

## ■ Speicherder Winzling

**Ein neuer Speicherchip in Reiskorngröße überträgt seine Daten drahtlos und mit hoher Bandbreite.**

Speicherchips müssen heute auf schrumpfenden Flächen immer mehr Daten vorhalten können. Forscher der Firma Hewlett-Packard entwickelten nun in den HP Labs im britischen Bristol einen nur reiskorngroßen Speicherchip, dessen Kombination aus Größe, Kapazität und Übertragungsgeschwindigkeit



Ein winziger „Memory Spot“ ließe sich auf Karten oder Fotos kleben, um Zusatzinformationen zu speichern.

wohl einzigartig ist. Die Labormuster besitzen zwischen 256 kB und 4 MB Speicherkapazität und lassen sich über ein spezielles Schreib-Lese-Gerät per induktiver Kopplung auslesen. Als Kommunikationsprotokoll nutzen die Chips die Near Field Communication (NFC) bei einer Frequenz von 2,45 GHz, die bei sehr geringen Reichweiten von einigen Millimetern hohe Übertragungsraten von 10 Mbit/s ermöglicht. Der Memory Spot genannte Chip arbeitet also im selben Frequenzband wie die Funktechnologien Bluetooth oder WLAN, bei ähnlichem Leistungsbedarf. Seine Bandbreite übertrifft die in der Logistik zunehmend eingesetzte Funktechnologie RFID deutlich.

Die HP-Forscher haben den nur 2 mal 4 mm<sup>2</sup> kleinen Chip im Hinblick auf Größe, Leistungsbedarf und Bandbreite optimiert. Sie fertigten die Labormuster in einem 0,18-µm-CMOS-Prozess. Auf der Chipfläche sitzen neben dem Speicher und seiner Steuerlogik ein Modem, die Antenne, ein Prozessor so-

wie Kondensatoren. Der Prozessor erlaubt auch eine Verschlüsselung der gespeicherten Daten.

Mögliche Anwendungen sehen die HP-Forscher in ganz verschiedenen Bereichen: Klebt man den Chip auf eine Geburtstagskarte oder ein Dokument, könnte man dort Zusatzinformationen speichern – etwa ein Ständchen oder eine digitale Vorlage für einen Kopierer, auf den man das Papierdokument gar nicht mehr legen müsste. Ein anderes mögliches Einsatzfeld wären medizinische Informationen, die auf einem „Patientenarmband“ gespeichert sind.

## ■ Kleben mit Magnetfeldern

**Mit einem Nano-Material als Füllstoff kann ein neuer Kleber ein- und ausgeschaltet werden.**

Industrielle Klebstoffe müssen recht gegensätzliche Anforderungen erfüllen. Einerseits sollen sie Bauteile dauerhaft fest verbinden, andererseits sollen sie sich bei Reparaturen möglichst unkompliziert lösen lassen. Damit sie ihre Endfestigkeit erreichen, werden sie meist in einem Ofen bei hohen Temperaturen ausgehärtet. Trennen lassen sich solche Klebeverbindungen ebenfalls unter Wärmeeinfluss.

Wissenschaftler der Degussa in Düsseldorf haben nun zusammen mit Kollegen des Bremer Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung verschiedene Klebstoffe entwickelt, die durch ein Magnetfeld aushärten. Die Forscher mischen dazu den Klebern einen Füllstoff namens MagSilica bei. Bei ihm handelt es sich um einen nanostrukturierten Zusatzstoff mit 25 bis 35 nm großen Domänen aus Eisenoxid, die in Siliziumdioxid eingebettet sind. Bei der Hülle aus Siliziumdioxid variieren Dicke und spezifische Oberfläche je nach Typ, bei guter Dispergierung liegen die Aggregatgrößen bei 150 nm.

MagSilica ist superparamagnetisch, eine Eigenschaft, die bei gekörnten ferromagnetischen Stoffen auftritt. Unterhalb einer

bestimmten Temperatur ist bei solchen Festkörpern die für eine Ummagnetisierung der atomaren magnetischen Momente benötigte Energie kleiner als die thermische Energie. Dadurch verhält sich der Stoff paramagnetisch. Ein äußeres magnetisches Wechselfeld regt in den einzelnen Domänen Schwingungen an – dieser Energieeintrag erwärmt das Material. MagSilica lässt sich mit allen wichtigen Klebstoffklassen mischen.

Die Forscher setzten die Klebstoffe nun hochfrequenten Magnetfeldern zwischen 200 kHz und 1 MHz aus, um sie schnell zu erwärmen und somit eine beständige, ausreichend feste Klebeverbindung zu erhalten. Sie arbeiteten dabei mit Anlagenleistungen von 4 kW, was Heizraten von 5 bis 8 K/s entspricht, bis 25 kW (Heizrate 50 K/s). Messungen und Modellrechnungen an einem näher untersuchten Klebstoff ergaben erreichbare Festigkeiten von rund 11 MPa, was einem Mehrfachen der Zugfestigkeit der Füge-teile entspricht. Um eine Klebeverbindung zu lösen, muss man ihr die Energie schnell, also mit hohen Heizraten, zuführen. Ansonsten dissipiert die Wärme in die Bauteile.

Derzeit lassen sich durch den Zusatz von MagSilica Flächen von mehreren Quadratzentimetern kleben. Entscheidend ist dabei die Stärke des Magnetfelds, also auch die Form der Spule. Damit das



Ein Kunststoffgriff lässt sich dank des Füllstoffs MagSilica mit einem hochfrequenten Magnetfeld erwärmen und an ein Glas kleben.

Verfahren funktioniert, muss mindestens eines der zu verbindenden Bauteile elektrisch isolierend sein. Der Automobilbau ist ein mögliches Anwendungsfeld für solche verbesserten Klebstoffe.

## ■ Greifen mit Gefühl

**Mit einer taktilen Sensorfolie soll das Greifen von Roboterhänden empfindsamer werden.**

Das Sehen ist bei heutigen Robotern zwar komplex, aber technisch machbar. Ganz anders sieht es mit dem Greifen und Fühlen aus: Sind Ort, Art und Beschaffenheit des zu greifenden Objekts nicht genau bekannt, stellt sich ein Kleinkind weit geschickter an als jede Roboterhand, da diese nicht fühlen kann. Vivek Maheshwari und Ravi F. Saraf vom Department of Chemical Engineering der University of Nebraska, Lincoln, sind nun einer Lösung dieses Problems deutlich näher gekommen.<sup>1)</sup>

Die beiden Wissenschaftler haben eine 100 nm dicke und 2,5 cm<sup>2</sup> große „Folie“ entwickelt, mit der sich eine räumliche Auflösung von rund 40 µm und eine Höhenauflösung von weniger als 5 µm erzielen lässt. Zum Vergleich: Ein Finger schafft 40 bzw. 2 µm. Bisherige taktile Sensoren mit mehr als 1 cm<sup>2</sup> Fläche erreichen dagegen Auflösungen, die um eine Größenordnung schlechter sind.

Maheshwari und Saraf bauten ihren Sensor aus wechselnden Schichten von Gold- (10 nm dick) und Cadmiumsulfid-Nanopartikeln (3 nm dick) auf, die durch dielektrische Polymerschichten voneinander getrennt sind. Die Wissenschaftler nutzten dazu keine Lithografie, sondern schieden das Material Schicht für Schicht aus einer Lösung ab. In seiner vertikalen Richtung leitet dieser Film Strom, da Elektronen zwischen den Gold- und Cadmiumsulfidschichten tunneln.

Die Folie wandelt einen lokalen mechanischen Druck in optische beziehungsweise elektrische Signale um. Tunneln Elektronen durch die Cadmiumsulfidschicht, erzeu-

gen sie Elektrolumineszenzlicht, dessen Intensität proportional zur Druckkraft ist. Das Licht erfassen die beiden Forscher mit einer CCD-Kamera. Außerdem ist die gemessene Stromdichte bei einer von außen angelegten Spannung ebenfalls proportional zur Druckkraft.

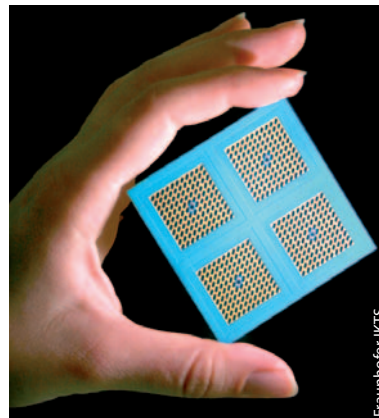
Ob der Sensor robust genug für den Einsatz bei „führenden Roboterhänden“ ist und ob seine Leistungseigenschaften zeitlich stabil bleiben, ist noch ungeklärt. Das Lumineszenzsignal einer Greifhand, die mit dem Film überzogen ist, zu erfassen und richtig zu verarbeiten, dürfte nicht ganz einfach sein.

## ■ Energiereiche Flachmänner

**Eine Herstellungsmethode aus der Elektronik ermöglicht preiswertere keramische Brennstoffzellen.**

Mikrobrennstoffzellen könnten eines Tages Batterien als kleine, kompakte Energielieferanten ergänzen. Da sie aus vielen kleinen Einzelteilen bestehen, ist ihre Herstellung jedoch aufwändig und ihr Betrieb störanfällig. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme, Dresden, haben nun eine Mikrobrennstoffzelle „aus einem Guss“ produziert. Sie nutzten dazu die in der Elektronikproduktion verbreitete LTCC-Technologie (Low Temperature Co-fired Ceramics). Mit LTCC lassen sich mehrlagige elektronische Schaltungen aus gesinterten Keramiken fertigen. Den Dresdner Wissenschaftlern gelang es mit marktüblichen LTCC-Maschinen, die Kanäle, durch die der Brennstoff strömt, direkt in die Keramik einzubringen, was die ansonsten notwendigen Schläuche überflüssig macht.

Im Gegensatz zum üblichen dreidimensionalen Aufbau als Brennstoffzellen-Stack sind die einzelnen Elemente der LTCC-Zellen nebeneinander angeordnet. Ihre Leistung ist proportional zur Fläche, der Wirkungsgrad von 18 bis 20 Prozent entspricht dem anderer Mikrobrennstoffzellen. Die LTCC-Zellen sind nur 3 bis 6 mm dick



Keramische Mikrobrennstoffzellen sind nur wenige Millimeter dick und billig produzierbar.

und lassen sich beliebig formen. Neben Wasserstoff oder Methanol lässt sich in den Zellen beispielsweise auch Ameisensäure als Energieträger nutzen, die zwar eine hohe Leistungsdichte ermöglicht, aber die Materialien gewöhnlicher Brennstoffzellen zersetzt. In die derzeitigen Labormuster haben die Wissenschaftler neben den Kanälen erste elektronische Bauelemente integriert, künftig sollen weitere aktive Elemente folgen, z. B. Drucksensoren oder Ventile.

Die Grenzen des Fertigungsverfahrens ergeben sich aus den Kosten und aus der Technik, sein ökonomischer Einsatzbereich liegt zwischen 0,3 und 3 Watt. Da die Leistung mit der Fläche steigt, eine LTCC-Platte aber etwa zehnmals teurer als eine Kunststoffleiterplatte ist, sind bei hohen Leistungen klassische Mikrobrennstoffzellen-Stacks wirtschaftlich sinnvoller. Die untere Grenze bestimmen die Strukturbreiten von 100 µm, die mit der LTCC-Technik noch zuverlässig reproduzierbar sind. Anwendungen für ihre Brennstoffzellen sehen die Fraunhofer-Forscher in der Mikroenergie-technik – und zwar dann, wenn es fernab von einem Stromanschluss um sehr lange Laufzeiten geht. Beispiele sind mobile Ladegeräte, die Langzeitüberwachung von Patienten sowie energieautonome Sensoren in der Prozessleittechnik.

Michael Vogel

<sup>1)</sup> V. Maheshwari et al., Science 312, 1501 (2006)