

Een laser op basis van de halfgeleider silicium is zeer welkom in de telecommunicatie. Onder leiding van de Amsterdamse fysicus Albert Polman is er voor het eerst een gemaakt. **Rob van den Berg**

HET VALT NIET MEE om silicium aan het schijnen te krijgen. Dus is het een regelrechte doorbraak dat Albert Polman, hoogleraar aan het FOM Instituut voor Atoom- en Molecuulfysica (AMOLF) in Amsterdam, en zijn promovendus Jeroen Kalkman het voor elkaar hebben gekregen om laserlicht uit silicium te persen. Een ontdekking met potentieel grote gevolgen. Zodra dit soort siliciumlasertjes op grote schaal valt te integreren op computerchips, kan dat nieuwe opto-elektronische componenten opleveren die het ontwerp – en, daarmee de snelheid – van computers spectaculair kunnen verbeteren (*Applied Physics Letters*, 16 februari).

De moderne informatietechnologie kent twee gezichten. Aan de ene kant schieten op de oceanobodem lichtpulsen door glasvezels om al ons telefoon- en internetverkeer mogelijk te maken. Maar het interpreteren van die lichtpulsen vergt een omzetting in elektrische signalen, het terrein van de opto-elektronica. Wat de overgang van licht naar 'elektronen' en weer terug vooral zo ingewikkeld maakt is dat silicium, de in micro-elektronica meest toegepaste halfgeleider, nauwelijks licht uitzendt. Als een laser op een siliciumchip moet worden geplakt, dan gebeurt dat sim-

pelweg door een standaardlaser die gemaakt is van andere halfgeleiders (veel toegepaste elementen zijn gallium indium fosfor en arseen in allerlei verschillende combinaties) op een plak silicium te lijmen. Omslachtig, inefficiënt en vooral: erg duur.

En dus zetten talloze fysici al een aantal jaren alles op alles om meer licht uit silicium zelf te krijgen. Met succes: silicium blijkt bijvoorbeeld harder te gaan stralen als het in kleine 'nano'-stukjes wordt gehakt. Italiaanse onderzoekers deden dat eind 2000 op een wel heel speciale manier: ze schoten siliciumatomen met grote snelheid in een blok kwartsglas en verhitten dat vervolgens tot zo'n 1100 graden Celsius. De silicium nanokristalletjes die aldus in het glas ontstonden straalden zo goed dat er zelfs laserlicht uit leek te komen. Niet iedereen was daarvan overtuigd. "De Italiaanse resultaten zijn omstrepen", zegt Albert Pol-

Probleem is dat silicium amper licht uitzendt

man, "vooral nog bleef de siliciumlaser onbereikbaar."

De experimenten van de Italianen brachten Polman echter wel op een idee, dat hij het afgelopen jaar tijdens een sabbatical op het California Institute of Technology (Caltech) in Pasadena heeft verwezenlijkt. Polman: "Het leek me veel handiger om in plaats van almaar aan silicium zelf te sleutelen, er iets in te stoppen wat wel veel licht geeft. We hebben voor erbium gekozen, een atoom dat infrarood licht uitzendt van zo'n an-

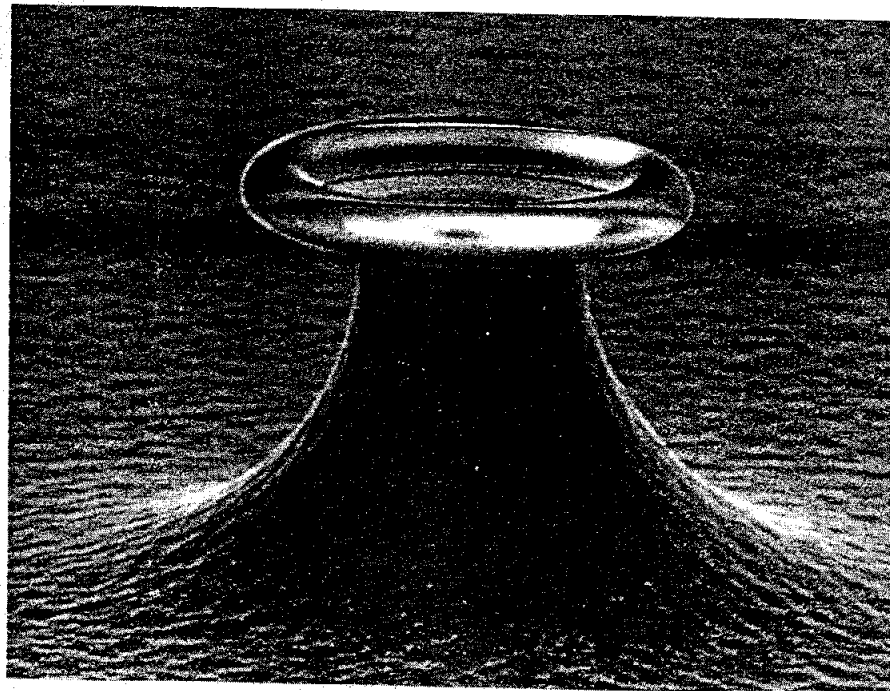
AMSTERDAMSE FYSICI MAKEN EERSTE HALFGELEIDERLASER UIT SILICIUM

Een ring van licht

derhalve micrometer, precies de golflengte die aan de basis ligt van alle optische telecommunicatie."

Om een siliciumlaser te maken ging Polman uit van een dun schijfje glas (siliciumoxide) van ongeveer een tiende millimeter diameter en een dikte van een micron (een duizendste millimeter). Dat schijfje wordt met behulp van in de chipsindustrie gebruikelijke technieken uit een plak silicium vrijgemaakt, zo dat het rust op een dun 'paaltje' van silicium. Door dit schijfje van bovenaf te bestralen met een intense infrarode laser, wordt het aan de buitenkant zo heet dat het smelt en onder invloed van de oppervlaktespanning oprolt tot een hol ringetje. Vervolgens schoten Polman en zijn collega's met een deeltjesversneller erbiumatomen in het glas van het ringetje. Ook dat kan met bestaande apparatuur. Polman: "Overal ter wereld staan versnellers waarmee atomen als fosfor of bohrium in silicium worden geschoten om de halfgeleidereigenschappen ervan te manipuleren. Dat gebeurt letterlijk door aan de lopende band plakken silicium onder de versneller door te schuiven."

LASERWERKING Door een glasvezel dicht in de buurt van het ringetje te brengen treedt licht binnen dat er niet meer uit kan ontsnappen en in het gekromde glas gaat 'rondzingen'. Polman: "De structuur van het glas is na het smelten zo volmaakt glad en zo zuiver, dat het licht nauwelijks wordt geabsor-



beerd of verstrooid. Door de wisselwerking met de erbiumatomen versterkt het zichzelf en treedt er laserwerking op. De lichtintensiteit in het ringetje loopt daarbij zo hoog op dat het kleine beetje laserlicht dat via de glasvezel weer naar buiten lekt ruim voldoende is om laserwerking aan te tonen."

HAAST Samen met hun Amerikaanse collega's hebben Polman en Kalkman onderzocht hoe je het licht het beste het ringetje in en uit kunt krijgen. Enige haast was geboden: een groep uit Zuid-Korea zat hen op de hielen. Dat is ook de reden dat ze er niet voor hebben gekozen hun artikel naar het toptijdschrift *Nature Materials* te sturen. Polman: "Vaak houdt de redactie een ingezonden artikel onnodig lang op en ook *Applied Physics Letters* trekt veel lezers. Ik heb al twee uitnodigingen binnen om op conferenties over ons werk te komen vertellen."

De komende maanden hopen Polman en Kalkman de siliciumlaser nog wat compacter te maken. Ook de glasvezel zal in het uiteindelijke ontwerp verdwijnen. Polman: "We weten precies waar die moet zitten, maar in de praktijk gebruik je natuurlijk liever geen losse glasvezels. De bedoeling is op de siliciumchip een lichtgeleider aan te brengen, een dunne baan van glas die op precies de juiste afstand ligt van het laserringetje."

Ten slotte hebben Polman en Kalkman ideeën om de lichtopbrengst te vergroten. Kalkman: "Behalve erbiumatomen willen we ook silicium nanokristalletjes in het silicium aanbrengen. Dat zou het mogelijk moeten maken de laser te pompen met wit licht uit een LED."

• Een siliciumschijfje rolt na bestraling door een intense laserpuls op tot een donut of ring. Licht uit een glasvezel dat het ringetje binnentreedt zingt rond en versterkt zichzelf: laserwerking van silicium.