

Minensuche mit dem Laser

Die Bundeswehr hat an der Technischen Universität Clausthal ein Laserprojekt besonderer Art gefördert: die laseroptische Minensuche. Claus Romano und Wolfgang Schade vom Institut für Physik und Physikalische Technologien hatten den Auftrag, verschiedene Sprengstoffe mithilfe von Laserlicht berührungslos zu identifizieren. Herausgekommen ist ein Instrument von der Größe eines Schuhkartons, das infrarotes Laserlicht durch eine Faser auf eine Mine fokussiert und innerhalb von einer Sekunde explosive Substanzen identifiziert.

Eine laseroptische Methode ergänzt die herkömmliche Minensuche. Dafür wird eine Laserfaser in die Nadel integriert, mit der Experten im Boden nach Minen stochnern. (Quelle: Systektum GmbH)



Die laseroptische Minensuche basiert auf der so genannten laserinduzierten Breakdown-Spektroskopie (LIBS), die auch für das Erkennen von Kunststoffen beim Recycling verwendet wird. Man fokussiert einen Laserpuls ausreichender Energie auf die Materialprobe, sodass die Moleküle des Sprengstoffs ionisiert werden. Dabei bildet sich ein Plasma, dessen Lichtemission im ultravioletten Spektralbereich über die Zusammensetzung des Stoffes Aufschluss gibt. Das Plasmaleuchten wird über eine Faser in das Instrument geleitet und spektral analysiert. Häufig vorkommende Komponenten in Sprengstoff sind Cyanid (CN) und Kohlenstoff.

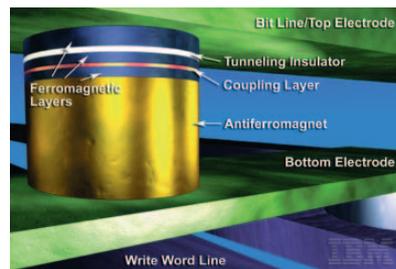
Die alleinige Messung der Elemente reicht jedoch nicht aus, um den Sprengstoff zu charakterisieren. Denn in gewöhnlichen Kunststoffen wie Polyamid und PVC findet man dieselben Substanzen wie in Plastiksprengstoff. Erst der zeitliche Verlauf der Plasma-Emission dient als Fingerabdruck der gefährlichen Substanz. Romano und Schade haben für verschiedene Sprengstoffe charakteristische Intensitätskurven bestimmt. Bisher können sie TNT, HNS, PVC und Polyamid voneinander unterscheiden. Ziel ist eine Klassifizierung von mehreren Dutzend Explosivstoffen.

Für das Aufspüren von versteckten Minen taugt das Gerät noch

nicht. Schließlich muss man es dicht über die Mine halten und kann nicht einfach den Boden wie mit einer Taschenlampe abschnappen. Schon eine dünne Erdschicht verhindert die zuverlässige Erkennung. Daher soll das Spektrometer die herkömmliche Technik des Stocherns ergänzen (s. Abb.). Bislang wird der Boden mit stricknadeldünnen Titanstangen durchstochen. Hindernisse im Boden werden behutsam von Hand freigelegt. Integriert man die Laserfaser in die Nadeln, ließe sich schneller unterscheiden, ob im Boden eine Mine oder nur eine Plastikflasche vergraben ist. Dafür müssen die Forscher allerdings noch einen stärkeren Laser bauen, der das Kunststoffgehäuse der Antipersonenminen durchdringt; Metallgehäuse sind eher selten, da sie sich mit einem Metalldetektor erkennen lassen.

Neustart ohne Wartezeit

Das oft langsame Hochfahren des Computers wird zuweilen als „Bill Gates Gedenkminute“ bezeichnet. Doch das könnte bald ein Ende haben. IBM und Infineon präsentierten Anfang Juni einen neuen Speicherchip, der das Laden von



In einem magnetischen RAM werden die Bits im Elektronenspin kodiert. Die Spinpolarisierung in der oberen ferromagnetischen Schicht hängt von der Stromrichtung in der Top-Elektrode ab. Nach dem Ausschalten des Computers bleibt die Polarisierung erhalten. Ausgelesen wird das Bit mittels eines Tunnelstroms durch die Sandwichstruktur. (Quelle: IBM)

Programmen und das Starten des Rechners erheblich beschleunigen soll. Der MRAM-Chip kodiert Bits und Bytes in der magnetischen Orientierung der Ladungsträger (siehe Abb.). Im Jahr 2005 soll der neue Chip auf den Markt kommen.

Die MRAM-Technologie soll die Vorteile herkömmlicher Speichertechnologien vereinen (MRAM steht für Magnetic Random Access Memory). Weit verbreitet sind bislang statische RAMs und dynamische

RAMs in Computern sowie Festspeicher (Flash Memory) als transportable Speicher für Digitalkameras und MP3-Player. In einem statischen RAM werden die Bits durch Flip-Flop-Schaltungen kodiert. Für ein Bit sind vier bis sechs Transistoren notwendig. Dieses Konzept macht statische RAMs schnell – aber aufgrund des Platzbedarfs auch teuer. Statische RAMs werden daher meist nur in der CPU-Einheit des Rechners eingesetzt.

Wer eine Speichererweiterung für seinen Rechner kauft, erhält dagegen meist ein dynamisches RAM. In diesem Baustein wird ein Bit durch das Aufladen eines Miniaturkondensators auf „1“ gesetzt. Der Kondensator und der Transistor für die Ansteuerung brauchen wenig Platz. Der Nachteil: dynamische RAMs müssen mehrere tausend mal pro Sekunde wieder aufgefrischt werden. Das verbraucht Strom und kostet Zeit.

Festspeicher, die gerade als USB-Sticks mit mehr als hundert Megabyte Kapazität populär werden, speichern Informationen durch Deposition von Elektronen an einer isolierenden Oxidschicht. Sie benötigen keine externe Energieversorgung. Allerdings lassen sie sich nur etwa 100000-mal beschreiben und wieder auslesen – genug für die Digitalkamera, zu wenig für den PC.

Die neuen MRAMs von IBM und Infineon sollen so schnell wie statische RAMs sein, die Speicherdichte von DRAMs haben und sich wie Festspeicher quasi instantan auslesen lassen. In einem magnetischen RAM wird die digitale Information im Spin der Elektronen kodiert. Jedes Bit besteht aus ferromagnetischen Schichten, die durch eine isolierende Schicht getrennt sind (siehe Abb.). Die Spinpolarisierung lässt sich durch die Stromrichtung in der Top-Elektrode steuern. Nach dem Ausschalten des Computers bleibt die Polarisierung erhalten. Ausgelesen wird das Bit, indem man eine Spannung an die Sandwichstruktur legt. Je nach Ausrichtung der Spins misst man einen charakteristischen „Tunnelmagnetowiderstand“.

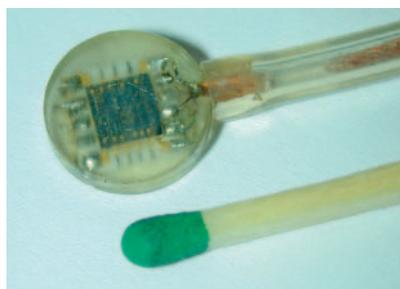
Der Chip, den IBM und Infineon Anfang Juni auf einer Fachtagung in Kyoto vorstellten, beruht auf Halbleiterstrukturen mit Abmessungen von 180 Nanometer. Für ein Bit reichte eine Fläche von 1,4 Quadratmikrometern. In Kyoto wurde ein Modul mit 128 Kilobit präsentiert,

das als Basis künftiger MRAM-Speicher dienen soll. Das Speichermodul ließ sich unbeschadet 680 Millionen Mal beschreiben und wieder auslesen.

Das MRAM-Prinzip ist zwar schon länger bekannt. IBM und Infineon ist es nun jedoch gelungen, Speichereinheit und Logik für die Ansteuerung platzsparend zu integrieren.

Schwingkreise im Reifen

Zu den letzten sensorfreien Zonen im Auto gehört der Reifen, genauer: das Außenprofil. Im Innern haben viele Hersteller bereits Drucksensoren auf der Felge montiert. Doch außen, wo man gerne Verformungen und Reibung messen würde, herr-



Nicht viel größer als ein Streichholzkopf ist der Prototyp eines Sensors, der einmal an der Außenseite von Autoreifen vor Aquaplaning und Glatteis warnen könnte. (Quelle: TU Darmstadt)

schen widrige Bedingungen. Die Sensoren müssen Wasser, Schnee, Steine, Staub und Hitze aushalten können. Am Bonner Forschungszentrum caesar wurde jetzt zusammen mit dem Reifenhersteller Goodyear ein neuer Sensor entwickelt, der unter diesen Umständen noch funktioniert und berührungslos ausgelesen werden kann.

Im Labor werden Reifensensoren schon seit mehr als zehn Jahren erforscht. An der TU Darmstadt experimentierten Bert Breuer und seine Mitarbeiter zunächst mit kleinen Magneten, die sie in die Reifenprofile einklebten. Einen fingerbreit entfernt montierten sie Hall-Sonden. Bei einer Verformung verschoben sich Magnet und Hall-Sonde relativ zueinander. Die Schwankung in der Hall-Spannung diente als Maß für die Verformungskraft, aus der man wiederum auf die Haftung des Reifens schließen kann. Der Nachteil: Für die Stromversorgung und das Auslesen des Signals müssen Batterien und Schleifkontakte in den Reifen integriert werden – keine schöne Aussicht für Autohersteller. Außerdem hielten

die Sensoren nur eine Geschwindigkeit von 50 km/h aus.

Eckhard Quandt und seine Mitarbeiter vom Forschungszentrum caesar haben jetzt einen Sensor entwickelt, der etwa einen Zentimeter lang ist und zusammen mit einer Antenne in den Reifen vulkanisiert wird. Der Sensor funktioniert wie ein elektrischer Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz durch die Verformung des Reifens verändert wird. Der Schwingkreis wird von einem Radiofrequenzpuls angeregt. Ein Detektor im Radkasten registriert das Echo – hunderttausend Messwerte pro Sekunde. Daraus können die Forscher auf die Haftung des Reifens schließen. Auch der Reifendruck lässt sich aus den Werten ableiten. Da sowohl Scherkräfte als auch Normalkräfte die Resonanzfrequenz beeinflussen, ist die Datenauswertung kompliziert. Welche Ideen es dazu gibt und wie der Sensor genau funktioniert, will Projektleiter Eckhard Quandt allerdings nicht verraten.

In einem alternativen System von der TU Darmstadt, Continental und BMW werden über einen Funkwandler mechanische Oberflächenwellen auf einem Chip angeregt (Foto). Ähnliche Bauelemente dienen in Handys als Frequenzfilter. Auch diese Resonanzfrequenzen ändern sich, wenn ein äußerer Druck auf den Chip einwirkt.

Die neuen Reifensensoren sollen den Fahrer rechtzeitig vor Aquaplaning und Glatteis warnen und gegebenenfalls ein automatisches Gegensteuern unterstützen.

Gecko-Tape aus dem Labor

Zu den Tieren, die auch Physiker entzücken, gehört der Gecko. Die feinen Härchen an den Tatzen der Echse haften durch zwischenmolekulare Kräfte am festen Untergrund.

Englische und russische Physiker haben nun ein Klebeband entwickelt, das die Geckofüße nachahmt.¹⁾ Ihre Arbeit basiert auf einer Untersuchung amerikanischer Physiker, die in den vergangenen Jahren die Geckohaftung quantitativ untersucht haben. Diese hatten herausgefunden, dass ein einzelnes Gecko-Härchen ein Gewicht von 100 Nanonewton tragen kann. Dafür sorgen zwei Kräfte: die kurzreichweitige van der Waals-Kraft, auch zwischenmolekulare Kraft genannt, sowie die Kapillarkraft, die

zwischen hydrophilen Materialien in feuchter Umgebung wirkt. Bei dem typischen Durchmesser der Gecko-Härchen von einem halben Mikrometer sind van der Waals-Kräfte und Kapillarkräfte etwa gleich groß. Millionen von Härchen tragen ein Gewicht von 10 Newton pro Quadratzentimeter. Eine mit Geckohärchen bestückte Briefmarke dürfte demnach ausreichen, um einen Ziegelstein zu tragen.

In ihren ersten Experimenten brachten Andre Geim von der University of Manchester und seine Kollegen dünne Kunststoffhärchen auf ein Siliziumsubstrat auf. Dazu beschichteten sie das Substrat zunächst mit einem dünnen Film Polyimid (auch als „Kapton“ bekannt). Mithilfe von Elektronenlithographie strukturierten sie die Oberfläche und ätzen kleine Säulen in den Kunststoff (Abb.). Das Ergebnis war allerdings enttäuschend: Ein Quadratzentimeter konnte gerade mal ein Gramm halten. Doch nachdem die Physiker den behaarten Polyimid-Film von dem festen Substrat abgezogen und auf ein flexibles Klebeband aufgebracht hatten, verbesserte sich die Klebekraft fast um das tausendfache. Ein halber Quadratzentimeter reichte aus, um eine 40 Gramm schwere Spielfigur unter eine Glasplatte zu hängen.

Das Klebeband könne sich anders als das Silizium-Substrat an die mikroskopischen Unebenheiten der Platte anpassen und dadurch die Kontaktfläche vergrößern, vermuten die Forscher. Eigentlich wollten sie genug Gecko-Tape produzieren, um einen Mitarbeiter an die Außenseite eines Hochhaus zu hängen, sagte Geim später. Das hätte aus wissenschaftlicher Sicht jedoch kaum einen Erkenntnisgewinn gebracht. Daher der Spiderman aus Plastik.

In der Praxis hätte Spiderman allerdings ein Problem: Nach mehrmaligem Ablösen und Anheften versagte das Wundertape seinen Dienst. Mit dem Elektronenmikroskop diagnostizierten die Forscher zahlreiche umgeknickte Härchen. Viele Polymerfäden klebten, durch die Kapillarkraft fixiert, am Tape.

MAX RAUNER

Winzige Säulen in einem Polyimid-Film (oberes Bild) lassen eine Spiderman-Spielfigur an der Decke haften – dank van der Waals- und Kapillarkraft. (Quelle: A. Geim, University of Manchester)



1) A. Geim et al., Nature Materials DOI 10.1038/nmat 917 (2003)