSBAU IN VERBÜNDEN, ALLIANZEN UND NETZWERKEN

Die Wissenschaftler des Fraunhofer IKTS sind in zahlreichen thematisch orientierten Netzwerken, Allianzen und Verbünden aktiv. Dadurch können wir unseren Kunden eine gemeinsame und koordinierte Leistung anbieten.

Mitgliedschaft in Fraunhofer-Verbünden, Allianzen, Netzwerken und Demonstrationszentren

AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V.

Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V. (AGEF)

Bundesverband Energiespeicher e.V.

Carbon Composites e.V. (CCeV)

Cool Silicon e.V.

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)

Deutsche Keramische Gesellschaft e.V. (DKG)

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)

Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP)

Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS)

DRESDEN-concept e.V.

Dresdner Fraunhofer-Cluster Nanoanalytik

Energy Saxony e.V.

Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB)

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS)

European Powder Metallurgy Association (EPMA)

Expertenkreis Hochtemperatursensorik in der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V.

Expertenkreis Keramikspritzguss (CIM) in der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V. (DKG)

Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Hochschulrat

Forschungsgesellschaft für Messtechnik, Sensorik und Medizintechnik e.V. Dresden (fms)

Förderkreis Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren e.V. (FAD)

Fraunhofer-Allianz Adaptronik

Fraunhofer-Allianz AdvanCer

Fraunhofer-Allianz Batterien

Fraunhofer-Allianz Energie

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

Fraunhofer-Allianz Numerische Simulation von Produkten, Prozessen

Fraunhofer-Allianz SysWasser

Fraunhofer-Allianz Vision

Fraunhofer-Netzwerk Sensorik

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS

Gesellschaft für Wissens- und Technologietransfer der TU Dresden mbH (GWT)

Gemeinschaft Thermisches Spritzen e.V. (GTS)

Gemeinschaftsausschuss Hochleistungskeramik der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. und der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V.

Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung e.V. (GFE)

Innovationszentrum Bahntechnik Europa e.V.

International Zeolite Association

International Energy Agency (IEA) Implementing Agreement on Advanced Fuel Cells

Informations- und Beratungszentrum TransNanoPowder

Kompetenzzentrum Luft- und Raumfahrttechnik Sachsen/ Thüringen e.V. (LRT)

Kompetenzzentrum nanoeva®

Materialforschungsverbund Dresden e.V. (MFD)

Meeting of Refractory Experts Freiberg e.V. (MORE)

Mikro-Nanotechnologie Thüringen e.V. (MNT)

NanoMat – überregionales NETZWERK für Materialien der Nanotechnologie

Nanotechnologie-Kompetenzzentrum »Ultradünne funktionale Schichten«

Netzwerk BioMeT Dresden

OptoNet e.V.

ProcessNet – eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC, Fachausschuss Produktionsintegrierte Wasser- und Abwassertechnik

Silicon Saxony e.V.

Treffpunkt Keramik Dresden

Verband der Wirtschaft Thüringens e.V. – Ausschuss für Forschung und Innovation

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)

WindEnergy Network Rostock e.V.

DER FRAUNHOFER-VERBUND WERKSTOFFE, BAUTEILE – MATERIALS

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfasst bei Fraunhofer die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Fertigungsverfahren im quasi-industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen.
In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors und Technika gleichrangig die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt, dies über alle Skalen vom Molekül bis zum Bauteil und zur Prozesssimulation. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund MATERIALS den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab.
Der Verbund setzt sein Know-how vor allem in den Geschäftsfeldern Energie & Umwelt, Mobilität, Gesundheit, Maschinen- & Anlagenbau, Bauen & Wohnen, Mikrosystemtechnik und Sicherheit ein. Über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen sowie die Bewertung des kundenspezifischen Einsatzverhaltens werden Systeminnovationen realisiert.

Ziele des Verbunds sind

- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- & Anlagenbau, Bauen & Wohnen
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung, Energiespeicherung und -verteilung
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik
- Verbesserung der Biokompatibilität und der Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien
- Verbesserung der Nutzung von Rohstoffen und Qualitätsverbesserung der daraus hergestellten Produkte
- Recyclingkonzepte

Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- Angewandte Polymerforschung IAP
- Bauphysik IBP
- Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Chemische Technologie ICT
- Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
- Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI
- Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- Silicatforschung ISC
- Solare Energiesysteme ISE
- System- und Innovationsforschung ISI
- Werkstoffmechanik IWM
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- Windenergie und Energiesystemtechnik IWES
- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM (Gastinstitut)
- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB (Gastinstitut)
- Integrierte Schaltungen IIS (Gastinstitut)

Verbundvorsitzender

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
www.materials.fraunhofer.de



1

DIE FRAUNHOFER-ALLIANZ ADVANCER

Systementwicklung mit Hochleistungskeramik

Der Einsatz von Hochleistungskeramik ermöglicht neue Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau, in der Medizintechnik sowie der Energietechnik. Dazu zählen beispielsweise hocheffiziente Werkzeuge und -beschichtungen, neuartige Material- und Fertigungstechnologien für medizintechnische Produkte sowie kreative Lösungen für energie- und ressourcenschonende Industrieprozesse. Keramische Hochleistungswerkstoffe haben sich als ausgewiesenes Kompetenzfeld der Fraunhofer-Gesellschaft etabliert.

In der Fraunhofer-Allianz AdvanCer haben die vier beteiligten Institute IKTS, IPK, ISC/HTL und IWM ihre Kompetenzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusammengefasst, um für Industrieunternehmen individuelle Systemlösungen unter Einsatz von Hochleistungskeramik zu erarbeiten. Die Kompetenz reicht von der anwendungsorientierten Entwicklung von Werkstoffen, Fertigungsprozessen und Bearbeitungstechnologien bis hin zur Bauteilcharakterisierung, Bewertung und zerstörungsfreien Prüfung unter Einsatzbedingungen. Dabei werden die Entwicklungsarbeiten auch mit Methoden der Modellierung und Simulation begleitet und unterstützt.

Weiterhin hat die Fraunhofer-Allianz AdvanCer ein umfassendes Präsentations-, Schulungs- und Beratungsangebot zur Hochleistungskeramik aufgebaut, um vor allem kleine und mittelständische Unternehmen bei komplexen Aufgabenstellungen von der Prototypentwicklung bis hin zum Technologietransfer zu unterstützen. Seit 2005 bietet AdvanCer ein dreiteiliges Schulungsprogramm für Techniker und Ingenieure an. Die Schulungsblöcke bauen aufeinander auf, können jedoch auch als Einzelseminare in Anspruch genommen werden.

Aufgabenspektrum

- Werkstoffentwicklung für Struktur- und Funktionskeramik, faserverstärkte Keramik, Cermets, Keramikverbunde
- Bauteilauslegung und Funktionsmusterentwicklung
- Systemintegration und Nachweis der Serienfähigkeit
- Pulver-, Faser- und Beschichtungstechnologien
- Werkstoff-, Bauteil- und Prozesssimulation
- Material- und Bauteilprüfung
- Fehlerbewertung, Schadensanalysen, Qualitätsmanagement
- Analyse des Energiebedarfs für thermische Prozesse und Entwicklung von Temperaturzyklen mit besserer Energieeffizienz
- Effizienzsteigerung durch Einsatz von Keramikkomponenten

Leistungsangebot

- Entwicklung, Prüfung und Bewertung von Werkstoffen
- Prototypenherstellung bis Kleinserienfertigung
- Methoden- und Technologieentwicklung, Technologietransfer
- Prozessanalyse und -gestaltung
- Beratung, Machbarkeitsstudien, Schulungen

Sprecher der Allianz

Dr. Michael Zins | michael.zins@ikts.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
www.advancer.fraunhofer.de

1 *Untersuchungen zum NC-Freiformschleifen eines Mikrogasturbinenrotors aus Si_3N_4 (Quelle: Fraunhofer IPK)*



TREFFPUNKT KERAMIK DRESDEN

Der Treffpunkt Keramik ist fester Bestandteil der Öffentlichkeitsarbeit des Instituts. Unternehmen nutzen den schnellen Zugang über den Treffpunkt Keramik zur Forschungsinfrastruktur der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Kooperation zwischen dem Fraunhofer IKTS, der TASK GmbH und den verschiedenen Mitgliedern ist die Basis für verschiedenste Industrieprojekte, von der Charakterisierung von Werkstoffen bis zum exklusiven Entwicklungsprojekt für die Serienproduktion. Die Möglichkeit in einem Raum die aktuellsten Forschungsthemen zu sehen und gleichzeitig den Kontakt zu potenziellen Lieferanten herstellen zu können, ist ein weiteres Alleinstellungsmerkmal für das Institut. Über die Fraunhofer-Allianz AdvanCer profitieren hiervon weitere Institute der Fraunhofer-Gesellschaft.

Zur Verstärkung der Sichtbarkeit der Branche wurde die Kooperation mit dem Göller Verlag verstärkt. Das neu entstandene Magazin »Ceramic Applications« ist dabei ein zentrales Element zur Anwenderinformation. Die Präsenz wird durch die Kooperation bei den geplanten Messeaktivitäten nochmals verbessert. Speziell das internationale Interesse anderer Verbände steigt. Ein Highlight war sicherlich der Besuch der südkoreanischen Staatspräsidentin, bei dem die Bedeutung der Technischen Keramik von der industriellen bis zur Life-Science-Anwendung präsentiert wurde.

Die Mitglieder im Treffpunkt Keramik

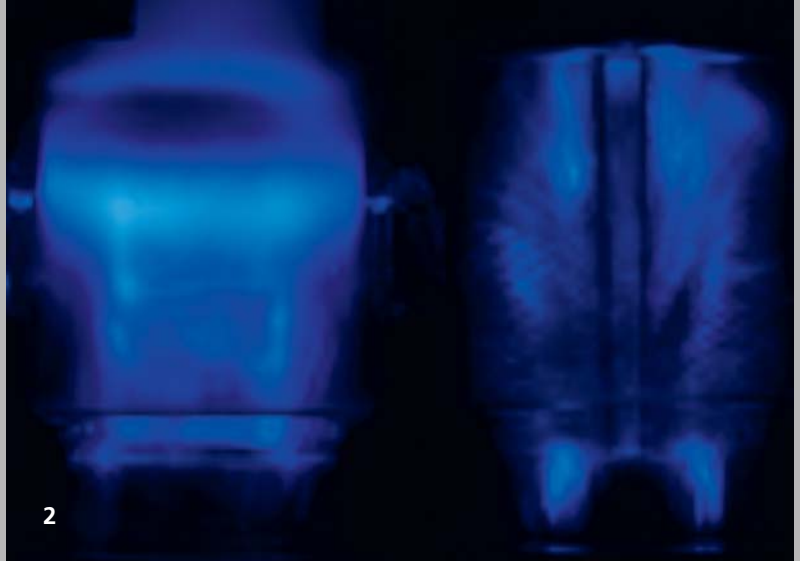
TASK
Technologie-Agentur
Struktur-Keramik

In den Seminarveranstaltungen und Schulungen des Demonstrationszentrums AdvanCer wird durch die Präsentation des Stands der Technik die von den Teilnehmern gewünschte Praxisnähe gesichert. Das Frauhofer IKTS sichert hierdurch, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, ein Projektforum, das die Kontakte zu Projektträgern und Forschungseinrichtungen vereinfacht. Durch die wechselseitige Einbindung in zahlreiche Veranstaltungen haben sich im Jahr 2013 mehr als 1800 Besucher in Dresden über Produktinnovationen und Bezugsquellen informiert.

www.task.info

1 *Präsentation des Treffpunkt Keramik beim Fraunhofer IKTS-Workshop »Additive Fertigung von Keramik«.*





TECHNISCHE UMWELTCHEMIE AN DER UNIVERSITÄT JENA

Mit der Besetzung des Lehrstuhls für Technische Umweltchemie am Institut für Technische Chemie und Umweltchemie (ITUC) der Friedrich-Schiller-Universität durch Prof. Dr. Michael Stelter wurde auch eine neue Arbeitsgruppe unter Leitung von Dr. Patrick Bräutigam gebildet. Dr. Bräutigam beschäftigt sich seit seiner Promotion 2011 mit der Untersuchung und Optimierung kavitationsgestützter Verfahren im Abwasserbereich. Die Arbeitsgruppe besteht derzeit neben den Leiter aus einem promovierten Wissenschaftler, einer Doktorandin sowie vier Diplomanden bzw. Masterstudenten.

Kavitation in der Reaktionstechnik

Die Kavitation steht im Mittelpunkt der Arbeiten. Es werden neben der klassischen Generation von Kavitationsblasen durch Ultraschallwellen auch alternative hydrodynamische Ansätze sowie deren Kombination untersucht und weiterentwickelt. Hierzu werden auch entsprechende Reaktoren vom Labor- bis zum Industriemaßstab entwickelt, getestet und für verschiedene Anwendungen angepasst und optimiert. Untersucht werden unter anderem die Anwendungspotenziale der gezielten Erzeugung von Kavitation im Bereich der Wassertechnologie. Beispielsweise sollen die beim Kollaps der Kavitationsblasen in situ gebildeten Hydroxylradikale zum oxidativen Abbau von Mikroschadstoffen in kommunalen Kläranlagen und bei der Industrieabwasserbehandlung genutzt werden. So können Arzneimittelrückstände, Hormone und Antibiotika, aber auch Industriechemikalien und Rückstände von Körperpflegeprodukten wie Triclosan abgebaut werden. Zudem wird der Einsatz von Kavitation in der Klärschlamm- bzw. Biomassedesintegration wird gemeinsam mit Industrieunternehmen und Anwendern weiterentwickelt. Weiterhin wird der Einsatz von Kavitation in der chemischen Verfahrenstechnik und in der Stofftrennung untersucht. Ein aktuelles Beispiel ist die Umesterung von Pflanzenölen zu Biodiesel in einer kompakten Anlage als kontinuierliches Verfahren mit Hilfe der hydrodynamisch-akustischen Kavitation.

Das breite Anwendungsspektrum kavitationsgestützter Prozesse und Verfahren soll in Zukunft gemeinsam mit dem IKTS weiter ausgebaut werden. Erste Forschungsansätze, die in Kooperation untersucht werden sollen, wurden bereits entwickelt.

Ansprechpartner

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Institut für Technische Chemie und Umweltchemie
Lehrstuhl für Technische Umweltchemie

Prof. Dr. Michael Stelter
michael.stelter@uni-jena.de

Dr. Patrick Bräutigam
patrick.braeutigam@uni-jena.de

www.uni-jena.de

1 *Reaktor zur Erzeugung von hydrodynamisch-akustischer Kavitation (HAC-Reaktor).*
2 *Einsatz von Luminol zur Visualisierung der Kavitationsfelder in Reaktoren.*

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

Erteilte Patente 2013

Adler, J.; Standke, G.
Offenzellige Siliciumcarbid-Schaumkeramik und Verfahren zu ihrer Herstellung
EP 1 341 739 B1

Andrä, W.; Brand, M.; Lausch, H.; Werner, C.
Anordnung und Verfahren zum Erkennen und Klassifizieren von vorzugsweise verdeckten Gegenständen in Objekt- und/oder Personenströmen
US 8 188 733 B2

Bednarz, M.; Paulus-Rodatz, U.
Elektrode für eine Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle und Verfahren zu ihrer Herstellung
JP 5280358 B2

Berneth, H.; Jonas, F.; Kirchmeyer, S.; Merker, U.; Michaelis, A.; Neigl, R.
Elektrochrome Vorrichtung
DE 101 48 438 B4

Boden, G.; Thiele, S.; Nebelung M.
Verfahren zur Dispergierung und Passivierung von feinteiligen Pulvern in Wasser und wässrigen Medien
IL 178780

Brand, M.; Lausch, H.; Werner, C.
Verfahren und Anordnung zur Steuerung eines Roboters anhand eines Objektes
EP 2 460 058 B1

Burmeister, U.; Wagner, W.
Dichtungsvorrichtung für eine Brennstoffzellenanordnung
US 8 460 837 B2

Capraro, B.; Rahming, A.; Rothe, P.; Töpfer, J.
Verfahren zur Herstellung und Magnetisierung permanentmagnetischer Folien
DE 199 10 182 B4

Endler, I.; Höhn, M.
Beschichtete Körper aus Metall, Hartmetall, Cermet oder Keramik sowie Verfahren zur Beschichtung derartiger Körper
DE 10 2009 028 579 B4

Endler, I.; Höhn, M.
Beschichtete Körper aus Metall, Hartmetall, Cermet oder Keramik sowie Verfahren zur Beschichtung derartiger Körper
EP 2 499 275 B1

Fischer, M.; Bartsch de Torres, H.; Hoffmann, M.; Müller, J.; Capraro, B.; Barth, S.
Silizium-Keramik-Verbundsubstrat
US 8 391 013 B2

Grzesiak, A.; Refle, O.; Richter, H.-J.; Lenk, R.
Vorrichtung und Verfahren zur Beschickung einer Materialschicht auf eine Bauplattform oder auf wenigstens eine auf der Bauplattform befindlichen Materialschicht zur Herstellung eines Gegenstandes im Wege eines generativen Herstellungsverfahrens
EP 2 440 386 B1

Heddrich, M.; Marschallek, F.; Beckert, W.; Pfeifer, T.; Stelter, M.; Jahn, M.; Pönicke, A.; Lorenz, C.; Belitz, R.
Festoxid-Brennstoffzellensystem
EP 2 462 646 B1

Herrmann, M.; Standke, G.; Himpel, G.; Höhn, S.; Kunze, S.
Feuerfestwerkstoff für Hochtemperaturanwendungen, Verfahren zu seiner Herstellung sowie seine Verwendung
DE 10 2012 005 088 B4

Herrmann, M.; Bales, A.; Weise, B.
Keramischer Sialon-Werkstoff mit homogenem Gefüge, Verfahren zu dessen Herstellung und dessen Verwendung
DE 10 2006 059 401 B4

Huppmann, G.
Gasverteilervorrichtung und Brennstoffzellenanordnung mit einer solchen Vorrichtung
DE 10 2009 057 339 B4

Klemm, H.; Petasch, U.
Verfahren zur Herstellung eines Werkzeuges für die Handhabung von Bauteilen mit Eisen im Hochtemperaturbereich
DE 10 2005 034 128 B4

Kroll, L.; Elsner, H.; Heinrich, M.; Drossel, W.-G.; Schönecker, A.
Verfahren zur Herstellung eines piezokeramischen Funktionsmodules
EP 2 483 942 B1

Kusnezoff, M.; Waeschke, U.
Kontaktelement für eine elektrisch leitende Verbindung zwischen einer Anode und einem Interkonnektor einer Hochtemperaturbrennstoffzelle
EP 2 412 050 B1

Kusnezoff, M.; Ziesche, S.; Paepke, A.
Verfahren zur Bestimmung von Diffusions- und/oder Austauschkoeffizienten eines Werkstoffs
US 8 368 411 B2

Kusnezoff, M.; Sauchuk, V.; Trofimenko, N.
Werkstoff für Schutzschichten auf hochtemperaturbelastbaren, chromoxidbildenden Substraten, ein Verfahren zu seiner Herstellung sowie Verwendung
CN 101679125 B; US 8 366 972 B2

Kusnezoff, M.; Michaelis, A.; Stelter, M.
Wiederholeinheit für einen Stapel elektrochemischer Zellen, Stapelanordnung und Verfahren zum Herstellen einer Wiederholeinheit
JP 5295959 B2

Kusnezoff, M.; Reuber, S.
Hochtemperaturbrennstoffzellensystem
US 8 512 901 B1

Luthardt, R.G.; Johannes, M.
Verfahren zur Herstellung mehrschichtig aufgebauten Zahnersatzes
CN 101299973 B

Luthardt, R.G.; Rudolph, H.; Johannes, M.; Voigtsberger, B.

Verfahren zur Herstellung von Implantaten und Komponenten durch direkte Formgebung
JP 5 250 741 B2

Moritz, T.
Verfahren zur Herstellung eines leichtgewichtigen Grünkörpers, danach hergestellter leichtgewichtiger Grünkörper und Verfahren zur Herstellung eines leichtgewichtigen Formkörpers
DE 10 2008 000 100 B4

Partsch, U.; Wolter, M.; Männel, D.; Jurk, R.; Goldberg, A.
3D Mikro-Strukturierung zur Erzeugung von Misch- und Kanalstrukturen in Multilayertechnologie zur Verwendung in oder zum Aufbau von Reaktoren
EP 2 464 448 B1

Sauchuk, V.; Otschik, P.; Eichler, K.; Kusnezoff, M.
Katalytisch aktives Bauelement für Thermoionisationsdetektoren zum Nachweis von halogenhaltigen Verbindungen und Verfahren zur Herstellung eines oxidkeramischen Werkstoffes für das Bauelement
US 8 618 018 B2

Scheithauer, U.; Ahlhelm, M.; Moritz, T.
Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus pulverförmigem keramischem oder metallischem Werkstoff
DE 10 2012 004 442 B3

Scheithauer, U.; Richter, H.-J.; Moritz, T.
Vorrichtung zur Herstellung von Grünfolien aus keramischem und/oder metallischem Werkstoff
DE 10 2011 120 546 B4

Schönecker, A.; Gebhardt, S.; Partsch, U.
Aktorisch wirksames oder aktorisch wirksames und sensitives Element, Verfahren zu seiner Herstellung sowie seine Verwendung
DE 10 2007 051 075 B4

Sprung, J.; König, N.; Adler, J.; Standke, G.; Bergmann, G.
Vorrichtung und Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten
DE 102 15 734 B4

Patentanmeldungen 2013

Abel, J.; Scheithauer, U.
Verfahren zur Herstellung von gesinterten Bauteilen

Adler, J.; Heymer, H.
Verfahren zum Recycling von pulverförmigen Siliciumcarbid-Abfallprodukten

Bramlage, B.; Ernst, D.; Gebhardt, S.
Biegeelementanordnung sowie deren Verwendung

Dietzen, E.; Trofimenko, N.; Kusnezoff, M.; Sauchuk, V.
Kathoden-Elektrolyt-Anodeneinheit von Hochtemperatur-Brennstoffzellen

Fahland, M.; Graffel, B.; Mattausch, G.; Winckler, F.; Weiss, S.; Mosch, S.; Jurk, R.
Verfahren zum Ausbilden einer elektrisch leitfähigen Struktur auf einem Kunststoffsubstrat

Kriegel, R.; Kircheisen, R; Lampinen, M.; Ristimäki, V.
Anordnung und Verfahren zur Durchführung einer intensivierten Verbrennung

Kriegel, R.
Membrantrennverfahren und Membrananlage zur energieeffizienten Erzeugung von Sauerstoff

Kriegel, R.
Verfahren und Membranmodul zur energieeffizienten Sauerstofferzeugung in der Biomassevergasung

Lausch, H.; Brand, M.; Arnold, M.
Magnetokalorischer Schalter, magnetokalorischer Induktor sowie Verfahren zur Bereitstellung elektrischer Energie

Neumeister; P.
Elektrokalorische Anordnung

Wätzig, K.; Kinski, I.
Konversionselement für ein optisches oder optoelektronisches Bauelement und Verfahren zu seiner Herstellung

Buch- und Zeitschriftenbeiträge

Adler, J.; Petasch, U.
Diesel particulate filters
Somiya, S.: Handbook of advanced ceramics. Materials, applications, processing, and properties. 2nd ed. San Diego/Calif.: Elsevier Science (2013), S.585-606

Ahlhelm, M.; Richter, H.-J.; Haderk, K.
Selective laser sintering as an additive manufacturing method for manufacturing ceramic components
Journal of Ceramic Science and Technology 4(2013), Nr.1, S.33-40

Ahlhelm, M.
Aus Bruch mach neu – Innovative Implantate haben das Potential, sich in Knochensubstanz umzuwandeln
Weiter.vorn (2013), Nr.4 Strom reloaded, S.16-17

Berger, L.-M.; Toma, F.-L.; Potthoff, A.
Thermal spraying with suspensions – an economic spray process
Thermal Spray Bulletin 6(2013), Nr.2, S.98-101

Bonse, J.; Mann, G.; Krüger, J.; Marcinkowski, M.; Eberstein, M.
Femtosecond laser-induced removal of silicon nitride layers from doped and textured silicon wafers used in photovoltaics
Thin Solid Films 542(2013), S.420-425

Böttge, D.; Standke, G.; Füssel, A.; Adler, J.
Functionalization of open-celled foams by homogeneous slurry based coatings
Journal of Materials Research 28(2013), Nr.17, S.2220-2233

Böttge, D.
Werkstoffliche und keramtechnologische Aspekte von funktionalen Beschichtungen auf hochporösen Keramikträgern
Michaelis, A.(Hrsg.), Fraunhofer IKTS Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013 (Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe 18)
Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2013
ISBN 978-3-8396-0619-3

Dzepina, B.; Sigalas, I.; Herrmann, M.; Nilen, R.
The aqueous electrophoretic deposition (EPD) of diamond-diamond laminates
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 36(2013), Nr.1, S.126-129

Endler, I.; Höhn, M.; Schmidt, J.; Scholz, S.; Herrmann, M.;

Knaut, M.
Ternary and quarternary TiSiN and TiSiCN nanocomposite coatings obtained by Chemical Vapor Deposition
Surface and Coatings Technology 215(2013), S.133-140

Eßlinger, S.; Neumeister, P.; Schönecker, A.
Effect of temperature path on the poling of commercial hard PZT ceramics and its implication for mass production
Journal of Ceramic Science and Technology 4(2013), Nr.4, S.213-216

Fabrichnaya, O.; Pavlyuchkov, D.; Neher, R.; Herrmann, M.; Seifert, H.J.
Liquid phase formation in the system Al_2O_3-Y_2O_3-AlN. Pt.II: Thermodynamic assessment
Journal of the European Ceramic Society 33(2013), Nr.13-14, S.2457-2463

Feng, B.; Martin, H.-P.; Michaelis, A.
In situ preparation and thermoelectric properties of B_4C_1-x-TiB_2 composites
Journal of Electronic Materials 42(2013), Nr.7, S.2314-2319

Freund, S.; Gaal, A.
AdvanCer Newsletter. Ausgaben 2013/1, 2, 3
Dresden: Fraunhofer-Allianz AdvanCer, 2013

Gago, R.; Vázquez, L.; Palomares, F.J.; Agulló-Rueda, F.; Vinnichenko, M.; Carcelén, V.; Olvera, J.; Plaza, J.L.; Diéguez, E.
Self-organized surface nanopatterns on Cd(Zn)Te crystals induced by medium-energy ion beam sputtering
Journal of Physics. D. Applied Physics 46(2013), Nr.45, Art.455302

Garrett, J.C.; Sigalas, I.; Herrmann, M.; Olivier, E.J.; O'Connell, J.H.
cBN reinforced Y-alpha-SiAlON composites
Journal of the European Ceramic Society 33(2013), Nr.11, S.2191-2198

Gebhardt, S.; Ernst, D.; Bramlage, B.; Flössel, M.; Schönecker, A.
Integrated piezoelectrics for smart microsystems – A teamwork of substrate and piezo
Advances in Science and Technology 77(2013), S.1-10

Gebhardt, S.; Flössel, M.; Lieske, U.; Klesse, T.; Schönecker, A.
Compact structural health monitoring transducers made by ceramic multilayer technology
Ferroelectrics 446(2013), Nr.1, S.107-117

Glage, A.; Weigelt, C.; Räthel, J.; Biermann, H.
Influence of matrix strength and volume fraction of Mg-PSZ on the cyclic deformation behavior of hot pressed TRIP/TWIP-matrix composite materials
Advanced Engineering Materials 15(2013), Nr.7, S.550-557

Grasso, S.; Pötschke, J.; Richter, V.; Maizza, G.; Sakka, Y.; Reece, M.J.
Low-temperature spark plasma sintering of pure nano wc powder
Journal of the American Ceramic Society 96(2013), Nr.6, S.1702-1705

Grehn, M.; Seuthe, T.; Reinhardt, F.; Höfner, M.; Griga, N.; Eberstein, M.; Bonse, J.
Debris of potassium-magnesium silicate glass generated by femtosecond laser-induced ablation in air: An analysis by near edge X-ray absorption spectroscopy, micro Raman and energy dispersive X-ray spectroscopy
Applied Surface Science (2013), doi:10.1016/j.apsusc.2013.10.028, online first

Grehn, M.; Seuthe, T.; Tsai, W.J.; Höfner, M.; Achtstein, A.W.; Mermillod-Blondin, A.; Eberstein, M.; Eichler, H.J.; Bonse, J.
Nonlinear absorption and refraction of binary and ternary alkaline and alkaline earth silicate glasses
Optical Materials Express 3(2013), Nr.12, S.2132-2140

Grehn, M.; Reinhardt, F.; Bonse, J.; Eberstein, M.; Seuthe, T.
Response to "comment on 'Femtosecond laser-induced modification of potassium-magnesium silicate glasses: An analysis of structural changes by near edge x-ray absorption spectroscopy'"
Applied Physics Letters 102(2013), Nr.19, Art.196102

Günther, C.; Stachel, D.; Bogomolova, L.D.
Spectral investigation of crystalline ($CuHPO_4$, $Cu_2P_4O_{12}$ and $Cu_2P_8O_{22}$) and glassy copper phosphates
Advances in Condensed Matter Physics (2013), Art.297504

Gutzeit, N.; Müller, J.; Reinlein, C.; Gebhardt, S.
Manufacturing and characterization of a deformable membrane with integrated temperature sensors and heating structures in low temperature co-fired ceramics
International Journal of Applied Ceramic Technology 10(2013), Nr.3, S.435-442

Hampel, U.; Dittmeyer, R.; Patyk, A.; Wetzel, T.; Lange, R.; Freund, H.; Schwieger, W.; Grünewald, M.; Schlüter, M.; Petasch, U.
Die Helmholtz-Energie-Allianz Energieeffiziente Chemische Mehrphasenprozesse
Chemie-Ingenieur-Technik 85(2013), Nr.7, S.992-996

Heddrich, M; Jahn, M.; Michaelis, A.; Näke, R.; Weder, A.
SOFC system design using ideal efficiency modeling – model and experimental implementation
Fuel Cells 13(2013), Nr.4, S.612-622

Herrmann, M.; Sigalas, I.; Thiele, M.; Kleebe, H.-J.; Michaelis, A.; Müller, M.M.
Boron suboxide ultrahard materials
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 39(2013), S.53-60

Herrmann, M.
Ceramic bearings and seals
Somiya, S.: Handbook of advanced ceramics. Materials, applications, processing, and properties. 2nd ed. San Diego/Calif.: Elsevier Science (2013), S.301-328

Herrmann, M.; Räthel, J.; Berger, L.-M.
On the possibility of the incorporation of Al into the WC lattice
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 41(2013), S.495-500

Herrmann, M.
Corrosion of silicon nitride materials in aqueous solutions
Journal of the American Ceramic Society 96(2013), Nr.10, S.3009-3022

Heubner, C.; Schneider, M.; Lämmel, C.; Langklotz, U.; Michaelis, A.
In-operando temperature measurement across the interfaces of a lithium-ion battery cell
Electrochimica Acta 113(2013), S.730-734

Jahn, M.; Heddrich, M.; Weder, A.; Reichelt, E.; Lange, R.
Oxidative dry-reforming of biogas: Reactor design and SOFC system integration
Energy Technology 1(2013), Nr.1, S.48-58

Kahle, I.; Tröber, O.; Richter, H.; Spange, S.
Synthesis and optical properties of naphthopyran dyes conjugated with fluorescent stilbazolium moieties
New Journal of Chemistry 37(2013), Nr.5, S.1479-1485

Krell, A.; Brendler, E.
Influences of cation disorder in commercial spinel powders studied by 27Al MAS NMR on the sintering of transparent $MgAl_2O_4$ ceramics
Journal of Ceramic Science and Technology 4(2013), Nr.2, S.51-58

Krell, A.; Straßburger, E.; Hutzler, T.; Klimke, J.
Single and polycrystalline transparent ceramic armor with different crystal structure
Journal of the American Ceramic Society 96(2013), Nr.9, S.2718-2721

Kusnezoff, M.; Schiel, J.
Solid oxide fuel cell industry and technology in Europe, Japan and the USA
Ceramic forum international: CFI. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 90(2013), Nr.6-7, S.E27-E33

Kusnezoff, M.; Michaelis, A.; Schiel, J.
Solid oxide fuel cell industry and technology in Europe, Japan and the USA
Ceramic Applications 1(2013), Nr.2, S.34-41

Lämmel, C.; Schneider, M.; Weiser, M.; Michaelis, A.
Investigations of electrochemical double layer capacitor (EDLC) materials – a comparison of test methods
Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013), Nr.7, S.641-649

Langklotz, U.; Schneider, M.; Michaelis, A.
Water uptake of tape-cast cathodes for lithium ion batteries
Journal of Ceramic Science and Technology 4(2013), Nr.2, S.69-76

Lenz, M.; Gust, N.; Wolf, M.; Kühnicke, E.; Rödig, T.
Transducer characterization by sound field measurements
IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics and frequency control 60(2013), Nr.5, S.998-1009

Lohrengel, M.M.; Rataj, K.P.; Schubert, N.; Schneider, M.; Höhn, S.; Michaelis, A.; Hackert-Oschätzchen, M.; Martin, A.; Schubert, A.
Electrochemical machining of hard metals – WC/Co as example
Powder Metallurgy (2013), doi: 10.1179/1743290113Y.0000000062, online first

Lomtscher, A.; Jobst, K.
Optimierung von Mischprozessen – Zusammenhang zwischen Strömungsprozess und Substrateigenschaften
GIT Labor-Fachzeitschrift (2013), Nr.12, S.772-775

Ma, M.; Müller, M.; Richter, J.; Kriegel, R.; Böhning, D.; Beckmann, M.; Glüsing, J.; Ruhe, N.
Investigation of combined catalyst and oxygen carrier systems for the partial oxidation of naphthalene as model tar from biomass gasification
Biomass and Bioenergy 53(2013), S.65-71

Mannschatz, A.; Müller-Köhn, A.; Moritz, T.; Klimke, J.; Krell, A.; Michaelis, A.
Powder injection molding of submicron grained translucent alumina
Ceramic forum international: CFI. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 90(2013), Nr.8/9, S.E39-E43

McKie, A.; Herrmann, M.; Sigalas, I.; Sempf, K.; Nilen, R.
Suppression of abnormal grain growth in fine grained polycrystalline diamond materials (PCD)
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 41(2013), S.66-72

Meyer, A.
Einfluss der Mahlung auf die Stabilität von Böhmit in wässrigen Suspensionen
Michaelis, A.(Hrsg.), Fraunhofer IKTS Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013 (Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe 15)
Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2012
ISBN 978-3-8396-0535-6

Naidoo, M.; Johnson, O.; Sigalas, I.; Herrmann, M.
Preparation of Ti-Ta-(C,N) by mechanical alloying Ti(C,N) and TaC
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 37(2013), S.67-72

Neher, R.; Gestrich, T.; Klimke, J.; Herrmann, M.
Comparative study of the sintering kinetic of alumina by kinetic field of response, master curve and thermokinetic
High Temperatures, High Pressures 42(2013), Nr.4, S.349-365

Neher, R.; Herrmann, M.; Fabrichnaya, O.; Pavlyuchkov, D.; Seifert, H.J.
Liquid phase formation in the system AlN-Al_2O_3-Y_2O_3. Pt.I: Experimental investigations
Journal of the European Ceramic Society 33(2013), Nr.13-14, S.2447-2455

Neubert, M.; Cornelius, S.; Fiedler, J.; Gebel, T.; Liepack, H.; Kolitsch, A.; Vinnichenko, M.
Overcoming challenges to the formation of high-quality polycrystalline TiO_2:Ta transparent conducting films by magnetron sputtering
Journal of Applied Physics 114(2013), Nr.8, Art.083707

Nicolai, M.; Eßlinger, S.; Schönecker, A.
Identification of process parameters for efficient poling of PZT ceramics for mass production
Journal of Electroceramics (2013), doi:10.1007/s10832-013-9866-0, online first

Oberländer, A.; Kinski, I.; Zhu, W.; Pezzotti, G.; Michaelis, A.
Structure and optical properties of cubic gallium oxynitride synthesized by solvothermal route
Journal of Solid State Chemistry 200(2013), S.221-226

Pfeifer, T.; Nousch, L.; Lieftink, D.; Modena, S.
System design and process layout for a SOFC micro-CHP unit with reduced operating temperatures
International Journal of Hydrogen Energy 38(2013), Nr.1, S.431-439

Pönicke, A.; Schilm, J.; Triebert, A.; Sempf, K.; Gestrich, T.; Martin, H.-P.
Aktivlöten von Kupfer mit Aluminiumnitrid- und Siliziumnitridkeramik, Teil 2
Keramische Zeitschrift 65(2013), Beilage Handbuch der Keramik (2013), Gruppe II K 4.4, Folge 463

Pönicke, A.
Löten von Keramik-Metall-Verbunden mit Reaktivloten an Luft und deren Alterungsverhalten bei hohen Temperaturen
Michaelis, A.(Hrsg.), Fraunhofer IKTS Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013 (Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe 19)
Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2013
ISBN 978-3-8396-0658-2

Qiao, Z.; Räthel, J.; Berger, L.-M.; Herrmann, M.
Investigation of binderless WC-TiC-Cr_3C_2 hard materials prepared by spark plasma sintering (SPS)
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 38(2013), S.7-14

Rabbow, T.; Schneider, M.; Michaelis, A.; Decker, M.; Vonau, W.; Konat-Stepowicz, J.; Eichler, R.
Untersuchungen von Preußisch Blau-modifizierten Elektroden zur H_2O_2-Bestimmung
Technisches Messen 80(2013), Nr.7/8, S.229-235

Reimann, T.; Töpfer, J.; Barth, S.; Bartsch, H.; Müller, J.
Low-temperature sintered NTC thermistor ceramics for thick-film temperature sensors
International Journal of Applied Ceramic Technology 10(2013), Nr.3, S.428-434

Reinlein, C.; Appelfelder, M.; Gebhardt, S.; Beckert, E.; Eberhardt, R.; Tünnermann, A.
Thermomechanical design, hybrid fabrication, and testing of a MOEMS deformable mirror
Journal of Micro/Nanolithography, MEMS and MOEMS 12(2013), Nr.1, Art.013016

Roesslein, M.; Richter, V.; Wick, P.; Krug, H.F.
Nanomaterials and ceramic nanoparticles – use without side-effects?
Journal of Ceramic Science and Technology 4(2013), Nr.2, S.123-130

Rösler, G.; Rösler, J.; Schirmer, P.; Häusler, A.; Fischer, G.; Blätter, M.
Ressourceneffiziente Keramik-Niedrigtemperatursinterung
Woidasky, J.; Ostertag, K.; Stier, C.(Hrsg.), Innovative Technologien für Ressourceneffizienz in rohstoffintensiven Produktionsprozessen, Stuttgart: Fraunhofer Verlag (2013), S.281-299

Rohde, M.; Hemberger, F.; Bauer, T.; Blumm, J.; Fend, T.; Hausler, T.; Hammerschmidt, U.; Hohenauer, W.; Jaenicke-Rößler, K.; Kaschnitz, E.; Pfaff, E.; Pintsuk, G.
Intercomparison of thermal diffusivity measurements on CuCrZr and PMMA
High Temperatures, High Pressures 42(2013), Nr.6, S.469-474

Rost, A.
Entwicklung degradationsstabiler Glaslote für keramische Hochtemperaturbrennstoffzellen
Michaelis, A.(Hrsg.), Fraunhofer IKTS Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013 (Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe 17)
Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2012
ISBN 978-3-8396-0561-5

Schneider, M.; Schubert, N.; Höhn, S.; Michaelis, A.
Anodic dissolution behaviour and surface texture development of cobalt under electrochemical machining conditions
Electrochimica Acta 106(2013), S.279-287

Schneider, M.; Lämmel, C.; Heubner, C.; Michaelis, A.
Anomalies in high-field growth of aluminium oxide using pulse anodizing
Surface and Interface Analysis 45(2013), Nr.10, S.1497-1502

Schneider, M.; Schroth, S.; Richter, S.; Schubert, N.; Michaelis, A.
Elektrochemische Bearbeitung (ECM) von Titan in einer ionischen Flüssigkeit
Galvanotechnik 104(2013), Nr.4, S.744-750

Schneider, M.; Lämmel, C.; Heubner, C.; Michaelis, A.
In situ temperature measurement on the metal/oxide/electrolyte interface during the anodizing of aluminum
Materials and Corrosion 64(2013), Nr.1, S.60-68

Schneider, M.; Kremmer, K.; Weidmann, S.K.; Fuerbeth, W.
Interplay between parameter variation and oxide structure of a modified PAA process
Surface and Interface Analysis 45(2013), Nr.10, S.1503-1509

Schneider, M.; Weiser, M.; Dörfler, S.; Althues, H.; Kaskel, S.; Michaelis, A.
Pulse plating of platinum on aligned multiwalled carbon nanotubes
Surface Engineering 29(2013), Nr.6, S.427-433

Schneider, M.; Langklotz, U.; Michaelis, A.
Spectroscopic reflectometry as in-operando method for thickness determination of anodic oxide films on titanium
Surface and Interface Analysis 45(2013), Nr.8, S.1247-1251

Schneider, M.; Kremmer, K.; Matthey, B.
Electrochemical deposition and microstructure characterization of lead-tin-layers
Journal for Electrochemistry and Plating Technology: JEPT (2013), June, S.3-14

Schubert, N.; Schneider, M.; Michealis, A.
The mechanism of anodic dissolution of cobalt in neutral and alkaline electrolyte at high current density
Electrochimica Acta 113(2013), S.748-754

Seuthe, T.; Grehn, M.; Mermillod-Blondin, A.; Eichler, H.J.; Bonse, J.; Eberstein, M.
Structural modifications of binary lithium silicate glasses upon femtosecond laser pulse irradiation probed by micro-Raman spectroscopy
Optical Materials Express 3(2013), Nr.6, S.755-764

Standke, G.; Adler, J.; Herrmann, M.; Höhn, S.; Himpel, G.; Kunze, S.; Heymer, H.
Heat-resistant silicon carbide refractories for gasification reactors
Refractories Worldforum 5(2013), Nr.4, S.75-82

Stark, S.; Neumeister, P.; Balke, H.
On the prediction of R-curves for ferroelectroelastic ceramics
Journal of Applied Mechanics 81(2013), Nr.2, Art.021012

Steinborn, C.; Herrmann, M.; Keitel, U.; Schönecker, A.; Räthel, J.; Rafaja, D.; Eichler, J.
Correlation between microstructure and electrical resistivity of hexagonal boron nitride ceramics
Journal of the European Ceramic Society 33(2013), Nr.6, S.1225-1235

Swiecinski, K.; Ihle, M.; Jurk, R.; Dietzen, E.; Partsch, U.; Eberstein, M.
Aerosol jet printing of two component thick film resistors on LTCC
Journal of Microelectronics and Electronic Packaging 10(2013), Nr.3, S.109-115

Sydow, U.; Sempf, K.; Herrmann, M.; Schneider, M.; Kleebe, H.-J.; Michaelis, A.
Electrochemical corrosion of liquid phase sintered silicon carbide ceramics
Materials and Corrosion 64(2013), Nr.3, S.218-224

Thiele, M.; Herrmann, M.; Michaelis, A.
B_6O materials with Al_2O_3/Y_2O_3 additives densified by FAST/SPS and HIP
Journal of the European Ceramic Society 33(2013), Nr.13-14, S.2375-2390

Topates, G.; Mammitzsch, L.; Petasch, U.; Adler, J.; Kara, F.; Mandal, H.
Microstructure-permeability relation of porous beta-Si_3N_4 ceramics
Journal of the European Ceramic Society 33(2013), Nr.9, S.1545-1551

Tröber, O.
Synthese, Modifizierung und Verarbeitung von porösen, anorganischen Silicaten für die Anwendung in Polymermembranen und fotochrom schaltenden Schichten
Michaelis, A.(Hrsg.), Fraunhofer IKTS, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013 (Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe 16)
Zugl.: Jena, Univ., Diss., 2013
ISBN 978-3-8396-0588-2

Voigt, I.; Adler, J.; Weyd, M.; Kriegel, R.
Ceramic filters and membranes
Riedel, R.(Hrsg.), Ceramics Science and Technology. Vol.4: Applications, Weinheim: Wiley-VCH, (2013), S.117-167

Zschippang, E.; Mannschatz, A.; Klemm, H.; Moritz, T.; Martin, H.-P.
Charakterisierung und Verarbeitung von Si_3N_4-SiC-$MoSi_2$-Kompositen für Heizleiteranwendungen
Keramische Zeitschrift 65(2013), Nr.5, S.294-297

Zschippang, E.; Klemm, H.; Herrmann, M.; Höhn, S.; Matthey, B.; Guth, U.; Michaelis, A.
Electrical resistivity of Si_3N_4-SiC-$MeSi_2$ (Me = Nb, Mo, W, Zr) composites
Journal of Ceramic Science and Technology 4(2013), Nr.4, S.197-206

Vorträge und Poster

Abel, J.; Mannschatz, A.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Alternative strength testing on ceramic materials via ring-on-ring method
Powder Metallurgy Congress & Exhibition – Euro PM2013, Göteborg (15.-18.9.2013), Vortrag

Abidin, A.Z.; Michaelis, A.; Höhn, M.; Endler, I.; Uhlig, I.; Sobczak, N.; Kozera, R.; Kachold, F.
Surface modification of 3D-carbon textile preforms by means of Chemical Vapor Deposition (CVD) for application in metallic composite materials – Effect of the layer composition and structure on the infiltration properties of aluminium alloys
19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Karlsruhe (3.-5.7.2013), S.674-682, Vortrag

Ahlhelm, M.; Gorjup, E.; von Briesen, H.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Freeze foaming – A promising approach to manufacture strength enhanced ceramic cellular structures allowing the ingrowth and differentiation of human mesenchymal stem cells
1st International Conference Materials in Medicine – MiMe, Faenza (8.-11.10.2013), Vortrag

Ahlhelm, M.; Gorjup, E.; von Briesen, H.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Herstellung bioaktiver, druckkraftverstärkter zellularer Strukturen über die Gefrier-Direktschäumung
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien (DGBM), Erlangen (26.-28.9.2013), Poster

Ahlhelm, M.; Ladisch, S.; Schäuble, R.; Müller, A.
Simulation und indirekte Validierung der Faserorientierung in keramischen Feedstocks
Moldex3D-Anwendertreffen, Köln (23./24.4.2013), Vortrag

Balcells-Ventura, J.; Leiss, J.; Ihle, M.; Ziesche, S.; Uhlig, P.
Aerosol-printed horn-shaped antenna on LTCC
7th European Conference on Antennas and Propagation – EuCAP 2013, Gothenburg (8.-12.4.2013), S.2461-2464, Vortrag

Bartsch, H.; Töpfer, J.; Löhnert, R.; Bierlich, S.; Barth, S.; Capraro, B.; Müller, J.
Integrierte LC-Glieder in keramischen LTCC-Schaltungsträgern
MikroSystemTechnik-Kongress 2013: Von Bauelementen zu Systemen, Aachen (14.-16.10.2013), Vortrag

Beckert, W.; Freytag, C.; Frölich, T.; Wolter, M.
3D thermal-electric Li-Ion-battery-model
10th Symposium for Fuel Cell and Battery Modelling and Experimental Validation – ModVal 10, Bad Boll (19./20.3.2013), Vortrag

Beckert, W.; Freytag, C.; Wolter, M.; Fauser, G.
Analysis of electro-thermal hot spot formation in Li-Ion-battery-cells
COMSOL Conference 2013, Rotterdam (23.-25.10.2013), Vortrag

Beckert, W.; Dannowski, M.; Wagner, L.; Adler, J.; Mammitzsch, L.

Optimization of DPF-structures with a 3D-unit cell model
COMSOL Conference 2013, Rotterdam (23.-25.10.2013), Poster

Beckert, W.
Simulationswerkzeuge zur Unterstützung der Integration thermoelektrischer Generatoren in bestehende Systeme
Symposium Thermoelektrik – Vom Werkstoff zum System, Dresden (17./18.4.2013), Vortrag

Beckert, W.; Frölich, T.; Freytag, C.; Wolter, M.
Thermisch-elektrische Batteriemodellierung
Workshop »Von Material bis Modul – Batteriesimulationen in der Fraunhofer-Allianz Batterien«, Kaiserslautern (17.7.2013), Vortrag

Belda, C.; Dietzen, E.; Kusnezoff, M.; Trofimenko, N.; Michaelis, A.
Planar metal supported solid oxide fuel cells fabricated with ultra-thin YSZ membrane
37th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2013, Daytona Beach, Florida (27.1.-1.2.2013), Vortrag

Berger, L.-M.; Thiele, S.
Thermal spraying – A technology for hardmetal coating solutions
18th Plansee Seminar, Reutte, Österreich (3.-7.6.2013), Vortrag

Berger, L.-M.; Toma, L.-F.; Potthoff, A.
Thermal spraying with suspensions – Economics and applications
IFKB Winter School: Thermal Spraying with Liquid Feedstocks, Stuttgart (20.-22.3.2013), Vortrag

Bergner, A.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Steel-ceramic laminates made by tape casting – Processing and interfaces
19th International Conference on Composite Materials, Montréal (28.7.-2.8.2013), Vortrag

Bernhardt, M.
Aufbau eines Messplatzes zur Untersuchung der Leitfähigkeit sauerstoffpermeabler Membranen
DKG Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Bernhardt, M.; Esche, M.; Kircheisen, R.; Kriegel, R.
Electrical conductivity measuring device designed for mixed conducting materials
Inorganic membranes for green chemical production and clean power generation, Summerschool, Valencia (4.-6.9.2013), Poster

Bierwisch, C.; Nutto, C.; Lagger, H.; Moseler, M.; Höhn, S.; Bremerstein, T.
Particle-based simulations of abrasive flow machining
Advances in Computational Mechanics – ACM 2013, San Diego (24.-27.2.2013), Vortrag

Böhme, S.; Stärk, H.-J.; Meißner, T.; Kühnel, D.; Busch, W.
Quantification of nanoparticle uptake in complex biological matrices using ICP-MS
Colloquium Analytische Atomspektroskopie – CANAS 2013, Freiberg (17.-19.3.2013), Vortrag

Bramlage, B.; Ernst, D.; Gebhardt, S.; Pabst, O.; Reinlein, C.
Piezokeramische Dickschichttechnik für Optische Anwendungen
7. Workshop Optische Technologien, Hannover (26.11.2013), Vortrag

Brandner, M.; Bienert, C.; Megel, S.; Kusnezoff, M.; Trofimenko, N.; Sauchuk, V.; Venskutonis, A.; Kraussler, W.; Michaelis, A.; Sigl, L.
Long term performance of stacks with chromium-based interconnects (CFY)
13th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells – SOFC-XIII, Okinawa (6.-11.10.2013), S.2235-2244, Vortrag

Bremerstein, T.; Höhn, S.; Potthoff, A.
Effect of grinding and cutting processes on the rheology of silicon carbide suspensions
International Congress on Particle Technology – PARTEC 2013, Nürnberg (23.-25.4.2013), Poster

Bremerstein, T.; Höhn, S.; Potthoff, A.; Blug, B.; Amann, T.
Einfluss von Schneid- oder Schleifprozessen auf das rheologische Verhalten von SiC-Suspensionen
6. Symposium Produktgestaltung in der Partikeltechnologie, Clausthal (13./14.6.2013), S.71-84, Vortrag

Bretthauer, C.
Statistical design of experiments for a time optimized formation procedure
Kraftwerk Batterie, Aachen (25.-27.2.2013), Vortrag

Conze, S.; Veremchuk, I.; Michaelis, A.; Grin, Y.; Kinski, I.
Magnéli phases via precursor route as promising oxide thermoelectrics
2nd International Conference on Materials for Energy – EnMat II, Karlsruhe (12.-16.5.2013), Vortrag

Dietrich, S.; Kusnezoff, M.; Trofimenko, N.; Beckert, W.; Henze, J.
Dickschicht-Sensor zur Detektion von Wasserstoff in Chlorgas
11. Dresdner Sensor-Symposium – DSS 2013, Dresden (9.-11.12.2013), S.219-223, Poster

Dietzen, E.; Trofimenko, N.; Kusnezoff, M.; Sauchuk, V.; Belda, C.; Michaelis, A.
Novel in-situ sintering spinel composite cathodes for metal-supported SOFCs
13th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells – SOFC-XIII, Okinawa (6.-11.10.2013), S.1665-1672, Vortrag

Dietzen, E.; Trofimenko, N.; Kusnezoff, M.; Belda, C.; Michaelis, A.
Novel low temperature sintering spinel composite cathodes for metal-supported SOFCs
2nd International Conference on Materials for Energy – EnMat II, Karlsruhe (12.-16.5.2013), Vortrag

Eberstein, M.; Seuthe, T.; Grehn, M.; Eichler, H. J.; Mermillod-Blondin, A.; Bonse, J.
Ablation und strukturelle Modifikation von Silicatgläsern infolge der Bestrahlung mit Femtosekunden-Laserimpulsen
Fachausschuss I der DGG »Chemie und Physik des Glases«, Würzburg (13.3.2013), Vortrag

Eberstein, M.; Partsch, U.; Michaelis, A.
Dickschichttechnik in der Photovoltaik
DKG-Symposium »Verfahren zur Herstellung keramischer Schichten – mit Beiträgen aus den Bereichen Energiespeicherung und -wandlung«, Erlangen (3./4.12.2013), S.28, Vortrag

Eberstein, M.; Partsch, U.; Michaelis, A.

Hocheffiziente Silicium-Solarzellen durch Niederohmkontakte aus Silber und Glas
15th Leibniz Conference of Advanced Science: Erneuerbare Energien 2013, Berlin (2./3.5.2013), Vortrag

Eberstein, M.
Thick film pastes and nano inks in electronic and PV
12th International Nanotechnology Conference & Exhibition – nano tech 2013, Tokyo (30.1-1.2.2013), Vortrag

Eberstein, M.
Thick film pastes for aluminum nitride
12th International Nanotechnology Conference & Exhibition – nano tech 2013, Tokyo (30.1-1.2.2013), Vortrag

Eckhard, S.; Fries, M.; Nebelung, M.; Heinrich, S.; Antonyuk, S.
Einfluss von Strukturparametern auf mechanische Granulateigenschaften
Jahrestreffen der Fachgruppen Agglomerations- und Schüttguttechnik und Computional Fluid Dynamics, Weimar (4.-6.3.2013), Poster

Eckhard, S.; Fries, M.; Teipel, U.
Modifikation der mechanischen Eigenschaften keramischer Sprühgranulate über die innere Struktur
6. Symposium Produktgestaltung in der Partikeltechnologie, Clausthal (13./14.6.2013), S.275-292, Poster

Ehrt, R.; Johannes, M.
Lithiumdisilikat-Verblendkeramik
35. Internationale Dental-Schau – IDS, Köln (12.-16.3.2013), Poster

Endler, I.
Funktionsschichten mittels CVD-Verfahren
Fraunhofer-Industrietag »Smart Materials«, Dresden (18.9.2013), Vortrag

Endler, I.
New developments in the field of CVD hard coatings
40th International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films – ICMCTF, San Diego (29.4.-3.5.2013), Vortrag

Ernst, D.; Bramlage, B.; Gebhardt, S.; Pabst, O.; Schönecker, A.
Enhanced large signal performance of PZT thick film actuators for active micro-optics
Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium – IEEE 2013, Prag (21.-25.7.2013), Vortrag

Ernst, D.; Bramlage, B.; Gebhardt, S.
High performance screen printed PZT thick film actuators by in-plane mode of excitation
Electroceramics for End-users VII – PIEZO 2013, Les Arcs (17.-20.3.2013), S.5-8, Vortrag

Eßlinger, S.; Schönecker, A.
Challenges for models of ferroelectrics defined by new applications
9th International Workshop Direct and Inverse Problems on Piezoelectricity, Weimar (30.9.-2.10.2013), Vortrag

Eßlinger, S.
Effect of temperature path on the poling of a hard PZT ceramic
Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium – IEEE 2013, Prag (21.-25.7.2013), Poster

Etzkorn, C.; Johnen, S.; Meißner, F.; Endler, I.; Walter, P.
Different aligned multiwalled carbon nanotubes and their effects on cell viability and growth characteristics
ARVO Annual Meeting 2013, Seattle (5.-9.5.2013), Poster

Eydam, A.; Suchanek, G.; Gerlach, G.; Hohlfeld, K.; Gebhardt, S.; Michaelis, A.
Evaluation of the polarization state of piezofiber composites
Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium – IEEE 2013, Prag (21.-25.7.2013), Poster

Eydam, A.; Suchaneck, G.; Hohlfeld, K.; Gebhardt, S.; Rübner, M.; Schwankl, M.; Michaelis, A.; Singer, R.F.; Körner, C.; Gerlach, G.
Evaluation of the polarization state of integrated piezoelectric modules using the thermal wave method
4th Scientific Symposium »Lightweight Design by Integrating Functions«, Nürnberg (26./27.3.2013), S.87-92, Vortrag

Faßauer, B.
Industrielle Vergärung von lignozellulosehaltigen Reststoffen
9. Biogastagung Dresden »Anaerobe Biologische Abfallbehandlung«, Dresden (11./12.11.2013), Vortrag

Faßauer, B.
Vergärung von lignozellulosehaltigen Reststoffen
BioEnergie-Tag 2013 »Bioenergie für Kommunen«, Helmsgrün (26.11.2013), Vortrag

Feng, B.; Martin, H.-P.; Veremchuk, I.; Börner, F.-D.; Schreier, M.; Dannowski, M.; Vogel, K.; Richter, C.; Pfeiffer, P.; Grin, J.; Hurtado, A.; Lichte, H.; Zikoridse, G.; Michaelis, A.
Multi-component ceramic thermoelectric generators: Electricity from waste heat
Internationales ECEMP-Kolloquium 2013, Dresden (24./25.10.2013), Poster

Feng, B.; Martin, H.-P.; Michaelis, A.
Preparation and thermoelectric properties of boron carbide
2nd International Conference on Materials for Energy – EnMat II, Karlsruhe (12.-16.5.2013), Vortrag

Feng, B.; Martin, H.-P.; Michaelis, A.
Preparation, nano processing and thermoelectric properties of boron carbide
11th European Conference on Thermoelectrics – ECT 2013, Noordwijk (18.-20.11.2013), S.60, Vortrag

Feng, B.; Conze, S.; Martin, H.-P.; Kinski, I.; Michaelis, A.
Synthesis of nanostructured boron carbide for thermoelectric applications
32nd International Conference on Thermoelectrics, Kobe (30.6.-4.7.2013), Poster

Flössel, M.; Gebhardt, S.; Schönecker, A.; Michaelis, A.
Lead free LTCC/PZT modules (LPM)
Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium – IEEE 2013, Prag (21.-25.7.2013), Vortrag

Fries, M.; Lenzner, K.; Sauchuk, V.; Kusnezoff, M.
Konfektionierung von Kathodenpulvern über Sprühtrocknung
DKG-Symposium »Verfahren zur Herstellung keramischer Schichten – mit Beiträgen aus den Bereichen Energiespeicherung und -wandlung«, Erlangen (3./4.12.2013), S.19, Vortrag

Fries, M.
Produktdesign keramischer Pressgranulate
DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung keramischer Suspensionen – Technologie und statistische Versuchsplanung, Dresden (6./7.11.2013), Vortrag

Fries, M.
Pulveraufbereitung
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Fries, M.
Sprühtrocknung in der Keramik
DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung keramischer Suspensionen – Technologie und statistische Versuchsplanung, Dresden (6./7.11.2013), Vortrag

Fries, M.
Sprühtrocknung in der Keramikindustrie
Sprühtrocknungsseminar 2013, Fulda (25./26.9.2013), Vortrag

Fries, M.
Thermische Granulationsverfahren
DKG-Fortbildungsseminar – Technologische Grundlagen der Granulierung und Granulatverarbeitung, Dresden (4./5.11.2013), Vortrag

Fritsch, M.; Sauchuk, V.; Trofimenko, N.; Kusnezoff, M.; Bretthauer, C.; Langklotz, U.; Schneider, M.; Fries, M.; Michaelis, A.
Synthesis and properties of Li-NMC based cathode material for Li-ion batteries
6th International Conference on Polymer Batteries and Fuel Cells – PBFC 2013, Ulm (3.-7.6.2013), Vortrag

Fritsch, M.
Water based slurry development and processing for $LiFePO_4$ cathodes
Kraftwerk Batterie, Aachen (25.-27.2.2013), Poster

Ganzer, G.; Schöne, J.; Pönicke, A.; Beckert, W.
3D model of a SOFC stack using porous media approach
10th Symposium for Fuel Cell and Battery Modelling and Experimental Validation – ModVal 10, Bad Boll (19./20.3.2013), Vortrag

Genné, I.; Weyd, M.
The Nano4water cluster
6th European and International Forum on Nanotechnology, Dublin (18.-20.6.2013), Vortrag

Gestrich, T.; Jaenicke-Rößler, K.; Herrmann, M.; Neher, R.
Characterisation of gas reactions during ceramic and hardmetal production
18th Plansee Seminar, Reutte (3.-7.6.2013), Vortrag

Gestrich, T.; Kaiser, A.; Jaenicke-Rößler, K.; Neher, R.; Herrmann, M.
Chemische und physikalische Prozesse beim Sintern von Hartmetallen
DGM-Fortbildungsseminar – Pulvermetallurgie, Dresden (19.-21.6.2013), Vortrag

Gestrich, T.
Grundlagen der Thermoanalytik: Optimierung von Entbinderungs- und Sinterprozessen
DKG-Fortbildungsseminar – Thermoplastische Formgebung von Technischer Keramik – Technologie und Training, Dresden (9./10.10.2013), Vortrag

Gestrich, T.
Thermoanalytik zur Optimierung der Entbinderungsprozesse
DKG-Fortbildungsseminar – Entbinderung keramischer Formteile, Dresden (10./11.10.2013), Vortrag

Gestrich, T.
Thermoanalytische Charakterisierung keramischer Technologien und Sinterwerkstoffe
Netzsch Praxistag 2013 – Thermische Analyse für spezielle Anwendungen, Dresden (12.6.2013), Vortrag

Gestrich, T.; Zins, M.
Werkstoff-, Prozess- und Systementwicklung im Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS Dresden
32. Hagener Symposium Pulvermetallurgie »Moderne Fertigungsprozesse – Qualität und Produktivität in der Pulvermetallurgie«, Hagen (28./29.11.2013), S.291-292, Vortrag

Gierth, P.; Rebenklau, L.; Paproth, A.; Mehlich, H.; Hausmann, J.; Stein, W.
Comparison of NiV and polymer paste metallization as low temperature interconnection for high efficiency heterojunction solar cells
28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition – EU PVSEC, Paris (30.9.-4.10.2013), Poster

Gierth, P.; Paproth, A.; Rebenklau, L.; Bell, H.; Clement, C.; Vogg, F.; Sonntag, D.; Mehlich, H.; Hausmann, J.; Stein, W.
Influence of inert curing on polymer paste characteristics on high efficiency heterojunction solar cells
28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition – EU PVSEC, Paris (30.9.-4.10.2013), Poster

Glage, A.; Biermann, H.; Weigelt, C.; Räthel, J.
Ermüdungsverhalten von Mg-PSZ partikelverstärkten TRIP/TWIP-Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen
19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Karlsruhe (3.-5.7.2013), Vortrag

Glöß, B.; Fries, M.
Analyse des Füllverhaltens keramischer Granulate
Jahrestreffen der Fachgruppen Agglomerations- und Schüttguttechnik und Computional Fluid Dynamics, Weimar (4.-6.3.2013), Poster

Glöß, B.; Fries, M.
Characterisation of die filling of ceramic granules via image analysis
International Congress on Particle Technology – PARTEC 2013, Nürnberg (23.-25.4.2013), Poster

Glöß, B.
Keramische Sprühgranulate – DoE basierte Korrelation zwischen Formulierung, Prozessparametern und den Produkteigenschaften
DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung keramischer Suspensionen – Technologie und statistische Versuchsplanung, Dresden (6./7.11.2013), Vortrag

Günther, C.; Richter, H.; Voigt, I.
Microwave synthesis of stabilized sodalite for hydrogen separation
25. Deutsche Zeolith-Tagung, Hamburg (6.-8.3.2013), Poster

Günther, C.; Richter, H.; Voigt, I.
Sulfur stabilized sodalite for membrane applications
17th International Zeolite Conference, Moscow (7.-12.7.2013), Poster

Günther, C.; Richter, H.; Voigt, I.
Zeolite membranes for hydrogen and water separation under harsh conditions
11th International Conference on Chemical and Process Engineering – ICheaP-11, Milano (2.-5.6.2013), S.1963-1968, Poster

Haderk, K.; Richter, H.-J.; Klose, P.
Development of aqueous zirconia and magnesium aluminate spinel suspensions and their processing to graded composites
5th International Conference on Shaping of Advanced Ceramics – Shaping5, Mons (29.-31.1.2013), Vortrag

Härtel, A.; Knies, F.; Richter, H.-J.; Moritz, T.
Method for direct structuring of ceramic green tapes
5th International Conference on Shaping of Advanced Ceramics – Shaping5, Mons (29.-31.1.2013), Vortrag

Hainich, S.
Impact of glass on shrinkage rate of glass-containing silver powders and silver precipitations in PV frontside metallizations
4th Workshop on Metallization of Crystalline Silicon Solar Cells, Konstanz (6.-8.5.2013), Vortrag

Herrmann, M.
Charakterisierung technischer Keramiken
DER-Doktorandenschule, Freiberg (23.5.2013), Vortrag

Herrmann, M.; Standke, G.; Himpel, G.
Feuerfestwerkstoffe für Technologien zur stofflichen Nutzung von Kohle und nachwachsenden Rohstoffen
18. Sitzung DKG Fachausschuss Werkstoffanwendung, Höhr-Grenzhausen (16.5.2013), Vortrag

Herrmann, M.
Gefügedarstellung und Bewertung
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil III: Konstruktion, Prüfung, Freiburg (14./15.11.2013), Vortrag

Herrmann, M.
Hochleistungskeramik für korrosive Anwendungen
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Herrmann, M.
Spark Plasma Sintern – Vorzüge des Verfahrens und Anwendungsbeispiele
101. AWT/VDI-W-Tag, Freiberg (11.4.2013), Vortrag

Herrmann, M.
Thermische Entbinderungsprozesse: Mechanismen – Methoden – Verfahren
DKG-Fortbildungsseminar – Entbinderung keramischer Formteile, Dresden (10./11.10.2013), Vortrag

Heubner, C.; Langklotz, U.; Schneider, M.; Michaelis, A.
Interpretation of GITT measurements for phase transformation electrodes
2nd International Conference on Materials for Energy – EnMat II, Karlsruhe (12.-16.5.2013), Poster

Himpel, G.
Entbinderungstechnik
DKG-Fortbildungsseminar – Entbinderung keramischer Formteile, Dresden (10./11.10.2013), Vortrag

Himpel, G.
Entbinderungs- und Sintertechnik für spritzgegossene Keramik
DKG-Fortbildungsseminar – Thermoplastische Formgebung von Technischer Keramik – Technologie und Training, Dresden (9./10.10.2013), Vortrag

Höhn, M.; Endler, I.
Structure and properties of Al_2O_3 coatings prepared by LPCVD with $AlCl_3$ and N_2O
18th Plansee Seminar, Reutte (3.-7.6.2013), Vortrag

Höhn, S.
Charakterisierung der Formkörper, Defektentstehung, Nachweis/Vermeidung
DKG-Fortbildungsseminar – Entbinderung keramischer Formteile, Dresden (10./11.10.2013), Vortrag

Hohlfeld, K.; Gebhardt, S.; Michaelis, A.
Free-formed piezoceramic components for smart structures
4th Scientific Symposium »Lightweight Design by Integrating Functions« des SFB/Transregio 39 »PT-PIESA«, Nürnberg (26./27.3.2013), S.19-24, Vortrag

Hohlfeld, K.
Piezoceramic fibers and pearls derived by the polysulfone spinning process
Electroceramics for End-users VII – PIEZO 2013, Les Arcs (17.-20.3.2013), S.9-12, Vortrag

Hohlfeld, K.
Piezoelectric transducers on the basis of free-formed PZT components
Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium – IEEE 2013, Prag (21.-25.7.2013), Poster

Hoyer, T.
Plasmagel – Die Kombination aus plasmagespritzten Schichten und Sol-Gel-Versiegelung
14. Wörlitzer Workshop »Kooperationsschichten in der Oberflächentechnik«, Wörlitz (18.6.2013), Vortrag

Hoyer, T.; Tröber, O.; Meyer, R.; Richter, H.; Voigt, I.; Weyd, M.
Zeolith-PDMS-Kompositmembranen für die Ethanolabtrennung aus niedrig konzentrierten Lösungen
9. Thüringer Biomaterial-Kolloquium, Zeulenroda (5.9.2013), Poster

Hoyer, T.; Tröber, O.; Meyer, R.; Richter, H.; Voigt, I.; Weyd, M.
Zeolith-PDMS-Kompositmembranen für die Ethanolabtrennung aus niedrig konzentrierten Lösungen
9. Thementage Grenz- und Oberflächentechnik – ThGOT, Zeulenroda (3./4.9.2013), Poster

Hufenbach, W.; Fischer, W.-J.; Michaelis, A.; Gebhardt, S.; Geller, S.; Tyczynski, T.; Heinig, A.; Weder, A.; Hohlfeld, K.
High-volume production of glass fibre-reinforced polyurethane composite structures with integrated piezoceramic sensor elements and adapted electronics
4th Scientific Symposium »Lightweight Design by Integrating Functions« des SFB/Transregio 39 »PT-PIESA«, Nürnberg (26./27.3.2013), S.57-67, Vortrag

Ihle, M.; Ziesche, S.; Roscher, F.; Capraro, B.; Partsch, U.

Reliable wafer-level-bonding method for MEMS packaging using LTCC interposers
19th European Microelectronics and Packaging Conference – EMPC 2013, Grenoble (9.-12.9.2013), Vortrag

Jahn, M.; Faßauer, B.; Lincke, M.; Pohl, M.
Prozess- und Reaktorentwicklung zur Synthesegaserzeugung aus Biomasse
Jahrestreffen der Fachgemeinschaft SuPER – Sustainable Production, Energy and Resources – ProcessNet, Frankfurt a. M. (5./6.11.2013), Poster

Jahn, M.; Michaelis, A.; Pohl, M.; Schliephake, A.
Coated ceramic foams for synthesis gas production
46. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, Weimar (13.-15.3.2013), Poster

Jahn, M.
Synthesegaserzeugung aus Biogas – Reaktordesign und Integration in ein Festoxid-brennstoffzellen-System
Jahrestreffen Reaktionstechnik 2013 – ProcessNet, Würzburg (6.-8.5.2013), Vortrag

Jobst, K.
Demonstrationsvorhaben zur Gewinnung von Mehr-Biogas aus biogenen Reststoffen durch Einführung neuartiger ovaler Reaktorsysteme aus Stahlfaserbeton
5. Statuskonferenz des BMU-Förderprogrammes »Energetische Biomassenutzung«, Leipzig (14./15.11.2013), Vortrag

Jobst, K.; Deutschmann, A.; Lincke, M.; Lomtscher, A.; Schwarz, B.; Wufka, A.; Faßauer, B.
Innovationen zur Leistungssteigerung von Biogasanlagen
14. Treffen des BioMethan-Kuratoriums des BRM und der FEE, Eningen unter Achalm (3.6.2013), Vortrag

Jobst, K.; Lomtscher, A.; Deutschmann, A.
Verbesserung von Mischprozessen durch Substratvorbehandlung. Ein Beitrag zur Steigerung der Effizienz von Biogasanlagen
BioEnergie-Tag 2013 »Effizienzsteigerung in Biogasanlagen«, Helmsgrün (28.11.2013), Vortrag

Johannes, M.; Schneider, J.; Sandkuhl, O.; Kinski, I.
Hochfeste Y-TZP- und ATZ-Keramik mit hoher Alterungsstabilität
11. Thüringer Werkstofftag, Ilmenau (21.3.2013), Poster

Johannes, M.; Schneider, J.
Hochfeste Zirkonoxid-Keramik mit hoher hydrothermaler Beständigkeit
35. Internationale Dental-Schau – IDS, Köln (12.-16.3.2013), Poster

Johannes, M.; Lausch, H.; Sandkuhl, O.; Rudolph, H.; Udart, M.; Herold, V.
Strukturierung keramischer Implantatoberflächen mittels Schlickerguss
35. Internationale Dental-Schau – IDS, Köln (12.-16.3.2013), Poster

Johannes, M.; Schneider, J.; Klimke, J.
Transmissionsmessungen an Zirkonoxid-Keramik
35. Internationale Dental-Schau – IDS, Köln (12.-16.3.2013), Poster

Johnson, O.T.; Ogunmuyiwa, E.N.; Sigalas, I.; Herrmann, M.
Boron suboxide materials with rare-earth metal oxide additives
World Congress on Engineering – WCE 2013, London (3.-5.7.2013), S.501-505, Vortrag

Jüttke, Y.; Richter, H.; Voigt, I.; Prasad, R. M.; Bazarjani, M. S.; Gurlo, A.; Riedel, R.
Polymer derived ceramic membranes for gas separation
11th International Conference on Chemical and Process Engineering – ICheaP-11, Milan (3.-5.6.2013), S.1891-1896, Vortrag

Junker, N.; Rabbow, T.; Schneider, M.; Michaelis, A.
Elektrochemisch induzierte Degradation von siebgedruckten Metall-Keramik-Werkstoffverbunden
19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Karlsruhe (3.-5.7.2013), Vortrag

Junker, N.; Schneider, M.; Michaelis, A.
Indikation der Degradation von Metall-Keramik-Werkstoffverbunden durch Inverse Differential-Puls-Voltametrie
18. Seminar des Arbeitskreises Elektrochemie in Sachsen – AKES, Freiberg (11.1.2013), Vortrag

Jupe, A.; Goehlich, A.; Meißner, F.; Endler, I.; Vogt, H.
CMOS kompatible, nanomodifizierte Multi-Elektroden Arrays
MikroSystemTechnik-Kongress 2013: Von Bauelementen zu Systemen, Aachen (14.-16.10.2013), S.592-595, Poster

Kaiser, S.; Reichelt, E.; Gebhardt, S.; Schönecker, A.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Application of polysulfone spinning process to produce catalytic active ceramic fibres
International Symposium on Piezocomposite Applications – ISPA 2013, Dresden (19./20.9.2013), Poster

Kaiser, S.; Schwabe, S.; Scheithauer, U.; Reichelt, E.; Schönecker, A.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Experimentelle Untersuchungen zum Mechanismus der Porenbildung im Polysulfon-Verfahren für die Herstellung von offenporigen katalytisch aktiven Keramikfasern
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Kiesel, L.; Pippardt, U.; Kircheisen, R.; Kriegel, R.; Voigt, I.
Dichte O_2-permeable Membranen auf hochporösen keramischen Trägerrohren
11. Thüringer Werkstofftag, Ilmenau (21.3.2013), Poster

Kinski, I.; Reimoser, C.; Kurz, A.
Fraunhofer – Attract
13. Jahrestagung German Academic International Network – GAIN-Jahrestagung, San Francisco (30.8.-1.9.2013), Vortrag

Kinski, I.; Conze, S.; Veremchuk, I.; Grin, Y.; Michaelis, A.
Precursor-derived magnéli phases as a promising route to the nano-structured oxide thermoelectrics
10th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology – PACRIM 2013, San Diego (2.-7.6.2013), Vortrag

Klemm, H.; Nake, K.; Martin, H.-P.
Bestimmung der Warmhärte von metallischen und keramischen Hochtemperaturwerkstoffen
31. DGM-Tagung Werkstoffprüfung 2013, Neu-Ulm (28./29.11.2013), Vortrag

Klemm, H.
Failure of silicon nitride at elevated temperatures – A fractographic study
4th International Conference Fractography of Advanced Ceramics, Smolenice (29.9.-2.10.2013), Vortrag

Klemm, H.
Hochleistungskeramik für Hochtemperaturanwendungen
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Klemm, H.; Kunz, W.; Schönfeld, K.; Michaelis, A.
Hot gas corrosion and EBC development of ceramic matrix composites
8th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites – HTCMC8, X'ian (22.-26.9.2013), Vortrag

Klemm, H.; Müller-Köhn, A.; Moritz, T.
Low-cost fabrication of CMC by injection molding
10th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology, San Diego (2.-7.6.2013), Vortrag

Körner, S.; Reinhardt, K.; Schmidt, U.; Eberstein, M.; Partsch, U.
Effekte des Glases auf die Kontaktsinterung von Ag-Pulvern auf Silicium
87. Glastechnische Tagung der DGG, Bremen (27.-29.5.2013), Poster

Körner, S.; Seuthe, T.; Reinhardt, K.; Schmidt, U.; Eberstein, M.; Partsch, U.
Impact of glass on shrinkage rate of glass-containing silver powders
4th Workshop on Metallization of Crystalline Silicon Solar Cells, Konstanz (6.-8.5.2013), Vortrag

Krell, A.
Hochleistungskeramik für Verschleißanwendungen
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Krell, A.; Strassburger, E.
Separation and hierarchic order of key influences on the ballistic strength of opaque and transparent ceramic armor
27th International Symposium on Ballistics, Freiburg (22.-26.4.2013), S.1053-1064, Vortrag

Kriegel, R.
Alternative Verfahren zur prozessintegrierten Sauerstofferzeugung
Seminar zur Technischen Chemie am KIT, Institut für Katalyseforschung und -technologie, Eggenstein-Leopoldshafen (08.4.2013), Vortrag

Kriegel, R.; Schulz, M.
Assessment of mechanical stress inside MIEC membranes depending on geometry and operating conditions
Inorganic membranes for green chemical production and clean power generation, Summerschool, Valencia (4.-6.9.2013), Vortrag

Kriegel, R.
Hochtemperatur-Gastrennung mit keramischen Membranen
Fachkolloquium »Neue Möglichkeiten in der Trenntechnik durch Einsatz stabiler keramischer Membranen«, Hermsdorf (13.6.2013), Vortrag

Krug, M.; Abidin, A.Z.; Höhn, M.; Endler, I.; Sobczak, N.; Michaelis, A.
Al_2O_3 protective coatings on carbon fiber-based 3D-textile preforms prepared by ALD for application in metallic composite materials
537. Wilhelm and Else Heraeus Seminar – Physics of Ionized and Ion – Assisted PVD: Principles and Current Trends, Dresden (26.-28.6.2013), Poster

Krug, M.; Abidin, A.Z.; Höhn, M.; Endler, I.; Sobczak, N.; Michaelis, A.
Al_2O_3 protective coatings on carbon fiber-based 3D-textile preforms prepared by ALD for application in metallic composite materials
13th World Textile Conference – AUTEX, Dresden (22.-24.5.2013), Vortrag

Kusnezoff, M.
CFY-Stack für SOFC/SOEC: Status und Perspektiven
SOFC-Workshop »Technologieroadmapping D A CH – III«, Reutte (25.-27.6.2013), Vortrag

Kusnezoff, M.; Kavurucu Schubert, S.; Trofimenko, N.; Michaelis, A.
Sulfur poisoning and reaction kinetics in Ni/YSZ and Ni/GDC anodes
37th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2013, Daytona Beach (27.1.-1.2.2013), Vortrag

Langklotz, U.; Schneider, M.; Ziesche, S.; Kusnezoff, M.; Goldberg, A.
Screen printed aluminum as current collector in miniaturized lithium ion batteries
Next Generation Batteries – Materials, Technology, and Applications, Delmenhorst (13.-15.6.2013), Vortrag

Lauenroth, S.; Fischer, G.
Qualifizierung eines alternativen Porenbildners zur Herstellung offenporiger großvolumiger keramisch gebundener Schleifwerkzeuge II
Jahrestagung 2013 der Forschungsgemeinschaft Schleiftechnik e.V., Würzburg (21.3.2013), Vortrag

Lausch, H.
Drahtlose Energieübertragung vergrabener elektrischer Verbraucher (Aktoren, Sensoren, Mikrosysteme) mit Leistungen bis 500 mW
Fraunhofer-Industrietag »Smart Materials«, Dresden (18.9.2013), Vortrag

Lee, K.; Han, T.; Schubert, F.; Meyendorf, N.; Höhn, S.
EBSD image based FEM simulation of ultrasonic wave propagation in dissimilar metal welds
7th International Workshop NDT in Progress, Dresden (7./8.11.2013), Poster

Leiva-Pinzón, D.M.
Understanding the origin of capacity loss in commercial $LiFePO_4$ cells
Next Generation Batteries – Materials, Technology, and Applications, Delmenhorst (13.-15.6.2013), Poster

Leiva-Pinzón, D.M.
Post mortem analysis of commercial lithium ion Batteries at the end of life
Kraftwerk Batterie, Aachen (25.-27.2.2013), Poster

Lenz, C.
Technological investigations of LTCC-based micro-electro-mechanical systems (MEMS) to improve reliability and accuracy
19th European Microelectronics

and Packaging Conference – EMPC 2013, Grenoble (9.-12.9.2013), Vortrag

Lenzner, K.; Glöß, B.; Eckhard, S.
Granulatcharakterisierung
DKG-Fortbildungsseminar – Technologische Grundlagen der Granulierung und Granulatverarbeitung, Dresden (4./5.11.2013), Vortrag

Lenzner, K.; Glöß, B.; Eckhard, S.
Granulatcharakterisierung – Werkzeug für Optimierung von Produktentwicklung und Sprühprozessen
DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung keramischer Suspensionen – Technologie und statistische Versuchsplanung, Dresden (6./7.11.2013), Vortrag

Lincke, M.
Entwicklung eines neuartigen energie- und rohstoffeffizienten Entschwefelungssystems für die Erzeugung von Bio-Erdgas
5. Statuskonferenz des BMU-Förderprogrammes »Energetische Biomassenutzung«, Leipzig (14./15.11.2013), Vortrag, Poster

Lohrberg, C.; Ziesche, S.; Neubert, H.
Hochsensitiver Strömungssensor in LTCC
11. Dresdner Sensor-Symposium – DSS 2013, Dresden (9.-11.12.2013), S.214-217, Vortrag

Lohrberg, C.
Highly-sensitive flow sensor in LTCC
36th International Spring Seminar on Electronics Technology – ISSE 2013, Alba Iulia (8.-12.5.2013), Vortrag

Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.
Die Prozess-Tomographie als Werkzeug für die Bewertung und Optimierung von Mischprozessen in Biogasanlagen
KTBL/FNR-Fachkongress »Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven«, Kassel (10./11.9.2013), Poster

Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.
Einsatz der Prozess-Tomographie als Bindeglied zwischen Modell & Praxis – Die Prozess-Tomographie als Werkzeug für die Bewertung und Optimierung von Mischprozessen in Biogasreaktoren
16. Köthener Rührer-Kolloquium, Köthen (20.6.2013), Vortrag

Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.; Friedrich, E.
Optimierung von Mischprozessen für die Biogaserzeugung
ProcessNet-Jahrestagung der Fachgruppen Kristallisation und Mischvorgänge, Magdeburg (14./15.3.2013), Poster

Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.
Prozess-Tomographie als Voraussetzung zur Qualifizierung von Strömungsmodellen für Mischprozesse in Biogasreaktoren
Jahrestreffen der Fachgemeinschaft Fluiddynamik und Trenntechnik, Würzburg (25.-27.9.2013), Poster

Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.
Using tomography to optimize mixing processes in biogas plants
ITS European User Workshop, Manchester (31.10.2013), Poster

Männel, D.; Weder, A.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Catalytic partial oxidation of light hydrocarbons and ethanol for fuel cell applications
46. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, Weimar (13.-15.3.2013), Poster

Mannschatz, A.; Müller-Köhn, A.; Moritz, T.; Klimke, J.; Krell, A.
Spritzguss von transluzenter Aluminiumoxidkeramik
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Mannschatz, A.; Härtel, A.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Two-colour powder injection moulding of black and white zirconia composites
13th International Conference of the European Ceramic Society – ECerS XIII, Limoges (23.-27.6.2013), Vortrag

Martin, H.-P.; Schilm, J.
Entwicklung von Material- und Fügetechnologien zur Herstellung keramikbasierter thermoelektrischer Module
DKG-Symposium »Verfahren zur Herstellung keramischer Schichten – mit Beiträgen aus den Bereichen Energiespeicherung und -wandlung«, Erlangen (3./4.12.2013), S.30, Vortrag

Martin, H.-P.; Conze, S.; Pönicke, A.; Rost, A.; Kinski, I.; Schilm, J.; Michaelis, A.
Manufacturing process for TiOx based thermoelectric modules – From suboxide synthesis to module testing
11th European Conference on Thermoelectrics – ECT 2013, Noordwijk (18.-20.11.2013), S.38, Vortrag

Meißner, T.; Potthoff, A.
Charakterisierung von Nanomaterialien für Technik und Umwelt
3. Clustertreffen NanoCare / NanoNature, Frankfurt (14./15.1.2013), Poster

Meißner, T.; Oelschlägel, K.; Potthoff, A.
Suspension characterization in toxicological studies
International Congress on Particle Technology – PARTEC 2013, Nürnberg (23.-25.4.2013), Vortrag

Michaelis, A.
Manufacturing and application of ceramic membranes for filtration
7th International Symposium on Advanced Processing and Manufacturing Technologies for Structural and Multifunctional Materials and Systems – APMT7 during the 37th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2013, Daytona Beach (27.1.-1.2.2013), Vortrag

Michaelis, A.
Advanced ceramics for energy and environmental technology
Ohio Aerospace Institute, Cleveland (2.8.2013), Vortrag

Michaelis, A.
Advanced ceramics for energy and environmental technology
Workshop Advanced Materials Challenges for »Alternative Energy Solutions« – AMAES, Delhi (16.-18.9.2013), Vortrag

Michaelis, A.
Keramische Werkstoffoberflächen für die Umwelttechnologie
3. Dresdner Werkstoffsymposium »Werkstoffoberflächen für Mensch und Technik« Dresden (18./19.11.2013), Vortrag

Michaelis, A.
Dickschichten für die Energie- und Umwelttechnik
DKG-Symposium »Verfahren zur Herstellung keramischer Schichten – mit Beiträgen aus den Bereichen

Energiespeicherung und -wandlung«, Erlangen (3./4.12.2013), S.15, Vortrag

Moritz, T.; Ahlhelm, M.; Haderk, K.; Gorjup, E.; von Briesen, H.
Bioactive, porous ceramic hybrid material with enhanced mechanical properties
10th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology – PACRIM 2013, San Diego (2.-7.6.2013), Vortrag

Moritz, T.
Fehlerquellen bei der Herstellung keramischer Werkstoffe
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil III: Konstruktion, Prüfung, Freiburg (14./15.11.2013), Vortrag

Moritz, T.
Formgebung
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Moritz, T.; Schilm, J.; Mannschatz, A.
Glass powder injection molding – A ceramic high throughput production technology applied to electrical conductive glass components with sharp edges and complex geometries
10th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology – PACRIM 2013, San Diego (2.-7.6.2013), Vortrag

Moritz, T.
Keramikspritzguss – Innovationen in 3D
HYBRID-Expo 2013: HYBRID Forum, Stuttgart (17.-19.9.2013), Vortrag

Moritz, T.
Keramische Formgebung unter Verwendung organischer Additive
DKG-Fortbildungsseminar – Entbinderung keramischer Formteile, Dresden (10./11.10.2013), Vortrag

Moritz, T.
Network between Germany and states from the Danube region for cooperation in the field of ceramic bone replacing structures with increased mechanical properties by freeze casting (BONEFOAM)
10th Students' Meeting and 3rd ESR COST MP0904 Workshop – SM 2013 - COST SIMUFER, Novi Sad (6.-9.11.2013), Vortrag

Müller-Köhn, A.; Janik, J.; Neubrand, A.; Klemm, H.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Fabrication of short fiber reinforced SiCN by injection molding of preceramic polymers
8th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites – HTCMC8, X'ian (22.-26.9.2013), Vortrag

Müller-Köhn, A.; Moritz, T.; Klemm, H.; Michaelis, A.; Schönfeld, K.
Herstellung von kurzfaserverstärktem SiCN über Spritzgießen von Polysilazanen
19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Karlsruhe (3.-5.7.2013), Poster

Müller-Köhn, A.; Klemm, H.; Moritz, T.
Herstellung von kurzfaserverstärktem SiCN über Spritzgießen von Polysilazanen
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Müller-Köhn, A.; Mannschatz, A.; Moritz, T.
High purity compounding of ceramic feedstocks
13th International Conference of the European Ceramic Society – ECerS XIII, Limoges (23.-27.6.2013), Vortrag

Müller, M.; Peter, S.; Berg, S.; Heinrich, M.; Walther, M.; Hohlfeld, K.; Heberle, J.; Quentin, U.; Koriath, H.-J.; Gebhardt, S.; Schmidt, M.; Michaelis, A.; Kroll, L.; Richter, F.; Neugebauer, R.
Microstructured piezoceramic and fibre composite transducers for active semi-finished products
4th Scientific Symposium »Lightweight Design by Integrating Functions« des SFB/Transregio 39 »PT-PIESA«, Nürnberg (26./27.3.2013), S.25-32, Vortrag

Neubrand, A.; Müller-Köhn, A.; Klemm, H.
Mechanische Eigenschaften von keramischen Verbundwerkstoffen auf Basis von Polymerkeramik
19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Karlsruhe (3.-5.7.2013), Vortrag

Neumeister, P.
Efficient numerical modelling of the poling behaviour of complex ferroelectric devices
International Symposium on Piezocomposite Applications – ISPA 2013, Dresden (19./20.9.2013), Vortrag

Neumeister, P.
On the role of direct polarisation reversal for the macroscopic response of ferroelectric ceramics under combined electrical and mechanical loads
9th International Workshop Direct and Inverse Problems on Piezoelectricity, Weimar (30.9.-2.10.2013), Vortrag

Neumeister, P.; Stark, S.; Semenov, A.S.; Balke, H.
Simulating the ferroelectric response of functional ceramics – Approaches, prospects and limitations
4th Scientific Symposium »Lightweight Design by Integrating Functions« des SFB/Transregio 39 »PT-PIESA«, Nürnberg (26./27.3.2013), S.93-102, Vortrag

Nousch, L.; Pfeifer, T.; Michaelis, A.
Model-based process analysis of a SOFC micro-CHP unit with reduced operating temperature
5th European Fuel Cell Piero Lunghi Conference – EFC13, Rome (11.-13.12.2013), S.39-42, Vortrag

Oehme, F.
Grünbearbeitung technischer Hochleistungskeramik: Methoden, Instrumente und Entwicklungsrichtungen
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil II: Bearbeitung, Berlin (14./15.5.2013), Vortrag

Oehme, F.
Hochpräzisionsbearbeitung mittels Koordinatenschleifen
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil II: Bearbeitung, Berlin (14./15.5.2013), Vortrag

Partsch, U.; Lenz, C.; Wenzel, M.; Eberstein, M.
Evaluation of TFR-characteristics in a wide temperature range
9th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2013 – IMAPS/ACerS, Orlando (23.-25.4.2013), Vortrag

Partsch, U.
Multilayerbasierte Komponenten und Mikrosysteme
Advancer-Schulungsprogramm

Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Pfeifer, T.; Reuber, S.; Wunderlich, C.
Eneramic® – LPG fueled mini SOFC system
Fuel Cell Seminar & Energy Exposition 2013, Columbus (21.-24.10.2013), Vortrag

Pippardt, U.; Böer, J.; Kiesel, L.; Kriegel, R.
Asymmetrische keramische Membranen zur Sauerstoffseparation
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Pitonak, R.; Köpf, A.; Weissenbacher, R.; Keckes, J.; Stefenelli, M.; Todt, J.; Endler, I.; Höhn, M.
Novel TiAlN coating by medium temperature low pressure CVD
18th Plansee Seminar, Reutte (3.-7.6.2013), Vortrag

Pönicke, A.; Rost, A.; Schilm, J.; Michaelis, A.
Active metal brazing of various metals on nitride ceramics
10th International Conference Brazing, High Temperature Brazing and Diffusion Bonding – LÖT 2013, Aachen (18.-20.6.2013), S.278-282, Vortrag

Pötschke, J.; Richter, V.; Gestrich, T.; Michaelis, A.
Grain growth during sintering of tungsten carbide ceramics
18th Plansee Seminar, Reutte (3.-7.6.2013), Poster

Pötschke, J.; Grasso, S.; Richter, V.; Michaelis, A.
High pressure – low temperature sintering of tungsten carbide ceramics
Powder Metallurgy Congress & Exhibition – Euro PM2013, Göteborg (15.-18.9.2013), Poster

Potthoff, A.; Lenzner, K.; Räthel, J.; Meyer, A.
Einfluss der Aufbereitung nanoskaliger Rohstoffe auf die Prüfkörpereigenschaften
6. Symposium Produktgestaltung in der Partikeltechnologie, Clausthal (13./14.6.2013), S.455-464, Poster

Potthoff, A.; Meyer, A.; Lenzner, K.
Influence of processing of ceramic nanomaterials on the properties of sintered bodies
International Congress on Particle Technology – PARTEC 2013, Nürnberg (23.-25.4.2013), Vortrag

Potthoff, A.; Meißner, T.
Particle size and zeta potential characterisation techniques for investigation of particle´s behavior in toxicological tests
NanoValid Training Workshop on Advanced Characterisation of Nanomaterials, Zaragoza (16.-20.9.2013), Vortrag

Potthoff, A.
Pulver- und Suspensionscharakterisierung
DKG-Fortbildungsseminar – Technologische Grundlagen der Granulierung und Granulatverarbeitung, Dresden (4./5.11.2013), Vortrag

Qiu, Y.; Wang, H.; Bolhovitins, A.; Démoré, C.; Cochran, S.; Gebhardt, S.; Schönecker, A.
PZT thick film transducer arrays for ultrasonic particle manipulation
11th Annual Ultrasonics Transducer Engineering Conference – UTEC 2013, Los Angeles (17.-19.4.2013), Vortrag

Qiu, Y.; Gebhardt, S.; Wang, H.; Bolhovitins, A.; Démoré, C.; Schönecker, A.; Cochran, S.
Thick film PZT transducer arrays for particle manipulation
Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium – IEEE 2013, Prag (21.-25.7.2013), Vortrag

Räthel, J.; Herrmann, M.; Beckert, W.; Schöne, J.
FAST/SPS – Principle, possibilities and applications
Workshop FAST/SPS, St. Petersburg (2013), Vortrag

Reichelt, E.; Kaiser, S.; Jurk, R.; Scheithauer, U.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Investigations on the application of ceramic fibers and nonwovens as catalyst supports
46. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, Weimar (13.-15.3.2013), Poster

Reichelt, E.; Kaiser, S.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Reaktionstechnische Untersuchungen zur CO-Oxidation an Perowskiten
Jahrestreffen Reaktionstechnik 2013 – ProcessNet, Würzburg (6.-8.5.2013), Poster

Reichel, U.
Ceramic materials with submicron structure based on nanopowders
NanoBRIDGE: German Russian Forum Nanotechnology, Tomsk (21.-24.5.2013), Vortrag

Reichel, U.
Ceramic nanomaterials – Research & Development
NanoBRIDGE: German Russian Forum Nanotechnology, Tomsk (21.-24.5.2013), Poster

Reichel, U.; Herold, V.
Eigenschaftsprofil und Herstellung optokeramischer Komponenten
11. Thüringer Werkstofftag, Ilmenau (21.3.2013), Poster

Reichel, U.; Khasanov, O.
Examinations for shaping and sintering of nanoscaled zirconia powder with different techniques
5th International Conference on Shaping of Advanced Ceramics – Shaping 5, Mons (29.-31.1.2013), Vortrag

Reichel, U.; Kemnitz, E.
Nanoscopic metal fluoride coating on polycrystalline transparent spinel ceramics
13th International Conference of the European Ceramic Society – ECerS XIII, Limoges (23.-27.6.2013), Vortrag

Reichel, U.; Kemnitz, E.
Optokeramiken mit nanoskopischen Metallfluorid-Schichten
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Reinecke, S.; Deutschmann, A.; Jobst, K.; Hampel, U.
Validation of flow following sensor particles with ERT in a stirred vessel
7th World Congress on Industrial Process Tomography – WCIPT 7, Krakow (2.-5.9.2013), Vortrag

Reinhardt, K.; Eberstein, M.; Hainich, S.; Schmidt, U.; Wenzel, M.
Controlled deposition of silver pastes by varying the vehicle recipe
3rd International Conference on Crystalline Silicon Photovoltaics – Silicon PV 2013, Hameln (25.-27.3.2013), Poster

Reinhardt, K.; Körner, S.; Schmidt, U.; Eberstein, M.; Partsch, U.
Impact of inorganic additives on the performance of front side pastes
28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition – EU PVSEC, Paris (30.9.-4.10.2013), Poster

Reinhardt, K.; Wenzel, M.; Eberstein, M.; Bayer, R.
Optimierung der Abscheidbarkeit von Silber-Dickschicht-Pasten über Variation der Binderrezeptur
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Reuber, S.; Pönicke, A.; Wunderlich, C.; Michaelis, A.
Eneramic® power generator – A reliable and cycleable 100W SOFC-System
13th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells – SOFC-XIII, Okinawa (6.-11.10.2013), S.161-169, Vortrag

Richter, H.; Puhlfürß, P.; Weyd, M.
Ceramic nanofiltration membranes inside of large surface area ceramic elements
3rd Dissemination workshop of the nano4water cluster, Dresden (17./18.4.2013), Vortrag

Richter, H.; Günther, C.; Voigt, I.
Stabilization of SOD for H_2- and H_2O-separating membranes of high resistance in thermal and hydrothermal conditions
6th International Zeolite Membrane Meeting – IZMM-6, Jeju Island (15.-19.6.2013), Vortrag

Richter, H.; Fischer, G.; Voigt, I.
Zeolite membranes on full zeolite bodies
17th International Zeolite Conference, Moscow (7.-12.7.2013), Vortrag

Richter, H.; Kühnert, J.-T.; Günther, C.; Weyd, M.; Voigt, I.
Zeolithmembranen für die industrielle Stofftrennung
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Richter, H.-J.; Haderk, K.; Ahlhelm, M.
3D-Drucken von biokompatiblen keramischen Hybridstrukturen
Rapid.Tech 2013, Erfurt (14./15.5.2013), Vortrag

Richter, H.-J.; Härtel, A.; Moritz, T.
Studies of ultrasonic-joining of zirconia green tapes
13th International Conference of the European Ceramic Society – ECerS XIII, Limoges (23.-27.6.2013), Vortrag

Richter, V.; Pötschke, J.; Holke, R.; Michaelis, A.
Nanoscaled hardmetals – Fiction or reality?
18th Plansee Seminar, Reutte (3.-7.6.2013), Vortrag

Rödig, T.
Innovative Keramiken für piezoelektrische Generatoren
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Roschner, F.; Otto, A.; Döring, R.; Ihle, M.; Ziesche, S.; Rzepka, S.; Wiemer, M.
A new packaging approach for reliable high temperature MEMS devices based on multilayer ceramic interposers
16th International Conference on Sensors and Measurement Technology, Sensor 2013, Nürnberg (14.-16.5.2013), S.236-241, Vortrag

Rost, A.; Schilm, J.; Kusnezoff, M.; Michaelis, A.
Li-ion conducting solid electrolytes
37th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2013, Daytona Beach (27.1.-1.2.2013), Vortrag

Rost, A.; Pönicke, A.; Schilm, J.; Michaelis, A.
Metallisation and surface coating of ceramic thermoelectric
10th International Conference Brazing, High Temperature Brazing and Diffusion Bonding – LÖT 2013, Aachen (18.-20.6.2013), S.63-66, Vortrag

Sauchuk, V.; Kusnezoff, M.; Trofimenko, N.; Langklotz, U.; Fries, M.; Matthey, B.; Michaelis, A.
Development and modification of the cathodes for Li-ion batteries on the basis of the NMC-material
2nd International Conference on Materials for Energy – EnMat II, Karlsruhe (12.-16.5.2013), Vortrag

Scheithauer, O.; Heymer, H.; Richter, H.-J.; Faßauer, B.; Adler, J.
Application of ceramic multichannel flat membranes for filtration of digestate sewage
Filtech 2013, Wiesbaden (22.-24.10.2013), Vortrag

Scheithauer, O.; Wufka, A.; Faßauer, B.; Voigt, I.
Biogasgewinnung aus lignocellulosehaltigen biogenen Reststoffen
Biotechnologie mit der wir leben: Lebensmittel – Textil – Haushalt, Dresden (27.2.2013), Poster

Scheithauer, U.; Haderk, K.; Moritz, T.; Zins, M.; Michaelis, A.
Development of new, light-weight structures as kiln furnitures
56. Internationales Feuerfest-Kolloquium 2013, Aachen (25./26.9.2013), Vortrag

Scheithauer, U.; Slawik, T.; Haderk, K.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Development of planar and cylindrical refractories with graded microstructure
13th Biennial Worldwide Congress on Refractories – Unitecr 2013, Victoria (10.-13.9.2013), Vortrag

Scheithauer, U.; Slawik, T.; Haderk, K.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Development of planar and cylindrical ceramics with graded microstructure
5th International Conference on Shaping of Advanced Ceramics – Shaping 5, Mons (29.-31.1.2013), Vortrag

Scheithauer, U.; Freytag, C.; Haderk, K.; Moritz, T.; Zins, M.; Michaelis, A.
Novel generation of kiln furniture
13th Biennial Worldwide Congress on Refractories – Unitecr 2013, Victoria (10.-13.9.2013), Vortrag

Scheithauer, U.; Michaelis, A.
Thermoschockbeständige kohlenstofffreie Feuerfestbauteile durch Mehrschichttechnologien
4. Freiberger Feuerfestforum, Freiberg (27.11.2013), Poster

Schilm, J.; Pönicke, A.; Rost, A.
Entwicklung von Material- und Fügetechnologien zur Herstellung keramikbasierter thermoelektrischer Module
Symposium Thermoelektrik – Vom Werkstoff zum System, Dresden (17./18.4.2013), Vortrag

Schilm, J.; Moritz, T.; Mannschatz, A.; Peschel, M.; Michaelis, A.
Powder injection moulding (PIM) of conductive glass-carbon composites for electrical resistors
87. Jahrestagung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft 2013, Bremen (27.-29.5.2013), Vortrag

Schitco, C.; Bazarjani, M.S.; Gurlo, A.; Riedel, R.; Jüttke, Y.; Voigt, I.
Polymer-derived silicon nitride, oxynitride and carbonitride microporous membranes for hydrogen purification
13th International Conference of the European Ceramic Society – ECerS XIII, Limoges (23.-27.6.2013), Vortrag

Schmidt, R.; Wenzel, M.; Reinhardt, K.; Partsch, U.; Rebenklau, L.; Eberstein, M.
Influence of the organic vehicle and inorganic additives on the properties of thick film pastes for AlN
46th International Symposium on Microelectronics – IMAPS 2013, Orlando (29.9.-3.10.2013), S.78-83, Vortrag

Schneider, J.; Johannes, M.
Effect of grinding media size on the properties of slip casted Y-TZP ceramics
5th International Conference on Shaping of Advanced Ceramics – Shaping 5, Mons (29.-31.1.2013), Vortrag

Schneider, J.; Johannes, M.; Sandkuhl, O.
Feinstdisperse Y-TZP-Keramiken für Implantate und dentale Restauration
8. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomechanik, Ulm (15.-17.5.2013), Poster

Schneider, M.; Schubert, N.; Michaelis, A.
ECM on SiC-based ceramics – A first approach
9th International Symposium on Electrochemical Machining Technology – INSECT 2013, Chemnitz (12./13.11.2013), S.125-130, Vortrag

Schneider, M.; Michaelis, A.
Electrochemical Machining – Eine alternative Werkstoffbearbeitung
Workshop Elektrochemie – Verfahrenstechnologie für vielfältige Anwendungen, Hanau (24.1.2013), Vortrag

Schneider, M.; Langklotz, U.; Michaelis, A.
Electrolyte / Separator combinations and the internal resistance of LIBs
Kraftwerk Batterie, Aachen (25.-27.2.2013), Poster

Schönecker, A.
Smart solutions for a sustainable future – Advances in smart materials, production technologies and applications
Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium – IEEE 2013, Prag (21.-25.7.2013), Vortrag

Schönecker, A.; Rödig, T.; Eßlinger, S.
Suitability of KNN – Ceramics for acoustic transducer applications
International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices, State College (7.-9.5.2013), Vortrag, Poster

Schönecker, A.; Eßlinger, S.; Rupitsch, S.J.
Activation and characterization of electro-mechanical coupling of piezoceramic components with regard to optimized use in smart structure applications
4th Scientific Symposium »Lightweight Design by Integrating Functions« des SFB/Transregio 39 »PT-PIESA«, Nürnberg (26./27.3.2013), S.75-79, Vortrag

Schöne, J.; Körnig, A.; Beckert, W.; Michaelis, A.
Thermal modeling of a honeycomb reformer including radiative heat transfer
COMSOL Conference 2013, Rotterdam (23.-25.10.2013), Poster

Schöne, J.; Beckert, W.; Ganzer, G.; Pönicke, A.; Michaelis, A.
Two-dimensional modeling of a SOFC stack repeating unit
5th European Fuel Cell Piero Lunghi Conference – EFC13, Rome, Italy (11.-13.12.2013), S.155-156, Vortrag

Schönfeld, K.; Klemm, H.; Michaelis, A.
Hochtemperaturverhalten von SiC-faserverstärkten CMCs
19. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Karlsruhe (3.-5.7.2013), Vortrag

Schubert, N.; Schneider, M.; Michaelis, A.
ECM of cemented carbides with various microstructure
9th International Symposium on Electrochemical Machining Technology – INSECT 2013, Chemnitz (12./13.11.2013), S.145-150, Vortrag

Schulz, M.
Keramische Festelektrolyten für Hochtemperaturbatterien
2. Sächsisches Forum für Brennstoffzellen und Energiespeicher, Leipzig (5.11.2013), Vortrag

Schwankl, M.; Flössel, M.; Körner, C.; Gebhardt, S.; Singer, R.F.; Michaelis, A.
Integration of piezoceramic components in aluminum high pressure die castings
4th Scientific Symposium »Lightweight Design by Integrating Functions« des SFB/Transregio 39 »PT-PIESA«, Nürnberg (26./27.3.2013), S.33-36, Vortrag

Schwarz, B.
EFFIGEST – Entwicklung einer energetisch hocheffizienten Prozesskette zur EFFIzienzsteigerung bei der Vergärung von GEflügelmist unter Nutzung modifizierter STrohfraktionen und mit prozessintegrierter Gewinnung marktfähiger Dünger - Erstvorstellung
5. Statuskonferenz des BMU-Förderprogrammes »Energetische Biomassenutzung«, Leipzig (14./15.11.2013), Vortrag

Schwarz, B.
PROKOSYS – Prozesse, Komponenten und Systeme für den flexibilisierten Betrieb von Biogasanlagen unter Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe
5. Statuskonferenz des BMU-Förderprogrammes »Energetische Biomassenutzung«, Leipzig (14./15.11.2013), Vortrag

Sempf, K.; Pönicke, A.; Triebert, A.; Gestrich, T.; Schilm, J.; Martin, H.-P.; Böhm, G.; Schnee, D.
Aktivlöten von Kupfer mit Aluminiumnitrid- und Siliziumnitridkeramik für die Leistungselektronik
4th User Meeting Ultraschallmikroskopie, Westhausen (12./13.6.2013), Vortrag

Sempf, K.
Einsatz der Ultraschallmikroskopie zur Prozesskontrolle beim Aktivlöten von Kupfer-Keramik-Verbunden

4th User Meeting Ultraschallmikroskopie, Westhausen (12./13.6.2013), Vortrag

Sempf, K.
Lokale elektrische Leitfähigkeit in SiC-Keramik
14. Wissenschaftliches Seminar des Dresdner Fraunhofer Clusters Nanoanalytik und des Dresden Center for Nanoanalysis der TU Dresden, Dresden (25.10.2013), Vortrag

Seuthe, T.; Grehn, M.; Mermillod-Blondin, A.; Bonse, J.; Eberstein, M.
Compositional dependent response of silica-based glasses after femtosecond laser pulse irradiation
SPIE Laser Damage Symposium 2013, Boulder (22.-25.9.2013), Vortrag

Seuthe, T.; Grehn, M.; Bonse, J.; Mermillod-Blondin, A.; Eichler, H.; Eberstein, M.
Femtosecond laser induced structural modifications in binary and ternary silicate glasses probed by micro raman spectroscopy
23rd International Congress on Glass – ICG 2013, Prag (1.-5.7.2013), Vortrag

Seuthe, T.; Grehn, M.; Mermillod-Blondin, A.; Bonse, J.; Eberstein, M.
µ-Raman Spektroskopie an fs-Laser modifizierten Gläsern
Fachausschuss I der DGG »Chemie und Physik des Glases«, Würzburg (8.10.2013), Vortrag

Simon, A.; Kinski, I.; Schulz, M.; Richter, H.; Voigt, I.
CNT auf porösen Keramikträgern für die Energie- und Umwelttechnik
Jahreskongress Innovationsallianz Carbon Nanotubes – Inno.CNT 2013, Stuttgart (20./21.2.2013), Poster

Simon, A.; Kinski, I.; Schulz, M.; Richter, H.; Voigt, I.; Ritter, U.
CNT-Wachstum auf asymmetrischen keramischen ZrO_2 und Al_2O_3 Trägern
11. Thüringer Werkstofftag, Ilmenau (21.3.2013), Poster

Simon, A.; Hercher, J.; Kämnitz, S.; Richter, H.; Voigt, I.
Growing of carbon nanotubes on asymmetric porous ceramic substrates by catalytic chemical vapor deposition (CCVD)
13th International Conference of the European Ceramic Society – ECerS XIII, Limoges (23.-27.6.2013), Vortrag

Slawik, T.; Bergner, A.; Moritz, T.; Scholl, R.; Zelm, R.; Handke, T.; Michaelis, A.; Großmann, H.
Application of coating technologies for the production of functional material composites
26. PTS Streicherei Symposium, München (17./18.9.2013), Vortrag

Slawik, T.; Moritz, T.; Scholl, R.; Michaelis, A.
Multilayered metal-ceramic composites made by coating technologies
8th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing – PRICM8, Waikoloa, Hawaii (4.-9.8.2013), Vortrag

Stahn, M.; Weyd, M.; Richter, H.; Voigt, I.
Development of ceramic membranes with the help of fluid flow simulation
3rd Dissemination Workshop of the nano4water cluster, Dresden, (17./18.4.2013), Poster

Stahn, M.; Richter, H.; Puhlfürß, P.; Reichel, U.
Erhöhung der Festigkeit oxidkeramischer Bauteile durch Einbringen eines Material- und Gefügegradienten
DKG-Jahrestagung 2013, Weimar (18.-20.3.2013), Vortrag

Standke, G.
Development and testing of carbon and zirconia infiltrated silicon carbide materials as high temperature refractories in coal ash gasification reactors
13th International Conference of the European Ceramic Society – ECerS XIII, Limoges (23.-27.6.2013), Vortrag

Stein, J.; Potthoff, A.; Meyer, A.
Aufbereitung und Charakterisierung von Suspensionen
DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung keramischer Suspensionen – Technologie und statistische Versuchsplanung, Dresden (6./7.11.2013), Vortrag

Stockmann, J.; Beckert, W.
Keramische Federelemente von der Auslegung bis zum Prototyp
Ilmenauer Federntag 2013, Ilmenau (26.9.2013), Vortrag

Stockmann, J.
Trockenpressen – Technologische Aspekte
DKG-Fortbildungsseminar – Technologische Grundlagen der Granulierung und Granulatverarbeitung, Dresden (4./5.11.2013), Vortrag

Stockmann, J.
Verbindungstechnik
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil III: Konstruktion, Prüfung, Freiburg (14./15.11.2013), Vortrag

Suffner, J.; Rost, A.
Glaskeramische Werkstoffe zum Fügen von hoch-chromhaltigen Metallen
SOFC-Workshop »Technologieroadmapping D A CH – III«, Reutte (25.–27.6.2013), Vortrag

Svoboda, H.
Charakterisierung des Pressverhaltens
DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung keramischer Suspensionen – Technologie und statistische Versuchsplanung, Dresden (6./7.11.2013), Vortrag

Svoboda, H.
Charakterisierung des Pressverhaltens
DKG-Fortbildungsseminar – Technologische Grundlagen der Granulierung und Granulatverarbeitung, Dresden (4./5.11.2013), Vortrag

Swiecinski, K.; Ihle, M.; Jurk, R.; Dietzen, E.; Partsch, U.; Eberstein, M.
Aerosol jet printing of two component thick film resistors on LTCC
9th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2013 – IMAPS/ACerS, Orlando (23.-25.4.2013), Vortrag

Tillmann, W.; Sievers, N.; Pfeiffer, J.; Wojarski, L.; Zielke, R.; Pönicke, A.; Schilm, J.
Examination of the porosity in reactive air brazed joints by ultrasonic testing
10th International Conference Brazing, High Temperature Brazing and Diffusion Bonding – LÖT 2013, Aachen (18.-20.6.2013), S.46-49, Vortrag

Trümper, S.; Schneider, M.
Elektrophoretische CNT-

Beschichtungen
18. Seminar des Arbeitskreises Elektrochemie in Sachsen – AKES, Freiberg (11.1.2013), Vortrag

Vinnichenko, M.; Hauschild, D.; Heinig, K.-H.; Krause, M.; Cornelius, S.; Lissotschenko, V.; Sauchuk, V.; Kusnezoff, M.
Modification of transparent conductive materials by millisecond laser processing
Workshop »Laser RTP« – Kompetenznetz INPLAS, Berlin (12./13.9.2013), Vortrag

Voigt, I.; Michaelis, A.
Ceramic membranes and systems for energy and environmental technology
8th International Conference on High-Performance Ceramics – CICC-8, Chongqing (4.-7.11.2013), Vortrag

Voigt, I.; Richter, H.; Weyd, M.
Ceramic membranes for water purification, product cleaning and solvent recovery
7th International Workshop on Crystallization, Filtration, Drying & Milling, Mumbai (21.-23.2.2013), Vortrag

Voigt, I.
Ceramic membranes: From macropores to nanopores for efficient energy conversion
GIGA 2013 Academic Workshops der Universität Köln, New Delhi (16.-19.9.2013), Vortrag

Voigt, I.; Richter, H.; Weyd, M.; Prehn, V.
Ceramic nanofiltration membranes – Examples of application and new developments
10. Aachener Tagung Wasser und Membranen, Aachen (29./30.10.2013), Vortrag

Voigt, I.; Richter, H.; Weyd, M.
Inorganic membranes for dewatering of organic solvents including bioethanol
7th International Workshop on Crystallization, Filtration, Drying & Milling, Mumbai (21.-23.2.2013), Vortrag

Voigt, I.
Keramische Nanofiltrationsmembranen mit einer Trenngrenze von 200 Da
Fachkolloquium »Neue Möglichkeiten in der Trenntechnik durch Einsatz stabiler keramischer Membranen«, Hermsdorf (13.6.2013), Vortrag

Voigt, I.; Puhlfürß, P.; Richter, H.; Zeidler, S.; Kätzel, U.
Low cut-off ceramic NF-membranes for organic solvents
4th International Conference on Organic Solvent Nanofiltration, Aachen (12.-14.3.2013), Vortrag

Voigt, I.; Richter, H.; Weyd, M.; Tusel, E.; Brüschke, H.E.A.
Membrane enhanced biofuel production
3rd International Conference on Energy Process Engineering – ICEPE, Frankfurt (4.-6.6.2013), Vortrag

Voigt, I.; Prehn, V.
Poröse keramische Membranen zur Effizienzsteigerung der Biomassekonversion
11. Thüringer Werkstofftag, Ilmenau (21.3.2013), Vortrag

Voigt, I.; Richter, H.; Kriegel, R.; Weyd, M.
Stand der Entwicklung keramischer Membranen für die Gastrennung
DECHEMA Fachgruppen-Sitzung »Membrantechnik«, Frankfurt (24.1.2013), Vortrag

Wabnitz, C.; Weiser, M.; Schneider, M.
Entwicklung einer Membranelektrodeneinheit auf Basis gerichteter Kohlenstoffnanoröhren
18. Seminar des Arbeitskreises Elektrochemie in Sachsen – AKES, Freiberg (11.1.2013), Vortrag

Walter, M.; Weil, M.; Meißner, T.; Springer, A.; Duis, K.
Acute and chronic effects of magnetite-based nanocomposites on invertebrates (Hyalella Azteca and Chironomus riparius) and zebrafish embryos (Danio rerio)
3rd Young Environmental Scientists meeting – YES 2013, Krakau (11.-13.2.2013), Vortrag

Weil, M.; Meißner, T.; Kühnel, D.; Duis, K.
Erste Schritte zu einer einheitlichen ökotoxikologischen Bewertung von Fe-basierten Nanopartikeln und Nanokompositen
18. Jahrestagung der SETAC GLB, Essen (23.-26.9.2013), Poster

Weil, M.; Meißner, T.; Kühnel, D.
Erste Schritte zur ökotoxikologischen Bewertung von Eisenbasierten Nanopartikeln und Nanokompositen
3. Clustertreffen NanoCare / NanoNature, Frankfurt (14./15.1.2013), Poster

Weiser, M.; Schrötke, C.; Schneider, M.; Meißner, F.; Michaelis, A.
Abscheidung von Manganoxid auf gerichteten Kohlenstoffnanoröhren
18. Seminar des Arbeitskreises Elektrochemie in Sachsen – AKES, Freiberg (11.1.2013), Vortrag

Wenzel, M.; Schmidt, R.; Partsch, U.; Eberstein, M.
Thick film pastes for nitride ceramics for high power applications
46th International Symposium on Microelectronics – IMAPS 2013, Orlando (29.9.-3.10.2013), Vortrag

Wenzel, M.; Schmidt, R.; Partsch, U.; Eberstein, M.
Thick film pastes for silicon nitride ceramics
9th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies, CICMT 2013, IMAPS/ACerS, Orlando (23.-25.4.2013), Vortrag

Weyd, M.; Richter, H.; Voigt, I.
Nanoporous ceramic membranes for separation processes in liquid and gaseous media
Membranes-2013, Vladimir (1.-4.10.2013), Vortrag

Weyd, M.
Permporosimetrie zur Qualitätskontrolle meso- und mikroporöser Membranen
Arbeitskreis Keramische Membranen, Frankfurt (7.5.2013), Vortrag

Weyd, M.; Richter, H.; Voigt, I.
Separation processes using nanoporous membranes
Engineering with membranes, Saint-Pierre d'Oleron (3.-7.9.2013), Vortrag

Winkin, N.; Mokwa, W.; Gierth, U.; Rabbow, T.; Michaelis, A.
A flexible micro-electrode array with an embedded flexible CMOS-chip for medical applications
7th International Conference and Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems – SSI 2013, Amsterdam (13./14.3.2013), Vortrag

Winkin, N.; Gierth, U.; Michaelis, A.; Mokwa, W.; Rabbow, T.

Nano-modifiziertes flexibles Mikroelektroden-Array mit integriertem CMOS-Chip für medizinische Anwendungen
MikroSystemTechnik-Kongress 2013: Von Bauelementen zu Systemen, Aachen (14.-16.10.2013), Vortrag

Wolter, M.; Börner, S.; Fritsch, M.; Fauser, G.; Wunderlich, C.
Development of lithium battery electrodes – Effect of manufacturing parameters and electrode design on performance and lifetime of electrodes
Advanced Automotive Battery Conference – AABC Europe 2013, Strasbourg (24.-28.6.2013), Poster

Wunderlich, C.
Brennstoffzellen für stationäre Energieversorgung
7. Expertentreffen Energiemetropole Leipzig, Leipzig (2.12.2013), Vortrag

Wunderlich, C.; Goldberg, A.; Partsch, U.; Ziesche, S.
Ceramic multilayer technology as enabling technology for robust micro fuel cell systems
Fuel Cell Seminar & Energy Exposition 2013, Columbus (21.-24.10.2013), Vortrag

Wunderlich, C.
Joint Ventures zur Stärkung des technologiebezogenen Ökosystems
Fraunhofer Marketing Tag 2013 – Akquisition in Schlüsselbranchen, München (8.11.2013), Vortrag

Ziesche, S.; Mosch, S.; Ihle, M.; Partsch, U.
Hochauflösendes Direktschreiben sensorischer Strukturen unter Anwendung des Aerosoldruckverfahrens
11. Dresdner Sensor-Symposium – DSS 2013, Dresden (9.-11.12.2013), S.325-329, Poster

Zins, M.
Keramische Komponenten als Schlüsselfunktion für Innovationen bei Design und Interieur
InnoMateria Award – Expertentreff der innovativen Werkstoffbranche, Kölnmesse, Köln (14./15.5.2013), Vortrag

Zins, M.
Fraunhofer's success case of technology transfer to SMEs
Global R&D Conference, Coex, Seoul (6.12.2013), Vortrag

Zins, M.
Herstellung, Anwendung und Einkauf von Technischer Keramik
Workshop, VW AutoUni, Wolfsburg (31.5.2013), Vortrag

Zins, M.
Anwendungen und Lieferanten keramischer Hochleistungskomponenten
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Dresden (6./7.3.2013), Vortrag

Zins, M.
Keramische Hochleistungswerkstoffe: Einsatzbereiche und Entwicklungstrends
DKG-Fortbildungsseminar – Entbinderung keramischer Formteile, Dresden (10./11.10.2013), Vortrag

Zins, M.
Keramische Werkstoffe und Anwendungen: Entwicklungstrends und -angebote
DKG-Fortbildungsseminar – Thermoplastische Formgebung von Technischer Keramik – Technologie und Training, Dresden (9./10.10.2013), Vortrag

Zschippang, E.
Ceramic heaters made of silicon nitride composites
2nd International Conference on Materials for Energy – EnMat II, Karlsruhe (12.-16.5.2013), Poster

Lehrtätigkeiten von Mitarbeitern

Dr. Barth, S.
Vorlesung
»Keramische Verfahrenstechnik«
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich Scitec (WS 13/14)

Dr. Eberstein, M.
Vorlesung
»Dickschichttechnik«
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik (SS 13)

Dr. Fries, M.
Vorlesung
»Granulationsverfahren und Granulatcharakterisierung in der keramischen Industrie«
TU Bergakademie Freiberg, Freiberg (15.05.2013)

Dr. habil. Herrmann, M.
Vorlesung und Studentenbetreuung
»Technische Keramische Werkstoffe«
University of Witwatersrand, Johannesburg, Südafrika (03/2013 und 09/2013)

Dipl.-Ing. Höhn, S.
Vorlesung
»Keramografie«, im Rahmen der Lehrveranstaltung »Metallografie«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (28.1.2013)

Dr. Jahn, M.
Vorlesung und Übung
»Technische Chemie II/Reaktionstechnik«
HTW Dresden, Chemieingenieurwesen (SS 13)

Dr. Jahn, M.
Vortrag
»Synthesegaserzeugung aus Biogas Reaktordesign und Integration in ein Festoxidbrennstoffzellen-system«
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Technische Chemie (14.11.2013)

Dr. Jahn, M.
Vortrag im Fakultätskolloqium
»Verfahrenstechnische Entwicklung von Festoxidbrennstoffzellen-(SOFC)-Systemen«
TU Hamburg-Harburg (5.12.2013)

Dr. Kriegel, R.
Vorlesung
»Keramische Verfahrenstechnik«
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich Scitec (WS 13/14)

Prof. Dr. Michaelis, A.; Dr. Kusnezoff, M.; Dr. Jahn, M.; Dr. Heddrich, M.; Dr. Rebenklau, L.
Vorlesung
»Keramische Funktionswerkstoffe«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (SS 13)

Prof. Dr. Michaelis, A.
Vorlesung und Praktikum
»Keramische Werkstoffe«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
(WS 12/13; WS 13/14)

Prof. Dr. Michaelis, A.; Dr. Rebenklau, L.; Dr. Schönecker, A.
Kapitel: »Technologien der Dickschichttechnik« in der Vorlesungsreihe »Hybridtechnik«
TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
(WS 13/14)

Dr. Moritz, T.
Vorlesung
»Keramikspritzgießen«
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich Scitec (18.11.2013)

Dr. Moritz, T.
Vorlesung
»Keramikspritzgießen«
TU Bergakademie Freiberg (19.6.2013)

Dr. Moritz, T.
Vorlesungsreihe
»Grundlagen der Technischen Keramik«
Kunsthochschule Halle, Burg Giebichenstein (WS 12/13)

Dr. Neumeister, P.
Vorlesung
»Bruchkriterien und Bruchmechanik«
TU Dresden, Institut für Festkörpermechanik (SS 13)

Dr. Potthoff, A.
Vorlesung
»Nanopartikelcharakterisierung«, im Rahmen der Lehrveranstaltung »Advanced Characterization Techniques«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (28.1.2013)

Dr. Rebenklau, L.
Vorlesung
»Dickschichttechnik« und »Multilayerkeramik«
in der Vorlesung von Prof. Michaelis »Funktionskeramik«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (SS 13)

Prof. Dr. Stelter, M.
Vorlesung
»Technische Chemie I / II«
Friedrich-Schiller-Universität Jena (SS 13; WS 13/14)

Prof. Dr. Stelter, M.
Vorlesung
»Technische Umweltchemie«
Friedrich-Schiller-Universität Jena (SS 13; WS 13/14)

Prof. Dr. Stelter, M.
Vorlesung
»Technische Chemie II Vertiefungsfach«
Friedrich-Schiller-Universität Jena (WS 13/14)

Dr. Voigt, I.
Vorlesung
»Keramische Verfahrenstechnik«
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich Scitec (WS 13/14)

Dr. Zins, M.
Vorlesung
»Metalle, Kunststoffe, Keramiken – Technische Keramik als Leichtbaustoff«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (WS 12/13; WS 13/14)

Mitarbeit in Gremien und Fachausschüssen

Gremien

Dr. Krell, A.
- Associate Editor des »Journal of the American Ceramic Society«, American Ceramic Society

Dr. Kusnezoff, M.
- Fraunhofer Energy Alliance, Representative
- SOFC Symposium of ICACC Conference series organized by American Ceramic Society in Daytona Beach, Organizer
- VDMA Working Group High Temperature Fuel Cells, Coordinator
- Scientific committee of European Fuel Cell Forum, Member

Prof. Dr. Michaelis, A.
- Editorial Board des »Journal of Ceramic Science and Technology«, Göller Verlag
- Editorial Board des »International Journal of Materials Research«, Hanser Verlag
- Schriftenreihe Kompetenzen in Keramik, Michaelis, A.(Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer Verlag, Start 2006
- Schriftenreihe Kompetenzen in Keramik und Umweltverfahrenstechnik, Michaelis, A.(Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer Verlag, Start 2008
- AGEF e.V. Institut an der Heinrich-Heine-Universität, Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V., Mitglied
- Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Mitglied
- DECHEMA Gesellschaft für Chemie Technik und Biotechnologie e.V., Mitglied
- DGM Deutsche Gesellschaft für Materialkunde, Mitglied
- »World Academy of Ceramics« WAC, Mitglied
- WAC Forum Committee (2010-2014), Mitarbeit
- DKG-Vorstandsmitglied sowie Vorsitzender der Forschungsgemeinschaft der Deutschen Keramischen Gesellschaft
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Koordinierung«
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Funktionskeramik«, Leitung
- DECHEMA-Arbeitsausschuss »Angewandte Anorganische Chemie«
- Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Sprecher
- Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.
- Institutsrat des IfWW, TU Dresden
- Fa. Roth & Rau, Aufsichtsratsmitglied
- AiF, Wissenschaftlicher Rat
- Solarvalley Mitteldeutschland e.V., Vorstand
- Wissenschaftlicher Beirat »Photovoltaik Silicon Saxony«, Mitglied
- Hochschulrat der Westsächsischen Hochschule Zwickau, Mitglied
- Dresdner Gesprächskreis der Wirtschaft und der Wissenschaft e.V.
- NanoChem, BMBF, Gutachter
- Gutachterausschuss »Interne Programme« der Fraunhofer Gesellschaft, Vorsitzender
- Lenkungsgremium Innovationszentrum Energieeffizienz TU Dresden
- Beirat eZelleron GmbH
- Vorstand Materialforschungsverbund Dresden e.V. MFD, Mitglied
- Energiebeirat des Wirtschaftsministeriums Sachsen
- Beirat Industrielles Netzwerk Erneuerbare Energien Sachsen EESA
- Dresden-concept e.V.
- Clean Tech Media Award, Jurymitglied
- Gutachterausschuss »Märkte von Übermorgen« der Fraunhofer-Gesellschaft, Gutachter
- NOW GmbH, Beiratsmitglied
- Fraunhofer USA, Board of Directors

Dr. Schneider, M.
- DGO-Bezirksgruppe Sachsen der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik, Vorsitzender
- Fachbeirat der Gesellschaft für Korrosionsschutz, GfKORR, Mitglied

Prof. Dr. Stelter, M.
- MNT Mikro-Nano-Technologie Thüringen e.V., Vorstandsmitglied

Dr. Richter, H.
- International Zeolite Association

Dr. Voigt, I.
- BVMW-Bundesverband für mittelständige Wirtschaft

Dr. Voigtsberger, B.
- DKG Mitglied des Präsidiums und Vorstands
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Koordinierung«
- Hochschulrat Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena
- IHK Ostthüringen zu Gera, Ausschuss für Industrie und Forschung

Dr. Wunderlich, C.
- Fuel Cell Energy Solutions GmbH, Mitglied im Beirat
- Energy Saxony e.V., 2. Vorsitzender
- European Fuel Cell Forum, International Bord of Advisors

Dr. Zins, M.
- Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Sprecher
- Editorial Board des »Ceramic Applications«, Göller Verlag, Chairman

Fachausschüsse

Dipl.-Krist. Adler, J.
- DGM Fachausschuss »Zellulare Werkstoffe«
- FAD-Förderkreis »Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren e.V.«

Dr. Beckert, W.
- Fraunhofer-Allianz »Numerische Simulation von Produkten und Prozessen« NUSIM

Dipl.-Math. Brand, M.
- Fachausschuss »Schallemissionsprüfung (SEP)« der Deutschen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung DGZfP

Dr. Faßauer, B.
- Fraunhofer-Allianz SysWasser
- Wasserwirtschaftliches Energiezentrum Dresden – e.qua impuls e.V.
- Fachverband »Biogas«

Freund, S.
- Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Geschäftsstelle

Dr. Fries, M.
- DGM/DKG-Arbeitskreis »Verarbeitungseigenschaften synthetischer keramischer Rohstoffe«, Leiter
- DKG-Fachausschuss FA III »Verfahrenstechnik«
- ProcessNet-Fachgruppe »Agglomerations- und Schüttguttechnik«, Beiratsmitglied
- ProcessNet-Fachgruppe »Trocknungstechnik«, Beiratsmitglied

Dr. Gestrich, T.
- Gemeinschaftsausschuss »Pulvermetallurgie«, Expertenkreis »Sintern«
- GEFTA-Arbeitskreis »Thermophysik«

Dipl.-Ing. Gronde, B.
- Gemeinschaft »Thermisches Spritzen e.V.«
- DVS-Arbeitsgruppe »Thermisches Spritzen«

Dr. Herrmann, M.
- DGM-Fachausschuss »Thermodynamik, Kinetik und Konstruktion der Werkstoffe«
- DGM-Fachausschuss »Field Assisted Sintering Technique / Spark Plasma Sintering«

Dr. Kaiser, A.
- GEFTA-Arbeitskreis »Thermophysik«

Dr. Klemm, H.
- DKG-Arbeitskreis »Verstärkung keramischer Stoffe«
- DIN-Normungsausschuss »Materialprüfung NMP 291«
- DIN-Normungsausschuss »Materialprüfung NMP 294«
- Carbon Composites e.V., Arbeitskreis »Ceramic Composites«

Kunath, R.
- Arbeitskreis »Spezialbibliotheken«

Dr. Kusnezoff, M.
- DIN/VDE, Referat K 141, DKE Deutsche Kommission, »Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik«
- Arbeitskreis »Aufbau- und Verbindungstechnik für Hochtemperatursensoren«

Dr. Lausch, H.
- VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, GMM-Fachausschuss 4.7 »Mikro-Nano-Integration«
- VDE/DGMT/BMBF Begleitforschung »Intelligente Implantate«, externes Mitglied
- Fraunhofer-Gesellschaft e.V., Forschungsplanung, Fraunhofer Discover Markets 2030

Dipl.-Ing. Lincke, M.
- ANS e.V. Fachausschuss »Biokohle«

Dipl.-Ing. Ludwig, H.
- DGM-Fachausschuss »Biomaterialien«

Dr. Moritz, T.
- ENMAT »European Network of Materials Research Centres«, Vice President
- Management Committee of COST action MP0701 »Nanocomposite Materials«
- DECHEMA-Fachausschuss »Nanotechnologie«
- DKG-Expertenkreis »Keramikspritzguss «, Vorstandsvorsitzender
- Redaktionsbeirat der cfi, Ber. DKG, Vorsitzender

Dipl.-Phys. Mürbe, J.
- VDI-Bezirksverein Dresden, Arbeitskreis »Granulometrie«

Nake, K.
- DGM-Arbeitskreis »Härteprüfung und AWT«, Fachausschuss »FA-12«

Dr. Petasch, U.
- FAD-Förderkreis »Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren e.V.«

Dr. Pönicke, A.
- DVS-Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe W3 »Fügen von Metall, Keramik und Glas«

Dr. Potthoff, A.
- DGM/DKG-Arbeitskreis »Prozessbegleitende Prüfverfahren«
- DECHEMA/VCI-Arbeitskreis »Responsible Production and Use of Nanomaterials«
- Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

Dipl.-Ing. Räthel, J.
- DGM-Fachausschuss »Field Assisted Sintering Technique / Spark Plasma Sintering«

Dr. Rebenklau, L.
- VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, GMM Fachausschuss 5.5 »Aufbau- und Verbindungstechnik«
- Arbeitskreis »Aufbau- und Verbindungstechnik für Hochtemperatursensoren«
- DVS Arbeitsgruppe A 2.4 – Bonden im DVS

Dr. Reichel, U.
- DKG-Fachausschuss 6 »Werkstoffanwendungen«
- DKG-Arbeitskreis »Verarbeitungseigenschaften synthetischer keramischer Rohstoffe«
- DGM-Fachausschuss »Field Assisted Sintering Technique / Spark Plasma Sintering«

Dr. Richter, H.-J.
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Keramische Membranen«
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Biokeramik«
- DGM-Fachausschuss »Additive Fertigung«

Dr. Richter, V.
- VDI-Fachausschuss »Schneidstoffanwendung«
- DECHEMA/VCI-Arbeitskreis »Responsible Production and Use of Nanomaterials«
- DGM-Arbeitskreis »Materialkundliche Aspekte der Tribologie und der Endbearbeitung«
- DIN-Normenausschuss »Werkstofftechnologie« (NWT), AA »Probenahme und Prüfverfahren für Hartmetalle«
- DIN-Normenausschuss »Materialprüfung« (NMP), AA »Nanotechnologien«
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Pulvermetallurgie«, Expertenkreis »Sintern«
- Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie
- EPMA-Arbeitskreis »European Hard Materials Group«

Dr. Rost, A.
- DVS-Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe W3 »Fügen von Metall, Keramik und Glas«

Dr. Schilm, J.
- DGG-Fachausschuss 1 »Physik und Chemie des Glases«
- DKG/DGG-Arbeitskreis »Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe«
- DVS-Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe W3 »Fügen von Metall, Keramik und Glas«

Dr. Schönecker, A.
- Beirat der Smart Material GmbH

Dipl.-Chem. Schubert, R.
- DKG-Expertenkreis »Keramikspritzguss«

Dipl.-Ing. Stahn, M.
- VDI-Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb

Standke, G.
- DGM Fachausschuss »Zellulare Werkstoffe«

Prof. Dr. Stelter, M.
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Energie«
- DGM-Fachausschuss »Werkstoffe der Energietechnik«

Dipl.-Min. Thiele, S.
- GTS-Gemeinschaft Thermisches Spritzen e.V.

Dr. Voigt, I.
- GVC-Fachausschuss »Produktionsintegrierte Wasser- und Abwassertechnik«
- ProcessNet-Arbeitsausschuss »Membrantechnik«
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Keramische Membranen«, Leiter
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Koordinierung«

Dr. Wunderlich, C.
- VDI-Fachausschuss »Brennstoffzellen«

Dr. Zins, M.
- DKG-Koordinierungsgruppe »Strukturwerkstoffe Fachausschüsse«
- Fachausschuss »Pulvermetallurgie«
- DKG-Fachausschuss »Keramikanwendungen«
- Deutsche Messe AG, Fachmessebeirat »Industrial Supply«
- Messe München, Fachbeirat »Ceramitec«
- Institut für Prozess- und Anwendungstechnik Keramik, RWTH Aachen, Vorstand

Programmausschüsse bei Fachtagungen

Prof. Dr. Michaelis, A.
- Vision Keramik 2014, IKTS Dresden (16./17.1.2014)
- DKG-Jahrestagung 2014 / Symposium Hochleistungskeramik DKG/DGM 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.-26.3.2014)
- 13th International Ceramics Congress – CIMTEC 2014, Montecatini Terme, Italy (8.-13.6.2014), Member of the international advisory board
- 5th International Congress on Ceramics – ICC5, China, Peking (17.-21.8.2014), Member of the board of the international advisory committee
- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Vancouver, Canada (14.-19.6.2015), Organisationskomitee
- 4. Dresdner Werkstoffsymposium »Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde«, Dresden, TU Dresden IfWW (18./19.11.2013)

Dr. Fries, M.
- 18. DKG-Fortbildungsseminar – Technologische Grundlagen der Granulierung und Granulatverarbeitung, IKTS Dresden/TU Dresden (4./5.11.2013), Programm-Organisator
- 6. DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung: Technologie – Statistische Versuchsplanung – Produkt- und Prozessoptimierung, IKTS Dresden/TU Dresden (6./7.11.2013), Programm-Organisator
- 6. DKG/DGM-Arbeitskreissitzung »Verarbeitungseigenschaften synthetischer Rohstoffe«, Hosokawa Alpine AG (18.4.2013), Programm-Organisator
- DKG-Symposium »Verfahren zur Herstellung keramischer Schichten«, Erlangen (3./4.12.2013), Mitglied Programmausschuss

Dr. Gestrich, T.
- 32. Hagener Symposium Pulvermetallurgie »Moderne Fertigungsprozesse - Qualität und Produktivität in der Pulvermetallurgie«, Hagen (28./29.11.2013), Programmausschuss

Dr. Schneider, M.
- 6th International Workshop on Impedance Spectroscopy – IWIS 2013, Chemnitz (25.-27.9.2013), Programm committee
- 9th International Symposium on Electrochemical Machining Technology – INSECT 2013, Chemnitz (12./13.11.2013), Advisory board

Dr. Schönecker, A.
- International Symposium on Piezocomposite Applications – ISPA 2013, Dresden (19./20.9.2013), Conference organizer

Dr. Vinnichenko, M.
- 537. WE-Heraeus-Seminar »Phy-

sics of Ionized- and Ion-Assisted PVD: Principles and Current Trends«, Dresden (26.-28.6.2013), Mitorganisator

Zins, M.

- AdvanCer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, IKTS Dresden (6./7.3.2012)
- InnoMateria Award – Expertentreff der innovativen Werkstoffbranche, Kölnmesse, Köln (14./15.5.2013), Fachjury
- Innovationsforum Interieur & Design, InnoMateria (14./15.5.2013), Programmausschuss

Dissertationen

Böttge, Daniela
Werkstoffliche und keramtechnologische Aspekte von funktionalen Beschichtungen auf hochporösen Keramikträgern
Dissertation 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Breite, Manuela
Bioethanol in der Hochtemperaturbrennstoffzelle – Partielle Oxidation von Ethanol
Dissertation 2013
Fraunhofer IKTS – TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Chemie und Physik

Höhn, Sören
Beitrag zur quantitativen Charakterisierung keramischer Granulate, Grünkörper und Werkstoffe im angesinterten Zustand
Dissertation 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Langklotz, Ulrike
(Mikro-)elektrochemische Untersuchungen zur Schichtdicke und den dielektrischen Eigenschaften dünner anodischer Oxidfilme auf Titan und TiAlV6-4
Dissertation 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Pönicke, Andreas
Löten von Keramik-Metall-Verbunden mit Reaktivloten an Luft und deren Alterungsverhalten bei hohen Temperaturen
Dissertation 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Energietechnik

Schroth, Stephan
Optische In-situ-Beobachtung des anodischen Auflösungsverhaltens von Kupfer unter ECM-nahen Bedingungen
Dissertation 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Tröber, Oliver
Synthese, Modifizierung und Verarbeitung von porösen, anorganischen Silicaten für die Anwendung in Polymermembranen und fotochrom schaltenden Schichten
Dissertation 2013
Fraunhofer IKTS – Friedrich-Schiller-Universität Jena, Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät

Diplomarbeiten

Bartsch, Katja Alexandra
Herstellung von zweifarbigen, cogesinterten Bauteilen im Inmould-Labelling-Verfahren
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Hochschule Koblenz WesterWald, Campus Höhr-Grenzhausen

Bernhardt, Matthias
Aufbau eines Messplatzes zur Leitfähigkeitsuntersuchung an mischleitenden Oxidkeramiken bei hohen Temperaturen und unterschiedlichen Sauerstoff-Partialdrücken
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Böcker, Aletta
Degradationsverhalten von Siliciumcarbid Schaumkeramik
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Darmstadt, Material- und Geowissenschaften

Erdmann, André
Untersuchung der Hochtemperatur-Sauerstoffpermeation aus thermisch gespaltenem Wasser mittels Ce-substituierten YSZ
Masterarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Esche, Manuel
Leitfähigkeitsuntersuchung an mischleitenden Oxidkeramiken bei hohen Temperaturen und unterschiedlichen Sauerstoffpartialdrücken
Bachelorarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Freytag, Axel
Synthese und Charakterisierung p-leitender thermoelektrischer Keramiken
Masterarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften, Fachrichtung Chemie und Lebensmittelchemie

Glier, Philipp
Untersuchungen zum Alterungsverhalten von Fe_2O_3-dotierten Katalysatorsystemen bei der Hochtemperaturoxidation von Kohlenmonoxid
Bachelorarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Bergakademie Freiberg, Fakultät Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik

Gottschlich, Benjamin
Spritzversuche von Nitriden mittels Plasmaspritzen
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Hochschule Mittweida, Fakultät für Maschinenbau

Greß, Carolin
Untersuchungen zum Betriebsverhalten eines SOFC-Systems mit realem Biogas und zur Integration einer Anodenabgasrezirkulation
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Hielscher, Sebastian
Zerstörungsfreie Bewertung und Nachweis von Fehlerursachen an Hochtemperatur-Brennstoffzellen aus CFY-Interkonnektoren
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Hölzel, Martin
Darstellung der Nickelbasislegierung MAR-M 247 nach dem Masterlegierungsprinzip über galvanische Nickelabscheidung in definiert porösen Strukturen
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Hubmann, Jonas
Untersuchungen an Pt/Mn dotierten Katalysatoren auf Basis beschichteter Schaumkeramik zur CO Hochtemperaturoxidation
Bachelorarbeit 2013

Fraunhofer IKTS – TU Bergakademie Freiberg, Fakultät Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik

Jähnert, Kevin
Grundlegende Untersuchungen zu UV- härtenden Schlickersystemen für das Gießen von Folien nach dem Doctor-Blade-Verfahren und deren thermischer Nachbehandlung
Masterarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Friedrich-Schiller-Universität Jena, Physikalisch-Astronomische Fakultät, Institut für Materialwirtschaft und Werkstofftechnologie

Kasibhatla, Raghavendra Rohith
Thermo-fluidic modeling of a fuel cell stack using OpenFOAM
Masterarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Strömungsmechanik

Kluge, Eric
Korrosionsverhalten von SiC-Diamantkomposit-Werkstoffen in wässrigen Lösungen
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Hochschule Zittau/Görlitz, Fachbereich Mathematik, Naturwissenschaften

Meyer, Robert
Weiterentwicklung und Charakterisierung zeolithgefüllter Kompositmembranen
Masterarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Reitzig, Sven
Entwicklung niedertemperaturaktivierter Metall-Precursortinten für den Aerosoldruck
Masterarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Hochschule Zittau/Görlitz

Rhein, Sebastian
Herstellung und Charakterisierung von dotierten Yttrium-Aluminium-Granat (YAG)-Pulvern
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Rosenberg, Markus
Katalysatortests an Kathoden für Zink-Luft-Batterien
Bachelorarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Schmidt, Ulrike
Korrelation der elektrischen Kenndaten von Silberkontaktschichten auf Silizium mit der Mikrostruktur
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Schrötke, Carl
Untersuchung der Vorgänge an der Phasengrenze Metall/Oxid/Elektrolyt unter dem Aspekt der Feldstärke beim Pulsanodisieren von Aluminium
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Schwarzer, Eric
Wasserbasierender keramischer Schlicker – Theoretische und experimentelle Untersuchung des Trocknungsverhaltens zur Reduzierung von Trocknungsdauer und Defektentstehung
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik

Speer, Kerstin
Auswahl von alternativen elektronenleitenden Materialien und deren Eigenschaften zur Herstellung von dichten, asymmetrischen, sauerstoffpermeablen Komposit-Membranen
Masterarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – Friedrich-Schiller-Universität Jena, Physikalisch-Astronomische Fakultät, Institut für Materialwirtschaft und Werkstofftechnologie

Svidler, Rostislav
Konstruktion, Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zur Untersuchung des ferroelektromechanischen Materialverhaltens an piezokeramischen Probekörpern unter Mehrfeldbelastung
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

Utikal, Jan
Untersuchung des Betriebsverhaltens einer Differentialkreislaufapparatur für den Einsatz neuartiger Katalysatorträger
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Voigt, Karsten
Charakterisierung und Vergleich der Suspensionseigenschaften von pyrogener und gefällter Kieselsäure
Bachelorarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik

Wabnitz, Christian
Platinfunktionalisierung von Kohlenstoff basierenden Elektroden mittels Pulsstromabscheidung für die Anwendung in der Polymer-Elektrolytmembran-Brennstoffzelle
Bachelorarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik

Wolfrum, Anne-Kathrin
cBN verstärkte Siliciumnitrid- und SiAlON-Werkstoffe
Diplomarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Zähr, Linnart
Untersuchungen zur Leitfähigkeit an B-dotierten ZnO-Schichten erzeugt mittels PECVD
Bachelorarbeit 2013
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften



VERANSTALTUNGEN UND MESSEN AUSBLICK

Tagungen und Events

2nd Dresden Nanoanalysis Symposium (DNS)
2.7.2014, Dresden, Fraunhofer IKTS-MD

Lange Nacht der Wissenschaften Dresden
4.7.2014, Dresden, Fraunhofer IKTS

Symposium »Angewandte Elektrochemie in der Werkstoffwissenschaft«
4./5.12.2014, Dresden, Fraunhofer IKTS

Symposium »Optical Coherence Tomography for Non-Destructive Testing – OCT4NDT«
23./24.3.2015, Dresden, Fraunhofer IKTS-MD

International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect & Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2015
20./23.4.2015, Dresden, Fraunhofer IKTS

International Symposium on Piezocomposite Applications ISPA
September 2015, Dresden,
Gläserne Manufaktur und Fraunhofer IKTS

Weitere Informationen finden Sie unter
www.ikts.fraunhofer.de/de/veranstaltung.html

Seminare/Workshops

DKG Fortbildungsseminare

Sprühtrocknung: Technologie – Statistische Versuchsplanung – Produkt- und Prozessoptimierung
12./13. November 2014, Dresden

Weitere Informationen finden Sie unter www.dkg.de

AdvanCer-Schulungsprogramm: Einführung in die Hochleistungskeramik

Teil III: Konstruktion, Prüfung
13./14. November 2014, Freiburg

Teil I: Werkstoffe, Verfahren
März 2015, Dresden

Teil II: Bearbeitung
Mai 2015, Berlin

Teil III: Konstruktion, Prüfung
November 2015, Freiburg

Weitere Informationen finden Sie unter
www.advancer.fraunhofer.de



Messebeteiligungen

European SOFC Forum
Luzern, 1.–4. Juli 2014
Gemeinschaftsstand Energy Saxony e.V.

Green Energy and Biogas Brazil
Sao Paolo, 16.–18. Juli 2014

Euro PM
Salzburg, 21.–24. September 2014

WindEnergy Hamburg
Hamburg, 23.–26. September 2014
Gemeinschaftsstand Wind Energy Network

POWTECH
Nürnberg, 30. September–2. Oktober 2014

TechnoPharm
Nürnberg, 30. September–2. Oktober 2014

World of Energy Solutions (Battery & Storage, f-cell)
Stuttgart, 6.–8. Oktober 2014
Gemeinschaftsstand Energy Saxony e.V.

Composites
Düsseldorf, 7.–9. Oktober 2014
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

Semicon Europe
Grenoble, 7.–9. Oktober 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Mikroelektronik

ASNT Fall Conference
Charleston, 27.–30. Oktober 2014
Gemeinschaftsstand Quality Network

electronica
München, 11.–14. November 2014
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

CompaMed
Düsseldorf, 12.–15. November 2014
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

Hagener Symposium
Hagen, 27.–28. November 2014

EuroMold
Frankfurt am Main, 25.–28. November 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Weitere Informationen finden Sie unter
www.ikts.fraunhofer.de/de/messen.html

ANFAHRT ZUM FRAUNHOFER IKTS



Weitere Informationen und Anfahrtsskizzen finden Sie unter
www.ikts.fraunhofer.de/de/kontakt.html

So erreichen Sie uns in Dresden

Straßenverbindung

- Autobahndreieck Dresden West: Autobahnwechsel A4 auf A17 in Richtung Prag
- Abfahrt an der Ausfahrt Dresden Prohlis/Nickern (Ausfahrt 4)
- Weiterfahrt ca. 2 km auf der Ausfallstraße in Richtung Zentrum
- Am Ende der Ausfallstraße über die Ampel geradeaus weiterfahren auf den Langen Weg Richtung Prohlis (IHK)
- Nach ca. 1 km links abbiegen auf die Mügelner Straße
- An der nächsten Ampelkreuzung rechts abbiegen auf die Straße Moränenende
- Unter der Eisenbahnbrücke durch weiter geradeaus bis zur nächsten Ampel, dann links einbiegen in die Breitscheidstraße
- Weiterfahrt ca. 3 km immer geradeaus über An der Rennbahn auf die Winterbergstraße
- Das Fraunhofer IKTS befindet sich auf der linken Seite
- Melden Sie sich bitte an der Pforte an

Nahverkehr

- Dresden-Hbf.: ab Haltestelle Hauptbahnhof-Nord mit Straßenbahnlinie 9 (Richtung Prohlis) bis Wasaplatz
- Weiter mit Buslinie 61 (Richtung Weißig/Fernsehturm) oder Buslinie 85 (Richtung Striesen) bis Haltestelle Grunaer Weg

Flugverbindung

- Ab Flughafen Dresden-Klotzsche mit dem Taxi zur Winterbergstraße 28 (ca. 10 km)
- Oder mit der S-Bahn (unterirdische S-Bahn-Station) zum Hauptbahnhof, weiter s. Bahn





So erreichen Sie den Institutsteil Materialdiagnostik

Straßenverbindung

- Autobahn A4: Ausfahrt Dresden-Flughafen
- Weiter über Hermann-Reichelt-Straße in Richtung Hoyerswerda auf Grenzstraße
- Maria-Reiche-Straße ist die erste Abzweigung rechts nach Dörnichtweg

- Vom Zentrum Dresden: B97 in Richtung Hoyerswerda
- 400 m nachdem die Straßenbahngleise von der Straßenmitte auf die rechte Seite wechseln nach links in die Grenzstraße abbiegen
- Maria-Reiche-Straße zweigt nach etwa 500 m links ab

Nahverkehr

- Ab Dresden Zentrum mit Straßenbahnlinie 7 (Richtung Weixdorf) bis Arkonastraße
- In Fahrtrichtung schräg nach links durch das Wohngebiet, dann links in Grenzstraße gehen
- Maria-Reiche-Straße erreichen Sie nach etwa zehn Minuten Fußweg auf der linken Seite

- S-Bahn Linie 2 bis Dresden-Grenzstraße
- Entgegengesetzt zur Fahrtrichtung ca. 400 m zurückgehen
- Rechts in die Maria-Reiche-Straße gehen

Flugverbindung

- Ab Flughafen Dresden-Klotzsche mit Bus 80 bis Grenzstraße Mitte, dann 150 m der Grenzstraße folgen
- Oder mit S-Bahn eine Haltestelle bis Dresden-Grenzstraße und etwa 400 m die Grenzstraße weiter laufen

So erreichen Sie den Institutsteil Hermsdorf

Straßenverbindung

- Ausfahrt Bad Klosterlausnitz/Hermsdorf (A9, Ausfahrt 23)
- Weiterfahrt auf Naumburger Straße in Richtung Hermsdorf
- Im Stadtzentrum (Kreisverkehr) rechts abbiegen in Robert-Friese-Straße
- Straßenverlauf in das Industrie- und Gewerbegebiet folgen, dann rechts in Michael-Faraday-Straße abbiegen
- Nach ca. 20 m erreichen Sie links das Gelände des Fraunhofer IKTS

- Ausfahrt Hermsdorf-Ost (A4, Ausfahrt 56b)
- Weiterfahrt Geraer Straße in Richtung Hermsdorf
- Dann links in Regensburger Straße einbiegen und dem Verlauf der Hauptstraße folgen
- Am Kreisverkehr rechts abbiegen und Straße Am Globus folgen, die in die Robert-Friese-Straße mündet
- Dann links in Michael-Faraday-Straße abbiegen
- Nach ca. 20 m erreichen Sie links das Gelände des Fraunhofer IKTS

Nahverkehr

- Ab Bahnhof Hermsdorf-Klosterlausnitz
- Laufen Sie nach rechts in Richtung Eisenbahnbrücke
- Geradeaus in Keramikerstraße (Brücke nicht überqueren), vorbei an Porzellanfabrik und Stadthaus Hermsdorf
- Dann rechts abbiegen, den Kreisverkehr passieren und geradeaus in Robert-Friese-Straße gehen
- Nach etwa 600 m rechts in Michael-Faraday-Straße gehen
- Nach ca. 20 m erreichen Sie links das Gelände des Fraunhofer IKTS

Redaktion/Layout

Katrin Schwarz
Peter Peuker
Andrea Gaal
Annika Ballin
Rita Kunath

Druck

ELBTAL Druckerei & Kartonagen Kahle GmbH

Bilder

Atelier »Mein Foto« Dresden
Foto Wachs Dresden
Fotograf Jürgen Lösel, Dresden
Fotograf Sebastian Reuter, Jena
Fotostudio FotoGen, Dresden
Fraunhofer IKTS
MEV Verlag

Institutsadresse

Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien und Systeme IKTS
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden
Telefon +49 351 2553-7700
Fax +49 351 2553-7600

Institutsteil Hermsdorf
Michael-Faraday-Straße 1, 07629 Hermsdorf
Telefon +49 36601 9301-0
Fax +49 36601 9301-3921

Institutsteil Materialdiagnostik
Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden-Klotzsche
Telefon +49 351 88815-501
Fax +49 351 88815-509

info@ikts.fraunhofer.de
www.ikts.fraunhofer.de

Ansprechpartnerin
Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Dipl.-Chem. Katrin Schwarz

Telefon +49 351 2553-7720
katrin.schwarz@ikts.fraunhofer.de

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer IKTS, Dresden 06/2014