

■ Bewegung ins Bilderbuch

Energieernter aus Teflonfolien machen Druckerzeugnisse interaktiv.

Schon seit längerem gibt es die Idee, Bücher, Hefte oder andere Produkte aus Papier mit mechanischen oder elektrischen Zusatzfunktionen aufzuwerten. Rudimentäre Beispiele dafür sind Grußkarten, die beim Öffnen eine Melodie abspielen, oder Pop-up-Bücher. Solche Produkte dürfen durch ihre Zusatzfunktionen allerdings nicht wesentlich teurer in der Herstellung

aufeinander oder schließen den Stromkreis mit ihren Händen. Sie haben den Ansatz für verschiedene Anwendungen, Geometrien und Handbewegungen untersucht, um herauszufinden, wie sich möglichst reproduzierbare und ausreichende Strom- beziehungsweise Spannungswerte erzeugen lassen.

Weil die Handbewegungen nicht präzise ausführbar sind, schwankt die Ausgangscharakteristik solcher Energieernter um fast eine Größenordnung. Trotzdem lassen sich so Leuchtdioden betreiben, Töne erzeugen oder Pappelemente in einem Buch bewegen.

■ Zelle mit Nachbrenner

Eine modifizierte Solarzelle kann Infrarotphotonen in elektrischen Strom wandeln.

Die Effizienz von Siliziumsolarzellen ist in den vergangenen Jahren zwar deutlich gestiegen, aber Verbesserungspotenzial gibt es noch immer reichlich. Ein Beispiel hierfür sind die rund 35 Prozent der Photonen des Sonnenlichts, die bislang ungenutzt bleiben, weil ihre Energie unterhalb der Bandlücke des Siliziums bei 1100 nm liegt. Diese Photonen tragen immerhin etwa 20 Prozent der Energie, die in der Sonnenstrahlung steckt. Ein Weg, um sie für die Zellen nutzbar zu machen, ist die Hochkonversion. Mit diesem Prozess lassen sich durch Materialien, die ein geeignetes spektrales Verhalten aufweisen, höherenergetische Photonen aus einer großen Zahl niederenergetischer Photonen erzeugen.

Nun ist es Wissenschaftlern des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg gemeinsam mit Kollegen der Uni Bern und der Heriot-Watt University Edinburgh gelungen, ein Labormuster zu entwickeln, dessen relativer Effizienzgewinn ein bis zwei Größenordnungen über bisherigen Ansätzen liegt – auch wenn er in absoluten Zahlen mit 0,2 Prozent noch immer recht gering ausfällt.²⁾

Die Forscher haben dazu eine Siliziumsolarzelle gefertigt, die etwa 80 Prozent Transmission erreicht, indem sie auch die Rückseite nicht als Metallfläche, sondern, wie die Vorderseite der Zelle, als Metallgitter ausgeführt haben. Auf der Rückseite schließt sich der Hochkonverter an – ein mikrokristallines Pulver, das in einen Kunststoffträger eingebettet ist. Für die Hochkonversion sorgt Erbium, das zwischen ungefähr 1450 nm und 1600 nm absorbiert und die konvertierten Photonen bei 980 nm emittiert, sodass die Siliziumzellen sie nutzen können.

Theoretisch lässt sich mit einem Erbium-basierten Hochkonverter die Effizienz einer Siliziumzelle um rund 13 Prozent steigern. Dazu lässt sich an drei Stellschrauben drehen: eine weiter erhöhte Infrarottransmission der Zelle, weiter optimierte Konvertermaterialien oder zusätzliche Stoffe, die Wellenlängen zwischen 1100 nm und 1500 nm nutzbar machen.

■ Rekord bei Terahertz

Ein Quantenkaskadenlaser erreicht die vierfache Pulsleistung des bisherigen Rekordhalters.

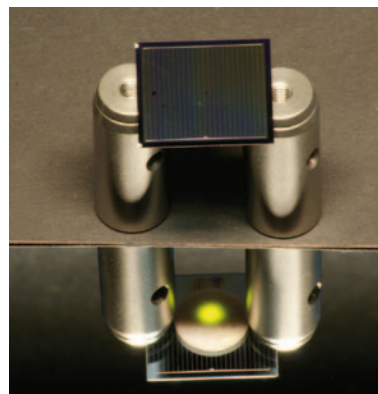
Der Bereich der Terahertzstrahlung im elektromagnetischen Spektrum ist für bildgebende und spektroskopische Anwendungen interessant, weil dort verschiedene Moleküle charakteristische Absorptionslinien aufweisen, über die sie sich identifizieren lassen. Wie Mikrowellen kann THz-Strahlung Materialien durchdringen, die im Optischen nicht transparent sind. Zudem erlaubt die kürzere Wellenlänge



Durch schnelles Reiben der Elektrode erscheint auf einer Bilderbuchseite in einem kleinen E-Paper-Display das Wort „hello“.

werden und sollten im Idealfall keinen Müll in Form von Batterien hinterlassen. Forscher von Disney Research haben nun ein Verfahren zur Energieernte vorgestellt, das mit einfachen Mitteln auskommt, um Ströme oder Spannungen zu erzeugen.¹⁾ Das Prinzip, das dem zugrunde liegt, ist schon lange bekannt – es beruht auf Elektreten: Dank des triboelektrischen Effekts lässt sich eine Teflonfolie durch Reiben mit gewöhnlichem Zeitungspapier quasi dauerhaft elektrostatisch aufladen.

Der Energieernter besteht aus zwei Elektroden, die jeweils aus einer dünnen Teflon- und einer silberbeschichteten Polyesterfolie bestehen. Für die Kontaktierung der Elektroden sind Leiterbahnen aufgedruckt. Mit diesen Elektroden lassen sich kurze Stromspitzen von einigen hundert Mikroampere oder kurze Spannungsspitzen bis zu einigen hundert Volt erzeugen. Dazu bewegen die Forscher die beiden Elektroden zum Beispiel rasch übereinander hinweg, drücken sie



Die modifizierte Solarzelle wird für Tests mit einem Laser beleuchtet.

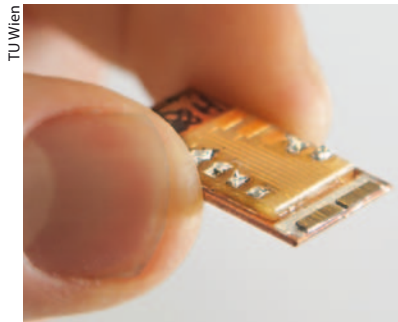
1) M. Karagozler et al., Proc. of the 26th ACM UIST symposium (2013), 23

2) S. Fischer et al., J. Photovoltaics, DOI: 10.1109/JPHOTOV.2013.2282744

3) M. Brandstetter et al., Appl. Phys. Lett. 103, 171113 (2013)

4) W. Xia et al., Biomed. Opt. Express 4, 2555 (2013)

5) Substanzen, die dem menschlichen Gewebe nachempfunden sind.



Der Wiener Terahertzlaser ist nur so groß wie ein Daumnagel.

der THz-Strahlung eine höhere Auflösung als mit Mikrowellen. Diese Eigenschaften erklären das große Interesse an THz-Technik, zum Beispiel in der Medizin oder bei der Detektion von Materialien. Forschern der TU Wien ist es nun gelungen, die Pulsleistung eines THz-Quantenkaskadenlasers (QCL) deutlich zu steigern: Die Strahlquelle erreicht das Vierfache des bisherigen Rekordhalters.³⁾

Ein QCL ist ein Halbleiterlaser, der das Licht nicht durch die Rekombination eines Elektrons aus dem Leitungsband mit einem Loch aus dem Valenzband erzeugt, sondern durch Übergänge von Elektronen innerhalb des Leitungsbands. Seine Leistung lässt sich erhöhen, indem man die Anzahl der Halbleiterschichten, aus denen ein QCL besteht, vervielfacht. Denn dann wechselt ein wanderndes Elektron entsprechend öfter den Energiezustand, sodass letztlich mehr Photonen entstehen. Allerdings ist die Herstellung vieler Schichten technisch sehr schwierig, weil sich die Prozessbedingungen kaum so lange konstant halten lassen. Die Wiener Forscher haben daher einen anderen Weg beschritten: Sie stapelten zwei QCLs mit einem Bonding-Prozess präzise übereinander. Eine Verdoppelung der Laserschichten führt zu verbesserten optischen Eigenschaften, wodurch sich die tatsächliche Ausgangsleistung vervierfachen ließ.

Der Laser erzeugt eine gerichtete Emission in zwei Richtungen, mit einer gesamten Pulsleistung von knapp einem Watt. Erreichbar ist dieser Wert jedoch nur bei tiefen Temperaturen – bislang ein grundlegendes Problem der QCL.

■ Alternative Mammografie

Ein photoakustisches System liefert 3D-Bilder bei großem Gesichtsfeld.

Brustkrebs gehört weltweit zu den häufigsten Krebsarten. An ihm sterben mehr Frauen als an irgendeiner anderen Tumorerkrankung. Die Mammografie gilt als wichtiges Mittel der Früherkennung. Neben der üblichen Untersuchung mit Röntgenstrahlung gibt es auch Verfahren, die auf Ultraschall oder Kernspinresonanztomografie beruhen. Jedes dieser Verfahren hat seine Vor- und Nachteile in punkto Empfindlichkeit, Auflösung, Strahlenbelastung, Zeitaufwand und Kosten. Daher gibt es ein Interesse an alternativen Verfahren, zu denen auch die photoakustische Mammografie gehört. Bei ihr wird die Brust mit einem Laserpuls bestrahlt, der im Gewebe gestreut und absorbiert wird. Durch den hohen Absorptionskoeffizienten des Blutes steigt die Temperatur in den Blutgefäßen infolge der Strahlung leicht an, so dass die Gefäße sich kurzzeitig ausdehnen. Die Patientin spürt davon nichts, aber durch die Expansion entstehen Ultraschallwellen, die sich für die Bildgebung nutzen lassen. Da Tumore mehr Blutgefäße haben als das umliegende Gewebe, lassen sie sich auf diesem Wege erkennen.

Laborprototypen photoakustischer Mammoskope liefern bislang jedoch nur 2D-Bilder oder haben ein zu kleines Gesichtsfeld. Wissenschaftler der niederländischen Universität Twente haben nun ein Gerät vorgestellt, das diesen Beschränkungen nicht unterliegt.⁴⁾ Es hat ein ausreichend großes Gesichtsfeld von $170 \times 170 \times 170 \text{ mm}^3$ und erreicht eine Auflösung von 2 mm lateral sowie von 6 mm entlang der z-Achse. Durch Messungen an Phantomen⁵⁾ konnten die Forscher die besonders hohe Empfindlichkeit des Systems belegen. Zu wünschen übrig lässt die vertikale Auflösung. Das liegt allerdings nur daran, dass die Zahl der Ultraschallsensoren in z-Richtung zu gering ist. Daher gehen die Wissenschaftler davon aus, in allen drei Achsen 2 mm Auflösung erreichen zu können.

Michael Vogel