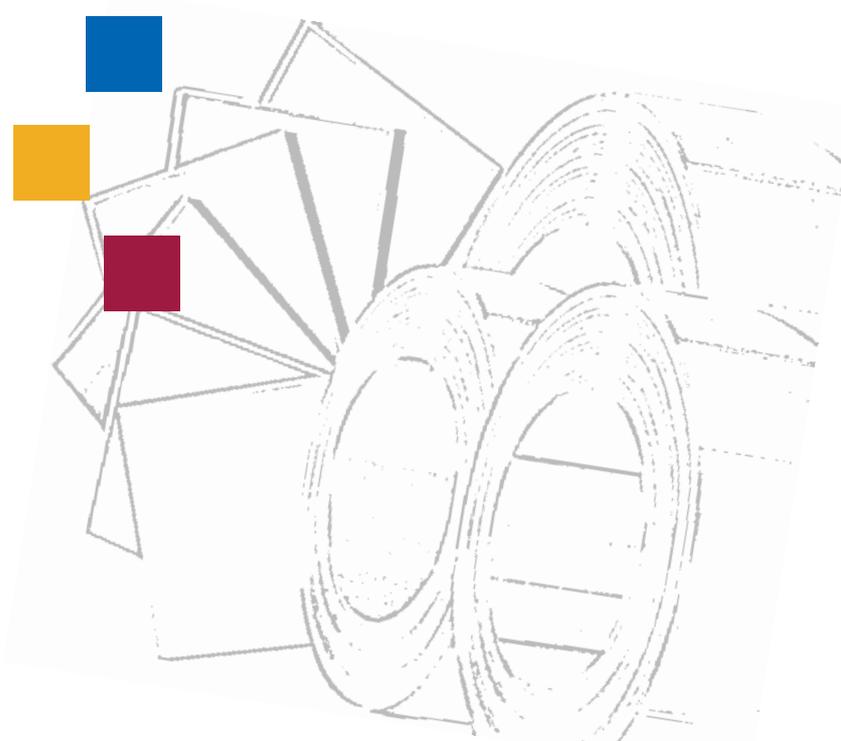




**Fraunhofer** Institut  
Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik

# Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2003

## Achievements and Results Annual Report 2003





# Jahresbericht 2003 Annual Report 2003

Fraunhofer-Institut  
für Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik FEP

Fraunhofer Institute  
for Electron Beam and  
Plasma Technology FEP



Fraunhofer-Institut  
für Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik FEP

Fraunhofer Institute  
for Electron Beam and  
Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28  
01277 Dresden

Telefon: +49 (0) 3 51 / 25 86-0  
Telefax: +49 (0) 3 51 / 25 86-105  
E-mail: [info@fep.fraunhofer.de](mailto:info@fep.fraunhofer.de)  
[www.fep.fraunhofer.de](http://www.fep.fraunhofer.de)



Sehr geehrte Damen und Herren,

Sie halten den Jahresbericht des Fraunhofer-Instituts für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik für das Jahr 2003 in den Händen, und ich freue mich, wenn wir Ihnen auch in diesem Jahr wieder interessante Informationen und Anregungen bieten können.

Wir schauen auf ein hinsichtlich der wirtschaftlichen Lage schwieriges Jahr zurück, in dem insbesondere unsere Erträge aus direkten Kooperationen mit der Industrie deutlich hinter den Erwartungen zurückblieben. Die anhaltende Konjunkturschwäche sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene hinterlässt auch im Haushalt des Fraunhofer FEP tiefe Spuren. Fehlende Aufträge aus dem ostasiatischen Raum, einem Terrain, auf dem das Institut in den vergangenen Jahren besonders erfolgreich war, leisten dabei einen wesentlichen Beitrag. Allerdings deutet nun alles auf das »Licht am Ende des Tunnels« hin, und für 2004 haben wir bereits Projekte mit erheblichem finanziellen Umfang aus Japan unter Vertrag.

Neben dem eigentlichen Technologietransfer betrachten wir die Förderung des Dialogs zwischen Fachleuten aus Forschung und Industrie weiterhin als eine unserer wichtigsten Aufgaben. Das im Jahr 2002 unter Federführung des Fraunhofer FEP gegründete Kompetenzzentrum »ELEWER - Der Elektronenstrahl als Werkzeug« hat 2003 zwei Industrieforen durchgeführt, die auf großes Interesse stießen. Erfolgreich waren auch Workshops zum Thema »Pulsed Plasma Surface Technologies« in Japan, China und Korea. Insbesondere

unsere Industriekontakte in Korea haben wir zusammen mit unserem lokalen Partner, dem KITECH, weiter ausgebaut.

Mit der Aufstellung einer neuen Inline-Sputteranlage im Technikum Dresden wurde ein besonderer Meilenstein gesetzt. Die Anlage soll im Frühjahr 2004 den Betrieb aufnehmen und wird uns neue Perspektiven im Bereich der Großflächenbeschichtung eröffnen.

Die umfangreichen Baumaßnahmen zur Erweiterung der Institute im Dresdner Fraunhofer-Institutszentrum werden voraussichtlich im kommenden Sommer abgeschlossen sein. Für die enormen Investitionen seitens der Fraunhofer-Gesellschaft und des Freistaates Sachsen sind wir sehr dankbar, wir sehen sie als großartige Chance, aber auch als Verpflichtung, unsere Leistungen zu steigern.

Abschließend möchte ich die Gelegenheit nutzen und mich bei unseren Partnern in Forschung und Entwicklung, unseren Auftraggebern aus der Industrie, bei allen Förderern, Kollegen und Freunden bedanken. Durch ihr Vertrauen, ihre Unterstützung und die gute Zusammenarbeit haben sie alle Anteil am Erfolg unseres Instituts. Die Basis hierzu lieferten natürlich auch im vergangenen Jahr wieder die Leistungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FEP, denen ich an dieser Stelle ganz herzlich für ihr Engagement danke.

Prof. Dr. Günter Bräuer

# Foreword

Ladies and gentlemen,

You are holding the annual report of the Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik for the year of 2003 in your hands and I would be pleased if we can offer you some more interesting information and ideas again this year.

We look back on a difficult year where the economic situation is concerned. A year in which our income from direct cooperation with industry especially stayed way behind our expectations. The continuing recession nationally and internationally leaves a deep mark in the budget of the Fraunhofer FEP. A lack of contracts from East Asia, a terrain on which the institute was especially successful during the past years, has contributed considerably to this. However, now everything points to "the light at the end of the tunnel" and for 2004 we have received projects under contract from Japan with considerable financial size.

Beside the actual technological transfer, we consider the promotion of dialog between the experts of research and industry as being one of our most important tasks. The expertise centre "ELEWER - Der Elektronenstrahl als Werkzeug" (The electron beam as tool), founded in 2002 and lead-managed by Fraunhofer FEP, conducted two industry forums in 2003 that met with great interest. Also successful were the workshops in Japan, China and Korea on the subject "Pulsed Plasma Surface Technologies".

Our industry contacts in Korea in particular have been extended in cooperation with our local partner KITECH.

With the setting up of a new Inline-Sputterplant at our pilot plant in Dresden a special milestone was set. The equipment is to go into service in early spring of 2004 and will open up new vistas in the field of large surface coating.

The extensive building measures undertaken for the expansion of institutes at the Dresden institute centre are expected to be completed in the coming summer. We are very grateful to the Fraunhofer-Gesellschaft and the free State of Saxony for the enormous investments and regard them, not only as an excellent chance, but as a commitment to increase our performances, too.

To close, I would like to take this opportunity of thanking our partners in research and development, our customers from industry, all our sponsors, colleagues and friends. With their trust, their support and the good cooperation, they all have a share in the success of our institute. Naturally, the basis of this was again provided by the performances of the employees of the FEP last year, and I thank them most warmly at this point for their commitment.



Prof. Dr. Günter Bräuer

# Inhalt

Vorwort	2
Inhalt	4
Unser Kuratorium	6
Organisationsstruktur Kontaktpersonen	8
Das Institut im Profil	10
Das Institut in Zahlen	12
Die Fraunhofer-Gesellschaft	14
Verbundprojekt VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH und FEP Dresden	16
Reaktive Modifizierung nativer Öle mittels Elektronen	20
Zwischen Heiß und Kalt: Das Vakuum-Isolations-Paneel	28
ELEWER Kommunikations- und Technologieplattform für Elektronenstrahltechnologie	34
Aktivitäten im asiatischen Raum	40
In-line Sputteranlage ILA 900 - Eine Investition für die Zukunft	42
Nasschemische Reinigung vor Vakuum-Beschichtungsprozessen - Ein notwendiges Übel?	46
Festkolloquium zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. Siegfried Schiller	52
Entwicklung einer Sputterstromversorgung für den Mittelfrequenzbereich mit Pulspaket-Modus i-Pulse PPSG60	58
Namen, Daten, Ereignisse	64
Jahresrückblick 2003	68
Anfahrt	70

# Contents

Foreword	3
Contents	5
Our Board of Trustees	7
Organizational Structure Contact Persons	9
The institute in profile	11
The institute in figures	13
The Fraunhofer-Gesellschaft	15
Joint Research Project VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH and FEP Dresden	17
Reactive modification of native oils by means of electrons	21
Between hot and cold: The vacuum insulation panel	29
ELEWER communication and technology platform for electron beam technology	35
Activities in Asia	41
In-line Sputter Plant ILA 900 - An Investment for the Future	43
Wet chemical cleaning before vacuum coating processes - A necessary evil?	47
Festive colloquium held on Prof. Dr. Siegfried Schiller's 70 <sup>th</sup> birthday	53
Development of a sputter power supply for the low kHz frequency range with pulse packet mode i-pulse PPSG60	59
Names, Dates, Events	64
Review of 2003	68
How to reach us	70

# Unser Kuratorium

Dem Kuratorium gehörten zum Jahresende 2003 folgende Mitglieder an:

<b>Dr. Ulrich Engel</b>	Kuratoriumsvorsitzender ZOLLERN BHW Gleitlager GmbH & Co.
<b>Prof. Dr. Oechsner</b>	Stellvertretender Kuratoriumsvorsitzender Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik an der Universität Kaiserslautern
<b>Prof. Dr. Winfried Blau</b>	EFDS Europäische Fördergesellschaft »Dünne Schichten« e.V.
<b>Dr. Rolf Blessing</b>	Interpane Entwicklungs- und Beratungsgesellschaft
<b>Dipl.-Phys. Eckhard Dietrich</b>	Ehem. Geschäftsführer Leybold Systems GmbH
<b>Dr. Siegfried Döttinger</b>	DaimlerChrysler AG
<b>MinRat Dr. Helmut Ennen</b>	Sächsisches Verbindungsbüro Brüssel
<b>Prof. Dr. Dieter Junkers</b>	Corus Special Strip
<b>Dipl.-Ing. Roland Lacher</b>	Singulus Technologies AG
<b>Dipl.-Ing. Konrad Meier</b>	Schmidt-Seeger AG
<b>Dipl.-Ing. Jürgen Meinel</b>	Leybold Optics GmbH
<b>Prof. Dr. Gerald Gerlach</b>	Technische Universität Dresden, Institut für Festkörperelektronik
<b>Dr. Heinz Hilgers</b>	IBM Labor Service
<b>Reg.-Dir. Peter Nothnagel</b>	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit
<b>Dr.-Ing. Michael Steinhorst</b>	Dortmunder Oberflächenzentrum GmbH
<b>MinRat Dr. Reinhard Zimmermann</b>	Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst

Die jährliche Kuratoriumssitzung fand am 14. Mai 2003 im Fraunhofer FEP in Dresden statt. Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft war durch Herrn Dr. Alfred Gossner vertreten. Als Gast begrüßten wir Herrn Dr. Hans-Ulrich Wiese.

Wir bedanken uns sehr herzlich bei allen Kuratoren für ihren Einsatz zur erfolgreichen Entwicklung des Instituts.

# Our Board of Trustees

The following were the members of the Board of Trustees at the end of the year 2003:

<b>Dr. Ulrich Engel</b>	Chairman of the Board of Trustees ZOLLERN BHW Gleitlager GmbH & Co.
<b>Prof. Dr. Oechsner</b>	Deputy Chairman of the Board of Trustees Institute for Surface and Layer Analysis at the University of Kaiserslautern
<b>Prof. Dr. Winfried Blau</b>	European Sponsoring Society »Dünne Schichten« e.V.
<b>Dr. Rolf Blessing</b>	Interpane Entwicklungs- und Beratungsgesellschaft
<b>Dipl.-Phys. Eckhard Dietrich</b>	Former Managing Director of Leybold Systems GmbH
<b>Dr. Siegfried Döttinger</b>	DaimlerChrysler AG
<b>MinRat Dr. Helmut Ennen</b>	Saxon Liaison Office Brussels
<b>Prof. Dr. Dieter Junkers</b>	Corus Special Strip
<b>Dipl.-Ing. Roland Lacher</b>	Singulus Technologies AG
<b>Dipl.-Ing. Konrad Meier</b>	Schmidt-Seeger AG
<b>Dipl.-Ing. Jürgen Meinel</b>	Leybold Optics GmbH
<b>Prof. Dr. Gerald Gerlach</b>	Technical University of Dresden, Institute for Solid State Electronics
<b>Dr. Heinz Hilgers</b>	IBM Labor Service
<b>Reg.-Dir. Peter Nothnagel</b>	Saxon State Ministry of Economy and Labor
<b>Dr.-Ing. Michael Steinhorst</b>	Dortmunder Oberflächenzentrum GmbH
<b>MinRat Dr. Reinhard Zimmermann</b>	Saxon State Ministry of Science and Arts

The annual meeting of the Board of Trustees was held on 14<sup>th</sup> May 2003 at Fraunhofer FEP in Dresden. The Fraunhofer-Gesellschaft Board was represented by Dr. Alfred Gossner. We welcomed Dr. Hans-Ulrich Wiese as guest.

We sincerely thank all our trustees for their contribution towards the institute's successful development.

# Organisationsstruktur

## Kontakte



### Schutzrechte

Protective Rights

Jörg Kubusch  
joerg.kubusch@fep.fraunhofer.de

### Institutsleitung/Chairmanship



Prof. Dr.  
**Günter Bräuer**  
guenter.braeuer@fep.fraunhofer.de

**Institutsleiter**  
Director



### Bereich Elektronenstrahl

Division Electron Beam

Dipl.-Phys.  
Rainer Bartel  
rainer.bartel@fep.fraunhofer.de



### Bereich Plasma

Division Plasma

Prof. Dr.  
Volker Kirchhoff  
volker.kirchhoff@fep.fraunhofer.de

### Sekretariat/Bibliothek

Brigitte Weigel  
Tel. +49 3 51 25 86-201

### Sekretariat

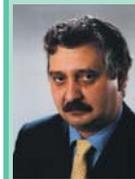
Yvonne Leidiger  
Tel. +49 3 51 25 86-101



### E-Kanonen

EB-Guns

Dr. rer. nat.  
Gösta Mattausch  
goesta.mattausch@fep.fraunhofer.de



### Beschichtung Glas

Coating Glass

Dr. rer. nat.  
Torsten Kopte  
torsten.kopte@fep.fraunhofer.de



### E-Prozesse

E-Processing

Dipl.-Phys.  
Rainer Bartel  
rainer.bartel@fep.fraunhofer.de



### Beschichtung Plastik

Coating Plastics

Dr. rer. nat.  
Nicolas Schiller  
nicolas.schiller@fep.fraunhofer.de



### Beschichtung Metall

Coating Metal Strips

Dr. rer. nat.  
Christoph Metzner  
christoph.metzner@fep.fraunhofer.de



### Beschichtung Bauteile

Coating Components

Dipl.-Phys.  
Klaus Goedicke  
klaus.goedicke@fep.fraunhofer.de



### Werkstoffkunde/Analytik

Characterization

Dr. rer. nat.  
Olaf Zywitzki  
olaf.zywitzki@fep.fraunhofer.de

# Organizational Structure

## Contact Persons



**Prof. Dr.**  
**Volker Kirchhoff**  
volker.kirchhoff@fep.fraunhofer.de

**Stellv. Institutsleiter**  
Deputy Director



**Unternehmens-**  
**kommunikation/**  
Public Relations

Annett Arnold  
annett.arnold@fep.fraunhofer.de



**Bereich Systeme/**  
**Verwaltung**  
Division Systems/  
Administration

Dipl.-Ing. Matthias Wünsche  
matthias.wuensche@fep.fraunhofer.de

### Sekretariat

Anke Weber  
Tel. +49 3 51 25 86-403



**Mechanik-Entwicklung**  
Mechanic-Development

Dipl.-Ing.  
Dieter Weiske  
dieter.weiske@fep.fraunhofer.de



**Projektmanagement**  
Project Management

Veit Mittag  
veit.mittag@fep.fraunhofer.de



**Elektronik-Entwicklung**  
Electronics-Development

Dipl.-Ing.  
Dieter Leffler  
dieter.leffler@fep.fraunhofer.de



**Einkauf**  
Purchasing

Claudia Jahn  
claudia.jahn@fep.fraunhofer.de



**Musterbau**  
Workshop

Rainer Zeibe  
rainer.zeibe@fep.fraunhofer.de



**Informationstechnologie**  
Information Technology

Dipl.-Ing.  
Roberto Wenzel  
roberto.wenzel@fep.fraunhofer.de



**Kooperation**  
Outsourcing Manufacturing

Dipl.-Ing.  
Steffen Kaufmann  
steffen.kaufmann@fep.fraunhofer.de



**Technik**  
Technical Management

Dipl.-Phys.  
Wolfgang Nedon  
wolfgang.nedon@fep.fraunhofer.de

Das Institut im Profil  
The institute in profile

Kernkompetenzen und  
Geschäftsfelder des FEP

Core Competences and  
Business Fields of FEP



Fraunhofer-Institut  
für Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik FEP

Fraunhofer Institute  
for Electron Beam and  
Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden

Telefon: +49 (0) 3 51 / 25 86-0

Telefax: +49 (0) 3 51 / 25 86-105

E-mail: [info@fep.fraunhofer.de](mailto:info@fep.fraunhofer.de)

[www.fep.fraunhofer.de](http://www.fep.fraunhofer.de)

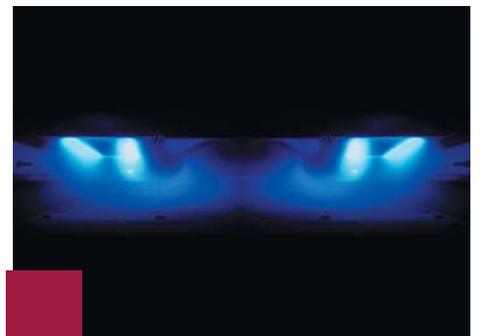
Elektronenstrahltechnologie

*Electron beam technology*



Puls-Magnetron-Sputtern

*Pulse magnetron sputtering*



Plasmaaktivierung  
für die Hochratebedampfung

*High-rate plasma activated  
reactive evaporation*





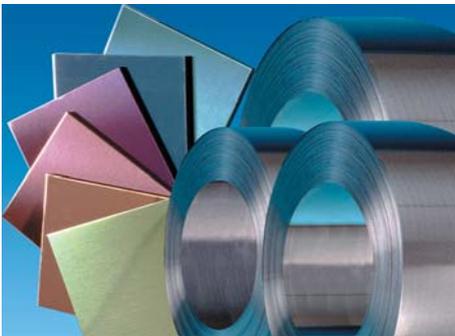
Beschichtung von Flachsubstraten mit optischen Schichten und Schichtsystemen

*Coating of flat substrates with optical thin film systems*



Beschichtung von Kunststoff-Folien und Kunststoffplatten

*Coating of plastic webs*



Beschichtung metallischer Platten und Bänder

*Coating of metal sheets and strips*



Oberflächenbehandlung und Materialbearbeitung mit dem Elektronenstrahl

*Surface treatment with electron beams*



Beschichtung von Bauteilen und Werkzeugen

*Coating of tools and machine parts*



Beschichtung von Komponenten mit elektrischen, optischen und magnetischen Schichten und Schichtsystemen

*Coating of electrical, optical and magnetic components*

Matthias Wünsche\*

Fraunhofer-Institut für

Elektronenstrahl- und

Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-400

Fax: +49-351-25 86-55-400

matthias.wuensche@fep.fraunhofer.de

## Ertragsstruktur und Finanzierung

Nach dem vorläufigen Jahresabschluss konnten, bei einem um 0,5 Mio € gegenüber dem Vorjahr reduzierten Betriebshaushalt im Jahr 2003, Wirtschaftserträge in Höhe von 3,7 Mio € erzielt werden. Das entspricht 37 Prozent des Betriebshaushalts.

Die Erträge setzen sich nach dem vorläufigen Ergebnis wie folgt zusammen (in Mio €):

Auftragsforschung (Wirtschaft)	3,7
Vertragsforschung (Bund/Land)	2,3
Vertragsforschung (EU)	0,2
Sonstige Erträge	0,7
Grundfinanzierung	3,0
Investitionen	0,1

Somit wurde im Jahr 2003 mit einem externen Ertrag von 6,9 Mio € ein Eigenanteil in Höhe von 69 Prozent an der Gesamtfinanzierung erreicht.

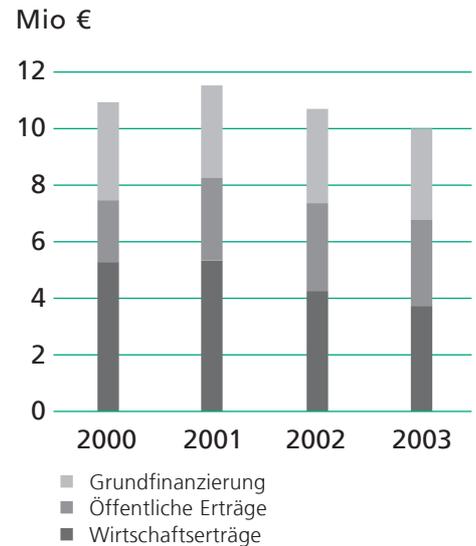


Abb. 1  
Entwicklung der Ertragsstruktur.

## Mitarbeiterentwicklung

Am Ende des Jahres 2003 verfügte das Fraunhofer FEP über ein Stammpersonal von 102 Mitarbeitern. Dieses teilt sich auf in:

wissenschaftliche Mitarbeiter	59
technische Mitarbeiter	33
Sekretariate und Verwaltung	10

Im gesamten Berichtszeitraum waren zusätzlich noch:

Auszubildende	11
Diplomanden	6
Doktoranden	3
wiss. Hilfskräfte	41
Praktikanten	12

im FEP beschäftigt.



Abb. 2  
Entwicklung des Betriebshaushalts.

## Structure of proceeds and financing

According to the provisional accounts for the fiscal year of 2003, whereby the company budget was reduced by 0.5 Mio €, proceeds of 3.7 Mio € were achieved. This corresponds to 37 % of the company budget.

The proceeds are made up as follows (in Mio €):

Assignment research (Economy)	3.7
Contract research (public/State)	2.3
Contract research (EU)	0.2
Other proceeds	0.7
Fundamental financing	3.0
Investments	0.1

In the year 2003 external proceeds came to 6.9 Mio € whereby an equity ration of 69 % of the fundamental financing was achieved.

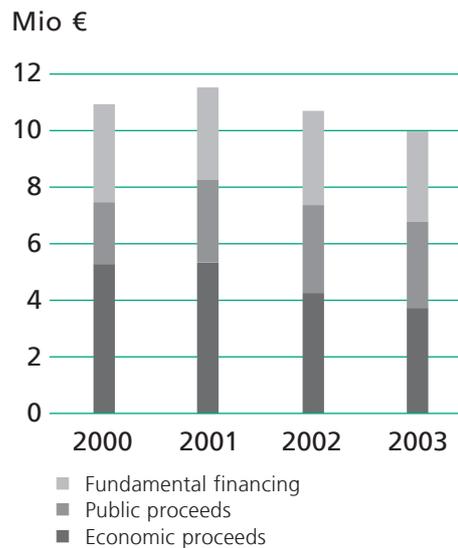


Fig. 1  
Development and proceeds structure.

## Employment development

At the end of 2003 Fraunhofer FEP had a permanent staff of 102 employees working at FEP. This is divided up as follows:

Scientific staff	59
Technical staff	33
Secretarial and administrative staff	10

During the whole report period we also had:

Apprentices	11
Undergraduates	6
Postgraduates	3
Scientific help staff	41
Trainees	12

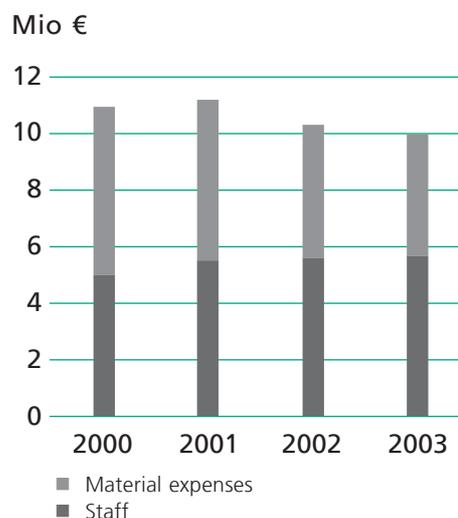


Fig. 2  
Development of the company budget.

Matthias Wünsche\*

Fraunhofer Institute for

Electron Beam and

Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-400

Fax: +49-351-25 86-55-400

matthias.wuensche@fep.fraunhofer.de

# Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt anwendungsorientierte Forschung zum unmittelbaren Nutzen für Unternehmen und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. Im Auftrag und mit Förderung durch Ministerien und Behörden des Bundes und der Länder werden zukunftsrelevante Forschungsprojekte durchgeführt, die zu Innovationen im öffentlichen Nachfragebereich und in der Wirtschaft beitragen.



Mit technologie- und systemorientierten Innovationen für ihre Kunden tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Dabei zielen sie auf eine wirtschaftlich erfolgreiche, sozial gerechte und umweltverträgliche Entwicklung der Gesellschaft.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft eine Plattform zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 58 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über 1 Milliarde €. Davon fallen mehr als 900 Millionen € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Für rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft Erträge aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Ein Drittel wird von Bund und Ländern beigesteuert, um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mitglieder der 1949 gegründeten und als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft sind namhafte Unternehmen und private Förderer. Von ihnen wird die bedarfsorientierte Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft mitgestaltet.

Ihren Namen verdankt die Gesellschaft dem als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreichen Münchner Gelehrten Joseph von Fraunhofer (1787-1826).

# The Fraunhofer-Gesellschaft

The Fraunhofer-Gesellschaft undertakes applied research of direct utility to private and public enterprise and of wide benefit to society. Its services are solicited by customers and contractual partners in industry, the service sector and public administration. The organization also accepts commissions and funding from German federal and Länder ministries and government departments to participate in future-oriented research projects with the aim of finding

innovative solutions to issues concerning the industrial economy and society in general.

By developing technological innovations and novel systems solutions for their customers, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their local region, and throughout Germany and Europe. Through their work, they aim to promote the successful economic development of our industrial society, with particular regard for social welfare and environmental compatibility.

As an employer, the Fraunhofer-Gesellschaft offers a platform that enables its staff to develop the professional and personal skills that will allow them to take up positions of responsibility within their institute, in other scientific domains, in industry and in society.



At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains roughly 80 research units, including 58 Fraunhofer Institutes, at over 40 different locations in Germany. A staff of some 12,700, predominantly qualified scientists and engineers, work with an annual research budget of over 1 billion euros. Of this sum, more than €900 million is generated through contract research. Roughly two thirds of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. The remaining one third is contributed by the German federal and Länder governments, as a means of enabling the institutes to pursue more fundamental research in areas that are likely to become relevant to industry and society in five or ten years' time.

Affiliated research centers and representative offices in Europe, the USA and Asia provide contact with the regions of greatest importance to future scientific progress and economic development.

The Fraunhofer-Gesellschaft was founded in 1949 and is a recognized non-profit organization. Its members include well-known companies and private patrons who help to shape the Fraunhofer-Gesellschaft's research policy and strategic development.

The organization takes its name from Joseph von Fraunhofer (1787-1826), the illustrious Munich researcher, inventor and entrepreneur.



# Verbundprojekt VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH und FEP Dresden

Dr. Ullrich Hartung\*

Fraunhofer-Institut für

Elektronenstrahl- und

Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-121

Fax: +49-351-25 86-55-121

ullrich.hartung@fep.fraunhofer.de

## Grundlagen für hochbeständige »Low-E« Schichtsysteme auf Architekturglas

Das Ziel des Projektes bestand in der Entwicklung einer Technologie zur großflächigen Beschichtung flacher Glassubstrate mit wärmedämmenden »Low-E« Schichtsystemen, welche sich bei marktüblichen Wärmedämmeigenschaften durch exzellente optische und mechanische Eigenschaften auszeichnen sollten. Die hierfür auszuführenden theoretischen und experimentellen Untersuchungen sollten zu einer hochproduktiven großtechnischen Lösung führen, die es erlaubt, mit Hilfe von PVD-Prozessen Architekturglas so zu veredeln, dass durch die applizierte Wärmedämmwirkung der Wärmeverlust durch das Fenster um 60 Prozent im Vergleich zur herkömmlichen Doppelverglasung bzw. um 80 Prozent im Vergleich zur Einfachverglasung reduziert wird, ohne dass die bei marktverfügbaren Beschichtungen üblichen Kompromisse bezüglich optischer Transparenz und/oder Verarbeitbarkeit des Halbzeuges (Großglasscheibe 3,2 x 6 m<sup>2</sup>) eingegangen werden müssen.

Den Ansatzpunkt für dieses Ziel stellen dabei zwei neue FEP-Patente (DE 100 46 810 und DE 101 31 932) dar, welche die Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit der beschichteten Halbzeuge durch die Abscheidung von (jeweils zwei) Schichten des Schichtsystems in Form eines Gradienten propagieren.

Der Ablauf des Projektes im FEP erfolgte in mehreren Arbeitsetappen. Zunächst erfolgte die Adaption der Prozessführung der FEP-Laboranlage auf die Bedingungen in einer typischen Großanlage des Projektpartners ARDENNE Anlagentechnik. Dieser Schritt stellte sicher, dass sich die im Labor gewonnenen Ergebnisse ohne größere Probleme auf eine Industrieanlage überführen lassen. Danach wurde im Labor untersucht, mit welchen prozesstechnischen Methoden und Maßnahmen der Gradient zwischen nachfolgend aufgewachsenen Schichten gezielt beeinflusst werden kann. Weiterhin wurden umfassende Untersuchungen zu Auswahl (s. Abbildung 1) und Optimierung der in einem »Low-E« Schichtsystem enthaltenden dielektrischen Metalloxidschichten durchgeführt.

1a: System TiO<sub>2</sub>-Ag-NiCr-TiO<sub>2</sub>



Abb. 1a und 1b  
Mikroskopische Aufnahme der Oberfläche nach einem durchgeführten Test zur Kratzfestigkeit (50fache Vergrößerung).

### Basic principles for highly durable "Low-E" layer systems on architecture glas

The object of the project consisted in the development of a technology for large area coating of flat glass substrates with heat insulating "Low-E" layer systems featuring heat insulating, optical and mechanical properties superior to ordinary layer systems. The theoretical and experimental analyses conducted for this purpose ought to lead to a highly productive industrial solution that allows the refinement of architecture glass using PVD-processes so that, due to its heat insulating properties, the heat loss through the window is reduced by 60 % in comparison to conventional double-glazing or even by 80 % in comparison to single glazing. This goal should be achieved without the need for compromises in terms of optical transparency and/or process ability of semi-finished products (large area glass 3,2 x 6 m<sup>2</sup>) as in usual market coatings.

Two new FEP patents (DE 100 46 810 and DE 101 31 932), propagating the improvement of mechanical resistance in coated semi-finished products by means of simultaneous deposition of layers of the layer stack in the form of a gradient, represented the starting point for this aim.

The project activity at the FEP was executed in several work steps. At first, the adaptation of process execution at the FEP laboratory plant took place under conditions similar to those of a typical large area plant of the project partner ARDENNE Anlagentechnik. This step assured that the results achieved could be easily transferred to an industrial plant. Next, it was investigated in the laboratory which methods of process and procedures could influence the gradient between successively grown layers. Furthermore, substantial investigations were performed on the choice (see illustration 1) and on the optimization of dielectric metal oxides comprising a "Low-E" layer system.

Dr. Ullrich Hartung\*

Fraunhofer Institute for  
Electron Beam and  
Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-121

Fax: +49-351-25 86-55-121

ullrich.hartung@fep.fraunhofer.de

1b: System Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Ag-NiCr-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



Fig. 1a and 1b  
Microscopic photo of the surface after  
a performed test on scratch durability  
(50 times magnified).

Anhand dieser Voruntersuchungen erfolgte die Synthese eines optimalen »Low-E« Schichtsystems unter

Beachtung ökonomischer Aspekte einer Großflächenbeschichtungsanlage (s. Abbildung 2).

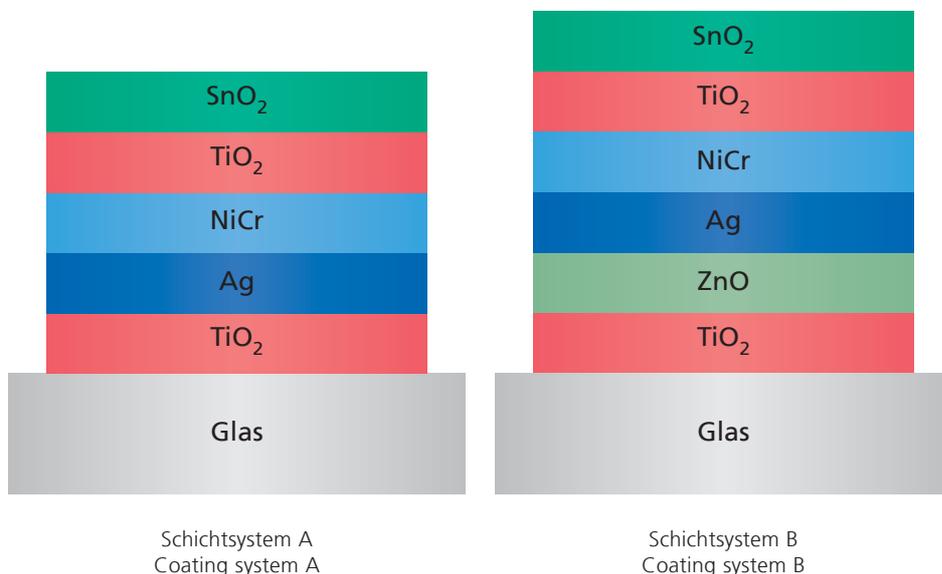


Abb. 2  
 Während der Großflächenversuche untersuchte Schichtsysteme.

Fig. 2  
 During large-scale surface tests of layer systems.

Abschließend wurden prozess-technische Vorarbeiten (z.B. Erarbeitung von Einfahr- und Einstellvorschriften; s. Abbildung 3) unternommen, welche sicherstellten, dass die erarbeiteten Technologien erfolgreich auf industrielle Großanlagen skaliert werden konnten, wie ein Feldversuch durch VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH eindrucksvoll bewies.

**Einschätzung des Nutzens und der Verwertbarkeit der Ergebnisse**  
 Beide Projektpartner schätzen übereinstimmend ein, dass im Rahmen des Projektes sowohl innovative Systemdesigns als auch Verfahren und Technologien zu deren hochproduktiver Herstellung erfolgreich entwickelt wurden.

Die in Laborversuchen sowie auch an Großanlagen beispielhaft hergestellten Schichtsysteme sind neben der sehr guten mechanischen Beständigkeit auch in den anderen wesentlichen Produkteigenschaften an Marktanforderungen ausgerichtet und erfüllen sowohl die Kriterien der Wärmeschutzverordnung als auch die etablierten

hohen Anforderungen bezüglich Transparenz und Farbneutralität. Im optischen Parameterfeld, welches in gewissem Maße auch durch modische Strömungen beeinflusst wird, wurden verschiedene Varianten untersucht und Konzepte für die schnelle Adaption an modifizierte Forderungen erarbeitet.

Die VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH ist durch die zentralen Projektergebnisse in die Lage versetzt worden, auch im Markt für Architekturglasbeschichtung als Technologieanbieter mit nachgewiesener Kompetenz für die komplexe Technologie hochqualitativer Endprodukte auftreten zu können. Dadurch eröffnen sich neue Chancen in verschiedenen Marktsituationen.

Zum einen ergibt sich die Chance, gegenüber Investoren, die bereits über Schichtsystemkompetenz verfügen, als Partner mit interessanten alternativen Schichtsystemen aufzutreten und so ein Angebot über eine Hardwarelieferung durch zusätzliche technologische Inhalte bis hin zu Lizenzvergaben aufzuwerten.

Zusätzlich eröffnet sich das wichtige Marktsegment der noch nicht technologiekompetenten Investoren, die ausdrücklich um ein gekoppeltes Angebot aus Beschichtungshardware und zugehöriger Produkttechnologie nachsuchen (insbesondere aus Ländern mit überproportionalem Marktwachstum, wie z.B. Russland und China).

Für die Herstellung hochbeständiger Schichtsysteme wurde der neue Weg der gezielten Beeinflussung des Gradienten an mechanisch tendenziell anfälligen Schichtübergängen, insbesondere im Bereich Silber-Blocker im »Low-E« Verbund untersucht. Dabei wurde ein positiver Einfluss der Gradientenschicht für bestimmte Materialkombinationen nachgewiesen. Für Anwendungen der Gradiententechnologie sehen die Projektpartner neben den hier untersuchten Ansätzen auch weitere Potentiale, so z.B. für die Herstellung von wärmebehandelbaren Schichtsystemen.

By means of this preliminary investigation the synthesis of an optimized "Low-E" layer system took place

taking into consideration economic aspects of a large area coating plant (see illustration 2).

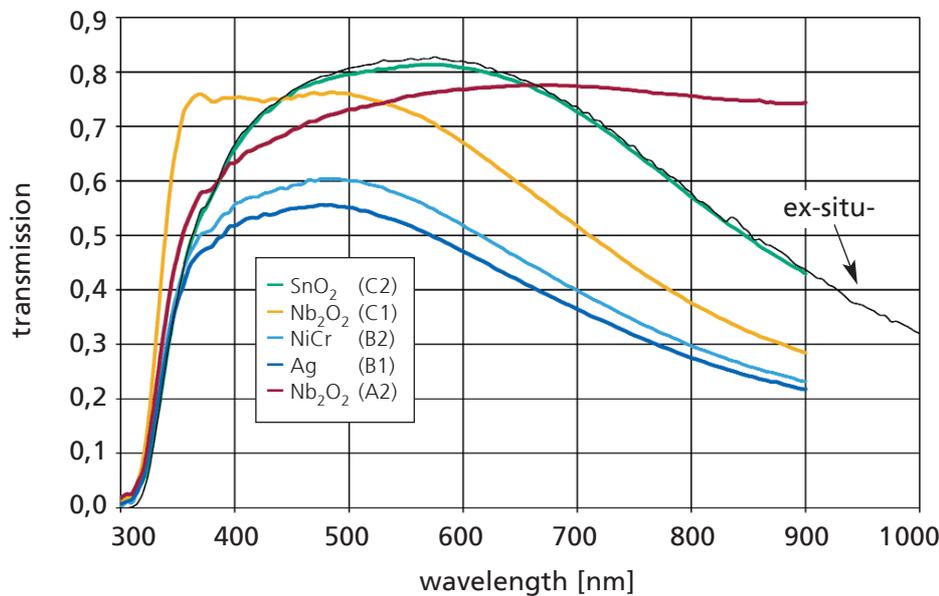


Abb. 3  
 Entwicklung der Transmission eines »Low-E«  
 Schichtsystems durch Aufbringen der einzelnen  
 Schichten

Fig. 3  
 Transmission development of "Low-E" layer  
 systems when applying single layers.

Finally, technical process preparatory work was undertaken (e.g. development of engagement and setting instructions, see illustration 3) in order to ensure that developed technologies can be successfully scaled to industrial large area plants, as impressively proven by a trial test undertaken by VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH.

#### Assessment of the utilization and the realization of the results

In agreement both project partners assess that in line with the project highly productive creations of both innovative system designs and processes and technologies were developed.

The prototypes of layer systems produced in the course of the experiments on industrial style facilities meet the technological requirements in terms of mechanical durability and heat insulation ordinance. Furthermore they perform outstandingly in areas such as transparency and color

neutrality. Different variations of the optical parameters, that tend to be subject to certain fashions, were tested and concepts were compiled for quick adaptation to modified demands.

Due to the central project results VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH is in the position to perform on the market also as technological provider with proven competence in complex technology of high quality end products and for architecture glass coating. Therefore, new chances are opening to different market situations.

The outcome of this is the chance for investors who have competence in layer systems to emerge as partner with alternative coating systems and therefore enhance an offer with additional technological contents on hardware supply culminating in the allocation of licenses.

Additionally, it opens the important market segment of technologically challenged investors who are explicitly looking for a coupled offer of coating hardware and associated product technology (especially from countries with superproportional market growth, e.g. Russia and China).

For the production of durable layer systems a new way of influencing the gradient at interfaces vulnerable to mechanical strain especially in silver-blocker-layers of "Low-E" stacks was investigated. Thus a positive influence of the gradient coating for specific material coatings was proven. Besides the investigated approaches in gradient technologies the project partners see further potential, too, as for example in the production of heat-treatable layer stacks.

# Reaktive Modifizierung nativer Öle mittels Elektronen

Wolfgang Schwarz\*

Dr. Uwe Gohs

Fraunhofer-Institut für

Elektronenstrahl- und

Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-245

+49-03 59 73-28-150

Fax: +49-351-25 86-55-245

wolfgang.schwarz@fep.fraunhofer.de

Mittels Elektronen kann gezielt Energie in Materialien eingetragen werden, um deren Eigenschaften an der Oberfläche, in der Randschicht oder im Volumen zu verändern (Abb. 1). In thermischen Prozessen (wie z.B. Schweißen, Härten und Verdampfen) wird die kinetische Energie der Elektronen im Material in Wärme umgesetzt. Andererseits erzeugen Elektronen in nicht-thermischen Prozessen in organischen Materialien angeregte Atome, Moleküle oder freie Radikale, die Initiatoren für weitere das Material modifizierende Reaktionen sind. Unterliegen mehrere möglichst reaktive Komponenten in der Fest-, Flüssig- oder Gasphase gleichzeitig dem Elektronenbeschuss, können chemische Umsetzungsprozesse zwischen ihnen und ihren Spaltprodukten initiiert werden, aus denen neue Endprodukte hervorgehen.

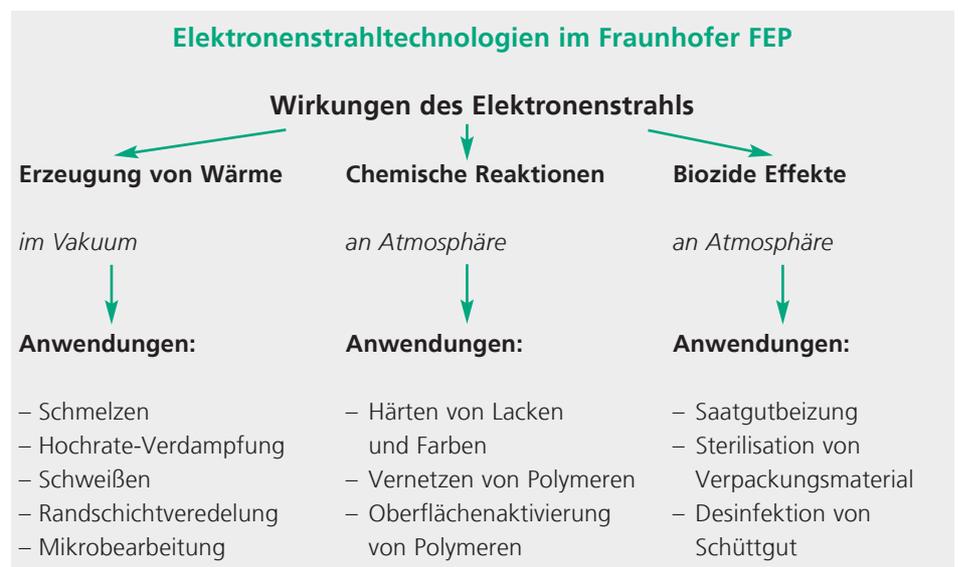
Nicht-thermische Prozesse erfolgen meist unter Normaldruck und bei Zimmertemperatur. Sie werden gegenwärtig durch die Parameter Dosis, d.h. die pro Masseneinheit absorbierte Energie, und Dosisleistung, d.h. die pro Zeiteinheit in das Produkt eingebrachte Dosis,

charakterisiert. Je nach Behandlungszweck wird Luft oder Stickstoff als Arbeitsatmosphäre gewählt. Wichtige industrielle Anwendungen sind:

- Keimreduktion und Sterilisation,
- Vernetzung von Polymeren,
- Härten organischer Schichten sowie
- Molekül- bzw. Polymermodifikation.

Bei nicht-thermischen Elektronenstrahlprozessen verlassen die im Vakuum erzeugten und beschleunigten Elektronen über ein so genanntes Strahlaustrittsfenster (meist aus einer dünnen Titan-Folie bestehend) das Vakuumsystem, um nach dem Durchdringen einer Gasschicht das zu behandelnde Produkt zu erreichen. Beim Eindringen in das Produkt kommt es zur Absorption der kinetischen Energie, in deren Ergebnis primäre Reaktionsprodukte entstehen. Diese initiieren in Abhängigkeit von den Behandlungsbedingungen (z.B. Dosis, Dosisleistung) und den Materialeigenschaften (z.B. Molekülstruktur, Aggregatzustand) sekundäre Folgereaktionen, die zu Veränderungen der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Materiales führen.

Abb. 1  
Wirkungen und technologische Nutzung  
von Elektronenstrahlen.



# Reactive modification of native oils by means of electrons

Energy can be guided by means of electrons onto materials in order to change their properties on the surface, in the edge layer or in the volume (Fig. 1). In thermal processes (e.g. welding, hardening and vaporization) the kinetic energy of the electrons is converted in the material to heat. On the other hand in non thermal processes electrons generate in organic materials excited atoms, molecules or free radicals which are initiators for further reactions modifying the material. If many as much as possible reactive components are subjected to electron bombardment in the solid-, liquid- or gas phase simultaneously, chemical reaction processes between them and their crack products can be initiated resulting in new final products.

Non thermal processes are usually carried out under normal pressure and at room temperature. They are currently characterized by the parameters dose, this means the absorbed energy per mass unit, and dose rate, this otherwise corresponds to inserted dose per

time unit into the product. Depending on treatment purpose air or nitrogen is chosen as working atmosphere. Important industrial applications are:

- germ reduction and sterilization,
- cross-linking of polymers,
- curing of organic layers as well as,
- modification of molecules or polymers.

In the case of non thermal electron beam processes the electrons which are produced and accelerated in the vacuum leave the vacuum system via a so called beam exit window (mainly made of a thin titanium foil) in order to reach after penetration of a gas layer the product to be treated. While entering the product the kinetic energy is absorbed resulting in generation of primary reaction species. In dependence on treatment conditions (e.g. dose, dose rate) and material properties (e.g. molecule structure, state of matter) these species initiate secondary consecutive reactions which lead to changes in chemical and physical material characteristics.

Wolfgang Schwarz\*

Dr. Uwe Gohs

Fraunhofer Institute for

Electron Beam and

Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

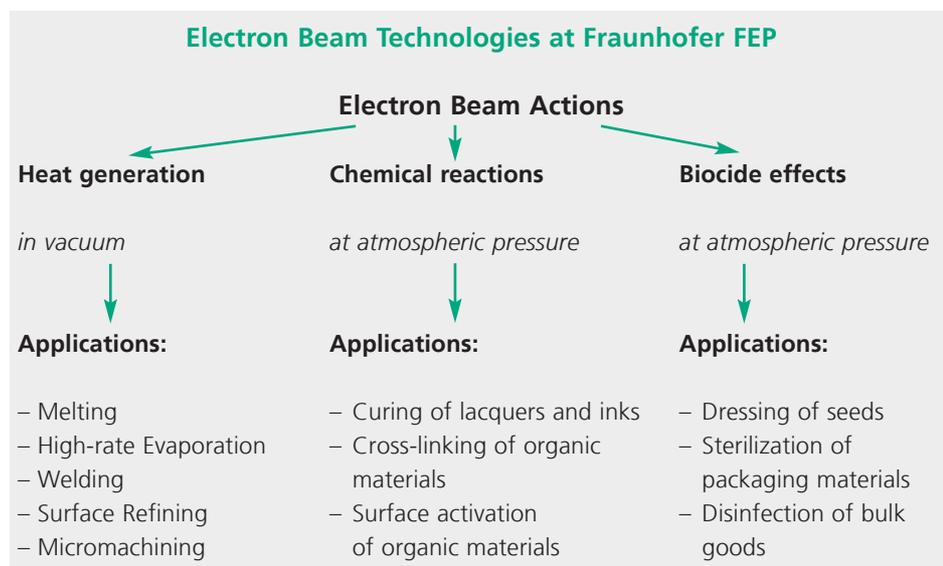
Phone.: +49-351-25 86-245

+49-03 59 73-28-150

Fax: +49-351-25 86-55-245

wolfgang.schwarz@fep.fraunhofer.de

Fig. 1  
Actions and technological utilization of electron beams.



## Motivation

Im letzten Jahrzehnt hat die Elektronenstrahltechnologie eine neue Qualität erreicht. Elektronenstrahlerzeuger sind leistungsfähiger und kompakter geworden, was eine direkte Integration in bestehende Fertigungslinien ermöglicht und Chancen für neue industrielle Anwendungen eröffnet, deren erste wissenschaftliche Grundlagen bereits seit Jahrzehnten vorliegen. In dieser Hinsicht sind reaktive Modifizierungen (bevorzugt der Oberfläche oder dünner Schichten) von Polymerrohmaterialien und Recyclingkunststoffen im unmittelbaren Herstellungsprozess sowie die Modifizierung von nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Ölen) mittels Elektronen besonders interessant.

Öle aus pflanzlichen Quellen sind bedeutende Rohstoffe der chemischen Industrie mit vielfältigen industriellen Anwendungen. Ihnen eröffnen sich nun zunehmend neue Verwertungsmöglichkeiten, die bisher aus technischen oder ökonomischen Gründen verschlossen waren. Solche Öle sind deshalb Industrierohstoffe mit erheblichem Wachstumspotenzial und zunehmender Bedeutung. Die Erweiterung der Anwendungen und Einsatzbereiche von Ölen aus nachwachsenden Ressourcen rückt erneut stärker in den Focus der Industrie. Wichtige gegenwärtige Anwendungsgebiete natürlicher Öle sind:

- Emulgatoren, Tenside,
- Firnisse, Alkyd-Farben, -Lacke, -Harze, Kleber,
- Treib- und Kraftstoffe (Biodiesel),
- Reinigungs- und Lösemittel,

- Schmieröle und -fette,
- Spezielle Vorprodukte für Kunststoffindustrie,
- Ausgangsstoffe für traditionelle Konsumgüter (z.B. Wachstuch, Linoleum),
- Trennmittel und
- Weichmacher (für Kunststoffe, z.B. PVC).

Die Modifizierung von Ölen mittels Elektronen für technische Zwecke hat industriell noch nicht begonnen, obwohl hier im Vergleich zu chemischen oder thermischen Verfahren ein genau steuerbarer und wesentlich effektiverer Energieeintrag in diese Öle erfolgen kann.

Die Möglichkeiten der Elektronenbehandlung bezüglich der Modifizierung von chemischen Bindungen sind aus dem Bereich Polymermodifikation bekannt. Hieraus leiten sich für pflanzliche Öle vielfältige Möglichkeiten ab, deren Moleküle chemisch zu verändern. Dies beginnt bei der Isomerisierung, Verschiebung oder Einfügung von Doppelbindungen, Umstrukturierung, Einzel- oder Mischpolymerisation und Vernetzung bis hin zum Crackprozess mit vielfältigen Eliminierungs- und Spaltmöglichkeiten. Wie Versuche gezeigt haben, kann über die Prozessbedingungen während der Ölbehandlung eine gezielte Beeinflussung der in den Ölen ablaufenden Sekundärreaktionen erfolgen (Patent FEP). Mit den neuen Möglichkeiten dieser gezielten **reaktiven Modifizierung** mit Elektronen (REAMODE-Prozess) steht eine neue Etappe der industriellen Verwertung nachwachsender Rohstoffe bevor.

Die Arbeiten zur reaktiven Behandlung pflanzlicher Öle mittels Elektronen wurden zusätzlich durch internationale Ergebnisse auf dem Gebiet der Keimminderung von Lebensmitteln stimuliert. Bekanntermaßen führt die Behandlung von Produkten mit ionisierender Strahlung zur Oxidation der enthaltenen Fette und Öle. Dieser Prozess ist bei Lebensmitteln unerwünscht und kann zweckmäßigerweise durch eine Behandlung und Lagerung bei tiefen Temperaturen, eine Vakuumverpackung oder einen hohen Gehalt an Antioxidantien (z.B. Vitamin E) verzögert werden. Öle enthalten gesättigte und ungesättigte Fettsäuren und werden industriell (z.B. bei der Herstellung von Linoleum, Alkyd-Farben, -Harzen und -Lacken) in thermisch und zeitlich sehr aufwendigen Verfahren Oxidationsprozessen unterzogen.

Die Oxidation von Ölen ist ein mehrstufiger Prozess, der durch Enzyme, Licht (UV), Wärme, Ozon oder ionisierender Strahlung sowie Zugabe von Schwermetallen oder Peroxidkatalysatoren initiiert werden kann. Aktivierte Zentren an den Molekülketten oder dort gebildete Radikale können mit aktiviertem (Triplet-)Sauerstoff, Sauerstoff- oder Ozonradikalen zu Fettsäureperoxidradikalen reagieren, die sich zu instabilen Hydroperoxiden umwandeln. Diese sind Ausgangspunkt weiterer Reaktionen, die z.B. zu Kettenwachstum und Kettenverzweigung und damit zu einer Härtung bzw. Trocknung führen.

## Motivation

In the last decade the electron beam technology has advanced a new quality. Electron beam sources have become more efficient and more compact which allows a direct integration in existing production lines and opens chances for new industrial applications which first scientific foundations already exist since decades. In this respect reactive modifications (preferred of surfaces or thin layers) of raw polymers and recycling plastics in direct production process as well as the modification of renewable raw materials (e.g. oil) by means of electrons are particularly interesting.

Oils from vegetable sources are important raw materials of the chemical industry with various industrial applications. Increasingly new utilization possibilities which have been locked for technical or economic reasons till now are opened to them. Therefore such oils are industrial raw materials with remarkable growth potential and increasing importance. The expansion of applications and operational areas of oils from renewable resources is again becoming strongly focused on by industry. Important present application fields of natural oils are:

- emulsifiers, surfactants,
- varnishes, Alkyd paints, lacquers, resins, adhesives,
- propellants and fuels (biodiesel),
- cleaning agents, solvents,
- lubricating oils and grease,

- special preliminary products for plastics industry,
- starting substances for traditional consumption goods (e.g. waxed cloth, linoleum)
- release agents and
- plasticizers, softeners (for plastics, e.g. PVC)

The modification of oils by means of electrons for technical purposes has not industrially started yet although an exactly controllable and considerably more effective energy input can be guided on to these oils in comparison to chemical or thermal methods.

The possibilities of electron treatment regarding the modification of chemical bonds are known from the field of polymer modification. From this various possibilities are derived for vegetable oils to change the molecules chemically. This starts at the isomerisation, displacement or incorporation of double bonds, restructuring, single or mixed polymerization and cross-linking up to crack processing with various elimination and splitting possibilities. As tests have shown, a directed influence upon secondary reactions taking place in the oils can be carried out via the process conditions during the oil treatment (FEP patent). With the new possibilities of this directed **reactive modification with electrons** (REAMODE process) a new stage of industrial utilization of renewable raw materials is forthcoming.

The activities for reactive treatment of vegetable oils by means of electrons were additionally stimulated by international results in the field of germ reduction in foodstuffs. As is well known the treatment of products by ionizing radiation leads to an oxidation of the enclosed fats and oils. This process is unwanted in foodstuffs and can be delayed conveniently by a treatment and storage at low temperatures, a vacuum-sealing or a high content of antioxidants (e.g. vitamin E). Oils contain saturated and unsaturated fatty acids and are industrially (e.g. in the production of linoleum, alkyd paints, resins and lacquers) subjected to oxidation processes by means of heat and time consuming methods.

The oxidation of oils is a multi-stage process that can be initiated by means of enzymes, light (UV), heat, ozone or ionizing radiation as well as by addition of heavy metals or peroxide catalysts. Activated centers on the molecule chains or thereon generated radicals can react with activated (triplet-) oxygen, oxygen- or ozone radicals to fatty acid peroxide radicals that convert to unstable hydro-peroxides. These are the starting points of further reactions which e.g. lead to chain propagation and chain branching and thus to curing respectively drying.

Abb. 2  
Versuchsanlage ANDREA mit 2D-EB-System des Fraunhofer FEP.

Fig. 2  
Fraunhofer FEP's test plant ANDREA with 2D-EB system.



## Projekthinhalte und Ergebnisse

Die Versuche zur gezielten Modifizierung von Naturölen wurden an der Versuchsanlage Andrea (Abb. 2) des Fraunhofer-Instituts für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP) durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine Anlage mit einem niederenergetischen Elektronenbandstrahler für die Behandlung von Platten, Bändern oder dünn-schichtigen Flüssigkeiten. Wahlweise sind Behandlungsprozesse an Luft oder Stickstoff möglich.

In den ersten Versuchen wurde Leinöl einer gezielten Elektronenbehandlung unterzogen, da viele industrielle Anwendungen auf der Oxidation von Leinöl basieren. Vorteilhaft ist bei Leinöl der geringe Gehalt an Vitamin E. Die Elektronenbehandlung erfolgte an Luft bei Zimmertemperatur unter Berücksichtigung bisher bekannter Parameter (Dosis, Dosisleistung) und weiterer patentierter Parameter (z.B. P1, P2). Das modifizierte Leinöl wurde zum Zweck der Oxidation auf Vlies bei Zimmertemperatur an Luft gelagert. Dabei ist der zeitliche Verlauf der Oxidation über eine Wägung verfolgbar, da die Sauerstoffaufnahme mit einer Massenzunahme verbunden ist. Für Vergleichszwecke wurde bei jeder Mess-Serie auch die Kurve für das unbehandelte Öl (Abb. 3 - dunkelblaue Kurve) aufgenommen.

Mit den allgemein bekannten Prozessparametern, z.B. einer Dosisleistung von ca. 10.000 kGy/h und einer Dosis von 300 kGy, konnte keine wesentliche Beschleunigung der Oxidation erreicht werden (Abb. 3 - hellblaue Kurve). Erst die gezielte Berücksichtigung patentierter Prozessparameter führte zu einer wesentlichen Verkürzung der Oxidationszeit (auf ca. 10 Prozent) sowie zu einer deutlichen Verringerung der erforderlichen Dosis (52 kGy).

Die Wirksamkeit der Elektronenbehandlung für eine Beschleunigung der Oxidation konnte auch für Rapsöl nachgewiesen werden. Raps gehört zu den wichtigsten Ölpflanzen und zeichnet sich darüber hinaus durch einen hohen Ertrag (ca. 2 t Öl pro ha Anbaufläche) und eine breite technische Nutzung aus. Es konnte eine Verkürzung der Oxidationszeit auf ca. 20 Prozent bei einer Dosis von 87 kGy erreicht werden (Abb. 4). Die im Vergleich zum Leinöl höhere Dosis und geringere Verkürzung der Oxidationszeit (auf 20 Prozent statt auf 10 Prozent) ist auf den mehr als zehnfach höheren Gehalt an Vitamin E zurückzuführen.

In weiterführenden Versuchen wurde auch die Wirksamkeit des Verfahrens für Walnuss-, Distel-, Oliven- und Sonnenblumenöl nachgewiesen (Abb. 6, 8).

Mit Hilfe verschiedener Analyseverfahren wurden die o.g. Ergebnisse der Elektronenbehandlung bestätigt. So konnte in FTIR-Messungen bei  $3450\text{ cm}^{-1}$  die OH-Bande nachgewiesen werden, was z.B. auf die Bildung von Hydroperoxiden schließen lässt. Resultate aus der FFF-Methode (Field Flow Fractionation) stützten die Ergebnisse zur Modifizierung der Viskosität durch den Nachweis neu entstandener, größerer Molekülverbände mit einem Durchmesser bis zu 400 nm. Die Aussagen zur Modifizierung der Oxidationsfähigkeit wurden durch die Ergebnisse von DSC-Messungen und Bestimmungen der Peroxidzahl bestätigt.

Im Rahmen der Untersuchungen des FEP konnten reproduzierbare Ergebnisse bei der gezielten Reaktivitätssteigerung (z.B. Oxidation) sowie der Änderung der Viskosität an verschiedenen pflanzlichen Ölen erreicht werden. Dabei ist der Prozess charakterisiert durch:

- eine gute Steuerbarkeit,
- einstellbare Produkteigenschaften (z.B. Reaktivität, Viskosität, Farbe),
- wesentliche Verkürzung der Oxidationszeit,
- Energieeinsparung und
- die Anwendung auf beliebige Naturöle.

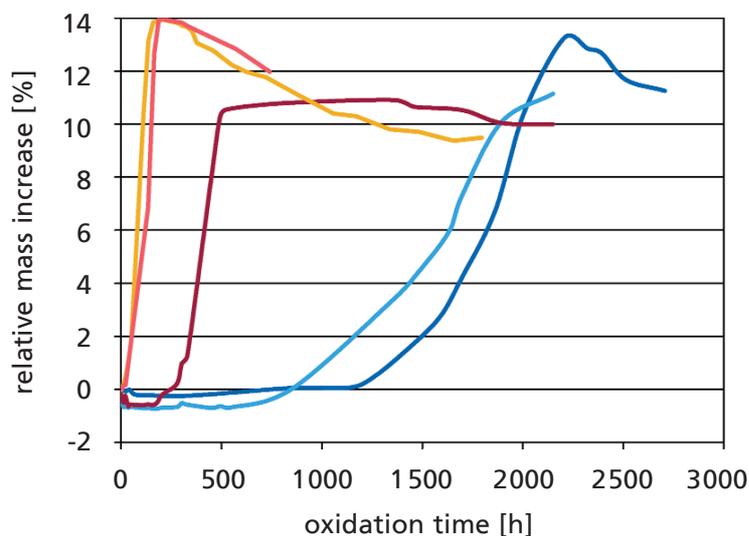
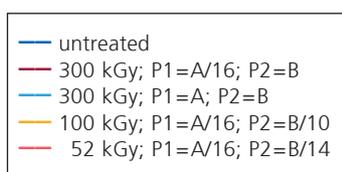


Abb. 3  
Zeitlicher Verlauf der Massenzunahme von Leinöl während Oxidationsexperimenten.

Fig. 3  
Temporal progression of mass increase of linseed oil during oxidation experiments.

## Project contents and results

The tests of directed modification of vegetable oils were performed on the test plant Andrea (Fig. 2) of the Fraunhofer-Institute for Electron Beam and Plasma Technology (FEP). This is a plant with a low energy linear type electron beam gun for the treatment of plates and strips or thin layered liquids. Alternatively, treatment processes are possible on air or nitrogen.

In the first tests linseed oil was subjected to directed electron treatment because many industrial applications are based on the oxidation of this oil. The advantage of using linseed oil is its low vitamin E content. The electron treatment took place in air at room temperature under consideration of previously known parameters (dose, dose rate) and further patented parameters (e.g. P1, P2). The modified linseed oil was stored on fleece at room temperature in order to oxidize in the air. The temporal progression of the oxidation is followed up by weighing because the absorption of oxygen is associated with mass increase. For each measurement series the curve of the untreated oil also has been recorded (Fig. 3 - dark blue curve) in order to enable the comparing of results.

Generally, a substantial acceleration of oxidation could not be reached by using commonly known process parameters, e.g. a dose rate of about 10.000 kGy/h and a dose of 300 kGy (Fig. 3 - light blue curve). The directed consideration of patented process parameters first led to substantial shortening of oxidation time (to about 10 %) and also to a distinct reduction of the required dose (52 kGy).

The efficiency of the electron treatment in accelerating of oxidation could be proven also for rape oil. Rape belongs to the most important oil plants and is furthermore distinguished by its high yield in harvest (about 2 tons of oil per hectare of arable land) and by widespread technical use. A shortening of the oxidation time to about 20 % could be reached with a dose of 87 kGy (Fig. 4). The higher dose and lower shortening of oxidation time in comparison to linseed oil is caused by the ten times higher content of vitamin E.

In further test series the efficiency of this method has been proven also for walnut-, thistle-, olive- and sunflower oil (Fig. 6, 8).

The above mentioned results of the electron treatment were confirmed with the help of different analysis methods. So the OH-transition that concludes the generation of hydroperoxides could be detected by means of FTIR-measurements at  $3450\text{ cm}^{-1}$ . Results of the FFF-methods (field, flow and fractionation) supported the data of viscosity modification with the detection of new generated, larger molecule aggregations with a diameter of up to 400 nm. The statements concerning the modification of the oxidation capability were confirmed by the results of DSC-measurements and determinations of the peroxide number.

In the framework of FEP-investigations reproducible results could be obtained in the directed progression of reactivity (e.g. oxidation) as well as the change of viscosity on diverse vegetable oils. Thereby the process is characterized by:

- a good controllability,
- adjustable product properties (e.g. reactivity, viscosity, color),
- significant shortening of the oxidation time
- low energy consumption and
- the application on any vegetable oils.

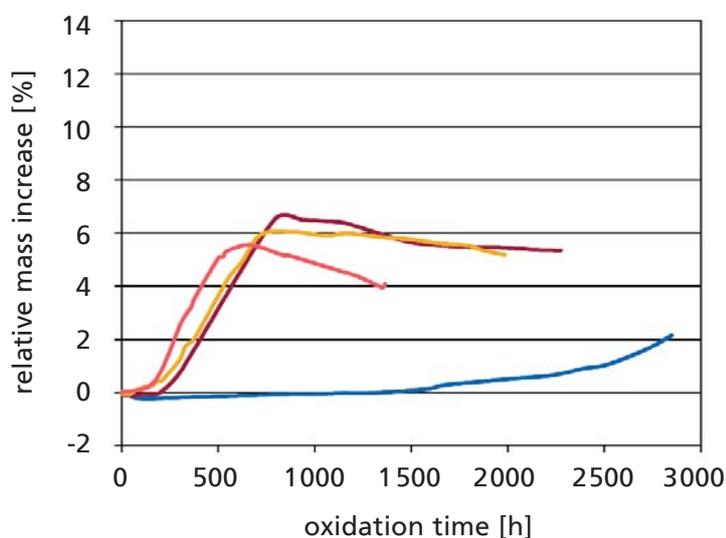


Abb. 4  
Zeitlicher Verlauf der Massenzunahme von Rapsöl während Oxidationsexperimenten.

Fig. 4  
Temporal progression of mass increase of rape oil during oxidation experiments.



Abb. 5  
Rapsfeld.

Fig. 5  
Rape field.

### Verwertbarkeit

Als Anwender dieser Ergebnisse kommen Unternehmen der Lack-, Farben-, Kunststoff- und Fußbodenindustrie sowie all jene Interessenten in Betracht, die solche Öle als Ausgangsprodukte für weitere chemische Umsetzungen nutzen. Metathese, Ozonolyse, Epoxidierung, Dimerisierung und Isomerisierung sind hierbei wichtige Prozesse in der Verarbeitung von ungesättigten, meist pflanzlichen Naturölen, die gezielt angewandt werden.

### Fußbodenherstellung

Durch eine reaktive Modifizierung von Leinöl wurde eine Verkürzung der Oxidationszeit auf 10 Prozent erzielt. Dies ist z.B. bei der Linoleumherstellung von Bedeutung, wo derartige Oxidationsreaktionen unter hohem Energieaufwand mit intensivem Lufteintrag durch langfristiges Kochen erzielt werden. Durch Zugabe reaktiver Reaktionspartner zu den Pflanzenölen konnten mittels der Elektronenbehandlung neuartige hochviskose Vernetzungsprodukte synthetisiert werden, die gleichfalls im Fußbodenbereich Anwendung finden könnten.

### Farben/Lacke

Die erzielte Verkürzung der Oxidationszeit von Leinöl auf 10 Prozent ist in gleich hohem Maße für die Farben- und Lackindustrie von Bedeutung, wo diesem Öl (und anderen Naturölen) zwecks schneller Trocknungszeiten bisher sogenannte Beschleuniger (Sikkative, z.B. Schwermetallsalze) beigefügt werden.

### Reaktivharze

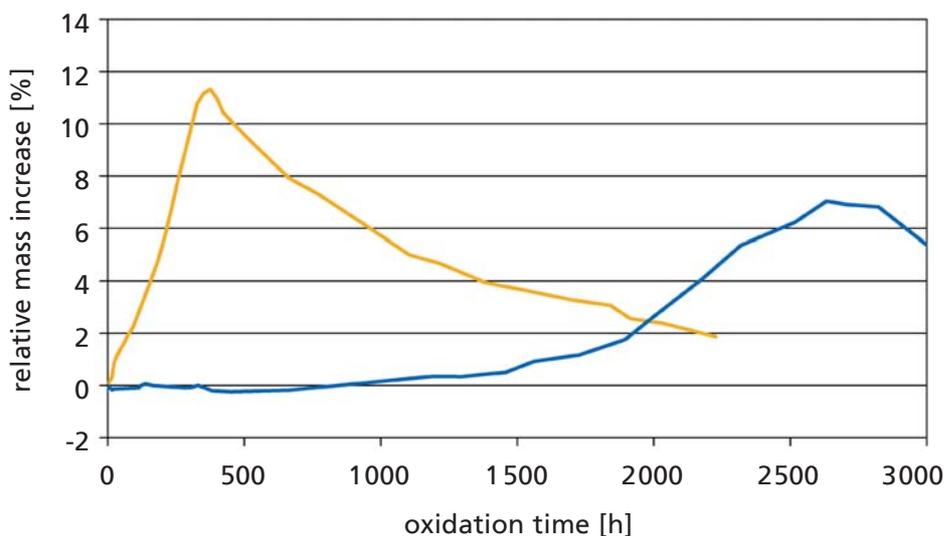
Große Mengen natürlicher Öle finden Anwendung im Kunstharzsektor. Hierbei werden diese Öle chemisch mit Reaktionspartnern umgesetzt, z.B. zu Epoxidharzen. Mit einer vorherigen Elektronenmodifizierung kann gezielt Einfluss auf solche Umsetzungsprozesse genommen werden. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch Kombination von Ölen oder von o.g. Harzen mit Vernetzungsadditiven, die Perspektiven im Bereich der Kunststoffe (z.B. Faserverbundwerkstoffe) eröffnen.

Durch die im Rahmen des Projektes ausgeführten Arbeiten wurde eine Basis für die weitere Entwicklung von REAMODE-Prozessen geschaffen.



Abb. 6  
Zeitlicher Verlauf der Massenzunahme von Sonnenblumenöl während Oxidationsexperimenten.

Fig. 6  
Temporal progression of mass increase of sunflower oil during oxidation experiments.



**Usability**

Suitable users of these results are enterprises of the lacquer, paint, plastics and flooring industry as well as all those interested parties that use such oils as starting products for further subsequent conversions. Metathesis, ozonolysis, epoxidation, dimerization and isomerization hereby are important and directed applied reactions in the industrial processing of unsaturated, mainly vegetable oils.

**Floorings**

A shortening of the oxidation time to 10 % was achieved by means of a reactive modification of linseed oil. For example this is of great importance in the production of linoleum where such oxidation reactions are reached by means of long term boiling under high energy consumption with intensive air insertion. Novel high-viscosity cross-linked products could be synthesized by adding of reactive reaction partners to the modified vegetable oils that likewise could be applied in the field of flooring.

**Paints / lacquers**

The obtained shortening in the oxidation time of linseed oil to 10 % is important in just high measure for the paint and lacquer industry where until now so called catalysts are added (siccatives, e.g. heavy metal salts) in order to reduce the drying time.

**Reactive resins**

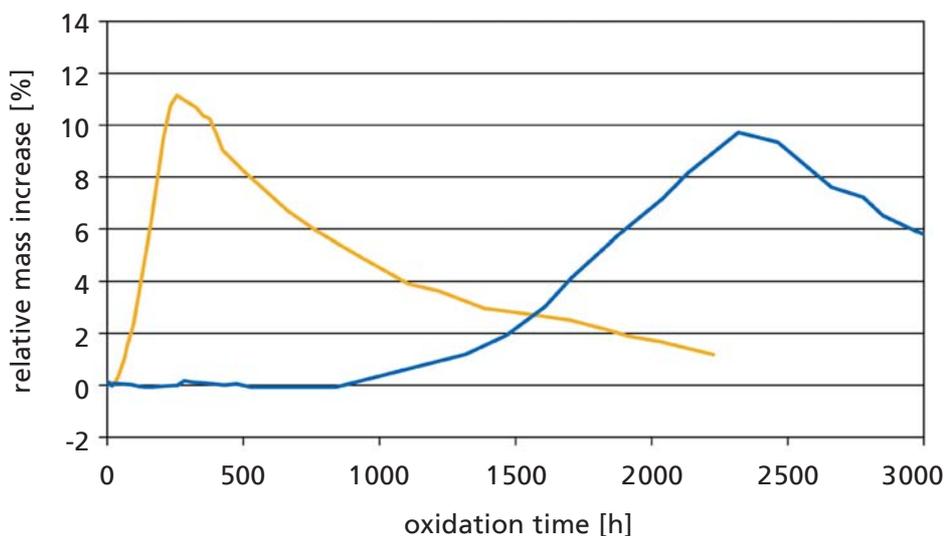
Large quantities of vegetable oils are used in the field of synthetic resins. Therein these oils are converted chemically with reactive partners, e.g. to epoxy resins. Directed influence can be done on such conversion processes with a previous electron modification. Further opportunities are given by a combination of oils or the above mentioned resins with cross-linking additives which open perspectives in the field of plastics (e.g. fiber composite materials).

A basis was prepared towards further development of REAMODE-Processes with the study that was done in the framework of this project.



Abb. 7 Anwendungsbeispiele für das Härten und Vernetzen.

Fig. 7 Application examples for curing and cross-linking.



— untreated walnut oil  
— treated walnut oil

Abb. 8 Zeitlicher Verlauf der Massenzunahme von Walnussöl während Oxidationsexperimenten.

Fig. 8 Temporal progression of mass increase of walnut oil during oxidation experiments.

# Zwischen Heiß und Kalt: Das Vakuum-Isolations- Paneel

Dr. Nicolas Schiller\*

Fraunhofer-Institut für  
Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-131

Fax: +49-351-25 86-55-131

nicolas.schiller@fep.fraunhofer.de

## Der Faktor 10 in der Wärme- dämmung

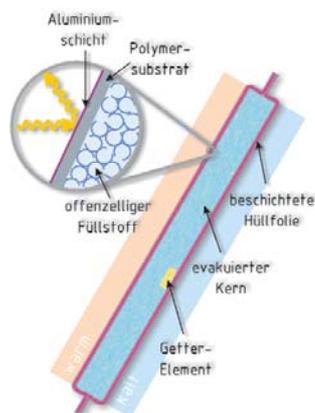
Die zuverlässige Trennung von Bereichen unterschiedlicher Temperatur, sprich die Wärmeisolation, spielt im täglichen Leben eine wichtige Rolle. Ein einfaches Beispiel ist der Topflappen, technisch wesentlich aufwendiger ist die Thermoskanne.

Es existiert eine Vielzahl von Materialien zur Wärmeisolation, z.B. Polyurethan, Styropor und Steinwolle. Bei der Auswahl der Wärmeisolation spielen verschiedene Kriterien eine Rolle:

- Wärmeisoliationsvermögen
- Platzbedarf
- Lebensdauer, Beständigkeit
- Preis

Die Vakuum-Isolations-Paneele (kurz »VIP«) sind plattenförmige Wärmedämmungen mit extrem niedriger Wärmeleitfähigkeit. Der prinzipielle Aufbau einer VIP wird in Abbildung 1 gezeigt. Das VIP besteht aus einem plattenförmigen, druckstabilen Kernmaterial als Füllung und einer Kunststoffolie als Hülle. Der Innenraum des Paneel wird während der Herstellung des Paneel auf einen Druck von weniger als 10 Pa evakuiert.

Abb. 1  
Aufbau des Vakuum-Isolations-Paneel.



Die Wärmeleitfähigkeit eines VIP beträgt nur etwa 1/10 des Wertes herkömmlicher Dämmmaterialien. Die hohe Wärmeisolation beruht vor allem auf dem Vakuum im Innenraum des Paneel. Die Isolationsleistung der VIP hängt wesentlich vom Druck im Inneren der VIP ab. Abbildung 2 zeigt das mit zunehmendem Druck der Wärmedurchgang durch das Paneel zunimmt.

## Einsatzgebiete

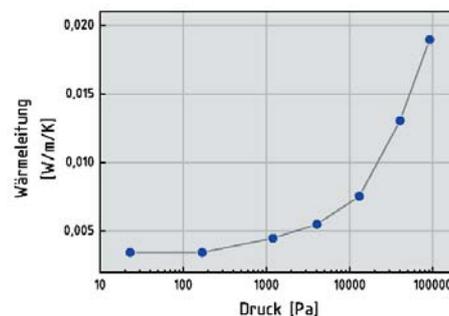
Ein VIP wird vor allem dort eingesetzt werden, wo mit geringem Platzaufwand eine hohe thermische Isolation erforderlich ist. VIP ermöglichen hochdämmende und schlanke Konstruktionen insbesondere in folgenden Bereichen:

- Kühlschränke
- Gebäude (z.B. Fassaden)
- Transportbehälter für tiefgefrorene, gekühlte oder warme Güter

Bei Kühlschränken wird innerhalb der EU gegenwärtig daran gearbeitet, den Energieverbrauch durch verbindliche Regelungen und Klassifizierungen zu begrenzen.

Bei Gebäuden geht der Trend schon seit längerem dahin, die thermische Isolation zu verbessern. In bestimmten Bereichen (z.B. in Türen, an Fassaden, in Fußböden) ist nur begrenzter Platz für die Wärmeisolation vorhanden.

Abb. 2  
Wärmedurchgang durch ein VIP in Abhängigkeit vom Druck im Inneren des VIP.



# Between hot and cold: The vacuum insulation panel

## The factor 10 in thermal insulation

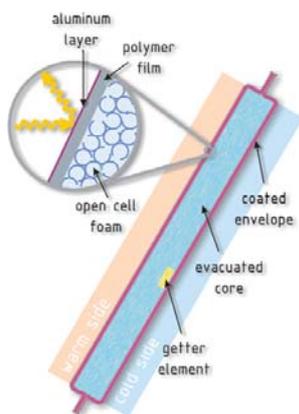
The reliable disconnection of regions with different temperatures, in other words thermal insulation, play an important role in every day life.

A simple example ist he oven cloth, technically complexer is the thermos flask. There are a number of materials used in thermal insulation, e.g. polyurethane, styrofaom and rockwool. Different criteria play a role when choosing heat insulation materials:

- thermal insulation properties
- space needs
- product life span, durability
- price

The vacuum insulation panels (in short "VIP") are types of thermal insulation plates with extremely low thermal conductivity. The principle composition of a VIP is shown in illustration 1. The VIP consists of a plate type, pressure resilient core material as filling and a plastic film as casing. During production the interior space of the panel gets pressure evacuated to less than 10 Pa.

Fig. 1  
Build up of the vacuum insulation panel.



The thermal conductability of a VIP adds up to 1/10 of the value that conventional insulation materials have. The high thermal insulation is due to the vacuum in the interior space of the panel. The insulation performance depends primarily on the pressure on the inside of the VIP. Illustration 2 shows that with increasing pressure the thermal passage through the panel increases.

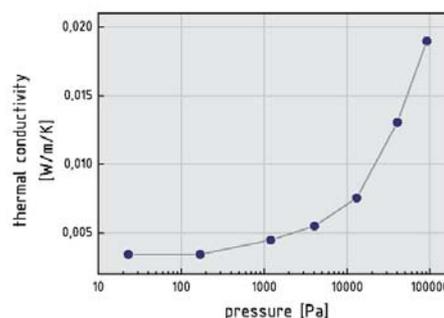
## Field of application

A VIP is applied where confined space and high thermic insulation is necessary. VIP allows for high insulation and slim constructions especially in the following fields:

- refrigerators
- buildings (e.g.facades)
- transport containers for deep frozen, cooled or warm goods

In the case of refrigerators work is being done in the EU at present to limit the energy consumption by binding regulations and classifications. For a long time now there is a trend in building to improve the thermic insulation. In certain fields (e.g. doors, facades and floors) there is limited space for thermic insulation.

Fig. 2  
Dependence of the thermal passage through a VIP by pressure from inside.



Dr. Nicolas Schiller\*

Fraunhofer Institute for

Electron Beam and

Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-131

Fax: +49-351-25 86-55-131

nicolas.schiller@fep.fraunhofer.de

Kühltransportbehälter werden eingesetzt, um temperaturempfindliche Güter (z.B. Medikamente, Blutkonserven, biologische Proben) zu verschicken. Das Volumen der Wärmeisolation geht unmittelbar in die Transportkosten ein. Die mehrtägige Aufrechterhaltung der tiefen Temperaturen ohne aktive Kühlung erlaubt außerdem einen sicheren Transport ohne teure Expressdienste in Anspruch nehmen zu müssen. Eine effiziente Kühlung mit geringem Platzbedarf bringt also unmittelbare wirtschaftliche Vorteile.

Bei den genannten Anwendungen wird sofort deutlich, dass die Anforderungen an die Lebensdauer der VIPs sehr unterschiedlich sind. Die höchsten Anforderungen werden für Gebäude gestellt.

#### Barrieren gegen Gase und Dämpfe

Kritischer Bestandteil eines VIP ist die Umhüllung. Diese muss das Vakuum über lange Zeiträume - bei einigen Anwendungen über Jahre hinweg - aufrechterhalten. Dies erfordert natürlich vor allem eine zuverlässige Verschweißung der Siegelnähte. Die Barrierewirkung einer einfachen Kunststoffolie gegenüber dem Eindringen von Gasen in das Innere des VIP reicht jedoch nicht aus. Das Ansteigen des Druckes im VIP würde die Isolationswirkung rasch vermindern.

In der Vergangenheit wurden daher Lamine aus Kunststofffolien und einer ca. 6 µm dicken Aluminiumfolie eingesetzt. Nachteilig ist jedoch, dass die Aluminiumfolie durch ihre hohe Wärmeleitfähigkeit eine thermische Brücke bildet und damit das Wärmeisolationsvermögen des VIPs herabsetzt. Dieser Effekt kann vermieden werden, indem statt des Verbundes Aluminiumfolie/Kunststofffolie eine mit Aluminium beschichtete Kunststoffolie eingesetzt wird. Die Aluminiumschicht ist dabei so dünn (ca. 0,1 µm), dass ihre Wärmeleitfähigkeit zu vernachlässigen ist.

#### Das Entwicklungsprojekt

In einem vom FEP koordinierten EU-Projekt (VIP PRODUCTS & SERVICES G2RD-2001-00564) werden folgende Ziele zur Entwicklung von VIPs verfolgt:

- Entwicklung einer Hochbarrierefolie
- Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Permeation von Wasserdampf durch Hochbarrierefolien.
- Evaluierung der Einsatzgebiete und des Nutzeffektes von VIP
- Life Cycle Analysis (LCA) von VIPs
- Bereitstellung von Lösungen für die Entsorgung von VIP nach Ablauf der Lebensdauer

Abb. 3  
Schema einer Bandbedampfungsanlage.

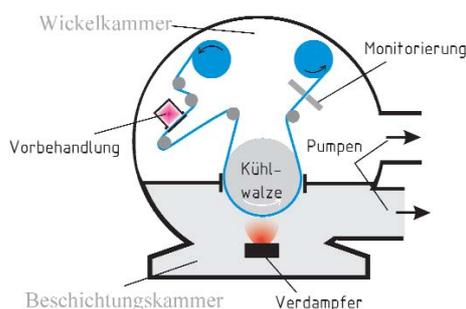


Abb. 4  
Prinzip der plasmaaktivierten Verdampfung.

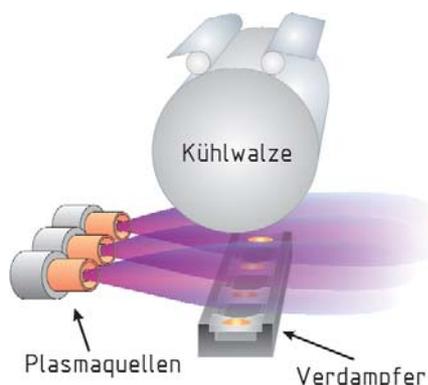
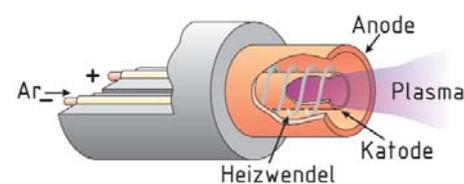


Abb. 5  
Hohlkatodenplasmaquellen.



Cooling transport containers are deployed to send temperature sensitive goods (e.g. medicine, blood bottles, biological samples). The volume of thermic insulation goes directly into the transport costs. Maintaining low temperatures for several days without actively cooling also allows a reliable transport without having to take expensive express services. Efficient cooling with low space also delivers direct economic advantages. The named applications make it clear that the requirements on the VIP's life span are very diverse. Great demands are made on VIPs for buildings.

### Barriers against gases and vapours

A critical element of the VIP is the encasement. This must maintain the vacuum for prolonged periods, in some applications for years. This of course calls for a reliable sealing of the heat-sealed joint. Furthermore, the barrier properties of a simple plastic film against water vapour and oxygen is not sufficient enough to maintain a vacuum over a long period of time.

In the past laminates made of plastic film and aluminium foil with a thickness of 6  $\mu\text{m}$  were applied. The disadvantage, however, is that aluminium foil generates a thermic bridge due to its heat conductivity and forthwith lowers the thermic insulation properties. This effect can be avoided by applying a lamination of aluminium coated plastic film instead of aluminium foil/ plastic film. The aluminium layer is so thin (about 0,1  $\mu\text{m}$ ) that the thermal conduction is disregarded.

### The development project

In an EU project coordinated by FEP (VIP PRODUCTS & SERVICES G2RD-2001-00564) the following targets for the development of VIPs are pursued:

- Development of a high barrier foil
- Development of a method for the determination of the permeation of water vapour through high barrier foils
- Evaluation of the application fields and the effect of deployment of the VIP.
- Life cycle analysis (LCA) of VIPs
- Provision of solutions for the disposal of VIP after the life cycle.

Fig. 3  
Scheme of a roll-to-roll coater.

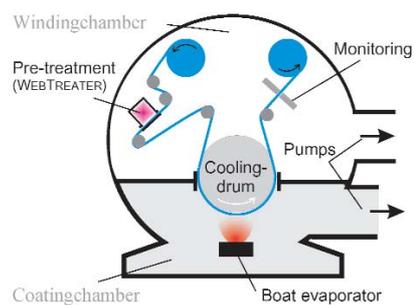


Fig. 4  
Principle of a plasma activated evaporation.

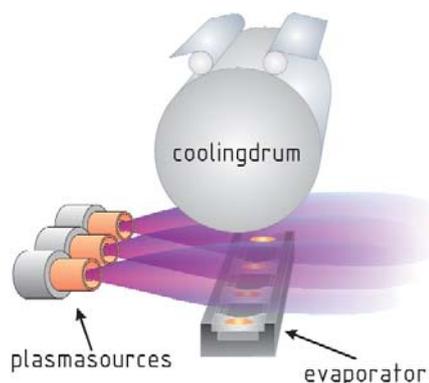
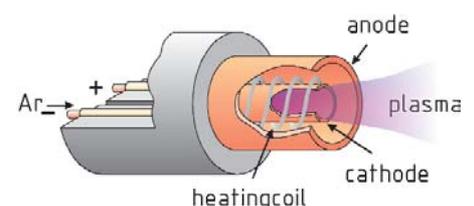


Fig. 5  
Hollow cathode plasma source.



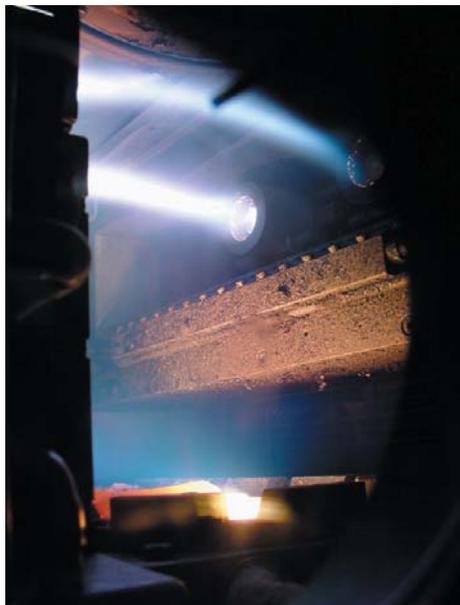


Abb. 6  
Blick in den Beschichtungsraum.

Fig. 6  
View in the coating chamber.

Die Aufgabe des FEP innerhalb des Projektes ist die Entwicklung der Hochbarrierefolie. Ziel ist es, ein Beschichtungsverfahren bereitzustellen, das es ermöglicht, eine Kunststoffolie mit einer hauchdünnen Aluminiumschicht zu versehen, die eine gute Barrierewirkung gegen die Permeation von Gasen, vor allem Wasserdampf, aufweist.

Das Basisverfahren ist die Bedampfung der Kunststoffolie unter Vakuum in einer Bandbedampfungsanlage (Abbildung 3). Das Aluminium wird hierbei aus elektrisch beheizten Schiffchenverdampfern verdampft. Das Verfahren ist außerordentlich effizient und kostengünstig.

Um die Barrierewirkung der Aluminiumschicht zu verbessern wird ein Verfahren zur plasmaaktivierten Verdampfung entwickelt. Dabei wird in dem Beschichtungsraum zwischen Verdampfer und Kunststoffolie ein Plasma gezündet.

Ziel der Plasmaaktivierung ist es, während der Bedampfung die Energie der Dampfteilchen zu erhöhen und damit dichtere Schichtstrukturen zu erreichen (Abbildung 4).

Die Plasmaaktivierung beruht auf der Hohlkathodenbogenentladung (Abbildung 5). Das entwickelte Verfahren erlaubt die plasmaaktivierte Verdampfung bei hohen Beschichtungsraten.

Abbildung 6 zeigt das Innere des Beschichtungsraumes während des Bedampfungsprozesses.

### Ergebnisse

Die Wirkung der Plasmaaktivierung während der Verdampfung kann durch rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen sichtbar gemacht werden. Abbildung 7 zeigt im Vergleich die Aufnahmen mehrerer Aluminiumschichten die ohne Plasmaaktivierung bzw. mit Plasmaaktivierung abgeschieden wurden. Letztere weisen deutlich sichtbar eine dichtere Struktur auf.

Diese dichtere Struktur führt zu verbesserten applikativen Schichteigenschaften. Für den Einsatz bei VIPs entscheidend ist die Barrierewirkung. Abbildung 8 zeigt die Wirkung der Plasmaaktivierung auf die Barrierewirkung.

Abb. 7  
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Aluminiumschichten auf Kunststoffolie, im Vergleich Schichten, die mit bzw. ohne Plasmaaktivierung abgeschieden wurden.

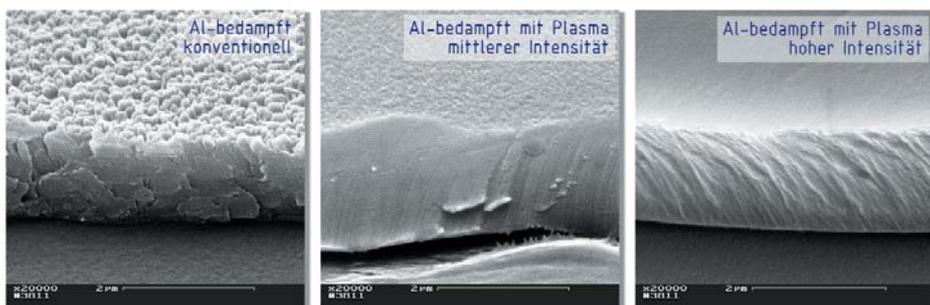
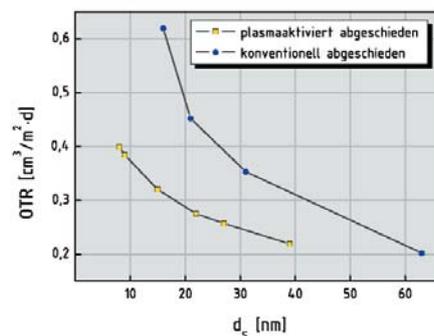


Abb. 8  
Sauerstoffpermeationsbarriere von aluminiumbeschichteter Kunststoffolie, im Vergleich Schichten, die mit bzw. ohne Plasmaaktivierung abgeschieden wurden.



FEPs task within the project is the development of the high barrier foil. The target is to initialise a coating method that will allow a plastic film to be furnished with a gossamer aluminium layer that has a good barrier property against the permeation of gases especially water vapour.

The core method is the vacuum coating of the plastic film under vacuum in a roll-to-roll coater (Illustration 3). The aluminium is hereby vapourised from electrically heated ceramic boats. This practice is extremely efficient and cost effective.

In order to improve the barrier property of the aluminium layer, a method of plasma activated vapourisation is being developed. In the space between vapouriser and plastic film a plasma is being ignited.

The aim of the plasma activation during the evaporation is to increase the energy vapour particles and reach denser coating structures (Illustration 4).

The plasma activation is based on hollow cathode arc discharge (Illustration 5). The developed method allows the plasma activated vapourisation at high coating rates.

Illustration 6 shows the inside of the coating space during sputtering.

### Results

The method of plasma activation during vapourisation can be made visible with scanning electron micrographs. Illustration 7 shows few photos of Aluminium layers in comparison that were deposited without and with plasma activation. The last one exhibits clearly a denser structure

This dense structure leads to an improved applicable layer properties. Important for VIPs application is the barrier property. Illustration 8 shows the influence of plasma activation on the barrier properties of the aluminium layer.

Material	Wärme-durchgang [W/m/K]
Styropor	0,038
Polyurethan	0,021
VIP	0,004

Tabelle 1  
Wärmedurchgang durch ein Vakuum-Isolations-Panel (VIP) im Vergleich zu herkömmlichen Isolationsmaterialien.

Material	Thermal-conductivity [W/m/K]
Styrofoam	0,038
Polyurethane	0,021
VIP	0,004

Table 1  
Thermal passage through a vacuum insulation panel (VIP) in comparison to conventional insulation materials.

Fig. 7  
Scanning electron micrographs of aluminium layers on plastic film, a comparison of layers without and with plasma activated deposition.

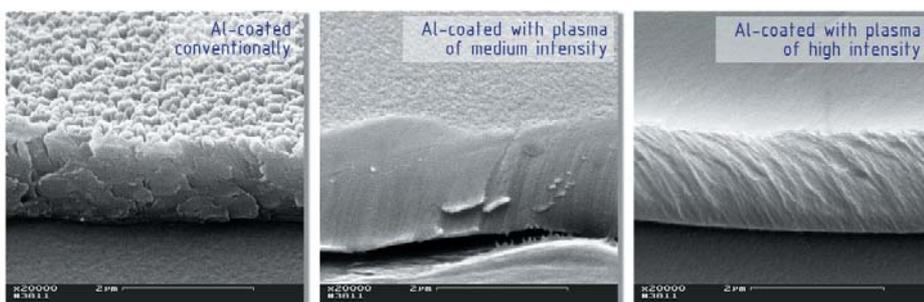
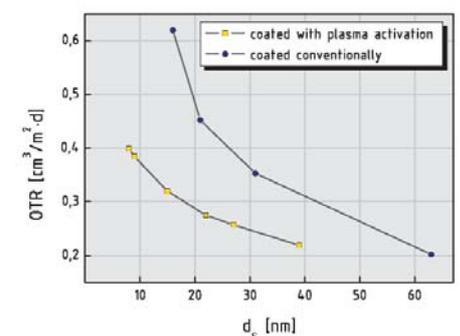


Fig. 8  
Oxygen permeation barrier of aluminium coated plastic film, a comparison of layers without and with plasma activated deposition.



# ELEWER Kommunikations- und Technologieplattform für Elektronenstrahltechnologie



Kompetenznetz ELEWER am FEP:

Annett Arnold

Rainer Bartel

Dr. Uwe Gohs

Tel.:

A. Arnold: +49-351-25 86-452

U. Gohs: +49-351-25 86-236

Fax: +49-351-25 86-55 452

E-Mail: info@elewer.de

www.elewer.de

ELEWER steht für »Der Elektronenstrahl als Werkzeug« und vereint unter Führung des Fraunhofer-Instituts für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP) kompetente Firmen, Hoch- und Fachschulen, Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen sowie öffentliche Einrichtungen zu einer Kommunikations- und Technologieplattform für Elektronenstrahltechnologie. ([www.elewer.de](http://www.elewer.de))

Ziel der bisher 23 Mitglieder ist die Entwicklung, Erprobung und industrielle Einführung neuer Elektronenstrahltechnologien und -anwendungen. Die Akteure kommen aus der metall- und kunststoffverarbeitenden Industrie. Beteiligte aus der Region Dresden sind z.B. die VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Kautasit Gummitechnik GmbH, das Sächsische Serumwerk Dresden, die Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, das Institut für Polymerforschung Dresden e.V. und die Hochschule für Technik und Wirtschaft.

Über das Netzwerk ELEWER sollen sich die beteiligten, meist mittelständischen, Firmen mit innovativen Anwendungen des Elektronenstrahles neue Märkte erschließen können. Solche neuen Anwendungen sind zum Beispiel das Feinstrahlschweißen von Sensoren, die Herstellung von Spezialbeschichtungen, ultraleichten Schaumstrukturen und Nanopartikeln sowie die Hochtemperaturmodifizierung von Kunststoffen und die Veredlung pflanzlicher Öle.

## Fachlicher Hintergrund

Bei industriellen Anwendungen von Elektronenstrahlen wird auf die zu behandelnden Materialien gezielt Energie gelenkt, um deren Oberflächen, Randschichten oder Volumina zu bearbeiten bzw. zu modifizieren. Gearbeitet wird mit Leistungen von wenigen Watt bis zu mehreren hundert Kilowatt. Dabei ist z.B. die auf dem Werkstück erzeugte Temperatur genau steuerbar und reicht von kaum wahrnehmbaren Erwärmungen bis zur Verdampfungstemperatur hochschmelzender Metalle, also bis zu über 1500 Grad Celsius.

Abb. 1  
Rainer Bartel eröffnet das 1. Industrieforum am Fraunhofer FEP.

Fig. 1  
Rainer Bartel is opening the 1. industry forum at Fraunhofer FEP.



# ELEWER communication and technology platform for electron beam technology

ELEWER means "The Electron Beam as Tool" and brings together competent companies, universities and technical colleges, research and development facilities as well as public institutions for a communication and technology platform for electron beam technology ([www.elewer.de](http://www.elewer.de)) under the leadership of the Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology.

Aim of the previous 23 members is the development, testing and industrial introduction of new electron beam technologies and applications. The participants come from the metal and plastic material processing industry. Participants from the region of Dresden are e.g. VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Kautasit Gummitechnik GmbH, the Sächsisches Serumwerk Dresden, the Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, the Institute for Polymer Research Dresden e.V. and the University for Technology and Economy.

The involved mostly small and medium-sized companies shall be able to open up new markets with innovative applications of electron beam via the network ELEWER. Such new applications are for example micro-welding of sensors, the production of special coatings, ultra-light foam structures and nano-particles as well as high temperature modification of plastic materials and the refining of vegetable oils.

### Technical Background

In industrial applications of electron beams energy is guided directly to the materials to be treated in order to treat or modify their surfaces, edge layers or volumes. Capacities ranging from a few watts up to several hundred kilowatts are used. Whereby the temperature generated on the workpiece is exactly controllable and ranges from warmings hardly perceivable up to evaporation temperatures of high melting metals, this means up to more than 1500 degrees centigrade.

### ELEWER competence network

at the FEP:

Annett Arnold

Rainer Bartel

Dr. Uwe Gohs

Phone:

A. Arnold: +49-351-25 86-452

U. Gohs: 49-351-25 86-236

Fax: +49-351-25 86-55 452

E-mail: [info@elewer.de](mailto:info@elewer.de)

[www.elewer.de](http://www.elewer.de)

Abb. 2  
Prof. Bräuer während der Eröffnung  
des 2. Industrieforums ELEWER.

Fig. 2  
Prof. Bräuer during the opening  
of the 2. industry forum.





Abb. 3  
Diskussion nach einem Fachvortrag auf dem  
1. Industrieforum.

Fig. 3  
Discussion after a lecture at the  
1. industry forum.

Abb. 4  
Die Besucher des 1. Industrieforums warten auf  
die Führung zum Technikum am FEP.

Fig. 4  
The visitors of the 1. industry forum are waiting  
for the guided tour of the technology center at  
FEP.

Abb. 5  
Demonstration der Elektronenstrahl-Mikrobear-  
beitung.

Fig. 5  
Demonstration of electron beam micro-machining.

Die Fachleute unterscheiden thermische und nicht-thermische Prozesse. Thermische Prozesse werden bevorzugt im Vakuum durchgeführt. Dabei erzeugt der Elektronenstrahl durch einen örtlich und zeitlich gesteuerten Energieeintrag Wärme. Diese Verfahren haben einen hohen Wirkungsgrad. Sie eignen sich zum Beispiel zum Bohren von Filtern und Sieben, zum Härten von Führungsbahnen und zum Schweißen. Mit einem elektromagnetischen Ablensystem kann der Elektronenstrahl, ähnlich wie bei der Bilderzeugung eines Röhren-Fernsehgerätes, sehr schnell über ein Werkstück geführt oder exakt auf eine zu verschweißende Fuge positioniert werden. Dabei werden strahlspezifische Effekte für die automatische Prozesskontrolle genutzt. Weitere bekannte Verfahren mit sehr hohen Strahlleistungen sind das Elektronenstrahl-Verdampfen und das Umschmelzen von Metallen.

In nicht-thermischen Prozessen wird die Fähigkeit der Elektronen genutzt, Atome bzw. Moleküle anregen zu können, um somit die Eigenschaften der behandelten Produkte gezielt zu

Abb. 6  
Prof. Kirchhoff eröffnet das 2. Dresdner Symposium für Elektronenstrahltechnologie am FEP.

Fig. 6  
Prof. Kirchhoff is opening the 2. Dresdner Symposium for electron beam technology at FEP.



verändern. Auch diese Verfahren haben einen hohen Wirkungsgrad und sind sehr produktiv. Besonders vorteilhaft ist die optimale Einstellung der Behandlungstiefe durch die Regelung der Elektronenenergie. Typische Anwendungen sind zum Beispiel das strahlenchemische Härten von Beschichtungen (z.B. Pulverlacke), das Vernetzen von Kunststoffen (z.B. Fußbodenheizungen) oder die Sterilisation von Medizinprodukten (z.B. Verbandstoffe) bzw. Lebensmittelverpackungen. Nicht-thermische Prozesse werden meist unter normalen Raumbedingungen durchgeführt.

#### Entwicklung des Netzwerkes

Seit dem ersten Treffen führender Vertreter aus einigen Firmen und Einrichtungen der Elektronenstrahltechnologie am 29./30. Juni 2001 konnte die Vision von einem gemeinsamen Netzwerk schrittweise gestaltet und umgesetzt werden. Ein erster Meilenstein auf diesem Weg war der Start zum Aufbau des Kompetenznetzes »ELEWER - Der Elektronenstrahl als Werkzeug« auf dem »1. Dresdner Symposium für Elektronenstrahltechnologie« im November 2002.

Abb. 7  
Angeregte Diskussionen auch in den Pausen des 2. Dresdner Symposiums.

Fig. 7  
Lively discussions, even in the breaks at the 2. Dresden symposium.



The experts distinguish between thermal and non-thermal processes. Thermal processes are carried out preferably in a vacuum. Here the electron beam produces heat via a locally and temporally controlled energy input. These methods have a high degree of effectiveness. They are suitable for the drilling of filters and sieves, for the hardening of guide rails and for welding. Using an electromagnetic deflection system similar as in cathode-ray TV tubes, the electron beam can be applied to a workpiece at high speeds or focused very accurately in order to weld together a joint. Here beam-specific effects are used for the automatic control of the process. Further known methods with high beam performance are the electron beam evaporation and the re-melting of metals.

In non-thermal processes the capability of electrons to excite atoms or molecules is used in order to change the properties of the products to be treated. These methods are also highly

efficient and very productive. The optimum adjustment of the treatment depth via regulating the electron energy is especially of advantage. Typical applications are for example the curing of coatings (e.g. powder coating), the cross-linking of plastics (e.g. floor heating) or the sterilization of medical products (e.g. dressing materials) or food packagings. Non-thermal processes are carried out under normal room conditions.

### Development of the network

Since the first meeting of leading representatives from companies and institutions of the electron beam technology on the 29/30 June 2001, the vision of a common network could be created and realized step by step. A first milestone on this way was the start of the network of excellence "ELEWER - The Electron Beam as Tool" at the "1<sup>st</sup> Dresden Symposium on Electron Beam Technology" in November 2002.



Abb. 8  
Dr. Gohs während seines Einführungsvortrages auf dem 2. Industrieforum.

Fig. 8  
Dr. Gohs during his introduction lecture at the 2. industry forum.



Abb. 9  
Das Auditorium verfolgt interessiert die Fachvorträge auf dem 2. Industrieforum.

Fig. 9  
With great interest the auditorium follows the lectures at the 2. industry forum.

Abb. 10  
Dr. Metzner demonstriert den Besuchern des 2. Industrieforum die MAXI-Anlage des FEP.

Fig. 10  
Dr. Metzner presents the visitors of 2. industry forum FEP's plant "Maxi".

Abb. 11  
Diskussionen in den Pausen des 2. Industrieforums.

Fig. 11  
Discussions, even in the breaks at the 2. industry forum.



Durch die aktive Mitarbeit vieler Mitstreiter konnte das Kompetenznetz im Jahr 2003 eine hohe regionale Anerkennung erreichen. Auf Industrieforen, Informationsveranstaltungen und dem 2. Dresdner Symposium wurden Innovationspotenziale der EST sowie mögliche zukünftige Strukturen des Kompetenznetzes diskutiert. Diese Ergebnisse waren z.B. die Basis für:

- die Bewilligung des Antrages zu einem Innovationsforum (22./23. April 2004) und
- die Erarbeitung erster industriegeführter Projekte im Bereich der nicht-thermischen Elektronenstrahl-Anwendungen.

Folgerichtig mündeten diese Aktivitäten, getragen von zunächst vorrangig regionalen Firmen, Einrichtungen und Institutionen, am 13. November 2003 in die Gründung des Vereins »ELEWER - Der Elektronenstrahl als Werkzeug«.

Der Aufbau KMU-geführter Fachnetzwerke zielt auf die Identifizierung und industrielle Überführung weiterer Innovationspotenziale. Ziel ist es, marktrelevante Aufgaben mit nachhaltigem Qualitäts-, Umwelt- und Kostensparpotenzial auf der Basis erprobter Verfahren zu lösen. Dabei werden die Wettbewerbssituationen stets beachtet und firmenspezifische Interessen gewahrt.

Im Interesse des fortschreitenden Aufbaus des Netzwerkes werden gezielt weitere fachlich kompetente Mitglieder geworben und strategische Allianzen geknüpft. Die langfristigen Ziele von ELEWER sind auf die Durchdringung vieler Branchen sowie die Bündelung bestehender Kompetenzen im gesamten Bereich Elektronenstrahltechnologie, den Aufbau eines internationalen Kompetenznetzes und dessen Anerkennung als internationale Kommunikations- und Technologieplattform für Elektronenstrahltechnologie gerichtet.

Von besonderer Bedeutung bei der Gestaltung von ELEWER wird die Nutzung der Kompetenz der Fraunhofer-Gesellschaft sein. Das in den einzelnen Instituten vorhandene Wissen zu unterschiedlichsten Technologien, Fertigungsprozessen, marktwirtschaftlichen Bedingungen und Entwicklungsrichtungen bildet eine ausgezeichnete Basis für die umfassende Bearbeitung aktueller Aufgabenstellungen.

ELEWER wird die Elektronenstrahltechnologie einem breiten Kreis von Anwendern verfügbar machen. Der Elektronenstrahl ist eine Zukunftstechnologie. Es lohnt sich, sie zu fordern und zu fördern!



Abb. 12  
ELEWER-Gründungsveranstaltung  
am 13. November 2003.

Fig. 12  
ELEWER-foundation meeting on 13<sup>th</sup> November  
2003.

Due to the active work of many comrades-in-arms the network of excellence reached high regional recognition in 2003. On industry forums, information events and on the "2<sup>nd</sup> Dresdner Symposium on Electron Beam Technology" innovation potentials of electron beam technology as well as possible future structures of the network of excellence have been discussed. These results have been for example the basis for:

- public granting of application for an innovation forum (22/23 April 2004) and
- the drafting of first projects leading by industry in the field of non-thermal electron beam applications.

Subsequently, these activities that were primarily carried by regional companies, facilities and institutions resulted in the foundation of the association "ELEWER - The Electron Beam as Tool" on 13<sup>th</sup> November 2003.

The creation of SME led specialized networks aims at the identification and industrial transfer of further innovation potentials. The target is the solution of market relevant tasks with lasting quality, environment and cost saving potential on the basis of approved methods. The competition situation is to be taken into consideration at all times and company specific interests are to be preserved.

In the interest of the advancing network build up, further professional and competent members are to be attracted and strategic alliances tied. ELEWER's long term goals focus on the penetration of many industrial sectors including the grouping of existing competences in the whole field of electron beam technology, the build up of an international network of excellence and its recognition as an international communication and technology platform for electron beam technology.

A matter of special importance when creating ELEWER is the use of the competence of the Fraunhofer Gesellschaft. The knowledge existing in each institute for the diverse technologies, production processes, free enterprise conditions and development directions establish an excellent basis for the complex handling of current tasks.

ELEWER will make the electron beam technology available to a wide group of users. The electron beam is a technology of future. It should be worth challenging and encouraging.



Abb. 13  
ELEWER-Gründungsveranstaltung  
am 13. November 2003.

Fig. 13  
ELEWER-foundation meeting on 13<sup>th</sup> November  
2003.

## Aktivitäten im asiatischen Raum

Prof. Dr. Volker Kirchhoff\*

Fraunhofer-Institut für

Elektronenstrahl- und

Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-110

Fax: +49-351-25 86-55-110

volker.kirchhoff@fep.fraunhofer.de

Das FEP hat sich in den letzten Jahren eine sehr gute Position auf dem japanischen und koreanischen Forschungsmarkt erarbeitet. In Zahlen ausgedrückt bedeutete das für uns Aufträge aus der Industrie für ca. 1 Mio € jährlich. Zu unseren Kunden gehören neben vielen mittelständischen Firmen auch Großkonzerne mit eigenen Forschungsabteilungen wie z.B. Fuji Film, Bridgestone, Nippon Sheet Glass, Samsung und Posco. Hauptaufgabe dabei war die Technologieentwicklung zur Abscheidung neuer Schichten und Schichtsysteme für die Beschichtung von Architekturglas und Komponenten für Displays.

Parallel zu diesen Aktivitäten wurden auch sehr gute Partnerschaften zu den Universitäten bzw. Forschungseinrichtungen aufgebaut. Auf besonders hohem Niveau ist dabei die Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe um Prof. Shigesato von der Aoyama Gakuin Universität in Tokio und der Arbeitsgruppe von Dr. Kamei vom National Institute for Research in Inorganic Materials in Tsukuba.

Durch gemeinsame Projekte und Veröffentlichungen wird dadurch unsere Akquisitionstätigkeit in der Industrie unterstützt.

Einen großen Anteil an unseren Erfolgen haben Dr. Suzuki von SurFtech Transnational (Japan) und Dr. Yang von KITECH (Korea Institute of Industrial Technology). Durch diese Vertreter vor Ort ist es uns gelungen sehr enge Beziehungen zu unseren asiatischen Kunden aufzubauen. Ein wesentlicher Bestandteil unserer

aktiven Marktbearbeitung ist die Durchführung regelmäßiger Workshops in dieser Region. Auch in diesem Jahr wurden mehrere Workshops durch das FEP in Asien organisiert. Gemeinsam mit Vertretern der deutschen Industrie und anderen Forschungseinrichtungen werden dabei die neuesten Technologien und Ergebnisse potentiellen Kunden vorgestellt. In diesem Jahr fanden unter anderen drei Workshops zur Pulse Plasma Surface Technologie (PPST) statt. Die PPST Japan vom 9. bis 10. Juni in Tokio, PPST China vom 25. bis 26. September in Shanghai und die PPST Korea vom 2. bis 3. Oktober auf Jeju Island.

Mit der ersten PPST China sollten unsere im Jahr 2002 begonnenen und durch die SARS Epidemie gestoppten Bemühungen in China neu aktiviert werden. Die große Beteiligung und die rege Diskussion hat uns erneut gezeigt, welche enormen Möglichkeiten die deutsche Industrie und das FEP auf dem chinesischen Markt für die Akquisition neuer Projekte haben. Mit Hilfe von Herrn Oliver Wang von Vacpro Vacuum System Integration Co., der auch deutsche Firmen in China vertritt, werden zzt. konkrete Projekte vorbereitet. Damit soll an die bereits erfolgreich abgeschlossenen Projekte aus dem Jahre 2002 angeknüpft werden. Wir gehen heute davon aus, dass ca. 20 Prozent unserer Industrieerinnahmen in Zukunft im asiatischen Raum akquiriert werden. Betrachtet man noch die gemeinsamen Projekte mit der deutschen Industrie, die im asiatischen Raum den Endkunden haben, werden in Zukunft die Industrieerinnahmen des FEP zu 40 Prozent durch Fernost bestimmt. Damit wird auch in den nächsten Jahren ein Schwerpunkt unserer Akquisitionstätigkeit im asiatischen Raum liegen.



Abb. 1, Fig. 1  
PPST China.

# Activities in Asia

During the past years the FEP has acquired a very good position on the Japanese and Korean research market. Expressed in figures this means contracts from industry in the region of 1 Million € annually. Many middle-sized companies and large affiliated groups with their own research departments belong to our customers, for example Fuji Film, Bridgestone, Nippon Sheet Glass, Samsung and Posco. The major task was the technological development in deposition of new layers and layer systems for the coating of architecture glass and components for displays. Parallel to these activities very good partnerships with the universities and research institutions were acquired. The cooperation with Professor Shigesato's team at Aoyama Gakuin University in Tokio and Dr. Kamei's team of the National Institute for Research in Inorganic Materials in Tsukuba was of particularly high standard. Our acceptance in industry is supported by means of joint projects and publications. Dr. Suzuki from Surftech Transnational (Japan) and Dr. Yang from KITECH (Korea Institute of Industrial Technology) share a good deal of our success. With these on the spot representatives we have succeeded in establishing very close relationships with our Asian customers. A fundamental element of our active market work is the execution of regular workshops in that region.

This year some workshops were organised by FEP in Asia, too. Together with representatives of German industry and other research institutes the newest technological results of potential customers will be introduced. This year three other Pulse Plasma Surface Technologies (PPST) workshops took place. The PPST Japan from 9. to 10. June in Tokio, PPST China from the 25. to 26. September in Shanghai and the PPST Korea from 2. to 3. October on Jeju Island.

Beginning in 2002 with the first PPST China and stopped by the SARS epidemic our efforts in China should be activated again. The high participation and active discussion has shown us, yet again, which enormous chances German industry and FEP has on the Chinese market for the acquisition of new projects. With the help of Mr. Oliver Wang from Vacpro Vacuum System Integration Co., who represents also German companies in China, other concrete projects are being prepared. Thereby bringing about a tie to successful projects completed in 2002. Today we estimate that 20 % of our industry proceeds will be acquired in Asia in the future. Considering the joint projects with industry, which the end customer has, 40 % of FEP industry proceeds will be determined by the Far East in the future. Therefore, emphasis will lie on our acquisition work in Asia in the coming years again.

Abb. 2, Fig. 2  
PPST China.



Abb. 3, Fig. 3  
Podiumsdiskussion.  
Panel discussion, PPST Japan.



Prof. Dr. Volker Kirchhoff\*

Fraunhofer Institute for  
Electron Beam and  
Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-110

Fax: +49-351-25 86-55-110

[volker.kirchhoff@fep.fraunhofer.de](mailto:volker.kirchhoff@fep.fraunhofer.de)



# In-line Sputteranlage ILA 900 – Eine Investition für die Zukunft

Dr. Torsten Kopte\*

Fraunhofer-Institut für

Elektronenstrahl- und

Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-120

Fax: +49-351-25 86-55-120

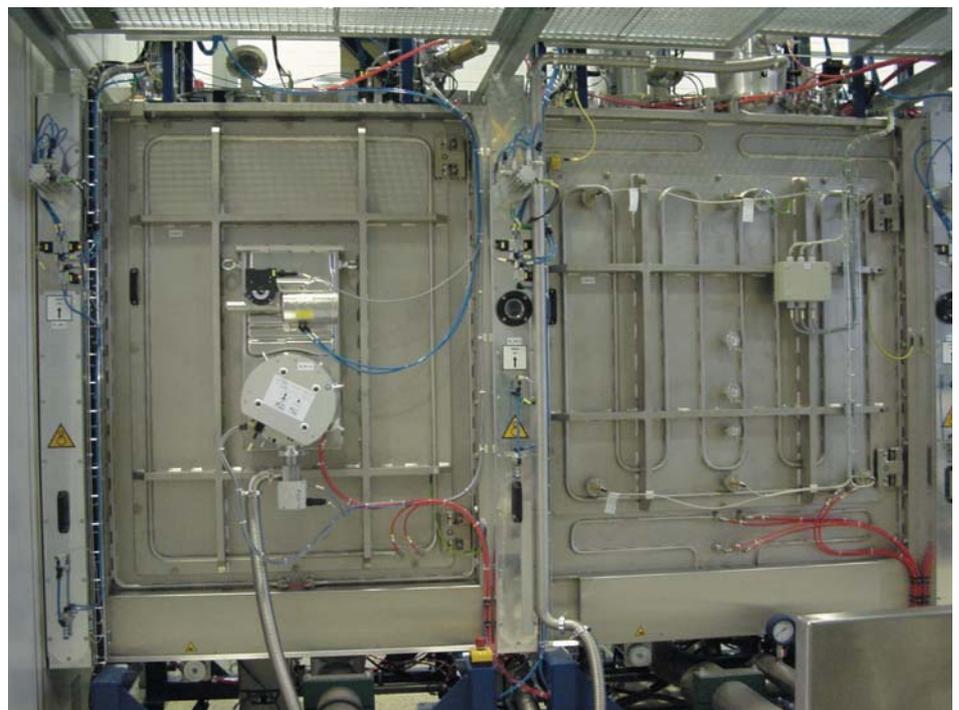
torsten.kopte@fep.fraunhofer.de

Auf dem Gebiet der Glasbeschichtung zeichnet sich schon seit mehreren Jahren eine Schwerpunktverschiebung im Forschungs- und Entwicklungsbereich (FuE) von der Architekturglasbeschichtung hin zur Beschichtung von Displaykomponenten und photovoltaischen Elementen oder auch photokatalytischen Schichten ab. Obwohl die Auftragslage des FEP im Bereich Architekturglasbeschichtung bis heute als gut eingeschätzt werden kann, wurden folgerichtig die oben genannten Wachstumsbereiche in die mittelfristige strategische Ausrichtung des FEP aufgenommen.

Zunächst mussten hierfür jedoch Defizite in der Anlagenausstattung

überwunden werden. Dies wurde im Jahr 2003 mit der Installation einer neuen In-line Sputteranlage durch die Fa. Leybold Optics Dresden GmbH am FEP realisiert.

Die Beschichtungsanlage ILA 900 ist auf die besonderen Anforderungen eines Fraunhofer Institutes zugeschnitten. Sie dient als Versuchsanlage der Entwicklung von Beschichtungstechnologien zur Abscheidung von Einzelschichten und Schichtsystemen zur Veredelung von Flachsubstraten insbesondere aus Glas. Der spezielle Aufbau der ILA 900 stellt in dieser Betriebsart sicher, dass zwei Arbeitsgruppen gleichzeitig und unabhängig voneinander ihre Entwicklungsprojekte bearbeiten können.



# In-line Sputter Plant ILA 900 – An Investment for the Future

For many years now a shift in focal point in the field of glass coating R & D has become apparent. This ranges from architecture glass coating to display components and photo-voltaic elements or photo catalytic layers, too. Although the order situation at FEP in the architecture glass coating field till today can be judged as good, the above-mentioned coherent growth areas have been admitted to medium-term strategic orientation.

At first, however, shortfalls in plant equipment had to be overcome. This was realized in 2003 with the

installation of a new In-line sputter plant by Leybold Optics Dresden GmbH at FEP.

The ILA 900 coating plant is adapted to the special requirements of a Fraunhofer Institute. It serves as an experimental plant in the development of coating technologies for the deposition of single coatings and coating systems for refinement of flat substrates especially of glass. The special design of the ILA 900 ensures in this mode of operation that two work groups can work on their development projects simultaneously and independently.

Dr. Torsten Kopte\*

Fraunhofer Institute for  
Electron Beam and  
Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-120

Fax: +49-351-25 86-55-120

torsten.kopte@fep.fraunhofer.de



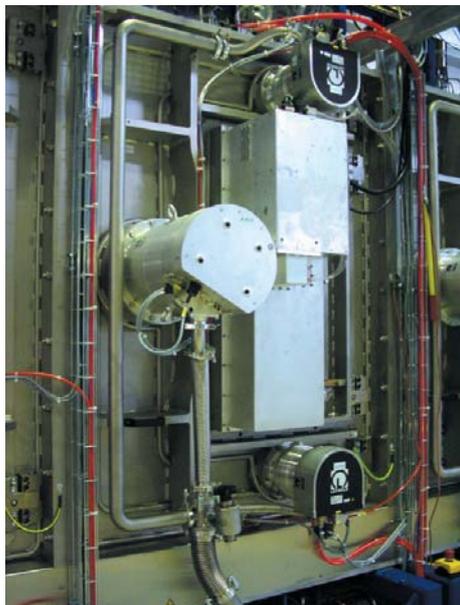


Abb. 1  
Prozessmodul mit HF-Sputter-  
rätzer.

Fig. 1  
Process module with sputter  
etcher.



Abb. 2  
Heizermodul mit Strahlungs-  
heizern.

Fig. 2  
Heater module with radiation  
heaters.

Allein durch Umschalten der Betriebsart in der Anlagensteuerung wird die ILA 900 zu einer hochproduktiven Beschichtungsanlage, welche dann die Bemusterung neuer Produkte oder die Beschichtung auch größerer Chargen ermöglicht. Auf diese Weise können die Bedürfnisse industrieller Kunden von der Produkt- und Technologieentwicklung über die Bemusterung der entwickelten Produkte bis hin zur Pilotproduktion mit dieser Anlage abgedeckt werden.

Hier nun ein kurzer Abriss über die technologischen Potentiale der ILA 900. Es handelt sich um eine vertikale Durchlauf-Sputteranlage mit insgesamt 10 Prozess-Stationen.

Das Substrathandling erfolgt in einem Reinraum der Klasse 1000. Die maximal möglichen Substratdimensionen betragen 1200 x 900 x 60 mm<sup>3</sup>.

Abb. 3  
In-line Sputteranlage ILA 900 -  
Gesamtansicht der rechten  
Anlagenseite.



Die Anlage ermöglicht sowohl die einseitige Beschichtung von Substraten mit bis zu 10 Einzelschichten als auch eine Zweiseitenbeschichtung mit dann maximal 5 Einzelschichten pro Seite. Als Technologien zur Substratvorbehandlung wurden inverse HF-Sputter-  
rätzer und Strahlungs-  
heizer implementiert.

Zur Schichtabscheidung stehen metallische und reaktive DC- und Puls-Magnetron-Sputterprozesse zur Verfügung. Erstmals werden an der ILA 900 die neuen Puls-Paket-Sputterstromversorgungen eingesetzt.

Die gesamte Prozesstechnik für die ILA 900 wurde im FEP entwickelt und gebaut.

Somit ist die ILA 900 nicht zuletzt auch eine Plattform der Weiterentwicklung und ein Demonstrator für entscheidende Grundtechnologien des FEP auf dem Gebiet des Puls-Magnetron-Sputterns.

Fig. 3  
In-line sputter plant ILA 900 -  
general view of the right  
plant side.

Solely by changing the mode of operation in the plant control system the ILA 900 becomes a highly productive coating plant which then allows the sampling of new products, or the coating, also of larger amounts of substrates. By this means, requirements of industry customers can be covered with this plant such as the product and technology development, the sampling of a developed product and pilot production.

Here is a short abstract on the technological potentials of the ILA 900. It is a vertical In-line sputter plant with 10 process stations.

The handling of the substrates takes place in a clean room of the class 1000. The maximum substrate dimension is 1200 x 900 x 60 mm<sup>3</sup>.

The plant allows both a oneseide coating on substrates with up to 10 single coatings as well as a double side coating with then a maximum of 5 single coatings per side.

The technologies implemented for the substrate pre-treatment were inverse HF sputter etchers and radiation heaters.

For the deposition of coatings metallic and reactive DC- and pulse magnetron sputter processes are available. For the first time new pulse-packet sputter power supplies were implemented on the ILA 900.

The whole process technology for the ILA 900 was developed and built at the FEP.

Therefore the ILA 900 is last but not least also a platform for further development and a demonstrator for important fundamental technologies at the FEP in the field of pulse magnetron sputtering.

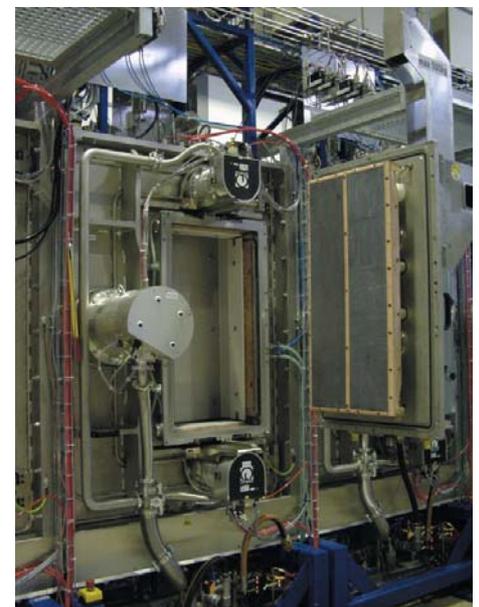


Abb. 4  
In-line Sputteranlage ILA 900 -  
Gesamtansicht der linken Anlagenseite.

Fig. 4  
In-line sputter plant ILA 900 -  
general view of the left plant side.



Abb. 5  
Detailansicht: Prozessmodul  
mit Dual-Magnetron-Sputtersystem.

Fig. 5  
Detailed view: Process module  
with Dual-Magnetron-Sputter system.

Abb. 6  
Doppel-Kathoden-Anordnung.

Fig. 6  
Dual cathode arrangement.

# Nasschemische Reinigung vor Vakuum- Beschichtungsprozessen - Ein notwendiges Übel?

Frank-Holm Rögner\*

Fraunhofer-Institut für

Elektronenstrahl- und

Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-242

Fax: +49-351-25 86-55-242

frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de

## Vorbemerkungen

Oberflächentechnische Verfahren und speziell Vakuum-Beschichtungsverfahren setzen voraus, dass die Schichten auf saubere Trägermaterialien aufgebracht werden, denn nur so kann eine dauerhafte Funktion der Schicht gewährleistet werden.

Eine Schlüsselstellung nimmt dabei eine abgestimmte Reinigungstechnologie ein, denn nur auf hoch reinen Oberflächen können Schichtsysteme haftfest aufgebracht werden. Bauteile aus der industriellen Produktion, die vielen unterschiedlichen und »rauen« Fertigungsschritten unterliegen, müssen daher von Verunreinigungen z.T. bis in atomare Größenordnungen gereinigt werden.

Im Bereich der Beschichtungstechnologien führen Fehler in der Vorbehandlung schnell zum Versagen der Schicht und damit meistens zum Ausfall des gesamten Bauteils. Eine effiziente Reinigung muss sowohl die zu reinigenden Produkte berücksichtigen, die aus verschiedenen Werkstoffen wie Metall, Keramik, Glas oder Kunststoff bestehen, als auch die zu entfernenden Kontaminationen. Verunreinigungen auf Oberflächen können u.a. Emulsionen, Öle, Fette, Metalle, Späne, Flussmittel, Lötpasten, Zunder, Rost, Oxide oder Salze sein. Die Reinigungsaufgabe wird auch in hohem Maß von der späteren Anforderung an die Oberfläche definiert.

Neben der intensiven und schonenden Entfernung von Verunreinigungen ist oft eine Aktivierung oder Passivierung

von Werkstoffoberflächen als Vorbereitung für eine nachfolgende Bearbeitung wichtig. Viele Unternehmen sind dabei auf bestehende Konzepte der Anlagenhersteller angewiesen, die in der Regel nicht an den individuellen Betrieb angepasst sind oder keine komplette Lösung für ein Reinigungsproblem darstellen.

Im Endeffekt heißt das, Reinigung ist kein notwendiges Anhängsel sondern immanenter Bestandteil jeder Beschichtungstechnologie.

## Die nasschemische Reinigungsanlage für Platten und metallische Bänder CLAIRE

Um dem Rechnung zu tragen, wurde mit der Installation einer industrienahe In-line-Beschichtungsanlage für Platten und metallische Bänder MAXI am FEP (siehe Jahresbericht 1999) auch in eine den Substratgrößen angepasste nasschemische Reinigungsanlage CLAIRE investiert. Entwickelt und geliefert wurde diese unikale Anlage von der UCM AG (Schweiz). Neben Standard-Reinigungsaufgaben bietet diese Anlage im heutigen Zustand die Möglichkeit eine für die jeweilige Beschichtungsaufgabe angepasste Reinigungstechnologie zu entwickeln. Das gilt sowohl für den Eigenbedarf als auch für die industrielle Auftragsforschung. Eine enge fachliche Kooperation mit dem FhG-IST sowie Industriepartnern auf den Gebieten der Reinigungschemie, Messtechnik, Regeltechnik und Analyse bietet dafür hervorragende Voraussetzungen.

# Wet chemical cleaning before vacuum coating processes - A necessary evil?

## Preliminary remarks

Technical Surface processing, especially vacuum coating processes are only possible under the condition that the layers are coated on clean substrates because only then can a permanent function of the layer be warranted. A key position takes up a balanced cleaning technology because layer systems can only be applied permanently to highly purified surfaces.

Components from industrial production which are subject to many different and "course" production steps must therefore be cleaned of impurities up to atomic dimensions. In the field of coating technology mistakes in the preliminary cleaning lead quickly to failure of the coating and often to a breakdown of the whole component. An efficient cleaning must include the product that is to be cleaned, which consists of diverse materials such as metal, ceramics, glass or plastic, as well as the contaminations that have to be removed. Impurities on the surface can be emulsion, oil, fat, metal, chipping, flux material, tinder, rust, oxide and salt. The cleaning function will be defined to a great extent by the later surface requirements. Beside the intensive and gently treated elimination of impurities an activation or passivation of basic material surfaces is important as preliminary preparation

of the treatment that is to follow. Companies are therefore dependent on existing concepts of plant manufacturers which, generally, are not adapted to an individual production or do not represent a complete solution to a cleaning problem. The bottom line means that the cleaning is no necessary attachment but an immanent inherent part of every coating technology.

## The wet chemical cleaning plant for sheets and metallic strips - CLAIRE

In order to make allowances for this an investment was made for the installation of an industry like coating plant for sheets and metallic strips MAXI at FEP (see annual report 1999) as well as for a wet chemical cleaning plant that is adaptable to the size of substrates. This unique plant was developed and delivered by UCM AG (Switzerland). Beside standard cleaning tasks this plant, in its condition today, offers the opportunity to develop a cleaning technology that is well adapted to respective coating tasks. This applies for own needs and for industrial contract research. A close specialist cooperation with the FhG-IST as well as with industry partners in cleaning chemicals, measurement- and control engineering and analysis provide excellent foundations.

Frank-Holm Rögner\*

Fraunhofer Institute for

Electron Beam and

Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-242

Fax: +49-351-25 86-55-242

[frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de](mailto:frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de)



Technologische Daten:	
Reinigung	- 2 wässrige Reinigungsbäder, davon das erste mit Ölabscheidung, beheizt
	- Ultraschallunterstützung
	- Temporärer Korrosionsschutz möglich
	- Zwischenspülung mit teilsalztem Wasser
	- Zweistufige Endspülung
	- Möglichkeit der Gasinjektion in den Spülbädern
	- Abblas-Station und Heißlufttrocknung
	- Vollautomatische Reinigung
	- Online Prozesskontrolle
	- Online Prozesssicherung (in Vorbereitung)
Substratdaten:	
Metallbänder	- Breite bis zu 300 mm, Dicke bis zu 0.5 mm
	- Reinigungsgeschwindigkeit bis zu 2 m/min
	- Max. Bundmasse bis zu 1000 kg
Platten	- Abmessungen bis zu 500 mm x 500 mm
	- 8 Platten je Carrier (Gewicht je Carrier max. 50 kg)
	- Reinigungsgeschwindigkeit: ca. 2 Carrier/h



Die nasschemische Reinigungsanlage CLAIRE ist gleichermaßen für die Reinigung von ebenen plattenförmigen oder geometrisch einfach geformten Substraten als auch für die Reinigung von Metallbändern geeignet. Als Reinigungsmedien können wässrige Reinigungslösungen (alkalische, neutral, sauer) eingesetzt werden. Die Zugabe von Chemikalien für den temporären Korrosionsschutz ist im 2. Reinigungsbad möglich. Bedingt durch den Einsatz überwiegend ebener Substrate erfolgt die Trocknung durch Abblasen und den Einsatz von Warmluft.

Neben den Reinigungsaufgaben und der Prozessentwicklung im Rahmen von Beschichtungsaufgaben bietet das FEP selbstverständlich ebenfalls die Nutzung der Reinigungsanlage CLAIRE im Rahmen der Auftragsforschung an für:

- Entwicklung, Optimierung und Anpassung von Reinigungstechnologien, Reinigungschemikalien und Messverfahren
- Entwicklung und Test von Prozesskontroll-, Prozesssicherungs- und Qualitätssicherungssystemen für die nasschemische Reinigung
- Analytische Untersuchungen zur Restfettbestimmung auf Oberflächen vor und nach der Reinigung in Kooperation mit Fraunhofer-internen und externen Partnern
- Auftragsreinigung von Klein- und Vorserien im Bereich Metallbandreinigung, Reinigung von Metall-, Glas- oder Kunststoffplatten und geometrisch einfach geformten Teilen

Im Rahmen der Projektarbeit wurde dabei schnell deutlich, dass der Prozessüberwachung und Qualitätssicherung in der industriellen Reinigungstechnik eine wachsende Bedeutung zukommt. Gründe dafür sind:

- Verschärfte Umweltauflagen zwingen zu geschlossenen Stoffkreisläufen bis hin zur abfallfreien Reinigung

- Ökonomische Zwänge erfordern eine Reinigung nur »so gut wie nötig«
  - Immer mehr Firmen sind gezwungen durchgängige Qualitätsmanagement-Systeme einzuführen, um wettbewerbsfähig zu bleiben
  - Immer höhere Anforderungen an Schichteigenschaften führen zu immer höheren Anforderungen an die Vorreinigung
- Damit ergibt sich ein erweitertes Aufgabenspektrum für die Projektarbeit an der Reinigungsanlage CLAIRE.

### Online Prozesskontrolle und Qualitätssicherung

Welche Ausgangssituation findet sich heute überwiegend in der Industrie:

- Der Anlagenhersteller der Reinigungsanlage schlägt in Kooperation mit einem von ihm gewählten Reinigungsmittel-Hersteller eine Reinigungstechnologie vor
- Durch empirische Tests wird eine Technologie erarbeitet, die die nachfolgenden Produktionsschritte nicht stört
- Die Überwachung des Reinigungsprozesses obliegt der Erfahrung des Anlagenfahrers, der Badzustand wird exsitu in großen Abständen durch Laboranalysen ermittelt, auf Grenzwertverletzung kann nur mit erheblichem Zeitversatz reagiert werden

### → *Reinigung als notwendiges und aufwändiges Übel*

Diese Verfahrensweise stößt immer häufiger an Grenzen in der modernen Produktion und die Überwindung dieses Zustandes ist ein aktueller Forschungsgegenstand in der Reinigungstechnik.

The wet chemical cleaning plant CLAIRE is likewise suitable for the cleaning of flat plate type or geometrically simple formed substrates as well as for the cleaning of metal strips. Applied cleaning solutions can be watery (alkaline, neutral, acid). The addition of chemicals for temporary corrosion protection is possible in the 2<sup>nd</sup> cleaning bath. Due to the application of mainly flat substrates blow drying is possible using warm air.

Beside cleaning tasks and process development in line with coating tasks FEP naturally offers also the use of its cleaning plant for contract research in:

- Development, optimization and adaptation of cleaning technologies, cleaning chemicals and measurement processes
- Development and testing of process control-, process protection- and quality protection systems for the wet chemical purification
- Analytic inspections for determining oil residues on the substrates before and after cleaning in cooperation with internal Fraunhofer and external partners
- Contract cleaning of small and pilot run series in the field of metal strip cleaning, cleaning of metal-, glass- or plastic sheets and geometrically simple formed components

In line with the project work it soon became very clear that the process supervision and quality protection in the industrial cleaning technique became of growing importance.

The reasons for this are:

- Tightened measures in environment force closed material cycles to disposal free cleaning

- Economical enforcements call for a purification "as good as necessary"
- More and more companies are forced to introduce quality management systems in order to stay competitive
- Higher demands on protection properties lead more and more to higher preliminary purification requirements

With this a further task spectrum evolves for the project work on the CLAIRE cleaning plant.

### Online process control and quality assurance

What starting position is found mainly in industry today:

- The producer of cleaning plants suggests in cooperation with a chosen cleaning agent producer a cleaning technology
- A technology is worked out with empirical testing that does not interrupt production steps
- The supervision of the cleaning process is incumbent on the experience of the plant operator with the help of laboratory analyses. Reacting to limit violation of the bath condition exsitu large intervals can lead to substantial time offset.

### → *Cleaning as necessary and laborious evil*

This procedure hits more often on limits in modern production and the overcoming of this situation is a current research condition in cleaning techniques.

Technological Data	
Cleaning	- 2 watery cleaning baths, the first with oil separation, heated
	- Ultrasonic support
	- Temporary corrosion protection possible
	- Prerinse with partially desalted water
	- Two-stage end rinse
	- Possibility of gas injection into the rinse baths
	- Blow dry station and Hot air drying
	- Full automatic cleaning
	- Online processing check
	- Online processing protection (in preparation)
Substrate Data	
Metal strips	- Width up to 300 mm, Thickness up to 0.5 mm
	- Cleaning speed up to 2 m/min
	- Coil mass up to 1000 kg
Sheets	- Dimensions up to 500 mm x 500 mm
	- 8 sheets per carrier (Weight per carrier max. 50 kg)
	- Cleaning speed about 2 carriers /h



Die online Prozesskontrolle und Qualitätssicherung kann man in drei Stufen unterteilen:

1. Online Prozesskontrolle

- kontinuierliche Messdatenerfassung über den Zustand der Reinigungs- und Spülbäder in Bezug auf Reinigungsleistung, Verschmutzungsgrad, Temperatur, Ultraschalleistung
- Aufzeichnung des Reinigungsgut-Durchlaufes (Bandgeschwindigkeit, Bandzählwerk, Verweildauer im Reinigungsbad, ...)

Diese Stufe ist technisch zum großen Teil realisierbar, die Forschung konzentriert sich auf Kostenreduzierungen in der Mess- und Sensortechnik.

2. Online Prozesssicherung

- baut auf der online Prozesskontrolle auf und automatisiert die Arbeiten zur Reinigungsbad-Pflege
- hält die Parameter eines Reinigungsverfahrens dauerhaft in engen Grenzen konstant und vermeidet kostenintensive Sicherheitszuschläge
- spart Ressourcen durch abfallfreie Kreislaufverfahren, Ultrafiltration und Spülwasseraufbereitung werden möglich

- lückenloser Nachweis der Prozessführung ist gegeben und eine Integration in Qualitätssicherungssysteme möglich

Diese Stufe ist in einzelnen Pilotprojekten beispielhaft umgesetzt. Einer breiten Anwendung steht das Fehlen von Komplettlösungen entgegen.

3. Online Qualitätssicherung

- heißt online Überwachung des Reinigungsergebnisses; sehr schwierig, da nahezu keine kostengünstigen, industrietauglichen insitu-Messverfahren existieren
- erste Ansätze gibt es im Bereich der Teilereinigung (FhG-IPA Stuttgart) sowie für singuläre Einsatzfälle zur Stichprobenkontrolle
- würde die Möglichkeit bieten, erstmals kontinuierlich genau »so viel wie nötig« zu reinigen (Reinigungsaufwand in Abhängigkeit vom aktuellen Verschmutzungsgrad) und damit erstmals den wirtschaftlich positiven Effekt einer online Prozessbeeinflussung in vollem Umfang realisieren

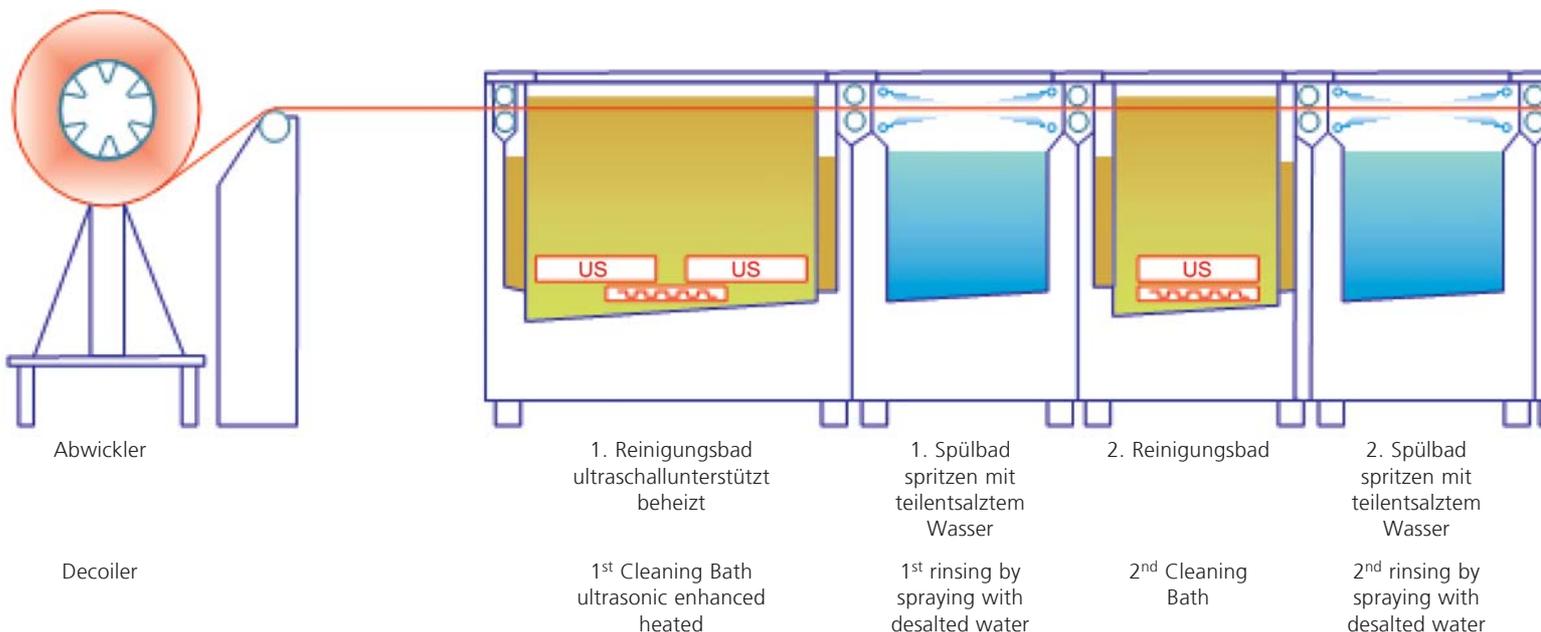
→ *Reinigung als gezielt wirtschaftlich eingesetzter Teil der Prozesskette*

Diese Aufgabe ist wegen ihres interdisziplinären Charakters durch ein einziges Fraunhofer-Institut nicht mehr in vollem Umfang zu lösen. Dies ist nur einer der Gründe, warum sich Fraunhofer-Institute zu einer Allianz auf dem Gebiet der Reinigungstechnik zusammengefunden haben.

**Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik**

Um die Reinigungstechnologien komplett und koordiniert anbieten zu können, haben sich acht Institute zur Allianz Reinigungstechnik zusammengeschlossen. Es sind die Fraunhofer-Institute für

- Chemische Technologie ICT, Pfinztal
- Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP, Dresden
- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart
- Lasertechnik ILT, Aachen
- Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, Berlin
- Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
- Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig
- Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden



The online process control and quality assurance can be divided in three steps:

1. Online process control

- continuous measurement data logging of the cleaning and rinse bath condition, regarding the cleaning performance, degree of impurity, temperature, ultrasonic performance
- Recording of the cycle of the cleaning commodity (strip speed, strip counter, duration period in cleaning bath, ...)

This step is in part technically realisable. Research concentrates on the reduction of costs in measurement and sensor technics.

2. Online process protection

- is based on the process control and automates the work of cleaning bath maintenance
- keeps the parameter of a cleaning process permanently in close limits constantly and avoids cost intensive protection surcharges
- saves resources due to deposit free cycle methods, ultrafiltration and rinsing water treatment become possible

- complete proof of process conduct is given and an intergration in quality assurance systems is possible.

This step is exemplary applied in single pilot projects. The idea of wide application is opposed by the absence of complete solutions.

3. Online quality assurance

- means online monitoring of cleaning results, very difficult, therefore no cost effective, industry suitable in situ measurement method exists
- first rudiments are found in the field of components cleaning (FhG-IPA Stuttgart) as well as the single case of operation spot checking
- would allow the chance, for the first time exactly and "as much as necessary" to clean (cleaning process depends on the current degree of impurity) and therefore realise in full length an economically positive effect of an online process influence

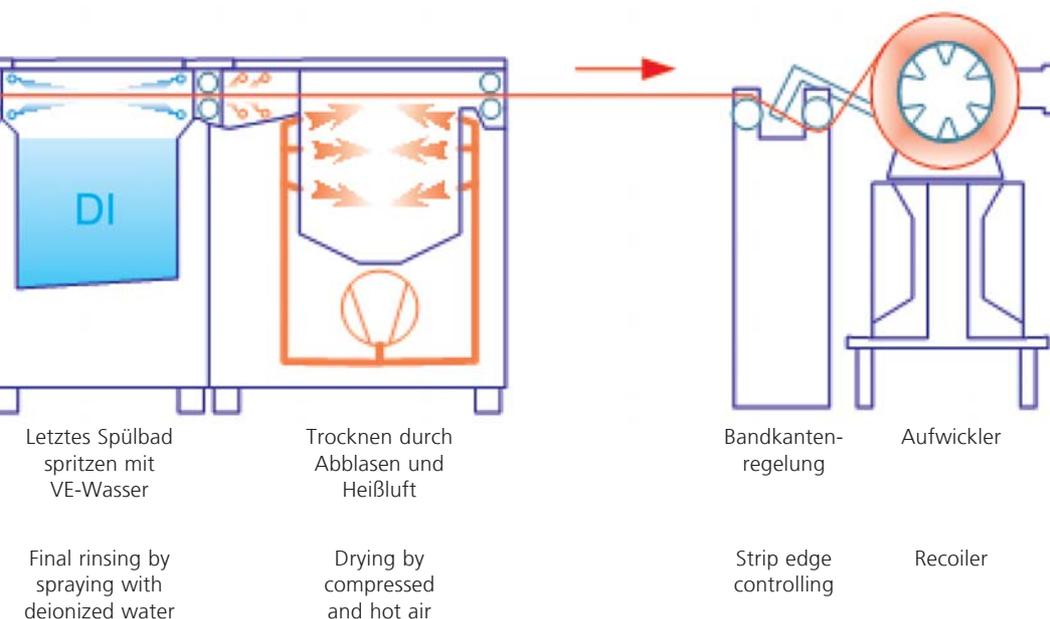
→ **Cleaning as specifically targeted economically applied part of the process chain**

This task is due to its interdisciplinary character unable to be solved completely by a single Fraunhofer Institute. This is one of the reasons why Fraunhofer Institutes have bonded together to an alliance in the field of cleaning techniques.

**Fraunhofer Alliance Cleaning Techniques**

In order to offer complete and coordinated cleaning technologies eight institutes have merged to an Alliance Cleaning Techniques. These are the Fraunhofer Institutes for:

- Chemical Technology ICT, Pfinztal
- Electron Beam and Plasma Technology FEP, Dresden
- Interfacial Engineering and Biotechnology IGB, Stuttgart
- Laser Technology ILT, Aachen
- Production Systems and Design Technology IPK, Berlin
- Manufacturing Engineering and Automation IPA, Stuttgart
- Thin Films and Surface Engineering IST, Braunschweig
- Material and Beam Technology IWS, Dresden



  
**Fraunhofer** Allianz  
 Reinigungstechnik

Contact:  
 Frank-Holm Rögner  
 Phone:  
 +49-351-25 86-242  
 Fax:  
 +49-351-25 86-55-242  
 e-mail:  
 frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de

# Festkolloquium zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. Siegfried Schiller

Rainer Bartel\*

Fraunhofer-Institut für

Elektronenstrahl- und

Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-200

Fax: +49-351-25 86-55-200

rainer.bartel@fep.fraunhofer.de

Mit einem international besetzten Kolloquium hat das FEP die Verdienste seines früheren Leiters Prof. Dr. Siegfried Schiller gewürdigt. Etwa 100 Gäste hatten sich am 17. Februar 2003 zu einer Vortragsreihe und mit anschließendem festlichen Abendessen im historischen Festsaal des Four Points Hotel Königshof ArabellaSheraton in Dresden versammelt. Höhepunkt des Nachmittags war Prof. Schillers Vortrag »Anmerkungen zu meinem Berufsleben - eine Bilanz« mit Ausführungen zu den wichtigsten Eckpunkten seines Lebens.

Prof. Schiller, der am Vortag sein 70. Lebensjahr vollendet hatte, war viele Jahre Leiter des technologischen Bereiches des früheren Forschungsinstitutes Manfred von Ardenne. Nach der deutschen Wiedervereinigung führte er 70 Mitarbeiter seines Bereiches in die Fraunhofer-Gesellschaft. Das damit begründete Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Dresden (FEP) nahm unter Schillers Führung schnell eine erfolgreiche Entwicklung.

In der internationalen Fachwelt ist Siegfried Schiller weit bekannt. Er ist Autor zahlreicher Veröffentlichungen und Inhaber von über 200 Patenten. In vielen Vorträgen auf internationalen Fachtagungen konnte er über

Abb. 1  
Bandstahlbeschichtungsanlage, Bad Salzungen, 1981.

Fig. 1  
Strip steel aluminium coater, Bad Salzungen, 1981.



interessante aktuelle Ergebnisse berichten. Unter der Leitung von Prof. Schiller wurde das FEP für weltweite Interessenten zur Elektronenstrahltechnologie und zur PVD-Beschichtung eine ausgezeichnete Adresse.

Viele Entwicklungen sind untrennbar mit dem Namen Siegfried Schiller verbunden. Die Realisierung und der Einsatz von Elektronenstrahl-Mehrkammeröfen für das Umschmelzen von Sondermetallen war eines der frühen Ergebnisse seiner Arbeit. Entscheidend war sein Wirken für die Entwicklung der Großflächenbeschichtung. Hier ist z.B. die industriell eingesetzte Elektronenstrahl-Bedampfung von Bandstahl wie auch das mit Sputterverfahren realisierte Beschichten von Architekturglas und von Kunststofffolien zu nennen. Eine besondere Bedeutung hat Prof. Schiller stets der Einheit von Produkt-, Technologie-/Prozess- und Hardwareentwicklung beigemessen. Dadurch wurde es möglich, entsprechend der jeweiligen konkreten Kundenaufgabe Komplettlösungen zu erarbeiten und für den Einsatz in der Produktion zur Verfügung zu stellen.

Die meisten Geschäftspartner kennen Siegfried Schiller wohl als den kreativen Physiker, als den cleveren zielstrebigem Organisator, als Einen, der es versteht, Dinge voranzubringen.

Abb. 2  
Beschichtungsanlage für Flachglas, Weißwasser, 1985.

Fig. 2  
Flat glass coating plant, Weisswasser, 1985.



# Festive colloquium held on Prof. Dr. Siegfried Schiller's 70<sup>th</sup> birthday

The FEP recognised the merits of its former director Prof. Dr. Siegfried with an internationally cast colloquium Schiller. About 100 guests gathered together on 17 February 2003 for a course of lectures and adjacent festive evening meal in the historical ballroom of the Four Points Hotel Königshof Arabelle Sheraton in Dresden. Highlight of the afternoon was Prof. Schiller's lecture "Notes on my professional life-a résumé"-drawn with remarks on the important vertices of his life.

Prof. Schiller who had become 70 the day before, was director of the technological sector in the former research institute Manfred von Ardenne. After Germany's unification he led 70 employees belonging to this section into the Fraunhofer Association. The forthwith founded Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology Dresden (FEP) developed very quickly under his guidance.

Siegfried Schiller is well known in the international specialist world. He is the author of numerous publications and owner of over 200 patents. In many lectures at international symposiums he was able to report on interesting current results. The FEP became an

interesting potential partner for Electron Beam technology and an excellent address for PVD coating under the guidance of Prof. Schiller.

Many developments are inseparably connected with the name of Siegfried Schiller. The realization and application of Electron Beam Multi Chamber Furnaces for the refounding of special metals was one of the former results of his work. His influence on the development of large area coating was important. Here for example industrially applied Electron Beam Vapour Deposition of steel strips and the realized sputter technique for the coating of architecture glass and plastic foils are a few techniques to be mentioned. Prof. Schiller always ascribed much importance to the entity of development of product, technology, process and hardware. Therefore it was possible to work out complete customer solutions according to concrete customer tasks, implement them and provide them in production.

Most business contacts know Siegfried Schiller as a creative physicist, as the clever, determined organiser, as someone who knows how to promote things.

Abb. 3  
Beschichtungsanlage für Werkzeugbeschichtung, Königssee, 1986.

Fig. 3  
Coating plant for cutting tools, Königssee, 1986.



Abb. 4  
Inbetriebnahme der ersten neuen Laboranlage im FEP und ihre Einweihung durch die damalige Leitung, 1992.

Fig. 4  
Starting of the first new laboratory plant at the FEP and induction by the then chairmanship, 1992.



Rainer Bartel\*

Fraunhofer Institute for  
Electron Beam and  
Plasma Technology FEP  
Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-200

Fax: +49-351-25 86-55-200

rainer.bartel@fep.fraunhofer.de



Abb. 5  
Prof. Dr. Siegfried Schiller beim Signieren von Büchern.

Fig. 5  
Prof. Dr. Siegfried Schiller autographs his books.

Abb. 6  
Prof. Dr. Günter Bräuer würdigte die Verdienste von Prof. Dr. Siegfried Schiller.

Fig. 6  
Prof. Dr. Günter Bräuer valued very highly the merits of Prof. Dr. Siegfried Schiller.

Bei den Begegnungen mit ihm kann man aber immer wieder spüren, dass er neben seiner Arbeit ein breites persönliches Interessensfeld hat. Er ist ein ausgezeichnete Kenner der Geschichte und findet dort auch seine Vorbilder. Er liebt die Literatur und zitiert gern daraus prägnante Leitsätze. Er ist ein Freund der Kunst und findet immer wieder die Zeit, sie zu genießen. Er mag die Natur, war viele Jahre ein aktiver Jogger und findet Entspannung bei der Arbeit im Garten. Seine Familie war und ist die Quelle für die Kraft und der Ruhepunkt in aller Hektik der Zeit. Gerade dies hat Prof. Schiller immer für eine der wichtigsten Voraussetzungen für sein Engagement im Berufsleben gesehen.

In seiner Begrüßungsansprache zum Festkolloquium würdigte der Leiter des FEP, Prof. Dr. Günter Bräuer, die Verdienste von Prof. Schiller. Nur in groben Zügen konnte seine umfangreiche fachliche Arbeit umrissen werden. In besonderer Weise wurde Schillers Wirken als Leiter und Organisator dargestellt. Es wurde verdeutlicht, dass insbesondere durch den konsequenten persönlichen Einsatz von Prof. Schiller die Voraussetzungen für Aufbau und Entwicklung des FEP geschaffen wurden. Besonders betont wurde das Engagement Schillers für die Region Sachsen. Damit konnte über viele Jahre hinweg eine breite wissenschaftliche und industrielle Kompetenz mit Relevanz zu den

Einsatzfeldern der Elektronenstrahl- und Plasmatechnik aufgebaut werden. Prof. Bräuer brachte zum Ausdruck, dass das von Prof. Schiller geschaffene Fundament auch für die Zukunft des FEP und die Zusammenarbeit mit allen Partnern eine stabile Grundlage bildet.

In seinem Vortrag mit dem Titel »Thermal Electron Beam Surface Technologies - History and Prospects« gab Prof. Dr. Rolf Zenker einen Überblick über die Entwicklung der Elektronenstrahl-Randschichtbehandlung. Prof. Zenker, der als Materialkundler viele Technologieentwicklungen zu Elektronenstrahlanwendungen begleitet hat, gilt als anerkannter Fachmann auf dem Gebiet der Kurzzeitwärmebehandlungsverfahren. In anschaulicher Weise wurden die vielfältigen Möglichkeiten des Elektronenstrahleinsatzes für Aufgaben zum Härten und Umschmelzen aber auch zum Schweißen dargestellt. Interessante neue Einsatzmöglichkeiten ergeben sich auf der Basis der im FEP entwickelten High-Speed-Scan-Technik für verschiedene Varianten von Mehrprozess-Verfahren. Damit wird ein Alleinstellungsmerkmal des Elektronenstrahles, die sehr schnelle Ablenkbarkeit, in weiteren industriellen Anwendungen genutzt. Aus den Ausführungen war deutlich zu erkennen, dass sich mit neuen anlagentechnischen Ausstattungen der Weg für die weitere Verbreitung der Elektronenstrahltechnologien ebnet.



On meeting him one always feels that he has a wide personal field of interest beside his work.

He is an excellent connoisseur of history and finds his idols there. He loves literature and likes quoting distinctive guidelines. He is a friend of art and always finds time to enjoy it. He loves nature and was an active jogger for many years and he likes it to relax at work in the garden. His family is his source of energy and his point of rest in the hectic pace of time. Precisely this is what Prof. Schiller saw as one of the most important premises for his engagement in his professional life.

At the festive colloquium in his welcoming speech the director of the FEP, Prof Dr. Günter Bräuer, valued very highly the merits of Prof. Schiller. Only along general lines could his extensive, professional work be outlined. Especially Schillers work as director and organiser was presented. It became clear that particularly through his consistent, personal commitment did Prof. Schiller create premises for the build up and development of the FEP. Special accent was put on his dedication to the region of Saxony. A wide scientific and industrial expertise with relevance to the Electron Beam and

Plasma technology fields could forthwith be established. Prof. Bräuer expressed that the foundation created by Prof. Schiller forms a stable basis with all partners for the future.

In his lecture with the title "Thermal Electron Beam Surface Technologies - History and Prospects" Prof. Dr. Rolf Zenker, who as material expert has conducted many technological developments on Electron Beam applications, gave an overview on the development of the Electron Beam Edge Coating Treatment and is a recognised specialist in the field of temporary short heat treatment processes. In a vivid way the manifold possibilities for Electron Beam application for tasks in curing, refounding and welding were presented. Interesting application possibilities arise on the basis of FEP's High Speed Scan technology for different versions of multi process methods. With this the single position characteristic of the Electron Beam and its very quick deflection are to be used in further industrial applications. It was recognisable from the comments that with new plant technical equipment the way for further extension in Electron Beam technology was paved.



Abb. 7 - 12  
Impressionen während des Festkolloquiums.

Fig. 7 - 12  
Impressions of the Festive colloquium.



Prof. Dr. Christian Edelmann gab mit seinen Ausführungen unter dem Titel »From the travel pump of Otto von Guericke to an important basis of modern high technology - A short review of the history of vacuum technique« eine Übersicht zur Entwicklung der Vakuumtechnik. Prof. Edelmann lehrte und forschte viele Jahre an der Technischen Universität »Otto-von-Guericke« in Magdeburg auf dem Gebiet der Erzeugung und Messung kleinster Drücke. Er zeigte an Hand vieler Darstellungen die charakteristischen Merkmale der verschiedenen Generationen von Pumpen und Messgeräten. In interessanter Weise wurde die Steigerung der Leistungsfähigkeit dieser Technik dargestellt. Den Zuhörern wurde dabei bewusst, dass erst mit der hohen Effizienz und Zuverlässigkeit von vakuumtechnischen Komponenten viele der im FEP bearbeiteten Verfahren industriemäßig einsetzbar wurden.

Schichtsysteme für erweiterte Einsatzmöglichkeiten, wie z.B. Anti-Reflexive-Anti-Static Coatings, wurden vorgestellt. Daraus ist zu erkennen, dass es auch in Zukunft einen wachsenden Markt für beschichtete Gläser geben wird.

Die anwesenden Gäste repräsentierten das weite Feld der Geschäfts- und Kooperationspartner des FEP. Zahlreiche Vertreter von Firmen, aus Forschung und Lehre, aus staatlichen und gesellschaftlichen Einrichtungen waren der Einladung gefolgt. Die Anwesenheit internationaler Gäste aus den USA, Schweden, Japan, Tschechien und Österreich spiegelte die weltweite Anerkennung von Prof. Siegfried Schiller wider. Mit dabei waren auch Gratulanten aus dem Kreis der früheren Partner von Prof. Schiller. So war es nicht verwunderlich, dass es sehr schnell zu angeregten Diskussionen sowohl über neue technische und technologische Entwicklungen und den aktuellen Stand von Wirtschaft und Politik als auch über Begebenheiten aus der Vergangenheit kam. Besonderen Raum nahmen die Gespräche ein, die zukünftige Arbeiten betrafen. Hier wurde der Weg für verschiedene neue Partnerschaften und Projekte geebnet. Zahlreiche Anregungen zu marktrelevanten Arbeiten und Hinweise auf sich abzeichnenden Forschungsbedarf wurden diskutiert. Auf diese Weise war das Festkolloquium für das FEP ein nicht unwesentliches Akquisitionsinstrument.

Herr Prof. Schiller, der sich mit diesem Festkolloquium aus seiner beruflichen Arbeit verabschiedete, dankte allen Teilnehmern und Gästen für die gelungene Veranstaltung.



Abb. 13  
Prof. Dr. Siegfried Schiller während seines Vortrages »Anmerkungen zu meinem Berufsleben - eine Bilanz«.

Fig. 13  
Prof. Dr. Siegfried Schiller during his lecture "Notes on my professional life-a résumé".

Abb. 14  
Prof. Dr. Rolf Zenker bei seinen Ausführungen zu »Thermal Electron Beam Surface Technologies - History and Prospects«.

Fig. 14  
Prof. Dr. Rolf Zenker during his lecture "Thermal Electron Beam Surface Technologies - History and Prospects".

»25 Years of Glass Coating - The added value to an outstanding material« war der Titel des Vortrages von Prof. Dr. Hans K. Pulker. Prof. Pulker besitzt langjährige Industrieerfahrungen und ist Leiter der Arbeitsgruppe »Technologie Dünne Schichten« am Institut für Ionenphysik der Universität Innsbruck. Die wachsenden Forderungen an die Beschichtungstechnologien von Glas wurden sehr anschaulich dargestellt. Mit Darstellung der Entwicklung der zugehörigen Anlagentechnik zeigte Pulker auch den von verschiedenen Firmen erreichten heutigen Stand. Die Bedeutung der Glasbeschichtung für zukünftige Anwendungen, u.a. in der Displaytechnik, für Dünnschicht-Großflächensolarzellen und auch neue

With the remarks from Prof. Dr. Christian Edelmann under the title "From the travel pump of Otto von Guericke to an important basis of modern high technology - A short review of the history of vacuum technique", he gave an overview of the development of the vacuum technique. Prof. Edelmann taught and researched for many years at the technical university "Otto-von-Guericke" at Magdeburg in the field of generation and measurement of ultra-low pressures. With the help of many presentations he showed characteristic features of different generations of pump and measurement equipment. An increase in the performance of this technique was shown in a very interesting way. The listeners became aware that primarily with the high efficiency and reliability of vacuum technical components many of the FEP methods became useable in industry.

"25 Years of Glass Coating - The added value of an outstanding material" was the title of Prof. Dr. Hans K. Pulker's lecture. Prof. Pulker possesses long-lasting experience in industry and is the director of the work group "Technology of Thin Layers" at the institute for ion physics at the Innsbruck university. The requirements of glass coating technology was very vividly presented. With the presentation of the respective plant technology Pulker showed the level reached today by different companies. The meaning of glass coating in future applications e.g. in display

technology for thin film large area solar cells and also new coating systems for further applications as in antireflective-antistatic coatings was also introduced. It was clarified that there will be a growing market for coated glass in the future.

The guests attending represented a wide field of business and cooperation partners of FEP. Many representatives from companies, research and training, state and social institutions came to the invitation. The presence of international guests from the United States, Sweden, Japan, Czech Republic, Austria reflected the worldwide recognition of Prof. Schiller. There were also congratulators from former partner circles of Prof. Schiller. It was therefore not surprising that he was soon involved in stimulating discussions about new technical and technological developments and about the current status of economy and politics as well as about past events. Special discussions were taken up concerning future work. Here new ways for different, new partnerships and projects were considered. Many helpful suggestions to market relevant work and indications of developing research demand were discussed. The festive colloquium became quite an important instrument for business development.

Prof. Schiller, who with this festive colloquium took leave of his professional work, thanked all participants and guests for the successful event.



Abb. 15  
Prof. Dr. Christian Edelmann gab einen Einblick zum Thema »From the travel pump of Otto von Guericke to an important basis of modern high technology - A short review of the history of vacuum technique«.



Fig. 15  
Prof. Dr. Christian Edelmann provided an insight into "From the travel pump of Otto von Guericke to an important basis of modern high technology - A short review of the history of vacuum technique".

Abb. 16  
Prof. Dr. Hans K. Pulker sprach über »25 Years of Glass Coating - The added value to an outstanding material«.

Fig. 16  
Prof. Dr. Hans K. Pulker spoke about "25 Years of Glass Coating - The added value of an outstanding material".

# Entwicklung einer Sputterstromversorgung für den Mittelfrequenzbereich mit Pulspaket-Modus i-Pulse PPSG60

Torsten Winkler\*

Fraunhofer-Institut für  
Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Deutschland

\*Ansprechpartner

Tel.: +49-351-25 86-380

Fax: +49-351-25 86-55-380

torsten.winkler@fep.fraunhofer.de

## Einleitung

Die Entwicklung von Einrichtungen und Technologien für die Abscheidung von dünnen Schichten im Vakuum spielt im FEP eine große Rolle. Hauptsächlich wird im Bereich Plasmatechnik die Entwicklung von Sputterprozessen vorangetrieben. Im Fokus stehen oft reaktive Prozesse zur Abscheidung von Metalloxiden und -nitriden. Die dazu verwendeten Beschichtungssysteme bestehen aus den Komponenten: Magnetronanordnung, Prozessmess- und -regeltechnik und der Sputterstromversorgung. Diesem Artikel liegen Arbeiten des Projektes 6983/1098 der Sächsischen Aufbaubank zu Grunde. Es wurde aus EFRE-Mitteln der EU und aus Mitteln des Freistaates Sachsen (P-Nr.: 6983) durch das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit gefördert. Das Projekt wurde gemeinsam von der TU Dresden, Professur Leistungselektronik, der HIGHVOLT Prüftechnik GmbH, der VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH und dem FEP durchgeführt.

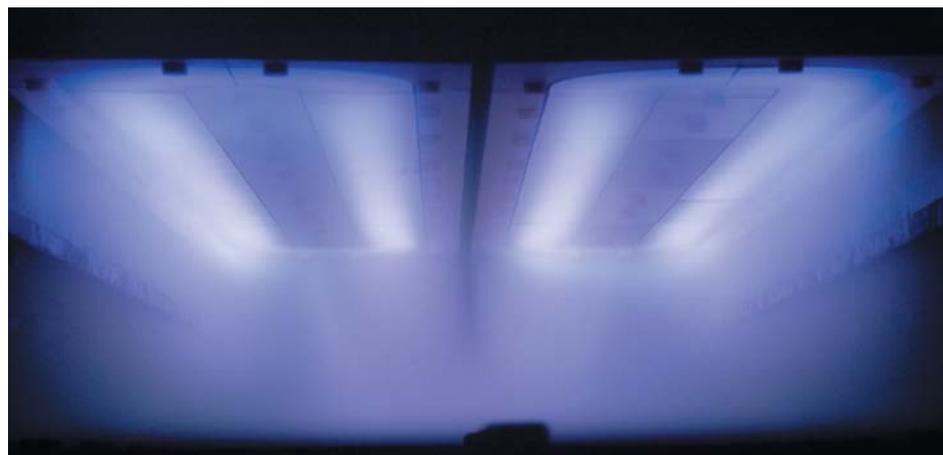
## Motivation

Eine Basis für die Entwicklung der Puls-sputtertechnik für reaktive Prozesse ist eine Doppelanordnung von Magnetrons. Diese werden bisher durch Einspeisung sinusförmiger Ströme im Frequenzbereich 20 bis 50 kHz betrieben. Diese Systeme finden breiten Einsatz bei der Großflächenbeschichtung von z.B. Architekturglas, Kunststofffolien und Displays. Defizite dieser Technologie wurden in den letzten Jahren bezüglich der Langzeitstabilität herausgearbeitet. An Beschichtungssystemen kleinerer Größe wurde festgestellt, dass Schichteigenschaften stark von der Art der Energieeinspeisung abhängen und sich durch optimierte Parameter bei gepulster Energieeinspeisung verbessern lassen.

Im Projekt wurde das Ziel gestellt, eine Sputterstromversorgung zu entwickeln, die im Frequenzbereich von 1 bis 50 kHz Einzel- und Doppel-Magnetrons im Leistungsbereich bis 60 kW versorgen kann. Die Stromversorgung soll sehr flexibel sein und über die Betriebsarten unipolar, bipolar und Pulspaket verfügen.

Abb. 1  
Doppel-Magnetron-Sputter System  
DMS1150/183; Siliziumoxid-Beschichtung  
P: 45 kW; DDR: 112 nm\*m/min.

Fig. 1  
Dual-Magnetron-Sputter sytem DMS1150/183;  
silicon oxide deposition  
P: 45 kW; DDR: 112 nm\*m/min.



# Development of a sputter power supply for the low kHz frequency range with pulse packet mode i-pulse PPSG60

## Introduction

The development of equipment and technologies for the deposition of thin layers in a vacuum plays an important role at the FEP. The development of sputter processes are mainly promoted in the field of plasma technology. Corresponding reactive processes for depositing metal oxides and nitrides are often focused on. The applied coating systems used consist of the components: magnetron configuration, process measuring and control technology and sputter power supply. This article underlies work belonging to the project 6983/1098 of the Sächsische Aufbaubank. It was supported with European EFRE funds and funds from the Saxonian State Ministry of Economic Affairs and Employment (P-No.: 6983). The project was carried out together with the TU Dresden, chair of power electronics, the HIGHVOLT Prüftechnik GmbH, the VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH and the FEP.

## Motivation

With the development of pulse sputter technology for reactive processes the double arrangement of magnetrons was invented. This is done primarily with sine wave energy feeding input in a frequency range between 20 and 50 kHz. Dual magnetron systems are widely applied in large surface coating of architecture glass, plastic films and displays for example. Deficits in this technology were drawn up in past years concerning long term stability. It was discovered on coating systems of a small size that layer properties depend strongly on the method of energy input. Optimized parameters of pulse powering lead to improved layer properties. The project set the target of developing sputter power supply that in a frequency region of 1 to 50 kHz can supply single and dual magnetrons in a performance range of 60 kW. The power supply should be very flexible and possess unipolar, bipolar and pulse packet operating methods.



Abb. 2  
Neu entwickelte Sputterstromversorgung  
i-Pulse PPSG60.

Fig. 2  
New developed Sputter power supply  
i-Pulse PPSG60.

Torsten Winkler\*

Fraunhofer Institute for  
Electron Beam and  
Plasma Technology FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden, Germany

\*Corresponding author

Phone: +49-351-25 86-380

Fax: +49-351-25 86-55-380

[torsten.winkler@fep.fraunhofer.de](mailto:torsten.winkler@fep.fraunhofer.de)

### Das Pulspaket-Prinzip

Die Einspeisung von Energie in Doppel-Magnetron-Systeme erfolgt nach dem Pulspaket-Prinzip, welches im FEP erfunden wurde [1], wie folgt:

1. Generierung von Pulsen mit vorwählbarer Pulsdauer und Pulspause durch Anlegen einer Zündspannung, Beobachtung des Plasmastromes, Umschalten auf Speisen eines Stromes in die Niederdruckgasentladung nach Erreichen eines Schwellwertes für den Plasmastrom, Abschalten der Energieeinspeisung nach Ablauf der Pulsdauer und Wiederholung des Vorgangs nach der Pulspause. Die Generierung der Pulse erfolgt mit einer Frequenz von max. 50 kHz.
2. Wechsel der Polarität der Pulse entsprechend der vorgewählten Anzahl der Pulse für Magnetron 1 und Magnetron 2. Die Frequenz des Polaritätswechsels beträgt max. 25 kHz, typisch 1 bis 10 kHz. Die dabei entstehenden Pulsfolgen werden als Pulspakete bezeichnet.

3. Während der Einspeisung von Pulsen in das Plasma wird die magnetfeldgeführte Glimmentladung hinsichtlich ihrer Stabilität beobachtet. Im Falle des Umschlagens in eine Bogenentladung wird eine Routine gestartet, die den auftretenden Bogen löscht. Dabei wird zunächst versucht, die Energie kontinuierlich weiter in das Doppel-Magnetron-System einzuspeisen, um eine konstante Beschichtungsrate beizubehalten. Dazu wird ein vorzeitiger Polaritätswechsel vorgenommen, bei dem typischerweise der Bogen verlischt. Falls das nicht gelingt bzw. wenn bei der Einspeisung von Energie in ein Einzel-Magnetron-System Bögen auftreten, wird die Energiezufuhr für kurze Zeit unterbrochen.

### Schaltungstopologie

Die Schaltung des Leistungskreises für die neue Stromversorgung wurde so aufgebaut, dass die Nachteile bisheriger Geräte überwunden werden [2].

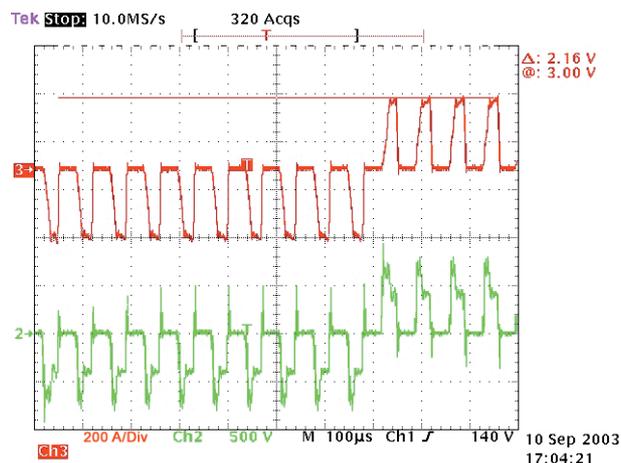
Die Charakteristik einer Niederdruckgasentladung kann nur mit Hilfe komplizierter Ersatzschaltungen beschrieben werden. Wesentlich sind die sehr hohe Impedanz vor dem Zünden, zeitliche Änderungen von Strom und Spannung durch das komplexe Verhalten der Gasentladung und die Gefahr des sehr schnellen Umschlagens in eine örtlich fokussierte Entladung mit sehr hohem Strom (Bogenentladung).

Als Konsequenz entstand das Prinzip des spannungsgeführten Zündens und stromgeführten Speisens der Gasentladung. Im System treten dadurch keine für die Beschichtungseinrichtung und/oder die Stromversorgung zu hohen Spannungen oder Ströme auf.

Wahlweise wird mittels einer Leistungs- oder Pulsstromregelung die Einspeisung der Energie in das Plasma kontrolliert. Unabhängig voneinander kann die in jedes der beiden Magnetrons eingetragene Energie über die Parameter Pulsdauer, Pulspause und Anzahl der Pulse eingestellt werden.

Abb. 3  
Strom- und Spannungsverlauf für DMS3750/183 (Titan)  
im Pulspaket-Modus  
Anzahl Pulse/Paket: 10  
P-DC: 60 kW  
I-DC: 98 A  
I-Puls: 300 A

Fig. 3  
Current and voltage characteristic of DMS3750/183 (titanium)  
using pulse packet mode  
Number of pulses/package: 10  
P-DC: 60 kW  
I-DC: 98 A  
I-Pulse: 300 A



### The pulse packet principle

The input of energy in dual magnetron systems occurs according to the pulse packet principle which was invented as follows [1] at the FEP:

1. Generation of pulses with preselectable pulse on time and pulse off time by applying an ignition voltage, observation of the plasma current, switch over to a current characteristic to boost the low pressure gas discharge after reaching a trigger for the plasma current. Switch off the energy input after pulse on time activity and repeat the action after the pulse off time. The generation of the pulse occurs at a maximum frequency of 50 kHz.
2. Change the polarity of the pulse according to the preselected number of pulses for magnetron 1 and magnetron 2. The frequency of the polarity change constitutes a maximum of 25 kHz, typical is 1 to 10 kHz. The evolving pulse sequences are termed pulse packets.

3. During the input of pulses into the plasma the stability of the glow discharge, which is led by the magnetic field, is observed. In the case of an arc discharge transaction a routine is started and the emerging arc is extinguished. Initially it is attempted to continuously input energy into the double magnetron system in order to maintain a constant coating rate. For this purpose a premature polarity change usually extinguishes the arc. If this does not succeed or if an arc occurs when inputting energy into a single magnetron the energy supply is discontinued for a short time.

### Circuit topology

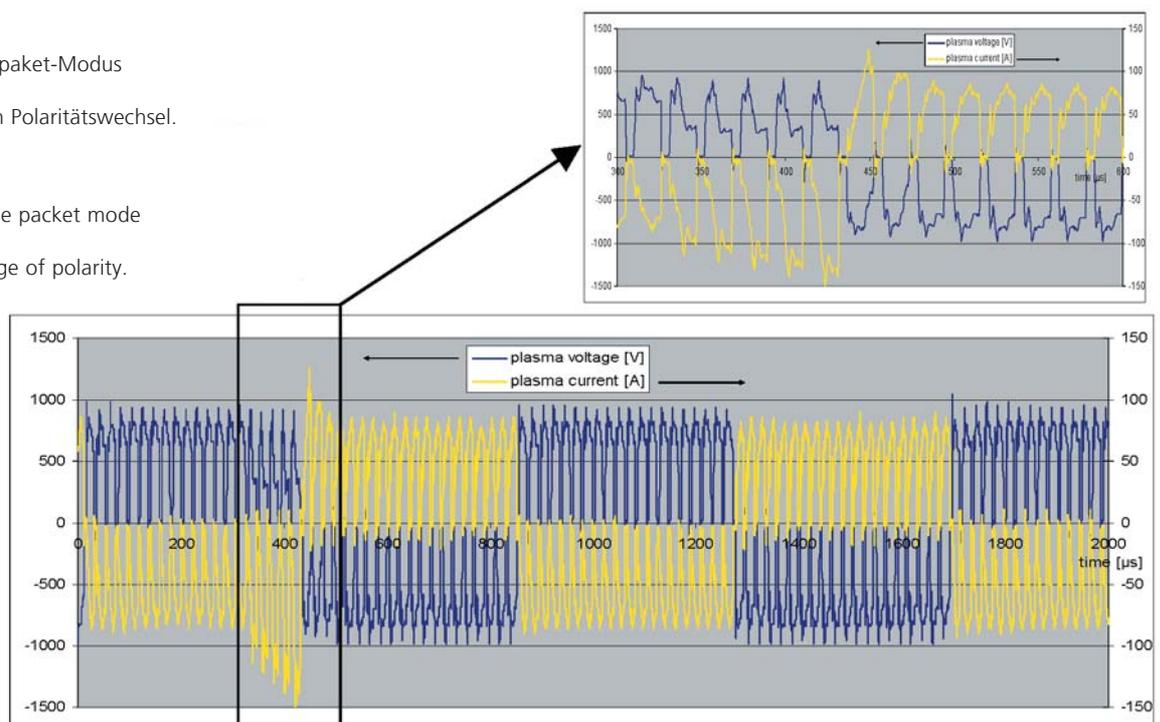
The circuit arrangement of the power circuit for the new power supply was constructed in such a way that the disadvantages of previous devices were overcome [2].

The characteristic of a low pressure gas discharge is only specifiable with the help of complicated equivalent circuits. Important are the high impedance before ignition, temporal changes of current and voltage due to the complex performance of the gas discharge and danger of quick transaction in a locally focussed discharge with very high current flow (arc discharge). Consequently, the principle of a voltage led ignition and current led input of the low pressure gas discharge was developed. In the system no voltages or currents emerged that are too high for the coating equipment and/or the power supply.

Alternatively, controlling the input of energy into the plasma is done by pulse current or power regulation. Independently targeted the energy which is inserted in each of the magnetrons can be regulated by the parameter for pulse on time, pulse off time and number of pulses.

Abb. 4  
Siliziumoxid-Prozess im Pulspaket-Modus  
P: 45 kW  
Löschen eines Bogens durch Polaritätswechsel.

Fig. 4  
Silicon oxide process in pulse packet mode  
P: 45 kW  
Arc extinguished with change of polarity.



### Technologische Untersuchungen

Nachdem durch gemeinsame Arbeit der Projektpartner ein erstes Funktionsmuster PPSG60 (Pulse Packet Switching Generator 60 kW) aufgebaut wurde, begann die technologische Erprobung der neuen Sputterstromversorgung. Die reaktive Abscheidung von Titanoxid und Siliziumoxid mit einem Doppel-Magnetron-System unter Nutzung von Titan- bzw. Siliziumtargets unter Zugabe von Sauerstoff waren die Leitprozesse. Titanoxid wurde auf Kunststoffolie in der Folienbeschichtungsanlage FOSA 600 des FEP abgeschieden. Für die temperaturempfindliche Folie konnte eine dynamische Beschichtungsrate (DDR) von bis zu  $60 \text{ nm} \cdot \text{m}/\text{min}$  realisiert werden, ohne die Folie thermisch zu schädigen. Dies entspricht einer Steigerung der maximal anwendbaren Beschichtungsrate um 50 Prozent gegenüber bisherigen Werten. Dieses Ergebnis bestätigte die These, dass durch die Art der Energieeinspeisung die thermische Substratbelastung beeinflusst werden kann. Außerdem wurde der maximale Pulsstrom dieser Sputterstromversorgung von 300 A in einem Titanoxidprozess nachgewiesen (siehe Abb. 3).

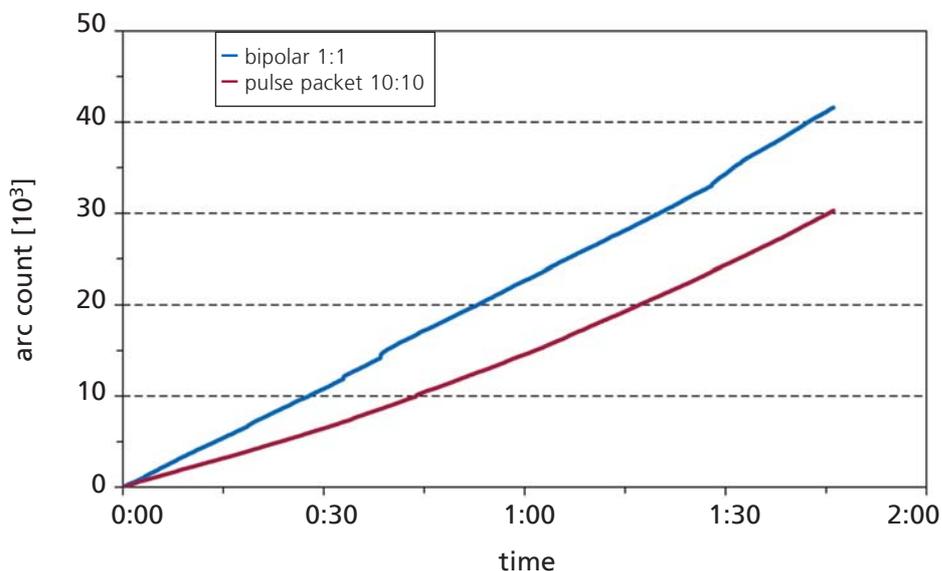
Der Siliziumoxid-Prozess wurde hinsichtlich der Prozessstabilität, der Reaktion auf Bogenerscheinungen und der anwendbaren Beschichtungsrate untersucht. Experimente an einem Doppel-Magnetron-System mit 750 mm langen Targets zeigten im Vergleich verschiedener Betriebsarten, dass die pulspaketartige Energieeinspeisung die Häufigkeit des Auftretens von Bögen reduzieren kann (Abb. 5 aus [4]). Bei der Behandlung von Bögen war das neue Prinzip überwiegend in der Lage, ohne eine Unterbrechung der Energieeinspeisung den Bogen zu löschen (Abb. 6 aus [4]). An einem System mit 1150 mm langen Targets wurde die anwendbare maximale Beschichtungsrate untersucht. Es wurde gezeigt, dass Beschichtungsrate bis  $120 \text{ nm} \cdot \text{m}/\text{min}$  bei der großflächigen Abscheidung von Siliziumoxid unter Produktionsbedingungen in der Zukunft realistisch sind.

### Zusammenfassung

Mit der Grundlagenentwicklung der neuen Sputterstromversorgung i-Pulse PPSG60 erfolgte eine weitere Innovation in der Pulssputtertechnik. Zukünftig stehen die Entwicklung zur Serienreife, umfangreiche technologische Untersuchungen und die Markteinführung im Vordergrund.

Abb. 5  
Siliziumoxid-Prozess [4]  
Vergleich Arc-Häufigkeit für Energieeinspeisung  
im bipolar und Pulspaket-Mode.

Fig. 5  
Silicon oxide process [4]  
Comparison of arc density of energy supply  
using bipolar and pulse packet mode.



### Technological investigations

After the combined work of the project partners an initial functional model PPSG60 (Pulse Packet Switching Generator 60 kW) was built and the technological testing of the sputter power supply began. The reactive deposition of titanium oxide and silicon oxide with the dual magnetron system utilising titanium and silicon targets and adding oxygen were the leading processes. Titanium oxide was deposited on plastic film in the web coating plant FOSA 600 at the FEP. A coating rate of up to 60 nm\*m/min on a temperature sensitive foil could be realised without thermally damaging it. This meets an increase of a maximum applicable coating rate of 50 % in comparison to former values. This result confirms the thesis that the way of the energy input can thermally influence the substrate. Furthermore, the present maximum pulse current of this power supply of 300 A was verified with a titanium oxide process (Fig. 3).

The process stability, of the silicon oxide process, and reaction of arc appearances and applicable coating rate was investigated. Experiments on a double magnetron system with 750 mm long targets showed in comparison to diverse operating methods that the pulse packet type of energy input can reduce the incidence of arcs. (Fig. 5 from [4]). When treating arcs the new concept made it possible to extinguish the arc without interrupting the energy input (Fig. 6 from [4]). On a system with 1150 mm long targets the applicable coating rate was also investigated. It showed that coating rates of up to 120 nm\*m/min on large surface depositions of silicon oxide under production conditions are realistic in future.

### Summary

With the development of the basic principles the new sputter power supply i-pulse PPSG60 a further innovation in pulse sputter technology is made. Next projects are focused on get the development ready to go into production, continue extensive investigations and introduce the i-pulse power supply on the market.

### Patente/Literatur

- [1] Goedicke, K.; Winkler, T.; Junghänel, M.; Fietzke, F.; Kirchhoff, V.; Reschke, J.: Verfahren und Einrichtung zum Betreiben von Magnetronentladungen DE 197 02 187
- [2] Eckholz, F.; Güldner, H.; Wolf, H.; Goedicke, K.; Handt, K.; Junghänel, M.; Winkler, T.: Verfahren und Schaltungsanordnung zur pulsförmigen Energieeinspeisung in Magnetronentladungen DE 100 15 244
- [3] Winkler, T.: Pulse Magnetron Sputtering – Development and Application Trends 45<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings (2002) of the Society of Vacuum Coaters SVC April 14 - 17, 2002, Lake Buena Vista, Florida, USA, published in: Proceedings of the Conference © 2002 Society of Vacuum Coaters (SVC™)
- [4] Nyderle, R.; Winkler, T.; Labitzke, R.: Pulse packet switching for reactive magnetron sputtering – a new method to control the process 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings (2003) of the Society of Vacuum Coaters SVC May 5 - 9, 2003 San Francisco, USA published in: 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings (2003) © 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™)
- [5] Winkler, T.; Kirchhoff, V.; Goedicke, K.: Requirements of new pulse power supplies regarding reactive sputtering processes and adjustment of layer properties 2<sup>nd</sup> Workshop on Pulsed Plasma Surface Technology (PPST) Germany, June 5 - 7, 2002, Dresden, Germany
- [6] Winkler, T.; Junghänel, M.; Kirchhoff, V.; Nyderle, R.: A new generation of power supply (PPSG) for PMS processes PPST workshop, April 18 - 20, 2002, Indialantic, Florida, USA

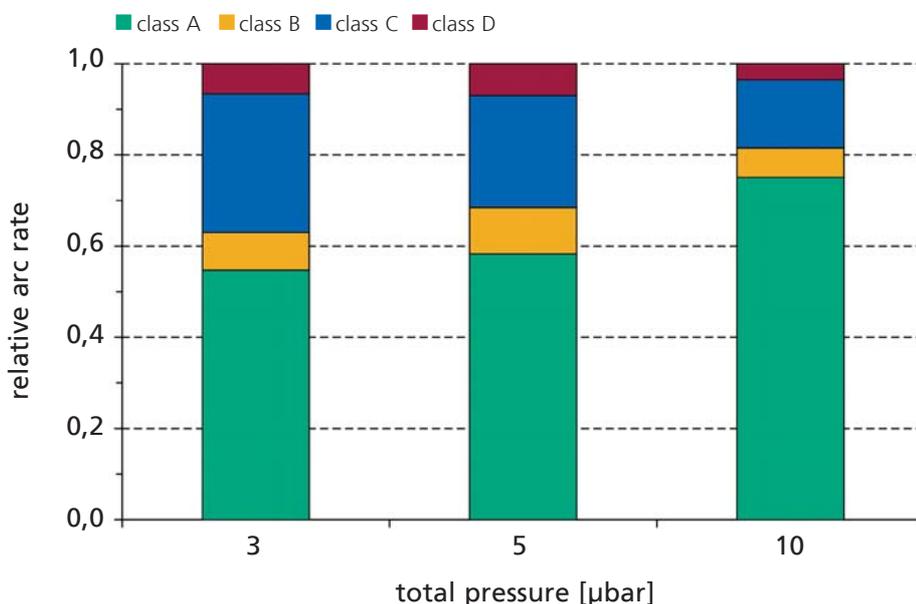


Abb. 6  
Siliziumoxid-Prozess [4]  
Arc-Häufigkeit in Abhängigkeit des Druckes  
Class A+B: selbstverlöschende Bögen  
Class C: Pulspaket-Arc-Behandlung  
Class D: Abschaltungen zur Bogenlöschung

Fig. 6  
Silicon oxide process [4]  
Arc rate related to total pressure  
Class A+B: self extinguishing arcs  
Class C: Pulse packet arc handling  
Class D: Power shut offs

## Dissertationen Dissertations

RANK, R.:  
**Optimierung von Hochfrequenzplasmen zur effektiven Vorbehandlung von Kunststoff-Folie in Bandbedampfungsanlagen**  
Dissertation, TU Chemnitz, Fakultät für Naturwissenschaften, 02.05.2003

WÜNSCHE, T.:  
**Untersuchung des Puls-Magnetron-Sputterprozesses zur Abscheidung von Aluminiumoxid und des Einflusses einer gepulsten Biasspannung am Substrat**  
Dissertation, Technische Universität Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, 13.03.2003

## Diplomarbeiten Diploma Theses

KUHLISCH, ST.:  
**Plasmaaktivierte Verdampfung von Kupfer, Indium und Selen zur Herstellung von CIS-Solarzellen**  
Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 31.01.2003

LANGE, ST.:  
**Abscheiden von Antireflexschichten mit Brechzahlgradient und Rugate-Filtern durch reaktives Puls-Magnetron-Sputtern**  
Diplomarbeit, FH Jena, Studiengang Physikalische Technik, 31.01.2003

BÖHME, M.:  
**Charakterisierung von ITO-Schichten auf PET-Folie nach thermischer Belastung**  
Diplomarbeit, Westsächsische Hochschule Zwickau(FH), Physikalische Technik, Informatik, 17.01.2003

## Masterarbeiten

RÖDER, O.:  
**Entwicklung eines Businessplans zur Vermarktung der e-ventus Technologie**  
Masterarbeit, Donau-Universität, Krems, 24.10.2003

## Mitarbeit in Verbänden Memberships of the Fraunhofer Alliance

Verbund Oberflächentechnik und Photonik (VOB)

Fraunhofer-Themenverbund  
»Polymere Oberflächen«, POLO

## Mitarbeit in Gremien Memberships

BRÄUER, G.:  
Mitglied des Koordinierungsausschusses des Arbeitskreises Plasmaoberflächentechnologie (AK Plasma)

BRÄUER, G.:  
Mitglied des Beirates der Deutschen Vakuum-Gesellschaft e.V. (DVG)

BRÄUER, G.:  
Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates des Instituts für Oberflächenmodifizierung Leipzig e.V. (IOM)

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

BRÄUER, G.:  
Mitglied des »International Organizing Committee« der »9<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering« (PSE)

BRÄUER, G.:  
Mitglied des »International Organizing Committee« der »5<sup>th</sup> International Conference on Coating on Glass« (ICCG)

BRÄUER, G.:  
Mitglied des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO)

BRÄUER, G.:  
Mitglied des Vorstandes Neue Materialien Niedersachsen e.V. (NMN)

BARTEL, R.:  
Mitglied der Bewertungsgruppe Institut für Oberflächenmodifizierung (IOM) Leipzig des Wissenschaftsrates

BARTEL, R.:  
Mitglied im Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz / Sachsen e.V.

SCHILLER, N.:  
Mitarbeit im »Technical Advisory Committee« der »Annual Technical Conference der Society of Vacuum Coaters« (SVC)

FRACH, P.:  
Mitarbeit im VDE - ITG

FRACH, P.:  
Mitarbeit im DFF

METZNER, CH.:  
Mitglied des Executive Committee der ICMCTF 2003 als Session Chair der Session G5

RÖGNER, F-H.:  
Vertreter in der Fraunhofer Allianz REINIGUNGSTECHNIK

BARTZSCH, H.:  
Europäische Forschungsgemeinschaft »Dünne Schichten« (EFDS)

MATTAUSCH, G.:  
Mitarbeit im »Organizing Committee« der »EBEAM – International Conference on High-Power Electron Beam Technology«

## Vorträge Lectures

BRÄUER, G.:  
**Plasmagestützte Schicht- und Oberflächentechnik - heutiger Stand und zukünftige Trends**  
Fachtagung der DGO, Berlin, 30.01.2003

BRÄUER, G.:  
**Oberflächenmodifikation und Reinigung mit Plasmen**  
OTTI-Fachtagung »Reinigung und Vorbehandlung vor der Beschichtung«, Würzburg, 25.02.2003

BRÄUER, G.:  
**PVD-Basisprozesse und ihre reaktiven Varianten**  
OTTI-Fachforum »Schichten auf Glas«, Bamberg, 25.03.2003

BRÄUER, G.:  
**Schicht- und Oberflächentechnik in Deutschland - Status und Trends**  
Aufaktveranstaltung zur TSH-Initiative Oberflächentechnik, Geesthacht, 15.04.2003

BRÄUER, G.:  
**New Materials for Photocatalytic Optical Coatings on Large Areas**  
Korean-German Partnership Event, Seoul, 05.06.2003

BRÄUER, G.:  
**Thin Film and Process Development for Advanced Transparent Conductive Oxides**  
Symposium »Research in Germany«, Seoul, 06.06.2003

BRÄUER, G.:  
**Recent Progress and Future Directions of Pulsed Plasma Surface Technologies**  
Workshop on Pulsed Plasma Surface Technologies, Tokyo, 09.06.2003

BRÄUER, G.:  
**Schichtherstellung durch Kathodenzerstäubung (Sputtering)**  
OTTI-Fachforum »Herstellung dünner Schichten«, Würzburg, 23.06.2003

BRÄUER, G.:  
**Magnetron-Sputtering**  
OTTI-Fachforum »Herstellung dünner Schichten«, Würzburg, 24.06.2003

BRÄUER, G.:  
**Industrielle Plasma-Oberflächentechnik in Deutschland - Status und Trends**  
5. Industriefachtagung »Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik«, Chemnitz, 25.09.2003  
BRÄUER, G.:  
**New materials for photocatalytic optical coatings on large areas**  
The 4<sup>th</sup> Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEEPSE 2003), Jeju City (Korea), 29.09.2003

BRÄUER, G.:  
**Plasma Surface Technologies in Germany**  
The 4<sup>th</sup> Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEEPSE 2003), Jeju City (Korea), 01.10.2003

BRÄUER, G.:  
**Recent Progress and Future Directions of Pulsed Plasma Surface Technologies**  
The 1<sup>st</sup> Korea-Germany Workshop on Pulsed Plasma Surface Technology, Jeju City (Korea), 02.10.2003

BRÄUER, G.:  
**Dünne Schichten mit großer Wirkung - alltägliche und nicht alltägliche Beispiele**  
Festkolloquium Universität Gießen, Gießen, 24.10.2003

BRÄUER, G.:  
**Aktuelle Entwicklungen der plasma-gestützten Schicht- und Oberflächentechnik - Ausgewählte Beispiele**  
Informationsveranstaltung der IHK Düsseldorf, Velbert, 12.11.2003

METZNER, CH.:  
**New Trends and Developments in Large Area PVD Coating of Metal Strips in Europe**  
International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, ICMC, TF, 28.04.-02.05.03, San Diego, CA, USA

CHARTON, CH.; FAHLAND, M.:  
**Tailoring of Ag thin films for solar control and transparent conductive coatings**  
Mai 05 – 09, 2003 San Francisco, USA, SVC publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™), 09.05.2003

METZNER, CH.; SCHEFFEL, B.; HEINSS, J.-P.; RÖGNER, F.-H.:  
**Emergent Technologies for Large Area PVD Coating of Metal Strips**  
Mai 05 – 09, 2003, San Francisco, USA, SVC publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™) publ. in "vacuum technology & coating", 12/03, p.51 - 55

NYDERLE, R.; WINKLER, T.; LABITZKE, R.:  
**Pulse packet switching for reactive magnetron sputtering - a new method to control the process**  
Mai 05 – 09, 2003, San Francisco, USA, SVC publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™)

VANECEK, R.; LIEBIG, J.; SAHM, H.:  
**Influences of pulse parameters on properties of optical coatings deposited by reactive pulsed magnetron sputtering**  
Mai 05 - 09, 2003 San Francisco, USA publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™) 11. - 13. 06.2003

MATTAUSCH, G.; MORGNER, H.; GROVES, J.; WADLEY, H.:  
**Plasma-Assisted Directed Vapor Deposition – a promising new high-rate PVD coating technology**  
EBT 2003 - 7<sup>th</sup> International Conference on Electron Beam Technologies, June 1 – 6, 2003, Varna, Bulgaria

ZYWITZKI, O.; MODES, T.; SAHM, H.; FRACH, P.; GOEDICKE, K.; GLÖSS, D.:  
**Structure and properties of crystalline titanium oxide layers deposited by reactive pulse magnetron sputtering**  
E-MRS 2003 Spring Meeting in Strasbourg/Frankreich June 10 - 13, 2003 (Symposium G: Protective Coatings and Thin Films - 03)  
publ. in Surface and Coatings Technology, 10.06.2003

FRACH, P.; BARTZSCH, H.; WINKLER, T.; GLÖSS, D.; GOEDICKE, K.:  
**Advanced pulse sputtering technology for optical and other functional coatings rigid plastic substrates**  
Paper presented at PPST Japan 2003, June 9 - 10, Tokyo 09.10.2003

VANECEK, R.; LIEBIG, J.; SAHM, H.:  
**Influences of pulse parameters on properties of optical coatings deposited by reactive pulsed magnetron sputtering**  
PPST Korea, 03.-04.10.2003, Jeju-Island, AEPSE Korea, 28.09. - 02.10.2003, Jeju-Island PPST China, 25. - 26.09.2003, Shanghai

BARTZSCH, H.; GLÖSS, D.; FRACH, P.; GOEDICKE, K.:  
**Insulating films for sensor applications deposits by high rate reactive sputtering**  
Paper N-VIII.3 presented at EMRS, Strasbourg 2003, 09.-13.06.2003

BARTZSCH, H.; LANGE, ST.; FRACH, P.; GOEDICKE, K.:  
**Graded refractive index layer systems for antireflective coatings and rugate filters deposited by reactive pulse magnetron sputtering**  
Paper G-XIII.4 presented at EMRS, Strasbourg 2003, 09.-13.06.2003

LANGE, ST.; BARTZSCH, H.; FRACH, P.; GOEDICKE, K.:  
**Silicon oxynitride rugate filters grown by reactive pulse magnetron sputtering**  
Paper presented at SPIE-Konferenz Optical Systems Design in St. Etienne, 2003 29.09.-03.10.2003

LANGE, ST.; BARTZSCH, H.; GOTTFRIED, CH.; FRACH, P.; GOEDICKE, K.:  
**High rate deposition technology for ternary compounds and optical inhomogeneous coatings**  
Poster presented at SPIE-Konferenz Optical Systems Design in St. Etienne 2003 29.09.-03.10.2003

FLETZKE, F.:  
**Stand der Technik in der Fensterreinigung: -Reinigen mittels Plasmaverfahren-**  
parts 2 clean, Neue Messe Friedrichshafen 28.-30.10.2003

SAHM, H.; CHARTON, CH.; THIELSCH, R.:  
**Oxidation behaviour of thin silver films deposited on plastic web characterized by Spectroscopic Ellipsometry (SE)**  
Posterpräsentation auf der 3<sup>rd</sup> International Conference on Spectroscopic Ellipsometry ICSE-3 6-11 July. 2003, University Vienna, Austria

METZNER, CH.:  
**Plasmaaktivierte Hochrate-Elektronenstrahlbedampfung**  
2. Industrieforum Elektronenstrahltechnologie ELEWER, FEP Dresden, 9. Oktober 2003

MATTAUSCH, G.; MORGNER, H.:  
**Gerichtete Dampfabcheidung bei Beschichtungsprozessen**  
2. Industrieforum Elektronenstrahltechnologie ELEWER, FEP Dresden, 9. Oktober 2003

KOPTE, T.:  
**Cost-effective Deposition of ITO by reactive Pulse Sputtering from metallic Targets**  
The 2<sup>nd</sup> workshop on PPST-Japan, June 9 & 10, 2003 German Cultural Center, Tokyo, Japan

RÖGNER, F.-H.:  
**Proposal for 2+2 Project Development of Bonding Layer with Vapor Deposition Techniques for Automotive Organic Coated Steel Sheets**  
Korean-Germany Partnership Event (04.-05.06.2003) in Seoul

RÖGNER, F.-H.:

**Maschinen optimieren sich selbst –  
Das Schlüsselwort heißt QS – Framework**  
AIS Userkonferenz, 26.06.2003, Dresden

RÖGNER, F.-H.:

**Reinigungstechnik im FEP**  
Gründung des Forschungsverbundes der Alfred  
Kärcher-Stiftung, 24.06.2003,  
Kärcher Akademie, Bühlertann

RÖGNER, F.-H.:

**Rostschutz und kratzfeste Spülen aus dem  
luftleeren Raum**  
Institutsvorstellung für das Gymnasium DD  
Gruna, 09.07.2003, im FEP

CHARTON, CH.; SCHILLER, N.; FAHLAND, M.;  
STRAACH, ST.; KUHLSCH, ST.; KRUG, M.:  
**Neue Anwendungen und Werkzeuge für die  
Vakuumbeschichtung von Kunststoff-Folie**  
11. Neues Dresdner Vakuumtechnisches  
Kolloquium, 16.-17.10.2003

CHARTON, CH.; RANK, R.; SCHILLER, N.:  
**Services for the web coating industry**  
46<sup>th</sup> Annual SVC Technical Conference, 03.-  
08.05.2003, San Francisco, USA

METZNER, CH.:

**PVD-Beschichtung metallischer Platten und  
Bänder: Historie – weltweiter Stand – aktu-  
elle Entwicklungstrends**  
6. Fach- und Kooperationsbörse „Synergien mit  
Stahl“, 11.11.2003, I.P.S.-Technologiezentrum  
Eisenhüttenstadt  
Themenschwerpunkt: „Neue Anwendungen auf  
dem Gebiet der Oberflächentechnik“

DÄNHARDT, J.:

**Entwicklungen in der  
Elektronenstrahl-Mikrobearbeitung**  
2. Industrieforum Elektronenstrahltechnologie-  
Thermische Elektronenstrahlanwendungen,  
Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik (FEP), Dresden, 09.10.2003

REICHMANN, A.:

**Einsatzmöglichkeiten des Elektronenstrahl-  
Feinschweißens in der Sensorfertigung**  
2. Industrieforum Elektronenstrahltechnologie-  
Thermische Elektronenstrahlanwendungen,  
Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik (FEP), Dresden, 09.10.2003

GOHS, U.:

**ELEWER – Das Kompetenznetz  
für Elektronenstrahltechnologien**  
2. Industrieforum Elektronenstrahltechnologie-  
Thermische Elektronenstrahlanwendungen,  
Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und  
Plasmatechnik (FEP), Dresden, 09.10.2003

KIRCHHOFF, V.:

**Advanced power supplies  
for pulsed sputtering - Overview**  
PPST China, 25.-26.09.2003, Shanghai

KIRCHHOFF, V.:

**Modulare Plasmaquellen  
für die plasmaaktivierte Bedampfung**  
VDI Workshop, 08.04.2003, Düsseldorf

KIRCHHOFF, V., WINKLER, T., NYDERLE, R.:

**Advanced power supplies  
for pulsed sputtering**  
PPST Japan, 09.-10.06.03, Tokyo

## Veröffentlichungen Publications

BRÄUER, G.:

**Large area deposition**  
Kaiser, Norbert (Ed.) u.a.: Optical interference  
coatings. Berlin [u.a.]: Springer, 2003, S. 155-180

BRÄUER, G.:

**Moderne Beschichtungen veredeln Massen-  
produkte**  
Warnecke, Hans-Jürgen (Hrsg.) u.a.: Kunststoff  
Innovation: Praxisbeispiele aus der Fraunhofer-  
Gesellschaft, Berlin [u.a.]: Springer, 2003,  
S. 125-129

BALKE, M.; LÜTHJE, H.; BUDDE, T.; GATZEN, H.;

BRÄUER, G.:  
**Non-reactive and reactive ion etching  
processes for patterning magnet MEMS  
components**  
Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informa-  
tionstechnik: MICRO.tec 2003: applications,  
trends, visions: proceedings; 2<sup>nd</sup> VDE World  
Microtechnologies Congress: october 13-15,  
2003, International Congress Centre, Munich,  
Germany. Berlin: VDE-Verl., 2003, p. 51-52

BANDORF, R.; LÜTHJE, H.; SCHIFFMANN, K.;

BECK, M.; GATZEN, H.; SCHMIDT, M.;  
BÜTTGENBACH, S.; BRÄUER, G.:  
**Submikrometerschichten für mikro-  
tribologische Anwendungen**  
Hesselbach, Jürgen (HRSG.) u.a.; Institut für  
Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik,  
Braunschweig, Kolloquium Mikroproduktion,  
Februar, 2003; in Kooperation: Sonder-  
forschungsbereich 516, Sonderforschungs-  
bereich 440, Sonderforschungsbereich 499.  
Essen: Vulkan-Verl., 2003, S. 75-83

FELLENBERG, R.; BRÄUER, G.:

**Plasma Surface Technologies in Germany**  
46<sup>th</sup> Annual Technical Conference Proceedings  
(2003), Society of Vacuum Coaters 505/856-  
7188, ISSN 0737-5921

KON, M.; SONG, P.K.; SHIGESATO, Y.;

FRACH, P., OHNO, S.; SUZUKI, K.:  
**Impedance Control of Reactive Sputtering  
Process in Mid-Frequency Mode with Dual  
Cathodes to Deposit AL-Doped ZnO Films**  
Japan. J. Appl. Phys. Vol. 42 (2003)  
pp. 263-269 Part 1, No. 1, January 2003  
The Japan Society of Applied Physics

CHARTON, CH.; FAHLAND, M.:

**Tailoring of Ag thin films for solar control  
and transparent conductive coatings**  
May 05-09, 2003, San Francisco, USA  
publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference  
Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™)

METZNER, CH.; SCHEFFEL, B.; HEINSS, J.-P.;

RÖGNER, F.-H.:  
**Emergent Technologies for Large Area  
PVD Coating of Metal Strips**  
May 05-09, 2003, San Francisco, USA  
publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference  
Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™)  
publ. in "vacuum technology & coating",  
12/03, p.51-55

NYDERLE, R.; WINKLER, T.; LABITZKE, R.:

**Pulse packet switching for reactive  
magnetron sputtering - a new method  
to control the process**  
May 05-09, 2003, San Francisco, USA  
publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference  
Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™)

VANECEK, R.; LIEBIG, J.; SAHM, H.:

**Influences of pulse parameters on properties  
of optical coatings deposited by reactive  
pulsed magnetron sputtering**  
May 05-09, 2003, San Francisco, USA  
publ. in 46<sup>th</sup> Annual Technical Conference  
Proceedings (2003)  
© 2003 Society of Vacuum Coaters (SVC™)  
11.-13.06.2003

FRACH, P.; ZYWITZKI, O.; GOEDICKE, K.;

BOECHER, B.; GLÖSS, D.; GOTTFRIED, CH.:  
**Effect of pulse mode in reactive magnetron  
sputtering on structure and properties of  
titanium dioxide films**  
7<sup>th</sup> International Symposium on Sputtering &  
Plasma Processes (ISSP) Kanazawalshikawa,  
Japan  
published in proceedings of this symposium:  
ISSN 0917-2440, 11.-13.06.2003

BARTZSCH, H.; FRACH, P.; GOEDICKE, K.:

**Abscheidung optisch, elektrisch und  
akustisch wirksamer Schichten  
mit dem Doppel-Ring-Magnetron**  
Vakuum in Forschung und Praxis 15 (2003) Nr: 3  
122-126  
© Viley-vch Verlag GmbH Weinheim

FRACH, P.; GLÖSS, D.; GOEDICKE, K.;

ZYWITZKI, O.; SAHM, H.; MODES, T.:  
**Effect of pulse mode in reactive magnetron  
sputtering on structure and properties of  
titanium dioxide films**  
3<sup>rd</sup> International Workshop on the Utilization  
and Commercialization of Photocatalytic  
Systems, Coating for Clean Surfaces, Water and  
Air Purification, 25.-26.09.2003, Saarbrücken

BARTZSCH, H.; GLÖSS, D.; BÖCHER, B.;  
FRACH, P.; GOEDICKE, K.:  
**Properties of SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films for  
electrical insulation application deposited  
by reactive Pulse Magnetron Sputtering**  
Surface and coating Technology, 174-175,  
2003, 774-778

CHARTON, CH.; FAHLAND, M.:  
**Optical properties of thin Ag films deposited  
by magnetron sputtering**  
Surface and Coatings Technology,  
174 –175 (2003) 181–186, 2003,  
Elsevier Science B.V. All rights reserved

FRACH, P.; GLÖSS, D.; GOEDICKE, K.;  
FAHLAND, M.; GNEHR, W.-M.:  
**High rate deposition of insulating TiO  
and conducting ITO films for 24 optical  
and display applications**  
Thin Solid Films © 2003 Published by Elsevier  
Science B.V., No.:445 pp. 251-258

RANK, R.; WÜNSCHE, T.; GÜNTHER, ST.:  
**Magnetically enhanced RF discharges  
for effective pre-treatment of plastic webs  
at high speed**  
Surface and Coatings Technology 174 –175  
(2003) 218-221 2003 Elsevier Science B.V.  
All rights reserved.© 0257-8972/03/

OHNO, S.; SATO, D.; KON, M.; SONG, P.K.;  
YOSHIKAWA, M.; SUZUKI, K.; FRACH, P.;  
SHIGESATO, Y.:  
**Plasma emission control of reactive sputter-  
ing process in mid-frequency 4 mode with  
dual cathodes to deposit photocatalytic  
TiO<sub>2</sub> films**  
Thin Solid Films, 2003  
Published by Elsevier Science B.V. ©

BARTZSCH, H.; FRACH, P.; GOEDICKE, K.:  
**Abscheidung optisch, elektrisch und  
akustisch wirksamer Schichten mit dem  
Doppel-Ring-Magnetron**  
Vakuum in Forschung und Praxis 15 (2003)  
Nr. 3 122–126 WILEY-VCH Verlag GmbH,  
D-69451 Weinheim, 2003

## Patente Patents

DR. MORGNER, H.; DR. NEUMANN, M.;  
STRAACH, St.; DR. SCHILLER, N.; KRUG, M.:  
**Verfahren und Einrichtung zur gepulsten  
Plasmaaktivierung**  
DE 199 02 146

BARTEL, R.; DR. PANZER, S.; DR. RÖDER, O.:  
**Verfahren und Einrichtung zur Behandlung  
von Schüttgut, vorzugsweise von Saatgut,  
mit beschleunigten Elektronen**  
DE 199 42 142  
Erteilungsbeschluss

PROF. KIRCHHOFF, V.; DR. KOPTE, T.;  
DR. HARTUNG, U.; DR. FAHLAND, M.:  
**Verfahren zur Herstellung eines wärme-  
reflektierenden Schichtsystems für  
transparente Substrate und danach  
hergestelltes Schichtsystem**  
DE 100 46 810

PROF. KIRCHHOFF, V.; DR. KOPTE, T.;  
DR. HARTUNG, U.; DR. FAHLAND, M.:  
**Verfahren zur Herstellung eines wärme-  
reflektierenden Schichtsystems für  
transparente Substrate und danach  
hergestelltes Schichtsystem**  
DE 101 31 932

DR. KRAUSE, U.; DR. LIST, M.:  
**Verfahren und Einrichtung zur Reduzierung  
der Zündspannung von Leistungspulsen  
gepulst betriebener Plasmen**  
DE 100 51 508

DR. NEUMANN, M.; STRAACH, ST.; KRUG, M.;  
DR. SCHILLER, N.:  
**Einrichtung zur plasmaaktivierten  
Bedampfung großer Flächen**  
DE 101 29 507

EGEL, M.; GOEDICKE, K.; WINKLER, T.:  
**Verfahren zur Abscheidung transparenter  
leitfähiger Schichten**  
DE 102 24 990  
Erteilungsbeschluss

# Jahresrückblick Review of 2003

Am 15. Januar besuchte der Oberbürgermeister der Stadt Dresden, Ingolf Roßberg, das Institutszentrum Dresden. Hier im Gespräch mit dem Institutsleiter Prof. G. Bräuer und dem Leiter der Abteilung Beschichtung Metall Dr. Ch. Metzner.

Anlässlich des 70. Geburtstages von Prof. Dr. S. Schiller veranstaltete das FEP am 17. Februar ein Festkolloquium mit geladenen Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.



In Serbien fand unter Teilnahme von ca. 100 Gästen eine e-ventus Präsentationsveranstaltung mit Anlagenbetrieb statt.



Mit der Anlieferung und dem Aufbau der Kammermodule durch die Fa. Leybold Optics Dresden begannen die Installationsarbeiten der In-line-Sputteranlage ILA 900.

Fraunhofer FEP und IST waren auf der 46. SVC Technical Conference in San Francisco mit einem Gemeinschaftsstand vertreten.

Der zweite Workshop on Pulsed Plasma Surface Technologies fand vom 9.-10. Juni in Tokio, Japan, statt.



# 2003

Januar

Februar

März

April

Mai

Juni



On 15<sup>th</sup> January the mayor of Dresden, Ingolf Roßberg, visited the institute centre Dresden. Here in conversation with the institute director Prof. G. Bräuer and with the director of the division Coating Metal Strips Dr. Ch. Metzner.

In honour of Prof. Dr. S. Schiller's 70<sup>th</sup> birthday, the FEP arranged a festive colloquium with guests from commerce, science, and politics on the 17<sup>th</sup> February.

In Serbia about 100 guests took part in an "e-ventus" presentation event including operation of the plant.



Installation work of the In-line-Sputter plant ILA 900 began with the delivery and assembly of the chamber module by Leybold Optics Dresden.



Fraunhofer FEP and IST were represented at the 46<sup>th</sup> SVC Technical Conference on a joint exhibition stand.

The second Workshop on Pulsed Plasma Surface Technologies took place from 9 - 10 June in Tokyo.



Für einen Dokumentarfilm über Vakuumverfahren wurden umfangreiche Filmaufnahmen im Fraunhofer FEP angefertigt.

Juli

Extensive filming on vacuum methods was carried out at the Fraunhofer FEP to make a documentary film.

Mit Beginn des neuen Ausbildungsjahres konnten wir zwei neue Auszubildende begrüßen.

At the beginning of the new trainee year we welcomed two new apprentices.



August

Frau Dr. Carola Reimann vom Petitionsausschuss des Bundestages besuchte das Fraunhofer FEP.



Vom 25.-26. September fand der erste Workshop on Pulsed Plasma Surface Technologies in Shanghai, China, statt.

Mrs. Dr. Carola Reimann from the Committee on Petitions of the German Bundestag visited the Fraunhofer FEP.

On the 25<sup>th</sup> and 26<sup>th</sup> September the first Workshops on Pulsed Plasma Surface Technologies took place in Shanghai, China and Jeju Island, Korea.



September

Am 30. Oktober besuchte eine Gruppe des Hong Kong Productivity Council unser Institut.

On the 30<sup>th</sup> October a delegation from the



Hong Kong Productivity Council visited our institute.

Oktober

Die neue FEP-Kanone ERIC 250/60 wurde erstmalig an der MAXI in Betrieb genommen.



The new FEP gun ERIC 250/60 was put into operation for the first time on the MAXI.



November

Die Leitung des FEP blickt bei der Belegschaftsversammlung auf das vergangene Jahr zurück.

On the staff meeting the chairmanship looks back to the past year.



Dezember

# Anfahrt

## How to reach us

### Sie erreichen uns

#### Anreise mit dem Auto

- Autobahn A4 oder A13, Ausfahrt Dresden-Altstadt
- Bundesstraße B6, Hamburger Straße in Richtung Stadtmitte
- weiter über Wilsdruffer Straße, Stübelallee
- am Ende des »Großen Gartens« rechts in die Karcherallee
- an der folgenden Ampel links in die Winterbergstraße

#### Anreise mit der Bahn

- ab Dresden Hauptbahnhof Nord mit der Straßenbahnlinie 10 bis zum Straßburger Platz
- mit den Linien 2 oder 1 stadtauswärts bis Zwinglistraße
- 10 min zu Fuß

#### Anreise mit dem Flugzeug

- Fahrt mit dem Taxi etwa 40 min bis zum Fraunhofer Institutszentrum IZD (Winterbergstraße 28)

### How to reach us

#### By car

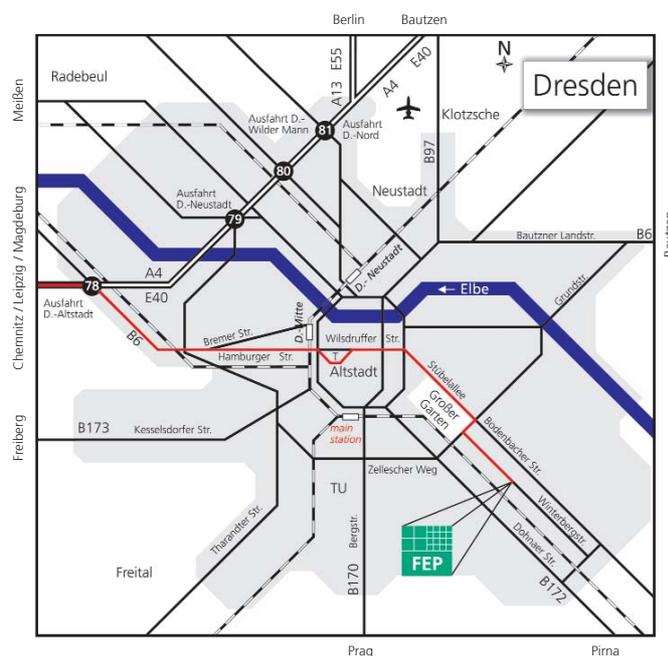
- Autobahn A4 oder A13, exit Dresden-Altstadt
- Bundesstraße B6, Hamburger Straße to Stadtmitte
- continue along Wilsdruffer Straße, Stübelallee
- at the end of the "Großer Garten" turn right onto Karcherallee
- at the next traffic light, turn left onto Winterbergstraße

#### By railway and tram

- from Dresden main railway station take line 10 to Straßburger Platz
- change to line 1 or 2 heading out from the city and exit at Zwinglistraße
- walk 10 minutes from there

#### By airplane

- take a taxi to Winterbergstraße 28



Ich bin an folgendem Informationsmaterial interessiert:

- Elektronenstrahltechnologie
- Puls-Magnetron-Sputtern
- Plasmaaktivierung für die Hochratebedampfung
- Beschichtung von Flachsubstraten mit optischen Schichten und Schichtsystemen
- Beschichtung von Kunststoff-Folien und Kunststoffplatten
- Beschichtung metallischer Platten und Bänder
- Oberflächenbehandlung und Materialbearbeitung mit dem Elektronenstrahl
- Beschichtung von Bauteilen und Werkzeugen
- Beschichtung von Komponenten mit elektrischen, optischen und magnetischen Schichten und Schichtsystemen

I would like to receive:

- Electron beam technology
- Pulse magnetron sputtering
- High-rate plasma activated reactive evaporation
- Coating of flat substrates with optical thin film systems
- Coating of plastic webs
- Coating of metal sheets and strips
- Surface treatment with electron beams
- Coating of tools and machine parts
- Coating of electrical, optical and magnetic components

Faxen Sie eine Kopie dieser Seite.  
*Fax a copy of this page.*

Fax: +49 (0) 3 51 / 25 86 105

Name, Vorname  
*Surname, First Name* .....

Firma  
*Company* .....

Straße  
*Address* .....

PLZ / Ort  
*ZIP Code / City* .....

Telefon  
*Phone* .....

Telefax  
*Fax* .....

Datum, Unterschrift  
*Date, Signature* .....

**Impressum**  
**Editorial notes**

**Redaktion**

**Editors**

Prof. Dr. G. Bräuer  
Prof. Dr. V. Kirchhoff  
A. Arnold  
M. Wünsche

**Photos**

MEV Verlag GmbH  
R. Grosser  
Fraunhofer FEP

**Druck**

**Production**

Druckhaus Dresden GmbH

**Institutsadresse**

**Contact**

Fraunhofer-Institut für  
Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP  
Winterbergstraße 28  
D-01277 Dresden  
Phone: +49 (0) 3 51/25 86-0  
Fax: +49 (0) 3 51/25 86-105  
e-mail: [info@fep.fraunhofer.de](mailto:info@fep.fraunhofer.de)  
Internet: <http://www.fep.fraunhofer.de>

FEP-Technikum Helmsdorf

Fabrikstraße 17

D-01833 Stolpen-Helmsdorf

Phone: +49 (0) 3 59 73/232-0

Fax: +49 (0) 3 59 73/232-24

**Ansprechpartner**

A. Arnold  
Unternehmenskommunikation/  
Öffentlichkeitsarbeit/PR  
Manager Public Relation

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion  
erforderlich.

© Fraunhofer FEP, Dresden 02/2004