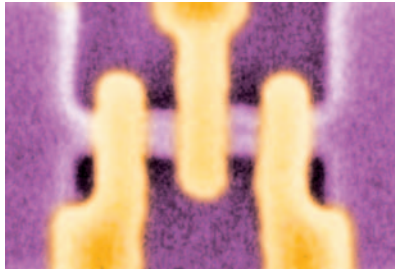


Einzel schalten

In den derzeit kleinsten Transistoren müssen sich immer noch tausende Elektronen in Bewegung setzen, um jeweils ein einziges Bit zu schalten. Lässt sich diese Anzahl reduzieren, locken schnellere Schaltkreise mit einem stark verringerten Stromverbrauch. Vor wenigen Jahren konnten Physiker bereits erste Labormuster von

In der Vergrößerung erkennt man die nur etwa 20 nm breiten Gate-Strukturen über dem elektrischen Kanal des Einzel-Elektron-Transistors. (Quelle: NIST/NTT)



„Einzel-Elektronen-Transistoren“ (SET, single electron transistor) aus metallischen Nanodrähten oder Galliumarsenid-Strukturen aufbauen, in denen sich Bits mit einzelnen Elektronen schalten lassen. Japanischen Wissenschaftlern vom Elektronikkonzern NTT in Kanagawa ist es zusammen mit Kollegen vom amerikanischen National Institute of Standards and Technology in Gaithersburg (NIST) gelungen, ein solches Schaltmodul auf der Basis von Silizium aufzubauen. Nach eigenen Angaben konnten sie dabei erstmals die winzigen Schaltströme zwischen 0 und 1,4 Nanoampere reproduzierbar kontrollieren.

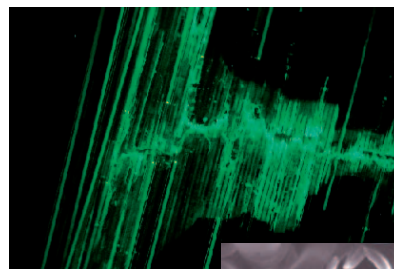
In einem SET schalten die Elektronen, wenn sie durch eine Coulomb-Barriere tunneln. Bei dem jetzt verwirklichten Transistor ließen sich diese Barrieren über unterschiedliche Steuerspannungen von $-1,5$ bis $2,5$ Volt an den wenige Nanometer feinen Gate-Strukturen des Transistors gezielt beeinflussen. Die Leitfähigkeiten veränderten sich dabei kontrolliert über drei Größenordnungen (10^{-6} bis 10^{-9} Siemens). Für die Fertigung der etwa 20 Nanometer feinen Silizium- und Siliziumdioxidzungen des Transistors nutzten die Forscher die Elektronenstrahl-Lithographie. Aber sie hoffen, vergleichbare Strukturen in Zukunft auch mit den in der Halbleiterindustrie bevorzugt genutzten lithographischen Methoden herstellen zu können, bei denen ultraviolettes Licht verwendet wird.

Die NTT- und NIST-Forscher sehen in ihrem SET einen wichtigen Schritt hin zu vielfältig nutzbaren

Schaltelementen. Die reproduzierbare Kontrolle der Tunnelbarrieren spricht dafür. Allerdings zeigte der SET dieses Verhalten nur in einer mit flüssigem Helium auf etwa vier Kelvin tiefgekühlten Umgebung. Höhere Betriebstemperaturen, die für einen marktfähigen SET-Chip eine unbedingte Voraussetzung sind, sollen durch die heute für Speicher und Prozessoren verwendete CMOS-Technik (komplementärer Metall-Oxid-Halbleiter) möglich werden. Jedoch erst, wenn die Strukturen der CMOS-Schaltkreise in den Größenbereich unter zehn Nanometer vordringen.¹⁾

Selbstheilung im Weltraum

Temperaturschwankungen von mehreren hundert Grad oder Einschläge von schnellen Mikrometeoriten belasten die Außenhüllen von Raumfahrzeugen extrem. Leicht können sich winzige Risse und Löcher in der Hülle bilden, die schließlich zu einem größeren Leck führen.



In einer speziell entwickelten selbstheilenden Hülle treten Epoxydharz und eine härtende Chemikalie aus winzigen Röhrchen (rechts) aus und schließen so einen Riss (oben). (Quelle: ESA)



Forscher der Universität Bristol und der europäischen Raumfahrtbehörde ESA entwickeln jetzt eine „Haut“ für Raumschiffe, die sich selbst heilt.

Raumfahrttechniker um den britischen Forscher Ian Bond entwickelten dazu ein mehrschichtiges Material aus Glas- und Kohlefasern. Bei insgesamt 16 Faserschichten besteht jede vierte Lage aus 30 bis 60 Mikrometer feinen Röhrchen aus Glas, die mit flüssigem Epoxydharz bzw. einer härtenden Chemikalie gefüllt sind. Kommt es nun zu kleinen Schäden, zerbrechen die Röhrchen und die beiden austretenden Komponenten vermischen sich. Da sie nicht sofort aushärten, können sie sich gut in den entstandenen

Rissen verteilen. Nach rund 45 Minuten, das ist in etwa die Zeit für eine halbe Erdumrundung im Orbit, wäre so das geschlagene Loch mit dem erstarrten Epoxydharz gestopft. Diesen Vorgang testeten die Forscher erfolgreich bei Temperaturen zwischen -100 und $+100$ Grad Celsius. Das sind jedoch noch keine realistischen Weltraumbedingungen. Bond vermutet daher, dass noch gut ein Jahrzehnt vergehen könnte, bis diese selbstheilenden Schichten in den ersten Hüllen von Satelliten oder Raumtransportern zum Einsatz kommen.

Flüssige Fokussierung

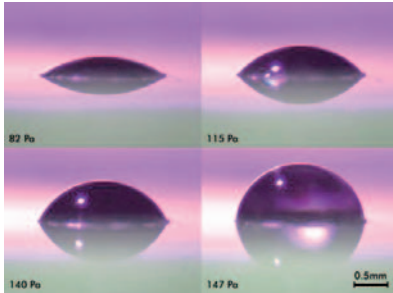
In nahezu jedem Handy befindet sich heutzutage eine Digitalkamera. Einfache Objektive mit starrer Brennweite und das Fehlen eines Autofokus führen trotz Bildchips mit bis zu drei Millionen Pixeln jedoch zu einer eher bescheidenen Qualität der Fotos. Saman Dharmatileke und Kollegen vom Institut für Materialforschung (IMRE) in Singapur haben nun ein Konzept für flüssige Linsen entwickelt, die sowohl Objektive mit variabler Brennweite als auch einen Zoom ermöglichen können.²⁾ Diese Module wären günstig herstellbar und klein genug, um in Handygehäuse zu passen.

Die Linse besteht aus einem wenige Millimeter kleinen Kunststoffgehäuse, das einen Tropfen Wasser enthält. Wegen der Oberflächenspannung bildet sich unter Normalbedingungen eine konvexe Wölbung unter einem Winkel von $73,4^\circ$ aus. Über einen Mikrometer feinen Seitenkanal übten die Forscher Druck von 0 bis 1600 Pascal auf den Tropfen aus, sodass sich die Wölbung des Tropfens veränderte. Dazu führten sie einen kleinen Stempel durch die Öffnung hinein und hinaus. In zukünftigen Optiken könnte sich diese Bewegung z. B. mit einem piezoelektrischen Aktuator bei geringem Strombedarf erreichen lassen. In den ersten Versuchen variierte der Krümmungsradius einer 100 Mikrometer großen flüssigen Linse zwischen 50 und 200 Mikrometern. Das entspricht einer variablen Brennweite zwischen 600 und 150 Mikrometern.

In mehreren Versuche gelang es den Wissenschaftlern, sowohl konvex-planare als auch bikonvexe Linsen herzustellen. Die Durchmes-

1) A. Fujiwara et al., Appl. Phys. Lett. 88, 053121 (2006)

ser bewegten sich dabei zwischen einem Zehntel und drei Millimetern. Nun gilt es, aus dem Labormuster ein geschlossenes Objektiv aufzubauen, das unabhängig von Bewegungen konstante optische Eigenschaften aufweist. Zusätzlich zum Wassertropfen kann dazu der Linsenraum mit flüssigem Polyphenyl-Methylsiloxan aufgefüllt werden, das die gleiche Dichte wie Wasser aufweist, sich mit diesem



Ein winziger Wassertropfen könnte sich, gesteuert durch gezielte Druckveränderung, als flexibles Objektiv für kleine Digitalkameras eignen. (Quelle: IMRE)

aber nicht vermischt. Ein Produkt für filigrane und günstige Objektive im Blick, arbeiten die Forscher mit dem Unternehmen PGS Precision in Singapur zusammen.

Schon vor zwei Jahren hat der Elektronikkonzern Philips erste Prototypen für flüssige Linsen für Handykameras mit Autofokus und Zoom vorgestellt. Deren Optik nutzt die variable Benetzung verschiedener Flüssigkeiten an elektrisch aufgeladenen Randflächen (Electrowetting). Für beide Ansätze wird mit einer Produktreife in wenigen Jahren gerechnet. Weiter sieht sich dagegen die französische Firma Varioptic. Auf dem Fachkongress 3GSM im Barcelona präsentierte sie eine offenbar marktreife Flüssiglense für Fotohandys, die wie der Prototyp von Philips die elektrisch kontrollierbare Benetzung einer Oberfläche nutzt. Die Linse selbst besteht aus zwei Phasen, eine aus Öl, eine aus Wasser.

2) Peter M. Moran et al., Appl. Phys. Lett. 88, 041120 (2006)

Funkchip aus Plastik

RFID-Funketiketten für den Schutz vor Fälschungen bei Markenprodukten und eine reibungslose Logistik sind auf dem Vormarsch. Doch bevor die kleinen, passiven Datenträger den traditionellen Strichcode auf breiter Front ersetzen können,

müssen die Stückkosten noch unter die heute üblichen 10 bis 20 Cent rutschen. Dieses Ziel vor Augen präsentieren nun Entwickler vom Philips-Forschungslabor in Eindhoven auf der Fachmesse International Solid-State Circuits Conference (ISSCC) in San Francisco einen RFID-Chip aus Kunststoff. Das Modul, dessen digitale Daten erstmals über die standardisierte Frequenz von 13,56 Megahertz abgefragt werden können, lässt sich prinzipiell in günstigen Druckprozessen herstellen.

Als flexible Unterlage für ihren Prototyp nutzten die Entwickler eine 25 Mikrometer dicke, flexible Kunststoffschicht. Für den Aufbau von knapp 2000 Transistoren deponierten sie auf dem Substrat wenige hundert Nanometer dünne Strukturen aus dem halbleitenden Polymer Pentacen. Der integrierte Datenspeicher kann sich 64 Bits merken. Für die Abfrage der Information fängt der RFID-Chip über eine Antenne das elektromagnetische Feld eines Lesegeräts ein, wodurch ein Induktionsstrom entsteht. Auf diese Weise konnten die Forscher eine Datenrate von 150 Bits pro Sekunde erreichen.

Für eine günstige Massenproduktion muss dieses Chipdesign noch an geeignete Druckprozesse angepasst werden. Das halbleitende Polymer könnte über eine flüssige Lösung oder Suspension sowohl im Tintenstrahl- als auch über einfachere Offset-Verfahren auf eine flexible Trägerschicht aufgebracht werden. Philips arbeitet dazu im Rahmen des vom Bundesforschungsministerium unterstützten Projekts Politag unter anderem mit Siemens und dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin zusammen. Erst vor wenigen Monaten konnte Arved Hübler von der ebenfalls beteiligten Technischen Universität Chemnitz elektronische Schaltkreise aus halbleitenden Polymeren mit einer mittleren Druckgeschwindigkeit von knapp einem Meter pro Sekunde auf eine 15 Zentimeter breite Polyethylen-Folienbannen. Dieses Rollendruckverfahren könnte es ermöglichen, die Funketiketten der Philips-Forscher für weit unter 10 Cent pro Stück zu produzieren.

JAN OLIVER LÖFKEN