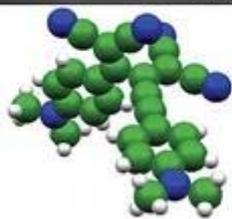
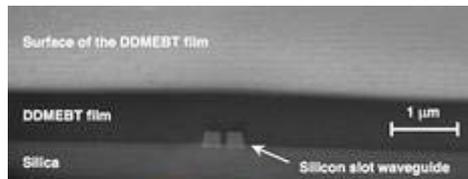


Organische Materialien für Lichtwellenleiter

Hybrid schaltet schneller

Silizium kombiniert mit dem organischen Material DDMEBT ergibt einen Lichtwellenleiter, der Lichtsignale modulieren kann und relativ einfach herzustellen ist. Dieser Erfolg eines internationalen Forscherteams könnte in der immer stärker auf Licht basierenden Telekommunikation breiten Einsatz finden. Das organische Material, welches den Durchbruch ermöglichte, synthetisierten ETH-Chemiker.



Das elektronenmikroskopische Bild zeigt den Lichtwellenleiter aus einem Siliziumkanal, eingebettet in das organische Material DDMEBT. Dieser Hybrid kann Lichtdatenströme modulieren. Das an der ETH synthetisierte Molekül DDMEBT (u.) besticht durch seine nichtlinearen optischen Eigenschaften. (Bilder: F. Diederich / ETH Zürich)

Schnell wie der Blitz - oder mindestens fast - soll die Datenübertragung und -verarbeitung in Zukunft erfolgen. Dafür stehen bereits heute Glasfaserkabel zur Verfügung. Das Nadelöhr danach sind jedoch Chips mit integrierten Schaltungen. Hier basieren die Prozesse nicht auf der Optik, sondern auf Elektronik.

Einem internationalen Forscherteam ist es nun gelungen, Elektronik und Optik besser zu verknüpfen und einen Lichtwellenleiter zu konstruieren, der optische Signale modulieren kann. Er besteht aus einem Kanal mit zwei Siliziumwänden und ist in das organische Material DDMEBT eingebettet. Ein Artikel

dazu erschien kürzlich in der Fachzeitschrift «Nature Photonics».

Andere Eigenschaften gefragt

Viele moderne Chips basieren auf der CMOS-Technologie, also komplementären Metall-Oxid-Halbleitern. Nach demselben Verfahren schufen die Wissenschaftler einen Siliziumkanal, der auf einer Siliziumoxidschicht verläuft. Dieser Kanal ist, ähnlich einem Glasfaserkabel, ein Lichtwellenleiter.

Für eine Schaltung braucht es aber eine Komponente, die nicht nur Lichtwellen leitet, sondern nichtlineare optische Eigenschaften aufweist. Ein solches Material ändert seine Eigenschaften, wenn Licht unterschiedlicher Intensität hindurchgeht. Umgekehrt ändert es aber auch die Art, wie das Licht sich fortpflanzt. Silizium alleine kann Licht nur schwach modulieren.

Material mit Vorteilen

Das DDMEBT aber weist diese nichtlinearen optischen Eigenschaften ausgeprägt auf. Spricht man François Diederich, ETH-Professor für Organische Chemie, dessen Gruppe DDMEBT synthetisierte, auf das Material an, führt er eine lange Liste von positiven Eigenschaften auf. Da ist einmal die hohe thermische Stabilität. Wichtig für das nichtlineare optische Verhalten ist aber der starke intramolekulare Ladungstransfer. Dieser führt zu einer

niedrigen, so genannten HOMO-LUMO-Lücke, also die minimale Energiemenge, die es braucht, um die Elektronen anzuregen. Damit verbunden sind auch die Fähigkeit, elektromagnetische Strahlung gut zu absorbieren, und das Vorhandensein eines hohen so genannten Übergangsdipolmoments. Aufgrund dieser Eigenschaften hat DDMEBT eine optische Nichtlinearität dritter Ordnung, die 1000 Mal grösser ist als die von Silizium. Zudem kommen diese Eigenschaften von DDMEBT bei Wellenlängen zwischen 700 Nanometern und 1.5 Mikrometern zu tragen, einem Bereich also, in dem die für die Telekommunikation wichtige Infrarotstrahlung liegt.

Damit sind die Vorzüge des organischen Materials nicht erschöpft. Bildet man Filme aus DDMEBT-Dampf, werden die Moleküle unzersetzt abgeschieden. Da das Material aus nicht-planaren Molekülen besteht, bildet es kaum Kristalle, dafür aber homogene, amorphe Filme. Trifft Licht auf einen solchen Film, ist der Verlust durch Streuung äusserst gering.

Kombination macht Unterschied

Dieses vielseitige Material musste nur noch mit dem lichtleitenden Siliziumkanal kombiniert werden. Die Forscher dampften DDMEBT auf den mittels CMOS-Technologie hergestellten Siliziumkanal auf. Diesen Hybrid aus Silizium und organischem Material prüften sie dann gründlich mittels Elektronen- und Atomkraftmikroskopie. Es zeigte sich, dass der 200 Nanometer breite Siliziumkanal homogen in DDMEBT eingebettet war. Über Distanzen von einem halben Mikrometer wies der organische Film dabei nur Abweichungen auf, die kleiner als 5 Nanometer waren.

Doch das Schlüsselexperiment stand noch an. Bei einem Lichtdatensignalstrom von 170.8 Gb/s sollte im Lichtwellenleiter ein Demultiplexing, das Aufteilen eines zusammengefassten Signals in Einzelsignale, auf 42.7 Gb/s stattfinden. Aus einem Datenstrom mit verschiedenen Signalen sollten einzelne Signale herausgefiltert werden, im konkreten Fall jedes vierte. Das Experiment glückte. Damit, so François Diederich, war das Prinzip bewiesen, dass sich diese Form von Lichtwellenleiter als Grundlage für optische Schaltungen eignet.

Näher beim Superfast-Speed

Auch wenn es noch andere Materialien als DDMEBT mit sehr guten nichtlinearen optischen Eigenschaften gibt, besticht es durch seine leichte Anwendbarkeit. Diederich weist darauf hin, dass das Material problemlos in industriellen Mengen von Kilogramm oder mehr hergestellt werden könnte. Selber ist er daran, andere organische Materialien mit noch besseren optischen Eigenschaften zu entwickeln.

In seiner Vielseitigkeit stellt DDMEBT in der Form eines Silizium-organischen-Hybriden bereits jetzt einen vielversprechenden Weg zu einer optischen Schaltung dar. Ivan Biaggio, einer der Ko-Autoren der Arbeit, der an der ETH forschte und heute Professor an der Lehigh University in Pennsylvania ist, glaubt aufgrund des Forschungserfolgs, dass der Tag näher gerückt ist, wenn das Internet mit Superfast-Speed arbeitet.

Literaturhinweis

Koos C et al. All-optical high-speed signal processing with silicon–organic hybrid slot waveguides. Nature Photonics, Published online: 15 March 2009, [doi:10.1038/nphoton.2009.25](https://doi.org/10.1038/nphoton.2009.25)

Lesercommentare:

- 02.04.09: [Lichtwellenleiter: Homo-Lumo-Lücke](#)

Autor: Christoph Meier | Veröffentlicht: 31.03.09