



**JAHRESBERICHT**  
**2016/17**

## 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.



Management  
System  
ISO 9001:2015  
ISO 50001:2011



[www.tuv.com](http://www.tuv.com)  
ID 9105050079

# JAHRESBERICHT 2016/17

# INHALT

## ALLGEMEINER TEIL

- Vorwort | **3**
- Das Institut in Zahlen | **4**
- Organisationsstruktur | **6**
- Kuratorium | **7**

## AUS DER FORSCHUNG

- Flache und Flexible Produkte | **9**
- Beschichtung metallischer Platten und Bänder | **13**
- Elektronenstrahl-Anwendungen | **17**
- Beschichtung von Bauteilen | **21**
- Präzisionsbeschichtung | **25**
- Flexible Organische Elektronik | **29**
- Mikrodisplays und Sensorik | **33**
- Elektronenstrahltechnologie für Medizinische Applikationen | **37**
- Werkstoffkunde/Analytik | **41**
- Entwicklung des Toroidal-Elektronenstrahlers 120-180 | **45**

## ANHANG

- Anlagentechnik | **98**
- Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces | **100**
- Mitgliedschaften und Kooperationen | **102**
- Die Fraunhofer-Gesellschaft | **103**
- Namen, Daten und Ereignisse | **104**
- Kontakt | **118**
- Impressum | **120**



## VORWORT

Liebe Partner des Fraunhofer FEP, liebe Leserinnen und Leser,

wir blicken auf ein erfolgreiches Jahr 2016 und einen bereits vielversprechenden Start in 2017 zurück. Nach der gelungenen Integration des Bereiches der organischen Elektronik ins Institut ist nun auch die Kostenstellenintegration verwaltungsseitig erfolgt. Damit wurde ein weiterer großer Schritt bei der Zusammenführung der beiden früheren Institute geschafft.

Wissenschaftlich war 2016 ein spannendes und innovatives Jahr: Nach ersten erfolgreichen Experimenten zur Sterilisation von biologischem Gewebe mit niederenergetischen Elektronen wurden die Ergebnisse zur Inaktivierung von Viren und Krankheitserregern zur Herstellung von Impfstoffen genutzt. Die Arbeitsgruppe „Medizinische Applikationen“ wurde von Dr. Jessy Schönfelder übernommen. Auf der Grundlage der Arbeiten konnte gemeinsam mit den Fraunhofer Instituten IPA, IGB und IZI als Konsortium eine Förderung der Bill & Melinda Gates Stiftung zur Herstellung effizienter Polio-Impfstoffe eingeworben werden.

Die Elektronenbehandlung von Saatgut hat am Fraunhofer FEP bereits eine lange Tradition und ist zu einem wichtigen Erfolgsfaktor geworden. Unsere Wissenschaftler arbeiten zusammen mit Projektpartnern derzeit intensiv an der Entwicklung einer kompakten, robusten, preiswerten und mobilen Lösung für kleinere und mittlere Saatgut-Produktionsstandorte.

Mehrere öffentlich geförderte Projekte wurden zum Abschluss gebracht. So ebnen die Ergebnisse des BMBF-Forschungsprojektes „flex25“ den Weg zu neuartigen Produkten aus Fluorpolymerfolien für Gebäude. Im Bereich der flexiblen organischen Elektronik endete das Projekt „flex+“ nach zweijähriger Projektlaufzeit. Ziel war die Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes zur erfolgreichen Entwicklung und Produktion

flexibler Elektronik. Einige neue öffentlich geförderte Projekte starteten: So sind wir einer der Kernpartner im Konsortium des EU-geförderten Projektes „PI-SCALE“, das sich die Etablierung einer weltweit führenden Open-Access-Pilotlinie in Europa zum Ziel gesetzt hat, welche die Herstellung flexibler OLED möglich macht. Im Fraunhofer-internen MAVO-Projekt „LiScell“ arbeiten wir im Rahmen der Entwicklung von Batterie-Zellkomponenten an einem Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsverfahren für Anoden.

Im Bereich des Kulturguterhalts stellen wir Ihnen in diesem Jahresbericht aktuelle Arbeiten vor, wie die analytischen Untersuchungen zur Restaurierung von Originalhandschriften aus dem 15. Jahrhundert, die durch die Bombardierung Dresdens 1945 Wasserschäden davongetragen haben.

Neben einer neuen Generation bidirektionaler, hochauflösender OLED-Mikrodisplays, die z. B. als Fingerprintsensoren oder für die verbesserte Mensch-Maschine-Interaktion in Datenbrillen integriert werden können, entstanden besonders energiesparende und zugleich helle Mikrodisplays. Mithilfe dieser neuen Technologie verbrauchen diese Displays nur ein Hundertstel der Leistung im Vergleich zu denen in herkömmlichen Datenbrillen.

Ein weiteres Schlaglicht ist die Beschichtung von ultradünnem Glas. Erste Ergebnisse bei der Beschichtung großflächiger, flexibler OLED auf Dünnglas im Rolle-zu-Rolle-Verfahren mit gleichzeitiger Dünnglasverkapselung stimmen uns zuversichtlich.

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*

## DAS INSTITUT IN ZAHLEN

### Ertragsentwicklung

Im Haushaltsjahr 2016 wurde der Integrationsprozess der beiden Kostenstellen FEP-061 und FEP-162 (COMEDD) erfolgreich fortgesetzt. Das Gesamtinstitut FEP wird im Folgenden dargestellt.

### Entwicklung der Gesamtaufwendungen

Der Gesamtaufwand aus Betriebs- und Investitionshaushalt betrug 24,3 Millionen Euro. Im Betrachtungszeitraum wurden 1,5 Millionen Euro, davon 0,1 Millionen Euro aus dem zentralen Strategiefonds, in Gerätetechnik und Infrastruktur investiert. Diese Investitionen dienen der Weiterführung der Geschäftsfelder und insbesondere der Realisierung laufender Forschungsvorhaben und bilden gleichzeitig den Garant für künftige Forschungsarbeiten. Der Anteil der Personalaufwendungen belief sich auf 12,9 Millionen Euro, dies entspricht 57 Prozent des Betriebshaushalts in Höhe von 22,7 Millionen Euro. Der Sachaufwand betrug 8,1 Millionen Euro. Die internen Leistungsverrechnungen beliefen sich auf 1,8 Millionen Euro.

Das Institut kann auf ein ereignisreiches Geschäftsjahr zurückblicken. Besondere Herausforderungen in der Projektarbeit waren sehr volumenstarke Industrieprojekte sowie die anspruchsvollen Terminstellungen bei einer Vielzahl von Fördervorhaben. Aufgrund erfolgreicher Akquisition konnte das Fraunhofer FEP durch direkte Aufträge aus der Industrie 7,4 Millionen Euro erwirtschaften. Aus öffentlichen Projekten, gefördert von EU, Bund und Ländern, wurden Erträge in Höhe von 8,6 Millionen Euro erzielt. Davon konnte ein Anteil in Höhe von 2,3 Millionen Euro durch öffentlich geförderte Projekte gemeinsam mit mittelständigen Unternehmen, gefördert

durch das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst und das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, eingeworben werden. Die Quote der externen Erträge aus Projekten mit der Wirtschaft, den öffentlichen und sonstigen Auftraggebern, also der Drittmittelanteil, lag damit bei 70,2 Prozent und entspricht einem Volumen von 16,0 Millionen Euro. Der Grundfinanzierungsverbrauch im Betriebshaushalt betrug 6,8 Millionen Euro.

Die im Berichtszeitraum erzielten Erträge gliedern sich in den Kostenstellen wie folgt:

	061	162
▪ Wirtschaftserträge (Auftragsforschung Wirtschaft)	5,6 Mio. €	1,8 Mio. €
▪ Öffentliche Erträge (Vertragsforschung Bund)	1,7 Mio. €	1,1 Mio. €
▪ Öffentliche Erträge (Vertragsforschung Länder)	2,2 Mio. €	0,3 Mio. €
▪ EU und sonstige Erträge	0,8 Mio. €	2,5 Mio. €

### Mitarbeiterentwicklung

Im vergangenen Jahr waren 189 Mitarbeiter, davon 7 Auszubildende, und zusätzlich 39 Praktikanten sowie 53 wissenschaftliche Hilfskräfte im Institut tätig. Von den 80 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die als Wissenschaftler beschäftigt waren, arbeiteten 21 Wissenschaftler zusätzlich an ihren Promotions-themen. Der Frauenanteil im Wissenschaftlerbereich betrug 18 Prozent. Die Ausbildung junger Wissenschaftler bestimmte auch im vergangenen Jahr unsere Prioritäten in der Personalstrategie. Durch die Vergabe attraktiver Diplom-, Bachelor-, Master- und Promotionsthemen gelang es, hochmotivierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu gewinnen.

## Gesamtaufwand

Personal- und Sachaufwand  
in Mio. €

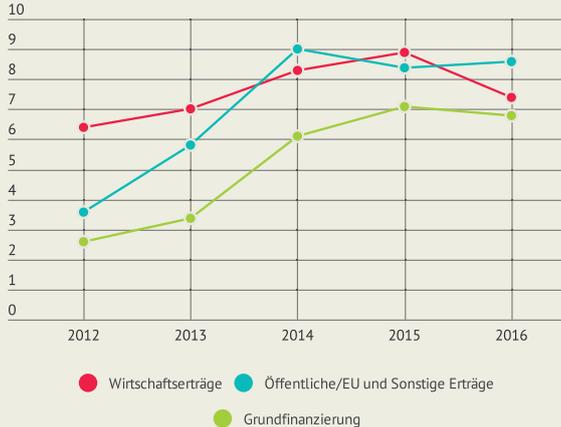


Investitionen  
in Mio. €

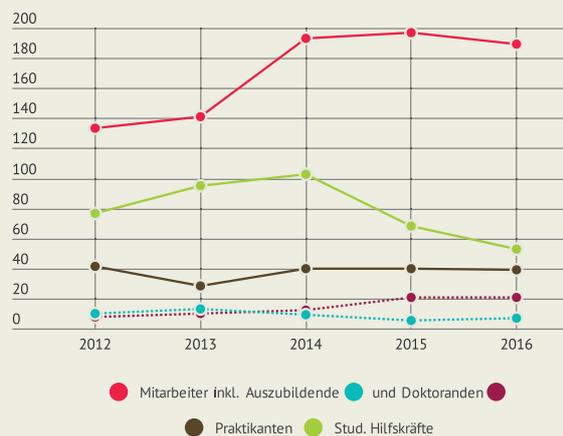


## Betriebshaushalt

in Mio. €



## Mitarbeiterentwicklung



# ORGANISATIONSSTRUKTUR

## INSTITUTSLEITUNG

**Institutsleiter:** Prof. Dr. Volker Kirchhoff

**Verwaltung:** Veit Mittag

**Marketing:** Ines Schedwill

**Unternehmenskommunikation:** Annett Arnold

**QM / Wissensmanagement:** Sabine Nolting

**Stellvertreter:** Dr. Nicolas Schiller | Dr. Uwe Vogel

**Schutzrechte / Verträge:** Jörg Kubusch

**Teamassistentz / Bibliothek:** Annett Nedjalkov

**Technik:** Gerd Obenaus

**Informationstechnologie:** Roberto Wenzel

## FLEXIBLE ORGANISCHE ELEKTRONIK

**Leitung:** Dr. Christian May

**S2S Organik-Technologie:** Claudia Keibler

**Organic Cleanroom:** Maik Schober

**R2R Organik-Technologie:** Dr. Stefan Mogck

## MIKRODISPLAYS UND SENSORIK

**Leitung:** Dr. Uwe Vogel

**Organic Microelectronic Devices:** Dr. Olaf Hild

**IC und Systemdesign:** Bernd Richter

**Microdisplay Cleanroom:** Mario Metzner

## ELEKTRONENSTRAHL

**Leitung:** Prof. Dr. Christoph Metzner

**Elektronenstrahl-Prozesse:** Frank-Holm Rögner

**Beschichtung Metall und PV:** Prof. Dr. Christoph Metzner

## FLACHE UND FLEXIBLE PRODUKTE

**Leitung:** Dr. Nicolas Schiller

**coFlex:** Dr. Matthias Fahland

**novoFlex:** Steffen Straach

**labFlex:** Dr. John Fahlteich

**atmoFlex:** Dr. Steffen Günther

**flatLab:** Dr. Manuela Junghähnel

## PRÄZISIONSBESCHICHTUNG

**Leitung:** Dr. Peter Frach

**Stationäre Beschichtung:** Dr. Hagen Bartzsch

**Dynamische Beschichtung:** Dr. Daniel Glöß

## WERKSTOFFKUNDE / ANALYTIK

**Leitung:** Dr. Olaf Zywitzki

## SYSTEME

**Leitung:** Henrik Flaske

**Kooperation:** Steffen Kaufmann

**Musterbau:** Rainer Zeibe

**Elektronik-Entwicklung:** Rainer Labitzke

**Mechanik-Entwicklung:** Henrik Flaske



## KURATORIUM

### 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, CEO
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, Institutsdirektor
Prof. Dr.-Ing. habil.	Gerald	Gerlach	TU Dresden, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Institut für Festkörperelektronik, Institutsdirektor
Dipl.-Phys.	Hans-Christian	Hecht	VON ARDENNE GmbH, CTO
	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
	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 / COO
Dr.	Norbert	Thyssen	Infineon Technologies AG, Senior Director R&D
MR	Christoph	Zimmer-Conrad	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Leitung Referat 37: Innovationspolitik, Technologieförderung

### GÄSTE DES KURATORIUMS

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



 **Fraunhofer**  
FEP

# 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. Unsere Rolle-zu-Rolle-Technologien und in-line-Verfahren sind hocheffizient und vielseitig einsetzbar.

## Substratmaterialien

Glas- und Kunststoffplatten, Kunststofffolien, dünne Metallfolien und Membranen: Die Oberflächen dieser Materialien mit maßgeschneiderten Funktionen zu versehen ist das Ziel unserer Arbeit. 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 Potential für elektronische als auch dekorative Anwendungen.

Wir erweitern ständig die Palette der von uns bearbeiteten Substratmaterialien und dringen in neue Anwendungen vor.

## Technologische Plattform

Die technologische Plattform bildet das Werkzeug unserer Arbeit und wird ständig weiterentwickelt. Unsere technologische Plattform ist auf die auf den ersten Blick so gegensätzlichen Substratarten, flach oder flexibel, anwendbar und es gibt eine Vielzahl von technologischen Synergien. 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-line-Anlagen eingesetzt. Unsere Pilotanlagen ermöglichen es zudem, in Entwicklungsprojekten auch Fragen der technologischen Aufskalierung bis hin zur Pilotproduktion zu untersuchen.



### Oberflächenfunktionen und Anwendungen

Die mit den genannten Technologien erzielbaren Oberflächeneigenschaften sind sehr vielfältiger Natur. Noch vielfältiger ist die Zahl der Anwendungen, es können daher hier nur einige Beispiele genannt werden.

Durch dünne leitfähige Schichten (Metalle als auch transparente leitfähige Oxide) kann eine Kunststoffolie oder eine Glasplatte als Träger einer Elektrode dienen. Transparente Elektroden finden z. B. Anwendung in Solarzellen, flexiblen elektronischen Komponenten oder Sensoren.

Eine dünne Schicht kann eine Barriere gegen den Durchtritt von Sauerstoff oder Wasserdampf durch eine Kunststoffolie bilden. Ist diese Schicht zudem noch transparent, dann ist sie für das menschliche Auge nahezu unsichtbar und verändert das Aussehen der Kunststoffolie nicht. Derartige transparente Barrierefolien finden Einsatz in der Verpackung, um Lebensmittel oder Medikamente zu schützen. Transparente Barrierefolien werden aber auch zur Verkapselung flexibler Elektronik und Solarzellen benötigt und stellen ein sehr anspruchsvolles Entwicklungsziel dar.

Dünne Schichten können Farbwirkungen hervorrufen. Diese können einen rein dekorativen Zweck verfolgen, sie können aber auch dem Fälschungsschutz dienen. Lackierte Kunststoffolien können als Dekorfolien für Kunststofffenster eingesetzt werden.

Ein interessanter Fokus unserer Arbeiten 2016 war ein Projekt zur Entwicklung von Dünnschichttechnologien für Batterieanwendungen. Im Projekt „LiScell“ der Fraunhofer-Gesellschaft wird eine Technologie zur Rolle-zu-Rolle Abscheidung von Si-Anoden für Li-S-Batterien entwickelt. Dünne Metallfolien werden hierbei als Trägermaterial für die Si-Schichten genutzt.

Die Schichten müssen eine hohe Speicherkapazität für elektrische Energie und eine hohe Stabilität gegenüber Ladezyklen aufweisen.

Wir adressieren mit unseren Entwicklungsarbeiten Massenmärkte als auch neue Anwendungen im Pionierstadium.



## IM PROFIL



Budget  
4.540.000 €



Förderung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch das *Bundesministerium  
für Bildung und Forschung.*

Förderkennzeichen: 13N13818, 13N14225,  
03SF0542B, 03V0224

STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR



Gefördert durch das  
*Sächsische Staatsministerium für  
Wirtschaft, Arbeit und Verkehr.*  
Förderkennzeichen: 100236574/3160



Gefördert durch  
die Europäische Union

Gefördert von der *Europäischen Kommis-  
sion im 7. Rahmenprogramm (FP7).*

Förderkennzeichen: 310229



Gefördert durch  
die Europäische Union

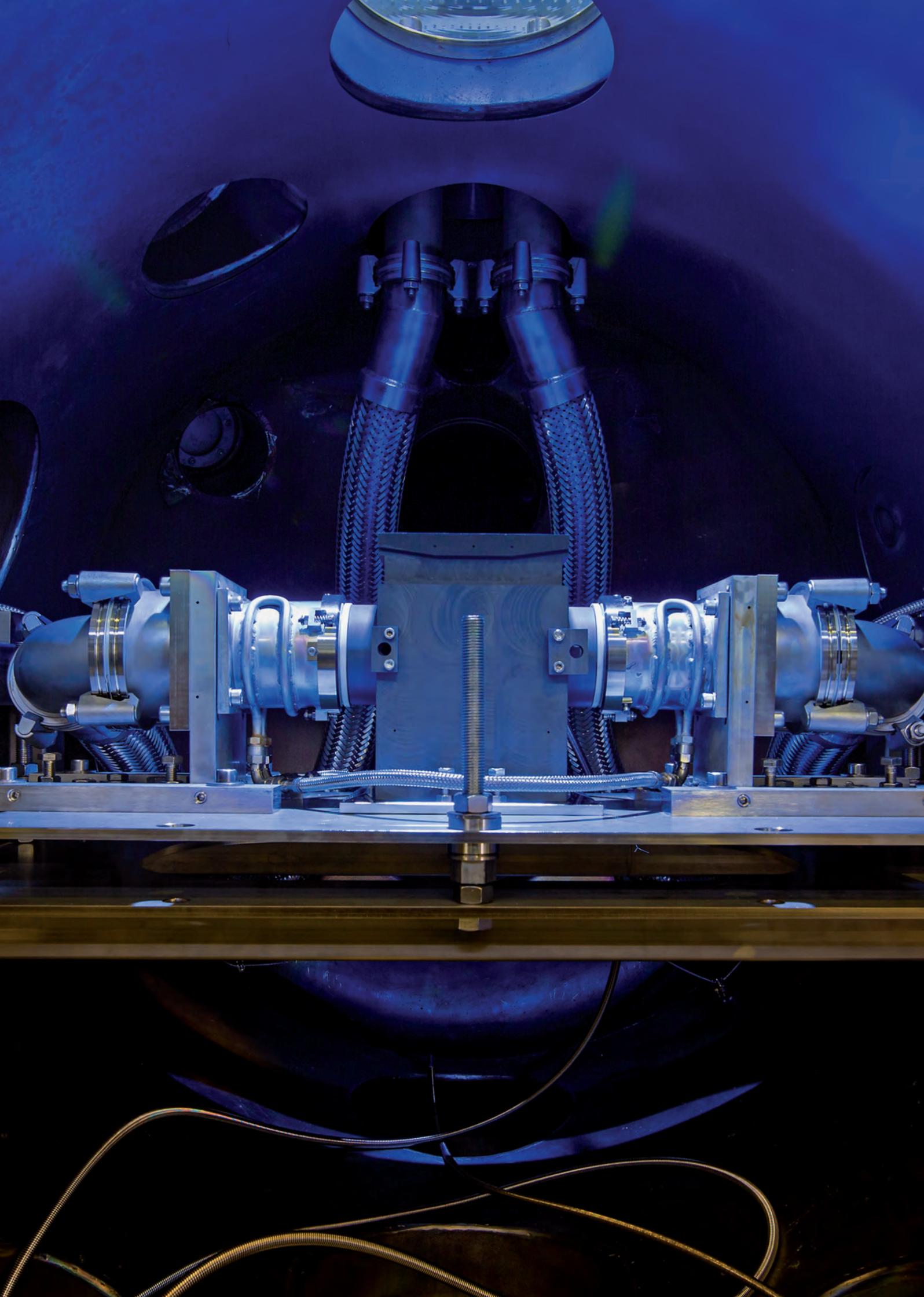
Gefördert von der *Europäischen Kommis-  
sion im Horizon 2020 Forschungs- und  
Innovationsprogramm.*

Förderkennzeichen: 688093

## KONTAKT



*Dr. Nicolas Schiller*  
Telefon +49 351 2586-131  
[nicolas.schiller@fep.fraunhofer.de](mailto:nicolas.schiller@fep.fraunhofer.de)



# BESCHICHTUNG METALLISCHER PLATTEN UND BÄNDER

Das Geschäftsfeld umfasst die Vakuumbeschichtung von metallischen Platten und Bändern für die verschiedensten Anwendungen in den Feldern Maschinenbau, Solarenergie, Architektur, Verpackung, Transport, Beleuchtung sowie Umwelt und Energie. Von herausragender Bedeutung sind hierbei komplexe Gesamtlösungen für unsere Kunden aus einer Hand. Bei der Entwicklung neuer Anwendungen des Geschäftsfeldes werden dabei fast alle Kernkompetenzen des Institutes genutzt.

Für das 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 In-line-Vakuumbeschichtungsanlage „MAXI“ für Platten und Metallbänder zur Verfügung.

Neben Aufgaben internationaler Stahlhersteller zur Veredelung von Stahlbändern für die Verbesserung des Korrosionsschutzes befasst sich das Fraunhofer FEP seit vielen Jahren mit der Abscheidung von Funktionsschichten für die Herstellung von Gleitlagern.

Derzeit konzentrieren sich die Aktivitäten des Geschäftsfeldes auf Verfahren und Anwendungen zur Energietechnik: Das vom Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA) im Rahmen des Programms „RL Energie/2014“ geförderte Projekt „Hochporöse Silizium-Zink-Beschichtungen für Batterien mit sehr hoher Energiedichte“

befasst sich mit grundlegenden Untersuchungen zur Herstellung dieser Schichten und deren Potential für die Fertigung von Si-Anoden für Li-Ionen-Batterien. Der Ansatz basiert auf der gleichzeitigen Abscheidung von Silizium und Zink aus der Dampfphase und einer anschließenden Wärmebehandlung. Mit Zink wurde ein Element ausgewählt, das nicht mit Silizium mischbar ist. Bei einer Abscheidung der beiden Elemente können demzufolge nur Silizium- und Zinkkristallite lokal nebeneinander aufwachsen. Durch die anschließende Wärmebehandlung wird das Zink aus der Schicht herausgelöst. Dies ist möglich, da Zink im Vergleich zu Silizium einen deutlich höheren Dampfdruck besitzt und somit verdampft. Die Stellen, an denen Zink herausgelöst wurde, verbleiben als Poren, so dass sich eine offenporige Siliziumschicht ergibt. Wenn sich Li-Ionen-Batterien in der Fahrzeugtechnik durchsetzen sollten, werden viele Millionen Quadratmeter zu beschichten sein. Die Beschichtung von Metallfolien mit Zink und Silizium ist mit sehr hohen Beschichtungsraten im Vakuum möglich, so dass nach einer Hochskalierungsphase akzeptable Herstellungskosten erreicht werden können.

Im Rahmen eines strategischen Eigenforschungsprojektes wurden Untersuchungen zur kostengünstigen Hochrateab-

## BESCHICHTUNG METALLISCHER PLATTEN UND BÄNDER



scheidung von Yttrium-Barium-Kupfer-Oxid-Schichten mittels plasmaaktivierter Elektronenstrahlbedampfung vorgenommen. Dieses Material wird für die modernen Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL) zweiter Generation verwendet. Als dünne Schicht aufgebracht auf metallischen Trägerbändern können dadurch supraleitende Kabel hergestellt werden, die den elektrischen Strom verlustfrei über große Distanzen übertragen können. Mit diesen grundlegenden Untersuchungen möchte sich das Fraunhofer FEP auf diesem wichtigen Gebiet der Energietechnik etablieren und erwartet zukünftig einen stark wachsenden Markt.

Eine Arbeitsrichtung auf dem Gebiet der Energieerzeugung ist die CdTe-basierte Photovoltaik. Wir betreiben dazu die Spezialanlage „CATE“. In ihr können die Halbleiterschichten durch thermische Verdampfung – mit dem sogenannten „Closed-Space Sublimation“ (CSS) Verfahren – in-line abgeschieden werden. Das Fraunhofer FEP arbeitet dabei schwerpunktmäßig in dem von der EU und dem Freistaat Sachsen geförderten Projekt „CARLEEN“ gemeinsam mit einer sächsischen Firma.



---

## IM PROFIL



Budget  
2.900.000 €



Förderung



Europa fördert Sachsen.  
**EFRE**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung

*Gefördert aus Mitteln der Europäischen  
Union und des Freistaates Sachsen.*

*Förderkennzeichen: 100275833, 100206775*

---

## KONTAKT



*Prof. Dr. Christoph Metzner*  
*Telefon +49 351 2586-240*  
*christoph.metzner@fep.fraunhofer.de*



# ELEKTRONENSTRAHL-ANWENDUNGEN

Die Elektronenbehandlung von Saatgut hat für das Geschäftsfeld bereits eine lange Tradition und ist zu einem wichtigen Erfolgsfaktor geworden. Neben der erfolgreichen Markteinführung der etablierten Technologie arbeiten die Wissenschaftler des Fraunhofer FEP deshalb zusammen mit Projektpartnern intensiv an der Entwicklung einer kompakten, robusten, preiswerten und mobilen Lösung für kleinere und mittlere Saatgut-Produktionsstandorte.

## **Entwicklungs- und Anwendungsbeispiel: Elektronenbehandlung von Saatgut „ReSaatEI“**

Die Versorgung der weltweit wachsenden Bevölkerung mit gesunden Nahrungsmitteln ist eine enorme globale Herausforderung, deren Lösung sehr früh in der Produktionskette beginnt – mit der Bereitstellung von gesundem und widerstandsfähigem Saatgut.

Neben den Herausforderungen in der Züchtungsforschung spielen Verfahren zur effektiven Abtötung schädlicher Pathogene wie Pilzen und Bakterien eine entscheidende Rolle. Traditionell werden seit über einhundert Jahren chemische Beizmittel eingesetzt, die systemisch gegen Pilze und deren Sporen wirken. Das ist zugleich aber auch der entscheidende Nachteil, da Resistenzerscheinungen und damit eine nachlassende Wirksamkeit die Folge sind. Daneben geraten zunehmend die eingesetzten Wirkstoffe infolge auftretender Nebenwirkungen für Mensch, Tier und Umwelt in die Kritik, so dass es eine erhebliche Zurückhaltung in der Entwicklung und Zulassung von neuen Wirkstoffen gibt; ein Teufelskreis.

Es gibt jedoch seit vielen Jahren physikalische Alternativen zur chemischen Beizung. Neben Heißluft-, Heißdampf- und Plasmaverfahren reicht die Entwicklung von Verfahren zur Elektronenbehandlung von Saatgut bis ins Jahr 1983 zurück. Als einige der wenigen Alternativen hat die Elektronenbehandlung in Deutschland den Sprung in die industrielle Anwendung geschafft und ist damit eine Erfolgsgeschichte des Fraunhofer FEP. Nicht zuletzt aufgrund der zuverlässigen Ergebnisse und der Energieeffizienz beginnt sich dieses produktive Verfahren am Markt durchzusetzen und damit den CO<sub>2</sub>-Footprint in der Saatgutproduktion zu senken.

Wissenschaftler und Ingenieure vom Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden haben sich jedoch auf diesem Erfolg nicht ausgeruht, sondern mit weiteren Partnern eine neue Herausforderung aufgegriffen: Innerhalb des vom Projektträger Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Verbundvorhabens „ResaatEI“ wird für dieses Verfahren eine kostengünstige und modulare Lösung für mittlere Saatgutdurchsätze entwickelt. Der Grund: Sowohl in Deutschland als auch in vielen anderen Ländern ist der Saatgutmarkt oft kleinteilig strukturiert und damit die Hürde für



den Einstieg von kleinen und mittelständigen Unternehmen in die Elektronenbehandlung von Saatgut entsprechend hoch. Eine modulare und kostengünstige Technologie ist deshalb der Schlüssel für einen großflächigen Markterfolg.

### Neue Elektronenquelle

Fraunhofer FEP hat nun mit der Technologieentwicklung unter Nutzung einer neuen Elektronenquelle ein richtungsweisendes Konzept umgesetzt. Die bis zum Projektbeginn für die Behandlung von Saatgut eingesetzten beiden Elektronenerzeuger nutzen geheizte Glühkathoden, aus denen Elektronen extrahiert und in einem elektrischen Feld mit einer Potentialdifferenz von bis zu 150 kV beschleunigt werden. Nachteilig bei diesem sogenannten Bandstrahler ist der, durch das Glühkathodenprinzip bedingte, große technische und konstruktive Aufwand.

Aus den Erfahrungen des Fraunhofer FEP mit einer Elektronenquelle auf Basis einer Hochspannungs-Glimmentladung entstand die Idee eines neuen Quellendesigns. Die zugrunde liegende Elektronenemission aus einer kalten Flächenkathode ermöglicht ein sehr kompaktes Quellendesign und gleichzeitig, das Elektronenaustrittsfenster der Produktform anzupassen. Daraus entstand die Toroidalquelle mit einem, den Saatgutstrom umfassenden, Elektronenaustrittsfenster. Damit kann jetzt mit nur einer Elektronenquelle auf kleinstem Raum Saatgut behandelt werden.

### Flexibel und mobil

Eine Behandlungseinheit mit einer Elektronenquelle für einen Behandlungsraum von 120 mm Durchmesser wurde in der ersten Projekthälfte entwickelt, erprobt und für die weitere Technologieentwicklung genutzt. Damit steht den Partnern von Fraunhofer FEP jetzt ein Entwicklungslabor zur

Elektronenbehandlung von Saatgut mit einem Durchsatz von bis zu 2 Tonnen pro Stunde zur Verfügung. Es erlaubt neben der etablierten Behandlung von Getreidesaatgut erstmals auch die effiziente Behandlung von Feinsämereien, Mais und Sprossensamen.

Die emittierte Elektronenstromdichte ist ausreichend hoch, um frei fallendes Saatgut sicher mit der erforderlichen Dosis von 12 kGy in der Samenschale zu behandeln.

Ein ergänzendes Beschichtungsmodul erlaubt zusätzlich ein Saatgut-Coating nach dem Behandlungsprozess mit biologischen Wirk- und Nährstoffen. Das eröffnet weitere Möglichkeiten für einen effektiven Pflanzenschutz.

In der aktuellen Projektphase wird gemeinsam mit den Projektpartnern ein Demonstrator als mobile Behandlungseinheit für einen Durchsatz von bis zu 12 t/h entwickelt und gebaut.

Aus den bisherigen Projektergebnissen entstand ein skalierbares Design der Elektronenquelle, das für noch mehr Robustheit sorgt. Der avisierte Durchsatz von 12 Tonnen Saatgut pro Stunde erlaubt die Integration in alle üblichen, bestehenden Produktionslinien. Durch Verwendung innovativer Komponenten, die Entwicklung eines neuen Isolationssystems für die hochspannungsführende Kathode und die Weiterentwicklung des Kühlkonzeptes für die Elektronenaustrittsfenster entstand ein Konzept für eine Demonstrationsanlage, die komplett in einen adaptierten Kastenwagen integriert wird.

Damit steht zukünftig eine neue Technologiegeneration für die innovative Elektronenbehandlung von Saatgut zur Verfügung.



---

## IM PROFIL



Budget  
4.360.000 €



Förderung

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



Gefördert durch das Bundesministerium  
für Ernährung und Landwirtschaft.  
Förderkennzeichen: 2815405110

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

---

## KONTAKT



Frank-Holm Rögner  
Telefon +49 351 2586-242  
[frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de](mailto:frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de)



# BESCHICHTUNG VON BAUTEILEN

Im Geschäftsfeld „Beschichtung von Bauteilen“ werden Beschichtungen für Körper nichtebener Geometrie entwickelt. Dies können z. B. Verbindungselemente, Werkzeuge oder medizinische Implantate sein. Wir entwickeln hierfür passgenaue Beschichtungstechnologien, wobei die Vereinbarkeit mit der praktizierten Bewegung der Teile in den einzelnen Prozessschritten Herausforderung und Vorzug zugleich ist. Die eingesetzten Beschichtungsmaterialien sind vielfältig, da unterschiedliche Anwendungsfelder adressiert werden.

Geometrisch geformte Körper stellen Anforderungen und Randbedingungen an Technologien und Beschichtungsprozesse, denen in speziell dafür konzipierten Anlagen Rechnung getragen wird, wobei die Anwendungsfelder beschichteter Komponenten äußerst vielfältig sind. 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, besonders für Komponenten mit spezifischen optischen Funktionen gepaart mit hohen Anforderungen an die mechanische, thermische und chemische Beständigkeit. Spektral selektive Absorberschichtsysteme für solarthermische Hochleistungs-Kollektoren zählen ebenso dazu wie breitbandig hochtransparente Kratzschutzschichten 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).

## Schüttgutbeschichtung

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. Sie werden mit einer leistungsfähigen Korrosionsschutzschicht versehen, welche mittels eines Kombinationsverfahrens aus plasmaaktivierter Aluminium-Drahtverdampfung und Puls-Magnetron-Sputtern erzeugt wird. Diese erfolgreiche Anwendung eines Kombinationsverfahrens auf Kleinteilen führt zu einer signifikanten Steigerung der Korrosionsschutzwirkung gegenüber den mit Einzelverfahren realisierbaren Schichten. Die im Geschäftsfeld „Beschichtung Bauteile“ entwickelten Kombinations- und Hybridverfahren sind richtungsweisend, um das gesamte Potential 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 zgedacht.

### **Elektronenstrahlverdampfung für die Bauteilbeschichtung**

Das Fraunhofer FEP möchte in seiner Kernkompetenz „Prozessentwicklung für neue Anwendungen der Vakuumtechnologie“ verstärkt auch in der Bauteilbeschichtung eine Vorreiterrolle gegenüber den am Markt etablierten Verfahren des reinen Magnetronspüterns bzw. der Lichtbogenverdampfung einnehmen. In einem Strategie-Workshop erarbeiteten die Teilnehmer aus Wissenschaft und Industrie Vorschläge zur Erschließung der Elektronenstrahl-Technologie für die Bauteilbeschichtung, welche bis dato nur auf Flachs substraten angewendet wurde. In der Umsetzung der Empfehlungen wurde die darauf spezialisierte Beschichtungsanlage NOVELLA in Betrieb genommen, welche die Kombination der Verfahren plasmaaktivierte Hochrate-Elektronenstrahlverdampfung, plasmaaktivierte chemische Dampfabscheidung und Puls-Magnetron-Sputtern erlaubt. Sie ist mit einer speziell konzipierten Einrichtung für den Transport und die Bewegung von Bauteilen ausgestattet. Die Anlage NOVELLA ist in ihrer Art weltweit einzigartig und eröffnet neue Anwendungsmöglichkeiten für die Vakuumbeschichtung.



---

## IM PROFIL



Budget  
1.090.000 €



Förderung

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

*Gefördert durch das Bundesministerium  
für Bildung und Forschung.*

*Förderkennzeichen: 13XP5025D*

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



*Gefördert durch das  
Sächsische Staatsministerium für  
Wirtschaft, Arbeit und Verkehr.*

*Förderkennzeichen: 100276002*

---

## KONTAKT

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





# PRÄZISIONSBESCHICHTUNG

Beschichtungen von höchster Präzision werden für zahlreiche Anwendungen in Optik, Elektronik und Sensorik, Energie- und Medizintechnik benötigt. Am Fraunhofer FEP entwickeln wir präzise einstellbare und langzeitstabile Puls-Magnetron-Sputter- und Magnetron-PECVD-Prozesse, um mit hohen Beschichtungsraten optische, elektrische, akustisch oder magnetisch wirksame Schichten und Schichtsysteme mit hoher Qualität und geringer Fehlstellenzahl aufzubringen.

## **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 darüber hinaus 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 abzu-

scheiden, 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 Schichteigenschaftenportfolios**

Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Bereich Präzisionsbeschichtung ist die Entwicklung von Schlüsselkomponenten: Magnetrons, gepulste Energieeinspeisung, Gasregelung und Prozesssteuerung inkl. Schnittstellen zur Beschichtungsanlage. 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 gepulsten 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 für optische Filter in Laseroptiken und für Spektroskopie-Anwendungen bzw. Antireflex-Schichten auf Brillengläsern und für autostereoskopische 3D-Displays
- Piezoelektrische Schichten mit hohen Piezokoeffizienten für Mikrosysteme (MEMS), Hochfrequenzfilter (BAW), die Ultraschallmikroskopie sowie Systeme zur Mikroenergiegewinnung
- Elektrische Isolationsschichten für Sensoren (u. a. bauteilintegriert), für die Mikroelektronik und für die Photovoltaik
- Funktionelle Schichten für Oberflächenwellen-Bauelemente, für elektronische und MEMS-Komponenten (z. B. Temperaturkompensations- und Widerstandsschichten)
- Passivierungs-, Schutz- und Barrierschichten für Sensorik und Elektronik
- Titandioxid-Schichten für Produkte mit photokatalytischen, antimikrobiellen und photo-induzierten superhydrophilen Eigenschaften sowie für die Gas- und Feuchtesensorik



## IM PROFIL



Budget  
3.090.000 €



Förderung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch das Bundesministerium  
für Bildung und Forschung.  
Förderkennzeichen: 03V0763, 01DJ150058,  
13N13171, 13N13731

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch das Bundesministerium  
für Wirtschaft und Energie.  
Förderkennzeichen: 0325891C



Gefördert durch das  
Sächsische Staatsministerium für  
Wirtschaft, Arbeit und Verkehr.  
Förderkennzeichen: 100206218, 100206481



Gefördert durch das  
Sächsische Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst.  
Förderkennzeichen: 100251042

Forschungsnetzwerk  
Mittelstand



Gefördert im Rahmen des Programms  
zur Förderung der Industriellen Gemein-  
schaftsforschung (IGF) vom Bundesminis-  
terium für Wirtschaft und Energie.  
Förderkennzeichen: KF2147203CS4



Gefördert durch  
die Europäische Union

Gefördert von der Europäischen Kom-  
mission im Horizon 2020 Forschungs- und  
Innovationsprogramm.  
Förderkennzeichen: 655628

## KONTAKT



Dr. Peter Frach  
Telefon +49 351 2586-370  
peter.frach@fep.fraunhofer.de



# FLEXIBLE ORGANISCHE ELEKTRONIK

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

Technologische Innovationen, Produktentwicklungen und -innovationen auf Basis zahlreicher Prozesse und Anlagen sowie eines Reinraums sind die Stärke des Geschäftsfelds. Es stehen verschiedene Beschichtungstechnologien, wie die Vakuumverdampfung von organischen und anorganischen Materialien, die Atomic-Layer-Deposition (ALD), genauso wie Druck- und Laminationsverfahren sowie Laserablation zur Verfügung. Viele dieser Prozesse können ohne Vakuumbruch oder unter Inertbedingungen durchgeführt und kombiniert werden. Flankiert werden die präparativen Technologien durch leistungsfähige Mess- und Charakterisierungseinrichtungen, die auf die elektrische und optische Analyse von OLED, organischen Solarzellen und Photodioden optimiert sind.

Die Entwicklung für flexible OLED-Module findet sowohl auf Einzelsubstraten (Bögen) als auch Rollenware (Rolle-zu-Rolle) statt. Eine Prozessierung auf starren Substraten, wie Glas oder Metallplatten, ist ebenfalls möglich.

Das Geschäftsfeld bietet seinen Kunden die Entwicklung von Prozessen und Technologien zur effektiven Herstellung innovativer OLED-Beleuchtungslösungen. Typische Aufgaben betreffen u. a. das kundenspezifische Layout und Herstellung von OLED-Demonstratoren zur Erschließung neuer Anwendungsfelder, Schichtstapel-Entwicklung und Effizienzsteigerung

für OLED sowie Evaluierung von Barrierefolien und anderen Materialien für flexible OLED.

Hierfür bietet das Geschäftsfeld unter anderem folgende Leistungen:

- Prozess- und Technologieentwicklung von OLED-Beleuchtung auf starren und flexiblen Substraten
- Applikationsintegration
- Demonstratorentwicklung und -fertigung
- Machbarkeitsstudien, Beratung, Schulung
- Pilotfertigungsmöglichkeiten für kleine Serien bzw. Transfer zu anderen Fertigungsfirmen

Auch im Jahr 2016 wurden eine Vielzahl von Projekten mit industriellen Auftraggebern als auch öffentlich geförderte Projekte – wie z. B. das Projekt „flex+ Cluster für flexible Elektronik“ im Rahmen des BMBF-Förderprogramms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ – erfolgreich bearbeitet und abgeschlossen. Neue Projekte, die das Geschäftsfeld in seiner Entwicklung unterstützen, wurden erfolgreich akquiriert. So wird im Rahmen des Vorhabenverbunds Effiziente Kabinenarchitekturen (EFFKAB) innerhalb des Luftfahrtforschungsprogramms der Bundesregierung die neue OLED-Technologie für eine individualisierte, großflächige, dynamische Beleuchtung entwickelt. Ziel ist es, mit OLED-Beleuchtungselementen in



Zukunft die vorhandenen Fensterflächen zu substituieren und ein vollkommen neuartiges Flugerlebnis für die Passagiere zu ermöglichen. Der Ersatz dieser Technologie wird zu Änderungen in der Flugzeugbauweise, zu Gewichteinsparungen, und damit zur Verbesserung der Gesamtkoeffizienz eines Flugzeugs führen. Für die Passagiere bringt die neue Technologie zudem neue Interaktionsmöglichkeiten. Die zu entwickelnden Leuchtflächen sind individuell ansteuerbar, vergleichbar mit einem niedrig auflösenden Display, und können somit verschiedenste Lichtsituationen und Stimmungen erzeugen.

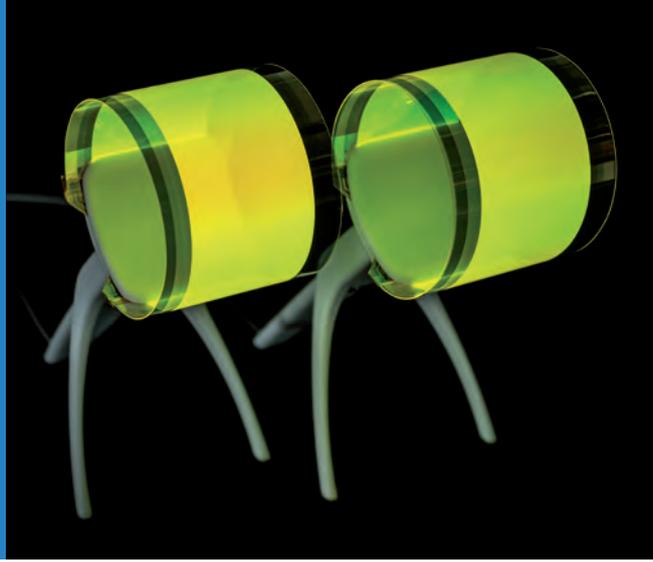
**PI-SCALE: Europäische Open-Access-Pilotlinie zur Fertigung und Integration von flexiblen OLED**

Flexible OLED in Beleuchtungsanwendungen eröffnen eine große Bandbreite an neuen Einsatzmöglichkeiten, z. B. im Bereich der medizinischen Anwendungen zur Lichttherapie, in der Architektur, Luftfahrt oder im Bahnwesen als leichtgewichtige Beleuchtungsalternative oder für diverse Touch-Display-Anwendungen in der Automobilindustrie. Eine große Zahl an Anwendungsideen und OLED Produkten existieren bereits. Ebenso stehen die neuesten Forschungsergebnisse und technologisches Know-how zur Nutzung bereit.

Seit 2016 wird im Rahmen des EU-geförderten Projekts „PI-SCALE“ eine gemeinsame Open-Access-Pilotlinien-Infrastruktur für flexible OLED-Technologie gemeinsam mit anderen europäischen Forschungszentren eingerichtet. Ziel des Projekts ist die Beschleunigung der Industrialisierung der flexiblen OLED-Technologie in Europa.

Im Jahr 2016 startete das PI-SCALE-Projekt mit dem Ziel, eine weltweit führende Open-Access-Pilotlinie in Europa zu etablieren, die die Herstellung flexibler OLED und die Systemintegration in Produkte ermöglicht. Erreicht wird dies durch die Zusammenarbeit der besten europäischen F&E-Anbieter von Infrastruktur und Know-how an verschiedenen Standorten in einer durchgängigen Pilotlinie. Der entstehende Pilotlinienservice

ermöglicht Unternehmen jeder Größe den schnellen und kosteneffizienten Test und die Aufskalierung ihrer flexiblen OLED-Leuchtquellen und soll diese auf ein Niveau bringen, auf dem sie reif für den Transfer in die Massenproduktion sind. Fraunhofer FEP ist innerhalb PI-SCALE für die Rolle-zu-Rolle-Anodenabscheidung auf Barrierefolien (im Geschäftsfeld Flache und Flexible Produkte) sowie für die OLED-Abscheidung mittels Verdampfungsprozessen verantwortlich. Die Barrierefolien werden vom Projektpartner Holst Centre produziert. Die OLED-Abscheidung kann mittels Rolle-zu-Rolle (R2R)- oder Sheet-to-Sheet (S2S)-Verfahren erfolgen. Mit dem R2R-Prozess können endlos lange Streifen mit bis zu 30 lm/W und mit S2S hochqualitative OLED mit hoher Performance hergestellt werden. Als Substrate werden hauptsächlich Kunststofffolien oder Ultradünnglas genutzt. Bereits im ersten Projektjahr konnte gezeigt werden, dass die S2S- und R2R-Prozesse erfolgreich und mit einer Initialausbeute von 100 % laufen. Die R2R-Pilotlinie hat bereits 15 m lange OLED-Streifen mit einer Effizienz von mehr als 25 lm/W und nahezu 100 % Ausbeute hervorgebracht. Insgesamt wurden ca. 50 m OLED im R2R-Prozess im Rahmen des PI-SCALE-Projekts hergestellt. Diese haben eine durchschnittliche Effizienz von 30 lm/W. Um die Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit der Pilotlinie zu zeigen, ist eine monatliche Produktion von 15 m langen OLED in R2R und deren Evaluation geplant. Für den S2S-Prozess ist eine monatliche Serie von vier 6-inch-Platten vorgesehen, um die operative Leistungsfähigkeit der Pilotlinie im Produktionsprozess zu zeigen. Um die Ziele des Projektes zu erreichen und die Funktionalität des Pilotlinienservices zu beweisen, sind Partner entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Konsortium vertreten – vom Materiallieferanten bis zum Endanwender. Zusammen mit weiteren Technologiepartnern werden kundenspezifische OLED-Lösungen unter Berücksichtigung des Preis-Leistungs-Verhältnisses angeboten. Ab Juli 2017 steht der Pilotlinienservice für Kunden zur Verfügung, um einzigartige und kundenspezifische flexible OLED auf Dünnglas oder Kunststoffolie aus dem R2R- oder S2S-Prozess zu liefern.



---

## IM PROFIL



Budget  
4.490.000 €



Förderung



Gefördert durch  
die Europäische Union

*Gefördert von der Europäischen Kommission im Horizon 2020 Forschungs- und Innovationsprogramm.  
Förderkennzeichen: 688093*

---

## KONTAKT



*Dr. Christian May  
Telefon +49 351 8823-309  
christian.may@fep.fraunhofer.de*



Fraunhofer  
FEP

# MIKRODISPLAYS UND SENSORIK

## **Entwicklungs- und Anwendungsbeispiel: Die stromsparende Datenbrille**

Datenbrillen spiegeln Information vor das Auge, ohne die Sicht des Trägers zu stören. Bisher macht der Akku schnell schlapp, weil Elektronik und Display beim Abspielen der Bilder viel Strom verbrauchen. Fraunhofer FEP hat ein Energiespardisplay entwickelt, das den Stromverbrauch auf einen Bruchteil reduziert.

Datenbrillen spielen über ein kleines Display Informationen oder Bilder auf das Auge, die über eine Funkverbindung vom Brillengestell empfangen werden. Der große Vorteil: Mit der Datenbrille bleiben die Hände frei – ein Smartphone hingegen muss man in die Hand nehmen. Das ist für Mechaniker interessant, die über die Datenbrille Montagehinweise und Konstruktionspläne betrachten können, während sie mit den Händen die Werkzeuge halten. Auch für Sportler werden Datenbrillen zunehmend attraktiv. Mountainbike-Fahrern zum Beispiel spielen sie während der Fahrt über Stock und Stein Navigationspfeile vor. Die Radler können die Hände am Lenker lassen. Das Smartphone mit dem Navi bleibt in der Hosentasche. Trotz solcher Vorteile haben Datenbrillen den

Durchbruch noch nicht wirklich geschafft. Ein Problem: Die Displays verbrauchen viel Strom, weil für das Videobild viele Daten verarbeitet werden müssen. Meist ist nach einer Stunde Schluss. Zudem laufen die Mikroprozessoren schnell heiß. Das Brillengestell erwärmt sich, was gerade an der empfindlichen Schläfe unangenehm ist.

Ingenieure vom Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden haben ein besonders energiesparendes und zugleich sehr helles Display entwickelt. Die Wissenschaftler haben langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von Displays mit organischen Leuchtdioden (OLED). Diese basieren auf elektrisch leitfähigen organischen Halbleitern, die unter Spannung und bei Stromfluss sehr helles Licht abgeben. Die OLEDs werden auf einen Silizium-Halbleiter aufgetragen, der die einzelnen Pixel ansteuert. In einigen Ausführungen hat Fraunhofer FEP zudem eine Kamerafunktion in den Chip integriert. So können die OLED-Mikrodisplays nicht nur Licht abgeben, sondern auch die Umgebung wahrnehmen. Dazu sitzt in jedem Pixel eine kleine lichtempfindliche Photodiode. Die Kamerafunktion ist zum Beispiel wichtig, um festzustellen, in welche Richtung der Brillenträger gerade blickt. Diese Displays haben jedoch



dasselbe Problem wie alle anderen Displays für Datenbrillen auch – den hohen Stromverbrauch.

### **Datenstrom reduziert**

Damit ein bewegtes Videobild nicht flackert, müssen in einer Sekunde wie bei einem Daumenkino nacheinander viele Bilder abgespielt werden – im Falle des Videodisplays sind es 60 Bilder. Die Steuerelektronik und der Chip müssen also große Datenmengen in Sekundenbruchteilen verarbeiten. Das frisst Strom. Zudem heizen sich der Chip und die Steuerelektronik auf. Projektleiter Philipp Wartenberg und seine Kollegen vom Fraunhofer FEP haben nun einen Weg gefunden, den großen Datenstrom zu verkleinern. »Wir steuern den Chip jetzt so, dass nicht ständig das gesamte Videobild erneuert wird, sondern nur jener Teil auf dem Display, in dem sich etwas verändert.« Läuft beispielsweise in einem Film ein Schauspieler durch ein Zimmer, ändert sich nur dessen Position, der Hintergrund hingegen nicht. Bei Anwendungen wie einem Navigationssystem für Radfahrer, bei dem nur Pfeile oder Meterangaben eingeblendet werden, sei es ohnehin unnötig, ständig das ganze Bild zu erneuern, sagt Wartenberg. »Vereinfacht gesagt, haben wir die Schaltung jetzt so angepasst, dass sie nur jenen Teil des Datenstroms durchlässt, der sich verändert.«

### **Halbleiter und Steuerungselektronik neu design**

Inzwischen existiert ein Prototyp, den die Experten 2016 erstmalig während der Messe „electronica“ in München vorstellten. Die Energieersparnis ist beachtlich: Während eine gewöhnliche Datenbrille eine Leistung von 200 Milliwatt benötigt, kommt das FEP-Display mit zwei bis drei Milliwatt aus – einem Hundertstel. Trotzdem leuchtet es dank der OLED-Technologie hell. Um den Video-Datenstrom zu reduzieren, mussten Wartenberg und seine Kollegen das

Design des Chips und die Steuerungselektronik zunächst in großen Teilen neu entwerfen. Die Pixel heutiger Displays, die auf eine schnelle, wiederholte Bilddarstellung ausgelegt sind, hören normalerweise nach kurzer Zeit auf zu leuchten. Bei einem Modell, das nicht ständig den gesamten Bildschirm aktualisiert, darf das nicht sein, weil die stillen Bereiche des Displays sonst schnell schwarz erscheinen. Die Entwicklung des Fraunhofer FEP steuert die Pixel so an, dass sie weiterleuchten. Wartenberg kann sich vorstellen, dass das Display künftig nicht nur für die Industrie, sondern vor allem auch für Privatkunden und Sportler interessant sein könnte. Jogger könnten damit permanent ihren Puls kontrollieren und müssten im Lauf nicht mehr auf das wackelnde Smartphone-Display schauen.

Inzwischen ist auch der Transfer in die Industrie/Fertigung gelungen: Ein europäischer Mikrodisplay-Hersteller wird ein erstes Modell des stromsparenden Mikrodisplays 2017 kommerzialisieren.

Das Geschäftsfeld Mikrodisplays & Sensorik des Fraunhofer FEP steht für weitere kundenspezifische Mikrodisplay-Technologie- und Produktentwicklungen sowie Transfer an Kunden gern zur Verfügung – sprechen Sie uns an.



---

## IM PROFIL



Budget  
2.990.000 €

---

## KONTAKT

*Dr. Uwe Vogel*  
Telefon +49 351 8823-282  
[uwe.vogel@fep.fraunhofer.de](mailto:uwe.vogel@fep.fraunhofer.de)





HS LOT 039068  
2016-01  
CE -250

EN 868  
7.5X

# ELEKTRONENSTRAHLTECHNOLOGIE FÜR MEDIZINISCHE APPLIKATIONEN

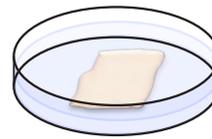
Die niederenergetische Elektronenstrahlbehandlung ist vielseitig für medizinische Applikationen einsetzbar. Neben der Sterilisation soll diese Technologie nun auch zur Modifikation von zellfreien Gerüsten sowie zur Funktionalisierung von Oberflächen mit phyto-genen Wirkstoffen genutzt werden.

## **Elektronenstrahlbehandlung zellfreier biologischer Gerüste**

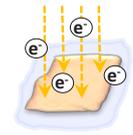
Über 11.000 Herzklappen wurden im Jahr 2015 alleine in Deutschland laut Leistungsstatistik der Fachgesellschaft der deutschen Herzchirurgen ersetzt. Aufgrund der Spenderknappheit humaner Präparate kommen hierbei auch Herzklappen tierischen Ursprungs zum Einsatz. Die sogenannten biologischen Herzklappenprothesen werden aus Schweine- oder Rinderperikard, einem kollagenhaltigen Gewebe, das das Herz umschließt, hergestellt. Kommerziell verfügbare biologische Herzklappenprothesen werden mit der toxischen Chemikalie Glutaraldehyd vernetzt, um eine Stabilisierung sowie Desinfektion des Gewebes zu erzielen. Allerdings führt diese Behandlung zu einem frühzeitigen Funktionsverlust durch Kalzifizierung des Gewebes. Aktuell wird von einer Lebensdauer von 10 – 15 Jahren ausgegangen. Die Etablierung einer neuartigen Behandlungsmethode, die eine Stabilisierung des Gewebes mit einer sicheren Sterilisation koppelt, ist ein Forschungsschwerpunkt der Arbeitsgruppe „Medizinische Applikationen“. Durch diese neuartige Methode soll die Freisetzung toxischer Chemikalien ins Blut sowie die Kalzifizierung und der damit verbundene Funktionsverlust verhindert werden.

Der Ablauf ist schematisch in Abbildung 1 zu sehen. Hierzu wurde zunächst ein zellfreies Gerüst aus Schweineperikard hergestellt. Die Abwesenheit zellulärer Bestandteile minimiert die Aktivierung des Immunsystems und beugt somit dem Abbau des als fremd wahrgenommenen Transplantates im Empfängerorganismus vor. Durch den Zusatz von nicht-toxischen Vernetzungsinitiatoren und einer Elektronenstrahlbehandlung gelang es nicht nur die Perikardien zu sterilisieren, sondern auch den Abbau des Gewebes zu verlangsamen. Dies wurde in einem in-vitro-Modell analysiert. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass dieses Material das Potential besitzt den Verformungen und Drücken, die im menschlichen Körper auf eine Herzklappe wirken, Stand zu halten.

Diese Technologie lässt sich für die Oberflächenmodifizierung und Sterilisation einer Vielzahl von weiteren biologischen Materialien einsetzen. Die Sterilisation von azellulären Gewebetransplantaten, wie z. B. Sehnen und Bändern durch nichtthermische Elektronenstrahlbehandlung könnte für den routinemäßigen Einsatz in Gewebebanken weiterentwickelt werden. Auch für die Vernetzung und simultane Sterilisation weiterer kollagenhaltiger Gewebe, sowie Gerüsten für das Tissue Engineering ist sie äußerst reizvoll.



Dezellularisierung von Schweineperikardien



Sterilisation und Modifikation durch das neuartige Verfahren

1

### Fixierung phytogener Wirkstoffe mit niederenergetischen Elektronenstrahlen

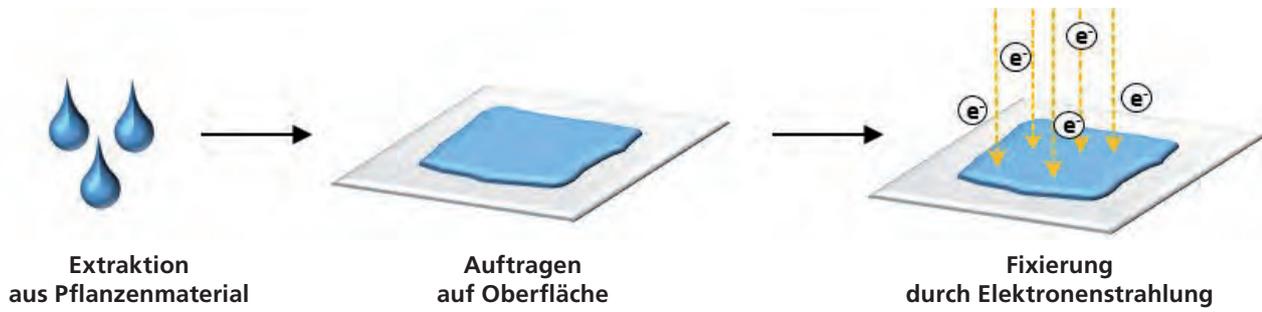
Die Funktionalisierung von Oberflächen ist in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der Wissenschaft und Forschung gerückt. Durch die Anwendung verschiedenster Techniken können beispielsweise die Oberflächenenergie, Biokompatibilität und Korrosionsbeständigkeit einer Oberfläche beeinflusst sowie dem Material neue Eigenschaften, wie eine antimikrobielle Wirksamkeit, verliehen werden. Letzteres wird durch unterschiedliche Substanzen, die diese Eigenschaft aufweisen, erreicht. Neben herkömmlichen Stoffen anorganischen Ursprungs, wie zum Beispiel Silber oder Aluminium, bietet auch die Pflanzenwelt ein großes Repertoire an antimikrobiellen Wirkstoffen.

Bei der Funktionalisierung einer Oberfläche mit phyto generen Wirkstoffen müssen diese an der Oberfläche fixiert werden. Die Herausforderungen dabei sind die Schaffung einer stabilen Bindung sowie die Sicherstellung des Funktionserhalts der Wirkstoffe. Eine Möglichkeit, diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist die Fixierung der Wirkstoffe mit niederenergetischen Elektronenstrahlen.

Dazu erfolgt in einem ersten Schritt die Extraktion der antimikrobiellen Wirkstoffe aus dem Pflanzenmaterial. Der Pflanzenextrakt wird im Anschluss auf ein biokompatibles Silikon aufgetragen und schließlich das Produkt mit dem niederenergetischen Elektronenstrahl behandelt (Abbildung 2). Der Einsatz zusätzlicher Chemikalien oder Hilfsstoffe zur Fixierung entfällt. In einem Modellbeispiel konnte dabei gezeigt werden, dass die Haftung des Pflanzenextraktes an das biokompatible Silikon durch die Einwirkung von Elektronenstrahlung in Abhängigkeit von der applizierten Dosis um den Faktor 3 verbessert wird. Zudem ist ab einer Dosis von 25 kGy der positive Nebeneffekt der Sterilität des Produktes zu verzeichnen.

Des Weiteren wurde der Funktionserhalt der Wirkstoffe, nach der Elektronenstrahlbehandlung und Fixierung am Substrat, experimentell untersucht. Da die phyto genen antimikrobiellen Wirkstoffe den mikrobiellen Stoffwechsel derart beeinflussen, so dass die Vermehrungsfähigkeit der Mikroorganismen unterbunden wird, erfolgte der Nachweis mit Hilfe des Hemmhoftestes. Es konnte gezeigt werden, dass das substratfixierte Pflanzenextrakt weiterhin eine antimikrobielle Wirksamkeit aufweist.

Durch die Verwendung von Pflanzenmaterial als funktionsgebendes Element können die verschiedenen gesundheitsfördernden Wirkungen der Pflanzeninhaltsstoffe ausgenutzt werden. Die positiven Eigenschaften und die gute Verträglichkeit der Pflanzenwirkstoffe lassen sich mit einer Vielzahl organischer Materialien kombinieren und führen so zu vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten. Diese sind beispielsweise im Bereich von Wundauflagen, in der Filtertechnik oder auch in der Kosmetik- und Textilindustrie zu sehen. Zukünftig werden daher weitere Untersuchungen zur Fixierung biologischer Wirkstoffe an verschiedenste Substrate erfolgen, um den Anforderungen der vielfältigen Industriezweige gerecht zu werden.



2

---

## IM PROFIL



Budget  
850.000 €

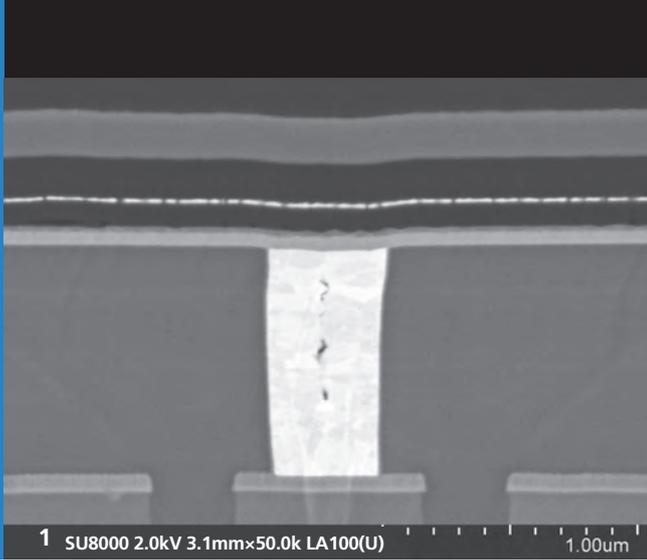
---

## KONTAKT

*Dr. Jessy Schönfelder*  
Telefon +49 351 2586-360  
[jessy.schoenfelder@fep.fraunhofer.de](mailto:jessy.schoenfelder@fep.fraunhofer.de)

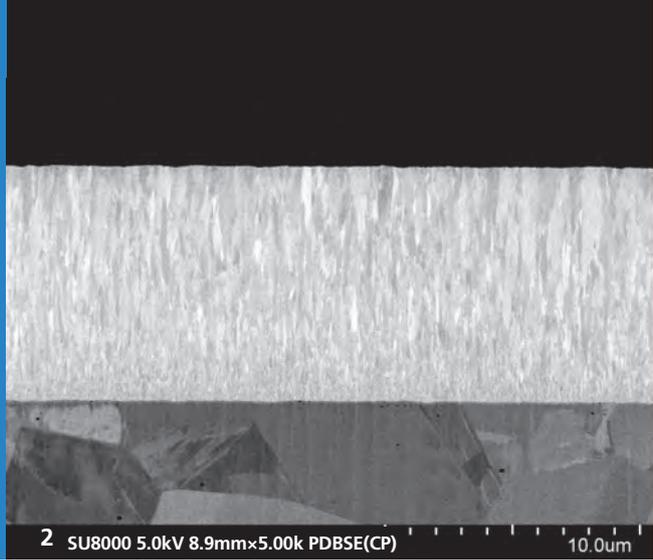






1 SU8000 2.0kV 3.1mm×50.0k LA100(U)

1.00µm



2 SU8000 5.0kV 8.9mm×5.00k PDBSE(CP)

10.0µm

## WERKSTOFFKUNDE / ANALYTIK

Ionenpräparation - ein leistungsstarkes Werkzeug für die Rasterelektronenmikroskopie

Für hochauflösende, rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen ist eine Ionenpräparation ein sehr leistungsstarkes Werkzeug. Die vielfältigen Anwendungen am Fraunhofer FEP reichen von Schichtsystemen für OLED Mikrodisplays und Brennstoffzellen über Lithium-Ionen-Akkumulatoren bis hin zu wertvollen Objekten unseres kulturellen Erbes.

Durch die zunehmende Anwendung von Schichtsystemen und Verbundwerkstoffen mit vielfältigen Materialkombinationen kommt einer qualitativ hochwertigen und effektiven Probenpräparation eine immer größere Bedeutung zu. Insbesondere für die hochauflösende, rasterelektronenmikroskopische Struktur- und Grenzflächenuntersuchung dünner Schichten werden sehr gute Präparate benötigt. Eine sehr leistungsstarke Methode ist dabei die am Fraunhofer FEP verwendete Ionenpräparationstechnik von Querschnitten. Diese Präparation wird in einem zusätzlichen Gerät außerhalb des Rasterelektronenmikroskops durchgeführt und erlaubt die Herstellung von ionenpolierten Querschnitten mit sauberer und spiegelglatter Oberfläche. Die relativ große polierte Fläche von etwa 1 mm Breite und bis zu 1 mm Tiefe erlaubt die repräsentative Untersuchung einer großen Vielfalt unterschiedlichster Proben. Ein besonderer Vorteil ist außerdem, dass mit dieser Methode nahezu alle Materialien wie Metalle, Polymere, Halbleiter, Keramiken und Papier problemlos geschnitten und poliert werden können, welche durch eine konventionelle, metallographische Präparation nicht oder nur sehr schwer zu präparieren wären.

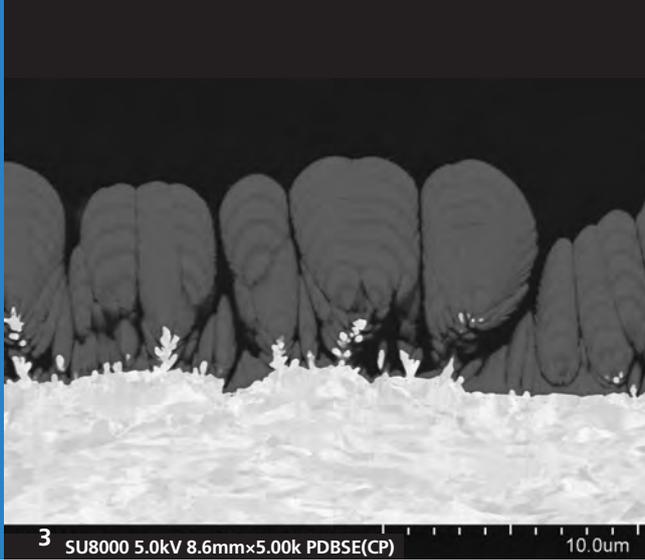
Die Abbildung 7 zeigt ein Schema der verwendeten Ionenpräparation. Aus einer Ionenquelle wird ein Ar-Ionenstrahl mit

einer Halbwertsbreite von etwa 500 µm und einer maximalen Beschleunigungsspannung von 6 keV extrahiert, welcher dann senkrecht auf die Probenoberfläche trifft. Ein Teil der Probenoberfläche wird dazu durch eine Blende vor dem Ätzabtrag geschützt, während der unter der Blende herausragende Teil der Probe durch den Ionenbeschuss abgetragen wird. Die Position des zu präparierenden Querschnittes wird somit durch die Kante der Blende und deren Justierung auf der Probe vorgegeben.

Die Untersuchung der Querschnitte erfolgt dann im Rasterelektronenmikroskop. Durch die saubere Oberfläche des polierten Querschnittes kann das Gefüge polykristalliner Materialien im Kristallorientierungs- bzw. im Channelling-Kontrast untersucht werden. Mehrphasige Gefüge oder Schichten unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung können sehr gut mit rückgestreuten Elektronen im Materialkontrast bzw. Ordnungszahlkontrast abgebildet werden. Im Folgenden sollen dazu einige Anwendungen der Ionenpräparation für die elektronenmikroskopische Abbildung etwas näher erläutert werden.

### Schichtsysteme für OLED Mikrodisplays

Für die Herstellung von OLED Mikrodisplays sind sehr viele Prozessschritte und verschiedene Beschichtungsverfahren



erforderlich. Die organischen lichtemittierenden Schichten werden auf einem CMOS-Wafer Substrat mit ansteuerbaren Pixeln und metallischen Kontakten abgeschieden. Auf dem OLED-System befinden sich dann noch eine sehr dünne metallische Kathodenschicht, eine Lichtauskopplungsschicht und eine Verkapselung zum Schutz vor Wasserdampf und Sauerstoff. Die Leistungsfähigkeit des gesamten Mikrodisplays wird durch die präzise, homogene und möglichst defektfreie Abscheidung aller benötigten zum Teil sehr dünnen Schichten bestimmt. Für die Technologieentwicklung und die Qualitätskontrolle sind deshalb hochauflösende Untersuchungen der einzelnen Schichten und deren Grenzflächen erforderlich.

Bild 1 zeigt den ionenpräparierten Querschnitt eines OLED-Schichtsystems auf einem CMOS-Silizium-Versuchswafer mit den entsprechenden dünnen metallischen Kontaktschichten und dem darüber befindlichen Schichtsystem für die Verkapselung. Alle Schichten sind sehr gut im Materialkontrast zu erkennen und können so zum Beispiel hinsichtlich vorhandener Defekte, ihrer Dicke und Homogenität untersucht werden.

### YSZ-Schichten für Brennstoffzellen

Dünne yttriumstabilisierte Zirconiumdioxid-Schichten (YSZ) werden aufgrund ihrer hohen ionischen Leitfähigkeit für Sauerstoff und einer geringen Elektronenleitfähigkeit als Feststoffelektrolyt in der Brennstoffzelle eingesetzt. Gleichzeitig müssen die Schichten eine sehr hohe Dichte und geringe Durchlässigkeit gegenüber den verwendeten Gasen aufweisen. Eine deutliche Erhöhung der Dichte von durch EB-Verdampfung abgeschiedenen YSZ-Schichten kann durch eine zusätzliche Plasmaaktivierung während der Elektronenstrahlbedampfung erreicht werden. Die Plasmaaktivierung durch eine diffuse Vakuumbogenentladung bewirkt ein energiereiches Teilchenbombardement während des Schichtwachstums. Die am Substrat auftreffenden Teilchen haben durch die Plasmaaktivierung eine erhöhte Beweglichkeit, wodurch dichte YSZ-Schichten mit geringer Gasdurchlässigkeit abgeschieden werden können.

Durch REM Untersuchungen an ionenpolierten Querschnitten im Elektronen-Channelling-Kontrast kann der Einfluss der Plasmaaktivierung auf das Gefüge dieser Schichten detailliert untersucht werden.

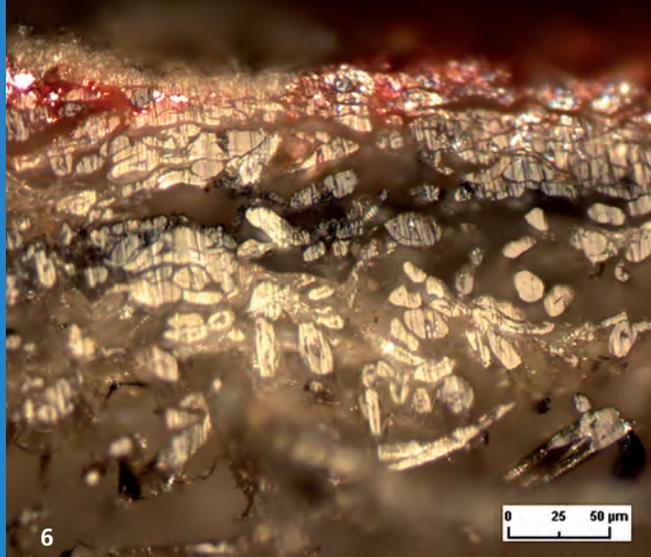
Bild 2 zeigt dazu eine YSZ-Schicht, welche mit optimierten Prozessparametern der Plasmaaktivierung abgeschieden wurde. Die YSZ-Schicht weist ein überwiegend kolumnares, nanokristallines und dichtes Gefüge mit lateralen Korngrößen von bis zu 250 nm auf. An den Korngrenzen ist keine Porosität zu erkennen.

### Siliziumschichten für Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Siliziumschichten sind aufgrund ihrer hohen spezifischen Kapazität ein potentielles Anodenmaterial für Lithium-Ionen-Akkumulatoren. Außerdem hat Silizium ein geringes Potential gegenüber Lithium. Ein bedeutender Nachteil ist jedoch eine sehr große Volumenausdehnung bei der Lithiumaufnahme von bis zu 400 %. Ein möglicher Ansatz zur Tolerierung dieser sehr starken Volumenänderungen bei der Lithiierung und Delithiierung ist die Abscheidung von hochporösen Siliziumschichten. Dazu werden zum Beispiel dünne Kupferfolien als Substrat verwendet, welche an der Oberfläche eine dendritische Struktur aufweisen. Durch die Keimbildung an diesen Kupferdendriten erfolgt ein nodulares Wachstum der Siliziumschichten. Die nodularen Strukturen verursachen aufgrund ihrer unterschiedlicher Ausrichtung zur Substratnormalen Abschattungseffekte, wodurch eine hohe Porosität innerhalb der Schichten entsteht. Bild 3 zeigt die FE-REM Aufnahme des Gefüges einer solchen porösen Siliziumschicht auf Kupferfolie. Durch die Ionenpräparation ist es möglich, die erzeugte Porosität in den Schichten zu untersuchen. Gleichzeitig ist die Keimbildung der Siliziumschicht an den Kupferdendriten sehr gut zu erkennen.

### Analysen an Originalhandschriften aus dem 15. Jahrhundert

In einem Projekt zum Kulturguterhalt führen wir zurzeit analytische Untersuchungen zum Schadensbild von

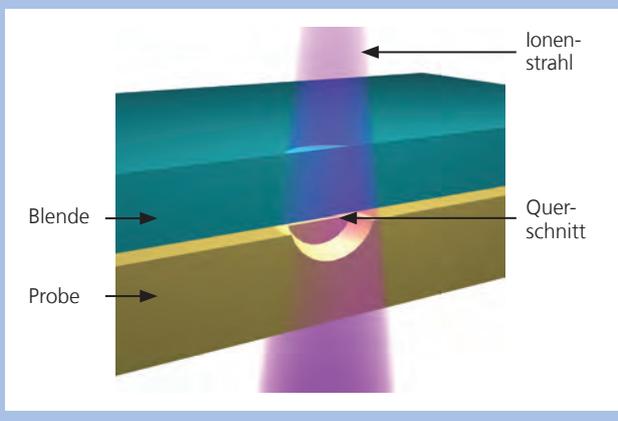


schwerstgeschädigten, stark abgebauten und fragmentierten Hadernpapieren der Sächsischen Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden durch. Ziel der Untersuchungen ist es, einen Beitrag zur Erarbeitung eines Restaurierungskonzeptes für solche Objekte zu leisten.

Dabei geht es unter anderem um sehr wertvolle Papierhandschriften, wie zum Beispiel ein mittelalterliches Rechtsbuch aus dem Jahr 1405 (Signatur Mscr. M28), das unter anderem auch den berühmten Sachsenspiegel von Eike von Repgow enthält. Diese Handschrift wurde zusammen mit anderen wertvollen Objekten der ehemaligen Sächsischen Landesbibliothek im vermeintlich bombensicheren Tiefkeller des Japanischen Palais in Dresden aufbewahrt. Nach der Bombardierung Dresdens im Februar 1945 drang während des mehrtägigen Brandes Grund- und Löschwasser ein, welches zu massiven Schäden an den Objekten geführt hat. Unter anderem sind die vorhandenen Fragmente und einzelnen Blätter miteinander verblockt und man sucht jetzt nach restauratorischen Möglichkeiten, diese Verblockungen zu lösen.

Um die Ursachen der Verblockung der Hadernpapiere zu analysieren, wurden Untersuchungen an sogenannten Dummy-Proben mit vergleichbarem Schadensbild aber auch an einem sehr kleinen Fragment des Originals (Bild 4) durchgeführt. REM-Untersuchungen an der Originalhandschrift zeigen einen starken Befall mit Schimmelpilzen. Deutlich sind an der Oberfläche der verblockten Blätter sowohl Pilzhyphen als auch Sporen zu erkennen (Bild 5). Mit Hilfe der Ionenpräparation war es möglich einen glatten Schnitt durch mehrere Blätter des verblockten Papiers zu präparieren (Bild 6). Dabei sind die Grenzflächen zwischen den einzelnen Blättern zu erkennen, welche zeigen, dass die Fasern der verschiedenen Blätter an den Grenzflächen miteinander verklebt sind. Diese Verklebungen gilt es nun durch restauratorische Maßnahmen möglichst schonend und zerstörungsfrei zu lösen.

7 Schema der Ionenpräparation von Querschnitten



## KONTAKT



Dr. Olaf Zywitzki

Telefon +49 351 2586-180

olaf.zywitzki@fep.fraunhofer.de



# ENTWICKLUNG DES TOROIDAL-ELEKTRONEN-STRAHLERS 120-180

Für die Saatgutbehandlung mit niederenergetischen Elektronen wurde im Fraunhofer FEP eine neuartige Toroidal-Elektronenquelle entwickelt, die sich durch einfachen Aufbau und kompakte Bauform auszeichnet. Dadurch ist sie für den Einsatz in einer mobilen und wirtschaftlich effizienten Durchlaufanlage für die allseitige Elektronenbehandlung von Schüttgütern prädestiniert.

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.

Seit über 20 Jahren wird im Fraunhofer FEP an der Entwicklung und Diversifizierung von Technologien für die Saatgutbehandlung mit beschleunigten Elektronen gearbeitet. Auf dieser Grundlage konnte das Fraunhofer FEP gemeinsam mit Partnern sowohl mobile als auch stationäre Saatgutbehandlungsanlagen mit einem Durchsatz von 25 bis 30 t/h entwickeln und zum Einsatz in der landwirtschaftlichen Produktion an unsere Kunden übergeben.

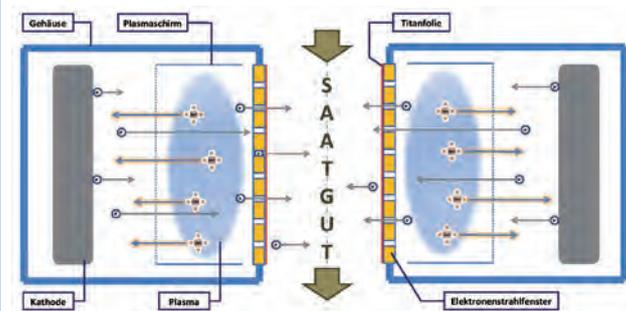
Die Erschließung eines breiteren Kundenkreises für die Elektronenbehandlung mit Saatgut motivierte nun die Entwicklung

einer mobilen und wirtschaftlich effizienten Anlage für einen Durchsatz von 5 bis 15t/h. Voraussetzung dafür war die Umsetzung eines neuartigen Systemkonzeptes.

Kernstück dieser Innovation ist die Verwendung einer plasmabasierten Elektronenquelle mit ringförmiger Kaltkathode als Alternative zu bisher verwendeten Linearquellen mit Glühkathoden.

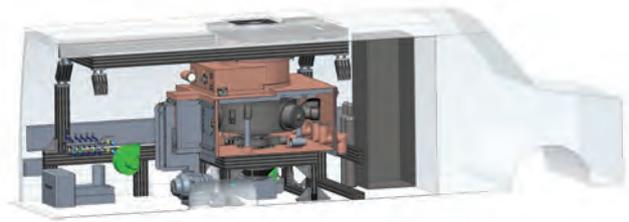
Die Elektronenquelle besteht im Wesentlichen aus drei Funktionsbaugruppen: Elektronenaustrittsfenster, Plasmakammer und Hochspannungskathode, welche gemeinsam in einem Vakuumgehäuse montiert sind. Die innerhalb der Plasmakammer generierten Ionen werden von der 120 kV führenden Kathode angezogen. Durch diesen Ionenbeschuss emittiert die Kathode Elektronen, ohne geheizt werden zu müssen. Die freigesetzten Elektronen erfahren ihrerseits dann eine Beschleunigung im elektrischen Feld der Quelle und fliegen radial konvergierend zum mittig angeordneten Elektronenaustrittsfenster. Wesentlicher Bestandteil dieser Baugruppe ist eine dünne Titanfolie, die das Vakuum im Inneren der Quelle aufrechterhält, aber von den beschleunigten Elektronen passiert werden kann.

## ENTWICKLUNG DES TOROIDAL-ELEKTRONENSTRAHLERS 120-180



Nach dem atmosphärenseitigen Eintritt der beschleunigten Elektronen entfalten diese ihre keimtötende Wirkung am Saatgut, welches bei Umgebungsdruck durch das zylindrische Elektronenaustrittsfenster fällt. Dabei können sowohl rotationssymmetrisch homogene, als auch bereichsspezifische Energiedosen appliziert werden.

Die Vorteile dieser neuen Elektronenquelle sind in ihrem einfachen elektromechanischen Aufbau, moderaten Vakuumanforderungen und damit niedrigen Anschaffungs-, Service- und Wartungskosten, sowie in einem intuitiven Bedienkonzept begründet. Diese positiven Merkmale ermöglichen die künftige Integration in eine mobile Anlage, d.h. der Aufbau erfolgt in einem 12 t-LKW mit Straßenzulassung. Dem interessierten Saatgutproduzenten kann somit ein leistungsstarkes und örtlich flexibles Werkzeug zu günstigen Anschaffungs- und Betriebskosten zur Verfügung gestellt werden.



---

## KONTAKT

*Henrik Flaske*  
Telefon +49 351 2586-308  
[henrik.flaske@fep.fraunhofer.de](mailto:henrik.flaske@fep.fraunhofer.de)







Management  
System  
ISO 9001:2015  
ISO 50001:2011



[www.tuv.com](http://www.tuv.com)  
ID 9105050079

# ANNUAL REPORT 2016/17

# CONTENTS

## GENERAL PART

- Foreword | **51**
- The Institute in Figures | **52**
- Organizational Structure | **54**
- Advisory Board | **55**

## RESEARCH NEWS

- Flat and Flexible Products | **57**
- Coating of metal sheets and strips | **61**
- Electron Beam Applications | **65**
- Coating of components | **69**
- Precision Coating | **73**
- Flexible Organic Electronics | **77**
- Microdisplays and Sensors | **81**
- Electron beam technology for medical applications | **85**
- Materials Analysis | **89**
- Development of the 120-180 toroidal electron beam | **93**

## APPENDIX

- Equipment | **98**
- Fraunhofer Group for Light & Surfaces | **100**
- Memberships and collaboration | **102**
- The Fraunhofer-Gesellschaft | **103**
- Names, Dates and Events | **104**
- Contact | **118**
- Editorial notes | **120**



## FOREWORD

Dear Fraunhofer FEP partners and readers,

we can look back upon a successful 2016 and already a promising start for 2017. After the successful integration of the Organic Electronics division into the institute, the integration of the cost center on the administrative side is also now complete. With that, another large step has been taken in merging the two prior individual institutes.

In terms of science, 2016 has been an exciting and innovative year. Following the first successful experiments for sterilizing biological tissue using low-energy electrons, the results were employed to inactivate viruses and pathogens for the manufacture of vaccines. Dr. Jessy Schönfelder took over as head of the Medical Applications Working Group. The foundation that this work provided enabled a consortium of Fraunhofer FEP and the Fraunhofer Institutes IPA and IZI to attract funding from the Bill & Melinda Gates Foundation for manufacturing efficient polio vaccines.

Electron dressing of seed has a long tradition at the Fraunhofer FEP and has become an important factor in our success. Our scientists are currently working together closely with project partners on the development of a compact, robust, economical, and mobile solution for smaller and medium-sized seed production sites.

Several publicly funded projects were completed. The results of the BMBF "flex25" research project have paved the way for novel products made of fluoropolymer films for buildings. In the area of flexible organic electronics, the two-year "flex+" project was completed. The goal was to develop a comprehensive approach for successful development and manufacturing of flexible electronics. Several new publicly funded projects

commenced. We are now one of the core partners in the consortium funded by the EU for the "PI-SCALE" project, the goal of which is to establish a world-class open-access pilot production line in Europe that will make fabrication of flexible OLEDs possible. We are also working on a roll-to-roll coating process for anodes under the internal Fraunhofer MAVO "LiScell" project to develop battery cell components.

In addition, in this annual report you will find a presentation about our current work in the field of heritage preservation on how analytical studies have contributed to the restoration of original 15<sup>th</sup>-century manuscripts that sustained water damage as a result of the firebombing of Dresden in 1945.

Besides a new generation of bi-directional, high-resolution OLED microdisplays that can be integrated as fingerprint sensors or in data glasses to improve interaction by humans with machines, microdisplays were developed that are particularly efficient yet bright. Thanks to this new technology, these displays consume only one percent of the power that conventional data glasses use.

A further highlight is the coating of ultra-thin glass. The first results of coating large-area flexible OLEDs on ultra-thin glass using roll-to-roll processing and simultaneous vitreous encapsulation have given us cause for optimism.

We would like to warmly thank our customers, partnering organizations, and funding agencies for their interest in our institute, as well as the trust and cooperation they have demonstrated.

*Prof. Dr. Volker Kirchhoff*

## THE INSTITUTE IN FIGURES

### Annual proceeds

The integration process of the two cost centers FEP-061 and FEP-162 (COMEDD) was successfully continued during the 2016 budgetary period. The entire FEP Institute is depicted in the following.

### Annual total expenditures

Total expenditures from the operating and investment budget amounted to 24.3 million EUR. 1.5 million EUR was invested in equipment and infrastructure during the period under consideration, of which 0.1 million EUR was from the central Strategy Fund. These investments serve to continue the activities of the business units and in particular the realization of research projects in progress, while simultaneously representing a guaranty of future research work. Personnel expenditures totaled 12.9 million EUR, representing 57 percent of the operating budget (22.7 million EUR). Material costs amounted to 8.1 million EUR. The internal cost allocation amounted to 1.8 million EUR.

The institute can look back on an eventful business year. Particular challenges in project work included a very high volume of industrial projects as well as demanding deadlines posed by numerous funding processes and proposals. Thanks to successful canvassing efforts, Fraunhofer FEP was able to bring in 7.4 million EUR of new business from industry through direct contracts. Proceeds of 8.6 million EUR were obtained from public projects funded by the federal and state governments. A portion of these, amounting to 2.3 million EUR, was attracted through joint publicly funded projects with mid-cap companies from the Saxony State Ministry of

the Arts and Sciences (SMWK) and the Saxony State Ministry for Economy, Employment, and Transportation (SMWA). The share of proceeds from external projects with business, public clients as well as miscellaneous clients (i.e. the third-party funding portion) was 70.2 percent represented by 16.0 million EUR. The expenditure of institutional capital for the operating budget ran to 6.8 million EUR.

The proceeds broken out by cost center during the reporting period are as follows:

	<b>061</b>	<b>162</b>
▪ Commercial proceeds (commercial contract research)	€ 5.6 million	€ 1.8 million
▪ Public proceeds (federal contract research)	€ 1.7 million	€ 1.1 million
▪ Public proceeds (state contract research)	€ 2.2 million	€ 0.3 million
▪ EU and misc. proceeds	€ 0.8 million	€ 2.5 million

### Personnel development

189 staff members were employed at the institute during the past year, of which seven were trainees, along with 39 student trainees as well as 53 scientific assistants. Of the 89 staff members that were employed as scientists, 21 were additionally working on their doctoral degrees. The proportion of females in the scientific area amounted to 16 percent. The education and training of young scientists again defined the priorities for our personnel strategy during the past year as well. Having provided attractive diploma, bachelor, and doctoral topics enabled highly motivated scientists to be obtained.

## Total expenditures

Staff and material costs  
in million €

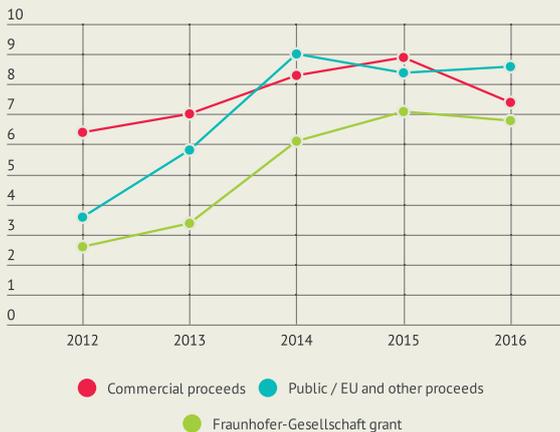


Investments  
in million €

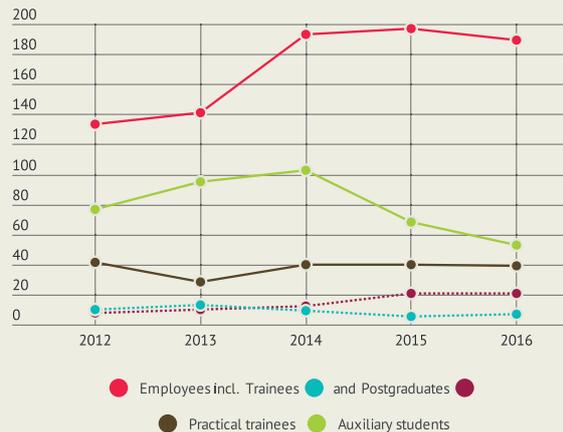


## Operating budget

in million €



## Employee development



# ORGANIZATIONAL STRUCTURE

## INSTITUTE MANAGEMENT

**Director:** Prof. Dr. Volker Kirchhoff

**Deputy Directors:** Dr. Nicolas Schiller | Dr. Uwe Vogel

**Administration:** Veit Mittag

**Marketing:** Ines Schedwill

**Corporate Communications:** Annett Arnold

**Quality / Knowledge Management:** Sabine Nolting

**Protective Rights / Contracts:** Jörg Kubusch

**Team Assistance / Library:** Annett Nedjalkov

**Technical Management:** Gerd Obenaus

**Information Technology:** Roberto Wenzel

## FLEXIBLE ORGANIC ELECTRONICS

**Head:** Dr. Christian May

**S2S Organic Technology:** Claudia Keibler

**Organic Cleanroom:** Maik Schober

**R2R Organic Technology:** Dr. Stefan Mogck

## MICRODISPLAYS AND SENSORS

**Head:** Dr. Uwe Vogel

**Organic Microelectronic Devices:** Dr. Olaf Hild

**IC and System Design:** Bernd Richter

**Microdisplay Cleanroom:** Mario Metzner

## ELECTRON BEAM

**Head:** Prof. Dr. Christoph Metzner

**Electron Beam Processes:** Frank-Holm Rögner

**Metal Coating and PV:** Prof. Dr. Christoph Metzner

## FLAT AND FLEXIBLE PRODUCTS

**Head:** Dr. Nicolas Schiller

**coFlex:** Dr. Matthias Fahland

**novoFlex:** Steffen Straach

**labFlex:** Dr. John Fahlteich

**atmoFlex:** Dr. Steffen Günther

**flatLab:** Dr. Manuela Junghähnel

## PRECISION COATING

**Head:** Dr. Peter Frach

**Static Deposition:** Dr. Hagen Bartzsch

**Dynamic Deposition:** Dr. Daniel Glöß

## MATERIALS ANALYSIS

**Head:** Dr. Olaf Zywitzki

## SYSTEMS

**Head:** Henrik Flaske

**Cooperation:** Steffen Kaufmann

**Prototyping:** Rainer Zeibe

**Electronic Development:** Rainer Labitzke

**Mechanic Development:** Henrik Flaske



## ADVISORY BOARD

### MEMBERS OF THE ADVISORY BOARD

Prof. Dr.	Herwig	Buchholz	Merck KGaA, Global Head R&D – OLED Chemistry/Strategic Developments Chairman of Advisory Board
Dr.	Ulrich	Engel	Deputy Chairman of Advisory Board
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, CEO
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, Institutsdirektor
Prof. Dr.-Ing. habil.	Gerald	Gerlach	TU Dresden, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Institut für Festkörperelektronik, Institutsdirektor
Dipl.-Phys.	Hans-Christian	Hecht	VON ARDENNE GmbH, CTO
	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
	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 / COO
Dr.	Norbert	Thyssen	Infineon Technologies AG, Senior Director R&D
MR	Christoph	Zimmer-Conrad	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Leitung Referat 37: Innovationspolitik, Technologieförderung

### GUESTS OF THE ADVISORY BOARD

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



 **Fraunhofer**  
FEP

# FLAT AND FLEXIBLE PRODUCTS

Flat and flexible products: by this we mean flat materials, such as glass and plastic sheet, and flexible materials such as plastic film, thin metal foils, and membranes. We develop technologies for enhancing the surfaces of these materials in order to make them useful for innovative applications. Our roll-to-roll technologies and in-line processes are highly efficient and can be employed in many ways.

## Substrate materials

Glass and plastic sheets, plastic films, thin metallic foils, and membranes: The goal of our work is to provide the surfaces of these materials with tailored functionality. Glass exhibits high transparency and is extraordinarily weather resistant. Glass with optical or transparent conductive coatings can be employed in architectural, display, and photovoltaic applications. Plastic films are flexible and simultaneously offer large surface areas and low weight. A layer with low water permeability turns plastic films into barrier films for packaging and flexible electronics. Thin metallic foils are finding increasing employment in electrical energy storage media as substrates for energy storage layers. Ultra-thin, flexible glass combines many outstanding properties of glass with those of thin, flexible materials and is developing increasing potential in electronic as well as decorative applications.

We are constantly expanding our palette of the substrate materials we process and are forging ahead with new applications.

## Technological platform

The technological platform is the main tool for our work and is constantly undergoing advanced development. Our technological platform can be used on what appears at first glance to be contradictory types of substrates, such as material that is both flat and flexible, and there are a great number of technological synergies. We have a series of technologies at our disposal for applying thin coatings. These include vacuum coating processes of magnetron sputtering, plasma-assisted deposition, and plasma-assisted chemical vapor deposition. Liquid-phase application by means of slot-die coating at atmospheric pressure has recently been added. In addition to these coating processes, we are also developing surface treatment processes with an electron beam, with plasmas or ions, and with flash-lamp annealing.

All of these technologies are employed in both roll-to-roll and in-line facilities. In addition, our pilot plants facilitate investigation of technical scale-up problems during development projects through to pilot-scale production.



### Surface functionality and applications

The surface properties that can be achieved with these technologies are extremely diverse in nature. Even more diverse is the number of applications, just a few of which can be mentioned here.

Plastic film or plate glass can act as a substrate for an electrode formed of thin, conductive layers (metallic as well as transparent conductive oxides). Transparent electrodes find application in solar cells, flexible electronic components, and in sensors, for example.

A thin layer on a plastic film can form a barrier against the ingress of oxygen or water vapor. If in addition this layer is also transparent, then it is practically invisible to the human eye and does not alter the external appearance of the plastic film. These kinds of transparent barrier films find employment in packaging to protect foodstuffs and medications. Transparent barrier films are also required for encapsulation of flexible electronics and solar cells and represent a very demanding development goal.

Thin layers can create color effects. These can have a purely decorative purpose, but also serve as protection against counterfeiting. Lacquered plastic films can be employed as decorative films for plastic windows.

One interesting focal point of our work in 2016 was a project to develop thin-film technologies for battery applications. A technology is being developed under the LiScell project of the Fraunhofer-Gesellschaft for roll-to-roll deposition of silicon Li-S battery anodes. Thin metallic foils are used here as substrate material for the Si layers. The layers must exhibit high storage capacity for electrical energy

and high dimensional stability during charging cycles.

Our development work addresses mass markets as well as new applications at the pioneer stage.



## PROFILE



**Budget**  
4,540,000 €



**Funding**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

*Funded by the Federal Ministry  
of Education and Research.*

*Funding references: 13N13818, 13N14225,  
03SF0542B, 03V0224*

STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR



*Funded by the Saxon State Ministry of  
Economic Affairs, Labour and Transport.*

*Funding reference: 100236574/3160*



Funded by the  
European Union

*Funded by the European Commission  
in the 7<sup>th</sup> Framework Programme (FP7).*

*Funding reference: 310229*



Funded by the  
European Union

*Funded by the European Commission  
in the Horizon 2020 Programme for  
Research and Innovation.*

*Funding reference: 688093*

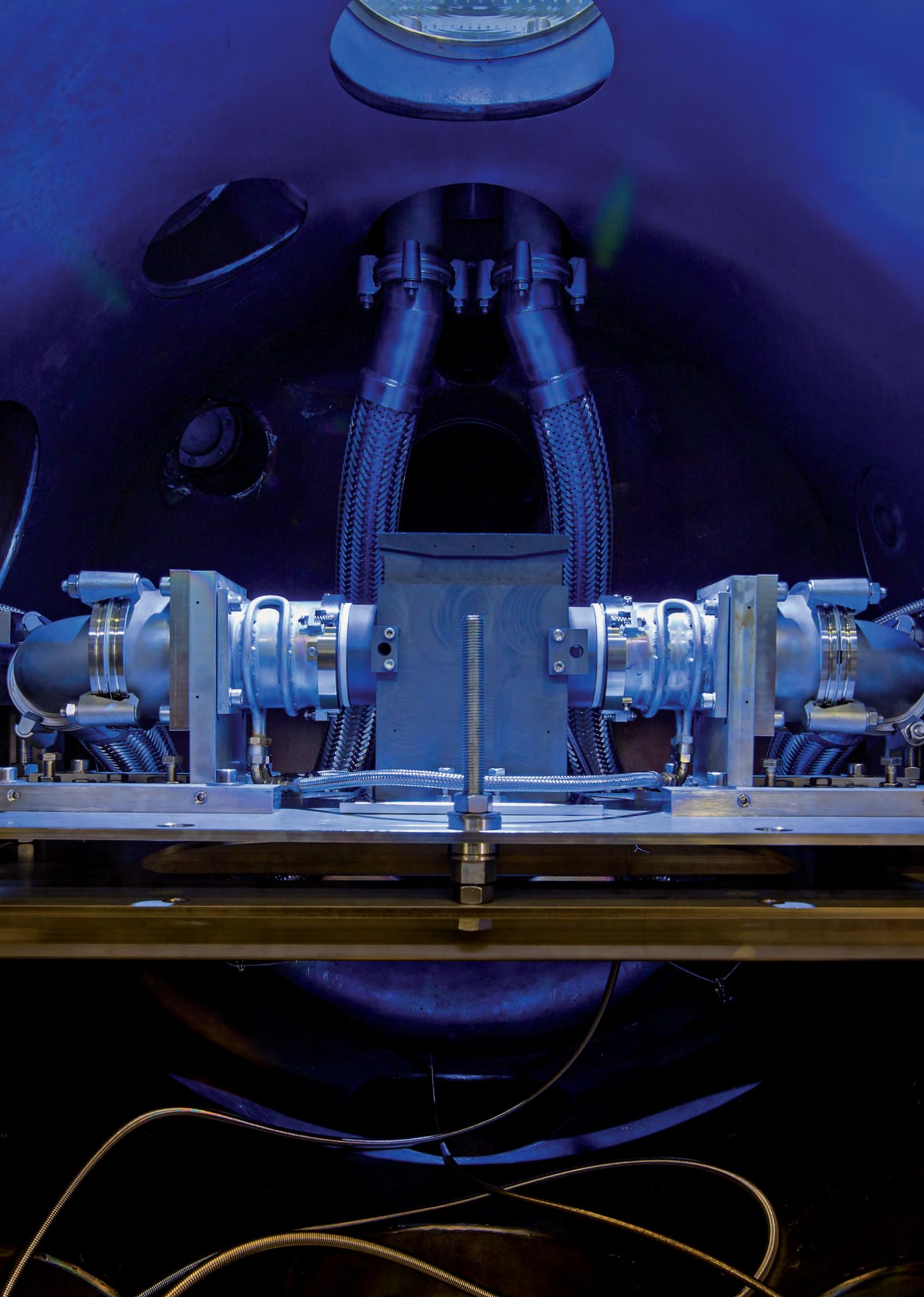
## CONTACT



*Dr. Nicolas Schiller*

*Phone +49 351 2586-131*

*nicolas.schiller@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 environmental and energy applications. It is especially important to our customers that complex, complete solutions in these fields come from a single source. Almost all core competencies of the Institute are engaged when developing new applications for these fields.

This business unit employs vapor deposition processes because coating of metal sheets and strips mostly requires very high surface-area throughput and extremely economical processes characterized by high deposition rates. To improve the properties of the layers, specialized plasma-activated processes were developed for vapor deposition, which were then adapted to coating large areas at high deposition rates. MAXI, the in-line vacuum coating equipment for sheets and metal strips, is available as both an experimentation set-up and pilot plant.

In addition to contract development work from international steel manufacturers to upgrade strip steel in order to improve its corrosion protection, Fraunhofer FEP has been involved for many years with the deposition of functional layers for the production of friction bearings.

The current activities of the business unit are focused on processes and applications in energy technology.

The "High-porosity silicon-zinc coatings for very high energy-density batteries" project funded by the Saxon State Ministry for Economic Affairs, Labor and Transport (Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr/SMWA) under the RL Energy/2014 program involves

fundamental research on the manufacture of these layers and their potential for fabricating Si anodes for Li-ion batteries. The approach is based upon simultaneous deposition of silicon and zinc vapor followed by heat treatment. The element zinc was selected because it does not alloy with silicon. As a result, when both these elements are deposited they can only grow adjacent to one another in the form of local silicon or zinc crystallites. The zinc is released from the layer through subsequent heat treatment. This is possible because zinc has a considerably higher vapor pressure in comparison to silicon and thus evaporates. The locations from which the zinc has evaporated remain as pores, so that a layer of open-pore silicon results. If Li-ion batteries gain acceptance in automotive engineering, there will be many millions of square meters to coat. It is feasible to coat metal foil with zinc and silicon in vacuum at very high coating rates, so that acceptable fabrication costs can be achieved after a scale-up phase.

Investigations into cost-effective high-rate deposition of yttrium-barium-copper oxide (YBCO) layers by means of plasma-activated electron beam vapor deposition were carried out as part of a strategic in-house research project. This material is utilized for current second-generation high-temperature

## COATING OF METAL SHEETS AND STRIPS



superconductors (HTSC). Superconducting cables can be manufactured by using a thin YBCO film applied to metal strips. Such cables can transport electrical power over great distances without suffering resistive losses. Through this fundamental research, Fraunhofer FEP intends to become an important participant in this crucial area of energy technology and anticipates strong market growth in the future.

One direction of work in the area of energy generation is CdTe-based photovoltaics. We operate a specialized facility named "CATE" for this purpose. It can deposit semiconductor layers by means of in-line thermal evaporation – through what is known as the closed-space sublimation technique (CSS). Fraunhofer FEP has set this as a priority and is working together with a local company under the "CARLEEN" project funded by the EU and the State of Saxony.



---

## PROFILE



Budget  
2,900,000 €



Funding



Europa fördert Sachsen.  
**EFRE**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung

*Funded by the European Union  
and the Free State of Saxony.*

*Funding references: 100275833, 100206775*

---

## CONTACT



*Prof. Dr. Christoph Metzner*  
*Phone +49 351 2586-240*  
*christoph.metzner@fep.fraunhofer.de*



# ELECTRON BEAM APPLICATIONS

Electron dressing of seed has a long tradition with the Electron Beam Applications business unit and has become an important factor in its success. In addition to the successful introduction in the market of the now-established technology, scientists of Fraunhofer FEP are working together closely with project partners on the development of a compact, robust, economical, and mobile solution for smaller and medium-sized seed production sites.

## **Development and application example: „ReSaatEI“ electron beam dressing of seed**

Providing healthy foodstuffs world-wide for a growing population is an enormous global challenge whose solution begins very early in the production chain – with the supply of healthy and robust seed.

Besides the challenges for breeding research, the processes for effectively killing off harmful pathogens such as fungi and bacteria play a decisive role. Chemical etchants that act systemically against fungi and their spores have been traditionally employed for over a hundred years. At the same time, that is the decisive disadvantage, though, because the result is resistance and thus declining effectiveness. In addition, the active agents employed are increasingly subject to criticism due to their side effects that arise for humans, animals, and the environment. This had produced considerable reticence to develop and approve new substances – resulting in a vicious circle.

However, there have been physical alternatives to chemical etching for many years. Besides hot air, hot steam, and plasma

processes, the development of processes for dressing seed with electrons goes back to 1983. As one of several alternatives, electron beam dressing in Germany has achieved a leading position in industrial-scale applications and as a result is one of the success stories of Fraunhofer FEP. This productive process is beginning to dominate the market not least due to the dependable results and the energy efficiency, thus serving to reduce the CO<sub>2</sub> footprint of seed production.

Scientists and engineers from the Fraunhofer Institute for Organic Electronics, Electron Beam and Plasma Technology FEP in Dresden have not been idle after this success, however; instead, they have taken up a new challenge with additional partners. Under the “ReSaatEI” research project funded by the German federal office for agriculture and food (BLE), an economical and modular solution for intermediate throughputs of seed is being developed. The motivation: in Germany as well as in many other countries, the seed market is often fragmented and therefore the bar to entry by SMEs into electron beam dressing of seed is correspondingly high. A modular and economical technology is therefore the key to broad market success.



### A new electron source

Fraunhofer FEP has now developed a pioneering design through technological development and incorporation of a new electron source. The two electron generators employed for dressing seed up to the beginning of the project used heated thermionic cathodes to produce electrons that were accelerated in an electric field with a potential difference of up to 150 kV. The disadvantage with this line source design, as it is known, is the high technological and design expense accompanying the thermionic cathode.

The idea for the new electron source design sprang from the experience of Fraunhofer FEP with an electron source based on high-voltage glow discharge. The electron emission resulting from a cold flat cathode facilitates design of a very compact source and at the same time enables the electron emission window to match the shape of the product. The result was a toroidal source with an electron emission window surrounding the flow of seed.

With this set-up, seed can now be dressed using just a single electron beam source in the smallest possible space.

### Adaptable and mobile

A dressing unit equipped with an electron source for a dressing space of 120 mm in diameter was developed during the first half of the project, tested, and used for further technology development. Thus, the partners of Fraunhofer FEP now have a development lab available to them for electron beam dressing of seed at a throughput of up to two metric tons per hour. In addition to the conventional dressing of grain, it enables spice, herb, and grass seed, corn, and sprout seeds to be efficiently dressed for the first time.

The electron flux density emitted is sufficiently high to reliably dress the free-falling seed at the needed dose of 12 kGy to the seed hulls.

A supplementary coating module permits additional coating of seed with biologically active and nutritional substances after the dressing process. That opens up additional opportunities for effective plant protection.

In the current phase of the project, the project partners are developing and building a mobile demonstrator dressing unit for throughputs of up to 12 metric tons per hour.

A scalable design of the electron source originated from the previous project results that should provide even more robust performance. The targeted throughput of 12 metric tons of seed per hour allows integration with all existing standard production lines. A design for a demonstration unit fitting completely into a panel van has been developed based on the use of innovative components, a new insulation system for the high-voltage cathode, and advances in the design for cooling the electron emission window.

This will make a new generation of technology for innovative electron beam dressing of seed available.



---

## PROFILE



Budget  
4,360,000 €



Funding

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



Funded by the Federal Ministry  
of Food and Agriculture.

Funding reference: 2815405110

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

---

## CONTACT



Frank-Holm Rögner

Phone +49 351 2586-242

[frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de](mailto:frank-holm.roegner@fep.fraunhofer.de)



# COATING OF COMPONENTS

The Coating of Components business unit develops coating techniques for objects with non-planar geometries. These can range from fasteners to tools and medical implants. We develop custom-fit coating technologies for this purpose. The actual movement of the parts during the individual process steps is simultaneously a challenge and an advantage. The coating materials we employ are diverse because we address a variety of application fields.

Coating objects having non-planar geometries places demands and constraints on both the technologies and coating processes. These are taken into account by specially designed facilities covering a wide range of application areas of coated components. The application of low-friction and wear resistant PVD coatings to tooling and mechanical engineering components has traditionally represented one of the chief jobs for component coating. Additional applications, such as in the consumer goods sector, in energy production, and in medical engineering require coatings with specific optical properties, biological compatibility, chemical resistance, as well as scratch and wear resistance – frequently combined together.

These applications place high demands on layer and process development, especially for components with specific optical functions paired with stringent demands for mechanical durability, chemical resistance, and the ability to withstand heat. Spectrally selective coating systems of absorptive layers for high-performance solar-thermal collectors, as well as scratch-resistant coatings that are highly transparent over a wide bandwidth for sensors and display components are also included among these applications. A further priority is development of coatings that function as barriers in electrical

and electrochemical applications (i.e. insulation and anti-corrosion) as well as purely chemical barrier coatings (impeding permeation in plastic components).

## Coating of bulk goods

Coating small parts in bulk through physical vapor deposition delivers substantial advantages for mass-produced goods when coating them individually is not economic. One example of this is coating high-strength fasteners used in light-weight and composite automobile manufacturing. An effective anti-corrosion layer can be applied to them by means of a process that combines plasma-activated boat evaporation of aluminum and pulse magnetron sputtering. This successful application involving a combination of processes applied to small parts has led to a significant improvement in the anti-corrosion effectiveness compared to layers applied with a single process. The development of combined and hybrid processes in the Fraunhofer business unit for coating components is an example of how the whole potential of vacuum coating can be exploited to address completely 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.

## COATING OF COMPONENTS



### **Electron beam evaporation for coating of components**

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 using purely magnetron sputtering or arc vaporization. Participants in a past strategy workshop from both science and industry developed suggestions on how to utilize electron beam technology to coat components that thus far had only been applied to planar substrates. Implementing their recommendations resulted in the development and commissioning of the specialized NOVELLA coating facility. It combines plasma-activated high-rate electron beam evaporation, plasma-activated chemical vapor deposition, and pulse magnetron sputtering. NOVELLA is equipped with a specially designed substrate movement and manipulation system. As the only facility of its type in the world, it opens up new potential applications for vacuum-coating.



---

## PROFILE



Budget  
1,090,000 €



Funding

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

*Funded by the Federal Ministry  
of Education and Research.*

*Funding reference: 13XP5025D*

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR



Freistaat  
SACHSEN

*Funded by the Saxon State Ministry of  
Economic Affairs, Labour and Transport.*

*Funding reference: 100276002*

---

## CONTACT

*Dr. Jens-Peter Heins*  
Phone +49 351 2586-244  
[jens-peter.heinss@fep.fraunhofer.de](mailto:jens-peter.heinss@fep.fraunhofer.de)





# PRECISION COATING

High-precision coatings are needed for numerous applications in optics, electronics and sensors, and the fields of energy and medical engineering. At Fraunhofer FEP, we develop precisely adjustable and long term stable pulsed magnetron sputter and magnetron PECVD processes for the deposition of high-quality layers and optically, electrically, acoustically or magnetically active layers and layer systems at high deposition rates and with low defect density.

## 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. O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) 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. SiH<sub>4</sub> 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

## PRECISION COATING



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 spectroscopy or anti-reflection coatings on glasses and for 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 (e.g. temperature-compensation and resistance layers)
- Passivation, barrier, and protective layers for sensors and electronics
- Titanium dioxide layers for products with photocatalytic, antimicrobial, and photo-induced superhydrophilic properties as well as for gas and moisture sensing



## PROFILE



Budget  
3,090,000 €



Funding

Gefördert durch:



*Funded by the Federal Ministry  
of Education and Research.*

*Funding references: 03V0763, 01DJ150058,  
13N13171, 13N13731*

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



*Funded by the Federal Ministry  
for Economic Affairs and Energy.*

*Funding reference: 0325891C*

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



*Funded by the Saxon State Ministry of  
Economic Affairs, Labour and Transport.*

*Funding references: 100206218, 100206481*



*Funded by the Saxon State Ministry for  
Science and the Arts*

*Funding reference: 100251042*

Forschungsnetzwerk  
Mittelstand



*Funded by the Federal Ministry for  
Economic Affairs and Energy within the  
Programme „Förderung der Industriellen  
Gemeinschaftsforschung (IGF)“.*  
*Funding reference: KF2147203CS4*



Funded by the  
European Union

*Funded by the European Commission  
in the Horizon 2020 Programme for  
Research and Innovation.*  
*Funding reference: 655628*

## CONTACT



*Dr. Peter Frach*

*Phone +49 351 2586-370  
peter.frach@fep.fraunhofer.de*



# FLEXIBLE ORGANIC ELECTRONICS

Development work is focused on technologies, processes, and applications for components using organic semiconductors on flexible substrates. For client-specific research projects on OLED-based lighting solutions, the business unit Flexible Organic Electronics offers comprehensive capabilities along the entire value chain.

The strengths of the business unit Flexible Organic Electronics include technological innovations, product development and innovations based on numerous processes and facilities, as well as a clean room. Various coating technologies are available, such as vacuum evaporation of organic and inorganic materials, atomic layer deposition (ALD), printing and lamination techniques, as well as laser ablation. Many of these processes can be applied and combined without breaking vacuum or be carried out in an inert environment. The manufacturing processes are complemented by high-accuracy measurement and characterization equipment that is optimized for electrical and optical analyses of OLEDs, organic solar cells, and photodiodes. Development work for flexible OLED modules takes place on flexible substrate sheets as well as on rolls of materials (roll-to-roll processing). Processing rigid substrates such as glass or metal plate is likewise available.

The business unit offers its clients development of processes and technologies for effective manufacturing of innovative OLED lighting solutions. Typical assignments include client-specific layout and fabrication of OLED demonstration pieces for addressing new application fields, stacked layer development and efficiency increases for OLEDs, as well as evaluation of barrier films and other materials for flexible OLEDs.

Services of the business unit offers include:

- Process and technology development of OLED lighting on rigid and flexible substrates
- Integration into applications
- Demonstrator development and fabrication
- Feasibility studies, consulting, and training
- Pilot fab availability for small volume production, and
- Process transfer to fabrication firms

Once again, a number of project contracts from industry as well as government-funded projects were carried out to successful completion in 2016 – such as the flex+ Cluster for Flexible Electronics project under the Twenty20 – Partnership for Innovation program (Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation) funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). New projects were successfully acquired that will be supporting the development of the business unit. For example, new OLED technology is being developed for individual, large-area, dynamic lighting as part of the Efficient Cabin Architecture joint research group (Effiziente Kabinenarchitekturen / EFFKAB) under the German federal aerospace research program. The goal of the project is to replace the current window areas with OLED lighting units in the future to facilitate a completely novel flight



experience for passengers. The incorporation of this technology will lead to changes in methods of aircraft construction, to weight savings, and thus to the improvement of the overall eco-coefficient of aircraft. In addition, the new technology will introduce new modes of interaction for passengers. The illuminated surfaces to be developed will be individually controllable comparable to a low-resolution display, and thus will be able to create various lighting situations and moods.

### **PI-SCALE: European Open-Access Pilot Fab Line for fabrication and integration of flexible OLEDs**

Flexible OLEDs in illumination applications open up a wide range of new uses, such as in the area of medical applications for light therapy, in architecture, in aviation and rail travel applications as a light-weight illumination alternative, and for diverse touch-display applications in the automotive industry, for example. A large number of application ideas and OLED products already exist. Likewise, the newest research advances and technological know-how are also ready to be utilized.

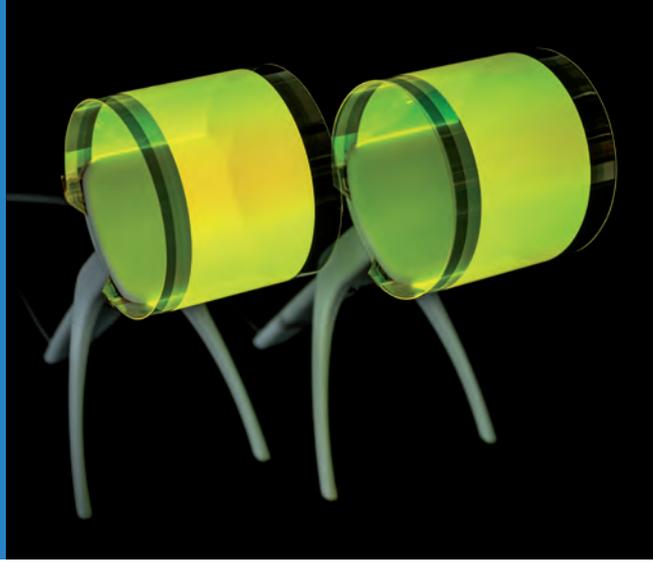
Under the EU-funded PI-SCALE project, an open-access pilot fab line installation for flexible OLED technology was set up jointly with other European research centers in 2016. The goal of the project is to accelerate the industrialization of flexible OLED technology in Europe.

The PI-SCALE project began in 2016 with the goal of establishing a global cutting-edge open-access pilot fab line in Europe that facilitates the fabrication of flexible OLEDs and their integration into product systems. This goal will be reached through the best European providers of R&D, infrastructure, and know-how at various sites cooperating on a general pilot fab line. The resulting pilot fab service will enable companies of any size to quickly and cost-effectively test and scale up their flexible OLED lighting sources, and is meant to bring these developments to a level at which they are ready for transfer to mass production.

Within PI-SCALE, Fraunhofer FEP (in the Flat and Flexible Products business unit) is responsible for the roll-to-roll deposition of anodes onto barrier films, as well as for the deposition of the OLED by means of evaporation processes. The barrier films will be produced by the Holst Centre, a project partner. The OLED deposition can be carried out by means of roll-to-roll (R2R) or sheet-to-sheet (S2S) processes. Continuous strip can be fabricated with the R2R process achieving up to 30 lm/W, and high-quality, high-performance OLEDs can be fabricated with the S2S process. Plastic film and ultra-thin glass are used primarily as the substrates.

The S2S and R2R processes were shown during the first year of the project to be successful and operated with an initial yield of 100%. The R2R pilot line has already produced 15 m of OLED strips with an efficiency of more than 25 lm/W and nearly 100% yield. In total, about 50 m of OLED have been fabricated using the R2R process under the PI-SCALE project. This material has exhibited an average efficiency of 30 lm/W. In order to demonstrate the dependability and reproducibility of the pilot line, 15 m per month of R2R OLED production are planned. A series of four six-inch substrates per month is planned for the S2S process to demonstrate the operational capability of the pilot line in production mode.

In order to achieve the goals of the project and verify the functionality of the pilot line services, consortium partners at all points along the entire value-added chain are represented – from materials suppliers to end users. Together with additional technology partners, client-specific OLED solutions will be offered that take into account the cost-performance ratio. Pilot line service for clients will become available in July 2017 in order to deliver client-specific flexible OLEDs on thin glass and plastic film using both the R2R and S2S processes.



---

## PROFILE



Budget  
4,490,000 €



Funding



Funded by the  
European Union

*Funded by the European Commission  
in the Horizon 2020 Programme for  
Research and Innovation.  
Funding reference: 688093*

---

## CONTACT



*Dr. Christian May*  
Phone +49 351 8823-309  
[christian.may@fep.fraunhofer.de](mailto:christian.may@fep.fraunhofer.de)



Fraunhofer  
FEP

# MICRODISPLAYS AND SENSORS

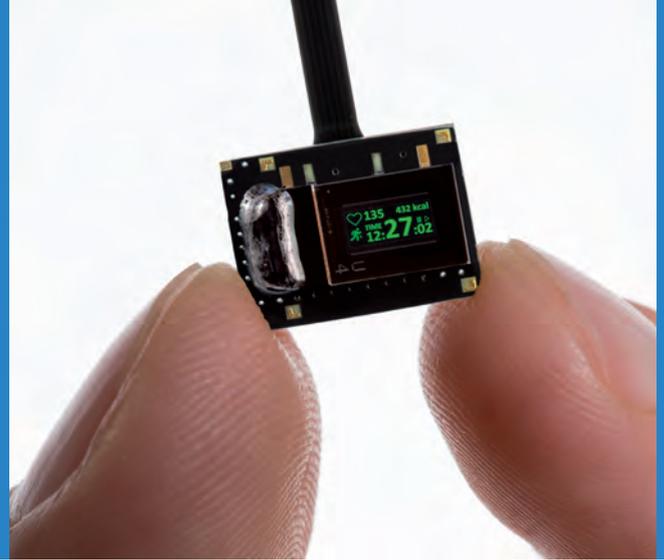
## **R&D and application example: The energy-saving data glasses**

Data glasses project information to the eye without interfering with the wearer's vision. However, the battery runs down quickly, because the electronics consume a great amount of electricity while transferring the images. Fraunhofer researchers have developed an energy-saving display that reduces the power consumption to a fraction.

Via a small display, data glasses present the eye with information or images which are received using a radio link from the frame of the glasses. The big advantage: With the data glasses, the wearer's hands are free – in contrast, a smartphone has to be held in the hand. This may be interesting for mechanics. They can look at assembly instructions and construction plans via the data glasses while keeping their hands on the tools. Data glasses are becoming increasingly attractive for athletes, as well. Mountain bikers, for example, can follow the projected navigation arrows as they travel cross country. Cyclists can keep their hands on their handlebars, while the smartphone with the GPS remains in the pocket. Despite such benefits, data glasses have not really made a breakthrough yet. The problem: The displays use up a lot of

battery power because the video images process lots of data. In most cases, the battery is out of juice after an hour. What's more, the microprocessors get hot very quickly. The frame of the glasses warms up, which is unpleasant on the sensitive area around the temple.

Engineers from the Fraunhofer Institute for Organic Electronics, Electron Beam and Plasma Technology FEP in Dresden have developed a particularly energy-saving display that is also very bright. The scientists have many years of experience in the design and manufacture of displays with organic light emitting diodes (OLED). These are based on electrically conducting organic semiconductors that emit very bright light while energized. The OLEDs are applied to a silicon semiconductor which controls the individual pixels. In some devices Fraunhofer FEP has integrated a camera function into the chip as well. As a result, the OLED microdisplays not only emit light, but also perceive the surroundings. There is also a small light-sensitive photodiode located in each pixel. The camera function, for example, is important in order to determine the direction in which the user looks. However, these displays have the same problem as all other displays of data glasses – high energy consumption.



### Reduced data stream

In order to avoid the flickering of a moving video image, many successive images have to be played in one second, like with a flipbook – in the case of the video display, this amounts to 60 images. The control electronics and the chip therefore have to process large amounts of data in a split second. That eats up a lot of electricity. Moreover, the chip and the control electronics heat up. Project manager Philipp Wartenberg and his colleagues at the Fraunhofer FEP have found a way to reduce the large data stream. “We now control the chip so that the entire video image is not constantly renewed, rather only that part of the display in which something changes.” For example, if an actor runs through a room in a movie, only his position changes, not the background. In applications such as a navigation system for cyclists, in which only arrows or metre information is displayed, it is unnecessary in any case to constantly renew the whole picture, says Wartenberg. “To put it simply, we have now adapted the circuit so that it only lets through that portion of the data stream which changes.”

### Semiconductors and control electronics redesigned

Meanwhile, there is a prototype that had been presented by the experts at the electronica trade fair in Munich in 2016. The energy savings are considerable: While ordinary data glasses require an output of 200 milliwatts, the Fraunhofer FEP display suffices with two to three milliwatts – a mere one hundredth of the original amount. Nevertheless, it is still bright, thanks to the OLED technology. In order to reduce the video data stream, Wartenberg and his colleagues first had to redesign the chip and the control electronics in large parts. The pixels of today's displays, which are designed for rapid, repeated imaging, normally stop lighting up after a short time. In a model that does not constantly update the entire screen, that cannot be, because otherwise the still areas of the display

quickly appear black. The development by the Fraunhofer FEP controls the pixels so that they continue to light.

Wartenberg can imagine the display being interesting not only for industry, but also for private clients and athletes in the future. Joggers could use it to constantly check their heart rate and would no longer have to look at the jiggling smartphone display.

Just recently transfer to industry and into mass-manufacturing has succeeded: A European microdisplay manufacturer has started to commercialize a first model of the energy-saving micro-displays, that are planned to hit the market in 2017.

Fraunhofer FEP's business unit Microdisplays and Sensors is available for further custom- and application-specific technology and product developments as well as transfer to customers or third-parties – please do not hesitate to touch base.



---

## PROFILE



Budget  
2,990,000 €

---

## CONTACT

*Dr. Uwe Vogel*  
Phone +49 351 8823-282  
[uwe.vogel@fep.fraunhofer.de](mailto:uwe.vogel@fep.fraunhofer.de)





HS LOT 039068  
2016-01  
CE 250

EN 868  
7.5X

# ELECTRON BEAM TECHNOLOGY FOR MEDICAL APPLICATIONS

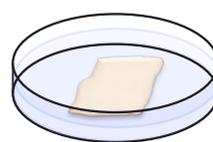
Low-energy electron beam treatment can be employed in many ways for medical applications. In addition to sterilization, this technology will also now be utilized for the modification of cell-free structures as well as for functionalization of surfaces with phytogetic substances.

## **Electron beam treatment of cell-free biological structures**

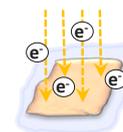
Over 11,000 cardiac valves were replaced in Germany alone during 2015 according to statistics from the German professional association of cardiac surgeons (DGTHG). Due to the shortage of human donor material, cardiac valves from animal sources are also employed in these cases. Biological cardiac valve prosthetics, as they are termed, are manufactured from swine or bovine pericardia, which is a collagenous tissue that surrounds the heart. Commercially available biological cardiac valve prosthetics are cross-linked using a toxic chemical called glutaraldehyde in order to achieve stabilization as well as disinfection of the tissue. However, this method leads to premature loss of function through calcification of the tissue. Currently, lifespans of 10-15 years are assumed for these prosthetics. The establishment of a novel treatment method coupling stabilization of the tissue with dependable sterilization is one of the research priorities of the Fraunhofer FEP Medical Applications Research Group. This novel method should prevent the release of toxic chemicals into the blood as well as calcification and the associated loss of function. The sequence can be seen schematically in Figure 1. The process initially involves preparation of a cell-free structure from swine pericardium. The absence of

cellular components minimizes the activation of the immune system and thus prevents the degradation of the transplanted material recognized by the recipient organism as foreign. With the addition of non-toxic cross-linking initiators and electron beam treatment, not only was it possible to sterilize the pericardia, but to retard the degradation of the tissue as well. This was analyzed using an in vitro model. Additionally, it was possible to show that this material possesses the potential to withstand the deformations and pressures that affect a cardiac valve in the human body.

This technology can be employed for surface modification and sterilization of numerous other biological materials. Non-thermal electron beam sterilization of acellular tissue implants such as tendons and ligaments, for example, might be able to be further developed for routine employment in tissue banks. The simultaneous cross-linking and sterilization of other collagenous tissue, as well as structures for tissue engineering, is a very exciting prospect.



**Decellularization of porcine pericardia**



**Sterilization and modification by the novel method**

1

### **Bonding active phytogetic substances by means of low-energy electron beams**

The functionalization of surfaces has become a focus of science and research in recent years. For example, the application of various techniques can influence the surface energy, biological compatibility, and corrosion resistance of a material as well as lend it new properties, such as antimicrobial activity. The latter is being achieved through different substances that exhibit this property. In addition to conventional substances of inorganic origin, such as silver and aluminum for example, the plant world also offers a broad repertoire of antimicrobial agents.

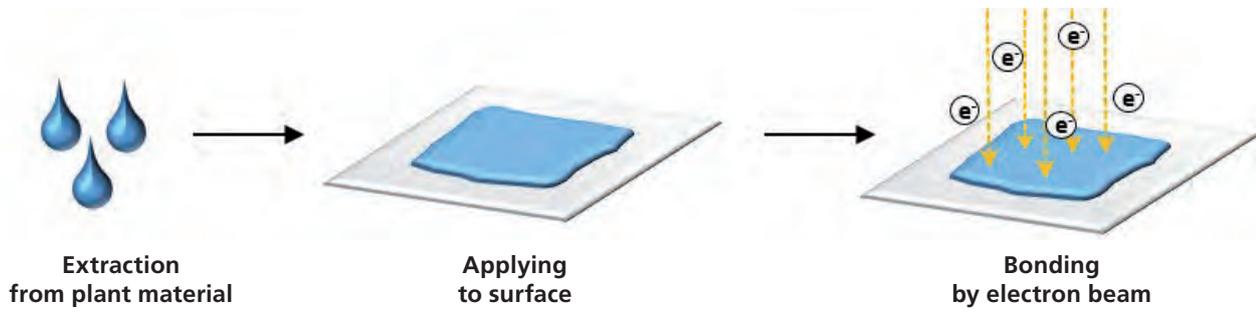
Functionalizing a surface with phytogetic substances requires that these be bound to the surface. The challenges in doing this are to create a stable bond as well as to determine that the functionality of the active substance is preserved. One possibility of satisfying these demands is to bond the active substance by means of low-energy electron beams.

To accomplish this, the first step is to extract the active antimicrobial substance from the plant material. The plant extract is subsequently applied to a biocompatible silicone surface followed by treatment with a low-energy electron beam (Figure 1). The employment of additional chemicals or bonding material is unnecessary. Using a model as an example, it could be shown that the adhesion of the plant extract to the biocompatible silicone substrate is improved by the effect of the electron radiation by a factor of three and depends on the dose applied (Figure 2). In addition, the positive side effect of product sterility is noted at a dosage of 25 kGy or higher.

Furthermore, the preservation of the substance's functionality following the electron beam treatment and bonding to the substrate was investigated. Since the antimicrobial phytogetic

substances influence microbial metabolism and prevent the microorganisms from reproducing, assessment of antimicrobial effectiveness was carried out with the help of an inhibition zone test. The plant extract that had been bonded to the substrate continued to display antimicrobial effectiveness.

The various health-promoting effects of plant components can be utilized by employing a plant source as the functional substance. The positive properties and high compatibility of the plant substance can be combined with many organic materials and lead to a multitude of application opportunities. These can be found for example in the area of wound dressings, in filter engineering, and also in the cosmetics and textile industries. For this reason, additional investigations for bonding active biological substances to various substrates will be carried out in order to meet the requirements of various branches of industry in the future.



2

---

## PROFILE



Budget  
850,000 €

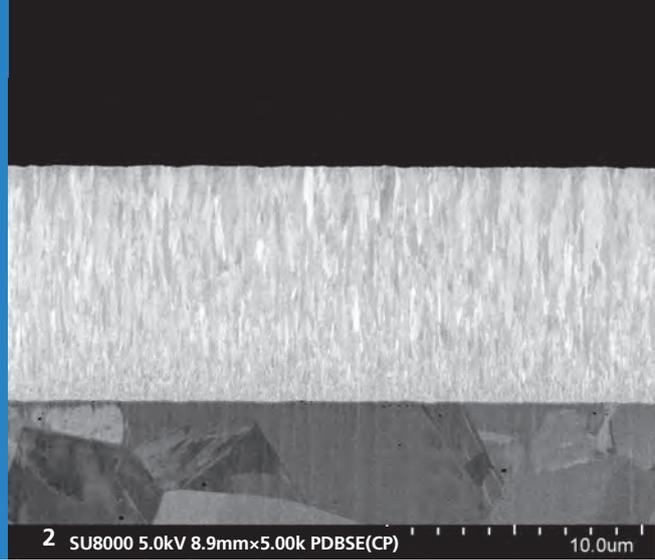
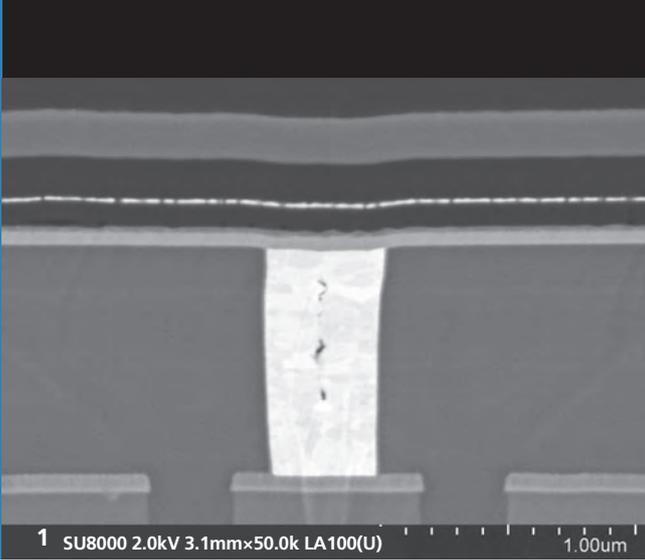
---

## CONTACT

*Dr. Jessy Schönfelder*  
Phone +49 351 2586-360  
[jessy.schoenfelder@fep.fraunhofer.de](mailto:jessy.schoenfelder@fep.fraunhofer.de)







## MATERIALS ANALYSIS

Ion preparation – a high-performance tool for scanning electron microscopy

Ion preparation provides a high-performance tool for high-resolution scanning electron microscopy studies. The diverse applications at Fraunhofer FEP range from coating systems for OLED microdisplays and fuel cells, to lithium-ion batteries, and to valuable objects of our cultural heritage.

High-quality and effective sample preparation techniques are acquiring ever greater importance through the increasing application of coating systems and composite materials in diverse combinations. Extremely high-quality preparation techniques are especially needed for high-resolution scanning electron microscope investigations of thin-film structure and interface regions. A very powerful method for preparing cross sections at Fraunhofer FEP uses ions. This preparation technique is carried out in separate equipment external to the scanning electron microscope and permits the production of ion-polished cross sections having a clean and mirror-smooth surface. The relatively large polished surface (about 1 mm wide and up to 1 mm deep) facilitates a representative analysis of a large number of different samples. In addition, a special advantage of this method is that nearly all materials, such as metals, polymers, semiconductors, ceramics, and paper can be easily cleaved and polished. These materials can only be prepared with great difficulty, if at all, when conventional metallographic preparation techniques are used.

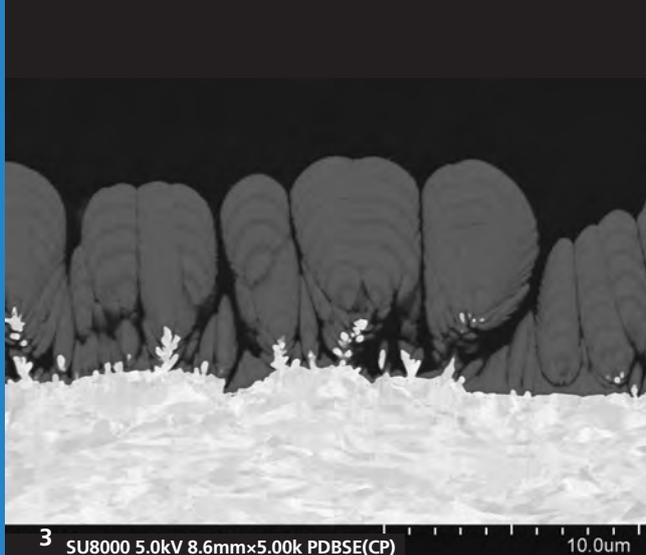
Figure 7 shows a diagram of how ion preparation is accomplished. A beam of argon ions with a half-width of about 500 µm and a maximum acceleration voltage of 6 keV is extracted from

an argon-ion source and directed perpendicular onto the sample surface. Part of the sample surface is shielded from this ablating etch, while the exposed part of the sample surface protruding beyond the shield is ablated by ionic bombardment. The location of the cross section to be prepared is thus determined by a combination of the edge of the shield and the shield's position relative to the sample.

The analysis of the cross section then takes place in the scanning electron microscope. The structure of polycrystalline materials can be analyzed via their crystal orientation or channelling contrast by means of the clean surface of the polished section. Multi-phase structure or layers of different chemical composition can be mapped extremely well using back-scattered electrons in material contrast or atomic number contrast modes. The following explains in greater detail several applications of ion preparation techniques for scanning electron microscopy imaging.

### Deposition and coating systems for OLED microdisplays

A great many process steps and various coating processes are necessary for fabricating OLED microdisplays. The organic



light-emitting layers are deposited on a CMOS wafer substrate using selectable pixels and metallic contacts. In addition, the OLED system receives a very thin metallic cathode layer, an optical output coupling layer, and an encapsulation layer for protection from moisture and oxygen.

The performance of the entire microdisplay is determined by the extent to which the deposition of all the necessary layers, some of which are extremely thin, is precise, homogenous, and free of defects. High-resolution analysis of the individual layers and their boundary regions is therefore necessary for technology development and quality control.

Figure 1 shows a section prepared by the ion technique of an OLED layer deposited on a CMOS silicon test wafer with the appropriate thin metallic contact layers covered by the encapsulation system. All of the layers are very easily distinguished in material contrast mode and thus can be analyzed for example with respect to thickness, homogeneity, and defects present.

### YSZ layers for fuel cells

Thin yttrium-stabilized zirconium dioxide layers (YSZ) are employed as a solid-state electrolyte in fuel cells on account of their high ionic conductivity of oxygen and low conductivity of electrons. At the same time, the layers must exhibit very high density and low permeability to the gases utilized. A distinct increase in density of the YSZ layers deposited by means of electron beam evaporation can be achieved through complementary plasma activation during the vapor deposition process. Plasma activation using a diffuse vacuum arc causes an energetic particle bombardment during layer growth. The incident particles reaching the substrate have elevated mobility as a result of the plasma activation, allowing dense YSZ layers having reduced gas permeability to be deposited.

The influence of plasma activation on the structure of the layers can be analyzed in detail by SEM electron channelling contrast studies of the sections prepared by ion polishing.

Figure 2 shows the YSZ layer that was deposited with improved

process parameters thanks to plasma activation. The YSZ layer exhibits a dense, largely columnar, nanocrystalline structure with lateral grain size of up to 250 nm. No porosity can be discerned at the grain boundaries.

### Silicon layers for lithium-ion batteries

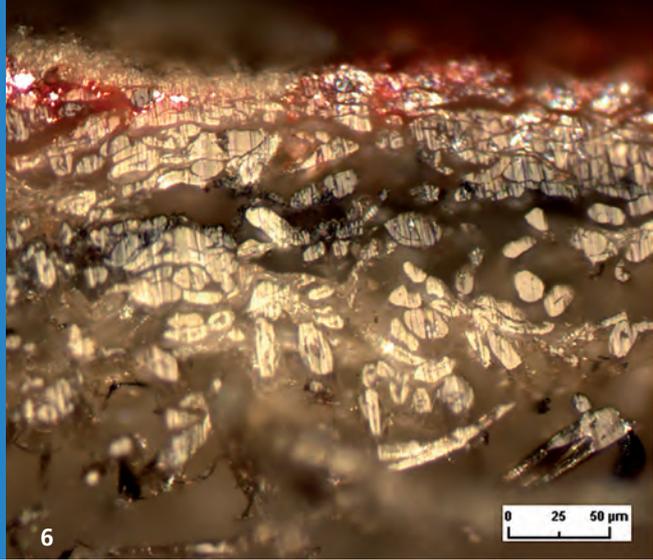
Thanks to their high specific capacity, layers of silicon are one potential material system for lithium-ion battery anodes. In addition, silicon has a low potential relative to lithium. A significant disadvantage though is its extremely large volumetric expansion when lithium is absorbed – up to 400%. One approach to accommodating the extreme changes in volume during lithiation and delithiation is to deposit silicon layers that are highly porous. To accomplish this, a thin copper foil that exhibits dendritic features at the surface is used as a substrate for example. Nodular growth of the silicon layers occurs as a result of nucleation upon these copper dendrites. Due to their varying orientation relative to the substrate normal, these nodular features produce shadow effects that result in high porosity within the deposited silicon layers.

Figure 3 shows an FESEM micrograph of the structure of one such porous silicon layer on copper foil. It is possible by means of ion preparation to investigate the porosity created in the layers. At the same time, the formation of the grains of the silicon layer upon the copper dendrites can be easily discerned.

### Analyses of original writings from the 15<sup>th</sup> century

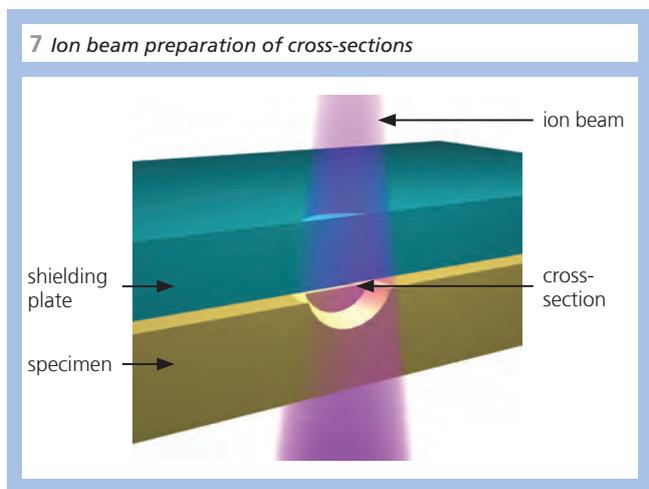
We are currently conducting analytical investigations of heavily damaged, deteriorated, and fragmented rag-paper documents belonging to the Saxony State Library/Dresden State University Library in a project on preserving cultural heritage. The goal of the investigations is to make a contribution to developing a restoration plan for such objects.

These include very valuable paper documents such as a medieval book of laws dating from 1405 (manuscript number M28) containing the famous Sachsenspiegel code of Eike



von Reggow. This manuscript together with other valuable antiquities of the former Saxon State Library was stored in what was supposed to be a deep, bomb-proof cellar of the Japanese Palace in Dresden. After the firebombing of Dresden in February 1945, water used to fight the fire that lasted several days along with ground water penetrated the cellar, which led to massive damage to the objects. The fragments and individual pages there became interlocked with one another. A way to dissolve the interlocking to separate these and restore them is now being sought.

In order to analyze the causes of the rag paper's adherence, studies were carried out on dummy samples exhibiting similar damage, as well as on an extremely small fragment of the original (Figure 4). SEM analyses of the original manuscript revealed strong molding. Spores as well as mold hyphae could be easily discerned on the surface of the interlocked pages (Figure 5). It was possible to smoothly section several pages of the interlocked paper with the help of ion preparation (Figure 6). The boundaries between the individual pages can be discerned, which shows that the fibers of the different pages are bound to one another. Restoration measures will have to dissolve this adherence as gently and non-destructively as possible.



## CONTACT



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



## DEVELOPMENT OF THE 120-180 TOROIDAL ELECTRON BEAM

A novel toroidal electron source was developed at Fraunhofer FEP for dressing seed product using low-energy electrons that is distinguished by its simple construction and compact form. As a result, it is highly suited for employment as a mobile and economically efficient flow-through facility for 360° electron dressing of bulk goods.

Dressing seed product with low-energy electrons is an environmentally friendly technology that allows the seed embryo to remain unaffected thanks to exact calculation and setting of the electron penetration depth, while effectively killing off bacteria upon and within the hull of the seed product, ridding the seed of pathogens. This physical etching method ensures healthy germ cells of the seed product without introducing harmful substances into the soil or ground water, and avoids the development and propagation of bacterial resistance. The employment of this innovative technology thus represents an alternative to chemical etching of seed product that protects natural resources.

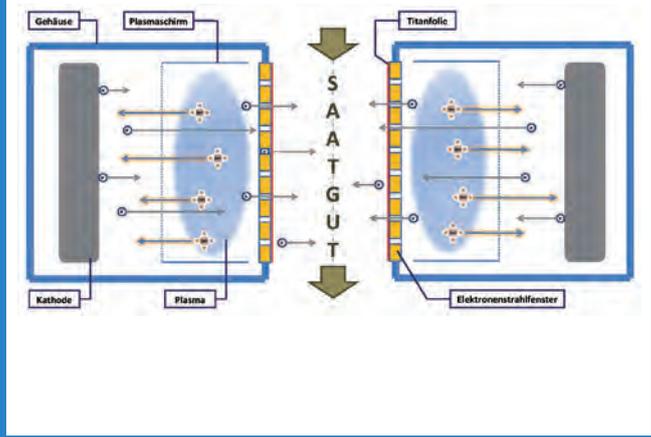
Fraunhofer FEP has been involved with the development and diversification of technologies for seed product dressing using accelerated electrons for over twenty years. This foundation has allowed Fraunhofer FEP together with its partners to develop mobile as well as stationary seed product dressing facilities with a throughput of 25 to 30 t/h and provide the technology for agricultural production by our clients. Access to a broader group of clients for electron dressing of seed product has now motivated the development of a

mobile and economically efficient facility with a throughput of 5 to 15 t/h. The implementation of a novel design for the system was necessary.

The heart of this innovation is the utilization of a plasma-based electron source with a ring-shaped cold cathode as an alternative to the linear sources with thermionic cathodes utilized up to now.

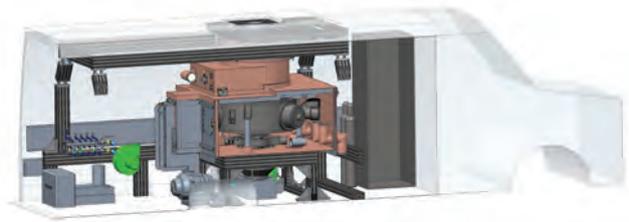
The electron source consists essentially of three functional component groups: the electron emission window, the plasma chamber, and the high-voltage cathode that are mounted together in an evacuated housing. The ions generated within the plasma chamber are drawn to the cathode held at 120 kV. This ion bombardment causes the cathode to emit electrons without needing to be heated. The electrons that are released then experience acceleration in the electric field of the source and fly in a convergent radial path toward the electron emission window positioned in the middle. An important element of this component group is a thin foil of titanium that maintains the vacuum in the interior of the source, but which the accelerated electrons can pass through.

## DEVELOPMENT OF THE 120-180 TOROIDAL ELECTRON BEAM



After the accelerated electrons have entered the atmospheric side, they deliver their bactericidal effect to the seed falling at ambient pressure through the cylindrical electron emission window. This allows doses of energy to be homogeneously applied with axial symmetry as well as to specific areas.

The advantages of this new electron source result from its simple electromechanical construction, modest vacuum requirements, and thus the low acquisition, service, and maintenance costs as well as an intuitive operating design. These advantageous features enable future integration into a mobile facility, i.e. the assemblage fits into a 12-ton truck with a normal highway permit. It enables a high-performance and flexible local tool to be available to interested seed producers at attractive acquisition and operating costs.



---

## CONTACT

*Henrik Flaske*  
Phone +49 351 2586-308  
[henrik.flaske@fep.fraunhofer.de](mailto:henrik.flaske@fep.fraunhofer.de)



ANHANG  
APPENDIX



## ANHANG

- Anlagentechnik | **98**
- Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces | **100**
- Mitgliedschaften und Kooperationen | **102**
- Die Fraunhofer-Gesellschaft | **103**
- Namen, Daten und Ereignisse | **104**
- Kontakt | **118**
- Impressum | **120**

## APPENDIX

- Equipment | **98**
- Fraunhofer Group for Light & Surfaces | **100**
- Memberships and collaboration | **102**
- The Fraunhofer-Gesellschaft | **103**
- Names, Dates and Events | **104**
- Contact | **118**
- Editorial notes | **120**



## ANLAGENTECHNIK EQUIPMENT

### FLEXIBLE ORGANISCHE ELEKTRONIK / FLEXIBLE ORGANIC ELECTRONICS

- Pilotlinie für organische Bauelemente auf Sheet-level (starr oder flexibel)
- Rolle-zu-Rolle-Anlage für OLED und OPV (Metallstreifen/Polymerbahnen bis zu einer Bandbreite von 300 mm)
- Pilot line for organic devices on sheet level (rigid or flexible)
- Roll-to-roll line for OLED and OPV (metal strips/polymer webs up to 300 mm width)

### MIKRODISPLAYS UND SENSORIK / MICRODISPLAYS AND SENSORS

- Prozesslinie OLED-auf-Silizium – Wafer (200 mm)
- Process line OLED-on-Silicon – Wafer (200 mm)

### ELEKTRONENSTRAHL / ELECTRON BEAM

- MAXI – In-line Beschichtungsanlage für Platten und metallische Bänder
- CATE – In-line Beschichtungsanlage für CdTe-Dünnschicht-PV
- ERICA – Clusteranlage für komplexe Beschichtungs- und Strukturierungsprozesse im Vakuum
- REAMODE – Versuchsanlage zur Modifizierung von organischen Materialien mit beschleunigten Elektronen
- UNIVERSA – Versuchsanlage zur 3D-Beschichtung mittels Puls-Magnetron-Sputtern
- NOVELLA
- ALMA – Versuchsanlage zur Beschichtung von Massengut mittels plasmaaktivierter Hochratebedampfung
- MAXI – In-line vacuum coating equipment for sheets and metal strips
- CATE – In-line coating plant for thin film CdTe photovoltaic cells
- ERICA – Clustertool for complex coating and structuring processes in vacuo
- REAMODE – Experimental equipment for modifying organic materials using accelerated electrons
- UNIVERSA – Laboratory coater for layer deposition by means of pulse magnetron sputtering
- NOVELLA
- ALMA – Experimental plant for coating bulk goods via plasma-activated high-rate deposition

### FLACHE UND FLEXIBLE PRODUKTE / FLAT AND FLEXIBLE PRODUCTS

- *novoFlex*<sup>®</sup> 600 – Rolle-zu-Rolle Pilotbandbeschichtungsanlage
- *coFlex*<sup>®</sup> 600 – Rolle-zu-Rolle Pilotbandbeschichtungsanlage
- *labFlex*<sup>®</sup> 200 – Laborsputteranlage
- atmoFlex
- ILA 900 – Vertikale in-line Sputteranlage für Großflächenbeschichtung
- ILA 750 – Vertikale in-line Sputteranlage
- FOSA LabX (Eigentum der VON ARDENNE GmbH)
- *novoFlex*<sup>®</sup> 600 – Roll-to-roll pilot web coater
- *coFlex*<sup>®</sup> 600 – Roll-to-roll pilot sputter roll coater
- *labFlex*<sup>®</sup> 200 – Lab sputter roll coater
- atmoFlex
- ILA 900 – Vertical in-line sputtering plant for coating large surfaces
- ILA 750 – Vertical in-line sputtering plant
- FOSA LabX (property of VON ARDENNE GmbH)



*Einige Anlagen bzw. Anlagenteile wurden gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.*

## PRÄZISIONSBESCHICHTUNG / PRECISION COATING

- In-line-Präzisionsbeschichtungsanlage PreSensLine (Substrate bis zu 600 mm × 750 mm × 90 mm)
- Clusteranlagen: Cluster 300 und Cluster 250 (Substrate bis 300 mm Durchmesser)
- Drehtelleranlage PreciTurn 200 (Substrate bis 200 mm Durchmesser)
- Laboranlagen: magna, LBnano, PLS
- In-line precision coating equipment PreSensLine (substrates up to 600 mm × 750 mm × 90 mm)
- Cluster equipment: Cluster 300 and Cluster 250 (substrates up to 300 mm diameter)
- Rotary table equipment PreciTurn 200 (substrates up to 200 mm diameter)
- Laboratory equipment: magna, LBnano, PLS

## WERKSTOFFKUNDE/ANALYTIK / ANALYSIS

### Analysemethoden für Struktur und chemische Zusammensetzung

- FE-Rasterelektronenmikroskop (SU8000, Hitachi) mit EDS Mikroanalyzesystem (Apollo XV, EDAX)
- Ionenpräparation (Cross-Section-Polisher SM-09010, Jeol)
- Optisches Glimmentladungsspektrometer (GD-Profilier 2, HORIBA JOBIN YVON)

### Methods for analysis of structure and chemical composition

- FE scanning electron microscope (SU8000, Hitachi) with EDS microanalysis system (Apollo XV, EDAX)
- Ion preparation technique (SM-09010 Cross Section Polisher, Jeol)
- Glow discharge optical emission spectrometer (GD Profiler 2, HORIBA JOBIN YVON)

### Analysemethoden Schichteigenschaften

- Brechungsindex und Extinktionskoeffizient (Ellipsometer SE850, Sentech)
- Härte und Elastizitätsmodul (Nano Indenter XP, MTS)
- Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit
- Korrosions- und Klimatests

### Methods for analysis of layer properties

- Index of refraction and extinction coefficient (SE850 ellipsometer, Sentech)
- Hardness and modulus of elasticity (Nano Indenter XP, MTS)
- Water vapor and oxygen transmission rate
- Corrosion and climate tests

## SYSTEME / SYSTEMS

- Entwicklung und Realisierung technologischer Schlüsselkomponenten
- Anlagenspezifische Hardware für Fraunhofer FEP-Entwicklungsprojekte
- Entwicklung und Fertigung
  - technologischer Stromversorgungen
  - analoger und digitaler Steuer- und Regelungstechnik
  - elektronenoptischer Gerätetechnik
- Development and Realization of key technological components
- Equipment-specific hardware for Fraunhofer FEP development projects
- Development and fabrication
  - High-tech power supplies
  - Analog and digital control and regulation engineering
  - Electron-optical device engineering



# FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

## FRAUNHOFER GROUP FOR LIGHT & SURFACES

### Kompetenz durch Vernetzung

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

### Kernkompetenzen des Verbunds

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

### Geschäftsfelder

- Abtragen und Trennen
- Bildgebung und Beleuchtung
- Fügen und Generieren
- Lichtquellen und Lasersysteme
- Lithographie
- Materialprüfung und Analytik
- Medizintechnik und Biophotonik
- Mikrosysteme und Sensoren
- Optische Systeme und Instrumentierung
- Werkzeuge und Formenbau

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

Das Fraunhofer FEP arbeitet an innovativen Lösungen im Bereich 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. Unsere Technologien und Prozesse finden Anwendung im Maschinenbau, im Transportwesen, der Biomedizintechnik, der Architektur und für den Kulturguterhalt, in der Verpackungsindustrie, im Bereich Umwelt und Energie, der Optik, Sensorik und Elektronik sowie in der Landwirtschaft.

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

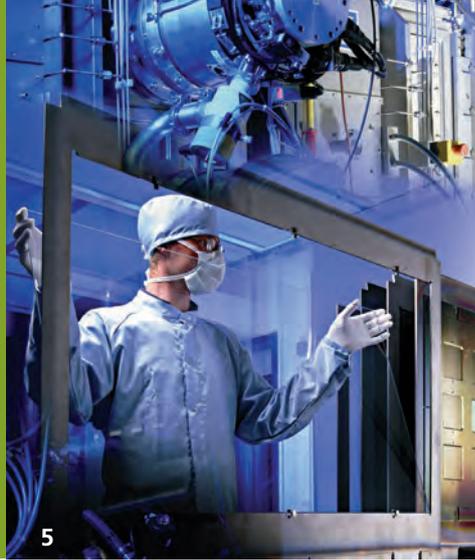
### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Mit über 400 Patenten seit 1985 ist das Fraunhofer ILT ein gefragter FuE-Partner der Industrie für die Entwicklung innovativer Laserstrahlquellen, Laserverfahren und Lasersysteme. Unsere Technologiefelder umfassen Laser und Optik, Lasermesstechnik, Medizintechnik und Biophotonik sowie Lasermaterialbearbeitung. Hierzu zählen u. a. das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie die Oberflächenbearbeitung, die Mikrofertigung und das Rapid Manufacturing. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik.

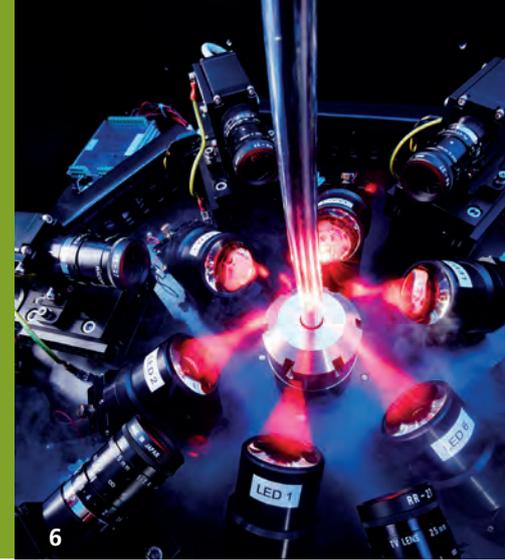
🔗 [www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)



4



5



6

For an english version, please refer to the website [www.light-and-surfaces.fraunhofer.de/en.html](http://www.light-and-surfaces.fraunhofer.de/en.html)

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

Das Fraunhofer IOF entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Unser Leistungsangebot umfasst die gesamte photonische Prozesskette vom optomechanischen und optoelektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Das Institut ist in den fünf Geschäftsfeldern Optische Komponenten und Systeme, Feinmechanische Komponenten und Systeme, Funktionale Oberflächen und Schichten, Photonische Sensoren und Messsysteme sowie Lasertechnik aktiv.

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

### Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Das Fraunhofer IPM entwickelt maßgeschneiderte Messtechniken, Systeme und Materialien für die Industrie. Dadurch ermöglichen wir unseren Kunden, den Energie- und Ressourceneinsatz zu minimieren und gleichzeitig Qualität und Zuverlässigkeit zu maximieren. Fraunhofer IPM macht Prozesse ökologischer und gleichzeitig ökonomischer. Langjährige Erfahrungen mit optischen Technologien und funktionalen Materialien bilden die Basis für Hightech-Lösungen in der Produktionskontrolle, der Materialcharakterisierung und -prüfung, der Objekt- und Formerfassung, der Gas- und Prozesstechnologie sowie im Bereich Funktionelle Materialien und Systeme.

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

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

Das Fraunhofer IST bietet als innovativer FuE-Partner Lösungen in der Oberflächentechnik, die gemeinsam mit Kunden aus Industrie und Forschung erarbeitet werden. Das »Produkt« ist die Oberfläche, die durch Modifizierung, Strukturierung und/oder Beschichtung für Anwendungen primär in den folgenden Geschäftsfeldern optimiert: »Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik«; »Luft- und Raumfahrt«; »Energie und Elektronik«; »Optik« und »Life Science und Umwelt«. Die Kompetenzen des Fraunhofer IST in der Schichtherstellung und Schichtanwendung werden unterstützt durch eine entsprechende Schicht- und Oberflächenanalytik sowie durch die Simulation der vakuumbasierten Beschichtungsprozesse.

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

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

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

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

### Kontakt

Verbundvorsitzender	Verbundassistentin
Prof. Dr. Reinhart Poprawe	Gabriela Swoboda
Telefon +49 241 8906-110	Telefon +49 241 8906-8347

1 Fraunhofer IWS	4 Fraunhofer ILT
2 Fraunhofer IOF	5 Fraunhofer IST
3 Fraunhofer FEP	6 Fraunhofer IPM

[www.light-and-surfaces.fraunhofer.de](http://www.light-and-surfaces.fraunhofer.de)

## MITGLIEDSCHAFTEN UND KOOPERATIONEN MEMBERSHIPS AND COLLABORATION

Um die Wettbewerbsposition unserer Kunden und unseres Instituts zu stärken und schneller zu Innovationen zu gelangen, arbeiten wir über Landesgrenzen hinweg mit internationalen und nationalen Partnern zusammen.

We collaborate with both national and international partners in order to improve the competitive position of our customers and our institute and to promote successful development work.

### MITGLIEDSCHAFTEN

3D-Netzwerk (Initiative der Wirtschaftsförderung Solingen)

AMA Fachverband für Sensorik e.V.

Arbeitskreis Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe

Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW)

Deutsche Glastechnische Gesellschaft

Dresden-concept e.V.

Energy Saxony e.V.

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten EFDS e.V.

Forschungsallianz Kulturerbe

Flexible Electronics Encapsulation Technologies Dresden (FLEET)

Fraunhofer-Allianz Batterien

Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces

Informationsdienst Wissenschaft

International Council for Coatings on Glass ICCG e.V.

International Irradiation Association

IVAM Fachverband für Mikrotechnik

Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e.V.

Kompetenznetz Plasma Germany

Netzwerk »Dresden – Stadt der Wissenschaften«

Netzwerk LICHT

Organic Electronics Saxony e.V. (OES)

Photonics 21

RadTech Europ. Association for the Promotion of UV & EB curing

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

### AKADEMISCHE KOOPERATIONEN

Technische Universität Dresden – Institut für Festkörperelektronik

Westfälische Hochschule Zwickau

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

## DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

## THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 69 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

The Fraunhofer-Gesellschaft is the leading organization for applied research in Europe. Its research activities are conducted by 69 institutes and research units at locations throughout Germany. The Fraunhofer-Gesellschaft employs a staff of 24,500, who work with an annual research budget totaling 2.1 billion euros. Of this sum, 1.9 billion euros is generated through contract research. More than 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. 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.

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

# NAMEN, DATEN UND EREIGNISSE

## NAMES, DATES AND EVENTS

### PATENTE

EP 2 401 232 B1

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

FEP 264

G. Mattausch, H. Morgner, F.-H. Rögner

CN 102971783 B

**Schaltungsanordnung für in einer zweidimensionalen Matrix angeordnete organische Leuchtdioden**

F51293

D. Kreye, T. Presberger

DE 10 2012 100 288 B4

**Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffsubstrates mit einer porösen Schicht**

FEP 307

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

DE 10 2012 021 691 B4

**Verfahren zur Herstellung von organischen Leuchtdioden oder organischen photovoltaischen Elementen**

F53504

A. Philipp, F. Schütze, O. Hild, J. Blochwitz

RU 2 583 196 C2

**Verfahren zum Abscheiden eines transparenten Barrierschichtsystems**

FEP 298

S. Günther, B. Meyer, S. Bunk, T. Kühnel, S. Straach, N. Schiller

EP 2 030 490 B1

**Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen eines Plasmas sowie Verwendung Derselben**

FEP 221

F. Fietzke, K. Goedicke, H. Flaske, J.-S. Liebig, V. Kirchhoff

CN 103688369 B

**Bidirectional Display and Triggering thereof**

F52278

R. Herold, B. Richter, U. Vogel

EP 2 715 804 B1

**Bidirektionales Display und Ansteuerung desselben**

F52278

R. Herold, B. Richter, U. Vogel

RU 2 590 745 C2

**Verfahren zum Abscheiden eines transparenten Barrierschichtsystems**

FEP 297

S. Günther, B. Meyer, S. Straach, T. Kühnel, S. Bunk, N. Schiller

DE 10 2015 104 433 B3

**Verfahren zum Betreiben einer Kaltkathoden-Elektronenstrahlquelle**

FEP 322

G. Mattausch, B. Zimmermann, P. Feinäugle, V. Kirchhoff, S. Weiss, B. Finkenwirth, J. Kubusch

US 9,443,703 B2

**Apparatus for Generating a Hollow Cathode Arc Discharge Plasma**

FEP 267

H. Morgner, G. Mattausch, C. Metzner, M. Junghähnel, R. Labitzke, L. Klose, T. Werner, J. Kubusch

FEP 276

EP 2 558 609 B1

**Verfahren zum Beschichten eines Substrates innerhalb einer Vakuumkammer mittels plasmaunterstützter chemischer Dampfabcheidung**

M. Fahland, S. Bunk, J. Fahlteich, R. Blüthner, R. Zeibe

FEP 280

JP 5930271 B2

**Magnetron-Vorrichtung und Verfahren zum gepulsten Betreiben einer Magnetron-Vorrichtung**

H. Bartzsch, R. Labitzke, M. Gittner, P. Frach

FEP 297

JP 5930340 B2

**Verfahren zum Abscheiden eines transparenten Barrierschichtsystems**

S. Günther, B. Meyer, S. Straach, S. Bunk, T. Kühnel, N. Schiller

FEP 298

JP 5930341 B2

**Verfahren zum Abscheiden eines transparenten Barrierschichtsystems**

S. Günther, B. Meyer, S. Straach, S. Bunk, T. Kühnel, N. Schiller

FEP 301

DE 10 2015 119 455 B3

**Vorrichtung zum Unterdrücken von Arcs in einem Elektronenstrahlerzeuger**

R. Labitzke, S. Dominok, G. Mattausch, S. Weiss

VORTRÄGE

- F51293  
KR 10-1681666 B1  
**Schaltungsanordnung für in einer zweidimensionalen Matrix angeordnete organische Leuchtdioden**  
D. Kreye, T. Presberger
- FEP 307  
US 9,499,902 B2  
**Plastic Substrate having a porous Layer and Method for Producing the porous Layer**  
U. Schulz, P. Munzert, M. Fahland, W. Schönberger
- F52278  
US 9,507,412 B2  
**Bidirectional Display and Triggering thereof**  
R. Herold, B. Richter, U. Vogel
- F54817  
JP 6050400 B2  
**Verfahren zum Herstellen eines organischen Bauelementes und organisches elektronisches Bauelement**  
M. Stanel, S. Mogck
- F51293  
KR 10-1681666 B1  
**Schaltungsanordnung für in einer zweidimensionalen Matrix angeordnete organische Leuchtdioden**  
D. Kreye, T. Presberger
- FEP 307  
US 9,499,902 B2  
**Plastic Substrate having a porous Layer and Method for Producing the porous Layer**  
U. Schulz, P. Munzert, M. Fahland, W. Schönberger
- F52278  
US 9,507,412 B2  
**Bidirectional Display and Triggering thereof**  
R. Herold, B. Richter, U. Vogel
- F54817  
JP 6050400 B2  
**Verfahren zum Herstellen eines organischen Bauelementes und organisches elektronisches Bauelement**  
M. Stanel, S. Mogck

- S. Mogck  
**Roll-to-Roll fabrication concepts and challenges for OLED lighting**  
CIOS 2016, 5<sup>th</sup> Annual China International OLEDs Summit  
Shanghai, China  
21./22. Januar 2016
- M. Törker  
**OLED lighting technology - Status and Trends**  
Intelligent Automotive Lightening 2016  
Düsseldorf, Deutschland  
29./30. Januar 2016
- M. Törker  
**Flexible OLED - new possibilities for automotive lighting**  
Intelligent Automotive Lightening 2016  
Düsseldorf, Deutschland  
29./30. Januar 2016
- C. May  
**OLED Lighting: Sheet-to-Sheet and/or Roll-to-Roll Processing - Current Status and Research Topics**  
2016 DOE SSL R&D Workshop  
Raleigh, USA  
03. Februar 2016
- A. Weidauer  
**Elektronenbehandlung von Saatgut - Möglichkeiten und Grenzen**  
Brandenburger Saatguttag 2016  
Groß Kreutz, Deutschland  
18. Februar 2016
- C. May  
**R2D2 - Fertigungstechnologien für flexible OLED (BMBF)**  
Netzwerk-Symposiums 2016  
München, Deutschland  
23. Februar 2016
- T. Wanski  
**R2R OLED manufacturing on flexible glass and polymer foils**  
The 2<sup>nd</sup> OLED KOREA Conference  
Seoul, Korea  
24./25. Februar 2016
- M. Junghähnel  
**Advanced Refinement of TCO-films on ultra-thin flexible glass by flash lamp annealing**  
FlexTech  
Monterey, USA  
29. Februar - 03. März 2016
- E. Bodenstein, D. Temmler, E. Hieckmann  
**Epitaxial Crystallization of Amorphous Silicon Layers by Fast Electron Beam Scanning**  
SiliconPV 2016, 6<sup>th</sup> International Conference on Silicon Photovoltaics  
Chambéry, Frankreich  
07. - 09. März 2016  
F.-H. Rögner

**Was ist SAUBER? Der ewige Kampf gegen den Schmutz, ein spannender Exkurs in die Welt der Oberfläche**

Juniordoktor  
Fraunhofer-Institut FEP, Dresden, Deutschland  
10. März 2016

A. Weidauer

**Electron Beam Applications - Possibilities of low energy electrons for polymerization and irradiation of 3D shaped polymer substrates**

Polyray 2016  
Nürtingen, Deutschland  
15. März 2016

F. Patrovsky, V. Fiehler, S. Derenko, M. Böhm, S. Barth, H. Bartzsch, P. Frach, L. M. Eng

**Improved anodisation of aluminium thin films through reactive sputtering**

DPG-Tagung 2016  
Regensburg, Deutschland  
16. März 2016

M. Törker

**White Organic Light-Emitting Diodes for Solid-State Lighting**

EBV Lighting Academy  
Frankfurt, Deutschland  
16. - 17. März 2016

J. Fahlteich, M. Top, C. Steiner, S. Mogck, J. Hauptmann, D. Wynands, N. Schiller

**Encapsulation of Flexible Electronics: Technologies and Challenges for Bringing Barrier Products to Application**

LOPEC2016, International Exhibition and Conference for the Printed Electronics Industry  
München, Deutschland  
05. - 07. April 2016

F.-H. Rögner

**Cleaning and Pre-Treatment in precise Optics Manufacturing**

3<sup>rd</sup> European Seminar on Precision Optics Manufacturing  
Teisnach, Deutschland  
12./13. April 2016

D. Glöb, T. Goschurny, A. Drescher, H. Bartzsch, K. Täschner, J.-S. Liebig, P. Frach

**Large Area Precision Optical Coatings by Reactive Magnetron Sputtering**

3<sup>rd</sup> European Seminar on Precision Optics Manufacturing  
Teisnach, Deutschland  
12./13. April 2016

H. Klostermann, F. Fietzke, M. Friedemann, B. Zimmermann

**Elektronenstrahl- und Kombinationsprozesse in der Bauteilbeschichtungsanlage NOVELLA**

Pfeiffer-Vakuumtag  
Dresden, Deutschland  
13. April 2016

H. Klostermann, F. Fietzke, M. Friedemann, J.-P. Heinß, B. Scheffel, B. Zimmermann

**Combining Plasma and Electron Beam Technology for High Rate Coating of 3D-parts**

ICMCTF 2016, 43<sup>th</sup> International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films  
San Diego, USA  
25. - 29. April 2016

B. Scheffel

**Zirkoniumoxid**

ICMCTF 2016, 43<sup>th</sup> International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films  
San Diego, USA  
25. - 29. April 2016

M. Friedemann, H. Klostermann

**Composition and Mechanical Properties of B-C-W and B-C-Ti Thin Films Prepared by Pulse Magnetron Sputtering**

ICMCTF 2016, 43<sup>th</sup> International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films  
San Diego, USA  
25. - 29. April 2016

D. Wynands

**Graphene in OLED Technology: Challenges and Successes**

Printed Electronics Europe  
Berlin, Deutschland  
27. - 28. April 2016

S. Mühl

**Ultra-thin flexible Glass - Opportunities for Barrier and further Applications**

Printed Electronics Europe  
Berlin, Deutschland  
27. - 28. April 2016

T. Goschurny, D. Glöb, H. Bartzsch, P. Frach, A. Drescher, M. Gittner, P. Poetschick

**High rate sputter deposition of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films for electrical insulation applications on large area substrates**

59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

M. Junghähnel, S. Garner, R. Blüthner, T. Preußner, J. Westphalen

**Upscaling of Sheet-to-Sheet Processes for Large Area Coating on Flexible Glass**

59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

M. Top, S. Schönfeld, J. Fahlteich, S. Bunk, T. Kühnel, S. Straach, J. T. Hosson

**Hollow Cathode Activated PECVD for the High-Rate Deposition of Permeation Barrier Films**

59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

C. Metzner, H. Morgner, O. Zywitzki, D. Hirsch, T. Modes  
**Effect of Substrate Temperature during Deposition and Chlorine Activation on Microstructure of CdTe Thin Film Solar Cells**  
59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

J. Fahlteich  
**Gas/Moisture Permeation Barrier Layers**  
59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

J. Fahlteich  
**Transparent Gas Permeation Barriers on Flexible Substrates**  
59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

M. Junghähnel  
**Processing on Flexible Glass - Challenges and Opportunities**  
59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

E. Bodenstein, S. Saager, M. Schober, C. Metzner, U. Vogel  
**Electron Beam Induced High-Resolution Modification of OLED Emission**  
SID Display Week 2016  
San Francisco, USA  
22. - 27. Mai 2016

U. Vogel, B. Richter, O. R. Hild, P. Wartenberg, K. Fehse, M. Schober, S. Brenner, J. Baumgarten, P. König, B. Beyer, G. Bunk, S. Ulbricht, C. Schmidt, M. Jahnel, E. Bodenstein, S. Saager, C. Metzner, V. Kirchhoff  
**OLED microdisplays - enabling advanced near-to-eye displays, sensors and beyond**  
SID Display Week 2016  
San Francisco, USA  
22. - 27. Mai 2016

J. Schönfelder  
**Vorstellung des FEP-Anwendungsfeldes Biomedizintechnik**  
Arbeitskreises Technik in der Medizin (AktiM)  
Dresden, Deutschland  
27. Mai 2016

D. Glöß, C. Gottfried, H. Bartzsch, S. Mogck, P. Frach  
**Adapted particle bombardment during layer growth by pulse magnetron sputtering**  
AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe  
Dresden, Deutschland  
30. Mai - 02. Juni 2016

C. Steiner, J. Fahlteich  
**Vacuum plasma treatment and coating of fluoropolymer webs - challenge and application**  
AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe  
Dresden, Deutschland  
30. Mai - 02. Juni 2016

J. Fichtner, T. Beck, F. Simon  
**Surface modification of polyethylene terephthalate (PET) and oxide coated PET for adhesion improvement**  
AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe  
Dresden, Deutschland  
30. Mai - 02. Juni 2016

C. Metzner, J.-P. Heinß, B. Scheffel, H. Morgner  
**New vacuum coating technologies for metal strips and foils**  
AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe  
Dresden, Deutschland  
30. Mai - 02. Juni 2016

M. Stanel, T. Wański, S. Mogck  
**Present status of Roll-to-Roll Fabrication for OLED lighting**  
AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe  
Dresden, Deutschland  
30. Mai - 02. Juni 2016

J. Fahlteich  
**Permeation Barriers**  
AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe, Short Course  
Dresden, Deutschland  
30. Mai - 02. Juni 2016

J. Portillo  
**Beschleunigte Elektronen und Elektronenstrahl-induzierte Plasmen - Eine vielseitige Kombination zur Oberflächenbearbeitung**  
ak-adp Workshop  
Aalen, Deutschland  
08./09. Juni 2016

H. Bartzsch, P. Frach, M. Gittner, S. Bruns, M. Vergöhl, A. Seeboth, D. Löttsch, C. Rabe  
**Towards tunable thin film filters with the use of liquid crystals**  
11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016

M. Junghähnel  
**The Road from S2S to R2R -Status, Risks and Visions for Processing Ultra-Thin Glass**  
11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016

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

- M. Fahland, J. Fahlteich, A. Himmler, T. Vogt, O. Zywitzki, V. Linß  
**Roll to roll deposition of silicon nitride permeation barrier coatings using rotatable magnetrons**  
11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016
- H. Nizard, M. Maicu, D. Hecker, D. Glöß, P. Frach, G. Gerlach  
**Deposition of Metal-Dielectric Nanocomposite Coatings by Means of Gas Phase Condensation (GPC) and Plasma-Enhanced CVD Processes**  
11<sup>th</sup> International Nanotechnology Symposium, Nanofair 2016  
Dresden, Deutschland  
14. - 16. Juni 2016
- C. May  
**Organische Elektronik - Entwicklungen und Produkte**  
„Dresdner Seniorenakademie“  
Dresden, Deutschland  
16. Juni 2016
- P. Frach  
**Precision Optical Coatings on Large Substrates by Reactive Magnetron Sputtering**  
Optical Interference Coatings Meeting, OIC 2016  
Tucson, USA  
19. - 24. Juni 2016
- D. Hirsch, O. Zywitzki, T. Modes, H. Morgner, B. Späth, B. Siepchen, C. Metzner  
**The impact of oxygen inlet during close-spaced sublimation process on the as-deposited and chlorine treated microstructure of CdTe layers**  
32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
München, Deutschland  
20. - 24. Juni 2016
- U. Vogel  
**Wearables - eine sächsische Perspektive**  
11. Silicon Saxony Day  
Dresden, Deutschland  
22. Juni 2016
- J. Schönfelder  
**Sterilisation of electronic components with accelerated electrons for medical applications**  
11. Silicon Saxony Day  
Dresden, Deutschland  
22. Juni 2016
- H. Nizard, M. Maicu, D. Hecker, D. Glöß, P. Frach, G. Gerlach  
**Gas Phase Condensation (GPC) and PE-CVD Processes for the Deposition of Nanocomposite Coatings**  
12<sup>th</sup> Coatings Science International Conference  
Noordwijk, The Netherlands  
27. Juni - 01. Juli 2016
- A. Philipp, D. Wynands, B. Beyer, F. Schütze, J. Hesse, T. Gil, S. Mühl  
**Graphene in OLED Technology: Challenges and Successes**  
ISSON-International Summer Schools on Nanosciences & Nanotechnologies  
Thessaloniki, Griechenland  
02. - 04. Juli 2016
- S. Barth, H. Bartzsch, D. Glöß, P. Frach, G. Suchanek, G. Gerlach  
**Energy Harvesting auf der Basis piezoelektrischer AlN- und AlScN-Dünnschichten**  
4SMARTS Symposiums, Smarte Strukturen und Systeme  
Darmstadt, Deutschland  
06./07. April 2016
- A. Weidauer  
**Electron Treatment of Seed**  
4<sup>th</sup> International Conference on Plant Genomics  
Brisbane, Australien  
14. - 17. Juli 2016
- X. Fan, K. Sokorai, A. Weidauer, G. Gotzmann, F.-H. Rögner, E. Koch  
**Effects of Gamma and Electron Beam Irradiation on Populations of E. coli Artificially Inoculated on Mung Bean, Clover and Fenugreek Seeds, and on Germination and Growth of Seeds**  
Institute of Food Technologists, IFT16  
Chicago, USA  
16. - 19. Juli 2016
- D. Wynands, B. Beyer, F. Schütze, A. Philipp, T. Gil, S. Mühl, A. Zurutuza, A. Pesquera, M. Klein, L. Prager, T. Booth, J. Dijon  
**OLEDs on Graphene Electrodes**  
2<sup>nd</sup> International Conference on Graphene Technology, ANM Konferenz  
2016  
Aveiro, Portugal  
25. - 27. Juli 2016
- U. Vogel  
**Advanced near-to-eye displays and sensors by OLED microdisplays**  
The 16<sup>th</sup> International Meeting on Information Display, IMID 2016  
Jeju, Korea  
23. - 26. August 2016
- E. Bodenstein, S. Saager, M. Schober, C. Metzner, U. Vogel  
**Micropatterning of OLED Emission by Electron Beam Processing of Single Organic Layers and Complete Devices**  
The 16<sup>th</sup> International Meeting on Information Display, IMID 2016  
Jeju, Korea  
23. - 26. August 2016
- D. Wynands, B. Beyer, F. Schütze, A. Philipp, T. Gil, S. Mühl, A. Zurutuza, A. Pesquera, M. Klein, L. Prager, T. Booth, J. Dijon  
**Organic Electronic Devices on Graphene Electrodes**  
Photon16  
Leeds, United Kingdom  
05. - 08. September 2016

S. Mogck

**Flexible Substrates for Roll-to-Roll OLED Manufacturing**

„International Conference on Flexible and Printed Electronics, ICPFE 2016  
Yonezawa City, Japan  
05. - 08. September 2016

A. Weidauer

**Electron Treatment of Seed**

Ag-Bio Congress  
Nizza, Frankreich  
07. September 2016

I. Vicente Gabás

**Development of a toroid EB source for non-thermal electron treatment of bulk goods**

5<sup>th</sup> International Vacuum Electronics Workshop-Vacuum Electronics 2016  
Bad Honnef, Deutschland  
07. - 09. September 2016

D. Hecker, D. Glöb, P. Frach, G. Gerlach

**Electrospray Ionization Deposition of Organic Polymers under Vacuum Conditions**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

H. Bartzsch, J. Hildisch, D. Glöb, A. Drescher, P. Frach

**Influence of enhanced ion bombardment on groove filling, roughness and electrical insulation of magnetron sputtered dielectric films**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

M. Saito, J. Jia, S. Nakamura, D. Glöb, Y. Shigesato

**Niobium Oxide film deposited by reactive sputtering with plasma emission feedback system**

JSAP Autumn Meeting 2016  
Niigata City, Japan  
13. - 16. September 2016

T. Sugane, J. Jia, S. Nakamura, D. Glöb, Y. Shigesato

**High rate deposition of n-type and p-type SnOx films deposited by reactive sputtering with impedance control systems**

JSAP Autumn Meeting 2016  
Niigata City, Japan  
13. - 16. September 2016

O. Zywitzki

**Possibilities and limitations for analysis of chemical depth profiles in CdTe thin film solar cells**

8<sup>th</sup> GD-Day, Workshop Glimmentladungsspektroskopie  
Paris, Frankreich  
15./16. September 2016

M. Junghähnel

**Ultra-Thin Glass is up and Coming - Functionalization of Large Sized, Ultra-Thin Glass Surfaces**

Glasstec, Internationale Konferenz „Function meets Glass – ultradünn, flexibel, funktional oder smart  
Düsseldorf, Deutschland  
19./20. September 2016

J. Hauptmann

**Flexible transparent OLED lighting in safety glass composites**

Glasstec, Internationale Konferenz „Function meets Glass – ultradünn, flexibel, funktional oder smart  
Düsseldorf, Deutschland  
19./20. September 2016

C. Keibler

**OLEDs on Graphene Electrodes**

Graphene World Summit 2016  
San Diego, USA  
19./20. September 2016

J. Hauptmann, S. Mogck

**Flexible transparent OLED lighting in safety glass composites**

ETC 2016, Engineered Transparency  
Düsseldorf, Deutschland  
20./21. September 2016

C. Keibler

**PI - SCALE - Flexible OLED pilot line**

OLEDs World Summit 2016  
San Diego, USA  
20. - 22. September 2016

J. Portillo

**Electron beam curing of acrylic elastomers for medical products**

IRaP 2016 - The 12<sup>th</sup> Meeting of the Ionizing Radiation Polymers Symposium  
Peninsula of Giens, France  
25. - 30. September 2016

B. Zimmermann, G. Mattausch, B. Scheffel, B. Graffel, M. Friedemann, F.-H. Rögner, C. Metzner

**High-Power Tools for Plasma-Activated High-Rate EBPVD**

2<sup>nd</sup> ALD Symposium on Technologies and Equipment for Aircraft Engine Systems  
Krakau, Polen  
26. - 30. September 2016

O. Zywitzki, T. Modes, S. Barth, H. Bartzsch, P. Frach

**Effect of scandium content on structure and piezoelectric properties of AlScN films**

MSE 2016 - Materials Science Engineering  
Darmstadt, Deutschland  
27. - 29. September 2016

M. Jahnel

**Structured organic photodectors via orthogonal photolithography**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

U. Vogel

**OLED Microdisplays - Enabling Advanced Near-to-Eye (NTE) Displays, Sensors and Beyond**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

F.-H. Rögner

**SteriHealth - a compact e-beam sterilization system**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

J. Schönfelder

**Sterilization of tissue transplants with electron beam**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

H. Klostermann

**Photocatalytic Coating of Implants**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

G. Gotzmann

**Silver-copper mixed layers as an example for antibacterial coatings**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

M. Hoffmann

**Biodegradable electronics**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

J. Hauptmann

**OLED light application in medicine an cytotoxicity of the materials**  
4<sup>th</sup> Industry Partners Day - Medicine  
Dresden, Deutschland  
28. September 2016

F.-H. Rögner

**Warum Reinigen? Wenn ja, wie viel?**  
Grundlagenseminar Industrielle Reinigungstechnik  
Fraunhofer-Institut FEP, Dresden, Deutschland  
28. - 30. September 2016

F.-H. Rögner

**Systematische Herangehensweise vs. Trouble-Shooting am Beispiel der Reinigung mit flüssigen Medien**  
Grundlagenseminar Industrielle Reinigungstechnik  
Fraunhofer-Institut FEP, Dresden, Deutschland  
28. - 30. September 2016

F.-H. Rögner

**Was kostet Reinigung? Kann man nicht pauschal beantworten, aber beeinflussen!**  
Grundlagenseminar Industrielle Reinigungstechnik  
Fraunhofer-Institut FEP, Dresden, Deutschland  
28. - 30. September 2016

F.-H. Rögner

**Spülen und Trocknen - Grundlagen und häufige Fehler**  
Grundlagenseminar Industrielle Reinigungstechnik  
Fraunhofer-Institut FEP, Dresden, Deutschland  
28. - 30. September 2016

F.-H. Rögner

**Reinigungsverfahren - ReinigungsverfahrenTransport, Lagerung und Verpackung von Bauteilen**  
Grundlagenseminar Industrielle Reinigungstechnik  
Fraunhofer-Institut FEP, Dresden, Deutschland  
28. - 30. September 2016

A. Himmler

**Barrierefolien**  
24. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (NDVaK)  
Dresden, Deutschland  
29./30. September 2016

C. Luber

**Auf dem Weg zur flexiblen OLED - Anforderungen, Herausforderungen, Möglichkeiten**  
24. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (NDVaK)  
Dresden, Deutschland  
29./30. September 2016

M. Jahnel, M. Schober, K. Fehse, O. R. Hild, U. Vogel

**Thin film-organic photodiodes on complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) materials structured via orthogonal photolithography for sensor applications**  
IDW/AD International Display Workshop / Asia Display 2016  
Fukuoka, Japan  
07. - 09. Dezember 2016

S. Saager

**Electron Beam Crystallization of Amorphous Silicon Thin Films**  
Comsol Conference 2016  
München, Deutschland  
12. - 14. Oktober 2016

G. Gotzmann

**Silver-copper mixed layers as an example for antibacterial coatings**  
Medical Valley Netzwerktreffen  
Erlangen, Deutschland  
20. Oktober 2016

A. Weidauer

**ResaatEI**

Innovationstage des pt BLE  
Bonn, Deutschland  
25./26. Oktober 2016

C. Keibler

**PI - SCALE - Flexible OLED pilot line**

Flex Europe Conference  
Grenoble, Frankreich  
25. - 27. Oktober 2016

G. Mattausch, S. Schmidt, B. Graffel, F.-H. Rögner

**Pulsed Electron Beam Deposition - a potential Tool for Thin-Film Technology**

International Conference on High-Power Electron Beam Technology, ebeam  
Reno, USA  
30. Oktober - 01. November 2016

E. Bodenstern, S. Saager, M. Schober, C. Metzner, U. Vogel

**OLED Micropatterning by Electron Beam Processing**

SID-ME Fall Meeting 2016  
Berlin, Deutschland  
03./04. November 2016

J. Portillo

**Co-Organisator low-energy ebeam application**

18<sup>th</sup> International Meeting on Radiation Processing, IMRP 2016  
Vancouver, Kanada  
07. - 11. November 2016

C. Kirchhof, C. Keibler

**OLED - the next generation in solid-state lighting**

electronica  
München, Deutschland  
08. - 11. November 2016

F.-H. Rögner

**Troubleshooting Was tun, wenn das Reinigungsergebnis nicht stimmt?**

OTTI Fachtagung Reinigen und Vorbehandeln  
Karlsruhe, Deutschland  
15. November 2016

C. May

**Fabrication Technologies for Flexible OLED Lighting Modules**

OSA Light, Energy and the Environment Congress, Solid-State Lighting (SSL)  
Leipzig, Deutschland  
17. November 2016

J. Westphalen, M. Junghähnel, S. Weller, G. Lorenz, F. Naumann

**Influence of thin-film properties on the reliability of ultra-thin glass**

EFDS Workshop "Transparente leitfähige Materialien (TCO/TCM)"  
Erfurt, Deutschland  
22./23. November 2016

M. Fahland

**Rolle-zu-Rolle Prozessierung von transparenten Elektroden in Kombination mit Permeationsbarrierschichten**

EFDS Workshop "Transparente leitfähige Materialien (TCO/TCM)"  
Erfurt, Deutschland  
22./23. November 2016

J. Schönfelder

**Keimfreie Oberflächen durch antibakterielle Beschichtungen und Elektronenstrahlen**

Dresdner Medizintechnik-Symposium  
Zwickau, Deutschland  
06. Dezember 2016

J. Schönfelder

**Microdisplays und Sensoren für die Medizintechnik auf Basis organischer Elektronik**

Dresdner Medizintechnik-Symposium  
Zwickau, Deutschland  
06. Dezember 2016

M. Junghähnel

**Fabrication of Thin-Film Coatings on Large Size Ultra-Thin Glass for Flexible Devices**

The 23<sup>rd</sup> International Display Workshops in Conjunction with Asia Display 2016 (IDW/AD ,16)  
Fukuoka, Japan  
07. - 09. Dezember 2016

M. Jahnel

**Thin Film-Organic Photodiodes on Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS) Materials Structured via Orthogonal Photolithography for Sensor Applications**

The 23<sup>rd</sup> International Display Workshops in Conjunction with Asia Display 2016 (IDW/AD ,16)  
Fukuoka, Japan  
07. - 09. Dezember 2016

C. Kirchhof

**Ideenwettbewerb flex-MED**

Medizintechnik in Sachsen - Ein Querschnitt durch die Branche  
Chemnitz, Deutschland  
07. Dezember 2016

A. Weidauer

**Novel Mobile Unit for Seed Treatment**

EuCARD -2<sup>nd</sup> Workshop with Industry "Low Energy beams for industrial and environmental applications"  
Warschau, Polen  
08./09. Dezember 2016

F.-H. Rögner

**Novel very low Energy Electron Sources - an Overview**

EuCARD -2<sup>nd</sup> Workshop with Industry "Low Energy beams for industrial and environmental applications"  
Warschau, Polen  
08./09. Dezember 2016

VERÖFFENTLICHUNGEN

**On/off-ratio dependence of bulk hetero junction photodiodes and its impact on electro-optical properties**

Microelectronic Engineering, Vol. 152, 2016, p. 20 - 25

C.-H. Lu, M. Beckmann, S. Unz, D. Glöß, P. Frach, E. Holst, A. Lasagni, M. Bieda

**Heat transfer model of dropwise condensation and experimental validation for surface with coating and groove at low pressure**

Heat and Mass Transfer, Volume 52, Issue 1, 2016, p. 113 - 126

A.- S. Kalyakina, V.- V. Utochnikova, E. Yu. Sokolova, A. A. Vaschenko, L. S. Lepnev, R. Van Deun, A. L. Trigub, Y. V. Zubavichus, M. Hoffmann, S. Mühl, N. P. Kuzmina

**OLED thin film fabrication from poorly soluble terbium o-phenoxybenzoate through soluble mixed-ligand complexes**

Organic Electronics, Vol. 28, 2016, p. 319 - 329

B. Scheffel, T. Modes, C. Metzner

**Reactive high-rate deposition of titanium oxide coatings using electron beam evaporation, spotless arc and dual crucible**

Surface & Coatings Technology, Vol. 287, 2016, p. 138 - 144

S. Günther, J. Fahlteich

**Funktionale Oberflächen für eine grüne Zukunft oder Funktionale Oberflächen für erneuerbare Energien**

Gastbeitrag des Fraunhofer FEP für das Verlagsspecial 2016 „Erneuerbare Energien“, Frankfurter Allgemeine Zeitung, März 2016

S. Barth, H. Bartzsch, D. Glöß, P. Frach, M. Gittner, R. Labitzke

**Adjustment of plasma properties in magnetron sputtering by pulsed powering in unipolar/bipolar hybrid pulse mode**

Surface and Coatings Technology, Vol. 290, 2016, p. 73 - 76

J.-P. Heinß, P. Lang, P. Ruppelt

**Temperature control of metal strip during high-rate vacuum coating**

Surface and Coatings Technology, Vol. 290, 2016, p. 39 - 42

U. Vogel

**OLED microdisplays: Advancing Virtual and Augmented Reality Smart Glasses of Today and Tomorrow**

Photonics Spectra, Onlineausgabe 04/2016

S. Barth, H. Bartzsch, D. Glöß, P. Frach, G. Suchanek, G. Gerlach

**Energy Harvesting auf der Basis piezoelektrischer AlN- und AlScN-Dünnschichten**

Tagungsband des 4SMARTS Symposiums, Darmstadt, Deutschland 06./07. April 2016, s. 481 - 492

W. Schönberger, H. Bartzsch, S. Schippel, T. Bachmann

**Deposition of rutile TiO<sub>2</sub> films by pulsed and high power pulsed magnetron sputtering**

Surface & Coatings Technology, Vol. 293, 2016, p. 16 - 20

E. Bodenstern, S. Saager, M. Schober, C. Metzner, U. Vogel

**Electron Beam Induced High-Resolution Modification of OLED Emission**

SID Symposium Digest of Technical Papers Volume 47, Issue 1, 2016, p. 1802 - 1804

U. Vogel, B. Richter, O. R. Hild, P. Wartenberg, K. Fehse, M. Schober, S. Brenner, J. Baumgarten, P. König, B. Beyer, G. Bunk, S. Ulbricht, C. Schmidt, M. Jahnel, E. Bodenstern, S. Saager, C. Metzner, V. Kirchhoff  
**OLED microdisplays - enabling advanced near-to-eye displays, sensors and beyond**

SID Symposium Digest of Technical Papers Volume 47, Issue 1, 2016, p. 703 - 706

C. Steiner, J. Fahlteich

**Vacuum plasma treatment and coating of fluoropolymer webs - challenge and application**

Onlineproceedings, AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe Dresden, Deutschland, 30. Mai - 02. Juni 2016

J. Fichtner, T. Beck, F. Simon

**Surface modification of polyethylene terephthalate (PET) and oxide coated PET for adhesion improvement**

Onlineproceedings, AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe Dresden, Deutschland, 30. Mai - 02. Juni 2016

C. Metzner, J.-P. Heinß, B. Scheffel, H. Morgner

**New vacuum coating technologies for metal strips and foils**

Onlineproceedings, AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe Dresden, Deutschland, 30. Mai - 02. Juni 2016

M. Stanel, T. Wański, S. Mogck

**Present status of Roll-to-Roll Fabrication for OLED lighting**

Onlineproceedings, AIMCAL Web Coating & Handling Conference 2016 Europe Dresden, Deutschland, 30. Mai - 02. Juni 2016

F. Krujatz, O. R. Hild, K. Fehse, M. Jahnel, A. Werner, T. Bley

**Exploiting the Potential of OLED-Based Photo-Organic Sensors for Biotechnological Applications**

Chemical Sciences Journal, Vol. 7, Issue 3, 2016, No. 1000134

W. Tress, B. Beyer, N. A. Astani, F. Gao, S. Meloni, U. Rothlisberger

**Extended Intermolecular Interactions Governing Photocurrent - Voltage Relations in Ternary Organic Solar Cells**

The Journal of Physical Chemistry Letters, Vol. 7, Issue 19, 2016, p. 3936 - 3944

F. Krujatz, K. Fehse, M. Jahnel, C. Gommel, C. Schurig, F. Lindner, T. Bley, J. Weber, J. Steingroewer

**MicrOLED-photobioreactor: Design and characterization of a milliliter-scale Flat-Panel-Airlift-photobioreactor with optical process monitoring**

Algal Research, Vol. 18, 2016, p. 225 - 234

F. Nehm, F. Dollinger, J. Fahlteich, H. Klumbies, K. Leo, L. Müller-Meskamp  
**Importance of Interface Diffusion and Climate in Defect Dominated Moisture UltrabARRIER Applications**

Applied Materials & Interfaces, Vol. 8, Issue 30, 2016, pp. 19807 - 19812

T. Preußner, M. Junghähnel, U. Hartung, T. Kopte

**Coatings with a large surface roughness prepared by a co-sputtering method using dual rotatable magnetrons**

Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016, Braunschweig, Deutschland 12. - 16. Juni 2016, p. 57 - 61

M. Junghähnel

**The Road from S2S to R2R -Status, Risks and Visions for Processing Ultra-Thin Glass**

Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016, Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016, p. 120 - 122

M. Fahland, J. Fahlteich, A. Himmler, T. Vogt, O. Zywitzki, V. Linß

**Roll to roll deposition of silicon nitride permeation barrier coatings using rotatable magnetrons**

Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016, Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016, p. 130 - 133

C. Steiner, J. Fahlteich, M. Fahland

**Characterization of stochastic nanostructures on ethylene tetrafluoroethylene films**

Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016, Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016, p. 139 - 141

J. Westphalen, M. Junghähnel, S. Weller, G. Lorenz, F. Naumann

**Influence of thin-film properties on the reliability of flexible glass**

Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016, Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016, p. 146 - 149

H. Bartzsch, P. Frach, M. Gittner, S. Bruns, M. Vergöhl, A. Seeboth, D. Löttsch, C. Rabe

**Towards tunable thin film filters with the use of liquid crystals**

Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016, Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016, p. 249 - 251

M. Schwarze, W. Tress, B. Beyer, F. Gao, K. Ortstein, R. Scholz, D. Kasemann, C. Poelking, D. Andrienko, K. Leo

**Band structure engineering in organic semiconductors**

Science, Vol. 352, Issue 6292, 2016, pp. 1446 - 1449

D. Hirsch, O. Zywitzki, T. Modes, H. Morgner, B. Späth, B. Siepchen, C. Metzner

**The impact of oxygen inlet during close-spaced sublimation process on the as-deposited and chlorine treated microstructure of CdTe layers**

Proceedings of 32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, München, Deutschland, 20. - 24. Juni 2016, p. 1072 - 1075

S. Saager

**Electron beam crystallization of amorphous silicon thin films in the solid phase regime and assisted simulations by finite element method**

Proceedings of 32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, München, Deutschland, 20. - 24. Juni 2016, p. 1256 - 1259

J.-P. Heinß, H. Schlemm, F. Wünsch

**High-Productive Aluminum Deposition of Back Contacts for Hetero-Junction Solar Cells by Electron Beam Evaporation**

Proceedings of 32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, München, Deutschland, 20. - 24. Juni 2016, p. 961 - 965

S. Barth, H. Bartzsch, D. Glöb, P. Frach, T. Modes, O. Zywitzki, G. Suchaneck, G. Gerlach

**Magnetron sputtering of piezoelectric AlN and AlScN thin films and their use in energy harvesting applications**

Microsystem Technologies, Vol. 22, Nr. 7, 2016, S. 1613 - 1617

K. Wilken, U. W. Paetzold, M. Meier, G. Ablayev, E. I. Terukov, N. Prager, M. Fahland, F. Finger, V. Smirnov

**Light Management in Flexible Thin-Film Solar Cells on Transparent Plastic Substrates**

Physica Status Solidi, Vol. 213, No. 7, 2016, p. 1955 - 1963

J. Fichtner, T. Beck, S. Günther

**Surface modification of polyethylene terephthalate (PET) and oxide coated PET for adhesion improvement**

Converting Quarterly - web processing and finishing technologies, Vol. 6, Nr. 4, 2016, p. 48 - 54

O. R. Hild

**Ein Streifzug durch die OLED-Display-Technik: Eine Technik in vielen Formaten**

Elektronik Displays, November 2016, p. 19 - 27

J. Fertey, L. Bayer, T. Grunwald, A. Pohl, J. Beckmann, G. Gotzmann, J. Portillo, J. Schönfelder, F.-H. Rögner, C. Wetzels, M. Thoma, S. M. Bailer, E. Hiller, S. Rupp, S. Ulbert

**Pathogens Inactivated by Low-Energy-Electron Irradiation Maintain Antigenic Properties and Induce**

Viruses, Vol. 8, Issue 11, Nr. 319, 2016, p. 1 - 14

F. De Rossi, G. Mincuzzi, F. Di Giacomo, J. Fahlteich, S. Amberg-Schwab, K. Noller, Th. M. Brown

**A Systematic Investigation of Permeation Barriers for Flexible Dye Solar Cells**

Energy Technology, Vol. 4, 2016, p. 1455 - 1462

J. Schönfelder, F.-H. Rögner

**Elektronenstrahlsterilisation elektronischer Bauteile**

IVAM-Fachmagazin „inno“, Ausgabe 65, 2016, S. 3 - 4

M. Friedemann, H. Klostermann

**Composition and Mechanical Properties of B-C-W and B-C-Ti Thin Films Prepared by Pulse Magnetron Sputtering**

Surface and Coating Technology, Vol. 308, 2016, p. 115 - 120

POSTER

M. Böhm, S. Derenker, V. Fiehler, F. Patrovsky, S. Barth, H. Bartzsch, P. Frach, L. M. Eng

**Plasmonic gradient structures: Nanorod arrays with high spectral tunability**

DPG-Tagung 2016  
Regensburg, Deutschland  
16. März 2016

C. Keibler, M. Törker

**Optimization of Cathode and ALD-Film Material for Top-Emission OLED**

LOPEC2016, International Exhibition and Conference for the Printed Electronics Industry  
München, Deutschland  
05. - 07. April 2016

J. Hauptmann, T. Wąnski, D. Wynands, S. Mogck

**The Impact of Residual Water in Barrier Films für Roll-toRoll OLED Lighting Application**

LOPEC2016, International Exhibition and Conference for the Printed Electronics Industry  
München, Deutschland  
05. - 07. April 2016

V. Krishnakumar, B. Späth, C. Drost, C. Kraft, B. Siepchen, A. Delahoy, X. Tan, K. Chin, D. Hirsch, O. Zywitzki, H. Morgner, S. Peng

**CSS deposition of CdTe layers with process gas oxygen for thin film solar cells**

E-MRS Spring Meeting  
Lille, Frankreich  
02. - 06. Mai 2016

T. Preußner, M. Junghähnel, U. Hartung, T. Kopte

**Preparation of a Gradient SiO<sub>2</sub> Antireflective Coating by a Co-Sputtering Method Using a Dual Rotatable Magnetron System**

59<sup>th</sup> Annual SVC - Society of Vacuum Coaters - Technical Conference  
Indianapolis, USA  
09. - 13. Mai 2016

C. Steiner, J. Fahlteich, M. Fahland

**Characterization of stochastic nanostructures on ethylene tetrafluoroethylene films**

11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016

T. Preußner, M. Junghähnel, U. Hartung, T. Kopte

**Coatings with a large surface roughness prepared by a co-sputtering method using dual rotatable magnetrons**

11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016

J. Westphalen, M. Junghähnel, S. Weller, G. Lorenz, F. Naumann

**Influence of thin-film properties on the reliability of flexible glass**

11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016

M. Junghähnel, M. Fahland, C. May, S. Mogck

**Processing of Thin-Films on Ultra-Thin Flexible Glass**

11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016

S. Mogck, M. Stanel, Y. Hasegawa, K. Mitsugi, Y. Uno

**OLED lighting using ultra-thin flexible glass**

11<sup>th</sup> International Conference on Coatings on Glass and Plastics, ICCG 2016  
Braunschweig, Deutschland  
12. - 16. Juni 2016

O. Zywitzki, T. Modes, M. Dienel, H. Morgner, C. Metzner

**Effect of microstructure on chlorine activation of Cadmium Telluride thin film solar cells**

European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, EU PVSEC 2015  
Hamburg, Deutschland  
14. - 18. September 2015

S. Saager

**Electron beam crystallization of amorphous silicon thin films in the solid phase regime and assisted simulations by finite element method**

32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
München, Deutschland  
20. - 24. Juni 2016

J.-P. Heinß, H. Schlemm, F. Wünsch

**High-Productive Aluminum Deposition of Back Contacts for Hetero-Junction Solar Cells by Electron Beam Evaporation**

32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
München, Deutschland  
20. - 24. Juni 2016

H. Nizard, M. Maicu, D. Hecker, D. Glöß, P. Frach, G. Gerlach

**Structure of Metal-Dielectric Nanocomposite Coatings Obtained by Gas Phase Condensation (GPC) and PECVD processes**

23<sup>rd</sup> Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases, ESCAMPIG XXIII  
Bratislava, Slovakia  
12. - 16. Juli 2016

I. Vicente Gabas

**Cold cathode toroidal electron beam source sustained by a low pressure wire anode discharge**

23<sup>rd</sup> Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases, ESCAMPIG XXIII  
Bratislava, Slovakia  
12. - 16. Juli 2016

H. Nizard, M. Maicu, D. Hecker, D. Glöß, P. Frach, G. Gerlach

**Optical Properties of Metal-Dielectric Nanocomposite Coatings Obtained by Gas Phase Condensation (GPC) and PECVD processes**

7<sup>th</sup> International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics, META 2016  
Malaga, Spanien  
25. - 28. Juli 2016

J.-P. Heinß, H. Klostermann, F. Fietzke, C. Metzner, B. Zimmermann, O. Zywitzki

**Combined vacuum deposition technologies for high-rate coating of 3D-parts**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

H. Nizard, M. Maicu, D. Hecker, D. Glöß, P. Frach, G. Gerlach

**Nanocomposites Coatings Deposited by Gas Phase Condensation (GPC) and PE-CVD Processes**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

D. Glöß, T. Goschurny, A. Drescher, H. Bartzsch, P. Frach, A. Heisig, H. Grune, L. Leischnig, S. Leischnig, C. Bundesmann

**Large Area Precision Optical Coatings by Pulse Magnetron Sputtering**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

A. Himmler

**Roll-to-roll deposition of silicon oxynitride permeation barrier layers using a rotatable dual magnetron system**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

M. Top

**Plasma monitoring of a hollow cathode activated PECVD process**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

V. Fischer

**Electron Beam Doping: A novel approach for creating selective emitters in crystalline silico**

15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2016  
Garmisch-Partenkirchen, Deutschland  
12. - 16. September 2016

M. Törker

**Peak wavelength adjustment in green top emitting OLED structures**

6<sup>th</sup> International LpS Event on Solid-State Lighting  
Bregenz, Österreich  
20. - 22. September 2016

S. Walker, J. Schönfelder, C. Wetzels, C. Dittfeld, M. C. Hacker, M. Schulz-Siegmund, R. H. Funk

**Modifikation und Sterilisation von Perikardgewebe durch nichtthermische Elektronenstrahlbehandlung**

Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien (DGBM)  
Aachen, Deutschland  
28. September - 01. Oktober 2016

S. Walker

**Niederenergetische Elektronenstrahlbehandlung - ein neuer Ansatz zur Sterilisation und Oberflächenmodifizierung von Perikardgewebe für Herzklappenprothesen**

Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (DKG), Herztage 2016  
Berlin, Deutschland  
06. - 08. Oktober 2016

S. Winkler, S. Straach, O. Zywitzki, M. Piwko, H. Althues

**Roll-to-Roll Deposition of Columnar Silicon Layers on Copper Foil As Thin Film Anodes**

5. Workshop „Lithium-Schwefel-Batterien“  
Dresden, Deutschland  
21./22. November 2016

S. Walker

**Low Energy Electron Beam Irradiation - a Novel Approach for Sterilization of Tissue Transplants**

25<sup>th</sup> Congress of the European Association of Tissue Banks  
Hannover, Deutschland  
24./25. November 2016

T. Sugane, J. Jia, S. Nakamura, D. Glöß, Y. Shigesato

**High rate deposition of n-type and p-type SnOx films deposited by reactive magnetron sputtering with unipolar pulsing and impedance control system**

26<sup>th</sup> Annual Meeting of MRS-J  
Yokohama, Japan  
19. - 22. Dezember 2016

M. Saito, J. Jia, S. Nakamura, D. Glöß, Y. Shigesato

**Deposition of Niobium Oxide films by reactive sputtering with the plasma emission feedback system in the transition region**

26<sup>th</sup> Annual Meeting of MRS-J  
Yokohama, Japan  
19. - 22. Dezember 2016

E. Bodenstern, D. Temmler, E. Hieckmann

**Epitaxial Crystallization of Amorphous Silicon Layers by Fast Electron Beam Scanning**

6<sup>th</sup> International Conference on Silicon Photovoltaics, SiliconPV 2016  
Chambéry, Frankreich  
07. - 09. März 2016

## BACHELORARBEITEN

S. Schönfeld

**Einfluss der Dichte auf die Barrierewirkung von Siliziumplasmapolymerschichten auf PET-Folie**

Westfälische Hochschule Zwickau

Fakultät Physikalische Technik und Informatik

C. Wießner

**Analyse zur zielgerichteten Etablierung von Wissensmanagement für die Projektarbeit am Fraunhofer FEP**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen

## DIPLOMARBEITEN

B. Kemper

**Elektronenstrahlbasierte Fixierung von pflanzlichen Biomolekülen an biokompatible Substrate**

TU Braunschweig, Studiengang Lebensmittelchemie

M. Schmidt

**Modernisierung und Erweiterung einer Elektronenstrahl-Feinschweissanlage**

TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Lehrstuhl für Festkörperelektronik

S. Fritsche

**Oberflächenglätten additiv gefertigter Bauteile**

TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Studiengang Werkstoffwissenschaft

J. Schäfer

**Untersuchung eines plasmagestützten Verfahrens zur Oberflächenbehandlung von Metallfolien mittels einer DC-Puls-Bias-Energieversorgung**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Elektrotechnik

## MASTERARBEITEN

M. Knörlein  
**Mechanische Charakterisierung von flexibler, organischer Elektronik**  
TU Bergakademie Freiberg  
Fakultät Maschinenbau, Verfahrens- u. Energietechnik  
Studiengang Technologiemanagement

T. Beck  
**Oberflächenkonditionierung von PET-Substraten, Zinkzinnoxid- und Siliziumoxid-Beschichtungen - Evaluierung verschiedener Methoden zur Beeinflussung der Haftfestigkeit von Lackschichten**  
TU Dresden  
Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften  
Fachrichtung Chemie und Lebensmittelchemie

D. Tröger  
**Defektreduzierte  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Abscheidung mit reaktiven Puls-Magnetron-Sputtern für die Oberflächenpassivierung von kristallinem Silizium**  
Westfälische Hochschule Zwickau  
Fakultät Physikalische Technik und Informatik

## DISSERTATIONEN

T. Weichsel  
**Entwicklung und Charakterisierung einer Elektron-Zyklotron-Resonanz-Ionenquelle mit integriertem Sputtermagnetron für die Erzeugung intensiver Ströme einfach geladener Aluminiumionen**  
TU Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften

KONTAKT  
CONTACT

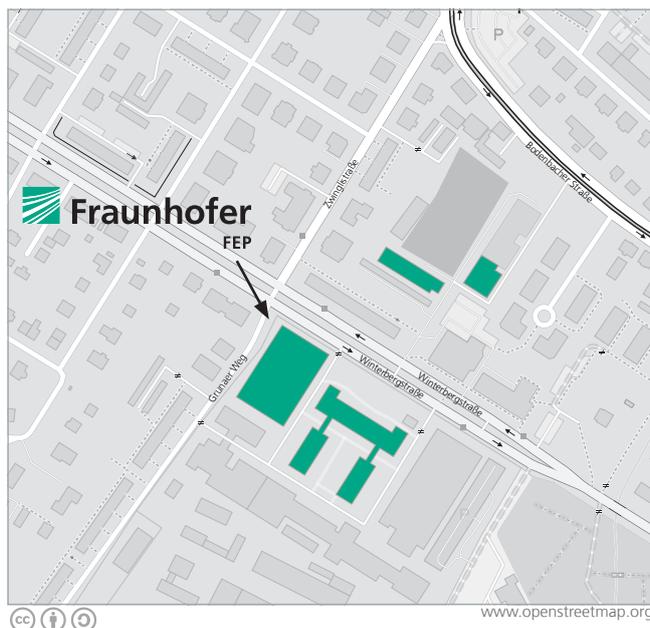


# KONTAKT CONTACT

## STANDORT WINTERBERGSTRASSE

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

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



## STANDORT MARIA-REICHE-STRASSE

Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik,  
Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP  
Maria-Reiche-Straße 2  
01109 Dresden, Deutschland

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



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



## SOZIALE NETZWERKE

 [facebook.com/fraunhoferfep](https://facebook.com/fraunhoferfep)

 [linkedin.com/company/fraunhofer-fep](https://linkedin.com/company/fraunhofer-fep)

 [twitter.com/fraunhoferfep](https://twitter.com/fraunhoferfep)

 [xing.com/companies/fraunhoferfep](https://xing.com/companies/fraunhoferfep)

 [instagram.com/fraunhoferfep](https://instagram.com/fraunhoferfep)

 [youtube.com/fraunhoferfep](https://youtube.com/fraunhoferfep)

## INTERNATIONALE VERTRETER

### **China | Oliver Wang**

10C, Block V Neptunus Mansion | Nanyou Rdd Nanshan District | Shenzhen 518054

### **Indien | Umesh Bhagwat**

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

### **Japan | Dr. Koichi Suzuki**

Kawasaki, 212-0032, Japan | 1509 Inicia-Shinkawasaki | 3-1, Shinkawasaki, Saiwai-ku

### **Russische Föderation | Hermann Marsch**

Maicom Quarz GmbH | Stolzenberg 5 | 04626 Posterstein

# IMPRESSUM

## EDITORIAL NOTES

### KONTAKT / CONTACT

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

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

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

### ANSPRECHPARTNER / CONTACT PERSON

Annett Arnold, M.Sc.  
Unternehmenskommunikation  
Telefon +49 351 2586-452  
[annett.arnold@fep.fraunhofer.de](mailto:annett.arnold@fep.fraunhofer.de)

### REDAKTION / EDITORIAL TEAM

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

### GESTALTUNG / LAYOUT

Finn Hoyer

### BILDNACHWEIS / PICTURE CREDITS

Fotolia: dima90, industrieblick Jürgen Lösel  
Rolf Grosser Anna Schroll  
Finn Hoyer Janek Wieczoreck  
istockphoto/fhgfep

### ÜBERSETZUNG / TRANSLATION

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

### DRUCK / PRODUCTION

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

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

© Fraunhofer FEP | Juni 2017



