

## ■ Solarer Rekord

**Elastische CIGS-Zellen erreichen einen Wirkungsgrad von 18,7 Prozent.**

Der Photovoltaik wird eine große Zukunft bescheinigt, wenn die Herstellungskosten weiter sinken. Alternativ zu den weit verbreiteten polykristallinen Siliziumzellen bieten sich Dünnschicht-Solarzellen an, die sich aufgrund des deutlich

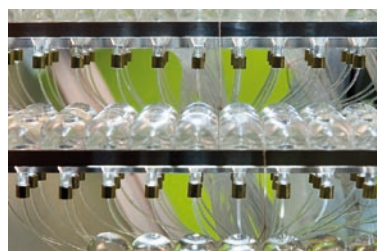
turprozesse bei der Zellfertigung möglich sind, erfordern Polymer-substrate ein Niedertemperaturverfahren.

Die Forscher haben für ihren neuen Rekord drei Dinge verbessert: die Mikrostruktur und damit die Morphologie der CIGS-Schicht, die Gradienten der Gallium- und Indiumkonzentrationen sowie die In-Situ-Dotierung mit Natrium in der Endphase des Niedrigtemperatur-Abscheidungsprozesses – das Natrium verbessert die elektrischen Eigenschaften des Absorbers.

## ■ Leuchten-Chimäre

**Eine Kombination aus LED- und Sonnenlicht ermöglicht eine energieeffiziente Innenbeleuchtung.**

In südlichen Gefilden wird mit großem Aufwand direktes Sonnenlicht aus Gebäuden verbannt, damit sich diese nicht unnötig erwärmen und eine energieaufwändige Klimatisierung nötig machen. So muss aber häufig das Licht angeschaltet bleiben – prinzipiell eine paradoxe Situation. Eine Arbeitsgruppe der Georg-Simon-Ohm-Hochschule in Nürnberg hat für dieses Problem schon vor längerer Zeit eine Lösung entwickelt: den Sollektor. Dabei handelt es sich um eine Anordnung aus rund 900 Linsen, die das Sonnenlicht fokussieren und in optische Fasern einkoppeln. Auf Dächern angebracht und mit einer Nachführung für die Sonne versehen, kann ein Sollektor über Distanzen bis zu 20 Meter Tageslicht in Gebäude liefern. Dort münden die optischen Fasern in Leuchten an der Decke. Das System überträgt weder den Ultraviolett-, noch den Infrarotanteil des Sonnenlichts.



In einem Sollektor bündeln viele Sammellinsen das einfallende Sonnenlicht und speisen es in optische Fasern ein.

50 bis 70 Prozent des eingefangenen Lichts lassen sich mit Sollektoren zur Raumbelichtung nutzen. Ein Sollektor mit 0,25 Quadratmeter Lichtsammelfläche und 20 Meter Übertragungsstrecke erzeugt unter günstigen Bedingungen einen Lichtstrom von rund 10 000 Lumen, was etwa zwölf Glühbirnen à 60 Watt entspricht.

Forscher der Georg-Simon-Ohm-Hochschule und von Bavarian Optics haben unterstützt von Osram einen Demonstrator aufgebaut, der einen Sollektor mit LED-Leuchten kombiniert und die Vorteile beider Systeme vereint. Gesteuert über Sensoren lässt sich der LED-Lichtanteil entsprechend der Tageszeit und Bewölkung variieren. Auch die spektrale Zusammensetzung des natürlichen Lichts, die sich über den Tag verändert, ließe sich durch die Beimischung von LED-Licht mit entsprechender Wellenlänge kompensieren. Daher könnte das System auch für Museen und den Einzelhandel interessant sein, um Exponate oder Kleidung in ihren natürlichen Farben zu präsentieren.

## ■ In Windeseile

**Erstmals ließen sich Daten mit 26 Terabit pro Sekunde auf einen Laserstrahl kodieren und übertragen.**

Bis vor einigen Jahren dominierten im Internet recht überschaubare Datenraten, doch inzwischen hat sich das geändert. Künftige hochauflösende 3D-Videos oder Virtual-Reality-Anwendungen erfordern Datenraten im Terabit-Bereich. Derzeit haben die Netzbetreiber aber gerade einmal die ersten kommerziellen Strecken aufgebaut, die pro Kanal – also pro Laserstrahl – Datenraten von 100 Gigabit pro Sekunde erreichen. Der entscheidende Schritt zu einer schnelleren, effizienten Datenübertragung liegt in der rein optischen Signalverarbeitung, da elektrische Schaltungen dem erforderlichen Tempo aufgrund der begrenzten Ladungsträgermobilität nicht mehr gewachsen sind. Wissenschaftlern vom Karlsruher Institut für Tech-



Der Wirkungsgrad von CIGS-Polymer-solarzellen liegt gar nicht mehr so weit von dem entfernt, den polykristalline Siliziumzellen erreichen.

geringeren Materialbedarfs billiger herstellen lassen. Ein Beispiel dafür sind CIGS-Dünnschichtzellen, deren Akronym für die Elemente Kupfer, Indium, Gallium und Schwefel oder Selen steht. CIGS-Zellen besitzen einen Absorber mit einer direkten Bandlücke, was ihre Dicke etwa um den Faktor 50 reduziert.

Während Dünnschichtzellen auf Glassubstraten bereits industriell produziert werden, befinden sich CIGS-Zellen auf Polymerfolien noch in der Entwicklung. Wissenschaftler der Schweizer Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt haben nun elastische Zellen mit einem Wirkungsgrad von 18,7 Prozent hergestellt. Den CIGS-Solarzellen dient eine Polymerfolie als Substrat. Die Forscher stellen damit ihren Rekord von 17,6 Prozent aus dem letzten Jahr ein.

Beim vorliegenden Labormuster haben die Zellen eine Größe von rund 0,5 Quadratzentimeter. Sie sind diesbezüglich vergleichbar mit dem CIGS-Rekordhalter des Zentrums für Solarenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), der im vergangenen Jahr auf einem Glassubstrat einen Wirkungsgrad von 20,3 Prozent erreichte. Während auf Glassubstraten Hochtempera-

1) D. Hillerkuß et al., Nature Photonics (AOP) DOI: 10.1038/nphoton.2011.74

2) Mit dem Demonstrator ließe sich der Inhalt von 700 DVDs innerhalb von einer Sekunde übertragen.

3) Y.-M. Lin et al., Science 332, 1294 (2011)



Gabi Zachmann

Rein optische Verfahren ermöglichen einen großen Sprung in der Datenübertragung.

nologie (KIT) ist es mit Partnern aus Forschung und Industrie gelungen, 26 Tbit/s auf einen einzigen Laserstrahl zu kodieren und zu übertragen.<sup>1)</sup> Damit verbessern sie ihren Rekord aus dem Vorjahr fast um den Faktor 2,5.<sup>2)</sup>

Die Projektbeteiligten nutzen das sog. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM) für die Datenübertragung. Die Signale werden dazu einer inversen schnellen Fourier-Transformation (IFFT) unterzogen und auf mehrere Unterträger verteilt. Im Frequenzbereich reiht man die Unterträger so aneinander, dass das Maximum eines Signals über den Nullstellen aller anderen Signale liegt. Empfängerseitig lässt sich das OFDM-Signal mit einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) wieder in den Frequenzbereich übertragen.

FFT und IFFT lassen sich auf OFDM-Signale mit bis zu 102 Gbit/s anwenden – zu wenig für Terabit-Raten. Deshalb setzen die Wissenschaftler die Transformationen rein optisch um. Senderseitig mussten sie dazu das Verfahren, mit dem sie die Unterträger erzeugen, verbessern. Empfängerseitig haben sie das FFT-Verfahren vereinfacht, um Rechenzeit zu sparen, ohne dass die Signalqualität darunter stark leidet.

## ■ Rechnen mit Kohlenstoff

**Integrierte Graphen-Schaltkreise werden langsam Wafer-tauglich.**

Graphen, eine Modifikation des Kohlenstoffs mit zweidimensionaler Struktur, ist als Material für künftige elektronische Schaltungen von besonderem Interesse, weil es im Vergleich zu Silizium eine viel höhere Ladungsträgermobilität

aufweist und sich mit einer künstlichen Bandlücke versehen lässt. Für die industrielle Nutzung sind allerdings massentaugliche Fertigungsverfahren erforderlich, von denen man bislang noch weit entfernt ist. Schon die Erzeugung von Graphenschichten im industriellen Maßstab ist nicht ganz trivial.

Wissenschaftler am Thomas J. Watson Research Center des Technologiekonzerns IBM haben einen Frequenzmischer aus Graphen vorgestellt, den sie vollständig als integrierten Schaltkreis gefertigt haben.<sup>3)</sup> Frequenzmischer dienen in modernen Mobilfunksystemen dazu, aus zwei unterschiedlichen Hochfrequenzsignalen Summe und Differenz zu bilden. Der nun vorgestellte Mischer besteht aus einem Feldeffekttransistor aus Graphen, der durch die beiden Hochfrequenzsignale moduliert wird. Zwei auf den Wafer integrierte Spulen, über die sich jeweils eines der beiden Funksignale einkoppeln lässt, komplettieren das Bauteil. Es beansprucht weniger als ein Quadratmillimeter Fläche.

Für die Schaltkreise haben die Forscher zwei bis drei Lagen Graphen auf einem Siliziumcarbid-Substrat bei hohen Temperaturen epitaktisch wachsen lassen. Zur weiteren Herstellung dienten gängige Prozesse. Der Chip enthält neben dem Mischer weitere Graphen-ICs für Kontrolle und Test. Bei 4 GHz Frequenz maßen die Wissenschaftler Umwandlungsverluste von 27 dB – was sehr viel besser als die bisher im Labor erreichten 40 dB bei 10 MHz ist. Ein aktueller, kommerzieller Mischer auf Galliumarsenid-Basis weist Verluste von 7 dB bei 1,95 GHz auf.

**Michael Vogel**