

Sonne zu Strom

Ein Modul mit Konzentrator-Optik und Vierfachsolarzellen erreicht 41,4 Prozent Wirkungsgrad.

Die Konzentrator-Photovoltaik gilt als eine mögliche Technologie zur nachhaltigen Energieerzeugung, hat sich bislang aber nicht im Markt durchgesetzt. Da die Kosten mit der Fläche skalieren, ist der Wirkungsgrad der



Dieses Konzentrator-Photovoltaikmodul erreicht mit 41,4 Prozent Wirkungsgrad einen neuen Weltrekord.

Zelle – und am Ende des Systems – sehr wichtig. Eine höhere Effizienz der Zellen wirkt sich im Vergleich zu flachen Solarmodulen stärker auf den Preis aus. Im Labormaßstab gibt es bereits Fortschritte. So haben Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg nun die Messergebnisse für ein Konzentrator-Photovoltaikmodul vorgelegt, dessen Wirkungsgrad nicht allzu weit vom theoretisch möglichen Maximum entfernt ist: Die Summe aus optischen und Verschaltungsverlusten liegt bei wenigen Prozentpunkten.

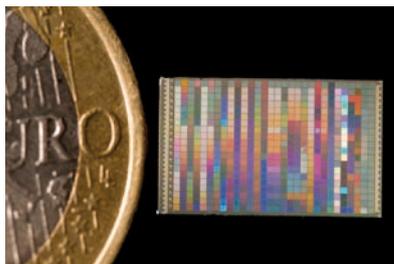
Das Modul hat eine Fläche von 122 Quadratcentimetern und besitzt zehn monolithische Zellen auf Basis von III-V-Halbleitern, die als Einheit miteinander verschaltet sind. Jede Zelle besitzt eine aktive Fläche von fünf Quadratmillimetern. Als Optiken dienen industriell erhältliche Achromate. Der Wirkungsgrad auf Modulebene beträgt 41,4 Prozent: ein Weltrekord. Bislang lag der Wirkungsgrad eines Moduls mit vergleichbaren Zellen einer größeren Fläche bei 38,9 Prozent.

Anders als bei der klassischen Photovoltaik kann bei der Konzentrator-Photovoltaik die Wertschöpfung vor Ort deutlich höher ausfallen: Die Nachführeinheit und der Modulrahmen lassen sich hierzulande entwickeln, und auch der Zusammenbau des Systems ist hier möglich.

Kontrolliert farbecht

Hochintegrierte Sensoren helfen bei der Farbkalibration.

Bei verschiedenen Beleuchtungsanwendungen spielt die Farbabstimmung eine wichtige Rolle. Zum Beispiel sollen LED-basierte OP-Lampen oder eine Fahrzeuginnenbeleuchtung ihre Farbtemperatur nicht verändern, wenn die für die verschiedenen Spektralanteile verantwortlichen LEDs unterschiedlich rasch altern. Ähnlich ist es bei der Hintergrundbeleuchtung von Displays. Bei Smartphone-Kameras tritt das Problem ebenfalls in verwandter Form auf: Ein Algorithmus ermöglicht einen Weißabgleich, um möglichst natürliche Farben im Bild zu erhalten. Künftig sollen optische Sensoren in Smartphones neben einem verbesserten Weißabgleich auch einfache spektrometrische Aufgaben übernehmen können, etwa um den Frischezustand von Lebensmitteln zu beurteilen.



Die neuen Farbsensoren verfügen über eine integrierte plasmonische Schicht, um Farbfehler zu vermeiden.

Auf Hardwarebasis sind dazu bisher nur Farbsensoren im Angebot, die relativ viel Platz benötigen: einen etwa würfelförmigen Raum mit fünf Millimetern Kantenlänge. Das ist beispielsweise für ein Smartphone indiskutabel. Forschern der Fraunhofer-Institute für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen und für Siliciumforschung

ISC in Würzburg ist es nun gelungen, solche Farbsensoren deutlich zu verkleinern und mit Verfahren herzustellen, die sich industriell bereits in der Massenfertigung bewährt haben.

Entscheidend ist dabei, dass Licht nur unter kleinen Einfallswinkeln auf die Filter des Dioden-Arrays fällt. Andernfalls weist der Sensor unkontrollierbare Farbfehler auf und kann im späteren Betrieb nicht als Referenz oder Messeinheit dienen. Die Wissenschaftler haben deshalb in das Sensor-Array optische Elemente aus dreidimensionalen Nanostrukturen integriert. Diese plasmonischen Strukturen sorgen dafür, dass nur Lichtstrahlen das Array erreichen, die weniger als 15 Grad gegen die Normale geneigt sind. So bleibt der Sensor dünner als 400 Mikrometer. Ein Teil dieser Schichten besteht aus einem anorganisch-organischen Hybridpolymer, das chemisch, thermisch und mechanisch sehr stabil ist. Um sie dreidimensional zu strukturieren, erfolgte bei den Prototypen eine Zwei-Photonen-Polymerisation, die Replikation per Nanoimprint-Verfahren im flüssigen Polymer.

Patente sind beantragt. Ein Hersteller von Smartphones und einer von Farbsensoren, beide aus Asien, haben schon Interesse an der Neuentwicklung bekundet.

Eismelder zum Aufkleben

Ein autarkes Sensorsystem erkennt, wenn sich Eis an Flugzeugen bildet.

Fliegt ein Flugzeug bei Außentemperaturen unter dem Gefrierpunkt durch Wolken, können die Tragflächen vereisen. In den typischen Flughöhen passiert das ganzjährig. Das Eis beeinflusst die Aerodynamik negativ und kann sich im Extremfall zu einer echten Gefahr für die Maschine entwickeln: Es sind bereits Flugzeuge wegen Vereisungen abgestürzt. Mehrere Forschungseinrichtungen und Unternehmen aus Österreich haben nun gemeinsam ein Sensorsystem entwickelt, das die Vereisung einer Tragfläche zuverlässig erkennt, um beispielsweise eine Heizung zu steuern.



An der Vorderkante der Tragfläche ist links vom Propeller das aufgeklebte Eis-Sensor-system zu erkennen.

Das System ist nur etwas mehr als einen Millimeter dick, flexibel, und zum Schutz vor Umwelteinflüssen in ein flexibles Trägermaterial eingebettet. Es lässt sich auf die Tragfläche aufkleben. In seinem Innern befinden sich die Sensorik und Elektronik, Solarzellen und ein Akku für die Energieversorgung sowie eine Kommunikationseinheit zur Datenübertragung. Die Sensorik erfasst die Temperaturänderung über eine Widerstandsmessung mit einer Genauigkeit von $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – das ist nötig, weil die Eisbildung in einem recht schmalen Temperaturbereich um $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ einsetzt.

Für das Optimieren und Charakterisieren der Temperaturmessung und Aerodynamik zeichnete die Alpen-Adria-Universität Klagenfurt verantwortlich. Das Antennendesign hat sie gemeinsam mit der FH Joanneum realisiert. Die Projektbeteiligten haben die drahtlose Kommunikation bei mehreren Frequenzen getestet. Mit der Firma Villinger war ein Experte für Enteistungssysteme in der Luftfahrt Teil des Projekts, Eologix Sensor Technology verwirklichte die Systemintegration. Testflüge unter der Ägide von Airborne Technologies haben belegt, dass das System praxistauglich ist. Eologix will aus dem Prototyp nun ein Produkt entwickeln. Ein wichtiger Schritt dabei ist die Zertifizierung.

Alternatives Leuchtmittel

Perowskit-LEDs schaffen einen neuen Rekord beim Wirkungsgrad.

Die Entwicklung von Perowskit-Solarzellen schreitet im Labor rasch voran. Aber das Material ist auch für andere Anwendungen interessant. Ein Beispiel sind Perowskit-basierte

Leuchtdioden: Innerhalb von vier Jahren stieg ihre externe Quantenausbeute von einem auf 14 Prozent – ein beachtlicher Wert für einen aus der Lösung hergestellten Hybridhalbleiter. Wissenschaftler mehrerer Forschungseinrichtungen aus Großbritannien, Schweden, China, Singapur und den Vereinigten Arabischen Emiraten haben nun unter Federführung der Universität Cambridge den Wirkungsgrad solcher LEDs auf gut 20 Prozent erhöht.*)

Sie stellten die LEDs aus einer Perowskit-Polymer-Heterostruktur her. Diese besteht aus Quasi-2D/3D-Perowskiten in Verbindung mit einem Methacrylat, das eine breite optische Lücke besitzt. Das Volumenverhältnis in der resultierenden Schicht zwischen Perowskit- und Polymerphase liegt bei 72 Prozent zu 28 Prozent.

Die externe Quantenausbeute der Perowskit-LEDs ist so hoch, weil die Exzitonen rasch aus den zweidimensionalen in die dreidimensionalen Bereiche wandern. Dort rekombinieren die getrennten Ladungen wieder, sind aber durch das Polymer von Defekten im Perowskit abgeschirmt. Lichtquanten werden emittiert, bevor sich die Energie in Wärme umwandeln kann und damit verloren geht.

Mit einem Wert von 20 Prozent erreichen die Labormuster eine externe Quantenausbeute, die mit kommerziellen OLEDs und Quantenpunkt-LEDs vergleichbar ist – und das bei Stromdichten von $0,1$ bis 1 mA/cm^2 , wie sie für Display-Anwendungen typisch sind. Ein Wermutstropfen bleibt die Langzeitstabilität der neuartigen Perowskit-LEDs: 46 Stunden sind noch viel zu kurz für Anwendungen.

Michael Vogel

*) B. Zhao et al., Nat. Photonics 12, 783 (2018)



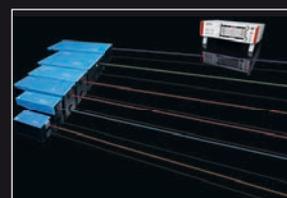
Dr. Thomas Renner, Executive Vice President

All Wavelengths.

190 nm - 0.1 THz

TOPTICA's lasers cover a unique wavelength range from 190 nm to 0.1 THz (corresponding to 3 mm) – one of the widest coverage in the laser market. Diode lasers, ultrafast fiber lasers and terahertz sources enable this unique spectral coverage and a multitude of applications in physics, chemistry, biology and industrial metrology or material processing.

Challenge us with your application – at **any wavelength**.



▶ Diode Lasers:
190 - 3500 nm



▶ Ultrafast Fiber Lasers:
488 nm - 15000 nm



▶ Terahertz Systems:
0 - 6 (20) THz

