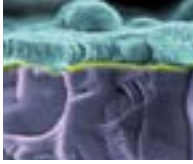
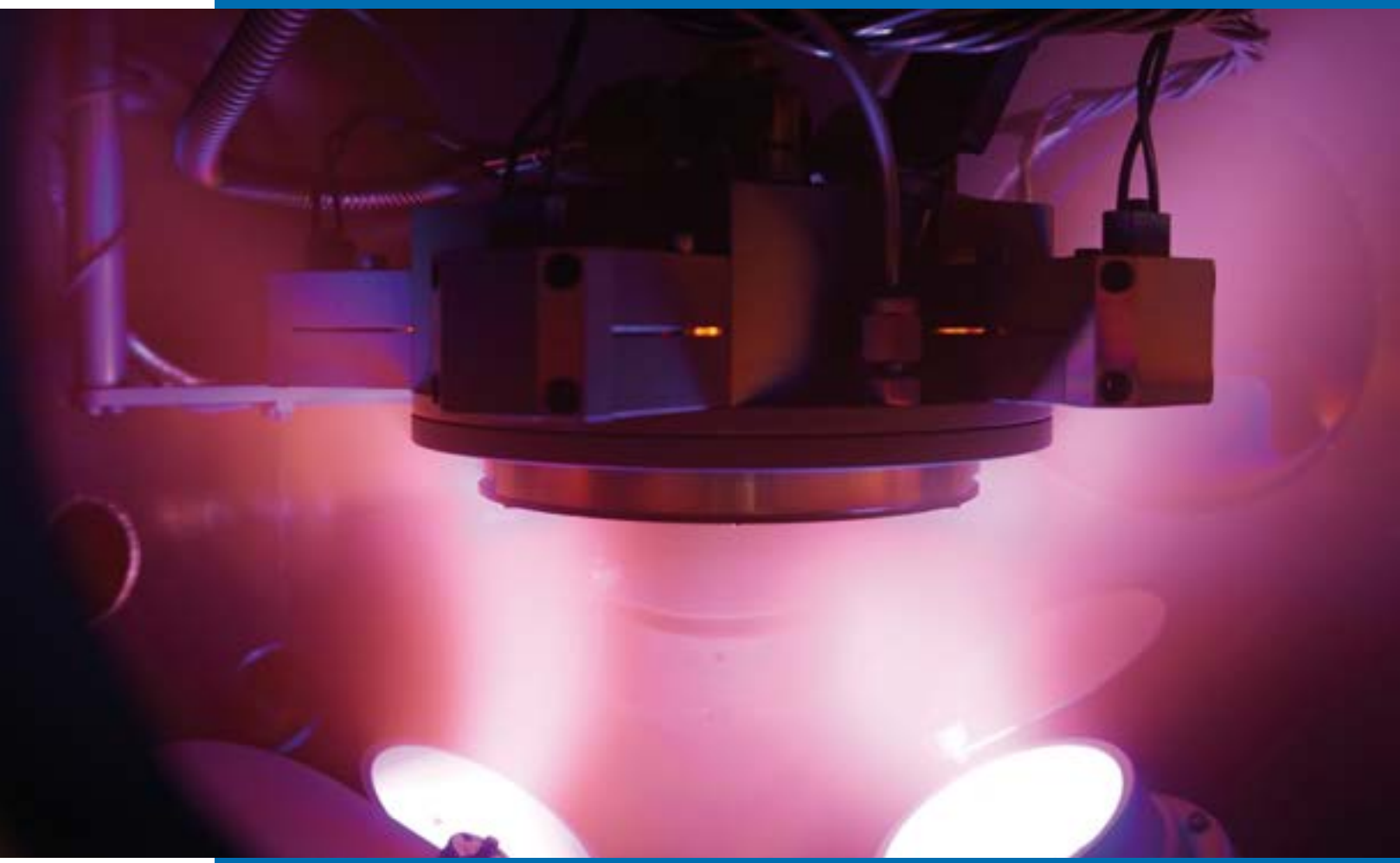


VAKUUMTECHNIK PLASMA OBERFLÄCHEN DÜNNE SCHICHTEN

4

AUGUST - SEPTEMBER '25

Vakuum
in Forschung und Praxis



Premiere: Piezoelektrische Dünnschichten mit HiPIMS

Herstellung funktionaler Schichten bei niedrigen Prozesstemperaturen eröffnet Perspektiven für Halbleiter, Photonik und Quantentechnologien

Laserbasierte Vakuummessung

Quantensicherer Ansatz zur Druckmessung durch metrologisch rückführbare Absolutwerte – präzise, stabil und ohne Kalibrieraufwand

DEUTSCHE VAKUUM-GESELLSCHAFT

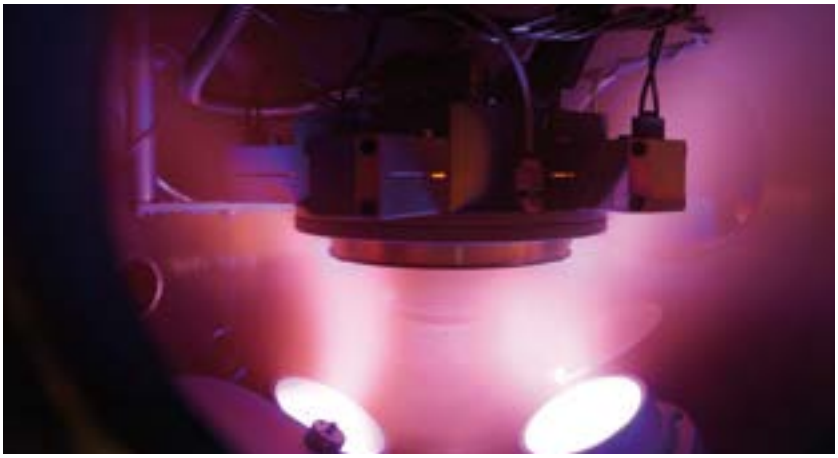
VIP LESER WISSEN MEHR!

Regelmäßig alle wichtigen Themen rund um die Vakuumtechnik!

Regelmäßig informiert. Jetzt bestellen!
abo-vip.oberflaeche.de

Materialien, Messmethoden, Märkte – Perspektiven für Hightech und Energie

Die Vakuumtechnik prägt seit Jahrzehnten zentrale Entwicklungen – von neuen Substraten für die Halbleiterfertigung über neue Messmethoden – auch die aktuelle Ausgabe der VIP zeigt, wie breit das Feld aufgestellt ist und wie eng es mit Fragen von Nachhaltigkeit, Hightech-Industrien und gesellschaftlicher Zukunftsfähigkeit verflochten ist.



Forscher haben ein bemerkenswertes Verfahren entwickelt, bei dem ein optimiertes Timing der Strahlaktivität funktionale Dünnschichten bei niedriger Prozesstemperatur ermöglicht.

Liebe Leserinnen und Leser,

die vorliegende Ausgabe unserer „Vakuum in Forschung und Praxis" bietet Ihnen wieder eine dichte Auswahl an Themen, die den gegenwärtigen Stand und die Zukunftsperspektiven der Vakuumtechnik widerspiegeln.

Vakuumverfahren und -technologien durchdringen nahezu alle Bereiche der Hightech-Industrie, sie prägen die Weiterentwicklung moderner Energie- und Speichertechnologien und stehen damit – wenn auch in der öffentlichen Wahrnehmung oft übersehen – häufig im Zentrum aktueller Projekte zur Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit.

Besondere Aufmerksamkeit gilt in diesem Heft der bevorstehenden V2025 (Seite 34). Die internationale Tagung mit umfangreicher Fachmesse wird nicht nur neueste Forschungsergebnisse und Neuerungen präsentieren, sondern auch den Dialog zwischen Wissenschaft, industrieller Anwendung und Zukunftsfragen fördern.

Schon der Blick auf die angekündigten Themen zeigt anschaulich, wie eng Vakuumtechnik mit Schlüsselbereichen wie erneuerbaren Energien, Mikro- und Nanotechnologien, Halbleiterfertigung und Oberflächenmodifikation verflochten ist.

Sehr spannend sind die Forschungsthemen, zum Beispiel die Vorstellung neu entwickelter InP-auf-GaAs-Substrate. Wissenschaftlern des Fraunhofer ISE ist es gelungen, Indiumphosphid auf großformatige GaAs-Wafer aufzubringen. Damit eröffnen sich kostengünstige und skalierbare Alternativen zu klassischen InP-Substraten, die bislang teuer und limitiert verfügbar waren.

Auch die vakuumbasierte Druckmessung mittels Laserinterferometrie ist Thema in dieser Ausgabe und bietet eine vielversprechende Alternative, um statt relativer Messungen gegenüber Referenzstandards künftig quantensichere, metrologisch rückführbare Absolutmessungen etablieren zu können.

Darüber hinaus werfen wir einen Blick auf die AOFKA 2025 in Kaiserlautern (Seite 40), die dort erstmals unter diesem Namen debütierte – die Veranstaltung ging aus der traditionsreichen AOFA und FKA hervor. Hier standen für die Vakuumtechnik vor allem zukunftsweisende Analytik-Themen auf der Agenda – und auch Wasserstoff spielte eine tragende Rolle.

Der DVG Mitgliederkontakttag in Karlsruhe (Seite 42) lieferte spannende Themen und Einblicke in akutelle beeindruckende Großforschungsprojekte – von der Kernfusion bis zur aktuell genauesten Bestimmung der Neutrinomasse. Aber in der Praxis zählt nicht nur Spitzenforschung, sondern der kontinuierliche fachliche Austausch, die Möglichkeit, das eigene Wissen durch praxisnahe Beiträge und einen direkten Dialog zu erweitern.

Insgesamt unterstreicht auch diese Ausgabe der VIP, dass die Vakuumtechnik ein Querschnittsfeld ist, das von den Grundlagen für Hightech-Industrien bis zur Effizienzverbesserung für Nudelhersteller reicht. Gerade deshalb lohnt es sich, die Entwicklungen mit fachlicher Neugier zu verfolgen und stets einen offenen Blick für die langfristigen Perspektiven zu haben.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre und viele neue Impulse.

Herzlichst, Ihr

C. Blumenstengel

DIE VIP-REDAKTION

Vakuum in Forschung und Praxis
vip@oberflaeche.de

Stéphane Itasse
Redakteur

Carsten Blumenstengel
Chefredakteur

Sonja Schwedler
Redaktion

© 2025 IGT-Verlag

INHALT

MAGAZIN

6 NEWS
8 FORSCHUNG
12 PERSONEN

DÜNNE SCHICHTEN

14 Empfindliche Proben schnell analysiert

Rasterelektronenmikroskopie transformiert Qualitätssicherung für Beschichtungen

Für Halbleiter und Mikroelektronik bilden CVD-Beschichtungen Isolierungs-, Leitungs- und Barriereschichten im Nanobereich. Allerdings sind sie schwierig zu messen und in ihrer Qualität zu überprüfen. Neuartige Messmethoden schaffen hier Abhilfe.

16 Piezoelektrische Dünnschichten erstmals mit HiPIMS hergestellt

Mit dem richtigen Timing gelingt eine selektivere Abscheidung

Forscher haben ein Verfahren entwickelt, in dem das richtige Timing funktionale Dünnschichten bei niedriger Prozesstemperatur ermöglicht. Anwendungen für die neue Methode gibt es sowohl in der Halbleiterindustrie als auch in künftigen Quanten- und Photonik-Techniken.

VAKUUMTECHNIK

18 Laserleistung im Hochvakuum richtig messen

Anwender stehen vor vier unterschiedlichen Herausforderungen

Dr. Efi Rotem

Laser werden in unterschiedlichen Anwendungen im Hochvakuum verwendet. Für Forschung und Industrie ist es wichtig, Laserleistung und Laserenergie zu kennen. Doch wie muss ein Sensor beschaffen sein, der Laserleistung und Laserenergie im Hochvakuum messen kann? Forschungsthema.

20 Vakuummessung mit laseroptischen Methoden

Quantenbasierte Messmethoden revolutionieren die Vakuummesstechnik

Karl Jousten, Matthias Bernien und Tom Rubin

In den vergangenen zehn Jahren hat die Entwicklung laserbasierter Methoden zur Druckmessung im Vakuumbereich erhebliche Fortschritte gemacht.

25 Blutegel werden Vorbild für Vakuumtechnik

Maschinenbauer entwickelt Prototyp für neuartige Sauggreifer

Auch in der Vakuumtechnik ist die Verbesserung der Effizienz ein zentrales Forschungsthema. In einem aktuellen Projekt stehen die Saugorgane von Blutegeln im Fokus.

©2025 IGT-Verlag

Vakuum
in Forschung und Praxis

ANWENDERBERICHTE

26 **Halbleiterfertiung braucht Grobvakuum**
Aggregate bewähren sich im Dauerbetrieb seit über 20 Jahren

27 **Zerspanen ist Sache der Beschichtung**
Schnittige Wendeschneidplatten für Titan und rostfreien Stahl

28 **Klauen-Vakuumpumpen verbessern Nudelproduktion**
Neuere Technik spart Wasser, Energie und Wartungsaufwand

30 **Schicht macht Schluss mit Kaltaufschweißungen**
Über Fertigung oder Stillstand entscheiden 0,3 µm

32 **PVD kann galvanische Verchromung ersetzen**
Mehr Münzgeld aus einem Stempel dank PVD-Beschichtung

VERANSTALTUNGEN

34 **Hier trifft sich die ganze Vakuumtechnik**
Messe V2025 hält viele spannende Neuerungen bereit

38 **„Technologie, Anwendung und Strategie kommen zusammen“**
Aussteller zeigen bereits hohe Beteiligung an Konferenz und Messe V2025

40 **Die Zukunft braucht Vakuum**
AOFKA 2025: Vakuumtechnologien als Treiber für Brennstoffzellen, Elektrolyseure und Analytik

42 **Wissenschaft trifft Industrie – Vakuumtechnik im Zentrum der Großforschung**
Austausch zwischen Grundlagenforschung und Industrie: Vom Neutrino bis zum Hyperloop – der DVG-Mitgliederkontakttag 2025 am KIT Karlsruhe zeigte, wie entscheidend Vakuumtechnik für Forschung und Technologie von morgen ist

MAGAZIN

45 TERMINE
45 PRODUKTE
48 BEZUGSQUELLEN
51 IMPRESSUM/INDEX

TITELBILD 4/2025:

Argon-Plasma in der Vakuumkammer beim Magnetron-Sputtern, mit dem Substrat in der Bildmitte. (Bild: Empa)

VERLAG

I.G.T. Informationsgesellschaft Technik mbH
Carsten Blumenstengel (verantw.)
Jägerweg 10, 85521 Ottobrunn
Tel.: +49 89 673697-0, Fax: -19
www.oberflaeche.de

REDAKTION

STÉPHANE ITASSE
Telefon 089 / 673697-75
E-Mail: stephane.itasse@igt-verlag.de

KURATORIUM

HEINZ BARFUSS

DR. STEPHAN BECKER

DR. KLAUS BERGNER,
Vacom Vakuum Komponenten & Messtechnik GmbH, Jena

DR. OLIVER BOSLAU,
Bruker Nano GmbH, Berlin

PROF. DR. GÜNTER BRÄUER,
Fraunhofer IST, Braunschweig

DR. HARRO HAGEDORN,
Bühler Alzenau GmbH, Alzenau

PROF. DR. UDO KLOTZBACH,
Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten (EFDS) e. V., Dresden

PROF. DR. MICHAEL KOPNARSKI,
IFOS GmbH, Kaiserslautern

PROF. DR. ANDREAS LESON,
Fraunhofer IWS, Dresden

PROF. DR. CHRISTIAN OEHR,

ANDREAS SCHOPPHOFF,
Pfeiffer Vacuum GmbH, Aßlar

DR. ULF SEYFERT,
Von Ardenne GmbH, Dresden

PROF. DR. SVEN ULRICH,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

DR. GERHARD VOSS,
Leybold GmbH und Gaede-Archiv, Köln

PROF. DR. KLAUS-DIETER WELTMANN,
INP Greifswald e. V.

© 2025 IGT-Verlag

Reverion erhält Vakuum-Award

Einsatz von Vakuumtechnik für Kohlendioxid-Abscheidung ausgezeichnet

Der „Innovation in Vacuum Busch Award 2025“ geht an das deutsche Unternehmen Reverion für seine Containerkraftwerke, mit denen es zur Bekämpfung des Klimawandels beiträgt. Reverion wurde 2022 als Spin-Off-Unternehmen der TU München gegründet, wo die Gründer ihr Hochtemperatur-Brennstoffzellensystem erfolgreich bis zur Prototypenphase entwickelt hatten.

Sie freuen sich über den Award (v.l.n.r): Dr. Martin Gutmann (Geschäftsführer Busch Produktions GmbH), Sami Busch (Mitinhaber und Co-CEO Busch Group), Roland Zundl (Geschäftsführer Dr.-Ing. K. Busch GmbH), Florian Wolfenstetter (Teamleiter CO2 Engineering Reverion), Ayla Busch (Mitinhaberin und Co-CEO Busch Group), Jeremias Weinrich (Mitbegründer und CPO Reverion), Kaya Busch (Mitinhaber und Co-CEO Busch Group), Heiko Eberle (CIO und Leiter Global IT Busch Group) und Thilo Rau (Geschäftsführer Busch Dienste GmbH). (Bild: Busch Group)

Die Technik erreicht bis zu 80 % Effizienz bei der Stromerzeugung aus Biogas, wie die Busch-Gruppe aus Anlass der Award-Verleihung mitteilt. Dies entspricht dem doppelten elektrischen Wirkungsgrad herkömmlicher Blockheizkraftwerke.

Mit den Brennstoffzellen-Kraftwerken von Reverion kann der CO_2-Anteil der Gase entfernt und in Branchen wie der Getränkeindustrie oder in Baumschulen wiederverwendet werden. Dies trägt auch dazu bei, den CO_2-Gehalt in der Atmosphäre zu reduzieren.

Vakuumtechnik spielt bei der Abscheidung von CO_2 eine entscheidende Rolle. Reverion integriert dazu Schrauben-Vakuumpumpen und Vakuum-Booster von Busch in seine Container-Biogas-Kraftwerke. Diese Kombination von Vakuumpumpen bietet Energieeffizienz und Zuverlässigkeit.

Busch verleiht jährlich den „Innovation in Vacuum Busch Award“. Mit dieser Auszeichnung werden Personen oder Unternehmen geehrt, die sich die Vakuumtechnik mit innovativen Ideen zu Nutze machen und dadurch dem Wohl von Mensch und Umwelt dienen. Der Award wurde erstmals 2013 anlässlich des 50-jährigen Bestehens von Busch Vacuum Solutions verliehen.

www.reverion.com

Vacom eröffnet neuen Standort in Montana

Thüringer Unternehmen sieht wachsende Nachfrage der US-Halbleiterindustrie

Die Vacom Vakuum Komponenten & Messtechnik GmbH, Großlöbichau, hat offiziell ihren neuen US-Standort in Lewistown, Montana, eröffnet. Zur Feier dieses Meilensteins begrüßte das Unternehmen über 100 Gäste aus Wirtschaft, Politik und Verwaltung.

Unter ihnen war neben Montanas Gouverneur Greg Gianforte auch Dan Bartel, ehemaliger Senator von Montana, sowie Senator Steve Daines, der per Videobotschaft seine Glückwünsche übermittelte.

„Mit diesem neuen Standort setzen wir ein deutliches Zeichen für langfristiges Wachstum und die transatlantische Zusammenarbeit“, sagte Geschäftsführer Jens Bergner in seiner Ansprache. „Unsere Entscheidung für Montana fiel uns leicht: Wir haben hier nicht nur eine unternehmensfreundliche Umgebung, sondern vor allem außergewöhnliche Menschen mit einer beeindruckenden Arbeitsmoral und starken Gemeinschaft gefunden.“ Am neuen Standort vereint Vacom laut eigener Mitteilung Reinigung und Logistik unter einem Dach. Bereits im Jahr 2020 wagte das Unternehmen mit der Eröffnung des ersten US-Standorts in Naples, Florida, den Schritt über den Atlantik. Die neue Niederlassung in Lewistown markiert nun den nächsten wichtigen Meilenstein, um der wachsenden Nachfrage aus der US-Halbleiterindustrie künftig besser gerecht zu werden.

Bereits im Mai hatte eine Delegation des Gallatin College der Montana State University (MSU) Vacom am Unternehmenssitz in Großlöbichau besucht. Die Gruppe aus Studierenden und Dozenten befand sich auf Studienreise durch Deutschland und nutzte die Gelegenheit, den Anbieter von Vakuumtechnik kennenzulernen.

www.vacom.net

Sie konnten gemeinsam den neuen Vacom-Standort eröffnen (v.l.n.r): Marcel Klessen (Vacom), Jason Davis (Architekt), Greg Gianforte (Gouverneur Montana), Dan Bartel (ehemaliger Senator) und Jens Bergner (CEO Vacom). (Bild: Vacom)

©2025 IGT-Verlag

VAT Vakuumventile weiht neues Werk in Rumänien ein

Schweizer Hersteller setzt langfristig auf den osteuropäischen Standort

Die VAT Vakuumventile AG, Haag/Schweiz, hat eine neue Produktionsstätte in Rumänien eingeweiht. Arad ist damit das dritte Hauptproduktionszentrum der Gruppe neben dem Hauptsitz in der Schweiz und dem Standort in Malaysia.

Das Projekt stellt laut Mitteilung des Unternehmens einen wichtigen Meilenstein in der globalen Expansionsstrategie der VAT Group dar und bekräftigt das langfristige Engagement des Unternehmens für Rumänien. Die Anlage wurde von VGP, einem paneuropäischen Eigentümer, Verwalter und Entwickler von Logistik- und Industrieimmobilien, entwickelt und wird von ihm verwaltet. Der neue, 21.000 m² große Standort umfasst Produktionsbereiche, moderne Büroräume, soziale Einrichtungen, eine Kantine und ein Fitnessstudio. Der Campus verfügt außerdem über Parkplätze und Grünflächen.

Das neue Werk im VGP Park Arad profitiert von der Lage in der Nähe der Autobahn A1 und der wichtigsten europäischen Verkehrswege. Für die Nachhaltigkeit wurde die Anlage nach der BREEAM-Zertifizierungsstufe „outstanding" gebaut.

Derzeit arbeiten etwa 50 der 380 Mitarbeiter von VAT Romania am neuen Standort, wobei geplant ist, dass alle Mitarbeiter bis Ende 2025 umziehen. Neben der eigentlichen Produktion soll das Gebäude auch Funktionen in den Bereichen Technik, IT und Lieferkette beherbergen und erweitern. Die Investition in das Wachstum von VAT Romania soll zahlreiche hochqualifizierte Arbeitsplätze schaffen, etwa in den Bereichen Maschinenbau, Automatisierung, CNC-Drehen und -Fräsen sowie in unterstützenden Funktionen. Diese Erweiterung soll auch dazu beitragen, Fähigkeiten aufzubauen, die über die reine Fertigung hinausgehen, und den Standort als eine führende Fabrik innerhalb der Gruppe positionieren. Im Rahmen seiner Wachstumsstrategie will VAT die Zahl der Produktionsmitarbeiter in Rumänien in den kommenden drei Jahren verdoppeln.

Das neue Werk von VAT Vakuumventile im rumänischen Arad unterstützt die Expansionsstrategie der Gruppe. (Bild: VAT Vakuumventile)

www.vatgroup.com

Neuartige Synthese von 2D-Molybdändisulfid gelungen

University of Michigan arbeitet mit ALD-System von Veeco

Die Universität Michigan hat eine Studie zur Atomlagenabscheidung von Molybdändisulfid unter Verwendung von Di-Tert-Butyldisulfid als Ersatz für Schwefelwasserstoff veröffentlicht. Die Arbeit wurde auf dem System Fiji G2 durchgeführt, wie der Hersteller Veeco Instruments Inc., Plainview/USA, mitteilt.

Ageeth Bol, Professorin für Chemie, Materialwissenschaften und Ingenieurwesen an der University of Michigan, und ihr Team verwendeten ein plasmaunterstütztes Verfahren zur Atomlagenabscheidung (PEALD), um 2D-Molybdändisulfid (MoS_2) unter Verwendung eines organometallischen Vorläufers und Di-Tert-Butyldisulfid (TBDS) in Kombination mit Wasserstoff-Plasma abzuscheiden. Diese Forschung stellt eine Methode zur Verwendung von TBDS-Flüssigkeit vor, die deutlich weniger gefährlich ist als Schwefelwasserstoff (H_2S).

Das plasmaunterstützte ALD-System (PEALD) Fiji G2 von Veeco ist ein Hochvakuum-Thermal-ALD-System, das thermische und plasmaunterstützte Abscheidungen ermöglicht. (Bild: Veeco Instruments)

„Diese Entwicklung ist ein wichtiger Schritt in der Entwicklung der großtechnischen Integration von 2D-Übergangsmetall-Dichalkogeniden in kommerzielle Geräte", sagte Ganesh Sundaram, Vizepräsident für Technologie für ALD und Molekularstrahlepitaxie (MBE) bei Veeco. „Wir sind gerade dabei, ein zweites Fiji-System für unsere Gruppe in Betrieb zu nehmen. Das ist das dritte System, das die University of Michigan erhalten hat, um weitere Forschungsaktivitäten zu unterstützen", erläuterte Prof. Bol.

Zweidimensionale Materialien sind extrem dünn und verfügen über einzigartige, kontrollierbare Eigenschaften, darunter außergewöhnliche elektrische Leitfähigkeit, Haltbarkeit und optische Transparenz.

www.veeco.com

© 2025 IGT-Verlag

Neues Produktionsverfahren für Metall-Polymer-Stromkollektoren

Abscheidung von bis zu 1 µm dicken Kupfer- und Aluminiumschichten auf 12 µm dicken PET-Folien

Mittels Elektronenstrahlverdampfung mit Kupfer beschichtete Kunststofffolie zur Verwendung als Metall-Polymer-Stromkollektor (composite current collector) für Batteriezellen. (Bild: Fraunhofer FEP/Finn Hoyer)

Das Fraunhofer FEP hat ein neues Rolle-zu-Rolle-Produktionsverfahren zur Herstellung von Metall-auf-Polymer-Stromkollektoren entwickelt. Es ermöglicht die präzise Aufbringung von Kupfer- und Aluminiumschichten auf Polymerfolien mit vergleichbarer elektrischer Leitfähigkeit und Dicke zu herkömmlichen, auf Metallfolien basierenden Stromkollektoren.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes Polysafe entwickelte das Fraunhofer FEP einen neuen Prozess zur Abscheidung der Metallbeschichtungen im Rolle-zu-Rolle-Verfahren. Dabei werden die Metalllagen auf den Polymerfolien durch Elektronenstrahlverdampfung aufgebracht. Das Forschungsteam konnte die Abscheidung von bis zu 1 µm dicken Kupfer- und Aluminiumschichten auf 12 µm dicken PET-Folien zeigen. Die Abscheidung erfolgte in einem Rolle-zu-Rolle Prozess auf einer Rollenbreite von bis zu 60 cm.

Claus Luber, technischer Projektleiter, erläutert: „Die Herausforderung war, die Polymerfolien und den Beschichtungsprozess so auszulegen, dass eine zu aktuellen Metallfolien vergleichbare Dicke des Stromkollektors und eine optimale elektrische Leitfähigkeit der Metallschicht gewährleistet werden kann." Es galt dabei, den Einfluss von Parametern des Bandlaufs, der Substratvorbehandlung sowie der Metallverdampfung ganzheitlich zu verstehen und optimale Prozesseinstellungen zur Erreichung der technologischen und wirtschaftlichen Anforderungen zu entwickeln. Eine weitere Herausforderung stellte die Minimierung der Wärmebelastung während des Abscheidungsprozesses dar.

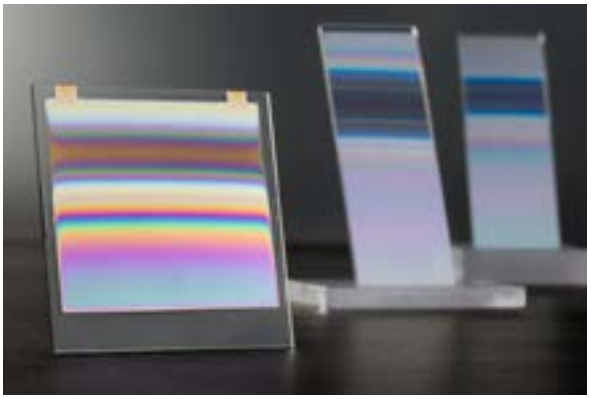
www.fep.fraunhofer.de

Gesputterte Interferenzfilter machen hyperspektrale Bildgebung kompakt

Die hyperspektrale Bildgebung galt lange als aufwändig und platzintensiv. Jetzt ermöglichen Interferenzfilter, die in CMOS-Bildsensoren integriert werden, spektrale Analysen auf kleinem Raum.

Einen Einblick in diese Schlüsseltechnologie der optischen Sensorik gab das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand der Messe Laser World of Photonics in München. Im Zentrum des Messeauftritts standen hochpräzise Interferenzfilter, die mittels Sputterverfahren hergestellt werden. Damit lassen sich sowohl linear variable Filter mit besonders großer spektraler Bandbreite als auch pixelgenau strukturierte Filterstapel für spezifische Wellenlängenbereiche realisieren – vom sichtbaren (VIS) bis in den nahen Infrarotbereich (NIR). Perspektivisch sind Systeme denkbar, die – je nach Detektor – den gesamten Spektralbereich von Ultraviolett (UV) bis Mittelinfrarot (MIR) abdecken.

Am Fraunhofer IST stehen für die Herstellung Anlagen wie die EOSS-Sputterplattform (Enhanced Optical Sputtering System) zur Verfügung. Die hohe Präzision bei der Filterherstellung erlaubt eine genau angepasste spektrale Selektion auf dem Kamerachip – ohne komplexe optische Aufbauten.



Der Hyperspektralfilter vereint drei linear variable Bandpassfilter auf einem Substrat mit einer Größe von nur 10 mm. (Bild: Fraunhofer IST)

Durch den Wegfall externer Filtereinheiten reduzieren sich Größe, Gewicht und Kosten der Systeme – ein Vorteil etwa für den mobilen Einsatz. Das Vorgehen lässt sich überall dort anwenden, wo kompakte Spektroskopieinstrumente benötigt werden.

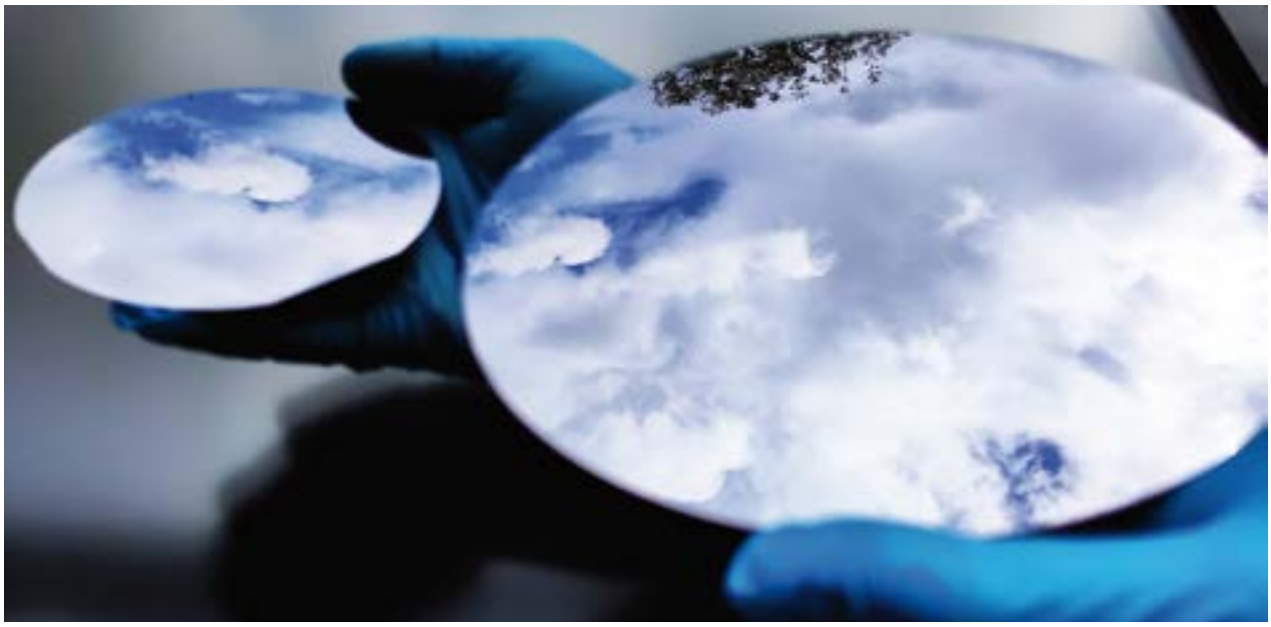
Bereits heute werden so die mittels Sputterverfahren hergestellte Interferenzfilter in der hyperspektralen Bildgebung eingesetzt, beispielsweise in der Umweltanalytik zur Schadstoffüberwachung oder in der Landwirtschaft zur Überprüfung von Pflanzenzuständen. Zudem ist die Integration der Filter in bestehende Systeme unkompliziert, da keine aufwändigen Integrationsprozesse erforderlich sind.

www.ist.fraunhofer.de

©2025 IGT-Verlag

InP-auf-GaAs-Substrate können InP-Wafer ersetzen

Neues Verfahren eröffnet kostengünstigere Möglichkeiten



Das Forschungsteam des Fraunhofer ISE hat ein neues Verfahren entwickelt, um eine dünne Schicht InP auf GaAs-Substrate mit 100 und 150 mm Durchmesser aufzubringen. (Bild: Fraunhofer ISE/Carmine Pellegrino)

Wissenschaftlern des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ist es mit dem Unternehmen III/V-Reclaim gelungen, Indiumphosphid-auf-Galliumarsenid-Substrate (InP-auf-GaAs-Wafer) mit einem Durchmesser von bis zu 150 mm herzustellen.

Diese neuen Wafer können klassisches Indiumphosphid in einer Vielzahl von Anwendungen ersetzen und bieten einen skalierbaren Weg zu geringeren Kosten. Das Forschungsteam entwickelte ein Verfahren, um eine dünne Schicht aus hochqualitativem InP auf GaAs aufzubringen. Nach einer speziellen Oberflächenbehandlung werden diese Wafer für die Epitaxie bereitgestellt, sodass Kunden direkt III-V-Strukturen aufwachsen und Halbleiterbauelemente auf InP-Basis herstellen können.

Defekte beim Auftrag des Indiumphosphids vermieden

„Unternehmen können unsere neuen InP-auf-GaAs-Substrate zur Herstellung hocheffizienter Bauelemente nutzen", sagt Carmine Pellegrino, Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). „Dabei sind sie deutlich kostengünstiger als InP und lassen sich ohne Einschränkungen auf Wafer mit einem Durchmesser von bis zu 8" skalieren." Indiumphosphid auf Galliumarsenid aufzubringen ist herausfordernd, da während des Wachstums des Indiumphosphids Defekte auftreten, die die Leistungsfähigkeit des fertigen Halbleiterbauelements beeinträchtigen können. Die Wissenschaftler konnten dies vermeiden, indem sie eine Reihe von „metamorphen Pufferschichten" einbauten und den vollständig gewachsenen InP-auf-GaAs-Wafer einem chemisch-mechanischen Polierschritt unterzogen. Danach glänzen die Wafer, haben eine sehr geringe Oberflächenrauheit und eine Defektdichte unter 5×10^{6} cm^{-2}.

Die Forscher testeten die Werkstoffqualität und Leistungsfähigkeit der neuen InP-auf-GaAs-Wafer und verglichen sie mit Standard-InP-Substraten. „Die Ergebnisse sind vielversprechend", sagt Frank Dimroth, Leiter der Abteilung III-V-Photovoltaik am Fraunhofer ISE. „Photovoltaikzellen, die auf unseren Wafern hergestellt wurden, erreichen Leerlaufspannungen, die mit Referenzbauelementen auf etablierten InP-Wafern vergleichbar sind. Die Leistung ist über den gesamten 6"-Wafer hinweg gleichmäßig, was eine zuverlässige Produktion mit hohen Erträgen ermöglicht."

Keine Hindernisse beim Skalieren auf 8"-Wafer erwartet

Als Teil einer Versuchsreihe stellte das Forschungsteam bislang InP-auf-GaAs-Wafer mit einem Durchmesser von 4 und 6" her, wobei für einen künftigen Übergang zu 8" keine Hindernisse zu erwarten sind. Klassische InP-Substrate sind hingegen derzeit in Größen von 2 bis 4" erhältlich, eine 6"-Version ist erst seit kurzem verfügbar. Das liegt daran, dass Galliumarsenid-Substrate robuster sind und Formate mit einem Durchmesser von bis zu 8" in der Halbleiterindustrie bereits gut etabliert sind. Die höhere Stabilität von Galliumarsenid ermöglicht zudem die Herstellung dünnerer Wafer, wodurch weniger Material verbraucht wird und so zusätzlich Kosten eingespart werden können.

„Unsere Technologie profitiert davon, dass Galliumarsenid als Basis dient", ergänzt Pellegrino. „Die Produktionskosten der neuen Substrate sind deutlich niedriger als die von klassischen Indiumphosphid-Wafern. Nach ersten Berechnungen liegt das Einsparpotenzial in der Massenproduktion bei bis zu 80 %. Außerdem umgehen wir mit unserem Ansatz die Lieferengpässe bei Indiumphosphid."

www.ise.fraunhofer.de

© 2025 IGT-Verlag

Neuer Halbleiter für die Chips der Zukunft

Präzise Einstellung der Produktionsprozesse macht Einbindung von Kohlenstoff möglich

Der mit CSiGeSn beschichtete Wafer ist optisch nicht von einem herkömmlichen zu unterscheiden. (Bild: Forschungszentrum Jülich/Jenö Gellinek)

Eine stabile Legierung aus Kohlenstoff, Silizium, Germanium und Zinn haben Forschende des Forschungszentrums Jülich und des Leibniz-Instituts für innovative Mikroelektronik (IHP) entwickelt. Ein derartiges Material gab es bisher nicht, wie das Forschungszentrum Jülich mittelt.

Alle vier Elemente stammen wie Silizium aus der vierten Hauptgruppe des Periodensystems. Das macht die Legierung kompatibel mit dem Standardverfahren der Chipindustrie, dem CMOS-Prozess. „Mit der Kombination dieser vier Elemente haben wir ein lang verfolgtes Ziel erreicht: den ultimativen Halbleiter auf Basis der vierten Hauptgruppe“, erläutert Dr. Dan Buca vom Forschungszentrum Jülich.

Mit der neuen Legierung CSiGeSn lassen sich Eigenschaften so feinjustieren, dass Bauelemente möglich werden, die mit reinem Silizium nicht realisierbar wären: etwa für optische Komponenten oder in Quantenschaltungen. Die Strukturen lassen sich direkt bei der Herstellung auf dem Chip erzeugen. Die Chemie setzt dabei klare Grenzen: Nur Elemente, die zur selben Hauptgruppe gehören wie Silizium, fügen sich nahtlos ins Kristallgitter auf dem Wafer ein. Elemente anderer Gruppen stören das Gefüge.

Schon zuvor war es Forscherinnen und Forscher um Dan Buca gelungen, Silizium, Germanium und Zinn zu kombinieren und daraus Transistoren, Photodetektoren, Laser und LEDs zu entwickeln – oder thermoelektrische Materialien. Die Hinzunahme von Kohlenstoff erweitert nun die Möglichkeiten, die Bandlücke – entscheidend für das elektronische und photonische Verhalten – gezielt einzustellen.

Die Herstellung der neuen Verbindung galt lange als kaum machbar. Kohlenstoff ist winzig, Zinn groß und ihre Bindungskräfte sind sehr verschieden. Erst durch präzise Einstellung der Herstellungsprozesse gelang es, diese Gegensätze zu vereinen – mit einer industriellen CVD-Anlage.

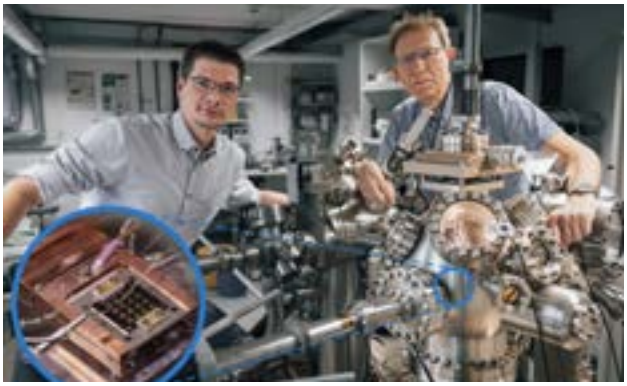
www.fz-juelich.de

Hochvakuum entlarvt beeinträchtigte Leistung von OFETs

Forscher untersuchen Einfluss der Fallenzustände auf den Stromtransport

Ein Forschungsteam der Philipps-Universität Marburg hat mit dem Max-Planck-Institut für Festkörperphysik in Stuttgart nachgewiesen, dass bestimmte Oberflächenfehler – so genannte „Fallenzustände“ – den Stromtransport in organischen Transistoren (OFETs) viel stärker beeinflussen als bisher gedacht.

Durch die Herstellung und Vermessungen von organischen Transistoren im Hochvakuum bei unterschiedlichen Temperaturen konnten die Forscher erstmals genau zeigen, wie diese Fallenzustände die Leistung beeinträchtigen – ein bislang unbeachteter, aber entscheidender Faktor für die Funktionstüchtigkeit organischer Elektronik. Im Mittelpunkt steht dabei eine spezielle Behandlung der Grenzfläche zwischen dem Isolator und dem organischen Halbleiter, wie die Uni Marburg mitteilt.



Yurii Radiev und Gregor Witte untersuchen den inneren Aufbau organischer Elektronik; der Einschub zeigt einen Chip mit kontaktierten organischen Transistoren im Inneren der Apparatur. (Bild: Peter Oßwald)

Bisher war schwer zu verstehen, warum manche Transistoren aus organischen Halbleitern gut funktionieren und andere nicht. „Ein Grund ist, dass viele Messungen unter Normalbedingungen gemacht wurden, bei denen Luftfeuchtigkeit oder Sauerstoff die empfindlichen Materialien beeinflussen“, sagt Laborleiter Prof. Dr. Gregor Witte. Die neue Studie zeigt, dass nicht nur die chemische Zusammensetzung der Halbleiter entscheidend ist, sondern vor allem die Sauberkeit und Passivierung der Grenzflächen zwischen den verschiedenen Schichten.

Durch die Kombination moderner physikalischer Methoden zur Strukturuntersuchung wie Röntgenbeugung oder Rasterkraftmikroskopie und Messung elektrischer Transistorkennlinien im Hochvakuum lässt sich künftig gezielter untersuchen, wie Materialien und Grenzflächen verbessert werden können.

www.uni-marburg.de

©2025 IGT-Verlag