

Silicon Photonics, Photonics

Nieuwe silicium fotonica-technologie zorgt voor sneller dataverkeer in datacenters

Nieuwe zendontvanger heeft 10x hogere bandbreedte dan huidige zendontvangers.

De capaciteit van datacenters moet stijgen als we alle huidige en toekomstige internet-toepassingen willen blijven gebruiken. Vandaag alleen al zitten we met duizend miljard gigabyte aan data en dat zal explosief toenemen met de komst van het internet der dingen. Silicium fotonica speelt daar een belangrijke rol in. Het belooft snel dataverkeer, met compacte componenten die weinig energie verbruiken. Imec zet dan ook sterk in op deze technologie. In 2016 demonstreerde onze onderzoekers een unieke Germanium-Silicium modulator met 56Gb/s bandbreedte, die kan worden ingezet om compacte, zuinige optische links te maken voor server-to-server communicatie in datacenters. Recent werd deze modulator verder ontwikkeld en gebruikt in een 16-kanaals 896Gb/s prototype zendontvanger; Deze werd geïntegreerd in een fotonische chip van slechts 1,5mm². Bovendien werd in samenwerking met Universiteit Gent ook aangetoond dat de modulatiesnelheid per kanaal verder kan opgedreven worden tot 100Gb/s. Deze resultaten werden recent gepresenteerd op de prestigieuze OFC conferentie in Los Angeles, het toonaangevende forum voor baanbrekend onderzoek in telecom en datacom.

De cloud groter maken

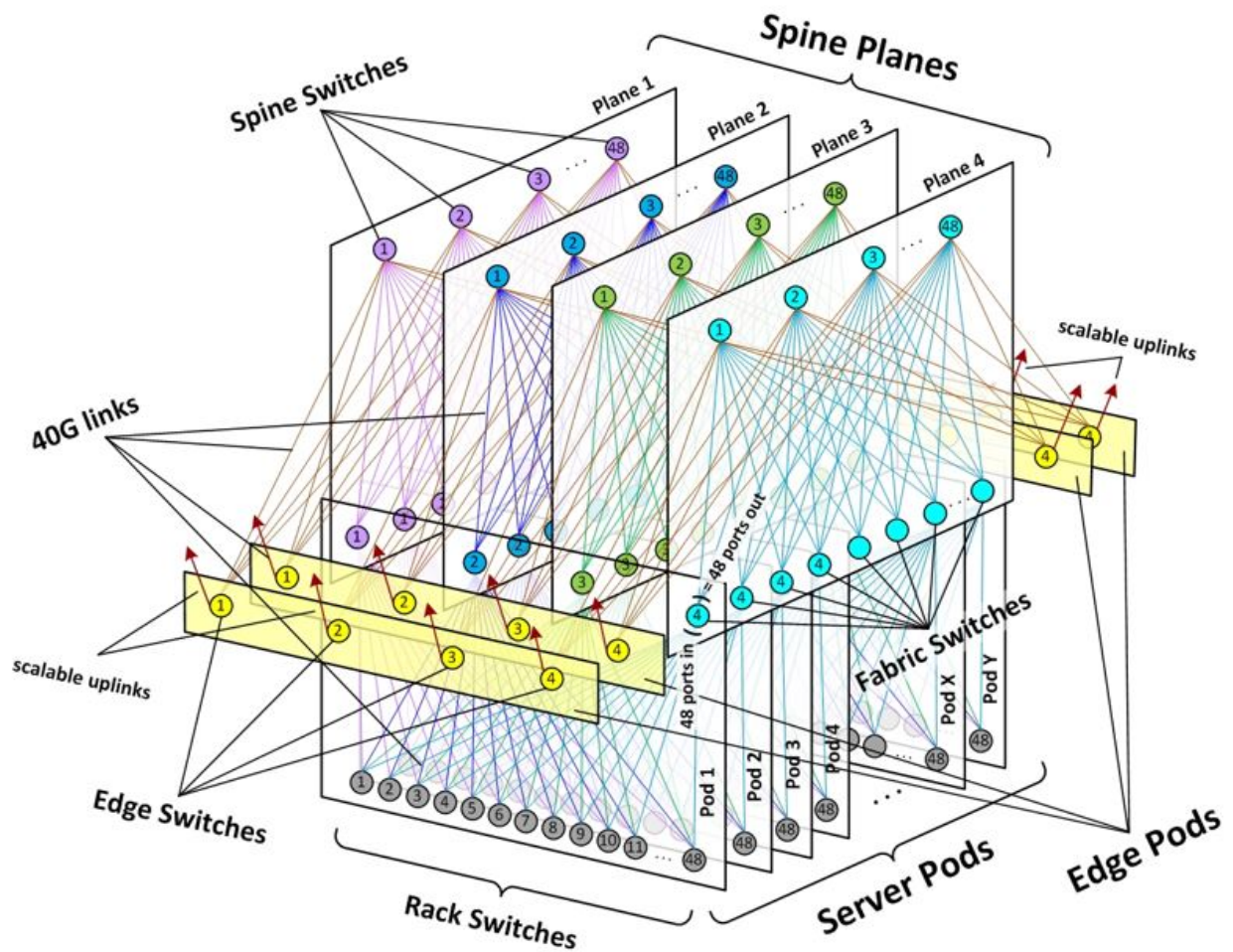
Every day we produce massive quantities of data. You only have to think of e-mails, text messages, pictures and videos posted on social media, data from your fitness watch, etc. to see why. And the quantity of data processed by companies such as Google, Facebook, Microsoft and Amazon is growing exponentially. Then there's the Internet of Things where all kinds of things will be equipped with sensors taking measurements and communicating with one another. All of which means even more data.

Dagelijks produceren we gigahoeveelheden aan data. Denk maar aan e-mails, foto's en video's die we posten op sociale media, de metingen van je sporthorloge enz. De hoeveelheid data die bedrijven als

Google, Facebook, Microsoft en Amazon verwerken groeit ook exponentieel. Daarnaast is er ook het internet der dingen - waarbij alle toestellen sensoren zullen bevatten die metingen doen en data uitwisselen (met elkaar en de cloud). Dat betekent nog meer data.

Al deze data worden opgeslagen en verwerkt in de cloud, ofwel: het datacenter. Daar staan duizenden servers in racks die allemaal verbonden zijn met elkaar via een complex netwerk van (optische) glasvezelverbindingen. Om de exponentiele toename van data aan te kunnen, moet ook dit netwerk exponentieel opschalen. Er bestaat een zeer agressieve roadmap voor deze server-to-server communicatie: sinds 2016 worden in de meest geavanceerde cloud datacenters optische links en zendontvangers met een capaciteit van 100Gb/s geïnstalleerd; Tegen 2019 wordt een upgrade naar 400Gb/s verwacht, en een verdere opschaling naar 1.6 Tb/s tegen 2022.

Cloud datacenters zijn bovendien zeer grote installaties, en de optische links dienen een bereik van minstens 500m te hebben. Bovendien dienen de optische links voor cloud datacenters in veel groter volume gefabriceerd te worden en aan een substantieel lagere kost dan traditionele oplossingen in telecom.



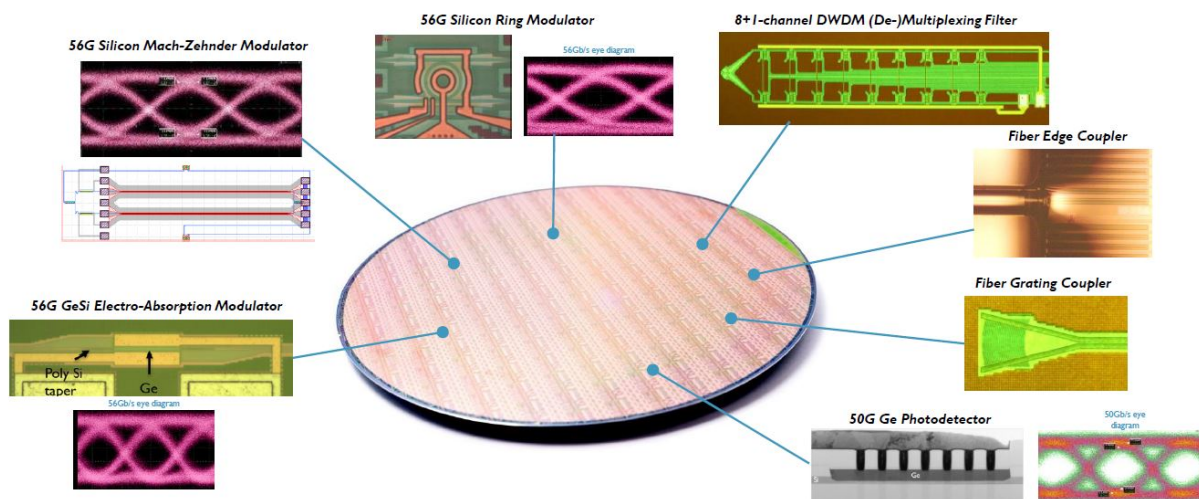
Complex netwerk van optische glasvezelverbindingen in een cloud datacenter (Facebook)

Silicium fotonica

Silicium fotonica is een interessante technologie om de essentiële bouwblokken die nodig zijn om een optische link te maken, in één chip te integreren. Deze technologie heeft als grote voordeel dat de optische componenten gemaakt kunnen worden met de geavanceerde toestellen waarmee ook microchips geproduceerd worden. Hierdoor zijn silicium fotonica-componenten relatief goedkoop, kan je een grote integratiedichtheid realiseren, een verminderd energieverbruik en een hoog productierendement. Precies wat onze datacenters nodig hebben om de explosieve groei van data aan te kunnen.

Imec ontwikkelde een silicium-fotonica-platform voor hogesnelheid optische links voor data- telecom- en sensor-toepassingen. Het platform gebruikt 200mm en 300mm SOI- (of silicium-op-isolator-) wafers als substraat. Het fabricageproces gebruikt een aangepaste 130nm CMOS-flow, uitgebreid met 193nm lithografie om de golfgeleiders te maken, en met germanium voor de fotodetectoren. Een bijkomende oxide/poly-silicium stack zorgt voor meer vrijheid in het ontwerp van de optische componenten. Deze stack wordt gebruikt om passieve componenten te integreren zoals optische koppelaars voor glasvezels, golfgeleiders en multiplexer-filters. Met het platform kunnen zowel passieve als actieve componenten (zoals opto-elektronische modulators, thermo-optische componenten en germanium-op-silicium fotodetectoren) samen geïntegreerd worden.

Elektronische circuits (zoals drivers en transimpedantieversterkers (of TIA's)) kunnen op een aparte chip gemaakt worden en met het silicium-fotonica-circuit geassembleerd worden via flip-chip-technieken (samen verpakt tot één systeem). In deze circuits converteert de driver een standaard CMOS-bitsignaal in een elektrische stroom die compatibel is met de optische chip, terwijl de TIA de fotostroom versterkt tot een standaard CMOS-bitsignaal.



Imec's 50Gb/s silicium fotonica-platform en -componenten

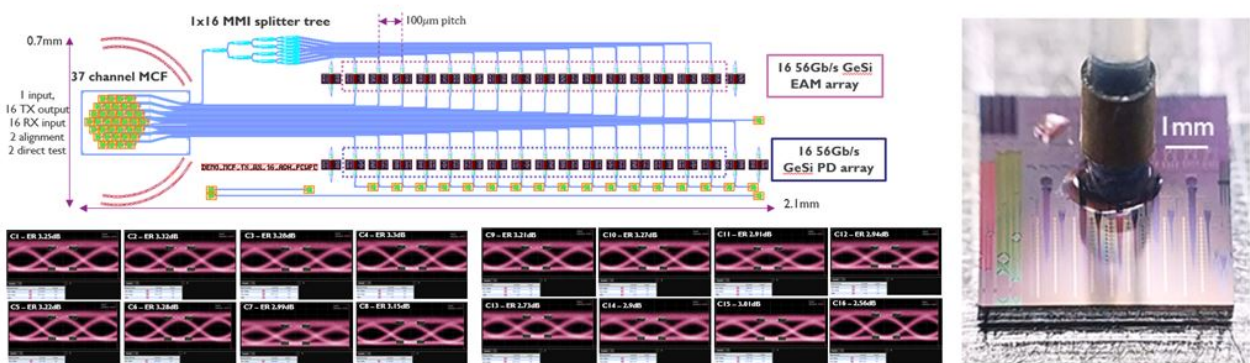
Zeer compacte en laagvermogen zendontvanger met 10x hogere bandbreedte dan huidige zendontvangers

Wavelength-division multiplexing (WDM) en space-division multiplexing (SDM) zijn twee manieren om de bandbreedte van optische links te verhogen. Bij WDM worden de signalen gecodeerd op verschillende golflengtes van licht, die doorheen dezelfde optische vezel gestuurd worden. Dit is interessant vanuit kostenperspectief, zeker voor lange afstanden. Nadelen zijn wel het optische insertieverlies en de golflengtefilters die zeer gevoelig zijn aan temperatuur waardoor de vermogenefficiëntie negatief beïnvloed wordt.

Zeker voor korte afstanden is SDM daarom een goed alternatief. Hier is vezelkosten immers niet echt van doorslaggevend belang. Bij SDM wordt een vezel gebruikt met verschillende kernen waarin licht van één bepaalde golflengte in parallel wordt doorgestuurd. Vandaag worden voor de 100Gb/s optische links vier parallelle single-mode vezels gebruikt.

Tijdens OFC2017, de belangrijkste conferentie op vlak van optische communicatie, toonde imec een unieke bouwblock van zijn siliciumfotonica-platform, geïntegreerd in een zeer compacte SDM-zendontvanger. De totale bandbreedte van deze zendontvanger is 896Gb/s, daar waar de zendontvangers in datacenters vandaag 100Gb/s aankunnen. Dit resultaat toont aan dat silicium fotonica een belangrijke rol zal spelen om de agressieve roadmap voor datacenters te kunnen volgen.

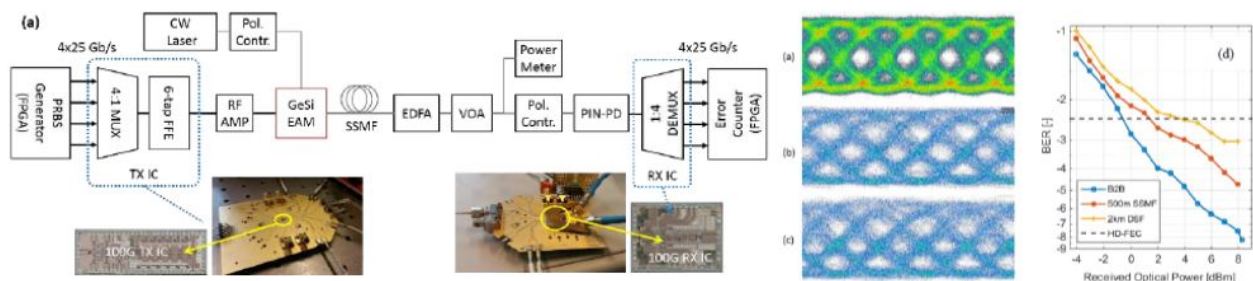
De zendontvanger bestaat uit een reeks van 16 GeSi elektro-absorptie modulatoren (EAMs) aan de zenderkant en 16 GeSi fotodetectoren aan de ontvangerskant, allemaal geïntegreerd op één chip. Ze hebben elk een bandbreedte van 56Gb/s. De fotodetectoren zijn gebaseerd op dezelfde structuur als de modulatoren, maar werken met een andere bias spanning. De modulatoren en fotodetectoren staan heel dicht bij elkaar, op 100 micrometer afstand, waardoor de zendontvanger zeer compact kan worden gemaakt. Ook de golfgeleiders zijn compact en dicht geïntegreerd, evenals de vermogenverdelers en glasvezel koppelaarstructuren. Doordat zowel zend- als ontvangerkant in hetzelfde GeSi materiaal gemaakt worden, is de productie ervan zeer efficiënt en betaalbaar.



Boven: Schema van compacte 896Gb/s SDM-zendontvanger ($<1,5\text{mm}^2$) met een array van 16x56Gb/s GeSi NRZ-OOK modulatoren (zender) en fotodetectoren (ontvanger). Onder: Om de kwaliteit van deze zendontvanger te testen, werden de oogdiagramma's van alle 16 modulatoren en fotodetectoren bestudeerd. Het zijn allemaal mooie open oogdiagramma's hetgeen aantoont dat het signaal zonder bitfouten kan verstuurd en ontvangen worden.

Eén-kanaals 100Gb/s optische link met silicium fotonica-modulator

In samenwerking met onderzoekers van de UGent demonstreerde imec ook de eerste realtime single-channel 100Gb/s non-return-to-zero on-off-keying optische link in silicium fotonica. Hiervoor werd dezelfde ultracompacte GeSi modulator gebruikt. Deze werd gecombineerd met een door UGent ontworpen zender- en ontvangerchip in SiGe BiCMOS-technologie. De signaaloverdracht via deze optische link werd getest over een standaard single-mode optische vezel (SSMF) van 500m en een dispersion-shifted optische vezel (DSF) van 2km. De signaaloverdracht was succesvol zonder dat er een complexe digitale signaalverwerking (DSP) nodig was. Dit resultaat toont aan dat silicium fotonica de juiste technologie is om compacte en laagvermogen zenderontvangers te maken met schaalbare capaciteit voor toekomstige server-to-server verbindingen.



Real-time 100Gb/s NRZ-OOK 1-kanaals optische link met de GeSi modulator.

Interesse in silicium fotonica-componenten?

De GeSi modulator zoals gebruikt in de twee bovenstaande demonstratoren is beschikbaar voor bedrijven en onderzoeksgroepen, net als andere componenten uit imecs silicium fotonica-platform. Dit kan via de imec-ePIXfab SiPhotonics:iSiPP50G service, dat onderdeel is van de Europractice silicium fotonica multi-project wafer (MPW) service.

Meer weten?

- Je kan de technische papers over bovenstaande resultaten opvragen via imecmagazine@imec.be. De titels zijn 'Ultra-dense 16x56Gb/s NRZ GeSi EAM-PD arrays coupled to multicore fiber for short-reach 896Gb/s optical links' en 'First real-time 100Gb/s NRZ OOK transmission over 2km with a silicon photonic electro absorption modulator.'

- Wil je meer weten over de siliciumfotonica multiproject wafer service? Dan kan je terecht bij Phillip.Christie@imec.be of wil je meer algemeen info over de siliciumfotonica prototyping service, contacteer dan Kenneth.Francken@imec.be