



Actieagenda

Semiconductor Technologies

2025

Versie 1.0 | 18 december 2025





Kennis- en Innovatie Agenda
Sleuteltechnologieën

Bezoekadres

Winthontlaan 2
3526 KV Utrecht
+31 (0)30 - 6001 328

Postadres

Postbus 3021
3502 GA Utrecht
The Netherlands

Actieagenda

Semiconductor Technologies

2025

Versie 1.0 | 18 december 2025



Inhoudsopgave

Samenvatting	6
1. Inleiding	7
2. Analyse: de kansen van Semiconductor Technologies	9
2.1. Kracht van het Nederlandse ecosysteem	9
2.2. Kansen en uitdagingen	10
2.3. Internationale positionering	13
2.4. Kansen voor de toekomst	14
3. Ambitie	17
3.1. Ambitie uit de Nationale technologiestrategie 2024	17
3.2. Economische en maatschappelijke opgave	17
3.3. Innovatieopgave	18
3.4. Kennis- en technologieopgave	18
3.5. Ecosysteemopgave	19
4. Innovatieprogramma	20
4.1. Programmastructuur	20
4.2. Bouwen op bestaande activiteiten	21
4.3. KPI's	22
5. Toepassingsgebieden	23
5.1. Chipdesign	23
5.2. Advanced Packaging	27
5.3. Semicon Equipment	31
5.4. Innovatie door kennisinstellingen	37
5.5. Vergezicht: Chipleths- en systeemontwerp	41
6. Technologische verdieping in ST	47
6.1. 6G en de evolutie van netwerkarchitecturen	47
6.2. High-end radar & MRI ontwikkelingen	49
7. Ecosysteemactiviteiten	52



8. Organisatie	53
8.1. Innovatiecoalitie	53
8.2. Financiering	54
9. Vervolg programmaontwikkeling	55
Annex 0: Bedrijven en kennisinstellingen	57
Annex 1: Afkortingen	59



Samenvatting

Dit document vormt de actieagenda voor Semiconductor Technologies van de Nationale Technologiestrategie (NTS), één van de tien NTS-actieagenda's. Deze actieagenda is gericht op innovatie-inspanningen van Nederland op het domein van Chipdesign, Advanced Packaging (en heterogene integratie) en Semiconductor Manufacturing Equipment. Nederland kent al een uniek ecosysteem en er liggen kansen in mondiale groeimarkten. Nederland streeft ernaar in 2035 internationaal toonaangevend te zijn in onderdelen van Chipdesign, Advanced Packaging en Semiconductor Equipment, ondersteund door een veerkrachtig ecosysteem en sterke Europese samenwerking. Samenwerking in een quadrupel helix – industrie, kennisinstellingen, overheid en investeerders – is de basis van deze actieagenda.

Het Nederlandse ecosysteem kent al een aantal breed gedragen initiatieven, waaronder ChipNL vanuit een industriële coalitie, en publiek-private programma's uitgevoerd in academische en TO2-coalities. Hiernaast bestaan er strategische programma's – vanuit Holland High Tech, TKI HTSM – en Nationaal Groeifondsinitiatieven in het Semiconductor Technologies domein. De hier gepresenteerde actieagenda wordt gesteund door kennisinstellingen, TO2's, NWO, relevante MKB's, scale-ups, en de relevante grootbedrijven.

Deze actieagenda kiest focus in de domeinen:

- **Chipdesign**
Complexe, energiezuinige en gespecialiseerde chips voor high-mix, small en medium-volume toepassingen, met nadruk op samenwerking, standaardisatie en het versnellen van ontwikkelprocessen.
- **Advanced packaging**
Versterking van de positie, met nadruk op panel-level processing en additieve technologieën.
- **Semiconductor Manufacturing Equipment**
Lithografie, metrologie, test apparatuur, duurzame processen, materialen, re-use, digital-twin technologieën en innovatieve assemblageapparatuur. Langetermijndoelen en vergezichten betreffen chiplets en systeemontwerp, inclusief de verbinding naar nieuwe technologieën.

Deze actieagenda is een levend document, dat in de komende jaren zal worden aangepast aan de realiteit en ontwikkeling van de Semiconductor Technologies innovatievragen. Deze actieagenda staat niet geïsoleerd en kent raakvlakken met andere actieagenda's.



1. Inleiding

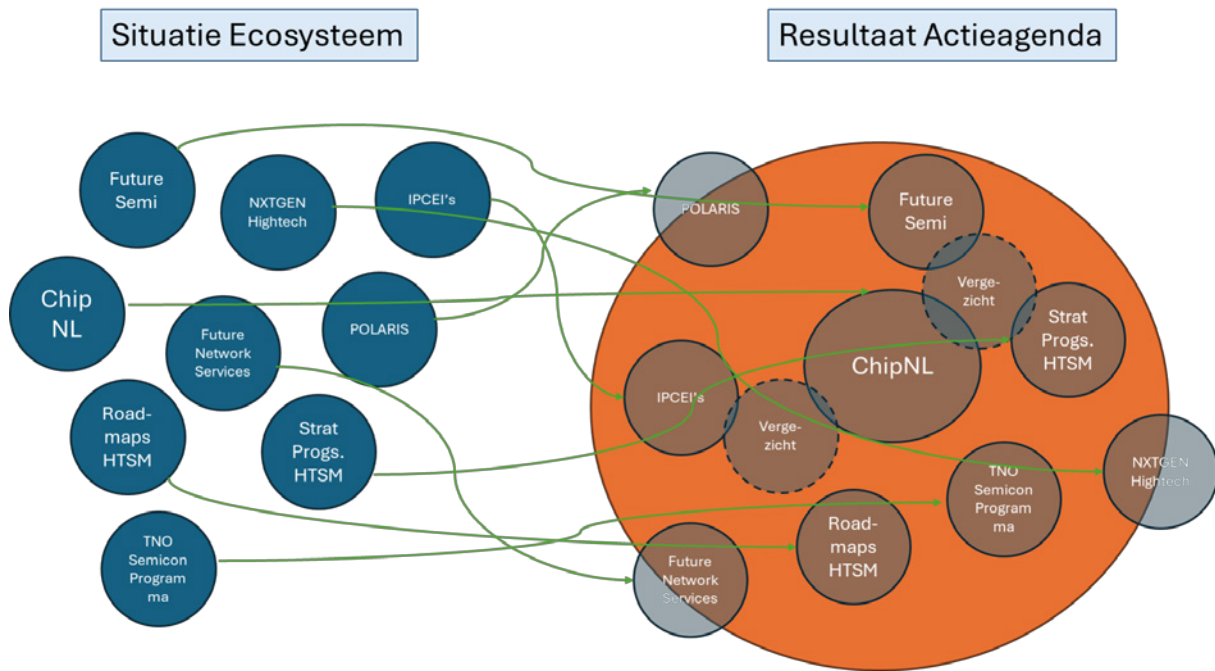
In de afgelopen zes decennia is de rol van halfgeleiders in ons leven aanzienlijk gegroeid, wat heeft geleid tot een wereldwijde miljardenindustrie met producten uit de informatie-, communicatie- en consumentenelektronica. Aan de basis van deze ontwikkeling ligt een voortdurende drang naar kleinere, betere, goedkopere en energiezuinigere elektronische componenten en schakelingen met steeds meer functionaliteiten. Chips zijn essentieel voor de grote wereldwijde trends. Nederland kan zijn sterke positie in deze grote en strategische markt de komende jaren verder uitbreiden.

Chips zijn belangrijk voor soevereiniteit, veiligheid en het vermogen van landen om te floreren. Daarnaast is de halfgeleiderindustrie sterk verweven met andere sleuteltechnologieën, zoals mechatronica, optica & fotonica, digitale technologieën, waardoor deze sector een aanjager is voor andere hightechindustrieën en -markten. Semiconductor Technologies zorgt hierdoor voor spillover-effecten naar sectoren als gezondheid, voeding, mobiliteit, displays, andere niet-halfgeleider hightechmaterialen en -componenten (waaronder batterijen) en ruimtevaart- en astronomische instrumentatie.

De opbouw van deze agenda is als volgt. In hoofdstuk 2 wordt het gehele ecosysteem geanalyseerd en worden de sterktes, zwaktes, kansen en uitdagingen in internationale context geplaatst. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de ambities voor de Semiconductor Technologies vanuit de Nationale Technologiestrategie en de daaruit voortvloeiende economische-, maatschappelijke-, innovatie-, kennis- & technologie- en ecosysteemopgaven. Hoofdstuk 4 gaat in op het innovatieprogramma en de structuur rond de drie domeinen. In hoofdstuk 5 zijn de ChipNL innovatieprogramma's opgenomen overdrie domeinen (5.1-5.3) en innovatie door kennisinstellingen (5.4). Het startpunt voor deze actieagenda wordt gevormd door bestaande initiatieven. Daarnaast is een vergezicht opgewerkt voor Chipleets en Systeemontwerp (5.5). In hoofdstuk 6 wordt de verbinding gezocht met Nationaal Groeifondsprogramma's die lopen: Future Network Services – 6G (6.1) en Polaris (6.2).

Sommige programma's passen één-op-één in de scope van deze agenda (ChipNL, FutureSemi, GreenChips). Andere initiatieven hebben onderdelen die inhoudelijk passen in de actieagenda Semiconductor Technologies (zoals de Nationaal Groeifondsprogramma's NXTGEN Hightech, Future Network Services en Polaris). Er zijn ook programma's die inhoudelijk passen op de scope van de actieagenda Semiconductor Technologies, maar die het doen van innovatie niet als (belangrijkste) doel hebben, waaronder Project Beethoven en het ChipNL Competence Centre.

Deze actieagenda biedt context en samenhang het innovatie-landschap. De NTS actieagenda Semiconductor Technologies wordt door alle stakeholders gezien als de overkoepelende innovatiestrategie voor semicon-gerelateerde publiek-private samenwerkingen. Stakeholders gebruiken deze actieagenda in het maken van keuzes in hun strategie. De actieagenda is een verbindend document, dat richting geeft aan toekomstige keuzes voor nationale innovatie acties. De rol van de actieagenda is schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Transitie gekoppeld aan deze actieagenda. Bestaande initiatieven in het Semiconductor-ecosysteem zijn nog niet gekoppeld. Koppeling, samenwerking en de uitwerking van deze actieagenda resulteren in een sterker ecosysteem waarin industrie, kennisinstellingen en maatschappij profiteren van onderlinge afgestemde doelen en tijdspaden inclusief nieuwe vergezichten.

Het doel van deze gezamenlijke innovatie-inspanning is een toekomstbestendige Nederlandse semicon-sector. Hiervoor werken we aan de versterking van bestaande posities, de productiviteit in de toeleverketen en ontstaat ruimte voor nieuwe producten en nieuwe bedrijvigheid in nieuwe semicon-technologieën.

2. Analyse: de kansen van Semiconductor Technologies

2.1. Kracht van het Nederlandse ecosysteem

Een unieke waarde van de Nederlandse halfgeleiderindustrie ligt in het nationale ecosysteem dat als collectief goed samenwerkt en daardoor op onderdelen snel kan innoveren. Nederland bezit technologisch leiderschap in machinebouw, unieke kennisposities in chipdesign (op chip- en systeemniveau) en is de wereldspeler in high performance/mixed-signal chipproductie en chippackaging. De mondiale halfgeleiderindustrie is dynamisch en genereert voortdurende industriële veranderingen. Deze dynamiek past goed bij het zeer innovatieve Nederlandse ecosysteem en maakt het mogelijk met telkens nieuwe waarde te creëren met technologische vooruitgang.

Een aanzienlijk deel van de wereldwijde halfgeleiderwaardeketen wordt mogelijk gemaakt door baanbrekende technologie uit Nederland, waaronder de lithografie van ASML. Ook in andere delen van de productieketen rondom halfgeleiderproductieapparatuur ('equipment') zijn Nederlandse bedrijven, of substantiële Nederlandse vestigingen, koplopers, met partijen zoals ASM, Besi, Thermo Fisher Scientific, KNS en Boschman. In de toeleverende industrie is daarmee in Nederland ook veel (sub)systeem kennis opgebouwd. Bovendien bevindt zich rondom deze grote namen een groot en hoogwaardig ecosysteem van TNO, universiteiten, kennisinstellingen, toeleveranciers en verpakings- en ontwerpbedrijven. Binnen dit ecosysteem ontstaat continue nieuwe equipmentconcepten die volgende generaties chips of verpakkingen mogelijk maken. Deze nieuwe producten worden in de markt gebracht door bestaande OEM's, toeleveranciers, en start-ups.

Onderzoek in cutting-edge halfgeleiderontwikkelingen is alleen maar mogelijk met zeer geavanceerde, en kostbare, apparatuur, die zich voortdurend verder ontwikkelt. Nederland heeft een goede positie binnen Europa op gebied van de beschikbare infrastructuur bij kennisinstellingen. Voorbeelden hiervan zijn de hoog vermogen EUV-bron en de apparatuur voor studies naar de levensduur en geschiktheid van optische en constructiematerialen bij TNO. In onderzoeksinstellingen in Eindhoven, Twente, Delft en Amsterdam is cleanroom infrastructuur aanwezig. Bij Universiteit Twente worden multi-laags spiegels gegroeid van commerciële kwaliteit. Het onderzoek gekoppeld aan ASM aan de TU/e in Eindhoven wordt uitgevoerd op een groot aantal systemen voor Atomic Layer Depositie (ALD). In ARCNL staat de meest complete EUV-bron voor onderzoek naar toekomstige hoogvermogen systemen.

Andere landen investeren structureler dan Nederland in infrastructuur en research and technology organisations, bijvoorbeeld in het kader van de EU-ChipsAct. Op gebied van semiconductor manufacturing equipment ligt Nederlands leiderschap in Europa voor de hand. De goede Nederlandse infrastructuur houdt R&D van de bestaande bedrijven in Nederland en is de actieve voedingsbodem voor de groei van start-ups en scale-ups in het Nederlandse ecosysteem.



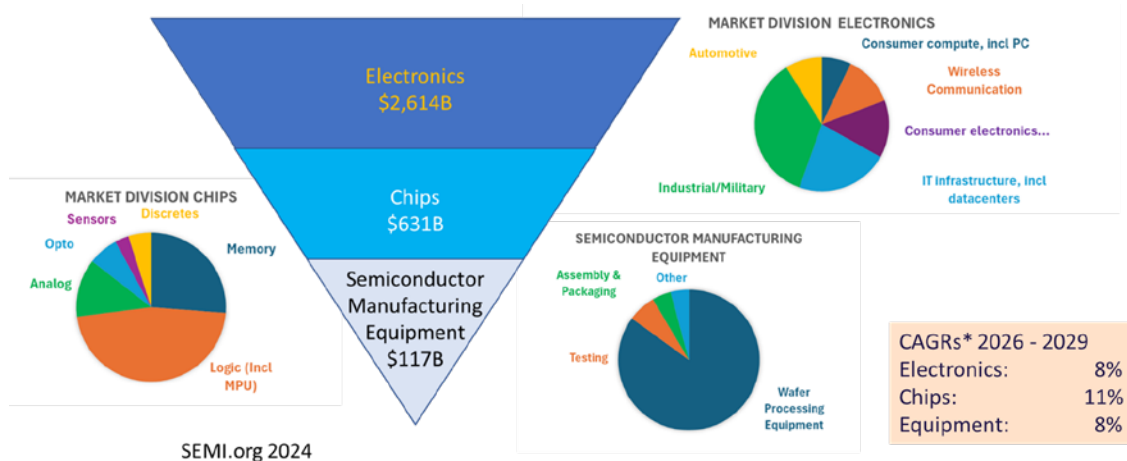
De markt voor chipverkoop ('Integrated Device Manufacturers') is kapitaalintensief en cyclisch, door de afhankelijkheid van technologieën, conjunctuur-, voorraad- en toeleverketeneffecten. Dit stuurt de keuzes voor deze bedrijven waar groei en krimp plaatsvindt. Het semiconductor ecosysteem bestaat uit Chipdesign (ontwerp: het creëren en omzetten van functies naar maskers voor fabricage), Assembly (het monteren van de halfgeleider in een behuizing) en Testen (uitsorteren van niet-functionerende producten), en verder uit de ontwikkeling van hoogwaardige Manufacturing Equipment. Ontwikkeling vindt voor al deze onderdelen mede plaats in Nederland. Productie vindt vooral wereldwijd plaats, de grootste concentratie aan fabrieken ligt in Azië. Belangrijke groeiers die het ontwerp van nieuwe concepten oppakken in Nederland zijn Innatera NanoSystems en Axelera AI.

Belangrijke kennisinstellingen binnen Semiconductor Technologies zijn:

- Technische Universiteit Delft
Delft heeft expertise op het gebied van heterogene systeemintegratie en heeft infrastructuur inclusief cleanroom faciliteiten op wafer niveau.
- Technische Universiteit Eindhoven
Eindhoven kent een grote traditie in systeem engineering en mechanische engineering gekoppeld aan semiconductor manufacturing equipment ontwikkelingen.
- Universiteit Twente
Twente heeft MESA+ als grote cleanroom faciliteit en actief onderzoek over het hele gebied van de semiconductor strategische agenda.
- Advanced Research Center for NanoLithography
De missie van ARCNL is fundamenteel onderzoek in de fysica en chemie van halfgeleider processen in het bijzonder van halfgeleider machineontwikkeling.
- Holst Centre
Combineert materiaal, proces, component en systeem expertise in flexibele en draadloze elektronica in gezamenlijk onderzoek met industrie. Focus ligt op de markten: 'Health and vitality', 'Energy and climate' en 'Mobility and Industry 5.0'.
- CITC
Joint chip integration technology centre dat focust op advanced packaging en heterogene integratie.
- TNO
Combineert diepe kennis op gebied van onder andere optica, (opto-)mechatronica, nanofabricage, systems engineering om de Nederlandse industrie verder te helpen. TNO doet dit doormiddel van één-op-één opdrachten met bedrijven, spin-outs en werkt met wereldwijd leidende internationale semicon-spelers.

2.2. Kansen en uitdagingen

Semiconductor Technologies omvat een aantal markten, variërend van halfgeleiderproductie-apparatuur tot chips en elektronica, waarbij de ene markt de volgende voedt en de waarde van de volgende die van de vorige ruimschoots overtreft. Figuur 2 geeft een overzicht, gebaseerd op



*CAGR – Compound Annual Growth Rate

Figuur 2. Een overzicht van markten wereldwijd mogelijk gemaakt door apparatuur voor halfgeleiderproductie, Bron SEMI.org 2024. In 'Semiconductor Manufacturing Equipment' verwijst 'Other' naar facilitaire fabrieksapparatuur, masker/reticle-apparatuur en waferproductie-apparatuur.

de cijfers van SEMI.org uit 2024. Op basis van geschatte CAGRs van 8 tot 11% zal de verwachte omvang van de markten in 2035 verdubbelen.

De markt voor Semiconductor Technologies zal dus naar verwachting een enorme groei doormaken in de komende jaren. Deze groei wordt aangedreven door mondiale megatrends als verregaande digitalisering en elektrificatie.¹ Deze sterke industriële groei biedt economische kansen voor Nederland, vanwege een van oudsher sterke sector.

De groeipotentie uit zich ook in de door het ministerie van Economische Zaken gedefinieerde Groeimarkten². In dit rapport worden groeimarkten geadresseerd die direct raken aan deze agenda, en een deel van de andere markten heeft sterke digitale en semicon-gerelateerde componenten. In Tabel 1 worden de belangrijkste groeimarkten opgesomd.

Deze actieagenda focust op (nieuwe) semicon-technologieën die de genoemde groeimarkten adresseren. In de laatste kolom zijn de connecties weergegeven. Op de eerste plaats richt deze actieagenda zich op primaire markten. De combinatie van mondiale groeimarkten met sterke Nederlandse technologieposities geeft een eerste aanzet tot selectie in dit innovatielandschap. Keuzes zijn hierin noodzakelijk: de markt vraagt om een hoge mate van specialisatie en alleen met focus kan Nederland hierin positioneren.

¹ McKinsey & Company (2022). The semiconductor decade: A trillion-dollar industry

² <https://open.overheid.nl/documenten/45c20d3e-bd5f-4fc2-8239-af72634d0988/file>

Primaire / directe markten		
Halfgeleiders	Analoge microchips	Wordt geadresseerd in 5.1 Design en in chiplet technologies: design
Machinebouw	Chipmachines	Wordt geadresseerd in 5.3, Nextgen, chiplet technologies: machines
Waarnemingssystemen en connectiviteit	Radarsystemen	Wordt geadresseerd in 6.2
Waarnemingssystemen en connectiviteit	6G netwerken	Wordt geadresseerd in 6.1
Sterke raakvlakken		
Halfgeleiders	Fotonische microchips	Integratie van elektronische en fotonische chips (bij adv packaging en vergezicht chiplets), dedicated machinebouw voor verdere industrialisatie van fotonische microchips.
Quantumtoepassingen	• Quantumcomputers • Quantumcommunicatie • Quantumsensoren	Integratie van elektronische en quantum chips (bij adv packaging en vergezicht chiplets), dedicated machinebouw voor verdere industrialisatie van quantum onderdelen.
MedTech	Apparatuur voor beeldgestuurde diagnose en therapie	Chips voor beeldvorming en beeldverwerking. Chipdesign en chiplet-technologie (zie 5.5)
Energietechnologie	• Nieuwe generatie zonnepanelen • Laadoplossingen • Smart grids • Nieuwe generatie batterijen • Waterstof-hub	Powerelektronica en materialen (zie 5.3).
Zware wegtransportmiddelen	Vrachtwagens met aandrijving op basis van waterstof en elektriciteit	Powerelektronica en materialen (zie 5.3).
Digitale diensten	• Bedrijfssoftware-as-a-service • Digitale platformen • Kunstmatige intelligentie en big data diensten • Cybersecurity	Dedicated AI chips en oplossingen; cybersecurity als onderdeel van halfgeleiderproducten en -machines. Zie 5.5,

Tabel 1: De belangrijkste groeimarkten.

Het verdienvermogen en de exportprestaties van Semiconductor Technologies zijn bewezen. Door te blijven innoveren en nieuwe producten te ontwikkelen voor nieuwe markten kan deze lijn worden voortgezet en verder uitgebreid. In het ChipNL innovatieprogramma is een additionele jaarlijkse toegevoegde waarde van €1.64 miljard becijferd. Vanwege de aard van de industrie is dit vrijwel volledig exportpotentieel. De toename komt uit nieuwe industrie en uit een forse marktgroei die deels ondersteund moet worden door een substantiële arbeidsproductiviteitsgroei.



Ook in een bredere maatschappelijke context draagt Semiconductor Technologies bij. Ten eerste is een mondiaal relevante positie in deze technologie essentieel voor een weerbaar Nederland en Europa. Voor Nederland betekent relevantie dat we technologisch leiderschap behouden en uitbreiden in specifieke onderdelen van de toeleverketen.

De halfgeleiderindustrie levert hoogproductieve banen op; banen, met doorgroeimogelijkheden, voldoende zekerheid en goede salarissen op verschillende opleidingstypen. Daarnaast heeft de halfgeleidersector een belangrijke invloed op de bredere hightech sector in Nederland. PwC's rapport³ bevestigt dat spillover naar andere sectoren en de versterking van de maakindustrie essentieel zijn voor economische groei en productiviteitsverhoging. Dit plan biedt de technologische handvatten die nodig zijn om de productiviteitsverhoging in de sector mogelijk te maken binnen een krappe arbeidsmarkt en biedt tegelijkertijd uitzicht op een groot aantal hoogproductieve arbeidsplaatsen in de volle breedte en op alle niveaus.

De ambities van de actieagenda dragen ook bij aan een meer duurzame chipindustrie door de ontwikkeling van schonere processen, meer energie efficiënte chips en het (competitief) vervangen van schadelijke materialen, zoals PFAS.

Om deze kansen te verzilveren moeten een aantal uitdagingen worden geadresseerd. Die uitdagingen kunnen worden samengevat als: (1) schaarste van materialen en nieuwe milieueisen, (2) schaarste van talent en (3) industriële veranderingen, binnen een context van toenemende industriepolitiek. Deze uitdagingen worden in deze Actieagenda geadresseerd, omdat gezamenlijke innovatie een belangrijke rol speelt in het aanpakken van deze gedeelde uitdagingen in het ecosysteem.

2.3. Internationale positionering

Door de jaren heen, gedreven door hoge investeringskosten, heeft er veel specialisatie en consolidatie plaatsgevonden binnen de waardeketen van Semiconductor Technologies. De complexe waardeketen omvat meerdere productiestappen, waaronder: chipontwerp, ontwikkeling van machines benodigd voor de productie van chips, productie van chips (inclusief metrologie en karakterisering), assemblage met slimme packaging technologies, testen van chips en de ontwikkeling en levering van kritische en geavanceerde materialen.

Er zijn verschillende type chips te onderscheiden, zoals Processor Chips (CPU/GPU), Memory Chips, Logic Chips (ASICs/FPGA), recently AI Chips (NPU), Sensor Chips (vaak Mixed-Signal), Communication Chips, Power Chips, Analogue Chips. Het ontwerpen van de digitale chips, voornamelijk toegepast in computers, servers en consumentenelektronica, wordt gedomineerd door Amerikaanse bedrijven. Europese ontwerpbedrijven zitten voornamelijk in specialistische waardeketens zoals analoge, RF en mixed-signal chips, met toepassingen in onder andere sensoren, radarapparatuur en de auto-industrie.

3 [*pwc-semicon-in-nl.pdf*](#)



Een opvallende trend die binnen het chipontwerpen wordt gezien is dat grote technologische bedrijven steeds meer inzetten op AI en daarvoor hun eigen chips ontwikkelen. Het betreft voornamelijk digitale chips, de Verenigde Staten is op dit gebied dominant.

Wereldwijd is er veel aandacht voor het vergroten van de productiecapaciteit. Toegang tot chipproductie wordt gezien als een aspect voor het behalen van een open strategische autonomie. Wat betreft productie zijn Taiwan op gebied van geavanceerde logic chips en Zuid-Korea op gebied van de meest geavanceerde geheugenchips leidend.

Amerikaanse productiebedrijven zijn voornamelijk sterk in de productie van CPU's en (in mindere mate) geheugenchips. Europese productiebedrijven richten zich op de productie van analoge chips, RF en mixed-signal chips. Europa loopt wat betreft productiecapaciteit achter op de Amerikaanse en Aziatische bedrijven en dreigt verder terrein te verliezen. Productie-, assemblage- en testactiviteiten zijn op grond van kostenoverwegingen over de jaren heen voornamelijk verplaatst naar China en Zuidoost-Azië. Deze hoog-volume activiteiten zijn complex en vergen geavanceerde machines en hoogwaardige procestechnologie om ze te kunnen uitvoeren. Onderscheidende vaardigheden zitten in het proces van ontwikkeling, industrialisatie en productie van kleinschalige tot medium grootte series. Naarmate technologie verder ontwikkelt wordt productiecapaciteit en efficiëntie belangrijker.

Door geopolitieke veranderende verhoudingen en recente chiptekorten zijn de afhankelijkheden in de waardeketen duidelijk naar voren gekomen. Om deze redenen zijn er wereldwijd investeringsprogramma's in het leven geroepen om de halfgeleiderindustrie te stimuleren, zo ook de Europese Chips Act. Dit initiatief mobiliseert € 43 miljard aan publieke en private investeringen en heeft als doel om de concurrentiekracht en veerkracht van Europa op het gebied van halfgeleidertechnologieën te versterken.

Soortgelijke initiatieven worden ontplooid in de Verenigde Staten, Japan, Taiwan, China en Zuid-Korea, waarbij het vaak gaat over meer dan € 100 miljard aan investeringen. De Semiconductor Technologies waardeketen wordt gekarakteriseerd door grote investeringen en de daarbij horende stevige posities. Nederland heeft traditioneel posities in hoogtechnologische laag-volume markten en in machinebouw voor hoogtechnologische hoog-volume waardeketens. Met de positie van machinebouw in de hoog-volume waardeketens en ontwerp, productie en back-end posities in meer specialistische waardeketens, draagt Nederland goed bij aan een versterking van de positie van Europa. Echter, wat betreft investeringen blijft Nederland achter op veel andere Europese landen.

2.4. Kansen voor de toekomst

Hieronder wordt bovenstaande vertaald in een SWOT-analyse. In de SWOT-analyse wordt het ecosysteem als intern beschreven en wordt de quadrupelhelix bedoeld: industrie, kennisinstellingen, overheid en investeerders.

Sterktes

- De aanwezigheid van sterke competitieve en onmisbare industrie in het mondiale halfgeleider ecosysteem.
- De aanwezigheid van een goed innovatie-ecosysteem zowel academisch als binnen TNO, waarvan de ontwikkeling en kwaliteit gekoppeld is aan de kwaliteit van het Nederlandse opleidingssysteem en de aanwezigheid van en relatie met een industrie met een innovatievraag.
- Combinatie van technische expertise en marktexpertise in het ecosysteem. Deze sterkte zorgt voor veel nieuwe en relevante ideeën.
- De aanwezigheid van gerichte infrastructuur in de vorm van cleanrooms, diagnostische apparatuur en een onderzoekstraditie waarin samenwerking gezien wordt als positief
- De aanwezigheid van een sterk systeemdenken waarbij samenwerking met toeleveranciers, klanten en andere stakeholders herkend wordt als positief voor de Nederlandse concurrentiepositie.
- Productie van equipmentsystemen en onderdelen daarvan, hoogwaardige high value/low volume productie.
- Veel economische spill-over effecten in het kennisecosysteem ende toeleverketen.
- Internationaal- en exportgericht ecosysteem.

Zwaktes

- Tekorten aan ruimte, talent en energie (elektrische aansluitingen); vertraagt de realisatie van initiatieven.
- Tekort aan investeringskapitaal; sector heeft grote investeringen nodig om een relevante schaal te bereiken.
- Verdere terugtrekking van chipproductie in Nederland: schaal en economische haalbaarheid.
- De positie van chipdesign dreigt af te nemen, ondanks grote marktkansen.
De geringe aantrekkingskracht van technologie en exacte wetenschappen op de Nederlandse jeugd, in het bijzonder op vrouwen.

Kansen

- De wereldwijd verwachte grote groei in deze sector.
- De voortdurende vraag naar technologische ontwikkeling schept kansen voor nieuwe producten en marktoetreding, hoge complexiteit en hoog innovatietempo is goed voor Nederlandse industrie.
- De initiatieven van de Europese Unie voor het stimuleren van strategische autonomie.
- Het ontwikkelen op lange termijn van nieuwe nichefuncties via start-ups en scale-ups voor Nederland gebruikmakend van het sterke innovatie en opleidingsecosysteem.



Bedreigingen

- De hoge en succesvolle (publieke) investeringen elders.
- Gebrek aan aandacht voor technologisch leiderschap. Technologisch leiderschap verdient permanente aandacht en scherpste.
- Beperkte investeringen ten opzichte van andere Europese landen, afname positie kennisinstellingen.

3. Ambitie

3.1. Ambitie uit de Nationale technologiestrategie 2024

In de Nationale technologiestrategie van Januari 2024 is de volgende ambitie gedefinieerd voor SemiconductorTechnologies⁴:

Met trots bekleedt Nederland in 2035 internationaal toonaangevende en duurzame kennis- en industrieposities op het gebied van chipontwerp, productie-equipment, nieuwe materialen, en test- en verpakkingstechnologieën. Deze posities zijn versterkt en uitgebreid door een bloeiend MKB naast de huidige sterke kennis en industrieposities, een veerkrachtig ecosysteem, beschikbaarheid van hoogwaardig talent en sterke samenwerkingen met andere Europese partijen. De groei wordt aangedreven door intensievere verticale ketensamenwerking op het gebied van system design, heterogene integratie, bloeiende Europese applicatiedomeinen en gedeelde innovatie-uitdagingen uit de digitale-en energietransities.

In ditzelfde document zijn ook een zevental ambities geformuleerd. Deze (deel-)ambities bestrijken een breder palet aan beleidsvelden dan deze NTS-actieagenda. Er is bewust voor gekozen om de focus van dit document bij Innovatie te houden. Andere parallelle initiatieven focussen op beleidsdomeinen als 'talent' (Project Beethoven) en 'Europese samenwerking'(ChipNL Competence Centre)maar vallen buiten de scope van deze actieagenda.

Tabel 2 verbindt bestaande programma's met de geformuleerde deelambities.

Deelambitie	ChipNL	FutureSemi	NextGen	FNS 6G	Polaris	TKI-PS	TNO Programma	IPCEI2 CT/ME	Future Chips	IPCEI 3DFD	IPCEI NextGen-7A
1	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X		X	X	X	X		X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4		X		X	X	X		X	X	X	X
5	X	X	X	X	X				X		
6	X	X	X	X	X	X			X	X	
7	X	X	X	X	X			X	X		

Tabel 2. NTS-deelambities en bijdragen vanuit bestaande initiatieven.

3.2. Economische en maatschappelijke opgave

De economische en maatschappelijke ambitie voor 2035 is om het toekomstbestendige concurrentievermogen van de sector versterken. Dit betekent dat we gezamenlijk werken aan innovaties en technologische infrastructuur die bijdragen aan onze economische groei,

⁴ [De Nationale Technologiestrategie | Beleidsnota | Rijksoverheid.nl](#)



maatschappelijke vooruitgang en het versterken van Nederland als kennis- en innovatieland. Daarmee waarborgen wij de technologische autonomie van Nederland en stellen we toegang tot technologie veilig voor cruciale sectoren als de gezondheidszorg, energie, en veiligheid.

Nederland is in 2035 een onmisbare speler in high-mix, low-volume productie van equipment en specifieke packaging technologie. Daarnaast is chip- en productontwerp uitgebreid met nieuwe technologieën als heterogeen systeemontwerp en AI-versnellers. Hiermee draagt Nederland, op basis van bestaande economische kracht, bij aan versterking van de Europese positie binnen kritieke markten als defensie, gezondheidszorg, mobiliteit en industrie.

3.3. Innovatieopgave

De realisatie van roadmaps in de halfgeleiderindustrie vereist innovatie voor de nieuwe specificaties voor chips, equipment en nieuwe functionaliteiten. Innovaties betreffen zowel grote doorbraken voor vernieuwende industrie, als voortdurende verbetering van bestaande technologie. Voor beides spelen aspecten als kosten, schaalbaarheid en kostenbesparing op de lange termijn een belangrijke rol in de innovatieopgave, alsook productiviteitsverhoging door technologische vernieuwing en het genereren van nieuwe producten.

Daarnaast zal in de komende jaren de vraag toenemen om circulariteit, een lager energieverbruik en vervanging van schadelijke en geopolitiek gevoelige grondstoffen in de waardeketen te realiseren. Het is essentieel om niet alleen oplossingen te creëren maar vooral om de alsmaar toenemende complexiteit in het ontwikkel- en ontwerpproces te managen bijvoorbeeld door slim gebruik te maken van data en AI-oplossingen. De innovatieopgave betekent ook het convergeren van chipdesign, advanced packaging en semiconductor manufacturing equipment in geavanceerde oplossingen voor chips met complexe en gemengde functionaliteiten.

3.4. Kennis- en technologieopgave

Deze actieagenda betekent een expliciete oproep aan kennisinstellingen om competenties op te bouwen rondom belangrijke thema's in het halfgeleider ecosysteem. Door te concentreren op competenties die het mogelijk maken om samen met de industrie de juiste kennisvragen te adresseren, creëren we als community de noodzakelijke innovaties. De kennis/competentiegebieden beginnen bij zeer fundamenteel onderzoek naar nieuwe principes en methodieken en eindigen bij realiseren van prototypes richting industriële specificaties voor chips en chips-apparatuur, die de komende jaren noodzakelijk zullen worden. Een aantal kennisvragen zijn benoemd in het ChipNL voorstel mede vanuit industrieel perspectief. Andere kennis/competentie vragen en oplossingen zullen bottom-up door de kennisinstellingen opgeleverd moeten worden. De ambitie is er om een balans te realiseren tussen toegepast en nieuwe kennisontwikkeling waarbij er een continue stroom van ideeën en concepten ontstaat voor de creatie van waarde.



3.5. Ecosysteemopgave

In hoofdstuk 2 is beargumenteerd dat Nederland een uniek ecosysteem heeft waarbinnengoed wordt samengewerkt. Deze samenwerking is gericht op productontwikkeling binnenvaak complexe toeleverketens. Innovaties in equipment, chipdesign en packaging versterken elkaar onderling en zorgen voor unieke Nederlandse posities in de semicon-waardeketen. Eenvolgende stap is gebruik te maken van bestaande synergiën om nieuwe synergiën en kansen te creëren binnentoeleverketens en binnen de industrie, zie ook Figuur 3.

- **Efficiëntie** verbetering is te bereiken door sterkteste gebruiken door met elkaar verdere afstemming te realiseren op het gebied van ontwikkelmethodiek en data-interactie, met als doel om transfer van designs van OEM's naar toeleveranciers nog beter in elkaar over te laten gaan. Chipdesign en packaging dragen staan ook voor een efficiëntieslag door grotere chip volumes te produceren en te testen tegen lage kosten.
- **Duurzame** groei betekent eenreductie van de ecologische voetafdruk van eigen productieprocessen en packaging processen en derealisatie van equipment die duurzamere chipproductie bij chipproducenten mogelijk maakt. Daarnaast dragen energie-efficiënte chip ontwerpen bij aan verminderd energiegebruik.
- **Waardecreatie** betekent een hoger tempo in innovatie. Waarde wordt gecreëerd door nieuwe hoogwaardige producten te ontwikkelen: nieuwe productieapparatuur voor nieuwe markten, nieuwe packaging technologie en nieuwe chipontwerpen.

4. Innovatieprogramma

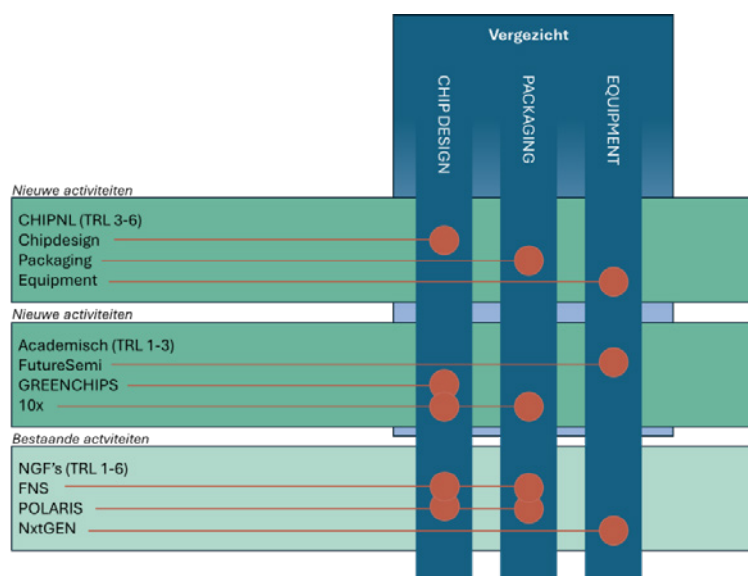
Binnen het innovatieprogramma Semicon Technologies ligt een duidelijke nadruk op onderdelen in de halfgeleiderindustriewaardeketen waar Nederland sterk is, en/of waar er duidelijke kansen liggen voor uitbreiding van technologisch leiderschap. Deze onderdelen zijn: Chipdesign, Advanced Packaging en Manufacturing Equipment.

Marktontwikkelingen zijn leidend bij identificatie van de kansen. Marktontwikkelingen zijn soms technologie gedreven: de voortschrijdende semicon roadmaps roepen telkens nieuwe vragen en problemen op en oplossingen hebben een groot potentieel verdienvermogen. Anderzijds zijn uitdagingen vraag gedreven. Een vraag kan voortkomen uit het oplossen van maatschappelijke uitdagingen en uit technologische vooruitgang in gedigitaliseerde groeimarkten (zie ook de groeimarkten in hoofdstuk 2.2).

4.1. Programmastructuur

Het programma is gebouwd rond de eerdergenoemde domeinen: Chipdesign, Advanced Packaging en Manufacturing Equipment. Deze focusgebieden vormen de 'verticalen' in het programma. Toekomstige onderzoeksprogramma's (ChipNL en de academische programma's, hoofdstuk 5 in deze agenda) doorsnijden deze domeinen. Ook de bestaande (NGF-)programma's adresseren deze onderdelen vanuit een specifiek toepassingsgebied. Deze interacties zijn beschreven in hoofdstuk 6. De vergezichten, beschreven in hoofdstuk 5.5 kunnen en zullen in veel gevallen de focus op chipdesign, advanced packaging en manufacturing equipment versterken en gebruiken. Op deze manier gebruiken webeschikbare middelen optimaal en kan het Nederlandse ecosysteem maximaal aanhaken op marktontwikkelingen: niet door alles te doen, maar door gericht in te zetten op punten waar technologisch leiderschap bereikbaar is.

Figuur 3. Programmastructuur met drie domeinen (verticaal) die prioriteiten binnen de waardeketen aangeven. Prioriteiten worden op verschillende manieren geadresseerd door de programma's (horizontaal). De nieuwe activiteiten vereisen co-design en kunnen profiteren van kennis uit de andere pilaren en zullen daarom leiden tot verweving: er ontstaat een gecombineerde pilaar.





Dit is geïllustreerd in de programmastructuur. Bollen geven aan waar binnen programma's de focus ligt in de waardeketen (verticaal).

4.2. Bouwen op bestaande activiteiten

Deze actieagenda bouwt verder op bestaande organisaties, structuren en activiteiten in het Semiconductor Technologies ecosysteem. Daarnaast beschrijft deze actieagenda welke nieuwe activiteiten noodzakelijk zijn om de industrie en het bijbehorende verdienvermogen gezond, vernieuwend en geworteld in de samenleving te houden. Hieronder zijn de belangrijkste activiteiten samengevat.

Bestaande activiteiten uit bestaande middelen

Instrument	Programma	Loopt tot
HTSM roadmaps	Roadmap Semiconductor Manufacturing Equipment, Advanced Packaging en Micro-Electronics	Continu proces. Financiering opgehouden 2024
NGF	FNS-6G	2030
NGF	POLARIS	2032
NGF	NXTGEN Hightech - domein Semiconductors	2029
PPS-I	Strategisch Programma Semicon manufacturing equipment	2027
PPS-I	Strategisch Programma Advanced Packaging	2027
PPS-I	Strategisch Programma Microelectronics	2027

Nieuwe activiteiten uit bestaande middelen

Instrument	Programma	Status
NWO KIC	LTP Future Semi	Voorstel ingediend 2025 Beoogd: 2026-2036
NWO KIC	LTPGREEN-CHIPS	Voorstel ingediend 2025 Beoogd: 2026-2036
IPCEI	IPCEI AST	Uitvraag

Nieuwe activiteiten uit nieuwe middelen

Instrument	Programma	Status
-	ChipNL	Plan opgesteld Beoogd: 2026-2032
-	Vergezicht	Plan opgesteld



4.3. KPI's

Deze actieagenda schetst de uitdagingen rondom Semiconductor Technologies en beschrijft de huidige sterktes en zwaktes van ons ecosysteem. De actieagenda is transparant en duidelijk over de noodzakelijke voorwaarden om te komen tot de innovatie die resulteert in een sterke Nederlandse economie en een versterking van de technologische autonomie van Europa en Nederland. De huidige actieagenda doet geen voorstellen over specifieke financieringsmogelijkheden van innovatie onderzoek. Het vaststellen van KPI's wordt relevant en noodzakelijk in de context van financieringsvoorwaarden.



5. Toepassingsgebieden

5.1. Chipdesign

Onderdeel van het ChipNL innovatieprogramma

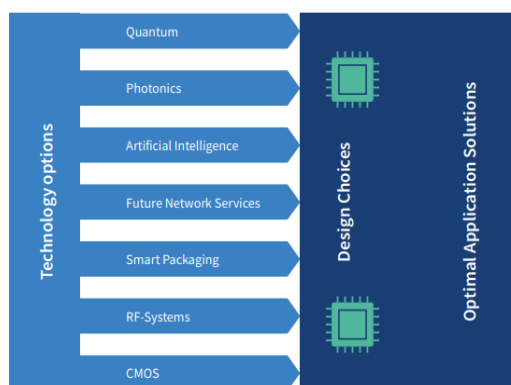
Chipdesign is cruciaal in de halfgeleiderindustrie. Het is verantwoordelijk voor 50% van de toegevoegde waarde binnen de keten, vergeleken met 24% van chipproductie en 12% van semiconductor manufacturing equipment.⁵ Het versterken van de positie van Nederland in chipdesign is niet alleen een technologische noodzaak, maar ook een strategische keuze om onze economische kracht en autonomie binnen kritieke markten zoals defensie, energie, mobiliteit en gezondheidszorg te waarborgen. Geavanceerde chipontwerpen, voortkomend uit een sterk ecosysteem, zorgen voor meer duurzame en veerkrachtige systemen die bijdragen aan onze nationale en aan een Europese, welvaart, autonomie en veiligheid.

Dit innovatieprogramma richt zich op het versterken van Nederland als kernspeler in het mondiale chipdesign-ecosysteem, met specifieke aandacht voor het ontwerpen van complexe chips voor high-mix, low-volume toepassingen. Door nauwe samenwerking tussen bedrijven, onderzoeksinstituten en universiteiten wordt gewerkt aan de ontwikkeling van geavanceerde chipontwerpen die gebruikmaken van de best passende processen. Functies variëren van AI-geoptimaliseerde processoren tot aan single-chip radar/processoren voor automotive toepassingen. Daarnaast ligt de nadruk op het combineren van RF-, analoge, mixed-signal- en powerdesign met geavanceerde CMOS-technologieën. Nederland onderscheidt zich in deze activiteit in het ontwerpen van gespecialiseerde en energie-efficiënte chips. Ontwerpactiviteiten vormen de basis voor toekomstige productiecapaciteit in eigen land en Europa, waarbij bedrijven hun eigen producten kunnen realiseren en opschalen.

We richten ons op de ontwikkeling van de chips van de toekomst, zoals verticaal gestapelde transistors maar ook over meerdere opkomende technologieën. Verder stellen we Nederlandse halfgeleiderbedrijven in staat de innovatiesnelheid op te voeren, in het bijzonder in producten voor RF, analoog & mixed-signal (AMS), AI-processoren, power & high voltage gecombineerd met geavanceerde CMOS binnen het Nederlandse ecosysteem.

Chipdesign als enabler voor volgende generatie equipment: het huidige ecosysteem biedt een unieke omgeving voor het ontwikkelen van hoogwaardige, toepassingspecifieke chips en geavanceerde packages. Figuur 4 laat de technologische opties en toepassingsoplossingen waarvoor Nederlandse chip designers kunnen werken aan toepassing specifieke optimale oplossingen. Door in te zetten op nieuwe en betere chipdesigns kan Nederland over 10 jaar nog steeds een wereldwijde leidende rol pakken in de ontwikkeling en levering van de volgende generaties hightech apparatuur.

5 Yole Intelligence, "Overview of the Semiconductor Devices Industry 2023"



Figuur 4. Technologische opties en toepassingsoplossingen waarvoor Nederlandse chip designers de juiste keuze kunnen maken.

Figuur 6: De technologische opties en toepassingsoplossingen waarvoor Nederlandse chip designers de juiste keuzes kunnen maken.

Urgentie

Toenemende complexiteit en noodzaak tot kostenefficiëntie

De vraag naar snellere, energiezuinigere chips met meer functionaliteit maakt het chipdesign steeds complexer. Door de integratie van technologieën zoals RF, analoog, mixed-signal en AI, stijgen de ontwikkelkosten en wordt opschaling moeilijker. Gevolg is dat het ontwikkelwerk nu over meerdere sites in verschillende continenten wordt gedaan. Dit proces verslechtert de communicatie met tijdverlies tot gevolg. Zonder standaardisatie en herbruikbare IP-blokken blijven ontwerpers tijd verliezen aan maatwerk, wat innovatie vertraagt en samenwerking belemmert.

Als dit niet wordt aangepakt:

- Blijven ontwikkelkosten stijgen
- Neemt time-to-market toe
- Wordt samenwerking tussen bedrijven moeilijker
- Verzwakt de concurrentiepositie van Nederland en Europa

Door te investeren in nieuwe ontwerp- en verificatie- en validatie methodes, standaardisatie en herbruikbare IP-blokken kan de ontwikkelsnelheid omhoog, dalen de kosten en wordt samenwerking eenvoudiger.

Technologische uitdagingen voor duurzame chips

Duurzaam chipontwerp vereist flexibiliteit, energie-efficiëntie en het gebruik van milieuvriendelijke materialen. De huidige chips hebben een star ontwerp, verbruiken onnodig veel energie en maken gebruik van schadelijke stoffen. Zonder nieuwe ontwerpstrategieën en productieaanpassingen blijft de milieu-impact hoog.

Momentum voor investering in innovatief chipdesign

Dit is het juiste moment voor Nederland om te investeren in chipdesign innovatie.

Nieuwe applicaties, zoals AI at the edge (AI algoritmen die lokaal op de hardware hun analyses

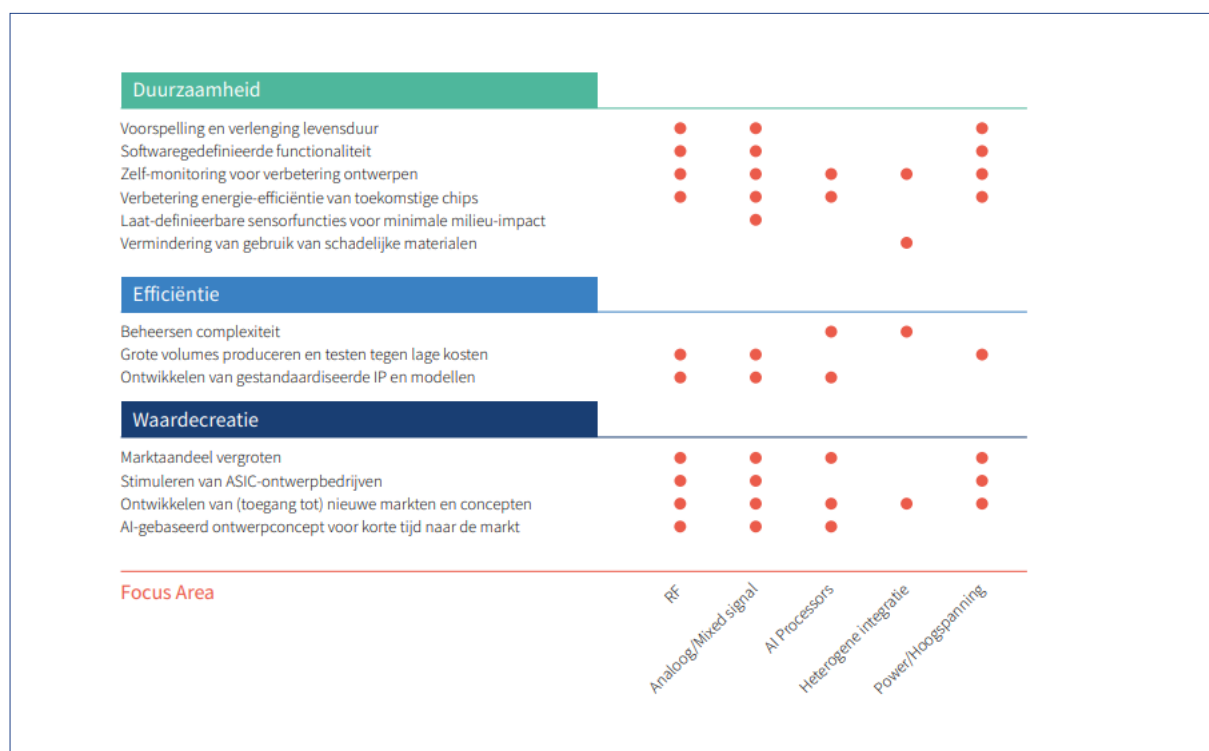
uitvoeren), vragen om een nieuw en disruptief chipdesign paradigma: het ontwerpen van complexe heterogene systemen waar verschillende technologieën en domeinen samenkomen. Heterogene integratie is het antwoord om Edge AI mogelijk te maken.

Edge AI bevindt zich op een cruciaal moment. Om zijn volledige potentieel te ontsluiten moet Europa nu innovatie versnellen. Chipdesign is dé disruptor die Edge AI mogelijk maakt en die innovaties in de gehele semicon waardeketen aanjaagt. Deze technologie brengt een revolutie op alle applicatiemarkten, zoals energie, medische technologie, beveiliging.

Aanpak

Dit innovatieprogramma bestaat uit samenwerkingsprojecten die belangrijke gezamenlijke uitdagingen adresseren binnen drie hoofddoelstellingen: Duurzaamheid, Efficiëntie en Waardecreatie. In verbinding met deze uitdagingen zijn ook specifieke faciliteiten noodzakelijk. De verbindingen en opzet van dit programma is weergegeven in onderstaande afbeelding.

Het uitgewerkte plan is te vinden in het ChipNL Innovatieprogramma.⁶ Veel van de werkpakketten zijn daar op detail uitgewerkt.



Figuur5. Projecten binnen de hoofdthema's Duurzaamheid, Efficiëntie en Waardecreatie (verticaal), met de verschillende technologieën (horizontaal).

⁶ https://content.mailplus.nl/m11/docs/user31100581/11344/ChipNL_Innovatieprogramma_DEF_01_2025.pdf



Voorbeeld van projecten

Duurzaamheid

Het verband tussen chipdesign en duurzaamheid is duidelijk. Chipintegratie maakt capabelere systemen mogelijk die, dankzij miniaturisatie, veel minder energie verbruiken en minder materiaal nodig hebben. Miniaturisatie zal gepaard blijven gaan met duurzaamheidsverbeteringen. Er valt echter nog aanzienlijke vooruitgang te boeken met gericht onderzoek en innovatie, zoals de ontwikkeling van technologieën voor het verbeteren en voorspellen van de levensduur van chips, het verhogen van de energie-efficiëntie van toekomstige chips en het realiseren van software-gedefinieerde functionaliteiten. Relevante kennisvragen richten zich op hoe chips zo kunnen worden ontworpen dat hun levensduur en faalindicatie verbeteren zonder verlies van prestaties of functionaliteit, en hoe chipontwerpen tegelijkertijd de systeemprestaties kunnen verhogen én de ecologische voetafdruk en het energieverbruik kunnen verlagen.

Efficiëntie

Dit werkpakket richt zich op drie belangrijke doelstellingen: 1) het beheersen van de complexiteit van het ontwerp, 2) het mogelijk maken van goedkope productie en testen in grote volumes, en 3) het ontwikkelen van gestandaardiseerde IP en modellen. De projecten richten zich op het verbeteren van ontwerpprocessen en productie-efficiëntie die resulteren in verbeteringen in RF, Analooq, Mixed-Signal, AI Processors, Heterogene Integratie en Power & High Voltage domeinen. Relevante kennisvragen zijn bijvoorbeeld hoe AI-tools te gebruiken in de ontwerpflow om efficiëntie te verbeteren en complexiteit aan te pakken, en hoe nieuwe modelleer- en simulatietechnologieën kunnen helpen omgaan met de toenemende complexiteit. Door gebruik te maken van nieuwe methodologieën, AI/ ML-technieken en standaardisatiepraktijken zijn we klaar om de uitdagingen aan te gaan van het opschalen van meer complexe ontwerpen en van productie met behoud van geavanceerde prestaties.

Waardecreatie

Dit werkpakket omvat meerdere IC-ontwikkelingsinitiatieven op het gebied van Chipdesign, waarbij verschillende in Nederland gevestigde halfgeleiderbedrijven samenwerken en participeren op geselecteerde aandachtsgebieden om: 1) het marktaandeel in geselecteerde toepassingsgebieden te vergroten, 2) ASIC design-houses te ondersteunen (ondersteunende fabrikanten van apparatuur) en 3) MKB-bedrijven te ondersteunen bij het ontwikkelen van nieuwe markten en concepten. Relevante kennisvragen zijn hier bijvoorbeeld hoe analoge bouwstenen (zoals ADC's, RF-zenders/ ontvangers) verder kunnen worden verbeterd dan 'state-of-the-art', bijvoorbeeld door gebruik te maken van geavanceerde kalibratietechnieken met slimme volledig digitale algoritmen en algoritmen die gebruik maken van machine learning/AI, en hoe chips en single-photon detectoren kunnen worden ontworpen voor cryogene temperaturen (voor quantum computing). Er zullen sterke koppelingen zijn tussen de activiteiten in dit werkpakket en andere werkpakketten die betrekking hebben op apparatuur, proces- en packageontwikkeling, methodologie en productie.

De technologische sprong voorwaarts binnen de pijlers manufacturing equipment en advanced packaging zijn kritische enablers voor het ontwerpen van de nieuwe generatie chips. Daarmee



creëert de gecombineerde inspanningen op chipdesign, advanced packaging en manufacturing equipment een geïntegreerd chip ecosysteem dat niet alleen economisch waarde toevoegt, maar ook een concurrentievoordeel biedt voor Nederland in de mondiale halfgeleiderindustrie. Die concurrentiepositie wordt nog eens extra verstevigd door het ontwerpen (en produceren) van duurzame chips. Dit is niet alleen ethische noodzaak, maar ook een economisch-strategische kans om de kosten te verlagen en onze positie op de wereldmarkt te versterken.

Verbinding met andere actieagenda's

Zoals al op meerdere plaatsen is genoemd heeft Semiconductor Technologies impact op- en wordt geïnspireerd door ontwikkelingen op vele technologische gebieden. Als gevolg daarvan is er een duidelijke complementariteit en wellicht zelfs enig overlap met actieagenda's zoals Optical systems and Integrated Photonics, Quantum Technologies, Mechatronics and Optomechatronics, Imaging Technologies, Artificial Intelligence and Data, Energy Materials, en Cybersecurity Technologies. De betrokken partijen zijn alle IC-design partijen in Nederland (NXP, TNO, IMEC, Bruco, etc.) alsmede partijen die zich concentreren op chiptesten zoals Salland Advantest.

Betrokken partijen

De volgende bedrijven hebben interesse uitgesproken in het participeren op deze thema's: Bruco IC, QBayLogic, Fortaegis, ProChip Solutions, Teledyne Dalsa, Superlight Photonics, SiTime, Renesas, Lionix International, Epiphany Design, Monolithic Power Systems, Cyent, Ampleon, Altum RF, Bosch, Sencure, MEMSIC, Synopsys en Chain-IC.

5.2. Advanced Packaging

Onderdeel van het ChipNL innovatieprogramma

Algemene beschrijving

In 2021 stelde Europa zich ten doel om 20% van de wereldwijde halfgeleiderwaardeketen te veroveren tegen 2030, met de nadruk op frontend-technologieën zoals waferfabricage. In zijn recente rapport⁷, benadrukte Mario Draghi echter dat backend-technologieën, met name 'advanced chip packaging', ook moeten worden opgenomen om het concurrentievoordeel te behouden. Advanced Packaging is cruciaal geworden voor het voortzetten van de Wet van Moore, vanwege de toenemende complexiteit van halfgeleiders en de verschuiving naar hogere niveaus van chipintegratie. Deze ontwikkeling vereist een gezamenlijke ontwerp en productie van zowel de chip als de verpakking ('packaging') en dus een deels samengaan van deze pilaren.

De groeiende interesse in advanced packaging, als een sleuteltechnologie voor het voortzetten van de Wet van Moore, komt voort uit de toenemende complexiteit van halfgeleiders en de verschuiving naar hogere niveaus van chipintegratie (dat wil zeggen het combineren van verschillende halfgeleider- en zelfs fotonica frontend-technologieën in één package). Dit betekent dat het ontwerp en de productie van zowel de 'chip' als de 'package' gezamenlijk moeten gebeuren. Een goed voorbeeld hiervan is de komende golf van 6G-radiochips, zoals die

⁷ [*The Draghi report on EU competitiveness*](#)

ontwikkeld worden door NXP, ondermeer in twee lopende IPCEI-projecten binnen Nederland. De antenne-eisen zijn dusdanig dat de antennes direct in de package van de chip moeten worden geïntegreerd. Zoals BCG het stelt: “De package zal een innovatiedriver worden, een differentiatiepunt dat cruciaal is voor de systeemprestaties.”⁸

Als Europa serieus is over het behouden van een concurrentievoordeel in de productie van halfgeleiders, moet het ook investeren in het ontwikkelen van expertise in advanced packaging.

Wij zien voor Nederland de volgende kansen op het gebied van advanced chip packaging:

- ***Uitbouwen van het ontluikende ecosysteem rond advanced chip-packaging***
Nederland beschikt over meerdere relevante halfgeleiderbedrijven met behoefte aan (lokale) toegang tot geavanceerde chip-packaging, zoals NXP, Nexperia en Thales. Daarnaast is er met Neways een speler aanwezig die daadwerkelijk productiecapaciteit voor precisie micro-elektronica assemblage en advanced chip-packaging biedt. Bovendien huisvest Nederland met het Chip Integration Technology Centre (CITC) een gespecialiseerd R&D-instituut op dit terrein.
- ***Nieuwe technologie als disruptor voor advanced chip packaging en ook als kans voor nieuwe equipment***
De advanced chip-packagingindustrie is hoogontwikkeld en voldoet aan strenge kwaliteitsnormen, maar wordt gedomineerd door kostenoptimalisatie en kent een aanzienlijke milieubelasting. Met de huidige technologieën is het onwaarschijnlijk—en wellicht niet wenselijk—that deze industrie in haar huidige vorm terugkeert naar Europa of Nederland. Om opnieuw een rol van betekenis te spelen, moet Europa de technologische grenzen verleggen en zijn unieke sterktes benutten. (Semi-)additieve technologieën, sowieso al een sterkte van Nederland (Holst Centre, CITC, FononTech, Keiron), bieden daarbij een kansrijke richting. Ze kunnen de packaging kosten sterk verlagen en de milieu-impact reduceren. Dit maakt productie in Europa weer haalbaar. Tegelijk vraagt deze ontwikkeling om nieuwe apparatuur—een gebied waarin Nederland nu al excelleert, en dat daarmee een duidelijke strategische kans biedt.

De Nederlandse ambitie rond advanced chip packaging betreft een propositie die gebruik maakt van de sterktes van Nederland. Nederland doet dit middels twee pijlers die elkaar versterken:

1. **R&D-programma**
Deze versnelt de ontwikkeling via end-user-cases en implementeert onderliggende technologieën in concept-packages voor o.a. Thales, Nexperia en Signify. Dit R&D programma is in essentie het plan vastgelegd in het ChipNL-voorstel.
2. **Faciliteiten: fysieke pilot line (conversie chip → package)**
 - Flexibele R&D / concept-productie: Levert eerste prototypes van complete packages en fungeert als testbed voor nieuwe equipment-ontwikkeling—precies het type open pilot-infrastructuur dat de EU Chips Act beoogt.
 - Productie: opschalen tot serie-productie (buiten de scope van dit programma): Richt zich op high-mix, low-medium volume en vertaalt bewezen concepten naar herhaalbare productie.

8 [*Advanced Packaging Is Reshaping the Chip Industry | BCG*](#)



Eindgebruikers, equipmentbouwers en materiaalleveranciers werken structureel samen, waardoor leercycli korter worden en de time-to-industrialisation afneemt. Deze end-to-end propositie op één locatie maakt snelle concept-naar-product-stappen mogelijk en creëert een aanzuigende werking op het lokale ecosysteem zoals bijvoorbeeld op de Noviotech Campus in Nijmegen.

Urgentie

In de wereld van packaging vindt er momenteel een paradigmaverschuiving plaats: waar in het verleden de packaging-industrie toebehoorde aan onafhankelijke OSAT's (Outsourced Semiconductor Assembly and Test bedrijven) en IDM's (Integrated Device Manufacturers) in vooral Aziatische landen, stappen nieuwe spelers met andere verdienmodellen in de markt: van foundries en substraat/ PCB leveranciers tot Electronic Manufacturing Services (EMS) en Original Design Manufacturers (ODM). Zij winnen geleidelijk marktaandeel van de traditionele packagingproducenten. Ook vindt er een verschuiving plaats van productielocaties. Packaging is sinds jaar en dag het domein van Taiwan en later ook China, maar opkomende landen als Vietnam, Thailand, India, Filippijnen en Maleisië grijpen hun kansen om productie naar zich toe te trekken. Deze diversificatie van de toeleverketen is positief en kan de kans op tekorten verminderen, maar het is nog maar de vraag of zij in staat zijn om de packaging-productie in China te evenaren.

Aanpak

Technologische keuzes

Binnen dit onderdeel maken we een duidelijke en expliciete keuze in technologie. De keuzes zijn gericht op schaalbaarheid, duurzaamheid en Europese industriële randvoorwaarden, en bouwen voort op Nederlandse competenties en sterktes. Daarom kiezen we voor panel-level processing (werken op grote panelen in plaats van op wafers) en voor additieve/semi-additieve processen. Deze aanpak biedt kostenefficiëntie, milieuvoordelen en veel ruimte voor nieuwe equipment-innovatie binnen het Nederlandse ecosysteem.

Panel-level processing

Werken op grote panelen (in plaats van wafers) volgt wereldwijde trends en is aantrekkelijk voor Europese toepassingsdomeinen; het biedt schaal en kostenefficiëntie die Europa via pilot lines wil demonstreren.

Additieve en semi-additieve processen

Milieuvriendelijker dan subtractieve technieken en daardoor geschikt voor Europese productie; bouwt voort op Nederlandse expertise en infrastructuur (onder andere Holst Centre) en creëert kansen voor nieuwe equipment (onder andere Morphotronics en Fonontech).

Beoogde applicaties

De technologie kan worden toegepast in een zeer breed toepassingsgebied. Enkele onderscheidende voorbeelden zijn:

- Communicatie, met integratie van radio, controller en antenne(s).
- (Biomedische-) Sensing, voor bijvoorbeeld het meten van lichaamsparameters



- Machine control, met integratie van controller en vermogenselektronica
- Energie conversie en control (elektrificatie voor de energietransitie)

Met een focus op kleine tot middelgrote aantallen van producten en toepassingen met een strategische relevantie voor Europa.

Opbouw van het programma

Zoals hierboven beschreven bestaat de volledige ambitie uit een R&D programma en een faciliteit. Het R&D programma staat al reeds nader uitgewerkt in het ChipNL plan en bevat de volgende elementen:

1. Ontwikkelen van nieuwe technologie en tooling
 - Het ontwikkelen van de onderliggende technologieën die nodig zijn voor het packagen op basis van (semi)-additieve technologieën.
 - Het ontwikkelen van frameworks voor co-design van chip en package.
 - Het ontwikkelen van geavanceerde (thermo)-mechanische modellen voor advanced chip packaging.
2. Toepassen van technologie
 - Het gebruik van ontwikkelde (semi)-additieve technologieën voor het realiseren van concept chip packages voor een aantal relevante use cases.
 - Productie van kleine series op R&D pilotline ten behoeve van validatie.
3. Faciliteren van ontwikkeling en testing van nieuwe backend equipment
 - Het faciliteren van de ontwikkeling van nieuwe (semi)-additieve backend equipment: proces-ontwikkeling, valideren en testen.
 - Gebruiken van nieuwe equipment in relevante use cases.

Voorbeeldprojecten

Use-case 1: Radartechnologie

Toekomstige generaties radar toepassingen zijn niet mogelijk zonder een verdere integratie van het zogenaamde front-end (zender en ontvanger) met te maximaliseren zendvermogens. Hiervoor zijn doorbraken op packaging gebied noodzakelijk. Denk hierbij aan zeer efficiëntewarmteafvoer door actieve koeling in de package, maar ook aan gebruik van materialen die bestand zijn tegen hoge temperaturen. Om dit mogelijk te maken zijn nieuwe technologieën en gebruik van geavanceerde materialen een noodzaak. Daarnaast heeft het de voorkeur dat radarsystemen in Nederland geproduceerd worden vanwege geopolitieke redenen. Deze use-case 1breidt activiteiten uit die momenteel lopen in Nationaal Groeifondsprogramma's Polaris en Future Network Services.

Use-case 2: Verlichting

Voor een belangrijk deel van de verlichtingsmarkt is de transitie van gloeilamp naar LED een voldongen feit. Er zijn echter nog producten waarvoor, met name door plaatsgebrek, nog geen passende oplossing is. Ook hier is nieuwe packaging technologie de oplossing om in een uiterst beperkte ruimte veel functionaliteit te combineren met een relatief hoog vermogen. Geschat wordt dat daarmee een markt van meer dan € 500 miljoen bereikt kan worden. Omdat dit een hoog-volume-markt is, is er een noodzaak aan schaalbare, bij voorkeur milieuvriendelijke technologieën.



De keuze die in dit programma gemaakt wordt voor panel-level (semi)-additief sluit hierbij naadloos aan.

Faciliteren en testen van backend equipment ontwikkeling

Nederland kent een aantal startups en scale-ups die apparatuur ontwikkelen die potentieel bruikbaar is voor backend semiconductor chip packaging. Voorbeelden hiervan zijn FononTech en Morphotonics. De ontwikkeling van apparatuur voor dit domein is echter lastig doordat traditioneel deze OSATs in Azië zitten. De feedback cycle wordt hierdoor lang of zelfs onmogelijk. In het huidige programma willen we deze bedrijven helpen door gebruik van apparatuur in een échte advanced chip packaging omgeving en gebruik in échte en relevante use cases. Hierdoor wordt de feedback cycle veel korter en kunnen deze bedrijven ook sneller op de markt komen.

Betrokken partijen

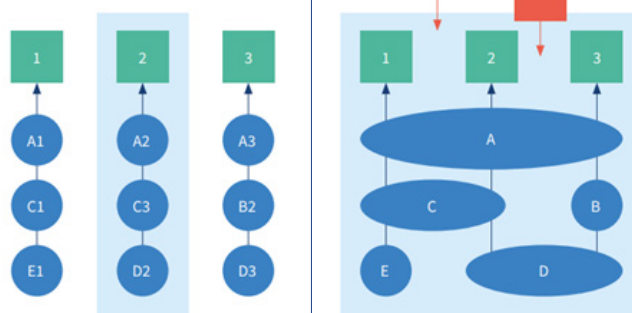
De volgende bedrijven zijn betrokken bij het chipNL-programma rond advanced chip packaging: Neways, Thales, Nexperia, Ampleon, NXP, Philips, Xiver, Signify, ITEC, FononTech, BESI, Boschmann, CITC / TNO, TU Delft, Radboud, TU Eindhoven.

5.3.Semicon Equipment

Onderdeel van het ChipNL innovatieprogramma

Gezien het cruciale belang voor de Nederlandse economie en veiligheid is er een duidelijke geopolitieke en strategische wens om de positie van de Nederlandse semiconductor manufacturingequipmentproducenten te behouden en te versterken, zowel binnen Europa als wereldwijd. De kracht van de Nederlandse equipmentsector ligt in de sterke samenwerking in de toeleveringsketen. Deze samenwerking is diepgeworteld in de cultuur en biedt een concurrentievoordeel. Dit plan is gericht op het versterken, stabiliseren en verder verankeren van de sector in het nationale hightech ecosysteem door het bevorderen van sterkere samenwerking langs en tussen de verschillende toeleveringsketens van halfgeleiderapparatuur.

Figuur 6. Links: Huidige toeleverketen waar iedere leverancier (blauwe bolletje) te maken heeft met specifieke klant gerelateerde aspecten (OEM, groene blokjes), zoals de methode van meten, communicatie en specificaties van generieke karakteristieken die voor iedere klant anders zijn. Rechts: Naharmonisatie van generieke specificaties en ontwikkeling van gedeelde methodieken waarbij generieke klant specifieke aspecten komen te vervallen en het makkelijker wordt voor nieuwe OEM's (oranje blokjes in de figuur) om bediend te worden.



Urgentie

De equipmentsector zal naar verwachting meer dan verdubbelen. Deze groei zal het resultaat zijn van gevestigde spelers die hun state-of-the-art productie in Nederland behouden en tegelijkertijd de volumes verhogen, en van nieuwe snelgroeiende bedrijven die de markt betreden met innovatieve producten die essentieel zijn voor de toekomstige massaproductie van chips. Om dit in Nederland mogelijk te maken is een grote productiviteitsstap noodzakelijk.

Wereldwijde chipfabrikanten zullen onder existentiële druk komen te staan om hun processen te verduurzamen, dit zal nog worden versterkt door de groei en de geopolitieke verplaatsing van productie naar de Verenigde Staten en Europa. Het Nederlandse ecosysteem kan een concurrentievoordeel behalen door tijdig te investeren in ontwikkeling van duurzame apparatuur en processen. Daarnaast zal de ecologische voetafdruk in Nederland worden verkleind door circulariteit te implementeren in de toeleveringsketen.

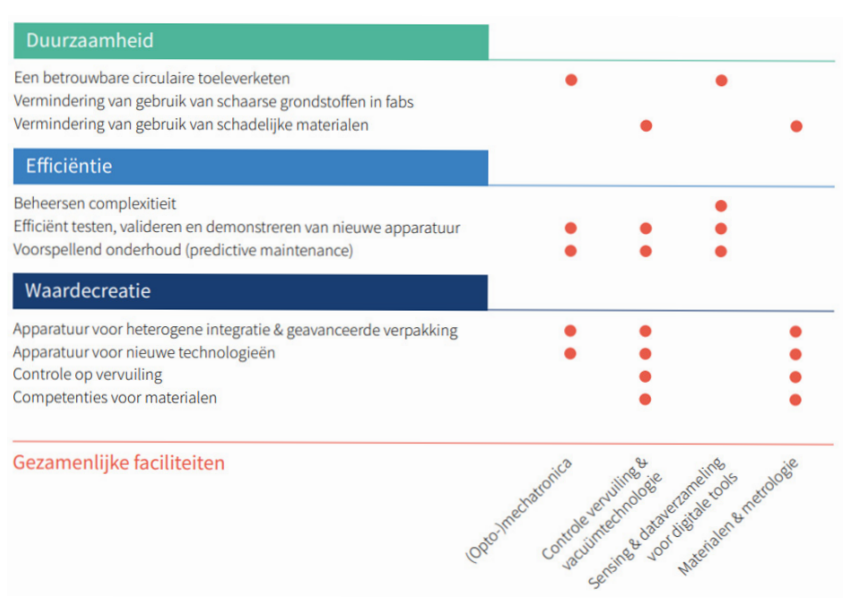
Tenslotte zal de pijnpijn van technologieën en OEM's in verschillende stadia van volwassenheid gezond zijn: volwassen OEM's en scale-ups zullen gedijen in een sterke toeleveringsketen en hun productie laten groeien, terwijl nieuwe start-ups zullen ontstaan om nieuwe technologiemarkten te bedienen met nieuwe innovaties.

Aanpak

Opbouw van het Innovatieprogramma

De voorgestelde aanpak bestaat uit samenwerkingsprojecten die de belangrijkste gezamenlijke uitdagingen adresseren binnen de drie hoofdthema's: Duurzaamheid, Efficiëntie en Waardecreatie. In verbinding met deze uitdagingen zijn ook specifieke faciliteiten noodzakelijk. De verbindingsen en opzet van dit programma is weergegeven in Figuur 7.

Figuur 7. De opzet van de equipmentpijler uit ChipNL. Onder de hoofddoelen Duurzaamheid, Efficiëntie en Waardecreatie zijn de projectonderwerpen opgenomen. Op de horizontale as zijn de technologische speerpunten voor gezamenlijke faciliteiten weergegeven.



Het voorgestelde plan bevat verschillende werkpakketten en bijbehorende activiteiten en taken. Verder uitwerking is te vinden in het ChipNL Innovatieprogramma, onderliggende meer gedetailleerde projectplannen zijn ook klaar.

Voorbeeldprojecten

Voorbeeld duurzaamheid: Ontwerp en implementatie van een circulaire toeleveringsketen

Onder invloed van materiaal schaarste en duurzaamheidsdoelstellingen wordt hergebruik van kritieke (grond)stoffen steeds populairder. Dit geldt ook voor de halfgeleiderindustrie, maar de overgang naar circulaire praktijken vergt tijd en inspanning. Vanwege de extreem hoge kosten van (onvoorspelbare) downtime is betrouwbaarheid van circulaire systemen van het grootste belang. Daarom zullen methodologieën voor circulaire oplossingen alleen door de industrie worden geaccepteerd als ze op betrouwbare wijze kunnen worden getest en gekwalificeerd. Het creëren van deze nieuwe methodologieën vereist onderzoek en de oplossingen zullen moeten voldoen aan de hoge kwaliteitseisen van de industrie.

Het doel van dit project is het ontwikkelen en implementeren van een circulair ecosysteem van diensten en activiteiten gericht op circulair ontwerp, levensduurverlenging en hergebruik individueel en tussen alle bedrijven in de huidige (lineaire) productieketen en tussen eerstelijns leveranciers, zodat een goed geolied ecosysteem ontstaat van circulaire diensten en bedrijfsactiviteiten. De activiteiten omvatten het ontwikkelen van een circulaire toeleveringscyclus, tools, trainings- en bewustwordingsprogramma's, kwaliteitsnormen en controlerichtlijnen en een circulariteitscentrum en pilot line gericht op opschaling.

Voorbeeld duurzaamheid: Eliminatie van schadelijke materialen (zoals PFAS)

Hier wordt voorgesteld dat partners samenwerken aan de vervanging van schadelijke materialen



en hun licence to operate. De rol van equipmentfabrikanten is om het gebruik van schadelijke materialen in hun eigen apparatuur productie te voorkomen. Op dit moment zijn PFAS, SF6 en chroom de belangrijkste die moeten worden aangepakt. Ook zullen de partners samenwerken met de toeleveringsketen om specifieke gebruikssituaties te identificeren en nieuwe alternatieven te onderzoeken, te testen en te implementeren. Dit werk zal de weg vrijmaken voor het terugdringen van andere schadelijke materialen, zoals waaronder Bisfenol A (BPA). Dit wordt gebruikt in lijmen met toepassingen binnen de halfgeleiderindustrie, maar er bestaand zorgen over de mogelijke gezondheidsrisico's.

Een ander thema om op te pakken is het ontwikkelen van circulaire processen die re-use en terugwinning van materialen voor hergebruik mogelijk maken voor de retourstroom van defecte modules en onderdelen.

Voorbeeld efficiëntie: Digital Twin

Hier wordt voorgesteld om het ontwerpproces van equipment te versnellen en verbeteren door het gebruik van een virtuele representatie van een fysieke asset, oftewel: digital twin. Als de waardeketen van de Nederlandse halfgeleiderindustrie betere modellen en betere feedbackloops heeft van de realiteit naar de virtuele wereld, bouwt dit verder op de reeds strategische capaciteiten die het Nederlandse halfgeleider-ecosysteem kenmerken. Dit zijn snellere innovatie, time-to-market, meer samenwerking in het ecosysteem, minder ontwerpiteraties en op maat gemaakte klantoplossingen.

Het voorstel is gericht op het verder avanceren van modellen die het gedrag van producten en systemen tijdens de ontwerpfase weergeven. Het doel is om de geavanceerdheid van digital twins/virtuele representaties/modellen te vergroten door middel van terugkoppeling van gegevens van echte producten en systemen of fysieke fenomenen naar de virtuele wereld. Het volgende wordt beoogd:

- Speciaal gebouwde testopstellingen: Om Multi fysische modellen te ontwikkelen, realistische gegevens te verkrijgen en te kalibreren, stellen we voor om speciaal gebouwde testopstellingen te realiseren om fysieke fenomenen vast te leggen (bijvoorbeeld stromingen, thermiek, plasma, elektrostatica, deeltjesvorming, dynamica, optica, vermogen, elektronica) en in het bijzonder de relaties tussen deze fenomenen.
- Gemeenschappelijk en gedeeld data-ecosysteem: Om het niveau waarop bestaande en nieuwe modellen de werkelijkheid weergeven verder te verbeteren (om de voorspelbaarheid van systeemgedrag tijdens de ontwerpfase te vergroten), moet informatie uit bestaande gegevensbronnen in de waardeketen beschikbaar worden gemaakt en worden teruggekoppeld naar de modellen/digital twins. We stellen voor om een gemeenschappelijk en gedeeld data-ecosysteem op te bouwen om gegevens te verkrijgen, te delen en toegankelijk te maken voor modellen/digital twins.

Voorbeeld waardecreatie: Equipment voor heterogene integratie en advanced packaging

Heterogene integratie is een belangrijke ontwikkeling om de mogelijkheden van halfgeleiders en chipsystemen te vergroten. Het integreren van meer functionaliteit in een kleinere ruimte



vereist een modulaire, lego-achtige, aanpak om afzonderlijk gefabriceerde componenten (dies) te integreren in een assemblage op een hoger niveau (System-in-Package, multi-chip modules, enzovoorts).

De ontwikkeling van nieuwe assemblageapparatuur is nodig, die processen biedt voor deze steeds complexere en veranderende bouwen integratiebenaderingen. De vraag naar deze procesmogelijkheden wordt in de toekomst steeds groter en gaat veel verder dan de huidige mogelijkheden.

Equipmentcreatie

Dit beoogt de ondersteuning van ontwikkelingen om een technologische sprong voorwaarts mogelijk te maken en nieuwe geïdentificeerde processen te ontwikkelen. Nieuwe concepten moeten worden vertaald naar equipment.

Integratie van processen en apparatuur

Hetdoel hier is om het ontwikkelde proces te integreren in prototype-apparatuur. De kloof overbruggen van conceptuele en voorlopig geteste concepten naar echte prototypemachines

Voorbeeld faciliteiten

Faciliteiten zijn verbonden aan dit innovatieprogramma, maar maken geen deel uit van de kostenraming. Deze beoogde faciliteiten raken sterk aan het innovatieprogramma.

Institute for Advanced Materials & Metrology (IAMM)

Waarom

Geavanceerde materialen worden in toenemende mate meer onmisbaar voor semicon (defensie en energiesector). Onderzoek is in hoge mate nog experimenteel, maar kan middels *dedicated* AI – in combinatie met metrologie-tools voor fysieke validatie – versneld worden. Dergelijke AI is de 'heilige graal' voor machineleveranciers, chipfabrikanten, materiaal-leveranciers en onderzoeksinstituten (bijvoorbeeld IMEC).

Een onafhankelijk instituut kan de basis of *safe space* worden, waar deze partijen de mogelijkheden van deze techniek verkennen. Daarnaast biedt het IAMM kansen voor metrologie en karakterisatie-apparatuur

Hiermee versterken we de kennisbasis en versnellen we niet alleen de ontwikkeling van advanced materials maar ook de ontwikkeling van nieuwe metrologie technologieën en -toepassingen voor nanoschaalfabricage.

Qurius

Qurius (Delft) wordt een R&D en cleanroomomgeving waar bedrijven ontstaan en groeien. Het bouwt voort op de ervaring van TNO als enige Europese RTO die zich toelegt op halfgeleider *equipment*, met een track record van de eerste generatie EUV-lithografiemachines van ASML tot



het ontstaan van Nearfield Instruments.

Qurius is noodzakelijk voor de voortdurende ondersteuning aan bestaande equipmentpartijen, en zal zich de komende jaren wat betreft nieuwe bedrijven concentreren op nieuwe metrologie voor heterogene integratie, inclusief de feedback op lithografie.

Betrokken partijen

AAE BV, ASM, ASML, Besi, BOM, D&M Vacuum Systems, Demcon, FastMicro, ITEC Equipment, Iility, Meilink, Mikrocentrum, Nearfield Instruments, Neways Electronics, Philips, Prodrive Technologies, Sioux, Thermo Fisher Scientific, TNO, TU/e, VDL ETG.

Gantt chart

Programma Activiteit	Omvang (€ mln)	Globale looptijd							2033	2034	2035
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032			
1. Chip Design											
2. Advanced Packaging											
3. Equipment											
Totaal	735										

Verbinding met andere actieagenda's

Dit cluster van drie innovatieprogramma's heeft een directe link met innovatieprogramma's 'chipmachines' van de actieagenda Mechatronics & Optomechatronics. Daarnaast bestaat er een duidelijke link tussen deze actieagenda en Optical systems & Integrated Photonics. Innovatieprogramma 'Equipment' linkt naar optische systemen. Daarnaast kan er synergie worden gevonden tussen 'advanced packaging' en 'integrated photonics' en 'Quantum Technologies'. ChipNL is één van de aanbevelingen in het Rapport Wennink⁹.

Financiële breakdown

Omvang programmakosten

De totale omvang van de programmakosten bedraagt €735 miljoen. Afwijking van de 50/50 verdeling publiek/privaat is in hoge mate te verklaren door benodigde CAPEX bij kennisinstellingen. Voor gezonde exploitatie is het in veel gevallen nodig om CAPEX publiek te financieren, de operationele kosten worden ten minste 50% privaat gefinancierd.

9 [Rapport Wennink - De route naar toekomstige welvaart](#)

Tabel 1 : Indicatie van de kosten per werkpakket naar bron

Type	Kosten Totaal (€ mln)	Publiek (€ mln)	Privaat (€ mln)
Loonkosten	510		
Materialen	65		
Apparatuur	95		
Derden	65		
Programma totaal	735	420	315

Tabel 2: Financiering innovatieprogramma in de tijd (welke type activiteiten/middelen worden wanneer ingezet)

Type	Beoogde financiering (€ mln)										
	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	Totaal
Bestaande activiteiten/ bestaande middelen											
Nieuwe activiteiten/ bestaande middelen											
Nieuwe activiteiten/ nieuwe middelen	105	105	105	105	105	105	105				
Totaal	105	105	105	105	105	105	105				

5.4. Innovatie door kennisinstellingen

Algemene beschrijving

‘Chipdesign’, ‘Advanced packaging’ en ‘Semicon (Manufacturing) Equipment’ zijn de drie pilaren onder de agenda voor semicon. Het ecosysteem van kennisinstellingen bestaat in Nederland uit onderzoeksgroepen binnen (vooral de technische) universiteiten, groepen bij een hogescholen, gerichte missie gedreven instituten, en TO2-onderzoeksinstituten met Holst Centre en in het algemeen TNO als prominente voorbeelden.

Een relatief nieuwe initiatief op instituutsniveau is ARCNL. Het Advanced Research Center for NanoLithography is een publiek-private samenwerking tussen NWO (via de instituten organisatie binnen NWO, NWO-I), de universiteiten UvA, VU en RUG en als private partner ASML, gestart in 2014. De expliciete missie is het doen van fundamenteel low-TRL onderzoek in de natuurkunde en scheikunde voor de halfgeleiderindustrie in het bijzonder de lithografie.

De Nederlandse industrie en kennisinstellingen hebben van oudsher goede contacten gericht op innovatie, op talentontwikkeling en op talentscouting. In deze actieagenda maken we stap naar beter gecoördineerde brede innovatieprogramma's waarbij meerdere kennisinstellingen en meerdere industrieën een rol spelen.



Urgentie

Innovatie in het lage TRL-gebied vanuit kennisinstellingen leidt tot productintroductie vaak vele jaren later. Deze vertraging is gekoppeld aan het ongelofelijk hoge technische niveau van de onderliggende roadmaps. Deze zelfde complexiteit betekent ook dat er urgentie is voor meer coördinatie tussen industrie en kennisinstellingen. Er zijn mechanismes nodig om te komen tot verstandige keuzes waarbij de kans op productintroductie maximaal is. Innovatie in het lage TRL-bereik wordt gekarakteriseerd door 'high-risk and high-reward'. Projecten zijn relatief goedkoop maar hoeven geen 100% slagingskansen te hebben. Langetermijn initiatieven zijn daarbij van grote urgentie.

Kennisinstellingen opereren in het publieke domein, waarbij gemeenschapsgeld ingezet wordt voor onderzoek waarvan de resultaten via publicaties en andere kanalen met de maatschappij gedeeld worden. Publiek-private samenwerking maakt een prominent onderdeel uit van deze Nederlandse onderzoeksportfolio. Afstemming tussen industrie en kennisinstelling garandeert een effectief en hoog-kwalitatief onderzoeksprogramma.

Semiconductor Manufacturing Programma

FutureSemi: Sustaining Dutch Leadership in Semiconductor Equipment

is een initiatief ingediend in 2025 binnen het NWO LTP-programma rondom manufacturing equipment in gevanceerde FAB's, waarbij verschillende machinebouwers, waaronder ASML, ASMI, ZEISS SMT, TRUMPF LSM, VDL, tezamen een netwerk vormen van equipment builders, proces ontwikkelaars en systeem integratoren.

FutureSemi is een breed programma met drie centrale pijlers genaamd A: Ångström Nodes en Advanced Metrology, B: Betere Semiconductor Equipment in het bijzonder Beyond EUV, en C: Cost, Complexity, Circularity, and Computation. De hogescholen zijn gekoppeld via een speciale overkoepelende activiteit D&E: Disseminatie van kennis en Educatie.

De pijlers A,B, en C zijn weer onderverdeeld in elk drie werkpakketten met een programma afgestemd tussen industrie en kennisinstellingen voor vijf jaar. De looptijd van het programma is 10 jaar waarbij er een moment is van programmatische heroriëntatie na vijf jaar. Een speciale ambitie binnen FutureSemi is een ontwerp integratie van natuurkunde, mechanische engineering en elektrische engineering op weg naar een meer efficiënte vorm van systeemintegratie.

Het programma wordt gecoördineerd door Prof. Dr. Marcelo Ackermann, directeur ARCNL in Amsterdam in een consortium met de Technische Universiteiten van Twente, Eindhoven en Delft, de Universiteiten van Leiden en Groningen en TNO. In dit consortium ligt de nadruk op korte en lange termijn onderzoek zowel in natuurkundige principes om roadblocks in roadmaps te voorkomen als in systeemontwerp richtingen om te komen tot economisch meer sustainable ontwerpprincipes, waarbij met minder mensen meer complexe ontwerpen gerealiseerd kunnen worden.



Chipdesign and Advanced Packing Programma's

10x- Factor(y): *Towards a Dutch Ecosystem for neuromorphic technologies.*

Dit programma is een initiatief ingediend in 2025 binnen het NWO LTP-programma, gecoördineerd in de Universiteit van Groningen door Prof. Dr. Beatriz Noheda samen met de Technische Universiteiten van Twente, Eindhoven en Delft, de Radboud Universiteit en het NWO-I instituut ASTRON en TNO. Deelnemende industrieën zijn Infineon, Innatera, Synopsis en anderen.

Dit programma verwijst naar een eerder nationaal initiatief, genoemd Misison10X, gericht op een energie-efficiëntie verhoging met een factor 10^4 door innovatie langs verschillende assen waaronder neuromorphic technologieën. Het 10x-Factor(y) heeft als ambitie om tot productie van neuromorphic chips te komen.

Naast aandacht voor kennisveiligheid, educatie en adaptatie overdekken de drie innovatiepilaren de essentiële eigenschappen van neuromorphic systemen. Deze zijn Pilaar 1: 'Event based sensing'; om te komen tot snellere en efficiëntere systemen. Pilaar 2: 'Autonomous Systems' om te komen tot systemen met ultralaag energie verbruik voor gebruik in complexe (of ontkoppeld van andere systemen in de zin van afgelegen) omgevingen en Pilaar 3: 'Real-time dataprocessing': voor studies aan digitale signaal processing en het behandelen van zeer grote datastromen. In 10x-Factor(y) is elke pilaar gekoppeld aan demonstrators gepositioneerd in real-world omgevingen.

GREEN-CHIPS: *Towards Greener Electronics with Hybrid Technologies and Next-Generation Semiconductor Platform.* Dit consortium brengt 3TU samen om te komen tot een groener, sustainable digitale toekomst. Het programma wordt gecoördineerd door Prof. Dr. Aida Todri-Sanial van de TU/e en heeft als private partners ASML, NXP, Synopsys, ADI en de Brainport Development en de Eindhoven Engine.

Dit programma heeft als een technologisch subdoel voor een 1000x verbetering in energie efficiëntie bij specifieke functies. Het doel is om te concentreren rondom relevante data, het minimaliseren van lezen en schrijven van data en vergroten intelligentie op de chip. Hierbij wordt gekeken naar gemengde analoge/digitale chips, neuromorphic technieken en AI-versnellers. GREEN-CHIPS wil komen tot vermindering van energiebehoefte van chips, en dus noodzaak van batterijen tegelijk rekening houdend met circulaire productietechnieken.

Green-Chips bestaat uit een aantal pijlers, die goed aansluiten bij de ambities die geformuleerd zijn binnen ChipNL. Pilaar 1 is innovatieve chipdesign en architecturen, waarbinnen onderzoek valt naar analoge/mixed signal-chips en neuromorfe elementen. Het lange termijn doel is lagere operating kosten en lokale data-processing. Pilaar 2 concentreert zich op heterogene integratie en advanced packaging, waarbij onderzoek is geformuleerd naar optimalisatie van materialen voor compacte modules met aandacht voor bonding en assembly processen. Pilaar 2 vormt een brug naar de industrie. In Pilaar 3 richt zich op ontwikkeling van systeemontwerp

via machine learning en AI maar ook multi-physics gereedschappen. Pilaar 4 richt zich op de duurzaamheidsvraagstukken. In interactie met de andere pijlers wordt gekeken hoe te komen tot een gedragsverandering om duurzame ontwerpstrategieën te realiseren onder industriële randvoorwaarden.

Gantt chart

Programmaonderdeel	Omvang (€ mln)	Globale looptijd									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1. FutureSemi											
2. 10x Factor(y)											
3. GreenChips											

Tabel 1: Indicatie van de kosten per werkpakket naar bron

Werkpakket	Kosten Totaal (€ mln)	Publiek (€ mln)	Privaat (€ mln)
1. FutureSemi: Advanced Nodes	27,7	18,5	9,2
2. FutureSemi: Beyond EUV	27,7	18,5	9,2
3. Futuresemi: Cost, Complexity	27,7	18,5	9,2
10x Factor(y): Event based sensing	10	3	7
5. 10x Factor(y): Autonomous Systems	10	3	7
6. 10x Factor(y):Real-time dataprocessing	10	3	7
7. GreenChips:chipdesign and architectures	25	10	15
8. GreenChips: heterogone integratie/advanced packaging	25	10	15
9. GreenChips: systemdesign, AI	25	10	15

Tabel 2: Financiering innovatieprogramma in de tijd (welke type activiteiten/middelen worden wanneer ingezet)

Type	Beoogde financiering (€ mln)										
	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	Totaal
Bestaande activiteiten/ bestaande middelen											
Nieuwe activiteiten/ bestaande middelen											
Nieuwe activiteiten/ nieuwe middelen		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Totaal											



Verbinding met andere actieagenda's

Onbekend op dit punt.

Betrokken partijen:

Bij bovenstaande initiatieven zijn betrokken als private partijen: ASML, Carl-Zeiss SMT, TRUMP SLM, ASM International, Delmic, TRYMAX, Declon, Infineon Technologies AG, Innatera, Snap Inc., SYNOPSIS, OPT/NET, Sencure (startup), Oxford Instruments, Batenburg-Beenen, IMChip (spinout), NXP, Synposys, ADI-Analog Devices.

Publieke partijen zijn: de Technische Universiteiten in Eindhoven, Delft en Twente. De universiteiten van Groningen, Leiden, Nijmegen, Utrecht. En in meerdere initiatieven TNO.

5.5. Vergezicht: Chipleths- en systeemontwerp

In dit vergezicht worden de ontwikkelingen en kansen rondom chiplettechnologie geschetst. Dit is een vergezicht dat in een later stadium verder wordt uitgewerkt tot een programma in samenwerking met relevante stakeholders

Algemene beschrijving

Een belangrijke ontwikkeling binnen de halfgeleiderindustrie is de omslag naar modulaire architecturen: meerdere kleine chips (*chipleths*) met een eigen subset aan functionaliteiten worden samengevoegd tot een groter en complexer geheel. Deze chipleths kunnen uit verschillende productieprocessen komen en samen één functionaliteit vormen. Dit wordt *heterogene integratie* (*heterogeneous integration*) genoemd. Dit biedt potentie voor het verbeteren van de chip- en systeemprestaties en brengt hernieuwde schaalbaarheid van productieprocessen. Het doel: meer functionaliteit, lagere productiekosten en energie-efficiëntie.

Heterogene integratie wordt nu beperkt toegepast voor RF/mixed-signal/analoge chips, maar het productieproces is inefficiënt en niet geschikt voor hoogvolume-toepassingen. Er is op dit moment een gebrek aan efficiënte tools en methodieken voor ontwerp, productie en testen van chiplet-technologie.

Door deze uitdagingen gezamenlijk op te pakken kan de basis worden gelegd voor nieuwe industriële mogelijkheden¹⁰ in Nederland op het gebied van:

- Nieuwe technologieën die ontwerpkanalen bieden in een chipletmarkt.
- Machines om efficiënt een hoge dichtheid van verbindingen tussen chiplets mogelijk te maken, zowel voor productie als voor het controleren en meten.
- Efficiënt ontwerp van systemen van chiplets en de connectie daarvan.

Belangrijke markten zijn datacenters (met name voor de combinatie van logic en memory chiplets, zoals gedreven door Intel en TSMC) en de opkomende markt voor edge computing, waarin

10 [*Semicon Deep Dive: Setting New Ambitions*](#)



voor specifieke applicaties combinaties van sensoren, dataverwerking en opslag lokaal worden gecombineerd.

Urgentie

Gedreven door ontwikkelingen rondom AI en datacenters veroorzaken chiplet-technologieën verschuivingen binnen de semicon waardeketen. Nieuwe markten kunnen worden aangebroken, mits de technologieën efficiënt ontworpen en geproduceerd kunnen worden.

Er is ook sprake van maatschappelijke urgentie. Zo vormt het energieverbruik van datacenters een beperkende factor voor het effectief inzetten van AI. Tegelijkertijd hebben chiplet-technologieën veel belangrijke defensietoepassingen. Denk hierbij aan het lokaal, snel kunnen verwerken van data zonder verbinding met de cloud, op systemen waar de beschikbare energie gelimiteerd is, zoals drones. Binnen de huidige geopolitieke context is het daarom van belang dat Nederland deze kennis zelf in huis heeft.

Aanpak

Om een stevige positie te veroveren in deze opkomende markt bouwt dit programma gericht voort op drie sterke punten in het Nederlandse ecosysteem: chipdesign, equipment en systeemontwerp. Naast diepgaande kennis van chipdesign en equipment is er een sterke behoefte aan expertise in co-design voor specifieke launching applications. Dit kan op verschillende systeemniveaus plaatsvinden en vormt een gezamenlijke uitdaging voor het chipdesignveld, equipment en systeemintegrators.

Kansen vallen uiteen in drie lijnen:

1. **WP 1: Chip design** sterktes benutten in de context van nieuwe chiplet-technologieën, zoals AI-versnellers en neuromorfe systemen. In deze context is co-design van de verschillende onderdelen van een systeem essentieel (zie ontwikkellijn 3).
2. **WP 2: Equipment** voor high-end en hoog-volume chiplet productieprocessen, zoals precisiebonding en metrologiesystemen.
3. **WP 3: Chiplet- en systeemontwerp** van producten die bestaan uit meerdere samenwerkende onderdelen die functioneren op basis van verschillende fysische inputs, zoals sensoriek en dataopslag en -verwerking. Hierbij is multidisciplinaire samenwerking essentieel. Zo komen chipdesign en machine design hier samen. Voor chiplet ontwerp is kleinschalige (pilot)productie van deze complexe systemen in een package (SiP) een economische kans voor Nederland.

WP 1: Opkomende technologieën chipdesign

Binnen dit werkpakket wordt gewerkt aan nieuwe chipontwerpen voor chiplets, wat kansen biedt voor de Nederlandse chipdesignsector om nieuwe markten aan te boren. Een belangrijk voorbeeld is 'Neuromorphic computing'¹¹: het nabootsen van de efficiëntie van biologische neurale systemen door geheugen, parallelle verwerking en adaptieve dynamiek in hardware te integreren.

11 In deze tekst wordt een ruime definitie van neuromorphic computing gebruikt, waaronder niet alleen spiking-neuronconcepten vallen, maar ook bredere physics-based computingbenaderingen die breinachtige informatieverwerking nastreven, zoals in-memory en reconfigurable nonlinear computing.



Een specifiek voorbeeld is 'In-Memory Computing' waarbij datatransport wordt geminimaliseerd door direct in het geheugen op te slaan en te verwerken, met als resultaat snelle en efficiënte dataverwerking. Deze technologieën pakken het groeiende energieprobleem van AI aan en staan op het punt door te breken door de sterke groei van AI-modellen.

Neuromorphic computing heeft sterke potentie in meerdere domeinen en markten: van autonome machines, wearables tot aan sensornetwerken en het identificeren van afwijkingen. Eerste toepassingen worden verwacht aan de edge (lokaal, lage latency, laag energieverbruik) en later in de cloud (in datacentres). Zo vertrouwt kritieke infrastructuur bijvoorbeeld op grote sensornetwerken die betrouwbaar moeten werken met een laag energieverbruik en zonder cloudconnectiviteit, waarbij neuromorfe chips bijdragen aan het efficiënt voorspellen van onderhoud en risicopreventie. In-Memory Computing wordt vooral toegepast als 'AI-versneller' voor AI-toepassingen die snelle en efficiënte dataverwerking vereisen.

Deze nieuwe architecturen en hardware/algoritme co-design versterken recente technologische ontwikkelingen. Denk aan in-memory computing (zoals memristive crossbars voor analoge matrixoperaties), spiking-processors voor ultra-laagvermogen berekeningen en analoge devices voor reconfigureerbare, niet-lineaire informatieverwerking. Heterogene integratie van deze technologieën, in combinatie met bestaande chiptechnologieën zoals analoge sensoren, creëert een realistisch pad om AI-workloads van de cloud naar de edge te verplaatsen.

Naast het doorontwikkelen van de specifieke chipdesignkennis, is het voor het benutten van het volledige potentieel van neuromorphic computing belangrijk dat eindgebruikers, ontwikkelaars, fabrikanten en onderzoekers vanaf het begin samenwerken rondom veelbelovende use cases, op verschillende systeemniveaus. Daar geeft WP 3 verder invulling aan.

WP 2: Equipment

Equipment ontwikkeling en manufacturing staat in de komende jaren voortdurend voor uitdagingen. Naast lithografie, depositie en etsequipment voor chip fabricage gaat het ook om ontwikkeling van chiplet-technologieën en heterogene integratie die steeds complexere 3D-structuren mogelijk maken en daarbij ook de introductie van uiteenlopende materiaalcombinaties. Deze complexiteit vereist grote ontwikkelingen op het gebied van equipment en daarmee kansen voor het Nederlandse equipment ecosysteem om hier nieuwe posities in op te bouwen.

Zo voldoet de huidige metrologieapparatuur voor conventionele technologieën, maar chiplets en nieuwe geavanceerde transistorarchitecturen vragen om nieuwe oplossingen. Deze complexe structuren vereisen dat metrologie en inspectie apparatuur niet alleen de buitenkant kan inspecteren, maar ook het systeem fysiek in drie dimensies kan analyseren. Opkomende metrologietechnologieën zijn bijvoorbeeld Atomic Force Microscopy, Element-Specific X-ray Imaging en Acoustic Metrology (HaWaCAM)⁹.

Daarnaast reageren verschillende materialen elk anders op mechanische, optische of elektronische belastingen. Bij karakterisering met elektronenmicroscopie leidt dit vaak tot meetartefacten, contrastproblemen of zelfs beschadiging. Betrouwbare metrologie en karakterisering vereist daarom een zorgvuldige combinatie van technieken en een consistente aanpak om positie-nauwkeurigheid te behouden, artefacten te vermijden en meetgegevens op een procesrelevante manier te integreren.

Naast metrologie en karakterisering ontstaat er ook vraag naar doorontwikkeling van andere soort machines. Een belangrijk voorbeeld is apparatuur voor extreem nauwkeurige hybrid bonding, waarmee twee chipleets worden verbonden. Omdat één fout meerdere chipleets onbruikbaar maakt, is foutloze bonding cruciaal voor betrouwbaarheid en kostenefficiëntie. Ten slotte maken chiplet-technologieën het mogelijk om dure of nieuwe materialen effectief en kostenefficiënt te benutten. Dit biedt kansen voor materiaalontwikkelaars en depositiemachines.

WP 3: Chiplet- en Systeemontwerp

De voordelen van chiplets/heterogene integratie kunnen pas worden gerealiseerd als de productcreatiecyclus is ingevuld. Het is hierbij essentieel dat alle chiplets in detail gespecificeerd zijn: zowel functioneel als qua noodzakelijke productieprocessen. Al in de ontwerpfase moet rekening worden gehouden met onder andere test- en validatie-eisen, productievoorwaarden en andere kritische aspecten. Dit vraagt om nauwe, geïntegreerde samenwerking tussen meerdere domeinen: co-design op chipletniveau én op systeemniveau.

Voor huidige technologieën wordt nu veelal het V model gebruikt, waarbij functionaliteit wordt opgesplitst in deelproblemen, die in hard- en software worden gerealiseerd en gevalideerd¹². Voor IC-ontwerp is ontwerpsoftware (EDA) ontwikkeld, waarbij bouwblokken worden gemodelleerd en een 'digital twin' van de chip wordt gemaakt om functionaliteit te verifiëren. Deze bestaande modellen en tools schieten echter tekort voor het ontwerpen van chiplet-technologieën en systemen.

Deze ontwikkelingen vragen om:

- De ontwerpcyclus moet efficiënter en goedkoper worden om een doorbraak mogelijk te maken. Nieuwe technologieën vragen om veel kostbare iteraties, doordat de beschikbare modellen (*compact models*) onvoldoende detail omvatten, waardoor gedrag van de technologie onvoorspelbaar wordt.
- Ontwerpers hebben naast EDA-tools ook domeinkennis nodig van technologieën zoals quantum en fotonica. De mensen die heterogene chips en systemen moeten gaan ontwerpen hebben daarom zowel IC-kennis nodig als kennis van de andere technologieën.
- Ontwikkelen van nieuwe methodes om meerdere technologieën in een flow efficiënt te ontwerpen.
- De verbindingen tussen chips zijn niet eenvoudig te modelleren, wat tijd kost en optimalisaties belemmert. Verbindingen tussen digitale chips wordt al gestandaardiseerd,

¹² [V-model - Wikipedia](#)



voor analoge interfaces is dit een stuk complexer.

- Standaardisatie, met bijvoorbeeld betrekking tot hoogte en pitch van verbindingen, is noodzakelijk om de potentie van chiplettechnologie te kunnen benutten. Dit zou goed in Europese context kunnen worden opgepakt.
- Nieuwe test- en metrologie concepten zijn nodig voor het detecteren van fouten bij het plaatsen, verbinden en packagen van de chips.

Industrie en kennisinstellingen werken gezamenlijk aan de uitdagingen met een focus op het efficiënt ontwerpen en realiseren van chipletsystemen. Dit vergt samenwerking in de breedte van het Nederlandse ecosysteem.

1. Use cases

Er wordt gestart met het selecteren van een aantal concrete use cases met marktpotentie, waarna deze use cases vervolgens worden uitgewerkt. Eindgebruikers articuleren concrete knelpunten en eisen, onderzoekers en ontwikkelaars materialen, apparaten, circuits en architecturen die deze behoeften direct adresseren, terwijl fabrikanten en systeemintegrators zorgen voor compatibiliteit met schaalbare productie. De nadruk in deze oplossingen ligt op systeemontwerp en het samenvoegen van verschillende elementen. Dit kan op verschillende niveaus: op een interposer, in een package en tussen grotere samengevoegde elementen.

2. Ontwerp, validatie en testen

De use cases worden verder ontwikkeld, gevalideerd en getest. Er wordt beoogd dit kort cyclisch te doen: in relatief korte tijd worden de use cases uitgewerkt tot een proof of concept, waarna er op basis van de resultaten wordt besloten of het concept verder wordt uitgewerkt en opgeschaald, of dat het stopt.

3. Ontwerpmethodologieën en standaardisatie

Over de verschillende use cases heen wordt er gezamenlijk gewerkt aan het ontwikkelen van methodologieën en standaarden. Het komen tot een werkbaar aanpak voor co-design voor systeemontwerpen wordt, naast veelbelovende proof of concepts, ook gezien als resultaat op zich.

Gantt chart

Dit is een vergezicht dat nog verdere uitwerking vraagt in samenwerking met alle relevante stakeholders. Het beoogde proces bestaat uit kort-cyclische evaluatiemomenten. Na drie jaar worden de verschillende projecten beoordeeld via een go/no-go stage gate. Bij een 'go' wordt het proof of concept verder doorontwikkeld; bij een 'no go' wordt het project stopgezet.

Programma	Omvang (€ mln)	Globale looptijd									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
WP1: Opkomende technologieën chip design	t.b.d.										
WP2: Equipment	t.b.d.										
WP3:Chiplet- en Systeemontwerp											
WP3.1: Selectie use cases	2				Stage gate Doorontwikkeling use case bij een 'go' of wordt stopgezet bij 'no go'						
WP3.2: Ontwerp	2										
WP3.3: Testen	2										
WP3.4: Co-design	2										
WP3.5:Methoden en standaarden	5										

Raakvlakken met NTS-sleuteltechnologieën en relevante rapporten

Dit programma heeft raakvlakken met de actieagenda Artificial Intelligence en Data. Daarnaast worden chiplettechnologieën — waaronder neuromorphic computing— expliciet genoemd in zowel de Semicon Deep Dive¹⁰ van Invest-NL als in het Wennink-rapport⁹.



6. Technologische verdieping in ST

Hieronder zijn twee Nationaal Groeifondsprojecten beschreven die bijdragen aan de actieagenda Semiconductor Technologies: Future Network Services (FNS) en Polaris. FNS richt zich op 6G en is een breed programma waarin chipontwerp een onderwerp is. Daarnaast concentreert Polaris zich op radar, MRI en telecom, met de focus op de hoog geïntegreerde RF-componenten voor de antennes/MRI-spoelen.

6.1. 6G en de evolutie van netwerkarchitecturen

Dit zijn de onderdelen van Future Network Services (FNS) die inhoudelijk binnen deze actieagenda passen.

Waarom is deze verdieping nodig?

In de komende decennia zullen geavanceerde RF-componenten en systemen, zoals die in 5G en 6G, enorme economische en maatschappelijke kansen creëren. Innovaties zoals WiFi-7 en IoE (Internet of Everything) versterken digitale connectiviteit en openen toepassingen in mobiliteit, energie en gezondheidszorg.

De huidige implementaties van radiocomponenten schiet hiervoor tekort. Er is een verbetering nodig in energie-efficiëntie, bandbreedte en dynamisch bereik.

Integratie van analoge en digitale technologieën is daarbij essentieel om 6G kansen mogelijk te maken en de Nederlands programma's geven Nederlandse bedrijven de kans hierin vooruit te lopen en te groeien door 6G.

Wat zijn de uitdagingen?

Een belangrijke uitdaging voor 6G is het werken met aanzienlijk hogere frequenties dan bij 5G. Dit vraagt om nieuwe technologieën en infrastructuur, met de grootste economische waarde in de FR3-band (6–24 GHz) en aanvullende toepassingen in het mmWave- en sub-THz-spectrum.

Hoe hoger de frequentie, hoe meer data op een (energie-)efficiënte wijze verzonden kan worden. Omdat het spectrum al toegekend is aan WiFi-6E, Defensie en satelliet-gebaseerde communicatie (NTN), is het ook nodig om dynamic spectrum sharing, ofwel de simultane inzet van draadloos spectrum verder te ontwikkelen.

Naast de chip-ontwikkeling wordt er in FNS ook nieuwe toepassingen ontwikkeld worden, bijvoorbeeld in de zorgsector of voor infrastructuur. Binnen FNS wordt dus gewerkt aan cruciale technologie voor 6G op een voor Nederland unieke wijze: chipontwerpers, component- en systeemexperts werken samen in een enkel ecosysteem waardoor de juiste intelligente componenten ontwikkeld worden. Hierdoor kunnen afwegingen in het chip ontwerp direct met de eindgebruiker worden afgestemd. In Nederland gevestigde bedrijven en kennisinstellingen ontwikkelen binnen deze programmajijn gepatenteerde technologie op het gebied van intelligente componenten en bouwen op die manier een eigen unieke kennispositie op voor 6G.



Kerntechnologie

Op basis van de inzichten uit marktontwikkelingen en standaardisatie richt FNS op een verdieping van 6G-technologie. De belangrijkste componenten voor deze verdieping zijn hogere frequenties (FR3-band van 6-24 GHz en mmWave/sub-THz voor specifieke toepassingen), nieuwe netwerk-architecturen en energie-efficiënte chiptechnologie. Deze thema's bieden de grootste kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven en de ontwikkeling van nieuwe start-ups om economische waarde te creëren.

De chipontwikkeling in FNS richt zich op de volgende zaken:

- **Efficiënte draadloze communicatie:** Het ontwikkelen van radio-fremente (RF) chips en heterogene componenten met een laag stroomverbruik. Dit is mogelijk door het gebruik van nieuwe halfgeleidertechnologieën en door het inzetten op sterk geïntegreerde oplossingen, die kosten, materiaalverspilling en energieverbruik verminderen. We sluiten hierbij nauw aan bij de diverse Europese initiatieven, zoals de chip pilot lines en de nationale chip competentie centers.
- **Spectrum sharing:** In de nieuwe FR3 frequentieband zitten diverse andere draadloze systemen, zoals WiFi, satelliet gebaseerde non-terrestrial communication (NTN) en defensiesystemen. We gaan concepten ontwikkelen die co-existentie toelaten, zoals het simultaan gebruik van 6G communicatie en sensing met WiFi 8 in dezelfde frequentieband. Componenten voor software antennas (antenna opgebouwd uit meerdere kleinere antennas, waar hoge integratie vereist is om kosten en vermogenseffectief te zijn) worden ontwikkeld. Technologieontwikkeling hiervoor zijn onder andere beter koelmethode, afstemmethoden en integratietechnologie. Er worden uitgebreide meetcampagnes en propagatiemodellen ontwikkeld worden om de concepten te toetsen aan de praktijk en verder te optimaliseren.
- **Fotonica in 6G:** We gebruiken de sterke positie van Nederland in fotonica om draadloze verbindingen tussen basisstations met een extreem grote capaciteit te realiseren. We hebben in fase 1 al een wereldrecord laten zien van een draadloze verbinding tussen de HTC Eindhoven en TU/e-campus met een record capaciteit van 5.7 Terabit per seconde (Tbps).

Onderliggende technologie

De ontwikkeling van complexe micro-elektronische Radio Frequency (RF)-systemen draait om meer dan alleen krachtige chips. Het gaat om het ontwerpen van chiparchitecturen die niet alleen sneller en compacter zijn, maar ook optimaal samenwerken met dataverwerking, interfaces en koeling binnen één geïntegreerd systeem. Binnen het NTS-programma semicon bouwen we voort op de ontwikkelingen binnen FNS. De sleutel ligt in geavanceerde chip- en integratietechnologie: het slim combineren van meerdere functies op één platform, inclusief packaging en verbindingstechnieken.

Daarvoor is het volgende nodig:

- Toegang tot IC technologie: InP, CMOS, GaAs, GaN
- Toegang tot Thermische technologie: interface optimalisatie
- Thermisch-, mechanisch-, elektromagnetisch-, elektrisch design en co-design methodieken
- System optimalisatie



Verbinding naar andere toepassingsgebieden

6G verbindt en biedt ook een real-time map en kan een vast vertraging (latency) waarborgen. Daarom zijn naast de traditionele draadloze toepassingen (mobiel internet, IoT) meer toepassingen mogelijk:

- Verkeersstromen worden zichtbaar en diensten kunnen hiervoor ontwikkeld worden om bijvoorbeeld de verkeerslichten in kruispunten te besturen
- In de zorg zijn toepassingen mogelijk die nu nog met speciale kastjes en software wordt gedaan, zoals het detecteren van gevallen mensen in huis (ouderen zorg) of het monitoren (ademhaling).
- Fabrieken kunnen draadloos worden ingericht: dit levert lagere omsteltijden en flexibelere productielijnen op.
- Beyond line of sight vluchten met drones
- Klinieken waarvan de IT ondersteuning op afstand wordt geregeld. Dit maakt een kortere afstand tot een kliniek mogelijk
- Automatische verdeling van de energievraag en aanbod over een wijk of industrieterrein, waardoor er dichter tegen de maximale capaciteit van het hoogspanningsnet kan worden gewerkt.

Daarnaast spelen AI en high-performance computing een rol bij het verwerken van enorme datastromen die 6G genereert, terwijl photonics en quantumchips nieuwe mogelijkheden bieden voor dataverwerking en communicatie.

6.2. High-end radar & MRI ontwikkelingen

Dit zijn de onderdelen van Polaris die inhoudelijk binnen deze actieagenda passen.

Waarom is deze verdieping nodig?

Het doel van high-end radar is het ontwikkelen van een nieuwe generatie technologie, zodat Nederland zijn leidende positie in complexe micro-elektronische Radiofrequentie (RF)-systemen voor toepassingen zoals MRI, radar en telecommunicatie behoudt en versterkt. Drie economische productclusters zijn hiervan belang: 1) MRI-scanners (Philips Medical Systems), 2) radar (Thales Nederland) en 3) telecommunicatie (NXP Semiconductors).

Een succesvolle ontwikkeling van meer en betere sensoren heeft grote impact op meerdere terreinen. In het medische domein wordt verwacht dat de toepassing van AI tot revolutionair betere beelden en behandeling zal leiden, waarvoor veel meer RF-sensoren nodig zijn en een miniaturisatie en verregaande digitalisatie noodzakelijk is. In het communicatiedomein is een sterke toename van de hoeveelheid basestation-elementen de enige weg om energie te richten op de gebruiker in plaats van deze te verspillen. In het militaire domein is dat eveneens noodzakelijk om veel meer informatie over de (dreigingen in de) omgeving te verkrijgen.

Wat zijn de uitdagingen?

Om 6G mogelijk te maken, moeten we technologieën ontwikkelen die analoge en digitale



onderdelen slim combineren. Analoge technologie is nodig om radiosignalen op hoge frequenties goed te verwerken, terwijl digitale technologie zorgt voor slimme functies zoals dataverwerking en netwerkbeheer. Door deze twee te integreren, kunnen we veel sneller en energiezuiniger communiceren. Dit is cruciaal voor toepassingen zoals zelfrijdende auto's, slimme zorg en het Internet of Everything. Daarnaast lijken de technische uitdagingen van producten zoals MRI-scanners, radars en telecom-basisstations sterk op elkaar. Door kennis en technologie uit deze gebieden te combineren, ontstaat een krachtig ecosysteem. Voor een klein land als Nederland is dit belangrijk om wereldwijd mee te doen en een sterke positie op te bouwen.

Kerntechnologie

Voor toekomstige systemen moeten we ons gaan richten op het integratieniveau: de manier waarop componenten en subsystemen geïntegreerd worden tot een compleet systeem. Integratietechnologie is dan ook essentieel om in de toekomst nog complexere systemen te kunnen bouwen. Ook hier sluit het NTS semicon programma aan bij de ontwikkelingen binnen Polaris. De vraag naar vergaande integratie beperkt zich echter niet alleen tot elektronica, maar vraagt om radicale innovaties op het gebied van materialen, koeling, verbindingen, packaging, etcetera. De combinatie van al deze aspecten zorgt voor een enorme multidisciplinaire complexiteit. Polaris richt zich op alle aspecten van heterogene integratie en chiplets.

Onderliggende technologie

De ontwikkeling van complexe micro-elektronische Radio Frequency (RF)-systemen draait om meer dan alleen krachtige chips. Het gaat om het ontwerpen van chiparchitecturen die niet alleen sneller en compacter zijn, maar ook optimaal samenwerken met dataverwerking, interfaces en koeling binnen één geïntegreerd systeem. De sleutel ligt in geavanceerde chip- en integratietechnologie: het slim combineren van meerdere functies op één platform, inclusief packaging en verbindingstechnieken.

Daarvoor is het volgende nodig:

- Toegang tot IC technologie: InP, CMOS, GaAs, GaN
- Toegang tot Thermische technologie: interface optimalisatie
- Thermisch-, mechanisch-, elektromagnetisch-, elektrisch design en co-design methodieken
- System optimalisatie

Verbinding met waardeketen stappen

De waardeketenontwikkelingen uit Polaris worden ingericht door Thales, Philips en NXP.

Verbinding naar andere toepassingsgebieden

Defensie en veiligheid profiteren van geavanceerde radarsystemen en secure communicatie. Telecommunicatie (5G/6G, satelliet) vraagt om geïntegreerde RF-oplossingen met hoge bandbreedte en lage latency.



Medische beeldvorming zoals MRI vereist extreem nauwkeurige RF-integratie. Ook automotive heeft baat bij radar en sensortechnologie voor geavanceerde rijhulpsystemen en autonome voertuigen. Door radicale innovaties in integratietechnologie kunnen we complete, onderscheidende systemen ontwikkelen waarin chips, koeling, dataverwerking en verbindingen naadloos samenwerken, dit is essentieel om Nederlands' leidende positie verder uit te bouwen.

Verbinding naar andere actieagenda's

- Mechatronics & Optomechatronics
- Optical Systems & Integrated Photonics
- Quantum Technologies
- Imaging Technologies

7. Ecosysteemactiviteiten

Om de kansen te pakken zoals genoemd in hoofdstukken 4 en 5 en de opgaven uit de hoofdstukken 3.2 tot 3.6 aan te pakken is het van belang de kracht en onderlinge verbondenheid van het ecosysteem vast te houden en verder te verstevigen. Daarnaast is het essentieel om in dit veranderende tijdsgewricht het innovatie ecosysteem op een aantal punten nog verder te ontwikkelen. In verschillende lopende Nationaal Groeifondsprogramma's, ChipNL en deze actieagenda zijn de huidige visie, strategie en uitvoeringsagenda's beschreven.

De verschillende partijen binnen de quadrupel helix van innovatie (industrie, overheid, kennisinstellingen en investeerders) zijn in Nederland goed verbonden. Onderhoud en uitbreiding van dit innovatie-ecosysteem is noodzakelijk gedurende looptijd van een actieagenda. Ontwikkelingen worden met een open communicatie en regelmatige bijeenkomsten effectief verspreid worden over het hele ecosysteem. De innovatiecoalitie neemt initiatieven om nationale bijeenkomsten te organiseren waar de partners van de quadrupel helix elkaar ontmoeten voor informatieuitwisseling of netwerkactiviteiten. De innovatiecoalitie voor Semiconductor Technologies dient ook regelmatig inhoudelijke meetings te organiseren van de drie individuele pilaren en gericht op toekomstige integratie van de drie pilaren.

In de praktijk blijkt het een echte uitdaging om het potentiële ecosysteem ook echt te realiseren. Hiervoor zijn bovengenoemde activiteiten onontbeerlijk. Het is ook belangrijk om contact te houden met roadmap-activiteiten binnen de halfgeleiderindustrie die met regelmaat een update uitvoeren en nog in 2025 een integratie tot stand brachten tussen de manufacturing equipment roadmap met de microcircuits/chips roadmap.

De actieagenda moeten gefinancierd en uitgevoerd worden via:

- Financiering voor integrale samenwerkingsverbanden en -projecten waarin zowel over als tussen toeleverketens wordt samengewerkt aan bovenstaande kansen en opgaven. Gezamenlijke financiering is essentieel omdat de som groter is dan de delen. Door samen te werken aan inhoudelijke oplossingen en kansen verdiept het ecosysteem en wordt het verder klaargemaakt voor de toekomst.
- Gefocuste topfaciliteiten die het ecosysteem samenbrengen en startups en scale-ups ondersteunen in hun groei. In deze faciliteiten worden marktsturing, investeringen en technologische ontwikkeling samengebracht. Deze nationale clusters hebben in Europa en wereldwijd leiderschap en right-to-play in slim gekozen focus gebieden. De focus is in lijn met de sterkte van het bestaande ecosysteem en kennisbasis, en kijkt vanuit die basis vooruit.

Voor de verdere ontwikkeling van gerichte innovatie binnen dit dynamische ecosysteem is coördinatie en leiderschap nodig. Deze taken worden in de governance belegd. De governance-structuur heeft in een compacte innovatiecoalitie vertegenwoordiging uit de innovatievierhoek aan boord: industrie, kennisinstellingen, overheid en investeerders. Deze spelers zijn essentieel om de beschreven opgaven aan te gaan en dragen ieder uit een eigen perspectief, en uit eigen middelen, bij.



8. Organisatie

8.1. Innovatiecoalitie

De beoogde governance structuur voor de NTS-actieagenda's is beschreven in het overkoepelende document. De specifieke invulling van deze governance structuur voor de actieagenda Semiconductor Technologies inclusief personele invulling, wordt in 2026 afgerond, in nauwe samenwerking met de KIA ST.

Het startpunt voor de actieagenda was de beschrijving van Semiconductor Technologies zoals opgenomen in de NTS. Vervolgens zijn op diverse momenten keuzes gemaakt om te komen tot die gerichte innovatieprogramma's en activiteiten waarvan de grootste impact verwacht wordt. Dit leverde de nodige focus op om de inhoud van de innovatieprogramma's aan te scherpen en concreet te maken in lijn met wat bedrijfsleven en kennisinstellingen zien als de grootste technologische R&D&I-uitdagingen om bedrijvigheid te stimuleren.

Deze bewuste focus brengt vanzelfsprekend een versmalling van de scope van het NTS-onderwerp Semiconductor Technologies met zich mee. Het is echter ook van belang om het onderwerp in de breedte voldoende aandacht te geven. Er vindt tenslotte veel meer (door)ontwikkeling van sleuteltechnologie plaats dan is ondergebracht in de innovatieprogramma's van de actieagenda's. De KIA ST wil daar, via de innovatiecoalitie van deze actieagenda, voldoende zicht op houden, deze (door)ontwikkeling ook in enige mate stimuleren en contact houden met alle partijen die innoveren op het gebied van Semiconductor Technologies.

Hoewel de uitwerking van de actieagenda gericht is op een beperkt aantal onderwerpen, omvat de scope van de actieagenda dus de volledige breedte van het NTS-onderwerp. De vertegenwoordiging van de innovatiecoalitie van deze actieagenda zal zich daarom, naast de innovatieprogramma's, ook richten op de brede (door)ontwikkeling van Semiconductor Technologies.

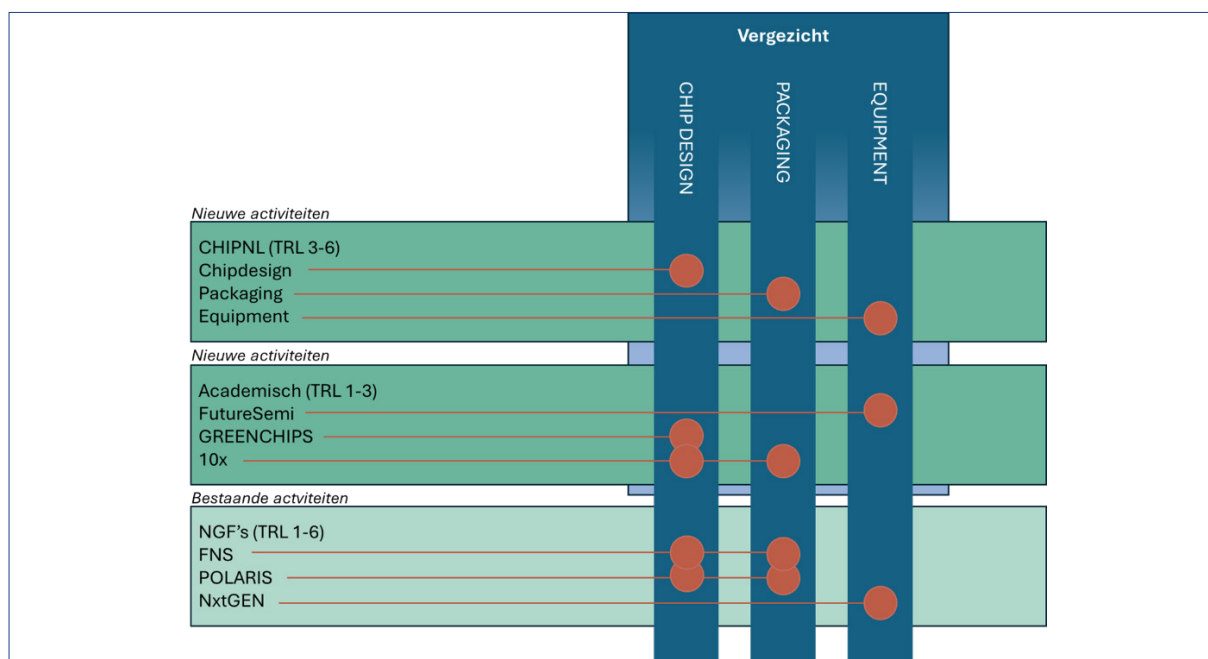


8.2. Financiering

Activiteit	Privaat (€ mln)	Publiek, bestaand (€ mln)	Publiek, nieuw (€ mln)	Totaal (€ mln)
CHIPNL (2026-2032): 5.1 Chipdesign + 5.2 Advanced packaging + 5.3 Semicon Equipment	315	0	420	735
5.4 Innovatie door kennisinstellingen (2027- 2032)	66	0	39	105
5.5 Vergezicht(2032- 2037): Chiplets en systeemontwerp	25	0	25	50
ECOSYSTEEM ACTIVITEITEN	5	0	5	10
Totaal	411	0	489	900

Afwijking van de 50/50 verdeling publiek/privaat is in hoge mate te verklaren door benodigde CAPEX bij kennisinstellingen. Voor gezonde exploitatie is het in veel gevallen nodig om CAPEX publiek te financieren, de operationele kosten worden ten minste 50% privaat gefinancierd.

9. Vervolg programmaontwikkeling



Figuur 8. Programmastructuur met drie pijlers (verticaal) die prioriteiten binnen de supply-chain aangeven. Prioriteiten worden op verschillende manieren geadresseerd door de programma's (horizontaal). De nieuwe activiteiten vereisen co-design en kunnen profiteren van kennis uit de andere pilaren en zullen daarom leiden tot verweving; er ontstaat een gecombineerde pilaar.

De innovatiecoalitie borgt de verticale samenwerking door het wederzijds gebruik van faciliteiten en middelen te bevorderen.

Taken van de innovatiecoalitie zijn onder andere:

1. Zorgen voor het borgen van synergie tussen de verticale programma's
2. Proces voor vergezichten coördineren

Het proces maakt ruimte om regelmatig nieuwe vergezichten te programmeren. Een adviesgroep zal door de innovatiecoalitie worden samengesteld om de vergezichten te beoordelen. Deze subprogramma's lopen voor een bepaalde tijd (bijvoorbeeld drie jaar). Na drie jaar wordt een evaluatie uitgevoerd met als mogelijke uitkomsten:

- Stopzetten
- Opschalen tot volwaardig programma(x10) – de innovatiecoalitie initieert en zet in voor middelen



Colofon

Auteurs

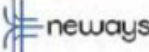
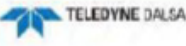
Vera Janssen (TNO), Marsha Nieuwland (TNO), Vivian Garos (TNO-Vector) Marcel Geurts (NXP), Wim van der Zande (ARCNL), Frans List (ASML).

Annex 0: Bedrijven en kennisinstellingen

Deze actieagenda is een combinatie van verschillende programma's geschreven door industrie en kennisinstellingen in de context van ChipNL, een aantal NWO-LTP programmavoorstellen en Nationaal Groeifondsprogramma's.

In deze initiatieven hebben de volgende deelnemers meegeschreven:

ChipNL:



En verderbinnen de publiek-private initiatieven van de kennisinstellingen:

ASML, Carl-Zeiss SMT, TRUMP SLM, ASM International, Delmic, TRYMAX, Delcon, Infineon Technologies AG, Innatera, Snap Inc., SYNOPSIS, OPT/NET, Sencure (startup), Oxford Instruments, Batenburg-Beenen, IMChip (spinout), NXP, Synposys, ADI-Analog Devices.

Publieke partijen zijn: de Technische Universiteiten in Eindhoven, Delft, en Twente. De universiteiten van Groningen, Leiden, Nijmegen, Utrecht. En in meerdere initiatieven TNO. Met dank aan Holland High Tech.





Annex 1: Afkortingen

Afkorting	Betekenis
(N)GF	(Nationaal) Groeifonds
ALD	Atomic Layer Deposition
ARCNL	Advanced Research Center for NanoLithography
CAGR	Compound Annual Growth Rate.
CITC	Chip Integration Technology Center
CPU	Central Processing Unit
EMS	Electronic Manufacturing Services
FPGA	Field Programmable Gate Array
GPU	Graphical Processing Unit
IDM	Integrated Device Manufacturers
KPI	Key Performance Indicator
NPU	Neural Processing Unit
OEM	Original Equipment Manufacturer
OSAT	Outsourced Semiconductor Assembly and Test
PFAS	Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances
PITC	Photonic Integration Technology Center
Quadruple Helix	Industrie, overheid, kennisinstellingen en investeerders
RTO	Research and Technology Organization
SiP	System in Package
SoC	System on Chip
TPU	Tensor Processing Unit

