

## Strom aus Industrieabgas

### Fraunhofer IISB entwickelt Brennstoffzellensystem für Wasserstoffgemisch



Am IISB in Erlangen wurde ein Verstromungssystem entwickelt, das wasserstoffreiches Abgas eines Halbleiterfertigungsprozesses zur Wandlung von chemischer in elektrische Energie nutzt. Der Einsatz der Anlage erlaubt die Schonung von Ressourcen und die Erhöhung der Effizienz in der Halbleiterproduktion. Herzstück ist ein speziell entwickeltes Brennstoffzellensystem, mit dem es den Forschern am IISB gelungen ist, auch nicht-reine wasserstoffreiche Gasmischungen zu verstromen. Mit dieser Technologie konnte die weltweit erstmalige Verstromung von Epitaxieabgas in einer Brennstoffzelle durchgeführt werden. Foto: Kurt Fuchs / IISB

[Bitte lesen Sie weiter auf Seite 2](#)

## Brennstoffzellensystem für Strom aus Industrieabgas

**Im Rahmen des bayerischen Energieforschungsprojekts SEEDs entwickelten Forscher am IISB ein Verstromungssystem, das wasserstoffreiches Abgas aus einer Halbleiterfertigungsanlage zur Erzeugung von Strom nutzt. Die dabei eingesetzte, speziell entwickelte Brennstoffzellentechnologie ermöglicht es, auch nicht-reine wasserstoffreiche Gasgemische zu verstromen.**

Das IISB forscht seit vielen Jahren an der Optimierung von Epitaxieprozessen für die Herstellung von modernen Halbleitern – besonders auf dem Feld der Siliziumkarbid(SiC)-Bauelemente, die für moderne leistungselektronische Systeme benötigt werden. Für den Epitaxieprozess, bei dem dünne Schichten von Halbleitermaterial erzeugt werden, wird eine große Menge Wasserstoff als Trägergas benötigt. Der Wasserstoff bildet zusammen mit anderen Prozessgasen den wasserstoffreichen Abgasstrom der Epitaxieanlage, der – beim bisher eingesetzten Verfahren – gereinigt und danach in die Atmosphäre entlassen wurde. Der Energiegehalt des Wasserstoffes blieb dabei ungenutzt.

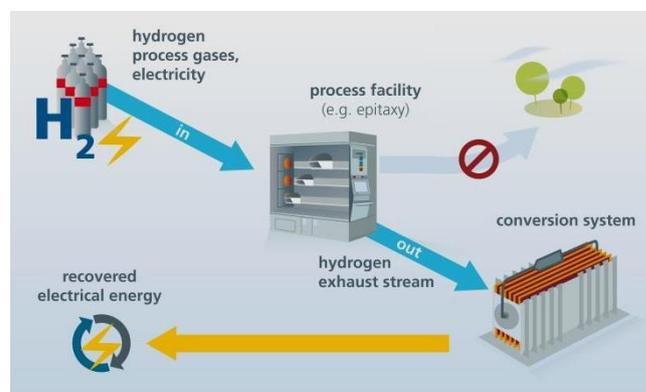
### Mehr Effizienz durch Verstromung von nicht-reinem Wasserstoffabgas

Ziel der IISB-Forscher war es, die bisher ungenutzte Energie des wasserstoffreichen Abgases in elektrische Energie zu wandeln und damit den im Epitaxieverfahren nur als Träger genutzten Wasserstoff einer zweiten Verwendung zuzuführen. Diese Technologie erlaubt eine Steigerung der Energieeffizienz von Halbleiterfertigungsprozessen – angesichts des großen weltweiten Produktionsvolumens von Halbleiterbauelementen ein Verfahren mit hohem Anwendungspotential.

### Intelligente Lösung mit moderner Brennstoffzellentechnologie

Das Herzstück des Verstromungssystems bildet eine Polymer-Elektrolyt-Membran(PEM)-Brennstoffzelle, die den Wasserstoff aus dem Abgas und den Sauerstoff aus der Umgebungsluft effizient nutzt, um elektrische Energie bereitzustellen. Die IISB-Forscher modifizierten das Brennstoffzellensystem derart, dass es mit Wasserstoffkonzentrationen zwischen 40 und 100 Volumenprozent arbeiten kann. Damit ist es in der Lage, auch nicht-reinen Wasserstoff bzw. ein Wasserstoffgemisch zu verstromen. Mit dieser Technologie gelang die weltweit erstmalige Verstromung von Epitaxieabgas in einer Brennstoffzelle.

Zwischen Abgasstrang und Brennstoffzellensystem kommt ein spezieller Membrankompressor zum Einsatz. Dieser verdichtet das unter Atmosphärendruck vorliegende Abgas vor der Brennstoffzelle und entkoppelt so Verstromung und Epitaxieprozess. Das Verstromungssystem hat dadurch keinerlei Rückwirkungen auf den empfindlichen Epitaxieprozess und dessen Prozessqualität sowie auf das Gasreinigungssystem der Anlagen. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Verfahrens in der Halbleiterfertigung. Das Verstromungssystem wurde bereits an der im IISB-Reinraumlabor betriebenen industriellen Epitaxieanlage erfolgreich getestet und erzielte einen elektrischen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 25 %. Zurzeit arbeiten die Forscher an einer Weiterentwicklung, mit der die Energieverluste im Brennstoffzellensystem reduziert werden und der Gesamtwirkungsgrad auf über 30 % gesteigert werden kann.



*Wasserstoff im Prozessabgas aus Halbleiterfertigungsanlagen – bisher ungenutzt in die Atmosphäre abgegeben – kann mit dem Verstromungssystem des IISB zur Bereitstellung von elektrischer Energie genutzt und damit weiterverwertet werden.*

### Das Projekt SEEDs

Die Vorgehensweise, Energieströme in einem industriellen Energiesystem genau unter die Lupe zu nehmen und Ressourcen möglichst effizient zu nutzen, entspricht dem Ansatz des Projektes SEEDs: Nur durch die ganzheitliche Betrachtung aller Energieströme und -formen können Effizienzpotentiale industrieller Anlagen und Betriebe optimal genutzt werden.

An SEEDs sind neben dem Fraunhofer IISB auch die Fraunhofer-Institute IIS und ISC beteiligt. Die Forscher kooperieren dabei eng mit zahlreichen bayerischen Industriepartnern. Gefördert wird das Projekt vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie.

[www.energy-seeds.org](http://www.energy-seeds.org)

## Imprint-Lithographie für die Herstellung von plasmonischen Filtern

**Farben, die durch die photonische Interaktion von elektromagnetischen Wellen mit Strukturen erzeugt werden, bleichen nicht aus. Allerdings ist die großflächige Produktion der Strukturen bisher aufwendig und teuer. Forscher am IISB haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem die Größe von nanophotonischen Flächen um einen Faktor von mehr als 20 gesteigert werden kann. Es ist zu erwarten, dass dadurch die Anwendbarkeit in der Praxis deutlich verbessert wird.**

Am IISB hat sich Dr. Maximilian Rumler im Rahmen seiner Doktorarbeit mit der Entwicklung des Verfahrens beschäftigt. Die Farbfilter, die er und seine Kollegen entwickelt haben, basieren dabei auf der kollektiven Anregung von Elektronen in Metall-Nanostrukturen, den Plasmonen. Der zugrundeliegende Effekt ist schon lange bekannt, allerdings konnte das Prinzip bisher nur für Flächen von Größen von bis zu wenigen Quadratzentimetern umgesetzt werden.

Zur Herstellung der Strukturen kommt am IISB die Imprint-Lithographie zum Einsatz. Dabei werden zunächst durch Aufschleudern von Polydimethylsiloxan (PDMS) auf einen Silizium-Master die Prägeformen erstellt. Diese dienen als Stempel, mit denen ein Polymer strukturiert wird. Die Strukturen im Polymer werden dann mittels eines Ätzprozesses in das Metall übertragen. Die einzelnen Prozesse wurden von den Forschern soweit optimiert, dass die Herstellung von Aluminium-Farbfiltern mit einer Fläche von bis zu 145 cm<sup>2</sup> ermöglicht wurde.

Die Imprint-Lithographie führt zwar zu einer relativ hohen Defektdichte, die aber in diesem Fall toleriert werden kann, da photonische Strukturen aufgrund ihres Aufbaus relativ robust gegenüber Fehlstellen sind.

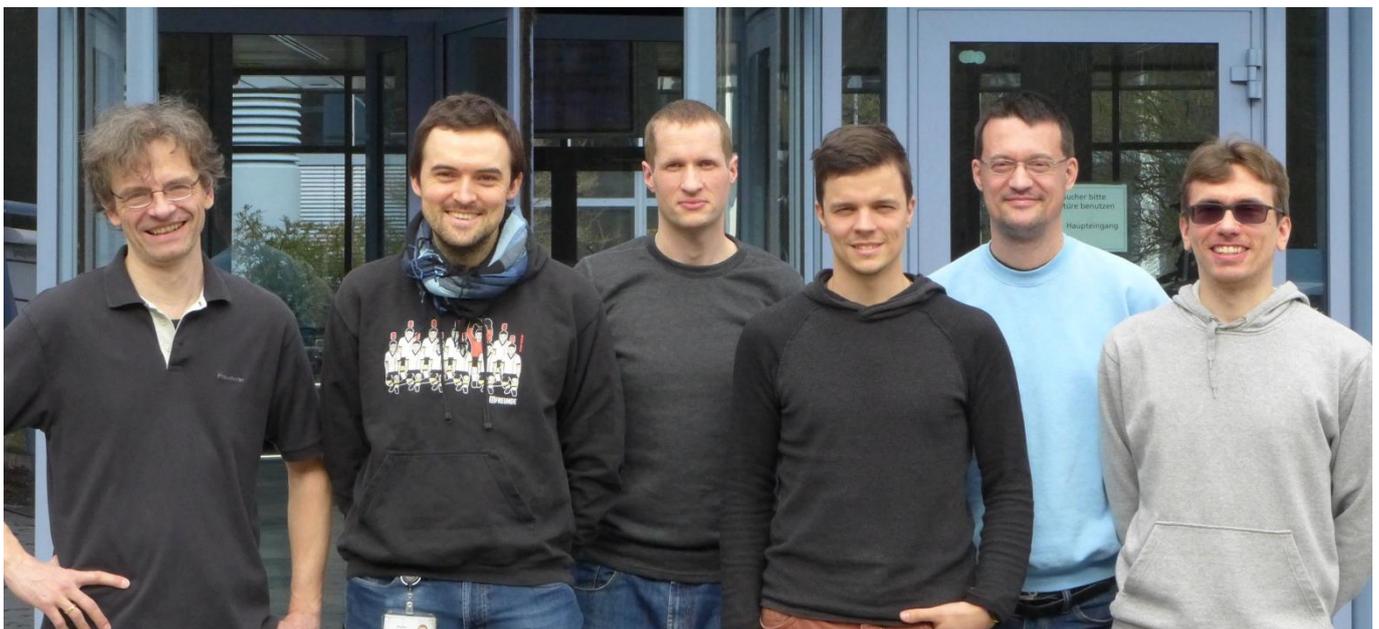
Anwenden kann man die plasmonischen Farbfilter beispielsweise in Kameras: Nachdem Sensoren in Kameras nur hell und dunkel unterscheiden, benötigen sie Farbfilter, um verschiedene Farben aufnehmen zu können. Auch weitergehende Anwendungen, wie zum Beispiel für Sensoren in der Biotechnologie, sind denkbar. Da Aluminium ein Standardmaterial in der CMOS-Technologie ist, sollte auch die Integration von Sensoren basierend auf strukturiertem Aluminium mit CMOS-Schaltungen gut möglich sein, auch wenn es hier bisher erst wenige Erfahrungen gibt.

Weiterführende Arbeiten sind geplant, um die Ursachen der Defekterzeugung genauer zu untersuchen und die Defektdichte zu reduzieren.

Die Arbeiten wurden in Kooperation mit der „Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies“, der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und der Firma NanoWorld durchgeführt. Details enthält eine Veröffentlichung, die kostenlos unter

<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/2399-1984/aa6560> heruntergeladen werden kann.

*Das Forscher-Team (von links nach rechts, nicht im Bild: Prof. Lothar Frey): Dr. Mathias Rommel, Dr. Maximilian Rumler, Marco Becker, Michael Förthner, Dr. Peter Evanschitzky, Leander Baier*



## 15. „Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop“

Vom 21. bis 23. September 2017 fand in Behringersmühle bei Ebermannstadt der 15. „Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop“ statt. Wie in den vergangenen Jahren konnten renommierte Wissenschaftler aus Amerika, Asien und Europa als Vortragende gewonnen werden.

Die etwa 40 Workshop-Teilnehmer von führenden Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen lobten einhellig das breite Themenspektrum und das hohe wissenschaftliche Niveau des Workshops.

Der Fokus des Workshops lag dieses Jahr auf Methoden zur Erzeugung von Strukturgrößen von unter 10 nm für zukünftige nanoelektronische Schaltungen. Die Verfahren reichen dabei von der Lithographie unter Verwendung extrem kurzwelliger Lichts (EUV-Lithographie) über Direktschreiben bis hin zu speziellen alternativen Lithographietechniken. Der diesjährige Eröffnungsvortrag, der traditionell am ersten Abend des Workshops stattfindet, befasste sich mit dem Einsatz der Fourier-Ptychographie zur Erhöhung der Auflösung von Mikroskopen.

Die zahlreichen multidisziplinären Fachgespräche wurden unter anderem durch eine Wanderung mit anschließendem Ritteressen auf der Burg Rabeneck aufgelockert.



Zuhörer beim 15. „Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop“ in Behringersmühle

Weitere Informationen zu den IISB-Lithographie-Simulations-Workshops finden Sie unter [www.litho-workshop.com](http://www.litho-workshop.com). Näheres zum 16. Workshop der Reihe wird voraussichtlich ab März 2018 dort abrufbar sein.

## Veranstaltungen und Termine

### Die Lange Nacht der Wissenschaften

21. Oktober 2017, Nürnberg-Fürth-Erlangen

### GMM-Nutzergruppentreffen Heißprozesse

8. November 2017, Vishay Siliconix GmbH, Itzehoe

### GMM-Nutzergruppentreffen Ionenimplantation

9. November 2017, Vishay Siliconix GmbH, Itzehoe

### productronica, Weltleitmesse für Entwicklung und Fertigung von Elektronik

13. bis 17. November 2017, Messe München

### Cluster-Schulung Ansteuer- und Schutzschaltungen für MOSFET und IGBT

5. Dezember 2017, Energie Campus Nürnberg

### Nutzergruppentreffen und Workshop der GMM-Fachgruppe Abscheide- und Ätzverfahren

12. bzw. 13. Dezember 2017, Fraunhofer IISB, Erlangen

Vorankündigung für 2018:

### 22<sup>nd</sup> International Conference on Ion Implantation Technology (IIT 2018)

16. bis 21. September 2018, Congress Centrum Würzburg

## Weitere Informationen

### Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

Schottkystraße 10

91058 Erlangen

Tel. 09131 761-0

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

[info@iisb.fraunhofer.de](mailto:info@iisb.fraunhofer.de)

### Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

Kontakt: IHK Nürnberg für Mittelfranken

Dipl.-Ing. (FH) Richard Dürr

Tel. 0911 1335-320

[richard.duerr@nuernberg.ihk.de](mailto:richard.duerr@nuernberg.ihk.de)

### Impressum

Herausgeber:

Fraunhofer IISB

Schottkystraße 10

91058 Erlangen

Redaktion:

Dr. Eberhard Bär

[eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de](mailto:eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de)