

■ Weltrekord mit Sonnenlicht

Ein konzentrierendes Photovoltaik-Modul erreicht mehr als 43 Prozent Wirkungsgrad.

Die konzentrierende Photovoltaik gilt als Alternative zu konventionellen Solarmodulen. Dabei fokussieren Linsen oder Spiegel das Sonnenlicht auf die Solarzellen. Im Vergleich zu herkömmlichen

den Weltrekord ermöglichte. Hierfür war es nötig, die einzelnen Parameter auf Modul- und Zellebene zu optimieren und an das Objektiv anzupassen. Bei industriell gefertigten Modulen der konzentrierenden Photovoltaik halten die Forscher eine Steigerung des Wirkungsgrades von 32 auf 40 Prozent innerhalb weniger Jahre für möglich.

■ Gut verbunden

Schwammartige Goldstrukturen ermöglichen die Kontaktierung von LED-Matrixchips.

LED-Scheinwerfer setzen sich bei Automobilen gerade in der Breite durch – ihre Entwicklung ist aber längst nicht abgeschlossen. Ziel sind Scheinwerfer, deren Lichtverteilung sich an die jeweilige Fahr-situation anpasst, beispielsweise Fernlicht, das weder Vordermann noch Gegenverkehr blendet. In aktuellen LED-Scheinwerfern gibt es das schon, aber sie bestehen dann aus mehreren Baugruppen, die jeweils ein bis fünf Leuchtdioden enthalten. Das erfordert viel Bauraum, einiges an Justierung sowie eine zusätzliche Optik für jede LED. Mit einer chipintegrierten LED-Matrix würden diese Nachteile verschwinden, und die Ausleuchtung der Straße ließe sich besser steuern.

Eine Hürde ist dabei die Kontaktierung der LEDs in der Matrix. Denn im Gegensatz zu Bildsensoren fließt bei einem LED-Matrixchip ein um drei Größenordnungen höherer Strom, und die Abwärme liegt bei rund 10 Watt. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Berlin haben daher untersucht, wie sich

solche Kontaktierungen zuverlässig fertigen lassen. Ihre Arbeit war Teil eines Verbundprojekts, an dem Daimler (Systemintegration), Hella (Scheinwerfer), Infineon (Treiber-elektronik) und Osram (LED) beteiligt waren.

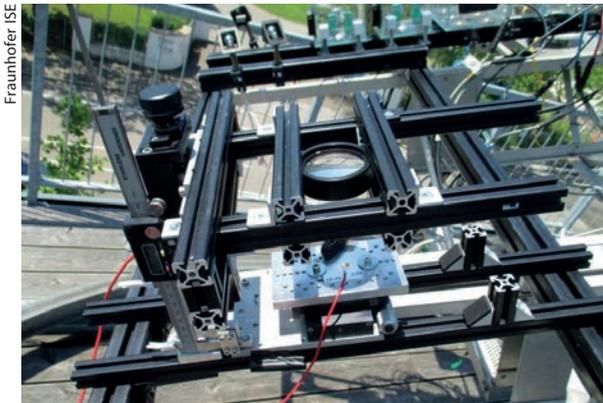
Zur Kontaktierung dient eine schwammartige Struktur, die durch „gezielte Korrosion“ aus einer Gold-Silber-Legierung entsteht: Das Silber wandert zurück in die Ätzlösung, die Goldatome gruppieren sich massiv um. Das wirkt sich bis in die Tiefen der Schicht aus, sodass 100 bis 200 nm große Poren entstehen. Die resultierende Schwammstruktur besteht zu 80 Prozent aus Poren, zu 20 Prozent aus Gold. Sie schmiegt sich daher beim Kontaktieren sehr gut an die Wafer-Topographie an. Das funktioniert bei niedrigeren Temperaturen und Drücken und auch bei der Kontaktierung mit kompaktem Gold. Die Montage mittels Wiederaufschmelzlöten einer Gold-Zinn-Legierung wurde ebenfalls demonstriert.

■ Interferenz statt Mischung

Mit einem Tintenstrahldrucker und einer einzigen Tinte lassen sich Farbbilder herstellen.

Der Farbdruk hat sich in den letzten Jahrzehnten besonders dank der Tintenstrahltechnologie weit verbreitet. Das grundlegende Prinzip ist gleich geblieben: Tinten aus wenigen Basisfarben werden gezielt überlagert, um einen möglichst großen Bereich des Farbraums darzustellen. Russische Forscher der Staatlichen Universität für Informationstechnologien, Mechanik und Optik in St. Petersburg haben nun ein Druckverfahren auf Interferenzbasis entwickelt, bei dem die Farben aus nur einer Tinte entstehen.²⁾

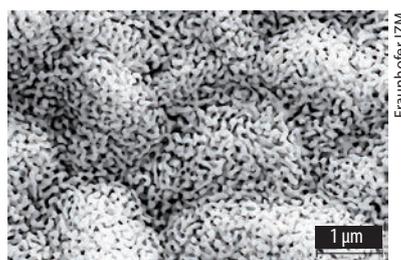
Die Wissenschaftler haben diese Tinte auf Basis von Titandioxidpartikeln hergestellt; sie ist eine nanokristalline kolloidale Dispersion. Titandioxid besitzt einen hohen Brechungsindex über das gesamte sichtbare Spektrum. Die Tinte wird mit einem Tintenstrahl-



Aufbau des Demonstrators mit dem Achromaten und der Vierfachsolarzelle

Zellen verringert sich die erforderliche Halbleiterfläche auf etwa ein Fünftel. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg haben nun demonstriert, dass dieser Ansatz auf Modulebene einen Wirkungsgrad von 43,4 Prozent ermöglicht – ein Weltrekord. Sie verwendeten dabei eine Vierfachsolarzelle, bei der es sich um einen Stapel aus zwei miteinander gebundenen Tandemsolarzellen aus unterschiedlichen III-V-Halbleitern handelt. Diesen Zellstapel hatte das ISE gemeinsam mit den Unternehmen SOITEC und CEA Leti in den vergangenen Jahren entwickelt und immer weiter verbessert.¹⁾ Aktuell erreicht die Vierfachsolarzelle einen Wirkungsgrad von gut 46 Prozent.

Häufig kommen in der konzentrierenden Photovoltaik Fresnel-Linsen zum Einsatz, weil sie billig sind und eine Transmission von 80 bis 90 Prozent erreichen. Bei dem aus der Vierfachsolarzelle aufgebauten Modul nutzten die ISE-Forscher ein kommerziell erhältliches, beidseitig vergütetes Glasobjektiv als Konzentrador. Es korrigiert die chromatische Aberration, was Fresnel-Linsen nicht können. Die Forscher steigerten dadurch die Transmission auf 95 Prozent, was

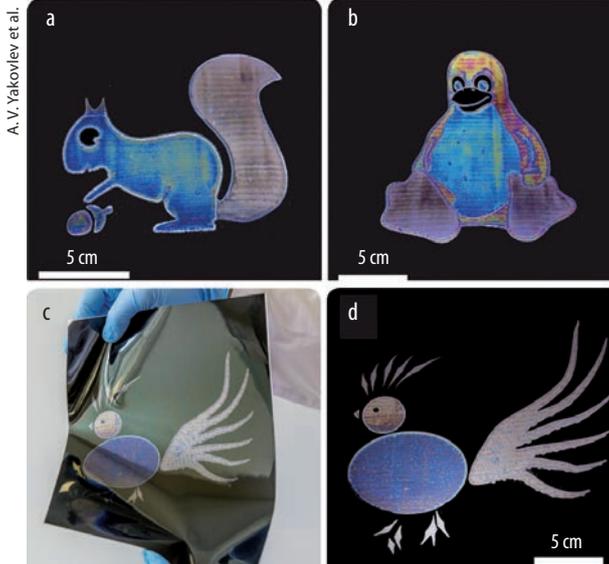


Diese nanoporöse Goldstruktur lässt sich wie ein Schwamm zusammendrücken.

1) Physik Journal, Juli 2013, S. 21

2) A. V. Yakovlev et al., ACS Nano, DOI: 10.1021/acsnano.5b06074 (2016)

3) M. R. Abu Hassan et al., Optica 3, 218 (2016)



Die Ausdrücke mit „Interferenzfarbe“ (a) bis (c) sind jeweils mit frischer Tinte gedruckt; bei (d) ist es der 100. Druck mit derselben Tinte.

drucker in mehreren Einzellagen auf Oberflächen wie Quarzglas oder PET-Folien aufgebracht, um die erforderliche Schicht für die Interferenzfarben zu erzeugen. Dies gelingt mit einer Präzision von 50 nm. Die Interferenzfarbe trocknet einfach schichtweise an der Luft statt wie bisher üblich bei hohen Temperaturen. Der Farbeindruck entsteht durch die Lichtwellen, die an den beiden Materialübergängen Titandioxid/Luft und Titandioxid/Träger reflektiert werden und miteinander interferieren. Die resultierende Farbe hängt von der Dicke der Schicht ab.

Die „Farbschicht“ ist UV-beständig und ausreichend mechanisch hart, wenn sie aus höchstens drei Lagen besteht – zumindest bei Wellenlängen unterhalb von 500 nm. Sonst müssen die Forscher die Tinte modifizieren, was aber ihre Sedimentation und Koaleszenz unerwünscht begünstigen würde. Die größte Hürde für eine Anwendung ist der eingeschränkte Betrachtungswinkel, unter dem die Farben zu erkennen sind.

■ Mitten im Infrarot

Hohlkernfasern mit einem geeigneten Gas erschließen neue Wellenlängen jenseits von 2,5 μm .

Der mittlere Infrarotbereich ist eine der letzten Bastionen, für die es keine optimalen Laser gibt. Konventi-

onelle Faserlaser, bei denen der dotierte Kern einer Faser aus Quarzglas als aktives Medium dient, sind zwar bis zu einer Wellenlänge von 2,5 μm weit verbreitet, bei längeren Wellenlängen wirkt sich jedoch die starke Absorption des Quarzglases nachteilig aus. Laser auf Basis anderer Technologien sind sperrig, ineffizient oder stark nichtlinear.

Wissenschaftler der University of Bath in Großbritannien haben eine Hohlkernfaser als Ausgangspunkt für einen Laser genommen, der Wellenlängen zwischen 3,1 und 3,2 μm emittiert.³⁾ Hohlkernfasern bestehen aus mikrostrukturiertem Quarzglas. Dadurch halten sie das Licht zwar in ihrem Innern gefangen, dämpfen es aber nur wenig.

Die Forscher nutzten bei ihrem Labormuster als aktives Medium Acetylen, das im mittleren Infrarot emittiert. Mit dem Gas haben sie die Faser bei geringem Druck befüllt. Als Pumplaser diente ein konventioneller Diodenlaser einer Wellenlänge von 1,5 μm . Die typische Pumpleistung, um eine Laseraktivität in der Faser auszulösen, betrug einige zehn Milliwatt. Die Forscher konnten den kontinuierlichen Betrieb sowie den Pulsbetrieb mit Wiederhol frequenzen im Megahertzbereich demonstrieren. Die erzielte Laserleistung lag bei einigen Milliwatt. Mit Hilfe anderer Moleküle als laseraktivem Medium könnte es möglich sein, Wellenlängen bis zu 5 μm abzudecken.

Michael Vogel



Jetzt auch als E-Books unter:
www.wiley-vch.de/ebooks

GERD GANTEFÖR

Alles NANO oder was?

Nanotechnologie für Neugierige

ISBN: 978-3-527-32961-8

September 2013 220 S. mit 176 Abb.

Gebunden € 24,90



Alles NANO, oder was? Das fragen sich immer mehr Menschen. Die Computer werden intelligenter, die Handys kleiner. Die Nanotechnologie bietet schon heute beachtliche Anwendungen. Noch mehr allerdings faszinieren die Möglichkeiten, die in der Zukunft liegen, zum Beispiel in der Medizin. Können spezielle Nanopartikel tatsächlich bald gezielt Krebszellen attackieren?

Zeit für eine Bestandsaufnahme: Was ist Nanotechnologie? Wo kommt sie bereits zum Einsatz? Was kann sie in Zukunft leisten? Und welche Gefahren sind mit ihr verbunden? All diese Fragen beantwortet Gerd Ganteför, Professor für Physik, in diesem Buch.

www.wiley-vch.de/sachbuch

Wiley-VCH • Tel. +49 (0) 62 01-606-400

Fax +49 (0) 62 01-606-184

E-Mail: service@wiley-vch.de

WILEY-VCH

Irrtum und Preisänderungen vorbehalten. Stand der Daten: August 2013

58791121308_bu