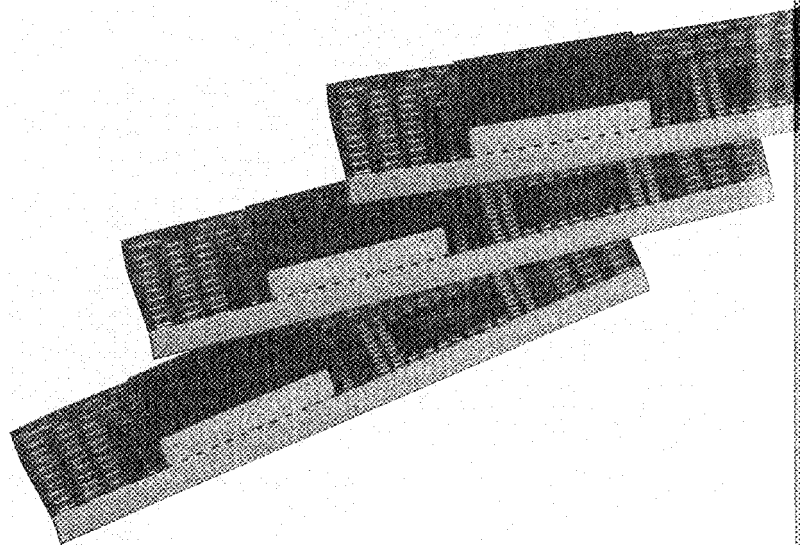


Werkgroep Microverbinden richt zich op de lastige vraagstukken van de elektronische industrie

Wanneer men enthousiast is over een technisch innovatief onderwerp, dan zijn de 'features' daarvan onderwerp van urenlange discussie en worden de voetangels en -klemmen vaak onderbelicht. In de elektronische industrie leek het de afgelopen jaren alsof het 'back end'-traject veel minder interessant was dan de geboekte resultaten op nanometerschaal of de enorme mogelijkheden van microprocessors. Met de toenemende miniaturisatie neemt de complexiteit van de communicatie tussen chip en de buitenwereld momenteel ingewikkelde vormen aan. Dit is voor de NVPT de reden geweest om de Werkgroep Microverbinden in het leven te roepen. In dit artikel wordt een overzicht geschetst van het terrein waarop deze werkgroep zich wil richten.

Gordon Moore is sinds jaar en dag de kwelgeest die bepaald waar we heen gaan met de IC-technologie. Hij dicteerde in de jaren zestig dat de technologie zich zo diende te ontwikkelen dat er elke anderhalf jaar een verbeterde productietechniek moest zijn waarmee een verdubbeling van het aantal DRAM-cellen op een chip van dezelfde grootte paste. Om zijn wet kracht bij te zetten startte hij een fabriekje, die zich in afzienbare tijd ontwikkelde tot de grootste chipfabrikant ter wereld, namelijk Intel. DRAM is geheugen. Natuurlijk wordt silicium-technologie voor veel meer producten gemaakt, maar nog

Comple tussen en buitenwereld



steeds bepalen de DRAM's de maat.

In het begin van de halfgeleidertechnologie waren alle technieken en processen, afgezet tegen de huidige mogelijkheden, zeer primitief. Je kon de kleinste onderdelen bij wijze van spreken met het blote oog zien. Bij de modernste processen zijn de kleinste dimensies in de orde van enkele atoomlagen en nog slechts met elektronenmicroscopie zichtbaar.

De eerste successen werden geboekt in verticale richting. Het principe van de halfgeleidertechnologie berust op lokale veront-

Exe communicatie chip eld

reiniging van halfgeleidermateriaal met minimale hoeveelheid van een isolator of een geleider, zodanig dat de elektrische eigenschappen van het oorspronkelijke materiaal drastisch wijzigen. Diffusietechnieken werden in eerste instantie voor het doteren gebruikt. In de jaren zeventig werd implanteren van ionen mogelijk waarmee een grote sprong voorwaarts was gemaakt. Het is thans mogelijk om atomen één voor één op elkaar te stapelen.

In het horizontale vlak werd het steeds moeilijker. Tot nu toe worden er lithografische processen toegepast. Een dunne laag fotogevoelige laklaag wordt aangebracht op ronde substraat-schijven, de wafers. Deze worden in het algemeen via een waferstepper lokaal belicht. Daarna wordt de belichte lak verwijderd en wordt de volgende processtap verricht. Dit proces wordt vele malen herhaald met een ander masker waarop één laag van de te vormen chip is afgebeeld. De spanningen zijn enorm en de successen dito. Wanneer men spreekt over Moore's Law, dan wordt de minimale dimensie die in het horizontale vlak gedefinieerd kan worden meestal als enige genoemd. In het jargon spreekt men bijvoorbeeld over .18 µm-proces.

Microverbinden de grote achterblijver

Om de volgende mijlpaal in de Wet van Moore te halen, is onder andere miniaturisatie van de dimensies vereist. Hiertoe wordt veel aandacht besteed aan verbetering van de lithografische processen in het horizontale vlak en de dunne-laagtechnieken in de verticale richting. Tot voor kort leek het dat microverbinden de grote achterblijver was in de miniaturisatie trend. Op een wafer zitten grote hoeveelheden chips. Als een wafer de

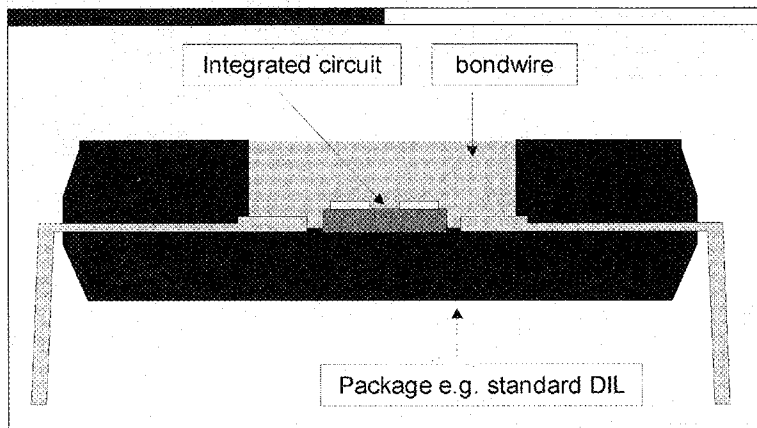
fabriek verlaat, dan komt deze in het zogenaamde back-end traject terecht. Hierbij wordt de wafer eerst op een folie geplakt en vervolgens in stukken gezaagd. Hierdoor komen de afzonderlijke chips beschikbaar. De losse chips worden vervolgens verpakt en er worden fysieke verbindingen gelegd tussen de elektronische schakeling op de chip en de aansluitpinnen aan de buitenkant van de verpakking zodat de chip op een printkaart kan worden bevestigd. Dit is het domein van het microverbinden. De meest toegepaste techniek is draadverbinden. Hierbij worden de afzonderlijke IC's op een leadframe geplakt en wordt met een vlasdun gouddraadje een verbinding gemaakt tussen de aansluitpunten op de chip en de aansluitpinnen die naar de buitenkant van de behuizing leiden. Vervolgens wordt kunststof bescherming om de afgemonteerde chip geperst.

In tegenstelling tot het front-end traject, waar batchgewijs duizenden chips tegelijkertijd worden vervaardigd, is deze wijze van afmonteren een monnikenwerk waarbij alle draadjes voor iedere chip één voor één worden gelegd. Jaarlijks worden vele miljoenen verbindingen op deze wijze gemaakt. Dat dit hoofdzakelijk in het Verre Oosten gebeurt, is dan ook logisch.

De technische innovaties zijn in dit gebied hoofdzakelijk gericht op optimalisatie van de kwaliteit van de verbindingen en vergroting van de snelheid. Voor veel toepassingen lijkt draadverbinden nog een geschikte methode en zal het nog vele jaren actueel blijven. Toch zijn er steeds meer ontwikkelingen in de halfgeleiderindustrie die een andere aanpak vereisen. De kennisverwerving hierover vormt het aandachtspunt van de Werkgroep Microverbinden in oprichting van de NVPT.

Miniaturisatie begrenst het draadverbinden

De namen voor de toegepaste behuizingen in de elektronica zijn vergelijkbaar met de mogelijkheden van de technologie. Hoe moderner de technologie, des te meer I/O. Hierdoor is de vraag ontstaan naar geavanceerde en complexe verbindingstechnologie. In chronologische volgorde zijn de namen van de meest bekende IC-behuizingen in het jargon van elektronische industrie in oplopende aansluitingsmogelijkheden als volgt: van



Afbeelding 1. Dwarsdoorsnede van afgemonteerde chip in een standaard DIL through-put-behuizing. De verhouding van het IC tot de totale afmetingen van de package valt op. Naarmate het aantal aansluitpinnen van de behuizing toeneemt, wordt de 'loze ruimte' alleen maar groter.

DIL naar SMD naar BGA naar flip-chip en in de toekomst chip-level-packaging.

Veel IC's worden verpakt in een Dual-In-Line (DIL) package. Dit zijn de bekende rupsachtige huisjes met een rij pootjes aan de twee zijden. De eerste generatie hiervan zijn de through-hole packages. Deze worden op de klassieke wijze in geboorde gaatjes op de printkaarten geplaatst en vervolgens gesoldeerd. Through-hole DIL packages zijn de reuzen onder IC-behuizingen. De dimensies van deze serie behuizingen is gebaseerd op eenheden van een 0,1 inch. Een chip met slechts 8 aansluitpinnen consumeert al aardig wat kostbare ruimte op de printkaart in, terwijl het siliciumoppervlak in de buurt van 1 mm² zal liggen. Hoewel deze behuizingen voor ontwikkelingsdoeleinden ideaal zijn, is hun populariteit niet groot voor massaproductie. Om deze reden zijn veel chips in verschillende behuizingen beschikbaar.

Sinds lange tijd wordt de oppervlaktemontagetechniek alom toegepast. Met deze trend kwamen ook de SMD-IC-packages beschikbaar. Naast de DIL-configuratie zijn er ook de vierkante SMD-behuizingen met aansluitpootjes aan alle vier de zijden beschikbaar. Zowel bij de SMD- en through-hole-behuizingen wordt in de behuizing draadverbindingstechniek toegepast. Kenmerkend voor deze behuizingen is dat de aansluitpootjes zich aan de zijkanten van de verpakking bevinden. Noodgedwongen neemt de grootte van de behuizing toe bij een toenemend aantal pinnen. Ook op de chipniveau zijn de aansluitvelden, de bondpads, helemaal naar de buitenzijde van de chip gebracht, wat extra ruimte vereist en de lay-out behoorlijk ingewikkeld maakt.

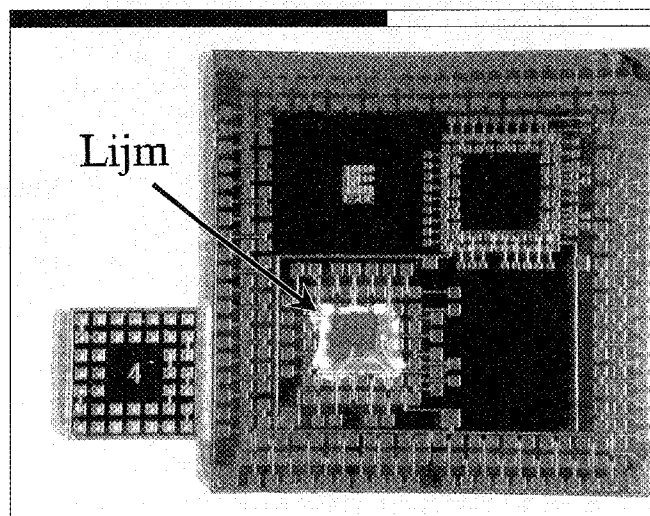
Op zeker moment is deze techniek dan ook niet meer geschikt en zijn geavanceerde behuizingen en verpakkingsmechanismen nodig.

De eerste Pentium P60 microprocessor had al 275 pinnen. Met bovengenoemde behuizingen zou een dergelijk IC wel erg problematisch zijn. Voor dergelijke IC's is dan ook geen sprake meer van één rij soldeerpinen aan de buitenzijde, maar zijn de pinnen aan de onderzijde van de behuizing geplaatst. Met een pitch van 0,1 inch tussen de pinnen zijn er vier rijen aan de

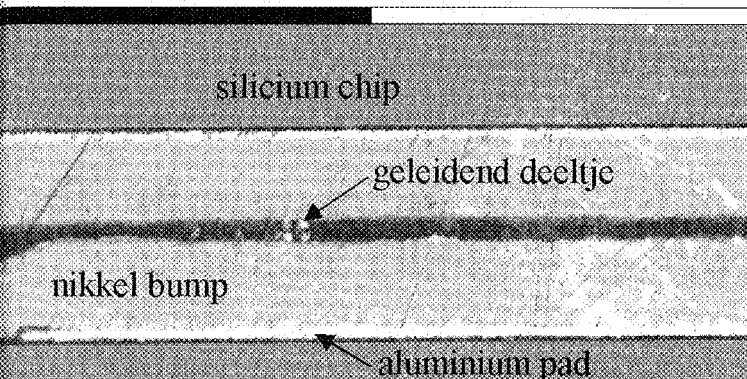
onderzijde van de chip beschikbaar. De behuizingen worden ook vaak niet meer op de print gesoldeerd, maar in speciale insteek sockets geplaatst, zodat ze eenvoudig verwisselbaar zijn. Diverse typen van dergelijke IC-behuizingen zijn beschikbaar en staan bekend als *pin grid arrays* en *ball grid arrays*, afgekort als PGA en BGA.

Tot nu toe hebben we slechts gesproken over de ruimteproblematiek als gevolg van toenemende aantallen verbindingen tussen het IC en de buitenwereld. Er is nog een aantal andere belangrijke thema's, zoals meer verwerkingscapaciteit per chip, dus ook meer communicatieverkeer tussen chip en buitenwereld. Een digitale schakeling kan slechts één instructie uitvoeren nadat deze een klokpuls heeft gekregen. Door de toenemende dichtheid van logische schakelingen op een chip die per seconde meer instructies kunnen verwerken, moet de frequentie van de klokpulsen omhoog. Bij analoge schakelingen daarentegen kan informatie wel continu worden verwerkt, maar speelt antennewerking van de microverbinding weer een cruciale rol. Wanneer een elektrische stroom door een geleider vloeit, dan is er een magnetisch veld aanwezig rondom deze geleider. Evenzo geldt dat een magnetisch veld rondom een elektrische geleider een elektrische stroom door die geleider zal genereren. Hoe dichter de geleiders bij elkaar liggen des te groter de elektromagnetische koppeling. Dit effect is gunstig voor transformatoren, maar is een drama bij IC's. Als de frequenties nog verder toenemen, dan zullen de draadjes van de behuizing als antennes gaan werken en radiofrequente signalen gaan uitzenden of oppikken.

Voor voorkoming van overspraak en RF-storingen is de BGA-technologie ook niet meer toereikend, maar is het noodzakelijk



Afbeelding 2. Op het onderstaande siliciumsubstraat wordt een flip-chipverbinding tot stand gebracht door middel van een anisotroop geleidende lijm. In de lijm zijn gouddeeltjes opgelost die in verticale richting elektrisch contact maken tussen de chip en het substraat, terwijl er geen kortsluiting tussen de aansluitingen in horizontale richting plaatsvindt. (foto TNO industrie)



Afbeelding 3. Sem-opname van dwarsdoorsnede flip-chip-verbinding.

dat de verbindingen zo kort mogelijk worden gehouden. Flip-chip-technologie is hiervoor een tijd geleden ontwikkeld. Hoewel er jarenlang niet veel mee werd gedaan, neemt deze techniek sinds enige tijd snel in populariteit toe. De techniek is gebaseerd op het verbinden van printkaart en de chip zonder dat deze in een behuizing zit. Het halfgeleidermateriaal wordt 'op z'n kop' (flipped) op de print bevestigd. Dit soort technieken passen binnen het aandachtsgebieden van de Werkgroep Microverbinden van de NVPT.

De volgende generatie verbindingstechniek gaat nog een stap verder. Er zijn binnen de Nederlandse onderzoekcentra, waaronder DIMES, diverse programma's geëntameerd voor verdere

integratie van digitale systemen met analoge elektronica en RF-componenten op dezelfde chip. Ook dit is een uitgangspositie van de Werkgroep. Het wordt mogelijk om de hoogwaardige wetenschappelijke kennisontwikkeling van zeer nabij te volgen en deze vroegtijdig in de innovatieve productontwikkeling van de Nederlandse industrie te implementeren.

Een ander onderwerp waarin de Werkgroep Microverbinden geïnteresseerd is, zijn verpakkingstechnologie en -technieken voor smart systems. Hierbij worden sensoren, actuatoren en geïntegreerde elektronica in één systeem gecombineerd.

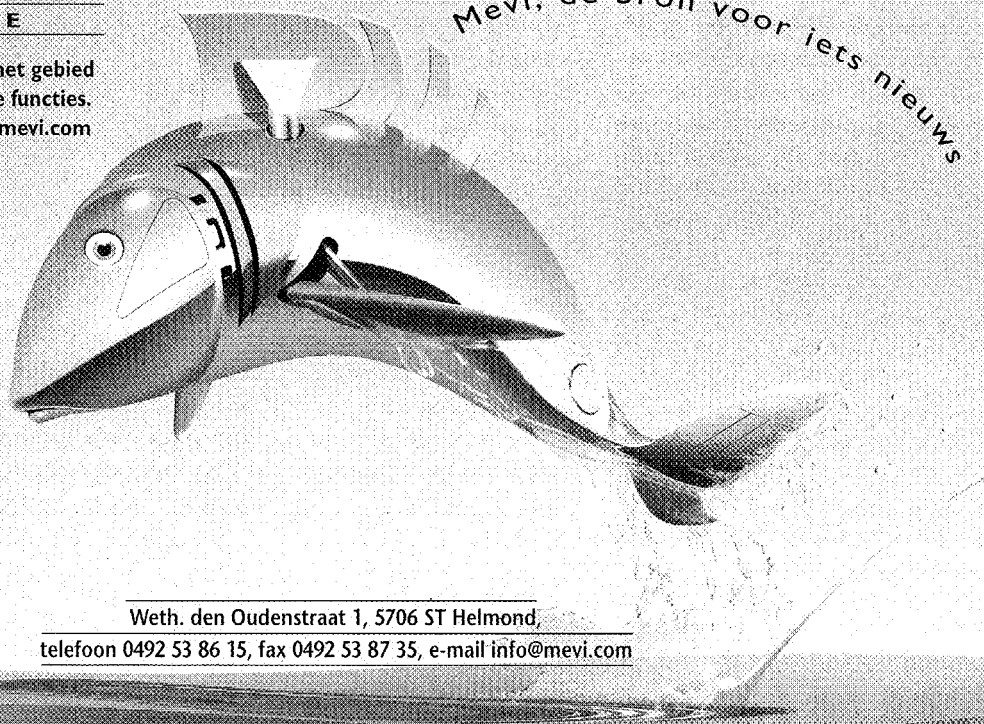
VOOR MEER INFORMATIE OVER DE WERKGROEP MICROVERBINDEN I.O. KUNT U TERECHT BIJ DE HEER S.K. BOOTSMA. BOOTSMA@ESBE.NL.

Mevi

**FIJNMECHANISCHE
INDUSTRIE**

Het neusje van de zalm op het gebied
van prototypes en complete functies.
Voor meer info: <http://www.mevi.com>

Mevi, de bron voor iets nieuws



Weth. den Oudenstraat 1, 5706 ST Helmond,

telefoon 0492 53 86 15, fax 0492 53 87 35, e-mail info@mevi.com

