

TU Chemnitz / IFW Dresden

Auf dieser Trägerfolie sind 90 flexible Bio-Superkondensatoren angeordnet.

Winzige Energiequelle

Ein neuer Bio-Superkondensator versorgt medizinische Sensoren.

Bewegte Mikrosysteme in Blutgefäßen könnten eines Tages in der Medizin bei Diagnose und Therapie helfen. Die nötige Miniaturisierung schreitet rasch voran; bislang hält jedoch die Energieversorgung nicht mit. Die gängigsten Energiespeicher im Submillimeterbereich sind Superkondensatoren. Für eine medizinische Anwendung müssen sie biokompatibel sein und eine geringe Selbstentladung besitzen. Bislang gibt es nur Beispiele mit Arbeitsspannungen zwischen 0,3 und 0,8 V und mehr als 3 mm³ Größe. Ein Team der TU Chemnitz sowie der Dresdner Leibniz-Institute für Festkörper- und Werkstofforschung (IFW) bzw. für Polymerforschung (IPF) hat nun einen biokompatiblen Superkondensator entwickelt mit 1/1000 mm³ Volumen und Betriebsspannungen bis zu 1,6 V in Blut.¹⁾ Er lieferte 16 Stunden lang hohe Spannungen und steigerte die Kapazität und Energiespeicherung um 40 Prozent gegenüber bisherigen Systemen.

Die zylindrische Hohlform des Superkondensators entsteht bei einem kontrollierten Selbstanordnungs-

prozess: Eine dreischichtige Struktur aus Polyimid, Hydrogel und Opfermaterial rollt sich durch die Expansion des Hydrogels wie eine Biskuitrolle auf, sobald die Opferschicht entfernt wird. Die Ausbeute des Vorgangs beträgt 95 Prozent. Durch einen Protonenaustauschseparator entlädt sich der Superkondensator in einem physiologischen Milieu nicht selbst aufgrund parasitärer Reaktionen. Diese Reaktionen können aber auch Energie liefern – es gilt also, die richtige Balance zu finden.

Die Projektbeteiligten haben die Eigenschaften des Superkondensators in Mikrokanälen mit verschiedenen physiologischen Flüssigkeiten getestet sowie zur Demonstration einen energieautarken pH-Wert-Nanosensor betrieben.

Besser sehen im Infrarot

Ein siliziumkompatibler Germanium-Zinn-Detektor lässt sich zwischen zwei Spektralbereichen umschalten.

Optische Detektoren für das nahe und kurzwellige Infrarot sind beim autonomen Fahren, in Sicherheitstechnik, Medizin und Umweltüberwachung immer stärker nachgefragt. Bei diesen Wellenlängen lassen sich selbst bei Regen, Dunkelheit oder Dunst Entfernungen zuverlässig bestimmen und Hindernisse erkennen. Die Wellenlänge von Nahinfrarot (NIR) erstreckt sich von 750 bis 1400 nm, das kurzwellige Infrarot (SWIR) von 1400 bis 2500 nm. Während Silizium für die Detektion sichtbaren Lichts das Standardmaterial ist, sind für Infrarot weniger ausgereifte Materialsysteme gängig. Das erschwert die Integration mit Siliziumtechnologien. Ein deutsch-italienisches Team hat nun einen Detektor vorgestellt, der

zwischen beiden IR-Bereichen wechseln kann und epitaktisch auf einem Siliziumwafer gewachsen ist.²⁾ Beteiligt waren das Forschungszentrum Jülich, das Politecnico di Milano in Como, die Università Roma Tre und das IHP Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik.

Beim Detektor handelt es sich um zwei vertikal gestapelte GeSn/Ge- und Ge/Si-Fotodioden, die eine n-i-p-i-n-Struktur bilden: Die beiden Dioden besitzen eine gemeinsame p-dotierte Ge-Schicht. Die Struktur war durch chemische Gasphasenabscheidung bei reduziertem Druck in industriellen Anlagen gefertigt. Beim Umpolen der Vorspannung wechselt der Detektor zwischen nahem und kurzwelligem Infrarot. Das Team hat einen Demonstrator mit fünf Pixeln umfassend charakterisiert und verschiedene Anwendungen realisiert. Die spezifische Detektivität, welche die aktive Fläche des Detektors in Relation zur gerade noch nachweisbaren Strahlungsleistung setzt, erreicht $1,9 \times 10^{10}$ cm Hz^{1/2} / W (NIR) bzw. $4,0 \times 10^9$ cm Hz^{1/2} / W (SWIR). Erklärtes Ziel ist ein kommerziell einsetzbarer Detektor.

Räumliche Bilder

Die Kombination zweier optischer Verfahren verbessert 3D-Displays.

Autostereoskopische Displays erzeugen räumliche Bilder, die ohne Spezialbrille zu erkennen sind. Dafür gibt es viele technische Ansätze. Gemeinsam ist ihnen, dass keiner bei Leistung und Kosten vollständig überzeugt. Ein Team der südkoreanischen Seoul National University hat nun eine Alternative vorgestellt,³⁾ die zwei Technologien miteinander kombiniert: Lichtfeld und Integral Imaging.



Der Jülicher Detektor macht Buchstaben im nahen und kurzwelligen Infrarot (Mitte und rechts) erkennbar, die im sichtbaren Licht (links) nicht wahrzunehmen sind.

FZ Jülich / Politecnico di Milano



Im Vergleich sind zwei Fokuslagen des mit dem optischen Verfahren vergrößerten 3D-Bilds zu sehen sowie eine Farb- und eine Tiefendarstellung des Objekts (links).

Bei der Lichtfeldtechnologie befindet sich ein Pixelfeld hinter einem Mikrolinsen-Array. Jede Linse bildet mehrere Pixel ab. Fällt das Licht eines Pixels auf eine Mikrolinse, detektiert sie neben der Intensität auch die Einfallrichtung. So lässt sich entweder die räumliche oder die Winkelauflösung optimieren, was die erreichbaren Auflösungen limitiert.

Dagegen erfasst das Integral Imaging die Winkelinformation eines 3D-Objekts durch ein Mikrolinsen-Array als räumliche Information. Das Display ist skalierbar – allerdings beschränkt die räumliche Auflösung des Aufnahmesensors oder des Displays für das rekonstruierte 3D-Bild die übertragbare Informationsmenge. Zudem liegen bei Wiedergabe redundante Informationen vor, sodass die Bildqualität geringer ausfällt als die Auflösung des Display-Panels.

Die Forschenden haben ein multifokales Display auf Basis der Lichtfeldtechnologie mit dem Integral Imaging optisch kombiniert: Das Lichtfeld-Display sorgte für die hohe 3D-Auflösung des Volumenbildes und das Integral Imaging vergrößerte es für die Darstellung. Im Test gelang es, ein $21 \times 21 \times 32 \text{ cm}^3$ großes Volumenbild zu erzeugen.

Fadenförmige Batterien

Textilfaserbasierte Batterien weisen ähnliche Eigenschaften auf wie kommerzielle Lithium-Ionen-Zellen.

Kleidungsstücke, bei denen elektronische Komponenten Teil des Gewebes sind, gelten als Zukunftsmarkt in Medizin, Sport und Rehabilitation oder bei der nahtlosen Integration von Unterhaltungselektronik. Garnförmige Batterien bieten als Energie-

quelle die größten Freiheiten, stehen aber auf Lithium-Ionen-Basis noch am Anfang. Im Labor ließen sich nur zentimeterlange Stücke mit Energiedichten kleiner als 1 Wh/kg herstellen. Ein Team der Fudan University in Shanghai konnte dies deutlich steigern und zeigen, dass der Innenwiderstand dieses Batteriegarns nicht wie angenommen mit der Länge wächst, sondern rasch einen konstanten Wert annimmt.⁴⁾

Bei dem Batteriegarn handelt es sich um zwei miteinander verdrehte Elektrodenfäden. Einer besteht aus Kupfer, das mit Graphit beschichtet ist, der andere aus Aluminium mit Lithiumkobaltoxid als Beschichtung. Um Kurzschlüsse zu vermeiden, ist die Kupferelektrode mit einem Separator umwickelt. Die verdrehten Elektroden befinden sich in einem dünnen Polymerschlauch, in den der Elektrolyt hineingepresst wird. Der gesamte Prozess erfolgt in einer industrietauglichen Anlage. Die Energiedichte des Garns erreicht knapp 86 Wh/kg . Spannung, Entladungsrate, Zyklenstabilität und Arbeitstemperatur sind mit Lithium-Ionen-Batterien vergleichbar.

Mechanische Langzeittests belegen eine erstaunliche Qualität. Gewebe, in die eine gängige Webmaschine das Batteriegarn eingearbeitet hat, wurden gewaschen, getrocknet und gefaltet. Zwei Demonstratoren liegen vor: Ein Oberteil kann ein Smartphone drahtlos laden, ein weiteres erfasst die Schweißbildung sensorisch und zeigt sie auf einem integrierten Display an.

Michael Vogel

- 1) Y. Lee et al., Nat. Commun. **12**, 4967 (2021)
- 2) E. Talamas Simola et al., ACS Photonics **8**, 2166 (2021)
- 3) Y. Jo et al., Opt. Lett. **46**, 4212 (2021)
- 4) J. He et al., Nature **597**, 57 (2021)

record speed.



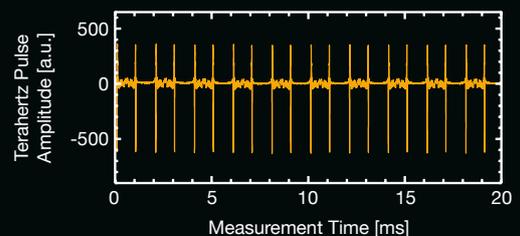
TeraFlash smart

Robust time-domain

terahertz platform for industrial use

Thickness gauging

In-line measurements



- Up to 1600 pulse traces/s
- Single-shot time-domain dynamic range > 50 dB

Convince yourself and apply for your own free live demo!



www.toptica.com/record-speed