

## ■ Durchsichtiges Papier

**Papier aus nanometergroßen Zellulosefasern ist transparent und eignet sich als Träger für elektronische Schaltungen.**

Glas ist wegen seiner geringen Temperaturexpansion ein geeigneter Trägerwerkstoff für elektronische Geräte. Da es aber zerbrechlich ist, suchen Wissenschaftler nach Alternativen und haben dazu vor allem Kunststoffe erforscht. Leider

die Transparenz bis über 70 Prozent bei 600 nm Wellenlänge. Den Wissenschaftlern gelang es, die glatte Oberfläche auch auf andere Weise herzustellen, z. B. indem sie optisch transparente Kunststoffschichten auf das Papier laminierten oder durch Bedrucken mit einer geeigneten Tinte. Auch die Beschichtung mit transparenten leitfähigen anorganischen Materialien wie Indiumzinnoxid ist machbar. Manche Verfahren liefern zudem eine Schicht, die das Nanofaserpapier vor Feuchtigkeit schützt.

dessen Nähe, richtet sich deren Magnetisierung an dem äußeren oszillierenden Feld aus. An allen anderen Stellen bestimmt das statische Feld die Magnetisierungsrichtung der Partikel. Da deren Magnetisierung nicht linear verläuft, erzeugt die Umorientierung in der Nähe des feldfreien Punktes ein Signal, das sich mit einer Empfängerspule messen lässt und proportional zur Konzentration der Partikel ist. Bewegen die Forscher den feldfreien Punkt durch die Probe, können sie die räumliche Verteilung des Tracers bestimmen. Für 3D-Bilder sind neben dem oszillierenden Magnetfeld drei senkrecht zueinander stehende erforderlich.

## ■ Bilder dank Ferromagnete

**Ein medizinisches 3D-Bildgebungsverfahren arbeitet mit magnetischen Tracern.**

Tomografische Untersuchungsmethoden wie die Computer- (CT) oder Magnetresonanztomografie (MRI) gehören seit Jahrzehnten zum Standardrepertoire in der Medizin. Jede hat ihre Vor- und Nachteile. Forscher von Philips haben vor vier Jahren das Prinzip einer neuen Methode vorgestellt, mit der sie nun erstmals von einem lebenden Organismus 3D-Scans in Echtzeit gewinnen konnten.<sup>2)</sup> Das sog. Magnetic Particle Imaging (MPI) nutzt die Magnetisierung von Tracerpartikeln aus und unterscheidet sich damit vom MRI, das auf dem Umklappen der Kernspins beruht.

Ein MPI-Scanner arbeitet mit einem statischen und einem oszillierenden Magnetfeld. Das statische Feld erzeugen die Wissenschaftler mit einer Helmholtz-ähnlichen Spulenordnung; es besitzt einen einzigen feldfreien Punkt. Befinden sich ferromagnetische Partikel in

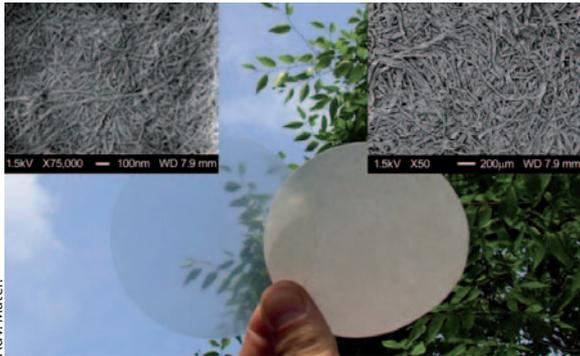
Die Philips-Wissenschaftler injizierten Mäusen Eisenoxidpartikel, wie sie auch für MRI-Untersuchungen verwendet werden, in den Blutkreislauf und nahmen mit dem neuen Verfahren erfolgreich 3D-Bilder vom Herzen auf. Sie arbeiteten dabei mit klinisch zugelassenen Tracer-Konzentrationen. Die zeitliche Auflösung der Scans erreicht 21,5 ms bei einem Bildfeld von  $20 \times 12 \times 17 \text{ mm}^3$ , die räumliche ist hoch genug, um alle Herzkammern aufzulösen.

Beim Sprung zu einem MPI-Tomograf, der sich für Menschen eignet, sind noch einige Probleme zu lösen. So ist es z. B. nicht ganz einfach, die für diese Dimensionen passenden Magnetfelder zu erzeugen oder das schwache Signal der Partikel zuverlässig auszulesen.

## ■ Wachsame Fenster

**Eine mit Kunststoff beschichtete Glasscheibe bildet das Herz eines Überwachungssystems.**

Lichtschranken oder Bewegungsmelder schützen Gebäude vor unerlaubtem Betreten oder schalten die Beleuchtung an. Sie arbeiten mit passiven oder aktiven Sensoren, manchmal mit einer Kombination aus beidem. Wissenschaftler der Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymerforschung in Golln und für Rechnerarchitekturen und Softwaretechnik in Berlin nutzen



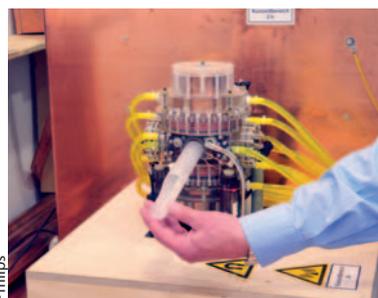
Adv. Mater.

Optisch durchsichtiges Nanopapier (links) besteht aus 15 nm dünnen Zellulosefasern, in gewöhnlichem Papier (rechts) sind die Fasern 30 µm dick.

haben diese einen hohen Wärmeausdehnungskoeffizient – vor allem wenn sie elastisch sind. Eine Arbeitsgruppe der Universität Kyoto um Hiroyuki Yano hat in Zellulosefasern eine interessante Alternative gefunden.<sup>1)</sup>

Die Japaner nutzen als Ausgangsmaterial dieselbe Zellulose, aus der Papiermühlen ihre Erzeugnisse fertigen. Allerdings bearbeiten sie die mikrometergroßen Fasern in einem ausgeklügelten Prozess so, dass nur noch Fasern mit 15 bis 20 nm Durchmesser übrig bleiben. Diese Nanofasern bestehen aus bündelförmigen Fibrillen, die höchstens 4 nm Durchmesser haben. Aufgrund der Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Zellulosemolekülen bilden sich kristalline Domänen aus. Papier aus diesen Nanofasern hat einen ähnlich geringen Wärmeausdehnungskoeffizient wie Quarz und ist fünfmal fester als Weichstahl. Wärme überträgt es ähnlich gut wie Glas.

Mehr noch: Da die Nanofasern im Papier dicht an dicht liegen, streuen sie kaum Licht – das Papier wird transparent. Das aus ihnen gepresste Rohpapier ist zunächst etwas lichtdurchlässig, aber durch eine Politur mit Schleifpapier steigt



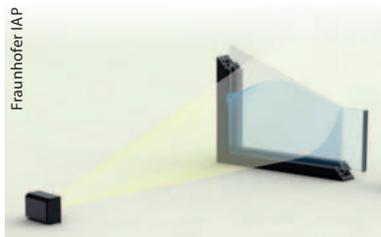
Philips

Philips' neues Magnetic Particle Imaging nutzt die Magnetisierung von Tracern.

1) M. Nogi et al., Adv. Mater., DOI: 10.1002/adma.200803174

2) J. Weizenecker et al., Phys. Med. Biol. 54, L1 (2009)

3) K. Okamoto et al., Appl. Phys. Lett. 94, 071105 (2009)



UV-Licht fällt auf eine beschichtete Fensterscheibe und erzeugt Fluoreszenzlicht, das der Detektor auffängt.

für einen neuen Ansatz Fensterscheiben als Detektorflächen.

Dazu beschichten sie das Glas mit einem Kunststoff, der dank Zusatzpartikel fluoresziert. Fällt UV-Strahlung auf die präparierte Scheibe, emittiert der Kunststoff Licht, das sich aufgrund von Totalreflexion zum großen Teil innerhalb des Glases ausbreitet. Mit Fotodetektoren oder Solarzellen lässt es sich messen. Tritt jemand zwischen UV-Quelle und Scheibe, emittiert der Kunststoff nicht mehr, und die Auswertelektronik meldet ein Objekt vor der Scheibe – fertig ist der Bewegungsmelder.

Als Kunststoff nutzen die Forscher u. a. Zellulose-Acetat. Es ist amorph, trübt also die Scheibe nicht, und hat einen Brechungsindex, der mit dem von Glas vergleichbar ist. In das Acetat lagern sie Nanopartikel ein, die im Ultravioletten absorbieren. Hierfür eignen sich z. B. Halbleitermaterialien auf Basis von Zinksulfid, Yttriumvanadat oder Lanthanphosphat. Der präparierte Kunststoff lässt sich mit Airbrush-Technik oder Filmgießen auf das Glas aufbringen.

Als Demonstrator haben die Forscher eine Scheibe mit 25 cm Kantenlänge beschichtet und an jeder Kante vier Sensoren angebracht. Ihre Zahl hängt von der Größe des zu überwachenden Feldes und der zu erfassenden Objekte ab. Über einen Algorithmus lässt sich ermitteln, in welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit sich ein Objekt bewegt. Als UV-Quelle genügt die Raumbelichtung, da jede Lampe auch ultraviolette Strahlung emittiert. Nun wollen die Wissenschaftler die Haltbarkeit der Beschichtung und die Anforderungen im Hinblick auf konkrete Anwendungen untersuchen.

## ■ Grünlisches Leuchten

**Eine Galliumnitrid-Laserdiode strahlt im kontinuierlichen Betrieb bei 499,8 nm.**

Die Entwicklung einer Laserdiode im grünen Spektralbereich ist ein Ziel der Halbleiterfertigung. Eine solche Diode wäre z. B. eine kompakte und effiziente Strahlungsquelle für mobile Projektoren. Forscher des japanischen Halbleiterherstellers Rohm haben nun das Labormuster eines GaN-Lasers vorgestellt, der bei 499,8 nm emittiert.<sup>3)</sup> Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Eigenerwärmung der Diode, durch die sich ihr Strahlungsmaximum um gut 10 nm zu längeren Wellenlängen verschiebt. Allerdings verkürzt sich dadurch die Lebensdauer der Diode deutlich, sodass sich der Effekt nicht für eine Massenproduktion eignet.

Die Wissenschaftler stellten zwei Varianten der Diode her, für die sie kommerzielle Substrate aus sog. m-plane-GaN als Ausgangsbasis nutzten. Mithilfe der metallorganischen chemischen Gasphasenabscheidung brachten sie eine InGaN-Vielquantentopf-Diode auf das nichtpolare Material auf. Die optischen Resonatoren der Bauteile waren so ausgelegt, dass die Auskoppelspiegel 70 bzw. 97 Prozent des Lichts reflektierten.

Die Wellenlänge der Laseremission steigt mit zunehmender Eingangsleistung: Mit 3,03 W erreichen die Dioden mit den höher reflektierenden Auskoppelspiegeln eine Ausgangsleistung von 15 mW bei 499,8 nm. Ihre Schwellenstromdichte beträgt 3,1 kA/cm<sup>2</sup> bei einem Schwellenstrom von 46 mA. Die Dioden mit 70 Prozent Reflektivität benötigen eine geringere Schwellenstromdichte (2,8 kA/cm<sup>2</sup>), um die maximale Ausgangsleistung von 92 mW zu erreichen – dann aber bei 492,8 nm. Beide Labormuster liefern bessere Werte als der bisherige Rekordhalter unter den GaN-Laserdioden: ein Labormuster, das Rohms japanischer Konkurrent Nichia Anfang 2008 präsentiert hatte. Es emittierte 5 mW bei 488 nm.

Michael Vogel