

■ Photovoltaik mit Durchblick

Aus Oxiden einfach verfügbarer Metalle lassen sich transparente Solarzellen herstellen.

Bislang sind Solarzellen vor allem für den sichtbaren Spektralbereich ausgelegt. Wenn sich das ändern

Ladungsträger, indem die Löcher aus der ZnO- in die NiO-Schicht wandern.

Im sichtbaren Spektralbereich erreicht die Zelle eine durchschnittliche Transmission von 46 Prozent. Dieser Wert dürfte problemlos zu steigern sein, wie Messungen an transparenten Transistoren mit NiO-Gate zeigen (Transmission um 80 Prozent). Die externe Quantenausbeute der Zelle liegt bei maximal 55 Prozent. Allerdings erreicht der elektrische Wirkungsgrad über das gesamte Spektrum aufgrund des hohen Innenwiderstands der Zelle nur 0,1 Prozent, bezogen auf den UV-Bereich immerhin 3,1 Prozent.

lässt sich zum Beispiel am Handgelenk tragen und detektiert die Signalstoffe mit einer Anordnung aus funktionalisierten Elektroden. Die Signale gelangen per Bluetooth zu einer App.

Schweiß enthält hunderte unterschiedliche Teilchen – von einfachen Natrium- und Kalium-Ionen bis zu komplexen organischen Molekülen wie Glukose und Laktat. Ihr Anteil gibt Auskunft über die Verfassung der Person. Für jede Substanz ist bei dem neuartigen Fitness-Tracker jeweils eine andere Elektrode zuständig. Zur Messung des Glukose- und Laktat-Spiegels sind auf den Elektroden jeweils spezifische Enzyme aufgebracht. Um Kalium- und Natrium-Ionen zu registrieren, befindet sich auf der jeweiligen Elektrode eine spezifische ionenselektive Schicht. Da alle Messungen temperaturabhängig sind, erfasst ein Widerstandssensor kontinuierlich die Temperatur an der Hautoberfläche des Trägers.

Die Wissenschaftler haben ihr Multisensor-Armband an einigen Dutzend Personen getestet. Interessant könnte die Technologie für die Diagnose von Krankheiten, im Leistungssport oder bei Drogen-tests werden.

■ Wirkstoffe gezielt freisetzen

Ein hydrodynamisches System erzeugt Tropfen, die Substanzen getrennt transportieren.

Bei heutigen Chemotherapien gelangt meist nur ein kleiner Teil des Wirkstoffs zum Tumor, der Großteil wird auf dem Weg dorthin von anderen Organen aufgenommen und schädigt diese. Schon länger denken Wissenschaftler daher über Verfahren nach, um Wirkstoffe möglichst nebenwirkungsfrei an ihren Einsatzort zu befördern. Forscher der University of Science and Technology of China in Hefei und der Ohio State University in Columbus haben gemeinsam ein Verfahren entwickelt, das auf einem hydrodynamischen Ansatz beruht.³⁾

Sie verwenden ein System aus zwei feinen Nadeln, die sich in

■ Molekularer Fitness-Tracker

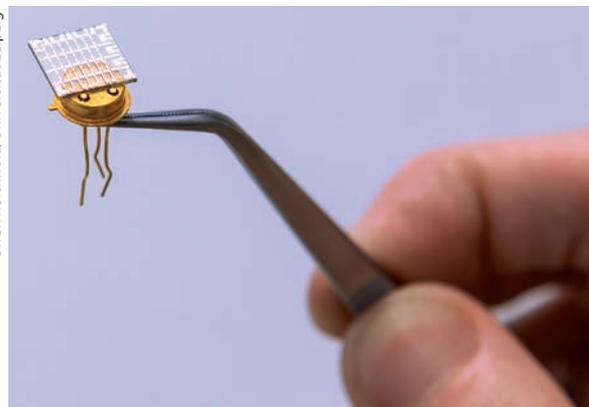
Ein Multisensor-Armband erfasst Signalstoffe im Schweiß.

Die Auswahl an Fitness-Trackern für die Überwachung von Bewegung und Herzschlag wächst rasch. Wissenschaftler der University of California in Berkeley und der Stanford University haben nun ein Konzept vorgestellt, bei dem ein vollintegriertes, drahtloses Sensorarmband die Verfassung eines Menschen auf molekularer Ebene überwacht.²⁾ Dazu werden Signalstoffe im Schweiß analysiert, die über den physiologischen Zustand und Stoffwechsel des Trägers Auskunft geben.

Die Auswertelektronik des Sensors befindet sich auf einer elastischen Platine, die auf einem Kunststoffband befestigt ist. Das Band



Der Tracker der US-Forscher sitzt am Handgelenk und analysiert den Schweiß.



Das Labormuster der transparenten Metalloxidsolarzelle besitzt noch einen eher kleinen Wirkungsgrad.

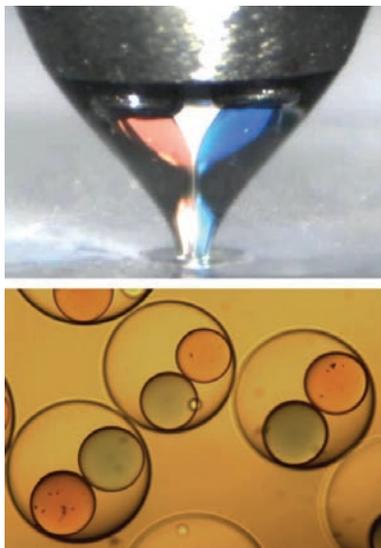
ließe, wären neue Anwendungen möglich. Zum Beispiel könnte man Fenster und Glasdächer zur Stromerzeugung nutzen. Auch Displays bekämen so neben ihrer Aufgabe als Benutzerschnittstelle eine zweite Funktion, etwa in Smartphones. Geeignete Solarzellen müssten aber nicht nur im UV- oder IR-Bereich Photonen absorbieren, sondern gleichzeitig im visuellen Spektrum transparent bleiben. Bisher schienen dafür vor allem organische Materialien geeignet. Wissenschaftler um Marius Grundmann von der Universität Leipzig haben nun Solarzellen aus Zink- und Nickeloxiden entwickelt.¹⁾

Die Herausforderung bestand darin, einen transparenten pn-Heteroübergang zu entwickeln, der nicht nur als Photodetektor funktioniert, sondern tatsächlich Photonen in elektrischen Strom umwandelt. Der Heteroübergang der Leipziger Forscher besteht aus einer n-leitenden Schicht ZnO und einer p-leitenden Schicht NiO, die physikalisch aus der Gasphase auf ein Substrat abgeschieden wurden. Die Zelle besitzt eine Absorptionskante bei 380 nm und ist daher nur für UV-Licht empfindlich. Die UV-Photonen werden in der ZnO-Schicht absorbiert. Der ZnO/NiO-Übergang trennt die durch die Photonen erzeugten überschüssigen

1) R. Karsthoft et al., Phys. Status Solidi A 213, 30 (2016)

2) W. Gao et al., Nature 529, 509 (2016)

3) T. Si et al., Appl. Phys. Lett. 108, 021601 (2016)



Aufnahme des Flüssigkeitsstroms beim Austritt durch die Öffnung (oben). Die Paraffintropfen bleiben im Hüll-Tropfen erhalten (unten).

einer etwas dickeren Nadel befinden. Alles zusammen ist in einer Gaskammer montiert. Durch die beiden inneren Nadeln lassen sich zwei unterschiedliche Flüssigkeiten leiten. Eine weitere Flüssigkeit strömt durch die äußere Nadel und bildet später die Transporthülle. Wenn alle drei Substanzen die Kammer durch eine gemeinsame Öffnung verlassen, zwingt der Gasstrom sie in einen schmalen Strahl, der in einzelne Hüll-Tropfen zerfällt. Anhand der relativen Strömungsgeschwindigkeiten der beteiligten Substanzen lässt sich einstellen, ob jeder Hüll-Tropfen zwei oder mehr Tröpfchen mit den Substanzen aus den feinen Nadeln enthält.

Die Wissenschaftler testeten ihr System mit rotem und blauem Paraffin als Ersatz für medizinische Wirkstoffe sowie einer Substanz als Hüllmaterial, die gallertartig wird, wenn die Tropfen in eine Kalziumchloridlösung fallen. Derzeit kann das System 1000 bis 100 000 Tropfen pro Sekunde erzeugen, die jeweils 100 μm groß sind. Die kleinen Paraffintropfen im Innern behalten wegen ihrer hohen Oberflächenspannung ihre Form bei. Erst durch eine äußere Einwirkung wie Vibration vermischen sie sich. Durch die chemische Auflösung der äußeren Hülle konnten die Forscher die Paraffintropfen später freisetzen.

■ Kontrolleur im Tank

Die dielektrische Spektroskopie verrät Kältestabilität und Alter eines Kraftstoffs.

Die Fließfähigkeit von Kraftstoffen hängt von der Temperatur ab. Den Toleranzbereich dafür regeln Normen. Messtechnisch lässt sich die Temperaturabhängigkeit mit einer etablierten Labormethode überprüfen, die auf einer Filterung beruht. Diese Methode ist aber relativ langsam und erfordert verhältnismäßig große Kraftstoffmengen.

Forscher der Hochschule Coburg haben nun ein alternatives Verfahren entwickelt, das auf der dielektrischen Spektroskopie beruht. Dabei kommt der zu analysierende Kraftstoff mit einer meanderförmigen Elektrodenstruktur in Kontakt, einem „Interdigitalkondensator“. Wirkt auf die Moleküle des Kraftstoffs ein äußeres elektrisches Wechselfeld, ändert sich die Orientierung ihres Dipolmoments. Da es bei sinkenden Temperaturen jedoch zur Kristallisation im Kraftstoff kommt, reagieren die Moleküle zunehmend träger, was sich im elektrischen Signal bemerkbar macht. Das Verfahren erwies sich bei Vergleichsmessungen als mindestens ebenbürtig zur etablierten Labormethode, teilweise war es ihr überlegen. Außerdem lässt sich das neue Verfahren miniaturisieren – bis hin zur chipintegrierten Lösung.

Das ist interessant, weil die dielektrische Spektroskopie auch in der Lage ist, die Kraftstoffalterung zu untersuchen: Durch Oxidation entstehen im Kraftstoff größere Moleküle, die sich träger im Polarisationsfeld ausrichten als die kleineren Moleküle in frischem Kraftstoff. Die zunehmende Verbreitung von Hybridfahrzeugen macht dies zum Alltagsproblem: Solche Fahrzeuge kommen für die Fahrt zur Arbeit und zum Einkaufen allein mit Strom aus. Der Kraftstoff im Tank wäre nur noch für die längere Urlaubsfahrt erforderlich. Bis dahin ist der Kraftstoff aber womöglich bereits deutlich oxidiert und damit weniger leistungsfähig.

Michael Vogel