Mikroniek

VAKBLAD OVER PRECISIETECHNOLOGIE

JAARGANG 48 - NUMMER 1

Precisiebeurs 2007: Impressie van precisie • Lof voor interdisciplinair talent

F25 meet op submicronschaal • Innovatieve materialen bepalen de toekomst

MEMPHIS-consortium werkt aan smart mixen van elektronen en fotonen

PrecisiePortaal belicht micro-generatoren en -motoren

MIKRONIEK IS EEN UITGAVE VAN DE NVPT
WWW.PRECISIEPORTAAL.NL

Het gezicht van...

TNO Industrie en Techniek

Binnen de Business Unit Advanced Precision and Production Equipment (APPE) is precisietechnologie een bekend begrip. Wat te denken van een zeer nauwkeurige spectrometer die in het heelal vele jaren onder extreme omstandigheden de vervuiling van de lucht in uw achtertuin moet blijven zien? Of de nieuwste inspectie- of handlingsystemen voor lithografie, waar een stofje van 50 nanometer een onoverkomelijk rotsblok vormt. Of de laatste cent kostenreductie in het productieproces van een massaproduct, die het verschil betekent tussen uw winst of verlies. Dergelijke en nog veel meer vraagstukken lossen wij voor u op met een nauwgezetheid die niet alleen sprekend is voor ons vakgebied, maar ook voor onze klantgerichtheid.

TNO.NL

In dit nummer

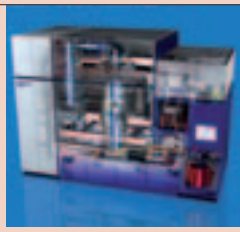
4 **Editorial**
Jaap Verkerk, redacteur Precisietechnologie Jaarboek, over waar we echt gelukkig van worden.

5 **Precisiebeurs 2007: Impressie van precisie**
En weer is de Precisiebeurs groter dan het voorgaande jaar: 220 exposanten eind november in Veldhoven tegen 178 een jaar eerder.

11 **Lof voor interdisciplinair talent**
Tijdens de Precisiebeurs 2007 werden twee prijzen uitgereikt aan veelbelovende precisietechnologen.

14 **Nauwkeurig, herleidbaar en betrouwbaar meten**
NMi Van Swinden Laboratorium beschikt over de F25 micro-coördinatenmeetmachine, waarmee producten kunnen worden opgemeten in drie dimensies met onzekerheden van een paar honderd nm of minder.

20 **MEMPHIS: Smart mixen van elektronen en fotonen**
Er komt licht in de elektronische pijp. Fotonen kunnen de huidige elektronische chips verrijken met aangename eigenschappen. Ontwikkeling van deze veelbelovende technologie is de uitdaging voor het MEMPHIS-consortium (Merging Electronics and Micro&nano PHotonics in Integrated Systems).



25 **PrecisiePortaal: Microgeneratoren en -motoren**
Ter promotie van de gelijknamige website belicht het PrecisiePortaal interessante publicaties uit het verleden. Ditmaal de miniatuur-motortjes van Kinetron (1995).

30 **Nieuwe materialen dagen uit**
Verslag van Materialendag 2007 in Grobbendonk (B): "Innovatieve materialen bepalen de toekomst".

36 **Mikrocentrum**
Ir Kees Kooij Award voor Joop Bemelen.
Succesvolle start nieuwe cursus Piëzo technologie.

37 **Nieuws**
Onder meer:
Aankondiging Summer School
NVPT op de ESEF
Wegwijzer naar kennis uit IOP-projecten

42 **Kennis van Elkanders Kunnen**
Vink System Design & Analysis: actief in hightech.

Colofon

Doelstelling
Vakblad voor precisietechnologie en fijnmechanische techniek en orgaan van de NVPT. Mikroniek geeft actuele informatie over technische ontwikkelingen op het gebied van mechanica, optica en elektronica.
Het blad wordt gelezen door functionarissen die verantwoordelijk zijn voor ontwikkeling en fabricage van geavanceerde fijnmechanische apparatuur voor professioneel gebruik, maar ook van consumentenproducten.

Uitgever
Nederlandse Vereniging voor
Precisie Technologie (NVPT)
Postbus 359
5600 CJ Eindhoven
Telefoon 040 – 296 99 11
Telefax 040 – 296 99 10
E-mail office@nvpt.nl

Abonnementskosten
Nederland € 70,00 (ex BTW) per jaar
Buitenland € 80,00 (ex BTW) per jaar

Redactie
Hans van Eerden
E-mail eerd9@introweb.nl

Advertentie-acquisitie
NVPT
Telefoon 040 – 296 99 11
E-mail office@nvpt.nl

Vormgeving en realisatie
Twin Design bv
Postbus 317
4100 AH Culemborg
Telefoon 0345 – 470 500
Telefax 0345 – 470 570
E-mail info@twindesign.nl

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar.

© Niets van deze uitgave mag overgenomen of vermenigvuldigd worden zonder nadrukkelijke toestemming van de redactie.

ISSN 0026-3699

De coverfoto, de F25 micro-coördinatenmeetmachine, is beschikbaar gesteld door NMi Van Swinden Laboratorium.

editorial

Worden we daar nu gelukkig van?

Al onze aandacht is gericht op preciezer, kleiner en sneller – van producten, apparaten en systemen. Maar worden we daar nu zoveel gelukkiger van? Zouden we onze aandacht niet eens wat meer moeten richten op wat werkelijk van belang is in het leven, zoals een goede gezondheid of gezondheidsverbeterende ingrepen?

Voor het opereren van patiënten worden steeds ingenieuzere gereedschappen ontwikkeld. Kijkoperaties zijn langzamerhand gemeengoed aan het worden, de daarvoor benodigde gereedschappen zijn zeer verfijnd. Mechanisch kunnen we dus wel wat, maar eigenlijk zijn het nieuwe, meer verfijnde gereedschappen waarmee we *oude* technieken beoefenen.

Een voorbeeld van zo'n oude techniek is het aanleggen van een by-pass op de kransslagader van het hart. Jaarlijks worden bij hartpatiënten zo'n 100.000 bypass-operaties uitgevoerd in de ziekenhuizen in de Westerse wereld. Zo'n operatie bestaat uit het opensnijden van de borstkas tot bij het hart en vervolgens een 'nieuwe' ader op de kranslagader (Ø 1,5-2 mm) vastnaaien. Dat is, verbazingwekkend genoeg, nog steeds een zeer succesvolle techniek. Het vaardige handwerk van de hartchirurg met naald en draad is betrouwbaar, kost weinig en past naadloos op een variëteit aan ader-afmetingen. De verbinding ziet er eenvoudig uit en bestaat uit vier tot zes steekjes waarmee de bypass op de kransslagader wordt vastgezet. Dus niet een echt moeilijk probleem zou je denken. Wordt het niet hoog tijd dat daar wat aan gedaan wordt?

Voor het naaien van stoffen of het dichtnaaien van jute- en papieren zakken bestaan allerhande machines waarmee we dat efficiënt, snel en bijna blindelings kunnen doen.
Waarom lukt het ons nou niet met die zes steekjes voor het vastzetten van een bypass?
Het zou voor veel mensen de kwaliteit van leven aanzienlijk verbeteren als dergelijke ingrepen eenvoudiger en voor de patiënt minder belastend kunnen worden uitgevoerd.

Waarom geven we miljoenen uit aan het ontwikkelen van beeldschermen, precisieapparatuur, printtechnieken, chipfabricage, etcetera, en zijn we niet in staat een dergelijke inspanning te doen aan bijvoorbeeld die bypass? Worden we daar nu gelukkig van?

Jaap Verkerk
Redacteur Precisietechnologie Jaarboek

Impressie van precisie

En weer is de Precisiebeurs groter dan het voorgaande jaar: 220 exposanten eind november in Veldhoven tegen 178 een jaar eerder. Opnieuw is het imponerend wat precisietechnologisch Nederland presteert. Weliswaar zijn onze maakkosten hoog, maar moderne communicatiemiddelen maken het mogelijk complete tekeningenpakketten razendsnel naar de andere kant van de wereld te sturen. Dus combineren we onze ontwerpexpertise met de handjes – en niet te vergeten hersenen – van mensen die nu nog met een lage beloning genoegen nemen. En natuurlijk produceren we ook in eigen land, als het gaat om geavanceerde maaktechnologie, uiterste precisie of geraffineerde massafabricage. Een dagje Veldhoven is niet voldoende om een compleet overzicht van de beurs te geven. Dus leest en ziet u hierna enkele persoonlijk getinte beursimpressies.

• *Frans Zuurveen* •

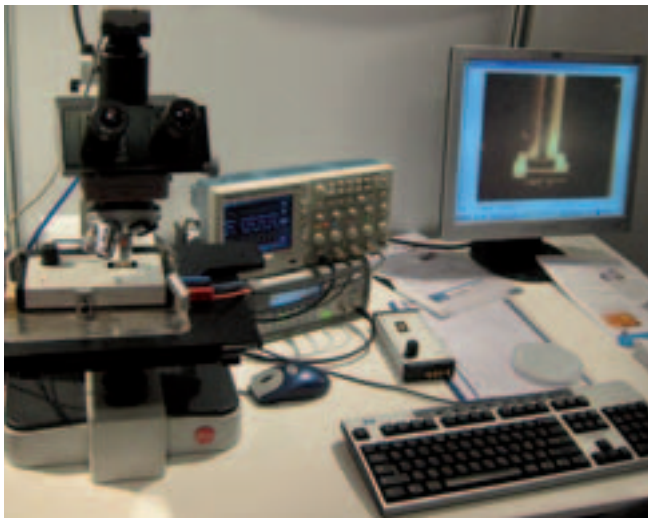
Nieuw op de beurs is de Technology Hotspot, waar kennisinstituten laten zien hoe wetenschappelijk onderzoek en ontwikkeling kunnen leiden tot industriële innovatie. DCMM, het Delft Centre for Mechatronics and Microsystems van de TU Delft, laat bijvoorbeeld zien hoe het bouwen van een antropomorfe robot – dus met armen en benen, handen en voeten – leidt tot waardevolle systeemkennis en ervaring, zie Afbeelding 1. Martijn Visser vertelt: “Dit is een echt oefenobject. Het is erg moeilijk een robot te laten lopen zonder dat hij omvalt. Voor- en achterwaarts hebben we de loopbeweging goed onder de knie, maar zijwaarts is de stabiliteit nog niet voldoende. Behalve regeltechnische ervaring levert het project ook nuttige kennis voor het ontwerpen van protheses. Een volgende uitdaging is het ont-

Afbeelding 1. Martijn Visser geeft uitleg over de antropomorfe robot van DCMM.

Afbeelding 2. Voorstudie van DCMM voor een voetballende robot.

werpen van een robot die, behalve lopen en kijken, ook kan voetballen." Afbeelding 2 laat daarvan een voorstudie zien.

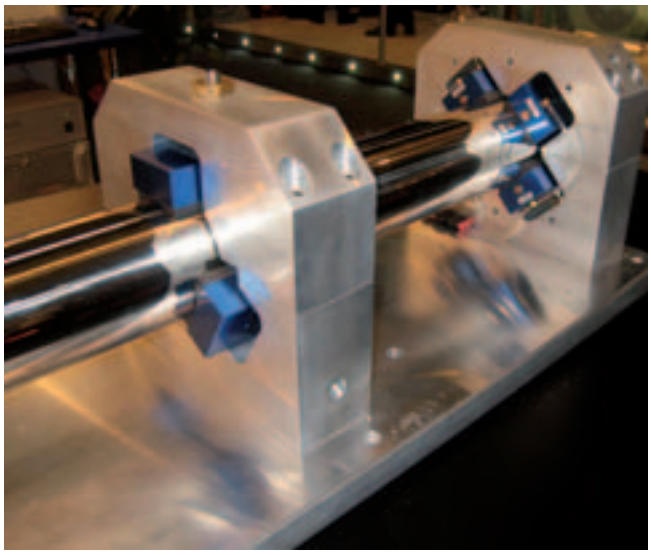
Een andere DCMM-demonstratie in de Technology Hotspot is het sturen van een precisiebeweging met warmte, zie Afbeelding 3. In microsysteemtechnologie is een 1 mm lange amplitudevergrotende hefboom gerealiseerd. De beweging van het uiteinde is stuurbaar via lokale verwarming van twee 'staven' van 500 bij 14 µm, die gekoppeld zijn aan het andere hefboomuiteinde. De uiterst kleine afmetingen maken bewegingen met een resolutie van 1 µm tot in het kHz-gebied mogelijk.



Afbeelding 3. Opstelling van DCMM voor het met warmte sturen van een precisiebeweging in een microsysteem.

Koolstof

Op de stand van IBS Precision Engineering is poreus materiaal voor precisielagers te zien, zie Afbeelding 4. Het gaat om gesinterd grafiet van New Way waarmee luchtlagers van 30 tot 3000 mm diameter met een lagerspleet van 5 µm bij 4 à 8 bar luchtdruk gemaakt kunnen worden. Een voordeel van het materiaal is ook dat het prima noodloopeigenschappen heeft.



Afbeelding 4. Precisielagers van New Way gesinterd grafiet in de stand van IBS.

Het element koolstof is ook prominent aanwezig in de stand van Technodiamant uit Almere, zie Afbeelding 5. Technodiamant produceert uiteenlopende gereedschappen voor verspanend bewerken, waarbij extra nadruk wordt gelegd op de afwerking van de radius van beitelpunten. Een in eigen huis ontwikkelde polijstmachine met speciale sledelagering maakt het mogelijk conisch of cilindrisch gevormde beitelpunten met een vormnauwkeurigheid van 0,05 µm te maken.

Afbeelding 5. Een selectie uit de producten van Technodiamant.

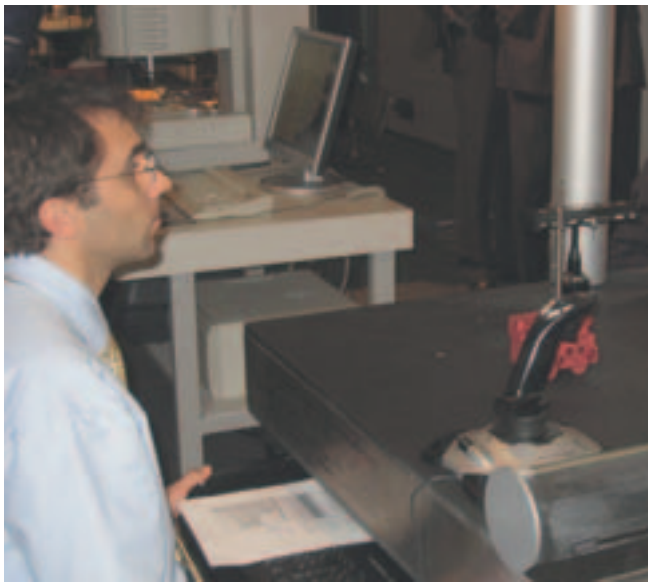
Technodiamant levert ook schijven van 60 mm doorsnede en 1,6 of 3,2 mm dikte, die bestaan uit hardmetaal met daarop een laag polykristallijn diamant – fijn verdeelde monokristallijne korrels – in een binder van kobalt. Daaruit kunnen beitelplaatjes en andere producten door middel van draadvonken worden vervaardigd, aangezien het materiaal elektrisch geleidend is. En de producten kunnen ook uit de plakken worden geslepen en daarna gepolijst. Waarmee? Natuurlijk met gereedschap met diamant, want harder materiaal bestaat niet.

Geometrisch meten

Hommel, Perthen en Mahr zijn van oudsher bekende namen uit de geometrische meettechniek. De ruwheidsmeetinstrumenten van Hommel en Perthen vallen nu onder de vlag van Mahr, zie Afbeelding 6, en worden in Nederland vertegenwoordigd door Viba in Zoetermeer. Viba levert ook de producten van Nanofocus. De nieuwe Surf Explorer van dat bedrijf analyseert driedimensionaal oppervlaktevorm en -ruwheid met submicrometer-nauwkeurigheid.

Afbeelding 6. Het ruwheidsmeetinstrument Perthometer van Mahr in de stand van Viba.

In de stand van Steen Metrology Systems uit Chaudfontaine wordt heel geconcentreerd gemeten op een luchtgelagerde CMM (coördinatenmeetmachine) Aberlink Axiom met een meetbereik van 600 bij 400 bij 400 mm, zie Afbeelding 7. Bijzonder is dat de basisplaat bestaat uit een kosten- en gewichtsbesparende sandwichconstructie van twee lagen graniet met daartussen een honingraatstructuur. De goedkope handbediende versie kan later worden opgewaardeerd tot een automatisch metend CNC-apparaat met door Aberlink ontworpen gebruikersvriendelijke software.



Afbeelding 7. Geconcentreerd meten op een CMM Aberlink Axiom.

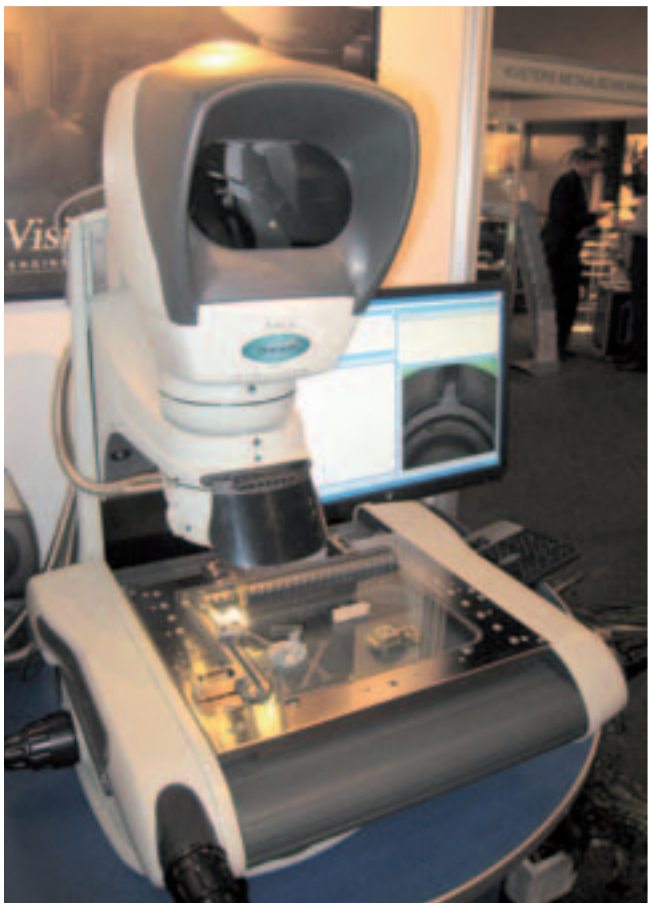
Afbeelding 8. De Infinite meetarm van Hexagon Metrology.

Hexagon Metrology uit Wetzlar toont een Infinite meetarm, zie Afbeelding 8, met een nauwkeurigheid van ± 29 µm binnen het meetgebied van een halve bol met een straal van 1,2 m. De meetarm werkt met draadloze data-overdracht en is spatwaterdicht volgens IP 64. De meetarm weegt niet meer dan 7 kg dankzij de toepassing van vormvast en stijf materiaal met koolstofvezelwapening.

Optica

Binoculaire meetmicroscopen van Vision Engineering, vertegenwoordigd door Inscope uit Raamsdonksveer, zijn bijzonder omdat ze dankzij een speciaal oculair met 'Dynascope-technologie' een 3-dimensionaal beeld leveren. Hart van dat optische systeem is een multilens die bestaat uit 3,5 miljoen lensjes van ieder 70 µm diameter. De afzonderlijke beeldjes worden tot een kwalitatief hoogwaardig totaalbeeld samengesteld door de multilens met een toerental van 3400 min^{-1} te laten draaien. Een microscoop van de Hawk-serie, zie Afbeelding 9, kan nauwkeurig handmatig of volledig geautomatiseerd via kantherkenning in het beeld meten.

Promis Electro Optics uit Wijchen toont de Admesy Brontes colorimeter. Dat instrument legt kleuren vast volgens de spectrale gevoeligheid van het menselijk oog. Via een dichroïsch (dubbelbrekend) filter voert het 4.000 kleurmetingen per seconde uit en geeft aan waar het kleurpunt zich binnen de CIE-kleurendriehoek bevindt. Admesy, Advanced Measuring Systems, is in 2006 opgericht door enkele test & measurement-specialisten van Philips Heerlen.



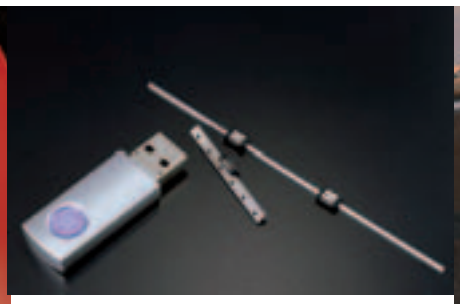
Afbeelding 9. Binoculaire meetmicroscoop, type Hawk, van Vision Engineering.

Positioneren

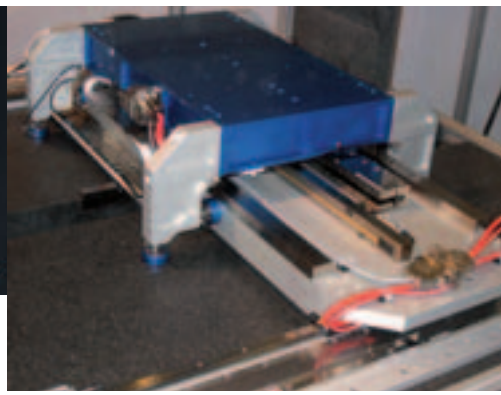
Schneeberger is op het gebied van geleidingen zo bekend dat de merknaam soortnaam is geworden. Bijzonder is dat de firma nu ook geleidingen met geïntegreerd meetsysteem levert onder de naam Miniscale, zie Afbeelding 10. Op de geleider is een optische verdeling gelaserd met een schaalwaarde van 40 µm. Door interpolatie wordt een resolutie van 1 µm en een nauwkeurigheid van ± 10 µm over een gebied van 300 mm bereikt.

Afbeelding 10. Een positioneersysteem met Miniscale rechtgeleidingen van Schneeberger met geïntegreerde meetlinialen.

Afbeelding 11. Diverse Japanse IKO-rechtgeleidingen met onderhoudsarm smeersysteem.



Afbeelding 12. Twee exemplaren van de "kleinste rechtgeleiding ter wereld" van IKO met kogels van 0,2 mm diameter. De USB-stick is afgebeeld om de afmetingen te verduidelijken.



Afbeelding 13. BoTech positioneersysteem met luchtlagering en besturing van Q-Sys.

Maar er zijn nog meer firma's die rechtgeleidingen laten zien. Nippon Thompson Europe vertegenwoordigt de Japanse IKO-rechtgeleidingen, die door een capillair smeersysteem onderhoudsarm zijn, zie Afbeelding 11. IKO maakt ook de – naar eigen zeggen – kleinste rechtgeleiding ter wereld, met kogels van 0,2 mm doorsnede en een railbreedte van 1 mm, zie Afbeelding 12.

Interessant is dat een gebruiker tegenwoordig niet meer zelf zijn positioneersysteem hoeft te ontwerpen. Stamhuis Lineairtechniek in Twello vertegenwoordigt HiWin Linear Technology uit Taiwan. Dankzij de modulaire systeemopbouw is het mogelijk nagenoeg ieder gewenst positioneersysteem te realiseren compleet met stuursysteem voor het – naar keuze – regelen van positie, snelheid, versnelling of kracht.

BoTech in Helmond is bekend vanwege zijn precisiebewerkte granieten en metalen onderdelen voor meet- en bewerkingsmachines. Sinds kort levert BoTech ook complete positioneersystemen, zie Afbeelding 13. De besturing ervan is het resultaat van een intensieve samenwerking met Q-Sys, een jonge leverancier van stuursystemen op maat. Q-Sys heeft onderdak gevonden bij de gebouwen van BoTech.

Lasers

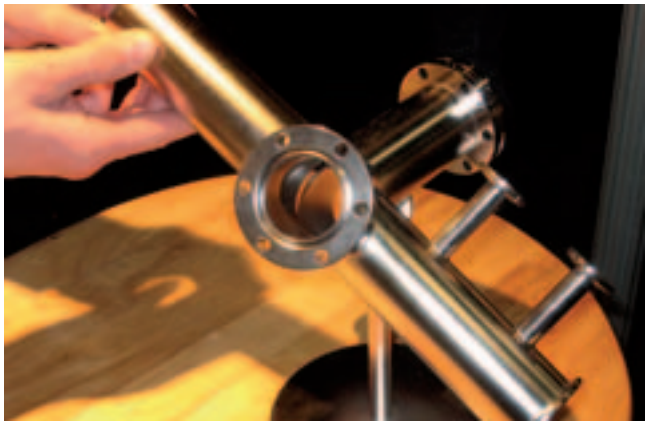
Bedrijven die iets met lasers 'doen' zijn in ruime mate op de beurs aanwezig. ILT, Industriële Laser Toepassingen, in Enschede, bijvoorbeeld, heeft zich toegelegd op het nauwkeurig snijden, boren, lassen en graveren met YAG-lasers. Voor diepere lassen en voor snijden worden ook CO_2-lasers gebruikt. ILT is in staat gaten van 10 µm tot 0,5 mm diameter te boren. Dankzij CNC-besturing en AutoCAD is ook het uitbesteden van kleine series bij ILT rendabel.

Laser 2000 demonstreert op de beurs diverse laserbewerkingssystemen. De VersaLaser van ULS, Universal Laser Systems, is een gebruikersvriendelijk apparaat dat met een CO_2-laser kan graveren, snijden en 'printen'. Voor dat laatste wordt uitgegaan van materiaal dat is opgebouwd uit lagen van verschillende kleuren. Eerst wordt een patroon gegraveerd door de bovenste laag weg te branden. Daarna snijdt de laser met hoger vermogen het product uit het plaatmateriaal. De VersaLaser is ook in staat brillenglazen te graveren met een patroon van gaatjes van minimaal 100 µm diameter. De ProMaster van Optec Laser Machining Systems is een compacte bewerkingsmachine die met een gepulste excimer-laser het patroon van concrete of virtuele maskers kopieert. Daarbij kan PC-gestuurd worden gekozen uit 32 concrete maskers of uit een onbegrensd aantal virtuele maskers die in het PC-geheugen zijn opgeslagen.

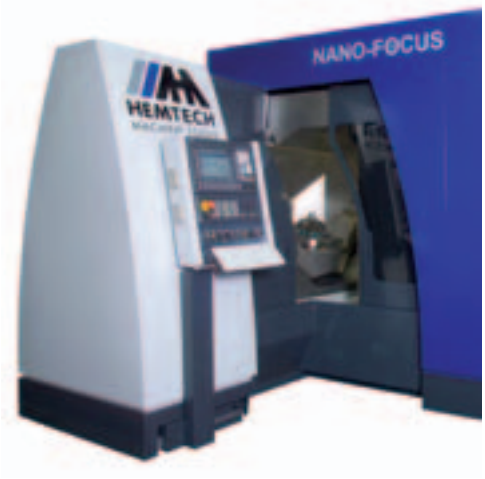
Diversen

Precisietechnologie heeft nogal eens raakpunten met vacuümtechniek. Op de beurs vinden we de stand van D&M Vacuümsystemen uit Budel. Mooi om daar zo'n fraai doorgelaste vacuümleiding te kunnen bewonderen, zie Afbeelding 14. Want iedere vacuümspecialist weet dat goed doorlassen van belang is om nagassende holten in het recipiënt te voorkomen.

CMM, Centre for Concepts in Mechatronics, uit Nuenen laat zien dat het eertijds door uitvinder Alexandre Horowitz opgerichte bedrijf een partner kan zijn in industriële innovatie. Een op de stand getoond systeem voor het focusseren van een lens voor het branden van Blu-ray discs is daarvan



Afbeelding 14. Een product van D&M Vacuümsystemen.



Afbeelding 15. De Nano-Focus 425, een hydraulische precisie-freesmachine van Hembrug.

een voorbeeld. Dat bereikt een positioneernauwkeurigheid van 3 nm bij 6 kHz.

Hembrug in Haarlem is – behalve door zijn roemruchte historie – bekend van zijn volledig hydraulische precisie-draaimachines Slantbed Mikroturn CNC. Op de beurs blijkt dat Hembrug nu ook een hydraulische precisiefreesmachine produceert, de Nano-Focus 425, zie Afbeelding 15. Die is ontworpen voor hardfrezen, in het bijzonder voor het rechtstreeks uit geharde staalsoorten (bijvoorbeeld 65 RC gehard snelstaal) maken van matrijzen. Net zoals bij harddraaien wordt daarmee een naslijpbewerking uitgespaard. Een verschil is dat bij draaien wordt uitgegaan van gereedschap met PCBN, polykristallijn cubisch boornitride, maar bij frezen van hardmetaal met een speciale coating. De nieuwe freesmachine is vijfassig met een bewerkingsgebied van 500 bij 350 bij 350 mm. De eerste machine is geleverd aan het Duitse instituut IPT Fraunhofer, een tweede gaat naar TNO in Eindhoven.

Tot slot

Zoals gezegd, is het voorgaande niet meer dan een persoonlijke selectie uit een overweldigend aanbod van staaltjes precisietechnologisch kunnen uit eigen land – en omstreken. Zeker is dat veel exposanten hun expertise in dit verhaal zullen missen. Misschien hebben zij de volgende beurs meer geluk.

Auteursnoot

Frans Zuurveen is freelance tekstschrijver te Vlissingen.

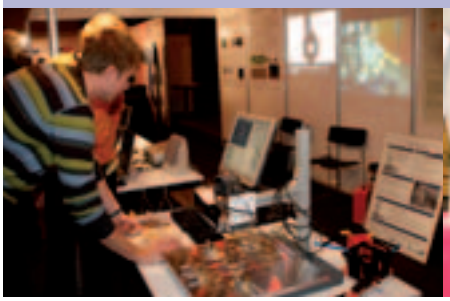
Informatie

Mikrocentrum
Jan van Moorsel en Hans Houdijk
Tel. 040 - 296 99 22
seminar@mikrocentrum.nl
www.precisiebeurs.nl

Precisiebeurs blijft groeien

De zevende Precisiebeurs trok eind november 2007 in Veldhoven weer meer bezoekers en exposanten dan het jaar daar voor, zo meldt organisator het Mikrocentrum: 2500 bezoekers (tegen 2350 eind 2006) en 220 exposanten (tegen 178 het jaar daarvoor). De stijging van het exposantenaantal was onder meer te danken aan de Technology Hotspot met universiteiten en onderzoeksinstellingen uit Nederland en België, die zijn primeur beleefde.

Naast de groeicijfers waren ook de rapportcijfers weer uitstekend. Bijna negen op de tien exposanten waardeerde de Precisiebeurs als 'goed' of 'uitstekend' en acht op de tien wil de volgende keer (26 en 27 november 2008) weer deelnemen. Van de bezoekers waardeerde 93% de beurs met een rapportcijfer van 7 of hoger, en volgens bijna 90% lag de kwaliteit van de lezingen (vier plenaire en 44 leverancierslezingen) tussen 'voldoende' en 'zeer goed'.



Lof voor inter-disciplinair talent

Tijdens de Precisiebeurs 2007 werden twee prijzen uitgereikt aan veelbelovende precisietechnologen. Martijn Leenders, system engineer bij ASML, ontving de Ir. A. Davidson-prijs van de NVPT terwijl de Wim van der Hoek Constructeursprijs naar Rob van Haendel ging, voor zijn afstudeerwerk aan de TU Eindhoven.

De Ir. A. Davidson-prijs dient ter stimulering van jong talent en is bedoeld voor een jonge precisietechnoloog die enige jaren werkzaam is in een bedrijf of een instituut en aantoonbaar prestaties heeft geleverd die intern en extern worden erkend. Tevens moet hij/zij door zijn/haar enthousiasme voor het vakgebied een positieve uitstraling hebben naar jeugdige collega's. De prijs is vernoemd naar de autoriteit op fijnmechanisch gebied bij Philips in de jaren vijftig en zestig. De prijs wordt elke twee jaar uitgereikt, eind vorig jaar was het de tweede keer.

Lithografie

In het geval van prijswinnaar Martijn Leenders mag 'veelbelovend' gerust een understatement heten. Na zijn afstuderen in 1997 aan de TU Delft (werktuigbouwkunde) werkte hij bij TNO aan de ontwikkeling van nieuwe lithografietechnieken (met elektronen, ionen danwel uv-fotonen) voor het 'schrijven' van Integrated Circuit-patronen op siliciumwafers. Daarbij kwam Extreme UltraViolet Lithography (EUVL) als beste optie uit de bus. Een jaar later kwam hij in dienst van ASML, waar hij zijn onderzoek kon voortzetten. Naast de system engineering in brede zin hield hij zich bezig met de spiegeloptiek voor EUVL (lenzen absorberen te veel UV). Die is namelijk vanwege het reflectieverlies van de spiegels kritisch voor de productiviteit van EUVL-machines. Bovendien is spiegeloptiek veel gevoeliger voor trillingen dan de conventionele lensoptiek. Met als gevolg dat een 'EUV-lens' veel complexer is. Elke spiegel wordt namelijk aangedreven door een 6-dof Lorentz-motor, voor verplaatsing zowel als trillingsdemping, terwijl een optische lens in een 'simpele'

Winnaar van de Ir. A. Davidson-prijs Martijn Leenders geflankeerd door zijn partner en NVPT-voorzitter Hans Krikhaar (rechts). Daarachter van links naar rechts de ASML-functionarissen Herman Boom, Harry Borggreve en Doede Kuijper. De inzet toont het bij de prijs behorende plastiek, dat is gemaakt door Frans Folst, docent glasinstrumentmaker op de Leidse Instrumentmakersschool. (Foto's: Jaap Verkerk)

Wim van der Hoek reikt de naar hem vernoemde prijs uit aan Rob van Haendel. De bijbehorende trofee is gemaakt door de Gemeenschappelijke Technische Dienst van de TU/e. (Foto: Mikrocentrum)

vatting zit. “Opeens zaten we met 36 graden van vrijheid, die niet allemaal te ontkoppelen waren. Dat maakte het afregelen complex.”

Diagnosticeren

Toen de EUVL-ontwikkeling in de fase van de bouw van Alpha Demo tools kwam, brak voor system engineering een rustig periode aan. Reden voor Leenders om zijn aandacht op cost engineering voor het TWINSCAN-systeem te richten, maar dat vond hij “saai”. Dus toen eerste machines voor immersielithografie werden samengebouwd, wierp hij zich daarop. Bij immersie wordt een laagje water op de wafer aangebracht om een grotere brekingsindex in het belichtingspad te krijgen en daarmee een grotere numerieke apertuur, die weer kleinere details op de IC’s mogelijk maakt. “Als je dan eerste plaatjes krijgt zie je daarop totaal niet wat je verwacht. Dus moet je gaan diagnosticeren wat er aan de hand is.” Zo bezorgden thermische effecten en de mechanische interactie van het immersiehoedje, dat het water op zijn plaats moet houden, met de wafer Leenders de nodige hoofdbrekens. Verder moest hij “de strijd aangaan met luchtbelletjes plakkend aan de wafer of erboven drijvend”. En tegen de tijd dat de eerste echte productiemachine voor immersielithografie werd gebouwd, waren “nog ontelbare andere problemen” opgelost. Nu werkt Leenders aan de opvolger van de XT:1900i, het huidige top-productiemodel.

Samenhang

De jury (bestaande uit Herman Soemers, Dennis Schipper en Lex Westland) voor de Ir. A. Davidson-prijs is onder de indruk: “Martijn werkt interdisciplinair, heeft een goed gevoel voor techniek en heeft een waterval aan innovatieve ideeën. Door zijn brede interesse overziet hij ook de samenhang tussen subsystemen. Hij heeft een goed oog voor de wensen en problemen van de klant. En daarnaast is hij zeer ‘Hollands’ in zijn benadering van procedures en bazen, die hij soms aan zijn laars probeert te lappen om zijn doel te bereiken. Bij zijn werk heeft hij 53 patentfamilies gegenereerd (één familie bevat meerder patenten in verschillende landen).”

Creativiteit

Het mag geen verbazing wekken dat Martijn zijn toekomst niet in het management ziet liggen. “Ik ben blij met mijn huidige werk. In het systeembreed bezig zijn met het ontwerp van een machine kan ik mijn creativiteit kwijt, ook al is het ontwerpproces bij ASML strak voorgeschreven, met fases die allemaal redelijk lang duren. In het architectuurteam voor een machine, met topontwikkelaars van de verschillende modules, ben ik de systeembrede ontwerper die ‘de boel bij elkaar moet praten’. Ik probeer soms op basis van het succes van een geprototypt concept mensen in de organisatie te stimuleren om shortcuts te nemen in dat ontwerpproces. In het kiezen van de onderwerpen waar ik me mee bezig houd ben ik redelijk vrij. Ik zoek zelf verbeteringsmogelijkheden op en dan blijkt later wie daarin geïnteresseerd is.”

Tot slot doet Martijn Leenders vanuit oprecht enthousiasme voor zijn vakgebied nog een oproep ten behoeve van zijn werkgever. “We hebben een bijna onverzadigbare behoefte aan technici. Ik heb ervaren dat je bij ASML voldoende ruimte krijgt om creatief te kunnen zijn.”

Beste afstudeerwerk

De Wim van der Hoek-prijs werd eind november eveneens voor de tweede keer uitgereikt. Deze prijs – ingesteld ter gelegenheid van de tachtigste verjaardig van nestor in de constructieprincipes Wim van der Hoek – wordt jaarlijks uitgereikt voor het beste afstudeerwerk op het gebied van het construeren in de werktuigbouwkunde aan de drie TU’s. Deze keer aan Rob van Haendel, die afstudeerde aan de TU Eindhoven en inmiddels werkt bij de afdeling Mechatronics van Philips Applied Technologies. Piet van Rens sprak, mede namens Wouter Vogelesang en Marc Vermeulen, de considerans van de jury uit.

Uit de jury-considerans

“Het verslag is een beschrijving van een multidisciplinair probleem. De ophanging en regeling van een bewegende

immense spiegel voor een telescoop. Het gaat aan de ene kant over nauwkeurigheden van nanometers van spiegeldelen. Het gaat over levensduur van vele jaren en totale massa's van tonnen. Deze combinatie ademt veel interdisciplinair overleg in de begintijd en vooral vrije gedachten over waar het nu even precies over gaat. Mechanica, thermisch gedrag, windbelasting en turbulentie. Variaties in de vorm doordat de richting van de zwaartekracht verandert. Vermijden van speling en toleranties.

Dit verslag leest als een spannend verhaal. Tussen de regels door lees je de discussie met de omgeving en de samenwerking waardoor de constructie langzaam vorm krijgt. De tussendoorsommetjes over stijfheid en eigenfrequentie zijn afgewisseld met schetsen en tabellen. In de eerste hoofdstukken denk je Rob nog te betrappen op onzorgvuldigheid en onvolledigheid, maar het verhaal loopt rustig verder en voert de lezer door het woud van aandachtspunten. Ik wil niet beweren dat het leest als een krant, maar er staan zeker minder leugens in.

Rob, de jury is onder de indruk van dit werk. We willen je feliciteren met het resultaat en met jou je begeleider op de TU/e, Nic Rosielle, maar natuurlijk ook je begeleidende opdrachtgevers bij TNO. Het Rob-van-Haendel-kruisveerschanier, een veel te lange naam voor een zo simpele oplossing, zal zeker ooit – als het niet langer confidentieel is – worden opgenomen in de lijst van DDP-waardige constructies (DDP = Des Duivels Prentenboek van Wim van der Hoek, voorloper van Constructieprincipes van Van der Hoek's opvolger Rien Koster, red.). Het zal worden gepresenteerd als zo doe je dat."

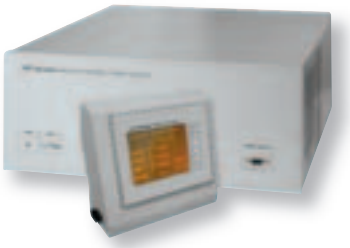
Custom Motion Systems – OEM Solutions – Standard Products

Motion Control Solutions
Designed for Precision, Accuracy & Repeatability

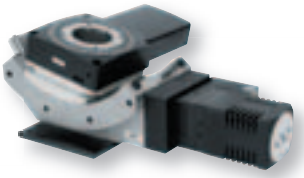
With **Newport**, you can rely on a partner with over **40 years of experience** in the design of high precision motion control solutions. The depth and breadth of our product range provides customers with the widest choice of solutions for their applications.

Call us today to discuss about your needs and register online at **www.newport.com/resource2008** for a free copy of the 2008/09 Newport Resource catalog.

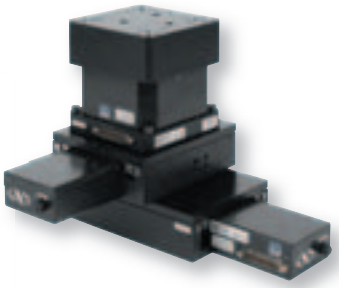
Hybrid Air-Bearing Stage



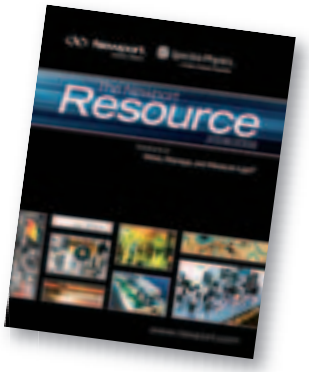
High-Performance Multi-axis Motion Controller/Driver



Rotation Stages/Cradles



Translation Stages



Belgium
Newport Spectra-Physics B.V.
Phone: 0800-11 257
Fax: 0800-11 302
belgium@newport.com

Netherlands
Newport Spectra-Physics B.V.
Phone: +31 (0)30 659 21 11
Fax: +31 (0)30 659 21 20
netherlands@newport.com

Newport.
Experience | Solutions

MAKE LIGHT | MANAGE LIGHT | MEASURE LIGHT

AD-010810-EN

Nauwkeurig, betrouwbaar

NMi Van Swinden Laboratorium, het nationale standaardeninstituut, ontwikkelt voortdurend nieuwe standaarden, instrumenten en meetmethoden om te voldoen aan de metrologische behoeften van industrie, overheid en maatschappij. Een van de nieuwste faciliteiten op het gebied van dimensionele metrologie is de F25 micro-coördinatenmeetmachine (µ-CMM), waarmee producten kunnen worden opgemeten in drie dimensies met onzekerheden van een paar honderd nanometer of minder.

• *Marijn van Veghel* •

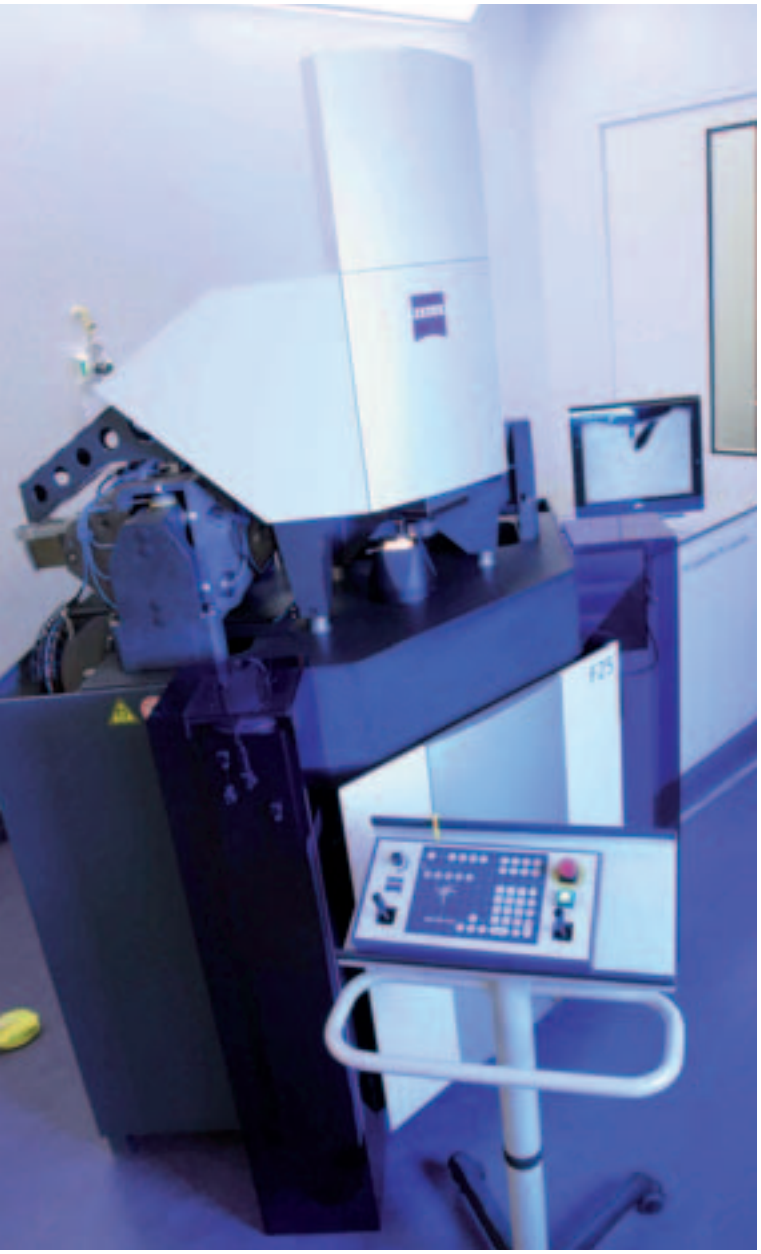
Een belangrijke ontwikkeling in de techniek is de steeds verder gaande miniaturisatie. Apparaten zoals mobiele telefoons, harde schijven, maar ook bijvoorbeeld medische devices en printkoppen, worden steeds kleiner en bevatten in dat kleinere volume een toegenomen functionaliteit. Om dit mogelijk te maken worden ook de toleranties op de onderdelen waaruit deze apparaten zijn opgebouwd steeds kleiner. Hetzelfde geldt voor de fabricageapparatuur waarmee de onderdelen vervaardigd worden. Denk aan matrijzen of geleidingen van bewerkingsmachines. Toleranties van minder dan een micrometer zijn geen uitzondering meer. Om te garanderen dat producten aan de tolerantieeisen voldoen, zijn betrouwbare metingen nodig met een voldoende lage onzekerheid (alle in dit artikel genoemde onzekerheden zijn twee keer de standaardonzekerheid, hetgeen overeenkomt met 95% betrouwbaarheid). Met de F25 µ-CMM kan NMi Van Swinden Laboratorium (NMi VSL) dergelijke metingen uitvoeren, hetzij van producten zelf, hetzij van standaarden die als referentie kunnen dienen voor metingen bij de fabrikanten van precisiecomponenten.

Nanometrologie

De F25 is een van de resultaten van het nanometrologieprogramma binnen NMi VSL; zie Figuur 1. Onder nanometrologie wordt dat deel van de geometrische meettechniek verstaan waar metingen worden verricht met onzekerheden van een paar honderd nanometer of minder. Naast de F25 beschikt NMi VSL over andere faciliteiten op dit gebied, zoals een scanning probe microscope, een metrologische Fabry-Perot interferometer en een speciaal aangepaste rondheidsmeter; zie Mikroniek nr. 3 van 2006. Deze faciliteiten zijn gehuisvest in een speciaal daarvoor gebouwd laboratorium. Dit Nanolab beschikt over een zeer stabiel klimaat, met temperatuur van (20,0 ± 0,1) °C. De luchtkwaliteit is cleanroom klasse ISO-7 en er zijn maatregelen genomen om vibraties te beperken tot maximaal 70 nm bij 2-30 Hz en 0,001 g bij 30-200 Hz.

Bij alle faciliteiten die worden ontwikkeld binnen NMi VSL staat herleidbaarheid voorop. Met herleidbaarheid wordt bedoeld dat een meetresultaat direct of indirect kan worden teruggevoerd naar de bijbehorende nationale

herleidbaar en meten met de F25



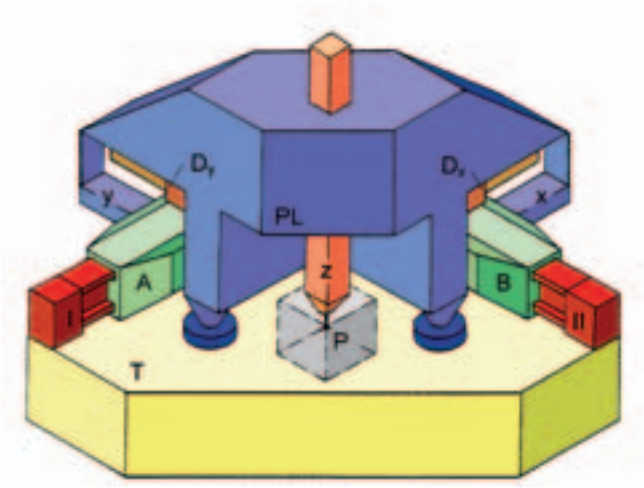
Figuur 1. De F25 µ-CMM die door NMi VSL in samenwerking met TU Eindhoven en Carl Zeiss is ontwikkeld.

standaard(en). Binnen de nanometrologie gaat het om herleidbaarheid naar de meter. Met andere woorden, een micrometer is echt gelijk aan een miljoenste deel van dé meter en een nanometer aan een miljardste deel. Herleidbaarheid biedt het grote voordeel dat meetresultaten objectief worden, zodat metingen verricht door verschillende partijen en/of met verschillende instrumenten met elkaar vergeleken kunnen worden.

Ontstaan en ontwerp

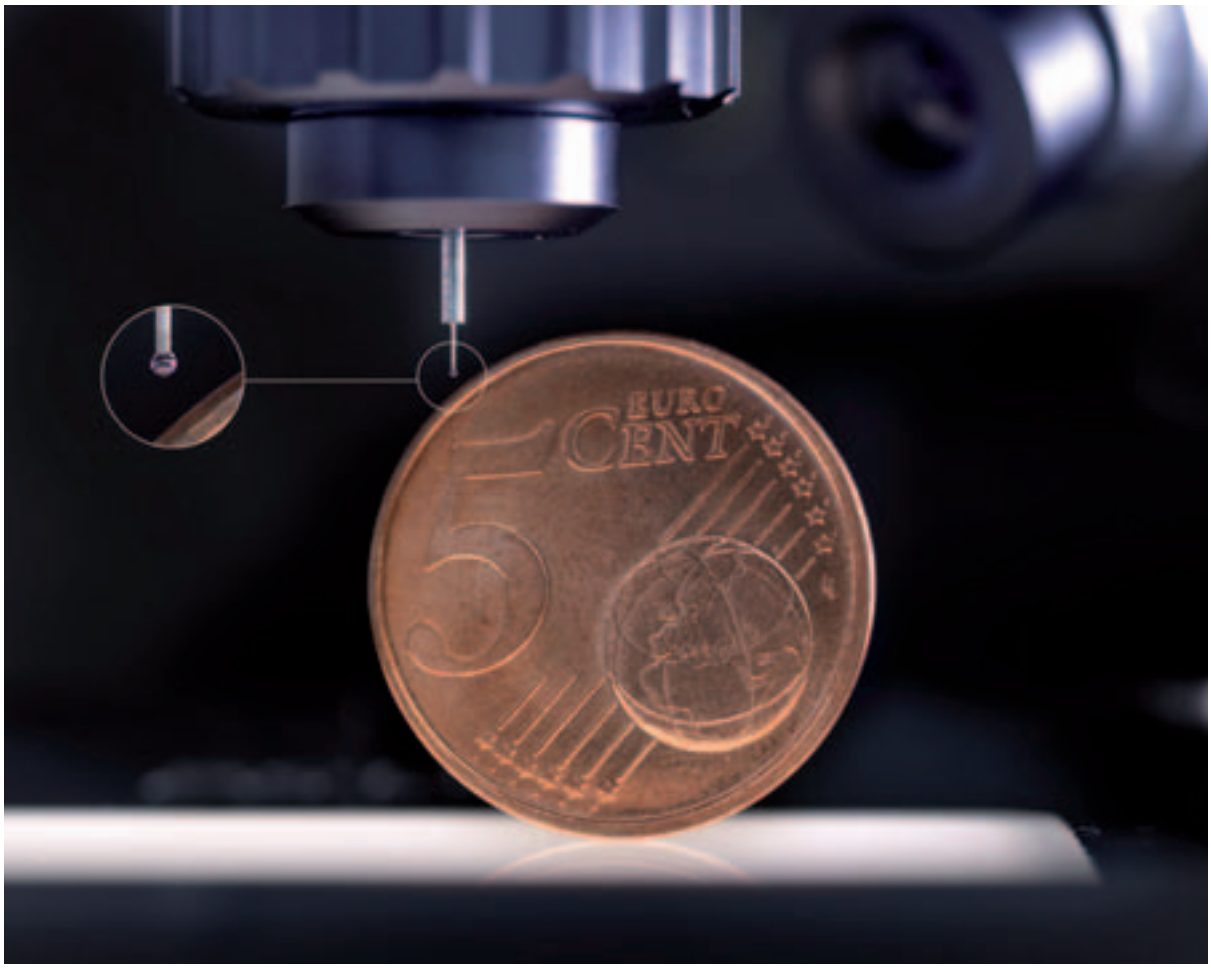
De F25 is ontstaan uit een samenwerkingsproject van drie partijen: de Technische Universiteit Eindhoven, Carl Zeiss en NMi VSL. Doel van het project was het ontwikkelen van een coördinatenmeetmachine waarmee objecten kunnen worden gemeten met submillimeter-aspecten (posities en diameters van boringen, wanddiktes, enzovoort), en dat met een submicrometer-onzekerheid. In de eerste fase van het project is aan de TU Eindhoven een demonstrator ontwikkeld. Deze is vervolgens door Carl Zeiss doorontwikkeld tot een commercieel product. In beide fasen heeft NMi VSL metrologische kennis ingebracht bij de ontwikkeling. Het eerste productie-exemplaar van de F25 is geïnstalleerd in het Nanolab van NMi VSL. Het kalibratietraject van deze F25 is voltooid, zodat de machine ingezet kan worden voor externe opdrachtgevers.

De F25 bestaat uit een aluminium platform, dat beweegt in de x- en y-richting op een granieten tafel met behulp van luchtlagering; zie Figuur 2. In het platform is de pinole opgehangen die zorgt voor de beweging in de z-richting. Het tastsysteem bevindt zich aan het uiteinde van de pinole. De posities van het platform en de pinole worden uitgelezen met behulp van linialen. De leeskoppen voor de x- en y-linialen bevinden zich op twee tussenlichamen, die vrij kunnen bewegen loodrecht op de meetrichting. Door deze constructie worden Abbe-fouten tot nul gereduceerd in het horizontale middenvlak van het meetvolume en daarbuiten sterk verminderd. In totaal heeft de F25 slechts 13 geometrische afwijkingen, tegenover typisch 21 voor een conventionele CMM. Het meetbereik bedraagt 100 x 100 x 100 mm^3.



Het gebruik van aluminium zorgt voor een goede warmtegeleiding, waarmee temperatuurgradiënten binnen de machine worden gereduceerd. Daarnaast is de thermische lus geoptimaliseerd, zodat bij temperatuurveranderingen het werkstuk niet verschuift ten opzichte van het coördinatensysteem. Desondanks is een goede temperatuurstabiliteit noodzakelijk om vervormingen door gradiënten en tweede-orde-effecten door onzekerheden in de uitzettingscoëfficiënten te minimaliseren.

Figuur 2. Schematische weergave van het mechanische ontwerp van de F25 µ-CMM.
P: taster; T: granieten tafel; PL: platform; A en B: tussenlichamen; I en II: geleidingen; x en y: liniaalhouders; z: pinole; Dx en Dy: aandrijvingen. (Afbeelding: Marc Vermeulen, TU/e)



Figuur 3. De taster van de F25 µ-CMM. De diameter van de hier gemonteerde taster bedraagt 300 µm.

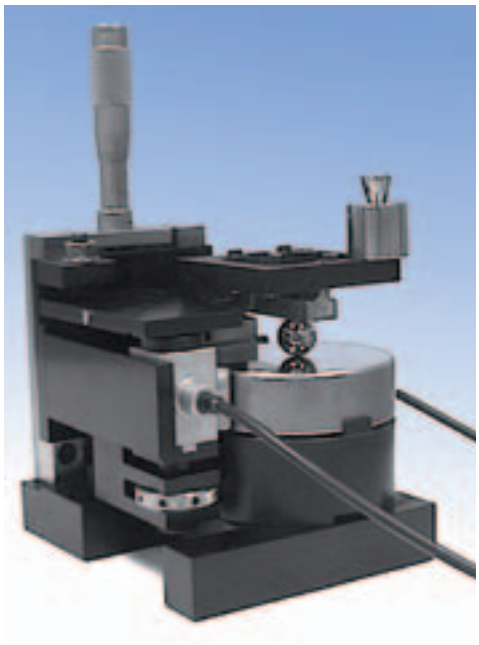
De F25 beschikt over een tactiel en een optisch meetsysteem. Het tactiele meetsysteem meet door middel van het aantasten van het object met een tasterkogel. Deze tasterkogel heeft een diameter van 120 of 300 µm, hetgeen veel kleiner is dan in een gewone CMM; zie Figuur 3. Hierdoor kan de F25 meten in boringen van minder dan een millimeter. De taster is op een silicium membraan gelijmd. In dit membraan zitten piëzoresistieve elementen die de tasteruitwijking meten. De meetkracht mag gezien de kleine tasterradius niet te hoog zijn, om plastische vervorming van het te meten object te voorkomen, en de elastische vervorming te minimaliseren. Deze bedraagt dan ook slechts 500 µN. Het optische meetsysteem bestaat uit een 2D-visionsysteem met 13 maal vergroting dat langs de z-as is gemonteerd. In de rest van dit artikel richten we ons op tactiele metingen.

Kalibratie van de F25

Om de herleidbaarheid van de F25 te realiseren moet deze gekalibreerd worden. De totale kalibratie heeft een tweetal aspecten. Allereerst moeten periodiek de geometrische afwijkingen, zoals de rotatieafwijkingen van de geleidingen en de haaksheid, worden gemeten. Deze kalibratie vereist specialistische kennis en apparatuur, zeker gezien de benodigde nauwkeurigheid. NMi VSL beschikt hierover en kan deze kalibratie in eigen beheer uitvoeren. Daarnaast moet elke nieuw gemonteerde taster worden gekalibreerd. De besturingssoftware van de F25 beschikt over speciale functies hiervoor, waarmee dit kalibratieproces semi-automatisch verloopt.

De tasterkalibratie omvat de kalibratie van de tastergevoeligheid en de tasterdiameter. De tastergevoeligheid wordt gekalibreerd door de taster tegen een plat vlak te plaatsen en het platform loodrecht hierop te bewegen. Het tastersignaal dat van de piëzo-elementen in de membraan komt kan zo worden gekalibreerd tegen de linialen.

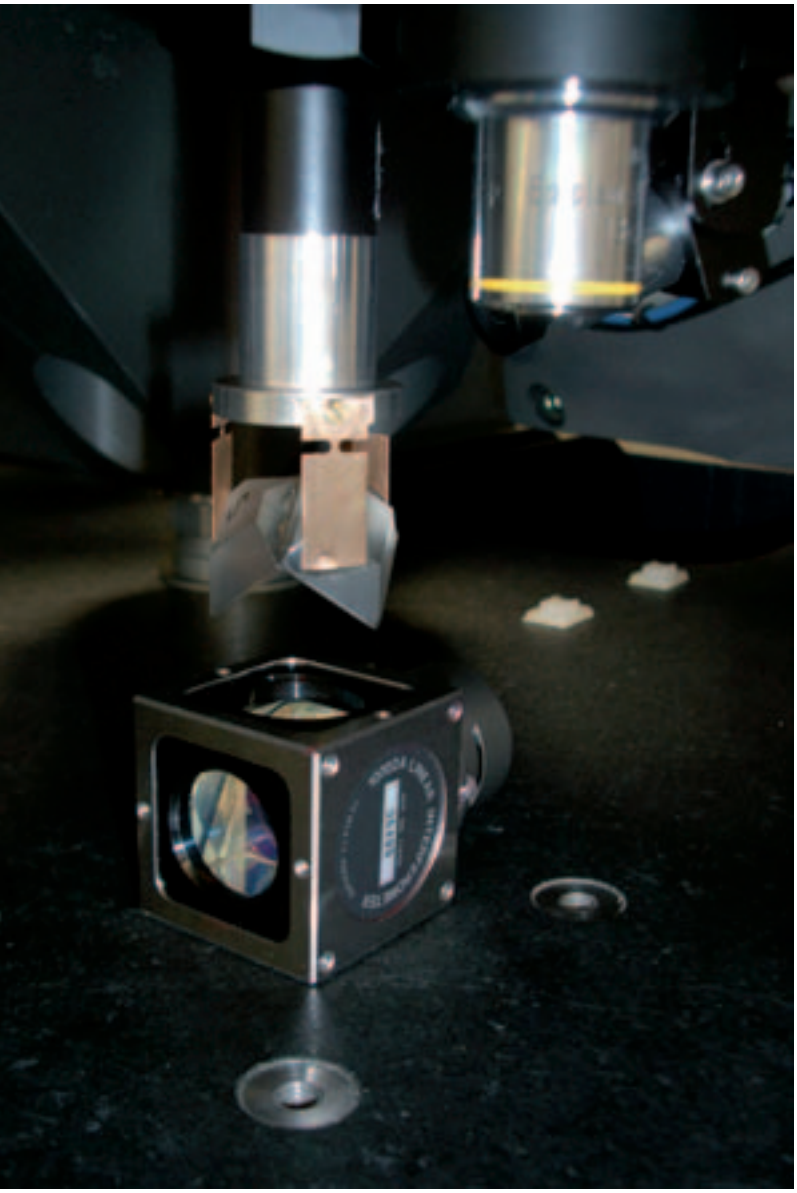
Behalve de gevoeligheid van de taster moet ook de diameter worden bepaald, aangezien deze bij de gemeten verplaatsing van de linialen moet worden opgeteld (voor een binnenmaat) of afgetrokken (voor een buitenmaat). De tasterradius wordt gemeten met behulp van een referentiekogel met een bekende diameter, net als bij een gewone CMM. De nauwkeurigheid waarmee deze referentiekogel zelf is gekalibreerd is natuurlijk extra belangrijk. Om deze reden heeft NMi VSL een speciaal kogelmeetinstrument ontworpen, waarmee de diameter van referentiekogels kan



Figuur 4. Het door NMi VSL ontworpen kogelmeetinstrument, waarmee de diameter van referentiekogels met een onzekerheid van 35 nm kan worden gemeten.

worden gemeten met 35 nm onzekerheid; zie Figuur 4. Dit unieke instrument meet de diameter van de kogel interferometrisch door hem in te sluiten tussen twee parallelle eindmaten. De kracht op de kogel wordt gevarieerd, zodat de diameter bij meetkracht nul kan worden bepaald. De rondheid van de referentiekogels kan worden gemeten in NMi VSL's state-of-the-art rondheidsmeter, die een onzekerheid van 5 nm heeft. De geselecteerde referentiekogels voor de F25 hebben een nominale diameter van 8 mm en een onrondheid van minder dan 25 nm. De tasterdiameter kan hiermee worden bepaald met een reproduceerbaarheid van 18 nm.
De geometrische afwijkingen bestaan uit de afwijkingen van de drie assen in termen van lineariteit, hoekafwijking en rechtheid, gecombineerd met de haaksheid van de assen. Lineariteit, hoekafwijking en rechtheid worden gemeten met een laserinterferometer; zie Figuur 5. De laser is rechtstreeks tegen de primaire standaardlaser gekalibreerd, voor een zo direct mogelijke herleidbaarheid. Belangrijk is verder een uiterst nauwkeurige uitlijning met behulp van een positiegevoelige detector, en een zorgvuldige beheersing en registratie van de klimaatcondities. Door het gebruik van speciale software die tegelijkertijd de machine aanstuurt

en de laserinterferometer uitleest, kan een gedetailleerde karakteristiek van de as in kwestie worden vastgelegd. Op basis van de gemeten afwijkingen wordt vervolgens een compensatieveld uitgerekend, waarmee voor de afwijkingen kan worden gecorrigeerd.



Figuur 5. Opstelling voor het meten van de lineariteitsafwijking van de z-as. De speciaal geconstrueerde lichtgewicht retroreflector is op de tasterhouder geschroefd, zodat precies op de positie van de taster wordt gemeten.

De haaksheid van de F25 wordt gekalibreerd met een omslagmethode, gebaseerd op de afstand tussen twee bollen die onder een hoek ten opzichte van de assen zijn geplaatst. De bollen worden gemeten in twee standen die ten opzichte van elkaar 180 graden gedraaid zijn. Uit het verschil tussen de gemeten afstand kan de haaksheidsafwijking worden berekend.

Onzekerheidsbudget

De resultaten van de kalibratie van de F25 zijn een belangrijke input voor het onzekerheidsbudget. Er zijn drie hoofdbronnen voor de onzekerheid: de geometrische afwijkingen, thermische effecten en tastergerelateerde effecten. De geometrische afwijkingen zijn gemeten met een bepaalde onzekerheid, die natuurlijk doorwerkt in de totale onzekerheid van de machine. Daarnaast laat de besturingssoftware het (nog) niet toe om voor alle afwijkingen te corrigeren; de niet-gecorrigeerde afwijkingen moeten als onzekerheid worden meegenomen. Ook de lange-termijndrift in de afwijkingen moet worden afgeschat en als onzekerheidsbron worden meegenomen. Uit de historie die we tot nu toe hebben vergaard, blijkt dat de stabiliteit van de geometrische afwijkingen van de F25 geen probleem is.

Thermische onzekerheidsbijdragen zijn geminimaliseerd in het ontwerp van de F25 door het gebruik van Zerodur linialen en de gecompenseerde thermische lus. Wat overblijft zijn secundaire effecten ten gevolge van de onzekerheden op de uitzettingscoëfficiënten van de gebruikte materialen en vervormingen als gevolg van een niet-uniforme temperatuurverdeling.

De taster draagt op meerdere manieren bij aan de onzekerheid. Allereerst is er de onzekerheid op de tasterdiameter en de tasteronrondheid. Daarnaast introduceert de interactie tussen de taster en het oppervlak van het te meten object onzekerheden, bijvoorbeeld door elastische vervorming van taster en/of object. Tot slot is er in het onzekerheidsbudget een term opgenomen voor de herhaalbaarheid.

De onzekerheid waarmee een punt kan worden gemeten ten opzichte van een ander punt hangt af van de positie die deze punten innemen in het meetvolume. Voor een typische afstand van 10 mm bedraagt de 3D meetonzekerheid 180 nm.

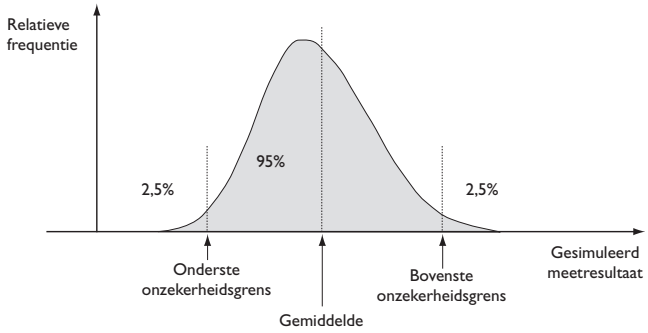
Kalibraties met de F25

De F25 is uitgerust met het Calypso softwarepakket van Zeiss, waardoor in principe dezelfde meettaken kunnen worden uitgevoerd als met een conventionele CMM, dat wil zeggen: meting van plaats, afmeting en vorm van allerlei geometrische elementen. De verschillen zijn dat er binnenin veel kleinere ruimtes kan worden gemeten door de kleinere taster en dat de onzekerheid op een ander niveau ligt. Daarentegen is het meetvolume beperkter en is er momenteel maar één mogelijke tasterconfiguratie, met een verticale taststift van beperkte lengte.

Een mooi voorbeeld van het soort object dat met de F25 goed kan worden gemeten is de basisplaat van een mechanisch horloge, waarop de draaiende onderdelen bevestigd zijn. Het is natuurlijk belangrijk dat alle onderdelen op de juiste afstand ten opzichte van elkaar geplaatst zijn, hetgeen gecontroleerd kan worden door de posities van de boringen op te meten. Natuurlijk is ook de diameter van de boringen van belang, en of ze mooi recht geboord zijn. Dit alles kan met de F25 gemeten worden. Het is zelfs mogelijk een beeld te krijgen van de rondheid van de boringen of van de regelmaat van de vertanding van de tandwielen zelf.

Om herleidbare kalibraties te kunnen uitvoeren met de F25, moet ook de onzekerheid die hoort bij de meettaak in kwestie worden bepaald. Dit is geen triviale opgave, ook niet als de 3D punt-tot-punt onzekerheid van de F25 als gegeven wordt beschouwd. Daarvoor zijn een aantal oorzaken aan te wijzen. Allereerst wordt een meetresultaat vrijwel altijd bepaald uit meerdere meetpunten, bijvoorbeeld bij het meten van de diameter van een cirkel. De onzekerheden in de individuele punten moeten op de goede manier worden gecombineerd tot een onzekerheid op het eindresultaat. Daarbij moet rekening worden gehouden met de correlaties tussen de punten onderling. Deze correlaties komen voort uit effecten die meerdere punten tegelijk beïnvloeden. Een goed voorbeeld hiervan zijn haaksheidsafwijkingen. Een verdere moeilijkheid is het gebruik van niet-analytische berekeningsstappen in de verwerking van de meetpunten, zoals golflengte-afhankelijke filtering en het fitten van vlakken, cilinders, enzovoort.

De oplossing die NMi VSL hiervoor hanteert is het bepalen van de taakspecifieke meetonzekerheid door middel van zogeheten Monte Carlo-berekeningen. Hierbij wordt een softwaremodel gemaakt van de meting en de F25 zelf. De gemeten punten dienen als input voor dit model, evenals een verzameling modelparameters. Voor elk van deze inputgegevens wordt een onzekerheid en een kansverdeling gespecificeerd. Vervolgens worden door random variatie binnen de gespecificeerde onzekerheid nieuwe waarden gesimuleerd. Voor elke set gesimuleerde meetwaarden en modelparameters wordt het bijbehorende meetresultaat uitgerekend. Dit wordt een paar duizend keer herhaald, waardoor een verdeling van meetresultaten ontstaat. Uit de spreiding van de gesimuleerde meetresultaten kan dan de onzekerheid worden bepaald; zie Figuur 6.



Figuur 6. Taakspecifieke onzekerheidsberekening door middel van Monte Carlo-simulaties. Er wordt een verdeling van meetresultaten berekend door de meetpunten en modelparameters random te variëren binnen hun meetonzekerheid. Hieruit kan het onzekerheidsinterval op het meetresultaat worden bepaald. In dit geval komen de onzekerheidsgrenzen overeen met een betrouwbaarheid van 95%.

Auteursnoot

Marijn van Veghel is als wetenschappelijk medewerker verbonden aan NMi VSL. Tijdens de Precisiebeurs 2007 verzorgde hij een lezing over het onderwerp van dit artikel. NMi VSL bedankt TU Eindhoven en Carl Zeiss voor de samenwerking.

Informatie

NMi Van Swinden Laboratorium
Marijn van Veghel
Tel. 015 - 269 15 17 / 15 00
mvveghel@nmi.nl
www.nmi.nl

MEMPHIS: van elektronen

Er komt licht in de elektronische pijp. Fotonen zijn in staat de huidige elektronische chips te verrijken met aangename eigenschappen. De honger naar bandbreedte en het meten van ingewikkelde fysische fenomenen vormen de aanleiding voor de ontwikkeling van een nieuwe 'merging' technologie. De mix van hoogfrequente elektronica met fotonica in een op CMOS gebaseerd proces vormt de basis voor de volgende generatie chips. Het ontwikkelen van deze veelbelovende technologie is de uitdaging voor het MEMPHIS-consortium. MEMPHIS staat voor Merging Electronics and Micro&nano PHotonics in Integrated Systems. Het consortium bestaat uit 22 relevante spelers op dit gebied, waaronder de drie technische universiteiten, multinationals zoals ASML, Alcatel, FEI en Philips, en MKB'ers zoals penvoerder LioniX uit Enschede.

In 2006 ging het subsidieprogramma Smart Mix van start. Een gezamenlijk initiatief van de ministeries van EZ (via SenterNovem) en OCW (via NWO). Het doel is om op basis van vragen in de markt en de maatschappij innovatie te stimuleren. Daarbij moet zoveel mogelijk de hele kennisketen worden benut, van fundamenteel en toegepast onderzoek tot en met preconcurrentiële ontwikkeling (prototypes). In voorjaar 2007 werd in de eerste ronde 100 miljoen euro subsidie toegekend aan zeven onderzoeksprogramma's, waaronder MEMPHIS.

LioniX

Al sinds een tiental jaren is LioniX actief in de wereld van fotonica en elektronica. Het is dan ook een logische stap dat juist LioniX de penvoerder is geworden van MEMPHIS, en samen met HB Berenschot dit project van de grond heeft gekregen. LioniX ontwikkelt en produceert klantspecifieke producten gebaseerd op micro/nanotechnologie ('chips') voor (OEM-)klanten over de gehele wereld. De kerncompetenties van LioniX zijn geïntegreerde optica en microfluidics, met toepassingen in telecom, industrial process control, life sciences en space. In de geïntegreerde optica heeft LioniX een unieke positie opgebouwd op het gebied van planaire golfgeleiders ('fibers on chip'), het basiselement van geïntegreerde optica; daarop zijn al meerdere patentaanvragen gebaseerd (TriPleX). Deze TriPleX-golfgeleiders kunnen gerealiseerd worden met een CMOS-compatibele technologie, waardoor ze in potentie in grote aantallen zeer goedkoop geproduceerd kunnen worden.

MEMPHIS: Best of both worlds

Nieuwe technologische ontwikkelingen bieden oplossingen voor allerlei behoeften in ons dagelijks leven. Hierbij is het omgaan met data, internet, mobiele telefonie en vooral het 'managen' van videobeelden een steeds belangrijker uitdaging. De MEMPHIS-partners zien in dat er in de

Smart mixen en fotonen

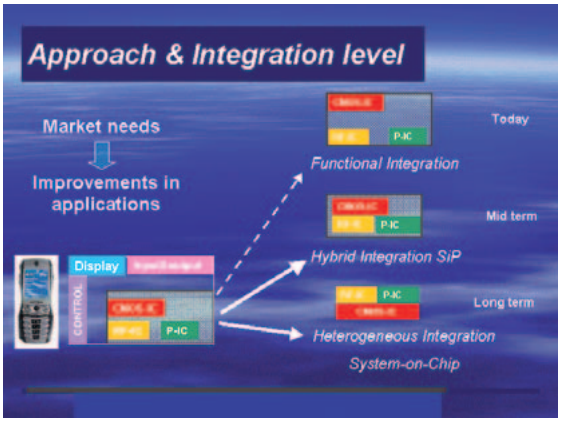
micro/nanoelektronica en in de micro/nanofotonica de laatste jaren geweldige resultaten geboekt zijn, die een prima oplossing kunnen gaan bieden. Vooral door de elektronische en fotonische technologie te 'mixen', worden veel nieuwe mogelijkheden gecreëerd die kunnen beantwoorden aan de genoemde verwachtingen. Voor MEMPHIS zijn de volgende applicatiegebieden gedefinieerd:

1. Medische toepassingen;
2. Imaging;
3. Communicatie en informatie;
4. Displays, licht en sensoren.

Synergetische effecten zorgen ervoor dat de onderzoeksresultaten eerder een platformtechnologie dan een individuele oplossing worden. MEMPHIS staat voor deze universele platformtechnologie. Deze biedt tevens de bouwblokken waarmee weer andere producten kunnen worden gemaakt. Bouwblokken zijn in dit geval componenten, processen, technologie en applicaties of delen daarvan.

Integratieniveaus

De integratieniveaus om elektronische en fotonische technologie samen te voegen zijn als volgt opgedeeld (zie Afbeelding 1): functionele, hybride en heterogene integratie. Het samenbrengen van fibers met besturingselektronica in één behuizing voor bijvoorbeeld medische meetinstrumenten is van het functionele niveau. In veel gevallen vragen eindproducten al snel om kleinere afmetingen. In analogie met de chipassemblage zal een hybride integratie met assemblageprocessen ervoor zorgen dat de elektronische en fotonische componenten samen in één behuizing worden gezet. Gebruikelijke plaatsingseisen liggen in de ordegrootte van 1-10 µm. De meest vergaande samenvoeging van de elektronica en fotonica komt tot uiting in de heterogene integratie, oftewel het gebruik van één enkel substraat als drager om alle elektronische en fotonische schakelingen te integreren. Dit vraagt enerzijds om de technologische mogelijkheid deze twee werelden aan elkaar te knopen, en anderzijds om een productieproces waarbij beide op één enkel substraat gemaakt kunnen worden. De heterogene integratie biedt uiteindelijk de ultieme oplossing met de kleinste afmetingen, en zal zeker voor de grotere aantallen producten worden ingezet. Deze heterogene integratie vergt wel de grootste ontwikkelinspanning, inclusief de ontwikkeling van procesapparatuur. Daarbij worden nauwkeurigheden richting 1 nm wenselijk.

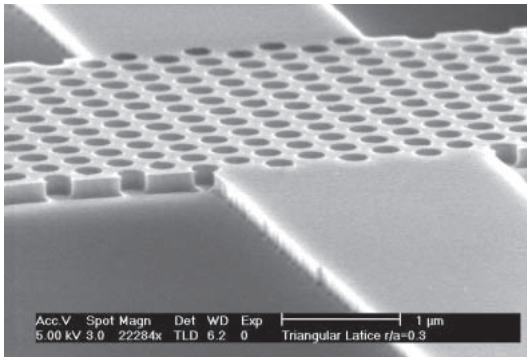


Afbeelding 1. De drie niveaus geven aan op welke wijze de elektro-fotonische integratie kan worden doorgevoerd: functioneel, hybride of heterogeen.

Technologie

Voor de benodigde additionele functionaliteit voor krachtige elektro-fotonische chips zullen meerdere geïntegreerde lagen gestapeld moeten worden. Voor deze 3D-oplossingen zijn technologische doorbraken nodig, bijvoorbeeld op het gebied van combinatie van de verschillende materiaalsoorten. De heilige graal is hier het op één chip combineren van silicium (het elektronisch materiaal bij uitstek) en III-V halfgeleiders, de ideale fotonische materialen. In dit kader is een veelbelovende mogelijkheid silicium te gebruiken voor hoogfrequent lichtgeleiding tussen III-V optische componenten, een aanpak die compatibel is met CMOS-elektronica. Het daadwerkelijk on-chip toepassen van lichtgeleiding in silicium staat nog in de kinderschoenen. Verder is de koppeling van elektronen en fotonen een belangrijk aandachtsgebied. Het vraagt om de nodige uitvindingen in interactie-technieken om beide werelden aan elkaar te knopen. Digitale schakelingen zullen niet beperkt blijven tot het elektronisch domein. Fotonische rekenkracht zal gebaseerd zijn op devices als de te ontwikkelen opti-

sche transistor. De fotonische flip-flop wordt door de TU/e ontwikkeld, met veelbelovende resultaten. Nog een stapje verder gaat het met het gebruik van fotonische kristallen, waaraan het Amolf en het Kavli Instituut werken. Met een dergelijk kristal – bijvoorbeeld een regelmatig patroon van geëtste zeer kleine gaatjes (≈ 200 nm) in silicium (zie Afbeelding 2) – kan de fotonenstroom volledig geregeld worden.

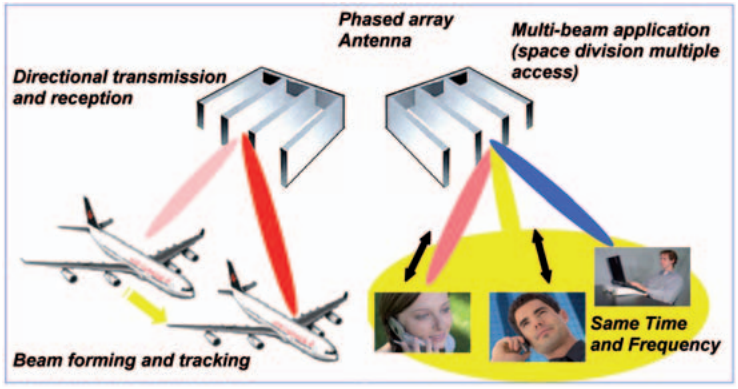


Afbeelding 2. Twee-dimensionaal fotonisch kristal in silicium met golfgeleiders voor het in- en uitkoppelen van licht. Het onderzoek richt zich onder meer op het afwisselend doorlaten en blokkeren van het licht met behulp van het kristal (modulator). (SEM-opname: Kavli Instituut)

Dit risicovolle fundamentele onderzoek kan tot enorme doorbraken leiden. Uiteindelijk levert de technologie de handvatten voor zeer geavanceerde componenten, zoals multiplexers voor boven 100 GHz, beamshaping-structuren, splitters en processoren. Voeg dit toe aan de nieuw te ontwikkelen elektro-fotonische SMD's en PCB's, en de bouwstenen van het platform worden zichtbaar.

Demonstrators: Smart antennes

Deze componenten vinden hun weg naar de applicaties. Daarbij gaat het vooral om de gebruikerseisen van deze applicaties, die vertaald moeten worden naar de benodigde functies en eisen aan de nieuwe componenten, systemen en technologie. Smart antennes vormen daarbij een mooi voorbeeld; zie Afbeelding 3. Een smart antenne is een richtantenne bestaande uit meerdere antenne-elementen, die – zonder fysieke beweging – zijn 'kijkrichting' kan aanpassen, voor een optimale afstemming van een ontvangstantenne met de zender. Optimaal energiegebruik en minder stralingsgevaar voor de mens zijn het gevolg. Het richten gebeurt door het golffront dat op de antenne terechtkomt te corrigeren, namelijk door de signalen van de verschillende antenne-elementen onderling te synchroniseren en te combineren. Normaal wordt deze synchronisatie uitgevoerd als elektronische fasecompensatie. Het is echter beter daadwerkelijk in de tijd te compenseren door de signalen onderling te vertragen, want pas dan wordt het golffront frequentieonafhankelijk gecorrigeerd. Om de kijkrichting ook nog eens traploos te kunnen bijsturen, is het nodig deze vertragingen traploos te kunnen regelen. Dit is mogelijk door de signalen eerst te converteren naar het optische domein, om ze vervolgens te vertragen en te combineren door middel van een zogeheten optisch beamforming network, en terug te brengen naar het elektrische domein. De traploos regelbare vertragingen in het beamforming network kunnen worden gerealiseerd op basis van ringresonatoren, uitgevoerd als 'on-chip'-golfgeleiders, die weer worden gemaakt met MEMPHIS-technologie. Hierbij is er sprake van interdisciplinaire samenwerking tussen antennespecialisten (NLR en Astron), optische systeem-engineers (UT) en optische fabricage-experts (LioniX).



Afbeelding 3. Een voorbeeld van meervoudige communicatiekanalen waarbij meerdere gebruikers mobiel communiceren met minimaal energiegebruik door richtingsgevoelige smart antennes.

Voor het produceren van al deze nieuwe componenten wordt een nieuw integraal productieproces ontwikkeld. Dit betekent dat zowel de lithografische processen op ASML-machines als de depositie- en etsprocessen ontwikkeld moeten worden. Een belangrijke additionele stap hierbij is het meetproces om de geïntegreerde lichtgeleiders te kunnen meten. Dit moet met nanometer-nauwkeurigheid over een lengte van enkele micrometers worden uitgevoerd. Een hele uitdaging voor FEI, dat hiervoor een nieuwe microscoop gaat ontwikkelen.

Lithografie voor geïntegreerde optica

Lithografie maakt een belangrijk onderdeel uit van de productieketen. ASML's nieuwste generatie lithografie-machines (XT:1900i; zie Afbeelding 4) zijn in staat om chips te belichten met features tot 37 nm. Deze machines worden voornamelijk ingezet voor de massaproductie van 300 mm wafers. Fotonische chips die door het MEMPHIS-consortium worden ontwikkeld, stellen ook nog andere eisen aan de lithografische stappen. Daarbij worden bij-voorbeeld ook andere materialen voor substraten gebruikt, zoals InP en GaAs. De substraatkeuze is daarbij afhankelijk van de toepassingen van de componenten. Het gevolg is dat de standaard lithografische processen moeten worden aangepast, uitgebreid of verbeterd. De nauwkeurigheids-eisen zijn overeenkomstig met de reguliere IC-productie gebaseerd op silicium.

De complexiteit van een fotonische chip neemt toe met de hoeveelheid bouwblokken die op een enkel substraat geïn-tegreerd moeten worden. Hoe hoger de integratiegraad, des te complexer de lithografie zal worden, met een belangrijke link naar functionele integratie-aspecten. Het wordt namelijk steeds ingewikkelder om fiber-chipkoppelingen te ontwerpen tegen een lage kostprijs als de dichtheid aan componenten toeneemt. Samen met de elektrische interconnecties vormt dit een grote uitdaging. Het lithografieproces is daarbij geba-seerd op drie stappen: 1) de fabricage van een masker met een patroon om een enkellaags-belichtingsstap uit te voeren, 2) de chemie waarbij de belichting van het patroon wordt toegepast, 3) het patroneer-transfereerproces zelf, dat een ets- of depositiestap kan zijn. Indien er meerdere lagen moe-ten worden opgezet, zullen de drie stappen even vaak wor-den herhaald. De onderlinge nauwkeurigheid, de zogeheten overlay, moet hierbij op nanometerniveau liggen.

Afbeelding 4. ASML's nieuwste generatie lithografiemachines, XT:1900i.

Simulatieroute

Voor een kortere 'time-to-market' is een efficiënt ontwikkeltraject noodzakelijk. Een optimale simulatieroute voor de ontwikkeling van componenten is hierbij onontbeerlijk. Het ontwikkelen van simulatiesoftware (PhoeniX) voor de nodige 'voorspellings'-algoritmes maakt daar nadrukkelijk onderdeel van uit. Het vooraf kunnen aantonen van de juistheid van de ontwerpkeuzes, neemt al veel onzekerheid weg. Om de simulatie verder te optimaliseren, is een goede terugkoppeling vanuit het testtraject noodzakelijk. Iedere keer wordt dan een verbetering doorgevoerd en wordt kennis opgebouwd en weer hergebruikt. Daarbij wordt de 'reproduceerbaarheid' weer verbeterd. Een andere belangrijke stap in de simulatieroute is het daadwerkelijk kunnen maken van enkelvoudige componenten. Hiertoe zal met prototyping-apparatuur de mogelijkheid worden geschapen om enkelvoudige optische chips uit een substraat te separeren. Hiervoor wordt op basis van elektronenmicroscopie prototyping-apparatuur ontwikkeld om daadwerkelijk componenten uit substraten te separeren. Daardoor ontstaan er fysiek testbare enkelvoudige componenten, waardoor ook weer de 'reproduceerbaarheid' wordt verbeterd.

Partners

Het MEMPHIS-consortium vormt een uitgebalanceerd geheel; zie Tabel 1. De drie technische universiteiten zijn vertegenwoordigd, evenals de belangrijkste kennisinstituten op dit gebied. Daarnaast vormen de multinationals en opstartende MKB'ers een prima complementair evenwicht.

Tabel 1. Het MEMPHIS-consortium.

Multinationals • Philips (Lighting, Electronics) • ASML • FEI • Alcatel	**MKB'ers** • LioniX • Mapper • PhoeniX • Genexis • Tempress • River Diagnostics
R&D • Cobra, TU/e • Dimes en Kavli, TUD • Mesa+ en CTIT, UT • Erasmus Universiteit • VU • AMC	**Instituten** • FOM/Amolf • Astron • NLR • TNO • IMEC (B)

Kennis naar de markt, daar gaat het uiteindelijk om. Om dat te bereiken dienen de samenwerkingsprocessen zo goed mogelijk te verlopen. Erik Teunissen van HB Berenschot verzorgt hierbij de algehele projectcoördinatie, samen met Bart Verbeek, voorzitter van het IOP Photonic Devices, als programmamanager. LioniX is de penvoerder en gezamenlijk wordt het gehele project nauwlettend gestuurd. Hier is een balans noodzakelijk tussen projectstructuur en vrijheid in de ontwikkeling. Structuur is daarbij noodzakelijk om de 150 projectparticipanten goed te laten samenwerken. Daarbij krijgen inspirerende ideeën de ruimte om tot bloei te komen. Uiteindelijk rendeert een goede procesbegeleiding in de beoogde resultaten.
MEMPHIS is dan ook een veelbelovende technologie.

Informatie

memphis@hbberenschot.com
www.smartmix-memphis.nl

Het PrecisiePortaal

Om de lezer kennis te laten maken met NVPT-website het PrecisiePortaal, worden in deze terugkerende rubriek interessante publicaties uit het verleden besproken. Ditmaal worden de miniatuurmotoren en -generatoren van Kinetron in Tilburg belicht. Dit gebeurt aan de hand van het artikel van toenmalig technisch directeur P.F. de Vries in Mikroniek 1995 nr. 4.

• *Jeroen Heijmans* •

Internetsite het PrecisiePortaal is de officiële website van de NVPT. Deze bevat informatie over de vereniging en haar leden, nieuwsberichten en een database met technische publicaties, de PrecisieMatrix. Het succes van de website neemt nog steeds toe, met nu zo'n 7.500 unieke bezoekers per maand. Een interessante plaats dus voor bedrijven om informatie te plaatsen, hetzij een publicatie of een nieuwsbericht, hetzij een bedrijfslogo.
Om dit succes te behouden, wordt de website elk jaar uitgebreid en verbeterd. Zo zijn het afgelopen jaar de behaalde resultaten van het IOP Precisietechnologie online geplaatst. In de database zijn interviews met de onderzoekers en hun publicaties te vinden door te zoeken op "IOP" of het betreffende onderwerp. Komend jaar zal de database verder worden aangevuld met IOP-resultaten.

Sinds begin dit jaar worden nieuwe internetpagina's geïntroduceerd. Voor de NVPT-leden zal er een besloten omgeving worden gecreëerd waar presentaties van de kennisdagen of cursussen beschikbaar worden gesteld, evenals notulen en adresgegevens. Ook kunnen er rapporten, van de nationale of Europese overheid of van marktpartijen, worden gepubliceerd, die van belang zijn voor de precisietechnologische industrie. Voorts komen er Engels- en

Duitstalige NVPT-pagina's om de vereniging internationaal een gezicht te geven. Een ieder wordt van harte uitgenodigd ideeën aan te dragen en deze wellicht mee te komen realiseren.

Kinetron in 1995

Gestart als eenmansbedrijf met het visionaire doel een automatisch kwartshorloge te ontwerpen, heeft Kinetron zich in 1995 ontwikkeld tot een bedrijf met veertien medewerkers, waarvan de helft zich bezighoudt met het ontwikkelen van nieuwe producten en productieapparatuur. Door de specifieke knowhow op terreinen als fijnmechanische techniek, micro-elektronica en micro-assemblage is Kinetron zich een positie aan het verwerven als co-maker en ontwikkelaar van specialistische producten zoals microgeneratoren voor de uurwerkindustrie (Figuur 1) en micromotoren voor de medische industrie. Een sterke troef blijkt de zelfontwikkelde en gepatenteerde microgeneratortechnologie. Middels deze microgeneratoren kunnen kleine autonome systemen worden voorzien van een eigen voeding. In 2008 blijken dit soort systemen een bredere markt en grotere vraag te hebben gekregen. Kinetron is dan ook nog steeds succesvol in het innoveren van deze microsystemen.

Figuur 1. Uurwerk met een microgeneratorsysteem van Kinetron.

Ontwikkelingen van horloges

Met de opkomst van het uiterst nauwkeurige, op tijd lopende kwartshorloge verdween de conventionele uurwerkindustrie. Een eeuwig lopend horloge bleek bij de kwartshorloges nog niet gerealiseerd, doordat de batterij die voor energie zorgt uitgeput raakt. Bij mechanische horloges was dit energieprobleem al opgelost door de kinetische energie van het bewegen van de arm te gebruiken om de veer op te wikkelen. Zodoende hoefde de gebruiker zijn horloge nooit op te winden. Het benutten van de kinetische energie die vrijkomt bij armbewegingen zou voor een kwartshorloge in elektrische energie moeten worden omgezet. In deze gedachtegang was het ontwikkelen van een microgenerator een logische conclusie. Met ondersteuning van de faculteit Elektrotechniek van de TU Eindhoven werd een microgenerator ontwikkeld als energiesysteem. Op basis van dit systeem werd samen met een Zwitsers ingenieursbureau en de Zwitserse horlogefabrikant Jean d'Eve een exclusief horloge voor een kleine markt gemaakt.

De ontwikkeling van de microgenerator blijkt echter ingewikkelder dan op het eerste gezicht lijkt, wanneer men aan een geminiaturiseerde fietsdynamo denkt; zie Figuur 2. Aan de uitgang van de generator is een spanning van 6 Volt nodig die wordt opgeslagen in een buffercondensator (super capacitor) van het formaat van een knoopcel-batterij. Deze heeft een grote capaciteit bij een klein volume.

Figuur 2. Een microgenerator van Kinetron.

Bij het ontwerp van een generator blijkt de spanning af te hangen van vier grootheden die tevens van belang zijn voor het rendement: toerental, aantal rnagnetische polenparen, aantal wikkelingen en het magnetisch veld. Om 6 V uitgangsspanning te krijgen is bij een microgenerator met 14 polen een toerental van tenminste 10.000 omwentelingen per minuut noodzakelijk.
De generator wordt aangedreven door een veer die met een slingermassa wordt opgewonden wanneer hij wordt bewogen. Wanneer de veer tijdens het opwinden een zeker koppel overschrijdt begint de generator te lopen en te versnellen naar 10.000 omw/min. In 10 tot 20 milliseconden is de veer afgelopen, maar dan is er voldoende energie omgezet om het horloge te laten lopen. Na een sportieve activiteit waarbij de arm veel wordt bewogen, is de buffercondensator voldoende opgeladen om 10 dagen looptijd te garanderen. Deze generator heeft een diameter van 8 mm.

Het grote voordeel boven bijvoorbeeld motoren die met behulp van microsysteemtechnologie uit silicium zijn geëtst, is de keuzevrijheid in materialen. Zowel voor lagering, wikkelingen en kernen als magneten kunnen die materialen gekozen worden die de beste eigenschappen hebben.

Autonome energiesystemen

Op basis van deze eerste microgenerator werd een nog kleinere generator ontwikkeld die in volume viermaal kleiner is en driemaal meer energie geeft. Met deze nieuwe microgenerator van 4 mm diameter ontstond een milieuvriendelijke energiebron met oneindige levensduur. De ontwikkeling van dit gepatenteerde systeem bracht Kinetron verder op weg naar autonome energiesystemen waarbij bewegingsenergie van de omgeving door de microgenerator wordt omgezet in een elektrische voeding. Een milieuvriendelijk alternatief voor batterijen.

In de eerste plaats is het nieuwe systeem ontworpen voor de markt van standaard uurwerken. Daarnaast wordt gewerkt aan de toepassing van dit generatorsysteem als alternatieve voedingsbron voor elektronische sloten, medische implantaten, stromingsmeters en bijvoorbeeld een activiteitensensor voor dieren. Door de ontwikkeling van de micro-elektronica ontstaan veel draagbare apparaten met een laag energieverbruik. Daardoor zullen er steeds meer producten op de markt verschijnen die zich lenen voor de inbouw van een microgenerator. Doordat het ongemak dat ontstaat wanneer onverwacht een batterijtje leeg is en vervangen moet worden, vaak veel groter is dan de kosten van een microgenerator, zal deze steeds meer een goed alternatief blijken te zijn.

Micromotoren

Kinetron heeft in 1995 een van ’s werelds kleinste micromotoren ontwikkeld, met grote betrouwbaarheid: een synchroonmotor van 1 mm in diameter en 2,7 mm lengte. De motor is bedoeld voor de aandrijving van een sensor in de tip van een ‘ultrasound imaging katheter’ voor bloedvatonderzoek. De motor verzorgt de directe aandrijving van een scannende spiegel die geluid reflecteert naar de wand van een bloedvat en de reflectie weer ontvangt. Uit de ontvangen echo kan een beeld van de vaatwand worden gemaakt, terwijl de katheter door het vat wordt geschoven. Voor een goede geleiding van het geluid is de katheter met vloeistof gevuld, zodat de motor voldoende koppel moet hebben om de vloeistofwrijving te overwinnen. Daarbij worden eisen gesteld aan de rotatienauwkeurigheid (~ 10 graden) en het toerental van de motor, omdat men voor de beeldopbouw met behulp van het gereflecteerde geluid vrij precies moet weten wat de stand van de spiegel is.
In verband met de verdere miniaturisatie van de toekomstige generatie katheters is recent een nieuw ontwerp getest: een micromotor van 0,7 mm diameter en 1,4 mm lengte. Dit heeft geresulteerd in een succesvol prototype, dat echter anno 2008 (nog) niet is doorontwikkeld tot product.

Naast deze motoren voor de medische markt heeft Kinetron reeds enige tijd zijn tanden gezet in de ontwikkeling van een zestigpolige stappenmotor voor de uurwerkindustrie op basis van een zestigpolige magneet van 6 mm diameter. Ook hier speelt weer dat veel mechanische onderdelen vervangen kunnen worden door het direct aandrijven van de uurwerkwijzers met een motor. Wanneer elk van de wijzers met een aparte motor zou worden aangedreven, dan kunnen alle tandwielen in het uurwerk vervallen. Dit is in 1995 aangetoond met een prototype van een stappenmotor. Dat deze vandaag de dag helaas niet in de winkel verkrijgbaar is, komt door de veranderingen van wensen in de horlogemarkt.

Micropompen

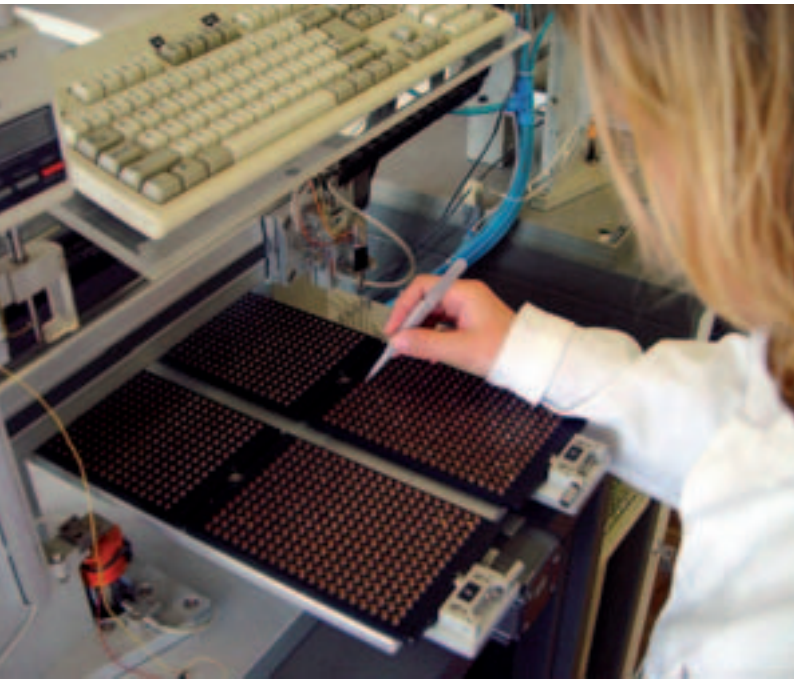
Een nieuw hoofdstuk is de ontwikkeling van microdoseerpompen voor medische implantaten en ruimtevaarttoepassingen (maar ook andere toepassingen zijn denkbaar). Deze pompen kenmerken zich door een klein doseervolume (minimum circa 1 µl/slag), laag energieverbruik, een verwaarloosbare lek en uiteraard de kleine afmetingen. Voor deze markten is Kinetron zowel bezig met het ontwerpen en het ontwikkelen van peristaltische pompen als ook de ontwikkeling van keramische pompsystemen. Daarvoor wordt nauw samengewerkt met enkele firma’s die gespecialiseerd zijn in het met hoge precisie bewerken van keramische delen. Tengevolge van de uiterst nauwkeurige passingen van plunjer en huis is het mogelijk een bijzonder geringe lek te bereiken zonder dat daarvoor extra afdichtingen noodzakelijk zijn. Dit is gunstig voor een laag energieverbruik, omdat het overwinnen van de wrijving van een afdichting tientallen malen meer energie vergt dan het verpompen zelf.

Overige ontwikkelingen

In 1995 heeft Kinetron de ontwikkeling van een naafdynamo voor de fietsindustrie met succes afgesloten. De naaf-

dynamo heeft het voordeel een betrouwbare stroombron te zijn die niet wordt beïnvloed door factoren als regen of slippen op de band. Problemen bij het ontwikkelen zijn het beperkte inbouwvolume en het lage toerental van het wiel, dat circa dertigmaal lager is dan dat van een normale fietsdynamo. Wanneer bovendien als doel wordt gesteld om de dynamo naast een trommelrem te kunnen inbouwen, dan is de ruimte zeer beperkt. De ontwikkelde dynamo is vijftigpolig en kan ook bij een zeer laag toerental reeds de vereiste spanning leveren. Omdat de mechanische overbrenging geheel verdwenen is, kost het de fietser minder energie. Het rendement is 60% en daarmee tweemaal zo hoog als het rendement van een standaarddynamo.

Een ander buitenbeentje is de gestarte ontwikkeling van een mechanisch telwerk waarvan de stand ook elektronisch uitgelezen kan worden door middel van gecodeerde magneetjes. Het telwerk kenmerkt zich doordat alleen gedurende het uitlezen een elektrische voeding nodig is en doordat de mechanische en de elektronische tellerstand één en dezelfde zijn. Ook op het gebied van ontwerp, ontwikkeling en productie van hoogwaardige magneetkoppelingen liggen er interessante toepassingsmogelijkheden voor de ontwikkelde magneettechnologie.



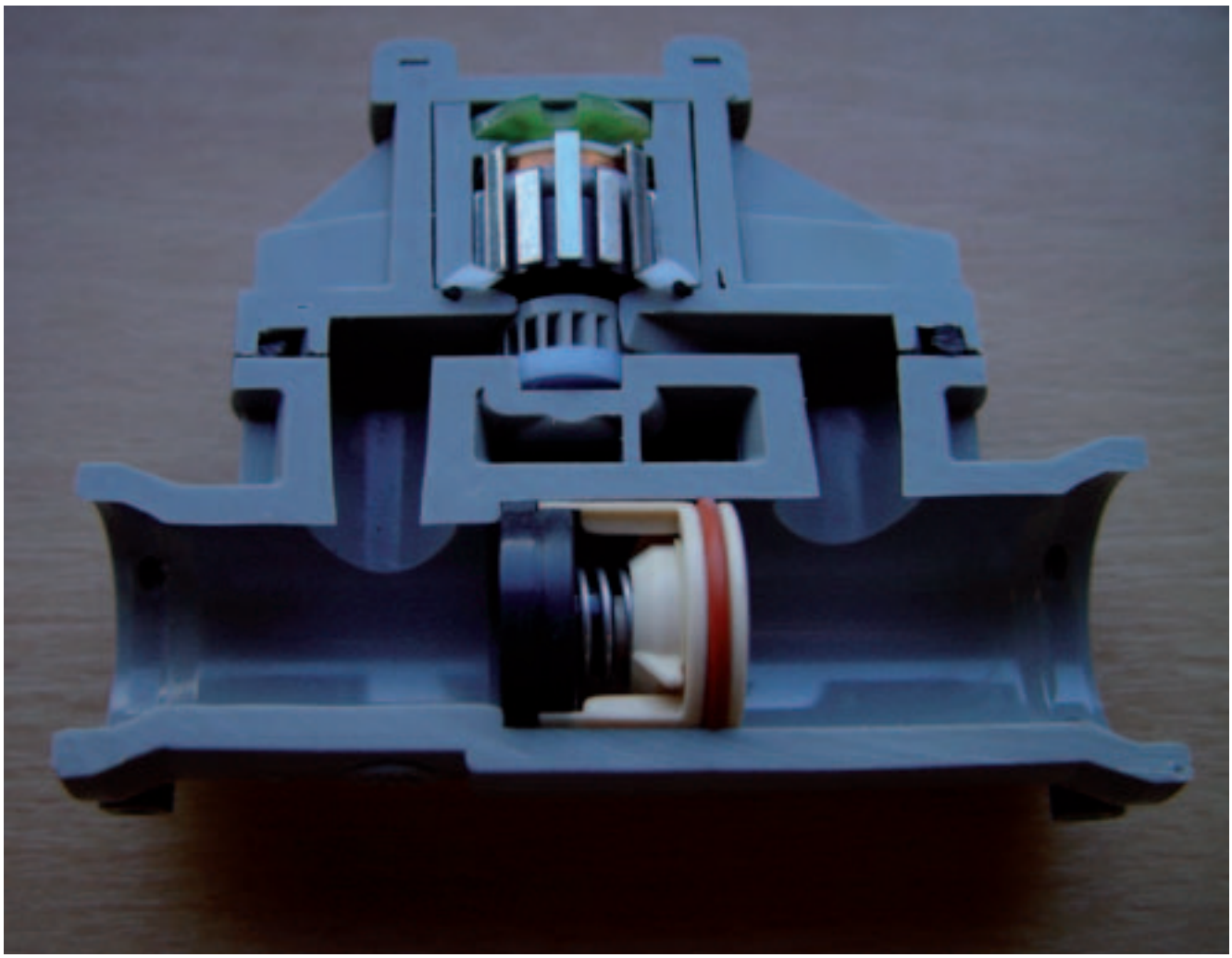
Figuur 3. Productie van microgeneratoren bij Kinetron.

Van prototype-productie tot massafabricage

De succesvolle ontwikkeling van het microgeneratorsysteem voor de enorme markt voor standaarduurwerken heeft Kinetron de afgelopen twee jaar genoodzaakt een vergaande productiemechanisatie op te zetten. Een uitgebreide inventarisatie op uiteenlopende plaatsen in Europa om dit geheel of gedeeltelijk uit te besteden, leidde tot het inzicht dat de benodigde apparatuur in hoge mate specialistisch is en niet met standaardoplossingen kan worden gerealiseerd. Het unieke van de eigen magneettechnologie en de zeer hoge nauwkeurigheidseisen aan onderdelen en assemblage gaven de doorslag om de mechanisatie-ontwikkeling in eigen beheer uit te voeren; zie Figuur 3. Belangrijk argument daarbij was de mogelijkheid tot tussentijdse aanpassingen waardoor een betere afstemming van ontwerp en processen en betere beheersing van de kosten konden worden bereikt. Deze flexibiliteit heeft zich intussen ruimschoots terugverdiend.

Een grondige analyse van de fabricage van de meerpolige magneet, de assemblage voor de complete microgenerator en de noodzakelijke mechanisatiestappen was het directe gevolg. Voor de fabricage van de meerpolige magneet werden verschillende procesvarianten ontwikkeld en met behulp van een proefopstelling uitgetest op betrouwbaarheid en mechanisatie-potentie. Voor de assemblage van stator en generator werd een opsplitsing gemaakt in autonome assemblagestappen, die desgewenst onafhankelijk van elkaar kunnen worden uitgevoerd. Voor transport en hantering wordt gebruikgemaakt van productdragers, die door de automaten verwerkt worden. Dit had diverse voordelen, zoals het gecontaineriseerd kunnen gloeien van stators – bij 1200 °C in aparte keramische dragers –, het beschermen vanwege de kwetsbaarheid en het hanteren vanwege de geringe afmetingen van de verschillende delen.

Een aanzienlijke uitdaging lag ook in de keuze van de toe te leveren onderdelen. De ‘standaarddelen’ uit Zwitserland als spoelen, rondsels, lagerstenen, etcetera, werden na uitgebreide discussies en prototyping vastgelegd. De fabricage van de statordelen kostte uiteindelijk de grootste inspanning. De bij de prototyping toegepaste constructie bleek ten enenmale ongeschikt voor de massafabricage. Oplossingen voor de vervaardiging van de stator zijn gezocht bij de poedermetallurgie en het stansen in een volgmatrijs. Daartoe werden uitgebreide proeven uitgevoerd bij de Kruithoorn



Figuur 4. Doorsnede van een hydro-generator (met vergroting van bijna factor 2 afgebeeld).

te ’s-Hertogenbosch met MIM (metal injection moulding, poedermetallurgie) en bij Philips GMM met volgstansen. Uiteindelijk is onder tijdsdruk voor de laatste route gekozen. Voor de productieaanloop van de statorfabricage werd gestart met een stel handgereedschappen aangemaakt naar eigen ontwerp. De kennis en ervaring hiermee opgedaan kwam uitermate goed van pas bij de verdere ontwikkeling van het uiterst gecompliceerde volgstansgereedschap samen met Philips GMM. Eind 1995 zou de capaciteit naar verwachting 600 stuks per dag bedragen, dankzij de toen gerealiseerde mechanisatie.

2008

Anno 2008 is het accent verschoven naar de fabricage van generatoren in plaats van motoren, en van productiebedrijf naar ontwikkelomgeving. Motoren en vooral generatoren worden op maat gemaakt voor specifieke toepassingen. Nog steeds gevestigd in Tilburg heeft Kinetron zo’n 25 medewerkers. Door een trendverschuiving in de horlogebranche naar mechanische uurwerken wordt ook de ontwikkeling in miniatuurgeneratoren hierop afgestemd.

Een nog grotere verschuiving is ontstaan door een geheel nieuwe markt die gebruik maakt van hydro-aangedreven generatoren; zie Figuur 4. Deze generatoren doen hun werk binnen in de diameter van de waterleiding. Kinetron produceert vandaag de dag zo’n 300.000 hydro-generatoren per jaar.

Auteursnoot

Jeroen Heijmans, werkzaam bij TNO Industrie en Techniek, is redactielid van het PrecisiePortaal.
Het complete artikel is te lezen op het PrecisiePortaal.
Ir. P.F. de Vries was technisch directeur van Kinetron; tegenwoordig is dat de heer Knapen. De heer M. Koningsberger is algemeen directeur.

Informatie

www.kinetron.nl
www.precisieportaal.nl

Nieuwe mate

Zonder innovatie geen toekomst? Dat zou je kunnen denken bij het lezen van het motto van de Materialendag 2007 in het Belgische Grobbendonk: "Innovatieve materialen bepalen de toekomst". Ach, metalen, kunststoffen en oersterke vezels zijn al heel lang de belangrijkste ingrediënten van materialen. Maar deze dag blijkt dat er met de slimme verdeling van vezels, het gebruik van deeltjes met nano-afmetingen of het verwerken van thixotroop magnesium toch opzienbarend materiaalnieuws valt te melden. Dat nieuwe combinaties van zulke ingrediënten een uitdaging betekenen, wordt aan het eind van de Materialendag treffend geïllustreerd door het verhaal over de Volvo Ocean Race. Het kiezen van het juiste materiaal betekent daar letterlijk het verschil tussen winnen en verliezen. En dat geldt mutatis mutandis ook voor de materiaalkeuzes bij innovaties in de precisietechnologie.

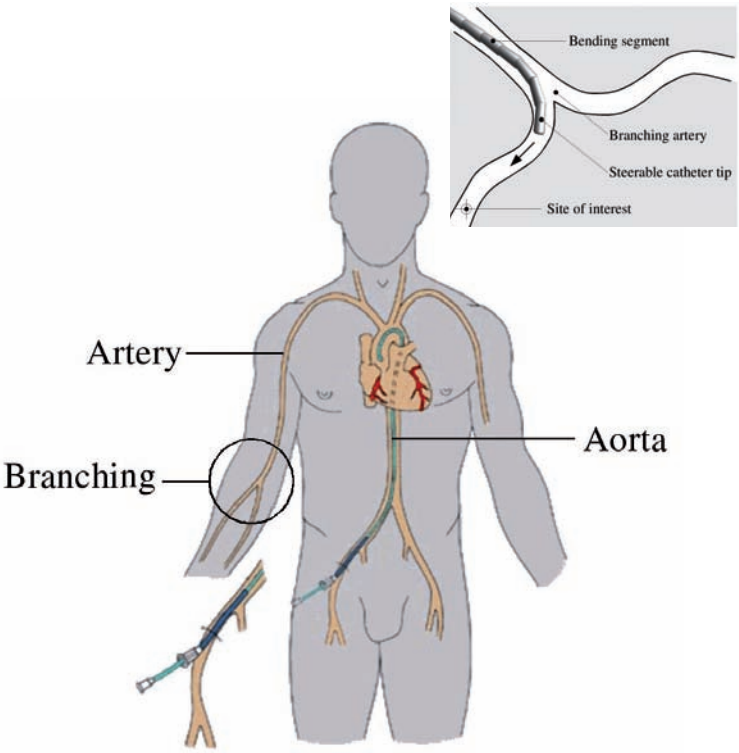
• *Frans Zuurveen* •

De Materialendag is een gezamenlijke activiteit van Sirris en het Mikrocentrum. Voor Nederlandse precisietechnologen: Sirris is een collectief centrum van de Belgische technologische industrie, dat bedrijven adviseert en begeleidt bij het invoeren van technologische innovaties. Sirris dateert van 1949 en heeft nu een jaaromzet van 20 miljoen euro. De dag begin november 2007 wordt geopend door Geert Hellings van het Mikrocentrum en Philippe Cardinael van Sirris als dagvoorzitter. Daarna houdt Walter Bogaerts een inleiding over EuroMaT, European Technology Platform on Advanced Engineering Materials and Technologies. Bogaerts is hoogleraar aan de KU Leuven-MTM en vertelt dat in EuroMaT ruim 700 Europese organisaties samenwerken. Vervolgens zijn er zes parallelle sessies – Sports/Medical, Nanomaterials, Automotive, Energy, Traceability en Sustainable Material Management – waarvan hier voornamelijk de twee eerstgenoemde aan bod komen.

Geheugenmetaal

Matthijs Langelaar van de TU Delft laat zien hoe catheters bestuurbaar kunnen worden gemaakt door het toepassen van geheugenmetaal. Vervormd geheugenmetaal heeft de eigenschap dat het bij temperatuurverhoging door fasetransformatie naar de oorspronkelijke vorm terugkeert. Diverse legeringen vertonen dat effect, maar Ni-Ti-legeringen zijn het meest geschikt. Voordelen zijn de grote krachten en vervormingen, nadelen de traagheid en de hysterese. De traagheid is het gevolg van de tijd die nodig is voor opwarmen, de hysterese is te wijten aan het verschil in temperatuur tussen, bijvoorbeeld, de overgang van martensiet naar austeniet en het omgekeerde proces. Desondanks maken de grote krachten en vervormingen geheugenmetaal goed bruikbaar in actuatoren.

rialen dagen uit



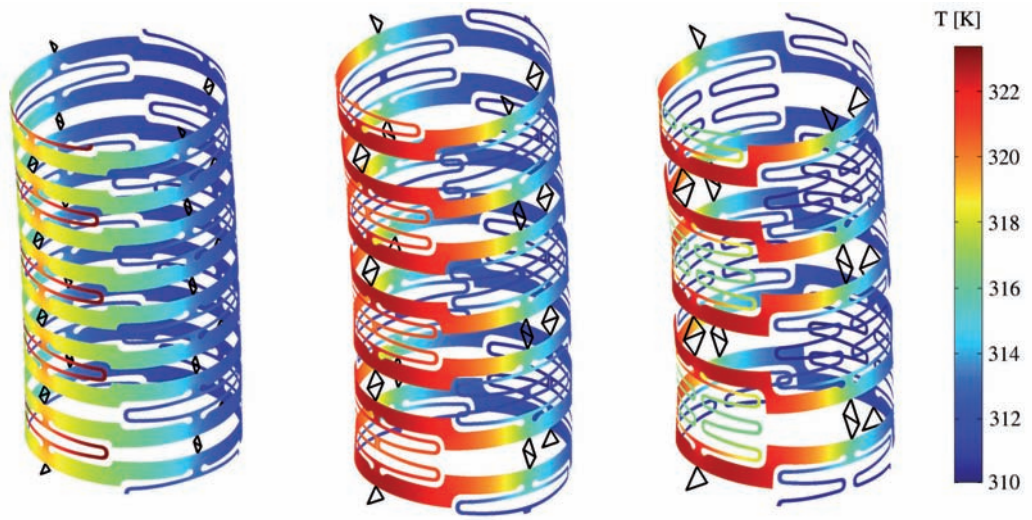
Afbeelding 1. De splitsing van aders; de inzet toont de bestuurbare tip van een catheter.

Catheters vinden vooral toepassing bij het onderzoek van bloedvaten. De arts ondervindt daarbij het probleem dat bij een splitsing van het bloedvat de tip van de catheter soms moeilijk in de juiste richting kan worden gestuurd, zie Afbeelding 1. De oplossing is het bestuurbaar maken van de tip. De TU Delft heeft een ontwerpstudie voor een actief bestuurbare catheter verricht waarin geheugenmetaal is toegepast, dat lokaal via elektrische stroom wordt verwarmd. Gezien de toepassing dient de opwarming begrensd te lijven tot 49 ºC. Er is aan de TU een simulatiemodel ontwikkeld waarmee de temperatuurverdeling en bijbehorende vervorming kan worden bepaald, waardoor optimalisatie van het ontwerp mogelijk is, zie Afbeelding 2.

Geheugenmetaal kan ook door middel van sputteren worden opgebracht. Dat opent perspectief voor de toepassing van dat materiaal in microsystemen: micromechatronica. Naast de grote krachten en vervormingen die bij actuatie met geheugenmetaal beschikbaar zijn, is er op microschaal een bijkomend voordeel: de tijd die voor opwarmen en afkoelen nodig is, neemt sterk af, waardoor responsietijden in de orde van milliseconden haalbaar zijn.

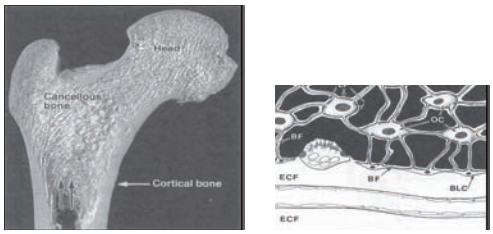
Aanpassen aan levend weefsel

Jos van der Sloten, hoogleraar Biomechanica aan de KU Leuven, legt uit dat botweefsel een intelligent materiaal is,



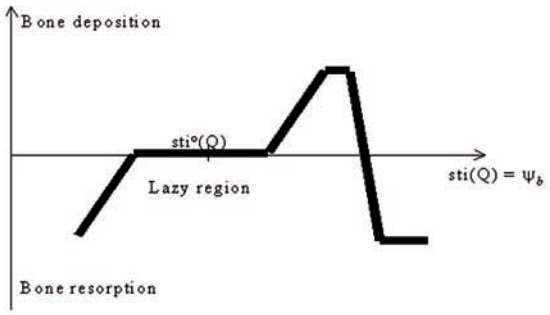
Afbeelding 2. Geometrie en temperatuurverdeling als resultaten van een simulatiemodel voor een bestuurbare catheter van geheugenmetaal.

want het reageert via inwendige sensoren op uitwendige – biomechanische en biochemische – stimuli. Die sensoren zijn cellen die de kracht op het bot meten en zorgen dat er met een minimale hoeveelheid materiaal een maximale sterkte en stijfheid wordt bereikt, zie Afbeelding 3. Ook hier is een model ontwikkeld, in dit geval om het dynamische proces van botvorming te simuleren. Met gesinterd, sponsachtig gestructureerd titaan met geringe soortelijke dichtheid blijkt het mogelijk de stijfheid van biologisch bot te evenaren.



Afbeelding 3. De kop van een dijbeen. Rechts cellen die reageren op biomechanische en biochemische stimuli.

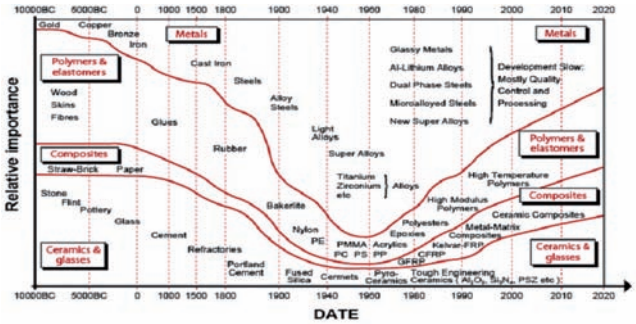
Gebruikelijke botimplantaten van massief titaan zijn mechanisch vaak onvoldoende biocompatibel. Dat betekent, onder meer, dat botweefsel kan gaan degenereren. Want de krachtsensoren in het bot zorgen dat er bij grote mechanische spanningen bot wordt aangemaakt en bij geringe of ontbrekende spanning bot wordt afgebroken, zie Afbeelding 4. Massieve implantaten nemen de krachten op die normaliter op het bot werken, waardoor het onbelaste botweefsel er omheen wordt afgebroken. Dit effect wordt 'stress shielding' genoemd.
In de Leuvense groep Biomechanica wordt enerzijds onderzoek gedaan naar sterke lichtgewichtmaterialen die compatibel zijn met de bionische systemen in het lichaam, anderzijds naar materialen die het lichaam beschermen tegen uitwendige invloeden. Voorbeelden van het laatste zijn nieuwe materialen voor fietshelmen en voor het gelijkmatig ondersteunen van het lichaam bij zitten en liggen.



Afbeelding 4. Botvorming als functie van de intensiteit van biomechanische prikkels (horizontale as).

Medische composietmaterialen

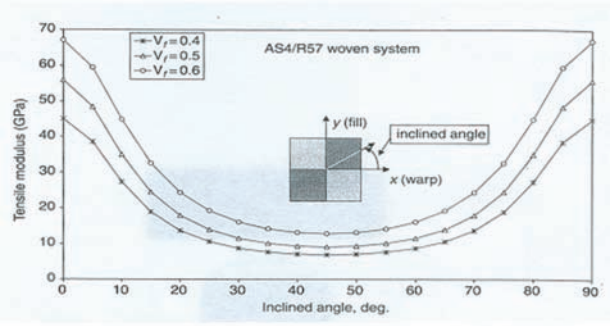
Prof. Ignaas Verpoest, eveneens van de KU Leuven, vertelt dat composietmaterialen – naast hun hoge stijfheid en sterkte – een aantal bijkomende voordelen voor medische toepassingen hebben. Ze kunnen een overbrugging zijn tussen aan de ene kant te stijve metalen en keramieken en aan de andere kant te slappe kunststoffen. Bovendien is er door lokale variatie van de richting en dichtheid van vezelstructuren een nauwkeurige afstemming van de eigenschappen mogelijk.



Afbeelding 5. Relatieve verdeling van materiaalsoorten in de loop van de tijd (volgens prof. Michael F. Ashby, Cambridge, Verenigd Koninkrijk).

Afbeelding 5 laat zien hoe materialen in de loop der eeuwen kwantitatief zijn te verdelen in diverse ondersoorten. De grafiek maakt duidelijk dat composietmaterialen, kunststoffen en keramieken steeds meer de metalen gaan verdringen – hetgeen overigens wel geweldige investeringen vergt. Qua specifieke sterkte en stijfheid (σ/ρ en E/ρ) zijn composietmaterialen in het voordeel vergeleken met staal, glas en hout. Belangrijk is de oriëntatie van de vezels ten opzichte van de richting van de belasting, zie Afbeelding 6.

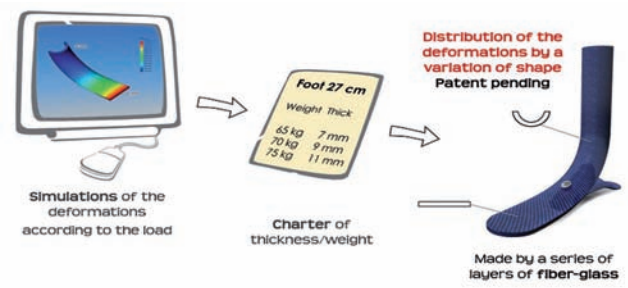
Voor medische toepassingen is het van belang dat de mechanische eigenschappen stuurbaar zijn via de architectuur en aard van de vezels, terwijl het matrixmateriaal kan worden afgestemd op het omringende weefsel. Van de interne en uitwendige toepassing van composietmaterialen geeft Verpoest de volgende voorbeelden.



Afbeelding 6. Elasticiteitsmodulus van glasweefselgewapende kunststof als functie van de vezeloriëntatie voor materialen met verschillende vullingsgraad V_f.

Conventionele dijgewricht-implantaten hebben, zoals hiervoor al vermeld, het bezwaar van stress shielding. Met composietmateriaal is het mogelijk een dijgewricht-implantaat zo op te bouwen dat het zachte matrixmateriaal zich goed aanpast aan de botstructuur, terwijl de vezels zorgen voor de benodigde stijfheid en sterkte. Zo ontstaat een opbouw die enigszins vergelijkbaar is met de vezelstructuur van het oorspronkelijke bot, zie Afbeelding 7. Voor derdewereldlanden is een kunstvoet van composietmateriaal ontworpen die lokaal met een eenvoudige mal kan worden vervaardigd, zie Afbeelding 8. De vezelwapening zorgt voor sterkte en stijfheid, de kromming van de prothese voor bewegingssoepelheid. Een materiaal met een soort gebreide wapening in een open 'ademende' structuur leverde een fietshelm met veel bescherming en een hoog draagcomfort (KU Leuven).

Afbeelding 7. Een dijgewricht-implantaat met zacht matrixmateriaal voor de complexe vorm en met vezelwapening voor de benodigde stijfheid en sterkte (prof. Zako, Osaka University, Japan).



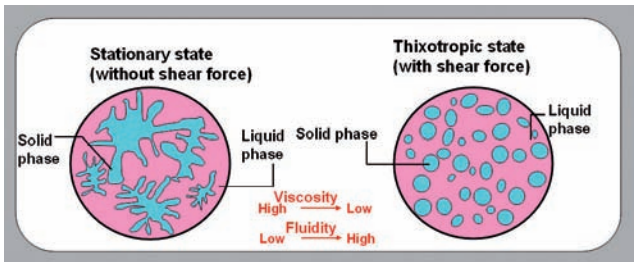
Afbeelding 8. Het ontwerpen van een kunstvoet van composietmateriaal. Sterkte en stijfheid zijn individueel aanpasbaar via vorm en dikte (Sébastien Dubois, Canada).

Thixotroop gieten

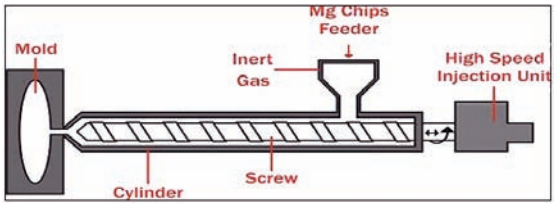
Op het eerste gezicht lijkt het merkwaardig dat er vanuit het maken van ligfietsen expertise in een geavanceerde materiaalvormtechnologie ontstaat. Johan Vrielink van Flevobike in Dronten legt uit dat die overgang helemaal niet zo merkwaardig is, want Flevobike fabriceert niet alleen ligfietsen van eigen ontwerp, maar is ook toeleverancier van halffabrikaten voor andere fietsfabrikanten.
Bij het ontwerpen van fietsen die geavanceerder zijn dan de conventionele 'Hollandse fiets', blijkt er behoefte aan materialen die licht, stijf en sterk zijn. Daaraan voldoen weliswaar de gehardsoldeerde stalen buizen waaruit fietsen traditioneel zijn opgebouwd, maar die buizen beperken de ontwerper wel in zijn vormgeving. In iets mindere mate geldt dat ook voor het gelaste aluminium waaruit tegenwoordig fietsframes worden gemaakt. Minder vormbeperkingen gelden er voor giet- en perstechnieken, maar die vereisen investeringen in duur gereedschap.

Spuitgieten en verloren-was-gieten zijn oude technieken met een beperkte nauwkeurigheid. Recentelijk is in Amerika het zogeheten Thixomolding® ontwikkeld, dat gebruik maakt van de eigenschap dat vloeibaar magnesium thixotroop gedrag kan gaan vertonen: bij toenemende schuifbelasting neemt de viscositeit van de vloeistof af. Thixomolding (ook wel roergieten geheten) is een éénstapsproces: van magnesiumchips via een spuitgietmachine naar het product. De chips worden in het aanvoergedeelte van de machine verwarmd tot ongeveer 100 ºC onder de smelttemperatuur. Er ontstaat dan een vloeistof met een hoog gehalte aan vaste delen, die een dendritische structuur hebben. Door het kneden en roeren in het aanvoergedeelte van de machine veranderen de dendritische delen in fijne bolletjes, waardoor de viscositeit veel lager wordt, zie Afbeelding 9. Zo is de massa gemakkelijk te verplaatsen en vult deze de matrijs tot in de diepste holten, zie Afbeelding 10. De meest gebruikte legering is AZ91D (magnesium met 9% aluminium en 1% zink; de letter D geeft de zuiverheid aan).

Het kenmerkende verschil tussen hogedrukspuitgieten en Thixomolding is dat het materiaal zich bij het vullen van



Afbeelding 9. Thixomolding berust op het omzetten van dendritische delen (links) in fijne bolletjes, waardoor de viscositeit veel lager wordt.



Afbeelding 10. Het Thixomolding-spuitgietproces. De magnesiumchips worden omgezet in een thixotrope massa, die de matrijs tot in de diepste holten vult.

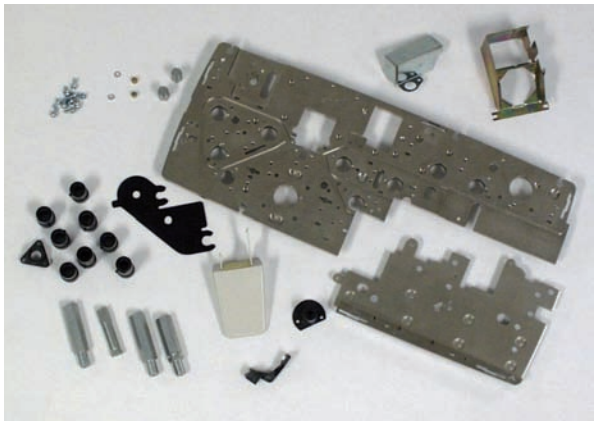
de matrijs in het eerste geval turbulent en in het tweede geval laminair gedraagt. Daardoor, en door de lage krimp, is de maatnauwkeurigheid hoger (toleranties ± 0,1 mm) en de porositeit geringer (< 2%). Een hogere complexiteit van het product is mogelijk en een wanddikte vanaf 0,5 mm is realiseerbaar.
Afbeelding 11 laat zien dat 55 onderdelen van een chequesorteermachine konden worden vervangen door één Thixomolded onderdeel. Afbeelding 12 toont de GOCycle, een geavanceerde stadsfiets die dankzij Thixomolding in grote aantallen tegen relatief lage prijs kan worden geproduceerd. De GOCycle is een ontwerp van Richard Thorpe, afkomstig van autobouwer Lotus. Het fietsframe is geconstrueerd als een gesloten, stijve doosconstructie waarin de aandrijving stofvrij is geïntegreerd.

Afbeelding 12. De GOCycle is een geavanceerde stadsfiets die dankzij Thixomolding in grote aantallen tegen relatief lage prijs kan worden geproduceerd.

Nanodeeltjes

Umicore is een conglomeraat van ondernemingen op het gebied van materiaaltechnologie. Het is de voortzetting van het vroegere Union Minière en heeft wereldwijd 17.000 medewerkers op 50 locaties in dienst. Yves van Rompaey vertelt dat de nanomaterialen van Umicore toepassing vinden in katalysatoren voor auto's, in oplaadbare batterijen en in substraten voor zonnecellen.

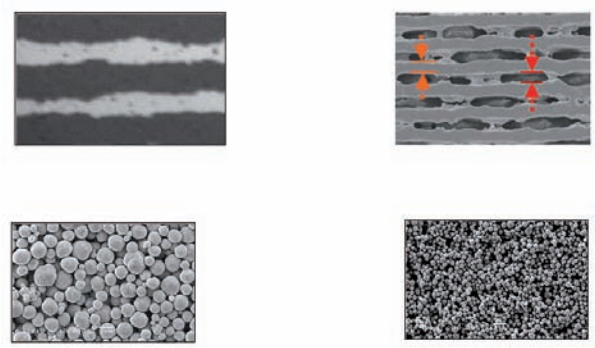
Is 'nano' een hype of een realiteit met toekomst? Van Rompaey legt uit dat materiaaleigenschappen dramatisch veranderen met de afmetingen van deeltjes. Chemisch gezien kan materiaal van inert veranderen in actief, hetgeen de toepassing van edelmetalen en oxiden in katalysatoren verklaart. Optisch gezien kan materiaal van gekleurd in volkomen transparant overgaan, hetgeen toepassing vindt in UV-absorberende lagen. Thermisch kan materiaal van stabiel in een bij lage temperatuur sinterend materiaal veranderen, hetgeen de toepassing van zilver in micro-printplaten verklaart. Nanodeeltjes maken dus nieuwe miniatuurproducten mogelijk, zoals MLCC's, oftewel Multilayer Ceramic Capacitors. Een probleem kan de toxiciteit van nanodeeltjes zijn in verband met de inademing van fijnstof; de diameter van oxidedeeltjes ligt tussen 20 en 85 nm. Toxiciteit is een controversieel punt, dat in ieder geval aandacht behoeft.



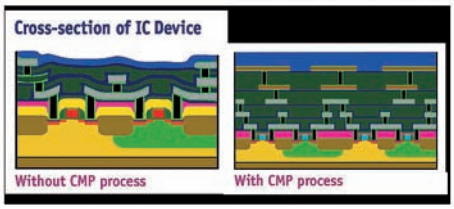
Afbeelding 11. Eén Thixomolded onderdeel van een chequesorteermachine vervangt 55 afzonderlijke onderdelen (rechts).

Synthese, dispersie en karakterisatie zijn de drie pijlers van de ontwikkeling van nanotechnologie bij Umicore. Synthese vanuit de gasfase, neerslag uit de vloeistoffase en vermalen zijn de drie synthesemethoden die Umicore toepast. Bij dispersie is het van groot belang de technologie nauwkeurig af te stemmen op de toepassing. Voor karakterisatie zijn diverse analysetechnieken bruikbaar, bijvoorbeeld SEM (Scanning Elektronen Microscopie) voor de deeltjesverdeling, TEM (Transmissie Elektronen Microscopie) voor morfologie en AFM (Atomic Force Microscopy) voor oppervlakte-analyse.

Afbeelding 13 toont de voortschrijdende miniaturisatie van MLCC's. Een andere interessante toepassing is die van nanodeeltjes CeO_2 – met commerciële naam NanoGrain Ceria – bij het polijsten van Si-wafers voor de IC-fabricage. De polijsttechniek heet CMP, Chemical Mechanical Planarization. Het vlakkere CMP-oppervlak leidt tot hogere IC-opbrengsten en maakt het mogelijk meer functies per oppervlakte-eenheid te realiseren, zie Afbeelding 14.



Afbeelding 13. De voortschrijdende miniaturisatie van MLCC's. In 2002 werden de Ni-lagen (linksboven) gevormd uit deeltjes van 800 nm (linksonder). In 2007 zijn de lagen (rechtsboven) gevormd uit deeltjes van 200 nm (rechtsonder).



Afbeelding 14. Chemical Mechanical Planarization leidt in de IC-fabricage tot hogere opbrengsten en maakt meer functies per oppervlakte-eenheid mogelijk.

Ten slotte

Het interessante relaas van beroepszeiler Hans Bouscholte over de Volvo Ocean Race, zie Afbeelding 15, hoort eigenlijk niet thuis in een vakblad voor precisietechnologen. Maar het leert wel hoe de juiste keuze van materialen van vitaal belang kan zijn. Wedstrijdzeilschepen hebben een over ± 40º in dwarsrichting kantelbare kiel met het doel zoveel mogelijk de verticale stand van de zeilen te handhaven en zo de maximale hoeveelheid wind te vangen. Daarvoor is wel een opening in de romp van het schip nodig, die wordt afgedicht door een met de kiel meebewegende afdekkap. Als die kap van composietmateriaal het begeeft, stroomt het zeewater onherroepelijk naar binnen, zoals Bouscholte bij zijn rivalen heeft zien gebeuren. Zo'n vaart loopt het wellicht niet altijd bij precisietechnologische materiaalkeuzes, maar je weet maar nooit! Dus, bezint eer ge met een nieuw materiaal begint!

Afbeelding 15. De Brunel, een van de deelnemers aan de Volvo Ocean Race 2005-2006.

Auteursnoot

Frans Zuurveen is freelance tekstschrijver te Vlissingen.

Informatie

walter.bogaerts@mtm.kuleuven.be
m.langelaar@tudelft.nl
jos.vandersloten@mech.kuleuven.be
ignaas.verpoest@mtm.kuleuven.be
info@flevobike.nl
yves.vanrompaey@umicore.com
incentives@bouscholte.nl
www.mikrocentrum.nl
www.sirris.be

Ir Kees Kooij Award voor Joop Bemelen

Tijdens de eindejaarsbijeenkomst van het Mikrocentrum in december werd de Ir Kees Kooij Award uitgereikt aan Joop Bemelen. Deze award is vernoemd naar de voormalige voorzitter van het bestuur van het Mikrocentrum, vanwege diens zeer grote verdiensten voor de organisatie en de continuïteit van het Mikrocentrum.
Sinds 2004 wordt de Award jaarlijks uitgereikt aan iemand die zich bijzonder verdienstelijk heeft gemaakt voor het Mikrocentrum. De winnaars waren in 2004 Frans Langereis, vanwege jarenlange betrokkenheid bij het organiseren van themadagen, in 2005 Jan Helmons, vanwege grote bijdragen in het opzetten van de kunststoffentak bij de opleidingen, en in 2006 Jan Wolters, jarenlang docent voor diverse cursussen. Alle award-winnaars zijn inmiddels gepensioneerd.
Eind vorig jaar viel de eer te beurt aan Joop Bemelen. Hij studeerde eerst elektronica en later bedrijfskunde. Beide opleidingen kwamen hem in een lange carrière bij Philips, bij Neways en bij zijn eigen bedrijf voor printplaten goed van pas. Bij het Mikrocentrum begon Bemelen met een technische cursus op het gebied van SMT (Surface Mount Technology). Later kwamen daar andere technische cursussen bij, evenals diverse cursussen op het gebied van projectmanagement. Gedurende meer dan twintig jaar heeft Joop Bemelen voor een groot aantal cursussen, verdeeld over drie sectoren binnen het Mikrocentrum, aan vele honderden cursisten lesgegeven..

Huidig Mikrocentrum-bestuursvoorzitter Frans van 't Hullenaar spreekt award-winnaar Joop Bemelen (rechts) toe.

Succesvolle start nieuwe cursus Piëzo technologie

Vorig jaar november werd voor de eerste keer de cursus Piëzo technologie gegeven in een samenwerking tussen het Mikrocentrum en de Stichting Applied Piezo. Deze stichting heeft als doelstelling om met haar leden nieuwe projecten uit te voeren, piëzotechnologie te promoten, kennisontwikkeling en innovatie te bevorderen en een netwerk te bieden waarbinnen kennis, kunde en producten worden uitgewisseld.

Tijdens de tweedaagse cursus werd aandacht besteed aan de materiaalkundige aspecten en eigenschappen van piëzo, en een kort practicum aangeboden, waarin de eigenschappen van piëzo werden getest en gemeten. Op de tweede cursusdag werd ingezoomd op de toepassingen, waarbij er ruimschoots aandacht was voor de eigen applicaties van de cursisten.
Het docententeam werd gevormd door de deelnemers aan het SMARTPIE onderzoeksprogramma van Applied Piezo naar nieuwe toepassingen en materiaalcombinaties; zie ook Mikroniek nr. 5 (beursspecial) van vorig jaar. Hierdoor was het programma zeer compleet en afwisselend en vooral ook praktijkgericht.

Uit de evaluatie bleek dat de cursisten zeer tevreden waren over niveau, inhoud en uitvoering van deze totaal vernieuwde cursus. De volgende cursus staat gepland op de donderdagen 17 en 24 april 2008 te Eindhoven.

Voor meer informatie:
Frank Bruls of Philippe Reijnders
Tel. 040 - 296 99 33
www.mikrocentrum.nl

Summer School Opto-Mechatronics

The high-tech course for optics and mechatronics will be held from June 30th until July 4th 2008 in Eindhoven. The Summer School is the place to be for those working in the field of precision technology, who want to learn and experience from expert designers how to design opto-mechanical instruments that are actively controlled, operating in the non-perfect environment.

Scope of the Summer School is to learn about the system design of optical instruments based on fundamental knowledge of optical design, mechanical design and actively controlled systems. Typically these systems include semiconductor equipment, metrology systems, microscopes, printers, space instruments and high tech production equipment.

Target group: Engineers working on an academic level with a background in physics, mechanics, electrical or control engineering. Engineers that are experiencing the boundaries of their discipline, and want to learn more about designing a complete opto-mechatronical system.

The offer: Five days of excellent course, presented by the best Dutch professors and scientists in precision technology. This combined with hands-on training by TNO specialists. Lifelong contacts with colleagues may result from this Summer School.

Hosted by: TU/e, TU Delft, Philips, ESO, Dutch Space, ASML, TNO
Organised by: NVPT, TNO
Sponsered by: pfHTS, IOP

Online registration:
www.summer-school.nl

TValley 2008

Op 15 april vindt de vijfde editie plaats van TValley, het jaarlijkse congres van Mechatronica Valley Twente. Het thema luidt dit jaar 'Grensverleggende mechatronica'.
Het congres vindt plaats op de Universiteit Twente, bij onderzoeksinstituut IMPACT.

www.tvalley.nl

NVPT op de ESEF

De NVPT zal met een stand vertegenwoordigd zijn op de ESEF, de beurs voor toelevering, uitbesteding en engineering die van 11 tot en met 14 maart in de Jaarbeurs in Utrecht wordt gehouden. Gelijktijdig is daar de Techni-Show, beurs voor industriele productietechniek, te bezoeken. Veel uitbesteders en toeleveranciers uit de Nederlandse high-tech systems industrie zullen op deze beurzen vertegenwoordigd zijn of er een bezoek aan brengen. De beursdeelname van de NVPT past in de ambitie van de vereniging de zichtbaarheid van de precisietechnologie te vergroten.

Als service aan leden en belangstellenden biedt de NVPT de mogelijkheid van gratis toegangskaarten. Registratie kan via het PrecisiePortaal (www.precisieportaal.nl) en het PTjaarboek (www.ptjaarboek.nl).

www.technishow.nl
www.esef.nl

Wegwijzer naar kennis uit IOP-projecten

IOP-projecten leveren concrete, commercieel toepasbare kennis op. Dat wil SenterNovem aantonen met een serie van vier boekjes over het Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma Precisietechnologie voor de periode 2000-2006. De boekjes zijn bedoeld als wegwijzer naar de resultaten van afgeronde IOP-projecten. Vorig najaar verscheen het eerste boekje, “Projectresultaten tender 2000”. Daarin worden acht projecten kort samengevat en komen vertegenwoordigers van het Nederlandse hightech bedrijfsleven aan het woord over de betekenis van de betreffende projecten.

Het betreft de volgende acht projecten:

- Verbetering van nauwkeurigheid en kalibratie van laserinterferometrie tot subnanometer onzekerheid (TU Eindhoven en NMi VSL)
- Poederstralen als nauwkeurige bewerkingstechniek (TUD en ECN)
- Intelligente structuurelementen (Smart Disc) (Universiteit Twente)
- SAW-positionering (Universiteit Twente)
- Polijstrobot (TNO)
- Nano-dispensing met electrospray technieken (TU Delft en Universiteit Leiden)
- Lichtgewicht positioneren (TU Eindhoven)
- Magneetlagering voor toepassing in ultraprecisie productieprocessen (TU Delft)

Het boekje is als pdf te downloaden op de IOP-site onder ‘Publicaties’ of als hardcopy per e-mail aan te vragen. In de afgelopen jaren zijn in Mikroniek over diverse projecten al artikelen verschenen.

www.senternovem.nl/iopprecisietechnologie
iopinfo@senternovem.nl

Nieuw handboek over vonkerosie

Werkgeversorganisatie FME heeft een nieuw handboek over vonkeroderen gepubliceerd, “VM 120 Vonkerosie, theorie en praktijk”. Belangrijkste aanleiding voor deze voorlichtingspublicatie zijn de innovaties die de vonkerosietechniek de afgelopen jaren heeft doorgemaakt. Het boek is samengesteld door de FME-werkgroep Vonkerosie en biedt een overzicht van alle praktijkaspecten die een rol spelen bij optimaal gebruik van draad- en zinkvonken, vonkboren en andere EDM-varianten.

De eerste exemplaren van het handboek werden uitgereikt tijdens de themadag “Vonkerosie innoveert sterk” bij het Mikrocentrum in Eindhoven op 15 januari jongstleden. Het boek richt zich op de gebruikers van vonkerosiemachines en geïnteresseerden in vonkerosietechnieken en biedt ook een leidraad voor technische cursussen en opleidingen. Vanwege het specialistische karakter van de techniek krijgt vonken in het reguliere technische onderwijs relatief weinig aandacht.

In een volgend nummer besteedt Mikroniek uitgebreider aandacht aan de themadag en het nieuwe handboek.

www.fme.nl

Overhandiging van het eerste exemplaar van het nieuwe handboek Vonkerosie door Paul van Roon, directeur beleid bij FME (links), aan Jan Wijers, voorzitter van de werkgroep Vonkerosie.

Hembrug introduceert nieuwe serie harddraaimachines

Hembrug, fabrikant van harddraaimachines, heeft zijn eerste vier-assige verticale harddraaimachine met een capaciteit van 950 mm ø afgeleverd. De Haarlemse onderneming is gespecialiseerd in ontwikkeling en bouw van hydrostatisch gelagerde draaimachines voor extreem nauwkeurige finishdraaibewerkingen. De machines staan bij bedrijven als SKF, Daimler-Chrysler, Bosch-Rexroth en Carl Zeiss bekend als 's werelds nauwkeurigste harddraaimachines. De bouwrange omvatte tot nu twee-assige horizontale en verticale draaimachines met een capaciteit tot maximaal 500 mm ø.

De ontwikkeling van de vier-assige verticale uitvoering met de bijna tweemaal zo grote capaciteit is ontstaan vanuit de behoefte in de markt aan machines waarmee bijvoorbeeld precisielagers in kortere tijd en tegen lagere kosten geproduceerd kunnen worden. De 4-axis Vertical-Mikroturn 950 CNC vormt de aanzet tot de ontwikkeling en bouw van nog meer grote machines; er lopen projecten bij Hembrug tot 2.000 mm ø.

De 4-axis Vertical-Mikroturn 950 CNC van Hembrug.

Met de 4-axis Vertical-Mikroturn 950 CNC kunnen werkstukken nu gelijktijdig aan de binnen- en buitenzijde worden bewerkt, in plaats van aan één zijde tegelijk met de twee-assige. Daarmee kan ten opzichte van een twee-assige machine de cyclustijd met 40% worden verkort. De eerste Mikroturn 950 machines zijn geleverd aan SKF. De vier-assige uitvoering met grotere capaciteit stelt deze lagerfabrikant in staat de levertijd van complete lagers in grote afmetingen te verkorten. De meeste lagers zijn bestemd voor de bouw van grote windturbines. Een ander deel is bestemd voor de offshore industrie. De kleinere lagers zijn terug te vinden in de machinebouw, zoals drukpersen. Carl Zeiss gebruikt de ultraprecisie-draaimachines van Hembrug voor het vervaardigen van lensvattingen voor het lenzenstelsel van ASML's wafersteppers.

www.hembrug.com

Alliantie FOM-FEI

De Stichting FOM en FEI Company maakten eind vorig jaar bekend dat ze een gezamenlijk onderzoek starten op het gebied van nanotechnologie. Hun samenwerking beoogt elektronenmicroscopen en ionenbundelmachines tot het uiterste te verbeteren, om daarmee de structuur van materialen tot op de schaal van 'n enkel atoom zichtbaar te maken en te bewerken. Hiervoor zijn nieuwe geavanceerde kennis en technologie vereist. Zowel de instrumenten zelf als de gebruikte processen zullen onderwerp van studie zijn. Resultaten zijn nodig om tot de volgende generatie elektronenmicroscopen en ionenbundelmachines te komen. Het onderzoek van FOM en FEI loopt vijf jaar en heeft een totaal budget van 2,7 miljoen euro. Naast de financiële bijdrage stelt FEI Company een zeer geavanceerd 'Focussed Ion Beam'-systeem beschikbaar. Het programma wordt uitgevoerd aan het FOM-Instituut AMOLF, de TU Delft, de TU Eindhoven en de laboratoria van FEI in Eindhoven en Hillsboro (VS).

www.fom.nl
www.fei.com

Fotonica Evenement 2008

Het Fotonica Evenement op 3 april in Nieuwegein biedt wederom een platform waar wetenschappers, R&D'ers, ondernemers, beleidsmakers, studenten en directieleden worden geïnformeerd over de laatste ontwikkelingen op fotonisch gebied, en waar ze met elkaar kunnen netwerken. In het lezingenprogramma komen onder meer de volgende onderwerpen aan bod:

- Forensische fotonica;
- Energiebesparing in ICT;
- Explosievendetectie op afstand;
- Optisch datatransport met 40 GB/s;
- Optische sensoren in auto's;
- Nieuwste generatie GaAs-zonnecellen.

Op 3 april is er een KennisExpo en gelegenheid tot MatchMaking. Het Fotonica Evenement 2008 wordt georganiseerd door het IOP Photonic Devices, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, samen met Photonics Cluster Netherlands en het Mikrocentrum.

www.fotonica-evenement.nl

IMEC expandeert

Afgelopen januari opende IMEC Taiwan officieel zijn deuren. Via zijn Taiwanese vestiging wil IMEC, Europa's grootste onafhankelijke onderzoekscentrum in nano-elektronica en nanotechnologie, enerzijds de toegang voor Taiwanese halfgeleiderbedrijven tot IMEC's onderzoeksprogramma's vergemakkelijken, en anderzijds een beroep kunnen doen op lokale hoogopgeleide werkkrachten om de activiteiten in het domein van chipontwerp en geïntegreerde systemen te versterken. IMEC werkt er reeds samen met chipproducent TSMC, maar wil zijn samenwerking in het domein van chipprocestechnologieën verder uitbreiden. Daarnaast wil IMEC samenwerken rond chip- en systeemontwerp en specifieke microelektronica-opleidingen aanbieden. IMEC Taiwan zal ook de interactie vergemakkelijken tussen de Europese chipdienstverlening en de Taiwanese chipfabrikanten voor het maken van betaalbare chipprototypes en kleine aantallen chips voor MKB'ers en universiteiten in Europa. Tenslotte wil IMEC ook samenwerken met systeemhuizen voor het ontwikkelen van heterogene procestechnologieën waarbij onder meer sensoren, biotechnologie en micro-elektromechanische systemen gecombineerd worden met standaard chiptechnologie.

Tegelijkertijd werd bekend dat IMEC in de VS samen met het College of Nanoscale Science and Engineering (CNSE) van de University of Albany de eerste experimenten met Extreme UltraViolet Lithography (EUVL) gaat uitvoeren. Mikroniek berichtte eind 2006 al dat ASML twee Alpha Demo tools voor EUVL had verscheept naar IMEC in Leuven en naar Albany. De samenwerking tussen IMEC en CNSE, waarbij ook ASML en IBM zijn betrokken, zal zich met name richten op de geavanceerde imaging-mogelijkheden van EUVL en daarnaast op nieuwe materialen en equipment.

www.imec.be
www.cnse.albany.edu

Keramiek-bijbel

Onder regie van de Akense hoogleraar Rainer Telle is de zevende editie van het traditionele Duitse handboek “Keramik” (eerste uitgave in 1933 en een begrip in de klassieke keramiekwereld) compleet omgewerkt. Vuurvaste stoffen en ovens luidden in de oudheid het koper- en bronstijdperk in, eigenlijk daarmee de ‘metallurgische sleutel’ vormend voor de volgende cultuurfase van de mensheid. Tegenwoordig opent het oudste materiaal ter wereld evengoed de weg voor nieuwe technologieën, waardoor keramiek als technisch uitgangsmateriaal groeiende belangstelling krijgt, zelfs voor precisiesnijders (zie de foto).

Deze ‘materiaalbijbel’ behandelt op grondige wetenschappelijk/technische wijze de fundamentele kennis van keramische materialen, vanaf kristalstructuren, grondstoffen, bereidingswijzen, brand- en sintertechnieken tot aan de vormgevingsmethoden toe. Onder de lange reeks bijdragen van gerenommeerde onderzoekers één Nederlandse: “Magnetische eigenschappen”, door dr.ir. V.A.M. Brabers. De veelheid van maakbare en leverbare soorten maakt een korte, allesomvattende omschrijving van keramiek nauwelijks mogelijk. De snelle en brede verbreiding komt voort uit de samenstelling die meestal geen zeldzame elementen bevat, integendeel grotendeels bestaat uit op aarde ruim voorhanden stoffen.

Na de diepgaande behandeling van de basiskennis komt pas vanaf bladzijde 783 de technische keramiek (boriden, carbiden, nitriden, enzovoort) aan bod met hybride versies ervan. Voor sommige bewerkingen onmisbare varianten als kwarts (SiO_2), zirkoonoxide (ZrO_2), korund (Al_2O_3), enzovoort, worden relatief kort behandeld. Die – gezien het groeiende belang van technische keramiek – onterecht minimale aandacht krijgt ook het op moderne wijze vervaardigen van producten. De vormgeving vindt nog steeds overwegend op kamertemperatuur plaats en de consolidering – voor een directe binding met hoge vastheid – door een navolgende (sinter)behandeling op hoge temperatuur (veelal onder verhoogde druk). Onder meer persen, spuitgieten, extruderen, thermisch spuiten, rapid prototypen en verspanen worden behandeld

Grensverleggend werk met keramisch materiaal, van Gereedschapmakerij SMS in Tilburg.

Een aanhangsel met onder meer SI-eenheden, omrekeningsfactoren, acroniemen, DIN-normen en veel referenties – sommige van recente datum – rondt het dikke boek af. Deze zevende editie is als naslagwerk en als leerboek te gebruiken.

H. Salmang, H. Scholze, R. Telle (red.), *Keramik*, 7e volledig herziene versie, ISBN-13 978-3-540-63273-3, 1148 blz., hardcover, Springer-Verlag, Heidelberg (D), 2007, € 199,95

(recensie door Jan Wijers, freelance tekstschrijver te Eindhoven)

Vink System Design & Analysis: actief in hightech

Actief in de wereld van hightech productontwikkeling, dat is Vink System Design & Analysis, een ingenieursbureau gespecialiseerd in fijnmechanica. Het bureau is in 2007 in Eindhoven opgericht door Jaap Vink. “Na ruim twintig jaar hoogwaardige projectmatige ervaring te hebben opgedaan binnen multidisciplinaire ontwikkelteams, heb ik de stap genomen om voor mezelf te beginnen. Mijn doel is om een betrouwbare, gedegen en resultaatgerichte partner te zijn in de ontwikkeling van complexe opto-mechanische en mechatronische systemen waarbij een hoge nauwkeurigheid wordt gevraagd”, vertelt hij.

Hoogwaardige techniek

“Werken aan hoogwaardige techniek heb ik altijd fascinerend gevonden”, aldus een enthousiaste Vink, die onder meer voor ASML en Mappper Lithography werkt. “Het innovatieve, het teamwerk, de precisie en het vakmanschap, dat trekt me. En binnen de hightech bedrijven worden hieraan hoge eisen gesteld. Ik stel alles in het werk om hieraan tegemoet te komen. Dat begint met scherp te luisteren naar de wensen en problemen die er bij de opdrachtgever zijn en deze helder in kaart te brengen. Om vervolgens samen systematisch en functiegericht te werken aan oplossingen die effectief en inventief zijn.”

Jaap Vink is vorig jaar zijn eigen ingenieursbureau gestart.

In praktijk

Om klanten te helpen bij het ontwikkelen van een innovatief en concurrerend product, maakt Jaap Vink gebruik van zijn specialistische kennis op het gebied van fijnmechanica en zijn brede systeemblik. Een project waarin hij deze combinatie heeft toegepast is bijvoorbeeld de ontwikkeling van de reticlestage, een subsysteem van de machines van ASML. “De reticlestage positioneert het reticle met ic-patronen tijdens de belichting van wafers. De overgang van een statische belichting naar een scannende belichting vereiste een geheel nieuw te ontwikkelen reticlestage. Hier is een conceptdesignstudie uitgevoerd, naast vele mechanische en systeemanalyses. Daaruit vloeiden weer de designspecificaties voort en de externe interfacespecificaties.”

Bij zijn werk probeert Vink steeds in de schoenen van de opdrachtgever te gaan staan. Een planbaar en beheersbaar ontwikkelproces speelt dan een rol, maar bijvoorbeeld ook de afweging van ontwerpbelangen en de kostprijs. “De waferstage is een ander subsysteem van de ASML-machines. Deze positioneert de wafer tijdens de belichting met ic-patronen. De wafertafel is de drager van de wafer tijdens dit proces. Een hoge vlakheid van de tafel draagt direct bij aan de prestaties van de machines. In een analyse is onderzocht hoe een hogere vlakheid te bereiken, zonder de kostprijs te verhogen. Het onderzoek liet zien dat verbetering in de opbouw- en inbouwprocessen, alsook verbetering van de mechanische specificaties op tekening een vermindering van de onvlakheid met 30 tot 50 procent opleverde.”

Breed inzetbaar

Jaap Vink vult aan dat zijn bureau breed inzitbaar is binnen het ontwikkelproces. Van concept tot realisatie. Het bureau kan ook kortlopende consultancy-opdrachten uitvoeren waarbij gestreefd wordt naar werkbare en concrete aanbevelingen.

Informatie

Vink System Design & Analysis
Tel. 06 - 43 87 93 98
www.vinksda.nl

NTS OPTEL
NEBATO - TE STRAKE

VOOR EEN HELDERE VISIE OP UW MOGELIJKHEDEN

- MET OPTICA, OPTO-ELEKTRONICA, VISION- EN LASERTECHNOLOGIE
- VAN VOORSTUDIE TOT EINDVERANTWOORDELIJKHEID
- SLAGVAARDIG EN BETROKKEN

MET EEN UITSTEKENDE REPUTATIE OP DE TERREINEN

- optische metrologie (lasertriangulatie, afstands- en vormbepaling)
- lichtverstrooiingstechnieken
- laserinterferometrie en -diffractie
- beeldopname- en bewerkingstechnieken
- spectroscopie en kleurkarakterisering
- glasvezeltechnieken
- CCD-technieken met één- en tweedimensionale arrays
- optiekontwerp op basis van ray tracing
- UV-, visible en IR-technieken

ALLES IN HUIS

- Uitstekend uitgerust laboratorium
- Prima Fysici
- Pilot-serie productie faciliteiten
- Indien gewenst: vervolgproductie via de NTS-Group

NTS-OPTEL BV - Kerkenbos 1303 - 6546 BG Nijmegen - info@optel.nl - www.optel.nl

HEIDENHAIN

Waaraan meet men de toekomst van de halfgeleiderfabricage af?

Elke nieuwe generatie wordt aan nieuwe maatstaven afgemeten. Dat geldt ook voor de halfgeleiderfabricage. De wafers moeten steeds groter worden, terwijl de structuren steeds kleiner worden. Om daarbij succesvol te zijn, heeft u meettechniek nodig die aan de hoogste eisen op het gebied van nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid voldoet. Ideaal daarvoor zijn de meetsystemen van HEIDENHAIN. Al 114 jaar houden wij ons bezig met lengte- en hoekmeetsystemen. En wij investeren steeds in de ontwikkeling van de technologieën van morgen. Met de meettechniek van HEIDENHAIN kunt u ook aan de maatstaven van de toekomst voldoen. HEIDENHAIN NEDERLAND B.V., Postbus 92, 6710 BB Ede, Telefoon: (0318) 581800, Telefax: (0318) 581870, http://www.heidenhain.nl, E-Mail: verkoop@heidenhain.nl

Hoekmeetsystemen + Lengtemeetsystemen + Contourbesturingen + Digitale Uitlezingen + Meettasters + Impulsgevers