

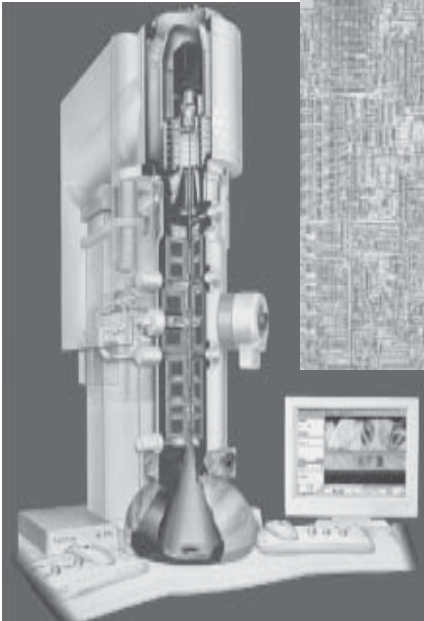
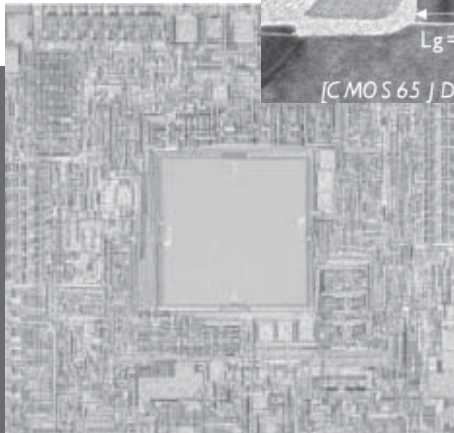
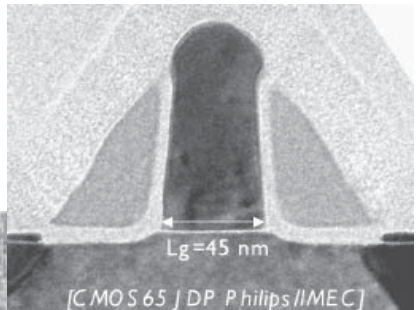
V E N I

blad

Jaargang 11, nummer 4

Nano-technologie bij FEI

**Micro-technologie bij Philips
en IMEC**



Tijdschriften

WO-monitor 2003

Colofon

Het VENI-blad is het verenigingsblad van de Vereniging van Eindhovense Natuurkundig Ingenieurs. VENI is opgericht op 8 oktober 1993. Het lidmaatschap staat open voor afgestudeerden van de faculteit Technische Natuurkunde van de Technische Universiteit Eindhoven.

VENI
TU/e - N-laag
Postbus 513
5600 MB Eindhoven
fax: 040 - 2447035
phys.veni@tue.nl
www.veni.nl
giro: 6728620

Bestuur VENI:

Igor Aarts, voorzitter,	(i.m.p.aarts@tue.nl)
Patrick van Aarle, penningmeester,	(patrick.van.aarle@chello.nl)
Erik Kieft, secretaris,	(e.r.kieft@tue.nl)
Jan-Jaap Koning, activiteiten,	(koning69@zonnet.nl)
Saskia Geraedts, activiteiten,	(saskia_geraedts@hotmail.com)
Jeroen Rietjens, redacteur	(j.h.h.rietjens@tue.nl)

Deadline volgende VENI-blad: 1 februari 2005

Kopij naar: **phys.veni@tue.nl**

Inhoudsopgave

Redactioneel	4
Amerika op zijn kop	5
Allemachtig, wat is zo'n ding groot!	7
Kwartetje Nieuwe Tijdschriften	11
Excursie naar Leuven	19
MEMS & Biochips	23
WO-monitor 2003	32
Reunie SVTN "J.D. van der Waals"	35

Redactioneel

Jeroen Rietjens, hoofdredacteur

Beste lezer,

Dit is alweer het laatste blad 2004, ofwel van jaargang 11 van VENI. Dit blad staat in het teken van de micro- en nanotechnologie, onder meer door de bijdragen van Diana Mäkel van FEI, het verslag van de excursie naar Philips Research Leuven en IMEC, en door een bijdrage van Jan-Jaap over MEMS (Micro-ElektroMechanisch Systeem). Daarnaast heeft Jan-Jaap een viertal tijdschriften bestudeerd, waarvan er enkele zich richten op de micro-technologie, en zal hij zijn bevindingen met u delen in een review-artikel.

Verder zal Igor vertellen over enkele van zijn ervaringen in de Verenigde Staten, en worden de cijfers uit de WO-monitor 2003 gepresenteerd. Deze laten zien hoe de faculteit Technische Natuurkunde zich verhoudt in vergelijking met het landelijk gemiddelde, wat betreft de kwaliteit van de opleiding en de aansluiting met de arbeidsmarkt.

Tenslotte wil ik u wijzen op een advertentie van studievereniging Van der Waals, over de reünie die ter ere van het 9^e lustrum wordt georganiseerd. De advertentie vindt u achterin dit blad. Zet in ieder geval de datum, 14 oktober 2005, alvast maar in uw agenda!

Rest mij niets dan u prettige feestdagen en een voorspoedig 2005 toe te wensen.

Veel leesplezier,

Jeroen.

Amerika op zijn kop

Igor Aarts

De afgelopen paar maanden heb ik met grote verbazing naar een ongelooflijk spektakel gekeken: de Amerikaanse verkiezingen. Mijn verblijf in Amerika als 'visiting member' op het JILA instituut in Boulder, Colorado, heeft daar zeker aan bijgedragen. Met 'Zembla'-achtige reportages op de tv en wekelijkse 'editorials' in vermaarde magazines werd alles belicht, van de oorlog in Irak tot de binnenlandse politiek. Vanaf dag één van mijn verblijf was ik zeker van een overwinning voor Kerry, simpelweg, omdat ik, net zoals iedereen in Nederland en Europa, wist dat Kerry alle troefkaarten in handen had om Bush het leven zuur te maken. Mooi niet dus!

Kerry volgde precies het juiste plan, viel Bush aan over de oorlog en de misleidende woorden die zijn 'administration' had gebruikt om de oorlog te beginnen. Daarnaast werden binnenlandse zaken aangehaald door Kerry, zoals de 2.7 miljoen mensen die op straat werden gezet in de afgelopen vier jaar, de 'tax cuts' voor de rijkste Amerikanen, en de 'middle-class' en de 'working-class' die financieel worden vermalen door stijgende kosten voor 'healthcare', 'education' en 'oil'. Tevens won Kerry alle drie de 'debates', maar het mocht allemaal niet baten, de 'Democrats' kwamen niet dichterbij. De 'polls' waren duidelijk, Bush 48% en Kerry 46%. Onbegrijpelijk, wat is hier aan de hand?

Een 'editorial' in 'Newsweek' van 25 oktober bracht verlichting. Vanaf de jaren 70 is het imago van de 'Democrats' sterk gaan veranderen. Werden ze eerst geassocieerd met de 'working-' en 'middle-class', tegenwoordig wordt de partij geleid door de 'social elite' en gedragen door rijke mensen uit 'Hollywood', 'Wall Street financiers', 'high-tech tycoons'. Vroeger, voor de jaren zeventig, stemde slechts 25% van deze 'social elite' op de 'Democrats', nu is dat vaak een meerderheid! Als voorbeeld, de gehate 'lawyers' die het ene proces na het andere voeren om bakken met geld voor hun cliënten en zichzelf te claimen, schenken maar liefst \$80 miljoen aan 'Democratic candidates'. Het is daarom niet vreemd dat het imago van de 'Democrats' gezien door de ogen van de 'working-' en 'middle-class', de ooit zo honkvaste kiezers, hiermee behoorlijk onder druk is komen te staan.

Kerry is dan ook een geschenk uit de hemel voor de 'Republicans'. Hij past precies in het bovengeschetste plaatje van de 'social elite', en de 'Republicans' startten hun campagne dan ook om het veranderde

imago van de 'Democrats' een extra zetje te geven en zichzelf te verkopen als 'hardworking', 'plane-speaking' en vooral als 'common people'. Vanzelfsprekend werden de normen en waarden van stal gehaald om zich verder af te zetten tegen de nieuwe elite. Onderwerpen zoals 'gay marriage' en 'abortion' werden niet omzeild, maar volgens de nieuwe normen en waarden van de 'Republicans' door Bush keurig en oprecht verwoord.

En het werkt! Mensen zetten hun economische belangen opzij voor een stem op Bush, die staat voor echte 'morals' en 'values'. Kerry, met het blauwe bloed nog in zijn aderen en al 20 jaar een slapende senator, kan zich niet meer vereenzelvigen met de 'common-people' hoe hard hij ook probeert. Niet verwonderlijk dat de 'Republicans' scoren als nooit tevoren bij de 'common-people'. Achter de cijfers van de 'polls' verschuilt zich dus een diep verdeeld land dat worstelt met haar identiteit. De Amerikaanse keizer heeft de onmogelijke taak te moeten kiezen tussen een 'president' die het volk heeft misleid om een oorlog te kunnen beginnen met Irak en een charismatischloze 'senator' die opereert in een partij die zich heeft laten verschransen door de 'social elite'. Niet verwonderlijk dat de race 'to close to call' is.

Kortom, in het land waar alles kan, kan blijkbaar één ding niet: kiezen voor een echte president!

Igor

28 oktober 2004

Alle machtig, wat is zo'n ding groot!

Diana Mäkel

Een typische reactie van mensen die nog nooit een elektronenmicroscop van dichtbij hebben gezien. Een kolom lood van ongeveer 2.5 meter hoog (zie figuur). Voor een fysicus in veel opzichten het ideale product. Op allerlei gebieden zitten we vaak tegen de technische en fysieke beperkingen en dat biedt leuke uitdagingen voor de ontwerpers: vacuüm (1×10^{-6} Pa), hoogspanning tot 300kV (<1 ppm variatie in 10 min), preparaatkoeling (stikstof en helium), superstabiele elektronica (0.1 ppm).

Resolutie is datgene waar het eigenlijk om gaat: laat de kleinst mogelijk details zien. Afgelopen voorjaar is het FEI als eerste gelukt om met een commercieel product details zichtbaar te maken die kleiner zijn dan 1 ångstrom (0.1 nanometer dus) binnen een 1 seconde opname. Ter referentie, een voor de meeste fysici voor te stellen koolstofatoom is ca 3.4 ångstrom groot. Belangrijke fysieke parameters die hierbij een rol spelen zijn de sferische en chromatische aberraties. In theorie is hiervoor te corrigeren, maar de grootste uitdaging is wat wij nog wel eens "microscopy for dummies" noemen: gewone gebruikers moeten deze uiterste resultaten ook kunnen bereiken zonder op de hogere wiskunde gepromoveerd te zijn. Dat is nu gelukt met een Cs-corrector en een monochromator.

Deze grenzen worden verder door een aantal omgevingsfactoren bepaald. Enerzijds zijn er de EMC effecten (elektromagnetische compatibiliteit, dus strooivelden) van allerhande elektronica, zowel van de microscoop aansturing als ook van de omgeving. Anderzijds is het ook cruciaal dat het preparaat absoluut stil staat (<0.5 nm/min) en dat is niet triviaal als er een temperatuurverschil is van ca. 270 graden over 10 cm. Daarnaast spelen ook akoestische trillingen van de menselijke aanwezigheid en van de vacuümpompen een belangrijke rol.

Bovenstaande betreft voornamelijk de transmissie elektronenmicroscop (TEM) en dat is dan ook net de business line waar ik zelf voor werk. Ik werk bij Product Engineering, een groep die de brug vormt tussen Research & Development en Operations, oftewel de productieafdeling.

In de praktijk betekent dit, dat wij dus al vroeg bij ontwikkelprojecten betrokken zijn om er voor te zorgen dat de producten ook reproduceerbaar te maken zijn, eenvoudig te testen zijn en dat ook eenmaal bij de klant de

service engineer eenvoudig de fout kan vinden en vervolgens oplost.

Grote klanten zijn o.a. Intel, AMD, Samsung, Sony en heel veel universiteiten en instituten als TU Delft, Universiteit Utrecht, Caltech, Oxford. Daarbij komt ook het contact met leveranciers. We gaan bijvoorbeeld bij nieuwe leveranciers kijken of hun productiefaciliteiten voldoen aan onze standaarden. Ook bij problemen nemen wij contact met hen op om te zien hoe iets het snelst is op te lossen en vervolgens ook hoe iets in de toekomst voorkomen kan worden. Dit kan heel erg intensief worden als je moet onderhandelen met de leverancier die monopolist is, maar het biedt ook wel leuke uitdagingen.



Mijn specifieke gebied is accessoires en third party equipment. Dit zijn dus hoofdzakelijk items die toegevoegd worden aan de microscoop maar die elders zijn ontwikkeld. Dit kan gaan om CCD camera's van verschillende leveranciers, Energy Loss Spectrometers, Röntgen Diffractie Analyse, speciale preparaat houders, enz. Verder gaat het ook om speciale toepassingen zoals holografie dmv een biprisma, tomografie en nu ook de Cs-corrector.

Het meest stressvolle deel van deze baan is toch de productie ondersteuning. Omdat FEI een NASDAQ genoteerde onderneming is, wordt er natuurlijk sterk gestuurd op kwartaalcijfers. Dit betekent dat er soms erg veel druk staat op leveringen. Problemen op die systemen moeten dan vaak in zeer korte tijd opgelost worden. Dit geeft natuurlijk behoorlijk veel druk, maar ook wel een kick als het toch weer lukt. Ditzelfde gebeurt ook vaak rond bèta leveringen: producten waar de kinderziekten vaak nog niet uit zijn. Voor mensen met een wetenschappelijke achtergrond is hier vaak moeilijk mee om te gaan, maar ik vind het wel erg leuk.

Curriculum Vitae van Diana Mäkel

30 mei 1977 geboren te Amstelveen
30 oktober 2004 getrouwd met Jaap Feijen.

Opleiding

1989-1995 VWO Minkema Scholengemeenschap Woerden
1995-2001 Technische Natuurkunde TU/e
- gestart met combi propedeuse Wis/Nat
- stage 1 Sint Joseph Ziekenhuis (Prof. Wijn)
- stage 2 Stirling Cryogenics (Prof. de Waele)
- afstuderen bij TIB (Prof. de Voigt)
2000 Bevoegdheid Stralingshygiëne nivo 3 IRI Delft

Werkervaring

2001- nu Product Engineer bij FEI, Eindhoven

Sinds ik bij FEI werk heb ik al veel cursussen kunnen volgen, ten eerste natuurlijk over elektronenmicroscopie, maar daarnaast ook project management, technisch Duits, cel biologie, etc.

dmaekel@feico.com, telefoon werk: +31(0) 40 27 65761

Over het algemeen werken er binnen de “harde afdelingen” veel fysici, werktuigbouwkundigen en elektronici. Op de productievloer hebben de meesten MTS werktuigbouw of elektronica gedaan. Ook dat biedt voor een “slimme, jonge meid” zekere uitdagingen. De eerste aanname is toch dat een meisje van 24 met een universitaire opleiding niets kan bijdragen aan een high tech productieafdeling.

FEI heeft ook vestigingen in Hillsboro (Headquarters in Oregon, USA), Peabody (Massachusetts, USA), Mumbai (India), München (Duitsland) en Brno (Tsjechië).

Er zijn ook nog andere producten die door FEI gemaakt worden, hier enkele voorbeelden:

SEM: Scanning Elektronen Microscoop, bekend van de typische opnames van het gefacetteerde vliegen oog. Deze systemen worden ook in forensisch onderzoek gebruikt.

SDB: Small Dual Beams, deze hebben zowel een elektronenbundel om te afbeeldingen mee te maken als een of meer ionen bundels om preparaten mee te manipuleren.

SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometer waarmee diepteprofielen gemaakt kunnen worden met zuurstof en cesium ionen.

Vitrobot: Voor het maken van geschikt dunne preparaten, in het bijzonder voor de TEM, leveren wij een systeem dat van bijv. een virusoplossing een perfect preparaat maakt door een dun vlies in ethaan te dompelen, waardoor het instantaan bevroest.

Applicatie Software: o.a. Tomografie software, waarmee geautomatiseerd series van opnames gemaakt kunnen worden onder verschillende hoeken en zeer eenvoudig 3D-reconstructies gemaakt kunnen worden. Dit wordt veel toegepast in de celbiologie.

Kwartetje Nieuwe Tijdschriften

Jan-Jaap Koning

Ergens in de jaren 80 werd in de krant een onderzoekje gepubliceerd naar de belangrijkste bron van informatie voor wetenschappers. De vraag was, naar ik me herinner, hoe de wetenschappers zichzelf op de hoogte houden van de nieuwe ontwikkelingen. Dit haalde de pers omdat de uitkomst voor velen toch verrassend was. De belangrijkste bron van informatie was namelijk de krant. De wetenschappelijke bijlagen in de dagbladen. Voor velen van ons is dit eigenlijk niet verbazend. Maar de buitenwereld dacht altijd dat de natuurkundigen en andere wetenschappers alle nieuwtjes uit heel hoogstaande wetenschappelijk onderbouwde, gespecialiseerde, technische tijdschriften haalden. Ik herinner me nog dat dit kennissen heeft verbaasd.

Na de jaren 90 deed het studiehuis zijn intrede, waarbij de bovenbouw leerde om natuurwetenschappen te bestuderen op juist dat niveau van deze wetenschappelijke bijlagen. Als een zoon of dochter van een collega nu een werkstuk moet maken, dan trek ik zo'n bijlage uit de oud-papier stapel, doe een stapeltje oude Kijk erbij, en soms zelfs een Natuur en Techniek, en dan zoeken ze de rest op internet wel bijeen. Het internet als informatiebron voor wetenschappelijke ontwikkelingen.

Ik zie internet een beetje als een bibliotheek om dingen op te zoeken. Het aanbod is heel breed, zij het niet altijd even diepgaand of gefundeerd. Tegelijk met internet zijn er andere media op de markt verschenen. Sommigen via e-mail/internet, meestal wat vluchtige actuele berichtjes. En anderen dragen de informatie naar je toe met een gedegen voorselectie en goede aanvullende achtergronden bij de nieuwtjes. Als bron van de actualiteit op technisch vlak is de rol van de wetenschappelijke bijlagen in de dagbladen reeds deels overgenomen door deze nog steeds groeiende nieuwsvoorzieningen. Ik wil het nu hebben over diverse tijdschriften waarvan de meeste pas sinds een paar jaar voor het voetlicht verschijnen. Op papier of via e-mail, zonder kosten of met kosten. Als nieuwsvoorziening voor de ingenieur, of een vakblad om een breder vakgebied te kunnen volgen.

Uiteraard is dit een bespreking zonder veel pretenties, want het aanbod is veel te groot om te kunnen bestrijken en de oordelen zijn subjectief. De hier besproken tijdschriften zijn echter voor de diverse VENI-leden op enigerlei wijze aan het werk te relateren en dekken daarbij een van de categorieën:

- technische ontwikkelingen
- technische bedrijven nieuws
- informatievoorziening in een nieuw vakgebied.

A. Technisch Weekblad

Het Technisch Weekblad is voor mij de eerste keuze om geïnformeerd te worden over technologische nieuwigheden. Deze 14 daagse krant representeert op verbazingwekkende wijze alle technische disciplines als het gaat om het melden van nieuwe projecten, innovaties, en ontwikkelingen op technische markten. De artikeltjes geven altijd voldoende achtergrondinformatie zodat dit voor de ingenieur goed te begrijpen is. Het meest opmerkelijk is *de rijkdom aan kennis en weetjes in de vele artikeltjes* die het blad zo de moeite waard maken om het te lezen. Soms wordt dit in plastiek verzonden blad vergezeld van een aankondiging of poster die ze zelf uitbrengen, zoals de top 50 van alle R&D bedrijven of ingenieursbureaus in Nederland. Er is een aantal rubrieken, die bij het lezen gelukkig niet altijd opvallen als rubriek. Zo is er op pagina twee een interview met een beleidsmaker, bijvoorbeeld het hoofd van een organisatie zoals TNO, een instantie of bedrijf. Pagina's verderop worden er dikwijls uitvinders op allerlei gebied aan het woord gelaten, en achterin zijn ook diverse columnisten en commentaren te vinden. Deze commentaren ervaar ikzelf soms als prikkelend, omdat zij naar mijn mening wel eens oppervlakkig zijn in hun analyses, maar ook doordat zij met recht-uit-het-hart komende oprispingen in de bres springen voor het Beta-onderwijs of ageren tegen de dodelijke politieke dubbeltjeswijsheid als het gaat om het stimuleren van innovatie. Je zou kunnen concluderen dat dit blad typisch geschikt is voor ingenieurs van allerlei achtergrond, net zo goed in bedrijven als in instituten. De wetenschappelijk onderzoeker pur sang zal dit mogelijk minder interesseren, omdat er van hun specialisme niet altijd wat in terugkomt. De achtergrondartikelen van een halve of hele pagina zijn meestal niet gericht op de vooruitgang in de wetenschap, meer in de techniek.

Het bestaan van een dergelijk blad is mij vroeger nooit opgevallen, en het is met enige verbazing dat ik op de voorzijde lees dat dit reeds de 35^e jaargang is. Ook meen ik in de laatste jaren een toename van de personeelsadvertenties te zien. De omvang van de advertenties is nu zodanig dat dit blad eigenlijk onontbeerlijk is geworden voor wie een baan in het bedrijfsleven zoekt.



Technisch Weekblad is een nieuwsblad dat ik graag aanbeveel voor alle ingenieurs die bij willen blijven.

Technisch Weekblad: uitgave van VNU business publications, verschijnt eens per 14 dagen op klein kranten formaat, www.technischweekblad.nl, jaarabonnement binnenland 49.50 EUR, eerste jaar vrijblijvend gratis technici tot 30 jaar.

B. Bits&Chips

Bits&Chips

Eveneens veertiendaags is het onafhankelijke magazine Bits&Chips, dat sinds 4 jaar in Nijmegen uitgegeven wordt door TechWatch. Dit magazine is gespecialiseerd in de elektronica en embedded software branche. Hoewel een fraai ogend en op goed papier gedrukt magazine lijken uiterlijk en ook rubricering van het blad nog steeds te evolueren. De inhoud is te verdelen in korte nieuwsberichten van de micro-elektronica sector, achtergrond artikelen over embedded software, uitgebreidere reportages over bedrijven en producten, interviews, en technische rubrieken over componenten en software. De nieuwsberichten spreken vooral aan omdat ze de samenwerkingsverbanden, start-ups en marktaandeelen goed volgen.

Zo zullen de trouwe Bits&Chips lezers nog wel een goed beeld hebben van de teloorgang van de telecom industrie in Nederland met het vertrek van delen van Ericsson, de overgang van Lucent naar Agere en het vertrek ervan, en ook de overgang van het optische componenten onderzoek van het NatLab naar JDS-Uniphase, dat vervolgens Nederland verliet. Daarnaast is er de sterke opkomst van Leuven als onderzoekscentrum, rond het succesvolle IMEC, de diverse start-ups aldaar, en het vertrek van het grootste deel van het halfgeleider onderzoek van Philips Research naar Leuven. Recentelijk is er de deelname aan het 45 nanometer project van IMEC door Matsushita en Texas Instruments, die toetraden bij de reeds deelnemende bedrijven Infineon, Intel, Philips, Samsung en STMicroelectronics en toeleveranciers van de chipindustrie ASMI, ASML, FEI (*te bezoeken met VENI binnenkort. red.*), om maar even een voorbeeld te geven van zulke informatie. Wie voor werk opteert kan bij het lezen van Bits&Chips meteen namenlijstjes van werkgevers noteren... Andere ontwikkelingen bij onze zuiderburen worden ook goed gevolgd zoals een reportage over de overname van Fillfactor door Cypress voor het maken van CMOS-beeldsensoren, en de opkomst van Melexis als design-house. Echter ook het oosten van Nederland wordt door het tijdschrift gevolgd, getuige de berichten rond MESA+ en het omringende cluster start-ups

waaronder Lionix en C2V, of bijvoorbeeld de groei van design-bureau Bruco. Behalve rapportage van de bedrijfsverbanden en productontwikkeling zijn ook persoonlijke verhalen over succes factoren en falen gegeven.

Hoewel Bits&Chips onafhankelijk is, is de nabijheid van Philips en ASML wel terug te vinden in het blad door een zekere oververtegenwoordiging in de berichten, en door de aanwezigheid van columnisten uit deze hoek. Dat veel nieuwtjes uit de regio komen is niet storend, omdat ook de globale ontwikkelingen goed vertegenwoordigd zijn. De outsourcing ontwikkelingen naar China en India worden globaal gevolgd, net als de recente loonkostenstijgingen in die regio's overigens. Doordat hier sprake is van een branche gerichtheid is het blad goed op de hoogte van trends en kan het zelfs waardevol zijn voor het "spotten" van innovaties. Sleutelwoord voor de kwalificatie van dit tijdschrift is **inside information**. Je kunt zelfs zeggen dat de Nederlandse pro-Beta-lobby het blad regelmatig gebruikt als een uitlaatklep. Het blad maakt regelmatig overzichtjes die putten uit professionele marktonderzoeken, wat een degelijke indruk geeft. Het zou nog wat toevoegen als de redactie meer nieuwsbronnen in andere Europese regio's zou hebben om ontwikkelingen te kunnen spotten.

Zelf organiseert Bits&Chips vrij vaak evenementen op het eigen gebied, de embedded software, of voor management, en kondigt het ook evenementen van anderen aan, zoals recentelijk de jaarlijkse Precisiebeurs te Veldhoven. Dit werd nogal eens op de omslag van het blad aangekondigd, wat het blad niet altijd een beter aanzien gaf. Mogelijk heeft de recente face-lift hierin iets veranderd.

De banenmarkt en personeelsadvertenties lijken bij Bits&Chips niet echt aan te slaan, met uitzondering misschien van de embedded software branche. De reden zal zijn dat dit magazine voor fysici in de micro-elektronica branche weliswaar de trends en ontwikkelingen heel goed volgt, maar slechts tamelijk incidenteel bijdragen levert aan de vakkennis van de ingenieur. Het publiek bestaat uit zo'n 5000 professionals, waarvan er ongeveer 400 een betalend abonnement hebben, en dat is publiek dat op iets hoger niveau werkt dan de beginnende ingenieur. Dit lijkt een beetje een discrepantie met het gratis aanbod voor technische ontwikkelaars tot 32 jaar.

Mijn conclusie luidt dat dit een kwalitatief uitstekend magazine is dat aan te bevelen is omdat het overzicht biedt van de ontwikkelingen in de micro-elektronica industrie.

Bits&Chips: uitgave van TechWatch te Nijmegen, verschijnt eens per 14 dagen op "glossy" A4-formaat, www.bits-chips.nl, persoonlijke abonnementen vanaf 32 jaar: binnenland 49 EUR, gratis voor technische ontwikkelaars < 32 jaar.

C. MSTnews: branchetijdschrift voor MEMS en bio-chips



Nieuwe vakgebieden worden tegenwoordig ontsloten door stimuleringsprogramma's en samenwerkingsverbanden, zo zou men kunnen constateren. Ikzelf denk dat dit alleen gebeurt indien er mensen met veel vakkennis en heel veel energie ongestoord hun gang kunnen gaan, maar goed, voor degenen die zich met de financiering ervan bezig houden zijn er allerlei subsidieprogramma's op Europese en nationale niveaus van bestuurders die degelijke sectoren graag zien bloeien in hun regio. En dit is in Duitsland met name door de werking van de Fraunhofer instituten goed opgepakt door het midden- en kleinbedrijf. Zoals trouwe lezers van het Technisch Weekblad weten, lopen zij ver voor op hun Nederlandse branchegenoten op allerlei vakgebieden. Ook in het nieuwe, nog steeds sterk research gedreven vakgebied van de Micro-ElektroMechanische Systemen (MEMS) heeft het Nederlandse MKB nog niet veel laten zien. Net als Philips trouwens, dat wel staaltjes in de research toont, maar nauwelijks tot industrialisatie komt. Dit in tegenstelling tot de oosterburen, waar Bosch al bijna 10 jaar versnellingsopnemers op de markt heeft, Siemens een telefoontje met sensoren presenteert, en waar vele kleine startups, gefaciliteerd door regionale centra, trots hun eerste producten presenteren op beurzen. En zo wil het dat de Verein Deutsche Ingenieure (VDI) in de organisatie VDI/VDE-Innovation+Technik GmbH (VDI/VDE-IT) per twee maanden het tijdschrift MSTnews uitbrengt, gratis, dat naast een vakblad ook het medium wil zijn van diverse Europese en Duitse netwerken (Nexus, Europractice, German Microsystems Frame Programme). Dit medium is vormgegeven middels "newsletters" in het midden van het blad. Dit blad is een prachtig voorbeeld van het moderne netwerken, en het geeft de indruk dat het niet alleen de ontwikkelingen in Duitsland maar over het gehele Europese netwerk volgt.

Het magazine deelt de jaargang op in themanummers. Zo zal Januari 2005 een overzicht bieden van de Duitse MST activiteiten, en zijn er nummers geweest over RF MEMS, Nano materials, Packaging en reliability, Veiligheid en automarkt, en dergelijke. Ieder nummer opent met enkele overzichtsartikelen, die zowel op technische trends als op markten en applicaties ingaan. Hoewel deels Duitse bijdragen, zijn er ook altijd auteurs van andere nationaliteiten, en dat wordt gewetensvol in de inhoudsopgave aangegeven. Daarna volgen de Evenementen kalender, Kort Nieuws, en de Nieuwspagina's van de Europese en Duitse programma's. Daar zijn de komende bijeenkomsten in Europees verband terug te vinden. Hier zijn de

aankondigingen vermeld, soms met agenda en oproep voor deelnemers, maar ook korte verslagen en afspraken. Dat zijn vaak tamelijk on-fysische onderwerpen, zoals de afgesproken RF bandbreedte om data te communiceren en dergelijke. Deze “newletters” bevinden zich in het midden van het blad en zijn aan afwijkende grijs tinten te herkennen. Daarna zijn de technisch inhoudelijke artikelen van het themanummer geplaatst. Deze zijn wel vrijwel allemaal van Duitse herkomst, en geven globale indrukken van de vakgebieden die aan het thema verbonden zijn. Voor een thema als Nano Materialen zijn dat bijvoorbeeld: optische polymeren, vloeibare elastomeren, keramische verbindingstechnieken, micro-stempel techniek, en dunne lagen voor bio- en gas sensoren. Dat illustreert de tamelijk grote stappen die hiermee gemaakt worden, want er is natuurlijk veel meer te zeggen over Nano materialen. Deze artikelen geven per onderwerp heel goed inzicht en zijn toegankelijk geschreven. Soms is het wat breed voor iemand die niet toevallig met alles tegelijk bezig is, en dat is tevens een kenmerk van deze hele ontwikkeling in de micro-systemen.

Kortom, MSTnews is een nieuw branchegericht informatieblad dat geïnteresseerden helpt in de zoektocht op het brede gebied van Micro Systeem Techniek.

MSTnews: Engelstalig, gratis uitgave van VDI/VDE-IT voor gekwalificeerd publiek in Europa, zie www.mstnews.de. Verschijnt 6x per jaar, in A4-formaat, toegezonden in gesloten enveloppe.

D. Micronews

Tot slot kort een gratis nieuwsbrief van een marketing agency die per e-mail toegezonden wordt, namelijk Micronews, uitgebracht door het marketingbureau Yole Développement in Lyons. Yole is opgericht in 1998 door Jean Christophe Eloy. Dit tijdschrift werd me door een VENI-lid (*dank Paul, ik kijk er nog iedere maand doorheen*) onder de aandacht gebracht en bestaat feitelijk uit nieuwsberichten over bedrijven in de micro-elektronica, bio-chips en MEMS, en dat wereldwijd.

De nieuwsbrief wordt uitgegeven in pdf-formaat, wat de gratis Acrobat Reader benodigd, en de files hebben een omvang van ongeveer 300kB tot 800kB tot nog toe. Het tijdschrift is opgedeeld in hoofdkaternen, namelijk MEMS (blauw), bio-chips (groen), Nano-technologie (donker) en Semiconductors (oranje). Deze katernen worden voorafgegaan door een wereldwijd markt tabel (keydata), en Special Reports, wat betreft de



advertenties voor marktrapporten, cursussen van bedrijven voor bijvoorbeeld ontwerp-tools, soms een achtergrondartikeltje over een bedrijf, en aankondigingen van conferenties. De opening is een voorwoord van de hoofdredacteur, gevolgd door een index. Ter afsluiting is er het colofon.

De katernen bevatten veel nieuwtjes over bedrijven in de drie branches. Ze zijn helder geschreven maar vaak zo kort van inhoud dat er over achtergrond van bedrijven of technologieën weinig te leren valt.

Een doel van het medium is ongetwijfeld om de marketing rapporten van het bureau bij de lezers te adverteren. Het bestaan van gratis tijdschriften zoals de Yole Development Newsletter en MSTnews in deze branche is een aanwijzing dat er het nodige in omgaat en dus dat er de nodige productontwikkeling gaande is. Wie echter wenst te volgen wat er in het komende decennium aan revoluties ontstaan, zit er met dit tijdschrift van gedetailleerde nieuwsberichtjes wat te dicht op met de neus om het overzicht te krijgen. Dat vraagt iets meer technische achtergrond en overzicht, naar mijn mening. En wie dat overzicht wil, kan dus de marketing rapporten bestellen. Met andere woorden, het is leuk om het fenomeen van gratis nieuwsvoorziening gezien te hebben, maar je moet diep in de branche zitten om er iets mee te kunnen doen. Is dat inderdaad het geval, dan is het een heldere maandelijks update om weer even bijgepraat te zijn.

Micronews: Engelstalig, gratis uitgave van Yole Développement te Lyons, voor aanmelden zie www.yole.fr/micronews/micronews_form.html. Verschijnt per maand, in pdf-formaat, toegezonden per e-mail.

Nawoord:

De huidige revolutie is multidisciplinair

Tot besluit kunnen we vaststellen dat er in de tijdschriftenbranche geen sprake is van een papierloos tijdperk. Integendeel, er zijn met de voortdurend toenemende diversiteit aan technologische ontwikkelingen steeds meer tijdschriften aan de oppervlakte gekomen, en de meest waardevolle zijn nog steeds van papier. De wetenschappelijke vooruitgang zoals die in de dagbladen te volgen was, heeft aanvulling gekregen met informatievoorziening over *technologische ontwikkeling*, waarin De Ingenieur van het KIVI een voorloper is gebleken, en informatie over *productontwikkeling*. Vroeger vonden natuurkunde revoluties plaats in de wetenschap. Bovendien leerden we in de universitaire opleiding dat technologische innovatie de sleutel was voor de natuurkundig ingenieur. Nu zien we echter, bijvoorbeeld in de nieuwe tijdschriften, meer aandacht voor de product

innovatie. Het lijkt wel of de revolutie niet langer een wetenschappelijke revolutie is, maar steeds meer een revolutie in de technologieën en vervolgens in de producten. Na de micro-elektronica en o.a. de micromechanica en molecuul- en celbiologie komen nu pas de combinaties ervan tot bloei. En deze combineren op hun beurt met de optica, biofysica, biochemie, polymeerchemie, vloeistofmechanica, farmacie, en stimuleren op hun beurt de nano-technologie.

De auteur is device fysicus bij Philips Semiconductors. Zijn hoofdtaken beslaan het modelleren en ontwerpen van industrieel produceerbare transistoren. Tevens trekt Jan-Jaap een project dat MEMS-technologie van Philips Research industrieel moet maken voor producten in geïntegreerde circuits.

VENI-lid publiceert in Nature

Promovendus ir. Jeroen van Tilborg, namens de TU/e verbonden aan de l'OASIS-groep van het Lawrence Berkeley National Laboratory, heeft op donderdag 30 september in Nature gepubliceerd. Het onderwerp is een uiterst compacte deeltjesversneller.

Over het onderzoek kunt u alles lezen in de Nature-publicatie, maar ook in een eerdere uitgave van het VENI-blad (jaargang 10 nummer 2, dus zo'n anderhalf jaar geleden), waarin Jeroen vertelt over zijn ervaringen tot dan toe. Over het *aio-syndroom* zei hij toen: "Alle aio's die ik spreek hebben trouwens de eerste jaren van hun PhD last van ditzelfde syndroom. Je wilt jezelf bewijzen, want je bent net afgestudeerd, maar de wereld waar je ingedoken bent blijkt veel complexer dan verwacht. Volgens je diploma ben je uiterst bekwam maar je bijdrage aan de groep is beperkt. Je vraagt je af wanneer die ommekeer nu komt, totdat je om twee uur 's nachts een onverklaarbaar signaal op je oscilloscoop ziet... je persoonlijke betrokkenheid gaat dat echt van start."

Nou Jeroen, blijkbaar heb je het afgelopen anderhalf jaar een aantal keren om twee uur 's nachts gewerkt! Proficiat!

Excursie naar Leuven: een bezoek aan PRLe en IMEC

Vrijdagmiddag 19 november organiseerde VENI een excursie naar het Belgische Leuven. Daar werd het overheidsinstituut IMEC bezocht, in eerste instantie vanwege het feit dat Philips binnen dit instituut 2 onderzoeksgroepen heeft: Philips Research Leuven (PRLe).

De middag bestond uit een voortreffelijk programma, dat het hart liet zien van de research die Philips doet op het gebied van geïntegreerde elektronische circuits (IC's) en waarbij IMEC een zeer fraai overzicht gaf van de MEMS ontwikkelingen die in IMEC en bij de bedrijfjes eromheen gebeurt. Ook werd ons een blik in de nieuwe cleanroom gegund, die over een ongeveer een jaar volledig is ingericht met apparatuur voor productie van en onderzoek aan 300 mm wafers.

Na de ontvangst met een kop koffie, werd eerst de plaats van IMEC in de researchwereld en industrie toegelicht. IMEC's missie bestaat er in om "wetenschappelijk onderzoek te verrichten dat de industriële noden 3 tot 10 jaar voorafgaat op het gebied van micro-elektronica, nanotechnologie, ontwerpmethodes en technologieën voor ICT". IMEC heeft twee researchpijlers: de productie technologie van nieuwe generatie chips, en het ontwikkelen van zogenaamde "building blocks" voor een slimme omgeving (ambient intelligence), zoals draadloze netwerken en apparaten die kunnen zien, horen en voelen (d.m.v. bio-chips, sensoren etc.). Hierbij houdt IMEC als rode draad aan het verbeteren van het leven door technische ontwikkeling en het genereren van lokale bedrijvigheid.

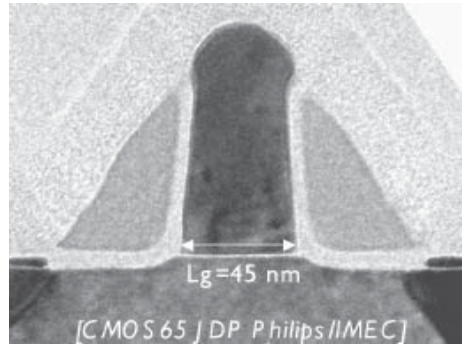
IMEC is een onafhankelijk onderzoekscentrum en is in 1984 opgericht. Aan dit instituut werken inmiddels 1300 medewerkers met 50 verschillende nationaliteiten. IMEC werkt samen met meer dan 500 partners (bedrijven en instellingen) en heeft tot dusver zo'n 20 spin-off bedrijven voortgebracht. Jaarlijks wordt meer dan 130 Meuro besteed aan onderzoek. Hiervan komt ongeveer een kwart van de Vlaamse overheid en het overige uit onderzoekscontracten, met name met de industrie (Infineon, Intel, Philips, Samsung Electronics, STMicroelectronics en tal van lokale bedrijven).

Vervolgens gaf André Montree, groepsleider van PRLe, een inleiding over de activiteiten van Philips in Leuven. De taak van PRLe is onderzoek verrichten naar processing stappen voor IC's. Daarbij gaat het om de de-

vices zoals transistoren en geheugencellen en niet om de apparatuur van de toeleveranciers. PRLe heeft zo'n 90 personen in dienst, verdeeld over 2 groepen: CMOS integratie, en Silicium Proces opties. De 3^e groep, Device modellering, bevindt zich in Eindhoven op het NatLab, wat als reden heeft dat zij heel nauw samenwerken met de IC-ontwerpers die hen modellen gebruiken om hun circuits mee te simuleren.

André gaf aan dat de verhuizing naar Leuven van 4 jaar geleden voor Philips heel grote voordelen biedt. Ten eerste zijn de kosten van cleanroom faciliteiten tegenwoordig al gauw te duur om door één bedrijf te worden gedragen. Daarnaast is de sfeer bij IMEC heel open en worden veel ideeën uitgewisseld. Bovendien zitten de medewerkers niet meer opgesloten in de Eindhovense omgeving en het bedrijf zelf. Men zit er samen met de onderzoekers van de toeleveranciers die er de nieuwste snuffjes uitproberen, waar men dan snel bij is en ook terugkoppeling op kan geven. En het Vlaamse IMEC kent meer het product gerichte denken, terwijl in Nederland de houding in het onderzoek vaak meer wetenschappelijk van aard is.

Philips deelt in de kennis van de basis stappen in de proces ontwikkeling van de CMOS processen (CMOS = Complementair Metaal-Oxide-Silicium, d.w.z. er zijn n-type mosfets en p-type mosfets. Echter, zo gauw het gaat om de Philips specifieke procesopties, heerst er strikte geheimhouding. Voorbeeld is het werk aan RF-technologie voor draadloze verbindingen en telefoontjes, of de geïntegreerde (embedded) geheugens voor bijvoorbeeld tv's: teletekst pagina's, zenderkeuzes of beeldverwerkingsprogramma's.



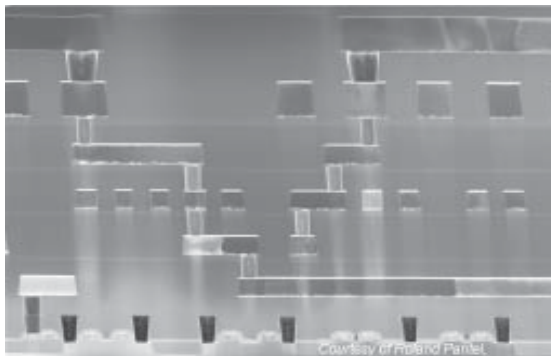
Elektronen microscopieopname van een doorsnede van een 45 nm transistor

Het doel bij PRLe is om nu de generatie processen te bedenken voor het maken van structuren met een (source-drain) kanaallengte van 45 nanometer. Momenteel wordt 90 nm in productie genomen bij Philips en anderen, en gaat 65 nm richting implementatie in de fabrieken. Bij PRLe moeten de barrières voor 45 nm op tijd geslecht worden, en tevens wordt er vooruit gekeken naar 32 nm gate-lengte.

Voor sommige fabrikanten, zoals Intel, is snelheid van de mosfets een dominante eis, want die bepalen de kloksnelheid van PC processoren. Zij zullen de kanaallengte willen minimaliseren, omdat de looptijd voor de

elektronen en gaten van source naar drain beperkend is voor de snelheid. Echter, voor de integratie van heel diverse IC's die geheugens moeten combineren met CMOS of analoge circuits en die vaak het goedkoopste moeten zijn, zal het totale oppervlak van een transistor een dominante rol spelen. Dus bij Philips ligt de nadruk op het verkleinen van de "pitch", dat is de afstand tussen de middellijnen van twee transistoren. Hoe kleiner de pitch, hoe meer transistoren op een wafer passen en hoe goedkoper de chips worden. Bij PRL is daarom een deelgroep bezig met de ontwikkeling van de bedrading op de transistoren, en vooral de laagjes ertussen.

Spreker Rob Lander lichtte de research op de steeds kleiner wordende transistor toe. Hij liet de kritische afmetingen van de transistor de revue passeren. In het streven naar kleinere transistoren moet steeds een goede balans worden gevonden tussen zaken als ladingen, stroomdichtheid, lekstroom, drempelspanning en natuurlijk de uiteindelijke performance. Hierbij wordt gezocht naar nieuwe materialen, zoals poly-silicium, dat de metallische gate kan vervangen, of hoge k-waarde dielektrica, die door een hogere dielektrische constante een sterker elektrisch veld geven. De materialen waaruit gekozen kan worden, moet in de CMOS fabriek geen verontreiniging geven en mag niet wegdiffunderen. Bij IMEC kan men in ongeveer 3 maanden tijd een nieuw materiaal introduceren in de cleanroom, hetgeen een grote flexibiliteit geeft bij de CMOS research. Dit is in een productiefabriek ondenkbaar omdat de productie dan groot gevaar zou lopen om verontreinigd te worden.



Dwarsdoorsnede van een chip. De onderste laag toont silicium met vlak daarboven de MOS-gates (de kleine horizontale streepjes). De staande plugjes zijn verbin-dingen naar de metaallagen erboven, waarbij de heldere geleidende "streepjes" zorgen voor een goede verbinding.

Spreker Michiel van Duuren lichtte de research toe die Philips doet aan de niet-vluchtige geheugens, geheugens waarin de informatie (lading in het geval van het welbekende Flash) opgeslagen blijft nadat de spanning van de chip afgehaald is. Hiermee blijft bijvoorbeeld een adressenlijstje in een mobiele telefoon of het saldo op de chipknip, zonder aanwezigheid van een batterij. De informatie wordt simpelweg op de chip van het IC zelf bewaard. Vanwege de bijzondere eisen schalen deze embedded geheugens niet als vanzelf mee met de geavanceerde CMOS ontwikkeling. Ook hier geldt dat diverse bedrijven verschillende eisen stellen aan de geheugens. Een groot geheugen zal veel baat hebben bij een kleine pitch van de geheugencellen. De geheugens van Philips zijn ingebouwd in de CMOS IC's zelf en zijn beperkt van omvang voor het functioneren van de producten. Daarom heeft het integreren in het CMOS proces en het optimaliseren van de rand-elektronica om het geheugen heen, zoals de uitlees- en programmeerfunctie, meer nadruk. Michiel eindigde met het noemen van mogelijk nieuwe geheugensoorten zoals Magnetisch Random Access Memory, polymeren, nanowires, waaraan fysici in de toekomst nog veel werk kunnen doen.

Het slot van de excursie bestond uit een toelichting van Human Resource Management (HRM). De afgelopen twee jaar is er bij Philips een nieuw vacature- en wervingssysteem opgezet, wat in Nederland proefgedraaid had. Applicaties kunnen voortaan via de website van Philips ingediend worden. Daarbij is erop gewezen dat op de nationale websites van Philips, zoals philips.be of philips.nl, soms vacatures staan vermeld die niet op de internationale .com-site te vinden zijn, hetgeen van de doelgroep afhankelijk gesteld is. Op de website zijn voor de sollicitant de **keywords** van groot belang, omdat op basis hiervan gesorteerd wordt voor welke open functies de kandidaat in aanmerking komt. Philips neemt in principe mensen in dienst die in het bedrijf verder kunnen, en in het algemeen niet om hun specialisme. HRM kijkt bij de applicaties naar het totale plaatje, dus naar de competenties, interesses, opleiding, met name in de research. De gestelde eisen in de vacature zijn daarbij niet altijd van belang. Aan leden van de alumnivereniging hoeft natuurlijk niet uitgelegd te worden dat er meerdere wegen zijn om informatie in te winnen over openingen en mogelijkheden. Bij PRLe komt er met de huidige doorstroming regelmatig een plaats vrij. Op het moment van het excursie bezoek stond er zelfs een vacature open.

De volgende excursie van VENI zal gaan naar FEI (zie de bijdrage van Diana Mäkel in dit blad) en zal plaatsvinden medio februari. U bent bij deze alvast van harte uitgenodigd hieraan deel te nemen!

MEMS en Biochips

Naar aanleiding van de excursie naar IMEC, en ook vanwege de tijdschriftbespreking, volgt hieronder een inleiding over Micro Systeem Technologieën (MST). De algemene discussies over wat hier precies onder valt, en hoe groot de omzet hierin nu is of wordt, wil ik graag aan redacties van MEMS tijdschriften en marketingbureaus overlaten. Hierbij alleen een toelichting aan de hand van voorbeelden: MEMS, MOEMS en bio-chips.

De eerste inspiratiebron is de IEEE Internationale MEMS conferentie 2004 te Maastricht geweest. Dit betreft MEMS in de research fase. De conferentie werd bezocht door deelnemers uit vele landen. De V.S. leverde het grootste aantal verhalen die tevens de duidelijkste en meest doelgerichte waren (aantal 80). Goede tweede was Japan met tevens de grootste originaliteit (aantal plm 50), Zwitserland dat zijn horloge industrie niet verloochend (plm 25), Korea, Taiwan, Duitsland (plm 15 elk), China en thuisland Nederland beiden evenveel (<10) en anderen uit Europa en Azië (Turkije, India). Het waren meest bijdragen van universitaire groepen of instituten die vaak een grote omvang hebben (>100 fte, Michican, Berkeley, Atlanta, Freiburg) en van diverse kleinere bedrijven. Grote bedrijven zijn dikwijls te ontdekken als mede-auteurs van applicatie gerichte onderzoeken.

Het tweede deel van dit stuk richt zich op de producten die nu ontwikkeld worden. Deel van de weetjes zijn opgedaan tijdens het recente bezoek van VENI aan Leuven, waar een uitstekend overzichtsverhaal gegeven werd door het IMEC, of op bijvoorbeeld de recent gehouden Precisiebeurs in Veldhoven (10-11 november 2004, organisator Mikrocentrum te Eindhoven).

Research

Eerst een aantal voorbeelden ontleend aan de conferentie in Maastricht. Een Micro-ElektroMechanisch Systeem (MEMS) is iets dat net als een elektronisch circuit werkt met stroompjes en spanninkjes, maar waarin ook een mechanisch bewegend element zit. Silicium is uitermate flexibel en duurzaam. De innovatieve horloge industrie in Zwitserland, met 4% van de productie zo'n 60% omzet van de horlogemarkt, demonstreert dit met tandwielletjes en veertjes die niet meer van Invar maar gewoon van silicium gemaakt worden. Wegens deze uitstekende mechanische eigenschappen worden in allerlei sectoren steeds meer mechanisch bewegende delen gemaakt van silicium. Neem bijvoorbeeld de pincet in figuur 1.

Dit is een lang grijpertje bestaande uit een wat aparte fotolak, dat qua stevigheid iets heeft van kaarsvet, genaamd SU-8. Er zit links echter een dunne metalen structuur onder, die een stroompje kan voeren. Het brede stroomgeleidende deel zal dan weinig opwarmen ("cold arm"), terwijl het smalle stripje metaal wel warm wordt ("hot arm"), en uitzet. Geholpen door het SU-8, dat een grote uitzettingscoëfficiënt heeft, zal het grijpertje openen. Dit

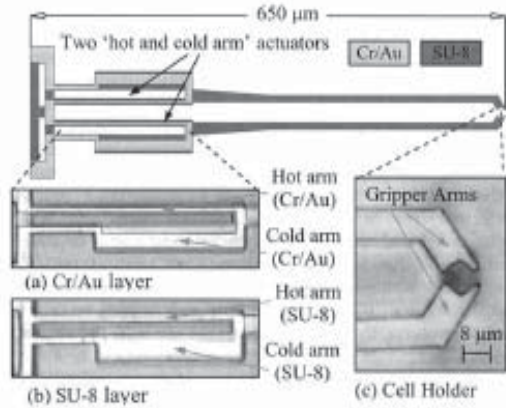
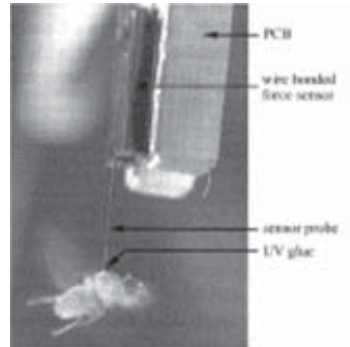
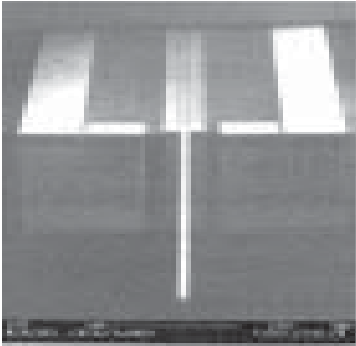


Figure 1: Schematic diagram and close ups of the SU-8 microgripper. A Cr/Au ohmic resistor (a) patterned on the bottom of the SU-8 structure (b) activates the two gripper arms of the cell holder (c).

is een voorbeeld van een actief element, een zogenaamde actuator, waarvan de tegenhanger de sensor is. Op de Internationale IEEE MEMS2004 conferentie in Maastricht dit jaar is verslag gedaan van deze pincet om cellen te kunnen manipuleren. Het mechanisme, namelijk thermische dissipatie, consumeert vermogen, wat niet altijd gewenst is. Er zijn ook andere energie-omzettingsmechanismen te kiezen. Bijvoorbeeld in een fysiologische vloeistof (bloed, zweet, tranen) is het niet altijd toegestaan om hoge spanningen of hoge temperaturen aan te leggen. Cellen sterven af bij een paar graden temperatuurafwijking. Boven een paar volt ontstaat cavitatie in de bloedbaan. Er zijn ook optische pincetten met nano-bolletjes gedemonstreerd, en er kunnen cellen door fysisorptie of door elektrische inductie vastgehouden worden.

Nogal wat toepassingen zijn er van silicium-MEMS die door elektrische velden aangedreven of uitgelezen worden. Dit zijn "zwevende" silicium structuren die aan verend silicium opgehangen zijn, zie figuur 2a. De capaciteit van dit silicium naar de omgeving varieert naarmate het lichaampje verschoven wordt. Hiermee kan een veranderde versnelling of ook een kracht gemeten worden. Deze MEMS zijn al sinds de jaren 90 terug te vinden als versnellingsopnemers in airbag afvuur systemen maar ook in pacemakers die de hartslag doen versnellen als je gaat tennissen. In figuur 2b is de opstelling van een Japanse onderzoeker getoond die hiermee de krachten van een fruitvliegje gemeten heeft.



Figuur 2a,b: Elektronen microscoop foto's van een silicium weegschaal. Aan het pinnetje is een verdoofd fruitvliegje geplakt, die bij wakker worden gaat vliegen. De sensor meet de krachten tijdens iedere vleugelslag cyclus. Na afloop wordt de vlieg erafgebrand om de sensor opnieuw te kunnen gebruiken.

Door ook torsiekrachten te gebruiken, zijn er continu oscillerende gyroscopen van te maken, die echter niet zo heel lang in positie blijven. Grote belangstelling ontstaat er nu voor de resonatoren die je ervan kunt maken, die gebruikt worden in een telefoontje, radio/TV/GPS of een klokje. Resonatoren en oscillatoren zijn een markt van bijna 3 miljard dollar per jaar, maar zijn momenteel nog gebaseerd op kwartskristallen die in chips niet te integreren zijn. Of de benaming “kwartshorloge” ooit vervangen wordt door “siliciumhorloge” betwijfel ik overigens, omdat een horloge tamelijk laagwaardige kwartskristallen gebruikt die maar 12 cent per stuk kosten. En daarvoor kun je niet te gek veel nieuws maken.

Een ander voorbeeld dat de meeste lezers in huis hebben, is de harddisk motor drive actuator en de flying head die de magneetkop positioneert voor het uitlezen van de disk. De verschrikkelijke nauwkeurigheid waarmee deze meetkop de disk volgt is vergelijkbaar, in getallen, met een Boeing 747 die bij een snelheid van 1 miljoen km/uur boven het aardoppervlak vliegt met een preciese hoogte van 0,5 mm, zo werd verteld. Dat heb ik niet nagerekend maar erg moeilijk kan dat niet zijn..... In het algemeen kan men stellen dat de combinatie actuator + sensor + terugkoppel-IC dit mogelijk maakt en dat dit zeer typerend is voor elektromechanische microsystemen.

Van mechanisch bewegende delen naar optische systemen is maar een kleine stap. Telefoontjes wensen nu autofocus, waarbij de lensjes gezamenlijk bewegen ten opzichte van de imaging chip met diode arrays, of een zoom, waarbij de lensjes bewegen ten opzichte van elkaar. Of door een

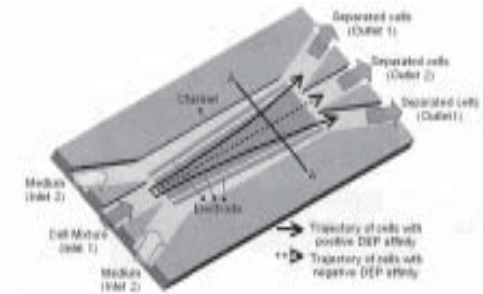
vloeistof lensje waarvan de kromming verandert door het aanleggen van druk of een spanning. Hiervoor wordt wel de afkorting MOEMS gebruikt, Micro-Opto-Elektro-Mechanische Systemen. Andere bekende optische MEMS zijn shutters van projectoren, of micro-mirrors op een silicium chip. Texas Instruments is na 10 jaar hard ploeteren met een 2-dimensionaal array van twee miljoen flipperende micro-spiegeltjes gekomen op een chip die nu voor projectie TV gebruikt wordt

Hierbij is ook de druk als parameter ter sprake gekomen. De druk kan worden gemeten door een capacatieve verandering van twee plaatjes die in afstand veranderen, maar bijvoorbeeld ook door een piëzo-elektrisch effect. Spanningen in transistoren zijn vaak afhankelijk van de stress in het silicium, en daarmee ook gevoelige druk sensoren. Dit is terug te vinden op heel veel plaatsen zoals in microfoontjes, bandendruksensoren, stoelbezettingdetectie in auto's, baro- of hoogtemeters of bloeddrukmeters.

Vloeistoffen op microschaal, zgn. microfluids, zijn veel terug te vinden in combinatie met bio-MEMS. Een heel simpele demonstratie is het volgende filter om dode van levend gist in een vloeistof te scheiden (welke lezers kunnen een vloeistof met gist bedenken?). Een van de twee is elektrisch polariseerbaar. Door de vloeistof langs elektrodes te leiden, vallen de twee soorten te scheiden, zie figuur 3.

Kijken we verder naar de bio-fysica, dan loont het om de marktleider in Pacemakers Medtronic te volgen. Zij toonde op de conferentie werk aan silicium naalden om in weefsel te plaatsen, wat zou kunnen dienen voor insuline pompjes, of misschien als elektrodes voor pacemakers. Ook gebeurt er veel werk aan injectienaalden omdat de fijne scherpe puntjes van silicium niet erg diep in de huid hoeven te reiken, nauwelijks schade aan de zenuwen berokkenen en daarom nagenoeg pijnloos zijn. De westerse versie van acupunctuur geeft de nodige aanleiding voor verder onderzoek.

Tenslotte een voorbeeld in aansluiting op de laatste Nobelprijs voor medische wetenschap, die gegeven werd voor de werking van de geurorganen, namelijk een fantastische Japanse smaakmachine. De truk is om



Figuur 3: Door vloeistof met wel en niet dielektrisch polariseerbare (DEP) cellen langs elektrodes te leiden treedt scheiding op van de levensvatbare en dode gistcellen.

met 8 verschillende gelaagde sensoren een mapping te maken van de 5 fundamentele smaken. Jawel: zout, zoet, zuur, bitter, en in Japan telt Umamine mee. Dat is de smaak die je aantreft in zeewier, champignons en vlees, bekend als mononatrium glutaminaat, oftewel Ve-tsin. Nouja, in India tellen ze er zes: pittig wordt er ook als smaak gezien. In ieder geval, met zijn 8 detectoren staat deze machine nog meer onafhankelijke basisvectoren toe en is ze in staat om maps te maken van bieren, mineraalwaters en dergelijke.

Productontwikkeling

Om de research nu te verlaten, een korte blik op enkele reeds publiekelijk getoonde Micro-systeem activiteiten in bedrijven. Een toepassing van micro-fluids zijn silicium vloeistoffilters zoals Fluxxion in Eindhoven die maakt. Dit zijn micron-gaatjes in silicium die bijvoorbeeld deeltjes en bacteriën filteren. Deze filters bevatten geen bewegende delen en worden wel als Micro Systeem Technologie maar niet als MEMS aangemerkt omdat er geen Elektro-Mechanische delen in het systeem zitten. Er zou best een markt voor kunnen zijn. Immers, alle vloeistoffen die we gebruiken zijn gefilterd.

Het MEMS tijdschrift MSTnews rapporteert dat in het Europese medics-network een microsensoren getoond is door i2m in Spanje, die de impedantie meet in transplantatie organen. Deze sensor zendt het signaal over de toestand van het weefsel naar een ontvangertje om het transplantatieteam over de conservering van het orgaan op de hoogte te houden. Dit draadloos transfereren van data wordt in de medische sector “telemetrie” genoemd. Even fantaseren over dit product levert op dat bij zo’n systeem een analoge chip voor interfacing met de sensor hoort, een digitale dataverwerking chip en enig geheugen om als “pager” later uitgelezen te kunnen worden. De transmissie heeft dan een RF-chip nodig. Er dient een analog IC voor “power management” aanwezig te zijn en misschien wel een “energy-scavenger” die energie uit de omgeving verzamelt zoals een zonnecel, warmtepompje, vertragingssensor o.i.d. waarmee een batterijtje gevoed wordt.

Eenvoudiger, want buiten het menselijk weefsel, zijn de impedantie-metingen voor cel-analyse zoals het Duitse Cytocentrics dat op de Philips High Tech Campus doet. Naast deze impedantie metingen zijn er ook optische of magnetische meetmethoden. Deze sector van de bio-chips noemt zichzelf liever geen MEMS maar Lab-on-a-chip. Reden is dat eerst een preparatiestap voor de cel- of molecuul preparatie in het systeem gebeurt, wat reeds de helft van het werk inhoudt. Dat is de stap waarmee een voorselectie gemaakt wordt van de te meten moleculen of cellen door ze te “labellen” met een

magnetisch of optisch actief materiaal. Op de chip zelf wordt dan de detectie gedaan. Van de bio-fysische ontwikkelingen zal in Nederland nog veel te merken zijn de komende jaren, gezien het consortium dat Medtronic, Philips, Nokia met anderen opgezet hebben om de gezondheid van mensen thuis te kunnen monitoren en draadloos te kunnen communiceren. Overigens is de laatste samenwerking voor de consumenten "Personal Care" markt bedoeld, en richt CytoCentrics zich op de farmaceutische industrie.

Industrialisatie

Na deze uitweidingen over de research en productontwikkeling een kort overzicht dat iets meer ingaat op de technische kanten van micro-systemen, deels gebaseerd op de presentatie van IMEC op vrijdag 19 november. Dit werd tijdens het VENI-bezoek aan Philips Research Leuven verzorgd door Kris Baert en Jan Wauters.

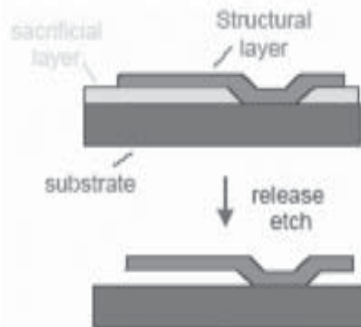
Een grove indeling van MEMS kan gemaakt worden in:

- bulk micromachining
- surface micromachining
- zichzelf samenstellende delen, zoals adhesieve of chemische stoffen.

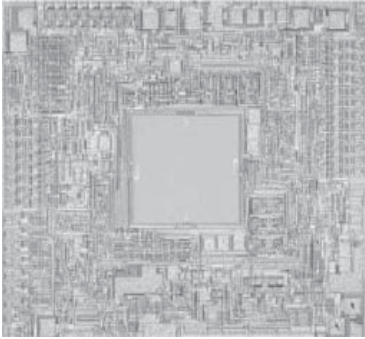
Voorbeelden van de eerste twee:

De diepe gaten worden dikwijls geëts met KOH of Deep Reactive Ion Etching, waarbij de laatste het meest nauwkeurig (<100 nanometer) maar ook het duurste is. KOH volgt de kristal oppervlakken en geeft schuine randen. De surface micromachining kan met standaard belichtings- en etsstappen van iedere IC-fabriek gedaan worden. Om de structuur over te houden, kan eenvoudigweg het te verwijderen laagje (sacrificiaal materiaal) weggeëts worden, of kan de structuur zelf gedeponeerd worden, zie figuur 4.

Integratie kan door een sensor te plaatsen in een CMOS chip tijdens de processing, maar omdat de depositie, ets- en verhittings-stappen van het CMOS proces en de sensor elkaar kunnen beïnvloeden, kan de sensor er soms beter achteraf op geplakt worden. Als je in beide productieprocessen



Figuur 4: Processtap voor het weg-etsen en vrijmaken (release) van de mechanisch bewegende structuren.



Figuur 5: Druksensor en CMOS gecombineerd, Bosch.

opbrengstverliezen hebt, is het voordeliger om alleen reeds geteste onderdelen met elkaar te combineren, dus om ze achteraf op elkaar te plaatsen na de eerste test. Een voorbeeld van een druksensor op een CMOS chip van Bosch is gegeven in figuur 5.

Er zijn tussen de 230 en 260 bedrijven actief in MEMS. Dat aantal hangt af van het markt-research bureau en de definitie van MEMS die gehanteerd wordt. Na het jaar 2000 is een deel van de MEMS bedrijfjes opgedoekt. Vooral in de hoek van de optische componenten voor telecom toepassingen

is er een aantal verdwenen. Deze bedrijfjes zijn in het algemeen klein, en te onderscheiden in ontwerp bureaus die eventueel in andermans cleanroom MEMS componenten ontwikkelen en produceren, en bedrijfjes die dit niet doen maar een cleanroom hebben voor de productie ervan. Dat biedt als voordeel dat meerdere ontwerp bureaus zorgen voor belading van de fabriek en deze sneller uit de kosten komt. Dat heeft als nadeel dat de kennis nogal dicht bij de concurrerende bedrijfjes komt te liggen. Er zijn ook hybride vormen, waarbij het bezit van een fabriek gecombineerd wordt met een design bureau. Het bezit van een enkele tientallen miljoenen kostende cleanroom is tamelijk riskant voor een startende onderneming omdat het veel tijd kost om van een experiment tot een product te komen. Veel van deze fabriekjes leven van slechts twee lopende producten, en hopen op snelle doorbraken van nieuwe MEMS uit hun eigen fab. Een wat aantrekkelijker situatie is er voor de grote halfgeleider fabrikanten, omdat een MEMS zonder problemen in hun eigen IC-fabrieken gemaakt zou kunnen worden. Het nadeel voor hen is dat de meeste MEMS niet in grote oplagen verkocht worden en product-specifieke processtappen vragen. De kleinschaligheid van de producten en specifieke processing belemmert hen om op grote schaal in MEMS te stappen.

Het resultaat is dat er eigenlijk geen MEMS op grote silicium schijven (wafers) geproduceerd worden. De diameters zijn beperkt van 4 tot 6 inch, terwijl de IC-fabrikanten de chips op 8 en 12 inch produceren. Ook het aantal masker/belichtingsstappen is veel groter voor de geïntegreerde circuits en de afmetingen in de componenten zijn er veel kleiner. Met andere woorden, om een MEMS, of meer algemeen een microsysteem te maken in

een submicron CMOS proces worden eigenlijk veel te nauwkeurige en te kostbare apparaten gebruikt voor de MEMS. Een andere karakteristiek van de mechanische miniatuur componentjes is dat ze zorgvuldig behandeld moeten worden. Structuren met kleine spleetjes kunnen bij stoten aan elkaar komen te zitten en plakken dan vast (stictie). Het testen van microsysteemen is ook niet hetzelfde als voor een elektronisch circuit, omdat ze bijvoorbeeld wel eens hermetisch verpakt moeten zijn als de bewegende delen een vacuüm vereisen. Ook zijn de fysieke verouderingsprincipes (reliability) niet meer hetzelfde. Dit betekent dat microsysteem leveranciers vaak heel speciale tests moeten ontwikkelen voor hun producten. Een treffend voorbeeld werd gegeven voor de farmaceutische industrie. Daarbij worden vele variaties op cellen of moleculen bedacht, en ontstaan er iedere 1000 variaties meteen een miljoen combinaties die allemaal door een selectie heen moeten. Dit kan door een silicium schijf met bakjes te maken, die onder een rij druppelaars door schuift. Ieder bakje uit een rij krijgt dan een variatie van het materiaal. Iedere kolom verschilt. De matrix van bakje schuift vervolgens onder een andere druppelaar door, met een middelje dat ermee moet reageren. Vervolgens wordt er een testje gedaan, bijvoorbeeld meting van de elektrische weerstand, opwarming ten gevolge van de reactie of iets anders. Na een eerste selectie die niets mag kosten vindt er een tweede

Table 2. IC vs. MEMS manufacturing (typical)

Category	IC	Polysilicon MEMS	Epi MEMS	Wet bulk MEMS	DRIE bulk MEMS	LIGA
Photo-lithography	Stepper	Stepper	Stepper	Contact	Contact or stepper	Synchrotron
Structural material	N/A	Polysilicon	Epitaxial silicon	Single- crystal Si	Single- crystal Si	PMMA or metal
Sacrificial material	N/A	Silicon dioxide	Silicon dioxide	Silicon substrate	Silicon substrate	PMMA
Cleanroom	Class 1/10	Class 10/100	Class 10/100	Class 1000	Class 100/1000	Class 100/1000
Water size	8 in.+	4-6 in.	4-6 in.	4-6 in.	4-6 in.	Irregular
Photo levels (#)	20+	10-18	4-8	2-6	4-8	1-2
Min. linewidth	0.25µm	1µm	2µm	6µm	3µm	10µm

Source: James Smith/Troposport Networks

Figuur 6: Technische karakteristieken van Integrated Circuits (IC) fabricage en MEMS fabricage volgens diverse technieken. (Solid State Technology, Jan. 2002)

selectie plaats, die al wat meer eisend kan zijn. Daar valt dan iets te verdienen voor de microstelsysteem fabrikant. Om bijvoorbeeld de warmtecapaciteit of opwarming te meten, moet ieder silicium bakje heel geringe warmtecontact hebben met het silicium frame. De bakjes zitten dan vast met een dunne fragiele verbinding. Hoe fragieler, hoe gevoeliger het instrument voor kleine opwarming. Dit vraagt een iets andere aanpak dan voor de gebruikelijke IC's, terwijl de afmetingen van het bakje niet submicron hoeven te zijn.

Het hoeft dan ook niet te verbazen dat het IMEC zich vooral richt op de meest algemeen toepasbare technologieën voor microsystemen zoals MEMS en biochips. Voorbeelden van dergelijke generieke technologieën zijn de verpakkingen, de integratie in IC-processen en de verouderingstests op basis van fysische principes. Bij verpakking kun je dan denken aan het plaatsen van kapjes op iedere component afzonderlijk voordat ze van de silicium schijf gezaagd worden, of erna stuk voor stuk. Je kunt denken aan het lijmen of solderen van diverse chips en MEMS op eenzelfde stukje laminaat voordat ze in een chip-verpakking geplaatst worden, ook wel als hybride integratie aangeduid. Al eerder genoemd werd het integreren van de processtappen in de chipfabriek zodat de combinatie als een enkel stukje silicium uit de fabriek komt, hetgeen monolithische integratie genoemd wordt. En dan werd nog het op elkaar plaatsen van diverse onderdelen genoemd als mogelijkheid, "3-D stacking".

Het streven om vooral generieke technologie te creëren is uiteraard ingegeven door de economy of scale onder de halfgeleiderfabrikanten. Niettemin groeit de markt voor microsystemen dermate uiteen dat er geen enkele schalingwet voor gevonden is en we niet bang hoeven te zijn voor dominantie door enkele fabrikanten of een einde van de "roadmap". De vloed aan nieuwe technologieën en producten zal de komende twee decennia vast en zeker van grote invloed zijn op de diverse takken van de industrie en dus ook op het werk van de fysici.

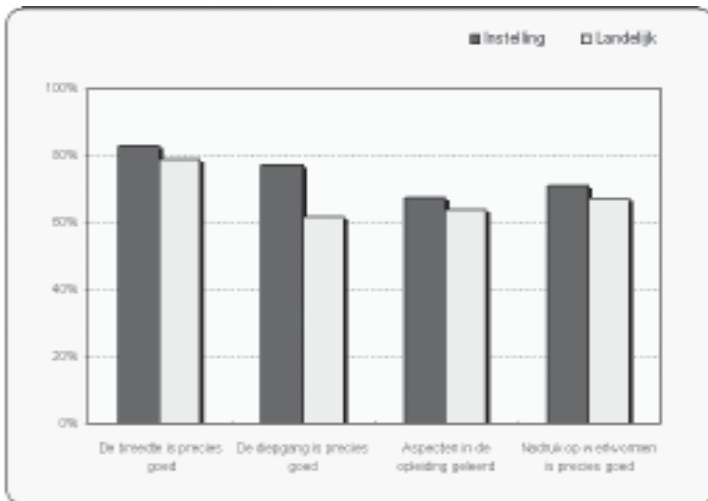
WO-monitor 2003

De WO-Monitor is een landelijk onderzoek dat in 1998 onder auspiciën van de VSNU (Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten) van start is gegaan, waarin gegevens worden verzameld met betrekking tot de arbeidsmarktintrede van afgestudeerden. De WO-monitor 2003 is gericht op afgestudeerden in het collegejaar 2001/2002.

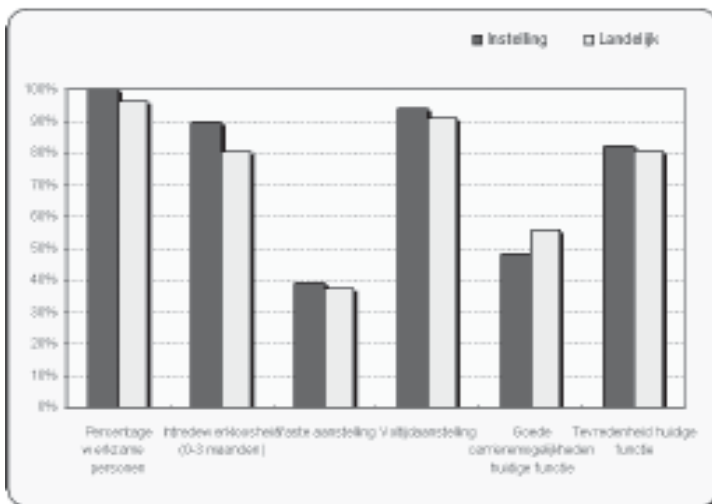
Het onderzoek verschaft informatie over de aansluiting van de opleiding Technische Natuurkunde in Eindhoven op de regionale en landelijke arbeidsmarkt en op vervolgopleidingen. Bovendien geeft de rapportage inzicht in het oordeel van afgestudeerden over verschillende aspecten van het onderwijs.

Hieronder wordt een selectie uit het grote aantal tabellen en grafieken uit de WO-monitor getoond. Hierbij wordt Technische Natuurkunde aan de TU/e steeds vergeleken met het landelijk gemiddelde van vergelijkbare opleidingen. Oordeelt u zelf!

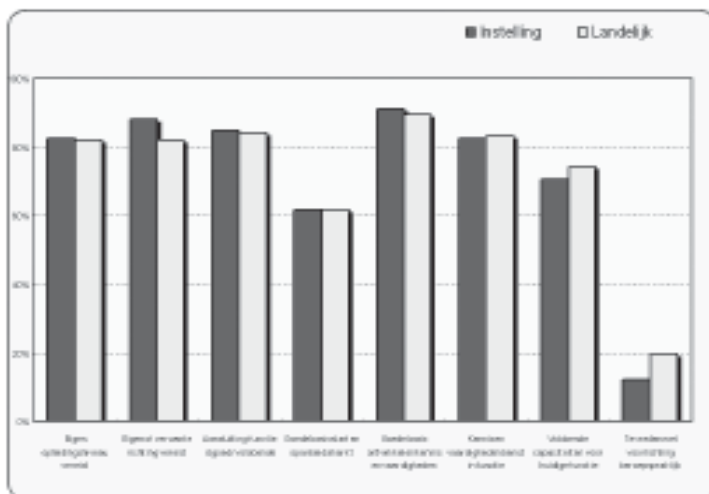
KWALITEITVANDE OPLEIDING



KANSOPWERK, WERKZEKERHEID EN KWALITEIT VAN HET WERK



KWALITEIT AANSLUITING OPLEIDING – BEROEPSPRAKTIJK



Oordeel over de aansluiting opleiding en werk

	Benutten van eigen capaciteiten			<i>Aantal resp.</i>	Tekortschieten van eigen capaciteiten		
	Niet	Neutraal	In sterke mate		Niet	Neutraal	In sterke mate
INS	9%	9%	82%	34	71%	26%	3%
NL	10%	6%	83%	78	74%	22%	4%

	Functie biedt carrièremogelijkheden			<i>Aantal resp.</i>	Tevredenheid huidige functie		
	Nauwelijks	Neutraal	Veel		Ontevreden	Neutraal	Tevreden
INS	15%	36%	48%	34	12%	6%	82%
NL	16%	29%	56%	78	10%	9%	81%

	Opleiding biedt goede basis om te starten op de arbeidsmarkt			<i>Aantal resp.</i>	Opleiding biedt goede basis voor verder ontwikkelen van kennis en vaardigheden		
	Niet	Neutraal	In sterke mate		Niet	Neutraal	In sterke mate
INS	18%	21%	62%	34	3%	6%	91%
NL	11%	28%	62%	77	1%	9%	90%

	Tevredenheid met voorlichting beroepsmogelijkheden tijdens de opleiding			<i>Aantal resp.</i>
	Niet	Neutraal	In sterke mate	
INS	52%	36%	12%	33
NL	47%	33%	20%	76

Reünie SVTN “J.D. van der Waals” Technische Natuurkunde Eindhoven

Op **vrijdag 14 oktober 2005** organiseert **SVTN “J.D. Van der Waals”** ter ere van haar 9^e lustrum een reünie voor al haar oud-leden. Dit is een mooie gelegenheid om uw vroegere studiegenoten weer te ontmoeten. Ook is er de mogelijkheid om verschillende vakgroepen van de faculteit te bezoeken.

Als u een uitnodiging wilt ontvangen stuur dan uw adresgegevens naar **reunie@vdwaals.nl** of naar onderstaand postadres.

Kijk voor meer informatie op **<http://www.vdwaals.nl/reunie>**.

Heeft u nog contact met mensen waarmee u gestudeerd heeft, attendeer hen dan ook op deze reünie, want hoe meer zielen hoe meer vreugd!!

TU Eindhoven
SVTN “J.D. Van der Waals”
t.a.v. lustrumreünie
kamer ng 0.01
Postbus 513
5600 MB Eindhoven



VENI Activiteitenkalender

9 januari **Nieuwjaarsborrel**
(Café 't Mulderke in Eindhoven)

Medio februari **Excursie naar FEI**

9 maart **Algemene Ledenvergadering**
Aansluitend lezing

**Eind maart/
Begin april** **Natuurkunde Avondlezing**

**Zowel over de excursie naar FEI als over de Natuurkunde
Avondlezing zult u tijdig geïnformeerd worden.**

**Meer informatie over de aankomende ALV vindt u in het
volgende VENI-blad.**