**Heeft Nederland een troef met nieuwe supersnelle computerchips?**

**In Mexico hebben ze tortillachips en in Las Vegas zijn pokerchips onmisbaar, in Eindhoven word er druk gewerkt aan de nieuwe Nederlandse trots: Fotonische chips. De aanstaande efficientieslag in de wereld van computers.**

Geïntegreerde fotonica © Bart Overbeeke LET OP CC LICENSE

**Interview:** Yuqing Jiao & Pavel Goor

Het doel van een computerchip is om data signalen van de ene naar de andere plek te sturen. Snellere computers kunnen meer signalen versturen en ontvangen, wat vaak gepaard gaat met een hoger aantal transistoren op de chip. Deze transistoren zijn kleine schakelaars die de stroom van deze signalen bepalen. In de laatste jaren is het de kunst geweest van de chipbedrijven om zo veel mogelijk van deze transistoren op een chip te proppen. Wat zorgde voor een aanzienlijke toename in de rekenkracht van computers. Dankzij deze ontwikkelingen kunnen we jaarlijks nieuwe, snellere technologische producten creëren.

De huidige computerchips worden geproduceerd op een schaal die slechts enkele nanometers beslaat. Hoewel dit geen problemen met zich meebrengt, staat de chipsector voor een natuurlijke barrière. Elektrische chips genereren in een computer niet alleen elektrische signalen maar ook veel warmte. Deze warmte vormt namelijk een probleem, het leidt tot onnodig veel energieverlies wat de mogelijkheid om chips nog sneller te laten werken belemmert.

**Lichtchip**

In tegenstelling tot elektrische computerchips werkt een fotonische chip door middel van fotonen (licht). Deze fotonische chips worden geïntegreerd in diverse technologische toepassingen. In het gehele universum is er niets sneller dan licht, waardoor het de ideale keuze is voor het versturen van informatie. Deze chips kunnen licht in plaats van elektriciteit gebruiken om datasignalen over te brengen, wat veelbelovend is voor het creëren van kleinere, snellere en energiezuinigere apparaten.

Het is een sorteermachine die wel 100 miljard keer per seconde informatie kan wisselen. - Pavel Goor

Fotonen hebben verschillende eigenschappen die hen geschikter maken voor signaaloverdracht dan elektronen. Ze hebben geen lading of massa, waardoor ze minder interacties hebben met de chip en minder weerstand veroorzaken. Waardoor minder energie verloren gaat in de vorm van warmte. Bovendien kan het licht in deze fotonische chips veel meer informatie dragen dankzij het brede frequentiespectrum. Hierdoor kunnen we meer dan alleen eenvoudige 1’s en 0’s overbrengen. Deze voordelen van licht zijn al lang bekend in de wereld van datacommunicatie, met name bij het gebruik van glasvezelkabels voor razendsnel internet.

**Vooruitzicht**

Voordat we fotonische computerchips op de markt zien, zal het waarschijnlijk nog 10 tot 20 jaar duren. Pavel Goor merkt op: "Als je puur naar tijd kijkt, kunnen we zien dat we al 100 jaar bezig zijn met het maken van elektrische computers, maar pas enkele tientallen jaren met fotonische chips."

Hoewel fotonica momenteel misschien nog niet beschikbaar is voor consumenten, wordt het al volop gebruikt in de wereld van telecommunicatie en datacenters. Pavel ziet hierin de grootste technologische vooruitgang, zowel nu als in de toekomst. Een experiment aan de Technische Universiteit van Denemarken in Kopenhagen heeft bijvoorbeeld laten zien dat een fotonische chip 1,84 petabits per seconde aan data over een glasvezelkabel kan versturen over een afstand van 8 km. Met deze snelheid kun je dus 1840 Terabytes per seconde downloaden, wat de potentie heeft om het internet volledig te transformeren.

Assistent-professor Yuqing Jiao bespreekt wat we in de nabije toekomst kunnen verwachten, toepassingen zoals Solid-State LIDAR, een technologie die licht gebruikt om afstanden te meten, wat bijvoorbeeld wordt toegepast in zelfrijdende auto's. Ook noemt hij Neuromorphic computing, waarbij wordt geprobeerd de verbindingen (neuronen) in een menselijk brein zo nauwkeurig mogelijk na te bootsen op een chip. Dit stelt systemen in staat om bepaalde taken op een meer efficiënte en adaptieve manier uit te voeren.

Neuromorphic computing is, like you design a processor which mimics the human brain. You have neurons, which when activated spike to the next 100 neurons, then spike to the next. You can do the same on the chip, and technology of photonics is a perfect candidate and to some extent even better than the electronics. - Yuqing Jiao

Deze fotonische chiptechnieken gaan een belangrijke rol spelen bij industrieën zoals: datacommunicatie, gezondheidszorg, vervoer en landbouw. Er zijn rond de driehonderd bedrijven in Nederland actief op het gebied van fotonica. Ook is Nederland voorloper op het gebied van onderzoek en onderwijs, aan de Technische Universiteit Eindhoven wordt veel samengewerkt verteld Yuqing Jiao met bedrijven over de hele wereld.

Deze fotonische chiptechnologieën zullen een essentiële rol gaan spelen in diverse sectoren, waaronder datacommunicatie, gezondheidszorg, duurzaamheid, mobiliteit, veiligheid en landbouw. In Nederland zijn naar schatting ongeveer driehonderd bedrijven actief op het gebied van fotonica. Bovendien loopt Nederland voorop in onderzoek en onderwijs op dit gebied. Aan de Technische Universiteit Eindhoven wordt intensief samengewerkt met bedrijven over de hele wereld, aldus Yuqing Jiao.

**Fabricatie**

Voor het produceren van een fotonische chip worden dezelfde principes toegepast als bij elektrische chips. Deze worden geprint in EUV-machines van voornamelijk het Nederlandse bedrijf ASML, waarbij patronen in een wafer worden geëtst. Echter, de overeenkomsten eindigen daar, omdat de eerdergenoemde transistor wordt vervangen door nieuwe onderdelen.

In eerste instantie is licht met een specifieke golflengte nodig, geleverd door de laser, als bron voor de overdracht van signalen door de chip. Dit licht wordt vervolgens via de vermogensplitser verdeeld naar meerdere paden in de chip. Deze paden, genaamd waveguides, zijn structuren die het licht geleiden en naar verschillende delen van de chip sturen. De optische modulator verandert de eigenschappen van het licht, waardoor gegevens kunnen worden gecodeerd voor transmissie. Als laatste zijn er detectoren op de fotonische chip om het signaal te registreren en om te zetten in een elektrisch signaal dat kan worden verwerkt door andere elektronische componenten van het systeem.

Deze nieuwe onderdelen zijn aanzienlijk complexer dan de transistoren in elektrische chips en vormen de grootste reden waarom fotonische chips nog niet op hetzelfde niveau zijn als elektrische computerchips. Toch zijn Nederlandse bedrijven zoals Smart Photonics actief bezig om deze chips steeds kleiner te fabriceren.

**Investeringen**

Heeft Nederland het licht gezien? De overheid en investeerders stellen de komende jaren honderden miljoenen euro's beschikbaar om deze industrie te stimuleren.

De Nederlandse overheid, investeerders en bedrijven als ASML en NXP steken honderden miljoenen in een nieuwe chipindustrie. Nederland moet een wereldmacht worden in deze fotonische chips. De markt lijkt klaar om de technologie te omarmen. Maar de risico's zijn groot.

Stel dát de markt voor fotonische chips binnen een paar jaar ontploft, dan staat Nederland er in principe goed voor. 'Uniek voor Nederland is dat we hier álles hebben. Van ontwerp tot productie, testen en verpakken, tot bedrijven die producten maken met fotonische chips erin', legde PhotonDelta-directeur Ewit Roos uit aan Koning Willem-Alexander. Die liet zich eerder dit jaar in Eindhoven informeren over de nieuwe industrie. PhotonDelta is het Nederlandse samenwerkingsverband van bedrijven en kennisinstellingen in de fotonica.

Maar de vraag is of het Nederland lukt die positie te gelde te maken. Ook andere landen, buiten én binnen Europa, ruiken in deze industrie kansen.

**Concurrentie:**

Ook andere landen trekken veel geld uit voor de ontwikkeling van een fotonische chipindustrie, waaronder China en de Verenigde Staten.

Lukt het Nederland op tijd de productie op te schalen? Is er straks wel een markt voor de technologieën waar Nederlandse wetenschappers en start-ups zich in specialiseren? Of trekt deze industrie, net als bij de elektronische chips gebeurde, alsnog naar andere regio's in de wereld? Maar de markt is nog klein en het is nog maar de vraag of de Nederlandse varianten van deze chips door de markt worden omarmd.

De Europese Unie heeft €43 mrd opzij gezet om de productie van chips in Europa ruim te verdubbelen. De fotonica-industrie kon aanvankelijk geen aanspraak maken op deze gelden, maar na een succesvolle lobby valt de technologie nu ook onder de *European Chip Act*.

De vraag is hoeveel van dat Europese geld in Nederland zal landen. Andere lidstaten — waaronder Spanje en Frankrijk — timmeren op fotonicagebied eveneens aan de weg. Landen die nog achterlopen, zien in die miljoenenregen juist een kans om een achterstand in te halen.

'Het is onzin om de inspanningen over 27 landen te verdelen', zei Nilufar Bulut van PhotonDelta tijdens het koninklijk bezoek. 'Die willen misschien hetzelfde als wij. Maar er zijn een paar landen die met de technologie voorop lopen.' PhotonDelta pleit er in Brussel voor om de Europese fotonica-inspanningen te concentreren in de landen die nu al een relatief sterke positie hebben. 'Want uiteindelijk profiteert heel Europa daarvan.'

Fotonica blinkt uit in het versnellen van communicatie

fotonica vooral goed als het samenwerkt met andere technieken zoals de huidige elektrische computerchips.

Photonics is not the only future and I think photonics photonics is more powerful when combined with others. I can give you a simple example. You know all the computer, all the you know. Cell phones, computers we use. They're digital, right? They're digital electronics. You need digital. Transistors or diodes, To form a digital circuit. That's actually needed for the classical computing. But for photonics this is horrible. At the digital domain, so photonics is excellent in analog domain.

Fotonische chips kunnen worden gemaakt van drie verschillende soorten grondstoffen, met elk andere eigenschappen. Bij twee van de drie types fotonische chips staat Nederland in de wereldtop voor aantallen wetenschappelijke publicaties.

Bij Smart Photonics hebben de chips als basisgrondstof indiumfosfide. Het belangrijke voordeel van dit materiaal is dat deze halfgeleiders zelf licht kunnen genereren. Nederland telt een tweede, iets kleiner cluster fotonicabedrijven, geconcentreerd rond de Universiteit Twente. Chips uit die regio hebben siliciumnitride als basis en als onderscheidende eigenschap dat ze kunnen werken met zichtbaar licht.

Een fotonische chip van Smart Photonics werkt als een soort zender en ontvanger van licht. Een laser creëert het licht. Vervolgens bewerkt een modulator het licht tot informatiepulsen.

Een versterker maakt het lichtsignaal krachtiger voordat het de chip verlaat.

Het licht gaat draadloos of via een glasvezelkabel door naar een ontvangende chip die het lichtsignaal detecteert. Fotodetectoren zetten in een module het licht om in een elektronisch signaal.

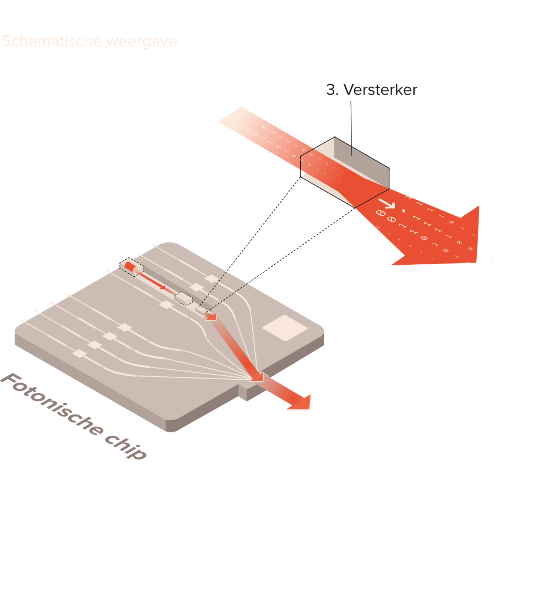
Een traditionele elektronische chip gebruikt elektronen om informatie over te dragen.

Een fotonische chip werkt op basis van lichtsignalen (fotonen zijn lichtdeeltjes).

Vloeiende lijnen in een fotonische chip in plaats van hoeken: lichtsignalen kunnen geen hoek van 45 graden passeren.

Hierdoor kan een fotonische chip meer data sneller transporteren. Een fotonische chip is ook energiezuiniger en gebruikt een klein deel van de energie van een elektronische chip.

Electrische kabel is het of aan of uit, bij optische (glasvezel) daar heb je dus verschillende golflengtes over zelfde kabel sturen. Paar pentabit per seconde op tu/e (22.9 pentabit ps)



**Wat gaat fotonica veranderen? (de toepassingen van fotonica)**

Fotonische chips bieden een breed scala aan toepassingen, waaronder snellere gegevensoverdracht, efficiëntere communicatie in moderne apparaten en netwerken, en de mogelijkheid om steeds meer functies op een enkele chip te integreren. Door voort te bouwen op fotonische principes, speelt Nederland een cruciale rol in de wereldwijde verschuiving naar geavanceerde lichttechnologieën. Deze ontwikkelingen stimuleren voortdurende innovatie en dragen bij aan de verdere evolutie van moderne communicatiesystemen.

**LIDAR toepassingen in de nabije toekomst,** fotonische chips hebben in verschillende sectoren een grote impact, waaronder bijvoorbeeld in LIDAR-toepassingen. Deze technologie maakt gebruik van licht om afstanden te meten en wordt bijvoorbeeld toegepast in autonome voertuigen voor objectdetectie en positionering. Door continue innovatie en de integratie van fotonica in diverse toepassingen, zoals LIDAR, draagt Nederland bij aan de vooruitgang van geavanceerde lichttechnologieën en blijft het een belangrijke speler in de wereldwijde ontwikkeling van moderne communicatiesystemen.

And because of more and more applications that require a very complex optical system, maybe you have heard of LIDAR light ranging and detection for the autonomous cars. It needs a large array of large number of optical components integrated.

**Neuromorphic computing** deze technologie maakt gebruik van principes die vergelijkbaar zijn met die van het menselijk brein, waardoor systemen in staat zijn om taken op een meer efficiënte en adaptieve manier uit te voeren. Neuromorfe chips nemen complexe taken over, zoals patroonherkenning en besluitvorming, en spelen zo een cruciale rol in de verdere evolutie van geavanceerde computertechnologieën. In deze soort berekeningen zijn fotonische chips erg goed.

Neuromorphic computing is, like you design A processor which mimic the human brain, so you have neurons, which is spike to next 100 neurons, then spike to the next. You can do it on the chip, and the photonics is a perfect candidate and to some extent even better than the electronics. Yeah. So there's a huge work.

Deze chiptechnieken moeten een belangrijke rol gaan spelen bij onder andere datacommunicatie, gezondheidszorg, duurzaamheid, mobiliteit, veiligheid en landbouw. Naar schatting zijn al bijna driehonderd bedrijven in Nederland actief op het gebied van fotonica. Daar moeten er nog vele bijkomen als het aan Ton Backx ligt. Hij is directeur van het Institute for Photonic Integration en voormalig topman van PhotonDelta. “In 1947 is de transistor uitgevonden, in 1958 volgde het eerste geïntegreerde circuit, en in 1968 ontstond Intel, en formuleerde Gordon Moore zijn befaamde wet. Micro-elektronica heeft sindsdien een enorme bijdrage aan maatschappelijke ontwikkelingen geleverd en bijna alle apparaten zijn ermee uitgerust. We staan nu aan het begin van een soortgelijke ontwikkeling, maar dan met geïntegreerde fotonica.”

**Chiphoofdstad Eindhoven**

Nederland heeft met zijn hightech ecosystemen rond Eindhoven en Enschede goede papieren om een leidende positie te veroveren.

Er worden honderden miljoenen euro's geïnvesteerd in de opbouw van deze nieuwe chipindustrie. Het Eindhovense Smart Photonics haalde in een nieuwe investeringsronde €100 mln op, onder meer met leningen bij gevestigde chipbedrijven ASML en NXP. New Origin, een nieuwe spin-off van de Universiteit Twente, kreeg eerder dit jaar ook €100 mln toegezegd van investeerders voor de bouw van een nieuwe fabriek.

De meeste fotonica-bedrijven zitten rond de universiteiten in Eindhoven en Enschede. De regio's zijn elk gespecialiseerd in een ander type chip. Het onderscheid zit in de verschillende grondstoffen waarvan de chips zijn gemaakt, die verschillende toepassingen mogelijk maken.

**Heeft Nederland het licht gezien?**

De overheid en investeerders stellen de komende jaren honderden miljoenen euro's beschikbaar om deze industrie te stimuleren.

De Nederlandse overheid, investeerders en bedrijven als ASML en NXP steken honderden miljoenen in een nieuwe chipindustrie. Nederland moet een wereldmacht worden in deze fotonische chips. De markt lijkt klaar om de technologie te omarmen. Maar de risico's zijn groot.

Stel dát de markt voor fotonische chips binnen een paar jaar ontploft, dan staat Nederland er in principe goed voor. 'Uniek voor Nederland is dat we hier álles hebben. Van ontwerp tot productie, testen en verpakken, tot bedrijven die producten maken met fotonische chips erin', legde PhotonDelta-directeur Ewit Roos uit aan Koning Willem-Alexander. Die liet zich eerder dit jaar in Eindhoven informeren over de nieuwe industrie. PhotonDelta is het Nederlandse samenwerkingsverband van bedrijven en kennisinstellingen in de fotonica.

Maar de vraag is of het Nederland lukt die positie te gelde te maken. Ook andere landen, buiten én binnen Europa, ruiken in deze industrie kansen.

**Concurrentie:**

Ook andere landen trekken veel geld uit voor de ontwikkeling van een fotonische chipindustrie, waaronder China en de Verenigde Staten.

Lukt het Nederland op tijd de productie op te schalen? Is er straks wel een markt voor de technologieën waar Nederlandse wetenschappers en start-ups zich in specialiseren? Of trekt deze industrie, net als bij de elektronische chips gebeurde, alsnog naar andere regio's in de wereld? Maar de markt is nog klein en het is nog maar de vraag of de Nederlandse varianten van deze chips door de markt worden omarmd.

De Europese Unie heeft €43 mrd opzij gezet om de productie van chips in Europa ruim te verdubbelen. De fotonica-industrie kon aanvankelijk geen aanspraak maken op deze gelden, maar na een succesvolle lobby valt de technologie nu ook onder de *European Chip Act*.

De vraag is hoeveel van dat Europese geld in Nederland zal landen. Andere lidstaten — waaronder Spanje en Frankrijk — timmeren op fotonicagebied eveneens aan de weg. Landen die nog achterlopen, zien in die miljoenenregen juist een kans om een achterstand in te halen.

'Het is onzin om de inspanningen over 27 landen te verdelen', zei Nilufar Bulut van PhotonDelta tijdens het koninklijk bezoek. 'Die willen misschien hetzelfde als wij. Maar er zijn een paar landen die met de technologie voorop lopen.' PhotonDelta pleit er in Brussel voor om de Europese fotonica-inspanningen te concentreren in de landen die nu al een relatief sterke positie hebben. 'Want uiteindelijk profiteert heel Europa daarvan.'

**Verschil tussen chips.** De huidige chips in bijvoorbeeld onze telefoons zijn elektrisch. Di

Groot voordeel dat het analoog is, wel of geen foton word gestuurd (foton is bit)

Electrische kabel is het of aan of uit, bij optische (glasvezel) daar heb je dus verschillende golflengtes over zelfde kabel sturen. Paar pentabit per seconde op tu/e (22.9 pentabit ps)

Fotonische chips zijn enorm goed in het analoge systemen

**Waarom zijn nieuwe chip varianten nodig?**

Een groot probleem van electrische chips is het volgende: de helft van de energie gaat naar warmte bij electrische chips. Dit betekend dat de helft van de batterij cappaciteit die in je telefoon zit verloren al gaat an de hitte die ontstaat van elektrische signalen tussen de chips. Dit is enorm inefficient en leidt tot een ander probleem, de schaalbaarheid van chips wordt hier ook door gehaperd, als je namelijk nog snellere chips wilt betekend dat dat je telefoon nog warmer zal woren.

Kwantum computers gaat nog veel langer duren, om een kwantum bit te maken. Geen electrisch component. Wat ze doen is maken een vacuum buisje en daarin doen ze een deeltje. Dat deeltej heeft bepaalde energie. En daar licht op schiet heeft kans om te vervallen. Met die kans kan je dingen berekenen. Zodra je m afleest moet je m op nieuw maken, perfecte condities elke keer creeeren.

**Wat gaat fotonica veranderen?**

Pavel: ziet fotonica als de toekomst vooral voor industrieen zoals telecommunicatie.

Het gaat nog wel echt 10 tot 20 jaar duren voordat er ook echt fotonische computer chips op de markt komen. Vooral zelf bezig met telecommunicatie, als we beter worden in het maken. Pas daarna zullen er ontwikkelingen komen voor andere applicaties.

De chips zijn nu op micron niveau, wat nog veel te groot is om vergelijkbaar te zijn met de huidige computer chips. Het verschil is hetzelfde als de chips uit 1990 vergeleken met de huidige chips. De grootte en complexitiet is door de jaren exponentieel toegenomen. Kijk maar naar de computers uit 1990 die zo groot waren als een kamer tegenover de applewatches met miljoen keer zoveel vermogen. Als je kijkt naar equivalente transistoren is ie nu 100x groter.

Als je puur naar tijd kijkt kan je het zien als: We zijn nu al 100 jaar bezig proberen electrische computer te maken, nu pas paar 10 tallen jaren bezig met fotonische chips.

Wat al wel de laatste jaren erg gegroeid is zijn electrisch optische chips, dit is een combinatie tussen fotonische chip en electrische chip. Face id is eigenlijk een fotonische chip, dit berekend met lasers de dimensions van de gebruiker zijn gezicht wat ie zelf omzet naar bruikbare data voor de telefoon.

**Waar is fotonica goed in?**

Fotonica blinkt uit in het verbeteren van de communicatie in verschillende moderne apparaten en netwerken door fotonica te integreren in chips. Deze integratie creëert het potentieel voor snellere en efficiëntere gegevensoverdracht en -verwerking. Door gebruik te maken van licht als een fundamentele component, dienen fotonica chips als de basiselementen voor systemen die gebruik maken van fotonische technologie. De innovatie op dit gebied maakt een breed scala aan toepassingen mogelijk die voorheen onbereikbaar waren en maakt de weg vrij voor geavanceerde technologische oplossingen en mogelijkheden.

fotonica vooral goed als het samenwerkt met andere technieken zoals de huidige elektrische computerchips.

Photonics is not the only future and I think photonics photonics is more powerful when combined with others. I can give you a simple example. You know all the computer, all the you know. Cell phones, computers we use. They're digital, right? They're digital electronics. You need digital. Transistors or diodes, To form a digital circuit. That's actually needed for the classical computing. But for photonics this is horrible. At the digital domain, so photonics is excellent in analog domain.

**De wet van Moore in fotonica**

Waarom zijn er nieuwe chip varianten nodig? Door voortdurende vooruitgang in technologieën en de toenemende vraag naar snellere gegevensoverdracht, is er behoefte aan nieuwe chipvarianten die de prestaties van systemen verbeteren. Traditionele elektronische chips kunnen hun snelheidslimieten bereiken, maar met fotonica kunnen gegevens worden verwerkt en verzonden op ongeëvenaarde snelheden. Deze vooruitgang opent de deur naar een nieuwe generatie apparaten en netwerken die afhankelijk zijn van deze geavanceerde technologieën.

In de wereld van fotonica wordt de wet van Moore toegepast, waarbij de prestaties van fotonische chips exponentieel blijven groeien terwijl de kosten dalen. Deze ontwikkeling opent de deur naar nieuwe mogelijkheden en ontwerpen, en stimuleert voortdurende innovatie in de sector. Door voort te bouwen op de principes van fotonica, speelt Nederland een belangrijke rol in de wereldwijde verschuiving naar geavanceerde lichttechnologieën en draagt bij aan de verdere evolutie van moderne communicatiesystemen.

“We have also moore’s law. Well, moore’s law in in the photonics actually we have a plot very similar to that in industry showing that yes it actually is it is the. The number of functions we can integrate in a single chip.” - Yuqing Jiao

**Wat gaat fotonica veranderen? (de toepassingen van fotonica)**

Fotonische chips bieden een breed scala aan toepassingen, waaronder snellere gegevensoverdracht, efficiëntere communicatie in moderne apparaten en netwerken, en de mogelijkheid om steeds meer functies op een enkele chip te integreren. Door voort te bouwen op fotonische principes, speelt Nederland een cruciale rol in de wereldwijde verschuiving naar geavanceerde lichttechnologieën. Deze ontwikkelingen stimuleren voortdurende innovatie en dragen bij aan de verdere evolutie van moderne communicatiesystemen.

**LIDAR toepassingen in de nabije toekomst,** fotonische chips hebben in verschillende sectoren een grote impact, waaronder bijvoorbeeld in LIDAR-toepassingen. Deze technologie maakt gebruik van licht om afstanden te meten en wordt bijvoorbeeld toegepast in autonome voertuigen voor objectdetectie en positionering. Door continue innovatie en de integratie van fotonica in diverse toepassingen, zoals LIDAR, draagt Nederland bij aan de vooruitgang van geavanceerde lichttechnologieën en blijft het een belangrijke speler in de wereldwijde ontwikkeling van moderne communicatiesystemen.

And because of more and more applications that require a very complex optical system, maybe you have heard of LIDAR light ranging and detection for the autonomous cars. It needs a large array of large number of optical components integrated.

**Neuromorphic computing** deze technologie maakt gebruik van principes die vergelijkbaar zijn met die van het menselijk brein, waardoor systemen in staat zijn om taken op een meer efficiënte en adaptieve manier uit te voeren. Neuromorfe chips nemen complexe taken over, zoals patroonherkenning en besluitvorming, en spelen zo een cruciale rol in de verdere evolutie van geavanceerde computertechnologieën. In deze soort berekeningen zijn fotonische chips erg goed.

Neuromorphic computing is, like you design A processor which mimic the human brain, so you have neurons, which is spike to next 100 neurons, then spike to the next. You can do it on the chip, and the photonics is a perfect candidate and to some extent even better than the electronics. Yeah. So there's a huge work.

**Hoe houden we deze voorsprong?**

Door nauwe samenwerking tussen onderzoekers, industriele partners en overheidsinstanties kan Nederland zijn voorsprong op het gebied van fotonische chips behouden. Investeringen in onderzoek en ontwikkeling, het stimuleren van innovatie, en het aantrekken van getalenteerde professionals spelen essentiële rollen.

* Pavel: Een groot probleem van electrische chips is het volgende: de helft van de energie gaat naar warmte bij electrische chips. Dit betekend dat de helft van de batterij cappaciteit die in je telefoon zit verloren al gaat an de hitte die ontstaat van elektrische signalen tussen de chips. Dit is enorm inefficient en leidt tot een ander probleem, de schaalbaarheid van chips wordt hier ook door gehaperd, als je namelijk nog snellere chips wilt betekend dat dat je telefoon nog warmer zal woren.

**Basic uitleg fotonische chip**

De meest gebruikte fotonische chip is een switch, wanneer je een chip ziet als een kruispunt in het verkeer. In network heb je een richting nodig voor bepaalde data pakketjes. Al die informatie pakketjes moeten naar allerlei kanten toe.

Dit is het proces wat is allerlei chips gebeurd alleen is een fotonische chip hier een stuk sneller en efficienter in. Het is een sorteermachine die wel 100 miljard keer per seconde informatie kan wisselen.

Dit is niks nieuws ook in huidige electrische chips gebeurd dit, alleen zijn er problemen. Met een elektrisch signaal verlies je veel energie en warmte, grote reden dat chips niet veel sneller worden laatste jaren. Je telefoon zou warm genoeg worden om een ei op te bakken.

Ook zijn er op de huidige schaal van de meest geavanceerde chips problemen. De 2nm die de huidige euv machines van ASML kan printen

**Wat gaat fotonica veranderen?**

Pavel: ziet fotonica als de toekomst vooral voor industrieen zoals telecommunicatie.

Het gaat nog wel echt 10 tot 20 jaar duren voordat er ook echt fotonische computer chips op de markt komen. Vooral zelf bezig met telecommunicatie, als we beter worden in het maken. Pas daarna zullen er ontwikkelingen komen voor andere applicaties.

De chips zijn nu op micron niveau, wat nog veel te groot is om vergelijkbaar te zijn met de huidige computer chips. Het verschil is hetzelfde als de chips uit 1990 vergeleken met de huidige chips. De grootte en complexitiet is door de jaren exponentieel toegenomen. Kijk maar naar de computers uit 1990 die zo groot waren als een kamer tegenover de applewatches met miljoen keer zoveel vermogen. Als je kijkt naar equivalente transistoren is ie nu 100x groter.

Als je puur naar tijd kijkt kan je het zien als: We zijn nu al 100 jaar bezig proberen electrische computer te maken, nu pas paar 10 tallen jaren bezig met fotonische chips.

Wat al wel de laatste jaren erg gegroeid is zijn electrisch optische chips, dit is een combinatie tussen fotonische chip en electrische chip. Face id is eigenlijk een fotonische chip, dit berekend met lasers de dimensions van de gebruiker zijn gezicht wat ie zelf omzet naar bruikbare data voor de telefoon.

**Waarom zijn nieuwe chip varianten nodig?**

Een groot probleem van electrische chips is het volgende: de helft van de energie gaat naar warmte bij electrische chips. Dit betekend dat de helft van de batterij cappaciteit die in je telefoon zit verloren al gaat an de hitte die ontstaat van elektrische signalen tussen de chips. Dit is enorm inefficient en leidt tot een ander probleem, de schaalbaarheid van chips wordt hier ook door gehaperd, als je namelijk nog snellere chips wilt betekend dat dat je telefoon nog warmer zal woren.

Kwantum computers gaat nog veel langer duren, om een kwantum bit te maken. Geen electrisch component. Wat ze doen is maken een vacuum buisje en daarin doen ze een deeltje. Dat deeltej heeft bepaalde energie. En daar licht op schiet heeft kans om te vervallen. Met die kans kan je dingen berekenen. Zodra je m afleest moet je m op nieuw maken, perfecte condities elke keer creeeren.

**Verschil tussen chips**

Groot voordeel dat het analoog is, wel of geen foton word gestuurd (foton is bit)

Electrische kabel is het of aan of uit, bij optische (glasvezel) daar heb je dus verschillende golflengtes over zelfde kabel sturen. Paar pentabit per seconde op tu/e (22.9 pentabit ps)

Smart photonics is een foundry die in house dingen maakt. Bedrijven die alleen maar designs maakt

Veel onderzoek naar optische chips in Japan en tu/e.

Nu telekom industrie, tussen servers is alle communicatie optisch

Centrale server Amsterdam, allemaal door lasers

Information theory, hoe je je informatie codeerd, we hebben veel redundancy in onze taal, je wilt informatie overbrengen in zo min mogelijk bytes. Praten zonder laatste letter kan je nogsteeds communiceren

Photondelta, smart photonics

Nvdia overhyped door ai, chatgpt gebruikt zo veel videokaarten dat nvdia heel veel baat bij heeft. Al die investering in die videokaarten.

Computer chips is Kleine markt

Auto zit ook 500 chips is die hoeven niet allemaal hetzelfde te zijn.

Solid state lidar, normal Spiegel die ronddraait, door laser rond te laten draaien.

spectronomie

elke laser is ook een fotonische chip

LED zijn ook fotonische chips

In een monitor zit een fotonische chip daarop zit dan een led en die krijgt stroom, komt geen electrische chip aan bod.

Fibre optic cables

Cladding = omhulsel

Core = waar informatie doorheen gaat

Laser= light down the optical wire (in bits)

Interessant all photonics network

IOWN 2.0: 2025 optical interboard connectivity

IOWN 3.0: optical interchip connectivity

all the chips connected to the motherboard, are connected with photonics

IOWN 4.0: Optical intra-chip connections

all chips have time delay,

**interview**

xaveer leijtens

<https://www.tue.nl/en/research/researchers/xaveer-leijtens>

yuqing jiao

<https://www.tue.nl/en/research/researchers/yuqing-jiao>

Kan jij uitleggen in jouw woorden wat fotonica is?

DWDM-techonologie? (meer data over een enkele glasvezelkabel)

Kan je het vergelijken met een glasvezelkabel?

Waarom is het beter om energiezuinig te zijn?

Hoe goed zijn fotonische chips op dit moment?

Kan je me uitleggen hoe licht minder energie kost?

-          Hoe het sneller is?

-          Kleiner?

-          En veel nauwkeuriger

Er word geschreven over huidige chips dat de limieten in zicht zijn, is dit iets wat fotonica kan oplossen?

Heb jij ideeen over mensen die ik zou kunnen interviewen van Eindhoven?

ER MOET  300 en 600 miljard euro in geinversteerd gaan worden

Andere onderwerpen

Fotonische biosensor

Micro-spectrometer

Lidar

Fotonische kwantumcomputers

veel gebruikte fotonische chip, switch is een network, in verkeer kruispunt, in network heb je ook een richting nodig voor bepaalde pakketjes. Als je aan een kant allemaal signalen van computer hebt. Alle kanten moet pakketje naartoe.

Fotonisch is stuk sneller en efficienter, soort sorteer machine dit ongeveer 100miljard keer per seconde. Veel sneller qua wisselen, dus switchen

Bij electrische signal verlies je veel energie en warmte, reden dat huidige chips niet beter worden is omdat ze warmte verliezen.

Huidige electrische chips lopen tegen een limiet aan. Sommige draadjes zijn paar atomen breed. Als ze nog Kleiner moet (1 atoom breed), dan krijg je kwantumtunneling effect. Atoom is onder nanometer.

2 nm is vooral marketing. Niks in chip is echt 2 nm maar hoeveel objecten en hoeveel oppervlakte dat delen. En omdat het 3d

[**https://www.youtube.com/watch?v=cgwKdTZrh\_A&ab\_channel=ISSCCVideos**](https://www.youtube.com/watch?v=cgwKdTZrh_A&ab_channel=ISSCCVideos)

Advantages of photonic integration:

* packaging cost
* form factor
* more robust
* higher functionality
* manufacturing cost (in large volume)

Disadvantage

* entry cost (upfront investments)

Applications of photonics

* telecommunication
* data-communication
* sensor applications for health and security
* agriculture
* automotive
  + LIDAR
* metrology

Moore’s law is also present photonics

1990 (photonic integration in InP substrates

2000

2010 (membrane circuit)

2020-2030 (nanolaser)

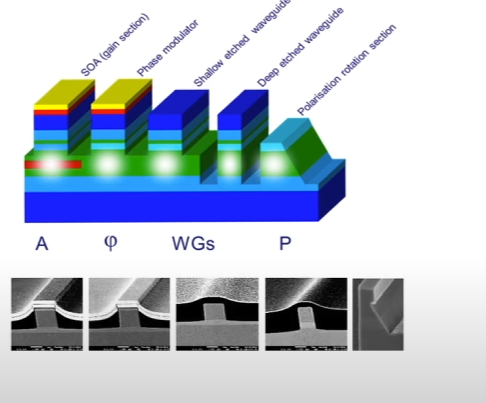
Milestones | electronics | photonics |

Invention of key component | transistor 1947 | Semiconductor laser 1969 |

Semiconductor integration technology | 1958 | 1987 |

Generic integration technology MPW’s | 1979 | 2008 |

Killer random defect densities reported <1cm² | 1987 | 2010 |



**basic building blocks**

Electornic Integration | Photonic integration

Transistor | Optical Amplifier

Resistor | Phase Modulator

Capacitor | Polaristion Converter

Electrical connection | Waveguide

**InP = Indium Phosphide**

“There’s a good reason for that: if you want to build the light-based equivalent of an electronic circuit, you’re going to need a material that’s not only capable of ‘conducting’ light but also of being able to produce it. This translates into the ability of also making active components in addition to passive ones. As a so-called direct band gap semiconductor, InP is the only material that ticks both boxes, whereas the two silicon varieties do not.”

Interviewvragen voor fotonica interview met docent en onderzoeker:

Vragen:

* Why do we need photonic chips?
* How does a photonic chip work?
* What is the current state of photonic chips?
* What are the most interesting applications for these chips?
* Can these chips also be massproduced by fabs such as tsmc?
* where do you see this technology in 10 years?
* Does moore’s law also apply to this type of chip?
* indium phosphide (InP) what is this? And why is it useful for photonics?

- In de fotonica-interview met de docent en onderzoeker kunnen vragen worden gesteld over het belang en de toepassingen van fotonica,

- de huidige stand van fotonische chips

- hoe fotonica kan helpen bij het overwinnen van de limieten van elektrische chips.

- Ook kan worden ingegaan op de voordelen van fotonicaintegratie en de verschillen tussen elektronische en fotonische integratie. Daarnaast kan er aandacht worden besteed aan de geschiedenis en ontwikkelingen binnen de fotonica-sector, met focus op belangrijke mijlpalen en technologische vooruitgang.

In the context of photonic computer chips, the difference between analog and digital typically refers to how information is represented and processed.

1. **Analog**: In analog systems, information is represented using continuously variable physical quantities such as voltage, current, or light intensity. These systems can theoretically have an infinite number of possible values within a given range. Analog processing involves manipulating these continuously varying signals directly. Analog systems are often well-suited for tasks that involve processing real-world signals like audio, images, or sensor data, where the information is inherently continuous and changing.
2. **Digital**: In digital systems, information is represented using discrete, finite symbols or values, typically in the form of binary digits (bits) 0 and 1. Digital systems process data using discrete operations on these symbols. They are highly precise and less susceptible to noise and distortion compared to analog systems. Digital processing is often used in tasks like computation, data storage, and communication, where accuracy and repeatability are crucial.

In the context of photonic computer chips, the distinction may be related to how photonic elements are utilized for analog or digital processing tasks. Photonic chips can manipulate light signals to perform computations or process information. Analog photonic processing may involve operations like filtering, amplification, or modulation of light signals in a continuous manner. Digital photonic processing, on the other hand, may involve encoding information into discrete optical pulses or bits and performing operations like routing, switching, or logical operations on these pulses.

Your interviewee likely suggested that photonic computer chips excel at analog tasks because the continuous nature of light signals in photonics makes them particularly suitable for tasks that involve manipulating continuous signals, such as signal processing, sensing, or certain types of machine learning algorithms.