



Fraunhofer
IST

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SCHICHT- UND OBERFLÄCHENTECHNIK IST



JAHRESBERICHT
2018

JAHRESBERICHT
2018





VORWORT DER INSTITUTSLEITUNG

¹ Links: *Institutsleiter Prof. Dr. Günter Bräuer,*
rechts: *Institutsleiter Prof. Dr. Christoph Herrmann.*

Sehr geehrte Damen und Herren,

für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST war das Jahr 2018 in vielfacher Hinsicht wieder ein besonderes Jahr mit vielen neuen Entwicklungen und besonderen Ereignissen. Die aktuellsten Forschungsergebnisse und bedeutendsten Geschehnisse haben wir für Sie auf den folgenden Seiten zusammengestellt.

An dieser Stelle möchten wir die Chance nutzen und all denjenigen danken, ohne deren Leistung, Engagement, Vertrauen und Unterstützung diese Erfolge überhaupt nicht möglich gewesen wären: allen voran den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts, unseren Partnern aus Forschung und Entwicklung, den Auftraggebern aus der Industrie, unseren Förderern, Kollegen und Freunden. Wir danken Ihnen für eine vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Ihnen, liebe Leserin und lieber Leser, wünschen wir viel Freude mit dem vorliegenden Jahresbericht und freuen uns auf Ihre Ideen für eine zukünftige Kooperation.

Prof. Dr. Günter Bräuer

Prof. Dr. Christoph Herrmann

INHALTSVERZEICHNIS

- 3 Vorwort der Institutsleitung**
- 4 Inhaltsverzeichnis**
 - 6 2018 im Rückblick
- 8 Kuratorium**
- 9 Aus dem Kuratorium**
- 10 Ausgezeichnete Zusammenarbeit**
- 12 Das Institut im Profil**
- 14 Das Institut in Zahlen**
- 16 Ihre Ansprechpartner**
 - 16 Institutsleitung und Verwaltung
 - 17 Abteilungs- und Gruppenleiter und -leiterinnen
- 20 Forschungs- und Dienstleistungsangebot**
 - 22 Analytik und Qualitätssicherung
 - 24 Laborausstattung und Großgeräte
 - 26 Nachhaltige Lösungen aus dem Fraunhofer IST
- 29 Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik**
 - 30 Entwicklung eines sensorischen Königszapfens
 - 32 Neuartige Sensorsysteme für die Produktionsüberwachung
 - 34 Schmiermittelfreie Kaltumformung von Aluminiumblechen
 - 36 Thermoschockresistente Werkzeugoberflächen
 - 38 Vorhersage von Plasmanitrierergebnissen
 - 40 Plasma ersetzt Klebstoff – Jetzt auch Rolle zu Rolle
 - 42 Kompakte Jet-induzierte Gleitentladungsquelle
- 45 Luft- und Raumfahrt**
 - 46 Strukturen für Umströmungsuntersuchungen
 - 48 Breitbandiger Strahlteiler mit geringem Wellenfrontfehler
- 51 Energie und Elektronik**
 - 52 Siliziumschichten für Heterostruktursolarzellen
 - 54 Oxidschichten für hohe Temperaturen
 - 56 Kalt-Plasmaspritzen für dreidimensionale Schaltungsträger
- 59 Optik**
 - 60 Antireflexbeschichtung mit Diamant
 - 62 Abscheidung komplexer Bandpassfilter auf asphärischen Linsen

65 Life Science und Umwelt

- 66 Diamant reinigt Trinkwasser in Afrika
- 68 Charakterisierung beschichteter Polymer-Implantatstrukturen
- 70 Medizininnovation schneller zum Patienten

73 Leistungen und Kompetenzen

- 74 Niederdruckverfahren und Atmosphärendruckverfahren
- 75 Energiespeicher und Systeme
- 76 Kompetenz Schichtsysteme
- 77 Weitere Kompetenzen
- 78 Tiefenprofilanalyse auf gewölbten Substraten mit SIMS
- 80 Ein neuer Ansatz zur galvanischen Abscheidung von Aluminium
- 82 Thermodynamische Modellierung von Werkstoff-Legierungen mit der CALPHAD-Methode

85 Namen, Daten, Ereignisse 2018

- 86 Messen, Ausstellungen, Konferenzen
- 88 Ereignisse, Kolloquien, Workshops

91 Das Fraunhofer IST in Netzwerken

- 93 Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick
- 94 Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
- 96 Nachwuchsförderung und Ausbildung am Fraunhofer IST
- 98 Das Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e.V. –INPLAS

100 Publikationen

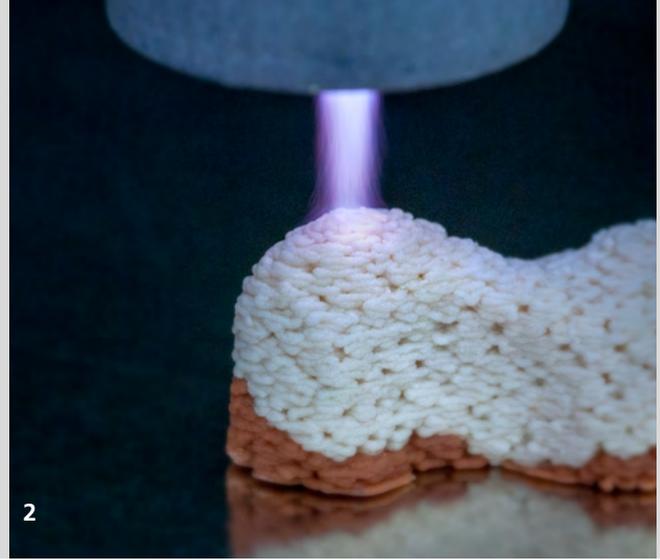
- 100 Mitgliedschaften
- 102 Mitarbeit in Gremien
- 105 Publikationen
- 109 Vorträge, Poster
- 114 Dissertationen
- 114 Masterarbeiten
- 115 Bachelorarbeiten
- 116 Studienarbeiten
- 116 Schutzrechtsanmeldungen

118 Bildverzeichnis

120 Impressum



1



2

2018 IM RÜCKBLICK

Die folgenden Zeilen sollen sich zwar mit den Höhepunkten aus der Institutsarbeit 2018 beschäftigen, aber zunächst sei die Uhr kurz zurückgedreht auf den 3. April 2014. An diesem Tag schoss die ESA den Beobachtungssatelliten »Sentinel 1A« ins All. Die große Radarantenne dieses und der folgenden Satelliten der Sentinel-Serie stammt aus Braunschweig, und mit »1A« haben Schichten aus dem Fraunhofer IST erstmalig die Erde verlassen. Mittlerweile sind sie im All etabliert. Der 20. Oktober 2018 setzte nun einen weiteren Meilenstein auf dem Weg der Verbreitung unserer Schichten im Weltraum. In den frühen Morgenstunden begann die Raumsonde BepiColombo ihre einsame siebenjährige Reise zum Merkur. Um die Sonde mit ihren empfindlichen Instrumenten vor den extremen Temperaturen zwischen -173 °C und $+430\text{ °C}$ zu schützen, ist sie mit Kühllamellen aus Titan verkleidet, die mit einem Kupfer-Silber-System beschichtet sind. Zum Einsatz kam dabei eine Kombination aus PVD und Galvanik. Solche Hybridverfahren gehören zu den Stärken unseres Instituts.

Unter dem Titel »Passgenaue Knochenimplantate aus dem Drucker« stellte die Fachpresse gegen Ende des Berichtsjahrs ein Verfahren vor, mit dem künftig Knochenimplantate mittels 3D-Druck patientenindividuell hergestellt werden sollen. Es wird am Fraunhofer IST in Zusammenarbeit mit europäischen Partnern entwickelt. Tumorerkrankungen, Infektionen oder schwere Frakturen können die operative Entfernung von Knochen und den Einsatz von Implantaten notwendig machen. Während des Druckprozesses werden die einzelnen Lagen mit einem kalten Plasmastrahl behandelt, um das Anwachsen von knochenbildenden Zellen an der Oberfläche zu unterstützen und das reibungslose Einwachsen des Implantats zu fördern.

Ab Mai 2019 soll weltweit ein neues Einheitensystem in Kraft treten, das nur noch aus Naturkonstanten besteht. Insbesondere das »Sorgenkind« der Metrologie-Institute, das Ur-Kilogramm, dessen Masse ständig zu driften scheint, wird dann nach einer Dienstzeit von 130 Jahren ausgemustert. An seine Stelle tritt eine Siliziumkugel, deren Atome abgezählt sind. An einer hauchdünnen Schicht, die das Sauerstoffaffine Kugelmaterial vor Korrosion schützen soll, arbeiten wir zusammen mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt seit mehreren Jahren.

Das Kürzel MINT steht für Mathematik, Ingenieurwissenschaft, Naturwissenschaft und Technik. Vom 24. bis 26. September fand an vier Fraunhofer-Instituten in Braunschweig und Hannover der Wissenschaftscampus statt. Mit der Demonstration vielfältiger Anwendungsfelder der Schicht- und Oberflächentechnik trug das Fraunhofer IST dazu bei, Studentinnen und Absolventinnen der MINT-Fächer für die Arbeit in der angewandten Forschung zu begeistern.

Das Puzzle unserer internationalen Aktivitäten wurde mit weiteren Elementen ergänzt. Sauberes Wasser für die ländlichen Regionen Südafrikas ist das Ziel eines EU-geförderten Projekts, in dem mehrere Fraunhofer-Institute mit südafrikanischen Partnern kooperieren. Ein entsprechender Demonstrator zur Wasseraufbereitung ist bereits im Einsatz. 2018 wurde nun die Basis für ein Projektcenter an der University of Stellenbosch geschaffen, an dem neben dem IST die Fraunhofer-Institute IGB, IOSB und ISE beteiligt sind.



Ein weiterer Blick auf neue Märkte richtet sich nach Taiwan. Am 1. Juni 2018 wurde die seit 2014 bestehende Partnerschaft zwischen dem IST und der Feng Chia University FCU in Taichung durch eine offizielle Kooperationsvereinbarung besiegelt. In einem weiteren Schritt eröffnete Professor Ju-Liang He vom Department of Materials Science and Engineering zusammen mit Dr. Ralf Bandorf vom IST das gemeinsame Institute of Plasma IoP. Wesentliche Forschungsaktivitäten werden auf dem Gebiet hochionisierter Plasmen für die Beschichtung liegen. Prof. He öffnet dabei auch Türen zu taiwanesischen Industriepartnern.

Seit dem 1. November gehört Prof. Dr. Christoph Herrmann zur Institutsleitung des Fraunhofer IST. Gleichzeitig bleibt er als Leiter des TU-Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF Mitglied der Fakultät Maschinenbau an der TU Braunschweig. Mit der Berufung von Prof. Herrmann wird das IST zweifach mit der TU vernetzt sein. Er bringt eine Reihe von neuen Themen mit, die die Kompetenzen des IST erweitern, insbesondere im den Bereichen »Produkt- und Produktionssysteme« sowie »Life Cycle Engineering«.

Ihr Günter Bräuer

1 Beschichtete Titan-Kühllamellen für die Merkurmission BepiColombo.

2 Plasmajet zur Beschichtung mit funktionellen Gruppen.

3 Die Teilnehmerinnen des Wissenschaftscampus am Fraunhofer IST.



KURATORIUM

Vorsitz

Dr. Philipp Lichtenauer
Plasmawerk Hamburg GmbH

Prof. Dr. Peter Awakowicz
Ruhr-Universität Bochum

Dr. med. Thomas Bartkiewicz
Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH

Prof. Dr. Hans Ferkel
ThyssenKrupp Steel Europe AG

Dr. Tim Hosenfeldt
Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla
Präsidentin der Technischen Universität Braunschweig

Dr. Sebastian Huster
Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Lehold
Volkswagen AG

Michael Stomberg
EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG

Dr. Gerrit van der Kolk
IonBond Netherlands BV

Dr. Ernst-Rudolf Weidlich
GRT GmbH & Co. KG



AUS DEM KURATORIUM

Der digitale Wandel ist gleichzeitig Herausforderung und Chance für unsere Gesellschaft, die Politik, für Wirtschaft, Wissenschaft und auch für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST.

Seit seiner Gründung steht das Fraunhofer IST unter anderem für diamantähnliche Kohlenstoffschichten. Nach wie vor ist die Nachfrage nach verschleißfesten und reibungsarmen Beschichtungen für ganz unterschiedliche Anwendungen in verschiedensten Branchen ungebrochen. Dementsprechend bilden DLC-Schichten eine feste Größe im Portfolio des IST. Schon früh hat das Institut erkannt, dass diese Schichten mehr können: Aufgrund ihrer piezoresistiven Eigenschaften eignen sie sich für den Aufbau von Sensoren zur Kraft- bzw. Druckmessung.

Mit der Dünnschichtsensorik verfügt das Institut über ein zukunftsfähiges Forschungsfeld, das auch für Fragestellungen im Zuge von Digitalisierung und Industrie 4.0 innovative Lösungen bietet. Im Zentrum steht dabei ein multifunktionales Dünnschichtsystem, mit dem die Druck- und Temperaturverteilung lokal auch auf komplexen Oberflächen, z. B. direkt auf Bauteilen oder Werkzeugen gemessen werden kann. Die Beispiele sind vielfältig und die Ergebnisse faszinierend: von der intelligenten Unterlegscheibe über die Echtzeitdatenerfassung im Spritzguss bis hin zum Einsatz der Sensorschicht auf dem Königszapfen, um Energieverbrauch, Kohlendioxidemissionen, Lärm und Bremsstaub zu reduzieren.

Das Kuratorium verfolgt die Arbeiten in der Dünnschichtsensorik insbesondere auch vor dem Hintergrund einer angestrebten industriellen Umsetzung mit großem Interesse.

Dies ist allerdings nur eines von vielen spannenden Themen, die das IST im Berichtsjahr vorangetrieben hat und die uns im kommenden Jahr erwarten werden.

Mit Professor Dr. Christoph Herrmann wurde im Zuge der Nachfolgeregelung für Professor Bräuer ein zusätzlicher Institutsleiter berufen, der eine Reihe neuer Themen im Gepäck hat, die das IST für den digitalen Wandel in eine hervorragende Ausgangsposition versetzen.

Ich freue mich darauf und wünsche allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und der Institutsleitung viel Erfolg für das Jahr 2019.

Dr. Gerrit van der Kolk
IonBond Netherlands BV

AUSGEZEICHNETE ZUSAMMENARBEIT

Die Stellenbosch University (SU) ist eine in der Forschung überaus aktive Institution, in der 33 Prozent der insgesamt 32 000 Studierenden in Programmen für Postgraduierte eingeschrieben sind. Die Universität blickt auf eine lange Geschichte internationaler Zusammenarbeit zurück und hat eine hervorragende Erfolgsquote bei der Akquisition von Forschungsprojekten mit europäischen Partnern.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist der SU als eine weltweit führende Organisation für Technologieentwicklung wohl bekannt. In der Vergangenheit gab es bereits mehrere Kooperationen mit verschiedenen Fraunhofer-Instituten. Wasserknappheit bedroht Südafrika, und die Wasserkrise am Westkap hat erst kürzlich gezeigt, dass Kapstadt einen »Day Zero« erleben könnte, an dem die Wasserhähne austrocknen. Dieser Bedrohung ist noch eine Reihe weiterer Städte ausgesetzt, auch außerhalb Südafrikas. Strategien zur Einsparung von Wasser und verbesserter Technologien zur Wasseraufbereitung für die Wiederverwendung müssen daher mit höchster Priorität vorangetrieben werden. Aus diesem Grund schätzt das Stellenbosch University Water Institute (SUWI) die breit aufgestellte Fachkompetenz, die die Fraunhofer-Allianz SysWasser anbietet, um nachhaltige Lösungen für diese Herausforderungen zu finden.

Seit dem ersten gemeinsamen Workshop des SUWI und SysWasser im Jahr 2016, bei dem das Fraunhofer IST eine führende Rolle übernommen hat, hat sich die Kooperation mit dem IST zu einer starken Partnerschaft entwickelt. Ein gutes Beispiel ist das im Rahmen des Programms »Horizon 2020« durch die EU geförderte Projekt »Self-Sustaining Cleaning Technology for Safe Water Supply and Management in Rural African«, kurz: »SafeWaterAfrica«. Dieses umfasst die Erforschung und Weiterentwicklung eines in Afrika hergestellten Wasseraufbereitungssystems für ländliche und stadtnahe Gebiete.

Die integrierte Technologie des Fraunhofer IST zur elektrochemischen Oxidation mithilfe von Diamantelektroden stellt eine vielversprechende effiziente Methode dar, um organische Schadstoffe abzubauen und mikrobielle Verunreinigungen

abzutöten. Als Projektkoordinator steuert das IST professionell ein Konsortium aus fünf Ländern mit dem Ziel, ein dezentralisiertes System zur Wasserversorgung für den Einsatz in isolierten ländlichen Regionen aufzubauen. Damit leistet das Institut einen wichtigen Beitrag dazu, dass mit dem Projekt ein historischer Meilenstein auf diesem Gebiet erreicht wird. Erwähnenswert ist darüber hinaus, dass unsere Kolleginnen und Kollegen am Fraunhofer IST neben der technischen Innovation auch die Notwendigkeit erkannt haben, eine soziale Dimension mit in das Projekt einzubeziehen, um die Akzeptanz der Menschen in den ländlichen Räumen, wo die Technologie den größten Einfluss haben wird, sicherzustellen – ein Bereich, der in internationalen Projekten oftmals vernachlässigt wird.

Auf der Grundlage des »SafeWaterAfrica«-Projekts hat das IST ein Fraunhofer International Cooperation and Networking Projekt (ICON) zwischen der SU und vier der Institute der Fraunhofer-Allianz SysWasser initiiert und hier die Projektleitung übernommen. Durch das ICON-Programm unterstützt die Fraunhofer-Gesellschaft ihre Institute in der Anfangsphase einer geplanten, langfristigen Kooperation mit Forschungseinrichtungen außerhalb Deutschlands. Wir freuen uns sehr über diese Chance.

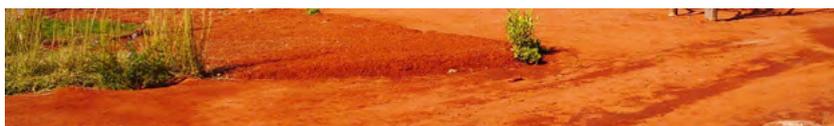
Die positiven Erfahrungen mit dem IST haben die SU darin bestärkt, das strategisch wichtige Projekt, in dem Technologien von Fraunhofer und der SU aus den Bereichen Wasserversorgung und Wassermanagement kombiniert werden, durchzuführen. Dazu wird die SU die durch Fraunhofer bereitgestellten 1,5 Millionen Euro durch ein entsprechendes Äquivalent ergänzen.

PhD. Gideon M. Wolfaardt
Stellenbosch University Water Institute





FRAUNHOFER IST



DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig ist ein innovativer Partner für Forschung und Entwicklung in der Oberflächentechnik mit Kompetenzen in den zugehörigen Produkt- und Produktionssystemen. Die Schwerpunkte liegen in den folgenden Geschäftsfeldern:

- Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Energie und Elektronik
- Optik
- Life Science und Umwelt

Etwa 120 Mitarbeiter erarbeiten gemeinsam mit Kunden aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte und nachhaltige Lösungen – vom Prototyp über wirtschaftliche Produktionsszenarien bis hin zur Skalierung auf industrielle Maßstäbe, und dies auch unter der Maßgabe geschlossener Material- und Stoffkreisläufe. Neben anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung werden in verschiedenen Kooperationen mit Universitäten und Forschungseinrichtungen auch die wissenschaftlichen Grundlagen dazu erforscht.

Die Schicht- und Oberflächentechnik ist ein Schlüssel zu neuartigen Produkten und Systemen: Durch Modifizierung, Strukturierung und Beschichtung der Oberfläche können unterschiedlichste Funktionen und Funktionalitäten realisiert werden. Reibungsminderung, Verschleiß- und Korrosionsschutz, Sensorik oder optische Eigenschaften sind nur einige Beispiele.

Am Fraunhofer IST stehen hierfür u. a. diese Technologien zur Verfügung:

- Elektrochemische Verfahren, insbesondere Gavanik,
- Atmosphärendruck-Plasmaverfahren,
- Niederdruck-Plasmaverfahren mit den Schwerpunkten Magnetronspütern, hochionisierte Plasmen und plasmaaktivierte Gasphasenabscheidung sowie
- die chemische Gasphasenabscheidung mit dem Schwerpunkt Heißdraht-CVD.



Eine der besonderen Stärken des Instituts besteht darin, auf der Basis dieses breiten Spektrums an Verfahren und an Schichtwerkstoffen die für die jeweilige Aufgabenstellung optimale Prozesskette zu gestalten.

Dazu verfügt das Fraunhofer IST nicht nur über eine sehr gut ausgestattete Analytik, sondern auch über umfangreiche Erfahrungen in der Modellierung und Simulation sowohl von Produkteigenschaften als auch der zugehörigen Prozesse und Produktionssysteme.

Am Standort Braunschweig verfügt das Institut über 4000 m² Büro- und Laborfläche. Darüber hinaus stehen am Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer IST am Standort Göttingen weitere 1500 m² Labor- und Bürofläche zur Verfügung.

Ab 2019 wird sich das Fraunhofer IST im Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS, das am 7. Februar 2019 eröffnet wurde, gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten für Keramische Technologien und Systeme IKTS und für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM engagieren. In der Übergangsphase werden Laborflächen im Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) und Büros im Lilienthalhaus am Forschungsflughafen Braunschweig angemietet.

Das Leistungsangebot des Fraunhofer IST wird ergänzt durch die Kompetenzen anderer Institute des Fraunhofer-Verbunds »Light&Surfaces« und durch die Kompetenzen der Institute für Oberflächentechnik IOF und für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF der TU Braunschweig, die die Institutsleiter des IST Prof. Dr. Günter Bräuer und Prof. Dr. Christoph Herrmann jeweils in Personalunion leiten.

Viele Projekte werden mit öffentlichen Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundes, der Europäischen Union und anderer Institutionen gefördert.

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Mitarbeiterentwicklung

Im Berichtszeitraum beschäftigte das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST 115 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. 45 Prozent gehören dabei zum Anteil des wissenschaftlichen Personals, der Doktoranden und der Ingenieure. Technisches und kaufmännisches Personal sowie eine Vielzahl von Diplomanden und studentischen Hilfskräften unterstützen darüber hinaus die Forschungsarbeit. Im Jahr 2018 wurde das Angebot zur Ausbildung in den Berufszweigen Galvanik, Physik und Fachinformatik genutzt.

Betriebshaushalt

2018 lag der Betriebshaushalt bei fast 12,3 Mio €. Das Verhältnis von Sachkosten zu Personalkosten lag bei 30 zu 70 Prozent, dementsprechend betrug der Personalaufwand rund 8 Mio €.

Ertragsstruktur

Die Wirtschaftserträge lagen bei 4,8 Mio €, die öffentlichen Erträge lagen bei 2,8 Mio €. In Summe wurden somit 7,6 Mio € externe Erträge erwirtschaftet.

Mit 5,7 Mio € Wirtschaftserträgen erreichte das Fraunhofer IST einen neuen Rekordwert, die positive Folge ist ein sogenanntes RhoWi von 49,4 Prozent. Darüber hinaus wurden 2,7 Mio € öffentliche Erträge erzielt, sodass in Summe 8,4 Mio € externe Erträge erwirtschaftet wurden.

Investitionshaushalt

Insgesamt tätigte das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Investitionen in Höhe von 310 000 €. Rund 60 000 € konnten hier durch externe Projektmittel investiert werden. 160 000 € wurden durch sogenannte Normalinvestitionen realisiert. 2018 wurden für strategische Investitionen Mittel in Höhe von 65 000 € verwendet, für Sonderzuwendungen waren es 25 000 €. Daraus ergibt sich für das Fraunhofer IST ein Gesamthaushalt (B+I) von 12,3 Mio €.

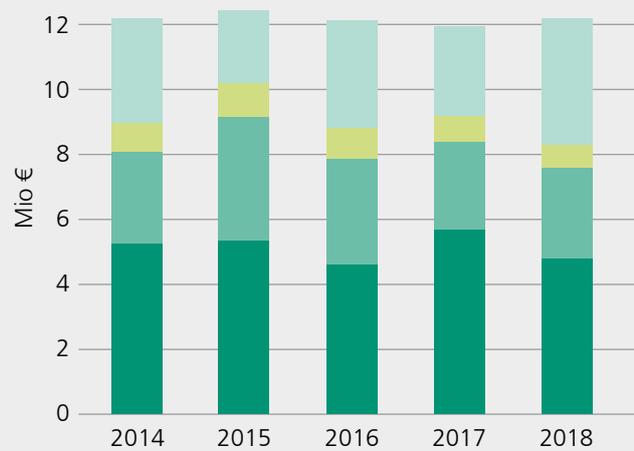


Mitarbeiterentwicklung



■ Mitarbeiter

Ertragsstruktur



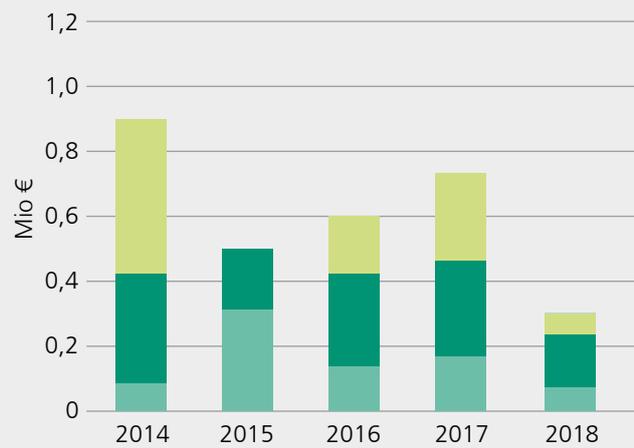
■ Grundfinanzierung ■ Interne Programme
 ■ Öffentliche Erträge ■ Wirtschaftserträge

Betriebshaushalt



■ Personalkosten ■ Sachkosten

Investitionshaushalt



■ Strategische Investitionen ■ Normal
 ■ Sonderzuwendungen ■ Projektinvestitionen

IHRE ANSPRECHPARTNER

INSTITUTSLEITUNG UND VERWALTUNG

Institutsleitung

Prof. Dr. Günter Bräuer¹
Telefon: +49 531 2155-500
guenter.braeuer@ist.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann²
Durchwahl: 503
chrisoph.herrmann@ist.fraunhofer.de

Forschungsstrategie und -koordination Stellvertretende Institutsleitung

Dr. Lothar Schäfer³
Durchwahl: 520
lothar.schaefer@ist.fraunhofer.de

Verwaltung

Ulrike Holzhauer⁴
Durchwahl: 220
ulrike.holzhauer@ist.fraunhofer.de

Marketing und Kommunikation

Dr. Simone Kondruweit⁵
Durchwahl: 535
simone.kondruweit@ist.fraunhofer.de

Geschäftsfeldentwicklung

Dr. Guido Hora⁶
Durchwahl: 373
guido.hora@ist.fraunhofer.de



ABTEILUNGS- UND GRUPPENLEITER UND -LEITERINNEN

Niederdruckplasmaverfahren

Dr. Michael Vergöhl⁷
 Durchwahl: 640
 michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de
Optische Schichtsysteme | Prozessentwicklung | Materialentwicklung

Magnetronerstäubung

*Großflächenelektronik | Transparente und leitfähige Schichtsysteme |
 Prozesstechnologie | Anlagen- und Prozessentwicklung | Neue Halb-
 leiter für Photovoltaik und Mikroelektronik*

Hochionisierte Plasmen und PECVD

Dr.-Ing. Ralf Bandorf⁸
 Durchwahl: 602
 ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de
*Sensorische Multifunktionsschichten | Hochionisierte Pulsprozesse
 (HIPIMS) | Mikrotribologie | Elektrische Funktionsschichten |
 Hohlkathodenverfahren (HKV, GFS) | Plasmaunterstützte CVD
 (PECVD)*

Simulation

Dr. Andreas Pflug⁹
 Durchwahl: 629
 andreas.pflug@ist.fraunhofer.de
*Simulation von Anlagen, Prozessen und Schichteigenschaften |
 Modellbasierte Auslegung von Beschichtungsprozessen*

Chemische Gasphasenabscheidung

Dr. Volker Sittinger¹⁰
 Durchwahl: 512
 volker.sittinger@ist.fraunhofer.de

Dr. Markus Höfer¹¹
 Senior Scientist
 Durchwahl: 620
 markus.hoefer@ist.fraunhofer.de

Atomlagenabscheidung

*Produktnaher Systembau | Schicht- und Prozessentwicklung | Hoch-
 konforme Beschichtung von 3D-Strukturen*

Heißdraht-CVD

Dr. Christian Stein¹²
 Durchwahl: 647
 christian.stein@ist.fraunhofer.de
*Diamantschichten und Silizium-basierte Schichten | Werkzeug- und
 Bauteilbeschichtung für extreme Verschleißbeständigkeit | Diamant-
 beschichtete Keramiken DiaCer® | Elektrische Anwendungen für
 Halbleiter, Barrieren | Antireflex*

Photo- und elektrochemische Umwelttechnik

*Prüftechnik | Photokatalyse | Diamantelektroden für elektroche-
 mische Wasserbehandlung | Luft-, Wasser- und Selbstreinigung |
 Produktevaluierung und Effizienzbestimmung*

Atmosphärendruckverfahren

Dr. Michael Thomas¹³
 Durchwahl: 525
 michael.thomas@ist.fraunhofer.de

Elektrochemische Verfahren

Komposite | Leichtmetallbeschichtung | Verfahrensentwicklung | Kunststoffmetallisierung | Elektrochemische Prozesse

Atmosphärendruck-Plasmaverfahren

Dr. Kristina Lachmann¹⁴
 Durchwahl: 683
 kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de
Mikroplasmen | Niedrig-Temperatur-Bonden | Oberflächen-funktionalisierung und -beschichtung | Plasma-Printing

Oberflächenchemie

Biofunktionale Schichten | Polyelektrolyt-Schichten | Quantitative Analyse reaktiver Oberflächen | Photochemische Verfahren

Anwendungszentrum für Plasma und Photonik

Dr.-Ing. Jochen Brand¹⁵
 Durchwahl: 600
 jochen.brand@ist.fraunhofer.de

Prof. Dr. Wolfgang Viöl¹⁶
 Telefon: +49 551 3705-218
 wolfgang.vioel@hawk-hhg.de
Plasmapartikeltechnik und Kalt-Plasmaspritzen | Plasma-Quellenkonzeption | Plasmamodifikation von Naturstoffen | Laser-Plasma-Hybridverfahren zur Mikrostrukturierung und Oberflächenmodifikation | Lasertechnik zur Materialbearbeitung und Charakterisierung

Zentrum für tribologische Schichten

Dr.-Ing. Jochen Brand¹⁵
 Durchwahl: 600
 jochen.brand@ist.fraunhofer.de
Systemanalyse und Systemoptimierung | Tribologische Beschichtungen | Tribotesting | Anlagenkonzeptionierung

Mikro- und Sensortechnologie

Dr.-Ing. Saskia Biehl¹⁷
 Durchwahl: 604
 saskia.biehl@ist.fraunhofer.de
Verschleißbeständige Dünnschichtsensorik zur Temperatur-, Kraft-, Verschleiß- und Abstandsmessung | Mikrostrukturierung 2D und 3D von Funktionsschichten | Sensormodule für Ur- und Umformverfahren | sensorische Unterlegscheibensysteme

Tribologische Systeme

Dr.-Ing. Martin Keunecke¹⁸
 Durchwahl: 652
 martin.keunecke@ist.fraunhofer.de
Prototypen- und Kleinserienfertigung | Plasmadiffusion | Reinigungstechnologie | Maschinenbau und Fahrzeugtechnik | Kohlenstoffbasierte Schichten (DLC) | Harte und superharte Schichten | Definierete Benetzung | Werkzeugbeschichtungen (Umformen, Schneiden, Zerspanen)

Dortmunder OberflächenCentrum DOC

Dipl.-Ing. Hanno Paschke¹⁹
 Telefon: +49 231 844 5453
 hanno.paschke@ist.fraunhofer.de
Duplex-Behandlungen durch Plasmanitrieren und PACVD-Technologie | Borhaltige Hartstoffschichten | Werkzeugbeschichtungen | Schichten für die Warmformgebung | Beschichtungen von Industriemessern | Brennstoffzellen



Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS

Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade²⁰

Telefon: +49 531 391-9610

arno.kwade@ist.fraunhofer.de

*Entwicklung mobiler und stationärer Energiespeicher und -systeme |
Entwicklung und Skalierung von Prozesstechnologien | Batteriepro-
duktion*

Verfahrens- und Fertigungstechnik

Dr.-Ing. Marko Eichler²¹

Durchwahl: 636

marko.eichler@ist.fraunhofer.de

*Produkt- und Produktionssysteme | Energiespeicherentwicklung und
-fertigung | Verfahrenstechnik | Nachhaltige Fabrikssysteme | Life Cycle
Management*

Energiespeicherentwicklung und Verfahrenstechnik

Dipl.-Ing. Sabrina Zellmer²²

Durchwahl: 528

sabrina.zellmer@ist.fraunhofer.de

*Beschichtung und Funktionalisierung von Oberflächen und Parti-
keln | Herstellung von Anoden-/ Kathodenmaterialien und Festkör-
perelektrolyten | Formulierungsstrategien für Festkörperbatterien |
Elektrodenfertigung | Charakterisierung vom Material bis zur Zelle*

Nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Management

M.Sc. Stefan Blume²³

Durchwahl: 532

stefan.blume@ist.fraunhofer.de

*Batteriezellfertigung | Data Mining und Data Analytics | Modellba-
sierte Planung, Simulation und Betrieb von Batterie-Produktions-
systemen | Cyber-physische Produktionssysteme | ökonomische und
ökologische Lebensweganalysen*

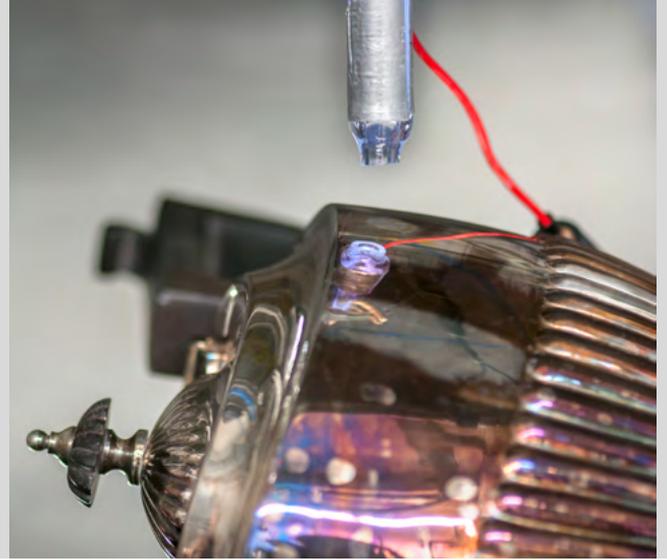
Analytik und Qualitätssicherung

Dr. Kirsten Schiffmann²⁴

Durchwahl: 577

kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de

*Chemische Mikro- und Oberflächenanalyse | Mikroskopie und
Kristallstruktur | Prüftechnik | Kundenspezifische Prüfverfahren |
Auftragsuntersuchungen*



FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGSANGEBOT

Vorbehandlung – Wir reinigen Oberflächen

Erfolgreiche Beschichtungen setzen eine richtige Vorbehandlung der Oberfläche voraus. Wir bieten daher:

- Effiziente Oberflächenvorbehandlung auf wässriger Basis inklusive Trocknung
- Spezielle Glasreinigung
- Plasmavorbehandlung und Plasmareinigung
- Plasmaaktivierung und Plasmafunktionalisierung
- Nasschemische Vorbehandlung
- Partikelstrahlen

Modifikation und Beschichtung – Wir entwickeln Prozesse und Schichtsysteme

Dünne Schichten und gezielt modifizierte Oberflächen sind das Kerngeschäft des Fraunhofer IST. Zur Schichtherstellung und Oberflächenbehandlung verfügt das Institut über ein breites Spektrum an Technologien: von der Plasmabeschichtung und -behandlung im Vakuum und bei Atmosphärendruck über CVD-Verfahren bis hin zur Galvanik und Lasertechnik. Unser Leistungsangebot umfasst:

- Oberflächenmodifikation
- Entwicklung von Schichten und Schichtsystemen
- Prozesstechnik (einschließlich Prozessdiagnostik, -modellierung und -regelung)
- Simulation von optischen Schichtsystemen
- Entwicklung von Systemkomponenten
- Verfahrensentwicklung
- Geräte- und Anlagenbau



Prüfung und Charakterisierung – Wir sichern Qualität

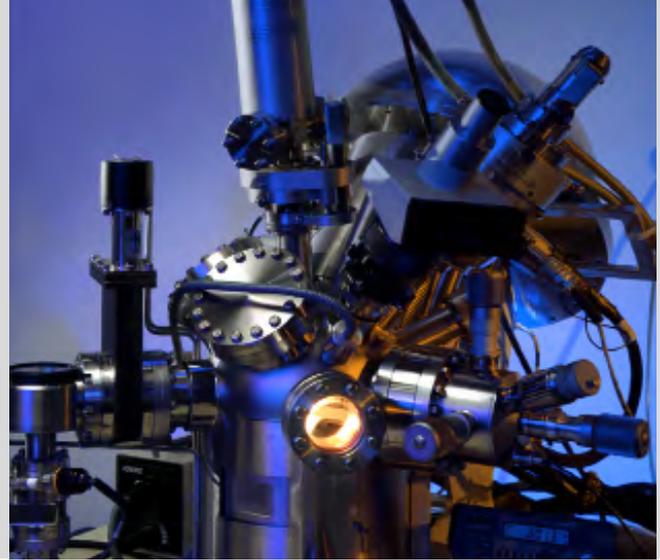
Eine schnelle und zuverlässige Analytik und Qualitätssicherung ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Schichtentwicklung. Wir bieten unseren Kunden:

- Chemische, mikromorphologische und strukturelle Charakterisierung
- Mechanische und tribologische Charakterisierung
- Optische und elektrische Charakterisierung
- Prüfung der Korrosionsbeständigkeit
- Prüfverfahren und produktspezifische Qualitätskontrollen
- Schnelle und vertrauliche Schadensanalyse

Anwendung – Wir übertragen Forschungsergebnisse in die Praxis

Für einen effizienten Transfer von Technologien in die Praxis bieten wir ein breites Spektrum an Know-how:

- Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Entwicklung wirtschaftlicher Produktionsszenarien
- Prototypenentwicklung, Kleinserienfertigung, Beschichtung von Musterbauteilen
- Anlagenkonzepte und Fertigungsintegration
- Beratung und Schulungen
- Produktionsbegleitende Forschung und Entwicklung



ANALYTIK UND QUALITÄTSSICHERUNG

Chemische und strukturelle Analyse

- Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)
- Elektronenstrahl-Mikroanalyse (WDX, EPMA)
- Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS)
- Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)
- Glimmentladungsspektroskopie (GDOES)
- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA/XRF)
- Röntgen-Diffraktometrie (XRD, XRR)
- FTIR-Spektroskopie
- Raman-Spektroskopie

Mikroskopie

- Rasterelektronenmikroskop (REM)
- REM mit Focused Ion Beam (FIB)
- Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop (STM, AFM)
- FTIR-Mikroskop
- Konfokales Laser-Mikroskop (CLM)
- Lichtoptische Mikroskope

Mechanische Tests

- Mikro- und Nanoindentierung (Härte, E-Modul)
- Rockwell- und Scratchtest (Schichthaftung)
- Gitterschnitttest, Stirnabzugstest (Schichthaftung)
- Diverse Schichtdickenmessverfahren
- Diverse Profilometer

Messung optischer Eigenschaften

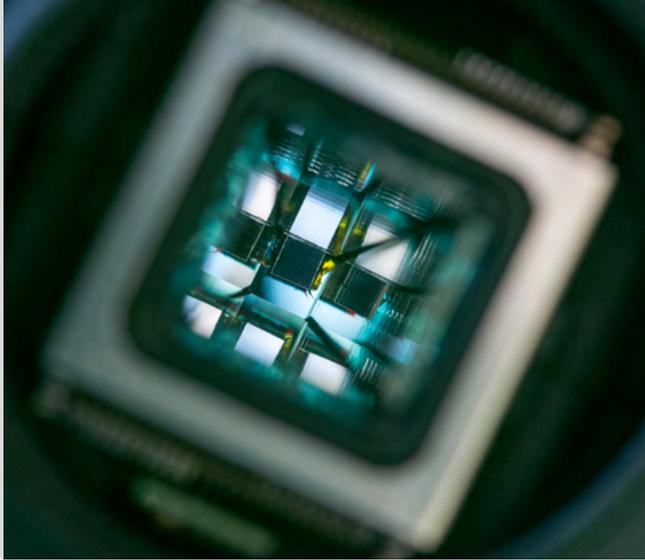
- IR-UV-Vis-Spektrometrie
- Ellipsometrie
- Farbmessung
- Winkelaufgelöste Streulichtmessung (ARS)
- Integrale Streulichtmessung (Haze)

Messung von Reibung, Verschleiß und Korrosion

- Pin-on-Disk-Tester
- Kalottenverschleißtest (Calo)
- Wazau-Hochlasttribometer (an Luft, in Öl)
- CETR-Hochtemperaturtribometer (an Luft, in Öl)
- Plint-Wälztribometer (an Luft, in Öl)
- Taber-Abraser-Test, Scheuertest, Sandrieseltest, Bayer-Test
- Mikrotribologie (Hysitron)
- Impact- und Ermüdungstester (Zwick Pulsator)
- Salzsprühtest, Klimatest, Sun-Test

Spezialisierte Messplätze und -methoden

- Charakterisierung von Solarzellen
- Messplätze für photokatalytische Aktivität
- Kontaktwinkelmessung (Oberflächenenergie)
- Messeinrichtungen für elektrische und magnetische Schichteigenschaften, z. B. Hall, Seebeck, Leitfähigkeit, Vibrationsmagnetrometer (VSM)
- Testsysteme für die elektrochemische Abwasserbehandlung



- Messplätze zur thermo- und piezoresistiven Charakterisierung von Sensorschichten
- Biochip-Reader zur Fluoreszenzanalytik
- Schichtmappingsystem (0,6 x 0,6 m²) für Reflexions-, Transmissions-, Haze- und Raman-Messungen
- In-situ Bondenergiemessung
- Magnetische Charakterisierung (Vibrationsmagnetrometer VMS)
- Elektrochemische Messplätze (CV-Messungen)
- Nasschemische Schnelltests: colorimetrische Bestimmung von Ionen- und Molekülkonzentrationen
- Bewitterungstest: zyklische Simulation von UV- und Regenexpositionen

Plasma-Diagnostik

- Absorptions-Spektroskopie
- Photoakustische Diagnostik
- Laser-Induced Fluorescence LIF
- Hochgeschwindigkeitsaufnahmen
- Optische Emissionsspektroskopie OES
- Retarding Field Energy Analyzer RFEA
- Faser-Thermometrie
- Elektrische Leistungsmessung
- Numerische Modellbildung



LABORAUSSTATTUNG UND GROSSGERÄTE

- Produktionsanlagen für a-C:H:Me, a-C:H, Hartstoffschichten (bis 3 m³ Volumen)
- Beschichtungsanlagen auf Basis der Magnetron- und RF-Dioden-Zerstäubung
- Sputteranlagen für optische Präzisionsschichten
- Inline-Beschichtungsanlage für großflächige optische und elektrische Funktionsschichten (bis 60 × 100 cm²)
- Industrielle Beschichtungsanlagen mit HIPIMS-Technologie
- Plasmadiffusionsanlagen
- Anlagen für Hohlkathodenverfahren
- Beschichtungsanlagen für thermische und plasma-aktivierte Atomlagenabscheidung (ALD), (2D und 3D)
- Heißdraht-CVD-Anlagen für die Abscheidung von kristallinen Diamantschichten auf Flächen bis 50 × 100 cm² und für die Innenbeschichtung
- Heißdraht-CVD-Anlagen für die Abscheidung von Silizium-basierten Schichten (Durchlaufverfahren und Batchverfahren bis 50 × 60 cm²)
- Anlagen für die Beschichtung mittels plasma-aktivierter CVD (PACVD), kombiniert mit Plasmanitrieren
- Atmosphärendruck-Plasmaanlagen zur großflächigen Funktionalisierung und Beschichtung (bis 40 cm Breite)
- Mikroplasmaanlagen zur selektiven Funktionalisierung von Oberflächen (bis Ø = 20 cm)
- Bond-Aligner mit integriertem Plasmatool zur Vorbehandlung von Wafern im Reinraum
- Rolle-zu-Rolle-Anlage zur ortsselektiven Oberflächenfunktionalisierung bis 10 m/min
- Anlage zur Innenbeschichtung von Beuteln oder Flaschen
- Laser für 2D- und 3D-Mikrostrukturierung
- Automatisierte Anlage zur Polyelektrolyt-Abscheidung
- Zwei Mask-Aligner für photolithographische Strukturierung
- Mikrostrukturierungslabor (40 m² Reinraum)
- Anlage zur galvanotechnischen Metallisierung von Hohlleitern (11 Aktivbäder mit einem Volumen von je 140 l und 1 Nickelbad mit einem Volumen von 400 l)



- Modulare Technikumsgalvanik (20 Stationen für Aktivbäder mit einem Volumen von je 20 l)
- Eloxal-Anlage (11 Aktivbäder mit einem Volumen von je 140 l und 2 Eloxal-Bäder mit einem Volumen von je 350 l)
- 15-stufige Anlage für die Reinigung auf wässriger Basis
- Reinraum-Technikum (25 m²)
- Reinraum-Sensorik (35 m²)
- Laserstrukturierungslabor (17 m²)
- Mobile Atmosphärendruck-Plasmaquellen
- Nanosekunden-Festkörperlaser (Nd: YAG-Laser)
- CO₂-Laser sowie Excimer-Laser
- EUV-Spektrographie
- Halbleiterlaser
- Pikosekundenlaser



NACHHALTIGE LÖSUNGEN AUS DEM FRAUNHOFER IST

Nachhaltigkeit ist das aktuell vielleicht bedeutendste gesellschaftliche Leitbild unserer Zeit. Sowohl in der Europäischen Union als auch in der Bundesrepublik Deutschland stehen nachhaltige Entwicklungsprozesse auf der Agenda an erster Stelle. Das Fraunhofer IST entwickelt schon seit einigen Jahren im Bereich der Schicht- und Oberflächentechnik Lösungen für nachhaltige Produkte und eine nachhaltige industrielle Produktion.

Viele Forschungsthemen des Fraunhofer IST orientieren sich an dringlichen Zukunftsthemen und gesellschaftlichen Trends wie u. a. der Energiewende, Alternativen für seltene Materialien und knappe Rohstoffe oder Mobilität im 21. Jahrhundert. Dünne Hochleistungsschichten sind darüber hinaus die Basis für eine Vielzahl zukunftsgerichteter Produkte und Hightech-Anwendungen, insbesondere, wenn es darum geht, Material und Energie einzusparen. Einige Beispiele aus unserer Forschung für nachhaltige industrielle Produkte und Prozesse:

Innovative Materialien

- Am Fraunhofer IST wird intensiv am Ersatz von Indium-Zinn-Oxid (ITO) durch alternative Materialien auf der Basis von ZnO, SnO₂ und TiO₂ geforscht.
- Es werden schadigungsarme Abscheidungen von indiumfreien Materialien für hocheffiziente LEDs entwickelt.
- Am Fraunhofer IST werden Materialalternativen für hochbrechende Tantaloxidschichten entwickelt, die in der optischen Industrie eingesetzt werden.
- Es werden neuartige Materialien wie Kanalmaterialien für Dünnschichttransistoren (TFTs) und p-leitende Materialien als transparente Kontaktschichten entwickelt.
- Am Fraunhofer IST werden REACH-konforme Kunststoffmetallisierungen ohne Einsatz von Chrom (VI) entwickelt.

Materialeffizienz

- In einem Kombinationsprozess aus Atmosphärendruck-Plasmaprozeduren und elektrochemischen Verfahren werden Metalle gezielt lokal aufgebracht.
- Durch die Kombination verschiedener Materialien bzw. von Schicht und Grundkörper werden Werkstoffe mit neuen Eigenschaften realisiert.

Energieeffizienz

- Weniger Energieverbrauch durch Erosionsschutz von Flugtriebwerken: Sehr harte Multilagenschichten aus Keramik und Metall verhindern einen zu hohen Kraftstoffverbrauch und sinkende Wirkungsgrade.
- Breiteres und verbessertes Einsatzspektrum für Leichtbaukomponenten durch verschleißfeste reibungsmindernde Beschichtungen, die auch vor Korrosion schützen.
- Verminderte Sonnenstrahlung in Gebäuden durch den Einsatz elektrochromer Fenster.
- »Data Mining« in der Produktion – von der Datenerfassung bis zur Auswertung mittels Methoden des maschinellen Lernens – ermöglicht die Identifizierung von »Treibern« hinsichtlich des Energie- und Ressourcenverbrauchs.

Produktionseffizienz

- Optimierte Hartstoff- und nanostrukturierte Schichtsysteme für Umform-, Schneid- oder Zerspanwerkzeuge erhöhen die Standzeiten und ermöglichen eine wirtschaftlichere Fertigung.
- Schneller zum Ziel: Simulation ermöglicht immer kürzere Entwicklungszeiten, z. B. können durch die modellbasierte Auslegung und Implementierung von Beschichtungsprozessen hocheffiziente Produktionsketten realisiert werden.
- Module mit sensorischen Dünnschichtsystemen werden in Tiefziehanlagen und Antriebsmaschinen integriert, um eine effiziente Umformung und Bearbeitung von Bauteilen zu gewährleisten.
- Harte kohlenstoffbasierte Schichten verhindern das Anhaften von Werkstoffen, z. B. Pulver, an Werkzeugen sowie Ablagerungen, Fouling, an Oberflächen, z. B. von Wärmetauschern oder in Abgassträngen.
- Lebensweganalysen werden durchgeführt, um die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit von Produkten ganzheitlich zu bewerten und zu verbessern.
- Der Aufbau von cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS) ermöglicht eine nachhaltigere Auslegung und Steuerung der Produktion. Durch die Nutzung »digitaler Zwillinge« lassen sich Gestaltungsalternativen in Echtzeit analysieren.
- Multi-Skalen-Simulation vom Material bis zum Fabrikdach: Durch die Kopplung spezifischer Simulationsmodelle werden Wechselwirkungen zwischen Produkt und Produktionssystem bewertbar und Einsparpotenziale sichtbar.

Saubere Umwelt und Gesundheit

- Mit den am Fraunhofer IST entwickelten Diamantelektroden kann Wasser elektrochemisch aufbereitet werden – angepasst an die Infrastruktur vor Ort und ohne Chemikalien.
- Photokatalytische Schichten ermöglichen antimikrobielle Oberflächen und den Abbau von Schadstoffen aus der Luft.
- Durch Funktionalisierung von Oberflächen im Plasma kann z. B. beim Bonden von Werkstoffen auf Klebstoff verzichtet werden. Die Plasma-Vorbehandlung eignet sich auch als Ersatz von Primern und zur Haftungsverbesserung von Lackierungen.
- Der Einsatz von Atmosphärendruckplasmen erlaubt die Abtötung selbst multiresistenter Keime.

Mobilität in der Zukunft

- Reibungsarme und extrem verschleißfeste Beschichtungen reduzieren den Treibstoffverbrauch des Kfz-Motors, verlängern Wartungsintervalle und die Lebensdauer.
- Neuartige Korrosionsschutzschichten auf metallischen Bipolarplatten ermöglichen die wirtschaftliche Herstellung leistungsfähiger Brennstoffzellen für die Automobilindustrie.
- Robuste Dünnschichtsensorik in stark beanspruchten Bereichen von Bauteilen erhöht die Zuverlässigkeit und Sicherheit in vielen Anwendungsfeldern, wie z. B. Elektromobilität.
- Funktionsschichten für Komponenten von Lithium-Ionen-Batterien erhöhen die Leistungsfähigkeit und die Lebensdauer dieser Speicher für elektromobile Anwendungen.

MASCHINENBAU, WERKZEUGE UND FAHRZEUGTECHNIK



Im Geschäftsfeld »Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik« werden Schichtsysteme zur Reibungsminderung sowie zum Verschleiß- und Korrosionsschutz entwickelt und anwendungsorientiert optimiert. Dies umfasst den gesamten Prozess von der Reinigung und der Vorbehandlung durch Strukturierungs- und Diffusionsbehandlungen über die Schicht- und Prozessentwicklung inklusive der Analytik und Simulation bis hin zur Integration in die industrielle Anwendung. Mit einem umfangreichen Portfolio an Beschichtungs- und Behandlungsverfahren ist das Fraunhofer IST in industriellen sowie öffentlichen Projekten in vielfältigen Anwendungsgebieten tätig wie z. B.:

- DLC- und Hartstoffschichten für Motor-, Antriebs- und Lagerkomponenten
- Werkzeuge zur ökologisch und ökonomisch optimierten Verarbeitung von Leichtbauwerkstoffen wie z. B. Aluminium, Titan, höchstfeste Stähle, Polymere
- Hochkorrosions- und verschleißfeste Kohlenstoffschichtsysteme für Dichtungsanwendungen
- Beschichtung von Ur- und Umformwerkzeugen
- Oberflächen für Batterien und Brennstoffzellen
- Verschleißfeste Antihaft- und Antifouling-Beschichtungen für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie

Funktionelle Oberflächen für die Automobilindustrie.

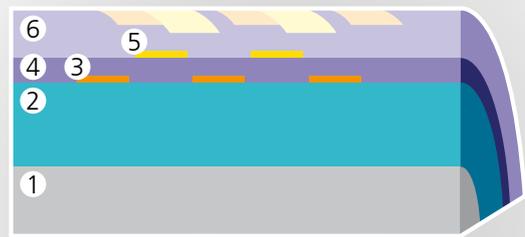
Die voranschreitende Digitalisierung von Produktionsprozessen und Produkten steht ebenfalls im Fokus der Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IST. Sensorintegrierte Oberflächen ermöglichen eine direkte Erfassung verschiedenster Prozessparameter wie z. B. Temperatur, Kraft, Verschleiß und Position in den Produktionsprozessen, und bilden die Grundlage zur durchgängigen Digitalisierung und Flexibilisierung autonomer Produktionsanlagen. Sogenannte »smarte« Werkzeugoberflächen bieten neue Möglichkeiten zur prädiktiven Wartung und damit zur Steigerung der Produktivität von Fertigungsprozessen.

Sensorische Oberflächen werden am Fraunhofer IST für die unterschiedlichsten sicherheitsrelevanten Anwendungsgebiete entwickelt und erfolgreich eingesetzt. Beispiele sind:

- Sensorische Unterlegscheiben für eine kontinuierliche Kraftüberwachung
- Druck- und Temperatur-Dünnschichtsensorik für hochbelastete Werkzeuge und Bauteile
- Magnetische Funktionsschichten für hochpräzise Positioniersysteme und magnetische Label

Darüber hinaus bietet die additive Fertigung von polymeren und metallischen Werkstücken vielseitige Ansatzpunkte für die Oberflächentechnik entlang der Prozesskette. Die Aktivitäten des Fraunhofer IST umfassen die Beschichtung von Pulvern zur Verbesserung ihrer Verarbeitung, den Einsatz atmosphärischer Plasmen im Druckprozess zur lokalen Optimierung der Bauteileigenschaften sowie die nachfolgende Oberflächenbehandlung zur Erzeugung von Funktionsflächen.

Zu unseren Kunden zählen neben Schichtherstellern vor allem Unternehmen der Automobilindustrie, Werkzeughersteller und -anwender sowie Schichtanwender aus allen Bereichen des Maschinenbaus.



- 6 Isolations- und Verschleißschutzschicht (3 μm)
- 5 Temperaturmäanderstruktur und DMS (0,2 μm)
- 4 Isolations- und Verschleißschutzschicht (1 μm)
- 3 Elektrodenstruktur Cr (0,2 μm)
- 2 DiaForce® (6 μm)
- 1 Königszapfen

ENTWICKLUNG EINES SENSORISCHEN KÖNIGSZAPFENS

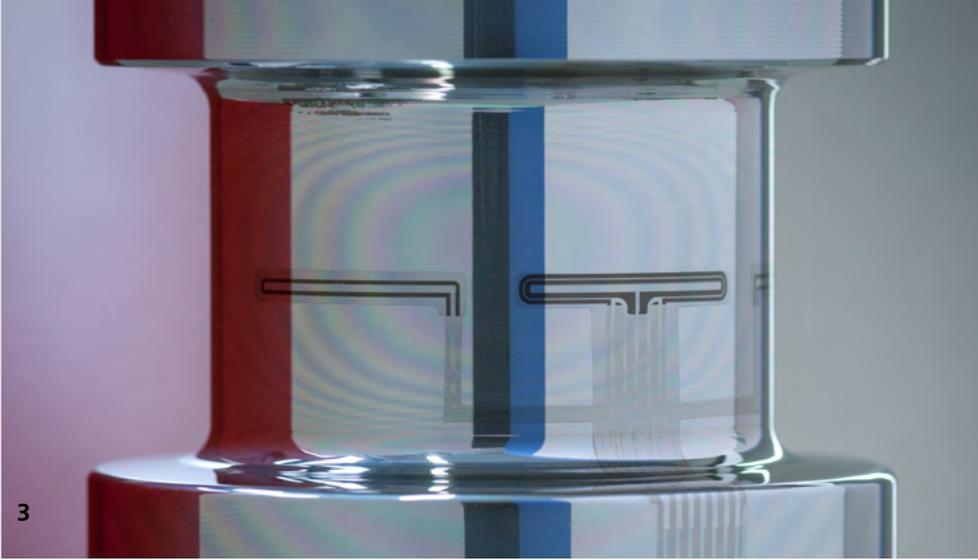
Mit dem Ziel, den Energieverbrauch sowie die CO₂-, Lärm- und Bremsstaubemission beim Gebrauch von Fahrzeuganhängern zu reduzieren, wird im Rahmen des vom BMWi geförderten Projekts »ev (electric vehicle)-Trailer« ein innovatives elektrisches Antriebs- und Regelungssystem für Fahrzeuganhänger entwickelt. Herausragendes Merkmal ist die herstellerunabhängige autarke Arbeitsweise des evTrailers mit jeder beliebigen konventionellen Sattelzugmaschine. Am Fraunhofer IST wird innerhalb dieses Projekts ein piezoresistives Dünnschichtsystem zur Kraftmessung hergestellt, welches direkt auf dem komplex geformten mechanischen Bindeglied zwischen Sattelzugmaschine und Anhänger, dem sogenannten Königszapfen (vgl. Abbildung 1), abgeschieden wird. Das Zusammenspiel der applizierten Komponenten Kraftmesssensorik, elektrisches Antriebsmodul, Traktionsbatterie und Batteriemanagementsystem wird durch intelligente Regelalgorithmen sichergestellt.

Aufgabe des sensorischen Königszapfens (King Pin)

Das am Fraunhofer IST entwickelte sensorische Schichtsystem zur lokalen Zugkraftmessung wird direkt auf die dreidimensionale Oberfläche eines Königszapfens abgeschieden und strukturiert. Mit diesen Messergebnissen erfolgt eine Regelung, die die auftretende Zug- bzw. Schubkraft in der Anhängerkupplung kompensieren soll. Das bedeutet, dass die Energie aus der Bremsleistung, die bei einer Bergabfahrt über die Elektromotoren rückgewonnen und in Batterien gespeichert wird, bei Bedarf, d. h. bei der Bergauffahrt oder bei Beschleunigungsvorgängen, dem Fahrzeug wieder als Antriebsleistung zur Verfügung steht. Abhängig vom Ladezustand und der Regelstrategie »spürt« die Zugmaschine im Idealfall also weder das Ziehen noch das Schieben des anhängenden evTrailers. Das Zugfahrzeug wird somit entlastet, wodurch weniger Energie verbraucht und der CO₂-Ausstoß minimiert wird.

Entwicklung des sensorischen Königszapfens

Die Aufgabe des Fraunhofer IST innerhalb des Projekts ist die Integration der Dünnschichtsensorik zur Messung der Last- und der Temperaturverteilung in der Hauptbelastungszone des 6 kg schweren Königszapfens. Dafür wird das in Abbildung 2 dargestellte Schichtsystem so auf die manuell polierte Oberfläche des Königszapfens abgeschieden und strukturiert, dass sich die Messbereiche im oberen Teil befinden. Die Leiterbahnen zu den Kontaktbereichen müssen, um im unteren Schraubverbindungsbereich angeordnet werden zu können, über mehrere Kanten geführt werden. Abbildung 3 zeigt die Komplexität der Strukturierung, bei der die Photolithographie und die nasschemische Ätzung kombiniert werden. Die waagrecht verlaufenden Strukturen liegen später in direktem Kontakt mit dem Verschlusshebel der Sattelkupplung und messen unter starker Reibbelastung die auftretenden Kräfte. Die mäanderförmigen Strukturen dienen der Temperaturmessung.



1 *Der Königszapfen verbindet die Zugmaschine mit dem Trailer.*

2 *Schematische Darstellung des Schichtsystems.*

3 *Photolithographische Strukturierung der nur 200 nm dünnen Chromschicht auf dem Königszapfen zur Herstellung der komplex geführten Leiterbahnen.*

Ausblick

Nach der erfolgreichen Herstellung des multisensorischen Dünnschichtsystems auf der Königszapfenoberfläche werden die Kennlinien der piezoresistiven und thermoresistiven Sensorstrukturen aufgenommen und mit der Messtechnik des Projektpartners CuroCon GmbH verbunden. Anschließend soll ihre Funktionstüchtigkeit in Probefahrten mit einem Sattelaufzieger der Firma Wilhelm Schwarzmüller GmbH nachgewiesen werden.

Das Projekt

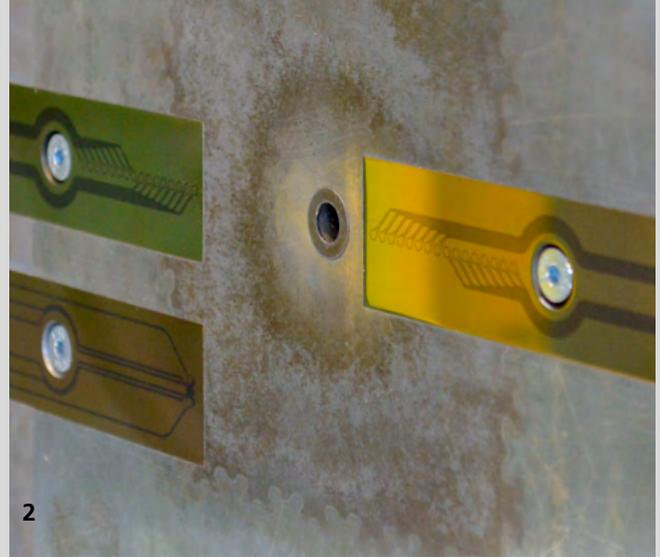
Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des Projekts »evTrailer« erzielt, an dem das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF und dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe VKM der technischen Universität Darmstadt sowie den Firmen CuroCon GmbH und OSWALD Elektromotoren GmbH beteiligt ist. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert und hat eine Laufzeit vom 1. Januar 2016 bis zum 30. September 2019.

KONTAKT

Dr. Saskia Biehl
Telefon +49 531 2155-604
saskia.biehl@ist.fraunhofer.de



1



2

NEUARTIGE SENSORSYSTEME FÜR DIE PRODUKTIONSÜBERWACHUNG

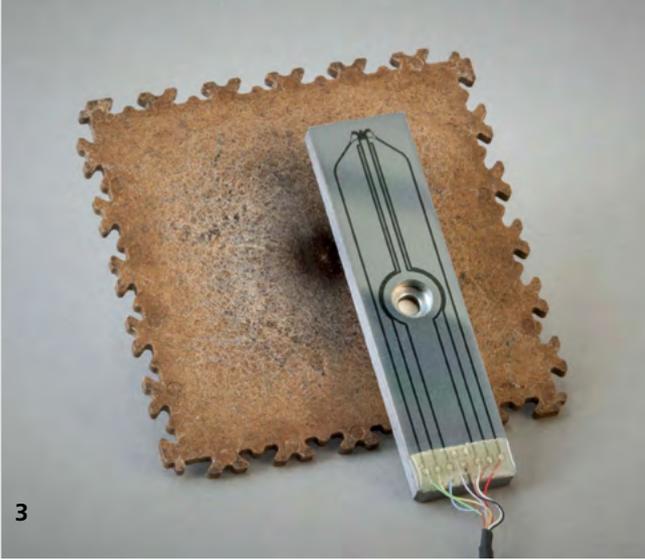
Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die vierte industrielle Revolution – Industrie 4.0 – ist neben der Weiterentwicklung der Datenverarbeitung auch eine leistungsfähige Sensorik zur Messdatenerfassung. Eine besondere Herausforderung besteht dabei oft in der Integration der kommerziellen Sensorsysteme in die Hauptbelastungszonen der Bauteile oder Werkzeuge. Eine Alternative bieten hier sensorische Dünnschichtsysteme, die direkt auf den Oberflächen von Bauteilen oder Werkzeugen aufgebracht werden können, und so eine Erfassung von Kenndaten wie Belastungs- und Temperaturverteilungen in direktem Kontakt mit dem Werkstück erlauben, ohne dass bauliche Veränderungen notwendig sind. Am Fraunhofer IST werden im Rahmen mehrerer öffentlich geförderter Projekte verschiedene anwendungsspezifische Sensorsysteme auf Bauteilen entwickelt.

Multifunktionale Dünnschichtsensorik auf Biege- und Tiefziehwerkzeugen

Im Rahmen des Cornet-Projekts »SensorFut« wurde ein multifunktionales Dünnschichtsensormodul auf Biege- und Tiefziehwerkzeugen entwickelt. Die besondere Herausforderung bestand darin, ein verschleißbeständiges Dünnschichtsensormodul auf einer mehrfach gekrümmten Werkzeugoberfläche so zu fertigen, dass – wie in Abbildung 1 zu sehen – in den gekrümmten Bereichen piezoresistive Sensorstrukturen mit thermoresistiven kombiniert werden konnten. Gelungen ist dies mit einem multifunktionalen Schichtsystem, das auf der vom Fraunhofer IST entwickelten DiaForce®-Schicht basiert, einer amorphen Kohlenwasserstoffschicht, die mit 24 GPa sehr hart und gleichzeitig piezoresistiv ist. Mit komplexen Strukturierungsmethoden werden auf dem beschichteten Werkzeug Messstellen aus Chromstrukturen erzeugt, welche über dünne Leiterbahnen mit Kontaktierungspads verbunden werden. Gleichzeitig werden zwischen zwei elektrischen Isolationschichten einzelne Mäanderstrukturen zur Temperaturmessung in das Schichtsystem integriert.

Dünnschichtsensorik in Spritzgießmaschinen

Das beschriebene multifunktionale Dünnschichtsensormodul wird auch innerhalb des Cornet-Projekts »SmartNFR« eingesetzt. Ziel ist es, durch den Einsatz von verschleißbeständiger Dünnschichtsensorik in Spritzgießmaschinen, eine effizientere Fertigung von Bauteilen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) zu ermöglichen. Diese innovativen Materialverbunde weisen nicht nur neue Funktionen im Hinblick auf Farbe, Festigkeit und Gewicht auf, sondern sind auch recycelbar. Sie haben ein breites Anwendungsspektrum vom Leichtbau, der Automobilindustrie bis hin zu Standardgütern des Alltags wie Bodenbeläge. Im Rahmen des Projekts wurden Grundkörper aus Stahl mit dem zuvor beschriebenen multifunktionalen Dünnschichtsensormodul zur Messung der Temperaturverteilung und zur Bestimmung des Fließverhaltens in der Form während des Spritzgussprozesses gefertigt. Drei dieser verschleißbeständigen Sensormodule wurden in eine Spritzgussanlage der Tomas Bata Universität in Zlin integriert, die zur Fertigung von Bodenplatten eingesetzt wird (vgl. Abbildung 2). Die erste erfolgreiche Erprobung der Sensorik erfolgte in direktem Kontakt mit einer 30 Prozent Holzfasern enthaltenden Polypropylenschmelze (vgl. Abbildung 3).



Die Projekte

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb zweier Cornet-Projekte erarbeitet.

Im Projekt »SensoFut« (Sensorized Future – Sensing of temperature and pressure in harsh environments) arbeitet das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU und der belgischen Forschungsvereinigung SIRRIS. Das Projekt mit der Laufzeit vom 01.01.2013 bis zum 30.06.2015 wurde im Rahmen des 13. Cornet Programms (Collective Research Networking) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert.

Das Projekt »Smart NFR« (Smart coating systems for process control and increased wear resistance in processing of natural fibre reinforced polymers), an dem das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU und der tschechischen Tomas Bata Universität in Zlin arbeitet, wird im 19. Cornet Call (Collective Research Networking) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert und hat eine Laufzeit vom 01.06.2016 bis zum 30.11.2018.

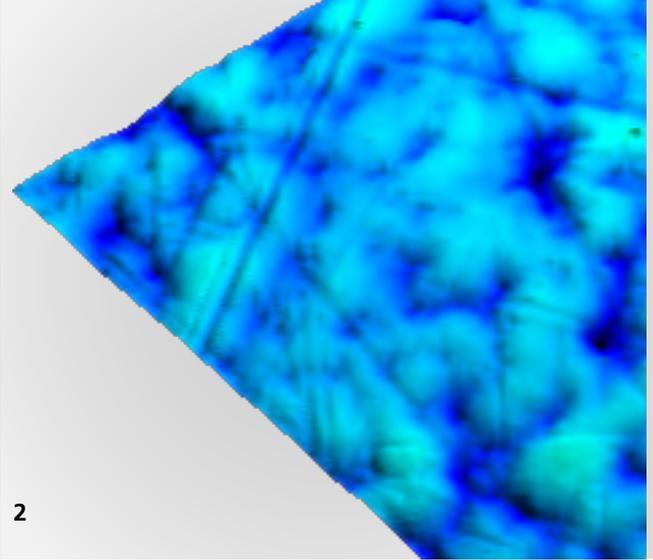
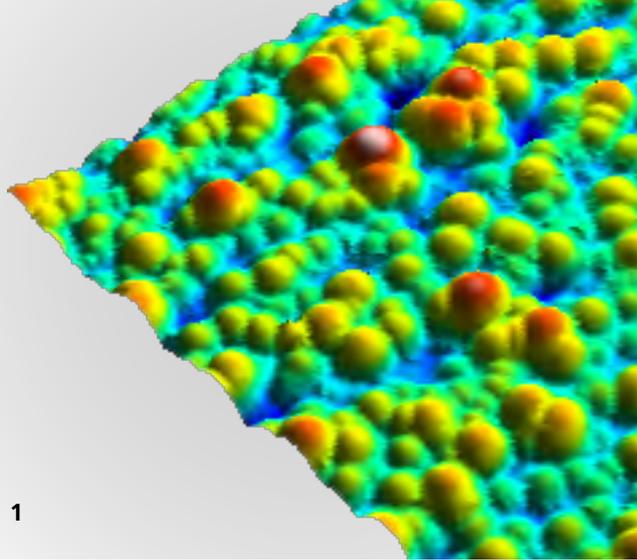
1 Tiefziehwerkzeug mit vollständigem Sensoraufbau.

2 In Spritzgussanlage integrierte verschleißbeständige Sensormodule.

3 Holzfaserverstärktes Spritzgussteil in Kontakt mit Sensormodul.

KONTAKT

Dr. Saskia Biehl
Telefon +49 531 2155-604
saskia.biehl@ist.fraunhofer.de



SCHMIERMITTELFREIE KALTUMFORMUNG VON ALUMINIUMBLECHEN

Aluminiumlegierungen werden in zahlreichen Anwendungsfeldern aufgrund des günstigen Verhältnisses zwischen Gewicht und Festigkeit eingesetzt, wobei die Kaltumformung von Blechhalbzeugen am häufigsten Anwendung findet. Aufgrund der starken Adhäsionsneigung von Aluminium müssen zurzeit Schmiermittel eingesetzt werden, um eine ausreichend lange Werkzeuglebensdauer und hohe Bauteilqualitäten erzielen zu können. Hierdurch erhöhen sich nicht nur die Betriebsmittel- und Entsorgungskosten, sondern es sind vielfach auch aufwendige Verfahren zur anschließenden Schmiermittellentfernung erforderlich. Einen Ansatz zur ökonomisch und ökologisch effizienteren Ausgestaltung des Fertigungsprozesses liefert die am Fraunhofer IST entwickelte Werkzeugbeschichtung auf der Basis von amorphem Kohlenwasserstoff (a-C:H).

Aktuelle Werkzeugbeschichtungen

Für die Beschichtung von Werkzeugen für die Kaltumformung von Aluminiumblechen ist eine breite Vielfalt an harten Dünnschichten etabliert. Da aktuell Schmierstoffe zur Adhäsionsreduktion eingesetzt werden, sind diese Werkzeugbeschichtungen nicht nur hinsichtlich eines hohen Widerstands gegen Abrasivverschleiß, sondern auch in Bezug auf eine Anbindung bzw. Wechselwirkung mit den im Schmierstoff enthaltenen Additiven optimiert. Gegenwärtig besteht ein Entwicklungstrend zur Reduktion des Schmierstoffbedarfs, allerdings sind industriell keine Werkzeugbeschichtungen etabliert, die einen vollständigen Schmierstoffverzicht ermöglichen. Selbst diamantähnliche Kohlenstoffschichten (diamond like carbon, DLC) können zum derzeitigen Stand der Technik einen adhäsiven Werkzeugverschleiß nicht komplett verhindern.

Schichtentwicklung

Im Rahmen des Schwerpunktprogramms SPP1676 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) führt das Fraunhofer IST eine Weiterentwicklung von amorphen Kohlenwasserstoffschichten (a-C:H) durch, mit dem Ziel, die schmiermittelfreie

Aluminiumumformung zu realisieren. Im Zuge der Entwicklungen konnte die nanoskopische Oberflächenrauheit als ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die Adhäsionsneigung von a-C:H-Schichten nachgewiesen werden. Wie in Abbildung 1 dargestellt, kann durch eine Reduktion der nanoskopischen Oberflächenrauheit ein adhäsiver Schichtverschleiß verhindert und eine niedrige Reibung (vgl. Abbildung 2) im schmiermittelfreien Kontakt mit Aluminium erzielt werden. Zur Abscheidung entsprechend glatter a-C:H-Schichtsysteme wurden unterschiedliche Handlungsstrategien, bestehend aus einem optimierten Beschichtungsprozess und einer nachfolgenden Oberflächenbehandlung, entwickelt und für die reale Anwendung qualifiziert.

Ergebnistransfer auf industrielle Umformprozesse

Die Rauheitsanforderungen stellen eine zusätzliche Optimierungsgröße zu den Schichteigenschaften dar, die bisher im Fokus standen, z. B. Härte, Verschleißfestigkeit, Haftung etc. Darüber hinaus spielt die Oberflächengüte des Umformwerkzeugs bei der Übertragung der Entwicklungsergebnisse auf reale Umformprozesse eine wichtige Rolle. Um diesen Anforderungen zu genügen, ist eine ganzheitliche Opti-

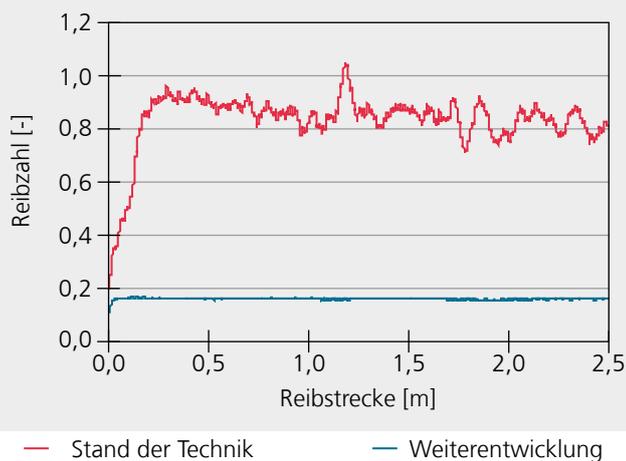


1,2 AFM-Aufnahmen einer a-C:H-Schicht nach dem Stand der Technik (links) und der entwickelten a-C:H-Schicht (rechts).

3,4 Übersichtsaufnahmen von a-C:H-beschichteten Napfziehwerkzeugen nach schmiermittelfreien Anwendungsversuchen mit Aluminiumblechen aus EN AW-5083: Adhäsionsausbildung auf einer a-C:H-Schicht nach dem aktuellen Stand der Technik (links) und der entwickelten a-C:H-Schicht (rechts).

mierung des Schicht-Werkzeugverbunds notwendig. Dabei müssen die Auswahl des Werkzeugwerkstoffs, die Fertigung des Werkzeugs, der eigentliche Beschichtungsprozess und die Nachbehandlung der a-C:H-Werkzeugbeschichtung einbezogen werden. Das Fraunhofer IST verfügt über langjährig mit zahlreichen Industriepartnern aufgebaute Erfahrungen zur umfassenden Werkzeugoptimierung. So konnte das schmiermittelfreie Tiefziehen von hochlegierten Aluminiumblechen bereits in ersten Anwendungstests demonstriert werden (vgl. Abbildung 3).

Reibzahlverlauf der entwickelten a-C:H-Schichten im schmiermittelfreien Reibkontakt gegen Aluminium EN AW-5083

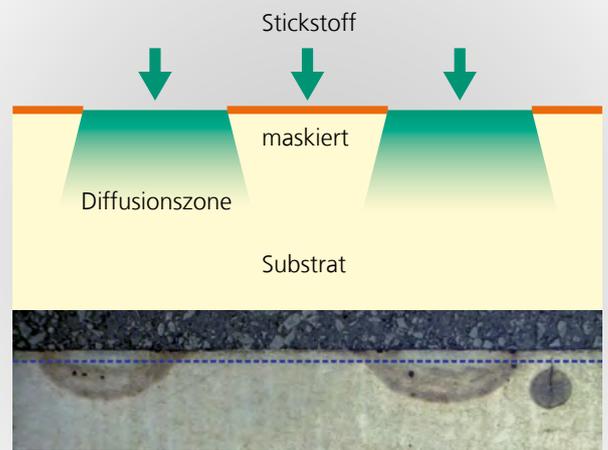
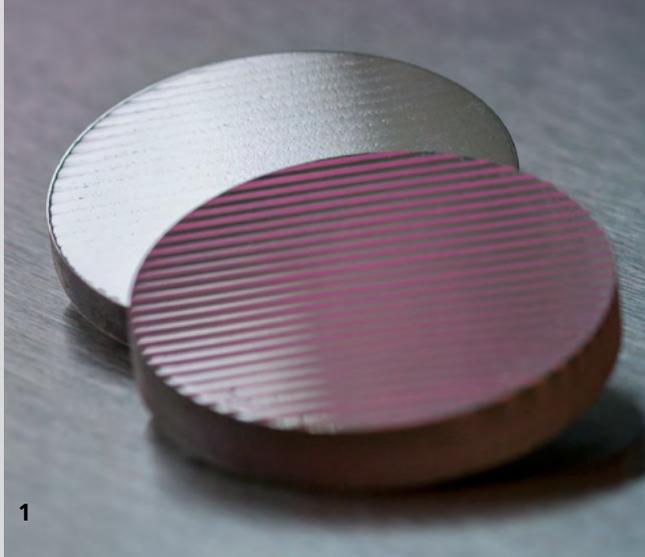


Ausblick

Das Fraunhofer IST plant, die beschriebenen Ergebnisse in der industriellen Fertigung von Aluminiumbauteilen zu implementieren.

KONTAKT

Dipl. Wirt.-Ing. Tim Abraham
 Telefon +49 531 2155-655
 tim.abraham@ist.fraunhofer.de



THERMOSCHOCKRESISTENTE WERKZEUGOBERFLÄCHEN

Das Schmieden stellt eine effektive Produktionsmethode dar, um sicherheitsrelevante Bauteile mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften herzustellen. Ihre Wirtschaftlichkeit hängt direkt vom Werkzeugverschleiß in der Produktion ab, der die Lebensdauer der Bauteile entsprechend begrenzt. Hervorgerufen wird der Verschleiß vor allem durch komplexe interagierende mechanische und thermische Belastungen. Mehrere Ansätze des Fraunhofer IST zur Verbesserung von Nitrierverfahren zielen auf eine Verschleißminimierung in der Produktion ab. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei in der Optimierung von Werkzeugoberflächen, die durch die schnelle thermische Wechselbeanspruchung, den sogenannten Thermoschock, strapaziert werden.

Werkzeugverschleiß durch lokale Behandlungen

Die im Umformprozess durch den direkten Kontakt zwischen Werkstück und Werkzeug entstehende thermische Überhitzung kann sowohl eine plastische Verformung als auch einen ausgeprägten abrasiven Verschleiß verursachen.

Durch Modifikation der Werkzeugoberfläche und -randzone z.B. mittels Nitrieren ist es möglich, eine solche Überhitzung zu vermeiden. Das intensive Nitrieren von Oberflächen kann jedoch zu einer erhöhten Rissempfindlichkeit führen und dadurch das Abplatzen von Material an der behandelten Oberfläche begünstigen. Aktuelle Projektergebnisse, die bereits in industriellen Schmiedeanwendungen u. a. zur Produktion von Turbinenschaufeln oder Gangrädern evaluiert wurden, zeigen das hohe technologische Potenzial angepasster lokaler Behandlungen: Indem bestimmte Bereiche durch Pasten abgedeckt werden, die eine Stickstoffdiffusion verhindern, können deutliche Standzeitvorteile erreicht werden.

Neue Verfahrensansätze zur Vermeidung von Rissbildung in Werkzeugoberflächen

Pasten werden darüber hinaus eingesetzt, um randnahe Materialbereiche mit anpassbaren Mustern so zu strukturieren,

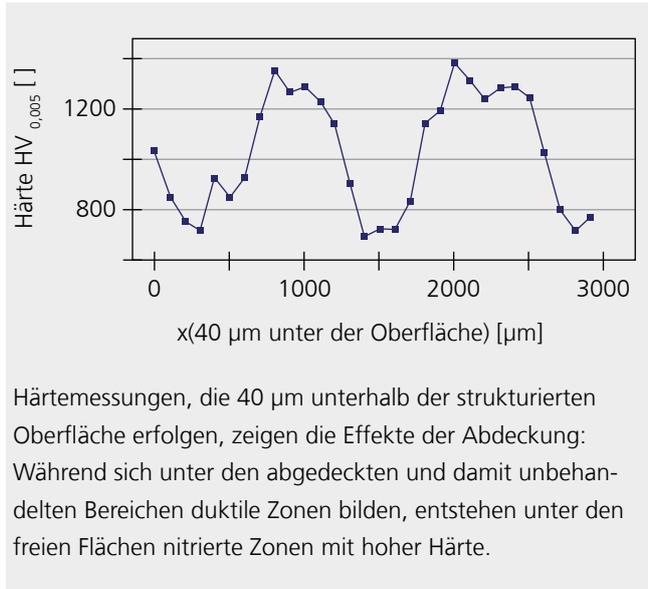
dass duktile Zonen neben nitrierten Zonen entstehen (vgl. Abbildung 1). Damit soll die Bildung und Ausbreitung von Rissen unter Thermoschockbedingungen verhindert werden. Die Auswahl geeigneter Designs unterliegt jedoch bestimmten geometrischen Anforderungen. Daneben muss auch die Industrietauglichkeit mit Blick auf eine automatisierbare, gut reproduzierbare Musterübertragung berücksichtigt werden.

Andere Wege zur Reduzierung von Rissbildung unter Thermoschockbedingungen ergeben sich über Verfahrenskombinationen aus unterschiedlichen Diffusionsbehandlungen mit Stickstoff (Plasmanitrieren, PN) bzw. Stickstoff und Kohlenstoff (Plasmanitrocarburieren, PNC) sowie nachfolgenden Wärmebehandlungen. Letztere können sowohl in dem Vakuumbehandlungsprozess integriert werden, als auch oberflächennah ausgeführte Nachbehandlungen wie die Laserstrahlbehandlung oder das induktive Aufheizen zeigen vielversprechende Ergebnisse bezüglich einer rissunempfindlichen Oberfläche.

Neue Möglichkeiten an analytischen Charakterisierungsmethoden für die Prüfung der Rissempfindlichkeit von Oberflächenzonenschichten wie die Verwendung des Scratchtestes zur Bewertung der Duktilität der randnahen Zonen bestätigten die entwickelten Behandlungskonzepte.

1 *Strukturierte Probe.*

2 *Konzept des sogenannten »Dehnungsfugennitrierens« mit Querschleif.*



Härtemessungen, die 40 µm unterhalb der strukturierten Oberfläche erfolgen, zeigen die Effekte der Abdeckung: Während sich unter den abgedeckten und damit unbehandelten Bereichen duktile Zonen bilden, entstehen unter den freien Flächen nitrierte Zonen mit hoher Härte.

Evaluierung

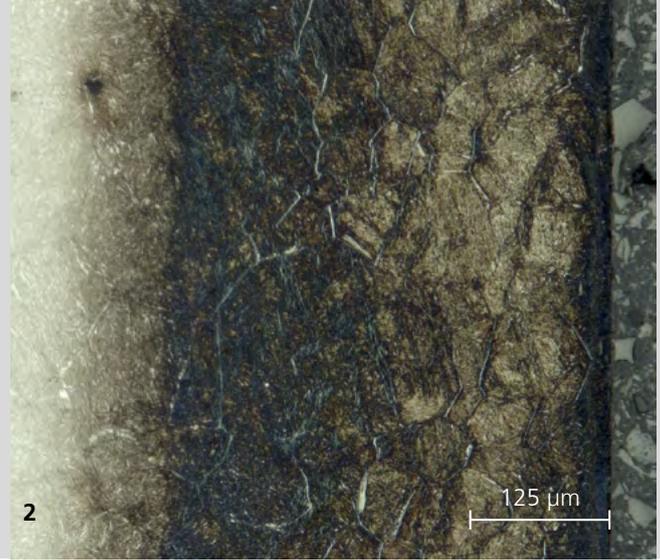
Zur Evaluierung der Entwicklung auf Laborebene wird ein System von Prüfständen eingesetzt, welche die produktionsbedingten Thermoschockbedingungen möglichst realistisch abbilden. Darüber hinaus dokumentieren Serienschmiedetests mit angepassten Prüfgeometrien für unterschiedlich exponierte Gesenkbereiche und Versuche im Bereich der industriellen Fertigung ein hohes Potenzial für die wirtschaftliche Umsetzung.

Industrieller Nutzen

Neben der Stabilisierung der Lebensdauer und der Reduzierung spezifischer Verschleißmechanismen durch thermische Einflüsse wird das Rissverhalten positiv beeinflusst. Dies führt zu einer höheren Effizienz des industriellen Produktionsprozesses und ermöglicht eine wirtschaftlichere Produktion in Schmiedekampagnen von Industriepartnern.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Hanno Paschke
 Telefon +49 231 844-5453
 hanno.paschke@ist.fraunhofer.de



VORHERSAGE VON PLASMANITRIERERGERBNISSEN

Plasmanitrieren ist ein etabliertes Verfahren zur Randschichthärtung von Stählen, das bei einer Vielzahl von Werkzeugen und Bauteilen angewendet wird. Das Nitrierergebnis hängt dabei maßgeblich von den verwendeten Stahlwerkstoffen und Prozessparametern ab. Das Wissen über die Prozessführung beruht größtenteils auf Erfahrungswerten mit häufig verwendeten Werkstoffen. Um einen idealen Plasmanitrierprozess für neue Werkstoffe und Anwendungen auszuwählen, sind in der Regel aufwändige Vorversuche erforderlich. Am Fraunhofer IST wurde daher ein Prognosetool entwickelt, mit dem Ergebnisse von Plasmanitrierprozessen vorhergesagt und damit die Qualität behandelter Bauteile verbessert werden können.

Neue Möglichkeiten für Anwender

Der Anwender der Plasmanitriertechnik steht häufig vor der Entscheidung, welche Vorgaben für ein optimales Nitrierergebnis gemacht werden sollen und welche Prozessparameter dazu eingestellt werden müssen. Meistens beschränken sich die Vorgaben auf die Angabe der gewünschten Nitrierhärte tiefe, und es werden Standardprozesse für die Nitrierung verwendet, die weder auf den Werkstoff, die Geometrie noch auf die Endanwendung optimal abgestimmt sind. Das Potenzial der Plasmanitriertechnik wird daher häufig nicht ausgeschöpft. An dieser Stelle bietet das neue softwarebasierte Prognosewerkzeug des Fraunhofer IST den Anwendern weitreichende Möglichkeiten, um die Qualität der Bauteile zu verbessern.

Einflussfaktoren auf das Nitrierergebnis

Es bestehen komplexe Zusammenhänge zwischen den Nitrierparametern wie z. B. Behandlungsdauer, Prozesstemperatur und Gaszusammensetzung, den im Grundwerkstoff enthaltenen Legierungselementen, der Bauteilgeometrie und dem Nitrierergebnis. Die wichtigsten Kenngrößen sind:

- Die Nitrierhärte tiefe und der Härtegradient im Werkstoff, die den ermittelten Härte tiefenprofilen entnommen werden können (vgl. Abbildung 2 und nebenstehendes Diagramm).

- Die sich an der Oberfläche des Werkstoffs ausbildende Verbindungsschicht, die sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung (Fe_4N , $\text{Fe}_{2,3}\text{N}$) als auch Dicke variieren kann. Eine fast vollständige Unterdrückung ist ebenfalls möglich.
- Die Rissempfindlichkeit der nitrierten Oberfläche bei Belastung kann z. B. analog zur Rockwelleindringprüfung nach DIN 4856:2018-02 ermittelt werden. Dazu wurde in früheren Arbeiten bereits ein eigenes Bewertungsschema für nitrierte Oberflächen entwickelt.

Datensammlung durch Probenauswertung

In der Vergangenheit fehlten gesicherte Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen den Nitrierparametern, den Grundwerkstoffen und dem Nitrierergebnis als auch die erforderliche Datenbasis. Im Rahmen des IGF-Vorhabens »Prognosetool für Plasmanitrierprozesse zur Randschichtbehandlung von Werkzeugen und Bauteilen« wurden mehr als 500 Kombinationen unterschiedlichster Werkstoffe und Prozessparameter untersucht. Die behandelten Proben wurden anschließend umfassend ausgewertet. Zur Validierung der Ergebnisse wurden vergleichende Versuche an Industrieanlagen durchgeführt. Parallel dazu wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik (IWW) der TU Chemnitz mit den Daten ein neuronales Netzwerk trainiert, das die Basis für den Aufbau eines softwarebasierten Prognose-

1 Bauteile während der Plasmanitrierbehandlung.

2 Gefüge einer nitrierten Randzone.

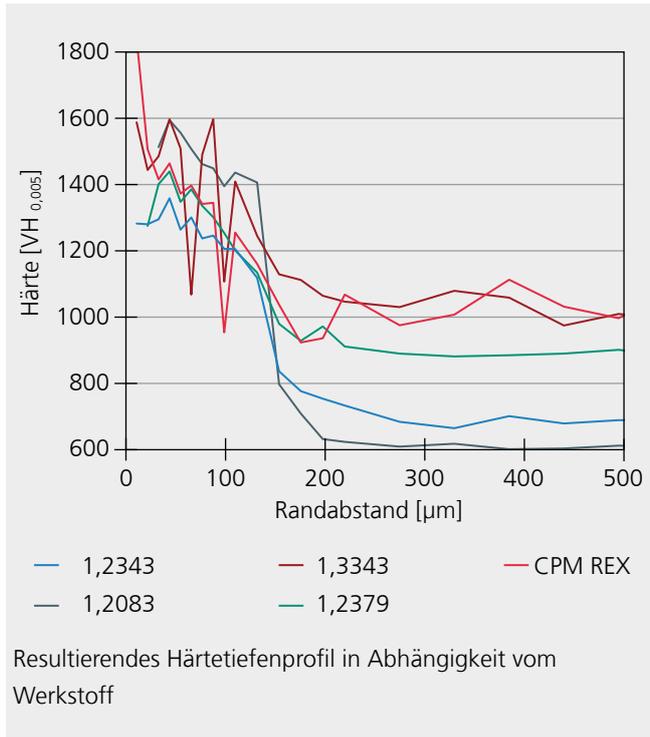
setools für die Plasmanitrierprozesse bietet.

Nutzen für den Anwender

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in Form einer nutzerfreundlichen Datensammlung aufbereitet, die es ermöglicht, das Nitrierergebnis bei z. B. vorgegebenen Werkstoff- und Prozessparametern abzuschätzen oder, alternativ, die erforderlichen Prozessparameter für das gewünschte Nitrierergebnis gezielt auszuwählen. Aufgrund der umfangreichen Datenbasis kann das Potenzial der Plasmanitriertechnologie bestmöglich genutzt werden. Durch die optimierten Ansätze können sowohl die Standmenge von Werkzeugen als auch die Lebensdauer von Bauteilen maßgeblich gesteigert werden.

Das Projekt

Das Projekt der industriellen Gemeinschaftsforschung IGF 18741 BG wurde, mit Unterstützung der Forschungsvereinigung »Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V.«, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



KONTAKT

M.Sc. Markus Mejauschek
 Telefon +49 531 2155-679
 markus.mejauschek@ist.fraunhofer.de



PLASMA ERSETZT KLEBSTOFF – JETZT AUCH ROLLE ZU ROLLE

Der Einsatz neuer Materialien ist eine wesentliche Grundlage für die Innovationen des 21. Jahrhunderts und die Basis für moderne Produkte in allen Lebensbereichen. Die Nachfrage nach Verbundfolien, z. B. für Lebensmittelverpackungen, flexible Platinen- oder Dekor- und Schutzfolien steigt kontinuierlich. Das Fraunhofer IST arbeitet daher gemeinsam mit Projektpartnern an einer Lösung zur Aufskalierung eines neuen inlinefähigen Fügeverfahrens für die Herstellung derartiger Verbundmaterialien aus Metall- und Kunststofffolien.

Aufskalierung zum Rolle-zu-Rolle-Verfahren

Innerhalb zweier erfolgreich abgeschlossener IGF-Projekte der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) wurde in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut Leder und Kunststoffbahnen (FILK) in Freiberg ein Verfahren zur Kaschierung von Kunststoff/Kunststoff- und Metall/Kunststoff-Verbunden durch Oberflächenfunktionalisierung mittels Atmosphärendruckplasmen entwickelt. Die Funktionalisierung basiert auf einer sauerstofffreien Plasmabehandlung mittels Präkursoren.

Direkt nach der Ausstattung der Fügeflächen mit chemisch reaktiven Gruppen erfolgt das Kaschieren deutlich unterhalb der Schmelztemperatur, z. B. 60 °C. Zurzeit wird das Verfahren als Inline-Prozess aufskaliert, so dass sich die Zeit zwischen der Funktionalisierung und dem Kaschieren weiter verkürzt. Das ermöglicht es, dieses Verfahren in bestehende Inline-Prozesse zu integrieren. Die Bandgeschwindigkeit kann durch die Auslegung der Plasmastrecke und des Rollen- oder Bandkaschierers angepasst werden. Um die Plasmafunktionalisierung auf das Kaschieren im kontinuierlichen Betrieb abzustimmen, wird die Oberflächenfunktionalisierung optimiert. Dies betrifft sowohl die Dichte der reaktiven Gruppen über die Behandlungsbreite als auch die Gleichmäßigkeit über eine kontinuierliche Beschichtungszeit von acht Stunden.

Stand der Technik

Die zuvor genannten Verbunde müssen heute noch zum Teil nasschemisch aktiviert und mit diversen Klebstoffen gefügt werden. Dabei handelt es sich für gewöhnlich um lösungsmittel- und wasserbasierte Klebstoffe, UV-Klebstoffe oder Klebfolien. Letztlich soll die Haftfestigkeit zwischen den Materialkomponenten mindestens so groß sein, dass keine Adhäsionsbrüche auftreten. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Verbunde bezüglich des Materialeinsatzes, der Langzeitbeständigkeit und der Kriechneigung bzw. Migration. Diese Anforderungen lassen sich mit Klebstoffverbindungen oft nicht wirtschaftlich realisieren. Das thermische klebstofffreie Kaschieren/Laminieren kann jedoch nur zwischen verträglichen Materialpaarungen eingesetzt werden. Häufig leiden durch das Aufschmelzen eines Fügepartners die Materialeigenschaften wie z. B. die optische Güte oder die Haptik.

Ausblick

Einschränkungen, die bisher einem industriellen Einsatz des Plasmaverfahrens für das Fügen entgegenstehen, sind die Herausforderungen bezüglich der Qualitätssicherung der Oberflächenfunktionalisierung sowie die Elektrodenkontaminationen bei längeren Prozesszeiten. Um hier ein Verständnis der Korrelation zwischen Schichtdicke und Haftkraft aufzu-



bauen, werden Untersuchungen mittels Ellipsometrie durchgeführt. Dadurch konnten selbst nanometerdicke Schichten auf Folien präzise bestimmt werden. Darüber hinaus lassen sich Erkenntnisse zu physikalischen und chemischen Prozessen sowie damit einhergehenden Oberflächenveränderungen mittels Infrarotspektroskopie gewinnen. Die Charakterisierung der Präkursorkonzentration im Prozessgas erfolgt mittels Massenspektrometrie. Ein Ziel der Untersuchungen ist es, das Niedertemperaturfügen für die industrielle Anwendung aufzukalieren und dadurch kleinen und mittelständischen Unternehmen besseren Zugang zu dieser Technologie zu ermöglichen.

Das Projekt

Das Projekt 19571 N der Forschungsvereinigung »Verein zur Förderung des Institutes Leder und Kunststoffbahnen Freiberg/Sachsen e.V. FILK« wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

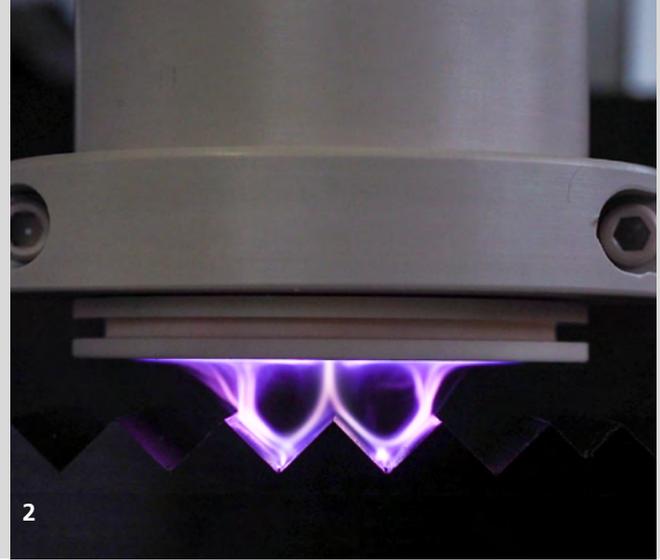
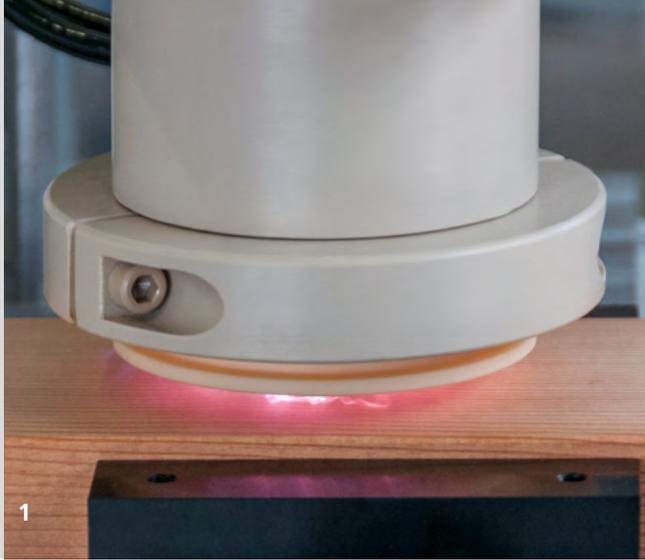
1 *Aldyne™-Anlage zur kontinuierlichen Rolle-zu-Rolle Beschichtung.*

2 *90° Abzugstester für Folienverbünde.*

3 *Thermokompressionsbender für plasmavorbehandelte Folienkomponenten.*

KONTAKT

Dr.-Ing. Marko Eichler
Telefon +49 531 2155-636
marko.eichler@ist.fraunhofer.de



KOMPAKTE JET-INDUZIERTE GLEITENTLADUNGSQUELLE

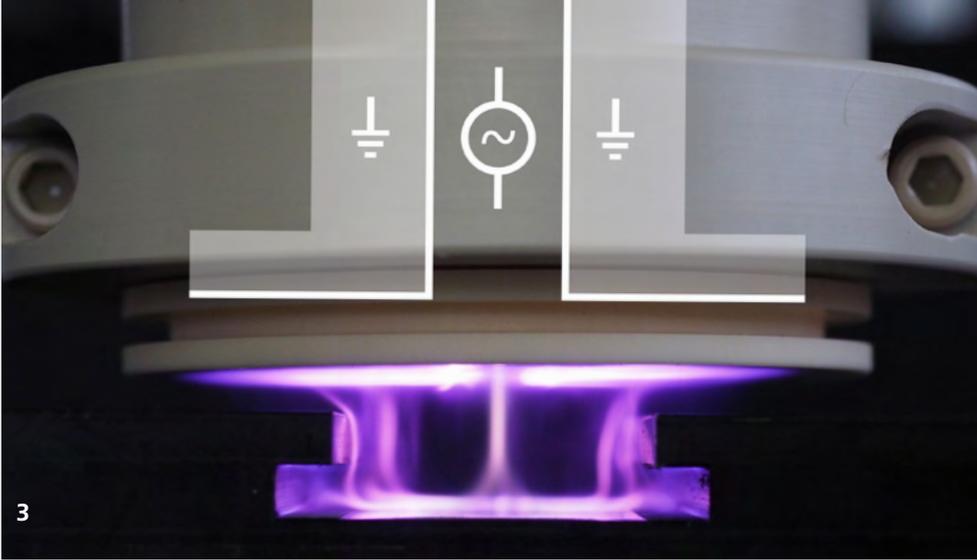
Kommerziell erhältliche Atmosphärendruck-Plasmaquellen werden heute bereits in unterschiedlichsten Branchen und Bereichen der Industrie zur Reinigung oder Aktivierung von Oberflächen eingesetzt. Durch die Anwendung von Plasmaverfahren können z. B. Lacke oder Klebstoffe auch ohne eine chemische Vorbehandlung auf Oberflächen haften. Das ist umweltfreundlich und spart Kosten. Von flächigen Vorbehandlungen wie der Coronaaktivierung für Bahnware bis zur partiellen Behandlung dreidimensionaler Bauteile mit Plasmajets stehen je nach Anwendungsfeld effektive Lösungen für die Aktivierung, Funktionalisierung, Feinstreinigung oder Beschichtung von Oberflächen zur Verfügung. Die Plasmabehandlung von flächigen und gleichzeitig partiell komplexen Geometrien wie z. B. tiefliegenden Nuten, Kavitäten oder Hinterschneidungen stellt jedoch eine besondere Herausforderung dar. Hier sind kostspielige Arrayanordnungen mit Plasmajets oder komplizierte Kombinationslösungen oft unumgänglich. Am Fraunhofer IST wurde ein Plasmaquellenkonzept auf Basis einer Jet-induzierten Gleitentladung entwickelt, das eine effektive Aktivierung oder Funktionalisierung auch geometrisch anspruchsvoller Konturen ermöglicht.

Das Funktionsprinzip

Im Inneren der Gleitentladungsquelle wird mittels Wechselspannung zunächst ein kaltes Plasma auf Basis einer dielektrisch behinderten Entladung (DBE) gezündet. Wie in Abbildung 3 dargestellt, wird dieses durch den Prozessgasdurchfluss mittig aus der Düse getrieben und trifft auf der Substratoberfläche auf. Dort bilden sich Gleitentladungen in Form von langen Plasmafilamenten zur Masseelektrode an der Unterseite der Plasmaquelle. Diese Plasmafilamente überstreichen die Substratoberfläche entlang ihrer Kontur. Dieses Verfahren ermöglicht eine gleichmäßige und vollständige Behandlung von Oberflächen, einschließlich möglicher Vertiefungen oder Hohlräume. Je nach Quellenausführung und Abstand der Quelle zum Substrat (1–40 mm) stehen effektive Behandlungsbreiten zwischen 10 und 120 mm zur Verfügung.

Eine sehr gute Alternative zur Nasschemie

Das Plasmaquellenkonzept wurde im Rahmen eines öffentlich geförderten Projekts als Alternative für nasschemische Primer im Vorfeld von Lackier- und Kaschierprozessen auf PVC-Extrusionshalbzeugen entwickelt. Da im Behandlungsbereich die Umgebungsluft nahezu vollständig verdrängt wird, gewährleistet die Jet-Geometrie weitgehend unabhängig von den vorherrschenden Umgebungsbedingungen zudem sehr homogene und reproduzierbare Behandlungseffekte. Darüber hinaus ermöglicht sie in Abhängigkeit vom Entladungsabstand, dem eingesetzten Prozessgas und spezifischen Plasmametern eine sehr genaue Anpassung der Oberflächenenergie des Substrats an das zu applizierende Medium, z. B. ein Lack- oder Klebsystem. Sowohl auf PVC als auch auf allen anderen gängigen Polymerwerkstoffen wurden effiziente Ergebnisse erzielt.

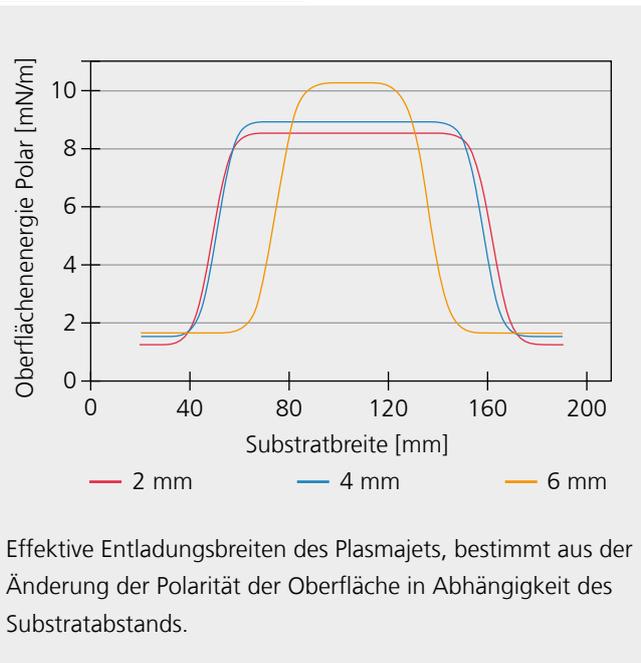


3

1 Flächige Gleitentladung unter Ausschluss von Umgebungsluft in definierter Prozessumgebung.

2 Oberflächenbehandlung einer Zahnstange.

3 Entladungscharakteristik und Funktionsprinzip des Gleitentladungs-Plasmajets während der Oberflächenbehandlung einer T-Nut.



Effektive Entladungsbreiten des Plasmajets, bestimmt aus der Änderung der Polarität der Oberfläche in Abhängigkeit des Substratabstands.

Ausblick

In enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern soll das am Fraunhofer IST entwickelte Plasmaquellenkonzept zukünftig in eine praxistaugliche kommerzielle Lösung überführt werden, um einen entscheidenden Beitrag zu nachhaltigen und umweltfreundlichen Produktionsprozessen zu leisten.

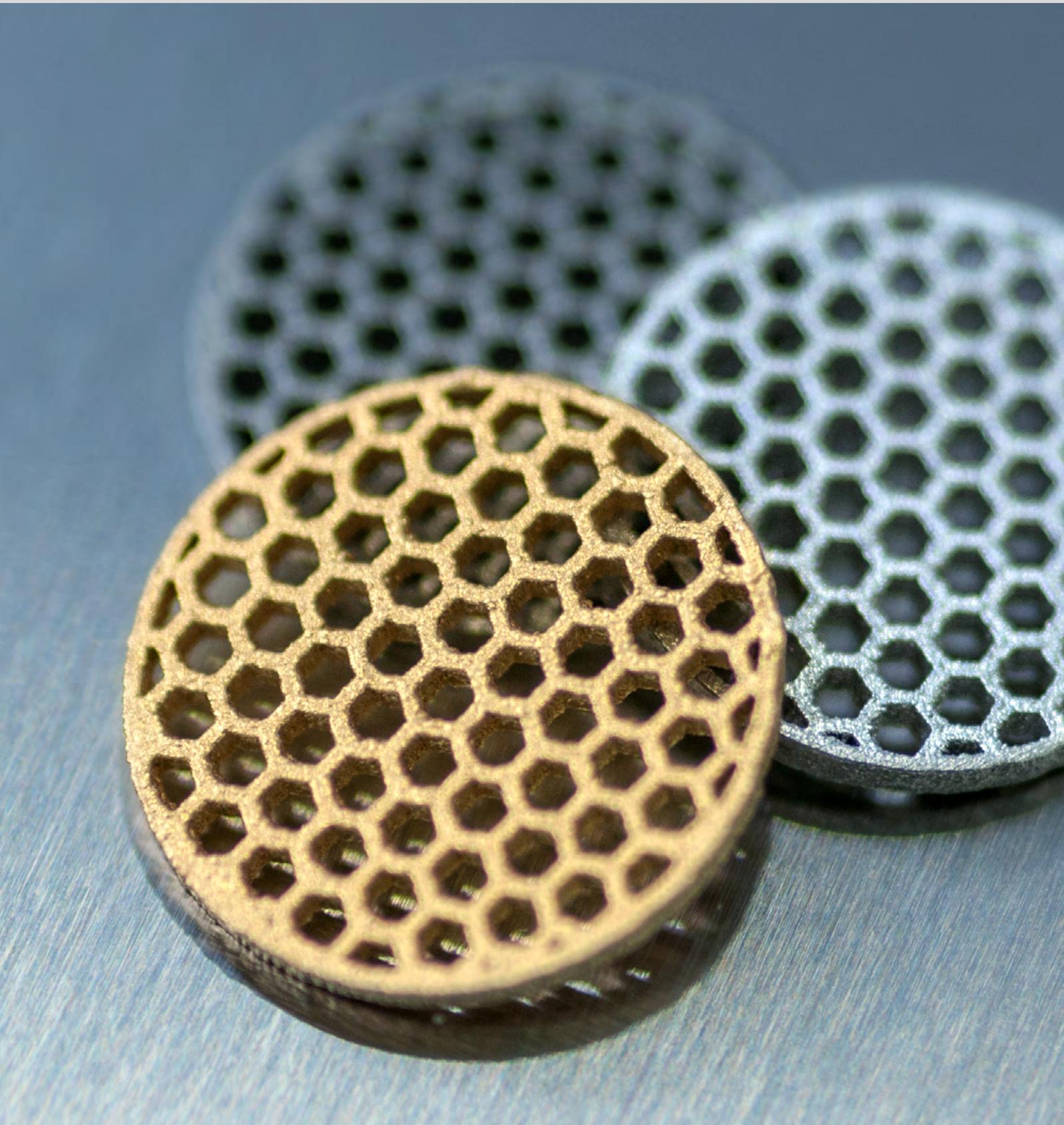
Das Projekt

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des Projekts »Neuartiges Plasmakonzept zur Oberflächenfunktionalisierung von Polymer-Extrusionshalbzeugen bei Atmosphärendruck unter Vermeidung von gesundheitsgefährdenden Stoffen – KF 2004825DF4« erzielt, das durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wurde.

KONTAKT

Martin Bellmann
 Telefon +49 551 3705-379
 martin.bellmann@ist.fraunhofer.de

LUFT- UND RAUMFAHRT



In diesem Geschäftsfeld werden Beschichtungstechnologien für die Luft- und Raumfahrt entwickelt. Das zentrale Thema ist die Funktionalisierung von Leichtbauwerkstoffen wie Kompositmaterialien (CFK) oder Leichtmetallen. Daneben werden Schichtsysteme für optische Anwendungen entwickelt, insbesondere für spezielle Präzisionsfilter für Raumfahrtmissionen.

Zurzeit beschäftigt sich das Fraunhofer IST mit den folgenden Themen:

- Galvanische Metallisierung von CFK-Bauteilen
- Entwicklung neuer umweltfreundlicher CFK-Metallisierungsverfahren
- Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen wie z. B. Titan, Magnesium, Aluminium
- Verschleißschutzschichten für Triebwerke in Düsenflugzeugen
- Lagensorik für die Zustandsüberwachung in Flugzeugen
- Entwicklung von Oberflächen für trennmittelfreie Formwerkzeuge
- Entwicklung von Beschichtungsverfahren für Präzisionsoptiken wie z. B. Filter

Zu den Kunden zählen Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie deren Zulieferer.



STRUKTUREN FÜR UMSTRÖMUNGS- UNTERSUCHUNGEN

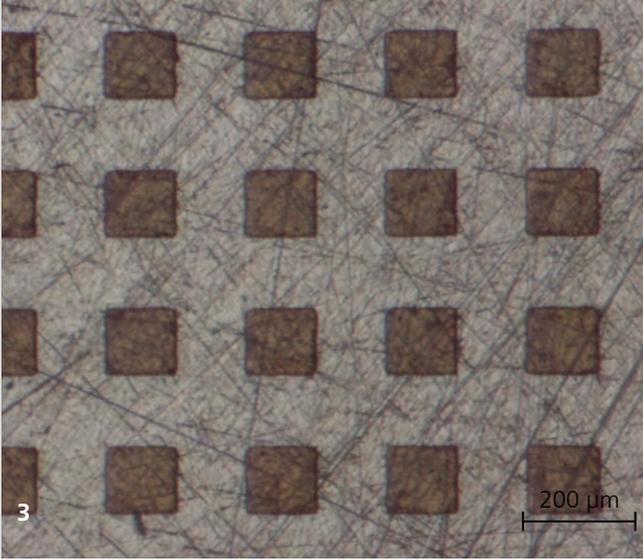
In der Raumfahrt werden Wiedereintrittskörper mit thermischen Schutzschilden vor der enormen Hitze beim Eintritt in die Atmosphäre geschützt. Diese Schutzschilde müssen hohen Sicherheitsstandards genügen. Um sie richtig dimensionieren zu können, wird in Windkanaluntersuchungen am Institut für Strömungsmechanik der Technischen Universität Braunschweig der Einfluss ihrer Oberflächenbeschaffenheit auf die Umwandlung von laminarer in turbulente Umströmung (Transition) gemessen. Hierfür wurden innerhalb des Projekts »HYPTRANS PAK742« am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Mikrostrukturen mit unterschiedlicher Rauigkeit auf einer generischen Apollokapsel hergestellt.

Mikrostrukturen mit definierter Rauigkeit

Um für die Strömungsmessungen eine Testkapsel mit Bereichen definierter Rauigkeit herzustellen, wurde ein UV-empfindlicher Photolack, wie er in der Halbleitertechnik verwendet wird, auf die Oberfläche des kapselförmigen Metallgrundkörpers aufgebracht. Anschließend erfolgt ein Tempersschritt. Nun wird eine Belichtungsmaske aufgelegt und mit UV-Strahlung belichtet. Nach der Entwicklung verbleiben Mikrostrukturen aus Resist auf der Oberfläche im Zentrum des Kapselgrundkörpers (vgl. Abbildung 2). Die quadratischen Strukturen haben eine Höhe von 20 μm und eine Kantenlänge von 100 μm . Die Mikroskopaufnahme in Abbildung 3 zeigt, dass der Abstand zwischen zwei Mikrostrukturen ebenfalls 100 μm beträgt. Der gesamte sogenannte Rauigkeitspatch nimmt eine Fläche von 20 x 20 mm^2 ein.

Windkanalversuche

Zur Untersuchung der Transitionsvorgänge wurden nach der Fertigung des Rauigkeitspatches oberflächenbündig Wärmestromsensoren eingebracht. Um eindeutig zuordnen zu können, ob die gemessenen Wärmeströme im laminaren oder turbulenten Bereich liegen, stehen Simulationsdaten hinsichtlich des laminaren Wärmestromverlaufs zum Vergleich zur Verfügung. Eine Abweichung größer als fünf Prozent von der laminaren Rechnung wurde als Startort der Transition gewertet. Der simulierte Wärmestromverlauf entstammt einer rein laminaren Strömungssimulation mit einer ideal glatten Wand. Dieser Datensatz erlaubt es, durch einen Vergleich die experimentellen Daten im Hinblick auf den Übergang von laminarer Strömung zur Transition einzuordnen. Es zeigt sich, dass das unterkritische Rauigkeitspatch gegenüber der ideal glatten Messkonfiguration keinen Einfluss hat und erst bei ausreichend hohem Störpegel, der einer Änderung der Kapselposition in der Teststrecke entspricht, eine Transition nahe der Kapselschulter auftritt.



1 *Illustration einer Apollokapsel beim Wiedereintritt in die Atmosphäre.*

2 *Testkapsel mit Mikrostrukturen.*

3 *Mikroskopaufnahme der Mikrostrukturen auf der Oberfläche der Testkapsel.*

Ausblick

Für die nächsten Versuche wird die Höhe der Störelemente auf 80 µm gesetzt, um in den Bereich der reinen rauigkeitsbasierten Transition zu gelangen. Hierbei werden die Leerstellen zwischen den Strukturen mit einer optimalen Störwellenlänge dimensioniert, die durch die Strömungssimulation ein optimales Störungswachstum voraussagt.

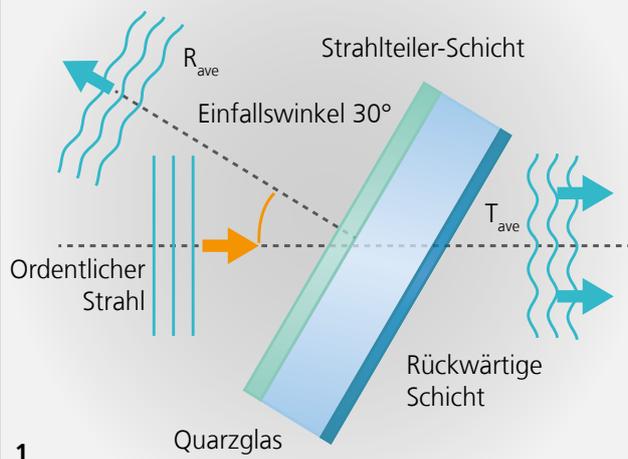
Das Projekt

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des Projekts »HYPTRANS PAK742« erzielt. Das Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) innerhalb der zweiten Förderperiode von 2015 bis 2018 gefördert.

KONTAKT

Dr. Saskia Biehl
 Telefon +49 531 2155-604
 saskia.biehl@ist.fraunhofer.de

Nancy Paetsch
 Telefon +49 531 2155-765
 nancy.paetsch@ist.fraunhofer.de



BREITBANDIGER STRAHLTEILER MIT GERINGEM WELLENFRONTFEHLER

In vielen optischen Instrumenten werden sogenannte Strahlteiler eingesetzt. Diese werden häufig zur Trennung einzelner Spektralbereiche verwendet, um das Licht den verschiedenen Spektrometern zuzuführen. Bei sehr hochwertigen Instrumenten darf der Wellenfrontfehler nur sehr klein sein, um Abbildungsfehler zu minimieren. Im Rahmen eines Projekts der Europäischen Weltraumorganisation ESA hat das Fraunhofer IST einen solchen breitbandigen Strahlteiler mit sehr geringem Wellenfrontfehler (20 nm rms) entwickelt.

Das Ziel: Beschichtung breitbandiger Strahlteiler

Das Ziel des Projekts war es, einen Strahlteiler mit einem Durchmesser von 120 mm zu entwickeln, der im Spektralbereich von 400 bis 900 nm bei einem Einfallswinkel von 30° eine hohe Reflexion von über 98 Prozent und gleichzeitig im NIR-Bereich von 920 bis 2300 nm eine Transmission von mehr als 92 Prozent aufweist. Um dies zu erreichen, wurde eine sehr hochwertige optische Beschichtung entwickelt, die aus einem dielektrischen Schichtstapel besteht, der mit Hilfe der Sputteranlage EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) abgeschieden wurde.

Minimierung von Wellenfrontfehlern

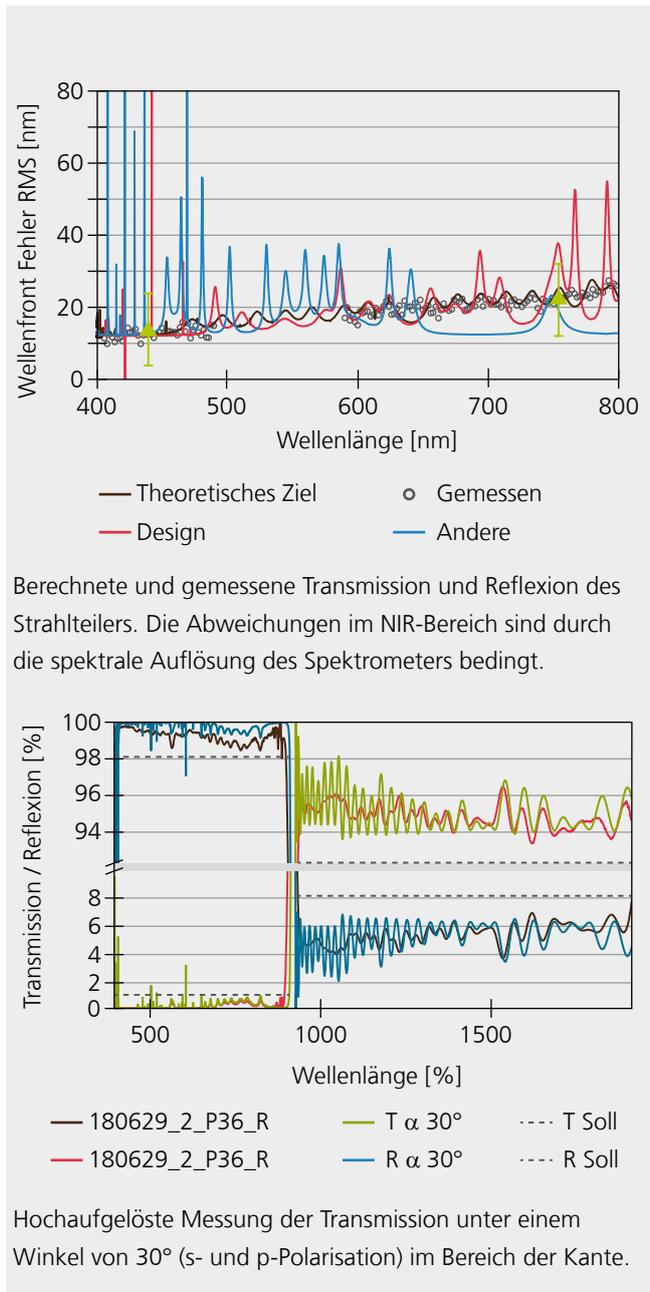
Wellenfrontfehler können bei optischen Beschichtungen mehrere Ursachen haben. Um diesen Fehler zu minimieren, muss zunächst ein sehr hochwertiges Substrat verwendet werden, das einen Root-Mean-Square (RMS)-Fehler von 2 nm aufweist. Eine weitere Fehlerquelle sind Schichtspannungen, die dazu führen können, dass sich das Substrat verbiegt. Selbst bei einem Substrat mit einer Dicke von 12 mm, würde eine nicht kompensierte Beschichtung zu einer Verbiegung von über 2 µm mit einem entsprechenden Wellenfrontfehler führen. Im vorliegenden Fall konnte mit einer doppelseitigen

Beschichtung eine exzellente Spannungskompensation erreicht werden. Unter bestimmten Umständen können bei bestimmten Wellenlängen sehr große resonanzartige Wellenfrontfehler auftreten, die die Spezifikationen um ein Vielfaches überschreiten. Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde ein ganz neues Schichtdesign entwickelt, welches sich durch einen sehr geringen Wellenfrontfehler auszeichnet.

Die Herstellung der Beschichtung mit der EOSS®-Anlage

Zur Beschichtung des Strahlteilers wurde die Sputteranlage EOSS® eingesetzt, mit der hochpräzise optische Interferenzfiltersysteme hergestellt werden können. Das Gesamtsystem besteht aus insgesamt 150 Schichten und ist auf beiden Seiten der Komponente 14,4 µm dick. Durch die Optimierung des Prozesses konnten die Verluste des Strahlteilers deutlich reduziert werden. Die Abscheidung des Filters musste mit höchster Präzision erfolgen, weil – bedingt durch die Polarisationsaufspaltung – eine Verbreiterung der Kante für s- und p-polarisiertes Licht auftritt. Das Schichtdesign wurde mit einer Toleranzsicherheit von weniger als 1 nm erstellt. Um einen kleinstmöglichen Wellenfrontfehler zu realisieren, wurde die Abweichung der Schichtdickenverteilung auf einen Wert von weniger als +/- 0,125 Prozent reduziert – weltweit ein Spitzenwert.

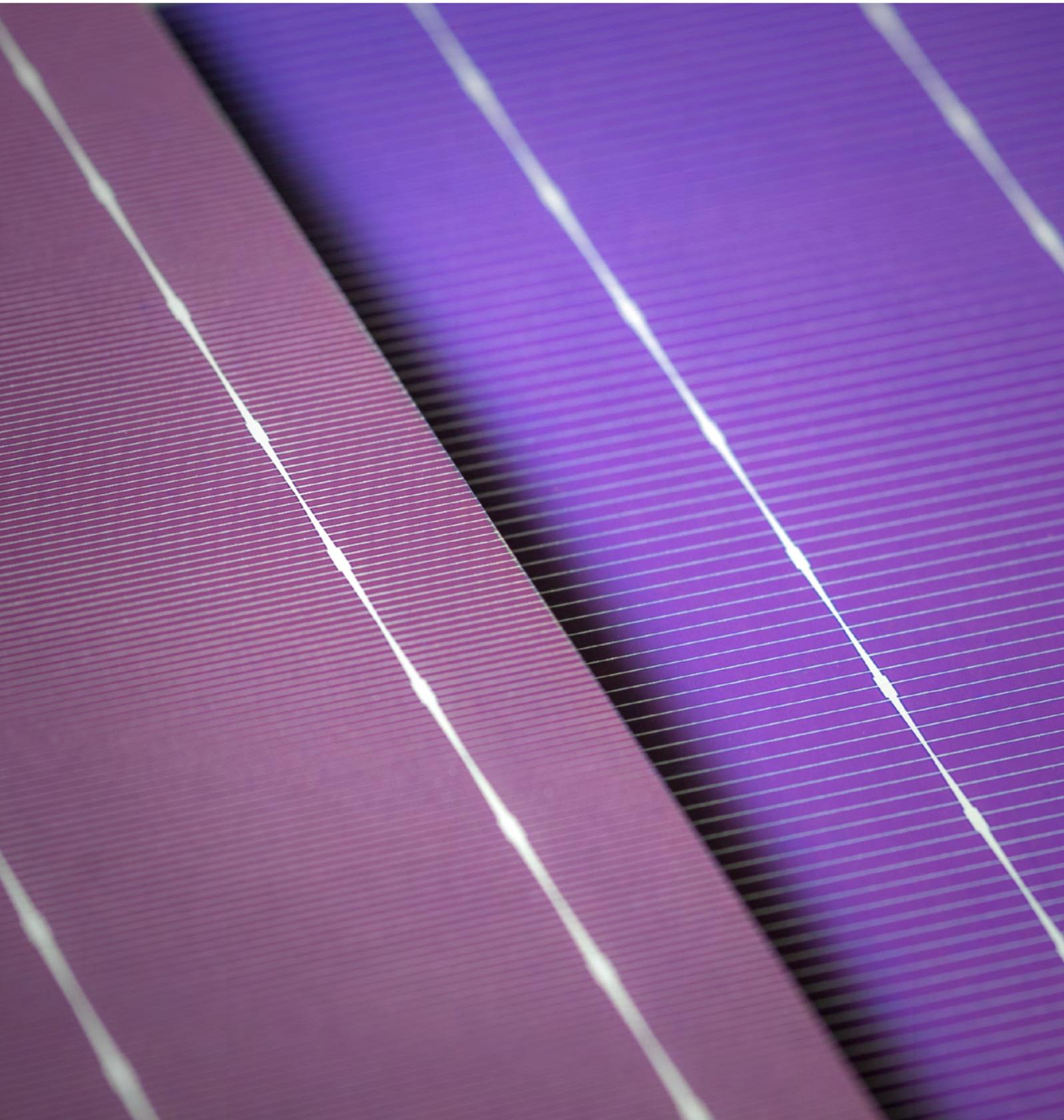
1 Schema des Strahlteilers und seiner Geometrie.



KONTAKT

Dr. Michael Vergöhl
 Telefon +49 531 2155-640
 michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de

ENERGIE UND ELEKTRONIK

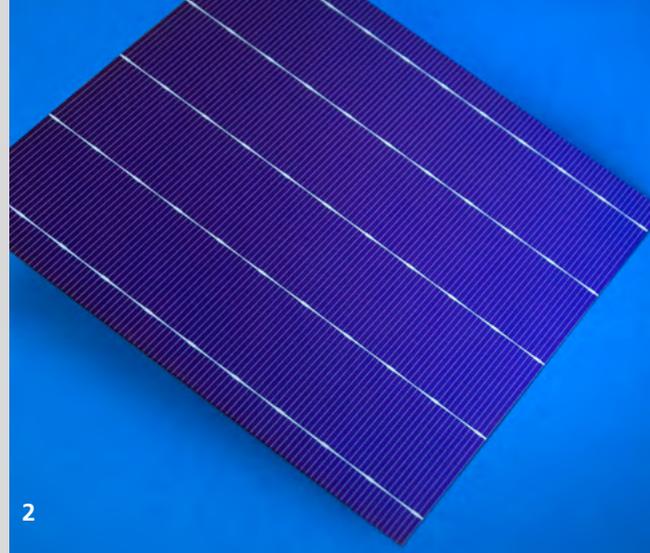
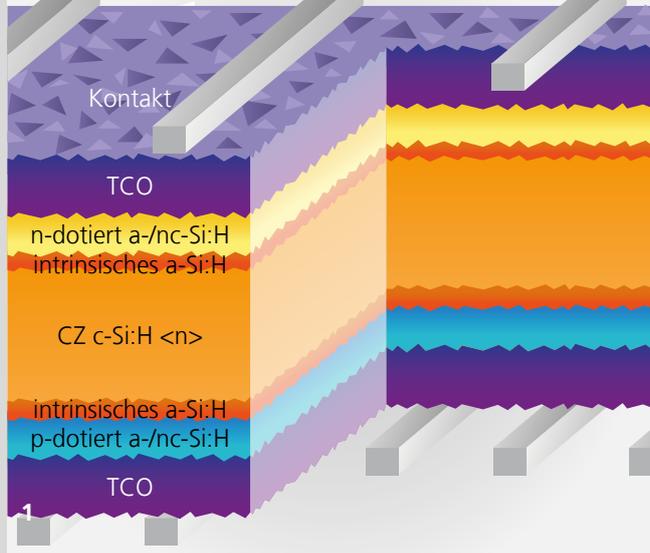


Im Geschäftsfeld »Energie und Elektronik« konzentrieren sich die Arbeiten des Instituts auf die folgenden Entwicklungen:

- Funktionelle Schichten bzw. Schichtsysteme und Beschichtungsprozesse für Architekturglas (Low-E-Schichten, aktiver bzw. passiver Wärme- und Sonnenschutz, schaltbare elektrochrome Verglasung)
- Transparente leitfähige Schichtsysteme (TCOs) für Architektur- und Automobilverglasung, für Solarzellen und Displays sowie als unsichtbare Heizelemente und für die Solarthermie
- p- und n-Typ TCOs als Materialien für transparente und flexible Elektronik
- Halbleiterschichten für die Dünnschicht- und die siliziumbasierte Photovoltaik sowie Charakterisierungsmethoden für Dünnschicht-Solarzellen
- Elektrische Kontakt- und Isolationsschichten sowie Barrierschichten
- (Lokale) Plasmabehandlung von Oberflächen für Wafer-Bonding, strukturierte Metallisierung sowie Metallisierung von temperaturempfindlichen und komplex geformten Substraten
- Stabile Anoden und Kathoden für Lithium-Ionen-Batterien
- Elektrolytschichten für Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC) und Gastrennmembranen für die Wasserstoffherzeugung
- Korrosionsschutz- und Wärmedämmschichten für Hochtemperaturanwendungen, z. B. in Gasturbinen.

Zu unseren Kunden gehören Unternehmen der Glas-, Photovoltaik- und Automobilindustrie, der Halbleiter- und Mikroelektronik-, Informations- und Kommunikationsbranche, der Energie- und Bauwirtschaft sowie Anlagenhersteller und Lohnbeschichter.

*Mit HWCVD hergestellte
Si-Schichten für eine Hetero-
Struktur-Solarzelle.*



SILIZIUMSCHICHTEN FÜR HETERO-STRUKTURSOLARZELLEN

Silizium findet seit Jahrzehnten Anwendung als Halbleiter und ist damit ein wichtiger Bestandteil in der Photovoltaik-Industrie. Unter den auf kristallinem Silizium (c-Si) basierenden Solarzellen zeichnen sich Silizium-Heterostruktursolarzellen (Silicon Heterojunction, SHJ) durch ihre besonders hohen Wirkungsgrade von über 26 Prozent aus. Die heißdraht-aktivierte Gasphasenabscheidung (Hot Wire Chemical Vapor Deposition, HWCVD) stellt eine vielversprechende Technologie für eine kostengünstige Abscheidung von defektarmen Siliziumschichten dar. Aus diesem Grund nutzt das Fraunhofer IST dieses Verfahren, um es im Hinblick auf seine Eignung zur Herstellung hocheffizienter SHJ-Solarzellen, insbesondere für Anwendungen im Automobilsektor zu untersuchen.

Der Aufbau von SHJ-Solarzellen

Bei SHJ-Solarzellen dienen kristalline Si-Wafer als Absorber, in denen das Sonnenlicht in freie Ladungsträger umgewandelt wird. Ausschlaggebend für das Erreichen hoher Wirkungsgrade dieser Solarzellen ist, dass die Ladungsträger beim Durchtritt zu den Kontakten nicht an als Rekombinationszentren wirkenden Defekten der Waferoberflächen rekombinieren. Zur Absättigung von Oberflächendefekten werden daher auf beiden Waferseiten hauchdünne Passivierschichten aus amorphem Silizium (a-Si:H) aufgebracht, bevor sich dann p- bzw. n-dotierte Si-Schichten, eine transparent leitfähige Oxidschicht (Transparent Conductive Oxides, TCO) und schließlich die metallischen Kontakte anschließen (vgl. Abbildung 1).

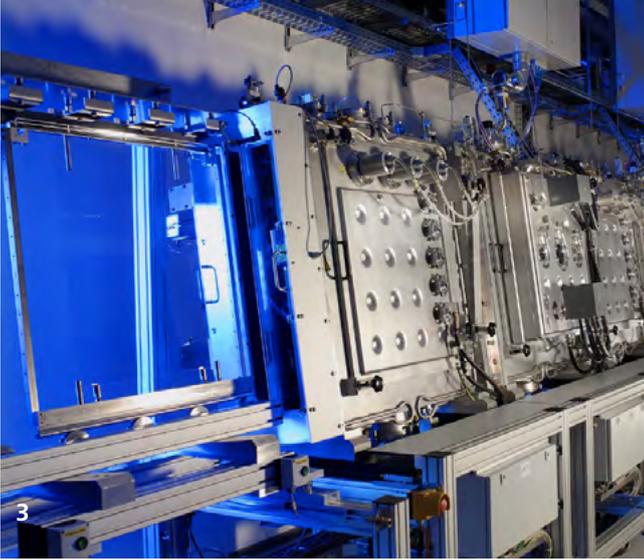
Die Vorteile der Heißdraht-aktivierten Gasphasenabscheidung

Im Rahmen eines vom BMWi geförderten Projekts wird das HWCVD-Verfahren anstelle der plasmaunterstützten chemischen Gasphasenabscheidung (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD) zur Herstellung der intrinsischen und dotierten Siliziumschichten eingesetzt. Bei der HWCVD werden die Prozessgasgemische an den Ober-

flächen glühender Metalldrähte aktiviert. Die Schichtbildung erfolgt ausschließlich durch dabei gebildete Radikale in völliger Abwesenheit von hochenergetischen Teilchen. Da die HWCVD-Abscheidung somit ohne Teilchenbombardement abläuft, eignet sich das Verfahren besonders gut für die sanfte Herstellung von defektarmen Schichten, von denen man sich besonders gute Passivierungseigenschaften verspricht. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch HWCVD-Prozesse eine hohe Prozessgasausnutzung von mehr als 80 Prozent und damit auch höhere Abscheideraten von mehr als 2 nm/s erzielt werden konnten. Daraus ergeben sich im Vergleich zu PECVD-Prozessen erhebliche Kostenvorteile.

Die Herstellung der Siliziumschichtstapel

Die Siliziumschichten wurden in einer vom Fraunhofer IST entwickelten HWCVD-Inline-Anlage abgeschieden, die über drei Beschichtungskammern mit Flächen von bis zu 500x600 mm² verfügt. Wie in Abbildung 3 dargestellt, können darin vier Solarwafer im Format 156x156 mm² gleichzeitig beschichtet werden. Die Prozessbedingungen wurden bei Schichtdicken von 10 bis 20 nm optimiert. Auf texturierten Wafern wurden Ladungsträgerlebensdauern von bis zu 5 ms erreicht.



Als Basis für die Herstellung von SHJ-Zellen wurden zunächst Passivierungsschichten mit 6 nm Dicke und Ladungsträgerlebensdauern um 1 ms eingesetzt. Die Herstellung der n- bzw. p-dotierten Silizium-Schichten erfolgte durch Zugabe der Dotiergase Phosphin (PH_3) bzw. Diboran (B_2H_6). Die Leitfähigkeiten der dotierten Schichten wurde durch Beimengung von Wasserstoff (H_2) voroptimiert, wodurch die Schichten nanokristallin wurden.

Ergebnisse

Die am Fraunhofer IST hergestellten Stapel aus intrinsischen a-Si:H-Passivierschichten aus reinem SiH_4 -Gas und dotierten Schichten mit unterschiedlichen Leitfähigkeiten und Schichtdicken wurden von den Projektpartnern zu vollständigen Solarzellen weiterverarbeitet und die Bauteileigenschaften anhand ihrer Strom-Spannungs-Kennlinien untersucht. Mit den bisher getesteten Schichtstapeln werden bereits jetzt Zellwirkungsgrade von 19,4 Prozent erreicht. Durch die weitere Optimierung des Schichtsystems sollen bis zum Projektende die Wirkungsgrade nochmals deutlich verbessert werden.

Das Projekt

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts »Prozess- und Anlagentechnologie zur kostengünstigen und ressourcenschonenden Herstellung von Silizium-Heterostruktursolarzellen mit hohem Wirkungsgrad«, kurz: »PATOS«, durchgeführt, welches vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird und eine Laufzeit vom 1. September 2016 bis zum 31. August 2019 hat.

Wir bedanken uns bei den Projektpartnern: RENA Technologies GmbH, Forschungszentrum Jülich, VON ARDENNE GmbH, IHT Aachen, edgeWave GmbH, a2 solar GmbH und AUDI.

1 *Prinzipieller Aufbau einer SHJ-Solarzelle.*

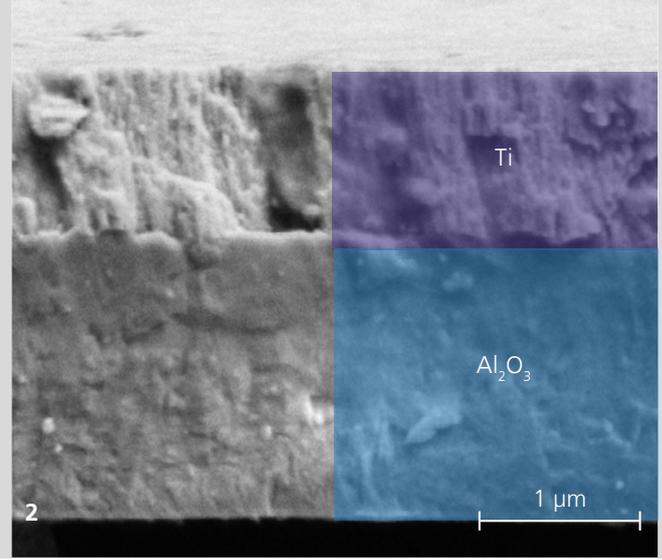
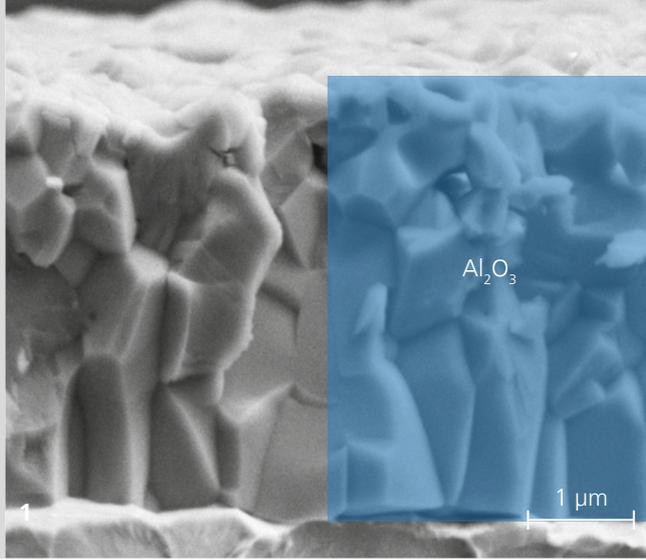
2 *Mit HWCVD hergestellte Si-Schichten für eine Hetero-Struktur-Solarzelle.*

3 *HWCVD-Inline-Anlage des Fraunhofer IST.*

KONTAKT

Madeleine Justianto, M.Sc.
Telefon +49 531 2155-523
madeleine.justianto@ist.fraunhofer.de

Dr. Volker Sittinger
Telefon +49 531 2155-512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de



OXIDSCHICHTEN FÜR HOHE TEMPERATUREN

In Hochtemperatur-Verbrennungsprozessen wie Gaskraft- oder Flugtriebwerken sind Metalloberflächen extremen Temperaturen ausgesetzt. Oxidschichten, die am Fraunhofer IST hergestellt und untersucht werden, können Metallwerkstoffe wirksam vor einer Zerstörung durch Heißgas-Korrosion schützen. In Verbrennungsräumen von z. B. Gasturbinen bestimmen diese maßgeblich die Lebensdauer der Bauteile. Elektrische Isolationsschichten auf Oxidbasis ermöglichen zudem auch den Einsatz von sensorischen Funktionsschichten auf Bauteilen. Gerade in Hochtemperatur-Umgebungen (>1000 °C) ist die Aufgabe von Oxidschichten besonders anspruchsvoll.

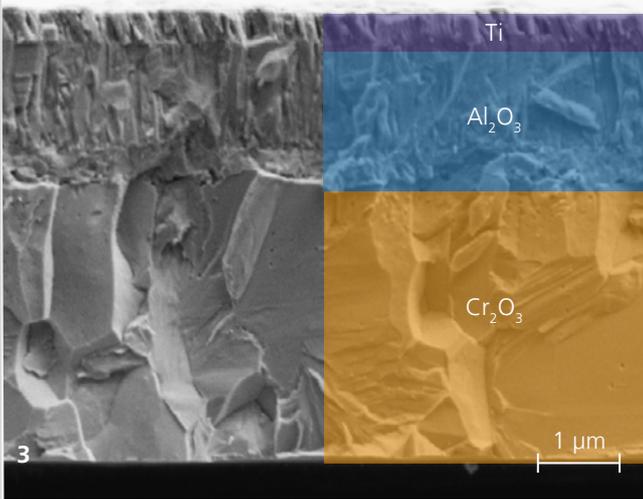
Oxidschichten für hohe und höchste Temperaturen

Metallwerkstoffe, die anwendungsbedingt sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind, benötigen eine schützende Deckschicht, für die zumeist Chrom oder Aluminium verwendet wird. Die bei hohen Temperaturen gebildeten Schichten aus reinem Chromoxid (Cr₂O₃) oder reinem Aluminiumoxid (Al₂O₃) müssen gut haften, dicht und rissfrei sein, ausreichend langsam wachsen und dürfen nicht nennenswert abdampfen. Bei Temperaturen über 1000 °C erfüllt praktisch nur die thermodynamisch stabile Hochtemperaturphase des Aluminiumoxids (α -Al₂O₃, Korund) diese Bedingungen.

Die stabile Phase des Aluminiumoxids lässt sich thermisch aus geeigneten Oxidbildnern wie z. B. MCrAlY herstellen. Das Wachstum von Aluminiumoxid erfolgt von außen nach innen durch Diffusion von Sauerstoffionen an die Grenzfläche zum Metall. Die Zugabe von Legierungselementen wie Yttrium zu den Oxidbildnern verbessert die Haftung und die Lebensdauer solcher Schutzschichten. Die Abbildung 1 zeigt ein thermisch gewachsenes Aluminiumoxid, das sich bei 1050 °C auf einer FeCrAl-Legierung ausgebildet hat.

Gesputterte Aluminiumoxid-Schichten

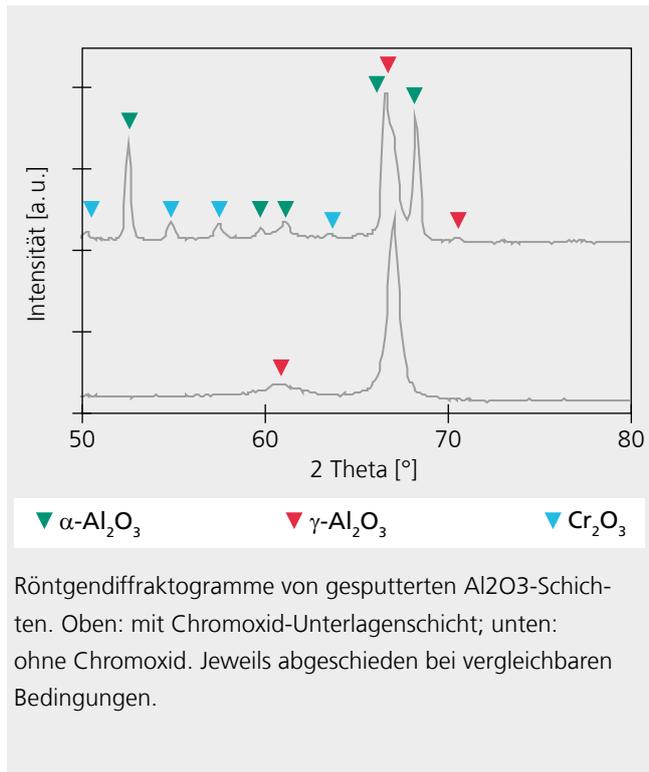
Gut haftende Schutzschichten aus reinem Aluminiumoxid können auch mit Dünnschichtverfahren, z. B. mittels reaktivem Gasfluss-Sputtern auf geheizten metallischen Bauteilen aufgebracht werden (vgl. Abbildungen 2 und 3). Entscheidend ist dabei, dass möglichst schon vor dem ersten Einsatz bei hohen Temperaturen die α -Phase in der Schicht vorliegt. Ein Aufheizen der Niedertemperaturphase (γ -Al₂O₃) über die Schwelle von 1000 °C würde durch die Phasenumwandlung zu einer starken Volumenänderung und damit zum Versagen des Schichtverbunds führen. Außerdem können Poren in der Schicht entstehen, die die Anwendung beeinträchtigen. Versuche am Fraunhofer IST haben gezeigt, dass mittels Ionenunterstützung oder geeigneten Unterlagenschichten die Bildung der α -Phase bereits bei Abscheidetemperaturen von ca. 830 °C gefördert wird. Die Abbildung 3 zeigt anhand Röntgen-Diffraktogrammen reaktiv gesputterter Aluminiumoxidschichten, dass eine Chrom-Unterlagenschicht die Entstehung der rhomboedrischen Korundphase begünstigt.



- 1 Bruchkante einer thermisch gewachsenen Aluminiumoxidschicht auf einer Hochtemperatur-Legierung.
- 2 Gesputterte Aluminiumoxidschicht direkt auf einer Hochtemperaturlegierung. Zusätzlich wurde eine Titan-Elektrode aufgebracht (ganz oben).
- 3 Gesputterte Aluminiumoxidschicht auf einer Chromoxid-Unterlagenschicht. Auch hier mit Titan-Elektrode ganz oben.

Ausblick: Oxidschichten für Hochtemperatur-Sensorik

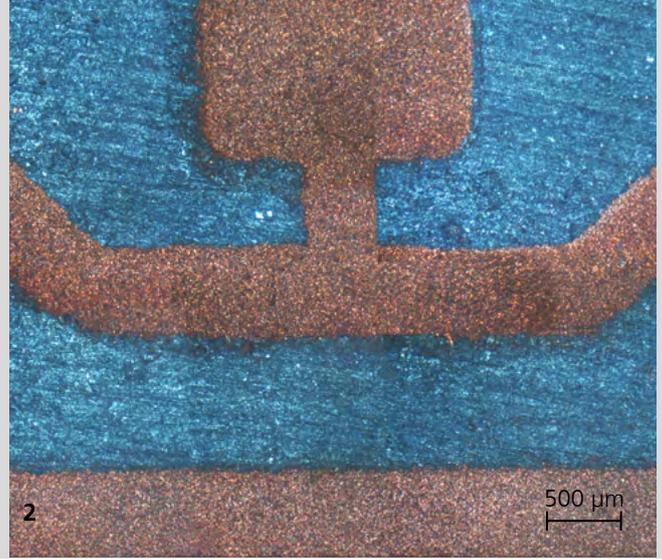
Rissfreie und dichte Barrierschichten aus Aluminiumoxid sind auch zur Integration elektrischer Zusatzfunktionen auf Bauteilen in einer Hochtemperatur-Umgebung eine wichtige Komponente. Sensorik, Aktorik und elektrische Informationsübertragung werden erst durch hochwertige, temperatur- und zyklischerbeständige Isolationsschichten möglich. Gute Isolationseigenschaften werden bei Schichtdicken von mehreren Mikrometern erreicht. Mittels konventionellem Magnetronspultern lassen sich gute und haftere Schichten auftragen. Ein Nachteil sind jedoch die verhältnismäßig niedrigen Depositionsraten und eine aufwändige Prozessregelung. Hier bietet das reaktive Gasflusspultern die Möglichkeit, hohe Raten bei einer einfachen Prozessführung zu erreichen. Parallel zur Entwicklung der Isolationsschichten werden am Fraunhofer IST auch Hochtemperatur-Sensorschichten, z. B. für die Dehnungsmessung, untersucht.



Röntgendiffraktogramme von gesputterten Al_2O_3 -Schichten. Oben: mit Chromoxid-Unterlagenschicht; unten: ohne Chromoxid. Jeweils abgeschlossen bei vergleichbaren Bedingungen.

KONTAKT

Dr. Kai Ortner
 Telefon +49 531 2155-637
 kai.ortner@ist.fraunhofer.de



KALT-PLASMASPRITZEN FÜR DREIDIMENSIONALE SCHALTUNGSTRÄGER

In vielen Industriezweigen gewinnen dreidimensionale Schaltungsträger (Molded Interconnect Devices, kurz: MID) stetig an Bedeutung. Die Integration von mechanischen, elektrischen und auch optischen Funktionen in ein Bauteil ermöglicht die Miniaturisierung und Rationalisierung von Baugruppen. Als Basis für MID-Bauteile kommen vorwiegend Spritzgussteile zum Einsatz. Unter dem Schlagwort »Additive Mechatronisierung« rückt derzeit die Entwicklung neuer Verfahren in den Vordergrund, welche die additive Erzeugung mechanischer Strukturen mit einer elektrischen Funktionalisierung kombinieren.

Vorteile gegenüber konventionellen Metallisierungsverfahren

Zur selektiven Metallisierung von Polymeroberflächen werden vorwiegend Verfahren eingesetzt, bei denen galvanische bzw. nasschemische Prozessschritte notwendig sind. Durch eine Laserstrukturierung im Vorfeld oder Trocknungs- und Sinterprozesse im Nachgang der Metallisierung ist die Prozesskette der etablierten Verfahren vergleichsweise umfangreich. Das am Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer IST entwickelte Kalt-Plasmaspritzen ermöglicht, Polymerbauteile ohne Nasschemie und ohne Vor- oder Nachbehandlungsschritte selektiv zu metallisieren. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Ausschnitte eines solchen MID-Bauteils.

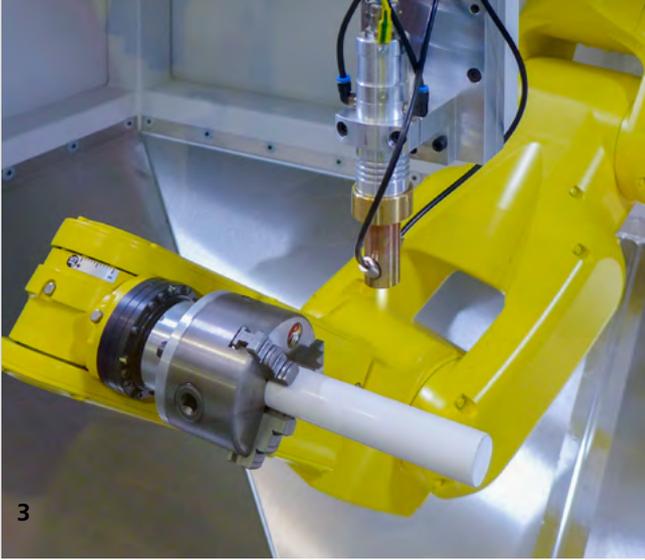
Die Technologie

Hauptmerkmal des Kalt-Plasmaspritzens ist die Verwendung eines aus Luft oder Stickstoff erzeugten Plasmastrahls mit einer niedrigen Temperatur. In das Prozessgas werden ultrafeine Partikel eingespeist und das Beschichtungsgut kann effizient in einem niederthermischen Plasmajet aufgeschmolzen werden. Zugleich ist der Prozesswärmeübertrag minimal. Somit gelingt es, thermisch und mechanisch empfindliche Unterlagen wie Polymer- und Elastomerbauteile, Naturwerkstoffe wie Holz und Papier oder dünne Folien schadlos mit Metallbeschichtungen zu vergüten.

Die Schichtherstellung gelingt ohne den Einsatz von Bindemitteln. Pro Übergang lassen sich Schichtdicken von 5 bis 20 µm bei ca. 100 mm/s Beschichtungsgeschwindigkeit realisieren. Die Objekte werden zudem bei Umgebungsdruck veredelt, sodass das Verfahren in komplexere Prozessabläufe inline-fähig integriert werden kann. Aufgrund des hohen Automatisierungsgrads und der kinematischen Flexibilität robotergestützter Beschichtungsanlagen können auch anspruchsvolle 3D-Schaltungsträger und Bauteile realisiert werden (vgl. Abbildungen 1 und 3). Möglich ist es, auf Kunststoffen ein breites Spektrum von Funktionsschichten herzustellen. Beispielsweise können Kunststoffe zur Stabilisierung des Substrats metallisiert oder mit einer hohen elektrischen oder thermischen Leitfähigkeit oder antibakterieller Wirkung ausgestattet werden. Weitere Anwendungsbeispiele sind hochstromtragfähige Schichtsysteme, Beschichtungen zur Abschirmung elektromagnetischer Strahlung, Wärmeleitschichten, flexible Leiterbahnen oder dekorative Schichten.

Vorteile der durch Kalt-Plasmaspritzten erzeugten MID-Bauteile

Ein wichtiger Vorteil bei der Anwendung des Kalt-Plasmaspritzens zur Herstellung von MID-Bauteilen ist, dass Mehrfach-Schichtsysteme realisiert werden können. Die möglichen Schichtmaterialien umfassen verschiedenste Metalle und Kunststoffe. Die große Bandbreite von Schichtwerkstoffen



3

ermöglicht auch unterschiedlichste Materialkombinationen: So lassen sich leitfähige Schichten mit Schutzschichten ausstatten, die Degradationen unter mechanisch oder chemisch belastenden Umgebungsbedingungen unterbinden. Haftvermittelnde Grundierungen können zudem die Schichtadhäsion verbessern. Des Weiteren ermöglicht die gezielte Kombination von Einzelschichten die Reduzierung lokaler Schichtspannungen, z. B. in Übergangsbereichen zwischen Werkstoffen mit unterschiedlichem thermischen Ausdehnungsverhalten.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich durch die Verwendung von bimodalen Kompositpartikeln: Trägerpartikel können mit einem anderen Material umhüllt oder beladen werden. Die Verwendung solcher Kompositpartikel ermöglicht die Reduzierung von Störstellen oder Oxidphasen und verbessert somit die mechanischen und elektrischen Schichteigenschaften. Durch die Verwendung von Mischpulvern, in denen unterschiedliche Metalle als Partikel vorliegen, können verschiedene Materialeigenschaften miteinander kombiniert werden.

Ausblick

Das Kalt-Plasmaspritzen wird am Fraunhofer IST geräte- und verfahrenstechnisch kontinuierlich weiterentwickelt. Gegenwärtig liegt der Fokus auf der Integration von inline-fähigen Diagnosesystemen wie der Messung der Spritzstrahl- und Objekttemperatur, auf qualitätssichernden Analysemethoden wie der orts aufgelösten Wirbelstrommessung sowie auf Verfahrensoptimierungen bei der selektiven Metallisierung mit spezifischen Maskierungstechniken und auf einer Kombination von 3D-Druckverfahren mit dem Kalt-Plasmaspritzen.

1 *Kupferleiterbahnstruktur auf einem MID-Bauteil.*

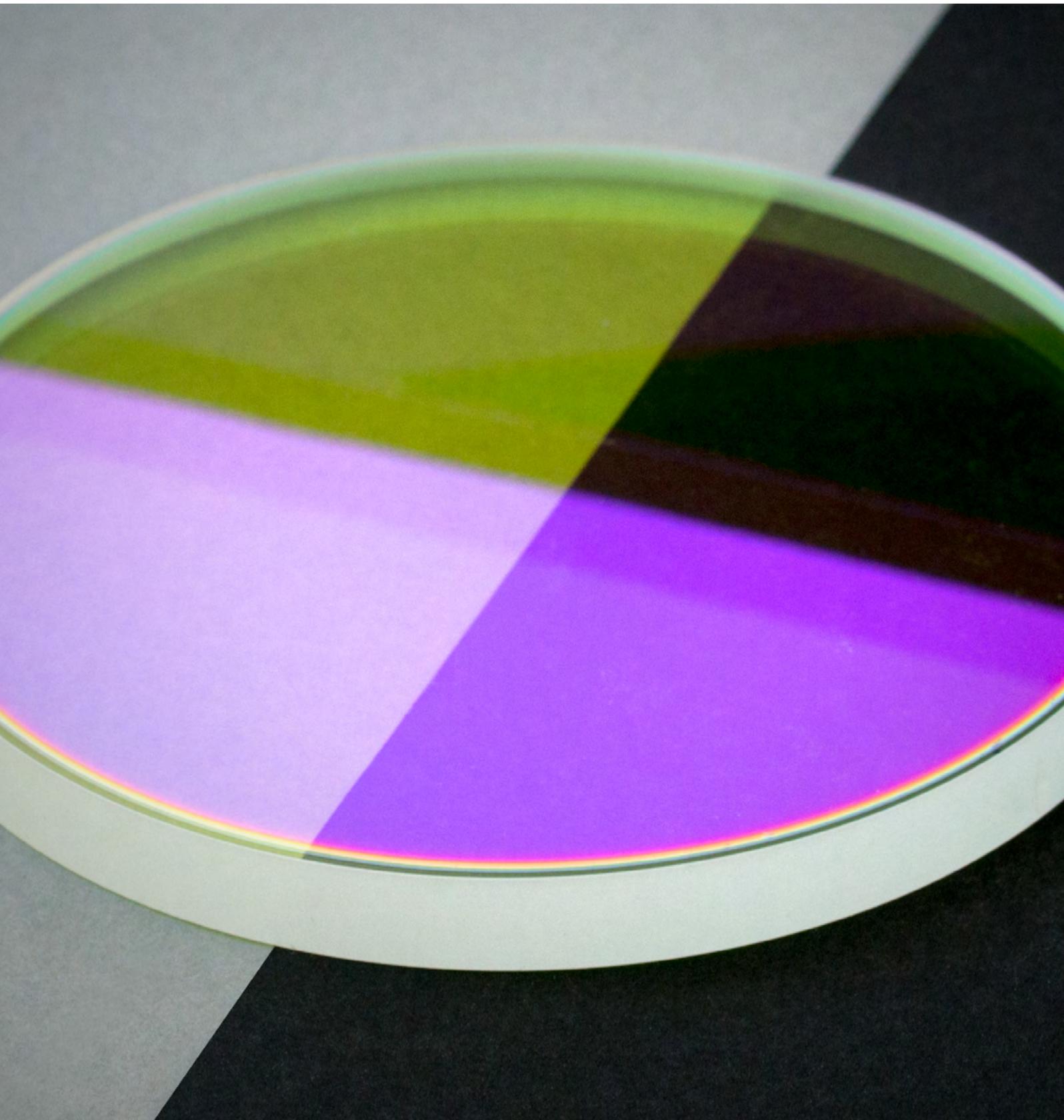
2 *Mikroskopaufnahme von Leiterbahnen mit einer Breite von 500 μm .*

3 *Robotergestützter Beschichtungsprozess.*

KONTAKT

Nils Mainusch, M.Sc.
 Telefon + 49 551 3705-333
 nils.mainusch@ist.fraunhofer.de

OPTIK



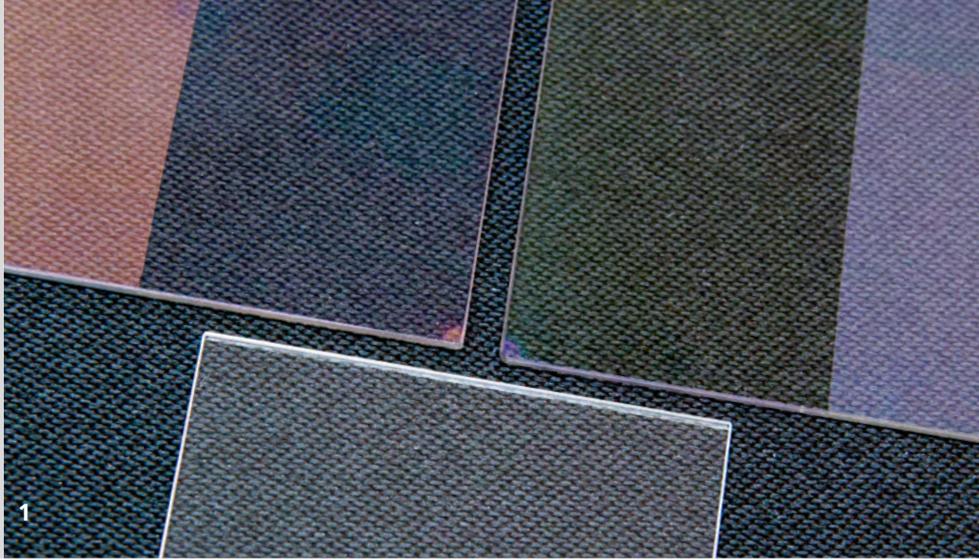
Das Fraunhofer IST ist im Geschäftsfeld »Optik« mit einer Vielzahl von Dünnschichttechnologien zur Entwicklung neuer Lösungen für neue industrielle Anwendungen tätig. Beispiele sind:

- Entwicklung und Herstellung von Beschichtungen für optische Komponenten
- Anlagentechnik zur Abscheidung hochwertiger optischer Beschichtungen auf planaren und gekrümmten Optiken
- Produktionsplattform »EOSS®« zur Herstellung optischer Filter und Laserkomponenten
- Entwicklung neuer Materialien für intelligente Beschichtungen, z. B. elektrisch schaltbare Filter
- Hochbeständige Breitband-Antireflexbeschichtungen auf Saphir und Glas
- Mikrostrukturierte optische Filterschichten für Imaginganwendungen
- Optische Beschichtungen auf Kunststoffoberflächen
- Auslegung und Optimierung von Beschichtungsprozessen und -anlagen im Niederdruckbereich durch Simulation
- Entwicklung neuartiger transparent-leitfähiger Schichten für Beleuchtungstechnik und Oxidelektronik

Im Bereich optischer Messtechnik beschäftigt sich das Fraunhofer IST u. a. mit diesen Themen:

- In-situ-Kontrolle von Beschichtungsprozessen mit dem Monitoringsystem MOCCA+®
- Mappingsystem zur Messung der Ellipsometrie, Reflexion, Transmission, Streulicht und Raman-Spektroskopie auf 60x60 cm²
- Defektanalyse optischer Schichten mittels FIB-REM und konfokal optischer Mikroskopie
- Prüfung der Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit optischer Oberflächen und Schichten

Zu den Kunden dieses Geschäftsfelds zählen Unternehmen der optischen Industrie, der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt, Hersteller von Displays und Datenspeichern sowie Anlagenhersteller und Lohnbeschichter.



ANTIREFLEXBESCHICHTUNG MIT DIAMANT

Vom Anwender meist unerkant, kommen Antireflexbeschichtungen (AR) heute in vielen Produkten des täglichen Lebens zum Einsatz. Sie begegnen uns auf Brillengläsern, den Bildschirmen von Smartphones oder Tablets, im Cockpit unserer Autos und – im Zeitalter von Smart Home – bald auch auf den Bedienelementen der Haussteuerung, dem Kühlschrank sowie der Waschmaschine. Neue Produkte und steigende Anforderungen erhöhen den Bedarf für immer gebrauchsfähigere AR-Schichten mit erhöhter Kratz- und Abriebbeständigkeit. Die wesentliche Innovation der Arbeiten des Fraunhofer IST bestand darin, die unübertroffen hohe Härte von Diamant erstmalig für die Verwendung in optischen Schichtsystemen verfügbar zu machen. Der Einsatz von Diamant verspricht die größtmögliche mechanische Belastbarkeit, die für optische Breitbandentspiegelungen erreicht werden kann.

Diamant als optische Schicht

Für die Entwicklung optischer Diamantschichten wurde die Heißdraht-CVD-Technologie (Hot Filament Chemical Vapour Deposition HFCVD) eingesetzt. Die Technologie wurde am Fraunhofer IST auf den weltweit größten Beschichtungsflächen industriell eingeführt und ist das einzige Verfahren, mit dem die Diamantabscheidung auf einer für optische Komponenten relevanten Größenskala vorstellbar ist. Der Einsatz für optische Anwendungen erfordert allerdings die Herstellung extrem dünner defektfreier Schichten in für CVD-Diamantschichten bisher unerreichter Qualität, was die Uniformität von Schichtdicke, Transparenz und Brechungsindex betrifft. Damit lag der Schwerpunkt der Arbeiten am Fraunhofer IST folgerichtig auf der Anpassung der HFCVD-Verfahrensschritte an das besonders herausfordernde Anforderungsprofil optischer Schichtsysteme.

Optische Simulation von Diamant-Antireflex-Systemen

Mit Hilfe optischer Simulation wurden unterschiedliche Antireflex-Systeme entworfen, realisiert und charakterisiert. Das einfachste Diamant-AR-Schichtsystem besteht aus einer

Diamantschicht und einer Deckschicht aus niedrigbrechendem Siliziumdioxid (SiO_2) mit aufeinander abgestimmten Schichtdicken (2-Schicht-AR-System). Darüber hinaus wurden für eine noch breitbandigere Entspiegelung im sichtbaren Spektralbereich vierlagige Schichtstapel entwickelt, in denen neben Diamant und SiO_2 noch Tantalpentoxid (Ta_2O_5) als zweites hochbrechendes Material verwendet wurde (4-Schicht-AR-System).

Abbildung 1 illustriert die mit beiden Diamant-AR-Schichtsystemen realisierte Entspiegelungswirkung. Links ist ein 2-Schichtsystem und rechts ein 4-Schichtsystem abgebildet, jeweils mit Diamant als vorletzter Teilschicht. Zum Vergleich ist darunter ein unbeschichtetes Quarzglas dargestellt. Um den jeweils erreichten Entspiegelungseffekt hervorzuheben, wurde bei beiden AR-Systemen jeweils im nach außen zeigenden Probendrittel die SiO_2 -Deckschicht weggelassen.

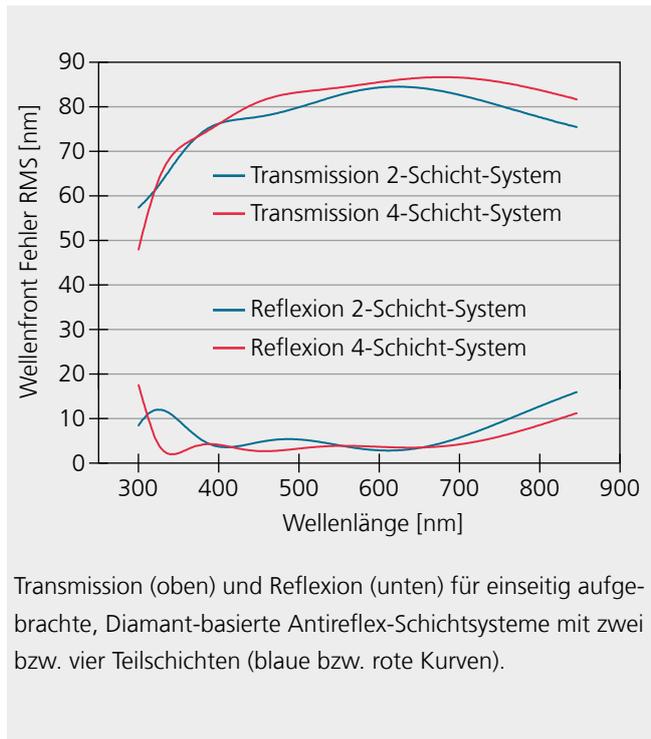
Zur quantitativen Beurteilung der erzielten Antireflexwirkung sind im nebenstehenden Diagramm Transmission und Reflexion für beide Schichtsysteme aufgetragen. Da beide beschichteten Gläser nur einseitig entspiegelt wurden, ist die Reflexion auch bei perfekter Entspiegelung nur auf einen Restwert von

1 2-Schicht- (links oben),
4-Schicht- (rechts oben) Anti-
reflex-Systeme im Vergleich zu
einer unbeschichteten Quarz-
probe (unten).

3,4 Prozent reduzierbar, was der Hälfte des Ausgangswerts entspricht. Mit dem einseitigen 2-Schichtsystem wurde eine Reflexminderung auf 4,9 Prozent erzielt, mit dem 4-Schichtsystem sogar ein Wert von 3,9 Prozent, jeweils gemittelt über den Spektralbereich von sichtbarem Licht.

Grundlage zur Weiterentwicklung

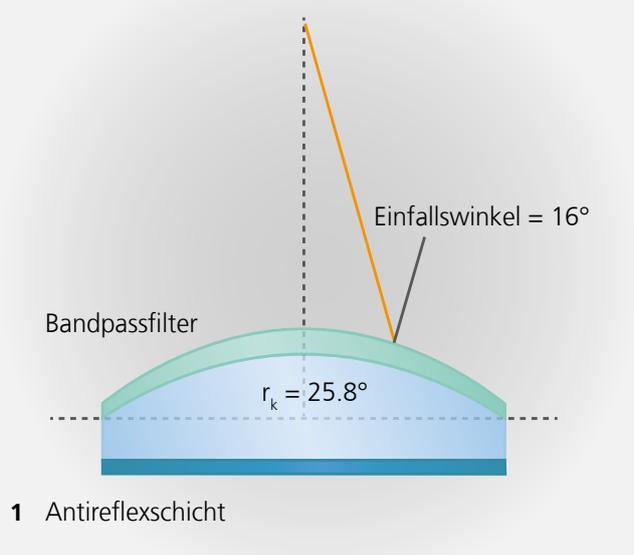
Die bisher realisierten diamantbasierten AR-Systeme erfüllen noch nicht alle Erfordernisse, jedoch wurden die prinzipielle Machbarkeit und das große Potenzial von Diamant-AR-Systemen erfolgreich nachgewiesen und dadurch die Grundlage für die Weiterentwicklung in Folgeprojekten geschaffen.



Transmission (oben) und Reflexion (unten) für einseitig aufgebraute, Diamant-basierte Antireflex-Schichtsysteme mit zwei bzw. vier Teilschichten (blaue bzw. rote Kurven).

KONTAKT

Dipl.-Ing. Hans-Ulrich Kricheldorf
Telefon +49 531 2155-952
ulrich.kricheldorf@ist.fraunhofer.de



ABSCHEIDUNG KOMPLEXER BANDPASS-FILTER AUF ASPHÄRISCHEN LINSEN

Der weitaus größte Anteil optischer Komponenten sind Linsen oder Asphären, d. h. sie haben eine gekrümmte Oberfläche, die in der Regel mit Antireflexbeschichtungen versehen wird. Durch die Abscheidung komplexer Filter auf Linsen wird es möglich, neuartige, sehr kompakte optische Systeme zu entwickeln. Aufgrund des daraus resultierenden Gewichtsvorteils ist das besonders interessant für sogenannte LIDAR-Scanner (Light Detection and Ranging), die z. B. auf Flugobjekten installiert werden können. Am Fraunhofer IST wurde ein Beschichtungsprozess entwickelt, der es ermöglicht, Linsen mit einem Bandpassfilter bei einer Wellenlänge von 670 nm auszurüsten, der eine sehr breite Blockung von 300 bis 1100 nm aufweist. Die Zentralwellenlänge ist dabei unabhängig von der Position auf der Linse. Erreicht wurde dies durch einen speziellen Schichtgradienten auf der Linse.

Komplexe Beschichtungen auf 3D-Oberflächen

Bei der Beschichtung gekrümmter optischer Komponenten wie einer Linse mit physikalischen Verfahren wie z. B. Aufdampfen oder Sputtern, entsteht ein Schichtdickengradient. Dabei befindet sich die größte Schichtdicke dort, wo die Linse dem Substrat am nächsten und der Winkel zur Quelle senkrecht ist. Bei einem Bandpassfilter führt das zu einer Verschiebung der Zentralwellenlänge. Darüber hinaus verursacht die Krümmung der Linse eine Verschiebung des Spektrums mit steigendem Einfallswinkel. Ungünstig ist, dass beide Effekte – die sinkende Schichtdicke zum Rand der Linse und der steigende Einfallswinkel – in die gleiche Richtung gehen, sich also negativ addieren (vgl. Abbildung 1). Um eine Homogenisierung der Beschichtung zu erreichen und so zumindest einen der beiden Effekte auszuschließen, werden heute ALD-Verfahren (Atomic Layer Deposition) eingesetzt. Für eine ideale Kompensation ist jedoch ein Schichtdickengradient notwendig, bei dem die Dicke zum Rand der Linse entspre-

chend zunimmt. Das Magnetronsputtern mit einer Anlage wie der am Fraunhofer IST entwickelten EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) ist dafür besonders gut geeignet, da es eine hervorragende Präzision und Stabilität liefert.

Linse mit Bandpassfilter

Im Rahmen eines Projekts wurde auf einer Linse mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Brennweite von 50 mm ein Bandpassfilter entwickelt und abgeschieden. Die Zentralwellenlänge des Bandpasses lag bei 670 nm und sollte eine sehr breite Blockung von 300 bis 1100 nm aufweisen. Insgesamt waren dazu schließlich 207 Schichten mit einer Gesamtdicke von 23 µm notwendig. Der geeignete Schichtdickengradient auf der Linse wurde mit Hilfe einer Subrotation und einer geeigneten Maske ermöglicht. Die Ermittlung der Linsenform erfolgte mit Hilfe der »Particle-in-Cell-Monte Carlo« (PIC-MC)-Simulation. Die Maske konnte danach ohne weitere Anpassungen hergestellt werden.

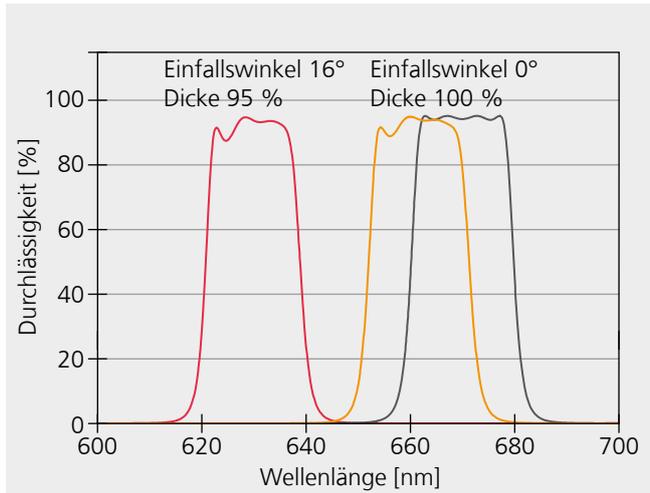
1 Schema der zu beschichtenden Linse.

Ausblick

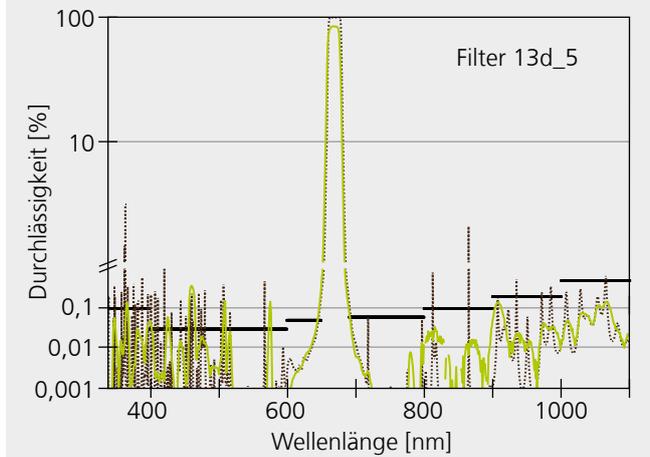
Zukünftig ist mit einer steigenden Nachfrage nach komplexen Beschichtungen auf gekrümmten Oberflächen zu rechnen. Daher ist die Weiterentwicklung der EOSS®-Technologie Gegenstand weiterer Arbeiten am Fraunhofer IST.

Das Projekt

Das Projekt wurde durch die ESA (Vertrag ITT AO/1-8541/15/NL/PS) gefördert.



Zu erwartende Spektren.

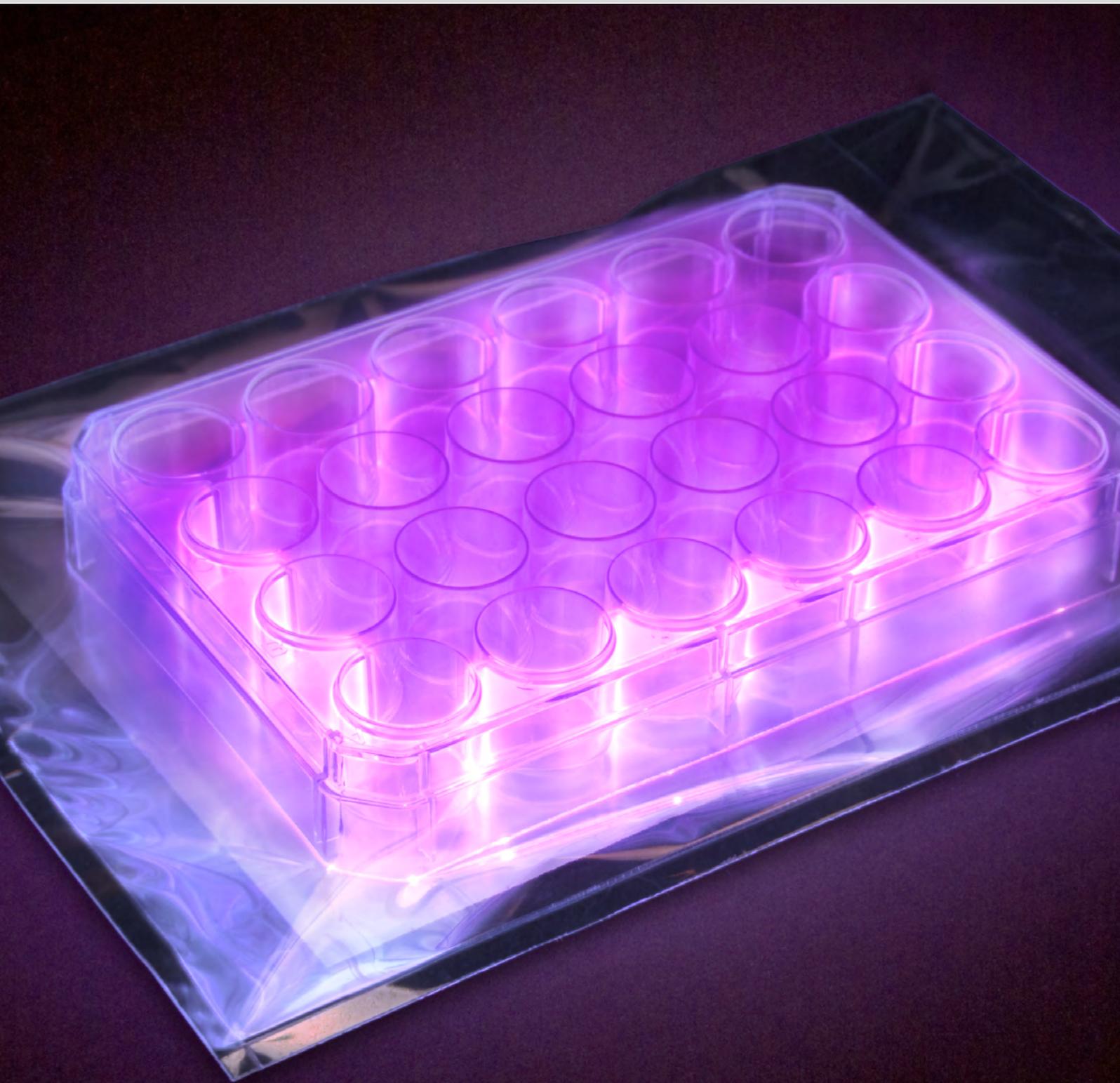


Spektren des Bandpassfilters.

KONTAKT

Dr. Michael Vergöhl
 Telefon +49 531 2155-640
 michael.vergöhl@ist.fraunhofer.de

LIFE SCIENCE UND UMWELT



Im Bereich »Life Science und Umwelt« entwickelt das Fraunhofer IST Schichten, Prozesse und Geräte für folgende Anwendungsfelder:

Zellkulturtechnik und Mikrobiologie

- Steuerung der Zelladhäsion und Differenzierung
- Steuerung von Proteinadsorption
- Kopplung von Antikörpern
- Zelltransfektion und -poration
- Medizintechnik
- Mikrofluidik
- Biosensorik
- Lab-on-a-Chip
- Implantate
- Entkeimung von Oberflächen und Desinfektion
- Beschichtung und Funktionalisierung von medizinischen Einwegartikeln

Agrar- und Lebensmitteltechnik

- Entkeimung
- Desinfektion von Verpackungen
- Barrierschichten
- Antihafschichten

Wasser- und Luftreinigungstechnik

- Wasserdesinfektion und Abwasseraufbereitung mittels Diamantelektroden
- Systeme zur photokatalytischen Luft- und Wasserreinigung

Selbstreinigung

- Standardisierte Prüfverfahren zur neutralen Evaluierung photokatalytischer Produkteigenschaften

Textiltechnik

- Halogenfreier Flammenschutz für Textilien

Neben Anwendern aus den oben genannten Bereichen zählen auch Hersteller von Anlagen zur Oberflächenmodifizierung und -beschichtung sowie Lohnbeschichter aus dem In- und Ausland zu unseren Kunden.

Plasmabehandlung einer Mikrotiterplatte bei Atmosphärendruck.



DIAMANT REINIGT TRINKWASSER IN AFRIKA

Mehr als 100 Millionen Menschen haben in den ländlichen Gebieten im südlichen Afrika keinen oder nur eingeschränkten Zugang zu sauberem Trinkwasser. Mit dem Ziel, eine dezentrale und energieautarke Lösung zur Trinkwasseraufbereitung für ländliche Regionen in Afrika zu entwickeln, koordiniert das Fraunhofer IST ein durch die Europäische Union gefördertes Projekt »Self-Sustaining Cleaning Technology for Safe Water Supply and Management in Rural African Areas«, kurz: SafeWaterAfrica. Die technologische Basis für die Wasserdeseinfektion ist die elektrochemische Oxidation mit am IST entwickelten diamantbeschichteten Elektroden.

Wasseraufbereitung und -entkeimung

Flüsse und Brunnen, die im südlichen Afrika vorwiegend als Quellen für Trinkwasser genutzt werden, enthalten häufig hohe Konzentrationen an organischen Verunreinigungen, Schwermetallen und Krankheitserregern. Für die Wasseraufbereitung werden zunächst durch Kombination von Elektrokoagulation, Flockung und Filtration organische Inhaltsstoffe und Schwermetalle entfernt. Anschließend kommen zur Entkeimung diamantbeschichtete Elektroden zum Einsatz, um mit Hilfe von elektrochemischer Oxidation Pilze, Algen, Bakterien und Viren abzutöten (vgl. Abbildung 1).

Die besondere Herausforderung besteht in der Auslegung aller Komponenten für in abgelegenen Regionen herrschenden Bedingungen. Im September 2018 wurde der erste von südafrikanischen Partnern gebaute Demonstrator in Waterval bei Johannesburg aufgestellt (vgl. Abbildung 2). Solarzellen und eine Batterie werden den autarken Betrieb unabhängig von unzuverlässig arbeitenden oder nicht vorhandenen Stromnetzen ermöglichen.

Verbesserte Langzeitstabilität von Diamantelektroden

Im Rahmen des Projekts erarbeitete das Fraunhofer IST ein neues Konzept zur Verbesserung der Langzeitstabilität von Diamantelektroden. Diese bestehen aus Silizium-Grundkörpern mit einem nur wenige Mikrometer dünnen Überzug aus elektrisch leitfähigem Diamant. Damit das Diamantwachstum im Heißdraht-CVD-Prozess überhaupt stattfinden kann, ist ein Vorbehandlungsschritt erforderlich, die sogenannte Nukleation. Je dichter und gleichförmiger die Diamant-Saatkristalle auf dem Grundkörper aufgebracht werden, desto schneller wächst eine defektfreie Diamantschicht und umso höher sind die erreichbaren Standzeiten.

Diamantnukleation durch Bombardement mit Kohlenwasserstoffionen

Im Projekt »SafeWaterAfrica« wurde zur Nukleation der Diamantelektroden erstmals das Verfahren »Hot Filament Bias Enhanced Nucleation (HFBEN)« angewendet. Dabei erfolgt die Nukleation direkt in der Beschichtungsanlage durch ein Bombardement mit Kohlenwasserstoffionen, die in einem zusätzlichen Plasma erzeugt werden. Das HFBEN-Verfahren hat den Vorteil, dass es besonders hohe und uniforme Nukleationsdichten erzeugt, was das Wachstum defektarmer Diamantschichten mit potenziell verbesserter Lebensdauer ermöglicht.



1 *Desinfektionseinheit des Demonstrators mit drei parallelgeschalteten elektrochemischen Zellen mit Diamantelektroden (Gehäuseaufschrift »SafeWaterAfrica«).*

2 *Demonstrator zur Wasseraufbereitung im Aufbau in Südafrika.*

3 *CAD-Modell der Aufbereitungsanlage.*

Ausblick

Nach dem erfolgreichen Aufbau des ersten Demonstrators wird nun ein zweiter Demonstrator in Mosambik aufgebaut. In einer mehrmonatigen Testphase werden die Demonstratoren in Bezug auf Wasserqualität, Ausfallsicherheit und Betriebskosten erprobt. Gleichzeitig werden Geschäftsmodelle erarbeitet, um die Technologie nach Abschluss des Projekts im November 2019 in die reale Anwendung zu überführen.

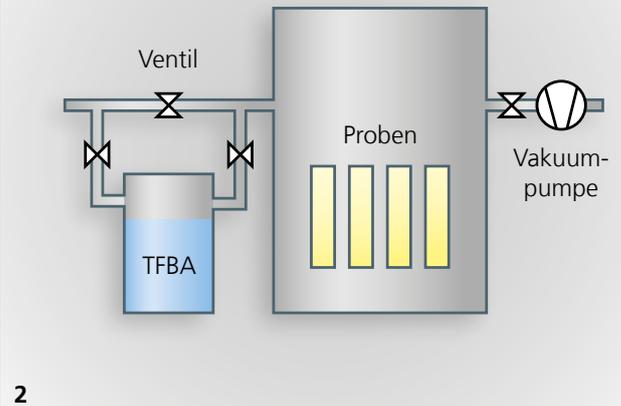
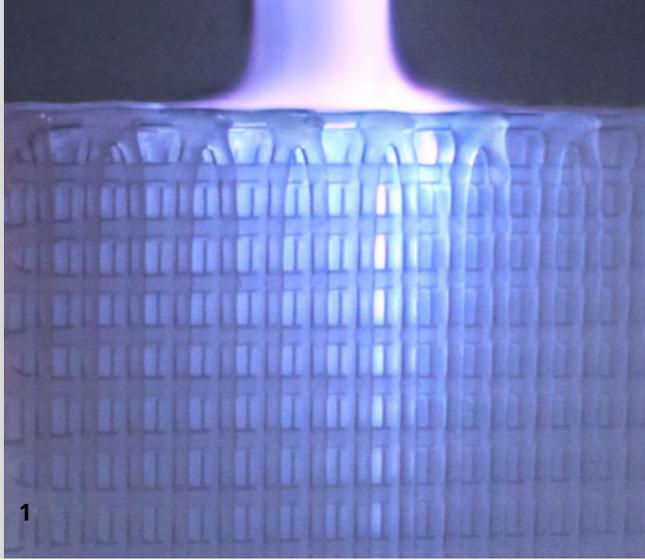
Das Projekt

Das beschriebene Projekt wurde über den Zuwendungsvertrag Nr. 689925 aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizont 2020 der Europäischen Union gefördert.

KONTAKT

Dr. Jan Gäbler
 Telefon +49 531 2155-625
 jan.gaebler@ist.fraunhofer.de

Dr. Markus Höfer
 Telefon +49 531 2155-620
 markus.hoefer@ist.fraunhofer.de



CHARAKTERISIERUNG BESCHICHTETER POLYMER-IMPLANTATSTRUKTUREN

3D-gedruckte poröse polymere Gerüststrukturen, sogenannte Scaffolds, sind ein interessanter neuer Ansatz zur Behandlung fehlender Knochenfragmente. Zum idealen Einwachsen neuer Knochenzellen ist eine chemische Modifizierung der Polymeroberfläche notwendig. Dies kann z. B. durch Beschichtung mit einem Atmosphärendruck-Plasmajet erfolgen, indem schichtbildende Präkursoren mit den gewünschten funktionalen chemischen Gruppen eingesetzt werden. Um die Abscheideprozesse zu optimieren und wichtige Einflussgrößen zu identifizieren, ist es notwendig, die chemischen Gruppen zu vermessen. Im Rahmen eines von der Europäischen Union geförderten Projekts hat das Fraunhofer IST daher Methoden zur Charakterisierung funktional beschichteter Polymere untersucht.

Der Ansatz

Nukleophile Gruppen wie Amine und Imine reagieren selektiv mit 4-Trifluormethylbenzaldehyd (TFBA). Dies kann ausgenutzt werden, um ihre Dichte auf Oberflächen zu bestimmen. Dazu werden die zu vermessenden Proben zunächst TFBA-Dämpfen ausgesetzt und anschließend belüftet (vgl. Abbildung 2). Die Anzahl verbliebener TFBA-Moleküle pro Fläche kann mittels verschiedener spektroskopischer Methoden wie der Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie mit abgeschwächter Totalreflexion (ATR-FTIR), Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) oder Elektronenstrahlmikroanalyse (EPMA) analysiert werden und ist ein Maß für die Dichte der nukleophilen Gruppen. Bei dreidimensionalen, porösen Substraten sind darüber hinaus die Eindringtiefe der Beschichtung und die Homogenität in die Tiefe von großem Interesse. Zur Charakterisierung der Eindringtiefe von Beschichtungen mit 3-Aminopropyl-Trimethoxysilan (APTMS) in Scaffolds wurden diese direkt nach der Beschichtung mit TFBA derivatisiert und nachfolgend aufgeschnitten. Entlang der Schnittkante wurden sowohl die Schichtdicke als auch die Dichte der Gruppen mittels EPMA bestimmt.

Die Ergebnisse

Die Untersuchungen von APTMS-Beschichtungen am Fraunhofer IST haben gezeigt, dass 10 mm dicke Scaffoldstrukturen vollständig ohne eine signifikante Abnahme der Schichtdicke oder der Gruppendichte mit einem Plasmajet beschichtet werden können (vgl. Abbildung 1). Durch höhere Prozessgasflüsse werden höhere Schichtdicken erzielt.

Für die Untersuchung von elektrophilen MSA-VTMO-Schichten (Maleinsäureanhydrid und Vinyltrimethoxysilan als Plasma-Copolymer) wurden die beschichteten Proben mit Methylenblaulösung eingefärbt. Dieser Farbstoff bindet über elektrostatische Wechselwirkungen an die Carboxylgruppen des MSA. Die Beschichtung durchdrang den Scaffold nicht ganz. Wie im Diagramm auf der nächsten Seite (unten) dargestellt, betrug die beobachtete Eindringtiefe lediglich 4 bis 6 Doppellagen der Scaffoldfilamente. Die Ursache könnte in dem wesentlich niedrigeren Dampfdruck des MSA liegen. Auch hier kann ein erhöhter Prozessgasfluss die Eindringtiefe erhöhen.

1 Durchdringung einer additiv gefertigten Struktur mit Plasma.

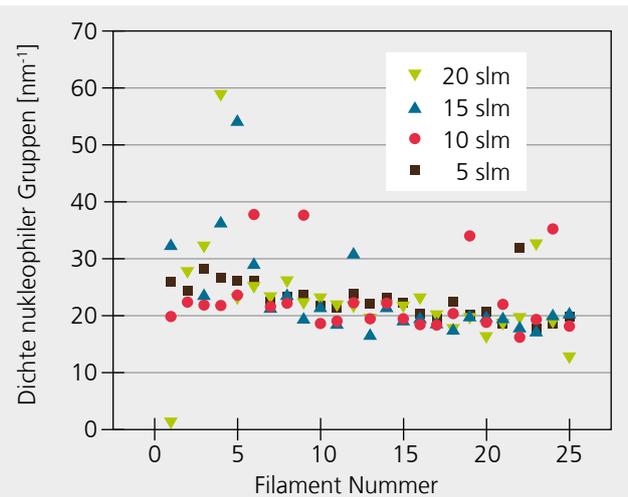
2 Versuchsaufbau zur TFBA-Derivatisierung.

Ausblick

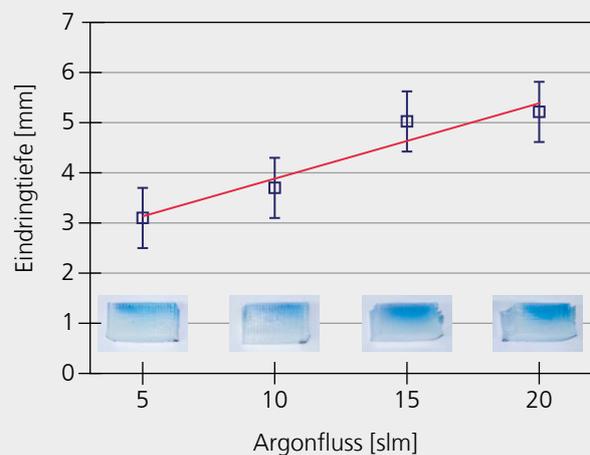
Mit den verwendeten Techniken konnten die Beschichtungen auf den Scaffoldstrukturen und auch deren chemische Aktivität nachgewiesen werden. Beides sind wichtige Voraussetzungen für eine weitere Optimierung der Prozessparameter und für weiterführende in-vitro und in-vivo Untersuchungen zum Zellwachstum.

Das Projekt

Das Projekt »Functionally graded Additive Manufacturing scaffolds by hybrid manufacturing«, kurz »FAST«, wurde über den Zuwendungsvertrag Nr. 689925 aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizont 2020 der Europäischen Union gefördert. <http://project-fast.eu/en/home>



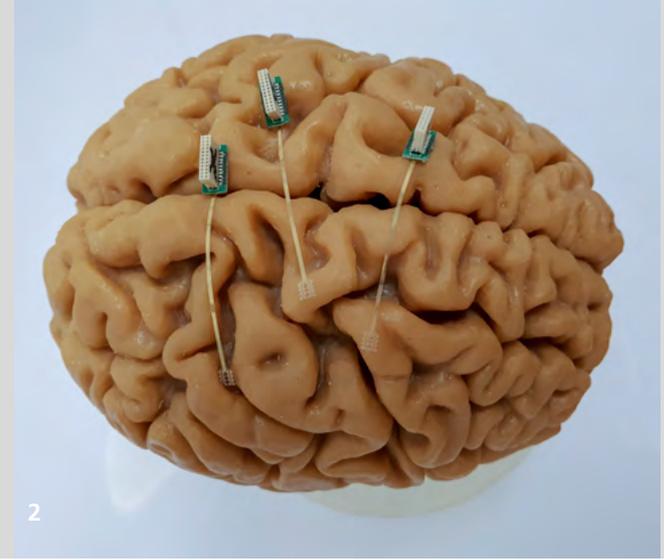
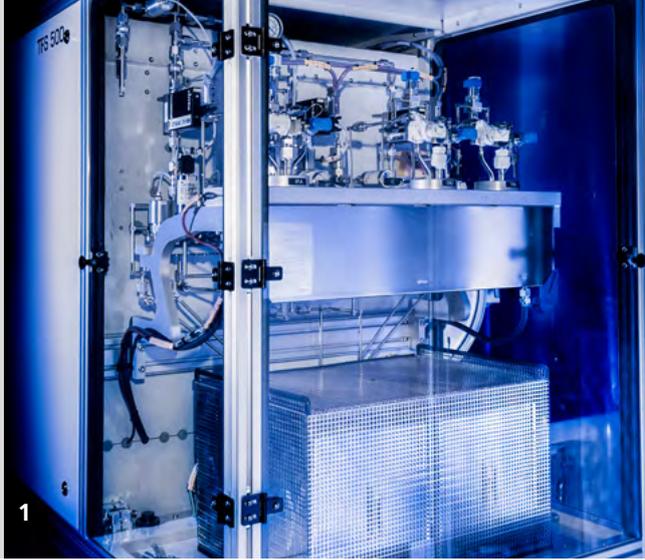
pp-APTMS: Schichtdicke und Gruppendichte in Abhängigkeit der Eindringtiefe.



Mit Methylenblau gefärbte elektrophile MSA-VTMS-Schichten.

KONTAKT

Dr. Thomas Neubert
Telefon +49 531 2155-667
thomas.neubert@ist.fraunhofer.de



MEDIZININNOVATION SCHNELLER ZUM PATIENTEN

Die Translation in der Medizin, also die Übertragung von Ergebnissen aus der präklinischen Forschung in die klinische Entwicklung, ist mit erheblichen Hürden verbunden. Der gerade mit Spezialtechnologien verbundene finanzielle Aufwand, der während der langen Zeit der Konformitätsbewertung (CE) bis zum Markteintritt eines medizinischen Produkts entsteht, behindert häufig die unternehmerische Entscheidung insbesondere bei noch wenig finanzkräftigen Start-Up-Unternehmen, medizintechnische Innovationen auf den Markt, und damit zum Patienten zu bringen. Das vom Land Niedersachsen über die NBank geförderte Verbundprojekt »Translationale Fertigungsplattform Medizininovation« zielt darauf ab, diese Barriere mit einem strukturellen Neuansatz zur Beschleunigung des Innovationstransfers abzubauen. Damit erhalten KMU und Start-Ups erstmals einen einfachen Zugang zu vorhandenen Spezialtechnologien für die Herstellung innovativer Medizinprodukte.

Produktionsablaufvalidierung

Im Rahmen des Förderprojekts erarbeiten insgesamt fünf Partner, das Institut für Mikrotechnik der TU Braunschweig, das Niedersächsische Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung (NIFE), die Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) sowie das Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM und das Fraunhofer IST, exemplarisch einen Prozess zur effizienten Etablierung einer Fertigungsplattform eines Medizinprodukts. Als Beispielprodukt dient eine flexible Elektrode, die sogenannte »Flextrode«, die zur Identifikation von epileptogenem Gewebe, d. h. Nervengewebe im Gehirn, das Epilepsien auslösen kann, eingesetzt wird.

Atomlagenabscheidung für medizintechnische Anwendungen

Das Fraunhofer IST entwickelt im Rahmen des Projekts die Beschichtungstechnologie auf der Basis der sogenannten Atom-

lagenabscheidung (ALD) zur Herstellung von nanometerdicken Diffusionssperrschichten für Implantate mit tiefliegenden Mikro-Hinterschnitten bzw. vertikalen Materialgrenzflächen. Die ALD-Technologie zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass hochkonforme und uniforme Schichtsysteme auf geometrisch komplexen Oberflächen bei exzellenter Reproduzierbarkeit abgeschieden werden können. Die Validierung des Herstellungsprozesses erfolgt in Anlehnung an die Norm DIN EN ISO 13485:2016, um den Nachweis der Konformität mit den grundlegenden Sicherheits- und Leistungsanforderungen gemäß der »Medical Device Regulation« zu erfüllen und unterteilt sich in Installations-, Funktions- und Leistungsqualifizierung der Produktionslinien.

Unser Angebot

Das Fraunhofer IST bietet sowohl Unternehmen als auch Hochschulen ohne entsprechende eigene Infrastruktur die Nutzung der für die Medizintechnik qualifizierten Anlage zur Atomlagenabscheidung im Rahmen gemeinsamer Projekte

1 *Mit ALD können dreidimensionale Objekte mit unterschiedlichen Formen und komplexen Geometrien mit hoher Konformität und Homogenität beschichtet werden.*

2 *Demonstratoren für Neurotransplantate zur Identifikation von epileptogenem Gewebe.*

an. Dies ist gerade für kleine Unternehmen und Spin-offs oder Start-ups von besonderem Interesse, da sie so ohne große Investitionen Zugang zu einer für die Medizinproduktfertigung zugelassenen Anlage erhalten. Auf diese Weise leistet das IST einen Beitrag dazu, Innovationshemmnisse zu reduzieren und medizinische Innovationen auf ihrem Weg zum Patienten zu beschleunigen.

Das Projekt

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des mittels des europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Niedersachsen Programmgebiet »Stärker entwickelte Region« (SER) geförderten Projekts »TransPlaMed« erzielt.

KONTAKT

Tobias Graumann, PMP
Telefon +49 531 2155-780
tobias.graumann@ist.fraunhofer.de

LEISTUNGEN UND KOMPETENZEN



Zur Bearbeitung der in den vorangegangenen Kapiteln exemplarisch vorgestellten Geschäftsfelder nutzt das Fraunhofer IST ein breites Spektrum an Kompetenzen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf diesen Technologien:

- Physikalische Gasphasenabscheidung
- Chemische Gasphasenabscheidung
- Plasmadiffusion
- Atmosphärendruck-Plasmaverfahren
- Elektrochemische Verfahren
- Lasertechnik

Darüber hinaus verfügt das Fraunhofer IST über anerkannte Kompetenzen bei einer Vielzahl von Schichtsystemen. Das Institut bietet ein breites Spektrum an weiteren geschäftsfeldübergreifenden Leistungen: Oberflächenvorbehandlung, Schichtentwicklung, Oberflächenmodifikation, Prozesstechnik (einschließlich Prozessdiagnostik, -modellierung und -regelung), digitale Prozessautomatisierung, cyber-physische Produkt- und Produktionssysteme, nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Management, Energiespeichersysteme, Schichtcharakterisierung und -prüfung, Aus- und Weiterbildung, anwendungsbezogene Auslegung und Modellierung, Simulation, Anlagen- und Komponentenentwicklung, Geräte- und Anlagenbau sowie Technologietransfer.



NIEDERDRUCKVERFAHREN UND ATMOSPÄRENDRUCKVERFAHREN

Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD)

- Magnetronspütern
- Hochionisierte gepulste Plasmaverfahren, u. a. HIPIMS, MPP
- Hohlkathodenverfahren

Chemische Gasphasenabscheidung (CVD)

- Heißdraht-CVD
- Atomlagenabscheidung (ALD)
- Plasmaunterstützte CVD (PACVD)

Plasmadiffusion

- Nitrieren/Carbonitrieren
- Oxidieren
- Borieren

Atmosphärendruckplasmen

- Mikroplasmen
- Plasma-Printing
- Dielektrisch behinderte Entladung/Coronabehandlung
- Niedrigtemperatur-Bonden
- Plasmamedizin
- Plasma-Partikeltechnik und Kalt-Plasmaspritzen

Elektrochemie

- Galvanische Mehrkomponentensysteme
- Nichtwässrige Galvanotechnik
- Elektrochemische Prozesse

Lasertechnik

- Laser-Plasma-Hybrid-Verfahren
- Laserinduzierte Fluoreszenz
- Laserstrukturierung

Oberflächenchemie

- Polyelektrolytschichten
- Biofunktionale Schichten
- Chemische Derivatisierung

3

ENERGIESPEICHER UND SYSTEME

Energiespeicherentwicklung und Verfahrenstechnik

- Entwicklung mobiler und stationärer Energiespeicher und Systeme bis zur industriellen Reife
- Formulierungs- und Fertigungsstrategien für Festkörperbatterien*
- Skalierbare Herstellung und Fertigung von Materialien für Energiespeichersysteme*
- Partikel- und Oberflächenbeschichtung
- Oberflächenfunktionalisierung
- Partikel-, Pulver- und Suspensionscharakterisierung*
- Elektrodenfertigung*
- Zellcharakterisierung und -sicherheit*

Nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Management

- Batteriezellfertigung*
- Modellbasierte Planung und Betrieb von Batterie-Produktionssystemen
- Simulation vom Material bis zur Fabrik
- Vernetzung virtueller Modelle mit realer Batterieproduktion in cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS)
- Data Mining und Data Analytics entlang der Batterie-Prozesskette
- Ökologisch-ökonomische Lebensweganalysen

*in Kooperation mit der Battery LabFactory Braunschweig (BLB).

1 *Magnetronsputter-Anlage zur Kurztaktbeschichtung.*

2 *Plasma-Printing im Rolle-zu-Rolle Verfahren.*

3 *Elektroden für die Herstellung von Batteriezellen.*



KOMPETENZ SCHICHTSYSTEME

Reibungsminderung und Verschleißschutz

- Amorphe Kohlenstoffschichten (DLC)
- Diamantschichten
- Hartstoffschichten
- Nitride/Kubisches Bornitrid (cBN)
- Metallschichten
- Plasmadiffusion/DUPLEX-Verfahren
- Trockenschmierstoffe
- Erosionsschutz
- Korrosionsschutz
- Antihaft- und Antifouling-Schichten
- Diffusionsbarrieren

Elektrische und optische Schichten

- Präzisionsoptik
- Transparente leitfähige Schichten (TCOs)
- Elektrochrome Schichten
- Low-E- und Sun-Control-Schichten
- Diamantelektroden
- Siliziumbasierte Schichten für die Photovoltaik und Mikroelektronik
- Halbleiter (oxidische, siliziumbasierte, Diamant)
- Isolationsschichten
- Piezoelektrische Schichten
- Magnetische Schichten
- Kunststoffmetallisierung

Mikro- und Nanotechnologie

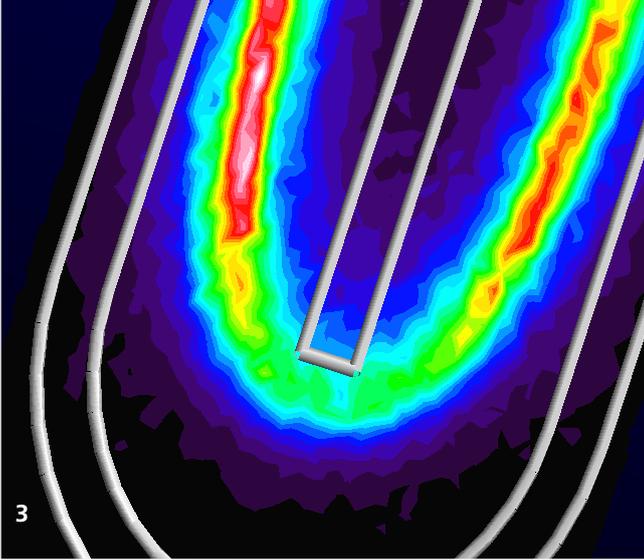
- Dünnschicht-Sensortechnologie
- Mikrotechnik
- Nanokomposite
- Steuerung der Schichtadhäsion
- Strukturierte Oberflächenbeschichtung und -aktivierung

Biofunktionalisierung

- Antibakterielle Schichten
- Adhäsions- und Antiadhäsionsschichten
- Chemisch reaktive/biologisch aktive Oberflächen

Photokatalyse

- Luft- und Wasserreinigungssysteme
- Photokatalytisch aktive Schichten mit antimikrobieller Wirksamkeit



WEITERE KOMPETENZEN

Vorbehandlung und Funktionalisierung

- Nasschemische Reinigung
- Grenzflächenfunktionalisierung und -beschichtung
- Oberflächenstrukturierung
- Plasmaaktivierung
- Oxidation und Reduktion von Metallen
- Plasma-Oberflächenmodifikation von Naturstoffen

Produkt- und Produktionssysteme

- Life Cycle Management
- Nachhaltige Fabrikplanung
- Auslegung von Prozessketten und Produktionssystemen

Simulation

- Simulation von Anlagen, Prozessen und Schichteigenschaften
- Modellbasierte Auslegung von Beschichtungsprozessen

Analytik und Qualitätssicherung

- Chemische Analyse
- Kristallstrukturanalyse
- Mikroskopie
- Analyse chemisch reaktiver Oberflächen
- Optische und elektrische Charakterisierung
- Plasma-Diagnostik
- Tribologisches Prüfen
- Mechanische Tests
- Normgerechte photokatalytische Messtechnik inklusive Prüfanlagen und -geräte

1 *Gesputterte Sensorstrukturen in der Lauffläche eines Kugellagers.*

2 *Black coating mit dielektrischer Strahlteilerschicht für den Einsatz in Spektrometern.*

3 *Simulation der Elektronenverteilung auf einem Target.*



TIEFENPROFILANALYSE AUF GEWÖLBTEN SUBSTRATEN MIT SIMS

Die Sekundärionen-Massenspektroskopie (SIMS) ist ein Verfahren zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung dünner Schichten als Funktion der Tiefe. Dabei wird die Probenoberfläche von einem Ionenstrahl Lage für Lage abgetragen. Die SIMS erreicht Tiefenauflösungen von nur einem Nanometer und Nachweisgrenzen von weniger als 1 ppm. Allerdings ist die Quantifizierung der Tiefenprofile dünner Schichten aufgrund sogenannter Matrixeffekte anspruchsvoll. Das bedeutet, dass sich bei der SIMS die Kalibrierfaktoren für die Konzentrationen mit der chemischen Zusammensetzung der Probe, d. h. der Matrix, verändern. Eine besondere Herausforderung stellen darüber hinaus gewölbte Oberflächen von technischen Proben dar, die die Ergebnisse verfälschen können.

Qualitätssicherung von Hartstoffschichten auf zylindrischen Proben

Die Automobil- und Werkzeugindustrie beschichtet heutzutage große Stückzahlen kleiner zylindrischer Komponenten, z. B. Düsenadeln, Kolbenbolzen, Kolben, Bohrer oder Fräser etc. mit Hartstoffschichten wie etwa DLC (diamond like carbon), Wolfram-DLC, CrN, TiN, CrAlN oder TiAlN (vgl. Abbildung 1). Für die Qualitätssicherung dieser Produkte ist es entscheidend, den Wasserstoffgehalt (H) der DLC- und W-DLC-Schichten zu messen, oder bei den nitridischen Schichten das genaue Verhältnis von Metall zu Stickstoff nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in vergrabenen Schichten, Multilayern oder Gradientenschichten zu bestimmen. Mittels quantitativer SIMS-Tiefenprofilanalyse ist dies möglich, wenn durch Verwendung der Cs-Cluster Methode die Matrixeffekte reduziert und angepasste Standards angewendet werden.

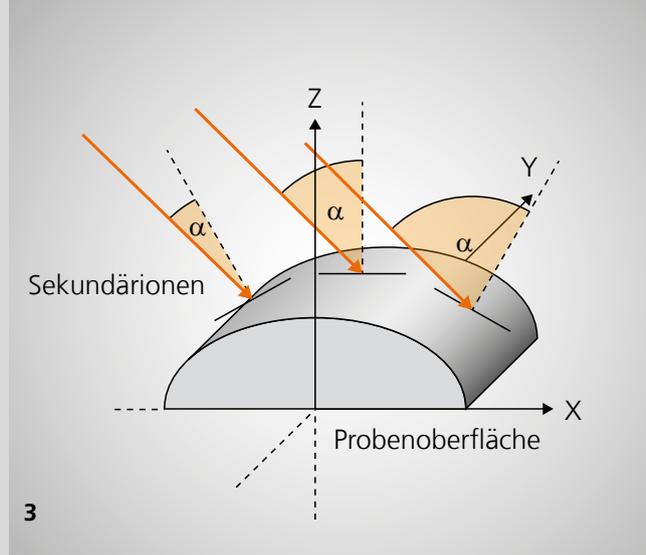
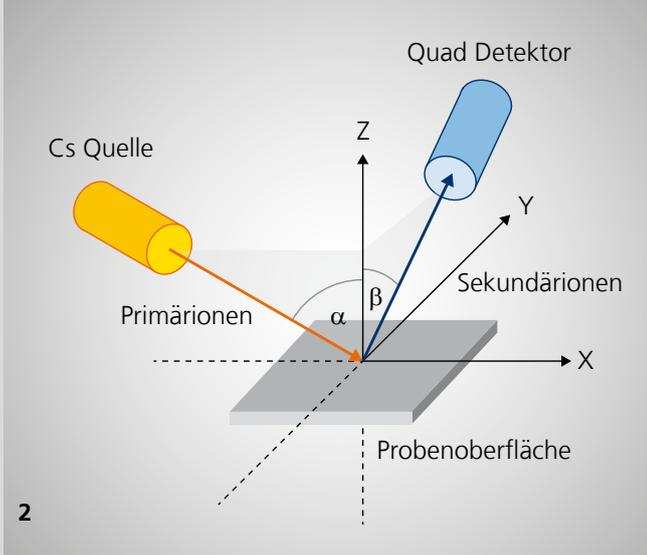
Einflussfaktor Einfallswinkel

Ergebnisse von SIMS-Messungen sind nicht nur von der Chemie der Probe, sondern auch vom Einfallswinkel des Ionenstrahls und dem Abnahmewinkel des Massenspektrometers abhängig (vgl. Abbildung 2). Trifft der Ionenstrahl bei kleinen

zylindrischen Proben mit Durchmessern von 2 bis 10 mm nicht den höchsten Punkt, so ändert sich der Einfallswinkel (vgl. Abbildung 3). Bei einem Zylinder von 2 mm Durchmesser, z. B. einer Düsenadel, führt eine Abweichung des Auftreffpunktes um nur 0,2 mm zu einem abweichenden Auftreff- oder Abnahmewinkel von über 10°. Da die Proben optisch justiert werden und DLC-Schichten auch noch vollständig schwarz sind, entstehen leicht derartige oder größere Justierfehler. Bei gewölbten Oberflächen spielt diese Problematik eine besondere Rolle.

Winkelabhängigkeit von SIMS-Messungen

In einer repräsentativen Untersuchung wurde an den oben genannten Hartstoffschichten der Fehler in der Quantifizierung als Funktion des Einfallswinkels α und Abnahmewinkels β in einem Bereich von ca. 20°–60° bestimmt, wobei 45° der Standardwinkel bei flachen Proben ist. Es wurde gefunden, dass die Rohzählraten von Cr, Ti, Al, W und N um einen Faktor 5–30 mit dem Winkel variieren, die Zählraten von H, C dagegen deutlich weniger. Die Abhängigkeit vom Abnahmewinkel β ist ähnlich. Für die Quantifizierung mit Hilfe sogenannter relativer Empfindlichkeitsfaktoren (RSF) wird jeweils das Verhältnis der Zählraten der Elemente zum Matrixelement

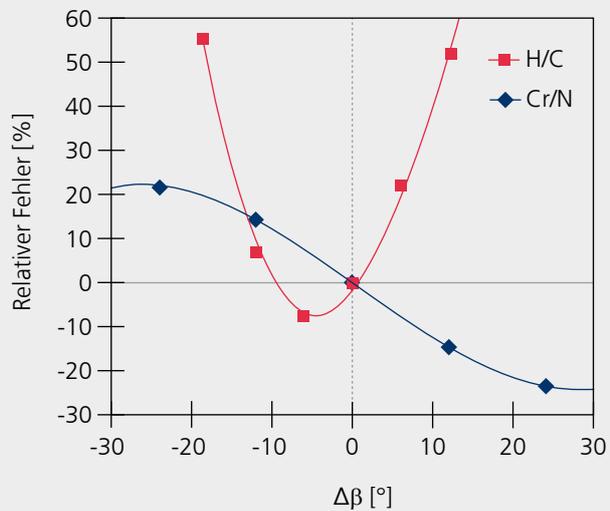
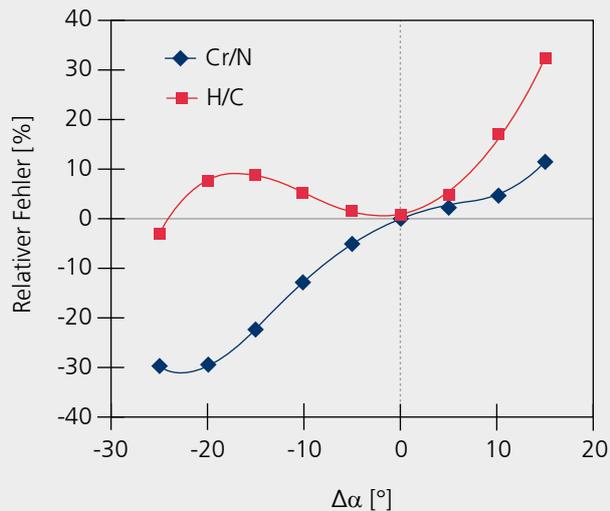


1 Beispiele für zylindrische SIMS Proben mit drei DLC-Schichten und einer CrAIN-Schicht (Bohrer).

2 Einfallswinkel α und Abnahmewinkel β des Ionenstrahls bei der SIMS.

3 Ortsabhängige Variation des Einfallswinkels bei gewölbten Oberflächen.

Kohlenstoff (C) oder Stickstoff (N) gebildet. Diese Größe ist proportional zur chemischen Zusammensetzung. Ihre Variation mit dem Winkel α und β zeigt also den möglichen Fehler der Quantifizierung. In dem nebenstehenden Diagramm ist dieser Fehler repräsentativ für das H/C-Verhältnis einer DLC-Schicht und das Cr/N-Verhältnis einer CrN-Schicht dargestellt. Insbesondere beim H kann ein Winkelfehler von 10° zu Quantifizierungsfehlern von bis zu 20 Prozent führen, d. h. statt 20at% H werden 25at% detektiert. Für die nitridischen Schichtsysteme ist der relative Fehler üblicherweise geringer (10 %). Die Untersuchungen zeigen, dass der extrem sorgfältigen Justage der Messposition bei gewölbten Proben eine besondere Bedeutung zukommt. Der Ionenstrahl muss bei zylindrischen Proben präzise auf die höchste horizontale Stelle des Zylinders justiert werden. Auf Grundlage der Ergebnisse kann die Winkelabhängigkeit bei bekannten wohl definierten Kippwinkeln, z. B. bei einer Klingenschneide, auch durch Korrekturfaktoren kompensiert werden.



Quantifizierungsfehler in Prozent für Wasserstoff in DLC und Chrom in Chromnitridschichten als Funktion des Einfallswinkels α bzw. β .

KONTAKT

Dr. Kirsten Schiffmann
 Telefon +49 531 2155-577
 kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de



EIN NEUER ANSATZ ZUR GALVANISCHEN ABSCHIEDUNG VON ALUMINIUM

Aluminium ist in der technischen Welt ein beliebtes Material mit vielen positiven Eigenschaften. So bietet es nicht nur sehr guten Korrosionsschutz, sondern zeichnet sich auch durch gute elektrische Eigenschaften und ein hohes Reflexionsvermögen aus. Das Anwendungsspektrum ist dementsprechend vielfältig: Vom Einsatz als Folie im Lebensmittelbereich über zahlreiche Bauteile im Sanitärbereich bis hin zu optischen Anwendungen ist Aluminium das Material der Wahl.

Aluminiumschichten

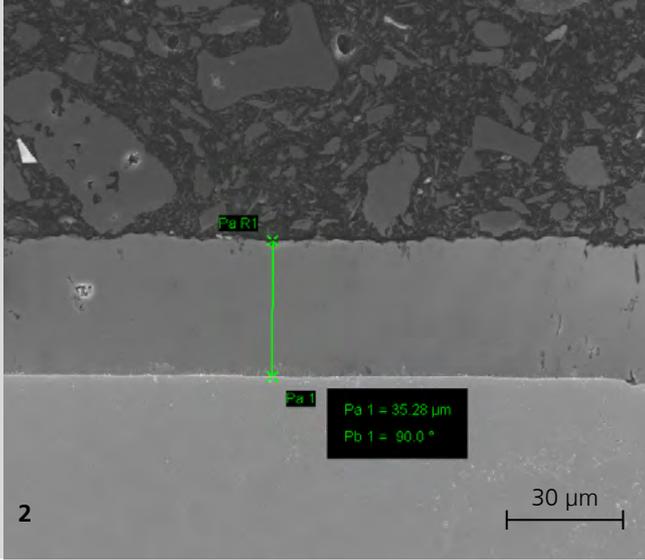
Während sich massives Aluminium z. B. mit Guss- oder Schmiedeverfahren hervorragend herstellen und bearbeiten lässt, sind die Prozesse zur Abscheidung von Aluminiumschichten begrenzt. In den meisten Fällen werden dazu Vakuumverfahren wie Verdampfen oder Sputtern, d. h. Verfahren zur physikalischen Abscheidung aus der Gasphase (PVD, physical vapor deposition) eingesetzt. Die bei anderen Metallen wie Kupfer, Nickel oder Chrom bekannten galvanischen Verfahren zur Abscheidung aus wässrigen Medien sind für Aluminium nicht geeignet, da es elektrochemisch unedler ist.

Eine Aluminiumabscheidung aus organischen Lösungsmitteln hingegen wurde bereits erfolgreich bis zur technischen Umsetzbarkeit entwickelt. Da die Lösungsmittel brennbar sind, müssen jedoch aufwändige Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Eine Alternative, an deren Entwicklung das Fraunhofer IST beteiligt war, ist die galvanische Abscheidung

von Aluminium aus sogenannten ionischen Flüssigkeiten, das sind Salze, von denen einige bei Raumtemperatur flüssig sind. Sie sind nicht brennbar und nach dem heutigen Wissensstand auch nicht toxisch. Allerdings haben sie ebenfalls erhebliche Nachteile: Sie sind stark hygroskopisch (wasseranziehend) und müssen daher mit erheblichem Aufwand vor Luftfeuchtigkeit geschützt werden. Ein weiterer bedeutender Nachteil ist ihr noch sehr hoher Preis.

Ein neuer Ansatz

Ein neuer Ansatz des Fraunhofer IST für die Entwicklung eines sicheren wirtschaftlichen Prozesses zur Aluminiumbeschichtung ist die galvanische Abscheidung von Aluminium aus sogenannten stark eutektischen Lösungsmitteln. Dabei handelt es sich um eutektische Salzschnmelzen, deren Schmelzpunkte nahe der Raumtemperatur liegen. Im Falle der Aluminiumabscheidung besteht die Salzschnmelze aus einer Mischung aus Aluminiumchlorid und Dimethylsulfon ($\text{AlCl}_3/\text{DMSO}_2$).



1 *Strukturierte Aluminiumabscheidung auf Kupfer.*

2 *Querschliff einer Aluminiumschicht auf Kupfer im Rasterelektronenmikroskop.*

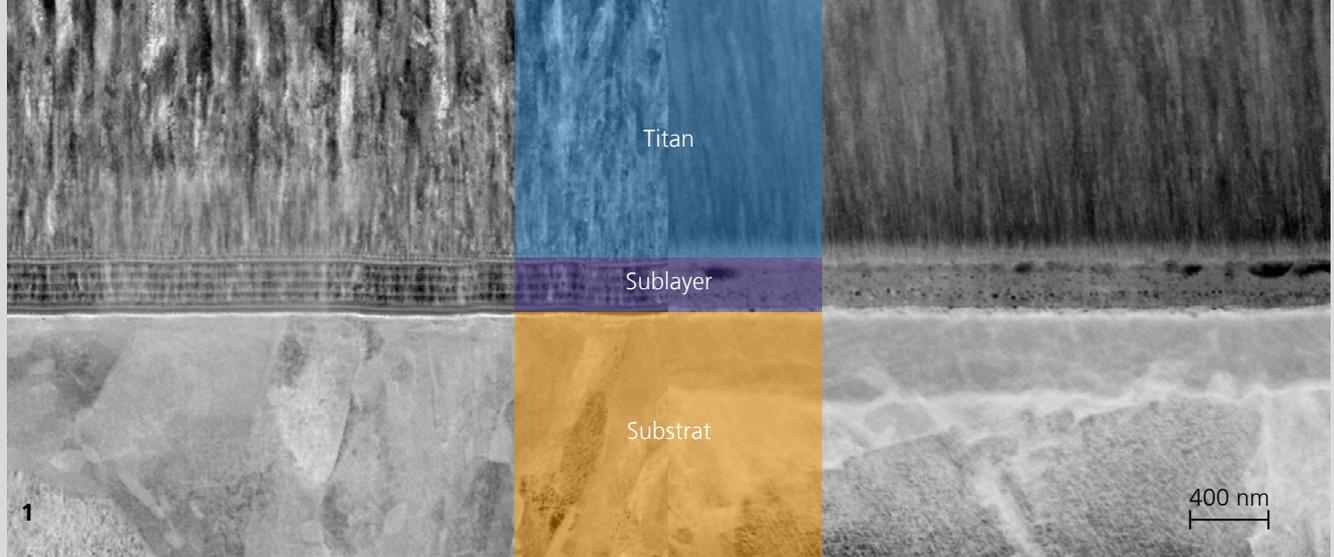
Im Gegensatz zu ionischen Flüssigkeiten ist DMSO₂ ein sehr günstiger Stoff, der unter anderem auch als Zusatzstoff für Lebensmittel verwendet wird. Das eutektische Gemisch ist, ebenso wie die ionischen Flüssigkeiten, nicht brennbar, aber auch stark hygroskopisch, sodass es ebenfalls nur unter Ausschluss von Luftfeuchtigkeit verwendet werden kann. Die ersten Versuche am Fraunhofer IST sind vielversprechend: Es konnten erfolgreich dichte, gut haftende Aluminiumschichten mit einer Schichtdicke von mehr als 30 μm hergestellt werden.

Ausblick

Um den Prozess für einen industriellen Einsatz zu qualifizieren, muss er »einfacher« werden, d. h. er muss auch ohne den Schutz einer Glovebox funktionieren. Eine der größten Herausforderungen ist darüber hinaus die Gestaltung des Übergangs von einer wässrigen Vorbehandlung, d.h. Reinigung und Aktivierung zu einer nichtwässrigen Schichtabscheidung, ohne dass es in der Zwischenzeit zu einer erneuten Passivierung kommt.

KONTAKT

Dr. Andreas Dietz
Telefon +49 531 2155-646
andreas.dietz@ist.fraunhofer.de



THERMODYNAMISCHE MODELLIERUNG VON WERKSTOFF-LEGIERUNGEN MIT DER CALPHAD-METHODE

Die computergestützte Simulation ist heutzutage ein wichtiger Bestandteil der Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Dies gilt zunehmend auch für die Materialwissenschaften. Mit der CALPHAD-Methode (CALculation of PHase Diagrams), die auf der Kalkulation von Phasengleichgewichtszuständen und thermodynamischen Eigenschaften in einem definierten System beruht, können Materialeigenschaften berechnet werden. Dieses ermöglicht es z. B. Legierungen auf deren Eignung für bestimmte Verfahren und Anwendungen, die Entwicklung eines besseren Verständnisses über Vorgänge im Material, und eine gezielte Optimierung von Legierungszusammensetzungen und Schichtsystemen.

Elektronenstrahlbehandlung von $Ti_{(1-x)}Al_xN$ -Schichten auf Vergütungsstahl

Am Fraunhofer IST wurde die Simulationssoftware Thermo-Calc bei der Elektronenstrahlbehandlung (EBH) von $Ti_{(1-x)}Al_xN$ -Schichten auf Vergütungsstahl eingesetzt und dabei interessante Erkenntnisse über Materialeigenschaften gewonnen. Vor der Elektronenstrahlbehandlung ist an den Focused Ion Beam (FIB)-Präparaten eine periodisch morphologische Schichtstruktur zu erkennen, die durch die Substratrotation im Beschichtungsprozess verursacht wird. Im Verlauf der EBH löst sich diese Struktur des Sublayers auf und eine Matrixstruktur mit globalen Einschlüssen bildet sich (vgl. Abbildung 1). Die Vorgänge, die zu dem Phänomen führen, lassen sich mit Hilfe einer chemischen Analyse und der Simulation mittels Thermo-Calc erklären.

Die Analyse

Phasen- und Zustandsdiagramme für die verschiedenen Bereiche im Material, die zunächst mit der Software Thermo-Calc

erstellt wurden, zeigen, dass sich das Gefüge der Verbindungsschicht und des Sublayers stark unterscheiden. Die $TiAlN$ -Schicht besteht weitgehend aus kubisch flächenzentriertem Mischkristall und Aluminiumnitrid, während sich im Sublayer hauptsächlich ein hexagonal dichtest gepackter Mischkristall und eine Ti_2N -Phase bilden. Die Variation der Elementkonzentrationen um die gemessenen Werte ergibt, dass bei bestimmten chemischen Zusammensetzungen ab rund $1000\text{ }^\circ\text{C}$ eine flüssige Aluminiumphase auftritt (vgl. nebenstehendes Diagramm oben). Tatsächlich können durch Einwirkung des Elektronenstrahls lokale Temperaturen von deutlich über $1000\text{ }^\circ\text{C}$ erreicht werden, sodass es in den entsprechenden Bereichen zur Ausscheidung von Aluminium kommt, das anschließend wieder erstarrt. Darüber hinaus wurden weitere Materialeigenschaften wie die Solidustemperatur und die Dichte in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung berechnet. Danach erreicht der Verlauf der Solidustemperatur zwischen 35 und 45at% Stickstoff einen Tiefpunkt (vgl. nebenstehendes Diagramm unten) und entspricht dort etwa der Ausscheidungstemperatur des flüssigen Aluminiums.

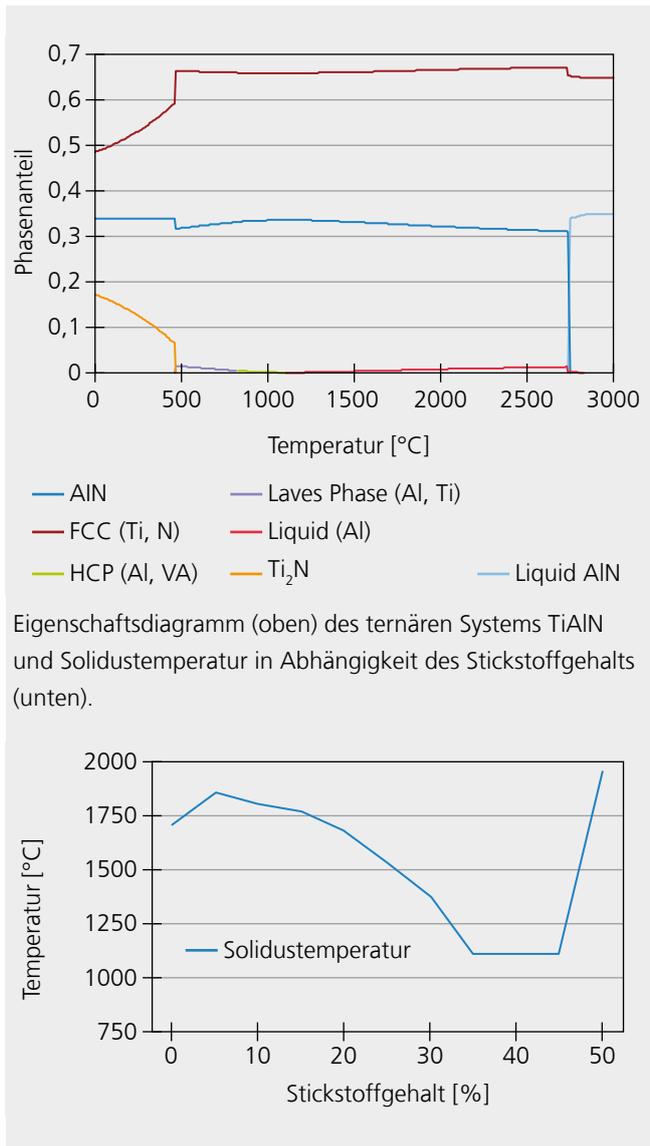
1 FIB-Präparat der TiAlN-Schicht vor (links) und nach (rechts) der Elektronenstrahlbehandlung.

Die Ergebnisse

Die Modellierung der Vorgänge während der EBH von TiAlN-Schichten mittels Thermo-Calc liefert eine plausible Erklärung für die beobachteten Strukturänderungen. Sie legt nahe, dass lokal kleine Volumina durch den Elektronenstrahl auf Temperaturen oberhalb der Solidustemperatur erhitzt werden, sodass flüssiges Aluminium ausgeschieden wird, erstarrt und im Querschliff als globulare Ausscheidungen mit geringerer Dichte zurückbleibt.

Ausblick

Die CALPHAD-Methode wird in weiteren Projekten zur Unterstützung eingesetzt. Dabei rückt die Simulation von Diffusionsvorgänge in komplexen Werkstoffen mit Hilfe der Zusatzsoftware DICTRA zunehmend in den Fokus.



Eigenschaftsdiagramm (oben) des ternären Systems TiAlN und Solidustemperatur in Abhängigkeit des Stickstoffgehalts (unten).

KONTAKT

Julian Vogtmann, M.Sc.
 Telefon +49 531 2155-657
 julian.vogtmann@ist-extern.fraunhofer.de

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE







MESSEN, AUSSTELLUNGEN, KONFERENZEN

Hannover Messe 2018

Hannover, 23.–27. April 2018. Digitalisierung ist ein Thema, das alle Branchen betrifft und bewegt. Dementsprechend präsentierte sich das Fraunhofer IST in diesem Jahr erstmalig in einem neuen Umfeld, und zwar im Bereich »Digital Factory« auf dem Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Gesellschaft »Digital Solutions & New Materials«. Inwiefern digitale Lösungen die Entwicklung innovativer Materialien und Oberflächen erleichtern und beschleunigen können, zeigte das IST mit seinen Arbeiten zur Prozesssimulation im Bereich der Dünnschichttechnik. Darüber hinaus präsentierte das Institut Einsatzmöglichkeiten von Dünnschichtsensoren im Bereich von Industrie 4.0 nicht nur in Halle 6, sondern auch auf dem zentralen Fraunhofer-Gemeinschaftsstand »Sparking the future – The evolution of Industrie 4.0« A in Halle 2.

Internationale Luft- und Raumfahrttausstellung ILA 2018

Berlin, 25.–29. April 2018. Als eines von sechs Instituten der Fraunhofer-Allianz Space beteiligte sich das Fraunhofer IST auch in diesem Jahr wieder an der Internationalen Luft- und Raumfahrttausstellung ILA auf dem ExpoCenter Airport in Berlin. Im »Space Pavilion« präsentierte das Fraunhofer IST auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand im Bereich »Communications« Spiegel aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff und optische Filter für Weltraumanwendungen sowie Hohlleiter aus metallisiertem CFK für Antennen der »Sentinel-Mission«.

SVC TechCon 2018

Orlando, Florida, USA, 5.–10. Mai 2018. Auf der diesjährigen Konferenz, die dieses Mal in Orlando, Florida stattgefunden hat, nahmen gleich mehrere Wissenschaftler des Fraunhofer IST teil und beteiligten sich dort mit zahlreichen Beiträgen am wissenschaftlichen Programm.

Optatec 2018

Frankfurt, 15.–17. Mai 2018. Auf der Optatec 2018 stellte das Fraunhofer IST im Rahmen eines Fraunhofer-Gemeinschaftsstands die neuesten Ergebnisse aus dem Bereich Optik vor und präsentierte diverse optische Filter, die mit dem innovativen Sputtersystem EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) hergestellt wurden sowie Schichten und optische Komponenten für Weltraumanwendungen.

Die innovative Sputter-Plattform EOSS®, mit der gleichzeitig bis zu zehn optische Interferenzfilter mit einem Durchmesser von jeweils 200 mm mit höchster Präzision hergestellt und hochkomplizierte Schichtdesigns mit mehreren 100 Schichten bei hoher Uniformität abgeschieden werden können, wurde darüber hinaus als Maßstabsmodell vorgestellt.

9th International Conference on High Power Impulse Magnetron Sputtering (HIPIMS)

Sheffield, UK, 25.–28. Juni 2018. Auch in diesem Jahr organisierte das Fraunhofer IST gemeinsam mit der Sheffield Hallam University und dem Kompetenznetz INPLAS e. V. wieder die internationale Konferenz zum Thema HIPIMS (Hochleistungsimpuls-Magnetronspütern). Mittlerweile stellt diese einen etablierten Treffpunkt für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt dar, die sich über die neuesten Ergebnisse und Trends im Bereich der innovativen Plasma-Oberflächentechnik austauschen. Vertreter des Fraunhofer IST beteiligten sich mit zahlreichen Beiträgen am Programm.

69. International Astronautical Congress IAC

Bremen, 1.–5. Oktober 2018. Die Anforderungen an Materialien in der Luft- und Raumfahrt sind extrem. Gewichtseinsparungen, die Belastungen durch starken Temperaturwechsel in kürzester Zeit sowie die sehr hohe mechanische Beanspruchung erfordern die Entwicklung von Hochleistungsschichten. Im Rahmen der Fraunhofer-Allianz SPACE präsentierte das Fraunhofer IST neben sechs weiteren Fraunhofer-Instituten die neuesten Schichtentwicklungen für Weltraumanwendungen.

1 *Blick auf den Fraunhofer-Gemeinschaftsstand »Sparking the Future« in Halle 2 auf der Hannover Messe 2018.*



EREIGNISSE, KOLLOQUIEN, WORKSHOPS

Science Day am Fraunhofer IST

Braunschweig, 9. Januar 2018. Zum zweiten Mal fand in diesem Jahr am Fraunhofer IST der »Science Day« statt. Doktorandinnen und Doktoranden des Fraunhofer IST und des Instituts für Oberflächentechnik der TU Braunschweig präsentierten Poster mit aktuellen Ergebnissen ihrer Promotion. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beider Institute waren eingeladen, sich bei dieser Gelegenheit über die laufenden Forschungsthemen zu informieren und in zwangloser Runde zu diskutieren.

Gastprofessur an der Feng Chia University in Taiwan

Die Feng Chia University in Taichung, Taiwan hat Dr. Ralf Bandorf, Leiter der Gruppe »Hochionisierte Plasmen und PECVD« am Fraunhofer IST zum »Distinguished Chair Professor FCU« berufen und würdigt damit die langjährige gute wissenschaftliche Zusammenarbeit. So wurde am 1. Juni 2018 die seit 2014 bestehende Partnerschaft zwischen dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST und der Feng Chia University durch eine offizielle Kooperationsvereinbarung besiegelt. Eine erfolgreiche Zusammenarbeit hat sich insbesondere im Bereich des Hochleistungsimpuls-Magnetronspatters (HIPIMS), einer innovativen Beschichtungstechnologie und dem Spezialgebiet von Dr. Ralf Bandorf, entwickelt.

Ein weiterer Schritt beim Ausbau der deutsch-taiwanesischen Zusammenarbeit erfolgte wenige Monate später. Am 16. November 2018 eröffneten die Feng Chia Universität und das Fraunhofer IST in Taichung das gemeinsame Institut für Plasma (Institute of Plasma IoP). Ziel ist es, gemeinsam Lösungen aus dem Bereich der Plasmatechnik maßgeschneidert für die Anforderungen des taiwanesischen Markts zu entwickeln. Hierzu wurde in einem der insgesamt drei Laboratorien des neuen Instituts bereits eine neue Beschichtungsanlage aufgebaut und in Betrieb genommen. Kernstück ist eine vom Fraunhofer IST entwickelte Gasflusssputterquelle.

Wissenschaftscampus

Braunschweig, 24.–26. September 2018. Die Wissenschaft wird immer weiblicher. Diesen Trend möchte die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützen und lud zum »Fraunhofer Wissenschaftscampus« vom 24. bis 26. September 2018 in Braunschweig und Hannover ein. Um den Anteil der Wissenschaftlerinnen auch bei Fraunhofer zu erhöhen, wurde gemeinsam mit einigen Partneruniversitäten der Wissenschaftscampus ins Leben gerufen. Im September diesen Jahres war der Wissenschaftscampus zum ersten Mal bei den vier Fraunhofer-Instituten IST, ITEM, IWES und WKI in Braunschweig und Hannover zu Gast. Während der dreitägigen Veranstaltung erhielten Studentinnen und Absolventinnen der Fachrichtungen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik, kurz: MINT, einen Einblick in unterschiedliche Forschungsfelder und die Arbeit in der angewandten Forschung.



Die rund 40 Teilnehmerinnen des Wissenschaftscampus hatten die Möglichkeit, den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an den Instituten über die Schulter zu blicken, in ausgewählten Seminaren und Vorträgen ihre Kenntnisse zu vertiefen, Kontakte zu knüpfen und in hochwertigen Workshops von »Design Thinking« bis »Gesprächstechniken und Business-Knigge« eine wertvolle Orientierungshilfe für ihre Karriereplanung zu erhalten.

Die inhaltlichen Schwerpunkte am Fraunhofer IST reichten von Themen aus Maschinenbau bis Medizin. Die Teilnehmerinnen des Wissenschaftscampus erfuhren, welche entscheidende Rolle die Schicht- und Oberflächentechnik bei Messern, die sich wie Rattenzähne selbst schärfen, bei der Wasserreinigung mit Diamant – ganz ohne Chemikalien, bei intelligenten Unterlegscheiben oder Werkzeugen, mit denen Kraft und Temperatur gemessen werden können oder einem Labor im Beutel, das für die Stammzellenproduktion geeignet ist, spielt.

Neues Mitglied der Institutsleitung

Seit dem 1. November 2018 ist Professor Dr. Christoph Herrmann, Dekan der Fakultät Maschinenbau, neben Professor Dr. Günter Bräuer Mitglied der Institutsleitung des Fraunhofer IST. Gleichzeitig bleibt Herrmann nach wie vor Leiter des TU-Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF. Damit ist das IST nun zweifach mit der Universität vernetzt, denn auch über Professor Bräuer ist das Fraunhofer-Institut schon an das Institut für Oberflächentechnik IOT der TU angebunden.

1 Doktorandinnen und Doktoranden des Fraunhofer IST und des Instituts für Oberflächentechnik der TU Braunschweig am zweiten »Science Day«.

2 Dr. Ralf Bandorf erhält die Berufungsurkunde für eine Gastprofessur an der Feng Chia University (v.l.n.r.: Prof. Dr. Günter Bräuer, Prof. Bing-Jean Lee, Dr. Ralf Bandorf, Prof. Jin-Huang Huang).

3 Die Teilnehmerinnen des Wissenschaftscampus lernen das Sensorik-Labor am Fraunhofer IST kennen.

4 Die Institutsleitung des Fraunhofer IST, Prof. Dr. Christoph Herrmann (rechts) und Professor Dr. Günter Bräuer.

DAS FRAUNHOFER IST IN NETZWERKEN



Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST ist mit seiner Forschungs- und Entwicklungstätigkeit Teil verschiedener interner und externer Netzwerke, die mit unterschiedlichen Schwerpunkten im Spannungsfeld zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik agieren. Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft bündelt das Institut seine Kompetenzen mit denen anderer Fraunhofer-Institute, unter anderem im Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces und in verschiedenen Fraunhofer-Allianzen. Ziel ist es, Kunden und Partnern auch technologieübergreifend optimale Lösungen für deren Aufgabenstellungen anzubieten.

Darüber hinaus hat das Fraunhofer IST auch die zukünftigen Wissenschaftler und Forscher im Blick. Um Jugendliche früh für naturwissenschaftliche und technische Inhalte zu begeistern und den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, vernetzt sich das Institut intensiv mit Schulen und Ausbildern.

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

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 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,5 Milliarden Euro. Davon fallen mehr als 2,1 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 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.

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.



FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

Kompetenz durch Vernetzung

Im Fraunhofer-Verbund »Light & Surfaces« kooperieren sechs Fraunhofer-Institute auf den Gebieten Laser-, Optik-, Mess- und Beschichtungstechnik. Basierend auf grundlegenden Arbeiten in verschiedenen Anwendungsfeldern gewährleistet der Verbund eine schnelle und flexible Realisierung kundenspezifischer Systemlösungen in diesen Bereichen. Koordinierte, auf die aktuellen Bedürfnisse des Markts ausgerichtete Strategien führen zu Synergieeffekten für den Kunden. In Kooperation mit den jeweils ortsansässigen Universitäten bieten die Institute das gesamte Spektrum der studentischen Ausbildung bis hin zur Promotion. Auf diese Weise sind die Fraunhofer-Institute nicht nur Innovationspartner für technologische Entwicklungen, sondern dienen auch kontinuierlich als Quelle des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Kernkompetenzen des Verbunds

- Laser-Fertigungsverfahren
- Strahlquellen
- Messtechnik
- Medizin und Life Science
- Werkstofftechnik
- Optische Systeme und Optikfertigung
- Mikro- und Nanotechnologien
- Dünnschichttechnik
- Plasmatechnik
- Elektronenstrahltechnik
- EUV-Technologie
- Prozess- und Systemsimulation

Anwendungsfelder

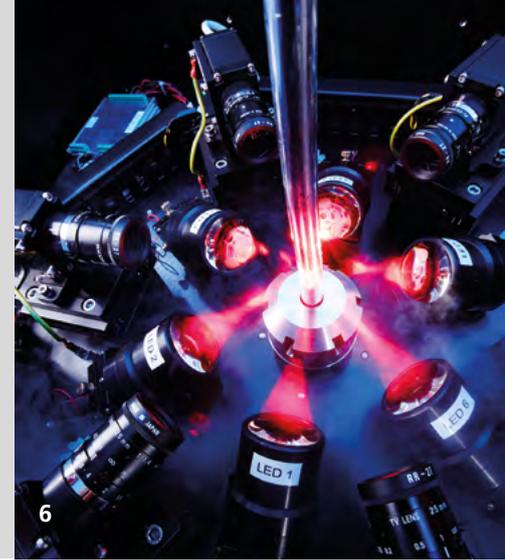
- Automotive
- Biotechnologie und Life Science
- Elektronik und Sensorik
- Energie und Umwelt
- Luft- und Raumfahrt
- Maschinen- und Anlagenbau, Werkzeugbau
- Optik

Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP¹

Das Fraunhofer FEP arbeitet an innovativen Lösungen im Bereich der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen sowie an Technologien für flexible, organische Elektronik. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen Elektronenstrahltechnologie, Sputtern, plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Hochrate-PECVD sowie Technologien für organische Elektronik und IC-/Systemdesign. Die Technologien und Prozesse des FEP finden Anwendung im Maschinenbau, im Transportwesen, der Biomedizintechnik, der Architektur und für den Kulturguterhalt, in der Verpackungsindustrie, im Bereich Umwelt und Energie, der Optik, Sensorik und Elektronik sowie in der Landwirtschaft. | www.fep.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT⁴

Mit über 400 Mitarbeitern ist das Fraunhofer ILT ein gefragter FuE-Partner der Industrie für die Entwicklung innovativer Laserstrahlquellen, -verfahren und -systeme. Unsere Technologiefelder umfassen Laser und Optik, Lasermesstechnik, Medizintechnik und Biophotonik sowie Lasermaterialbearbeitung. Hierzu



zählen u. a. das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie die Oberflächenbearbeitung, die Mikrofertigung und das Rapid Manufacturing. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik. | www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF²

Das Fraunhofer IOF entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Das Leistungsangebot umfasst die gesamte photonische Prozesskette vom optomechanischen und optoelektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Das Institut ist in den fünf Geschäftsfeldern »Optische Komponenten und Systeme«, »Feinmechanische Komponenten und Systeme«, »Funktionale Oberflächen und Schichten«, »Photonische Sensoren und Messsysteme« sowie »Lasertechnik« aktiv. www.iof.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM⁶

Das Fraunhofer IPM entwickelt maßgeschneiderte Messtechniken, Systeme und Materialien für die Industrie. Dadurch ermöglicht das Institut seinen Kunden, den Energie- und Ressourceneinsatz zu minimieren und gleichzeitig Qualität und Zuverlässigkeit zu maximieren. Das Fraunhofer IPM macht Prozesse ökologischer und gleichzeitig ökonomischer. Langjährige Erfahrungen mit optischen Technologien und funktionalen Materialien bilden die Basis für Hightechlösungen in der Produktionskontrolle, der Objekt- und Formerfassung, der Gas- und Prozesstechnologie sowie im Bereich der thermischen Energiewandler. | www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST⁵

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST ist ein innovativer Partner für Forschung und Entwicklung in der Oberflächentechnik mit Kompetenzen in den zugehörigen Produkt- und Produktionssystemen. Ziel ist es, maßgeschneiderte und nachhaltige Lösungen – vom Prototyp über wirtschaftliche Produktionsszenarien bis hin zur Skalierung auf industrielle Maßstäbe, und dies auch unter der Maßgabe geschlossener Material- und Stoffkreisläufe zu erarbeiten. www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS³

Licht und Schicht: Das Fraunhofer IWS wirkt überall dort, wo Laser- auf Oberflächentechnik trifft. Wenn es darum geht, unterschiedliche Materialien Lage um Lage aufzutragen, zu fügen, zu trennen, zu funktionalisieren oder zu analysieren, kommt das Dresdner Institut ins Spiel. Von der Entwicklung neuer Verfahren über die Integration in die Fertigung bis hin zur anwendungsorientierten Unterstützung reicht das Angebot – alles aus einer Hand. Das Fraunhofer IWS stellt sich den Herausforderungen der Digitalisierung. Der Fokus liegt auf der Forschung und Entwicklung von Lösungen für Industrie 4.0. | www.iws.fraunhofer.de

KONTAKT

VORSITZENDER DES VERBUNDS

Prof. Dr. Reinhard Poprawe
reinhard.poprawe@ilt.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFÜHRER DES VERBUNDS

Dr.-Ing. Arnold Gillner
 Telefon +49 241 8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

www.light-and-surfaces.fraunhofer.de



NACHWUCHSFÖRDERUNG UND AUSBILDUNG AM FRAUNHOFER IST

Nachwuchsförderung – für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bedeutet das nicht nur als Ausbilder und im universitären Rahmen aktiv zu sein, sondern auch, Jugendliche an naturwissenschaftliche Themen heranzuführen, ihnen Berührungspunkte zu nehmen und junge Menschen für industriennahe Forschung zu begeistern. Die Förderung und Betreuung von Schülern und Studierenden, die Interesse an den Forschungsbereichen des Fraunhofer IST haben, war auch im Jahr 2018 wieder ein wichtiger Teil der Arbeit am Institut.

Besuch der jDPG (Junge Deutsche Physikalische Gesellschaft)

Braunschweig, 10. April 2018. Im Rahmen einer Exkursion an den Forschungsstandort Braunschweig besuchten in diesem Jahr 21 Mitglieder des Arbeitskreises junge DPG das Fraunhofer IST. Mit dem Interessenschwerpunkt auf physikalischen Themen bekamen die Studierenden nach einer Institutsvorstellung durch den Institutsleiter Prof. Günter Bräuer eine Einführung in das Thema Schicht- und Oberflächentechnik. Bei der anschließenden Institutsführung konnten sich die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein eigenes Bild von den Aktivitäten des Fraunhofer IST machen.

Zukunftstag für Jungen und Mädchen am Fraunhofer IST

Braunschweig, 26. April 2018. Auch in diesem Jahr öffnete das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Fraunhofer WKI seine Türen, um im Rahmen des »Zukunftstags für Mädchen und Jungen« Schülerinnen und Schülern für die Wissenschaft zu begeistern. Insgesamt tauchten 22 junge Forscher – 11 Mädchen und 11 Jungen – einen Tag lang in den faszinierenden Forschungsalltag der Fraunhofer-Institute ein.

Mit Laborkitteln und Schutzbrillen ausgestattet ging es vorbei an großen Beschichtungsanlagen und gelben Räumen durch die Labore beider Institute. In verschiedenen Experimenten und Mit-Mach-Aktionen erhielten die Schülerinnen und Schüler am Fraunhofer IST Einblick in die Welt der dünnen Schichten und durften unter anderem Kunststoffautos mit Atmosphärendruckplasma vorbehandeln und anschließend mit Kupfer stromlos metallisieren. Am Ende des Tages konnten die Mädchen und Jungen ihre beschichteten Werke als Andenken mit nach Hause nehmen und vielleicht ist auch der eine oder andere naturwissenschaftliche Funke übersprungen.

Besuch des Kranich-Gymnasiums Salzgitter

Braunschweig, 14. Juni 2018. Zum ersten Mal besuchten in diesem Jahr Schülerinnen und Schüler des Kranich-Gymnasiums Salzgitter das Fraunhofer IST im Rahmen eines Seminarfachkurses zur Problematik der Wassersituation im 21. Jahrhundert. Dementsprechend bezog sich das Interesse der Jugendlichen insbesondere auf die Aktivitäten des Fraunhofer IST im Bereich der Erarbeitung von nachhaltigen Systemlösungen zur Wasserversorgung, Wasserinfrastrukturen und Abwasserbehandlung.



1 Die Mitglieder der jDPG bei ihrem Besuch am Fraunhofer IST im Rahmen ihrer Exkursion an den Forschungsstandort Braunschweig.

2 Zwei Teilnehmer des »Zukunftstags« verkupfern stromlos Kunststoffautos, die zuvor plasmaaktiviert wurden.

3 Sven Pleger, Ausbilder am Fraunhofer IST, stellt den Schülerinnen und Schülern des Kranich-Gymnasiums elektrochemische Systeme mit Diamantelektroden zur Wasserreinigung vor.

Nach einer Vorstellung des Fraunhofer IST, der Berufe im MINT-Bereich (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) sowie Ausbildungsmöglichkeiten am IST durften die Schülerinnen und Schüler des 11. Jahrgangs Labore besichtigen, in denen die Entwicklung elektrochemischer Systeme mit Diamantelektroden zur Wasserreinigung stattfindet.

Schülerpraktika am Fraunhofer IST

Getreu dem Motto »Forschung braucht Nachwuchs« engagierte sich das Fraunhofer IST auch in diesem Jahr wieder mit dem Angebot von Schülerpraktika. Zwei Schülerinnen und sieben Schüler lernten jeweils über einen Zeitraum von drei Wochen den Alltag einer Physikalaborantin bzw. eines Physikalaboranten am Fraunhofer IST kennen.



DAS KOMPETENZNETZ INDUSTRIELLE PLASMA-OBERFLÄCHENTECHNIK E.V. – INPLAS

Das Kompetenznetz INPLAS e. V., das als Netzwerk beim Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) im Programm »go-cluster« akkreditiert ist, hat seine Geschäftsstelle am Fraunhofer IST. Das Netzwerk hat aktuell 52 Mitglieder aus Industrie und Wissenschaft. Rund 200 Personen, die zu 75 Prozent aus der Industrie kommen, beteiligen sich an den Netzwerkaktivitäten.

Ziel des Netzwerks ist es, die Plasmatechnik weiter bekannt zu machen und die Entwicklung in den zahlreichen Anwendungsgebieten in ihrer jeweiligen Komplexität zu unterstützen, zu fördern und zu moderieren. Einige Highlights der vielen Aktivitäten, Projekten und Veranstaltungen 2018 werden im folgenden Abschnitt vorgestellt:

13. INPLAS-Mitgliederversammlung bei Miele & Cie. KG

Die 13. INPLAS-Mitgliederversammlung fand am 14. November 2018 bei der Miele & Cie. KG in Oelde statt. Die Mitgliederversammlung ist ein wichtiges Treffen der Mitglieder, um zukünftige Netzwerkaktivitäten abzusprechen und Meinungen der Mitglieder einzubeziehen bzw. den Gedankenaustausch zu fördern. Es wurden Fachthemen diskutiert, die in den verschiedenen Arbeitsgruppen im Fokus stehen. Das Thema »Plasmatechnik 4.0 – Digitalisierung und Big Data« spielte dabei eine zentrale Rolle. Eine Werksführung gab den Teilnehmern einen interessanten Einblick in die Produktion bei Miele.

INPLAS-Arbeitsgruppen

Die AG »Neuartige Plasmaquellen und -prozesse« mit dem Leitungsteam Dr. Ulf Seyfert, Von Ardenne; Matthias Nestler, scia systems GmbH und Dr. Anke Hellmich, Applied Materials tagte im April bei der Firma TRUMPF in Ditzingen. Die zweite Sitzung im November fand im Anschluss an die Mitgliederversammlung in Oelde statt. Themen des Jahres waren Industrie 4.0 im Bereich Plasmatechnik sowie PECVD-Verfahren.

Die AG »Werkzeugbeschichtungen« unter der Leitung von Hanno Paschke, DOC, Fraunhofer IST, traf sich im März am IWF in Berlin und im November in Braunschweig am Fraunhofer IST. Die Themen waren das aktuelle Projekt »ÖkoClean«, die Erstellung einer Projektskizze zum Thema Digitalisierung und Big Data sowie verschiedene neue Projektansätze im Bereich Zerspanung.

Mitglieder beider Arbeitsgruppen trafen sich im September in Braunschweig zu einem Brainstorming-Treffen zum Thema »Plasmatechnik 4.0«, um über die Ziele, Chancen und Herausforderungen zum Thema »Digitalisierung und Big Data« zu diskutieren. Schnell wurde klar, dass der Bedarf groß ist und viele offene Fragen noch zu klären sind. Erste Diskussionspunkte waren unter anderem die Definition von Begriffen, anwendungsspezifische Fragestellungen, Datenschutz und Schnittstellen.

Darüber hinaus wurde erörtert, welche technischen Aufgaben anstehen, wie z. B. Werkstückverfolgung, Datenauswahl, Datenverlässlichkeit und Schnittstellenstandards. Aus den Ergebnissen entwickelte die Geschäftsstelle einen Fragebogen, dessen Ziel es ist, darzustellen, wie verschiedene Anwendungsfelder mit den Themen Parameternaufnahme, Datenspeicherung und Verarbeitung umgehen und was man von anderen Gruppen lernen kann, die sich mit dem Messen von Parametern befassen. Im Mai 2019 werden im nächsten AG-Treffen Auswertungen erfolgen und Diskussionen fortgesetzt.



Im Gemeinschaftsausschuss (GA) »Kombinierte Oberflächentechnik« am Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden lauteten die Themen Additive Fertigung und Polymerschichten. Die AG »Plasma4Life« traf sich im April am Fraunhofer ITEM in Hannover und im Oktober bei der Firma Lionex in Braunschweig. Die Themen waren Hygiene, Sterilisation und Biomedizin.

1 *INPLAS-Mitglieder (Stand November 2018).*

2 *AG-Treffen bei der Firma Lionex GmbH (Foto: Ilka Blumentritt)*

39. Treffen des Industrie-Arbeitskreises IAK »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«

Mit über 40 Teilnehmern ist der IAK ein gern genutztes Forum, um sich über die neuesten Trends der Werkzeughersteller und Nutzer auszutauschen. Das Treffen findet zweimal jährlich in Berlin und Braunschweig mit den Partnern IWF der TU Berlin, Fraunhofer IPK, Fraunhofer IST und INPLAS e.V. statt. Am 7. November standen in Braunschweig Themen wie schwerer-spanbare Werkstoffe, Digitalisierung, neue Messmethoden für zyklisches Werkstoffverhalten oder auch Oberflächengüten in der Drahtherstellung im Blickpunkt.

INPLAS-Gemeinschaftsstand auf der Internationalen Tagung der Plasmatechnik - PSE

Vom 16.–21. September 2018 fand die 16th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE 2018 PSE in Garmisch-Partenkirchen statt. Im Rahmen der Industrieausstellung auf dem INPLAS-Gemeinschaftsstand präsentierten sich folgende Mitglieder: Advanced Energy Industries GmbH, CCR Technology, C4E Technology GmbH, Fraunhofer FEP, Fraunhofer IST, Singulus Technologies AG, W & L Coating Systems GmbH, IOT TU Braunschweig.

Auszug weiterer Öffentlichkeitsarbeits- oder Serviceprojekte

- Weiterbildung Q-Plas: Das E-Learning-Portal und praktische Ausbildungen: www.q-plas.de
- Plasma Germany-Sitzungen und Workshops
- Dissemination der EU-Projekte: FAST, SafeWaterAfrica

KONTAKT

Dipl.-Ing. Carola Brand
Geschäftsführerin
Telefon +49 531 2155-574
carola.brand@inplas.de

Mareike Sorge, M. A.
Dr. Jochen Borris

www.inplas.de

PUBLIKATIONEN

Mitgliedschaften

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und
Werkstofftechnik e. V.
www.awt-online.org

DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und
Biotechnologie e. V.
www.dechema.de

Deutsche Forschungsgesellschaft für
Oberflächenbehandlung e. V.
www.dfo-online.de

Deutsche Gesellschaft für Elektronenmikroskopie e. V.
www.dge-homepage.de

Deutsche Gesellschaft für Galvano- und
Oberflächentechnik e. V.
www.dgo-online.de

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V.
www.dgm.de

Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG)
www.hvg-dgg.de

Europäische Forschungsgesellschaft
für Blechverarbeitung e. V. (EFB)
www.efb.de

Europäische Forschungsgesellschaft
Dünne Schichten e. V. (EFDS)
www.efds.org

Fachverband Angewandte Photokatalyse
www.vdmi.de/deutsch/produkte/angewandte-photokatalyse.html

F.O.M. Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und
Medizintechnik e. V.
www.forschung-fom.de

ForschungRegion Braunschweig e. V.
www.forschungregion-braunschweig.de

Forschungsgemeinschaft Werkzeug und Werkstoffe e. V. (FGW)
www.fgw.de

Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische
Baugruppen 3-D MID e. V.
www.3d-mid.de

Fraunhofer-Allianz Adaptronik
www.adaptronik.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion
www.automobil.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung
www.generativ.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Leichtbau
www.leichtbau.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Numerische Simulation von Produkten,
Prozessen
www.nusim.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik
www.allianz-reinigungstechnik.de

Fraunhofer-Allianz Space
www.space.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz SysWasser
www.syswasser.de

Fraunhofer-Allianz Textil
www.textil.fraunhofer.de

Fraunhofer-Netzwerk Elektrochemie
www.elektrochemie.fraunhofer.de

Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit
www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/corporate-responsibility/governance/nachhaltigkeit/fraunhofer-netzwerk-nachhaltigkeit.html

Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

German Flatpanel Display Forum DFF
www.displayforum.de

German Water Partnership
www.germanwaterpartnership.de

Göttinger Research Council
www.uni-goettingen.de

Innovationsnetzwerk Niedersachsen
www.innovationsnetzwerk-niedersachsen.de

International Council for Coatings on Glass e. V.
www.iccg.eu

Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e. V. (INPLAS)
www.inplas.de

Materials Valley e. V.
www.materials-valley.de

Measurement Valley e. V.
www.measurement-valley.de

Nanotechnologie Kompetenzzentrum Ultrapräzise
 Oberflächenbearbeitung CC UPOB e. V.
www.upob.de

NANOfutures European Technology Integration and Innovation
 Platform (ETIP) in Nanotechnology
www.nanofutures.eu

Optence e. V.
www.optence.de

PhotonicNet GmbH – Kompetenznetz Optische Technologien
www.photonicnet.de

Plasma Germany
www.plasmagermany.org

Spectaris – Verband der Hightech-Industrie
www.spectaris.de

Surface.net – Kompetenznetzwerk für Oberflächentechnik e. V.
www.netzwerk-surface.net

Wissens- und Innovations-Netzwerk Polymertechnik (WIP)
www.wip-kunststoffe.de

Zentrum für Mikroproduktion e. V. (ZeMPro)
www.microcompany.de

Mitarbeit in Gremien

Abraham, T.: Fachausschuss FA 10 »Funktionelle Schichten« der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. AWT, Mitglied.

Bandorf, R.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Beirat.

Bandorf, R.: Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e. V., Mitglied.

Bandorf, R.: International Conference on HIPIMS, Conference Chairman.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Member Board of Directors.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Program Chairman.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Volunteer Mentor.

Brand, C.: Arbeitgeberverband Region Braunschweig, Mitglied.

Brand, C.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Mitglied.

Brand, C.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Geschäftsführerin.

Brand, C.: Plasma Germany, Mitglied des Koordinierungsausschusses.

Brand, J.: Gesellschaft für Tribologie (GfT), Mitglied.

Brand, J.: International Colloquium Tribology, Tribology and Lubrication Engineering, Mitglied im Programme Planning Committee.

Bräuer, G.: European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE), Chairman.

Bräuer, G.: International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG), Vorsitzender des Organisationskomitees.

Bräuer, G.: International Council for Coatings on Glass (ICCG) e. V., Mitglied des Vorstands.

Bräuer, G.: Institut für Solarenergieforschung, Mitglied des Beirats.

Bräuer, G.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Vorstandsvorsitzender.

Bräuer, G.: Zeitschrift »Vakuum in Forschung und Praxis«, Mitglied des Kuratoriums.

Bräuer, G.: Zentrum für Mikroproduktionstechnik e. V., Mitglied des Vorstands.

Dietz, A.: Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschung (AGEF), Mitglied.

Dietz, A.: Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO), Mitglied des Vorstands.

Dietz, A.: Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO), stellvertretender Vorsitzender Ortsgruppe Niedersachsen.

Dietz, A.: Fachausschuss »Forschung« der DGO, Mitglied.

Dietz, A.: Fachausschuss »Kombinationsschichten« der DGO, Mitglied.

Eichler, M.: Conference on Wafer Bonding for Microsystems 3D- and Wafer Level Integration, Steering Committee.

Eichler, M.: Plasma Surfaces in Healthcare and Industry, International Scientific Committee, Host.

Gäbler, J.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss 01-72 »Chemische und elektrochemische Überzüge«, Mitglied.

Gäbler, J.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss NA 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss NA 062-01-64 AA Arbeitsausschuss Kohlenstoffschichten, stellvertretender Obmann.

Gäbler, J.: European Technology Platform for Advanced Materials and Technologies EuMaT, Mitglied.

Gäbler, J.: European Technology Platform NANOfutures, Mitglied.

Gäbler, J.: ISO Technical Committee TC 107 »Metallic and other inorganic coatings«, P-Member.

Gäbler, J.: VDI-Richtlinien-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«, Mitglied.

Gerdes, H.: International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, Session Chairman.

Gerdes, H.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Gerdes, H.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Gerdes, H.: VDI/VDE-GMA Fachausschuss 2.11 »Elektrische Messverfahren; DMS-Messtechnik«, Mitglied.

Keunecke, M.: EFDS-Fachausschuss »Tribologische Schichten«, Mitglied.

Keunecke, M.: OTTI-Fachforum PVD- und CVD-Beschichtungsverfahren für tribologische Systeme, Fachliche Leitung.

Keunecke, M.: SAE International, Mitglied.

Keunecke, M.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Keunecke, M.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Klages, C.-P.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Mitglied des wissenschaftlichen Beirats.

Lachmann, K.: COST Action MP1101 »Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology«, Management Committee, Substitute.

Neumann, F.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss NA 062-02-93 AA »Photokatalyse«, Leitung des Arbeitskreises »Photokatalytische Selbstreinigung«.

Neumann, F.: Europäisches Komitee für Normung, CEN/TC 386 »Photocatalysis«, Delegierter des Technischen Komitees.

Neumann, F.: Europäisches Komitee für Normung, CEN/TC 386 »Photocatalysis«, Mitglied.

Neumann, F.: Fachverband Angewandte Photokatalyse (FAP), Forschungsausschuss, Mitglied.

Neumann, F.: Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Versorgungstechnik, Studiengang »Bio- und Umwelttechnik«, Mitglied des Beirats.

Neumann, F.: ISO Normenausschuss TC 206/WG 9 »Photocatalysis«, Mitglied.

Paschke, H.: Fachausschuss FA10 »Funktionelle Schichten« der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. AWT, Mitglied.

Paschke, H.: Industrie-Arbeitskreis »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, Leitung.

Paschke, H.: Kompetenznetzwerk für Oberflächentechnik »netzwerk-surface.net«, wissenschaftlicher Beirat (Sprecher).

Paschke, H.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Arbeitsgruppenleiter Werkzeugbeschichtungen.

Schäfer, L.: Beirat der CONDIAS GmbH, Mitglied.

Schäfer, L.: Industriearbeitskreis »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, Mitglied.

Schäfer, L.: Nanotechnologie-Kompetenzzentrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung CC UPOB e. V., Mitglied.

Schäfer, L.: VDI-Richtlinien-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«, Mitglied.

Sittinger, V.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Workshop »Dünnschichttechnologie für Energiesysteme, V2017«, Chairman, Programmkomitee.

Sittinger, V.: European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Scientific Committee, Paper Review Expert.

Sittinger, V.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Stein, C.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Stein, C.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Stein, C.: VDI-Arbeitskreis »Schneidstoffanwendungen«, Mitglied.

Thomas, M.: Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma (AK-ADP), Mitglied.

Thomas, M.: Arbeitsgruppe »Plasma4Life« INPLAS e.V., Mitglied.

Thomas, M.: DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V., Mitglied.

Thomas, M.: Plasma Germany, Koordinierungsausschuss, Mitglied.

Thomas, M.: Plasma Surfaces in Healthcare and Industry, International Scientific Committee.

Thomas, M.: International Conference on Plasma Surface Engineering, International Program Committee IPC, Mitglied.

Thomas, M.: International Conference on Plasma Surface Engineering, Session Chairman.

Thomas, M.: European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE).

Vergöhl, M.: Europäische Forschungsvereinigung für dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied des Vorstands.

Vergöhl, M.: Europäische Forschungsvereinigung für dünne Schichten e.V. (EFDS), stellvertretende Leitung des Fachausschusses »Beschichtungstechnologien für optische und elektronische Funktionalisierung«.

Vergöhl, M.: Lenkungskreis »Photonik« des VDMA, Mitglied.

Vergöhl, M.: Optical Society (OSA), Dozent.

Viöl, W.: Amt für regionale Landesentwicklung Braunschweig, Mitglied Fachbeirat Südniedersachsen.

Viöl, W.: Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Mitglied des Programmbeirats.

Viöl, W.: Deutsche Gesellschaft für Plasmatechnologie e. V. DGPT, Mitglied des Vorstands.

Viöl, W.: DFG Fachkollegien, Mitglied.

Viöl, W.: Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e. V. GDNÄ, Mitglied im Fachbeirat.

Viöl, W.: HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Vizepräsident für Forschung und Transfer.

Viöl, W.: Hochschulrektorenkonferenz Forschungskommission Fachhochschulen.

Viöl, W.: Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung (NHN) e. V., Vorstandsmitglied.

Viöl, W.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Kassenwart.

Viöl, W.: Nationales Zentrum für Plasmamedizin, Vorstandsmitglied.

Viöl, W.: Spectaris-Verband der Hightech-Industrie, Fachverband Photonik, Mitglied des Lenkungsausschusses.

Publikationen

Abraham, T.; Bräuer, G.; Kretz, F.; Groche, P. (2018): Observation of the a-C:H run-in behaviour for dry forming applications of aluminium. In: 5th International Conference on New Forming Technology, 14001, 9 pp. DOI: 10.1051/mateconf/201819014001.

Biehl, S.; Meyer-Kornblum, E.; Paetsch, N.; Bräuer, G. (2018): Novel sensor modules for efficient manufacturing of natural fiber reinforced plastics. In: Proceedings 2 (13, Eurosensors 2018), 918, 5 pp. DOI: 10.3390/proceedings2130918.

Boentoro, W.; Szyszka, B.; Martinu, L. (2018): Protective coatings for durability enhancement of optical surfaces. In: Optical thin films and coatings, pp. 539 - 564.

Bräuer, G. (2018): Mit dünnen Schichten durch vier Jahrzehnte. Wie sie unsere Welt veränderten. In: Vakuum in Forschung und Praxis 30 (2), S. 26 - 33. DOI: 10.1002/vipr.201800677.

Britze, C. (2018): Projekt CHOPIN – Schaltbare optische Interferenzschichtsysteme mit dünnen Flüssigkristallschichten. Abschlussbericht des Fraunhofer IST. Projektlaufzeit: 1.9.2015 bis 31.8.2017, Berichtszeitraum: 1.9.2015 bis 31.8.2017. Braunschweig.

Bulitta, B.; Zuschratter, W.; Bernal, I.; Bruder, D.; Klawonn, F.; Bergen, M. von; Garritsen, H. S. P.; Jänsch, L. (2018): Proteomic definition of human mucosal-associated invariant T cells determines their unique molecular effector phenotype. In: European journal of immunology 48 (8), pp. 1336 - 1349. DOI: 10.1002/eji.201747398.

Dietz, A.; van der Veen, E.; Rauch, B.; Schlitt, R. (2018): Surface technology for polymer parts for space applications made by additive manufacturing. In: 2018 IEEE Aerospace Conference. DOI: 10.1109/AERO.2018.8396475.

- Dinklage, A.; Keunecke, M. et al. (2018): Magnetic configuration effects on the Wendelstein 7-X stellarator. In: *Nature physics* 14, pp. 855 - 860. DOI: 10.1038/s41567-018-0141-9.
- Ferse, K.; Awakowicz, P.; Beck, U.; Brand, C.; Engelstädter, J. P.; Fiedler, W.; Foest, R.; Kersten, H.; Lemmer, O.; Schäfer, H. J.; Schwock, A. (2018): Plasmatechnik 4.0. Stand der Technik, Entwicklungen und Erwartungen. In: *Vakuum in Forschung und Praxis* 30 (6), S. 34 - 39. DOI: 10.1002/vjpr.201800697.
- Gäbler, J.; Becker, J.; Feuchter, P.; Hinzmann, D.; Winkler, J.; Wolf, J. (2018): Standardisierung von Dünnschichten. In: *Journal für Oberflächentechnik* 58 (2), S. 48 - 49.
- Gäbler, J.; Hoffmeister, H.-W. (2018): Leistungsgerechtes Honen mit neuem Werkzeugkonzept. Einsatz von CVD-Diamantschichten; Schlussbericht zu IGF-Vorhaben Nr. 18682N; Berichtszeitraum 1.4.2015 - 30.9.2017. Braunschweig (18682N). Online verfügbar unter <https://edocs.tib.eu/files/e01fn18/1015143873.pdf>.
- Gerhard, C.; Gimpel, T.; Tasche, D.; Koch, J.; Brückner, S.; Flachenecker, G.; Wieneke, S.; Schade, W.; Viöl, W. (2018): Atmospheric pressure plasma-assisted femtosecond laser engraving of aluminium. In: *Journal of physics / D* 51 (17), 175201, 8 pp. DOI: 10.1088/1361-6463/aab6e6.
- Gniadek, T. J.; Garritsen, H. S. P.; Stroncek, D.; Szczepiorkowski, Z. M.; McKenna, D. H. (2018): Optimal storage conditions for apheresis research (OSCAR). A biomedical excellence for safer transfusion (BEST) collaborative study. In: *Transfusion* 58 (2), pp. 461 - 469. DOI: 10.1111/trf.14429.
- Grein, M.; Bandorf, R.; Schiffmann, K.; Bräuer, G. (2018): Material structure and piezoresistive properties of niobium containing diamond-like-carbon films. In: *Surface and coatings technology* (Published online 04 October 2018. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2018.10.008, 7 pp).
- Helmke, A.; Gerling, T.; Weltmann, K.-D. (2018): Plasma sources for biomedical applications. In: *Comprehensive clinical plasma medicine*, pp. 23 - 41.
- Helmke, A.; Gerling, T.; Weltmann, K.-D. (2018): Relevant plasma parameters for certification. In: *Comprehensive clinical plasma medicine*, pp. 43 - 70.
- Hollmann, P.; Grumbt, G.; Zenker, R.; Biermann, H.; Weigel, K.; Bewilogua, K.; Bräuer, G. (2018): Investigation of cracking prevention in magnetron-sputtered TiAlN coatings during subsequent electron beam hardening. In: *Surface and coatings technology* 338, pp. 75 - 83. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2017.12.042.
- Hünnekens, B.; Avramidis, G.; Ohms, G.; Krause, A.; Viöl, W.; Militz, H. (2018): Impact of plasma treatment under atmospheric pressure on surface chemistry and surface morphology of extruded and injection-molded wood-polymer composites (WPC). In: *Applied surface science* 441, pp. 564 - 574. DOI: 10.1016/j.apsusc.2018.01.294.
- Justianto, M.; Höfer, M.; Harig, T.; Sittinger, V. (2018): Deposition of surface passivation layers for silicon heterojunction solar cells by hot-wire CVD. In: *61th Annual Technical Conference Proceedings*, 5 pp.
- Khosravi, Z.; Kotula, S.; Lippitz, A.; Unger, W. E. S.; Klages, C.-P. (2018): IR- and NEXAFS-spectroscopic characterization of plasma-nitrogenated polyolefin surfaces. In: *Plasma processes and polymers* 15 (1), e1700066. 15 pp. DOI: 10.1002/ppap.201700066.
- Körner, S.; Hartig, M.; Muydinov, R.; Erfurt, D.; Klenk, R.; Szyszka, B.; Schlatmann, R. (2018): Serial cosputtering for aluminum doping manipulated zinc oxide as front contact for Cu(In,Ga)Se₂ solar cells. In: *Japanese journal of applied physics* 57 (8S3), 08RC18, 7 pp. DOI: 10.7567/JJAP.57.08RC18.

Landgrebe, D., Demmler, M., Albert, A., Schieck, F., Weber, M.: Technology development and tool concepts for high-temperature forming of titanium, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE) Volume 2, 2018, ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, IMECE 2018; Pittsburgh; United States; 9.–15. November 2018.

Mejauschek, M.; Pribbenow, J. (2018): Prognosetool für Plasmanitrierprozesse zur Randschichtbehandlung von Werkzeugen und Bauteilen. AiF-Projekt »ProgPlas«. In: ZVO-Report (3), S. 93.

Meyer-Kornblum, E.; Biehl, S.; Paetsch, N.; Bräuer, G. (2018): Investigation of application-specific thin film sensor systems with wireless data transmission system. In: Proceedings 2 (13, Eurosensors 2018), 919, 4 pp. DOI: 10.3390/proceedings2130919.

Neubert, T.; Vergöhl, M. (2018): Organic optical coatings. In: Optical thin films and coatings, pp. 425 - 447.

Park, S. T.; Han, J.-G.; Keunecke, M. (2018): Multi c-BN coatings by r.f diode sputtering and investigation of wear behavior. In: Journal of nanoscience and nanotechnology 18 (3), pp. 2266 - 2270. DOI: 10.1166/jnn.2018.14985.

Paschke, H.; Nienhaus, A.; Brunotte, K.; Petersen, T.; Siegmund, M.; Lippold, L.; Weber, M.; Mejauschek, M.; Landgraf, P.; Bräuer, G.; Behrens, B.-A.; Lampke, T. (2018): Adapted diffusion processes for effective forging dies. In: Proceedings of the 21st International ESAFORM Conference on Material Forming : 23–25 April 2018, Palermo, Italy, 040016, 6 pp.

Peters, F.; Gelker, M.; Fleckenstein, M.; Miltz, H.; Ohms, G.; Viöl, W. (2018): Decrease of the surface pH of maple and the production of nitrate by three pulsed dielectric barrier discharges. In: Wood science and technology 52 (6), pp. 1495 - 1510. DOI: 10.1007/s00226-018-1036-8.

Petersen, J. (2018): Focussed ion beam. Die »feine Klinge« der Materialanalyse. In: Vakuuum in Forschung und Praxis 30 (1), S. 40 - 47. DOI: 10.1002/vjpr.201800670.

Rieke, J.; Gerdes, H.; Bandorf, R.; Schütte, T.; Bräuer, G. (2018): Controlling stoichiometry and ionization of reactive HIPIMS processes by using plasma emission monitoring. In: 61th Annual Technical Conference Proceedings, 20 pp.

Rohwer, K.; Jorke, H.; Neubert, T.; Vergöhl, M. (2018): Optische Interferenzfilter auf Polymerfolien. Spektrale Kanal-trennung in der 3D-Projektion nach dem Wellenlängenmultiplex-Verfahren. In: Vakuuum in Forschung und Praxis 30 (1), S. 30 - 34. DOI: 10.1002/vjpr.201800667.

Römermann, H.; Müller, A.; Bomhardt, K.; Höfft, O.; Bellmann, M.; Viöl, W.; Johannsmann, D. (2018): Formation of metal (nano-)particles in drying latex films by means of a reducing plasma. A route to auto-stratification. In: Journal of physics / D 51 (21), 215205, 7 pp. DOI: 10.1088/1361-6463/aabf2c.

Rösemann, N.; Ortner, K.; Bäker, M.; Petersen, J.; Bräuer, G.; Rösler, J. (2018): Influence of the oxygen flow rate on gas flow sputtered thermal barrier coatings. In: Journal of ceramic science and technology 9 (1), pp. 29 - 36. DOI: 10.4416/JCST2017-00054.

Rüsseler, A. K.; Balasa, I.; Kricheldorf, H.-U.; Vergöhl, M.; Jensen, L.; Ristau, D. (2018): Time resolved detection of particle contamination during thin film deposition. In: Proceedings of SPIE (10691), 106910H, 9 pp.

Salmatonidis, A.; Hesselbach, J.; Lilienkamp, G.; Graumann, T.; Daum, W.; Kwade, A.; Garnweitner, G. (2018): Chemical cross-linking of anatase nanoparticle thin films for enhanced mechanical properties. In: Langmuir 34 (21), pp. 6109 - 6116. DOI: 10.1021/acs.langmuir.8b00479.

- Scheglov, A.; Helmke, A.; Loewenthal, L.; Ohms, G.; Viöl, W. (2018): XPS and ATR-FTIR study on chemical modifications of cold atmospheric plasma (CAP) operated in air on the amino acids L-proline and trans-4-Hydroxy-L-proline. In: Plasma processes and polymers 15 (9), 1800078, 9 pp. DOI: 10.1002/ppap.201800078.
- Schütte, T.; Neiss, P.; Rieke, J.; Gerdes, H.; Bandorf, R. (2018): Novel process control technique for reactive high-density plasmas by combining different control methods. In: 61th Annual Technical Conference Proceedings, 19 pp.
- Sittinger, V.; Höfer, M.; Harig, T.; Justianto, M.; Thiem, H.; Vergöhl, M.; Schäfer, L. (2018): Optical grade SiO₂ films prepared by HWCVD. In: Surface and coatings technology 336, pp. 61 - 66. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2017.08.042.
- Takanashi, M.; Selogie, E.; Reems, J.-A.; Stroncek, D.; Fontaine, M. J.; Girdlestone, J.; Garritsen, H. S. P.; Young, P.; McKenna, D. H.; Szczepiorkowski, Z. M. (2018): Current practices for viability testing of cryopreserved cord blood products. An international survey by the cellular therapy team of the Biomedical Excellence for Safer Transfusion (BEST) Collaborative. In: Transfusion 58 (9), pp. 2184 - 2191. DOI: 10.1111/trf.14777.
- Tonneau, R.; Moskovkin, P.; Pflug, A.; Lucas, S. (2018): TiOx deposited by magnetron sputtering. A joint modelling and experimental study. In: Journal of physics / D 51 (19), 195202, 17 pp. DOI: 10.1088/1361-6463/aabb72.
- Vergöhl, M.; Britze, C.; Bruns, S.; Ahrens, J.; Schäfer, B.; Mann, K.; Kirschner, V. (2018): Development of a broadband dielectric beam splitter with reduced spectral wavefront error. In: Proceedings of SPIE (10691), 1069118, 8 pp.
- Vovk, M.; Wallenhorst, L.; Kaldun, C.; Meuthen, J. N.; Arendt, A. L.; Sernek, M.; Zigon, J.; Kaufmann, D. E.; Viöl, W.; Dahle, S. (2018): Air plasma treatment of aluminium trihydrate filled poly(methyl methacrylate). In: Journal of adhesion science and technology 32 (12), pp. 1369 - 1391. DOI: 10.1080/01694243.2017.1415551.
- Wallenhorst, L. M.; Guräu, L.; Gellerich, A.; Militz, H.; Ohms, G.; Viöl, W. (2018): UV-blocking properties of Zn/ZnO coatings on wood deposited by cold plasma spraying at atmospheric pressure. In: Applied surface science 434, pp. 1183 - 1192. DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.10.214.
- Wallenhorst, L.; Rerich, R.; Vovk, M.; Dahle, S.; Militz, H.; Ohms, G.; Viöl, W. (2018): Morphologic and chemical properties of PMMA/ATH layers with enhanced abrasion resistance realised by cold plasma spraying at atmospheric pressure. In: Advances in condensed matter physics 2018, Article ID 3539417, 11 pp. DOI: 10.1155/2018/3539417.
- Waßmann, O.; Weigel, K.; Geitel, L.; Elzenheimer, N. T.; Rätz, D.; Brand, J.; Imad-Uddin Ahmed, S. (2018): Reibung und Verschleiss von PTFE gegen unterschiedliche tribologische Beschichtungen. In: Tribologie und Schmierungstechnik 65 (3), S. 45 - 52.
- Waßmann, O., Weigel, K., Geitel, L., Elzenheimer, N.T., Rätz, D., Brand, J., Imad-Uddin Ahmed, S.: Friction and wear of PTFE against different tribological coatings, In: Tribologie und Schmierungstechnik 65 (3), May - June 2018, S. 45 - 52, GFT-Tagung 2018

Weber, M. (2018): Werkzeugbeschichtungen für die Kalt- und Warmumformung von Leichtmetalllegierungen. In: 10. Forum Tribologische Entwicklungen in der Blechumformung, S. 99 - 113.

Weber, M.; Mejauschek, M.; Paschke, H.; Braeuer, G.; Kaestner, P.; Vogtmann, J.; Wessel, J.: Plasmaboriding of high-alloyed tool steels – a new approach for wear reduction on highly loaded forming tools. In: European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE) (Hg.): Proceedings of the 16th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE.

Weigel, K.; Mejauschek, M.; Kleinschmidt, M.; Bräuer, G. (2018): DLC-based duplex coatings for highly loaded forming tools. In: Reibung, Schmierung und Verschleiss: Forschung und praktische Anwendung, S. 46/1 - 46/8.

Zeller, M. P.; Barty, R.; Dunbar, N. M.; Elahie, A.; Flanagan, P.; Garritsen, H. S. P. et al. (2018): An international investigation into AB plasma administration in hospitals: How many AB plasma units were infused? The HABSWIN study. In: Transfusion 58 (1), pp. 151 - 157. DOI: 10.1111/trf.14368.

Vorträge und Poster

Abraham, T.: DLC based tribological and sensory coatings for components and tools. Tsukuba International Coating Symposium, 12. – 13. Dezember 2018 (Vortrag).

Bandorf, R.: Industrialization of HIPIMS, Plasma Diagnostics and Modelling, International Workshop, Mons, BE, 7. – 8. Februar 2018 (Vortrag).

Bandorf, R.: High density plasmas for advanced coatings, LaMa Seminar, Universität Gießen, 27. April 2018 (Vortrag).

R. Bandorf, R.; Gerstenberg, J.; Rösemann, N.; Ortner, K.; Jung, T.; Bäker, M.; Bräuer, G.: Thick functional coatings deposited by gas flow sputtering, 61th Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters SVC, 5. – 10. Mai 2018, Orlando, FL, US (Vortrag).

Bandorf, R.; Spreemann, D.; Gerdes, H.; Bräuer, G.: How to transfer HIPIMS processes using different cathodes and machines, 20th PSE, Garmisch-Partenkirchen, 17. – 21. September 2018 (Vortrag).

Bandorf, R.: Tailored thin film properties by proper choice of Vacuum deposition technology, MRS-T, 16. – 17. November 2018, Taichung, TW (Eingeladener Vortrag).

Brückner, S.; Eichler M.; Gerhard C.; Wermann, O.: Atmosphärendruckplasma als inline-fähige Oberflächenbehandlung vor Kitt- und Klebprozessen, 8. Wetzlarer Herbsttagung »Moderne Optikfertigung«, Wetzlar, Deutschland, 25. – 26. September 2018 (Vortrag).

Dietz, A.; Stoll, E.; Grzesik, B.; de Wit, J.; Doetz, M.: Ultra Lightweight Spacecraft Structures – Surface Technology for a CFRP Telescope, ESA-Workshop on Innovative Technologies for Space Optics, ESA/ESTEC, Noordwijk, Februar 2018 (Vortrag).

Dietz, A.; van der Veen, E.; Rauch, B.; Schlitt, R.: Additive Manufacturing for Space Applications – Challenges and Chances for Surface Technology; Additive Manufacturing for Aerospace & Space, München, Februar 2018 (Vortrag).

Dietz, A.; van der Veen, E.; Rauch, B.; Schlitt, R.: Surface Technology for Polymer Parts for Space Applications made by Additive Manufacturing, DDMC2018 Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference, Berlin, März 2018 (Poster).

Dietz, A.; van der Veen, E.; Rauch, B.; Schlitt, R.: Surface Technology for Polymer Parts for Space Applications made by Additive Manufacturing, 2018 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, März 2018 (Vortrag).

Dietz, A.; Moustafa, E.: Electrodeposition of aluminium from DMSO₂-based electrolytes at room temperature, SMT 32: 32nd International Conference on Surface Modification Technologies, San Sebastián, Spanien, CIDETEC Surface Engineering, Juni 2018 (Vortrag).

Dietz, A.; Linke, S.; Stoll, E.: Extra-terrestrial electrochemistry – electrowinning of metals and oxygen from regolith, ESA workshop ISRU towards the lunar, Juli 2018, ESA/ESTEC, Noordwijk, Niederlande (Poster).

Dietz, A.: Additive Manufacturing (AM) als Herausforderung für die Oberflächentechnik, ZVO-Oberflächentage, Leipzig, September 2018 (Vortrag).

Dietz, A., Moustafa, E.: Modern Electrochemistry in Space; Disruptive Ideas Growing Innovation Towards Sustainability (ESA DIGITS), Space for inspiration, Bilbao, Oktober 2018 (Vortrag).

Duckstein, R.; Hora, G.; Lachmann, K.; Brand, P.-J.; Thomas, M.: Programmierbare Oberflächen mittels Beschichtungstechnologien, Offenes Clustertreffen Programmierbare Materialien, Freiburg, September 2018 (Speed Talk und Poster).

Duckstein, R.; Schulz, A.; Lachmann, K.; Jänsch, M.; Neubauer, J. C.; Zimmermann, H.; Thomas, M.; Klages, C.-P.: Investigations on the initiator-free photopolymerization of PNIPAAm layers on PP and their application for the cultivation of MSCs, Tagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien (DGBM), Braunschweig, November 2018, (Speed Talk und Poster).

Eichler, M.; Mainusch, N.; Bellmann, M.; Brückner, S.; Flade, E.; Wermann, O.; Viöl, W.: Plasma jet applications with oxygen-free process gas mixtures, Plasma Science & Interfaces, St. Gallen, Switzerland, 18.–19. Oktober 2018 (Vortrag).

Gerdes, H.; Bandorf, R.; Rösler, J.; Bräuer, G.: Deposition of DLC coatings by HIPIMS to Arc Mixed Mode, 45th International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films ICMCTF, San Diego, CA, USA, 23.–27. April 2018 (Vortrag).

Gerdes, H.; Bandorf, R.; Schäfer, R.; Schütte, T.; Vergöhl, M.; Bräuer, G.: Microwave plasma assisted chemical vapor deposition of carbon: 61th Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters SVC, 5.–10. Mai 2018, Orlando, FL, US (Vortrag).

Gerdes, H.; Ortner, K.; Bandorf, R.; Vergöhl, M.; Bräuer, G.: Highly Ionized deposition of Hard Coatings; 14th Ceramics Congress, Perugia, Italien, 4.–8. Juni 2018 (Eingeladener Vortrag).

Gerdes, H.; Bandorf, R.; Bräuer, G.: HIPIMS for pretreatment and coating of plastics, 9th International Conference on Fundamentals and Industrial Applications of HIPIMS, Sheffield, UK, 25.–28. Juni 2018 (Poster).

Gerdes, H.; Bandorf, R.; Schäfer, R.; Schütte, T.; Vergöhl, M.; Bräuer, G.: Microwave plasma assisted chemical vapor deposition of silica, 20th PSE, Garmisch-Partenkirchen, 17.–21. September 2018 (Poster).

Gerdes, H.; Bandorf, R.; Sittinger, V.; Bräuer, G.: HIPIMS application on glass, Istanbul, Türkei, 2. November 2018 (Eingeladener Vortrag).

Gerdes, H.; Rieke, J.; Bandorf, R.; Schütte, T.; Bräuer, G.: Reactive HIPIMS: Controlling stoichiometry and ionization, Gent, Belgien, 6.–7. Dezember 2018 (Vortrag).

Grein, M.; Bandorf, R.; von der Heide, Ch.; Sayilgan, V.; Bräuer, G.: Biocompatible piezoresistive sensor layers of a-C:H:Me prepared by reactive HIPIMS, Micro- and Nanoengineering (MNE), Kopenhagen, 24.–27. September 2018.

Herrmann, A.; Eichler, M.; Dohse, A.; Weidlich, E.-R.; Hoffmann, L.; Thomas, M.: KENT - Innovative combination printing process for nano inks, NRW Nano Conference, November 2018, Dortmund (Poster).

Justianto, M.; Harig, T.; Höfer, M.; Sittinger, V.: Deposition of Intrinsic Amorphous Silicon Layers for Heterojunction Solar Cells by Hot-Wire CVD (HWCVD), 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Brüssel, 24.–28. September 2018 (Poster).

Lachmann, K.; Duckstein, R.; Gepp, M. M.; Rodler, N.; Scheurer, Z.; Kayatz, F.; Neubauer, J. C.; Stramm, C.; Liebmann, A.; Zimmermann, H.; Thomas, M.: Labbag® - A closed and surface based system to cultivate human stem cells in hanging droplets, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, Braunschweig, 8.–10. November 2018 (Poster).

Moustafa, E. M.; Dietz, D.; Thomas, M.: Electrodeposition of Zn from ZnCl₂-ethyl methyl sulfone electrolyte, European Technical Coatings Congress (ETCC), Amsterdam, The Netherlands, 26.–29. Juni 2018 (Poster).

Neumann, F.: PureBau – Ein Verbundprojekt zur Untersuchung photokatalytisch hocheffizienter Baustoffe; Eingeladener Vortrag im Rahmen des 5. Photokatalyse-Kolloquiums »Saubere Städte durch Photokatalyse – Fortschritte für bessere Luft«; Fachverband angewandte Photokatalyse im Verband der Mineralfarbenindustrie e.V., Frankfurt am Main, 27. September 2018.

Neubert, T.; Zeren, V.; Thomas, M.; Lachmann, K.: Beschichtung von 3D gedruckten Scaffoldstrukturen mittels Plasmajet (Vortrag), 13. ThGOT | Thementage Grenz- und Oberflächentechnik, Zeulenroda, 13.–15. März 2018.

Neubert, T.; Lachmann, K.; Zeren, V.; Thomas, M.: Atmospheric plasma treatment for reduction of the migration of PVC plasticisers from blood bags, Medical Fluid Bags, Köln, 21.–22. Juni 2018 (Vortrag).

Neubert, T.; Cámara Torres, M.; Zeren, V.; Lachmann, K.; Thomas, M.; Sinha, R.; Domingues Mota, C.; Patelli, A.; Moroni, L.: Influence of the structure of 3D printed scaffolds on film deposition with an atmospheric plasma jet, 16th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 17.–21. September 2018 (Vortrag).

Neubert, T.; Lachmann, K.; Zeren, V.; Howitz, S.; Scopece, P.; Patelli, A.; Thomas, M.: Funktionale Beschichtungen von 3D gedruckten Polymeren, 26. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, Dresden, 17.–18. Oktober 2018 (Vortrag).

Neubert, T.; Lachmann, K.; Zeren, V.; Cámara Torres, M.; Mota, C.; Moroni, L.; Thomas, M.: Surface modifications of PEOT/PBT scaffolds for the improvement of cell adhesion and proliferation, Annual Meeting of the German Society for Biomaterials, Braunschweig, 8.–10. November 2018 (Vortrag).

Paschke, H.; Stangier, D.; Bräuer, G.; Tillmann, W.: Nano-structured multiphase coatings for wear reduction under thermal load conditions, 8th NRW-NanoKonferenz, Dortmund, 21.–22. November 2018.

Paschke, H.; Weber, M.; Mejauschek, M.: Randschicht- und Oberflächenmodifikation von Werkzeugen der Warmmassivumformung zur Erhöhung der Standzeit, 6. VDI-Fachkonferenz Warmmassivumformung, Düsseldorf, 7.–8. Februar 2018.

Paschke, H.; Mejauschek, M.; Weber, M.; Brunotte, K.; Siegmund, M.; Lippold, L.; Lenz, D.; Braeuer, G.; Behrens, B.-A.; Dueltgen, P.: Adaptations in diffusion treatments enable the tool life time enhancement of forging dies, 16th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE, Garmisch-Partenkirchen, 17.–21. September 2018.

Pflug, A.; Siemers, M.; Melzig, T.; Vergöhl, M.: Magnetron sputtering – fundamentals, applications and modelling methods, 7th International Conference on Microelectronics and Plasma Technology ICMAP, 24. Juli 2018, Incheon, KR (Tutorial Lecture).

Pflug, A.; Melzig, T.; Siemers, M.; Zickenrott, T.; Bruns, S.; Britze, C.; Vergöhl, M.: PIC-MC simulation study of rotational magnetron sputtering, 7th International Conference on Microelectronics and Plasma Technology ICMAP, 26. Juli 2018, Incheon, KR (Eingeladener Vortrag).

Pflug, A.; Melzig, T.; Siemers, M.; Zickenrott, T.; Bruns, S.; Britze, C.; Vergöhl, M.; Kirschner, V.: 3D modelling of bipolar magnetron sputtering plasma discharges, 16th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE, 20. September 2018, Garmisch-Partenkirchen (Vortrag).

Pflug, A.: DSMC / PIC-MC Simulation von Niederdruck-Beschichtungsprozessen, Workshop – Wie Unternehmen von High-Performance-Computing (HPC) in der Cloud profitieren können, Microsoft Deutschland GmbH, München, 26. November 2018 (Vortrag).

Pribbenow, J.; Landgraf, P.; Mejauschek, M.; Grund, T.; Lampke, T.: Neural Network for Predicting Plasma Nitriding Results (Poster), 20. Werkstofftechnisches Kolloquium, Chemnitz, 14.–15. März 2018.

Rieke, J.; Gerdes H.; Bandorf, R.; Schütte, T.; Bräuer, G.: Controlling stoichiometry and ionization of reactive HIPIMS processes by using plasma emission monitoring, 61th Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters SVC, Orlando, Florida, USA, 5.–10. Mai 2018 (Vortrag).

Schiffmann, K. I.: SIMS Analyse tribologischer Schichten - Quantitative Bestimmung von H in DLC und Cr in CrN-Schichten auf gekrümmten Oberflächen: Einfluss des Einfallswinkels und Abnahmewinkels, 20. Arbeitstagung Angewandte Oberflächenanalytik (AOFA 20), Kaiserslautern, 3.–5. September 2018 (Poster).

Schütte, T.; Neiß, P.; Rieke, J.; Bandorf, R.; Gerdes H.: Novel process control technique for reactive high-density plasmas by combining different control methods, 61th Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters SVC, Orlando, Florida, USA, 5.–10. Mai 2018 (Vortrag).

Siemers, M.; Pflug, A.; Ulrich, S.; Heintze, M.: Simulation of Waveform and Frequency effects in Dual Magnetron Sputtering, 61th Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters SVC, Orlando, Florida, USA, 5.–10. Mai 2018 (Vortrag).

Sittinger, V.; Jung, S.; Britze, C.; Gerdes, H.; Schorn, D.; Wallendorf, T.; Bräuer, G.: HIPIMS superimposed sputtering of Al-doped zinc oxide films from rotatable targets, 9th International Conference on Fundamentals and Applications of HIPIMS, Sheffield, England, Juni 2018 (Vortrag).

Sittinger, V.; Höfer, M.; Harig, T.; Justianto, M.; Thiem, H.: Anti-Reflective Coatings Deposited by HWCVD Process on Glass and Plastics, Würzburg, 12th ICCG, Juni 2018 (Vortrag).

Sittinger, V.; Jung, S.; Britze, C.; Gerdes, H.; Schorn, D.; Walendorf, T.; Bräuer, G.: HPMF process of Al-doped zinc oxide films from rotatable targets, 61st Society of Vacuum Coaters Technical Conference, Orlando, USA, Mai 2018 (Vortrag).

Sittinger, V.: Konzepte von In-line PECVD Quellen, 21. Sitzung INPLAS-AG »Neuartige Plasmaquellen und –prozesse«, Ditzingen, April 2018 (Vortrag).

Thomas, M.; Eichler, M.; Lachmann, K.; Dohse, A.; Nagel, K.; Borris, J.; Klages, C.-P.: Plasma Printing – Area-selective plasma functionalization of surfaces – Plasma sources and applications, 20th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE, Garmisch-Partenkirchen, 17.–21. September 2018 (Eingeladener Keynote-Vortrag).

Thomas, M.: Fundamental and Trends of Plasma Surface Processing – Surface engineering with atmospheric-pressure plasmas, 20th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE, Garmisch-Partenkirchen, 17.–21. September 2018 (Eingeladener Tutorial-Vortrag).

Thomas, M.: Innovationen durch Plasma – Biofunktionalisierung von Oberflächen als Basis neuer Produkte, Niedersächsischer Life Science Tag September 2018, Göttingen (Eingeladener Vortrag).

Vogtmann, J.; Kaestner, P.; Weber, M.; Balzer, L.; Bräuer, G.: Correlation between process parameters and layer formation during plasma nitriding and boriding of nickel based alloys, Proceedings of the 16th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 17.–21. September 2018 (Poster).

Weber, M.: Werkzeugbeschichtungen für die Kalt- und Warmumformung von Leichtmetalllegierungen, 10. Forum »Tribologische Entwicklungen in der Blechumformung«, Darmstadt, 6.–7. Juni 2018.

Weber, M.; Mejauschek, M.; Paschke, H.; Bräuer, G.; Kaestner, P.; Vogtmann, J.; Wessel, J.: Plasmaboriding of high-alloyed tool steels – a new approach for wear reduction on highly loaded forming tools (Oral presentation OR2007), 16th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE, Garmisch-Partenkirchen, 17.–21. September 2018 (Vortrag).

Weidlich, E.-R.; Herrmann, A.; Dohse, A.; Reuther, C.; Lomtscher, A.; Hoffmann, L.; Köther, J.; Thomas, M.: MONK – New materials equipped with functional surface features via innovative composite coatings, NRW Nano Conference, Dortmund, November 2018 (Poster).

Dissertationen

Campos Carreri, Felipe de: Investigation of industrially-suited processes for deposition of oxide thin films by high power impulse magnetron sputtering, Dissertation, zugl.: Braunschweig, Technische Universität, 2017.

Masterarbeiten

Bröcker, Lars: PECVD-Abscheidung von stickstoff- und sauerstoffhaltigen diamantähnlichen Kohlenstoffschichten für den Einsatz als Antifouling-Beschichtung, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Charfi, Hela: Optimierung der Härteprüfung an Zahnstangen, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Dittrich, Fabian: Numerische Strömungsdynamik und aquatisch-chemische Modellierung des Loskop Dam Stausees, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Guljakow, Jürgen: OES kontrollierte Abscheidung von Vorläuferschichten zur Erzeugung von p-Typ TCOs nach Elektronenstrahl- und Flash-Lamp-Behandlung, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Hickmann, Simon: Zeitgesteuerte Raman-Spektroskopie zur aktiven Unterdrückung von Fluoreszenz, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Kalina, Jan: Vergleich von Reaktorkonzepten bei der elektrochemischen Herstellung von H_2O_2 durch Oxidation von Wasser, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Kolmer, Philipp: Reduzierung von akustischen Emissionen im Differentialgetriebe durch die Oberflächenoptimierung der Kontaktpartner, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Radosh, Aleksandra: Flexible conductive paths for silicone implants, Poznan University of Technology, Masterarbeit, 2018.

Schudack, Lisa Kristina: Einflussnahme der Materialschädigung durch Regenerosion auf einen potentiellen Eisansatz an beschichteten GFK-Proben der Rotorblätter von Windenergieanlagen, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Volland, Tim: Thermische Randschichtbehandlung von a-C:H-Werkzeugbeschichtungen mittels Flash Lamp Annealing, Technische Universität Braunschweig, Masterarbeit, 2018.

Bachelorarbeiten

Heinen, Matthias: Inbetriebnahme einer ALD-Beschichtungsanlage zur Abscheidung photokatalytischer TiO₂-Schichten, Technische Universität Braunschweig, Bachelorarbeit, 2018.

Oertel, Christine: Untersuchung zur Bestimmung der photokatalytischen Depositionsgeschwindigkeit von Stickstoffmonoxid, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wolfenbüttel, Bachelorarbeit, 2018.

Märtins, David: Einfluss des verwendeten Abscheideverfahrens auf die Eigenschaften von gesputterten Kohlenstoffschichten, Technische Universität Braunschweig, Bachelorarbeit, 2018.

Vogel, Linda: Untersuchung der Eigenschaften gesputterter Oxidschichten bei veränderter Distanz auf planen und gekrümmten Substraten, Fachhochschule Lübeck, Bachelorarbeit, 2018.

Ziemer, Inga: Untersuchung zur Bestimmung der photokatalytischen Depositionsgeschwindigkeit von NO_x im Rührkesselreaktor, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wolfenbüttel, Bachelorarbeit, 2018.

Studienarbeiten

Britze, Chris: Entwicklung eines Strahlenteilers mit geringem Wellenfrontfehler, Braunschweig, Studienarbeit, 2018.

Lips, Julian: Gravimetrische Vermessung der Derivatisierung von Aminogruppen mittels 4-Trifluoromethylbenzaldehyde (TFBA). Braunschweig, Studienarbeit, 2018.

Rawe, Julian: Inbetriebnahme eines Prüfstands zur Bewertung der Verschleißbeständigkeit von Beschichtungen für Pultrusionswerkzeuge, Braunschweig, Studienarbeit, 2018.

Schutzrechanmeldungen

Vergöhl, M.; Pflug, A.; Bruns, S.; Zickenrott, T.: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Schichten ohne Uniformitätsmasken.

Vergöhl, M.; Pflug, A.; Bruns, S.; Kaiser, A.; Melzig, T.; Zickenrott, T.: Verfahren und Vorrichtung zur Abscheidung optischer Schichten auf geformten Oberflächen mit speziellem Schichtprofil.

Biehl, S.; Paetsch, N.; Meyer-Kornblum, E. C.: Multisensorisches Schichtsystem für Anwendungen in Hochlastbereichen mit der Beispielapplikation am sensorischen Königszapfen (King Pin).

Ortner, K.; Stephan, M.: Dental article with a coating comprising nanostructures made of yttria-stabilized zirconia.

Hell, K.; Nagel, K.; Eichler, M.; Herrmann, A.; Kunze, C.: Benetzungssteuerung einer Masse B durch gezielte Benetzung mit Flüssigkeit A.

BILDVERZEICHNIS

- 2 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 3 Bild 1. Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST
- 6 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 6 Bild 2. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 7 Bild 3. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 8 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 9 Foto: Ionbond
- 11 Fotos: Stellenbosch University
- 13 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 15 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 20 Fotos: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 21 Fotos: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 22 Fotos: Jan Benz, Fraunhofer IST
- 23 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 24 Foto l.: Jan Benz, Fraunhofer IST
- 24 Foto r.: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 25 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 26 Foto: Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST
- 27 Foto: Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST
- 28 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 30 Bild 1. Manuela Lingnau, Fraunhofer IST
- 30 Bild 2. Illustration Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 31 Bild 3. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 32 Bild 1. Manuela Lingnau, Fraunhofer WKI
- 32 Bild 2. Eike Meyer-Kornblum, Fraunhofer IST
- 33 Bild 3. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 34 Bild 1. Fraunhofer IST
- 34 Bild 2. Fraunhofer IST
- 35 Fotos: Martin Weber, Fraunhofer IST
- 36 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 36 Bild 2. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 38 Bild 1. Fraunhofer IST
- 38 Bild 2. Fraunhofer IST
- 40 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 40 Bild 2. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 41 Bild 3. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 42 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 42 Bild 2. Fraunhofer IST
- 43 Bild 3. Fraunhofer IST
- 44 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 46 Bild 1. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 46 Bild 2. Nancy Paetsch, Fraunhofer IST
- 47 Bild 3. Nancy Paetsch, Fraunhofer IST
- 48 Bild 1. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 50 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 52 Bild 1. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 52 Bild 2. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 53 Bild 3. Rainer Meier, BFF Wittmar
- 56 Bild 1. Nils Mainusch, Fraunhofer IST
- 56 Bild 2. Tim Tielebörger, HAWK
- 57 Bild 3. Marko Reitz, Fraunhofer IST
- 58 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST

- 60 Bild 1. Stefan Bruns, Fraunhofer IST
62 Bild 1. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
64 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
66 Fotograf?
67 Fotograf?
68 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
68 Bild 2. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
70 Bild 1. Jan Benz, Fraunhofer IST
70 Bild 2. Sven Pleger, Fraunhofer IST
72 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
74 Bild 1. Jan Benz, Fraunhofer IST
74 Bild 2. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
75 Bild 3. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
76 Bild 1. Manuela Lingnau, Fraunhofer IST
76 Bild 2. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
77 Bild 3. Andreas Pflug, Fraunhofer IST
78 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
79 Bild 2. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
79 Bild 3. Illustration: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
80 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
84 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
86 Bild 2. Mirko Krenzel, Fraunhofer
88 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
88 Bild 2. Fraunhofer IST
89 Bild 3. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
89 Bild 4. Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST
90 Foto: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
96 Bild 1. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
96 Bild 2. Falko Oldenburg Fraunhofer IST
97 Bild 3. Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
99 Bild 1. Ilka Blumentritt, INPLAS e. V.

IMPRESSUM

Das Fraunhofer-Institut für Schicht-
und Oberflächentechnik IST

Institutsleitung

Prof. Dr. Günter Bräuer

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Stellvertretender Institutsleiter

Dr. Lothar Schäfer

Bienroder Weg 54 E

38108 Braunschweig

Telefon +49 531 2155-0

Fax +49 531 2155-900

info@ist.fraunhofer.de

www.ist.fraunhofer.de

Redaktion und Koordination

Dr. Simone Kondruweit

Sandra Yoshizawa

Layout

Dipl.-Des. Falko Oldenburg

Druck

gutenberg beuys feindruckerei GmbH

www.feindruckerei.de

© Fraunhofer IST 2019

