



JAHRESBERICHT
2011

JAHRESBERICHT

2011



INHALT

ALLGEMEINER TEIL

- Vorwort | 4
- Im Profil | 6
- Organisationsstruktur | 8
- Das Institut in Zahlen | 10
- Unser Kuratorium | 12
- Kooperationen und Mitgliedschaften | 14
- Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces | 16
- Die Fraunhofer-Gesellschaft | 18

AUS DER FORSCHUNG

- Neue, transparente, elektrische Leiter – Ressourceneffizienz durch Materialinnovation | 22
- Elektronenbehandlung – Ein Beitrag zur Sicherheit bei der Nahrungsmittelproduktion | 26
- Beschichtung von Massengütern durch PVD-Kombinationsverfahren | 30
- Elektronenstrahlgefeuerte Kontakte für Silizium-Solarzellen | 32
- Entwicklung neuer Methoden zur Bandkühlung für Hochratebeschichtungen | 34
- Erfolgreiche Inaktivierung von Mikroorganismen in der Wirbelschicht | 36
- CdTe-Dünnschichtphotovoltaik im Fraunhofer FEP | 38
- Magnetron-PECVD-Abscheidung von amorphen und mikrokristallinen Siliziumschichten | 40
- PolAR: Nanometerstrukturen auf Quadratmeter-Flächen | 42
- Wirksamkeitsstudie zur Bioresonanztherapie | 44
- Charakterisierung von CdTe-Dünnschichtsolarzellen | 46

HIGHLIGHTS

- Königlicher Besuch im Fraunhofer-Institutszentrum Dresden | 50
- Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften 2011 | 52
- Die Fraunhofer Lounge – Entspannen, Unterhalten, Begegnen | 54
- Fraunhofer-Talent-School Dresden | 56
- 3. Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion | 58
- Internationale Konferenzen, Symposien und Messen | 60

CONTENTS

GENERAL PART

- Foreword | 66
- Profile of the Fraunhofer FEP | 68
- Organizational Structure | 70
- The Institute in Figures | 72
- Our Advisory Board | 74
- Collaboration and Memberships | 76
- Fraunhofer Group for Light & Surfaces | 78
- The Fraunhofer-Gesellschaft | 80

RESEARCH NEWS

- New transparent electrical conductors – efficient use of resources via innovative materials | 84
- Electron treatment – enhancing safety in food production | 88
- Coating of bulk goods using a combination of PVD processes | 92
- Electron beam fired contacts for silicon solar cells | 94
- Development of a new method for strip cooling for high-rate coating | 96
- Successful destruction of microorganisms in a fluidized bed | 98
- CdTe thin film photovoltaic technology at Fraunhofer FEP | 100
- Magnetron-PECVD deposition of amorphous and microcrystalline silicon layers | 102
- PolAR: Nanometer structures on square meter surfaces | 104
- Study of the effectiveness of bioresonance therapy | 106
- Characterization of CdTe thin film solar cells | 108

HIGHLIGHTS

- Royal visit at the Fraunhofer Institute Center in Dresden | 112
- Long Night of Science 2011 | 114
- The Fraunhofer Lounge – relaxation, entertainment, debate | 116
- Fraunhofer-Talent-School Dresden | 118
- 3rd Introductory Seminar on Cleaning Technology in Industrial Production | 120
- International Conferences, Symposia and Fairs | 122



VORWORT

Liebe Leser,

mit unserem Jahresbericht möchten wir Sie wieder in kompakter Form über die Aktivitäten des Fraunhofer FEP im zurückliegenden Jahr informieren. Das Jahr 2011 hat an die Erfolge von 2010 lückenlos angeknüpft. Der Industrieerlös ist um 9 Prozent auf ca. 5,7 Millionen Euro gestiegen. Dies ist umso beachtlicher, da wir 2011 das Arbeitsgebiet Elektronenstrahlschweißen ausgegründet haben und der dadurch wegfallende Industrieerlös somit zusätzlich kompensiert wurde. Zu diesem guten Ergebnis haben besonders die Arbeitsgebiete Beschichtung flexibler Produkte und Präzisionsbeschichtung beigetragen. Eine der wichtigsten Aufgaben von Beschichtungen flexibler Substrate ist derzeit die Verbesserung der Barriereigenschaften von Kunststofffolien gegenüber Sauerstoff und Wasserdampf. Die Anwendungen reichen dabei von der Verpackung von Lebensmitteln, über die Verkapselung von Solarzellen bis hin zum Schutz organischer Displays.

Auf dem Gebiet der Präzisionsbeschichtung ist besonders die enge Zusammenarbeit mit der Firma VON ARDENNE Analgentechnik GmbH hervorzuheben. Gemeinsam wurden inzwischen an verschiedene Endkunden Beschichtungsanlagen auf Basis des gebündelten Know-hows erfolgreich überführt.

Ein neues Kapitel wurde bei der im Fraunhofer FEP entwickelten Technologie zur Behandlung von Saatgut mit Elektronen aufgeschlagen. Aufgrund starker Akquisition und aktueller äußerer Umstände (z. B. die EHEC-Infektion von Sprossen-Saatgut in Deutschland) ist das nationale und internationale Interesse an dieser Technologie im letzten Jahr enorm gewachsen. Der Abschluss eines Kooperationsvertrages zwischen der Getreide AG, der BayWa AG, der Petkus Technologie GmbH und dem Fraunhofer FEP soll die Entwicklung der zweiten Generation der Anlagentechnik und eine Verbreitung der Technologie in der Landwirtschaft wesentlich beschleunigen. In unserem Leitartikel auf Seite 26 können Sie dazu mehr erfahren.

Unsere Aktivitäten in der Photovoltaik wurden auf hohem Niveau weitergeführt. Besonders wichtig ist hierbei die enge Zusammenarbeit mit der Roth & Rau AG bei der Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaik auf Grundlage eines Förderprojektes des Freistaates Sachsen.

Der guten Zusammenarbeit beider Teams ist es zu verdanken, dass inzwischen vollständige Schichtsysteme von Solarzellen auf Pilotanlagen im Fraunhofer FEP hergestellt werden können. Diese Arbeiten sollen auch 2012 intensiv fortgesetzt werden. Aber nicht nur die Cadmiumtellurid-Technologie steht bei der Photovoltaik in unserem Fokus. Für die Herstellung von kristallinen Siliziumschichten mit hohen Beschichtungsgeschwindigkeiten wurden die anlagentechnischen Voraussetzungen geschaffen, sodass wir in diesem Jahr mit der Technologieentwicklung beginnen können.

Weitere wichtige Aktivitäten im letzten Jahr waren unter anderem der Ausbau unserer biomedizinischen Laboreinheit, die Technologieentwicklung für die Abscheidung neuer transparenter, leitfähiger Schichten, die hervorragenden Ergebnisse bei der Abscheidung von Korrosionsschutzschichten auf Schüttgut und der Fortschritt bei der Entwicklung einer neuen Elektronenstrahltechnik, der durch die enge Zusammenarbeit mit der Firma ALD Vacuum Technologies GmbH möglich wurde.

Liebe Leser, wir hoffen die Themen in diesem Jahresbericht stoßen auf Ihr Interesse und würden uns freuen, Sie zur näheren Diskussion des einen oder anderen Themas in unserem Hause begrüßen zu dürfen.

Prof. Dr. Volker Kirchhoff

Dr. Nicolas Schiller

- 1 *Kommissarischer Institutsleiter*
Prof. Dr. Volker Kirchhoff
 2 *Stellvertretender Institutsleiter*
Dr. Nicolas Schiller



IM PROFIL

Als eines von 60 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, Europas größter Organisation für angewandte Forschung, widmet sich das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden der Entwicklung von Technologien und Prozessen zur Oberflächenveredelung.

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

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

Wir liefern spezielle Technologien und Pilotanlagen, um neue Anwendungen möglich zu machen und bestehende Prozesse zu optimieren.

Die Elektronenstrahltechnologie ist das zweite Arbeitsfeld des Instituts. Der Elektronenstrahl wird eingesetzt, um Metalle zu schweißen, zu verdampfen oder in der Randschicht zu modifizieren. Er härtet Lacke, verbessert Eigenschaften von Kunststoffen, sterilisiert Medizinprodukte oder befreit Saatgut von Krankheitserregern. Für ein breites Spektrum von Anwendungen wird der Elektronenstrahl daher als präzises Werkzeug eingesetzt. Produkte wie Dünnschichtsolarzellen, Sensoren, mikroelektronische Bauelemente oder Datenträger werden bereits mit Technologien aus dem Fraunhofer FEP hergestellt. Um unsere Forschung in der Dünnschicht- und Elektronenstrahltechnologie auszubauen, haben wir in den letzten Jahren vor allem die Kooperation mit sächsischen Hoch- und Fachhochschulen verstärkt.

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

Die Entwicklung und Optimierung von Beschichtungsquellen und -prozessen, deren Aufskalierung auf einen industriellen Maßstab, sowie die Integration in eine geeignete Anlagentechnik und in bestehende Fertigungsverfahren sind wesentliche Dienstleistungen des Instituts. Die Kostenoptimierung hat dabei höchste Priorität. Entsprechend dem Querschnitts- und Schlüsselcharakter der Schicht- und Oberflächentechnik adressieren wir einen breiten Kundenkreis.

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

Das Fraunhofer FEP ist in folgenden Geschäftsfeldern tätig:

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

Zur Bearbeitung werden geschäftsfeldübergreifend die vier Kernkompetenzen des Instituts genutzt:

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

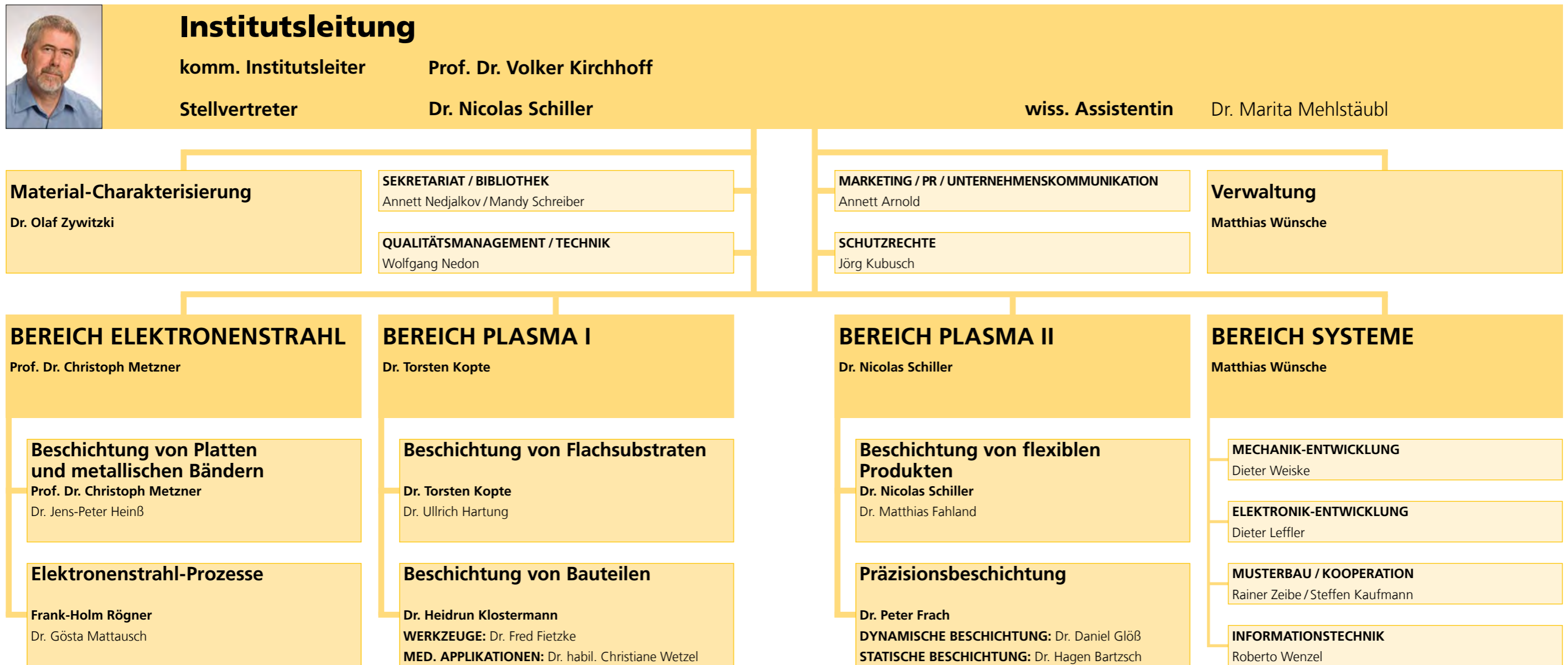
Ein wesentlicher Bestandteil der Forschungsarbeit in unserem Institut ist die Entwicklung und Fertigung von Schlüsselkomponenten für die Beschichtungstechnik, die dem Kunden zusammen mit einer entsprechenden Prozesstechnologie als »Technologiepakete« angeboten werden.

Wir verfügen derzeit über rund 8.000 m² Nutzfläche. Zur Ausstattung gehören unter anderem zahlreiche industrienaher Anlagen zum Beschichten, Schweißen, Härten und zur Oberflächenbehandlung.

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

Mit dieser industrienahen technischen Ausrüstung und qualifizierten Mitarbeitern sowie einer starken internationalen Vernetzung sind wir bestens gerüstet, um Innovationen in der Dünnschicht- und Elektronenstrahltechnologie bis zur Marktreife zu führen.

ORGANISATIONSSTRUKTUR



DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Ertragsentwicklung

Das Institut kann trotz der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise wieder auf ein sehr beachtenswertes Geschäftsjahr zurückblicken. Aufgrund erfolgreicher Akquisition konnte das Fraunhofer FEP durch direkte Aufträge aus der Industrie 5,7 Millionen Euro erwirtschaften. Das entspricht einer Steigerung der Wirtschaftserträge um 9 Prozent zum Vorjahr. Aus öffentlichen Projekten, gefördert von Bund und Ländern, wurden Erträge in Höhe von 3,9 Millionen Euro erzielt. Davon konnte der überwiegende Anteil in Höhe von 3,1 Millionen Euro durch öffentlich geförderte Projekte gemeinsam mit mittelständigen Unternehmen gefördert durch das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst und das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr eingeworben werden. Die Quote der externen Erträge aus Projekten mit der Wirtschaft, den öffentlichen und sonstigen Auftraggebern, also der Drittmittelanteil, lag damit bei 74 Prozent und entspricht einem Volumen von 9,9 Millionen Euro. Damit konnten die anspruchsvollen Ziele für 2011 übertroffen werden. Der Grundfinanzungsverbrauch im Betriebshaushalt betrug 2,9 Millionen Euro.

Die im Berichtszeitraum erzielten Erträge gliedern sich wie folgt:

- ▶ Wirtschaftserträge 5,7 Mio €
(Auftragsforschung mit der Wirtschaft)
- ▶ Öffentliche Erträge 0,8 Mio €
(Vertragsforschung Bund)
- ▶ Öffentliche Erträge 3,1 Mio €
(Vertragsforschung Länder)
- ▶ EU und sonstige Erträge 1,0 Mio €

Entwicklung der Gesamtaufwendungen

Der Gesamtaufwand aus Betriebs- und Investitionshaushalt betrug 15,9 Millionen Euro. Im Betrachtungszeitraum wurden 2,5 Millionen Euro, davon 1,5 Millionen Euro aus dem zentralen Strategiefonds, in Gerätetechnik und Infrastruktur investiert. Diese Investitionen dienen der Weiterführung der Geschäftsfelder und insbesondere der Realisierung laufender Forschungsvorhaben und bilden gleichzeitig den Garant für künftige Forschungsarbeiten. Der Anteil der Personalaufwendungen belief sich auf 6,9 Millionen Euro, dies entspricht 51 Prozent des Betriebshaushalts in Höhe von 13,4 Millionen Euro. Der Sachaufwand betrug 5,8 Millionen Euro.

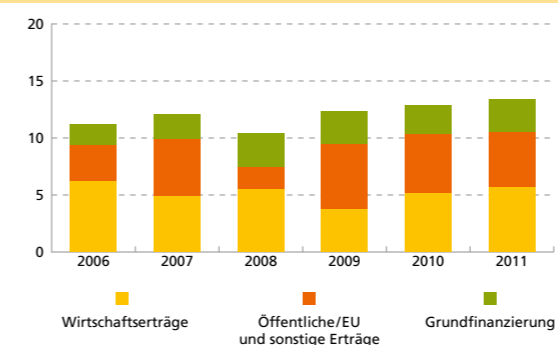
Mitarbeiterentwicklung

Im vergangenen Jahr waren 133 Mitarbeiter, davon 10 Auszubildende, und zusätzlich 45 Diplomanden/Praktikanten und 77 wissenschaftliche Hilfskräfte im Institut tätig. Von den 64 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die als Wissenschaftler beschäftigt waren, arbeiteten 9 Wissenschaftler zusätzlich an ihren Promotionsthemen. Der Frauenanteil im Wissenschaftlerbereich betrug 17 Prozent. Die Ausbildung junger Wissenschaftler bestimmte auch im vergangenen Jahr unsere Prioritäten in der Personalstrategie. Durch die Vergabe attraktiver Diplom-, Bachelor- und Promotionsthemen gelang es, dass hochmotivierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erfolgreich ihre Abschlüsse erzielen konnten. Unser Glückwunsch gilt Frau Dr.-Ing. Manuela Junghänel zu ihrer erfolgreichen Promotion mit dem Thema: »Herstellung und Charakterisierung von transparenten elektrisch leitfähigen TiO₂/Nb-Dünnschichten durch Gleichstrom- und Puls-Magnetron-Sputtern«.

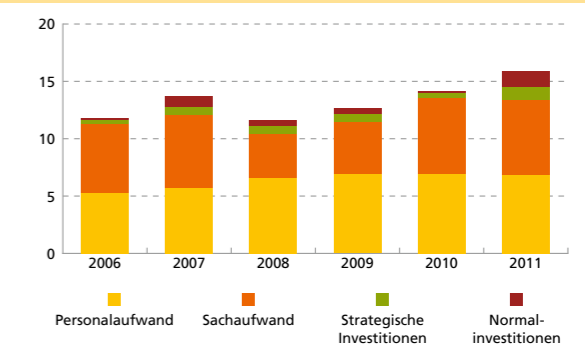
Im Bereich des technischen Nachwuchses setzten wir auch im Jahr 2011 auf eine gezielte Lehrausbildung gemeinsam mit den jeweiligen Berufsschulen. Langjähriger Partner für die Ausbildung von Physikalaboranten ist dabei die Sächsische Bildungsgesellschaft Dresden. Der IHK Dresden und allen Einrichtungen, die am Erfolg unserer Auszubildenden wesentlichen Anteil hatten und haben, gilt unser Dank. Der Dank gilt aber auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unseres Instituts, die neben ihren Haupttätigkeiten die fachgerechte Ausbildung unserer künftigen Mitarbeiter stets mit großem

persönlichem Engagement gewährleisten. Im Berichtszeitraum konnten deshalb auch wieder 3 Auszubildende erfolgreich ihre Lehre beenden. Damit wurden Frau Nicole Prager als Physikalaborantin, Herr André Gretschel als Industriemechaniker und Herr Manuel Wehnert als Zerspanungsmechaniker in das Institut übernommen. Bis Ende 2011 nahmen 3 neue Auszubildende ihre Lehre am Institut auf. In der Ausbildung befinden sich damit derzeit 8 Auszubildende: eine Werkstoffprüferin, vier Physikalaborantinnen, zwei Physikalaboranten und ein Industriemechaniker.

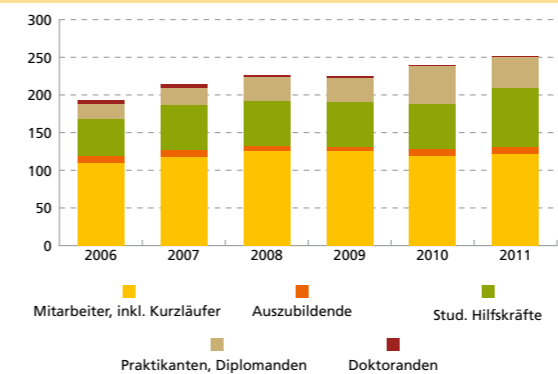
1 Betriebshaushalt (in Millionen Euro)



2 Gesamtaufwand (in Millionen Euro)



3 Mitarbeiterentwicklung



KONTAKT

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



UNSER KURATORIUM

Am 11. Mai 2011 fand die 22. Kuratoriumssitzung des Fraunhofer FEP statt.

Die Kuratoren des Fraunhofer FEP, Vertreter aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft, kamen in Dresden zusammen, um sich einen Überblick über die Leistungen des Instituts im vergangenen Jahr zu verschaffen und um gemeinsam mit Mitarbeitern des Instituts künftige strategische Schwerpunkte abzuleiten.

Dr. Feldhütter berichtete in Vertretung des Vorstandes der Fraunhofer-Gesellschaft über wirtschaftliche, politische und thematische Entwicklungen innerhalb der Gesellschaft. Erfreut zeigte er sich über den wirtschaftlichen Spitzenertragsanteil von 41,9 Prozent, den der Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces, in dem das Fraunhofer FEP Mitglied ist, im Jahr 2010 erzielen konnte. Die Ausgründung »Strahltechnologie Dresden GmbH« sowie der Ausbau der Großflächenbeschichtung für

die Dünnschicht-Photovoltaik am Fraunhofer FEP wurden vom Vorstand sowie von Dr. Feldhütter sehr begrüßt.

Die Institutsleitung gab den Kuratoren einen Überblick über die wirtschaftliche Situation des Instituts sowie über neue Projekte und Entwicklungen seit dem Kuratoriumstreffen im letzten Jahr. In zwei Fachvorträgen wurden vertiefend die strategische Ausrichtung des Geschäftsfeldes »Präzisionsbeschichtung« sowie die Ansätze zur Prozessentwicklung in der Silizium-Photovoltaik (im Besonderen Ansätze zur aktiven Kontaminations- und Defekteliminierungstechniken) vorgestellt.

Unser Dank gilt an dieser Stelle allen Kuratoren, die mit ihrem Engagement und ihren wertvollen Hinweisen und Anregungen stetig zur erfolgreichen Ausrichtung des Instituts beitragen.

Gäste des Kuratoriums

Dr. Frank Böger	Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Geschäftsführer
Dr. Hans-Otto Feldhütter	Fraunhofer-Gesellschaft, Leiter der Hauptabteilung Forschung
Dr. Patrick Hoyer	Fraunhofer-Gesellschaft, Institutsbetreuer
Dr. Hans-Ulrich Wiese	ehem. Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft

Mitglieder des Kuratoriums

Dr. Ulrich Engel	Kuratoriumsvorsitzender
RD'in Dr. Annerose Beck	Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, stellv. Referatsleiterin Bund-Länder-Forschungseinrichtungen
Prof. Dr. Lukas Eng	Technische Universität Dresden, Institut für Angewandte Photophysik, Institutsdirektor
Prof. Dr. Richard Funk	Technische Universität Dresden, Medizinische Fakultät, Institut für Anatomie, Dekan
Prof. Dr. Gerald Gerlach	Technische Universität Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Festkörperelektronik, Institutsdirektor
Prof. Dr. Gert Heinrich	Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V., Leiter des Teilinstituts Polymerwerkstoffe
Prof. Dr. Dieter O. Junkers	Technische Universität Clausthal
RD Andreas Kletschke	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referatsleiter
Dr. Harald Küster	ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG, Leiter Forschung und Entwicklung
Dr. Klaus Michael	Heraeus Sensor Technology GmbH, Manager Business Development
Dipl.-Ing. Peter G. Nothnagel	Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, Geschäftsführer
Prof. Dr. Hans Oechsner	Technische Universität Kaiserslautern, Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik, Direktor
Dr. Jan-Peter Osing	AMG Coating Technologies GmbH, Senior Advisor
Dr. Dietmar Roth	Roth & Rau AG, Vorstandsvorsitzender
Dipl.-Phys. Robin Schild	VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Geschäftsführer
Dr. Michael Steinhörst	Tata Steel Europe, Direktor Produktentwicklung, Technologie, Anwendung
Dr. Hermann Stummpp	LOI Thermprocess GmbH, Geschäftsführer



KOOPERATIONEN UND MITGLIEDSCHAFTEN

Die Dünnschichttechnologie findet Anwendung auf sich rasant entwickelnden Märkten. Um die Wettbewerbsposition unserer Kunden und unseres Instituts zu stärken und schneller zu Innovationen zu gelangen, arbeiten wir über Landesgrenzen hinweg mit internationalen und nationalen Partnern zusammen.

Industriepartner

- ▶ Applied Materials
- ▶ Leybold Optics GmbH
- ▶ Roth & Rau AG
- ▶ VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH

Akademische Kooperationen

- ▶ Technische Universität Dresden – Institut für Festkörperelektronik
- ▶ Westsächsische Hochschule Zwickau
- ▶ Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTWD)

Forschungspartner

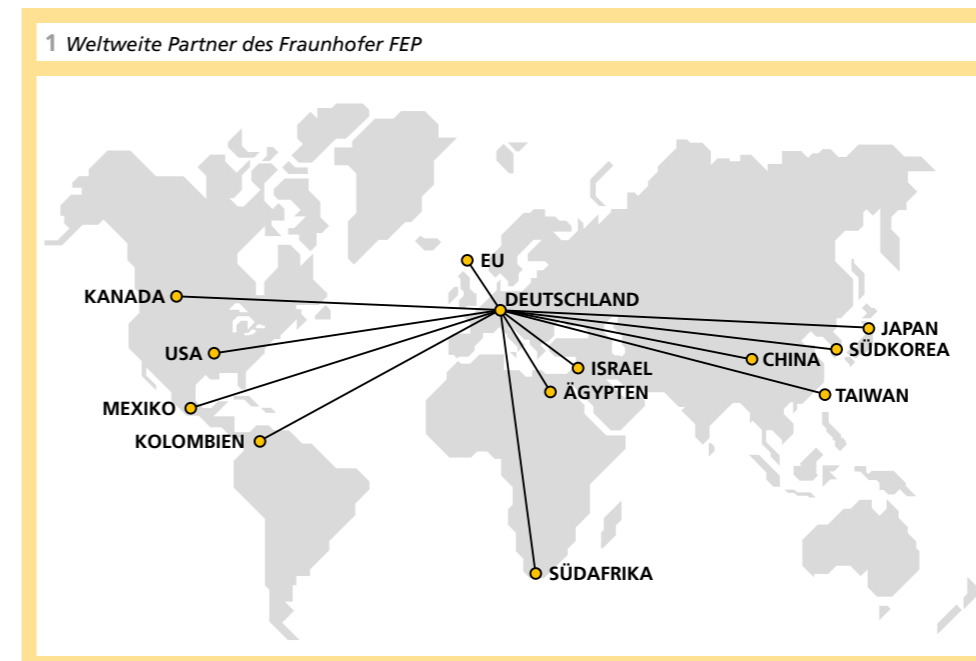
- ▶ University of Virginia USA
- ▶ Beijing Institute of Aeronautical Materials
- ▶ National Institute for Materials Science Japan
- ▶ Korean Institute of Industrial Technology

Mitgliedschaften

- ▶ EFDS Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V.
- ▶ Organic Electronics Saxony e. V. (OES)
- ▶ Silicon Saxony e. V.
- ▶ Dresden Concept
- ▶ AMA Fachverband für Sensorik e. V.
- ▶ Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW)
- ▶ Dt. Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO)
- ▶ Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V.
- ▶ Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz/Sachsen e. V. (KMC)
- ▶ Netzwerk »Dresden – Stadt der Wissenschaft«
- ▶ Verband der Elektrotechnik – Bezirksverein Dresden e. V. (VDE)
- ▶ Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)
- ▶ IVAM e. V. Fachverband für Mikrotechnik
- ▶ International Council for Coatings on Glass ICCG e. V.

Fraunhofer-Kooperationen

- ▶ Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
- ▶ Fraunhofer-Allianz Photokatalyse
- ▶ Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO
- ▶ Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik
- ▶ Forschungsallianz Kulturerbe





FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

Kompetenz durch Vernetzung

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

Kernkompetenzen des Verbunds

- ▶ Beschichtung & Oberflächenfunktionalisierung
- ▶ Laserbasierte Fertigungsverfahren
- ▶ Laserentwicklung & Nichtlineare Optik
- ▶ Materialien der Optik & Photonik
- ▶ Mikromontage & Systemintegration
- ▶ Mikro- & Nanotechnologien
- ▶ Kohlenstofftechnologie
- ▶ Messverfahren & Charakterisierung
- ▶ Ultrapräzisionsbearbeitung
- ▶ Werkstofftechnologien
- ▶ Plasma- & Elektronenstrahlquellen

Kontakt

Verbundvorsitzender	Verbundassistentin
Prof. Dr. Andreas Tünnermann	Susan Oxfart
Telefon +49 3641 807-201	Telefon +49 3641 807-207

www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP

Die Kernkompetenzen des Fraunhofer FEP sind die Elektronenstrahltechnologie, die Sputtertechnologie, die plasmaaktivierte Hochratebedampfung und die Hochrate-PECVD. Die Arbeitsgebiete umfassen die Vakuumbeschichtung sowie die Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen. Neben der Entwicklung von Schichtsystemen, Produkten und Technologien ist ein wichtiger Schwerpunkt die Aufskalierung der Technologien für die Beschichtung und Behandlung großer Flächen mit hoher Produktivität.

www.fep.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Mit über 350 Patenten seit 1985 ist das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT ein gefragter FuE-Partner der Industrie für die Entwicklung innovativer Laserstrahlquellen, Laserverfahren und Lasersysteme. Unsere Technologiefelder umfassen Laser und Optik, Lasermesstechnik, Medizintechnik und Biophotonik sowie Lasermaterialbearbeitung. Hierzu zählen unter anderem das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie die Oberflächenbearbeitung, die Mikrofertigung und das Rapid Manufacturing. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik.

www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF

Das Fraunhofer IOF entwickelt zur Bewältigung drängender Zukunftsfragen in den Bereichen Energie und Umwelt, Information und Sicherheit sowie Gesundheit und Medizintechnik Lösungen mit Licht. Die Kompetenzen umfassen die gesamte Prozesskette vom Optik- und Mechanik-Design über die Entwicklung von Fertigungsprozessen für optische und mechanische Komponenten sowie Verfahren zur Systemintegration bis hin zur Fertigung von Prototypen. Schwerpunkte liegen auf den Gebieten multifunktionale optische Schichtsysteme, Mikro- und Nanooptik, Festkörperlichtquellen, optische Messsysteme und opto-mechanische Präzisionssysteme.

www.iof.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

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

www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

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

www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS steht für Innovationen in den Geschäftsfeldern Fügen, Trennen sowie Oberflächentechnik und Beschichtung. Die Besonderheit des Fraunhofer IWS liegt in der Kombination eines umfangreichen werkstofftechnischen Know-hows mit weitreichenden Erfahrungen in der Entwicklung von Technologien und Systemtechnik. Zahlreiche Lösungen im Bereich der Lasermaterialbearbeitung und Schichttechnik finden jedes Jahr Eingang in die industrielle Fertigung.

www.iws.fraunhofer.de



DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 20 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,8 Milliarden Euro. Davon fallen 1,5 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

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

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

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

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

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

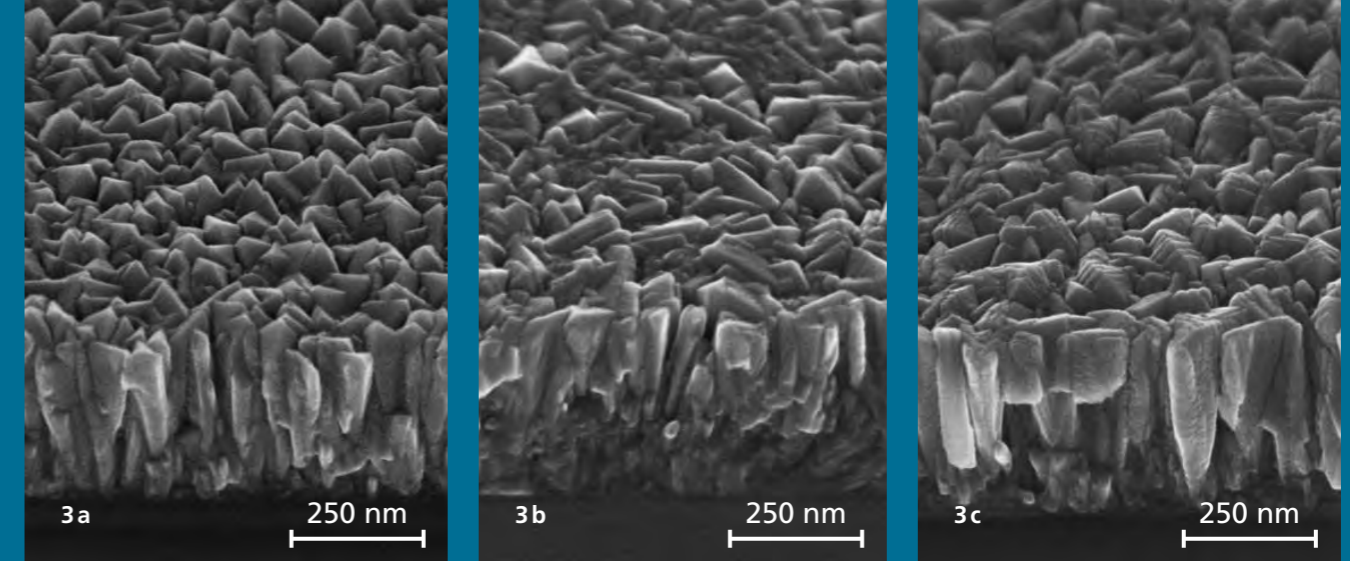
1 Hauptstandorte der Fraunhofer-Institute und -Einrichtungen in Deutschland





AUS DER FORSCHUNG

- Neue, transparente, elektrische Leiter – Ressourceneffizienz durch Materialinnovation | 22
- Elektronenbehandlung – Ein Beitrag zur Sicherheit bei der Nahrungsmittelproduktion | 26
- Beschichtung von Massengütern durch PVD-Kombinationsverfahren | 30
- Elektronenstrahlgefeuerte Kontakte für Silizium-Solarzellen | 32
- Entwicklung neuer Methoden zur Bandkühlung für Hochratebeschichtungen | 34
- Erfolgreiche Inaktivierung von Mikroorganismen in der Wirbelschicht | 36
- CdTe-Dünnschichtphotovoltaik im Fraunhofer FEP | 38
- Magnetron-PECVD-Abscheidung von amorphen und mikrokristallinen Siliziumschichten | 40
- PolAR: Nanometerstrukturen auf Quadratmeter-Flächen | 42
- Wirksamkeitsstudie zur Bioresonanztherapie | 44
- Charakterisierung von CdTe-Dünnschicht solarzellen | 46



NEUE, TRANSPARENTE, ELEKTRISCHE LEITER – RESSOURCENEFFIZIENZ DURCH MATERIAL-INNOVATION

Die allgemeine Rohstoffknappheit und der enorme Kostendruck bei der Produktion zwingen die Industrie und Forschung zu Materialinnovationen. Die Substitution und die Erschließung neuer, verbesserter, transparent leitfähiger Materialien ist ein Schwerpunkt unserer Forschungsaktivitäten.

Transparente, leitfähige Materialien sind in vielen Anwendungsbereichen anzutreffen. Die transparente Elektronik ist hier ein aufstrebendes Forschungs- und Technologiefeld, welches zielgerichtet zur Realisierung von »unsichtbaren« elektronischen Schaltkreisen und optoelektronischen Komponenten strebt. Anwendungen hierfür liegen vor allem in der Konsumelektronik. In der Displaytechnik und Photovoltaik sind solche Materialien hauptsächlich in transparenten Elektroden verbreitet und finden Anwendung in Touch-Displays, Solarzellen, Flachbildschirmen, oder in sogenannten »Smart-Windows«.

Getrieben durch die weltwirtschaftliche Preisentwicklung von Rohstoffen und Endprodukten gab es in den letzten Jahren ein enormes Wachstum neuer Klassen möglicher anwendbarer Materialien. Das Fraunhofer FEP erforscht intensiv neue, transparente, leitfähige Materialien und kann auf die jeweilige Endanwendung bezogen maßgeschneiderte, transparente, leitfähige Schichten und Schichtsysteme anbieten. Hier steht besonders die kosteneffiziente, großflächige Herstellung von dünnen Schichten aus transparenten, leitfähigen Oxiden (TCOs) mit verbesserten Eigenschaften im Vordergrund.

Wir haben die strategische Entwicklung von neuartigen, Indium-freien TCO-Materialien für die Photovoltaik im letzten Jahr weiter stark vorangetrieben. Dabei stand dotiertes Zink- und Titanoxid im Fokus unserer Forschungsarbeiten (Abb. 4). Durch Verwendung von Rohr-Magnetron-Systemen gelingt uns nun die effiziente Schichtabscheidung von Aluminium-dotiertem Zinkoxid mit hohen Beschichtungsraten. Des Weiteren wurde die Wirkung von verschiedenen Dotanden, wie Gallium und Titan, auf die optischen und elektrischen Eigenschaften von Zinkoxid untersucht. Dies erweitert die Einsatzmöglichkeiten von Zinkoxid als TCO-Material deutlich, vor allem durch den Einsatz von ZnO:Ga im Bereich der transparenten Elektronik. Im Vergleich dazu ist dotiertes Titanoxid ein noch weitgehend unbekanntes TCO-Material. Zunächst ist undotiertes Titanoxid ein im sichtbaren Spektralbereich hochtransparentes Material und ein optisch hochbrechendes Dielektrikum, welches in vielen optischen Funktionsschichtsystemen, wie zum Beispiel zum Schutz gegen elektromagnetische Strahlung, verwendet wird. In der kristallinen Anatas-Phase ist Titanoxid aus der Photokatalyse bekannt und wird als selbstreinigende, antibakteriell wirkende Schicht verwendet. Werden Titan-Atome teilweise durch Niob oder Tantal ersetzt, erhöht sich die elektrische Leitfähigkeit des Materials deutlich. Die Ladungsträgerkonzentration steigt mit steigendem Anteil von Niob oder Tantal. Amorphes dotiertes Titanoxid zeigt spezifische elektrische Widerstände im Bereich von ca. 1 ... 5 Ωcm . Durch Strukturumwandlung der Schichten bei Temperaturen zwischen 350 °C und 450 °C in die kristalline Phase Anatas kann der spezifische elektrische Widerstand deutlich bis in den Bereich von 10^{-4} ... 10^{-3} Ωcm reduziert werden. Die einstellbaren Widerstandswerte sind vergleichbar mit denen der bekannten TCOs Indium-Zinn-Oxid oder Aluminium-dotiertes Zinkoxid.

- 1 Reaktives-Puls-Magnetron-Co-Sputtern von TiO_2 :Ta mit einem Dual-Magnetron-System der Targetlänge von 500 mm
- 2 Transparente, leitfähige Titandioxid-Schicht auf Glas
- 3 REM-Abbildung anataser TiO_2 -Schichten
 - a) ohne Dotierung
 - b) mit 4 % Tantal dotiert
 - c) mit 19,8 % Tantal dotiert

4 Eigenschaften von gesputterten TCOs auf der Basis von Zink- und Titanoxid, die großflächig mithilfe von in-line Beschichtungsanlagen am Fraunhofer FEP abgeschieden worden sind.

TCO-Material	ZnO			TiO ₂	
	Al	Ga	Ti	Nb	Ta
Dotand					
Dotierkonzentration [%]	2	3	3	6	4
Magnetron-System	SMS ^[1] oder RMS ^[2]	SMS ^[1]	SMS ^[1]	RMS ^[2] oder DMS ^[3]	DMS ^[3]
Target	oxidisch	oxidisch	oxidisch	oxidisch oder metallisch	metallisch
Dynamische Beschichtungsrate [nm*m/min]	> 350	100	100	47	45
Spezifischer Widerstand [Ωcm] ^[4]	$3,6 \times 10^{-4}$	$2,7 \times 10^{-4}$	$9,3 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-2}$
Extinktionskoeffizient @ 550 nm	$2,4 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$

^[1] SMS: Einzel-Magnetron-System

^[3] DMS: Doppel-Magnetron-System

^[2] RMS: Rohr-Magnetron-System

^[4] nach Tempern der Schicht im Vakuum



5



6



7

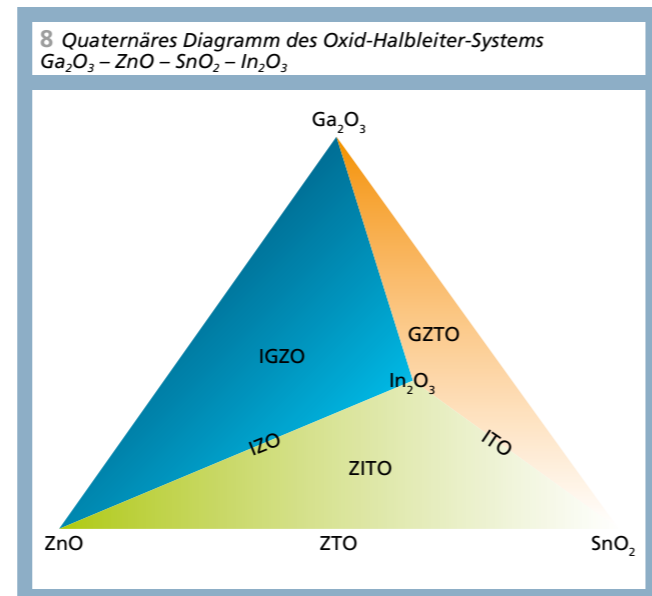
Neben den materialwissenschaftlichen Aspekten haben wir unsere Sputtertechnologien hinsichtlich hoher Beschichtungs-raten und Variabilität der Schichtzusammensetzung optimiert. Das Puls-Magnetron-Co-Sputtern ist hier ein wichtiges Werkzeug für die Abscheidung von ternären und mehrkomponentigen Schichten mit frei wählbarer Zusammensetzung (Abb. 8). Die Verwendung von großflächigen Kathoden erlaubt die Schichtabscheidung auf großen Flächen. Durch geeignete Wahl der Pulsparameter kann zielgerichtet die Einstellung der Schichtzusammensetzung erfolgen (Abb. 9). Der reaktive Arbeitspunkt wird durch einen schnellen Regelkreis stabilisiert, der die Anpassung des Reaktivgasflusses mithilfe optischer Emissions-Spektroskopie ermöglicht (Abb. 10).

Für die Regelung solcher Prozesse wurde am Fraunhofer FEP der Prozessregler S-PCU entwickelt. Dieser schnelle Regler bietet einige Vorteile für die Prozessführung, wie zum Beispiel die Nutzung von frei wählbaren Plasma-Emissionslinien für die Regelung. Hier sind keine optischen Filter mehr notwendig wie sie bei der klassischen Reaktivgasregelung durch Plasma-Emissions-Monitor angewendet werden. Auf diese Weise können großflächig Titanoxidschichten mit verschiedenen Dotierkonzentrationen von Niob und Tantal in einem Bereich von 1 ... 15 Prozent und unterschiedlicher Stöchiometrie mit ein- und derselben Target-Kombination hergestellt werden. Abbildung 1 zeigt die Magnetronladung eines Puls-Magnetron-Co-Sputter-Prozesses zur reaktiven Schichtabscheidung von TiO_2 :Ta von Titan- und Tantal-Targets. Die Schichtabscheidung von metallischen Targets gestattet im Vergleich zur Abscheidung von keramischen Targets hohe dynamische Beschichtungs-raten im Bereich von 30 ... 50 $nm \times m/min$. So wurden ca. 150 nm dicke TiO_2 :Nb- und TiO_2 :Ta-Schichten mit spezifischen elektrischen Widerständen im Bereich von $10^{-3} \dots 10^{-2} \Omega cm$ abgeschieden, die eine Absorption im sichtbaren Spektralbereich kleiner als 8 Prozent aufwiesen.

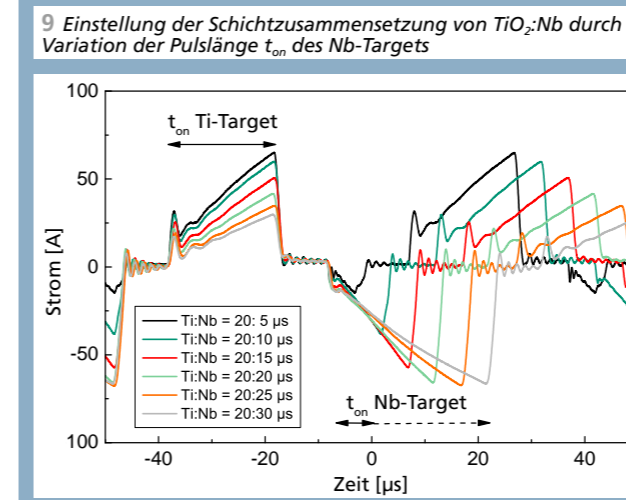
Vorteile des reaktiven Puls-Magnetron-Co-Sputterns:

- ▶ Die Nutzung von metallischen oder Legierungstargets reduziert die Kosten für Targetmaterialien
- ▶ Anwendung konventioneller Sputtertechnologie: Dual-Magnetron-System im bipolaren Puls-Magnetron-Sputter-Modus
- ▶ Hohe Beschichtungs-raten
- ▶ Variable Einstellung der Schichtzusammensetzung durch Wahl der Puls-Parameter
- ▶ Sehr stabiler Sputterprozess zur Abscheidung von ternären Materialkombinationen bei frei wählbarer Zusammensetzung und guter Reproduzierbarkeit

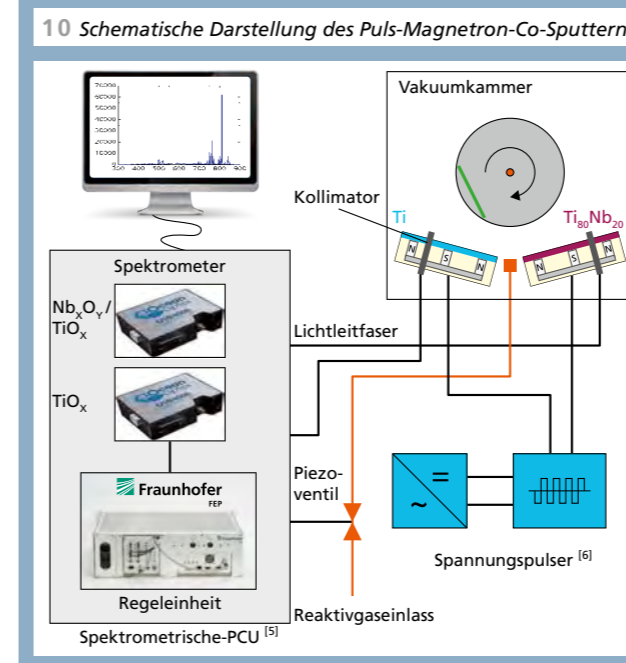
Mit dem Puls-Magnetron-Co-Sputtern zeigt das Fraunhofer FEP ein weiteres innovatives Beschichtungswerkzeug, mit dem es auf die ständig wechselnden Anforderungen aus der Industrie schnell und flexibel antworten und als kompetenter Partner Produktinnovationen voranbringen kann.



8 Quaternäres Diagramm des Oxid-Halbleiter-Systems $Ga_2O_3 - ZnO - SnO_2 - In_2O_3$



9 Einstellung der Schichtzusammensetzung von TiO_2 :Nb durch Variation der Pulslänge t_{on} des Nb-Targets



10 Schematische Darstellung des Puls-Magnetron-Co-Sputterns

^[5] Mit der S-PCU wird unter Nutzung frei auswählbarer Spektrallinien der Reaktivgaseinlass geregelt.

^[6] Durch Variation der Pulslängen des Spannungspulsers erfolgt die Einstellung der Schichtkomposition.

GZTO: Gallium-Zinn-Oxid
 IGZO: Indium-Gallium-Zinn-Oxid
 IZO: Indium-Zinn-Oxid
 ZITO: Zinn-Indium-Zinn-Oxid
 ZTO: Zinn-Oxid

5 Überprüfung des elektrischen Widerstandes einer TCO-Schicht
 6 Prozessregler S-PCU, Eigenentwicklung des Fraunhofer FEP
 7 In-line Beschichtungsanlage ILA 900

KONTAKT

Dr. Manuela Junghähnel
 Telefon +49 351 2586-128
 manuela.junghaehnel@fep.fraunhofer.de



ELEKTRONENBEHANDLUNG – EIN BEITRAG ZUR SICHERHEIT BEI DER NAHRUNGSMITTEL-PRODUKTION

Mehr als 25 Jahre ist es her, dass im damaligen Forschungsinstitut Manfred von Ardenne erste Untersuchungen zur desinfizierenden Wirkung von beschleunigten Elektronen bei Getreidesaatgut durchgeführt wurden. Erst in diesem Jahr kann man von einem wirtschaftlichen Durchbruch in diesem Anwendungsbereich sprechen.

Strahlenchemische Wirkungen von ionisierenden Strahlungen (zum Beispiel Gamma-, Elektronen-, Röntgenstrahlung) auf Polymere sind lange bekannt. Die erzielten Effekte, wie Vernetzungsreaktionen oder der Polymerabbau resultieren im Wesentlichen aus dem Aufbrechen von Mehrfachbindungen im Polymer durch Energieeintrag und dem damit verbundenen Erzeugen von hochreaktiven Kettenenden und Radikalen, die wiederum die erwähnten Sekundärreaktionen hervorrufen. Beschleunigte Elektronen als Energielieferant sind in diesem Zusammenhang interessant, da Elektronenquellen im Gegensatz zu Gammaquellen problemlos abgeschaltet werden können und Anlagen damit ein deutlich vereinfachtes Handling aufweisen.

Dass auch komplexe Polymermoleküle in lebenden Organismen, wie DNA-Ketten, durch Energieeintrag beeinflusst werden können, liegt nahe. Strangbrüche, Basenverlust, Denaturierung, Längsvernetzungen durch Elektronenbeschuss führen zu irreparablen Schäden an DNA-Molekülen und damit zum Zelltod. Diese Effekte sind der Schlüssel für eine desinfizierende Wirkung beschleunigter Elektronen, denn dadurch lassen sich unter anderem schädliche Keime abtöten. Die Sterilisation von Medizinprodukten mit Gammastrahlung etablierte sich auf dieser Grundlage. Da Gammastrahlung eine hohe Durchdringungsfähigkeit im Material aufweist, erfolgt eine Sterilisation im gesamten Volumen. Für die Behandlung von Saatgut ist das jedoch vollkommen ungeeignet, denn ein steriles Samenkorn kann nicht mehr keimen.

Die Lösung sind beschleunigte Elektronen. Im Gegensatz zur Gammastrahlung ist deren Eindringvermögen in Materialien deutlich geringer und zudem über die aufgeprägte kinetische Energie exakt einstellbar. Damit lässt sich die desinfizierende Wirkung auf die Oberfläche und eine definierte Randschicht von Samen begrenzen, ohne den Keimling oder den Mehlkörper im Inneren des Samenkorns zu beeinflussen. Damit wurden in den 90er Jahren erfolgreich großtechnische Versuche an Getreidesaatgut im Fraunhofer FEP durchgeführt. Die Saatgutbehandlung wurde in einer Vakuumkammer durchgeführt, da die Beschleunigung von frei beweglichen Elektronen nur unter Hochvakuumbedingungen erfolgen kann. Der technische Aufwand dieser kontinuierlich arbeitenden Anlage war deshalb extrem hoch und die Nebenwirkungen der Vakuumbedingungen auf das Saatgut nicht unerheblich.

Der technische und technologische Durchbruch wurde mit der Entwicklung von Bandstrahlern am Fraunhofer FEP erzielt. Dieser Typ von Elektronenquellen hat zum einen einen linienförmigen Elektronenemitter, der eine große Längenausdehnung einer Elektronenquelle bei kleiner Baugröße erlaubt und zum anderen mit einem sogenannten Lenard-Fenster die Auskopplung der beschleunigten Elektronen aus der evakuierten Elektronenquelle an Atmosphäre ermöglicht. Damit wurde es möglich, Saatgut an Luft im Durchlaufprinzip zu behandeln. Im Rahmen eines öffentlich geförderten Verbundprojektes^[1] wurde bis zum

Jahr 2000 daraus zusammen mit der Schmidt AG eine mobile Demonstrationsanlage im Produktionsmaßstab entwickelt und gebaut.

Seit dieser Zeit haben sich die Versuche zur Elektronenbehandlung von Saatgut in vielfältiger Weise bewährt. Durch Partnerschaften mit Anlagenbauern (Schmidt-Seeger AG bzw. deren Ausgründung EVONTA Service GmbH), mehreren Landwirtschaftsbetrieben, insbesondere dem BayWa-Standort Hainichen/Sachsen, sowie der fachlichen Kooperation unter anderem mit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (bba; jetzt Julius-Kühn-Institut) und der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft konnten viele Praxiserfahrungen und Untersuchungen hinsichtlich der Wirksamkeit für den Pflanzenschutz in die Optimierung der Technologie einfließen. Der Schwerpunkt lag in diesen Jahren bei der Behandlung von Getreidesaatgut aber auch Raps, Leguminosen und Gemüsesaatgut wurde einbezogen. In Deutschland wurden damit über 200.000 Hektar mit elektronenbehandeltem Getreide-Saatgut bestellt. Einen eindrucksvollen Überblick über einen Teil der Untersuchungsergebnisse vermitteln die bba-Mitteilungen 399^[2] von 2005.

Trotz der Empfehlung der bba sowie der EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) zum Einsatz des Verfahrens für die konventionelle als auch für die ökologische Landwirtschaft sowie vieler Vorteile (chemiefrei, umweltschonend, nicht staubend, kosteneffizient) hat diese Technologie 10 Jahre lang ein Schattendasein gefristet und ist nicht über den Demonstrationsstatus hinaus gekommen. Die Ursachen sind sicher vielfältig und nicht nur objektiv, unter anderem:

- ▶ Das Bestehen einer etablierten und ausgereiften Technologie zur chemischen Beizung von Saatgut mit einem funktionierenden Vertriebsnetz und vorhandener Anlagentechnik
- ▶ Keine Wirkung der Elektronenbehandlung gegen bodenbürtige Erreger

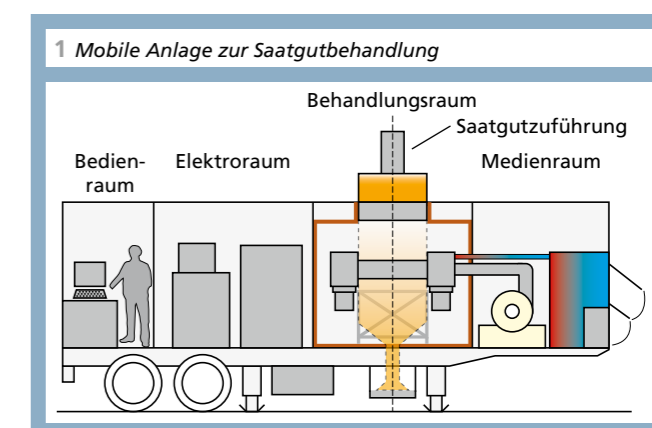
^[1] Projektname »Neue Generation ökologischer Saatgut-Beizanlagen«
Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.

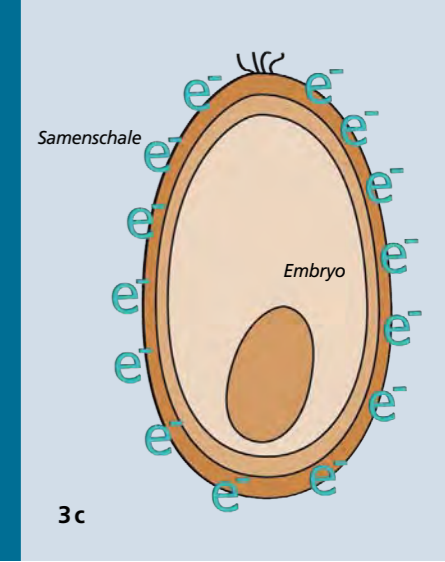
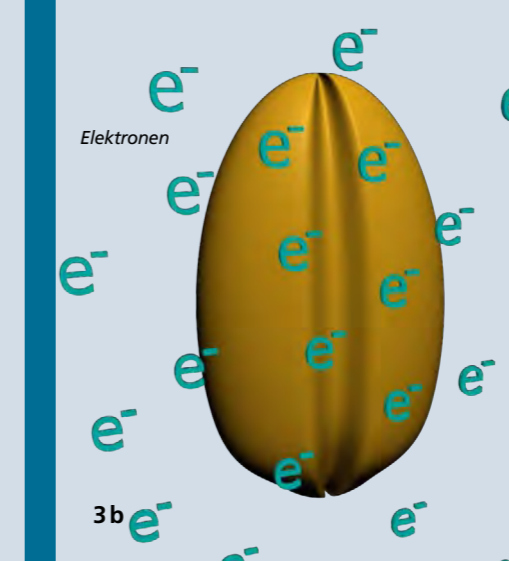
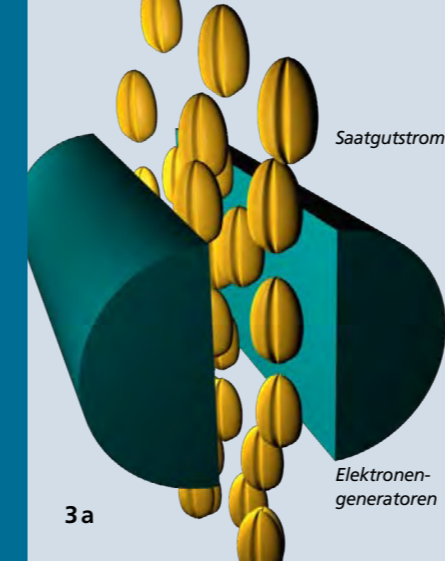
Förderkennzeichen: 3433/565

Projektpartner:

- Schmidt AG
- Fraunhofer FEP

^[2] Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem »Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut - Zusammenfassende Wertung der Freilandergebnisse« Nr. 399, 2005 (ISSN 0067-5849, ISBN 3-930037-20-3)





- Nach einer Elektronenbehandlung ist das Saatgut augenscheinlich unverändert, kein einfacher Behandlungsnachweis möglich
- Vorbehalte gegen den Einsatz ionisierender Strahlung in der Landwirtschaft
- Hohe Anschaffungskosten für eine Elektronenbehandlungsanlage

Die letzten zwei Jahre haben allerdings Bewegung in den Markt der Saatgutbehandlung gebracht. Etlichen chemischen Beizmitteln wurde die Zulassung entzogen, Neuzulassungen und damit auch die Neuentwicklung von Beizmitteln sind stark zurückgegangen, ein zunehmender Druck bakteriologischer Krankheitserreger ohne wirksame Bekämpfungsmittel, ein schwerer Fall von *E. coli*-Infektionen durch Sprossensaatgut sowie die unzureichenden Behandlungsmethoden im ökologischen Landbau haben die Nachfrage nach Alternativen weltweit wieder erhöht. Einem glücklichen Umstand ist es zu verdanken, dass mit der Nordkorn Saaten GmbH ein weiterer starker Partner für die Saatgutbehandlung im Norden von Deutschland gewonnen werden konnte.

Im Ergebnis der Bemühungen um die Etablierung der Elektronenbehandlung von Saatgut wurde die Demonstrationsanlage von einem Konsortium aus BayWa AG und Nordkorn Saaten GmbH im Sommer 2011 gekauft^[3] und im ersten Jahr bereits fast bis an die Kapazitätsgrenze ausgelastet. Zusammen mit einem neuen innovativen Partner im Bereich der Saatgut-Anlagentechnik, der Röber Institut GmbH, sowie den Anwendern BayWa AG und Getreide AG mit dem Tochterunternehmen Nordkorn Saaten GmbH wurde bereits die gemeinsame Weiterentwicklung des Verfahrens beschlossen und Projektanträge sind in Vorbereitung. Ziele sind unter anderem:

- Preiswertere und kompaktere Anlagentechnik
- Flexible Anpassung an unterschiedliche Saatgutarten und Durchsätze
- Integration in vorhandene Saatgutaufbereitungsanlagen

Im Fokus stehen neben den traditionellen Getreidesaaten auch der wachsende Markt an Maissaatgut, sensibles Sprossensaatgut und die hochwertigen Feinsämereien.

Seit 2011 bemüht sich das Fraunhofer FEP auch, die Elektronenbehandlung von Saatgut in den chinesischen Markt einzuführen. Dafür hat der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft PROFIL-Mittel in erheblichem Umfang bereitgestellt.

Die Behandlung von Saatgut ist jedoch bei weitem nicht die einzige Zielrichtung der Weiterentwicklung. Probleme mit Keimbelastungen gibt es auch im Bereich der Futtermittel (Futtergetreide sowie pelletiertes Futter) sowie bei Nahrungsmitteln.

Außer bei Kräutern und Gewürzen ist die Behandlung von Lebensmitteln mit ionisierender Strahlung in Deutschland jedoch verboten. Weltweit ist die Desinfektion von Lebensmitteln – meist Früchte – mit ionisierender Strahlung (vorwiegend Gammastrahlung) dagegen auf dem Vormarsch. Auf der diesjährigen IMRP (International Meeting of Radiation Processing) Konferenz in Montreal spielte die Keimreduktion an Lebensmitteln durch ionisierende Strahlung eine entscheidende Rolle. Getrieben durch weltweite Fälle von Verbrauchergefährdung (EHEC in Deutschland, keimbelasteter Spinat und *E. coli*-Infektionen durch belastetes Hackfleisch in den USA, Infektionen durch verkeimte Früchte aus Südostasien) sind weltweit Behandlungsanlagen installiert worden. Ein Export von Früchten in die USA ist zum Beispiel nur noch nach einer Strahlenbehandlung möglich. Nachgewiesenermaßen erlaubt ionisierende Strahlung eine sichere Keimreduktion bis auf Sterilisationsniveau ohne die Verwendung chemischer Zusatzstoffe, ohne hohe Temperaturen und damit auf eine außerordentlich schonende Weise. Für alle bestrahlten Lebensmittel bzw. deren Inhaltsstoffe gilt weltweit eine Labelpflicht (Abb. 4).

Wirkt in Deutschland dieses Label eher abschreckend auf den Verbraucher, hat es in den USA mittlerweile den positiven Status »sicheres Lebensmittel« erreicht.

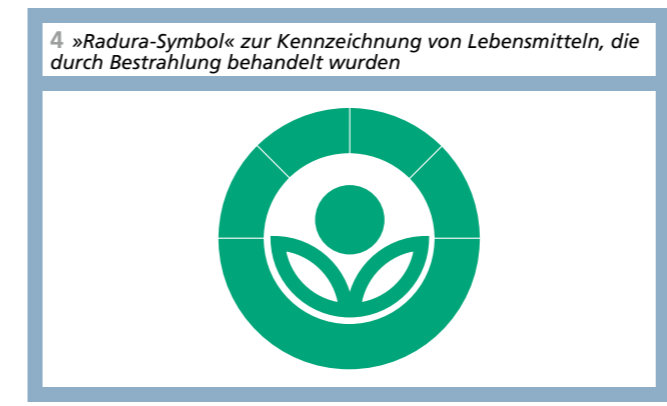
Ein Argument gegen die Entkeimung von Lebensmitteln mit ionisierender Strahlung ist die Beeinflussung des Lebensmittels an sich durch diese Strahlung. Reaktionen im organischen Material, wie die Bildung von hochreaktiven Radikalen, Kettenbrüchen in organischen Molekülen und damit die Erzeugung chemischer Spaltprodukte usw. sind in ihren Auswirkungen durch die Nahrungsaufnahme auf den menschlichen Körper wenig erforscht und deshalb als Risiko bzw. als Gefährdung eingestuft worden. Eine jüngste umfangreiche Studie der European Food Safety Authority (EFSA)^[4] weist jedoch eindeutig nach, dass von dieser Technologie keine chemische oder mikrobiologische Gefährdung der Verbraucher im Vergleich zu anderen Desinfektionsverfahren ausgeht. Damit steht ein vielseitiges Verfahren zur Verfügung, um das Food-Chain-Management von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Endprodukt sicherer zu machen.

Das Fraunhofer FEP möchte noch einen Schritt weiter gehen und für viele Anwendungen den Einfluss der ionisierenden Strahlung auf das Produkt deutlich reduzieren. Oft ist die Keimbelastung von Lebensmitteln nur an der Oberfläche und in einer Randschicht vorhanden. Mit einer definierten Elektronenbehandlung kann man erreichen, dass auch nur diese Bereiche beeinflusst werden, ein weiteres Argument für diese umweltfreundliche, schonende und sichere Technologie.

^[3] Weitere Informationen dazu finden Sie auf: www.fep.fraunhofer.de/press

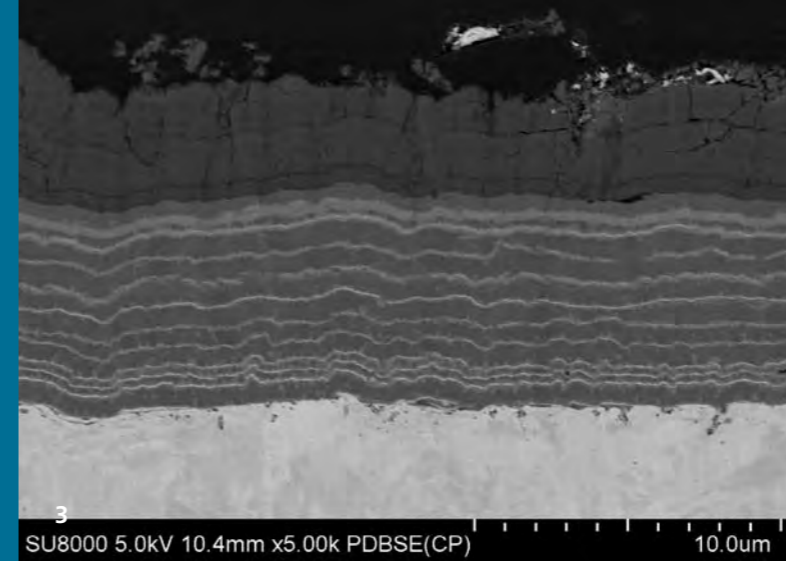
^[4] www.efsa.europa.eu/en/press/news/cef110406.htm

- 2 Unterzeichnung des Kooperationsvertrages zur Weiterentwicklung der Saatguttechnologie durch die Firmen:
- PETKUS Technologie
 - Getreide AG
 - Fraunhofer FEP
 - BayWa AG
- 3 Das Prinzip der Elektronenbehandlung:
- a) Behandlung im Fallstrom
 - b) allseitige Behandlung mit Elektronen
 - c) gezielte Randschichtbehandlung



KONTAKT

Frank-Holm Rögner
 Telefon +49 351 2586-242
frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de



BESCHICHTUNG VON MASSENGÜTERN DURCH PVD-KOMBINATIONSVVERFAHREN

Die Behandlung von Kleinteilen als Schüttgut stellt eine ökonomisch überzeugende Alternative zur Einzelteilbehandlung dar. Aus technologischer Sicht gilt es jedoch eine Reihe von Problemen zu meistern. Das Fraunhofer FEP hat dazu einen vielversprechenden Ansatz entwickelt.

Der Einsatz von Vakuumbeschichtungsverfahren für die Oberflächenveredlung von Bauteilen hat heute bereits einen hohen Grad der Marktdurchdringung erreicht. Dies gilt jedoch nur für individuell gehandhabte Teile und nicht für schüttfähige industrielle Massengüter wie Niete, Schrauben, Muttern, Stifte, Federn oder Kugeln. Aber auch letztere müssen häufig beschichtet werden, sei es aus Gründen des Verschleiß- und Korrosionsschutzes oder um eine niedrige Reibung, geringe Kontaktwiderstände bzw. ein ansprechendes Aussehen zu erzielen.

Um mit den in der Schüttgutbeschichtung etablierten Technologien wie mechanisches, chemisches und elektrolytisches Plattieren oder Tauch-/Schleuderverfahren konkurrieren zu können, muss die Vakuumbeschichtungstechnik konsequent ihre Stärken Qualität, Flexibilität und Umweltverträglichkeit ausspielen und sich an ökonomischen Maßstäben von Effizienz und Ressourcenschonung messen lassen.

Am Beispiel der Korrosionsschutz-Beschichtung von Nietelementen für den Fahrzeugbau konnten Forscher des Fraunhofer FEP das Potenzial der physikalischen Dampfphasenabscheidung (PVD) eindrucksvoll unter Beweis stellen und eine interessante Alternative zu etablierten Lösungen aufzeigen. Den Schlüssel zum Erfolg bildete hierbei die Kombination unterschiedlicher Abscheideverfahren, nämlich der plasmaak-

tivierten Bedampfung und des Magnetronspüterns. Sämtliche Beschichtungskomponenten sowie die Substratbewegung können frei programmierbar gesteuert werden. Auf diese Weise lassen sich Schichtarchitekturen wie Gradienten und Multilayer, die bisher nur Flachsubstraten oder in eingeschränktem Maße auch individuell gehandhabten Bauteilen zugänglich waren, auch mit hoher Rate auf Schüttgut aufbringen.

Im Ergebnis mehrjähriger Arbeiten ist es mit der am Fraunhofer FEP betriebenen und kontinuierlich weiterentwickelten Schüttgut-Beschichtungsanlage ALMA 1000 heute möglich, bis zu 30 kg schüttfähiger Kleinteile (wie die in Abbildung 1 dargestellten Blindniet-Hülsen) innerhalb von 60 bis 90 Minuten mit etwa 10 µm dicken Schichtsystemen zu versehen. Die Zuverlässigkeit des Verfahrens ist dabei so hoch, dass von Tausenden beschichteter Kleinteile einer Charge nur einige wenige sichtbare Defekte aufweisen – hervorgerufen zumeist durch Spritzer oder von den Einbauten abplatzende Schichtflitter. Querschliffe der beschichteten Niete lassen unter dem Mikroskop eine gleichmäßige Bedeckung aller äußeren Flächen sowie eine geringe und in den meisten Fällen tolerierbare Verringerung der Schichtdicke auf Bohrungen und Vertiefungen (ca. 30 ... 50 Prozent) erkennen. Bei weiterer Erhöhung der Vergrößerung (Abb. 3) offenbart sich die lamellenartige Feinstruktur der abgeschiedenen Korrosionsschutzschichten aus aufgedampften Aluminium- (dunkelgraue Gebiete) und

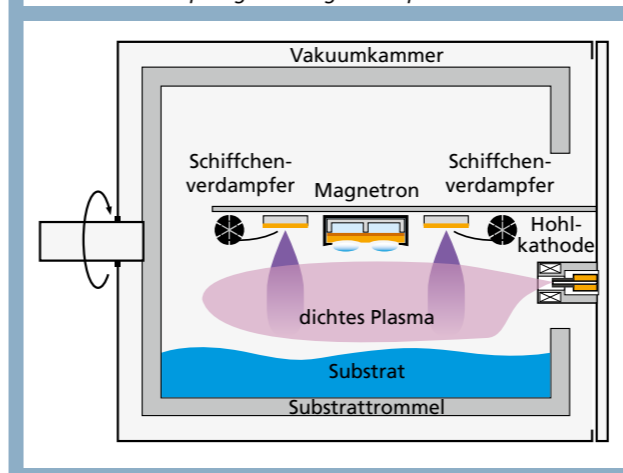
gesputterten Chromschichten (helle Streifen). Das Aluminium übernimmt hierbei die kathodische Korrosionsschutzwirkung, während die Chrom-Zwischenschichten als Diffusionssperre wirken und das Kornwachstum des Aluminiums im Verlaufe der Schichtabscheidung unterbrechen. Eine abschließende Passivierungsschicht aus Aluminiumoxid vervollständigt den Schichtstapel.

Die nach dem neuen PVD-Verfahren veredelten Niete haben bereits ein breitgefächertes Interesse industrieller Anwender auf sich gezogen und werden gegenwärtig in applikationsnahen Tests für ihren Serien-Einsatz qualifiziert. Der erfolgreichen Leitapplikation werden in den kommenden Jahren sicher weitere Anwendungen der Massengutbeschichtung mittels innovativer PVD-Kombinationsverfahren folgen.

*Projektförderung:
DFG/AiF-Clustervorhaben
»Kombinierte mechanisch-mediale Alterung von Nietverbindungen in Mischbauweise«
Teilprojekt A1
»Entwicklung und Bewertung von PVD-Schichtsystemen auf Verbindungselementen zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit von Nietverbindungen«
(IGF 16249 BR/1)*

- 1 Charge von Blindniet-Hülsen (5 kg) vor der Beschichtung
- 2 Qualitätskontrolle nach der Schüttgutbeschichtung
- 3 Querschliff einer Korrosionsschutzschicht aus Al/Cr-Multilagern mit Aluminiumoxid-Passivierung
- 4 Schüttgut-Beschichtungsanlage ALMA 1000

5 Funktionsschema der Schüttgutbeschichtung durch plasmaaktivierte Bedampfung und Magnetronspütern

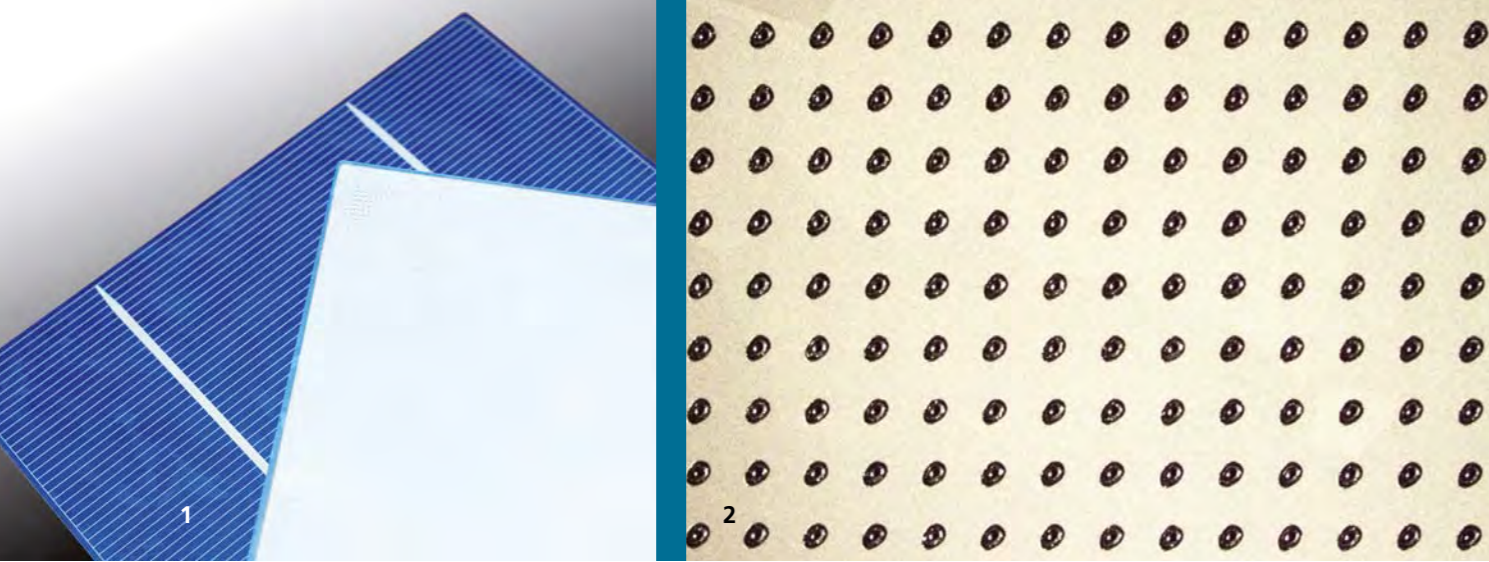


DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

AiF ALLIANZ INDUSTRIE FORSCHUNG

KONTAKT

Dr. Fred Fietzke
Telefon +49 351 2586-366
fred.fietzke@fep.fraunhofer.de



ELEKTRONENSTRAHLGEFEUERTE KONTAKTE FÜR SILIZIUM-SOLARZELLEN

Der Einsatz hochproduktiver Technologien bei der Herstellung effizienter Solarzellen ist eine wesentliche Voraussetzung für weitere Kostensenkungen bei der Nutzung von »Sonnenstrom«. Elektronenstrahlgefeuerte Kontakte können hierfür insbesondere in vakuumgebundenen Prozesslinien einen Beitrag leisten.

Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der kristallinen Silizium-Solarzellen sind darauf ausgerichtet, die Solarzellenwirkungsgrade weiter zu steigern und gleichzeitig die Produktionskosten zu senken. Ein übliches Verfahren zur Verbesserung des Wirkungsgrades ist die Passivierung der Solarzellenoberflächen durch wenige 10 nm dicke Schichten oder Schichtstapel. Sie bestehen meist aus Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid und werden mit Hilfe von Vakuumverfahren hergestellt. Die Passivierung senkt die Oberflächenrekombinationsrate und hilft so, Ladungsträgerverluste zu minimieren. Bei der Herstellung von Kontakten zur Ableitung des erzeugten Stromes ist es jedoch notwendig, diese elektrisch isolierenden Schichten lokal zu öffnen. Dies geschieht beispielsweise vor dem Aufdrucken des metallischen Rückseitenkontaktes mit Hilfe eines gepulsten Lasers an Atmosphärendruck.

Grundidee im durchgeführten Projekt war, auch mit den Prozessschritten direkt nach dem Aufbringen der Passivierung im Vakuum zu verbleiben. Vorteilhaft können hierfür Elektronenstrahltechnologien zum Einsatz gebracht werden. So wurde prinzipiell gezeigt, dass der Aluminiumrückseitenkontakt durch Elektronenstrahl-Hochratebedampfung herstellbar ist. In einem nachfolgenden Schritt wurde nun mit einem fokussierten Elektronenstrahl (Strahldurchmesser ca. 50 µm) punktuell die Aluminiumschicht mit dem Siliziumbasismaterial durch lokales Aufschmelzen verbunden, wobei die zwischenliegende Passivierungsschicht an dieser Stelle aufgebrochen wird (Abb. 4).

Günstig bei diesen punktuellen elektronenstrahlgefeuerten Kontakten (engl. electron beam fired contacts, EBFC) ist, dass die guten Eigenschaften der Passivierung in großen Flächen erhalten bleiben. Gleichzeitig kommt es zum lokalen Eindiffundieren von Aluminium, was einerseits den Kontaktwiderstand absenkt, andererseits aber auch im Kontaktbereich zur Verminderung der Ladungsträgerrekombination beiträgt.

Neben der Einsatzfähigkeit des Elektronenstrahls im Vakuum besitzt dieser gegenüber dem sonst für die Kontaktierung typischerweise benutzten Strahlwerkzeug Laser einige weitere interessante Vorteile:

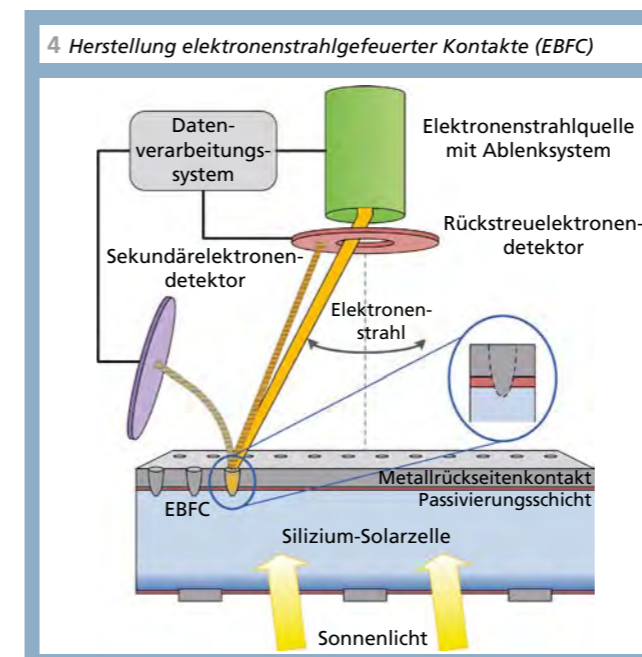
- Der Elektronenstrahl ist ein Teilchenstrahl mit einer charakteristischen Energieabsorption im Volumen. Im Gegensatz zur oberflächennahen Absorption von Laserlicht kann der Hauptenergieeintrag durch Variierung der Beschleunigungsspannung auf die zu durchdringende Schichtdicke eingestellt werden (Abb. 5).
- Die trägheitslose elektromagnetische Strahlableitung ermöglicht sehr hohe Prozessgeschwindigkeiten. Die Kontaktierung einer Solarzelle pro Sekunde ist realistisch.
- Sekundäreffekte des Elektronenstrahls, wie Sekundärelektronen oder Rückstreuerelektronen, können zur Überwachung und Kontrolle des Prozesses genutzt werden.

An ersten Test-Solarzellen mit aufgedampfter Metallrückseite und elektronenstrahlgefeuerten Kontakten wurden bereits Solarzellenwirkungsgrade von 12,7 Prozent gemessen (Abb. 1).

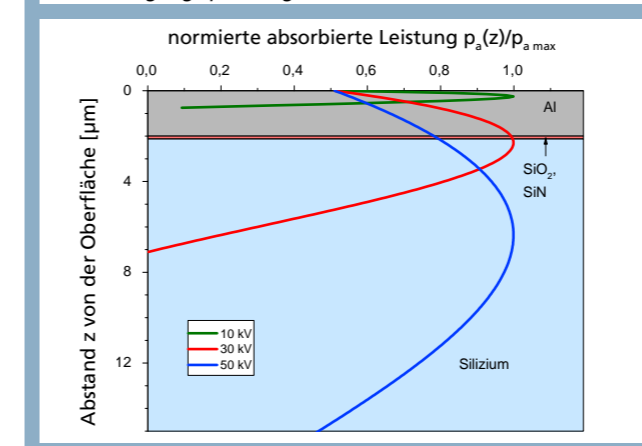
Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.
Förderkennzeichen: 12896/2155

Projektpartner:
■ Roth & Rau AG
■ Fraunhofer FEP

- 1 Solarzelle mit EBFC-Rückseitenkontaktierung
- 2 EBFC-Raster
- 3 Clusteranlage ERICA für Beschichtungs- und Strukturierungsprozesse

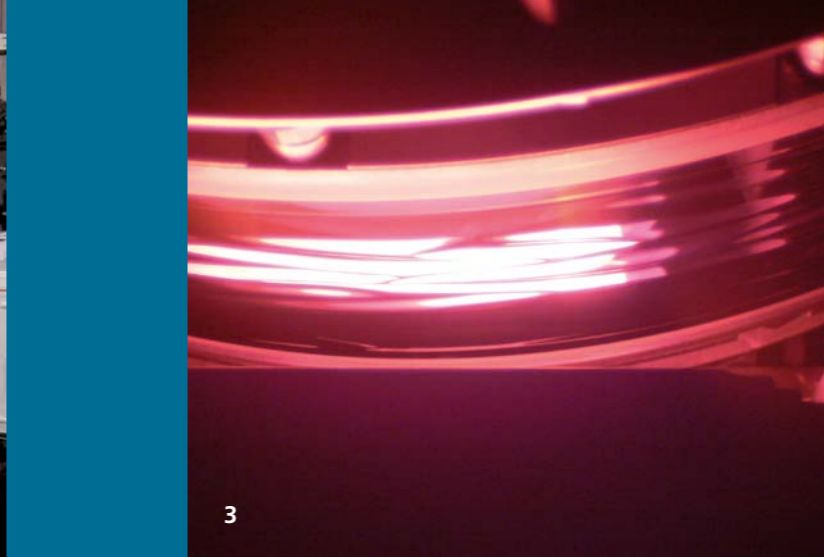
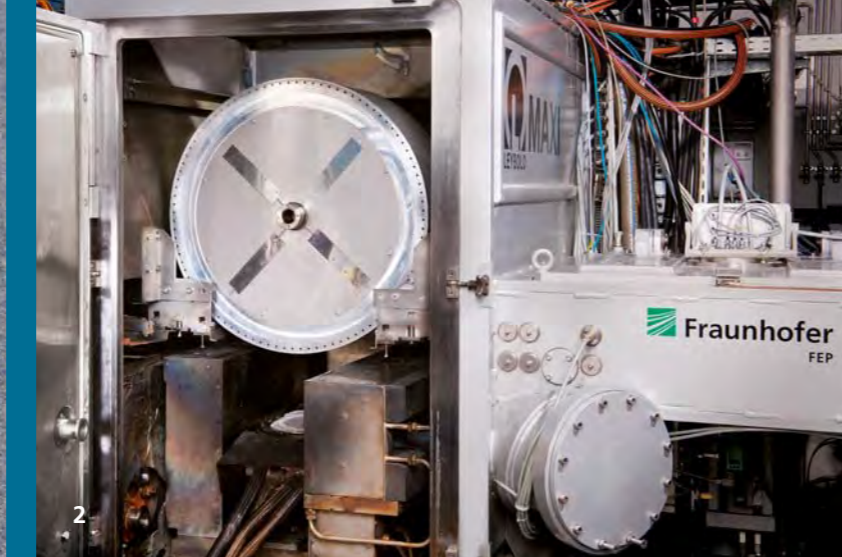


5 Im Volumen absorbierte Leistung für drei verschiedene Beschleunigungsspannungen



KONTAKT

Benjamin Graffel
Telefon +49 351 2586-212
benjamin.graffel@fep.fraunhofer.de



ENTWICKLUNG NEUER METHODEN ZUR BANDKÜHLUNG FÜR HOCHRATE-BESCHICHTUNGEN

Das technische Potential der Vakuum-Hochratebeschichtung konnte in der Vergangenheit nicht immer ausgeschöpft werden, da die auftretenden Wärmebelastungen zu Deformationen der Substratbänder oder zu Schädigungen der Schichten führten. Mit neu entwickelten Varianten der Bandkühlung können bisherige Limitierungen überwunden werden.

Die Realisierung einer Substratkühlung innerhalb von Vakuumanlagen erweist sich als sehr kompliziert, da effiziente Wärmeübertragungsprozesse an das Vorhandensein von Stoffen gebunden sind. Der Wärmekontakt zwischen zwei Festkörpern, hier von einem bandförmigen Substrat zu einem Kühlkörper, wird durch die stets vorhandenen mikroskopischen Rauigkeiten der Oberflächen begrenzt. Ein büstenartiger Besatz des Kühlkörpers (siehe Abb. 1,^[1]) ist durch seine Flexibilität in der Lage, die mikroskopischen Rauigkeiten auszugleichen. Somit ist eine größere Zahl an Festkörper-Kontaktstellen beim Wärmeübergang wirksam und die Effizienz der Kühlung eines bandförmigen Substrats im Vakuum kann wesentlich erhöht werden.

Die Messungen der Wärmeübergangskoeffizienten erbrachten Werte von bis zu 120 W/m²K, wogegen an bisher gebräuchlichen Kühlwalzen Wärmeübergangskoeffizienten von nur 50 W/m²K bekannt sind. Bei der Anwendung der »Büstenkühlvorrichtung« ergibt sich ein Optimierungsbedarf hinsichtlich der Relation des angewendeten Bandzuges, des erreichten Kühleffektes und der Aufrauung auf der Bandrückseite.

Für oberflächensensitive Bänder wurde ein weiteres Kühlverfahren entwickelt^[2]. Hierfür wird an einer »Gaskühlwalze« (siehe Abb. 2 und 5) in den Spaltraum zwischen zu kühlendem Band und Walzenoberfläche ein Gas eingelassen.

Zur Realisierung hoher Wärmeübergangskoeffizienten sind Gasdrücke von mindestens 5 ... 100 mbar erforderlich. Da bei der Vakuumbeschichtung Prozessdrücke im Bereich von 10⁻⁴ mbar eingehalten werden müssen, ist lokal ein Druckunterschied von bis zu sechs Größenordnungen zu gewährleisten. Die spezielle Herausforderung besteht darin, dass der Raum hohen Druckes durch ein bewegtes Band abgedichtet werden muss. In Abbildung 5 wird schematisch dargestellt, dass zwei Pumpstufen vorgesehen sind, die das Abströmen des Gases in den Prozessraum der Vakuumanlage minimieren. In Abbildung 6 wird veranschaulicht, dass die angestrebte strömungstechnische Entkopplung des Spaltraumes vom Prozessraum erfolgreich realisiert werden konnte und niedrige Prozessdrücke sogar unterhalb von 10⁻⁵ mbar während des Betriebes der Gaskühlwalze aufrecht erhalten werden. Das wesentliche Ergebnis aus Abbildung 6 sind die momentan nachgewiesenen Wärmeübergangskoeffizienten von bis zu 200 W/m²K, die erstmalig demonstriert werden. In Abbildung 4 wird dokumentiert, dass die installierte Bandkühlung zu einem falten- und verwerfungsfreien Bandlauf in der heißen Zone führt.

Die im Fraunhofer FEP entwickelten Varianten der Bandkühlung werden zukünftig weiter optimiert, eröffnen aber schon jetzt neue Perspektiven für Applikationen der Vakuum-Hochratebeschichtung.

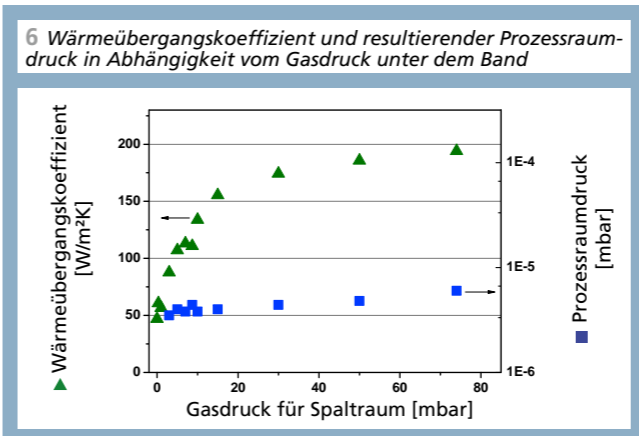
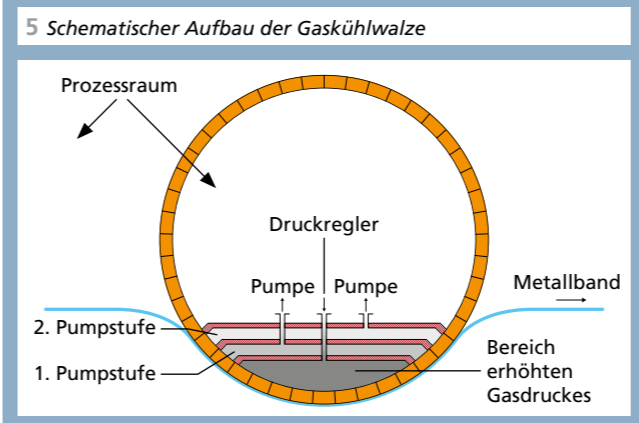
Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.
Förderkennzeichen: 14274/2473

Projekt:
»Neue Technologien für solare Anwendungen«

Projektpartner:
■ VON ARDENNE
Anlagentechnik GmbH
■ Fraunhofer FEP

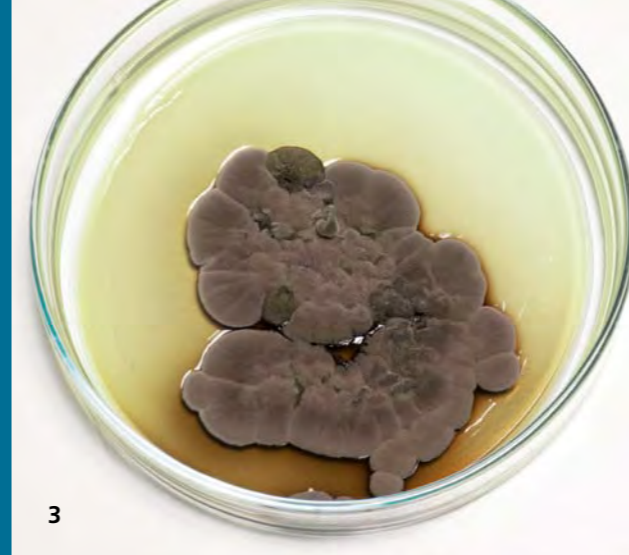
^[1] EP 1674591, Vorrichtung und Verfahren zum Kühlen von Substraten
^[2] EP 1802786, Vorrichtung und Verfahren zum Kühlen bandförmiger Substrate

1 Kühlkörper mit Bürstenbesatz
2 Gaskühlwalze in der Beschichtungskammer der Anlage MAXI
3 Ungenügende Bandkühlung äußert sich in einer starken Ausprägung von Falten am Stahlband
4 Effektive Bandkühlung verhindert Schädigungen des Bandes bei hohem Wärmeinput



KONTAKT

Dr. Jens-Peter HeinB
Telefon +49 351 2586-244
jens-peter.heinss@fep.fraunhofer.de



ERFOLGREICHE INAKTIVIERUNG VON MIKROORGANISMEN IN DER WIRBELSCHICHT

Im Verbundforschungsprojekt »EB-CIP« (Electron Beam – Cleaning In Place) wurden seit 2008 zusammen mit der GLATT Systemtechnik GmbH strahleninduzierte Prozesse in Wirbelschichtanlagen untersucht.

Medizinische und pharmazeutische Produkte unterliegen strengen Anforderungen an ihre Produktqualität und ihre mikrobiologische Reinheit. Daher müssen bereits die eingesetzten Rohmaterialien, meist in Form von Granulaten, völlig keimfrei sein. In einem durch das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK) geförderten Verbundprojekt mit der Firma GLATT Systemtechnik GmbH wurde am Fraunhofer FEP ein neues Anlagenkonzept entwickelt, um pharmazeutisches Wirbelgut von schädlichen Mikroorganismen zu befreien.

In einer Wirbelschichtanlage (Abb. 2) wird das Pulver während des Granulierens mit UVC-Strahlung (254 nm) bestrahlt, sodass die einzelnen Schichten des in Zwiebel-Struktur aufgebauten Granulates (Abb. 5) keimfrei aufwachsen.

In der ersten Versuchsphase wurde zunächst die Wirkung von UVC-Strahlung auf einen Probeorganismus, den Pilz *Saccharomyces cerevisiae* (auch als Backhefe bekannt), untersucht. Bereits nach 5 Sekunden Bestrahlung waren alle Pilze abgetötet (Überlebensrate 0 %).

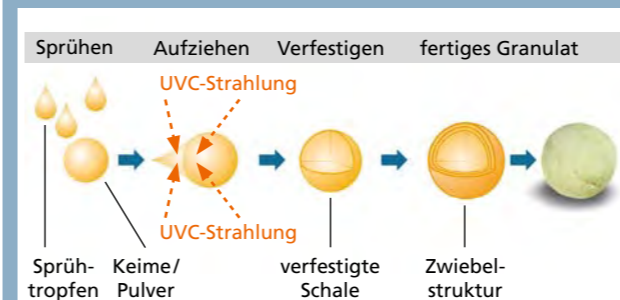
In der zweiten Versuchsphase wurde organisches Maltodextrinpulver mit einer Suspension aus Backhefe als Kontaminationsträger besprüht. Ziel war es, ein Granulat mit einem Maltodextrinkern und Zwiebelschalen-ähnlichen Schichten aus

inaktivem Hefepulver zu erhalten. Durch ständige UVC-Bestrahlung während des Granulierens im Wirbelprozess werden die Mikroorganismen innerhalb kurzer Zeit abgetötet. Unbestrahlte Granulate und Granulate, die im Wirbelverfahren einer Temperatur von 100 °C ausgesetzt waren, weisen eine wesentlich höhere Zahl unerwünschter aktiver Zellen auf (Abb. 6).

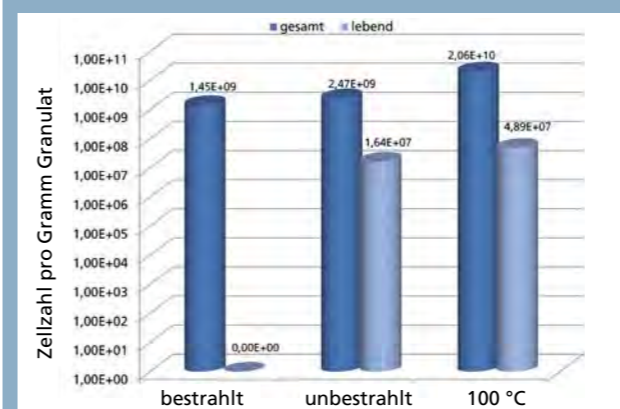
In der dritten Versuchsphase wurde Schwarzschilder (*Aspergillus niger*), welcher auf pulverförmiges Dicalciumphosphat-Dihydrat aufgebracht wurde, bestrahlt. Dicalciumphosphat-Dihydrat ist ein wichtiges Ausgangsmaterial in der Pharma- und Lebensmittelindustrie. Eine Keimreduktion durch Wärme kommt nicht infrage, da bei Temperaturen von über 60 °C Kristallwasser aus dem Dihydrat abgespalten wird und es damit minderwertig und unbrauchbar wird. Durch UVC-Bestrahlung konnte die Anzahl der lebenden Mikroorganismen innerhalb von nur 4 Minuten um rund 98 Prozent gesenkt werden (Abb. 7), ohne dass ein wärmebedingter Qualitätsverlust eintrat.

Die durchgeführten Versuche zeigen, dass das im Verbundprojekt entwickelte Anlagenkonzept geeignet ist, um keimfreie Granulate im Wirbelschichtverfahren herzustellen. Die angewandte UVC-Strahlung wirkt dabei jedoch nur auf der Oberfläche. In weiteren Versuchen sollen Elektronenstrahlen eingesetzt werden, um auch tieferliegende Keime zu entfernen.

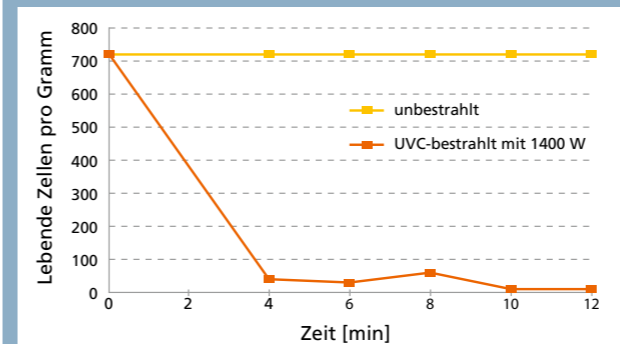
5 Wirbelschichtverfahren zur Herstellung von Granulaten



6 Inaktivierung der Hefezellen im Granulationsprozess



7 Bestrahlung von mit Schwarzschilder verunreinigtem Dicalciumphosphat-Dihydrat



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.
Förderkennzeichen: 13344/2269

Projekt:
»EB-CIP (Electron Beam – Cleaning in Place)«

Projektpartner:
■ Glatt Systemtechnik GmbH
■ Fraunhofer FEP

Laufzeit:
Oktober 2008 – Dezember 2011

- 1 Wirbelgut während der UVC-Bestrahlung
- 2 Wirbelschichtanlage
- 3 Schwarzschilder (*Aspergillus niger*)
- 4 Backhefe (*Saccharomyces cerevisiae*)



KONTAKT

Christoph Kleemann
Telefon +49 351 2586-479
christoph.kleemann@fep.fraunhofer.de

André Weidauer
Telefon +49 351 2586-164
andre.weidauer@fep.fraunhofer.de



CdTe-DÜNNSCHICHTPHOTOVOLTAIK IM FRAUNHOFER FEP

Das Fraunhofer FEP entwickelt bereits seit vielen Jahren unterschiedliche Einzelschichten für photovoltaische Anwendungen. Durch ein Verbundprojekt mit der Roth & Rau AG steht nun erstmals die komplette Prozesstechnologie für Dünnschicht-Solarzellen im Hause zur Verfügung. Mit neuer Anlagentechnik, kombiniert mit analytischer Prozessbegleitung, werden komplette Cadmiumtellurid-Solarzellen hergestellt und weiterentwickelt.

Cadmiumtellurid (CdTe)-basierte Solarmodule kombinieren die Vorteile einer hohen Effizienz mit niedrigen Produktionskosten durch einen schnellen Dünnschicht-Beschichtungsprozess. Sie sind deshalb besonders attraktiv für die industrielle Umsetzung. Mit einem durch die EU und dem Freistaat Sachsen geförderten Verbundprojekt mit der Roth & Rau AG wurde der Weg zum Aufbau der kompletten Prozesstechnologie zur Herstellung von CdTe-basierten Solarzellen in der Superstrat-Konfiguration in einer Größe von 10 cm × 10 cm auf Glassubstraten beschritten (Abb. 1).

Die im Fraunhofer FEP umgesetzte prozesstechnologische Kette beinhaltet die Abscheidung des transparenten Frontkontaktes, die Abscheidung der Cadmiumsulfid (CdS)-Fensterschicht und der nachfolgenden CdTe-Absorberschicht, die an ihrer Grenzfläche den Heteroübergang ausbilden, die Chloraktivierung, die Telluranreicherung am Übergang zur Rückkontaktschicht und die Abscheidung der Rückkontaktschicht.

Die Abscheidung von Indium-Zinn-Oxid- und Zinkoxid-basierenden TCO (transparent conductive oxide)-Frontkontaktschichten, von Barrierschichten zur Stabilisierung der Glasoberfläche und von Pufferschichten zur Anpassung der elektronischen Struktur erfolgen unter Nutzung der Pulssputtertechnologie an der in-line Versuchsanlage ILA 750. Alternativ wird auch

marktübliches, mit fluordotierten Zinnoxidschichten vorbebeschichtetes Substratglas in die Untersuchungen einbezogen. Die Beschichtung der Substrate mit der CdS-Fensterschicht und der CdTe-Absorberschicht erfolgt nach dem CSS (close-spaced sublimation)-Verfahren durch sublimierende Verdampfung der Materialien in der in-line Beschichtungsanlage »CATE« (Abb. 3). Die Beschichtungsanlage besitzt eine Einschleusungskammer, eine Aufheizkammer für das Substrat, zwei CSS-Bedampfungskammern zur CdS- und CdTe-Abscheidung, eine Ein- oder Ausschleusungskammer sowie eine Kammer zur Aktivierung der Schichten durch chlorhaltige Gasgemische. Zur Temperaturführung der Substrate ist die gesamte Anlage mit Strahlungsheizern ausgestattet.

Die Aktivierung der Absorberschicht und des Heteroübergangs erfolgt sowohl durch klassische nasschemische Behandlung als auch durch eine Trockenprozessierung in der Chlor-Behandlungskammer der »CATE«. Im laufenden Forschungsbetrieb werden zur rückseitigen Kontaktierung Goldkontakte mit temporärer Funktionalität verwendet. Parallel dazu erfolgen Arbeiten zur Entwicklung eines Antimontellurid (SbTe)-basierenden Rückkontaktsystemes.

Inhaltliche Schwerpunkte der Projektarbeit sind Untersuchungen zu dünneren und damit weniger absorbierenden CdS-Fensterschichten, zur Reduzierung der Schichtdicke

des CdTe-Absorbers und zur optimalen Chlorbehandlung hinsichtlich der Rekristallisation, der verstärkten p-Dotierung der Absorberschicht und der Überwindung der Gitterfehl-anpassung von Fenster- und Absorbermaterial. Darüber hinaus beeinflusst die Chloraktivierung auch die Eigenschaften der CdS-Fensterschicht und der Pufferschicht zwischen TCO und Fensterschicht. Die Oberflächeneigenschaften der TCO-Schichten üben einen weiteren Einfluss auf die Morphologie der CdS-Fensterschicht aus. Das Verständnis für die sich in komplexer Weise gegenseitig beeinflussenden Eigenschaften konnte nur schrittweise durch umfangreiche analytische Untersuchungen erlangt werden (vgl. benachbarten Artikel: »Charakterisierung von CdTe-Dünnschicht-Solarzellen« von Dr. Olaf Zywitzki).

Zur Evaluierung der Zelleigenschaften stehen ein I-V-Messplatz mit Sonnensimulator und ein Quanteneffizienzmessplatz zur Verfügung. Die Arbeiten ermöglichen eine kontinuierliche Steigerung der Solarzelleneffizienz. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt konnte ein Wirkungsgrad von 13,0 Prozent (mit Goldrückenkontakt) nachgewiesen werden.

Mit der Umsetzung der kompletten CdTe-Prozesskette kann das Fraunhofer FEP einen hohen fachlichen Gewinn an Kompetenz auf dem Gebiet der Dünnschicht-Photovoltaik verbuchen.

Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.
Förderkennzeichen: 14549/2533

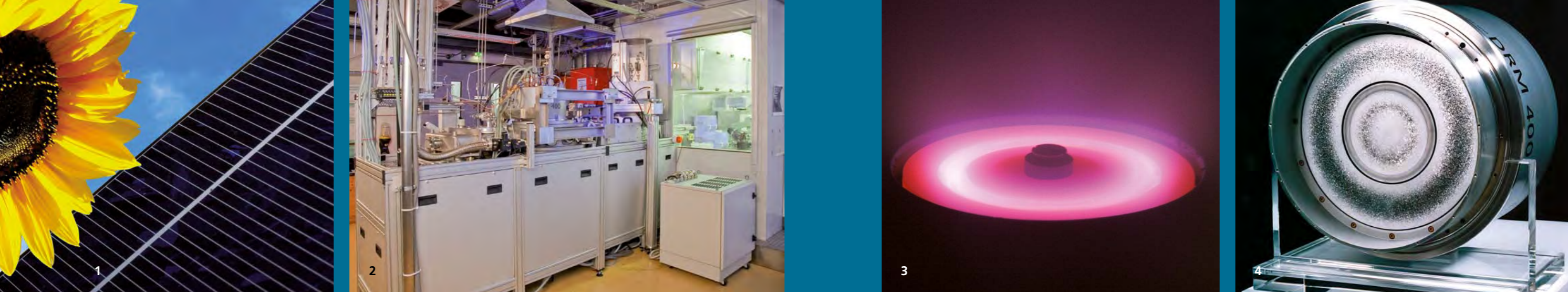
- 1 Für Messzwecke segmentierte Solarzelle
- 2 In-line Beschichtungsanlage CATE
- 3 CdTe-Prozesskette an der in-line Beschichtungsanlage CATE

- **Arbeitsdruck:**
1 × 10⁻³ mbar
- **Substrattemperatur:**
500 ... 520 °C
- **Dynamische Beschichtung:**
0,5 ... 1,5 ml/min
- **Substratgröße:**
10 × 10 cm²



KONTAKT

Dr. Henry Morgner
Telefon +49 351 2586-209
henry.morgner@fep.fraunhofer.de



MAGNETRON-PECVD-ABSCHIEDUNG VON AMORPHEN UND MIKROKRISTALLINEN SILIZIUMSCHICHTEN

Amorphe Siliziumschichten finden Anwendung in der Dünnschichtphotovoltaik oder als Material für Dünnschichttransistoren. Magnetron-aktivierte PECVD-Prozesse ermöglichen ihre Abscheidung mit hoher Rate und auf großer Fläche.

Beim Magnetron-PECVD-Prozess handelt es sich um einen PECVD-Prozess (Plasmachemische Dampfphasenabscheidung) bei dem als Plasmaquelle eine Magnetron-Sputterquelle eingesetzt wird. 2008 berichteten wir erstmals über diese neue Beschichtungstechnologie, im darauffolgenden Jahr erfolgte die erste Überführung einer Anlage in die industrielle Produktion. Als Prekursoren für die Schichtbildung wurden bisher siliziumhaltige organische Monomere wie HMDSO^[1] oder TEOS^[2] eingesetzt. Der prinzipielle Aufbau des Magnetron-PECVD-Prozesses mit einer Doppel-Ring-Magnetron-Sputterquelle (DRM 400, siehe Abb. 4), wie er für die Entwicklungsarbeiten

verwendet wurde, ist in Abbildung 6 schematisch dargestellt. Der Einsatz eines Magnetrons als Plasmaquelle ermöglicht es, den PECVD-Prozessdruck in den Bereich von Sputterprozessen abzusenken. Dadurch lässt sich der PECVD-Prozess leichter mit Sputterprozessen kombinieren. Außerdem benötigt die Technologie keine aufwändige Impedanzanpassung wie beim HF-PECVD. Zur Beschichtung von großen Flächen im industriellen Maßstab ist eine Aufskalierung der Technologie nötig. Magnetronquellen von 2 Metern mit homogener Plasmaverteilung sind bereits kommerziell erhältlich, sodass diese Technologie für die Großflächenbeschichtung eingesetzt werden kann.

Durch die Verwendung der Prekursoren Monosilan und Wasserstoff können intrinsische amorphe (a-Si:H) und mikrokristalline (μ -Si:H) Siliziumschichten abgeschieden werden, die beispielsweise in der Dünnschichtphotovoltaik als Absorbermaterial Anwendung finden (Abb. 1).

Um das Potential des Prozesses für diese Anwendung zu evaluieren, erfolgte eine Versuchsserie in einer Laboranlage mit dem Doppel-Ring-Magnetron DRM 400. Die bisher erreichten Schichteigenschaften sind in Abbildung 5 dargestellt. Die amorphen Schichten verfügen über eine hohe Photoempfindlichkeit (Helleitfähigkeit / Dunkelleitfähigkeit). Die bisher besten amorphen Schichten wurden mit Raten abgeschieden, die bis zu fünfmal höher als bei PECVD-Prozessen mit anderen Plasmaquellen sind. Der Wasserstoffgehalt und der Mikrostrukturparameter (Maß für Bindungsverhältnisse) bedürfen jedoch der weiteren Optimierung. Erste mikrokristalline Siliziumschichten mit einem kristallinen Anteil von 70 Prozent konnten ebenfalls hergestellt werden.

Die hohe Beschichtungsrate und die bisher erreichten Schichteigenschaften für amorphes Silizium sowie die Möglichkeit auch mikrokristalline Schichten abzuscheiden, machen den Prozess für die Dünnschichtphotovoltaik interessant.

Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen. Förderkennzeichen: 12896/2155

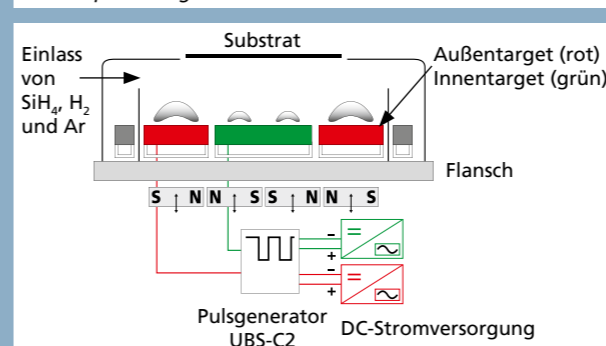
^[1] HMDSO: Hexamethyldisiloxan
^[2] TEOS: Tetraethylorthosilikat

- 1 Dünnschicht-Solarzelle
- 2 Cluster 300 Versuchsanlage für das stationäre Magnetron-sputtern
- 3 Plasma eines Ring-Magnetrons
- 4 Doppel-Ring-Magnetron DRM 400

5 Schichteigenschaften von amorphem (a-Si:H) und mikrokristallinem (μ -Si:H) Silizium

Eigenschaften a-Si:H	Fraunhofer FEP Probe	Literaturwert
Dunkelleitfähigkeit	$2,9 \times 10^{-12} (\Omega\text{cm})^{-1}$	$< 1,0 \times 10^{-10} (\Omega\text{cm})^{-1}$
Helleitfähigkeit	$1,0 \times 10^{-6} (\Omega\text{cm})^{-1}$	$> 1,0 \times 10^{-5} (\Omega\text{cm})^{-1}$
Helleitfähigkeit / Dunkelleitfähigkeit	$2,5 \times 10^5$	$> 1,0 \times 10^5$
Wasserstoffgehalt	21,2 at. %	9 ... 11 at. %
Mikrostrukturparameter R*	0,6	$< 0,1$
Bandlücke (Tauc-Methode)	2,0 eV	1,8 eV
Beschichtungsrate	2,7 nm/s	0,5 nm/s
Eigenschaften μ -Si:H	Fraunhofer FEP Probe	Literaturwert
Kristalliner Anteil	70 %	60 ... 80 %
Beschichtungsrate	1,2 nm/s	0,4 nm/s

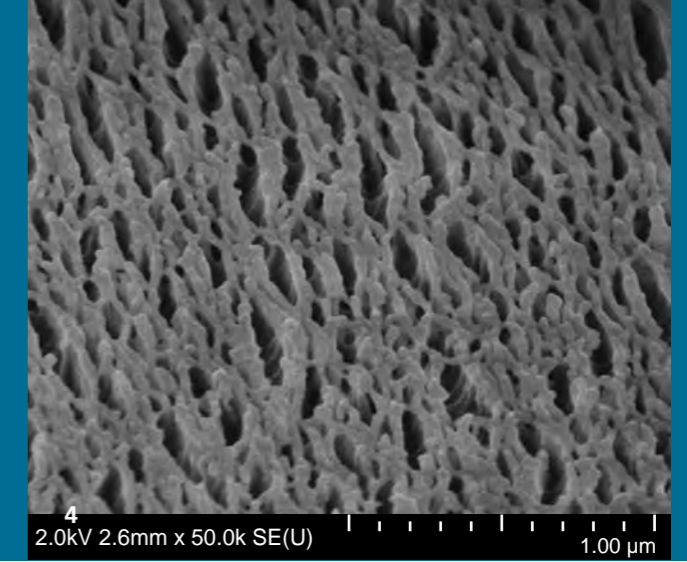
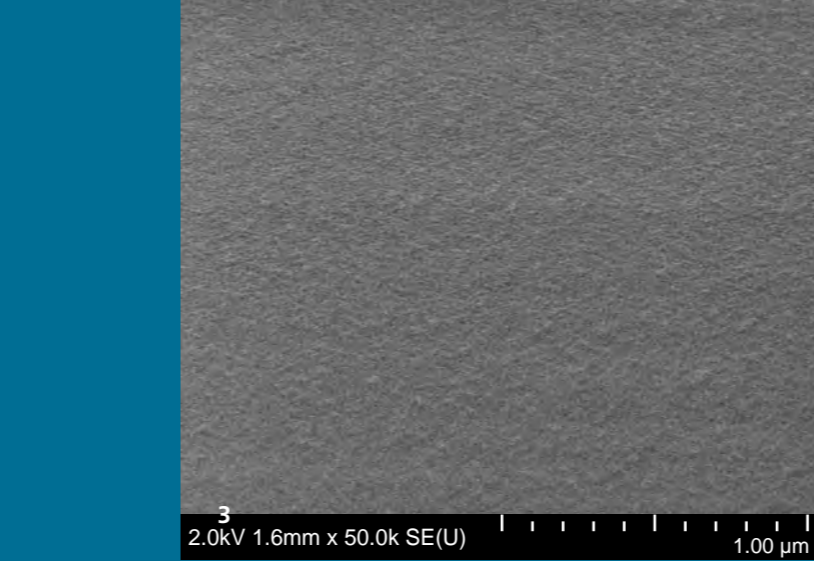
6 Prinzip des Magnetron-PECVD



KONTAKT

Pierre Pötschick
Telefon +49 351 2586-377
pierre.poetschick@fep.fraunhofer.de

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



PoLAR: NANOMETERSTRUKTUREN AUF QUADRATMETER-FLÄCHEN

Nanostrukturierte Oberflächen werden gewöhnlich mit Dimensionen von höchstens einigen Quadratzentimetern assoziiert. Im Rahmen des Projekts PoLAR^[1] (Polymere Oberflächen mit Anti-Reflex Eigenschaften) wurde eine Technologie zur Herstellung großflächiger nanostrukturierter Polymer-Oberflächen entwickelt.

Nanostrukturierte Oberflächen können Produkten völlig neue Eigenschaften, beispielsweise in Hinsicht auf Optik oder Oberflächenenergie verleihen. Leider bieten viele Verfahren, mit denen solche Oberflächen erzeugt werden können, kaum Möglichkeiten für eine Massenproduktion.

Bekanntlich lassen sich Polymerfolien in Rolle-zu-Rolle Anlagen sehr effizient beschichten. Dabei wird die Folie in Form von Rollenmaterial in die Anlage eingebracht und beim Transport über Prozessstationen beschichtet. Abbildung 5 zeigt eine derartige Rolle-zu-Rolle Anlage zur Beschichtung von Kunststofffolien am Fraunhofer FEP, die coFlex[®] 600.

Die Rolle mit Substratfolie wird auf die Abwickel-Welle platziert. Über das Bandlaufwerk wird die Folie durch die sechs Prozessstationen transportiert und kommt anschließend auf dem Aufwickel an. In den Prozessstationen sind Dual-Magnetron-Systeme (DMS) installiert. Je nach Belegung können damit bis zu sechs Schichten durch Magnetron-Sputter- oder Magnetron-PECVD-Verfahren in einem Durchlauf auf die Folie aufgebracht werden. Die Folienbreite beträgt dabei 600 mm und typische Längen der Rollen können einige Kilometer betragen. Damit können in der Anlage große Flächen ohne Vakuumunterbrechung beschichtet werden.

Am Fraunhofer IOF Jena wurde ein Verfahren^[2] entwickelt, in

dem die selbstorganisierende Entstehung von Nanostrukturen auf polymeren Oberflächen bei Ionenbeschuss ausgenutzt wird. Mit dem Verfahren können ohne die sonst üblichen Lithographie- oder Replikationsschritte nanostrukturierte Oberflächen erzeugt werden. Für die Prozessrealisierung wird eine Plasma- oder Ionenquelle benötigt, die einen gleichmäßigen Beschuss der Oberfläche mit Ionen gewährleistet.

Aus den Vorbetrachtungen wird ersichtlich, dass durch Anpassung des Strukturierungsprozesses für Bandbeschichtungsanlagen eine einzigartige Möglichkeit entsteht, nanostrukturierte Oberflächen auf großen Flächen zu erzeugen. Es wird jedoch eine Plasma- oder Ionenquelle benötigt, die mit ausreichender Produktivität die Prozessübertragung ermöglicht, die sich günstig in Bandlaufanlagen installieren lässt und über eine Prozessdauer von mehreren Stunden eine stabile Prozessführung ermöglicht. Zur Lösung dieser Aufgabenstellung wurde das Projekt PoLAR ins Leben gerufen. Primäre Anwendung war dabei die Ausrüstung der Folie mit Entspiegelungs-Eigenschaften. Ein Dual-Magnetron-System konnte im Rahmen des Projektes als geeignete Quelle identifiziert werden. Quellen dieser Art werden gewöhnlich zum Beschichten eingesetzt. Durch eine Prozessführung in sauerstoffreicher Atmosphäre kann die Schichtenstehung jedoch unterdrückt und der Ionenbeschuss des Substrates deutlich erhöht werden, was durch plasma-diagnostische Untersuchungen nachgewiesen werden konnte.

Mit den DMS-Quellen konnte auf Polyethylenterephthalat (PET)-Folie mit einer Produktivität (Bandgeschwindigkeit) von 0,5 m/min pro Station eine Entspiegelung erreicht werden. In Abbildung 6 ist zu erkennen, dass der Entspiegelungsgrad einer im PoLAR-Prozess entspiegelten Folie mit dem eines 4-Schicht-Interferenzsystems vergleichbar ist. Außerdem konnte gezeigt werden, dass sich der Prozess sehr universell für verschiedene Materialien anpassen lässt. So konnten Folien aus Triacetatzellulose (TAC), Fluorpolymer-Folien (ETFE) bis hin zu verschiedenen Kundensubstraten mit dem Verfahren entspiegelt werden.

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

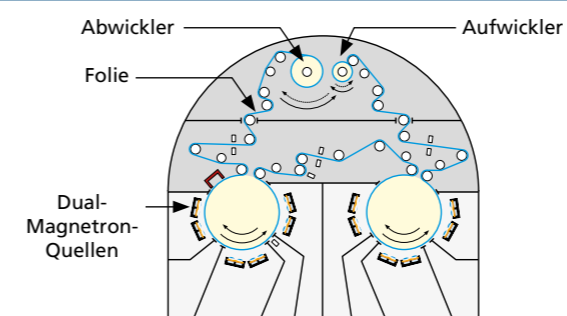
Projekt:
»Förderung von innovativen Netzwerken« (Innonet),
Förderkennzeichen: 16IN0723

- ^[1] Projektpartner:
- Fraunhofer IOF
 - Fraunhofer FEP
 - TU Dresden
 - Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Festkörperelektronik
 - Southwall Europe GmbH
 - Island Polymer Industries GmbH
 - Leica Microsystems GmbH
 - Rodenstock GmbH
 - SeeReal Technologies GmbH
 - Roth & Rau Microsystems GmbH
 - NOWOFOL Kunststoffprodukte GmbH & Co. KG
 - Johnson Controls GmbH

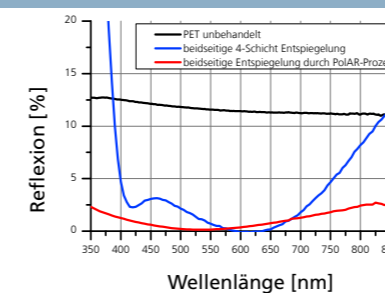
^[2] DE 10 2006 056 578 A1

- 1 Rolle-zu-Rolle Anlage coFlex[®] 600
2 Links: Entspiegelung der Folie durch PoLAR-Prozess; Rechts: unbehandelte PET-Folie
3 REM-Aufnahme einer unbehandelten PET Folie
4 REM-Aufnahme einer mit PoLAR-Technologie geätzten PET-Oberfläche

5 Schema der Rolle-zu-Rolle Anlage coFlex[®] 600



6 Reflexionsspektren der PET-Folien



KONTAKT

Dr. Matthias Fahland
Telefon +49 351 2586-135
matthias.fahland@fep.fraunhofer.de

Waldemar Schönberger
Telefon +49 351 2586-139
waldemar.schoenberger@fep.fraunhofer.de



1

WIRKSAMKEITSSTUDIE ZUR BIORESONANZTHERAPIE

Die Bioresonanztherapie ist eine alternativmedizinische Methode der physikalischen Medizin deren Wirksamkeit, über einen Placeboeffekt hinausgehend, bislang jedoch noch nicht nachgewiesen werden konnte. In der biomedizinischen Laboreinheit des Fraunhofer FEP konnten nun auf zellbiologischer Ebene Einflüsse gemessen werden.

Die Bioresonanztherapie, bei der organspezifische harmonisierende Schwingungen zum Einsatz kommen, wird bereits in der physikalischen Medizin angewendet. Einige klinische Heilerfolge konnten dabei, insbesondere bei Schilddrüsenerkrankungen, verzeichnet werden. Dennoch fehlt bislang ein klarer wissenschaftlicher Wirkungsnachweis, der Placeboeffekte ausschließt. Untersuchungen mit Zellkulturen haben den großen Vorteil, dass Placeboeffekte nicht möglich sind.

Im Rahmen einer Pilotstudie wurden daher in unserer biomedizinischen Laboreinheit Testmodelle entwickelt, um den Einfluss harmonisierender Schwingungen verschiedener Bioresonanzgeräte (Abb. 1) auf spezifische biologische Vorgänge in Zellkulturen zu untersuchen. Zellveränderungen, wie eine Stimulation des Zellstoffwechsels und der Zellzyklusaktivität, geben dabei Auskunft über eine revitalisierende bzw. heilende Wirkung der Schwingungen.

Um den Einfluss auf verschiedene Gewebearten zu ermitteln, wurden zwei Zelllinien verwendet: menschliche Bindegewebszellen (humane Fibroblasten) und menschliche hornbildende Zellen (humane Keratinozyten aus dem Epithelgewebe). Da Keratinozyten Epithelzellen aus der Schilddrüse ähnlich sind, lassen sich korrelative Schlüsse auf die Beeinflussung der Schilddrüsenfunktion durch die Schwingungen ziehen. In den Tests wurde die Wirkung verschiedener Bioresonanzgeräte auf

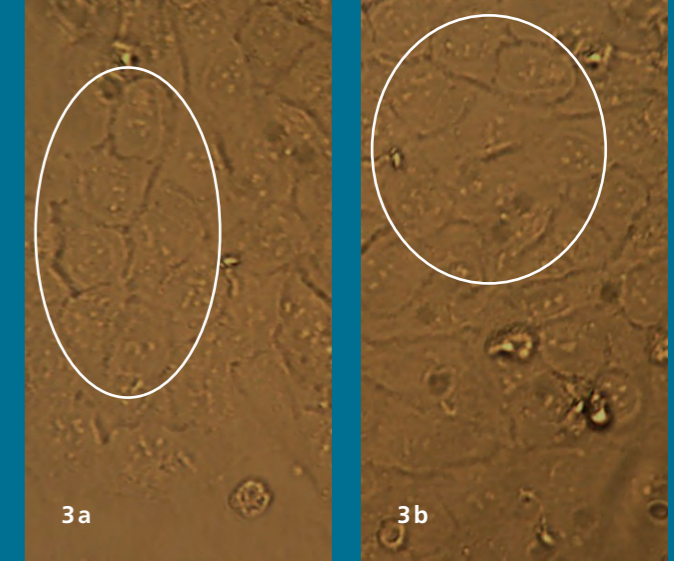
gesunde und auf vorgeschädigte Zellen untersucht, wobei eine moderate Vorschädigung mit Cycloheximid erreicht wurde.

Die Untersuchungen zeigen, dass harmonisierende Schwingungen die Stoffwechselaktivität von gesunden Bindegewebszellen um bis zu 8 Prozent und die von vorgeschädigten Bindegewebszellen um bis zu 4 Prozent steigern können (Abb. 4). Die Messung der Stoffwechselaktivität von hornbildenden Zellen (Keratinozyten) ergab bislang nur unspezifische Werte. Interessante Resultate zeigen sich für diesen Zelltyp hingegen bei der Reparatur der Zellen: Sowohl geschädigte als auch gesunde Keratinozyten zeigen eine signifikant gesteigerte Aktivität bei der Zellteilung, je nach Bioresonanzgerät von bis zu 44 Prozent (Abb. 5). Bei den Bindegewebszellen war eine Aktivierung der Zellteilung in wesentlich schwächerem Maße zu beobachten (ca. 10 %). Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass sich durch die Behandlung die Morphologie beider Zelltypen nicht verändert hat (Abb. 3a/b), es also keine Hinweise auf negative Nebenwirkungen der Schwingungen gibt.

In den Versuchen konnte gezeigt werden, dass Messungen der Stoffwechselaktivität und der Teilungsaktivität der Zellen sehr gut geeignet sind, um den Einfluss von harmonischen Schwingungen auf *in vitro*-Zellkulturen zu untersuchen. Auch wurde gezeigt, dass verschiedene Gewebearten unterschiedlich auf die Schwingungen reagieren. Hier sind weitere Untersuchun-



2



3 a

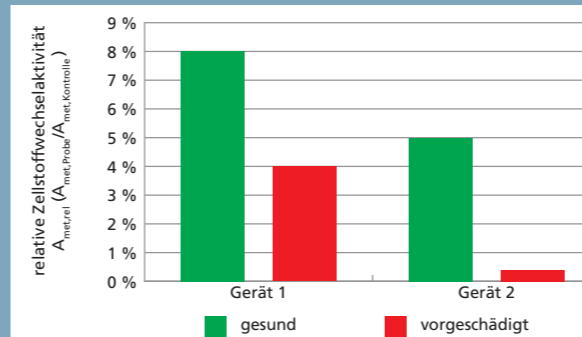
3 b

gen vorgesehen, um die Anregungsfrequenzen individuell auf den Zelltypus und das therapeutische Einsatzfeld einzustellen.

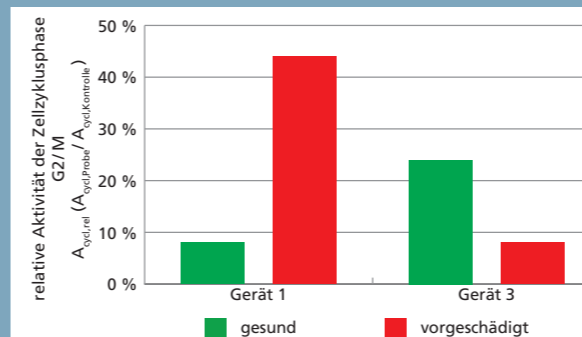
Der Bedarf nach objektiven Messungen alternativmedizinischer Verfahren spiegelt sich in der großen Resonanz auf Veröffentlichungen dieser Pilotstudie wider. Aus dem asiatischen Raum, wo die physikalische Medizin eine lange Tradition hat, kamen bereits Anfragen japanischer Firmen. Die Vereinigung zur Förderung der Schwingungstherapie e. V. sieht die Studie als wichtigen Meilenstein für eine gezielte Weiterentwicklung dieser Therapierichtung.

- 1 Untersuchte Bioresonanzgeräte
- 2 Biomedizinische Laboreinheit im Fraunhofer FEP
- 3 Mikroskopische Aufnahme der Keratinozyten; 100-fache Vergrößerung
a) vor der Bioresonanztherapie
b) nach der Bioresonanztherapie

4 Änderung der Stoffwechselaktivität gesunder und vorgeschädigter Bindegewebszellen (Fibroblasten)

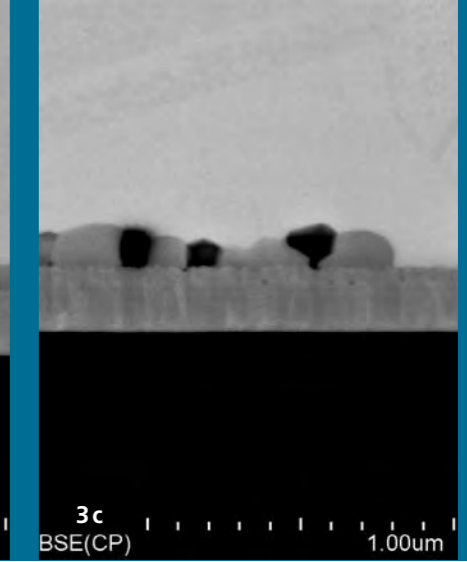
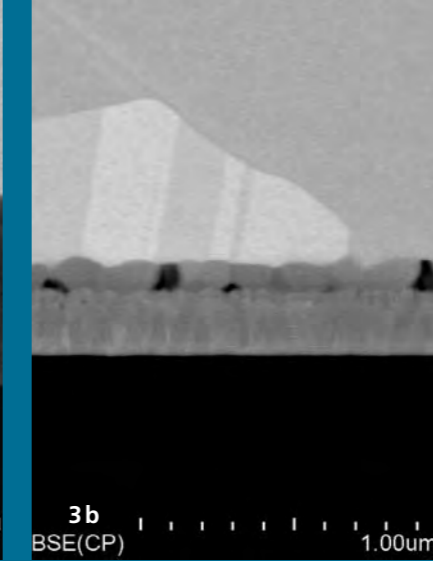
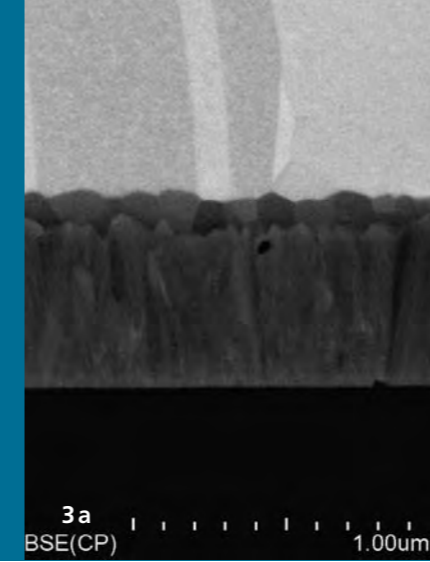
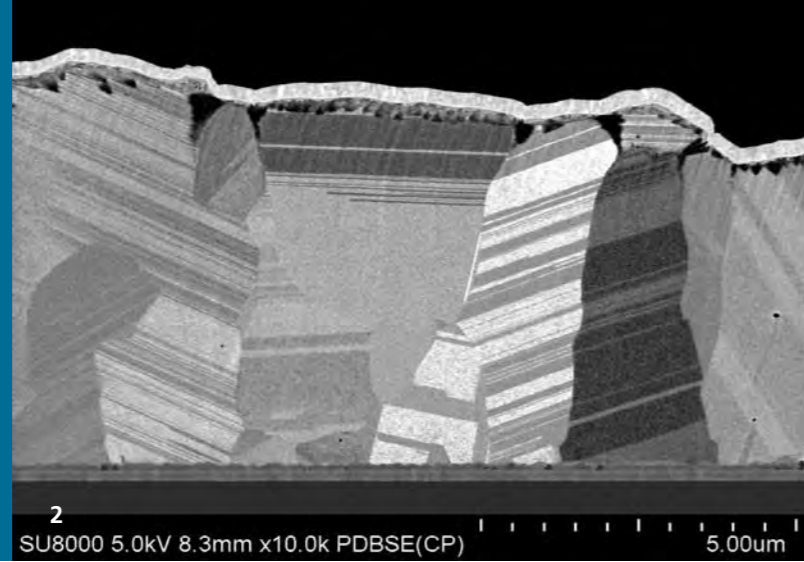


5 Steigerung der Zellzyklusaktivität gesunder und vorgeschädigter hornbildender Zellen (Keratinozyten)



KONTAKT

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



CHARAKTERISIERUNG VON CdTe-DÜNNSCHICHTSOLARZELLEN

Untersuchungen mit hochauflösender Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie erlauben ein besseres Verständnis zum Einfluss der Prozessparameter auf Struktur, Gefüge und Grenzflächen von CdTe-Dünnschicht solarzellen und können dadurch einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung des Wirkungsgrades leisten.

Eine typische CdTe-Solarzelle besteht aus einem Schichtstapel, der in der sogenannten Superstrat-Konfiguration in der Art aufgebaut ist, dass der Lichteinfall über die Floatglasteile erfolgt. Unterhalb des Glases befindet sich ein transparent, leitfähiges Oxid (TCO) als Frontkontakt, eine etwa 100 nm dünne, n-leitende CdS-Schicht, eine 3 bis 4 µm dicke, p-leitende CdTe-Absorberschicht und ein metallischer Rückkontakt (Abb. 4).

Für die Charakterisierung des Gefüges und der Grenzflächen zwischen den Schichten werden polierte Querschnitte der Solarzellen mit Hilfe einer Ionenpräparation hergestellt. Die Abbildung erfolgt dann durch hochauflösende Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie (FE-REM, Abb. 1). Dabei können eine Vielzahl von verschiedenen Signalen mit unterschiedlichen Informationsgehalten über die Probe detektiert werden. Das Gefüge der Schichten kann im Kristallorientierungs- kontrast untersucht werden, während Gebiete unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung im Ordnungszahlkontrast zu erkennen sind. Verschiedene Dotierungen können dagegen im Potentialkontrast abgebildet werden.

Als Beispiel zeigt die FE-REM-Aufnahme (Abb. 2) den ionenpolierten Querschnitt einer vollständig prozessierten CdTe-Solarzelle. Die Kristallite der einzelnen Schichten sind sehr gut im Kristallorientierungs- kontrast zu erkennen. So

weist eine optimierte CdTe-Absorberschicht eine Blockstruktur mit lateraler Kristallitgröße von 1 ... 2 µm ohne erkennbare Porosität an den Korngrenzen auf. Innerhalb der Kristallite treten als Gitterfehler einige Zwillinge auf. An der Oberfläche der CdTe-Schicht ist als grauer Streifen eine tellurreiche Deckschicht zu erkennen, welche für eine bessere Ankopplung an den metallischen Rückkontakt benötigt wird.

Ein sehr wichtiger Prozessschritt bei der Herstellung von CdTe-Solarzellen ist die CdCl₂-Aktivierung. Während der Aktivierung laufen simultan mehrere Prozesse ab, welche wesentlich den Wirkungsgrad der Solarzelle beeinflussen. So wird durch die Aktivierung die p-Leitung innerhalb der CdTe-Schicht etabliert oder verbessert. Außerdem treten durch die Aktivierung Kornwachstum, Rekristallisation und Diffusionsprozesse auf, welche die Ausbildung der n-leitenden CdS-Schicht beeinflussen.

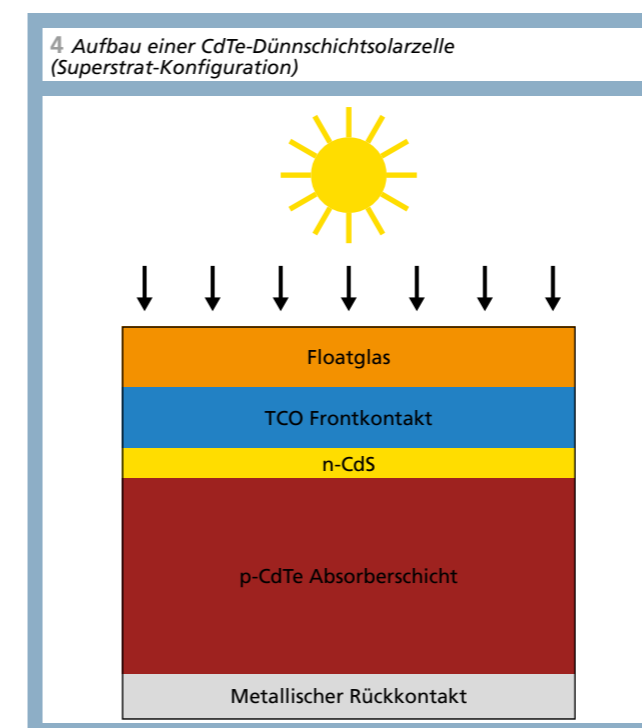
Die CdS-Schicht absorbiert aufgrund ihrer Bandlücke von 2,4 eV einen Teil des Sonnenlichtes im kurzwelligen Bereich und sollte für einen hohen Photostrom deshalb so dünn wie möglich sein. Gleichzeitig ist eine minimale CdS-Schichtdicke notwendig, um die Eigenschaften des p-n-Überganges für eine hohe offene Klemmspannung aufrechtzuerhalten. Durch hochauflösende FE-REM Untersuchungen von ionenpräparierten Querschnitten können Veränderungen der Ausbildung der CdS-Schicht in Abhängigkeit von den Aktivierungsparametern

detailliert untersucht werden. Abbildung 3a zeigt nach Aktivierung bei niedriger Temperatur eine ca. 100 nm dünne homogene und geschlossene CdS-Schicht ohne erkennbare Porosität. Bei höherer Aktivierungstemperatur wird zuerst ein CdS-Kornwachstum beobachtet und es entstehen erste Poren innerhalb der CdS-Schicht (Abb. 3b). Nach weiterer Erhöhung der Aktivierungstemperatur wird dann eine ausgeprägte Agglomeration der CdS-Schicht festgestellt und es kann eine Schwefeldiffusion in die CdTe-Absorberschicht nachgewiesen werden (Abb. 3c).

Hochauflösende FE-REM Untersuchungen tragen somit zu einem besseren Verständnis des Einflusses der Prozessparameter auf Gefüge und Grenzflächen der CdTe-Solarzellen bei und helfen dadurch den Wirkungsgrad der Solarzellen zu erhöhen.

Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.
Förderkennzeichen: 14549/2533

- 1 Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop
- 2 FE-REM Abbildung einer CdTe-Dünnschicht solarzelle
- 3 Hochauflösende FE-REM Abbildungen der Grenzfläche TCO/CdS/CdTe nach verschiedenen CdCl₂-Aktivierungsbehandlungen
 - a) homogene, geschlossene CdS-Schicht
 - b) CdS-Kornwachstum mit beginnender Agglomeration und Porenbildung
 - c) ausgeprägte CdS-Agglomeration und Porenbildung



KONTAKT

Dr. Olaf Zywitzki
Telefon +49 351 2586-180
olaf.zywitzki@fep.fraunhofer.de



HIGHLIGHTS

- Königlicher Besuch im Fraunhofer-Institutszentrum Dresden | **50**
- Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften 2011 | **52**
- Die Fraunhofer Lounge – Entspannen, Unterhalten, Begegnen | **54**
- Fraunhofer-Talent-School Dresden | **56**
- 3. Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion | **58**
- Internationale Konferenzen, Symposien und Messen | **60**



KÖNIGLICHER BESUCH IM FRAUNHOFER- INSTITUTSZENTRUM DRESDEN

Der Besuch von Königin Beatrix der Niederlande, Kronprinz Willem-Alexander von Oranien und Kronprinzessin Máxima der Niederlande im Rahmen des »Dutch-German Seminar on Energy Innovations« am 14. April im Fraunhofer-Institutszentrum war sicherlich ein besonderes Highlight des Jahres 2011.

Der zweite Staatsbesuch von Königin Beatrix der Niederlande in Deutschland unterstreicht die besondere Bedeutung deutsch-niederländischer Beziehungen auf politischer und wirtschaftlicher Ebene. Nach ihrem ersten Staatsbesuch 1982 in den alten Bundesländern, reiste Königin Beatrix nun in Begleitung von Kronprinz Willem-Alexander und Kronprinzessin Máxima der Niederlande erneut nach Deutschland, um die wirtschaftlichen Beziehungen zwischen beiden Ländern zu stärken und sich ein Bild von den Entwicklungen Deutschlands seit der Wiedervereinigung zu machen.

Nach einem Empfang durch Bundespräsident Christian Wulff auf Schloss Bellevue, einem Mittagessen mit Bundeskanzlerin Angela Merkel, Besuchen des Brandenburger Tors und des Berliner Fernsehturms sowie einer Bootsfahrt auf der Spree, wurde die königliche Familie am dritten Tag ihres Staatsbesuches durch den sächsischen Ministerpräsidenten Stanislaw Tillich in Dresden begrüßt. Am Vormittag des 14. April besichtigten die Königin, Kronprinz Willem-Alexander und Kronprinzessin Máxima auf ihrem Spaziergang durch die Dresdner Altstadt die Frauenkirche und das Historische Grüne Gewölbe. Den Nachmittag widmete die königliche Familie mit Besuchen bei der Firma Solarwatt und des Fraunhofer-Institutszentrums dann ganz dem Thema »erneuerbare Energien«. Begleitet wurden sie dabei vom sächsischen Ministerpräsidenten Stanislaw Tillich und der sächsischen Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst Sabine von Schorlemer.

Kronprinz Willem-Alexander, der sich seit langem für den Ausbau erneuerbarer Energien engagiert, hielt am Fraunhofer-Institutszentrum einen Vortrag auf der Tagung »Dutch-German Seminar on Energy Innovations – Connecting PV Industries from Saxony and the Netherlands«. Er appellierte an niederländische und deutsche Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft, sich gemeinsam über Unternehmens- und Landesgrenzen hinweg für einen weiteren Ausbau erneuerbarer Energien einzusetzen. Der niederländische Kronprinz mahnte, vor allem mit Blick auf die Naturkatastrophe in Japan und das Reaktorunglück von Fukushima, die gewaltigen Kräfte der Natur zu respektieren. Es habe sich aber auch gezeigt, wie wichtig es sei, den Anteil von Wind, Sonne und Wasser bei der Energieerzeugung zu steigern und die Kräfte der Natur zum Vorteil zu nutzen. Eine besondere Rolle spiele dabei die Solarkraft. Er betonte, dass es mithilfe der Sonne möglich wäre, »unser Energieproblem zu lösen«. Er wandte sich direkt an die Photovoltaikexperten der Tagung und fügte hinzu: »Mit ihrer Arbeit leisten sie einen Dienst an der Welt.«

Bei der deutsch-niederländischen Tagung wurden neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Photovoltaik vorgestellt. Die unter anderem von der Wirtschaftsförderung Brabant, der Wirtschaftsförderung Sachsen und vom Fraunhofer-Institutszentrum Dresden organisierte Tagung bot insgesamt 80 deutschen und 50 niederländischen Unternehmern und

Wissenschaftlern einen Rahmen zum gegenseitigen Austausch. Grenzüberschreitende europäische Cluster und die Unterstützung zum Wissensaustausch haben zum Ziel, die Wettbewerbsposition deutscher und niederländischer Unternehmen und Forschungseinrichtungen im globalen Wettbewerb zu stärken und Entwicklungen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu beschleunigen. Im Rahmenprogramm des Seminars organisierte die industrielle Verbundinitiative erneuerbare Energien Sachsen (eesa) daher zudem ein deutsch-niederländisches Netzwerk-Treffen.

Bei einer Laborführung stellten die Fraunhofer-Institute, das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP, das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS und das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, ihre Aktivitäten in den Material- und Energietechnologien vor. Das Fraunhofer FEP präsentierte seine Großanlagen zur Vakuumbeschichtung und stellte Projekte vor, bei denen großflächig mit hohen Geschwindigkeiten Dünnschichtsysteme für komplette Solarzellen im Vakuum aufgebracht werden. Auch andere Arbeiten aus dem Bereich Umwelt und Energie, wie die Prozess- und Schichtentwicklung für weitere Technologien zur Nutzung regenerativer Energiequellen sowie zur Speicherung von Energie, stießen auf großes Interesse bei den Seminarteilnehmern. In einer begleitenden Poster-Ausstellung im Technikum des Fraunhofer IKTS konnten zudem Unternehmen über ihre Produkte und Dienstleistungen informieren.

Video zur Veranstaltung

www.youtube.com/user/fraunhoferfep

- 1 Kronprinz Willem-Alexander bei seiner Rede im Fraunhofer FEP
- 2 Die niederländische Königsfamilie verfolgt interessiert die deutsch-niederländische Tagung
- 3 Der sächsische Ministerpräsident Stanislaw Tillich mit seiner Frau auf dem Fraunhofer-Institutszentrum
- 4 Königin Beatrix hinterfragte mit großem Interesse die vorgestellten Solarinnovationen

KONTAKT

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



1



2



3



4

DRESDNER LANGE NACHT DER WISSENSCHAFTEN 2011

Weck' den Forscher in Dir. Diesem Motto folgend machten sich rund 3 400 Besucher in den Abend- und Nachtstunden des 1. Juli 2011 auf, um sich von angewandter Forschung am Fraunhofer-Institutszentrum begeistern zu lassen.

Zur 9. Dresdner Langen Nacht der Wissenschaften am 1. Juli 2011 boten 85 Veranstalter in ganz Dresden einen bunten Mix an Experimentalschows, Vorträgen, Präsentationen, Kinderprogrammen und Führungen. Auch das Fraunhofer FEP öffnete gemeinsam mit den benachbarten Fraunhofer-Instituten seine Tore und präsentierte den Besuchern spannende Experimente rund um das Thema Beschichtungen.

Besucher aller Altersgruppen packte die Neugier. Kreative Vorführungen und spannende Forschungsanwendungen, die am Institutszentrum alljährlich gezeigt werden, haben sich mittlerweile rumgesprochen und so verzeichnete das Institutszentrum fast doppelt so viele Besucher wie im Vorjahr. Neben Stammgästen, die pünktlich um 18 Uhr ihre Lieblingsstationen ansteuerten, besuchten in diesem Jahr der erste Bürgermeister von Dresden, Dirk Hilbert, die sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, Prof. Sabine von Schorlemer, sowie der Rektor der TU Dresden, Prof. Hans Müller-Steinhagen das Institutszentrum und die Ausstellung im Technikum des Fraunhofer FEP.

Wer sich in die Technikumshalle wagte, konnte seinen Augen nicht immer trauen. »War das ein Tor - oder doch bloß eine optische Täuschung?« – bei unserem Fußball-Exponat konnte man sich dessen nie sicher sein. Ähnlich wie bei einer Scheibe in einem Verhörzimmer der Polizei entscheidet die Beleuch-

tung, welche Seite sichtbar wird. Für unseren Elfmeter-Krimi hieß das: Erst wenn das Licht auf der Tor-Seite anging, wusste der Besucher, ob der Ball im Tor gelandet war. Der Schlüssel für diesen optischen Trick ist eine sogenannte Strahlteiler-Beschichtung auf einer Glasscheibe, welche die Hälfte des Lichtes hindurch lässt und die andere Hälfte reflektiert.

Noch krimineller ging es bei unserem Flammeninferno zu. Hier entzündeten wir Geldscheine. Anlass zur Sorge gab es jedoch nicht, denn die Flammen erloschen nach einigem Lodern von alleine wieder und ließen den Geldschein unbeschadet zurück. Passend dazu stellten wir die Möglichkeiten zur Papierrestaurierung mit Elektronen vor.

Nach diesem Schrecken zeigten wir den Besuchern, wie aus herkömmlichen Glasscheiben Silberspiegel gemacht werden und sogar mit Vakuumbeschichtungstechnologien historische Spiegel für das Grüne Gewölbe entstanden sind. Als Andenken konnten die Gäste mit Silber beschichtete Reagenzgläser mitnehmen.

Dass Silber nicht nur für dekorative Zwecke genutzt werden kann, sondern mit seiner antibakteriellen Wirkung in der Medizin Verwendung findet, konnten die Besucher am Stand der biomedizinischen Laboreinheit erleben. Anhand des Hemmhoftests konnte mit bloßen Augen die Wirkung

verschiedener Metalle auf das Wachstum von Bakterien verglichen werden. Auch die keimtötende Wirkung verschiedener Dosen niederenergetischer Elektronen konnten sie am Grad der Bakterienvermehrung ablesen.

Wer sich bei unserer Solar-Autorennbahn noch nicht warm gespielt hatte, der konnte dies beim Verlassen des Technikums an unserem Wärmestrahler-Exponat nachholen. Eigentliches Ziel unseres Demonstrators war es jedoch, dem Effekt wärmedämmender Schichten nachzuspüren: Hinter einer beschichteten Kunststoffplatte kam deutlich weniger Wärme der Glühbirne an, als hinter einer unbeschichteten. Was an diesem kalten Juniabend ein Nachteil war, sorgt beim energieeffizienten Bauen für ein angenehmes Raumklima.

Wir freuen uns über so viel Interesse der Dresdner Bürger und die vielfältigen Nachfragen motivieren uns, auch für das nächste Jahr spannende Experimente vorzubereiten. Am 6. Juli 2012 feiert die Lange Nacht der Wissenschaften in Dresden bereits ihr 10-jähriges Jubiläum.

Webseite zur Veranstaltung

www.dresden-wissenschaft.de

1 *Technikum des Fraunhofer FEP*

2 *Dr. habil. Christiane Wetzel, Leiterin der biomedizinischen Laboreinheit, im Gespräch mit Dirk Hilbert, Bürgermeister von Dresden*

3 *Beim Experimentierätsel konnten Nachwuchswissenschaftler einen Platz bei der Fraunhofer-Talent-School Dresden 2011 ergattern*

4 *Pünktlich um 18 Uhr strömten die ersten Besucher in das Fraunhofer-Institutszentrum*

KONTAKT

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



DIE FRAUNHOFER LOUNGE – ENTSPANNEN, UNTERHALTEN, BEGEGNEN

Auch in 2011 begeisterten die Redner der Veranstaltungsreihe Fraunhofer Lounge mit inspirierenden und brisanten Themen. Die Fraunhofer Lounge bietet den geladenen Gästen aus der regionalen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft Sachsens sowie den Vertretern des Instituts eine Plattform, in entspannter Atmosphäre miteinander ins Gespräch zu kommen.

Achte Fraunhofer Lounge:

»Wertschöpfung durch Wertschätzung« – die neue Rolle von Hierarchie und von Hierarchen

Dies war das Thema der 8. Fraunhofer Lounge am Abend des 17. März 2011. Jürgen Fuchs Unternehmer-Berater, Buchautor und Lehrbeauftragter für Philosophy & Economics zeigte den geladenen Gästen eine völlig neue Arbeitswelt auf.

Fuchs stellte Hierarchien und Gehälter der aktuellen Arbeitswelt in Frage. Untergebene sollten nicht nur »Geben«, Vorgesetzte nicht nur »vor-gesetzt« werden und Karriere habe nichts mit einem Aufstieg auf der Leiter gemein, sondern ist ausschließlich eine Frage des stetig wachsenden Know-how's und der eigenen Persönlichkeit. Mit seinen bildhaften Wortspielen behandelte er die Thematik dabei tiefgreifend und humorvoll.

Das Thema des Abends stand in Anlehnung an das gemeinsame Buch mit Sohn Holger Fuchs »Schluss mit Hierarchie – wie Unternehmen menschlicher werden«, welches demnächst als Neuauflage erscheint.

Neunte Fraunhofer Lounge:

Wie viel Affe steckt in einem Menschen?

Dieses provokante Thema griff Biologe Patrick van Veen auf und brachte erstaunliche Erkenntnisse zum Vorschein. »Hilfe, mein Chef ist ein Affe! – oder ganz natürliche Erklärungen für unser Verhalten« – dies war das Thema der 9. Fraunhofer Lounge am Herbstabend des 06. Oktober 2011 im Fraunhofer FEP.

Was dem Silberrücken-Gorilla das prächtige Fell, ist am Besprechungstisch die Höhe des Chefsessels. »Chefs sind eigentlich auch bloß Affen in Anzügen«, sagt der niederländische Biologe und Berater Patrick van Veen und hielt dem Büroalltag einen ebenso lehrreichen wie unterhaltsamen Spiegel vor. Als ehemaliger Projektleiter in einem großen Versicherungsunternehmen stellte Patrick van Veen irgendwann fest: »Im Büro geht es zu wie in einem Affenhaus«. Daraufhin begann er das soziale Verhalten von Affen zu studieren.

Die geladenen Gäste des Abends lauschten der »tierischen« Ursachenforschung gespannt. Der Spezialist gab zusätzlich praktische Tipps zur Vermeidung von Sozialstress im Arbeitsalltag: Das gemeinsame Lausen bilde stressfreie Arbeitszonen. Lausen? – Darunter versteht man, nach Patrick van Veen, einen gemeinsamen und unverbindlichen Gedankenaustausch

auf beruflicher und privater Ebene, eine Art Kaffeeklatsch für das gemeinsame Wohlbefinden. Dies diene zur Schaffung einer harmonischen Grundstimmung und somit als Grundlage für eine effektive Zusammenarbeit.

Im Anschluss übergab Herr van Veen das Wort an Angela Elis, Redakteurin und Moderatorin bei ARD, mdr, 3sat und ZDF. Frau Elis führte die geladenen Gäste als Moderatorin durch den Abend und hinterfragte kritisch die Parallelen im Verhalten zwischen Mensch und Tier. Das kontrovers diskutierte Thema sorgte auch beim Publikum für reichlich Gesprächsstoff. Ihre Schlussworte widmete Frau Elis den Unterschieden zwischen Mensch und Affe.

Im Anschluss wurden die Gespräche noch lang fortgesetzt. Die Live-Pianomusik von Tom Jährg rundete den Abend ab.

Im Frühjahr 2012 feiert die erfolgreiche Veranstaltungsreihe die 10. Fraunhofer Lounge!

Webseite zur Veranstaltung

www.fep-lounge.de

KONTAKT

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



FRAUNHOFER-TALENT-SCHOOL DRESDEN

Fraunhofer sucht die Talente von morgen: Mit diesem Ziel legten drei Dresdner Fraunhofer-Institute für ein Wochenende die Wissenschaft in die Hände von Nachwuchsforschern.

Vom 4. bis 6. November 2011 forschten 32 naturwissenschaftlich interessierte Schülerinnen und Schüler im Alter von 15 bis 19 Jahren an aktuellen Entwicklungsthemen dreier Dresdner Fraunhofer-Institute. Die Schülerinnen und Schüler, die sich erfolgreich für die jährlich stattfindende Talent-School qualifiziert hatten, bekamen an diesem Wochenende Gelegenheit, echte Wissenschaftsluft zu schnuppern. Sie konnten erleben, wie Forschungsarbeit in der Realität abläuft, welche Methoden und Technologien verwendet werden, auf welche Fähigkeiten und Kenntnisse es ankommt, vor allem aber konnten sie nach Herzenslust Fragen stellen. Und ganz nebenbei lernten sich die Gleichgesinnten aus verschiedenen Schulen und Städten bei unterhaltsamen Abendveranstaltungen und der gemeinsamen Unterbringung in einer Jugendherberge gegenseitig kennen.

Bevor die jungen Talente jedoch praktisch loslegen konnten, wurden die theoretischen Grundlagen, mit denen sie sich schon in den vorher ausgegebenen Hausaufgaben beschäftigt hatten, vertieft. Dann aber ging es an die Versuche: Am Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS machten sich die Schülerinnen und Schüler mit Aufbau, Funktionsweise und Anwendungsmöglichkeiten einer Brennstoffzelle vertraut und bauten sogar ihr eigenes funktionierendes Exemplar. Am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS drehte sich alles um die Herstellung und Untersuchung organischer Leuchtdioden (OLEDs).

Am Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP gingen die Jugendlichen der Aufgabe nach, mit Elektronen vom Verfall bedrohte Papierdokumente zu schützen. Wie dringlich diese Aufgabe ist, belegen Angaben der deutschen Nationalbibliothek: Demnach sind rund 80 Prozent ihres Archivbestandes vom Zerfall bedroht. Das Bundesarchiv sieht sogar nahezu seinen kompletten Bestand akut gefährdet. Gründe für den starken Zerfall liegen vor allem in den nach der Industrialisierung verwendeten Papierherstellungsverfahren, bei denen zum Aufschluss des Rohstoffes Holz Schwefelsäure verwendet wurde. Die im Papier verbleibende Restsäure katalysiert jedoch den Zerfall des Papiers, ohne selbst verbraucht zu werden. Aber auch Oxidationsprozesse, hungrige Bakterien und feuchtigkeitsliebende Pilze machen dem Papier zu schaffen. Am Fraunhofer FEP wird der Einsatz beschleunigter Elektronen untersucht, um die teilweise abgebauten Zellulosefasern, die Grundbausteine von Papier, chemisch wieder miteinander oder mit extra eingebrachten Polymeren zu vernetzen und somit dem Papier seine Stabilität zurückzugeben. Gezielt eingebrachte basische Einschlüsse könnten zudem die Säure im Papier neutralisieren und den Zerfall stoppen. Ein positiver Nebeneffekt der Behandlung ist die keimtötende Wirkung der Elektronen, sodass Schimmelpilze und aggressive Bakterien dem Papier nicht mehr zu Leibe rücken können.

Mit diesem Ziel vor Augen machten sich die Nachwuchsforscher mit Begeisterung daran, verschiedene Monomere und Prozessparameter zu untersuchen, um am Ende eine Methode zu finden, die den Papieren die gewünschte Stabilität verleiht, ohne dass die Behandlung der Papiere optisch oder haptisch erkennbar wird. Effekte, wie der von Butterbrotpapier bekannte Fettfleck-Effekt oder eine starke Versprödung des Papiers durch eine intensive Quervernetzung der Polymere, zeigten, dass dies keine leichte Aufgabe war. Umso mehr freute sich die Forschergruppe, als eines der ausgewählten Monomere die gewünschte Elastizität der Papiere brachte. Durch entsprechende Analysen wiesen sie den visuellen Erfolg ihrer Behandlung auch wissenschaftlich nachvollziehbar nach.

Da die verständliche Darstellung erzielter Forschungsergebnisse für Wissenschaftler wichtig ist, lernten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auf humorvolle Weise in einem Seminar, wie sie Informationen anschaulich und interessant präsentieren können. In die Tat umsetzen konnten unsere Nachwuchswissenschaftler das Gelernte dann gleich am nächsten Tag zur Abschlussveranstaltung, bei der sie Eltern und Geschwistern die Ergebnisse ihrer Forschung vorstellten. Ob mit kleinen Sketchen, bunten Zeichnungen oder Live-Experimenten: Wir waren wieder einmal erstaunt, mit wie viel Kreativität die Jugendlichen ihre Zuhörer begeisterten. Aber auch die Forschung hat die Jugendlichen in den Bann gezogen, sodass einige sich bereits für Praktika bei uns beworben haben.

Webseite zur Veranstaltung

www.talent-school-dresden.fraunhofer.de

- 1 Schülerin bereitet eine Papierprobe für die Elektronenbehandlung vor
- 2 Unsere Nachwuchswissenschaftler mit den behandelten Papieren
- 3 Untersuchung der Papiere
- 4 Begeisterte Nachwuchstalente

KONTAKT

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



3. GRUNDLAGENSEMINAR REINIGUNGSTECHNIK – REINIGUNG IN DER PRODUKTION

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

Vom 07. bis 09. Juni 2011 führte die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik – in welcher das Fraunhofer FEP seit ihrer Gründung im Jahr 2002 Mitglied ist – zum dritten Mal das »Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion« im Fraunhofer FEP in Dresden durch. Ziel war es, Fach- und Führungskräften aus der Produktion die reinigungstechnischen Aufgaben zu vermitteln. Dieses Wissen kann in Deutschland leider noch nicht in einem Ausbildungsberuf oder Studium erlernt werden. Somit fehlt es in der Industrie an Know-how und qualifizierten Mitarbeitern, welche die Reinigungsaufgaben zu bewältigen haben. Der Bedarf an Schulungen und Seminaren ist dementsprechend hoch.

Mit dem branchenübergreifenden Seminar folgt die Allianz Reinigungstechnik der Nachfrage der Industrie nach Weiterbildungsmaßnahmen und bietet diese seit 2009 an. Die Veranstalter setzen dabei auf eine Unternehmens- und anwendungsneutrale Schulung durch die Fachleute der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik, das Erlernen einer methodischen Herangehensweise zur Lösung von Reinigungsaufgaben sowie das strukturierte Vermitteln von theoretischen Grundlagen zu Reinigungssystematik, -verfahren, -analytik und Qualitätsmanagement. Mit sieben Referenten aus sechs Fraunhofer-Instituten konnte das Grundlagenseminar 2011 wiederholt Expertenwissen auf hohem Niveau anbieten. Entsprechend der umfassenden Struktur des Seminars, wurden

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

Zur Vertiefung der theoretischen Inhalte wurden begleitend Praxisübungen zur Badpflege und -überwachung, zur Sauberheitskontrolle, zum Trockeneisstrahlen sowie zur Laser- und Plasmareinigung durchgeführt. Damit hatte jeder Teilnehmer die Möglichkeit, die Umsetzung der erworbenen Kenntnisse selbst »in die Hand zu nehmen«. Ergänzende Vorträge boten abschließend einen Überblick zu übergeordneten Themen wie Vorschriften in der Reinigungstechnik (VDA19, VOC, REACH) sowie reinigungsgerechte Gestaltung und reinheitsgerechte Produktion. Optional hatten die Teilnehmer am Ende des

Seminars die Chance, ihr erlerntes Wissen in einem Leistungstest zu überprüfen und damit ihren Schulungsnachweis noch etwas aufzuwerten.

Die positive Resonanz des Seminars drückt sich in der sehr guten Bewertung durch die Teilnehmer aus. Das 4. »Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion« wird im Juni 2012 wieder im Fraunhofer FEP angeboten, getreu dem Motto:

Reinigungsprozesse beherrschen – Eine saubere Leistung!

.....
Webseite zur Veranstaltung

www.allianz-reinigungstechnik.de/veranstaltungen

- 1 Teilnehmer des Grundlagenseminars
- 2 Praxisteil des Seminars
- 3 Frank-Holm Rögner bei der Eröffnung



KONTAKT

Frank-Holm Rögner
 Telefon +49 351 2586-242
frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de

INTERNATIONALE KONFERENZEN, SYMPOSIEN UND MESSEN

54th Annual Technical Conference Society of Vacuum Coaters SVC

Vom 16. – 21. April 2011 fand die 54. SVC in Chicago statt.

Die Highlights der Konferenz in 2011 bildeten zwei neue Symposien zu den Themen Photovoltaik-Produktion und Vorteile der PVD-Beschichtung.

www.svc.org



intersolar Europe

Vom 08. – 10. Juni 2011 fand in München die weltweit größte Fachmesse für Solartechnik statt.

Sie glänzte mit einem neuen Aussteller- und Besucherrekord von insgesamt 2 286 Ausstellern und 76 738 internationalen Besuchern.

www.intersolar.de



26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition PVSEC

Vom 05. – 09. September 2011 fand die PVSEC in Hamburg statt.

In jedem Jahr präsentieren Aussteller der Photovoltaikbranche neue Produkte und technische Innovationen aus allen Bereichen der Photovoltaik auf dieser internationalen Messe.

www.photovoltaic-conference.com

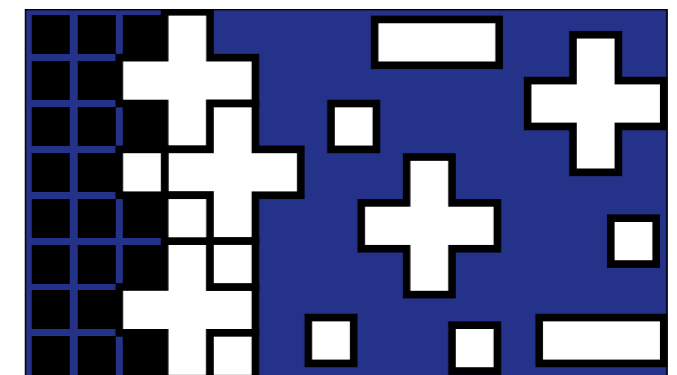


8th Asian-European Int'l Conference on Plasma Surface Engineering AEPSE

Diese Industrieausstellung fand vom 19. – 22. September 2011 in Dalian City, China statt.

Die Konferenz und Ausstellung bietet Forschungseinrichtungen und Industriefirmen eine Plattform um sich über neuste Entwicklungen auszutauschen.

www.plasmagermany.org



Plastic Electronics 2011

Vom 11. – 13. Oktober 2011 fand die Plastic Electronics Conference and Exhibition, parallel zur Semicon Europa 2011, in der Messe Dresden statt.

Auch Sachsens Ministerpräsident Tillich besuchte unseren Stand während seines Messerundganges.

www.pe2011.org



V2011 – Industrieausstellung & Workshop-Woche

Vom 17. – 20. Oktober 2011 fand in Dresden die V2011 statt.

Die nationale Messe dient als Plattform zum Austausch zwischen Firmen und Forschungsinstitutionen der Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik.

Das Fraunhofer FEP stellte unter anderem aluminiumbedampftes Schüttgut sowie CdTe-Dünnschicht-Solarzellen aus.

www.v2011.net



parts2clean – Leitmesse für industrielle Teile- und Oberflächenreinigung

Vom 25. – 27. Oktober 2011 fand die 9. parts2clean auf dem Stuttgarter Messegelände statt.

Diese internationale Messe gilt als Leitmesse für die industrielle Teile- und Oberflächenreinigung.

www.parts2clean.de

parts2clean

Besuchen Sie uns 2012 auf folgenden Konferenzen und Messen

55th Annual Technical Conference Society of Vacuum Coaters SVC, Santa Clara, USA

28.04. – 03.05.2012

www.svc.org

intersolar Europe, München, Deutschland

13.06. – 15.06.2012

www.intersolar.de

ICCG 9 – The International Conference on Coatings on Glass and Plastics, Breda, Niederlande

24.06. – 28.06.2012

www.iccg9.eu

PSE 2012 – 13th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland

10.09. – 14.09.2012

www.pse-conferences.net

ANNUAL REPORT
2011



FOREWORD

This annual report aims to give you an overview of the work of the Fraunhofer FEP during the past year. Just like 2010, the year 2011 has been very successful for us. Income from contracts with industry rose by 9 percent to ca. 5.7 million euros. This is particularly notable because in 2011 we spun off the electron beam welding activities and so managed to more than compensate for the resulting lost income. Very good results were achieved by the Coating of Flexible Products and Precision Coating business units. One of the most important current tasks of the Coating of Flexible Products business unit is to improve the barrier properties of polymer films against oxygen and water vapor. The applications of these films range from packaging food to encapsulating solar cells and to protecting organic displays.

The close collaboration between the Precision Coating business unit and VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH deserves special mention. Working together we have already successfully handed over coating plants, developed using our joint know-how, to various end customers.

A new chapter was opened for the electron beam seed treatment technology that has been developed at the Fraunhofer FEP. Due to the acquisition of new partners and due to various external circumstances (e.g. EHEC infection in sprout seeds in Germany), the past year saw an enormous reawakening of interest in this technology at both a national and international level. A collaborative agreement was signed between Getreide AG, BayWa AG, Petkus Technologie GmbH, and the Fraunhofer FEP to develop the second generation of plant technology and to significantly accelerate the introduction of this technology in the agricultural sector. More can be read about this in a major article on page 26 in this annual report.

We have also been very active in the area of photovoltaic technology. Especially important here is the close collaboration with Roth & Rau AG developing cadmium telluride thin film photovoltaic cells. This work was undertaken as part of a project funded by the Free State of Saxony. The effective collaboration of the teams has already enabled complete layer systems for solar cells to be manufactured in pilot plants at the Fraunhofer FEP. This work will be continued apace in 2012. However, we are not only focusing on cadmium telluride technology for photovoltaic cells. Equipment is being acquired and set up for manufacturing crystalline silicon layers at high coating rates, enabling us to start developing this technology this year.

Other important activities undertaken last year include the expansion of our biomedical laboratory unit, technology development for the deposition of new transparent conducting layers, the promising results for the deposition of corrosion protection layers on bulk products, and the progress made on developing a new electron beam technology. The latter was carried out in close collaboration with ALD Vacuum Technologies GmbH.

We hope you find this annual report of interest and look forward to welcoming you for further discussions in our institute.

Prof. Dr. Volker Kirchhoff

Dr. Nicolas Schiller

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



PROFILE OF THE FRAUNHOFER FEP

As one of the 60 institutes of the Fraunhofer-Gesellschaft, Europe's largest applied research organization, the Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP, based in Dresden, focuses on developing technologies and processes for surface refinement.

Following German reunification, the Fraunhofer FEP was established from work groups of the former Manfred von Ardenne R&D institute in Dresden. Back then as well as today, the Fraunhofer FEP develops and tests electron beam and plasma based technologies and processes for refining surfaces and optimizes them for industrial applications. In collaboration with specialist partners process and plant technologies can be provided to meet the needs of our customers.

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

Electron beam technology is the second main field of our work. Electron beams are used for the welding and evaporation of metals and for modifying surface and boundary layers. Other applications are the curing of paints and lacquers, improving the properties of plastics, sterilizing medical devices, and germ reduction in seeds. Electron beams are therefore used as a precise tool for a broad range of applications. Products such as thin film solar cells, sensors, microelectronic components, and data media are being produced using technologies developed by the Fraunhofer FEP.

In order to extend the R&D work in thin film technology and electron beam technology we have increased our collaboration with Saxon universities and technical colleges over recent years. As an industry-oriented R&D organization, we provide customized solutions, which are often sophisticated: besides involving an optimized layer system, suitable cleaning and pretreatment methods for the substrate as well as post-treatment steps have to be elaborated.

Key services we provide are the development and optimization of coating sources and processes, scale-up to production quantities, and integration into suitable plant technology and into existing production processes. Cost optimization of the total system has the highest priority here. Due to the cross-sector and key nature of thin film and surface technology, our work is of interest to a wide range of customers.

The most important sectors are mechanical engineering, solar energy, environment and energy, biomedical engineering, optics, sensor technology, and electronics, packaging, architecture, preservation, and agriculture.

We are operating in the following business units:

- ▶ Coating of Flat Substrates
- ▶ Coating of Flexible Products
- ▶ Coating of Metal Sheets and Strips
- ▶ Electron Beam Applications
- ▶ Coating of Components
- ▶ Precision Coating

The work of all the business units involves the four core technologies of the institute:

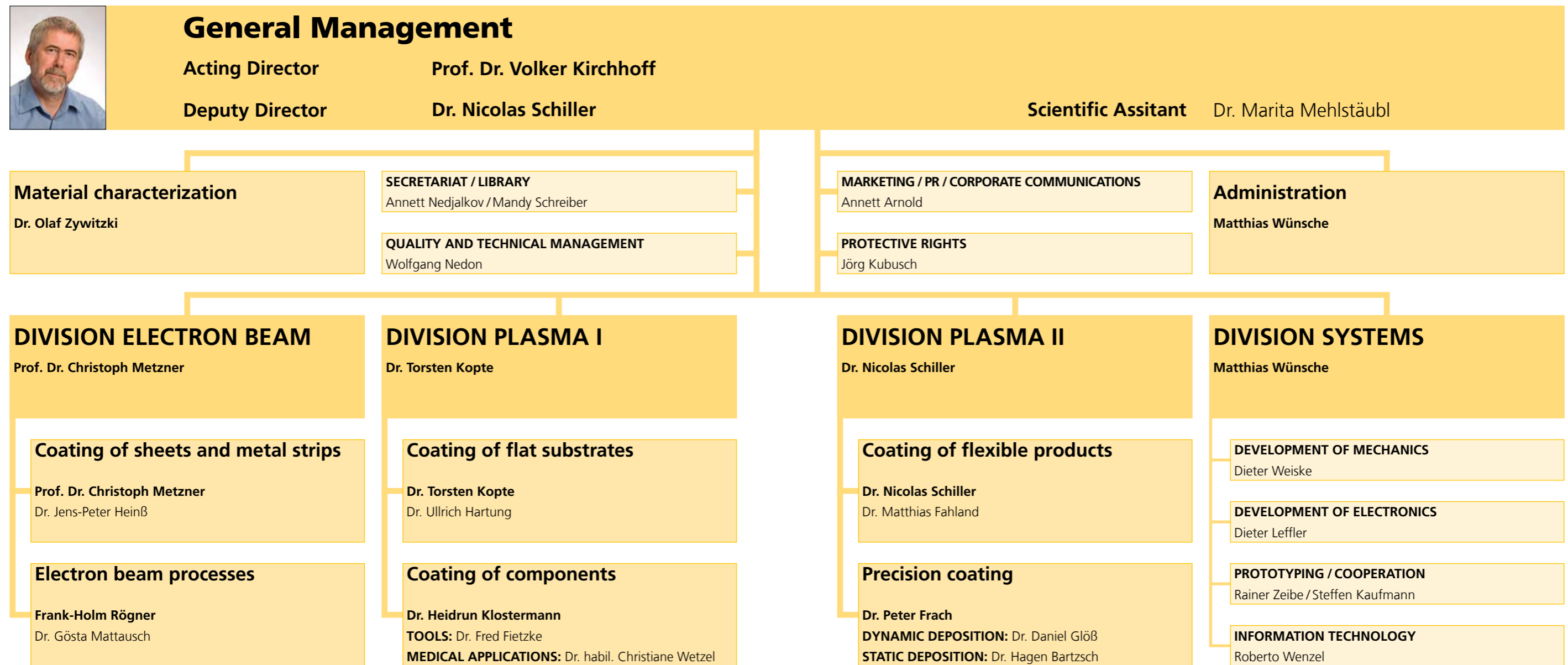
- ▶ electron beam technology
- ▶ sputtering technology
- ▶ plasma-activated high-rate deposition
- ▶ high-rate PECVD

We are increasingly offering new technologies to customers as „integrated packages“, comprising the development and production of innovative key components for coating technology along with the relevant process technology.

We currently have about 8,000 m² of premises. The equipment includes numerous pilot plants for coating, welding, curing, and surface treatment. In addition, the institute has many laboratory plants and a variety of analytical facilities for the characterization of surfaces.

With our qualified employees, excellent equipment, and the involvement in international networks we are in an ideal position to boost innovative products in thin film and electron beam technologies right through to marketability.

ORGANIZATIONAL STRUCTURE



THE INSTITUTE IN FIGURES

Funding

Despite the continuing economic troubles all over the world, the institute can once again reflect on a very noteworthy year in 2011. Income from direct contract research with industry amounted to 5.7 million euros. This represented a 9 percent increase on the previous year. Our income from publicly funded research, namely projects funded by the federal government and Länder, reached 3.9 million euros. The majority of this funding (3.1 million euros) related to projects carried out jointly with medium-sized companies and funded by the Saxon State Ministry for Science and the Arts (SMWK) and the Saxon State Ministry for Economic Affairs, Labor and Transport (SMWA). The total third-party funding, namely external income from projects with industry, publicly funded projects, and other commissioning parties, amounted to 9.9 million euros or 74 percent of the total income. With this result our ambitious aim for 2011 was exceeded. The base funding in the operating budget was 2.9 million euros.

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

- ▶ income from industry (contract research with industry) € 5.7 million
- ▶ public funding (contract research funded by the federal government) € 0.8 million
- ▶ public funding (contract research funded by the Länder) € 3.1 million
- ▶ EU and other funding € 1.0 million

Total expenditure

Total expenditure (operating budget and investment budget) amounted to 15.9 million euros. In the report year 2.5 million euros was invested in equipment and infrastructure (1.5 million euros of which came from the central strategic investment fund). These investments serve to enhance the business units, enabling them to realize ongoing projects and simultaneously provide the foundations for future research work. Staff costs amounted to 6.9 million euros, representing 51 percent of the total operating budget of 13.4 million euros. Material expenditure amounted to 5.8 million euros.

Workforce

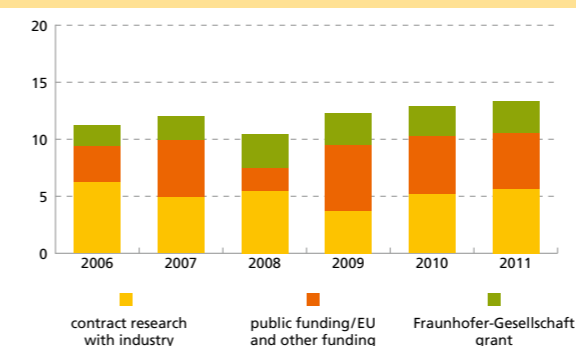
In 2011 the Fraunhofer FEP workforce comprised 133 permanent employees, 10 of whom were trainees, and also 45 undergraduates/practical trainees and 77 auxiliary scientific/student staff. Of the 64 scientists in the institute, 9 were concurrently working for doctorates. The number of female scientists represented 17 percent of the total. Special attention was once again put on supporting the training of young scientists. Highly motivated students taking diplomas, bachelor degrees, and doctorates participated in the research work of the institute. We congratulate Dr.-Ing. Manuela Junghähnel who successfully completed her doctoral work which was entitled: „Manufacture and characterization of thin, transparent, electrically conducting layers of TiO₂:Nb deposited via direct current sputtering and pulse magnetron sputtering“.

With regards to technician training we once again in 2011 undertook training programs in collaboration with the relevant technical colleges. We have for many years worked with the

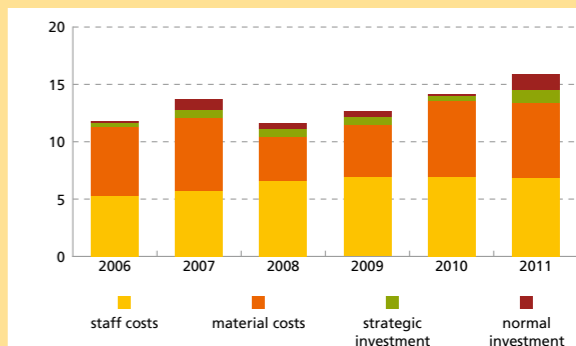
Saxon Training Foundation in Dresden (Sächsische Bildungsgesellschaft Dresden) to help train physics laboratory technicians. We would like to thank IHK Dresden and all the organizations who have helped successfully train our technicians. Further, we would like to thank all the Fraunhofer FEP employees who so willingly assist all our young scientists and trainees during their study and training periods. Three trainees successfully finished

their training during the report year and became employees of the institute. These persons were Nicole Prager (physics laboratory technician), André Gretschel (industrial mechanic), and Manuel Wehnert (metalworking mechanic). By the end of 2011 three new trainees had started their training at the institute. At present we have a total of 8 trainees: 1 materials tester, 6 physics laboratory technicians, and 1 industrial mechanic.

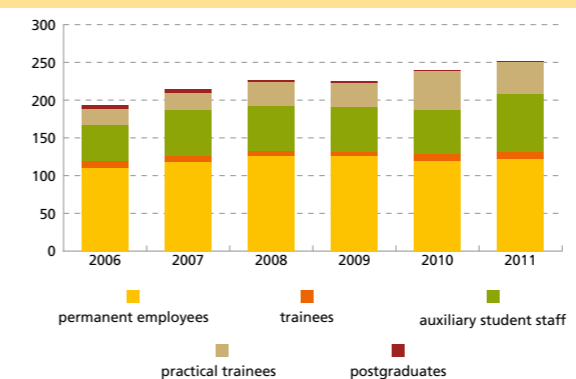
1 Operating budget (in million Euros)



2 Investment and total costs (in million Euros)



3 Fraunhofer FEP workforce



CONTACT

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



OUR ADVISORY BOARD

The 22nd meeting of the Fraunhofer FEP advisory board took place on 11 May 2011.

The members of the advisory board, who are representatives from industry, politics, and science, met in Dresden to get an overview of the performance of the institute in the last year and, in consultation with Fraunhofer FEP employees, to define the strategic focus for future work.

Dr. Feldhütter, representing the board of the Fraunhofer-Gesellschaft, outlined the economic, political, and thematic developments within the Fraunhofer-Gesellschaft. He was pleased with the high level of industry returns of 41.9 percent which the Fraunhofer Group for Light & Surfaces (of which the Fraunhofer FEP is a member) achieved in the year 2010. The spin-off of Strahltechnologie Dresden GmbH as well as the expansion of large-area coating technologies for thin film

photovoltaic systems at Fraunhofer FEP were welcomed by the board and Dr. Feldhütter.

The Fraunhofer FEP management gave the members of the advisory board an overview of the economical situation of the institute and of new projects and developments since the last advisory board meeting. Two detailed presentations were given, the first outlining strategic developments in the Precision Coating business unit and the second introducing approaches for process development for silicon photovoltaic systems (in particular approaches for active contamination- and defect-elimination techniques).

We would like to extend our thanks to all members of the advisory board, which contribute with their involvement, valuable advices, and suggestions to the successful development of the institute.

Guest members

Dr. Frank Böger	European Society of Thin Films (EFDS), Managing Director
Dr. Hans-Otto Feldhütter	Fraunhofer-Gesellschaft, Division Director Research
Dr. Patrick Hoyer	Fraunhofer-Gesellschaft, Institute Liaison
Dr. Hans-Ulrich Wiese	Former Board Member of the Fraunhofer-Gesellschaft

Members of the Advisory Board

Dr. Ulrich Engel	Chairman of Advisory Board
RD'in Dr. Annerose Beck	Saxon State Ministry of Science and the Arts, Deputy Head of Division Federal-State-Research Institutions
Prof. Dr. Lukas Eng	Dresden University of Technology, Institute for Applied Photonics, Director
Prof. Dr. Richard Funk	Dresden University of Technology, Faculty of Medicine, Institute for Anatomy, Dean
Prof. Dr. Gerald Gerlach	Dresden University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Institute for Solid-State Electronics, Director
Prof. Dr. Gert Heinrich	Leibniz-Institute for Polymer Research Dresden e. V., Head of Institute of Polymer Materials
Prof. Dr. Dieter O. Junkers	Clausthal University of Technology
RD Andreas Kletschke	Federal Ministry of Education and Research, Head of Division
Dr. Harald Küster	ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG, Head of Research and Development
Dr. Klaus Michael	Heraeus Sensor Technology GmbH, Manager Business Development
Dipl.-Ing. Peter G. Nothnagel	Saxony Economic Development Corporation GmbH, Managing Director
Prof. Dr. Hans Oechsner	Kaiserslautern University of Technology, Institute for Surface and Film Analysis, Director
Dr. Jan-Peter Osing	AMG Coating Technologies GmbH, Senior Advisor
Dr. Dietmar Roth	Roth & Rau AG, Chairman of the Advisory Board
Dipl.-Phys. Robin Schild	VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Managing Director
Dr. Michael Steinhorst	Tata Steel Europe, Director Product Development, Technology, Application
Dr. Hermann Stumpp	LOI Thermprocess GmbH, Managing Director



COLLABORATION AND MEMBERSHIPS

Thin film technology is used in a number of rapidly developing markets. We collaborate with both national and international partners in order to improve the competitive position of our customers and our institute and to promote successful development work.

Industry partners

- ▶ Applied Materials
- ▶ Leybold Optics GmbH
- ▶ Roth & Rau AG
- ▶ VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH

Research partners

- ▶ University of Virginia USA
- ▶ Beijing Institute of Aeronautical Materials
- ▶ National Institute for Materials Science Japan
- ▶ Korean Institute of Industrial Technology

Fraunhofer cooperations

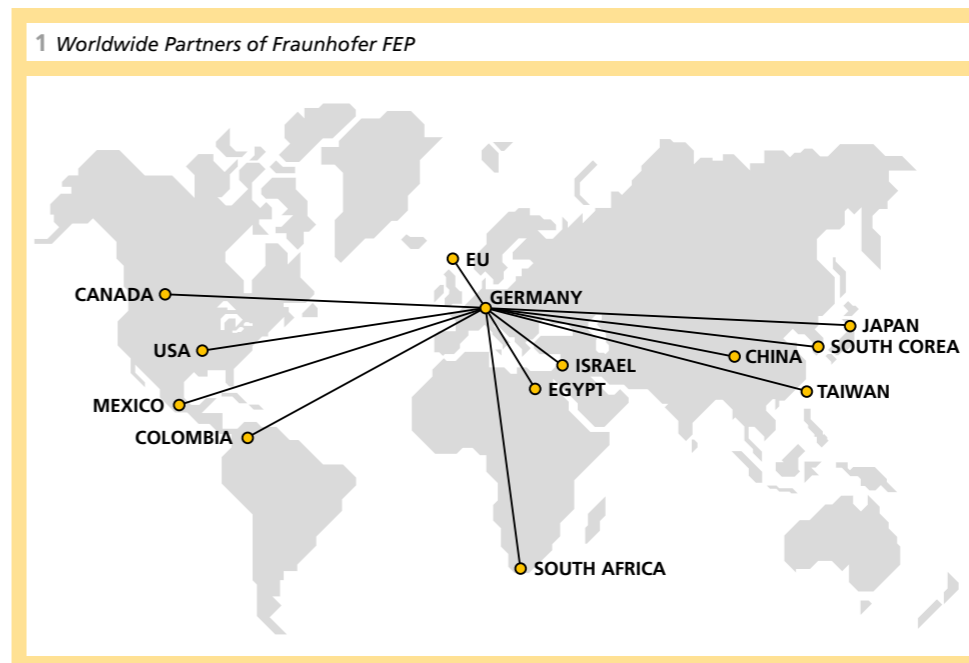
- ▶ Fraunhofer Group for Light & Surfaces
- ▶ Fraunhofer Photocatalysis Alliance
- ▶ Fraunhofer Polymer Surfaces Alliance POLO
- ▶ Fraunhofer Cleaning Technology Alliance
- ▶ Research Alliance Cultural Heritage

Academic cooperations

- ▶ Technische Universität Dresden – Institut für Festkörperelektronik
- ▶ Westsächsische Hochschule Zwickau
- ▶ Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTWD)

Memberships

- ▶ EFDS Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V.
- ▶ Organic Electronics Saxony e. V. (OES)
- ▶ Silicon Saxony e. V.
- ▶ Dresden Concept
- ▶ AMA Fachverband für Sensorik e. V.
- ▶ Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW)
- ▶ Dt. Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO)
- ▶ Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V.
- ▶ Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz/Sachsen e. V. (KMC)
- ▶ Netzwerk »Dresden – Stadt der Wissenschaft«
- ▶ Verband der Elektrotechnik – Bezirksverein Dresden e. V. (VDE)
- ▶ Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)
- ▶ IVAM e. V. Fachverband für Mikrotechnik
- ▶ International Council for Coatings on Glass ICCG e. V.





FRAUNHOFER GROUP FOR LIGHT & SURFACES

Competence by networking

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

Core competences of the group

- ▶ surface and coating functionalization
- ▶ laser-based manufacturing processes
- ▶ laser development and nonlinear optics
- ▶ materials in optics and photonics
- ▶ microassembly and system integration
- ▶ micro and nano technology
- ▶ carbon technology
- ▶ measurement methods and characterization
- ▶ ultra precision engineering
- ▶ material technology
- ▶ plasma and electron beam sources

Contact

Group Chairman	Group Assistant
Prof. Dr. Andreas Tünnermann	Susan Oxfart
Phone +49 3641 807-201	Phone +49 3641 807-207

www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP

Electron beam technology, sputtering technology, plasma-activated high-rate deposition and high-rate PECVD are the core areas of expertise of Fraunhofer FEP. The business units include vacuum coating, surface modification and treatment with electrons and plasmas. Besides developing layer systems, products and technologies, another main area of work is the scale-up of technologies for coating and treatment of large areas at high productivity.

www.fep.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT

With more than 350 patents since 1985 the Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT develops innovative laser beam sources, laser technologies, and laser systems for its partners from the industry. Our technology areas cover the following topics: laser and optics, medical technology and biophotonics, laser measurement technology and laser materials processing. This includes laser cutting, caving, drilling, welding and soldering as well as surface treatment, micro processing and rapid manufacturing. Furthermore, the Fraunhofer ILT is engaged in laser plant technology, process control, modeling as well as in the entire system technology.

www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering IOF

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

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

www.iof.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Physical Measurement Techniques IPM

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

www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films IST

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

www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS

The Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology is known for its innovations in the business areas joining and cutting as well as in the surface and coating technology. Our special feature is the expertise of our scientists in combining the profound know-how in materials engineering with the extensive experience in developing system technologies. Every year, numerous solution systems have been developed and have found their way into industrial applications.

www.iws.fraunhofer.de



THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains more than 80 research units in Germany, including 60 Fraunhofer Institutes. The majority of the more than 20,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of € 1.8 billion. Of this sum, more than € 1.5 billion is generated through contract research. More than 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Almost 30 percent is contributed by the German federal and Länder governments in the form of base funding, enabling the institutes to work ahead on solutions to problems that will not become acutely relevant to industry and society until five or ten years from now.

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

With its clearly defined mission of application-oriented research and its focus on key technologies of relevance to the future, the Fraunhofer-Gesellschaft plays a prominent role in the German and European innovation process. Applied

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

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

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

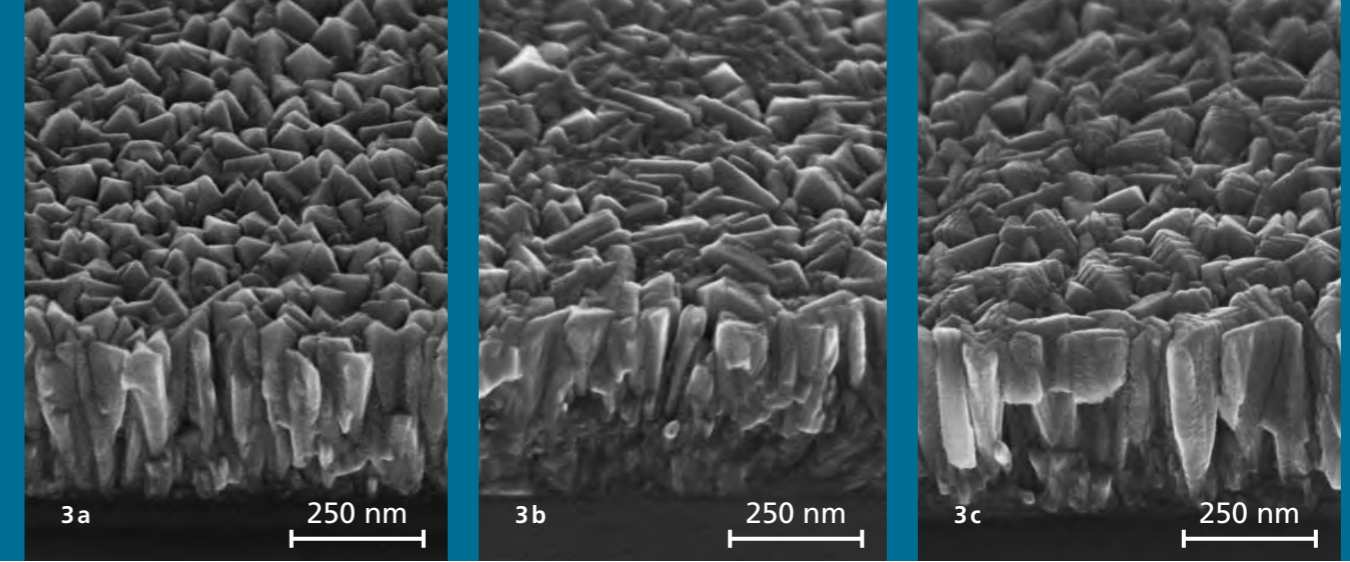
1 Fraunhofer Institutes and Research Establishments in Germany





RESEARCH NEWS

- New transparent electrical conductors – efficient use of resources via innovative materials | **84**
- Electron treatment – enhancing safety in food production | **88**
- Coating of bulk goods using a combination of PVD processes | **92**
- Electron beam fired contacts for silicon solar cells | **94**
- Development of a new method for strip cooling for high-rate coating | **96**
- Successful destruction of microorganisms in a fluidized bed | **98**
- CdTe thin film photovoltaic technology at Fraunhofer FEP | **100**
- Magnetron-PECVD deposition of amorphous and microcrystalline silicon layers | **102**
- PolAR: Nanometer structures on square meter surfaces | **104**
- Study of the effectiveness of bioresonance therapy | **106**
- Characterization of CdTe thin film solar cells | **108**



NEW TRANSPARENT ELECTRICAL CONDUCTORS – EFFICIENT USE OF RESOURCES VIA INNOVATIVE MATERIALS

The general scarcity of raw materials and the enormous cost pressure of industrial production are forcing industry and R&D institutions to develop innovative materials. The use of new, improved, transparent conducting materials is one focus of our research activities.

Transparent conducting materials are used for many different applications. The field of transparent electronics is an emerging area of research and technology, which aims to make „invisible“ electronic circuits and optoelectronic components. They are mainly applied in consumer electronic products. In display technology and photovoltaic systems, such materials are mainly used for transparent electrodes, for example in touch screens, solar cells, flat monitors, and in so-called „smart windows“.

Driven by the global economic increase in the price of raw materials and end products, in recent years there has been

enormous growth in new classes of potentially usable materials. The Fraunhofer FEP is very actively engaged in the development of new, transparent conducting materials and can tailor the transparent conducting layers and layer systems to specific end applications. The emphasis in this work is cost efficiency, namely the large-scale manufacture of thin layers of transparent conducting oxides (TCOs) having improved properties.

In the past year we have been actively engaged in developing novel indium-free TCOs for photovoltaic systems. Doped zinc

oxide and titanium oxide were the focus of our research work (see Fig. 4). By using rotatable magnetron systems we have been able to efficiently deposit layers of aluminum-doped zinc oxide at high rates. In addition, the effects of various dopants such as gallium and titanium on the optical and electrical properties of zinc oxide were studied. This significantly expands the applications of zinc oxide as a TCO material, in particular the use of ZnO:Ga for transparent electronics. By comparison, doped titanium oxide is still a largely unknown TCO material. Non-doped titanium oxide is highly transparent in the visible spectral region and is a high-refractive dielectric material which is used in many optical functional layer systems, for example for protection against electromagnetic radiation. Titanium oxide in the crystalline anatase phase is known for its photocatalytic properties and is used as a self-cleaning, antibacterial layer. If the titanium atoms are partly replaced by niobium or tantalum, there is considerable enhancement of the electrical conductivity of the material. The charge carrier concentration increases with the fraction of niobium or tantalum. Doped, amorphous titanium oxide has a resistivity in the range from ca. 1 ... 5 Ωcm. Conversion of the layers into the crystalline anatase phase at temperatures between 350°C and 450°C significantly reduces the resistivity down to the range of 10⁻⁴ ... 10⁻³ Ωcm. The resistance values are comparable to those of known TCOs such as indium-tin-oxide and aluminum-doped zinc oxide.

Besides the materials science aspects, we have also optimized our sputter technologies for high coating rates and variability of the layer composition. Pulse magnetron co-sputtering is a key tool here for depositing ternary and multicomponent layers of any desired composition (Fig. 8). The use of large-area cathodes allows layer deposition on large surfaces. The pulse parameters can be chosen to customize the layer composition (Fig. 9). The reactive working point is stabilized by a fast control circuit that adapts the flow of reactive gas using optical emission spectroscopy (Fig. 10).

- 1 Reactive pulse magnetron co-sputtering of TiO₂:Ta with a dual magnetron system having a target length of 500 mm
- 2 Transparent conducting titanium oxide layer on glass
- 3 SEM micrograph of anatase titanium oxide layers
 - a) without doping
 - b) doped with 4% tantalum
 - c) doped with 19.8% tantalum

4 Properties of sputtered TCOs based on zinc oxide and titanium oxide, large areas of which can be deposited at the Fraunhofer FEP using in-line coating plants

TCO material	ZnO			TiO ₂	
	Al	Ga	Ti	Nb	Ta
dopant					
doping concentration [%]	2	3	3	6	4
magnetron system	SMS ^[1] or RMS ^[2]	SMS ^[1]	SMS ^[1]	RMS ^[2] or DMS ^[3]	DMS ^[3]
target	oxidic	oxidic	oxidic	oxidic or metallic	metallic
dynamic deposition rate [nm*m/min]	> 350	100	100	47	45
resistivity [Ωcm] ^[4]	3.6 × 10 ⁻⁴	2.7 × 10 ⁻⁴	9.3 × 10 ⁻⁴	1.3 × 10 ⁻³	2.1 × 10 ⁻²
extinction coefficient @ 550 nm	2.4 × 10 ⁻³	2.1 × 10 ⁻³	3.4 × 10 ⁻³	1.5 × 10 ⁻²	2.0 × 10 ⁻²

^[1] SMS: single magnetron system

^[3] DMS: dual magnetron system

^[2] RMS: rotatable magnetron system

^[4] after annealing the layer in a vacuum



5



6



7

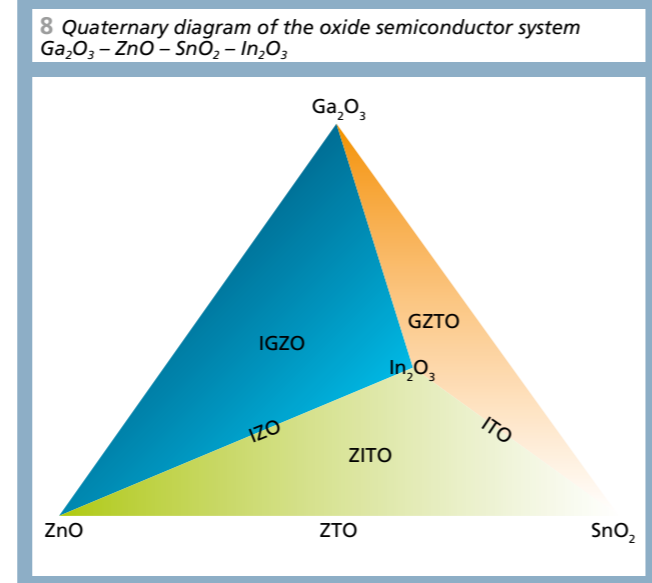
The S-PCU process controller was developed at Fraunhofer FEP for controlling such processes. This fast controller offers advantages for managing the process, for example the utilization of any desired plasma emission lines for the control. Optical filters are no longer necessary here as they are in classical reactive gas control using plasma emission monitors. This allows titanium oxide layers of high area to be manufactured with different doping concentrations of niobium and tantalum in a range from 1 ... 15% and with differing stoichiometry using one and the same target combination.

Figure 1 shows the magnetron discharge of a pulse magnetron co-sputtering process for reactive deposition of $\text{TiO}_2\text{:Ta}$ layers from titanium and tantalum targets. Compared to deposition from ceramic targets, the layer deposition from metallic targets allows high dynamic deposition rates of 30 ... 50 nm x m/min. For example, ca. 150 nm thick $\text{TiO}_2\text{:Nb}$ and $\text{TiO}_2\text{:Ta}$ layers can be deposited having a resistivity in the range of 10^{-3} ... 10^{-2} Ωcm and having absorption in the visible spectral region of less than 8%.

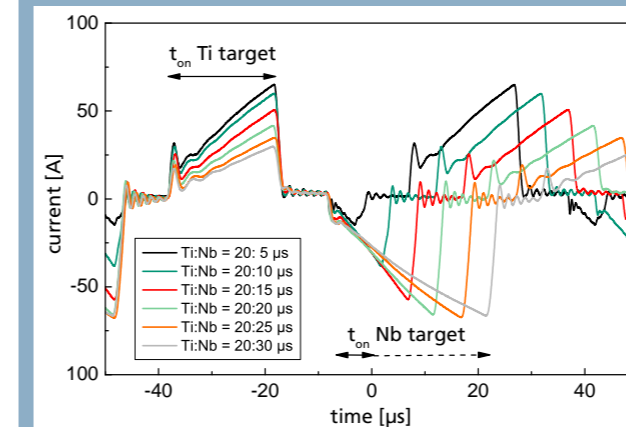
Advantages of pulse magnetron co-sputtering:

- ▶ the utilization of metallic or alloy targets reduces the cost of the target material
- ▶ application of conventional sputtering technology: Dual magnetron system in the bipolar pulse magnetron sputtering mode
- ▶ high deposition rates
- ▶ variable layer composition by selection of the pulse parameters
- ▶ very stable sputtering process for depositing ternary combinations of materials of any desired composition and with good reproducibility

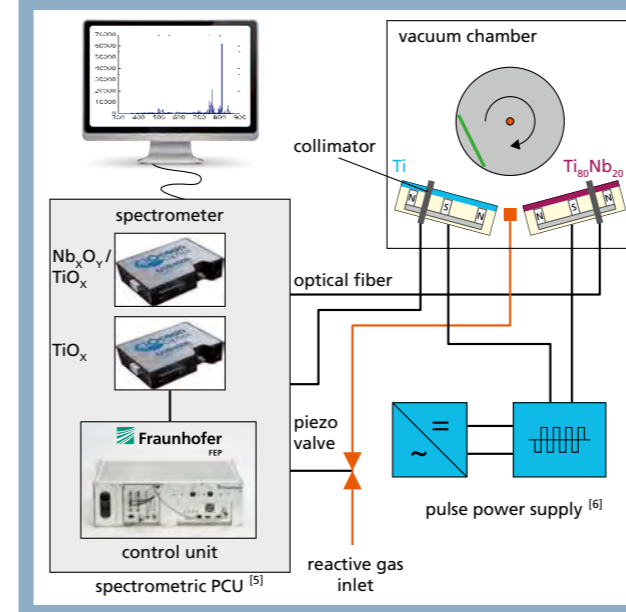
Pulse magnetron co-sputtering is yet another innovative coating tool developed by Fraunhofer FEP, allowing the continually changing requirements of industry to be met and enabling Fraunhofer FEP to act as an excellent partner for industry to drive product innovation.



9 Adjustment of the layer composition of $\text{TiO}_2\text{:Nb}$ by varying the pulse duration t_{on} of the Nb target



10 Schematic representation of pulse magnetron co-sputtering



- ^[5] The S-PCU controls the reactive gas inlet using any desired spectral lines
- ^[6] The layer composition is set by varying the pulse duration of the voltage pulser

GZTO: Gallium-zinc-tin-oxide
 IGZO: Indium-gallium-zinc-oxide
 IZO: Indium-zinc-oxide
 ZITO: Zinc-indium-tin-oxide
 ZTO: Zinc-tin-oxide

- 5 Testing the electrical resistance of a TCO layer
- 6 S-PCU process controller developed by the Fraunhofer FEP
- 7 Pilot scale in-line sputter plant ILA 900

CONTACT

Dr. Manuela Junghänel
 Phone +49 351 2586-128
 manuela.junghaenel@fep.fraunhofer.de



ELECTRON TREATMENT – ENHANCING SAFETY IN FOOD PRODUCTION

It is more than 25 years since the former Manfred von Ardenne research institute first carried out studies on the sterilizing effect of accelerated electrons on cereal seeds. However, it has taken until this year for this application to make its commercial breakthrough.

The chemical effects of ionizing radiation (e.g. gamma radiation, electron beams, x-ray radiation) on polymers have been known for a long time. The effects, which include crosslinking and polymer degradation, essentially result from the breaking open of multiple bonds in the polymer due to the energy input and the subsequent generation of highly reactive chain ends and radicals which in turn undergo secondary reactions. Accelerated electrons can be beneficially used to supply this energy, because unlike gamma radiation sources electron sources can be readily switched off and hence plants can be managed far more easily.

Similarly, complex polymer molecules in living organisms such as chains of DNA are also affected by the energy input. Strand breaks, base loss, denaturation, and longitudinal crosslinking as a result of electron bombardment lead to irreparable damage to DNA molecules and hence to cell death. These effects are the key for the sterilizing effect of accelerated electrons, because amongst other things harmful germs can be killed. The sterilization of medical products with gamma radiation was established on this basis. Gamma radiation passes deeply into materials, resulting in sterilization of the whole volume. For treating seeds, however, such a treatment is totally unsatisfactory because sterile seed grains are no longer able to germinate.

The solution is to use accelerated electrons. In contrast to gamma radiation, the penetration of electrons into materials is much lower and can be accurately adjusted via the kinetic energy of the impinging electrons. Thus the sterilizing effect can be restricted to the surface and a defined outer layer of the seed grains, without affecting the seed embryo or the endosperm inside the seed grain. In the 1990s large-scale trials on cereal seeds were successfully carried out at the Fraunhofer FEP. The seed treatment was undertaken in a vacuum chamber, because the acceleration of freely moving electrons is only possible under high vacuum conditions. This continually operating plant was extremely complex from a technical point of view and there were side-effects on the seeds from the vacuum conditions.

The technological breakthrough came with the development of band emitters at the Fraunhofer FEP. This type of electron source has a linear electron emitter which permits large linear expansion of an electron source with a compact design and uses a so-called Lenard window to pass the accelerated electrons from the evacuated electron source to atmosphere. It hence became possible to treat seed in air via a continuous process. A publicly funded joint project^[1] enabled a mobile prototype production-scale plant to be developed and constructed by the year 2000 in collaboration with Schmidt AG.

Since then, many successful trials have been carried out treating seeds with electrons. Partnerships with plant manufacturers (Schmidt-Seeger AG and its spin-off EVONTA Service GmbH), several agricultural businesses, in particular the BayWa site at Hainichen/Sachsen, and collaboration with, amongst others, the Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA; now the Julius Kühn Institute) and the Saxon State Institute for Agriculture have enabled much practical experience to be gained and have enabled studies on the effectiveness of the plant protection to be carried out in order to optimize the technology. At this time the focus was on treating cereal seed, however rapeseed, the seeds of leguminous crops, and vegetable seed were also studied. In Germany more than 200,000 hectares were sown with electron beam treated cereal seed. An overview was published by the BBA in 2005 of some of the results of these trials^[2].

Despite the recommendation of the BBA and the EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) to use this treatment method for both conventional and organic agriculture and despite its many advantages (no use of chemicals, environmentally-friendly, no dust, cost-efficient), this technology remained in the shadows for 10 years and did not make a commercial breakthrough. The reasons for this are varied and include:

- ▶ the existence of an established and proven technology for the chemical dressing of seed using a functioning sales network and existing plant technology
- ▶ electron treatment of seed has no effect on pathogens in the soil
- ▶ after the electron treatment the seed looks the same to the eye, hence there is no simple way of proving that seeds has been successfully treated
- ▶ the reluctance to use ionizing radiation in the agricultural sector
- ▶ high acquisition costs for an electron treatment plant

^[1] Project title „New generation of eco-friendly seed dressing plants“

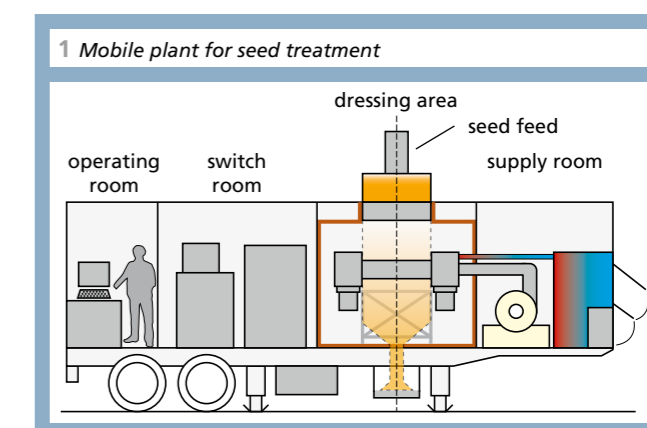
The project was funded by the European Union and the Free State of Saxony.

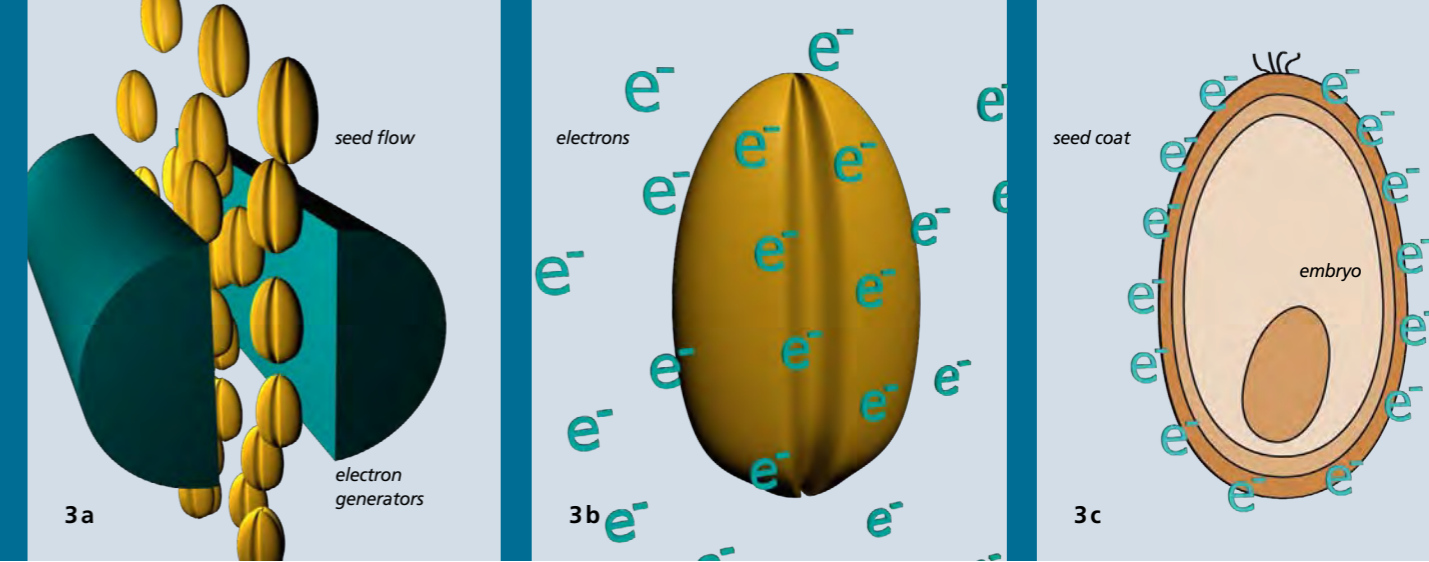
Funding reference: 3433/565

Project partners:

- Schmidt AG
- Fraunhofer FEP

^[2] Communications from the Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem „Electron treatment of cereal seed – Summary and evaluation of results in the field“, no. 399, 2005 (ISSN 0067-5849, ISBN 3-930037-20-3)





The last two years, however, have seen a shift in opinion about seed treatment. Several chemical dressings have had their approval withdrawn. New approvals and hence the development of new chemical dressings have decreased markedly in number. There are a growing number of bacterial pathogens with no effective control agent. There was a serious outbreak of *E. coli* infection caused by sprout seeds. Many existing seed treatment methods are unsuitable for organic agriculture. All these factors have led to reevaluation of alternative strategies for seed treatment worldwide. We were fortunate in being able to acquire Nordkorn Saaten GmbH as a partner for seed treatment in the north of Germany.

The efforts to establish seed treatment using electron beams resulted in the purchase^[3] of the prototype plant by a consortium of BayWa AG and Nordkorn Saaten GmbH in the summer of 2011. In its first year it was utilized to almost full capacity. In collaboration with a new partner involved in plant technology for seed treatment, Röber Institut GmbH, and the users BayWa AG and Getreide AG (and subsidiary Nordkorn Saaten GmbH), a decision has already been made to jointly further develop the process and project applications are being prepared. The objectives include:

- ▶ less expensive and more compact plant technology
- ▶ flexible adaptation to different types of seeds and throughputs
- ▶ integration into existing seed treatment plants

The focus will not only be on traditional cereal seeds but also on corn seed, sensitive sprout seed, and high-value fine seeds.

In 2011 the Fraunhofer FEP started introducing electron beam seed treatment to the Chinese marketplace. The board of the Fraunhofer-Gesellschaft has made substantial PROFIL funds available for this.

The treatment of seed is, however, certainly not the only area of focus. Microbial contamination is also an issue with animal feed (crops used for animal feed and pelleted animal feed) and with foods.

In Germany the treatment of foods with ionizing radiation is forbidden, except on herbs and spices. In contrast, the sterilization of foods – in particular fruit – using ionizing radiation (mostly gamma rays) is increasing worldwide. At the IMRP (International Meeting of Radiation Processing) in Montreal this year, microbe reduction in foods using ionizing radiation took center stage. Driven by cases all over the world where consumers have been put at risk (EHEC in Germany, microbe-contaminated spinach and *E. coli* infections from contaminated minced meat in the USA, and infection due to contaminated fruit in south-east Asia), treatment plants have now been installed all over the world. The export of fruit to the USA is only possible, for example, after radiation treatment. As has been proven, ionizing radiation effectively kills microbes and makes products sterile, without the need for chemical additives or high temperatures and as such is an extremely gentle technique. If foods or their ingredients have been irradiated, it is compulsory all over the world to state this on the label (Fig. 4).

Although such a label tends to make German consumers wary, in the USA this labeling now has a positive status, because it represents a „safe food“.

One argument against the sterilization of foods with ionizing radiation is the effect of the radiation on the food. Reactions in the organic material such as the formation of highly reactive radicals, the breaking up of the chains of organic molecules and hence the generation of cleaved products etc., and their effects on food uptake by the human body have been little researched and are hence deemed to be a risk or danger.

A recent detailed study by the European Food Safety Authority (EFSA)^[4] clearly indicated, however, that there is no chemical or microbiological risk to consumers from this technology. As such, a versatile treatment method is now available for making the food chain management from agricultural production to the end product even safer.

The Fraunhofer FEP would still like to go a step further and for many applications would like to significantly reduce the effect of the ionizing radiation on the product. Microbial contamination of foods is often only present on the surface and in a boundary layer. By customizing the electron treatment it is possible to only irradiate these regions. This is yet another reason for using this gentle, eco-friendly, and reliable technology.

^[3] Further information can be found at:

www.fep.fraunhofer.de/press

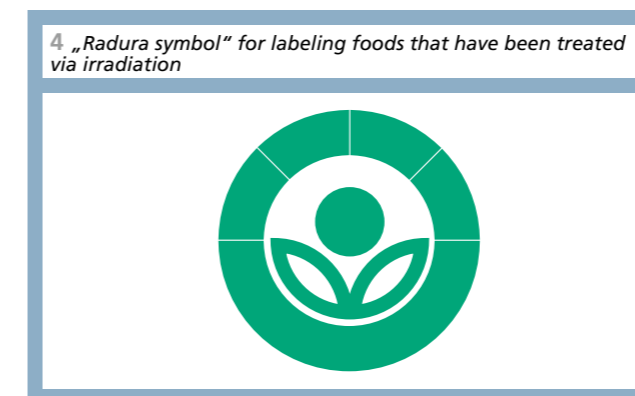
^[4] www.efsa.europa.eu/en/press/news/cef110406.htm

2 Signing of a cooperative agreement for further development of seed treatment technology by:

PETKUS Technologie
Getreide AG
Fraunhofer FEP
BayWa AG

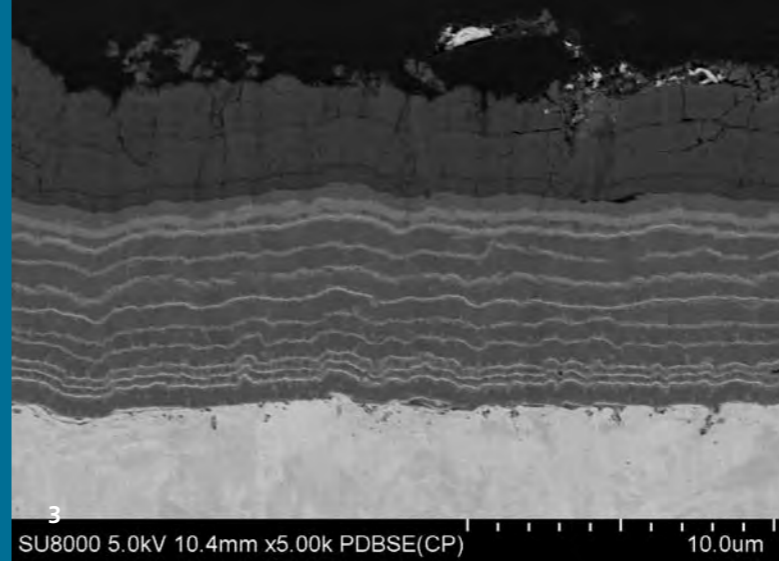
3 The principle of electron treatment:

- a) downstream treatment
- b) all-side treatment with electrons
- c) selective seed coat treatment



CONTACT

Frank-Holm Rögner
Phone +49 351 2586-242
frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de



COATING OF BULK GOODS USING A COMBINATION OF PVD PROCESSES

The treatment of small components as bulk goods is an economically attractive alternative to treating the individual components. However, a number of technological challenges needs to be overcome. Fraunhofer FEP has developed a very promising strategy for this.

Vacuum coating processes for refining the surfaces of components are commercially in wide use. This is, however, only true for the coating of individual components, but not for mass-produced products such as rivets, screws/bolts, nuts, pins, springs, and bearings. Indeed, the latter often have to be coated, either to provide protection against wear or corrosion, or to achieve reduced friction, low contact resistance or to improve the aesthetic appearance.

In order to be able to compete with established methods for coating bulk goods (such as mechanical, chemical, and electrolytic plating or immersion and spin coating), the vacuum coating process must prove its advantages: quality, flexibility, and eco-friendliness. It further has to compete economically regarding its efficiency and resource-saving.

Using the example of rivet elements with corrosion protection coating for the car manufacturing industry, researchers at Fraunhofer FEP have been able to demonstrate the potential of physical vapor deposition (PVD) as an alternative to established processes. The key to success was using a combination of different deposition methods, namely plasma-activated deposition and magnetron sputtering. The coating process as well as the substrate movement can be controlled in a freely programmable way. This allows layer architectures such as gradients and multilayers to be applied for the high-rate

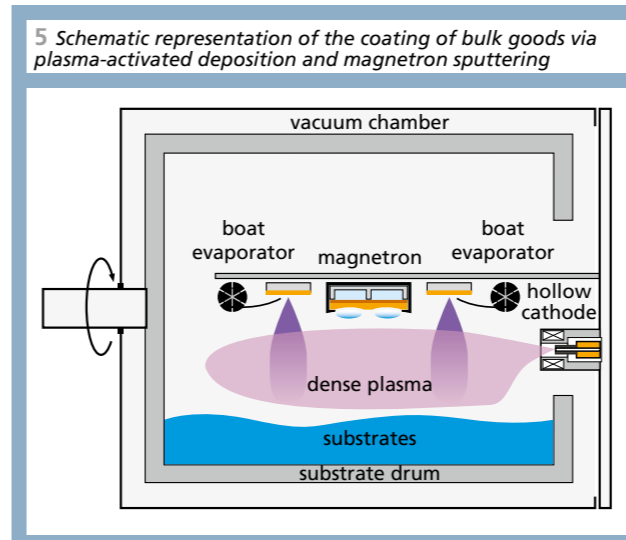
coating of bulk goods. Until now these layer systems were only available for flat substrates and, to a limited extent, for individual components.

As a result of many years of development work, it is currently possible to coat in the plant ALMA 1000, developed at Fraunhofer FEP, up to 30 kg of small parts (such as the blind rivet sleeves shown in Fig. 1) within 60 to 90 minutes with a layer system of about 10 µm thickness. The reliability of the process is so high that in a batch of several thousand coated small parts only a few of them show visible defects – mostly caused by spattering or flakes from the installations. Under the microscope, analysis of cross-sections of the coated rivets showed the uniform coverage on all external surfaces as well as a small, and in most cases acceptable, reduction in the layer thickness in holes and recesses (ca. 30 ... 50%). On increasing the magnification (Fig. 3), the lamella-like fine structure of the corrosion protection layers becomes visible, revealing layers of vaporized aluminum (dark gray regions) and sputtered chromium (light strips). The aluminum provides the cathodic corrosion protection function, whereas the chromium intermediate layers act as diffusion barriers and disrupt the grain growth of the aluminum during the layer deposition. A top passivating layer of aluminum oxide completes the layer stack.

Rivets that have been coated using the new PVD process have received wide interest from industry and are currently being qualified in application tests for use in industrial production. In the coming years further applications can be expected for coating mass-produced products using innovative combinations of PVD processes.

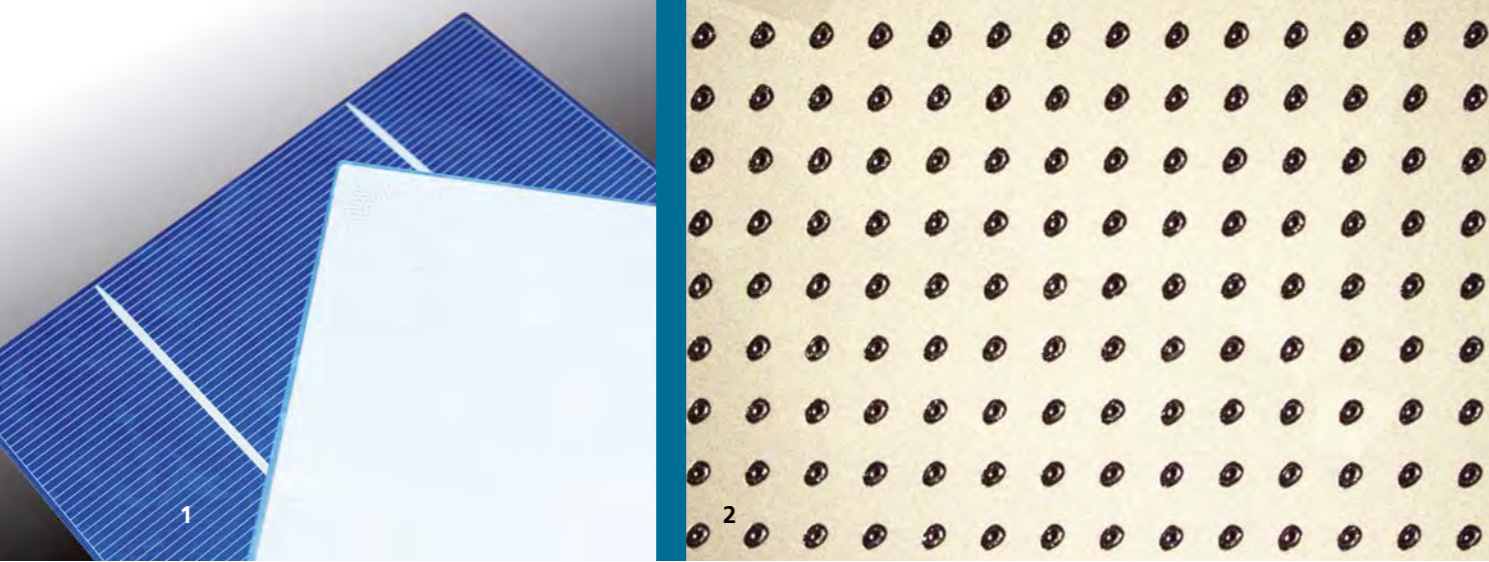
Project funding:
 DFG/AiF cluster project
 „Combined mechanical-medial ageing of riveted joints in hybrid structures“
 Subproject A1
 „Development and evaluation of PVD layer systems on fasteners in order to improve the resistance of riveted joints to ageing“
 (IGF 16249 BR1)

- 1 Batch of blind rivet sleeves (5 kg) prior to coating
- 2 Quality control after coating the bulk goods
- 3 Cross-section of a corrosion protection layer system comprising multiple Al/Cr layers and a top passivating layer of aluminum oxide
- 4 ALMA 1000 plant for coating bulk goods



CONTACT

Dr. Fred Fietzke
 Phone +49 351 2586-366
 fred.fietzke@fep.fraunhofer.de



ELECTRON BEAM FIRED CONTACTS FOR SILICON SOLAR CELLS

The use of high-productivity technologies to manufacture efficient solar cells is a key prerequisite for further cost reduction in the utilization of solar power. Electron beam fired contacts can contribute to this, in particular in vacuum process lines.

Research and development work on crystalline silicon solar cells is focused on further enhancement of the efficiency of the solar cells and on reduction of the production costs. A standard process for improving the efficiency is passivation of the solar cell surface with layers or a layer system having a thickness of a few tens of nanometers. These usually consist of silicon dioxide or silicon nitride and are manufactured using vacuum processes. The passivation reduces the surface recombination rate and so helps to minimize charge carrier losses. In order to manufacture contacts to conduct the current, it is however necessary to locally open these electrically insulating layers. For example, this is carried out prior to applying the metal back contact using a pulsed laser at atmospheric pressure.

After applying the passivation layer in a vacuum, the base idea behind this project was to directly carry out further process steps in a vacuum. Electron beam technologies can be advantageously used for this. It was demonstrated, in principle, that the aluminum back contact can be applied by high-rate electron beam deposition. In a subsequent step, a focused electron beam (beam diameter ca. 50 μm) is used to locally join the aluminum layer to the silicon base material via local melting, with the intermediate passivation layer being opened at this point (Fig. 4). For these local electron beam fired contacts (EBFCs) it is beneficial if the effective properties of

the passivation layer remain intact over much of the surface. Simultaneously there is local diffusion of aluminum, which lowers the contact resistance and also reduces the charge carrier recombination in the contact region.

Besides the ability to use the electron beam in a vacuum, this technology has some other advantages over the normally used laser tools for making the contact:

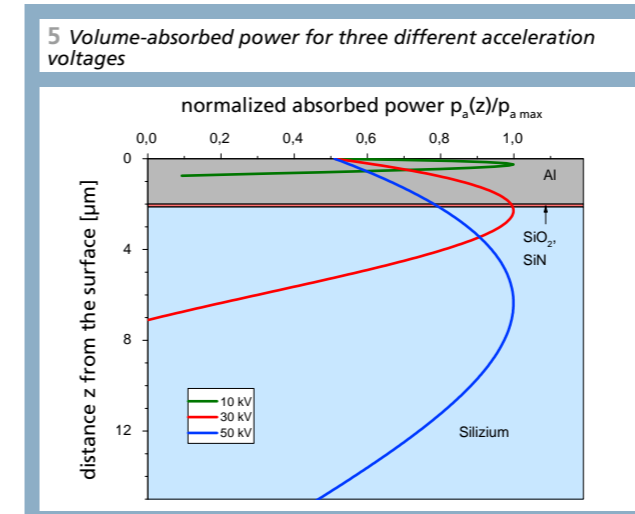
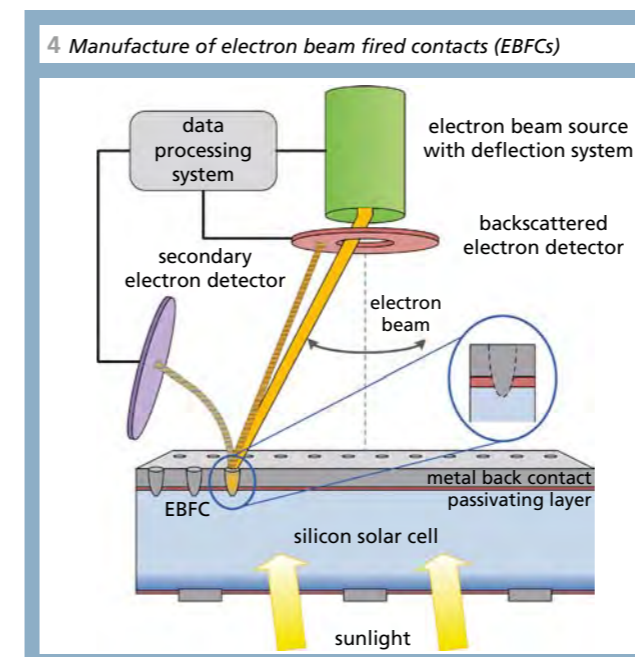
- ▶ the electron beam is a particle beam having a characteristic energy absorption in the volume. In contrast to the near-surface absorption of laser light, the main energy input can be customized by varying the acceleration voltage of the electrons depending on the layer thickness to be penetrated (Fig. 5).
- ▶ the inertia-free deflection system of the beam allows very high processing speeds. The manufacture of contacts for one solar cell per second is realistic.
- ▶ secondary effects of the electron beam such as secondary electrons or backscattered electrons can be used to monitor and control the process.

Solar cell efficiencies of 12.7 percent have already been measured on the first solar cells with vapor-deposited metal backs and electron beam fired contacts (Fig. 1).

The project was funded by the European Union and the Free State of Saxony.
Funding reference: 12896/2155

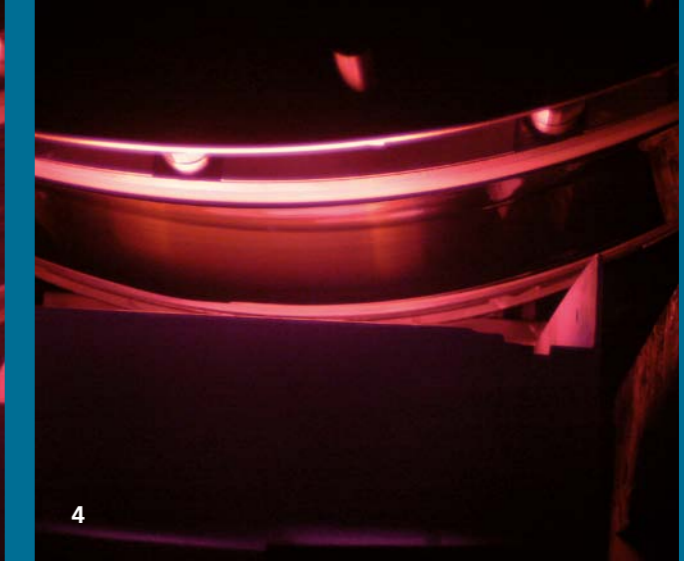
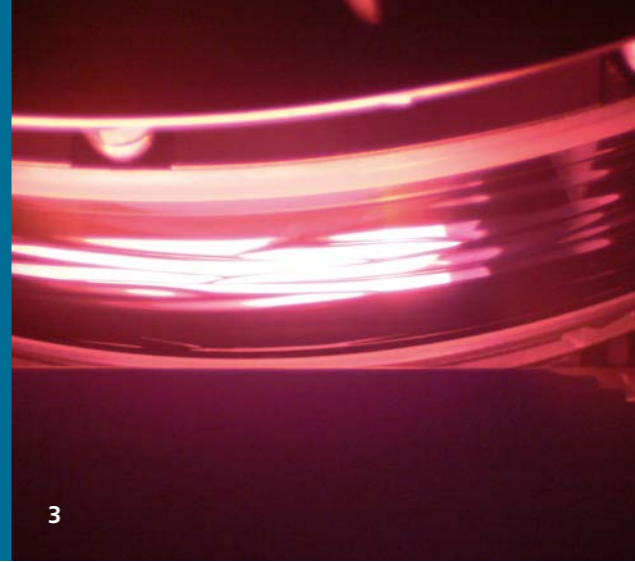
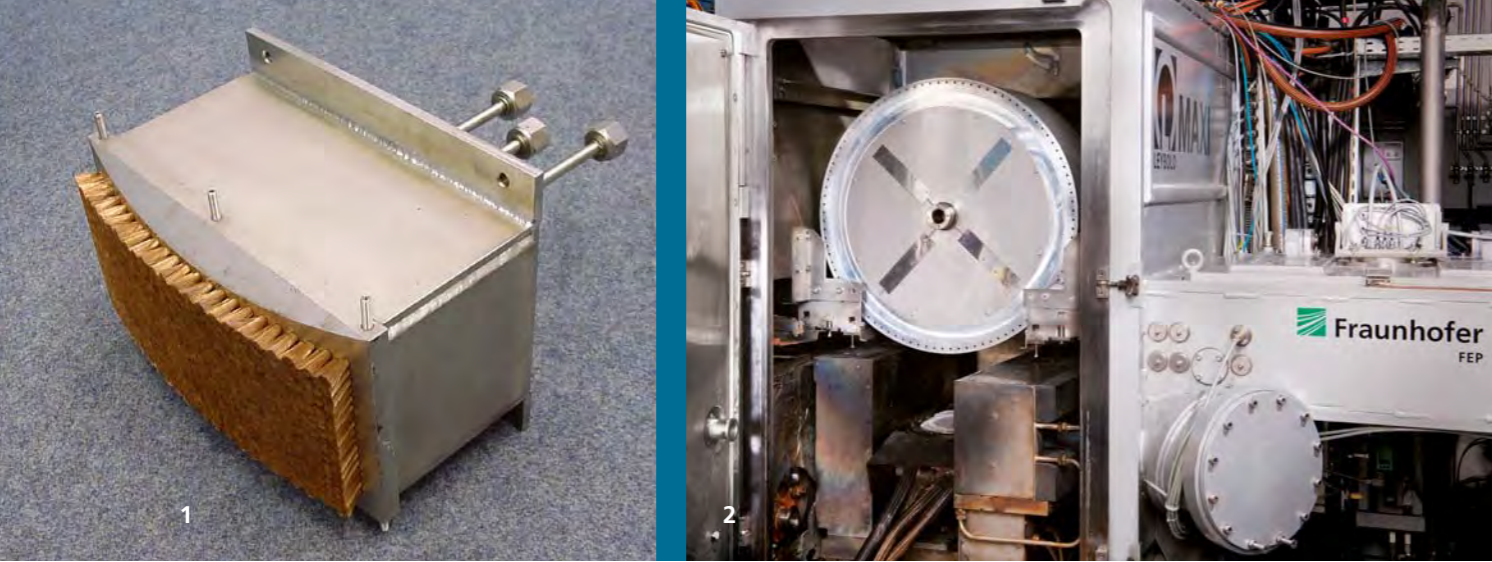
Project partners:
■ Roth & Rau AG
■ Fraunhofer FEP

- 1 Solar cell with EBFC back contact
- 2 EBFC grid
- 3 ERICA cluster plant for coating and structuring processes



CONTACT

Benjamin Graffel
Phone +49 351 2586-212
benjamin.graffel@fep.fraunhofer.de



DEVELOPMENT OF A NEW METHOD FOR STRIP COOLING FOR HIGH-RATE COATING

The full potential of high-rate vacuum coating has not always been able to be realized in the past because heat causes deformation of the substrate strips or damage of the layers. Newly developed methods for strip cooling are allowing these limitations to be overcome.

The realization of a substrate cooling system within a vacuum plant is extremely complex because efficient heat transfer processes require the presence of matter. The heat contact between two solids, here from a strip-form substrate to a cooling body, is limited by the microscopic roughness of the surfaces. A brush-like covering on the cooling body (see Fig. 1,^[1]) is able, due to its flexibility, to even out the microscopic roughness. There is a greater number of solid-solid contact points for heat transfer and this considerably increases the efficiency of cooling strip-form substrates.

Measurement of the heat transfer coefficient gave values up to 120 W/m²K. Values for currently used cooling drums are only about 50 W/m²K. In order to use a brush cooling device there is a need to optimize the strip tension in relation to the cooling effect, and the roughness of the back side of strips.

A further cooling method has been developed for strips with sensitive surfaces^[2]. For this a gas was passed into a gaseous cooling drum (see Fig. 2 and 5) in the gap between the strip and drum surface.

In order to achieve high heat transfer coefficients, gas pressures of at least 5 mbar and up to 100 mbar are required. As process pressures of 10⁻⁴ mbar have to be maintained for the vacuum coating, a local pressure difference of up to six orders

of magnitude must be guaranteed. The special challenge is that the chamber of high pressure can only be sealed by a moving strip. Figure 5 schematically shows that there are two pump stages which minimize the gas flowing into the process chamber of the vacuum plant. Figure 6 shows that the desired separation of the gap from the process chamber can be successfully realized and that low process pressures of even below 10⁻⁵ mbar can be maintained when operating the gaseous cooling drum. The most important result from Figure 6 is that heat transfer coefficients of up to 200 W/m²K were demonstrated for the first time. Figure 4 shows that the strip cooling leads to fold-free and reject-free strip transport in the hot zone.

Strip cooling will be further optimized at the Fraunhofer FEP in the future, but even at this stage this is opening up new perspectives for applications of high-rate vacuum deposition processes.

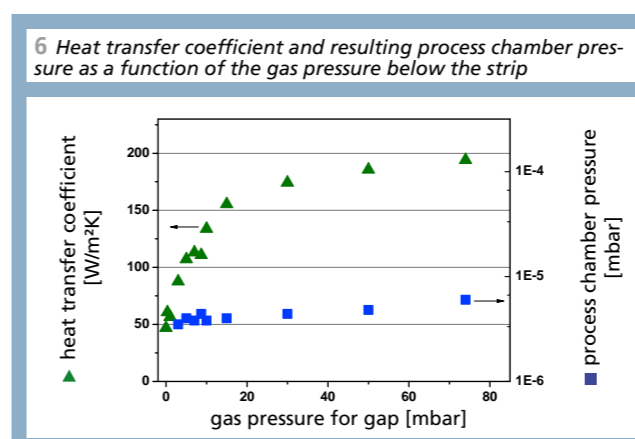
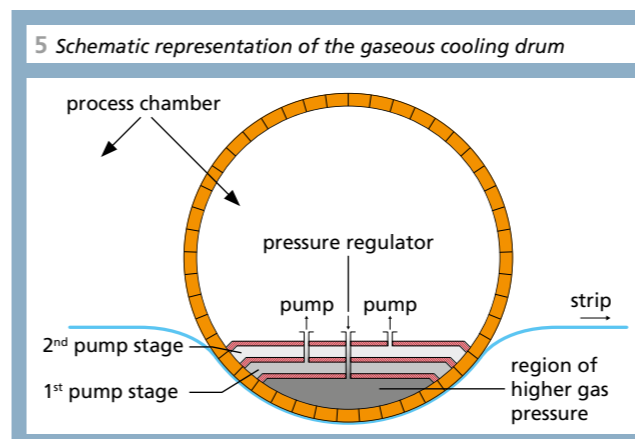
The project was funded by the European Union and the Free State of Saxony.
Funding reference: 14274/2473

Project:
„New technologies for solar applications“

Project partners:
■ VON ARDENNE
Anlagentechnik GmbH
■ Fraunhofer FEP

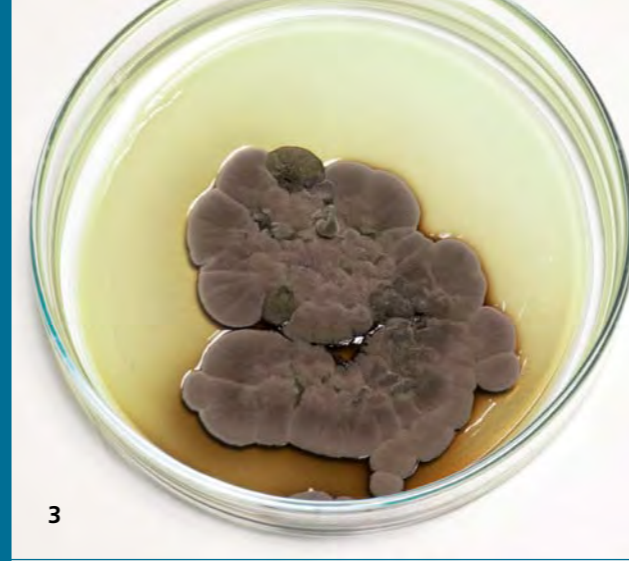
^[1] EP 1674591, Device and process for cooling substrates
^[2] EP 1802786, Device and process for cooling strip-form substrates

- 1 Cooling body with brush covering
- 2 Gaseous cooling drum in the coating chamber of the MAXI plant
- 3 Insufficient strip cooling leads to increased folding of steel strips
- 4 Effective strip cooling prevents damage to the strips when there is high heat input



CONTACT

Dr. Jens-Peter HeinB
Phone +49 351 2586-244
jens-peter.heinss@fep.fraunhofer.de



SUCCESSFUL DESTRUCTION OF MICRO-ORGANISMS IN A FLUIDIZED BED

In the EB-CIP (Electron Beam – Cleaning In Place) joint research project, which started in 2008, radiation-induced cleaning processes in fluidized beds were studied. This project was carried out jointly with GLATT Systemtechnik GmbH and was funded by the Saxon State Ministry for Science and the Arts (SMWK).

Medical and pharmaceutical products are subject to strict requirements regarding product quality and microbiological cleanliness. For this reason, the raw materials (usually granulates) must be totally germ-free. A joint research project, funded by the Saxon State Ministry for Science and the Arts (SMWK) and being carried out with GLATT Systemtechnik GmbH, has developed a new plant concept for freeing fluidized raw materials, destined for pharmaceutical products, from harmful microorganisms.

A fluidized bed plant (Fig. 2) is used to irradiate the powder with UVC rays (254 nm) during the granulation process, meaning that the individual layers in onion-like granulate structure grow germ-free (Fig. 5).

In the first phase of testing, the effectiveness of UVC radiation on a test organism (the fungus *Saccharomyces cerevisiae*, also known as baker's yeast) was studied. After just 5 seconds of irradiation all the fungi were killed (survival rate 0%).

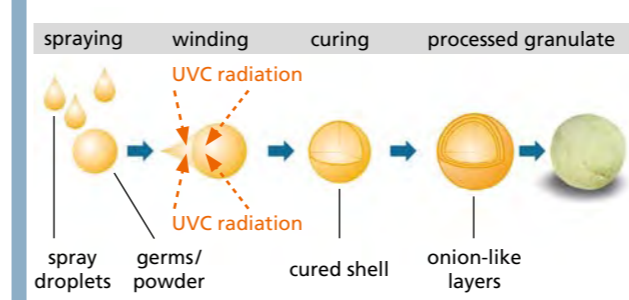
In the second phase of testing, an organic maltodextrin powder was sprayed with a suspension of baker's yeast as a contaminant. The aim was to obtain granulate with a maltodextrin core and onion-like layers of inactive yeast powder. Constant treatment with UVC radiation during the granulating process in the fluidized bed led to the microorganisms being

killed within a short time. Non-irradiated granulate and granulate that had been exposed to a temperature of 100°C in the fluidized process showed a greater number of undesirable active cells (Fig. 6).

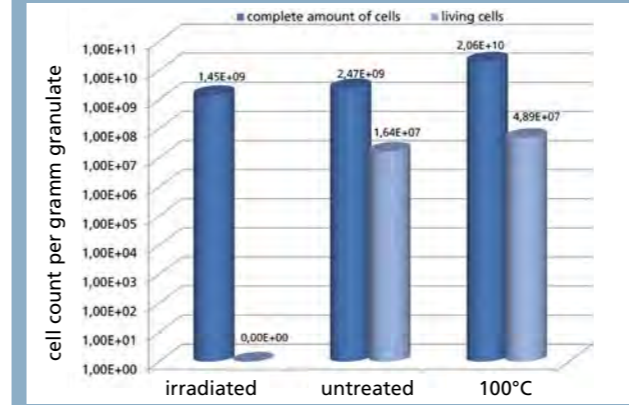
In the third phase of testing, a black mold (*Aspergillus niger*) applied to powder-form dicalcium phosphate dihydrate was irradiated. Dicalcium phosphate dihydrate is an important raw material in the pharmaceutical and food industries. Germ reduction via exposure to heat is not an option because temperatures of over 60°C release water of crystallization from the dihydrate, making it of lower quality and unusable. UVC irradiation allowed the number of living microorganisms to be reduced by about 98 percent in just 4 minutes (Fig. 7), without any heat-induced quality loss.

The tests that were undertaken demonstrate that the plant concept developed in the project is suitable for manufacturing germ-free granulates in a fluidized bed process. The UVC radiation, however, only acts on the surface. It is planned to carry out further tests using electron beams in order to also kill germs in the bulk.

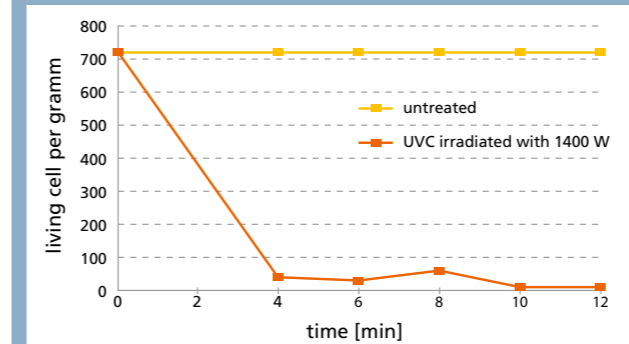
5 Fluidized bed process for manufacturing granulates



6 Inactivation of yeast cells in the granulation process



7 Irradiation of dicalcium phosphate dihydrate contaminated with black mold



The project was funded by the European Union and the Free State of Saxony.
Funding reference: 13344/2269

Project:
„EB-CIP (Electron Beam – Cleaning in Place)“

Project partners:

- Glatt Systemtechnik GmbH
- Fraunhofer FEP

Project term:

October 2008 – December 2011

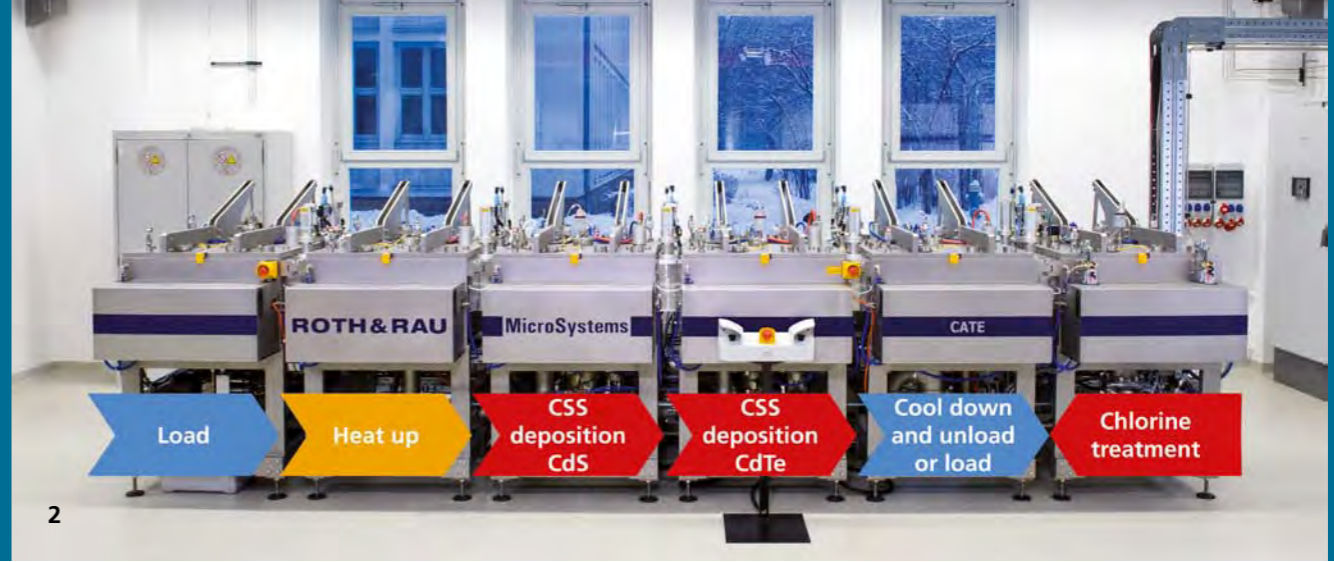
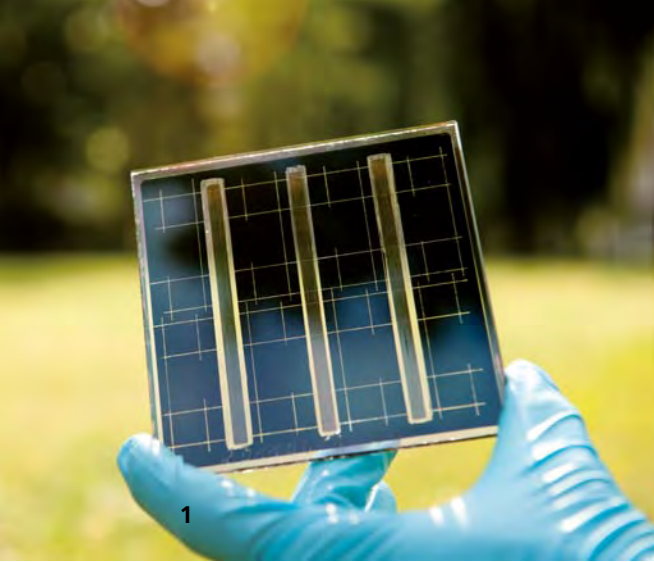
- 1 Fluidized particles during the UVC treatment
- 2 Fluidized bed plant
- 3 Black mold (*Aspergillus niger*)
- 4 Baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*)



CONTACT

Christoph Kleemann
Phone +49 351 2586-479
christoph.kleemann@fep.fraunhofer.de

André Weidauer
Phone +49 351 2586-164
andre.weidauer@fep.fraunhofer.de



CdTe THIN FILM PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY AT FRAUNHOFER FEP

Fraunhofer FEP has been involved for many years in developing various individual layers for photovoltaic applications. Because of a joint project with Roth & Rau AG now the entire process technology for thin film solar cells is available in the institute. Using new plant technology combined with analytical process monitoring complete cadmium telluride solar cells are being made and optimized.

Cadmium telluride (CdTe) based solar modules combine the advantages of high efficiency and low production costs due to a rapid thin film coating process. They are hence very attractive for industrial applications. A joint project with Roth & Rau AG, funded by the EU and the Free State of Saxony, has enabled the entire process technology for manufacturing CdTe based solar cells in the superstrate configuration with a size of 10 cm x 10 cm on glass substrates to be developed (Fig. 1).

The process chain realized at the Fraunhofer FEP involves the deposition of the transparent front contact, the deposition of the cadmium sulfide (CdS) window layer and the CdTe absorber layer which form the heterojunction at their interface, the chlorine activation, the tellurium enrichment at the junction to the back contact layer and the deposition of the back contact layer.

The deposition of indium tin oxide and zinc oxide based TCO (transparent conductive oxide) front contact layers, of barrier layers for stabilizing the glass surface, and of buffer layers for modifying the electronic structure are carried out using pulse sputtering technology on the in-line plant ILA 750. Standard substrate glass precoated with fluorine-doped tin oxide layers were also included in the studies. The coating of the substrates with the CdS window layer and the CdTe absorber layer was

undertaken using the CSS (close-spaced sublimation) method by sublimating the materials in the in-line coating plant CATE (Fig. 3). The coating plant has a loading chamber, a heating chamber for the substrate, two CSS evaporation chambers for CdS and CdTe deposition, an unloading chamber, and a chamber for activation of the layers using chlorine-containing gas mixtures. The whole plant is equipped with radiation heaters for temperature management.

The activation of the absorber layer and heterojunction is being undertaken using either by the classical wet chemical treatment or by dry processing in the chlorine treatment chamber of the CATE plant. For the ongoing research work, gold contacts with temporary functionality are used for back contacting. In parallel, work is being carried out to develop an antimony telluride (SbTe) based back contact system.

Key aspects of the project work are tests on thinner and hence less absorbing CdS window layers, on reducing the layer thickness of the CdTe absorber, and on optimal chlorine treatment with regards to recrystallization, enhanced p-doping of the absorber layer, and overcoming the lattice mismatch of window and absorber materials. In addition, the chlorine activation also affects the properties of the CdS window layer and the buffer layer between the TCO and window layer. The surface properties of the TCO layers exert a further effect

on the morphology of the CdS window layer. The complex mutual influences on different properties on each other could only be understood gradually via extensive analytical studies (see the article: „Characterization of CdTe thin film solar cells“ by Dr. Olaf Zywitzki).

To evaluate the cell properties, an I-V test unit with sun simulator and a quantum efficiency test unit are available. The work is allowing continuous increase in the solar cell efficiency. At present, an efficiency of 13.0 percent (with gold back contact) has been demonstrated.

The realization of the entire CdTe process chain means that the Fraunhofer FEP can gain considerable new expertise in the area of thin film photovoltaic technology.

The project was funded by the European Union and the Free State of Saxony.

Funding reference: 14549/2533

1 Segmented solar cell for measurement purposes

3 CdTe process chain at the in-line coating plant CATE

■ Working pressure:

1×10^{-3} mbar

■ Substrate temperature:

500 ... 520°C

■ Dynamic coating:

0.5 ... 1.5 ml/min

■ Substrate size:

10 x 10 cm²

2 In-line coating plant CATE

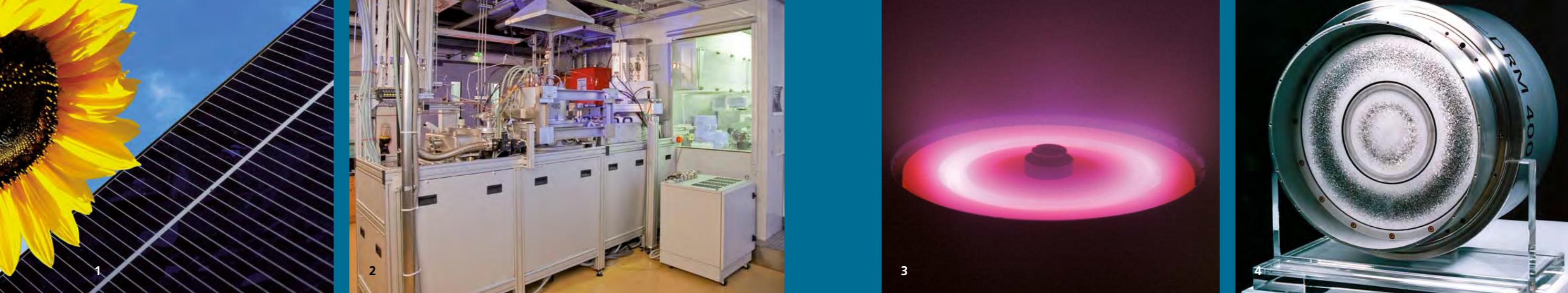


CONTACT

Dr. Henry Morgner

Phone +49 351 2586-209

henry.morgner@fep.fraunhofer.de



MAGNETRON-PECVD DEPOSITION OF AMORPHOUS AND MICROCRYSTALLINE SILICON LAYERS

Amorphous silicon layers are used, amongst other things, in thin film photovoltaic technology and as a material for thin film transistors. Magnetron-activated PECVD processes allow deposition of such layers at high rates and on large surfaces.

The magnetron-PECVD process is a PECVD (plasma-enhanced chemical vapor deposition) process in which a magnetron sputter source is used as the plasma source. In 2008 we reported on this new coating technology for the first time. The following year saw the first transfer of the plant technology to industrial production. Up until now, the precursors for the layer formation have been silicon-containing organic monomers such as HMDSO^[1] and TEOS^[2]. A schematic representation of the magnetron-PECVD process with a double ring magnetron sputter source (DRM 400, see Fig. 4), as used for the development work, is shown in Figure 6.

The use of a magnetron as a plasma source allows the PECVD process pressure to be reduced to the pressure of sputter processes. This allows easy combination of PECVD process with sputter processes. In addition, the technology requires no complex impedance matching as is the case for HF-PECVD. In order to coat large surfaces for industrial production, it is necessary to scale up the technology. Magnetron sources of 2 meters with a homogeneous plasma distribution are already commercially available, meaning that this technology can be used for coating large areas.

By using monosilane and hydrogen precursors, intrinsic amorphous (a-Si:H) and microcrystalline (μ c-Si:H) silicon layers can be deposited which can, for example, be used in thin film photovoltaic technology as the absorber material (Fig. 1). In order to evaluate the potential of the process for this application, a test series was undertaken on a laboratory plant using the double ring magnetron DRM 400. The layer properties that have been achieved are shown in Figure 5. The amorphous layers have high photosensitivity (light conductivity/ dark conductivity). The best amorphous layers to date have been deposited at rates up to 5 times higher than in PECVD processes with other plasma sources. The hydrogen content and the microstructure parameters (a measure of the hydrogen bond distribution) require, however, further optimization. First microcrystalline layers having a crystal fraction of 70 percent were also manufactured.

The high coating rate, the layer properties thus far achieved for amorphous silicon, and the ability to also deposit microcrystalline layers make this process promising for thin film photovoltaic technology.

The project was funded by the European Union and the Free State of Saxony.

Funding reference: 12896/2155

^[1] HMDSO:

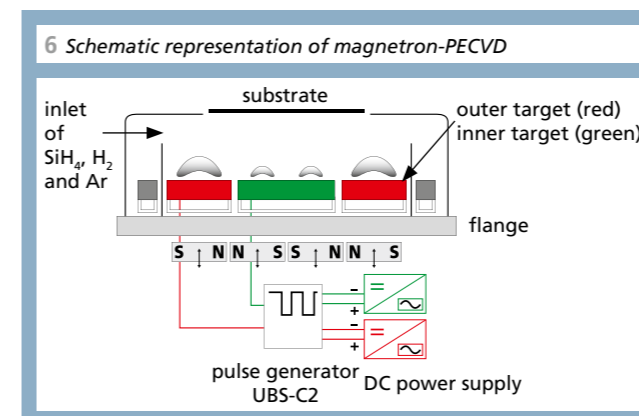
Hexamethyldisiloxane

^[2] TEOS:

Tetraethylorthosilicate

- 1 Thin film solar cell
- 2 Cluster 300 experimental plant for stationary magnetron sputtering
- 3 Plasma from a ring magnetron
- 4 Double ring magnetron DRM 400

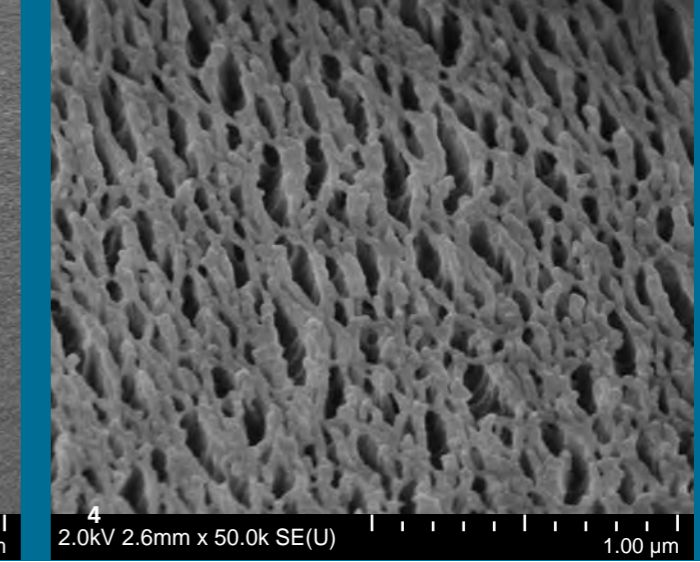
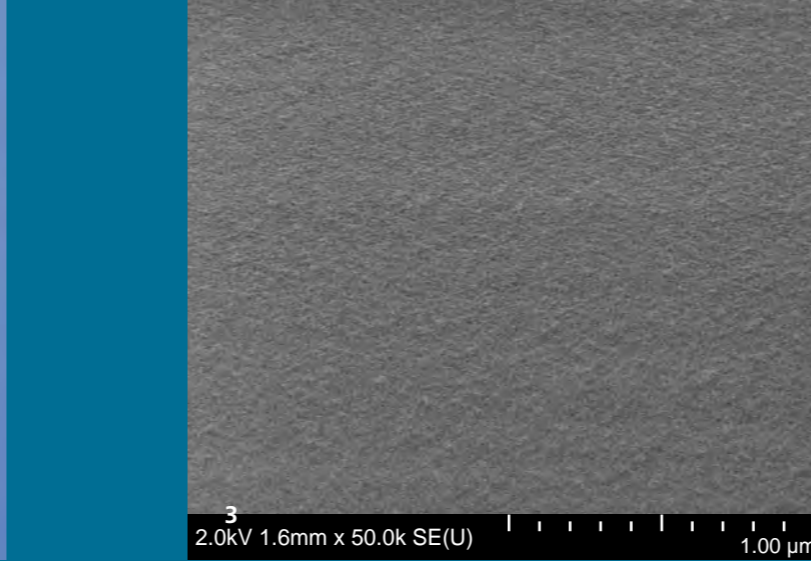
5 Layer properties of amorphous (a-Si:H) and microcrystalline (μ c-Si:H) silicon		
properties a-Si:H	Fraunhofer FEP sample	literature value
dark conductivity	$2.9 \times 10^{-12} (\Omega\text{cm})^{-1}$	$< 1.0 \times 10^{-10} (\Omega\text{cm})^{-1}$
light conductivity	$1.0 \times 10^{-6} (\Omega\text{cm})^{-1}$	$> 1.0 \times 10^{-5} (\Omega\text{cm})^{-1}$
light / dark conductivity	2.5×10^5	$> 1.0 \times 10^5$
hydrogen content	21.2 at. %	9 ... 11 at. %
microstructure parameter R*	0.6	$< 0,1$
band gap (Tauc-method)	2.0 eV	1.8 eV
coating rate	2.7 nm/s	0.5 nm/s
properties μ c-Si:H	Fraunhofer FEP sample	literature value
crystalline fraction	70%	60 ... 80%
coating rate	1.2 nm/s	0.4 nm/s



CONTACT

Pierre Pötschick
Phone +49 351 2586-377
pierre.poetschick@fep.fraunhofer.de

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



PoLAR: NANOMETER STRUCTURES ON SQUARE METER SURFACES

Nanostructured surfaces are usually associated with dimensions of a maximum of a few square centimeters. The PoLAR project^[1] (Polymeric surfaces with anti-reflection properties) has developed a technology for manufacturing large-area nanostructured polymer surfaces.

Nanostructured surfaces allow products with completely new properties for example with regards to their optics and surface energy. The downside is that many of the processes for producing such surfaces have little potential for mass production.

It is known that polymer films can be coated in roll-to-roll plants very effectively. The film in the form of a roll is fed into the plant and coated by passing over process stations. Figure 5 shows such a roll-to-roll plant (the *coFlex*[®] 600) at the Fraunhofer FEP for coating polymer films.

The roll with the substrate film is placed on the unwinding shaft. The web drive transports the film through the six processing stations up to the rewinding shaft. Dual magnetron systems (DMS) are installed in the processing stations. Depending on the desired coverage, up to six layers can be applied to the film via magnetron sputtering or magnetron PECVD processes in one run. The film width is 600 mm and roll lengths are typically several kilometers. The plant thus allows large areas to be coated without interruption of the vacuum.

A process^[2], that has been developed at the Fraunhofer IOF in Jena, utilizes the self-organizing formation of nanostructures on polymer surfaces during ion bombardment. Using this method, nanostructured surfaces can be produced without the otherwise common lithographic or replication steps.

To realize this process a plasma or ion source is required which guarantees homogeneous bombardment of the surface with ions.

From these preliminary considerations it is clear that the adaptation of the structuring process for web coating plants represents a unique opportunity for generating nanostructured surfaces on large areas. However, a plasma or ion source is required which provides adequate productivity in the process, which can be easily installed in web systems, and which allows stable process operation over a period of several hours. The PoLAR project was set up in order to tackle these challenges. The primary application goal was to manufacture a film with anti-reflection properties. A dual magnetron system was identified in the project as a suitable ion source. Sources of this type are usually used for coating. However, working in an oxygen-rich atmosphere suppresses film formation and considerably promotes ion bombardment of the substrates. This was proven by diagnostic plasma tests. Using DMS sources it was possible to produce a polyethylene terephthalate (PET) film with anti-reflection properties at a productivity (web speed) of 0.5 m/min per station. Figure 6 shows that the degree of anti-reflection of a film produced in the PoLAR process is comparable to that of a 4-layer interference system. It was also demonstrated that the process can be readily adapted for a variety of substrate materials. For example, films

made of triacetate cellulose (TAC), fluorine-containing polymer films (ETFE) right through to special customer substrates can be provided with anti-reflection properties using this process.

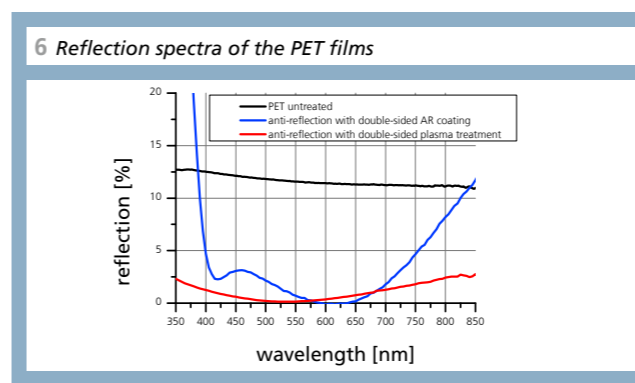
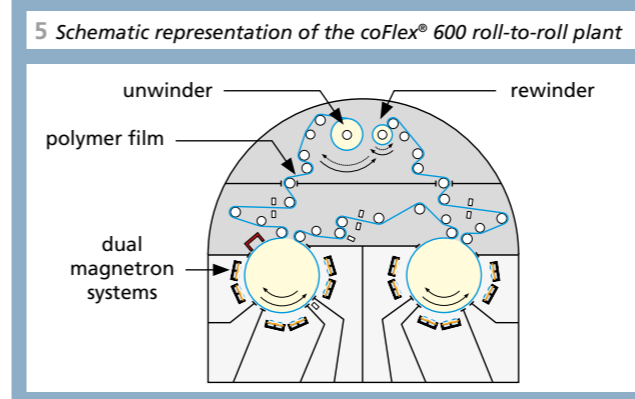
Project funding:
Federal Ministry of Economics and Technology

Project:
"Promotion of innovative networks" (Innonet)
Funding reference: 16IN0723

- [1] Project partners:**
- Fraunhofer IOF
 - Fraunhofer FEP
 - TU Dresden
 - Faculty of Electrical and Computer Engineering, Institute for Solid-State Electronics
 - Southwall Europe GmbH
 - Island Polymer Industries GmbH
 - Leica Microsystems GmbH
 - Rodenstock GmbH
 - SeeReal Technologies GmbH
 - Roth & Rau Microsystems GmbH
 - NOWOFOL Kunststoffprodukte GmbH & Co. KG
 - Johnson Controls GmbH

[2] DE 10 2006 056 578 A1

- 1 Roll-to-roll plant *coFlex*[®] 600
- 2 Left: anti-reflective PET film with PoLAR treatment; Right: untreated PET film
- 3 SEM micrograph of an untreated PET film
- 4 SEM micrograph of a PET surface etched using the PoLAR technology



CONTACT

Dr. Matthias Fahland
Phone +49 351 2586-135
matthias.fahland@fep.fraunhofer.de

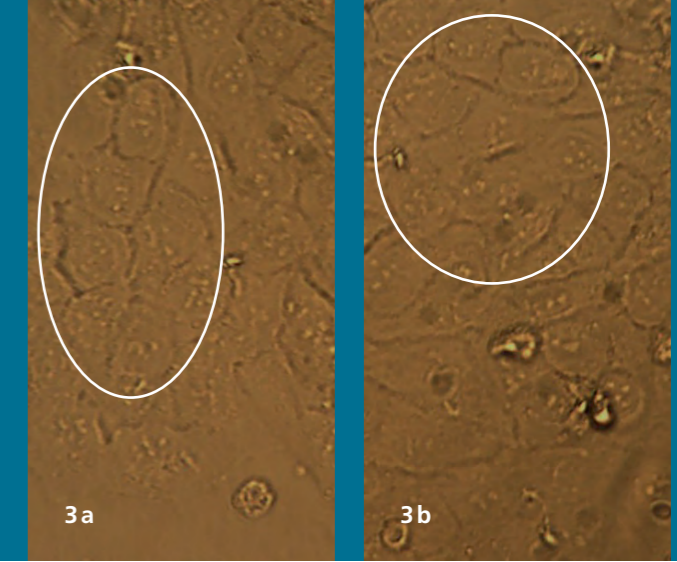
Waldemar Schönberger
Phone +49 351 2586-139
waldemar.schoenberger@fep.fraunhofer.de



1



2



3 a

3 b

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF BIORESONANCE THERAPY

Bioresonance therapy is an alternative method of physical medicine. The effectiveness of bioresonance is greater than a mere placebo effect, but up until now its scientific basis has not been identified. This has now been investigated at a cell biological level in the biomedical laboratory unit of the Fraunhofer FEP.

Bioresonance therapy involves using harmonizing, organ-specific resonances and is already utilized in physical medicine. Some successful healing has been demonstrated, particularly for illnesses of the thyroid gland. However, up to now there has not been a clear scientific basis for this which eliminates placebo effects. Studies on cell cultures have the major advantage that no placebo effects are possible.

As part of a pilot study, test models were developed in our biomedical laboratory unit to study the effect of harmonizing resonances from various bioresonance devices (Fig. 1) on specific biological processes in cell cultures. Cell changes such as stimulation of the cell metabolism and cell cycle activity provide information about any revitalizing or healing effect of the resonances.

In order to determine the effect on different types of tissue, two cell types were used: human connective tissue cells (fibroblasts) and human keratinocytes from epithelial tissue. As keratinocytes are similar to epithelial cells from the thyroid, correlations can be made about the potential effect of the resonances on the function of the thyroid gland. The tests studied the effects of various bioresonance devices on healthy and damaged cells. Here, moderate damage was achieved using cycloheximide.

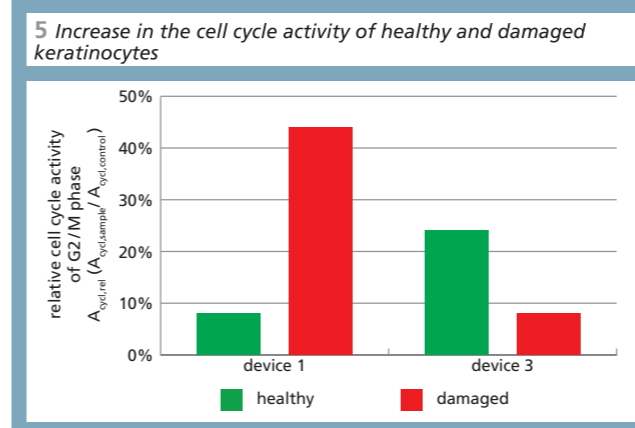
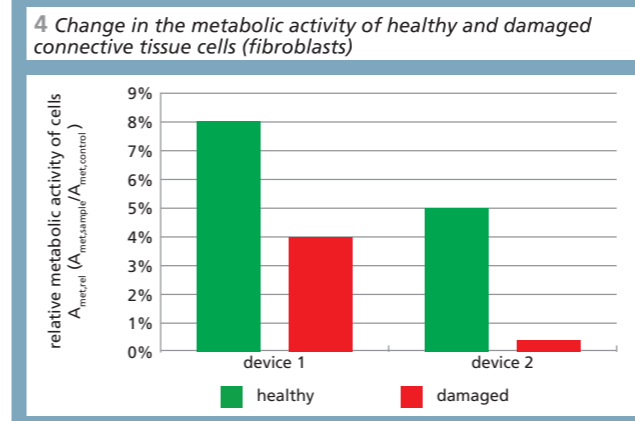
The tests showed that harmonizing resonances increased the metabolic activity of healthy connective tissue cells by up to 8 percent and that of damaged connective tissue cells by up to 4 percent (Fig. 4). The measurement of the metabolic activity of keratinocytes has so far only given unspecific values. However, these cells showed interesting results regarding cell repair: Both damaged and healthy keratinocytes showed significantly increased cell division activity, with this being up to 44 percent more depending on the bioresonance device (Fig. 5). Considerably less activation of the cell division was found for the connective tissue cells (ca. 10%). Important to note here is that the treatment did not change the morphology of either cell type (Fig. 3a/b), meaning that no adverse side-effects of the resonances have been observed.

These tests demonstrated that measurements of the metabolic activity of the cells and cell division activity are most suitable for studying the effect of harmonic resonances on *in-vitro* cell cultures. It was also shown that diverse types of tissue respond differently to the resonances. We plan to undertake further studies in order to individually adapt the excitation frequency to the cell type and therapeutic field of use.

The need for objective measurements regarding alternative medical therapies is emphasized by the huge interest shown in the publications from this pilot study. Indeed, we have already

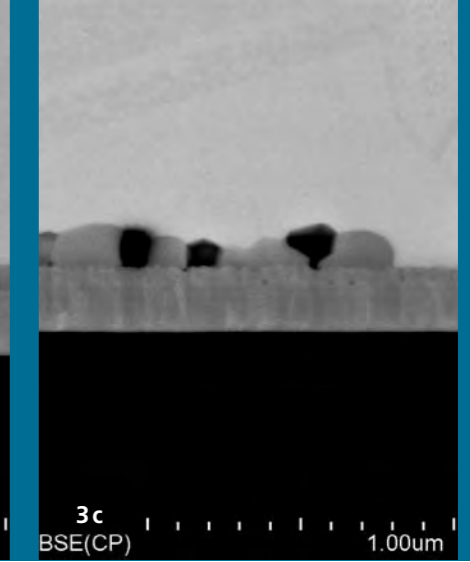
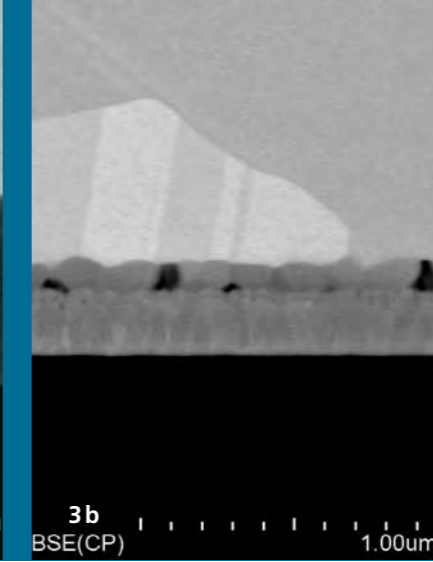
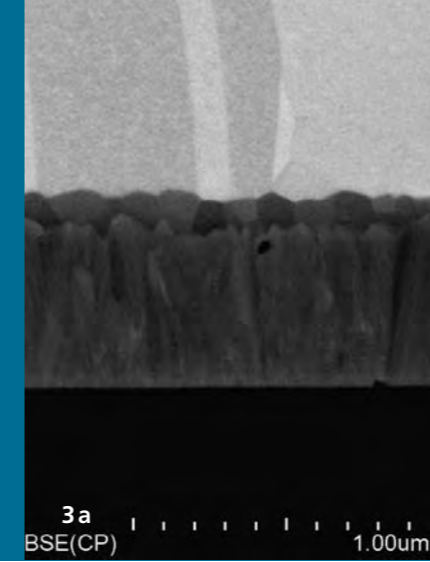
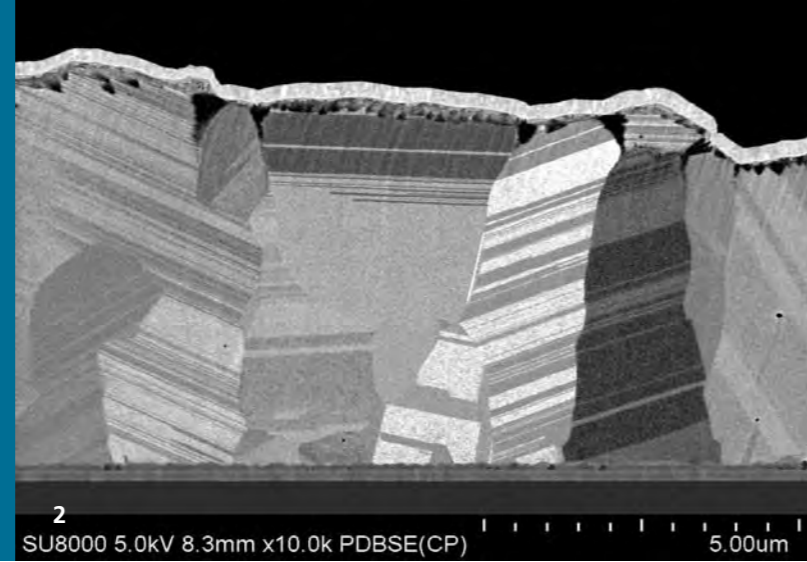
received requests from Asia, in particular from Japanese companies, where physical medicine has a long tradition. The Vereinigung zur Förderung der Schwingungstherapie e. V. (German Association for the Promotion of Resonance Therapy) deems the study to be an important milestone for the advancement of this type of therapy.

- 1 Bioresonance devices which were used
- 2 Biomedical laboratory unit at Fraunhofer FEP
- 3 Microscope images of keratinocytes (100-fold magnification);
a) before the bioresonance therapy
b) after the bioresonance therapy



CONTACT

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



CHARACTERIZATION OF CdTe THIN FILM SOLAR CELLS

High-resolution field emission scanning electron microscopy provides improved understanding of the effect of process parameters on the structure, microstructure, and interfaces of CdTe thin film solar cells and hence contributes significantly to enhancing solar cell efficiency.

A typical CdTe solar cell consists of a layer stack which in the so-called superstrate configuration is designed for light incidence via the float glass side. Below the glass there is a transparent conducting oxide (TCO) as the front contact, an about 100 nm thin n-conducting CdS layer, a 3 to 4 μm thick p-conducting CdTe absorber layer, and a metallic back contact (Fig. 4).

In order to characterize the microstructure and the interfaces between the layers, polished cross-sections of the solar cells are prepared using ion polishing. Analysis is then undertaken via high-resolution field emission scanning electron microscopy (FE-SEM, Fig. 1). This allows a variety of different signals to be detected giving different information about the sample. The microstructure of the layers can be analyzed in crystal orientation contrast, whilst regions having different chemical composition can be detected in atomic number contrast. Different doping can be detected in potential contrast.

The example FE-SEM micrograph in Figure 2 shows the ion-polished cross-section of a fully processed CdTe solar cell. The crystals in the individual layers can be readily seen in crystal orientation contrast. An optimized CdTe absorber layer is observed to have a block structure with a lateral crystallite size of 1 to 2 μm without noticeable porosity at the grain boundaries. Within the crystallites, twins are present as lattice defects.

On the surface of the CdTe layer there is a tellurium-rich top layer that can be observed as a gray strip. This is required for improved connection to the metal back contact.

A very important process step in the manufacture of CdTe solar cells is the CdCl₂ activation. Several processes occur simultaneously during the activation and these have a major effect on the efficiency of the solar cell. For example, the activation establishes or improves the p-conduction within the CdTe layer. The activation also causes grain growth, recrystallization and diffusion processes which affect the formation of the n-conducting CdS layer.

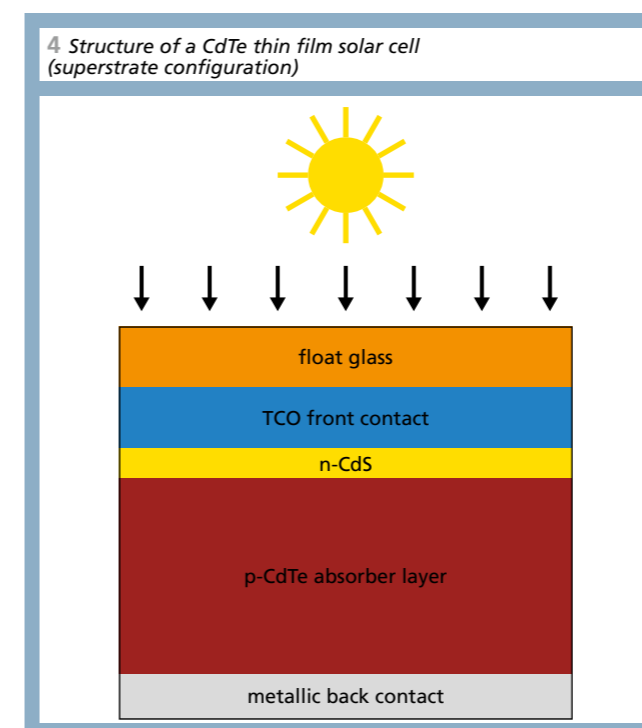
Due to its band gap of 2.4 eV, the CdS layer absorbs part of the sunlight in the short wave region and should be as thin as possible for a high photocurrent. At the same time, a minimum CdS layer thickness is necessary in order to maintain the properties of the p-n junction for a high open terminal voltage. High-resolution FE-SEM studies on ion-polished cross-sections allow detailed analysis of the changes in the formation of the CdS layer as a function of the activation parameters. Figure 3a shows a ca. 100 nm thick, homogeneous, and closed CdS layer after activation without noticeable porosity. CdS grain growth and pores within the CdS layer are observed at higher activation temperatures (Fig. 3b). After further increase of the activation temperature, significant

agglomeration of the CdS layer and sulfur diffusion into the CdTe absorber layer can be detected (Fig. 3c).

High-resolution FE-SEM analyses hence provide better understanding of the effect of the process parameters on the microstructure and interfaces of CdTe solar cells and so allow improvement of the efficiency of solar cells.

The project was funded by the European Union and the Free State of Saxony.
Funding reference: 14549/2533

- 1 Field emission scanning electron microscope
- 2 FE-SEM image of a CdTe thin film solar cell
- 3 High-resolution FE-SEM images of the TCO/CdS/CdTe interfaces after different CdCl₂ activation treatments
 - a) homogeneous, closed CdS layer
 - b) CdS grain growth with the onset of agglomeration and pore formation
 - c) significant CdS agglomeration and porosity formation



CONTACT

Dr. Olaf Zywitzki
Phone +49 351 2586-180
olaf.zywitzki@fep.fraunhofer.de



HIGHLIGHTS

Royal visit at the Fraunhofer Institute Center in Dresden | **112**

Long Night of Science 2011 | **114**

The Fraunhofer Lounge – relaxation, entertainment, debate | **116**

Fraunhofer-Talent-School Dresden | **118**

3rd Introductory Seminar on Cleaning Technology in Industrial Production | **120**

International Conferences, Symposia and Fairs | **122**



1



2



3



4

ROYAL VISIT AT THE FRAUNHOFER INSTITUTE CENTER IN DRESDEN

The visit of Queen Beatrix of the Netherlands, Crown Prince Willem-Alexander of Orange, and Crown Princess Máxima on 14 April during the „Dutch-German Seminar on Energy Innovations“ at the Fraunhofer Institute Center was a special highlight of 2011.

The second state visit of Queen Beatrix of the Netherlands to Germany stresses the special importance of the German-Dutch relationship at a political and economic level. Following her first state visit in 1982 to the old Länder, Queen Beatrix along with Crown Prince Willem-Alexander and Crown Princess Máxima traveled once again to Germany to strengthen the economic ties between the two countries and to get an insight into the development of Germany since reunification.

Following a welcome reception hosted by the German President Christian Wulff at Schloss Bellevue, lunch with the German Chancellor Angela Merkel, visits to the Brandenburg Gate and the Berlin Television Tower, and a boat trip on the River Spree, the Dutch royal family came to Dresden on the third day of their state visit and were welcomed there by Saxon State Premier Stanislaw Tillich. On the morning of 14 April the royal party walked through the historic old part of Dresden and visited the Frauenkirche and the historical Green Vault. The royal family spent the afternoon visiting the company Solarwatt and the Fraunhofer Institute Center, with their time wholly devoted to the subject of „renewable energies“. They were accompanied by the Saxon State Premier, Stanislaw Tillich, and the Saxon State Minister for Science and the Arts, Sabine von Schorlemer.

Crown Prince Willem-Alexander, who has been interested in the development of renewable energies for a long time, gave

a presentation at the Fraunhofer Institute Center as part of the „Dutch-German Seminar on Energy Innovations – Connecting PV Industries from Saxony and the Netherlands“. He called on Dutch and German experts from the worlds of science and business to work together on the further expansion of renewable energies. With the recent tsunami in Japan and reactor accident at Fukushima still fresh in mind, the Dutch Crown Prince stressed how important it is to respect the enormous forces of nature. It is vital to increase electricity generation from wind, sun, and water in order to gain greater benefit from the forces of nature. Solar energy plays a special role here. He stressed that it would be possible to use the sun to „solve our energy problem“. He then turned to the photovoltaic energy experts in the auditorium and added: „Your work is providing a service for the whole world.“

The Dutch-German seminar presented the latest developments in the area of photovoltaic technology. The seminar was organized by, amongst others, the Brabant Economic Development Agency, the Saxony Economic Development Agency, and the Fraunhofer Institute Center Dresden. It was attended by 80 German and 50 Dutch experts from the worlds of business and science and was a forum for the mutual exchange of results and ideas. Cross-border clusters and information exchange aim to strengthen the competitive positions of German and Dutch companies and research organizations in the

global marketplace and to accelerate developments involving the utilization of renewable energy sources. As part of the seminar program, the industrial alliance Renewable Energy Saxony (eesa) further organized a German-Dutch networking meeting.

During laboratory tours the Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP, the Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS, and the Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS displayed their activities on material and energy technologies. The Fraunhofer FEP presented its large plants for vacuum coating and described ongoing projects to apply thin film systems in a vacuum at high speeds to large areas for manufacturing entire solar cells. The seminar participants also showed great interest in other working areas concerning environment and energy, such as the development of processes and layers for technologies utilizing renewable energy sources and storing energy. A poster exhibition in the technical centre of the Fraunhofer IKTS allowed companies to present their products and services.

Video of the event

www.youtube.com/user/fraunhoferfep

- 1 Crown Prince Willem-Alexander giving his presentation at the Fraunhofer FEP
- 2 The Dutch royal family showed much interest in the German-Dutch seminar
- 3 Saxon State Premier Stanislaw Tillich and his wife at the Fraunhofer Institute Center
- 4 Queen Beatrix challenging interestedly the solar product developments

CONTACT

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



1



2



3



4

LONG NIGHT OF SCIENCE 2011

Awaken the researcher in you. This was the motto for the evening and early night hours of 1 July 2011 when about 3 400 visitors came to the Fraunhofer Institute Center in Dresden to learn about the applied R&D being undertaken there.

The 9th Long Night of Science on 1 July 2011 involved 85 events throughout Dresden, covering a lively mix of experimental shows, talks, presentations, kids' programs, and tours. The Fraunhofer FEP, along with the rest of the Fraunhofer Institute Center, opened its doors and offered a fascinating insight into the world of science.

Visitors of all ages were tackled by curiosity. Our creative demonstrations and fascinating applications have become very popular, hence, the number of visitors doubled compared to last year. Besides our regular guests, who punctually at 6 pm headed for their favorite stations, the Fraunhofer Institute Center and the exhibition in the technical centre of the Fraunhofer FEP were visited this year by the Mayor of Dresden, Dirk Hilbert, the Saxon State Minister for Science and the Arts, Prof. Sabine von Schorlemer, and the Rector of TU Dresden, Prof. Hans Müller-Steinhagen.

Those who ventured into the technical centre could not believe their eyes. „Was that a goal - or just an optical illusion?“ – one could not be sure at our football exhibit. Similar to a pane of glass in a police station interview room, the lighting decided what side was visible. For our penalty kick scenario that meant: Only when the light was incident on the goal side the visitor knew whether the ball had landed in the goal. The key to this optical trick is a so-called beam splitter coating on

a pane of glass which allows half of the light to pass through and reflects the other half.

Just as entertaining was our inferno of flames. Here we burned banknotes. However, there was no need to worry because the flames quickly extinguish themselves and leave the banknotes undamaged. Relating to this, we presented the technique of paper restoration with electrons.

After this, we showed visitors how silver mirrors are made from conventional glass and how vacuum coating technologies were used to produce historical mirrors for the Grüne Gewölbe (Green vault) in Dresden. As a souvenir the visitors could take with them silver-coated test tubes.

That silver cannot only be used for decorative purposes but also in medicine for its antibacterial effect became clear to visitors at the stand of the biomedical laboratory unit. Using the Hemmhof test, the effect of different metals on the growth of bacteria could be compared with the naked eye. The germ-destroying effect of different doses of low-energy electrons could also be determined from the degree of bacteria multiplication.

On leaving the technical centre, anyone who did not have the opportunity to have a go on our solar car racing circuit

still had the chance to see our heat radiator exhibit. The aim of our prototype was to demonstrate the effect of heat-insulating layers. Behind a coated sheet of plastic there was significantly less heat from the bulb than there was behind an uncoated sheet. Although a disadvantage on this coldish evening, these layers are able to provide a pleasant room climate in energy-efficient buildings.

We were pleased to see so many Dresden residents interested in our research on that evening. This was adequate motivation to hold the event once again next year. Indeed, the Long Night of Science in Dresden on 6 July 2012 can celebrate its 10th anniversary.

Website of the event

www.dresden-wissenschaft.de

- 1 *Technical centre of the Fraunhofer FEP*
- 2 *Dr. habil. Christiane Wetzel, head of the biomedical laboratory unit, in discussion with Dirk Hilbert, Mayor of Dresden*
- 3 *At the experiment puzzle, the young scientists of tomorrow could gain a place at the Fraunhofer-Talent School Dresden 2011*
- 4 *Punctually at 6 pm the first visitors entered the Fraunhofer Institute Center*

CONTACT

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



THE FRAUNHOFER LOUNGE – RELAXATION, ENTERTAINMENT, DEBATE

In 2011 the speakers at the Fraunhofer Lounge once again captivated the audience with their inspirational and provocative talks. The Fraunhofer Lounge offers invited guests from regional politics, science, and industry and employees of the institute a platform for meeting and exchanging thoughts in an informal atmosphere.

The 8th Fraunhofer Lounge: **„Value-creation by value appraisal“ – the new role of the hierarchy and hierarchs**

This was the topic for the 8th Fraunhofer Lounge on the evening of 17 March 2011. The speaker Jürgen Fuchs, business consultant, author, and lecturer in philosophy and economics, outlined a totally new world of work to the audience.

Fuchs questioned the hierarchies and remuneration in the current business world. Subordinates should not only „give“, superiors should not only „be preponed“, and careers should have nothing to do with climbing the company ladder, rather the key should be ever increasing know-how and own personality. His play on words struck accord with the audience in an altogether very amusing and profound talk.

The topic for the evening was on the basis of the upcoming publication of the new edition of the book that Fuchs wrote with his son, Holger Fuchs, entitled „End of the hierarchy – how companies are becoming fairer“.

The 9th Fraunhofer Lounge: **How much ape is there in a human?**

This was the provocative topic of the talk by biologist Patrick van Veen who had some astonishing facts to tell. „Help, my boss is an ape! – or very natural explanations for our behavior“ was the title of the 9th Fraunhofer Lounge on 6 October 2011 at the Fraunhofer FEP.

The height of the boss' chair at the meeting table is akin to the beautiful fur of the silver-backed gorilla. „Bosses are actually apes in suits“, said the Dutch biologist and adviser Patrick van Veen, who put an amusing yet informative take on everyday life at work. As a former project leader for a large insurance company, Patrick van Veen concluded: „An office is no different to an ape house“. Indeed, that is why he began to study the social behavior of apes.

The invited guests listened attentively to the research into the causes of the „animal“ behavior. The speaker also gave tips for avoiding social stress during everyday work: Mutual delousing would create stress-free working zones. Delousing? – By this Patrick van Veen means a mutual and non-committal exchange of thoughts at a professional and private level, a sort of coffee time chat for the mutual well-being of everyone. This would create an atmosphere of harmony and hence the basis for effectively working together.

At the end of his talk Patrick van Veen passed over to Angela Elis, editor and presenter for ARD, mdr, 3sat, and ZDF. Ms Elis presented the discussion. She critically questioned the parallels in the behavior of humans and animals. The controversial topic raised much discussion amongst the audience. Ms Elis devoted her closing words to the differences between humans and apes.

The discussions continued long after the end of the Fraunhofer Lounge. Live piano music from Tom Jährig rounded the evening off.

The 10th Fraunhofer Lounge is eagerly awaited early in 2012!

Website of the event

www.fep-lounge.de

CONTACT

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



FRAUNHOFER-TALENT-SCHOOL DRESDEN

Fraunhofer searches for the scientific talents of the future: This was the reason for three Fraunhofer institutes in Dresden opening their doors to school pupils for a weekend.

From 4 to 6 November 2011, 32 school pupils aged between 15 and 19 with an interest in science became part of the R&D teams at three Fraunhofer institutes in Dresden. The school pupils, who had successfully qualified for the annual Talent School, had the opportunity that weekend to get to know the world of science. They experienced real research work, learned about the methods and technologies that are used, and the skills and knowledge that are required. Above all though, they had the opportunity to ask all the questions they wanted. In addition, they got to know like-minded pupils from other schools and cities at the evening events and at the youth hostel where they were accommodated.

Before getting to grips with practical work, the young scientists were taught some of the theoretical principles. This augmented the preliminary homework they had done. Then the experimental work started: At the Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS the pupils became familiar with the structure, functioning, and applications of fuel cells. They then went on to construct their own working fuel cells. At the Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems IPMS the focus was on manufacturing and testing organic light emitting diodes (OLEDs).

The Fraunhofer Institute for Electron Beam and Plasma Technology FEP gave pupils the task of protecting paper documents, which deteriorate over time, by treating them

with an electron beam. The urgency of this work is emphasized by information from the German National Library: They estimate that about 80 percent of their archive is experiencing deterioration. The Bundesarchiv (Federal Archives) believes that virtually its whole collection is at risk. The reason for the deterioration of documents is mainly due to the processes that were used to make paper following the age of industrialization. These involved using sulfuric acid to digest the wood raw material. The residual acid that remains in the paper catalyzes the deterioration of the paper, without itself being used up. Oxidation processes, hungry bacteria, and fungi that like moisture also have an adverse effect on paper. The Fraunhofer FEP has carried out work using accelerated electrons to partially chemically re-bond the degraded cellulose fibers (the building blocks of paper) or to crosslink the fibers with polymers and so give the paper its stability back. Purposefully introduced base-inclusions can also neutralize the acids in the paper and stop the decay. A positive side-effect of the treatment is the germ-killing effect of the electrons, meaning that mold fungi and aggressive bacteria no longer affect the paper.

The work of the school pupils involved testing different monomers and process parameters to find a method that gives paper the desired stability, without the treatment altering the optical or haptic properties of the paper. Effects such as the grease spot effect (known from sandwich paper) and the

marked embrittlement of paper due to extensive crosslinking of the polymers showed that this was not an easy task. More reason, therefore, for the group of researchers to be delighted when one of the selected monomers gave the paper the desired elasticity. Accompany analyses identified the scientific reason for the visual success of the treatment.

As the presentation of research results is very important for scientists, the school pupils participated in a light-hearted seminar to show them how to present data in a clear and interesting way. This was brought into practice the next day at the closing event, when the school pupils presented their research results to their parents and siblings. There were small sketches, colored drawings, and live experiments: We were all once again astonished how creatively the school pupils brought information across to the audience. Scientific research certainly made an impression on the students, and some have already applied to undertake practical training periods and internships with us.

Website of the event

www.talent-school-dresden.fraunhofer.de

1 A school pupil prepares a sample of paper for electron treatment

2 School pupils with the treated paper

3 Analyzing the paper samples

4 Enthusiastic young talents

CONTACT

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



3RD INTRODUCTORY SEMINAR ON CLEANING TECHNOLOGY IN INDUSTRIAL PRODUCTION

With this seminar concept, the Fraunhofer Cleaning Technology Alliance responded to the strong demand of industry for know-how in cleaning technology and gained consistently positive feedback.

From 7 to 9 June 2011, the Fraunhofer Cleaning Technology Alliance for the third time held the „introductory seminar on cleaning technology in industrial production“ in Dresden in which the Fraunhofer FEP has been a member since its inception in 2002. The objective was to provide technical experts and production managers with knowledge about cleaning technologies. At present there is no training course or study program which teaches this know-how. There is thus a lack of expertise and lack of trained employees in industry to cope with the cleaning tasks. The need and demand for special training and seminars are correspondingly high.

The Fraunhofer Cleaning Technology Alliance started holding this cross-sector seminar in 2009 to meet the need for knowledge and training. The specialty of the training is that it is not company or application specific, but independent experts of the Fraunhofer Cleaning Technology Alliance teach a methodical approach for solving cleaning tasks and provide structured theoretical knowledge of cleaning systems, processes and analysis, and quality management. The seven tutors from six different Fraunhofer institutes ensured that the 2011 seminar once again provided the seminar participants with the expert knowledge they required.

According to the widespread approach, the seminar program started with the theoretical principles of cleaning technology.

This included definitions of cleaning quality and contaminants and key factors for all cleaning processes. In addition, the participants learned how to systematically analyze and plan cleaning processes, how to effectively integrate them into the production process, and how to select a cleaning process for a specific task. Thereafter the various cleaning technologies were discussed in detail, covering processes involving liquid media, jet cleaning methods, and plasma cleaning. The importance of methods for process and damage analysis and cleanliness monitoring in production was emphasized because in many cases this is the key aspect for economic and reliable cleaning in industrial production.

To augment the theoretical aspects, accompanying practical assignments were undertaken on bath care and monitoring, cleanliness control, dry ice cleaning, and laser and plasma cleaning. This allowed the participants to put their newly acquired knowledge into practice. Further presentations provided the participants with an overview of overarching topics such as regulations in the area of cleaning technology (VDA19, VOC, REACH), easy-clean design, and clean production. At the end of the seminar, the participants had the possibility to measure their acquired knowledge in a test and so to evaluate their training.



2

The participants gave very positive feedback about the seminar. The 4th Introductory Seminar on Cleaning Technology in Industrial Production will be held in June 2012 according to the principle:

Controlling Cleaning Processes for Effective Performance!

Seminar website

www.allianz-reinigungstechnik.de/en/veranstaltungen



3

- 1 Seminar participants
- 2 Practical part of the seminar
- 3 Frank-Holm Rögner at the opening of the seminar

Fraunhofer
REINIGUNG

CONTACT

Frank-Holm Rögner
Phone +49 351 2586-242
frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de

INTERNATIONAL CONFERENCES, SYMPOSIA AND FAIRS

54th Annual Technical Conference Society of Vacuum Coaters SVC

The 54th SVC conference was held in Chicago from 16 – 21 April 2011.

The highlights of the 2011 conference were two new symposia on the topics of photovoltaic production and the advantages of PVD coating.

www.svc.org



intersolar Europe

The world's largest technical fair on solar technology took place in Munich from 8 – 10 June 2011.

There was a new record of 2,286 exhibitors and 76,738 international visitors.

www.intersolar.de



26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition PVSEC

The PVSEC was held in Hamburg from 5 – 9 September 2011.

Each year exhibitors from the photovoltaic industry present new products and technological innovations at this international event covering all aspects of photovoltaic technology.

www.photovoltaic-conference.com

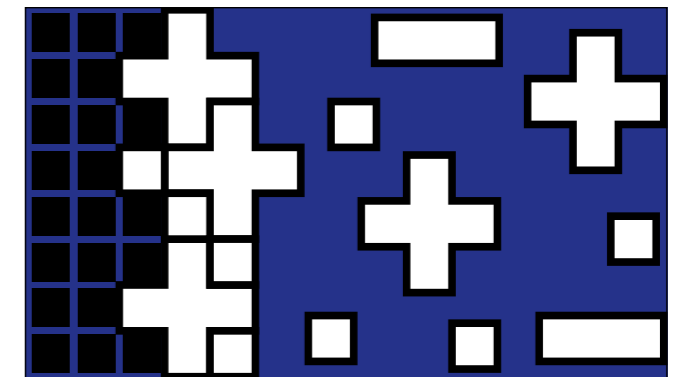


8th Asian-European Int'l Conference on Plasma Surface Engineering AEPSE

This event took place from 19 – 22 September 2011 in Dalian City, China.

This conference and exhibition offers research organizations and industrial companies a platform to present their latest product and technology developments.

www.plasmagermany.org



Plastic Electronics 2011

The Plastic Electronics Conference and Exhibition took place from 11 – 13 October 2011 at Messe Dresden, in parallel with Semicon Europe 2011.

Saxon State Premier Stanislaw Tillich visited our stand during his tour of the exhibition.

www.pe2011.org



V2011 – Industry Exhibition & Workshop Week

V2011 took place in Dresden from 17 – 20 October 2011.

This national exhibition aims to promote exchange between companies and research institutions from the Vacuum Coating and Plasma Surface Technology community.

The Fraunhofer FEP exhibited, amongst other things, aluminum-coated bulk products and CdTe thin film solar cells.

www.v2011.net



parts2clean – Leading Trade Fair for Industrial Parts and Surface Cleaning

The 9th parts2clean fair took place from 25 – 27 October 2011 in Stuttgart.

This is a leading international fair for the industrial cleaning of parts and surfaces.

www.parts2clean.de



Visit us 2012 at the following conferences and fairs

55th Annual Technical Conference Society of Vacuum Coaters SVC, Santa Clara, USA

28 April – 03 May 2012

www.svc.org

intersolar Europe, Munich, Germany

13 – 15 June 2012

www.intersolar.de

ICCG 9 – The International Conference on Coatings on Glass and Plastics, Breda, The Netherlands

24 – 28 June 2012

www.iccg9.eu

PSE 2012 – 13th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Germany

10 – 14 September 2012

www.pse-conferences.net



ANHANG

Namen, Daten und Ereignisse | **128**
Internationale Vertreter | **136**
Anfahrt | **138**
Impressum | **140**

Names, Dates and Events | **128**
International Representatives | **136**
Directions | **139**
Editorial notes | **140**

NAMEN, DATEN UND EREIGNISSE NAMES, DATES AND EVENTS

Mitgliedschaft in Gremien

A. Arnold

- ▶ International Council for Coatings on Glass ICCG e. V.
- ▶ Netzwerk »Dresden - Stadt der Wissenschaft«

H. Bartzsch

- ▶ Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS)
- ▶ Silicon Saxony e. V.

P. Frach

- ▶ Fraunhofer-Allianz Photokatalyse
- ▶ AMA Fachverband für Sensorik e. V.
- ▶ Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO)
- ▶ Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS),
Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und
Medizintechnik«
- ▶ Photonic Net

V. Kirchhoff

- ▶ Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW)
- ▶ Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS)
- ▶ Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces

H. Klostermann

- ▶ Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik,
- ▶ AG Neuartige Plasmaquellen und Prozesse, INPLAS

G. Mattausch

- ▶ Informationstechnische Gesellschaft (ITG) des VDE:
Fachausschuss 8.6 »Vakuumtechnik und Displays«
- ▶ Organizing Committee der »EBeam – International Conference on
High-Power Electron Beam Technology«
- ▶ Organizing Committee der »International Conference on Electron
Beam Technologies – EBT«

Chr. Metzner

- ▶ Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz/Sachsen e. V. (KMC)

W. Nedon

- ▶ Forschungs-Allianz Kulturerbe FALKE

F.-H. Rögner

- ▶ Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

N. Schiller

- ▶ Technical Advisory Committee der »Annual Technical Conference«
der »Society of Vacuum Coaters – SVC«
- ▶ Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO
- ▶ Organic Electronics Saxony e. V. (OES)

Chr. Wetzel

- ▶ Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS),
Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und
Medizintechnik«

Vorträge

F.-H. Rögner

Zuverlässige Reinigungsergebnisse durch geeignetes Informationsmanagement
EFDS-Workshop »Reinigung vor der Beschichtung«
Dresden, Deutschland
20. Januar 2011

N. Schiller

Vacuum roll-to-roll coating technologies for organic electronics
Workshop »Organic Electronics and Nano Electronics«
Faculty of Engineering in Yamagata University
Yonezawa, Japan
14. Februar 2011

B. Scheffel, V. Kirchhoff, Chr. Metzner

Plasmaaktivierte Elektronenstrahl-Bedampfung
EFDS Workshop »Materialien und Prozesstechniken der Turbinenschaufel-
beschichtung«
Dresden, Deutschland
15. März 2011

G. Mattausch

Gerichtete Dampfabcheidung zur Vakuumbeschichtung von Bauteilen
EFDS Workshop »Materialien und Prozesstechniken der Turbinenschaufel-
beschichtung«
Dresden, Deutschland
15. März 2011

H. Klostermann

Pulse magnetron sputtering of oxide films for mechanical, biomedical and optical applications
Jahrestagung DPG e. V. – Fachverband Plasmaphysik
Kiel, Deutschland
28. – 30. März 2011

H. Bartzsch, M. Gittner, D. Glöß, P. Frach, T. Herzog, S. Walter, H. Heuer
Properties of piezoelectric AlN layers deposited by reactive pulse magnetron sputtering
54th Annual Technical Conference, SVC 2011
Chicago, USA
16. – 21. April 2011

P. Frach, H. Bartzsch, D. Glöß, K. Täschner
Process Control in Sputtering of Optical Coatings
54th Annual Technical Conference, SVC 2011
Chicago, USA
16. – 21. April 2011

W. Schönberger, M. Fahland, P. Munzert, U. Schulz, G. Gerlach
Fabrication of Stochastic Nanostructures on Polymer Webs for AR-effect Using Roll-to-roll Equipment
54th Annual Technical Conference, SVC 2011
Chicago, USA
16. – 21. April 2011

B. Zimmermann, F. Fietzke, W. Möller

Hollow Cathode Plasma Activation in Reactive Gas Atmosphere
54th Annual Technical Conference, SVC 2011
Chicago, USA
16. – 21. April 2011

J. Fahlteich, N. Schiller, M. Fahland, S. Straach, S. Günther, C. Brantz
Vacuum Roll-to-Roll Technologies for Transparent Barrier Films
54th Annual Technical Conference, SVC 2011
Chicago, USA
16. – 21. April 2011

J.-P. Heinß, O. Zywitzki, T. Modes

Structure and Properties of TiC_x and W-C:H Layers Deposited by Plasma Activated High Rate Electron Beam Evaporation
54th Annual Technical Conference, SVC 2011
Chicago, USA
16. – 21. April 2011

G. Mattausch, P. Feinäugle, S. Schmidt, F.-H. Rögner

A New Generation of Plasma-Based Electron Beam Sources with High Power Density as a Novel Tool For High-Rate PVD
54th Annual Technical Conference, SVC 2011
Chicago, USA
16. – 21. April 2011

P. Feinäugle

High Power cold-cathode EB sources for PVD and vacuum metallurgy PIC simulation and experimental results
ICMCTF 2011 – 38th International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films
San Diego, USA
2. – 6. Mai 2011

N. Schiller, F.-H. Rögner

Technologien zur Anwendung in der Sicherheitstechnik
Workshop Sicherheitsforschung, Fraunhofer IZFP
Dresden, Deutschland
10. Mai 2011

H. Klostermann

Magnetronspüßtechnologie für die Funktionalisierung von Glasoberflächen
OTTI-Fachforum »Schichten auf Glas«
Regensburg, Deutschland
11. – 12. Mai 2011

S. Kolodinski, K. Kurasch, J.-P. Heinß, M. Allardt, T. Kopte, J. Weber

Charakterisierung von Absorberschichten für die Dünnschichtphoto-voltaik
Dresdner Konferenz »Zukunft Energie«, DRESDEN-concept
Dresden, Deutschland
11. – 13. Mai 2011

J.-P. Heinß
Functional Vacuum Coatings for Photovoltaic on Metal Strips
 POSCO Steel Conference
 Seoul, Korea
 1. Juni 2011

F.-H. Rögner
Elektronen – vielseitiger als ein Schweizer Taschenmesser?
 Tag der Wissenschaften BSZ Radebeul
 Radebeul, Deutschland
 8. Juni 2011

B. Graffel
ERICA – Das Schweizer Taschenmesser für Vakuumprozesse am Fraunhofer FEP
 11. AIS User Conference
 Dresden, Deutschland
 16. Juni 2011

D. Glöb, H. Bartzsch, M. Gittner, P. Frach, T. Herzog, S. Walter, H. Heuer
Reactive pulse magnetron sputtering for deposition of piezoelectric AlN layers
 SENSORDEVICES 2011, The Second International Conference on Sensor Device Technologies and Applications
 Nice/Saint Laurent du Var, Frankreich
 21. – 27. August 2011

F.-H. Rögner
Elektronenbehandlung von Saatgut umweltfreundlich, sauber, effektiv
 13. Fachexkursion des Thüringer Interessenverbandes Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen e. V.
 Dresden, Deutschland
 2. September 2011

F.-H. Rögner
Elektronenstrahlsterilisation – Neue Möglichkeiten für die produktionsintegrierte Sterilisation
 1. Fachtagung Fachtagung Industrielle Teile- und Oberflächenreinigung in der Medizintechnik
 Qualität sichern – Wertschöpfung optimieren
 Nürtingen, Deutschland
 15. September 2011

M. Junghähnel, F. Fietzke
Reactive pulse magnetron co-sputtering of transparent conductive Ta or Nb doped TiO₂ thin films with high deposition rates
 8th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering, AEPSE 2011
 Dalian, China
 19. – 22. September 2011

J.-P. Heinß, F. Händel, Chr. Metzner, H. Morgner, B. Scheffel
High-Rate Sputter Etching by using Hollow Cathode Arc Discharge for Metal Strip Coating
 8th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering, AEPSE 2011
 Dalian, China
 19. – 22. September 2011

S. Günther, J. Fahlteich, M. Fahland, N. Schiller, W. Schönberger, S. Straach
Making of Transparent Permeation Barrier Films by Vacuum Roll-to-Roll Coating Technologies
 8th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering, AEPSE 2011
 Dalian, China
 19. – 22. September 2011

M. Fahland, T. Vogt, A. Schönberger, S. Günther, S. Rissland, S. Mosch
Transparent Electrodes on Flexible Substrates
 EMRS Fall Meeting 2011
 Symposium G New trends in chromogenic materials and devices
 Warschau, Polen
 19. – 21. September 2011

G. Mattausch, H. Morgner, J.-P. Heinß, Chr. Metzner, M. Fahland, N. Schiller, T. Kopte
Thin-Film Technologies for Photovoltaic and Energy Storage Applications – A survey of current project activities at Fraunhofer FEP
 International Symposium on Advanced Solutions in Applied Energy Technologies
 Sofia, Bulgarien
 19. – 21. September 2011

B. Scheffel, Chr. Metzner, T. Modes, O. Zywitzki, H. Morgner
Functional and Decorative Coatings onto Stainless Steel Sheets and Strips Deposited by High-Rate Physical Vapour Deposition
 7th European Stainless Steel Conference – Science and Market
 Como, Italien
 21. – 23. September 2011

Chr. Lehnert, J. Flinspach, H. Franz, U. Biebricher, B. Scheffel, R. Labitzke, P. Feinaeugle, G. Mattausch
Refining of Silicon by Electron Beam Melting
 International Symposium on Liquid Metal Processing and Casting
 Nancy, Frankreich
 28. September 2011

N. Schiller, F.-H. Rögner
Surface technologies for packaging applications
 Kraft Supplier Innovation Summit
 Evanston (IL), USA
 11. Oktober 2011

D. Glöb, H. Bartzsch, M. Gittner, S. Barth, P. Frach, T. Herzog, S. Walter, H. Heuer
Pulsed magnetron sputtered AlN thin films – a lead-free material for piezoelectric applications
 3rd Scientific Symposium of Collaborative Research Center Transregio 39 »PT-PIESA«
 Chemnitz, Deutschland
 12. – 13. Oktober 2011

W. Schönberger, M. Fahland, G. Gerlach, P. Munzert, G. Spitzer
Optische Modellierung der nanostrukturierten Oberfläche von PET
 V2011 – Industrieausstellung & Workshopwoche
 Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik
 Dresden, Deutschland
 18. – 20. Oktober 2011

M. Junghähnel, F. Fietzke
Hochrateabscheidung von transparenten leitfähigen TiO₂-Ta- und TiO₂:Nb-Schichten durch reaktives Puls-Magnetron-Co-Sputtern
 V2011 – Industrieausstellung & Workshopwoche
 Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik
 Dresden, Deutschland
 18. – 20. Oktober 2011

F. Fietzke, B. Krätzschar
Aluminium-basierte PVD-Schichten für den Korrosionsschutz von Schüttgut
 V2011 – Industrieausstellung & Workshopwoche
 Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik
 Dresden, Deutschland
 18. – 20. Oktober 2011

F.-H. Rögner
Elektronenstrahlsterilisation – Neue Möglichkeiten für die Inline-Sterilisation
 V2011 – Industrieausstellung & Workshopwoche
 Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik
 Dresden, Deutschland
 18. – 20. Oktober 2011

P. Frach, H. Bartzsch, K. Täschner, D. Glöb, Chr. Gottfried
Gradient- und Vielschichtsysteme hoher Stabilität – produktiv hergestellt mittels reaktiver Sputtertechnologie
 V2011 – Industrieausstellung & Workshopwoche
 Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik
 Dresden, Deutschland
 18. – 20. Oktober 2011

J.-P. Heinß, F. Händel, Chr. Metzner, H. Morgner, T. Meyer, B. Scheffel, R. Würz
Hochrate-Abscheidung von Molybdänschichten für Rückkontakte von CIGS-Solarzellen mittels Elektronenstrahlverdampfung
 V2011 – Industrieausstellung & Workshopwoche
 Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik
 Dresden, Deutschland
 18. – 20. Oktober 2011

J.-P. Heinß
Hochproduktives Verfahren zum Sputterätzen von metallischen Substraten im Vakuum
 parts2clean, Fachforum »Sonderverfahren zur Reinigung«
 Stuttgart, Deutschland
 27. Oktober 2011

F.-H. Rögner
Reinigen/Vorbehandeln vor der Beschichtung in der Präzisionsoptik
 OTTI Fachforum »Schichtherstellungstechniken für die Präzisionsoptik«
 Regensburg, Deutschland
 09. – 10. November 2011

R. Labitzke, M. Junghähnel
Technologische Stromversorgungen für Plasma- und Elektronenstrahlanwendungen
 Seminar zur Auswertung internationaler Tagungen
 isle Steuerungstechnik und Leistungselektronik e. V.
 Ilmenau, Deutschland
 24. – 25. November 2011

Veröffentlichungen

H. Bartzsch, M. Gittner, D. Glöb, P. Frach, T. Herzog, S. Walter, H. Heuer
Properties of piezoelectric AlN layers deposited by reactive pulse magnetron sputtering
 54th Annual Technical Conference, SVC 2011
 S. 370 – 375, Proceedings

P. Frach, H. Bartzsch, D. Glöb, K. Täschner
Process Control in Sputtering of Optical Coatings
 54th Annual Technical Conference, SVC 2011
 S. 311 – 316, Proceedings

W. Schönberger, M. Fahland, P. Munzert, U. Schulz, G. Gerlach
Fabrication of Stochastic Nanostructures on Polymer Webs for AR-effect Using Roll-to-roll Equipment
 54th Annual Technical Conference, SVC 2011
 S. 625 – 628, Proceedings

B. Zimmermann, F. Fietzke, W. Möller
Hollow Cathode Plasma Activation in Reactive Gas Atmosphere
 54th Annual Technical Conference, SVC 2011
 S. 337 – 342, Proceedings

J. Fahlteich, N. Schiller, M. Fahland, S. Straach, S. Günther, C. Brantz
Vacuum Roll-to-Roll Technologies for Transparent Barrier Films
 54th Annual Technical Conference, SVC 2011
 S. 573 – 579, Proceedings

J.-P. Heinß, O. Zywitzki, T. Modes
Structure and Properties of TiC_x and W-C:H Layers Deposited by Plasma Activated High Rate Electron Beam Evaporation
 54th Annual Technical Conference, SVC 2011
 S. 551 – 556, Proceedings

P. Feinaeugle, G. Mattausch, S. Schmidt, F.-H. Rögner
A New Generation of Plasma-Based Electron Beam Sources with High Power Density as a Novel Tool For High-Rate PVD
 54th Annual Technical Conference, SVC 2011
 S. 202 – 209, Proceedings

S. Walter, T. Herzog, H. Heuer, H. Bartzsch, D. Glöb
Smart ultrasonic sensors systems: investigations on aluminum nitride thin films for the excitation of high frequency ultrasound
 SPIE 8066 Conference Smart Sensors, Actuators, and MEMS V
 Paper 806607, Proceedings

M. Fahland
Transparente Elektroden auf Kunststofffolien
 Vakuum in Forschung und Praxis
 Vol. 23, Nr. 2, April 2011
 S. 30 – 34

T. Fukagawa, Y. Kato, H. Bartzsch, K. Suzuki
The deposition of multilayer films on plastic substrates by reactive pulse magnetron sputtering
 Vakuum in Forschung und Praxis
 Best of Glass 2011
 S. 38 – 40

J. Fahlteich, S. Barth, M. Fahland, N. Schiller

All-in-Vacuum Deposited Transparent Multilayer Barriers on Polymer Substrates

Vakuum in Forschung und Praxis
Best of Glass 2011
S. 30 – 34

Y. Sato, T. Hashimoto, A. Miyamura, S. Ohno, N. Oka, K. Suzuki, D. Glöß, P. Frach, Y. Shigesato

High Rate Sputter Deposition of TiO₂ Films für Photocatalyst and Dye-Sensitized Solar Cells

Japanese Journal of Applied Physics
Vol 580, 2011
Art. 045802, 10 S.

B. Zimmermann, F. Fietzke, W. Möller

Spatially resolved Langmuir probe measurements of a magnetically enhanced hollow cathode arc plasma

Surface & Coatings Technology
Vol. 205, 2011
S. 393 – 396

B. Zimmermann

Hidden ESPion plasma probe measurements on a hollow-cathode based large-volume plasma source

Hidden eNewsletter
Issue 1120/02, July 2011
Mass Spectrometers for Thin Films, Plasma & Surface Engineering
S. 3 – 4

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

Characterization of reactively sputtered permeation barrier materials on polymer substrates

Surface and Coatings Technology, Volume 205, Supplement 2, 2011
PSE 2010 Special Issue
S. 5141 – 5144, Proceedings

G. Suchanek, R. Labitzke, B. Adolphi, L. Jastrabik, P. Adamek, J. Draho-koupil, Z. Hubicka, D.A. Kiselev, A.L. Kholkin, G. Gerlach, A. Dejneka

Deposition of PZT thin film onto copper-coated polymer films by mean of pulsed-DC and RF-reactive sputtering

Surface and Coatings Technology, Volume 205, Supplement 2, 2011
PSE 2010 Special Issue
S. 5241 – 5244, Proceedings

B. Zimmermann, F. Fietzke, W. Möller

Spatially resolved Langmuir probe measurements of a magnetically enhanced hollow cathode arc plasma

Surface and Coatings Technology, Volume 205, Supplement 2, 2011
PSE 2010 Special Issue
S. 5393 – 5396, Proceedings

W. Schönberger, G. Gerlach, M. Fahland, P. Munzert, U. Schulz, R. Thielsch, R. Kleinhempel

Large-area fabrication of stochastic nano-structures on polymer webs by ion- and plasma treatment

Surface and Coatings Technology, Volume 205, Supplement 2, 2011
PSE 2010 Special Issue
S. 5495 – 5497, Proceedings

P. Munzert, U. Schulz, N. Kaiser, W. Schönberger, M. Fahland

Thin film growth on nanostructured polymer webs for anti-reflection purposes

Surface and Coatings Technology, Volume 205, Supplement 2, 2011
PSE 2010 Special Issue
S. 5498 – 5497, Proceedings

J. Fahlteich, M. Fahland, S. Straach, S. Günther, N. Schiller

Transparente Barriereschichten auf flexiblen Polymer substraten

Vakuum in Forschung und Praxis
Vol. 23, Nr. 4, 2011
S. 29 – 37

M. Junghähnel, T. Kopte, O. Zywitzki

Transparentes leitfähiges TiO₂:Nb – ein TCO-Material der Zukunft?

Vakuum in Forschung und Praxis
Vol. 23, Nr. 4, 2011
S. 22 – 38

K. Häfner, H. Morgner, T. Modes, O. Zywitzki, Chr. Metzner, B. Siepchen, C. Drost, B. Späth, M. Grimm

Influence of evaporation rate, substrate temperature and process chamber pressure on the microstructure of CdTe layers

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
S. 3052 – 3054, Proceedings

B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte

Annealing effects on titania doped zinc oxide (ZnO:Ti) and gallium doped zinc oxide (ZnO:Ga) thin films prepared by DC-magnetron sputtering

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
S. 3021 – 3025, Proceedings

O. Zywitzki, T. Modes, H. Morgner, B. Siepchen, B. Späth, C. Drost, M. Grimm

Characterization of microstructure and interfaces in cadmium telluride thin film cells

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
S. 3016 – 3020, Proceedings

J.-P. Heinß, C. Mader, A. Merkle, T. Brendemühl, R. Brendel, L. Ehlers, R. Meyer

Inline High Rate Deposition of Aluminium onto RISE Solar Cells by Electron Beam Technology

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
S. 2121 – 2124, Proceedings

B. Siepchen, B. Späth, C. Drost, S. Frigge, K. Häfner, T. Preußner, O. Zywitzki, H. Morgner, M. Grimm

CSS Deposition of CdTe Solar Cells: Latest Results from Roth & Rau's Pilot Line

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
S. 3012 – 3015, Proceedings

B. Scheffel, Chr. Metzner, T. Modes, O. Zywitzki, H. Morgner

Functional and Decorative Coatings onto Stainless Steel Sheets and Strips Deposited by High-Rate Physical Vapour Deposition

7th European Stainless Steel Conference – Science and Market
S. 1 – 7, Proceedings

J. Schaffner, M. Motzko, A. Tueschen, A. Swirschuk, H.-J. Schimper, A. Klein, T. Modes, O. Zywitzki, W. Jägermann

12% efficient CdTe/CdS thin film solar cells deposited by low temperature close space sublimation

Journal of Applied Physics
Vol. 110, 2011
Art. 064508, 8 S.

O. Zywitzki, B. Scheffel, Chr. Metzner, T. Modes

Untersuchungen der MgZn-Phasenbildung in feuerverzinktem Stahlblech

In: A. Kneisel, H. Clemens (Hrsg.): Sonderbände der Praktischen Metallographie 42: Fortschritte in der Metallographie
Berichte der 13. Internationalen Metallographie-Tagung
S. 297 – 302

M. Fahland

Antireflexbeschichtung von Kunststofffolien im Vakuum

In: Jahrbuch Oberflächentechnik 2011
Band 67, Leuze Verlag, Hrg.: R. Suchentrunk
S. 86 – 91

O. Zywitzki

Fotokatalytische Schichten

In: G. Blasek, G. Bräuer (Hrsg.): Vakuum Plasma Technologien
Beschichtung und Modifizierung von Oberflächen, Teil II
Eugen G. Leuze Verlag KG, 2011
S. 786 – 799

F a c h p o s t e r

K. Kurasch, M. Allardt, S. Kolodinski, J.-P. Heinß, J. Weber

Photoluminescence after crystallization of amorphous silicon samples

German Polish Conference on Crystal Growth 2011
Frankfurt (Oder), Deutschland / Slubice, Polen
14. – 17. März 2011

U. Hartung, T. Unkelbach, B. Heimke, L. Gebauer, A. Dementjev, S. Dittrich

On the way to a comprehensive APC library: Identification of process models and design of controllers for vacuum coating processes

11th European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control Conference
Dresden, Deutschland
4. – 6. April 2011

K. Häfner, H. Morgner, T. Modes, O. Zywitzki, Chr. Metzner, B. Siepchen, C. Drost, B. Späth, M. Grimm

Influence of evaporation rate, substrate temperature and process chamber pressure on the microstructure of CdTe layers

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Hamburg, Deutschland
5. – 9. September 2011

B. Heimke, U. Hartung, T. Kopte

Annealing effects on titania doped zinc oxide (ZnO:Ti) and gallium doped zinc oxide (ZnO:Ga) thin films prepared by DC-magnetron sputtering

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Hamburg, Deutschland
5. – 9. September 2011

O. Zywitzki, T. Modes, H. Morgner, B. Siepchen, B. Späth, C. Drost, M. Grimm

Characterization of microstructure and interfaces in cadmium telluride thin film cells

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Hamburg, Deutschland
5. – 9. September 2011

J.-P. Heinß, C. Mader, A. Merkle, T. Brendemühl, R. Brendel, L. Ehlers, R. Meyer

Inline High Rate Deposition of Aluminium onto RISE Solar Cells by Electron Beam Technology

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Hamburg, Deutschland
5. – 9. September 2011

P. Pötschick, H. Bartzsch, A. Delan, P. Frach

Investigation of a Magnetron Assisted PECVD Process for Deposition of a-Si:H and µc-Si:H from a Silane-Hydrogen-Argon Gas Mixture

26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Hamburg, Deutschland
5. – 9. September 2011

H. Klostermann

Selective phase formation and tailored morphology of oxide films deposited by pulse magnetron sputtering

2. Brazilian-German Frontiers of Science and Technology Symposium
Potsdam, Deutschland
9. – 11. September 2011

G. Gotzmann, C. Wetzel, L. Achenbach, N. Özkucur, R.H.W. Funk, C. Werner

Untersuchung zur Keiminderung auf medizinischen Substraten

7. Thüringer Grenz-und Oberflächentage
Zeulenroda, Deutschland
13. – 15. September 2011

G. Gotzmann, C. Wetzel, L. Achenbach, N. Özkucur, R.H.W. Funk

Silber und Kupfer zur antimikrobiellen Ausrüstung von medizinischen Substraten

V2011 – Industrieausstellung & Workshopwoche
Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik
Dresden, Deutschland
18. – 20. Oktober 2011

A. A. Ponomareva, V. A. Moshnikov, D. Glöß, A. Delan, G. Suchanek

Metal-oxide-based nanocomposites comprising advanced gas sensing properties

RUSNANOTECH 2011, IV International Nanotechnology Forum
Moskau, Russland
26. – 28. Oktober 2011

Habilitationen

Chr. Wetzel
Biofunktionalisierung mit plasmagestützter Oberflächentechnik und Optimierung durch ein Simulationsmodell
 TU Dresden
 Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
 Institut für Biomedizinische Technik

Dissertationen

M. Junghähnel
Herstellung und Charakterisierung von transparenten elektrisch leitfähigen TiO₂/Nb-Dünnschichten durch Gleichstrom- und Puls-Magnetron-Sputtern
 TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau
 Fachgebiet Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe

Masterarbeiten

G. Gotzmann
Analysis of the antimicrobial and surface characteristics of Ag/Ag⁺/Cu/Cu²⁺ coatings made by PVD on polyurethane substrates for medical devices
 TU Dresden
 Biotechnology Center
 Studiengang Molecular Bioengineering

H. Drese
Charakterisierung mechanischer Eigenschaften von Permeationsbarrierschichten und -schichtsystemen auf flexiblen Substraten
 Fachhochschule Jena
 Fachbereich SciTec
 Studiengang Scientific Instrumentation

Chr. Paulus
Untersuchung zu Eigenschaften eines Barrierefolienlaminats mit einer AlO_x Barrierschicht
 Hochschule Neubrandenburg
 Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmitteltechnologie

A. Schick
Erstellung und Modifizierung numerischer Auswertalgorithmen für Topographieuntersuchungen an beschichteten Polymer substraten
 TU Chemnitz
 Physikalische Fakultät
 Studiengang Computational Science

Diplomarbeiten

S. Dominok
Entwicklung eines Schaltmoduls für die schnelle Arc-Unterdrückung in Kaltkathoden-Elektronenstrahlkanonen
 TU Dresden
 Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

M. Paul
Automatisierung der Elektronenstrahlvermessung anhand des Lochblendenverfahrens
 Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
 Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik

C. Israel
Charakterisierung des Magnetron-PECVD-Prozesses auf Rohrtargets
 Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
 Fakultät für Informatik/Mathematik

Bachelorarbeiten

S. Klamke
Untersuchungen zur Biokompatibilität von elektronenstrahl-modifiziertem Polylactid
 Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Dresden

M. Melke
Entwicklung eines mikrobiologischen Testregimes für den Sterilitätsnachweis an verpackten Implantaten
 Hochschule Zittau/Görlitz – University of Applied Sciences
 Studiengang Biotechnologie

H. Noack
Ermittlung des Dosis-Wirkungs-Verhältnisses beim Einsatz eines Bio-Photon Prophymed Großflächenlasersystems
 Hochschule Zittau/Görlitz – University of Applied Sciences
 Studiengang Biotechnologie

J. Pauling
Auswirkungen der Elektronenstrahlbehandlung auf die antibakteriellen Eigenschaften von Polylactid
 Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Dresden

Chr. Süß
Herstellung einer Silicium-Photovoltaik-Zelle (Labortechnologie der TU Dresden): Einrichtung und Test technologischer Einzelprozesse
 Westsächsische Hochschule Zwickau
 FB Physikalische Technik
 Studiengang Mikrotechnologie

Erteilte Schutzrechte

DE 199 83 075 B3
Organisches Substrat mit durch Magnetronzerstäubung gefällten optischen Lagen und Verfahren zur Herstellung desselben
 V. Kirchhoff, K. Goedicke, J.-S. Liebig, G. Keller (Essilor), R. Bosmans (Essilor), P. Comble (Essilor)

EP 1 711 643 B1
Verfahren zur Herstellung eines Ultrabarriere-Schichtsystems
 M. Fahland, N. Schiller, S. Straach, C. Charton, M. Krug

JP 4 708 364 B2
Verfahren zur Herstellung eines Ultrabarriere-Schichtsystems
 M. Fahland, N. Schiller, S. Straach, C. Charton, M. Krug

KR 10-1053340
Verfahren zur Herstellung eines Ultrabarriere-Schichtsystems
 M. Fahland, N. Schiller, S. Straach, C. Charton, M. Krug

EP 1 774 394 B1
Vorrichtung und Verfahren zur Darstellung statischer oder bewegter Bilder
 M. Fahland, C. Rickers (IST), C. V. Kopylow (BIAS)

EP 1 998 955 B1
Abdeckmaterial für Biomasse und Verfahren zu dessen Herstellung
 O. Röder, V. Kirchhoff, R. Bartel, W. Schwarz, E. Remmele (TFZ)

EP 1 999 775 B1
Vorrichtung und Verfahren zur Eigenschaftsänderung dreidimensionaler Formteile mittels Elektronen sowie Anwendung des Verfahrens
 R. Bartel, V. Kirchhoff, G. Mattausch, O. Röder, J. Kubusch
 zUA 94094 C2
Vorrichtung und Verfahren zur Eigenschaftsänderung dreidimensionaler Formteile mittels Elektronen sowie Anwendung des Verfahrens
 R. Bartel, V. Kirchhoff, G. Mattausch, O. Röder, J. Kubusch

CN 101416267 B
Vorrichtung und Verfahren zur Eigenschaftsänderung dreidimensionaler Formteile mittels Elektronen sowie Anwendung des Verfahrens
 R. Bartel, V. Kirchhoff, G. Mattausch, O. Röder, J. Kubusch

CN 101542677 B
Vorrichtung zum Behandeln von Substraten
 J.-P. HeinB, V. Kirchhoff, L. Klose, B. Scheffel, C. Metzner, H. Morgner

EP 2 102 381 B1
Verfahren zum Herstellen eines antimikrobiell wirkenden Materials
 M. Fahland, N. Schiller, T. Vogt, J. Fahlteich

INTERNATIONALE VERTRETER INTERNATIONAL REPRESENTATIVES

Japan

Dr. Koichi Suzuki

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



Indien

Umesh Bhagwat

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



China

Oliver Wang

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



Südafrika

Thomas Schaal

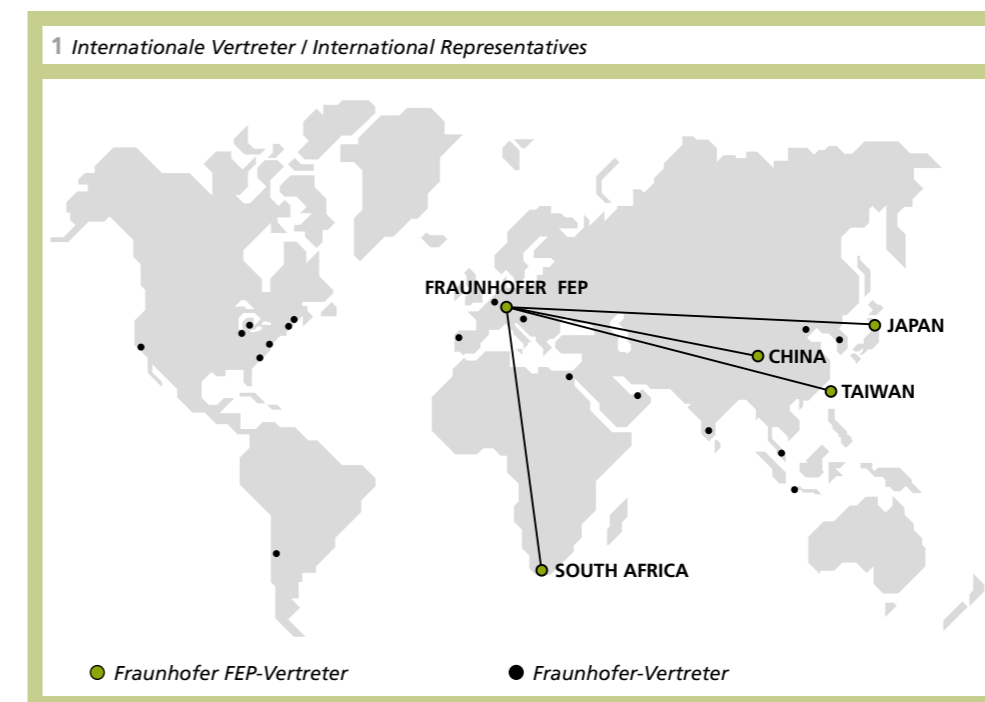
Esa-Meridian consulting (pty.) Ltd.
25 Tahiti Close
7975 Capri Village,
Fish Hoek / Cape Town
Republic of South Africa



Mehr Informationen

Nehmen Sie gerne Kontakt zu unseren Fraunhofer FEP-Vertretern auf. Weitere Fraunhofer-Büros finden Sie unter:

www.fraunhofer.de



ANFAHRT

Adresse

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

GPS Koordinaten

N 51° 01.790
O 13° 46.890

Mit dem Auto

- ▶ Autobahn A17, Ausfahrt »Dresden-Südvorstadt«
- ▶ Bundesstraße B170 in Richtung Dresden
- ▶ am »Pirnaischen Platz« rechts Richtung »Gruna / VW Manufaktur«
- ▶ am Ende des »Großen Gartens« rechts in die »Karcherallee«
- ▶ an der folgenden Ampel links in die »Winterbergstraße«

Mit der Bahn

- ▶ ab Dresden Hauptbahnhof mit der Straßenbahnlinie 10 (Richtung »Striesen«) bis zur »Bergmannstraße«
- ▶ umsteigen in den Bus 74 (Richtung »Reick«) und aussteigen am »Fraunhofer-Institutszentrum«

Mit dem Flugzeug

- ▶ ab Flughafen Dresden mit dem Taxi etwa 30 Min. zum Fraunhofer-Institutszentrum (Winterbergstraße 28)



DIRECTIONS

Address

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

GPS Coordinates

N 51° 01.790
E 13° 46.890

By car

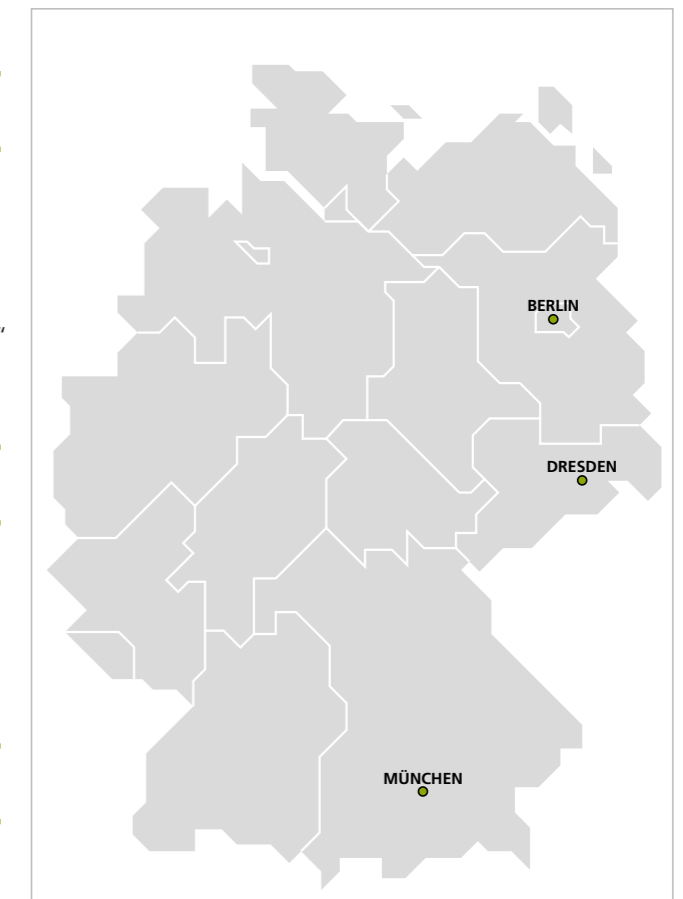
- ▶ Autobahn A17, exit »Dresden-Südvorstadt«
- ▶ Bundesstraße B170, direction Dresden
- ▶ at »Pirnaischer Platz« turn right, direction »Gruna / VW Manufaktur«
- ▶ at the end of »Großer Garten« turn right onto »Karcherallee«
- ▶ at the next traffic light turn left onto »Winterbergstraße«

By railway and tram

- ▶ from Dresden main railway station take tram line 10 (direction »Striesen«) and exit at »Bergmannstraße«
- ▶ change to bus 74 (direction »Reick«) and exit at »Fraunhofer-Institutszentrum«

By airplane

- ▶ from Dresden Airport 30 minutes by taxi to the Fraunhofer-Institutszentrum (Winterbergstraße 28)



IMPRESSUM

EDITORIAL NOTES

Kontakt / Contact

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

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

Ansprechpartner / Contact person

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

Redaktion / Editorial team

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

Gestaltung / Layout

Finn Hoyer
Janek Wieczoreck

Bildnachweis / Photo acknowledgments

Finn Hoyer
Janek Wieczoreck
Fraunhofer ILT, IOF, IPM, IST, IWS (S. 16–17/78–79)
Glatt Systemtechnik GmbH (S. 37/99)
Rolf Grosser

Übersetzung / Translation

Stuart Fegan

Druck / Production

Union Druckerei Dresden GmbH
Prießnitzstr. 39
01099 Dresden

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Deutschland | März 2012

Reproduction of any material is subject to editorial authorization.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Germany | March 2012

