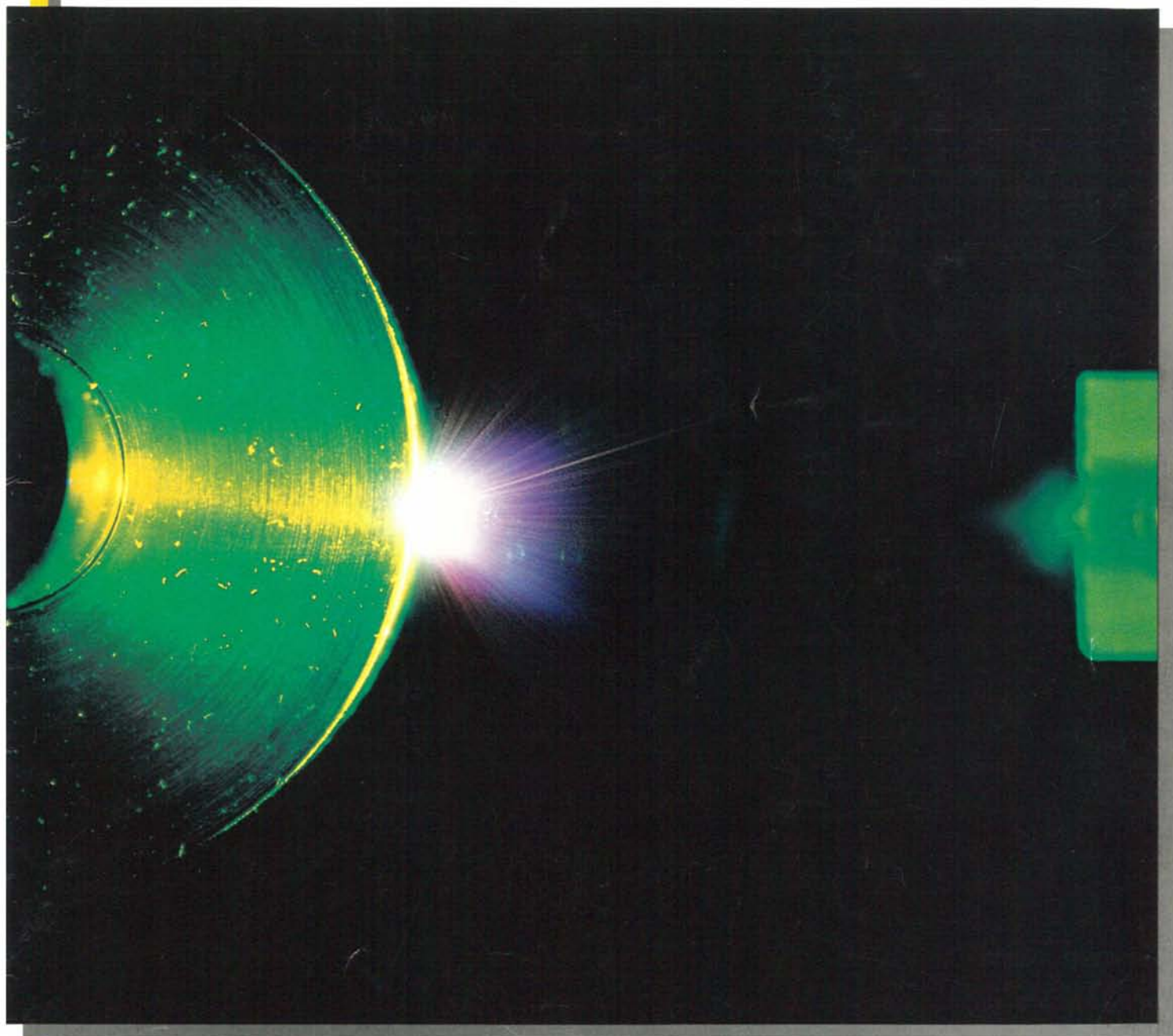


jaargang 30, nummer 2

Mikroniek

NVFT

VAKBLAD FIJNMECHANICA



Magnetometer
Scanning Tunneling

Laserplasma
Seminar NVFT

Beknopte inhoudsopgave

Hoofdstuk 1.

De betekenis en de plaats van de werkplaatsmeettechniek bij de fabricage van verwisselbare onderdelen.

De kwaliteitskenmerken
Het belang van verwisselbare onderdelen
Het fabriceren van verwisselbare onderdelen
Het fabricageproces
De beheersing van de fabricage

Hoofdstuk 2.

De grondbeginnselen van het geometrisch meten

De fysische verschijnselen
De geometrische voorwaarden

Hoofdstuk 3.

De meetonnauwkeurigheid bij geometrische metingen

Het meetproces
De systematische en toevallige afwijking
Berekenen van de toevallige afwijkingen
De meetonnauwkeurigheid

Hoofdstuk 4.

De lengte-eenheid en de overige meeteenheden

Historie van de lengte-eenheid
De meterstandaard
Licht als maatstaf
De erkende meeteenheden
Het inch-stelsel
De secundaire en de gematerialiseerde lengtestandaarden

Hoofdstuk 5.

De ISO toleranties en passingen en hoe zij worden gekeurd

Het ISO systeem voor toleranties en passingen
Het keuren van de ISO toleranties

Hoofdstuk 6.

De analyse van het meetprobleem en de keuze van de meetmethode

De meet- en kontrolemiddelen
De maatstandaard
Pasmiddelen
Hulpmiddelen
De meetinstrumenten

Hoofdstuk 7.

Meetmiddelen voor het meten in één ordinaat

Direkte handmeetgereedschappen
De indirecte handmeetgereedschappen
De stationaire directe meetinstrumenten
Stationaire indirecte meetinstrumenten
Mechanische, elektrische, optischelektrische en pneumatische opnemers

Hoofdstuk 8.

De betekenis van de vorm- en plaatstoleranties en het bepalen van de vormnauwkeurigheid

Het controleren en meten van de rechtheid
Het controleren en meten van de vlakheid
Het meten van de rondheidsafwijkingen
Het meten van de cilindriciteit

Hoofdstuk 9.

De meetmiddelen voor koördinatenmetingen

De profielprojector
De koördinaten meetmikroskoop
De koördinaten meetmachines

Wij verzoeken u te leveren:

ex. **Werkplaatsmeettechniek**

NAAM

ADRES

POSTCODE

PLAATS

Zenden aan De Vey Mestdagh
Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland

Hoofdstuk 10.

Meetmethoden voor het bepalen van de oppervlakteruwheid

De oppervlakteruwheidswaarde
De aanduiding op tekeningen

Hoofdstuk 11.

Het meten van een hoek

Foutenbronnen
De hoekmeetinstrumenten

Hoofdstuk 12.

Het passen en meten van schroefdraad

De schroefdraad
De schroefdraadtoleranties
Het keuren van de schroefdraad
Het meten van de schroefdraad



Prijs **f 49,-**
incl. BTW

Werkplaatsmeettechniek

Ing. F. Langereis

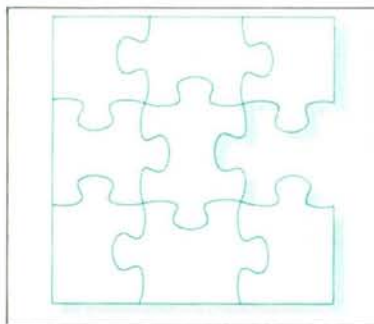
Uitgangspunt van de auteur: het toenemend belang van het meten in het moderne industriële fabricageproces en de noodzaak aan waarborgen om dit proces zo te regelen dat elk werkstuk binnen zo kort mogelijke tijd en tegen minimale kosten overeenkomstig de kwaliteitseisen kan worden gemaakt of samengesteld.

"Werkplaatsmeettechniek"

omvat 260 pagina's op formaat 15.4 x 22.2 cm
366 figuren, 35 tabellen

**IN BELGIË TE BESTELLEN BIJ
UITGEVERIJ DE SIKKEL**

Soms
ligt
er
maar
een
klein
stukje
tussen
probleem
en
oplossing.



Soms ontbreekt het aan een specifiek stukje precisiewerk. De oplossing heeft u misschien in uw hoofd, maar niet in uw handen.

Leg uw probleem dan eens voor aan Dinfa, de meeden-

kende perfectionisten. Opdrachtgevers met uiteenlopende problemen helpen we aan elk gewenst onderdeel of apparaat, waarbij we al heel vroeg meedenken over de beste oplossing. Hoe de specificaties ook worden aangeleverd, Dinfa werkt ermee. Engineering verzorgen of testen? Co-makership? Met Dinfa als partner wordt het een stuk eenvoudiger!

Staatjes van vaak opvallende oplossingen tonen aan dat we er de mensen en de technische outillage voor hebben.



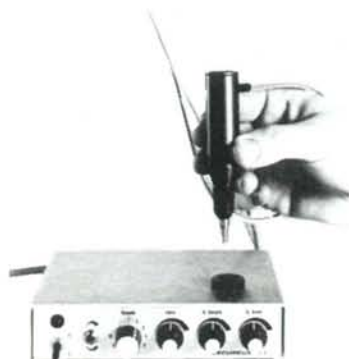
Dinfa: De passende oplossing voor uw probleem.



Fultonstraat 11, Postbus 45, 2690 AA 's-Gravenzande.
Telefoon 01748-14441. Telefax 01748-20100.



LECUREUX



Elektronische schroevendraaiers en schroefautomaten voor kleine schroeven van M0,35 tot M3.

micro  montage

Postbus 3108
Tel. 02155-26400

3760 DC Soest
Fax 27200

ALS HET ECHT ROND MOET ZIJN

PRECISIEKOGELS VAN 0,3 TOT 50 MM

uit:

- Robijn
- Saffier
- Aluminiumoxyde
- Siliciumnitride
- Titaancarbide

Rondheid-tolerantie: <0,1 micron

- slijtvast
- chemisch bestendig
- licht gewicht en
- temperatuurbestendig

Voor nadere informatie:

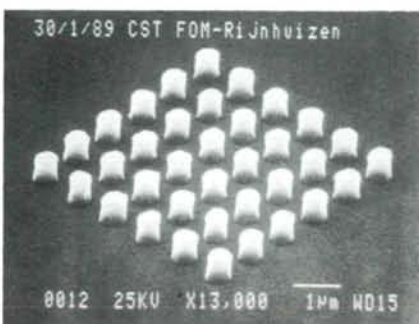
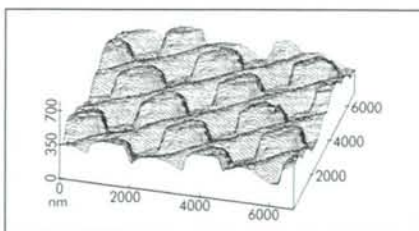
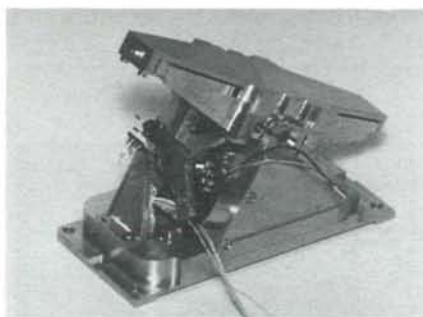
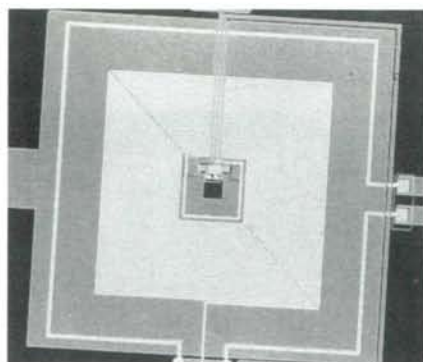
ceratec® b.v. technische keramiek

Postbus 66 - 4175 ZH Haften - Nederland

Tel. 04189-2222 - Telefax 04189-1872

ADVIES - ONTWERP - LEVERING

Inhoud



- 32 Ir. D.J. de Korte:
Editorial: Flexibele microns
- 33 **Verenigingnieuws:**
Regionale werkgroep Eindhoven
Regionale werkgroep Twente
- 34 **Regionale werkgroep Amsterdam**
- 35 **Actueel**
- 39 H.J.M. ter Brake:
Toepassing van supergeleiding in biomagnetisch onderzoek
- 47 K.J. Wildeman, G. Ploeger, R. van der Schuur en J. Evers:
Cryogeen mechanisme in de infrarood spectrometer voor de Europese satelliet ISO
- 50 Dr. J.J. Baalbergen:
Scanning Tip Microscopie: Kijken in de nanowereld
- 53 **Atomaire speldeprikken in silicium**
- 54 Vulstuk:
Bond voor Materialenkennis - Bondsdag 1990
- 55 Drs. F. Bijkerk:
Nieuwe toepassing van het laserplasma in de röntgenlithografie
- 60 **Technische Seminar NVFT: "Wissel tussen kennis en macht"**
- 63 Vulstuk:
Nieuwe methode voorspelt betrouwbaarheid van elektronische schakelingen
- 64 **Werkplaatsinformatie**

Bij de foto op de voorpagina:

Voorbeeld van een laserplasma, opgewekt door een lichtpuls van een hoogvermogen vastestof laser op een trefplaatje te focuseren. De foto toont een plaatje van tantaal met een diameter van vijf centimeter. De hete kern van dit plasma vormt een heldere bron van zachte röntgenstraling, welke o.a. geschikt is voor het lithografische afbeelden van submicronstructuren ten behoeve van de fabricage van halfgeleiderschakelingen. (Foto Fred Bijkerk).



vereniging voor
Fijnmechanische Techniek

Editorial ir. D.J. de Korte

Flexibele microns

Uitgave:

De Vey Mestdagh BV

Redactie:

Ing. H.J. van Agthoven
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
H.M.C. Heubers
H.G.J. Rutten
Ir. J.J. Veerman
G.J. Verschagen
D. Blank

Redactiesecretariaat:

J. Snickers
Klaprooslaan 17
5691 WL Son
Telefoon (04990) 71831
b.g.g. (01180) 36320

Redactie-adviesraad:

Prof.Ir. A. Anemaat
Prof. L.H.J.F. Beckman
Prof.Dr.Ir. H.F. van Beek
Prof.Dr.Ir. J. Bleeker
Ing. H. Bosch
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuis
Prof.Ir. F. Doorschot
Prof.Ir. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
A. Meijering
Dr.Ir. J.A. Rietdijk
Prof.Dr.Ir. Ch. Snijders
Ir. G. Vaessen
Ir. D. van 't Veen
Dr.Ir. J. Verkerk

Abonnementen:

De Vey Mestdagh BV,
Markt 51, 4331 LK Middelburg
Telefoon (01180) 81240
Postgirorekening 26 06 279
Nederland f 95,- per jaar
Buitenland f 120,- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Advertentie-acquisitie:

De Vey Mestdagh BV,
Markt 51, 4331 LK Middelburg
Telefoon (01180) 81240
Fax (01180) 81215

Vormgeving:

Jurriaan Bol Design, Son

Tekst en beeld:

Grefo, Son en Breugel

Druk- en bindwerk:

Den Boer Drukkers

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar

ISSN 0026-3699

De tweejaarlijkse Techni-Show, etalage van produktiemachines en gereedschappen, is weer achter de rug. Welke boodschappen hebben we deze keer meegekregen?

Op de eerste plaats is dat het opnieuw "bedienings-arme" maken van het produktieproces, vooral zichtbaar aan het automatisch wisselen van niet alleen gereedschappen, maar tegenwoordig ook werkstukken. Daar er in geautomatiseerde processen nogal eens wat mis kan gaan, zijn ook de bewakingssystemen steeds verder ontwikkeld. Soms worden bepaalde afwijkingen, bijvoorbeeld een langzaam verlopende maat als gevolg van gereedschapslijtage, al automatisch gecompenseerd (adaptive control).

Op de tweede plaats moeten alle produktieprocessen tegenwoordig flexibel zijn. Daarmee wordt bedoeld dat we met minimale inspanning (tegen minimale kosten in zo weinig mogelijk tijd) op een ander produkt kunnen overschakelen. De series worden immers steeds kleiner (just in time) en de modebewuste consument wil ook steeds vaker iets nieuws (is dat wel zo?).

Genoemde punten blijken echter geenszins in te houden dat de fabricage dan ook nonchalant kan plaatsvinden. Een derde constatering is namelijk dat de produkteisen steeds verder worden opgeschroefd. De machinefabrikanten reageren daarop met steeds nauwkeuriger machines (zoals een betere positioneer- en repeteernauwkeurigheid). Steeds vaker wordt ook met vier cijfers achter de komma gewerkt in plaats van met drie. Om dit niet ten koste te laten gaan van de snelheid zijn zelfs speciale 32-bits besturingen ontwikkeld.

Opvallend is dat veel van deze nauwkeurige produkten door de elektronische industrie worden gevraagd. Dank zij die zelfde elektronica kunnen we die nauwkeurigheden ook inderdaad bereiken, bijvoorbeeld door (elektronische) compensatie van systematische fouten.

Ook bij meetmachines zagen we een mooi voorbeeld. In plaats van graniet wordt daar tegenwoordig ook aluminium toegepast. De goede warmtegeleiding zorgt voor een homogene temperatuurverdeling en de elektronica compenseert de uitzetting. Daarmee zijn zulke machines ook uitstekend in een (ongeconditioneerde) werkplaatsomgeving te gebruiken.

Ondanks de flexibele fabricage blijken de microns een steeds grotere rol te spelen.



Ir. D.J. de Korte

Verenigingsnieuws

Nieuws van de Regionale Werkgroepen

Regionale Werkgroep Eindhoven

De Regionale Werkgroep Eindhoven organiseerde op 28 maart een themamiddag over "**Laserlassen als industriële verbindingsmethode**" en was te gast bij het Centrum voor Fabricagetechnieken van de Nederlandse Philips Bedrijven te Eindhoven.

Er was voor dit thema gekozen omdat de technologie van het laserlassen een hoge graad van perfectie heeft bereikt en reeds een groot toepassingsgebied kent. De opgedane ervaringen, geïllustreerd met vele voorbeelden uit de praktijk, kunnen dat aantonen. Ons vakgebied van de FMT kan het laserlassen dan ook absoluut niet meer missen!

De laser is van een interessant laboratoriuminstrument in de jaren zestig - in het Philips Natuurkundig Laboratorium waren enkele experimentele opstellingen aanwezig waarmee gaatjes, gatenpatronen en wat lasjes gemaakt konden worden - uitgegroeid tot een instrument/machine met een groot, industrieel gericht toepassingsgebied. Voorbeelden zijn:

- als nauwkeurig meetinstrument,
 - voor bewerkingen als boren, snijden, lassen/puntlassen (belangrijk),
 - voor medische toepassingen.
- Toegespitst op lassen, biedt de lasertechnologie grote voordelen:
- geschikt voor (zeer) kleine onderdelen, geen vervorming;
 - er wordt relatief weinig warmte ingebracht;
 - er is geen contact met het produkt;
 - materialen behoeven niet geleidend te zijn;

waar tegenover staan:

- hoge investeringen (maar is er een alternatief?);
- speciale veiligheidsvoorzieningen die nodig zijn.

Ook Philips heeft een grote ervaring in "laserlassen" opgebouwd, heeft een voortreffelijke procesbeheersing bereikt en was bereid daarvan een exposé te geven. Uit dat exposé bleek dat steeds een grote samenhang bestaat tussen constructie, materialen en lastype, hetgeen betekent dat het ontwerp van een con-

structie waarin een laserlas wordt voorzien daarop apart bekeken wordt. Uitgaande van een optimale las is het dan meestal nodig de constructie en/of de materiaalkeuze aan te passen. Dit leidt dan meestal tot een optimaal bruikbare en tevens technisch fraaie oplossing. De metallurgie van het laserlassen is nog niet goed bekend en laat sommige toepassingen nog niet toe.

In de voordrachten werd kort ingegaan op enkele fysische principes van de laser in enkele uitvoeringsvormen, waarin de vele praktische toepassingen ruim aandacht kregen.

Er is getracht de "state of the art" vanuit verschillende invalshoeken te belichten:

- De heer Dijk van de Fa. Messer Griesheim, een vooraanstaand fabrikant van laserlas-apparatuur, hield een voordracht over "Laserlas-apparatuur en de afweging van laserlassen versus weerstandlassen".
- De heer Meertens, werkzaam bij het CFT-Philips, gaf een voordracht over "Laserlassen, technologie en voorwaarden".
- De heer Verheggen, werkzaam bij de Components-vestiging van Philips Sittard, hield een voordracht over "Laserlassen in de massafabricage".

De middag werd door dertig deelnemers bijgewoond die na de voordrachten in de verschillende laboratoria het puntlassen, snijden en naadlassen in de praktijk gedemonstreerd kregen.

De middag werd afgesloten met een dankwoord aan de inleiders en aan Philips voor de genoten gastvrijheid.

De onderwerpen van de lezingen zullen in Mikroniek gepubliceerd worden.

Regionale Werkgroep Twente

De Regionale Werkgroep Twente organiseerde op 22 februari j.l. een interessante middagbijeenkomst over "**Plaatbewerking in de fijnmechanische industrie**" en was te gast bij de Philips Machinefabriek in Almelo.

Nadat de heer G. Veldhuis als coördinator van de werkgroep de ruim dertig deelnemers had verwelkomd, gaf de heer C. van Sorgen, directeur van SORBA

Precisieplaatwerk BV, een voordracht over het gebruik van CAD/CAM in zijn bedrijf en de specifieke voordelen van het in zijn bedrijf ontwikkelde systeem voor het lasersnijden van uitslagen, ORIGAMI genoemd.

Het systeem is primair bedoeld om snel een prototype te realiseren, maar is juist ook geschikt voor seriefabricage. Van de produkttekening wordt het programma gemaakt waarmee het lasersnijden van de uitslag wordt gestuurd. De plaatdikte en de diktetolerantie worden hierbij als onafhankelijke parameters ingevoerd, waardoor de uitslag van eenzelfde produkt met hetzelfde programma voor elke gewenste plaatdikte kan worden gesneden. De vouwlijnen van het produkt zijn vervangen door smalle spleten in het verlengde waarvan enkele dammetjes blijven staan en het vouwen eenvoudig en nauwkeurig met de hand uitgevoerd kan worden.

De heer Van Sorgen lichtte zijn systeem toe door uitslagen van toch wel complexe produkten met enkele handelingen tot een produkt te vormen. Een overtuigender bewijs van de geavanceerdheid van de produktietechnologie was nauwelijks denkbaar!

Hierna hield de heer Veldhuis, fabricagemanager van de Philips Machinefabriek, een voordracht over de innovaties die in de constructie en fabricage van freems van machines en apparaten door plaatwerktechniek doorgevoerd konden worden.

Hierbij zijn ondermeer lasmatten gedeels vervangen door intelligent aangebrachte "pen-gatverbindingen" die met hechtlassen worden gefixeerd. Er wordt mee bereikt dat de freems nauwkeuriger zijn, veel minder nabewerkingen behoeven en een strak en fraai uiterlijk vertonen.

In de aansluitende excursie in de Machinefabriek werd het innovatieve karakter van de nieuwe freembouw overtuigend gedemonstreerd.

Uit de beide voordrachten kwam ondubbelzinnig naar voren dat het vak van de plaatbewerking een grote ontwikkeling heeft doorgemaakt en in vele opzichten "high tech" wordt.

De heren Van Sorgen en Veldhuis werden bedankt voor de uitstekende wijze waarop zij de deelnemers over de huidige

plaatwerktechnologie hebben geïnformeerd en daarmee de bijeenkomst van de Regionale Werkgroep Twente tot een succes maakten. De Werkgroep was de heer ir. A. Nijkamp, bedrijfsdirecteur van Philips Machinefabriek Almelo, erkentelijk voor de geboden gastvrijheid en de interessante excursie.

Ir. G. v. Drunen

Regionale Werkgroep Twente

De Regionale Werkgroep Twente organiseerde op 8 maart j.l. in de Universiteit Twente een interessante themadag over "Het aandeel van de fijnmechanica in de biomedische techniek" in samenwerking met de studievereniging Biomedische Techniek "Paradoks". Het belang van de fijnmechanica in de biomedische techniek werd door het thema al aangegeven en werd in de voordrachten overtuigend aangetoond. De voordrachten van het ochtendprogramma waren:

- *De ontwikkeling van kunstorganen en medische hulpmiddelen die met bloed in contact komen*, door prof.dr. A. Bantjes. Door de ontwikkeling van biomaterialen die een zeer speciale binding met ongewenste stoffen in het bloed kunnen geven, zijn specifieke aandoeningsgerichte behandelingen mogelijk geworden. De ontwikkeling van nierdialyse-apparatuur en van hulpmiddelen die in bloedvaten kunnen worden ingebracht, zijn daar sprekende voorbeelden van.

- *Materialen en vorm, als delen van een te ontwerpen systeem*, door prof.ir. J.C. Cool.

De wisselwerking tussen materiaal en vorm werd voor orthese- en protheseconstructies uitgewerkt. Het doel daarbij is lichte en sterke constructies met grote stijfheid te maken die de patiënt als comfortabel ervaart.

- *Een nieuwe lichtgewicht knie-enkelvoet orthese*, door ir. N.G.A. van Leer-dam.

Deze orthese is voorzien van een kniestabilisatiesysteem dat de knie stabiliseert bij belasting van het been, maar vrij laat als het been niet wordt belast. Hierdoor zou een energetisch gunstig looppatroon kunnen ontstaan. Uit een video-film bleek dat het looppatroon van de patiënt in veel grotere mate het natuurlijke looppatroon benadert dan met een rigide orthese.

De rondgang langs de verschillende proefopstellingen in de laboratoria gaf aanvullend een goed beeld van reeds bereikte resultaten op het gebied van een modulair tevens endoprothese systeem

en op het gebied van de toepassing van geheugenmateriaal in de orthopedie.

Het middagprogramma handelde over de onderwerpen:

- *Micro-engineering in silicium*, door dr. M. Elwenspoek.

Door toepassing van een speciale ets-technologie in monokristallijn silicium kunnen micromechanische devices worden ontworpen en gemaakt. Als voorbeelden werden onder meer genoemd een elektrostatisch motortje met een diameter van 130 μm , een micropomp en enkele miniatuur sensoren.

- *Optimale parameterschatting in de medische diagnostiek*, door dr. M.J. Korsten.

Door een model van een bekend voorwerp als b.v. een cylinder in enkele parameters te beschrijven en daaraan een cameramodel toe te voegen, kan een voorspelling van de afbeelding van het voorwerp worden gedaan. De vergelijking met het, vaak relatief slechte, beeld van een cilindrisch bloedvat geeft dan een schatting van zijn parameters.

In de laboratoria werden zowel de genoemde estechieken als de parameter-schatting gedemonstreerd.

De ruim 35 deelnemers aan deze themadag waren zeer geboeid door de voortreffelijke wijze waarop de voordrachten werden gehouden en een beeld van de status quo werd gegeven.

Een aantal voordrachten zal in de komende uitgaven van Mikroniek worden gepubliceerd.

Het was interessant vast te stellen dat een integratie van de fijnmechanische techniek en de biomedische techniek heeft plaatsgevonden, waardoor reeds vele goede resultaten zijn bereikt en waarvan lichamelijke gehandicapten in de toekomst veel mogen verwachten.

Ir. G. van Drunen

Regionale Werkgroep Amsterdam

De Regionale Werkgroep Amsterdam hield op 14 maart j.l. haar traditionele, jaarlijkse "avond" in de M.T.S. "Hendrick de Keyerschool". Ditmaal een nadere kennismaking met de firma Stuifmeel Techniek B.V. uit Lelystad, vertegenwoordigd door de heer J.F. Habes, algemeen directeur, met zes medewerkers.

Met veel demonstratiemateriaal en een goed voorbereide toelichting nam elk een deel van het leveringsprogramma voor zijn rekening. Dit bestrijkt hoofdzakelijk persluchttechniek, sensoriek, micro-pneumatiek, magneettechniek en ser-

vopneumatiek. Hoewel zij niet zelf produceren, is Stuifmeel toch betrokken bij het ontwikkelen van nieuwe produkten, in het bijzonder van de firma Kuhnke.

Bij zijn voordracht "Historie perslucht-techniek" ging de heer R. Beke speciaal in op de huidige stand, die wordt gekenmerkt door miniaturisatie. De miniatuur-pneumatiek en elektronica werken samen op basis van gelijkwaardigheid. Typisch voorbeeld is een trek-magneet gevoed door vermogen-elektronica; grote trekkracht in korte tijd en voldoende houddracht resulteren in geringe warmte-ontwikkeling en kleine constructie.

Met recht kan nu worden beweerd, dat de miniatuurpneumatiek een moderne techniek is. Zowel schakel- als aandrijf-elementen zijn fijnmechanische produkten en in Mikroniek zal daaraan nader aandacht worden gegeven.

Rest hier, de firma Stuifmeel Techniek te bedanken voor hun goed voorbereide presentatie en vooral de M.T.S. Hendrick de Keyerschool voor de, wederom, verzorgde ontvangst.

Regionale Werkgroep Amsterdam

De Regionale Werkgroep Amsterdam organiseerde op 10 april j.l. een bijeenkomst/excursie in het Energie Centrum Nederland te Petten, met als onderwerp "Bewerken van technische keramiek".

Behalve als researchinstelling op het gebied van energie, van kern- tot wind-energie, presenteert het ECN zich nadrukkelijk als een van de "InnovatieCentra, vraagbaak voor ondernemers".

Zo is bij het ECN sinds 1985 het Nationaal Keramisch Atelier (NKA) gevestigd waar, op semi-technische schaal, keramische materialen en componenten voor technische toepassingen worden ontwikkeld. Legio zijn de toepassingen waarbij keramiek essentieel is, maar evenzo de problemen die men met keramiek hoopt op te lossen.

In zijn voordracht maakte ir. J. Sauerwald onderscheid in functionele keramiek, waarbij de chemische samenstelling meestal de basis vormt van de gewenste eigenschappen, en structurele keramiek, waar het accent ligt op de gewenste mechanische en thermo-mechanische eigenschappen. Het onderzoek richt zich vooral op het beheersen van de, via vele fabricagestappen verkregen, kerfgevoelige microstructuur, en het (zo min mogelijk!) nabewerken van het gesinterde vormstuk met diamantgereedschap, laser of ultrasonoortechnieken. In een dankwoord memoreerde ir. G. van Drunen dat in deze lezing verschillende

Verenigingsnieuws

zaken voor het eerst in fundamenteel verband waren gebracht, hetgeen van meer nut kan zijn dan het kennis nemen van een bepaalde ontwikkeling. Hoewel de deelnemers wat dat betreft ook ruim-

schoots aan hun trekken kwamen bij de excursie die voerde door het Bewerkingslaboratorium voor technische keramiek, de ruimte Laserbewerkingen, Meetkamer en Instrumentatie afdeling.

Onze dank aan de vele personeelsleden die daar presentaties hadden verzorgd en demonstreerden.

H. Heubers

Actueel

Activiteiten
Mikrocentrum West

Themadag: "Nauwkeurig vloeibare vormgeving, maatwerk voor de constructeur"

Het Mikrocentrum West te Delft organiseert op 17 mei in samenwerking met NVvGT, MGB en de AVNEG een themadag over het ontwerpen en gieten van hoogwaardige en nauwkeurige constructiedelen.

Het vervaardigen van produkten door middel van het gietproces is een productieproces waarbij gecompliceerde driedimensionale vormen in alle hoogwaardige metalen kunnen worden verkregen. Vooral de vrijheid van materiaalkeuze is zeer groot. De mogelijkheden van de techniek zijn vooral de laatste jaren enorm uitgebreid waardoor het gieten is uitgegroeid tot Hi-Tech precisie-productietechniek.

De huidige stand en de nieuwste ontwikkelingen in de gietwerkproductie, zowel in ferro als non-ferro legeringen, zullen worden uiteengezet en met praktijkvoorbeelden worden verduidelijkt.

Het zwaartepunt van deze dag ligt in het benadrukken van de noodzaak van kennisoverdracht en vroegtijdig samenspel tussen ontwerper, constructeur en gieter, waardoor hoogwaardige en nauwkeurige gietstukken verkregen worden.

De doelstelling van de dag is het onder de aandacht brengen van de mogelijkheden van vloeibare vormgeving en is gericht op ontwerpers, constructeurs en gieterijtechnici, alsmede op docenten en studenten uit het technisch onderwijs.

De dag zal worden begeleid door Dr. Ir. H. Nieswaag van TU-Delft, Laboratorium voor materiaalkunde.

De sprekers zijn:

- De heer A.F. Bogaerts, Aluminium & Bronsgieterij Klava, Delft;
- Ing. S. Bos, Nefit BV, Deventer;
- Ing. P.H.M. Jacobs, VPF Gieterij Weert B.V., Weert;
- Ir. W.J. Thoma, Cirex B.V., Almelo;
- De heer A. Kuiper, Röntgen Technische Dienst, Afdeling Technisch advies en ondersteuning, Rotterdam.

Expositie

Parallel aan deze themadag zal een marktinfo opgezet worden, waarbij bedrijven in de gelegenheid worden gesteld om hun produkten en kennis te tonen.

Plaats van handeling:

Mikrocentrum West
Curaçaostraat 2
2612 EB Delft
Telefoon: 015-608742

Aanvang: 9.00 uur.

Einde: 16.00 uur.

Kosten: f 395,— niet deelnemers MCNL; f 295,— deelnemers MCNL; f 595,— exposanten. MCNL deelnemers exposeren gratis.

Themadag: "Precisieplaatwerk"

Het Mikrocentrum West te Delft organiseert op 18 mei 1990 een themadag over het fabriceren van precisieplaatwerk.

Voor het fabriceren van dergelijk plaatwerk is veel kennis en ervaring vereist. Vooral door de bundeling van de kennis van de ontwerp-, constructie- en productie-afdeling is het mogelijk een hoge maat- en vormnauwkeurigheid en een kwalitatief hoogstaand produkt te verkrijgen.

Daarnaast is het noodzakelijk dat reeds in de ontwerpfase overleg wordt gepleegd tussen ontwerper, constructeur en plaatbewerker.

Op deze dag zullen de verschillende sectoren hun moderne ontwerp- en produktiemethoden, om tot een nauwkeurig produkt te komen, toelichten.

De dag zal worden begeleid door Prof. Ir. F. Doorschot van de TU-Delft, Faculteit industrieel ontwerpen.

De sprekers zijn:

- De heer G.J. Streefland, DAF Trucks BV, Eindhoven;
- Ir. W.J. Beekmans, Philips PMF, Eindhoven;
- Ir. J.A. van Eijden, Sorba Engineering BV, Winterswijk;
- Ing. J.N. Borsboom, Metaalinstituut TNO, Apeldoorn;

- Ing. H.C.D.M. van Sommeren, NEBA-TO Metaalbewerkingsindustrie BV, Bergeijk;
- Ir. D. Naessens, LVD Company NV, Wevelgem-Gullegem, België.

Expositie

Parallel aan deze themadag zal een marktinfo opgezet worden waarbij bedrijven in de gelegenheid worden gesteld om hun produkten en kennis te tonen.

Plaats van handeling:

Mikrocentrum West
Curaçaostraat 2
2612 EB Delft
Telefoon: 015-608742.

Aanvang: 9.00 uur.

Einde: 16.00 uur.

Kosten: f 395,— niet deelnemers MCNL; f 295,— deelnemers MCNL; f 595,— exposanten. MCNL deelnemers exposeren gratis.

Themadag: "Corrosiepreventie"

Het Mikrocentrum West te Delft organiseert op 22 mei 1990 in samenwerking met het Nederlands Corrosie Centrum een themadag over corrosiepreventie en bescherming tegen corrosie.

Onnodige grote kostenposten veroorzaakt door corrosie kunnen met beschikbare kennis en middelen beperkt worden.

Deze dag heeft tot doel ontwerper, constructeur en fabrikant van industriële- en consumentenprodukten te overtuigen van het feit dat, wanneer vroegtijdig rekening gehouden wordt met de corrosiegevoeligheid van het ontwerp, de kwaliteit en de levensduur van het produkt verhoogd worden.

Dit thema is gericht op diegenen die bij hun werkzaamheden te maken hebben met het corrosieprobleem.

De dag zal worden begeleid door prof. dr. J.H.W. de Wit, TU Delft, Laboratorium voor materiaalkunde. De onderwerpen zullen zijn:

Actueel

- Materiaal- en constructiekeuze in verband met corrosiepreventie van consumentenprodukten, door ing. A.A. Aldenkamp, Nederlandse Philips Bedrijven BV, Eindhoven.
- Een nieuwe cyclische corrosietest voor automobielpaats, gebaseerd op metingen van microklimaten in rijdende automobielen, door ir. F. Blekkenhorst, Hoogovens Groep BV, IJmuiden.
- Bescherming tegen corrosie tijdens langdurige opslag, door W.H. Bijl, Bijl BV, Barneveld.
- Beschermingssysteem van fokkervliegtuigen, door J.A. Cromwijk, Fokker Aircraft BV, Schiphol.
- Bescherming van halffabriek tegen corrosie, door E. Everaarts, Shell Verkoopmij, Nederland.

Expositie

Parallel aan deze themadag zal een marktinfo opgezet worden, waarbij bedrijven in de gelegenheid wordt gesteld om hun produkten en kennis te tonen.

Plaats van handeling:

Mikrocentrum West
Curaçaostraat 2
2612 EB Delft
Telefoon: 015-608742.

Kosten: f 395,— niet deelnemers MCNL; f 295,— deelnemers MCNL; f 595,— exposanten. MCNL deelnemers exposeren gratis.

Activiteiten Mikrocentrum Nederland

Design for assembly Montage-vriendelijk ontwerpen

Ontwerpen gericht op handmontage

Tweedaagse workshop georganiseerd door Mikrocentrum Nederland op 3 en 4 mei 1990 te Delft en 10 en 11 mei 1990 te Eindhoven.

Inleiding

De levenscyclus van produkten wordt steeds korter, terwijl het aantal varianten bij gelijkblijvende afzet toeneemt. De tijdsduur, die beschikbaar is voor de ontwerpfasen, wordt overeenkomstig korter.

Design for assembly (afgekort DFA) is een systeem, ontwikkeld voor het reeds tijdens de ontwerpfasen bij benadering vaststellen van de benodigde tijdsduur en kosten van assemblage van produkten. DFA richt zich op het voorkomen van montageproblemen, die later extra kos-

ten veroorzaken o.a. door produktanpassing, gereedschapswijziging en het te laat op de markt komen van produkten. Bij toepassing van DFA wordt elk onderdeel getoetst op zijn montage-(on)vriendelijkheid en de daarmee verbandhoudende kosten.

Tijdens deze workshop zal worden ingegaan op de handmontage. In het najaar van 1990 zal voor personen die de basis workshop handmontage hebben gevolgd, een workshop worden georganiseerd waarin het proces van het automatisch monteren aan de orde zal komen.

Doel: Het verschaffen van inzicht in de DFA-analysetechniek en het door middel van praktisch oefenen opdoen van ervaring in het gebruik ervan, zodat men na afloop van de cursus volledig zelfstandig, zonder enige begeleiding ermee kan werken.

Vorm: workshop, waarin korte intensieve theorielessen worden gegeven met betrekking tot de basistechnieken van de DFA. Deze lessen zullen worden afgewisseld door oefeningen en praktijk-cases. De deelnemers wordt verzocht praktijkvoorbeelden uit het eigen bedrijf in te brengen, die tijdens de cursus behandeld kunnen worden.

Bestemd voor: produktontwerpers en -tekenaars, constructeurs, medewerkers van bedrijfsmechanisatie afdelingen, bedrijfskundigen, arbeidsanalisten, en anderen die betrokken zijn bij produktontwerp en ontwerp van automatische productiesystemen.

Niveau: M.T.O.-H.T.O.

Inhoud

- Uitleg van de theoretische achtergrond van DFA.
- Oefeningen met praktijkvoorbeelden in het analyseren van het assemblageproces.
- Opstellen van assemblageschema's.
- Oefenen aan de hand van eigen ingebrachte produkten en standaard voorbeelden in het analyseren/beoordelen van de montage-(on)vriendelijkheid.
- Aangeven van de richting waarin het ontwerp verbeterd kan worden en de daaruit voortvloeiende besparingen.
- De oefeningen gebeuren groepsgevijs.

Aan de deelnemers wordt een syllabus uitgereikt en een certificaat van deelname verstrekt.

Plaats en duur: Delft, Eindhoven en elders bij voldoende deelname (min. 10 personen).

2 dagen: 3 en 4 mei te Delft; 10 en 11 mei te Eindhoven.

Kosten: f 1.250,— per persoon, waarbij lunches en koffie zijn inbegrepen.

Informatie: Mikrocentrum Nederland, Kruisstraat 74, 5612 CJ Eindhoven.

Telefoon: 040-432503, b.g.g. 040-449669, fax 040-450169.

Activiteiten TNO

Stichting Collectief Onderzoek Metaal opgericht

Op initiatief van het Metaal Instituut TNO is in overleg met een aantal bedrijven in de metaalindustrie de *Stichting Collectief Onderzoek Metaal (S.C.O.M.)* opgericht. De stichting gaat voor de deelnemende bedrijven onderzoekprojecten op het gebied van de werkplaats-techniek coördineren.

De betrokken bedrijven zijn overwegend machinefabrieken, plaatverwerkende bedrijven en toeleveranciers van machines en gereedschappen. Het Metaal Instituut voert voor deze "bijdragende" of sponsorbedrijven al een aantal jaren onderzoek uit. Belang en omvang van deze projecten zijn zo toegenomen dat de instelling van een afzonderlijke stichting voor het initiëren en begeleiden ervan gerechtvaardigd is. Ook komen de projecten op deze wijze in aanmerking voor subsidie in het kader van de TNO-stimuleringsregeling.

De onderwerpen die in S.C.O.M.-verband worden aangepakt zijn sterk praktisch gericht. Recente projecten betroffen "just-in-time" produceren en systematisering van de werkvoorbereiding. De resultaten van deze laatste studie zijn op 15 februari 1990 gepresenteerd. Een nieuw onderwerp van onderzoek - tevens het eerste S.C.O.M.-project - is *Kwaliteitszorg op de werkvloer*.

Bedrijven die willen deelnemen in de onderzoekprojecten van de S.C.O.M. kunnen contact opnemen met het secretariaat, gevestigd bij het Metaal Instituut TNO in Apeldoorn; telefoon 055-493088, mevr. M. de Vries.

Project procesbeheersing in de plaatbewerking

Het opzetten van een nieuwe produktiemethode voor produkten uit dunne plaat gaat gepaard met hoge kosten en een aanzienlijke aanlooptijd. De haalbaarheid is moeilijk in te schatten, hetgeen veel teleurstellingen meebrengt. Vooral in het offertestadum is nog nauwelijks te overzien welke kosten in de produktie moeten worden gemaakt om de gevraagde kwaliteit te bereiken.

Deze problematiek is onderwerp van een

Actueel

zojuist gestart onderzoekproject "Procesbeheersing" voor een aantal plaatverwerkende bedrijven, uitgevoerd door het Metaal instituut TNO in Apeldoorn. Het project is een vervolg op een eerdere gezamenlijke studie naar het optimaliseren van de productie.

Doel van het op zichzelf staande vervolgprijsproject is om aan de hand van producten van de deelnemende bedrijven te komen tot praktische richtlijnen voor het beoordelen van de haalbaarheid van nieuwe of verbeterde produktiemethoden. Dit met inachtneming van de gewenste prijs, kwaliteit en leverbetrouwbaarheid.

Het project zal in zijn geheel in 1990 worden uitgevoerd en omvat achtereenvolgens:

- een toegepaste studie naar de voorspelbaarheid van de bewerkingen bij de deelnemers (ponsbewerkingen, beheersing van vlakheid bij pons- en lokale omvormbewerkingen, dieptrek- en rek-bewerkingen, gereedschapbeheer),
- toepassing en ontwikkeling van de theorie op concrete produkten bij de deelnemende bedrijven; opstellen van praktische richtlijnen,
- implementatie van de oplossingen voor de concrete produkten bij de bedrijven, in samenwerking met alle betrokkenen,
- evaluatie van de in de bedrijven geboekte resultaten, rapportage.

Geïnteresseerde bedrijven kunnen nog inhaken op dit project, waarvan de kosten voor de helft worden gefinancierd met stimuleringsubsidie. Voor meer informatie kunt u zich wenden tot ing. J.N. Borsboom van het Metaal instituut, telefoon: 055-493109.

Voorlichtings-floppy disk "Snijden van metalen"

De trendgevoeligheid van produkten op de punten materiaal, vorm en maatvoering is sterk toegenomen. Dit noodzaakt bedrijven voortdurend hierop in te spelen bij werkvoorbereiding en productie, o.a. bij de keuze van de toe te passen snijtechnieken. Hierbij is het van essentieel belang of men het snijden in eigen beheer gaat uitvoeren of op basis van een kostenanalyse wenst uit te besteden bij een gespecialiseerd toeleveringsbedrijf. Voor een juiste keuze is kennis van de in aanmerking komende snijtechnieken noodzakelijk. Het Metaal instituut TNO heeft daarom samen met AGA Gas, Esab Nederland en Vlietjonge gezocht naar een nieuwe manier van kennisoverdracht op het gebied van de snijtechnieken. Met

de gezamenlijke kennis en ervaring van de partners is een uniek PC-programma gemaakt. De basisprogrammatuur hiervoor is ontwikkeld door het Instituut Informatietechnologie voor Produktieautomatisering TUE-TNO.

Het programma is verkrijgbaar op floppy disk en wil in de eerste plaats algemene kennis over het snijden van verschillende materialen aanreiken en toegankelijk maken. Maar daarnaast maakt het in een specifieke situatie óók een gedetailleerde keuze van snijproces en snijparameters mogelijk, compleet met kostencalculatie en gevoeligheidsanalyse. Het programma helpt de gebruiker tot de juiste keuzes te komen, ongeacht of hij een meer of minder ervaren snijdeskundige is. Stap voor stap voert het de gebruiker langs alle punten die van belang zijn, zonder hem te hinderen met overbodige informatie. Behalve voor dit praktische gebruik is het programma ook geschikt voor opleidingsdoeleinden.

De floppy disk *Snijden van metalen* is geschikt voor IBM-AT computers met egascherm of hoger, en compatibles. Nader informatie is voor bedrijven verkrijgbaar bij: de heren A.F. Bruin (AGA Gas, Amsterdam, telefoon: 020-345413; S.D. Mair (Esab Nederland, Utrecht, telefoon: 030-465287) en N. Koppedraayer (Vlietjonge, Nieuwegein, telefoon: 03402-68911). Scholen en opleidingsinstellingen kunnen contact opnemen met de heer J.G.M. van den Broek, Metaal instituut TNO, Apeldoorn; telefoon: 055-493317.

Europe Software '90 Internationale Automatiseringsbeurs

Voor de tiende keer vindt van 29 tot en met 31 mei aanstaande de internationale automatiseringsbeurs Europe Software plaats in de Jaarbeurs in Utrecht.

Gekozen is voor een opzet waarbij de aanbieders van gelijksoortige software bij elkaar op de beurs te vinden zullen zijn in zogenaamde aandachtsgebieden. Door deze opzet kan de bezoeker op eenvoudige wijze de weg vinden naar de gewenste software oplossingen. Aandachtsgebieden die op deze wijze zullen ontstaan zijn o.a. Relationale database managementsystemen/Rdbms, Local Area Networks/LAN, Wide Area Networks/WAN, etc. Daarnaast zal Graphic User Interface een belangrijk aandachtsgebied vormen. Het totale expositieprogramma bestaat

uit systeemsoftware, toepassingsprogrammatuur, specifieke branchesoftware, CAD/CAM systemen, hardware in combinatie met software, programma-tuurdiensten, computerservice en voorlichting.

Naar verwachting zal dit aanbod worden verzorgd door circa 220 directe deelnemers. Ook in het buitenland bestaat dit jaar opnieuw belangstelling voor deelname aan Europe Software; aanvragen voor deelname uit Amerika, Engeland en Frankrijk zijn door de organisatoren ontvangen.

Vanzelfsprekend zijn de belangrijkste marktpartijen bij de beurs betrokken. Dat zijn in de eerste plaats de brancheverenigingen Cosso en Vifka, verder DECS, US Foreign Commercial Service en de Europese Gemeenschap.

Op Europe Software zal een aantal grote aanbieders een partnerprogramma organiseren waarin de dealers van deze aanbieders het totale software-aanbod zullen presenteren, elk met hun eigen specialisatie.

Voor de bezoekers zal de tiende Europe Software dit jaar overzichtelijker zijn en daarmee efficiënter te bezoeken.

PATO-cursussen

Integrale logistiek, van theorie naar praktijk

Een vijfdaagse cursus op de donderdagen 10, 17, 31 mei en 7, 14 juni 1990 van 14.00 tot 21.00 uur in Utrecht.

Doelstelling: deelnemers kennis te verschaffen van de verschillende stappen die bij een logistiek project aan de orde komen, zodat zij op doeltreffende wijze tegenspeler/gesprekspartner van de (externe) specialist op logistiek terrein kunnen zijn.

Bestemd voor: vakingenieurs die geconfronteerd worden met het vraagstuk van de doorstroming van goederen en diensten in bedrijven en instellingen.

Cursuscoördinatie: ir. J.M. Bots (Afd. Bedrijfskunde van het KIVI).

Data/plaats: de donderdagen 10, 17, 31 mei en 7, 14 juni 1990 van 14.00-21.00 uur in Utrecht.

Deelnamekosten: nader vast te stellen.

Documentaire informatie

Praktische inleiding in methodisch literatuurzoeken.

Een intensieve, tweedaagse cursus op 31 mei en 1 juni 1990 in Eindhoven.

Doelstelling: de cursus beoogt de deel-

nemers vaardigheid te verschaffen in en vertrouwd te maken met:

- het omgaan met informatie en informatiebronnen,
- de dienstverlening van nationale en internationale informatienetwerken,
- methodisch literatuuronderzoek.

Bestemd voor: ingenieurs (TU/HTO) of personen met een gelijkwaardig opleidingsniveau, die tijdens hun opleiding weinig of geen ervaring hebben opgedaan met de technisch-wetenschappelijke literatuurbronnen en met de grondslagen van methodisch literatuuronderzoek.

Cursusleider: de heer M.P. van Buijtenen (Universiteitsbibliotheek TUE, Hoofd Bibliografische Afdeling).

Data/plaats: 31 mei en 1 juni 1990 aan de TU Eindhoven.

Deelnamekosten: f 1.120,— per persoon (incl. cursusmateriaal, lunches, koffie en thee. BTW is niet verschuldigd).

Constitutieve modellen

Een vijfdaagse cursus op 29 mei, 5, 12, 19 en 26 juni 1990 in Eindhoven.

Doelstelling: in deze cursus worden constitutieve vergelijkingen besproken voor verschillende vormen van materiaalgedrag. Allereerst wordt aan de hand van ééndimensionele voorbeelden het essentiële verschil in het gedrag voor verschillende materiaalmodellen getoond. Via computersimulaties kan de cursist zijn inzicht in het materiaalgedrag vergroten en wordt hij geconfronteerd met de problemen bij de experimentele bepaling van de materiaalparameters. Daarna wordt als uitgangspunt gekozen voor een algemene formulering, verkregen op basis van eisen uit de thermodynamica en zogenaamde constitutieve principes. De constitutieve relaties voor de verschillende klassen van materiaalgedrag zullen vervolgens, door introductie van steeds meer beperkingen, worden vereenvoudigd. Met behulp van PC's wordt de nodige oefening gerealiseerd.

Bestemd voor: ingenieurs die werken (experimenteel/analytisch/numeriek) met materialen die niet-elastisch/niet-isotroop/niet-lineair gedrag vertonen. Te denken valt dan aan composieten, elastomeren, biologische materialen, vloeibare polymeren en metalen tijdens omvormprocessen. De deelnemers dienen kennis te hebben van continuümmechanica (de stof van CEM-cursus nr. 4), dan wel een daaraan equivalent kennisniveau te bezitten.

Cursusleider: dr.ir. P.J.G. Schreurs,

Technische Universiteit Eindhoven.

Data/plaats: 29 mei, 5, 12, 19 en 26 juni 1990 in het Gebouw van de Faculteit Werktuigbouwkunde van de Technische Universiteit Eindhoven.

Deelnamekosten: f 2.235,— per persoon (incl. cursusmateriaal, lunches, koffie en thee. BTW is niet verschuldigd).

Betrouwbaarheidsanalyse

Een vierdaagse cursus op 8, 9, 15 en 16 mei 1990 in Arnhem.

Doelstelling: deelnemers kennis en enige vaardigheid te verschaffen over deze methode, waarmee op betrekkelijk eenvoudige wijze de kwaliteit van het ontwerp van een technisch systeem kan worden beoordeeld. Het resultaat van die beoordeling kan variëren van systeemwijziging tot de aanschaf van bijvoorbeeld reserve-onderdelen, dan wel het vaststellen van het optimale test- en onderhoudsinterval.

Bestemd voor: ingenieurs die met het ontwerpen van technische systemen geconfronteerd worden; technici, die betrokken zijn bij de besluitvorming betreffende complexe technische systemen; zij, die verantwoordelijk zijn voor de bedrijfsvoering van technische installaties.

Cursusleider: ir. R.W. van Otterloo (NV Kema, Arnhem).

Data/plaats: 8, 9, 15 en 16 mei 1990 in Arnhem.

Deelnamekosten: f 1.825,— per persoon (incl. cursusboek, lunches, koffie/thee).

Produktmodellering

Een intensieve tweedaagse cursus over produktbeschrijvingen in CAD/CAM-systemen op 7 en 8 juni 1990 in Delft. De cursus behandelt de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van produktmodellering voor CAD/CAM en gaat in op de onderliggende technieken zoals "geometric and feature modeling". Tevens worden aanverwante onderwerpen, zoals het visualiseren van 3D-modellen, het interactief ontwerpen van 3D-modellen en het opslaan en uitwisselen van produktgegevens behandeld.

Doelstelling: de cursus beoogt de deelnemers vertrouwd te maken met de basistechnieken voor CAD, CAM en CIM. De cursus richt zich zowel op fundamentele aspecten als op praktische informatie en toepassing.

Bestemd voor: managers, gebruikers en ontwikkelaars van CAD/CAM systemen die willen kennismaken van de basistechnieken voor het modelleren en visualiseren van 3D-produktvormen en die zich op

de hoogte willen stellen van de internationale ontwikkelingen op het gebied van produktmodellering, standaardisatie en gegevensuitwisseling tussen CAD/CAM en CIM systemen.

Cursusleider: prof. dr.ir. F.W. Jansen, hoogleraar Computer Graphics aan de Technische Universiteit Delft, Faculteit Toegepaste Wiskunde en Informatica.

Data/plaats: 7 en 8 juni 1990 in het TNO-CAD centrum te Delft.

Deelnamekosten: f 1.095,— p.p. (incl. cursusmateriaal, lunches, koffie/thee).

Nadere informatie over deze cursussen kan worden aangevraagd bij het bureau van het PATO-orgaan, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage, telefoon: 070-3644957.

NNI-catalogus '90 verschenen

Bij het Nederlands Normalisatie-instituut (NNI) te Delft is de uitgave van 1990 van de NNI-catalogus verschenen. De catalogus bestaat uit twee delen. De NNI-catalogus is een onmisbaar naslagwerk voor elke organisatie die normen gebruikt en toepast.

Deel 1 van de NNI-catalogus, die jaarlijks in een aangevulde en geactualiseerde versie verschijnt, bevat een volledig overzicht van Nederlandse normen, Europese normen en als Nederlandse norm aanvaarde internationale normen en van aanverwante publikaties. Deel 1 biedt zowel overzichten waarin deze publikaties zijn gerangschikt naar onderwerp als overzichten met numerieke volgorde. Tevens is een trefwoordenregister opgenomen. De catalogus bevat ook algemene gegevens over normalisatie, over het verkrijgen van normen en andere publikaties, abonnementen, prijzen, korting en levertijden.

Deel 2 omvat overzichten van diverse speciale publikaties van internationale Europese en buitenlandse organisaties op het gebied van normalisatie. Ook is in dit deel een aantal technische publikaties vermeld die niet door normalisatie-organisaties zijn uitgegeven, maar waarvan het NNI als wederverkoper in Nederland optreedt. De catalogus kan worden besteld door overmaking van f 45,— (inclusief btw en verzendkosten) op Postbanknummer 25301 ten name van het NNI in Delft onder vermelding van "NNI-Catalogus '90".

Men kan zich ook abonneren op de catalogus. Voor inlichtingen hierover: NNI-infocentrum, telefoon 015-690255, fax 015-690130. ■

De opzienbarende verschijning



Inderdaad, Komet is de opzienbarende verschijning waar alles om draait als we het hebben over verspanend precisie-gereedschap.

Het door ROCO te leveren, zeer uitgebreide, Komet-programma staat op onbereikbare hoogte als het gaat om kwaliteit, stabiliteit en ongeëvenaarde prestaties. Een echte hemelbestormer is het universele en geavanceerde ABS-verbindingssysteem, dat zowel bij bewerkingscentra als bij CNC-gestuurde draaimachines kan worden gebruikt.

Een briljant idee van Komet!

Natuurlijk kunt u bij ROCO met alle sterren van Komet kennismaken: boor-, koter- en fijnboor-gereedschappen, draai- en opspangergereedschappen. Precisie-gereedschappen, waarmee Komet zich een leidende positie in deze markt heeft verworven. ROCO zal u graag adviseren over alle facetten van de verspaningsgereedschappen en de daarbij behorende logistiek.

En ROCO staat als officiële Komet-importeur al veertig jaar model voor een stralende service.

Met Komet verspaant u de sterren van de hemel.

ROCO B.V.

Roco bv, Wilhelminapark 21, postbus 273,
5900 AG Venlo
tel 077-517345, fax 077-549867

110

MYTRI

precisie zwart
granieten
vlakplaten
en toebehoren

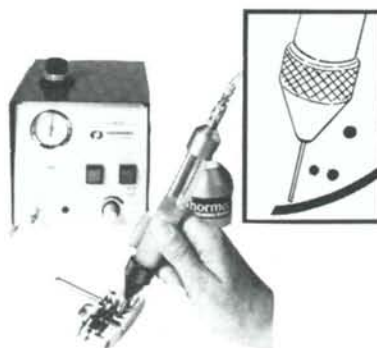
Mytri vlakplaten van
zwart Diabas graniet
(DIABAS) staat garant
voor optimale
slijtvastheid en stabili-
teit en geven de
hoogst denkbare graad
van nauwkeurigheid.



MYTRI BV - APELDOORN
Postbus 10395, 7301 GJ Apeldoorn
Tel. 055-429174 - Fax 055-428486



hormec technic



Nauwkeurig en lekvrij doseren van olie,
vet, lijm en pasta's met de doseerkop-
pen van Hormec Technic

Komponenten, handapparatuur en do-
seerautomaten.

micro  montage

Postbus 3108
Tel. 02155-26400

3760 DC Soest
Fax 27200

Toepassing van supergeleiding in biomagnetisch onderzoek

H.J.M. ter Brake, Vakgroep Lage Temperaturen, Faculteit Technische Natuurkunde, Universiteit Twente.

Supergeleiding staat in het centrum van de wetenschappelijke belangstelling sinds in 1987 supergeleiding boven het kookpunt van stikstof mogelijk bleek. De betreffende keramische materialen worden momenteel in een groot aantal laboratoria in de wereld vervaardigd en onderzocht. Een overzicht betreffende supergeleiding in het algemeen en de nieuwe keramische supergeleiders in het bijzonder is door Dave Blank gepresenteerd in de mei/juni uitgave van Mikroniek (1989). In het nu volgende artikel wordt de toepassing van supergeleiding in biomagnetisch onderzoek beschouwd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van conventionele ("lage-temperaturen") supergeleiding. Verwacht mag evenwel worden dat in het komend decennium de keramische supergeleiders toegepast zullen gaan worden voor de constructie van de benodigde sensoren.

Inleiding

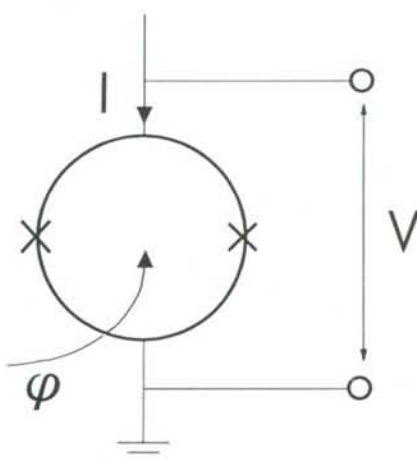
In biomagnetisch onderzoek worden magnetische velden gemeten die gegenereerd worden door het menselijk lichaam. Deze velden zijn kleiner dan een miljoenste deel van het aardmagnetisch veld. Om ze te kunnen meten moet dan ook gebruik gemaakt worden van supergeleiding in de vorm van de meest gevoelige magnetische sensor: de SQUID-magnetometer (SQUID: Superconducting QUantum Interference Device).

In dit artikel wordt allereerst de SQUID-magnetometer belicht. Vervolgens komt het biomagnetisch onderzoek aan de orde en tenslotte volgt een beschrijving van de meerkanaals neuromagnetometers zoals die aan de Universiteit Twente zijn en worden ontwikkeld.

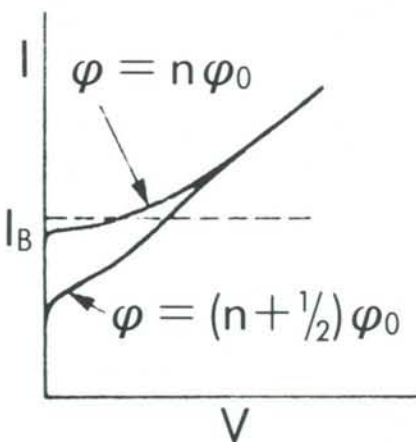
Squid magnetometrie

Squid

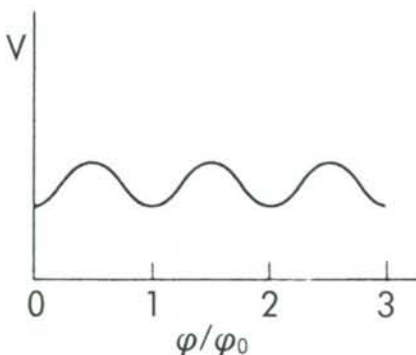
Het hart van een SQUID magnetometer is het SQUID, dat in essentie bestaat uit een ring van supergeleidend materiaal met daarin één of twee zogenaamde Josephson juncties. Een dergelijke junctie is te beschouwen als een zwakke plek met



Figuur 1 Schematische voorstelling van een DC-SQUID.



Figuur 2 I-V karakteristiek van een DC-SQUID.



Figuur 3 Spanning V over het DC-SQUID als functie van de flux Φ door de SQUID ring.

een relatief lage kritieke stroomsterkte. Dit houdt in dat boven deze kritieke stroom (orde van grootte $10 \mu\text{A}$) de supergeleidende ring ter plekke van de junctie normaal geleidend wordt. Een schematische voorstelling van een zogenaamd DC-SQUID is gegeven in figuur 1. Bij dit type SQUID wordt een constante stroom (I) door de SQUID-ring gestuurd die twee (zo goed mogelijk) identieke juncties bevat. De elektrische spanning (V) over de ring is afhankelijk van de magnetische flux door de ring.

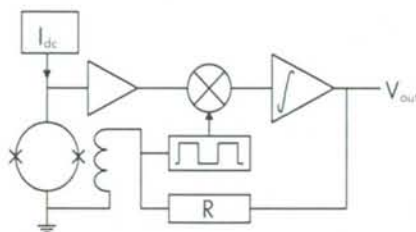
De I-V karakteristiek van een DC-SQUID is globaal weergegeven in figuur 2. Om deze karakteristiek te verkrijgen is het noodzakelijk dat beide juncties geshunt worden door een kleine weerstand (enkele ohms). Wanneer de magnetische flux in de ring gelijk is aan een geheel aantal fluxquanta ($1 \Phi_0 = 2.10^{-15} \text{ Wb}$) wordt de bovenste curve doorlopen. Bedraagt de flux een geheel aantal quanta plus een halve fluxquant dan volgt de onderste curve.

Tussenvallende waarden voor de magnetische flux leveren ook een tussenvallende I-V karakteristiek. Door de stroom I op een waarde I_B , zoals aangeduid in figuur 2, af te regelen wordt de spanning V over het SQUID een periodieke functie van de magnetische flux Φ , zoals weergegeven in figuur 3. Op de flank van deze functie bedraagt de gevoeligheid $\Delta V / \Delta \Phi$ grofweg $20 - 50 \mu\text{V} / \Phi_0$.

Squid-magnetometer

De overdracht van figuur 3 kan gebruikt worden om direct magnetische fluxveranderingen in de SQUID-ring te meten. Om het geheel te lineariseren wordt het SQUID evenwel als een nuldetector in een terugkoppeling toegepast.

Een zeer schematisch blokschema hiervan is gegeven in figuur 4. De ruisbijdrage van de versterkers wordt beperkt door de flux in het SQUID te moduleren.



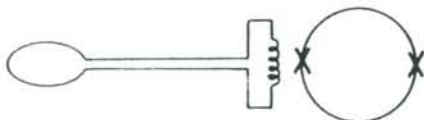
Figuur 4 Blokschema DC-SQUID magnetometer.

Toepassing van supergeleiding

Hiertoe wordt een hoogfrequente stroom (orde 100 kHz) door een modulatiespoel gestuurd die inductief gekoppeld is aan het SQUID. Na demodulatie en integratie wordt de signaalspanning over een weerstand R teruggekoppeld naar dezelfde modulatiespoel. De overdracht van flux in het SQUID naar spanning aan de uitgang $\Delta V_{out}/\Delta \Phi_{SQ}$ wordt geheel bepaald door de terugkoppeling en bestrijkt in de praktijk waarden van $10 \text{ mV}/\Phi_0$ tot $1 \text{ V}/\Phi_0$. De grensgevoeligheid van een dergelijk DC-SQUID systeem uitgedrukt als equivalente fluxruis in de SQUID-ring is circa $10^{-5} \Phi_0/\sqrt{\text{Hz}}$. Bij een SQUID-ring met een diameter van bijvoorbeeld $100 \mu\text{m}$ betekent dit een veldruis van circa $3 \cdot 10^{-12} \text{ T}/\sqrt{\text{Hz}}$. Als we bedenken dat het aardmagnetisch veld grofweg $4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ bedraagt, dan is het duidelijk dat we hier inderdaad te maken hebben met een zeer gevoelige magnetometer.

Fluxtransformator

De veldgevoeligheid van de SQUID-magnetometer is drastisch te verbeteren door gebruik te maken van een zogenaamde fluxtransformator; zie *figuur 5*.

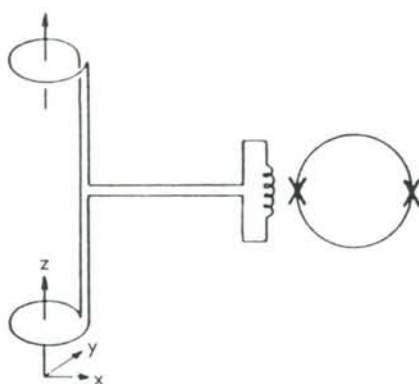


Figuur 5 Fluxtransformator inductief gekoppeld aan een DC-SQUID.

Zo'n fluxtransformator bestaat uit een relatief grote oppikspoel (enkele windingen met een diameter van enkele centimeters) die verbonden is met een kleine inkoppelspoel die inductief zo goed mogelijk aan de SQUID-ring gekoppeld is. Een veranderend magneetveld induceert in de oppikspoel een stroom. Deze stroom loopt ook door de inkoppelspoel en geeft aldus een veranderende flux in de SQUID-ring die, zoals in het voorgaande gebleken is, zeer gevoelig gemeten kan worden.

Door de lus van oppikspoel en inkoppelspoel uit te voeren als een supergeleidend circuit kunnen veldveranderingen ongeacht de frequentie gemeten worden, en wel van DC tot een frequentie die bepaald wordt door de snelheid van de terugkoppeling – gewoonlijk in de orde van grootte van 10 kHz.

Aangezien het meetoppervlak enorm is toegenomen ten opzichte van de SQUID-ring (factor $10^4 - 10^6$) is, ondanks het verlies tengevolge van de inductieve koppeling, de equivalente veldruis van het sys-



Figuur 6 Eerste-orde gradiometer inductief gekoppeld aan een DC-SQUID.

teem teruggebracht tot minder dan $10^{-14} \text{ T}/\sqrt{\text{Hz}}$. Hiermee hebben we het meest gevoelige instrument voor het meten van magnetische veldveranderingen. Speciaal voor de ruimtevaart ontwikkelde fluxgate-magnetometers zijn het eerstvolgend alternatief met een grensgevoeligheid rond $10^{-12} \text{ T}/\sqrt{\text{Hz}}$.

Een bijkomend voordeel van het gebruik van een fluxtransformator is dat niet per se gewerkt moet worden met een enkele spoel als oppikelement, zoals in *figuur 5*. Het is ook mogelijk twee gelijke spoelen op enige afstand van elkaar in tegenfase te koppelen om zodoende een eerste-orde gradiometer te krijgen, zie *figuur 6*. Deze gradiometer meet niet het veld, maar een eerste-orde gradiënt. Aldus wordt de bijdrage van storende velden uit de omgeving sterk beperkt, aangezien de verantwoordelijke bronnen relatief ver verwijderd zijn en dus de resulterende velden vrij homogeen. Het te meten signaal daarentegen is veelal afkomstig van een bron die zich dichtbij één van de twee spoelsecties van de gradiometer bevindt. De andere spoelsectie omvat een veel kleinere flux tengevolge van deze bron en derhalve wordt het verkregen signaal nauwelijks ongunstig beïnvloed door de gradiometerconfiguratie. Al met al wordt de signaal-ruisverhouding van de magnetometer drastisch verbeterd (grofweg een factor 10^3).

RF-SQUIDS en DC-SQUIDS

Het DC-SQUID is beschreven als een supergeleidend ring met daarin twee Josephson junctions. Aangezien de junctions vrijwel identiek moeten zijn is tot voor kort vooral gebruik gemaakt van een eenvoudiger te construeren alternatief met slechts één junctie: het RF-SQUID. Dit type SQUID is inductief gekoppeld aan een hoogfrequente trillingskring (orde van grootte 20 MHz). Het spanningsverloop over deze kring als

functie van de magnetische flux in de SQUID-ring is qua vorm vrijwel gelijk aan de overdracht van een DC-SQUID zoals weergegeven in *figuur 3*.

De eerste SQUID-magnetometers werden in de tweede helft van de jaren zestig ontwikkeld in de Verenigde Staten. Eén van de pioniers is Jim Zimmerman van het National Bureau of Standards in Boulder. In de eerste helft van de jaren zeventig jaren volgden Europa en Japan. Gewerkt werd in die tijd vrijwel uitsluitend met RF-SQUIDS gemaakt van massief supergeleidend materiaal (niobium), waarbij de Josephson junctie bestond uit een puntcontact. Dergelijke SQUIDS zijn ook vervaardigd aan de Universiteit Twente en bijvoorbeeld beschreven in *Mikroniek* van april 1977 (Ulfman en Walter-Peters). In de jaren tachtig deed de dunnefilm-technologie zijn intrede en als eerste stap werd de puntcontactjunctie van het RF-SQUID vervangen door een dunnefilm-junctie. Het grote voordeel van deze stap is de grotere stabiliteit met betrekking tot thermische schokken bij afkoelen en opwarmen. Toen geleidelijk aan bleek dat de juncties via de dunnefilm-technieken goed en reproduceerbaar gemaakt konden worden, werd gestart met de constructie van de DC-SQUIDS. Al snel werden niet alleen de juncties, maar ook de SQUID-ring, de inkoppelspoel en de modulatiespoel als één geïntegreerde dunnefilm-structuur uitgevoerd. Deze DC-SQUID systemen zijn grofweg een orde van grootte gevoeliger dan de RF-SQUID systemen, en resulteren zoals gesteld in een equivalente veldruis onder $10^{-14} \text{ T}/\sqrt{\text{Hz}}$. De constructie van de DC-SQUIDS, ontwikkeld aan de Universiteit Twente, wordt verderop in dit artikel behandeld.

Toepassingen

Nu we de beschikking hebben over zo'n extreem gevoelige magnetische sensor, is het interessant te weten waar de toepassingen liggen.

Ten eerste, zoals gesteld, het biomagnetisme dat in de volgende sectie uitgebreid zal worden beschouwd.

Een tweede onderzoeksveld is de geofysica, onder te verdelen in een aantal gebieden. Binnen het paleomagnetisme wordt de magnetisatie van gesteenten gemeten om zodoende onder andere aardlagen te kunnen dateren, de richting van het aardveld in de loop van de tijd te bestuderen of iets te kunnen zeggen omtrent de verplaatsing van aardlagen. De beweging van continenten is hierbij één van de onderzoeksthema's. Een ander toepassings-gebied binnen de geofysica is het magnetotellurisch onderzoek

waarbij het geleidingsvermogen van de aardkost wordt gemeten, met name om informatie te verkrijgen omtrent eventueel aanwezige olie of gasvoorraden. Als laatste geofysische toepassing worden aardveldfluctuaties gemeten, ten eerste om de oorzaak van deze fluctuaties te achterhalen en ten tweede om, via vergelijking van verschillende meetseries, aardbevingen te kunnen voorspellen.

Een derde toepassingsgebied van SQUID-magnetometers is het materiaal onderzoek. Naast zuiver wetenschappelijk kan dit onderzoek ook puur toepassingsgericht zijn. Hierbij is met name te denken aan magnetische recording. Tenslotte volgen de militaire toepassingen. Gewerkt is aan duikbootdetectie via de gemeten verstoring van het aardveld, communicatie met duikboten via laagfrequente signalen (zeewater schermt hoogfrequente signalen af), en detectie van voertuigen door het meten van het veld tengevolge van de remanente magnetisatie van (b.v. ijzeren) onderdelen.

Biomagnetisme

Inleiding

Magnetische velden afkomstig van het menselijk lichaam kunnen worden veroorzaakt door ionenstromen in het zenuwstelsel of spierweefsel. Bestudeerd worden onder andere het hart, spieren in het algemeen, de ogen, de hersenen en het ruggemerk. Het meest illustratief zijn metingen aan de hersenen. Hersenactiviteit kan opgewekt worden via geluidsprikkels, optische prikkels (b.v. monitorbeelden of lichtflitsen), pijnprikkels en dergelijke. Ook spontane hersenactiviteit wordt bestudeerd. Wanneer de activiteit zich tot een klein gebied in de hersenen beperkt ($< ca. 1 \text{ cm}^3$) dan kan vanuit de, buiten het hoofd gemeten, verdeling van het magnetisch veld een uitspraak gedaan worden over de positie en de sterkte van deze activiteit. Het is duidelijk dat hiervoor een goed elektromagnetisch model van het hoofd noodzakelijk is.

Naast magnetische velden die het gevolg zijn van ionenstromen in het lichaam kunnen ook velden gemeten worden van magnetische verontreinigingen. Hierbij gaat het vooral om de lever waarin ijzer wordt opgeslagen, en allerlei ingedemde verontreinigingen in de longen bij bijvoorbeeld lassers en mijnwerkers.

Waarom magnetisch meten?

Menig lezer zal bekend zijn met elektrisch gemeten hart- of hersenactiviteit, het elektrocardiogram (ECG), respectie-

velijk het elektroëncefalogram (EEG). Deze metingen worden heel eenvoudig na het aanbrengen van enkele elektroden verricht. Waarom is het dan aantrekkelijk dergelijke metingen met een duur en ingewikkeld instrument ook magnetisch uit te voeren?

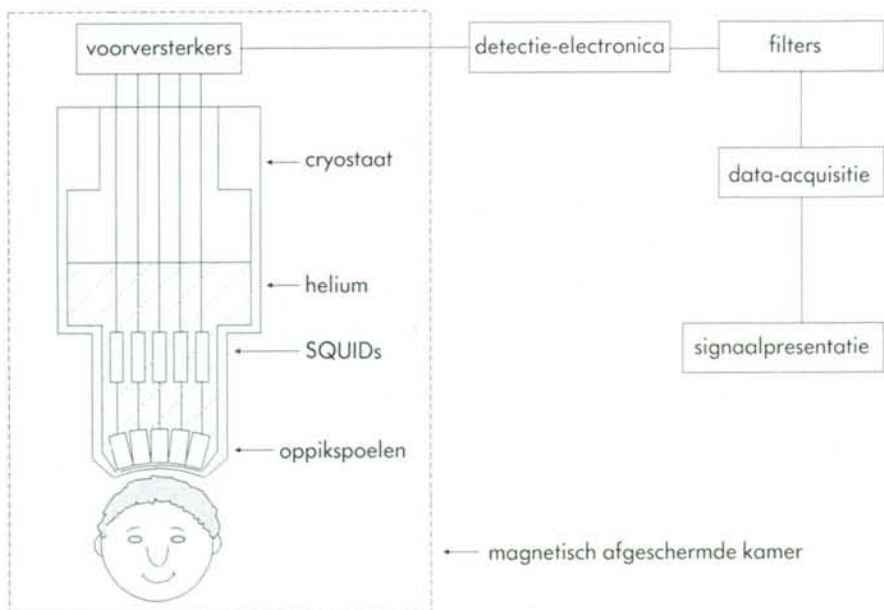
Allereerst wordt gesteld dat, indien langs magnetische weg niet meer, of geen andere informatie wordt verkregen dan langs elektrische weg, het duidelijk is dat voor het elektrische alternatief gekozen moet worden. Dit is bijvoorbeeld het geval als een arts het signaal van een enkele elektrode puur als diagnostisch instrument gebruikt. Er zijn evenwel ook gevallen waarin de elektrische metingen niet of niet uitgevoerd kunnen worden, bijvoorbeeld metingen aan een foetus. Nog belangrijker zijn de gevallen waarin vanuit een gemeten veldverdeling, zoals eerder vermeld, teruggerekend moet worden naar de bron die het veld veroorzaakt. Het weefsel dat de bron omringt heeft namelijk een groot effect op de verdeling van de elektrische potentiaal, en een veel geringer effect op de magneetveldverdeling. De vorm en de elektromagnetische eigenschappen van weefsels zijn slechts bij benadering in een model te beschrijven. Daarom is het duidelijk dat vanuit de magnetisch gemeten veldverdeling veel betrouwbaarder uitspraken omtrent de bron gedaan kunnen worden dan vanuit de elektrisch gemeten verdeling.

Tenslotte moge het duidelijk zijn dat

magnetische verontreinigingen niet via elektrische potentiaalmetingen te detecteren zijn.

Waarom meer kanalen?

Een magnetometersysteem waarbij op verscheidene posities tegelijkertijd het magnetisch veld wordt gemeten is vooral van belang wanneer een magneetveldverdeling moet worden gemeten. Ten eerste is de benodigde meettijd grofweg omgekeerd evenredig met het aantal kanalen. Naast het triviale "tijd is geld" is ook het ongemak van proefpersoon en onderzoekers hierbij van belang. Eén registratie van een magneetveldverdeling rond het hoofd met een enkelkanaals systeem neemt bijvoorbeeld minstens twee uren in beslag. Bij opgewekte hersenactiviteit is het terugbrengen van de meettijd nog relevanter omdat de opgewekte activiteit na keer op keer aanbieden van een stimulus significant af kan nemen. Dit treedt op door gewenning aan de stimulus en, indien aandacht noodzakelijk is, door verlies van concentratie. Ten tweede is een meer-kanaals systeem noodzakelijk als de verdeling tengevolge van spontane hersenactiviteit gemeten moet worden. Het is duidelijk dat in dit geval simultaan op alle relevante posities het veld geregistreerd moet worden. Ten derde is ook bij opgewekte hersenactiviteit het simultaan meten van alle posities een voordeel aangezien de reproduceerbaarheid van de opgewekte hersenactiviteit een probleem kan zijn.



Figuur 7 Schematische voorstelling van de 19-kanaals neuromagnetometer.

Toepassing van supergeleiding

UT-ontwikkeling van meerkanaals neuromagnetometers**Inleiding**

SQUID magnetometers worden sinds het begin van de jaren zeventig onder andere ontwikkeld op de Universiteit Twente. Naast biomagnetisme was materiaalkundig onderzoek hiervoor een direct toepassingsgebied. Gewerkt werd aanvankelijk met zelfgemaakte puntcon-

tact niobium RF-SQUIDs. Toen evenwel RF-SQUIDs met dunnefilm-juncties op de markt kwamen werd naar dit type overgestapt gezien de al eerder genoemde betere stabiliteit. Twee jaar geleden werd aan de UT een laboratorium ingericht speciaal voor de vervaardiging van supergeleidende sensoren. De ontwikkeling van dunnefilm DC-SQUIDs werd vervolgens gestart en de eerste SQUIDs zijn momenteel beschikbaar. Deze DC-SQUIDs zullen ingebouwd worden in een

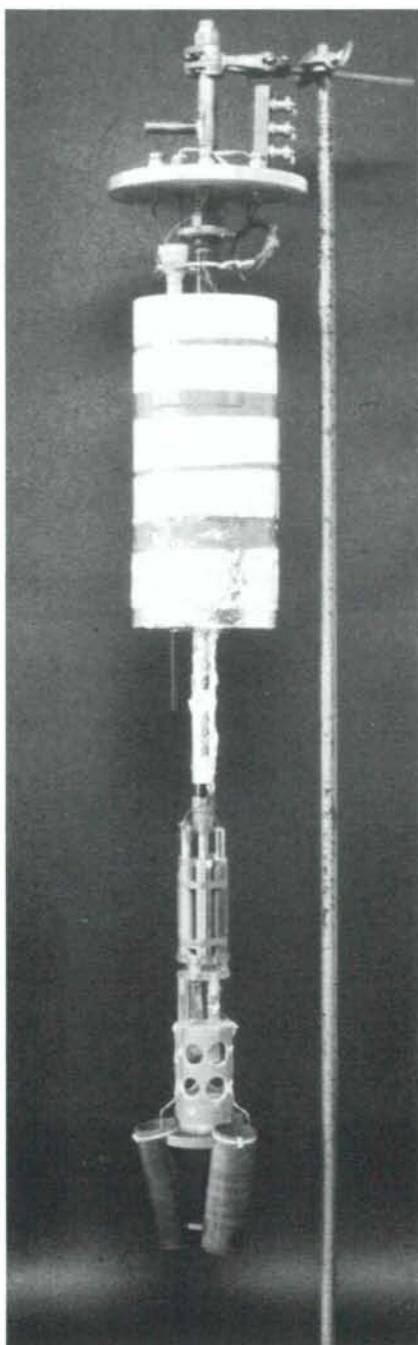
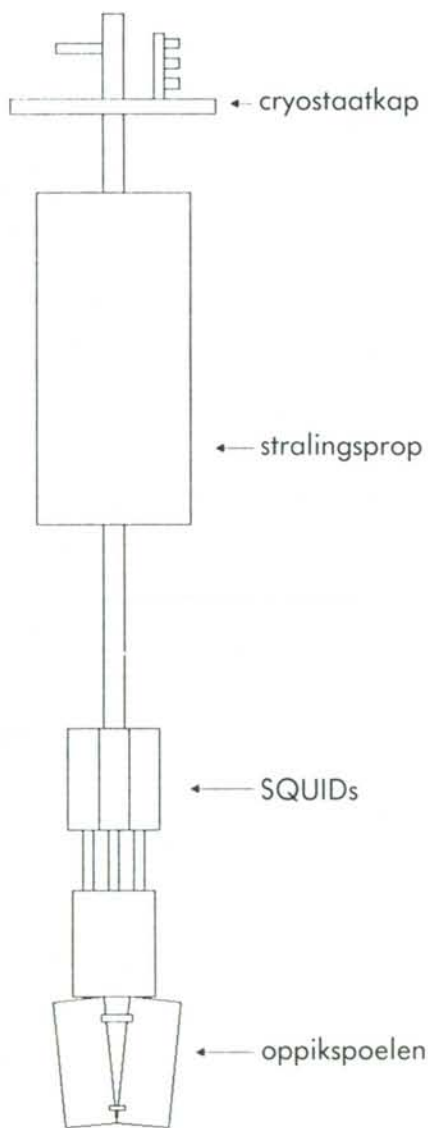
19-kanaals magnetometer voor hersenmetingen. Speciaal voor dit onderzoek is het Biomagnetisch Centrum Twente (BCT) gebouwd, een meetruimte in een hoek van de campus die bovendien uitgerust is met een magnetisch afgeschermd kamer, zodat met een minimum aan omgevingsstoring gemeten kan worden.

Hoe zit nu zo'n SQUID-meetsysteem in elkaar? Een zeer schematische voorstelling van de 19-kanaals neuromagnetometer is gegeven in *figuur 7*. Aangezien de sensoren werken op basis van supergeleiding moeten ze gekoeld worden met behulp van vloeibaar helium. Dit gebeurt door ze te plaatsen in een heliumbad-cryostaat. Deze cryostaat is te beschouwen als een zeer geavanceerde thermosfles, waarin het helium enige dagen in vloeibare vorm bewaard kan worden. De cryostaat mag geen magnetische storing geven en is daarom grotendeels gemaakt van glas/epoxy. Bovendien is de bodem van de cryostaat enigszins concaaf, zodat de afstand tussen oppikspoelen en hoofd minimaal is. Voorversterking van de SQUID signalen gebeurt binnen de magnetisch afgeschermd kamer, de rest van de databehandeling erbuiten. Enkele aspecten van het systeem worden hierna afzonderlijk belicht: de oppikspoelen, de DC-SQUIDs en het Biomagnetisch Centrum.

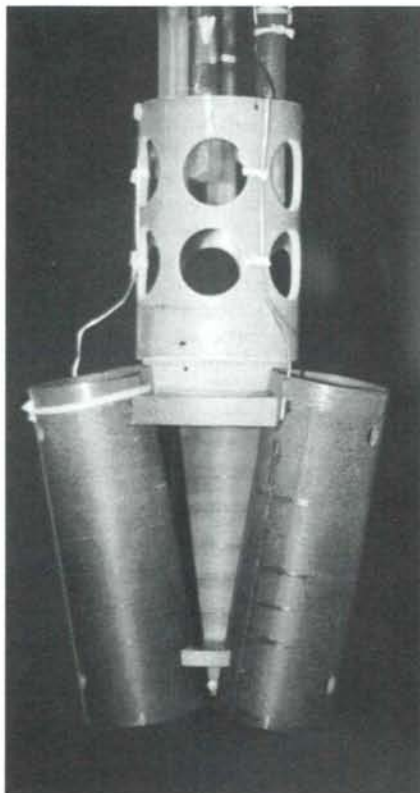
Oppikspoelen

Vooruitlopend op het 19-kanaals DC-SQUID systeem is een driekanaals prototype gebouwd dat is uitgerust met gekochte RF-SQUIDs. Het gedeelte dat in de cryostaat geplaatst wordt is weergegeven in *figuur 8*. Met dit systeem is ervaring opgedaan in het werken met een aantal kanalen en in het functioneren van de magnetisch afgeschermd kamer. Het oppikspoelgedeelte van dit prototype is afgebeeld in *figuur 9*. Het bestaat uit drie eerste-orde gradiometers met een diameter van 4 cm en een afstand tussen de twee spoelsecties van 5 cm. Elk van de secties bestaat uit vijf windingen, waarbij de afstand tussen de afzonderlijke windingen is geoptimaliseerd met betrekking tot de signaaloverdracht. Als constructiematerialen zijn tufnol (een met epoxyhars geïmpregneerde textielvezel) en epoxyhars gebruikt.

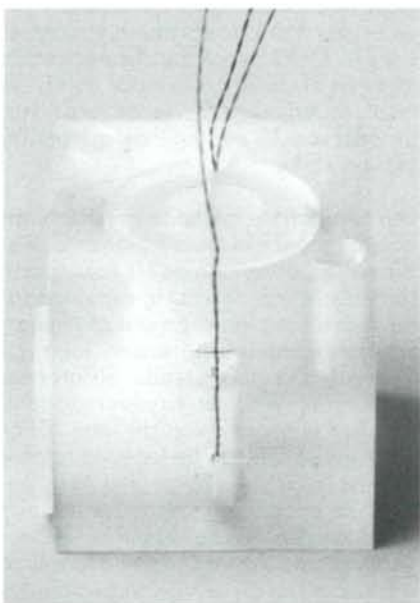
Een belangrijke component van het prototype, die ook in het 19-kanaals systeem toegepast zal worden, is de elektronische ruiscompensatie. Dit betreft drie afzonderlijke SQUID-systemen die drie orthogonale componenten van het magnetisch veld ter plekke van de cryostaat meten.



Figuur 8 Prototype van een driekanaals neuromagnetometer.

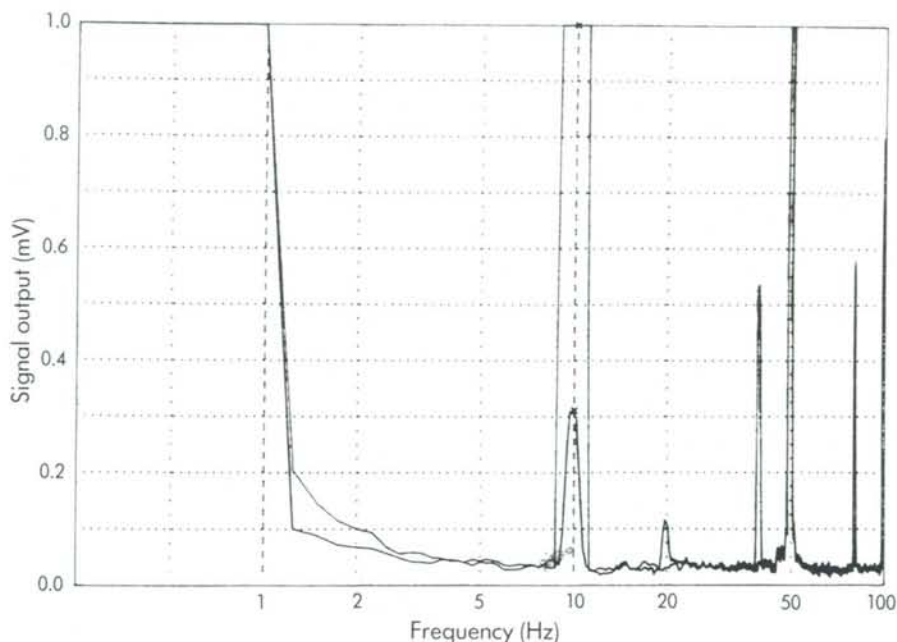


Figuur 9 Oppikspoelgedeelte van een drie-kanaals prototype.

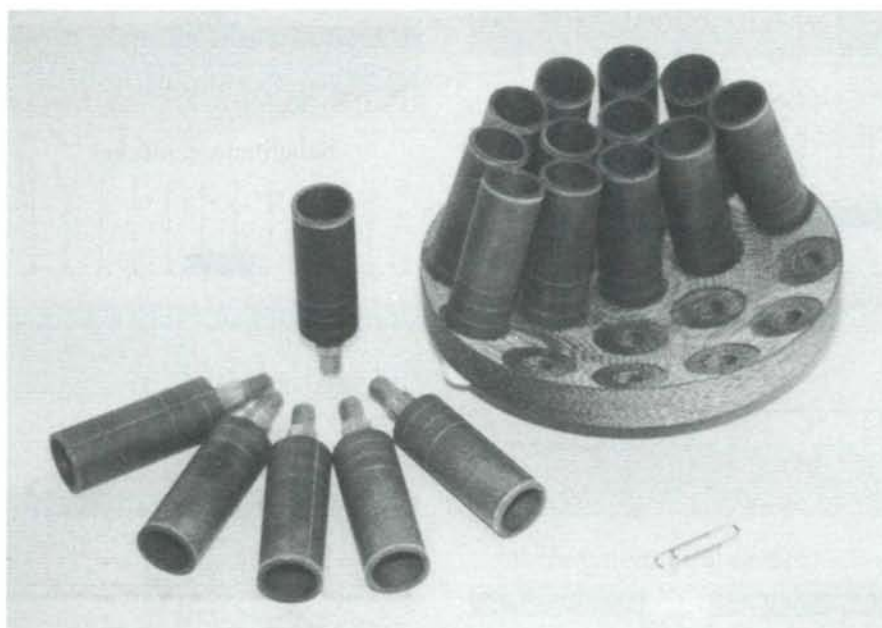


Figuur 10 Oppikspoelen voor ruisreferenties.

De uitgangssignalen van deze systemen dienen als referenties voor de omgevingsruis. Ze kunnen via goed gekozen versterkingsfactoren van de meetsignalen afgetrokken worden, zodat in de meetsignalen een minimum aan omge-



Figuur 11 Uitgangsspectrum van één van de drie kanalen van het prototype met een aangelegd stoorveld van 10 Hz.
Bovenste curve: zonder elektronische ruiscompensatie.
Onderste curve: met elektronische ruiscompensatie.



Figuur 12 De oppikspoelenset van het 19-kanaals systeem.

vingsruis resteert. De oppikspoelen die voor deze ruisreferenties gebruikt worden zijn drie enkele windingen met een diameter van 1 cm. De referentiespoelenset, gemaakt van epoxyhars, is weergegeven in *figuur 10*. De werking van de elektronische ruiscompensatie wordt geïllustreerd aan de hand van *figuur 11*. Hier is het uitgangsspectrum van één van

de signaalkanalen weergegeven met en zonder compensatie, waarbij bovendien een homogeen 10 Hz stoorveld is aangelegd. De bijdrage van dit stoorveld aan het signaal wordt door de compensatie met een factor 330 onderdrukt. Ook een 40 Hz storing uit de omgeving verdwijnt volledig, terwijl de laagfrequente storing wordt gehalveerd. De 50 Hz en 80 Hz-

Toepassing van supergeleiding

storingen in *figuur 11* zijn afkomstig van bronnen die zich relatief dicht bij de cryostaat bevinden, en daarom moeilijker via deze compensatiemethode zijn weg te regelen.

Inmiddels is de oppikspoelenset voor het 19-kanaals systeem ontworpen en grotendeels gemaakt. De spoelen worden gewikkeld op 19 afzonderlijke tufnol buisjes die in een hexagonale verdeling in een tufnolplaat passen. Het een en ander is weergegeven in *figuur 12*. De spoelenset sluit aan op het bolvormig oppervlak van de bodem van de cryostaat (kromtestraal 12,5 cm). Elk van de spoelen is een eerste-orde gradiometer met 2x3 windingen, een diameter van 2 cm, en een afstand tussen de secties van 4 cm. Wederom is de onderlinge afstand tussen de windingen geoptimaliseerd. De diameter is een factor twee kleiner dan bij het prototype omdat nu gewerkt gaat worden met gevoeliger DC-SQUIDS.

Fabricage van DC-SQUIDS

In het voorgaande is het DC-SQUID globaal behandeld. Met name is aandacht

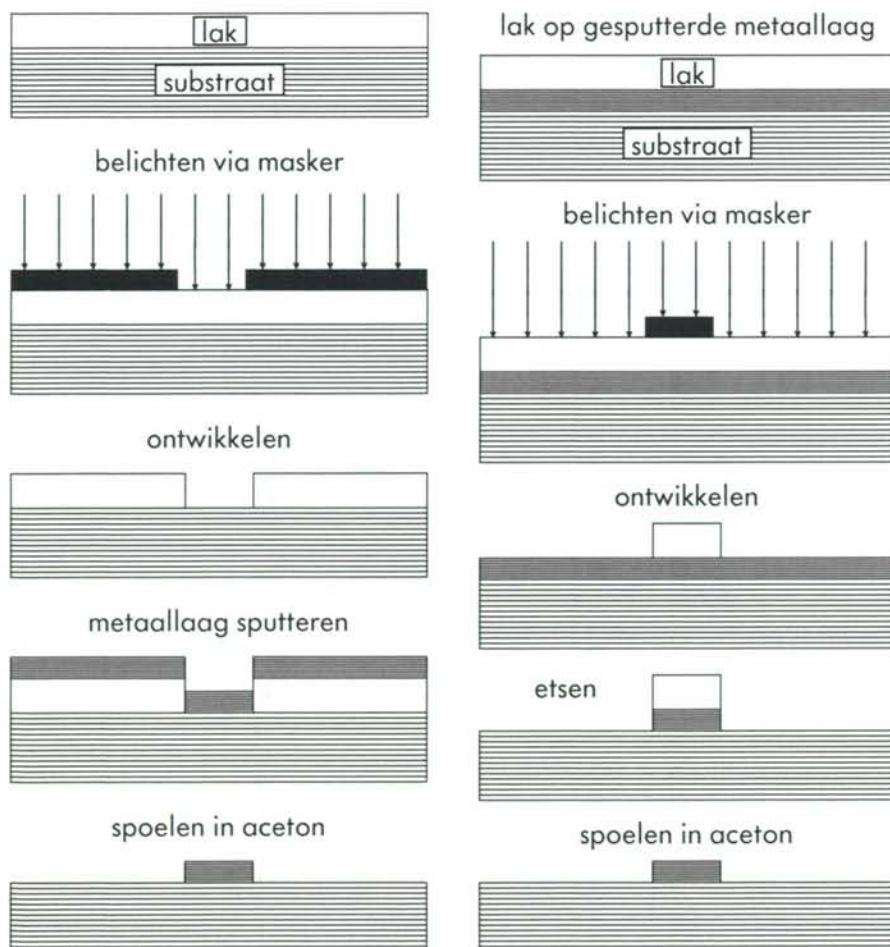
besteed aan de werking ervan en de inbouw in een complete magnetometer. In deze paragraaf wordt de fabricage van een dergelijke dunnefilm-sensor beschreven.

De vervaardiging van dunnefilm-structuren is in tweeën te splitsen. Ten eerste het maken van de dunne laag en ten tweede het realiseren van de gewenste structuur in die laag. Dunne lagen voor SQUIDS worden veelal gesputterd. Hierbij worden in een vacuüm klok ionen (meestal argon) door een elektrisch veld versneld en op een target geschoten zodat uit het target materiaal wordt weggeslagen. Door een substraat dichtbij het target te plaatsen, slaat een gedeelte van het losgeslagen materiaal neer op het substraat en ontstaat een dunne laag. Het is ook mogelijk dunne lagen op te dampen door het targetmateriaal in de vacuüm klok te verhitten zodat het verdampt en aldus op een substraat kan neerslaan. Het structureren van een dunne laag gebeurt via de zogenaamde "lift-off" techniek of via een of andere etsmethode. Beide technieken worden toegelicht aan de hand

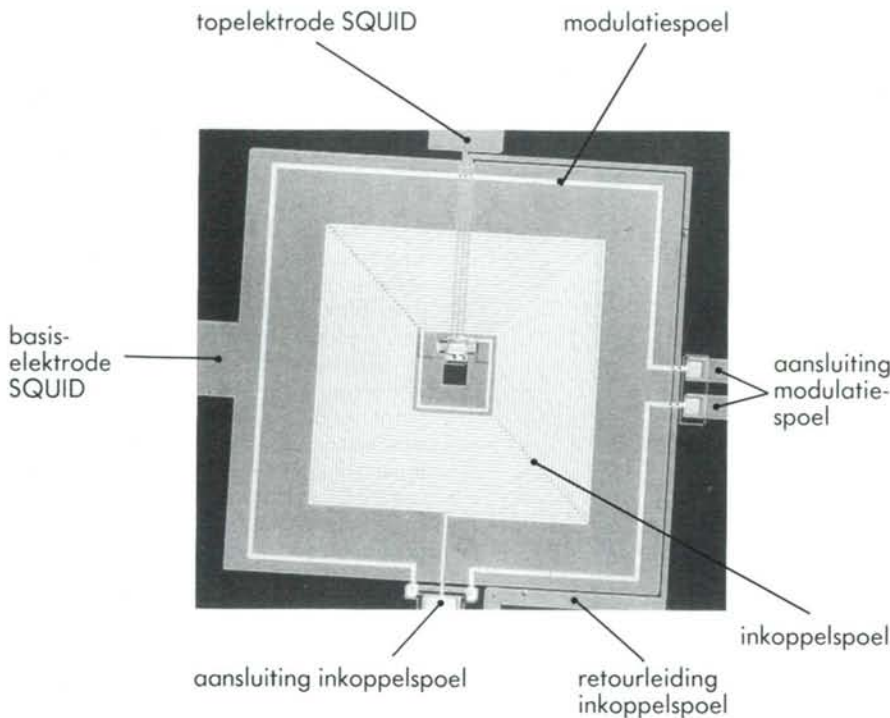
van *figuur 13*. Bij "lift-off" wordt een fotolak-laag op het substraat via een masker belicht. Bij de ontwikkeling wordt het belichte deel van de fotolak weggespoeld. Vervolgens wordt over het geheel een dunne laag gesputterd. Door het geheel te spoelen in aceton laat de fotolak los, zodat het niet gewenste deel van de laag wordt verwijderd, de eigenlijke "lift-off" stap. In geval van etsen wordt begonnen met het sputteren van een dunne laag. Hierop wordt een fotolak-laag aangebracht en wederom belicht via een masker. Na ontwikkeling bedekt het onbelichte gedeelte van de lak de gewenste structuur in de laag. Het restant kan nu weggeëtst worden waarbij de lak als bescherming fungeert. Dit etsen kan fysisch en chemisch gebeuren. Bij het fysisch plasma-etsen wordt met behulp van versnelde ionen het overtollige materiaal weggeschoten (analoog aan het sputter proces). Nadeel van deze etsmethode is dat het losgeslagen materiaal weer terug op het substraat kan neerslaan. Dit is niet het geval bij chemisch plasma-etsen. Hierbij wordt in plaats van een edelgas, meestal argon, gebruik gemaakt van reactieve ionen zoals chloor- en fluorverbindingen die gasvormige verbindingen aangaan met het weggeëtste materiaal. Deze verbindingen condenseren niet terug op het substraat. Nadeel van dit reactieve-ionen-etsen is dat de etsgassen vrij agressief zijn. Men kan ook nat chemisch etsen met één of ander zuur, maar dan is de resolutie vrij slecht - in de orde van grootte van 10 μm tegenover 1 μm bij plasma-etsen.

Een alternatieve methode om structuren aan te brengen in metalen lagen is anodisatie. Bij deze, aan de UT toegepaste techniek, wordt de laag in een anodisatievloeistof geplaatst en een spanningsverschil aangebracht tussen laag en vloeistof. De resulterende elektronen-uitwisseling geeft een oxydatie startend aan het oppervlak van de laag. Door weer gedeelten van de laag via fotolak te beschermen en bovendien lang genoeg te anodiseren kan aldus het niet gewenste deel van de laag in zijn geheel geoxydeerd worden. Het overtollige materiaal van de dunne laag wordt dus niet verwijderd zoals bij "lift-off" en etsen maar het wordt als het ware buitenspel gezet omdat het metaaloxijde niet geleidend is (de resolutie bedraagt enkele μm).

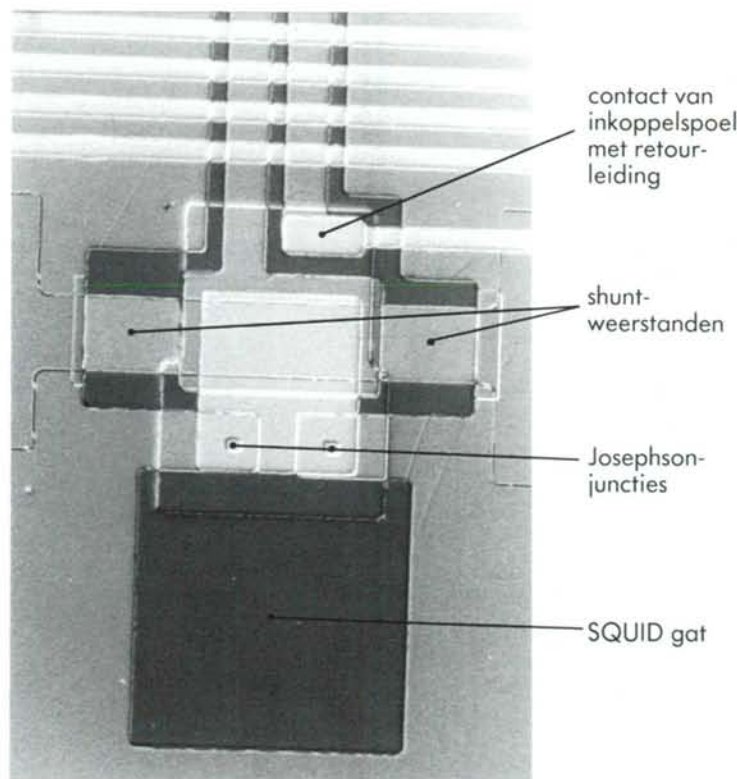
De DC-SQUIDS die aan de UT gemaakt worden, zijn gesputterd op substraten van geoxydeerd silicium. De Josephson



Figuur 13 Structureren van dunne lagen: "lift-off" (links) en etsen (rechts).



Figuur 14 DC-SQUID.



Figuur 15 DC-SQUID detail van het centrum van figuur 14.

juncties bestaan uit twee lagen niobium met daartussen een uiterst dunne laag aluminium die bijna geheel geoxydeerd wordt. Deze oxydatie gebeurt vóór het aanbrengen van de tweede laag niobium door wat zuurstof in de vacuüm klok in te brengen. De oxydatie is een bijzonder kritische stap omdat het de eigenschappen van de juncties en dus van het SQUID bepaalt. Een aantal procesparameters moet dan ook exact in de hand gehouden worden: zuurstofdruk, oxydatietijd, en zuiverheid van de klok (water is bijvoorbeeld uit den boze). De SQUID ring is eveneens gevormd uit de "sandwich" van niobium, aluminium en niobium waarbij het aluminium en de bovenste laag niobium zijn geanodiseerd. De supergeleidende SQUID ring wordt dus gevormd door de onderste laag niobium. De modulatie- en de inkoppelspoel worden als niobiumlussen over de SQUID ring gelegd. Als isolatie wordt eerst siliciumoxyde gesputterd. Een en ander wordt geïllustreerd in de figuren 14 en 15. Het vierkante gat in de SQUID ring heeft een zijde van 50 tot 300 μm . Het oppervlak van een Josephson junctie is $5 \times 5 \mu\text{m}$. De inkoppelspoel bestaat uit 30 tot 50 niobiumlussen van $5 \mu\text{m}$ breed met tussenruimten van eveneens $5 \mu\text{m}$. De momenteel gerealiseerde gevoeligheid is $30 \mu\text{V}/\phi_0$ maar verwacht wordt in de naaste toekomst $50 \mu\text{V}/\phi_0$ te halen. De ruis van het SQUID is nog niet gemeten maar naar verwachting is de bijdrage wezenlijk kleiner dan $10^{-5} \phi_0/\sqrt{\text{Hz}}$.

Biomagnetisch Centrum Twente (BCT)

Optimaal gebruik van DC-SQUID systemen vereist een minimum aan omgevingsstoring. Daarom is in 1989 op de Universiteit Twente een speciaal laboratorium gerealiseerd ver verwijderd van andere storende gebouwen: het BCT. De omgevingsstoring ten gevolge van auto's, fietsen en dergelijke geeft ter plekke veldfluctuaties van grofweg $2 \cdot 10^{-10} \text{ T}$. Het laboratorium is gebouwd met een minimaal gebruik van magnetisch verontreinigde materialen en ook het gebruik van "zuivere" metalen (als b.v. aluminium) is beperkt. Om het ruisniveau verder te reduceren is het laboratorium uitgerust met een magnetisch afgeschermd kamer.

De afgeschermd kamer bestaat uit een aluminium cabine die werkt als Faradaykooi, dus afscherming via wervelstromen. Deze cabine is aan de binnenkant bekleed met zogenaamd mu-metaal. Dat is een nikkel-ijzer legering met een hoge magnetische permeabiliteit ($\mu_r = \text{ca. } 50.000$). Het mu-metaal geeft een afscherming van laagfrequente velden met

Toepassing van supergeleiding

grofweg 20 dB. Vanaf circa 0,2 Hz wordt de invloed van de aluminiumwand merkbaar en stijgt de afscherming tot een maximum van 80 dB bij 100 Hz. Boven 1

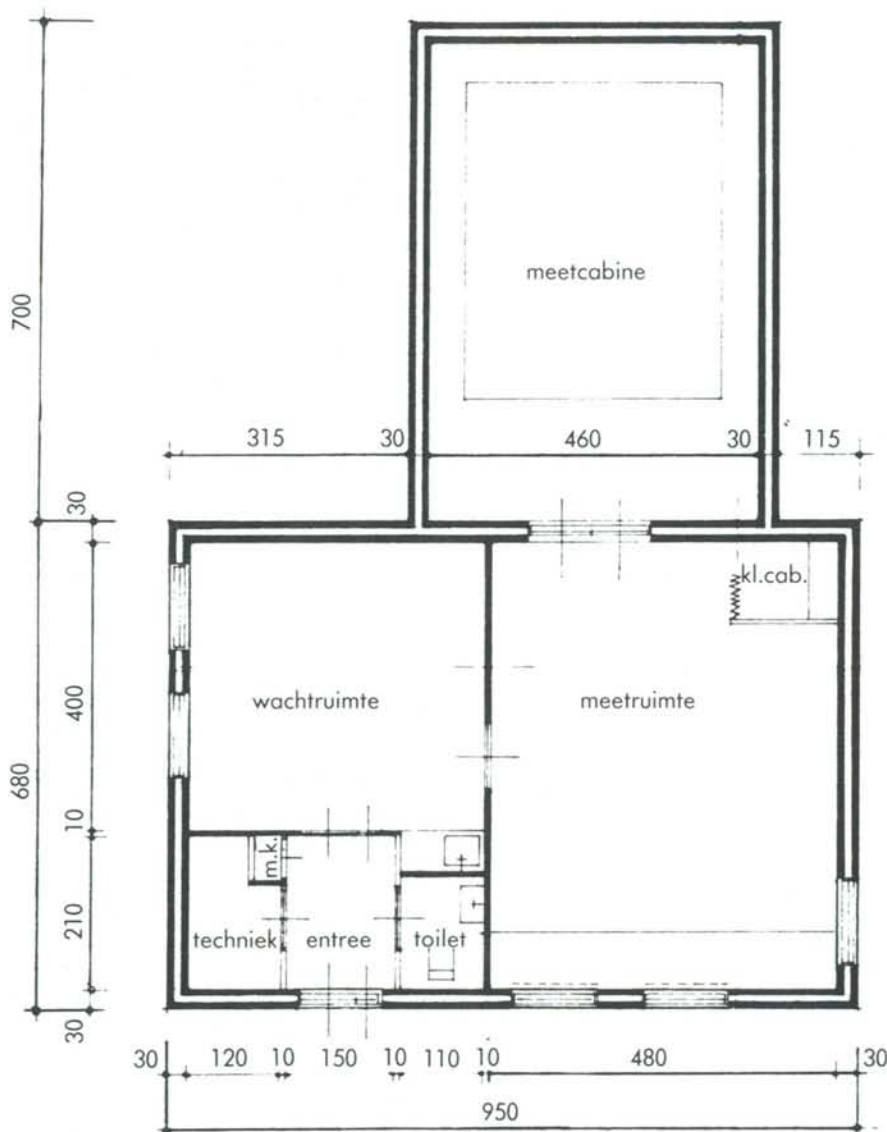
MHz loopt de afscherming terug tot circa 60 dB. In het frequentiegebied tot 100 Hz is een extra onderdrukking van ongeveer 20 dB te realiseren door ook de buiten-

kant van de aluminium cabine met mu-metal te bekleden. De binnenafmetingen van de kamer zijn 3x4x2,4 m (bxdxh) en het geheel weegt 6 ton. De cabine is geplaatst op een blok beton van circa 15 ton, dat inclusief cabine door een luchtveer-systeem van de rest van de fundering gescheiden kan worden, om zodoende eventuele trillingen uit de omgeving te dempen. Om ongewenste magnetische effecten te voorkomen is het betonblok gewapend met glasvezelkabels in plaats van metaal.

De indeling van het nieuwe laboratorium is weergegeven in *figuur 16*. *Figuur 17* toont het buitenaanzicht van het BCT in zijn "ruisarme" omgeving. Tenslotte is in *figuur 18* de meetopstelling in de magnetisch afgeschermd kamer te zien met de cryostaat gepositioneerd boven het hoofd van een proefpersoon.

Conclusie

Met behulp van conventionele supergeleiding worden meerkanaals magnetometers ontwikkeld voor het meten van bijzonder geringe magnetische velden afkomstig van het menselijk lichaam. Dit onderzoek vindt onder andere plaats aan de Universiteit Twente waar recentelijk twee speciale laboratoria voor dit doel zijn ingericht. Een dunnefilm-laboratorium voor de vervaardiging van supergeleidende sensoren en een ruisarm laboratorium voor het verrichten van experimenten. Momenteel wordt gewerkt met een driekanaals prototype, terwijl inmiddels is gestart met de constructie van een 19-kanaals systeem uitgerust met DC-SQUIDS die aan de UT zijn ontwikkeld. ■



Figuur 16 Indeling van het Biomagnetisch Centrum Twente.



Figuur 17 Het Biomagnetisch Centrum Twente.



Figuur 18 Kijkje in de magnetisch afgeschermd kamer.

Cryogeen mechanisme in de infrarood spectrometer voor de Europese satelliet ISO

K.J. Wildeman, G. Ploeger, R. van der Schuur en J. Evers, Laboratorium voor Ruimteonderzoek, Groningen.

Het laboratorium voor Ruimteonderzoek te Groningen is verantwoordelijk voor het bouwen en testen van een cryogene spectrometer voor de wetenschappelijke satelliet ISO. ISO is een Europese satelliet die in 1993 zal worden gelanceerd. In dit artikel wordt een onderdeel van de spectrometer beschreven. Het is een mechanisme dat met grote precisie een spiegel kan verdraaien. De maximale slag is 13° , terwijl de gemiddelde elektrische dissipatie ongeveer 1 mW is. Het mechanisme is voorzien van een contactloze positie-sensor, waarmee een positie-reproduceerbaarheid en stabiliteit van beter dan $3''$ wordt bereikt. Tijdens de lancering wordt het mechanisme blootgesteld aan hoge vibratie-niveaus. Zowel tijdens de lancering als tijdens de operaties in de ruimte heeft het mechanisme een temperatuur van ongeveer -270°C .

Inleiding

Het Laboratorium voor Ruimteonder-

zoek te Groningen ontwikkelt en bouwt in samenwerking met andere instituten een infraroodspectrometer waarmee spectra kunnen worden gemeten van 2,3 tot 45 micrometer. Het instrument is één van de vier wetenschappelijke instrumenten voor de Europese satelliet ISO (Infrared Space Observatory). Omdat zich onder deze vier instrumenten ook een spectrometer bevindt voor het golflengtegebied boven 45 micrometer, wordt het Groningse instrument "Short Wavelength Spectrometer" (SWS) genoemd. De ISO zal in 1993 met de Ariane worden gelanceerd en gedurende een jaar metingen verrichten aan sterrenstelsels. De SWS is een roosterspectrometer waarin de hoek van inval op het rooster moet worden gevarieerd over een hoek van ongeveer 25° . Door niet het rooster zelf maar een spiegel vóór het rooster te draaien kon de draaiingshoek worden gereduceerd tot ongeveer 13° . De spectrometer opereert bij een temperatuur van ongeveer 3,5 kelvin. Om deze lage temperatuur te bereiken is ISO voorzien van een met vloeibare helium gekoelde cryostaat waarin de instrumenten zijn geplaatst.

Dit artikel beschrijft het mechanisme dat de spiegel vóór het rooster in de ge-

wenste positie brengt^[1]. Het mechanisme is voorzien van een contactloze inductieve positie-sensor. De sensor is opgenomen in een regellus. Tijdens de lancering wordt het mechanisme blootgesteld aan hoge vibratie-niveaus. Omdat de cryostaat reeds vóór de lancering wordt gevuld met vloeibare helium, moet het mechanisme bestand zijn tegen deze vibraties terwijl het een temperatuur heeft van 3,5 kelvin. Tests op prototypes hebben aangetoond dat het mechanisme dit doorstaat. Met het prototype werd een positie-reproduceerbaarheid van beter dan $3''$ bereikt, terwijl de gemiddelde elektrische dissipatie ongeveer 1 mW was.

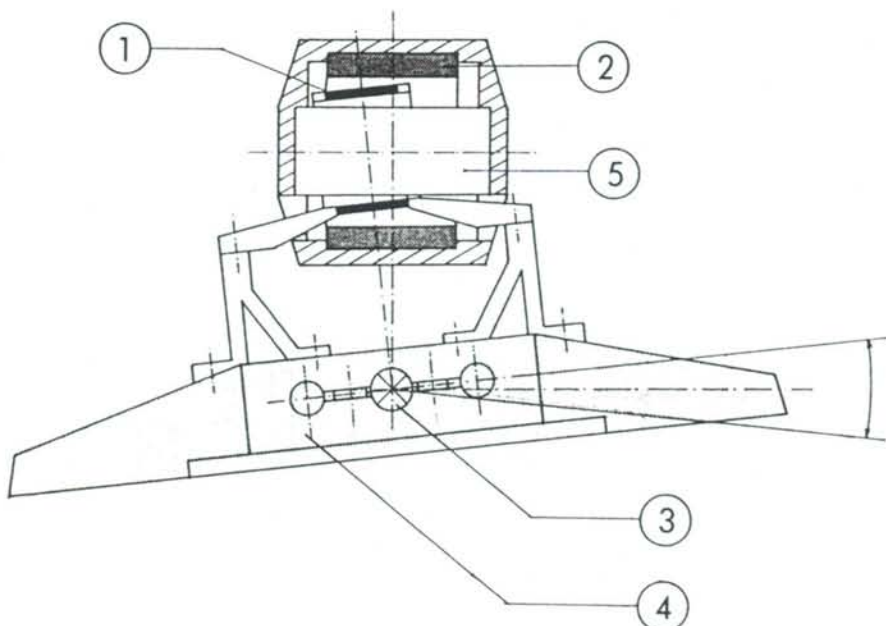
We beschrijven achtereenvolgens de eisen die aan het mechanisme worden gesteld en het principe van de gekozen oplossing. Vervolgens behandelen we een aantal aspecten die bij de materiaalkeuze een rol speelden. Tenslotte geven we de meest belangrijke testresultaten.

Aan het mechanisme gestelde eisen

De eisen die aan het mechanisme worden gesteld zijn in twee categorieën in te delen. In de eerste plaats legt de plaatsing van het mechanisme in een met vloeibaar helium gekoelde cryostaat aan boord van een satelliet ons speciale eisen op. De tweede categorie bevat de functionele eisen die aan het mechanisme worden gesteld.

De belangrijkste eisen uit de eerste categorie zijn:

- Er kan slechts een beperkte hoeveelheid koelmiddel (vloeibaar helium) worden meegenomen in verband met het maximaal toelaatbaar lanceergewicht. Dit dwong ons naar een ontwerp te streven met een geringe elektrische dissipatie, immers de dissipatie beïnvloedt direct de verdampingsnelheid van het helium en daarmee de levensduur van de satelliet. Voor de SWS is totaal 10 mW beschikbaar. Voor het mechanisme is slechts een klein deel (enige milliwatts) van dit budget beschikbaar.
- Het mechanisme moet betrouwbaar zijn bij een temperatuur van 3,5 kelvin.
- Om de lancering te overleven moet het mechanisme extreem hoge vibratie-



Figuur 1 Principe van het mechanisme. Een spoel [1] beweegt in een ringvormige radiaal gemagnetiseerde magneet [2]. De spoel is verbonden met de spiegel [4]. De spiegel is gelagerd met twee kruisveerscharnieren en kan over een hoek van ongeveer 13° draaien. Het motorhuis (gearceerd) en de kern [5] zijn gemaakt van zacht magnetisch materiaal.

Cryogeen mechanisme

niveaus kunnen weerstaan bij deze lage temperatuur.

- Omdat we een hoge betrouwbaarheid eisen is een voorziening om het mechanisme tijdens de lancering te vergrendelen (om het te ontlasten) niet aantrekkelijk. De ontgrendeling zou na de lancering kunnen weigeren.

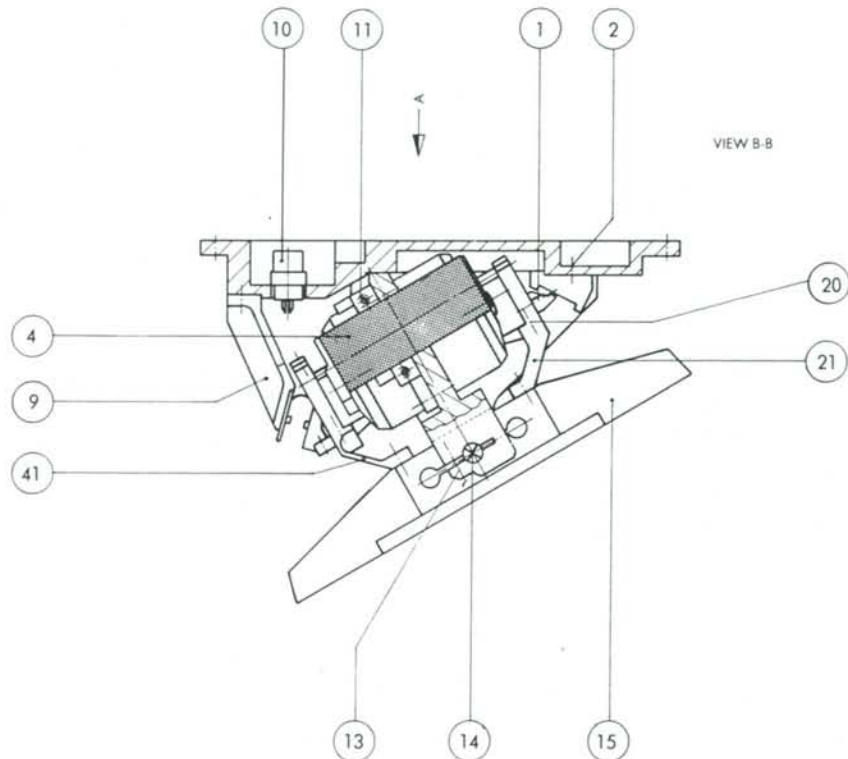
De belangrijkste eisen uit de tweede categorie zijn:

- Totale hoek van rotatie van de spiegel is ongeveer 13° .
- Positiereproduceerbaarheid en stabiliteit: beter dan $3''$.
- Geen mechanische ruis om verstoring van de zeer gevoelige detectoren te voorkomen. Zelfs een langzaam draaiend kogellager (bijvoorbeeld) zou al een ruisbron kunnen zijn.

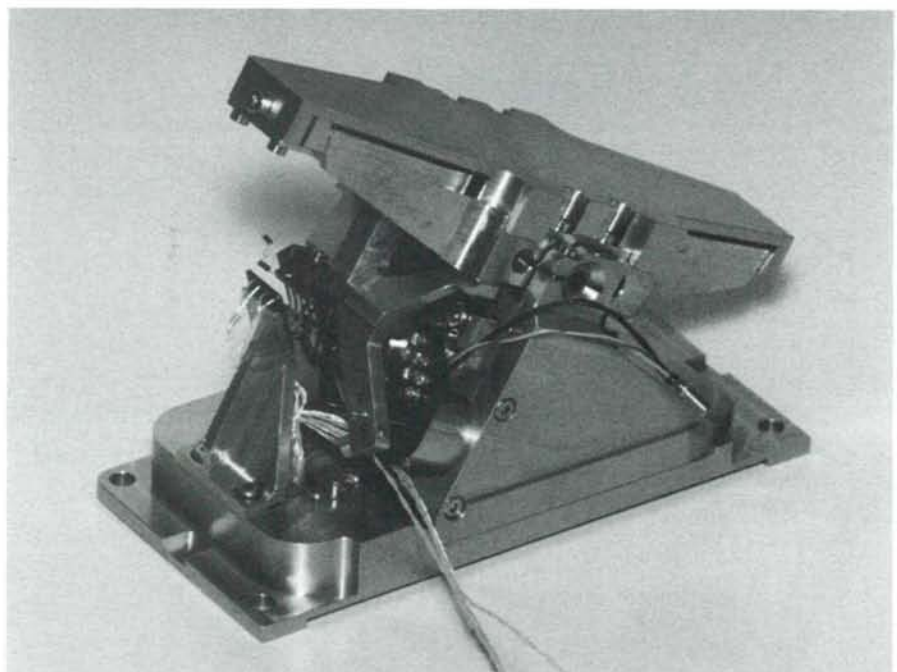
Ontwerp

In een oorspronkelijk ontwerp was de spiegel gelagerd met kogellagers en werd aangedreven door een stappenmotor via een schroefspil en zelfsmurende schroef. Een in principe eenvoudig ontwerp dat wellicht zou kunnen werken. Het is een zelfblokkerend systeem, waardoor geen stroom nodig is om de spiegel in de gewenste positie te houden. Maar het heeft een aantal belangrijke nadelen, zoals de mechanische wrijving en slijtage in lagers en overbrenging. Dit zijn moeilijk voorspelbare processen die een uitgebreid kwalificatieprogramma noodzakelijk maken. Vooral als een foutloze operatie gedurende lange tijd moet zijn verzekerd, zoals in ruimtevaartprogramma's, zijn slijtage en wrijving ernstige nadelen.

We hebben daarom voor een andere weg gekozen. Het principe is een lineaire motor die direct de spiegel aandrijft; zie *figuur 1*. De spiegel is gelagerd met behulp van kruisveerscharnieren; de beperkte draaiingshoek staat zo'n toepassing toe. Aan de spiegel is de spoel bevestigd die zich in een magnetisch veld van een radiaal gemagnetiseerde ringmagneet bevindt; het magnetisch veld staat dus loodrecht op de bewegingsrichting van de spoel. Het mechanisme heeft een inductieve contactloze positiesensor. Om aan de hoge eisen van stabiliteit en reproduceerbaarheid te kunnen voldoen is de positiesensor opgenomen in een regellus. Het mechanisme is door het ontbreken van wrijving, slijtage en smering en door de toepassing van een contactloze sensor zeer betrouwbaar en eenvoudig te kwalificeren. Een nadeel is echter dat - behalve in de neutrale



Figuur 2 De praktische uitvoering van het mechanisme (ongeveer ware grootte). De spiegel [15] is gelagerd met kruisveerscharnieren [14], een produkt van Bendix Aerospace. In dit aanzicht zijn de motor (licht gerasterd) met daarvoor de positiesensor (donker gerasterd) te zien. De armen [21] en [41] verbinden de motorspoel met de structuur van de spiegel en met de kern van de positiesensor.



Figuur 3 Een prototype van het mechanisme. Op deze foto is de elektrische bedrading nog niet geheel geïnstalleerd. De spiegel is afgedekt met een beschermkap om beschadigingen tijdens werkzaamheden te voorkomen.

middenstand - voortdurend stroom door de spoel nodig is om de gewenste positie te handhaven. Maar het gedissipeerde vermogen is laag door de keuze van hoogwaardige materialen voor de permanente magneet. *Figuur 2* toont de praktische uitvoering van het mechanisme en *figuur 3* een prototype.

Materialen

De structuur en de spiegel zijn van aluminium 6082 gemaakt (de spiegel is vervaardigd door Ferranti, Schotland). Om interne spanningen in het materiaal te reduceren en daarmee vormveranderingen bij lage temperaturen te beperken, ondergaan kritische onderdelen vóór de laatste bewerking een warmtebehandeling. Voor het zacht magnetische materiaal in de motor is Vacoflux 50 van VAC, Hanau gebruikt. Een roestvast en goed te bewerken materiaal. Het materiaal verandert - althans in deze toepassing - niet merkbaar van eigenschappen bij cryogene temperaturen. De magneet is gemaakt van gesinterd kobalt-samarium (Vacomax 200, eveneens van VAC). Het is een hoogwaardig magnetisch materiaal waarvan de inductie bij 3,5 K nauwelijks anders is dan bij kamertemperatuur. Er is geen veroudering geconstateerd. De spoelhouder van de motor is ook vervaardigd uit aluminium 6082. De houder werd van een elektrisch isolerende laag voorzien door het aluminium te anodiseren (25 μm). Kunststof spoelhouders zouden een te groot verschil in uitzetting met het koper van de spoel kunnen geven, waardoor beschadiging van de spoel en vervorming van de spiegel zou kunnen ontstaan. De spoel is orthocyclisch gewikkeld op een mal; een wijze van wikkelen waarbij de windingen mooi sluitend tegen elkaar aan liggen^[2]. Pas daarna wordt de spoel op de uit twee helften bestaande spoelhouder geschoven. Beide helften van de spoelhouder en spoel worden verlijmd met 2216 van 3M (wellicht zijn er betere lijmsorten voor deze toepassing maar met 2216 hebben we de meeste ervaring). Om nog resterende verschillen in uitzetting op te vangen is aan één kant tussen spoel en spoelhouder een veerring opgenomen. Deze ring is vervaardigd uit het zeer goed te bewerken en vormvaste Vespel SP1 - een polyimide van Du Pont. Dit materiaal behoudt bij lage temperaturen voldoende veerkracht. Ook op andere plaatsen waar kunststof moet worden gebruikt is Vespel SP1 toegepast. Het draad voor de spoel is Posyn-Th van Pope met een koperdiameter van 50 μm . Als flexibele elektrische verbinding naar de motorspoelen zijn

bladveren van roestvaststaal met een dikte van 10 μm en een breedte van 1 mm gebruikt. Deze soepele verbinding is praktisch verliesvrij. Bovendien wordt bij dit principe geen kracht uitgeoefend in de richting waarin de spiegel beweegt. Er is dus geen extra stroom nodig.

Enige testresultaten

Van het mechanisme zijn nu drie prototypes gebouwd die uitvoerig zijn getest bij zowel kamertemperatuur als bij cryogene temperaturen. De gemiddelde dissipatie in de motor is ongeveer 0,5 mW en in de sensor ongeveer 0,7 mW bij 3,5 K. De stroom voor volle uitslag is ongeveer 10 mA. Deze stroom hangt nauwelijks van de temperatuur af (minder dan 5% over het hele gebied van 300 kelvin tot 3,5 kelvin) doordat de eigenschappen van de magneten en de elasticiteitsmodulus van de kruisveerscharnieren nauwelijks van de temperatuur afhangen. Ook de output van de sensor is weinig afhankelijk van de temperatuur (ongeveer 10% over het hele temperatuurbereik). Dit is van groot voordeel; het mechanisme kan uitvoerig bij kamertemperatuur worden getest, waardoor het tijdrovend testen bij 3,5 kelvin kan worden beperkt. De kruisveerscharnieren vertonen enige hysteresis. Bij kamertemperatuur is de nulpositie ongeveer 2 minuten verschoven na een deflectie van 6°. Dit wordt echter - net als alle andere verstoringen op de positie - weggeregeld en heeft dus geen invloed op de nauwkeurigheid.

Tabel 1 Vibratietest voor het prototype van het mechanisme. De niveaus zijn door het ISO-project opgelegd.

Random vibraties: Testduur 2 minuten per as	
X, Y, Z	
gebied (Hz)	niveau
20- 150 Hz	+ 6 dB/oct
150- 300 Hz	0,09 g ² /Hz
300- 600 Hz	- 9 dB/oct
600-2000 Hz	- 3 dB/oct
globaal	6 g RMS

Sinus vibraties: 2 octaven per minuut	
X, Y, Z	
gebied (Hz)	niveau (0-piek)
5- 23	11 mm
23-100	22,5 g

Vibratietests

Het mechanisme is in tests blootgesteld aan hoge vibratie-niveaus om vast te stellen of een lancering kan worden overleefd. De kruisveerscharnieren bleken niet bestand tegen zo'n gesimuleerde lancering. Het was vooral de component boven 800 Hz in de "random vibraties" die de problemen veroorzaakte; zie *tabel 1*. Aanvankelijk gebruikten we een gesoldeerde kruisveerscharnier. In overleg met de fabrikant (Bendix Aerospace) hebben we nu gekozen voor een gelaste constructie, die wel bestand bleek tegen deze frequenties. De vibratietests worden uitgevoerd bij het NLR in een door ons ontwikkelde cryogene testopstelling^[3].

Conclusies

Tests hebben aangetoond dat het hier beschreven mechanisme zowel aan de eisen die het ISO-programma stelt als aan de functionele eisen kan voldoen.

Dat het produkt ook buiten Nederland vertrouwen geniet bleek toen ons instituut in een competitieve sfeer van een Frans-Duits consortium de opdracht wist te verwerven voor de bouw van een soortgelijk mechanisme voor één van de andere instrumenten in ISO.

Tenslotte

Een aantal mensen buiten ons instituut die op cruciale momenten een belangrijke rol in de verwezenlijking van het mechanisme speelden, willen we hier noemen. Klaas Dijkstra te Noordwolde en Bernard Winkel te Ter Apel hebben ons geholpen bij het oplossen van veel productieproblemen. De heer Lenders te Son heeft een belangrijke bijdrage geleverd in het vervaardigen van betrouwbare orthocyclisch gewikkelde spoelen. Tenslotte willen we de stagiaires van de Hogeschool Hilversum afdeling Fijnmechanisme Techniek (FMT) noemen. Sommige van hen hebben aangetoond dat nog niet geheel ontwikkelde kennis in belangrijke mate met enthousiasme en inzet kan worden gecompenseerd.

Literatuur

- [1] K.J. Wildeman, et al.; Grating drive for the short-wavelength spectrometer in ISO, Cryogenics, 1987, Vol 27, February, 68-72.
- [2] W.L.L. Lenders, The orthocyclic method of coil winding, Philips Technical Review, 1961/62, Vol 23, nr. 12, 365-404.
- [3] K.J. Wildeman, G. Ploeger; Cryogenic vibration test set-up for space qualification, Cryogenics 1989, Vol 29, May, 559-562. ■

Scanning Tip microscopie: kijken in de nanowereld

Dr. J.J. Baalbergen, Philips Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

Inleiding

Wereldwijd is een trend waarneembaar naar miniaturisering en integratie van functies in produkten. Hierdoor neemt de prijs van deze produkten af, terwijl de gebruiksmogelijkheden soms belangrijk toenemen. In de elektronische industrie zijn twee sprekende voorbeelden van deze trend te vinden. Het eerste voorbeeld zijn de geïntegreerde schakelingen, IC's, met op dit moment detailgrootte beneden 1 micrometer. Het tweede voorbeeld is te vinden in optische recording apparatuur (de C.D.-speler) waar de vormnauwkeurigheid van de optische componenten beter dan 0,2 micrometer top-dal bedraagt. Het is duidelijk dat verschillende aspecten van de precisie-mechanica, maken en meten, hier een belangrijke rol spelen.

De verwachting is dat deze miniaturisering en integratie van functies zich in de toekomst (versterkt) voort zal zetten. Daarom is een nieuwe maak- en meettechnologie, "nanotechnologie", noodzakelijk. De term nanotechnologie wordt gebruikt voor die technologie waarbij de dimensies tot in het micrometer gebied liggen en de toleranties waaraan de produkten moeten voldoen nauwer zijn dan 100 nanometer.

In deze bijdrage zal een nieuwe meettechnologie, de Scanning Tip microscopie besproken worden. De verwachting is dat de Scanning Tip microscopie in de toekomstige nanotechnologie een zeer belangrijke rol zal gaan spelen. De techniek zal vergeleken worden met andere meettechnieken, de mechanische meettechniek, de optische meettechniek en de elektronenmicroscopie; tevens zullen afbeeldingen die gemaakt zijn met een Scanning Tip microscoop gegeven worden.

Scanning Tip microscopie

Scanning Tip microscopie is de verzamelaar voor een aantal moderne meettechnieken. De Scanning Tip microscopie kan beschouwd worden als een voortzetting van baanbrekend werk verricht op het National Bureau of Standard (tegenwoordig het National Institute of Standards and Technology) in de V.S. in de jaren zeventig door o.a. Young. Met

behulp van de door hen ontwikkelde Topografiner bleek het mogelijk atomaire stappen op een oppervlak zichtbaar te maken^[1]. Dit meetinstrument bestaat uit een spitse, geleidende veld-emitter die zich enige tientallen nanometers boven een geleidend oppervlak bevindt. De gehele opstelling bevindt zich in vacuum. Over de spleet tussen de emitter en het oppervlak wordt een elektronenstroom waargenomen wanneer een voldoende groot spanningsverschil aangelegd wordt tussen emitter en oppervlak. Deze stroom is sterk afhankelijk van de afstand tussen emitter en oppervlak.

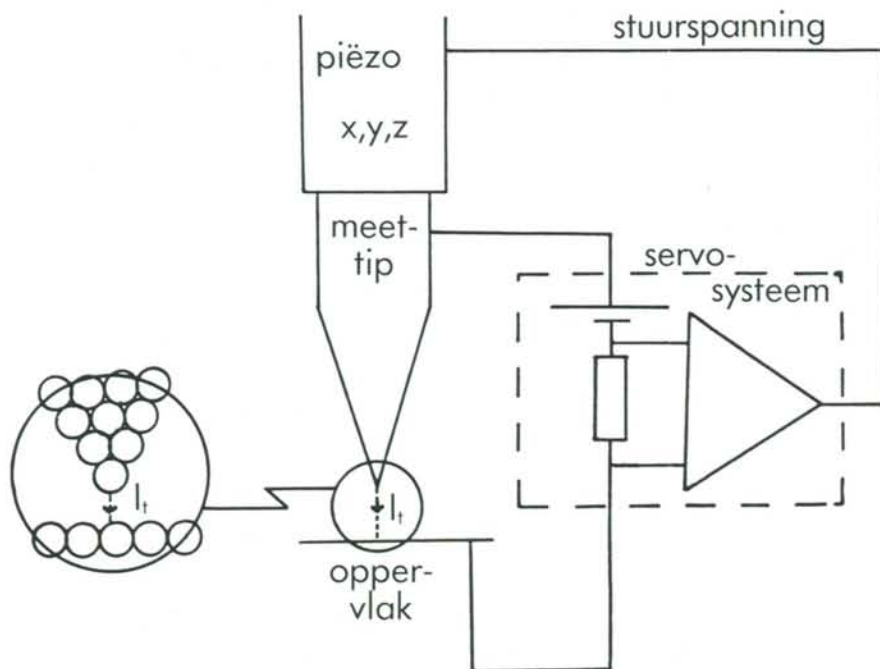
De eerste operationele Scanning Tip microscoop, de Scanning Tunneling Microscope, is in het begin van de jaren tachtig gebouwd en beschreven door Binnig en Rohrer van het I.B.M. laboratorium in Zürich^[2]. Met behulp van het door hen gebouwde instrument bleek het mogelijk de atomaire structuur van o.a. silicium te bestuderen. Dit instrument bevond zich in ultrahog vacuum. Voor dit baanbrekend werk hebben zij in 1986 de Nobelprijs Natuurkunde ontvangen. In de afgelopen jaren zijn een groot aantal typen Scanning Tip microscopen ontwikkeld.

De belangrijkste zijn:

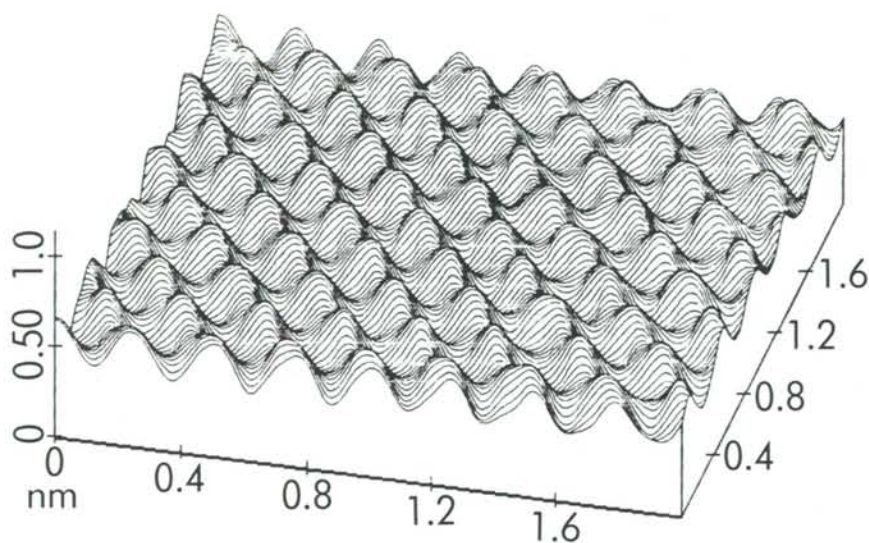
- De Scanning Tunneling Microscope, waarbij gebruik gemaakt wordt van een zeer kleine tunnelstroom tussen de meettip en het oppervlak.
- De Atomic Force Microscope (A.F.M.); hier wordt de van der Waals interactie tussen de meettip en het oppervlak gebruikt. De eerste operationele A.F.M. is in 1986 gebouwd en beschreven door Binnig et al.^[3],
- De Magnetic Force Microscope (M.F.M.); hier wordt een magnetische kracht tussen meettip en oppervlak als interactie gebruikt. De uitvoeringsvorm van de M.F.M. heeft grote overeenkomsten met de A.F.M..

Scanning Tunneling Microscopy

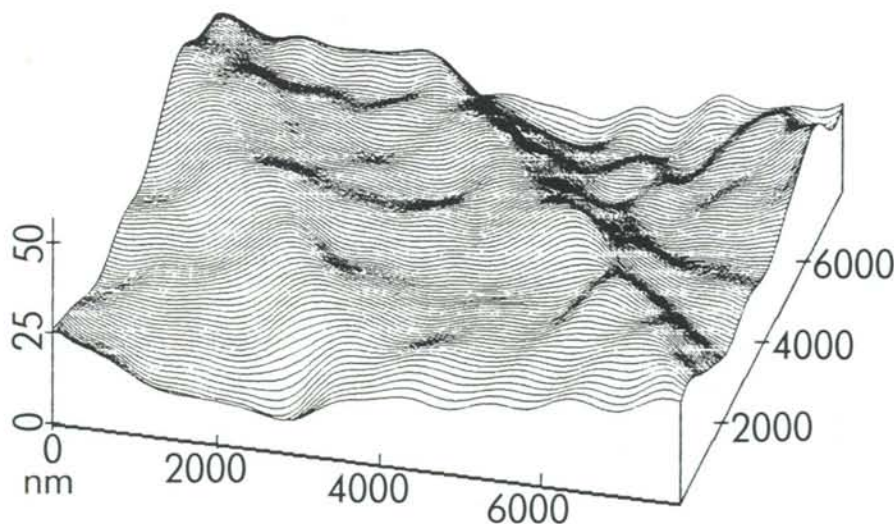
De Scanning Tunneling Microscope is gebaseerd op een quantummechanisch effect: de tunnelstroom tussen twee geleiders. Wanneer een potentiaalverschil tussen twee geleiders aanwezig is en deze geleiders zich op zeer kleine afstand van elkaar bevinden dan zal tussen deze geleiders een zeer kleine stroom, de tunnelstroom gaan lopen. Deze tunnelstroom is zeer sterk afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de twee geleiders. Deze sterke afstandsafhankelijk-



Figuur 1 Principeschema van een Scanning Tunneling Microscope.



Figuur 2 Scanning Tunneling Microscope afbeelding van de atomaire structuur van koolstof, HOPG.



Figuur 3 Afbeelding van een gedraaid oppervlak, gemaakt met behulp van een Scanning Tunneling Microscope. De afbeelding toont drie draaigroeven, in de groeven is een periodieke fijnstructuur zichtbaar.

heid maakt het mogelijk om met behulp van een servosysteem de tunnelstroom constant te houden. Het moge duidelijk zijn dat de karakteristieken van de tunnelstroom, o.a. de afstandsafhankelijkheid, afhankelijk zijn van de fysische eigenschappen van de twee geleiders. Typische getallen voor dit quantummechanisch effect zijn: potentiaalverschil 0,01 tot 10 Volt, afstand tussen de geleiders 0,1 tot 1 nanometer, tunnelstroom 1 tot 10 nanoAmpere.

De afstand tussen de meettip en het op-

pervlak is voor een Scanning Tunneling Microscope veel kleiner dan voor de Topografiner. Dit heeft belangrijke consequenties voor de fysische beschrijving van beide instrumenten. Het meest in het oog springende gevolg hiervan is de veel hogere resolutie, zowel evenwijdig aan het oppervlak als loodrecht op het oppervlak, van een Scanning Tunneling Microscope in vergelijking met de Topografiner.

In *figuur 1* is een prinsipschets van een Scanning Tunneling Microscope ge-

ven. De eigenlijke microscoop bestaat uit een zeer spitse meettip, meestal van wolfram of platina, gemonteerd op een of meer piezo-elektrische kristallen. Met behulp van deze piezo's is het mogelijk de tip in drie richtingen in de ruimte te manipuleren. Onder de tip bevindt zich het te meten oppervlak. Wanneer de afstand tussen tip en oppervlak klein genoeg is en er een potentiaalverschil tussen tip en oppervlak aanwezig is, zal een tunnelstroom gaan lopen.

Het servosysteem draagt zorg voor een constante stroom door veranderingen in de stroom te corrigeren met een verandering in de afstand tussen tip en oppervlak door middel van het aansturen van de piezo's. Onder de voorwaarde dat de fysische eigenschappen van het oppervlak over het gehele oppervlak gelijk zijn, heeft dit tot gevolg dat de afstand tussen tip en oppervlak tijdens het scannen van de tip over het oppervlak constant blijft. Dit betekent dat de beweging van de tip in verticale richting gelijk is aan de topografie van het oppervlak, zodat men dus op deze wijze een kwantitatieve afbeelding in drie dimensies van het oppervlak kan verkrijgen.

In de afgelopen jaren zijn talrijke fysische, chemische en biologische fenomenen met behulp van de Scanning Tunneling Microscopy techniek onderzocht. De eerste Scanning Tunneling Microscopes zijn gebouwd voor het maken van afbeeldingen in vacuüm. Op dit moment wordt de techniek ook toegepast voor onderzoek onder atmosferische omstandigheden.

Het scan-bereik van een "standaard" Scanning Tunneling Microscope is 1 tot 10 micrometer in de X- en Y-richting; in de Z-richting is het bereik enkele micrometers. Dit scan-bereik maakt het mogelijk om niet alleen structuren op atomaire schaal te bestuderen, maar ook relatief grote objecten af te beelden met behulp van de Scanning Tunneling Microscope. Bij deze grote objecten kan gedacht worden aan de topografie van bewerkte (gedraaide, geslepen) oppervlakken, de topografie van optisch actieve oppervlakken (rasters, compact disc platen, etc.), structuren in halfgeleiders en I.C.'s, etc. De *figuren 2, 3 en 4* zijn een aantal voorbeelden van afbeeldingen die met behulp van een commercieel verkrijgbare Scanning Tunneling Microscope gemaakt zijn. Uit het voorafgaande moge duidelijk blijken dat alleen geleidende of half-geleidende oppervlakken afgebeeld kunnen worden - oppervlakken van isolatoren kunnen uitsluitend bestudeerd worden wanneer deze voor-

Scanning Tip Microscopie

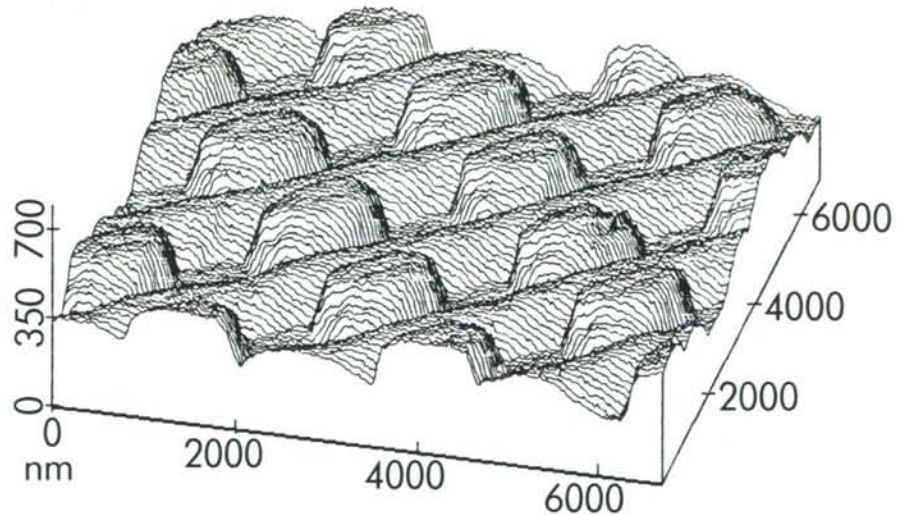
zien zijn van een geleidende laag, bijvoorbeeld van goud of koolstof.

Atomic Force Microscopy en Magnetic Force Microscopy

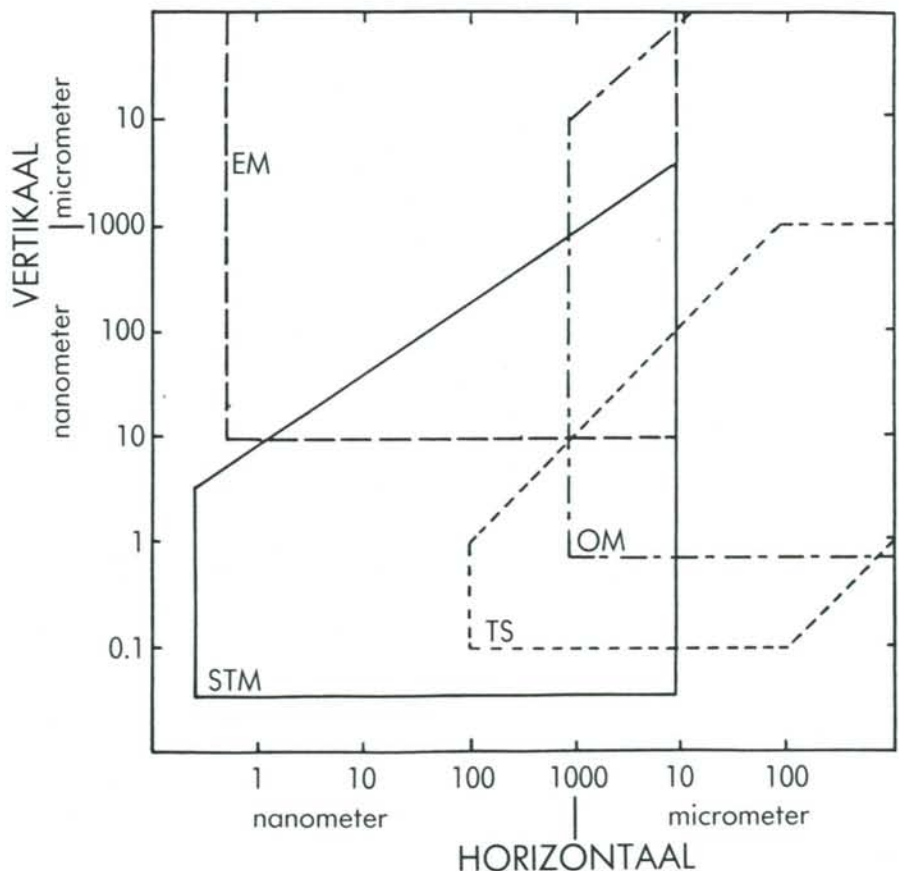
Deze beide microscopen zijn voorbeelden van krachtmicroscopen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een afstandsafhankelijke kracht tussen de meettip en het te meten oppervlak. De eigenlijke microscoop bestaat uit een zeer spitse meettip, niet noodzakelijkerwijs geleidend, die zich voldoende dicht bij het oppervlak bevindt. Deze meettip maakt onderdeel uit van een zogenaamd cantilever systeem, een massa-veer systeem met een zeer kleine veerconstante, typisch enkele tientallen Newtons per meter. Het te meten oppervlak is gemonteerd op een piezo-elektrisch kristal. Hierdoor is het mogelijk de positie van het oppervlak in de ruimte in drie dimensies te variëren. Verandering van de kracht tussen tip en oppervlak zal resulteren in een verandering in het massa-veer systeem waar de meettip deel van uitmaakt. Deze verandering wordt nu gedetecteerd door middel van een detectiesysteem, vaak optisch, met een zeer hoge resolutie, beter dan 0,01 nanometer. De informatie uit het detectiesysteem wordt gebruikt om de kracht tussen meettip en oppervlak constant te houden. Op een soortgelijke wijze als boven beschreven voor de Scanning Tunneling Microscope is het mogelijk met behulp van deze krachtmicroscopen afbeeldingen van het te meten oppervlak te maken. In de literatuur worden experimenten beschreven waarbij met behulp van een A.F.M. afbeeldingen met atomaire resolutie van niet geleidende oppervlakken gemaakt worden^[4]. Bij dit type A.F.M. maakt de meettip direct contact met het oppervlak; de kracht tussen de meettip en het oppervlak kan zeer laag gehouden worden - experimenten met krachten tot enkele nanoNewtons worden in de literatuur beschreven^[5].

In een recent artikel in Scientific American beschrijft Wrickmasinghe^[4] een groot aantal Scanning Tip microscopie-technieken. Al deze technieken, en dus ook de hierboven beschreven Scanning Tunneling Microscope en de krachtmicroscopen, hebben de volgende eigenschappen gemeen:

- Een meettip bevindt zich in de nabijheid van het oppervlak van het te meten object. Er vindt een interactie plaats tussen deze meettip en (het oppervlak van) het object die sterk afhankelijk is van de afstand tussen meettip en oppervlak.



Figuur 4 Afbeelding van een optische plaat, gemaakt met behulp van een Scanning Tunneling Microscope. Deze meettechniek maakt het mogelijk de vorm van deze structuren met grote resolutie te bestuderen.



Figuur 5 Het meetbereik en de resolutie van enige meettechnieken.
STM: Scanning Tip microscopie,
EM: elektronenmicroscopie,
OM: optische microscopie,
TS: Talystep, mechanisch aftasten.

- Gebruikmakend van servosystemen wordt de grootte van de interactie tussen meettip en (oppervlak van het) object constant gehouden.
- De meettip wordt evenwijdig aan het oppervlak bewogen: het afscannen van het oppervlak.
- Er bestaat een één op één relatie tussen de waarde van een fysische grootheid op een bepaalde plaats boven of op een te meten object - deze waarde is een gevolg van de interactie tussen meettip en object - en het contrast op die plaats in de afbeelding van het object.
- Uiteindelijk wordt een kwantitatieve afbeelding van het oppervlak verkregen, waarbij de laterale resolutie in principe bepaald wordt door de vorm en afmetingen van de tip, en de verticale resolutie door de interactie tussen tip en oppervlak, het servosysteem, enz.

De aard van de interactie tussen de tip en

het oppervlak van het meetobject bepaalt het type Scanning Tip microscoop.

Vergelijking tussen Scanning Tip microscopie en andere meettechnieken

Een geschikte methode om meettechnieken met elkaar te vergelijken is beschreven door Stedman^[5]. De parameters die een meetinstrument karakteriseren - de horizontale en de verticale resolutie en het meetbereik - worden in de zogenaamde amplitude-golflengte-ruimte uitgezet.

In *figuur 5* worden in een dergelijke figuur een mechanische meetinstrument, de Talystep van Rank Taylor Hobson, een optisch meetinstrument, de interferentiemicroscoop, een elektronenmicroscoop en de Scanning Tip microscopen met elkaar vergeleken. Met uitzondering van de elektronenmicroscoop is het mogelijk met deze meetinstrumenten kwantitatieve afbeeldingen van een opper-

vlak te maken.

De figuur maakt duidelijk dat de Scanning Tip microscopen een wezenlijke uitbreiding van de meetfaciliteiten tot in het sub-nanometer gebied geven. De conclusie kan getrokken worden dat Scanning Tip microscopen ons de gelegenheid geven de nanowereld te exploreren.

Literatuur

- [1] R. Young, J. Ward en F. Scire, Rev. Sci. Instrum. 43 (1972) 999.
- [2] G. Binnig, H. Rohrer, Ch. Gerber en E. Weibel, Appl. Phys. Lett. 40 (1982) 178.
- [3] G. Binnig, C.F. Quate en Ch. Gerber, Phys. Rev. Lett. 56 (1986) 930.
- [4] B. Drake, C.B. Prater, A.L. Weissenhorn, S.A.C. Gould, T.R. Albrecht, C.F. Quate, D.S. Cannell, H.G. Hansma en P.K. Hansma, Science 243 (1989) 1586.
- [5] A.L. Weissenhorn, P.K. Hansma, T.R. Albrecht en C.F. Quate, Appl. Phys. Lett. 54 (1989) 2651.
- [6] H.K. Wickramasinghe, Scientific American 261 (Oct. 1989) 74.
- [7] M. Stedman, Proc. SPIE 316 (1981) 2 en M. Stedman, Proc. SPIE 803 (1987) 138. ■

Atomaire speldeprikken in silicium

Met een wolframnaald kan men in vacuüm putjes in silicium prikken met een dichtheid die ongeveer tienduizend keer hoger is dan op huidige CD-platen. Dat blijkt uit experimenten van de onderzoekers Evert van Loenen en Dick Dijkkamp van het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven. Dit opent wellicht een mogelijkheid om in de toekomst fijnere bewerkingen uit te voeren op technologisch belangrijke chip-materialen, zoals silicium.

Aftasten en tunnelen

De vondst om met een wolframnaald putjesstructuren in silicium te prikken, geschiedde tijdens experimenten met de Scanning Tunneling Microscoop, afgekort STM. In principe bestaat dit instrument uit een uiterst scherpe naald die in vacuüm op enkele atoomafstanden, zeg een halve nanometer (1 nanometer is een miljardste meter, en dus een miljoenste millimeter) boven een oppervlak wordt gehouden. Legt men nu een spanning aan tussen de naald en het oppervlak, dan kunnen, gezien de korte afstand, elektronen overspringen van naald naar oppervlak. Op grotere afstand zou dat niet zijn gelukt omdat het vacuüm een te

hoge barrière vormt. Bij een korte afstand echter, kunnen de elektronen door de barrière heen "tunnelen". Het aantrekkelijke is hierbij, dat de stroomsterkte zeer sterk verandert met de afstand tussen naald en oppervlak. Maakt men de afstand een tiende nanometer groter dan wordt de stroomsterkte ongeveer tien keer kleiner. De naald is gemonteerd op een scanner van piezo-elektrisch materiaal, dat uitzet of krimpt onder invloed van een elektrische spanning die men er op zet. Hiermee kan men het oppervlak aftasten door de naald er overheen te bewegen. Zorgt men er hierbij voor dat de stroomsterkte gelijk blijft, dan zal ook de afstand tussen naald en oppervlak constant blijven en de naald zal bultjes en putjes nauwkeurig volgen. De bewegingen van de naald worden met een computer geregistreerd. De zo opgemeten "hoogtekaart" wordt op een beeldscherm zichtbaar gemaakt. Op deze wijze kan men het oppervlak op uiterst nauwkeurige wijze inspecteren. Hoogtevariaties van een honderdste nanometer (10^{-11} m!) zijn zelfs zichtbaar te maken. Aangezien de naald bovendien zo scherp wordt gemaakt, dat er uiteindelijk nog maar één atoom aan het eind zit, kan men afzonderlijk atomen bekijken. Voor de uitvinding van de STM

kreken Rohrer en Binnig van het IBM-laboratorium in Zürich in 1986 de Nobelprijs.

Prikken

Het bleef echter niet bij het bekijken van oppervlakken. Al spoedig begon men oppervlakken te manipuleren met behulp van het STM-elektronenstroompje. Met hogere stroomsterkten lukte het bijvoorbeeld oppervlakken van zachte metalen plaatselijk te smelten of anderszins te vervormen. De zo gemaakte, zeer kleine putjes en bultjes bleken echter niet stabiel te zijn. Atomen uit de omgeving migreerden naar de gehavende plaatsen, waardoor de putjes en bultjes meestal al vrij spoedig van vorm veranderden. Van Loenen en Dijkkamp is het nu echter gelukt om in het harde halfgeleidermateriaal silicium in vacuüm stabiele ultrakleine putjes te maken, simpelweg door het oppervlak aan te prikken. (De resultaten zijn onlangs gepubliceerd in het wetenschappelijk tijdschrift Applied Physics Letters.) Eerst brachten zij de STM-naald boven een gewenste plaats. Daarna drukten zij de naald voorzichtig enkele tienden van nanometers in het oppervlak terwijl het elektronisch circuit dat de afstand tot het oppervlak regelt

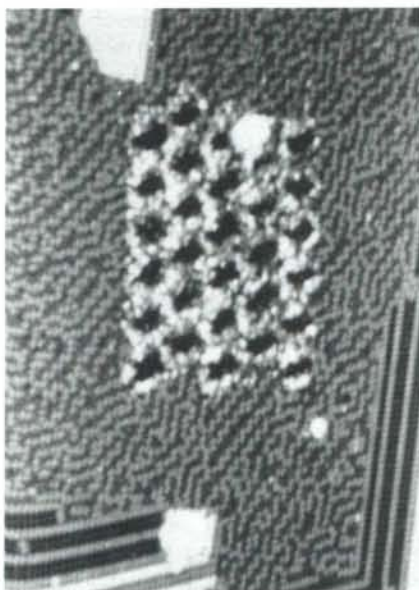
Atomaire speldeprikken in silicium

even werd uitgeschakeld. Na herinschakeling van het circuit bewogen ze de naald naar de plaats voor de volgende speldeprik.

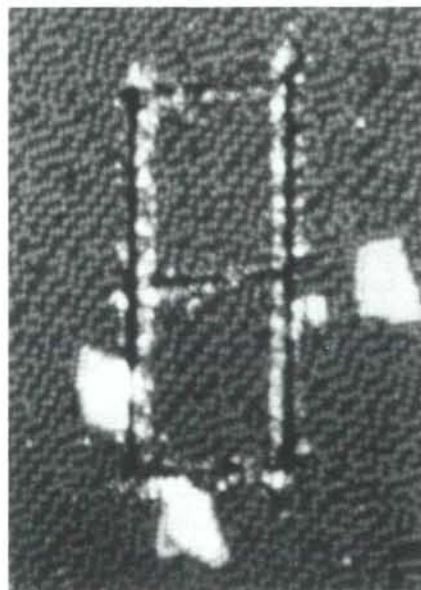
Het resultaat maakten zij daarna met behulp van de STM zichtbaar. De twee onderzoekers konden daarbij, tot hun verrassing, dezelfde naald gebruiken waarmee ze in het siliciumoppervlak hadden geprikt. De naald was niet bot geworden.

Zo lukte het om putjes met een diameter van ongeveer 10 nanometer en een diepte van 0,6 nanometer zonder noemenswaardige tussenafstand naast elkaar aan te brengen. Door de prikken te laten overlappen kan men ook uiterst fijne sporen maken en bijvoorbeeld microscopisch kleine letters schrijven.

Van Loenen: "Als je even rekent, kom je tot de conclusie dat je op de plaats van een putje van de huidige CD-plaat langs deze weg tienduizend putjes zou kunnen aanbrengen. Maar of je daar iets aan hebt, moet nog blijken. Minstens zo belangrijk als de afmetingen zijn de snelheden waarmee je de putjes kunt schrijven en uitlezen. Bovendien moeten de structuren niet alleen in vacuüm stabiel blijven. Er is dus nog veel onderzoek nodig om vast te stellen of deze speldeprikken, met vrucht in praktijk kunnen worden gebracht."



A



B

A: Rijen van putjes in silicium met een diameter van 10 nanometer, een diepte van 0,6 nanometer, en een diepte van 0,6 nanometer. Een nanometer is een miljardste meter ofwel een miljoenste millimeter. Op de foto is duidelijk te zien dat het silicium in het midden van de put is weggedrukt en dat het aan de randen iets omhoog is gekomen. De putjes zowel als de opname zijn vervaardigd met behulp van een scanning tunneling microscoop. Daarbij werd dezelfde naald gebruikt. De putjes zijn tienduizend keer kleiner dan die op een CD plaat. Rondom de kunstmatig gemaakte structuren is de natuurlijke ordening van de atomen in het silicium oppervlak zichtbaar.

B: Fijne lijnen getrokken in een siliciumoppervlak. Ook hier is weer de ordening van de siliciumatomen als achtergrond zichtbaar. (Foto: Philips Research)

De hier beschreven resultaten hebben uitsluitend betrekking op laboratoriumonderzoek. Zij houden geen marketing of fabricage van nieuwe producten in.

Bond voor Materialenkennis - Bondsdag 1990

De Bond voor Materialenkennis houdt zijn jaarlijkse Bondsdag op **donderdag 17 mei 1990** in de Aula van de TU Delft. Aanvang 10.00 uur.

Het thema van deze Bondsdag is ditmaal **oppervlakken**.

Oppervlakken van materialen spelen een uitermate belangrijke rol bij de toepassingen van die materialen in alle grote en kleine constructies, bij de keuze van het wegdek, bij de behandeling van papier, om enkele voorbeelden te noemen.

De aard van het oppervlak van een materiaal bepaalt in hoge mate hoe een materiaal, waarvan een gegeven produkt gemaakt is, zich zal gedragen. Is de structuur van het materiaal aan het oppervlak

regelmatig, met een duidelijk gedefinieerd grensvlak, of juist grillig, voorzien van scheuren, groot of klein? Is het oppervlak dicht of hard, ondoordringbaar voor invloeden van buiten, dan wel is het poreus of zacht, zodat die invloeden vrij spel hebben? Zijn de materiaaldeeltjes aan het oppervlak actief dan wel passief? Met andere woorden, oefenen deze wel of geen krachten uit op omgevende deeltjes in vaste stoffen, vloeistoffen of gasen? Vormen zij een goede hechtingsbasis voor andere materialen dan wel worden andere materialen afgestoten? Hoe kunnen oppervlakken veranderd worden, zodat zij een betere bescherming leveren voor het binnenliggende materiaal tegen invloeden van buiten? Wat kunnen waarnemingen aan het oppervlak van materialen voorspellen over de toestand binnenin het materiaal?

De verscheidene secties van de Bond voor Materialenkennis zullen in 6 parallelsessies met totaal 30 voordrachten aan deze vragen ruimschoots aandacht besteden. Een postertentoonstelling zal nog een extra dimensie aan deze dag toevoegen.

De openingsrede zal als "Houwink-lecture" worden uitgesproken door Prof. Dr.-Ing. W. Brockmann van de Universität Kaiserslautern, de titel van deze voordracht is "Adhesion between Metals and Polymers as a Three-Dimensional Multi Material Problem".

Nadere inlichtingen kunnen worden verkregen bij het bureau van de Bond voor Materialenkennis, Postbus 390, 3330 AJ Zwijndrecht, tel. 078-192655.

Het afbeelden van submicronstructuren in enkele nanoseconden

Nieuwe toepassing van het laserplasma in de röntgenlithografie

door Drs. F. Bijkerk.

Inleiding

De voortdurende verbetering van de prestaties van geïntegreerde schakelingen is sedert de ontdekking ervan in de jaren vijftig sterk afhankelijk geweest van technologieën om steeds kleinere structuren te vervaardigen op het oppervlak van een siliciumsubstraat. Tot dusver heeft vooral de optische lithografie voorzien in de vervaardiging van kleine structuren en met deze inmiddels uiterst geperfectioneerde techniek kunnen nu lijnbreedtes van minder van 1 micron worden gereproduceerd. Toekomstige ontwikkelingen in de optische lithografie zullen deze grens zeker omlaag brengen, maar het wordt meer en meer duidelijk dat voortgang beneden de halve micron ernstige moeilijkheden zal ondervinden en dat voortgang beneden éénderde micron onmogelijk is.

Röntgenlithografie daarentegen, biedt de mogelijkheid om structuren tot ééntiende micron af te beelden en heeft al bij veel grotere structuren belangrijke voordelen bij het afbeeldingsproces.

Tabel 1 toont de verwachte ontwikkeling van b.v. DRAM ("dynamic random access memory") chips.¹

Bij de voorbereiding voor industriële toepassing van röntgenlithografie zijn wereldwijd enkele honderden mensen betrokken bij onderzoek en ontwikkeling.^{2,3,4} Deze inspanning richt zich met name op twee kerngebieden, enerzijds de ontwikkeling van geschikte röntgenbronnen en anderzijds de perfectionering van röntgenmaskers. Beide aspecten vormen technologisch een niet eenvoudige opgave. Met de huidige stand van de technologie kunnen echter maskers worden vervaardigd met voldoende kwaliteit en passingsnauwkeurigheid voor toepassing bij 0,5 μm productieprocessen.

Vorderingen in de maskertechnologie zullen deze grens verder omlaag brengen. De vooruitgang in de röntgenlithografie, de laatste jaren vooral dankzij de inspanning van het Fraunhofer Instituut te Berlijn en het onderzoekslaboratorium van IBM te Yorktown Heights (VS), blijkt bijvoorbeeld uit de succesvolle fabricage van meerlaags-chips met 0,5 μm patronen geheel door middel van röntgenlithografie.⁵ Deze resultaten demonstre-

ren de integratie van basiselementen, zoals maskerfabricage, uitlijning van masker en siliciumsubstraat, belichting en chemische verwerking van het substraat.

Waarom een laserplasma?

Evenzeer essentieel voor een industriële doorbraak van röntgenlithografie is de beschikbaarheid van geschikte röntgenbronnen. Tot dusver wordt voornamelijk gebruik gemaakt van synchrotronstraling van elektronenopslagringen. Speciaal voor lithografische toepassingen worden hiervan op dit moment sterk verkleinde versies ontwikkeld, zoals de Helios-ring voor IBM en de Cosy-ring te Berlijn. In Japan, op IC-gebied toonaangevend, worden op dit moment niet minder dan twaalf compacte opslagringen gebouwd. Hierbij worden supergeleidende magneten toegepast om een kromtestraal van de elektronenbaan van slechts een halve meter te realiseren. Met de vereiste randapparatuur, zoals besturing, koeling, elektroneninjector en afscherming, beslaan echter deze systemen nog altijd ruim honderd vierkante meter in de "clean room". Bovendien vereisen deze opslagringen een dermate hoge investering (ca. 10 miljoen dollar) dat zij uitsluitend geschikt zijn voor grootschalige toepassingen.

Een röntgenbron gebaseerd op een laserplasma kan een gunstig alternatief vormen. Enkele voordelen van een dergelijk systeem zijn bijvoorbeeld een kleine brondiameter, een goede helderheid, een eenvoudige bediening en een

compacte opstelling, waardoor kleinschalige lithografische productie-eenheden mogelijk worden. Een economische röntgenbron, die weinig plaats inneemt in de "clean room", kan bovendien de overschakeling van de huidige optische lithografie naar een nieuw lithografisch procédé vereenvoudigen.

Teneinde dit doel te realiseren wordt door het FOM-Instituut voor Plasmafysica "Rijnhuizen" onderzoek gedaan naar de optimalisatie van het laserplasma en naar het afbeeldingsproces met dit type röntgenbron. Bij dit van overheidswege gesteunde werk wordt o.a. samengewerkt met industriële laboratoria in Duitsland en met het Centrum voor Submicron Technologie te Delft.

Doel van dit artikel is enig inzicht te geven in een aantal fundamentele aspecten van röntgenlithografie en de toepassing van een laserplasma als röntgenbron. Er zullen enkele kenmerken van het laserplasma, en bovendien enige opvallende lithografische resultaten worden beschreven.

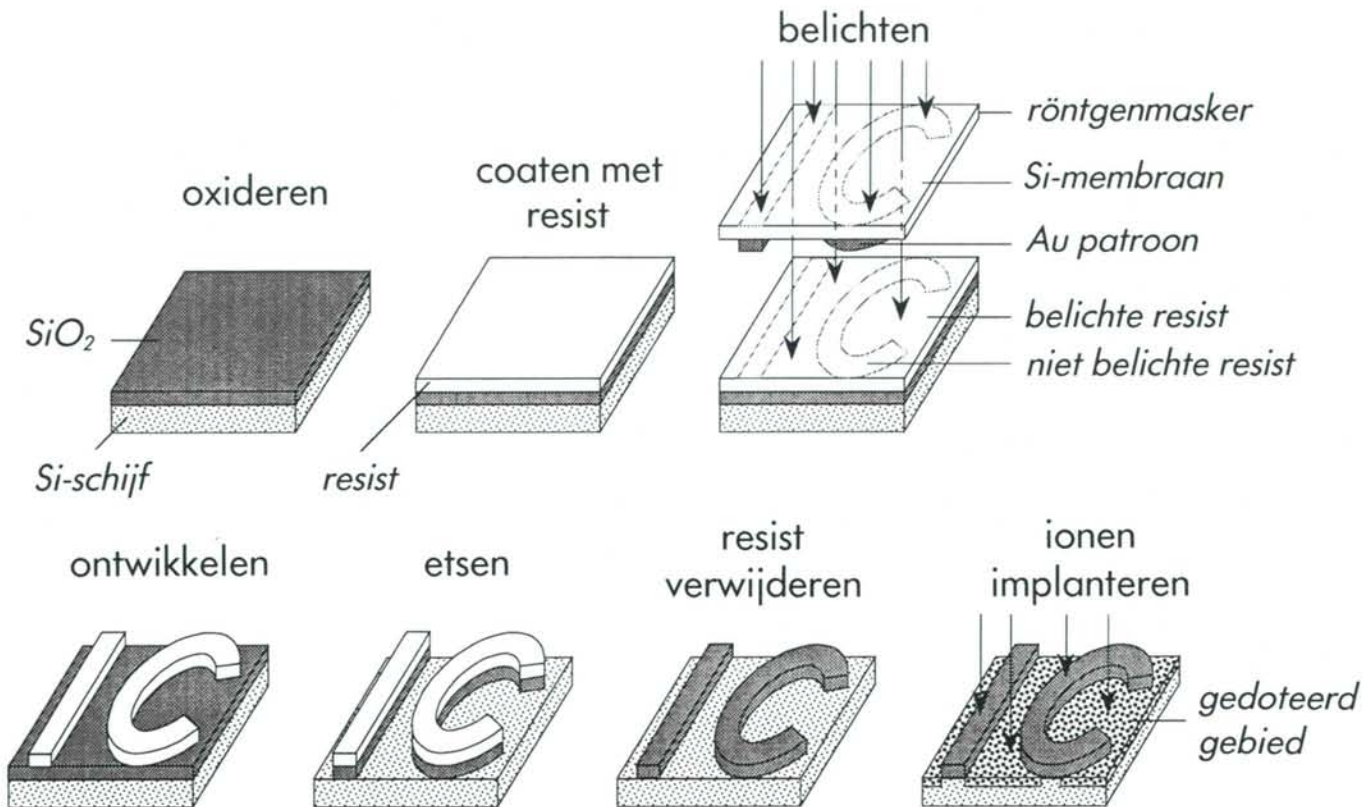
Wat is röntgenlithografie?

Een "very large scale integrated circuit", ofwel VLSI bestaat tegenwoordig uit enkele miljoenen componenten per cm^2 ; zie tabel 1. Dat kunnen transistoren, condensatoren, elektrische verbindingen en contactpunten zijn. Bij de productie van deze VLSI's wordt een groot aantal lagen, bestaande uit geleiders, halfgeleiders en isolatoren, aangebracht, van patronen voorzien en geheel of gedeel-

Tabel 1 Verwachte ontwikkeling van DRAM's (geheugen-IC's) en vereiste lithografische techniek (k = kilo, M = mega, G = giga).

DRAM-bits per chip	256K	1M	4M	16M	64M	256M	1G
productie vanaf	'84	'87	'90	'93	'96	?	?
chip-oppervlak (mm^2)	40	60	90	150	200	300	400
kleinste structuren (μm)	1,5	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2
componenten per chip	17M	50M	140M	400M	1,1G	3,2G	9G
lithografie	optisch			röntgen			

Nieuwe toepassing van het laserplasma



Figuur 1 Typische processtappen bij de fabricage van geïntegreerde schakelingen. Tegenwoordig wordt de geschetste serie acht tot vijftien maal doorlopen voor een volledig IC.

telijk weer verwijderd. *Figuur 1* geeft een schematische voorstelling van een aantal processtappen.

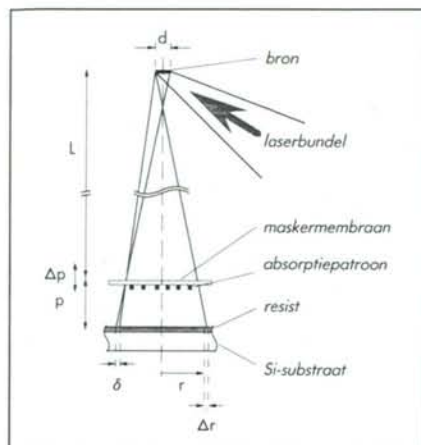
Centraal in dit fabricageproces staat de *lithografie*, dat is het aanbrengen van de gewenste patronen in een hulplag veelal door het afbeelden van een masker. De maskerpatronen, bestaande uit niet-transparante delen op een transparante drager, worden tot nu toe in de praktijk met UV-straling gereproduceerd in de hulplag, ook wel resist genoemd. (Bij UV-lithografie zijn de in *figuur 1* afgebeelde stappen analoog aan röntgenlithografie, met dien verstande dat voor het afbeelden van het masker veelal 10 x verkleinende optiek wordt toegepast.) Afhankelijk van het betreffende chemische proces veroorzaakt de belichting een verhoogde of verlaagde oplosbaarheid van de resist in de ontwikkelaar: men spreekt van respectievelijk een positieve of negatieve resist. De engelse benaming "resist" komt overigens van het bestand ("resistant") zijn tegen het etsmiddel. Daarna zorgen het etsen en doperen voor de zogenaamde patroonoverdracht in het siliciumsubstraat: het belichte halfgeleideroppervlak ondergaat zo een wijziging in zijn elektroni-

sche geleidingskarakteristiek. De geschetste procescyclus kan afhankelijk van de complexiteit van het IC zo'n acht tot meer dan vijftien keer doorlopen worden. Lithografie is mogelijk met zowel elektronen, ionen als fotonen, zie b.v.^[6]; de laatste 20 jaar is echter vooral de optische lithografie toegepast. Omdat de kleinste patronen tegenwoordig van de orde zijn van de golflengte van de voor reproductie gebruikte straling (≈ 400 nm), treden er problemen op; Fresnel diffractie-effecten in de afbeelding gaan een beperking van de resolutie van deze techniek vormen. Kortere golflengtes, b.v. 248 nm van een excimeerlaser, geven een verbetering van de resolutie, maar door de hoge absorptie van ultraviolet licht in optische materialen is het niet eenvoudig geschikte optische systemen te realiseren. Een bijkomende eis aan de optiek wordt opgelegd door het snel groter wordende chip-oppervlak: het beeldveld dient voldoende groot te zijn om tenminste één hele IC af te beelden. Bovendien neemt met het afnemen van de golflengte ook de scherptediepte van de optiek af, vaak tot een waarde lager dan de op het substraat aanwezige hoogteverschillen.

Al de hierboven geschetste problemen worden aanzienlijk verminderd wanneer voor lithografie in plaats van ultraviolet licht, zachte röntgenstraling wordt toegepast. Met een golflengte die globaal honderd maal korter is, spelen diffractie-effecten in de röntgenlithografie niet langer een beperkende rol. Onder optimale omstandigheden is zelfs reproductie van structuren tot 18 nm gedemonstreerd!⁷ In de praktijk wordt het golflengtegebied tussen 0,4 en 5 nm toegepast; langere golflengten worden te sterk geabsorbeerd in het masker terwijl voor kortere golflengten de resist transparant wordt.

Schaduw-projectiemethode

De meest eenvoudige configuratie bij röntgenlithografie is de schaduw-projectiemethode, dat is een 1:1 afbeeldingstechniek, zoals weergegeven in *figuur 2*. De transparante drager van het masker bestaat uit een dun membraan van een materiaal met een laag atoomnummer (b.v. Si of SiC), terwijl de patronen bestaan uit materiaal met een hoog atoomnummer (b.v. Au of W) en dus sterker straling absorberen. Om beschadiging van



Figuur 2 Configuratie bij het afbeelden van een röntgenmasker op een met resist gecoat siliciumsubstraat. Aangegeven zijn de eindige brongrootte d , resulterend in het zogenaamde halfschaduw-effect δ , en de variatie in de afstand tussen masker en substraat Δp , resulterend in onscherpheid Δr (verhoudingen niet op schaal).

het uiterst fragiele masker door contact met het Si-substraat te voorkomen, worden beide gescheiden door een afstandsring met een dikte van $25\ \mu\text{m}$.

Twee factoren zijn bij deze methode van belang: de eindige afmeting van de bron en het niet geheel parallel zijn van de straling.

Een bron met afmeting d , veroorzaakt een halfschaduw-effect δ volgens de relatie:

$$\delta = \frac{p \times d}{L}$$

Hierin is L de afstand tussen bron en masker en p de afstand tussen masker en resist. In het geval van het hier beschreven laserplasma bedraagt de brongrootte minder dan $100\ \mu\text{m}$ (zie ook de volgende paragraaf). Wanneer deze bron bijvoorbeeld op $14\ \text{cm}$ van het masker wordt geplaatst en het masker op $25\ \mu\text{m}$ van het substraat, vormt het halfschaduw-effect (minder dan $25\ \text{nm}$) geen wezenlijke beperking van de resolutie.

De tweede factor, het niet evenwijdig zijn van de straling, resulteert eveneens in een zekere vervaging, doordat de afstand tussen masker en substraat onder praktische omstandigheden niet constant is. Voor de onscherpheid Δr , die zo ontstaat, geldt:

$$\Delta r = \frac{\Delta p \times r}{L}$$

waarin Δp de variatie is in de afstand tussen masker en substraat en r de afstand tot de optische as. Om de bijdrage van Δr aan de totale afbeeldingsfout gering te houden (minder dan $50\ \text{nm}$), dient vooral de stabiliteit van het masker aan hoge, maar realiseerbare, eisen te voldoen. Verder onderzoek naar de rol van deze factoren onder experimentele omstandigheden is echter geboden. Hierbij wordt o.a. gedacht aan het toepassen van paraboloïde spiegels van een type dat speciaal voor de reflectie van röntgenstraling geschikt is. Ook het verkleind afbeelden van het masker met deze spiegels, de zogenaamde röntgenprojectielithografie, is wellicht een weg naar nog hogere resoluties.

Diagnostiek van het laserplasma

De beschreven experimentele resultaten zijn behaald met de röntgenbron en laser-faciliteit LPX van het FOM-Instituut "Rijnhuizen". De LPX faciliteit (laserplasma experimenten) bestaat uit een hoogvermogen Nd:YAG/glas laser en een samengesteld vacuümsysteem waarin zich o.a. de röntgenbron en een polychromator met meerkanaals-detector bevinden, zie *figuur 3*.

De laser, opgebouwd uit een oscillator en drie versterkertrappen, levert ruim $3\ \text{J}$ groen licht ($532\ \text{nm}$) met een pulslengte van $15\ \text{ns}$ en een herhalingsfrequentie van twee schoten per minuut. Deze energie wordt in het vacuümsysteem gefocust tot een spot van $80\ \mu\text{m}$ op een metalen doel. De vermogensdichtheid wordt daarbij van de orde van $10^{12}\ \text{W}/\text{cm}^2$, hetgeen voldoende is om een zeer heet plasma op te wekken met een

hoge ionisatiegraad van de ionen in het focus.

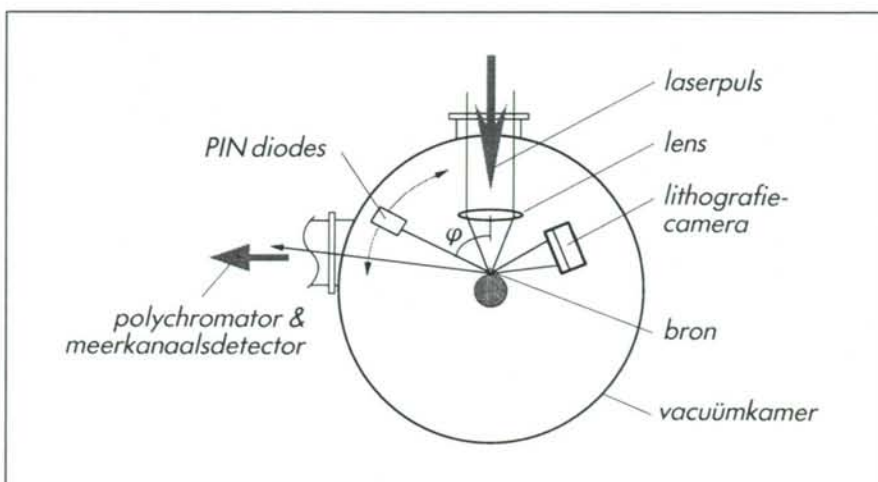
Het kortlevende plasma emitteert bij het afkoelen fotonen van het zichtbare tot in het zachte-röntgen gebied. Een aanzienlijk deel daarvan bevindt zich echter in het energievenster dat van belang is bij röntgenlithografie, namelijk van $0,7$ tot $1,5\ \text{keV}$.

De röntgenemissie van het plasma kan in het energiegebied van $0,1$ tot $1\ \text{keV}$ worden opgenomen met de polychromator en de meerkanaalsdetector, welke online is verbonden met een microcomputer. Het bijzondere van deze configuratie is de mogelijkheid om in slechts één laserschot van een vijftiental nanoseconden een geheel spectrum op te nemen.

Transmissiemetingen aan dunne folies of zelfs reflectiemetingen aan oppervlakken, welke in de röntgenbundel worden geplaatst, kunnen bijvoorbeeld informatie geven over de structuur van de vaste stof. Een extra interessante situatie ontstaat wanneer deze folies of oppervlakken met een gedeelte van de laserpuls vooraf worden opgewarmd. Dynamische smelt- en verdampingsprocessen kunnen zo worden bestudeerd. Meer informatie over deze röntgenspectroscopische toepassingen wordt o.a. in ^[8] gegeven.

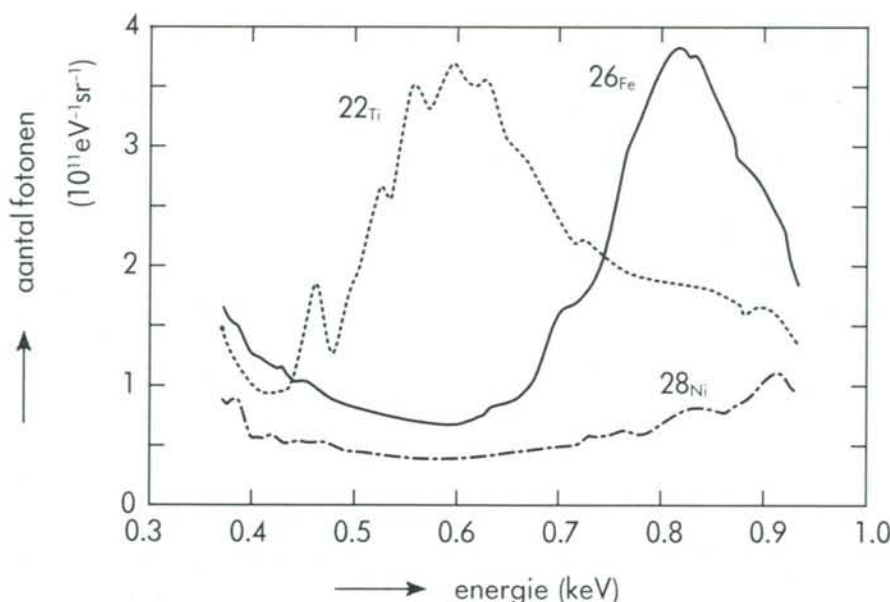
De röntgenemissie van het laserplasma kan bestaan uit lijnemissie ofwel continuüm, afhankelijk van de keuze van het bronmateriaal.

Lijnemissie treedt voornamelijk op bij materialen met een laag atoomnummer, terwijl de zwaardere elementen overwegend continuüm vertonen. Spectra van elementen met een gemiddeld atoomnummer (20 à 30) blijken veelal hoge en



Figuur 3 Schematische weergave van het vacuümsysteem met daarin o.a. de röntgenbron en de lithografiecamera.

Nieuwe toepassing van het laserplasma



Figuur 4 Röntgen-emissiespectra van Ti, Fe en Ni-plasma's gekalibreerd naar aantal fotonen per laserpuls.

brede maxima te bezitten, welke afkomstig zijn van elektronische overgangen in hooggeladen ionen.

Figuur 4 toont bijvoorbeeld spectra van Ti, Fe en Ni. In dit geval worden de maxima veroorzaakt door dicht opeenvolgende en spectraal niet opgeloste overgangen in de L-niveaus. Uit de figuur volgt ook dat de positie van het maximum naar hogere energieën verschuift met toenemend atoomnummer.

Voor de lithografische belichtingen wordt Fe als bronmateriaal gekozen, omdat de emissie hiervan overeenkomt met de spectrale transmissie van een typisch röntgenmasker (van 0,7 tot 1,8 keV).

Naast de polychromator geven een aantal gefilterde silicium PIN-diodes aanvullende informatie over de röntgenemissie van het plasma. Door de juiste combinatie van dikte en samenstelling van de filters te kiezen kan worden afgestemd op een smal energievenster. Met een bekende energie, welke nodig is voor het creëren van een elektron-gat paar in de Si-PIN-diode (3,67 eV), kan het aantal fotonen in dit venster eenvoudig worden berekend. Dit maakt het mogelijk de spectra van de polychromator, welke slechts in relative intensiteit bekend zijn, te kalibreren naar een absolute schaal; zie *figuur 4*.

Röntgenstraling in het gebied rond 1 keV, van belang voor lithografie, is voornamelijk afkomstig van een hete plasma-

kern welke nauwelijks groter is dan het laserfocus.

Experimenteel kan worden vastgesteld dat deze kern zo'n 90 μm bedraagt. (Gedurende de plasma-evolutie vindt tijdens het afkoelen weliswaar expansie over vele cm's plaats, echter na enkele honderden μm 's worden slechts ultraviolet en zichtbare straling uitgezonden; zie ook *figuur 7*.)

De positie van deze plasmakern van laserschot tot laserschot wordt uitsluitend bepaald door de stabiliteit van de laserbundel. In de praktijk blijkt deze tot zo'n 10 μm reproduceerbaar. Samen met zijn geringe grootte is het resultaat dat het laserplasma een zodanig kleine en reproduceerbare puntbron vormt dat de resolutie van de lithografische afbeelding er niet door beperkt wordt.

Dit is anders bij bijvoorbeeld het zogenaamde plasma-focus, een type röntgenbron dat vanuit de gasfase wordt opgewekt door een gefocusseerde elektrische ontlading. De bestaande plasma-focus bronnen worden gekenmerkt door een bronsgrootte van bijna 1 mm, hetgeen aanleiding geeft tot een onacceptabel halfschaduw-effect.

Lithografische resultaten

Om het afbeeldingsproces met de hierboven beschreven bron experimenteel te onderzoeken wordt een lithografiemasker in de bronkamer geplaatst op 10 cm van het plasma. Om het zichtbare en het UV deel van het plasma-emissie tegen

te houden wordt de camera gefilterd met 0,8 μm Al. De camera bestaat uit een houder voor het röntgenmasker en een met resist gecoate 3" Si-schijf, welke door een 25 μm dikke afstandsring gescheiden zijn.

De gebruikte maskers worden vervaardigd door het Fraunhofer Instituut te Berlijn en bestaan uit Si-membranen (dikte 2 μm) met daarop testpatronen in Au met kleinste structuren van 0,4 μm . Deze testpatronen zelf worden met elektronenlithografie geschreven, een tijdrovend proces dat ruim twintig uur kan duren!

De voor dit werk gebruikte fotoresists, zijn fotokatalytische systemen, hetgeen wil zeggen dat de reactieproducten van het belichten het belichtingseffect versterken en de oplosbaarheid van de belichte resist in de ontwikkelaar verhogen. De toegepaste resists behoren tot de Ray-PF-klasse, een modern type resist ontwikkeld door Hoechst.

Als gevolg van moderne chemische "engineering" is de kwaliteit en vooral de gevoeligheid van röntgenresists de laatste jaren enorm verbeterd.

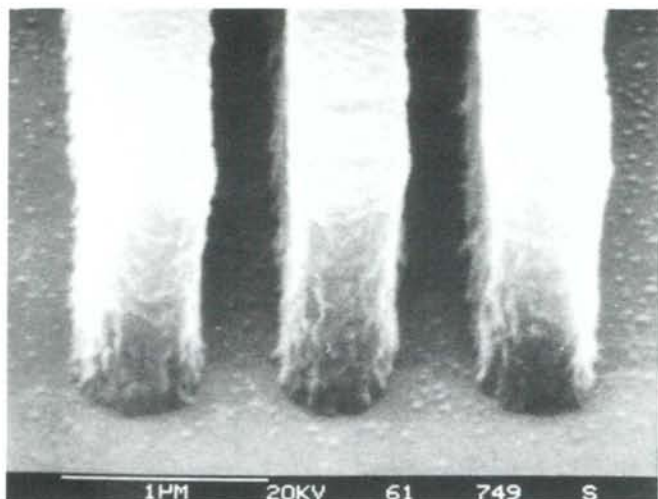
Gevoeligheden voor experimentele resists van enkele mJ/cm^2 zijn o.a. in de LPX faciliteit gedemonstreerd. Dit is bijna drie grootte-orde gevoeliger dan conventionele resists zoals PMMA (ook bekend als perspex).

Na het belichten worden de Si-schijven ontwikkeld en gedroogd. De gereproduceerde testpatronen op de Si-schijven kunnen door middel van SEM ("scanning electron microscopy") worden onderzocht op hun kwaliteit. *Figuur 5* toont bijvoorbeeld een SEM opname van 0,5 μm smalle resist-structuren, afgebeeld door röntgenstraling van het plasma. Zo'n negentig laserpulsen op een Fe doel waren daarbij voldoende voor volledige belichting en exacte reproductie van de maskerpolygonen.

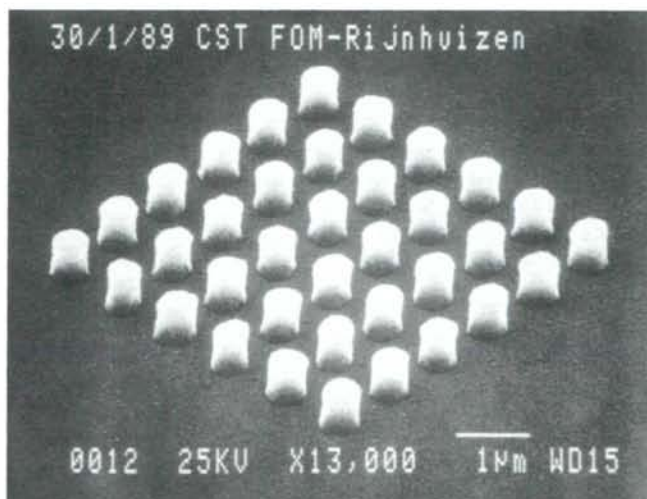
De SEM opname demonstreert enkele opvallende voordelen van röntgenlithografie, namelijk de nauwkeurige reproductie van submicronstructuren met 1 μm hoge, rechte profielen. De relatieve eenvoud van het belichtings- en ontwikkelprocedé maakt het mogelijk deze patronen te verkrijgen in één processtap met een grote verwerkingstolerantie.

Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de UV-lithografie waarbij verscheidene lagen moeten worden toegepast voor dit resultaat.

Een ander voordeel van röntgenlithografie is de ongevoeligheid voor stof. Veel



Figuur 5 SEM opname van $0,5\ \mu\text{m}$ patronen in resist (Ray-PF). De patronen werden afgebeeld door een dosis röntgenstraling, geproduceerd door negentig laserpulsen.



Figuur 6 SEM opname van $0,5\ \mu\text{m}$ smalle patronen in experimentele resist. Röntgenstraling opgewekt door één laserschot (pulsduur 15ns) was voldoende voor een volledige belichting.

stofdeeltjes in de "clean room" bestaan uit materialen met een laag atoomnummer, afkomstig van de substraten, chemicaliën en vooral ook van de mens zelf! Deze deeltjes zullen bij belichten met röntgenstraling niet worden afgebeeld op het substraat, omdat zij transparant zijn voor de straling. Dit kan een belangrijke reductie van het aantal defecten in het IC betekenen.

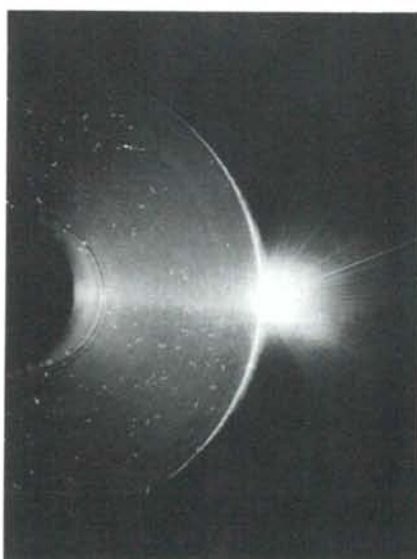
De lage herhalingsfrequentie van de hier toegepaste laser (twee pulsen per minuut) zou onder industriële omstandigheden een onacceptabel lange belichtingstijd per IC inhouden.

Recent zijn echter excimeerlasers ontwikkeld welke een veel hogere herhalingsfrequentie bezitten, bij vrijwel dezelfde eigenschappen van de puls als van de hier toegepaste laser. Verwacht mag worden dat een dergelijke laser een gemiddeld röntgenvermogen levert dat voldoende hoog is voor industriële productie van IC's. Verder onderzoek naar de toepassing van deze lasers is evenwel noodzakelijk.

Afbeelding in nanoseconden

Onder optimale omstandigheden kunnen met de röntgenstraling van het laserplasma zelfs structuren worden afgebeeld in één laserpuls, ofwel een vijftiental nanoseconden. Daartoe wordt een experimentele, zeer gevoelige resist gebruikt; voorzien van masker en Al filter, wordt deze op slechts 22 mm van het plasma geplaatst.

Figuur 6 toont een SEM opname van $0,5\ \mu\text{m}$ smalle patronen welke op deze manier zijn verkregen. Voor het afbeel-



Figuur 7 Voorbeeld van een laserplasma, opgewekt door een lichtpuls van een hoogvermogen vastestof laser op een trefplaatje te focuseren. De foto toont een plaatje van tantaal met een diameter van vijf centimeter. De hete kern van dit plasma vormt een heldere bron van zachte röntgenstraling, welke o.a. geschikt is voor het lithografische afbeelden van submicronstructuren ten behoeve van de fabricage van halfgeleiderschakelingen. (Foto Fred Bijkerk).

den van de kwetsbare röntgenmaskers is deze methode slechts van gering belang; de intense straling dicht bij het plasma betekent een aanzienlijke thermische belasting van het masker.

Voor andere toepassingen, zoals röntgenmicroscopie van biologische preparaten, kan het afbeelden in enkele nanoseconden een voordeel zijn. Het is dan

namelijk mogelijk om microscopische organismen in levende toestand af te beelden.

Nawoord

Dit werk maakt deel uit van het onderzoeksprogramma van de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie, en wordt gesteund door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek en de Nederlandse Overheid in het kader van het Eureka programma.

Literatuur

- [1] Opgave juni 1988 volgens Fraunhofer Institut für Mikrostrukturtechnik, Berlin/Philips Forschung GmbH, Hamburg.
- [2] A.D. Wilson, SPIE Conf. Proc. 537 (1985), p. 85-101.
- [3] A. Heuberger, Microcircuit Eng. 5 (1986), p. 3-38, en Microcircuit Eng. 6 (1987).
- [4] F. Bijkerk, E. Louis, G.E. van Dorssen, M.J. van der Wiel, SPIE Conf. Proc. 1089 (1989), p. 274-282.
- [5] R. Viswanathan, D. Seeger, J.P. Silverman, Microcircuit Eng. 7, (1988), p. 93-96.
- [6] S. Radelaar, Ned. Tijdschrift v. Natuurkunde A52 (3/4) (1986), p. 103-107.
- [7] M. Schattenburg, I. Tanaka, H.I. Smith, Microcircuit Eng. 6 (1987), p. 273.
- [8] K. Murakami, H.C. Gerritsen, H. van Brug, F. Bijkerk, M.J. van der Wiel, Phys. Rev. Lett. 56, 6 (1986), p. 655-658.

De auteur is werkzaam op het FOM-Instituut voor Plasmafysica "Rijnhuizen" te Nieuwegein, waar hij in de LPX groep verantwoordelijk is voor onderzoek en ontwikkeling van een röntgenbron voor lithografische en spectroscopische toepassingen. ■

"Wissel tussen kennis en markt"

Technologisch Seminar NVFT

Een technologisch seminar voor vakmanagers, ontwikkelaars, specialisten docenten, e.a., die een vernieuwende taak uitoefenen in het vakgebied Precision Engineering.

Doel Seminar

Het doel van het seminar wordt als volgt geformuleerd:

Het verhogen van "state of the art" in het vakgebied Precision Engineering, gericht op toekomstige produkt- en productie-innovaties.

Bepalend voor de opzet van het seminar is het leggen van een effectieve koppeling tussen aanbod (kennisbronnen in "centres of competence" van bedrijven en onderzoekslaboratoria) en vraag (kennistoepassing in bedrijven, instellingen, onderwijs). Voor een doelgerichte kennisoverdracht moeten beide zijden elkaar complementair versterken. Blijvend concurreren in prijs en performance van de eindprodukten is hier in hoge mate van afhankelijk.

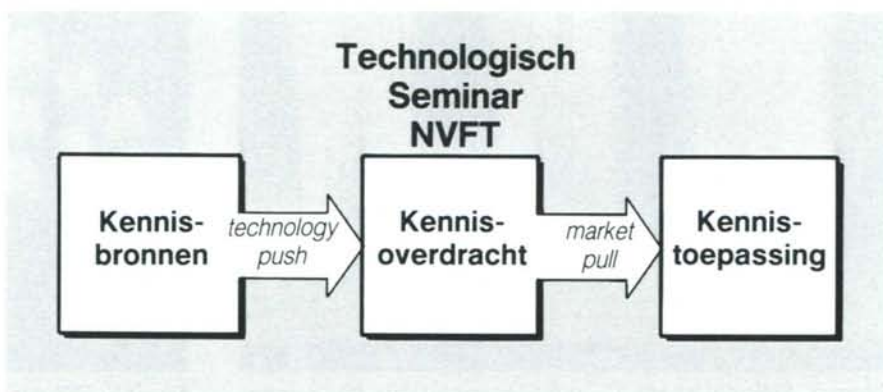
In *figuur 1* wordt de positie van de beoogde (ervarings)kennisoverdracht aangegeven.

Opzet Seminar

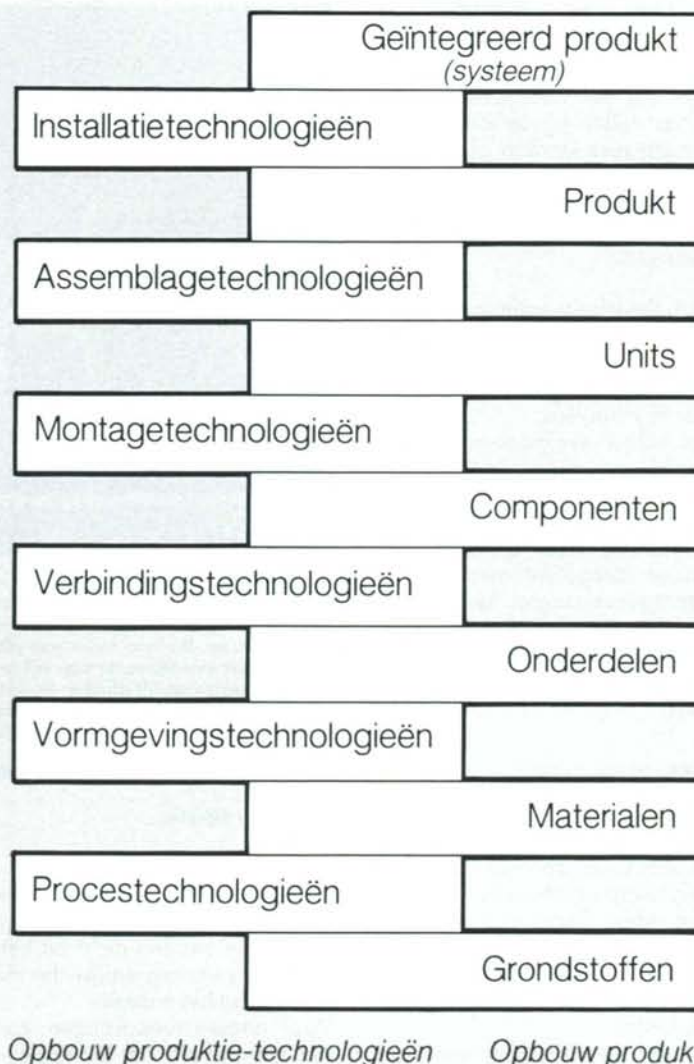
Het technologisch seminar NVFT zal bestaan uit een jaarlijkse reeks werkcolleges/studiedagen in nieuwe geavanceerde technologieën voor het vakgebied Precision Engineering. De onderwerpen zullen in nauw overleg met de (bedrijfs)-leden van de NVFT langs de ontstaans-as van de eindprodukten worden gekozen. De fysieke opbouw van deze produkten en de bijbehorende produktietechnologieën worden in *figuur 2* weergegeven. Elk onderwerp van het seminar zal geplaatst worden in een perspectief van verleden-heden-toekomst, waardoor via extrapolaties trends duidelijk zichtbaar worden gemaakt.

Belangrijke aandachtsrichtingen bij het realiseren van het seminar zijn:

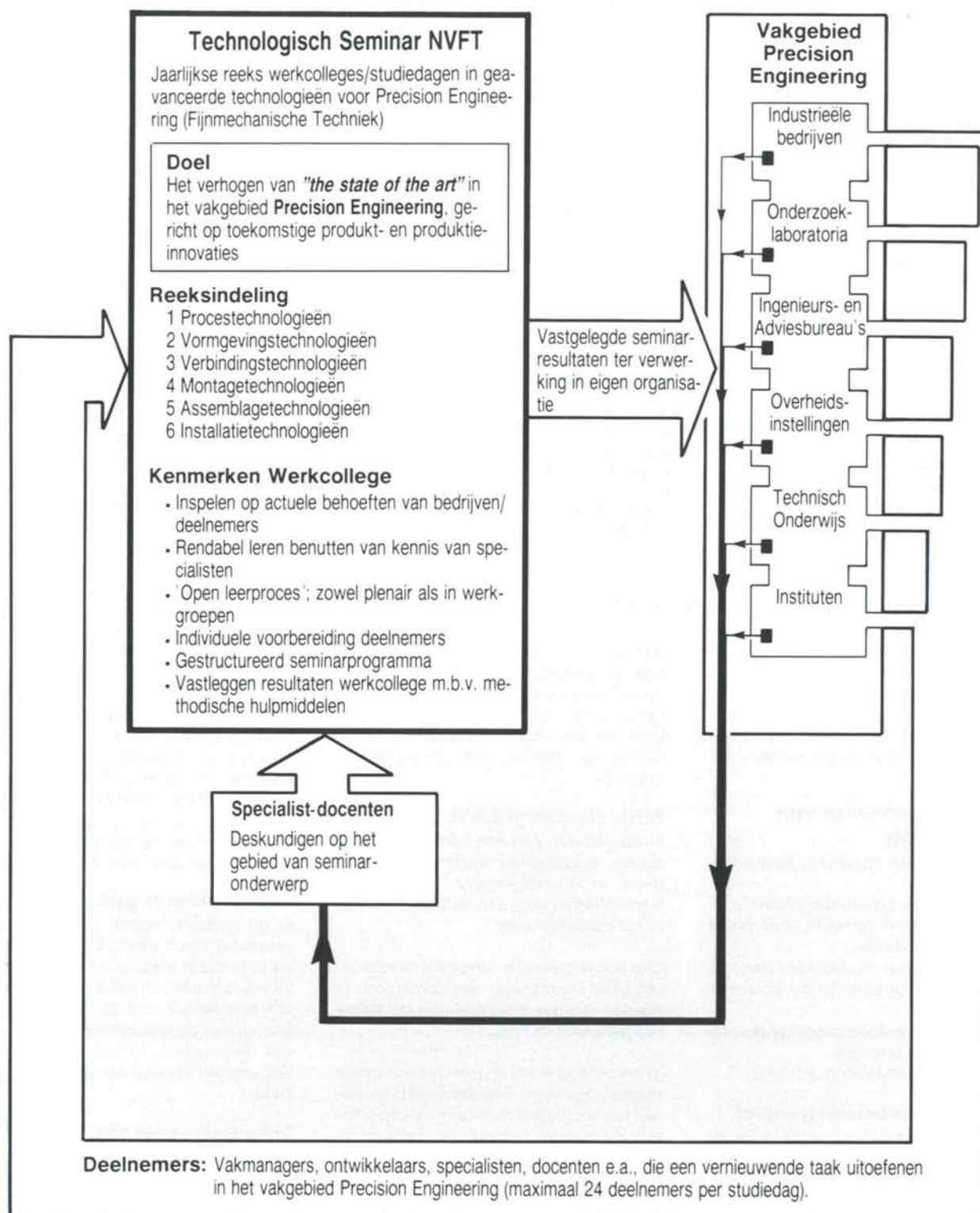
- permanente kennisvernieuwing via actuele technologische ontwikkelingen in het bedrijfsleven, onderzoeksinstituten en onderwijsinstellingen,
- toepasbaarheid (technisch/economisch) in de werksituatie van de deelnemers resp. actuele behoeftes van de industrie,
- bevorderen van grotere openheid en marktgerichtheid van de centres of competence,



Figuur 1 Het kennisinnovatieproces.



Figuur 2 Fysieke opbouw van produkt en produktietechnologieën.

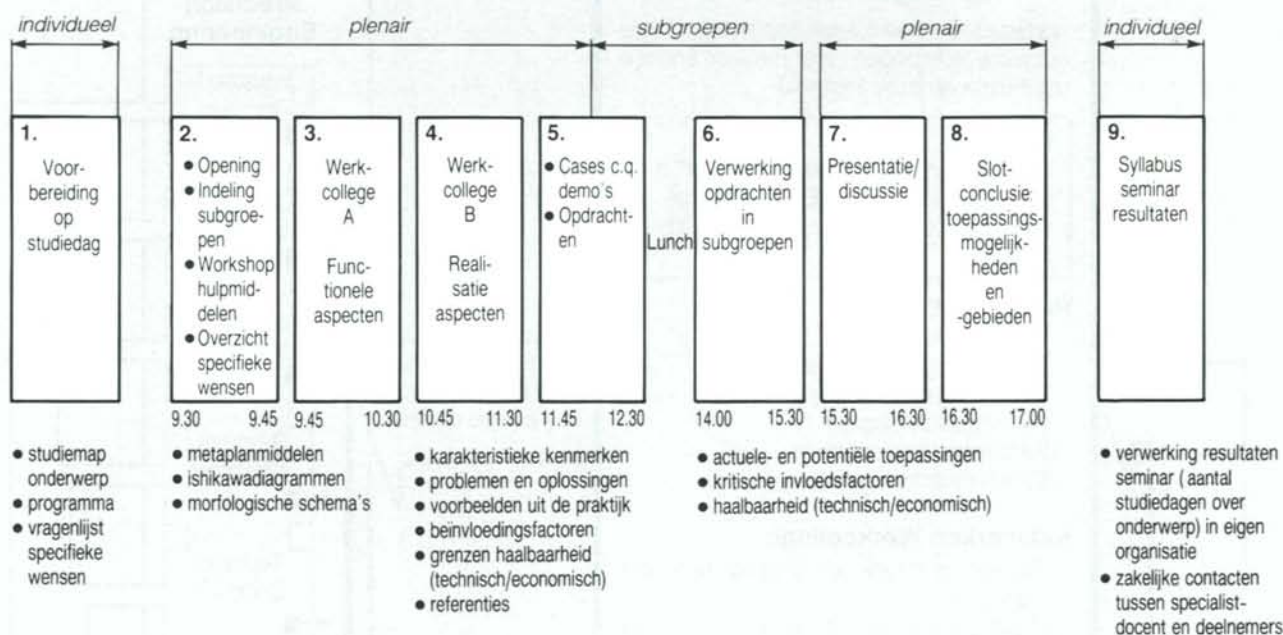


Figuur 3 Technologisch Seminar NVFT.

Technologisch Seminar NVFT

Werkschema Technologische Studiedagen NVFT

'state of the art' en belangrijke trends



Figuur 5 Werkschema Technologische Studiedagen NVFT.

- participatie van docenten uit het technisch onderwijs, waardoor zij sneller kunnen inhaken op technologische vernieuwing.

In figuur 3 wordt een schematisch overzicht gegeven van de opzet van het seminar.

Opzet en werkwijze van een studiedag

De opzet van een studiedag bestaat uit vijf gedeeltes:

1. Individuele voorbereiding vooraf.
2. Eerste plenaire gedeelte, met onder meer werkcolleges.
3. Verwerking van opdrachten door de deelnemers, opgesplitst in een viertal subgroepen.
4. Plenaire presentatie subgroepresultaten, alsmede discussie.
5. Individuele verwerking achteraf.

Individuele voorbereiding vooraf

De Seminarleiding stelt, met hulp van de specialist-docenten van de studiedag, een studiemap samen met relevante artikelen. De deelnemers krijgen deze studiemap ter voorbereiding toegestuurd. Daarnaast krijgen de deelnemers een vragenlijst, waarop zij specifieke behoeftes ten aanzien van de invulling van de studiedag kunnen aangeven. Specifieke

wensen van de deelnemers zullen vooraf worden bekeken door de docenten en zoveel mogelijk worden opgenomen in het programma. Een overzicht van specifieke wensen van de deelnemers wordt tijdens de opening van de studiedag gegeven.

Eerste plenaire gedeelte

Na de opening en een korte toelichting op de te gebruiken workshop-hulpmiddelen in de subgroepen volgen twee werkcolleges, gegeven door specialisten in het dagonderwerp.

Om een succesvolle innovatie te realiseren blijkt steeds weer een compromis te moeten worden gevonden uit de factoren genoemd in figuur 4.

Werkcollege A zal vooral de functionele toepassingsmogelijkheden belichten, terwijl werkcollege B de realisatie-aspecten van de nieuwe technologie benadrukt. Afhankelijk van het onderwerp zullen vervolgens enkele cases resp. demonstraties worden gegeven. Vervolgens worden de opdrachten uitgereikt aan de subgroepen. Deze opdrachten zijn vooral bedoeld om een goede discussie in de subgroepen tot stand te brengen en te houden.

Verwerking opdrachten in subgroepen

In de subgroepen worden op grond van de werkcolleges en eigen ervaring van de deelnemers actuele- en potentiële problemen, alsmede toepassingsmogelijkheden in kaart gebracht. Op deze wijze wordt de "state of the art" van het onderwerp per subgroep vastgelegd. Een begeleider per subgroep zal de discussie helpen bewaken en structureren.

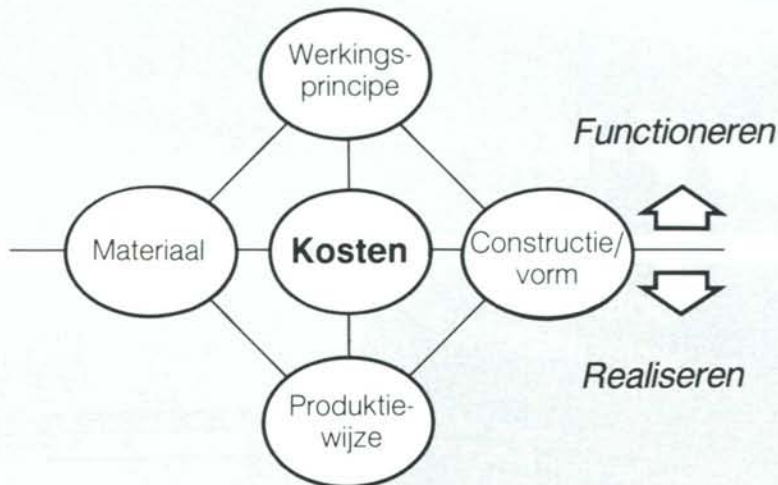
Tweede plenaire gedeelte

In dit gedeelte wordt gestart met een presentatie van elke subgroep. Actuele- en potentiële toepassingen, kritische invloedsfactoren, haalbaarheid (technisch/economisch) e.d. staan ter discussie. Samen met de specialist-docenten wordt een slotconclusie in termen van toepassingsmogelijkheden en -gebieden opgesteld.

Individuele verwerking achteraf

Omdat maximaal 24 deelnemers per studiedag kunnen worden toegelaten, zullen een aantal studiedagen per onderwerp worden georganiseerd. Deze kunnen op verschillende locaties in Nederland plaatsvinden.

De resultaten van deze studiedagen zullen worden gebundeld in een syllabus,



Figuur 4 Het functioneren van en realiseren van een technologische vernieuwing.

die elke deelnemer krijgt toegestuurd. Op deze wijze wordt iedereen in staat gesteld het totaalresultaat in zijn eigen organisatie te verwerken.

In figuur 5 wordt het werkschema van een technologische studiedag NVFT gegeven.

Ontwikkeling en realisatie Seminar

De keuze van de onderwerpen, de ontwikkeling en de realisatie van het seminar vereisen een professionele aanpak. De structuur wordt gekozen volgens de opbouw van produktietechnologieën uit figuur 2: proces-, vormgevings-, verbin-

dings-, montage-, assemblage- en installatietechnologieën.

Op deze wijze wordt het gehele gebied van de precisietechnologieën bestreken. Het seminar is bestemd voor vakmanagers, specialisten, ontwikkelaars, docenten e.a., die een vernieuwende taak uitoefenen in het vakgebied.

Zakelijke contacten tussen de deelnemers en de specialist-docenten (centres of competence) kunnen na afloop van elke studiedag worden gelegd. Afspraken hierover dienen afzonderlijk gemaakt te worden.

Het secretariaat van NVFT kan eventueel bemiddelen.

Om de kwaliteit en continuïteit van het seminar te waarborgen zal de NVFT een samenwerkingsverband aangaan met het Centre for Technical Training, Philips en het Mikrocentrum Nederland.

Start Seminar

Het seminar zal starten in september 1990. Het eerste onderwerp zal worden verzorgd door "Competence Centre Plastics PMF Philips". Een nadere aankondiging volgt.

Ir. J.N.A. Vermeulen
Bestuurslid NVFT/Opleidingen.

Nieuwe methode voorspelt betrouwbaarheid van elektronische schakelingen

In samenwerking met de divisie consumentenelektronica van Philips en het Engelse softwarebedrijf ISL ontwikkelde ir. A.C. Brombacher aan de Universiteit Twente een methode om de betrouwbaarheid van elektronische schakelingen te voorspellen. Met de methode is via de computer nauwkeurig vast te stellen aan welke eisen afzonderlijke componenten zoals transistoren en weerstanden moeten voldoen, om een optimaal betrouwbare schakeling te verkrijgen. In de praktijk is gebleken dat met de methode de uitval bij de productie van bijvoorbeeld videorecorders aanzienlijk teruggebracht kan worden. Schattingen gaan uit van een productieverbetering van ettelijke procenten op jaarbasis. Donderdag 15 maart promoveerde ir. Brombacher bij prof. dr. ing. O.E. Hermann van de vakgroep Besturingssystemen en Computertechniek, faculteit Elektrotechniek.

De methode is behalve voor de consumentenelektronica geschikt voor vele andere elektronische schakelingen. Bij toepassing in de consumentenelektronica

met zijn enorme produktieaantallen wordt door een kleine verbetering direct veel geld bespaard. Daarnaast is de methode zeer bruikbaar bij het ontwerp van elektronische schakelingen waarbij een uiterst hoge betrouwbaarheid vereist is, zoals medische apparatuur of ruimtevaart-elektronica. Op dit moment is er een werkend prototype van een software pakket; in samenwerking met Philips wordt dit verder ontwikkeld tot een marktgereed produkt. Ook andere bedrijven hebben belangstelling getoond de methode in de praktijk te gaan toepassen.

Belangrijkste kenmerk van de nieuwe methode, CARAD (Computer Aided Reliability Analysis and Design), is de mogelijkheid om de dynamische belasting van iedere afzonderlijke component in een werkende elektronische schakeling te voorspellen. In een computerprogramma wordt de gevoeligheid voor de belasting van elke afzonderlijke component wiskundig gemodelleerd. De gegevens van elke transistor, weerstand of condensa-

tor worden ingebracht en door de betrouwbaarheid van de uiteindelijke schakeling te simuleren zijn de relaties tussen de componenten nauwkeurig vast te stellen. Dit maakt een goede betrouwbaarheidsvoorspelling mogelijk. Met behulp van het softwarebedrijf ISL (Londen) is een applicatie ontwikkeld waarmee optimalisatie-adviezen gegeven kunnen worden aan de ontwerper van de elektronische schakeling.

Resultaat van het gebruik van CARAD is dat het ontwerpproces weliswaar iets langer is, maar dat bedrijfszekerheidsfouten voorkomen kunnen worden. Tot nu toe moet een elektronische schakeling eerst gerealiseerd worden en vervolgens grondig getest om te kijken of hij voldoet. Als de testresultaten bevredigend zijn, wordt de schakeling in productie genomen. Omdat de invloed van elke afzonderlijke component niet bekend is, kan het gebeuren dat een serie videorecorders uit de handel genomen moet worden omdat een partij transistoren niet goed genoeg was. Met de methode van ir. Brombacher kan dit voorkomen worden. ■

Is uw productie optimaal georganiseerd?

Het AWF*) kaartsysteem is daar onmisbaar voor, want het heeft voor elke machine een stam-, een onderhouds- en een smeerkaart. Zo hebt u alles bij elkaar.

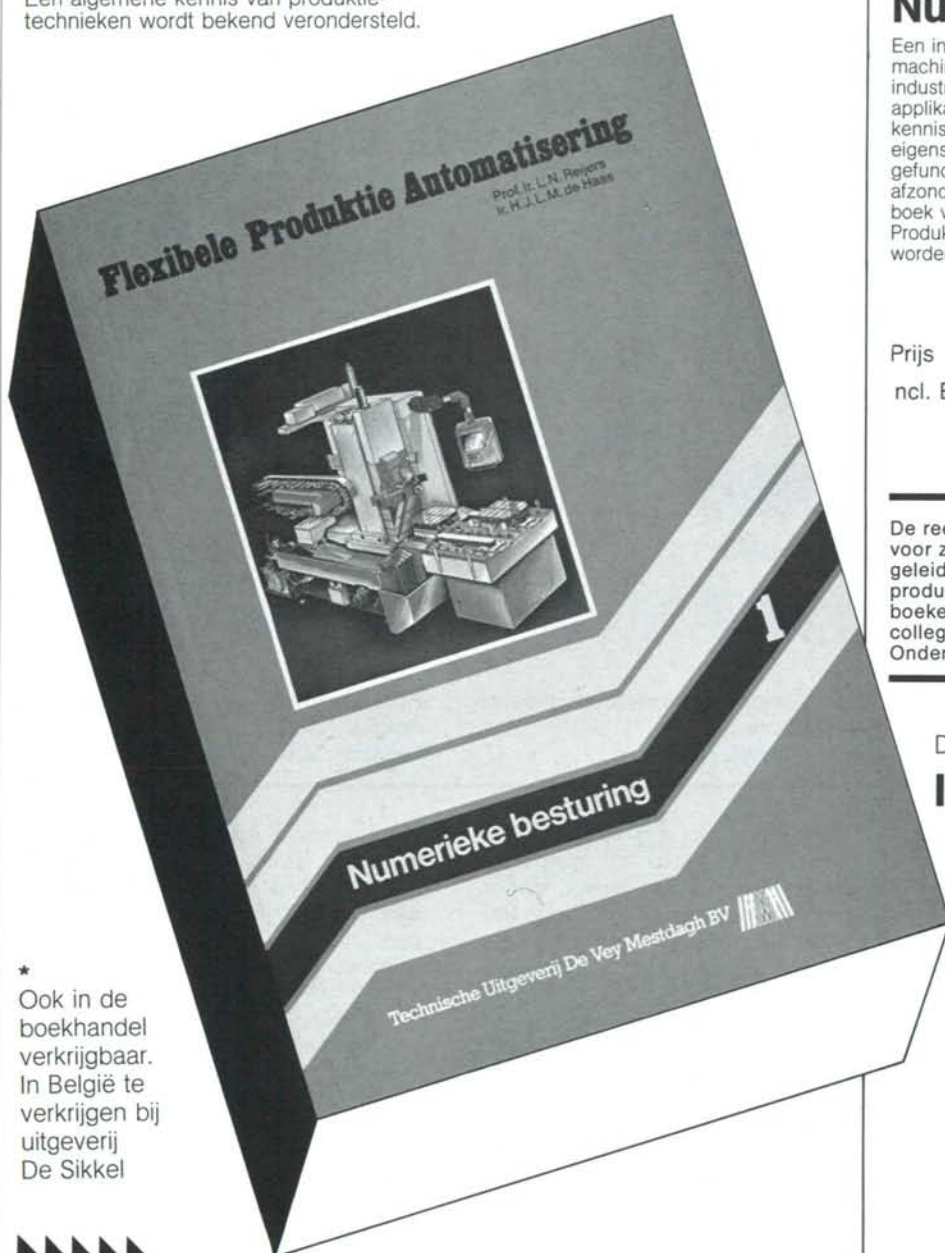
Het is altijd goed om even na te gaan of uw voorraad blanco kaarten nog voldoende is en of alle machines en apparaten er in ondergebracht kunnen worden en er ook werkelijk in zitten.

*) Algemeines Werkschaftverband
Frankfurt, voor Nederland
aangepast in samenwerking
met het Centrum
voor Metaalbewerking TNO.

Technische Uitgeverij De Vey Mestdagh BV
Markt 51, 4331 LK Middelburg
Tel. 01180-81240

Flexibele Produktie Automatisering

De reeks flexibele Produktieautomatisering bestaat uit drie boeken die handelen over flexibele automatisering van produktiemiddelen. Deze „fabrieksvloerautomatisering” vormt een onderdeel van de flexibele automatisering, die in toenemend tempo doordringt in alle gebieden van de industriële bedrijvigheid. Flexibele automatiseringshulpmiddelen, gebaseerd op moderne computertechnologie, dringen nu in snel tempo door in drie hoofdgebieden van een produktiebedrijf: het produktieontwerp (CAD), de produktiebesturing (MRP) en de automatisering in de produktie (CAM). Het is de automatisering in het derde gebied, de produktie, waarop deze boekenreeks zich concentreert. Automatisering in de andere twee hoofdgebieden komt ter sprake waar raakpunten liggen met de „fabrieksvloerautomatisering”. Het doel van deze drie boeken is een brede introductie te verschaffen voor zowel gebruikers als ontwerpers van flexibel geautomatiseerde produktiesystemen. Een algemene kennis van produktietechnieken wordt bekend verondersteld.



*
Ook in de
boekhandel
verkrijgbaar.
In België te
verkrijgen bij
uitgeverij
De Sikkel

 de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Telefoon 01180-81240

Wij verzoeken u te leveren: ____ ex. „Numerieke besturing”
____ ex. „Industriële Robots”

NAAM _____

ADRES _____

POSTCODE _____
PLAATS _____

Zenden aan De Vey Mestdagh, Markt 51, 4331 LK Middelburg, Nederland.

De boekenreeks is als volgt
samengesteld:



Numerieke besturing

Een inleiding op numeriek bestuurd produktie-machines, zoals gereedschapswerktuigen, industriële robots en meetmachines en hun applicaties. Dit deel geeft de lezer voldoende kennis van zaken van de werking en de eigenschappen van numerieke besturing om een gefundeerde selectie en aanschaf van afzonderlijke NC-machines voor te bereiden. Dit boek vormt een algemene inleiding in de Flexibele Produktieautomatisering en kan afzonderlijk worden bestudeerd.

Prijs **f 80,-**
incl. BTW

De reeks is zo opgezet dat deze geschikt is voor zelfstudie. De lezer wordt stap voor stap geleid door het wonderland van de produktieautomatisering. Tevens zijn de boeken zo ingericht, dat zij kunnen dienen als collegemateriaal in het Wetenschappelijk Onderwijs en het Hoger Technisch onderwijs.

Deel 3 Industriële Robots

Dit deel geeft een algemene inleiding tot industriële manipulators en hun toepassingen. Gezien het toenemend belang van industriële robots en gezien de breedte van het applicatiegebied is dit onderwerp in een apart deel ondergebracht. Het boek is zo opgezet dat het afzonderlijk kan worden bestudeerd.

Prijs **f 89,-**
incl. BTW

Deel 2 in voorbereiding

Produktiesystemen

Dit boek gaat in op de integratie van afzonderlijke NC-machines tot produktiesystemen. DNC, FFS en CAM zijn hier de sleutelwoorden. In dit boek wordt de inhoud van deel 1 bekend verondersteld.

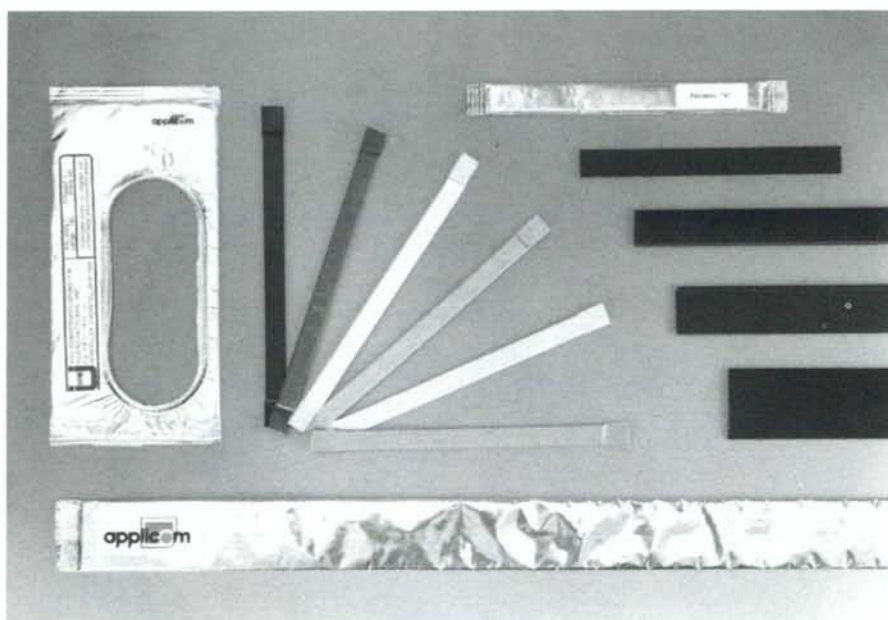
Werkplaatsinformatie

Brandwerend afdichten van naden

Applicon Brandpreventie Systemen bracht onlangs een programma van strips op de markt die overal kunnen worden aangebracht om naden en spleten brandwerend af te dichten.

Deze zogenaamde Palusol-strips hebben als bijzonder kenmerk een zeer groot opzwellend vermogen. Bij 100°C begint het materiaal te zwellen en kan het volume het tienvoudige van het oorspronkelijke aannemen. De strips zijn omgeven door een gesloten aluminium folie, hard PVC of transparante folie. De functie van deze omhulling is de duurzaamheid te waarborgen en voor het vocht dicht afsluiten. De strips kunnen worden voorzien van een zelfklevende folie voor het simpel aanbrengen. Er zijn ook uitvoeringen met een goede chemische bestandheid.

De Palusol-strips zijn leverbaar in afmetingen van 1000 mm x 2 mm met naar keuze een breedte variërend van 15 mm tot 50 mm. Naast standaardafmetingen



zijn op verzoek ook speciale uitvoeringen leverbaar.
Voor uitvoerige info:

Applicon Brandpreventie Systemen BV.
Postbus 130, 2501 CC Den Haag.
Telefoon: 070-3656947.

Nieuw hygiënisch vloersysteem

Nitoflor SL 3000 is de type-aanduiding van een nieuwe zelfvloeiende vloeraf-

werking welke door Fosroc werd geïntroduceerd. Het materiaal bestaat uit een mengsel van epoxyharsen, verhardingsmiddelen, gegradeerde inerte stoffen en kleurpasta.

Nitoflor wordt opgebracht in een dikte van 3 mm, levert een naadloze vloer die bestand is tegen middelzware belastingen. Het heeft de volgende eigenschappen:

- goede slijtvastheid,
- bestand tegen een groot aantal chemicaliën,
- gemakkelijk te reinigen,
- simpel aan te brengen,
- esthetisch uiterlijk.

Nitoflor kan worden aangebracht op een vlakke, gereinigde ondergrond van droog beton. Het soortelijk gewicht is 1,8, druksterkte 55 N/mm², buigsterkte 32 N/mm², treksterkte 20 N/mm² en een stootvastheid van 5 kg/m².

Toepassingsmogelijkheden zijn o.a. laboratoria, werkplaatsen in de fijnmechanische industrie, steriele ruimten in ziekenhuizen, schakelbordkamers, assemblageruimten voor elektronische apparatuur, kantoren, etc.

Voor uitvoerige info:

Fosroc
Postbus 1, 1950 AA Velsen-Noord.
Telefoon: 02510-29165.



Handlingunit voor kleine onderdelen



In vijf vrijheidsgraden tot 30 cycli/minuut onderdelen binnen een nauwkeurigheid van $\pm 0,03$ mm plaatsen is de vraag. De Buximat handlingunit van Gebr. Laubscher biedt hiervoor de mogelijkheden.

Deze modulaire uitgevoerde pneumatische handlingunit bestaat veelal uit de combinatie van een zwenkmodule (0-180°) met een zeer nauwkeurige tussenstand, een verticaal module met een slag tot 35 mm en een tele-rotat module met slag van 25 mm en draaiing van de gripper tot ruim 180°.

Alle aanslagen zijn mechanisch en worden hydraulisch gedempt. In de aanbouwmogelijkheid van geïntegreerde eindschakelaars is voorzien.

De unit is geschikt voor montage, maar ook voor produkthandling in een productie-omgeving en bestand tegen spanen en koelvloeistof.

Afhankelijk van de toepassing worden de verschillende modules met elkaar gecombineerd.

Naast de al genoemde modules zijn lineaire eenheden, draaimodules, keermodules, produktuitneemcilinders en een assortiment grippers verkrijgbaar.

Grippers van een ander fabrikaat zijn vaak eenvoudig toepasbaar. De diverse modules kunnen los worden geleverd.

Bovendien kunnen complete systemen worden geleverd, waarbij het specifieke handlingprobleem door een ervaren team voor u is opgelost. Micro*Montage heeft in Nederland de vertegenwoordiging van de Buximat.

Voor uitvoerige informatie en demonstratie:

Micro*Montage,
Postbus 3108, 3760 DC Soest.
Telefoon: 02155 - 26400.

De eerste single-mode optische fluorideglasvezel

Onder de naam IRguide SM1 wordt door de Franse onderneming Le Verre Fluoré de eerste single-mode infrarood optische vezel met een breed transparantheidsvenster aangeboden, die ooit in de wereld is vervaardigd. Deze vezel wordt vervaardigd uit door deze onderneming ontwikkelde fluorideglassoorten, die een uiterst hoge graad van zuiverheid bezitten.

De diameter van de kern bedraagt 11 micron en die van de bekleding 125 micron. De vezel is single-mode bij 2,2 micron. Het transparantheidsvenster gaat bij 1 dB/m tot 4 micron.

Met de door Le Verre Fluoré ontwikkelde geavanceerde techniek kunnen vezels tot zelfs 1 kilometer lengte worden geproduceerd, met een demping van minder dan 50 dB/km bij de kleinste demping (2,6 micron). Er is sprake van de langste fluorideglasvezels die ooit zijn vervaardigd.

De IRguide SM1 vezel is bestemd voor de ontwikkeling van intercontinentale optische telecommunicatiesystemen met een hoge baud rate, die in het midden-infrarood-gebied werken, bij 2,55 micron. Bij deze golflengte zijn de theoretische verliezen van fluorideglasvezels tienmaal zo

klein als die van vezels uit siliciumdioxide. Met fluorideglasvezels zijn derhalve verbindingen mogelijk, die tienmaal zo lang zijn. Dit is van belang voor de intercontinentale verbindingen van de toekomst.

Nu reeds zijn met IRguide SM1 experimentele verbindingen, bij 2,55 micron, realiseerbaar. De bestudering van de voortplantingsverschijnselen, in het bijzonder van niet-lineaire effecten, is nu toegankelijk gemaakt in single-mode fluorideglasvezels.

Ten slotte komt IRguide SM1 in aanmerking als component voor de vervaardiging van sensoren, die binnen een zeer breed spectrumgebied, tot 5 micron in infrarood, werken.

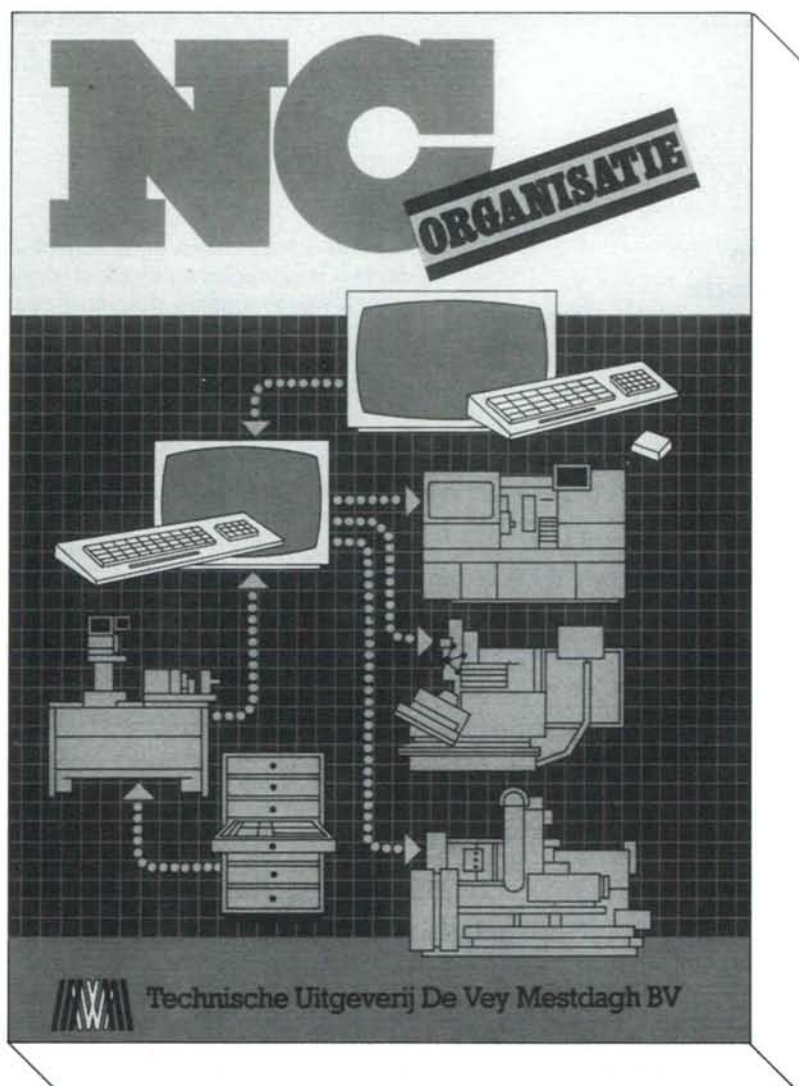
Deze nieuwe vezel is leverbaar in lengtes van 100 tot 1000 meter; het productieproces leent zich uitstekend voor de vervaardiging van speciale single-mode vezels die op de specifieke behoefte van de klant zijn afgestemd.

Dit Franse bedrijf is nog niet vertegenwoordigd op de Nederlandse markt.

Voor uitvoerige info:
Stichting Frantech
Bureau Informatie Franse Technologie,
Keizersgracht 276,
1016 EW Amsterdam.
Telefoon: 020-254736.



Photo CNET



Omvang ca. 150 pagina's A5
Vele afbeeldingen
ISBN 90 6376 021 3

Prijs **f 46,-** incl. BTW

Ook in de boekhandel
 verkrijgbaar
 In België te bestellen bij
 uitgeverij de Sikkel

NC-Organisatie voor productiebedrijven

- programmeren
- werkplaatsorganisatie
- werkstukkeuze
- gereedschaporganisatie
- spanmiddelenorganisatie
- personele aspecten
- CAD-CAM

Voorwoord

Voor veel ondernemingen is het invoeren van numerieke besturing pas sinds kort economisch verantwoord. Deze bedrijven moeten nu in korte tijd vele problemen zien op te lossen.

1. De technologische beheersing van de NC-techniek, omdat de invoering van NC-bewerkingsmachines dikwijls gepaard gaat met het toepassen van nieuwe bewerkingsmethoden, of in ieder geval omdat andere verspaningscapaciteiten mogelijk blijken.
2. De opleiding van een groep deskundige medewerkers voor het programmeren en het bedienen van de NC-machines, en
3. Het opzetten van een effectieve NC-organisatie, die een efficiënt gebruik van de kapitaal-intensieve produktiemiddelen garandeert.

Ten opzichte van conventionele produktiemethoden vereist NC-produktie in het algemeen meer voorbereidingskosten en een kwalitatief betere voorbereiding. Machinestilstand door tekortkomingen in de organisatie gaat snel gepaard met aanmerkelijke verliezen. Er ontstaan nieuwe taken zoals NC-programmering en programmabeheer. De werkplaatsbezetting moet veranderd worden, voor NC-machines moet een optimaal werkstuk-spectrum vastgelegd worden, gereedschappen en hulpmiddelen moeten gedocumenteerd en gemeten worden en het personeel moet op de hoogte worden gebracht van de nieuwe gang van zaken.

Wij verzoeken u te leveren _____ ex.

NC
 ORGANISATIE

NAAM _____

ADRES _____

POSTCODE _____

PLAATS _____

Zenden aan De Vey Mestdagh
 Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland

Voor degene, die voor het eerst met numerieke besturing te maken krijgt, geeft dit boek snel een overzicht van de betreffende probleemgebieden en doelmatige praktijkoplossingen voor de produktievoorbereiding en fabricage. Ook de ervaren NC-technicus vindt hierin nog uitgebreide informatie hoe hij zijn eigen NC-organisatie kan verbeteren.

De stof in dit boek is wat terminologie en inhoud betreft gebaseerd op de cursus "Produktievoorbereiding en -besturing" van het REFA-instituut in Darmstadt. De Nederlandse vertaling werd verzorgd door de Contactgroep Numerieke besturing van de Vereniging voor Produktietechniek VVW.



de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland • Telefoon 01180-81240

Welke creatieve glasinstrumentmaker heeft het vakmanschap in huis om onze laboratoriumactiviteiten tot een succes te maken?

Bij een groot en veelzijdig concern als DSM hebben we altijd behoefte aan specialisten. Toch komt het niet iedere dag voor dat bij de glasinstrumentmakerij een functie vacant is. Bij dit onderdeel van de dienst Instrumentatie Technische Ondersteuning houdt een klein team zich bezig met het vervaardigen en herstellen van hoogwaardige glazen instrumenten voor het laboratorium van de Divisie Chemicals.

Wij zijn nu op zoek naar een glasinstrumentmaker die zelfstandig een zeer gevarieerd opdrachtenpakket gaat behandelen. Zo gaat u aan de hand van schetsmateriaal reaktorvaten, roervaten en destillatiekolommen vervaardigen. Ook komt het regelmatig voor dat u naar eigen inzicht glazen instrumenten construeert. Naast het vervaardigen van laboratoriuminstrumenten krijgt u binnen de dienst Instrumentatie Technische Ondersteuning te maken met grootschaligere projecten die u in overleg met uw collega's in de fijnmechanica uitvoert. U doet dit alles in een uiterst geavanceerde werkomgeving waar voornamelijk warmglastechnieken worden gebruikt.

Uw functie brengt veel contacten met zich mee. Intern met laboratoriummedewerkers en collega's van

DSM Research en extern met glasinstrumentmakers. Hierbij is het van belang dat u zelfstandig initiatieven neemt en oplossingen aandraagt. U beschikt dan ook over goede contactuele eigenschappen. Wat betreft uw opleiding: die heeft u bij voorkeur in Leiden bij de glasinstrumentmakersschool voltooid. U bent dan ook in het bezit van diploma A + B (of studerend voor diploma B) met MTS fijnmechanische techniek of u heeft een gelijkwaardige opleiding. Bij voorkeur heeft u enkele jaren ervaring. Bijvoorbeeld als glasinstrumentmaker bij een industrieel bedrijf. Strikt noodzakelijk is dit echter niet.

Wilt u meer informatie? Die wordt u graag gegeven door mevrouw M.W.A.M. van den Leuvert, Personeelsfunctionaris (DSM Chemicals) (04490-65822) of bij de heer B.G.M. Schreurs, Chef Laboratoriumbeheer (04490-69193). Direct solliciteren kan natuurlijk ook. Stuur uw brief met c.v. aan DSM Limburg bv, afdeling Personeelsvoorziening en -beheer, t.a.v. de heer B. Pijper, Postbus 1160, 6160 BB Geleen, onder vermelding van nr. 30/90. Volledigheidshalve melden we dat een psychologisch onderzoek en een medische keuring deel uitmaken van de sollicitatieprocedure.



We hebben een oplossing of we vinden er een.



WEILER precisie **primus** draaibank

centerafstand : 450 mm.
centerhoogte : 120 mm.
toerentallen : 30-3000 omw./min.
motorvermogen : 1 2/1,5 KW.
leverbaar met vertikaal boor- en
freesapparaat, 10 snelheden, van
85-2200 omw./min., opspantafel
300 x 220 mm.

SCHREUDER & CO

GILDENWEG 12 - POSTBUS 326
3330 AH ZWIJNDRECHT
TELEFOON 078 - 100111* - TELEX 29339

