



# Fraunhofer

FEP

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONENSTRAHL- UND PLASMATECHNIK FEP



JAHRESBERICHT

2010

**JAHRESBERICHT**  
**2010**



## VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Freunde und Partner des Fraunhofer FEP,

wir sind mit einem blauen Auge davon gekommen! Das Jahr 2010 entwickelte sich besser als von vielen Wirtschaftsweisen prognostiziert. Wenn wir die Entwicklung unseres Industrieertrages als ein Maß für die Industrienähe unseres Institutes betrachten, kann man sehen, dass wir stark mit der Industrie vernetzt sind. Zwar erleben wir alle Probleme der Industrie hautnah, aber, wie sich zeigt, profitieren wir auch sofort vom wirtschaftlichen Aufschwung. Im Jahr 2009 sank unser Industrieerlös auf 32 Prozent, um dann 2010 sofort wieder auf über 40 Prozent anzusteigen. Wir haben das Auf und Ab der Industrie fast ohne Verzögerung miterlebt. Der Industrieerlös im Jahr 2010 betrug, wie die Jahre vor dem Krisenjahr 2009, wieder 5 Millionen Euro.

Bei der Einführung neuer Technologien sind wir mit unseren deutschen Industriepartnern weltweit beispielsweise in Mexiko und Japan unterwegs. Nicht nur der Industrieerlös konnte gesteigert werden, sondern es ist uns auch gelungen, eine gute Balance zwischen Industrieerträgen und Mitteln aus öffentlich geförderten Projekten zu erreichen. Diese Mittel der öffentlichen Hand waren wichtig, um das Jahr 2009 ohne Verluste abzuschließen. Auch in Zukunft müssen wir dieses Gleichgewicht anstreben, um negative Auswirkungen der Dynamik der Wirtschaft auf unser Institut zu minimieren.

Der größte Teil unserer Industrieerträge wurde im Jahr 2010 in der Abteilung »Beschichtung von flexiblen Produkten« sowie in der Abteilung »Präzisionsbeschichtung« erwirtschaftet. Aber auch das für uns relativ neue Arbeitsgebiet der Dünnschichtphotovoltaik hat schon einen nennenswerten Beitrag geliefert.

Die öffentlich geförderten Projekte werden vor allem durch die Themen der Photovoltaik dominiert. Hauptinhalt ist dabei die kostengünstige großflächige Abscheidung dünner Schichten für Solarzellen. Die Ausstattung unseres Institutes und das technologische Know-how unserer Mitarbeiter bieten dafür die optimalen Voraussetzungen.

In dem vorliegenden Jahresbericht wird ausführlich auf die Entwicklungen am Institut auf dem Gebiet der Photovoltaik eingegangen.

Weitere wichtige Themen für das Fraunhofer FEP sind die Elektronenstrahltechnologie für die in-line Sterilisation von Produkten der Medizintechnik, Aufgabenstellungen zum Thema Kulturguterhalt sowie die Präzisionsbeschichtung von 3-D-Substraten. Auf all diesen Gebieten erwarten wir in den nächsten Jahren eine verstärkte Nachfrage.

In einem zweitägigen Treffen mit den Kuratoren des Fraunhofer FEP wurde die Strategie für die Präzisionsbeschichtung, die Dünnschichtphotovoltaik und die Medizintechnik diskutiert und wichtige Schlussfolgerungen für das Institut abgeleitet. In den jeweiligen Beiträgen in diesem Jahresbericht sind diese Hinweise der Kuratoren und die abgeleiteten Aktivitäten eingearbeitet. Trotz der vielen Aufträge und umfangreicher Projektarbeit konnten wir 2010 auch unsere anlagentechnische Ausstattung verbessern. In einem Beitrag wird über eine neue Anlage für die Entwicklung von Elektronenstrahltechnologien berichtet.

Im Bereich Öffentlichkeitsarbeit kann die von uns veranstaltete Fraunhofer Lounge wieder als ein großer Erfolg bewertet werden. Im Sinne der Förderung des Dialogs zwischen Natur- und Geisteswissenschaften empfangen wir Gäste aus der regionalen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zu einem anregenden Gesprächsabend in entspannter Atmosphäre. Die Fraunhofer Lounge haben wir vor zwei Jahren als Versuch gestartet, inzwischen hat diese Veranstaltung bei vielen unserer Kunden und Partner einen festen Platz im Terminkalender. Auch im Jahr 2011 werden wir diese Veranstaltungsreihe weiter fortsetzen.

Zum Abschluss möchten wir all unseren Kunden und Partnern für das uns entgegengebrachte Vertrauen danken. Sie sind ein wesentlicher Faktor für unseren Erfolg. Der gleiche Dank geht auch an unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für ihr großes Engagement bei der Bewältigung der anspruchsvollen Aufgaben.

1 *Kommissarischer Institutsleiter*  
*Prof. Dr. Volker Kirchhoff*

2 *Stellvertretender Institutsleiter*  
*Dr. Nicolas Schiller*

Prof. Dr. Volker Kirchhoff

Dr. Nicolas Schiller



## INHALTSVERZEICHNIS

### 01 - 51

Vorwort	1	Highlights	42
Inhaltsverzeichnis	3	»pro flex 2010« – Internationales Symposium zur Vakuump-Rolle-zu-Rolle Beschichtung	43
Unser Kuratorium	5	2. Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion	45
Das Institut	8	Die Fraunhofer Lounge entspannen, unterhalten, begegnen	47
Fraunhofer FEP im Profil	9	Die Fraunhofer Talent-School Forschung zum Anfassen	49
Organisationsstruktur	11	Lange Nacht der Wissenschaften 2010	50
Das Institut in Zahlen	13	Internationale Konferenzen, Symposien und Messen	51
Die Fraunhofer-Gesellschaft	16	Annex	108
Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces	17	Namen, Daten und Ereignisse	109
Aus der Forschung	20	Internationale Vertreter	117
Entwicklung des Arbeitsgebietes »Photovoltaik« am Fraunhofer FEP	21	Anfahrt	120
Stationäre Präzisionsbeschichtung mit Mehr-Ring-Magnetron-Sputterquellen	25	Impressum	121
Korrosionssensoren für den Schutz von Kulturgut	29		
Direktverkapselung flexibler organischer Leuchtdioden	31		
SmartBarrier – Innovative Prozesse für flexible Produkte	33		
PVD-Beschichtung von 3-D-Substraten mit hohen Präzisionsanforderungen	35		
In-line Sterilisation mit Elektronen am verpackten Medizinprodukt	37		
ERICA – Eine neue Clusteranlage für komplexe Beschichtungstechnologien	39		

## CONTENTS

### 55 - 105

Foreword	55	Highlights	96
Contents	58	»pro flex 2010« – international symposium on vacuum roll-to-roll processing of flexible materials	97
Our advisory board	59	2 <sup>nd</sup> Introductory seminar on cleaning technology – cleaning in production	99
The institute	62	The Fraunhofer Lounge relaxation, entertainment, debate	101
Profile of the Fraunhofer FEP	63	The Fraunhofer Talent School research reaches out	103
Organizational structure	65	Long Night of the Sciences 2010	104
The institute in figures	67	International conferences, symposia and fairs	105
The Fraunhofer-Gesellschaft	70	Annex	108
Fraunhofer Group Light & Surfaces	71	Names, dates and events	109
Research news	74	International representatives	117
Development of the area of work »photovoltaic« at the Fraunhofer FEP	75	How to reach us	120
Stationary precision coating using multiple ring magnetron sputter sources	79	Editorial notes	121
Corrosion sensors for protecting cultural and historical objects	83		
Direct encapsulation of flexible organic light-emitting diodes	85		
SmartBarrier – innovative processes for flexible products	87		
PVD coating of 3-D substrates having high precision requirements	89		
In-line sterilization of packaged medical products using electron beams	91		
ERICA – a new cluster plant for complex coating technologies	93		



## UNSER KURATORIUM

Am 12. und 13. Mai 2010 fand die 21. Kuratoriumssitzung des Fraunhofer FEP statt.

Die Kuratoren, Vertreter aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft, kamen in Dresden zusammen, um gemeinsam mit Mitarbeitern des Fraunhofer FEP aktuelle und künftige Forschungsthemen strategisch auszurichten und die wirtschaftliche Situation des Institutes zu besprechen.

Im Bericht des Vorstandes der Fraunhofer-Gesellschaft informierte Herr Prof. Buller die Anwesenden über Neuigkeiten, die wirtschaftliche Situation und besondere Aktivitäten in der Fraunhofer-Gesellschaft. Im Sinne einer Fortführung des »Pakts für Forschung und Innovation« stellte Prof. Buller die Initiativen für eine stetige Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft und universitären Gruppen vor. Desweiteren zeigte er auf, wie Fraunhofer-Aktivitäten in Europa gestärkt werden können.

Im weiteren Verlauf wurden die strukturellen Veränderungen besprochen, die mit dem Weggang des bisherigen geschäftsführenden Institutsleiters Herrn Prof. Schultheiß verbunden waren. Herr Prof. Kirchhoff informierte die Kuratoren zunächst über die neue Struktur des Institutes und gab einen Ausblick auf weitere Entwicklungen. In zwei Fachvorträgen wurden den Kuratoren angelaufene Projekte der biomedizinischen Laboreinheit vorgestellt und ein erfolgreiches Beispiel des Institutes der Technologieüberführung von der Idee bis zur Großanlage beim Kunden ausgewertet.

Zur Vertiefung einiger Schwerpunktthemen, wie der Ausrichtung der Präzisionsbeschichtung, der Photovoltaik und der biomedizinischen Laboreinheit im Institut fand ein weiteres Arbeitstreffen am 28./29. Juni 2010 in Dresden statt.

Wir möchten unseren Kuratoren danken, die mit ihrem Engagement und ihren wertvollen Hinweisen und Anregungen zum Erfolg des Institutes beitragen.

Dr. Ulrich Engel	Kuratoriumsvorsitzender
Prof. Dr. Lukas Eng	Technische Universität Dresden, Institut für Angewandte Photophysik, Direktor
Prof. Dr. Richard Funk	Technische Universität Dresden, Institut für Anatomie, Medizinische Fakultät, Dekan
Prof. Dr. Gerald Gerlach	Technische Universität Dresden, Institut für Festkörperelektronik, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Direktor
Prof. Dr. Gert Heinrich	Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. Leiter des Teilinstitutes Polymerwerkstoffe

Dr. Heinz Hilgers	Vorsitzender des VDI Fachbereiches »Nanotechnik«
Prof. Dr. Dieter O. Junkers	Technische Universität Clausthal, Mitglied im Beirat der Forschungsvereinigung des AVIF
RD Andreas Kletschke	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referatsleiter
Dr. Harald Küster	ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG, Leiter Forschung und Entwicklung
Dr. Klaus Michael	Applied Materials GmbH & Co. KG, Direktor OLED Lighting
MinRat Peter Nothnagel	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit (SMWA), Referatsleiter Technologieförderung
Prof. Dr. Hans Oechsner	Technische Universität Kaiserslautern, Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik, Direktor
Dr. Jan-Peter Osing	AMG Coating Technologies GmbH, Mitglied des Beirates und Berater der FCT Fine Ceramics Technologies GmbH & Co. KG
Dr. Dietmar Roth	Roth & Rau AG, Vorstandsvorsitzender
Robin Schild	VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Geschäftsführer
Dr. Michael Steinhorst	Dortmunder OberflächenCentrum GmbH, Geschäftsführer
Dr. Hermann Stumpp	LOI Thermprocess GmbH, Geschäftsführer
MinRat Dr. Reinhard Zimmermann	Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK), Referatsleiter Bund-, Länder- und geisteswissen- schaftliche Forschungseinrichtungen
<b>Gäste</b>	
Prof. Dr. Ulrich Buller	Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft
Dr. Patrick Hoyer	Fraunhofer-Gesellschaft, Institutsbetreuer
Dr. Hans-Ulrich Wiese	ehem. Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft



## DAS INSTITUT

Fraunhofer FEP im Profil	9
Organisationsstruktur	11
Das Institut in Zahlen	13
Die Fraunhofer-Gesellschaft	16
Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces	17



## FRAUNHOFER FEP IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP Dresden ist eines von 60 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft. Es wurde nach der deutschen Wiedervereinigung aus Arbeitsgruppen des früheren Forschungsinstituts Manfred von Ardenne in Dresden gebildet. Wie damals werden auch heute im Fraunhofer FEP Prozesse und Technologien basierend auf dichten Plasmen und Elektronenstrahlen zur Veredelung von Oberflächen entwickelt, erprobt und bis zur Anwendungsreife in der Industrie vorangetrieben. Gemeinsam mit kompetenten Partnern werden dem Kunden dabei Prozesse und zugehörige Anlagentechnik bereitgestellt.

Die Dünnschichttechnologie ist eines unserer Hauptarbeitsgebiete. Dazu gehört die Beschichtung von Platten, Bändern und Bauteilen aus unterschiedlichen Materialien mit verschiedenen dünnen Schichten oder Schichtsystemen. Viele Gegenstände unseres täglichen Lebens benötigen angepasste Oberflächeneigenschaften. So werden Verpackungsfolien erst durch spezielle Barrierschichten aromadicht. Bleche, beispielsweise für Fassadenverkleidungen, werden mit korrosionsbeständigen und dekorativen Schichten versehen. Bringt man lichtfilternde Mehrschichtsysteme auf konventionelle Materialien auf, entstehen Sonnenschutzfolien und wärmedämmendes Architekturglas für umweltschonende Technologien. Spezialschichten für Displays, fälschungssichere Etiketten oder Spiegel für das Dresdener Grüne Gewölbe sind Ergebnisse unserer anwendungsbezogenen Forschungsarbeit. Für einen weltweiten Markt beschichten Anlagen riesige Flächen an Folie, Metall, Glas und Kunststoff. Wir liefern spezielle Technologien und Pilotanlagen, um neue

Anwendungen möglich zu machen und bestehende Prozesse zu optimieren.

Die Elektronenstrahltechnologie ist das zweite Arbeitsfeld des Institutes. Der Elektronenstrahl wird eingesetzt, um Metalle zu schweißen, zu verdampfen oder in der Randschicht zu modifizieren. Er härtet Lacke, verbessert Eigenschaften von Kunststoffen, sterilisiert Medizinprodukte oder befreit Saatgut von Krankheitserregern. Für ein breites Spektrum von Anwendungen wird der Elektronenstrahl daher als präzises Werkzeug eingesetzt. Produkte wie Dünnschichtsolarzellen, Sensoren, mikroelektronische Bauelemente oder Datenträger werden bereits mit Technologien aus dem Fraunhofer FEP hergestellt.

Um auf beiden Arbeitsgebieten unsere Forschung auszubauen, haben wir in den letzten Jahren vor allem die Kooperation mit sächsischen Hoch- und Fachhochschulen verstärkt.

Als industrienahes Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungszentrum bieten wir unseren Kunden maßgeschneiderte Problemlösungen an. Die Entwicklung solcher Lösungen ist komplex: Neben der Auswahl eines funktionsoptimierten Schichtsystems, werden unter anderem geeignete Reinigungs- und Vorbehandlungsmethoden für das Substrat sowie entsprechende Nachbehandlungsschritte erarbeitet.

Die Entwicklung und Optimierung von Beschichtungsquellen und Beschichtungsprozessen, deren Aufskalierung auf einen industriellen Maßstab, sowie die Integration

in eine geeignete Anlagentechnik und in bestehende Fertigungsverfahren sind wesentliche Dienstleistungen des Institutes. Die Kostenoptimierung hat dabei höchste Priorität. Entsprechend dem Querschnitts- und Schlüsselcharakter der Schicht- und Oberflächentechnik adressieren wir einen breiten Kundenkreis.

Unsere Forschungsentwicklungen finden vor allem Verwendung im Maschinenbau, im Bereich Solarenergie, Umwelt und Energie, in der Biomedizintechnik, der Optik/Sensorik und Elektronik, der Verpackungsindustrie, für Architektur und Kulturgüterhalt sowie in der Landwirtschaft.

Das Fraunhofer FEP ist in folgenden Geschäftsfeldern tätig:

- ▶ Beschichtung von Flachsubstraten
- ▶ Beschichtung von flexiblen Produkten
- ▶ Beschichtung von Platten und metallischen Bändern
- ▶ Elektronenstrahl-Applikationen
- ▶ Beschichtung von Bauteilen
- ▶ Präzisionsbeschichtung

Zur Bearbeitung werden geschäftsfeldübergreifend die vier Kernkompetenzen des Institutes genutzt:

- ▶ Elektronenstrahltechnologie
- ▶ Sputtertechnologie
- ▶ Plasmaaktivierte Hochratebedampfung
- ▶ Hochrate-PECVD

Ein wesentlicher Bestandteil der Forschungsarbeit in unserem Institut ist die Entwicklung und Fertigung von Schlüsselkomponenten für die Beschichtungstechnik, die dem Kunden

zusammen mit einer entsprechenden Prozesstechnologie als so genannte »Technologiepakete« angeboten werden.

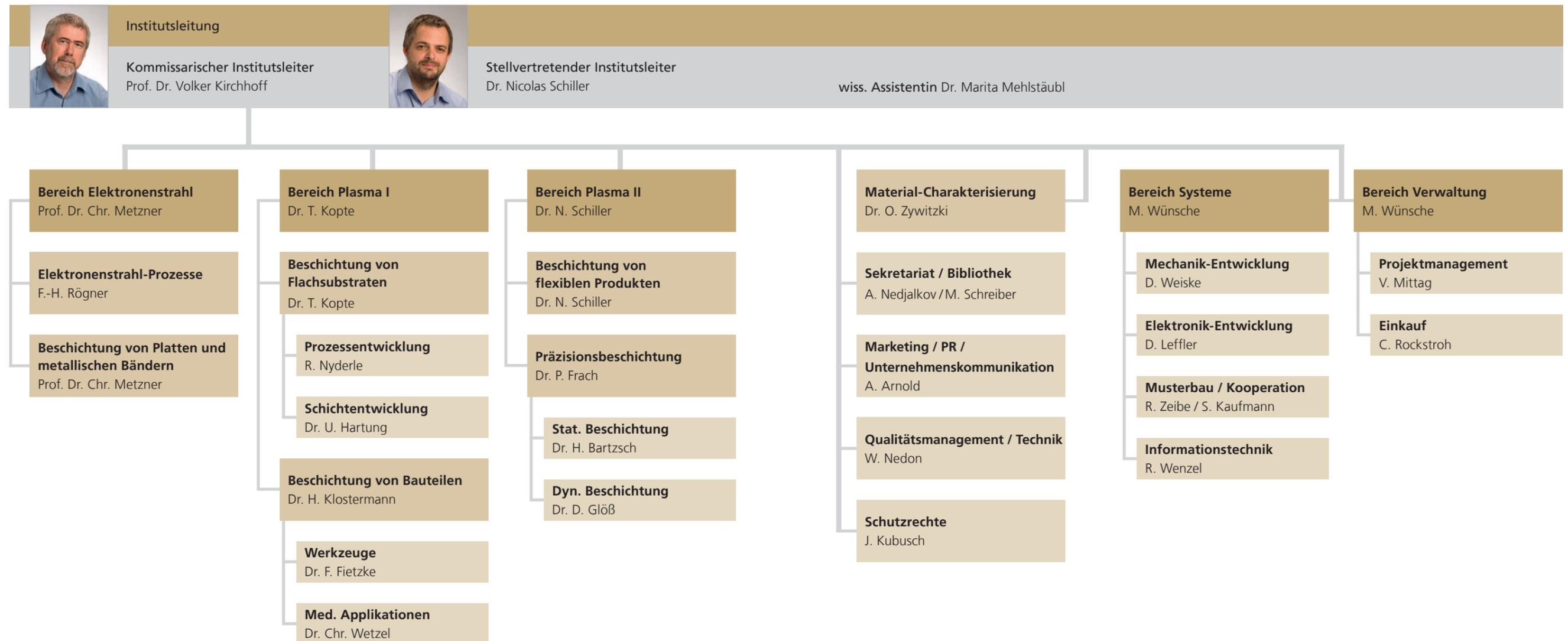
Im Berichtszeitraum beschäftigte das Institut 127 Mitarbeiter, davon 9 Auszubildende und zusätzlich 54 Diplomanden/ Praktikanten und 71 wissenschaftliche Hilfskräfte.

Wir verfügen derzeit über rund 8.000 m<sup>2</sup> Laborfläche. Zur Ausstattung gehören unter anderem zahlreiche industriennahe Anlagen zum Beschichten, Schweißen, Härten und zur Oberflächenbehandlung.

Des Weiteren stehen dem Institut zahlreiche Laboranlagen und Ausrüstungen zur Charakterisierung von Oberflächen zur Verfügung.

Mit unseren hochqualifizierten Mitarbeitern, einer hervorragenden technischen Ausstattung und einer starken internationalen Vernetzung ist das Fraunhofer FEP bestens geeignet, um Innovationen in der Dünnschicht- und Elektronenstrahltechnologie bis zur Marktreife zu führen.

# ORGANISATIONSTRUKTUR





## DAS INSTITUT IN ZAHLEN

### Ertragsentwicklung

Das Institut kann auf ein erfolgreiches Jahr zurückblicken. So konnten allein die Wirtschaftserträge gegenüber dem Ergebnis des Jahres 2009 im Berichtszeitraum um 1,5 Millionen Euro gesteigert werden. Ermöglicht wurde dies insbesondere durch die Akquisitionserfolge im Bereich der Auftragsforschung mit der Industrie. Auch in der Vertragsforschung konnte durch öffentlich geförderte Projekte aus Bund und Ländern gemeinsam mit mittelständischen Unternehmen eine Steigerung der öffentlichen Erträge um ca. 1 Million Euro erzielt werden. Der überwiegende Anteil von 3,8 Millionen Euro kommt aus Förderprojekten mit mittelständigen Unternehmen und dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst sowie dem Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr.

Durch dieses Akquisitionsergebnis wurde ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Auftrags- und Vertragsforschung erzielt und eine Eigenfinanzierung des Instituts zu 80 Prozent erreicht.

Die im Berichtsjahr erzielten Erträge gliedern sich wie folgt auf:

▶ Wirtschaftserträge (Auftragsforschung Wirtschaft/Industrie)	5,2 Mio €
▶ Öffentliche Erträge (Vertragsforschung Bund)	0,8 Mio €
▶ Öffentliche Erträge (Vertragsforschung Länder)	3,8 Mio €
▶ EU- und sonstige Erträge	0,5 Mio €

Der Gesamtaufwand betrug im Betrachtungszeitraum 13,5 Millionen Euro. Der Anteil der Personalaufwendungen belief sich auf 6,9 Millionen Euro, dies sind 51,1 Prozent des gesamten Aufwands. Im Berichtszeitraum wurden 0,6 Millionen Euro, davon 0,2 Millionen Euro als strategische Investitionen, in wissenschaftliche Ausrüstungen investiert, die die Grundlage für das Akquirieren und Bearbeiten der Forschungsvorhaben bildeten.

### Mitarbeiterentwicklung

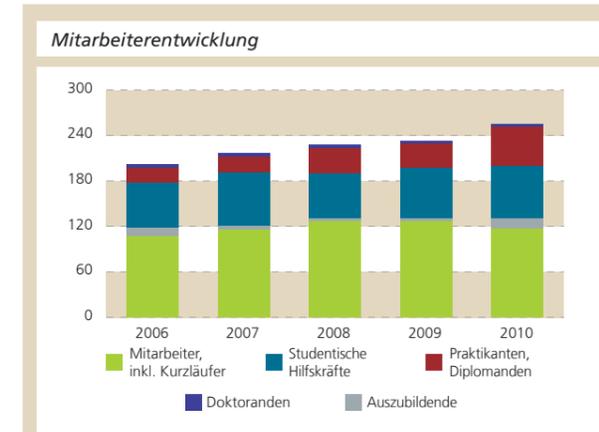
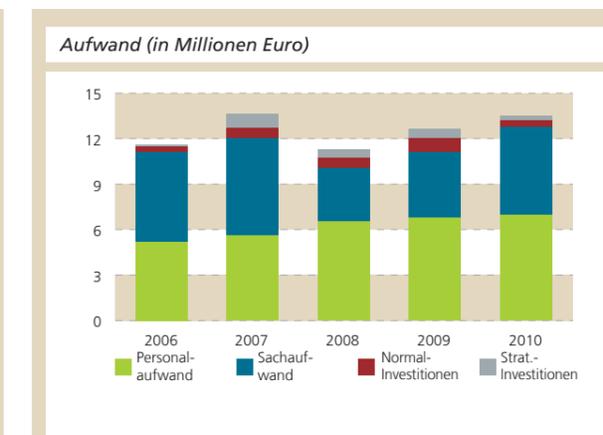
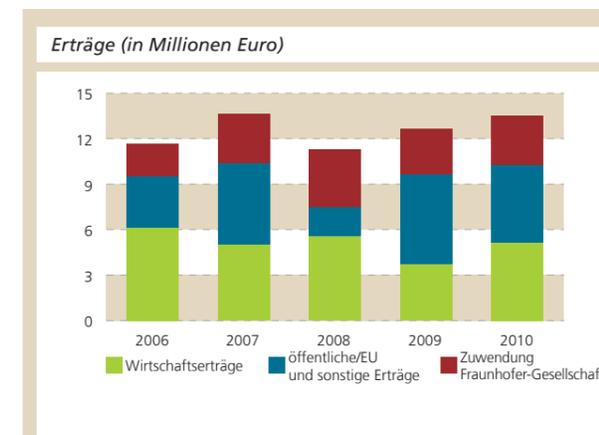
Im Jahr 2010 waren 127 Mitarbeiter, davon 9 Auszubildende und zusätzlich 54 Diplomanden/Praktikanten und 71 wissenschaftliche Hilfskräfte im Institut tätig. Die Zahl der Wissenschaftlerinnen stieg auf 12 Mitarbeiterinnen, insgesamt sind 67 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als Wissenschaftler im Institut tätig.

Einen besonderen Schwerpunkt im Berichtszeitraum bildete wieder die Ausbildungsunterstützung von jungen Wissenschaftlern und dem technischen Nachwuchs. So konnten durch attraktive Diplom-, Bachelor- und Promotionsthemen hoch motivierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Rahmen der Forschungs- und Projektarbeiten des Instituts ihre Abschlüsse erzielen. Unsere Freude und Anerkennung gilt unter anderem John Fahlteich, der seine Promotion erfolgreich im Jahr 2010 abschließen konnte.

Im Berichtszeitraum konnten auch wieder zwei Auszubildende ihre Lehre zum Physiklaboranten erfolgreich beenden und

als Mitarbeiter in das Institut integriert werden. Gleichzeitig gelang es, durch die Weiterführung der eingeschlagenen Personalstrategie, dass drei neue Auszubildende ihre Lehrausbildung zum Physiklaboranten aufnehmen konnten.

Allen Mitarbeitern und Einrichtungen, die unsere jungen Wissenschaftler und AZUBIs während Ihrer Aus- und Weiterbildung tatkräftig unterstützten, gilt unser besonderer Dank.



## KONTAKT

Matthias Wünsche  
 Telefon +49 351 2586-400  
 matthias.wuensche@fep.fraunhofer.de



## DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,65 Milliarden Euro. Davon fallen 1,40 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung

geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

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

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



## FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

### Kompetenz durch Vernetzung

Sechs Fraunhofer-Institute kooperieren im Verbund Light & Surfaces. Aufeinander abgestimmte Kompetenzen gewährleisten eine schnelle und flexible Anpassung der Forschungsarbeiten an die Erfordernisse in den verschiedensten Anwendungsfeldern zur Lösung aktueller und zukünftiger Herausforderungen, insbesondere in den Bereichen Energie, Umwelt, Produktion, Information und Sicherheit. Koordinierte, auf die aktuellen Bedürfnisse des Marktes ausgerichtete Strategien führen zu Synergieeffekten zum Nutzen der Kunden.

### Kernkompetenzen des Verbunds

- ▶ Schicht- und Oberflächentechnologie
- ▶ Strahlquellen
- ▶ Mikro- und Nanotechnologie
- ▶ Materialbearbeitung
- ▶ Opto-mechanische Präzisionssysteme
- ▶ Optische Messsysteme

### Kontakt

Verbundvorsitzender  
 Prof. Dr. Andreas Tünnermann  
 Fraunhofer IOF  
 Albert-Einstein-Straße 7  
 07745 Jena  
 Telefon +49 3641 807-201

### Verbundassistentin

Susan Oxfart  
 Telefon +49 3641 807-207  
 susan.oxfart@iof.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena

Das Fraunhofer IOF entwickelt zur Bewältigung drängender Zukunftsfragen in den Bereichen Energie und Umwelt, Information und Sicherheit sowie Gesundheit und Medizintechnik Lösungen mit Licht.

Die Kompetenzen umfassen die gesamte Prozesskette vom Optik- und Mechanik-Design über die Entwicklung von Fertigungsprozessen für optische und mechanische Komponenten sowie Verfahren zur Systemintegration bis hin zur Fertigung von Prototypen.

Schwerpunkte liegen auf den Gebieten multifunktionale optische Schichtsysteme, Mikro- und Nanooptik, Festkörperlichtquellen, optische Messsysteme und opto-mechanische Präzisionssysteme.  
[www.iof.fraunhofer.de](http://www.iof.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP, Dresden

Die Kernkompetenzen des Fraunhofer FEP sind die Elektronenstrahltechnologie, die Sputtertechnologie, die plasmaaktivierte Hochratebedampfung, sowie die Hochrate-PECVD. Unsere Arbeitsgebiete umfassen die Vakuumbeschichtung sowie die Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen. Neben der Entwicklung von Schichtsystemen, Produkten und Technologien ist ein wichtiger Schwerpunkt die Aufskalierung der Technologien für die Beschichtung und Behandlung großer Flächen mit hoher Produktivität. Unsere Technologien und Prozesse finden Anwendung im Maschinenbau, in der Solarenergie, der Biomedizintechnik, der Architektur, für den Kulturgüterhalt, in der Verpackungsindustrie, im Bereich Umwelt und Energie, der Optik, Sensorik und Elektronik sowie in der Landwirtschaft.

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

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen

Im Bereich Laserentwicklung und -anwendung zählt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten. Unsere Technologiefelder umfassen Laser und Optik, Lasermesstechnik, Medizintechnik und Biophotonik sowie Lasermaterialbearbeitung. Hierzu zählen u.a. das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie die Oberflächenbearbeitung, die Mikrofertigung und das Rapid Manufacturing. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik.  
[www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig

Das Fraunhofer IST bündelt als industrienahes Forschungs- und Entwicklungs-Dienstleistungszentrum Kompetenzen auf den Gebieten Schichtherstellung, Schichtanwendung, Schichtcharakterisierung und Oberflächenanalyse. Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure arbeiten daran, Oberflächen der verschiedensten Grundmaterialien neue oder verbesserte Funktionen zu verleihen, um auf diesem Wege innovative, marktgerechte Produkte zu schaffen. Das Institut ist in folgenden Geschäftsfeldern tätig: Maschinen- und Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrt, Werkzeuge, Energie, Glas und Fassade, Optik, Information und Kommunikation, Mensch und Umwelt.  
[www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg

Fraunhofer IPM entwickelt und realisiert optische Sensor- und Belichtungssysteme. Bei den vorwiegend Laser-basierten Systemen sind Optik, Mechanik, Elektronik und Software ideal aufeinander abgestimmt. Die Lösungen sind besonders robust ausgelegt und jeweils individuell auf die Bedingungen am Einsatzort zugeschnitten. Auf dem Gebiet der Thermoelektrik verfügt das Institut über Know-how in Materialforschung, Simulation und Systemen. In der Dünnschichttechnik arbeitet Fraunhofer IPM an Materialien, Herstellungsprozessen und Systemen.  
[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS ist in den Geschäftsfeldern Fügen, Trennen und Oberflächentechnik tätig. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten basieren auf einem ausgeprägten werkstoff- und nanotechnischen Know-how und umfassenden Möglichkeiten der Werkstoffcharakterisierung. Die Besonderheit des Fraunhofer IWS liegt in der Kombination dieses Know-hows mit weitreichenden Erfahrungen in der Entwicklung von Technologien und Systemtechnik im Bereich der Schicht- und Lasertechnik.  
[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

## AUS DER FORSCHUNG

Entwicklung des Arbeitsgebietes »Photovoltaik« am Fraunhofer FEP	21
Stationäre Präzisionsbeschichtung mit Mehr-Ring-Magnetron-Sputterquellen	25
Korrosionssensoren für den Schutz von Kulturgut	29
Direktverkapselung flexibler organischer Leuchtdioden	31
SmartBarrier – Innovative Prozesse für flexible Produkte	33
PVD-Beschichtung von 3-D-Substraten mit hohen Präzisionsanforderungen	35
In-line Sterilisation mit Elektronen am verpackten Medizinprodukt	37
ERICA – Eine neue Clusteranlage für komplexe Beschichtungstechnologien	39



## ENTWICKLUNG DES ARBEITSGEBIETES »PHOTOVOLTAIK« AM FRAUNHOFER FEP

Anfang 2007 begann am Fraunhofer FEP die Entwicklung des Arbeitsgebietes »Dünnschicht-Photovoltaik«. Die Photovoltaik unterliegt auch auf wissenschaftlich-technischem Gebiet einer extremen Dynamik. Mit regelmäßigen Revisionen passen wir unsere strategischen Zielstellungen an die sich verändernden Bedingungen an.

### Ein Blick zurück

Die Analyse der Ausgangssituation zu Beginn des Jahres 2007 zeigte, dass das Technologie-Portfolio des Fraunhofer FEP mit nur einer Ausnahme bereits alle für die Herstellung von Dünnschicht-Solarzellen benötigten Technologien umfasst. Lediglich die Abscheidung der Photovoltaik (PV)-Absorberschichten konnte noch nicht abgedeckt werden (vgl. Abb. 2). Aus der von Anlagenbauern dominierten sächsischen PV-Industrie vernahmen wir den Ruf nach einem raschen Auf- bzw. Ausbau entsprechender Forschungskapazitäten am Standort Sachsen. Weiterhin sahen wir unser Know-how zur Weiterentwicklung und Optimierung von Prozessen zur Abscheidung dünner Schichten als wertvolle Ergänzung zur deutschlandweit und international auf dem Gebiet der Dünnschicht-Photovoltaik existierenden Forschungslandschaft.

So definierte die Leitung des Fraunhofer FEP das strategische Ziel, das Institut zum Zentrum für vakuumbasierte Prozesse für die Photovoltaik weiterzuentwickeln.

Als einen ersten Schritt initiierte das Fraunhofer FEP mit Unterstützung des Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA) die Initiative »Solarfabrik 2020«.

Diese wird getragen von auf dem Gebiet der Photovoltaik agierenden sächsischen Firmen und sächsischen Forschungseinrichtungen. Nähere Informationen sind im Internet zu finden: [www.solarfabrik2020.de](http://www.solarfabrik2020.de). Im Jahre 2010 können wir auf zwei

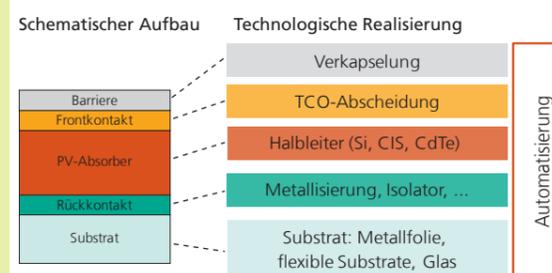
erfolgreiche Messeauftritte verweisen: Wir präsentierten die »Solarfabrik 2020« auf der InterSolar 2010 in München und auf der 25. European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (25<sup>th</sup> EU PVSEC) in Valencia jeweils im Rahmen von Gemeinschaftständen der Wirtschaftsförderung Sachsen. Auch aus wirtschaftlicher Sicht können wir mit der Entwicklung des Arbeitsgebietes »Photovoltaik« zufrieden sein (siehe Abb. 3). Auch wenn der Großteil der Arbeiten im Rahmen öffentlich geförderter Verbundprojekte stattfindet, sind wir sehr stolz, bereits seit 2008 auch direkt industriefinanzierte Projekte zu bearbeiten.

### Der Photovoltaikmarkt im Umbruch – Eine Herausforderung für die Entwickler

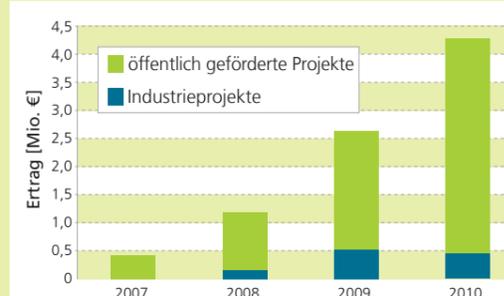
Das turbulente Jahr 2009 führte auch zu einem Umbruch auf dem Photovoltaikmarkt. Einige wichtige Aspekte sind in Abbildung 4 zusammengefasst. Trotz dieser dramatischen Veränderungen bleibt ein Fakt unbestritten: Mittel- und langfristig gibt es keine Alternative zur Nutzung erneuerbarer Energien als Hauptenergieträger. Die Sonne ist hierfür die größte verfügbare Energiequelle.

Um die begonnene positive Entwicklung nachhaltig zu sichern, standen wir Anfang dieses Jahres vor der Aufgabe, die eingetretenen Veränderungen zu analysieren und strategische Schritte für unser Institut abzuleiten.

### 2 Unser Know-how in der Dünnschicht-Photovoltaik



### 3 Erträge aus dem Arbeitsgebiet »Photovoltaik«



### 4 Umbruch am PV-Markt

2008	2010
Lieferanten bestimmen Markt - Nachfrage kann nicht befriedigt werden - PV-Blase an der Börse	Kunden bestimmen Markt - Überkapazitäten - Kurseinbrüche - Insolvenzen
Übersubventionierter Markt	Subventionen werden zurückgefahren
Wirkungsgrad ist Nebensache, es gibt ausreichend Flächen.	In Technologien mit < 10 % Wirkungsgrad wird nicht mehr investiert.
Fossile Brennstoffe erreichen einen Preis, welcher die PV konkurrenzfähig werden lässt.	Rohölpreis um ca. 50 % gefallen

### 1 Dünnschicht-Solarmodul



[www.solarfabrik2020.de](http://www.solarfabrik2020.de)

## KONTAKT

Dr. Torsten Kopte

Telefon +49 351 2586-120

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



5

Unsere Schlussfolgerungen sind:

- Kostenreduktion ist wichtiger denn je.
- Ein Wirkungsgrad von 10 Prozent auch für die Dünnschicht-Photovoltaik gehört zur Minimalanforderung.  $Cl(G)S^1$  oder  $CdTe^2$  basierte Dünnschichttechnologien können diese Vorgabe auch unter Produktionsbedingungen erreichen und werden daher kurz- und mittelfristig die entscheidende Rolle spielen.
- Heutige Silizium-basierte Dünnschichttechnologien erreichen den geforderten Wirkungsgrad unter Produktionsbedingungen nicht. Bezüglich Verfügbarkeit hat Silizium allerdings einen entscheidenden Vorteil. Langfristig sehen wir daher die Siliziumtechnologie auch bei der Dünnschicht-Photovoltaik wieder an der Spitze. Hierfür sind neue technologische Ansätze nötig, deren Entwicklung heute beginnen muss.

Wir als Entwickler können und wollen die neue Situation als Herausforderung und Chance begreifen. Um ihr zu begegnen, haben wir ein langfristiges Konzept entwickelt.

#### Kooperation mit dem Lehrstuhl Halbleiterphysik am Institut für Angewandte Physik der TU Dresden

Wie bereits dargestellt, verfügt das Fraunhofer FEP über eine umfangreiche Expertise bei der Abscheidung dünner Schichten mittels vakuumbasierter Prozesse. Um erfolgreich im Bereich der Dünnschicht-Photovoltaik zu arbeiten, insbesondere um Verfahren zur Abscheidung von PV-Absorberschichten zu entwickeln, ist diese unbedingt mit einer breiten halbleiterphysikalischen Materialkompetenz zu ergänzen. Aus diesem Grund ging das Fraunhofer FEP eine enge Kooperation mit dem von Prof. Jörg Weber geleiteten Lehrstuhl für Halbleiterphysik am Institut für Angewandte Physik der TU Dresden ein. Abbildung 7 veranschaulicht die Grundidee dieser Kooperation. Im Jahr 2010 gelangen wichtige Schritte auf diesem Weg.



So wurde eine Serie gemeinsamer Workshops etabliert. Eine PV-Innovationsgruppe befindet sich im Aufbau. Diese besteht derzeit aus zwei erfahrenen Wissenschaftlern und einer wachsenden Zahl von Doktoranden und Diplomanden.

#### Fraunhofer Zentrum für ressourcenschonende Energietechnologien (RESET)

Hierbei handelt es sich um ein gemeinsames Vorhaben von Fraunhofer IKTS, IWS und FEP auf dem Gebiet ressourcenschonender Energietechnologien. Ein Schwerpunkt wird die Photovoltaik sein.

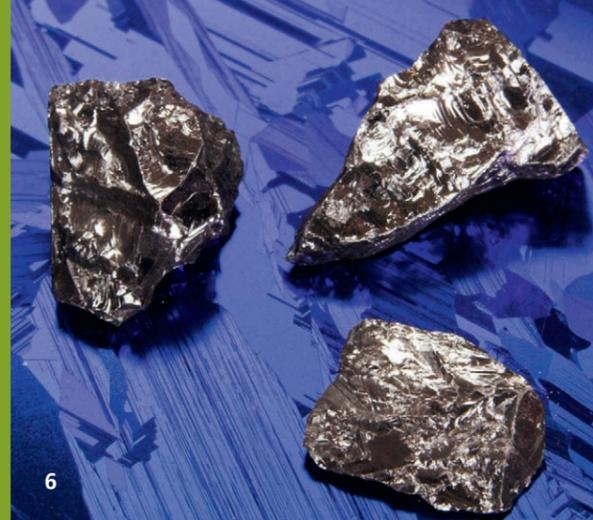
Wichtigste Ziele sind die Bündelung der Kompetenzen und Aktivitäten der Trägerinstitute sowie die interdisziplinäre Kooperation mit der Industrie.

Derzeit stehen Mittel in Höhe von 6 Millionen Euro zur Verfügung. Damit können zunächst 3 Module (siehe Abb. 5) errichtet werden. 2010 konnten alle baurechtlichen Voraussetzungen geschaffen werden, sodass 2011 mit den Arbeiten begonnen werden kann.

#### Ausblick

Die Roth & Rau AG beschloss Anfang 2009 den Einstieg in die Dünnschicht-PV und definierte das Ziel, komplette Produktionslinien für die Herstellung von  $CdTe$ -Modulen anzubieten. Der Konzern ging in diesem Zusammenhang eine strategische Partnerschaft mit dem Fraunhofer FEP ein. Ausschlaggebend hierfür waren die am Institut existierenden Voraussetzungen für einen raschen Beginn entsprechender Entwicklungsarbeiten.

2010 wurde am Fraunhofer FEP gemeinsam mit der Roth & Rau AG eine komplette Referenzlinie zur Darstellung von  $CdTe$ -Zellen geschaffen, welche nun für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zur Verfügung steht.



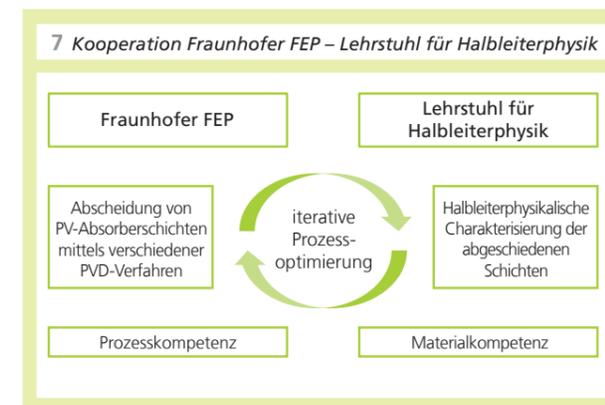
6

Unsere langfristigen strategischen Themen leiten sich direkt aus der Analyse der Veränderungen des PV-Marktes ab. Mit neuen technologischen Ansätzen wollen wir die Siliziumtechnologie auch bei der Dünnschicht-Photovoltaik wieder an die Spitze bringen. Unser Ansatz umfasst zwei Schwerpunkte: (1) kostengünstige Prozesse, gekennzeichnet durch hohe Produktivität und preiswertes Material, sowie (2) einen hohen Zellwirkungsgrad, erzielt durch hochreine Materialien bei geringer Defektdichte. Konkret wurden erste Arbeiten zu folgenden Themen begonnen:

- Abscheidung von hochreinen Siliziumschichten mittels Elektronenstrahl-Verdampfung
- Kristallisation und Nachreinigung der Siliziumschichten mittels Elektronenstrahl
- Lokale Defekt-Reparatur

Die Arbeiten des Fraunhofer FEP auf dem Gebiet der Photovoltaik werden in mehreren Verbundprojekten mit Mitteln der Europäischen Union, des Freistaates Sachsen und des Bundes gefördert.

<sup>1</sup> $Cl(G)S = Cu(In,Ga)(S,Se)_2$  - Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel, Selen  
<sup>2</sup> $CdTe$  = Cadmiumtellurid

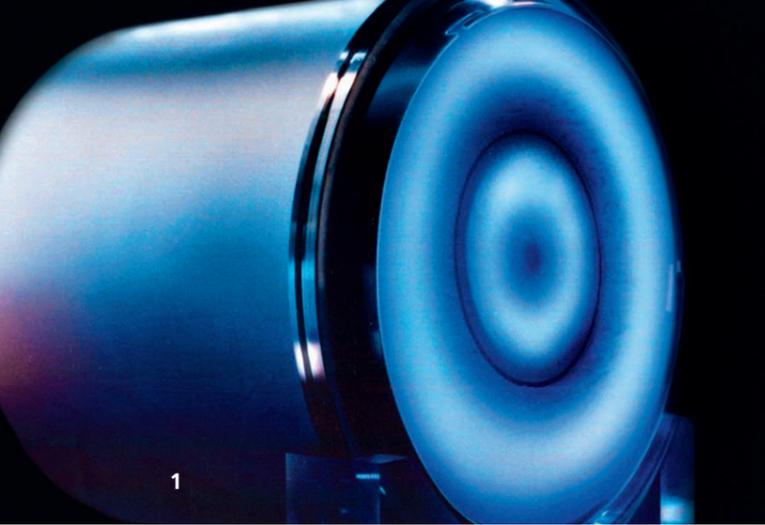


- 5 Fraunhofer RESET  
Entwurf erster Bauabschnitt
- 6 Rohsilizium



## KONTAKT

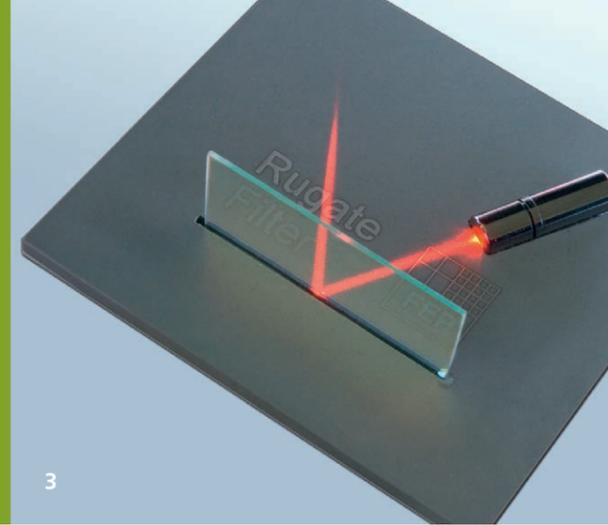
Dr. Torsten Kopte  
 Telefon +49 351 2586-120  
 torsten.kopte@fep.fraunhofer.de



1



2



3



4

## STATIONÄRE PRÄZISIONSBESCHICHTUNG MIT MEHR-RING-MAGNETRON-SPUTTERQUELLEN

Sputterquellen mit mehreren konzentrischen Entladungsrings stellen eine geeignete Lösung für die homogene Beschichtung großer Substrate mittels stationären Magnetronspatters dar. Innovative, konstruktive und verfahrenstechnische Lösungen bilden die Basis für ein hohes Niveau der Präzision und eine hohe Schichtqualität für die spezifischen Einsatzfelder.

Beschichtungen mit höchster Präzision werden für zahlreiche Anwendungen in Optik, Elektronik und Mikrosystemtechnik benötigt. Unter Präzision verstehen wir dabei nicht nur eine sehr gute Homogenität, eine hohe Treffgenauigkeit und Reproduzierbarkeit der Schichtdicke über das Substrat, sondern auch eine sehr gute Homogenität, Treffgenauigkeit und Reproduzierbarkeit relevanter Schichteigenschaften. Relevant können je nach Anwendung beispielsweise der optische Brechungsindex, der elektrische Widerstand, der Elastizitätsmodul oder der piezoelektrische Koeffizient sein.

Für die genannten Beschichtungsaufgaben wird häufig die stationäre Beschichtung mittels Magnetronspatters bevorzugt. Diese Technologie zeichnet sich darin aus, daß die verwendeten Anlagentypen kompakt sind und gut an die anwendungsspezifischen Substratgrößen und Produktivitätsanforderungen angepasst werden können. Ein hoher Automatisierungsgrad ist zudem möglich.

Für das stationäre Magnetronspatter wurde am Fraunhofer FEP ein Beschichtungssystem entwickelt, das auf dem Doppel-Ring-Magnetron DRM 400 (Abb. 1) basiert. Durch folgende Merkmale ist es für die Präzisionsabscheidung insbesondere dielektrischer Schichten auch bei hoher Beschichtungsrate besonders geeignet:

- Durch die zwei getrennt steuerbaren konzentrischen Plasmaentladungen der Doppelringanordnung lassen sich Schicht-

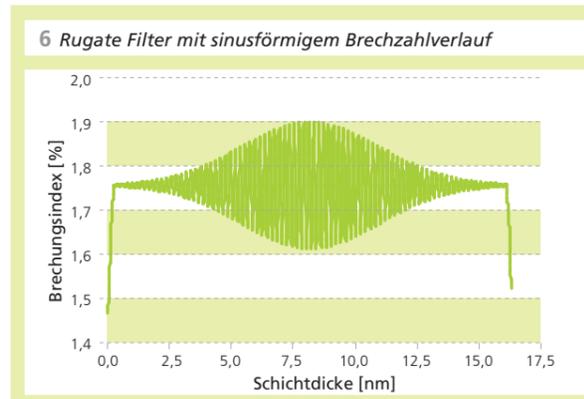
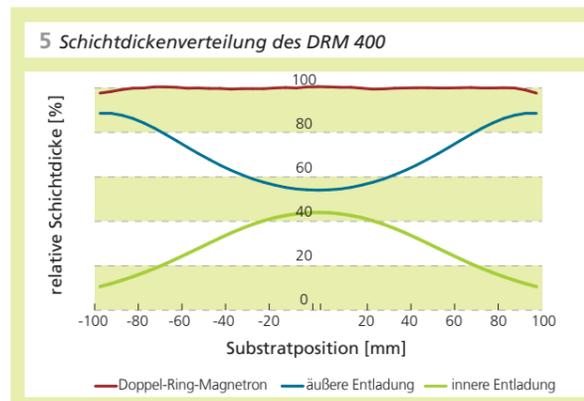
dickenhomogenitäten von  $\pm 0,5$  Prozent auf einem Substratdurchmesser von 200 mm erreichen und über die Targetstandzeit reproduzieren (Abb. 5).

- Durch gepulste Energieeinspeisung und geeignete Gestaltung der Plasmaelektroden, insbesondere der Targets, wird eine hohe Prozessstabilität beim reaktiven Sputtern auch für Materialien erreicht, die stark zum Arcing neigen.
- Integrierte prozessnahe Mess- und Regeltechnik für die Reaktivgaszufuhr sowie die Nachführung des Magnetfeldes im Verlauf der Targetstandzeit sichern eine hohe Reproduzierbarkeit der Plasmabedingungen und damit der Schichteigenschaften im Dauerbetrieb.
- Innovative Regelkonzepte eröffnen neue Verfahrensmöglichkeiten wie die Abscheidung von Gradientschichten durch Änderung der Zusammensetzung des Reaktivgases während der Beschichtung.
- Die Energieeinspeisung (wahlweise unipolar oder bipolar gepulster Mode) sowie die Variation der Pulsparameter erlauben es, den energetischen Substratbeschuss in weiten Grenzen zu variieren und damit gezielt Schichteigenschaften einzustellen.

Die Tabelle (S. 27) gibt Beispiele für den Einsatz des Sputtersystems DRM 400 in Aufgaben der Präzisionsbeschichtung. Zwei Beispiele sollen nachfolgend etwas detaillierter erläutert werden.

Ein Beispiel sind optische Filter, die zum Beispiel in der Lasertechnik, Analytik oder Telekommunikation benötigt werden. In der Regel bestehen sehr hohe Anforderungen an die Steilheit und Lagegenauigkeit der Bandkanten, an die optische Dämpfung im Sperrbereich und die Lichtdurchlässigkeit im Transmissionsbereich solcher Filter. Diese Aufgabe wird

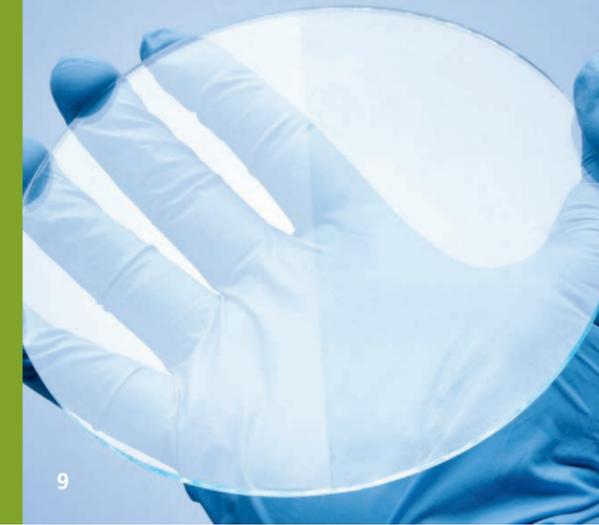
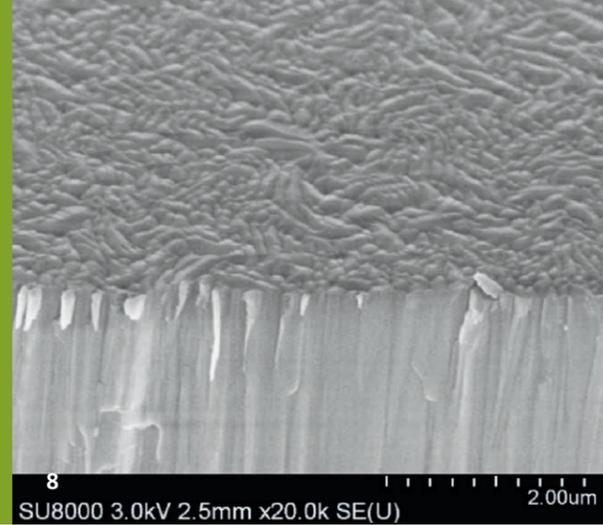
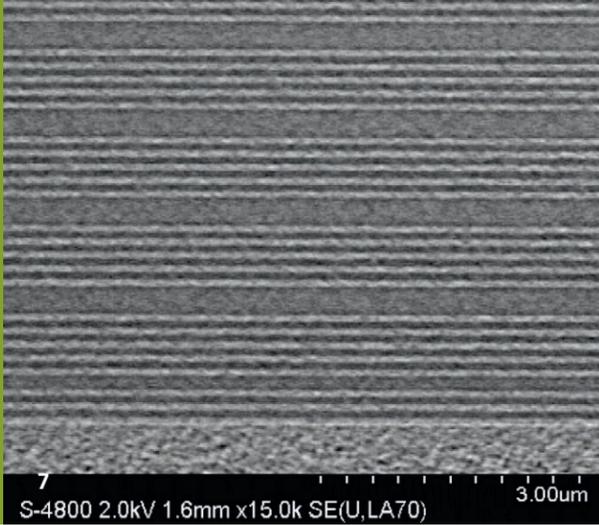
- 1 Doppel-Ring-Magnetron DRM 400
- 2 Versuchsanlage CLUSTER 300
- 3 Rugate Filter
- 4 Dichroitischer Filter



SAB Sächsische AufbauBank

## KONTAKT

Dr. Hagen Bartzsch  
 Telefon +49 351 2586-390  
 hagen.bartzsch@fep.fraunhofer.de



durch Schichtstapel mit teilweise über hundert einzelnen niedrig- und hochbrechenden Schichten gelöst, wobei extreme Anforderungen an die Treffgenauigkeit der Schichtdicke der Einzelschichten bestehen. Abbildung 7 zeigt als Beispiel die REM-Aufnahme eines mit DRM 400 abgeschiedenen Bandpassfilters, der aus 81 Einzelschichten aus  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht. Neben solchen Mehrschichten erlaubt es das reaktive Magnetronspütern auch, eine optische Filterwirkung durch kontinuierliche Brechzahländerungen, sogenannte Gradientenschichten, zu erzielen. Diese lassen sich beispielsweise durch Änderung der Zusammensetzung des Reaktivgases während der Schichtabscheidung erreichen. Abbildung 6 zeigt das Beispieldesign eines sogenannten Rugate-Filters, der auf Gradientenschichten mit sinusförmigem Brechzahlprofil basiert. Das Transmissionsspektrum in Abbildung 12 zeigt, dass ein schmaler Wellenlängenbereich vollständig unterdrückt wird, während der Filter im sonstigen Spektralbereich lichtdurchlässig ist.

Ein weiteres Beispiel für Präzisionsanforderungen an Schichteigenschaften ist die Technologie zur Abscheidung piezoelektrischer Aluminium-Nitrid (AlN)-Schichten. Solche Schichten sind zum Beispiel für Mikrosysteme (MEMS), für die

Ultraschallmikroskopie oder für Systeme zur Mikroenergiegewinnung (Micro Energy Harvesting) von Bedeutung. Damit die AlN-Schichten eine piezoelektrische Wirksamkeit zeigen, müssen sie eine kristalline Struktur mit nahezu ausschließlicher 001-Orientierung aufweisen. Die technologischen Untersuchungen am Fraunhofer FEP haben gezeigt, dass sich durch reaktives Magnetronspütern AlN-Schichten mit einem hohen piezoelektrischen Koeffizienten von  $d_{33} = 8 \text{ pm/V}$  bei der sehr hohen Beschichtungsrate von 200 nm/min abscheiden lassen (Abb. 8). Ein sehr schmales Fenster der Beschichtungsparameter für geeignete Schichten erfordert hier ein sehr hohes Niveau der Reproduzierbarkeit der Eigenschaften.

Nach der erfolgreichen Überführung des Doppel-Ring-Magnetrons DRM 400 in zahlreiche Produktionsbeschichtungsanlagen plant das Fraunhofer FEP die Entwicklung einer Baureihe von Mehr-Ring-Sputterquellen für die stationäre Beschichtung noch größerer Substrate. Beispielsweise könnte mittels einer Drei-Ring-Quelle ein Substratdurchmesser von 450 mm oder 300 mm x 300 mm quadratisch und mit einer Vier-Ring-Quelle ein Substratdurchmesser von 600 mm oder 400 mm x 400 mm quadratisch homogen beschichtet werden. Die Modellrechnungen in Abbildung 13 zeigen, dass auch für diese Substrat-

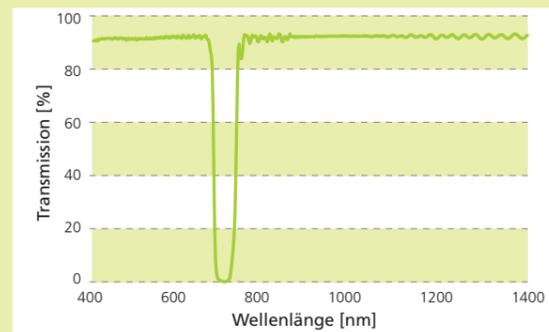
größen sehr gute Homogenitäten möglich sind. Diese stationären Mehr-Ring-Sputterquellen bieten gegenüber der dynamischen Beschichtung mit Rechteck-Magnetronspütern aus technologischer Sicht die vorteilhafte Möglichkeit der Abscheidung von Gradientenschichten sowie der Beschichtung gekrümmter Substrate (Spiegel, Linsen). Darüber hinaus ergeben sich Kostenvorteile durch kürzere Beschichtungszeiten aufgrund der vollflächigen Beschichtung und durch eine mögliche kompaktere Bauweise von Beschichtungsanlage. Fördernummer: 13555/2317

- 7 REM-Aufnahme eines Bandpassfilters aus 81  $\text{SiO}_2$ - und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schichten
- 8 REM-Aufnahme einer AlN-Schicht mit hoher piezoelektrischer Wirksamkeit
- 9 Glassubstrat, halbseitig durch eine gesputterte  $\text{AlF}_3$ -Schicht entspiegelt
- 10 Brillenlinsen mit Anti-reflex-Schichtsystem

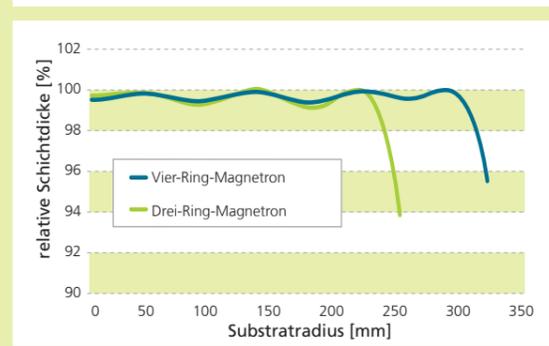
### 11 Anwendungsbeispiele der stationären Präzisionsbeschichtung

Anwendungsgebiet	Funktion der Schicht	Beispiele für Schichten	Relevante Schichteigenschaften
Optik	Hoch- und niedrigbrechend	$\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Ta}_2\text{O}_5$ , $\text{HfO}_2$ , $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , $\text{AlF}_3$	Definierter Brechungsindex, geringe Rauheit, hohe klimatische Stabilität
Sensorik	Elektrische Isolation	$\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{SiO}_2$	Durchbruchfeldstärke
MEMS	Piezoelektrisch	AlN	Piezoelektrischer Koeffizient $d_{33}$ oder $d_{31}$
SAW- und BAW-Bauelemente	Kompensation Temperaturgang	$\text{SiO}_2$ , AlN	Dichte, definierte mechanische Eigenschaften, Defektfreiheit
Elektronik	Passivierung	$\text{Si}_3\text{N}_4$	Diffusionsbarriere gegen Wasser und Sauerstoff
Elektronik	Ätz-Stopp	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Dichte
Elektronik	Widerstandsschicht	TaN, NiCr, Cr	Definierter Widerstand, geringe Temperaturabhängigkeiten

### 12 Gemessenes Transmissionsspektrum eines Rugate-Filters

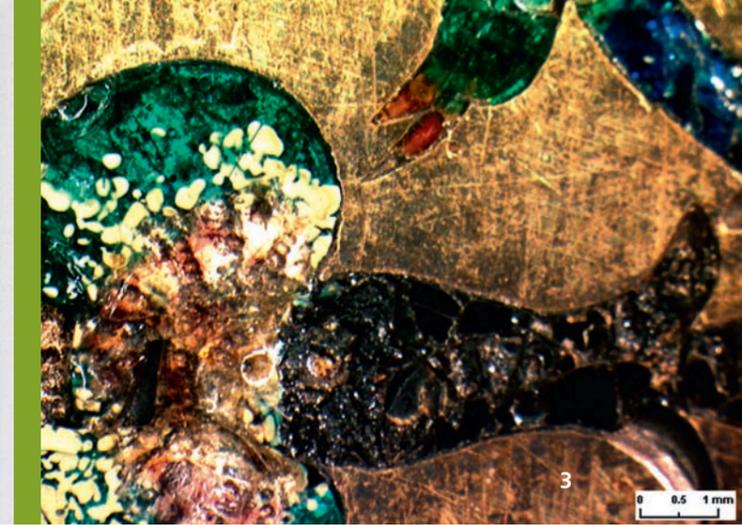
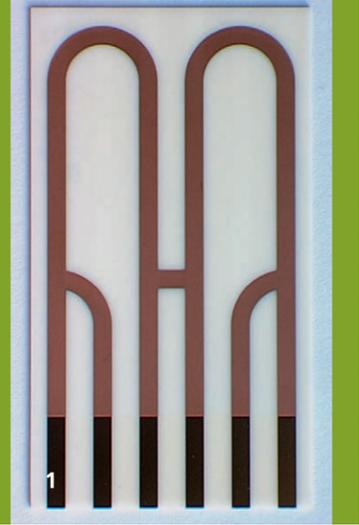


### 13 Berechnete Schichtdickenverteilung für Mehr-Ring-Sputterquellen



## KONTAKT

Dr. Hagen Bartzsch  
 Telefon +49 351 2586-390  
 hagen.bartzsch@fep.fraunhofer.de



## KORROSIONSENSOREN FÜR DEN SCHUTZ VON KULTURGUT

Um jahrhunderte- bis jahrtausendealte Kulturgüter zu erhalten, sollten sie unter Bedingungen aufbewahrt werden, bei denen möglichst wenig Korrosion auftritt. Das Fraunhofer FEP entwickelt im Rahmen des EU-Forschungsprojektes MUSECORR Korrosionssensoren, mit denen die Korrosivität der Atmosphäre überwacht werden kann.

Die Luftqualität hat einen entscheidenden Einfluss auf die in Museen, Ausstellungen oder Archiven aufbewahrten Gegenstände des Kulturguts. Die Beständigkeit der Objekte wird maßgeblich von der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur bestimmt, aber auch wesentlich von der Konzentration von Verunreinigungen, insbesondere von  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , Chloriden, organischen Säuren, anderen flüchtigen Verbindungen und Staubpartikeln.

Meist werden jedoch nur die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur überwacht oder geregelt. Erfahrungen mit Schäden an zum Teil unersetzlichen Objekten haben gezeigt, dass für einen wirksamen Schutz oftmals eine Echtzeit-Überwachung der Korrosivität der Atmosphäre erforderlich ist. Es gibt verschiedene recht aufwendige Methoden, um eine solche Überwachung zu realisieren. Eine wesentlich breitere Anwendung der Echtzeit-Überwachung der atmosphärischen Korrosivität ist aber nur möglich, wenn eine einfache, reproduzierbare und preiswerte Methode verfügbar wird.

Im Forschungsprojekt MUSECORR (gefördert von der Europäischen Kommission, 7. Rahmenprogramm, Thema 6: Umwelt) hat sich ein kompetentes Konsortium mit Vertretern aus Forschung, Museen und der Industrie zusammengefunden, um eine praxistaugliche Methode und die zugehörige Sensortechnik zum »real-time corrosion monitoring« zu

entwickeln. Das Projekt wird koordiniert vom Institut de la Corrosion (ICO, Frankreich), bei dem die entscheidenden Korrosionstests und die Kalibrierung der Sensoren vorgenommen werden. Das Fraunhofer FEP bringt seine Kompetenz in der Dünnschichttechnologie ein und entwickelt die sogenannten »Indoor-Sensoren« für die Anwendungen im Innenbereich. Während »Outdoor-Sensoren«, die am Institute of Chemical Technology in Tschechien entwickelt werden, auf dünnen kaschierten Metallfolien basieren, werden für die »Indoor-Sensoren« 50 ... 800 nm dünne Metallschichten auf Keramiksubstrate mittels Magnetronspütern aufgebracht.

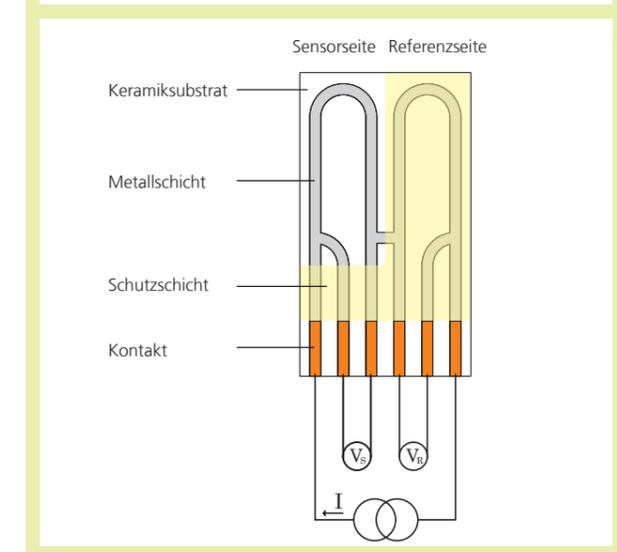
Das Messprinzip ist einfach, aber effektiv: Die durch Korrosion der Metallschicht verursachte Widerstandsänderung wird erfasst und als Maß für den Korrosionsfortschritt genutzt. Ein Teil des Sensors wird mit einer Beschichtung vor Korrosion geschützt und dient als Referenz zur Kompensation der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands. Um die Fülle der möglichen korrosiven Einflüsse zu erfassen, werden steckfähige Sensoren auf der Basis verschiedener Metalle (derzeitig Cu, Ag, Pb, Fe, Zn, Sn, Messing und Bronze) entwickelt. Um aus dem Widerstandsverlauf eine »Korrosionstiefe« zu berechnen, wird ein einfaches mathematisches Modell zugrunde gelegt, das die Ausgangsdicke und den Startwiderstand des Metallfilms berücksichtigt.

Die im Fraunhofer FEP präparierten »Indoor-Sensoren« erweisen sich - wie gewünscht - als außerordentlich empfindlich. Es wird erwartet, dass die im Projekt entwickelte Korrosionsmesstechnik über den musealen Bereich hinaus auch in der Industrie und im Umweltschutz genutzt werden kann.

Die Forschung, die zu diesen Ergebnissen geführt hat, wurde durch das 7. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission (FP7/2007-2013) unter dem Förderkennzeichen 226539 unterstützt.

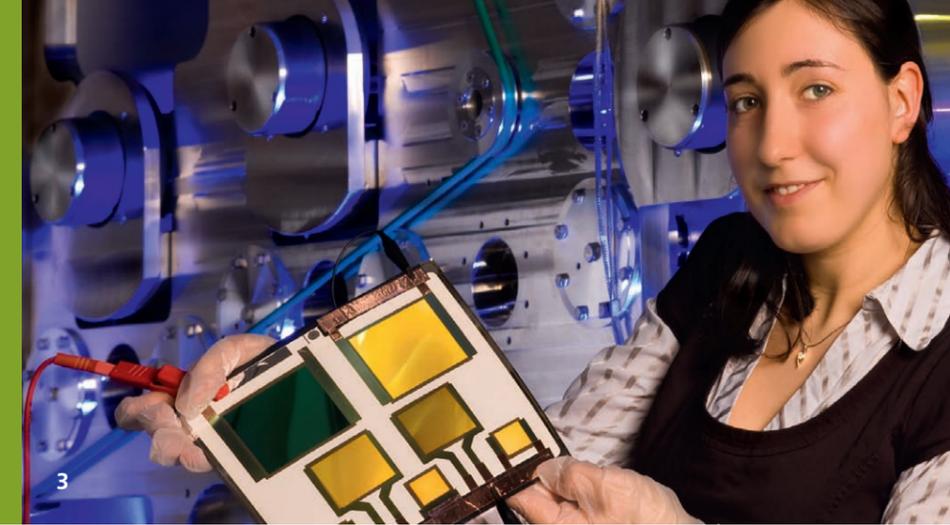
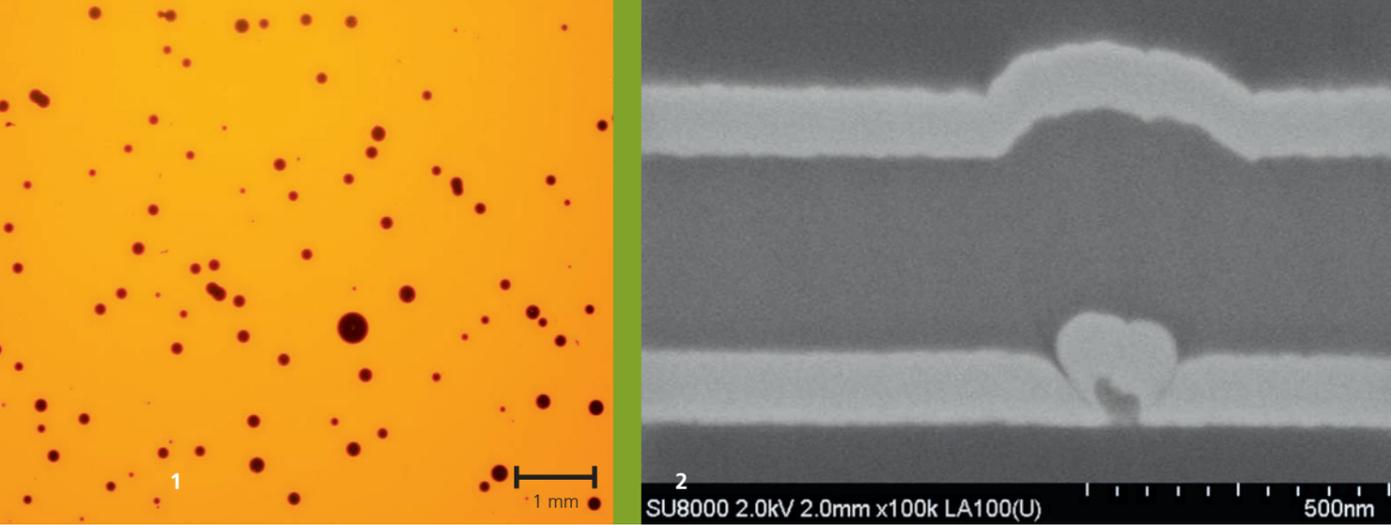
- 1 Indoor-Cu-Sensor (50 nm), ohne Schutzschicht
- 2 Indoor-Pb-Sensor (800 nm), ohne Schutzschicht
- 3 Schäden durch atmosphärische Korrosion von Emaille auf einem Renaissance-Pokal

### 4 Aufbau und Prinzip eines Dünnschicht-Korrosionssensors



## KONTAKT

Dr. Bert Scheffel  
 Telefon +49 351 2586-243  
 bert.scheffel@fep.fraunhofer.de



## DIREKTVERKAPSELUNG FLEXIBLER ORGANISCHER LEUCHTDIODEN

Organische Leuchtdioden ermöglichen neuartige Beleuchtungsquellen und sparsame leuchtstarke Displays. Sie müssen aber vor dem Kontakt mit Sauerstoff und Wasserdampf geschützt werden. Das Fraunhofer FEP entwickelt eine vakuumbasierte Verkapselungstechnologie für die Rolle-zu-Rolle Fertigung flexibler OLEDs.

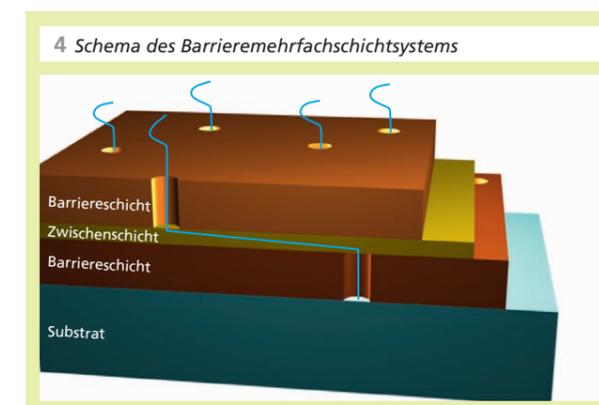
Die organische Leuchtdiode (OLED) gilt als ein Leuchtmittel der Zukunft. Als Flächenstrahler ermöglicht sie im Gegensatz zur Glühlampe oder zu Energiesparlampen völlig neue Typen von Beleuchtungsquellen und sehr energiesparende Displays. Bisher werden OLEDs ausschließlich auf starren Substraten, wie Glas, hergestellt. Die Entwicklung von flexiblen OLEDs, die im Rolle-zu-Rolle Verfahren in industriellen Anlagen in großem Maßstab produziert werden können, verspricht eine große Kostenersparnis. Flexible OLEDs ermöglichen darüber hinaus neue Anwendungen wie zum Beispiel flexible Displays oder eine »Leuchtfolie«. Allerdings ist eine OLED sehr empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen und wird bei Kontakt mit Sauerstoff oder Wasserdampf zerstört. Sie muss mit einer flexiblen Verkapselung (Dünnschichtverkapselung) vor den Einflüssen dieser Gase geschützt werden. Die Anforderungen an die Verkapselung sind sehr streng. So darf für eine Lebensdauer von mehreren 10.000 Stunden maximal eine Menge von  $10^{-5}$  Gramm pro Quadratmeter und Tag ( $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ ) Wasserdampf die Verkapselung durchdringen. Weiterhin muss die Verkapselung frei von Punktdefekten sein und zusätzlich bereits vorhandene Partikel überdecken. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, bilden sich aufgrund einer lokalen Reaktion mit Wasserdampf oder Sauerstoff dunkle Punkte (Dark-Spots) in der OLED (Abb. 1).

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundprojektes (Rolle-zu-Rolle-Fertigung hocheffizienter Leuchtdioden auf flexiblen Substraten; Förderkennzeichen FEP: 13N8858) unter Leitung

der TU Dresden (Prof. Dr. Karl Leo) entwickelte das Fraunhofer FEP eine Rolle-zu-Rolle taugliche Dünnschichtverkapselung, die ausschließlich auf Magnetron-Beschichtungsprozessen im Vakuum basiert. Es wurde ein Barrieremehrschichtsystem bestehend aus reaktiv gesputterten Barriereschichten und mittels Magnetron-PECVD hergestellten Zwischenschichten verwendet (Abb. 4). Unter Verwendung einer Dual-Magnetron-Anordnung ist es gelungen, das gesamte Schichtsystem direkt und schädigungsfrei in einem Rolle-zu-Rolle Verfahren auf eine flexible OLED aufzubringen. In Abbildung 3 ist eine flexible OLED gezeigt, die mit einem Dreifachschichtsystem aus zwei Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )-Barriereschichten (je 100 nm) und einer Plasmapolymere ( $[(\text{CH}_3)_2\text{-SiO}]_n$ )-Zwischenschicht (500 nm) verkapselt wurde. Neben  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  und  $\text{TiO}_2$  wurde auch Zink-Zinn-Oxid ( $\text{ZTO} - \text{Zn}_2\text{SnO}_4$ ) als Barriereschichtmaterial untersucht. Dieses zeigt als Einzelschicht im Vergleich mit allen anderen Materialien die niedrigste Wasserdampfdurchlässigkeit  $D_{\text{H}_2\text{O}} \leq 1,5 \times 10^{-2} \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  bei  $38^\circ\text{C} / 90\%$  relative Feuchte (r. F.).

Die Magnetron-PECVD Zwischenschicht, hergestellt unter Verwendung des Monomers HMDSO, erfüllt im Schichtsystem die Aufgabe, Defekte in der unteren Barriereschicht zu überdecken, mechanische Spannungen im Vergleich zu einer dicken Einzelschicht zu verringern und die Diffusionszeiten des Wasserdampfs (lag-time of diffusion) zu verlängern. Für Dreifachschichtsysteme wurden Wasserdampfdurchlässigkeiten  $\leq 7 \times 10^{-3} \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  bei  $38^\circ\text{C}$  und  $90\%$  r. F. ermittelt. Es wurde nachgewiesen, dass die

Permeation fast ausschließlich an Schichtdefekten stattfindet und dass die Defektdichte mit einem Schichtsystem gegenüber einer Einzelschicht verringert werden kann. Abbildung 2 zeigt einen Querschnitt eines Schichtsystems mit einem überdeckten Defekt in der unteren Barriereschicht. Dennoch ist die Defektdichte für die angestrebten Produkte immer noch zu hoch. In einem Folgeprojekt (R2Flex) wird daher das Barriereschichtsystem weiterentwickelt, um die Defektdichte in den Barriereschichten und die Wasserdampfdurchlässigkeit weiter zu verringern. Das Gesamtziel des noch bis Mitte 2012 laufenden Verbundprojektes ist die Rolle-zu-Rolle Herstellung von flexiblen OLEDs auf einer Breite von 300 mm. Die Rolle-zu-Rolle Verkapselung der OLEDs wird dabei auf dem in diesem Bericht vorgestellten Barrieremehrschichtsystem basieren. Neben OLEDs können mit der vorgestellten Technologie auch weitere Bauelemente, wie zum Beispiel organische Solarzellen, direkt und vollständig im Vakuum verkapselt werden.

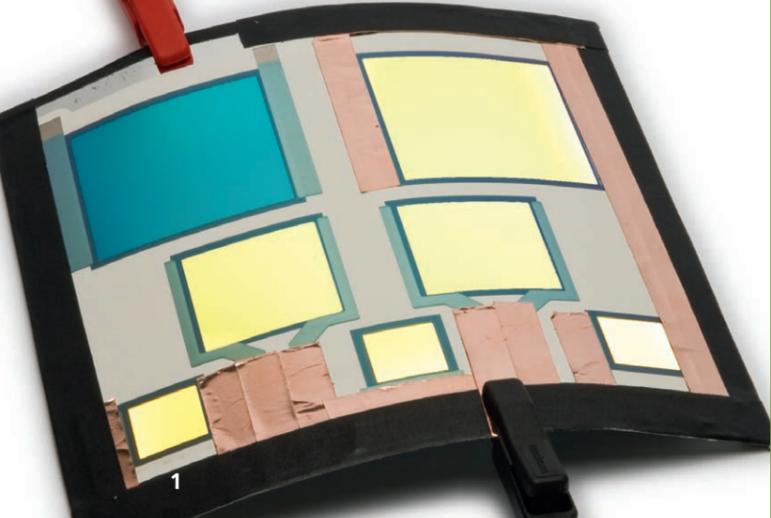


- 1 *Dunkle Punkte in einer unzureichend verkapselten OLED (50 nm  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Einzelschicht) nach 2 Wochen an Luft*
- 2 *Dreifachschichtsystem mit Defekt in der unteren Barriereschicht*
- 3 *Dünnschichtverkapselte OLED: hergestellt am Fraunhofer IPMS, verkapselt am Fraunhofer FEP*



## KONTAKT

Dr. John Fahlteich  
 Telefon +49 351 2586-136  
 john.fahlteich@fep.fraunhofer.de



## SMARTBARRIER – INNOVATIVE PROZESSE FÜR FLEXIBLE PRODUKTE

Was hat eine Chipstüte mit einer flexiblen organischen Leuchtdiode (OLED) oder gar mit einem antibakteriellen Gewebe gemeinsam? Sie benötigen Permeationsbarrieren, um langfristig ihre Funktion aufrecht zu erhalten. Das Fraunhofer FEP hat in einem Verbundprojekt Technologien und Schichten für unterschiedliche Barriereanforderungen entwickelt.

Neben flexiblen OLEDs, flexiblen Solarzellen oder auch einfachen Chipstüten werden flexible Barrierelösungen auch in anderen Marktbereichen immer wichtiger. Häufig muss die Schutzfunktion mit anderen Eigenschaften kombiniert werden. So müssen die Schichten beispielsweise zusätzlich elektrisch leitfähig sein oder bestimmte optische Eigenschaften besitzen. Hier sind neue Prozesslösungen für die Produktion gefragt.

Innerhalb des Verbundprojektes »SmartBarrier« entwickelte das Fraunhofer FEP mittels Rolle-zu-Rolle Verfahren unterschiedlichste Lösungen für verschiedenste Produktbereiche. Dabei galt es:

- ▶ multifunktionelle Barrierschichten auf flexible Materialien zu bringen,
- ▶ neue, hochproduktive Prozesse zur Beschichtung von flexiblen Substraten zu nutzen,
- ▶ beschichtete flexible Materialien in verschiedene, moderne Produkte zu integrieren.

Neuartige Plasmaprozesse und Dünnschichttechnologien sollten für verschiedene Produkte nutzbar gemacht werden, Permeationsbarrieren nahmen dabei eine Schlüsselfunktion ein. Unter Beteiligung von vier Unternehmen wurden vier Themengebiete bearbeitet: Automotive, flexible Photovoltaik, Verpackung und Life Sciences.

### Automotive

Im Bereich Automotive konnten Membranen für Öldruckschalter mit einer um den Faktor 1000 verbesserten Permeationsbarriere hergestellt werden. Eine besondere Herausforderung bestand dabei in der haftfesten Beschichtung hochtemperaturstabiler Polymersubstrate, wie Polyimid, PTFE, ETFE und PEEK als Membranmaterial.

### Flexible Photovoltaik

Für die flexible Photovoltaik wurden Polymersubstrate mit einem Schichtsystem entwickelt, welche zum einen eine ausgezeichnete Permeationsbarriere und zum anderen eine ausreichende elektrische Oberflächenleitfähigkeit aufweisen. Die in Tests an diesem Referenz-System erreichte Lebensdauer von mehr als 2000 Stunden (85 % r. F., 65 °C) übertraf die Anforderung von 1000 Stunden bei weitem.

### Verpackung

Der Verpackungssektor ist vor allem durch einen enormen Kostendruck gekennzeichnet. Hochproduktive Technologien zur Herstellung transparenter Barrierschichten galt es deswegen auf preiswerte Kunststoffe anzuwenden. Innerhalb des Projektes konnte die Produktion von transparenten Aluminiumoxid-Barrierschichten auf Polyester und Polypropylenfolien bei Bahngeschwindigkeiten größer 6 m/s gezeigt werden. Insbesondere die Applikation der Schichten auf preis-

günstigem CPP und bioabbaubarem PLA ist hervorzuheben. Die erreichten Barrierewerte übertrafen dabei teilweise sogar die von Verpackungsmittelherstellern geforderten Werte.

### Life Sciences

Im Bereich Life Sciences wurde für den Medizintechniksektor eine Technologie entwickelt, um metallische Silberpartikel in eine Siliziumoxid-Matrix einzubetten. Dabei galt es, eine definierte Permeationsrate von Silberionen zu erreichen. Der dadurch erzielte antimikrobielle Effekt wurde mittels Tests nach ASTM- und ISO-Normen nachgewiesen. Eine Reduktion von Bakterien um 99,99 Prozent konnte gezeigt werden. Die Schichten wurden erfolgreich mittels Rolle-zu-Rolle Prozessen auf verschiedenen Substratarten, wie Folien, Vliesen und Geweben appliziert.

Förderung durch: BMBF, Projektträger DLR, Förderkennzeichen 01 RI 0628

PTFE (Polytetrafluorethylen)  
 ETFE (Ethylen-Tetrafluorethylen)  
 PEEK (Polyetheretherketon)  
 CPP (ungerecktes Polypropylen)  
 PLA (Polymilchsäuren)

1 Dünnschichtverkapselte OLED  
 2 Verpackung mit transparenter Barrierefolie



## KONTAKT

Dr. Steffen Günther  
 Telefon +49 351 2586-137  
 steffen.guenther@fep.fraunhofer.de



## PVD-BESCHICHTUNG VON 3-D-SUBSTRATEN MIT HOHEN PRÄZISIONSANFORDERUNGEN

Gekrümmte Substrate stellen für die PVD-Abscheidung komplexer Schichtsysteme eine hohe Hürde dar. Batchanlagen für die 3-D-Beschichtung bieten dabei Flexibilität für verschiedenartige Substrate. Um Schichtsysteme mit optischer Funktion abzuscheiden, bedarf es jedoch einer präzisen Prozessführung.

Bislang kommen PVD-Schichten auf nicht ebenen Substraten hauptsächlich in der Werkzeug- und Bauteilbeschichtung zum Einsatz. Die Anforderungen an die Homogenität der Schichten sind dabei nachrangig, sofern die Funktion (Verschleißschutz, Reibungsminderung) auf den beanspruchten Flächen gewährleistet ist.

Die Abscheidung von Schichtsystemen, die eine optische Funktion erfüllen, erfordert dagegen eine Gleichmäßigkeit bei der Schichtabscheidung sowohl über die Fläche des Substrates als auch über die Zeit, die nur wenige Prozent Abweichung erlaubt. Allorten (un)sichtbare Beispiele dafür sind Wärmeschutzschichten auf Fensterscheiben oder Antireflex-Schichten auf Schaugläsern oder Displays. Anwendungen wie die homogene dekorative Interferenzfarbenbeschichtung von Formkörpern oder die Abscheidung von Antireflexschichten auf stark gekrümmten Flächen erfordern entweder eine hochspezifische und damit wenig flexible Anlagenkonfiguration oder aber eine ausgeklügelte Prozessführung in flexiblen Batchanlagen, wie sie am Fraunhofer FEP realisiert wurde.

Bisher konnte die Abscheidung optischer Mehrlagenschichtsysteme nur auf stationären Substraten oder in Durchlaufanlagen auf Flachs substraten realisiert werden. Mithilfe von Maßnahmen zur Stabilisierung der Prozesse und zur Homogenisierung der abgeschiedenen Einzelschichten konnten wir diese nun auch auf gekrümmte Substrate ausdehnen.

Folgende Maßnahmen waren entscheidend:

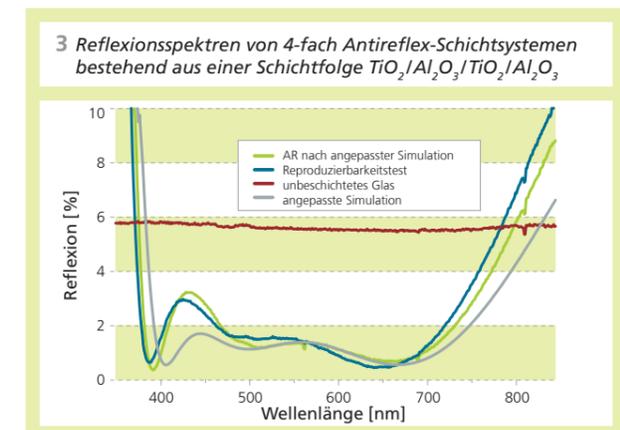
- ▶ Weiterentwicklung hochleistungsfähiger Prozessregeleinrichtungen (PCU<sup>plus</sup>) zur Gewährleistung einer stabilen Prozessführung in parallel laufenden Reaktivprozessen
- ▶ Schaffung neuer Substratbewegungsmodi
- ▶ Beeinflussung des Dampfprofils
- ▶ Optimierung von Prozessabfolgen

Wir haben die Abscheidung von Vierfach-Antireflex (AR)-Systemen als anspruchsvollen Prüfstein gewählt, um die erarbeitete technologische Basis zu testen. Das System ist aus einer Abfolge von hochbrechenden und niedrigbrechenden Einzelschichten aufgebaut, wobei die Dicke der Einzelschichten exakt aufeinander abgestimmt sein muss, damit die Interferenzeffekte zur gewünschten Entspiegelung führen.

Berechnungen für eine Entspiegelung im sichtbaren Bereich wurden für die verwendeten Materialien  $TiO_2$  und  $Al_2O_3$  durchgeführt und stellten die Vorgabe für die Beschichtungsexperimente in der Batchanlage dar. Zu ihrer Umsetzung wurden zunächst Abscheideraten für die Einzelprozesse bestimmt und daraus ein Gesamtprozessablauf mit angepasstem Substratbewegungsregime abgeleitet. Das Schichtsystem wurde exemplarisch auf Glasrohren angewandt (Abb. 1). Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse solcher in direkter Prozessfolge realisierten Schichtabscheidungen in Form der optischen Reflexion im sichtbaren Bereich des Spektrums, für den die Entspiegelung berechnet wurde.

Die Optimierung erfordert eine Iteration, bei der die Ergebnisse der Schichtabscheidung in der Simulation berücksichtigt werden, so dass eine angepasste Simulation entsteht (graue Kurve). Mit dieser und auf Grundlage der Beschichtungsergebnisse führt eine erneute Anpassung des Bewegungsregimes zum optimierten AR-Schichtsystem, welches die Reflexion im sichtbaren Bereich gegenüber dem unbeschichteten Glas (braune Kurve) deutlich senkt (grüne Kurve,  $R_{vis}=1,3$ ). Die Reproduzierbarkeit der Schichtabscheidung konnte ebenfalls gezeigt werden (blaue Kurve). In Abbildung 2 macht sich das AR-System auf dem linken Rohr in einer verminderten Reflexion der einfallenden Sonnenstrahlung bemerkbar. Die leicht grünliche Färbung ist auf den konkreten Verlauf der Reflexion im sichtbaren Bereich zurückzuführen und ist recht typisch für Antireflexsysteme. Der erreichte Stand der Mehrlagenschichtabscheidung stellt eine belastbare Basis für die anwendungsspezifische Entwicklung von Systemen vergleichbarer Komplexität dar.

- 1 Glasrohr nach der Beschichtung
- 2 Antireflex-beschichtetes Glasrohr (links) im Vergleich mit einem unbeschichteten (rechts)



## KONTAKT

Dr. Heidrun Klostermann  
 Telefon +49 351 2586-367  
 heidrun.klostermann@fep.fraunhofer.de



## IN-LINE STERILISATION MIT ELEKTRONEN AM VERPACKTEN MEDIZINPRODUKT

Mit der in-line Sterilisation auf Basis niederenergetischer Elektronen hat das Fraunhofer FEP eine effektive Methode zur Keimreduktion für die Medizintechnik entwickelt. Innerhalb von Sekunden können selbst hitzeempfindliche Kunststoffe sterilisiert werden.

Im Krankenhausalltag müssen Operationen eng nacheinander getaktet werden. Der Zeitplan darf dabei nicht durch einen Mangel an sterilem Operationsbesteck in Verzug geraten. Etablierte Sterilisationsmethoden, wie das Autoklavieren, nehmen allerdings viel Zeit in Anspruch. Um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, müssen hoch spezialisierte Medizinprodukte daher oft in mehrfacher Ausführung angeschafft werden, was mit hohen Kosten verbunden ist.

Am Fraunhofer FEP erarbeiten wir Verfahren, um Medizinprodukte innerhalb von Sekunden in-line sterilisieren zu können. Die Technologie der Elektronenstrahlsterilisation muss dafür in laufende Prozessketten integriert werden. Wesentlich dabei ist, dass die Medizinprodukte vor dem Sterilisieren gereinigt und verpackt werden und die Sterilisation durch die Verpackung hindurch erfolgen muss. Gemäß regulatorischer Anforderungen (EN ISO 10993) muss mindestens eine Strahlendosis von 25 kGy auf die Oberfläche des Produktes einwirken. Es muss sichergestellt werden, dass die Strahlendosis an alle exponierten Stellen des Produktes gelangt und die Beständigkeit des Packstoffes dabei nicht gefährdet wird.

In materialwissenschaftlichen Untersuchungen konnten wir zeigen, dass sich die Festigkeit von Kunststofffolien mit der applizierten Elektronenstrahldosis ändert. Für Polyethylen (PE)-Folie konnten wir eine Verbesserung der mechanischen

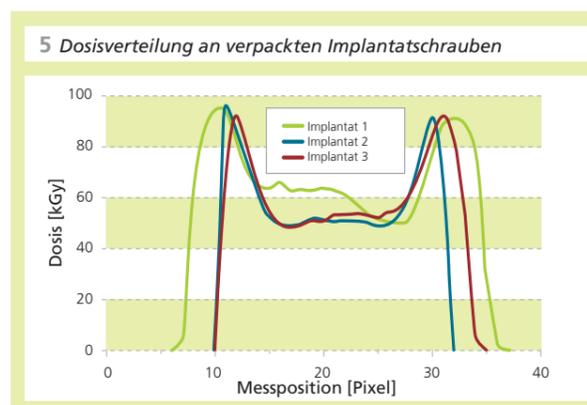
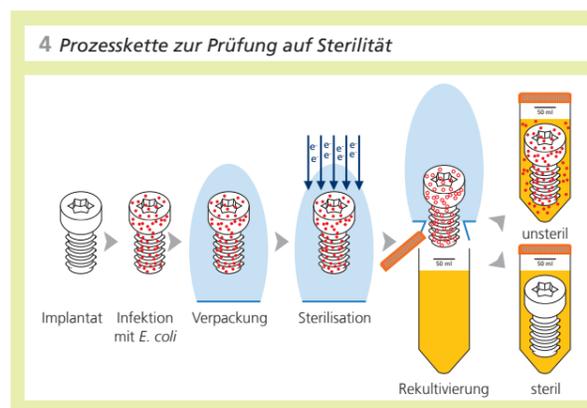
Eigenschaften nachweisen, das heißt eine PE-Verpackung wird durch die Behandlung mit Elektronen reißfester.

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten in unserer biomedizinischen Laboreinheit. Eine Implantatschraube wurde als Modellobjekt gewählt und mit einem Testkeim (*E. coli*) infiziert, verpackt und anschließend mit Elektronen behandelt (siehe Abb. 4). Um den Sterilisationserfolg zu testen, wurden die Proben in eine Nährlösung überführt und rekultiviert. Die Schwierigkeit besteht darin, die Sterilisation auch in den Einkerbungen am Schraubenkopf zu gewährleisten. Mittels Foliendosimetrie (siehe Abb. 5) konnten wir nachweisen, dass die vorgeschriebene Mindestdosis von 25 kGy auch in schwer zugänglichen Bereichen (Messposition 12 ... 30 Pixel, Abb. 5) erreicht werden konnte. Mikrobiologische Tests sowie die Bestimmung des Sterilisationsgrades (mit 30 Wiederholungen) konnten zudem eine vollständige Sterilisation beweisen.

Die Behandlung mit niederenergetischen Elektronenstrahlen gewährleistet eine effektive Keimreduktion von verpackten Medizinprodukten innerhalb von Sekunden und ist vor allem für hitzelabile Kunststoffe das Mittel der Wahl.

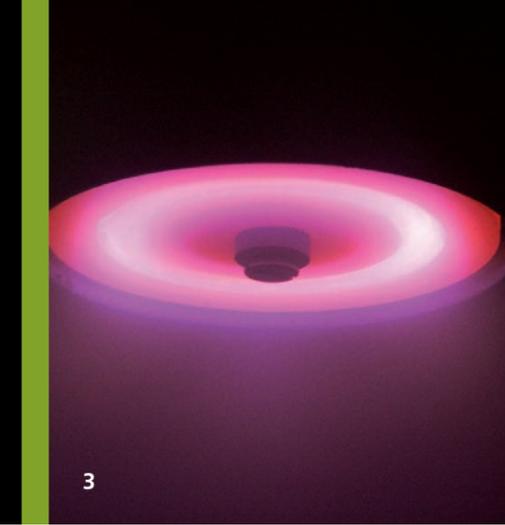
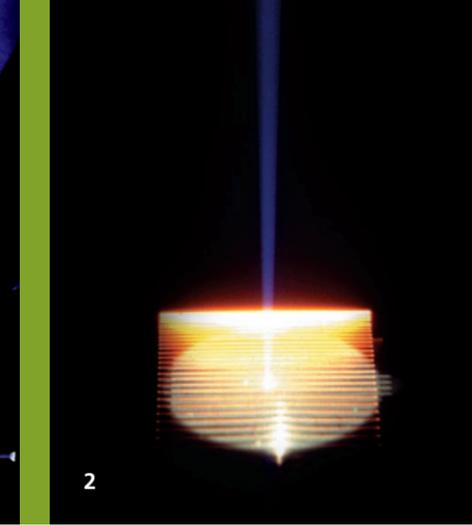
In weiteren Arbeiten werden wir neue Dosimetrie-Marker entwickeln, die klein, preiswert und schnell auswertbar sind, um auch in anderen Anwendungen die Strahlendosis verlässlich ermitteln zu können.

- 1 sterilisiertes Spritzennest
- 2 verpackte Implantatgarnitur
- 3 mikrobiologische Untersuchung



## KONTAKT

Dr. Christiane Wetzel  
 Telefon +49 351 2586-165  
 christiane.wetzel@fep.fraunhofer.de



## ERICA – EINE NEUE CLUSTERANLAGE FÜR KOMPLEXE BESCHICHTUNGSTECHNOLOGIEN

PVD-Anlagen vom Cluster-Typ werden in Forschung und Industrie eingesetzt, um komplexe Prozessketten der Oberflächentechnik im durchgängigen Vakuum flexibel zu gestalten. Das Technologieportfolio unserer neuen Clusteranlage ERICA legt den Fokus auf hochproduktive Elektronenstrahltechnologien zur Beschichtung, Oberflächenmodifikation und Strukturierung.

Die Veredelung von Halbleitern und Produkten durch dekorative oder funktionale Dünnschichtsysteme ist ein wichtiges Arbeitsgebiet der Oberflächentechnik. Die vielseitigen, umweltfreundlichen und hochproduktiven Vakuumbeschichtungsverfahren sind in Produktionsprozessen weit verbreitet. Die erzielbare Morphologie, Reinheit, Haftung und Langzeitstabilität der abgeschiedenen Schichten sind wichtige Kriterien bei der Auswahl einer geeigneten Beschichtungstechnologie. Es zählen aber ebenso Kenngrößen, die die Wirtschaftlichkeit des Prozesses bestimmen, wie beispielsweise die Aufwachs-geschwindigkeit der Schicht, Investitionsbedarf und Betriebskosten der Anlage.

Komplexität und Kosten der Beschichtungsanlage wie auch die Qualität des Produkts hängen wiederum ganz entscheidend auch von weiteren, der Beschichtung vor- und nachgelagerten Prozessen ab. Zu nennen wären hier beispielsweise die Substratvorbereitung (durch nasschemische Reinigung, Ionenätzen und Heizen), die Schichtmodifikation (durch Tempern, Umschmelzveredeln, Dotieren und Strukturieren) sowie die Kombination der Funktionsschicht mit haftvermittelnden, diffusionshemmenden und antikorrosiven Hilfsschichten. Bereits aus dieser Aufzählung wird deutlich, dass für jede spezifische Beschichtungsaufgabe eine ganze Prozesskette mit vielfältigen Wechselwirkungen zu entwickeln, zu optimieren und möglichst produktnah zu validieren ist.

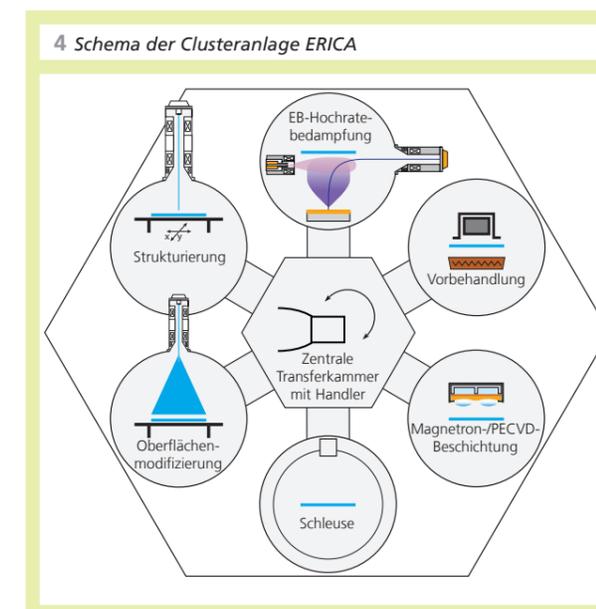
Mit der im Berichtsjahr in Betrieb genommenen Clusteranlage ERICA können komplexe Prozessketten der Vakuumbeschichtungstechnik im durchgängigen Vakuum mit großer technologischer Variabilität und Effizienz realisiert werden. Die Anlage ermöglicht es, unterschiedliche vorinstallierte Vorbehandlungs-, Beschichtungs- und Strukturierungsschritte in beliebig programmierbarer Reihenfolge und Parametrierung an einem Substrat durchzuführen. Damit ist eine versatile und kostengünstige apparative Basis für Machbarkeitsstudien und nachfolgende Technologieentwicklung in thematisch breit gefächerten Anwendungsfeldern verfügbar. Komplementär zu den im Fraunhofer FEP bereits traditionell betriebenen Sputter-Clusteranlagen liegt der Schwerpunkt des Technologieportfolios für die neue Anlage ERICA in der Implementierung hochproduktiver Elektronenstrahltechniken zur Schichtabscheidung und Materialmodifikation.

Die Anlage besteht aus 5 Vakuumprozesskammern und einer Schleusenkammer, die hexagonal um eine zentrale Transferkammer mit Handler angeordnet sind. Nach dem Einschleusen ins Vakuum werden die auf Carriern fixierten Substrate, die einen Durchmesser bis 8 Zoll und eine Höhe bis 20 mm aufweisen können, über die Transferkammer in die unterschiedlich ausgestatteten Prozesskammern transportiert und dort rezeptgesteuert bearbeitet.

In Abbildung 4 sind die Basiskonfiguration der Anlage, sowie die damit darstellbaren Technologien schematisch gezeigt. Vielfältige Prozessketten sind auf dieser Basis möglich. Beispielsweise gestattet ERICA in hervorragender Weise Prozessentwicklungen für waferbasierte und Dünnschicht-Solarzellen, die von der Evaluierung innovativer Zellkonzepte bis hin zu einer Kleinserienfertigung von Prototypen reichen.

Weitere Informationen zu den technologischen Möglichkeiten und genauere Spezifikationen der Anlage können Sie auf unseren Internetseiten finden.

- 1 Plasmaaktivierte Hochratebedampfung
- 2 Oberflächenmodifikation durch Elektronenfeinstrahler mit Weitwinkelablenkung
- 3 Rund-Magnetron



Anlagenpartner

**creavac**

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

## KONTAKT

Dr. Gösta Mattausch  
 Telefon +49 351 2586-202  
 goesta.mattausch@fep.fraunhofer.de



## HIGHLIGHTS

»pro flex 2010« – Internationales Symposium zur Vakuum Rolle-zu-Rolle Beschichtung	43
2. Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion	45
Die Fraunhofer Lounge – entspannen, unterhalten, begegnen	47
Die Fraunhofer Talent-School – Forschung zum Anfassen	49
Lange Nacht der Wissenschaften 2010	50
Internationale Konferenzen, Symposien und Messen	51



## »PRO FLEX 2010« INTERNATIONALES SYMPOSIUM ZUR VAKUUM ROLLE-ZU-ROLLE BESCHICHTUNG

Im September 2010 veranstaltete das Fraunhofer FEP erneut ein Symposium zur vakuumbasierten Rolle-zu-Rolle Beschichtung. Mit 120 Teilnehmern war das Symposium bis auf den letzten Platz ausgebucht und ein großer Erfolg.

Das Symposium »pro flex 2010« lockte vom 21. bis 22. September 120 Teilnehmer aus 17 Ländern nach Dresden. Selbst Teilnehmer aus den USA, Weißrussland, Südkorea und Japan nahmen die lange Anreise auf sich, um sich mit anderen Experten über Neuentwicklungen zum Thema »Vakuum Rolle-zu-Rolle Beschichtung von flexiblen Materialien« auszutauschen.

Bereits im August war die maximale Teilnehmerzahl für das Symposium erreicht. Dr. Nicolas Schiller, Leiter der Abteilung »Beschichtung von flexiblen Produkten« am Fraunhofer FEP, ist erfreut: »Ein solcher Zuspruch ist ein klares Zeichen, dass die Rolle-zu-Rolle Beschichtung eine industriell wichtige Technologie und das Fraunhofer FEP ein anerkannter Entwicklungspartner ist.«

Die Veranstaltung »pro flex« wurde im Jahre 2004 zum ersten Mal vom Fraunhofer FEP veranstaltet und findet seitdem in dreijährigem Turnus statt. Anlass im Jahre 2004 war die steigende Nachfrage nach flexiblen Produkten und die Idee, Entwicklern entlang der Wertschöpfungskette flexibler Produkte ein europäisches Forum zum wissenschaftlichen Austausch zu bieten, um Anforderungen der Produkte mit Möglichkeiten der technologischen Realisierung abzugleichen. So gab es auch bei der »pro flex 2010« wieder eine ausgewogene Beteiligung von Vertretern der Entwicklungsabteilungen führender

Industrien als auch von Wissenschaftlern aus Universitäten und Fraunhofer-Instituten.

Der Schwerpunkt der 30 Vorträge lag auf der Beschichtung und Untersuchung von Barrierefolien für Anwendungen, die von der Lebensmittelverpackung bis zur Verkapselung von flexibler Elektronik, wie flexiblen Solarzellen oder flexiblen organischen Leuchtdioden (OLEDs), reichten. Aber auch andere Schichtsysteme, wie Haftschichten, Schichten für transparent leitfähige Elektroden, Isolationsschichten sowie aktive Schichten für die Photovoltaik, wurden thematisiert. Ein Vortragender stellte heraus, welches Potential zur Kosten- und Zeitersparnis in der Rolle-zu-Rolle Beschichtung liegt und sprach von einem Paradigmenwechsel in der Beschichtungsbranche: So könne man im Vergleich zur Batch-Beschichtung großer Flächen mit dem Rolle-zu-Rolle Verfahren das Zehnfache an Kosten und sogar das Zwanzigfache an Zeit sparen, beim Vergleich mit der Beschichtung von Wafern schneidet das Rolle-zu-Rolle Verfahren sogar noch besser ab.

Auch Ausblicke in die Zukunft wurden gewagt. So wird der Trend dahin gehen, verschiedene Anwendungen in einem Gerät zu kombinieren. Beispielsweise ist es vorstellbar, dass eine flexible OLED mit einer flexiblen Solarzelle in einer Folie kombiniert wird, um Strom zum Betreiben der OLED direkt aus der Solarzelle zu gewinnen. An neuen Ideen, Herausforderungen und Entwicklungsbedarf mangelt es nicht.

Abgerundet wurde das Symposium mit einer Führung durch das Technikum des Fraunhofer FEP, bei der die Teilnehmer industrierelevante Pilotanlagen zur Beschichtung von Kunststofffolien, Glasplatten, Metallbändern und Schüttgut besichtigen konnten.

Unser Dank gilt an dieser Stelle den Vortragenden der »pro flex 2010« sowie den Sponsoren und Partnern der Veranstaltung: VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Southwall Europe GmbH sowie AIMCAL Association of International Metallizers, Coaters and Laminators.

Wir freuen uns auf Ihren Besuch zur »pro flex 2013«!



### KONTAKT

Annett Arnold  
Telefon +49 351 2586-333  
annett.arnold@fep.fraunhofer.de



## 2. GRUNDLAGENSEMINAR REINIGUNGSTECHNIK – REINIGUNG IN DER PRODUKTION

Mit diesem Veranstaltungsformat reagiert die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik auf die große Nachfrage der Industrie nach Know-how im Bereich Reinigungstechnik und erhält durchweg positive Resonanzen.

»Großer Querschnitt über das Thema industrielle Reinigung« – Karl Riedter, RAFI GmbH & Co. KG

»Gute Organisation, gute Atmosphäre während des Seminars« – Ralf Rubbel, VACOM Vakuum Komponenten & Messtechnik GmbH

Vom 16. bis 18. Juni 2010 führte die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik, in welcher das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP seit der Gründung der Allianz Reinigungstechnik im Jahr 2002 Mitglied ist, zum zweiten Mal das »Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion« im Fraunhofer FEP in Dresden durch. Ziel ist es, Fach- und Führungskräften aus der Produktion die reinigungstechnischen Aufgaben zu vermitteln. Dieses Wissen kann in Deutschland leider noch nicht in einem Ausbildungsberuf oder Studium erlernt werden. Somit fehlt es in der Industrie an Know-how und qualifizierten Mitarbeitern, welche die Reinigungsaufgaben zu bewältigen haben. Der Bedarf an Schulungen und Seminaren ist dementsprechend hoch.

Mit dem branchenübergreifenden Seminar folgt die Allianz Reinigungstechnik der Nachfrage der Industrie nach Weiterbildungsmaßnahmen und bietet diese seit 2009 an. Mit sieben Referenten aus sechs Fraunhofer-Instituten konnte das Grundlagenseminar wiederholt Expertenwissen auf hohem Niveau anbieten.

Trotz der in 2010 noch schwierigen wirtschaftlichen Situation in den Unternehmen, zeigten sich an der Vielzahl der Teilnehmeranfragen sowie an der positiven Resonanz der Teilnehmer die zunehmende Bedeutung der Reinigung in der Produktion

und die Notwendigkeit einer solchen Schulung.

Die Teilnehmer des 2. Grundlagenseminars kamen unter anderem aus den Branchen Maschinenbau und Elektro- und Messtechnik.

Entsprechend der umfassenden Struktur des Seminars, wurden zu Beginn die theoretischen Grundlagen der Reinigungstechnik vermittelt. Dazu zählen die Definitionen von Reinigungsgut und Verunreinigungen sowie die bestimmenden Faktoren eines jeden Reinigungsprozesses. Darüber hinaus erlernten die Teilnehmer wie man Reinigungsaufgaben systematisch analysiert, plant, effektiv in den Produktionsprozess einordnet und Reinigungsverfahren für den entsprechenden Anwendungsfall auswählt. Anschließend wurden die unterschiedlichen Reinigungstechnologien, beginnend mit den Verfahren mit flüssigen Medien über die Strahlverfahren bis hin zur Plasmareinigung, eingehend diskutiert. Umfassend wurde auf die Möglichkeiten zur Prozess- und Schadensanalytik sowie zur Sauberkeitskontrolle in der Produktion eingegangen, da hier in vielen Fällen der entscheidende Schlüssel zu einer ökonomischen und prozesssicheren Reinigung in der Produktion liegt.

Zur Vertiefung der theoretischen Inhalte wurden begleitend Praxisübungen zur Badpflege und -überwachung, zur Sauberkeitskontrolle, zum Trockeneisstrahlen sowie zur Laser- und

Plasmareinigung durchgeführt. Damit hatte jeder Teilnehmer die Möglichkeit, die Umsetzung der erworbenen Kenntnisse selbst »in die Hand zu nehmen«. Ergänzende Vorträge boten abschließend einen Überblick zu übergeordneten Themen wie Vorschriften in der Reinigungstechnik (VDA19, VOC, REACH) sowie reinigungsgerechte Gestaltung und reinheitsgerechte Produktion. Optional hatten die Teilnehmer am Ende des Seminars die Chance, ihr erlerntes Wissen in einem Leistungstest zu überprüfen und damit ihren Schulungsnachweis noch etwas aufzuwerten.

Die positive Resonanz des Seminars drückt sich in der sehr guten Bewertung durch die Teilnehmer aus. Das dritte »Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion« wird vom 7. bis 9. Juni 2011 wieder im Fraunhofer FEP angeboten und dann wird es wieder heißen:

»Reinigungsprozesse beherrschen – Eine saubere Leistung!«

 **Fraunhofer**  
REINIGUNG

**KONTAKT**

Frank-Holm Rögner

Telefon +49 351 2586-242

frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de



## DIE FRAUNHOFER LOUNGE ENTSPANNEN, UNTERHALTEN, BEGEGNEN

Im Herbst 2010 konnte das Fraunhofer FEP bereits zum siebten Mal zur Fraunhofer Lounge einladen. Auch dieses Mal war die Veranstaltung wieder ein großer Erfolg.

Die Fraunhofer Lounge möchte eingeladenen Gästen aus der regionalen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft Sachsens und Institutsvertretern die Möglichkeit geben, in entspannter Atmosphäre miteinander ins Gespräch zu kommen. Inspirierende Vortragsthemen liefern dabei reichlich Gesprächsstoff.

### Sechste Fraunhofer Lounge:

#### Der heilige Benedikt als Vorbild für Führungskräfte

#### »Die Krise nutzen, Zukunft erfolgreich gestalten mit dem benediktinischen Führungsmodell«

Am 20. Mai 2010 machte Dieter Renner, Aufsichtsratsvorsitzender des Beratungsunternehmens für Führungskräfte »DRC Advisors to Board«, die Gäste der sechsten Fraunhofer Lounge mit dem benediktinischen Führungsmodell des Benediktinerordens vertraut. Kern des Modells ist der Gedanke, dass erfolgreiche Führung auf einem Vertrauensverhältnis zwischen Führenden und Geführten basiert. Die Glaubwürdigkeit und Kongruenz des Führenden spielten dabei eine maßgebliche Rolle. Das benediktinische Führungsmodell versteht unter Führung, das Aufzeigen eines Weges, den Geführten mit bündigem Handeln anzuleiten, ihn zu überzeugen und einen gemeinsamen Weg zu gehen. Dies sei die Basis zu einem Umfeld für Innovationen und guter Teamarbeit.

Dieter Renner untermauerte sein Anliegen, das benediktinische Führungsmodell nicht als rein philosophischen Exkurs

zu betrachten und zeigte klare wirtschaftliche Erfolge ethisch geführter Unternehmen auf.

Bernhard Holfeld, Wellenchef des MDR 1 Radio Sachsen, moderierte den Gesprächsabend. Er stellte Führungsqualität und die Thesen des heiligen Benedikts offensiv in Frage. Die Diskussion zwischen Redner und Moderator ließen das Publikum gespannt zuhören und regten zu vielen Fragen an. Der Referent Dieter Renner schloss den Abend mit den bedeutungsvollen Worten des Schriftstellers Gorch Fock »Wir können unser Leben nicht verlängern, aber wir können es vertiefen.«

### Siebte Fraunhofer Lounge:

#### Miteinander = Gegeneinander – Abbild unserer momentanen Gesellschaftssituation

Dies war das Thema unserer siebten Fraunhofer Lounge am 11. November 2010. Klaus-Peter Schöppner, Geschäftsführer der TNS Emnid Medien- und Sozialforschung GmbH Bielefeld, analysierte in seinem Vortrag »Wie finden wir den Weg in die "Gute" Gesellschaft« die negative Grundstimmung in Deutschland. Als Indikatoren dafür benannte er verbreitete Gefühle der Angst, Entsolidarisierung, Perspektivlosigkeit, Lebenszufälligkeit und fehlender Sicherheit. Das Sinnbild vom Wandel eines ehrbaren Kaufmannes zum egozentrischen Strateger stand dabei immer wieder im Zentrum seiner

Ausführung und beschreibt, wie sehr sich unsere Gesellschaft auseinander dividiert. Reintegration soll, laut Schöppner, das Instrument von Politik und Unternehmen sein, um einen neuen Weg in Richtung »Gute« Gesellschaft zu gehen.

Uta Georgi, Moderatorin des regionalen Nachrichtenmagazins MDR-Sachsenspiegel, führte die Zuhörer durch den Abend und hinterfragte kritisch die Ursachen dieser dargestellten Negativtendenz in unserer Gesellschaft. Ein wichtiger Punkt in dieser Thematik war für sie die Medienbildung der kommenden Generationen. Diese müssten rationaler und kritischer den Medien gegenüber werden. Die Vielzahl der anschließenden Diskussionsbeiträge des Publikums machte die Brisanz des Themas deutlich.

Klaus-Peter Schöppner schloss mit seinem Aufruf zu »Fairhalten, Fairhandeln und Fairtrauen« den offiziellen Rahmen des Abends. Kulinarische Kleinigkeiten und Pianoklänge rundeten den Abend ab.

Die Lounge geht 2011 in die nächste Runde. Man darf gespannt sein.



[www.fep-lounge.de](http://www.fep-lounge.de)

## KONTAKT

Annett Arnold

Telefon +49 351 2586-333

[annett.arnold@fep.fraunhofer.de](mailto:annett.arnold@fep.fraunhofer.de)



## DIE FRAUNHOFER TALENT-SCHOOL FORSCHUNG ZUM ANFASSEN

Dies bietet das Fraunhofer FEP einmal pro Jahr technisch interessierten Schülern nach einer erfolgreichen Bewerbung an. In einem Wochenend-Workshop können sich die jungen Wilden als Forscher versuchen und ihrer Experimentierfreude freien Lauf lassen. Die Wissenschaft liegt dann ein Wochenende lang in den Händen unserer Nachwuchsforscher!

Nach dem großen Erfolg in 2009 fand vom 5. bis 7. November 2010 zum zweiten Mal die Fraunhofer Talent-School in Dresden statt. Dreißig talentierte und MINT-interessierte Schülerinnen und Schüler der neunten bis dreizehnten Jahrgangsstufe qualifizierten sich erfolgreich dafür, an einem Wochenende Wissenschaftsluft zu schnuppern.

Sie erfuhren mehr über aktuelle Forschung und konnten selbst sehen mit welchen Methoden und Technologien wissenschaftlich gearbeitet wird. Im Zentrum der dreitägigen Veranstaltung stand die projektbezogene Arbeit in Workshops zu unterschiedlichen wissenschaftlichen Themenstellungen rund um das Thema Energie. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer FEP, IKTS und IPMS vermittelten die notwendigen theoretischen Grundlagen und standen für Diskussionen zur Verfügung. Im Fraunhofer FEP lernten die Schülerinnen und Schüler in spannenden Experimenten, wie man Solarstrom aus Fruchtsaft produziert. Sie bauten eine Solarzelle, indem sie Glasplatten mehrfach beschichteten, um anschließend Strom fließen zu lassen.

Ergänzt wurden die Workshops durch ein Rahmenprogramm mit Führungen durch Reinräume und Laboratorien. In einer

Abendveranstaltung gaben Fraunhofer-Führungskräfte und Persönlichkeiten aus der Industrie den Schülern einen Einblick in den Alltag von Forscherinnen und Forschern und zeigten den Schülern anschaulich, wie Forschungsergebnisse aus dem Labor praktische Anwendung in der Industrie finden. Der sogenannte »Kaminabend« zählte zu den Highlights der Abendveranstaltungen. Wissenschaftler aus der angewandten Forschung sowie der Industrie zeigten den Schülern verschiedene Wege für eine wissenschaftliche Laufbahn auf.

Die Fraunhofer-Gesellschaft rief diese Veranstaltung ins Leben, um frühzeitig mit den Forschern von morgen in Kontakt zu kommen. Prof. Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, sagte zum Auftakt der Veranstaltungsreihe: »Mit der Fraunhofer Talent-School investieren wir in unseren Nachwuchs, fördern und fordern ihn frühzeitig. In einem Land ohne Rohstoffe ist der Forschergeist unserer Kinder das beste Kapital!« Die Fraunhofer Talent-School fand im Jahre 2010 an 13 verschiedenen Standorten statt.

Vom 4. bis 6. November 2011 findet in Dresden die dritte Fraunhofer Talent-School statt. Weitere Informationen finden Sie unter: [www.talent-school-dresden.de](http://www.talent-school-dresden.de)

## LANGE NACHT DER WISSENSCHAFTEN 2010

Forsch. Forscher. Am Forschen. hieß es am 18. Juni 2010 zur 8. Langen Nacht der Wissenschaften in Dresden und damit auch im Fraunhofer FEP. Die Fraunhofer-Institute auf dem Campus zeigten ihre Innovationskraft unter dem Motto »Fraunhofer – immer einen Schritt voraus!«

Das Fraunhofer-Institutszentrum öffnete seine Pforten, um für alle Besucher der 8. Langen Nacht der Wissenschaften der Stadt Dresden, Forschung hautnah erlebbar zu machen. Die Wissenschaftler des Fraunhofer FEP boten allerlei Sehenswertes. Das interaktive, spielerische Lernen stand immer im Vordergrund. Sie deckten auf, wie viel High-Tech in transparenten, beschichteten Folien steckt und wie diese unter anderem ein Haus vor Wärmeverlust schützen. Experimente, wie das Zerschmettern von zähem Gummi in 1000 Stücke mit Hilfe von flüssigem Stickstoff, zeigten auf spektakuläre Weise, wie Materialien in ihren Eigenschaften verändert werden können.

Ein weiteres Highlight war der Solar Grand Prix, eine Spezialautorennbahn, welche mit Hilfe von Solarzellen kleine Autos zum Rasen und die Kinder zum Staunen brachte. Die biomedizinischen Untersuchungsmethoden des Fraunhofer FEP wurden bei der »Langen Nacht« erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. An der Station »Gesundheit! Reinheit und Verträglichkeit am Fraunhofer FEP« tauchten die Besucher in mikroskopisch kleine Welten ein. Mithilfe der Fluoreszenzmikroskopie konnten Besucher pflanzliche Zellen sehen und beobachten, welche Auswirkungen bestimmte Substanzen auf diese Zellen ausüben. Durch ausgewählte Indikatorientests konnten die Besucher mit dem bloßen Auge erkennen, welche

Stoffe den Zellen schaden und welche unbedenklich sind. In einem Vortrag erläuterte Dr. Christiane Wetzel den Besuchern die Relevanz der Biomedizintechnik für eine immer älter werdende Gesellschaft. Dr. Wetzel zeigte auf anschauliche Weise, welche Möglichkeiten das Fraunhofer FEP besitzt, um die Verträglichkeit von medizinischen Implantaten zu erhöhen und damit die Lebensqualität von erkrankten Menschen entscheidend zu verbessern. Unserer Einladung in das Fraunhofer-Institutszentrum folgten in dieser lauen Sommernacht 1745 Besucher. Auch im nächsten Jahr wird es in Dresden wieder eine Lange Nacht der Wissenschaften geben, welche die Besucher ins Staunen versetzen wird. Wir sind gespannt.



## KONTAKT

Annett Arnold  
Telefon +49 351 2586-333  
[annett.arnold@fep.fraunhofer.de](mailto:annett.arnold@fep.fraunhofer.de)



## INTERNATIONALE KONFERENZEN, SYMPOSIEN UND MESSEN

24.02. - 26.02.	20 <sup>th</sup> Working Group Meeting of the OE-A (Organic Electronics Association), Eindhoven, Niederlande
02.03.	Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma »Atmosphärendruckplasma trifft Medizin – Chancen und Perspektiven«, Erfurt, Deutschland
09.03.	Technologie Forum Kupfer »Fügen von Kunststoffen – Anwendung und Optimierung«, Duisburg, Deutschland
10.03.	Forum Projektabschlusstreffen des FLUX-Verbund-Projekts, Hannover, Deutschland
18.03.	4. Workshop Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma »Abscheidung funktioneller Beschichtungen«, Jena, Deutschland
23.03. - 26.03.	MedTech Europe, Stuttgart, Deutschland
24.03. - 26.03.	INPLAS-Treffen, Kahl, Deutschland
30.03. - 02.04.	VacuumTechExpo, Moskau, Russische Föderation
13.04. - 14.04.	Photovoltaics Europe/Printed Electronics Europe, Dresden, Deutschland
14.04.	8. Internationale Konferenz Strahltechnik, Halle, Deutschland
17.04. - 22.04.	53 <sup>rd</sup> Annual Technical Conference Society of Vacuum Coaters (SVC), Orlando, Florida, USA
26.04. - 30.04.	37 <sup>th</sup> International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCT), San Diego, USA
04.05. - 05.05.	Workshop »Innovationen in der Dünnschichttechnik«, Cottbus, Deutschland
05.05.	Frühjahrssitzung PLASMA Germany, Dresden, Deutschland
23.05. - 26.05.	RADTECH UV&EB2010 Technology Expo and Conference, Baltimore, Maryland, USA
31.05. - 04.06.	12 <sup>th</sup> Seminar of Recent Trends in Charged Particle Optics and Surface Physics Instrumentation, Skalsky Dvůr, Tschechien
01.06. - 02.06.	Transparente leitfähige Oxide - Festkörperphysikalische Grundlagen und Technologie, Dresden, Deutschland
06.06. - 18.06.	12 <sup>th</sup> International Ceramics Congress & 5 <sup>th</sup> Forum on New Materials (CIMTEC), Montecatini Terme, Italien
09.06.	11. Wörlitzer Workshop »Anforderungen an Schichten auf flexiblen Substraten«, Wörlitz, Deutschland
09.06. - 11.06.	InterSolar 2010, München, Deutschland
13.06. - 17.06.	8 <sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG), Braunschweig, Deutschland
23.06. - 24.06.	EFDS Workshop »Mess- und Analysetechnologien zur Qualitätssicherung in der Großflächenbeschichtung«, Dresden, Deutschland
24.06.	Workshop »Mess- u. Analysetechnologien zur Qualitätssicherung in der Großflächenbeschichtung«, Dresden, Deutschland
15.07. - 17.07.	3 <sup>rd</sup> FEBIP, Albany, NY, USA
19.07. - 23.07.	International Cryogenic Engineering Conference 23 - International Cryogenic Materials Conference 2010 (ICE23/ICMC), Breslau, Polen



28.07. - 30.07.	4 <sup>th</sup> International Meeting on Developments in Materials, Processes and Applications of Emerging Technologies (4 <sup>th</sup> MPA Meeting), Braga, Portugal
06.09. - 07.09.	OTTI Fachforum »Vorbehandeln und Beschichten von Kunststoffoberflächen«, Regensburg, Deutschland
07.09. - 09.09.	6. Thüringer Grenz- und Oberflächentage (ThGot); 2. Thüringer Kolloquium »Dünne Schichten in der Optik«, Gera, Deutschland
06.09. - 10.09.	25 <sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (PVSEC), Valencia, Spanien
14.09. - 16.09.	12 <sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
23.09. - 24.09.	Kommunikationskongress 2010, Berlin, Deutschland
27.09.	Nano4inno, Prag, Tschechien
28.09.	Workshop Transparente und flexible Elektronik, Leipzig, Deutschland
29.09. - 01.10.	Internationale Metallographie - Tagung, Leoben, Österreich
04.10. - 05.10.	Seminar Industriekauf, Berlin, Deutschland
12.10. - 14.10.	parts2clean, Stuttgart, Deutschland
17.10. - 21.10.	3 <sup>rd</sup> International Symposium on Transparent Conductive Materials (TCM 2010), Analipsi / Hersonissos, Griechenland
19.10. - 21.10.	6 <sup>th</sup> Global Plastic Electronics Conference and Exhibition, Dresden, Deutschland
21.10. - 22.10.	18. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (NVDaK), Dresden, Deutschland
24.10. - 26.10.	ebeam – International Conference on High-Power Electron Beam Technology, Reno, Nevada, USA
27.10. - 28.10.	International Symposium on Laser-Micromachining at 3D-Micromac, Chemnitz, Deutschland
27.10. - 03.11.	K-Messe, Düsseldorf, Deutschland
04.11. - 05.11.	AWA Barrier Web Materials Technical Symposium, Amsterdam, Niederlande
08.11. - 09.11.	VDE-Kongress E-Mobility, Leipzig, Deutschland
14.11. - 16.11.	2 <sup>nd</sup> ITG International Vacuum Electronics Workshop 2010, Bad Honnef, Deutschland
16.11.	Max-Bergmann Symposium, Dresden, Deutschland
16.11.	SENTECH Seminar »Plasma Prozesstechnologie«, Berlin, Deutschland
18.11. - 19.11.	Jahrestagung der Deutschen Kautschuk Gesellschaft, Merseburg, Deutschland
17.11. - 20.11.	MEDICA Weltforum der Medizin, Düsseldorf, Deutschland
17.11. - 20.11.	denkmal 2010 Europäische Messe für Denkmalpflege, Restaurierung und Altbausanierung, Leipzig, Deutschland
18.11. - 20.11.	Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, Heilbad Heiligenstadt, Deutschland
24.11.	1 <sup>st</sup> International Symposium on POLYmer modification With High Energy Electrons (POLYWHEEL), Dresden, Deutschland
01.12. - 02.12.	7. Workshop Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma »Textile Oberflächen und Atmosphärendruckplasma«, Würzburg, Deutschland
06.12. - 09.12.	3. Dresdner Medizintechnik-Symposium, Dresden, Deutschland
09.12. - 10.12.	Dresdner Werkstoffsymposium »Werkstoffe und Energietechnik«, Dresden, Deutschland
09.12. - 10.12.	2. Tagung Thermoelectronics goes Automotive, Berlin, Deutschland
15.12.	KooperationsForum »Moderne Beschichtungs- und Oberflächentechnologien«, Köln, Deutschland

**ANNUAL REPORT**  
**2010**



## FOREWORD

Dear Readers,

We have come through a difficult period! However, the year 2010 turned out better than many forecasters predicted. Our income from industry can be taken as a measure of our closeness to industry. We directly experience the problems of industry during troubled times, but on the other hand we immediately benefit when there is an upturn in the economy. For example, in 2009 our industrial income fell to the mark of 32 percent, yet increased again in 2010 up to more than 40 percent. As you can see we experienced the ups and downs of industry with virtually no time lag whatsoever. Our income from industry in 2010 was 5 million euros, the same as in the years prior to the crisis year of 2009.

The introduction of new technologies with our German industrial partners is continuing apace all over the world, such as in Mexico or Japan. Not only has our income from industry increased, we have also managed to achieve a good balance between income from industry and public project funding. This public funding was important to close 2009 without losses. We must also strive to attain this balance in the future so as to minimize any negative effects on our institute due to the dynamics of the economy.

The lion's share of our industrial income in 2010 was achieved by two business units, namely »Coating of Flexible Products« and »Precision Coating«. The relatively new area of thin film photovoltaic technology also made a notable contribution.

The publicly funded projects are dominated by photovoltaic technology. The main focus here is favorable-cost, large-area deposition of thin films for solar cells. Our equipment/facilities and the technological know-how of our employees provide optimum conditions for undertaking these activities.

A detailed description of the work of the Fraunhofer FEP in the area of photovoltaic technology is given in this annual report.

Other key work areas of the Fraunhofer FEP are electron beam technology for the in-line sterilization of medical technology products, activities relating to the preservation of cultural and historical heritage, and the precision coating of 3-D substrates. We expect increased demand in all these areas in the years ahead.

The members of the Fraunhofer FEP advisory board held a two day meeting to discuss the strategy regarding precision coating, thin film photovoltaic technology, and medical technology. Important decisions were made. The relevant articles in this annual report include the recommendations of the advisory board members and the follow-up activities.

Despite all the contract work and extensive project work we were also able to make additions to our equipment/facilities in 2010. An article in the report describes a new plant for developing electron beam technologies.

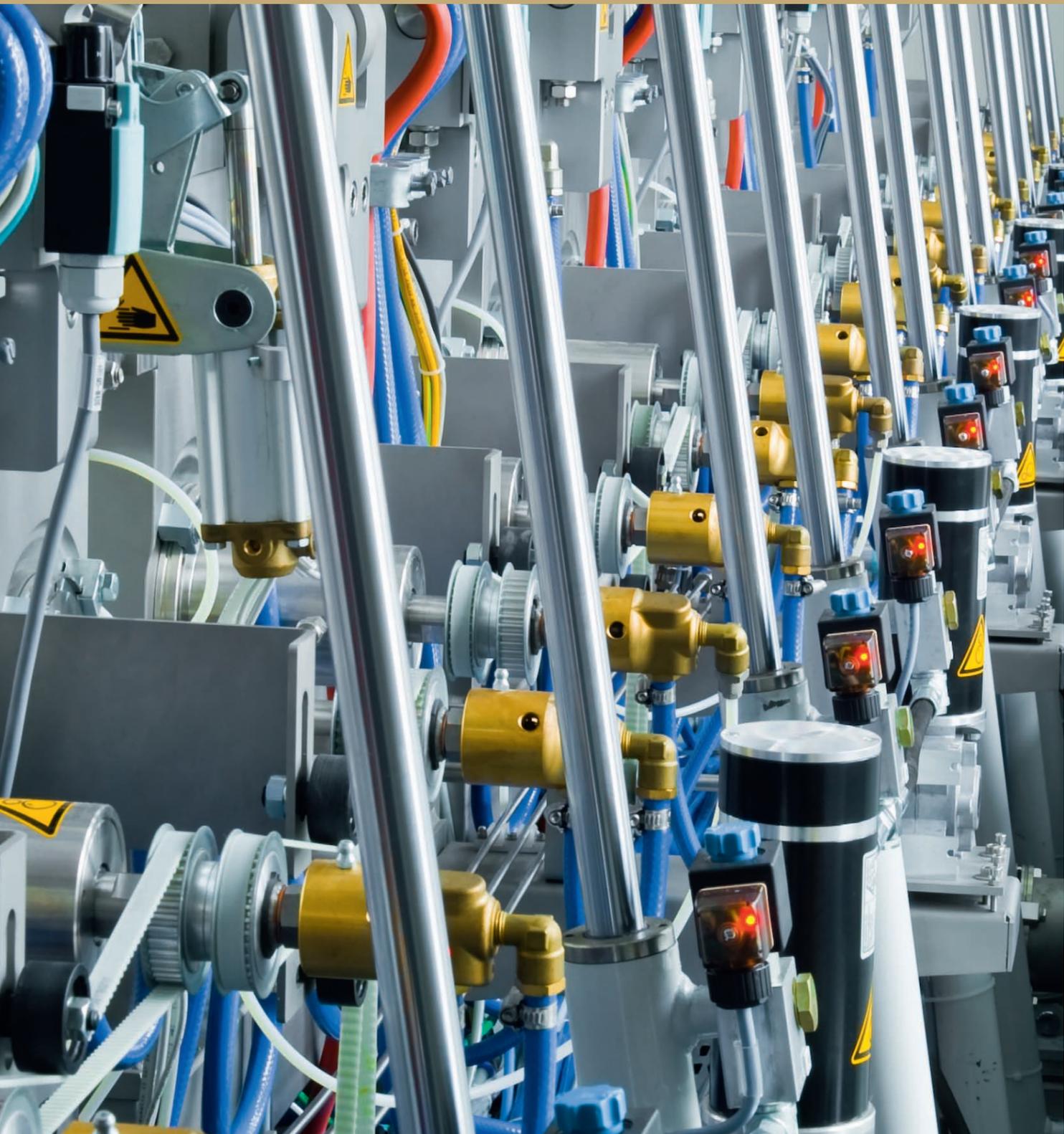
In the public relations area, our Fraunhofer Lounge events once again turned out to be a huge success. The aim of the Fraunhofer Lounge is to promote dialog between natural science and the arts by bringing together guests from politics, science, and industry in Saxony for a fascinating debate in an informal atmosphere. We initiated the Fraunhofer Lounge two years ago, and already it is firmly noted in the diaries of many our customers and partners. We plan to continue the Fraunhofer Lounge in 2011.

Finally we would like to thank all our customers and partners for the trust they have put in us. They are a major factor in our success. Our success is also due to the enormous input of our motivated and highly qualified employees. We would like to take the opportunity here to expressly thank all Fraunhofer FEP employees for their sterling work.

- 1 *Acting Director*  
*Prof. Dr. Volker Kirchhoff*
- 2 *Deputy Director*  
*Dr. Nicolas Schiller*

Prof. Dr. Volker Kirchhoff

Dr. Nicolas Schiller



## CONTENTS

### 55 - 105

Foreword	55	Highlights	96
Contents	58	»pro flex 2010« – international symposium on vacuum roll-to-roll processing of flexible materials	97
Our advisory board	59	2 <sup>nd</sup> Introductory seminar on cleaning technology – cleaning in production	99
The institute	62	The Fraunhofer Lounge relaxation, entertainment, debate	101
Profile of the Fraunhofer FEP	63	The Fraunhofer Talent School research reaches out	103
Organizational structure	65	Long Night of the Sciences 2010	104
The institute in figures	67	International conferences, symposia and fairs	105
The Fraunhofer-Gesellschaft	70	Annex	108
Fraunhofer Group Light & Surfaces	71	Names, dates and events	109
Research news	74	International representatives	117
Development of the area of work »photovoltaic« at the Fraunhofer FEP	75	How to reach us	120
Stationary precision coating using multiple ring magnetron sputter sources	79	Editorial notes	121
Corrosion sensors for protecting cultural and historical objects	83		
Direct encapsulation of flexible organic light-emitting diodes	85		
SmartBarrier – innovative processes for flexible products	87		
PVD coating of 3-D substrates having high precision requirements	89		
In-line sterilization of packaged medical products using electron beams	91		
ERICA – a new cluster plant for complex coating technologies	93		



## OUR ADVISORY BOARD

The 21<sup>st</sup> meeting of the Fraunhofer FEP committee took place over 2 days starting on 12 May 2010.

The committee members, who are representatives from industry, politics, and science, met in Dresden to discuss current and future research topics with employees of the Fraunhofer FEP and develop a strategy for the future. They also appraised the economic and scientific position of the institute.

In his presentation the Chairman of the Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Buller, covered the latest Fraunhofer news, the economic situation, and special activities of the Fraunhofer-Gesellschaft. With regards to continuation of the Pact for Research and Innovation, Prof. Buller mentioned initiatives for continued collaboration with the Max-Planck-Gesellschaft and university groups. In addition, he proposed how Fraunhofer activities in Europe can be strengthened.

The 21<sup>st</sup> meeting of the Fraunhofer FEP committee also discussed structural changes following the departure of the previous institute director, Prof. Schultheiß. Prof. Kirchhoff informed the committee members about the new structure of the institute and gave an insight into other developments. In two technical presentations the committee members were told about ongoing projects in the biomedical laboratory unit and about a successful example of technology development from the idea stage right through to transfer to the production plant at the customer.

In order to go into a number of work areas in greater depth (precision coating, photovoltaic technology, biomedical laboratory unit), a further meeting took place in Dresden on 28 and 29 June 2010.

We would like to extend our thanks to all committee members for the key part they play in the successful development of the Fraunhofer FEP.

Dr. Ulrich Engel	Chairman of Advisory Board
Prof. Dr. Lukas Eng	Technische Universität Dresden, Institute for Applied Photonics, Director
Prof. Dr. Richard Funk	Technische Universität Dresden, Head of Institute of Anatomy, Faculty of Medicine, Dean
Prof. Dr. Gerald Gerlach	Technische Universität Dresden, Institute for Solid-State Electronics, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Director
Prof. Dr. Gert Heinrich	Leibniz-Institute of Polymer Research Dresden e. V. Head of Institute of Polymer Materials

Dr. Heinz Hilgers	Member of Advisory Board VDI competence area »Nanotechnik«
Prof. Dr. Dieter O. Junkers	Technische Universität Clausthal
RD Andreas Kletschke	Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Head of Division
Dr. Harald Küster	ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG Head of Research and Development
Dr. Klaus Michael	Applied Materials GmbH & Co. KG, Director of OLED Lighting
MinRat Peter Nothnagel	Saxon State Ministry of Economic Affairs and Employment (SMWA), Head of Division Technology Funding
Prof. Dr. Hans Oechsner	Technische Universität Kaiserslautern, Institute for Surface and Film Analysis, Director
Dr. Jan-Peter Osing	AMG Coating Technologies GmbH, Member of Advisory Board and Consultant of FCT Fine Ceramics Technologies GmbH & Co. KG
Dr. Dietmar Roth	Roth & Rau AG, Chairman of the Advisory Board
Robin Schild	VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Managing Director
Dr. Michael Steinhorst	Dortmunder OberflächenCentrum GmbH, Managing Director
Dr. Hermann Stumpp	LOI Thermprocess GmbH, Managing Director
MinRat Dr. Reinhard Zimmermann	Saxon State Ministry of Science and the Arts (SMWK), Head of Division Research
<b>Guest members</b>	
Prof. Dr. Ulrich Buller	Executive Board of the Fraunhofer-Gesellschaft
Dr. Patrick Hoyer	Fraunhofer-Gesellschaft, Institute Liaison
Dr. Hans-Ulrich Wiese	Former Board Member of the Fraunhofer-Gesellschaft



## THE INSTITUTE

Profile of the Fraunhofer FEP	63
Organizational structure	65
The institute in figures	67
The Fraunhofer-Gesellschaft	70
Fraunhofer Group Light & Surfaces	71



## PROFILE OF THE FRAUNHOFER FEP

The Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP in Dresden is one of the 60 institutes of the Fraunhofer-Gesellschaft. Following German reunification, it was established from work groups of the former Manfred von Ardenne R&D institute in Dresden. The Fraunhofer FEP develops, tests and optimizes electron beam and plasma based technologies for industrial applications. In collaboration with specialist partners we are able to provide process and plant technologies to meet the needs of our customers.

Thin film technology is one of our main fields of work. This concerns the coating of sheets, strips, and components made of diverse materials with a variety of layers or layer systems. Many items we use in everyday life have adapted surface properties. For example, polymer packaging films are made impermeable by special barrier layers. Metal sheets, which are for example used for facade cladding, have corrosion-resistant and decorative layers on their surfaces. Sun protection foils and heat-insulating architectural glass are produced by applying light-filtering layer systems to conventional materials. Furthermore, our applied research work is responsible for special layers used for displays, forgery-proof labels, and for the mirrors in the newly restored Green Vault in Dresden. We serve a worldwide market. Plants produce huge amounts of coated foil, metal, glass, and plastic. We develop special technologies and pilot plants for making new applications possible and for optimizing existing processes.

Electron beam technology is the other main working area of the institute. Electron beams are used for the welding

and evaporation of metals and for modifying surface and boundary layers. Other applications are the curing of paints and lacquers, improving the properties of plastics, sterilizing medical devices, and germ reduction in seed and grain. Electron beams are therefore used as a precision tool for a broad range of applications. Innovative products such as thin film solar cells, sensors, microelectronic components, and data media are being produced using technologies developed by the Fraunhofer FEP.

In order to carry out R&D work in both fields we have increased our collaboration with Saxon universities and technical colleges over recent years.

As an industry-oriented R&D organization we provide customized solutions for our clients. These solutions can sometimes be highly sophisticated, comprising for example an optimized layer system, suitable cleaning and pre-treatment methods for the substrate, and post-treatment steps.

Further services we provide are the development and optimization of coating sources and coating processes, scale-up to production quantities, and integration into suitable plant technology and into existing production processes. In doing so, the cost effectiveness has the highest priority.

Due to the cross-sector and key nature of thin film and surface technology, our work is of interest to a wide range of customers. The most important sectors are mechanical engineering, solar energy, environment and

energy, biomedical engineering, optics, sensor technology and electronics, packaging, architecture and preservation, and agriculture.

The Fraunhofer FEP is operating in the following business units:

- ▶ Coating of flat substrates
- ▶ Coating of flexible products
- ▶ Coating of sheets and metal strips
- ▶ Electron beam applications
- ▶ Coating of components
- ▶ Precision coating

All the work of the business units involves the four core competencies of the institute:

- ▶ Electron beam technology
- ▶ Sputtering technology
- ▶ Plasma activated high-rate deposition
- ▶ High-rate PECVD

As an essential part of our R&D work we are offering new technologies to customers as »technology packages«, comprising the development and production of innovative key components for coating technology along with the relevant process technology.

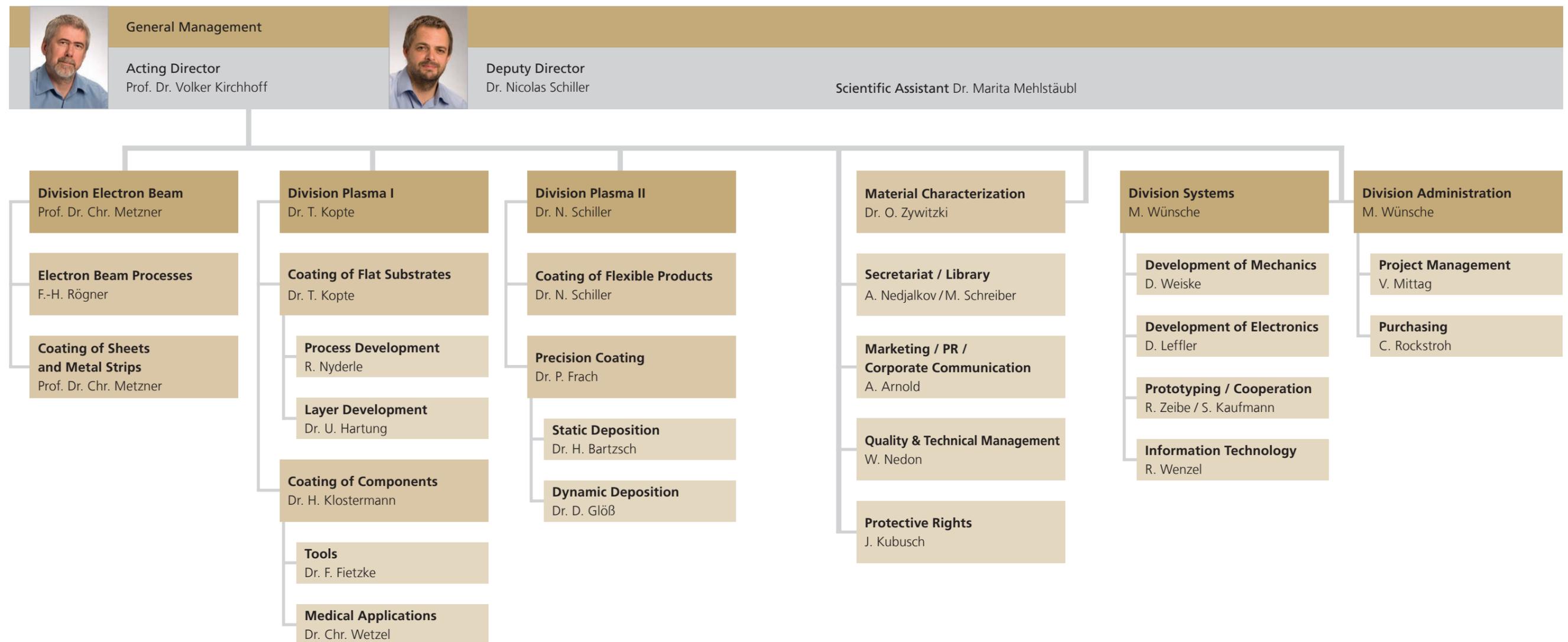
At the end of the report year the institute comprised 127 permanent employees, including 9 trainees and additional 54 undergraduates / practical trainees, and 71 auxiliary scientific/student staff.

We currently have 8,000 m<sup>2</sup> of laboratory space. The equipment includes numerous industry-oriented plants for coating, welding, curing and surface treatment of a variety of substrates.

In addition, the institute has many laboratory units and a variety of analytical equipment for the characterization of surfaces.

The expertise of our employees, the excellent facilities, and the involvement in international networks mean that the Fraunhofer FEP is an ideal position to develop innovative thin film and electron beam technologies right through to industrial implementation.

# ORGANIZATIONAL STRUCTURE



## THE INSTITUTE IN FIGURES

### Funding

The institute can reflect on a successful year. Income from industry increased by 1.5 million euros in 2010 compared to the previous year. This was largely due to contract research that we successfully acquired from industry. There was also an increase of ca. 1 million euros in our income from publicly funded research, namely projects funded by the federal government and Länder that we undertake in collaboration with medium-sized enterprises. The majority of this income (3.8 million euros) originated from the Saxon State Ministry for Science and the Arts (SMWK) and the Saxon State Ministry of Economic Affairs and Employment (SMWA).

This funding situation means that we now have a more balanced split between contract research funded by industry and contract research that is publicly funded. Self-funding amounted to 80 percent of our expenditure.

The funding in the report year can be split as follows:

- ▶ Income from industry € 5.2 million  
(contract research funded by industry)
- ▶ Public funding € 0.8 million  
(contract research funded by the federal government)
- ▶ Public funding € 3.8 million  
(contract research funded by the Länder)
- ▶ EU and other funding € 0.5 million

Total expenditure in the report period amounted to 13.5 million euros. Staff costs amounted to 6.9 million euros,

some 51.1 percent of the total expenditure. In the report year 0.6 million euros were spent on scientific equipment and infrastructure in order to carry out our research projects (0.2 million euros of which was strategic investment).

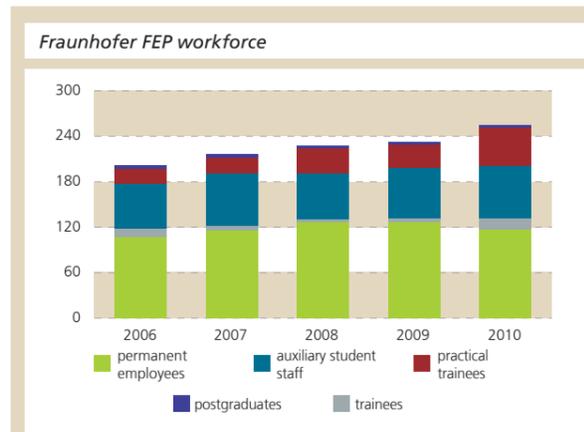
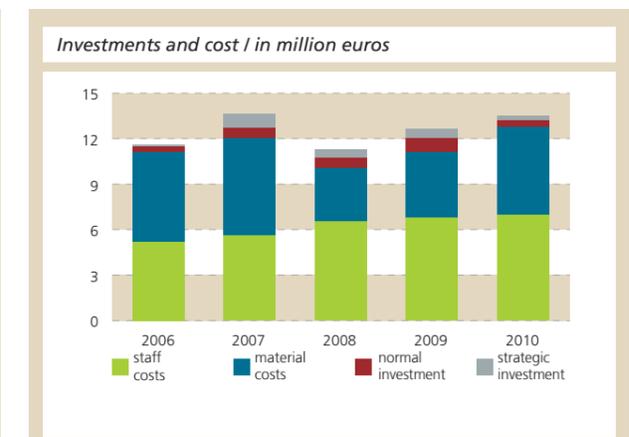
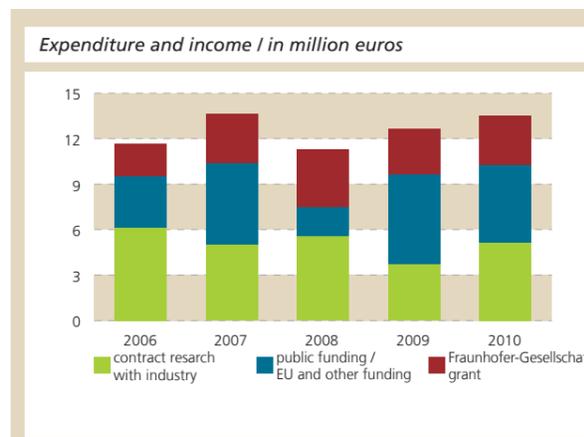
### Workforce

In 2010 the Fraunhofer FEP workforce comprised 127 permanent employees, including 9 trainees and additional 54 undergraduates / practical trainees, and 71 auxiliary scientific/student staff. The number of female scientists rose to 12, with the total number of scientists being 67.

Special attention was once again put on supporting the training of young scientists and technical trainees. Highly motivated students taking diplomas, bachelor degrees, and doctorates participated in the R&D project work of the institute. We congratulate, amongst others, John Fahlteich who successfully completed his doctorate in 2010.

Two trainees successfully finished their training in the physics laboratory in the report year and became employees of the institute. Simultaneously three new trainees started their training in the physics laboratory.

We are most grateful to all employees and organizations who have so splendidly assisted our young scientists and trainees during their study and training periods.



## CONTACT

Matthias Wünsche  
 Phone +49 351 2586-400  
 matthias.wuensche@fep.fraunhofer.de



## THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Research of practical utility lies at the heart of all activities pursued by the Fraunhofer-Gesellschaft. Founded in 1949, the research organization undertakes applied research that drives economic development and serves the wider benefit of society. Its services are solicited by customers and contractual partners in industry, the service sector and public administration.

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains more than 80 research units in Germany, including 60 Fraunhofer Institutes. The majority of the more than 18,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of € 1.65 billion. Of this sum, more than € 1.40 billion is generated through contract research. More than 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Almost 30 percent is contributed by the German federal and Länder governments in the form of base funding, enabling the institutes to work ahead on solutions to problems that will not become acutely relevant to industry and society until five or ten years from now.

Affiliated international research centers and representative offices provide contact with the regions of greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

With its clearly defined mission of application-oriented research and its focus on key technologies of relevance to the future, the Fraunhofer-Gesellschaft plays a prominent

role in the German and European innovation process. Applied research has a knock-on effect that extends beyond the direct benefits perceived by the customer: Through their research and development work, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their local region, and throughout Germany and Europe. They do so by promoting innovation, strengthening the technological base, improving the acceptance of new technologies, and helping to train the urgently needed future generation of scientists and engineers.

As an employer, the Fraunhofer-Gesellschaft offers its staff the opportunity to develop the professional and personal skills that will allow them to take up positions of responsibility within their institute, at universities, in industry and in society. Students who choose to work on projects at the Fraunhofer Institutes have excellent prospects of starting and developing a career in industry by virtue of the practical training and experience they have acquired.

The Fraunhofer-Gesellschaft is a recognized non-profit organization that takes its name from Joseph von Fraunhofer (1787–1826), the illustrious Munich researcher, inventor and entrepreneur.



## FRAUNHOFER GROUP FOR LIGHT & SURFACES

### Competence by networking

Six Fraunhofer institutes cooperate in the Fraunhofer Group for Light & Surfaces. Co-ordinated competences allow quick and flexible alignment of research work on the requirements of different fields of application to answer actual and future challenges, especially in the fields of energy, environment, production, information and security. This market-oriented approach ensures an even wider range of services and creates synergetic effects for the benefit of our customers.

### Core competences of the group

- ▶ Surface and coating technologies
- ▶ Beam sources
- ▶ Micro- and nanotechnology
- ▶ Materials treating
- ▶ Opto-mechanical precision systems
- ▶ Optical measuring systems

### Contact

Group Chairman  
 Prof. Dr. Andreas Tünnermann  
 Fraunhofer IOF  
 Albert-Einstein-Straße 7  
 07745 Jena, Germany  
 Phone +49 3641 807-201  
[www.light-and-surfaces.fraunhofer.de](http://www.light-and-surfaces.fraunhofer.de)

### Group Assistant

Susan Oxfart  
 Phone: +49 3641 807-207  
[susan.oxfart@iof.fraunhofer.de](mailto:susan.oxfart@iof.fraunhofer.de)

### Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering IOF, Jena

The Fraunhofer IOF develops solutions with light to cope foremost challenges for the future in the areas energy and environment, information and security, as well as health care and medical technology.

The competences comprise the entire process chain starting with optics and mechanics design via the development of manufacturing processes for optical and mechanical components and processes of system integration up to the manufacturing of prototypes. Focus of research is put on multifunctional optical coatings, micro- and nano- optics, solid state light sources, optical measurement systems, and opto-mechanical precision systems.

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

### Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP, Dresden

Electron beam technology, sputtering technology, plasma activated high-rate deposition and high-rate PECVD are the core competencies of Fraunhofer FEP. Our business units include vacuum coating, surface modification and treatment with electrons and plasmas. Besides developing layer systems, products and technologies, another main area of work is the scale-up of technologies for coating and treatment of larger areas at high productivity. Our technologies and processes are applied in the fields of mechanical engineering, solar energy, biomedical engineering, environment and energy, for architecture and preservation purposes, in the packaging industry, for optics, sensor technology and electronics as well as in agriculture.

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

### Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT, Aachen

The Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT is worldwide one of the most important development and contract research institutes of its specific field. Our technology areas cover the following topics: laser and optics, medical technology and biophotonics, laser measurement technology and laser materials processing. This includes laser cutting, caving, drilling, welding and soldering as well as surface treatment, micro processing and rapid manufacturing. Furthermore, the Fraunhofer ILT is engaged in laser plant technology, process control, modeling as well as in the entire system technology.

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

### Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films IST, Braunschweig

As an industry oriented R&D service center, the Fraunhofer IST is pooling competencies in the areas film deposition, coating application, film characterization, and surface analysis. Scientists, engineers, and technicians are busily working to provide various types of surfaces with new or improved functions and, as a result, help create innovative marketable products. The institute's business segments are: mechanical and automotive engineering, aerospace, tools, energy, glass and facade, optics, information and communication, life science and ecology.

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

### Fraunhofer Institute for Physical Measurement

#### Techniques IPM, Freiburg

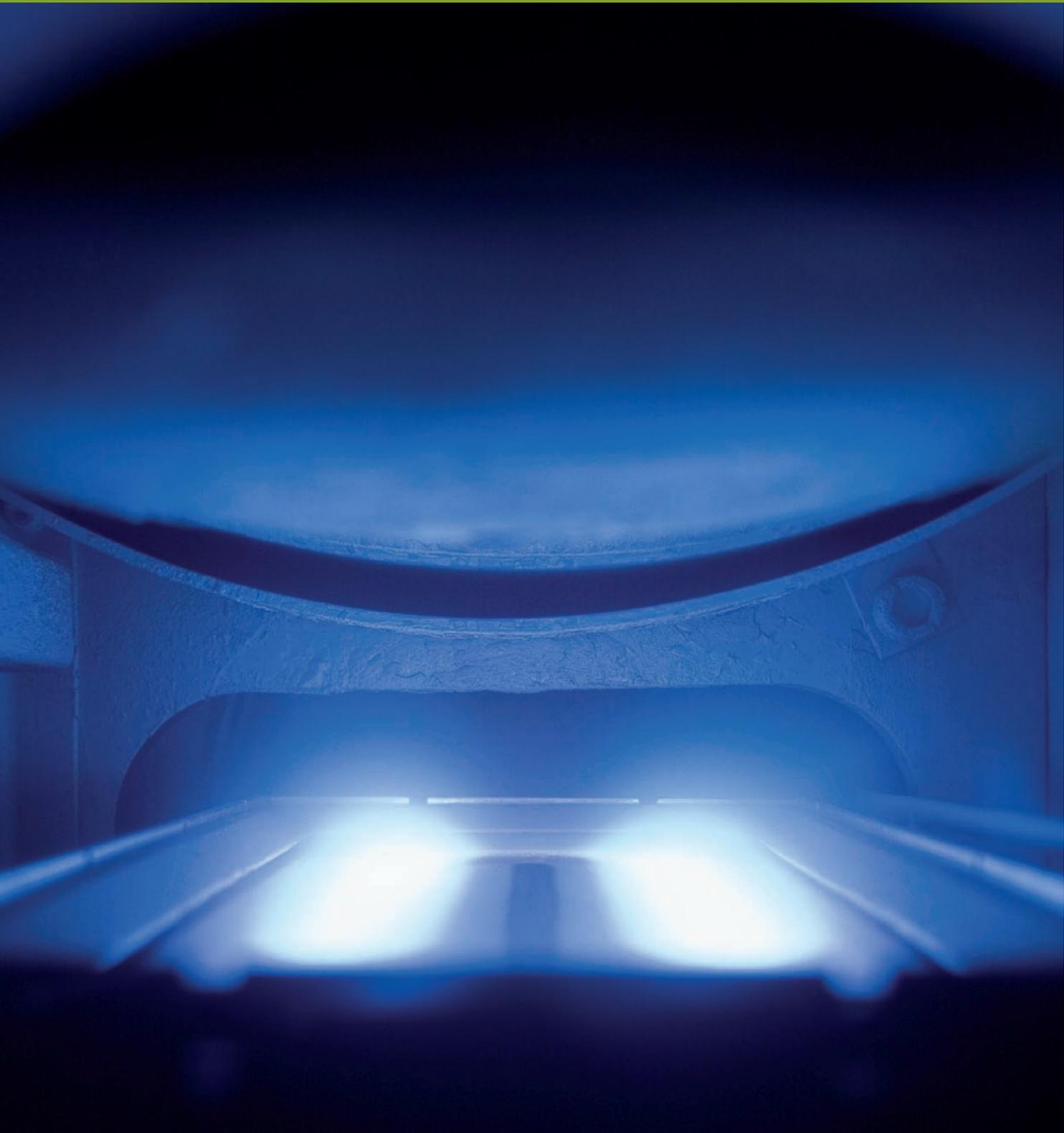
Fraunhofer IPM develops and builds optical sensor and imaging systems. These mostly laser-based systems combine optical, mechanical, electronic and software components to create perfect solutions of robust design that are individually tailored to suit the conditions at the site of deployment. In the field of thermoelectrics, the institute has extensive know-how in materials research, simulation, and systems. Fraunhofer IPM also specializes in thin-film technologies for application in the production of materials, manufacturing processes and systems.

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

### Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS, Dresden

The business areas joining, cutting and surface technology are the main foci of the Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS. The research and development activities base on a distinctive know-how in the field of material engineering and nanotechnology and include the possibility of material characterization. The IWS's special feature is its expertise in combining its know-how with its extensive experience in developing system technologies within the field of film- and laser technology.

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



## RESEARCH NEWS

Development of the area of work »photovoltaic« at the Fraunhofer FEP	75
Stationary precision coating using multiple ring magnetron sputter sources	79
Corrosion sensors for protecting cultural and historical objects	83
Direct encapsulation of flexible organic light-emitting diodes	85
SmartBarrier – innovative processes for flexible products	87
PVD coating of 3-D substrates having high precision requirements	89
In-line sterilization of packaged medical products using electron beams	91
ERICA – a new cluster plant for complex coating technologies	93



## DEVELOPMENT OF THE AREA OF WORK »PHOTOVOLTAIC« AT THE FRAUNHOFER FEP

The Fraunhofer FEP began developing its area of work »thin film photovoltaic technology« at the start of 2007. Over recent times, however, the solar cell marketplace has been beset by a topsy-turvy dynamic, and we in the scientific-technical development area have also had to cope with this. It has meant that we have constantly had to adapt our strategic goals to the changing conditions.

### Looking back

Looking back to the situation at the start of 2007, the technology portfolio of the Fraunhofer FEP at that time already covered all but one of the technologies required for the manufacture of thin film solar cells. The missing technology was the deposition of photovoltaic (PV) absorber layers (see Fig. 2).

The Saxon PV industry, which is dominated by plant manufacturers, called on us at that time to extend and expand our research capacity. We also realized that our know-how in developing and optimizing processes for depositing thin films would be a valuable addition to the existing research capability in Germany and internationally in the area of thin film photovoltaic technology.

Against this background, the management of the Fraunhofer FEP set a strategic goal to further develop the institute as a center for vacuum based processes for photovoltaic technology.

As a first step, the Fraunhofer FEP, with the support of the Saxon State Ministry of Economic Affairs and Employment (SMWA), initiated »Solarfabrik 2020«. This initiative involves companies and research organizations in Saxony that are engaged in photovoltaic technology. Further information about this can be found on the Internet at: [www.solarfabrik2020.de](http://www.solarfabrik2020.de).

In 2010 we had two successful representations at trade fairs: We presented »Solarfabrik 2020« at the InterSolar 2010 fair in Munich and at the 25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (25<sup>th</sup> EU PVSEC) in Valencia, in each case on the communal stands of the Saxony Economic Development Corporation.

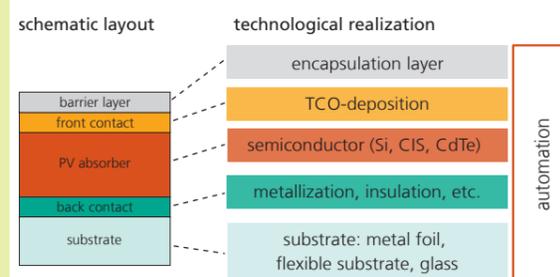
We are also very content with how the area of work »photovoltaic technology« has developed from an economic point of view (see Fig. 3). Even though the majority of the work involves joint publicly funded projects, we are nevertheless very proud to have acquired industry-funded projects as early as 2008.

### Photovoltaic market undergoing radical change – A challenge for developers

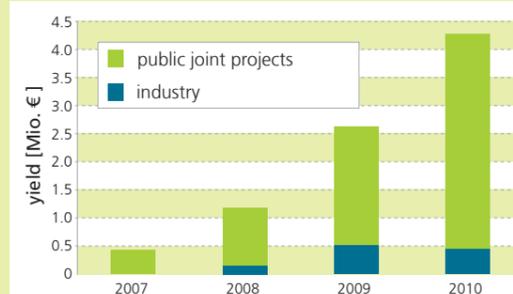
The turbulent year of 2009 saw radical change in the photovoltaic market. Some of the key aspects are summarized in Figure 4. Despite these dramatic changes, one fact remained undisputed: In the medium and long term there is no alternative but to use renewable energies as our main energy sources. And here the sun is the biggest energy source available to us.

In order to ensure our long-term future as a developer, we set about analyzing the changes in the PV market at the start

### 2 Our know-how in thin film photovoltaic technology



### 3 Income from the area of work »photovoltaic technology«



### 4 Radical changes in the PV market

2008	2010
Suppliers control the market - demand cannot be met - PV stock market bubble	Customers control the market - production overcapacity - fall in prices - insolvencies
Oversubsidized market	Subsidies reduced
Efficiency is a secondary factor, there is sufficient space	No further investment in technologies with <10% efficiency
Fossil fuels reach a price which allows PV cells to be competitive	Crude oil price fell by ca. 50%

1 Thin film solar module



[www.solarfabrik2020.de](http://www.solarfabrik2020.de)

## CONTACT

Dr. Torsten Kopte

Phone +49 351 2586-120

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



5

of this year and drew up strategic steps for our institute. Our conclusions are as follows:

- Cost reduction is more important than ever.
- The minimum requirement for thin film solar cells is an efficiency of 10 percent.  $Cl(G)S^1$  or  $CdTe^2$  based thin film technologies can achieve this under production conditions and will hence be important for the short and medium term.
- Current silicon based thin film technologies do not reach the required efficiency under production conditions. The availability of silicon is, however, a key advantage. In the long term we believe silicon technology will be widely used for thin film photovoltaic technology. This will require new technological strategies, and development work in this area must start immediately.

As a developer we see the new situation as a challenge and opportunity. In order to meet this challenge we have drawn up a long term plan.

#### Collaboration with the Chair of Semiconductor Physics at the Institute for Applied Physics at TU Dresden

As already mentioned, the Fraunhofer FEP possesses extensive expertise in thin film deposition using vacuum based processes. In order to undertake successful development work, and in particular to develop processes for depositing PV absorber layers, it is essential to complement this expertise with know-how in semiconductor physics. This is why the Fraunhofer FEP has started working closely with the Chair of Semiconductor Physics (Prof. Jörg Weber) at the Institute of Applied Physics at TU Dresden. Figure 7 outlines the complementary nature of this collaboration.

The year 2010 saw key steps being taken towards this. A series of joint workshops were held and a PV innovation group is in the throes of being formed. This currently

comprises two experienced scientists and a growing number of Ph.D. students and undergraduates.

#### Fraunhofer Research Center for Resource Friendly Energy Technologies (RESET)

This is a joint venture of the Fraunhofer IKTS, IWS, and FEP in the area of resource friendly energy technologies. One of the main work areas will concern photovoltaic technology. The main objective is to bring together the expertise and activities of the participating institutes and to undertake interdisciplinary collaboration with industry.

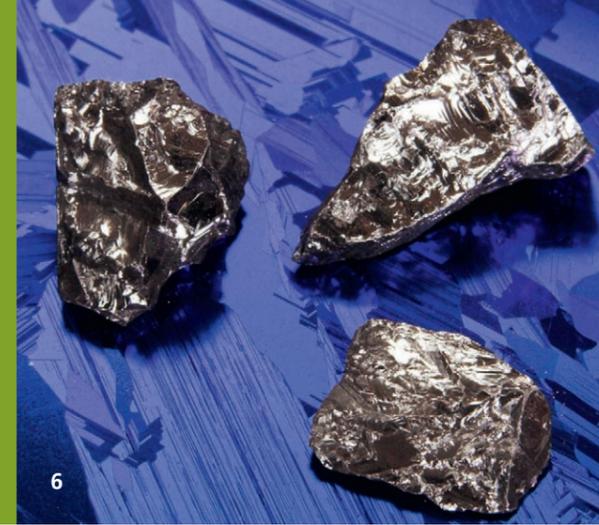
Funding of 6 million euros is currently available. This will initially enable 3 modules (see Fig. 5) to be constructed. In 2010 all the necessary administration for the construction work was rounded off, meaning that the work can start in 2011.

#### Looking ahead

At the start of 2009 Roth & Rau AG decided to get involved in thin film PV technology and plan to offer complete production lines for the manufacture of CdTe modules. In connection with this, the company entered into a strategic partnership with the Fraunhofer FEP. A key factor here was the availability of expertise/know-how/facilities at the Fraunhofer FEP for quick start up of relevant development work.

In 2010 a complete reference line for producing CdTe cells was built at the Fraunhofer FEP in collaboration with Roth & Rau AG. This is now available for joint R&D activities.

Our long-term strategic areas of work have been set after analyzing the changes in the PV market. We aim to use new technological approaches to make silicon technology a dominant player for thin film photovoltaic cells. Our strategy



6

involves two main themes: (1) Favorable cost processes, characterized by high productivity and attractively priced materials, and (2) High cell efficiency, achieved by using highly pure materials having low defect density. Initial work has started on the following topics:

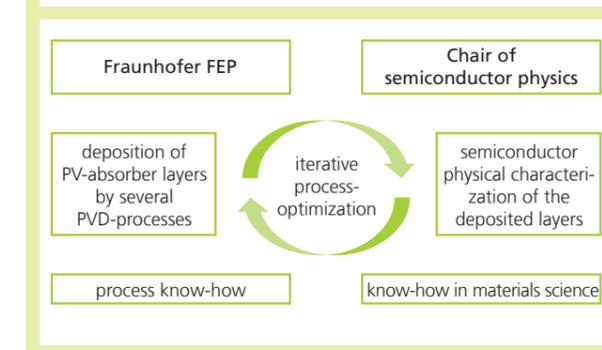
- Deposition of high-purity silicon layers using electron beam evaporation
- Crystallization and post-purification of the silicon layers using electron beams
- Local defect repair

The work of the Fraunhofer FEP in the area of photovoltaic technology involves a number of joint projects funded by the European Union, the Free State of Saxony, and the Federal Republic.

<sup>1</sup> $Cl(G)S = Cu(In,Ga)(S,Se)_2$  - copper, indium, gallium, sulfur, selenium

<sup>2</sup> $CdTe = cadmium telluride$

#### 7 Collaboration between the Fraunhofer FEP and the Chair of Semiconductor Physics



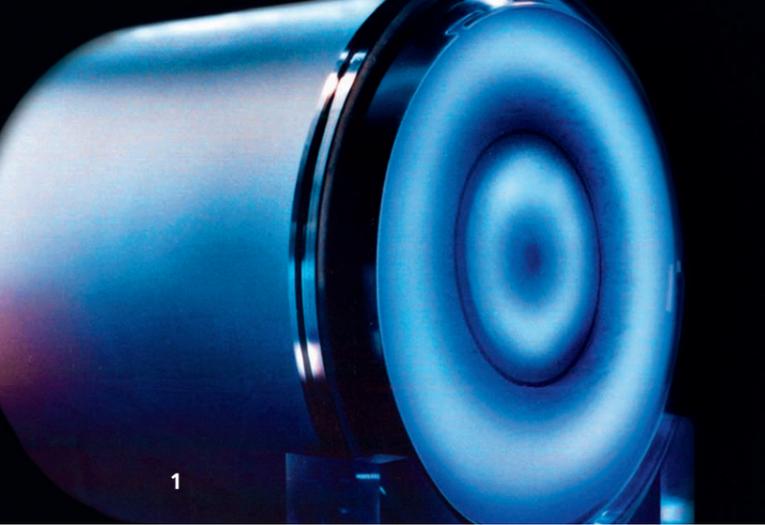
5 **Fraunhofer RESET:**  
Design of the first construction stage

6 **Raw silicon**



#### CONTACT

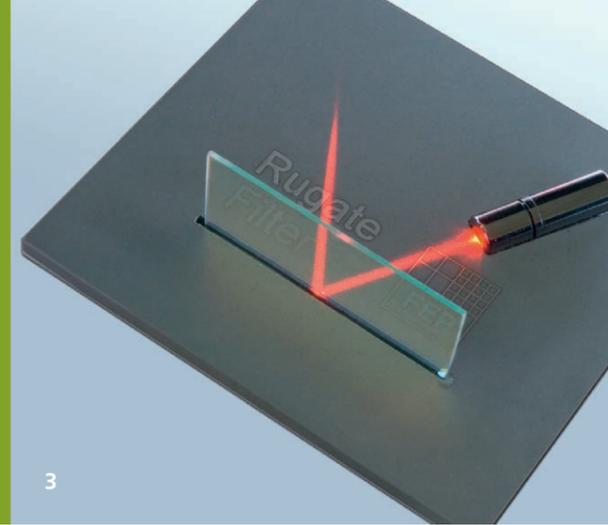
Dr. Torsten Kopte  
Phone +49 351 2586-120  
torsten.kopte@fep.fraunhofer.de



1



2



3



4

## STATIONARY PRECISION COATING USING MULTIPLE RING MAGNETRON SPUTTER SOURCES

Sputter sources having several concentric discharge rings allow homogenous coating of large substrates via stationary magnetron sputtering. Innovatively designed, process engineering solutions provide the basis for high layer precision and high layer quality for specific fields of application.

High precision coatings are required for many applications in optics, electronics, and microsystem engineering. By precision we not only mean excellent homogeneity, accuracy, and reproducibility of the layer thickness on the substrate, but also excellent homogeneity, accuracy, and reproducibility of the relevant layer properties. Depending on the specific application, relevant properties may be the refractive index, the electrical resistance, the modulus of elasticity, or the piezoelectric coefficient.

Stationary coating by magnetron sputtering is often the preferred method for the mentioned coating tasks. Features of this technology are the compact plants that can be easily adapted to specific substrate sizes and productivity requirements, and the possibility for a high degree of automation.

A coating system has been developed at the Fraunhofer FEP for stationary magnetron sputtering. This is based on the double ring magnetron DRM 400 (Fig. 1). The following features make this system especially suitable for the precision coating of dielectric layers, even at high coating rates:

- ▶ Two separately controllable concentric plasma discharges in a double ring arrangement allow layer thickness reproducibility of  $\pm 0.5\%$  to be achieved for a substrate diameter of 200 mm and over the target lifetime (Fig. 5).
- ▶ Due to the pulsed energy supply, suitable arrangement of

the plasma electrodes, and in particular suitable arrangement of the targets, high process stability is achieved for the reactive sputtering, including with materials which have a strong tendency to arc.

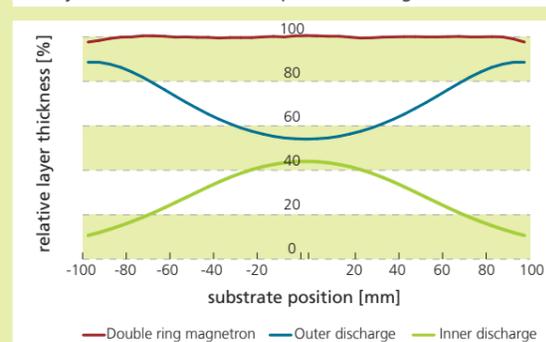
- ▶ Integrated process-oriented measurement and control technology for the reactive gas supply and for adjustment of the magnetic field during the course of the target lifetime guarantee high reproducibility of the plasma conditions and hence high reproducibility of the layer properties during continuous operation.
- ▶ Innovative control concepts open up new processing opportunities such as the deposition of gradient layers by changing the composition of the reactive gas during the coating process.
- ▶ The energy supply (which can be selected between unipolar or bipolar pulsed mode) and variation of the pulse parameters allow the energetic substrate bombardment to be varied over wide limits and hence allow customized layer properties to be realized.

The table (page 81) gives example application areas for the DRM 400 sputter system and the resulting precision coatings. Two examples are described in more detail below.

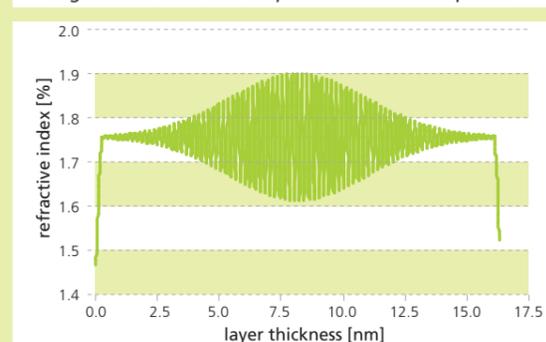
The first example concerns optical filters that are required, for example, in laser technology, analytics, and

telecommunications. In general very high requirements are placed on the steepness and positional accuracy of the band edges, on the optical damping in the stop band, and on the light transmission in the transmission region of such filters. This is solved using a layer stack, in some cases with over a hundred individual layers of low and high refractive index.

5 Layer thickness distribution produced using the DRM 400



6 Rugate filter with sine-shaped refractive index profile

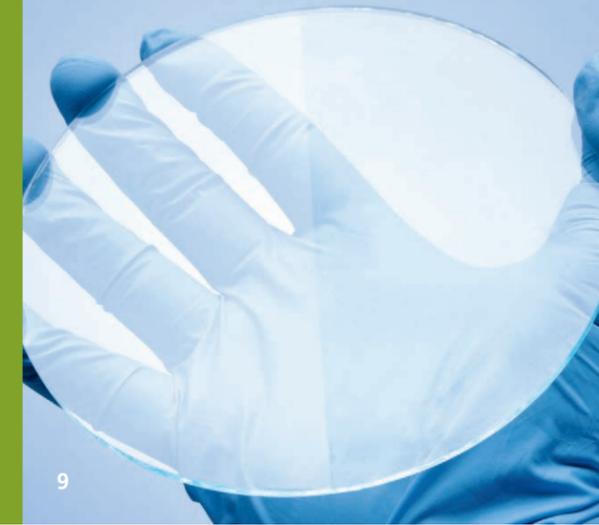
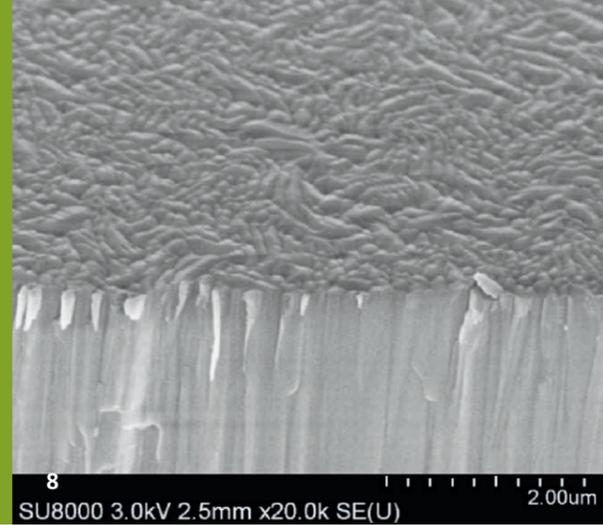
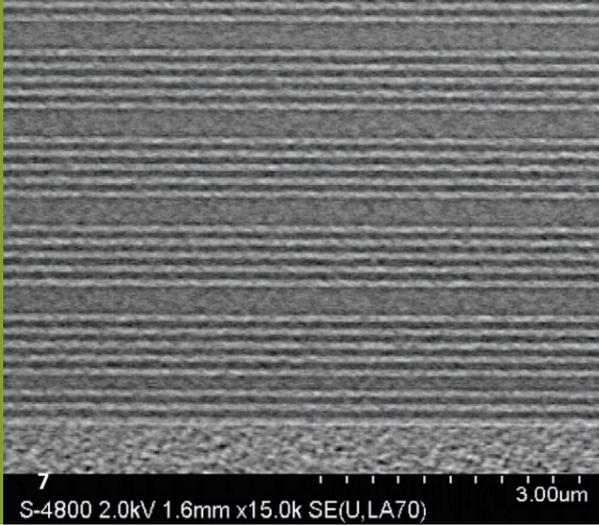


- 1 Double ring magnetron (DRM 400)
- 2 CLUSTER 300
- 3 Rugate filter
- 4 Dichroic filter

SAB  
Sächsische AufbauBank

## CONTACT

Dr. Hagen Bartzsch  
Phone +49 351 2586-390  
hagen.bartzsch@fep.fraunhofer.de



Here there are extreme requirements on the accuracy of the thickness of the individual layers. Figure 7 shows by way of example an SEM image of a bandpass filter produced using the DRM 400 which consists of 81 individual layers of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

In addition to such multilayer systems, reactive magnetron sputtering also allows an optical filter effect to be achieved by continuous changing of the refractive index, so-called gradient layers. This can be achieved, for example, by changing the composition of the reactive gas during the deposition of the coating. Figure 6 shows an example design of a so-called Rugate filter which is based on gradient layers having a sine-shaped refractive index profile. The transmission spectrum in Figure 12 shows that a narrow wavelength region is completely suppressed whilst the filter is permeable to light in the rest of the spectral region.

A further example of an application which demands high precision on the layer properties concerns the technology for depositing piezoelectric aluminum nitride (AlN) layers. Such layers are important, for example, for micro-electro-mechanical systems (MEMS), for ultrasound microscopy, and

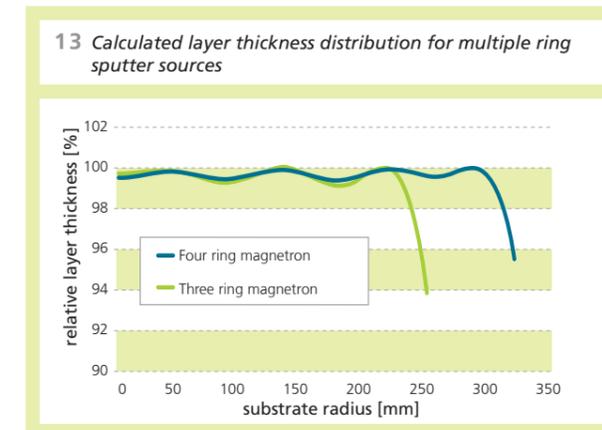
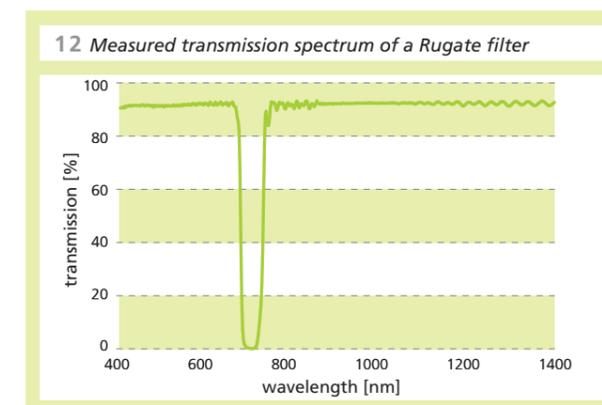
for systems for micro energy harvesting. For the AlN layers to have a piezoelectric effect, they must have a crystalline structure with almost exclusively 001 orientation. Technical tests at the Fraunhofer FEP have shown that reactive magnetron sputtering can be used to deposit AlN layers having high piezoelectric coefficients of  $d_{33} = 8 \text{ pm/V}$  at very high coating rates of 200 nm/min (fig. 8). There is a very narrow coating parameter window for producing optimum layers and this means that there is hence a need for a very high level of reproducibility.

After successful transfer of the double ring magnetron DRM 400 to many production coating plants, the Fraunhofer FEP is now planning to develop a series of multiple ring sputter sources for the stationary coating of even larger substrates. For example, a three ring source can be used to homogeneously coat a substrate of diameter 450 mm or a square of 300 mm x 300 mm, whilst a four ring source can coat a substrate of diameter 600 mm or a square of 400 mm x 400 mm. The model calculations in Figure 13 show that very good homogeneity is also possible for these substrate sizes. These stationary multiple ring sputter sources, compared to dynamic coating using rectangular magnetron

sputter sources, have the technological advantage of being able to deposit gradient layers and being able to coat curved substrates (mirrors, lenses). There are also cost benefits due to the shorter coating times (coating the whole area) and due to the more compact coating plants. Funding reference: 13555/2317

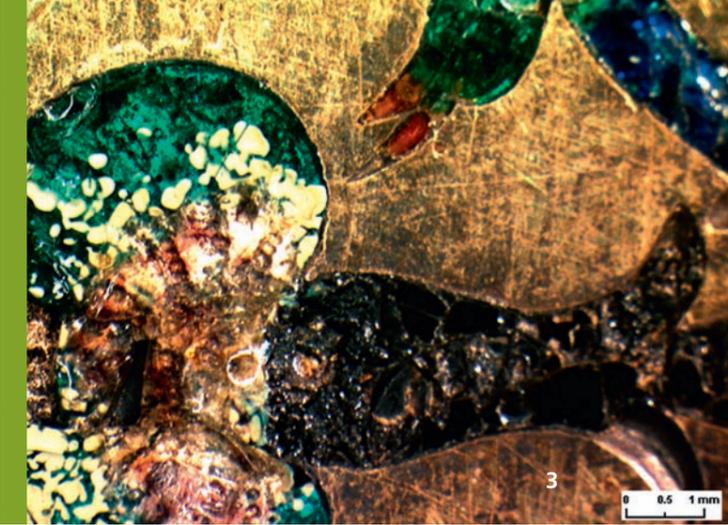
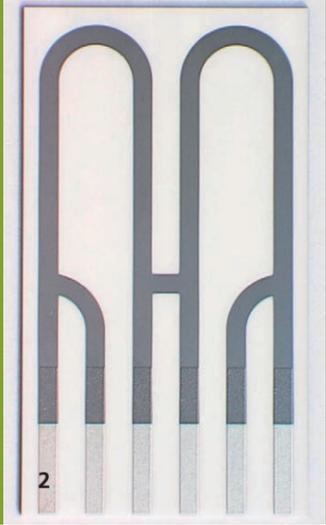
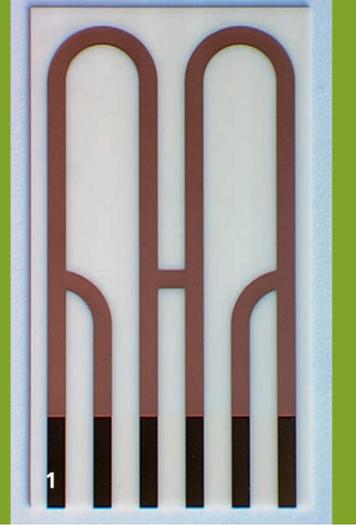
- 7 SEM image of a bandpass filter comprising 81  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  layers
- 8 SEM image of an AlN layer having a high piezoelectric effect
- 9 sputtered  $\text{AlF}_3$  anti-reflection coating on glass substrate
- 10 ophthalmic lenses with antireflection coating

11 Example applications for stationary precision coating			
Application area	Function of the layer	Example layers	Relevant layer properties
Optics	High and low refractive index	$\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Ta}_2\text{O}_5$ , $\text{HfO}_2$ , $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , $\text{AlF}_3$	Defined refractive index, low roughness, high climatic stability
Sensor technology	Electrical insulation	$\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{SiO}_2$	Breakdown field strength
MEMS	Piezoelectric	AlN	Piezoelectric coefficient $d_{33}$ or $d_{31}$
SAW and BAW components	Compensation of temperature variation	$\text{SiO}_2$ , AlN	Density, defined mechanical properties, free of defects
Electronics	Passivation	$\text{Si}_3\text{N}_4$	Diffusion barriers to water and oxygen
Electronics	Etch stop	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Density
Electronics	Resistive layer	TaN, NiCr, Cr	Defined resistance, low temperature dependencies



## CONTACT

Dr. Hagen Bartzsch  
 Phone +49 351 2586-390  
 hagen.bartzsch@fep.fraunhofer.de



## CORROSION SENSORS FOR PROTECTING CULTURAL AND HISTORICAL OBJECTS

In order to preserve age-old cultural and historical objects it is essential that they are kept under conditions which minimize corrosion. As part of the EU funded MUSECORR research project the Fraunhofer FEP is developing corrosion sensors for monitoring the corrosivity of the atmosphere.

The air quality has a key effect on cultural and historical objects which are held in museums and archives and displayed in exhibitions. The stability of the objects depend on the humidity and temperature, and also on the concentration of pollutions, in particular  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , chlorides, organic acids, other volatile compounds, and dust particles.

In most cases only the relative humidity and temperature are monitored and controlled. Unfortunately, damage to in some cases irreplaceable objects has shown that effective protection is often only possible with real-time monitoring of the corrosivity of the atmosphere. There are various ways of realizing such a monitoring system, all of which are rather complex. The wider application of real-time monitoring of atmospheric corrosivity will only become possible with the development of a simple, reproducible, favorable-cost monitoring method.

The MUSECORR research project (funded by the European Commission under the Seventh Framework Program, Theme 6: Environment) involves a consortium, with participation of R&D organizations, museums, and industry. The objective is to develop a viable method, and the relevant sensor technology, for real-time corrosion monitoring. The project is being coordinated by the Institut de la Corrosion

(ICO, France) who will also carry out the corrosion tests and calibrate the sensors. The Fraunhofer FEP is utilizing its expertise in thin film technology to develop so-called indoor sensors for inside applications. This involves applying 50 to 800 nm thick metal layers to ceramic substrates using magnetron sputtering. The outdoor sensors instead are being developed by the Institute of Chemical Technology in the Czech Republic and are based on thin laminated metal films.

The analytical principle is simple but very effective: Corrosion of the metal layer causes a change in the resistance of the layer which is recorded and is used as a measure of the degree of corrosion. A part of the sensor is protected against corrosion by a coating and serves as a reference for compensating the temperature-dependence of the electrical resistance. In order to monitor all possible corrosive effects, plug-in sensors based on different metals are being developed (currently Cu, Ag, Pb, Fe, Zn, Sn, brass, and bronze). In order to determine a corrosion depth from the resistance curve, a simple mathematical model is used which takes into account the initial thickness and initial resistance of the metal film.

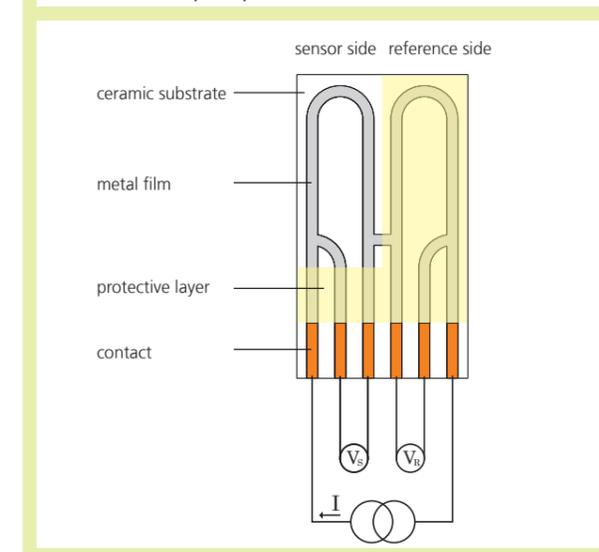
The indoor sensors developed at the Fraunhofer FEP have shown themselves to be extraordinarily sensitive, and this is desired. It is expected that the corrosion measurement technology being developed in this project will not only be

able to be used in museums but also in industry and for environmental protection applications.

The research leading to these results has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n° 226539.

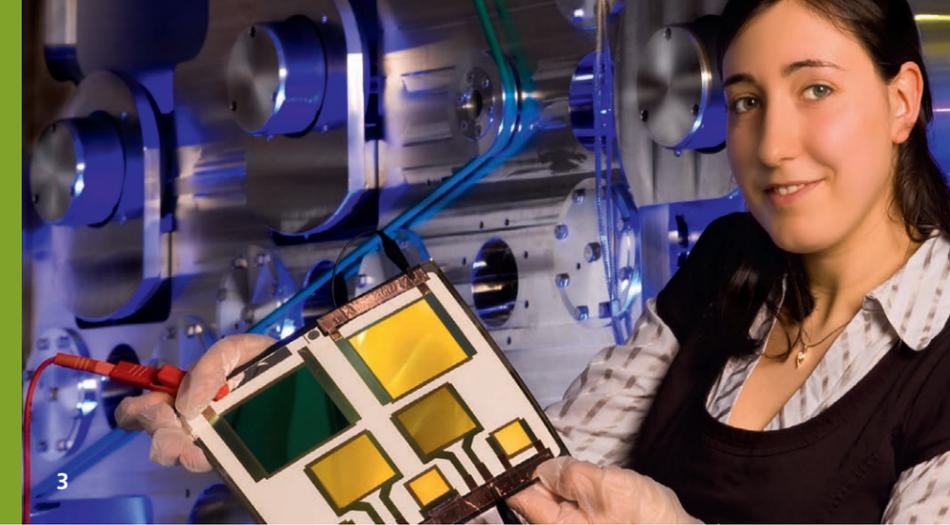
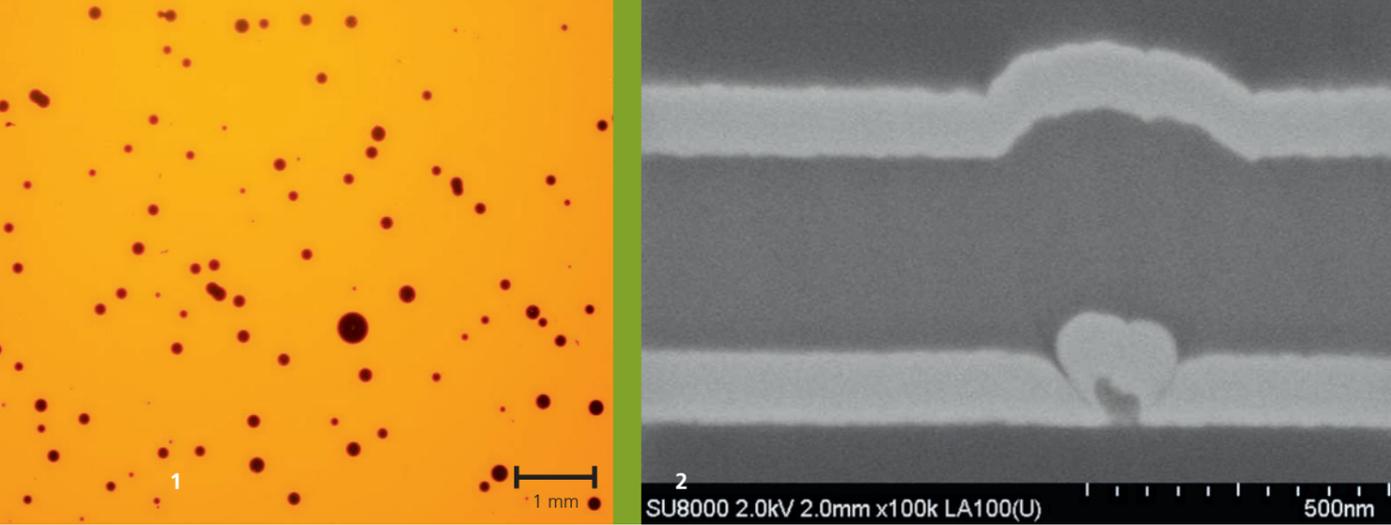
- 1 Indoor Cu sensor (50 nm), without protective layer
- 2 Indoor Pb sensor (800 nm), without protective layer
- 3 Defects of atmospheric corrosion of enamel on a renaissance cup

#### 4 Structure and principle of a thin film corrosion sensor



## CONTACT

Dr. Bert Scheffel  
 Phone +49 351 2586-243  
 bert.scheffel@fep.fraunhofer.de



## DIRECT ENCAPSULATION OF FLEXIBLE ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODES

Organic light-emitting diodes can be used for novel lighting sources and for energy-saving, high-performance displays. However, they must be protected from contact with oxygen and water vapor. The Fraunhofer FEP is developing a vacuum-based encapsulation technology for the roll-to-roll production of flexible OLEDs.

Organic light-emitted diodes (OLEDs) have great future potential as light sources. As large-area emitters, in contrast to filament lamps and energy-saving lamps, they allow completely new types of lighting sources and very energy-saving displays. Up to now OLEDs have been exclusively made on rigid substrates such as glass. The development of flexible OLEDs, which can be produced on a large scale in industrial plants using roll-to-roll processes, promises huge cost savings. Flexible OLEDs also allow new applications such as flexible displays and light-emitting wallpaper. However, OLEDs are very sensitive to environmental influences and are destroyed on contact with oxygen or water vapor. They must hence be protected from these gases by encapsulation in a flexible system (thin film encapsulation). The requirements for this encapsulation system are very high. For a shelf-lifetime of several tens of thousands of hours a maximum of  $10^{-5}$  gram per square meter and day ( $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ ) water vapor may penetrate the encapsulation. Furthermore, the encapsulation system must be free of pinhole defects and must cover any particles that are already present. If these conditions are not met, dark spots form in the OLED (Fig. 1) due to a local reaction with water vapor or oxygen.

As part of a joint project funded by the German Federal Ministry of Education and Research (project title: Roll-to-roll manufacturing of high-efficiency light-emitting diodes

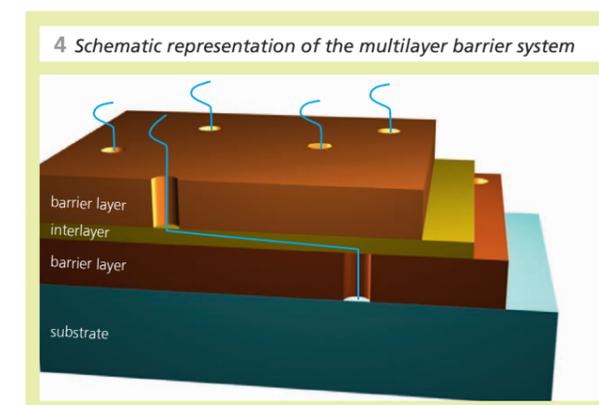
on flexible substrates; funding reference FEP: 13N8858) and coordinated by TU Dresden (Prof. Dr. Karl Leo), the Fraunhofer FEP has developed a feasible roll-to-roll thin-layer encapsulation process based solely on magnetron coating processes under vacuum. This involves a multilayer barrier system consisting of barrier layers deposited by reactive sputtering and intermediate layers deposited by magnetron PECVD (Fig. 4).

By using a dual magnetron system it has been possible to apply the whole layer system directly onto a flexible OLED without damaging the surface using a roll-to-roll process. Figure 3 shows a flexible OLED that was encapsulated with a 3-layer system comprising two aluminum oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) barrier layers (each of 100 nm thickness) and one plasma-polymer  $\text{((CH}_3)_2\text{-SiO)}_n$  intermediate layer (500 nm thickness). Besides  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , and  $\text{TiO}_2$ , the material zinc-tin-oxide ( $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$ ) was also tested as a barrier layer material. As a single layer  $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$  has the lowest water vapor permeability of all the materials ( $D_{\text{H}_2\text{O}} \leq 1.5 \times 10^{-2} \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  at  $38^\circ\text{C}$  / 90% relative humidity (r.h.).

The magnetron PECVD intermediate layer, produced using the monomer HMDSO, has the task of covering the defects in the lower barrier layer, lowering the mechanical stress (compared to a thick single layer), and increasing the lag time of water vapor diffusion. The three-layer systems were found to have

water vapor permeabilities of  $\leq 7 \times 10^{-3} \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  at  $38^\circ\text{C}$  and 90% r. h.. It was found that the permeation almost exclusively takes place at layer defects and that the defect density can be reduced using a layer system instead of a single layer. Figure 2 shows a cross-section of a layer system with a covered defect in the lower barrier layer. Even so, the defect density is still too high to meet the product requirements. In a follow-up project (R2Flex) the barrier layer system is hence being further adapted in order to reduce the defect density in the barrier layers and so further reduce the water vapor permeability. This project runs until mid 2012. The overall objective is the roll-to-roll manufacturing of flexible OLEDs with a roll width of 300 mm and the roll-to-roll encapsulation of the OLEDs based on the multilayer barrier system described in this report.

Besides OLEDs, other components such as organic solar cells can also be encapsulated directly and wholly in vacuum using this technology.

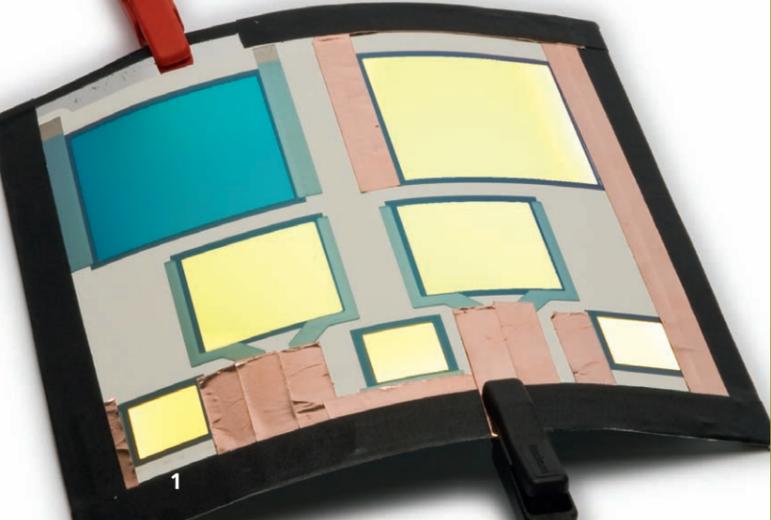


- 1 Dark spots in an inadequately encapsulated OLED ( $50 \text{ nm Al}_2\text{O}_3$  single layer) after 2 weeks storage under ambient conditions
- 2 Three-layer barrier stack with a defect in the lower barrier layer
- 3 OLED with thin film encapsulation: OLED manufactured by the Fraunhofer IPMS, encapsulated by the Fraunhofer FEP



## CONTACT

Dr. John Fahlteich  
Phone +49 351 2586-136  
john.fahlteich@fep.fraunhofer.de



## SMARTBARRIER – INNOVATIVE PROCESSES FOR FLEXIBLE PRODUCTS

What does a crisp bag have in common with a flexible organic light emitting diode (OLED) or even with an antibacterial material? They require permeation barriers in order to maintain their functionality over a long period of time. In this regard, the Fraunhofer FEP has developed technologies and layers to meet different barrier requirements as part of a joint project.

Besides flexible OLEDs, flexible solar cells, and even simple crisp bags, flexible barrier solutions are becoming ever more important in other market areas. The protective function often has to be combined with other properties. For example, in some cases the layers must be electrically conductive or have specific optical properties. This requires innovative processes for the production.

As part of the »SmartBarrier« project the Fraunhofer FEP developed a wide range of solutions for different products based on the roll-to-roll process.

The aim was:

- ▶ to apply multifunctional barrier layers to flexible substrate materials;
- ▶ to utilize innovative, highly productive processes for coating flexible substrates;
- ▶ to integrate coated flexible materials into different, modern products.

Novel plasma processes and thin film technologies should be made available for different product areas. The permeation barrier layers play a key role here.

Four product areas were evaluated with the participation of four industrial companies: automotive, flexible photovoltaic cells, packaging and life sciences.

### Automotive

In the automotive sector, membranes for oil pressure switches were manufactured having a 1000 fold better permeation barrier. A special challenge was the adherent coating of thermally stable polymer substrates such as polyimide, PTFE, ETFE, and PEEK as membrane materials.

### Flexible photovoltaic cells

Polymer substrates with a layer system were developed for flexible photovoltaic cells. They required an excellent permeation barrier and adequate surface conductivity. Tests on this reference system gave a service life of more than 2000 hours (85% r.h., 65°C), far exceeding the requirement of 1000 hours.

### Packaging

A key feature of the packaging sector is the enormous cost pressure. There is a need to use highly productive technologies to manufacture transparent barrier layers on low-cost polymers. The project work showed that transparent aluminum oxide barrier layers could be produced on polyester and polypropylene films at web speeds greater than 6 m/s. In particular the application of the layers on low-cost CPP and biodegradable PLA were noteworthy. The barrier values in some cases exceeded the values required by the packaging manufacturers.

### Life sciences

In the life science area a technology was developed for the medical technology sector in order to embed metallic silver particles into a silicon oxide matrix. The aim was to achieve a defined permeation rate for silver ions. The resulting antimicrobial effect was demonstrated using tests in accordance with ASTM and ISO standards. A reduction of bacteria by 99.99 percent was demonstrated. The layers were successfully applied to various types of substrates such as films, mats, and webs via roll-to-roll processes.

Funding: Federal Ministry of Education and Research (BMBF), project management DLR, funding reference 01 RI 0628

*PTFE (polytetrafluoroethylene)*

*ETFE (Ethylene tetrafluoroethylene)*

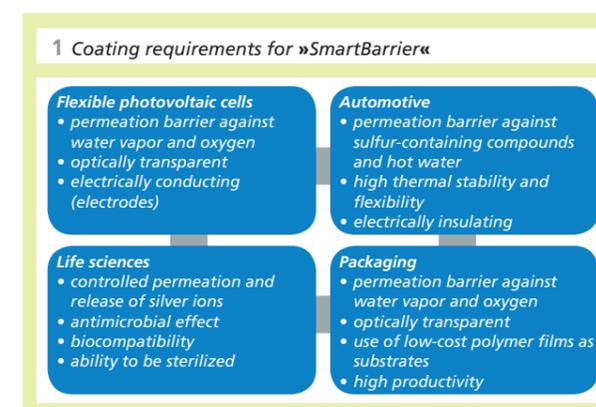
*PEEK (Polyether ether ketone)*

*CPP (cast polypropylene)*

*PLA (polylactic acid)*

**1** thin film encapsulated OLED

**2** Packaging with transparent barrier film





## PVD COATING OF 3-D SUBSTRATES HAVING HIGH PRECISION REQUIREMENTS

Curved substrates represent a huge challenge for the deposition of complex layer systems via PVD processes. Batch plants for 3-D coating are versatile and can be used for a variety of types of substrates. However the deposition of layer systems having optical functions requires precise process management.

Up until now PVD layers on non-flat substrates have mainly concerned the coating of tools and components. Here, the requirements on the homogeneity of the layers are secondary provided the functionality (abrasion resistance, reduced friction) is guaranteed on the relevant surfaces. In contrast, the deposition of layer systems having an optical function requires uniform layer deposition on the substrate surface and as a function of time. Only a small percentage deviation is permitted. Various (in)visible examples of this are heat insulation layers on window panes and anti-reflection layers on shop windows or displays.

Applications such as the homogenous, decorative, interference color coating of molded objects or the deposition of anti-reflection layers on highly curved surfaces require either a highly specific and hence very inflexible plant configuration or ingenious process management in flexible batch plants - as has been realized at the Fraunhofer FEP.

The deposition of optical multilayer systems has up until now only been possible on stationary substrates or in in-line plants on flat substrates. With the help of measures for stabilizing the processes and for homogenizing the individual deposited layers we can now extend this to curved substrates.

The following measures were crucial:

- ▶ further development of highly efficient process control units (PCU<sup>plus</sup>) for guaranteeing stable process management in parallel reactive processes
- ▶ creation of new substrate motion modes
- ▶ customization of the evaporation profile
- ▶ optimization of processing sequences

For a demanding test we manufactured four-layer anti-reflection (AR) systems. The systems comprised a sequence of high refractive and low refractive layers. The thickness of the individual layers had to be precisely customized to each other, so that the interference effects led to the desired anti-reflection effect.

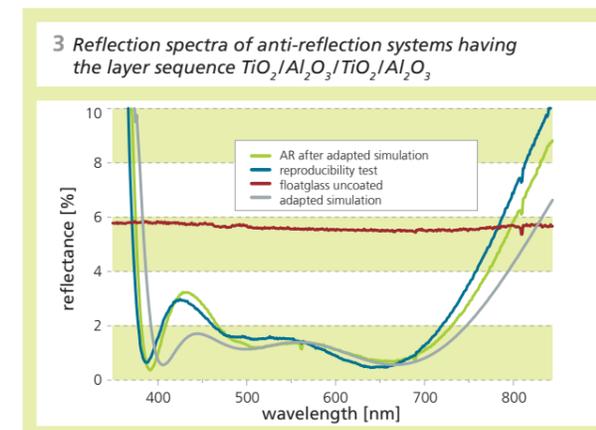
Calculations for anti-reflection in the visible range were carried out for  $\text{TiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and represented the specifications for the coating experiments in the batch plant. In order to undertake this work, deposition rates were first of all determined for the individual processes and an overall process sequence was derived with customized substrate motion regime. The layer system was, for example purposes, applied to glass tubes (Fig. 1). Figure 3 shows the results for such a layer system deposited in a direct process sequence (optical reflectance in the visible region of the spectrum for which the anti-reflection was calculated). Optimization required an iterative process, taking the results of the layer

deposition into account in the simulation. This resulted in a modified simulation (gray curve). Using this and the coating results led to further modification of the motion regime to give an optimized AR layer system which significantly reduces the reflectance in the visible region (green curve,  $R_{\text{vis}}=1.3$ ) compared to that of the uncoated glass (brown curve). The reproducibility of the layer deposition was also demonstrated (blue curve).

Figure 2 shows how the AR system on the left-hand tube results in reduced reflection of the incident sunlight. The light green coloration is due to the specific nature of the reflection in the visible region and is very typical for anti-reflection systems.

The status of the development work on multilayer deposition provides an effective basis for the development of systems of comparable complexity for specific applications.

- 1 Glass tube after being coated
- 2 Glass tube coated with anti-reflection layer (left) compared to an uncoated tube (right)



## CONTACT

Dr. Heidrun Klostermann  
Phone +49 351 2586-367  
heidrun.klostermann@fep.fraunhofer.de



## IN-LINE STERILIZATION OF PACKAGED MEDICAL PRODUCTS USING ELECTRON BEAMS

The Fraunhofer FEP has developed an effective in-line sterilization method for medical products that uses low energy electrons. This method is able to sterilize even heat-sensitive plastics within seconds.

Operating theatres in hospitals have to function efficiently. The operating schedules must not be delayed by a shortage of sterile medical instruments. Established sterilization methods, such as autoclaves, require considerable time. In order to guarantee smooth running of operating theatres, multiple units of highly specialized medical equipment often have to be acquired, and this is costly.

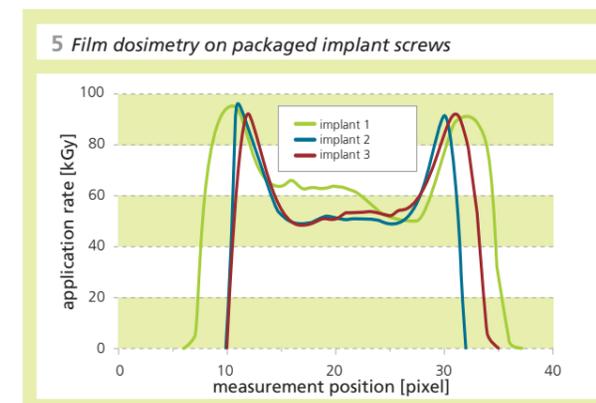
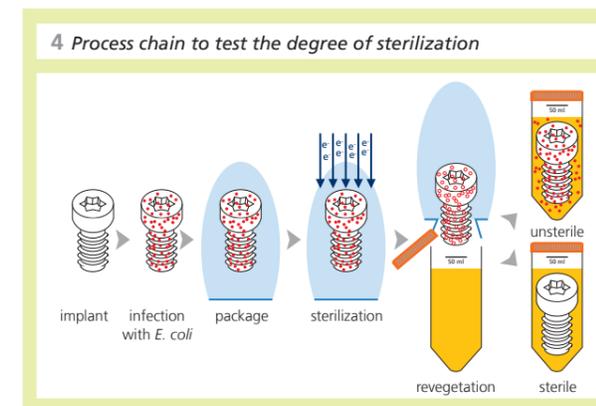
The Fraunhofer FEP has developed a process to sterilize medical products within seconds, so called electron beam sterilization. This technology can be integrated into existing process chains. Essential here is that the medical products are cleaned and packaged before the sterilization. Therefore the sterilization must be carried out through the packaging. According to regulatory requirements (EN ISO 10993), a minimum electron beam dose of 25 kGy must be applied to the surface of the product. It must be ensured that the electron beam reaches all exposed parts of the product and does not affect the stability of the packaging.

Material tests have demonstrated that the strength of polymer films changes with the electron beam dose which is applied. For polyethylene (PE) film there was an improvement of the mechanical properties, namely PE packaging had improved resistance to tearing after treatment with electrons.

The microbiological tests were carried out in our biomedical laboratory unit. The chosen model object was an implant screw. This was contaminated with a test germ (*E. coli*), packaged, and then treated with electrons (see Fig. 4). In order to test the effectiveness of the sterilization, the samples were transferred to a nutrient solution and recultivated. The difficulty here was to guarantee sterilization in the grooves on the head of the screw. Using film dosimetry (see Fig. 5) we showed that the prescribed minimum dose of 25 kGy was also achieved in regions that are difficult to access (measurement position 12 ... 30 pixels, Fig. 5). Microbiological tests and determination of the degree of sterilization (30 repeated measurements) proved additionally that there was complete sterilization.

The treatment with low energy electron beams guarantees effective sterilization of packaged medical products within seconds and is particularly suitable for heat-sensitive plastics. In ongoing work we are developing new dosimetry markers which are small, favorable in cost, and allow quick evaluation, in order also to be able to reliably determine the electron beam dose for other applications.

- 1 Sterilized syringe nest
- 2 Packaged implant fittings
- 3 Microbiological testing



## CONTACT

Dr. Christiane Wetzel  
 Phone +49 351 2586-165  
 christiane.wetzel@fep.fraunhofer.de



## ERICA – A NEW CLUSTER PLANT FOR COMPLEX COATING TECHNOLOGIES

PVD plants of the cluster type are used by research organizations and industry for carrying out complex sequences of surface technology processes in a versatile and efficient way in a continuous vacuum. ERICA, our new cluster plant, has been designed for a process portfolio that focuses on high-productivity electron beam technologies for coating, surface modification, and structuring.

The modification of semifinished goods and products with decorative or functional thin layer systems is a major area of work in surface technology. Vacuum coating processes are versatile, eco-friendly, and highly productive and are widely used in industrial production.

Important criteria when selecting a suitable coating technology are not only the morphology, purity, adhesion, and long-term stability of the deposited layer, but also the growth rate, necessary investment, and plant operating costs. This is because the latter largely determine the economic feasibility of the process.

The complexity and cost of a coating plant and the quality of the product in turn depend very much on other upstream and downstream processes. Worthy of mention here, for example, are substrate preparation (by wet-chemical cleaning, ion etching, and heating), layer modification (by tempering, remelting, doping, and structuring) and combining the functional layer with auxiliary adhesion promoting, diffusion suppressing, and anti-corrosion layers. For each individual coating task it is thus clear that it is necessary to develop, optimize, and validate the complete process chain with its many interactions, under conditions as close to production as possible.

The ERICA cluster plant, which was commissioned in the report year, allows complex sequences of vacuum

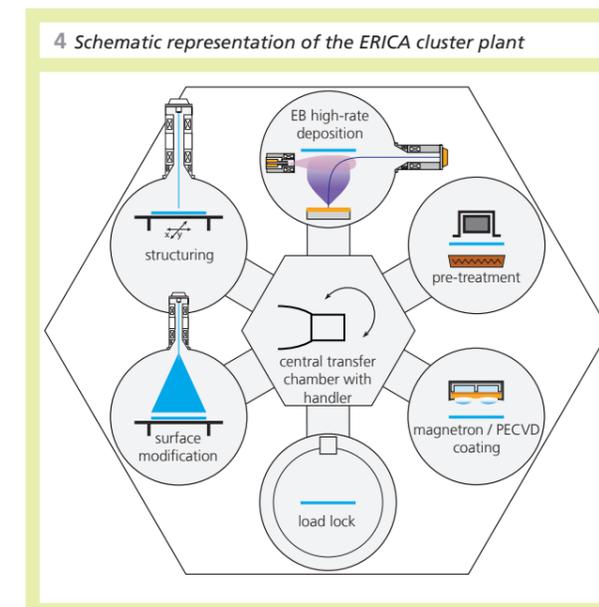
coating technologies to be efficiently carried out in a continuous vacuum. The plant allows various pre-installed pre-treatment, coating, and structuring steps to be carried out on a substrate in any desired sequence using chosen process parameters. This provides a versatile and favorable-cost basis for feasibility studies and for subsequent technology development for a wide range of applications. To complement the traditional sputter-cluster plants operated at the Fraunhofer FEP, the design of the new ERICA plant put emphasis on realizing high-productivity electron beam technologies for layer deposition and material modification.

ERICA consists of 5 vacuum process chambers and a load lock chamber, arranged in a hexagon around a central transfer chamber with handler. After placing in the vacuum, the substrates, which are secured on carriers and have a diameter of 8 inches and a height of up to 20 mm, are transported via the transfer chamber into the various process chambers and treated appropriately. Figure 4 schematically shows the base plant configuration and available technologies. A wide variety of process sequences can be realized. For example, the ERICA plant is ideal for developing wafer-based and thin film solar cells – right from the evaluation of innovative cell concepts through to small series production of prototypes.



For further information on the technological capabilities and more detailed specifications of the cluster plant, please visit our website.

- 1 Plasma activated high-rate deposition
- 2 Surface modification with a scanned fine-focus electron beam
- 3 Ring magnetron



Plant manufacturer  
**creavac**

 Federal Ministry of Economics and Technology

## CONTACT

Dr. Gösta Mattausch  
Phone +49 351 2586-202  
goesta.mattausch@fep.fraunhofer.de



## HIGHLIGHTS

»pro flex 2010« – international symposium on vacuum roll-to-roll processing of flexible materials	97
2 <sup>nd</sup> Introductory seminar on cleaning technology – cleaning in production	99
The Fraunhofer Lounge – relaxation, entertainment, debate	101
The Fraunhofer Talent School – research reaches out	103
Long Night of the Sciences 2010	104
International conferences, symposia and fairs	105



## »PRO FLEX 2010« – INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VACUUM ROLL-TO-ROLL PROCESSING OF FLEXIBLE MATERIALS

In September 2010 the Fraunhofer FEP once again organized a symposium on vacuum-based roll-to-roll coating. With 120 delegates the symposium was fully booked and a big success.

The »pro flex 2010« symposium was held on 21-22 September 2010 in Dresden and attracted 120 delegates from 17 countries. Delegates came from as far afield as the USA, White Russia, South Korea, and Japan to meet up with other experts and learn about new developments in the roll-to-roll coating of flexible materials.

The symposium was fully booked back in August. Dr. Nicolas Schiller, head of the »Coating of flexible products« department at the Fraunhofer FEP was astonished: »This interest is a clear signal that roll-to-roll coating is an important technology for industry and also that the Fraunhofer FEP is a key development partner.«

The »pro flex 2010« symposium was started by the Fraunhofer FEP in 2004 and since then has been held at three year intervals. The reason for initiating the event in 2004 was the growing demand for flexible products. There was a need for a European forum to give developers along the value creation chain for flexible products the opportunity to exchange scientific thoughts and ideas and so match up product requirements with technological realization. At »pro flex 2010« there was thus once again a mix of delegates from leading industries as well as scientists from universities and Fraunhofer institutes.

The focus of the 30 presentations was the coating and testing of barrier films for applications which ranged from food packaging to encapsulation of flexible electronics such as solar cells and organic light emitting diodes (OLEDs). However, other layer systems such as adhesion layers, layers for transparent conducting electrodes, insulation layers, and active layers for photovoltaic technology were also covered. One presentation touched on the potential for cost-saving and time-saving using roll-to-roll coating and spoke of a paradigm shift in the coating industry: It was stated that compared to batch coating larger areas could be coated using the roll-to-roll method at a tenth of the cost and in as little as a twentieth of the time. The roll-to-roll method comes out even better if compared to the coating of wafers.

Also a glimpse of the future was given. The trend will be towards combining different applications in a single unit. It is, for example, conceivable that a flexible OLED will be combined with a flexible solar cell in a film, in order to generate electricity to power the OLED directly from the solar cell. There is no shortage of new ideas and R&D challenges. We eagerly look forward to the next »pro flex« symposium in 2013!

The symposium finished with a tour of the pilot plant facilities of the Fraunhofer FEP. The delegates were shown pilot plants for coating polymer films, glass, strip metal, and bulk goods.

We would like here to thank all speakers at »pro flex 2010« and the sponsors and partners of the event: VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Southwall Europe GmbH, and AIMCAL (Association of International Metallizers, Coaters and Laminators).

We are looking forward to your visit at »pro flex 2013«!



### CONTACT

Annett Arnold  
 Phone +49 351 2586-333  
 annett.arnold@fep.fraunhofer.de



## 2<sup>ND</sup> INTRODUCTORY SEMINAR ON CLEANING TECHNOLOGY – CLEANING IN PRODUCTION

With this event format the Fraunhofer Cleaning Technology Alliance answers to the great demand for cleaning technology know-how from industry. The event got consistently positive feedback:

»Excellently organized and a convivial atmosphere during the seminar« Ralf Rubbel, VACOM Vakuum Komponenten & Messtechnik GmbH

»Coverage of a many topics relating to industrial cleaning« Karl Riedter, RAFI GmbH & Co. KG

From 16 to 18 June 2010 the Fraunhofer Cleaning Technology Alliance held for the second time the »Introductory Seminar on Cleaning Technology – Cleaning in Production« at the Fraunhofer FEP in Dresden. The Fraunhofer FEP has been a member of the Fraunhofer Cleaning Technology Alliance since the latter's foundation back in 2002. The seminar was directed at technical and management personnel involved in cleaning tasks in production. In Germany there is currently no training or study course available which covers this area of knowledge. There is hence a lack of know-how and shortage of qualified employees in industry to effectively undertake the cleaning tasks. The demand for training and seminars is hence high.

This supra-sector seminar organized by the Fraunhofer Cleaning Technology Alliance thus meets the training needs of industry and has been offered since 2009. Presentations were given by seven speakers from six different Fraunhofer institutes, so bringing together a variety of specialist knowledge.

Despite the continuing difficult economic climate in 2010, the large number of applicants and their positive feedback confirmed the increasing importance of cleaning technologies in production and the need for training.

The participants in the 2<sup>nd</sup> introductory seminar came from a variety of industrial areas, including machine construction, electrical engineering, and measurement technology.

The seminar started by going over the theoretical principles of cleaning technology. These included the definition of cleaning quality and contaminants, and key factors for all cleaning processes. The participants also learned how one systematically analyzes and plans cleaning tasks, effectively organizes them in the production schedule, and selects suitable cleaning methods for specific tasks. There then followed discussion of the various cleaning technologies, starting with the processes involving liquid media, then going on to methods involving blasting and plasma cleaning. The options for process and damage analysis and cleanliness monitoring in production were covered in depth, because this is often the key for economically viable and reliable cleaning in production.

To underpin the theoretical insight, accompanying practical assignments on bath care and monitoring, cleanliness monitoring, dry ice blasting, and laser and plasma cleaning were undertaken. This gave each participant the opportunity to put knowledge into practice. Further presentations then covered a number of overriding topics

such as regulations for cleaning technology (VDA19, VOC, REACH) and equipment design suitable for cleaning and cleanliness-complaint production. At the end of the seminar the participants had the option to appraise the knowledge they had learned by taking a test and hence validating their training.

The participants gave a very positive response to the seminar. The 3<sup>rd</sup> Introductory Seminar on Cleaning Technology – Cleaning in Production will be held from 7 to 9 June 2011 at the Fraunhofer FEP - following the motto:

»Effective cleaning means efficient production«

 **Fraunhofer**  
REINIGUNG

**CONTACT**

Frank-Holm Rögner

Phone +49 351 2586-242

frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de



## THE FRAUNHOFER LOUNGE RELAXATION, ENTERTAINMENT, DEBATE

The Fraunhofer Lounge aims to give invited guests from regional politics, science, and industry and institute members the opportunity for conversation in a relaxed atmosphere. Inspiring lectures provide plenty of conversation topics.

### Sixth Fraunhofer Lounge:

**The Benedictine Rule of Leadership as a model for managers »Using the crisis to organize a successful future based on the Benedictine Rule of Leadership«**

On 20 May 2010 Dieter Renner, chairman of the consulting company for managers »DRC Advisors to Board«, acquainted the guests of the sixth Fraunhofer Lounge with the Benedictine model of leadership of the Benedictine order. A key issue of the model is the thought that successful leadership is based on mutual trust between employer and employee. Therefore, authenticity and congruency of the manager are important pre-requisites. The Benedictine order perceives leadership as the act of depicting a possible way to the employee, guiding him by congruent actions and motivating him to walk the way together. This could be regarded as basis for innovations and a good team spirit.

Dieter Renner corroborated his concern to take the Benedictine model not solely as a philosophical digression, and pointed out the economical success of ethically managed companies.

Bernhard Holfeld, director of MDR 1 Radio Sachsen, moderated the conversation. He questioned the understanding of management qualities and the theories of Benedict and gave

critical analysis. The discussion between speaker and moderator was engaging for the audience and led to plenty of questions. Speaker Dieter Renner concluded the evening with the meaningful words of the writer Gorch Fock »We cannot prolong our life, but we can make it more worthwhile.«

### Seventh Fraunhofer Lounge: A view of the current situation in our society

This was the theme of our seventh Fraunhofer Lounge on 11 November 2010. Klaus-Peter Schöppner, managing director of TNS Emnid Medien- und Sozialforschung GmbH Bielefeld, analyzed in his talk »how do we create a "good" society?« the negative underlying feeling in German society. As indicators he mentioned widespread feelings of fear, erosion of solidarity, lack of perspective, life randomness, and lack of security. The thought of the transformation of a respectable business man to an egocentric strategist was continuously at the center of his remarks and highlighted the divisions in our society. Reintegration should, according to Schöppner, be the instrument used by politics and industry to pave the way towards a »good« society.

Uta Georgi, presenter of the regional news magazine MDR-Sachsenspiegel, moderated the evening and critically questioned the causes of the negativity in our society.

An important point in this topic was the media training of the future generations. The majority of the following discussion contributions pointed out the relevance of this topic. Klaus-Peter Schöppner concluded the official part of the evening with the request for »fair attitude, fairness and trust«. Tasty snacks and the mellow sounds of a piano rounded off the evening.

The Fraunhofer Lounge will be continued with interesting topics and guests. We are looking forward to the next events in 2011.



[www.fep-lounge.de](http://www.fep-lounge.de)

## CONTACT

Annett Arnold

Phone +49 351 2586-333

[annett.arnold@fep.fraunhofer.de](mailto:annett.arnold@fep.fraunhofer.de)



## THE FRAUNHOFER TALENT SCHOOL RESEARCH REACHES OUT

Workshops on topical scientific issues offer technically inclined schoolchildren the opportunity to experience science close-up and even contribute to the research. For the Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP this is an investment in the human resources of the future.

After the huge success in 2009, the Fraunhofer Talent School was held for the second time on 5 to 7 November 2010 in Dresden. Thirty talented children in the 9<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> grades having an interest in mathematics, information technology, natural sciences, and engineering were selected to spend a little time in the world of science.

They learned about the issues being tackled by current research work and the methods and technologies being used. The main focus of the 3 day event was the project-related work in workshops on a variety of scientific topics relating to energy. Scientists from the Fraunhofer FEP, IKTS, and IPMS provided the children with the necessary theoretical background knowledge and made themselves available for discussions. For example, at the Fraunhofer FEP the schoolchildren learned how it is possible to produce solar power from fruit juice by undertaking fascinating experiments. This involved coating glass plates a number of times, so creating a solar cell and producing power.

The workshops were supplemented by a framework program that included tours around cleanrooms and laboratories. In an evening event Fraunhofer managers and personalities

from industry gave the children an insight into the everyday working lives of scientists. They demonstrated to the children the way research results from the laboratory find practical use in industry. The so-called »fireside evening« was a highlight of the evening events. Scientists involved in applied research and from industry talked to the children about the various paths that can be taken to have a scientific career.

The Fraunhofer-Gesellschaft started up this event in order to strike up early contact with the scientists of tomorrow. Prof. Hans-Jörg Bullinger, president of the Fraunhofer-Gesellschaft, said at the opening of the event series: »The Fraunhofer Talent School is an early investment in the future young scientists. In a country that has no raw materials, our best capital is the inquisitive research mind of our children.« The Fraunhofer Talent School was held in the year 2010 at 13 different locations.

We are looking forward to the next Talent School from 4 to 6 November 2011. For further information please visit our website: [www.talent-school-dresden.de](http://www.talent-school-dresden.de)

## LONG NIGHT OF THE SCIENCES 2010

Research and researchers: This is what the eighth Long Night of Science on 18 June 2010 in Dresden was all about. The Fraunhofer institutes on campus presented their innovation potential following the motto: »Fraunhofer – always one step ahead!«

The opening of the gates of the Fraunhofer Institute Center in Dresden for the Long Night of Science allowed visitors to see and experience scientific research from close up. The scientists at the Fraunhofer FEP offered a fascinating glimpse of the world of science, with the emphasis always being on interactive, playful learning.

The visitors discovered how much high-tech was involved in transparent, coated films and how these can be used for, amongst other things, preventing heat loss from homes.

Experiments such as breaking tough rubber into thousands of pieces using liquid nitrogen, demonstrated in a spectacular way, how materials can be modified in their properties. A further highlight that engaged the visitors was the Solar Grand Prix, a special race circuit that used solar cells to power small cars.

At the Long Night of Science the biomedical analytical methods of the Fraunhofer FEP were for the first time presented to a broad public audience. At the booth »Health! Cleanliness and Biocompatibility at the Fraunhofer FEP« visitors could immerse into a microscopically small world. With the help of fluorescence microscopy visitors could see plant cells and could follow the effect of certain substances towards the cell health. Using selected indicator tests the visitors could witness

with the naked eye, which substances harm the cell and which ones are unproblematic.

In her talk Dr. Christiane Wetzel highlighted to the audience the growing importance of biomedical engineering for an aging society. Dr. Wetzel described the possibilities Fraunhofer FEP research has to improve the biocompatibility of medical implants, and hence to significantly increase the quality of life of patients.

The Long Night of the Sciences 2010 attracted 1745 visitors to the Fraunhofer Institute Center. Plans are already afoot to hold the Long Night of Science once again next year.



## CONTACT

Annett Arnold  
Phone +49 351 2586-333  
[annett.arnold@fep.fraunhofer.de](mailto:annett.arnold@fep.fraunhofer.de)



## INTERNATIONAL CONFERENCES, SYMPOSIA AND FAIRS

24.02. - 26.02.	20 <sup>th</sup> Working Group Meeting of the OE-A (Organic Electronics Association), Eindhoven, Holland
02.03.	Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma »Atmosphärendruckplasma trifft Medizin Chancen und Perspektiven«, Erfurt, Deutschland
09.03.	Technologie Forum Kupfer »Fügen von Kunststoffen Anwendung und Optimierung«, Duisburg, Deutschland
10.03.	Forum Projektabschlusstreffen des FLUX-Verbund-Projekts, Hannover, Deutschland
18.03.	4. Workshop Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma »Abscheidung funktioneller Beschichtungen«, Jena, Deutschland
23.03. - 26.03.	MedTech Europe, Stuttgart, Deutschland
24.03. - 26.03.	INPLAS-Treffen, Kahl, Deutschland
30.03. - 02.04.	VacuumTechExpo, Moskau, Russischen Föderation
13.04. - 14.04.	Photovoltaics Europe/Printed Electronics Europe, Dresden, Deutschland
14.04.	8. Internationale Konferenz Strahltechnik, Halle, Deutschland
17.04. - 22.04.	53 <sup>rd</sup> Annual Technical Conference Society of Vacuum Coaters (SVC), Orlando, Florida, USA
26.04. - 30.04.	37 <sup>th</sup> International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCT), San Diego, USA
04.05. - 05.05.	Workshop »Innovationen in der Dünnschichttechnik«, Cottbus, Deutschland
05.05.	Frühjahrssitzung PLASMA Germany, Dresden, Deutschland
23.05. - 26.05.	RADTECH UV&EB2010 Technology Expo and Conference, Baltimore, Maryland, USA
31.05. - 04.06.	12 <sup>th</sup> Seminar of Recent Trends in Charged Particle Optics and Surface Physics Instrumentation, Skalsky Dvůr, Tschechien
01.06. - 02.06.	Transparente leitfähige Oxide - Festkörperphysikalische Grundlagen und Technologie, Dresden, Deutschland
06.06. - 18.06.	12 <sup>th</sup> International Cermics Congress & 5th Forum on New Materials (CIMTEC), Montecatini Terme, Italien
09.06. - 11.06.	InterSolar 2010, München, Deutschland
09.06.	11. Wörlitzer Workshop »Anforderungen an Schichten auf flexiblen Substraten«, Wörlitz, Deutschland
13.06. - 17.06.	8 <sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG), Braunschweig, Deutschland
23.06. - 24.06.	EFDS Workshop »Mess- und Analysetechnologien zur Qualitätssicherung in der Großflächenbeschichtung«, Dresden, Deutschland
24.06.	Workshop »Mess- u. Analysetechnologien zur Qualitätssicherung in der Großflächenbeschichtung«, Dresden, Deutschland
28.07. - 30.07.	4 <sup>th</sup> International Meeting on Developments in Materials, Processes and Applications of Emerging Technologies (4 <sup>th</sup> MPA Meeting), Braga, Portugal
15.07. - 17.07.	3 <sup>rd</sup> FEBIP, Albany, NY, USA

19.07. - 23.07.	International Cryogenic Engineering Conference 23 - International Cryogenic Materials Conference 2010 (ICE23/ICMC), Breslau, Polen
06.09. - 07.09.	OTTI Fachforum »Vorbehandeln und Beschichten von Kunststoffoberflächen«, Regensburg, Deutschland
07.09. - 09.09.	6. Thüringer Grenz- und Oberflächentage (ThGot); 2. Thüringer Kolloquium »Dünne Schichten in der Optik«, Gera, Deutschland
06.09. - 10.09.	25 <sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (PVSEC), Valencia, Spanien
14.09. - 16.09.	12 <sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
23.09. - 24.09.	Kommunikationskongress 2010, Berlin, Deutschland
27.09.	Nano4inno, Prag, Tschechien
28.09.	Workshop Transparente und flexible Elektronik, Leipzig, Deutschland
29.09. - 01.10.	Internationale Metallographie - Tagung, Leoben, Österreich
04.10. - 05.10.	Seminar Industriekauf, Berlin, Deutschland
12.10. - 14.10.	parts2clean, Stuttgart, Deutschland
17.10. - 21.10.	3 <sup>rd</sup> International Symposium on Transparent Conductive Materials (TCM 2010), Analipsi / Hersonissos, Griechenland
19.10. - 21.10.	6 <sup>th</sup> Global Plastic Electronics Conference and Exhibition, Dresden, Deutschland
21.10. - 22.10.	18. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (NVDaK), Dresden, Deutschland
24.10. - 26.10.	ebeam – International Conference on High-Power Electron Beam Technology, Reno, Nevada, USA
27.10. - 28.10.	International Symposium on Laser-Micromachining at 3D-Micromac, Chemnitz, Deutschland
27.10. - 03.11.	K-Messe, Düsseldorf, Deutschland
04.11. - 05.11.	AWA Barrier Web Materials Technical Symposium, Amsterdam, Niederlande
08.11. - 09.11.	VDE-Kongress E-Mobility, Leipzig, Deutschland
14.11. - 16.11.	2 <sup>nd</sup> ITG International Vacuum Electronics Workshop 2010, Bad Honnef, Deutschland
16.11.	Max-Bergmann Symposium, Dresden, Deutschland
16.11.	SENTECH Seminar »Plasma Prozesstechnologie«, Berlin, Deutschland
18.11. - 19.11.	Jahrestagung der Deutschen Kautschuk Gesellschaft, Merseburg, Deutschland
17.11. - 20.11.	MEDICA Weltforum der Medizin, Düsseldorf, Deutschland
17.11. - 20.11.	denkmal 2010 Europäische Messe für Denkmalpflege, Restaurierung und Altbausanierung, Leipzig, Deutschland
18.11. - 20.11.	Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, Heilbad Heiligenstadt, Deutschland
24.11.	1 <sup>st</sup> International Symposium on POLYmer modification With High Energy Electrons (POLYWHEEL), Dresden, Deutschland
01.12. - 02.12.	7. Workshop Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma »Textile Oberflächen und Atmosphärendruckplasma«, Würzburg, Deutschland
06.12. - 09.12.	3. Dresdner Medizintechnik-Symposium, Dresden, Deutschland
09.12. - 10.12.	Dresdner Werkstoffsymposium »Werkstoffe und Energietechnik«, Dresden, Deutschland
09.12. - 10.12.	2. Tagung Thermoelectronics goes Automotive, Berlin, Deutschland
15.12.	KooperationsForum »Moderne Beschichtungs- und Oberflächentechnologien«, Köln, Deutschland



## ANNEX

Namen, Daten und Ereignisse / Names, dates and events	109
Internationale Vertreter / International representatives	117
Anfahrt / How to reach us	120

## NAMEN, DATEN UND EREIGNISSE NAMES, DATES AND EVENTS

### Mitgliedschaft in Gremien

A. Arnold  
International Council for Coating of Glass e.V. (ICCG)

A. Arnold  
Netzwerk »Dresden - Stadt der Wissenschaft«

H. Bartzsch  
Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS)

H. Bartzsch  
Silicon Saxony e.V.

P. Frach  
Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

P. Frach  
AMA Fachverband für Sensorik e.V.

P. Frach  
Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO)

P. Frach  
Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.,  
Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und  
Medizintechnik«

P. Frach  
Photonic Net

V. Kirchhoff  
Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW)

V. Kirchhoff  
Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS)

V. Kirchhoff  
Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces

H. Klostermann  
Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik,  
AG Neuartige Plasmaquellen und Prozesse, INPLAS

G. Mattausch  
Verband der Elektrotechnik - Bezirksverein Dresden e.V. (VDE)

G. Mattausch  
Organizing Committee der »International Conference on High-  
Power Electron Beam Technology – EBEAM«

Chr. Metzner  
Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz/Sachsen e.V. (KMC)

W. Nedon  
Forschungs-Allianz Kulturerbe FALKE

F.-H. Rögner  
Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

N. Schiller  
Technical Advisory Committee der »Annual Technical Conference«  
der »Society of Vacuum Coaters – SVC«

N. Schiller  
Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO

N. Schiller  
Organic Electronics Saxony e.V. (OES)

N. Schiller  
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagen e.V. (VDMA)  
Arbeitsgemeinschaft Deutsches Flachdisplay-Forum (DFF)

Chr. Wetzel  
Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.,  
Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und  
Medizintechnik«

### Vorträge

F.-H. Rögner  
**Prozesssicherheit bei der Reinigung mit flüssigen Medien -  
Wunsch und Wirklichkeit**  
EFDS Workshop »Nasschemische Reinigung – Optimal beherrschen!«  
Dresden, Deutschland  
21. Januar 2010

J.-P. Heinß  
**Electron beam technology for photovoltaic**  
Solarcon 2010  
Seoul, Korea  
03. - 05. Februar 2010

D. Glöb, H. Bartzsch, P. Frach, K. Täschner, J. Liebig, E. Schultheiß,  
K. Suzuki  
**Advanced plasma-based tools and technology for nano-scale  
functional coatings**  
Fraunhofer Seminar on Nano Coating Technologies  
Tokyo, Japan  
22. Februar 2010

F.-H. Rögner  
**Fast electron beam 3D X-ray CT scanner for medical imaging and  
diagnostics**  
Gangwon International Symposium  
Seoul, Korea  
18. - 19. März 2010

F.-H. Rögner  
**Fast electron beam technology for medical diagnostics**  
Gangwon International Symposium  
Seoul, Korea  
18. - 19. März 2010

H. Bartzsch, K. Täschner, P. Frach  
**Reaktive Sputterdeposition von mehrkomponentigen  
Verbindungsschichten für Filter unter Verwendung zweier  
Targetmaterialien bzw. zweier Reaktivgase**  
Arbeitskreis DUV/WUV »Kompetenznetz Optische Technologien«  
Dresden, Deutschland  
25. März 2010

R. Nyderle  
**Sputtering of ceramic targets**  
1<sup>st</sup> Conference on Power Electronics for Plasma Engineering  
Zielonka, Polen  
15. Mai 2010

Chr. Wetzel, J. Schönfelder, W. Schwarz, R. H. W. Funk  
**Technological aspects of electron beam and plasma  
biofunctionalization**  
International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films  
ICMCTF 2010  
San Diego, USA  
26. - 30. April 2010

J.-P. Heinß  
**The electron beam high rate deposition in combination with  
guided arc discharges - present state and actual developments**  
International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films  
ICMCTF 2010  
San Diego, USA  
26. - 30. April 2010

F. Fietzke, B. Zimmermann  
**Plasma characterization and technological application of a  
hollow cathode plasma source with an axial magnetic field**  
International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films  
ICMCTF 2010  
San Diego, USA  
26. - 30. April 2010

H. Klostermann  
**PVD Basisprozesse und ihre reaktiven Varianten**  
OTTI-Fachkolloquium »Funktionalisierung von Glasoberflächen durch  
Beschichtungen«  
Regensburg, Deutschland  
03. - 04. Mai 2010

N. Schiller, Chr. Metzner  
**Hochratebeschichtung großer Flächen mittels plasmagestützter  
Vakuumverfahren**  
Frühjahrstagung 2010 von PLASMA Germany  
Dresden, Deutschland  
06. Mai 2010

P. Feinäugle, G. Mattausch, F.-H. Rögner  
**Electron-optical investigations on cold cathode electron beam  
sources for high-rate PVD**  
12<sup>th</sup> Seminar »Recent Trends in Charged Particle Optics and Surface  
Physics Instrumentation«  
Brünn, Tschechien  
31. Mai - 04. Juni 2010

M. Junghähnel, V. Kirchhoff, T. Kopte, O. Zywitzki  
**Titanoxid: Niob - ein hochtemperaturstabiles TCO der Zukunft**  
 EFDS-Workshop »Transparente leitfähige Oxide -  
 Festkörperphysikalische Grundlagen und Technologie«  
 Dresden, Deutschland  
 01. - 02. Juni 2010

N. Schiller, S. Straach  
**Transparente Barrierefolien für die Verpackung**  
 11. Wörlitzer Workshop »Anforderungen an Schichten auf flexiblen  
 Substraten für Barrierschutz und weitergehende Eigenschaften«  
 Wörlitz, Deutschland  
 09. Juni 2010

J. Fahlteich  
**Vakuumtechnologien zur Herstellung von transparenten  
 Hochbarrierefolien**  
 11. Wörlitzer Workshop »Anforderungen an Schichten auf flexiblen  
 Substraten für Barrierschutz und weitergehende Eigenschaften«  
 Wörlitz, Deutschland  
 09. Juni 2010

W. Schönberger, G. Gerlach, M. Fahland, P. Munzert, U. Schulz  
**Large-area fabrication of stochastic nano-structures on polymer  
 webs by ion-and plasma treatment**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG  
 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

J. Fahlteich, S. Barth, M. Fahland, N. Schiller  
**All-in-vacuum deposited transparent multilayer barriers on  
 polymer substrates**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG  
 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

K. Täschner, H. Bartzsch, P. Frach, E. Schultheiß  
**Scratch resistant optical coatings on polymers by magnetron-  
 PECVD**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG  
 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

M. Vergöhl, H. Althues, P. Frach, D. Glöb, T. Graumann, C. Hübner,  
 F. Neumann, T. Neubert, G. Schottner, D.K. Song  
**Measurement of the photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> films  
 deposited by different methods**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG  
 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

S. Günther  
**Vakuumbeschichtung - Technologie und Produkte**  
 Bayer-Seminar  
 Leverkusen, Deutschland  
 14. Juni 2010

J.-P. Heinß  
**Carbon based wear protective coatings deposited by plasma-  
 assisted high-rate electron beam evaporation**  
 2<sup>nd</sup> International Workshop »Plasma and Electron Beam Technologies  
 for Protective Coatings«  
 Kiev, Ukraine  
 16. - 17. Juni 2010

D. Glöb  
**Reactive pulse magnetron sputter deposition of piezoelectric  
 AlN layers**  
 4<sup>th</sup> International Meeting on Developments in Materials, Processes and  
 Applications of Emerging Technologies, MPA 2010  
 Braga, Portugal  
 28. - 30. Juli 2010

N. Schiller  
**Vakuumbeschichtung von Kunststofffolien**  
 OTTI-Fachforum »Vorbehandeln und Beschichten von  
 Kunststoffoberflächen«  
 Regensburg, Deutschland  
 06. - 07. September 2010

M. Junghähnel, B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte  
**High temperature resistant coatings of transparent and  
 conductive Nb doped Titania (TNO) for solar cell applications**  
 25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
 Valencia, Spanien  
 06. - 10. September 2010

B. Heimke, R. Nyderle, M. Junghähnel, U. Hartung, T. Kopte,  
 M. Junghähnel  
**ITO thin films prepared by synchronal pulsed RF-DC sputtering**  
 25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
 Valencia, Spanien  
 06. - 10. September 2010

K. Täschner, H. Bartzsch, P. Frach  
**Herstellung optischer Misch- und Gradientenschichtsysteme durch  
 reaktives Puls-Magnetron-Sputtern**  
 2. Thüringer Kolloquium »Dünne Schichten in der Optik«  
 Jena, Deutschland  
 07. - 09. September 2010

Chr. Wetzel  
**Low-Level-Laser Wirkung auf Zellen**  
 Symposium – Komplementäre Augenheilkunde  
 Frankfurt, Deutschland  
 11. September 2010

H. Bartzsch, M. Gittner, D. Glöb, P. Frach, E. Schultheiß  
**Reactive pulse magnetron sputter deposition of piezoelectric  
 AlN layers**  
 12<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering  
 PSE 2010  
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
 13. - 17. September 2010

F. Händel, Chr. Metzner, H. Morgner  
**Insulating layers on flexible metallic substrates**  
 pro flex 2010 - Vacuum Roll-to-Roll Processing of flexible Materials  
 Dresden, Deutschland  
 21. - 22. September 2010

M. Fahland, J. Fahlteich, W. Schönberger, A. Schönberger, S. Bunk,  
 N. Schiller  
**Magnetron based PECVD: an innovative high-speed process**  
 pro flex 2010 - Vacuum Roll-to-Roll Processing of flexible Materials  
 Dresden, Deutschland  
 21. - 22. September 2010

F.-H. Rögner  
**Prozesssicherheit bei der Reinigung mit flüssigen Medien -  
 Wunsch und Wirklichkeit**  
 parts2clean  
 Stuttgart, Deutschland  
 12. Oktober 2010

M. Junghähnel, T. Kopte, O. Zywitzki  
**Deposition of transparent conductive TiO<sub>2</sub>:Nb thin films using  
 large area DC and pulsed DC sputtering**  
 3<sup>rd</sup> International Symposium on Transparent Conductive Materials  
 Hersonissos, Crete, Greece  
 17. - 21. Oktober 2010

H. Bartzsch, P. Frach  
**Innovative process equipment and technologies for special  
 coatings in microelectronics**  
 SEMICON Europa  
 Dresden, Deutschland  
 19. - 21. Oktober 2010

S. Günther  
**High adhesion coatings on polymer films for flexible circuit  
 boards**  
 18. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium  
 Dresden, Deutschland  
 21. - 22. Oktober 2010

G. Mattausch, P. Feinäugle, F.-H. Rögner  
**Cold cathode electron beam sources for high-rate PVD and beyond**  
 International Conference on High-Power Electron Beam Technology  
 Reno, Nevada, USA  
 24. - 26. October 2010

C. Lehnert, J. Flinspach, H. Franz, U. Biebricher, B. Scheffel,  
 G. Mattausch, P. Feinäugle, R. Labitzke  
**Refining of silicon by electron beam melting**  
 International Conference on High-Power Electron Beam Technology  
 Reno, Nevada, USA  
 24. - 26. October 2010

M. Merkel, K. Wrobel, T. Unger, M. Zobac, I. Vlcek, L. Dupak,  
 F.-H. Rögner, G. Mattausch, A. Reichmann  
**The electron beam as a tool of both nano science and micro  
 technology: From UHV evaporation to micro electron beam  
 surface modifications**  
 International Conference on High-Power Electron Beam Technology  
 Reno, Nevada, USA  
 24. - 26. October 2010

F. Fischer, U. Hampel, G. Mattausch, F.-H. Rögner  
**Ultra-fast CT X-ray imaging for dynamic process visualization in  
 research**  
 International Conference on High-Power Electron Beam Technology  
 Reno, Nevada, USA  
 24. - 26. October 2010

N. Schiller, J. Fahlteich, M. Fahland, S. Straach, W. Schönberger  
**Vacuum roll-to-roll technologies for transparent barrier coatings**  
 Fraunhofer POLO-Symposium »Functional polymeric surfaces«  
 K 2010  
 Düsseldorf, Deutschland  
 28. Oktober 2010

G. Mattausch, P. Feinäugle, F.-H. Rögner  
**Plasma-based electron beam sources of high-power density for  
 high-rate PVD and thermal processing**  
 2<sup>nd</sup> ITG International Vacuum Electronics Workshop,  
 Physikzentrum Bad Honnef, Deutschland  
 15. - 16. November 2010

Chr. Metzner, B. Scheffel, J.-P. Heinß, H. Morgner, F. Händel  
**New developments for vacuum coating of steel strips**  
 4<sup>th</sup> Baosteel Biennial Academic Conference, BAC 2010  
 Shanghai, China  
 15. - 18. November 2010

Chr. Metzner, J.-P. Heinß, H. Morgner, B. Scheffel  
**PVD coating of metal strips and large metal sheets for photo  
 voltaic application**  
 Seminar Shanghai Center for Photo Voltics  
 Shanghai, China  
 18. November 2010

Chr. Metzner, J.-P. Heinß, H. Morgner, B. Scheffel  
**PVD coating of metal strips and large metal sheets**  
 Seminar Wuhan University of Science and Technology, WUST  
 Wuhan, China  
 19. November 2010

H. Klostermann  
**Coating of components**  
 Workshop »High Rate Plasma and Nanocomposite Coating Technologies«  
 Singapur, Singapur  
 23. November 2010

Chr. Metzner  
**High-rate plasma activated electron beam deposition**  
 Workshop »High Rate Plasma and Nanocomposite Coating Technologies«  
 Singapur, Singapur  
 23. November 2010

F. Fietzke, H. Klostermann, Chr. Gottfried, P. Frach  
**Gepulstes Magnetronspultern mit hoher Leistungsdichte – Versuch einer kritischen Bewertung**  
 EFDS-Workshop »Gepulste hochionisierte Plasmen - von der Grundlage zur Anwendung«  
 Dresden, Deutschland  
 24. November 2010

Chr. Metzner  
**High-rate plasma activated electron beam deposition**  
 Workshop »Awareness in high-rate plasma and nano-composite coating technologies«  
 Technology Parc Malaysia  
 Kuala Lumpur, Malaysia  
 25. November 2010

Chr. Metzner  
**High-rate plasma activated electron beam deposition**  
 Seminar University UiTM Malaysia  
 Kuala Lumpur, Malaysia  
 25. November 2010

Chr. Metzner  
**High-rate plasma activated electron beam deposition for thermal barrier coatings**  
 Workshop MiGHT  
 Kuala Lumpur, Malaysia  
 25. November 2010

Chr. Metzner  
**Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP - Activities for green technologies**  
 Indonesian Renewable Energy Society, IHRES  
 Jakarta, Indonesien  
 30. November 2010

F.-H. Rögner  
**Elektronenstrahlbehandlung von Saatgut**  
 KWS Seminar Mecklenburg-Vorpommern  
 Linstow, Deutschland  
 30. November - 1. Dezember 2010

H. Noack, Chr. Wetzel, J. Schönfelder, R. H. W. Funk  
**In vitro-Tests zur Ermittlung des Dosis-Wirkungsverhaltens beim Einsatz eines Großflächenlasersystems**  
 3. Dresdner Medizintechnik-Symposium  
 Dresden, Deutschland  
 06. - 09. Dezember 2010

#### Veröffentlichungen

P. Frach, D. Glöß, H. Bartsch, K. Täschner, J. Liebig, E. Schultheiß  
**Advanced key technologies for magnetron sputtering and PECVD of inorganic and hybrid transparent coatings**  
 Thin Solid Films, Vol. 518, Nr.11, 2010  
 S. 3105 - 3108

F. Händel, J.-P. Heißen, B. Scheffel, H. Morgner, Chr. Metzner  
**Hochrateätzverfahren für die PVD-Beschichtung**  
 Galvanotechnik, Vol. 3, 2010  
 S. 616 - 618

N. Ozkucur, E. Richter, Chr. Wetzel, R. Funk, T.K. Mensees  
**Biological relevance of ion energy in performance of human endothelial cells on ion-implanted flexible polyurethane surfaces**  
 Journal of Biomedical Materials Research, Part A, Vol. 93, Issue 1, 2010  
 S. 258 - 268

R. Nyderle, M. Fahland, R. Blüthner, J. Fahlteich, S. Bunk  
**Recent developments with magnetron PECVD for industrial applications**  
 53<sup>rd</sup> Annual Technical Conference, SVC 2010  
 S. 49 - 54, Proceedings

R. Nyderle, T. Preußner, B. Heimke  
**Deposition of ZnO thin films by magnetron sputtering of ceramic ZnO targets**  
 53<sup>rd</sup> Annual Technical Conference, SVC 2010  
 S. 26 - 29, Proceedings

F. Rupp, M. Haupt, H. Klostermann, H.-S. Kim, M. Eichler, A. Peetsch, L. Scheideler, C. Doering, C. Oehr, H.P. Wendel, S. Sinn, E. Decker, C. von Ohle, J. Geis-Gerstorfer  
**Multifunctional nature of UV-irradiated nanocrystalline anatase thin films for biomedical applications**  
 Acta Biomaterialia, Vol 6, 2010  
 S. 4566 - 4577

Chr. Wetzel, N. Ozkucur, J. Schönfelder, T. K. Monsees, R.H.W. Funk  
**Improvement of cell-adhesion in the medical-surface boundary layer**  
 European Cells and Materials, Vol. 19, Suppl. 1, 2010  
 S. 15 - 16

W. Schönberger, G. Gerlach, M. Fahland, P. Munzert, U. Schulz  
**Large-area fabrication of stochastic nano-structures on polymer webs by ion-and plasma treatment**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 S. 45 - 48, Proceedings

J. Fahlteich, S. Barth, M. Fahland, N. Schiller  
**All-in-vacuum deposited transparent multilayer barriers on polymer substrates**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 S. 127 - 134, Proceedings

M. Vergöhl, H. Althues, P. Frach, D. Glöß, T. Graumann, C. Hübner, F. Neumann, T. Neubert, G. Schottner, D.K. Song  
**Measurement of the photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> films deposited by different methods**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 S. 219 - 223, Proceedings

K. Täschner, H. Bartsch, P. Frach, E. Schultheiß  
**Scratch resistant optical coatings on polymers by magnetron PECVD**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 S. 237 - 240, Proceedings

B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte, M. Junghähnel, R. Nyderle  
**Synchronal pulsed RF superimposed DC sputtering of aluminium doped zinc oxide (ZnO:Al)**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 S. 253 - 257, Proceedings

M. Junghähnel, B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte, O. Zywitzki  
**Properties of transparent conductive niobium doped titania (TNO) thin film deposited by large Area DC and pulsed DC sputtering**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 S. 259 - 263, Proceedings

P. Frach, H. Bartsch, K. Täschner, J.-S. Liebig, E. Schultheiß  
**Multifunctional optical coatings on polymers deposited by pulse magnetron sputtering and magnetron enhanced PECVD**  
 SVC Bulletin  
 S. 46 - 49, Proceedings

Chr. Wetzel, J. Schönfelder, W. Schwarz, R.H.W. Funk  
**Surface modification of polyurethan and silicone for therapeutic medical technics by means of electron beam**  
 Surface & Coatings Technology, Vol. 205, 2010  
 S. 1618 - 1623

B. Heimke, R. Nyderle, M. Junghähnel, U. Hartung, T. Kopte, M. Junghähnel  
**ITO thin films prepared by synchronal pulsed RF-DC sputtering**  
 25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
 5<sup>th</sup> World Conference on Photovoltaic Energy Conversion  
 S. 3099 - 3102, Proceedings

M. Junghähnel, B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte  
**High temperature resistant coatings of transparent and conductive Nb doped titania (TNO) for solar cell applications**  
 25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
 5<sup>th</sup> World Conference on Photovoltaic Energy Conversion  
 S. 3495 - 3499

M. Fahland  
**Transparente leitfähige Elektroden auf Kunststofffolien - aus Sicht der Forschung**  
 Galvanotechnik, Nr. 6, 2010  
 S. 1402 - 1404

F.-H. Rögner, M. Bilz  
**Problemanalyse bei hohem Restschmutz - Reinigungsfehler systematisch aufspüren**  
 JOT, Journal Oberflächentechnik, Ausgabe Nr.10, 2010  
 S. 2 - 5

F. Fietzke, B. Zimmermann  
**Plasma characterization and technological application of a hollow cathode plasma source with an axial magnetic field**  
 Surface & Coating Technology, Vol. 205, 2010  
 S. 1491 - 1496

T. Unkelbach, T. Fochtman, H. Kubin, Chr. Metzner  
**Process model identification for a plasma enhanced electron beam PVD process**  
 53<sup>rd</sup> Annual Technical Conference, SVC 2010  
 S. 31 - 35, Proceedings

G. Mattausch, P. Feinäugle, F.-H. Rögner  
**Cold cathode electron beam sources for high-rate PVD and beyond**  
 53<sup>rd</sup> Annual Technical Conference, SVC 2010  
 S. 273 - 279, Proceedings

M. Fahland, T. Vogt, A. Schönberger  
**Zinc oxide based transparent electrodes for flexible thin film devices**  
 53<sup>rd</sup> Annual Technical Conference, SVC 2010  
 S. 531 - 534, Proceedings

## Fachposter

F.-H. Rögner, G. Mattausch, P. Feinäugle, F. Winkler  
**Kaltkathoden Elektronenstrahlquellen - eine neue Möglichkeit für preiswerte Schweißwerkzeuge**  
 8. Internationale Konferenz Strahltechnik  
 Halle, Deutschland  
 13. - 14. April 2010

W. Schönberger, G. Gerlach, M. Fahland, P. Munzert, U. Schulz  
**Large-area fabrication of stochastic nano-structures on polymer webs by ion-and plasma treatment**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

J. Fahlteich, S. Barth, M. Fahland, N. Schiller  
**All-in-vacuum deposited transparent multilayer barriers on polymer substrates**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

K. Täschner, H. Bartzsch, P. Frach, E. Schultheiß  
**Scratch resistant optical coatings on polymers by magnetron-PECVD**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte, M. Junghähnel, R. Nyderle  
**Synchrone gepulste RF überlagerte DC Sputterung von aluminium dotiertem Zinkoxid (ZnO:Al)**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

M. Junghähnel, B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte, O. Zywitzki  
**Properties of transparent conductive niobium dotiertem Titan (TNO) thin film deposited by large area DC and pulsed DC sputtering**  
 8<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG 2010  
 Braunschweig, Deutschland  
 13. - 17. Juni 2010

J.-P. Heinß, F. Händel, T. Meyer, R. Würz  
**Deposition of molybdenum contact layers with very high rates**  
 25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
 Valencia, Spanien  
 06. - 10. September 2010

H. Bartzsch, D. Glöb, P. Frach, M. Gittner, P. Pötschick, E. Schultheiß, W. Brode, J. Hartung  
**Sputter deposited Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> films for electrical insulation at high temperatures**  
 12<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering PSE 2010  
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
 13. - 17. September 2010

D. Glöb, H. Bartzsch, K. Täschner, P. Frach, E. Schultheiß  
**New concepts of process control for sputtering and magPECVD of inorganic and hybrid coatings**  
 12<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering PSE 2010  
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
 13. - 17. September 2010

A. Delan, M. Wägner, D. Glöb, P. Frach, A. Karuppasamy, A. Subrahmanyam  
**Gas sensing and photocatalytic properties of pure and doped TiO<sub>2</sub> thin films grown by reactive magnetron sputtering**  
 International Symposium for Research Scholars on Metallurgy Materials Science and Engineering, ISRS 2010  
 IIT Madras, Indien  
 20. - 22. Dezember 2010

## Dissertationen

J. Weber  
**Reaktive Abscheidung von SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>-Schichten durch Puls-Magnetron-Sputtern**  
 Technische Universität Dresden  
 Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik  
 27. Januar 2010

J. Fahlteich  
**Transparente Hochbarriereschichten auf flexiblen Substraten**  
 Technische Universität Chemnitz  
 Fakultät für Naturwissenschaften  
 13. Dezember 2010

## Diplomarbeiten und Masterarbeiten

S. Bunk  
**Untersuchungen zu Methoden zur Verbesserung der Langzeitstabilität beim Magnetron-PECVD Prozess**  
 Technische Hochschule Wildau  
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen  
 Studienrichtung Physikalische Technik  
 14. Januar 2010

S. Barth  
**Charakterisierung dünner Schichten und Schichtsysteme hinsichtlich ihrer mechanischen und Permeationseigenschaften**  
 Technische Universität Dresden  
 Fakultät Maschinenwesen  
 05. Februar 2010

A.-T. Weinert  
**Entwicklung eines Konzeptes für die Verpackung von Produkten vor der Sterilisation mit niederenergetischen Elektronen**  
 Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig  
 Fachbereich Medien  
 07. April 2010

A. Schönberger  
**Untersuchungen zur Kombination des reaktiven Sputterprozesses mit der Plasmapolymersation**  
 Technische Universität Dresden  
 Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik  
 24. April 2010

S. Rißland  
**Herstellung und Charakterisierung transparent leitfähiger ZnO:Al-Schichten auf PET und deren Co-Dotierung mit Indium**  
 Technische Universität Ilmenau  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften, Institut für Physik  
 13. Oktober 2010

C. Brantz  
**Charakterisierung der Permeationseigenschaften von Barrierschichten und wirtschaftliche Betrachtung der Herstellungstechnologie**  
 Technische Universität Dresden  
 Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Betriebliches Rechnungswesen/Controlling  
 04. November 2010

M. Schöne  
**Untersuchung zur Gestaltung und Integration von Hohlkathoden-Plasmaquellen in einem Elektronenstrahlverdampfer**  
 Hochschule Zittau/Görlitz (FH)  
 University of Applied Sciences, Fakultät Maschinenwesen  
 11. November 2010

## Erteilte Schutzrechte

US 7,803,255 B2  
**Device for plasma-activated vapor coating of large surfaces**  
 M. Neumann, S. Straach, M. Krug, N. Schiller

JP 4 452 499 B2  
**Verfahren und Einrichtung zur Herstellung von Schichtsystemen für optische Präzisionselemente**  
 J.-S. Liebig, K. Goedicke, V. Kirchhoff, T. Winkler

JP 4 457 007 B2  
**Einrichtung und Verfahren zum Beschichten von Substraten**  
 H. Bartzsch, P. Frach, V. Kirchhoff, K. Goedicke, T. Winkler, J.-S. Liebig

RU 2 352 683 C2  
**Sputtering method for belt padding of transparent barrier coating from aluminium oxide**  
 N. Schiller, S. Straach, M. Rabisch, M. Fahland, Chr. Charton

JP 4 541 762 B2  
**Katodenerstäubungsverfahren**  
 H. Bartzsch, P. Frach, Chr. Gottfried, K. Goedicke, S. Lange

CN 1961093 B  
**Verfahren zur Herstellung eines Ultrabarriere-Schichtsystems**  
 M. Fahland, Chr. Charton, N. Schiller, S. Straach, M. Krug

DE 10 2004 059 200 B4  
**Vorrichtung und Verfahren zum Kühlen von Substraten**  
 J.-P. Heinß, Chr. Metzner, G. Kühn, M. Tenbusch

DE 10 2006 031 244 B4  
**Vorrichtung zum Verdampfen eines Materials mittels eines Elektronenstrahls und zum Abscheiden des Dampfes auf ein Substrat**  
 G. Mattausch, H. Flaske, J.-S. Liebig, V. Kirchhoff, J.-P. Heinß, L. Klose

RU 2 389 106 C1  
**Vorrichtung und Verfahren zur Eigenschaftsänderung dreidimensionaler Formteile mittels Elektronen sowie Anwendung des Verfahrens**  
 J. Kubusch, O. Röder, G. Mattausch, V. Kirchhoff, R. Bartel

EP 1 997 122 B1  
**Vorrichtung und Verfahren zur Eigenschaftsänderung dreidimensionaler Formteile mittels Elektronen**  
 R. Bartel, U. Gohs, V. Kirchhoff, G. Mattausch, O. Röder, J. Kubusch

CN 101542677 A, Erteilungsbeschluss  
**Vorrichtung zum Behandeln von Substraten**  
 J.-P. Heinß, V. Kirchhoff, L. Klose, B. Scheffel, Chr. Metzner, H. Morgner

EP 2 148 899 B1  
**Transparente Barrierefolie und Verfahren zum Herstellen derselben**  
 M. Fahland, T. Vogt, N. Schiller, J. Fahlteich, W. Schönberger

EP 2 098 674 B1  
**Licht erzeugendes Wandelement**  
 V. Kirchhoff, T. Kopte, J. Kubusch

DE 10 2008 056 968 A1, Erteilungsbeschluss  
**Verfahren zum Abscheiden einer Nanoverbund-Schicht auf einem Substrat mittels chemischer Dampfabscheidung**  
 M. Fahland, T. Vogt, S. Günther, N. Schiller

## INTERNATIONALE VERTRETER INTERNATIONAL REPRESENTATIVES

### Japan

Dr. Koichi Suzuki  
Tokyo, 154-0004, Japan  
510, Spacia Sangenchaya  
Nibankan  
2-14-6, Taishido, Setagaya-ku  
Japan

### India

Umesh Bhagwat  
S.U.N. Media Ventures Pvt. Ltd.  
1, Gnd Floor, Krishna Kunj,  
Ashok Nagar Cross Road No 3,  
Kandivili East, Mumbai 400101  
Republic of India

### China

Oliver Wang  
10C, Block V Neptunus Mansion  
Nanyou Rdd Nanshan District  
Shenzhen 518054  
People's Republic of China

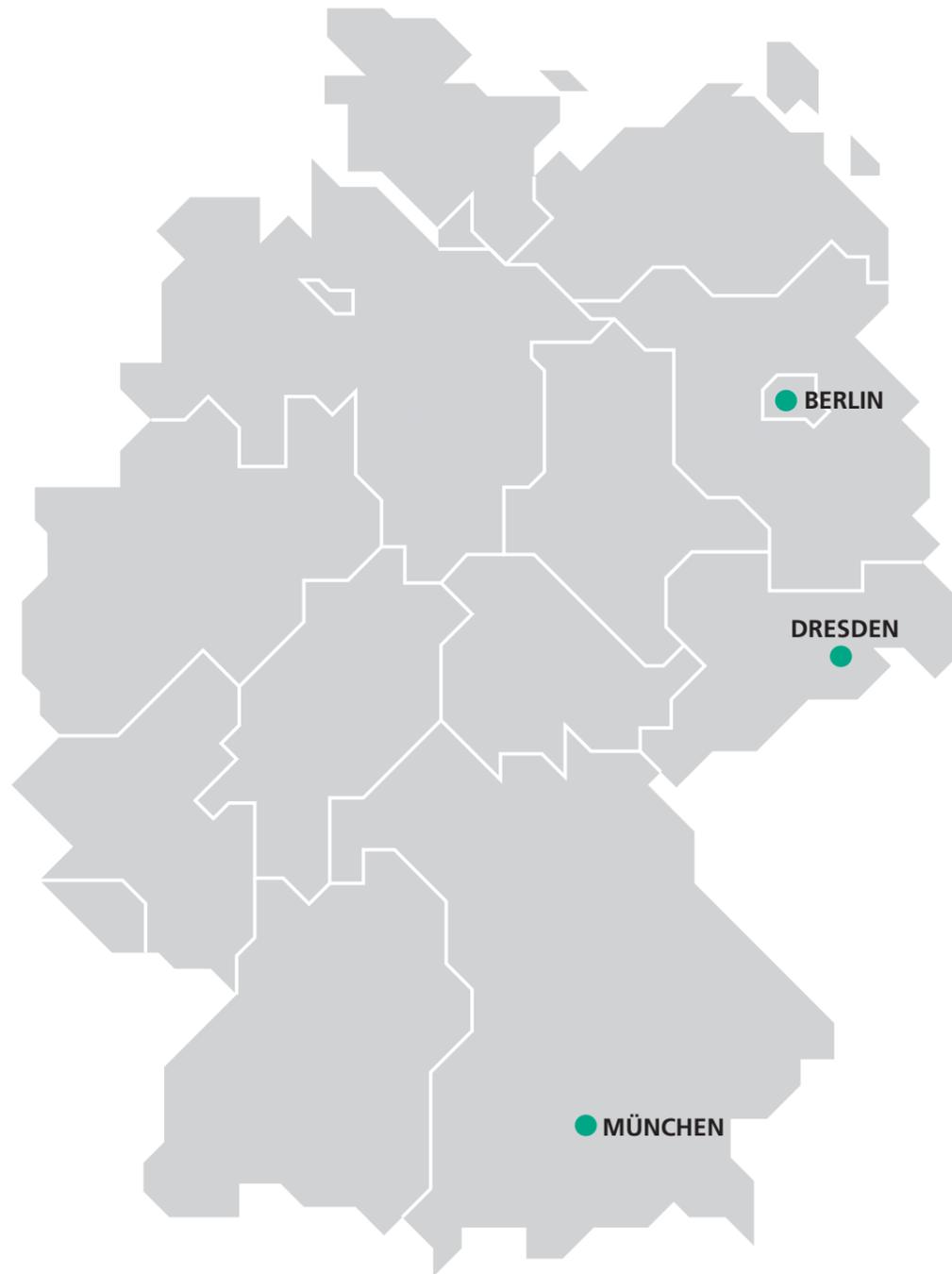
### South Africa

Thomas Schaal  
Esa-Meridian consulting (pty.) Ltd.  
25 Tahiti Close  
7975 Capri Village,  
Fish Hoek / Cape Town  
Republic of South Africa



○ Fraunhofer FEP Representatives

● Fraunhofer Representatives



## ANFAHRT

Fraunhofer-Institut für  
Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP  
Winterbergstraße 28  
01277 Dresden, Deutschland

### Anreise mit dem Auto

- ▶ Autobahn A4 oder A13, Ausfahrt Dresden-Altstadt
- ▶ Bundesstraße B6, Hamburger Straße in Richtung Stadtmitte
- ▶ weiter über die 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 mit der Straßenbahnlinie 10 (Striesen) bis zum Strassburger Platz
- ▶ mit den Linien 1 (Kleinzschachwitz) oder 2 (Prohlis) bis Zwinglistraße
- ▶ 10 Minuten zu Fuß

### Anreise mit dem Flugzeug

- ▶ ab Flughafen Dresden mit dem Taxi etwa 40 Minuten zum Fraunhofer-Institutszentrum auf der Winterbergstraße 28

### GPS Koordinaten

- ▶ N 51° 01.790
- ▶ O 13° 46.890

## HOW TO REACH US

Fraunhofer Institute for  
Electron Beam and Plasma Technology FEP  
Winterbergstrasse 28  
01277 Dresden, Germany

### By car

- ▶ Autobahn A4 or 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 tramline 10 (Striesen) to Strassburger Platz
- ▶ change to tramline 1 (Kleinzschachwitz) or 2 (Prohlis) and exit at Zwinglistrasse
- ▶ walk 10 minutes from there

### By airplane

- ▶ from airport Dresden take a taxi to Winterbergstrasse 28, Fraunhofer-Institutszentrum (approx. 40 minutes)

### GPS coordinates

- ▶ N 51° 01.790
- ▶ E 13° 46.890

## IMPRESSUM

### Kontakt

Fraunhofer-Institut für  
Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP  
Winterbergstraße 28  
01277 Dresden, Deutschland

Telefon +49 351 2586-0  
Fax +49 351 2586-105  
www.fep.fraunhofer.de  
info@fep.fraunhofer.de

### Ansprechpartner

Annett Arnold  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Marketing,  
Unternehmenskommunikation  
Telefon +49 351 2586-452  
annett.arnold@fep.fraunhofer.de

### Redaktion

Prof. Dr. Volker Kirchhoff  
Dr. Marita Mehlstäubl  
Annett Arnold

### Abbildungsnachweis

Rolf Grosser  
Finn Hoyer  
Dr. Heidrun Klostermann  
Dr. Bert Scheffel  
Janek Wieczoreck  
Fraunhofer-Gesellschaft  
Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces  
msp Architekten

### Gestaltung / Satz

Janek Wieczoreck  
Finn Hoyer

### Übersetzung

Stuart Fegan, Großbritannien

### Druck

Starke & Sachse - Offsetdruckerei GmbH  
Großenhain/Sachsen, Deutschland

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Deutschland  
März 2011

## EDITORIAL NOTES

### Contact

Fraunhofer Institute for  
Electron Beam and Plasma Technology FEP  
Winterbergstrasse 28  
01277 Dresden, Germany

Phone +49 351 2586-0  
Fax +49 351 2586-105  
www.fep.fraunhofer.de  
info@fep.fraunhofer.de

### Contact person

Annett Arnold  
Public Relation, Marketing,  
Communication  
Phone +49 351 2586-452  
annett.arnold@fep.fraunhofer.de

### Editorial team

Prof. Dr. Volker Kirchhoff  
Dr. Marita Mehlstäubl  
Mrs. Annett Arnold

### Photo acknowledgments

Mr. Rolf Grosser  
Mr. Finn Hoyer  
Dr. Heidrun Klostermann  
Dr. Bert Scheffel  
Mr. Janek Wieczoreck  
Fraunhofer-Gesellschaft  
Fraunhofer Group for Light & Surfaces  
msp Architekten

### Print layout

Mr. Janek Wieczoreck  
Mr. Finn Hoyer

### Translation

Mr. Stuart Fegan, UK

### Production

Starke & Sachse - Offsetdruckerei GmbH  
Großenhain/Sachsen, Germany

Reproduction of any material is subject to editorial authorization.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Germany  
March 2011