

## ■ Verräterisches Leuchten

**Kunststoffe lassen sich anhand ihrer Abklingzeiten nach Fluoreszenzanregung gut unterscheiden.**

Im Zeitalter des nachhaltigen Wirtschaftens kommt dem Recycling eine besondere Bedeutung zu. Anders als bei Metallen, deren Materialqualität bei der Wiederverwertung häufig sinkt, lassen sich Kunststoffe effizient recyceln – vorausgesetzt, sie sind sorten-



Kunststoffe lassen sich sehr gut mittels Fluoreszenzanregung sortieren und anschließend recyceln.

rein. Denn bereits bei fünf Prozent Fremdmaterial sinkt die Qualität des wiederaufbereiteten Kunststoffs merklich. Chemiker der LMU München haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich Kunststoffe effizienter maschinell sortieren lassen.<sup>1)</sup> Sie nutzen dazu die Fluoreszenzeigenschaften der Polymere aus, genauer: ihre Abklingzeiten nach optischer Anregung.

Die Forscher haben verschiedene kommerziell gefertigte Thermoplaste bei 365 nm zur Fluoreszenz angeregt. Die Abklingzeiten des Fluoreszenzsignals erwiesen sich als sehr unterschiedlich und können als charakteristisches Unterscheidungsmerkmal dienen. Zudem ist es nicht erforderlich, die Intensitäten zu kalibrieren, da das Fluoreszenzsignal unabhängig von der Anfangsintensität charakteristisch abfällt – solange man vor der Messung eine gewisse Totzeit abwartet. Somit wirken sich selbst sehr heterogene Größen und Formen von Kunststoffschneipseln nicht auf die Materialbestimmung aus.

Anhand einer theoretischen Abschätzung kommen die Chemi-

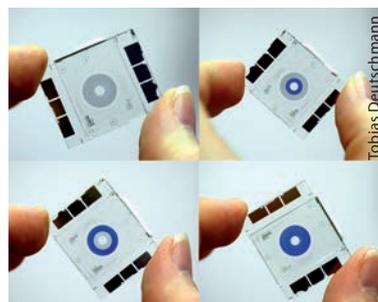
ker zu dem Schluss, dass mit dem Verfahren für typische Durchmesser der Kunststoffschneipsel und Geschwindigkeiten des Transportbands großtechnische Sortieraten erreichbar sind. Die obere technologische Grenze liegt bei 1,5 Tonnen Material pro Stunde. Ein Patent für das Verfahren ist beantragt.

## ■ Ohne Mechanik

**Elektrochrome Zellen können als verstellbare Blenden in Kameras von Mobilgeräten dienen.**

Viele Fotos entstehen heute mit dem Smartphone. Die optischen Systeme dieser Alleskönner liefern eine erstaunliche Bildqualität und bringen das Segment der Kompaktkameras massiv in Bedrängnis. Im Vergleich zu einer vollwertigen Kamera unterliegen Optik und Sensorik der Smartphones jedoch Einschränkungen. Beispielsweise steht dem Nutzer beim Smartphone bislang nur eine Fixblende zur Verfügung. Das wird sich im Lauf der Jahre wohl ändern, da bereits an verschiedenen Formen einstellbarer physischer Blenden geforscht wird. Ein Ansatz sind mikro-elektromechanische Elemente, ein anderer zwei nicht mischbare Flüssigkeiten, von denen eine transparent und eine opak ist. Physiker der TU Kaiserslautern haben nun das Labormuster einer Mikroblende entwickelt, deren Funktion auf der Elektrochromie beruht.<sup>2)</sup>

Die Forscher haben ihre Blende als elektrochemische Zelle ausgeführt, die zwischen zwei



Elektrochrome Blende mit zwei schaltbaren Stufen (von oben links nach unten rechts): beide Segmente offen, inneres absorbierend, äußeres absorbierend, beide absorbierend.

Glasträgern steckt, von denen jeder eine dünne Schicht eines elektrochromen Polymers auf einer transparenten Elektrode trägt. Der Raum zwischen den Elektroden ist mit einem Elektrolyt gefüllt. Das spektrale Absorptionsverhalten der elektrochromen Polymerschichten lässt sich durch eine geringe äußere Spannung von 1,5 Volt steuern. Die Blende besteht aus konzentrischen Segmenten, die sich über die Spannung transparent oder opak (55 % Absorption) einstellen lassen – daraus resultieren die unterschiedlichen Blendendurchmesser.

Da die Entwicklung ohne mechanische Teile auskommt und die eingestellte Transparenz längere Zeit anhält, ist die Blende sehr kompakt und erfordert nur eine geringe elektrische Leistung. Die eigentliche Blende ist lediglich 55 µm dick; außerhalb des optischen Strahlengangs ist lateral weiterer Raum für elektrische Kontakte und Versiegelung notwendig. Der stündliche Leistungsbedarf der Blende liegt in der Größenordnung von 30 µW. Bislang dauert der Wechsel in der Transparenz allerdings noch mehrere Sekunden.

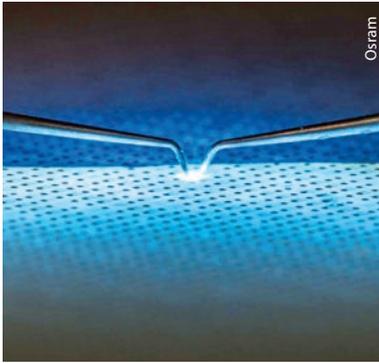
## ■ Licht aus der dritten Dimension

**Eine geschickte Oberflächenstrukturierung steigert die Lichtausbeute von LEDs.**

Die Kosten für die Herstellung einer LED hängen maßgeblich von der Wafer-Fläche ab, die eine Leuchtdiode beansprucht. Deshalb wäre es sinnvoll, die dritte Dimension als aktive Fläche zu nutzen. Forscher von Osram haben nun eine weiße Gallium-Nitrid-LED hergestellt, die solche 3D-Nanostrukturen aufweist. Der Prototyp des Chips besitzt eine gleichmäßige Anordnung aus Säulen, die etwa 10 bis 20 µm lang sind und blaues Licht emittieren. Sie sind mit einem Leuchtstoff beschichtet, der diese Strahlung in weißes Licht wandelt. So erreicht eine LED bei gleicher Grundfläche eine fünf- bis zehnfach größere aktive Oberfläche als

1) H. Langhals et al., Green and Sustainable Chemistry 4, 144 (2014)

2) T. Deutschmann et al., J. Opt. 16, 075301 (2014)



Prüfung eines Wafers mit 3D-Strukturen: Die beiden stromführenden Nadeln bringen eine der LEDs zum Leuchten.

planare LEDs. Künftig soll dadurch die interne Quanteneffizienz auf mehr als 80 Prozent steigen; beim Prototyp liegt sie derzeit bei knapp 50 Prozent.

Die Säulen wirken aufgrund der Brechungsindexdifferenz von GaN und Leuchtstoff für einen Teil des erzeugten Lichts wie ein Wellenleiter. Dieser Lichtanteil tritt an der Spitze der Säulen aus. Ein wesentlicher Teil der restlichen Strahlung, die durch die Säulenflanken entweicht, wird von den benachbarten Säulen mehrfach gestreut oder reflektiert und gelangt so letztlich ebenfalls an die Oberfläche der LED. Die Dimensionen der Säulen stellen ein Optimum zwischen Lichtauskopplung und Lichterzeugung dar. Wie eng die Säulen auf dem Chip zusammenrücken können, ergibt sich vor allem durch die Größe der Leuchtstoffpartikel: Sie sind bei der vorliegenden 3D-LED nur noch wenige Mikrometer groß und lassen sich elektrochemisch auf die Säulenoberflächen aufbringen. Hierfür musste Osram einen Leuchtstoff entwickeln, dessen Partikel etwa um einen Faktor zehn kleiner sind als bei planaren LEDs.

Für eine serientaugliche weiße LED gilt es, nicht nur die Quanteneffizienz zu erhöhen, sondern auch die Farbabweichungen an den Seitenflächen der Säulen zu verringern. Letzteres ist ein rein technisches Problem: Die Anlage, auf der die Säulen entstehen, muss für die speziellen Bedingungen des 3D-Wachstums weiter optimiert werden.

## ■ Ultraschall im Rohr

**Ein neues Ultraschallverfahren eignet sich auch zur Prüfung von Schweißnähten an dünnen Rohren.**

In Kraftwerken oder chemischen Anlagen gelten besondere Anforderungen an die Qualität von Schweißnähten. Sie müssen frei von Poren, Rissen und anderen Beeinträchtigungen sein, die die Naht schwächen könnten. Die Kontrolle erfolgt radiografisch oder mittels Ultraschall. Während radiografische Verfahren, die mit Röntgen- oder Gammastrahlen arbeiten, besonders auf Volumenfehler ansprechen, erkennt Ultraschall sehr gut Risse. Allerdings stoßen Ultraschallverfahren bei Rohren mit sehr dünnen Wänden und kleinen Krümmungsradien an ihre Grenzen, weil das reflektierte Signal stark divergiert. Deshalb sieht die Prüfnorm für die Messung von Rundschweißnähten bei Rohren mit Wanddicken von weniger als 6 mm nur die zeitaufwändigen radiografischen Verfahren vor. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme – Institutsteil Materialdiagnostik IKTS-MD in Dresden haben gemeinsam mit dem Ingenieurbüro Prüfdienst Uhlemann aus Peitz ein Ultraschallverfahren entwickelt, das sich auch für dünnwandige Rohre mit kleinem Durchmesser eignet.

Das Verfahren arbeitet mit der Phased-Array-Ultraschalltechnik, die es erlaubt, die Schwallwelle unter unterschiedlichen Winkeln in das Rohr einzubringen. Der Schallkopf besteht aus mehreren piezoelektrischen Elementen, die sich zur Schallfeldmodulation zeitlich separat ansteuern lassen. Hierbei ist es möglich, die Defokussierung des Schallbündels auszugleichen. Zudem lässt sich die Lage und Größe von Fehlern sicher bestimmen.

Das Verfahren wurde für erste Rohrgeometrien und Materialien validiert und in Kraftwerken erprobt. Ein Patent ist beantragt. Weitere Validierungen und Tests sollen folgen mit dem Ziel der Aufnahme des Verfahrens in die Normung.

**Michael Vogel**