

■ Alternative zum Akku

Ein Superkondensator mit Graphenelektroden erreicht Energiedichten wie NiMH-Akkus.

Superkondensatoren gelten als attraktive mobile Energiequelle, da sie im Gegensatz zu Akkus wartungsfrei und langlebiger sind. Sie benötigen nur eine sehr einfache Ladeschaltung und zeigen keinen Memory-Effekt. Mehr noch: Superkondensatoren lassen sich sehr schnell laden und entladen. Sie bestehen aus zwei Elektroden, die mit einem Elektrolyten benetzt sind. Liegt eine äußere Spannung an diesem auch Doppelschichtkondensator genannten Bauteil an, sammeln sich an beiden Elektroden Ionen umgekehrter Polarität. Die Elektroden mit der Ladungsträgerschicht als Dielektrikum verhalten sich wie zwei Kondensatoren, die über den elektrisch leitenden Elektrolyten in Reihe geschaltet sind. Sie speichern die Energie nicht chemisch wie ein Akku, sondern elektrostatisch. Bislang erreichen sie jedoch nur relativ geringe Energiedichten, etwa ein Viertel bis ein Drittel im Vergleich zu Bleiakkus und nur ein Achtel bis Zehntel eines Nickelmetallhydrid-Akkus (NiMH), ganz zu schweigen von einem Vergleich mit Lithium-Ionen-Zellen.

Forschern der amerikanischen Firmen Nanotek Instruments und Angstrom Materials ist es nun gemeinsam mit Wissenschaftlern der chinesischen Dalian University of Technology gelungen, einen Superkondensator zu entwickeln, dessen Energiedichte bei Zimmertemperatur mit 85,6 Wh/kg im Wertebe-

reich eines NiMH-Akkus liegt.¹⁾ Das Labormuster nutzt Elektroden aus Graphen, die die Forscher bei der Herstellung mit einem Additiv und einem gängigen Bindemittel vermischen. So erreichen sie, dass die große spezifische Oberfläche des Graphens erhalten bleibt: Weil sie eine gekrümmte Form annehmen, verkleben die einzelnen Graphenplättchen nicht mehr miteinander. Bislang war das Haupthindernis bei der Fertigung von Graphenelektroden, dass sich die Porengrößen der Elektroden durch die „verklumpten“ Graphenplättchen so weit verringerten, dass der Elektrolyt nicht mehr in sie eindringen konnte und sich daher keine Ladungsschichten mehr ausbildeten.

Die Forscher konnten nachweisen, dass ihr Graphensuperkondensator die Energie tatsächlich elektrostatisch speichert: Würde eine so genannte Pseudokapazität vorliegen, ließe er sich nicht so schnell – innerhalb von Sekunden bis Minuten – laden oder entladen, weil eine Redox-Reaktion ablaufen müsste. Mit einer ionischen Flüssigkeit als Elektrolyt betreiben die Wissenschaftler ihren Superkondensator bei mehr als 4 V Spannung und einer Stromdichte von 1 A/g.

■ Der DNA zugeschaut

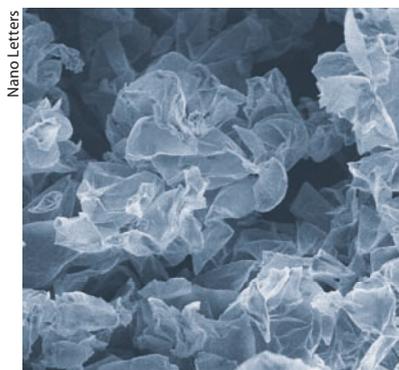
Eine in CMOS-Technik ausgeführte Kamera erreicht eine enorme Bildaufzeichnungsrate.

Viele Fragestellungen der Biomedizin lassen sich experimentell nur mit sehr schnellen Bildgebungsverfahren untersuchen, zum Beispiel die Wechselwirkungen des menschlichen Erbguts mit seiner Umgebung. Lichtempfindliche Chips wie die CCD- (Charge-coupled Device) oder APS-Technologie (Active Pixel Sensor) stoßen da in puncto Empfindlichkeit und Bildraten an ihre Grenzen und sind zudem sehr teuer. Europäische Forscher haben in den vergangenen Jahren daher nicht nur einen geeigneten Sensor entwickelt, der sich in CMOS-Technologie (Complementary Metal Oxide Semiconductor) fertigen lässt, sondern nun auch ein funktionierendes System für die extrem schnelle Bildgebung vorgestellt, das eine fortwährende Geschwindigkeit von einer Million Einzelbilder pro Sekunde bei einer Zeitunsicherheit von rund 50 Pikosekunden erreicht.²⁾ Zu dem Konsortium gehören die schottische University of Edinburgh, das Unternehmen ST Microelectronics, das britische National Physical Laboratory, die italienische Fondazione Bruno Kessler und die niederländische Delft University of Technology.



Der SPAD-Chip (hier ein Exemplar der ersten Generation) detektiert das schwache Licht, das bei der Fluoreszenzlebensdauer-Mikroskopie entsteht.

Die Projektpartner nutzen für ihr System eine SPAD (Single Photon Avalanche Diode). Diese Detektortechnologie beruht auf einem umgekehrten p-n-Übergang, der oberhalb der Durchbruchspannung betrieben wird. Dadurch lassen sich sehr hohe Verstärkungen erreichen: Bereits ein einzelnes Photon löst eine leicht messbare Ladungslawine aus, wobei die Detektorelektronik sicherstellt, dass die Diode dabei nicht zerstört wird. SPADs haben sehr kurze Ansprechzeiten im zweistelligen Pikosekundenbereich.



Speziell hergestellte gekrümmte Graphenplättchen (links) bewahren die große aktive Oberfläche einer Elektrode



vor dem Verkleben, während konventionelle Graphenplättchen (rechts) „verklumpen“.

1) C. Liu et al., Nano Lett. (2010), DOI: 10.1021/nl102661q

2) G. Giraud et al., Biomed. Opt. Express 1 (2010), 1302

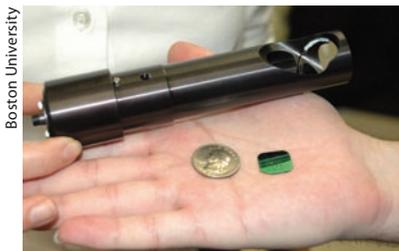
3) A. Yanik et al., Nano Lett. (2010), DOI: 10.1021/nl103025u

Die Wissenschaftler haben nun mit einer solchen SPAD-Kamera und mithilfe der Fluoreszenzlebensdauer-Mikroskopie die Bindungsvorgänge von viraler DNA bei sehr geringen Konzentrationen, wie sie für die Biomedizin typisch sind, detektieren können. Von der Bildgewinnung bis zur Verarbeitung zu aussagekräftigen Bildinformationen benötigt das System weniger als eine halbe Minute.

■ Optischer Virenkontrolleur

Ein plasmonischer Sensor detektiert Viren zerstörungsfrei.

Die Angst vor neuen Viren, die sich schnell verbreiten und eine Pandemie auslösen können, ist in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen. SARS und die Schweinegrippe waren sicherlich die prominentesten Beispiele. Um Epidemien früh erkennen und begrenzen zu können, sind schnelle und zuverlässige Diagnosetechniken wichtig, die sich am besten direkt vor Ort einsetzen lassen. Etablierte Erkennungsverfahren wie die Zellkultivierung oder die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) erfüllen diese Anforderungen nur schlecht. Andererseits gibt es in



Der plasmonische Sensor zum Aufspüren von Viren ist kleiner als eine Münze.

der Diagnose von Krebs oder Infektionskrankheiten Fortschritte mit Biosensoren. Solche Sensoren kommen zum Beispiel ohne enzymatische Detektion oder fluoreszierende Marker aus und ermöglichen einfache, günstige, patientennahe Labordiagnostik.

Vor allem optische Biosensoren gelten als vielversprechend, weil sie von den physiologischen Veränderungen während der Messung nicht

beeinflusst werden. Wissenschaftler der Boston University in Massachusetts haben nun einen plasmonischen Biosensor entwickelt, der klinisch relevante Konzentrationen intakter Viren in biologischen Medien erkennen kann, ohne dass die Proben hierfür präpariert werden müssen.³⁾

Der Sensor besteht aus einer Matrix winziger Löcher (mit 200 nm bis 350 nm Durchmesser), welche die Forscher mit Lithografie und Ätzverfahren herstellen. An der Oberfläche des Sensors sitzen Antikörper. Bei bestimmten Wellenlängen überträgt der Sensor einfallendes Licht sehr viel stärker als es die klassische Aperturtheorie erwarten ließe. Diese außergewöhnliche optische Transmission (EOT) ist ein Resonanzphänomen und kommt dadurch zustande, dass das Licht Oberflächenplasmonen anregt.

Die Resonanzwellenlänge hängt von der dielektrischen Konstante des Mediums ab, das den Sensor umgibt. Binden Viren an die Antikörper auf der Sensoroberfläche, nimmt der Brechungsindex des Mediums zu und die Resonanz verschiebt sich zu längeren Wellenlängen. Die Rotverschiebung ist also ein direktes Indiz für den Virus.

Der Sensor der amerikanischen Forscher arbeitet bei Viruskonzentrationen, die sich über mehr als drei Größenordnungen erstrecken können. Bei hohen Viruskonzentrationen fällt die Rotverschiebung des transmittierten Lichts so stark aus (rund 100 nm), dass die Farbänderung sogar visuell erkennbar ist. Prinzipiell detektieren die Wissenschaftler die Rotverschiebung spektroskopisch.

Da die Ansprechwahrscheinlichkeit des Biosensors gegenüber Änderungen des Brechungsindex mit zunehmender Entfernung von der Oberfläche rasch abnimmt, stören Brechungsindexvariationen aufgrund von Temperaturschwankungen im Medium, das die Viren transportiert, kaum. Der Sensor ist skalierbar und lässt sich mit den richtigen Antikörpern für verschiedene Viren „scharf“ machen.

Michael Vogel