

■ Innerer Spannung auf der Spur

Neutronen-Diffraktometer weist Materialermüdungen auch tief im Innern von Werkstücken nach.

Verdichterräder in Turbinen bringen große Mengen an Gasen oder Flüssigkeiten auf hohen Druck. Bricht ein solches Verdichterrad infolge von Materialermüdungen,



FRM II/TU München

Dank Neutronenstreuung lassen sich Materialermüdungen in Verdichterrädern frühzeitig erkennen.

kann die gesamte Turbine Schaden nehmen – teure Reparaturen sind die Folge. Daher ist es für die Hersteller wichtig, bereits in der Phase der Entwicklung die Belastungsgrenzen der Bauteile zu berechnen.

Physiker um Michael Hofmann von der TU München haben nun für einen Industriekunden ein solches Verdichterrad vermessen. Das Unternehmen hatte ursprünglich einen Dienstleister damit beauftragt, den Herstellungsprozess mathematisch zu modellieren. Dabei fand dieser heraus, dass es im Innern des Aluminiumrohlings zu starken mechanischen Spannungen kommt. Die Ingenieure des Herstellers glaubten ihm aber nicht. Mit dem Diffraktometer STRESS-SPEC der Forschungsneutronenquelle FMR II vermaß Hofmanns Arbeitsgruppe daher das Verdichterrad, um die Diskussionen zu beenden.

Die Neutronen werden am Kristallgitter des Materials gebeugt, wobei die Winkelablenkung Rückschlüsse auf Irregularitäten erlaubt: Jede innere mechanische Spannung äußert sich letztlich in abweichenden Gitterparametern.

Hofmanns Arbeitsgruppe maß die Dehnungen entlang dreier radialer Linien im Verdichterrad und berechnete daraus die Spannung.

Die tensorielle Natur der Spannung erfordert eine Vergleichsmessung an einer spannungsfreien Probe desselben Materials. Die notwendige Auflösung des Diffraktometers legt ein zuvor gewähltes Blenden-system fest und war in diesem Fall unkritisch, da sich der Spannungsverlauf in großen Körpern nicht sprunghaft im Millimeterbereich ändert. So genügte ein Abstand von zehn Millimetern zwischen den Messpunkten.

Der Realitätscheck mit dem Diffraktometer zeigte, dass die Theoretiker recht hatten: Im Herstellungsprozess kommt es zu unerwartet großen Spannungen.

■ Tomograf für die Aktentasche

Ein blumentopfgroßes Magnetresonanzspektroskop kann organische Proben analysieren.

Die Magnetresonanzspektroskopie (NMR) erlaubt tiefe Einblicke in die atomare Struktur und Dynamik von Biomolekülen und Gewebe. In der Medizin gehören Kernspintomografen zu den wichtigsten Bildgebungsverfahren bei der Diagnose. Die Geräte sind groß, teuer und personalintensiv. Für industrielle Anwendungen sind sie daher meist nicht geeignet, dabei gäbe es dort durchaus Bedarf: Etwa in der Lebensmittelindustrie, um den Fett- oder Wassergehalt von Nahrungsmitteln zu ermitteln, oder in der Holzverarbeitenden Industrie, um die Holzqualität zu bestimmen.

Zusammen mit dem neuseeländischen Unternehmen Magritek

haben Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik (IBMT) in St. Ingbert daher ein tragbares NMR-Gerät entwickelt, das sich für solche Anwendungen eignet und sich auch mit Batterien betreiben lässt. Statt supraleitender Magnete verwenden sie Permanentmagnete, da für die Analyse von Proben natürlich viel kleinere homogene Magnetfeldvolumina genügen als bei der Untersuchung eines Menschen.

Das kürzlich vorgestellte Modell, das Magritek bereits vermarktet, besteht aus einem Gehäuse von der Größe eines Brotlaibs, in dem acht senkrecht stehende, zylindrische Permanentmagnete im Kreis angeordnet sind. Sie sind justierbar und erzeugen über dem Gehäuse ein ungefähr würfelförmiges, weitgehend homogenes Magnetfeld von rund 3 cm Kantenlänge und einer Stärke von 75 mT. Im Deckel des Gehäuses steckt eine Oberflächen-spule, die als Sensor dient.

Mit dem NMR-Gerät ist keine höchstauflösende Spektroskopie möglich – J-Kopplungen lassen sich z. B. nicht messen –, aber Relaxationszeitanalysen und Spektren geringerer Auflösung. Diese reichen für viele Anwendungen völlig aus. Seit der Vorstellung des Geräts in Deutschland gab es bereits ein Dutzend konkrete Anfragen aus der Industrie. Dabei geht es oft darum, spezifische Anforderungen zu erfüllen – wie andere Magnetsensorkonfigurationen oder andere Formen des Messgebiets.

■ Vorstoß ins Ultraviolette

Eine elektrisch gesteuerte UV-Laserdiode arbeitet bei einer Wellenlänge von 342 nm.

Laserdioden, die bei immer kürzeren Wellenlängen emittieren, sind für chemische Analysen und Datenspeicherung interessant, weil sie eine bessere Auflösung bzw. eine höhere Speicherdichte erlauben. Blue-ray-Laufwerke z. B., der künftige Speicherstandard, beschreiben die Discs mit einem Laser, der eine Wellenlänge von 405 nm hat.

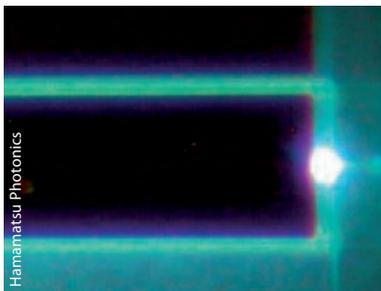


Fraunhofer-IBMT

Ein portables Magnetresonanzspektroskop erlaubt Analysen direkt vor Ort.

1) H. Yoshida et al., Nature Photonics AOP 27 July 2008; doi:10.1038/nphoton.2008.135

2) K. D. Singer et al., Optics Express 16, 10358 (2008)



Kurzwellige Laserdioden ermöglichen neue Anwendungen in Datenspeicherung und Analyse.

Japanischen Wissenschaftlern von Hamamatsu Photonics ist es nun gelungen, eine Laserdiode bei 342 nm Wellenlänge zum Leuchten zu bringen, die elektrisch betrieben wird.¹⁾ Sie arbeitet bei Zimmertemperatur und erreicht eine Ausgangsleistung von 16 mW. Zwar gab es in der Vergangenheit bereits Experimente mit Laserdioden, die zwischen 343 und 365 nm emittierten, aber detaillierte Charakteristika haben Forschungsgruppen nur für Dioden veröffentlicht, die jenseits von 350 nm emittieren.

Die Wissenschaftler bei Hamamatsu nutzen als aktive Schicht der Laserdiode AlGaIn, das wegen seiner großen Bandlücke von 3,4 eV bei Wellenlängen kürzer als 365 nm emittieren kann. Sie verzichten auf Indium-Cluster, die blau-violette Laserdioden in ihrer aktiven Schicht nutzen, um Elektronen und Löcher zu lokalisieren. Denn InN hat eine sehr kleine Bandlücke, was die Emission bei kürzeren UV-Wellenlängen unterbindet. Dadurch steigt allerdings die Wahrscheinlichkeit für unerwünschte Rekombinationen in der aktiven Schicht. Deshalb müssen die Wissenschaftler darauf achten, dass die AlGaIn-Schicht mit möglichst wenigen kristallinen Irregularitäten wächst. Die Forscher nutzen dazu eine metallorganische Gasphasen-Epitaxie. In Verbindung mit weiteren AlGaIn-Schichten, die unterschiedliche Molanteile an AlN haben, lässt sich schließlich ein Quantentopflaser aufbauen. Die Japaner hoffen, dass sie die Laserwellenlänge noch stärker verkürzen können, indem sie die Irregularitäten des Kristallgitters weiter verringern.

■ Laser aus Plastik

Mit gängigen Verfahren lassen sich Laser aus Kunststoffen herstellen.

Elektronik aus Polymeren gilt als eines der wichtigen Forschungsfelder in Physik und Elektrotechnik. Prinzipiell können Polymere anorganische Halbleiter ersetzen und völlig neue Anwendungen erschließen, weil sie sich kostengünstiger fertigen lassen. Eine Arbeitsgruppe um Kenneth Singer von der Case Western Reserve University in Cleveland hat nun einen Laser entwickelt, der vollständig aus Kunststoffen besteht.²⁾ Alle Komponenten wurden mit gängigen Verfahren der Kunststoffverarbeitung hergestellt.

Die Resonatoren fertigten die Physiker als Distributed Bragg Reflectors (DBR), indem sie abwechselnde Schichten aus PMMA (auch als Acryl- oder Plexiglas bekannt) und Polystyrol übereinander abscheiden. Ein solcher DBR besteht aus 128 Kunststoffschichten. Dank der leicht unterschiedlichen Brechungsindizes von Polystyrol und PMMA entsteht ein stark ausgeprägtes Reflexionsband. Die Bandlage lässt sich durch Dehnen der Schichten feinabstimmen.

Für das aktive Medium experimentierten die Physiker mit zwei organischen, fluoreszierenden Farbstoffen: Rhodamin-Perchlorat und Cyano-Methoxystyryl-Dimethoxy-Benzol. Sie wählten die Farbstoffe so aus, dass das Reflexionsband des DBR zu den Emissionsmaxima der aktiven Medien passt. Danach lagerten sie die Farbstoffe im gelösten Zustand in PMMA ein.

Die resultierenden, optisch gepumpten Laser arbeiten im Single- und Multi-Mode-Betrieb. Unterschiede zwischen den Schichtdicken führen zu relativ hohen Nebenmaxima. Das Verhältnis zwischen Laser- und Pumpleistung erreicht 14 bis 19 Prozent, was die Wissenschaftler als gut werten; die Laserschwelle lag im günstigsten Fall schon bei $90 \mu\text{J}/\text{cm}^2$. Während die Laserleistung des Benzols im Verlauf von Stunden drastisch nachließ, blieb die des Rhodamins stabil.

Michael Vogel