

Flexible Energiequelle

Zink-Mangandioxid-Batterien lassen sich drucken – auch mehrere Zellen in Reihe.

Gedruckte Elektronik gilt als ein Zukunftsmarkt. Denn das kostengünstige Herstellungsverfahren solcher Bauelemente und ihre Eigen-

1 g. Eine Zelle hat eine elektrische Spannung von 1,5 V, in Reihe geschaltet sind 3, 4,5 oder 6 V möglich. Ihre Kapazität beträgt 2 mAh/cm², typische kommerzielle Knopfzellen haben 10 bis 50 mAh. Die Batterien lassen sich stärker biegen als eine Kreditkarte, ohne Schaden zu nehmen. Ihre Geometrie und ihr Design hängen von der Anwendung ab; auch größere Flächen sind vorstellbar.

Schnelltest fürs Essen

Ein winziger Gaschromatograph misst die Reife von Lebensmitteln.

Neben dem Geschmack und dem optischen Eindruck bestimmt der Geruch eines Lebensmittels seine Güte und somit maßgeblich die Akzeptanz durch den Verbraucher. Daher erforscht man chemische Verbindungen, die zu Aromen beitragen. Im Labor lassen sich diese Aromen mithilfe von Gaschromatographie, Olfaktometrie und Massenspektrometrie analysieren. Solche Geräte eignen sich aber nicht für Lebensmittelschnelltests. Daher haben Wissenschaftler der Fraunhofer-Institute für Molekularbiologie und Ökologie (IME) in Schmallenberg sowie für Physikalische Messtechnik (IPM) in Freiburg einen neuen Weg beschritten.

Das Herzstück des Systems bilden Metalloxidsensoren, wie sie im Prinzip auch in Autos zum Einsatz kommen, um z. B. in einem Tunnel die Lüftungsklappen automatisch zu schließen. Strömen über einen

Metalloxidsensor Gase, ändert sich sein Leitwert an der Oberfläche. Lagert sich z. B. Kohlenmonoxid an, entzieht es dem Halbleitermaterial des Sensors Elektronen und senkt dessen Leitfähigkeit.

Das Labormuster besteht aus zwei 4 mm² großen Chips, auf denen je zwei selbst entwickelte Sensoren sitzen. Diese werden für die Messung auf mehrere hundert Grad Celsius aufgeheizt. Damit sich verschiedene flüchtige Verbindungen nachweisen lassen, erwärmen die Sensoren sich unterschiedlich.

Jeder Sensor besteht aus einer anderen Wirkschicht. Als Metalloxide dienen Zinndioxid, auch mit einer katalysierenden Beimischung aus Platin, Wolframoxid und Chromtitanoxid. Durch eine vorgeschaltete Trennsäule mit Polymeren werden die Substanzen aus dem Aromengemisch vorab aufgetrennt.

Mit dem System erreichen die Forscher Genauigkeiten von parts per billion (10⁻⁹), womit die Empfindlichkeit des Mini-Gaschromatographen einem hochwertigen Labormodell in nichts nachsteht. Als Produkt könnte das Sensorsystem später einmal für einen vierstelligen Eurobetrag auf den Markt kommen.

Optische Trickkiste

Ein neues Material verbessert die holografische Speicherung.

Es gibt verschiedene Ansätze, um optische Speichertechnologien weiterzuentwickeln, deren jüngster Vertreter die Blue-Ray-Disc ist. Die Speicherkapazität lässt sich vermutlich nur dann merklich steigern, wenn das gesamte Materialvolumen des Datenträgers genutzt wird und nicht – wie heute üblich – nur eine dünne Schicht. Bei mikroholografischen Verfahren repräsentieren mikroskopisch kleine Hologramme die Datenbits. Sie erlauben größere Systemtoleranzen und sind weniger empfindlich gegenüber Umgebungseinflüssen als holografische Verfahren, die in einem Arbeitsgang einen größeren Speicherbereich beschreiben. Außerdem ähnelt ihre Architektur den existie-

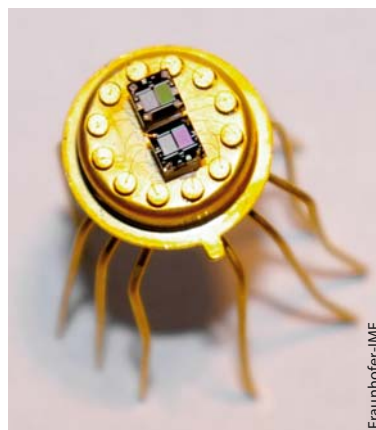


Die gedruckte Batterie mit zwei in Reihe geschalteten Zellen ist recht flexibel.

schaften eröffnen Anwendungen wie elektronische Grußkarten, Sensorkarten, medizinische Pflaster oder Überwachungssysteme sowie Chipkarten. Wünschenswert sind auch gedruckte Batterien. Wissenschaftler der Fraunhofer-Einrichtung für Elektronische Nanosysteme (ENAS) in Chemnitz und der TU Chemnitz haben unter Leitung von Reinhard Baumann gemeinsam mit dem Unternehmen Menippos eine Batterie im Siebdruck erzeugt. Mit dem Verfahren lassen sich auch mehrere Zellen in Reihe schalten.

Elektrochemisch arbeitet die Energiequelle wie eine konventionelle Zink-Mangandioxid-Batterie und kommt ohne Quecksilber aus. In einer zuvor festgelegten Geometrie drucken die Forscher eine kommerziell erhältliche Carbonpaste als Stromleiter auf eine PET-Folie auf. Nach dem Trocknen entstehen per Siebdruck aus einer Zinkpaste die Anode und aus einer Mangandioxidpaste die Kathode. Beide Pasten sind Eigenentwicklungen. Beim Zusammenfügen der Anode und Kathode bringen die Wissenschaftler auf beiden einen Elektrolyt als Gel auf, dann fügen sie einen Separator ein, der die Elektroden räumlich und elektrisch trennt. Zum Schluss verkleben sie beide Seiten.

Die gedruckte Batterie ist dünner als 1 mm und wiegt weniger als



Das Herz des Systems: die Metalloxidsensoren auf einem Träger.

1) V. Ostroverkhov et al., Jpn. J. Appl. Phys. 48, 03A035 (2009)

renden optischen Speichermedien, sodass sich Schreib-Lese-Geräte relativ einfach kompatibel zu Blue-Ray, DVD und CD gestalten ließen.

Mikrohologramme entstehen durch stark fokussierte gegenläufige Laserstrahlen. Sie belegen nur einen winzigen Teil des Gesamtvolumens und lassen sich in virtuellen Schichten anordnen, die das gesamte Speichermedium ausfüllen. Da in einem mikroholografischen Medium jedes Bit einzeln adressiert und geschrieben wird, sollte sich die Wechselwirkung zwischen Material und Licht auf ein kleines Volumen um die Strahltaile des Laserstrahls beschränken. Das war bislang bei den verwendeten linearen optischen Materialien nicht so. Außerdem verblassen bei mehrfachem Beschreiben des Mediums die vorhandenen Hologramme langsam durch den wiederholten Energieeintrag.

Wissenschaftler von General Electric haben ein optisches Medium identifiziert, das diese Nachteile vermeidet, weil es eine Ansprechschwelle hat.¹⁾ Es interagiert bei hohem Energieeintrag stark mit Licht, sodass sich der Brechungsindex des Materials nahe der Strahltaile ändert, während der Strahl außerhalb des Fokus das Medium wenig beeinflusst, weil die Energiedichte dort unterhalb der Schwelle liegt.

Die Forscher verwenden einen 470 µm dicken Polystyrolfilm, dem sie einen aktiven Farbstoff beimischen. Die Lebensdauer der Hologramme im Schwellenmaterial verlängert sich dadurch gegenüber einem linearen optischen Medium um den Faktor 1000, die Größe der Hologramme sinkt um ein Viertel. Laut den Forschern lässt sich so ein DVD-großer Datenspeicher fertigen, der 500 Gigabyte fasst – rund 100 Mal so viel wie eine DVD.

■ Gefühlsechte Bilder

Holografisch erzeugte Gegenstände hinterlassen spürbare Eindrücke.

Digitale Projektionen, die sich haptisch erfahren lassen, würden den Umgang mit 3D-Simulationen oder Computerspielen revolutionieren,

weil sie dem Menschen eine neue Wahrnehmungsebene erschließen. Eine Arbeitsgruppe der Universität Tokio um Hiroyuki Shinoda hat kürzlich ein taktiles Display vorgestellt, das einfache Berührungseindrücke vermitteln kann.

Das System besteht aus einem kommerziellen holografischen Display, das mithilfe eines konkaven Spiegels ein dreidimensionales Bild in die Luft projiziert. Damit beim Berühren des Bildes ein haptischer Eindruck entsteht, erzeugen die Forscher ein Ultraschallfeld mittels Wellenfeldsynthese. Dieses räumliche Audiowiedergabeverfahren beruht auf dem Huygens-Prinzip und schafft eine virtuelle akustische Umgebung, bei welcher der Zuhörer unabhängig von seiner Position den Eindruck hat, die Wellenfronten kämen von einem Punkt.

Der Display-Prototyp nutzt dazu 324 Ultraschall-Transducer, deren Phasenverzögerungen und Amplituden individuell gesteuert werden. Dabei entsteht ein Brennpunkt, der sich im Raum verschieben lässt. Trifft der Ultraschall auf die Hand, wird er reflektiert und übt dabei eine minimale Kraft von etwa einem Hundertstel Newton aus. Der Brennpunkt des Ultraschallfeldes ist 20 mm groß. Die Druckschwankungen bleiben bis zu 1 kHz ausreichend gefühlsecht.

Um 3D-Bild und Ultraschallfeld miteinander in Einklang zu bringen, verfügt der Prototyp der Japaner über zwei Fernbedienungen der Spielekonsole Wii, die über Infrarot-LED und -kamera die Position der Hand ermitteln. Ein Retroreflektor an der Spitze des Mittelfingers garantiert ein ausreichend starkes Messsignal.

Michael Vogel



Die holografisch erzeugten Regentropfen fallen spürbar auf die Hand.