

Semiconductor technology & processing

Marc Heyns over het post-CMOS tijdperk

“De zadjes die zullen uitgroeien tot de technologie van de toekomst zijn nu al geplant!”

Marc Heyns, imec fellow & expert in Beyond CMOS en More Moore

De zoektocht naar de technologieën van morgen loopt over complexe paden – met langlopende trends en innovaties die elkaar afwisselen. In dit speelveld zijn de mogelijkheden eindeloos. We moeten ons onderzoek vooral toespitsen op high-risk, high-gain projecten; ‘risicovolle, maar veelbelovende’ projecten dus, want het is daar dat imec het meeste verschil kan maken. Als er voldoende gain aangetoond kan worden, kan de maturatie van een technologie plots heel snel gaan. Uiteraard zijn er ook risico’s aan deze aanpak verbonden, maar we willen wetenschappers stimuleren om meer te durven. Hierin schuilen namelijk ook de meeste kansen om doorbraken te realiseren. Er is nog nooit zoveel ruimte geweest voor creativiteit in technologieontwikkeling als op dit moment.

Toen het recht-toe-recht-aan schalen van technologie nog aan de orde was, lag het zwaartepunt vooral op uitvoering. Nu zijn er veel meer mogelijkheden tot innovatie en nieuwe ontwikkelingen, denk maar aan spin waves, quantum computing, 2D-materialen, topologische materialen of phononics. Het is op die creativiteit dat we moeten verderbouwen. We treden een nieuw tijdperk van exploratie binnen, gedreven door de verregaande ontwikkelingen in de CMOS-technologie en een exponentiële toename aan ontdekkingen in de fysica, met nieuwe materialen en nieuwe concepten die het veld wagenwijd openzetten...

Applicatie, applicatie, applicatie

In dit tijdperk van ongekende mogelijkheden evolueert ook de manier waarop we naar onderzoek kijken. Waar vroeger de technologie zelf nog de drijvende kracht was, zijn het nu de toepassingen die drager zijn van de meeste uitvindingen. Nieuwe ontdekkingen worden gedreven door een specifiek probleem of vanuit het idee van een product dat ons dagelijks leven kan verbeteren. Het is een trend die al langer gaande is. Zo werden transistors populairder dan vacuümbuizen voor radio's onder andere omdat ze inspeelden op een nieuwe applicatie, de draagbare radio. Dit applicatiegerichte denken is zichtbaar in alle domeinen en wordt alleen maar sterker. Ook de schaling past zich aan de applicatie aan: voor vele van deze toepassingen zijn immers ultra-low power technologieën nodig. In dit domein zullen we de volgende jaren nog heel wat innovatie zien.

Kroniek van een aangekondigde dood?

Hoewel reeds meerdere malen onterecht doodverklaard, blijft schaling in de halfgeleiderindustrie de dominante trend. Elke nanometer telt nog steeds en dat zal niet snel veranderen. Imec drijft de wet van Moore op de spits door transistoren voor logische toepassingen te verkleinen tot de 5 nm technologienode en kleiner. Onze innovaties omhelzen onder meer geschaalde FinFETs en gate-all-around Si nanowire FETs, maar we benutten ook de voordelen uit co-optimalisatie van ontwerp en technologie om een hoge performantie mogelijk te maken. Anderzijds laat bijvoorbeeld 3D-integratie ons toe componenten verticaal te stapelen om zo plaats te winnen op de chip. Een alternatief voor de klassieke 3D-stapeltechniek, is het sequentiële stapelen waarbij opeenvolgende componentlagen verticaal geïntegreerd worden met isolatie- en verbindinglagen tussenin. Toch is schaling meer dan alleen maar zoveel mogelijk transistoren op een bepaald oppervlakte plaatsen. Het gaat eveneens over functionaliteiten toevoegen. Zo maakt (sequentiële) 3D integratie het mogelijk om verschillende technologieën te combineren, denk aan integratie van optische elementen, sensoren of batterijen on chip voor Internet of Things en andere 'smart'-toepassingen.

Maar recent is er nog een andere trend naar voren gekomen: hybride schaalverkleining of heterogene integratie. Het grote verschil met traditionele transistor-schaling is dat hybride schaalverkleining niet langer één transistorarchitectuur gebruikt om het hele systeem op te bouwen. In de plaats daarvan worden er verschillende architecturen ingezet voor verschillende onderdelen van het systeem-op-chip, afhankelijk van hun functie in het systeem. Zo zou bv. magnetoresistive RAM (MRAM) gebruikt kunnen worden voor het embedded cachegeheugen, sterk geschaalde FinFETs voor de meest performante centrale verwerkingseenheden (CPU cores) en spin-logische transistoren voor de ultralaag-vermogen functies. In de context van hybride schaalverkleining zou er ook voor de verticale nanodraad-FET een belangrijke rol zijn weggelegd. Het is bijvoorbeeld een beloftevolle technologie voor het maken van erg compacte SRAM-geheugencellen.

Van vacuümbuis tot quantum computer

De verrassing van 2017 is voor mij ongetwijfeld de grote sprong voorwaarts die quantum computing gemaakt heeft. Hoewel nog een relatief experimentele technologie, is de gerapporteerde vooruitgang op een jaar tijd gigantisch. Ik heb ook hoge verwachtingen bij het imec-programma rond quantum computing waar we - dankzij de uitgebreide expertise die hier beschikbaar is - zeker kunnen vooroplopen in deze ontwikkelingen. Imec heeft één van 's werelds meest geavanceerde platformen voor het schalen van silicium CMOS-technologie, een platform waarmee we nu werken aan 5nm-technologie en kleiner. En op die schaal hebben we al heel wat ervaring opgebouwd met het omgaan met kwantumeffecten, een unieke basis om quantumcomputers te ontwerpen dus.

Quantum computing is op korte tijd een realiteit geworden. Dat wil niet zeggen dat traditionele computing systemen zomaar zullen verdwijnen. Ze zullen blijven bestaan naast nieuwe concepten zoals quantum en neuromorphic computing, die zich zullen profileren in specifieke toepassingsdomeinen. De technologie waarmee je in competitie gaat is altijd een bewegend doelwit. Er blijft meestal gedurende lange tijd een markt bestaan voor de huidige technologie terwijl de nieuwe zich ontwikkelt. Vacuümbuizen waren ook heel gesofisticeerd en werden nog steeds gemaakt toen de solid-state transistor al aan een commerciële opmars bezig was. Er blijft altijd een markt bestaan voor de huidige technologie, terwijl de nieuwe zich ontwikkelt. Ook quantum computers zijn gemaakt met specifieke toepassingen in gedachten en zullen daarom eerder een aanvulling zijn op de bestaande technologie dan een volledige vervanging. Desalniettemin zullen hun belang en toepassingsdomeinen wel voortdurend toenemen.

And the winner is...

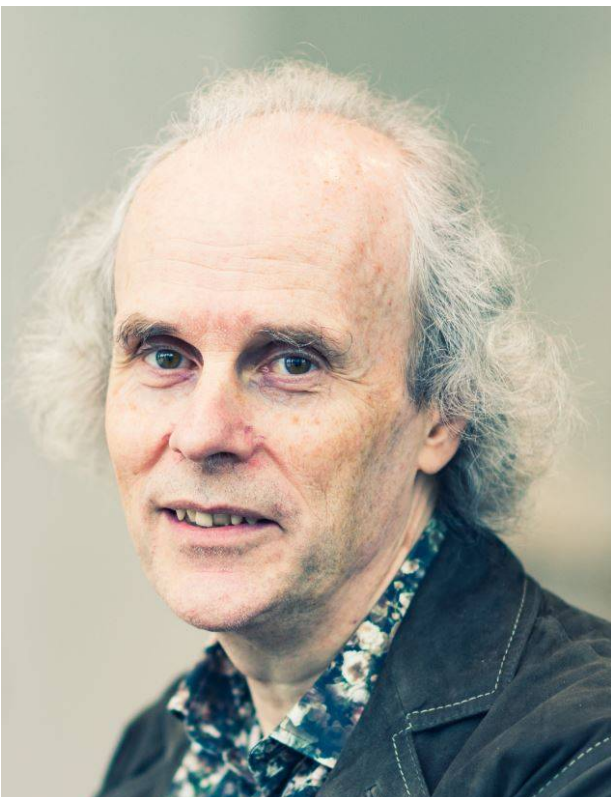
Wordt 'quantum information' dan dé technologie van de toekomst? Hoewel het zeker een potentiële kandidaat-winnaar is, weten we nog niet wat de uiteindelijke winner technology zal worden. Meer dan waarschijnlijk zullen verschillende technologieën in vele toepassingsdomeinen uit de bus komen en de toekomst vormgeven. Er staan nog vele andere doorbraaktechnologieën in de steiger en nieuwe innovaties bieden zich voortdurend aan. Denk bijvoorbeeld aan de nieuwe topologische materialen die het toelaten om kwantumeffecten op kamertemperatuur te controleren, met alle mogelijke toepassingen vandien. Ook imec kijkt actief naar deze nieuwe trends. Door de veelheid aan nieuwe applicaties kunnen er ook meerdere winnaars uit de bus komen. Anderzijds is het ook goed mogelijk dat de eerste stappen naar de winnende technologie al gezet zijn, maar dat deze zich nog onder de radar bevindt omdat ze nog een hele weg moet afleggen om haar volle potentieel te benutten. Eén ding is zeker, de zadjes die zullen uitgroeien tot dé technologie van de toekomst zijn nu al geplant!

Imec in een voortrekkersrol voor CSR

Met elke nieuwe technologie die ontwikkeld wordt, begint ook het sociaal verantwoordelijkheidsgevoel sterker door te dringen. De technologie die we ontwikkelen heeft een directe impact op onze levenskwaliteit en op de maatschappij om ons heen. Corporate Social Responsibility (CSR) is een trend die de voorbije jaren al prominent aanwezig was in de technologiesector en in de toekomst alleen maar aan belang zal winnen. Imec kan een actieve voortrekkersrol spelen door samen met bedrijven CSR concreet uit te werken. CSR leeft momenteel al zeer sterk in imec op alle niveaus. Voor de toepassingen in het domein van draagbare gezondheidszorg kijken we bijvoorbeeld naar hoe we dit goedkoop en efficiënt kunnen introduceren in moeilijk bereikbare gebieden. En we werken aan milieuvriendelijke alternatieven in de technologie, aan groene energie en aan allerlei toepassingen die erop gericht zijn het leven van mensen te verbeteren. Dat is hoe imec de hoekstenen van CSR, People – Planet – Profit, in de praktijk weet te combineren.

Meer weten?

- Lees meer over [quantum computing](#) en [heterogene sequentiële 3D integratie](#)



Biografie Marc Heyns

Marc Heyns behaalde in 1979 de graad van Master in de Toegepaste Wetenschappen (Elektronica) aan de KU Leuven, gevolgd door de graad van Doctor in 1986. In januari van dat jaar begon hij te werken bij imec waar hij Departementsdirecteur en Programmadirecteur werd, verantwoordelijk voor ultra-clean processing technology, high- κ gate stacks, en Ge en III/V CMOS. Hij werd benoemd tot imec fellow in 2001 en tot professor aan het Departement Materiaalkunde van de KU Leuven in 2005. Zijn huidige onderzoeksinteresse spitst zich toe op 'Beyond CMOS', de exploratie van nieuwe materialen en concepten voor toekomstige technologieën.