



JAHRESBERICHT
2012

JAHRESBERICHT
2012



INHALT

ALLGEMEINER TEIL

- Vorwort | 4
- Im Profil | 6
- Organisationsstruktur | 8
- Das Institut in Zahlen | 10
- Aus dem Institutsleben | 12
- Unser Kuratorium | 14
- Kooperationen und Mitgliedschaften | 16
- Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces | 18
- Die Fraunhofer-Gesellschaft | 20

AUS DER FORSCHUNG

- Solarthermie – Grüne Wärme im Überfluss | 24
- Bauteilbeschichtung im Dienste der Ressourcenschonung | 28
- Magnetron-Sputtern von piezoelektrischen Aluminiumnitrid-Dünnschichten | 32
- Niederdruck-Plasmabehandlung zur Aushärtung hybrider Schichtsysteme | 34
- Photovoltaik – leicht gemacht | 36
- 10 Jahre Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik – Das Fraunhofer FEP ist dabei! | 38
- Langzeitstabiler Plasmaprozess für die Hochrate-Bedampfung mit dem Dualtiegel | 40
- Modifizierung von biologischem Material mit dem Elektronenstrahl | 42
- Bessere Qualitätssicherung für das Elektronenstrahlschweißen | 44
- Hochrate-PECVD-Abscheidung amorpher Kohlenstoffschichten mit der Plasmaquelle LAVOPLAS | 46
- Untersuchungen an Goldgespinsten aus der Zeit Augusts des Starken | 48
- Hochauflösende EBIC-Untersuchungen an CdTe-Dünnschichtszellensolarzellen | 50

HIGHLIGHTS

- Vier Jahre Forschungsallianz Kulturerbe – eine Bilanz des Fraunhofer FEP | 54
- Fraunhofer Lounge | 56
- Medizinische Applikationen – Sächsische Fraunhofer-Institute forschen für die Zukunft | 58
- Forschung für die Praxis – 20 Jahre Fraunhofer in Dresden | 60
- Fraunhofer-Talent-School | 62
- 10. Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften | 63

ANHANG

- Namen, Daten und Ereignisse | 66
- Internationale Vertreter | 74
- Anfahrt | 76
- Impressum | 78



1



2

VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

mit unserem Jahresbericht möchten wir Sie wieder über die Aktivitäten unseres Instituts im letzten Jahr informieren. An erster Stelle stehen wie immer die wirtschaftlichen Kennzahlen. Wie schon in den letzten beiden Jahren war es uns möglich, den Wirtschaftsertrag erneut um ca. 10 Prozent zu steigern. Wir haben damit die 6 Millionen Euro überschritten. Daraus ergibt sich ein Anteil der Wirtschaftserträge am Betriebshaushalt von 50 Prozent. Auch der Ausblick auf das kommende Jahr hat sich gegenüber den vergangenen Jahren noch einmal verbessert. Damit wurde die Basis für die kontinuierliche Weiterentwicklung des Instituts geschaffen. An dieser Stelle möchten wir all unseren Partnern aus der Industrie für das entgegengebrachte Vertrauen danken.

Bei einer guten Entwicklung aller Bereiche gab es ein besonders starkes Wachstum in den Geschäftsfeldern Elektronenstrahl-Anwendungen und Präzisionsbeschichtung. Aber auch auf dem Arbeitsgebiet der Photovoltaik konnte ein Industrieauftrag von über 1 Million Euro akquiriert werden.

Eine wichtige Voraussetzung für die weitere Entwicklung des Instituts ist die Schaffung von weiteren Laborflächen. Mit der Fertigstellung eines neuen Gebäudes mit einer Fläche von ca. 500 m² wurde eine erste Etappe erreicht. Diese neuen Labors werden dringend für die strategische Weiterentwicklung der Abteilung Präzisionsbeschichtung benötigt. Für den weiteren Ausbau wurden 2012 alle Genehmigungen eingeholt, die die Errichtung eines weiteren 500 m² großen Laborkomplexes ermöglichen.

Die fachlichen Arbeiten werden in den folgenden Artikeln ausführlich dargestellt. Unter dem Titel »Grüne Wärme im Überfluss« werden unsere Aktivitäten auf dem Gebiet der Solarthermie ausführlich dargestellt. Der zweite Leitartikel erläutert neue Ansätze bei der Beschichtung von 3D-Bauteilen. Durch die Kombination von Sputter- und Aufdampfverfahren werden Schicht-eigenschaften erreicht, die uns neue Anwendungsfelder eröffnen.

Besonders erfreulich ist die Entwicklung unserer biomedizinischen Laboreinheit. Vor wenigen Jahren wurde das neue Arbeitsgebiet mit Mitteln aus unserer Grundfinanzierung aufgebaut. Nun wurden die ersten größeren öffentlich geförderten Projekte und mehrere kleine Industrie-aufträge erfolgreich akquiriert.

Ein ganz neues Arbeitsgebiet beschäftigt sich mit dem Kulturguterhalt. Zusammen mit anderen Fraunhofer-Instituten, mit Instituten der Leibniz-Gemeinschaft und der Stiftung Preußischer Kulturbesitz untersuchte das Fraunhofer FEP, inwieweit neue Technologien den Verfall von Kultur- und Kunstgütern aufhalten können bzw. sich daraus neue Methoden zur Restaurierung ableiten lassen. Ein erster Workshop dazu hat gezeigt, welch großes gesellschaftliches Interesse zu dieser Thematik besteht. Besonders in einer technisierten Welt ist der Umgang mit Kultur- und Kunstgütern ein wesentlicher Bestandteil des gesellschaftlichen Lebens.

Liebe Leser, dieser Jahresbericht kann Ihnen nur einen kleinen Überblick unserer Aktivitäten aufzeigen. Wir würden uns deshalb besonders freuen, wenn dies Ihr Interesse geweckt hat und laden Sie ein, mit uns über neue Anwendungen der Elektronenstrahl- und Plasmatechnologien zu diskutieren.

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 66 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen 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.

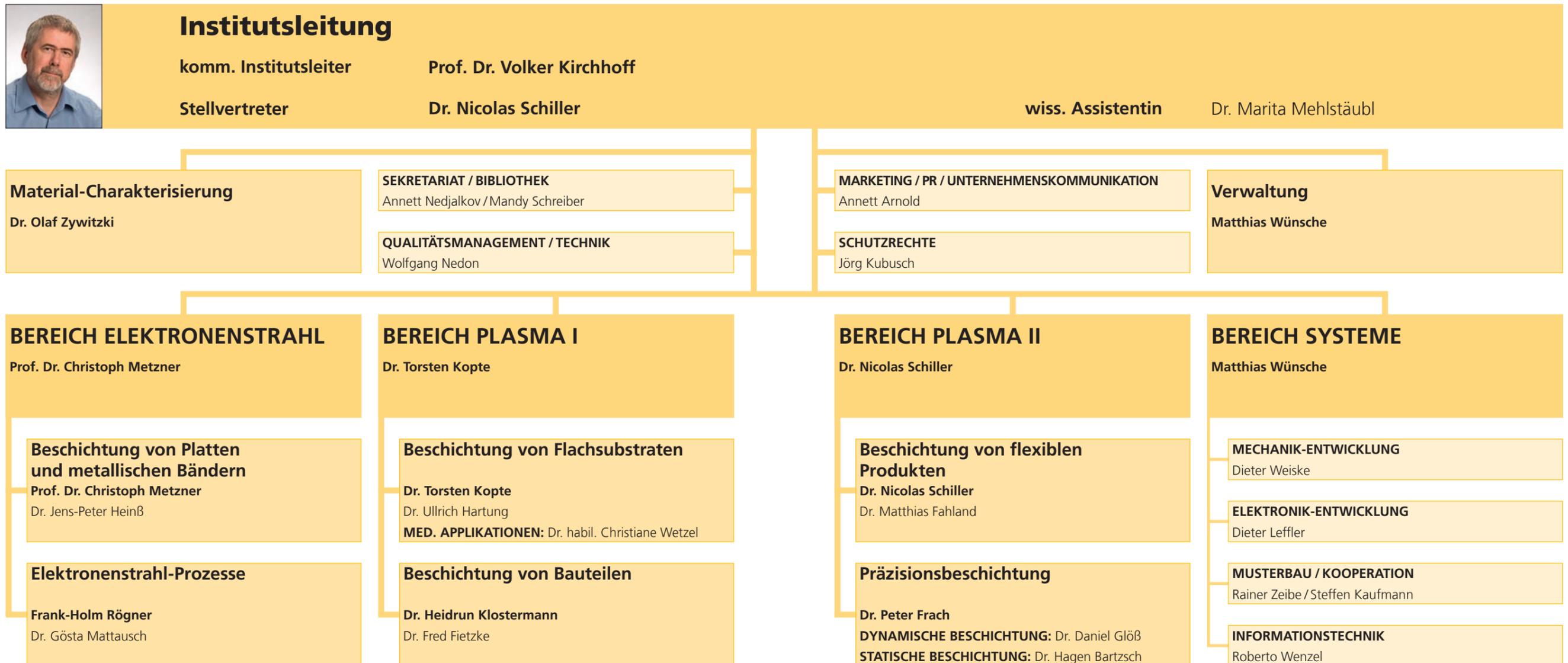
Weitere Informationen

www.fep.fraunhofer.de

Mobile Webseite

m.fep.fraunhofer.de

ORGANISATIONSSTRUKTUR



DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Ertragsentwicklung

Das Institut kann wieder auf ein sehr beachtenswertes Geschäftsjahr zurückblicken. Aufgrund erfolgreicher Akquisition konnte das Fraunhofer FEP durch direkte Aufträge aus der Industrie 6,4 Millionen Euro erwirtschaften. Das entspricht einer Steigerung der Wirtschaftserträge um 12 Prozent zum Vorjahr. Aus öffentlichen Projekten, gefördert von Bund und Ländern, wurden Erträge in Höhe von 3,6 Millionen Euro erzielt. Davon konnte der überwiegende Anteil in Höhe von 2,4 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 79 Prozent und entspricht einem Volumen von 10,0 Millionen Euro. Damit konnten die anspruchsvollen Ziele für 2012 übertroffen werden. Der Grundfinanzierungsverbrauch im Betriebshaushalt betrug 2,6 Millionen Euro.

Die im Berichtszeitraum erzielten Erträge gliedern sich wie folgt:

- ▶ Wirtschaftserträge (Auftragsforschung mit der Wirtschaft) 6,4 Mio €
- ▶ Öffentliche Erträge (Vertragsforschung Bund) 0,6 Mio €
- ▶ Öffentliche Erträge (Vertragsforschung Länder) 2,4 Mio €
- ▶ EU und sonstige Erträge 0,6 Mio €

Entwicklung der Gesamtaufwendungen

Der Gesamtaufwand aus Betriebs- und Investitionshaushalt betrug 14,0 Millionen Euro. Im Betrachtungszeitraum wurden 1,5 Millionen Euro, davon 0,7 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 7,3 Millionen Euro, dies entspricht 58 Prozent des Betriebshaushalts in Höhe von 12,6 Millionen Euro. Der Sachaufwand betrug 5,2 Millionen Euro.

Mitarbeiterentwicklung

Im vergangenen Jahr waren 133 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, davon 10 Auszubildende, und zusätzlich 41 Diplomanden/Praktikanten sowie 77 wissenschaftliche Hilfskräfte im Institut tätig. Von den 62 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beschäftigt waren, arbeiteten 8 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusätzlich an ihren Promotionsthemen. Der Frauenanteil im Wissenschaftlerbereich betrug 15 Prozent. Die Ausbildung junger Wissenschaftlerinnen und 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.

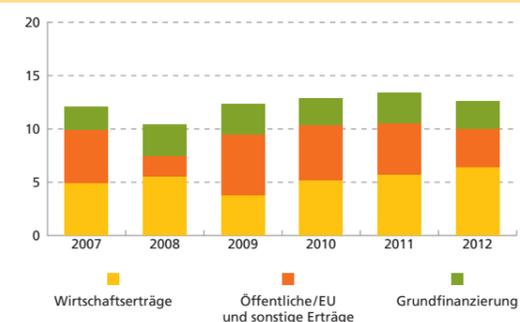
Im Bereich des technischen Nachwuchses setzten wir auch im Jahr 2012 auf eine gezielte Lehrausbildung gemeinsam mit

den jeweiligen Berufsschulen. Langjähriger Partner für die Ausbildung von Physiklaboranten 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 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter stets mit großem persönlichem Engagement gewährleisten.

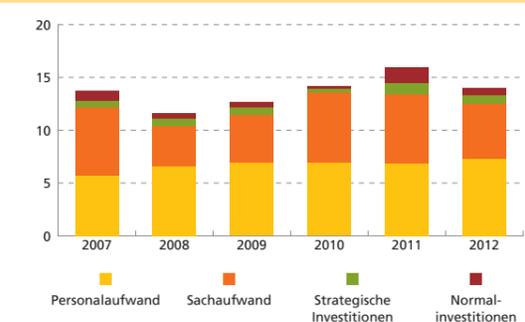
Im Berichtszeitraum absolvierten Herr Neumann und Herr Kreusel die Ausbildereignungsprüfung.

Bis Ende 2012 nahmen 2 neue Auszubildende ihre Lehre im Institut auf. In der Ausbildung befinden sich damit derzeit 10 Auszubildende: zwei BA-Studenten, eine Werkstoffprüferin, drei Physiklaborantinnen, drei Physiklaboranten und ein Industriemechaniker.

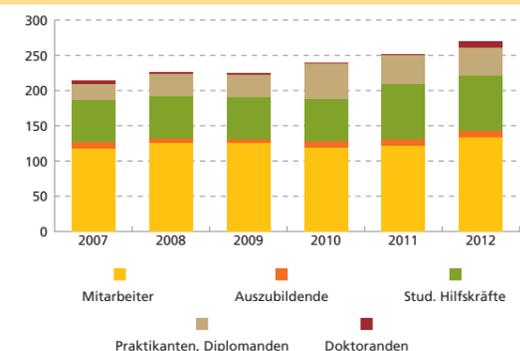
1 Betriebshaushalt (in Millionen Euro)



2 Gesamtaufwand (in Millionen Euro)



3 Mitarbeiterentwicklung



KONTAKT

Veit Mittag
 Telefon +49 351 2586-405
 veit.mittag@fep.fraunhofer.de



AUS DEM INSTITUTSLEBEN

Verabschiedung von Matthias Wünsche

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

ich möchte die Gelegenheit wahrnehmen, mich an dieser Stelle bei meinem Vorgänger Herrn Matthias Wünsche, für die geleistete Arbeit zu bedanken. Ich habe in meiner neuen Funktion als Verwaltungsleiter ein organisatorisch und finanztechnisch sehr gut bestelltes Haus erhalten.

Am 01.11.1996 wurde Herr Matthias Wünsche zum Verwaltungsleiter des Fraunhofer FEP berufen. 15 Jahre erfolgreiches Wirken in dieser Funktion haben das Fraunhofer FEP entscheidend geprägt. In seiner Funktion als Leiter Systeme hat er den wirtschaftlichen Erfolg des Instituts aktiv mitgestaltet. In vielen Projekten nimmt der Systembau heute eine Schlüsselposition ein.

Frühzeitig wurden unter seiner Leitung die Organisationsabläufe im Fraunhofer FEP so optimiert und modernisiert, dass man den Herausforderungen der Informationsgesellschaft begegnen konnte. Die Zusammenarbeit mit der IT und seinen »Verwaltern« war ihm ein besonderes Anliegen.

Seine präzise Arbeitsweise und das besondere Verständnis für die Belange der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zeichneten das Wirken im Fraunhofer FEP aus. Sein Slogan »Alles wird gut« war ihm selbst Leitbild und Vision zugleich. Jederzeit war sein Handeln davon bestimmt, das beste Ergebnis für unser Institut und die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu erzielen.

Lieber Matthias, mehr als einmal saßen wir nicht nur symbolisch in einem Boot, du hast uns gezeigt, dass Mannschaft, Schlagmann und Steuermann eine Einheit ergeben können. Auch im schwierigen Fahrwasser hast du stets die Ruhe bewahrt und unser Boot wieder ausgerichtet. Als erfolgreicher Ruderer wusstest du, dass man mit der Strömung zwar schneller vorankommt, aber auch Tiefgründigkeit verlieren kann. Du warst uns jederzeit ein vertrauensvoller Vorgesetzter.

Wir wünschen Dir allzeit Riemen und Dollenbruch.

Deine Fraunhofer FEP Mannschaft

Fraunhofer fördert Initiativen zur Vereinbarkeit von Beruf und Familie

Die Vereinbarkeit von Beruf und Familie ist für die Fraunhofer-Gesellschaft ein besonders wichtiges Anliegen und Teil der Unternehmensphilosophie.

Vor allem möchten wir unseren Mitarbeiterinnen, insbesondere den Wissenschaftlerinnen, nach der Familiengründung einen möglichst guten Wiedereinstieg in das Berufsleben ermöglichen. Deshalb besteht seit ein paar Jahren ein Kooperationsvertrag des Fraunhofer FEP gemeinsam mit dem Fraunhofer IWS, IKTS und IFAM über 25 Belegplatzrechte mit den Kindertageseinrichtungen »Seidnitzer Krümel« und »Stadtmäuse« der Thüringer Sozialakademie gGmbH.

Durch die Einrichtung eines Mit-Kind-Büros am Fraunhofer FEP haben wir nun auch die Möglichkeit, dass Eltern ihre Kinder mit an den Arbeitsplatz nehmen können, wenn die übliche Betreuung der Kinder nicht möglich ist. Für Eltern, die das Mit-Kind-Büro nutzen, konnte ebenfalls ein Parkplatz auf dem Campusgelände zur Verfügung gestellt werden.

Ermöglicht wurde die Einrichtung des Mit-Kind-Büros durch finanzielle Förderung aus dem »Förderprogramm zur Unterstützung institutsspezifischer Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Beruf und Familie« der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Fraunhofer-Gesellschaft stellt für solche institutsbezogenen Maßnahmen jährliche Fördermittel von insgesamt 250.000 € zur Verfügung.

Das Mit-Kind-Büro wurde am 17. Juli 2012 feierlich eingeweiht.

KONTAKT

Veit Mittag
Telefon +49 351 2586-405
veit.mittag@fep.fraunhofer.de



UNSER KURATORIUM

Am 22. Mai 2012 fand die 23. 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. In seinem Vortrag verwies Herr Dr. Feldhütter auf die zwei erfolgreichen Instrumente der Vernetzung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft, die »regionalen Innovationscluster« und die »Systemforschung«. Dabei thematisierte er im Rahmen der Systemforschung die Schwerpunkte »Elektromobilität«, die Fraunhofer-Initiative »Morgenstadt« und die »Märkte von übermorgen« mit dem aktuellen Bezug zum Projekt »Steri-Health« des Fraunhofer FEP.

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 seinem Fachvortrag »Elektronenbehandlung von Saatgut – Neuer Schwung für ein altes Thema« stellte Frank-Holm Rögner neben einem Abriss der Historie derzeitige Entwicklungsarbeiten und neue Kooperationen vor.

In einem zweiten Fachvortrag »Entwicklungsschwerpunkte der 3D-Beschichtung« vermittelte Dr. Heidrun Klostermann einen Einblick in die aktuellen Arbeiten ihrer Fachabteilung und berichtete über den im Jahr 2011 durchgeführten Strategieworkshop »Zukunft der Bauteilbeschichtung«.

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

Mitglieder des Kuratoriums

Dr. Ulrich Engel	Kuratoriumsvorsitzender
RD'in Dr. Annerose Beck	Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, 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
Nicole Kraheck	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat 513
Ralf Kretzschmar	hollomet GmbH, Geschäftsführer
Dr. Harald Küster	ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG, Leiter Forschung und Entwicklung
Dr. Klaus Michael	Heraeus Sensor GmbH, Manager Business Development
Peter G. Nothnagel	Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, Geschäftsführer
Dr. Jan-Peter Osing	AMG Coating Technologies GmbH, Beiratsvorsitzender/Berater
Dr. Dietmar Roth	Roth & Rau AG, Werk Wüstenbrand, Geschäftsleitung
Robin Schild	VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, Geschäftsführer
Dr. Michael Steinhorst	Tata Steel Europe, Direktor Produktentwicklung, Technologie, Anwendung
Dr. Hermann Stumpp	LOI Thermprocess GmbH, Vorsitzender LOI Italimpianti Gruppe
Christoph Teetz	MTU Friedrichshafen GmbH, Vice President Predevelopment & Analytics

Gäste des Kuratoriums

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



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

Das Fraunhofer FEP arbeitete in 2012 mit rund 50 nationalen und internationalen Industriepartnern zusammen.

Akademische Kooperationen

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

Forschungspartner

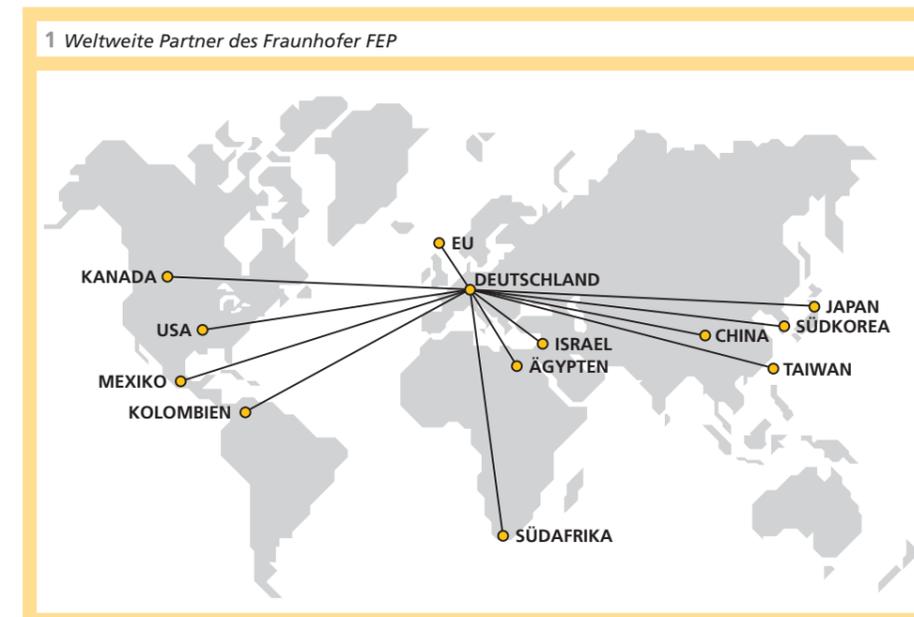
- ▶ University of Virginia USA
- ▶ Beijing Institute of Aeronautical Materials
- ▶ National Institute for Materials Science Japan
- ▶ Korean Institute of Industrial Technology

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)
- ▶ Deutsche 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 Batterien
- ▶ 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 66 Institute und selbstständige Forschungseinrichtungen. Rund 22 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,9 Milliarden Euro. Davon fallen 1,6 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 entwickeln 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 aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

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

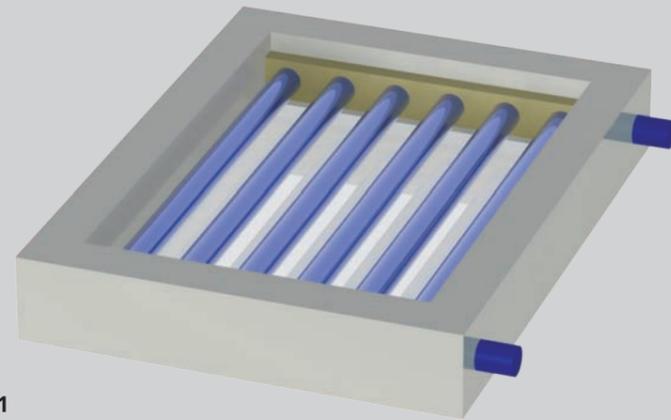
1 Hauptstandorte der Fraunhofer-Institute und -Einrichtungen in Deutschland





AUS DER FORSCHUNG

- Solarthermie – Grüne Wärme im Überfluss | [24](#)
- Bauteilbeschichtung im Dienste der Ressourcenschonung | [28](#)
- Magnetron-Sputtern von piezoelektrischen Aluminiumnitrid-Dünnschichten | [32](#)
- Niederdruck-Plasmabehandlung zur Aushärtung hybrider Schichtsysteme | [34](#)
- Photovoltaik – leicht gemacht | [36](#)
- 10 Jahre Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik – Das Fraunhofer FEP ist dabei! | [38](#)
- Langzeitstabiler Plasmaprozess für die Hochrate-Bedampfung mit dem Dualtiegel | [40](#)
- Modifizierung von biologischem Material mit dem Elektronenstrahl | [42](#)
- Bessere Qualitätssicherung für das Elektronenstrahlschweißen | [44](#)
- Hochrate-PECVD-Abscheidung amorpher Kohlenstoffschichten mit der Plasmaquelle LAVOPLAS | [46](#)
- Untersuchungen an Goldgespinsten aus der Zeit Augusts des Starken | [48](#)
- Hochauflösende EBIC-Untersuchungen an CdTe-Dünnschichtsolarzellen | [50](#)



SOLARTHERMIE – GRÜNE WÄRME IM ÜBERFLUSS

Zur Lösung der weltweiten Energie- und Klimaproblematik ist die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energie unablässig. Nutzung von Windenergie und Photovoltaik sind in aller Munde, doch auch die Solarthermie verfügt über ein riesiges Potential, ein wichtiger Baustein der Energiewirtschaft zu werden.

Fremdenergiefreie solare Klimatisierung von Gebäuden

Unter den verfügbaren erneuerbaren Energieträgern stellt die Solarenergie die weitaus größte Ressource dar (vgl. Abb. 3). Der Verbrauch an fossiler Energie entfällt heute in Deutschland zum größten Teil auf die Gebäudeheizung, noch vor der Verstromung und dem Verkehr.^[1] Durch direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Wärme könnten hier große Mengen fossiler Energie eingespart werden. Diese Art der Energienutzung wird allgemein unter dem Stichwort Solarthermie zusammengefasst. Voraussetzung hierfür ist einerseits eine

effiziente Umwandlung der Sonneneinstrahlung in nutzbare Wärmeenergie durch optimierte Solarkollektoren, andererseits ein verlustarmer Weg zur Wärmespeicherung, möglichst über ein Jahr hinweg. Das heißt im Sommer gespeicherte Wärmeenergie wird im Winter zur Gebäudeheizung genutzt. Zeolithe können dies ermöglichen. Dabei handelt es sich um im Grundzustand stark wasserhaltige Silikatminerale mit extrem großer innerer Oberfläche, welche Wärme auf rein chemischem Weg quasi verlustfrei speichern. Ein Zeolithspeicher von einigen Kubikmetern Volumen reicht aus, um die zur Beheizung eines Eigenheimes im Winterhalbjahr benötigte Energiemenge

vorzuhalten. Zum Aufladen eines Zeolithspeichers, d. h. zur Dehydratation, werden jedoch Temperaturen von ca. 200 °C benötigt. Dies können herkömmliche Solarkollektoren, welche mit Wasser als Wärmetransportmedium betrieben werden, nicht leisten. Stattdessen werden Solarkollektoren einer neuen Klasse benötigt, welche auf die Erzielung hoher Temperaturen des Wärmeträgermediums ausgelegt sind. Diese ermöglichen außerdem den Betrieb von thermisch getriebenen Kältemaschinen und somit das solare Kühlen von Gebäuden in den Sommermonaten. Das Gesamtsystem zur fremdenergiefreien solaren Klimatisierung von Gebäuden ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

Zur Realisierung dieses Konzeptes sind folgende Bausteine notwendig:

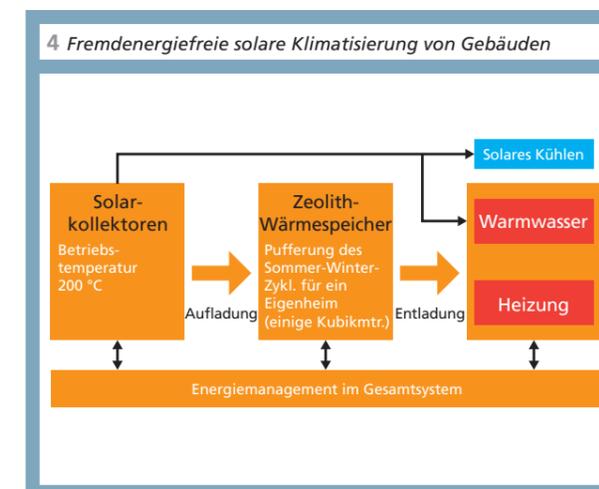
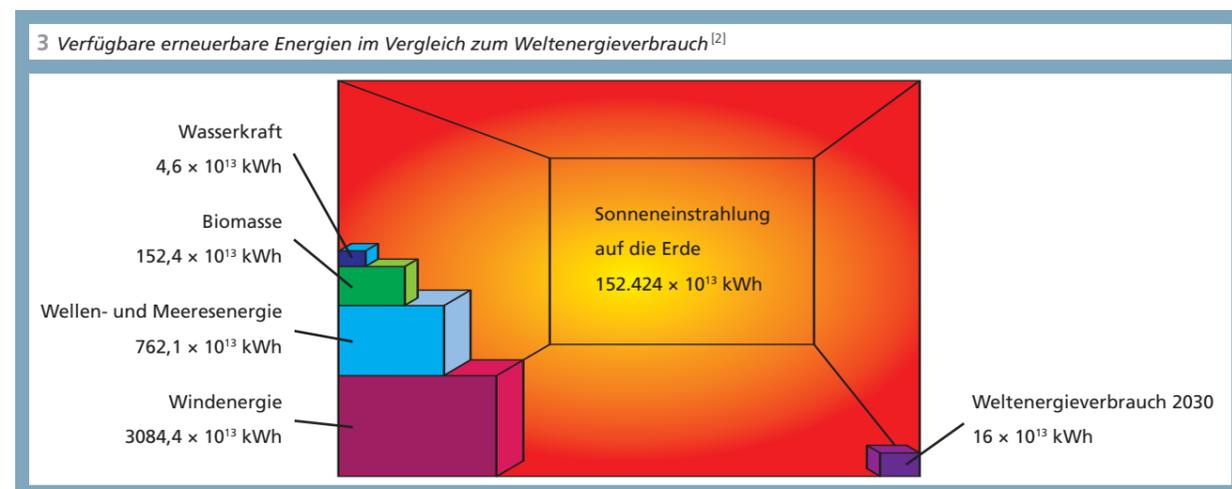
- ▶ Hochleistungssolarkollektoren mit hohem Wirkungsgrad bei Betriebstemperaturen bis zu 200 °C
- ▶ Langzeitstabile Zeolithspeicher mit angepasster Speicherkapazität
- ▶ Energiemanagement im Gesamtsystem

^[1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990-2010, Stand 07/2011

^[2] Eurec Agency / Eurosolar WIP: Power for the World – A Common Concept

1 Schema eines Solarkollektors

2 Zeolithe





5

Das Fraunhofer FEP konnte im Rahmen eines FuE-Verbundvorhabens bereits 2011 mit Untersuchungen zu Hochleistungs-solkollektoren mit hohem Wirkungsgrad bei Betriebstemperaturen bis zu 200 °C beginnen. Zudem werden derzeit Partnerschaften etabliert, um Arbeiten zur Steigerung der Langzeitstabilität von Zeolith-Wärmespeichern zu forcieren.

Solkollektoren mit hohem Wirkungsgrad bei Betriebstemperaturen bis zu 200 °C

Auf dem Gebiet der thermischen Solarkollektoren ist eine Vielzahl verschiedener Systeme am Markt vertreten. Vakuum-Röhren-Kollektoren erreichen den höchsten Wirkungsgrad von ca. 95 Prozent. Diese Systeme besitzen in der Regel ein metallisches Innenrohr, welches eine Absorberschicht trägt. Zwischen dem Innenrohr und einem teilverspiegelten Außenrohr befindet sich ein Vakuum, um Verluste durch Wärmeleitung und Konvektion zu vermeiden. Die Arbeitstemperatur entsprechender herkömmlicher Solarkollektoren liegt bei ca. 80 °C.

Im Hinblick auf Arbeitstemperaturen von bis zu 200 °C treten zwei grundsätzliche Probleme auf:

- ▶ Die Kombination aus metallischem Innenrohr und Außenrohr aus Glas führt zu Metall-Glas-Übergängen, welche zum Erhalt des Vakuums dauerhaft dicht sein müssen. Auf Grund der stark unterschiedlichen thermischen Ausdehnung von Metallen und Glas kann dies bei häufigen Temperaturwechseln um 200 °C und darüber problematisch sein.
- ▶ Strahlungsverluste Wellenlängen-selektiver Absorber spielen bei 80 °C Betriebstemperatur keine nennenswerte Rolle. Sie vervielfachen sich beim Übergang zu einer Arbeitstemperatur von 200 °C auf Grund ihrer Proportionalität zur vierten Potenz der Temperatur und führen zur Reduzierung des Wirkungsgrades.

Zur Überwindung der genannten Probleme soll ein neuartiges Konzept realisiert werden. Der in Abbildung 6 schematisch

dargestellte Hochleistungssolkollektor besteht aus drei konzentrischen Glasröhren und es wird somit komplett auf metallische Rohre verzichtet. Die Problematik der Metall-Glasverbindung wird durch die Fertigung des Kollektors komplett aus Glas umgangen.

Das Innenrohr trägt das Absorberschichtsystem. Dieses Schichtsystem zeichnet sich durch einen hohen solaren Absorptionsgrad und durch einen geringen Emissionsgrad aus. Der Absorptionsgrad bestimmt den Anteil des Lichtes, der absorbiert wird und im beschriebenen Schichtsystem in Wärme umgewandelt wird. Der Emissionsgrad beschreibt den Strahlungsverlust in Folge der hohen Temperatur des Absorbers. Für das Absorberschichtsystem wird ein Absorptionsgrad von 95 Prozent bei einem Emissionsgrad kleiner 10 Prozent bei Temperaturen von 200 °C angestrebt.

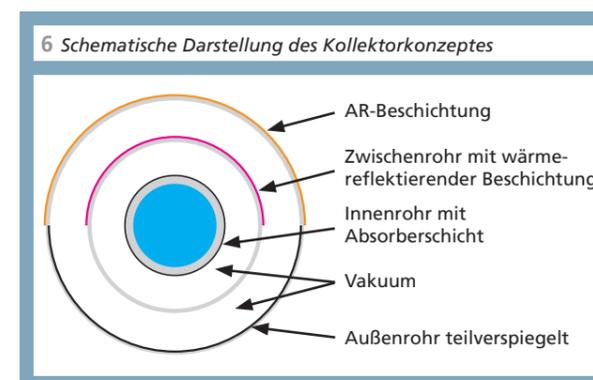
Das Absorberschichtsystem besteht im Wesentlichen aus drei Teilschichten:

- ▶ IR-Reflektor zur Verringerung der Strahlungsverluste (geringer Emissionsgrad)
- ▶ Selektiv absorbierende Schicht zur Absorption der einfallenden Strahlung
- ▶ Reflektionsmindernde Schicht

Eine Besonderheit des Konzeptes stellt das Zwischenrohr dar. Dieses erfüllt die Aufgabe eines Wärmereflektors, wodurch bei der angestrebten Betriebstemperatur von bis zu 200 °C die Strahlungsverluste deutlich reduziert werden. Dazu wird es mit einem wärmereflektierenden Schichtsystem beschichtet, welches an die aus der Architekturglasbeschichtung bekannten Low-E-Schichtsysteme angelehnt ist. Auf dem äußeren Rohr kann zudem noch eine Anti-Reflex-Beschichtung zum Einsatz kommen, um Reflexionsverluste zu vermindern. Alle Beschichtungen müssen hohe Anforderungen an Haftfestigkeit sowie Temperaturstabilität erfüllen. Die funktionellen Schichtsysteme werden am Fraunhofer FEP zunächst auf

flachen Glassubstraten entwickelt und bezüglich Materialauswahl, ihren spezifischen Eigenschaften und der Beständigkeit entsprechend den Anforderungen charakterisiert. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten am Fraunhofer FEP liegt auf der Umsetzbarkeit der Beschichtungsprozesse für die dreidimensionale Rohrgeometrie. Daher werden im nächsten Schritt die Beschichtungstechnologien durch das Fraunhofer FEP auf Glasrohre übertragen. Dabei gilt es, die charakteristischen funktionellen Eigenschaften der Schichtsysteme beizubehalten. Beim Projektpartner, dem Maschinenbauunternehmen Götz Lamm & Co. OHG Metalltechnik Großenhain, entsteht eine Versuchsanlage, die speziell für die Beschichtung der einzelnen, für den Kollektor notwendigen, Rohre zugeschnitten ist. Die dafür vorgesehene Rohrlänge beträgt zunächst 800 mm. Die entstehenden Halbzeuge werden durch die Glasbläserei Horst Müller, Berlin, zu einem Kollektor zusammengefügt. Dieser Demonstrator wird abschließend an einem zertifizierten Prüflabor charakterisiert.

Die Arbeiten des Fraunhofer FEP zum Absorberschichtsystem sind zum großen Teil abgeschlossen. Die Untersuchungen zu Wärmereflektor und Antireflex-Schichtsystem wurden begonnen. Die Versuchsanlage befindet sich derzeit im Aufbau und wird zu Beginn des Jahres 2013 in Betrieb genommen werden.



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.

Förderkennzeichen: 10007/2533

5 In-line Beschichtungsanlage ILA 900



KONTAKT

Thomas Preußner
 Telefon +49 351 2586-126
 thomas.preussner@fep.fraunhofer.de



BAUTEILBESCHICHTUNG IM DIENSTE DER RESSOURCENSCHONUNG

Komplexe Oberflächen, empfindliche Werkstoffe und dennoch höchste Anforderungen an die Funktionalität - die Herausforderungen bei der Beschichtung nicht ebener Substrate sind vielfältig. Für neue Lösungen müssen auch neue Technologiekombinationen erprobt werden, die Perspektiven auf wirtschaftlich tragbare Vakuumbeschichtung für Massenbauteile eröffnen.

Ressourcenschonung ist eine Kernaufgabe im 21. Jahrhundert. Mit Einzug der Globalisierung und der, weltweit betrachtet, rasanten wirtschaftlichen Entwicklung rückt die Ressourcenzugänglichkeit zunehmend in den Fokus der gesellschaftlichen Besorgnis. Die Europäische Gemeinschaft bemüht sich in abgestimmten Regelwerken um einen nachhaltigen Umgang mit strategischen Materialien und Primärenergieträgern ebenso wie um die Limitierung der Emission umweltschädlicher Substanzen. Die Erreichung dieser Ziele erfordert einerseits ein verändertes Konsumverhalten der Bevölkerung, andererseits auch neue, innovative Produktionsprozesse und Produktqualitäten. Deutschland hat hierbei eine Schlüsselposition inne, da hier das produzierende Gewerbe mit einem Anteil von einem Drittel an der wirtschaftlichen Wertschöpfung im europäischen Vergleich weiterhin sehr stark ist und international eine Vorreiterrolle übernehmen kann.

Unter den wichtigsten produzierenden Industriezweigen rangieren die Fahrzeugindustrie, die metallverarbeitende Industrie und der Maschinenbau. Diese und weitere Branchen bemühen sich um Ressourcenschonung, einerseits – aus direktem ökonomischem Interesse – bei den eingesetzten Fertigungsmethoden, andererseits – zur Sicherung Ihrer Marktposition – mit Ressourcen schonenden Produkten und nicht zuletzt auch aus gesellschaftlichem und ökologischem Verantwortungsbewusstsein.

Vakuumbeschichtungen spielen bereits seit geraumer Zeit eine gewisse Rolle in dieser Entwicklung und sie gewinnen vor dem Hintergrund sich verschärfender Reglementierungen weiter an Bedeutung. PVD- und CVD-Beschichtung sind in etlichen Bereichen der Konsumgüterproduktion ein fester Verfahrensbestandteil zur Funktionsintegration bzw. Funktionsverbesserung von Produkten. Beispiele sind die Metallisierung von Kunststoffkomponenten wie Zier- und Bedienelementen, Lampenreflektoren oder Elektronikgehäusen. Im PVD-Verfahren aufgetragene Schutzschichten schützen Verbindungselemente in Flugzeugen vor Korrosion, wo die Sicherheitsstandards besonders hoch sind. Reibungsarme Schichten auf Bauteilen mindern die Verluste in Antriebs- und Transmissionseinheiten. Verschleißhemmende Schichten ermöglichen hoch effiziente Zerspanungsprozesse auch an neuen, besonders widerstandsfähigen und hoch belastbaren Werkstoffen.

Der Bedarf an Funktionsoptimierung durch Beschichtung steigt weiterhin und ist mit immer neuen Anforderungen bezüglich der zu beschichtenden Materialien, den komplexen Anforderungsprofilen und der Kosteneffizienz konfrontiert. Neue, leistungsfähige Beschichtungslösungen, die etwa dicke Multimaterialschichtsysteme mit spezifischen Strukturen und Wirkmechanismen der Einzelkomponenten umfassen, erfordern auch die Entwicklung effizienter und produktionstechnisch sicherer Beschichtungsverfahren.



Dieser Herausforderung stellt sich das Fraunhofer FEP mit der Erarbeitung von Kombinationsverfahren, die die angestammten Kompetenzen der Elektronenstrahl- und Plasmatechnologie vereinen.

Bei der Beschichtung von 3D-Objekten sind neben den prozessbezogenen Herausforderungen geeignete Substratbewegungsregime zur Erzielung ausreichender Gleichmäßigkeit der Schichten auf den Bauteilen sowie Konzepte zur Kontrolle der Substrattemperatur erforderlich. Je nach Bauteilwerkstoff und Schichtmaterial sind die Einhaltung strenger Temperaturlimits zur Vermeidung von Substratschädigung oder auch gezieltes Heizen zur Erzielung spezifischer Morphologie und Phase notwendige Parameter für ein leistungsfähiges Beschichtungsverfahren.

Mit neuen Vakuumkombinationsverfahren möchte die Abteilung Bauteilbeschichtung des Fraunhofer FEP auch Alternativen zu chemischen Verfahren dort anbieten, wo Auflagen bzgl. Arbeitssicherheit und Umweltschutz deren Anwendung zunehmend unrentabel und schwierig gestalten. Für die wirtschaftliche Funktionalisierung von Kleinteilen setzt die Abteilung Bauteilbeschichtung ihre Aktivitäten zur Schüttgutbeschichtung fort, mit dem Bestreben, neben dem PVD-Multilagenkorrosionsschutz weitere Funktionalitäten auf Kleinteilen zu realisieren, etwa reibungsarme Kohlenstoffbasierte Schichten, die mittels PECVD-Verfahren mit sehr hoher Rate abgeschieden werden können (siehe Artikel S. 46, Dr. B. Zimmermann). Verminderte Reibungsverluste auf vielen Kleinteilen können ihren Beitrag zur Effizienzsteigerung von Antrieben und damit zur Ressourcenschonung leisten.

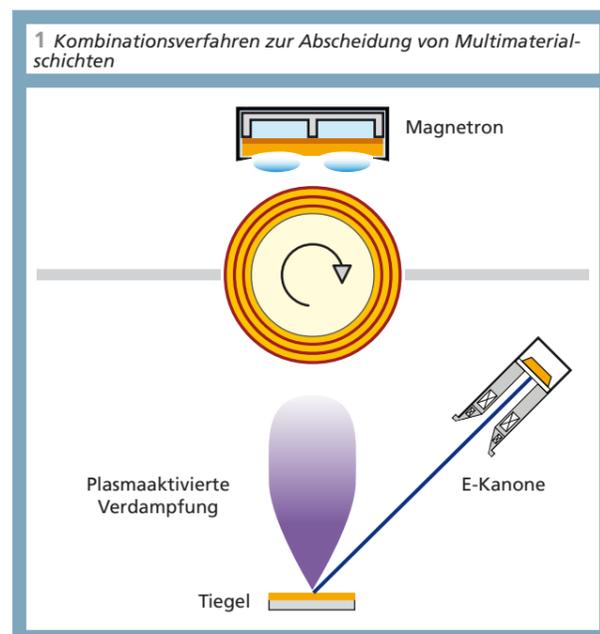
Für größere Bauteile will das Fraunhofer FEP eine Plattform zur Kombinationsbeschichtung mittels Magnetronspütern, Elektronenstrahl-Hochrateverdampfung und PECVD schaffen. Die leistungsfähige Hochrate-Technologie der Elektronen-



strahlverdampfung hat in der Metallbandbeschichtung vielfach gezeigt, dass sie Schichten mit einzigartigen Eigenschaftskombinationen ermöglicht, die mit anderen Verfahren nicht wirtschaftlich realisiert werden können. Die anlagentechnische Basis zur Erschließung dieser Technologie für die 3D-Beschichtung stellt eine Kurztakt-Anlage dar, in die Bauteile mittels einer Schleuse ohne Unterbrechung des Vakuums in der Prozesskammer eingeschleust werden können und rotierend – eine Grundvoraussetzung bei 3D-Bauteilen – sequenziellen oder parallelen Beschichtungsprozessen unterzogen werden können.

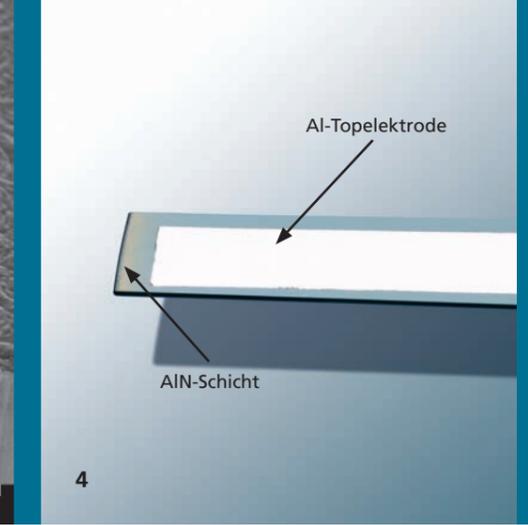
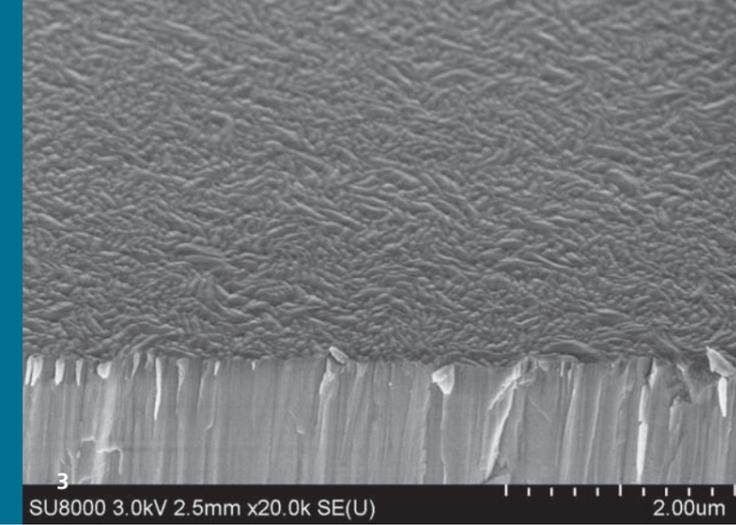
Die zu entwickelnden Prozesskombinationen eröffnen neue Freiheitsgrade für Schichtzusammensetzungen, welche durch die bislang in der Beschichtung von 3D-Bauteilen etablierten Vakuumbeschichtungsverfahren nicht abgedeckt werden. Dazu gehören einerseits dielektrische Materialien welche der Bogenverdampfung nicht zugänglich sind, andererseits dicke Schichten der Größenordnung 100 μm , die weder durch Sputtern noch durch Bogenverdampfung wirtschaftlich abgeschieden werden können. In der Regel wird es sich um Schichtsysteme handeln, deren Realisierung in einem ununterbrochenen Verfahrensablauf nur durch die Kombination verschiedener Technologien möglich ist. Darunter fallen beispielsweise Systeme vom Typ M - MC - MC_xN_y - C_xN_y , deren Teilschichten mit ihren einzelnen Funktionalitäten für eine gute Gesamtleistung unabkömmlich sind. Auch Multiphasenschichten mit oxidischen Bestandteilen, deren Bausteine in unterschiedlichen Belastungssituationen wirksam werden, können mit entsprechenden Hybridverfahren erschlossen werden. Damit sind neue Kombinationen aus Grundwerkstoff und funktionaler Oberfläche möglich, die auch scheinbar widersprüchliche Ansätze wie Leichtbau, Leistungssteigerung und Verschleißreduktion etwa in Verbrennungskraftmaschinen zu vereinen helfen.

Mit den vorgestellten Entwicklungsplattformen für Kleinteile und Substrate bis zu einer typischen Größe von 300 mm, in Einzelfällen auch größer, widmet sich die Abteilung Bauteilbeschichtung auch zukünftig der stetigen Weiterentwicklung und auch der Erweiterung der Fraunhofer FEP-Kernkompetenzen und deren Nutzung für die Beschichtung nicht ebener Substrate. Sie kann damit gemeinsam mit Industriepartnern einen Beitrag im Bemühen um ressourcenschonende Produktion und Produkte leisten.



KONTAKT

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



MAGNETRON-SPUTTERN VON PIEZOELEKTRISCHEN ALUMINIUMNITRID-DÜNNSCHICHTEN

Piezoelektrische Dünnschichtmaterialien werden zum Beispiel für MEMS^[1], SAW^[2] / BAW^[3]-Bauelemente, für die Ultraschallerzeugung und Energy Harvesting (Mikro-Energieerzeugung) verwendet. Ein besonders vielversprechendes Material hierfür ist Aluminiumnitrid (AlN).

Piezoelektrika sind Materialien, die sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung verformen, bzw. bei denen durch Einwirken einer mechanischen Kraft eine Ladungstrennung entsteht. Eine gebräuchliche Kenngröße zur Charakterisierung piezoelektrischer Materialien ist der Piezokoeffizient d_{33} (Längenänderung parallel zum elektrischen Feld; Einheit: pm/V bzw. pC/N), wobei ein hoher Wert ein besseres piezoelektrisches Verhalten bedeutet. Das gebräuchlichste Material für piezoelektrische Anwendungen, PZT (Blei-Zirkonat-Titanat), kann mehrere Hundert pC/N besitzen.

Eine Alternative stellt Aluminiumnitrid dar. Es ist aufgrund seiner Wurtzit-Kristallstruktur piezoelektrisch aktiv. AlN besitzt gegenüber PZT eine Reihe von Vorteilen. Zwei Beispiele sind die Bleifreiheit (EG-Richtlinie RoHS) sowie die Tatsache, dass die Abscheidung von AlN kompatibel mit gängigen Mikroelektronik-Prozessen ist. Literaturwerte für die Piezokoeffizienten d_{33} von AlN bewegen sich im Bereich 5 bis 7 pC/N. Am Fraunhofer FEP konnten Schichten mit Piezokoeffizienten von bis zu 9 pC/N bei gleichzeitig moderaten Schichtspannungen abgeschieden werden (Abb. 5). Die Schichtabscheidung erfolgte durch reaktives Magnetron-Sputtern von Aluminiumtargets in einer Argon-Stickstoff-Atmosphäre. Die Abscheidungsprozesse wurden in einer stationären Beschichtungsanordnung mit einer Doppel-Ring-Magnetron-Sputterquelle (DRM 400, Abb. 1) durchgeführt. Durch die Überlagerung der Entladun-

gen beider Targets ist es möglich, auf einem Durchmesser von bis zu 200 mm sehr homogene Schichten bei gleichzeitig hohen Beschichtungsraten abzuschneiden (Abb. 6).

Eine Hauptanwendung von AlN liegt im Bereich der Ultraschallschwinger. Neben Einzelschwingern ist dabei vor allem die Phased-Array-Technologie zu erwähnen: Durch zeitverzögerte Ansteuerung kleiner Schallwandler-Elemente ist ein elektronisches Schwenken und Fokussieren des Schallstrahles in unterschiedliche Bereiche des Materials möglich, ohne die Sensorposition zu verändern. In Kooperation mit dem Fraunhofer IZFP wurde an der Entwicklung von Phased-Array-Sensoren mit AlN-Dünnschichten gearbeitet.

Des Weiteren wurden, in Kooperation mit der Technischen Universität Dresden und der Universität Oulu (Finnland), Versuche zu Energy Harvesting mit AlN-Schichten auf Silizium (Si)-Streifen (Abb. 4) durchgeführt. Die noch nicht designoptimierten Schwinger zeigten im Resonanzfall Energiedichten von bis zu 20 mW/g \times cm⁻³ bzw. eine generierte Leistung von bis zu 270 μ W. Zukünftige Arbeitsschwerpunkte werden sich auf die Erhöhung der Schichtdicke und die Optimierung des Designs konzentrieren. Dadurch wird es z. B. möglich sein, den gesamten Aufbau zu verkleinern, die generierte Leistung zu erhöhen oder die Resonanzfrequenz auf die Applikation anzupassen.

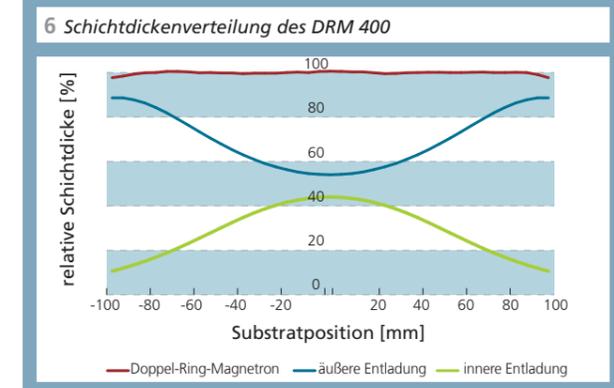
Durch reaktives Co-Sputtern von Aluminium- und Scandium-Targets wurden des Weiteren Schichten aus Aluminium-Scandium-Nitrid ($Al_xSc_{1-x}N$) mit variablem Al:Sc-Verhältnis abgeschieden. Diese Schichten wiesen gegenüber reinem AlN wesentlich höhere Piezokoeffizienten d_{33} von bis zu 30 pC/N bei ähnlichen Beschichtungsraten und moderaten Schichtspannungen auf (Abb. 5).

- ^[1] MEMS: micro-electro-mechanical systems (Mikrosysteme)
- ^[2] SAW: surface acoustic wave (akustische Oberflächenwelle)
- ^[3] BAW: bulk acoustic wave (akustische Volumenwelle)

- 1 Doppel-Ring-Magnetron DRM 400
- 2 Cluster 300 Versuchsanlage für das stationäre Magnetronsputtern
- 3 REM-Aufnahme einer AlN-Schicht
- 4 AlN-Schicht auf Si-Substrat als Schwinger für Energy Harvesting

5 Vergleich AlN und $Al_xSc_{1-x}N$ -Abscheidungen

	AlN	$Al_xSc_{1-x}N$
Schichtdicke [μ m]	10	10
max. d_{33} [pC/N]	9	30
Beschichtungsrate [nm/min]	100 ... 200	100 ... 140
Schichtspannung [MPa]	-300	-300



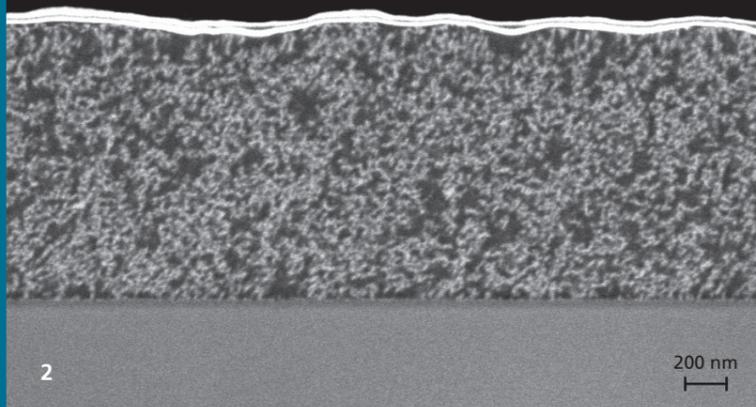
KONTAKT

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

Stephan Barth
 Telefon +49 351 2586-379
 stephan.barth@fep.fraunhofer.de



1



2



3

NIEDERDRUCK-PLASMABEHANDLUNG ZUR AUSHÄRTUNG HYBRIDER SCHICHTSYSTEME

Am Fraunhofer FEP wurden Untersuchungen zum Einsatz einer Niederdruck-Plasmabehandlung als alternative Härtungsmethode für nasschemisch aufgetragene Polymerschichten durchgeführt. Als Schichtmaterial kamen hybride Schichtsysteme zum Einsatz, da diese verschiedene Eigenschaften ihrer organischen und anorganischen Grundmaterialien vereinen.

Neuartige, anorganisch-organische Hybridpolymere besitzen gegenüber herkömmlichen, meist rein organischen Kunststoffen den Vorteil, dass sie verschiedene Funktionalitäten und Eigenschaften ihrer organischen und anorganischen Grundmaterialien kombinieren. Dadurch können neue Eigenschaften generiert werden, die durch die Basismaterialien nicht zugänglich sind. Diese Hybridpolymere werden unter anderem als Anti-Haft-Schichten, Diffusionsbarriereschichten, dentale Werkstoffe oder als mechanische Schutzschichten eingesetzt.

Um die komplexen Anforderungen an multifunktionale Oberflächen zu erfüllen, müssen die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Materialien verknüpft werden. Eine Möglichkeit zur Realisierung sind die am Fraunhofer-Institut für Silicatsforschung ISC hergestellten anorganisch-organischen Hybridpolymere (ORMOCER®e), bei denen anorganische Verbindungen mit organischen Polymereinheiten auf molekularer Ebene vernetzt sind. Als Grundgerüst für die Sol-Gel-Systeme dient ein organisch funktionalisiertes Trägermaterial (Siloxangerüst). Ein zweiter Bestandteil sind anorganisch-oxidische Netzwerke zur Steigerung der chemischen und thermischen Stabilität sowie der Schichthärte. Als dritter Bestandteil werden organische Polymerketten eingebaut, die maßgeblich für die Polymerisation während der Schichthärtung verantwortlich sind.

Etablierte Härtungsmethoden für Sol-Gel-Schichtsysteme sind die UV-Härtung und die thermische Härtung. Für neuartige Anwendungen wurde am Fraunhofer FEP im Rahmen von Förderprojekten erstmals ein Niederdruck-Plasmaverfahren als Härtungsmethode erprobt. Als Plasmaquelle wurde ein Plasmatreater eingesetzt, der standardmäßig zur Substratvorbehandlung bei der PVD-Beschichtung verwendet wird. Insbesondere der Ionenbeschuss bei der Plasmahärtung führt zur Bildung von freien Bindungen (Radikalen) in der Schicht. Diese führen zu einer stabileren Vernetzung des hybriden Polymers. Mittels FT-IR-Analyse konnte der Abbau von Doppelbindungen (C=C) und die Bildung von SiO_x-Bindungen nachgewiesen werden. Zur Analyse der Schichthärte wurden die plasmabehandelten Schichten mit dem Nanoindentationsverfahren untersucht, welches eine tiefenaufgelöste Härtemessung erlaubt. Auf diese Weise konnte eine besonders an der Oberfläche signifikant erhöhte Schichthärte festgestellt werden (Abb. 4).

Ein Ziel der Untersuchungen war, die mit dem Plasmaverfahren härtbaren Hybridpolymere mit einer photokatalytischen Aktivität auszustatten, um z. B. antibakterielle Eigenschaften zu erzielen. Dazu wurden photokatalytisch wirksame Titan-dioxid-Nanopartikel in die Hybridpolymer-Matrix eingebettet. Ein positiver Nebeneffekt der Plasmabehandlung ist dabei, dass durch eine gleichzeitig auftretende Ätzwirkung die in

der Polymerschicht eingebetteten Nanopartikel teilweise freigelegt werden, wodurch sie ihre photokatalytische Wirkung voll entfalten können. Zum Nachweis der photokatalytischen Wirksamkeit der Schichtsysteme wurde die Zersetzung von Methyleneblau unter UV-A Bestrahlung (1 mW/cm²) untersucht. Die TiO₂-Nanopartikelhaltigen hybridpolymeren Schichten weisen einen stärkeren photokatalytischen Effekt als kommerziell verfügbare Glasbeschichtungen auf.

Die Vorteile der Plasmahärtung gegenüber der thermischen Härtung sind die kürzeren Prozesszeiten und geringere thermische Substratbelastung. Ein Vorteil gegenüber der UV-Härtung ist, dass auf UV-Initiatoren verzichtet werden kann. Mögliche Einsatzfelder für die Plasmahärtung von Hybridpolymeren sind Beschichtungen für Metall- und insbesondere Kunststoffoberflächen, bei denen aufgrund der erhöhten Oberflächenhärte eine bessere Kratzschutzwirkung erzielt werden kann. Mögliche Einsatzfelder der photokatalytischen Schichten sind antibakterielle oder Easy-to-Clean-Oberflächen für Medizinprodukte und für die Umweltmesstechnik.

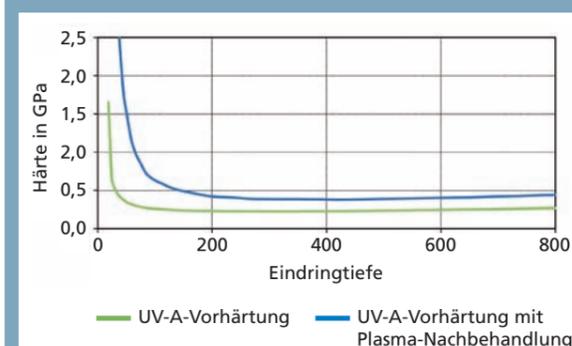
Förderung:
Bundministerium für Bildung und Forschung

Projekt:
»Innovative Plasmatechnik zur Erzeugung photokatalytisch aktiver, hybrider Schichten« (PlasKat),
Förderkennzeichen: 13N9313

»Innovative Gradientenschichten mit nanoskaligen Hybridpolymeren« (InGrad),
Förderkennzeichen: 03X0099D

1 Innenbehandlung mit Plasmatreater
2 TEM-Aufnahme: Plasmagehärtete Schicht mit homogen eingearbeiteten TiO₂-Nanopartikeln (© Fraunhofer ISC)
3 Präzisionsbeschichtungsanlage – PreSensLine

4 Schichthärte als Funktion der Eindringtiefe gemessen durch Nanoindentation



KONTAKT

Dr. Daniel Glöß
Telefon +49 351 2586-374
daniel.gloess@fep.fraunhofer.de

Andy Drescher
Telefon +49 351 2586-378
andy.drescher@fep.fraunhofer.de



PHOTOVOLTAIK – LEICHT GEMACHT

Photovoltaik – eine deutsche Vorzeigebbranche befindet sich im Umbruch und muss sich neu erfinden. Der massive Kostendruck vor allem asiatischer Solarmodulhersteller verlangt nach Innovation. Ein internes Fraunhofer-Verbundprojekt liefert wertvolle Vorarbeit auf dem Weg zu neuartigen, leichtgewichtigen Solarmodulen.

Solarmodule sind unverzichtbare Komponenten bei der Gewinnung erneuerbarer Energie. Die effizientesten Module mit einem Wirkungsgrad um 20 Prozent basieren zurzeit noch ausschließlich auf Solarzellen aus kristallinen Siliziumwafern. Der typische Aufbau eines solchen Solarmoduls besteht aus einem Frontglas als mechanischem Träger und gleichzeitigem mechanischen Schutz. Darunter befindet sich, in einen elastischen Kunststoff eingebettet, die eigentliche Solarzelle. Rückseitig wird das Modul mit einer licht- und dampf- undurchlässigen Folie verkapselt. Die komplette Verkapselung der Solarzellen ist notwendig, um einen Verschleiß durch die Einwirkung atmosphärischer Gase und Dämpfe zu verhindern. Erst dadurch ist eine Lebensdauer von mehr als 20 Jahren möglich.

Aufgrund des Frontglases wiegt ein typisches Solarmodul ca. 20 Kilogramm. Ziel eines internen Verbundprojektes der Fraunhofer-Gesellschaft ist die drastische Reduzierung des Gewichtes auf nur noch die Hälfte. Dabei wird das Glas durch eine frontseitige Kunststofffolie ersetzt. Die mechanische Stabilität wird dann von einem Trägersystem auf der Rückseite gewährleistet. Dafür kommen hochmoderne Faserverbundmaterialien zum Einsatz, wie sie zum Beispiel aus dem Automobilbereich bekannt sind.

In Kombination mit dem neuartigen, leichteren Aufbau der kompletten Solarmodule wird die Leistungsfähigkeit der einzelnen Solarzellen durch neue Konzepte drastisch gesteigert. So werden zum Beispiel sämtliche Elektroden und lichtundurchlässigen Kontakte auf die Rückseite der Wafer-basierten Solarzelle gelegt. Eine größere Fläche der Solarzelle kann damit durch das Sonnenlicht bestrahlt werden. Der Wirkungsgrad der Solarzelle und damit die Effizienz des gesamten Moduls werden somit erhöht.

Das finale Resultat ist ein Solarmodul, welches einen gesteigerten Wirkungsgrad aufweist und nur noch halb so viel wiegt. Aufgrund des geringeren Gewichtes können zum Beispiel Industriedächer als Aufstellflächen für Solarmodule gewonnen werden. Diese sind meist sehr kostenoptimiert gebaut worden und für typische Schneelasten ausgelegt. Eine zusätzliche Aufständigung von gebräuchlichen Solarmodulen kommt aufgrund des hohen Gewichtes bisher nicht in Frage. Genau hier können die neuen Solarmodule ihren Gewichtsvorteil ausspielen. Die europaweit vorhandenen Dachflächen stellen ein Potenzial dar, welches nicht länger ungenutzt bleiben darf.

Innerhalb des Verbundprojektes entsteht in Zusammenarbeit der beteiligten Fraunhofer-Institute ISE, IFAM und IZM gemeinsam mit dem Fraunhofer FEP eine neue Generation an Leichtbausolarmodulen. Neben der Bearbeitung der technologischen

Fragestellungen wird dem Kostenaspekt eine große Bedeutung beigemessen. Unter ständiger Beachtung von effizienten Produktionstechniken und kostengünstigen Materialien wurde schon nach der halben Projektlaufzeit ein realistisches Konzept geschaffen, welches die Herstellung der neuen Leichtbaumodule zu den Kosten eines heute erhältlichen konventionellen Solarmodules erlaubt. Eine weitere Optimierung ermöglicht neue Preiskorridore, die deutschen Modulherstellern eine Rückkehr zur Marktführerschaft erleichtert.

*Förderung:
Gefördert im Rahmen der
internen Programme der
Fraunhofer-Gesellschaft.
Fördernummer: WISA 823 236*

Das Fraunhofer FEP ist innerhalb des Projektes federführend in der Entwicklung der Frontseitenfolie. Die 20-jährige Erfahrung hinsichtlich der Veredlung von Kunststofffolien wird dabei ausgenutzt, um kosteneffiziente Substratmaterialien mit den notwendigen optischen Eigenschaften auszustatten. Weiterhin wird das Know-how aus 10 Jahren Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der Verkapselung von empfindlichen, elektronischen Bauelementen genutzt, um die verwendeten Kunststofffolien mit einer Sperrschicht gegenüber einem Eindringen atmosphärischer Gase und Dämpfe auszustatten.

KONTAKT

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



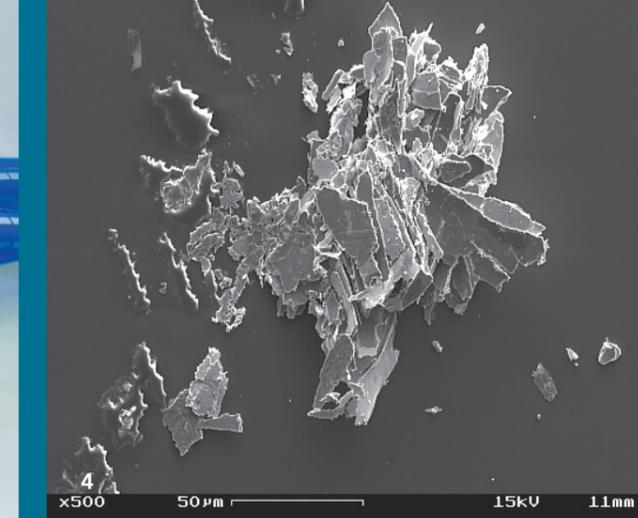
1



2



3



4

10 JAHRE FRAUNHOFER-ALLIANZ REINIGUNGSTECHNIK – DAS FRAUNHOFER FEP IST DABEI!

Die Reinigung von Oberflächen ist über alle Industriebranchen hinweg ein notwendiger Bestandteil der Fertigungskette. Im Gegensatz dazu findet sich in Deutschland und auch international kaum eine Forschungsinstitution, die sich diesem wichtigen Thema widmet.

Auch innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft gibt es kein Institut, welches diese Thematik ausschließlich bearbeitet. Jedoch finden sich in etlichen Instituten Arbeitsgruppen, die sich im Zusammenhang mit ihrer technologischen Ausrichtung zwangsläufig mit der Reinigung von Oberflächen befassen müssen, sei es zur Vorbehandlung vor der Beschichtung, zum Reinigen vor dem Fügen oder zur Minimierung von Partikelkontaminationen in der Mikroelektronik, um nur einige Beispiele zu nennen.

Aus diesem Grund haben sich vor 10 Jahren acht Fraunhofer-Institute zusammen geschlossen und am 5. Dezember 2002 die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik (FAR) gegründet. Zu den Gründungsmitgliedern gehörten die Fraunhofer-Institute FEP, ICT, IGB, ILT, IPA, IPK, IST und IWS. Das Fraunhofer FEP hat damit schon frühzeitig erkannt, dass die Bündelung von Kompetenzen in diesem interdisziplinären Arbeitsgebiet sowohl für die eigenen technologischen Bedürfnisse als auch für die Vermarktung von Reinigungstechnik-Know-how die besten Chancen bietet.

Was wurde in diesen 10 Jahren erreicht?

Fast zeitgleich mit den Gründungsaktivitäten der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik startete eine neue Messe im Bereich der industriellen Teilereinigung – die parts2clean. Der Messeveranstalter FairXperts war auf der Suche nach einem fachlichen Kooperationspartner und die FAR-Gründungsmitglieder konnten mit ihrem Konzept überzeugen. Daraus hat

sich eine anhaltende Partnerschaft entwickelt und das von der FAR organisierte Fachforum bildet jährlich einen wachsenden Anziehungspunkt auf der parts2clean. In diesem Jahr wurde das Fachforum erstmals zweisprachig (Deutsch/Englisch) durchgeführt und damit die internationale Ausrichtung verstärkt. Mittelpunkt der parts2clean ist nach wie vor der zentral gelegene Gemeinschaftsstand der FAR.

In einer gemeinsamen Marktstudie der FAR im Jahre 2007 kristallisierte sich sehr stark heraus, dass im Bereich der Reinigungstechnik ein starkes Wissensdefizit besteht, da es keine Ausbildungs- und kaum grundlegende Weiterbildungsmöglichkeiten in Deutschland gibt. In einer aufwändigen Gemeinschaftsarbeit aller Mitgliedsinstitute entstand daraufhin eine dreitägige Weiterbildungsveranstaltung, die die Grundlagen der Reinigungstechnik in einem systematischen Konzept vermittelt, um Hilfestellung für die Lösung von industriellen Reinigungsaufgaben zu geben. Dass dieses Konzept erfolgreich ist, zeigen viele positive Rückmeldungen von Teilnehmern und bereits feste Buchungen für das fünfte Grundlagenseminar im April 2013 am Fraunhofer FEP. Dass das Grundlagenseminar in diesem Jahr in das Portfolio der Fraunhofer-Academy aufgenommen wurde, ist eine zusätzliche Anerkennung der hervorragenden Qualität.

Natürlich hat sich in dieser Zeit auch das Portfolio des Fraunhofer FEP im Bereich der Reinigungstechnik erweitert. Klassische

Themen, die dem technologischen Portfolio des Instituts entstammen, sind dabei die Niederdruck-Plasmaätzverfahren für die Oberflächenvorbereitung vor einer Vakuumbeschichtung. Hochrate-Beschichtungsprozesse erfordern hocheffektive Reinigungsprozesse. Deshalb wurde unter anderem eine Hohlkathoden-Bogenentladungsquelle (Abb. 3) entwickelt, die diese hohen Ätzraten erreicht und flexibel einsetzbar ist.

Aber auch die Reinigung vor der Vakuumbehandlung hat entscheidenden Einfluss auf die Beschichtungsqualität. Diese klassischen, meist flüssigkeitsbasierten Feinstreinigungsprozesse waren ursprünglich der Auslöser, sich in die FAR einzubringen. Mittlerweile wird die dabei erworbene Kompetenz im Bereich der Prozessanalyse und -optimierung, Prozessmedienpflege, Oberflächenanalytik, Schadensanalytik und Qualitätssicherung erfolgreich für Kunden aus unterschiedlichsten Branchen angewandt.

Ein ganz anderer Bereich der Reinigungstechnik sind die Desinfektions- und Sterilisationsverfahren für hygienerelevante Bereiche, wie Lebensmittelproduktion und -verpackung, Pharmaproduktion und Medizintechnik. Gerade in diesen sensiblen Bereichen wird hohes Augenmerk auf eine zuverlässige Sauberkeit gelegt. Das Fraunhofer FEP ist mit der Elektronenbehandlung als sichere, schnelle, umweltfreundliche und produktschonende Hygienisierungsmethode auf einem erfolgreichen Weg, für viele aktuelle Probleme eine innovative Lösung anbieten zu können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die hervorragende Zusammenarbeit in der FAR erst ermöglicht hat, die interdisziplinären Aufgabenstellungen der Reinigungstechnik effektiv zu bearbeiten sowie intern wie extern als Kompetenzzentrum für die industrielle Reinigungstechnik wahrgenommen zu werden, um damit Zugang zu unterschiedlichsten Branchen zu gewinnen. Das Fraunhofer FEP wird diesen erfolgreichen Weg weiter aktiv gestalten.

- 1 Stand auf der parts2clean
- 2 Grundlagenseminar Reinigungstechnik
- 3 Leistungsstarke Plasmaquelle zur Oberflächenvorbereitung
- 4 REM-Aufnahme zur Analyse von Verunreinigungen

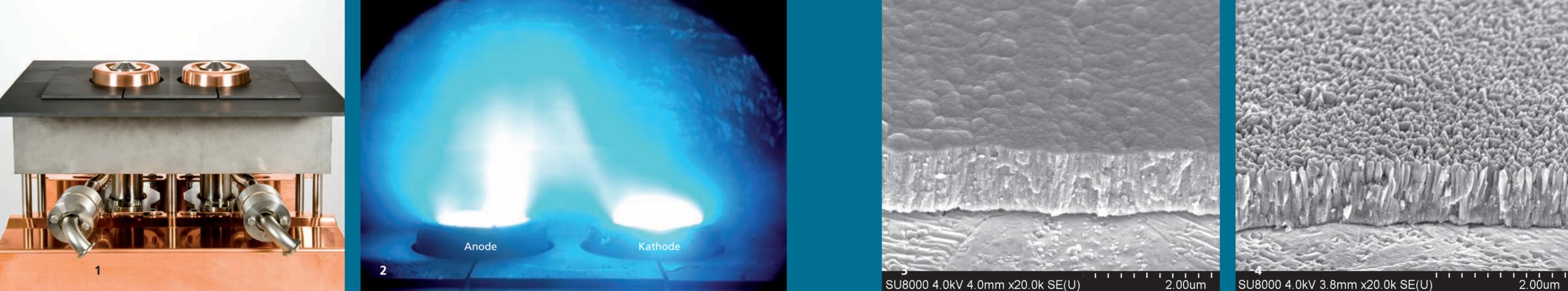


www.allianz-reinigungstechnik.de

KONTAKT

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

Martin Bilz
Telefon +49 30 39006-147
martin.bilz@ipk.fraunhofer.de



LANGZEITSTABILER PLASMAPROZESS FÜR DIE HOCHRATE-BEDAMPFUNG MIT DEM DUALTIEGEL

Dünne Beschichtungen aus Titandioxid haben eine große Bedeutung für die optische Vergütung von Oberflächen und können sogar photokatalytische Wirkungen entfalten. Durch Einführung eines Dualtiegels für den SAD-Prozess steht im Fraunhofer FEP ein langzeitstabiles und leistungsfähiges Plasmaverfahren zur Hochrate-Bedampfung zur Verfügung.

Eine hohe Beschichtungsrate ist gefragt, wenn große Materialmengen in ökonomischer Weise als Schichtmaterial aufgebracht werden müssen, z. B. wenn es um die Beschichtung sehr großer Flächen oder um relativ dicke Schichten geht. Die Elektronenstrahlverdampfung ist das prädestinierte Vakuumverfahren, mit dem die Anforderungen hinsichtlich der Beschichtungsrate – sogar bei hochschmelzenden, schwer verdampfenden Materialien – erfüllt werden. Sollen Beschichtungen aus solchen hochschmelzenden Materialien gewissen Qualitätskriterien hinsichtlich ihrer Eigenschaften, der Dichte und des Schichtgefüges genügen, ist eine Kombination mit einem leistungsstarken Plasmaprozess oft unerlässlich.

Der in den neunziger Jahren im Fraunhofer FEP entwickelte sogenannte SAD-Prozess (engl. Spotless arc Activated Deposition) kombiniert die Elektronenstrahlverdampfung mit einer diffusen Bogenentladung, die im Metaldampf einer heißen, verdampfenden Kathode brennt. Ein solcher diffuser Typ der Vakuumbogenentladung entsteht, wenn die Kathodentemperatur hoch genug ist, um eine ausreichend hohe Stromdichte bei der Emission von thermischen Elektronen zu ermöglichen. Mit Hilfe dieses Plasmaprozesses sind dichte Metallschichten mit einer Beschichtungsrate von etwa 1 µm/s oder reaktiv abgeschiedene Verbindungsschichten mit einer Beschichtungsrate bis 0,1 µm/s herstellbar. Auch dropletfreie, hochtransparente Oxidschichten können auf diese Weise erzeugt werden.

Bei der Herstellung von Titandioxid (TiO₂)-Schichten kommen die Vorzüge des Verfahrens zur Geltung. Das Wachstum von amorphen oder kristallinen TiO₂-Schichten wird durch die Wahl der Prozessparameter bestimmt. Der hohe optische Brechungsindex der Schichten (2,3 bis 2,5 bei 550 nm) ist für die Herstellung hochreflektierender Oberflächen, z. B. in der Solarbranche, geeignet. Aus dem hohen Brechungsindex resultieren intensive Interferenzfarben und ergeben wirkungsvolle dekorative Effekte. Die kristallinen Beschichtungen, insbesondere in der Anatas-Modifikation, zeigen nach UV-Bestrahlung einen ausgeprägten photokatalytischen und superhydrophilen Effekt und können im Außenbereich, z. B. auf Fassadenoberflächen, für saubere Oberflächen sorgen.

Ein wesentlicher Fortschritt bei der Prozessentwicklung ist durch die Einführung einer neuartigen Prozessvariante mit einem Dualtiegel gelungen. Zwei elektrisch voneinander isolierte wassergekühlte Kupfertiegel, die jeweils mit einer motorischen Materialnachführung (Strangnachschieber von unten) ausgerüstet sind, bilden eine Verdampfeinheit. Die heißen und verdampfenden Oberflächen der beiden Metallschmelzen fungieren als Elektroden der diffusen Bogenentladung. Versuche über einen Zeitraum von 100 Stunden, bei denen mehr als 40 Kilogramm Titan verdampft wurden, haben gezeigt, dass die Elektroden ihre volle Funktionstüchtigkeit für die Bogenentladung behalten. Langzeitstabilität über solch lange Zeiträume

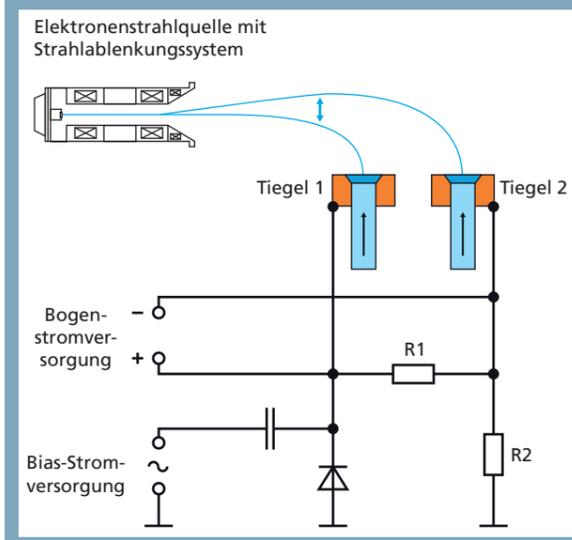
ist eine wichtige Voraussetzung für einen industriellen Einsatz. Frühere Einschränkungen der Prozessstabilität, die sich aus der allmählichen Ablagerung von oxidischen Schichten auf einer wassergekühlten Anode ergeben haben, sind somit überwunden. Für eine homogene Bedampfung von breiten Bandmaterialien sind mindestens zwei Dualtiegel vorgesehen.

Die Untersuchungen zum Dualtiegel werden in einem Kooperationsprojekt mit der VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH durchgeführt.

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

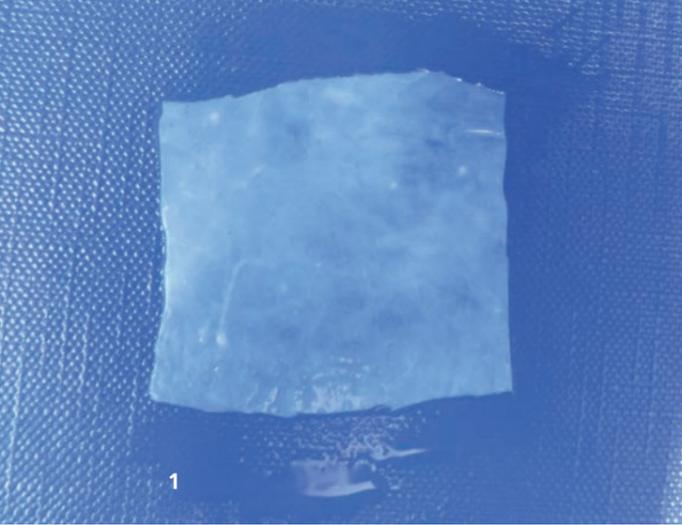
- 1 Muster eines im Fraunhofer FEP entwickelten Dualtiegels
- 2 Plasma der diffusen Bogenentladung bei der Verdampfung von Titan aus dem Dualtiegel
- 3 REM-Abbildung einer ca. 1 µm dicken, amorphen TiO₂-Schicht am Querbruch
- 4 REM-Abbildung einer ca. 1 µm dicken, kristallinen TiO₂-Schicht (Anatas-Modifikation) am Querbruch

5 Schematische Darstellung des SAD-Prozesses mit dem Dualtiegel

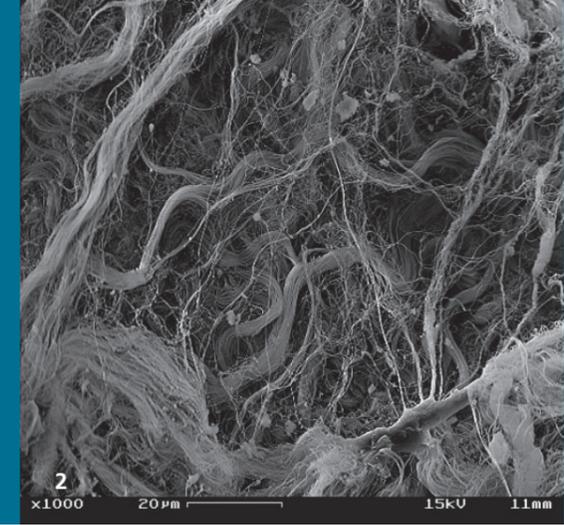


KONTAKT

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



1



2



3



4

MODIFIZIERUNG VON BIOLOGISCHEM MATERIAL MIT DEM ELEKTRONENSTRAHL

Im Rahmen einer Stiftungspromotion werden im Fraunhofer FEP grundlegende Untersuchungen zu Möglichkeiten der nichtthermischen Elektronenstrahltechnologie zur Modifizierung und Sterilisation von biologischem Material durchgeführt.

Als Modell eines biologischen Materials wurde der Schweineherzbeutel (Schweineperikard) gewählt. Das Perikard-Gewebe lässt sich durch Quervernetzungen der langkettigen Kollagenmoleküle stabilisieren und als biologisches Implantatmaterial einsetzen. Stand der Technik ist die chemische Vernetzung mit Glutaraldehyd.

Derart vernetzte kollagenhaltige Materialien wie Schweineherzklappen und Rinderperikard werden bereits als biologischer Herzklappenersatz oder Perikardpatches zur Erweiterung des Herzbeutels nach Operationen am offenen Herzen eingesetzt. Im Gegensatz zu synthetischen Materialien weisen sie eine bessere Biokompatibilität auf und erfordern daher keine Antikoagulations-Therapie. Doch gerade die Vernetzung mit Glutaraldehyd ist für die Verkalkung bei biologischem Herzklappenersatz verantwortlich. Dies hat zur Folge, dass dem aktuellen Stand zufolge nach ca. 10 ... 15 Jahren der Herzklappenersatz versagt. Aus diesem Grund bekommen nur ältere Patienten einen biologischen Herzklappenersatz. Jüngere Patienten sind auf mechanische Herzklappenimplantate und der damit verbundenen Antikoagulations-Therapie angewiesen.

Vereinzelt sind alternative Ansätze zur Glutaraldehydvernetzung in der Literatur beschrieben: Verwendung anderer vernetzender Substanzen sowie Hemmung der Hydroxylapatit-

Bildung oder Kalziumdiffusion. Einen vielversprechenden Ansatzpunkt stellt der Elektronenstrahl dar. Durch seine Eigenschaft, chemische Bindungen zu spalten und Quervernetzungen zwischen einzelnen Molekülen zu ermöglichen, ist er für diese Anwendung geradezu prädestiniert. Vor allem durch die nichtthermische Elektronenstrahltechnologie, welche im Fraunhofer FEP an der REAMODE-Anlage eingesetzt wird, können Materialien auch unter Normaldruck und bei Raumtemperatur modifiziert werden. Damit ist auch die Behandlung von sensiblen biologischen Materialien möglich. Es gibt bereits vereinzelt Publikationen zur allgemeinen Anwendung von Elektronenstrahlen auf Kollagen, welche eine Realisierung des Vorhabens aussichtsreich erscheinen lassen.

Erste eigene Ergebnisse von Elektronenstrahl-behandeltem Schweineperikard sind vielversprechend. So lässt sich die Quellung des biologischen Materials nach der Behandlung mit Elektronenstrahldosen bis 100 kGy verringern (Abb. 5), was in der Literatur mit einer Quervernetzung der Kollagenmoleküle in Verbindung gebracht wird^[1]. Nach Elektronenbestrahlung mit 1000 kGy ist das Gewebe zu brüchig, um weitere Analysen durchzuführen. Bei hohen Dosen überwiegt der Kettenabbau gegenüber der Vernetzung. Vor allem der Bereich ab 25 kGy ist für medizinische Anwendungen, gerade für Implantate, besonders interessant: Ein großer Vorteil der Elektronenstrahlbehandlung ist, dass sich die Proben gleich-

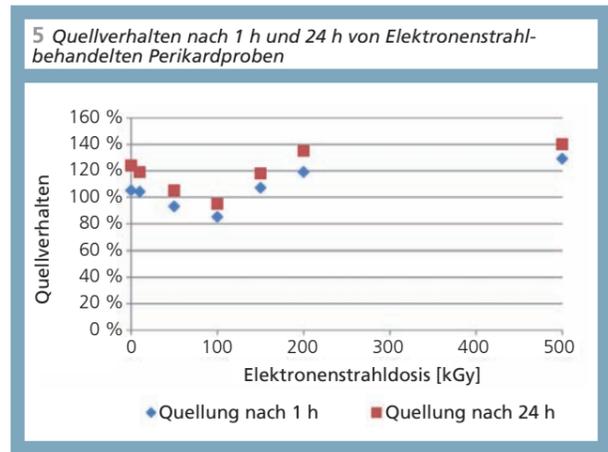
zeitig sterilisieren lassen, da unerwünschte Keime abgetötet werden. Für die Sterilisation mit ionisierenden Strahlen ist eine Minstdosis von 25 kGy gesetzlich vorgeschrieben.

Schwerpunkt der Arbeiten im Rahmen der Stiftungspromotion ist das Ermitteln der Bestrahlungsparameter für eine optimale Kollagenvernetzung im biologischen Gewebematerial, welche Flexibilität, mechanische Festigkeit, Biokompatibilität sowie Sterilität gewährleisten. Die Elektronenstrahlbehandlung an der REAMODE-Anlage lässt viele Parametervariationen zu, die in Zukunft ausgetestet und somit die Ergebnisse anwendungsspezifisch optimiert werden können. Neben der Dosis lassen sich zum Beispiel die umgebende Gasatmosphäre (Umgebungsluft, Inertgas, Reaktivgas), die Substrattemperatur, die Elektronendichte sowie die Elektronenenergie variieren, wobei die Elektronenenergie für die Eindringtiefe der Elektronen in das Material verantwortlich ist.

Die Untersuchungen innerhalb der Stiftungspromotion stellen die Grundlage für weitere, anwendungsbezogene Projekte dar.

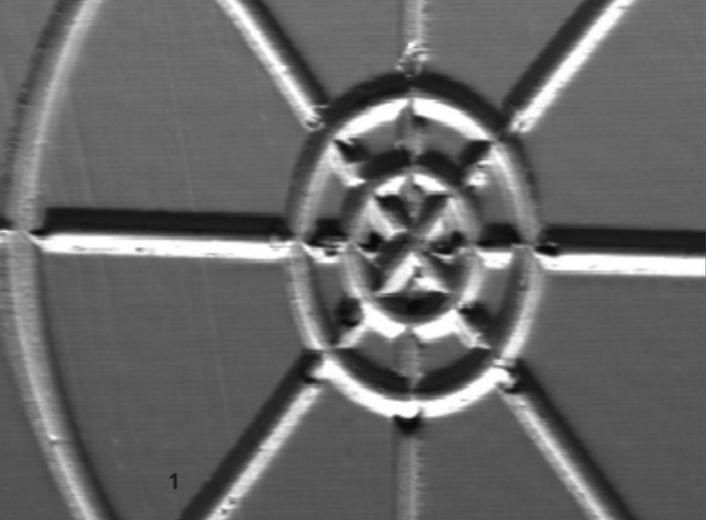
^[1] Charulatha, V.; Rajaram, A. (2003), *Biomaterials* 24:759-767

- 1 Perikard-Probenstück
- 2 REM-Aufnahme von Perikard mit 1000facher Vergrößerung
- 3 REAMODE – Versuchsanlage zur Modifizierung von organischen Materialien mit beschleunigten Elektronen
- 4 Biologischer Herzklappenersatz



KONTAKT

Jessy Schönfelder
 Telefon +49 351 2586-357
 jessy.schoenfelder@fep.fraunhofer.de



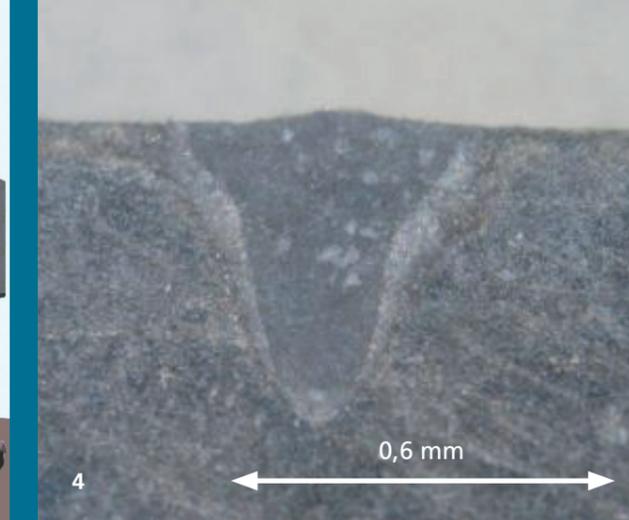
1



2



3



4

0,6 mm

BESSERE QUALITÄTSSICHERUNG FÜR DAS ELEKTRONENSTRAHLSCHWEISSEN

Eine vom Fraunhofer FEP entwickelte Monitorierungsmethode macht Elektronenstrahlschweißanlagen leichter bedienbar und führt zu neuen Möglichkeiten der Qualitätssicherung.

In den letzten Jahren hat sich die Elektronenstrahl-Technik weg vom Nimbus der exotischen Spezialanlage hin zu integrierten Fertigungsstationen entwickelt. Aus Sicht der Automatisierung und Bedienung gibt es jedoch noch eine Reihe von Problemen zu lösen, wozu das Fraunhofer FEP vielversprechende Ansätze liefert.

Für den qualitätsgerechten Einsatz des Elektronenstrahles ist es unerlässlich, seine Güte, d. h. die technologiegerechte Leistungsdichteverteilung, seine Fokusslage und die Position auf dem Werkstück hinreichend genau einzustellen und dadurch das Schweißergebnis abschätzen zu können.

Als zweckmäßig für die Detektierung der technologierelevanten Strahlparameter hat sich die Nutzung der vom Werkstück zurückgestreuten Elektronen erwiesen. Die generierten Rückstreuelektronenbilder (Abb. 1) sind vergleichbar mit Rasterelektronenmikroskopie (REM)-Bildern. Das Besondere an diesem neuen Verfahren stellt die Tatsache dar, dass statt geringer Beobachtungs-Strahlströme der originale Schweißstrahlstrom nun auch zur Generierung der Bilder genutzt wird. Dies ermöglicht eine erhöhte Positioniergenauigkeit des Strahls, da strahlstromabhängige Fehlergrößen, z. B. Zentrierung, nicht zum Tragen kommen. Um trotzdem eine möglichst geringe thermische Beeinflussung des Werkstücks zu erzielen, muss der Energieeintrag zur Erzeugung des Bildes daher mög-

lichst auf ein Minimum reduziert werden, was durch extrem verkürzte Beobachtungszeiten realisiert werden kann.

Mit einer eigens entwickelten, schnellen Strahlstrom-Steuerung und einer angepassten programmierbaren schnellen Strahlführung konnte die Oberfläche eines Werkstücks schnapsschussartig als Rückstreuelektronenbild (Abb. 1) erfasst werden. Die Dynamik resultiert aus einem neuartigen Regelkonzept, was die Abhängigkeit des Strahlstroms von der Wehnelt-Spannung nutzt, sodass im Vorfeld ein Wehnelt-Spannungswert vorhergesagt, sprunghaft angefahren und anschließend fein ausgeregelt werden kann. Die Wehnelt-Spannung stellt bei den hier üblichen Schweißquellen die Steuergröße für den Strahlstrom dar. Im gesamten Strahlstrombereich können nun Stromanstiegszeiten von unter 10 ms und damit ein geringerer Energieeintrag in das Werkstück realisiert werden.

Derart erzeugte Bilder von einem in Bezug auf den Elektronenstrahlerzeuger ortsfesten Probekörper erlauben es, mithilfe einer neuentwickelten und angepassten Bildanalysesoftware die Strahlparameter zu bewerten. Mithilfe der Aufnahme eines in Abbildung 2 dargestellten Probekörpers konnten Aussagen zu Strahlparametern wie z. B. der mechanischen Zentrierung, der Scharfeinstellung der elektromagnetischen Linse, dem Strahlstrom und der Beschleunigungsspannung getroffen werden.

Mit dieser Verfahrensweise ist es nun möglich, die technologisch relevanten Strahlparameter unter Fügebedingungen zu überprüfen. Eine Korrektur kann erfolgen, wenn die Strahlparameter aus einem technologisch bestimmten Parameterfenster heraus driften und ein unzureichendes Schweißergebnis zu erwarten ist.

Die Bildgenerierungs-Technologie kann weiterhin dafür verwendet werden, eine automatisierte Strahl-Positionierung auf dem Werkstück bei minimalem Energieeintrag zu ermöglichen. Dies ermöglicht neue Einsatzfelder beim präzisen Fügen von temperaturempfindlichen Werkstücken wie z. B. von Sensoren (Abb. 4). Diese Grundfunktionalitäten wurden in einem Demonstrator vereint und bilden nun die Basis für ein in Zukunft mögliches Strahl-Justage- und -Diagnosesystem zur Qualitätssicherung beim Elektronenstrahlschweißen.

Das Projektergebnis schafft zudem die Voraussetzung, Elektronenstrahlschweißmaschinen für Werkzeugmaschinen-Bediener ohne aufwändige Zusatzausbildung bedienbar zu machen.

Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.
Förderkennzeichen: 13530/2310

- 1 Rückstreuelektronenbild eines Probekörpers
- 2 Probekörper für die Erstellung der Rückstreuelektronen-Aufnahmen
- 3 Elektronenstrahlfeinschweißanlage
- 4 Lichtmikroskopische Aufnahme einer Schweißnaht eines Ultraschallsensors

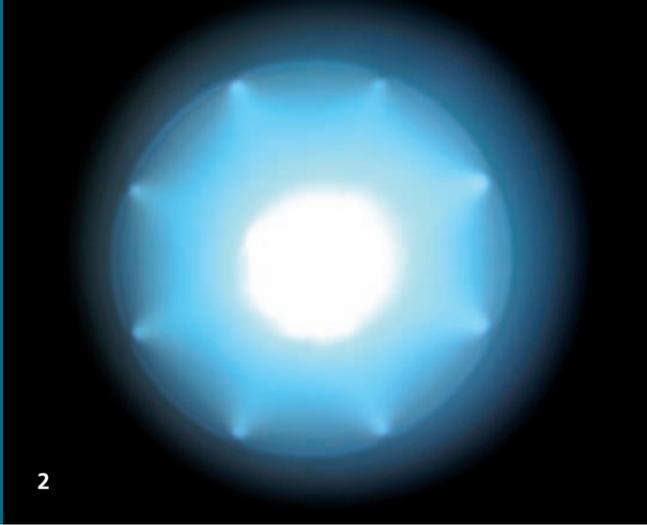


KONTAKT

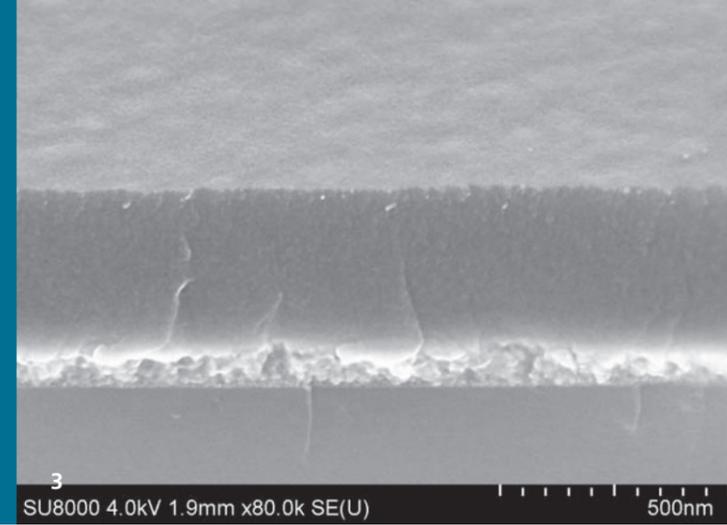
Falk Winckler
Telefon +49 351 2586-207
falk.winckler@fep.fraunhofer.de



1



2



3

SU8000 4.0kV 1.9mm x80.0k SE(U)

500nm

HOCHRATE-PECVD-ABSCHIEDUNG AMORPHER KOHLENSTOFFSCHICHTEN MIT DER PLASMAQUELLE LAVOPLAS

Amorphe Kohlenstoffschichten für tribologische Anwendungen können durch ein neuentwickeltes Verfahren, den arcPECVD-Prozess des Fraunhofer FEP, mit der Plasmaquelle LAVOPLAS kostengünstig und mit hoher Rate von bis zu 1000 nm/min abgeschieden werden.

Amorphe wasserstoffhaltige Kohlenstoffschichten (a-C:H-Schichten) sind in verschiedenen Bereichen als funktionale Dünnschichten etabliert. Besonders intensiv werden sie als tribologische Schichten (Kratzschutz, Verminderung der Reibung) angewendet. In Wissenschaft und Industrie wird nach wie vor nach kostengünstigen Technologien zur Abscheidung von amorphen Kohlenstoffschichten mit hoher Rate gesucht.

Der industrielle Standard zur Abscheidung von a-C:H-Schichten sind PECVD-Prozesse (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition, plasmagestützte chemische Dampfphasenabscheidung), bei denen das Plasma mittels elektrischer Wechselfelder im Radiofrequenzbereich (RF) angeregt wird. Dem Vorteil der einfachen und kostengünstigen Technologie stehen hier niedrige Beschichtungsraten gegenüber. Andere Verfahren wie Bogenverdampfungsprozesse oder PECVD durch Elektron-Zyklotron-Resonanz-Anregung ermöglichen wesentlich härtere Schichten um den Preis stark erhöhten apparativen Aufwandes, der sich überwiegend nur für besonders anspruchsvolle Nischenanwendungen lohnt.

Das Fraunhofer FEP hat mit LAVOPLAS (Large Volume Plasma Source) eine Plasmaquelle auf Basis einer magnetfeldgestützten Hohlkathodenbogenentladung entwickelt, die sich durch die Bereitstellung besonders weitreichender, homogener und dichter Plasmen auszeichnet. Durch einen kompakten und robusten

Aufbau, den Verzicht auf zusätzliche Hardware-Komponenten in der Vakuumkammer, besonders niedrigen Gasdurchsatz und nicht zuletzt hohe Leistungen bis über 20 kW ist die Quelle für den industriellen Einsatz prädestiniert. Bisherige Einsatzfelder liegen bei Substratvorbehandlung, plasmaaktiver Hochratebedampfung von Barriere- und Korrosionsschutzschichten oder auch plasmaunterstütztem Magnetronputtern von Verschleißschutzschichten.

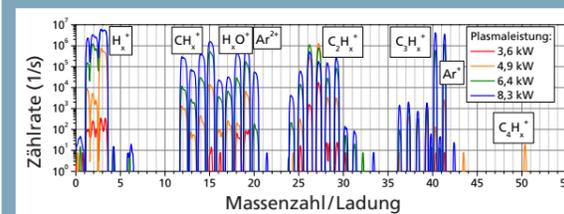
Als weitere Anwendungsmöglichkeit dieser Plasmaquelle wurde der Hohlkathoden-Bogen-PECVD-Prozess (arcPECVD) entwickelt. Hierbei wird als Reaktivgas Acetylen durch eine Düsenanordnung in das quellenah Plasma injiziert, wo es durch die hohen Ladungsträgerenergien und -dichten besonders effektiv angeregt, ionisiert sowie dissoziiert wird. Mittels Massenspektrometrie konnten hohe Konzentrationen sowohl des ionisierten Acetylenions als auch von Dissoziationsprodukten bis hin zu einzelnen Kohlenstoff- und Wasserstoffionen detektiert werden. Darüber hinaus traten durch Plasmapolymerisation entstandene Kohlenwasserstoff-Cluster auf.

Die im Plasma erzeugten kohlenstoffhaltigen Spezies scheiden sich am Substrat ab und bilden die a-C:H-Schicht. Dabei werden sehr hohe Beschichtungsraten erzielt, die mit bis zu 1000 nm/min bei stationärer Beschichtung die Rate herkömmlicher RF-PECVD-Prozesse weit übersteigen. Charakter und Eigenschaften der

Schichten lassen sich durch Einstellung der Ionenenergien mittels einer Vorspannung am Substrat oder auch durch Anwendung einer Substratkühlung variieren. Das Spektrum reicht dabei von duktilen polymerartigen Schichten, die einen hohen Wasserstoffanteil aufweisen, über graphitartige Schichten mit niedrigen Wasserstoffkonzentrationen bis hin zu sehr glatten und homogenen Schichten mit hohen Härten von 18 GPa. Letztere sind für die Anwendung am interessantesten und knüpfen in ihren Eigenschaften an typische publizierte Messwerte von diamantähnlichen Kohlenstoffschichten (diamond-like carbon, DLC) an, welche mit etablierter RF-PECVD-Technologie erzeugt werden.

Der arcPECVD-Prozess steht zur Anpassung an spezifische Schicht- und Kundenanforderungen bereit. Erste Tests zur Beschichtung schüttfähiger Substrate in einer Trommel verliefen vielversprechend. Darüber hinaus wird der arcPECVD-Prozess mit anderen Ausgangsstoffen wie z. B. Hexamethyldisiloxan (HMDSO) zur Hochratebeschichtung von Folien mit siliziumbasierten Permeationsbarriereschichten eingesetzt.

4 Massenspektrum des Argon-Acetylen-Plasmas



5 Gegenüberstellung ausgewählter erzielter Schichteigenschaften für die drei a-C:H-Typen

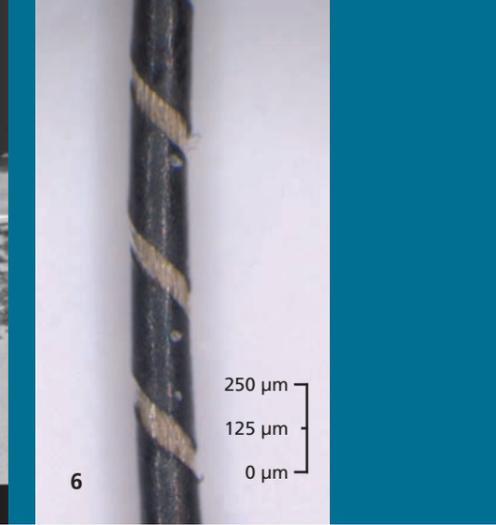
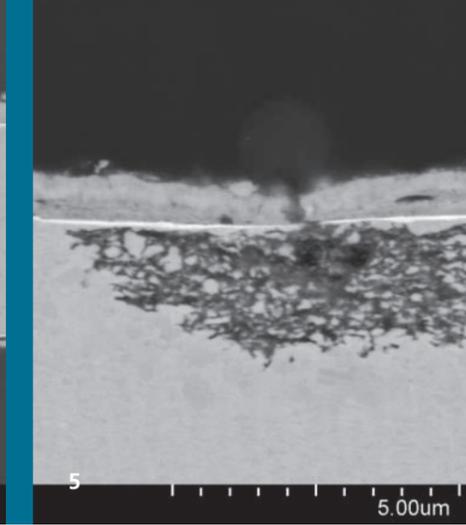
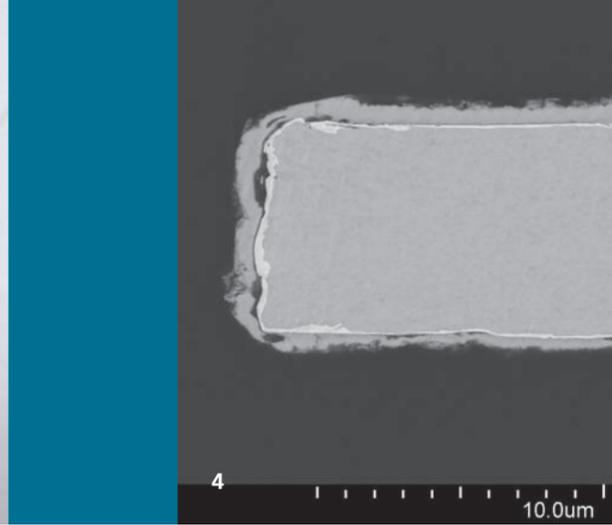
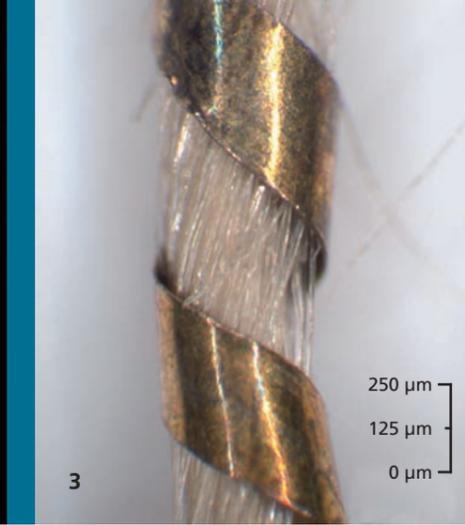
a-C:H-Schichttyp	Härte (GPa)	Wasserstoffgehalt (at.-%)	sp ³ -Anteil (%)
polymerartig	7,8	42	40
diamantartig	18,2	31	25
graphitartig	6,1	18	20

- 1 Die Hohlkathodenbogen-Plasmaquelle LAVOPLAS
- 2 Frontaler Blick auf die Plasmaquelle LAVOPLAS und die unmittelbar davor kreisförmig angeordneten Acetylen-Auslassdüsen während des Plasmabetriebs
- 3 REM-Aufnahme einer harten diamantartigen a-C:H-Schicht

KONTAKT

Dr. Burkhard Zimmermann
 Telefon +49 351 2586-386
 burkhard.zimmermann@fep.fraunhofer.de

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



UNTERSUCHUNGEN AN GOLDGESPINSTEN AUS DER ZEIT AUGUSTS DES STARKEN

Nach Untersuchungen an Zinn-Amalgam-Spiegeln des Historischen Grünen Gewölbes im Dresdner Schloss gibt es nun ein weiteres interessantes Projekt des Fraunhofer FEP zum Kulturguterhalt. Dabei beschäftigen wir uns mit analytischen Untersuchungen an Goldgespinsten von Prunktextilien aus der Zeit August des Starken (1670 – 1733).

Goldgespinste wurden in der Zeit des Barock an Textilien zur Herstellung von prunkvollen Fürstengewändern und zur Ausstattung fürstlicher Paraderäume verwendet. Zu dynastischen Höhepunkten, wie zur Krönung Augusts des Starken 1697 in Krakau oder zur Hochzeit des sächsischen Kurprinzen 1719 in Dresden steigerte sich der Reichtum der Paradetextilien ins bisher kaum Dagewesene.

Hauptstück des römischen Krönungsornats Augusts des Starken von 1697 in der Dresdener Rüstkammer ist ein Mantel von königsblauem, goldbroschiertem Seidensamt, der in sich Kostbarkeit sowie technische Innovation und Perfektion vereint (Abb. 1). Das Prunkkleid Augusts von 1719 besteht ganz und gar aus Goldstoff mit Goldstickerei (Abb. 2). Bei den Goldgespinsten selbst handelt es sich um auf Seide gesponnene vergoldete Silberfäden (Abb. 3).

Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen am Fraunhofer FEP sollten unter anderem die Dicke der Goldbeschichtung, die Reinheit des Goldes und die chemische Zusammensetzung des Silbers bestimmt werden. Weiterhin sollten die Metallfäden hinsichtlich ihrer Mikrostruktur und der auftretenden verschiedenen Korrosionserscheinungen analysiert werden. Dabei sollte zum Beispiel geklärt werden, wie dick die häufig sichtbaren, äußeren, dunklen Korrosionsschichten sind (Abb. 6) und welche Zusammensetzung diese aufweisen.

Außerdem war die Frage zu beantworten, ob unterhalb dieser Korrosionsschichten noch die ursprüngliche Goldbeschichtung nachweisbar ist.

Bei den Untersuchungen innerhalb des Projektes »Goldgespinst« arbeiten wir sehr eng mit Denkmalpflegern, Restauratoren und Kunsthistorikern der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden (SKD) und dem Büro für Denkmalpflege Dr. Schneider & Küster in Leipzig zusammen. Die Untersuchungsergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur kunsthistorischen und technologischen Einordnung und Bewertung verschiedener Werkstätten, etwa in Frankreich, Italien und Sachsen. Verbunden mit dem Projekt war auch die fadengenaue Rekonstruktion von Prunktextilien für die museale Nutzung des Dresdener Residenzschlosses.

Die auch hinsichtlich der metallographischen Präparation sehr anspruchsvolle Aufgabenstellung konnte durch die am Fraunhofer FEP vorhandene Methodik zur Querschnitts-ionenpräparation sehr gut gelöst werden. Damit können ionenpolierte Proben des gesamten Querschnittes der Metallfäden (ca. 300 µm × 10 µm) hergestellt werden. Anschließend wurden diese Proben im Rasterelektronenmikroskop abgebildet und durch energiedispersive Spektrometrie von Röntgenstrahlung (EDS) chemisch analysiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Silberfäden eine vergleichsweise homogene Beschichtung mit einer 80 bis 150 nm dünnen Goldschicht aufweisen, welche auch noch unterhalb der Korrosionsschichten nachweisbar ist (Abb. 4). Das Gold hat bei allen bisher untersuchten Proben eine hohe Reinheit von über 23 Karat (Rest Silber). Geringe Unterschiede konnten im Kupfergehalt des Silbers festgestellt werden. Teilweise ist das Kupfer im Silber durch innere Oxidation zu Kupferoxid oxidiert, welches dann aufgrund seiner Sprödigkeit die Verformbarkeit beim Feinziehen und Plätten des Drahtes erschwert haben dürfte.

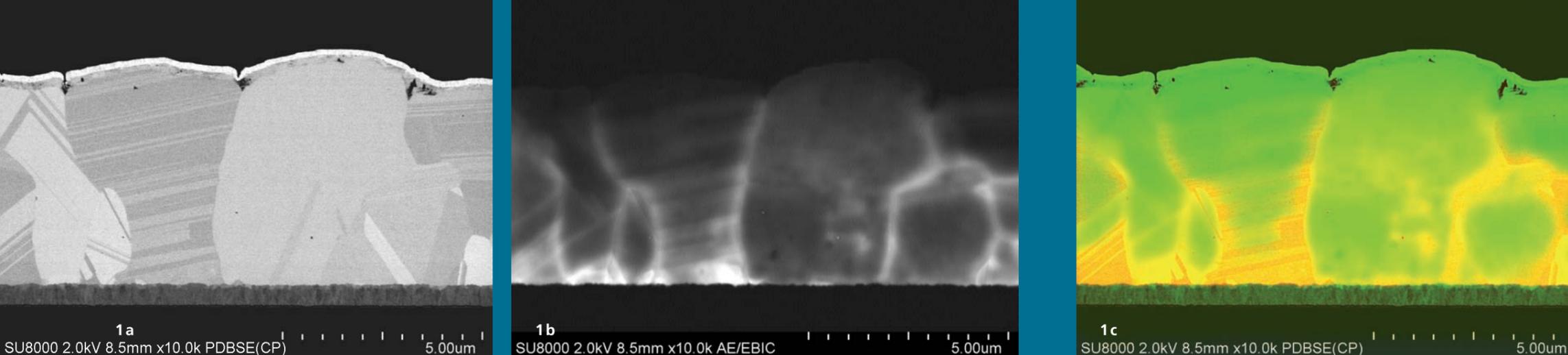
Bezüglich der Korrosionserscheinungen wurden auf den Goldfäden bis zu 2 µm dicke, geschlossene Korrosionsschichten überwiegend aus Silbersulfid (Ag_2S) nachgewiesen. Für die Bildung dieser Korrosionsschichten muss das Silber zuerst durch die dünne Goldschicht diffundieren. Bei Vorhandensein von Schwefel-Anionen reagiert das Silber dann zu Silbersulfid, welches das eindeutig dominierende Korrosionsprodukt bildet. Nur sehr vereinzelt treten zusätzlich noch Silberoxid (Ag_2O) und Silberchlorid (AgCl) auf. An Poren oder Rissen in der Goldschicht kann bei Anwesenheit eines Elektrolyten aufgrund der elektrochemischen Potentialdifferenz zum Silber Lochfraßkorrosion auftreten (Abb. 5), welche sich dann sehr schnell in die Tiefe ausbreitet. Diese Form der Korrosion ist für die Ausstellung der wertvollen Objekte sehr gefährlich und muss durch strenge Überwachung des Raumklimas unbedingt vermieden werden.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die systematischen rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen an den Goldgespinsten wichtige Erkenntnisse für die Restaurierung, kunsthistorische Einordnung, Rekonstruktion und Ausstellung der Prunktextilien ermöglichen. Es ist vorgesehen, in nächster Zeit diese Untersuchungen noch auf weitere Objekte auszuweiten.

- 1 Römische Krönungsornat Augusts des Starken zur polnischen Krönung 1697 in Krakau (© Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Jürgen Karpinski)
- 2 Prunkkleid Augusts des Starken zu den Hochzeitsfeierlichkeiten 1719 in Dresden, überarbeitet 1733 (© Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Jürgen Karpinski)
- 3 Goldgespinst aus Seide und vergoldetem Silberfaden mit geringer Korrosion
- 4 Ionenpolierter Querschnitt durch vergoldeten Silberfaden mit ca. 100 nm dünner Goldschicht (hell) und ca. 1 µm dicker Korrosionsschicht aus Silbersulfid (dunkel)
- 5 Ionenpolierter Querschnitt durch vergoldeten Silberfaden mit zusätzlich erkennbarer Lochfraßkorrosion
- 6 Goldgespinst aus Seide und vergoldetem Silberfaden mit Korrosionsschicht aus Silbersulfid

KONTAKT

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



HOCHAUFLÖSENDE EBIC-UNTERSUCHUNGEN AN CdTe-DÜNNSCHICHTSOLARZELLEN

Hochauflösende Untersuchungen der elektronenstrahlinduzierten Leitfähigkeit (EBIC) ermöglichen Untersuchungen zum Einfluss der Chlor-Aktivierungsbehandlung von CdTe-Dünnschichtsolarzellen.

Einer der wichtigsten Prozessschritte bei der Herstellung von polykristallinen CdTe-Dünnschichtsolarzellen ist die Chlor-Aktivierungsbehandlung, welche unverzichtbar für das Erreichen hoher Wirkungsgrade ist. Die dabei auftretenden komplexen Änderungen von Struktur und Eigenschaften sind noch nicht vollständig verstanden und deshalb Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Während der Chloraktivierung können Rekristallisation, Kornwachstum, als auch Interdiffusionsprozesse zwischen CdS und CdTe auftreten, welche den Wirkungsgrad der Solarzelle beeinflussen. Ein weiterer, wichtiger Effekt der Chlor-Aktivierung ist die Beeinflussung der Dotierung und der Punktdefektstruktur im CdTe.

Eine interessante Methode zur Untersuchung von p-n-Übergängen ist die Messung der elektronenstrahlinduzierten Leitfähigkeit (electron beam induced current; EBIC) im Rasterelektronenmikroskop (REM). Dabei wird das EBIC-Signal simultan zur mikroskopischen Abbildung mit sekundären oder rückgestreuten Elektronen registriert. Durch den Elektronenstrahl werden in der CdTe-Absorberschicht Elektronen-Loch-Paare erzeugt, welche durch das elektrische Feld des p-n-Überganges der Solarzelle getrennt werden können und so zum elektronenstrahlinduzierten Strom beitragen. Dagegen bewirken Rekombinationen der erzeugten Ladungsträger ein verringertes EBIC-Signal bzw. eine Verschlechterung des Wirkungsgrades.

Für die vorliegenden EBIC-Untersuchungen wurden durch Ionenpräparation polierte Querschnitte der kompletten Solarzellen hergestellt, welche dann durch Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie (FE-REM) untersucht wurden. Die Ionenpräparation ermöglicht dabei die hochauflösende Abbildung des Gefüges im Kristallorientierungs- und Materialkontrast. Durch eine zusätzlich elektrische Verbindung des Front- und Rückkontaktes der Solarzelle mit einem hochempfindlichen Verstärker kann gleichzeitig der durch den Elektronenstrahl induzierte Strom gemessen werden (Abb. 2).

Um eine hohe laterale Auflösung des EBIC-Signals zu erreichen wurde außerdem eine relativ niedrige Beschleunigungsspannung des Elektronenstrahles von 2 keV mit einer abgeschätzten Elektronenreichweite von etwa 25 nm verwendet. Die Ergebnisse der hochauflösenden EBIC-Untersuchungen zeigen, dass nach der Aktivierungsbehandlung insbesondere die korngrennahen Bereiche innerhalb der CdTe-Absorberschicht ein deutlich höheres EBIC-Signal aufweisen als das Zentrum der Kristallite (Abb. 1a bis c). Ein höheres EBIC-Signal konnte auch in der Umgebung von Zwillingsgrenzen oder an kleinen CdTe-Kristalliten am p-n-Übergang nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Chloraktivierungsprozess überwiegend korngrennahen Bereiche und die Grenzfläche des p-n-Überganges zwischen n-leitenden CdS

und p-leitenden CdTe beeinflusst werden. Dies kann durch die im Vergleich zur Chlor-Volumendiffusion viel schnellere Korngrenzendiffusion erklärt werden.

Weitere systematische EBIC-Untersuchungen sollen in nächster Zeit dazu beitragen, die Chloraktivierung weiter zu optimieren und das Verständnis der ablaufenden komplexen Prozesse zu verbessern.

CdTe: Cadmiumtellurid
CdS: Cadmiumsulfid

Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.

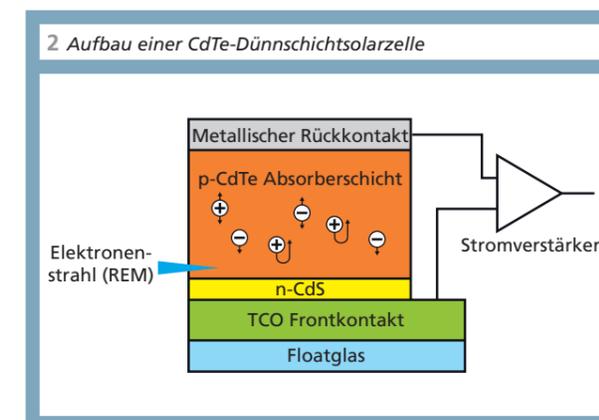
Förderkennzeichen: 14549/2533

1 Hochauflösende FE-REM-Abbildungen des Querschnittes einer CdTe-Dünnschichtsolarzelle

a) Abbildung mit rückgestreuten Elektronen (back scattered electrons; BSE)

b) Die gleiche Position wie in a) abgebildet mit dem Signal der elektronenstrahlinduzierten Leitfähigkeit (EBIC)

c) Überlagerung BSE-Signal (grün) und EBIC-Signal (orange)



KONTAKT

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



HIGHLIGHTS

Vier Jahre Forschungsallianz Kulturerbe – eine Bilanz des Fraunhofer FEP | **54**

Fraunhofer Lounge | **56**

Medizinische Applikationen – Sächsische Fraunhofer-Institute forschen für die Zukunft | **58**

Forschung für die Praxis – 20 Jahre Fraunhofer in Dresden | **60**

Fraunhofer-Talent-School | **62**

10. Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften | **63**



VIER JAHRE FORSCHUNGSALLIANZ KULTURERBE – EINE BILANZ DES FRAUNHOFER FEP

Die Forschungsallianz Kulturerbe erhielt mit einem Fraunhofer-finanzierten Verbund-Projekt »Plasmatechnologie – eine innovative Technologie zur Konservierung und Restaurierung von Kulturgütern« die Möglichkeit, sich fachlich und organisatorisch zu formieren und die Ergebnisse öffentlich zu präsentieren.

Am 26. Juli 2012 stellten Mitglieder der 2008 von der Fraunhofer-Gesellschaft, der Leibniz-Gemeinschaft und der Stiftung Preußischer Kulturbesitz gegründeten Forschungsallianz Kulturerbe die Ergebnisse des ersten gemeinsamen Verbundprojektes »Plasmatechnologie – eine innovative Technologie zur Konservierung und Restaurierung von Kulturgütern« im Fraunhofer FEP vor. Dazu trafen sich etwa 80 Natur- und Geisteswissenschaftler, Kunst- und Kulturschaffende sowie Politik- und Pressevertreter.

Die Projektleiter des Fraunhofer IGB, des Fraunhofer IST und des Fraunhofer FEP demonstrierten weitgefächerte Einsatzmöglichkeiten von atmosphärischen und Niederdruckplasma bei der Reinigung, Konservierung und Restaurierung von Kulturgütern, wie archäologischen Metallfunden, Silbergegenständen, Lahnfäden, Textilien, Lederarbeiten bis hin zu Kunststoffapplikationen und Papierblättern. Ergänzend dazu stellten Projektleiter des Fraunhofer IBP, des Fraunhofer FEP und des Fraunhofer IWS Vorhaben zur nachhaltigen Sanierung von Museen, Sensortechnik zur Überwachung korrosiver Umweltbedingungen und ein innovatives Verfahren zur Untersuchung und Visualisierung verborgener Wandmalereien vor. Alle Ergebnisse und technologische Verfahren konnten in einer begleitenden Ausstellung begutachtet werden.

Am Nachmittag nahm die Sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, Frau Professor Sabine von Schorlemer, an

dem Symposium teil. Sie regte in einem vielbeachteten Grußwort an, die Staatlichen Kunstsammlungen Dresden (SKD) und die Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek (SLUB) als assoziierten Partner in die Forschungsallianz aufzunehmen. Von den Sprechern der Allianz wurde festgestellt, dass die Konservierungsforschung in Deutschland stark bedroht ist und ein optimaleres Zusammenwirken von Natur- und Geisteswissenschaftlern mit Politik und Wirtschaft im Rahmen der Europäischen Union zwingend notwendig wird.

Beispiele einer funktionierenden interdisziplinären Zusammenarbeit in Sachsen stellten die Oberkonservatorin der Rüstkammer der SKD zusammen mit einer freischaffenden Kunsthistorikerin in Beiträgen über Untersuchungen an Prunktextilien der Rüstkammer der SKD vor. Sie zeigten neue Wege zur Provenienzforschung im europäischen Kontext auf, deren Grundlage werkstoffwissenschaftliche Arbeiten des Fraunhofer FEP bildeten. Die Untersuchungsmethode erlaubt Vergleiche von »Submikrostrukturen« in Textilien und ermöglicht, die Herkunft eines Gewebes auch naturwissenschaftlich und nicht nur stilkritisch zu klären. Der Vorsitzende des Fördervereins Lingerschloss e. V. demonstrierte eindrucksvoll, wie man mit bürgerlichem Engagement und Ideenreichtum für Sanierungszwecke Privatkapital einwerben, eigene Erträge erwirtschaften und damit die begrenzten öffentlichen Mittel hinreichend ergänzen kann.

Das Symposium rückte die Forschungsallianz Kulturerbe als ergebnisorientiert arbeitende Institution erstmalig in den Blickwinkel weiterer Fachkreise, der Politik und der Öffentlichkeit. Sie präsentierte sich als interdisziplinär kompetente Ansprechpartnerin zu Fragen des Erhalts des kulturellen Erbes und als streitbare Vertreterin diesbezüglicher Anliegen und Interessen von Wissenschaftlern, Künstlern, Restauratoren und Kunsthandwerkern gegenüber Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Stiftungsverbänden im europäischen Kontext.

Neue Möglichkeiten zur Zusammenarbeit des Fraunhofer FEP mit den SKD ergaben sich als unmittelbare Folge der Präsentation zu Fragen der Papieranalytik und der Papierrestaurierung. Zusammen mit der Restaurierungswerkstatt des Kupferstichkabinetts der SKD sollen unter Beteiligung der Staatsbibliothek Berlin Fragen zur langfristigen Schädigung von grafischen Blättern durch Passepartouts geklärt werden. Darüber hinaus ist die SLUB an einer nachhaltigen Stabilisierung von holzschliffhaltigen zerfallsbedrohten Papieren und Büchern mittels Elektronenstrahlvernetzung von Monomeren interessiert. Das Symposium hat potentielle Projektpartner zunächst zum Informationsaustausch mit dem Institut zusammengeführt. Gemeinsam konnten inzwischen weitere fachlich wichtige Projektpartner gewonnen und erste Finanzierungsquellen erschlossen werden.

Das Fraunhofer FEP leistet einen essentiellen Beitrag zur Bilanz der Forschungsallianz Kulturerbe und profitiert gleichzeitig von ihrer ergänzenden Kompetenz für eigene innovative technologische Entwicklungen auf einschlägigen Gebieten.

Webseite der Forschungsallianz

www.forschungsallianz-kulturerbe.de

KONTAKT

Wolfgang Nedon
Telefon +49 351 2586-500
wolfgang.nedon@fep.fraunhofer.de



FRAUNHOFER LOUNGE

Auch im Jahr 2012 wurde die erfolgreiche Vortragsreihe Fraunhofer Lounge fortgeführt. Dabei konnte im März das zehnte Jubiläum der seit 2008 regelmäßig stattfindenden Veranstaltung, welche geladene Gäste aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft in angenehmer Atmosphäre und mit interessanten Themen zum Nachdenken und diskutieren anregt, gefeiert werden.

Zehnte Fraunhofer Lounge: Erziehen wir unsere Kinder artgerecht?

Diese Frage machte der Kinderarzt, Evolutionsforscher und vierfache Vater Dr. med. Herbert Renz-Polster zum brisanten Thema der 10. Fraunhofer Lounge am 22. März 2012. Unsere Gesellschaft sei dabei, eine Welt zu errichten, in der Kinder immer weniger ihre natürlichen Stärken und Fähigkeiten in Ruhe und Zuversicht entwickeln können, so Renz-Polster.

Er sprach über die immer individualistischer werdende frühkindliche Sozialisation, die Bedeutung sozialer Kollektive und des benötigten sozialen Entwicklungsraumes von Kindern. Er kritisierte hektische Förderprogramme als Angriff auf die Kindheit, beleuchtete die Ängste der Eltern, entzauberte liebgewordene Mythen und erörterte »Leitplanken der Entwicklung«.

Angela Elis, Redakteurin und Moderatorin bei ARD, mdr, 3sat und ZDF hinterfragte indes als Moderatorin des Abends Alltagsituationen im sozialen Kollektiv »Familie« sowie Bildungsbahnen der heutigen Gesellschaft und deren Auswirkungen auf Heranwachsende.

Elfte Fraunhofer Lounge: Vom Sinn und Unsinn moderner Arbeitswelten - Was habe ich eigentlich heute geleistet?

Dies war das Thema der 11. Fraunhofer Lounge am Abend des 18. Oktober 2012. Vom »ganz normalen Wahnsinn in den Organisationen heute« und der großen Kluft zwischen Über- und Unterforderung im Arbeitsalltag vieler Berufstätigen sprach Theresia Volk, Management- und Organisationsberaterin sowie Wirtschaftsbuchautorin.

Volk lud zur Diskussion über sinnvolle Arbeitsverteilung, das Gefühl zermürender Überflüssigkeit und Symptome der strukturellen Überforderung ein. Dabei signalisierte sie, dass die Währung SINN in Zukunft zunehmend an Bedeutung gewinnen werde. Sie zeigte Auswirkungen von beruflicher Unzufriedenheit und erörterte Therapieansätze sowie Wege, gegen das Gefühl der Wirkungslosigkeit anzukämpfen. Wortgewandt thematisierte sie Folgen der Verausgabung an falscher Stelle und wies auf den Fehler hin, sich selbst die Schuld zu geben.

Das Thema wurde vom Moderator des Abends, dem Unternehmer Klaus Hoogestraat, hinterfragt und im Dialog die immer größer werdende Ungleichheit im Berufsleben der heutigen Gesellschaft erörtert.

In Vorfreude auf die auch im Jahr 2013 fortgeführte Reihe wurden bei interessanten Gesprächen zum Klang des Pianos die zehnte und elfte Fraunhofer Lounge zu einem gelungenen Abschluss gebracht.

Webseite der Veranstaltung

www.fep-lounge.de

- 1 Moderatorin Angela Elis im Gespräch mit Dr. med. Herbert Renz-Polster
2 Theresia Volk und Moderator Klaus Hoogestraat



KONTAKT

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



MEDIZINISCHE APPLIKATIONEN – SÄCHSISCHE FRAUNHOFER-INSTITUTE FORSCHEN FÜR DIE ZUKUNFT

In einem Workshop am Fraunhofer FEP trafen sich sächsische Akteure der Medizintechnik, um ein Sachsen-Innovations-Cluster zu bilden.

Nie zuvor spielte das Gesundheitsbewusstsein eine so große gesellschaftliche Rolle wie heute. Die Medizintechnik zählt mittlerweile zu den wachstumsstärksten Branchen und ist damit nicht nur ein Markt von heute sondern auch von morgen und übermorgen. In Sachsen allerdings verweisen die Statistiken auf eine fehlende Dichte des Industriezweiges sowie ein geringes FuE-Budget für die KMUs. Das Potenzial ist groß, die Umsetzungen stecken jedoch oft in den Kinderschuhen.

Die Intention des Institutsdirektors Prof. Kirchhoff und der Leiterin der Arbeitsgruppe Medizinische Applikationen Dr. habil. Christiane Wetzel war es, die Kompetenzen der sächsischen Fraunhofer-Institute zu bündeln und diese für die Medizintechnik und angrenzende Bereiche der Life Sciences stark zu machen. Deshalb wurde am 2. Februar 2012 ein Workshop durchgeführt, um gemeinsam mit der Medizinischen Fakultät der TU Dresden, den Forschungsbedarf im Raum Sachsen und vor allem die Möglichkeiten gemeinsamer Aktivitäten zu identifizieren und konkrete Entwicklungsansätze einzuleiten. Prof. Funk, Direktor des Instituts für Anatomie, und Prof. Deussen, Prodekan Forschung, beide als Vertreter der Medizinischen Fakultät der TU Dresden verdeutlichten die klinische Relevanz einer anwendungsorientierten Forschung. Prof. Emmrich vom Fraunhofer IZI in Leipzig, als Vertreter des Fraunhofer-Verbunds Life Sciences, verknüpfte seine

begrüßenden Worte nicht nur mit dem Wunsch auf Erfolg, sondern auf Nachhaltigkeit.

Konsens des Workshops, an dem 12 sächsische Fraunhofer-Institute teilgenommen hatten, war, dass forschungsbasierten Innovationen ein direkter Wissens- und Technologietransfer zwischen Medizinern, Ingenieuren, Wissenschaftlern und Kostenträgern vorausgesetzt werden muss, um eine geschlossene Wertschöpfungskette erfolgreich aufbauen und Produkte am Markt etablieren zu können.

Dem stimmten die zahlreichen Gäste der Medizinischen Fakultät der TU Dresden aus den Bereichen Zentrum für Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie, Zentrum für Translationale Knochen-, Gelenk- und Weichgewebeforschung, Klinisches Sensing und Monitoring, und aus den Universitätskliniken und Polikliniken (z. B. für Neurologie) sowie dem Herzzentrum Dresden einstimmig zu.

Im Ergebnis soll ein »Sachsen-Innovations-Cluster – Saxony Health Systems« entstehen und der Region zusätzliche positive Impulse bringen. Die Attraktivität der entstehenden Innovations- und Forschungsallianz schafft u. a. Argumente für eine Ansiedlungsentscheidung von Unternehmen. Darüber hinaus wird durch die frühzeitige Ausrichtung der Entwicklung an den Marktbedürfnissen ein positiver Effekt zur deutlichen Steigerung der Verwertungsquote von sächsischen

Produktideen erzeugt. Ein Pluspunkt, der durch Produkte »made in Saxony« einerseits das wirtschaftliche Potential der Branche im Freistaat Sachsen nachhaltig stärken kann und andererseits mittel- bis langfristig über ein effektiveres und effizienteres Gesundheitssystem letztendlich den Menschen zu Gute kommen wird.

Weitere Informationen

www.fep.fraunhofer.de/biomedizintechnik

¹ Das Präsidium des Workshops (v.l.n.r.):
Prof. Emmrich, Prof. Deussen,
Prof. Funk, Dr. habil. Wetzel

KONTAKT

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



FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS – 20 JAHRE FRAUNHOFER IN DRESDEN

Die Dresdner Fraunhofer-Institute und Institutsteile feierten im Jahr 2012 ihre erfolgreiche Entwicklung am Standort Dresden und blickten auf 20 Jahre Erfindergeist zurück.

Der Standort Dresden hat sich in den vergangenen 20 Jahren zum größten Ballungsgebiet an Fraunhofer-Instituten in Deutschland entwickelt und ist mit über 1300 Mitarbeitern ein bedeutender Arbeitgeber. Die Institute sind stark mit der lokalen Industrie vernetzt und generieren Projekte mit einem Umsatzvolumen von mehr als 130 Mio. Euro pro Jahr.

Mit dem Neubau eines Forschungszentrums für ressourcenschonende Energietechnologien auf der Bodenbacher Straße, der Entstehung eines Nanoelektronikzentrums auf der Maria-Reiche-Straße, der Erweiterung des Institutszentrums Dresden (IZD) auf der Winterbergstraße sowie dem Bau eines Technikums mit angrenzendem Testoval an der Zeunerstraße kann an die bisherige Erfolgsgeschichte angeknüpft werden.

Das 20-jährige Jubiläum feierten die Fraunhofer-Mitarbeiter Dresdens am 2. März 2012 mit Kunden, Partnern, Fördergebern, Kuratoren und denen, die Fraunhofer Dresden auf ihrem Weg begleitet haben, im Flughafen Dresden Terminal. Gastredner waren neben Ministerpräsident Stanislaw Tillich auch der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Professor Hans-Jörg Bullinger, der erste Bürgermeister, Dirk Hilbert, der Vorsitzende der Fraunhofer Zukunftsstiftung, Dr. Alexander Imbusch, sowie der Rektor der TU Dresden, Professor Hans Müller-Steinhagen.

Eröffnenden Grußworten und einer Preisverleihung durch Prof. Bullinger folgten die Gastredner. Nach dem offiziellen Teil der Veranstaltung sorgten u. a. eine Pantomime-Vorführung und ein Casino für einen unterhaltsamen und stimmungsvollen Abend. Musikfreunde und Tänzer konnten in einer Kopfhörer-Disko, bei der man aus zwei Kanälen wählen konnte, bei klassischem Tanz mit der Big Band oder bei verschiedenen Musikrichtungen in unterschiedlichen Sälen genießen und feiern. Um eine Erinnerung an den Fraunhofer-Ball mit nach Hause zu nehmen, konnten sich die Gäste auf dem roten Sofa vor der Fraunhofer-Dresden-Kulisse fotografieren lassen.

Die Fraunhofer-Institute Dresdens bedanken sich bei allen Wegbereitern und Begleitern für ihre Unterstützung und die konstruktive Zusammenarbeit. Diese Vernetzung macht die erfolgreiche Umsetzung von Forschungsergebnissen am Markt erst möglich. Ein großer Dank gilt auch dem Rektor der TU Dresden und allen Partnern der Technischen Universität, die es den Fraunhofer-Instituten ermöglichen, mit herausragenden Wissenschaftlern zusammen zu forschen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist derzeit mit fünf Instituten und sieben weiteren Einrichtungen (Stand März 2013) in Dresden vertreten:

Fraunhofer-Institute

- ▶ Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP
- ▶ Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
- ▶ Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS
- ▶ Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
- ▶ Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS
- ▶ Fraunhofer-Center Nanoelektronische Technologien CNT (bis 31.12.2012)

Fraunhofer-Institutsteile, -Einrichtungen und Zentren

- ▶ Fraunhofer-Einrichtung für Organik, Materialien und Elektronische Bauelemente COMEDD (seit 01.07.2012)
- ▶ Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik AVV Dresden des Fraunhofer IVV Freising
- ▶ Institutsteil Dresden des Fraunhofer IFAM Bremen
- ▶ Institutsteil Dresden des Fraunhofer IIS Erlangen
- ▶ Institutsteil Dresden des Fraunhofer IWU Chemnitz
- ▶ Institutsteil Dresden des Fraunhofer IZFP Saarbrücken
- ▶ Projektgruppe ASSID (All Silicon System Integration Dresden) des Fraunhofer IZM

Weitere Informationen

www.dresden.fraunhofer.de



FRAUNHOFER-TALENT-SCHOOL

Drei Tage lang bei der Fraunhofer-Talent-School selbst ein Forscher sein: Diese Möglichkeit ließen sich insgesamt 35 Schülerinnen und Schüler vom 9. – 11. November 2012 nicht entgehen.

Vom 9. – 11. November 2012 fand die 4. Fraunhofer-Talent-School am Fraunhofer FEP, IKTS und IPMS in Dresden statt. Insgesamt 35 Schülerinnen und Schüler, davon 10 Mädchen, aus sieben Bundesländern der neunten bis dreizehnten Jahrgangsstufe nahmen in diesem Jahr nach einer erfolgreichen Bewerbung an dem Workshop teil. Von Freitag bis Sonntag konnten die Schülerinnen und Schüler mit einem der nachfolgenden drei Themen, für das sie sich vorher entschieden hatten, erleben, wie Forschungsarbeit in der Realität abläuft.

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 entwickelten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen Mikro-Elektro-Mechanische Systeme (MEMS). Sie erlebten in Labor und Reinraum, wie man z. B. winzige Kameras oder Projektoren, die in jedes Handy passen würden, aus einem blanken Siliziumwafer herstellt und zum Leben erweckt.

Am Fraunhofer FEP ging es darum, wie moderne Physik für die Konservierung von Museums- und Archivgut eingesetzt werden kann. Die Jugendlichen gingen dabei der Aufgabe nach, mit Elektronen vom Verfall bedrohte Papierdokumente

zu schützen. Sie untersuchten, wie beschleunigte Elektronen teilweise abgebaute Zellulosefasern wieder miteinander oder mit extra eingebrachten Polymeren vernetzen und welchen Einfluss das auf die Stabilität des Papiers hat. Sie testeten verschiedene Monomere und Elektronenbehandlungsparameter, um am Ende eine Methode zu finden, die den Papieren die gewünschte Stabilität verleiht, aber die Behandlung optisch und haptisch nicht erkennbar macht.

Nach zwei Tagen aus Theorie und viel Praxis hatten alle drei Gruppen gute und interessante Forschungsergebnisse vorzuweisen. Nachdem sie in einem Abendseminar auf unterhaltsame Art und Weise mit Präsentationstechniken vertraut gemacht wurden, stellten sie am 3. Tag äußerst kreativ Eltern und Verwandten ihre Ergebnisse vor. Die Teilnehmer aber auch die Eltern äußerten sich begeistert von der Möglichkeit, einmal in den Wissenschaftsbetrieb reinschnuppern zu können und Anwendungen von Naturwissenschaften und den Weg dahin hautnah kennenzulernen.

Webseite zur Veranstaltung

www.talent-school-dresden.fraunhofer.de

10. DRESDNER LANGE NACHT DER WISSENSCHAFTEN

Am 6. Juni 2012 traf die 10. Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften auf 20 Jahre Fraunhofer in Dresden. Das Fraunhofer-Institutszentrum lockte mit spannenden Experimenten rund 3000 Besucher an.

Gemeinsam mit vier Dresdener Hochschulen sowie 37 außer-universitären Forschungseinrichtungen und wissenschaftsnahen Unternehmen öffnete das Fraunhofer FEP am 6. Juni 2012 zur 10. Langen Nacht der Wissenschaften seine Tore. Wo 10 Jahre Lange Nacht auf 20 Jahre Fraunhofer in Dresden trafen, erwartete die Besucher ein besonders vielfältiges Programm. Die Fraunhofer-Forscher zeigten viele spannende Experimente zu Nanotechnologie, Energie-, Umwelt- oder Gesundheitsthemen für Groß und Klein. Das Fraunhofer-Institutszentrum Dresden konnte daher trotz zeitweilig schlechter Witterung insgesamt 2895 Besucher zählen.

Am Fraunhofer FEP blieb Plasma nicht bloß graue Theorie, sondern leuchtete hell auf: Speziell für die 10. Lange Nacht konnten die Besucher in eine Vakuum-Plasmabeschichtungsanlage hineinblicken und miterleben, wie aus einer dicken Metallplatte transparente Schichten hergestellt werden. Dass diese unsichtbaren und leitfähigen Schichten nahezu Magisches vollbringen können, sahen die Besucher am Stand »Durchblick unter Strom«, wo Lämpchen wie durch Geisterhand angingen.

Zum Bestandteil einer Batterie wurden die Besucher an der Handatterie, wo sie testen konnten, wie stark sie unter Spannung stehen. Ein weiteres Erlebnis erwartete die Besucher an der Station »kleines Leben ganz groß«, wo sie in die Welt der

Mikroorganismen abtauchen und mit den Standardmethoden der biomedizinischen Laboreinheit des Fraunhofer FEP lebende Zellen und Bakterien beobachten konnten.

Dies waren nur einige Highlights von insgesamt 13 Stationen am Fraunhofer FEP, bei denen man seinen Sinnen nicht recht trauen konnte.

Webseite zur Veranstaltung

www.dresden-wissenschaft.de



ANHANG

Namen, Daten und Ereignisse | **66**

Internationale Vertreter | **74**

Anfahrt | **76**

Impressum | **78**

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

- ▶ Forschungsallianz 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«

Vorlesung

M. Junghähnel

**Fertigungsverfahren und Werkstoffe der Optik, PVD-Basisprozesse:
Magnetronspütern**
TU Ilmenau, Fachgebiet Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe
Fakultät Maschinenbau
Ilmenau, Deutschland
06. Juni 2012

Vorträge

F.-H. Rögner

Reinigungskosten reduzieren? Reden Sie darüber!
EFDS-Workshop »Nasschemische Reinigung - Optimal beherrschen - Reini-
gen vor dem Beschichten«
Fraunhofer-Institutszentrum Dresden, Deutschland
26. Januar 2012

M. Junghähnel

**Herstellung und Charakterisierung von transparenten, elektrisch
leitfähigen Dünnschichten auf der Basis von Titanoxid**
Kolloquium Werkstofftechnik der TU Ilmenau
Ilmenau, Deutschland
02. Februar 2012

M. Junghähnel

PVD-Basisprozesse und ihre reaktiven Varianten II
OTTI-Fachforum »Schichten auf Glas«
Regensburg, Deutschland
07.–08. März 2012

F.-H. Rögner

Der Elektronenstrahl als Werkzeug - von »Makro« bis »Nano«
Vortragsreihe: Mikro- und Nanotechnik für die Gesellschaft
Braunschweig, Deutschland
15. März 2012

M. Merkel, G. Mattausch, B. Graffel

**Micro Welding and Micro Surface Treatment with the Electron
Beam: Opportunities and Challenges**
2nd International Electron Beam Welding Conference, IWBW
Aachen, Deutschland
26.–30. März 2012

W. Schönberger, P. Frach, H. Bartzsch, D. Glöb

**Präzisionsbeschichtungen im industriellen Maßstab: Anforderungen,
Realisierung, Anwendungen**
7. Vakuumtechexpo, Konferenz und Industrieausstellung
Moskau, Russland
10.–12. April 2012

J.-P. HeiB, P. Lang, Chr. Metzner, D. Weiske

**Development of novel metal strip cooling equipments for demands
of high-rate vacuum coating**
39th ICMTF International Conference on Metallurgical Coatings and Thin
Films
San Diego, USA
23.–27. April 2012

G. Gotzmann

Surface modification using PVD to apply silver-copper-mixed layers
39th ICMTF International Conference on Metallurgical Coatings and Thin
Films
San Diego, USA
23.–27. April 2012

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

**Magnetron Assisted PECVD Process for Deposition of a-Si:H and
µc-Si:H from a Silane-Hydrogen-Argon Gas Mixture**
55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
Santa Clara, USA
28. April–03. Mai 2012

M. Junghähnel, F. Fietzke, M. Vinnichenko, S. Cornelius

**Recent Developments of TiO₂:Nb Sputtered with High Deposition
Rates from a Rotatable Magnetron System**
55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
Santa Clara, USA
28. April–03. Mai 2012

G. Mattausch, Chr. Metzner, F.-H. Rögner

**Plasma-Activated Electron Beam Physical Vapor Deposition –
Novel Technologies and Tools**
55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
Santa Clara, USA
28. April–03. Mai 2012

M. Fahland, J. Neidhardt, R. Thielsch, A. Wahl, R. Kleinhempel, R. Blüthner,
T. Preußner

Large Area PECVD Process Using Dual Rotatable Magnetrons
55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
Santa Clara, USA
28. April–03. Mai 2012

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

**Influence of Substrate Temperature and Activation Treatment on
CdTe Solar Cells**
55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
Santa Clara, USA
28. April–03. Mai 2012

F. Fietzke, M. Junghähnel

**Deposition of Nb-Doped TiO₂ Films on large Area by Co-Sputtering
with Precise Process Control**
55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
Santa Clara, USA
28. April–03. Mai 2012

J. Fahlteich, S. Amberg-Schwab, U. Weber, K. Noller, O. Miesbauer, E. Küçükpinar, N. Schiller, Ch. Boeffel
Roll-to-Roll Technology on Pilot Scale for Transparent Ultra-High Multilayer Barriers
 55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
 Santa Clara, USA
 28. April–03. Mai 2012

M. Fahland, T. Vogt, J. Fahlteich, N. Schiller
Deposition of Full Dielectric Solar Control Stack on Polymer Films Using a Combined PVD/PECVD Approach
 55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
 Santa Clara, USA
 28. April–03. Mai 2012

Chr. Metzner, B. Scheffel, H. Morgner, F. Händel
Functional and Decorative Coatings onto Metal Strips Deposited by Plasma-Activated High-Rate Electron Beam Physical Vapour Deposition (EBPVD)
 55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
 Santa Clara, USA
 28. April–03. Mai 2012

P. Frach, Chr. Gottfried, F. Fietzke, H. Klostermann, H. Bartzsch, D. Glöb
Pulse Magnetron Sputtering with High Power Density-Process and Film Properties
 55th Annual SVC – Society of Vacuum Coaters – Technical Conference
 Santa Clara, USA
 28. April–03. Mai 2012

J. Fahlteich, L. Müller-Meskamp, M. Fahland, St. Günther, N. Schiller
Verkapselung flexibler Elektronik - Übersicht, Stand der Technik, Anforderungen
 OES Verkapselungsworkshop
 Dresden, Deutschland
 10. Mai 2012

N. Schiller, J. Fahlteich, M. Fahland, St. Günther, St. Straach
Barrierschichten auf Kunststofffolien
 OES Verkapselungsworkshop
 Dresden, Deutschland
 10. Mai 2012

M. Junghähnel
Hochrateabscheidung von TCOs auf der Basis von ZnO und TiO₂ durch Sputtern oxidischen Rohrtargets
 EFDS-Workshop »Transparente leitfähige Oxide-Festkörperphysikalische Grundlagen und Technologien«
 Dresden, Deutschland
 21.–22. Mai 2012

G. Mattausch, B. Graffel, F. Winckler, F.-H. Rögner, M. Merkel, K. Wrobel, R. Böhme, H. Schlemm
Thermal Processing of Materials at the Micrometer Scale - Challenges and Opportunities for the Electron Beam
 10th International Conference on Electron Beam Technologies
 Varna, Bulgarien
 01.–04. Juni 2012

G. Mattausch, B. Scheffel, O. Zywitzki, Chr. Metzner, F.-H. Rögner
Techniques and Tools for the Plasma-activated EB high-rate Deposition of Zirconia
 10th International Conference on Electron Beam Technologies
 Varna, Bulgarien
 01.–04. Juni 2012

F. Winckler
Neue Möglichkeiten für die Elektronenstrahl-Materialbearbeitung
 3. Tag der Forschung an der HTW Dresden
 Dresden, Deutschland
 06. Juni 2012

F.-H. Rögner
Grundlagenuntersuchungen zur Stabilisierung holzschliffhaltiger Papiere
 3. Tag der Forschung an der HTW Dresden
 Dresden, Deutschland
 06. Juni 2012

M. Fahland, J. Fahlteich, St. Günther, T. Vogt
Optical and electrical properties of zinc oxide based TCO layers on polymer films
 AIMCAL Europe 2012 Web Coating Conference
 Prag, Tschechien
 11.–13. Juni 2012

St. Günther, M. Fahland, J. Fahlteich, B. Meyer, St. Straach, N. Schiller
High rate low pressure PECVD for barrier and optical coatings
 AIMCAL Europe 2012 Web Coating Conference
 Prag, Tschechien
 11.–13. Juni 2012

N. Schiller, M. Fahland, J. Fahlteich, St. Günther, St. Straach
Vacuum roll-to-roll technologies for transparent barriers on polymer webs
 AIMCAL Europe 2012 Web Coating Conference
 Prag, Tschechien
 11.–13. Juni 2012

J. Fahlteich, N. Schiller, O. Miesbauer, E. Küçükpinar-Niarchos, K. Noller, U. Weber, S. Amberg-Schwab, Ch. Boeffel
Roll-to-Roll Technology on Pilot Scale for Transparent Ultra-High Multilayer Barriers
 LOPE-C 2012 - Large-area Organic Printed Electronics
 München, Deutschland
 19.–21. Juni 2012

V. Kirchhoff
Overview Fraunhofer FEP
 AIS-User Conference, Fraunhofer FEP
 Dresden, Deutschland
 21. Juni 2012

H. Bartzsch, D. Glöb, P. Frach, M. Gittner, Chr. Gottfried, K. Suzuki
Low damage magnetron sputtering of TCO films
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Breda, Niederlande
 24.–28. Juni 2012

N. Schiller, M. Fahland, J. Fahlteich, St. Günther, St. Straach
Vacuum roll-to-roll technologies for transparent barriers on polymer webs
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Breda, Niederlande
 24.–28. Juni 2012

St. Günther, M. Fahland, J. Fahlteich, B. Meyer, St. Straach, N. Schiller
High rate low pressure PECVD for barrier and optical coatings
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Breda, Niederlande
 24.–28. Juni 2012

B. Scheffel
Protection of cultural heritage by real-time corrosion monitoring MUSECORR
 Symposium der Forschungsallianz Kulturerbe
 Dresden, Deutschland
 16. Juli 2012

G. Mattausch, V. Kirchhoff
Thermische Elektronenstrahl-Technologien
 DFG Schwerpunktprogramm Treffen
 Bonn, Deutschland
 19. Juli 2012

Chr. Metzner, K. Häfner, H. Morgner, O. Zywitzki, B. Siepchen, B. Späth, Ch. Drost
Abscheidung von CdTe-Solarabsorberschichten
 8. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
 Leipzig, Deutschland
 04.–06. September 2012

P. Frach
In-situ Prozesskontrolle bei der Herstellung präzisionsoptischer Schichtsysteme durch reaktives Magnetron-Sputtern
 8. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
 Leipzig, Deutschland
 04.–06. September 2012

M. Fahland
Optische Eigenschaften von transparenten leitfähigen Oxiden auf Kunststofffolien
 8. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
 Leipzig, Deutschland
 04.–06. September 2012

B. Scheffel, T. Modes, Chr. Metzner
Spotless arc activated high-rate deposition using novel dual crucible technology for titanium dioxide coatings
 13th International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2012
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
 10.–14. September 2012

P. Frach
High Power Density Pulse Magnetron-Sputtering-Process and film properties
 13th International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2012
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
 10.–14. September 2012

F.-H. Rögner
Elektronenbehandlung von Saatgut – eine umweltfreundliche Pflanzenschutzmaßnahme
 58. Deutsche Pflanzenschutztagung
 Technische Universität Braunschweig, Deutschland
 10.–14. September 2012

J. Schönfelder
Einführung eines Screeningregimes zur qualitätsgesicherten Testung von Kulturmedien und Kulturmedienbestandteilen für die Organ- kultivierung von Spenderhornhäuten
 110. DOG-Kongress
 Berlin, Deutschland
 20.–23. September 2012

O. Zywitzki, T. Modes
High resolution EBIC and TEM Investigations on CdTe solar cells
 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, PVSEC
 Frankfurt, Deutschland
 24.–28. September 2012

J. Fahlteich, C. Scholz, St. Mogck
FlexSOL – a Proposal Suggestion
 ICT-Proposer's Day
 Warschau, Polen
 26.–27. September 2012

F.-H. Rögner
Reinigungskosten reduzieren - Eine interdisziplinäre Aufgabe!
 ZVO Oberflächentage
 Darmstadt, Deutschland
 27. September 2012

M. Fahland, P. Frach, H. Bartzsch, M. Junghähnel, D. Glöb, T. Vogt, J. Fahlteich
Deposition Technology for Transparent Conducting Oxides on Temperature Sensitive Substrates
 2nd International Symposium on Transparent Conducting Coating
 Seoul, Korea
 04.–05. Oktober 2012

N. Schiller, M. Fahland, J. Fahlteich, St. Günther
Vacuum coating technologies for flexible substrates and transparent barrier films for organic electronics
 SEMICON Europa 2012 and Plastic Electronics Conference and Exhibition
 Dresden, Deutschland
 09.–11. Oktober 2012

G. Mattausch, B. Graffel, F. Winckler, F.-H. Rögner, M. Merkel, K. Wrobel, R. Böhme, H. Schlemm
Thermal Surface Treatment at the Micrometer Scale - Challenges and Opportunities for the Electron Beam
 International Conference on High-Power Electron Beam Technology
 Reno, USA
 14.–16. Oktober 2012

G. Mattausch, B. Scheffel, O. Zywitzki, Chr. Metzner, F.-H. Rögner
Novel Techniques and Tools for the Plasma-activated Electron Beam high-rate Deposition of dense Zirconia Coatings
 International Conference on High-Power Electron Beam Technology
 Reno, USA
 14.–16. Oktober 2012

M. Junghähnel, T. Kopte
Large Area sputtering of TiO:Nb thin films with high deposition rates using a rotatable magnetron system
 TCM 2012, 4th International Symposium on Transparent Conductive Materials
 Hersonissos, Kreta, Griechenland
 21.–26. Oktober 2012

F.-H. Rögner
Wie viel darf Reinigung kosten? Kann man nicht beantworten, aber beeinflussen!
 parts2clean, Messe und Fachforum
 Stuttgart, Deutschland
 23.–25. Oktober 2012

J. Fahlteich, M. Fahland, St. Günther, St. Straach, N. Schiller
Niederdruck Plasma-Technologien zur Rolle-zu-Rolle-Beschichtung von Kunststofffolien mit Barrierschichten
 20. Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium – NDVK
 Dresden, Deutschland
 25.–26. Oktober 2012

J. Fahlteich, S. Amberg-Schwab, K. Noller, O. Miesbauer, U. Weber, Ch. Boeffel, N. Schiller
Pilot-scale Roll-to-Roll technology for transparent ultra-high multilayer barriers
 Workshop on Flexible Encapsulation
 Barcelona, Spanien
 05. November 2012

F.-H. Rögner
Accelerated Electrons - A flexible Tool for Sterilization with high Safety Level
 Konferenz des Fraunhofer IVV
 »Novel Technologies for Surface Sterilization«
 Freising, Deutschland
 06.–07. November 2012

B. Zimmermann, F. Fietzke
Kombinierte plasmadiagnostische Untersuchungen an einer Hohlkathoden-Bogenentladung für PECVD-Prozesse
 EFDS-Workshop »Nicht-konventionelle Plasma- und Randschichtdiagnostik zur Charakterisierung von Plasma-Oberflächen-Prozessen«
 Dresden, Deutschland
 04. Dezember 2012

J. Fahlteich, M. Fahland, St. Günther, N. Schiller
Roll-to-Roll Technologies for Transparent Permeation Barriers for Flexible Electronics
 ISOS-5, International Summit on OPV Stability
 Eindhoven, Niederlande
 6.–7. Dezember 2012

Veröffentlichungen

F.-H. Rögner, M. Mehlstäubl
Surface sterilisation using accelerated electrons
 Food Science & Technology
 Journal of the Institute of Food Science and Technology
 Volume 26, Issue 3, S. 19 – 21

K. Täschner, H. Bartzsch, P. Frach, E. Schultheiss
Scratch resistant optical coatings on polymers by magnetron-plasma-enhanced chemical vapor deposition
 Thin Solid Films
 Vol. 520, 2012, S. 4150 – 4154

P. Frach, P. Pötschick, H. Bartzsch, A. Delan
Magnetron Assisted PECVD Process for Deposition of a-Si:H and μ -Si:H from a Silane-Hydrogen-Argon Gas Mixture
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 353 – 357

M. Junghähnel, F. Fietzke, M. Vinnichenko, S. Cornelius
Recent Developments of TiO₂:Nb Sputtered with High Deposition Rates from a Rotatable Magnetron System
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 157 – 161

G. Mattausch, Chr. Metzner, F.-H. Rögner
Plasma-Activated Electron Beam Physical Vapor Deposition – Novel Technologies and Tools
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 179 – 185

M. Fahland, J. Neidhardt, R. Thielsch, A. Wahl, R. Kleinhempel, R. Blüthner, T. Preußner
Large Area PECVD Process Using Dual Rotatable Magnetrons
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 64 – 67

H. Morgner, K. Häfner, O. Zywitzki, T. Modes, Chr. Metzner, B. Siepchen, C. Drost
Influence of Substrate Temperature and Activation Treatment on CdTe Solar Cells
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 533 – 537

F. Fietzke, M. Junghähnel
Deposition of Nb-Doped TiO₂ Films on large Area by Co-Sputtering with Precise Process Control
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 547 – 551

M. Fahland, T. Vogt, J. Fahlteich, N. Schiller
Deposition of Full Dielectric Solar Control Stack on Polymer Films Using a Combined PVD/PECVD Approach
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 697 – 701

Chr. Metzner, B. Scheffel, H. Morgner, F. Händel
Functional and Decorative Coatings onto Metal Strips Deposited by Plasma-Activated High-Rate Electron Beam Physical Vapour Deposition (EBPVD)
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 663 – 668

P. Frach, Chr. Gottfried, F. Fietzke, H. Klostermann, H. Bartzsch, D. Glöß
Pulse Magnetron Sputtering with High Power Density-Process and Film Properties
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 134 – 138

J. Fahlteich, S. Amberg-Schwab, U. Weber, O. Miesbauer, E. Küçükpinar-Niarchos, K. Noller, N. Schiller, Ch. Boeffel
Roll-to-Roll Technology on Pilot Scale for Transparent Ultra-High Multilayer Barriers
 55th Annual Technical Conference, SVC 2012
 Proceedings, S. 711 – 716

J. Fahlteich, N. Schiller, O. Miesbauer, E. Küçükpinar-Niarchos, K. Noller, U. Weber, S. Amberg-Schwab, Ch. Boeffel
Roll-to-Roll Technology on Pilot Scale for Transparent Ultra-High Multilayer Barriers
 LOPE-C 2012 – Large-area Organic Printed Electronics
 Proceedings, S. 383 – 388

R. Schmittgens, E. Holst, G. Gerlach, H. Bartzsch, D. Glöß, M. Maicu, P. Frach
A Novel Nanoparticle Source for Vacuum Deposition: Technology and Application
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Proceedings, S. 141 – 142

H. Bartzsch, D. Glöß, P. Frach, M. Gittner, Chr. Gottfried, K. Suzuki
Low damage magnetron sputtering of TCO films
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Proceedings, S. 207 – 208

T. Preußner, R. Blüthner, T. Kopte
Nb₂O₅ and TiO₂ thin films deposited by pulse magnetron sputtering of cylindrical ceramic targets
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Proceedings, S. 335 – 339

S. Walter, T. Herzog, H. Heuer, H. Bartzsch, D. Glöß
Smart ultrasonic sensors systems: potential of aluminum nitride thin films for the excitation of the ultrasound at high frequencies
 Microsystem Technologies
 Vol. 18, Issue 7-8, 08/2012, S. 1193 – 1199

V. Hubert, T. Prosek, D. Thierry, M. Kouril, B. Scheffel, M. Taube, M. Dubus, M. Jouannic
Kulturgüterschutz durch Korrosionsdatenlogger – Ein neuer Weg zur Bewertung der Luftqualität
 Restauro
 Vol. 8/2012, S. 22 – 27

G. Mattausch, B. Graffel, F. Winckler, F.-H. Rögner, M. Merkel, K. Wrobel, R. Böhme, H. Schlemm
Thermal Processing of Materials at the Micrometer Scale – Challenges and Opportunities for the Electron Beam
 3rd ITG International Vacuum Electronics Workshop 2012
 Proceedings

G. Mattausch, B. Scheffel, O. Zywitzki, Chr. Metzner, F.-H. Rögner
Techniques and Tools for the Plasma-activated EB high-rate Deposition of Zirconia
 3rd ITG International Vacuum Electronics Workshop 2012
 Proceedings

O. Zywitzki, T. Modes
High resolution EBIC and TEM Investigations on CdTe solar cells
 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition PVSEC
 Proceedings, S. 2226 – 2231

H. Morgner, T. Preußner, K. Häfner, O. Zywitzki, T. Modes, T. Kopte, S. Siepchen, B. Späth, C. Drost
Influence of Different TCO-Systems on Microstructure and Performance of CdTe-Solar Cells in Superstrate Configuration
 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition PVSEC
 Proceedings, S. 2779 – 2783

J.-P. Heißen, Chr. Metzner, B. Scheffel
Noch schneller zu sauberen Oberflächen im Vakuum – Zwei Neuentwicklungen im Bereich des Sputterätzens
 mo - Magazin für Plasmaoberflächentechnik
 Nr. 10/2012, S. 24 – 27

B. Zimmermann, F. Fietzke, H. Klostermann, J. Lehmann, F. Munnik, W. Möller
High-rate deposition of amorphous hydrogenated carbon films by hollow cathode arc PECVD
 Surface and Coatings Technology
 Vol. 212, 2012, S. 67 – 71

O. Zywitzki, T. Modes, B. Scheffel, Chr. Metzner
Examination of the Mg-Zn Phase Formation in Hot-Dip Galvanized Steel Sheet / Untersuchung der Mg-Zn-Phasenbildung in feuerverzinktem Stahlblech
 Praktische Metallographie
 Nr. 49, 2012, Heft 4, S. 210 – 220

Buch

M. Junghähnel
Herstellung und Charakterisierung von transparenten elektrisch leitfähigen TiO₂:Nb-Dünnschichten durch Gleichstrom- und Puls-Magnetron-Sputtern
 Schriftenreihe Werkstofftechnik Aktuell, Band 6
 ISBN 978-3-86360-017-4, Universitätsverlag Ilmenau

Buchkapitel

H. Bluhm, B. Han, A.G. Chmielewski, D. von Dobeneck, U. Gohs, J. Gstöttner, G. Mattausch, H. Morgner, A. Reichmann, O. Röder, O. Zywitzki, H.W.P. Koops, S.W. Schulz, B. Wenzel
Electron Beam Devices for Materials Processing and Analysis
 Handbook of Vacuum Electronics – Components and Devices
 Technosfera, Moscow, Russia, 2012, ISBN 978-5-94836-301-1
 S. 155 – 224

Fachposter

P. Feinäugle, P. Steinke, B. Graffel, F.-H. Rögner
Plasmaproduktion bei Atmosphärendruck zur Reduktion von Silberfluid auf Gespinsten aus Seide und vergoldeten Silberlahnen für die Restaurierung historischer Stickereien
 DPG-Frühjahrstagung Fachverband »Plasmaphysik«
 Stuttgart, Deutschland
 16. März 2012

H. Bilz, R. Böhme, B. Graffel, G. Mattausch, F.-H. Rögner, H. Schlemm, F. Winckler, O. Zywitzki
Electron Beam-fired Contacts: A Novel Approach for Contact Formation in Crystalline Silicon Solar Cell Production
 SiliconPV 2012
 Leuven, Belgien
 3.–5. April 2012

B. Graffel, H. Bilz, R. Böhme, G. Mattausch, F.-H. Rögner, H. Schlemm, F. Winckler, O. Zywitzki
Electron Beam-Fired Contacts: A novel approach for rear Contact Formation in crystalline Solar Cell Production
 4th FEBIP-Workshop
 Zaragoza, Spanien
 20.–21. Juni 2012

T. Preußner, R. Blüthner, T. Kopte
Nb₂O₅ and TiO₂ thin films deposited by pulse magnetron sputtering of cylindrical ceramic targets
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Breda, Niederlande
 24.–28. Juni 2012

R. Schmittgens, E. Holst, G. Gerlach, H. Bartzsch, D. Glöb, M. Maicu, P. Frach
A Novel Nanoparticle Source for Vacuum Deposition: Technology and Application
 9th International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2012
 Breda, Niederlande
 24.–28. Juni 2012

B. Zimmermann, F. Fietzke, H. Klostermann, J. Lehmann, F. Munnik, W. Möller
High rate PECVD of a-C:H coatings in a hollow cathode arc plasma
 13th International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2012
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
 10.–14. September 2012

J. Fahlteich, H. Drese, S. Barth, St. Günther, M. Fahland, N. Schiller
Mechanical durability of single and multi layer permeation barriers on flexible polymer substrates
 13th International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2012
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
 10.–14. September 2012

D. Glöb, P. Frach, A. Drescher, K. Rose, J. Kron, H. Rothe, K. Liefbeth, T. Kiffmeyer, M. Zimmermann
Plasma curing of wet chemical deposited layers for an antibacterial and photocatalytic surfaces
 13th International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2012
 Garmisch-Partenkirchen, Deutschland
 10.–14. September 2012

H. Morgner, T. Preußner, K. Häfner, O. Zywitzki, T. Modes, T. Kopte, S. Siepchen, B. Späth, C. Drost
Influence of Different TCO-Systems on Microstructure and Performance of CdTe-Solar Cells in Superstrate Configuration
 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, PVSEC
 Frankfurt, Deutschland
 24.–28. September 2012

M. Junghähnel, U. Hartung, B. Heimke, T. Kopte, T. Preußner
Electrical and optical properties of high deposition rate sputtered zinc oxide and titania based TCO's
 4th International Symposium on Transparent Conductive Materials, TCM 2012
 Hersonissos, Kreta, Griechenland
 21.–26. Oktober 2012

M. Vinnichenko, M. Junghähnel, M. Neubert, R. Gago, A. Mücklich, A. Kolitsch
Crystallization of TiO₂:Nb/Ta effect of the as-deposited film morphology and local order structure
 4th International Symposium on Transparent Conductive Materials, TCM 2012
 Hersonissos, Kreta, Griechenland
 21.–26. Oktober 2012

Dissertationen

P. Feinäugle
**Experimentelle und numerische Untersuchungen zu entladungsba-
 sierten Elektronenstrahlquellen hoher Leistung**
 TU Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften
 Fachrichtung Physik

W. Schönberger
Großflächige Entspiegelung von Kunststofffolien durch Plasma- und Ionenbehandlung
 TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

B. Zimmermann
**Plasmaphysikalische Charakterisierung einer magnetfeldgestützten
 Hohlkathoden-Bogenentladung und ihre Anwendung in der Vaku-
 umbeschichtung**
 TU Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften

Diplomarbeiten

M. Milde
**Untersuchungen an einem miniaturisierten Bogenentladungs-
 modul als Plasmaaktivierungswerkzeug für die Elektronenstrahl-
 Bedampfung**
 Hochschule Anhalt
 Fachbereich Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen

P. Steinke
**Plasmaproduktion bei Atmosphärendruck zur Reduktion von
 Silbersulfid auf Gespinsten aus Seide und vergoldeten Silberlahnen
 für die Restaurierung historischer Stickereien**
 Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
 Studiengang Chemieingenieurwesen

T. Weichsel
**Aluminiumoxid-Wachstum durch Plasma-Oxidation von Aluminium-
 schichten**
 TU Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften
 Fachrichtung Physik

Masterarbeiten

A. Arnold
**Interne Kommunikationsinstrumente und ihr situativer Einsatz
 durch die Unternehmensführung am Beispiel der sächsischen Auto-
 mobilzulieferindustrie**
 Donau-Universität Krems
 Department für Wissens- und Kommunikationsmanagement
 Internationales Journalismus Zentrum

St. Meißner
Untersuchungen zur Stabilität des Magnetron-PECVD Prozesses
 Universität der Bundeswehr München
 Fakultät für Elektrotechnik und Technische Informatik

C. Steiner
**Untersuchungen zur vakuumbasierten Modifikation von Frontsei-
 tenfolien für Solarmodule**
 Westsächsische Hochschule Zwickau (FH)
 Fachbereich Physikalische Technik/Informatik

Bachelorarbeiten

D. Blankenburg
**Untersuchungen zum Bedampfen dreidimensionaler Substrate bei
 erhöhtem Prozessdruck am Beispiel der Durchkontaktierung von
 Leiterplatten**
 Westsächsische Hochschule Zwickau (FH)
 Fachbereich Mikrotechnologien

C. Drewniok
**Begleitende mikrobiologische Untersuchungen für den Sterilitäts-
 nachweis an einem neu zu entwickelnden Mini-Sterilisator**
 Hochschule Zittau/Görlitz, Fakultät Mathematik/Naturwissenschaften,
 Studiengang Biotechnologie

S. Jesumann
Charakterisierung von Defekten in Permeationsbarriereschichten
 Westsächsische Hochschule Zwickau (FH)
 Fachbereich Physikalische Technik/Informatik

F. Naumann
**Charakterisierung von dotiertem Zinkoxid als transparente, leitfähige
 Schicht auf Polymerfolie**
 Westsächsische Hochschule Zwickau (FH)
 Fachbereich Physikalische Technik/Informatik

M. Neuber
**Erste Untersuchungen zur Abscheidung von Skutteruditschichten
 aus CoSb₃ mittels Elektronenstrahl-Koverdampfung**
 Westsächsische Hochschule Zwickau (FH)
 Fachbereich Physikalische Technik/Informatik

P. Ruppelt
**Untersuchungen zur Effizienz einer Kühlwalze für Elektronenstrahl-
 Hochrate-Beschichtungen**
 Westsächsische Hochschule Zwickau (FH)
 Fakultät für Physikalische Technik/Informatik

P. Seufert
**Untersuchungen zum PE-ALD auf Kunststofffolien bei Verwendung
 unterschiedlicher Siloxane**
 Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

S. Zimmerling
**Charakterisierung von Struktur und Grenzflächen in CdTe-Dünnschicht-
 solarzellen**
 Hochschule für angewandte Wissenschaften Hof
 Fakultät Ingenieurwissenschaften, Studiengang Systemwerkstoffe

INTERNATIONALE VERTRETER INTERNATIONAL REPRESENTATIVES

Japan



Dr. Koichi Suzuki

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

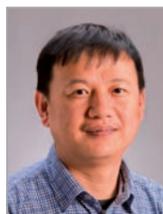
Indien



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

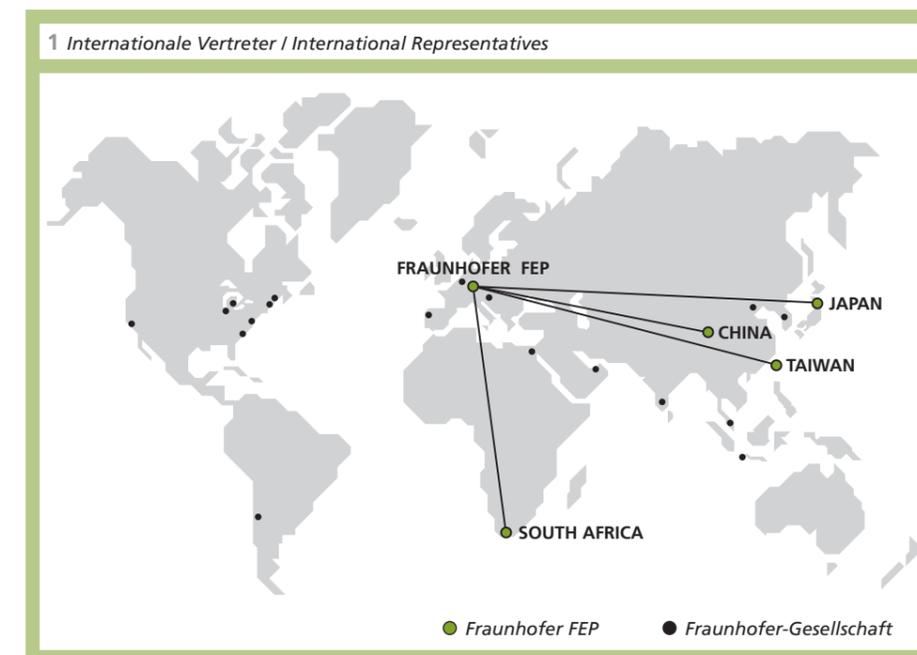
Nehmen Sie gerne Kontakt zu unseren Fraunhofer FEP-Vertretern auf. Weitere Fraunhofer-Büros finden Sie unter:

www.fraunhofer.de

More information

Please feel free to contact our Fraunhofer FEP Representatives. Further International Fraunhofer Offices can be found under:

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

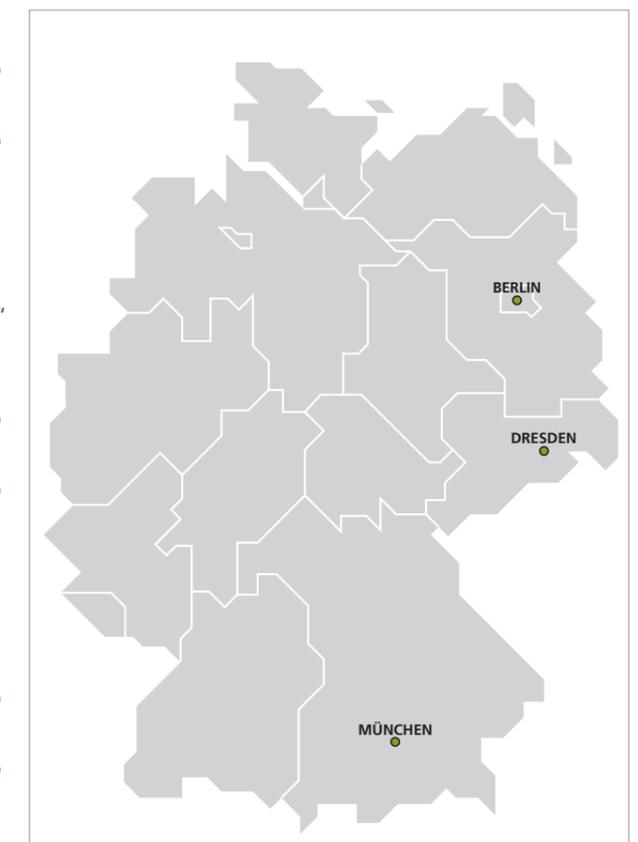
- ▶ Autobahn A17, exit »Dresden-Südvorstadt«
- ▶ Bundesstraße B170, direction Dresden
- ▶ at »Pirnaischer Platz« turn right, direction »Gruna / VW Manufaktur«
- ▶ at the end of »Großer Garten« turn right onto »Karcherallee«
- ▶ at the next traffic light turn left onto »Winterbergstraße«

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, M.Sc.
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, M.Sc.

Gestaltung / Layout

Finn Hoyer
Janek Wieczoreck

Bildnachweis / Photo acknowledgments

Janek Wieczoreck / Finn Hoyer
Rolf Grosser
Elke Sähn, Fraunhofer IVI (S. 60, 61)
Michael Schmidt, Dresden (S. 60)

Übersetzung / Translation

Stuart Fegan
Proverb oHG

Druck / Production

Union Druckerei Dresden GmbH
Prießnitzstr. 39
01099 Dresden

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Deutschland | April 2013

Reproduction of any material is subject to editorial authorization.

© Fraunhofer FEP, Dresden, Germany | April 2013

