



Fraunhofer
IMWS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR
MIKROSTRUKTUR VON WERKSTOFFEN UND SYSTEMEN IMWS



HIGHLIGHTS
2016
JAHRESBERICHT

Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel entdeckt bei der Eröffnung des Fraunhofer IMWS die Welt der Mikrostruktur, beobachtet von Institutsleiter Prof. Ralf B. Wehrspohn, Dr. Bernd Wiegand, Oberbürgermeister der Stadt Halle, Dr. Reiner Haseloff, Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt, Prof. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, und Matthias Menzel, Mitarbeiter des Fraunhofer IMWS (von links).



VORWORT



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

hinter uns liegt das erste Jahr als eigenständiges Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS. Wir sind stolz, auf ein erfolgreiches erstes Jahr zurückblicken zu können und möchten Ihnen in diesem Jahresbericht eine Auswahl unserer Aktivitäten vorstellen. Unser geschärftes Profil haben wir 2016 erfolgreich im Forschungsmarkt positioniert: Als exzellenter Forschungs- und Entwicklungspartner stärken wir Ihre Produkte und Prozesse mit mikrostrukturbasierter Technologieentwicklung und Diagnostik für effiziente und zuverlässige Werkstoffe, Bauteile und Systeme.

Wir hätten uns keinen beru- feneren Munde wünschen können, um die Bedeutung dieses Forschungsbereichs

gleich zu Beginn des Jahres zu unterstreichen: Im Rahmen der feierlichen Eröffnung des Instituts am 25. Januar 2016 stellte Bundeskanzlerin Angela Merkel die Relevanz der Materialforschung heraus und wies darauf hin, dass 70 Prozent aller Produktinnovationen auf neuen Werkstoffen beruhen. Auch Sachsen-Anhalts Ministerpräsidenten Dr. Reiner Haseloff, Leopoldina-Präsidenten Prof. Jörg Hacker und Fraunhofer-Präsidenten Prof. Reimund Neugebauer durften wir zur Eröffnungsfeier gemeinsam mit vielen Kunden und Partnern des Instituts begrüßen.

Die feierliche Eröffnung des Fraunhofer IMWS war zugleich der Startschuss für das Leistungszentrum Chemie- und Biosystemtechnik. Insgesamt 13 Millionen Euro werden vom Land Sachsen-Anhalt, der Fraunhofer-Gesellschaft und den beteiligten Industriepartnern investiert, um verfahrenstechnische Prozessketten vom Rohstoff bis zum Produkt zu optimieren.

» Unser geschärftes Profil haben wir 2016 erfolgreich im Forschungsmarkt positioniert.«

Im Fraunhofer-Verbund MATERIALS waren wir federführend an der Erstellung eines Strategiepapiers zum Materials Data Space beteiligt. Damit schafft Fraunhofer eine Plattform, in der unternehmensübergreifend digitale Daten zu Materialien und Werkstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette bereit stehen. Nur durch diesen Ansatz lassen sich die Potenziale von Industrie 4.0 voll ausschöpfen. Die Umsetzung des Projekts im Bereich der Mikrostrukturaufklärung wird bei uns in Halle liegen. Einen entscheidenden Beitrag dazu werden wir dank des Ausbaus des Fraunhofer-Kompetenz-Zentrums für angewandte Elektronenmikroskopie und Mikrostruktur-

diagnostik CAM leisten können. Ab Februar 2017 werden insgesamt 9 Millionen Euro in neue Räume und

neue Ausstattung investiert. Im erweiterten Fraunhofer CAM werden wir neue, leistungsfähigere und schnellere Materialanalytik-Verfahren entwickeln, die auch für Zukunftsthemen in anderen Bereichen wie der Zuverlässigkeit des autonomen Fahrens große Potenziale bieten.

Somit konnten wir im ersten Jahr als Fraunhofer IMWS unsere Kernkompetenzen in Mikrostrukturdiagnostik und Mikrostrukturdesign deutlich stärken und wichtige Weichen stellen, um das Institut dynamisch weiterzuentwickeln und für die aktuellen und künftigen Bedarfe von Ihnen als unseren Kunden optimal aufgestellt zu sein.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

INHALT

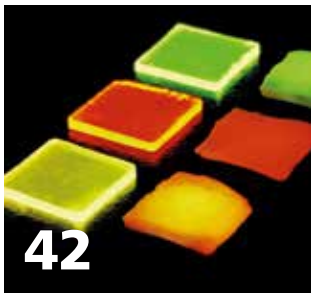


Vorwort	3	Verarbeitung thermoplastischer Faserverbund-Sandwich-Halbzeuge	24
Mission des Fraunhofer IMWS	6	Multipfropf-Copolymere als thermoplastische Elastomere	25
Kernkompetenzen	7	Biologische und Makromolekulare Materialien	26
Das Institut in Zahlen	8	Geschäftsfeldleiter im Interview – Prof. Dr. Andreas Heilmann	27
Komponenten der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik	10	Kombinierte Mikro- und Nanostrukturierung von Kunststoffen	28
Geschäftsfeldleiter im Interview – Prof. Dr. Matthias Petzold	11	Pflanzenölbasierte Schaumsysteme	30
Werkstoffe der Elektronik unter rauen Einsatzbedingungen	12	Cellulose als Ersatz für Mikroplastik in Pflegeprodukten ...	31
Degradation von IC-Schichten unter komplexen Stressbedingungen	14	Wirkstoffeinlagerung in Ballonkatheteroberflächen	32
Werkstoffanalytik für zuverlässige Kunststoffe der Elektronik	16	Einleitung und Wachstum von Mikrorissen im Knochen ...	33
Laserbonden von transparenten Materialien	17	Materialien und Systeme für erneuerbare Energien und Speicher	34
	16	Geschäftsfeldleiter im Interview – Dr. Karl Heinz Küsters ...	35
	20	Ursachen und Vermeidung licht-induzierter Degradation von Solarzellen	36
Polymeranwendungen	18	Photovoltaik im Sonnengürtel: Neue Materialien und Modultests	38
Geschäftsfeldleiter im Interview – Prof. Dr. Peter Michel ...	19		28
Hochmodul-Glasfasern als Verstärkungselemente in Thermoplasten	20		36
Thermographie-Prüfung von faserverstärkten Tapes und Laminaten	22		



Charakterisierung und Bewertung von strukturiertem
Sägedraht 39

Präparation von Membran-Elektroden-Einheiten für
PEM-Systeme 40



**Anwendungszentrum für Anorganische
Leuchtstoffe 41**

Geschäftsfeldleiter im Interview –
Prof. Dr. Stefan Schweizer 41

Wärmeleitfähigkeit lumineszierender Gläser und
Glaskeramiken 42

Kuratorium 44

Organigramm 45

Vernetzung des Fraunhofer IMWS 46

Technische Ausstattung am Fraunhofer IMWS 50

Personen, Ausbildung, Ereignisse am Fraunhofer IMWS 53

Veröffentlichungen am Fraunhofer IMWS 56

Ausblick 2017 57

Nachhaltigkeitsbericht 58

Impressum 60

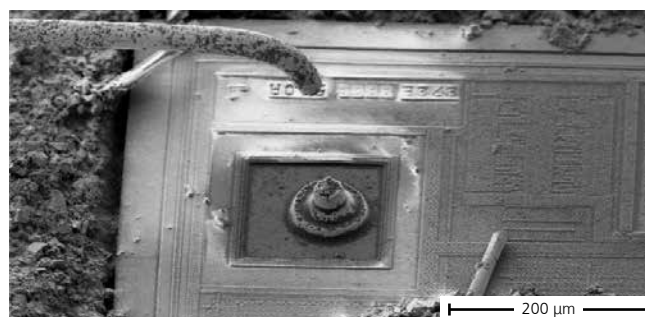
MISSION DES FRAUNHOFER IMWS

Unsere Mission: Mikrostrukturbasierte Technologieentwicklung und Diagnostik für effiziente und zuverlässige Werkstoffe, Bauteile und Systeme

Die zentrale Herausforderung der Menschheit im 21. Jahrhundert ist die Nachhaltigkeit aller Lebensbereiche, insbesondere der effiziente Umgang mit begrenzten Rohstoffen. Das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS betreibt angewandte Forschung im Bereich der Materialeffizienz und ist Impulsgeber, Innovator und Problemlöser für die Industrie und für öffentliche Auftraggeber in den Bereichen Zuverlässigkeit, Sicherheit, Lebensdauer und Funktionalität von Werkstoffen in Bauteilen und Systemen. Die Kernkompetenzen liegen im Bereich der Charakterisierung von Werkstoffen bis auf die atomare Skala sowie in der Materialentwicklung.



Beispiel unserer Kernkompetenz »Mikrostrukturdesign«: auf der Nanoskala optimierte Composite für geringeren Rollwiderstand von Reifen.



Beispiel unserer Kernkompetenz »Mikrostrukturdiagnostik«: Erst die Auflösung im Elektronenmikroskop macht Defektursachen wie abgerissene Drähte erkennbar.



Unsere Fähigkeiten in der Geräteentwicklung zeigt beispielsweise das Gerät microPREP™, mit dem sich ultradünne Proben für die Nanoanalytik schneller und zuverlässiger herstellen lassen.

KERNKOMPETENZEN

Mikrostrukturdiagnostik – discovered by Fraunhofer IMWS

Das Fraunhofer IMWS verfügt über ausgezeichnetes Know-how und bietet innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft die umfassendste Ausstattung zur Mikrostrukturaufklärung. Bis zur atomaren Ebene bestimmen wir damit mikrostrukturelle Werkstoff- und Bauteilmerkmale und die daraus resultierenden Eigenschaften im Einsatzfall. Wir setzen die Mikrostruktur, vor allem von Halbleitern, Polymeren und biologischen Materialien, in Korrelation zu lokalen Eigenschaften und machen so Leistungsreservoirs nutzbar.



Mit modernster Technik sind Einblicke in Materialien bis auf die Ebene einzelner Atome möglich.

Mikrostrukturdesign – designed by Fraunhofer IMWS

Das Verständnis und die Beherrschung der Mikrostruktur ermöglichen uns Eingriffe in fundamentale Materialeigenschaften. Mit Hilfe von Mikrostrukturdesign bringen wir unser Material-Know-how bereits während der Entwicklungsphase ein und unterstützen unsere Kunden am Beginn der Wertschöpfungskette mit passgenauen Materialien für den jeweiligen Einsatz. Das Fraunhofer IMWS leistet damit einen entscheidenden Beitrag zur Ressourceneffizienz und der Wettbewerbsfähigkeit seiner Kunden, ermöglicht leistungsfähigere Werkstoffe und eröffnet neue Anwendungsfelder.



UD-Tapes aus faserverstärkten Kunststoffen werden zu besonders leichten und robusten Bauteilen verarbeitet.

Entwicklung von Prüfgeräten – engineered by Fraunhofer IMWS

Erfolgreiche Mikrostrukturanalytik im Sinne unserer Kunden ist nur durch den Einsatz von hochkarätigem Instrumentarium möglich. Die komplexen Fragestellungen in Forschung und Entwicklung sowie neue Methoden und Materialien erfordern passgenaue Gerätschaften und so engagieren wir uns – aufbauend auf unserer langjährigen Erfahrung mit vorhandenen Techniken – zunehmend in der Entwicklung neuer Geräte. Unabdingbar dafür sind langjährige Kooperationen mit unseren Industriepartnern.

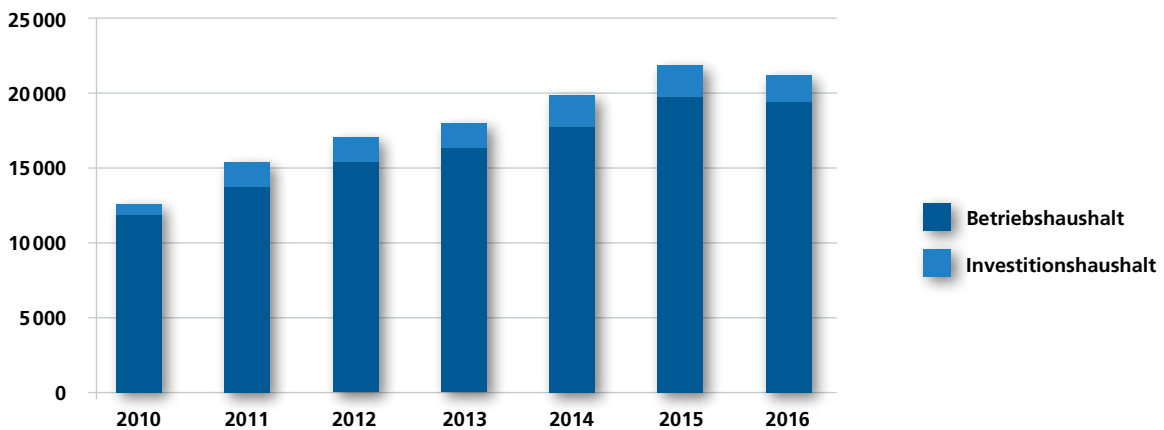


Mit akustischer Mikroskopie lassen sich kleinste Risse in Materialien erkennen, ohne die Proben zu zerstören.

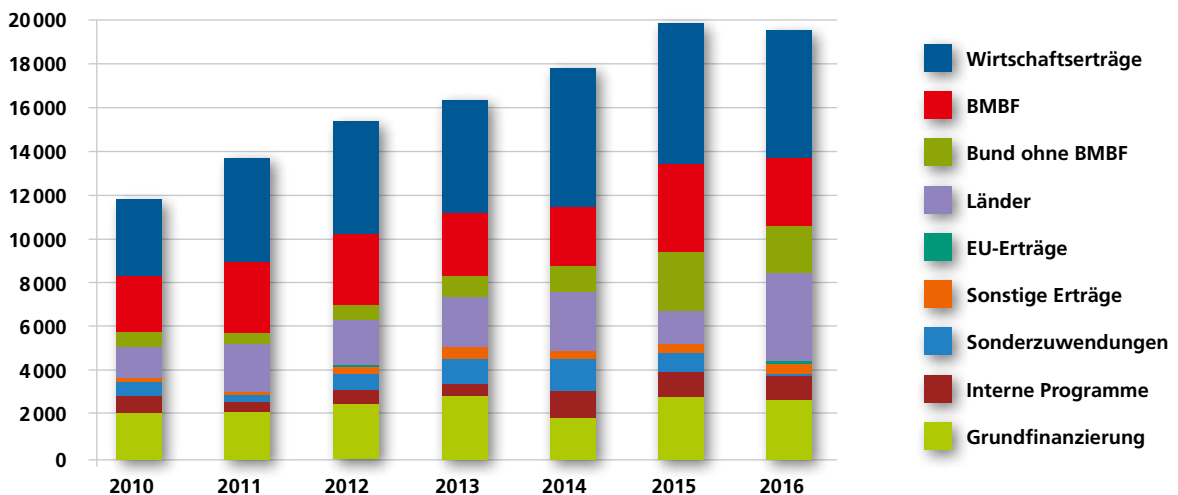
DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Haushalt

Gesamthaushalt in Tsd. EUR



Erträge Betriebshaushalt in Tsd. EUR

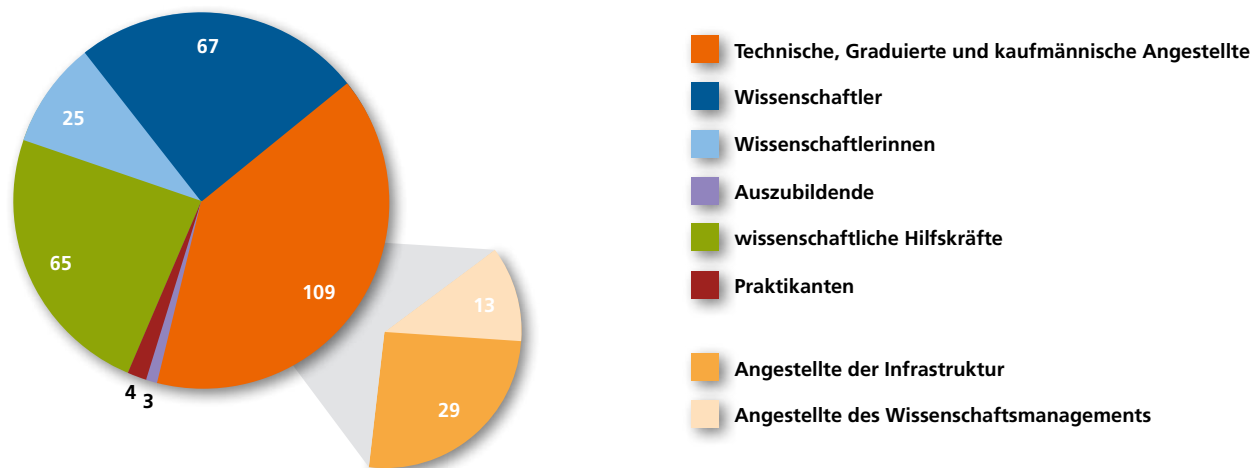
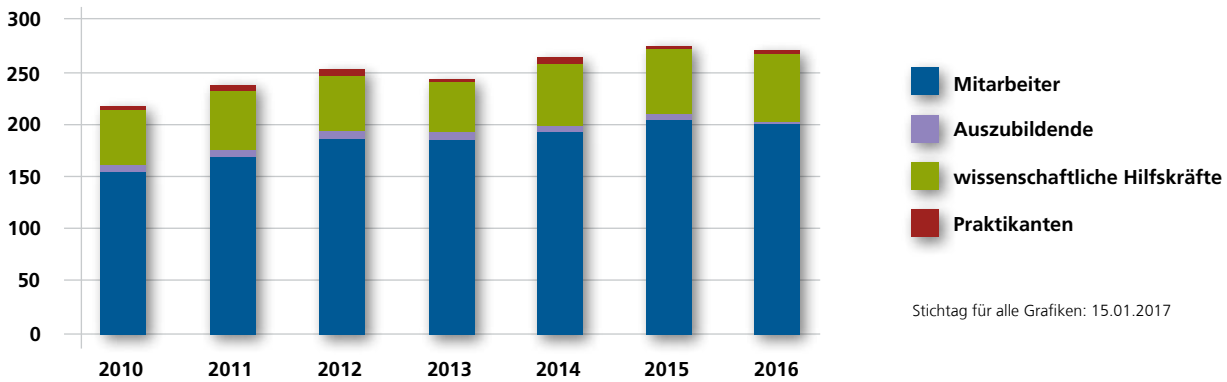


Der Haushalt des Fraunhofer IMWS setzt sich zusammen aus einem Betriebshaushalt und einem Investitionshaushalt. Der Betriebshaushalt des Fraunhofer IMWS beläuft sich auf 19,6 Millionen Euro. Im Betriebshaushalt sind alle Personal- und Sachaufwendungen enthalten. Er wird finanziert durch

externe Erträge aus Industrie und öffentlicher Hand und durch institutionelle Förderung (Grundfinanzierung). Der Anteil der Industrieerträge am Betriebshaushalt 2016 liegt bei 30,1 Prozent. Der Investitionshaushalt 2016 beträgt 1,7 Millionen Euro.

27,1 Prozent beträgt der Frauenanteil beim wissenschaftlichen Personal am Fraunhofer IMWS.

Personalentwicklung



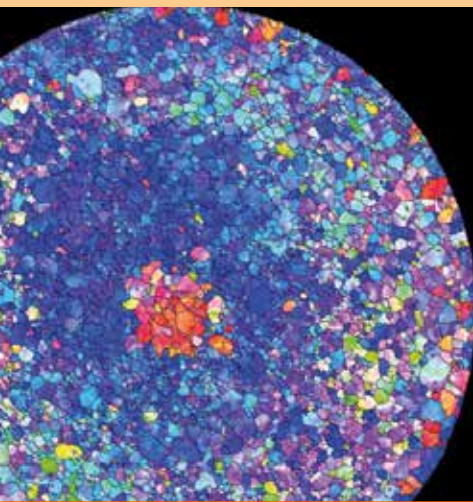
Ende 2016 sind am Fraunhofer IMWS insgesamt 273 Personen beschäftigt. Die Beschäftigtenzahl setzt sich zusammen aus 25 Wissenschaftlerinnen und 67 Wissenschaftlern sowie 109 technischen, graduierten und kaufmännischen

Angestellten, davon sind 29 Angestellte der Infrastruktur und 13 Angestellte im Wissenschaftsmanagement. Dazu kommen 3 Auszubildende, 65 wissenschaftliche Hilfskräfte und 4 Praktikanten.

Geschäftsfeld

KOMPONENTEN DER MIKROELEKTRONIK UND MIKROSYSTEMTECHNIK

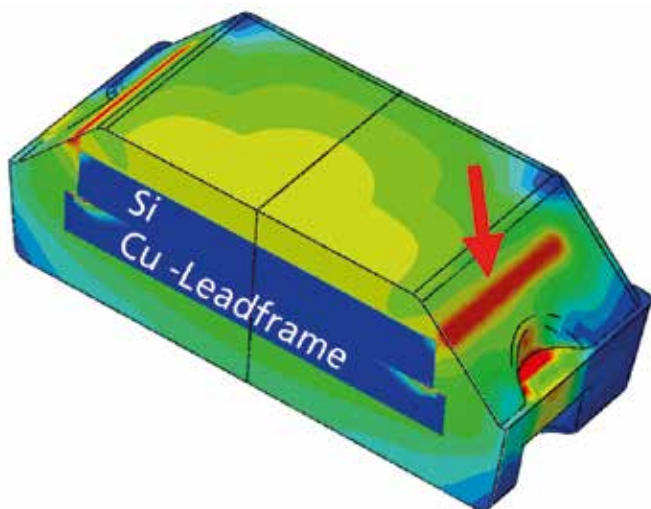
ERFOLGSGESCHICHTEN



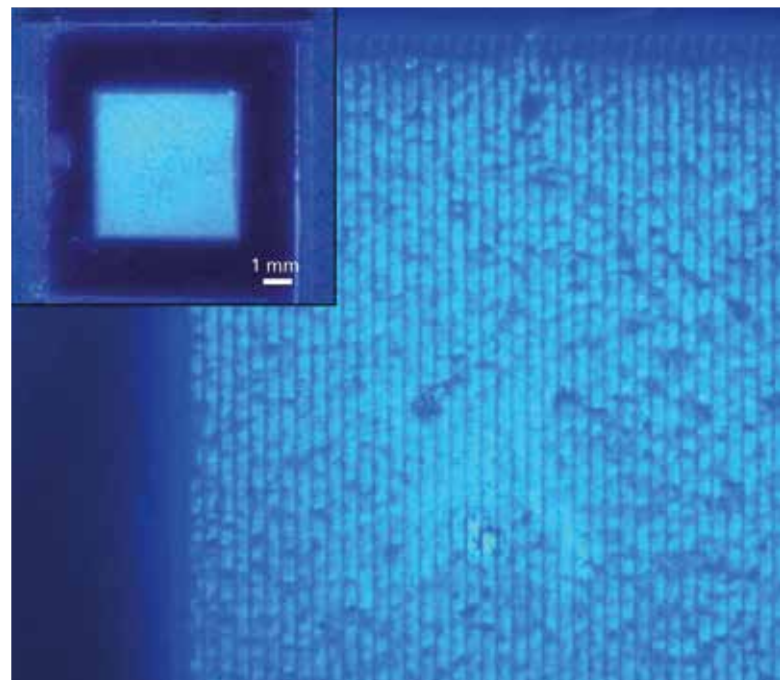
12 | Neue Ansätze für die Entwicklung von Materialien, die in Elektronikbauteilen unter rauen Bedingungen eingesetzt werden.



16 | Zuverlässige Kunststoffgehäuse sind elementar für Bauteile der Leistungselektronik.



14 | Wir haben die Ursachen von Korrosionsdefekten in dielektrischen Schichten analysiert.



17 | Mittels Laserbonden lassen sich transparente Substrate wie Quarzglas verbinden.

» Hohe Prozessqualität und Zuverlässigkeit im Einsatz erfordern die Beherrschung der Mikrostruktur«



GESCHÄFTSFELDLEITER IM INTERVIEW PROF. DR. MATTHIAS PETZOLD

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2016 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Unser Highlight war die Organisation des European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis (ESREF) in Halle als weltweit führende Konferenz zur Elektronikzuverlässigkeit und Fehleranalyse gemeinsam mit dem VDE. In mehreren Publikationen konnten wir dabei neueste Forschungsergebnisse dem internationalen Fachpublikum vorstellen. Auf der stark nachgefragten Geräteausstellung wurden von unseren Partnern auch Ergebnisse erfolgreich in die Praxis überführter Entwicklungsprojekte präsentiert, z. B. die microPREP-Laserpräparationstechnik für die Mikrostrukturdiagnostik.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an? Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Unsere Kunden kommen aus der gesamten Elektronik-Zuliefererkette, umfassen Hersteller von Halbleitern und Bauelementen, von Baugruppen und Systemen, von Materialien sowie von Test- und Diagnostikgeräten bis hin zu Endkunden. Unsere Kompetenzen in der Materialdiagnostik und Bewertung von Elektronik-Bauteilen oder von nanostrukturierten Funktionswerkstoffen werden besonders in Branchen mit hohen Anforderungen an Prozessqualität und Zuverlässigkeit wirksam, wie vor allem in der Automobil-, aber auch in der Energie- und Industrietechnik. Unsere Ergebnisse tragen dazu bei, neue Fertigungsprozesse sowie innovative Werkstoffe beschleunigt zu entwickeln, Bauelemente und Systeme in hoher Qualität und Zuverlässigkeit zu fertigen sowie neue Verfahren der Materialdiagnostik in den Markt zu bringen.

Welche Projekte sind 2016 neu angelaufen und welche Innovationen sind daraus zu erwarten?

In den aktuellen Industrieprojekten haben wir viele Fragestellungen sowohl zu Mikrostruktur und Defektrisiken innovativer Si- oder GaN-Halbleiterbauelemente, von Packagingmaterialien und Automobilelektronik-Baugruppen, als auch von optischen Funktionsmaterialien bearbeitet. Damit konnten wir zahlreiche Produktinnovationen unserer Kunden im Hinblick auf Qualitäts- und Zuverlässigkeitssteigerung unterstützen. Eigene aktuelle Entwicklungen von Diagnostikverfahren betreffen hochpräzise elektrische Nanoprobing-Verfahren für kleinste IC-Strukturen sowie Prüfmethode für die Durchschlagsfestigkeit von polymeren Leistungselektronik-Gehäusen. Im Bereich der Nanomaterialien verfolgen wir zukünftig das Ziel, innovative glaskeramische Materialien mit angepassten Funktionseigenschaften bereitzustellen.

Welche Aktivitäten stehen 2017 an?

Für 2017 wird uns neben neuen Forschungsvorhaben vor allem auch der Erweiterungsbau für unser Laborgebäude des Fraunhofer CAM beschäftigen. Er soll es uns dann ab 2018 ermöglichen, unsere Kapazitäten gezielt zu erweitern und uns damit für die Herausforderungen der Zukunft zu rüsten.

Prof. Dr. Matthias Petzold

Promotion in Physik an der Universität Halle, 1992 Wechsel zum Fraunhofer IMWS. Heute Geschäftsfeld- und stellv. Institutsleiter, zudem Professor an der HS Merseburg.

Mail: Matthias.Petzold@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 345 55 89-130

WERKSTOFFE DER ELEKTRONIK UNTER RAUEN EINSATZBEDINGUNGEN

Neue Technologien der Elektronik für regenerative Energien, Elektromobilität oder in der automatisierten Industrietechnik führen zu extremen Anforderungen an Werkstoffe. Für diese müssen konstante, zuverlässige Materialeigenschaften sichergestellt werden.

Aktuelle Anwendungen der Mikro- und Leistungselektronik im Automobil, bei regenerativen Energien oder in der Industrietechnik stellen hohe Anforderungen an Funktionalität, Sicherheit und Zuverlässigkeit der verwendeten elektronischen Komponenten. Vor allem bei rauen Einsatzbedingungen müssen die verwendeten Werkstoffe dauerhaft Temperaturen bis 300 °C und extremen mechanischen Belastungen zuverlässig widerstehen. Beispiele dafür sind Sensoren am Motor und im Abgasstrang eines Automobils oder die Bohrtechnik bei geologischen Erkundungen. Zusätzlich stellt die zunehmende Integration von Elektronik in die Industrietechnik im Rahmen des Konzeptes Industrie 4.0 hohe Anforderungen an deren Robustheit und Lebensdauer.

Bei höheren Temperaturen treten deutlich beschleunigte Alterungsmechanismen der elektrischen Kontaktwerkstoffe und Verkapselungsmaterialien auf. Dazu zählen veränderte Verformungseigenschaften wie Kriechmechanismen, plastische Verformbarkeit oder chemische Degradation. Daher haben elektrische Ausfälle und Zuverlässigkeitsfragestellungen der Komponenten in diesem Temperaturbereich oft einen direkten Bezug zum thermomechanischen Verhalten der eingesetzten Werkstoffe. Für eine ingenieurtechnische Auslegung elektronischer Komponenten werden folglich temperaturabhängige Parameter der Kontakt- und Packagingmaterialien benötigt.

Im Rahmen des Projektes zur Marktorientierten Strategischen Vorlaufforschung HOT 300 wurden am Fraunhofer IMWS erweiterte Prüftechniken und Methoden zur Materialcharakterisierung für den Temperaturbereich bis 300 °C entwickelt und auf miniaturisierte Probensysteme der Mikro- und Leistungselektronik übertragen. Dabei wurden zum Beispiel registrierende Eindruckversuche mittels Nanoindentation unter Temperaturbelastung an Fügenschichten und Halbleitermaterialien eingesetzt, um die temperaturabhängigen

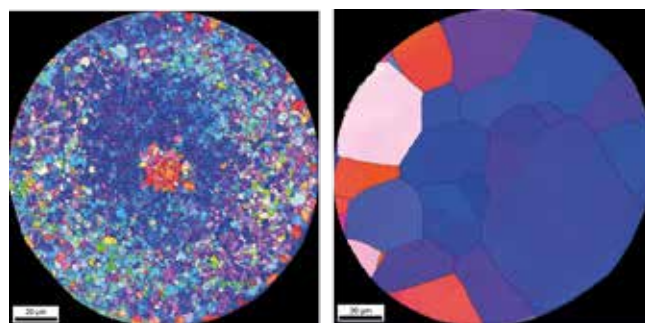
Materialeigenschaften der Systeme zu bestimmen.

Für Lotmaterialien konnten daraus etwa die elastischen und plastischen Eigenschaften von intermetallischen Phasen bewertet werden, die sich bei unterschiedlichen Temperaturen ausbilden. Aufgrund der erreichten Sensitivität dieser Methode sind auch temperaturabhängige Eigenschaften weniger Mikrometer dünner Chipmetallisierungen oder deren Haftfestigkeit bestimmbar.

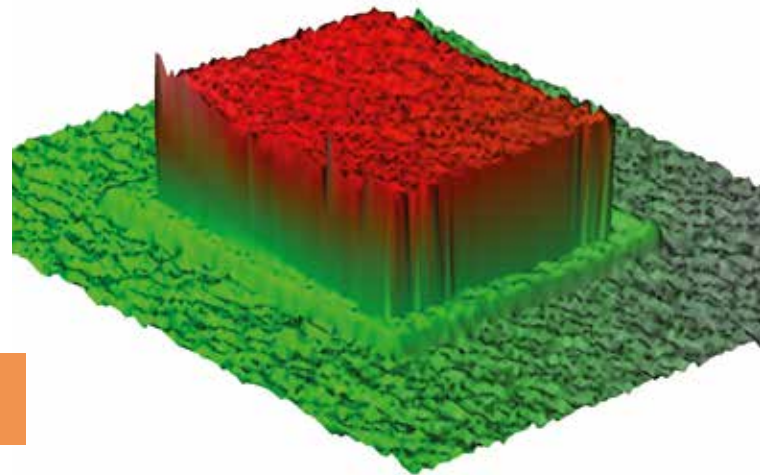
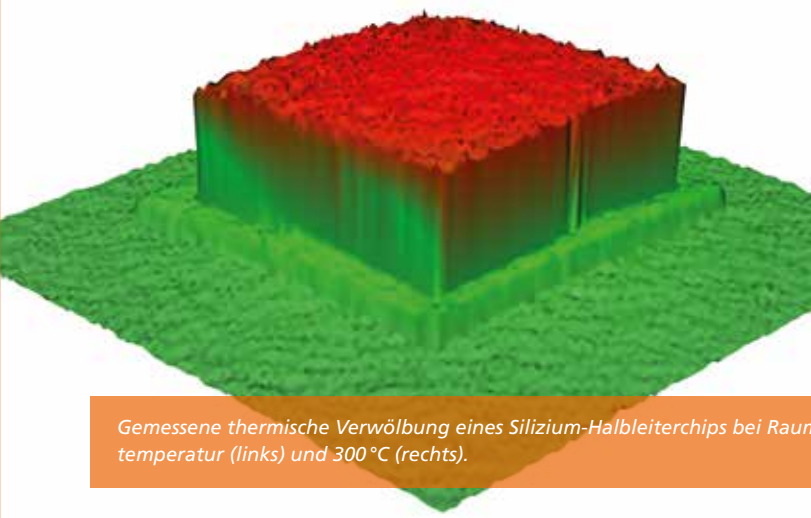
Auf Basis der entwickelten Prüftechniken zur

Bewertung von Fügenschichten wurden mithilfe spezieller bruchmechanischer Testmethoden Festigkeitsanalysen unter erhöhten Temperaturen oder nach Alterungstests durchgeführt. Diese Fügenschichten haben die Aufgabe, den Halbleiterchip auf das Substratmaterial zu fixieren und sind somit

**Bis 300 °C
ist die Belastbarkeit
und Zuverlässigkeit
elektronischer
Werkstoffe
sicherzustellen.**



1 Veränderung der Kornstruktur eines Aluminium-Bonddrahtes (Ø 30 µm) bei Raumtemperatur und nach 4h Auslagerung bei 350 °C.

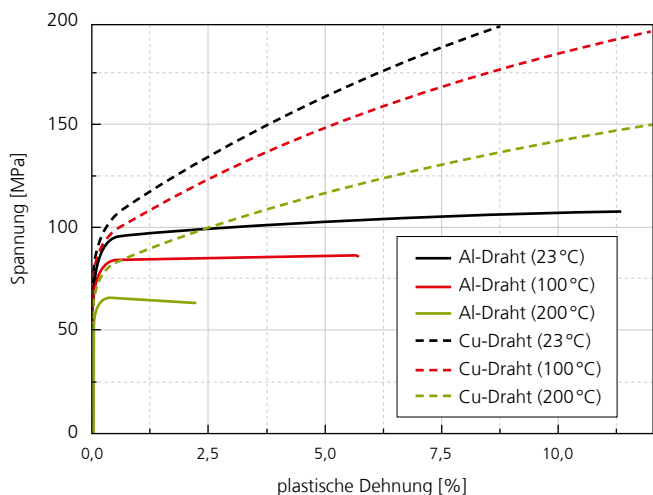


Gemessene thermische Verwölbung eines Silizium-Halbleiterchips bei Raumtemperatur (links) und 300 °C (rechts).

für dessen elektrische Funktionalität und den Transport der entstehenden Abwärme maßgeblich. Durch die angepassten Prüfmethode lassen sich hier Festigkeitsschwankungen und daraus resultierende thermische, elektrische oder mechanische Ausfälle durch Chipablösungen vermeiden.

Wesentlich für den Schutz der elektronischen Komponenten vor äußeren Einflüssen ist die physikalische und chemische Beständigkeit der Verkapselungsmaterialien, die in der Regel aus gefüllten Polymeren oder anorganischen Systemen als Matrixmaterial bestehen. Für diese Materialien spielen Kenntnisse über zusätzliche Vernetzung-, Kriech- oder Degradationsvorgänge eine wichtige Rolle zur Zuverlässigkeitsauslegung. Aufgrund der erhöhten Einsatztemperaturen verändern sich diese Eigenschaften über den gesamten Betriebszeitraum und sind für eine Modellbildung entsprechend aufwendig zu charakterisieren. Die von Projektpartnern neu entwickelten Verkapselungsmaterialien für raue Umgebungsbedingungen konnten durch die neuen Testmethoden am Fraunhofer IMWS charakterisiert, mit alternativen Werkstoffen verglichen und

daraus Ansatzpunkte für weitere Materialoptimierungen abgeleitet werden. Wesentliche Ursachen für das veränderte Materialverhalten der Elektronikwerkstoffe liegen in temperatur- und belastungsbedingten Veränderungen der Mikrostruktur. So ändert sich beispielsweise bei Metallen das Korngefüge von verwendeten Drahtmaterialien durch Kristallisationseffekte oder bei Kunststoffen das Vernetzungsverhalten der Polymere als Funktion der Einsatzdauer. Unter Verwendung der am Fraunhofer IMWS vorhandenen Methoden zur Mikrostrukturcharakterisierung, können diese mikrostrukturellen Eigenschaften mit dem mechanischen Verhalten korreliert werden. Die gewonnenen Ergebnisse schaffen ein vertieftes Verständnis für das Einsatzverhalten und potenzielle Risiken durch Fehlermechanismen. Die aus den Analysen gewonnenen Daten sind in Kombination von Simulationsmodellen mit erweiterten Material- oder bruchmechanischen Versagenskriterien zur Beschreibung des temperaturabhängigen Verformungs- und Versagensverhaltens anwendbar. Sie bildeten die Grundlage einer rechnerischen Zuverlässigkeitsauslegung durch die Partner im Vorhaben HOT 300 sowie in weiteren Industrieprojekten des Fraunhofer IMWS.



2 Vergleich des temperaturabhängigen Verformungsverhaltens verschiedener Bonddrahtmaterialien.

Durch die Forschungsaktivitäten werden so neue Ansätze der Material- und Technologieentwicklung elektronischer Bauelemente für erweiterte Anwendungsbereiche in der Automobil- und Industrietechnik unterstützt.

Dipl.-Ing. Falk Naumann

Maschinenbaustudium an der TU-Dresden mit Fachrichtung der Angewandten Mechanik, Koordinierung der mechanischen Charakterisierung und Simulationsaktivitäten im Bereich Mikroelektronik (seit 2007 am Institut).
 Mail: Falk.Naumann@imws.fraunhofer.de
 Telefon: +49 3 45 55 89-225

DEGRADATION VON IC-SCHICHTEN UNTER KOMPLEXEN STRESSBEDINGUNGEN

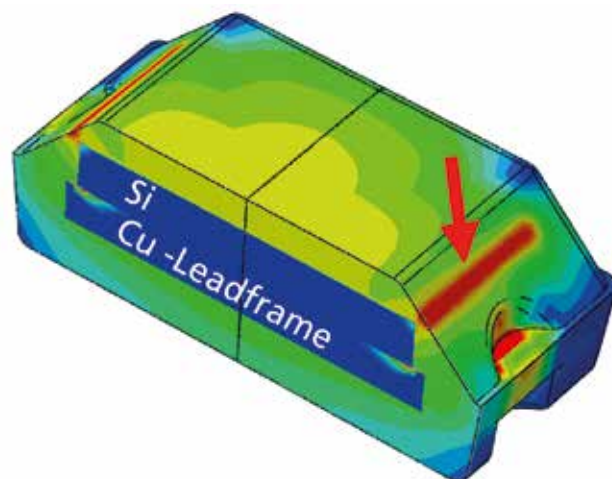
Elektronische Bauteile für Automobilanwendungen sind komplexen Stressbedingungen ausgesetzt. Im aktuellen Fallbeispiel werden Ursachen von Korrosionsdefekten in dielektrischen Schichten eines HALL-Sensors unter Zusammenwirken verschiedener Stressfaktoren dargestellt.

HALL-Sensoren werden im Auto für zahlreiche magnetische Schaltanwendungen eingesetzt. Dabei sind die Sensoren je nach Anwendung und Bauform unterschiedlichen Stresssituationen ausgesetzt. Insbesondere in direktem Kontakt mit der Umwelt ergeben sich hohe Beanspruchungen durch Feuchtigkeit und Temperaturwechsel mit entsprechenden thermomechanischen Belastungen der Bauteile. Hinzu kommen mechanische Beanspruchungen durch die Einbauform, zum Beispiel durch Overmolding (»Umspritzen«, zusätzliche Einhausung), sowie prozess- und einsatzbedingte Kontaminationen in Verbindung mit Feuchtigkeit, die auf die Sensoren einwirken.

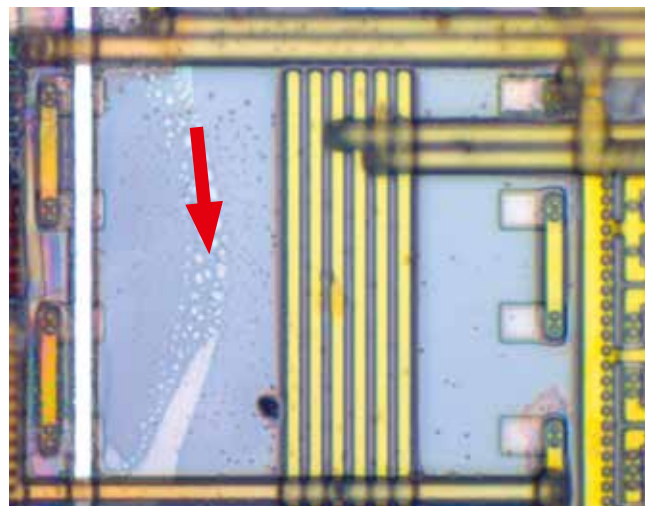
In der aktuellen Studie wurden Feldausfälle von HALL-Sensoren mit den Einsatzgebieten Leuchtweitenregulierung und Drosselklappensteuerung hinsichtlich ihrer Ausfallursachen untersucht. Dieser Sensortyp wurde mit speziellen Schutzstrukturen am Chip-Rand ausgelegt, um die Rissausbreitung ausgehend von Sägekanten in die elektrisch aktive Schaltkreisstruktur zu vermeiden. Alle Sensoren der geöffneten Bauteile zeigten an vergleichbaren Positionen Hinweise auf massive Korrosion von Siliziumsubstrat und Isolationsschichten der Halbleiterstrukturen. Der elektrische Ausfall der Bauteile wird dadurch verursacht, dass diese Korrosion bis hin zu vertikalen Durchkontaktierungen der Metallebenen voranschreitet. Dieser Prozess kann bis zu mehrere Monate, teilweise Jahre schleichend ablaufen, sodass Fahrzeuge erst nach mehreren Zehntausend Kilometern einen Ausfall zeigen.

Mittels hochauflösender Diagnostik mit Elektronenmikroskopie sowie Time-of-Flight-Sekundärionenmassenspektroskopie

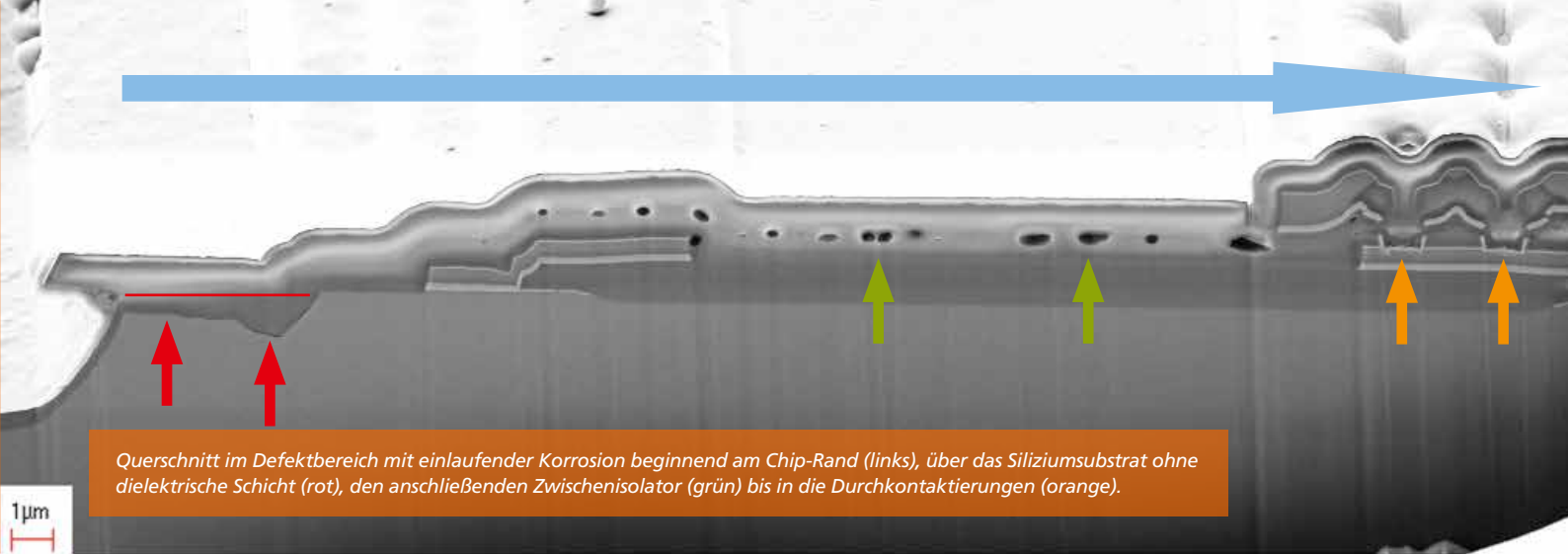
und begleitender thermomechanischer Simulation konnte der Fehlermodus vollständig aufgeklärt werden. An lokal präparierten Querschnitten im Defektbereich wurden dabei drei nacheinander ablaufende Korrosionsprozesse ermittelt,



1 FEM-Simulation des Einhausungsprozesses zeigt eine erhöhte lokale Zugspannung (rot) an der abgeprägten Gehäuseflanke.



2 Lichtoptische Abbildung der Korrosion (mit Pfeil markiert; nach den Nachstellversuchen).



Querschnitt im Defektbereich mit einlaufender Korrosion beginnend am Chip-Rand (links), über das Siliziumsubstrat ohne dielektrische Schicht (rot), den anschließenden Zwischenisolator (grün) bis in die Durchkontaktierungen (orange).

die ausgehend von der Chipkante in die aktiven Schaltkreisstrukturen voranschreiten. Im ersten Schritt wird das Silizium am Chip-Rand im Graben, welcher hier lokal nicht passiviert ist, oberflächennah chemisch in gelartige Kieselsäure mit orientierungsabhängiger Ätzrate umgewandelt. Anschließend degradiert der dielektrische Isolator zwischen den Metallebenen mit Ausbildung von Hohlräumen und zersetzt sich ebenfalls in Kieselsäure. Im dritten Schritt werden die nächstliegenden Durchkontaktierungen chemisch beziehungsweise elektrochemisch bis zur vollständigen Unterbrechung korrodiert und verursachen den elektrischen Ausfall des HALL-Sensors.

» Durch die komplexe physikalische Analyse konnte dieses Fehlerbild vollständig abgestellt werden.«

Die chemischen Reaktionen werden durch nachgewiesene Kalium-Kontamination und Feuchteintrag initiiert. Da diese Form der Korrosion nur in einzelnen Anwendungen der HALL-Sensoren beobachtet wurde und zudem nur an bestimmten Seitenrändern des Chips auftritt, wurden mechanische Stressfaktoren, die das Bauteil von außen zusätzlich belasten, als auslösendes Element untersucht. Eine Finite-Elemente-Simulation (FEM) des gehausten Chips konnte zeigen, dass das Bauteil schon aufgrund des Packaging-Prozesses unter thermomechanischer Belastung steht. Dabei zeigt sich im Bereich der abgeschrägten Pressmasse des Gehäuses eine erhöhte hydrostatische Zugbelastung, was die Diffusion von Wasser, kombiniert mit ionischen Kontaminationen von außen, begünstigt.

Parallel ergibt sich ebenso im Bereich der beobachteten Korrosion eine lokal auf die Chipoberfläche wirkende, erhöhte hydrostatische Zugbelastung. In Kombination mit Feuchtigkeit wird so das Eindringen korrosiver Medien (zum Beispiel Kaliumhydroxid) auch auf Chipebene befördert und damit eine Korrosion der aktiven Schaltkreisstrukturen ermöglicht.

Da der Ausfallmechanismus nur an bestimmten Bauteilen mit jeweils unterschiedlicher Einbausituation auftritt, wurde zusätzlich die Wirkung einer gezielten, äußeren mechanischen Belastung thermomechanisch simuliert. Hiermit konnte belegt werden, dass unter Einwirkung eines positiven Biegemomentes – im Einsatz gegeben durch zusätzliche umgebende Kunststoffe vom Overmolding – der hydrostatische Belastungszustand im oberflächennahen Silizium weiter ansteigt und letztendlich die beobachtete chemische Korrosion auslöst.

Zur Überprüfung der Fehlerhypothese wurde ein Nachstellexperiment aufgebaut, bei dem HALL-Sensorbauteile einer feuchten Kaliumhydroxid-Atmosphäre ausgesetzt wurden. Dabei wurde ein Teil der Sensoren elektrisch betrieben und ein weiterer Teil durch eine externe Einspannvorrichtung einer zusätzlichen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt. Im Ergebnis konnte nur an den HALL-Sensoren mit zusätzlicher mechanischer Belastung eine Korrosion an den jeweiligen Chipkanten beobachtet werden.

Zusammenfassend konnte ein neuartiger Korrosionsmechanismus auf Chipebene nachgewiesen werden. Dieser wurde durch Feuchte- und Kontaminationseintrag initiiert und durch die Geometrie der Pressmasse, thermomechanische Eigenspannungen im Gehäuse und eine externe mechanische Belastung vom Overmolding beziehungsweise Einbau des Bauteils begünstigt.

Zusammenfassend konnte ein neuartiger Korrosionsmechanismus auf Chipebene nachgewiesen werden. Dieser wurde durch Feuchte- und Kontaminationseintrag initiiert und durch die Geometrie der Pressmasse, thermomechanische Eigenspannungen im Gehäuse und eine externe mechanische Belastung vom Overmolding beziehungsweise Einbau des Bauteils begünstigt.

Dipl. Ing. (FH) Michél Simon-Najasek
 Studium der Elektrotechnik an der FH Köthen, Coventry University in England und Universität Magdeburg, aktuell im Bereich Materialdiagnostik für Silizium- und Verbindungshalbleiterbauelemente tätig.
 Mail: Michel.Simon-Najasek@imws.fraunhofer.de
 Telefon: +49 345 55 89-138

WERKSTOFFANALYTIK FÜR ZUVERLÄSSIGE KUNSTSTOFFE DER ELEKTRONIK

Die geeignete Materialauswahl beeinflusst entscheidend die Zuverlässigkeit von Elektronikkomponenten mit Kunststoffgehäuse. Mikrostrukturelle Defekte im Kunststoff können in erheblichem Maße die Materialeigenschaften ändern und zu Ausfällen der gesamten Elektronik führen.

Das Fraunhofer IMWS untersucht gemeinsam mit Industriepartnern die Schädigungsmechanismen an Kunststoffen der Mikro- und Leistungselektronik. Das Vorhaben wird dabei durch das European Center for Power Electronics GmbH (ECPE) und die Investitionsbank Sachsen-Anhalt finanziell gefördert. Neueste Ergebnisse zeigen, dass die Mikrostruktur der Kunststoffe eine entscheidende Rolle für das makroskopische Materialverhalten der Gehäuse spielt. Kleine Hohlräume in der Polymermatrix und eine schlechte Anbindung zwischen Füllstoff, zum Beispiel Glasfaser, und der Polymermatrix ermöglichen das Eindringen und die Anreicherung von Wasser im Kunststoff. Infolgedessen kann es bei anliegender Spannung in den Gehäusematerialien zur Ionenwanderung kommen. Das Ergebnis ist eine erhöhte Ionenleitfähigkeit und eine Reduzierung der elektrischen Durchschlagfestigkeit. Damit wirkt sich das thermophysikalische und elektrische Ver-

sagensverhalten der Kunststoffe direkt auf die Zuverlässigkeit der einzelnen Elektronikkomponenten aus, die in Kontakt zu den Gehäuse- und Vergussmaterialien stehen. Für zukünftige Materialentwicklungen und zur Absicherung der Zuverlässigkeit von elektronischen Baugruppen mit Kunststoffgehäuse ist die Aufklärung von Mikrostruktur-Eigenschafts-Beziehungen unabdingbar. Der Fokus sollte dabei auf der Materialdiagnostik entlang der Prozesskette vom gefüllten Granulat über die Konditionierung der Polymere bis zur Verarbeitung zu formstabilen Musterbauteilen und Prototypen liegen. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Analyse der Zuverlässigkeit von polymergehausten, elektronischen Bauteilen unter realen Einsatzbedingungen und die Entwicklung von beschleunigten Prüfverfahren. Aus diesem Grund entwickelte das Fraunhofer IMWS in Kooperation mit der Universität Kassel und der 3P GmbH eine innovative Prüfkörpergeometrie für Durchschlagstests an Kunststoffen der Leistungselektronik. Damit können zukünftig Bewertungs-, Modellierungs- und Diagnostikverfahren entwickelt werden, die eine qualitätsgerechte Fertigung von innovativen thermoplastischen Gehäusematerialien sicherstellen. Auch die Zuverlässigkeit der Materialien für den Einsatz im Automobil- und Leistungselektronikbereich kann so gewährleistet werden.



¹ Kunststoffgehäuse eines Leistungsmoduls mit Materialschädigung (geschmolzenes Material) im Bereich der Lastanschlusslaschen.

Dipl.-Ing. Sandy Klengel

Studium Feinwerk- und Mikrotechnik an der TU Dresden, seit 2014 Gruppenleiterin am Fraunhofer IMWS, Forschung im Bereich Mikrostruktur von Materialien der Aufbau- und Verbindungstechnik.
Mail: Sandy.Klengel@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-125

Dipl.-Ing. Bianca Böttge

Studium Keramik, Glas- und Baustofftechnik an der TU Freiberg, seit 2007 am Fraunhofer IMWS, Analyse und Bewertung von Materialien und Fehlermechanismen in der Mikro- und Leistungselektronik.
Mail: Bianca.Boettge@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-224

LASERBONDEN VON TRANSPARENTEM MATERIALIEN

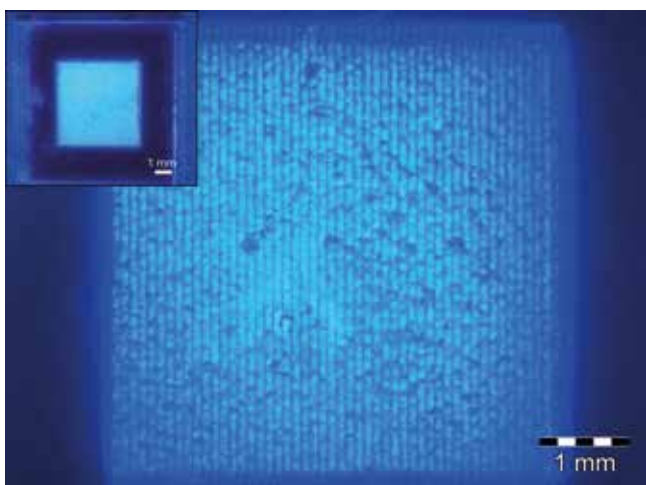
Im Rahmen des im April 2016 beendeten Fraunhofer Attract-Projekts »NanoAssess« wurde das Laserbonds transparenter Substrate (Saphir, Quarzglas und Glas) detailliert untersucht.

Für Mikrosysteme werden präzise und zuverlässige Fügeverbindungen benötigt. Die Laserbond-Technologie bietet deutliche Vorteile gegenüber konventionellen Techniken wie dem Kleben. Der Laserstrahl besitzt einen Durchmesser von nur wenigen Dutzend Mikrometern, sodass thermomechanische Spannungen auf ein Minimum reduziert werden. Weitere Vorteile sind die Festigkeit und die Möglichkeit, Freiform-Bahnen (etwa Kreise, Spiralen) zu verbinden sowie die hohe Geschwindigkeit des Laserprozesses und die Vermeidung der Kontamination oder Degradation von Klebern.

Transparente Materialien, wie Glas oder Saphir, werden häufig in der Medizintechnik (zum Beispiel Mikrofluidik) und für optische Anwendungen eingesetzt. Infolgedessen wurde eine

Vielzahl relevanter Materialsysteme analysiert. Dazu wurden die Fügepartner, von denen mindestens einer für die eingesetzte Laserstrahlung transparent war, aneinander gepresst. Der Laserstrahl wurde durch den transparenten Fügepartner hindurch auf die Grenzfläche fokussiert, wo der Hauptteil der Laserstrahlenergie in Wärme umgesetzt wurde. Waren beide Fügepartner transparent, wurde eine das Laserlicht absorbierende Zwischenschicht eingesetzt. Für die Verbindung von zwei Quarzglas-Substraten kam unter anderem fresnoitisches Glas ($2\text{BaO-TiO}_2\text{-2SiO}_2$) als Glaslot zum Einsatz.

Durch den Laserfügeprozess wird zusätzlich eine Kristallisation ausgelöst, die bewirkt, dass das Material im UV-Licht fluoresziert. Derartige, lumineszierende Fügeverbindungen sind hochinteressant im Bereich des Produktschutzes. Ein anderes Beispiel beschreibt den Einsatz ultradünner Titan-Filme als Absorbermaterial, die nach dem Fügen zweier dünner und flexibler Gläser, die eine höhere Bedeutung in der Display-Technologie haben, selbst auch transparent werden. Die Verbindung Saphir/Edelstahl wurde ebenfalls erfolgreich durchgeführt. Derartige Verbindungen finden häufig Anwendung in medizintechnologischen Vorrichtungen.



1 Lichtmikroskopische Aufnahme zweier verbundener Quarzglas-Substrate mit einer Fresnoit-Schicht als Glaslot (unter 254 nm Anregung). Eine Fläche von $5 \times 5 \text{ mm}^2$ wurde bestrahlt und emittiert intensiv im blauen Spektralbereich. Einsatz: Übersicht der Probe unter UV-Licht.

Dr. Araceli de Pablos Martín

Chemiestudium an der Universidad Autónoma in Madrid. Promotion am Glas- und Keramik-Institut (CSIC) in Madrid. Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Nanomaterialien und Nanoanalytik seit Mai 2012.

Mail: Araceli.Pablos-Martin@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 345 55 89-227

Prof. Dr. Thomas Höche

Physikstudium an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Promotion am MPI für Metallforschung in Stuttgart, Habilitation im Fach Experimentalphysik an der Universität Leipzig, Gruppenleiter bei Fraunhofer seit Dezember 2010.

Mail: Thomas.Hoeche@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 345 55 89-197

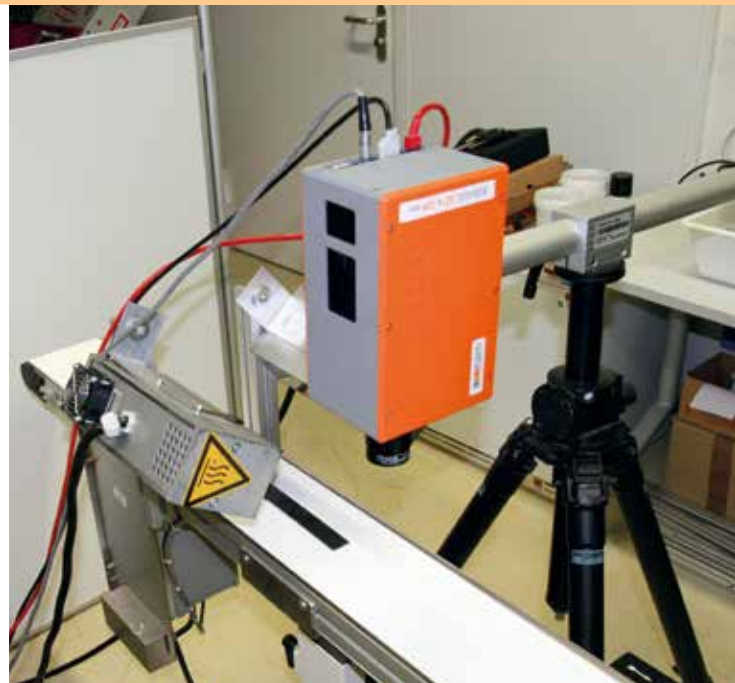
Geschäftsfeld

POLYMERANWENDUNGEN

ERFOLGSGESCHICHTEN



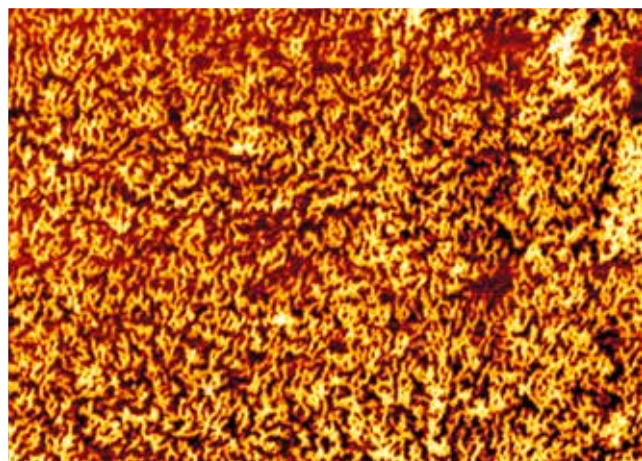
21 | Hochmodul-Glasfasern könnten die Lücke zwischen E-Glasfaser und Carbonfaser schließen.



23 | Puls-Phasen-Thermographie macht Fehlstellen in faserverstärkten Tapes und Laminaten sichtbar.



24 | Sandwich-Halbzeuge sind sehr gut geeignet für die Herstellung von serientauglichen Leichtbaustrukturen.



25 | Eine Optimierung der Mikrostruktur verbessert die mechanischen Eigenschaften von Multiphase-Copolymeren.

» Material, Bauteil und Prozess müssen künftig interagieren«



GESCHÄFTSFELDLEITER IM INTERVIEW PROF. DR. PETER MICHEL

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2016 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Der Materials Data Space. Das Projekt kann eine enorme Hebelwirkung für eine erfolgreiche Industrie 4.0 haben. Ich bin sehr froh, dass wir mit einem Use Case zum Thema Faserverbundwerkstoffe dazu beitragen können. Wir wollen Prüftechniken auf der Mikrostrukturebene dieser Kunststoffe ermöglichen, integriert in die Produktionslinien. Das Ziel ist ein Interagieren zwischen Material, Bauteil und Prozess mit deutlich verbesserter Material- und Prozesseffizienz. Ein weiteres Highlight war unser zweiter Platz beim Hugo-Junkers-Preis in der Kategorie »Innovativste Allianz« mit dem Projekt zu Gummirecycling in runderneuten Nutzfahrzeugreifen mit Partnern aus der Industrie. Persönlich hat mich natürlich das Kolloquium aus Anlass meines 60. Geburtstags an der Hochschule Merseburg besonders gefreut.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an? Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Die Bandbreite ist groß und reicht von Sportgeräten bis zu Sicherheitsanwendungen. Der wichtigste Markt für uns ist aber zweifelsohne der Bereich der Mobilität. Wir sind der Material- und Prozess-Spezialist für faserverstärkte Hochleistungsthermoplaste und großserienfähige, innovative Kautschuk-Komposite. Gemeinsam mit unseren Kunden arbeiten wir zum Beispiel an Leichtbaumaterialien für den Automotive-Bereich oder die Luftfahrt. Ein besonderer Vorteil für unsere Auftraggeber ist unser Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette, von der Rohstoffauswahl über die Verarbeitungstechnologie, die

daraus resultierenden Verarbeitungs-Struktur- und Struktureigenschafts-Beziehungen bis hin zu den angestrebten Bauteileigenschaften. Auch übergeordnete Inline-Prüfmethoden gehören dazu.

Welche Projekte sind 2016 neu angelaufen und welche Innovationen sind daraus zu erwarten?

Gemeinsam mit der ThermHex Waben GmbH arbeiten wir daran, serientaugliche Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren für Hochleistungs-Faserverbundsysteme mit thermoplastischen Wabenkernen zu entwickeln. Diese Halbzeuge eröffnen viele neue Möglichkeiten für den Leichtbau. Dieser steht auch in einem Projekt mit der IFC Composite GmbH zur Entwicklung einer thermoplastisch gebundenen Blattfeder im Mittelpunkt. Mit Krauss-Maffei haben wir einen Kooperationsvertrag zur Weiterentwicklung von UD-Tapes geschlossen, mit dem wir das Fraunhofer PAZ als Kompetenzzentrum für endlosfaserverstärkte Thermoplaste weiter stärken.

Welche Aktivitäten stehen 2017 an?

Der Ausbau des Fraunhofer PAZ in Schkopau wird das Jahr sicher prägen. Ich freue mich außerdem auf die Tagung der Fraunhofer-Allianz Leichtbau, die wir im Juni in Halle ausrichten.

Prof. Dr. Peter Michel

Studium Maschinenbau/Kunststofftechnik, seit 2013 Geschäftsfeldleiter am Fraunhofer IMWS, seit 2014 Professor an der HS Merseburg.

Mail: Peter.Michel@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 3 45 55 89-203

HOCHMODUL-GLASFASERN ALS VERSTÄRKUNGSELEMENTE IN THERMOPLASTEN

Hochmodul-Glasfasern haben das Potenzial, die Lücke zwischen E-Glasfaser und Carbonfaser als Verstärkungskomponente in Kunststoffen zu schließen. Dabei ist für gezielt ausgerichtete thermoplastbasierte Endlosfaserverbunde die Optimierung des Composite-Materialdesigns von signifikanter Bedeutung.

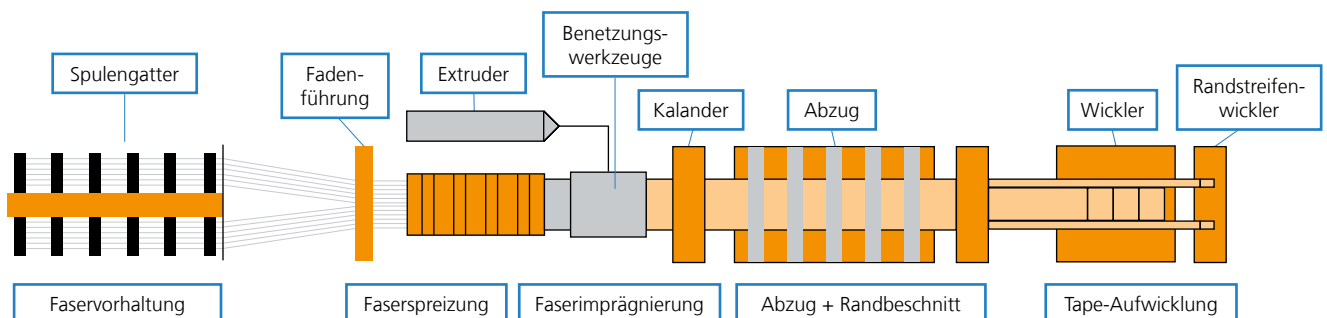
Faserverstärkte Kunststoffe sind auf dem Vormarsch in Richtung Leichtbau-Applikationen und Metallersatz. Endlosfaserverstärkte thermoplastische Verbundwerkstoffe (TPC) als Halbzeuge für die Weiterverarbeitung als belastungsgerechte partielle Verstärkung in Kunststoffbauteilen sind Gegenstand von Forschung und Entwicklung und bereits mit Standard-Fasern wie E-Glas oder Carbon in unterschiedlichen Qualitäten auf dem Markt erhältlich. Hinsichtlich der Materialeigenschaften und -kosten klafft derzeit eine große Lücke zwischen den mit diesen beiden Fasertypen verstärkten TPC. Diese Lücke könnte durch ein optimiertes Materialdesign der TPC basierend auf sogenannten Hochmodul-Glasfasern geschlossen werden. Diese Glasfasertypen besitzen aufgrund ihrer Zusammensetzung insbesondere höhere Steifigkeiten und Festigkeiten.

Um bis zu 120 % erhöhte spezifische Festigkeit der TPC gegenüber Stahl durch Hochmodul-Glasfasern.

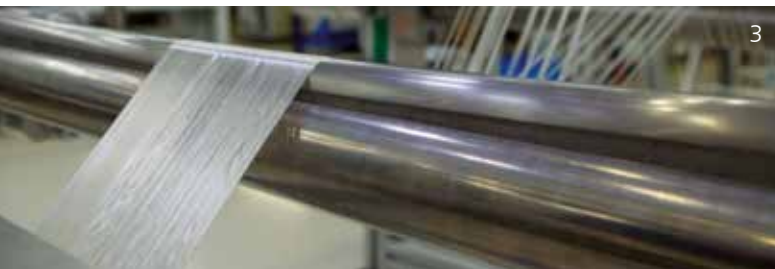
Das Fraunhofer PAZ nutzt eine Schmelzedirektimpregnieranlage für die Entwicklung endlosfaserverstärkter Halbzeuge (UD-Tapes). Auf einer maximalen Breite von 500 mm können mit dieser Anlage unidirektional faserverstärkte Folien im pre-industriellen Maßstab entwickelt werden.

Das mikrostrukturbasierte Materialdesign der Halbzeuge und damit ihre Qualität sind von vielen Faktoren abhängig. Materialseitig ist neben den Glasfasereigenschaften wie Glaszusammensetzung, Faserdurchmesser, Steifigkeiten, Festigkeiten und Bruchverhalten die Faser/Matrix-Wechselwirkung von großer Bedeutung. Die Faser kann ihre herausragenden Eigenschaften nur in das Halbzeug einbringen, wenn eine gute Anbindung an das thermoplastische Matrixmaterial gegeben ist. Für eine chemische Kopplung ist die Faserschlichte auf das Matrixmaterial anzupassen sowie weitere Modifikatoren in geeigneten Konzentrationen zuzufügen.

Neben den Materialeigenschaften der Ausgangskomponenten ist die Prozessführung zur Herstellung der Halbzeuge ein entscheidender Faktor für die Halbzeugqualität. Die Fasern müssen vor der Benetzung zu einem geschlossenen, nahezu 100 Prozent unidirektional ausgerichteten Faserbett gespreizt werden.



1 Funktionsprinzip der Schmelzedirektimpregnieranlage am Fraunhofer PAZ.

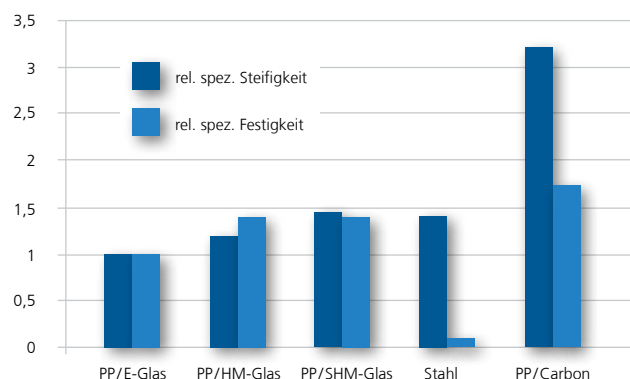


Tape-Herstellprozess für Polypropylen mit Glasfasern:
 1 Anlage zur Entwicklung von UD-Tapes
 2 Faserbereitstellung
 3 Faserspreizung
 4 finales UD-Tape

Hier kann es in Abhängigkeit der Prozessführung und der Faserbeschaffenheit zu Faserschädigungen, Verdrillungen oder Gassenbildung kommen, welche die mechanische Performance des Halbzeuges signifikant herabsetzen. Im weiteren Prozessverlauf ist insbesondere die Geometrie im Benetzungswerkzeug im Zusammenspiel mit der Viskosität der Polymerschmelze der entscheidende Faktor für eine optimale Faserbenetzung.

Erste Labormuster mit Hochmodul-Glasfasern (HM-Glas) und Superhochmodul-Glasfasern (SHM-Glas) in Polypropylen (PP) zeigten eine deutliche Performance-Steigerung des Composite im Vergleich zu einer Verstärkung mit einer handelsüblichen E-Glasfaser. Durch die Verwendung von Hochmodul-Glasfasern ergeben sich in der Prozessführung der Direktimprägnierung allerdings verschiedene Herausforderungen, welche die Verarbeitbarkeit der Fasern erschweren. Sind die Faserfilamentdurchmesser geringer, führt dies zu einer verminderten Permeabilität des Faserbandes und somit zu einer erhöhten Imprägnierzeit. Andererseits verbessert sich durch den geringeren Durchmesser das Oberflächen-Masse-Verhältnis, wodurch eine bessere Kraftübertragung im Verbund ermöglicht wird.

Für eine unidirektionale Ausrichtung der Faser ist eine sehr genaue Bewertung der Festigkeit und Steifigkeit mittels



2 Vergleich der relativen spezifischen Steifigkeit und Festigkeit verschiedener Materialien bezogen auf PP/E-Glas, Faseranteil 45 Vol.-%.

linearer Mischungsregel möglich. Hierbei zeigt sich ein linearer Einfluss der Steifigkeit und Festigkeit der Hochmodulgäser auf den Materialverbund.

Diese Werte müssen in Korrelation zu anderen Materialklassen wie Stahl gesetzt werden, um das Leichtbaupotenzial in einen sinnvollen Zusammenhang bringen zu können. Hierzu werden die mechanischen Werte auf die Dichte bezogen und es ergeben sich relative spezifische Kennwerte. Hinsichtlich der spezifischen Festigkeit haben die Faserverbunde mit Hochmodulgfasern gegenüber Stahl ein extrem hohes Potenzial. Die spezifische Steifigkeit entspricht dem Niveau von Stahl. Durch dieses Eigenschaftsprofil ergeben sich für die neuartigen TPC vor allem in der Mobilitätsbranche sehr viele Anwendungsmöglichkeiten. Im nächsten Schritt müssen die theoretisch ermittelten Kennwerte experimentell im größeren Maßstab erreicht werden.

Ziel zukünftiger Arbeiten ist es, auf spezielle Anwendungen hin gezielte TPC mit Hochmodul-Glasfasern materialtechnisch und prozesssicher zu designen und dabei die eigenschaftsbedingte Lücke zur Carbonfaserverstärkung zu minimieren sowie Halbzeuge als Metallsubstitut zu entwickeln.

Ivonne Jahn

Dipl.-Ing. für Werkstoffwissenschaften, Fachrichtung Kunststofftechnik, seit 2007 am Fraunhofer IMWS Gruppenleiterin Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge.
 Mail: Ivonne.Jahn@imws.fraunhofer.de
 Telefon: +49 3 45 55 89-474

Stephan Lehmann

Master of Science Maschinenbau, Fachrichtung Kunststofftechnik, seit 2015 am Fraunhofer IMWS, vorher TU Ilmenau. Wissenschaftlicher Mitarbeiter Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge.
 Mail: Stephan.Lehmann@imws.fraunhofer.de
 Telefon: +49 3 45 55 89-491

THERMOGRAPHIE-PRÜFUNG VON FASER- VERSTÄRKTEN TAPES UND LAMINATEN

Die prozessintegrierte Qualitätsprüfung ist eine Grundvoraussetzung für den Einsatz faserverstärkter thermoplastischer Halbzeuge in hochbelastbaren Leichtbaustrukturen. Mit der Puls-Phasen-Thermographie lassen sich Fehlstellen und Faserorientierungen in kontinuierlichen Prozessen erkennen.

Faserverstärkte Kunststoffe ermöglichen hochbelastbare Strukturen bei gleichzeitig niedrigem Bauteilgewicht beispielsweise im Flugzeug- und Automobilbau. Sie leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von klimaschädlichen Emissionen. Ihre strukturelle Leistungsfähigkeit hängt dabei wesentlich von der Länge der eingebetteten Verstärkungsfasern ab. Die höchsten gewichtsspezifischen Steifigkeiten und Festigkeiten lassen sich mit gestreckten Endlosfasern, die nahezu das gesamte Bauteil durchziehen, erreichen. Dabei hat sich der Einsatz von textilen Flächegebilden wie Geweben oder Gelegen, kombiniert mit einem duroplastischen Harz, etabliert. Materialbedingt gehen damit Verarbeitungszeiten von wenigstens mehreren Minuten bis zu einigen Stunden einher, da die Harze in dieser Zeit unter Druck und Temperatur aushärten. Deutlich kürzere Zykluszeiten von unter einer Minute lassen sich mit thermoplastischen Matrix-Kunststoffen erzielen, die im großserientauglichen Spritzguss-Verfahren verarbeitet werden können. Aufgrund der dabei auf wenige Zentimeter begrenzten Faserlänge, blieb das Verfahren bislang auf Bauteile mit niedriger mechanischer Belastung beschränkt. Aktuelle Entwicklungen zu endlosfaserverstärkten Halbzeugen, bei denen Gewebe oder sogar unidirektional ausgerichtete Fasern in einer thermoplastischen Matrix eingebettet werden, sogenannte UD-Tapes, könnten diese Limitierung künftig aufbrechen. Derartige Halbzeuge lassen sich durch Stapelung zu einem Laminat an die erwartete Belastung im Bauteil anpassen. Die Lamine können

**Erste Nachweise
von Faserorientierungen
in Laminaten
für Prozessgeschwindigkeiten
bis 6 Meter
pro Minute.**

im Spritzgussprozess umgeformt und durch Hinterspritzen funktionalisiert werden. Auf diese Weise entstehen hochbelastbare und hocheffizient herstellbare, großserientaugliche Leichtbaustrukturen.

Mit dem Einsatz endlosfaserverstärkter, thermoplastischer Faserverbundhalbzeuge in mechanisch hochbelastbaren Strukturbauteilen gehen gewisse Qualitätsanforderungen und im Falle von sicherheitsrelevanten Bauteilen eine umfassende Dokumentationspflicht einher. Dabei müssen relevante Qualitätsmerkmale wie die korrekte Einbettung und Ausrichtung der Verstärkungsfasern oder die interlaminaire Haftung der Einzelschichten entlang der Wertschöpfungskette überwacht werden.

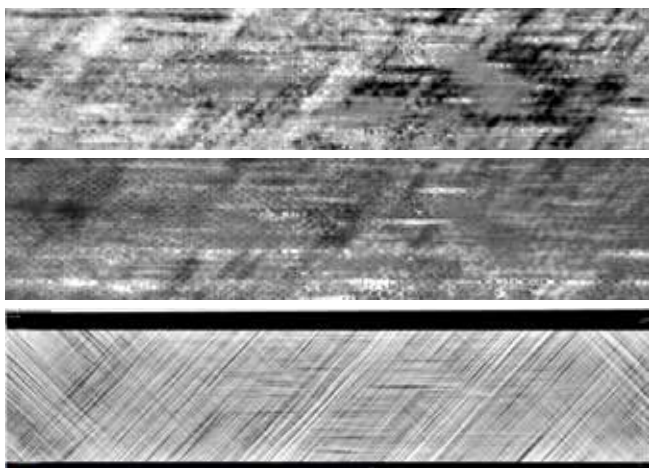
Die zerstörungsfreie Thermographie-Prüfung ermöglicht eine vergleichsweise schnelle Inspektion von Faserverbundstrukturen. Durch eine aktive Anregung mit optischen Blitzlampen werden thermische Wellen in den zu prüfenden Bauteilen induziert. Diese werden an Grenzflächen im Materialinneren, beispielsweise hervorgerufen durch Fehlstellen, reflektiert. Das führt wiederum zu einem charakteristischen Wärmebild auf der Bauteiloberfläche. Dieses lässt sich mit einer entsprechenden Infrarotkamera aufnehmen und mithilfe von Bildanalysetechniken auswerten. Die mit der sogenannten Puls-Phasen-Thermographie gewonnenen Bildsequenzen enthalten Informationen, die mit den Eindringtiefen der thermischen Wellen korreliert werden können. Um die Anwendbarkeit des Verfahrens auf thermoplastbasierte Leichtbaustrukturen zu untersuchen, wurden Puls-Phasen-Thermographie-Messungen an endlosfaserverstärkte UD-Tapes aus glas- beziehungsweise kohlenstofffaserverstärktem Polyamid und Polypropylen sowie an daraus hergestellten Laminaten durchgeführt.

Bereits die qualitative Analyse der Bilddaten ermöglicht erste Aussagen zu Faserorientierungen in mehrlagigen Laminaten



Versuchsaufbau mit Förderband zur Thermographie-Messung an kontinuierlich bewegten Laminatproben.

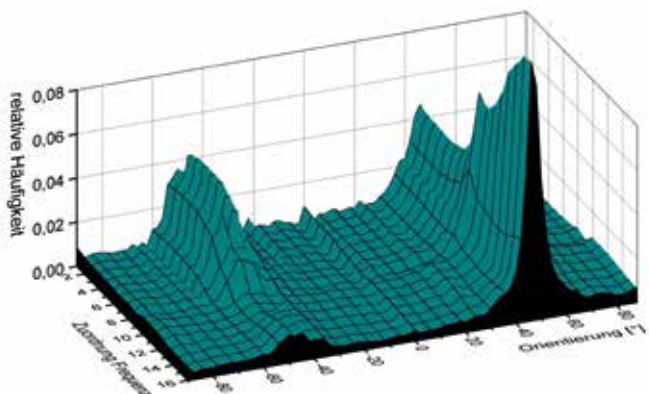
und herstellungsbedingten Fehlstellen. Diese Erkenntnisse konnten an Laminaten aus industrieller Produktion nachgewiesen und anhand von Röntgen-Computertomographie-Aufnahmen als vergleichende Referenzmessung validiert werden. Mittels quantitativer Bildanalyse wurden darüber



1 Vergleich Thermographie-Aufnahmen (ganz oben: Phasenbild; Mitte: Amplitudenbild) für Eindringtiefe ca. 0,26 mm mit entsprechendem Schnittbild aus Röntgen-Computertomographie-Messung der gleichen Probe (ganz unten). Beide Messverfahren zeigen die innen liegende 45°-Lage mit einigen Fehlstellen (Markierungen).

hinaus Histogramme der Faserorientierungen für bestimmte Eindringtiefen der thermischen Wellen ermittelt. Auf diese Weise ist eine Kontrolle der von außen nicht sichtbaren Faserausrichtung in den einzelnen Verstärkungslagen möglich. Bei einer Messdauer von lediglich 60 Sekunden konnte eine Eindringtiefe bis in die vierte Lage (Lagendicke 0,25 mm) nachgewiesen werden.

Um das Potenzial als prozessintegrierte, zerstörungsfreie Prüfmethode bei der kontinuierlichen Herstellung vorkonsolidierter Laminat-Halbzeuge vorab bewerten zu können, wurden entsprechende Laborversuche mit einem Förderband durchgeführt. Dazu erfolgte eine kontinuierliche Thermographie-Messung einer Laminatprobe, die mit konstanter Geschwindigkeit unter der Infrarotkamera entlang geführt und zwischenzeitlich durch optische Blitzlampen angeregt wurde. Durch eine geschickte Prozessierung der aufgenommenen Bilddaten können auch dabei für lückenlos aneinander grenzende Probenabschnitte zeitliche Thermosequenzen aufgezeichnet und ausgewertet werden. Mit dem Aufbau konnte eine zuverlässige, zerstörungsfreie Analyse der untersuchten Laminatproben für eine Prozessgeschwindigkeit von sechs Metern pro Minute nachgewiesen werden. Damit lassen sich in realen Produktionsprozessen nahezu in Echtzeit detaillierte Daten zur Qualität der hergestellten Strukturen gewinnen. Diese werden zukünftig zur Umsetzung des Konzepts eines Materials Data Space im Rahmen von Industrie 4.0 in der modernen Kunststoffverarbeitenden Industrie benötigt.



2 Aus Thermographie-Sequenzen ermitteltes Faserorientierungs-Histogramm eines 8-lagigen 45/-45°-Laminates.

Dr.-Ing. Ralf Schlimper

Maschinenbaustudium an der Fachhochschule Bremen, seit 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IMWS, Gruppenleiter Faserverbundstrukturen.

Mail: Ralf.Schlimper@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 3 45 55 89-263

VERARBEITUNG THERMOPLASTISCHER FASERVERBUND-SANDWICH-HALBZEUGE

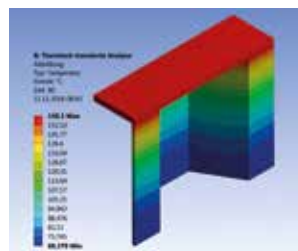
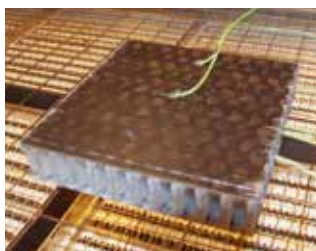
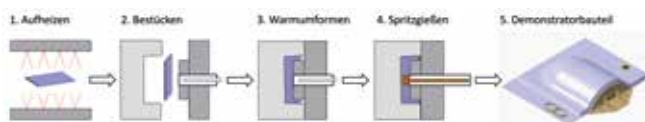
Neuartige thermoplastische Faserverbund-Sandwich-Halbzeuge vereinen die strukturmechanischen Vorteile der Sandwichbauweise mit der sehr guten Verarbeitbarkeit von Thermoplasten und sind somit prädestiniert für die Herstellung von serientauglichen Leichtbaustrukturen.

Vor allem in der Luftfahrt- und Automobilindustrie hat der Leichtbau eine wichtige Rolle eingenommen. Neben dem Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen hat auch die Sandwichbauweise eine große Bedeutung erlangt. Dabei werden zwei steife Deckschichten durch einen leichten Kern auf Abstand gehalten. Das vergrößerte Flächenträgheitsmoment erhöht die gewichtsspezifische Biege- und Beulsteifigkeit.

Im Rahmen eines Landesforschungsprojektes entwickelt das Fraunhofer IMWS gemeinsam mit der Firma ThermHex Waben GmbH angepasste Auslegungskonzepte und serientaugliche Verarbeitungsverfahren, um Leichtbaustrukturen auf Basis thermoplastischer Faserverbund-Sandwich-Halbzeuge herstellen zu können. Hierbei werden zunächst bei ThermHex in einem kontinuierlichen und automatisierten Verfahren

die thermoplastischen Wabenkerne durch Folienextrusion, Rotationsvakuumtieftziehen und Faltung hergestellt und schließlich durch Laminierung mit endlosfaserverstärkten Thermoplast-Decklagen zusammengebracht. Mit Hilfe der Hybrid-Spritzgusstechnologie erfolgt die Weiterverarbeitung zu hochbelastbaren Leichtbaustrukturen.

Eine große Herausforderung stellt dabei die Warmumformung der thermoplastischen Faserverbund-Sandwich-Halbzeuge dar. Um dies zu realisieren, ist eine präzise Prozessführung während der kontaktfreien Erwärmung in einer Infrarot-Heizstation von signifikanter Bedeutung. Dabei müssen ein Aufschmelzen der Deckschichten zur optimalen Warmumformung gewährleistet und zugleich ein Kollabieren des Kerns durch einen zu hohen Wärmeeintrag vermieden werden. Für die experimentelle Charakterisierung wurde ein Versuchsstand mit geeigneter Messtechnik eingerichtet und somit der lokal unterschiedliche Wärmeeintrag in das Halbzeug bestimmt. Zusätzlich wurde mit Hilfe von Finite-Elemente-Modellen das Aufheizverhalten numerisch untersucht und ein detailliertes Werkstoffverständnis entwickelt. Somit kann nun jeweils das optimale Aufheizregime für unterschiedliche Sandwichaufbauten festgelegt werden.



1 Prozesskette zur Herstellung von thermoplastbasierten Leichtbaustrukturen im Hybrid-Spritzguss (oben), Experimentelle und numerische Untersuchung des Aufheizverhaltens der Faserverbund-Sandwich-Halbzeuge (unten).

Dr. Matthias Zschegge

Maschinenbaustudium an der TU Dresden, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am ILK der TU Dresden und bei der Leichtbauzentrum Sachsen (LZS) GmbH, seit Dezember 2014 am Fraunhofer IMWS, seit Mai 2015 Gruppenleiter Hochleistungsthermoplaste.
Mail: Matthias.Zschegge@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-475

M. Eng. Thomas Gläßer

Maschinenbaustudium an der Hochschule Anhalt (Köthen), seit April 2015 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IMWS.
Mail: Thomas.Glaesser@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-476

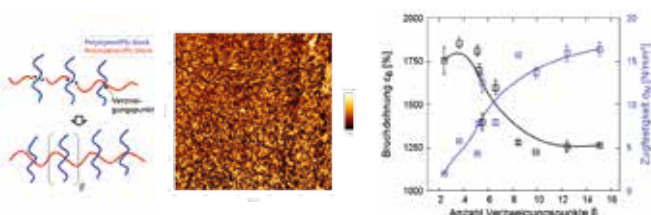
MULTIPROPF-COPOLYMERE ALS THERMOPLASTISCHE ELASTOMERE

Polyisopren-Polystyrol-basierte Multipropf-Copolymere wurden in einer up-skalierbaren Syntheseroute durch Variation der Mikrostruktur und der Morphologie bezüglich ihrer mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Dehnbarkeit) und ihres Verarbeitungsverhaltens optimiert.

Multipropf-Copolymere auf Basis von Polyisopren (PI) und glasartigen Ppropfästen wie beispielsweise Polystyrol (PS) von bis zu 23 Masseprozent lassen sich der Gruppe der thermoplastischen Elastomere (TPE) zuordnen.

Diese gummielastischen Werkstoffe könnten potenziell Anwendung im Bereich medizinischer Peristaltikschläuche und Pumpenmembranen finden, wo sie Silikon (geringe Lebensdauer unter zyklischer Belastung) und PVC (Weichmacheranteile) ersetzen könnten. Multipropf-Copolymere zeichnen sich durch eine komplexere molekulare Architektur aus, die eine verbesserte physikalisch-chemische Vernetzung der Gummimatrix ermöglicht.

Eigenschaftsbestimmend für das gummielastische Verhalten dieser Materialien sind weiterhin deren Mikrostruktur und Morphologie. Die Ppropfung der PS-Blöcke an die PI-Rückgratketten führt dazu, dass innerhalb der nichtmischbaren Komponenten PI und PS lediglich eine Phasenseparation im Nanometermaßstab erfolgt.



1 *Molekulare Architektur und Morphologie sowie Zugfestigkeit und Bruchdehnung von Multipropf-Copolymeren.*

Im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes mit dem Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ erfolgten die Optimierung einer neuen Syntheseroute und die Charakterisierung der jeweiligen Polymere. Primäres Ziel des Vorhabens war die Herstellung von Mengen im Kilogramm-Maßstab, die für die Laborextrusion geeignet sind, sowie die Substitution der Hartstoffphase PS durch eine Polymerkomponente mit höherer Glasübergangstemperatur.

Die Arbeiten umfassten zum einen die Variation von eigenschaftsbestimmenden, molekularen Parametern, wie dem Molekulargewicht der PS-Ppropfäste und der Anzahl an PI-PS-Wiederholungseinheiten (β), innerhalb der Synthese. Zum anderen erfolgte die Charakterisierung der Polymere bezüglich Mikrostruktur, mechanischer Kennwerte und Verarbeitbarkeit. Im Gegensatz zu bisherigen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Festigkeit mit zunehmender Anzahl an Wiederholungseinheiten steigt und die Bruchdehnung einen Plateauwert anstrebt. Bemerkenswert sind die Bruchdehnungen von bis zu 1800 Prozent bei immerhin noch etwa acht Megapascal (MPa) Zugfestigkeit beziehungsweise etwa 18 MPa Zugfestigkeit bei annähernd 1250 Prozent Bruchdehnung. Unter zyklischer Deformation zeigen Multipropf-Copolymere im Vergleich zu einem ebenfalls PS-PI-basierten Referenzmaterial mit ähnlichem PS-Gehalt eine höhere Lebensdauer sowie einen geringeren Deformationsrest bei hoher Anzahl von Zyklen.

Dr.-Ing. Ralf Schlegel

Studium Werkstoffwissenschaft an der TU Dresden, beschäftigt am Fraunhofer IKTS, VITO NV – Mol und FSU Jena, seit 2010 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IMWS.

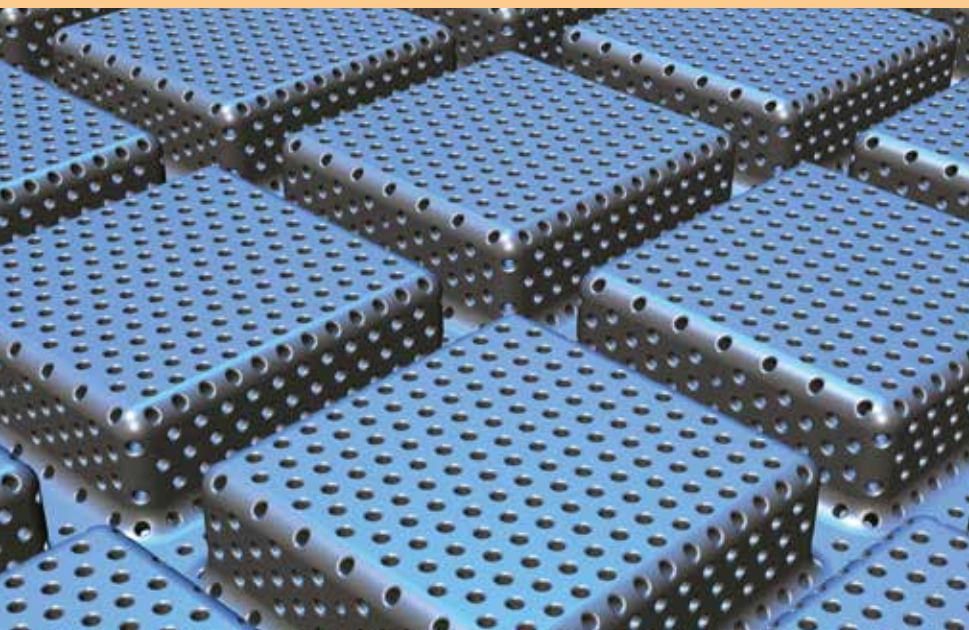
Mail: Ralf.Schlegel@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 3 45 55 89-252

Geschäftsfeld

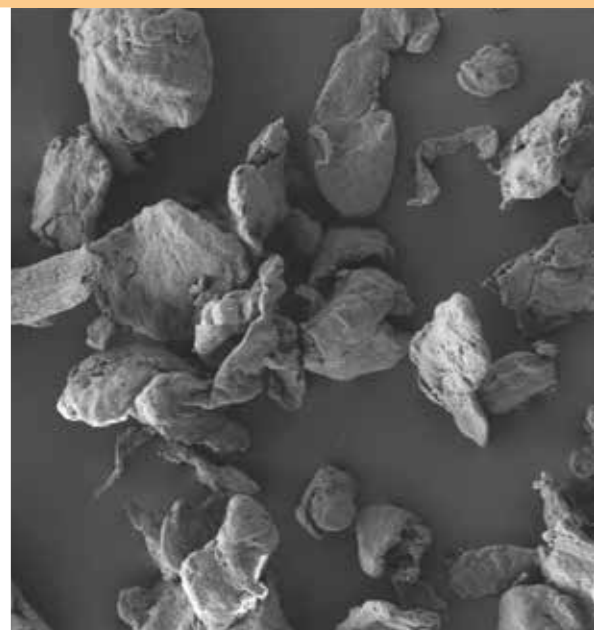
BIOLOGISCHE UND MAKROMOLEKULARE MATERIALIEN

ERFOLGSGESCHICHTEN



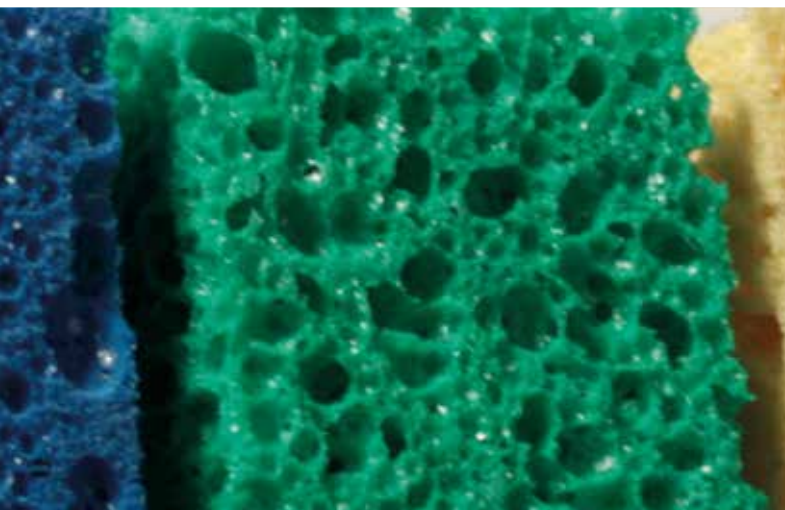
29

Mit einem kombinierten Prägeverfahren lassen sich die Oberflächen von Kunststoffen passgenau im Mikro- und Nanometerbereich strukturieren.



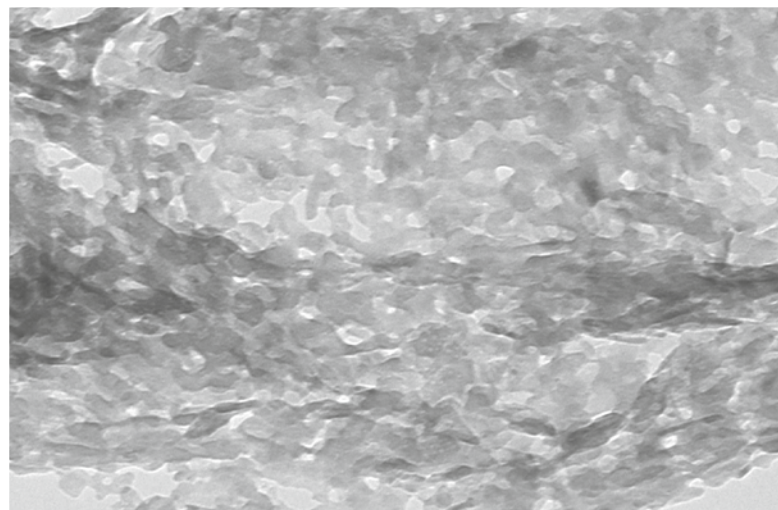
31

Partikel aus Buchenholzcellulose könnten Mikroplastik in Pflegeprodukten ersetzen.



30

Stabile Strukturschaumstoffe können aus Pflanzenölen hergestellt werden.



33

Krankhafte Veränderungen des Knochens beeinflussen die Mikro- und Nanostrukturen.

» Das Leistungszentrum Chemie- und Biosystemtechnik gibt uns Chancen, die man nicht häufig erhält«



GESCHÄFTSFELDLEITER IM INTERVIEW PROF. DR. ANDREAS HEILMANN

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2016 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Während des Besuches von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel wurde im Januar 2016 am Fraunhofer IMWS das Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« gegründet. An dem Leistungszentrum sind die Fraunhofer-Institute der Region Halle und Leipzig, die Universität Halle sowie zahlreiche regional ansässige Industrieunternehmen beteiligt. Ziel ist es, exzellente Forschungsergebnisse in die industrielle Anwendung zu transferieren. Verbundprojekte mit den regional ansässigen Unternehmen sollen Impulse für neue Produkte und Dienstleistungen geben und somit langfristig das regionale Wirtschaftswachstum unterstützen. Als Sprecher dieses Leistungszentrums sehe ich mich in der Verantwortung, diese hervorragende Möglichkeit für die Entwicklung der Region, aber auch für die Entwicklung des Fraunhofer IMWS zu nutzen.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an? Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Die Mitarbeiter des Geschäftsfeldes »Biologische und makromolekulare Materialien« arbeiten im Bereich der angewandten Forschung besonders für Unternehmen der Kunststoffverarbeitenden Industrie, der Medizintechnik und der Pharmazie. Besonders profitieren die Kunden von unseren Forschungsarbeiten, wenn wir durch eine vertrauensvolle Zusammenarbeit in die Entwicklung und Optimierung der Produktionsprozesse direkt mit eingebunden werden.

Welche Projekte sind 2016 neu angelaufen und welche Innovationen sind daraus zu erwarten?

In diesem Jahr haben wir uns zunächst auf das Projekt »Entwicklung von kombinierten Mikro- und Nanostrukturen von Kunststoffen KoMiNaKu« konzentriert. Hier möchten wir eine neue Technologie entwickeln, die es erlaubt, vorrangig durch morphologische, aber auch durch chemische Modifizierungen die Oberflächen von Kunststofffolien passgenau für die gewünschte Anwendung einzustellen, zum Beispiel um die Haftung von Klebern darauf zu optimieren oder andererseits um die Verschmutzung von Kunststoffoberflächen zu verringern. Hier arbeiten wir besonders mit Unternehmen aus der Region um Bitterfeld-Wolfen zusammen.

Welche Aktivitäten stehen 2017 an?

Das bereits erwähnte Leistungszentrum gibt uns Möglichkeiten und Chancen, die man nicht häufig erhält. Aber nur wenn wir weitere regionale Unternehmen für die Mitarbeit am Leistungszentrum gewinnen und dabei stets den Transfer der Forschungsergebnisse zu diesen Unternehmen im Blick haben, werden wir erfolgreich sein. Zudem werden wir Unternehmen aus ganz Deutschland unsere Forschungs- und Entwicklungsleistungen anbieten.

Prof. Dr. Andreas Heilmann

Promotion und Habilitation auf dem Gebiet der Experimentalphysik, Geschäftsfeldleiter am Fraunhofer IMWS und Professor an der HS Anhalt.
Mail: Andreas.Heilmann@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 345 5589-180

KOMBINIERTE MIKRO- UND NANO-STRUKTURIERUNG VON KUNSTSTOFFEN

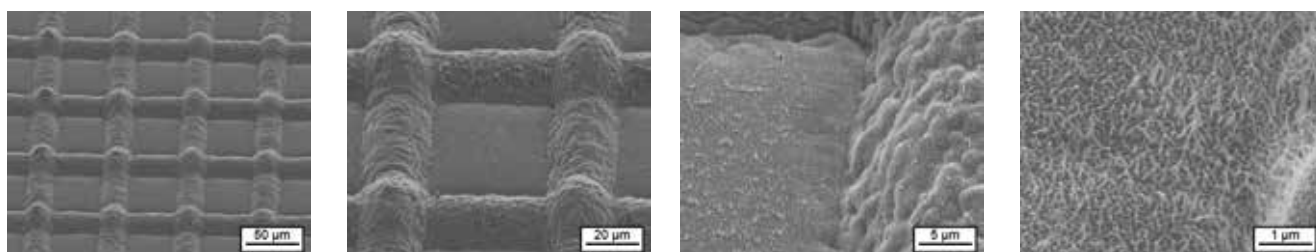
Wir haben ein Verfahren entwickelt, mit dem wir die Oberflächen von Kunststoffen passgenau im Mikro- und Nanometerbereich strukturieren können: In Abhängigkeit von den Prozessparametern erhalten wir sowohl hydrophobe als auch haftvermittelnde Kunststoffoberflächen.

Der Lotuseffekt lässt Wasser rückstandslos vom Blatt abperlen und schützt Pflanzen vor Schmutz. Feinste Härchen und Lamellen an den Füßen lassen andererseits Geckos kopfüber an glatten Oberflächen haften. Ursache für beide Phänomene ist die Kombination aus einer speziellen chemischen Materialzusammensetzung und einer besonderen Struktur der Materialoberfläche im Mikro- und Nanometerbereich. Das Vorbild der Natur vor Augen, haben wir nach einem Verfahren gesucht, mit dem sich Oberflächen ähnlich modifizieren lassen. Während dieser Suche entwickelten wir ein neues, inzwischen patentiertes Verfahren zur Oberflächenstrukturierung von Kunststoffen, die kombinierte Mikro- und Nanostrukturierung.

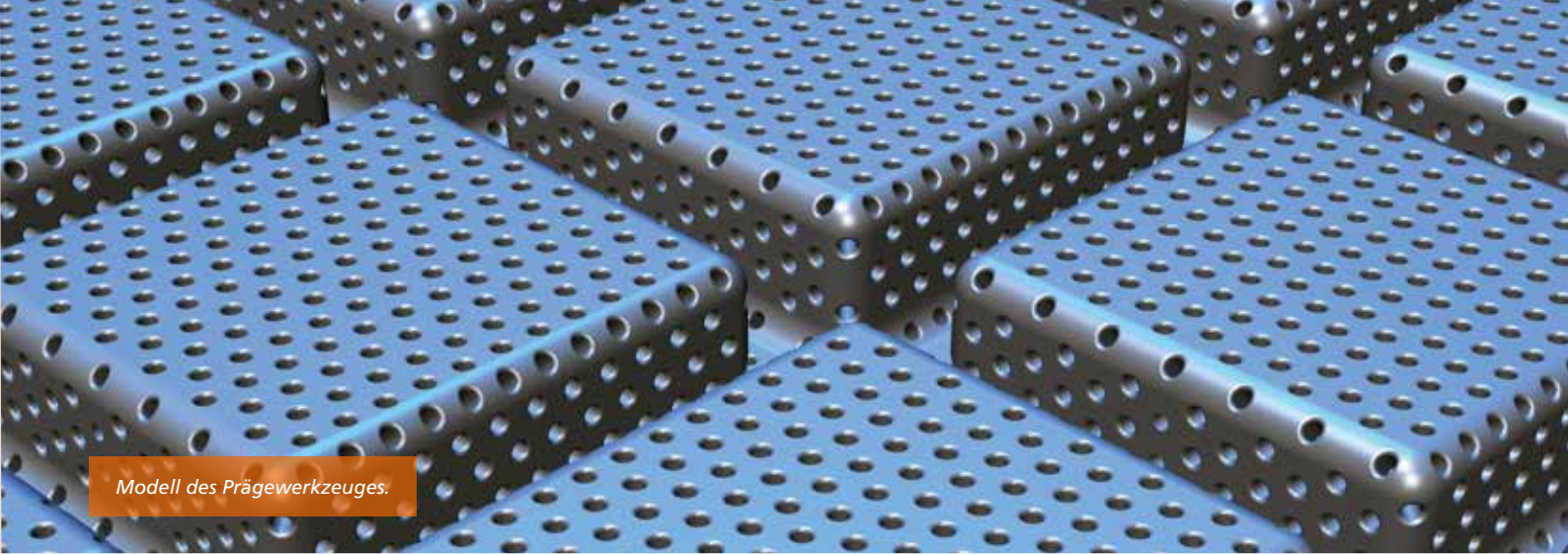
Das Hauptmerkmal der neuen Technologie ist, dass die Oberfläche eines Prägewerkzeugs durch zwei verschiedene Verfahren unabhängig voneinander strukturiert wird. Durch Laserablation (Laserverdampfen) werden Mikrostrukturen erzeugt und durch die anodische Oxidation entstehen Nanoporen. Für die Herstellung derartiger Prägewerkzeuge werden zunächst Rohlinge aus hochreinem Aluminium mechanisch poliert, um eine ideal ebene Oberfläche zu erhalten. Danach

erfolgt die Laserstrukturierung in einem Laserbearbeitungszentrum (Nd:YAG-Laser, Wellenlänge 355 Nanometer, gepulst mit 15 Kilohertz). Dabei wird das Aluminium bei mehrmaligen Überfahrten vorsichtig gitter- und linienförmig abgetragen. Im Anschluss wird das Prägewerkzeug noch einmal elektrochemisch poliert, um Rückdepositionen in den Randbereichen zu entfernen. Anschließend erfolgt eine mehrstufige anodische Oxidation der bereits laserstrukturierten Prägewerkzeuge. Mit diesem Verfahren werden an der Aluminiumoberfläche senkrecht angeordnete, parallele Nanoporen aus Aluminiumoxid erzeugt. Die gewünschte Porengröße (zwischen 20 und 300 Nanometer) wird durch die Verwendung verschiedener Elektrolyte sowie durch die Prozessparameter Anodisierungsspannung, Temperatur und Elektrolytkonzentration eingestellt. Die notwendige Porentiefe von einigen Mikrometern wird durch die Anodisierungszeit festgelegt. Um besonders regelmäßige Porenstrukturen an der Stempeloberfläche zu erzeugen, wird das Verfahren mehrstufig durchgeführt. Das heißt, der Vorgang wird nach einer kurzen Anodisierungszeit abgebrochen, um die sich bereits gebildete Aluminiumoxidschicht wieder abzulösen. Danach startet das Verfahren erneut. Dies hat den Vorteil, dass die Porenstruktur an der Oberfläche dann deutlich geordneter ist.

Die erhaltenen Mikro- und Nanostrukturen werden im Heißprägeverfahren auf thermoplastische Kunststofffolien oder -platten übertragen. Entscheidend hierfür sind detaillierte Kenntnisse über das Erweichungs- und Schmelzverhalten



1 Rasterelektronenmikroskopische Darstellung der Oberfläche einer mikro- und nanostrukturierten Polyethylen-Folie.



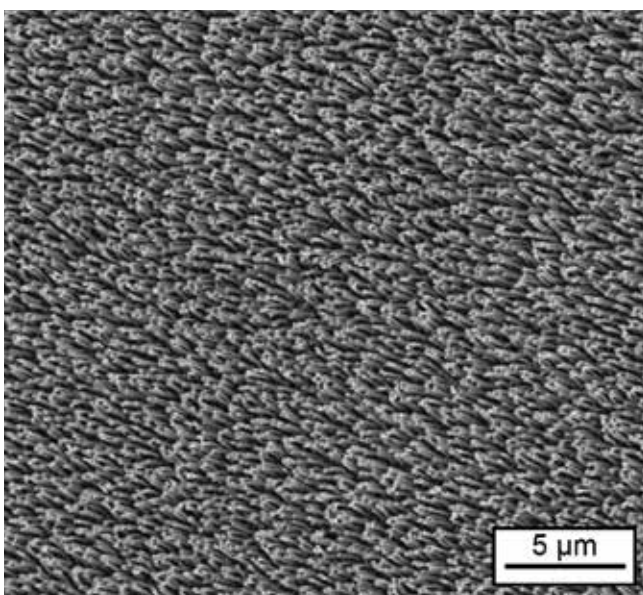
Modell des Prägewerkzeuges.

der Polymerfolien, die vorrangig durch DSC-Wärmestromdiagramme erlangt werden. Für das Heißprägen von Polyethylen-Folien mit hoher Dichte (HDPE) wurden die Prozessparameter Druck, Kontaktdauer und Temperatur optimiert, um einen effektiven Prägevorgang zu erhalten. Durch die mittels Laserbestrahlung erzeugten Strukturen auf dem Prägestempel können Gräben, Mulden und andere Kavitäten mit Dimensionen im Mikrometerbereich erzeugt werden. Gleichzeitig können, wie rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zeigen, durch Variation des Entformungsvorgangs unterschiedliche Nanostrukturen an der Kunststoffoberfläche erzeugt werden. Das sind beispielsweise noppenartige Strukturen, die zu wasserabweisenden Oberflächeneigenschaften führen, oder auch längere Nanofasern, mit denen besondere Hafteigenschaften aufgrund der starken Oberflächenvergrößerung erreicht werden.

» Oberflächenstrukturierung verändert das Benetzungsverhalten von Verpackungsfolien.«

Die erhaltenen Kunststoffoberflächen lassen sich somit für den jeweiligen Einsatzfall gezielt anpassen. Die am Verbundprojekt beteiligte POLIFILM Extrusion GmbH ist daran interessiert, diese Technologie für die Optimierung der Anwendungseigenschaften von Schutz-, Kaschier- und Verpackungsfolien zu nutzen. Ein weiteres beteiligtes Unternehmen, die FilmoTec GmbH Bitterfeld-Wolfen, möchte mit der neuen Technologie die Haftung zwischen Unterlage und fotografischer Emulsionsschicht unter extremen Umgebungsbedingungen weiter verbessern.

Mit diesen und weiteren Partnern, die uns bei der Technologieentwicklung unterstützen (MABA Spezialmaschinenbau GmbH, Polymer Service GmbH Merseburg, SmartMembranes GmbH Halle) haben wir den Forschungsverbund »Kombinierte Mikro- und Nanostrukturierung von Kunststoffen (KoMiNaKu)« entwickelt, der als »Wachstums-kern Potenzial« vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert wird. Wir werden die Voraussetzungen dafür schaffen, die derzeit im Labormaßstab erfolgreichen Versuche mit ebenen Prägestempeln, in ein für die industriellen Anwender geeignetes Rolle-zu-Rolle-Verfahren zu übertragen.



2 Rasterelektronenmikroskopaufnahme (REM) einer Polyethylen-Oberfläche mit regelmäßig angeordneten Nanostrukturen.

Dipl.-Ing. Annika Thormann

Studium Biomedizinische Technik an der Hochschule Anhalt, Projektleiterin am Fraunhofer IMWS.
 Mail: Annika.Thormann@imws.fraunhofer.de
 Telefon: +49 3 45 55 89-281

Prof. Dr. Andreas Heilmann

Promotion und Habilitation auf dem Gebiet der Experimentalphysik, Geschäftsfeldleiter am Fraunhofer IMWS.
 Mail: Andreas.Heilmann@imws.fraunhofer.de
 Telefon: +49 3 45 55 89-180

PFLANZENÖLBASIERTE SCHAUMSYSTEME

Die Nutzung von Pflanzenölen ermöglicht die Herstellung mechanisch stabiler Strukturschaumstoffe. Dabei werden nachwachsende Rohstoffe im Rahmen eines bioökonomischen Ansatzes genutzt.

Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen für Werkstoffe und Bauteile im Rahmen eines bioökonomischen Ansatzes stellt eine Herausforderung dar, die am Fraunhofer IMWS aktiv angenommen wird. In Forschungsprojekten der Gruppe Naturstoffkomposite wurde auf der Basis von Lein- und Tallölen ein Kunstharzsystem entwickelt und modifiziert, um diesem Anspruch gerecht zu werden. Die Vorteile des Materials liegen in seinem biogenen Ursprung und der Aushärtung bei niedrigen Temperaturen und Drücken. Damit lassen sich besonders energieeffiziente Herstellungsverfahren realisieren, welche einen zusätzlichen Nutzen für eine kosteneffiziente industrielle Umsetzung gewährleisten.

Bei dem entwickelten Werkstoff handelt es sich um eine dreidimensional vernetzende Polymermischung, welche der Gruppe der Duroplaste zuzuordnen ist. Durch entsprechende Prozessführung kann, je nach gewünschter Anwendung, ein offenporiger oder geschlossenzelliger Hart- oder Weichschaum geschaffen werden, der auch hohen mechanischen Belastungen standhält. Ein zusätzliches chemisches oder physikalisches Treibmittel wird dabei nicht benötigt, was



1 Pflanzenölbasierter pigmentierter Schaum.

eine einfache Verarbeitung ermöglicht. Mit einstellbaren Reaktionszeiten zwischen 5 und 30 Minuten können verschiedene Applikationen realisiert werden. In den angestrebten Endprodukten kann ein Anteil der nachwachsenden Rohstoffe zum derzeitigen Forschungsstand von bis zu 75 Prozent realisiert werden. Auch eine freie Farbgebung durch mineralische Pigmente ist möglich.

Aktuell wird gemeinsam mit einem industriellen Forschungspartner daran gearbeitet, eine weitere Komponente der Polymermischung aus einem bislang nicht nutzbaren Nebenprodukt der Aromaherstellung zu generieren. Das soll die Effizienz des Verfahrens und der Werkstoffklasse weiter erhöhen.

Mögliche Anwendungen des Schaumes liegen im Bereich des Möbelbaus als Kern für Sandwichelemente, im Bereich grüner Verpackungen zum Schutz zerbrechlicher Güter oder auch im Einsatz als energieabsorbierendes Element bei Fahrradhelmen.

Dipl.-Biol. Nicole Eversmann

Biologiestudium an der TU Braunschweig, danach an TU Clausthal, HS Zwickau, SKZ Das Kunststoffzentrum und Uni Weimar tätig, aktuell Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IMWS.

Mail: Nicole.Eversmann@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 345 5589-498

CELLULOSE ALS ERSATZ FÜR MIKROPLASTIK IN PFLEGEPRODUKTEN

Biologisch abbaubare Partikel aus Buchenholzcellulose zeigen ein abrasives und reinigendes Potenzial, um umweltschädliche Mikroplastik- oder Silicapartikel in Haut- und Zahnpflegeprodukten zu ersetzen.

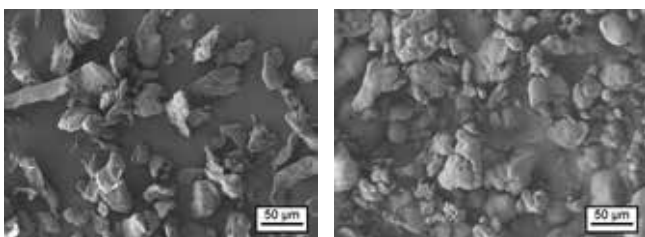
Seit Jahrzehnten werden Mikroplastikpartikel, also Kunststoffmikropartikel von weniger als fünf Millimetern Größe, weltweit in dentalen und kosmetischen Pflegeprodukten eingesetzt. Genau wie Silicapartikel sollen sie Verunreinigungen auf Haut- und Zahnoberflächen schonend entfernen. Mikroplastikpartikel sind jedoch nicht biologisch abbaubar, gelangen über das Abwasser in die Umwelt, haben sich dort über Jahre angereichert und finden sich in der Nahrungskette wieder. Obwohl deren gesundheitsgefährdende Wirkung noch unzureichend bekannt ist, haben Hersteller in den USA und Europa bereits reagiert und Mikroplastikpartikel aus Zahnpasten eliminiert. Zwar sind Alternativen vorhanden, doch es besteht großes Interesse an weiteren Ersatzstoffen. Diese und die meisten bisherigen Alternativen sind hinsichtlich der materialwissenschaftlichen (zum Beispiel Reinigungswirkung), dermatologischen und umweltverträglichen Eigenschaften noch unzureichend bewertet.

Hier setzt das Projekt KosLigCel an, eingegliedert in den Spitzencluster BioEconomy des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. In dem vom Fraunhofer IMWS koordinierten

Projekt stellt das Unternehmen CFF GmbH & Co KG Partikel aus Buchenholzcellulose von diversen Formen und Größen her. Erste Bürstversuche an Hartgewebe, angelehnt an die Relative Dentin Abrasion, mit suspendierten Partikeln zeigen für einige Cellulosepartikel eine sanfte Abrasion. Außerdem konnte bei Reinigungsversuchen nachgewiesen werden, dass die getesteten Partikel die Entfernung von Verfärbungen unterstützen.

Der dritte Partner, das Unternehmen Skinomics GmbH, arbeitet selektierte Partikel in Grundformulierungen einer Zahnpasta und eines Körperpeelings ein und bewertet die dermatologische Wirkung. Am Fraunhofer IMWS werden die partikelhaltigen Formulierungen auf Oberflächen von Zähnen und synthetischer Haut unter realistischen Bedingungen (in vitro) materialwissenschaftlich untersucht.

Tests zur biologischen Abbaubarkeit unter Süßwasserbedingungen zeigen, dass die Cellulosepartikel innerhalb von ein bis zwei Monaten abbaubar sind, im Gegensatz zu parallel getesteten Mikroplastik- und Silicapartikeln. Sollten sich die abrasiven Wirkungen der Cellulosepartikel bestätigen, wäre ein optimaler Ersatz für Mikroplastik- und auch Silicapartikel in Pflegeprodukten gefunden, der ein großes Potenzial für neue Produktentwicklungen hat.



1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von selektierten Cellulosepartikeln aus Buchenholz (links) vs. für Pflegeprodukte typische Mikroplastikpartikel (rechts).

Dr. sc. ETH Vanessa Sternitzke

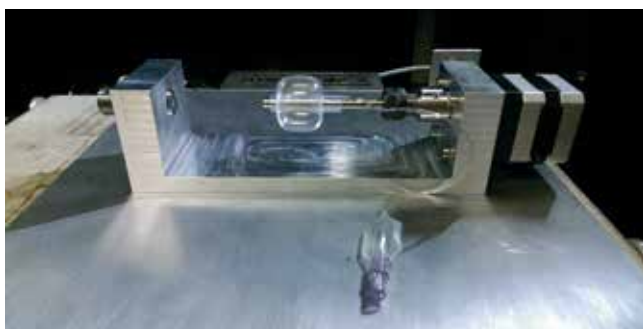
Geoökologiestudium an der TU Braunschweig, Promotion an der ETH Zürich, seit April 2013 stellv. Gruppenleiterin Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegeprodukte im Fraunhofer IMWS.
Mail: Vanessa.Sternitzke@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-287

WIRKSTOFFEINLAGERUNG IN BALLON-KATHETEROBERFLÄCHEN

Durch Laserablation erzeugen wir Kavitäten (Hohlräume) in den Oberflächen von Ballonkathetern. Diese Kavitäten könnten pharmazeutische Wirkstoffe aufnehmen. Wird der Katheter expandiert, werden die Wirkstoffe dort abgegeben, wo sie benötigt werden.

In der minimalinvasiven Medizin werden häufig Expansions- oder Ballonkatheter zur Gefäßerweiterung verwendet. Zusätzlich zu dieser eigentlichen Funktion des Katheters wird angestrebt, auf dessen Oberfläche pharmazeutische Wirkstoffe zum Applikationsort zu transportieren. Durch die auftretende Reibung beim Einführen des Katheters erreicht nur ein Teil der Wirkstoffe den gewünschten Applikationsort.

Ein sehr vielversprechender Lösungsansatz ist das Einbringen von Kavitäten in die Oberfläche der Ballonkatheter. Diese Hohlräume in Form von halbkreisförmigen Taschen (WOMBAT-Technologie des Unternehmens Avidal Technologies) werden durch Laserabtrag im aufgespannten (expandierten) Zustand eingebracht. Anschließend wird der Ballonkatheter in eine Wirkstofflösung eingetaucht und danach wieder entspannt. Die eingeschlossenen Wirkstoffe werden dann beim erneuten Expandieren des Katheters am gewünschten Applikationsort freigegeben.



1 Vorrichtung zur Laseroberflächenmodifizierung von Ballonkathetern.

An Ballonkathetern, Produkte des Projektpartners PRIMED GmbH Halberstadt, wurden von uns systematische Versuche durchgeführt, um Kavitäten in die expandierten Ballonkatheter einzubringen. Um den gesamten Ballonbereich zu strukturieren, haben wir eine spezielle drehbare Halterung entwickelt, die in die Software der Laserbearbeitungseinheit integriert wurde. Mit einem Laser microSTRUCT ns wurden bei einer Laser-Wellenlänge von 355 Nanometern Kavitäten unterschiedlicher Größe, Tiefe und Form eingebracht. Dabei zeigte sich, dass wir durch die geringe Materialdicke im expandierten Zustand die Bestrahlungsparameter sehr präzise und reproduzierbar einstellen mussten, um den Kunststoffballon nicht zu zerstören.

Vergleichende Laborversuche zur Wirkstofffreigabe zeigten eine signifikante Erhöhung der abgegebenen Wirkstoffmenge der strukturierten Ballonkatheter. Weiterer Forschungsbedarf besteht besonders bei der Optimierung der Taschentiefen, um die erforderliche mechanische Betriebssicherheit des Ballonkatheters zu gewährleisten. Das Projekt ist Bestandteil des von der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg geleiteten Forschungsverbundes »INKA embedded«, der die Entwicklung von »Intelligenten Kathetern« zum Gegenstand hat.

Dipl.-Ing. (FH) Annika Thormann

Studium Biomedizinische Technik an der Hochschule Anhalt, seit 2006 Projektleiterin am Fraunhofer IMWS.
Mail: Annika.Thormann@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-281

Dipl.-Ing. (FH) Marco Rühl

Studium Biomedizinische Technik an der Hochschule Anhalt, seit 2007 Projektmitarbeiter am Fraunhofer IMWS.
Mail: Marco.Ruehl@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-255

EINLEITUNG UND WACHSTUM VON MIKRORISSEN IM KNOCHEN

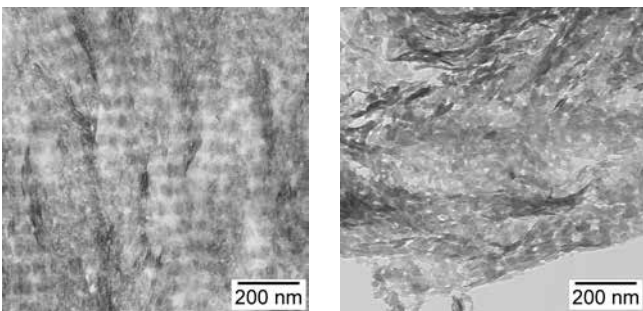
Seit vielen Jahren ist der menschliche Knochen aufgrund seiner komplexen, hierarchischen Mikro- und Nanostruktur Gegenstand der Forschung. Bisher blieb offen, wie pathologische Veränderungen die Morphologie beeinflussen und welche mikromechanischen Prozesse auftreten.

Für das Verständnis sowie für die Behandlung der insbesondere im Alter auftretenden pathologischen Knochenveränderungen und den häufig daraus resultierenden Frakturen ist die Aufklärung der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen des Knochens zwingend notwendig. Damit ist die Korrelation der Mikro- und Nanometerebene mit den auftretenden mikromechanischen Phänomenen bei Rissinitiierung, -akkumulation und -wachstum gemeint. In Zusammenarbeit mit der Universitätsklinik Halle (Saale) wurden an extrahierten und entsprechend präparierten Knochenproben licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen sowie mikromechanische Experimente genutzt, um die Strukturveränderungen zu beurteilen und mikromechanische Prozesse zu beschreiben.

Es zeigte sich, dass krankhafte Veränderungen des Knochens (Osteoporose, Osteonekrose) auf verschiedene Weise die Mikro- und Nanostrukturen beeinflussen. Auf Mikrometer-ebene sind das erhebliche histomorphometrische Verände-

rungen der trabekulären Struktur im Vergleich zum gesunden Knochen. Auch auf der nanoskopischen Hierarchieebene des Knochens, die durch die mineralisierte Kollagenfibrille charakterisiert ist, ist ein krankheitsbedingter Einfluss auf die Knochenmorphologie sichtbar: Die im gesunden Knochen vorkommende regelmäßige Anordnung von Hydroxylapatit-Plättchen an die Kollagenfibrillen ist nicht mehr vorhanden. Insbesondere bei Osteonekrose konnten starke Zusammenlagerungen dieser Plättchen erkannt werden. Es wird vermutet, dass die hervorragenden mechanischen Eigenschaften des Knochens, die aufgrund der Kombination harter, fester Hydroxylapatit-Plättchen angelagert an eine weiche, duktile Kollagenmatrix zustande kommen, verloren gehen. In der Folge kommt es zu einer Versprödung des Materials Knochen durch einen erhöhten Mineralanteil.

Die Beschreibung mikromechanischer Prozesse erfolgte anhand der Untersuchung von Mikrorissen. Dabei wurde festgestellt, dass diese durch die mineralisierten Kollagenfibrillen des Knochens überbrückt werden. Eine solche intensive Überbrückung von Mikrorissen durch feine Fibrillen kann auch bei polymeren Werkstoffen beobachtet werden und ist unter dem Begriff »Crazing« bekannt. Daraus lässt sich schließen, dass der dominierende mikromechanische Rissbildungs-Mechanismus im Knochen ein crazeartiger Prozess ist. Ähnlich wie bei synthetischen Polymeren kann davon ausgegangen werden, dass »Crazing« auch für den Knochen ein entscheidender energiedissipativer und zähigkeitssteigernder Mechanismus ist.



1 TEM-Aufnahmen eines gesunden (links) im Vergleich zum osteonekrotischen Knochen (rechts), der durch eine Störung der Nanostruktur charakterisiert ist.

Dr.-Ing. Jessica Klehm

Studium Werkstoffwissenschaften an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, derzeit Teamleiterin und stellvertretende Gruppenleiterin im Bereich »Bewertung von Materialien der Medizintechnik«.

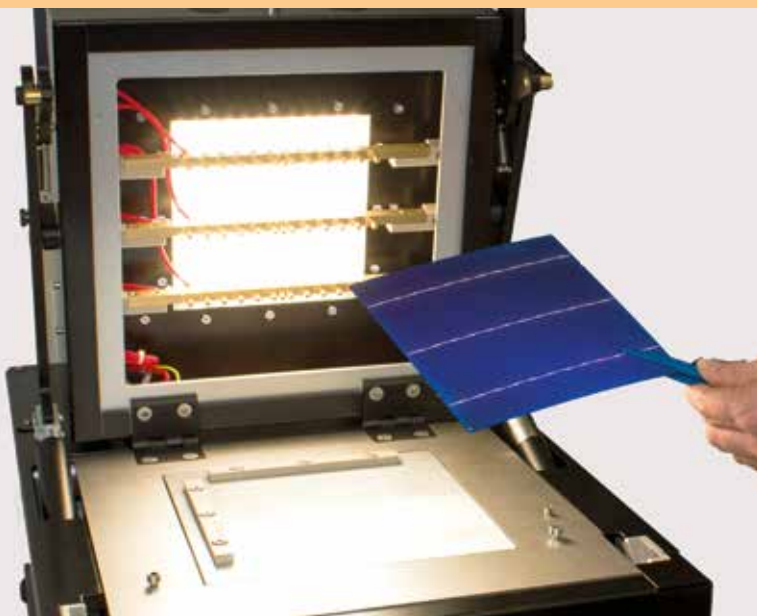
Mail: Jessica.Klehm@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 3 45 55 89-293

Geschäftsfeld

MATERIALIEN UND SYSTEME FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN UND SPEICHER

ERFOLGSGESCHICHTEN



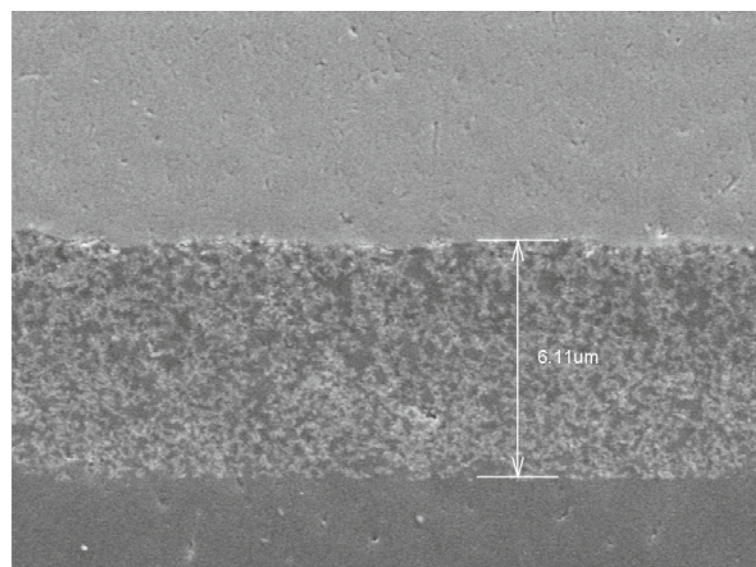
37 | Mit dem LID-Scope lässt sich die Zelldegradation und -regeneration messen.



39 | Am Fraunhofer CSP wurde ein Verfahren zur Charakterisierung von strukturierten Sägedrähten entwickelt.



38 | Der Einsatz von Photovoltaik in extremen Klimaten erfordert die passenden Materialien.



40 | Für die einheitliche Leistung von Membran-Elektroden-Einheiten ist die Präparation entscheidend.



» Wir streben nach mehr Modulleistung bei geringeren Kosten«

GESCHÄFTSFELDLEITER IM INTERVIEW DR. KARL HEINZ KÜSTERS

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2016 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Ich kenne das Fraunhofer CSP seit 2008 aus Kundensicht und weiß daher, wie viele wichtige Beiträge das Fraunhofer CSP für den Fortschritt der Photovoltaik in den vergangenen Jahren geliefert hat. 2016 erlebte ich weitere Beispiele dafür, diesmal aus der Innenperspektive als Interims-Leiter der Einrichtung: So wurden mit dem TÜV Rheinland und anderen Partnern neue Prüfmethode zur Verbesserung der Zuverlässigkeit von Solarmodulen entwickelt. Ein Schwerpunkt waren auch neue Lösungen für die Nutzung von Solarenergie in Wüstenregionen, etwa mit unserem marokkanischen Partner IRESEN. Module für die Gebäudeintegration basierend auf kohlefaserverstärkten Betonfassadenelementen haben wir auf der Intersolar ausgestellt. Nicht zuletzt haben wir nach der sehr erfolgreichen Markteinführung von PIDcon mit LIDscope das Portfolio im Bereich der Messgeräteentwicklung erweitert.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an? Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Unsere Innovationen tragen dazu bei, die Kosten für Energie aus Photovoltaik zu senken, bei besserer Effizienz und besserer Zuverlässigkeit. Im Fokus liegt der Markt für Photovoltaik-Module und -Systeme, deren Hersteller sind wichtige Partner, ebenso die Equipment-Industrie. Die Arbeiten zur Zuverlässigkeit von Photovoltaik-Modulen adressieren auch die Anforderungen der PV-Märkte in extremen Klimaten. Wir zielen außerdem auf neue Bereiche, etwa die Kombination aus Photovoltaik und Mobilität.

Welche Projekte sind 2016 neu angelaufen und welche Innovationen sind daraus zu erwarten?

In allen Bereichen sind 2016 neue Projekte mit Industriepartnern angelaufen, etwa bei der Entwicklung des Diamantdraht-Trennprozesses und bei Reinigungstechnologien zur Silizium-Waferherstellung, ebenso bei Solarzell-Trennverfahren oder bei oberflächenstrukturierten Gläsern. Daraus werden höhere Modulleistungen resultieren, bei gleichzeitig geringeren Kosten.

Welche Aktivitäten stehen 2017 an?

Nachdem Jörg Bagdahn, der das Fraunhofer CSP zusammen mit Peter Dold geleitet hat, zum Präsidenten der Hochschule Anhalt ernannt wurde, wird es für den Bereich »Zuverlässigkeit und Technologien für die Netzparität« einen Führungswechsel geben. Parallel werden wir Projekt- und Partneraktivitäten ausbauen. Entscheidend für unsere Zukunft ist die hohe Kreativität und die gute Zusammenarbeit.

Dr. Karl Heinz Küsters

Promovierter Physiker, Tätigkeiten in der Mikroelektronik-Sparte von Siemens/Infineon sowie führende Positionen bei Conergy und Hanwha QCells, seit August 2016 Interimsleiter des Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP.

Mail: Karl.Heinz.Kuesters@csp.fraunhofer.de

Telefon: +49 345 55 89-5001

URSACHEN UND VERMEIDUNG LICHT-INDUZIERTER DEGRADATION VON SOLARZELLEN

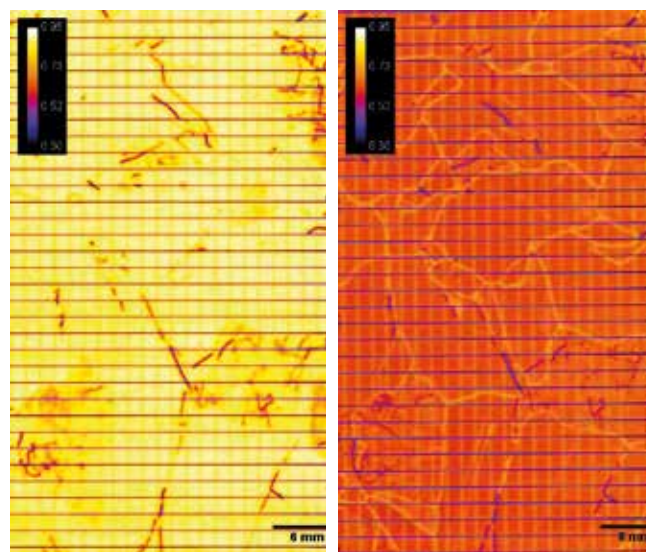
Licht-induzierte Degradation von Solarzellen kann zu signifikanten Leistungseinbußen bei Photovoltaik-Anlagen führen. Daher sind die Quantifizierung der Degradation, Ursachenanalysen sowie die Entwicklung von Technologien zur Vermeidung und Qualitätskontrolle Forschungsschwerpunkte am Fraunhofer CSP.

In den vergangenen Jahren erreichte die neueste Solarzellentechnologie mit passiviertem Emitter und Rückseite (PERC-Solarzellen) eine signifikante Marktdurchdringung. Die International Technology Roadmap Photovoltaic sagt einen Marktanteil der PERC-Solarzellen von etwa 35 Prozent bis 2020 voraus. Gleichzeitig wurde ein neuer, licht-induzierter Degradationsprozess an multikristallinen PERC-Solarzellen entdeckt, der zu Leistungseinbußen von bis zu 15 Prozent führen und damit die Leistungsgewinne durch die PERC-Technologie zunichtemachen kann.

Neben dieser Degradation an multikristallinen PERC-Solarzellen gibt es bereits eine Reihe bekannter Degradationsmechanismen, die durch Lichteinfall auf die Solarzelle verursacht werden und auf Verunreinigung im Siliziummaterial zurückzuführen sind. Beispielsweise kann eine erhöhte Sauerstoffkonzentration rekombinationsaktive Bor-Sauerstoff-Komplexe bilden, welche die Leistung der Solarzellen bereits nach wenigen Stunden Lichteinfall reduzieren. Davon betroffen sind insbesondere monokristalline Hocheffizienz solarzellen. Auch ein hoher interstitieller Eisenanteil im Silizium-Material kann zu Zelldegradation führen, die ebenfalls bereits nach kurzer Beleuchtungszeit erfolgt. Bei einigen dieser Mechanismen schließt sich an die Degradation eine Regenerationsphase an, die die Solarzellen in einen stabilen Zustand überführt. Am Fraunhofer CSP wird diese Abfolge von Degradation und Regeneration intensiv untersucht. Ziele sind dabei, die chemisch-physikalischen Ursachen zu verstehen, geeignete Schnelltests sowie technologische Maßnahmen zur Langzeit-

stabilisierung von Solarzellen und damit zur Erhöhung des Ertrags zu entwickeln.

Während für monokristalline Solarzellen ein Regenerationsprozess auf Basis elektrisch induzierter Ladungsträger entwickelt werden konnte, ist die Ursache für die derzeit im Fokus stehende Degradation multikristalliner PERC-Solarzellen noch nicht endgültig geklärt. Diese ist jedoch notwendig, um eine Degradation durch Anpassung der Materialien und Prozesse zu vermeiden. Dazu wurden am Fraunhofer CSP im Verbundprojekt »SolarLIFE« mit anderen Forschungsinstituten wesentliche Schritte zur quantitativen Beschreibung und Aufklärung des Defektes erreicht. So zeigte sich bei der Untersuchung der Reaktionskinetik, dass eine Temperaturerhöhung zu einer wesentlichen Prozessbeschleunigung führt. Während die Solarzellen bei Raumtemperatur größtenteils stabil bleiben, lassen bereits Temperaturen um die 60°C die Solarzellen innerhalb weniger Tage altern. Zeitweise werden diese Zelltemperaturen



1 Lokales Mapping der Zellqualität mittels Quanteneffizienzmessung vor (links) und nach (rechts) einer lichtinduzierten Degradation zeigt laterale homogene Zellverschlechterung.



Messgeräteentwicklung LID-Scope zur beschleunigten Untersuchung von Zelldegradation und -regeneration unter Stromeinfluss.

bereits im Standardbetrieb eines Photovoltaik-Moduls erreicht. Ertragseinbußen in den ersten Monaten und Jahren einer Photovoltaik-Anlage sind die Folge.

Um die Degradationsprozesse systematisch zu untersuchen, wurden umfangreiche Versuche mit detaillierten Verlustanalysen der Solarzellen durchgeführt. Hierbei kann der Einfluss des Emitters, der Basis und der Rückseite auf die Solarzellleistung getrennt voneinander quantifiziert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Degradation vorrangig durch die Basis, also durch das Siliziummaterial selbst, und nicht durch die Grenz- und Oberflächen beeinflusst wird. Bei der Untersuchung, ob lokalisierte Defekte oder Kurzschlüsse eine Ursache der Degradation bilden, hat sich gezeigt, dass die Degradation generell lateral großflächig erfolgt. Allerdings spielen Korngrenzen und Rückkontakte eine besondere Rolle, da hier die Degradation verlangsamt erfolgt.

Ein weiteres wesentliches Ergebnis ist, dass die Ausprägung der Degradation von den Details des Herstellungsprozesses abhängt. Daher spielt die Entwicklung von optimierten Testverfahren zur Bewertung der Produktionsprozesse eine wesentliche Rolle am Fraunhofer CSP. Jedes Photovoltaik-Modul, das auf den Markt kommt, muss einen genormten Zertifizierungsprozess durchlaufen. In Anlehnung daran wurde am Fraunhofer CSP ein Test-Setup basierend auf einer kostengünstigen LED-Lichteinheit entwickelt, der Degradationstests bereits auf Zellebene ermöglicht. Durch die Auswahl spezieller Wellenlängen der LEDs kann die Sensitivität des Tests deutlich gesteigert werden. Systematische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Degradationsmechanismen auch durch eine Bestromung der Zellen ohne zusätzlichen Lichteinfall hervorgerufen werden können. Darauf aufbauend wurde im Rahmen des kooperativen Projektes »StabiLID« am Fraunhofer

» Schnelltests und diagnostische Methoden spielen eine zentrale Rolle zur Vermeidung licht-induzierter Degradation.«

CSP zusammen mit der Hochschule Anhalt und einem Gerätehersteller ein neuartiges Messgerät und -verfahren entwickelt, das einen Schnelltest von Solarzellen hinsichtlich ihrer Degradation ermöglicht. Das Gerät ist jetzt kommerziell erhältlich. Damit kann außerdem das Regenerationsverhalten einzelner Solarzellen untersucht werden. Diese Daten sind entscheidend für die Integration eines zusätzlichen Prozessschrittes in die Solarzellproduktion, welcher einen schnellen

Degradations-Regenerationszyklus abbildet und damit die Zellen stabilisiert. Es ist geplant, das Verfahren zur Stabilisierung der lichtinduzierten Defekte im Rahmen eines BMWi-Projektes technologisch umzusetzen.

Die Untersuchungen an Solarzellen hinsichtlich ihres Degradations- und Regenerationsverhaltens am Fraunhofer CSP haben gezeigt, dass die Degradation von Solarzellen für jede neue Zelltechnologie individuell bewertet werden muss. Die entwickelten Schnelltests und diagnostischen Methoden zur Solarzellanalyse sowie technologischen Verfahren für den Produktionsprozess können dazu einen wesentlichen Beitrag leisten.

Dr. Marko Turek

Physikstudium an der TU Dresden, Promotion am Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme und der Universität Regensburg, seit 2009 Teamleiter am Fraunhofer CSP.
Mail: Marko.Turek@csp.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-5121

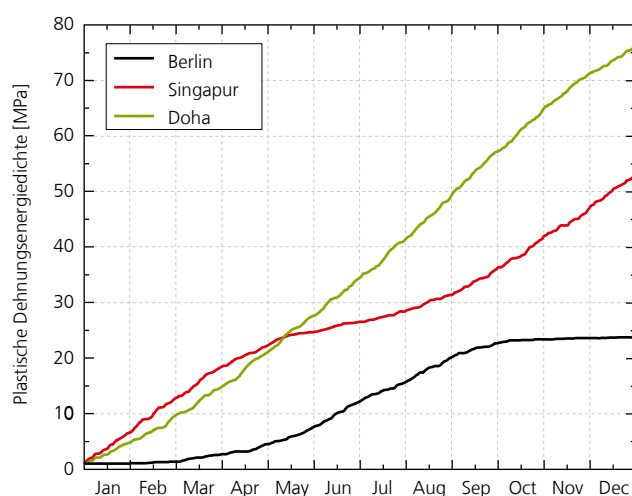
Dr. Dominik Lausch

Physikstudium an der Universität Leipzig, Promotion am Fraunhofer CSP/ Universität Halle (Saale), seit 2014 Teamleiter am Fraunhofer CSP.
Mail: Dominik.Lausch@csp.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-5114

PHOTOVOLTAIK IM SONNENGÜRTEL: NEUE MATERIALIEN UND MODULTESTS

Solarmodule werden in unterschiedlichen Klimazonen eingesetzt. Diese stellen jeweils besondere und schärfere Anforderungen an die Module und deren Zuverlässigkeit. Die Entwicklung geeigneter Materialien und Prüfmethode ist eine zentrale Frage der aktuellen Forschung.

Die Aufrüstung mit Photovoltaikanlagen erfährt derzeit einen weltweiten Boom. Sie kommen damit auch in Klimazonen zum Einsatz, die sich sehr von der gemäßigten Klimazone unterscheiden, in der die bisher größte Erfahrungsbasis vorliegt. Insbesondere die schärferen Klimabedingungen stellen wesentlich höhere Anforderungen an die PV-Module selbst sowie an deren sicheren Betrieb und Ertrag über eine Betriebsdauer von mindestens 20 bis 25 Jahren. Um den höheren Anforderungen gerecht zu werden, unternehmen die Hersteller von Materialien, PV-Modulen und Systemkomponenten große Anstrengungen, um passende und zuverlässige Produkte zu entwickeln. An diesen Entwicklungen ist das Fraunhofer IMWS unter anderem mit dem Projekt »PV-Extrem« beteiligt,



1 Simulation des Ermüdungsfortschritts von Solarzellenverbindern im Jahr 2014 für Standorte in tropischem Klima, im Wüstenklima und in gemäßigtem Klima.

das sich mit der Entwicklung neuer Verkapselungsfolien und Prüfmethode für die Anforderungen von Klimabereichen im globalen Sonnengürtel beschäftigt. Dabei werden für die PV-Module relevante und weniger relevante Klimafaktoren sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht.

Die Dosis an Sonneneinstrahlung ist im Sonnengürtel fast doppelt so hoch wie in gemäßigten Klimabereichen. Da die im Sonnenlicht enthaltene UV-Strahlung für Kunststoffmaterialien besonders schädlich ist, werden die neuen Folien diesbezüglich angepasst. Zudem sind im Sonnengürtel die Temperaturen höher und deren Schwankungen stärker. Zusammen mit der höheren Sonneneinstrahlung ergeben sich entsprechend höhere Betriebstemperaturen der Module und stärkere Schwankungen der Modultemperatur. Letztere bewirken, dass sich die Module ausdehnen und wieder zusammenziehen. Diese Bewegungen können unter anderem die Solarzellenverbinder ermüden und schließlich brechen lassen. Wie diese Ermüdung verläuft und wann ein Bruch stattfindet, wurde mithilfe von Finite-Elemente-Simulationen untersucht. Es wurden die Temperaturverläufe für Berlin, Singapur und Doha nachgerechnet und der Ermüdungsfortschritt ausgewertet. Dabei ließ sich feststellen, dass die Ermüdung in Doha etwa dreimal und in Singapur etwa zweimal schneller fortschreitet als in Berlin. Mit entsprechend angepassten Kunststoffmaterialien kann dem entgegengewirkt werden. Um den Fortschritt der Ermüdung auf ein Niveau von Berlin abzusenken, ist die Anpassung der mechanischen Eigenschaften notwendig. Diese wurde zunächst mithilfe von Optimierungssimulationen durchgeführt und so ein »Wunschmaterial« definiert.

Dr.-Ing. Sascha Dietrich

Maschinenbaustudium an der HTWK Leipzig und University of Paisley / Schottland, seit April 2008 am Fraunhofer CSP, Promotion 2014, derzeit Teamleiter Lebensdauer und Umweltsimulation in der Gruppe Zuverlässigkeit von Solarmodulen und Systemen.

Mail: Sascha.Dietrich@csp.fraunhofer.de

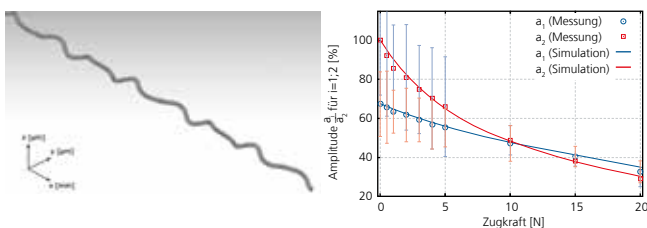
Telefon: +49 3 45 55 89-5210

CHARAKTERISIERUNG UND BEWERTUNG VON STRUKTURIERTEM SÄGEDRAHT

Mittels optischer Topographiemessung und Datenauswertung wurde ein Verfahren zur Charakterisierung von strukturierten Sägedrähten entwickelt. Zusätzlich konnten mit einem Simulationsmodell der Herstellungsprozess und das mechanische Drahtverhalten analysiert werden.

Siliziumwafer als Ausgangsmaterial für Solarzellen werden in einem Multidrahtsägeprozess hergestellt. Dabei führt der Einsatz von strukturierten Sägedrähten im slurry-basierten Drahtsägen zu einer deutlichen Prozessverbesserung, welche aber stark von der Struktur der Drähte abhängig ist. Um die Schnittleistung des Verfahrens weiter zu optimieren, bedarf es einer präzisen Kenntnis der spezifischen Drahtgeometrie und ihres mechanischen Verhaltens unter Zugbelastung. Das Fraunhofer CSP hat nun erstmals eine Methodik entwickelt, welche die Charakteristik der Drahtstruktur mittels einer optischen Oberflächenmessung und einer neuartigen Datenauswertung bestimmt.

Die geometrische Struktur des Drahtes setzt sich aus zwei periodischen Biegemustern zusammen. Die Geometrie der Drahtoberfläche wird dabei optisch mit einer Sensitivität von einem Mikrometer (μm) unter einer definierten Zugbelastung abgetastet, sodass der erhaltene Oberflächenscan alle geometrischen Informationen beinhaltet. Anschließend wird



1 Links: 3D-Modell eines strukturierten Drahtes (skalierte Struktur 100:1). Rechts: Korrelation der Biegeamplituden a_1 und a_2 (normiert auf a_2) zwischen Simulationsmodell und der experimentell ermittelten Drahtstruktur für verschiedene Zugkräfte F .

ein mathematischer Algorithmus der eigenentwickelten Auswertungssoftware verwendet, um die für den Sägeprozess relevanten Drahtparameter zu ermitteln. Dazu zählen der Drahtdurchmesser, die Amplituden und Perioden beider Biegemuster, die Verdrehung der Drahtstruktur, der Winkel zwischen den Biegeebenen und die Positionswahrscheinlichkeit des Drahtmittelpunktes.

Die Strukturmessung bei unterschiedlichen Zugbeanspruchungen erlaubt eine genaue Beurteilung der Drahtstruktur. Außerdem kann mithilfe eines entwickelten Finite-Elemente-Modells das nichtlineare mechanische Verhalten des Drahtes und die Veränderung der geometrischen Struktur vorhergesagt werden. Das Modell berücksichtigt die plastischen Deformationen des Drahtmaterials sowohl infolge des Herstellungsprozesses als auch durch die Zugbelastung während des Experimentes oder des Sägeprozesses. Somit ermöglichen Experiment und Simulationsmodell eine systematische Untersuchung verschiedener Drahtstrukturen und Durchmesser, um die Gestalt der Struktur und Drahtparameter im Hinblick auf einen optimalen Sägeprozess zu verbessern.

Felix Kaule

Maschinenbau-Studium an der HTWK Leipzig, seit 2012 Mitarbeiter im Mechanik-Team der Gruppe Siliziumwafer des Fraunhofer IMWS.
Mail: Felix.Kaule@csp.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-5312

Prof. Dr. Stephan Schönfelder

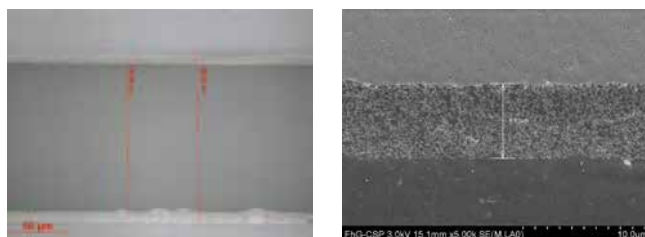
Maschinenbau-Studium an der HTWK Leipzig, Promotion im Bereich Mechanik von Halbleitermaterialien, seit 2004 am Fraunhofer IMWS, Teamleiter Mechanik der Gruppe Siliziumwafer, seit 2014 Professor an der HTWK Leipzig.
Mail: Stephan.Schoenfelder@csp.fraunhofer.de
Telefon: +49 3 45 55 89-5310

PRÄPARATION VON MEMBRAN-ELEKTRODEN-EINHEITEN FÜR PEM-SYSTEME

Die Membran-Elektroden-Einheit als wichtigstes Element eines PEM-Brennstoffzellen- oder Elektrolyse-Systems stellt an die Präparation enorme Anforderungen. Eine reproduzierbare Herstellung wie mit der Decal-Methode ist Grundvoraussetzung für einen industriellen Einsatz.

PEM-Brennstoffzellen und -Elektrolyse-Systeme (PEM = polymer exchange membrane) stellen eine vielversprechende Möglichkeit dar, um die Energiewende voranzutreiben. Sie arbeiten sehr zuverlässig und ermöglichen eine sekundenschnelle Abgabe oder Aufnahme großer Energiemengen, sodass seit einigen Jahren die Forschung und Entwicklung im Bereich dieser Technologien stark vorangetrieben wurde.

Das Herzstück eines PEM-Systems stellt die Membran-Elektroden-Einheit dar. Sie besteht im einfachsten Fall aus einer kationen- oder anionenleitenden Membran und zwei porösen Elektroden, der Anode und der Kathode. Die Membran dient dabei als Trennelement für die Reaktionsräume und ist für Gase wie Wasserstoff und Sauerstoff undurchlässig. Eine definierte Katalysator-Dispersion wird beidseitig auf die Membran aufgetragen, um die Elektroden herzustellen. Dabei soll eine möglichst große Drei-Phasen-Zone entstehen (Elektrode, Elektrolyt und Reaktant), an deren Oberfläche die elektrochemischen Prozesse stattfinden. Die gängigsten Methoden sind das Heißpressen, Sprühen, Siebdruck oder Walzen.



1 Querschnitt einer Membran-Elektroden-Einheit; links: LIMM-Aufnahme; rechts: REM-Aufnahme der homogenen und porösen Elektroden-schicht.

Im Fraunhofer IMWS wird die sogenannte »Decal-Methode« mit anschließendem Heißpressen verwendet. Bei diesem Verfahren wird eine dispergierte Katalysator-Paste auf eine vorgereinigte Trägerfolie aufgetragen. Die Paste muss dabei auf eine Viskosität mit bestimmten Fließeigenschaften eingestellt werden. Sie besteht aus einer speziellen Zusammensetzung von Katalysator, Elektrolyt und Lösungsmittel. Nach dem Auftragen wird ausgehend vom Zelldesign die hergestellte Elektrode samt Trägerfolie herausgelöst und zusammen mit der ionenleitenden Membran heiß verpresst. Abschließend werden die Schichten auf Raumtemperatur abgekühlt und die Trägerfolie entfernt. Das Ergebnis ist eine gut reproduzierbare Membran-Elektroden-Einheit mit einer sehr ebenen Oberfläche, die für einen großtechnischen Einsatz geeignet ist. Nur wenn eine solche Reproduzierbarkeit gewährleistet ist, kann eine einheitliche Leistung abgerufen werden.

M. Sc. Stefan Ackermann

Studium Technische Chemie an der MLU Halle-Wittenberg, seit Dezember 2013 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IMWS in der Gruppe Wasserelektrolyse.

Mail: Stefan.Ackermann@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 3 45 55 89-244

Dr.-Ing. Nadine Menzel

Studium Chemie-Ingenieur und Promotion an der TU Berlin, seit Dezember 2013 Wissenschaftlicher Mitarbeiterin am Fraunhofer IMWS, (Komm.) Gruppenleiterin Wasserelektrolyse.

Mail: Nadine.Menzel@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 3 45 55 89-237

» Wir unterstützen Industriekunden von der Vorentwicklung bis hin zur Defektanalytik«



ANORGANISCHE LEUCHTSTOFFE GESCHÄFTSFELDLEITER IM INTERVIEW PROF. DR. STEFAN SCHWEIZER

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2016 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Ich freue mich besonders, dass das Fraunhofer-Anwendungszentrum in Soest in diesem Jahr das erste Mal die Arbeitstagung »Angewandte Oberflächenanalytik« (AOFA) ausrichten durfte. Die im zweijährigen Rhythmus stattfindende Tagung bietet nicht nur exzellente Gelegenheit zum wissenschaftlichen Austausch, sondern bringt auch Wissenschaft und Industrie zusammen. Beim diesjährigen Special Topic »Surface meets Light« standen insbesondere Methoden der optischen Oberflächenanalytik wie beispielsweise Fluoreszenz-, Infrarot- oder Raman-Spektroskopie im Mittelpunkt. Das Besondere an der AOFA ist die inhaltliche Einbindung einer Firmenausstellung. Für die 18 Aussteller und fast 150 Tagungsteilnehmer war es eine rundherum gelungene Konferenz.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an? Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Wir unterstützen unsere Kunden bei der Entwicklung und Bewertung von Leuchtstoffen und Leuchtstoffsystemen, insbesondere in Hinblick auf Leuchtstoffeffizienz, -zuverlässigkeit und -farbstabilität. Im Fokus stehen hierbei umfassende optische und spektroskopische Analysen sowie thermische und photometrische Bewertungen. Wir bieten Fachwissen aus den Bereichen Physik und Ingenieurwissenschaften sowie eine große Anzahl von Messgeräten und -verfahren.

Welche Projekte sind 2016 neu angelaufen und welche Innovationen sind daraus zu erwarten?

Neben direkten Beauftragungen aus der Industrie konnte im Rahmen der Ausschreibung »NeueWerkstoffe.NRW« ein größeres öffentliches Projekt auf dem Gebiet der laserstrukturierten Leuchtstoffe eingeworben werden. In Kooperation mit einem Industriepartner wird im Rahmen dieses Projektes an hochinnovativen pixelierten Leuchtstoffen für die automobilen Beleuchtung der Zukunft geforscht.

Welche Aktivitäten stehen 2017 an?

2017 soll sowohl die Entwicklung und Herstellung lumineszierender Glasoptiken vorangetrieben als auch das Portfolio zur thermischen und photometrischen Bewertung von LEDs und LED-Modulen weiter ausgebaut werden. Hier spielt insbesondere im Bereich der Mittel- und Hochleistungsanwendungen die Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien eine wichtige Rolle. Ein Schwerpunkt wird die kontaktlose und zerstörungsfreie Messung der Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit von Leuchtstoffen sein. Zudem wollen wir unsere Kompetenzen bezüglich optischer und thermischer Simulationen weiter ausbauen. Hier besteht großes Interesse seitens unserer industriellen Partner.

Prof. Dr. Stefan Schweizer

Physikstudium, Promotion und Habilitation auf dem Gebiet der Leuchtstoffe, Forschungsaufenthalte in den USA, Leiter des Fraunhofer-Anwendungszentrums in Soest und Professor an der FH Südwestfalen.
Mail: Stefan.Schweizer@imws.fraunhofer.de
Telefon: +49 29 21 3 78-3410

WÄRMELEITFÄHIGKEIT LUMINESZIERENDER GLÄSER UND GLASKERAMIKEN

Die Anforderungen an Leuchtstoffe für weiße Leuchtdioden (LEDs) wachsen: Neben ihren optischen Eigenschaften ist bei Hochleistungs-LEDs vor allem die Temperaturstabilität des Leuchtstoffs von großer Bedeutung. Leuchtstoffe mit hoher Wärmeleitfähigkeit sind gefordert.

Weißlicht-Leuchtdioden (LEDs), wie sie aktuell vielfältig eingesetzt werden, basieren häufig auf einem hocheffizienten Halbleiterbauelement (die eigentliche LED), das blaues Licht aussendet. Dieses wird mit einem Leuchtstoff kombiniert, der einen Teil des blauen Lichts in gelbes Licht umwandelt, sodass sich insgesamt ein weißer Farbeindruck ergibt.

In der Licht- und Beleuchtungstechnik werden immer höhere Anforderungen an die hierbei eingesetzten Leuchtstoffsysteme gestellt. Diese sollen neben hervorragenden optischen Eigenschaften, wie hohe Absorption und Quanteneffizienz sowie an die Anwendung angepasste Farbeigenschaften, auch über eine gute Temperaturstabilität verfügen. Die Nachfrage nach Hochleistungs-LEDs führt zu immer höheren Betriebsströmen und somit zu einem Anstieg der Leistungsdichten. Trotz hoher Effizienz der primären LED treten unvermeidbare Verluste auf, die zu einer Erwärmung der LED führen und eine Farbveränderung der Lichtemission sowie eine Verringerung der Effizienz und Zuverlässigkeit verursachen. In Weißlicht-LEDs tritt aufgrund des Lichtkonversionsprozesses eine zusätzliche Wärmegeneration auf, die zu einer schrittweisen Schädigung des Leuchtstoffes und der primären LED führen kann.

Leuchtstoffe auf Basis Seltenerd-dotierter Gläser sollen die Lebensdauer von weißen Leuchtdioden erhöhen und einen langzeitstabilen Farbeindruck sicherstellen. Die lumineszierenden Gläser zeichnen sich durch eine hohe chemische und

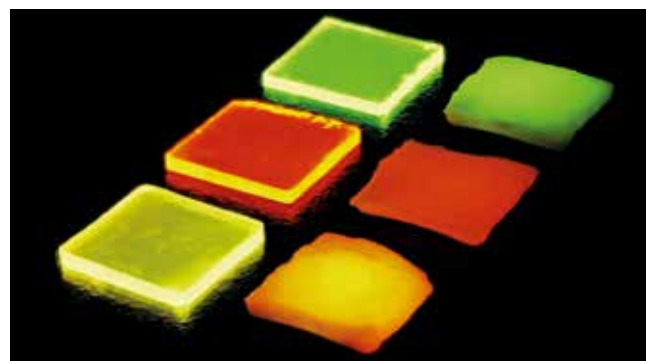
thermische Widerstandsfähigkeit aus. Für den Einsatz in der Beleuchtungstechnik eignen sich vor allem die Seltenen Erden Terbium und Europium. Beide weisen unter ultravioletter (UV) oder Blaulichtanregung eine intensive Emission im grünen (Terbium) beziehungsweise im roten Spektralbereich (Europium) auf. Durch Mischung beider Elemente kann so das gesamte Spektrum von Grün bis Rot abgebildet werden.

Allerdings besitzen die Leuchtstoff-dotierten Gläser aktuell nur ein geringes Absorptionsvermögen, sodass nicht genügend blaues Licht des LED-Chips in gelbes umgewandelt wird und sich ein »kaltweißer« Farbeindruck ergibt. Um die Absorption zu verstärken, muss die optische Weglänge innerhalb des Leuchtstoffs erhöht werden. Hierzu werden die Gläser durch

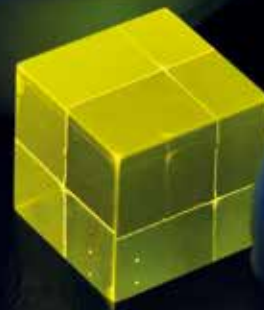
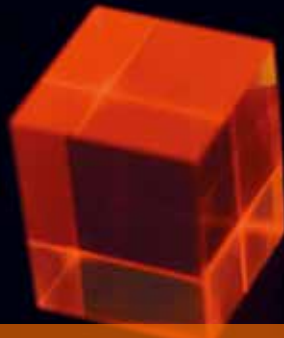
eine thermische Nachbehandlung zu Glaskeramiken prozessiert, die danach eine deutlich höhere Absorption als die ursprünglichen Gläser aufweisen.

» Die Temperaturleitfähigkeit der Leuchtstoffe konnte um etwa eine Größenordnung erhöht werden.«

Neben den optischen Eigenschaften der Leuchtstoffe ist auch ihr temperaturabhängiges Verhalten von besonderer Bedeutung. In Hochleistungs-LEDs existieren verschiedene



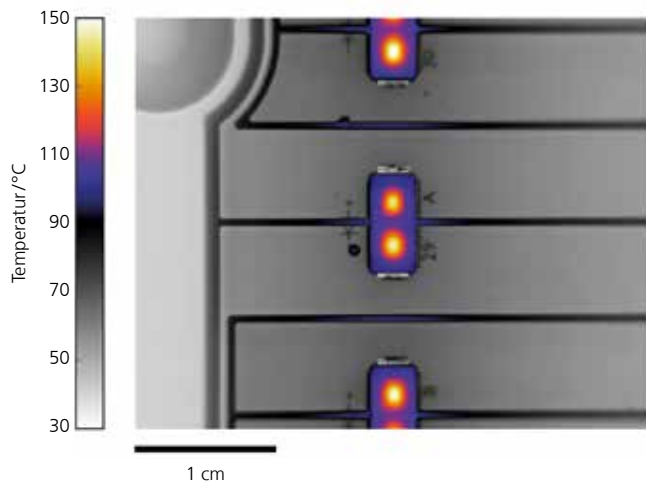
1 Lumineszierende Gläser (links) und Glaskeramiken (rechts) unter UV-Anregung: Terbium- (oben), Europium- (Mitte) und Terbium/ Europium-doppeldotiert (unten).



Mit Seltenen Erden dotierte Glasquader unter UV-Anregung.

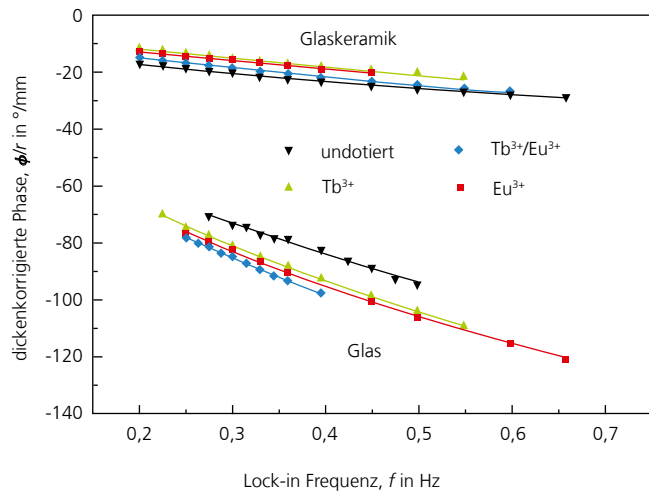
Methoden zur aktiven und passiven Kühlung des primären LED-Chips. Die Temperatur des Leuchtstoffs liegt jedoch höher als die des LED-Chips, sodass die Leuchtstoffe nicht nur eine hohe Temperaturstabilität, sondern auch eine ausreichend gute Wärmeleitfähigkeit benötigen, um die im Leuchtstoff generierte Wärme abzuführen.

Eine hervorragende Methode zur zerstörungs- und kontaktfreien Bestimmung der Wärmeentwicklung und -ausbreitung in Materialien ist die Thermografie. Die sogenannte Lock-In-Thermografie ermöglicht hierbei eine quantitative Bestimmung der thermischen Parameter: Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit. Hierzu wird der zu untersuchende Prüfkörper periodisch punktförmig erwärmt und die Oberflächentemperatur auf der Rückseite berührungslos erfasst. Aus der Temperaturantwort werden anschließend die Amplituden- und Phaseninformation der induzierten thermischen Wellen ermittelt. Die Bestimmung der Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit erfolgt aus der beim Durchlaufen des Prüfkörpers akkumulierten Phasenverzögerung. Aus dem frequenzabhängigen Verhalten der (um die jeweilige Probendicke korrigierten) Phasenverzögerung lässt sich die Temperaturleitfähigkeit über eine entsprechende



2 Thermografieaufnahme eines LED-Streifens.

Kurvenanpassung bestimmen. Durch die thermische Nachbehandlung der Gläser zu Glaskeramiken kann die Temperaturleitfähigkeit um etwa eine Größenordnung erhöht werden. Diese keramischen Leuchtstoffe tragen somit zu einem verbesserten Thermomanagement in LEDs bei.



3 Dickenkorrigierte Phasenwerte der Gläser und Glaskeramiken (Symbole) sowie die entsprechende Kurvenanpassung (Linien).

Dr. Franziska Steudel

Physikstudium an der MLU Halle-Wittenberg, seit April 2010 bei Fraunhofer, Promotion auf dem Gebiet der lumineszierenden Gläser für Photovoltaik und Weißlicht-LEDs, am Fraunhofer AWZ in Soest verantwortlich für das Team »Leuchtstoffdesign«.

Mail: Franziska.Steudel@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 29 21 3 78-3557

Dr. Peter W. Nolte

Physikstudium an der Universität Paderborn, Promotion auf dem Gebiet der integrierten nichtlinearen Siliziumphotonik, seit Januar 2014 bei Fraunhofer, am Fraunhofer AWZ in Soest verantwortlich für das Team »Zuverlässigkeit von Leuchtstoffen«.

Mail: Peter.Nolte@imws.fraunhofer.de

Telefon: +49 29 21 3 78-3555

KURATORIUM



Aufgaben des Kuratoriums

Dem Kuratorium des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS gehören Persönlichkeiten aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft an, die dem Institut fachlich nahestehen und sich einmal jährlich treffen.

Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Vorstand beraten die Mitglieder des Kuratoriums das Institut mit ihrer Expertise bei strategischen Themen, Weichenstellungen am Institut und der Entwicklung von Zukunftsperspektiven. Sie werden vom Fraunhofer-Vorstand im Einvernehmen mit der Institutsleitung berufen und arbeiten ehrenamtlich.

Mitglieder des Kuratoriums

- Dr. Karlheinz Bourdon, KraussMaffei
- Dr. Torsten Brammer, Wavelabs Solar Metrology Systems GmbH
- Dr. Christine Garbers, Colgate-Palmolive Europe Sàrl
- Uwe Girgsdies, Audi AG
- MinDir Hans-Joachim Hennings, Land Sachsen-Anhalt
- Dr. Florian Holzapfel, Calyxo GmbH
- Dr. Jürgen Kreiter, Werzalit GmbH+Co. KG
- Dr. Roland Langfeld, Schott AG (Vorsitzender des Kuratoriums)
- Prof. Ingrid Mertig, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Dr. Christoph Mühlhaus, Cluster-Chemie-Kunststoffe Mitteldeutschland
- Prof. Stuart S. P. Parkin, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik
- Tino Petsch, 3D-Micromac AG
- Dr. Wolfgang Pohlmann, Hella KG Hueck & Co.
- Jef Poortmans, imec vzw
- Dr. Thomas Rhönisch, Rehau AG+Co.
- Bernd Römer, Infineon Technologies AG
- Dr. Carsten Schellenberg, Lanxess – IAB Ionenaustauscher GmbH
- Dr. Frank Stietz, Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG
- Hans-Jürgen Straub, X-FAB Semiconductor Foundries AG
- Marco Tullner, Minister für Bildung des Landes Sachsen-Anhalt
- Dr. Markus Weber, Carl Zeiss Microscopy GmbH (stellv. Vorsitzender des Kuratoriums)
- Ingrid Weinhold, MABA Spezialmaschinen GmbH
- Dr. Bert Wölfli, Polifilm Extrusion GmbH

ORGANIGRAMM

Institutsleiter Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn	Stellvertretender Institutsleiter Prof. Dr. Matthias Petzold	Verwaltungsleiter Thomas Merkel
--	---	---

GEMEINSAM MIT ANDEREN FRAUNHOFER-INSTITUTEN BETRIEBENE FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN

Polymeranwendungen Prof. Dr. Peter Michel Prof. Dr. Mario Beiner (wiss. Leiter)	Biologische und makromolekulare Materialien Prof. Dr. Andreas Heilmann	Komponenten der Mikroelektronik und Mikrosystem- technik Prof. Dr. Matthias Petzold	Fraunhofer-Center für Silizium-Photo- voltaik CSP Dr. Karl-Heinz Kuesters (komm.) Prof. Dr. Peter Dold *	Fraunhofer-Pilot- anlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ Prof. Dr. Michael Bartke **	Elektrolysetest- und Versuchsplattform Leuna (ELP) Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (komm.)
Polymerbasiertes Materialdesign Prof. Dr. Mario Beiner	Technologien für biofunktionale Oberflächen Dr. Stefan Schulze	Bewertung elektronischer Systemintegration Sandy Klengel	Abteilung Zuverlässigkeit und Technologien für Netzparität Dr. Karl Heinz Kuesters (komm.)	Abteilung Polymer- verarbeitung Prof. Dr. Peter Michel	Wasserelektrolyse Nadine Menzel (komm.)
Faserverbund- strukturen Dr. Ralf Schlimper	Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegetechnik Dr. Andreas Kiesow	Nanomaterialien und Nanoanalytik Prof. Dr. Thomas Höche	Diagnostik Solarzellen Dr. Christian Hagendorf	Thermoplastbasierte Faserverbund- Halbzeuge Ivonne Jahn	Syntheseprozesse Gerd Unkelbach ***
	Bewertung von Materialien der Medizintechnik Dr. Andreas Kiesow (komm.)	Diagnostik Halb- leitertechnologien Frank Altmann	Zuverlässigkeit von Solarmodulen und -systemen Dr. Matthias Ebert	Hochleistungs- thermoplaste Dr. Matthias Zschege	
	Naturstoffkomposite Andreas Krombholz	Anwendungszent- rum für Anorgani- sche Leuchtstoffe Prof. Dr. Stefan Schweizer	Siliziumwafer Dr. Sylke Meyer	Abteilung Polymer- synthese Prof. Dr. Michael Bartke **	
			Modultechnologie Prof. Dr. Jens Schneider	Synthese und Produktentwicklung Dr. Ulrich Wendler **	
			Abteilung Labor für Kristallisationstechno- logie Prof. Dr. Peter Dold *	Scale-Up und Pilotierung Marcus Vater **	
			Siliziumrecycling Prof. Dr. Peter Dold *		
			Kristallisations- technologie Dr. Roland Kunert *		

* Fraunhofer ISE
** Fraunhofer IAP
*** Fraunhofer IGB/CBP

Infrastruktur Thomas Merkel	Projekte & Finanzen Sven Heßler	Technische Dienste & IT Sebastian Gerling	Personal & Dienstreisen Constanze Pälecke
---------------------------------------	---	---	---

Wissenschaftsmanagement Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn	Büro Institutsleitung Heike Gehritz	Öffentlichkeitsarbeit Michael Kraft	Forschungsstrategie und Geschäftsentwicklung Andreas Dockhorn	Fraunhofer-Center für Ökonomik der Werkstoffe CEM Prof. Dr. Ulrich Blum Prof. Dr. Manfred Fütting
---	---	---	---	--

VERNETZUNG DES FRAUNHOFER IMWS

Fraunhofer-Verbünde, -Allianzen und Kooperationsprojekte

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile

Fraunhofer-Materialforschung umfasst die gesamte Kette von der Entwicklung und Verbesserung von Materialien über die Herstelltechnologie und Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. Neben den experimentellen Untersuchungen werden die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung gleichrangig eingesetzt.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

www.materials.fraunhofer.de

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (Gastmitgliedschaft)

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik ist ein Forschungs- und Entwicklungsanbieter für Smart Systems. Die derzeit elf Mitgliedsinstitute und sieben Gastinstitute betreiben international vernetzte Spitzenforschung in der Mikro-/Nanoelektronik sowie Mikrosystem- und Kommunikationstechnik. Sie bieten eine weltweit einzigartige Kompetenzvielfalt und schlagen die Brücke zwischen Grundlagenforschung und Produktentwicklung.

Prof. Dr. Matthias Petzold

www.mikroelektronik.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

Von der anwendungsorientierten Forschung bis zur industriellen Umsetzung werden Nanotechnologien für optische Anwendungen, den Automobilbau und die Elektroindustrie entwickelt. Multifunktionale Schichten, metallische und oxidische Nanopartikel, Kohlenstoff-Nanoröhren und Nanokomposite werden in Aktuatoren, strukturellen Werkstoffen und biomedizinischen Anwendungen eingesetzt. Darüber hinaus werden Fragen zur Toxizität und dem sicheren Umgang mit Nanopartikeln behandelt.

Prof. Dr. Andreas Heilmann

www.nano.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Bau

Ziel der Fraunhofer-Allianz Bau ist es, alle wissenschaftlichen und forschungsrelevanten Fragen zum Thema Bau vollständig und »aus einer Hand« innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft abbilden und bearbeiten zu können. Der Baubranche steht so ein zentraler Ansprechpartner für integrale Systemlösungen zur Verfügung.

Andreas Kromholz

www.bau.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Energie

Zehn Fraunhofer-Institute bieten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus einer Hand an. Die Schwerpunkte liegen bei Effizienztechnologien, erneuerbaren Energien, Gebäuden und Komponenten, Planung und Betriebsführung integrierter Energiesysteme sowie Speicherung und Mikroenergie-technik.

Dr. Hartmut Schwabe

www.energie.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Leichtbau

Die Qualität einer Leichtbaustruktur ist wesentlich bestimmt durch ihre Werkstoffeigenschaften, die konstruktive Formgebung, ihre Bauweise und den Herstellungsprozess. Daher wird in der Allianz Leichtbau die gesamte Entwicklungskette von der Werkstoff- und Produktentwicklung über Serienfertigung und Zulassung bis hin zum Produkteinsatz betrachtet.

Prof. Dr. Peter Michel

www.fraunhofer.de/de/institute-einrichtungen/verbuende-allianzen/Leichtbau.html

Fraunhofer-Allianz »Textil« (im Aufbau)

Um das Potenzial von Hochleistungsfasern für textilverstärkte Leichtbaustrukturen voll auszuschöpfen, sollen Innovationen durch anwendungsnahe und produktspezifische Entwicklungen von textilbasierten Technologien und Anlagensystemen in direkter Verknüpfung mit der Preform- und Bauteilfertigung hervorgebracht werden. Die gesamte textile Fertigungskette wird dazu ausgehend von der Faserherstellung und -funktionalisierung in der Allianz abgebildet.

Prof. Dr. Peter Michel

Fraunhofer-Leitprojekt Kritikalität Seltener Erden

Fraunhofer-Institute entwickeln effizientere Herstellungsprozesse für Hochleistungsmagnete, optimieren deren Bauteilauslegung und erforschen Recyclingmöglichkeiten. Ziel ist es, den Primärbedarf an schweren Seltenerd-Elementen bei zwei Demonstrator-Permanentmagneten zu halbieren. Das Fraunhofer IMWS sucht Substitutionsmagnetmaterialien möglichst ohne Seltenerd-Elemente mit elektronentheoretischer Materialsimulation und elektronenmikroskopischer Materialcharakterisierung.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (Koordinator)

www.seltene-erden.fraunhofer.de

Max-Planck – Fraunhofer Kooperationsprojekt HEUSLER

Das Fraunhofer IMWS erforscht gemeinsam mit zwei Max-Planck-Instituten in Dresden und Halle, welche strukturellen und chemischen Möglichkeiten es gibt, um auf der Basis von intermetallischen Heusler-Phasen neuartige Materialien zu erzeugen, die gute hartmagnetische Eigenschaften haben, aber keine Seltenerd-Elemente enthalten.

Prof. Dr. Thomas Höche

www.fraunhofer.de/de/institute-einrichtungen/kooperationen/max-planck-kooperationen.html

Hochtemperatur-Mikrosysteme – Zuverlässige Aufbau- und Verbindungstechnik für Mikroelektronik und Mikrosysteme bis 300 °C Betriebstemperatur (HOT-300), MAVO

Da elektronische Systeme und Komponenten immer härteren Anforderungen genügen müssen, liegt das Ziel in einer deutlichen Erhöhung der zulässigen Betriebstemperaturen bis 300 °C. Dafür werden Entwicklungen in Kombination von Halbleitertechnologie, Aufbau- und Verbindungstechnik, keramischer Materialentwicklung, Werkstoffanalytik und Bereitstellung einer verlässlichen Zuverlässigkeitsmodellierung vorangetrieben.

Prof. Dr. Matthias Petzold

Biomimetischer Synthesekautschuk in innovativen Elastomerkompositen (BISYKA), MAVO

Gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IAP, IME und ISC erforscht das Fraunhofer IMWS die Ursachen für die einzigartigen mechanischen Eigenschaften des Naturkautschuks und deren Übertragung auf Synthesekautschuk, um mit einem »biomimetischen Synthesekautschuk« als Resultat ein innovatives Produkt mit hohem Wertschöpfungspotenzial hervorzubringen.

Prof. Dr. Mario Beiner

Fraunhofer Materials Data Space

Der Fraunhofer Materials Data Space stellt unternehmensübergreifend digitale Daten zu Materialien und Werkstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette bereit. Durch die Vernetzung werden kürzere Entwicklungszeiten, lernende Fertigungsverfahren und neue Geschäftsmodelle möglich, zudem ergeben sich enorme Potenziale für Materialeffizienz, Produktionseffizienz und Recycling. Der Fraunhofer-Verbund MATERIALS liefert mit dieser Plattform die Grundlage für die Werkstoffentwicklung, -herstellung und -verarbeitung innerhalb von Industrie 4.0.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

www.fraunhofer-materials-data-space.de

VERNETZUNG DES FRAUNHOFER IMWS

Aktivitäten in Leistungszentren, Sonderforschungsbereichen und Spitzenclustern

Leistungszentrum Chemie- und Biosystemtechnik

Das Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« führt orientierende Grundlagenforschung, anwendungsorientierte Forschung und industrielle Entwicklung enger zusammen, um die Wertschöpfung in der Region Halle–Leipzig entscheidend zu stimulieren. Mit dem Leistungszentrum wird sowohl die Exzellenz in der Forschung als auch eine nachhaltige regionale wirtschaftliche Entwicklung stimuliert. Das strategische Ziel ist die Erforschung und Optimierung verfahrenstechnischer Prozessketten der Kunststoff verarbeitenden, chemischen, biotechnologischen und biomedizinischen Industrie vom Rohstoff bis zum Produkt.

Prof. Dr. Andreas Heilmann

www.chemie-bio-systemtechnik.de

Sonderforschungsbereich Polymere unter Zwangsbedingungen

In diesem von der DFG seit 2011 geförderten Verbundprojekt forscht das Fraunhofer IMWS gemeinsam mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der Universität Leipzig an grundlegenden Fragestellungen im Bereich der Struktur und Dynamik weicher Materie. Schwerpunktmäßig wird der Einfluss von Zwangsbedingungen auf Strukturbildungsprozesse in synthetischen und biologischen Polymersystemen und Kompositen untersucht.

Prof. Dr. Mario Beiner

www.natfak2.uni-halle.de/sfbtrr102

Spitzencluster BioEconomy

Das Cluster verbindet die für die Bioökonomie relevanten Forschungs- und Industriebereiche in Mitteldeutschland mit dem Ziel, die Entwicklung, Skalierung und Anwendung von innovativen technischen Prozessen voranzutreiben. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf der nachhaltigen stofflichen Nutzung biobasierter, nachwachsender Rohstoffe aus dem Non-Food-Bereich (insbesondere von Holz) sowie auf der Herstellung werthaltiger Produkte für verschiedene Indus-

triebereiche, verbunden mit der energetischen Nutzung von Reststoffen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (Stellv. Vorsitzender),

Andreas Krombholz (Themengebieteleiter Biokunststoffe)

www.bioeconomy.de

Spitzencluster SolarValley Mitteldeutschland

Im Zentrum der Arbeit des Clusters steht das Ziel, Solarstrom wettbewerbsfähig zu machen. Dies gelingt in der Umsetzung eines Strategiekonzepts, in dem Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung eng verzahnt zusammenarbeiten, um Strom für Generationen erneuerbar und dezentral bereitzustellen. Dabei soll die Photovoltaik als bedeutendste Energietechnologie dieses Jahrhunderts etabliert werden.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (komm.)

www.solarvalley.org

Zwanzig20 HYPOS

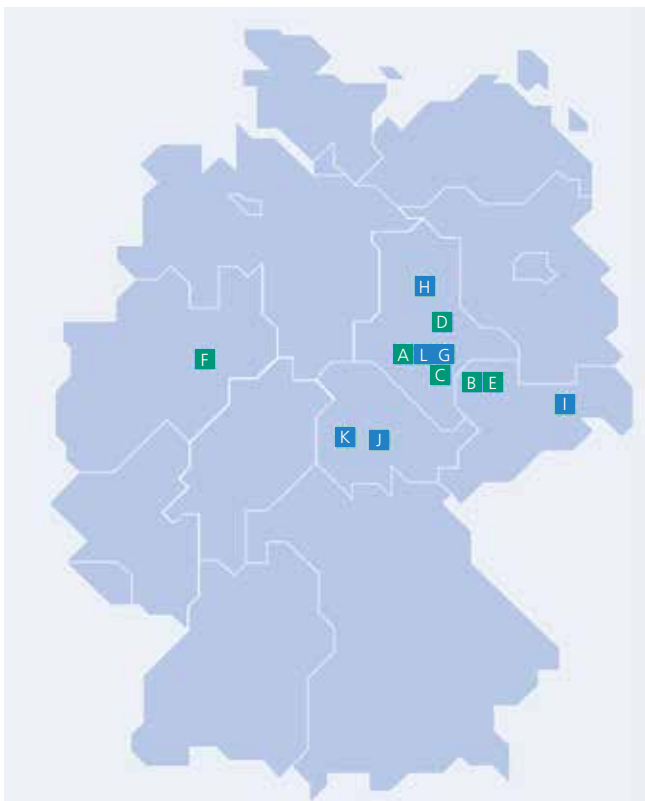
Mit dem Projekt HYPOS Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany soll »grüner« Wasserstoff aus erneuerbarem Strom im großtechnischen Maßstab für energietechnische Anwendungen hergestellt werden – als effizienter Energieträger mit hervorragender Transport- und Speicherfähigkeit. Das HYPOS-Projekt wird im Rahmen des Programms »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation« durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (Stellv. Vorsitzender),

Dr.-Ing. Nadine Menzel (Themenfeld Strombereitstellung)

www.hypos-eastgermany.de

Nationale Hochschulpartnerschaften



■ Kooperationsverträge und personelle Verknüpfung

- A Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- B Universität Leipzig
- C Hochschule Merseburg
- D Hochschule Anhalt (FH)
- E Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
- F Fachhochschule Südwestfalen (Soest)

■ Kooperationsverträge

- G Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle
- H Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- I Technische Universität Dresden
- J Technische Universität Ilmenau
- K Hochschule Schmalkalden
- L Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik Halle

Neue Geräte und Verfahren

- Vollautomatischer Industrie TabberStringer für ganze und halbe Zellen mit 3 oder 4 Busbars
- Voltametrische Methoden (Zyklovoltametrie – CV, lineare Voltametrie – LSV)
- Elektrochemische Impedanzspektroskopie – EIS
- Chrono-Methoden (Amperometrie, Potentiometrie, Coulometrie)
- Zyklische Lade- und Entladevorgänge – CCD
- PEM-Elektrolyseteststand für Einzelzellen (50 cm²) und Shortstacks (10x50 cm²) bis 30 bar

Geräte und Verfahren der Kernkompetenz Mikrostrukturdiagnostik

Ionen-/Elektronenmikroskopie

- Transmissionselektronenmikroskop (TEM/STEM 200 kV) mit Röntgenanalysesystem (Nanospot-EDX)
- Transmissionselektronenmikroskop (EF-TEM 60–300 kV) mit Cs-Bildkorrektur, EDS, EELS, HAADF, STEM, NBD, und Tomographie
- Fokussierende Ionenstrahlanlage (FIB) mit integriertem IR-Mikroskop
- FIB-/REM-Anlage mit Gaseinlass-System in situ-lift-out-System
- FIB-/REM-Anlage mit Gaseinlass-System, EBSD- und EDX-Analytik und in situ-Manipulator
- Plasma-FIB-Anlage mit Gaseinlass-System
- Rasterelektronenmikroskope (REM) mit Röntgenanalyse (EDX,WDX) und Beugungsanalyse (EBSD)
- REM mit elektronenstrahlinduzierter Strommessung (EBIC) und 4fach-Nanoprober-System
- Atmosphärisches REM (ESEM) mit in situ-Zugmodul und in situ-Heizmodul
- Kombinierte ESEM-FIB-Anlage mit Kryo-Transferkammer und in situ-Kryo-Präparationseinrichtungen

Präparationstechniken

- Präzisionsdrahtsägen, diverse Schleif-/Poliermaschinen, Präzisionsschleifanlagen für die Zielpräparation
- Laserpräparations-Anlage

- Ar-Ionenätzenanlagen, Plasma-Cleaner, C-Bedampfung und Platin Sputter-Coating
- Softmatter-Präparation mit Rotationsmikrotom, Ultramikrotom, Kryo-Ultramikrotom, Kritisch-Punkt-Trocknung sowie Kryofixierung

Zerstörungsfreie Prüfverfahren

- 3D-Röntgen-CT-Inspektionsanlagen (185 kV Nanofokus, 225 kV Mikrofokus) mit in situ-Verformungseinrichtungen
- Röntgendiffraktometer für Spannungsmessung, Textur- und Phasenanalyse mit Hochtemperatureinrichtung bis 2 300 K und Dünnschichtanalyseeinrichtung
- Brucker Röntgenspektrometer AXS D8 Advance
- Luftgekoppelter Ultraschall-Messplatz (Scanfläche 1 500 x 1 000 mm²)
- Akustische Rasterelektronenmikroskope (15 MHz–400 MHz und 400 MHz–2 GHz)
- Puls-Phasen-Thermographie

Physikalisch und chemische Oberflächenanalytik

- Time-of-Flight-Sekundärionen-Massenspektroskopie (ToF-SIMS)
- Photoelektronenspektroskopie mit Abtragsmodus, Tiefenprofil (XPS, UPS) sowie Auger-Elektronenspektroskopie (AES)
- Kontaktwinkelmessung
- Plasmaanalytiksystem (OES, VI-Probe, SEERS)
- Material- und Spurenanalyse
- Massenspektroskopie mit induktions-gekoppeltem Plasma (ICP-MS) mit Laserablation, chemische Extraktion und elektrothermische Vaporisation
- Optische Emissionspektrometrie mit ICP mit elektrothermischer Verdampfung
- Wasserstoffanalysator inkl. Auslagerungssofen
- Stickstoff- und Sauerstoffanalysator
- Dichte- und Porositätsmessenrichtungen
- Restgasanalysator
- Gaspermeationsmessgerät

Topografie- und Konturmessung

- Rasterkraftmikroskope (AFM) in Kombination mit Licht- und Fluoreszenzmikroskopie
- Weißlichtinterferometer
- Konfokal-Laserscanningmikroskope (CLSM)
- Profilometer und Rauheitsmessenrichtungen
- Interferometrische Eigenspannungsmessung
- Bestimmung Wafergeometrie (Dicke, Dickenvariation, etc.)
- Interferometer mit Phasenschieber für Konturmessung von Asphären

Lichtoptische und spektrometrische Verfahren IR-UV

- Lichtmikroskope, Dunkelfeld- und DIK-Modus
- Quantitative Bildanalyseysteme
- UV/VIS/NIR-Spektrometer und Spektralellipsometer
- Elektrolumineszenz- und Photolumineszenz-Spektroskopie
- Infrarot-Mikroskopie
- FTIR-Spektroskopie und -Mikroskopie mit ATR-Messeinrichtungen
- Konfokales Ramanmikroskop und Raman-Spektrometer
- IR-Spannungsoptik-Messungen
- Verfahren zur Messung der Ladungsträgerlebensdauer (Mikrowellen-Photoconductance-Decay, quasistatische Photoleitfähigkeit)
- Farbanalysator
- Zeitaufgelöste Fluoreszenz und orts aufgelöste Elektrolumineszenz im UV-VIS-NIR-Bereich
- Nano- und Femtosekunden-Lasersysteme
- Photolumineszenz-Messplatz zur orts aufgelösten Charakterisierung von Si-Blöcken, Wafer und Zelle

Elektrische Charakterisierung

- Messplätze zur Ladungsträgerlebensdauer messung (Si-Block, Wafer)
- 4-Punkt-Methode und Wirbelstrommethode zur Leitfähigkeitsmessung
- Elektrolumineszenz-Messplatz zur Zellen-Charakterisierung
- Elektrolumineszenz-Messplatz zur PV-Modul-Charakterisierung
- Thermografie-Messplatz zur PV-Modul-Charakterisierung
- Messplatz zur Bestimmung der internen und externen Quanteneffizienz von Solarzellen
- Sonnensimulator für Solarzellen
- Sonnensimulator für PV-Module
- Messequipment zur Freifeld-Charakterisierung von PV-Modulen
- Wechselrichterprüfplatz

Elektrochemische Charakterisierung

- Rotierende Scheiben und Ringscheibenelektroden
- Voltametrische Methoden (Zyklovoltammetrie – CV, lineare Voltammetrie – LSV)
- Elektrochemische Impedanzspektroskopie – EIS
- Chrono-Methoden (Amperometrie, Potentiometrie, Coulometrie)
- Zyklische Lade- und Entladevorgänge – CCD
- PEM-Elektrolyseteststand für Einzelzellen (50 cm²) und Shortstacks (10x50 cm²) bis 30 bar

Thermophysikalische Messverfahren

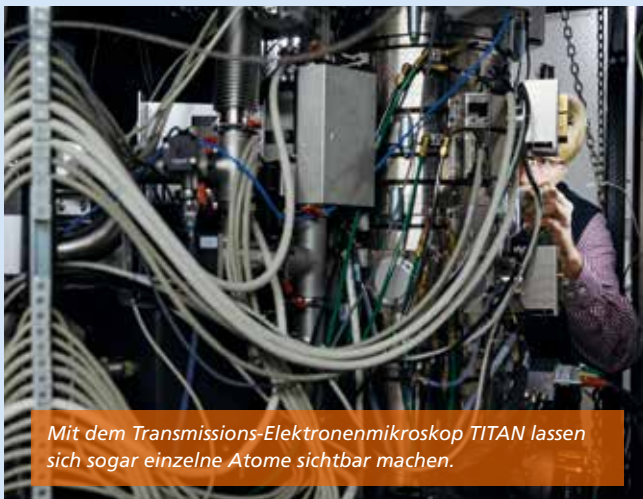
- Dynamische Differentialkalorimetrie bis 1 500 °C
- Thermogravimetrische Analyse (TGA)
- Differential-Thermoanalyse
- Dilatometer für Messungen bis 1 400 °C
- Klimaprüfkammern

Polymeranalytik

- Dynamische Differentialkalorimetrie (DSC)
- Dynamisch-Mechanische Analyse (DMA)
- Thermomechanische Analyse (TMA)
- Hochdruckkapillarviskosimeter
- Schmelzindexmessgeräte (MFI)
- HDT-Wärmeformbeständigkeits- und Vicat-Erweichungstemperaturmessung
- Dielektrische Analyse (DEA)
- TGA mit FT/IR-Kopplung
- Karl-Fischer-Titration zur Feuchtebestimmung in Kunststoffen
- Licht-Klimaprüfschrank und Klimaprüfschrank
- Rotationsrheometer
- Temperatur- und Wärmeleitfähigkeitsmessung (Light-Flash-Methode) bis 300 °C
- Soxhlet-Extraktor

Prüfung von Mikrokomponenten

- In situ-Verformungseinrichtungen für Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskope
- Pull- und Schertester für die mikroelektronische Verbindungstechnik
- Mikrooptischer Kraftmessplatz mit Manipulations-einrichtungen
- Mikrosystem-Analysator (MSA) zur berührungslosen Verformungs- und Vibrationsanalyse
- Versuchsstände zur Festigkeits- und Lebensdauer messung von Mikrosystemen



Geräte und Verfahren der Kernkompetenz Mikrostrukturdesign

Oberflächen- und Grenzflächentechnologien

- Mehrkammerbeschichtungsanlage für keramische und metallische Multilagen- und Compositbeschichtungen
- Plasma-CVD-Beschichtungsanlagen
- Hochfrequenz-Magnetron-Beschichtungsanlagen
- Plasmabehandlungsanlagen für Polymerfolien
- Plasmaätzenanlagen
- Nasschemische Beschichtungsanlagen (Spin-Coating, Rakelbeschichtung, Tauchbeschichtung)
- Elektrostatische Spinneinrichtung
- Ionenätzenanlage zur Probenpräparation und Oberflächenbearbeitung
- Waferbondanlage mit Plasmaaktivierung
- Drahtbondtechnik zur Kontaktierung von mikroelektronischen Bauelementen
- Anlage zum Laserschweißen von Polymerfolien

Waferfertigung

- Draht- und Bandsägen zum Squaren, Croppen
- Schleifmaschinen zur Oberflächen- und Fasenbearbeitung von Blöcken
- IR-Durchleuchtungssystem zur Identifizierung von SiC/SiN-Einschlüssen in Blöcken
- Drahtsägen für multi- und monokristalline Wafer (slurrybasiertes Sägen, Diamantdrahtsägen)
- Vorreinigungsanlage zum Ablösen der Wafer nach Sägen
- Inline-Feinreinigungsanlage zur Endreinigung der Wafer
- Inline-Messanlage mit Sortiereinheit zur Waferendkontrolle und Klassifizierung

Solarmodulfertigung

- 3D-Vakuumlaminator
- Automatisches Dispenssystem für Leitleber
- Variable Zellstring-Layup-Station
- Vollautomatischer Industrie TabberStringer für ganze und halbe Zellen mit 3 oder 4 Busbars
- Halbautomatische Zellverlötungsanlage
- Laborglasreinigungsautomat
- Labor- und Großmodullaminator
- Präzisionsprüfmaschinen für Verbindungs- und Lotmaterial
- RTP-Ofen
- Siebdrucker
- Thermoschockprüfschrank
- Universalprüfmaschinen von 1 N bis 400 kN, uni- undmultiaxial
- UV-Vernetzungseinheit
- Vakuumlaminator
- Tension/Torsion-Prüfmaschine 10 kN

Ertrags- und Leistungsmessung

- Hochspannungstestequipment mit bis zu 1 kV angelegter Spannung
- Leistungsmessung im Labor mit Klasse AAA Modulflasher bis zu 2,6x2,6 m²
- Leistungsmessung im Freifeld mit kontinuierlicher U-I-Kennlinienaufzeichnung, Temperatur und Einstrahlung am Modul
- Umweltmesstechnik für direkte, indirekte und globale Einstrahlung, Luftdruck und -feuchte sowie Windgeschwindigkeit und -richtung

Polymerverarbeitung

- Minicompounder mit konischen Doppelschnecken
- Messknetter mit 60 bzw. 300 ml Kammervolumen für Thermoplast- und Elastomerverarbeitung, Drehmoment bis 300 Nm, elektrisch und flüssig temperiert
- Minispritzgussanlage
- Injection Molding Compounder KM 1 300 bis 14 000 IMC, Schließkraft 1 300 Tonnen, max. Schussgewicht 5 300 g (PS)
- Injection Molding Compounder KM 3 200 bis 24 500 MX IMC, Schließkraft 3 200 Tonnen, max. Schussgewicht 20 000 g (PS)
- Spritzgießmaschine KM 200 bis 1 000 C2, Schließkraft 200 Tonnen, max. Schussgewicht 476 g (PS), Werkzeug-Temperierung bis 140 °C, separate zweite Spritzeinheit SP 160, vertikal, max. Schussgewicht 68 g (PS)
- Vollautomatisierte Verarbeitungszelle mit Infrarot-Heizstation für die Verarbeitung von kontinuierlich-faserverstärkten Thermoplasten im Hybridspritzguss
- Parallele, gleichlaufende, frei konfigurierbare Doppelschneckenextruder vom Labor- bis in den Pilotmaßstab (5 bis 400 kg/h), austragsseitig mit Strang-, Unterwassergranulierung sowie Heißabschlag ausgerüstet
- Einschneckenextruder
- Downstream-Equipment für Profilextrusion
- Polyurethan-Anlage für Clear-Coat-Molding im Pilotmaßstab
- Faserschneide, Stapellängen 1,5 bis 98 mm
- Trockenlufttrockner, Trocknungstemperatur-Einstellung bis 160 °C
- Polymer-Pulvermühle, Shredderanlage
- Laminat-Presse (400x400 mm), temperierbar bis 400 °C
- Doppelbandpresse (Breite 1 000 mm) temperierbar bis 250 °C
- Pulverstreuer für Kunststoffmahlgut
- Roving-Abspulgatter
- Faserspreizsystem statisch und dynamisch

Preise und Ehrungen



WAK-Preis 2015 des Wissenschaftlichen Arbeitskreises der Universitätsprofessoren der Kunststofftechnik an Matthias Zscheuye für Dissertation »Zum temperatur- und dehnratenabhängigen Deformations- und Schädigungsverhalten von Textil-Thermoplast-Verbunden«
12.11.2015, Chemnitz

1st Prize for one of the Best Posters at ICCG11 – The International Conference on Coatings on Glass and Plastics an Georg Lorenz und Falk Naumann für »Influence of thin-film properties on the reliability of flexible glass«
14.06.2016, Braunschweig

PhotoVoltaica Recognition Award 2016 an Jörg Bagdahn und Team des Fraunhofer CSP für »Verdienste um den Aufbau von erneuerbaren Energien in Marokko«
09.09.2016, Casablanca, Marokko



Hugo Junkers Preis 2015 des Ministeriums für Wirtschaft und Wissenschaft des Landes Sachsen-Anhalt an Frank Altmann, Ortwin Breitenstein, Christian Große und Falk Naumann für »Fehlerdetektion in höchstintegrierten mikroelektronischen Systemen mittels Lock-in-Thermographie«
15.12.2015, Merseburg

Förderpreis 2016 des VDI-Bezirksvereins Leipzig an Florian Wallburg für »Bewertung der Festigkeit von polykristallinem Silizium im Bereich der Korngrenzen«
16.06.2016, Leipzig

Best Paper 2016 des ESREF Best Paper Award Committee an Andreas Graff, Michel Simon-Najasek, David Poppitz und Frank Altmann für »Correlation of gate leakage and local strain distribution in GaN/AlGaIn HEMT structures«
22.09.2016, Halle (Saale)



Werkstoff-Preis 2016 der Schott AG an Volker Naumann für »Potential-induced degradation (PID) of Silicon Solar Cell«
10.06.2016, Halle (Saale)

Förderpreis 2016 des VDI-Bezirksvereins Leipzig an Patrick Funke für »Entwicklung von Lasteinleitungselementen für ein Leichtfahrzeug mit naturfaserverstärkter Sandwichstruktur«
16.06.2016, Leipzig

Dissertationen

Thomas Hanke
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Viskoelastische Beschreibung des Langzeit-Kriechverhaltens von Ethylen-Tetrafluorethylen (ETFE) Folien für Membrankissen-Konstruktionen

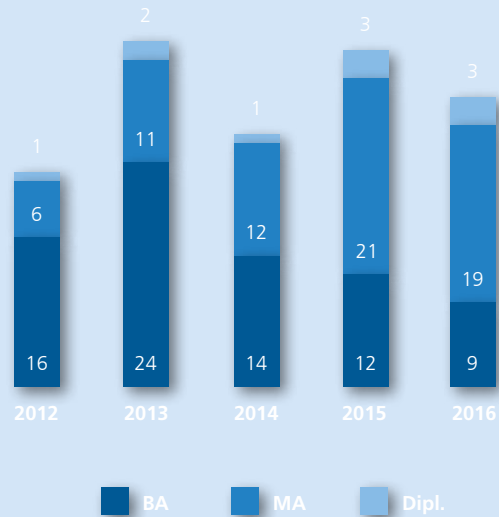
Jessica Klehm
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Einleitung und Wachstum von Mikrorissen im Knochen: Cracking als elementarer mikromechanischer Prozess

Rico Meier
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Methodenentwicklung zur mechanischen und mikrostrukturellen Charakterisierung von Kupferbändern mithilfe geführter Ultraschallwellen (Lamb-Wellen)

Peter W. Nolte
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Herstellung und Untersuchung von Silizium-Hybridstrukturen für nichtlinear-optische Anwendungen

Patrick Zierdt
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Aufbereitung, Verarbeitung und Eigenschaften von biogenen Holz-Polymer-Verbundwerkstoffen auf Basis von Polyamid 11 und chemisch modifizierten Buchenholzfasern

Studentische Arbeiten



Gastwissenschaftler





Zur Eröffnung des Fraunhofer IMWS informierte sich Bundeskanzlerin Angela Merkel beispielsweise über zuverlässige Elektronikbauteile für das autonome Fahren.

Vorlesungen WS 2015/2016

Fachhochschule Südwestfalen

Photovoltaic, Energy efficiency
Prof. Dr. Stefan Schweizer

Wind Generation and Energy Management
Prof. Dr. Stefan Schweizer

Physik III
Prof. Dr. Stefan Schweizer

Hochschule Anhalt Köthen

Microsystem Technology
Prof. Dr. Andreas Heilmann

Hochschule Merseburg

Einführung in die Mikrosystem-
technik
Prof. Dr. Matthias Petzold, Frank
Altmann, Sandy Klengel, Michél
Simon-Najasek

**Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig
HTWK**

Einführung in die Methode der
finiten Elemente
Prof. Dr. Stephan Schönfelder

Finite-Elemente-Methode in der
ebenen Elastostatik
Prof. Dr. Stephan Schönfelder

Simulation und Projektierung in der
Gebäudetechnik
Prof. Dr. Stephan Schönfelder

**Martin-Luther-Universität Halle-
Wittenberg**

Halbleitertechnologie
Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

Polymer Engineering
Prof. Dr. Peter Michel

Vorlesungen SS 2016

Fachhochschule Südwestfalen

Fuel Cells and Energy Parks
Prof. Dr. Stefan Schweizer

LED-Technologie
Prof. Dr. Stefan Schweizer

Physik II
Prof. Dr. Stefan Schweizer

Hochschule Anhalt Köthen

Sensor- und Aktortechnik
Prof. Dr. Andreas Heilmann
Hochschule Merseburg

Einführung in die Mikrosystem-
technik
Prof. Dr. Matthias Petzold, Frank
Altmann, Robert Klengel, Michél
Simon-Najasek, Dr. Andreas Graff,
Georg Lorenz, Dr. Michael Krause

Auslegung, Zuverlässigkeit und
Diagnostik von Mikrosystemen
Prof. Dr. Matthias Petzold, Frank
Altmann, Dr. Sebastian Brand,
Michél Simon-Najasek, Dr. Andreas
Graff, Georg Lorenz, Dr. Michael
Krause

**Hochschule für Technik, Wirt-
schaft und Kultur Leipzig HTWK**

Computational Mechanics
Prof. Dr. Stephan Schönfelder

Bauteilbewertung und -versagen
Prof. Dr. Stephan Schönfelder

**Martin-Luther-Universität Halle-
Wittenberg**

Processing of Polymer Blends and
Composites
Prof. Dr. Peter Michel

Surface Science
Prof. Dr. Andreas Heilmann

Polymer Structure and Morphology
Prof. Dr. Mario Beiner

Technische Universität Ilmenau

Werkstoffe und Kunststoffe
Dr. Sven Henning

**Vom Fraunhofer IMWS organi-
sierte Fachveranstaltungen**

1. HYPOS-Forum
09.–10.11.15, Bitterfeld-Wolfen

Kick-Off für Projekt »Kombinierte
Mikro- und Nanostrukturierung von
Kunststoffen (KoMiNaKu)«
10.11.15, Halle (Saale)

Workshop »Ultramikrotomie und
ergänzende Verfahren in der
Materialforschung«
11.–13.11.15, Halle (Saale)

Symposium »Die Mobilität von
morgen auf dem Weg zur Anwen-
dung – wohin fährt das autonome
Auto?«
18.11.15, Halle (Saale)

1. NanoMikro-Forum Sachsen-
Anhalt
19.11.15, Halle (Saale)

Workshop »Zustandsanalyse von
Solaranlagen und PV-Modulen«
27.–28.04.16, Halle (Saale)

Deutsch-Nepalesisches Kolloquium:
Faserverstärkte Kunststoffe und
nachhaltiges Bauen
06.06.16, Halle (Saale)

Kick-off-Veranstaltung:
Leistungszentrum Chemie- und
Biosystemtechnik
06.06.16, Berlin

PolyMerTec 2016
15.–17.06.16, Merseburg

Prolog zur 15. Langen Nacht der Wissenschaften »Meere aus Salz und Kohle«
01.07.16, Halle (Saale)

19. Arbeitstagung Angewandte Oberflächenanalytik AOFA
05.–07.09.16, Soest

Jahrestagung der Gesellschaft für Thermische Analyse e. V. (GEFTA)
14.–16.09.16, Halle (Saale)

27th European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis (ESREF)
19.–22.09.16, Halle (Saale)

EUFANET/CAM-Workshop »Automotive Electronics Systems Reliability«
21.09.16, Halle (Saale)

German-Korean Research Workshop
26.09.16, Halle (Saale)

PV Days 2016
27.–28.09.16, Halle (Saale)

Kolloquium »Kunststofftechnik im Wandel der Zeit« zu Ehren von Prof. Dr.-Ing. Peter Michael
29.09.16, Merseburg

Weitere öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen

Eröffnungsveranstaltung neue Räumlichkeiten des Fraunhofer AWZ
25.11.15, Soest

Eröffnungsfeier Fraunhofer IMWS und Forschungsgipfel Sachsen-Anhalt
25.01.16, Halle (Saale)

»Photovoltaik nicht mehr nur alternativ« – Lehrerfortbildung der LISA Halle
09.03.16, Halle (Saale)

Zukunftstag für Mädchen und Jungen 2016
28.04.16, Halle (Saale)

Eröffnung Schülerlabor für Elektronenmikroskopie im Halleschen Salinemuseum
09.06.16, Halle (Saale)

Fraunhofer-Fußballturnier 2016
25.06.16, Halle (Saale)

2. Alumni-Fest des Fraunhofer IMWS
01.07.16, Halle (Saale)

15. Lange Nacht der Wissenschaften Halle
01.07.16, Halle (Saale)

Landeschülerakademie »Mikroskopie – Aufbruch in unsichtbare Welten« mit Besuch des Bildungsministers des Landes Sachsen-Anhalt, Marco Tullner
04.07.16, Halle (Saale)

Messen mit Beteiligung des Fraunhofer IMWS

41st International Symposium for Testing and Failure Analysis 2015 (ISTFA)
01.–05.11.15, Portland, OR, USA

SMT Hybrid Packaging
26.–28.04.16, Nürnberg

PCIM Europe 2016
10.–12.05.16, Nürnberg

66th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)
31.05.–03.06.16, San Diego, CA, USA

Intersolar 2016 und European PV Solar Energy Conference and Exhibition PVSEC
21.–24.06.16, München

Erteilte Patente 2016

Weidisch, Roland/Mays, Jimmy W. (University of Tennessee)/Gido, Samuel P. (University of Massachusetts)
Multigrift Copolymers as Superelastomers
Patent-Nr. EP 2622015

Wehrspohn, Ralf B./Üpping, Johannes (MLU)
Vorrichtung zur Rückseitenkontaktierung mit optischer Nanostruktur
Patent-Nr. DE 10 2011 112 696

Höche, Thomas
Laserschneiden zur Präparation von Lamellen für die Transmissionselektronenmikroskopie
Patent-Nr. EP 2 748 579

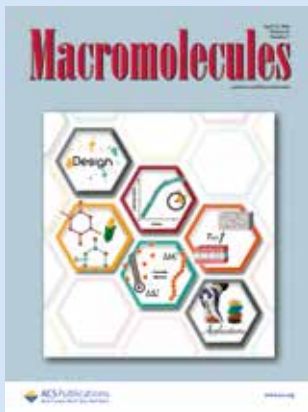
Schulze, Stefan/Schulze, Heiko
Solar module support for covering oblique object surfaces with homogenous area coverage
Patent-Nr. US 9,184,325

Krause, Michael/Höche, Thomas
Method and Arrangement for Manufacturing a Sample for Microstructural Materials Diagnostics and Corresponding Sample
Patent-Nr. JP 2014-078137

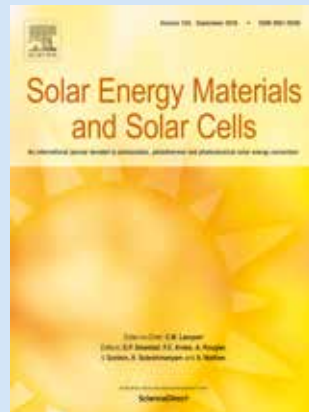


Der Startschuss zum Leistungszentrum Chemie- und Biosystemtechnik fiel auf der MS Wissenschaft in Berlin.

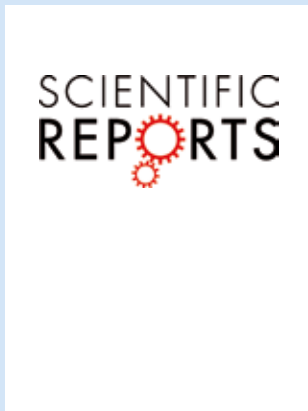
Highlight-Publikationen



Wang, W.; Schlegel, R.; White, B. T.; Williams, K.; Voyloy, D.; Steren, C. A.; Goodwin, A.; Coughlin, E. B.; Gido, D.; Beiner, M.; Hong, K.; Kang, N.-G.; Mays, J.
High Temperature Thermoplastic Elastomers Synthesized by Living Anionic Polymerization in Hydrocarbon Solvent at Room Temperature
 Macromolecules 49 (2016) 2646 ff.



Breitenstein, O.; Frühauf, F.; Turek, M.
Improved empirical method for calculating short circuit current density images of silicon solar cells from saturation current density images and vice versa
 Solar Energy Materials and Solar Cells, 154 (2016) 99 ff



Wisniewski, W.; Seyring, M.; Patzig, C.; Höche, T.; Keshavarzi, A.; Rüssel, C.
Bulk Crystallization in a SiO₂/Al₂O₃/Y₂O₃/AlF₃/B₂O₃/Na₂O Glass: Fivefold Pseudo Symmetry due to Monoclinic Growth in a Glassy Matrix Containing Growth Barriers
 Scientific Reports 6 (2016) 19645

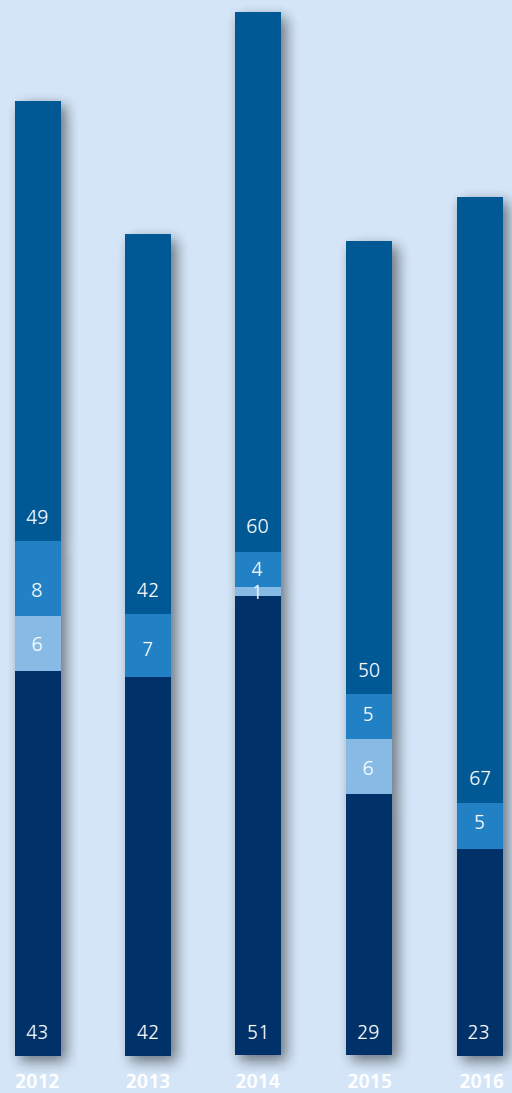


Meyer, S.; Wahl, S.; Timmel, S.; Köpge, R.; Jang, B.-Y.
The impact of wafering on organic and inorganic surface contaminations
 Applied Surface Science 378 (2016) 384 ff



Seidel, S.; Patzig, C.; Wisniewski, W.; Gawronski, A.; Hu, Y.; Höche, T.; Rüssel, C.
Characterizing the residual glass in a MgO/Al₂O₃/SiO₂/ZrO₂/Y₂O₃ glass-ceramic
 Scientific Reports 6 (2016) 34965

Veröffentlichungen



- referierte Zeitschriften
- Zeitschriften
- Bücher, Buchbeiträge
- Konferenzbeiträge

AUSBLICK 2017

Das Jahr 2017 wird am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS im Zeichen des strategischen Ausbaus der Kernkompetenzen stehen, unter dem Leitthema des Materials Data Space. Wie zukunftsweisend der Gedanke ist, das exzellente Know-how in der Mikrostrukturaufklärung um entsprechende Kompetenzen im Mikrostrukturdesign und der Digitalisierung zu ergänzen, zeigen unsere bisherigen Erfolge in diesem Bereich. Die Nachfrage der Kunden, sei es hinsichtlich der Integration materialwissenschaftlicher Modelle in die Industrie 4.0 oder der Verknüpfung unserer Werkstoff-Expertise mit volkswirtschaftlichen Modellen zu neuen Geschäftsmodellen in der digitalen Werkstoffwelt, unterstreicht die Zukunftsfähigkeit unseren Ansatzes.

Ein besonderer Schwerpunkt wird daher 2017 auf der weiteren Etablierung der Kernkompetenz Mikrostrukturdesign liegen. Ein wichtiger Baustein dafür ist der Start der Anlage zur Herstellung von UD-Tapes am Fraunhofer-Pilotanlagencentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau. Diese Tapes aus faserverstärkten Kunststoffen lassen sich zu besonders leichten und robusten Bauteilen verarbeiten, weil die Fasern darin passend zum Lastverlauf

» 2017 steht im Zeichen des Ausbaus unserer Kernkompetenzen.«

ausgerichtet werden können. Das bietet enorme Potenziale für den Leichtbau etwa in der Automobilindustrie und der integrierten in-line-Prüftechnik, um aus Sicht des Werkstoffes diese Prozesse Industrie 4.0-fähig zu machen. Neben den Polymercompositen steigen wir zudem in die nanostruktur-

basierte Glaskeramikentwicklung in Halle und Soest ein. Dabei wollen wir von Anfang an die Anforderungen von Industrie 4.0 in die Materialentwicklung integrieren

und für unsere Kunden tragfähige Data-Space-Lösungen auf der Basis der Prozess-Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen entwickeln.

Das Jahr 2017 wird uns auch Gelegenheit zum Rückblick geben: Seit 25 Jahren ist die Fraunhofer-Gesellschaft dann am Standort Halle vertreten. Wir feiern dieses Jubiläum im Frühjahr im Rahmen des jährlichen Workshops am Fraunhofer-Center für Angewandte Mikrostrukturdiagnostik CAM, schließlich ist dieses Geschäftsfeld der historische Kern unseres Instituts. Für die Zukunft stärken wir diesen Bereich mit der Erweiterung unseres Standorts in der Heideallee, der im Februar 2017 anläuft. Zuverlässige Materialien und Elektronikbauteile für das autonome Fahren werden dort im Mittelpunkt stehen. Mit neuen Räumen und erweiterter Ausstattung können wir unsere führende Position in diesem Bereich ausbauen und Kunden aus der Automobilindustrie und der Elektronikbranche künftig noch bessere Möglichkeiten bieten.

Die neuen Gebäude, Methoden und Geräte sind Sinnbild der dynamischen Entwicklung des Fraunhofer IMWS und untermauern unseren Anspruch, unseren Kunden die bestmögliche Ausstattung und exzellentes Know-how für die Bearbeitung ihrer Zukunftsthemen zu bieten, durch konsequente Stärkung unserer Kernkompetenzen. Wir freuen uns auf spannende Projekte, erfolgreiche Zusammenarbeit und innovative Lösungen im Jahr 2017!



NACHHALTIGKEITSBERICHT

Ressourceneffizienz, Innovationen für erneuerbare Energien, biobasierte Materialien als Ersatz für fossile Rohstoffe – in vielen Bereichen tragen die Forschungsarbeiten des Fraunhofer IMWS zu mehr Nachhaltigkeit bei. Wir wollen allerdings nicht nur unsere Kunden und Auftraggeber auf dem Weg in eine ökologisch intakte, ökonomisch erfolgreiche und sozial ausgewogene Welt unterstützen, sondern das Prinzip Nachhaltigkeit auch selbst umsetzen. Unser strategisches Ziel ist es, Synergien zwischen den Forschungsaufgaben an unserem Institut und den Betriebskosten zu entwickeln.

Wie vielfältig die Ansatzpunkte dabei sind, zeigt etwa ein Blick auf die 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedeten

Sustainable Development Goals. Zu deren Themenfeldern gehören beispielsweise »Bezahlbare und saubere Energie«, »Sauberes Wasser«, »Gesundheit und Wohlergehen«, »Industrialisierung, Innovation und Infrastruktur«, »Nachhaltige Städte und Siedlungen« oder die wichtige Thematik der Ressourceneffizienz im Themenfeld »Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster«.

In all diesen Bereichen steuert die Fraunhofer-Gesellschaft insgesamt wertvolle Lösungen bei, zu jedem dieser Bereiche finden sich auch bei uns am Institut zukunftsweisende Projekte, etwa die Steigerung der Lebensdauer von Membranen, die bei der Wasserentsalzung eingesetzt werden, die Beteiligung im



35.639 kWh wurden im Jahr 2016 bei der Lüftung im Standort Otto-Eißfeldt-Straße eingespart.

Rahmen des Zukunftsstadt-Projektes halle.neu.stadt-2050, die Pilotprojekte im Materials Data Space, Lösungen für giftfreie Antifouling-Lacke, die die Umweltbelastung von Meeren und Ozeanen reduzieren, oder unsere umfangreichen Aktivitäten zum Leichtbau oder der Weiterentwicklung der erneuerbaren Energien, für die etwa die Tankstelle für Elektroautos auf unserem Gelände ein besonders sichtbares Beispiel ist.

Mit dem Aufbau der AG Nachhaltigkeitsmanagement ist es uns gelungen, zu diesen Forschungsthemen passende Handlungsfelder bei uns im Haus zu definieren und das Thema Nachhaltigkeit in der Organisationsstrategie des Fraunhofer IMWS zu verankern. Erste Erfolge sind bereits sichtbar.

Der Schwerpunkt bei der Optimierung der Betriebskosten lag zunächst auf unserem Standort in der Otto-Eißfeldt-Straße, weil sich dort die größte Hebelwirkung erzielen ließ. So wurden für diese Liegenschaft beispielsweise ein Lastmanagement eingeführt, der Betrieb von Lüftungs- und Kälteanlagen optimiert und die zentrale Steuerung des Lichts in Fluren und Kellern auf die Bedürfnisse der Mitarbeiter angepasst. Insgesamt konnten wir so, trotz größerer Betriebszeiten, im Vergleich zu 2015 eine Energieeinsparung von fast 100 000 kWh (das entspricht 7 Prozent) erzielen.

Die sehr positiven Ergebnisse werden wir nun auf die weiteren Standorte des Instituts übertragen, so ist etwa die Einführung eines Live-Verbrauchsmonitors für alle Liegenschaften geplant. Voraussetzung dafür ist die Sensorierung, die bereits im Gange ist: Etwa 1 500 Datenpunkte pro Liegenschaft werden geschaffen und müssen ausgewertet werden, um die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen. Die nächsten Schwerpunkte werden bei der Optimierung der Gebäudeleittechnik liegen, auch die Wärme-/Kälteregelung, zum Beispiel durch die Verbesserung der Jalousiesteuerung, steht weiter im Blickpunkt, bei der sich weitere Energieeinsparungen auch mit Gewinnen für die Behaglichkeit, etwa in den Besprechungsräumen, kombinieren lassen. Perspektivisch sind im Zuge unseres Nachhaltigkeitsmanagements auch Projekte zur gebäudeintegrierten Photovoltaik und ein neuer Park zur Gewinnung von Sonnenenergie angedacht.

**Fraunhofer-Institut
für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS**

Walter-Hülse-Straße 1
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 3 45 55 89-0

Mail info@imws.fraunhofer.de
www.imws.fraunhofer.de

Impressum

Redaktion

Michael Kraft, Fraunhofer IMWS
Anne Nestler, 4iMEDIA GmbH

Gestaltung und Produktion

4iMEDIA GmbH, Leipzig

Druck

FRITSCH Druck GmbH, Leipzig

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für
Mikrostruktur von Werkstoffen
und Systemen IMWS
Öffentlichkeitsarbeit
Walter-Hülse-Straße 1
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 3 45 55 89-204

info@imws.fraunhofer.de
www.imws.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten.
Bei Abdruck ist die Einwilligung
der Redaktion erforderlich.

Redaktionsschluss:
15. Januar 2017

Bildquellen

S. 2, S. 54: © Fraunhofer IMWS/Michael Deutsch
S. 4/5: © Fraunhofer IMWS/Phillip Suttmeier
Titelseite, S. 6/7, S. 42/43, S. 51:
© Fraunhofer IMWS/Sven Döring
S. 14/15: © Micronas
S. 35: © Fraunhofer IMWS/Jason Graf Schlippenbach
S. 37: © LayTec
S. 53: © Stadt Halle/Thomas Ziegler
S. 53: © Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und
Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt
S. 56: © Fraunhofer IMWS/Michael Kraft
S. 57: © Planung und Realisierung DGI Bauwerk, Berlin

Alle übrigen Abbildungen: Fraunhofer IMWS



Das Fraunhofer IMWS arbeitet nach
einem Qualitätsmanagementsystem,
das nach ISO 9001 zertifiziert ist.
Zertifikatsnummer DE07/3361

