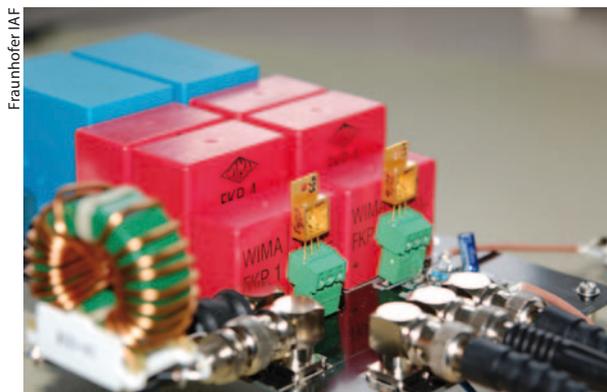


## ■ Effiziente Spannungswandler

**Galliumnitrid-Transistoren erreichen einen Wirkungsgrad von 97 Prozent in der leistungselektronischen Energiewandlung.**

Die angestrebte Energiewende führt zu einer großen Nachfrage nach besseren leistungselektronischen Bauteilen. Denn egal, ob Photovoltaik oder Elektromobilität – überall sind Spannungen von mehreren hundert Volt wesentlich. Mit solchen Anwendungen einher geht der Wunsch nach möglichst hoher Effizienz und geringem Gewicht.



Zwei GaN-Transistoren (im Goldrahmen) auf einem Testboard: Das Halbleitermaterial ermöglicht bei hohen Spannungen effiziente Spannungswandler.

Bei niedrigen Spannungen spielen Wandler auf Basis von Siliziumtransistoren eine wichtige Rolle. Bauelemente auf Basis des III-V-Halbleiters Galliumnitrid haben aber eine sehr viel höhere Leistungsdichte. GaN besitzt eine dreimal so große Bandlücke wie Silizium. Entsprechende Spannungswandler können also bei höheren Temperaturen arbeiten. Zudem sind die Ladungsträger in GaN beweglicher, sodass die Transistoren schneller schalten. Daher können passive Bauelemente in einem Spannungswandler kleiner ausfallen. Bei herkömmlichen Energiewandlern auf Siliziumbasis verursachen Kühlung und passive Bauelemente rund 40 Prozent der Kosten. Mit GaN lassen sich etwa die Hälfte der Herstellungskosten sowie Energie im Betrieb einsparen.

Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg haben GaN-Transistoren entwickelt, die für Spannungswandler bis maximal 600 V ausgelegt sind. Marktübliche GaN-Transistoren sind für Wandler

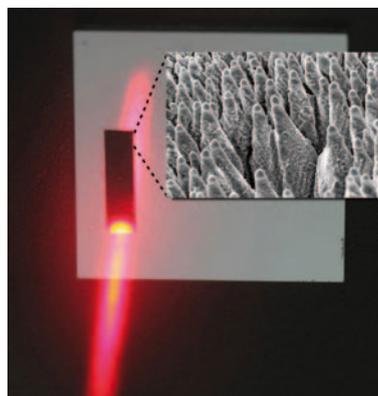
bis 200 V spezifiziert. Als Projektpartner testen die Firmen Kaco New Energy (Wechselrichter) und Robert Bosch (Automobil) Prototypen mit diesen Transistoren. Der Spannungswandler in einem Wechselrichter hat dank GaN einen Wirkungsgrad von 97 Prozent erreicht. Die Projektbeteiligten wollen ihn mittels Optimierungen bei Epitaxie und Technologie der GaN-Halbleiter auf 99 Prozent steigern.

## ■ Photovoltaik-Veredelung

**Schwarzes Silizium steigert den Wirkungsgrad von Solarzellen.**

Die Photovoltaik hat sich in den letzten zehn Jahren rasant entwickelt. Kommerzielle Standardsolarzellen auf Siliziumbasis erreichen Wirkungsgrade von 15 bis 17 Prozent, wünschenswert wäre jedoch eine deutlich höhere Effizienz. Dieses Ziel ließe sich z. B. mithilfe von Photonen der solaren Infrarotstrahlung erreichen. Sie machen rund ein Viertel der Gesamteinstrahlung der Sonne aus; die Photonen haben aber nicht genügend Energie, um Elektronen über die Bandlücke des Siliziums von 1,1 eV anzuregen. Wissenschaftler der Projektgruppe für Faseroptische Sensorsysteme am Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut HHI in Goslar haben nun ein Verfahren entwickelt, um durch schwarzes Silizium den Wirkungsgrad von Solarzellen zu erhöhen.

Bei schwarzem Silizium handelt es sich um Silizium, dessen Oberfläche durch Laserpulse aufgeraut wird. Dadurch resultieren nadelför-



Schwarzes Silizium ermöglicht einen höheren Wirkungsgrad von Solarzellen.

mige Strukturen an der Oberfläche, die den Reflexionsgrad deutlich senken. Die Forscher beschießen Silizium in einer Schwefelhexafluorid-Atmosphäre mit fs-Laserpulsen und bauen dadurch Schwefel in das Siliziumgitter ein. Die Energieniveaus des Schwefels liegen innerhalb der Bandlücke des Siliziums, sodass auch energieärmere Photonen zur Stromerzeugung in Solarzellen beitragen.

Geformte Laserpulse können verschiedene Anregungszustände des Schwefels im Plasma erzeugen und die Konfiguration des eingebauten Schwefels beeinflussen. Im Labor haben die Forscher Solarzellen mit einem Wirkungsgrad von 4,5 Prozent hergestellt, ohne dabei Reinräume oder Passivierungsschichten zu nutzen. Nun wollen sie kommerziell erhältliche Solarzellen auf der Rückseite um eine Schicht aus schwarzem Silizium ergänzen und den Wirkungsgrad um einen Prozentpunkt steigern.

## ■ Gedruckte Laser

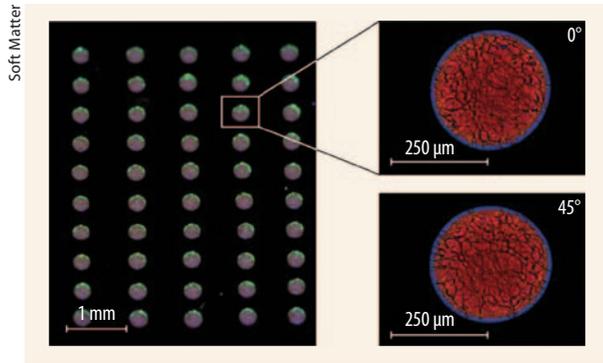
**Flüssigkristalle sind nicht nur für die Bildwiedergabe einsetzbar.**

Displays aus Flüssigkristallen sind im Alltag viel genutzt – Fernseher, Computerbildschirme oder Smartphones sind Beispiele dafür. Doch mit Flüssigkristallen lassen sich auch Laser realisieren. Chirale nematische Flüssigkristalle bestehen aus langgestreckten Molekülen, die sich selbstständig spiralförmig anordnen. Makroskopisch resultiert daraus eine periodische Veränderung des Brechungsindex, der eine photonische Bandlücke erzeugt – das optische Analogon zu einer elektronischen Bandlücke im Halbleiter. Ein geeigneter organischer Fluoreszenzfarbstoff als Verstärkermittel kann zur Laseremission an den Bandkanten führen.

Bereits in der Vergangenheit gab es Versuche, solche photonischen Laser herzustellen. Die einzelnen Prozessschritte waren allerdings heikel, aufwändig und auf wenige Substrate beschränkt. Wissenschaftlern der britischen Universität

1) D. J. Gardiner et al., *Soft Matter* 8, 9977 (2012)

2) A. Tapfer et al., *PNAS* 109, 15691 (2012)



Bei der Matrix aus gedruckten Flüssigkristalllasern (links) verdeutlichen die Ausschnittvergrößerungen (rechts) die Homogenität der Tropfen bei verschiedenen Polarisatorstellungen.

Cambridge ist es gelungen, das Labormuster eines photonischen Single-Mode-Lasers zu drucken.<sup>1)</sup> Den Schlüssel zum Erfolg lieferte eine selbstorganisierende Monoschicht.

Die Forscher beschichteten einen Glasträger mit einer Polyvinylacetat-Lösung definierter Höhe und druckten nematische Flüssigkristalle mit einem Inkjet-System matrixförmig auf die feuchte Lösung. Für die Laseraktivität ist eine Ausrichtung erforderlich, die durch die Wechselwirkung zwischen dem Polymer und den Flüssigkristallen sowie durch die mechanischen Kräfte entsteht, die bei der Deformation der auftreffenden Tropfen wirken. In den so erzeugten Lasertröpfchen richten sich die Flüssigkristalle selbstständig dauerhaft entlang der Dicke des angetrockneten Tropfens schraubenförmig aus.

Nach Anregung bei 532 nm emittiert das Labormuster zirkular polarisiertes Licht einmodig bei 580 nm. Die Linienbreite ist kleiner als 1 nm; die Laserschwelle liegt bei etwa 300 nJ pro Puls. Mögliche Anwendungen sind Labs-on-a-chip, mikrooptische Laserquellen und Displays.

## ■ Gewebe en detail

**Die Röntgen-Phasenkontrast-Tomografie kommt der Kliniktauglichkeit näher.**

Obwohl die Röntgentechnik aus dem Klinikalltag nicht mehr wegzudenken ist, birgt sie immenses Entwicklungspotenzial. So können z. B. herkömmliche Verfahren, die auf Messungen der Strahlungsintensität hinter dem untersuchten Objekt beruhen, manches Weich-

gewebe wie Knorpel oder einige Tumore nur undeutlich abbilden. Dagegen liefert die Röntgen-Phasenkontrast-Technologie auch von diesen Gewebearten detaillierte Bilder, da sie erfassen kann, wie stark die Röntgenstrahlen im untersuchten Objekt abgelenkt werden. Die auftretende Streuung ist zwar gering, lässt sich aber mithilfe mehrerer röntgenoptischer Gitterstrukturen sichtbar machen.

Da diese Methode mit konventionellen Röntgenröhren arbeitet, gelten Röntgen-Phasenkontrast-Computertomografen als realisierbar. Wissenschaftler der TU München um Franz Pfeiffer haben einen Computertomografen entwickelt, bei dem sich erstmals die Apparatur aus Röntgenröhre, Detektor und Röntgenoptik um das Untersuchungsobjekt dreht.<sup>2)</sup> Bislang musste sich letzteres stets um die eigene Achse drehen.

Hierfür war es erforderlich, selbst minimale Störungen in der Aufhängung der Gitterstruktur zu kompensieren, denn alle Auslenkungen von mehr als einem Mikrometer erzeugten Abbildungsfehler im Phasenkontrast-Bild. Die Wissenschaftler korrigieren die auftretenden mechanisch und thermisch bedingten Störungen mithilfe eines Algorithmus. In Testmessungen an Flüssigkeiten und einer Schweinschwarte konnten sie nachweisen, dass ihr Ansatz funktioniert. Zwei präklinische Prototypen sind bereits im Einsatz – einer an der TU München und einer in Belgien bei dem Industriepartner Bruker MicroCT. Sie sollen wichtige Erkenntnisse liefern, um später ein Gerät zu entwickeln, das im klinischen Bereich einsetzbar ist.

**Michael Vogel**