



INHALT

JAHRESBERICHT 2017 / 18

Vorwort	2
Organigramm	4
Kuratorium	5
Zahlen und Fakten	6

AUS DER FORSCHUNG

Flache und flexible Produkte	10
Beschichtung von metallischen Platten und Bändern	12
Elektronenstrahl-Anwendungen	14
Beschichtung von Bauteilen	16
Präzisionsbeschichtung	18
Flexible organische Elektronik	20
Mikrodisplays und Sensorik	22
Medizinische Applikationen	24
Werkstoffkunde/Analytik	26
Systeme	28

ANHANG

Die Fraunhofer-Gesellschaft	32
Mitgliedschaften	33
Fraunhofer Verbund Light & Surfaces	34
Namen, Daten und Ereignisse	36
Rückblick	40
Ausblick	41
Ausgewählte Förderprojekte	42
Kontakt	43
Impressum	44

CONTENT

ANNUAL REPORT 2017 / 18

Foreword	3
Organizational structure	4
Advisory board	5
Facts and figures	6

RESEARCH NEWS

Flat and flexible products	11
Coating of metal sheets and strips	13
Electron beam applications	15
Coating of components	17
Precision coating	19
Flexible organic electronics	21
Microdisplays and sensors	23
Medical applications	25
Materials analysis	27
Systems	29

APPENDIX

The Fraunhofer-Gesellschaft	32
Memberships	33
Fraunhofer Group for Light & Surfaces	34
Names, dates and events	36
Highlights	40
Outlook	41
Selection of funded projects	42
Contact	43
Imprint	44



Titelfoto: Ultra-low power OLED-Mikrodisplay, ausgezeichnet mit dem Deutsch-Französischen Wirtschaftspreis 2017.
Titel photo: Ultra-low power OLED microdisplay, awarded with Franco-German business award 2017.



Management
System
ISO 9001:2015
ISO 50001:2011



www.tuv.com
ID 9105050079

JAHRESBERICHT 2017/18

VORWORT

Liebe Partner des Fraunhofer FEP,
liebe Leserinnen und Leser,

das Jahr 2017 ist für das Institut mit vielen Höhepunkten und aussichtsreichen Projektergebnissen zu Ende gegangen. Diese lieferten eine stabile Basis für den wirtschaftlich guten Jahresabschluss und ermöglichen einen soliden Start ins Jahr 2018.

Ein Höhepunkt im Bereich Flache und Flexible Produkte war die Erweiterung des Anlagenparks um die neue FOSA LabX 330 Glass, die vom Dresdner Anlagenhersteller VON ARDENNE entwickelt und nun gemeinsam betrieben wird. Mit ihr treiben wir nun die Forschung und Entwicklung zur Beschichtung von flexiblem Dünnglas voran. In den laufenden Projekten erzielten wir gemeinsam mit unseren Partnern bereits ausgezeichnete Resultate wie z. B. bei der Beschichtung von 100 m Dünnglas mit hochleitfähigem ITO. Diese Fortschritte in der Dünnglasbeschichtung für flexible Elektronik stießen bei unseren Partnern aus Industrie und Öffentlichkeit bereits auf große Resonanz. Daneben stellt die Batterieforschung nun einen neuen strategischen Forschungsschwerpunkt des Institutes dar. Hier wurden im Mai erste vielversprechende Ergebnisse in der Schichtentwicklung für sichere und effektive Energiespeicher und Batterien im Rahmen des Fraunhofer-Verbundprojektes LiScell erzielt.

Unter dem Thema „Wearable and Projection Displays“ waren wir Gastgeber der Konferenz SID-ME 2017. Über 100 Teilnehmer aus 18 Ländern, 20 namhafte Redner und Vertreter aller weltweit wichtigen Display-Unternehmen sowie der EU-Kommission, ließen die Konferenz zu einem großen Erfolg werden. Dazu stellte der Bereich Mikrodisplays und Sensorik 2017 neben großflächigen OLED-Mikrodisplays

u. a. auch hochgenaue optische Fingerprintsensoren vor und generierte damit interessante neue Projekte. Die hervorragende Zusammenarbeit unserer Wissenschaftler mit dem französischen Displayhersteller MICROOLED wurde mit dem Deutsch-Französischen Wirtschaftspreis für eine exzellente Kooperation ausgezeichnet.

Weitere spannende Innovationen brachte auch der Bereich Flexible Organische Elektronik hervor – erste flexible, farbvariable OLED und eindrucksvolle OLED auf Dünnglas und Edelstahl wurden 2017 präsentiert. Die Resultate in der biodegradierbaren Elektronik, die künftig im Bereich aktiver Implantate zum Einsatz kommen sollen, sind ebenfalls wegweisend.

In der Abteilung Medizinische Applikationen wurde ein strategisch wichtiges Patent erteilt, das als Basis unserer Forschung für die Aufbereitung von Gewebetransplantaten mit Elektronenstrahlen dient. Außerdem entwickelten wir neue Verfahren zur signifikanten Durchsatzsteigerung zur Vireninaktivierung bei der Herstellung von Impfstoffen.

Unser langjähriger Kuratoriumsvorsitzender Dr. Engel erhielt für seine Verbundenheit und das große Engagement in unserem Kuratorium die Fraunhofer-Ehrenmedaille. 2017 übergab er den Vorsitz an Prof. Dr. Buchholz, der uns seit Jahren in enger Zusammenarbeit im Bereich der OLED-Forschung unterstützt.

Wir danken unseren Kunden, Partnern und Zuwendungsgebern herzlich für das Interesse an unserem Institut sowie das entgegengebrachte Vertrauen und die Zusammenarbeit!



Prof. Dr. Volker Kirchhoff



FOREWORD

Dear Partners of the Fraunhofer FEP and readers,

2017 was a year with many highlights and promising project results for the Institute. These have provided a stable base for an economically sound annual financial statement as well as a solid start to 2018.

A highlight in the Flat and Flexible Products Division was the expansion of the research park for the new FOSA LabX 330 Glass roll-to-roll coating facility, which was developed by the equipment manufacturer VON ARDENNE and is operated together now. It will be used to advance R&D in coating flexible ultra-thin glass. Together with our partners, we have already achieved excellent results in on-going projects, such as the coating of 100 m of ultra-thin glass with highly conductive ITO. This progress in flexible electronics has already been well received by our partners from industry and by the public.

In addition, battery research has become a new strategic focus of the institute's research. The first very promising results were achieved last May in the field of layer development for safe and effective energy storage and batteries as part of the joint Fraunhofer LiScell project.

In the field of Wearable and Projection Displays, we hosted the SID-ME 2017 conference. Attendance by more than 100 participants from 18 countries, 20 well-known speakers, representatives of all the world's major display companies, and from the EU Commission contributed to its success.

In addition to large-area OLED microdisplays, the Microdisplays and Sensors Division introduced high-precision optical fingerprint sensors in 2017 that resulted in interesting new

projects. The outstanding cooperation between our scientists and French display manufacturer MICROOLED was awarded the Franco-German business prize for excellence in cooperation.

Further exciting innovations were also produced by the Flexible Organic Electronics Division – the first flexible, color tunable OLEDs along with impressive OLEDs on both ultra-thin glass and stainless steel were presented in 2017. There were also groundbreaking results in biodegradable electronics that will be employed in future active medical implants.

A strategically important patent submitted by the Medical Applications Department was granted. This patent will serve as the basis for our research into preparation of tissue transplants using electron beams. In addition, we have developed new methods that considerably increase the throughput of the inactivation of viruses for the production of vaccines.

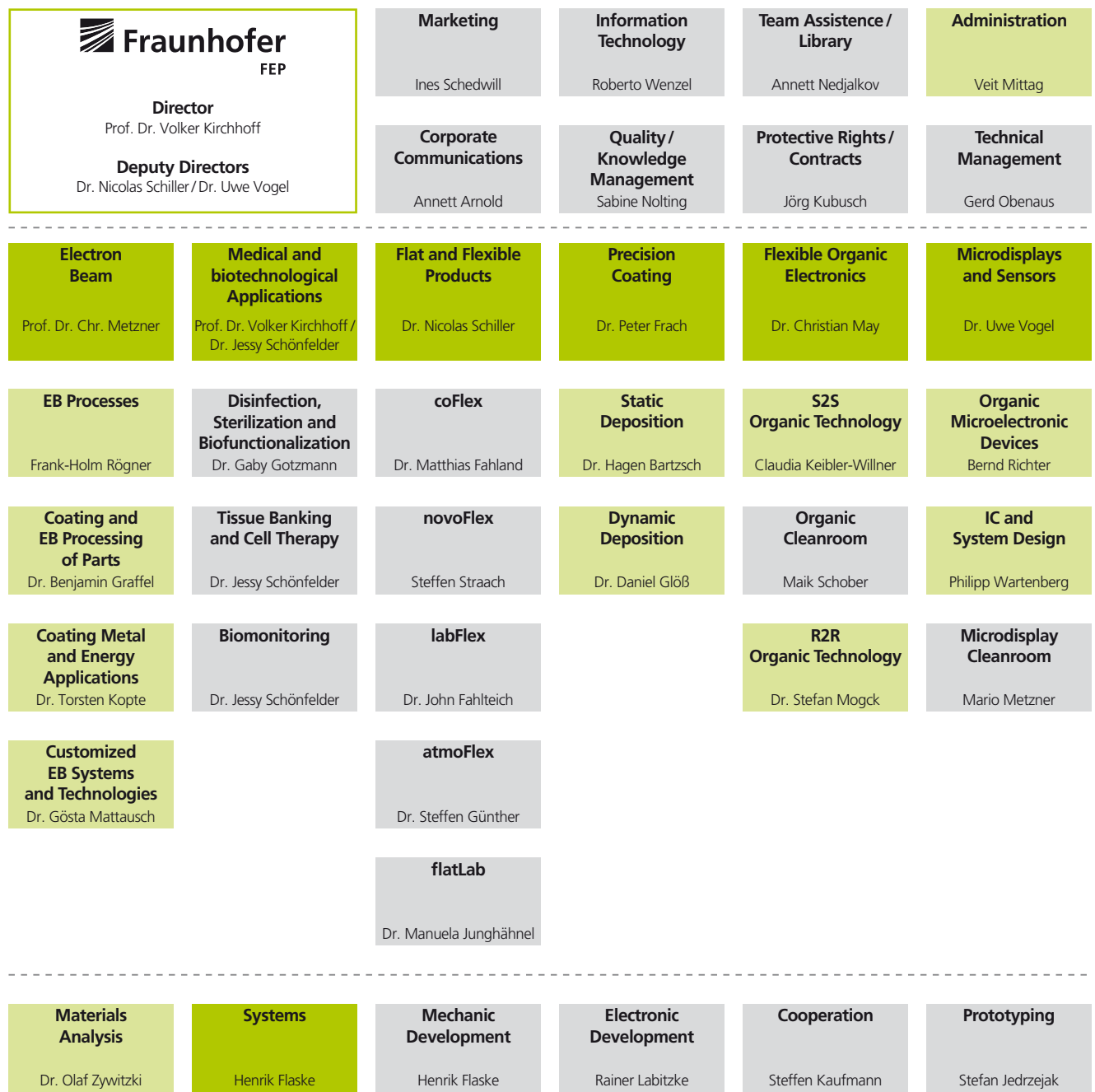
The long-standing Chair of our Advisory Board, Dr. Engel, received the Fraunhofer Medal of Honor for his commitment and dedication to the Board. He handed over the chairmanship to Prof. Dr. Buchholz in 2017, who has been supporting us for years through his close cooperation in the field of OLED research.

We would like to warmly thank our customers, partners, and funding agencies for their interest in our Institute as well as their cooperation and the trust they have placed in us!

Prof. Dr. Volker Kirchhoff

ORGANIGRAMM

ORGANIZATIONAL STRUCTURE





KURATORIUM ADVISORY BOARD

MITGLIEDER DES KURATORIUMS

Prof. Dr.	Herwig	Buchholz	Merck KGaA, Global Head R&D – OLED Chemistry/Strategic Developments Kuratoriumsvorsitzender
Dr.	Ulrich	Engel	Stellvertretender Kuratoriumsvorsitzender
MRin Dr.	Annerose	Beck	Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst Leitung Referat 43: Bund-Länder-Forschungseinrichtungen
Dr.	Hans	Eggers	Bundesministerium für Bildung und Forschung Referat 513: Photonik, Optische Technologien
Dr.	Gunter	Erfurt	Meyer Burger (Germany) AG, Chief Executive Officer
MdL	Aline	Fiedler	Sächsischer Landtag, CDU-Fraktion
Dr.	Bernd	Fischer	DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, Leiter Anlagenbau Teilungen
Prof. Dr. med.	Richard	Funk	TU Dresden, Medizinische Fakultät, Institut für Anatomie, Direktor
Prof. Dr.-Ing. habil.	Gerald	Gerlach	TU Dresden, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Festkörperelektronik, Direktor
Dipl.-Phys.	Hans-Christian	Hecht	VON ARDENNE GmbH, Chief Technology Officer
Dipl.-Ing.	Konrad	Herre	Organic Electronics Saxony e. V., Vorstandsvorsitzender
Dipl.-Ing.	Dirk	Hilbert	Landeshauptstadt Dresden, Oberbürgermeister
Prof. Dr.	Markus	Holz	ALD Vacuum Technologies GmbH, Vorsitzender der Geschäftsführung
Dipl.-Ing.	Ralf	Kretzschmar	Pharmatec GmbH – A Bosch Packaging Technology Company General Manager
Dipl.-Ing.	Peter G.	Nothnagel	Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, Geschäftsführer
Dipl.-Ing.	Tino	Petsch	3D-Micromac AG, Vorstandsvorsitzender
Dr.	Bernd	Schulte	AIXTRON SE, Executive Vice President/Chief Operating Officer
Dr.	Norbert	Thyssen	Infineon Technologies Dresden GmbH, Senior Director R&D
MR	Christoph	Zimmer-Conrad	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Leitung Referat 37: Innovationspolitik, Technologieförderung

GÄSTE DES KURATORIUMS

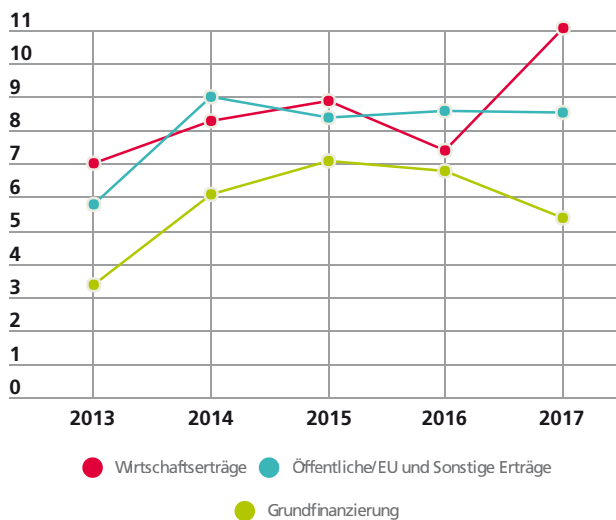
Prof. Dr.	Alfred	Gossner	Fraunhofer-Gesellschaft, Vorstand Finanzen, Controlling und IT
Dr.	Patrick	Hoyer	Fraunhofer-Gesellschaft, Institutsbetreuer
Dr.	Leonore	Glanz	Robert Bosch GmbH
Dr.	Hans-Ulrich	Wiese	ehem. Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft

ZAHLEN UND FAKTEN FACTS AND FIGURES

FINANZIERUNG

FINANCING

(in Mio. €)

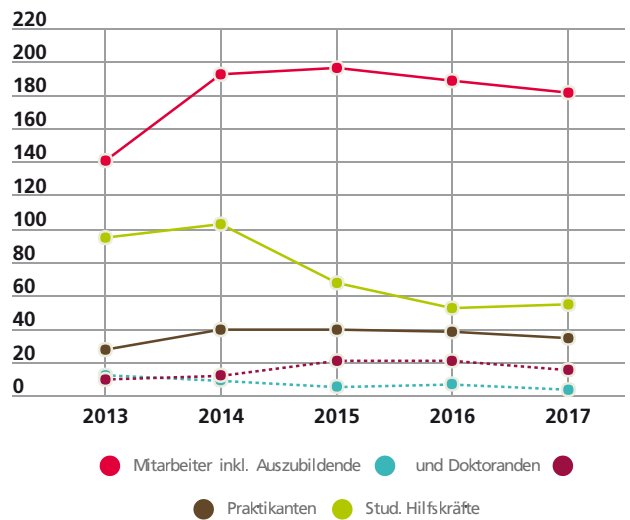


Das Fraunhofer FEP konnte durch direkte Aufträge aus der Industrie 11,1 Mio. € erwirtschaften. Aus öffentlichen Projekten, gefördert von EU, Bund und Ländern, wurden Erträge in Höhe von 8,56 Mio. € erzielt. Davon konnte ein Anteil in Höhe von 3,3 Mio. € durch öffentlich geförderte Projekte gemeinsam mit mittelständigen Unternehmen eingeworben werden. Der Grundfinanzungsverbrauch im Betriebshaushalt betrug 5,4 Mio. €.

Fraunhofer FEP was able to bring in 11.1 million € of new business from industry through direct contracts. Proceeds of 8.56 million € were obtained from public projects funded by the federal and state governments. A portion of these, amounting to 3.3 million €, was attracted through joint publicly funded projects with mid-cap companies. The expenditure of institutional capital for the operating budget ran to 5.4 million €.

MITARBEITERENTWICKLUNG

EMPLOYEE DEVELOPMENT



Im vergangenen Jahr waren 182 Mitarbeiter, davon 4 Auszubildende, und zusätzlich 35 Praktikanten sowie 55 wissenschaftliche Hilfskräfte im Institut tätig. Von den 76 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die als Wissenschaftler beschäftigt waren, arbeiteten 16 Wissenschaftler zusätzlich an ihren Promotionsthemen. Der Frauenanteil im Wissenschaftlerbereich betrug 22 Prozent.

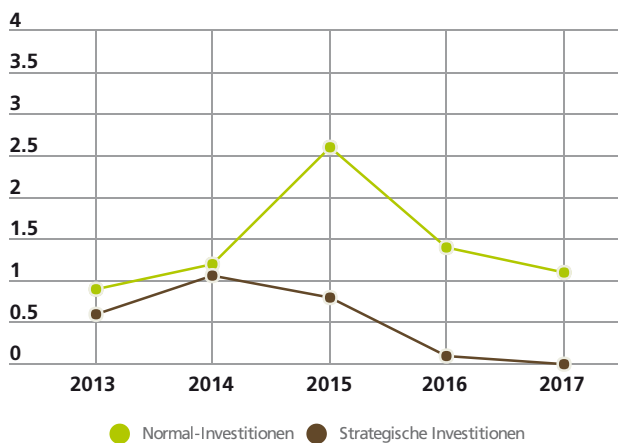
182 staff members were employed at the institute during the past year, of which 4 were trainees, along with 35 student trainees as well as 55 scientific assistants. Of the 76 staff members that were employed as scientists, 16 were additionally working on their doctoral degrees. The proportion of females in the scientific area amounted to 22 percent.



INVESTITIONSAUFWAND

INVESTMENT COSTS

(in Mio. €)



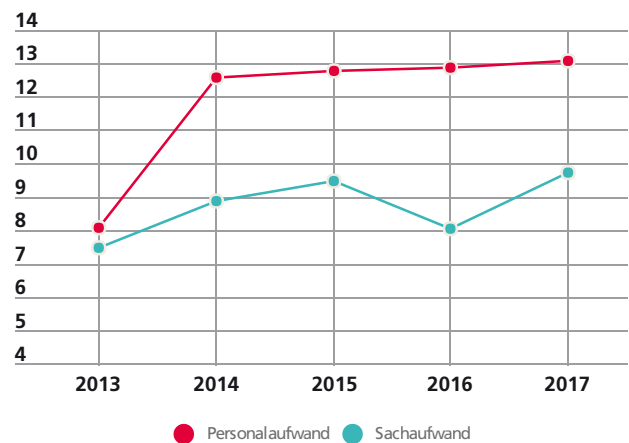
Der Gesamtaufwand aus Betriebs- und Investitionshaushalt betrug 25,8 Mio. €. Im Betrachtungszeitraum wurden 1,1 Mio. € in Gerätetechnik und Infrastruktur investiert.

Total expenditures from the operating and investment budget amounted to 25.8 million €. 1.1 million € was invested in equipment and infrastructure during the period.

PERSONAL- UND SACHAUFWAND

STAFF AND MATERIAL COSTS

(in Mio. €)



Der Anteil der Personalaufwendungen belief sich auf 13,2 Mio. €, dies entspricht 53 Prozent des Betriebsbudgets in Höhe von 24,7 Mio. €. Der Sachaufwand betrug 9,7 Mio. €.

Personnel expenditures totaled 13.2 million €, representing 53 percent of the operating budget (24.7 million €). Material costs amounted to 9.7 million €.



AUS DER FORSCHUNG

FLACHE UND FLEXIBLE PRODUKTE

BESCHICHTUNG VON METALLISCHEN PLATTEN UND BÄNDERN

ELEKTRONENSTRAHL-ANWENDUNGEN

BESCHICHTUNG VON BAUTEILEN

PRÄZISIONSBESCHICHTUNG

FLEXIBLE ORGANISCHE ELEKTRONIK

MIKRODISPLAYS UND SENSORIK

MEDIZINISCHE APPLIKATIONEN

WERKSTOFFKUNDE / ANALYTIK

SYSTEME



FLACHE UND FLEXIBLE PRODUKTE

„Flache und Flexible Produkte“: Darunter verstehen wir flache Materialien wie Glas- und Kunststoffplatten und flexible Materialien wie Kunststofffolien, dünne Metallfolien und Membranen. Wir entwickeln Technologien zur Veredelung der Oberflächen dieser Materialien um sie für innovative Anwendungen nutzbar zu machen.

Substratmaterialien

Ziel unserer Arbeit ist es, die Oberflächen dieser flachen und flexiblen Substrate wie Metall- und Kunststofffolien oder Dünnglas mit maßgeschneiderten Funktionen zu versehen. Glas weist eine hohe Transparenz auf und ist außerordentlich witterungsbeständig. Durch optische oder transparente leitfähige Schichten kann Glas im Architektur-, Display- oder Photovoltaikbereich eingesetzt werden. Kunststofffolien sind flexibel und bieten eine große Oberfläche bei gleichzeitig geringem Gewicht. Eine Schicht mit einer geringen Wasserdampfpermeation macht aus Kunststofffolien Barrierefolien für die Verpackung oder die flexible Elektronik. Dünne Metallfolien finden zunehmend Einsatz in elektrischen Energiespeichern als Träger von Speicherschichten. Ultradünnes, flexibles Glas verbindet viele hervorragende Eigenschaften des Glases mit denen dünner, flexibler Materialien und entwickelt zunehmend Potenzial für elektronische als auch dekorative Anwendungen.

Technologische Plattform

Die technologische Plattform bildet das Werkzeug unserer Arbeit und wird ständig weiterentwickelt. Wir verfügen über eine Reihe von Technologien zum Aufbringen dünner Schichten. Dazu zählen die Vakuumbeschichtungsverfahren Magnetron-Sputtern, plasmagestütztes Aufdampfen und die plasmagestützte chemische Dampfphasenabscheidung. Neu hinzugekommen ist der Flüssigphasenauftrag mittels Schlitzdüsen unter Atmosphärendruck. Neben diesen

Beschichtungsverfahren entwickeln wir auch Verfahren der Oberflächenbehandlung mit dem Elektronenstrahl, mit Plasmen oder Ionen und mit Blitzlampen.

All die genannten Technologien werden in Rolle-zu-Rolle-Anlagen oder in in-line-Anlagen eingesetzt. Unsere Pilotanlagen ermöglichen es zudem, in Entwicklungsprojekten auch Fragen der technologischen Aufskalierung bis hin zur Pilotproduktion zu untersuchen.

Anwendungen

Die mit den genannten Technologien erzielbaren Oberflächeneigenschaften sind sehr vielfältiger Natur. Noch vielfältiger ist die Zahl der Anwendungen. Wir möchten daher hier nur einige Höhepunkte des letzten Jahres nennen:

- Unser proprietärer HAD-Prozesses, ein Prozess zur plasmagestützten Abscheidung von dünnen Schichten mit hoher Produktivität, wurde in eine industrielle Anlage zur Beschichtung von Verpackungsfolien der Firma Applied Materials Web Coating GmbH überführt.
- Transparente Barrierefolien werden für die Verkapselung von flexiblen Solarzellen und flexibler Elektronik benötigt. In mehreren Projekten wurden der Magnetron-Sputter-Prozess und die Prozessierung von Barrierefolien in Rolle-zu-Rolle Anlagen weiterentwickelt. Eine Bewertung durch einen Hersteller von Organischer Photovoltaik (OPV) ist erfolgt und die Gespräche über eine Technologieüberführung in die Industrie haben begonnen.
- Die Pilotanlage atmoFlex zur Rolle-zu-Rolle Beschichtung mit dem Slot-Die-Verfahren wurde am Fraunhofer FEP in Betrieb genommen und wird nun für die Entwicklung von dekorativen Folien genutzt.



CONTACT

Dr. Nicolas Schiller

Phone +49 351 2586 131

nicolas.schiller@fep.fraunhofer.de

FLAT AND FLEXIBLE PRODUCTS

Flat and Flexible Products: by this we mean flat materials such as plate glass and plastic sheet, and flexible materials like plastic film, thin metallic foil, and membranes. We develop technologies for coating the surfaces of these materials in order to make them suitable for innovative applications.

Substrate Materials

Aim of our work is to provide customized functionality to the surfaces of these flat and flexible substrates like metal and plastic foil or ultra-thin glass. Glass exhibits high transparency and is extraordinarily weather resistant. If visual or transparent conductive coatings are applied, it can be employed in architectural, display, and photovoltaic applications. Plastic films are flexible and simultaneously offer large surface area, yet very low weight. Applying a coating characterized by minimal water vapor permeation turns plastic films into barrier film for packaging and flexible electronics. Thin metallic foils are more and more used in electrical energy storage systems as substrates for energy storage layers. Ultra-thin, flexible glass combines many outstanding properties of glass with those of thin flexible materials and has increasing potential for electronic as well as decorative applications.

Technological Platform

Our continuously evolving technology platform is the main tool for our work. We have a series of technologies for applying thin coatings at our disposal. These include vacuum coating processes like magnetron sputtering, plasma-assisted evaporation, and plasma-assisted chemical vapor deposition. Liquid-phase application by means of slot-die coating at atmospheric pressure has recently been added. Besides these coating processes, we also

develop surface treatment processes utilizing electron beams, plasmas or ions, and flash-lamp annealing.

All of these technologies are employed in both roll-to-roll and in-line coating facilities. In addition, our pilot plants facilitate investigating technological scale-up issues from development projects all the way up to pilot-scale production.

Applications

The surface properties that can be obtained with these technologies are very diverse in nature. The applications are even more diverse, so we will mention just a few of the highpoints from this past year:

- Our proprietary hollow-cathode arc-activated deposition (HAD) process for high-throughput plasma-assisted deposition of thin layers was transferred to an industrial facility for coating of packaging films owned by Applied Materials Web Coating GmbH.
- Transparent barrier films are required for encapsulating flexible solar cells and flexible electronics. Magnetron sputtering processes and the processing of barrier films in roll-to-roll facilities were refined in several projects. A successful evaluation by a manufacturer of organic photovoltaics (OPV) has been carried out and discussions concerning transfer of the technology to industry have commenced.
- The atmoFlex pilot plant at Fraunhofer FEP for roll-to-roll coating with slot-die processing has completed the commissioning process and will now be employed for development of decorative films.



BESCHICHTUNG VON METALLISCHEN PLATTEN UND BÄNDERN

Das Geschäftsfeld umfasst die Vakuumbeschichtung von metallischen Platten und Bändern für die verschiedensten Anwendungen in den Gebieten Maschinenbau, Solar-energie, Architektur, Verpackung, Transport, Beleuchtung sowie Umwelt und Energie. Von herausragender Bedeutung sind hierbei komplexe Gesamtlösungen für unsere Kunden aus einer Hand. Im Geschäftsfeld werden überwiegend Bedampfungsprozesse eingesetzt, da für die Beschichtung von Platten und metallischen Bändern meist ein hoher Flächendurchsatz und sehr wirtschaftliche Verfahren mit hoher Abscheiderate gefragt sind. Zur Verbesserung der Schichteigenschaften wurden spezielle Plasmaaktivierungsverfahren für die Bedampfung entwickelt, die für die Beschichtung großer Flächen mit hoher Abscheiderate angepasst wurden. Als Versuchs- und Pilotanlage steht die Inline-Vakuumbeschichtungsanlage für Platten und Metallbänder „MAXI“ zur Verfügung.

Auch im Jahr 2017 standen Verfahren und Anwendungen zur Energietechnik im Mittelpunkt unserer Aktivitäten. Im Folgenden werden zwei Projektbeispiele erläutert:

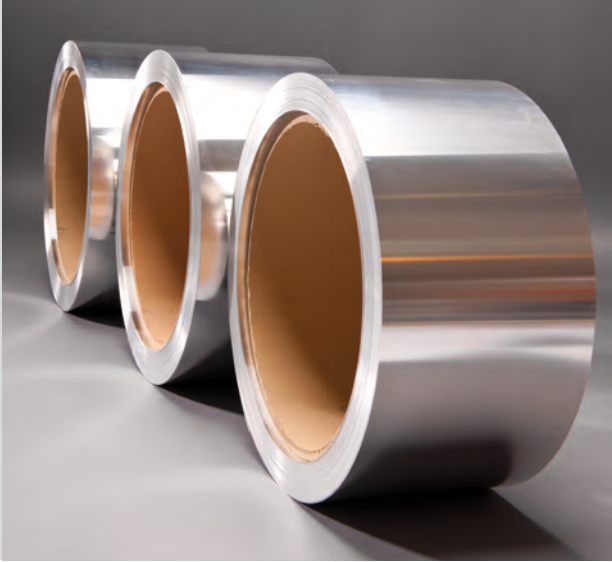
Das vom Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr im Rahmen des Programms „RL Energie/2014“ geförderte Projekt „Hochporöse Silizium-Zink-Beschichtungen für Batterien mit sehr hoher Energiedichte“ (PoSiBat*, Förderkennzeichen 100275833) befasst sich mit grundlegenden Untersuchungen zur Herstellung dieser Schichten und zu deren Potenzial für die Fertigung von Si-Anoden für Li-Ionen-Batterien. Im September 2017 wurde ein wichtiger Meilenstein bei der Projektbearbeitung erreicht, indem die Abscheidung eines offenporigen Silizium-Gefüges mit Strukturgrößen im Bereich von 50 bis 500 nm gezeigt werden konnte.

Das ebenfalls im Programm „RL Energie/2014“ geförderte Vorhaben „Innovative Herstellungsverfahren von kristallinen Silizium-Schichten für Anwendungen in der Energietechnik“ (KriSiDET*, Förderkennzeichen 100276968) hat die anwendungsorientierte Untersuchung eines neuartigen Herstellungsverfahrens von Si-Schichten zum Ziel. Die Technologie basiert auf einem integrierten Vakuumprozess, bestehend aus einer Schichtabscheidung mittels Elektronenstrahl-Verdampfung und einer anschließenden Schichtnachbehandlung mittels Elektronenstrahl-Kristallisation.

Die Arbeiten in unserem klassischen Tätigkeitsfeld, dem Korrosionsschutz, wurden 2017 fortgeführt. Die Verwendung hochfester Stähle als Konstruktionsmaterial ermöglicht die Einsparung von Material und somit auch von Gewicht. Leider verliert hochfester Stahl seine Eigenschaften bei Temperaturen über 200 °C. Daher ist die klassische Korrosionsschutz-Methode des Feuerverzinkens nicht anwendbar. Wir verzeichnen vermehrt Anfragen aus der Stahlindustrie nach alternativen PVD-Verfahren zur Zink-Beschichtung bei Temperaturen unter 200 °C. 2017 konnten wir im Rahmen einer Machbarkeitsstudie für einen europäischen Stahlhersteller nachweisen, dass die Beschichtung von hochfestem Stahl mit Zink mittels Verdampfung und angepasster Plasma-Vorbehandlung möglich ist.

2004 überführte Fraunhofer FEP ein integriertes Paket (Technologie + Hardware) für die Abscheidung dekorativer Schichten auf Edelstahlplatten für Fahrstuhlverkleidungen nach Japan. Nach 13 Jahren Betrieb mussten wichtige Komponenten ersetzt werden. So lieferten wir im Jahr 2017 ein neues System, welches basierend auf der langjährigen Betriebserfahrung des Anwenders weiterentwickelt wurde, um insbesondere die Betriebsstabilität unter Produktionsbedingungen und die Wartungsfreundlichkeit zu verbessern.

* Weitere Informationen zu den Förderprojekten siehe Seite 42



CONTACT

Dr. Torsten Kopte

Phone +49 351 2586 120

torsten.kopte@fep.fraunhofer.de

COATING OF METAL SHEETS AND STRIPS

This business unit covers vacuum coating of metal sheets and strips for a wide variety of applications in the fields of mechanical engineering, solar energy, architecture, packaging, transportation, and lighting as well as in environmental and energy applications. It is especially important to our customers that complex, complete solutions in these fields come from a single source. The business unit mostly employs vapor deposition processes because high surface-area throughput and very economical processes characterized by high deposition rates are desirable for the coating of metallic sheets and strips. To improve the properties of the coatings, specialized plasma-activated processes were developed for their deposition, which were then adapted to coating large areas at high deposition rates. MAXI, our in-line vacuum coating equipment for sheets and metal strips, is available as both an experimentation platform and pilot plant.

Again in 2017, processes and applications in energy technology were the focus of our activities. Two project examples are described in the following:

The research project on highly porous silicon-zinc coatings for batteries with extremely high energy density ("Hochporöse Silizium-Zink-Beschichtungen für Batterien mit sehr hoher Energiedichte" – PoSiBat*, funding reference 100275833) funded by the Saxony State Ministry of Economic Affairs, Labor, and Transportation as part of their RL Energie/2014 program involves fundamental investigations of how to manufacture these layers, and the potential for fabrication of Si anodes in lithium-ion batteries. An important milestone for the project was reached in September 2017 when deposition of an open-pore silicon layer exhibiting nominal feature sizes in the range of 50–500 nm was demonstrated.

Also funded under RL Energie/2014, the research program on innovative manufacturing processes of crystalline silicon layers for applications in energy technology ("Innovative Herstellungsverfahren von kristallinen Silizium-Schichten für Anwendungen in der Energietechnik" – KriSiDET*, funding reference 100276968) seeks to carry out applications-oriented investigations of novel fabrication processes for Si layers. The technology is based upon an integrated vacuum process consisting of layer deposition by means of electron-beam deposition and subsequent layer treatment using of electron-beam crystallization.

The research in our traditional field – corrosion protection – continued in 2017. The utilization of high-strength steels as a construction material permits savings in material and thus also in weight. Unfortunately, high-strength steel loses its properties at temperatures above 200°C. As a consequence, traditional methods of hot-dip galvanizing cannot be employed. We have registered increased interest from the steel industry for alternative PVD processes, which are able to apply zinc coatings at temperatures below 200°C. In a feasibility study carried out for an European steel producer in 2017, we were able to demonstrate that coating high-strength steel with zinc by means of evaporation and a modified plasma pre-treatment is possible.

In 2004, Fraunhofer FEP transferred an integrated package (technology + hardware) to Japan for depositing decorative coatings on stainless steel sheets used for elevator panels. After thirteen years of operation, important components needed to be replaced. As a result, in 2017 we delivered a new system that was refined based upon the many years of actual experience by the user in order to improve in particular the ease of maintenance and operational stability under production conditions.



ELEKTRONENSTRAHL-ANWENDUNGEN

Für das Geschäftsfeld Elektronenstrahl-Anwendungen war 2017 ein sehr erfolgreiches Jahr, sowohl in Bezug auf die erreichten Forschungs- und Entwicklungsergebnisse als auch für deren erfolgreiche Vermarktung. Mehr als 6,2 Millionen Euro Industrieerträge und 2,3 Millionen Euro öffentliche Förderung konnten akquiriert und erfolgreich umgesetzt werden. Damit setzt sich, getrieben durch zunehmende Umweltprobleme, Energieeinsparungen und steigende Anforderungen in der industriellen Anwendung die „Elektronenstrahl-Renaissance“ fort.

Ein wesentliches Know-How des Geschäftsfeldes ist die Entwicklung von kundenspezifischen Elektronenstrahlerzeugern. Hier konnten mit weiterentwickelten Hochleistungs-Axialstrahlern für die reaktive PVD-Verdampfung unter extremen Prozessbedingungen (bis 30 Pa) Standzeiten bis zu 1.000 Stunden unter Produktionsbedingungen erreicht werden! Das ist das Fünffache selbst im Vergleich zu standardmäßigen PVD-Anwendungen. Durch diese überragenden Ergebnisse konnten zwei Großprojekte für die industrielle Anwendung akquiriert und die Alleinstellung auf diesem Gebiet ausgebaut werden.

In Zusammenarbeit mit starken sächsischen Partnern und gefördert durch den Freistaat Sachsen konnten dafür wichtige Grundlagenuntersuchungen zum Mikroschweißen filigraner 3D-Metallstrukturen in der Medizintechnik („Micro3D“)* und dem strukturierten Sintern gedruckter Leitbahnen für die Zukunft der Photovoltaik („NeoSol“)* angegangen werden. Eine neue Herausforderung für die additive Fertigung ist die effiziente Oberflächennachbearbeitung generativ gefertigter Bauteile. Hier konnte gezeigt werden, dass durch die exzellente Expertise im Bereich der Randschichtbearbeitung neue technologische Möglichkeiten eröffnet werden können. Ein Meilenstein für das Arbeitsfeld

der Präzisionsbearbeitung war die Fertigstellung des neuen RESET-S Gebäudes. Damit konnten Anlagentechnik, Labore und Büros zusammengefasst, die Arbeitsbedingungen verbessert und die Arbeitsabläufe optimiert werden.

Eines der Themen mit der längsten Historie im Fraunhofer FEP und trotzdem hochaktuell ist die Elektronenbehandlung von Saatgut. Mehr als 25 Jahre erfolgreiche Entwicklungsarbeit, engagierte Partner, kontinuierliche Akquise und eine zunehmende Umweltproblematik im Pflanzenschutz bildeten die Grundlage für die Entwicklung und den Bau von aktuell zwei hochautomatisierten Saatgutbehandlungsanlagen (ISABEL) für deutsche Saatgutproduzenten. Auch die Zukunft dieses Arbeitsgebietes wird durch „ReSaatEl“*, ein Gemeinschaftsprojekt, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, zur Entwicklung kompakter und energieeffizienter Technologiemodule mit einer neuartigen toroidalen Elektronenquelle, gestärkt.

Besonders zukunftsweisend sind die aktuellen technologischen Entwicklungen zur Bestrahlung dünner Flüssigkeitsfilme für die Pharmaproduktion und Dekontaminationen im Umweltbereich. Dieses einzigartige Know-How wird mit weiteren Fraunhofer-Partnern u. a. für die Entwicklung effektiverer Impfstoffe eingesetzt.

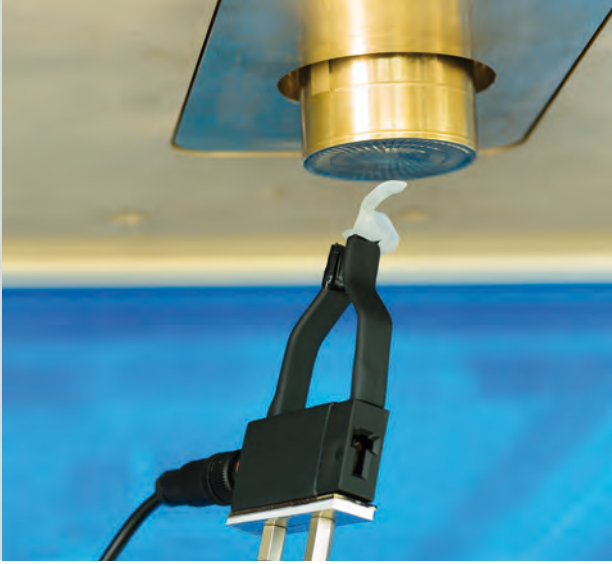
Ein wichtiger Baustein für die erfolgreiche Arbeit ist die enge internationale Vernetzung (IAEA¹, IIA², RTE³), in Europäischen Verbänden (ARIES⁴, APAE⁵), sowie mit internationalen Forschungszentren (IPEN⁶, SDAS⁷, ICHTJ⁸).

Dem massiven Wachstum des Geschäftsfeldes wird 2018 mit einer optimierten Abteilungsstruktur als Basis für eine verstärkte strategische Ausrichtung Rechnung getragen werden.

* Weitere Informationen zu den Förderprojekten siehe Seite 42

¹ International Atomic Energy Agency

² International Irradiation Association



CONTACT

Frank-Holm Rögner

Phone +49 351 2586 242

frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de

ELECTRON BEAM APPLICATIONS

2017 was an extremely successful year for the Electron-Beam Applications business unit, not only with respect to the R&D goals achieved, but also for the unit's successful marketing efforts. More than € 6.2 million euros in industrial proceeds and € 2.3 million euros in governmental support funds were obtained and productively utilized. As a result, the "electron-beam renaissance" continued, driven by society's energy conservation, increasing environmental challenges, and the rising demand in industrial applications.

The development of customer-specific electron-beam sources is an area of considerable know-how for the business unit. Up to 1,000-hr operational periods were able to be achieved with the advanced high-performance axial beams for reactive PVD evaporation under production conditions and extreme processing parameters of up to 30 Pa! That is a five-fold increase even in comparison to standard-type PVD applications. Two large-scale projects for industrial application were able to be acquired through these outstanding results, augmenting the business unit's unique position in this field.

Important fundamental research in microwelding delicate 3D metallic structures in medical engineering ("Micro3D"), and in structured sintering of compacted conductive traces for future photovoltaics ("NeoSol")* was able to be addressed thanks to cooperation with strong partners in Saxony and funding support from the government of Saxony. A new challenge for additive manufacturing is efficiently post-processing surfaces of components produced with this generative technology. We were able to show that new technological avenues can be opened up thanks to expertise in the field of edge layer processing. A milestone for work on precision processing was the completion of

the new RESET-S building. This has enabled R&D facilities, laboratories and offices to be consolidated, the operating conditions to be improved, and workflow enhanced.

One of the topics with the longest history at Fraunhofer FEP and yet one of the most current and productive is electron treatment of agricultural seed. More than 25 years of successful development work, dedicated partners, continuous acquisition of funding, and increasing environmental challenges in the field of agricultural and ornamental plant protection have created the foundation for development and construction of two highly automated seed treatment facilities (ISABEL) for use by German seed producers. The future of this work as well will be boosted through "ReSaatEl"*, a joint project funded by the German Federal Ministry of Food and Agriculture for developing compact and energy-efficient electron-beam modules using a novel toroidal electron source.

Current technological developments for irradiating thin liquid films in pharmacological manufacturing and decontamination in the environmental field are especially pioneering. This unique know-how will be employed in partnership with additional Fraunhofer Institutes to develop more effective vaccines, for example.

An important building block for successful work is tight networking at the international level (IAEA¹, iiA², RTE³), with European Alliances (ARIES⁴, APAE⁵), as well as with international research centers (IPEN⁶, SDAS⁷, ICHTJ⁸).

In response to the massive growth of the business unit, 2018 will see a re-organised departmental structure to provide enhanced strategic orientation.

³ RADTech Europe

⁴ Accelerator Research and Innovation for European Science and Society

⁵ Working Group Application of Particle Accelerators in Europe

⁶ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brazil

⁷ Shandong Academy of Sciences, Jinan, China

⁸ Instytut Chemii i Techniki Jadrowej, Warsaw, Poland



BESCHICHTUNG VON BAUTEILEN

Die Anwendungsfelder beschichteter Komponenten sind äußerst vielfältig. Traditionell stellt die PVD-Beschichtung von Werkzeugen und Maschinenbau-Komponenten mit reibungs- und verschleißmindernden Schichten eine zentrale Aufgabe der Bauteilbeschichtung dar. Weitere Anwendungen z. B. in der Gebrauchsgüterindustrie, in der Energiegewinnung und in der Medizintechnik erfordern Schichten mit spezifischen optischen Eigenschaften, Biokompatibilität, chemischer Beständigkeit, sowie Kratz- und Abriebbeständigkeit – häufig auch in Kombination. Dies stellt hohe Anforderungen an die Schicht- und Prozessentwicklung, bei denen stets auch die durch das zu beschichtende Objekt (Substrat) vorgegebenen Randbedingungen berücksichtigt werden müssen, etwa komplexe Formen oder begrenzte thermische Belastbarkeit. Beispielhafte Projekte sind spektral selektive Absorberschichtsysteme für solarthermische Hochleistungs-Kollektoren und breitbandig hochtransparente Kratzschuttschichten auf Sensor- und Display-Komponenten. Ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt sind Schichten mit Barrierefunktion sowohl im elektrischen und elektrochemischen (Isolation, Korrosionsschutz), als auch im rein chemischen Sinne (Behinderung der Permeation in Kunststoffbauteile).

Die Beschichtung von Kleinteilen als Schüttgut durch die physikalische Dampfabscheidung bringt bei Massengütern wesentliche Vorteile, wenn diese im Einzelstückhandling nicht wirtschaftlich zu beschichten sind. Ein Beispiel hierfür sind Beschichtungen höchstfester Fügelemente für den automobilen Leicht- und Mischbau, die mit einer leistungsfähigen Korrosionsschutzschicht versehen werden. Im Fraunhofer FEP wurde ein Kombinationsverfahren aus plasmaaktivierter Aluminium-Drahtverdampfung und Puls-Magnetron-Sputtern entwickelt. Diese erfolgreiche Anwendung eines Kombinationsverfahrens auf Kleinteilen führt zu einer signifikanten

Steigerung der Korrosionsschutzwirkung gegenüber den mit Einzelverfahren realisierbaren Schichten. Die im Geschäftsfeld „Beschichtung von Bauteilen“ entwickelten Kombinations- und Hybridverfahren sind richtungsweisend, um das gesamte Potenzial der Vakuumbeschichtung auszuschöpfen und damit auch ganz neue Anwendungen zu erschließen. Bei der Stückgutbeschichtung wird der Kombination verschiedener PVD- und PECVD-Verfahren zukünftig in diesem Sinne eine größere Rolle zugeordnet.

Das Fraunhofer FEP möchte in seiner Kernkompetenz der Prozessentwicklung für neue Anwendungen der Vakuumtechnologie verstärkt auch in der Bauteilbeschichtung eine Vorreiterrolle gegenüber den am Markt etablierten Verfahren des reinen Magnetronsputterns bzw. der Lichtbogenverdampfung einnehmen. Mit der Kombination der Verfahren der plasmaaktivierten Hochrate-Elektronenstrahlverdampfung, der plasmaaktivierten chemischen Dampfabscheidung und des Puls-Magnetron-Sputterns eröffnen sich in der Versuchsanlage NOVELLA neue Perspektiven für die Vakuumbeschichtung.

Neue Anwendungsfelder werden in der Beschichtung von Bauteilen gesehen, die eine höhere Funktionalität von elektrischen Kontakten oder elektromagnetischen Abschirmungen sichern. Die geometrisch geformten Körper stellen Anforderungen und Randbedingungen an Technologien und Beschichtungsprozesse, denen in speziell dafür konzipierten Anlagen Rechnung getragen wird. Aktuell erfolgen dazu Untersuchungen zu plasma-unterstützten Beschichtungs- und Vorbehandlungsprozessen von Kunststoff-Bauteilen im Rahmen eines von der EU und dem sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr geförderten Verbundprojektes „PVD-Direkt“* mit den Firmen Adenso und Creavac (Förderkennzeichen 100276002/3363).

* Weitere Informationen zu den Förderprojekten siehe Seite 42



CONTACT

Dr. Jens-Peter Heiß

Phone +49 351 2586 244

jens-peter.heinss@fep.fraunhofer.de

COATING OF COMPONENTS

The application areas for coated components are extremely diverse. Low-friction and wear reduction coatings for tooling and mechanical engineering components by physical vapor deposition (PVD) have traditionally represented one of the chief jobs of component coating. Additional applications, such as in the consumer goods sector, in energy production, and in medical engineering require coatings with specific optical properties, biocompatibility, chemical resistance, as well as scratch and wear resistance – frequently combined together. This places complex demands on the development of layers and processes, requiring consideration of the given constraints at the surfaces of the object to be coated (i. e. the substrate), such as complex shapes or limited thermal loading. Exemplary projects include systems of spectrally selective absorptive layers for high-performance solar-thermal energy collectors and extremely transparent wide-bandwidth scratch-resistant coatings on sensor and display components. A further priority is the development of barrier coatings in electrical and electrochemical applications (i. e. insulation and anti-corrosion) as well as purely chemical barrier coatings (impeding permeation into plastic components).

Coating small parts in bulk using physical vapor deposition adds considerable benefits to mass produced goods if it is not economical to coat them individually. One example for this are coatings for high-strength joining elements that must be provided with an effective corrosion protection layer used in light-weight and composite construction in the automotive industry. A process combining plasma-activated aluminum wire evaporation and pulse magnetron sputtering was developed at Fraunhofer FEP. This successful application involving a combination of processes applied to small parts has led to a considerable increase in the anti-corrosion effectiveness compared to layers applied

with a single process. The combined and hybrid processes developed in the business unit Coating of Components are pioneering techniques for exploiting the full potential of vacuum deposition to develop entirely new applications. The combination of various PVD and PECVD processes for coating pieces in bulk is expected to play a large role in the future.

With its core expertise in developing processes for new applications of vacuum technology, Fraunhofer FEP intends to take a leading role in the component coating market – in juxtaposition to conventional processes that use solely magnetron sputtering or arc evaporation. The combination of plasma-activated high-rate electron-beam physical vapor deposition, plasma-activated chemical vapor deposition, and pulse magnetron sputtering in our NOVELLA pilot plant is opening up new prospects for vacuum deposition.

New application areas are foreseen in coating components that will ensure higher capability of electrical contacts and electromagnetic shielding. Three-dimensional objects present requirements and constraints on technologies and coating processes that can be taken into account in specially designed facilities. Actually studies are undertaken about plasma enhanced pre-treatment and coating processes for plastic components in the frame of a joint research project "PVD-Direkt" with the companies Adenso and Creavac funded by the European Union and the Saxon State Ministry of Economic Affairs, Labor and Transport (Funding reference 100276002/3363).



PRÄZISIONSBESCHICHTUNG

Beschichtungstechnik und -technologie

Die Entwicklungsarbeiten sind darauf gerichtet, kosteneffiziente Technologien und deren Aufskalierung für die Präzisionsbeschichtung in der Herstellung von Produkten aus sehr verschiedenen Branchen, insbesondere der Optik, Sensorik und Elektronik bereitzustellen. Daher liegt ein Fokus unserer Technologieentwicklungen auf dem reaktiven Puls-Magnetron-Sputtern (PMS), das die Abscheidung von Verbindungsschichten sehr guter Qualität mit hoher Beschichtungsrate erlaubt. Die Nutzung verschiedener Reaktivgase (z. B. O_2 , N_2 , F_2 , NH_3) oder Reaktivgasgemische erlaubt neben Standardmaterialien auch die Abscheidung von Verbindungen, die als Targetmaterial nicht oder nur zu hohen Kosten verfügbar sind. Vorteilhaft sind darüberhinaus die meist um eine Größenordnung höhere Beschichtungsrate (typisch 1 bis 4 nm/s stationär bzw. 30 bis 120 nm*m/min dynamisch) gegenüber dem Hochfrequenz-Sputtern vom Verbindungstarget und die Möglichkeit der Einstellung von Schichteigenschaften über den reaktiven Arbeitspunkt der Entladung. Durch die mit unseren Systemen gegebene technologische Möglichkeit Gradientschichten mit variabler Zusammensetzung über die Schichtdicke oder lateral auf der Substratoberfläche abzuscheiden, ergeben sich weitere Ansätze für neue Produkte. Beim Magnetron-PECVD-Prozess wird ein Precursor (z. B. SiH_4 , HMDSO) in die Magnetron-Entladung eingelassen und anorganisch-organisch-hybride Schichten abgeschieden, die eine gute Anpassung an organische Substratmaterialien erlauben.

Neue Freiheitsgrade für anspruchsvolle Schichteigenschaftsportfolios

Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Bereich Präzisionsbeschichtung ist die Entwicklung von Schlüsselkomponenten: Magnetrons, gepulste Energieeinspeisung, Gasregelung und Prozesssteuerung inkl. Schnittstellen zur Beschich-

tungsanlage. Mit dieser Technik und Technologie „aus einem Guss“ können hochgenaue und komplexe Anforderungen an die Schichtabscheidung erfüllt werden, wie sie aus vielen neuen und anspruchsvollen Anwendungen resultieren. Neben klassischen Optimierungsparametern wie Druck, Temperatur und Bias wurden am Fraunhofer FEP neue Freiheitsgrade erschlossen und die dafür notwendige Pulstechnik (Pulseinheit UBS-C2) entwickelt. Durch Einstellung von Pulsmodus (unipolar, bipolar, unipolar/bipolar hybrid) und Pulsparameter (Tastverhältnis) der Energieeinspeisung in das Plasma können der Energieeintrag in die wachsenden Schichten gesteuert und bisher nicht zugängliche Schichteigenschaften bzw. Eigenschaftskombinationen eingestellt werden – bei gleichzeitig hoher Beschichtungsrate. Integrierte prozessnahe Mess- und Regeltechnik für die Reaktivgaszufuhr sowie die Nachführung des Magnetfeldes im Verlauf der Targetstandzeit sichern zudem eine hohe Reproduzierbarkeit der Plasmabedingungen und damit der Schichteigenschaften im Dauerbetrieb.

Anwendungsbeispiele

- Optische Multilagen- oder Gradienten-Interferenzschichtsysteme hoher Schichtqualität z. B. für Laseroptiken und für autostereoskopische 3D-Displays
- Piezoelektrische Schichten mit hohen Piezokoeffizienten für Mikrosysteme (MEMS), Hochfrequenzfilter (BAW), die Ultraschallmikroskopie sowie Mikroenergiegewinnung
- Elektrische Isolationsschichten für Sensoren (u. a. bauteilintegriert), für die Mikroelektronik und für die Photovoltaik
- Funktionelle Schichten für Oberflächenwellen-Bauelemente, elektronische und MEMS-Komponenten
- Passivierungs-, Schutz- und Barrierschichten für Sensorik und Elektronik
- TiO_2 -Schichten für Produkte mit photokatalytischen, antimikrobiellen und photo-induzierten superhydrophilen Eigenschaften sowie für die Gas- und Feuchtesensorik



CONTACT

Dr. Peter Frach

Phone +49 351 2586 370

peter.frach@fep.fraunhofer.de

PRECISION COATING

Coating engineering and technology

The development work is oriented toward providing scalable, cost-effective technologies for precision coating of products in various sectors of manufacturing, particularly in optics, sensors, and electronics. For this reason, one focus of our technological development work is on reactive pulse magnetron sputtering (PMS) that allows very high-quality deposition of layers of compounds at high coating rates. In addition to standard materials, the use of various reactive gases (e.g. O₂, N₂, F₂, NH₃) and mixtures of reactive gases also allows deposition of compounds that are either not available or too expensive as target materials. Moreover, the higher coating rates – usually an order of magnitude greater (typically 1 to 4 nm/s stationary and 30 to 120 nm*m/min dynamically) than high-frequency sputtering of the target compound – are advantageous, as is the possibility of setting the characteristics of the layers via the reactive operating point of the discharge. The technological ability provided by our systems to deposit gradient layers of variable composition vs. applied coating thickness and to deposit gradient layers laterally onto a substrate surface creates new approaches for new products.

In the magnetron PECVD process, a precursor (e.g. SiH₄ or HMDSO) is introduced into the magnetron discharge and inorganic-organic-hybrid layers are deposited that can be well adapted to organic substrate materials.

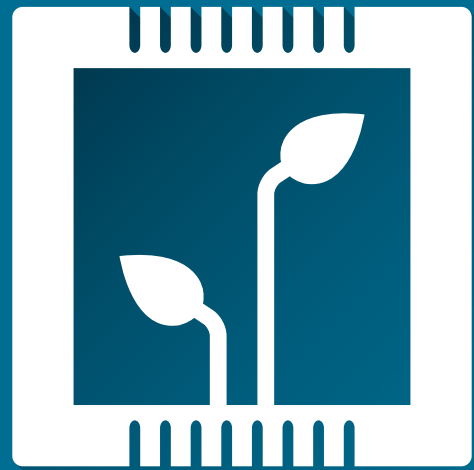
New degrees of freedom to meet a demanding portfolio of layer properties

One focus of work in the Precision Coating division is the development of key components: magnetrons, pulsed application of power, gas regulation, and process control including interfaces to the coating equipment. With the engineering and technology coordinated and developed under one roof, requirements for complex and highly

accurate layer deposition resulting from many new and demanding applications can be satisfied. In addition to the conventional optimizing parameters like pressure, temperature, and bias, the Fraunhofer FEP developed new degrees of freedom in deposition and the necessary pulse engineering for them (external high-speed UBS-C2 pulse controller). By setting the pulse mode (unipolar, bipolar, or unipolar/bipolar hybrid) and duty cycle of the pulsed power supply to the plasma, the energy input to the accumulating layers can be controlled to select and produce layer properties and combinations of properties not previously obtainable – while at the same time at high coating rates. Integrated measurement and control engineering for the supply of reactive gas as well as tracking the magnetic field during the target erosion period additionally ensure high reproducibility of the plasma conditions and thus layer properties under continuous operation.

Application examples

- Optical interference multi-layer or gradient-layer systems with high quality for laser optics and stereoscopic 3D displays
- Piezoelectric layers with high piezo coefficients for micro-electromechanical systems (MEMS), high frequency electronic components (BAW), ultrasonic microscopy as well as systems for micro-energy harvesting
- Electrical insulation layers for sensors (incl. integrated components), microelectronics, and photovoltaics
- Active layers for surface-wave components, and for electronic and MEMS components
- Passivation, barrier, and protective layers for sensors and electronics
- TiO₂ layers for products with photocatalytic, antimicrobial, and photo-induced superhydrophilic properties as well as for gas and moisture sensing



FLEXIBLE ORGANISCHE ELEKTRONIK

Technologien, Prozesse und Applikationen für Bauelemente mit organischen Halbleitern auf flexiblen Substraten stehen im Fokus unserer Entwicklungsarbeiten. Für kundenspezifische Forschungsprojekte zu OLED-basierten Beleuchtungslösungen bietet das Geschäftsfeld ein umfassendes Leistungsangebot entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Es stehen verschiedene Beschichtungstechnologien wie die Vakuumverdampfung von organischen und anorganischen Materialien, die Atomlagenabscheidung (ALD), genauso wie Druck- und Laminationsverfahren sowie Laserablation zu Verfügung. Die Entwicklung für flexible OLED-Module findet sowohl auf Einzelsubstraten (Bögen/Sheet-to-Sheet, S2S) als auch Rollenware (Rolle-zu-Rolle, R2R) statt. Eine Prozessierung auf starren Substraten (z. B. Glas) ist ebenfalls möglich. Typische Entwicklungsaufgaben betreffen u. a. das kundenspezifische Layout und die Herstellung von OLED-Demonstratoren zur Erschließung neuer Anwendungsfelder aber auch die Evaluierung von Materialien und Prozessen.

Im Rahmen eines Strategieprozesses des Geschäftsfelds wurden als zukünftige Forschungsschwerpunkte besonders die Themen Segmentierung und Modularisierung von großflächigen OLED-Modulen herausgearbeitet. Mit der Gewinnung von Claudia Keibler-Willner als Abteilungsleiterin für die S2S-Prozessierung verfügt der Bereich nun mit Stefan Mogck als Abteilungsleiter R2R-Prozessierung und Christian May als Bereichsleiter über ein gestärktes Führungsteam zur weiteren Entwicklung des Leistungsangebots.

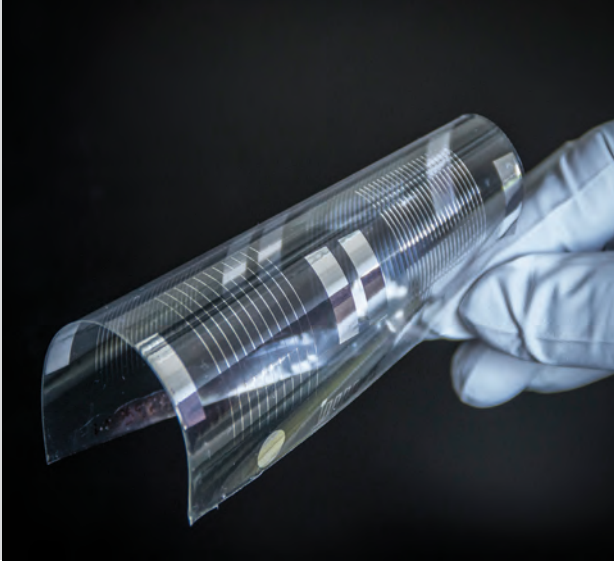
Seit 2016 wird im Rahmen des EU-geförderten Projekts PI-SCALE* (Fördernummer 688093) eine gemeinsame Open-Access-Pilotlinien-Infrastruktur für flexible OLED-Technologie in Zusammenarbeit mit anderen europäischen Forschungszentren eingerichtet. 2017 konnten die Partner

ihr Leistungsangebot weiter ausbauen und fokussieren und mit eindrucksvollen Demonstratoren darstellen. Um den Pilotlinienservice auch nach dem Ende des geförderten Projekts anbieten zu können, wurde inzwischen dafür die gemeinsame Marke LYTEUS (www.lyteus.eu) für das gemeinsame Angebot der beteiligten Forschungseinrichtungen vorgestellt.

Neue Arbeiten im Bereich laufen unter anderem auf dem Gebiet der biologisch abbaubaren Elektronik. Elektronische Bauteile, die nach einer definierten Funktionszeit in einer biologischen Umgebung vollständig abgebaut werden, eröffnen sowohl neuartige Anwendungen als auch Wege zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks. Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert das Projekt „bioElektron – Biodegradierbare Elektronik für aktive Implantate“ (Fördernummer MAVO 831 301).

Ziel des Projekts ist die Entwicklung wesentlicher Komponenten für biodegradierbare elektronische Bauteile, die zum Beispiel in einem Implantat eingesetzt werden können. Am Fraunhofer FEP werden dafür Leiterbahnen und organische Dünnschichttransistoren in Vakuumtechnologie entwickelt. Als Basistechnologie wird dafür die Abscheidung von Magnesium durch thermische Verdampfung im Hochvakuum genutzt. Magnesium ist als biodegradierbares und biokompatibles Metall bekannt und bereits als absorbierbares Implantatmaterial im klinischen Einsatz. Die Herausforderung besteht darin, dieses Metall auch auf biodegradierbaren Polymerfolien abzuscheiden, auf denen Magnesium in normaler Prozessführung nicht ausreichend haftet. Durch geeignete Vorbehandlung der Substrate mittels Kombination von Trocknung, Plasmabehandlung und Verwendung von Saatschichten konnten inzwischen fein strukturierte Leiterbahnen in hoher Qualität dargestellt werden.

* Weitere Informationen zu den Förderprojekten siehe Seite 42



CONTACT

Dr. Christian May

Phone +49 351 8823 309

christian.may@fep.fraunhofer.de

FLEXIBLE ORGANIC ELECTRONICS

The Focus of our development work lies on technologies, processes, and applications for components that use organic semiconductors on flexible substrates. Our business unit Flexible Organic Electronics offers comprehensive capabilities along the entire value-added chain for customer-specific research projects on OLED-based lighting solutions.

Various coating technologies are available, such as vacuum deposition of organic and inorganic materials, atomic layer deposition (ALD), as well as printing and lamination processes and laser ablation. Flexible OLED modules are developed on single substrates (sheets) as well as on rolls (roll-to-roll processing). Processing on rigid substrates (such as glass) is likewise feasible. Typical development assignments include i. a. the customer-specific layout and the manufacture of OLED demonstration samples for expanding into new application areas, but also evaluation of materials and processes.

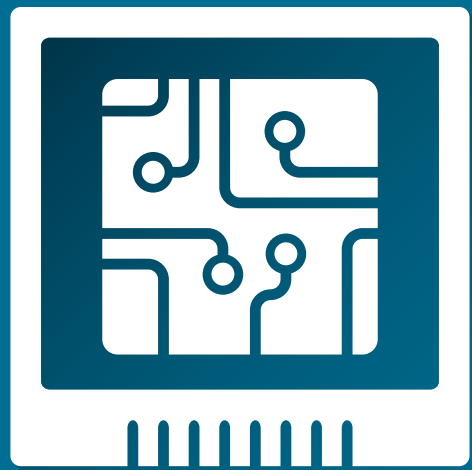
Segmentation and modularization of large-area OLED modules have been worked out as part of a process for setting strategic future research priorities in the division. With Stefan Mogck as head of the Roll-to-Roll (R2R) processing department, the advancement of Claudia Keibler-Willner to head of the Sheet-to-Sheet (S2S) processing department, and Christian May as division head, the Flexible Organic Electronics business unit now has a stronger leadership team in place for further development of its services.

Under the EU-funded PI-SCALE* project (funding number 688093), an open-access pilot line for flexible OLED technology has been set up jointly with other European research centers since 2016. The partners were able to expand and focus their range of services in 2017, as shown by impressive demonstration samples. Meanwhile, in order

to be able to present the pilot line services following conclusion of the funded project period, a common brand for the joint services of the participating research institutions was created, named LYTEUS (www.lyteus.eu).

New work is underway in the division, including in the area of biologically degradable electronics. Electronic components that are completely broken down in a biological environment after a pre-defined operating life open up novel applications as well as ways for reducing their ecological footprint. The Fraunhofer-Gesellschaft has funded the "bioElektron – Biodegradable Electronics for Active Implants" project under MAVO, its market-driven strategic prospective research program (Marktorientierte strategische Vorlaufforschung, MAVO funding number 831 301).

The goal of the project is the development of important components for biodegradable electronic parts that could be employed in an implant, for example. The conductive traces and organic thin-film transistors were developed at Fraunhofer FEP using its vacuum-based technology. Deposition of magnesium via thermal evaporation under high vacuum is being used as an enabling technology for this purpose. Magnesium is an established biodegradable, biologically compatible metal that is already in clinical use as an absorbable implant material. The challenge consists of depositing this metal on biodegradable polymer film that magnesium does not adhere to sufficiently when processed normally. Finely structured high-quality conductive traces were able to be produced by suitably pre-treating the substrates using a combination of drying, plasma treatment, and utilization of preliminary seeding layers.



MIKRODISPLAYS UND SENSORIK

Leichte, kompakte Virtual Reality (VR)-Brillen mit guter Bildqualität durch großflächige Mikrodisplays

VR-Brillen liegen stark im Trend. Bisher sind sie allerdings meist noch recht sperrig und groß. Großflächige Mikrodisplays sollen das ändern: Sie erlauben ergonomische und leichte VR-Brillen. Neue Mikrodisplays erreichen nun erstmals sehr hohe Taktraten und haben mit »full-HD extended« eine sehr gute Auflösung.

Neue OLED-Mikrodisplays: Kompaktes Design und hohe Auflösung

Im EU-Projekt LOMID* (Large-area cost-efficient OLED microdisplays and their application, Fördernummer 644101) wurden durch Forscher des Bereichs „Mikrodisplays & Sensoren“ gemeinsam mit Industriepartnern neuartige OLED-Mikrodisplays entwickelt, die deutlich bessere Eigenschaften haben als die handelsüblichen. Ziel war es, eine neue Generation von OLED-Mikrodisplays zu entwickeln, die ein kompaktes Design der VR-Brillen erlauben und eine exzellente Bildqualität haben. Erreicht wurde das über ein spezielles Design des OLED-Mikrodisplays. Die Kernkompetenz IC- und System-Design des Fraunhofer FEP war im Projekt für den Entwurf der integrierten Schaltung im Silizium-Chip, das OLED-Prototyping sowie die Gesamt-Projekt-Koordination zuständig ist. Doch was ist an den Mikrodisplays, die im Projekt entwickelt werden, so besonders? Zum einen ihre Auflösung: Sie erreichen extended full-HD, das heißt ihre Auflösung beträgt 1920 x 1200 Pixel (WUXGA). Die Bildschirmdiagonalen liegen bei einem Zoll, die Bilderwiederholrate bei 120 Hertz. Das heißt: Es werden 120 Bilder pro Sekunde eingeblendet – Bewegungen in der virtuellen Welt wirken damit sehr flüssig.

Der Clou: Spezielle Schaltungen auf dem Chip

Das Mikrodisplay besteht aus zwei Komponenten: Dem

Silizium-Chip zur Ansteuerung der Pixel sowie der OLED. Diese selbst besteht aus mehreren organischen Schichten, welche monolithisch auf Silizium-Wafern integriert werden. Welche Auflösung und Bildrate das Mikrodisplay hat, gibt der Chip vor – und zwar durch seine integrierte Schaltung. Der Clou liegt in der Art der Schaltung. Die Kunst besteht nicht nur darin, Auflösung und Bildwiederholrate möglichst hoch zu schrauben, sondern dabei den Stromverbrauch auch noch möglichst gering zu halten. Das ist sehr gut gelungen – dank eines ausgeklügelten Systemkonzepts und moderner Designmethodik sowie der mehr als zehnjährigen Erfahrung im Design von OLED Mikrodisplays am Fraunhofer FEP.

Einen ersten Prototyp gibt es bereits. Bis Mitte 2018 sollen weitere Prototypen folgen. Für die zeitnahe Überführung dieses Mikrodisplays in ein Marktprodukt haben die beteiligten Industriepartner bereits Interesse signalisiert. Die Anwendungen der OLED-Mikrodisplays sind dabei keineswegs nur auf VR-Brillen begrenzt – auch wenn diese mittelfristig der größte Markt sein dürften. Sie eignen sich auch für andere Produkte, etwa Augmented-Reality (AR) Brillen oder View-Finder in Kameras. Die Basis-Technologie CMOS-integrierter Lichtemitter (und ggf. -detektoren) bietet jedoch auch Anwendungspotenzial in ganz anderen Marktsegmenten, z. B. optischer Messtechnik, Identifikation, oder Optogenetik.

Insbesondere für Mikrodisplays in consumer-tauglichen Augmented-Reality (AR) Brillen sehen die Forscher noch einige bislang ungelöste Herausforderungen, die sie künftig angehen wollen: Sehr hohe Helligkeiten und Effizienz, gute Ausbeute bei großer (Chip-)Fläche, gekrümmte Oberflächen (für kompaktere Optik), kreisförmige Leuchtfelder, unregelmäßige Pixel-Matrizen bei noch höherer Pixeldichte, integrierte Augenverfolgung und transparente Substrate.

* Weitere Informationen zu den Förderprojekten siehe Seite 42



CONTACT

Dr. Uwe Vogel

Phone +49 351 8823 282

uwe.vogel@fep.fraunhofer.de

MICRODISPLAYS AND SENSORS

Lightweight, compact Virtual Reality (VR) glasses made possible by large-area microdisplays

VR glasses are increasingly popular, but they have usually been heavy and oversized – until now. Large-area microdisplays are expected to change that, because they make it possible to produce ergonomic and lightweight VR glasses. The new OLED displays now reach very high frame rates and achieve extremely high resolutions with “extended full HD”.

Compact design and high resolution

As part of the EU’s LOMID* project (large cost-effective OLED microdisplays and their applications, grant agreement No. 644101) – researchers at our Microdisplays & Sensors division have been collaborating with partners from industry to develop innovative OLED microdisplays that significantly outperform others currently on the market. Within LOMID, Fraunhofer FEP is responsible for designing the integrated circuit on the silicon chip, creating OLED prototypes, and coordinating the whole project. The goal has been to develop a new generation of OLED displays that provide outstanding picture quality and make it possible to produce VR glasses in a compact format. We have aimed to achieve that by means of a specially designed OLED microdisplay. What is so special about the microdisplay? One answer to that is their resolution: they achieve extended full HD, which means they have a resolution of 1920 × 1200 pixels (WUXGA). The diagonal screen size is about one inch, and the frame rate is around 120 Hertz. That means 120 images are displayed every second, which makes movements in the virtual world seem very fluid indeed.

Specially designed circuits on the chip

Two components make up the microdisplay: a silicon chip to control the pixels, and an OLED. This OLED consists of several organic layers, which are monolithically integrated

on silicon wafers. The microdisplay’s resolution and frame rate are set by the chip with the help of its integrated circuit. However, the really innovative feature is the type of circuit that is used. The trick isn’t just to raise the resolution and frame rate, but also to keep power consumption to a minimum at the same time. It has worked out well: thanks to a cleverly designed system concept and modern design methodology, not to mention the more than ten years of experience at Fraunhofer FEP in designing OLED microdisplays.

The researchers have already made their first prototype. Further prototypes are due to follow by the middle of 2018. Industry partners involved in the project have already indicated their interest in converting this microdisplay into a marketable product in the near future. In this respect, the use of OLED microdisplays is by no means limited only to VR glasses – even though this may well be the largest market in the medium-term. OLED microdisplays are also suitable for other products such as augmented reality (AR) glasses or view finders in cameras. The underlying technology of CMOS-integrated light emitters (and any detectors) also has potential uses in other market segments such as optical metrology and identification, or optogenetics.

Especially with regard to microdisplays in consumer-facing augmented-reality (AR) glasses, the researchers still see some as yet unresolved challenges that they wish to tackle in the future. These challenges include: very high levels of luminance and efficiency (which will necessitate removing the color filters used until now, and replacing these with directly structured emitters); a high yield for a large (chip) area; curved surfaces for more compact optics; circular light panels; irregular pixel matrices at even higher pixel density; integrated eye tracking; and transparent substrates.



MEDIZINISCHE APPLIKATIONEN

Für die Gruppe Medizinische Applikationen war 2017 ein spannendes und entwicklungsreiches Jahr. Vor allem die Themengebiete Sterilisation, Hygienisierung und Inaktivierung sowie Aufbereitung von Gewebetransplantaten haben durch die Ausweitung auf weiterführende Anwendungen deutlichen inhaltlichen Zuwachs erfahren.

Im Themengebiet Aufbereitung von Gewebetransplantaten beschäftigen wir uns mit der Behandlung biologischer Gewebe mittels niederenergetischen Elektronen zur Sterilisation und Konservierung. Derzeit wird geprüft, ob das im Vorjahr etablierte Verfahren zur Aufbereitung und Sterilisation von Schweineperikardgewebe auf Rinderperikard übertragen werden kann. Perikard, insbesondere Rinderperikard, wird in der Klinik u. a. als Material für biologische Herzklappenprothesen und zur Reparatur von Hernien oder Gefäßen verwendet. Für das neue Verfahren wurde ein Patent eingereicht und bereits erteilt. Durch die enge Partnerschaft mit dem Herzzentrum Dresden GmbH an der Technischen Universität Dresden können in der Biomedizinischen Laboreinheit des Fraunhofer FEP die Themen mit einer bedeutend größeren Anwendungsrelevanz bearbeitet werden. Weiterhin gibt es erste Untersuchungen zur Sterilisation von Bänder- und Sehnen transplantaten. Mit dieser neuen Thematik wird eine weitere Ausweitung des Arbeitsgebiets erwartet. Ein wichtiger Schritt war die Erweiterung unseres Prüflabors. Durch die Anschaffung eines neuen Prüfgeräts können nun auch biomechanische Parameter der Gewebe unter in vivo-nahen Belastungen untersucht werden.

Im Themengebiet Inaktivierung von Viren zur Impfstoffherstellung konnte Ende 2016 eine Förderung der Bill- und Melinda Gates Stiftung eingeworben werden, was die gesellschaftliche Relevanz der Thematik verdeutlicht. Die

Stiftung strebt eine drastische Senkung der Herstellungskosten von inaktiviertem Polioimpfstoff an, um diesen auch in Entwicklungsländern einsetzen zu können. Projektziel ist der Ersatz der chemischen Inaktivierung durch eine Elektronenstrahlbehandlung. Diese ist schneller und gleichzeitig schonender für die Virusstrukturen, sodass kostengünstigere und effektivere Impfstoffe hergestellt werden können. Die Grundlagen wurden seit 2014 in einem internen Fraunhofer-Projekt in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Elektronenstrahl-Prozesse sowie den Fraunhofer-Instituten IZI, IPA und IGB erarbeitet. Die erzielten Forschungsergebnisse stoßen auf großes Interesse der Impfstoffindustrie, sodass derzeit an einer technischen Lösung zur Inaktivierung großer Impfstoffmengen gearbeitet wird, um damit Partner für die industrielle Umsetzung zu gewinnen.

Im Rahmen zahlreicher Tagungs- und Messebesuche sowie durch Gespräche mit kooperierenden Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen wurde die zunehmende Brisanz des Themas Hygienisierung und Sterilisation verdeutlicht. Viele neuartige Materialentwicklungen wie Polymer- oder Biomolekülbeschichtungen, aber auch elektronische Komponenten in Medizinprodukten und Biosensoren stehen bei der klinischen Anwendung vor einer großen Herausforderung, da sie mit traditionellen Sterilisationsmethoden nicht sterilisiert werden können. Dass für solche kritischen Produkte die Sterilisation mit niederenergetischen Elektronen eine Alternative darstellt, konnte in den Fraunhofer-internen Projekten *SteriHealth*[®] und *Theranostische Implantate* gezeigt werden. Das Fraunhofer FEP treibt die Entwicklung dieser Technologie für die medizinische Anwendung bereits seit 6 Jahren voran, um anwendungs- bzw. produktspezifische Lösungen für Labore, Krankenhäuser und Hersteller auch vor Ort verfügbar zu machen.



CONTACT

Dr. Jessy Schönfelder

Phone +49 351 2586 360

jessy.schoenfelder@fep.fraunhofer.de

MEDICAL APPLICATIONS

2017 was an exciting year with many developments for the Medical Applications Group. In particular, the research topics in the areas of Sterilization, Hygienization and Inactivation as well as the Preparation of Tissue for Transplantation experienced strong growth thanks to expansion into more extensive applications.

In the thematic area Preparation of Tissue for Transplantation, we are involved with the treatment of biological tissue by means of low-energy electrons for the purpose of sterilization and preservation. Presently, we are determining whether the processes established last year for preparation and sterilization of porcine pericardial material can be transferred to bovine pericardial. Pericardial, in particular bovine pericardial, are utilized clinically as material for biological cardiac-valve prosthetics and in the repair of hernias and blood vessels. A patent was applied for and has already been granted for the new process. Thanks to a close partnership with the Herzzentrum Dresden GmbH (Cardiac Center) at the TU Dresden, research topics are able to be addressed and developed in the biomedical laboratory unit of Fraunhofer FEP with far greater relevance to actual applications. In addition, we are undertaking the initial investigations for the sterilization of tendon and ligament transplantation materials. A further expansion of applications is expected in this new research area. The expansion of our testing laboratory has also been an important step. The acquisition of a new test apparatus has permitted the biomechanical parameters of tissue to be investigated under near in vivo loading.

In the research field of Inactivation of Viruses for the manufacture of vaccines, a research grant from the Bill and Melinda Gates Foundation was awarded at the end of 2016, illustrating the social importance of the research area. The Foundation is striving to achieve a dramatic reduction

in the manufacturing costs for inactivated-type polio vaccines in order to be able to deploy them in developing countries. The goal is to replace chemical inactivation with an electron-beam process. This is faster and at the same time less destructive to the specific biochemical features that characterize the viruses, so that more economical and effective vaccines will be able to be manufactured. The fundamentals were worked out beginning in 2014 during an internal Fraunhofer-Gesellschaft research project in close cooperation with our Electron Beam Processes Department along with the Fraunhofer Institutes IZI, IPA, and IGB. The research advances that were achieved met with great interest from the vaccine manufacturing industry, and a technological solution for inactivating large quantities of vaccine material is being worked on in order to acquire partners for industrial-scale implementation.

The increasing importance of Sterilization and Hygienization topics achieved greater recognition through attendance at numerous conferences and trade fairs as well as through discussions with collaborating scientists and research institutions. Many novel developments in materials such as polymeric and biomolecular coatings, as well as electronic components in medical products and sensors for biological applications, are precluded from clinical application because they cannot be sterilized with traditional methods. The internal Fraunhofer projects *SteriHealth*[®] and *Theranostic Implants* were able to demonstrate that biological sterilization with low-energy electrons offers an alternative method for these kinds of crucial products. Fraunhofer FEP has been driving the advancement of this technology for medical applications over the last six years in order to make solutions in the form of application-specific processes and products available to manufacturers, as well as to provide on-site solutions for laboratories and hospitals.



WERKSTOFFKUNDE / ANALYTIK

Die Abteilung Werkstoffkunde / Analytik arbeitet auf dem Gebiet der Charakterisierung dünner Schichten. Für die weitere Entwicklung der Beschichtungstechnologien am Fraunhofer FEP beschäftigen wir uns dabei vor allem mit dem Einfluss von Prozessparametern auf Struktur und Eigenschaften dünner Schichten. Typische Anwendungen sind optische Schichtsysteme, transparente leitfähige Oxidschichten, Schichten für Dünnschichtsolarzellen, verschleiß- und abrasionsbeständige Hartstoffschichten, Barrierschichten gegenüber Wasserdampf und korrosionsbeständige Schichten.

Für Strukturuntersuchungen steht uns ein modernes Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop (FE-REM) zur Verfügung, welches eine Auflösung bis zu 1 nm ermöglicht. Zur Untersuchung von Gefüge und Grenzflächen in Schichtsystemen werden die Proben vor der FE-REM Untersuchung mithilfe einer leistungsstarken Ionenpräparations-technik präpariert. Diese Technik erlaubt eine Ionenpolitur unterschiedlichster Werkstoffe wie Polymere, Keramiken, Metalle und Halbleiter und die anschließende Abbildung im Material- und Kristallorientierungskontrast.

Für chemische Analysen werden die energiedispersive Spektrometrie von Röntgenstrahlung (EDS) und die optische Glimmentladungsspektrometrie (GD-OES) verwendet. Während EDS-Analysen eine hohe laterale Auflösung im Mikrometerbereich und eine schnelle Quantifizierung ermöglichen, können mit GD-OES Analysen chemische Tiefenprofile im Konzentrationsbereich von wenigen ppm bis zu 100 % mit einer gleichzeitig hohen Tiefenaufklärung im Nanometerbereich untersucht werden. Typische Anwendungen sind Analysen der chemischen Schichtzusammensetzung, von Verunreinigungen und von Diffusionsprofilen. Um den Einfluss von Prozessparametern auf Applikationseigenschaften der Schichten zu untersu-

chen, verwenden wir verschiedene Messmethoden zur Bestimmung von optischen, mechanischen und elektrischen Eigenschaften.

Zur Charakterisierung der optischen Eigenschaften werden die UV-VIS-Spektroskopie, die spektroskopische Ellipsometrie und die Haze-Messung verwendet. Die mechanischen Eigenschaften Härte und Elastizitätsmodul werden durch Nanoindentation, die Abrasionsbeständigkeit mit dem TABER® Abraser und die Haftfestigkeit mit dem Ritztest untersucht. Als elektrische Eigenschaften können die elektrische Leitfähigkeit von Schichten, I-U-Kennlinien und Quanteneffizienzen von Solarzellen untersucht werden.

Eine wichtige Anforderung an Verpackungsfolien und OLED Verkapselungen ist die Permeationsbarriere gegenüber Wasserdampf. Für den Messbereich von 1×10^{-3} g/m²d bis 10 g/m²d wird die Wasserdampfdurchlässigkeit am Fraunhofer FEP nach dem Elektrolyseverfahren bestimmt. Durch die Anfang 2017 erfolgte Investition in ein neues Messgerät HiBarSens 2.0 HT nach dem Prinzip der Laserdiodenspektroskopie wurden die Nachweismöglichkeiten jetzt auf den Bereich sehr geringer Wasserdampfdurchlässigkeiten von 1×10^{-6} bis 1×10^{-3} g/m²d erweitert. Damit sind wir in der Lage die Qualität von Ultrahochbarrierschichten, wie sie z. B. für die Verkapselung von OLEDs und Mikrodisplays notwendig sind, zu kontrollieren und somit auch zu deren weiterer Optimierung beizutragen. Die Anforderung von Schichten an die Klimabeständigkeit können durch Kondenswassertests, Salzsprühtests oder die Einstellung definierter Klimawerte getestet werden.

Durch die Kombination der vorhandenen vielfältigen Charakterisierungsmethoden ist es möglich, die Technologie für die Abscheidung maßgeschneiderter Schichten für verschiedenste Anwendungen zu optimieren.



CONTACT

Dr. Olaf Zywitzki

Phone +49 351 2586 180

olaf.zywitzki@fep.fraunhofer.de

MATERIALS ANALYSIS

The Materials Analysis Department works in the area of thin-film and coating characterization. We are concerned primarily with the influence of process parameters on the structure and properties of thin films for the development of advanced coating technologies at Fraunhofer FEP. Typical applications include optical layer systems, transparent conductive oxide layers, layers for thin-film solar cells, wear- and abrasion-resistant hard coatings, barrier layers for water vapor, and corrosion-resistant coatings.

For structure investigations a modern field emission scanning electron microscope (FE-SEM) with a resolution up to 1 nm is available to us. For investigating the structure and interfaces in layer systems, the samples are prepared with the help of a powerful ion-beam cross section polisher prior to the FE-SEM studies. This technology permits ion-polishing of a wide variety of materials such as polymers, ceramics, metals, and semiconductors with subsequent imaging in material- and crystal-orientation contrast.

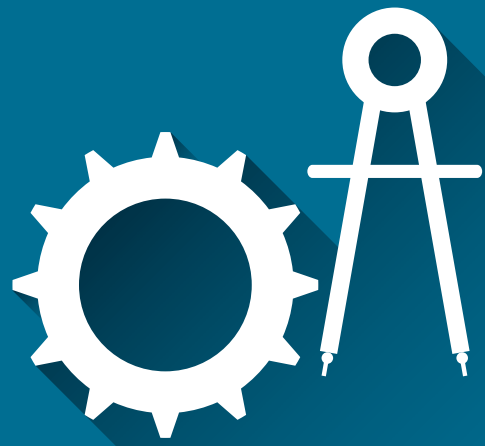
Energy-dispersive X-ray spectrometry (EDS) and glow-discharge optical-emission spectroscopy (GD-OES) are utilized for chemical analyses. While EDS analyses facilitate high lateral resolution in the micron range along with rapid quantification, depth profile studies of chemical composition can be carried out by GD-OES that detect concentrations between few ppm up to 100% and achieve depth resolutions in the nanometer range. Typical applications include analyses of the chemical composition of layers, of contaminants, and diffusion profiles.

To study the influence of process parameters on the properties of layers in applications, we utilize various measurement techniques for determining their optical, mechanical, and electrical properties.

UV-VIS spectroscopy, spectroscopic ellipsometry, and haze measurement are utilized for characterizing optical properties. Mechanical properties hardness and the modulus of elasticity are investigated using nanoindentation, while abrasion-resistance is examined using the TABER® abramer, and adhesive strength with the scratch test. As electrical properties the conductivity of layers, characteristic I-V curves, and quantum efficiencies of solar cells can be determined.

An important requirement for packaging films and OLED encapsulation is a high permeation barrier against water vapor. Water vapor transmittance is determined at Fraunhofer FEP using the electrolytic detection sensor method in the measurement range of 1×10^{-3} g/m²d to 10 g/m²d. Thanks to the investment at the beginning of 2017 in a new measuring system HiBarSens 2.0 HT using laser diode spectroscopy for analysis, the detection range for extremely low water-vapor transmittance has been extended down to 1×10^{-6} to 1×10^{-3} g/m²d. As a result, we are able to control the quality of ultra-high barrier coatings used for encapsulating OLEDs and microdisplays, contributing to their further improvement. The requirements for coatings to resist environmental exposure can be tested through condensation-water and salt-spray tests, and applying specified climatic conditions.

Combining the diverse on-site characterization methods can help improve deposition techniques of custom-designed layers and coatings for a wide range of applications.



SYSTEME

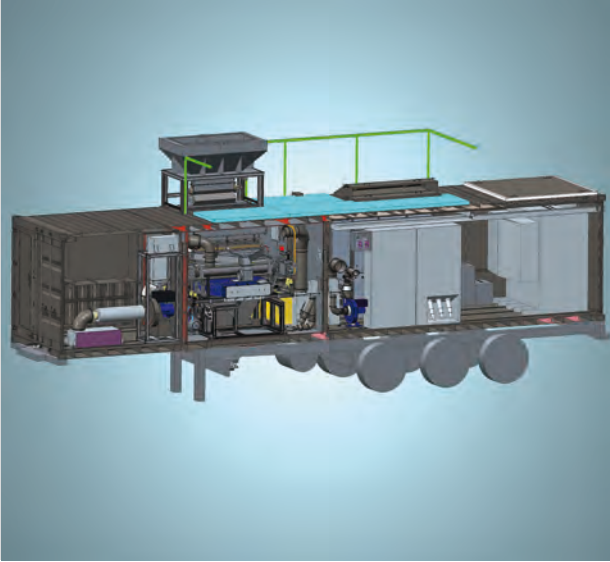
Am Anfang stehen die technologische Idee und der Wille, unseren Kunden eine maßgeschneiderte Lösung zu offerieren. Begleitet von kundenspezifischen Anforderungen hinsichtlich vorhandener bzw. neu zu entwickelnder Anlagentechnik und unter Berücksichtigung einer bei der Technologieeinführung einzuhaltenen, notwendigen Kosteneffizienz werden vom Bereich Systeme in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden Aufgabenstellungen zur Entwicklung und Fertigung von meist nicht am Markt erhältlichen prozesstechnischen Baugruppen bearbeitet. Wir sind in der Lage, die komplette Wertschöpfungskette von der Idee, über die Konzeption und Entwicklung, bis hin zur Realisierung von Prototypen bzw. des fertigen Produktes im Auftrag unserer Kunden abzubilden.

Zum Entwicklungsportfolio unserer technologischen Schlüsselkomponenten gehören neben verschiedenartigen Plasmaquellen, wie Rundmagnetrons (DRM), Rechteckmagnetrons (RM, DMS), Plasmaätzern und Volumenplasmaquellen (LAVOPLAS), auch unterschiedliche Ausführungen von Elektronenstrahlquellen, wie Verdampferkanonen (ERIC), Schweißkanonen (CTW), Scanner, Bandstrahler und auch plasmabasierte Elektronenstrahlquellen (CCGD). Langjährige Entwicklungserfahrungen im Bereich Substrathandling, Substrattransport, In-situ-Messvorrichtungen und spezifische Verdampfungstiegel ergänzen unsere Kompetenz. Wir unterstützen Entscheidungen unserer Kunden durch die Erarbeitung von Machbarkeitsstudien und durch die Mitarbeit bei der Erstellung von Anlagenkonzeptionen. Um das optimale technologische Ergebnis zu erzielen, bieten wir unseren Kunden im Rahmen von integrierten Technologiepaketen – Integrated Packages – speziell auf unsere Plasmaquellen abgestimmte technologische Stromversorgungen und zugehörige analoge bzw. digitale Steuer- und Regelungstechnik an. Diese elektrische Gerätetechnik wird ebenso im Institut entwickelt und gefertigt, wie auch die für die Fokussierung,

Zentrierung und Ablenkung von Elektronenstrahlquellen notwendige elektronenoptische Gerätetechnik. Besonders hervorzuheben ist dabei der neu entwickelte digitale Ablenkverstärker DAV 20, welcher einen Elektronenstrahl mit einem Frequenzwinkelprodukt $20 \text{ kHz} \times 45^\circ$ ablenken kann.

Die Fähigkeit, unsere Kunden mit kompletten integrierten Technologiepaketen bedienen zu können, wird nicht zuletzt auch durch unseren leistungsfähigen Musterbau unterstützt, welcher mit einer beispielhaften Fertigungstiefe, mit spezifischen Kompetenzen auf dem Gebiet Vakuumlöten und ausgeprägten Kompetenzen bei der Verarbeitung von Sondermaterialien, wie Keramik, Molybdän, Wolfram, Titan, sowie durch langjährige Erfahrungen bei der Montage von Baugruppen aus der Hochvakuumanwendung zum Projekterfolg und somit zur Kundenzufriedenheit beiträgt.

Im Geschäftsjahr 2017 wurde die Leistungsfähigkeit des Systembaus nicht zuletzt durch die Entwicklung und den Bau von zwei hochautomatisierten Saatgutbehandlungsanlagen (ISABEL) unter Beweis gestellt. Diese „Integrated Packages“ sind als mobile Anlagen für den Einsatz in der landwirtschaftlichen Produktion konzipiert und können 25 bis 30 t/h Saatgut behandeln. Die Saatgutbehandlung mit niederenergetischen Elektronen ist eine umweltschonende Technologie, bei der durch gezielte Keimabtötung auf bzw. in der Samenschale das Saatgut von Pathogenen befreit, der Samenembryo aber durch exakte Berechnung und Einstellung der Elektroneneindringtiefe nicht beeinflusst wird. Diese physikalische Beizmethode sichert die gesunde Keimung des Saatgutes, ohne Schadstoffe in Boden oder Grundwasser einzutragen und vermeidet die Ausbildung von Resistenzen. Der Einsatz dieser innovativen Technologie stellt somit eine ressourcenschonende Alternative zur chemischen Beizung von Saatgut dar.



CONTACT

Henrik Flaske

Phone +49 351 2586 308

henrik.flaske@fep.fraunhofer.de

SYSTEMS

In the beginning, there is the technological idea and the desire to offer our clients a tailored solution. The Systems division addresses problems of development and fabrication of component groups required for technical processes that are usually not available in the marketplace. In doing so, client requirements for equipment technology that is either extant or in need of being developed are taken into account in close cooperation with the client, as is the necessary internal cost efficiency that must be considered when introducing new technology. We are able to conceptualize and portray the entire value-added chain – from the idea, through design, development, and prototyping or fabricating the product on behalf of our clients.

In addition to various plasma sources like double-ring magnetrons (DRM), rectangular magnetrons (RM), dual magnetron sputtering (DMS), plasma etchers, large-volume plasma sources (LAVOPLAS), the hardware and knowledge base of our development portfolio for key technological components includes different types of electron beam sources such as evaporative guns (evaporative reactive ion coating/ERIC), welding guns (CTW), scanners, linear aperture, and also plasma-based electron beam sources (cold-cathode glow discharge/CCGD). Years of development experience in the area of substrate handling and transport, in-situ measurement equipment, and specific types of evaporation crucibles complete our expertise. We assist our clients in their decisions making by preparing feasibility studies and working with them on the creation of installation designs. As part of our Integrated Technology packages, we offer our clients high-tech power supplies matched to our plasma sources and the accompanying analog or digital regulation and control engineering to achieve the optimum technological outcome. This electrical engineering is similarly developed and device fabricated within the Institute, just

as with the electro-optical device engineering necessary for focusing, centering, and deflecting electron beam sources. Of particular note is the newly developed DAV 20 digital deflection amplifier that can deflect an electron beam with an angle-bandwidth product of $45^\circ \times 20$ kHz.

The ability to serve our customers via complete Integrated Technology packages is also aided last but not least by our capable prototyping that contributes to a project's success and to customer satisfaction through exemplary depth in fabrication techniques. We offer specific expertise in the area of vacuum soldering and outstanding expertise in working with specialized materials such as ceramics, molybdenum, tungsten, and titanium, as well as years of experience with the assembly of component groups in high-vacuum applications.

In fiscal year 2017, the performance of the system construction was proven not least by the development and construction of two highly automated seed treatment plants (ISABEL). These „Integrated Packages“ are designed as mobile systems for use in agricultural production and can treat 25 to 30 t/h of seed. Seed treatment with low-energy electrons is an environmentally friendly technology, in which the seeds are cleared of pathogens by targeted germ killing on or in the seed coat, but the seed embryo is not influenced by exact calculation and adjustment of the electron penetration depth. This physical pickling method ensures the healthy germination of the seeds without introducing pollutants into soil or groundwater and avoids the formation of resistance. The use of this innovative technology thus represents a resource-saving alternative to the chemical dressing of seeds.



ANHANG

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

MITGLIEDSCHAFTEN

FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

NAMEN, DATEN UND EREIGNISSE

RÜCKBLICK

AUSBLICK

AUSGEWÄHLTE FÖRDERPROJEKTE

KONTAKT

IMPRESSUM



DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Milliarden Euro. Davon fallen knapp 2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Unsere Vertragspartner und Auftraggeber sind:

- Industrieunternehmen
- Dienstleistungsunternehmen
- Öffentliche Hand

Die wichtigsten Kennzahlen auf einen Blick

- 72 Institute und Forschungseinrichtungen
- Rund 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- 2,3 Milliarden Euro Forschungsvolumen jährlich
- Über 70 Prozent werden mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten erwirtschaftet
- Internationale Zusammenarbeit durch weltweite Niederlassungen

www.fraunhofer.de

The Fraunhofer-Gesellschaft is the leading organization for applied research in Europe. Its research activities are conducted by 72 institutes and research units at locations throughout Germany. The Fraunhofer-Gesellschaft employs a staff of more than 25,000, who work with an annual research budget totaling 2.3 billion euros. Of this sum, almost 2 billion euros is generated through contract research. Around 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. International collaborations with excellent research partners and innovative companies around the world ensure direct access to regions of the greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

Customers and contractual partners are:

- Industry
- Service sector
- Public administration

Key figures at a glance

- 72 institutes and research units
- 25,000 staff
- 2.3 billion euros annual research budget totaling
- More than 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects
- International cooperation through affiliated research centers and worldwide representative offices

www.fraunhofer.de



MITGLIEDSCHAFTEN

MEMBERSHIPS

- 3D-Netzwerk (Initiative der Wirtschaftsförderung Solingen GmbH & Co. KG)
- AMA Fachverband für Sensorik e. V.
- AK Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe
- Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW)
- Deutsche Glastechnische Gesellschaft
- Dresden-concept e. V.
- Energy Saxony e. V.
- Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS)
- European Association for the Promotion of UV and EB curing
- Fachverband für Mikrotechnik
- Forum MedTech Pharma e. V.
- Forschungsallianz Kulturerbe
- Fraunhofer-Allianz Batterien
- Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik
- Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
- Informationsdienst Wissenschaft
- International Council for Coatings on Glass ICCG e. V.
- International Electrotechnical Commission IEC, TC 110 Electronic display devices, WG 12 Eyewear display
- International Irradiation Association
- Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V.
- Netzwerk »Dresden - Stadt der Wissenschaft«
- Organic Electronics Saxony e. V. (OES)
- Photonics 21
- Plasma Germany
- Silicon Saxony e. V.
- Verband der Elektrotechnik - Bezirksverein Dresden e. V. (VDE)
- Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)
- Verband Deutsches Reisemanagement e. V. (VDR)
- Verbundinitiative Maschinenbau Sachsen

FRAUNHOFER VERBUND LIGHT & SURFACES

FRAUNHOFER GROUP FOR LIGHT & SURFACES

Competence by Networking

Six Fraunhofer institutes cooperate in the Fraunhofer Group Light & Surfaces. Co-ordinated competences allow quick and flexible alignment of research work in the field of optics, laser and thin film technology as well as material on the requirements of different fields of application. Coordinated activities are carried out to answer actual and future challenges, especially in the fields of energy, environment, production, information and security.

Core Competences of the Group

- Surface and coating functionalization
- Laser-based manufacturing processes
- Laser development and nonlinear optics
- Materials in optics and photonics
- Microassembly and system integration
- Micro and nano technology
- Carbon technology
- Measurement methods and characterization
- Ultra precision engineering
- Material technology
- Plasma and electron beam sources

Business Areas

- Ablation and cutting
- Imaging and illumination
- Additive manufacturing
- Light sources and laser systems
- Lithography
- Material testing and analytics
- Medical engineering and biophotonics
- Micro systems and sensors
- Optical systems and instrumentation
- Tooling and mold making

Fraunhofer Institute for Organic Electronics, Electron Beam and Plasma Technology FEP

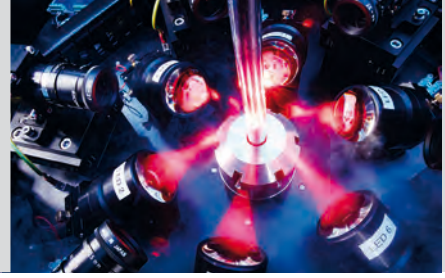
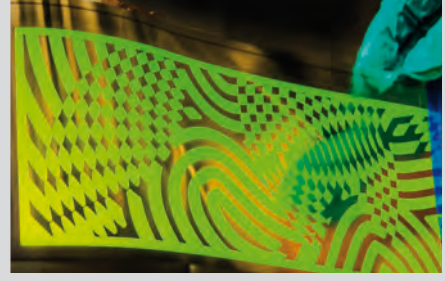
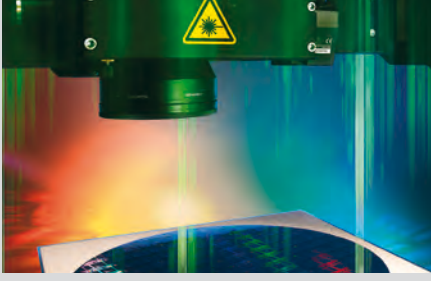
The Fraunhofer FEP works on innovative solutions in the fields of vacuum coating, surface treatment as well as organic semiconductors. The core competences electron beam technology, sputtering, plasma-activated deposition and high-rate PECVD as well as technologies for organic electronics and IC/system design provide a basis for these activities. Fraunhofer FEP continuously enhances them and makes them available to a wide range of industries: mechanical engineering, transport, biomedical engineering, architecture and preservation, packaging, environment and energy, optics, sensor technology and electronics as well as agriculture.

 www.fep.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT

With more than 400 employees the Fraunhofer ILT develops innovative laser beam sources, laser technologies, and laser systems for its partners from the industry. Our technology areas cover the following topics: laser and optics, medical technology and biophotonics, laser measurement technology and laser material processing. This includes laser cutting, caving, drilling, welding and soldering as well as surface treatment, micro processing and additive manufacturing. Furthermore, the Fraunhofer ILT is engaged in laser plant technology, process control, modeling as well as in the entire system technology.

 www.ilt.fraunhofer.de



Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering IOF

The Fraunhofer IOF develops innovative optical systems to control light from the generation to the application. Our service range covers the entire photonic process chain from optomechanical and opto-electrical system design to the manufacturing of customized solutions and prototypes. The institute works in the five business fields of Optical Components and Systems, Precision Engineering Components and Systems, Functional Surfaces and Layers, Photonic Sensors and Measuring Systems and Laser Technology.

www.iof.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Physical Measurement Techniques IPM

The Fraunhofer IPM develops tailor-made measuring techniques, systems and materials for industry. In this way we enable our customers to minimize their use of energy and resources while at the same time maximizing quality and reliability. Fraunhofer IPM makes processes more ecological and at the same time more economical. Many years of experience with optical technologies and functional materials form the basis for high-tech solutions in the fields of production control, materials characterization and testing, object and shape detection, gas and process technology as well as functional materials and systems.

www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films IST

As an innovative R&D partner the Fraunhofer IST offers complete solutions in surface engineering which are developed in cooperation with customers from industry and research. The IST's »product« is the surface, optimized by modification, patterning, and/or coating for applications in the business units mechanical engineering, tools and automotive technology, aerospace, energy and electronics, optics, and also life science and ecology. The extensive experience of the Fraunhofer IST with thin film deposition and film applications is complemented by excellent capabilities in surface analysis and in simulating vacuum-based processes.

www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS

The Fraunhofer IWS is known for its innovations in the business units joining and cutting as well as in the surface and coating technology. Across all business units our interdisciplinary topics include energy storage systems, energy efficiency, additive manufacturing, lightweight construction and big data. Our special feature is the expertise of our scientists in combining the profound know-how in materials engineering with the extensive experience in developing system technologies. Every year, numerous solutions with regard to laser material processing and coating technology have been developed and have found their way into industrial applications.

www.iws.fraunhofer.de

Contact

Group Chairman
Prof. Dr. Reinhart Poprawe
Phone +49 241 8906-110

Group Managing Director
Dr. Arnold Gillner
Phone +49 241 8906-148

NAMEN, DATEN UND EREIGNISSE

NAMES, DATES AND EVENTS

PATENTE

PATENTS

F54817 / DE 10 2014 202 945 B4

Verfahren zum Herstellen eines organischen Bauelementes und organisches elektronisches Bauelement

M. Stanel, S. Mogck

F51293 / EP 2 564 383 B1

Pixel circuit for an active matrix OLED display

T. Presberger, D. Kreye

F52278 / TW 1569245 B1

Bidirectional display and control thereof

R. Herold, B. Richter, U. Vogel

FEP 275 EP / EP 2 526 217 B1

Method for vacuum-coating a substrate with transparent, conductive metal alloy oxide and a transparent, conductive layer made of a metal alloy oxide

M. Fahland, A. Schönberger, W. Schönberger, S. Straach, N. Schiller

FEP 308 / EP 2 820 165 B1

Method for depositing a LiPON coating on a substrate

S. Günther, H. Morgner, S. Straach, B. Meyer, M. Fahland

F50364 / DE 10 2009 057 212 B4

Unterdrückung partieller Kurzschlussursachen bei elektrischen Bauelementen auf Basis organischer Materialien

M. Erritt, J. Amelung, C. May

F49432 / EP 2 316 143 B1

OLED and method for producing an OLED

J. Amelung

FEP 264 / US 9,640,369 B2

Coaxial Hollow Cathode Plasma Assisted Directed Vapor Deposition and Related Method Thereof

N. Haydn, G. Wadley, G. Mattausch, H. Morgner, F.-H. Rögner

FEP 316 / EP 2 768 012 B1

Method of detaching a disc-shaped single crystal from a base body using an electron beam

D. Temmler, K. Bedrich, S. Saager

FEP 308 / JP 6147280 B2

Method for depositing a LiPON coating on a substrate

S. Günther, H. Morgner, S. Straach, B. Meyer, M. Fahland

F48317 / EP 2 065 698 B1

Chip for analysing a medium with integrated organic light emitter and process of manufacturing such a chip

K. Leo, U. Vogel

FEP 324 / UA 114690 C

Apparatus for impinging bulk material with accelerated electrons

A. Weidauer, G. Mattausch, F.-H. Rögner, J. Kubusch

FEP 342 / US 9,771,650 B2

Method for Modifying a TCO Coating

V. Fischer, B. Graffel, F. Winckler, B. Meyer, M. Fahland, S. Günther

FEP 357 / DE 10 2016 121 982 B3

Verfahren zum Aufbereiten eines Transplantates

C. Wetzlar, J. Schönfelder, S. Walker, J. Kubusch

F52352 / CN 103636024 B

Electroluminescent Light Emission Device Comprising an Optical Lattice Structure and Method for Manufacturing Same

R. Pfeifer, K. Fehse, U. Vogel, K. Leo

FEP 345 / DE 10 2016 101 856 B4

Verfahren zum Abscheiden einer CdTe-Schicht auf einem Substrat

H. Morgner, C. Metzner, D. Hirsch, O. Zywitzki, L. Decker, T. Werner, B. Siepchen, B. Späth, K. Velappan, C. Kraft, C. Drost

DISSERTATIONEN

DISSERTATIONS

B. Graffel

Untersuchungen zum Einsatz des Elektronenstrahls bei der Herstellung passivierter Solarzellen-Rückseitenkontakte

Technische Universität Dresden

M. Jahnel

Organische Photosensoren mit spektraler Anpassung

Technische Universität Dresden

S. Mühl

An investigation of slot-die coated layers in evaporated small molecule organic light-emitting diodes targeting large area and flexible applications

Technische Universität Dresden

PREISE

AWARDS



Deutsch-Französischer Wirtschaftspreis
Dezember 2017

Erfolgreiche Zusammenarbeit des Fraunhofer FEP mit MICROOLED als Industriepartner

German-French Business Award
December 2017

Successful collaboration of Fraunhofer FEP with MICROOLED as industry partner



RadTech RTE Advanced Development Award
Dezember 2017

Javier Portillo Casado
Low Energy Electron Beam Irradiation of Liquids for Medical Applications

RadTech RTE Advanced Development Award
December 2017

Javier Portillo Casado
Low Energy Electron Beam Irradiation of Liquids for Medical Applications



„Innovator des Jahres“ DESIGN&ELEKTRONIK
November 2017

Auszeichnungen in den Bereichen „Optoelektronik“ und als Teil des „besten Forschungskonsortiums“ zusammen mit den Partnern des vom BMBF geförderten Projektes „KONFEKT“

„Innovator of the Year“ DESIGN&ELEKTRONIK
November 2017

Awards in the areas „Optoelectronics“ and as part of the „Best Research Consortium“ together with the partner of the BMBF funded project „KONFEKT“



Fraunhofer-Medaille
Oktober 2017

Prof. Dr. Volker Kirchhoff
Ehrung mit der Fraunhofer-Medaille anlässlich der erfolgreichen Integration des ehemaligen Fraunhofer COMEDD in das Fraunhofer FEP

Fraunhofer Medal
October 2017

Prof. Dr. Volker Kirchhoff
Honored with the Fraunhofer Medal with regard to the successful integration of the former Fraunhofer COMEDD into Fraunhofer FEP

VERÖFFENTLICHUNGEN

PUBLICATIONS

A detailed list of all publications from Fraunhofer FEP in the year 2017 can be found at:

<http://publica.fraunhofer.de/institute/FEP/2017>

X. Fan, K. Sokorai, A. Weidauer, G. Gotzmann, F.-H. Rögner, E. Koch
Comparison of gamma & electron beam irradiation in reducing populations of *E. coli* artificially inoculated on mung bean, clover and fenugreek seeds and affecting germination and growth of seeds
Radiation Physics and Chemistry, Vol. 130, 2017, p. 306 - 315

O. Zywitzki, T. Modes, S. Barth, H. Bartzsch, P. Frach
Effect of scandium content on structure and piezoelectric properties of AlScN films deposited by reactive pulse magnetron sputtering
Surface and Coating Technology, Vol. 309, 2017, p. 417 - 422

G. Gotzmann, J. Beckmann, B. Scholz, U. Herrmann, J. Neunzehn
Electron-beam modification of DLC coatings for biomedical applications
Surface and Coating Technology, Vol. 311, 2017, p. 248 - 256

W. Wisniewski, S. Saager, A. Böbenroth, C. Rüssel
Experimental Evidence Concerning the Significant Information Depth of Electron Backscatter Diffraction (EBSD)
Ultramicroscopy, Vol. 173, 2017, p. 1 - 9

C. Hengst, S. B. Menzel, G.K. Rane, V. Smirnov, K. Wilken, B. Leszczynska, D. Fischer, N. Prager
Mechanical properties of ZTO, ITO, and a-Si: H multilayer films for flexible thin film solar cells
Materials, Vol. 10, Issue 3, 2017, Article 245, p. 1 - 11

J. Fahlteich, C. Steiner, N. Schiller, O. Miesbauer, K. Noller, K.-J. Deichmann, M. Mirza, S. Amberg-Schwab
Roll-to-Roll Thin Film Coating on Fluoropolymer Webs - Status, Challenges and Applications
Surface and Coating Technology, Vol. 314, 2017, p. 160 - 168

M. Top, S. Schönfeld, J. Fahlteich, S. Bunk, T. Kühnel, S. Straach, J. De Hosson
Hollow-cathode activated PECVD for the high-rate deposition of permeation barrier films
Surface and Coating Technology, Vol. 314, 2017, p. 155 - 159

B. Scheffel, O. Zywitzki, C. Metzner
Plasma-assisted reactive high-rate vapor deposition of yttria-stabilized zirconia using electron beam evaporation and spotless vacuum arc
Surface and Coating Technology, Vol. 316, 2017, p. 155 - 161

J. Fichtner, S. Günther, B. Butschkau
Investigation of electron beam curable varnishes as smoothing layers
European Coatings Journal, Vol. 5, 2017, p. 38 - 41

T. Preussner, M. Junghähnel, U. Hartung, T. Kopte, J. Fahlteich
Preparation of a Gradient SiO₂ Antireflective Coating by a Co-Sputtering Method Using a Dual Rotatable Magnetron System
Proceedings of 59th Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference, Indianapolis, USA, 09. - 13. Mai 2016, ©2017, p. 469 - 474

J. Fahlteich, C. Steiner, N. Schiller, O. Miesbauer, K. Noller, K.-J. Deichmann, M. Mirza, S. Amberg-Schwab
Roll-to-Roll Thin Film Coating on Fluoropolymer Webs - Status, Challenges and Applications
Proceedings of 59th Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference, Indianapolis, USA, 09. - 13. Mai 2016, ©2017, p. 416 - 428

A. Jiménez-Solano, M. Anaya, M. E. Calvo, M. Alcon-Camas, C. Alcañiz, E. Guillén, N. Martínez, M. Gallas, T. Preussner, R. Escobar-Galindo, H. Míguez
Aperiodic Metal-Dielectric Multilayers as Highly Efficient Sunlight Reflectors
Advanced Optical Materials, Vol. 5, Issue 9, 2017, Article 1600833

P. Frach, D. Glöß, T. Goschurny, A. Drescher, U. Hartung, H. Bartzsch, A. Heisig, H. Grune, L. Leischnig, S. Leischnig, C. Bundesmann
Large area precision coatings by pulse magnetron sputtering
Proceedings of SPIE Conference Advanced Optics for Defense Applications, Anaheim, USA, 09. - 13. April 2017, Vol. 10181, p. 101810K-1 - 101810K-7

P. Frach, S. Barth, H. Bartzsch, D. Glöß
Energy harvesting based on piezoelectric AlN and AlScN thin films deposited by high rate sputtering
Proceedings of SPIE Conference Advanced Optics for Defense Applications, Anaheim, USA, 09. - 13. April 2017, Vol. 10194, p. 10194Z-1 - 10194Z-10

F. Patrovsky, V. Fiehler, S. Derenko, S. Barth, H. Bartzsch, K. Ortstein, P. Frach, L. M. Eng
Anodization of sputtered substoichiometric aluminum oxide thin-films for improved nanorod array fabrication
Materials Research Express, Vol. 4, 2017, p. 055010

E. Bodenstern, S. Saager, M. Metzner, M. Hoffmann, O. Hild, C. Metzner, U. Vogel
Direct Electron Beam Micropatterning and Thermal Annealing of Organic Light Emitting Devices
Proceedings of SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 48, Issue 1, 2017, p. 1932 - 1935

U. Vogel, B. Beyer, M. Schober, P. Wartenberg, S. Brenner, G. Bunk, S. Ulbricht, P. König, B. Richter
Ultra-low Power OLED Microdisplay for Extended Battery Life in NTE Displays
 Proceedings of SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 48, Issue 1, 2017, p. 1125 - 1128

S. Winkler, M. Dietze, J. Edelmann
E-beam sterilization of microstructures in titanium surfaces for medical implants
 Proceedings of 17th International Conference & Exhibition of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology, EUSPEN 2017, Hannover, Germany, 29. Mai - 02. Juni 2017, p. 481 - 482

G. Obenaus
Kreatives Wärmepumpen - Konzept heizt und kühlt gleichzeitig
 Die Kälte + Klimatechnik, Ausgabe 06/2017, Seite 42 - 45

R. Barré, R. Bartmann, S. Jurk, M. Kuhlmeier, B. Duckstein, A. Seeboth, D. Löttsch, C. Rabe, P. Frach, H. Bartzsch, M. Gittner, S. Bruns, G. Schottner, J. Fischer
Time-sequential working wavelength-selective filter for flat autostereoscopic displays
 Applied Sciences Vol. 7, Nr. 2, 2017, Art. 194, 20 S.

M. Piwko, T. Kuntze, S. Winkler, S. Straach, P. Härtel, H. Althues, S. Kaskel
Hierarchical columnar silicon anode structures for high energy density lithium sulfur batteries
 Journal of Power Sources, Vol. 351, 2017, S. 183 - 191

C. May
Next steps in OLED Lighting
 OPE Journal, Vol. 19, 2017, p. 14

U. Vogel, B. Richter, P. Wartenberg, P. König, O. Hild, K. Fehse, M. Schober, E. Bodenstein, B. Beyer
OLED microdisplays in near-to-eye applications: challenges and solutions
 Proceedings SPIE, SPIE Digital Optical Technologies, Vol. 10335, 2017, p. 1033503-1 - 1033503-12

V. Krishnakumar, B. Späth, C. Drost, C. Kraft, B. Siepchen, A. Delahoy, X. Tan, K. Chin, S. Peng, D. Hirsch, O. Zywitzki, T. Modes, H. Morgner
Close spaced sublimation deposition of CdTe layers with process gas oxygen for thin film solar cells
 Thin Solid Films, Vol. 633, 2017, p. 112 - 117

M. H. Jakob, S. Gutsch, C. Chatelle, A. Krishnaraja, J. Fahlteich, W. Weber, M. Zacharias
Flexible thin film pH sensor based on low-temperature atomic layer deposition
 Physica Status Solidi - Rapid Research Letters, Vol. 11, Issue 7, 2017, Article 1700123

M. Chiari, A. Chimielewski, F.-H. Rögner
Accelerators and Industry
 Applications of Particle Accelerators in Europe, EUCARD, APAE-Broschüre, p. 42 - 69

M. Top, J. Fahlteich, J. De Hosson
Influence of the applied power on the barrier performance of silicon-containing plasma polymer coatings using a hollow-cathode activated PECVD process
 Plasma Processes and Polymers, Vol.14, Issue 9, 2017, p. 1700016, 1-8

M. Junghähnel, J. Fahlteich
Thin - Film Deposition on Flexible Glass by Plasma Processes
 S. M. Garner, Flexible Glass, ISBN: 978-1-118-94636-7, Kapitel 5, S. 129 - 179

F.-H. Rögner
Die Trocknung - Kostentreiber und Stiefkind der Reinigung?
 WOMAG, Vol. 10, 2017 p. 30 - 31

M. Junghähnel, J. Westphalen
Processing on Flexible Glass - Challenges and Opportunities
 SVC Bulletin, Winter 2017, p. 31 - 39

F. Fietzke, O. Zywitzki
Structure and Properties of Magnetron-sputtered Manganese Ferrite Films
 Thin Solid Films, Vol. 644, 2017, p. 138 - 145

G. Gotzmann
Long-term stable surface modification of DLC coatings
 Current Directions in Biomedical Engineering, Volume 3, Nr. 2, 2017, Pages 351 - 354

J. Fahlteich, M. Fahland, P. Kudlacek, W. Manders, M. Junghähnel, S. Mogck, C. Keibler
Roll-to-Roll Processing of Functional Substrates for Flexible Electronics
 Proceedings of IDW 2017, Sendai, Japan, 04. - 08. Dezember 2017, p. 1531 - 1534

A. Delan, R. Ngoumeni, K. Vondkar, D. Glöb, G. Gerlach
Eigenschaften von Samariumsulfidschichten für Sensoranwendungen
 Onlineproceedings of 13. Dresdner Sensor Symposium, Dresden, Germany, 04. - 06. Dezember 2017, page 243 - 247
www.ama-science.org/proceedings/details/2755

M. Hoffmann
Conductor structures for biodegradable electronics
 Coating International, Band 50, Ausgabe 11, 2017 p. 20

RÜCKBLICK HIGHLIGHTS

SID-ME Chapter Spring Meeting 2017

13.03.–14.03.2017, Dresden



This year's SID Mid-Europe (SID-ME) Spring Meeting with focus on „Wearables and Projection Displays“ was organized by Fraunhofer FEP, Dresden, Germany.

The announced talks and presentations of 20 internationally renowned speakers, thereof 3 keynote speakers from Microsoft Corp., Technical University of Dresden and University of Cambridge as well as 5 invited speakers were attracting more than 100 participants from 18 countries worldwide. Additionally to this, more than 10 poster contributions attracted the interest of many participants. The successful first conference day with many interesting talks ended with a reception and evening event at Dresden city centre. Both days were accompanied by poster sessions with 13 poster contributions as well as an industrial exhibition with 6 booths and many possibilities for networking and interesting conversations.

Many thanks to our sponsors and all participants and contributions!

VISION | FLEXIBLE GLASS

04.04.–05.04.2017, Dresden



VISION | FLEXIBLE GLASS is an international technology and networking event that focuses on research and development for ultra-thin flexible glass in both sheet-to-sheet and roll-to-roll processes at Fraunhofer FEP.

Fraunhofer FEP began its activities in the field of flexible glass in 2013, and has since then increasingly established important collaborations with the world leading manufacturers for flexible glass.

Together with VON ARDENNE GmbH, we presented the world's first roll-to-roll coater for ultra-thin glass – the FOSA LabX 330, which was installed in October 2016 at Fraunhofer FEP in Dresden.

With more than 130 participants, **VISION | FLEXIBLE GLASS** was a huge success. We would like to especially thank the sponsors VON ARDENNE GmbH and SCHOTT AG.

AUSBLICK OUTLOOK

pro flex 2017

27.11.–28.11.2017, Dresden



The scope of the workshop pro flex 2017 was to bring together equipment suppliers, film manufacturers, users of roll-to-roll equipment, converters, end-users of flexible materials as well as R&D institutions.

The talks covered nearly every aspect of roll-to-roll technology and highlighted very interesting and even visionary applications of flexible materials: architecture and OLED lighting. The talks were complemented by many possibilities for discussions as well as a lab tour on the second day.

The workshop pro flex has first been successfully held in 2004 and took place in Dresden, Germany, for the fifth time and with more than 100 participants from 15 countries (Europe, Asia, and America).

“Pro flex 2017 conference was one of the best I have attended with a broad mix of interesting papers. Dr. Nicolas Schiller and his team at Fraunhofer FEP are to be congratulated on putting together an excellent program that was well received by the 100-plus participants.”

Dr. Charles A. Bishop in Converting Quarterly 2018, Q1

Preliminary list of participations 2018

Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
13.03.–15.03.2018, Zeulenroda, Germany

LOPEC
14.03.–15.03.2018, Munich, Germany

light+building
18.03.–21.03.2018, Frankfurt/Main, Germany

XPOMET® Convention
21.03.–23.03.2018, Leipzig, Germany

Wearable Europe
11.04.–12.04.2018, Berlin, Germany

Medtec
17.04.–19.04.2018, Stuttgart, Germany

SVC TechCon
05.05.–10.05.2018, Orlando, USA

SID Display Week
20.05.–24.05.2018, Los Angeles, USA

ICCG 12
11.06.–15.06.2018, Würzburg, Germany


AWE Europe
18.10.–19.10.2018, Munich, Germany

... and many more can be found at:

www.fep.fraunhofer.de/events

AUSGEWÄHLTE FÖRDERPROJEKTE SELECTION OF FUNDED PROJECTS

Eine detaillierte Auflistung laufender und abgeschlossener Förderprojekte, an denen das Fraunhofer FEP beteiligt ist, finden Sie auf unserer Webseite unter:

 www.fep.fraunhofer.de/projekte



Funded by the European Union

ARIES

Accelerator Research and Innovation for European Science and Society
Funded by the European Commission in the Horizon 2020 Programme for Research and Innovation
Förderkennzeichen: 730871



Funded by the European Union

LOMID

Large cost-effective OLED microdisplays and their applications
Funded by the European Commission in the Horizon 2020 Programme for Research and Innovation
Förderkennzeichen: 644101



Funded by the European Union

PI-SCALE

Shaping the future in OLED lighting
Funded by the European Commission in the Horizon 2020 Programme for Research and Innovation
Förderkennzeichen: 688093

Gefördert durch:



KONFEKT

Konfektionierbares Dünnglas-Substratsystem für Anwendungen der Organischen Elektronik
Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen: 13N13818

Gefördert durch:



ReSaatEi

Ressourcenschonende Saatgutbehandlung mit neuen, preiswerten Elektronenbehandlungsmodulen
Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Förderkennzeichen: 2815405110

A detailed list of current and completed funded projects in which Fraunhofer FEP is involved, can be found on our website:

 www.fep.fraunhofer.de/projects



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union

KriSiDET

Innovative Herstellungsverfahren von kristallinen Silizium-Schichten für Anwendungen in der Energietechnik
Förderkennzeichen: 100276968



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union

Micro3D

Grundlagenuntersuchungen zum präzisen Fügen dreidimensionaler Körper mit Mikrobearbeitungs-Elektronenstrahler
Förderkennzeichen: 3000653557



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union

NeoSol

Neue technologische Schritte für Hocheffizienz-Solarzellen Teilthema: Grundlegende Untersuchungen zu Beschichtungs- und Elektronenstrahlprozessen für Hocheffizienz-Solarzellen
Förderkennzeichen: 100272565/3355



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union

PoSiBat

Hochporöse Silizium-Zink-Beschichtungen für Batterien mit sehr hoher Energiedichte
Förderkennzeichen: 3000659083



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union

PVD-Direkt

Hochenergie- und Hochrate-PVD-Verfahren zur effizienten Direkt-Metallisierung von Kunststoff-Bauteilen
Förderkennzeichen: 100276002



CONTACT

Annett Arnold, M.Sc.

Phone +49 351 2586 333

annett.arnold@fep.fraunhofer.de

KONTAKT CONTACT

**Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik,
Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP**

Standort Winterbergstraße
Winterbergstraße 28
01277 Dresden, Deutschland

Standort Maria-Reiche-Straße
Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden, Deutschland

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

 facebook.com/fraunhoferfep

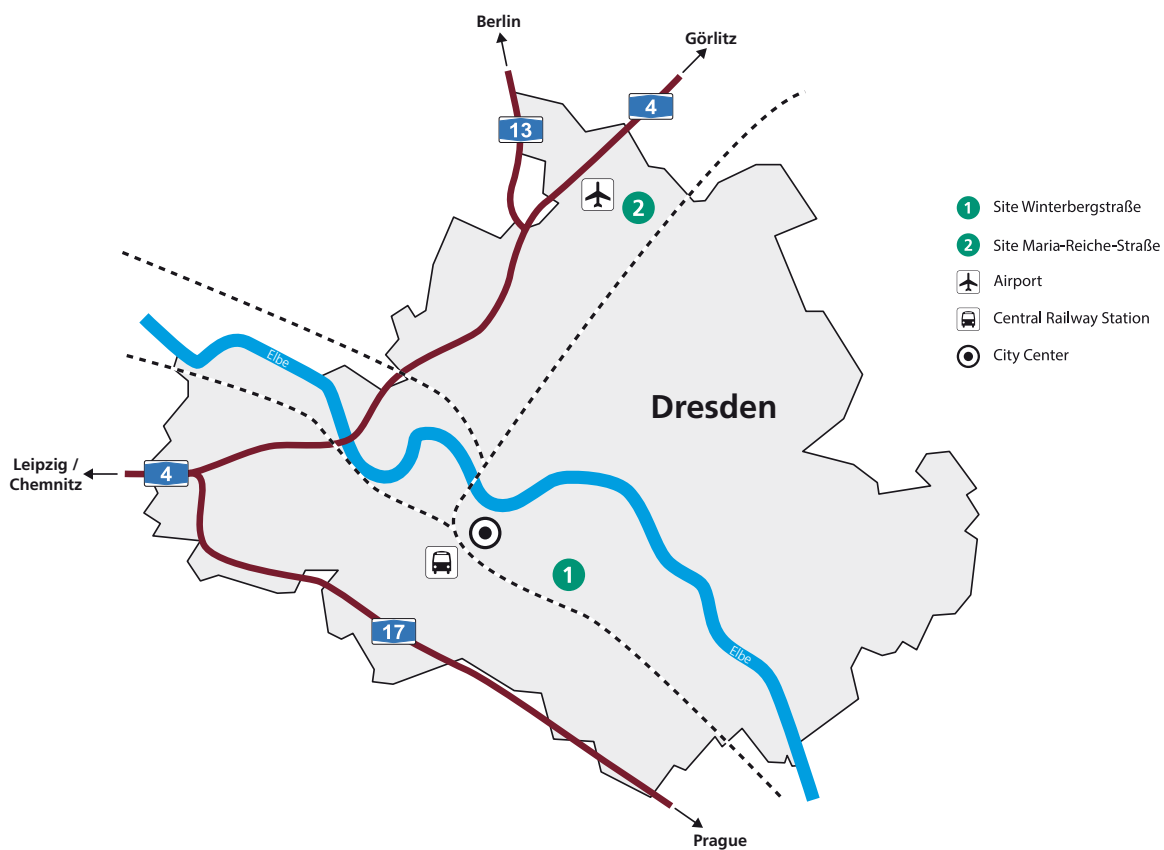
 twitter.com/fraunhoferfep

 instagram.com/fraunhoferfep

 linkedin.com/company/fraunhofer-fep

 xing.com/companies/fraunhoferfep

 youtube.com/fraunhoferfep



IMPRESSUM

IMPRINT

Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP

Standort Winterbergstraße
Winterbergstraße 28
01277 Dresden, Deutschland

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

Standort Maria-Reiche-Straße
Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden, Deutschland

Telefon +49 351 8823 238
Fax +49 351 8823 394

Ansprechpartner

Annett Arnold, M.Sc.
Unternehmenskommunikation
Telefon +49 351 2586 333
annett.arnold@fep.fraunhofer.de

Redaktion

Prof. Dr. Volker Kirchhoff
Ines Schedwill
Annett Arnold, M.Sc.

Layout / Satz

Finn Hoyer

Übersetzung

Tim Ryan
48602-595 Burrard St.
Vancouver, BC V8L 3X9
Kanada

Druck

Union Druckerei Dresden GmbH
Hermann-Mende-Straße 7
01099 Dresden

Bildnachweis

Anna Schroll (Titelbild, S. 19L)
Anne Silny (S. 41)
Annett Hausdorf (S. 40)
Baldauf & Baldauf (S. 3, 17R, 25R)
Barbol/shutterstock (S. 8/9, 30/31)
Claudia Jacquemin (S. 23L)
DESIGN&ELEKTRONIK (S. 37)
Deutsch-Französische Industrie- und Handelskammer (S. 37)
Finn Hoyer (S. 5, 40)
Fotolia/Minerva Studio (S. 7)
Fraunhofer FEP (S. 35)
Fraunhofer ILT (S. 35)
Fraunhofer IOF (S. 35)
Fraunhofer IPM (S. 35)
Fraunhofer IST (S. 35)
Fraunhofer IWS (S. 35)
Fraunhofer-Gesellschaft (S. 37)
iStockphoto.com/fhgfep (S. 33)
Jan Hesse (S. 21L)
Janek Wiczorek (13L, 25L, 27L, 29R)
Jürgen Lösel (S. 11, 13R, 15, 17L, 19R, 21R, 23R, 27R, 41, 43)
Myrzik + Jarisch (S. 32)

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.
Reproduction of any material is subject to editorial authorization.

ÜBER FRAUNHOFER FEP

Das Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP arbeitet an innovativen Lösungen auf den Arbeitsgebieten der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbehandlung und der organischen Halbleiter. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen Elektronenstrahltechnologie, Sputtern, plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Hochrate-PECVD sowie Technologien für organische Elektronik und IC-/Systemdesign.

Fraunhofer FEP bietet damit ein breites Spektrum an Forschungs-, Entwicklungs- und Pilotfertigungsmöglichkeiten, insbesondere für Behandlung, Sterilisation, Strukturierung und Veredelung von Oberflächen sowie für OLED-Mikrodisplays, organische und anorganische Sensoren, optische Filter und flexible OLED-Beleuchtung.

Ziel ist, das Innovationspotenzial der Elektronenstrahl-, Plasmatechnik und organischen Elektronik für neuartige Produktionsprozesse und Bauelemente zu erschließen und es für unsere Kunden nutzbar zu machen.

ABOUT FRAUNHOFER FEP

Fraunhofer Institute for Organic Electronics, Electron Beam and Plasma Technology FEP works on innovative solutions in the fields of vacuum coating, surface treatment as well as organic semiconductors. The core competences electron beam technology, sputtering, plasma-activated deposition and high-rate PECVD as well as technologies for the organic electronics and IC / system design provide a basis for these activities.

Thus, Fraunhofer FEP offers a wide range of possibilities for research, development and pilot production, especially for the processing, sterilization, structuring and refining of surfaces as well as OLED microdisplays, organic and inorganic sensors, optical filters and flexible OLED lighting.

Our aim is to seize the innovation potential of the electron beam, plasma technology and organic electronics for new production processes and devices and to make it available for our customers.

