

Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology
Herausgeber: Swisscom
Band: 79 (2001)
Heft: 9

Artikel: Ultraschnell und ultrabreit
Autor: Knapp, Klaus H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876578>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das MIT kommt nach Europa

Ultraschnell und ultrabreit

Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) gehört zu den grossen Instituten für Forschung und Lehre, die durch ihre Arbeitsbreite bestechen und die gleichzeitig in jedem ihrer Gebiete Spitzenleistungen abliefern. Weltgeltung wird von jeder Fakultät angestrebt und ist längst Tatsache geworden: Allein fünf Nobelpreisträger in den 90er-Jahren sprechen dafür. Heute berichten wir über Forschung in den Gebieten der Photonik und des Quantencomputing.

«Ultraschnell und ultrabreit», so beschreibt Professor Dr. Erich P. Ippen vom Forschungslabor für Elektronik die entscheidenden Vorteile der Photonik. Sie ist die neue «Killertechnologie», die

seren Informationskapazitäten einen neuen Zweig der Informationsverarbeitung in Gang.

Die Photonik macht es möglich

Da bisher an den Enden jeder Glasfaser-Verbindung letztlich wieder von Photonen auf Elektronen umgesetzt werden muss, treten hier Flaschenhälse auf, die durch die Informationsverarbeitung im Silizium erzeugt werden. Ziel der Photonik ist es, Bausteine zu entwickeln, die Funktionen ihrer mikroelektronischen Kollegen im optischen Bereich ohne Einschränkungen hinsichtlich Geschwindigkeit und Bandbreite realisieren.

Innerhalb von dreissig Jahren hat man die Geschwindigkeiten bei der Glasfasertechnik um drei Zehnerpotenzen steigern können. 1970 hat man erstmals kürzeste Lichtimpulse von unter 10 Picosekunden (ps) erreicht – 1998 war man unter 10 Femtosekunden (fs, 10^{-15} s) angelangt. Heute liegen die besten Laborwerte bereits unter 5 fs. Wozu braucht man so kurze Impulse? Mit der Kürze der Impulse steigt die Bandbreite, die man im Wellenleiter übertragen kann. Die jährlichen Wachstumsraten werden nur geringfügig und kurzzeitig durch die Wirtschaftsstagnation aufgehalten. Der Telefonverkehr wächst mit 4% p. a., Breitbanddienste mit 50% p. a. und Internetdienste mit >100% p. a. Irgendwoher müssen die erforderlichen Bandbreiten für ein solches Wachstum kommen: Die Photonik wird sie zur Verfügung stellen.

Dabei geht es zunächst einmal um die Erforschung neuer Materialien, dann aber auch um die Entwicklung der Einzelkomponenten und schliesslich um deren Integration in die photonischen Systeme – ein Spiegelbild der bisherigen Entwicklung auf dem Mikroelektronik-

gebiet, aber eben mit Photonen statt Elektronen.

Abstimmbare Halbleiterlaser mit hoher Modulierbarkeit sind die Basiselemente für die Mikrophotonik. Am MIT hat man dabei bereits bis zu 28 GHz Modulationsbandbreite erreicht. Photonische Kristalle sind ein anderes Arbeitsgebiet: Sie steuern die Photonen ganz ähnlich wie Halbleiter die Elektronen steuern oder optische Verzweiger (Add, Drop), die einen Lichtstrahl aufsplitten können oder zwei Lichtstrahlen in einem Leiter bündeln.

Doch die schönsten Ideen für solche Basisbausteine helfen nicht viel weiter, solange das Verbinden solcher Bausteine untereinander der teuerste Teil der Photonik ist. Daraus ergeben sich einige wichtige Forschungsprojekte: neue Kopplungsmethoden zu finden, die im Baustein selbst die Verbindung vornehmen, photonische Mikrozellen und neuartige integrierte optische Schaltungen zu entwickeln. Mikroresonatoren mit hoher Güte müssen entwickelt werden: Das Microphotonic Center des MIT kann hier auf gute Ergebnisse zurückblicken. Dazu müssen optische Mikroleitungen auf dem Basissubstrat realisiert werden, mit allen Designeigenschaften von metallischen Leitungen – also mit Abbiegen und Verbinden. Wie aber kann man Licht dazu bewegen, sich um 90° zu drehen, ohne einen Spiegel zu benutzen? Oder sogar um 120°? Auch dieses Problem hat man am MIT gelöst: Auf einer Fläche von nur 0,5 μm^2 hat man einen solchen 90°-Knick realisiert. Das geht nicht ganz verlustfrei (pro Knick verliert man etwa 0,32 dB vom Signal), aber es ist in Mikrodimension machbar.

Quantencomputer – winzig, langsam, leistungsstark

Noch weiter in die Zukunft reichen die Arbeiten von Professor David G. Cory (Bild 5), der auf dem Gebiet des Quantencomputing zu Hause ist. Es ist nicht die von vielen angenommene Schnelligkeit, die das Quantencomputing interessant macht. Genau genommen ist die Geschwindigkeit eines Quantencomputers eher klein. Aber er kann einige

KLAUS H. KNAPP

auf die klassische Halbleiterelektronik aufsetzt, deren Flaschenhälse aber vermeidet. Sein Kollege Professor Dr. Lionel Kimerling sieht die Photonik gerade mit Blick auf die Halbleitertechnik als «disruptive Technologie»: Sie schreibt nicht etwa die Mikroelektronik mit anderen Mitteln fort, sondern setzt mit viel grö-

Bild 1. Das Institut für Geowissenschaften am MIT ist das höchste Gebäude auf dem Campus. Es ragt wie ein Leuchtturm aus dem riesigen Areal.



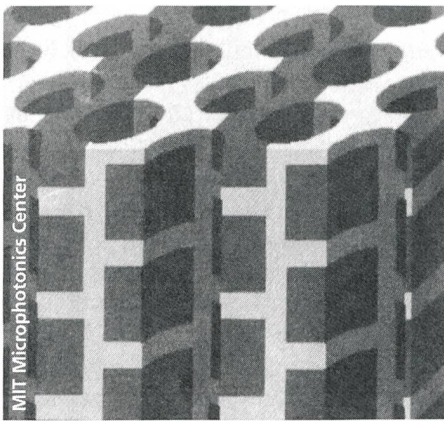


Bild 2. Dieser schematische Aufbau zeigt einen dreidimensionalen Bandgap-Kristall für eine Wellenlänge von 790 nm. Die hellgrauen Regionen entsprechen Silizium mit einem hohen Brechungsindex von 3,4 und die dunkelgrauen Regionen sind aus SiO₂ mit einem niedrigen Brechungsindex von 1,4.

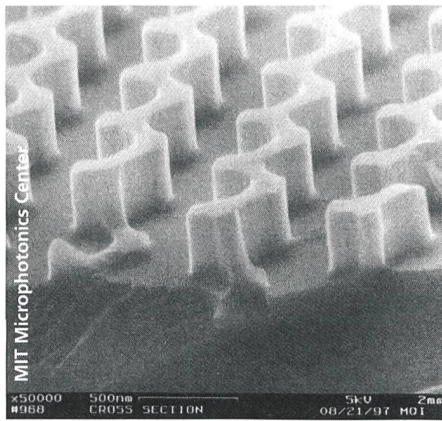


Bild 3. So sehen erste geätzte Strukturen des in Bild 2 gezeigten photonischen Kristallaufbaus unter dem Elektronenmikroskop aus.

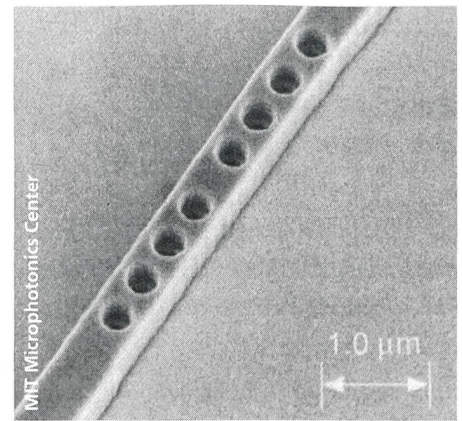


Bild 4. Photonischer Kristall eines Add/Drop-Filters. Dies stellt die erste funktionierende Demonstration von Sub-Mikrometerstrukturen für die optische Kommunikation dar. Die minimalen Abmessungen dieses Resonanz-Wellenleiters liegen bei 100 nm.

Dinge um Zehnerpotenzen besser als seine Mitstreiter aus dem Siliziumbereich, so zum Beispiel eine absolut sichere Informationsübertragung, sehr schnelle Informationssuche, rasche Simulation, hochpräzise und schnelle Entschlüsselung codierter Nachrichten. So verwundert es nicht, dass ursprünglich zunächst einmal die Geheimdienste grösstes Interesse an dieser Entwicklung hatten.

Quantencomputer speichern die Information als Elektronenspin und darauf beruht auch der Funktionsmechanismus beim Auslesen und der Verarbeitung der Information. Liest man die gespeicherte Information in der Achse der ursprünglichen Kodierung aus, bleibt die Information erhalten. Wer hingegen versucht, sie in einer anderen Achse auszulesen, verliert die Information unweigerlich. Es ist also von essenzieller Bedeutung, die Informationen über das Einschreiben der Quantenbit, Qbit, zu erhalten, weil sonst keine Verarbeitung möglich ist.

Dass ein Quantencomputer «funktioniert», steht heute bereits ausser Zweifel. Es gibt aber noch viele Startprobleme. So muss man erst einmal lernen, das ganze Quantensystem zu beherrschen (also sehr selektiv ein einzelnes QBit anzugehen). Dann muss man das ganze System gegen die Aussenwelt abschirmen: Jeglicher Einfluss von aussen – also auch blosses weisses Rauschen aus dem All – stört.

Quantencomputer sind unvorstellbar klein. Mit 30 Qbits kann man einen klassischen Numbercruncher vom Typ Cray1-

G ersetzen – von der Arbeitsleistung her, nicht aber von der Geschwindigkeit. Die Technologie, mit der man Zugang zum Quantencomputing bekommt, ist das Magnetic Resonance Imaging (MRI). Ein Magnetfeld richtet die Wassermoleküle aus, eine Antenne liest die Richtung des Spins.

Welche Zukunft hat das Quantencomputing?

Gegenwärtig werden etwa 50 Mio. US-\$ pro Jahr weltweit dafür ausgegeben (in Europa sind das knapp 6 Mio. US-\$). Doch was hat der kleine Mann davon? Angenommen, Sie haben von der Urlaubsfreundin zwar die Telefonnummer bekommen, aber nicht ihre Adresse. Aus der Landesvorwahl wissen Sie aber, in welchen Telefonbüchern Sie suchen müssen. Bei 5 Millionen Teilnehmern – das ist rund die Grössenordnung in der Schweiz, in Österreich und in Schweden – müssen Sie statistisch gesehen zweieinhalb Millionen Rufnummern vergleichen, bis Sie auf den Namen stossen. 50% der Teilnehmer – da führt kein Weg vorbei. Und wenn Sie Pech haben, dann ist die besagte Freundin die Vorletzte im letzten Telefonbuch. Das wird schlimmer, wenn Sie nach Deutschland gehen. Da haben sie das Zehnfache zu durchsuchen. Mit einem Quantencomputer ginge das sehr viel schneller. Der arbeitet nämlich mit der Quadratwurzel aus der Teilnehmerzahl. Und die Frage, ob man 25 Millionen deutsche Rufnummern durchsuchen muss oder nur sieben Millionen,



Bild 5. Professor Dr. David G. Cory, Department of Nuclear Engineering des MIT: «Ein Quantencomputer mit nur 30 Qbits könnte einen klassischen Grossrechner vom Typ Cray1-G ersetzen.»

macht schon einen Unterschied. Noch besser ist es, Sie fragen die Urlaubsfreundin nach ihrem Namen (den Vornamen kennen Sie ja schon). Dann geht es auch am heimischen PC in etwa fünf Minuten.

10

Klaus H. Knapp, Dipl.-Ing.,
freier Fachjournalist, München