

Schwebezug mit Supraleitung

Nahezu museumsreif mutet die Schwebetechnik eines Transrapids beim Anblick des supraleitend gelagerten Fahrzeugs aus dem Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstofforschung (IFW) in Dresden an. Denn der einsitzige Prototyp „SupraTrans“¹⁾, den Forscher um Ludwig Schultz kürzlich auf der Fachmesse InnoTrans in Berlin präsentierten, wird durch 40 eingebaute Blöcke aus Hochtemperatur-Supraleitern (YBCO-Keramik) in einem stabilen Schwebezustand



gehalten. Auf einem sieben Meter langen Fahrweg kann er bereits eine Last von 350 Kilogramm transportieren.

In insgesamt vier Kryostaten werden die Cuprat-Blöcke mit flüssigem Stickstoff auf minus 196 Grad gekühlt. Diese Typ-II-Supraleiter fixieren das Fahrzeug horizontal und vertikal über dem Fahrweg, der aus zwei parallel angeordneten Führungsschienen mit Permanentmagneten besteht. Der Luftspalt zwischen Supraleiter und Magnetschiene misst dabei 10 bis 15 Millimeter. Möglich wird dieser magnetische Schwebezustand durch das so genannte Pinning. Dabei greifen äußere Magnetfelder über quantisierte Flussschläuche durch den Supraleiter hindurch. Jede Positionsveränderung verursacht Rückstellkräfte, die den Verankerungskräften der Flussschläuche entsprechen und den Supraleiter in einer stabilen Schwebe positionieren halten.

Als Antrieb dient ein „Langstator“, der über einen Drehstrom eine elektromagnetische Wanderwelle aufbaut. Diese wirkt auf einen am Fahrzeug befestigten Läufer, der dadurch kontinuierlich in Bewegung gehalten werden kann. Die maxima-

le Schubkraft liegt derzeit bei etwa 100 Newton. Erreicht der Prototyp eine Geschwindigkeit von etwa 13 km/h, sind mit höheren Frequenzen noch höhere Geschwindigkeiten möglich.

Im Vergleich zu anderen Magnetschwebetechniken erwarten Schultz und Kollegen, dass mit „SupraTrans“ das Trag- und Führsystem technisch einfacher und mit deutlich geringerem Energieverbrauch betrieben werden kann. Allerdings scheint aus heutiger Sicht ein Einsatz dieser supraleitenden Schwebetechnik für den Personentransport eher visionär. Näher läge ein Transportsystem beispielsweise für die Chip-Industrie, bei der einzelne elektronische Bauteile reibungsfrei in Hochreinstäumen bewegt werden könnten.

1) www.supratrans.de

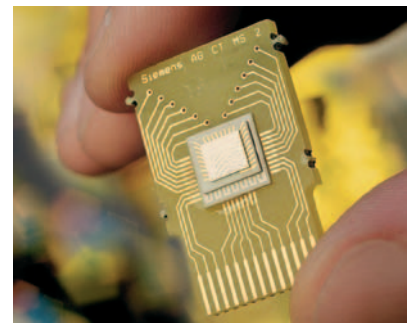
Der Technische Vorstand der Dresdner Verkehrsbetriebe, Frank Müller-Eberstein, testet die neue Schwebetechnik. (Foto: IFW Dresden)

Günstige Gassensoren im Chipformat

Mobile Rauchsensoren, Alkoholester im Handy oder tragbare Ozonwarner für Leistungssportler. Solche Produkte wollen Siemens-Forscher mit weniger als einen Millimeter kleinen Gassensoren möglich machen. In der Arbeitsgruppe um Maximilian Fleischer entwickelten sie die filigranen Detektoren, die mit einer Auslese-Elektronik direkt auf einen Chip kombiniert werden können. Über den in der Halbleitertechnik zur Herstellung integrierter Schaltungen etablierten CMOS-Prozess lassen sich diese Gassensoren deutlich günstiger als andere heute verfügbaren Detektoren herstellen.

Als gasempfindliches Sensormaterial nutzen die Wissenschaftler sowohl Metalloxide (Zinn-, Gallium, Wolframoxid), Titanitrid, Platin und einzelne Polymerverbindungen. Je nach Typ können wahlweise Kohlendioxid, Stickoxide, Ozon oder Ethanol schwachen nachgewiesen werden. Dazu docken die Gasmoleküle an die sensitiven Schichten mit Dicken zwischen wenigen Nanometern und zehn Mikrometern an. Bei diesem Vorgang (Chemisorption, Physisorption) verändert sich in Abhängigkeit von der Gaskonzentration das messbare Potential der elektrisch angeschlos-

senen Sensorschichten. Diese von Gasart und -menge beeinflussten Schwankungen zwischen 10 und 100 Millivolt können über eine in den Sensorchip integrierte Feldeffekttransistor-Schaltung (FET) gemessen werden. Für Kohlendioxid



erreichten die Forscher Genauigkeiten im ppm- (parts per million) und für Stickoxide sogar im ppb-Bereich (parts per billion).

Das Gas absorbierende Verhalten von Metalloxiden wird heute schon bei Sensoren genutzt, doch sind dazu meist Betriebstemperaturen von mehreren hundert Grad nötig. Die neuen FET-Sensoren arbeiten dagegen schon im Bereich zwischen Raumtemperatur und 100 Grad Celsius und könnten dadurch in mobile Geräte wie Handys integriert werden. Ein weiterer Vorteil liegt in dem geringen Stromverbrauch von einem bis rund 100 Milliwatt. Der kleine Aufbau erlaubt es auch, ganze Plattformen mit mehreren Sensormaterialien für den Nachweis verschiedener Gase auf einem Chip zu kombinieren. Nachdem die Siemens-Forscher erfolgreich Prototypen für verschiedene Gastypen herstellen konnten, rechnen sie mit einer Marktreife ihrer Mini-Sensoren in etwa zwei Jahren.

Miniaturisierte Gassensoren eröffnen vielfältige Anwendungen auch für den Alltagsgebrauch. (Foto: Siemens)

Solarzellen von der Rolle

Flexible und transparente Solarzellen auf der Basis organischer Polymer-Halbleiter eignen sich trotz geringer Wirkungsgrade für viele Anwendungen. Die Ideen reichen von Solarmodulen in Kleidungsstücken, die Leuchtdioden oder Taschencomputer versorgen, bis zu großflächigen Solarplanen für eine netzunabhängige Stromversorgung. Auf dem Weg zu einer kostengünstigen

Massenproduktion gelang nun Forschern vom Thüringischen Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung in Rudolstadt ein weiterer Schritt. Mit sehr guter Reproduzierbarkeit konnten sie ihre organischen Solarzellen auf 25 cm² großen Stücken einer biegsamen Polyester-Folie deponieren.²⁾ Damit rückt ein zukünftiges Rolldruckverfahren für solche Solar-Module in greifbare Nähe.

Für einen elektrischen Kontakt beschichteten sie die Polyester-Folie zuerst mit einer leitfähigen und transparenten Lage aus Indiumzinnoxid (ITO). Darauf folgten in mehreren Arbeitsschritten drei rund 100 Nanometer dünne Schichten aus organischen Polymeren (PEDOT, Polyphenylvinyl PPV, PET). In Lösungsmittel verteilt ließen sich die lichtaktiven Kunststoffe über ein Spin-coating-Verfahren sehr homogen auf der Fläche verteilen. Beim Einfall von Sonnenlicht setzt das PPV-Polymer nun Elektronen frei, die danach von den benachbarten Schichten wieder eingefangen werden und dadurch einen Stromfluss ermöglichen. Als abschließende Elektrode dient eine 80 Nanometer dünne Lage aus Aluminium, die zuletzt aufgedampft wird. Die Wirkungsgrade dieser Solarmodule bewegten sich zwischen 1,75 und 3 %.

Auch Forscher des Elektronikonzerns Siemens konnten schon 15 mal 15 Zentimeter große Prototypen organischer Solarzellen herstellen, teilweise sogar mit Wirkungsgraden bis zu 5 %. Auch sie setzen wie die Thüringischen Forscher auf eine Art Gießbeschichtung. Diese könne nach Aussage der Wissenschaftler am ehesten an ein Rolldruckverfahren angepasst werden. Vor einem Marktgang gilt es nun, die Wirkungsgrade weiter zu steigern. Je nach Fortschritt mit einem auf Druckverfahren spezialisierten Partner rechnen die Siemens-Forscher bereits 2005 mit dem Verkauf erster Produkte mit organischen Solarzellen.

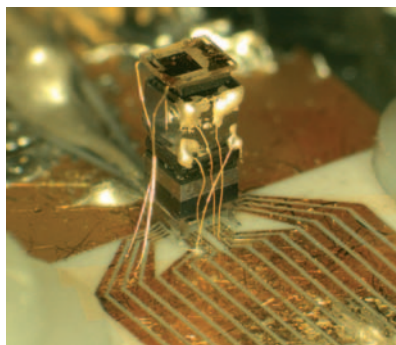
2) Appl. Phys. Lett. 85, 1481 (2004)

Atomuhr in Reiskorngröße

Die eigene Atomuhr am Handgelenk, diese Möglichkeit eröffneten nun amerikanische Physiker mit einer nur einen Kubikmillimeter kleinen Gaszelle für Cäsium-Atome. Aufbauend auf dieser Kernkomponente entstand so am National Institute of Standards and Technology

(NIST) in Boulder die wahrscheinlich kleinste Atomuhr der Welt.³⁾ Bei einem Stromverbrauch von nur 75 Milliwatt reicht sogar eine Batteriespannung von 2,5 Volt aus, um den atomaren Taktgeber zu betreiben.

Mit einer Ganggenauigkeit von rund 10⁻¹⁰ pro Sekunde geht die Uhr in 300 Jahren etwa eine Sekunde falsch. Damit reicht sie zwar nicht an die Präzision (10⁻¹⁵/s) der besten verfügbaren und deutlich größeren Atomuhren heran, doch stellt sie tragbare Schwingquarzsyste-me weit in den Schatten. Wie ihre großen Brüder nutzt der NIST-Winzling einen resonanten



Übergang von Elektronen zwischen zwei Energieniveaus des Cäsium-Atoms. Klassisch werden dabei Mikrowellen mit einer charakteristischen Schwingungsfrequenz absorbiert. Für die Mini-Atomuhr dagegen nutzten die Forscher ein nichtlineares Phänomen in Atomen, bei dem die Elektronen beim Übergang zwischen zwei Energieniveaus durch optische Felder angeregt werden (*coherent population trapping*). Statt Mikrowellen wandert dabei ein abstimmbarer Lichtstrahl eines Diodenlasers durch die 80 Grad heiße Cäsiumdampf-wolke. Die transmittierte Leistung wird mit einer Photodiode bestimmt und erlaubt die genaue Messung der dem atomaren Übergang entsprechenden Resonanzfrequenz.

Aufbauend auf der winzigen Dampfzelle und kombiniert mit Halbleiterdioden-Laser und Steuerungselektronik halten die NIST-Forscher den Bau einer Atomuhr von rund einem Kubikzentimeter Größe für möglich. Solche chip-großen Module könnten nach ihrer Meinung mit verfügbaren Techniken sehr günstig in großen Mengen produziert werden. Eingebaut in tragbare GPS-Empfänger könnten

sie zu genaueren Positionsbestimmungen oder zur besseren Flugkontrolle von Satelliten führen. Auch exaktere Abstimmungen von CPUs in vernetzten Rechnersystemen haben die Forscher im Blick. In einer Armbanduhr dagegen wird man auch in Zukunft diese hohe Genauigkeit kaum benötigen.

3) www.boulder.nist.gov/timefreq/ofm/smallclock/index.htm

Mit einer nur Kubikmillimeter kleinen Gaszelle für Cäsium-Atome lässt sich die kleinste Atomuhr der Welt bauen. (Foto: NIST)

JAN OLIVER LÖFKEN