



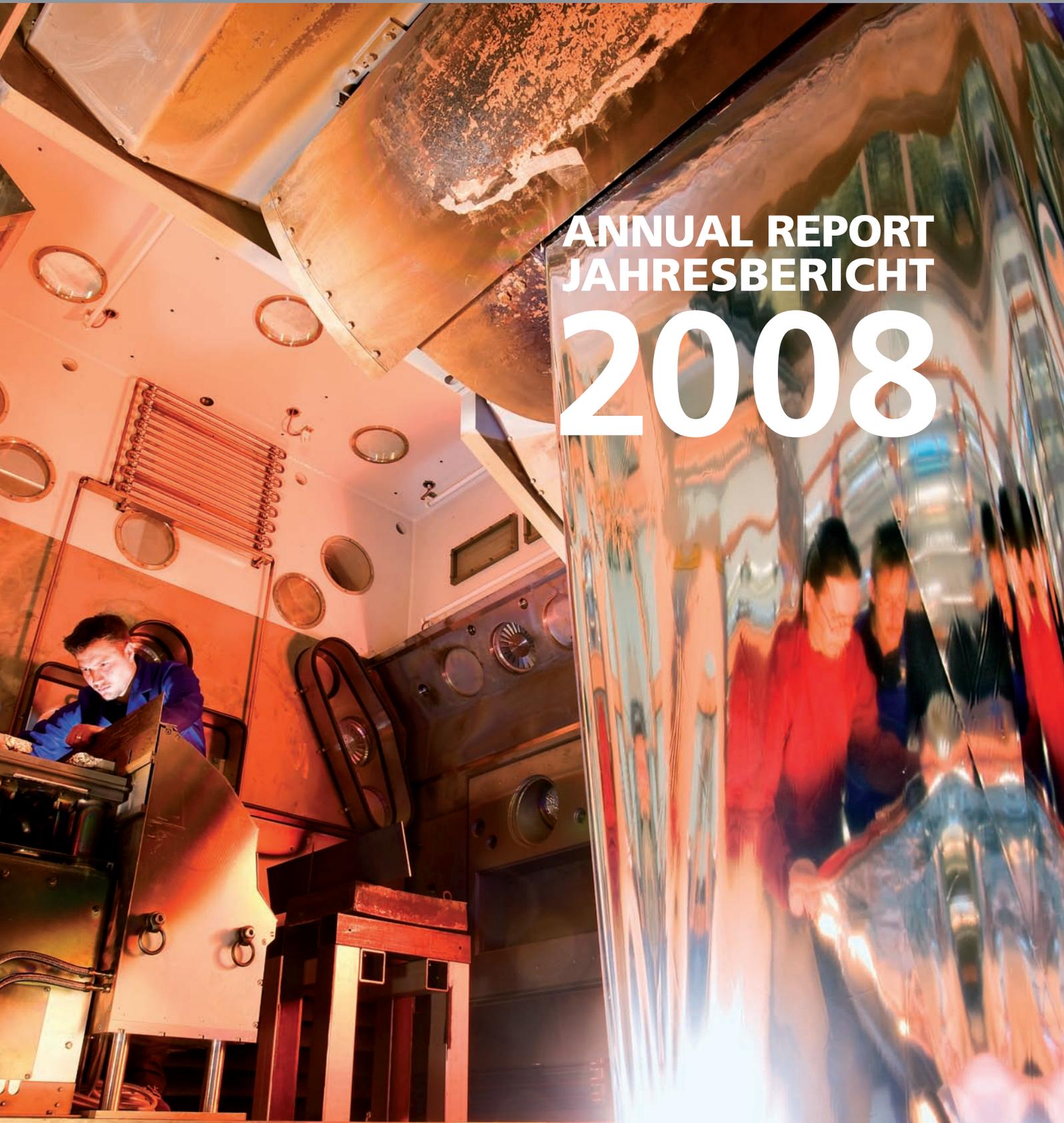
Fraunhofer

FEP

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONENSTRAHL- UND PLASMATECHNIK FEP

**ANNUAL REPORT
JAHRESBERICHT**

2008



Annual Report 2008
Jahresbericht 2008

Fraunhofer-Institut
für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Winterbergstraße 28
01277 Dresden

Telefon +49 351 2586-0
Fax +49 351 2586-105

www.fep.fraunhofer.de
info@fep.fraunhofer.de



Foreword

Dear Sir or Madam,

We hope this 2008 annual report of the Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology will once again give you useful information and a fascinating insight into our work.

The last year was another very successful year from a business perspective. Our workforce of 117 employees had at their disposal a total budget of 11.6 million euros, of which 53% was income from industry. These figures reflect the application-oriented approach of the Fraunhofer FEP which has resulted in an abundance of technology transfer projects. Particularly challenging in this connection were process equipment for a production system for coating plastic films with diffusion barrier systems and a novel 2-wavelength control system for a reactive pulse magnetron sputtering process with rotating magnetic field.

In 2008 we learned that the world's fossil fuel reserves are more limited than previously thought and that there is an ever more urgent need for alternative energy supply concepts. The Fraunhofer FEP, with its

high-area coating technologies, has in the meantime become a key partner for German industry for developing such concepts. In the last business year we demonstrated the suitability of high-rate electron beam technology for depositing amorphous silicon layers of high purity and we successfully employed electron beam processes for remelting and recrystallizing such layers. Last year also marked our entry into the field of fuel cell technology with a project on the deposition of dense solid-electrolyte layers.

Another area of increasing importance for society is medical technology. We are relatively new to this area but are very pleased with the progress that has been made. For example, we have successfully developed an electron beam sterilization system with which microbiologically contaminated liquid waste, that may also contain solid components, can be sterilized. The base technology for sterilizing pharmaceutical packaging was successfully trialed and then released by the user company for large-scale production.



Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir freuen uns sehr, Ihnen den Jahresbericht 2008 des Fraunhofer FEP überreichen zu können, der Ihnen gleichermaßen Anregung und Information bieten soll.

Hinter uns liegt ein wirtschaftlich wieder sehr erfolgreiches Jahr, in dem die jetzt 117 Mitarbeiter des Instituts bei einem Gesamtbudget von 11,6 Mio Euro einen Industrieanteil von 53 Prozent realisieren konnten.

Die sich in diesen Zahlen wiederpiegelnde Industrienähe unseres Instituts resultierte aus einer Fülle von technologischen Überführungsprojekten. Besonders herausfordernde Aufgaben waren in diesem Zusammenhang Prozessausrüstungen, die zur Beschichtung von Kunststofffolien mit Diffusionsbarriere-Systemen dienen sowie eine neuartige 2-Wellenlängen-Regelung für einen reaktiven Puls-Magnetron-Prozess mit rotierendem Magnetfeld.

Wir alle haben 2008 wie nie zuvor erfahren müssen, dass die fossilen Weltenergieserven begrenzt sind und ein immer dringender werdender Bedarf an alternativen Energieversorgungskonzepten besteht. Das Fraunhofer FEP ist mit seinen Großflächen-Beschichtungstechnologien inzwischen ein wichtiger Partner der deutschen Industrie bei der Entwicklung solcher Konzepte. Im abgelaufenen Geschäftsjahr konnten wir die Eignung der Hochrate-Elektronenstrahlbedampfungstechnik zur Abscheidung amorpher Siliziumschichten hoher Reinheit demonstrieren und es gelang, Elektronenstrahlprozesse zum Umschmelzen und Rekristallisieren solcher Schichten einzusetzen. Auch unser Einstieg in den Bereich der Brennstoffzellentechnologie ist durch ein Projekt zur Abscheidung dichter Festkörper-Elektrolytschichten geschafft.

Ein anderes Gebiet mit zunehmender Bedeutung für die Gesellschaft ist die Medizintechnik. Dieser für uns eher junge Bereich entwickelt sich sehr erfreulich. So ist es gelungen, ein Elektronenstrahl-Sterilisierungssystem zu entwickeln, mit dem mikrobiologisch kontaminierte Flüssigabfälle, die auch Festkörperkomponenten enthalten dürfen, entkeimt werden können. Eine Basistechnologie zur Sterilisation pharmazeutischer Verpackungen wurde erprobt und vom Anwender für die Serienproduktion freigegeben.

Wir sind uns bewusst, dass die Wettbewerbsfähigkeit des Instituts nur durch systematische Weiterentwicklung bestehender Technologien in der Vorlauforschung erhalten werden kann. Im Jahr 2008 waren in diesem Sinn wichtige Projekte die Etablierung des Magnetron-PECVD und die erfolgreiche Erstinbetriebnahme einer gasentladungsbasierten Elektronenquelle für hohe Leistung. Weiterhin ist es gelungen, kombinierte Isolations-/Glättungsschichtsysteme für mikrotechnische Anwendungen herzustellen, die die direkte Applikation von Mikrosystemen auf Stahloberflächen erlauben.

Neben diesen technischen Höhepunkten des Jahres gab es selbstverständlich auch wichtige Aktivitäten in anderen Gebieten. Das Qualitätsmanagementsystem des Instituts wurde erfolgreich nach DIN EN ISO 9001:2000 zertifiziert. Dadurch wurde das hohe Niveau unserer Arbeit bestätigt.

Durch Messeauftritte in Europa, Asien und den USA und den Aufbau von Verbindungen nach Indien, Südafrika und Brasilien ist unsere Internationalisierung weiter vorangeschritten.

Vor Ort in Dresden konnten wir durch eine neue Veranstaltungsreihe unserer PR-Abteilung, der »Fraunhofer FEP Lounge«, bei Kunden, Freunden und lokaler Politik punkten. Diese Veranstaltung hat es sich zum Ziel gesetzt, außerhalb des Arbeitsalltags den Dialog zwischen Menschen über fachliche Schranken hinweg zu befördern. Durch professionelle Moderation von allgemeingesellschaftlichen Themen ist es gelungen, dieses Ziel zu erreichen.

Unsere Zusammenarbeit mit Hochschulen wurde weiter ausgebaut. Der Leiter des Bereiches Elektronenstrahl Dr. Christoph Metzner wurde zum Honorarprofessor der HTW Dresden berufen. Weiterhin wurden an der TU Dresden zwei neue Vorlesungen zum Thema »Nanotechnologie« etabliert.

Das abgelaufene Jahr brachte Veränderungen im Managementteam des Instituts und unserer inneren Organisation. Herr Prof. Dr. Bräuer übergab seine Funktion als Institutsleiter des Fraunhofer FEP an

Foreword

We are aware that the competitiveness of the Fraunhofer FEP can only be maintained by systematic further development of technologies which prove promising in preliminary R&D work. In this context, 2008 saw important projects on Magnetron-PECVD and the successful bringing into operation for the first time of a gas discharge based electron source for high power.

We succeeded in manufacturing combined insulating/smoothing layer systems for microtechnological uses which permit the direct application of microsystems on steel surfaces.

In addition to these technical highlights, there were naturally important activities in other areas.

The quality management system of the Fraunhofer FEP was successfully certified in accordance with DIN EN ISO 9001:2000. This confirms the high quality level of our work.

We furthered our internationalization by taking part in trade fairs in Europe, Asia and the USA and developing contacts in India, South Africa and Brazil.

In 2008 our PR department initiated a new series of events in Dresden, the »Fraunhofer FEP Lounge«. The aim is to promote dialogue between people on topics beyond the confines of their specializations, in an environment away from normal working life. With professional presentation of general social topics, the events have proved popular and have been successful.

Our collaboration with technical colleges and universities has been further extended. Dr. Metzner was appointed Honorary Professor at HTW Dresden (University of Applied Sciences, Dresden) and at TU Dresden two new series of lectures on »Nanotechnology« were started.

The past year saw changes to the Fraunhofer FEP management team and our internal organization. Prof. Bräuer handed over his position of Institute Director to Prof. Schultheiß. Following eight years of success in a twin role in the management teams of Fraunhofer IST Braunschweig and Fraunhofer FEP Dresden, he will in the future devote all his energy to his activities in Braunschweig.

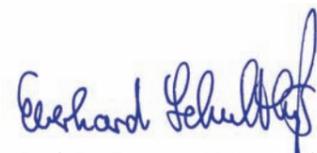
In parallel with these changes, the responsibilities of members of the management team have been reorganized.

In 2009 we plan to further two very promising initiatives. The first is »Solarfabrik 2020«, an initiative, together with Saxon industry, to investigate production technologies for future generations of solar cells and get these technologies industry-ready.

In 2009 we will start constructing a further center, the »NanoHIP Dresden« (Nanoscale and High Precision Coatings Laboratory Dresden), whose purpose will be to develop technologies for producing high-precision layer systems and nanocomposite thin-layer systems.

Looking back on last year, we are aware that an important part of our success is due to our industrial customers, funding organizations, partner R&D establishments and our promoters and sponsors in the political world. We value greatly the trust you put in us. Equally, 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.

Finally, special thanks this year must be extended to Prof. Bräuer, who served the Fraunhofer FEP for eight years and to everybody's advantage, for all his work. |


Prof. Dr. Eberhard Schultheiß


Prof. Dr. Volker Kirchhoff

Vorwort

Herrn Prof. Dr. Schultheiß. Prof. Dr. Bräuer wird sich nach acht Jahren erfolgreichen Einsatzes in einer Doppelfunktion in den Leitungen vom Fraunhofer IST Braunschweig und Fraunhofer FEP Dresden in Zukunft ganz seinen Braunschweiger Aktivitäten widmen. Parallel zu diesen Veränderungen wurden die Zuständigkeiten in der Institutsleitung des Fraunhofer FEP neu geregelt, wie Sie unserem Organigramm entnehmen können.

Für 2009 haben wir uns vorgenommen, zwei besonders vielversprechende Initiativen voranzutreiben. Zum Ersten ist dies die »Solarfabrik 2020«, eine Initiative, in der zusammen mit der sächsischen Industrie Fertigungstechnologien für zukünftige Solarzellengenerationen untersucht und anwendungsreif gemacht werden sollen.

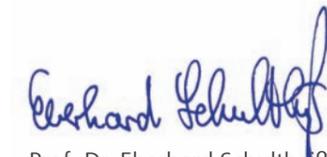
Zweitens werden wir 2009 mit dem Aufbau eines weiteren Zentrums, dem »NanoHIP Dresden« (Nanoscale und High Precision Coatings Laboratory Dresden) beginnen, dessen Aufgabe die Entwicklung von Technologien zur Erzeugung von Hochpräzisions-schichtsystemen und Nanokomposit-Dünnschichtsystemen ist.

Im Rückblick auf das erfolgreiche Jahr sind wir uns bewusst, dass unser Erfolg zu einem wichtigen Teil

unseren Auftraggebern aus der Industrie, unseren Fördermittelgebern, den Partnern in Forschungs- und Entwicklungsinstitutionen und unseren Förderern in der Politik zu verdanken ist. Wir sehen ihr Vertrauen als Teil des Lohns unserer Arbeit.

Genauso ist unser Erfolg das Ergebnis des hohen Einsatzes unserer engagierten und hochqualifizierten Mitarbeiter, denen an dieser Stelle ausdrücklich gedankt sei.

Unser besonderer Dank gilt dieses Jahr Herrn Prof. Dr. Bräuer, der dem Institut für acht Jahre in verantwortlicher Position und zu aller Vorteil zur Verfügung gestanden hat. |


Prof. Dr. Eberhard Schultheiß


Prof. Dr. Volker Kirchhoff



Contents



Foreword <i>Vorwort</i>	2
Contents <i>Inhaltsverzeichnis</i>	6
Our advisory board <i>Unser Kuratorium</i>	8
Profile of the Fraunhofer FEP <i>Fraunhofer FEP im Profil</i>	12
Organizational structure <i>Organisationsstruktur</i>	16
International representatives <i>Internationale Vertreter</i>	16
The institute in figures <i>Das Institut in Zahlen</i>	18
The Fraunhofer-Gesellschaft <i>Die Fraunhofer-Gesellschaft</i>	20
Fraunhofer Group for Surface Technology and Photonics <i>Fraunhofer-Verbund Oberflächentechnik und Photonik</i>	22



Insulating layers for microsystem technology	26
Growing importance of electron beam technology	30
An innovative technology for manufacturing transparent barrier layers for the packaging industry	34
Cold-cathodes electron beam guns for high rate PVD	38
Fiber reinforced plastics – use of natural fibers	40
Deposition of transparent conducting oxides by RF superimposed DC-sputtering	42
Sputter-etching of thick ferromagnetic strips using hollow cathode arc discharge	44
PECVD with the metal strip magnetron	46
Magnetron PECVD-process	48
Hollow cathode arc discharge in an axial magnetic field – a new operating principle for compact, high-performance plasma sources	50
Titanium dioxide – a versatile material for thin film technology	52

Inhaltsverzeichnis



Innovative Fraunhofer Symposium »4 th VaCMeSS 2008« in Dresden	56
Fraunhofer FEP collaboration with the University of Applied Sciences, Dresden	58
Girls' Day 2008 career orientation via new approach	60
The long night of science 2008	60
The Fraunhofer Lounge at the Fraunhofer FEP	62
Certification of the institute in accordance with EN ISO 9001:2000	64
A visitor from India: Prof. Subrahmanyam (IIT Madras) at the TU Dresden Chair	66
International conferences, symposia and fairs	68



Names, dates and events <i>Namen, Daten und Ereignisse</i>	72
Directions <i>Anfahrt</i>	81
Editorial notes <i>Impressum</i>	82

Our advisory board

On the occasion of the 19th committee meeting on 20 May 2008, Mr. Kletschke of the Federal Ministry of Education and Research was welcomed as a new member of the Fraunhofer FEP advisory board by Prof. Dr. Buller and Dr. Engel.

At the same time, Prof. Blau of the Europäische Forschungsgemeinschaft Dünne Schichten (EFDS e. V.) retired after many years on the Fraunhofer FEP advisory board. He represented the field of vacuum-aided and plasma-aided surface and layer technology, in particular promoting collaborative projects with industry.

Mr. Dietrich and Dr. Blessing were also graciously thanked for their many years of service on the advisory board. The enthusiasm, energy, technical competence and constructive criticism of all the departing members of the committee over many years have contributed significantly to the development of the institute.

Our thanks indeed go to all advisory board members for the part they have played in the successful development of the Fraunhofer FEP. |

Dr. Ulrich Engel	Committee Chairman, Miba AG
Prof. Dr. Hans Oechsner	Deputy Committee Chairman, Institute for Surface and Film Analysis at the University of Kaiserslautern, Institute Director
MinR Dr. Reinhard Zimmermann	Saxon State Ministry of Science and Arts (SMWK), Head of Research Department
RegDir. Andreas Kletschke	Federal Ministry of Education and Research, Referee of Section Optical Technology



Unser Kuratorium

Zur 19. Kuratoriumssitzung am 20. Mai 2008 begrüßten Prof. Dr. Buller und Herr Dr. Engel als neues Mitglied des Kuratoriums Herrn RD Kletschke vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Gleichzeitig wurde Herr Prof. Blau von der Europäischen Forschungsgemeinschaft Dünne Schichten (EFDS e. V.) in den Ruhestand verabschiedet. Prof. Blau war langjähriges Mitglied des Kuratoriums. Durch ihn wurde das Feld der vakuum- und plasma-gestützten Oberflächen- und Schichttechnik vertreten, insbesondere die Förderung von Vorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung.

Mit herzlichen Worten wurde den Herren Dietrich und Dr. Blessing zum Abschied für ihre ebenfalls langjährige Tätigkeit gedankt. Alle ausgeschiedenen Kuratoren haben durch ihr Engagement, ihre fachliche Kompetenz und ihre konstruktive Kritik den Werdegang des Instituts über viele Jahre mit geprägt und stets ihre Kraft zum Wohle unserer Einrichtung eingesetzt.

Unser Dank gilt allen Kuratoren, die durch ihr Engagement einen wesentlichen Anteil an der erfolgreichen Entwicklung des Instituts beigetragen haben. |

Dr. Rolf Blessing	Shareholder of BlueTec GmbH & Co. KG
Prof. Dr. Winfried Blau	EFDS Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V., Director
Eckhard Dietrich	Formerly Managing Director of Leybold Systems GmbH
Prof. Dr. Gert Heinrich	Leibniz-Institute of Polymer Research Dresden Head Institute of Polymer Materials
Prof. Dr. Dieter Junkers	Corus Special Strip, Director Technology Head of Research and Development
Dr. Harald Küster	ALANOD Aluminium-Veredelung GmbH & Co. KG
Roland Lacher	Singulus Technologies AG, Board Chairman
Prof. Dr. Gerald Gerlach	Technical University of Dresden, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Institute for Solid-State Electronics, Institute Director
Dr. Heinz Hilgers	Nanofunk, Director
MinR Peter Nothnagel	Saxon State Ministry for Economic Affairs and Employment (SMWA) Head of Section Technology Funding
Dr. Michael Steinhorst	Dortmunder Oberflächenzentrum GmbH, Managing Director
Guest member	
Dr. Hans-Ulrich Wiese	Former Board Member of the Fraunhofer-Gesellschaft



The Institute

Profile of the Fraunhofer FEP	12
Organizational structure	16
International representatives	16
The institute in figures	18
The Fraunhofer-Gesellschaft	20
Fraunhofer Group for Surface Technology and Photonics	22

Das Institut

Fraunhofer FEP im Profil	13
Organisationsstruktur	16
Internationale Vertreter	16
Das Institut in Zahlen	19
Die Fraunhofer-Gesellschaft	21
Fraunhofer-Verbund Oberflächentechnik und Photonik	23

Profile of the Fraunhofer FEP

The Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP in Dresden is one of the 57 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 technologies for industrial applications. In collaboration with proficient partners we are able to provide process and plant technologies to meet the needs of our customers. The Fraunhofer FEP has satisfied customers all over the world.

One of the Fraunhofer FEP's main fields of work is thin film technology. This concerns the coating of sheets, strips and components made of diverse materials with various layers or layer systems. This field serves a diverse, worldwide market. Many items of everyday life have adapted surface properties. Highly efficient plants are producing layers on millions of square meters of plastic films, glass, other synthetic materials and metal. Plastic packaging films are made impermeable by special barrier layers. Metal sheets, which are for example used for facade cladding, are being equipped with corrosion-resistant and decorative layers. Sun protection foils or heat-insulating architectural glass are produced by applying light-filtering layer systems. Furthermore, the applied research work of the Fraunhofer FEP is responsible for special layers used for displays, forgery-proof labels and mirrors in the newly restored Green Vault in Dresden, as well as many other products.

The second main field of work of the Fraunhofer FEP is electron beam technology. Electron beams are being used for the welding and evaporation of metals and for the modification of edge layers. Other applications are the curing of paints and lacquers, the improvement of the properties of plastics, the sterilization of medical devices and germ reduction in seed and grain. Electron beams are used as a precise tool for a broad range of applications. Many of these developments are closely related to the fields of electrical engineering, electronics and microelectronics. Innovative products such as thin film solar cells, sensors, microelectronic components and data media are being produced using technologies developed by the Fraunhofer FEP. For this research we have increased collaboration with

Saxon universities and technical colleges over recent years. The main focus of this team work is the organization of targeted education and training in the technology fields of the Fraunhofer FEP.



As an industry-oriented R&D organization, the objective of the Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP is to provide innovative and customized solutions in the field of thin film and surface technology. These solutions can sometimes be highly sophisticated, comprising for example an optimized layer system and suitable cleaning and pretreatment methods for the substrate. Further services we provide are the development and optimization of coating sources and coating processes, scale-up to a suitable scale depending on the product and integration into suitable plant technology and into existing production process. Economic considerations relating to the process development play a major role. The cost effectiveness of the total system has the highest priority. The development of these optimal solutions requires R&D work on innovative processes involving high density plasma and high performance electron beams.

Fraunhofer FEP im Profil

Das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP Dresden ist eines von 57 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 Technologien entwickelt, erprobt und bis zur Anwendungsreife in der Industrie vorangetrieben. Gemeinsam mit kompetenten Partnern werden dabei Verfahren und zugehörige Anlagentechnik entsprechend den aktuellen Fragestellungen für den Kunden bereitgestellt. Damit ist das Fraunhofer FEP ein Partner für zufriedene Auftraggeber aus aller Welt.

Ein wichtiges Hauptarbeitsgebiet des Fraunhofer FEP ist die Dünnschichttechnologie. Dazu gehört die Beschichtung von Platten, Bändern und Bauteilen aus unterschiedlichen Materialien mit verschiedenen Schichten oder Schichtsystemen. Dafür gibt es einen breiten weltweiten Markt. Viele Gegenstände unseres täglichen Lebens sind heute ohne angepasste Oberflächeneigenschaften nicht mehr vorstellbar. Hochproduktive Maschinen beschichten Millionen von Quadratmetern Folie, Glas, Kunststoff oder Metall. Verpackungsfolien werden erst durch spezielle Barrierschichten aromadicht. Bleche, z. B. für Fassadenverkleidungen, werden mit korrosionsbeständigen und dekorativen Schichten ausgestattet. Sonnenschutzfolien oder wärmedämmendes Architekturglas entstehen durch Aufbringen von lichtfilternden Mehrschichtsystemen. Darüber hinaus sind Spezialbeschichten für Displays, fälschungssichere Etiketten oder Spiegel für das neu entstandene Dresdner Grüne Gewölbe neben vielen anderen Produkten Ergebnisse einer anwendungsbezogenen Forschungsarbeit des Fraunhofer FEP.

Ein zweites Arbeitsfeld des Fraunhofer FEP ist die Elektronenstrahltechnologie. 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 in einem großen Leistungsbereich als präzises Werkzeug eingesetzt. Viele dieser Entwicklungen stehen in enger Verbindung zu den Bereichen Elektrotechnik, Elektronik und Mikroelektronik. Innovative Produkte

wie z. B. Dünnschichtsolarzellen, Sensoren, mikroelektronische Bauelemente oder Datenträger werden vielfach mit Technologien aus dem Fraunhofer FEP hergestellt. Für derartige Forschungsaktivitäten ist in den letzten Jahren insbesondere die Kooperation mit sächsischen Hoch- und Fachschulen gewachsen. Der Schwerpunkt dieser Zusammenarbeit ist die Organisation einer zielgerichteten Aus- und Weiterbildung auf den Gebieten der im Fraunhofer FEP bearbeiteten Technologien.

Als industrienahes FuE-Dienstleistungszentrum hat sich das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik zur Aufgabe gestellt, seinen Kunden innovative und maßgeschneiderte Problemlösungen auf dem Gebiet der Schicht- und Oberflächentechnik anzubieten. Solche Problemlösungen sind mitunter sehr komplex, sie beinhalten z. B. neben der Auswahl eines funktionsoptimierten Schichtsystems unter anderem die Erarbeitung von geeigneten Reinigungs- und Vorbehandlungsmethoden für das Substrat. Weitere Leistungen sind die Entwicklung und Optimierung von Beschichtungsquelle und Beschichtungsprozess, deren Aufskalierung auf einen industriellen an das Produkt angepassten Maßstab sowie die Integration in eine geeignete Anlagentechnik und in bestehende Fertigungsverfahren. Dabei spielt die Wirtschaftlichkeit der entwickelten Prozesse eine herausragende Rolle. Die Kostenminimierung des Gesamtsystems steht an oberster Stelle. Zur Erarbeitung derartiger Lösungen erforscht und entwickelt das Institut unter Nutzung von dichten Plasmen und Elektronenstrahlen hoher Leistung immer wieder neue innovative Verfahren.

Entsprechend dem Querschnitts- und Schlüsselcharakter der Schicht- und Oberflächentechnik adressiert das Fraunhofer FEP mit seinen Arbeiten einen breiten Kundenkreis. Wichtigste Märkte sind die Branchen Bau, Verkehr, Information, Maschinenbau, Pharmazie, Medizin und erneuerbare Energien.

Profile of the Fraunhofer FEP

Due to the cross-sector and key nature of thin film and surface technology, the work of the Fraunhofer FEP is of interest to a wide range of customers. The most important branches are the building industry, transport sector, information technology, plant construction, pharmaceuticals, medicine and renewable energies.

Business units and core competence

The Fraunhofer FEP comprises six business units:

- ▶ Coating of flat substrates with optical layers and layer systems
- ▶ Coating of flexible products
- ▶ Coating of sheets and metal strips
- ▶ Surface modification and treatment with electron beams
- ▶ Coating of machine parts and tools
- ▶ Coating of optic, electronic and magnetic components

In order to carry out their work, the business units require competence in three core areas:

- ▶ Electron beam technology
- ▶ Pulse magnetron sputtering
- ▶ Plasma activated high rate deposition

These technologies are used within the six business units.

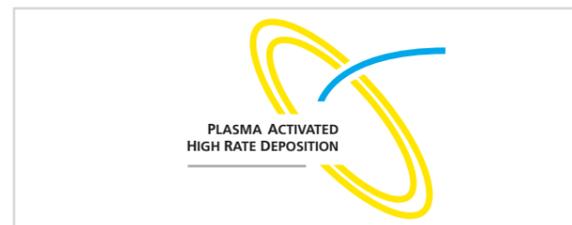
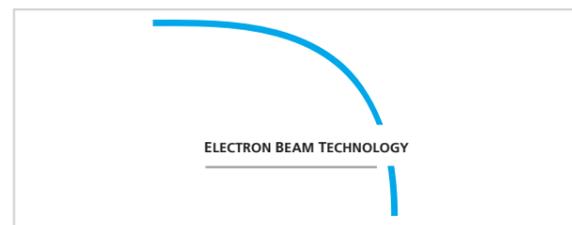
The Fraunhofer FEP is increasingly offering new technologies to customers as »technology packages«, comprising the development and production of innovative key components for coating technology along with the relevant process technology.

At the end of 2008 the institute had 117 employees (60 scientists of whom 7 were doctoral students, 44 technical staff, 8 administrative/secretarial staff and 5 trainees). In addition, 85 student assistants were employed in 2008.

The Fraunhofer FEP currently has 7000 m² of laboratory area at two sites (Dresden and Helmsdorf). The equipment includes numerous industry-relevant plants for coating plastic films, glass substrates, plastic sheets, metal strips, metal sheets and components using plasma activated high rate deposition and pulse magnetron sputtering. Three further plants are used for welding, curing and surface

treatment with electron beams. In addition, the institute has many laboratory plants and a variety of analytical equipment for the characterization of surfaces and layers.

As such, the Fraunhofer FEP is in an ideal position to develop innovative solutions for its customers. |



Fraunhofer FEP im Profil

Geschäftsfelder und Kernkompetenzen

Das Fraunhofer FEP ist zurzeit in folgenden Geschäftsfeldern tätig:

- ▶ Beschichtung von Flachsubstraten mit optischen Schichten und Schichtsystemen
- ▶ Beschichtung von flexiblen Produkten
- ▶ Beschichtung von Platten und metallischen Bändern
- ▶ Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit dem Elektronenstrahl
- ▶ Beschichtung von Bauteilen und Werkzeugen
- ▶ Beschichtung von optischen, elektronischen und magnetischen Komponenten

Zur Bearbeitung werden geschäftsfeldübergreifend die drei Kernkompetenzen des Institutes genutzt:

- ▶ Elektronenstrahltechnologie
- ▶ Puls-Magnetron-Sputtern
- ▶ Plasma-aktivierte Hochratebedampfung

Als einen wesentlichen Bestandteil neuer Technologien sieht das Fraunhofer FEP die Entwicklung und Fertigung innovativer Schlüsselkomponenten für die Beschichtungstechnik, die dem Kunden zusammen

mit einer entsprechenden Prozesstechnologie als sogenannte »Technologiepakete« angeboten werden.

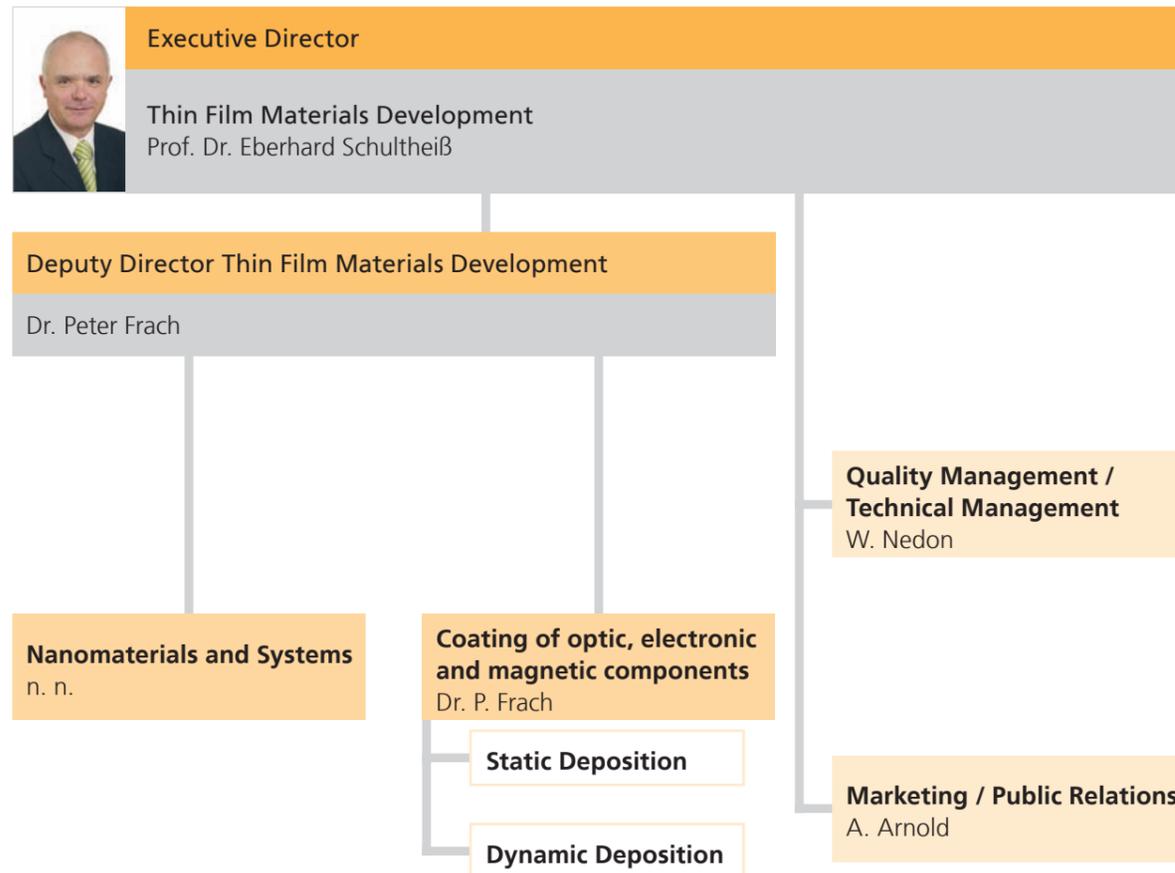
Zum Jahresende 2008 beschäftigte das Institut 117 Mitarbeiter (60 Wissenschaftler davon 7 Doktranden, 44 Technisches Personal und 8 Verwaltung / Sekretariat sowie 5 AZUBI). Zusätzlich waren im Berichtszeitraum 85 wissenschaftliche Hilfskräfte im Institut tätig.

Das Institut verfügt derzeit über 7000 m² Laborfläche an zwei Standorten (Dresden und Helmsdorf). Zur Ausstattung gehören u. a. zahlreiche industriennahe Anlagen zum Beschichten von Plastikfolien, Glassubstraten, Kunststoffplatten, Metallbändern, Metallplatten sowie von Bauteilen mittels plasma-aktivierter Bedampfung und Puls-Magnetron-Sputtern. Weitere Anlagen dienen zum Schweißen, Härten und zur Oberflächenbehandlung mittels Elektronenstrahlen. Des Weiteren stehen dem Institut zahlreiche Laboranlagen und Ausrüstungen zur Charakterisierung von Oberflächen zur Verfügung.

Somit verfügt das Fraunhofer FEP über die idealen Voraussetzungen, um Innovationen für die Zukunft seiner Kunden nutzbar zu machen. |



Organizational structure Organisationsstruktur



International representatives Internationale Vertreter

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

koich10@attglobal.net

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
India

umesh.bhagwat@gmail.com

Taiwan
Dr. David G. Jeng, Ph. D.
19F-4, No. 81, Sec. 1, Sintai 5th Rd.,
Sijjih City, Taipei County 221,
Taiwan

nouvelle_jeng@mail2000.com.tw

China
Oliver Wang
10C, Block V Neptunus Mansion
Nanyou Rdd Nanshan District
Shenzhen 518054
China

oliver.wang@vacprotek.com

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

thomas.schaal@esa-meridian.com

Funding

Successful acquisition of research contracts with industry meant that our ambitious target for industrial funding was exceeded in 2008. The relatively small hardware content of these projects compared to recent years resulted in a smaller overall budget. The continuation of research projects started in 2007, which are being funded by the federal government and Länder and are being carried out in collaboration with medium-sized companies, meant that the record funding acquisition in 2007 could not be matched.

External funding (in millions of euros) in the report year was split as follows:

- ▶ Income from industry (contract research with industry) 5.5
- ▶ Public funding (contract research funded by the federal government) 1.3
- ▶ Public funding* (contract research funded by the Länder) 0.1
- ▶ Other funding 0.5

*As we transferred one of our projects to the Fraunhofer headquarter, our public income (contract research funded by the federal government and Länder) was decreased by 1.2 millions of euros.

Total expenditure in 2008 amounted to 11.6 million euros. With external funding of 7.4 million euros, this meant that self-funding amounted to 71%. Staff costs amounted to 6.5 million euros, representing 56% of the total expenditure. Material costs amounted to 3.9 million euros. In the report year 1.2 million euros were spent on equipment and infrastructure (0.6 million euros of which was strategic investment) in order to carry out the research projects.

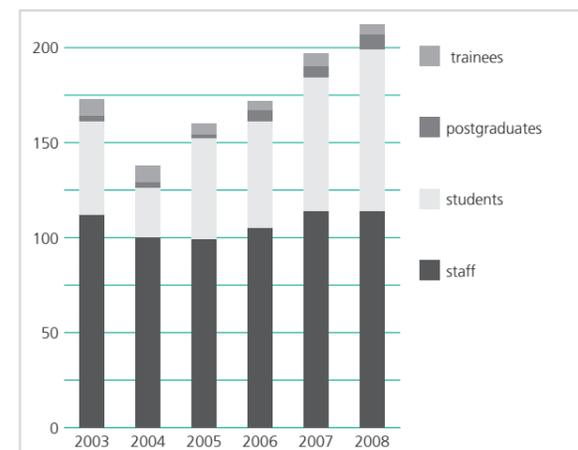
Workforce

At the end of the report year the Fraunhofer FEP had a total of 117 employees. The rise in employee numbers, started two years ago, was hence continued in 2008. The percentage of females amounted to 19%. As in previous years, we strived to employ highly motivated scientists who are able to undertake Ph. D. work within the scope of the research and project activities of the Fraunhofer FEP.

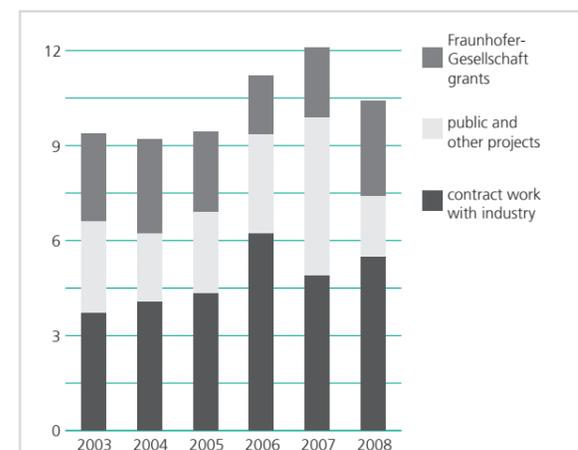
With regards to the training of young technical staff, we once again in 2008 used our own technician training program to attract new employees in this area.

In the reporting period there were 3 physics laboratory technicians, 1 metal-working mechanic and 1 industrial mechanic in the process of being trained. We would like to extend thanks to all employees and organizations involved in the training our young trainees.

We are able to proudly report that Ms. Nicole Herzig (BA in Business Science, with industry as specialization) and Mr. Ronny Steidl (BA in Informatics, with media production as specialization) have successfully completed their courses. Both have already started their new tasks in respectively the Administration Department and the Information Technology work group. This was the first time the Fraunhofer FEP has been the practical partner for Berufsakademie Dresden in these successful joint training courses.



Fraunhofer FEP Workforce



Expenditure and income / in million €

Ertragsentwicklung

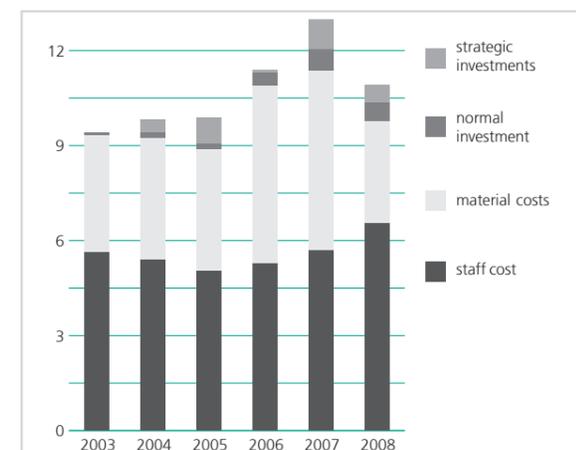
Insbesondere durch die Akquisitionserfolge im Bereich der Auftragsforschung mit der Wirtschaft konnten die ehrgeizigen Vorgaben für die Wirtschaftserträge im Berichtsjahr überboten werden. Der mit Blick auf die letzten Jahre vergleichsweise geringere Hardwareanteil in diesen Projekten führte dabei zu einer Reduzierung des Betriebshaushalts. Durch die im Wesentlichen konsequente Weiterführung der im Jahr 2007 begonnenen Projekte im Bereich der Vertragsforschung aus Bund und Ländern, gemeinsam mit mittelständischen Unternehmen, konnte jedoch die Rekordmarke von 2007 für öffentliche Erträge nicht erreicht werden.

Die im Berichtsjahr erzielten Erträge gliedern sich wie folgt auf:

- ▶ Wirtschaftserträge (Auftragsforschung mit der Wirtschaft) 5,5 Mio €
- ▶ Öffentliche Erträge (Vertragsforschung aus Bund) 1,3 Mio €
- ▶ Öffentliche Erträge* (Vertragsforschung aus Länder) 0,1 Mio €
- ▶ Sonstige Erträge 0,5 Mio €

*Die Übertragung eines Projektes an die Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft minderte den öffentlichen Ertrag (Vertragsforschung aus Länder) um 1,2 Mio €

Der Gesamtaufwand betrug im Berichtszeitraum 11,6 Mio €. Durch die erzielten 7,4 Mio € externe Erträge betrug die Eigenfinanzierungsquote des Instituts 71%. Der Anteil der Personalaufwendungen belief sich auf 6,5 Mio €, dies sind 56% des gesamten Aufwands. Der Sachaufwand betrug 3,9 Mio €. Im Berichtszeitraum wurden 1,2 Mio €, davon 0,6 Mio € als strategische Investitionen in Gerätetechnik und Infra-



Investments and costs / in million €

struktur investiert, die für die Realisierung der akquirierten Forschungsvorhaben notwendig waren.

Mitarbeiterentwicklung

Am Ende des Berichtsjahres waren insgesamt 117 Mitarbeiter im Institut tätig. Der vor 2 Jahren eingeschlagene Wachstumskurs konnte damit weitergeführt werden. Der Frauenanteil betrug 19%. Wie schon in den vergangenen Jahren galt auch 2008 der Gewinnung von hochmotivierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unser Hauptaugenmerk, die im Rahmen der Forschungs- und Projektarbeiten des Instituts ihre Promotion erfolgreich verwirklichen.

Im Bereich des technischen Nachwuchses setzten wir auch im Jahr 2008 auf die gezielte eigene Lehrausbildung als wichtigste Quelle für die Akquisition von neuen Mitarbeitern in diesem Bereich. So befanden sich im Berichtszeitraum 3 Physikleboranten, 1 Zerspanungsmechaniker und 1 Industriemechaniker in der Ausbildung. Allen an der Ausbildung unserer Azubis beteiligten Mitarbeitern und Einrichtungen gilt unser Dank für die dafür erbrachten Leistungen.



Mit Stolz erfüllt uns der erfolgreiche Abschluss des Studiums von Frau Nicole Herzig zur Diplom-Betriebswirtin (BA) in der Studienrichtung Industrie und von Herrn Ronny Steidl als Diplom-Informatiker (BA) in der Studienrichtung Medienproduktion. Beide haben bereits im Fraunhofer FEP ihre neuen Aufgabengebiete in der Verwaltung bzw. in der Arbeitsgruppe Informationstechnologie übernommen. Erstmals war unser Institut dabei der Praxispartner der Berufsakademie Dresden in diesen erfolgreich praktizierten dualen Ausbildungsverhältnissen.

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 57 Fraunhofer Institutes. The majority of the 15,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of €1.4 billion. Of this sum, more than €1.2 billion is generated through contract research. Two thirds of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Only one third 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.

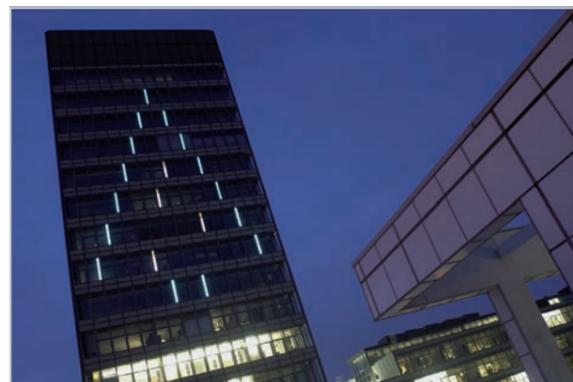
Affiliated research centers and representative offices in Europe, the USA and Asia provide contact with the regions of greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

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. |



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 57 Institute. 15 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,4 Milliarden Euro. Davon fallen 1,2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Nur ein Drittel wird 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.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien 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. Für Studentinnen und Studenten 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 Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787-1826), der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich war. |



Fraunhofer
60 Jahre im Auftrag der Zukunft.



Surface technology and photonics are two of the core competences of the Fraunhofer-Gesellschaft. The former is of essential importance in the manufacture of optical and optoelectronic components and products. The latter, and laser technology in general, is becoming increasingly common in production processes and metrology in connection with surface engineering. They are both key technologies, being employed to a growing extent in a variety of applications, including production systems, optical sensors, information and communication technology, and biomedical engineering.

In order to coordinate the targeted application of their competence and define joint strategy plans, six Fraunhofer Institutes employing a total of around 1000 staff and working with a budget of 75 million euros have joined forces in the Fraunhofer Surface Technology and Photonics Alliance (VOP). The core competences of the alliance lie in the development of thin-film systems and coating processes for a wide variety of applications, surface functionalization, the development of laser sources and micro-optical and precision-engineered systems, materials processing and optical metrology.

In the immediate future, the alliance intends to focus its research activities on the advanced development of innovative laser sources such as fiber lasers and to nurture the industrial deployment of terahertz technologies.

The alliance comprises the Fraunhofer Institutes for

- ▶ Applied Optics and Precision Engineering IOF (Jena)
- ▶ Electron Beam and Plasma Technology FEP (Dresden)
- ▶ Laser Technology ILT (Aachen)
- ▶ Material and Beam Technology IWS (Dresden)
- ▶ Physical Measurement Techniques IPM (Freiburg)
- ▶ Surface Engineering and Thin Films IST (Braunschweig)

Central office:

Dr. techn. Dipl.-Ing. Udo Klotzbach

Phone +49 351 25 83-252
 Fax +49 351 25 83-300
 udo.klotzbach@iws.fraunhofer.de

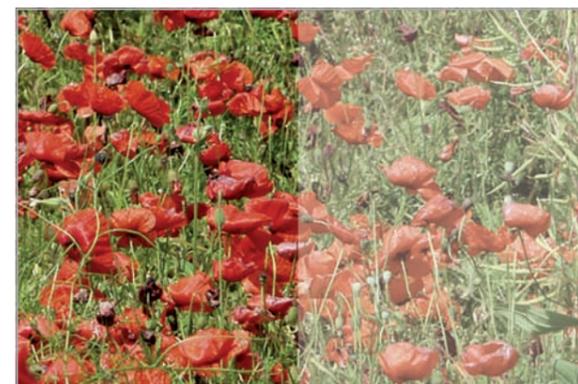
Fraunhofer Group for Surface Technology and Photonics
 Winterbergstrasse 28
 01277 Dresden
 www.vop.fraunhofer.de

Chairman of the alliance:

Prof. Dr.-Ing. habil. Eckhard Beyer

Phone +49 351 25 83-324
 Fax +49 351 25 83-300
 eckhard.beyer@iws.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS
 Winterbergstrasse 28
 01277 Dresden
 www.iws.fraunhofer.de



Glass with antireflective (AR) coating (left) and without (right)

Oberflächentechnik und Photonik stellen zwei Kernkompetenzen der Fraunhofer-Gesellschaft dar. Hervorzuheben sind zum einen die Bedeutung der Oberflächentechnik für die Herstellung optischer sowie optoelektronischer Komponenten und Produkte und zum anderen die zunehmende Bedeutung der Lasertechnik für oberflächentechnische Produktions- und Messverfahren. Beides sind Schlüsseltechnologien, die mit wachsendem technologischen Fortschritt in einer Vielzahl von Anwendungen, wie der Fertigungstechnik, der optischen Sensorik, der IuK-Technik und im Bereich der Biomedizintechnik eingesetzt werden.

Um ihre Kompetenzen abgestimmt einzusetzen sowie strategische Entwicklungen zu koordinieren, haben sich sechs Fraunhofer-Institute mit rund 1000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem Budget von 75 Millionen Euro zum Verbund Oberflächentechnik und Photonik zusammengeschlossen. Die Kernkompetenzen des Verbunds bestehen in der Entwicklung von Schichtsystemen und Beschichtungsprozessen für verschiedenste Anwendungen, in der Funktionalisierung von Oberflächen, in der Entwicklung von Strahlquellen sowie von mikrooptischen und präzisionsmechanischen Systemen, in der Materialbearbeitung sowie in der optischen Messtechnik. Schwerpunkte der zukünftigen Forschungsaktivitäten des Verbundes werden die Weiterentwicklung von innovativen Laserquellen wie z. B. Faserlaser und die erfolgreiche industrielle Verwertung der Terahertztechnologien sein.

Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- ▶ Angewandte Optik und Feinmechanik IOF (Jena)
- ▶ Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP (Dresden)
- ▶ Lasertechnik ILT (Aachen)
- ▶ Werkstoff- und Strahltechnik IWS (Dresden)
- ▶ Physikalische Messtechnik IPM (Freiburg)
- ▶ Schicht- und Oberflächentechnik IST (Braunschweig)



Clear vista with photocatalytic layers



Research News

Insulating layers for microsystem technology	26
Growing importance of electron beam technology	30
An innovative technology for manufacturing transparent barrier layers for the packaging industry	34
Cold-cathodes electron beam guns for high rate PVD	38
Fiber reinforced plastics – use of natural fibers	40
Deposition of transparent conducting oxides by RF superimposed DC-sputtering	42
Sputter-etching of thick ferromagnetic strips using hollow cathode arc discharge	44
PECVD with the metal strip magnetron	46
Magnetron PECVD-process	48
Hollow cathode arc discharge in an axial magnetic field – a new operating principle for compact, high-performance plasma sources	50
Titanium dioxide – a versatile material for thin film technology	52

Aus der Forschung

Isolationsschichten für die Mikrosystemtechnik	27
Der Elektronenstrahl im Aufwind	31
Eine innovative Technologie zur Herstellung von transparenten Barrierschichten für die Verpackungsindustrie	35
Kaltkathoden-Elektronenstrahler für die Hochrate-PVD	39
Faserverstärkte Kunststoffe – Einsatz von Naturfasern	41
Abscheidung von transparenten leitfähigen Oxiden durch RF überlagertes DC-Sputtern	43
Sputterätzen dicker ferromagnetischer Bänder mit Hohlkathodenbogenentladung	45
PECVD mit dem Metallbandmagnetron	47
Magnetron PECVD-Prozess	49
Hohlkathoden-Bogenentladung im axialen Magnetfeld – ein neues Wirkprinzip für kompakte Hochleistungs-Plasmaquellen	51
Titandioxid – Ein Material mit vielfältigen Anwendungen in der Dünnschichttechnik	53



Dr. Hagen Bartzsch

Thin layers having high insulation resistance are required for many applications in electronics, sensor technology and photovoltaic technology. Examples include gate oxide layers in microelectronics (which are only a few nanometers thick), insulating layers in sensor applications (where voltage sustaining capabilities up to 1000 V and sometimes above may be required) and insulator layers in photovoltaic technology (where the requirements on the electric strength is less but often a breakdown-free layer on very large surfaces has to be guaranteed). In microsystem technology, not only are high breakdown field strength, high insulation resistance and high area yield demanded but also other properties are required including: resistance to high temperatures or aggressive media, adequate mechanical strength, a guarantee of good permeation barriers, good adaptation of the coefficient of expansion to the substrate, electric strength in contact with electrolytes and the stability of the layers in downstream process steps such as laser trimming and wet chemical etching processes. The coating costs must also be reasonable compared with the value of the end product, meaning that there is often also a need for high coating rates.

Deposition of Al₂O₃, SiO₂ and Si₃N₄ layers

The deposition of Al₂O₃, SiO₂ and Si₃N₄ insulating layers was carried out by stationary coating in a cluster-type sputter plant using the Double Ring Magnetron DRM 400 developed at the Fraunhofer FEP [1].

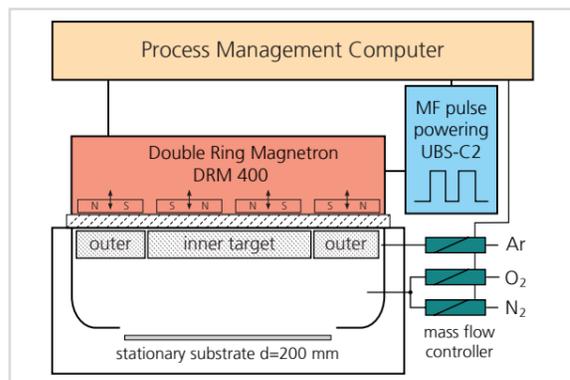


Fig. 1: Pulse magnetron sputtering using the Double Ring Magnetron

This magnetron allows the deposition of homogeneous layers on substrates of diameter up to 200 mm by superimposing the layer thickness distributions of two concentric discharges (figure 1). The layer deposition is achieved by reactive sputtering. This involves sputtering from a metal target (e. g. Al), and introducing a reactive gas (e. g. O₂) to form a layer on the substrate, in our case Al₂O₃. The energy feed in the pulse mode (50 kHz) using the UBS-C2 pulse unit developed at the Fraunhofer FEP guarantees the long-term stability of the reactive sputtering process. A high coating rate is achieved by suitable control of the flow of reactive gas.

Insulation properties at RT and 400°C

The electrical resistivity and the breakdown field strength were measured on Si-wafers using electrodes having an area of 12.5 mm². The resistivity was determined from the current at a DC voltage of 400 V and the breakdown field strength was determined on exceeding a current density of 0.1 μA/cm². Table 1 shows the measured values for the Al₂O₃, SiO₂ and Si₃N₄ layers for a layer thickness of ca. 1 μm.

material	deposition rate [nm/min]	DC-resistivity [Ω x cm]	breakdown field strength [MV/cm]
Al ₂ O ₃	150	2.3 x 10 ¹⁶	6.2
SiO ₂	200	6.3 x 10 ¹⁶	5.6
Si ₃ N ₄	80	5.2 x 10 ¹³	2.4

Tab. 1: Insulating properties of Al₂O₃, SiO₂ and Si₃N₄ films, measurements were performed on Si wafers using an electrode area of 12 mm² on 1 μm thick films

Al₂O₃ and SiO₂ layers proved to be excellent insulating layers with breakdown field strengths of 5 ... 7 MV/cm. These correspond to typical literature values for good insulating layers (see [3] and [4]), which were mostly measured on much smaller electrode areas (between 0.01 and 0.5 mm²). Si₃N₄ layers are also good insulators. Their use in insulating layer systems can be advantageous due to their very good permeation barriers. This is particularly interesting due to the fact that SiO₂ layers can subsequently be deposited using a single processing station by simply switching over the reactive gas.

Figure 2 displays the yield of single layers and a layer system consisting of Al₂O₃, Si₃N₄ and SiO₂ measured at

Für zahlreiche Anwendungen in den Bereichen Elektronik, Sensortechnik und Photovoltaik werden dünne Schichten mit einem hohen Isolationswiderstand benötigt. Beispiele reichen von Gateoxid-Schichten in der Mikroelektronik, die nur wenige Nanometer dick sind, über Isolationsschichten in Sensoranwendungen, wo Spannungsfestigkeiten bis zu 1000 V, in Sonderfällen auch darüber, gefordert sein können, bis hin zu Isolatorschichten in der Photovoltaik, bei denen die Anforderungen an die Spannungsfestigkeit zwar geringer sind, aber vielfach eine durchschlagsfreie Schicht auf sehr großen Flächen zu gewährleisten ist. In der Mikrosystemtechnik werden häufig neben einer hohen Durchbruchfeldstärke, einem hohen Isolationswiderstand und einer hohen Flächenausbeute weitere Eigenschaften gefordert, wie die Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen oder gegenüber aggressiven Medien, eine ausreichende mechanische Belastbarkeit, die Gewährleistung einer guten Permeationsbarriere, eine gute Anpassung der Ausdehnungskoeffizienten an das Substrat, eine Spannungsfestigkeit auch im Elektrolytkontakt oder die Beständigkeit der Schicht in nachgelagerten Prozessschritten wie beim Laserabgleich oder in nasschemischen Ätzprozessen. Schließlich müssen auch die Beschichtungskosten in einem angemessenen Verhältnis zum Wert des Endproduktes stehen, so dass vielfach auch die Forderung nach hohen Abscheideraten besteht.

Abscheidung von Al₂O₃-, SiO₂- und Si₃N₄-Schichten

Die Abscheidung von Al₂O₃-, SiO₂- und Si₃N₄-Isolationsschichten erfolgte durch stationäre Beschichtung in einer Cluster-Sputteranlage mit dem am Fraunhofer FEP entwickelten Doppel-Ring-Magnetron DRM 400 [1]. Dieses Magnetron erlaubt die Abscheidung homogener Schichten auf Substraten mit einem Durchmesser von bis zu 200 mm durch Überlagerung der Schichtdickenverteilungen von zwei konzentrischen Entladungen (Abbildung 1). Die Schichtabscheidung erfolgt durch das reaktive Sputtern, bei dem von einem metallischen Target, z. B. Al, gesputtert wird und durch Einlass eines Reaktivgases, z. B. O₂, die Bildung einer Verbindungsschicht auf dem Substrat, in unserem Fall Al₂O₃, bewirkt wird. Die Energieeinspeisung im Puls-Modus (50 kHz) mit der am Fraunhofer FEP entwickelten elektronischen Pulseinheit UBS-C2 gewährleistet die Langzeitstabilität des reaktiven Sputterprozesses. Eine hohe Beschichtungsrate wird durch eine geeignete Regelung des Reaktivgaszuflusses erzielt.

Isolationseigenschaften bei Raumtemperatur und 400 °C

Tabelle 1 zeigt die bei Raumtemperatur auf Si-Wafern bestimmten Werte des elektrischen Widerstandes und der Durchbruchfeldstärke der abgeschiedenen Schichten. Al₂O₃- und SiO₂-Schichten erweisen sich als hervorragende Isolationsschichten mit gemessenen Durchbruchfeldstärken von 5 ... 7 MV/cm. Diese entsprechen typischen Literaturwerten für gute Isolatorschichten, z. B. in [3] und [4], wobei in der Literatur meist auf sehr viel kleineren Elektrodenflächen im Bereich zwischen 0,01 und 0,5 mm² gemessen wurde. Si₃N₄-Schichten stellen auch gute Isolatoren dar. Ihr Einsatz in Isolationsschichtsystemen kann aufgrund ihrer sehr guten Permeationsbarriere vorteilhaft sein. In Abbildung 2 ist die Ausbeute von Einzelschichten und einem aus Al₂O₃, Si₃N₄ und SiO₂ bestehenden Schichtsystem für die Messung bei Raumtemperatur und bei 400 °C dargestellt. Bei einer Testspannung von 250 V ist die Ausbeute 100 %, bei höheren Spannungen geringfügig niedriger.

Anwendung

Aufgrund der hohen Beschichtungsrate und des Potentials zur Beschichtung großer Flächen eignet sich das reaktive Pulssputtern besonders zur Abscheidung dicker Schichten mit hohen Isolationsspannungen und zur Beschichtung großer Teile oder hoher Stückzahlen. Ein Anwendungsbeispiel sind elektrische Isolationsschichten für Druckmess-Sensoren in Metalltechnik (Abbildung 3). Bei diesen Sensoren bewirkt eine Druckänderung die Verformung einer Metallmembran. Eine daraus resultierende Längen- und damit Widerstandsänderung einer Widerstandsschicht wird elektrisch ausgewertet. Zwischen der Metallmembran und der Widerstandsschicht befindet sich eine elektrische Isolationsschicht, wobei für diese eine Spannungsfestigkeit von 250 V für Standardanwendungen und von 800 V für Spezialanforderungen sowie ein Isolationswiderstand > 10¹⁰ Ω/cm² gefordert wird.

Gemeinsam mit dem Hersteller von Drucksensoren Siebert TFT aus Hermsdorf wurde am Fraunhofer FEP ein Verfahren zur Abscheidung der Isolationsschichten mit reaktivem Pulssputtern entwickelt. Nach erfolgreicher Qualifizierung der Isolatorschichten und Verifizierung der Reproduzierbarkeit in mehreren Beschichtungsserien wurde das Verfahren in die Serienfertigung von Drucksensoren eingeführt.

Insulating layers for microsystem technology

room temperature and at 400°C. At the test voltage 250 V the yield is 100%. At higher voltage the yield is slightly lower showing somewhat better results at room temperature.

Applications

Due to the high coating rates and the ability to coat large areas, reactive pulse sputtering is very suitable for depositing thick layers with high insulation voltages and for coating large components or large numbers of pieces. One example application concerns electrically insulating layers for pressure sensors in metal technology (figure 3). A pressure change in these sensors causes deformation of a metal membrane. The resulting change in length and hence change in resistance of a resistive layer is processed electrically. Between the metal membrane and the resistive layer there is an electrically insulating layer. For standard applications this is required to have an electric strength of 250 V and for special applications 800 V, plus an insulation resistance of $> 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$.

In collaboration with Siegert TFT, a manufacturer of pressure sensors, a process was developed at the Fraunhofer FEP for depositing insulating layers using reactive pulse sputtering. Following successful qualification of the insulating layers and verification of the reproducibility in several series of coatings, the process was implemented in the pressure sensor production line. A cluster-type sputter plant for this was constructed in collaboration with plant manufacturer VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH (VAAT) (figure 4). In this project the Fraunhofer FEP was responsible for the technology for depositing Al_2O_3 , SiO_2 and Si_3N_4 via reactive pulse sputtering and the Fraunhofer FEP made available the process technology based on the DRM 400 double ring magnetron.

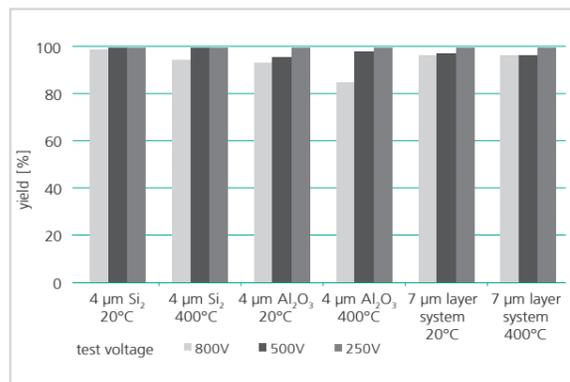


Fig. 2: Yield of insulating layers on Si-wafers

The characterization of the yield on pressure sensors was carried out at a test voltage of 250 V, 500 V and 800 V. The results in figure 5 show that there was 100% yield at both 20°C and 400°C for a test voltage of 250 V. The yield at 800 V is somewhat lower with slightly better results at room temperature. Overall the layers have very good insulation resistance, even at high temperatures.

The good insulation properties of the tested layers at 400°C open up new fields of application in microsystem technology. One potential application, for example, is direct measurement of the pressure in the combustion chambers of car engines. This is currently being investigated in collaboration with industrial partners as part of the »IsoBarrier« project. This project is being funded by the Federal Ministry of Education and Research. The idea is to integrate the pressure measured in the combustion chambers into the engine control system and so improve engine efficiency and reduce hazardous emissions from combustion engines.

Summary

Layers of Al_2O_3 and SiO_2 deposited using reactive pulse magnetron sputtering have very good electrical insulation properties. Due to the high productivity, this technology is particular suitable for depositing thick insulating layers and for coating large areas or large quantities of pieces. The introduction of the process into an industrial pressure sensor production line has been successful. The suitability of the insulating layers for use at high temperatures means that they can be used, for example, in combustion engines. Other applications in medical technology, electronics and sensor technology are under development.



Fig. 3: Pressure sensors

Isolationsschichten für die Mikrosystemtechnik

Eine Cluster-Sputteranlage wurde dazu gemeinsam mit dem Anlagenhersteller VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH (VAAT) realisiert (Abbildung 4). Das Fraunhofer FEP war in diesem Projekt für die Technologie zur Abscheidung von Al_2O_3 , SiO_2 und Si_3N_4 mittels reaktivem Pulssputtern verantwortlich und stellte die auf dem Doppel-Ring-Magnetron DRM 400 basierende Prozesstechnik bereit. Die Charakterisierung der Ausbeute auf Drucksensoren erfolgte bei Prüfspannungen von 250 V, 500 V und 800 V. Die in Abbildung 5 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass für die Messtemperaturen 20 °C und 400 °C bei einer Prüfspannung von 250 V eine hundertprozentige Ausbeute des untersuchten Schichtsystems vorliegt. Bei der Prüfspannung 800 V liegt die Ausbeute zwischen 65 % und 80 % wobei tendenziell bei Raumtemperaturen die Ausbeute höher als bei 400 °C ist. Insgesamt weisen die Schichten auch bei hohen Temperaturen eine sehr gute Isolationsfestigkeit auf.

Die guten Isolationseigenschaften der untersuchten Schichten bei einer Messtemperatur von 400 °C erschließen neue Anwendungsfelder in der Mikrosystemtechnik. Eine potenzielle Anwendung ist beispielsweise die direkte Messung des Druckes im Verbrennungsraum von Fahrzeugmotoren, die gegenwärtig gemeinsam mit Industriepartnern im BMBF-Förderprojekt »IsoBarrier« untersucht wird. Perspektivisch kann der im Verbrennungsraum gemessene Druck in die Motorsteuerung eingebunden werden und so zu einer Effizienzsteigerung und einer Reduktion des Schadstoffausstoßes von Verbrennungsmotoren führen.

Zusammenfassung

Mit reaktivem Pulsmagnetronsputtern abgeschiedene Al_2O_3 - und SiO_2 -Schichten weisen sehr gute elek-

trische Isolationseigenschaften auf. Aufgrund der hohen Produktivität ist diese Technologie besonders zur Abscheidung dicker Isolationsschichten sowie zur Beschichtung großer Flächen oder hoher Stückzahlen geeignet. Die Einführung des Verfahrens in die Serienproduktion von Drucksensoren ist erfolgt. Die Eignung der Isolatorschichten auch für hohe Einsatztemperaturen ermöglicht ihren Einsatz beispielsweise im Verbrennungsmotor. Weitere Anwendungen in den Bereichen Medizintechnik, Elektronik und Sensorik sind in Entwicklung.

Danksagung

Wir bedanken uns bei unseren Industriepartnern, insbesondere bei VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH und Siegert Thin Film Technologies, namentlich bei Herrn Johannes Hartung und Herrn Wolfgang Brode für die konstruktive und produktive Zusammenarbeit. Unser Dank gilt außerdem dem BMWA und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e. V. (AiF) für die anteilige Förderung der Entwicklung im Förderprogramm »Pro Inno« sowie dem BMBF und dem VDI-TZ für die Förderung des Projektes »IsoBarrier« unter dem Förderkennzeichen 13N9285.

- [1] P. Frach, Chr. Gottfried, H. Bartzsch, K. Goedicke, Surface and Coatings Technology, 90 (1997) 75-81
- [2] H. Bartzsch, P. Frach, K. Goedicke, Surface and Coatings Technology, 132 (2000) 244-250
- [3] M. D. Groner, J. W. Elam, F. H. Fabreguette, S. M. George, Thin Solid Films 413 (2002) 186-197
- [4] R. P. Netterfield, K.-H. Müller, D. R. McKenzie, M. J. Goonan, P. J. Martin, J. Appl. Phys. 63 (3), 1. Februar 1988, 760-769



Fig. 4: Cluster-type sputter plant CS 400 S

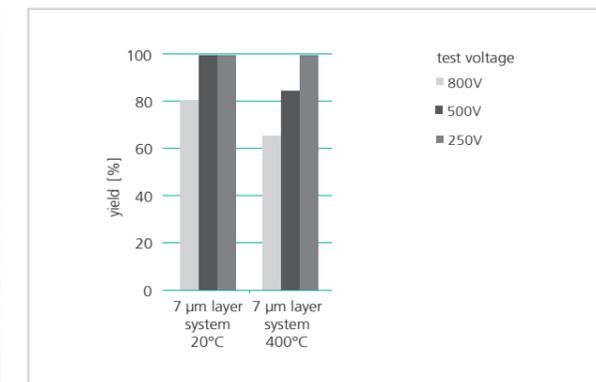


Fig. 5: Yield of insulating layers on pressure sensors



Rainer Bartel

The »growing importance of electron beam technology« was the title of the presentation given by Christoph Metzner, head of electron beam technology at the Fraunhofer FEP, on the occasion of his appointment as Honorary Professor at the Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (University of Applied Sciences, Dresden) on 8 July 2008 (p. 58). Good reason, therefore, to reflect for a moment on the past stages of development of electron beam technology, to take stock of where we currently are and to highlight opportunities and hopes for future developments.

It is important to firstly mention that too few scientists and engineers have adequate knowledge of electron beam technology as a tool, even though it has been used for decades in a host of industrial applications. For example, the electron beam welding of metal components has been practiced by industry for 50 years. Some methods for sterilization and for crosslinking plastics have also been in use for decades. Electron beam technology has also been long established in special niches. Where there is no viable alternative, the hitherto expensive and very complex electron beam technology is used. Decisive was and is whether the electron beam can contribute in a special way to meet the market's requirements on the products.

It is indeed these product requirements which today drive the further development of electron beam technology at the Fraunhofer FEP and elsewhere. Current objectives are at a considerably higher level and require innovative technological solutions. Products must be lighter and more space-saving, novel joining techniques are being developed, the properties of plastics are being modified and are increasingly replacing conventional materials such as metal, glass and natural substances. In addition there is the fact that the requirements on, in particular, the surfaces and surface layers of components are being redefined. More is now demanded of electron beam technology than ever before. The electron beam must transfer its energy to the workpiece as a spot, line or area, or in a group of spots or areas quasi simultaneously. The energy transfer must be precise and reproducible with regards to both position and time. The key unique features of an electron beam are foremost

decisive for ensuring that the development work leads to new applications. The high power of the beam, the extraordinary effectiveness up to over 70% and the advantageous absorption properties due to the penetration of the electrons ensure an optimum energy input into the respective materials. Rapid beam guidance ensures there is precise dosing of the kinetic energy of the electrons during conversion into thermal, chemical or biological processes (p. 40; Fiber reinforced plastics – use of natural fibers). The opportunities for automated process control and quality assurance offer the guarantee of efficient and reproducible process management.

Electron beam technology has made much progress in parallel with the advanced development of control, high voltage and vacuum technologies. Today, electron beam technology is on the road to widespread application. In addition to established processes, new technologies are constantly moving from the development laboratory into practical applications. Multi-process applications in joining technology, electron beam enhanced CVD deposition technologies, defined large-volume or partial structural transformations on plastics and germ reduction and sterilization are currently being implemented into the process chains at service-providers and end-users. The Fraunhofer FEP is involved here on a wide front.



Fig. 1: Electron beam gun for deposition processes

»Der Elektronenstrahl im Aufwind« war der Titel des Vortrages, den Christoph Metzner, Leiter des Bereiches Elektronenstrahl an unserem Institut, aus Anlass seiner Berufung zum Honorarprofessor an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) am 8. Juli 2008 gehalten hat (S. 59). Der Titel gibt Anlass für eine Rückbesinnung auf vergangene Entwicklungsetappen der Elektronenstrahltechnologie, animiert zur Bestandsaufnahme und regt an, Möglichkeiten und Visionen der zukünftigen Entwicklungen aufzuzeigen.

Am Anfang steht die Tatsache, dass der Elektronenstrahl als Werkzeug vielen Technikern und Ingenieuren immer noch nicht hinreichend bekannt ist. Und dies, obwohl eine Reihe von industriellen Anwendungen seit Jahrzehnten etabliert ist. So wird das Elektronenstrahlschweißen von metallischen Bauteilen bereits seit 50 Jahren in der Fertigung eingesetzt. Einige Möglichkeiten zur Sterilisation und zur Vernetzung von Kunststoffen durch Elektroneneinwirkung werden ebenfalls seit Jahrzehnten genutzt. Der Elektronenstrahl hat sich in speziellen Nischen seit langem einen beständigen Platz gesichert. Dort wo es wirklich keinen brauchbaren Ausweg gibt, kommt die bislang teure und recht aufwändige Technik zum Einsatz. Entscheidend war und ist, ob der Elektronenstrahl in besonderer Weise dazu beitragen kann, die Anforderungen des Marktes an die Produkte zu erfüllen.

Gerade diese Produktanforderungen sind es aber, die heute die weitere Entwicklung der Elektronenstrahltechnik und -technologie auch im Fraunhofer FEP bestimmen. Die aktuellen Zielstellungen liegen auf wesentlich höherem Niveau und erfordern neuartige technologische Lösungen. Produkte müssen leichter und raumsparender gebaut werden, neuartige Verbindungstechniken werden entwickelt, Kunststoffe



Fig. 2: Cold-cathode electron beam source

werden in ihren Eigenschaften modifiziert und ersetzt zunehmend konventionelle Materialien wie Metall, Glas oder Naturstoffe. Dazu kommt, dass insbesondere die Anforderungen an die Oberflächen und Randschichten von Bauteilen neu definiert werden.

Der Elektronenstrahl ist hierbei als Werkzeug stärker denn je gefordert. Er muss seine Energie punktförmig, linien- und flächenförmig oder in einer Schar von Punkten oder Flächen quasi gleichzeitig auf das Werkstück übertragen. Die Energieübertragung muss in Ort und Zeit exakt und reproduzierbar erfolgen. Die wichtigen Alleinstellungsmerkmale des Elektronenstrahls sind dabei in erster Linie dafür ausschlaggebend, dass die Entwicklung zu immer neuen Anwendungen führt. Die hohe verfügbare Leistung des Strahls, verbunden mit einem außerordentlichen Wirkungsgrad bis über 70 % und die durch das Eindringvermögen der Elektronen bedingte vorteilhafte Absorptionscharakteristik sichern einen optimalen Energie-Input in die jeweiligen Materialien. Eine technologiegerechte schnelle Strahlführung sorgt für die präzise Dosierung der kinetischen Energie der Elektronen bei der Umwandlung in thermischen oder strahlenchemischen bzw. -biologischen Prozessen (S. 41; Faserverstärkte Kunststoffe – Einsatz von Naturfasern). Die Möglichkeiten der automatisierten Prozesskontrolle und Qualitätssicherung bieten dabei die Gewähr einer sicheren und reproduzierbaren Prozessführung.

In Verbindung mit der fortgeschrittenen Entwicklung von Steuerungs-, Hochspannungs- und Vakuumtechnik hat die Elektronenstrahltechnik insgesamt einen starken Entwicklungsfortschritt erfahren. Der Elektronenstrahl ist heute auf dem Wege zur Breitenanwendung. Neben den etablierten Verfahren drängen ständig neue Technologien aus den Entwicklungslabors in die praktische Anwendung. Multiprozessanwendungen in der Verbindungstechnik, elektronenstrahlunterstützte CVD-Abscheidetechniken, definierte großvolumige oder partielle Strukturumwandlungen an Kunststoffen und die Keimminderung sowie Sterilisation erobern gegenwärtig die Prozessketten bei Dienstleistern und Endanwendern. Das Fraunhofer FEP ist hierbei in großer Breite beteiligt.

Inzwischen wenden sich auch wieder verstärkt Lehre und Forschung an praxisorientierten Einrichtungen dem Elektronenstrahl zu. Insbesondere in Sachsen hat sich das Fraunhofer FEP sehr engagiert, um diese Entwicklung voranzutreiben. Studierende werden an die Möglichkeiten des Elektronenstrahls herangeführt,

Growing importance of electron beam technology

In the meantime, teaching and research at application-oriented education establishments are increasingly using electron beam technology. In Saxony, in particular, the Fraunhofer FEP has driven this development. Students are being taught about the features of electron beam technology, study the principles of electron beam processes on new materials and carry out projects for industry (p. 58; Fraunhofer FEP collaboration with the University of Applied Sciences, Dresden). New training opportunities in electron beam technology at the Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (University of Applied Sciences, Dresden) and TU Bergakademie Freiberg are educating a new generation of specialists who will be able to transfer knowledge about the uses of electron beam technology to industry. Fundamental research activities at these education establishments are studying the different electron beam processes and are complementing existing competence with their novel work. The main aim is to study the effect of the accelerated electrons in conjunction with any reaction-determining process conditions. Highly promising areas here include surface layer treatment on metals, modification of polymers and germ-reducing surface pretreatment of various products.

The advanced technical development of plant components is leading to further simplification of EB technology and cost reduction. These are also main aims of the projects at the Fraunhofer FEP. New physical principles of beam generation (p. 38; Cold-cathodes electron beam guns for high rate PVD), advanced beam guidance technologies, intelligent process management and a broader spectrum of specific, commercially available components are currently leading to new generations of equipment in electron beam technology. Seamless integration of electron beam technology into industrial processes is an important

condition here. New technical designs for automated process control and quality assurance are being employed.

Of special importance at present is development work on methods for germ-reduction and sterilization. Drawing on the many years of experience with technology for treating seeds with electrons (e-dressing), which has become established in agriculture, a number of different projects are underway to develop germ-reducing treatments for materials and products. The spectrum of applications covers pharmaceutical raw materials, products in the hygiene sector, products used in medical technology, equipment, packaging materials and also technologies for keeping foods safe and for treating waste products. New requirements are for example the control of new microbial pathogens and hence improved sterilization of medical technology products and the production of biocompatible and biofunctional surfaces. The emerging market for these products directly meets the increasing requirements of people. Regardless of whether we are concerned with hygiene in hospitals, food safety, refinement of textiles with anti-microbial surfaces or body-related adaptation of therapeutic medical products – the uses of electron beam technology are increasingly becoming part of modern processes. To meet the interest shown by companies and research partners, the Fraunhofer FEP will increasingly focus its work on these areas in the future. |



Fig. 3: Variable surface wettability after electron beam treatment



Fig. 4: Electron beam perforated plastic ring

Der Elektronenstrahl im Aufwind

untersuchen Wirkprinzipien der Elektronenstrahlprozesse an neuen Materialien und arbeiten selbst an technologischen Aufgabenstellungen für die Industrie. (S. 59; Zusammenarbeit des Fraunhofer FEP mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden) Neue Ausbildungsmöglichkeiten zu Elektronenstrahltechnologien an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) und der Technischen Universität Bergakademie Freiberg qualifizieren eine neue Generation von Fachkräften, die das Wissen um die Einsatzmöglichkeiten des Elektronenstrahls in die Firmen tragen. Bereiche der Grundlagenforschung an diesen Einrichtungen untersuchen die verschiedenen Elektronenstrahlprozesse und ergänzen vorhandene Erfahrungen durch interessante Neuerungen, die insbesondere auf die Wirkung des beschleunigten Elektrons im Zusammenspiel mit den möglichen reaktionsbestimmenden Prozessbedingungen zielen. Hier sind insbesondere die Randschichtbehandlung von Metallen, die Modifikation von Polymeren und die keimmindernde Oberflächenbehandlung von Erzeugnissen sehr zukunfts-trächtige Themen.

Die technische Weiterentwicklung der Anlagenkomponenten führt zur weiteren Vereinfachung und Kostenreduzierung der Technik. Dies sind auch Hauptzielstellungen des Fraunhofer FEP. Neue physikalische Prinzipien der Strahlerzeugung (S. 39; Kaltkathoden-Elektronenstrahler für die Hochrate-PVD), weiterentwickelte Strahlführungstechniken, eine intelligente Prozessführung und ein breiteres Spektrum an spezifischen kommerziell verfügbaren Komponenten führen gegenwärtig zu neuen Maschinengenerationen in der Elektronenstrahltechnologie. Die problemlose Einbindung von Elektronenstrahltechnik in industrielle Abläufe ist dabei eine wichtige Bedingung. Hierbei kommen neue technische Ausgestaltungen der automatisierten Prozesskontrolle und Qualitätssicherung zum Einsatz.

Von besonderer Bedeutung sind gegenwärtig die Entwicklungen von Verfahren zur Keimminderung und Sterilisation. Ausgehend von den inzwischen mehrjährigen Erfahrungen zu der in der Landwirtschaft etablierten Technologie der Saatgutbehandlung mit Elektronen (e-Beizen) orientiert sich ein Pool von unterschiedlichen Projekten an der keimreduzierenden Behandlung von Materialien und Produkten. Das Spektrum führt von pharmazeutischen Grundstoffen, Produkten aus dem Hygiene-Bereich über medizintechnische Erzeugnisse, Geräte und Verpackungen bis hin zu Technologien für die Erhaltung der Lebensmittelsicherheit sowie zur Behandlung von Abprodukten. Neue Anforderungen sind z. B. die Bekämpfung neuartiger mikrobieller Erreger und damit die Beseitigung von Defiziten zur Sterilisierbarkeit von medizintechnischen Produkten oder die Schaffung biokompatibler und bio-funktionaler Oberflächen. Der sich abzeichnende Markt bedient hier direkt die gestiegenen Bedürfnisse der Menschen. Ob die Krankenhaushygiene, die Lebensmittelsicherheit, die Veredelung von Textilien mit antimikrobiellen Oberflächen oder die körpergerechte Anpassung von Produkten der therapeutischen Medizin – die Einsatzgebiete des Elektronenstrahls werden auch hier selbstverständlicher Bestandteil moderner Technologien. Entsprechend dem vorliegenden Interesse von Firmen und Forschungspartnern wird das Fraunhofer FEP an diesen Themen in Zukunft verstärkt arbeiten. |



Fig. 5: Electron beam sterilized implant



Fig. 6: Electron beam sterilized stent

An innovative technology for manufacturing transparent barrier layers for the packaging industry



Dr. Nicolas Schiller

Food distribution chains in industrialized countries usually require the foods to be packaged so that they are protected against environmental influences. An important and relatively environmentally-friendly packaging material is plastic film. In order to reduce the permeation of oxygen and water vapor through plastic films, the films are often provided with a barrier layer in a vacuum web coating process. For some applications this barrier film is required to have good barrier properties and also be optically transparent. This is so, for example, when the packaged contents have to be visible to consumers.

Optically transparent (hereafter just referred to as: transparent) barrier layers can be applied to plastic films by wet chemical methods or by vacuum coating methods. The choice of coating method depends on the respective packaging requirements. Besides the barrier requirements, the price of the packaging material plays a key role. In addition, it is being endeavored, for environmental reasons, to replace some wet chemical methods by vacuum methods. Up until now, the available vacuum coating methods have had considerable shortcomings regarding the barrier properties that can be achieved, the cost of the coating and the availability of suitable plant technology.

Over recent years the Fraunhofer FEP has developed a vacuum coating process for coating plastic films with a transparent barrier layer. The process allows favorable-cost barrier layers of high quality to be manufactured at high productivity. An additional advantage is

that coating can be carried out with biodegradable polylactide film (PLA). The key technological innovation is the use of an efficient and modular plasma system. The system for plasma-activated, reactive evaporation of aluminum was installed in a modified film coating plant made by Applied Materials and transferred to the final customer.

Technological base principle

Figure 1 shows a schematic representation of the vacuum coating plant for plasma-activated, reactive evaporation of aluminum. The process is based on the widely-used plant technology for coating plastic films with aluminum, which produces opaque barrier layers. A standard plant for vacuum coating plastic films with aluminum consists of a vacuum chamber with a vacuum pump system, the web transport system with cooling drum, the evaporation unit with boat evaporator and the feed unit for the aluminum wire.

Oxygen is let in near the evaporation unit in order to allow reactive evaporation and generation of the aluminum oxide layers. A modular plasma system assists the layer formation on the plastic film. In order to control the flow of the reactive gas (oxygen), the transmission of the coated film is measured in-line and the oxygen is flow adjusted so that the layers are optically transparent.

Reactive evaporation of aluminum

Aluminum is known for its high reactivity with oxygen. Aluminum oxide layers can hence be relatively easily generated by letting oxygen into the evaporation

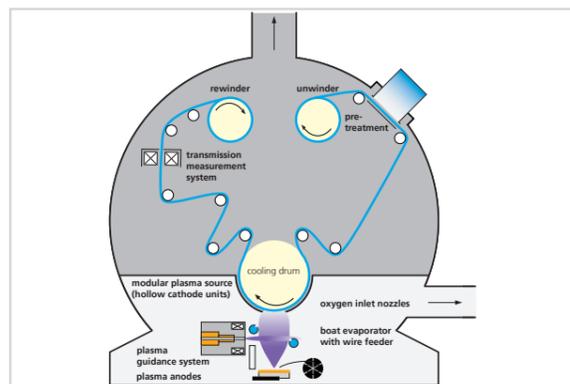


Fig. 1: Basic configuration of a vacuum roll-to-roll coater for plasma-activated, reactive evaporation of aluminum

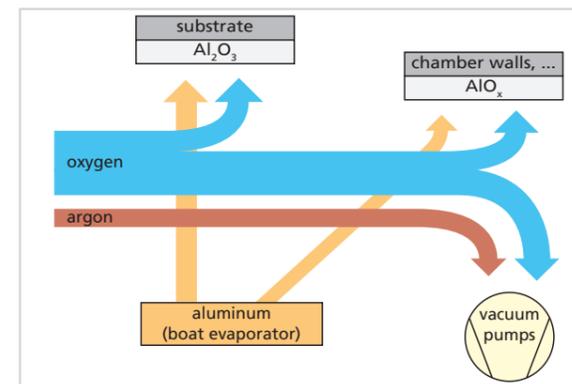


Fig. 2: Gas flow during reactive evaporation of aluminum

Eine innovative Technologie zur Herstellung von transparenten Barrierschichten für die Verpackungsindustrie

Die Verteilungsketten von Lebensmitteln in den Industrieländern erfordern in den meisten Fällen, dass die Lebensmittel verpackt werden, um sie vor Umwelteinflüssen zu schützen. Ein wichtiges und zudem vergleichsweise ökologisches Verpackungsmittel ist die Kunststoffolie. Um die Permeation von Sauerstoff und Wasserdampf durch die Kunststoffolie zu reduzieren, wird diese in vielen Fällen mittels Vakuumbeschichtungsverfahren mit einer Barrierschicht versehen. In einigen Anwendungsfällen ist es erforderlich, dass die Barrierschicht bei guten Barriereeigenschaften gleichzeitig optisch transparent ist. Dies ist z. B. der Fall, wenn das verpackte Gut für den Konsumenten sichtbar sein soll. Optisch transparente Barrierschichten können auf Kunststoffolie mittels nasschemischer oder vakuumtechnischer Beschichtungsverfahren aufgebracht werden. Die Wahl des Beschichtungsverfahrens richtet sich nach den jeweiligen Verpackungsanforderungen. Neben den Anforderungen der Barriere spielt im Verpackungsbereich der Preis des Packmittels eine erhebliche Rolle. Darüberhinaus gibt es Bestrebungen, einige nasschemische Verfahren aus ökologischen Gründen durch Vakuumverfahren zu ersetzen. Bei den verfügbaren vakuumtechnischen Beschichtungsverfahren gab es aber bisher teilweise noch erhebliche Defizite bezüglich der Barriereeigenschaften, des Beschichtungspreises und der Verfügbarkeit von entsprechender Anlagentechnik. Das Fraunhofer FEP hat in den letzten Jahren ein vakuumtechnisches Beschichtungsverfahren zur Beschichtung von Kunststoffolie mit einer transparenten Barrierschicht entwickelt. Durch das Verfahren können kostengünstig und mit hoher Produktivität Barrierschichten mit herausragender Qualität erzeugt werden. Darüber hinaus besteht ein weiterer Vorteil darin, auch die biologisch abbaubare Folie aus dem Polymer PLA beschichten zu können. Die wesentliche technologische Innovation besteht dabei im Einsatz

eines leistungsfähigen und modularen Plasmasystems. Ein solches System zur plasmagestützten, reaktiven Verdampfung von Aluminium wurde in eine modifizierte Folienbeschichtungsanlage der Firma Applied Materials installiert und zum Endkunden überführt.

Technologisches Grundprinzip

Den grundsätzlichen Aufbau einer Vakuumbeschichtungsanlage für die plasmagestützte, reaktive Verdampfung von Aluminium zeigt Abbildung 1. Das Verfahren baut auf der weit verbreiteten Anlagentechnik zur Beschichtung von Kunststoffolie mit Aluminium, also mit opaken Barrierschichten, auf. Eine Standardanlage zur Vakuumbeschichtung von Kunststoffolie mit Aluminium besteht aus einer Vakuumkammer mit dem Vakuumpumpensystem, dem Bandlaufwerk mit der Kühlwalze und der Verdampfeinheit mit den Schiffchenverdampfern sowie der Zuführungseinheit für den Aluminiumdraht. Für die reaktive Verdampfung zur Herstellung der Aluminiumoxidschichten wird in der Nähe der Verdampfeinheit Sauerstoff eingelassen. Ein modulares Plasmasystem unterstützt die Schichtbildung auf der Kunststoffolie. Zur Regelung des Flusses des Reaktivgases Sauerstoff wird in-line zur Beschichtung die Transmission der beschichteten Folie gemessen und der Sauerstofffluss so eingestellt, dass die Schichten optisch transparent sind.

Die reaktive Verdampfung von Aluminium

Aluminium ist bekanntlich durch eine recht hohe Reaktivität gegenüber Sauerstoff gekennzeichnet. Aluminiumoxidschichten können daher auf relativ einfache Weise durch Zugabe von Sauerstoff in den

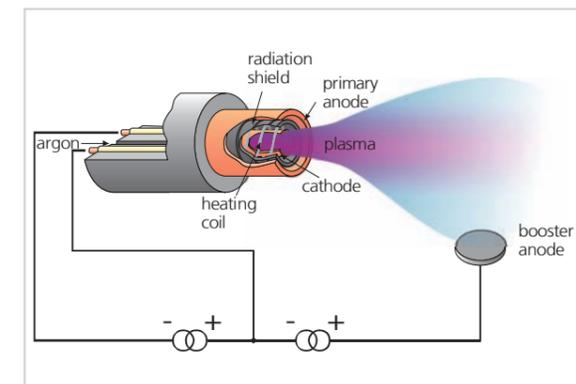


Fig. 3: Design of the plasma source

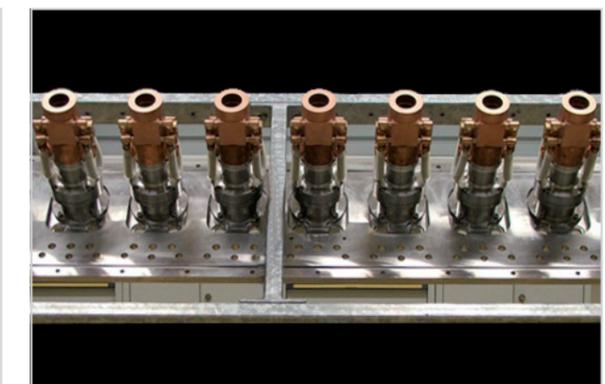


Fig. 4: Plasma source, mounted on a bearing flange

An innovative technology for manufacturing transparent barrier layers for the packaging industry

chamber. The technological challenge is, however, highly productive deposition of layers having an optical transmission near 100% and good barrier layers.

As all the oxygen cannot be reacted, part of the oxygen must be pumped away by the vacuum pumps. From a technological point of view it must be ensured that the load on the vacuum pumps caused by the reactive gas is as small as possible. Figure 2 depicts this. Oxygen is let into the process chamber in order to form aluminum oxide. The aluminum that evaporates in the process chamber reacts with the oxygen and deposits on the plastic film as aluminum oxide. As shown in figure 2, all the oxygen does not participate in the layer formation on the plastic film. A portion of the oxygen reacts with the aluminum that does not deposit on the plastic film but rather, for example, on the chamber walls and shields. Another portion of the oxygen escapes from the reaction zone and is pumped away by the vacuum pumps. This portion of the oxygen necessitates appropriate design of the pump system. In addition to the oxygen, the working gas argon from the plasma sources has to be taken into account.

Suitable positioning of the oxygen inlet nozzles ensures that the portion of oxygen contributing to the layer formation is as high as possible, and that only a small portion of the oxygen has to be pumped away by the vacuum pumps. The relative portion of oxygen which reacts with the aluminum also depends on the partial pressure of the oxygen in the process chamber. With increasing partial pressure, for example by reducing the suction power of the vacuum pumps, the fraction of reactively bonded oxygen increases. It has been experimentally demonstrated, however, that with increasing pressure in the process chamber the barrier properties of the aluminum oxide layers deposited on the plastic film worsen. For this reason there is a process window, as schematically shown in figure 5.

polymer film (thickness)	WVTR [g/(m ² d)] (38°C, 90% r. h.)		OTR [cm ³ /(m ² d bar)] (23°C, 0% r. h.)	
	uncoated	coated	uncoated	coated
PET (12 µm)	16 (@ 23°C, 85% r. h.)	< 1	110 (@ 23°C, 50% r. h.)	< 2
BOPP (17µm)	7	< 1	2500	< 100
PLA (20 µm)	496	< 25	1085	< 25

Tab. 1: Barrier properties of aluminum oxide coated plastic films compared to the uncoated plastic films (PET: Polyethylene terephthalate; BOPP: Bi-oriented polypropylene; PLA: Polylactic acid; WVTR: Water Vapor Transmission Rate; OTR: Oxygen Transmission Rate)

When the oxygen flow is low, the oxygen content of the layer is low, and the film has poor optical transmission. On increasing the oxygen flow, one gets to the region where the layer on the plastic film has high optical transmission. On further increasing the oxygen flow, however, the pressure in the process chamber increases. This increased pressure hinders the layer formation process, and the deposited layer has a high permeation value.

Plasma system

The plasma system is modular. It consists of hollow cathodes manufactured by VTD VAKUUMTECHNIK DRESDEN GmbH transverse to the direction of web transport. The hollow cathode unit was modified by the Fraunhofer FEP from both a constructional and technological point of view for continuous use in film coating plants. In order to intensify the effect of the plasma, an additional anode (booster anode) was used near the evaporator. Figure 3 shows the fundamental design of the plasma system. Figure 4 shows several hollow cathodes mounted on a bearing flange.

Special requirements are placed on the plasma source. This must be able to generate an adequate charged particle density and also charged particle energy in the desired pressure region for the very high coating rate. Only arc discharge sources, which include hollow cathode arc discharge sources, are currently suitable for this. At the Fraunhofer FEP work has been carried out over a number of years to modify hollow cathode arc discharge sources to the special conditions of reactive high-rate evaporation.

Eine innovative Technologie zur Herstellung von transparenten Barrierschichten für die Verpackungsindustrie

Verdampfungsraum erzeugt werden. Die technologische Herausforderung besteht jedoch in der hochproduktiven Abscheidung von Schichten mit einer optischen Transmission nahe 100 % und gleichzeitig guten Barriereeigenschaften.

Da nicht der gesamte Sauerstoff reaktiv umgesetzt werden kann, muss ein Teil davon durch die Vakuumpumpen abgepumpt werden. Technologisch muss dafür gesorgt werden, dass die Belastung der Pumpen durch das Reaktivgas möglichst gering ist. Abbildung 2 verdeutlicht die Fragestellung. In den Prozessraum wird zur Bildung von Aluminiumoxid Sauerstoff eingelassen. Das im Prozessraum verdampfte Aluminium reagiert mit dem Sauerstoff und scheidet sich als Aluminiumoxid auf der Kunststoffolie ab. Wie in Abbildung 2 dargestellt ist, trägt jedoch nicht der gesamte Sauerstoff zur Schichtbildung auf der Kunststoffolie bei. Ein Teil des Sauerstoffes reagiert mit dem Aluminium, das sich nicht auf der Kunststoffolie sondern z. B. auf Kammerwänden und Blenden abscheidet. Ein weiterer Anteil des eingelassenen Sauerstoffs entweicht aus der Reaktionszone und wird durch die Vakuumpumpen abgepumpt. Dieser Anteil des eingelassenen Sauerstoffs erfordert eine entsprechende Auslegung des Pumpsystems. Zusätzlich zum Sauerstoff ist vakuumtechnisch noch das Arbeitsgas Argon der Plasmaquellen zu berücksichtigen. Durch eine geeignete Positionierung der Einlassdüsen für den Sauerstoff kann dafür gesorgt werden, dass ein möglichst hoher Anteil reaktiv zur Schichtbildung beiträgt, also nur ein geringer Teil des Sauerstoffs durch die Vakuumpumpen abgepumpt werden muss. Der relative Anteil des vom Aluminium reaktiv gebundenen Sauerstoffs hängt auch von seinem Partialdruck in der Prozesskammer ab. Mit steigendem Partialdruck, zum Beispiel durch eine Reduzierung der Saugleistung der Vakuumpumpen, erhöht sich der

Anteil des reaktiv gebundenen Sauerstoffs. Experimentell ist jedoch festzustellen, dass sich mit zunehmendem Druck in der Prozesskammer die Barriereeigenschaften der auf der Kunststoffolie abgeschiedenen Aluminiumoxidschichten verschlechtern. Aus diesem Umstand ergibt sich ein Prozessfenster, wie es in Abbildung 5 schematisch dargestellt ist. Bei einem geringen Sauerstofffluss ist der Sauerstoffanteil in der Schicht gering, die Schicht weist nur eine geringe optische Transmission auf. Bei einer Erhöhung des Sauerstoffflusses gelangt man in den Bereich, bei dem die Schicht auf der Kunststoffolie eine hohe optische Transmission aufweist. Bei einer weiteren Erhöhung des Sauerstoffflusses erhöht sich jedoch der Druck in der Prozesskammer. Der erhöhte Druck wiederum behindert den Schichtbildungsprozess, die abgeschiedene Schicht weist erhöhte Permeationswerte auf.

Das Plasmasystem

Das Plasmasystem ist modular aufgebaut. Es besteht aus quer zur Bandlaufrichtung nebeneinander angeordneten Hohlkathoden der Firma VTD VAKUUMTECHNIK DRESDEN GmbH. Die Hohlkathodeneinheit wurde vom Fraunhofer FEP für den Dauerbetrieb in Folienbedampfungsanlagen konstruktiv und technologisch erweitert. Zur Verstärkung der Plasmawirkung wird eine zusätzliche Anode (booster anode) in der Nähe des Verdampfers eingesetzt. Den grundsätzlichen Aufbau zeigt Abbildung 3. Abbildung 4 zeigt mehrere auf einen Trägerflansch montierte Hohlkathoden.

An die Plasmaquelle werden besondere Anforderungen gestellt. Diese muss in der Lage sein, eine zu der sehr hohen Beschichtungsrate adäquate Ladungsträgerdichte und auch Ladungsträgerenergie im angestrebten Druckbereich zu erzeugen. Dafür kommen zurzeit nur Bogenentladungsquellen in Frage, zu denen auch die Hohlkathodenbogenquelle zählt. Im Fraunhofer FEP wurde die Hohlkathodenbogenquelle über mehrere Jahre an die besonderen Bedingungen der reaktiven Hochrateverdampfung angepasst.

Gefördert durch das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit (SMWA), Projektnummer 3957/623 und Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen: 01 RI 0628A.

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Freistaat Sachsen
Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit

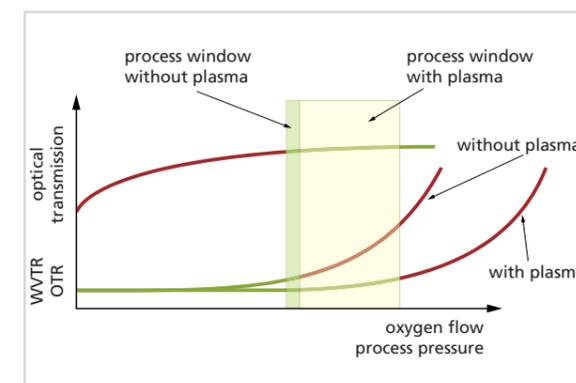


Fig. 5: Process window with and without plasma enhancement



Peter Feinäugle

The refinement of semi-finished products and other products with decorative or functional layers is an important area of work in surface technology. Physical

Vapor Deposition (PVD) processes in vacuum are versatile, environmentally-friendly and economic and are widely used in industrial production. Electron beam (EB) sources of varied design have been used for the past few decades in industrial vapor deposition processes because they provide the highest coating rates for industrial-scale processes and simultaneously produce deposited layers of excellent uniformity and purity. They can also be used with reactive, ferromagnetic and high-melting point layer materials [1].

Cathodes heated to high operating temperatures are currently exclusively used as the electron sources for PVD processes. These cathodes generate free electrons by virtue of the thermionic effect. This working principle means that the traditional EB guns have complex design, their power supplies are relatively complex and they are costly to purchase and maintain. The task for the Fraunhofer FEP was to develop high-performance axial EB guns which were favorable in cost, of compact design and easy to maintain. Another task was to qualify these systems for industrial use. The project was carried out in collaboration with scientists from the Kiev Polytechnic Institute (KPI) and involved developing a cold-cathode electron beam source, in which electron generation occurred via ion bombardment of an aluminum electrode.

Thermionic emitters require a high vacuum of better than 10^{-3} Pa in the cathode compartment, whereas the operating pressure of the cold-cathode is in the range from 2 ... 5 Pa. Differential evacuation of the beam

source can hence be omitted up to a pressure of 1 Pa in the coating compartment, without relinquishing the main advantages of the axial EB guns – technological universality, high power density, spatial and vacuum-related separation of the evaporator and beam source, and the related gain in reliability. The high voltage supply requires no additional heating current source, usually floating at high potential. The aluminum cathode can be manufactured at favorable cost, possesses the required service life of more than 120 hours and can be quickly changed without complicated adjustments having to be undertaken.

The viability of the new type of EB gun for industrial applications, in particular for metallization of plastics, was investigated in collaboration with Creavac GmbH, Dresden. This development work was funded by the Saxon State Ministry for Economic Affairs and Employment (SMWA) under reference number 11347/1179. The work successfully demonstrated that it was possible to achieve stable operation of a cold-cathode EB source at 30 kV acceleration voltage and 60 kW beam power using a commercially available medium-frequency high voltage supply in a near industrial-size pilot coating plant. The lag times (blackout + recovery time) due to high voltage flash-over were reduced to 2 ms, namely significantly below the values achieved for hot-cathode EB guns of the same power class. Another finding from the project of commercial significance is that the systems based on cold-cathode EB guns – comprising an electron beam source and power and control components – can be manufactured at much more favorable cost than traditional axial EB gun systems. It is hence expected that the technological benefits of EB evaporation will in the future be able to be realized as a significantly expanded range of applications at lower cost. |



Fig. 1: View into the cathode compartment of an electron beam source, the cathode on top and anode-plasma at the bottom



Fig. 2: Experimental 60 kW / 30 kV cold-cathode EB gun mounted to a pilot-scale coater

Die Veredlung von Halbzeugen und Produkten durch dekorative oder funktionale Dünnschichtsysteme ist ein wichtiges Arbeitsgebiet der Oberflächentechnik. Große Verbreitung in Produktionsprozessen haben dabei die vielseitigen, umweltfreundlichen und ökonomischen Verfahren der physikalischen Dampfab-scheidung (PVD) im Vakuum gefunden. Elektronenstrahlquellen unterschiedlicher Bauart werden seit vielen Jahrzehnten zur Realisierung industrieller Beschichtungs-Verfahren eingesetzt, denn sie liefern die höchsten großtechnisch etablierten Beschichtungs-raten bei gleichzeitig exzellenter Gleichmäßigkeit und Reinheit der abgeschiedenen Schicht, und das auch für reaktive, ferromagnetische und hochschmelzende Schichtmaterialien [1].

Als Elektronenquellen für PVD-Prozesse werden gegenwärtig ausschließlich auf hohe Betriebstemperatur geheizte Kathoden verwendet, bei denen die Erzeugung freier Elektronen auf dem glühelektrischen Effekt beruht. Dieses Funktionsprinzip bedingt, dass die traditionellen Elektronenstrahler konstruktiv kompliziert sind sowie hohe Anschaffungs- und Wartungskosten verursachen. Für das Fraunhofer FEP stellte sich daher die Aufgabe, kostengünstige, kompakte und einfach zu wartende Axialstrahler hoher Leistung zu entwickeln und für den Industrieinsatz zu qualifizieren. Gelöst wurde diese Aufgabe in Kooperation mit Wissenschaftlern des Kiewer Polytechnischen Instituts (KPI) durch Entwicklung einer Kaltkathoden-Strahlquelle, bei der die Elektronenfreisetzung durch Ionenbeschuss einer Aluminium-Elektrode geschieht. Während glühelektrische Emittoren ein Hochvakuum besser als 10^{-3} Pa in der Kathodenkammer erfordern, liegt der Betriebsdruck der Kaltkathode im Bereich von 2 ... 5 Pa. Auf eine differentielle Evakuierung der Strahlquelle kann daher bis zu einem Druck von

ca. 1 Pa in der Beschichtungskammer verzichtet werden, ohne die wesentlichen Vorteile der Axialstrahler – technologische Universalität, hohe Leistungsdichte sowie räumliche und vakuumtechnische Separation von Verdampfer und Strahlquelle und den damit verbundenen Gewinn an Zuverlässigkeit – aufzugeben. Die Hochspannungsversorgung benötigt keine zusätzliche, auf hohem Potential floatende Heizstromquelle. Die Aluminiumkathode ist materialseitig und arbeitstechnisch preiswert herstellbar, besitzt die geforderte Standzeit von größer als 120 Stunden und kann ohne Justageaufwand schnell gewechselt werden.

Die industrielle Einsetzbarkeit des neuen Strahlertyps, speziell zur Metallisierung von Kunststoffen, wurde gemeinsam mit der Creavac GmbH Dresden im Rahmen eines vom Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit (SMWA) unter der Themennummer 11347/1179 geförderten Entwicklungsprojektes untersucht. Es ist gelungen, eine Kaltkathoden-Versuchsstrahlquelle für 30 kV Beschleunigungsspannung und 60 kW Strahlleistung mit einer handelsüblichen Mittelfrequenz-Hochspannungsversorgung an einer industrienahen Pilot-Beschichtungsanlage stabil zu betreiben. Die infolge von Hochspannungsüberschlägen entstehenden Totzeiten (Austastung + Erholdauer) konnten dabei auf 2 ms verkürzt werden, was signifikant unter den mit Heißkathoden-Strahlern der gleichen Leistungsklasse erreichten Werten liegt. Als wirtschaftlich relevantes Ergebnis des Projektes ist ferner hervorzuheben, dass sich auf der Basis von Kaltkathoden-Strahlern realisierte Systeme – bestehend aus der Strahlquelle einschließlich ihrer Versorgungs- und Steuerungskomponenten – gegenüber herkömmlichen Axialstrahler-Systemen zu deutlich niedrigeren Kosten herstellen lassen werden. Es ist daher zu erwarten, dass die technologischen Vorzüge der Elektronenstrahlverdampfung künftig in einem wesentlich erweiterten Anwendungsspektrum ökonomisch vorteilhaft zur Geltung gebracht werden können. |

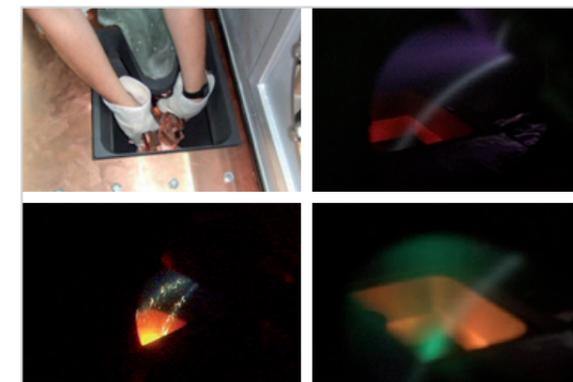


Fig. 3: Crucible preparation and coating run utilizing a graphite crucible with integrated beam bending system and copper ingot

- [1] S. Schiller, U. Heisig, S. Panzer (1982) Electron Beam Technology. Verlag Technik, Berlin
 [2] G. Mattausch, F.-H. Rögner, P. Feinäugle, R. Bartel, V. Melnyk, BA. Tugay (2007) Utilization of cold-cathode EB guns for high-rate PVD. Paper presented at the International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, San Diego / CA



Wolfgang Schwarz

A modern, medium-sized car contains about 60 kg of plastics and the number of fiber reinforced plastic (FRP) parts is ever increasing. Due to reasons of cost and weight, polymer fibers and natural fibers are being increasingly used instead of the traditional glass fiber. The use of fiber reinforced plastics is also growing in other key sectors, such as the construction sector, shipbuilding and aircraft manufacture. The Fraunhofer FEP, in collaboration with a regional industrial partner, has carried out a project funded by the AiF* to evaluate electron beam treatment of polymer composites. In particular, the use of bamboo fiber to strengthen polypropylene (PP) and compounds of PP und polyethylene (PE) was tested. Such composites are extruded into pellets and delivered to component manufacturers who further process the pellets via injection molding.

Compared to other natural fibers, bamboo has very low elongation under tensile loads, so guaranteeing many components high dimensional stability. A problem with such fiber-plastic composites is the poor mutual adhesion of the components. The cause is the incompatible surface properties of the hydrophobic polyolefin polymers and hydrophilic natural fibers (figure 1). For this reason, adhesion-promoting additives are added during the compounding in order to form chemical bridges between the components.

It is known that plasma treatment and electron beam treatment of polyolefins in air generate hydrophilic surface properties which are more compatible with the surface properties of natural fibers. There are also competing reactions on the molecule chains: with PP these are primarily degradation reactions, with PE these are primarily crosslinking reactions. These effects ultimately manifest themselves in the strength values of the composites.

The project undertook electron beam treatment tests in air on polymer granulates and on bamboo chaff, and also on composite pellets of the untreated individual components.

The mechanical parameters of test bars made from these materials only significantly improved when very small amounts of so-called adhesion-promoting coupling agents were added: Silanes in both dry and liquid form (fiber impregnation) and, for polyolefins, suitable dry products based on maleinate.

The aim of the project was also to demonstrate the feasibility of the electron treatment on a large technical scale. For this, trials were undertaken after the rounding process using the batch mode on a module from the company GLATT in the REAMODE plant at the Fraunhofer FEP. For treating much larger quantities of the polymer granulate or composite pellets in continuous mode, the favorable-cost e-ventus® bulk goods treatment plant developed by Fraunhofer FEP and Schmidt-Seeger AG was used.

During the course of the project the trials showed there to be a significant increase in tensile strength when additives in dry form were added, as desired by the processing companies, and when the composite pellets were then treated with electrons (figure 2). The electron treatment only had a slight effect on the percentage elongation at break and on the E-modulus and bending E-modulus. Improved mechanical parameters are however expected by using radiation-crosslinking types of silanes, by optimizing the fiber chaff and by adjusting other technological parameters.

The Fraunhofer FEP work group hopes these promising results will interest further partners from the plastic processing industry who wish to manufacture high-quality FRP products made from favorable-cost starting materials using electron treatment. Further experiments with other natural, strong fiber types which have hitherto received little attention but which are available in large quantities are also planned.

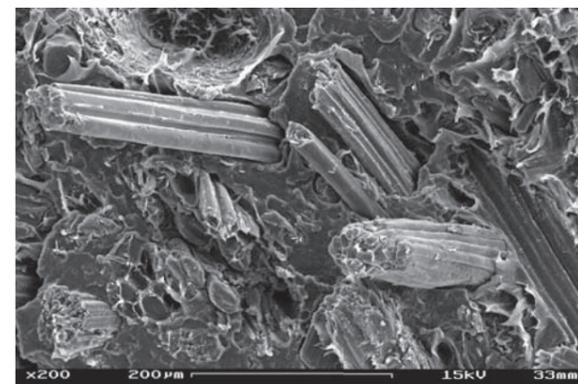


Fig. 1: SEM micrograph of the fracture surface of a natural fiber / polyolefin composite

Etwa 60 kg Kunststoffe sind heute in einem Mittelklasseautomobil verarbeitet; der Anteil von faserverstärkten Bauteilen nimmt dabei stetig zu. Anstelle der traditionellen Glasfasern treten aus Kosten- und Gewichtsersparnisgründen vermehrt Polymer- oder Naturfasern. Die Marktanteile solcher faserverstärkten Kunststoffe wachsen auch in anderen Schwerpunktbereichen; im Schiffs- oder Flugzeugbau sowie im Bauwesen. Das Fraunhofer FEP hat zusammen mit einem regionalen Industriepartner ein AiF-Förderprojekt* bearbeitet, um die Möglichkeiten der Elektronenstrahlbehandlung an Polymerkompositen auszutesten. Hierzu wurde insbesondere der Einsatz von Bambusfasern getestet, die zur Verstärkung von Polypropylen (PP) bzw. Compounds aus PP und Polyethylen (PE) dienen. Solche Komposite werden zu Pellets extrudiert und an Bauteilhersteller ausgeliefert, welche das Granulat mittels Spritzgußverfahren weiterverarbeiten. Die Bambusfaser weist gegenüber anderen Naturfasern eine sehr geringe Dehnung unter Zugbelastung auf, was zahlreichen Bauteilen hohe Formstabilität gewährt. Ein Problem in solchen Faser-Kunststoff-Verbundwerkstoffen ist die schlechte Haftung der Komponenten untereinander aufgrund der unverträglichen Oberflächen von hydrophoben Polyolefin-Polymeren und hydrophilen Naturfasern (Abbildung 1). Deshalb werden bei der Compoundierung haftvermittelnde Additive beigegeben, die zwischen den Partnern chemische Brücken erzeugen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Plasma- bzw. Elektronenstrahlbehandlungen von Polyolefinen an Luft hydrophile Oberflächeneigenschaften generieren, die besser kompatibel zu denen von Naturfasern sind.

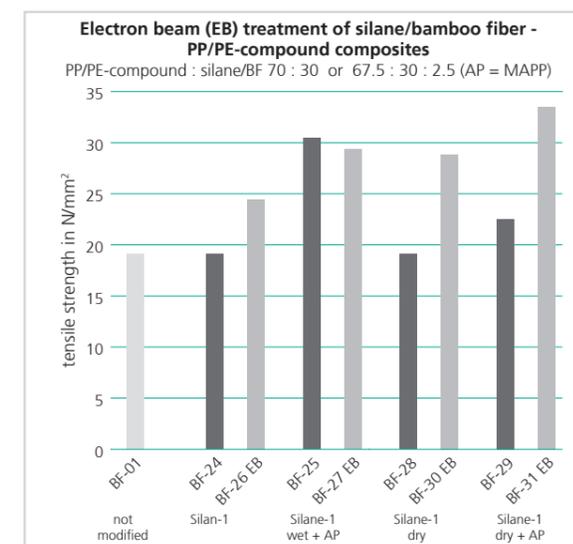


Fig. 2: Improvement of the tensile strength of composite materials

Zudem finden bei dem Prozess in den Polymeren konkurrierende Reaktionen an den Molekülketten statt: bei PP vorrangig abbauend, bei PE primär vernetzend. Die Auswirkungen manifestieren sich letztendlich in den Festigkeitswerten der Komposite. Im Rahmen des genannten Projektes wurden Bestrahlungsversuche mit Elektronen an Luft sowohl an Polymergranulaten, Bambusfaserhäcksel sowie an Kompositpellets aus den unbestrahlten Einzelkomponenten durchgeführt. Die mechanischen Kennwerte von hieraus gefertigten Prüfstäben verbesserten sich markant, als sehr geringe Mengen haftvermittelnder Agenzien beigegeben wurden. Das waren Silane in trockener oder in flüssiger Form (Faserimpregnierung) und für Polyolefine geeignete reaktive Trockenprodukte auf Maleinatbasis. Ziel des Projektes war auch, die Realisierung der Elektronenbestrahlung im großtechnischen Maßstab zu demonstrieren. Hierzu wurde die Anwendung des Chargenbetriebs nach der Rondiertechnologie an einem Modul der Firma GLATT in der Fraunhofer FEP-Anlage REAMODE erprobt. Für die Behandlung wesentlich größerer Mengen von Polymergranulat oder Kompositpellets im Durchlaufverfahren kam kosteneffizient die von Fraunhofer FEP und Schmidt-Seeger AG entwickelte Schüttgutbehandlungsanlage e-ventus® zum Einsatz.

Die orientierenden Versuche brachten deutliche Erhöhungen der Zugfestigkeit, wenn die Additive in trockener Form, wie es die Verarbeiter wünschen, beigegeben und dann die Kompositpellets mit Elektronen an Luft bestrahlt wurden (Abbildung 2). Bezüglich der Reißdehnung und der Elastizitätswerte E-Modul und Biege-E-Modul wirkte sich die Bestrahlung bei diesen Versuchen nur geringfügig aus. Bei Einsatz strahlenvernetzbarer Silantypen und Optimierung des Faserhäcksel sowie anderer technologischer Parameter sind jedoch bessere mechanische Produktkennwerte zu erwarten. Die Arbeitsgruppe im Fraunhofer FEP wird mit diesen Projektergebnissen Partner aus der kunststoffverarbeitenden Industrie ansprechen, die aus preiswerten Einsatzmaterialien mit Hilfe der Elektronenbehandlung Kunststoffprodukte mit höherer Qualität entwickeln wollen. Weitere Untersuchungen mit anderen natürlichen und belastbaren Fasertypen, die trotz großer natürlicher Ressourcen bislang wenig Beachtung fanden, werden demnächst folgen.

* AiF-Vorhaben-Nr.: KF 0332602 WZ 6 / Zeitraum: 1.08.2006 - 31.07.2008

Deposition of transparent conducting oxides by RF superimposed DC-sputtering



Bruno Heimke

The Fraunhofer FEP is carrying out a project in collaboration with Advanced Energy to sputter transparent conducting oxides (TCOs) using RF superimposed DC/pulse-DC excitation. The focus of the work is on characterizing the new plasma excitation process and also on optimization of the electrical and optical properties of the deposited TCO layers.

The main oxide under study is indium tin oxide $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$ (ITO) which combines very high transparency in the optical-visible region with very good electrical conductivity. It is currently a widely used material in the display industry. A lower cost alternative is aluminum doped zinc oxide (ZnO:Al), a material which has been the attention of much research over the last few years. For example, this material is used for the manufacturing of transparent electrodes in thin film solar cells.

Other TCO materials which have been studied include indium zinc oxide (IZO), zinc tin oxide (ZTO), zinc oxide (ZnO) and antimony tin oxide (ATO). These materials have received less attention but they are highly interesting for further research work due to their good electrical and mechanical properties, coupled with their chemical resistance.

TCO layers deposited using RF sputtering possess good layer resistance and uniform layer structure. The main disadvantage is the low sputter rate, which in most cases is not suitable for industrial applications. DC/pulse-DC sputtering with its approximately 10-fold higher rate is therefore far more suitable, but has disadvantages regarding the layer growth and the resulting layer conductivity.

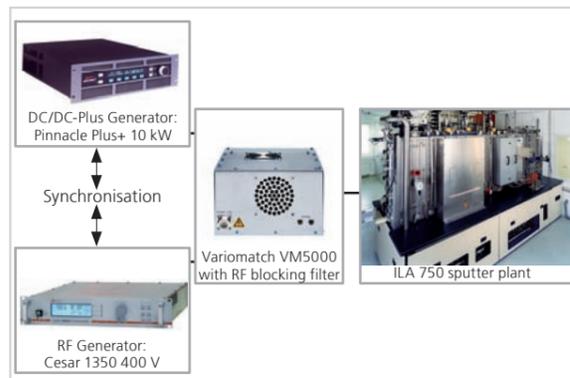


Fig. 1: Schematic representation of the RF superimposed DC process and the ILA 750 sputter plant

In order to unite the advantages of both processes, a DC/pulse-DC generator (Pinnacle Plus) and an RF generator (Cesar 1350) were connected via a matching network (Variomatch VM 5000) and operated at the same time (figure 1). All the TCO layers produced using this process showed an improvement in the electrical conductivity of up to 24% compared to conventionally manufactured layers.

The layers were characterized by optical spectroscopy (UV/VIS/NIR/IR) and Hall and Van der Pauw measurements (figure 2). In addition to providing information about the transmission, reflection and electrical conductivity of the layers, results were also obtained for the absorption, band interval and the charge carrier density and mobility. This gave feedback about the mechanism of current transport in the TCO layer.

Optical modeling can also be used to determine the electrical parameters for the deposited layers (figure 3). From the reflection and transmission spectra, an extended Drude model together with the OJL model also allows the charge carrier density and mobility to be determined. This method is suitable for contact-free measurements on sensitive samples and also for in-line monitoring of processes.

The full potential of the RF/DC process has still to be explored. The process stability can be increased further by adjusting the interface of the two power supplies, e. g. when sputtering in synchronal pulse mode. This leads to smoother film growing and higher thin film quality. Also, further investigations will show how the RF/DC process copes with various other materials.

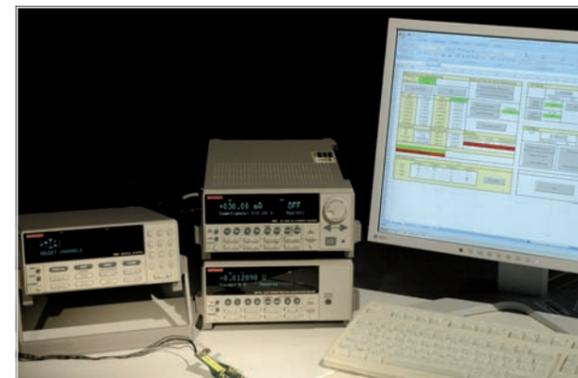


Fig. 2: Measurement of the charge carrier density and mobility using the Hall test (magnet yoke not in the picture)

Abscheidung von transparenten leitfähigen Oxiden durch RF überlagertes DC-Sputtern

In Kooperation mit der Firma Advanced Energy werden am Fraunhofer FEP Untersuchungen zum Sputtern transparenter leitfähiger Oxide (TCO) mittels RF überlagertes DC/Puls-DC Anregung durchgeführt. Dabei steht neben der Charakterisierung des neuen Plasmaanregungsprozesses auch die Optimierung der elektrischen und optischen Eigenschaften der abgeschiedenen TCO-Schichten im Fokus der Arbeiten.

Untersucht wurde vorrangig Indiumzinnoxid $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$ (ITO), welches eine sehr hohe Transparenz im optisch sichtbaren Bereich bei sehr guter elektrischer Leitfähigkeit aufweist. ITO wird als transparente Elektrode in der Displayindustrie und z. T. für die Fertigung von Dünnschichtsolarellen eingesetzt. Eine kostengünstigere Alternative bietet Aluminium dotiertes Zinkoxid (ZnO:Al), welches seit ein paar Jahren stark im Fokus verschiedener Forschungsarbeiten steht. Dieses Material wird beispielsweise auch für die Herstellung von Dünnschichtsolarellen als Elektrode verwendet.

Weitere untersuchte TCO-Materialien waren Indiumzinkoxid (IZO), Zinkzinnoxid (ZTO), Zinkoxid (ZnO) und Antimonzinnoxid (ATO). Diese Materialien sind besonders interessant, da sie gute elektrische und mechanische Eigenschaften bzw. eine hohe chemische Beständigkeit aufweisen.

Mit dem RF überlagerten DC Prozess (RF/DC) können die Schichteigenschaften dieser TCO-Materialien gezielt beeinflusst werden. Die mittels RF Sputtern abgeschiedenen TCO-Schichten weisen im Vergleich zu DC gesputterten Schichten geringere Schichtwiderstände und eine gleichmäßigere Schichtausbildung auf. Der wesentliche Nachteil liegt jedoch in der niedrigen Sputterrate, die sich für eine industrielle

Anwendung nicht eignet. Das DC/Puls-DC Sputtern ist daher mit seiner um ca. Faktor 10 höheren Rate besser geeignet, hat jedoch Nachteile beim Schichtwachstum und der damit erzielten Schichtleitfähigkeit.

Um die Vorteile beider Prozesse zu vereinen, wurde ein DC/Puls-DC Generator (Pinnacle Plus) und ein RF Generator (Cesar 1350) über ein Anpassungsnetzwerk (Variomatch VM 5000) zusammenschaltet und gleichzeitig betrieben (Abbildung 1). Die mit diesem Verfahren hergestellten TCO-Schichten zeigten bei allen untersuchten Materialien eine Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit um bis zu 24 % gegenüber rein DC gesputterten Schichten. Da beim RF/DC Prozess keine erhöhte Temperaturbelastung für das Substrat entsteht, können auch temperaturempfindliche Folien oder Unterschichten verwendet werden.

Die abgeschiedenen Schichten werden durch optische Spektroskopie (UV/VIS/NIR/IR) und Hall- und Van-der-Pauw Messungen charakterisiert (Abbildung 2). Dadurch lassen sich neben Aussagen zur Transmission, Reflexion und elektrischen Leitfähigkeit der Schichten auch Ergebnisse für die Absorption, den Bandabstand und die Ladungsträgerdichte und -beweglichkeit gewinnen. Dies lässt Rückschlüsse auf den Mechanismus des Stromtransportes in der TCO-Schicht zu.

Zur Bestimmung der elektrischen Parameter der abgeschiedenen Schichten eignet sich auch die optische Modellierung (Abbildung 3). Aus den Reflexions- und Transmissionsspektren lassen sich mit unterschiedlichen Dispersionsmodellen die Ladungsträgerdichte und -beweglichkeit ermitteln. Dieses Verfahren eignet sich für berührungslose Messungen an empfindlichen Proben oder auch für die In-line-Überwachung von Prozessen.

Das Potenzial des RF/DC Prozesses lässt sich nach den bisher durchgeführten Versuchen noch nicht endgültig bewerten. Durch Anpassung der Schnittstelle der beiden Generatoren, z. B. beim synchron gepulsten Sputtern, wird eine höhere Prozessstabilität erreicht, was sich günstig auf das Schichtwachstum auswirkt. Weitere Arbeiten werden zeigen, inwieweit der RF/DC Prozess auch für andere Materialien interessant ist.

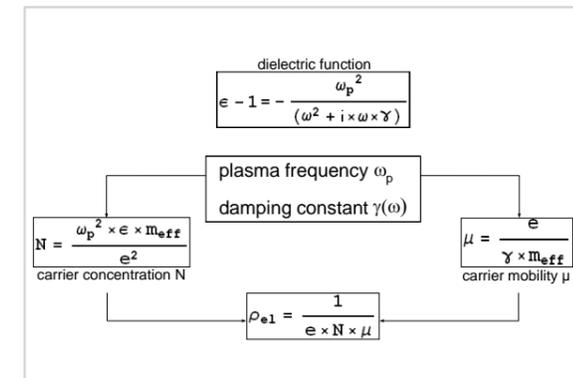


Fig. 3: Modeling of the dielectric function of the deposited TCO layers

Sputter-etching of thick ferromagnetic strips using hollow cathode arc discharge



Dr. Jens-Peter Heinß

When developing coating processes, the prior substrate pretreatment step is highly important. It very often determines the adhesion strength and hence also the quality of the deposited layers. Indeed, the guaranteeing of very good layer adhesion is one advantage of vacuum coating methods. Sputter-etching is commonly used today for effective pretreatment. In the past, a special configuration was developed for coating metal strips, whereby a magnetron discharge was applied to the strip being treated. The efficiency and the continuous operation of such modules were demonstrated in pilot plants.

The magnetron principle cannot be used for treating thick, ferromagnetic strips. The Fraunhofer FEP developed the idea of positioning an arc discharge source in front of the strip and to use this intense plasma for sputter-etching. An etching module was developed for the in-line MAXI plant at the Fraunhofer FEP (figure 1) and this was mounted on a base plate at the pretreatment chamber.

During a hollow cathode arc discharge, the argon gas which is introduced is partially ionized in the tube-shaped cathode and is extracted into the process chamber due to the front position of the anode. Typical electrical operating parameters are $U = 25 \dots 70 \text{ V}$ and $I = 200 \text{ A}$. An argon flow of $20 \dots 100 \text{ sccm}$ is required for stable operation. The electrical circuit means that whole hollow cathode unit has a positive BIAS of approx. 500 V relative to the substrate. Advantageously, the substrate itself can remain at earth potential. In order to suppress undesired micro-arcing which can occur during sputter-etching, the BIAS voltage was synchronized.

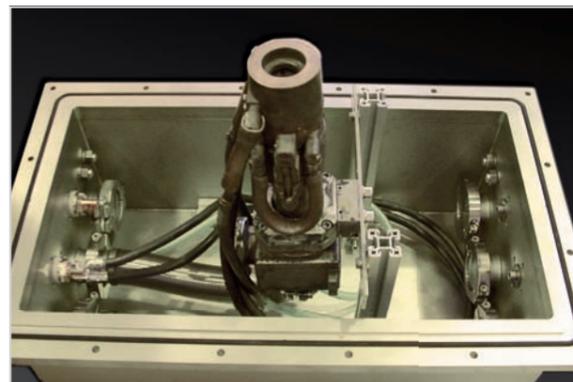


Fig. 1: Etching module for the in-line MAXI plant

The intense hollow cathode arc discharge in front of the horizontal moving metal strip is shown in figure 2. At the highest tested BIAS power of 4 kW , there was (gravimetric) etching of $1,5 \text{ nm}$ material at speeds of travel of 1 m/s on steel sheets. This demonstrated the high effectiveness of this plasma etching method.

Different materials gave different etching rates (figure 3). For aluminum we observed the double and for copper the threefold etching rate in relation to steel. The cause of this is essentially due to the different sputter yields of the argon ions.

As the hollow cathode is a point-shaped plasma source, the etching effect is inhomogeneous. For that reason, several hollow cathodes must be set up depending on the strip width.

Due to the latest developments at the Fraunhofer FEP to intensify the hollow cathode arc discharge, there are also new perspectives on this. On the one side, the increased ion flow densities allow higher etching rates to be realized. At the same time, the directional characteristics are much broader, so that the number of hollow cathodes that have to be used across the strip width can be reduced.

Further work on sputter-etching assisted by hollow cathodes will focus on further increasing the etching rate and the development of a cost-effective and industrial usable unit.

The fundamental studies were carried out as part of an internal Fraunhofer project. The equipment was following used for development projects with industry. |

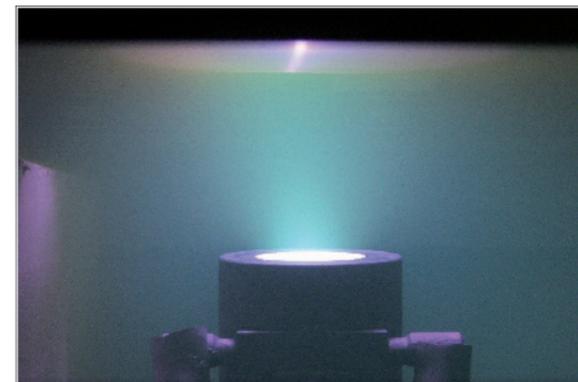


Fig. 2: Hollow cathode arc discharge during sputter-etching

Sputterätzen dicker ferromagnetischer Bänder mit Hohlkathodenbogenentladung

Für die Entwicklung von Beschichtungsverfahren hat der vorangestellte Prozessschritt der Substratvorbehandlung eine große Bedeutung. Er entscheidet sehr oft über die Haftfestigkeit und somit auch über die Qualität der aufgebrachtten Schichten. Gerade in der Sicherung einer sehr guten Schichthaftung liegt ein prinzipieller Vorteil der Vakuumbeschichtungsverfahren. Als effektive Vorbehandlung wird gegenwärtig vielfach das Sputterätzen eingesetzt. Für die Beschichtung von metallischen Bändern wurde in der Vergangenheit eine spezielle Konfiguration entwickelt, bei der eine Magnetronentladung auf dem zu reinigenden Band brennt. Derartige Module konnten in Pilotanlagen den Nachweis für ihre wirtschaftliche und langzeitstabile Funktion erbringen.

Für den Anwendungsfall dicker ferromagnetischer Bänder kann das Magnetronprinzip nicht zur Anwendung kommen. Deshalb wurde im Fraunhofer FEP die Idee entwickelt, eine Bogenentladungsquelle vor dem Band zu positionieren und dieses intensive Plasma zum Sputterätzen zu nutzen. Für die Inlineanlage MAXI des Fraunhofer FEP wurde ein Ätzmodul entwickelt (Abbildung 1), welches an einer Grundplatte der Vorbehandlungskammer montiert wurde. Bei einer Hohlkathodenbogenentladung wird in der rohrförmig ausgebildeten Kathode das zugeführte Argon teilweise ionisiert und aufgrund der vorgesetzten Anode in die Prozesskammer extrahiert. Typische elektrische Betriebsparameter sind $U = 25 \dots 70 \text{ V}$ und $I = 200 \text{ A}$, dabei sind Argonflüsse im Bereich von $20 \dots 100 \text{ sccm}$ für eine stabile Betriebsweise erforderlich. Mit der elektrischen Beschaltung wird die gesamte Hohlkathodeneinrichtung mit einer positiven BIAS-Spannung von ca. 500 V gegenüber dem Substrat beaufschlagt. Dabei kann vorteilhafterweise das Substrat selbst auf Massepotential verbleiben. Zur Unterdrückung von unerwünschten Micro-Arcs, die

beim Sputterätzen auftreten könnten, wurde die BIAS-Spannung getaktet.

Die stromstarke Hohlkathodenbogenentladung vor dem horizontal darüber laufenden Metallband ist in der Abbildung 2 veranschaulicht. Bei den höchsten erprobten BIAS-Leistungen von 4 kW wurden Ätzabträge von $1,5 \text{ nm}$ bei Bandgeschwindigkeiten von 1 m/s gravimetrisch an Stahlblechen nachgewiesen. Somit konnte der Nachweis für dieses hocheffektive Plasmaätzverfahren erbracht werden.

Für verschiedene Materialien wurden unterschiedliche Ätzraten festgestellt (Abbildung 3). Bei Aluminium wurde die doppelte, bei Kupfer die dreifache Ätzrate im Vergleich zu Stahl festgestellt. Die Ursache dieser Materialabhängigkeit ist im Wesentlichen auf die unterschiedlichen Sputterausbeuten der Argonionen zurückzuführen.

Da die Hohlkathode eine punktförmige Plasmaquelle ist, ergibt sich eine inhomogene Verteilung der Ätzwirkung. Deshalb müssen in Abhängigkeit von der Bandbreite mehrere Hohlkathoden angeordnet werden.

Durch die neuesten Entwicklungen des Fraunhofer FEP zur Intensivierung der Hohlkathodenbogenentladung ergeben sich auch hierfür neue Perspektiven. So lassen sich durch die erhöhten erzielbaren Ionenstromdichten höhere Ätzraten verwirklichen. Gleichzeitig sind die Richtungscharakteristiken markant breiter verteilt, so dass die Anzahl der einzusetzenden Hohlkathoden über der Bandbreite reduziert werden kann.

Die Weiterentwicklung des Sputterätzens mit Hohlkathodenunterstützung wird sich auf die weitere Erhöhung der Ätzrate und die Entwicklung einer kostengünstigen und industriell einsetzbaren Baugruppe konzentrieren.

Die grundlegenden Untersuchungen erfolgten innerhalb eines Fraunhofer internen Projektes. Die Vorrichtung wurde nachfolgend in ersten Industrieprojekten genutzt. |

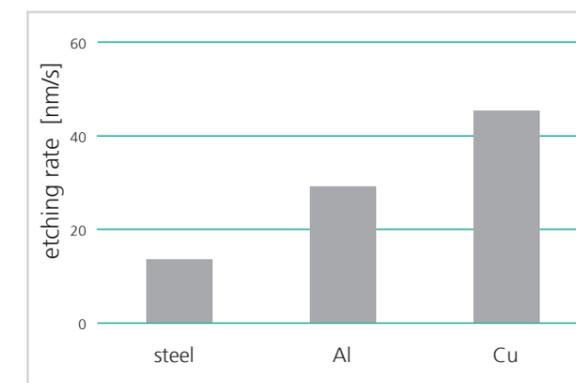


Fig. 3: Stationary sputter-etching rate for different materials



Dr. Bert Scheffel

Magnetron glow discharges have been used at the Fraunhofer FEP for a long time in a variety of different ways. They form the basis for a series of developments in the area of surface coating. Various methods for coating and reactive process control, a wide variety of magnetron sputter sources and pulsed power supplies for magnetron discharges have been and are being developed. The principle of this discharge is based on the high concentration of charged particles in the vicinity of the cathode which is reached through a closed circular, tunnel-shaped magnetic field in the region of the cathode. Magnetron discharge is also used for pretreating metal strips in the »Coating of sheets and metal strips« department at the Fraunhofer FEP. For this a magnetron discharge is burning on the surface of the metal strip to be cleaned. Due to the bombardment of the surface with argon ions and the sputtering effect, material is removed from the surface and this means a clean surface is created for good adhesion of subsequently applied layers.

There are novel opportunities for coating metal strips by using magnetron glow discharge in a PECVD process (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition). A precursor is fed into the plasma of the magnetron discharge. The process is set such that the ion bombardment does not lead to removal of material from the cathode surface, but rather assists the layer formation process. In this way, very dense, thin layers can be deposited on the cathode, namely the metal strip. If the metal strip has to be at earth potential, an anode box is used, as schematically shown in figure 1. The medium frequency pulse technique, which was developed for magnetron sputtering, can also be ad-

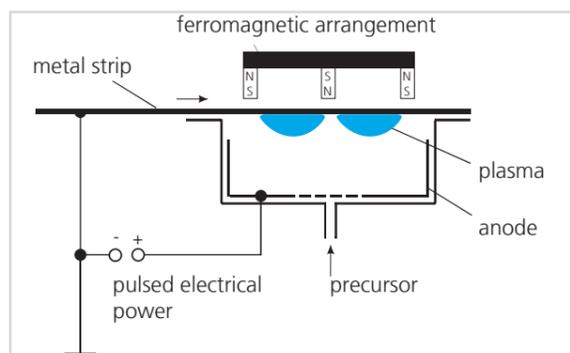


Fig. 1: Schematic representation of the PECVD process using the metal strip magnetron for a metal strip at earth potential

vantageously used with the metal strip magnetron for the deposition of electrically insulating layers.

In one of our own research projects, the fundamental characteristics of the novel process are being studied using acetylene (C_2H_2) and hexamethyldisiloxane (HMDSO) as precursors. The coating rate, due to reaction of the precursor, is closely linked to the plasma density in the discharge. For that reason, the circular magnetron discharge at the cathode can be depicted as layer formation on a stationary strip (figure 2). The dynamic coating rate of 150 ... 300 nm \times m/min is relatively high. The dependence of the coating rate on the specific discharge power is shown in figure 3.

Figure 4 shows a scanning electron microscope image of a cross fracture of an approximately 1 μ m thick a-C:H layer. Very dense and hard layers were deposited. For the layers which formed due to reaction of HMDSO, layer hardnesses in the region of 6 ... 18 GPa were measured. The hardness and other layer properties can be customized by adding oxygen. In the case of the C_2H_2 precursor, hydrogen-containing, amorphous, carbon layers were deposited with very high layer hardness of up to 40 GPa.

Studies on the long-term stability of the discharge and the coating of strip edges are amongst the things which will be investigated next. The application area for this method is limited to the coating of electrically conducting and not too thick ferromagnetic strip materials. A broad spectrum of applications is envisaged for metal strip treatment, due in particular to the high quality of the deposited layers and the expected low technological complexity of the method.

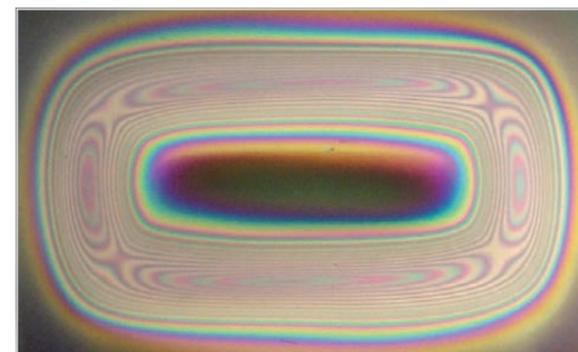


Fig. 2: Coating after PECVD process with HMDSO on a stationary steel sheet representing the race track of a magnetron discharge

Magnetron-Glimmentladungen werden im Fraunhofer FEP seit langem auf vielfältige Weise genutzt. Sie sind die Grundlage für eine Reihe von Entwicklungen im Bereich der Oberflächenbeschichtung. Verschiedene Verfahren zur Beschichtung und zur reaktiven Prozessführung, vielgestaltige Magnetron-Sputterquellen sowie gepulste Stromversorgungen für Magnetronentladungen wurden und werden entwickelt. Das Prinzip dieser Entladung beruht auf der hohen Konzentration von Ladungsträgern in der Nähe der Kathode, die durch ein ringförmig geschlossenes, tunnelförmiges Magnetfeld im Bereich der Kathode erreicht wird.

In der Abteilung »Beschichtung von Platten und metallischen Bändern« wird die Magnetronentladung auch zur Vorbehandlung von Metallbändern genutzt. Dabei wird eine Magnetronentladung auf der Oberfläche des zu reinigenden Metallbandes betrieben. Durch den Beschuss der Oberfläche mit Argonionen und den Sputtereffekt wird Material von der Oberfläche abgetragen und für die Haftung nachfolgend aufgebracht Schichten werden beste Voraussetzungen erreicht.

Neuartige Möglichkeiten für die Beschichtung von Metallbändern ergeben sich durch die Nutzung der Magnetron-Glimmentladung in einem PECVD-Prozess (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition). In das Plasma der Magnetronentladung wird ein Precursor eingeleitet. Der Prozess wird so eingestellt, dass der Ionenbeschuss nicht zum Abtrag der Kathodenoberfläche führt, sondern den Schichtbildungsprozess unterstützt. Auf diese Weise können sehr dichte dünne Schichten auf der Kathode, d. h. dem Metallband, abgeschieden werden. Wenn das Metallband auf Massepotential liegen soll, kommt ein Anodenkasten, wie schematisch in der Abbildung 1 dargestellt ist, zur Anwendung. Die für das Magnetronsputtern entwickelte Mittelfrequenz-Pulstechnik wird auch

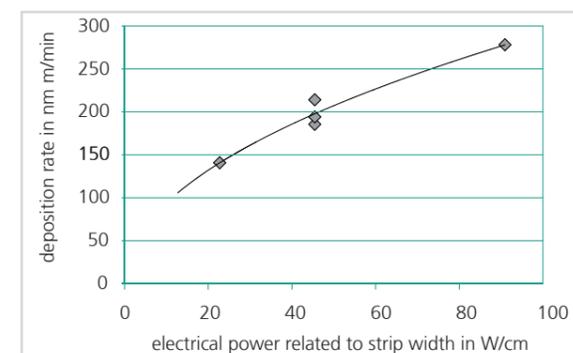


Fig. 3: Coating rate for PECVD with an HMDSO precursor as a function of the electrical power per unit strip width (W/cm)

beim Metallbandmagnetron vorteilhaft eingesetzt, wenn es um die Abscheidung elektrisch isolierender Schichten geht.

Im Rahmen eines Eigenforschungsprojekts wurden grundlegende Eigenschaften des neuartigen Prozesses mit den Precursoren Azetylen (C_2H_2) und Hexamethyldisiloxan (HMDSO) untersucht. Die Beschichtungsrate durch Umsetzung des Precursors ist eng an die Plasmadichte in der Entladung gekoppelt. Deshalb kann bei stillstehendem Band die ringförmige Magnetronentladung auf der Kathode durch Schichtbildung abgebildet werden (Abbildung 2).

Die erzielte dynamische Beschichtungsrate ist hier mit 150 bis 300 nm \times m/min relativ hoch. Die Abhängigkeit der Beschichtungsrate von der spezifischen Entladungsleistung ist in der Abbildung 3 dargestellt. In der Abbildung 4 ist eine rasterelektronenmikroskopische Abbildung einer etwa 1 μ m dicken a-C:H-Schicht im Querbruch zu sehen. Es wurden sehr dichte und harte Schichten abgeschieden. Bei Schichten, die durch Umsetzung von HMDSO entstanden sind, wurden Schichthärten im Bereich von 6 bis 18 GPa gemessen. Diese und andere Schichteigenschaften konnten gezielt durch die Zugabe von Sauerstoff beeinflusst werden. Im Falle des C_2H_2 -Precursors wurden wasserstoffhaltige amorphe Kohlenstoffschichten mit bemerkenswert hohen Schichthärten bis zu 40 GPa abgeschieden.

Untersuchungen zur Langzeitstabilität der Entladung und zur Beschichtung der Bandkanten gehören zu den kommenden Aufgaben. Der Anwendungsbereich für dieses Verfahren ist auf die Beschichtung von elektrisch leitfähigen und nicht zu dicken ferromagnetischen Bandmaterialien eingeschränkt. Vor allem im Hinblick auf die gute Schichtqualität und den geringen zu erwartenden technischen Aufwand wird dennoch ein breites Anwendungspotential bei der Metallbandveredelung gesehen.

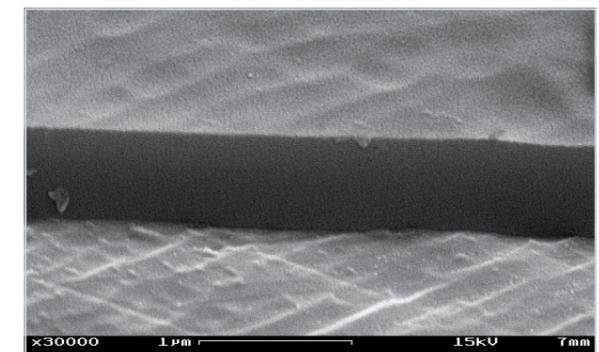


Fig. 4: SEM image of a a-C:H layer deposited on stainless steel sheet using PECVD with C_2H_2

Magnetron PECVD-process



Dr. Matthias Fahland

Magnetron-PECVD is a new coating technology, in-between sputtering and PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition). Its close similarity to reactive sputtering and the use of pulsed medium-frequency power means that it is an ideal addition to the technology portfolio of the Fraunhofer FEP.

The basic set-up can be seen in figure 1. Two magnetrons are positioned next to one another in a coating chamber. They are connected to a bipolar power supply. Both magnetrons are alternately switched as the anodes and cathodes for gas discharge. This principle is already known from reactive sputtering. If there is rapid enough changing of the polarity, the arcing is suppressed, the long-term stability of the electrodes is ensured and the plasma density at the substrate is increased. In the case of Magnetron-PECVD, a monomer is introduced, to mix with argon and oxygen. The monomer can form layers via chemical vapor deposition. Up until now the work has concentrated on silicon-containing monomers, primarily hexamethyldisiloxane (HMDSO) and tetraethylorthosilicate (TEOS). After activation in the argon-oxygen plasma, these starting materials form a carbon-containing silicon oxide (SiO_xC_y). The chemical and optical properties of the layer materials are very similar to those of sputtered SiO_2 . A significant difference, however, is the much lower intrinsic stress of the layers compared to analogous layers produced via sputtering. That is particularly noticeable when forming layers on plastic films.

Sputtered layers having a thickness of a few hundred nanometers usually lead to bending of the film. That has a negative effect on the stability of the layers and in most cases hinders further processing. In the case of layers deposited using Magnetron-PECVD this disadvantage virtually never occurs. This opens up a variety of new application opportunities. For example, SiO_xC_y can be used as a low refractive index layer in complex optical layer systems. A project is currently underway at the Fraunhofer FEP in which an alternating layer system (SiO_xC_y - HfO_2) consisting of 20 individual layers is being deposited on a plastic film. This should have high reflection for ultraviolet radiation (figure 2).

A second important field of application is the manufacture of permeation barriers on plastic films. Al-

though the SiO_xC_y layers themselves provide virtually no barrier against water vapor or oxygen, they are nevertheless a key element for forming multilayers which have this precise function.

Another important practical property is the high deposition rate. Compared to sputtered layers, a four-fold improvement has been demonstrated to date for Magnetron-PECVD.

Magnetron-PECVD is constantly being advanced, with regards to our understanding of the process and also potential applications. In addition to ongoing projects, it will in the future continue to be an important part of the work of the institute. |

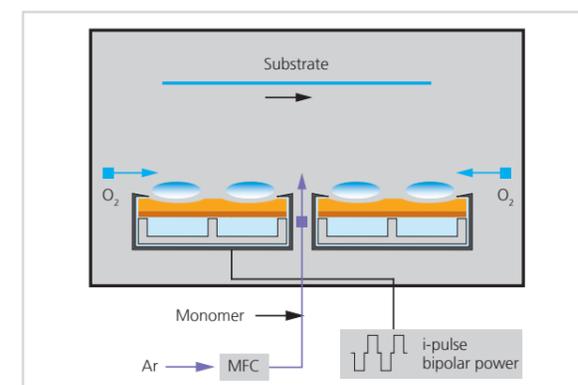


Fig. 1: Basic setup for the Magnetron PECVD-process

Magnetron PECVD-Prozess

Magnetron-PECVD ist eine neue Beschichtungstechnologie, die eine Mittelstellung zwischen Sputtern und PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) einnimmt. Die enge Anlehnung an das reaktive Sputtern und die Verwendung gepulster Mittelfrequenzeinspeisung macht sie zu einer idealen Ergänzung für das Technologieportfolio des Fraunhofer FEP.

Der Grundaufbau ist in Abbildung 1 zu sehen. In einer Beschichtungskammer sind zwei Magnetrons nebeneinander angeordnet. Sie sind mit einer bipolaren Stromversorgung verbunden. Beide Magnetrons werden abwechselnd als Anode und Kathode einer Gasentladung geschaltet. Dieses Prinzip ist bereits durch das reaktive Sputtern bekannt. Dort wird durch einen ausreichend schnellen Wechsel der Polarität das Arcing unterdrückt, die Langzeitstabilität der Elektroden gesichert und die Plasmadichte am Substrat erhöht. Im Falle des Magnetron-PECVD wird zusätzlich zu Argon und Sauerstoff noch ein Monomer eingelassen, das durch chemische Dampfabscheidung Schichten bilden kann. Bisher konzentrierten sich die Arbeiten auf siliziumhaltige Monomere, vorwiegend Hexamethyldisiloxan (HMDSO) oder Tetraethylorthosilikat (TEOS). Nach einer Aktivierung im Argon-Sauerstoff-Plasma bilden diese Ausgangsstoffe ein kohlenstoffhaltiges Siliziumoxid (SiO_xC_y). Die chemischen und optischen Eigenschaften des gebildeten Schichtmaterials sind denen von gesputtertem SiO_2 sehr ähnlich. Ein signifikanter Unterschied ist der wesentlich niedrigere intrinsische Stress der Schichten, verglichen mit dem durch Sputtern hergestellten Analogon. Das macht sich insbesondere bei der Abscheidung auf Kunststofffolien bemerkbar.

Gesputterte Schichten von einigen Hundert Nanometern Dicke führen meist zu einer Krümmung der Folie. Das ist für die Stabilität der Schichten negativ und

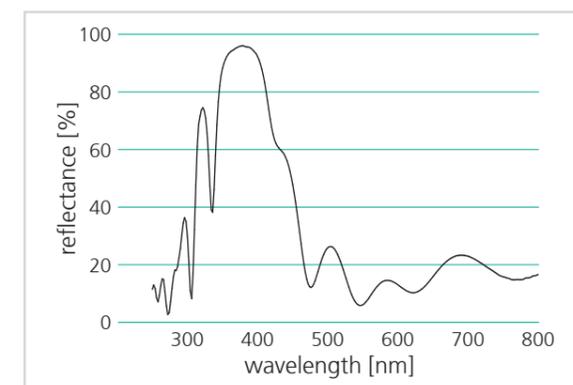


Fig. 2: Reflection spectrum of 20 layer system on PET film

steht in den meisten Fällen einer Weiterverarbeitung entgegen. Im Falle der mit Magnetron-PECVD abgeschiedenen Schichten tritt dieser Nachteil praktisch nicht auf. Das eröffnet verschiedene neue Anwendungsmöglichkeiten. Beispielsweise kann SiO_xC_y als niedrig brechende Schicht in komplizierten optischen Schichtsystemen verwendet werden. Gegenwärtig läuft am Fraunhofer FEP ein Projekt, bei dem ein aus 20 Einzelschichten bestehendes Wechselschichtsystem SiO_xC_y - HfO_2 auf Kunststoffolie abgeschieden wird. Damit soll eine hohe Reflexion für ultraviolette Strahlung erreicht werden (Abbildung 2).

Ein zweites wichtiges Anwendungsfeld ist die Beschichtung für Permeationssperren auf Kunststofffolien. Obwohl die SiO_xC_y -Schichten selbst kaum Wasserdampf oder Sauerstoff abschirmen, sind sie doch ein wesentliches Element von Mehrschichten mit genau diesem Zweck.

Eine wichtige praktische Eigenschaft des Verfahrens ist die hohe Beschichtungsrate. Gegenüber den gesputterten Schichten konnte bisher eine Steigerung um das Vierfache nachgewiesen werden.

Sowohl bezüglich des Prozessverständnisses als auch im Hinblick auf die Anwendungsmöglichkeiten wird das Magnetron-PECVD ständig weiterentwickelt. Damit soll es in Zukunft über die schon bestehenden Projekte hinaus weitere wesentliche Beiträge zu neuen technologischen Lösungen aus dem Fraunhofer FEP leisten. |

Hollow cathode arc discharge in an axial magnetic field – a new operating principle for compact, high-performance plasma sources



Dr. Fred Fietzke

For more than a decade, plasma activation by means of hollow cathode arc discharges has been one of the key reasons behind the industrial application of

high-rate deposition processes. There has been particularly successful application of this technology for the coating of plastic films and metal strips, in collaboration with partners from industry and research organizations. Besides the main advantages such as the high plasma density and comparatively simple, robust and cost-efficient structure of the plasma source and power supply, there are also a number of shortcomings which have to date hindered more widespread use of this technology. Noteworthy in this regard are in particular the highly inhomogeneous nature and low range of the plasma effect, the low average energy of the emitted electrons and the high gas throughput of 100 ... 200 sccm argon required for stable operation, which makes the vacuum equipment of the coating plant considerably more expensive, and particularly so for systems having several sources. In order to overcome these shortcomings, the constructional design of a conventional hollow cathode plasma source was changed to allow a solenoid coil to be inserted into the annular anode surrounding the cathode tube. The solenoid coil generates a toroidal magnetic field within the source and around the source (figure 1). This field has two main effects. Firstly, the anode is magnetically shielded, namely the path of the electrons from the cathode to the anode is made more difficult and an anode fall is generated. Secondly, the hot cathode tube which emits the electrons is positioned in the center of the coil such that the magnetic field lines inside are essentially parallel to the cathode axis. In this way, the characteristic pen-

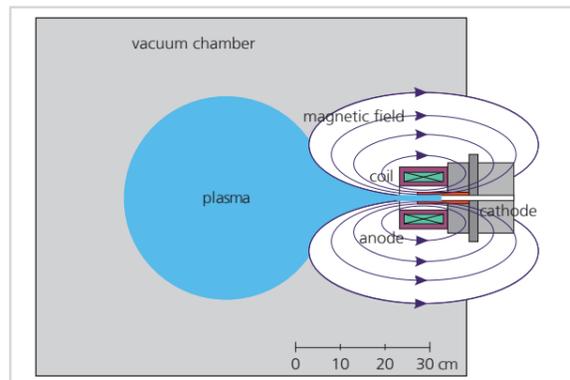


Fig. 1: Configuration and working principle of a magnetic field enhanced hollow cathode plasma source

dulum motion of the electrons inside the cathode tube required for the hollow cathode effect is converted into a spiral motion around the magnetic field lines. This causes a lengthening of the path and hence an improved ionization effect due to collision processes with the flowing atoms of noble gas.

The success of this measure can be seen from the characteristic lines of the discharge and from the ionization effect that is achieved in the space in front of the plasma source. With increasing magnetic field strength and decreasing gas flow the extractable ion current increases dramatically and reaches values which are more than an order of magnitude greater than those in classic operations without a magnetic field (figure 2). Visually, a funnel-shaped bell-mouthed plasma beam can be seen extending far into the compartment. In addition, an opaque luminous effect is observed in the whole vacuum compartment (figure 3). Spatially-resolved measurement of the ion current density gave values of several mA/cm², even at distances of more than 500 mm from the source exit and far outside the cathode axis.

The new plasma source has already demonstrated its effectiveness in long-term stable operation over several hours at more than 20 kW. Using the power supply developed for this, there is also immediate and reliable ignition of the discharge at the push of a button, without the need for a laborious procedure to heat the cathode tube up to operating temperature. The first trial applications in the area of plasma pretreatment, plasma-activated deposition and plasma enhanced magnetron sputtering yielded promising results and indicated there was much potential for the new hollow cathode plasma source. The new work field has been protected by a series of patent applications and as such this has created the basis for successful marketing of the research results. |

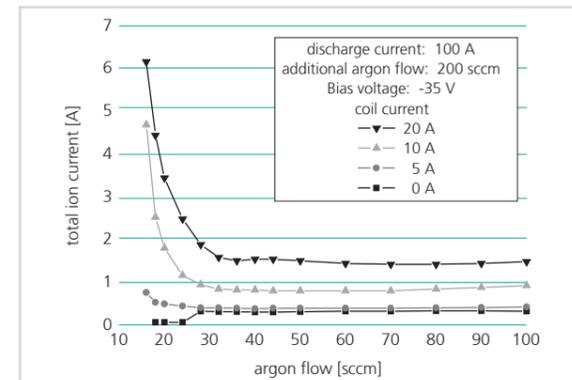


Fig. 2: Increase in the extractable ion current with increasing magnetic field strength and decreasing gas flow

Hohlkathoden-Bogenentladung im axialen Magnetfeld – ein neues Wirkprinzip für kompakte Hochleistungs-Plasmaquellen

Die Plasmaaktivierung mittels stromstarker Hohlkathoden-Bogenentladungen stellt seit mehr als 10 Jahren am Fraunhofer FEP eine der tragenden Säulen bei der industriellen Anwendung von Hochrate-Bedampfungsprozessen dar. Vor allem auf dem Gebiet der Beschichtung von Kunststoffolien und Metallbändern gelang gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung eine Reihe von erfolgreichen Applikationen dieser Technologie.

Den Hauptvorteilen wie der hohen erzielbaren Plasmadichte und dem vergleichsweise einfachen, robusten und kostengünstigen Aufbau von Plasmaquelle und Stromversorgung steht jedoch auch eine Reihe von Defiziten gegenüber, die eine breitere Anwendung bisher verhinderten. Hier sind vor allem die starke Inhomogenität und die geringe Reichweite der Plasmawirkung, die geringe mittlere Energie der emittierten Elektronen sowie der zum stabilen Betrieb notwendige hohe Gasdurchsatz von 100 ... 200 sccm Argon zu nennen, welcher besonders in Anordnungen mit mehreren Quellen die Vakuumausrüstung einer Beschichtungsanlage wesentlich verteuert.

Um die genannten Defizite zu überwinden, wurde der konstruktive Aufbau einer herkömmlichen Hohlkathoden-Plasmaquelle dahingehend verändert, dass in die das Kathodenrohr umschließende ringförmige Anode eine Solenoidspule eingefügt wurde, die innerhalb der Quelle und um die Quelle herum ein toroidales Magnetfeld erzeugt (Abbildung 1). Dieses Feld hat zwei wesentliche Auswirkungen. Zum einen wird die Anode magnetisch abgeschirmt, d. h. der Weg der Elektronen von der Kathode zur Anode erschwert und ein Anodenfall aufgebaut. Zum anderen ist das die Elektronen emittierende heiße Kathodenrohr so im Zentrum der Spule angeordnet, dass die

magnetischen Feldlinien in seinem Inneren im Wesentlichen parallel zur Kathodenachse verlaufen. Auf diese Weise wird die für den Hohlkathodeneffekt charakteristische Pendelbewegung der Elektronen innerhalb des Kathodenrohrs in eine Spiralbewegung um die Magnetfeldlinien umgewandelt, welche eine Wegverlängerung und damit eine verbesserte Ionisationswirkung durch Kollisionsprozesse mit den durchströmenden Edelgasatomen bewirkt.

Der Erfolg dieser Maßnahme ist aus den charakteristischen Entladungskennlinien sowie aus der erzielbaren Ionisierungswirkung im Raum vor der Plasmaquelle abzulesen. Mit steigender Magnetfeldstärke und sinkendem Gasfluss nimmt der extrahierbare Ionenstrom dramatisch zu und erreicht Werte, die um mehr als eine Größenordnung über denen im klassischen Betrieb ohne Magnetfeld liegen (Abbildung 2). Visuell kann ein weit in den Raum reichender, trichterförmig aufgeweiteter Plasmastrahl und darüber hinaus eine opake Leuchterscheinung in der gesamten Vakuumkammer beobachtet werden (Abbildung 3). Ortsaufgelöste Messungen der Ionenstromdichte ergaben Werte von mehreren mA/cm² selbst in Abständen von mehr als 500 mm von der Quellenmündung und weit außerhalb der Kathodenachse.

Die neue Plasmaquelle konnte ihre Leistungsfähigkeit bereits im langzeitstabilen Betrieb über mehrere Stunden bei mehr als 20 kW unter Beweis stellen. Mit der hierfür entwickelten Stromversorgung ist darüber hinaus ein sofortiges zuverlässiges Zünden der Entladung per Knopfdruck, ohne die Notwendigkeit einer langwierigen Aufheizprozedur zur Erreichung der Betriebstemperatur des Kathodenrohrs, möglich. Erste Testapplikationen auf den Gebieten Plasmavorbehandlung, plasmaaktivierte Bedampfung sowie Plasma-Unterstützung beim Magnetronspütern erbrachten vielversprechende Resultate und weisen auf das große Entwicklungspotenzial der neuen Hohlkathoden-Plasmaquelle hin. Durch eine Reihe von Patentanmeldungen wurde das neue Arbeitsfeld abgesichert und die Basis für eine erfolgreiche Vermarktung der Forschungsergebnisse geschaffen. |



Fig. 3: View of a hollow cathode plasma source operating at 100 A discharge current and 100 V discharge voltage

Titanium dioxide – a versatile material for thin film technology



Dr. Daniel Glöß

Titanium oxide is a very widely used material in everyday life. Several million tons of titanium oxide particles are produced each year, and this material is primarily used as a white pigment in paints, paper, cosmetics and even as a food additive (E171). The ability to manufacture thin layers using PVD or CVD methods has considerably broadened the range of applications of titanium oxide in recent years. This article describes a variety of applications of thin titanium oxide layers. Special focus is put on the latest studies at the Fraunhofer FEP evaluating the suitability of the layers as sensor layers in gas sensors.

Two high-rate PVD technologies, namely reactive pulse magnetron sputtering and reactive plasma-activated electron beam evaporation (SAD process), are used for manufacturing of thin titanium oxide layers at the Fraunhofer FEP. These coating processes allow considerable control of the plasma conditions and hence of the layer formation. For example, crystalline titanium oxide layers can be deposited at low substrate temperatures, something which is normally only possible at very high substrate temperatures of typically more than 400°C.

Layers of crystalline titanium oxide have photocatalytic properties. On exposure to UV light the surfaces act as a catalyst for the decomposition of chemical substances on the surface. Connected with this is the inhibiting effect on microorganisms [1] and the photo-induced hydrophilicity. The latter means that there is a reduction of the water contact angle on exposure to UV light. When the water contact angle of a surface falls below about 10° (superhydrophilic), then any droplets on the surface form a film. The layers hence have easy-to-clean properties.

Another important field of application of thin titanium oxide layers is as a high refractive index layer in optics. It has the highest refractive index of all materials ($n = 2.4$) the are transparent in the visible wavelength range.

In the 2007 Fraunhofer FEP Annual Report mention was already made of studies to use sputtered titanium oxide layers for more efficient dye-sensitized solar cells.

The application of titanium oxide as a gas sensor layer in sensor technology so far has been the domain of thick film technology. Titanium oxide oxygen sensors normally have working temperatures between 350 and 1000°C. This can be reduced to

200°C using thin film technology [2]. Recent research work at the Fraunhofer FEP looked for the feasibility of using thin titanium oxide layers in gas sensors. This work demonstrated the ability to alter the sensor properties by varying the layer properties during low temperature deposition, using pulse magnetron sputtering.

The electrical conductivity of pure titanium oxide – as for all semiconductor metal oxides – changes on contact with gases. These changes are mostly non-specific, meaning independent of the type of gas. By varying the layer properties of pure titanium oxide layers and also by doping the titanium oxide, it was possible to considerably improve the sensitivity and selectivity for specific gases.

The doping elements used were nitrogen, carbon and tungsten. The gas sensing properties were measured using a newly constructed test setup and were correlated with physical properties such as the photocatalytic activity on exposure to UV-A light [3]. The test gases employed were oxygen and hydrogen, with nitrogen as the reference gas. The effect of temperature (between 70 and 220°C) on the sensor properties was also evaluated.

Exemplary, figure 1 shows the dynamic gas sensor properties of a crystalline anatase titanium oxide layer using oxygen as the test gas at 150°C. The signal shows a well-defined and strong dependency on the oxygen concentration. The baseline corresponds to an oxygen concentration of 0% and drifts – as often observed – to higher resistances during the test. These very promising results demonstrate that it is possible to use thin titanium oxide layers to reduce the working temperature of the sensor and are the first step towards using these layers in gas sensors. This would further broaden the range of applications of thin layers of titanium oxide. |

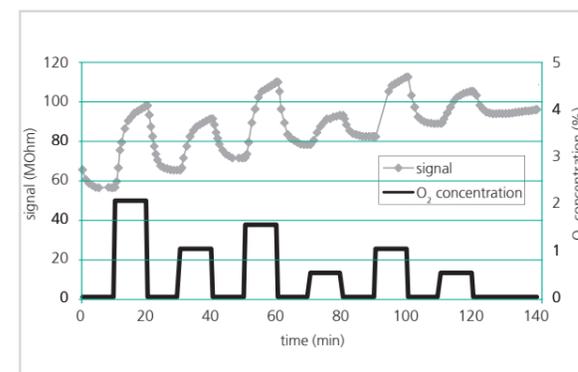


Fig. 1: Gas sensor behavior of sputtered TiO₂ layers for the test gas oxygen at a working temperature of 150°C; Measured signal (upper curve) as a function of the oxygen concentration (lower curve)

Titandioxid – Ein Material mit vielfältigen Anwendungen in der Dünnschichttechnik

Titanoxid ist ein im täglichen Leben sehr weit verbreitetes Material. Mit einer Jahresproduktion von einigen Millionen Tonnen werden Titanoxidpartikel vor allem als weißes Pigment in Farben, Papier und Kosmetika und sogar als Nahrungsergänzungsmittel (E171) eingesetzt. Durch die Möglichkeit zur Herstellung dünner Schichten mit PVD- oder CVD-Verfahren hat sich in den letzten Jahrzehnten das Einsatzspektrum von Titanoxid wesentlich erweitert. In diesem Beitrag werden verschiedene Anwendungen von dünnen Titanoxid-Schichten vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird dabei auf neueste Untersuchungen des Fraunhofer FEP zur Eignung von Titanoxid als sensorische Schicht in Gassensoren gelegt.

Für die Beschichtung mit Titanoxid als Dünnschicht werden am Fraunhofer FEP die beiden Hochrate-PVD-Technologien reaktives Puls-Magnetron-Sputtern sowie reaktive Plasma-aktivierte Elektronenstrahlbedampfung (SAD-Prozess) eingesetzt. Bei Nutzung dieser Beschichtungsprozesse kann in erheblichem Maße auf die Plasmabedingungen und damit auf die Schichtbildung Einfluss genommen werden. Dadurch können beispielsweise auch bei niedriger Substrattemperatur kristalline Titanoxidschichten abgeschieden werden, was sonst nur bei sehr hoher Substrattemperatur von typischerweise über 400 °C möglich ist.

Schichten aus kristallinem Titanoxid weisen photokatalytische Eigenschaften auf. Die Oberflächen wirken bei Einstrahlung von UV-Licht als Katalysator für Zersetzungsreaktionen aufliegender chemischer Substanzen. Damit verknüpft sind eine hemmende Wirkung auf Mikroorganismen [1] sowie die photoinduzierte Hydrophilie. Diese Eigenschaft bewirkt bei UV-Bestrahlung eine Abnahme des Kontaktwinkels gegen Wasser. Sinkt der Wasserkontaktwinkel einer Oberfläche unter etwa 10° (»superhydrophil«), so zerfließen aufliegende Tropfen zu einem Film. Die Schichten weisen somit Easy-to-clean-Eigenschaften auf.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld dünner Titanoxid-Schichten ist die hochbrechende Schicht in der Optik. Es ist das Material, das bei vollständiger Transparenz im sichtbaren Wellenlängenbereich des Lichts mit etwa $n = 2,4$ den größten Brechungsindex aufweist.

Untersuchungen zum Einsatz von gesputterten Titanoxid-Schichten für effizientere Farbstoffsolarzellen wurden bereits im Fraunhofer FEP Jahresbericht 2007 vorgestellt.

Die Anwendung von Titanoxid als gassensorische Schicht in der Sensortechnik ist bislang ein typischer

Anwendungsfall der Dickschichttechnik. Titanoxid-Sauerstoffsensoren haben üblicherweise Arbeitstemperaturen zwischen 350 und 1000 °C, welche durch den Einsatz der Dünnschichttechnologie bis auf 200 °C gesenkt werden konnten [2]. In neueren Forschungsarbeiten am Fraunhofer FEP wurden die Möglichkeiten zum Einsatz von Titanoxid-Dünnschichten in Gassensoren weiter untersucht. Dabei standen vor allem die Möglichkeiten zur Änderung der sensorischen Eigenschaften durch Variation der Schichteigenschaften bei der Niedertemperaturabscheidung mit dem Puls-Magnetron-Sputterverfahren im Fokus der Untersuchungen.

Die elektrische Leitfähigkeit von reinem Titanoxid – wie von allen halbleitenden Metalloxiden – ändert sich durch den Kontakt mit Gasen. Diese Änderungen sind aber meist unspezifisch, d. h. unabhängig von der Gasart. Durch Variation der Schichteigenschaften reiner Titanoxidschichten einerseits und durch Dotierung des Titanoxids andererseits wurde eine deutliche Erhöhung der Empfindlichkeit und der Selektivität auf bestimmte Gase erzielt.

Als Dotierung kamen die Elemente Stickstoff, Kohlenstoff und Wolfram zum Einsatz. Das gassensorische Verhalten der Schichten wurde an einem neu aufgebauten Messplatz ermittelt und mit den physikalischen Eigenschaften wie zum Beispiel der photokatalytischen Aktivität bei UV-A-Bestrahlung korreliert [3]. Als Testgase wurden Sauerstoff und Wasserstoff sowie Stickstoff als Referenzgas eingesetzt. Weiterhin wurde der Einfluss der Temperatur (zwischen 70 und 220 °C) auf das sensorische Verhalten untersucht. Abbildung 1 zeigt beispielhaft das dynamische gassensorische Verhalten einer kristallinen Anatas-Titanoxidschicht auf das Testgas Sauerstoff bei 150 °C. Das Messsignal zeigt eine eindeutige und starke Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration. Die Basislinie entspricht einer Sauerstoffkonzentration von 0 % und driftet – wie häufig beobachtet – zu höheren Widerständen während des Verlaufs der Messung. Diese vielversprechenden Ergebnisse zeigen, dass durch Einsatz von Titanoxid-Dünnschichten das Absenken der Sensor-Arbeitstemperatur möglich ist. Sie stellen einen ersten Schritt zum Einsatz dieser Schichten in Gassensoren dar. Damit wird das Einsatzspektrum von Titanoxid-Dünnschichten erweitert. |

- [1] P. Frach, D. Glöß, M. Vergöhl, K. Hund-Rinke, I. Trick, *Vakuum in Forschung und Praxis* 19 (2007) 6 20-27.
- [2] S. Biehl, F. Görlicke, L. Wolf, S. Staufenbergel, A. Delan, E. Schultzeiß, *Sensors and Actuators* (2008), submitted.
- [3] A. Delan, A. Karuppasamy, E. Schultzeiß, *Eurosens 2008*, Dresden (7.-10.09.2008), T3-02.11, in *Proceedings*, 844-847.



Highlights

Innovative Fraunhofer Symposium »4 th VaCMeSS 2008« in Dresden	56
Fraunhofer FEP collaboration with the University of Applied Sciences, Dresden	58
Girls' Day 2008 – career orientation via new approach	60
The long night of science 2008	60
The Fraunhofer Lounge at the Fraunhofer FEP	62
Certification of the institute in accordance with EN ISO 9001:2000	64
A visitor from India: Prof. Subrahmanyam (IIT Madras) at the TU Dresden Chair	66
International conferences, symposia and fairs	68

Highlights

Innovatives Fraunhofer-Symposium »4 th VaCMeSS 2008« in Dresden	57
Zusammenarbeit des Fraunhofer FEP mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)	59
Girls' Day 2008 – Berufsorientierung auf neuen Wegen	61
Die Lange Nacht der Wissenschaften 2008	61
Die Fraunhofer Lounge im Fraunhofer FEP	63
Zertifizierung des Institutes nach EN ISO 9001:2000	65
Besuch aus Indien: Prof. Subrahmanyam (IIT Madras) an der TU Dresden	67
Internationale Konferenzen, Symposien und Messen	69

Innovative Fraunhofer Symposium »4th VaCMeSS 2008« in Dresden

The Fraunhofer organization stands for innovation, new products and quality research in Germany. The Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP in Dresden gave evidence of this when it hosted its international symposium, VaCMeSS 2008, on 25 September 2008.

This was the fourth time that VaCMeSS – International Symposium on the Vacuum Coating of Metal Strips and Sheets – was held in Dresden and once again much interest in the event was shown by industry. The event is unique in being the only get-together anywhere in the world of experts from the steel and metal industries, from regional and international vacuum coating plant manufacturers as well as research institutes and universities.

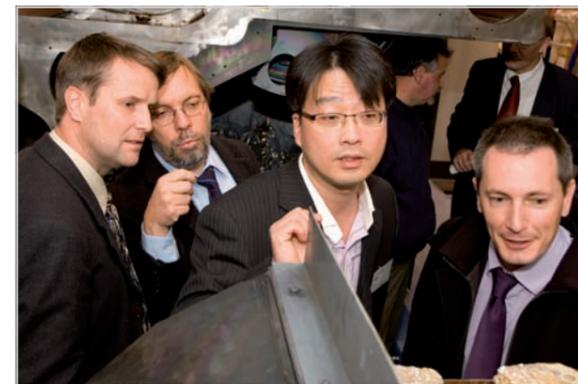
It is a successful international conference with good regional representation, yet at the same time has the productive atmosphere of a workshop. About 70 specialists from Germany, Europe, Japan and South Korea discussed the latest developments on, amongst other things, improving the corrosion resistance of car bodies, more efficient use of sunlight for heat and energy generation and enhancement of our surroundings by colorful and self-cleaning facades and internal paneling in foyers, kitchens and elevators. A further main area of focus of the symposium was the presentation of new, efficient and economical vacuum methods for manufacturing refined metal surfaces for producing the mentioned effects and functions.

The symposium organizer and Director of the Fraunhofer FEP, Professor Volker Kirchhoff, is proud of the appreciation shown by the international community: »As a Fraunhofer institute, we have the opportunity to discuss current innovation in the growing field of surface coating and refinement and to exchange



information with other researchers and users from industry.« The solar industry is also interested in the innovative and environmentally friendly vacuum technology. »We therefore hope to develop further synergies between the steel industry, regional plant manufacturers and naturally ourselves as a research institute«, explained Professor Kirchhoff.

A tour of the institute allowed the participants to see for themselves the modern and imposing plant technology at the Fraunhofer FEP funded by the State of Saxony. Coating plants such as the »in-line vacuum coating plant for sheets and metal strips - MAXI« are used at the Fraunhofer FEP to carry out applied research and to develop and test coating processes on a large scale for customers all over the world. |



Innovatives Fraunhofer-Symposium »4th VaCMeSS 2008« in Dresden

Fraunhofer steht für Innovationen, für Neuerungen und für starke Forschung in Deutschland. Das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden stellte dieses Image mit seinem internationalen Symposium VaCMeSS 2008 am 25. September 2008 nun erneut unter Beweis.

Das Symposium VaCMeSS – International Symposium of Vacuum Coating on Metal Strips and Sheets (Internationales Symposium zur Vakuumbeschichtung von metallischen Bändern und Platten) fand bereits zum vierten Mal in Dresden statt und stieß erneut auf großes Interesse in der Branche.

Als weltweit einzigartiges Treffen von Experten aus der Stahl- und Metallindustrie, von regionalen und internationalen Vakuumanlagenherstellern sowie Forschungsinstituten und Universitäten ist die VaCMeSS eine gelungene Mischung aus einer internationalen Konferenz mit starker regionaler Orientierung, ohne dabei die produktive Atmosphäre eines Workshops zu verlieren. Etwa 70 Spezialisten aus Deutschland, Europa, Japan und Südkorea diskutierten über neueste Entwicklungen z. B. zur Verbesserung des Korrosionsschutzes von Automobilkarosserien, zur effizienteren Nutzung des Sonnenlichtes für die Wärme- und Stromgewinnung und zur Verschönerung unserer Umwelt durch farbenprächtige und selbstreinigende Fassaden und Innenverkleidungen zum Beispiel in Foyers, Küchen und Fahrstühlen. Einen weiteren Schwerpunkt des Symposiums bildete die Vorstellung von neuen effizienten und wirtschaftlichen Vakuumverfahren für die Herstellung veredelter Metalloberflächen zur Erzeugung der genannten Effekte und Wirkungen.

Der Organisator des Symposiums und Institutsleiter am Fraunhofer FEP Professor Volker Kirchhoff ist stolz auf den Zuspruch aus der internationalen Experten-

welt: »Wir als Fraunhofer-Institut haben somit die Gelegenheit, aktuelle Neuerungen und Innovationen auf dem wachsenden Feld der Oberflächenbeschichtung und -veredlung zu diskutieren und uns mit anderen Forschern und Anwendern aus der Industrie auszutauschen.« Auch die Solarindustrie ist interessiert an der innovativen und umweltfreundlichen Vakuumtechnologie. »Wir hoffen, damit weitere Synergien zwischen der Stahlindustrie, regionalen Anlagenherstellern und natürlich auch uns als Forschungsinstitut freizusetzen«, verdeutlicht Institutsleiter Kirchhoff.

Bei einem geführten Rundgang konnten sich die Teilnehmer dann selbst von der vom Freistaat Sachsen geförderten modernen und imposanten Anlagentechnik im Fraunhofer FEP überzeugen. Beschichtungsanlagen wie die »In-line Vakuumbeschichtungsanlage für Platten und metallische Bänder - MAXI« werden im Fraunhofer FEP genutzt, um anwendungsbezogen zu forschen und für Kunden in aller Welt Beschichtungsverfahren im großen Maßstab zu entwickeln und zu testen. |



Fraunhofer FEP collaboration with the University of Applied Sciences, Dresden

Over recent years there has been ever growing collaboration between the University of Applied Sciences in Dresden and the Fraunhofer FEP. Initially we carried out joint research activities in the form of collaborative projects with companies in the region. Students then began to undertake practical training at the Fraunhofer FEP and the institute in turn began to supervise the students. This resulted in a growing mutual interest in each other's work activities. In particular, the applications of electron beams became important for several departments at UAS, because the technologies were directly related to key areas of work of the university. The application of accelerated electrons for treating seeds, the modification of polymers and the curing of paints are application technologies which have been investigated at UAS and have been the motivation for further use of electron beam technology.

Starting in the 2007/2008 academic year, the Fraunhofer FEP has given a series of lectures to UAS students on electron beam technology, drawing on the experience of the Fraunhofer FEP. For chemical engineering students taking a master's degree this series of lectures has been integrated as an option into their course. However, students on other courses also enthusiastically attend the lectures which cover the structure of matter, the historical development of the technology, electron beam technology itself and its various applications. Currently about 40 students attend the lectures each week.

A considerable portion of this development is due to Christoph Metzner, who heads the electron beam work at the Fraunhofer FEP and is responsible for the collaboration with the UAS. It did not come as a surprise when Christoph Metzner was appointed Honorary Professor of the Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (UAS) in July 2008. Christoph Metzner graduated in physics and gained his Ph. D. at the Technical University of Magdeburg. His special interest is electron beam deposition. As an advocate of electron beam technology, he champions the expansion of the applications of electron beam technology and the training and qualification of specialists required for this. Christoph Metzner received the certificate of appointment from His Magnificence Prof. Dr. Neumann. In his subsequent address to the members of the UAS senate and numerous guests, Prof. Metzner promised that the growing importance of electron beam technology in the joint work of the UAS and Fraunhofer FEP would lead to successful

developments and new results of benefit to industry. Teaching and research in the area of electron beam technology will take on a new dimension in Saxony in 2009. On 17 December 2008 an electron beam system specifically developed for multipurpose use was brought into operation at the UAS. With the selected parameters – accelerating voltage up to maximum 150 kV and beam power up to 10 kW – the system provides an excellent addition to the other plant technology available in Saxony for development work. Delivered by Steigerwald Strahltechnik and fitted with additional components from the Fraunhofer FEP, it will be ideal for a range of thermal and non-thermal processes. Professors from the departments of Machine Construction, Chemical Engineering, Electrical Engineering and Agriculture/Preservation of National Resources have already registered research projects to use the new equipment. In collaboration with the Fraunhofer FEP, industrially important topics will be worked on. In particular, contact with companies in Saxony will determine what development work is undertaken and will focus the work on practical, application-oriented areas. One specific area of work in the area of joining technology will be electron beam welding, in which direct account will be taken of current materials and production processes in industry.

This will open up new opportunities for using electron beam technology in industry in Saxony. Of special importance now is increased funding for training students in this technical area. This will reduce the knowledge deficit in electron beam technology and the trained young people will then be able to enter industry and use electron beam technology to advance industrial production. |



Zusammenarbeit des Fraunhofer FEP mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)

Seit mehreren Jahren gibt es eine kontinuierliche Entwicklung der Zusammenarbeit zwischen der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) und dem Fraunhofer FEP. Am Anfang gab es gemeinsame Forschungen im Rahmen von Verbundprojekten mit regionalen Firmen. Die Fortsetzung dieser Arbeiten und die Einbindung von Praktikanten und Diplomanden in die Forschungen am Fraunhofer FEP sowie die Betreuung von Studenten im Fraunhofer FEP trugen dann dazu bei, dass das Interesse beider Seiten an dem Aufgabenspektrum des Partners ständig wuchs. Insbesondere die Anwendungen des Elektronenstrahles bekamen für mehrere Fachbereiche der HTW Bedeutung, da die Technologien direkten Bezug zu Arbeitsrichtungen der Hochschule haben. Die Anwendung von beschleunigten Elektronen für die Behandlung von Saatgut, die Modifikation von Polymeren und die Härtung von Lacken sind Technologien, die an der HTW zu neuen Erfahrungen führten und den Anreiz für die weitere Zuwendung zum Elektronenstrahl schufen.

Seit dem Studienjahr 2007/2008 wird mit den Erfahrungen des Fraunhofer FEP eine Vorlesung zum Thema der Elektronenstrahltechnologie für die Studenten der HTW gestaltet. Für den Studiengang der Masterstudenten aus dem Chemieingenieurwesen ist das Fach bereits wahlobligatorisch in den Studienablauf eingebunden. Aber auch aus anderen Fachrichtungen verfolgen Studenten mit großem Interesse die Vorlesungsthemen, die von der Struktur der Materie über die geschichtliche Entwicklung der Technologie bis zur Elektronenstrahltechnik und vor allem zu den unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten des Elektronenstrahles führen. Gegenwärtig versammeln sich allwöchentlich ca. 40 Studentinnen und Studenten, um den Elektronenstrahl als Werkzeug kennenzulernen.

Maßgeblichen Anteil an dieser Entwicklung hat der im Fraunhofer FEP für die Kooperation mit der HTW zuständige Leiter des Bereichs Elektronenstrahl, Christoph Metzner. So war es auch nicht überraschend, dass er im Juli 2008 die Berufung zum Honorarprofessor der Hochschule für Technik und Wirtschaft (FH) erhielt. Christoph Metzner, Diplomphysiker, promovierte an der Technischen Universität Magdeburg. Sein spezielles Arbeitsgebiet ist die Elektronenstrahlverdampfung. Als Verfechter der Elektronenstrahltechnologie setzt er sich für die Erweiterung deren Anwendungsspektrums und für die dazu erforderliche Ausbildung und Qualifizierung von Fachkräften

ein. Aus den Händen von Magnifizenz Prof. Dr. Neumann erhielt Christoph Metzner die Berufungsurkunde. In seiner anschließenden Rede vor den Mitgliedern des Senats der HTW und zahlreichen Gästen versicherte Prof. Metzner, dass der Aufwind des Elektronenstrahles in der gemeinsamen Arbeit von HTW und Fraunhofer FEP zu erfolgreichen Entwicklungen und neuen für die Industrie vorteilhaften Ergebnissen führen werde.

Die Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Elektronenstrahltechnologie wird im Jahr 2009 in Sachsen in eine neue Dimension eintreten. Am 17. Dezember 2008 wurde an der HTW eine eigens für den multivalenten Einsatz entwickelte Elektronenstrahlmaschine in Betrieb genommen. Mit den gewählten Parametern – Beschleunigungsspannung maximal 150 kV, Strahlleistung bis 10 kW – ergänzt die Maschine in hervorragender Weise das Spektrum der in Sachsen für die Entwicklung verfügbaren Anlagentechnik. Von der Firma Steigerwald Strahltechnik geliefert und mit Zusatzkomponenten aus dem Fraunhofer FEP ausgestattet, wird sie für eine Reihe von thermischen und nicht-thermischen Prozessen ideale Voraussetzungen bieten. So haben sich bereits Professorinnen und Professoren aus den Fachbereichen Maschinenbau, Chemieingenieurwesen, Elektrotechnik und Landbau/Landespflege mit Forschungsthemen als Nutzer der neuen Anlage angemeldet. Gemeinsam mit dem Fraunhofer FEP werden hier wichtige und für die Industrie interessante Themen bearbeitet. Der Kontakt zu sächsischen Unternehmen wird die zweckmäßigen Entwicklungsrichtungen bestimmen und den Schwerpunkt der Arbeiten auf eine direkte Praxisbezogenheit lenken. Insbesondere auf dem Gebiet der Fügetechnik wird dabei mit dem Elektronenstrahlschweißen ein Arbeitsgebiet entstehen, in welchem den aktuellen Materialien und Fertigungsverfahren der Industrie verstärkt Rechnung getragen wird.

Auf diese Weise eröffnen sich für den Elektronenstrahl als Werkzeug in Sachsen neue Möglichkeiten der technologischen Entwicklung und Einbindung in Fertigungsabläufe. Von besonderer Wichtigkeit ist die nun verstärkte fundierte Ausbildung der Studierenden auf diesem Fachgebiet. Das Wissensdefizit zu den Möglichkeiten des Elektronenstrahls wird somit abgebaut und die jungen Leute gehen mit guten Voraussetzungen in die Industrie, um dort die Elektronenstrahltechnologie in die Lösungsstrategien der Produktion einzubringen. |

Girls' Day 2008 – career orientation via new approach

What does the work of a physics laboratory technician involve? What is a typical working day for an engineer? Can these professions be interesting for girls! The female researchers at the Fraunhofer FEP answered these and other questions during the Girls' Day on 24 April 2008. This day is part of a Germany-wide initiative to get girls interested in the natural sciences and other technical professions and to help motivate them to opt for a scientific/technical career later on.

So what did the girls aged 13 and upwards experience, see and learn? At the Fraunhofer FEP we gave them an insight into application-related R&D in the area of surface technology. We explained that this involves using a variety of methods to change the surfaces of materials and objects with the aim of giving them very specific properties, for example freedom from germs, scratch resistance or specific optical properties. Girls' Day 2008 focused on »Everything clear? Optical layers and spectacle lenses« and »How do you make smart anti-scratch layers?«. The basic science involved and the strategies adopted by the scientists were presented to the girls in talks and naturally in the laboratories where the R&D work is undertaken.

Girls' Day was a great opportunity for all involved to exchange information. That is why another Girls' Day will be held at the Fraunhofer FEP on 23 April 2009!



The long night of science 2008

The Long Night of Science on 4 July 2008 once again attracted both young and old to the research institutes and technical colleges in Dresden. Between 18:00 and 01:00 about 35,000 Dresden residents experienced astonishing things during the Long Night of Science. Some 3,300 people visited the campus of the Fraunhofer Institute Center, with its 6 Fraunhofer institutes.

The Fraunhofer FEP gave visitors an exciting insight into the world of electron beam and plasma technology. Behind the normally closed doors of the huge plant halls they saw and found out, amongst other things, where an electronic circuit without wires is hidden in a transparent film and how it is possible to coat sheets and metal strips with ultra-thin layers in a vacuum. We also aired our secret about the modern reconstruction of the mirrors of the Green Vault Museum. Other highlights included a simulated mini sand storm, the panes of glass of the future and the micro-cosmos of surfaces.

The very young were also most welcome. They were challenged by a quiz from our researchers and loved the many exciting experiments with nitrogen. We are already looking forward to the next Long Night of Science on 19 June 2009!



Girls' Day 2008 – Berufsorientierung auf neuen Wegen

Was macht eigentlich eine Physiklaborantin? Wie sieht der Berufsalltag einer Ingenieurin aus? Und können diese Berufe überhaupt für Mädchen spannend sein? Ja, das können sie! Den Beweis dazu traten die Forscherinnen des Fraunhofer FEP am 24. April 2008 im Rahmen des Girls' Day an. Dieser Tag begründet sich auf eine bundesweite Initiative mit dem Ziel, Mädchen für naturwissenschaftlich-technische Berufe zu begeistern und ihnen neue Anregungen für die spätere Berufswahl zu bieten. Doch was konnten die Schülerinnen ab 13 Jahren im Fraunhofer FEP erfahren, beobachten und lernen? In unserem Institut beschäftigen wir uns mit anwendungsbezogener Forschung und Entwicklung im Bereich der Oberflächentechnik. Dazu gehören verschiedene Methoden, die Oberflächen von Materialien und Gegenständen gezielt zu verändern, um ihnen ganz bestimmte Eigenschaften zu verleihen. Das kann z. B. Keimfreiheit, Kratzfestigkeit oder bestimmte optische Eigenschaften betreffen. Am Girls' Day drehte sich daher alles um die Themen »Alles klar? Optische Schichten auf Brillenlinsen.« und die Frage »Wie macht man smarte Kratzschuttschichten?«. Was alles hinter diesen spannenden Forschungsgebieten steckt und vor allem, wie unsere Wissenschaftlerinnen diesen Fragestellungen auf den Grund gehen, erfuhren die Mädchen in Vorträgen und natürlich an den Live-Schauplätzen unserer Forschungsarbeiten. Der Girls' Day war für alle Beteiligten eine tolle Gelegenheit zum Austausch von Wissenswertem und Neuem. Deshalb heißt es auch am 23. April 2009 wieder »Auf zum Mädchen-Zukunftstag im Fraunhofer FEP!«



Die Lange Nacht der Wissenschaften 2008

Die Lange Nacht der Wissenschaften am 4. Juli 2008 lockte auch in diesem Jahr wieder viele kleine und große Nachtschwärmer in Dresdner Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Zwischen 18 und 1 Uhr erlebten ca. 35.000 Dresdner eine »Lange Nacht«, in der es an unterschiedlichen Stationen Erstaunliches zu entdecken gab. Auch der Campus des Fraunhofer-Institutszenentrums wurde zum Schauplatz der Veranstaltung, bei welcher insgesamt 3.300 Besucher hinter die Kulissen der versammelten 6 Fraunhofer-Institute blickten.

Das Fraunhofer FEP gewährte den Besuchern einen spannenden Einblick in die Welt der Elektronenstrahl- und Plasmatechnik. Dabei konnten sie hinter die sonst verschlossenen Türen der riesigen Anlagenhallen schauen und unter anderem ergründen, wo ein Stromkreis ohne Drähte in einer transparenten Folie versteckt ist und wie die ultradünne Beschichtung von Platten und metallischen Bändern im Vakuum funktioniert. Außerdem lüfteten wir das Geheimnis um die moderne Reproduktion der Spiegel aus dem Grünen Gewölbe. Zu weiteren Highlights zählten ein simulierter Mini-Sandsturm, die Fensterscheibe der Zukunft und der Mikrokosmos von Oberflächen unter der Lupe.

Auch kleine Entdecker waren uns willkommen. Sie blieben mit einem Quiz unseren Forschern auf der Spur und begeisterten sich für jede Menge brisante Stickstoffexperimente. Wir freuen uns bereits auf die nächste Lange Nacht der Wissenschaften am 19. Juni 2009!



The Fraunhofer Lounge at the Fraunhofer FEP

In 2008 the Fraunhofer FEP started a new and unique event – the Fraunhofer Lounge!

Under the motto »relax - converse - meet«, this new event takes place in the evening at the Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP and is directed at promoting cross-disciplinary dialog between natural science and the humanities. Guests from the worlds of regional politics, commerce and science meet here for an engaging evening of discussion in a relaxed atmosphere.

The topics in the Fraunhofer Lounge are as varied as the guests themselves: economics, education and politics are in the spotlight as much as are humoristic considerations of everyday life or business ethics. The first event was held on 6 March 2008 and the speaker was Dr. Manfred Osten who gave a talk entitled »The art of making mistakes«. He posed the key question about the relativity of our rationally oriented, western understanding of mistakes and our control of mistakes. Dr. Osten as a law academic, philosopher, musician, writer and diplomat of many years, as well as secretary-general of the Alexander-von-Humboldt Foundation, brought to light various aspects of the subject within the context of current political and social developments. Under the chairmanship of Dr. Martin Gillo (former Saxon Minister for Economic Affairs) there were absorbing discussions and dialog with the audience about managing our social zero-mistake culture, the difficulty of acquiring perceptive experience thereof and the risk factor associated with people becoming perfect.

In contrast, the second Fraunhofer Lounge on 8 May 2008 saw the audience enjoy a satirical talk by Hans Zippert entitled »Germany works like this«. Zippert, with a wink of his eye, explained »how Germany was

governed«, »how a German comes to be« and »what do Germans believe in«. The well-known author and travel writer used excerpts from his column »Zippert zappt« to further extol his opinions. He amused the audience by bringing his witty worldly views to everyday situations. Dr. Manfred Osten took his role as chairman light-heartedly and followed up firmly when Zippert's comments on Germany appeared particularly absorbing, absurd or mysterious.

On 13 November 2008, on the occasion of the third Fraunhofer Lounge, the speaker was Dr. Helmut Becker. He spoke about »The Toyota phenomenon – ethics as a success factor in company management«. There was much exchange of information and opinions. During the evening we were engaged with matters such as: Why is Toyota so successful? What makes Toyota different to other car manufacturers? Dr. Helmut Becker finds the answer in the company culture and in diligent observance of ethical standards which here in Germany would be treated as Prussian virtues. One of the questions he endeavored to answer was to what extent a practiced company culture is a feature of the commercial success of a global company and what importance this has in the current world financial crisis. Our chairman, Dr. Manfred Osten, cited his many years of experience of Asian culture, in particular with the Japanese approach to education and ethics. Against the background of the financial crisis, and in particular the position of the car manufacturing industry, we experienced an enthralling discussion and were given insight into many aspects of dialog between science and industry.

In 2009 the successful series of events will be continued with two further events. Our guests can again look forward to absorbing debate in an informal atmosphere. |



Die Fraunhofer Lounge im Fraunhofer FEP

Im Jahr 2008 rief das Fraunhofer FEP eine neue Veranstaltungsreihe ins Leben, welche in diesem Rahmen einzigartig ist – die Fraunhofer Lounge!

Unter dem Motto »entspannen. unterhalten. begegnen.« findet die Abendveranstaltung im Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP statt und hat dabei stets die Förderung des transdisziplinären Dialogs zwischen Natur- und Geisteswissenschaften im Sinn. Gäste aus der regionalen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft treffen sich hier zu einem anregenden Gesprächsabend in entspannter Atmosphäre.

Die Themen der Fraunhofer Lounge sind dabei so vielfältig wie die Gäste selbst: Wirtschaftswissenschaften, Bildung und Politik stehen ebenso im Mittelpunkt wie humoristische Betrachtungsweisen des Alltags oder Ethik im betriebswirtschaftlichen Kontext.

Zur Auftaktveranstaltung am 6. März 2008 stellte Referent Dr. Manfred Osten »Die Kunst, Fehler zu machen« in den Vordergrund und warf die grundsätzliche Frage nach der Relativität unseres rational orientierten westlichen Fehlerverständnisses und unserer Fehlerbeherrschung auf. Dr. Osten, Rechtswissenschaftler, Philosoph, Musiker, Literat und langjähriger Diplomat sowie Generalsekretär der Alexander-von-Humboldt-Stiftung, regte vielseitige Betrachtungsweisen des Themas im Kontext aktueller politischer und gesellschaftlicher Entwicklungen an. Unter der Moderation von Dr. Martin Gillo (Sächsischer Staatsminister für Wirtschaft a. D.) entstanden spannende Diskussionen und rege Dialoge mit dem Publikum über den Umgang mit unserer gesellschaftlichen Null-Fehler-Kultur, die Beschwerlichkeit, in dieser noch sinnliche Erfahrungen zu machen und

dem Risikofaktor der Perfektionierung des Menschen.

Zur zweiten Fraunhofer Lounge am 8. Mai 2008 hingegen lauschte das Publikum einer satirischen Lesung von Hans Zippert mit dem Titel »So funktioniert Deutschland«. Darin verdeutlichte Zippert mit einem Augenzwinkern »wie Deutschland regiert wird«, »wie ein Deutscher entsteht« oder »woran die Deutschen glauben«. Weitere Aufklärungsarbeit leistete der bekannte Autor und Reisejournalist mit Auszügen aus seiner Kolumne »Zippert zappt«, wobei er dem amüsierten Publikum seine geistreiche Weltsicht auf Alltägliches näherbrachte. Dr. Manfred Osten nahm hier seine Rolle als Moderator humoristisch ernst und hakte eisern nach, wo Zipperts Gebrauchsanweisung für Deutschland besonders spannend, absurd oder geheimnisvoll erschien.

Am 13. November 2008, zur dritten Fraunhofer Lounge, sorgte unser Referent Dr. Helmut Becker mit dem Thema »Das Phänomen Toyota – Erfolgsfaktor Ethik in der Unternehmensführung« für einen regen Informations- und Meinungsaustausch. Uns beschäftigten an diesem Abend Fragen wie: Warum ist Toyota so erfolgreich? Was macht Toyota anders als andere Automobilunternehmen? Dr. Helmut Becker sieht die Antwort darauf in der Unternehmenskultur und in einer konsequenten Beachtung ethischer Normen, die man hierzulande als preußische Tugenden behandeln würde. Er ging damit unter anderem der Frage nach, wie sehr eine gelebte Unternehmenskultur den wirtschaftlichen Erfolg eines weltweit agierenden Unternehmens prägt und welche Bedeutung diese zu Zeiten der aktuellen Wirtschaftskrise hat. Unser Moderator Dr. Manfred Osten trug hierzu seine langjährigen Erfahrungen mit der asiatischen Kultur, insbesondere mit der japanischen Auffassung von Bildung und Ethik bei. Vor den aktuellen Hintergründen der Wirtschaftskrise und speziell der Betroffenheit der Automobilindustrie erlebten wir eine spannende Diskussion und vielseitige Betrachtungsweisen im Dialog von Wissenschaft und Wirtschaft.

Im Jahr 2009 wird die erfolgreiche Veranstaltungsreihe in zwei Events fortgeführt, wobei sich unsere Gäste wieder auf spannende Themen in gewohnt entspannter Atmosphäre freuen dürfen. |



Certification of the institute in accordance with EN ISO 9001:2000

On 2 December 2008, following a 2-day audit by TÜV Rheinland, the quality management system of the Fraunhofer FEP was successfully certified as being in compliance with EN ISO 9001:2000.

Following the mandatory introduction of the CE-certification at the Fraunhofer FEP, initial internal studies on developing a quality management system started at the end of 2005. The results showed that the research and business organization already largely met the requirements of such a system. A decision was hence taken by the Fraunhofer FEP management committee on 16 March 2007 to start the project.

A group of managers and employees, under the leadership of two appointed quality officers, organized all the necessary activities, with the assistance of TÜV Rheinland. This group supervised the drawing up of a practically-orientated handbook and a suitable document management system, and carried out all the preparations for the certification.

The following key quality objectives were defined:

- ▶ clear recording of customer requirements
- ▶ a guarantee that project work is deadline-orientated, within a sound financial framework
- ▶ optimization of the collaboration between the different Fraunhofer FEP-internal areas
- ▶ continuous appraisal of methods and optimization processes that are introduced
- ▶ rapid recording and rectification of shortcomings and faults
- ▶ appropriate analysis of customer satisfaction
- ▶ goal-orientated internal and external qualification measures

The certification audit confirmed the Fraunhofer FEP as »practicing a high level of quality awareness«.

The carrying out of all work in accordance with EN ISO 9001:2000 should improve the competitiveness of the Fraunhofer FEP.

We so signal our serious intent to develop innovative, industrially viable solutions for our customers and in this way build up and develop long-lasting collaborative relationships with partners. |



Zertifizierung des Institutes nach EN ISO 9001:2000

Am 2. Dezember 2008 wurde die Einführung des Qualitätsmanagements im Fraunhofer FEP nach einer zweitägigen Auditierung durch den TÜV Rheinland mit der Zertifizierung des Institutes nach EN ISO 9001:2000 erfolgreich abgeschlossen.

Nach der verbindlichen Einführung der CE-Zertifizierung im Institut begannen Ende 2005 erste interne Untersuchungen zum Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems. Die Ergebnisse zeigten, dass die Forschungs- und Betriebsorganisation bereits weitgehend den Anforderungen eines solchen Systems entsprach. Deshalb beschloss der Institutsleitungsausschuss am 16. März 2007, das Projekt zu starten. Alle notwendigen Aktivitäten organisierte eine Gruppe ausgewählter Leiter und Mitarbeiter unter Führung zweier benannter Qualitätsbeauftragter mit zielgerichteter Unterstützung des TÜV Rheinland. Dieser begleitete das Erstellen eines praxisbezogenen Qualitätsmanagement-Handbuches, eines angepassten Dokumentenmanagementsystems sowie alle Vorbereitungen zur Zertifizierung.

Als wesentliche Qualitätsziele wurden definiert:

- ▶ eindeutige Erfassung der Kundenforderungen
- ▶ Gewährleistung termingerechter Projektbearbeitung im kalkulierten finanziellen Rahmen
- ▶ Optimierung der Zusammenarbeit verschiedener institutsinterner Bereiche
- ▶ kontinuierliche Bewertung eingeführter Verfahren und Optimierungsprozesse
- ▶ schnelle Erfassung und Bearbeitung von Mängeln und Fehlern
- ▶ angemessene Analysen zur Kundenzufriedenheit
- ▶ zielgerichtete interne und externe Qualifizierungsmaßnahmen



Die Auswertung nach dem Zertifizierungsaudit bestätigte dem Fraunhofer FEP »gelebtes Qualitätsbewusstsein auf hohem Niveau«.

Die qualitätsgerechte Durchführung aller Arbeiten nach der Norm EN ISO 9001:2000 wird die Wettbewerbsfähigkeit unseres Institutes verbessern. Wir signalisieren damit weiterhin unsere Bereitschaft, für unsere Kunden funktionsgerechte innovative und industrietaugliche Problemlösungen zu entwickeln und auf dieser Basis noch intensiver dauerhafte Kooperationsbeziehungen zu unseren Partnern aufzubauen und zu gestalten. |



A visitor from India: Prof. Dr. Subrahmanyam (IIT Madras) at the TU Dresden Chair



Prof. Dr. Aryasomayajula Subrahmanyam

Professor Aryasomayajula Subrahmanyam joined the Fraunhofer FEP and TU Dresden on 1 October 2008 as a Guest Scientist, nominated by DAAD (until September 2009).

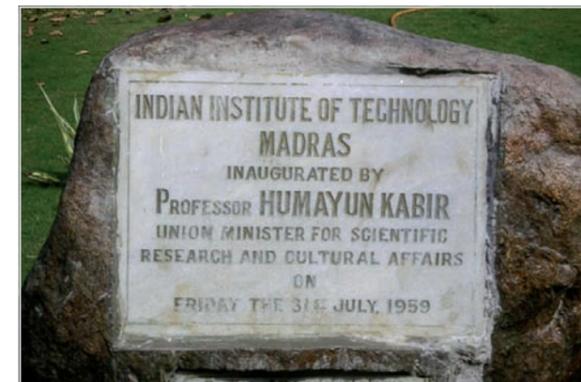
Professor Subrahmanyam is a professor at the Department of Physics, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India. He specializes in thin films, specifically thin metal oxide films, and plasma processes.

He heads a busy laboratory comprising 12 scientists / research scholars. The laboratory is equipped with several thin film preparation units (DC, RF sputtering systems, electron beam evaporators, PLD, CVD and PECVD systems) and characterization equipment. He has built Kelvin probe equipment for non-destructive evaluation of surfaces and interfaces.

His work mainly involves:

- ▶ transparent, conducting, thin oxide films for a variety of applications (a pilot plant for ITO has been designed and built by him)
- ▶ oxides of titanium and tantalum (photocatalysts for biomedical applications)
- ▶ zinc oxide (for p-type TCO thin films)
- ▶ silver oxide (for plasmon resonance phenomena)
- ▶ oxides of tungsten and vanadium for electrochromics.

He has vast experience (about twenty five years) in thin metal oxide and metal nitride films and actively collaborates with industry in India and abroad.



On the laboratory scale he has demonstrated strategic technologies: ITO on Kapton (for satellites) and a design and process for mechanically hard coatings on the inner surfaces of metal tubes. Professor Subrahmanyam is presently teaching two courses at TU Dresden and is collaborating with the Fraunhofer FEP on furthering our basic understanding of photocatalysts made of titanium oxide, and related aspects.

This collaboration will not only benefit the Fraunhofer FEP with regards to our understanding of photocatalytic processes but will also foster long-term cooperation with a premier institute in India (IIT, Madras) and with several other partners in Indian industry.

Besuch aus Indien: Prof. Dr. Subrahmanyam (IIT Madras) an der TU Dresden

Professor Aryasomayajula Subrahmanyam aus Indien wurde für die Zeit vom Oktober 2008 bis September 2009 durch den Deutschen Akademischen Austausch Dienst (DAAD) als Gastprofessor an das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik und die TU Dresden berufen.

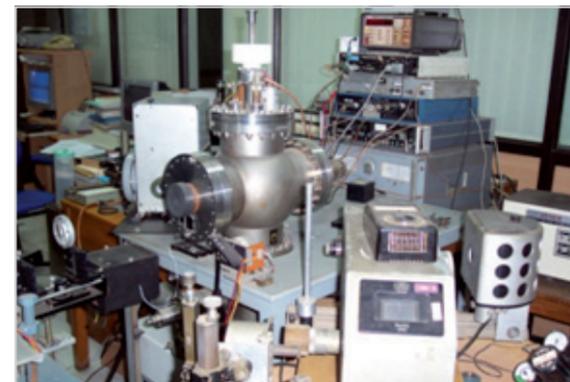
In seiner Heimat lehrt er an der Fakultät für Physik am Indian Institute of Technology Madras. Sein Spezialgebiet sind Dünne Schichten, im Besonderen Metalloxid-Schichten und Plasmaprozesse. Professor Subrahmanyam leitet für diese Arbeiten ein Labor, in dem 12 Wissenschaftler beschäftigt sind. Dieses Labor ist mit verschiedenen Beschichtungsanlagen der Dünnschichttechnik (DC- und RF-Sputtersystemen, Elektronenstrahl-Verdampfungsanlagen, PLD-, CVD- und PECVD-Systemen) sowie mit Ausrüstungen zur Dünnschicht-Charakterisierung ausgestattet. Für die zerstörungsfreie Auswertung von Oberflächen und Zwischenschichten hat Prof. Subrahmanyam eine Kelvin-Prüfanlage entwickelt.

Seine Arbeiten umfassen hauptsächlich:

- ▶ transparente und leitfähige Oxidschichten für eine Reihe von verschiedenen Anwendungen (eine Pilotanlage für die Beschichtung mit Indiumzinnoxid wurde von ihm entworfen und gebaut)
- ▶ Titan- und Tantaloxide (photokatalytische Schichten für die biomedizinische Anwendung)
- ▶ Zinkoxide (für transparente leitfähige Oxidschichten des P-Typs)
- ▶ Silberoxide (für Plasmonenresonanz-Phänomene)
- ▶ Wolfram- sowie Vanadiumoxide für elektrochrome Schichten.

Im Bereich der Metalloxid- und Metallnitrid-Dünnschichten verfügt er über mehr als 25jährige Erfahrungen. In seinen Arbeitsgebieten arbeitet er aktiv mit der indischen Industrie und internationalen Partnern zusammen. Auf Laborebene hat Professor Subrahmanyam wichtige strategische Technologien aufgezeigt: ITO auf Kapton (für Anwendungen in Satelliten) sowie eine Schichtstruktur und ein Verfahren für die Hartstoffbeschichtung an den Innenwänden von Metallrohren.

Professor Subrahmanyam gibt zur Zeit zwei Vorlesungen an der TU Dresden und arbeitet mit dem Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik zusammen, um hier gemeinsam das Grundverständnis zu Titanoxid-Photokatalyt-Schichten und damit verbundenen Aspekten zu erweitern. Die Zusammenarbeit wird sowohl dem Fraunhofer FEP hinsichtlich des Verständnisses von photokatalytischen Prozessen zugute kommen, als auch eine langfristige Zusammenarbeit mit einem führenden Institut in Indien, dem IIT Madras, und verschiedenen anderen Partnern aus der indischen Industrie hervorbringen.



International conferences, symposia and fairs

In 2008 Fraunhofer FEP personnel participated in many international conferences, symposia and fairs to present their latest research results and promote exchange of ideas with other scientists.

We were represented at, amongst other things, the following events:



07.05. - 08.05.	Sensor + Test 2008, Nürnberg, Deutschland
20.05.	Workshop Mikrosystemtechnik / Mikroelektronik, Hermsdorf, Deutschland
29.05.	4. Technologietag Prozessautomatisierung, Chemnitz, Deutschland
30.05. - 30.05.	Erstes deutsches Kolloquium Life Sciences-Forschung, Hamburg, Deutschland
04.06.	3. Workshop Kohlenstoffschichten, Dortmund, Deutschland
12.06. - 13.06.	EnFi 2008 (Engineering of Functional Interfaces), Jülich, Deutschland
15.06. - 19.06.	7 th ICCG (The International Conference on Coating on Glass and Plastics), Eindhoven, Niederlande
15.06. - 19.06.	ICOPS 2008 (International Conference on Plasma Science), Karlsruhe, Deutschland
17.06.	Diagnostik & Prozesskontrolle bei der Herstellung von Solarzellen, Wörlitz, Deutschland
19.06.	AIS-Userkonferenz, Dresden, Deutschland
26.06.	Forum Industrielle Gemeinschaftsforschung für den Mittelstand, Dresden, Deutschland
07.07. - 08.07.	Second International Workshop on Electron Beam Induced Processing, Thun, Schweiz
14.07. - 18.07.	11 th Seminar Recent Trends in charged Particle Optics, Bystrice, Tschechische Republik
03.08. - 06.08.	Seventh IEEE International Vacuum Electron Sources Conference, London, Großbritannien
10.08. - 14.08.	SPIE Optical Conference (Conferences on Photonics, Optics, & Imaging), San Diego, USA
02.09. - 05.09.	SPIE Europe Optical Systems Design (Conferences on Photonics, Optics, & Imaging), Glasgow, Großbritannien
01.09. - 05.09.	23 rd European Photovoltaic Solar Energy, Valencia, Spanien
07.09. - 10.09.	Eurosensors 2008, Dresden, Deutschland
09.10. - 10.09.	Fraunhofer Vision Technologietag 2008, Magdeburg, Deutschland
10.09. - 12.09.	Vacuum 2008, Tokio, Japan
12.09.	Fachkolloquium »Klimastabilität und präventive Konservierung«, Ettal, Deutschland
16.09. - 17.09.	PSE (The International Conference on Plasma Surface Engineering), Garmisch, Deutschland
16.09. - 18.09.	4. ThGOT (Thüringer Grenz- und Oberflächentage), Jena, Deutschland

Internationale Konferenzen, Symposien und Messen

Auch im Jahr 2008 nahm das Fraunhofer FEP an zahlreichen internationalen Konferenzen, Symposien und Messen teil, um neueste Forschungsergebnisse zu präsentieren und den Austausch mit anderen Wissenschaftlern zu fördern.

Vertreten waren wir unter anderem auf folgenden Veranstaltungen:

17.09. - 19.09.	Große Schweißtechnische Tagung, Dresden, Deutschland
17.09.	7. Silicon Saxony Symposium 2008, Dresden, Deutschland
22.09. - 23.09.	Otti-Seminar – Beschichten von Kunststoffoberflächen, Regensburg, Deutschland
21.09. - 25.09.	IMPR Radiation Processing (International Meeting on Radiation Processing), London, Großbritannien
21.09. - 26.09.	15 th International Symposium on High Current Electronics, Tomsk, Russland
24.09. - 26.09.	ZVO Oberflächentage (Zentralverband Oberflächentechnik), Würzburg, Deutschland
01.10. - 02.10.	WTK (Werkstofftechnisches Kolloquium), Chemnitz, Deutschland
08.10. - 10.10.	VIENNA-TEC / Fachkonferenz JOIN-EX, Wien, Österreich
16.10. - 17.10.	16. Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, Dresden, Deutschland
19.10. - 22.10.	AMICAL-Technical Conference (Association of Industrial Metalizes, Coaters and Laminators), Myrtle Beach, South Carolina, USA
22.10. - 26.10.	2 nd International Symposium on Transparent Conductive Oxides, Iraklio, Griechenland
26.10. - 28.10.	EBEAM – International Conference on High-Power Electron Beam Technology, Reno, USA
28.10. - 30.10.	Parts2clean, Stuttgart, Deutschland
10.11. - 11.11.	ITG Workshop (1 st ITG International Vacuum Electronics Workshop), Bad Honnef, Deutschland
17.11. - 20.11.	ICTF 14 (International Conference on Thin Films & Reactive Sputter Deposition), Gent, Belgien
19.11.	2 nd International Symposium Coil coated Steel, Paris, Frankreich
24.11. - 26.11.	Welding & Related Technologies (Paton-Konferenz), Kiew, Ukraine
26.11. - 27.11.	HiPIMS-Workshop (High Power Impulse Magnetron Sputtering), Braunschweig, Deutschland
26.11. - 27.11.	6. Dresdner Symposium für Elektronenstrahltechnologie, Dresden, Deutschland
25.11. - 28.11.	2 nd PV TECH Milan (Photovoltaik Technology) Vacuum Tech & Coating, Milan, Italien
01.12. - 03.12.	2. Dresdner Medizintechnik-Symposium, Dresden, Deutschland



Annex

Names, dates and events	72
Memberships	72
Lectures	73
Publications	76
Technical Poster	78
Book chapter	78
Degree Dissertations	78
Patents	79
Awards	79
Directions	81
Editorial notes	82

Anhang

Namen, Daten und Ereignisse	72
Mitgliedschaft in Gremien	72
Vorträge	73
Veröffentlichungen	76
Fachposter	78
Buchbeiträge	78
Diplomarbeiten	78
Erteilte Schutzrechte	79
Auszeichnungen	79
Anfahrt	81
Impressum	82

Names, dates and events Namen, Daten und Ereignisse

Mitgliedschaft in Gremien

E. Schultheiß
Mitglied im DGO-Vorstand

E. Schultheiß
Mitglied im Beirat der Deutschen Vakuumgesellschaft

E. Schultheiß
Stellvertretender Vorstand Verband Hessen-Mittelrhein-Saar der DPG

E. Schultheiß
Projektgutachter der Förderagentur der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik

E. Schultheiß
Vorsitzender im wissenschaftlichen Beirat der Europäischen Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS)

V. Kirchhoff
Vorstandsvorsitzender ELEWER e. V.
ELEWER – Der Elektronenstrahl als Werkzeug

R. Bartel
Mitglied des Kuratoriums im »Zentrum für angewandte Forschung und Technologie ZAFT e. V.« an der HTW Dresden (FH)

R. Bartel
Mitglied im Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz/Sachsen e. V.

A. Arnold
Vorstandsmitglied ELEWER e. V.
ELEWER – Der Elektronenstrahl als Werkzeug

A. Arnold
Geschäftsführerin des »International Council for Coating of Glass e. V.« (ICCG)

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

N. Schiller
Mitarbeit im DFF (Deutsches Flachdisplay-Forum im VDMA)

N. Schiller
Mitglied im Fraunhofer-Themenverbund »Polymere Oberflächen« (POLO)

F.-H. Rögner
Mitarbeit in der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

H. Bartzsch
Mitarbeit im EFDS und bei Silicon Saxony

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

G. Mattausch
Mitarbeit im VDE-ITG

P. Frach
Mitarbeit im EFDS Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und Medizintechnik«

P. Frach
Mitarbeit im Photonic Net

P. Frach
Mitarbeit in der Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

Chr. Wetzel
Mitarbeit im EFDS, Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und Medizintechnik«

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

Vorträge

H. Klostermann, F. Fietzke, Chr. Metzner
Vakuumbeschichtungen gegen Korrosion und Verschleiß: Herausforderungen und aktuelle Trends
Hanser Kolloquium Funktionale Schutzschichten
Stuttgart-Fellbach, Deutschland
11. - 12. März 2008

E. Schultheiß
Nanotechnologie – Chancen für den Mittelstand?
Nano-Status Seminar Gießen, Deutschland
12. März 2008

P. Frach, H. Bartzsch, D. Glöß, M. Gittner, E. Schultheiß
Reaktive Puls-Magnetron-Sputter-Technologie für dielektrische Schichten in der Sensorik und Elektronik
Silicon-Saxony-Tag Dresden, Deutschland
19. März 2008

E. Schultheiß
Beschichtungsverfahren
Fraunhofer-Academy - Technologie Zirkel
Braunschweig, Deutschland
11. April 2008

E. Schultheiß
Anlagenkonzepte
Fraunhofer-Academy - Technologie Zirkel
Braunschweig, Deutschland
11. April 2008

H. Klostermann
Magnetronsputtertechnologie für die Funktionalisierung von Glasoberflächen
OTTI Fachforum Funktionalisierung von Glasoberflächen durch Beschichtungen
Regensburg, Deutschland
14. - 15. April 2008

H. Morgner
Hollow cathode arc activated reactive high rate deposition – state of the art and new developments
35th International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF)
San Diego, USA
28. April - 02. Mai 2008

E. Schultheiß
Als Physiker im Unternehmen und in der Fraunhofer-Gesellschaft – Ein Vergleich
Meeting – Physiker im Beruf
Bad Honnef, Deutschland
30. April - 04. Mai 2008

R. Nyderle, M. Fahland, B. Heimke
TCO-Schichten für die Photovoltaik
AK Plasma
Freiburg, Deutschland
13. Mai 2008

Chr. Metzner
Der Elektronenstrahl im Aufwind – Anwendungen und Potenziale
Vortrag an der HTW Dresden
Dresden, Deutschland
22. Mai 2008

M. Junghähnel
Industrielle Großflächenabscheidung von optischen Funktionsschichten und -schichtsystemen mittels Puls-Magnetron-Sputtern
Vorlesung an der Technischen Universität Ilmenau, Fakultät Maschinenbau, FB Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe
Ilmenau, Deutschland
05. Juni 2008

G. Suchanek, Z. Hubicka, A. Dejneka, M. Günther, S. Günther, B. Meyer, L. Jastrabik, G. Gerlach, E. Schultheiß
Deposition of PZT thin films on copper-coated polymer foils – challenges and perspectives
9th Russian-CIS-Baltic-Japan Symposium on Ferroelectricity RCBJSF-9
Vilnius, Litauen
15. - 19. Juni 2008

P. Feinäugle, G. Mattausch, F.-H. Rögner, V. Melnik, I. Melnik, B. Tugay
Electron beam sources with cold cathodes based on DC high-voltage glow-discharges for PVD applications
The 35th IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)
Karlsruhe, Deutschland
16. Juni 2008

M. Junghähnel
Industrielle Großflächenabscheidung von optischen Funktionsschichten und -schichtsystemen mittels Puls-Magnetron-Sputtern
Institutskolloquium der Fakultät Maschinenbau, Technische Universität Ilmenau
Ilmenau, Deutschland
19. Juni 2008

T. Kopte, F.-H. Rögner, Chr. Metzner, N. Schiller
Forschungs- und Entwicklungsangebote auf dem Gebiet der Dünnschichtphotovoltaik
Vortrag auf der EFDS Fachausschusssitzung »Großflächenbeschichtung für solar- und lichttechnische Anwendungen«
Dresden, Deutschland
10. Juli 2008

Names, dates and events Namen, Daten und Ereignisse

E. Schultheiß, P. Frach, H. Bartzsch, J.-St. Liebig
Innovative stationary and in-line sputter technologies for precision optical coatings
SPIE Optical Conference
San Diego, USA
11. - 15. August 2008

R. Nyderle
Thin Film Technologies for Automotive applications
Automotive Symposium, Hyundai-Kia R&D Center
Seoul, Republik Korea
02. September 2008

H. Bartzsch, J. Weber, K. Lau, D. Gloß, P. Frach
Sputter process with time-variant reactive gas mixture for the deposition of optical multilayer and gradient layer systems
SPIE Europe Optical Systems Design,
Glasgow, Großbritannien
02. - 05. September 2008

R. Nyderle
Thin Film Technologies for emerging products
Samsung Workshop
Seoul, Republik Korea
04. September 2008

R. Schmittgens, M. Wolf, E. Schultheiß
A versatile system for large area coating of nanocomposite thin films
PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

E. Schultheiß
Folienbeschichtungen
OTTI-Seminar, Beschichten von Kunststoffoberflächen
Regensburg, Deutschland
22. - 23. September 2008

Chr. Metzner, B. Scheffel, J.-P. Heinß, H. Morgner,
F. Fietzke, N. Schiller
New developments for PVD and CVD coating of metal strips
4th International Symposium of Vacuum Coating on
Metal Stripes and Sheets (VaCMeSS 2008)
Dresden, Deutschland
25. September 2008

P. Feinäugle, G. Mattausch
Cold-cathode electron beam sources and copper evaporation applications
4th International Symposium of Vacuum Coating on
Metal Stripes and Sheets (VaCMeSS 2008)
Dresden, Deutschland
25. September 2008

T. Modes
Structure and properties of TiO₂ layers deposited by plasma activated evaporation
4th International Symposium of Vacuum Coating on
Metal Stripes and Sheets (VaCMeSS 2008)
Dresden, Deutschland
25. September 2008

F. Händel, H. Morgner, Chr. Metzner, R. Würz, A. Eicke
Silica based barrier layers on metal strips for thin film photovoltaic
4th International Symposium of Vacuum Coating on
Metal Stripes and Sheets (VaCMeSS 2008)
Dresden, Deutschland
25. September 2008

D. Glöß, H. Bartzsch, J. Fahlteich, P. Frach,
E. Schultheiß
Barrier coatings for sensors and micro systems
IPP 2008, Barrierschichten
Technische Universität Dresden
Dresden, Deutschland
01. Oktober 2008

N. Schiller
A new wave in clear barrier packaging
Applied Materials Customer Symposium – Flexible
Packaging 360°
Alzenau, Deutschland
01. Oktober 2008

E. Schultheiß
Plasmaaktivierte Bedampfung – ein Hochrate-verfahren zur Beschichtung großer Flächen
WTK Kolloquium
Chemnitz, Deutschland
01. - 02. Oktober 2008

S. Günther
Transparent barrier films for packaging
Herbsttreffen der EMA (European Metallizers
Association)
Prag, Tschechische Republik
09. Oktober 2008

Chr. Metzner
Der Elektronenstrahl als Werkzeug in der Produktionstechnik
Vortrag an der HTW Dresden
Dresden, Deutschland
10. Oktober 2008

J. Schönfelder, N. Özkucur, R. Funk, Chr. Wetzel
Oberflächenmodifizierungen mit Elektronenstrahl- und Plasmatechnik für die therapeutische Medizintechnik
16. Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, NDVaK
Dresden, Deutschland
16. - 17. Oktober 2008

N. Schiller, S. Straach, S. Günther
Innovative clear barrier technology for the packaging industry
16. Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, NDVaK
Dresden, Deutschland
16. - 17. Oktober 2008

R. Nyderle, T. Preußner, T. Kopte, M. Falz,
B. Gebhardt, B. Bücken
Transparente Enteisungsschichten für kompliziert gekrümmte 3D-Kunststoffbauteile
16. Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, NDVaK
Dresden, Deutschland
16. - 17. Oktober 2008

N. Schiller, J. Fahlteich, M. Fahland, W. Schönberger
Roll-to-roll technology for transparent high barrier films
AIMCAL Fall Technical Conference
Myrtle Beach, USA
19. - 22. Oktober 2008

N. Schiller, S. Straach, S. Günther
Innovative clear barrier technology for the packaging industry
AIMCAL Fall Technical Conference
Myrtle Beach, USA
19. - 22. Oktober 2008

Chr. Metzner
Plasma activated high-rate electron beam deposition with axial guns
Tutorial EBEAM 2008 – International Conference on
High-Power Electron Beam Technology
Reno, USA
26. - 28. Oktober 2008

Chr. Metzner, H. Morgner
Electron beam technology for photovoltaic
Tutorial EBEAM 2008 – International Conference on
High-Power Electron Beam Technology
Reno, USA
26. - 28. Oktober 2008

G. Gotzmann
Untersuchungen zur Aufbereitung (Desinfektion/Sterilisation) chirurgischer Instrumente mittels beschleunigter niederenergetischer Elektronen
parts2clean 2008, Neue Messe Stuttgart
Stuttgart, Deutschland
28. - 29. Oktober 2008

E. Schultheiß
Fraunhofer FEP – a resource for (large area) thin film coating technologies
CETA SENAI
Porto Alegre, Brasilien
03. - 07. November 2008

P. Feinäugle, G. Mattausch
Cold-cathode electron beam sources and copper evaporation applications
ITG Workshop – Vacuum Electronics 2008
Bad Honnef, Deutschland
10. November 2008

B. Scheffel, H. Morgner, J.-P. Heinß, Chr. Metzner
Plasma activated high-rate electron beam deposition with axial guns
1st IVEW
Bad Honnef, Deutschland
11. November 2008

B. Scheffel, Chr. Metzner, O. Zywitzki
Zinc magnesium alloy coatings on steel sheets prepared by physical vapour deposition
2nd International Symposium Coil coated steel:
Durability, functionality and new materials
Paris, Frankreich
19. November 2008

F.-H. Rögner
31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen) (31. BImSchV)
parts2clean 2008, Neue Messe Stuttgart
Stuttgart, Deutschland
28. - 29. Oktober 2008

F. Fietzke, H. Morgner, S. Günther
Magnetically enhanced hollow cathode – a new plasma source for high-rate deposition processes
PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

J.-P. Heinß, F. Händel, T. Meyer, R. Würz
High productive deposited Mo layers for back ohmic contacts of solar cells
PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

J.-S. Liebig, H. Bartzsch, P. Frach, K. Lau, J. Weber
Reactive magnetron sputter technologies for precision optical and antireflective coatings on glass and polymer substrates
51st SVC Annual Technical Conference
Chicago, USA
19. - 24. April 2008

Names, dates and events Namen, Daten und Ereignisse

R. Nyderle, T. Kopte, T. Preußner
Investigation of transparent conductive silver based deicing coatings for automotive application
51st SVC Annual Technical Conference
Chicago, USA
19. - 24. April 2008

Chr. Metzner, H. Morgner, J.-P. Heinß, B. Scheffel
New Developments of Plasma Activated High-rate Electron Beam Evaporation for Large Surfaces
51st SVC Annual Technical Conference
Chicago, USA
19. - 24. April 2008

A. Holfeld
Statistischer Ansatz zur Bestimmung von Grenz-nutzungszeiten bei Verschleißbeanspruchung
9. Internationale Schienenfahrzeugtagung,
Dresden, Deutschland
27. - 29. Februar 2008

A. Delan, A. Karuppasamy, E. Schultheiß
Gas sensing properties of pure and doped (N, C) TiO₂ thin films grown by pulsed DC magnetron sputtering
Eurosensor XII
Dresden, Deutschland
07. - 10. September 2008

S. Biehl, F. Goericke, L. Wolf, S. Staufenbiel, A. Delan, E. Schultheiß
Suitability of sputtered titanium dioxide layers for low temperature measurement of oxygen
Eurosensor XII
Dresden, Deutschland
07. - 10. September 2008

K. Lau, J. Weber, H. Bartzsch, P. Frach
Reactive pulse magnetron sputtered SiO_xN_y coatings on polymers
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
15. - 19. Juni 2008

J. Fahlteich, M. Fahland, W. Schönberger, N. Schiller
The quest for transparent barriers on flexible substrates
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
15. - 19. Juni 2008

M. Fahland, T. Vogt, J. Fahlteich, B. Meyer, N. Schiller
Deposition of functional coatings on PET films by Magnetron-PECVD
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
15. - 19. Juni 2008

H. Morgner, Chr. Metzner
Potentials of electron beam technology in photovoltaic applications
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
15. - 19. Juni 2008

B. Heimke, T. Kopte, U. Hartung, R. Nyderle, M. Junghähnel, U. Krause, J. Braun
RF superimposed DC sputtering of zinc tin oxide (ZTO) and indium zinc oxide (IZO)
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
15. - 19. Juni 2008

E. Schultheiß, Chr. Metzner
Plasmaaktivierte Bedampfung - ein neues Hochrate-Beschichtungsverfahren in der Industrialisierung
ZVO Oberflächentage
Würzburg, Deutschland
24. - 26. September 2008

Veröffentlichungen

J. Weber, H. Bartzsch, P. Frach
Sputter deposition of silicon oxynitride gradient and multilayer coatings
Zeitschrift: Applied Optics
Band: 47
Ausgabe: 13
Seiten: C288-C292
20. Februar 2008

O. Zywitzki, T. Modes, P. Frach, D. Glöß
Effect of structure and morphology on photocatalytic properties of TiO₂ layers
Surface & Coatings Technology, Switzerland
vol 202 no 11, p 2488-93, 14 refs.
25. Februar 2008

M. Fahland, T. Vogt, W. Schoenberger, N. Schiller
Optical properties of metal based transparent electrodes on polymer films
Thin Solid Films 516, 2008, p. 5777 - 5780

D. Glöß, P. Frach, C. Gottfried, S. Klinkenberg, J.-S. Liebig, W. Hentsch, H. Liepack, M. Krug
Multifunktional high-reflective and antireflective layer systems with easy-to-clean properties
Thin Solid Films 516, 2008, p. 4487 - 4489

O. Zywitzki, W. Nedon, T. Kopte, T. Modes
Characterisation of baroque tin amalgam mirrors of the historical Green Vault in Dresden
Applied Physics A: Materials Science & Processing
Springer Berlin / Heidelberg
10.1007/s00339-008-4461-y
04. April 2008

U. Schulz, K. Lau, N. Kaiser
Antireflection coating AR-hard with UV-protective properties for polycarbonate
Applied Optics Vol. 47, No. 13, C83 - C87
01. Mai 2008

F. Händel, F.-H. Rögner
Inline-Oberflächenreinigung von Metallsubstraten durch Plasmen
wt - Werkstatttechnik online, Band 98 (2008) Heft 6,
S. 495 - 497

Chr. Wetzels, F. Hollstein, R. H. W. Funk, N. Ozkucur, T. K. Monsees
Investigation on zirconium-coated polyurethane surfaces with regard to biocompatibility
Surface Coating & Technology 2008, Volume 202,
p. 5728 - 5732

F. Fischer, D. Hoppe, E. Schleicher, G. Mattausch, H. Flaske, R. Bartel, U. Hampel
An ultra fast electron beam x-ray tomography scanner
Measurement Science and Technology 19 (2008)
094002 (11pp)

Y. Dietzel, D. Romstedt, N. Schiller
Metallisierung von Textilien
Textilveredlung, Band 43 (2008) Heft 7/8, S. 18 - 22

P. Frach, H. Bartzsch, D. Glöß, M. Fahland, F. Händel
Electrically insulating Al₂O₃ and SiO₂ films for sensor and photovoltaic applications deposited by reactive pulse magnetron sputtering, hollow cathode arc activated deposition and Magnetron-PECVD
Surface and Coating Technology, Vol. 202, 2008,
p. 5680 - 5683

F. Händel
Mittels Plasma noch flexibler
Bänder, Bleche, Rohre
bbr, 49. Jahrgang, Heft 10, S. 82 - 84
Oktober 2008,

A. Holfeld
Statistischer Ansatz zur Bestimmung von Grenz-nutzungszeiten bei Verschleißbeanspruchung
9. Internationale Schienenfahrzeugtagung,
Dresden, Deutschland
Rad Schiene Tagungsband (2008), S. 130 - 132
Hamburg: Eurailpress Tetzlaff-Hestra

A. Delan, A. Karuppasamy, E. Schultheiß
Gas sensing properties of pure and doped (N, C) TiO₂ thin films grown by pulsed DC magnetron sputtering
Eurosensor XII
Dresden, Deutschland
T3-02.11, in Proceedings, S. 844 - 847

S. Biehl, F. Goericke, L. Wolf, S. Staufenbiel, A. Delan, E. Schultheiß
Suitability of sputtered titanium dioxide layers for low temperature measurement of oxygen
Eurosensor XII
Dresden, Deutschland
T3-02.11, in Proceedings, S. 1590 - 1599

K. Lau, J. Weber, H. Bartzsch, P. Frach
Reactive pulse magnetron sputtered SiO_xN_y coatings on polymers
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
Proceedings S. 239 - 242

J. Fahlteich, M. Fahland, W. Schönberger, N. Schiller
The quest for transparent barriers on flexible substrates
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
Proceedings S. 155 - 160

M. Fahland, T. Vogt, J. Fahlteich, B. Meyer, N. Schiller
Deposition of functional coatings on PET films by Magnetron-PECVD
7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
Proceedings S. 61 - 63

Names, dates and events *Namen, Daten und Ereignisse*

H. Morgner, Chr. Metzner

Potentials of electron beam technology in photovoltaic applications

7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
Proceedings S. 311 - 315

B. Heimke, T. Kopte, U. Hartung, R. Nyderle, M. Junghähnel, U. Krause, J. Braun

RF superimposed DC sputtering of zinc tin oxide (ZTO) and indium zinc oxide (IZO)

7th International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
Eindhoven, Niederlande
Proceedings S. 243 - 245

E. Schultheiß, Chr. Metzner

Plasmaaktivierte Bedampfung - ein neues Hochrate-Beschichtungsverfahren in der Industrialisierung

Veröffentlichung im ZVO-Report,
Ausgabe 04. August 2008

Fachposter

H. Klostermann, F. Fietzke, R. Labitzke, T. Modes, O. Zywitzki, U. Köbe, R. Tümmler

Pulse Magnetron Sputtering with high power in industrial scale hard coating processes

PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

A. Delan, A. Karuppasamy, E. Schultheiß

A comparative study on the photocatalytic and gas sensing properties of pure and N-doped TiO₂ thin films

PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

M. Wolf, R. Schmittgens, E. Schultheiß

Plasma deposited nanocomposites of metallic nanoparticles embedded in plasma polymer films

PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

M. Wolf, R. Schmittgens, E. Schultheiß

Characterization of pyrrole based polymer films deposited in a 60 MHz low pressure discharge

PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

A. Karuppasamy, A. Delan, E. Schultheiß

Enhanced photocatalysis and gas sensing by dendrite structured TiO₂-WO₃ nanocomposites deposited by pulsed DC magnetron sputtering

PSE 2008
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
15. - 19. September 2008

Buchbeiträge

H. Bluhm, B. Han, A. G. Chmielewski, D. von Dobeneck, U. Gohs, J. Gstöttner, G. Mattausch, H. Morgner, A. Reichmann, O. Röder, O. Zywitzki, H. W. P. Koops, S. W. Schulz, B. Wenzel

Electron beam devices for materials processing and analysis
Vacuum Electronics, Components and Devices
Eichmeier, Joseph A., Thumm, Manfred (Eds.)
Springer Berlin-Heidelberg-New York
2008, XVIII, 536 p. 389 illus., p. 155 - 224

Diplomarbeiten

S. Günther

Optische Schicht- und Prozessanalyse an Elektronenstrahl-PVD erzeugten Titanitrit-Schicht auf Aluminiumfolie

Fachhochschule Südwestfalen Iserlohn,
Studiengang Bio- und Nanotechnologie
04. März 2008

Chr. Göbert

Untersuchung der Magnetron-PECVD-Beschichtung mittels Dual-Magnetron-System anhand von SiO_xC_y-Schichten

Hochschule Anhalt (FH), Fachbereich Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen
12. August 2008

R. Steidl

Erarbeitung und Integration einer Such- und Statistikfunktion für das CMS Tridion R5

Berufsakademie Sachsen, Staatliche Studienakademie Dresden, Studienrichtung Medienproduktion
16. September 2008

F. Winckler

Charakterisierung einer Kaltkathoden-Elektronenstrahlquelle für den Einsatz zum Elektronenstrahlschweißen

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
26. November 2008

G. Gotzmann

Vergleichende Untersuchungen zum Sterilisationsprozess mittels Elektronenstrahl

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Biotechnologie, Studiengang Bachelor of Science
12. Februar 2008

J. Schönfelder

Untersuchungen zur Biofunktionalisierung von blutführenden flexiblen Polymerwerkstoffen mittels Elektronenstrahl

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Biotechnologie
08. Februar 2008

N. Herzig

Erarbeitung eines Instruments für die Planung und Kontrolle des Budgets mit dem Ziel der Implementierung am Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Berufsakademie Sachsen,
Staatliche Studienakademie Dresden,
Studienrichtung Industriebetriebswirtschaftslehre
8. September 2008

Erteilte Schutzrechte

EP 1 802 786 B1

Vorrichtung und Verfahren zum Kühlen bandförmiger Substrate

Chr. Metzner, J.-P. Heißen, D. Weiske, G. Kühn

Auszeichnungen

John-Matteucci-Award der AIMCAL

Für den Vortrag:

Roll-to-roll Technology for Transparent High Barrier Films

N. Schiller, J. Fahlteich, M. Fahland, W. Schönberger



Directions

Fraunhofer Institute for
Electron Beam and Plasma Technology
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 line 10 (Striesen) to Straßburger Platz
- ▶ change to line 1 (Kleinzschachwitz) or 2 (Prohlis) and exit at Zwinglstrasse
- ▶ walk 10 minutes from there

By airplane

- ▶ from airport Dresden take a taxi to Winterbergstrasse 28

GPS coordinates

- ▶ N 51° 01.790
- ▶ E 13° 46.890



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 Zwinglstraße
- ▶ 10 min zu Fuß

Anreise mit dem Flugzeug

- ▶ ab Flughafen Dresden mit dem Taxi etwa 40 min zum Fraunhofer-Institutszentrum IZD (Winterbergstraße 28)

GPS Koordinaten

- ▶ N 51° 01.790
- ▶ O 13° 46.890



Editorial notes

Contact

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

Phone +49 351 2586-0
Fax +49 351 2586-105

www.fep.fraunhofer.de
info@fep.fraunhofer.de

Technikum Helmsdorf
Fabrikstrasse 17
01833 Stolpen-Helmsdorf, Germany
Phone +49 359 73232-0
Fax +49 359 73232-24

Contact person

Annett Arnold
Marketing / Public Relations
Phone +49 351 2586-452
annett.arnold@fep.fraunhofer.de

Editors

Prof. Dr. Eberhard Schultheiß
Prof. Dr. Volker Kirchhoff
Mr. Rainer Bartel
Mrs. Annett Arnold
Ms. Sabine Kempe

Photos

Mr. Thomas Ernsting
Mr. Finn Hoyer
Mr. Janek Wieczoreck

Print layout

Mr. Janek Wieczoreck
Mr. Finn Hoyer

Production

Starke und Sachse Offsetdruckerei GmbH
Großenhain / Sachsen, Germany

Reproduction of any material is
subject to editorial authorization.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Germany
April 2009

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

Technikum Helmsdorf
Fabrikstraße 17
01833 Stolpen-Helmsdorf, Deutschland
Telefon +49 359 73232-0
Fax +49 359 73232-24

Ansprechpartner

Annett Arnold
Marketing / Unternehmenskommunikation
Telefon +49 351 2586-452
annett.arnold@fep.fraunhofer.de

Redaktion

Prof. Dr. Eberhard Schultheiß
Prof. Dr. Volker Kirchhoff
Dipl.-Phys. Rainer Bartel
Annett Arnold
Sabine Kempe

Fotos

Thomas Ernsting
Finn Hoyer
Janek Wieczoreck

Gestaltung / Satz

Janek Wieczoreck
Finn Hoyer

Druck

Starke und Sachse Offsetdruckerei GmbH
Großenhain / Sachsen, Deutschland

Bei Abdruck ist die Einwilligung der
Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Deutschland
April 2009

