

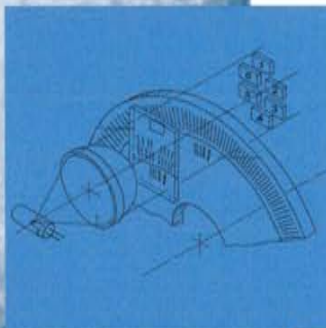
Mikroniek

(6)

JAARGANG 36

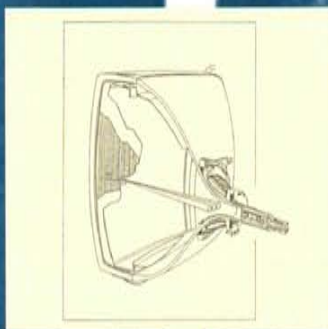


Nano-aandrijvingen

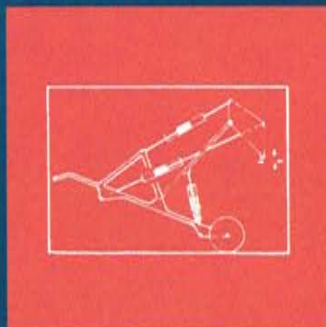


Invar 100 jaar

UHV hoekmeetsysteem



Probleemanalyse



NVPT VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE

onze missie precisie



Ze werken aan een gezamenlijke missie.
Dat ziet iedereen met het blote oog.
De wanorde en de drukte is maar schijn.
In werkelijkheid handelen ze heel planmatig.
Dat zien we nog beter als we inzoomen op hun activiteiten.
Verbluffende staaltjes van precisie treden dan aan het licht.
Staa-tjes microprecisie, die indruk maken.

Ook PTS werkt op microniveau. PTS maakt onder andere vlakstamp- en vormgereedschappen. De vijftig specialisten beheersen de talloze bewerkingen van het hardmetaal tot op de micron nauwkeurig. De waardevolle know how heeft PTS zelf in huis, maar kan daarbij ook terugvallen op de Philips-organisatie, waarbinnen PTS als zelfstandige unit opereert. Zo ontstaan producten die indruk maken door hun precisie.
Dat is immers de missie van PTS!



PTS
Precision Tooling Services

In dit nummer

Mikroniek nummer 6 - 1996

151

Een brug te ver?

Editorial

152

Verenigingsnieuws/Actueel

156

Nano-aandrijvingen

Vokler klokke, Stephan Kleondiek

161

Nauwkeurig hoekmeetsysteem

E. de Haas, W. Barsingerhorn, R.S. Mastenbroek, J. Sturre en J.F. van der Veen

165

Probleemanalyse

F.J. Siers

168

100 jaar Invar en aanverwante legeringen

M. Breuning

174

Produktinfo



PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

Lenzen in standaard waarden of geheel volgens Uw specificatie.
Onze slijperij kan t/m testglas-controle, optische kwaliteits onderdelen leveren.

- Plan-Convex, Bi-Convex, Plan-Concaaf, Bi-Concaaf, Achromaten.
- Miniatuur Lenzen, Ronde Lenzen, Cylinder Lenzen, alles op uw maat of Standaarduitvoering.
- Optische Spiegels, Deel-Spiegels, Achtervlak Spiegels.
- Prisma's als Rechthoek, Retro, 60°, Penta en Wiggen.
- Testglazen in Vlak- Hol- en Bol, Plan-Glazen, Optische Vensters van diverse glasmaterialen, Kwartsglas en Kwarts kristal.
- Coaten met metalen en Fluoriden op uw Substraten en Spiegels.
- Precisie glasbewerking in Standaard Glas, Optisch Glas, Kwartsglas en Kwarts kristal.



STABILIX B.V.

Burg. Hovylaan 84

2552 AZ DEN HAAG

tel. 070 - 3970061 fax 070 - 3979321

INSTRUMEK. UW INNOVATIEVE PARTNER.

Instrumek is Uw allround toeleverancier voor

ontwikkeling, productie en

assemblage van fijnmechanische
produkten en complete

apparaten. Vooral

hoogwaardig seriewerk maar

ook prototypes, alles geheel op

klantspecificatie. Wij zijn

specialisten in het bewerken van

diverse RVS soorten, kunststoffen
en andere hoogwaardige materiaalsoorten.

Instrumek beschikt o.a. over:

• Eigen R&D afdeling.

• Computer gestuurde en conventionele draai-
en freesmachines.

• Mogelijkheden tot zeer
nauwkeurig laswerk.

• Diverse oppervlaktebehandelingsmethodes.

• Lasergraveermachine.

• Uitgebreide assemblage mogelijkheden.

• Elektrolytisch polijsten van RVS.

INSTRUMEK MAAKT PRECIES WAT U NODIG HEBT

INSTRUMEK

FIJNMECHANISCHE INDUSTRIE-INSTRUMENTMAKERIJ

De Brauwweg 17 ISO 9002 3125 AE Schiedam
Tel. 010-4626899 Fax. 010-4626088

INSTRUMEK. PROFESSIONALS in PRECISIE

main supplier

Onze specialiteit is micro-assemblage
van functionele componenten met
buitenafmetingen tot maximaal
40x42x50 mm. Liefst met
electronica/optica geïntegreerd.

Onze fijnmechanische kennis van
serieproductie en assemblage is
gebaseerd op onze intensieve
contacten met de Zwitserse
fijnmechanische industrie.
Daardoor zijn wij tevens in staat
u bij de engineering en product-
optimalisatie ter zijde te staan.



micro montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

GROOT IN HET KLEINE

Een brug te ver?

Editorial

Uitgave: NVPT

Redactie:

Dr. ing. D. Blank
Dr. J. Elders
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
H.M.C. Heubers
M.N. Koning
Ir. G. Nützel
Dr. ir. P.C.J.N. Rosielle
H.G.J. Rutten
Dr. ir. J. Verkerk

Redactiesecretariaat:

Mikroniek
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-2531710 / 2531639

Redactie-adviesraad:

Prof. L.H.J.F. Beckmann
Prof. dr. ir. H.F. van Beek
Prof. dr. ir. J. Bleeker
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuys
Prof. dr. J. Fluitman
Prof. ir. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
Dr. ir. J.A. Rietdijk
Prof. dr. ir. P.H.J. Schellekens
Prof. dr. ir. Ch. Snijders
Ir. G. Vaessen
Prof. dr. ir. A.J.A. Vandenput

Advertenties:

Buro Jet bv
Postbus 1890, 2280 RW Rijswijk
Telefoon: 070-3990000; Fax: 070-3902488

Abonnementen:

Mikroniek
J. Verkerk
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-2531710 / 2531639
Fax: 030-2522267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland f105,- per jaar
Buitenland f132,- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Secretariaat NVPT

Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040-2947937; Fax: 040-2125075

Vormgeving:

Twin Design B.V., Culemborg

Lay-out en realisatie:

Twin Design B.V., Culemborg

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar

© Niets van deze uitgave mag overgenomen of
vermenigvuldigd worden zonder nadrukkelijke
toestemming van de redactie.
ISSN 0026-3699

We hebben onze mond ervan vol! En het moet anders, dat staat wel vast. Mechatronica, co-makship, "gezamenlijke productontwikkeling in clusters", daar ligt de toekomst van de precisietechniek.

Samenwerken en meer toegevoegde waarde stoppen in je product zijn de ingrediënten om de concurrentie het hoofd te kunnen bieden.

Het nodige komt van de grond, dat zeker. Maar gaat het snel genoeg?

Hoe goed zijn we als fijnmechanische branche in onze netwerking over de branchegrenzen? Veelal ontstaat het contact met elektronici toevalligerwijs, omdat we niet om ze heen kunnen. Maar wat doen we structureel om ze bij ons werk en dat van onze vereniging te betrekken?

Ter illustratie: vorig jaar ontving ik een uitnodiging voor een Duitse beurs op het gebied van de microsysteem- en precisietechniek van Holland Elektronica! U ziet onze elektronische collega's zijn uitstekend georganiseerd. Wat ligt meer voor de hand dan een "co-makship" in de organisatie van deelname aan buitenlandse beurzen tussen onze vereniging en bijvoorbeeld Holland Elektronica of andere relevante vakverenigingen.

Blijft natuurlijk de vraag of wij ons als ondernemingen in de precisietechniek onszelf op buitenlandse beurzen willen presenteren.

Of is dit ons "een brug te ver" en beperken we ons tot de veiligheid van ons eigen land.

Laten we het positief benaderen: "U ziet er wat in", u wilt graag deelnemen aan een dergelijke toonaangevende beurs. Het enige wat u dan hoeft te doen is het NVPT-secretariaat te bellen en uw wensen daar neer te leggen. De NVPT gaat dan aan de slag en kijkt of ze dat met u en andere gegadigden voor elkaar kan krijgen.

Samenwerken en vernieuwen, daar gaat het toch om!

Ir. P. de Vries

Technisch directeur Kinetron, Tilburg
en bestuurslid NVPT.

Actueel

Kennis Netwerk Acces

De Technologiestichting (STW) te Utrecht heeft enkele maanden geleden het Kennis Netwerk Acces (KNA) opgezet met als doel bedrijven en non-profit organisaties te helpen snel en effectief de weg te vinden naar een specifieke expertise binnen de Nederlandse technisch-wetenschappelijke onderzoeks- en kennisinfrastructuur. Een expertise die zowel van goede wetenschappelijke kwaliteit is maar waarvan ook is aangetoond dat de onderzoekresultaten een grote kans op toepassing hebben.

Het KNA kan voor het vinden van de meest adequate expertise beschikken over een uitgebreid netwerk van persoonlijke contacten die de STW heeft binnen de Nederlandse technisch-wetenschappelijke onderzoeks- en kennisinfrastructuur. Bovendien beschikt de STW over een uniek en actueel gegevensbestand van onderzoeksprojecten met een technologische component, aan de universiteiten die door de STW worden of zijn gefinancierd met daaraan gekoppeld de namen van projectleiders, promovendi en geïnteresseerde gebruikers. Al deze projecten zijn getoetst op de wetenschappelijke kwaliteit én de kans op toepassing.

Voor nadere informatie:

KNA
P. Schipper
Telefoon: 030 - 292 3307
Fax: 030 - 296 1536
Internet: <http://www.stw.nl>.

Microverbinden

Workshop, 9 januari 1997, 15.30 uur, Weld-Equip te Helmond.

Bij de productie van elektrotechnische, elektronische en fijnmechanische componenten speelt het verbinden van de diverse elementen een belangrijke rol en is daarom aanleiding voor een voortdurende zorg. Als gevolg van de miniaturisatie in beide industrietakken wordt het aantal verbindingen per oppervlakte-eenheid steeds groter. Dat wil zeggen dat de ruimte voor elk der verbindingen steeds kleiner wordt. Alsof dit nog niet voldoende van de verbindingstechnieken zou eisen, wordt ook nog een

steeds hogere kwaliteit van de verbindingen gevraagd. Het Nederlands Instituut voor Lastechniek heeft, in samenwerking met de Vereniging FME-CWM, een aantal collectieve onderzoeken op het gebied van microverbinden laten uitvoeren. Een zeer recent onderzoek wordt nog dit jaar afgesloten. Dit onderzoek werd gecoördineerd door het Projectbureau voor onderzoek aan Materialen en Productietechnieken (PMP).

Ter afsluiting van dit onderzoek organiseert PMP een workshop bij één van de deelnemers aan dit project: Weld-Equip/Unitek Miyachi Europe BV te Helmond op bovenstaande datum, kosten f 40,- exclusief BTW.

Programma-onderwerpen

Proceskeuze voor het verbinden van geïsoleerde draad;
Hogere kwaliteit en minder uitval door statische proces-optimalisatie;
Toekomstig onderzoek: discussie over uw wensen.
Demonstraties van moderne technieken voor microverbinden, waaronder laser-microverbinden, Heat Seal Connection en elektrisch geleidende lijmen.
Tijdens deze demonstraties kunt u gebruik maken van een 'lopend buffet'.

Voor nadere informatie:

PMP
Postbus 541
7300 AM Apeldoorn
Telefoon: 055 - 549 3644.

Geluid en trillingen, meten en maatregelen

Technodag, 13 december 1996; Novotel Rotterdam Brainpark; georganiseerd door Technovision & Solution
Geluid en trilling veroorzaken soms onbemerkt grote problemen met als gevolg grote schade aan producten en productieprocessen en een ongewenste invloed op het productiepersoneel. Enige kennis en inzicht in de geluids- en trillingstechnologie is vereist om actie te kunnen nemen tegen de hinderlijke gevolgen.
Op deze technodag komen de voorschriften, de normen, de ijk- en meetmethoden en technologieën ter

vermindering van storende invloeden aan de orde. Theorie en ervaringen uit verschillende praktijkgebieden zullen gepresenteerd worden. Geluid en trillingen kunnen een sterk versturende invloed hebben op de werkwijze en de werking van mens en materieel. Deze dag wijst de weg naar eventuele ontdekkingen en technische oplossingen in de geluids- en trillingsproblematiek.

Voor nadere informatie:

TechnoVision & Solution
Telefoon: 010 - 408 2162.

Flo-Pak wint InnovatieAward

Flo-Pak uit Heerlen is de winnaar van de InnovatieAward Zuid-Limburg 1996. Dat werd bekendgemaakt tijdens de Innovatiedag van het Innovatie Centrum Zuid-Limburg op 22 oktober jl. Flo-Pak won de prijs voor het verpakkingsproduct Cell-O dat volgens de jury een grote rol zal gaan spelen in de logistieke wereld. Bij het prijswinnende product gaat het om luchtkussentjes die voor 98% uit lucht bestaan en voor slechts 2% uit een sterke, milieuvriendelijke buisfolie van hogedruk polyethyleen. De luchtkussentjes, ook wel Cell-O genaamd, worden gebruikt als transportverpak-

king. Belangrijke voordelen ten opzichte van traditionele verpakkingen zoals papier zijn de milieuvriendelijkheid (geen afval), het geringe gewicht, de hygiëne, het antistatische karakter en de gebleken reductie van transportschades. Speciaal voor grotere verbruikers van Cell-O ontwikkelde Flo-Pak een compacte machine waarmee de luchtkussentjes op elke gewenste locatie geproduceerd kunnen worden. Voor kleinverbruikers levert Flo-Pak Cell-O in zakken van 500 liter.

Sterin-erkenning voor NMI inspecties

Het toezicht op meetinstrumenten in gebruik voor handelsdoeleinden wordt in Nederland onafhankelijk en deskundig uitgevoerd. Dat blijkt uit de erkenning die Sterin onlangs verleende aan het Nederlands Meetinstituut.

De Sterin-erkenning is gebaseerd op de Europese kwaliteitsnorm EN45004; een norm toegespitst op organisaties met een inspectietaak, zoals milieudiensten, veiligheidsorganisaties en NMI Inspecties. Deze laatste werkmatschappij van het Nederlands Meetinstituut bezoekt bedrijven in het land en kijkt of de weegschalen, benzinepompen, vloeistofmeetinstallaties en andere meetapparatuur waarover wordt afgerekend, voldoet aan de



eisen uit de ijkwet. Kenmerkend voor inspectieorganisaties als NMI Inspecties, is dat de medewerkers heel zelfstandig opereren. Degene die metingen verricht, velt ook het oordeel of een instrument wordt goedgekeurd of niet en kan zelfs proces-verbalen uitschrijven. Van de medewerkers wordt geëist dat ze daarvoor voldoende zijn geschoold, de juiste uitrusting hebben en gemakkelijk kunnen terugvallen op relevante documentatie. Een inspectie die in Groningen wordt uitgevoerd, mag immers niet verschillen van één in Limburg. Daarnaast kijkt Sterin of de betrokken inspectie-organisatie wel voldoende onafhankelijk opereert.

"Down Time To Market-Plus"

Technologie beurs; 6 februari 1997; Veldhoven; georganiseerd door Innovation Relay Center.

Doel:

- Industriële bedrijven, technische bureaus en R&D instellingen informeren over de mogelijkheden, actuele resultaten en toepassingen op het gebied van CA-Tools (computerprogramma's) ontwikkeld in Europese & Nationale Technologie Programma's.
 - Het industriële midden en klein bedrijf stimuleren samen te werken en deel te nemen aan technologie-programma's.
- De beurs is van belang voor industriële eindgebruikers, product design- en engineering bureaus, Technologie Transfer Centra, R&D instellingen en de Software branche.

Programma

In vier plenaire sessies worden de volgende onderwerpen uiteengezet:

- Rapid Prototyping voor het produceren van een snel te maken composietgereedschap als mal,
 - Virtuele "bewerking", ten behoeve van het simuleren en verifiëren van (interne & externe) machinecapaciteit,
 - "Cellulaire" productie, een middel om in complexe productiesystemen "snelheid" en flexibiliteit te realiseren
 - De weg naar co-operatieve fabricage: STEP?
- In zestien workshops worden computer-aided oplossingen gepresenteerd, zowel gebruiksklare applicaties als prototypes. Het betreft software zoals gebruikt wordt bij onder andere:
- productdesign en engineering, rapid prototyping &

- tooling en uitwisseling technische gegevens;
- productieproces-planning, werkvoorbereiding, proces- en kwaliteitsimulatie en -beheersing.

Voor nadere informatie:

A.C.M. Heersche

Telefoon: 0765 - 646 700.

Internationaal Precisie Technologie Congres

Braunschweig (D), 26-30 mei 1997, taal Engels.

Voor de tweede keer werken twee internationale congressen samen op het gebied van precisietechnologie en nanotechnologie, waardoor vooraanstaande technici en ontwerpers uit de hele wereld elkaar kunnen ontmoeten. Het betreft het 9^e IPES (International Precision Engineering Seminar) en het UME4 (International conference of Ultra-Precision in Manufacturing Engineering).

Aan het eerste gezamenlijke congres in 1991 te Braunschweig namen meer dan 400 technici deel afkomstig uit de halfgeleider-, ruimtevaart-, automobiel-, gereedschappen- en ultraprecisie instrumentenindustrie, samen met universiteiten en researchinstellingen.

Het komende congres zal een beeld geven van de ontwikkelingen van zeer snel expanderende technologieën. Onderwerpen zijn:

Nano & micrometeertechniek;

De meettechnologie voor kwaliteit, kalibratie en foutcompensatie van precisiemachines;

Hogeprecisie machines;

Precisiemachines en instrumenten;

Ultraprecisie en microfabricage processen:

- verspanen en slijpen,
- schuren en polijsten,
- energiebundel technieken (laser, elektronenstraal),
- nano en microproductontwikkeling,
- nieuwe ontwikkelingen in de precisietechnologie.

Voor nadere informatie:

Secretariaat IPES/UME

Bundesallee 100

D 38116 Braunschweig (D)

Telefoon: +49 - 531 - 592 5300

Fax: +40 - 531 - 592 5305

Email: IPES/UME@ptb.de.

Leerstoel Transductietechniek aan Universiteit Twente

Ter gelegenheid van het aanvaarden van het hooglerarschap in de leerstoel Transductietechniek hield professor dr. M.C. Elwenspoek een toespraak, waaruit wij het volgende ontleen.

Energie komt in de natuur in verschillende vormen voor. Sinds ongeveer honderd jaar weten we dat energie alleen maar van vorm kan veranderen, maar niet kan worden vernietigd of geschapen. De verandering van vorm van energie, het natuurkundig beschrijven van de processen die hierbij een rol spelen, en het technisch bruikbaar maken en beheren van processen zijn een onderdeel van het vak Transductietechniek. Een tweede aspect van transductie is het overzetten van informatie. Die informatie, in de vorm van structuren, kan in tegenstelling tot energie, wel verloren gaan. Transducenten zijn technische systemen die energie en informatie van één domein naar het andere kunnen overzetten. Een domein is de vorm waarin de energie of informatie is opgeslagen. Zo bevat een vliegwiel mechanische energie en zit in een batterij elektrochemische energie. Voorbeelden van transductie, omzetting van energie en informatie, zijn er te over: bij een microfoon, thermometer, luidspreker, dynamo, dieselmotor, batterijen, ook in bijna alle meetinstrumenten vindt die omzetting plaats. Er zijn maar weinig instrumenten die allen mechanisch, alleen chemisch of alleen elektrisch werken. In een vakgebied als Transductietechniek moeten daarom, volgens Elwenspoek medewerkers uit vier disciplines: natuurkunde, scheikunde, elektrotechniek en werktuigbouwkunde samenwerken. "Een microfoon bouwen is niet mogelijk zonder iets van akoestiek te weten".

Microsystemen

De komende jaren wil Elwenspoek veel onderzoek verrichten naar de realisatie van microtransducenten, waarbij de nadruk ligt op microelektromechanica. Microsystemen zijn klein, licht en makkelijk te verplaatsen en ze hebben functies die met conventionele technologie vaak alleen tegen grote kosten zijn te realiseren. Een kleine greep uit de vele mogelijke toepassingen: prothesen en hulpmiddelen voor oog en oor, sensoren, doseersystemen voor medicatie, informatieopslagsyste-

men, cd-spelers zo groot als een lucifersdoosje met cd's zo groot als een rijksdaalder, inktjet printers, microrobots voor productcontrole. Hierbij is ruimte voor zowel fundamenteel als toegepast onderzoek van belang.

Fundamenteel, toegepast, prototypes

Bij fundamenteel onderzoek als het ontwerpen van microdevices, maar ook bij de fabricagetechnologie geldt dat het niet interessant is een verbinding één keer te kunnen maken; productie is waar het uiteindelijk om draait. Toegepast is ondermeer het onderzoek naar de zogeheten elektrostatische actuatoren. De combdrive is een resultaat daarvan. Met gebruik van de krachten die optreden als condensatorplaten elkaar niet overlappen, kan een naald worden bewogen, om zo informatie op een oppervlak te lezen of te schrijven. Daarmee kun je een soort CD maken, maar dan met ongeveer een miljoen maal grotere informatiedichtheid. Uiteindelijk draait het natuurlijk om de realisatie van echte producten. De microflow is een voorbeeld van een prototype. De combinatie van een stromingssensor, en een microfoon zorgt voor een zeer kleine en goede microfoon, die industrieel gezien interessant is.

Rectificatie

Bij het zetten zijn een paar fouten in de tekst geslopen: Mikroniek 36 (1996/5) p 146, 'Piezo-elektronische draaitafel' de juiste formule luidt:

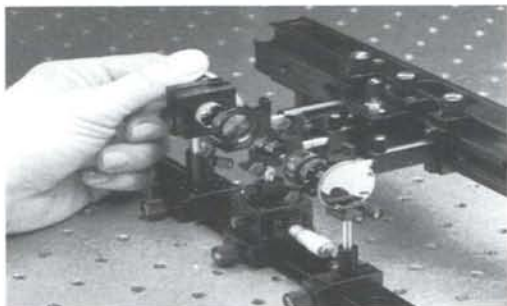
$$c_1 = \frac{E \cdot b \cdot h^3 \cdot (2r - q)}{q^3 \cdot r \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{r}{(r - a)}$$

De juiste tabel:

Overzicht van gemeten en berekende waarden				
		Gemeten	Analytisch	ANSYS
c_1 trapezoïde	[N/mm]	1.6×10^3	0.7×10^3	2.0×10^3
c_2 evenw.				
bladveren	[N/mm]	5.5×10^3	14×10^3	8.4×10^3
K_f gatscharnier	[Nmm/rad]	5.3×10^6	2.5×10^6	2.5×10^6
σ_θ gatscharnier	[N/mm ²]	—	170 gem.	240 max.

En uiteraard heeft u als oplettend lezer ontdekt dat de vormnauwkeurigheden bij 'Heilig geloven in hydraulica' op pagina 134 geen 0,1 mm maar 0,1 µm zijn, waarvoor onze excuses.

IT IS A SMALL WORLD:
TAKE A CLOSER LOOK AT
MICROLAB OPTICS AND HARDWARE



Melles Griot, your supplier of

- ◆ Optical Research Equipment
- ◆ Lasers
- ◆ Components

Call one of our Application Engineers for assistance
in specifying Optics for your requirement
call: 0316 - 333041

Melles Griot B.V.
P.O. Box 272
6900 AG ZEVENAAR
The Netherlands

Technische Precisie & Persoonlijke Visie

**Onafhankelijk ingenieursbureau
met een specialistische kennis
van de fijnmechanische techniek
en lichte machinebouw**

- **Engineering**
- **Detachering**
- **Cad-tekenwerk**

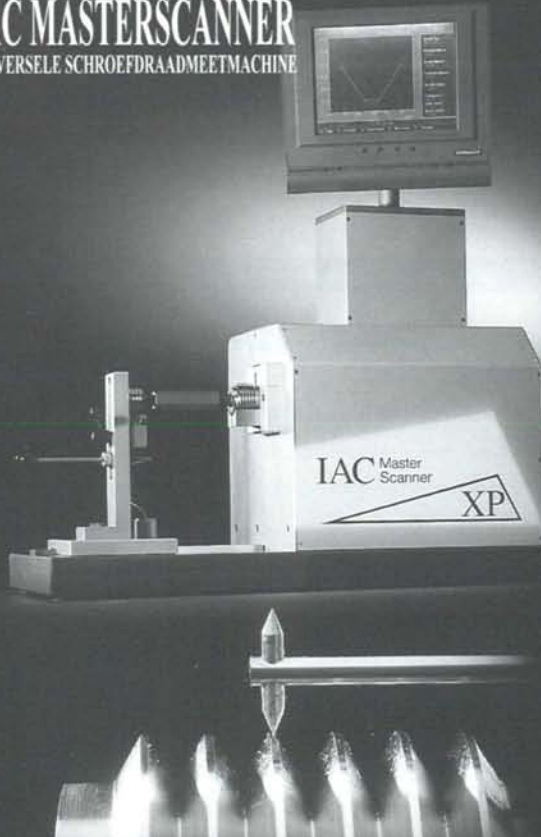


Lumiflex Precision Engineering

Algolweg 9a
3812 BG Amersfoort

Tel.: 033 - 455 67 77
Fax: 033 - 455 56 76

IAC MASTERSCANNER UNIVERSELE SCHROEFDRAADMEETMACHINE



Voor het volautomatisch meten van
alle in- en uitwendige schroefdraden

De IAC MASTER SCANNER maakt definitief een einde aan het traditionele meten van schroefdraden. Eén MASTER SCANNER vervangt honderden kalibers, driedraadsmeetbanken, tweekogel binnenmeetinstrumenten, spoedmeetinrichtingen, microscopen met meetmesjes, etc.

EENVOUDIG TE BEDIENEN

Door onze krachtige technologie kan iedereen direct met één druk op de knop **inwendige en uitwendige schroefdraden** meten met een nauwkeurigheid en een snelheid waarmee de meest ervaren meettechnicus niet kan wedijveren, zelfs niet met de beste conventionele apparatuur. De hele meting en de verwerking van de meetresultaten tot spoed, flankendiameter, tophoeken, kerndiameter, buitendiameter en de profielcontrole verlopen volautomatisch.

TE METEN OBJECTEN

Inwendige en uitwendige schroefdraden, conisch of cilindrisch. Alle bekende soorten: Metrisch, Whitworth, Unified, R, BSP, PG, S, etc.

MEETBEREIK

Door een uitgekiend palet van uitwisselbare tasters en een CLICK ON systeem, kan de meetmachine binnen enkele seconden worden omgebouwd voor een ander inwendig of uitwendig meetbereik. Er is een serie opnames en tasters voor inwendige schroefdraad vanaf M3 t/m M100 en uitwendige kalibers vanaf M3 t/m M90.

Neem contact op met de UITVINDERS.



NIEUW!

Onlangs geaccepteerd door NKO voor het gecertificeerd kalibreren van cilindrische en conische pen-, instel-, moerpen- en boutringkalibers

IAC MEET
BEDRIJF
VOOR DE
INDUSTRIE

GEOMETRISCHE INGENIEURS
POSTBUS 2115 7801 CC EMMEN HOLLAND
TEL: 0591-644103 FAX: 0591-610765

Nano-aandrijvingen

Atomaire precisie bij millimeters slag

Volker Klocke, Stephan Kleindiek Met piëzo-elektrische kristallen kunnen minimum verplaatsingen van enkele nanometers gerealiseerd worden. De maximum slag is echter beperkt tot enkele micrometers, wat als een belangrijke beperking wordt ervaren. Voor grove positionering zijn verplaatsingen van millimeters noodzakelijk bij een acceptabele snelheid. Tot nu toe moest daartoe een extra aandrijving worden aangebracht. De hier besproken nanomotor heeft beide eigenschappen en is de kleinste aandrijfeenheid die een slag van millimeters combineert met atomaire precisie.

Ondanks zijn geringe afmetingen – diameter kleiner dan 4 mm, lengte 15 mm – is de nanomotor robuust doordat hij een kracht tot 30 mN (3 gram) kan leveren, zie figuur 1. Deze kracht is voldoende om met een naald met een puntradius van 1 μm een elektrisch geleidend spoor in een chip door te snijden. Zijdelings kan de nanomotor met 500 mN (50 gram) belast worden, wat in veel situaties voldoende is voor positioneerdoeleinden. De motor is bovendien geschikt voor toe-

passing in vacuümsystemen. Al deze eigenschappen openen grote toepassingsmogelijkheden in vakgebieden als nanotechnologie, micromechanica en microsysteemtechniek, communicatietechniek, halfgeleidertechniek, elektronenmicroscopie, microbiologie en vele andere. Het bereik en de precisie van de nanomotor verschillen meer dan zes orden van grootte. Dit wordt bereikt door twee verschillende methoden van elektrische aansturing:

- **Fijnpositionering met nanometer precisie**

De buitenmantel van de piëzomotor bestaat uit een piëzobuis die uitzet wanneer op de beide elektroden een spanning wordt gezet. Tijdens het uitzetten wordt de centrale as in lengterichting meegenomen. De grootte van de beweging bedraagt 10 nm per volt.

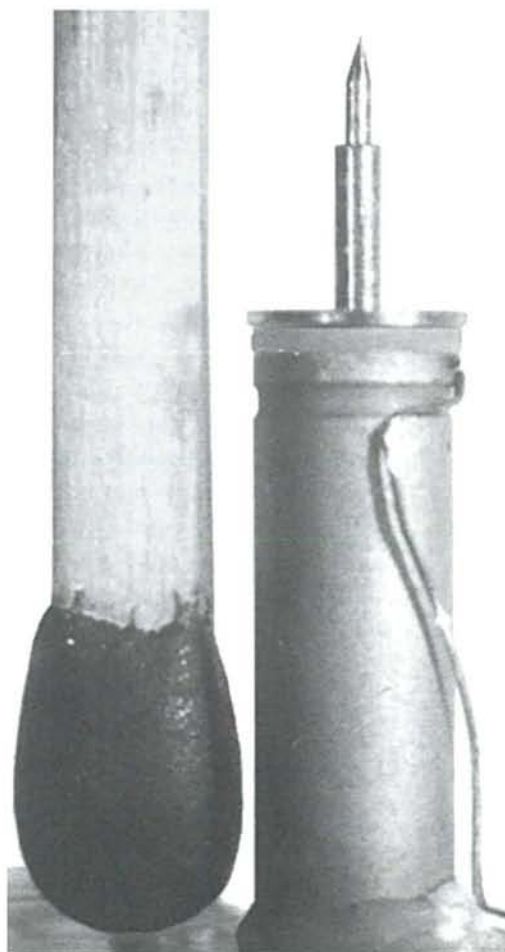
Wanneer de piëzo met een PC-kaart wordt gestuurd, met 8-bit resolutie en een spanningsbereik van min 15 tot plus 15 V, dan ligt de positioneernauwkeurigheid bij circa 1 nm. Wanneer met een fijn regelbare analoge spanning wordt aangestuurd, is een resolutie van minder dan 0,01 nm mogelijk, zoals blijkt uit het beeld dat met een rastertunnelmicroscopie gemaakt is, zie figuur 4. Er is een grens aan de elektrische spanning waarmee de piëzo kan worden aangestuurd. Deze grens ligt bij enkele honderden volts, wat overeen komt met een slag van circa 10 μm . Wanneer grotere afstanden moeten worden overbrugd, dan kan de nanomotor in een grovestappen-modus worden aangestuurd.

- **Grove stappen tot in het mm-bereik**

Wanneer de piëzobuis met een pulserende spanning wordt aangestuurd, dan ontstaat een soort stappenmotor. De centrale as kan door zijn traagheid de snelle beweging van de piëzobuis niet meer volgen en verschuift bij elke puls een stukje ten opzichte van de in de piëzobuis gemonteerde glijbus. Door dit regelmatig te herhalen kan de verplaatsing van de centrale as oplopen tot enkele millimeters. De verschuivingen zijn

Figuur 1.

De nanomotor vergelijkend
kenderwijs.
Foto's Volker Klocke &
Stephan Kleindiek
Nanotechnologie.

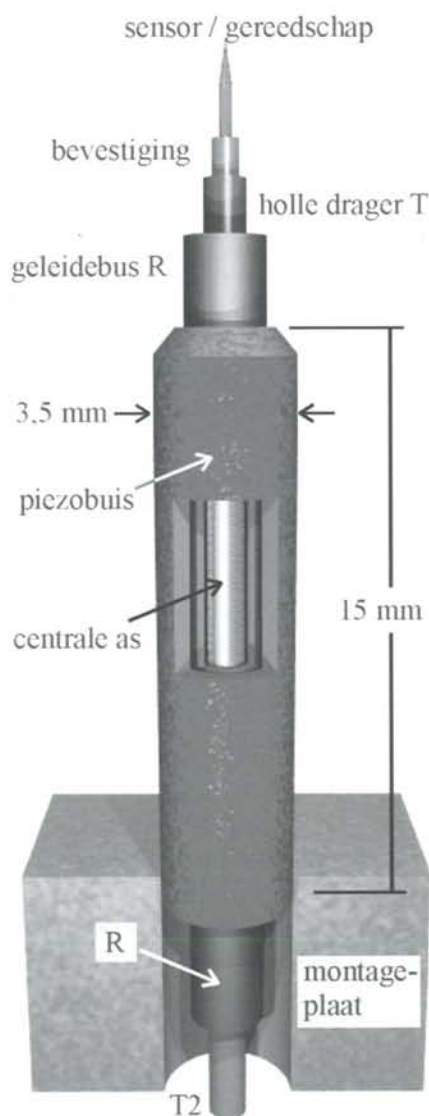


gelijktijdig, maar niet gekalibreerd. De fijnbeweging is groter dan de grove beweging, zodat elke positie in lengterichting bereikt kan worden. Bij een stuurspanning die loopt van -15 tot +15V is het bereik van de fijnpositionering circa 300 nm terwijl de grove stap circa 100 nm bedraagt.

Door het asymmetrische signaal op de piezobuis om te keren kan de bewegingsrichting van de centrale as worden omgekeerd.

Figuur 2.

Opbouw en afmetingen van de nanomotor.



Figuur 3

Een tweezijdige nanomotor.



Opbouw van de nanomotor

Zie figuur 2. In het midden zit de centrale as die in de glijbus in lengte richting op en neer of heen en weer gaat. Op het buiten de motor stekende deel is een buisje bevestigd dat dienst doet als drager voor het bevestigen en aansluiten van een kleine sensor of een klein gereedschap, dat daardoor makkelijk gewisseld kan worden. Voorbeelden van sensoren en gereedschappen zijn: een elektrode, een scherpe punt voor tunnelmicroscopie, een glasvezel, een canule of een slang. Een slang of draad kan door de motor heen worden gestoken. De buitenbus om de glijbus is van piezomateriaal en oefent bewegingskrachten uit op de glijbus die ze doorgeeft aan de centrale as, waardoor deze transleert. De motor wordt gemonteerd op een materiaal met hogere dichtheid, zoals staal of messing om de terustoot van de traagheidsaandrijving op te vangen. Door twee nanomotoren in elkaars verlengde te koppelen, zie figuur 3, met een doorlopende glijbus is een verplaatsing van de centrale as tot centimeters mogelijk.

Toepassingsgebieden

De mogelijke toepassingen van de nanomotor zijn veelvuldig. Zo kan deze minuscule aandrijving gebruikt worden voor het bewegen van spiegels voor interferometrie of het manipuleren van minuscule monsters onder de microscoop. Doordat de motor in het vacuüm toepasbaar is, opent dit mogelijkheden voor het manipuleren van monsters bij elektronen microscopie. Een andere toepassing is het uiterst nauwkeurig positioneren van hoogfrequent-resonators in golfpijpen. Ook het toepassen van microrobots wordt mogelijk door met nanomotor en aangedreven grippers en portaalsystemen. Verdere lonende applicaties zijn het met zeer hoge precisie maken van elektrische contacten met een object. Als positioneersysteem voor glasvezels voor bijvoorbeeld vezelkoppelingen, voor het (magneto)-optisch beschrijven en lezen van informatie, of voor fluorescentie-analysesystemen, ondervindt de nanomotor nageen concurrentie. Iets exotischer, maar veelbelovend zijn het ritzen, bonden, lassen of eroderen bij de fabricage van maskers in de halfgeleiderindustrie, evenals het trimmen van sensoren en geleidende sporen. Tenslotte is het met de nanomotor mogelijk om structuren met afmetingen in het nanometergebied te maken, die gebruikt kunnen worden voor (kwantummechanische) bouwstenen, sensoren of buigingsrasters. Wanneer de nanomotor met een passende sensor aan de punt wordt uitgerust, dan kan hij dienen als elektrische, magnetische, optische of chemische mini-monster analyser. Wanneer in plaats van kogellagers, scharnieren of geleidingen nanomotoren wor-

Atomaire precisie bij millimeters slag

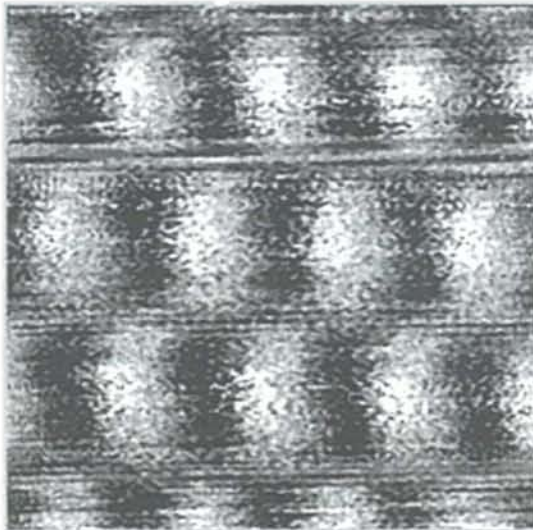
den toegepast, dan heeft men geen omkeerspel en kan men toch gebruik maken van de nanomotereigenschappen: een slag van mm's met nanometerprecisie.

Toepassingsvoorbeelden

Rastertunnelmicroscop

Met een rastertunnelmicroscop is het mogelijk een beeld op atomaire schaal van een oppervlak te maken. Daartoe wordt een zeer fijne naald over het oppervlak getrokken. De naald is zeer scherp en de punt bestaat slechts uit een enkel atoom. Daardoor is het mogelijk de atomen in het te onderzoeken materiaal waar te nemen doordat de naald een 'hobbel' in het oppervlak ziet. Deze 'hobbel' is het gevolg van de atomaire krachten die werken tussen de naaldpunt en de atomen in het afgetaste oppervlak. Door elektronische versterking wordt het meetsignaal zichtbaar gemaakt.

Figuur 4.
Grafietatomen, opgenomen met de kleinste commercieel verkrijgbare rastertunnelmicroscop. Beeldafmetingen 1 x 1 nanometer.



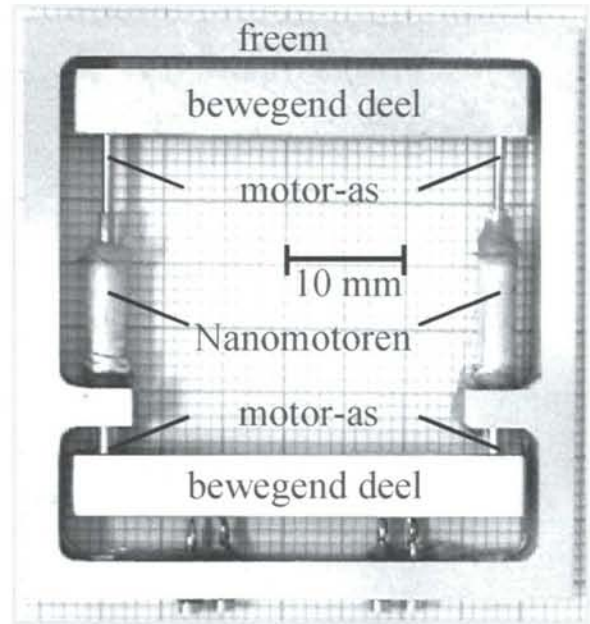
Miniatuur rastertunnelmicroscop

Figuur 7b toont de combinatie van een nanomotor met een buisvormige xy-tafel uit piezomateriaal. Dit xyz-positionersysteem is kleiner dan een vingerhoed, zodat mechanische trillingen van buitenaf nauwelijks van invloed zijn.

Daarmee kan atomaire resolutie bereikt worden zonder dempingssystemen, zoals blijkt uit de ongefilterde weergave van individuele atomen in figuur 4.

Positionersysteem

In de hoogfrequentietechniek wordt een frequentie afstelling van (sub-)millimetergolven gerealiseerd door een folie door een sleuf in een holle geleider te schuiven. Figuur 7a toont de oplossing van dit probleem door toepassing van een nanomotor. De positie van de nanomotor wordt gekalibreerd door elektrische eind-aanslagen, waardoor de foliepositie en daarmee de frequentie zeer nauwkeurig is in te stellen.

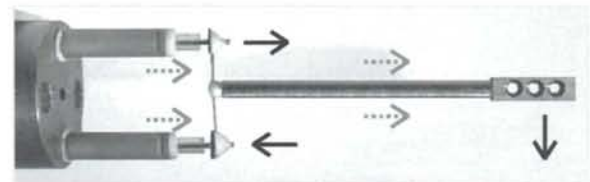


Figuur 5.

Een positioneeretafel met een bereik van 5 mm en nanometer-precisie.

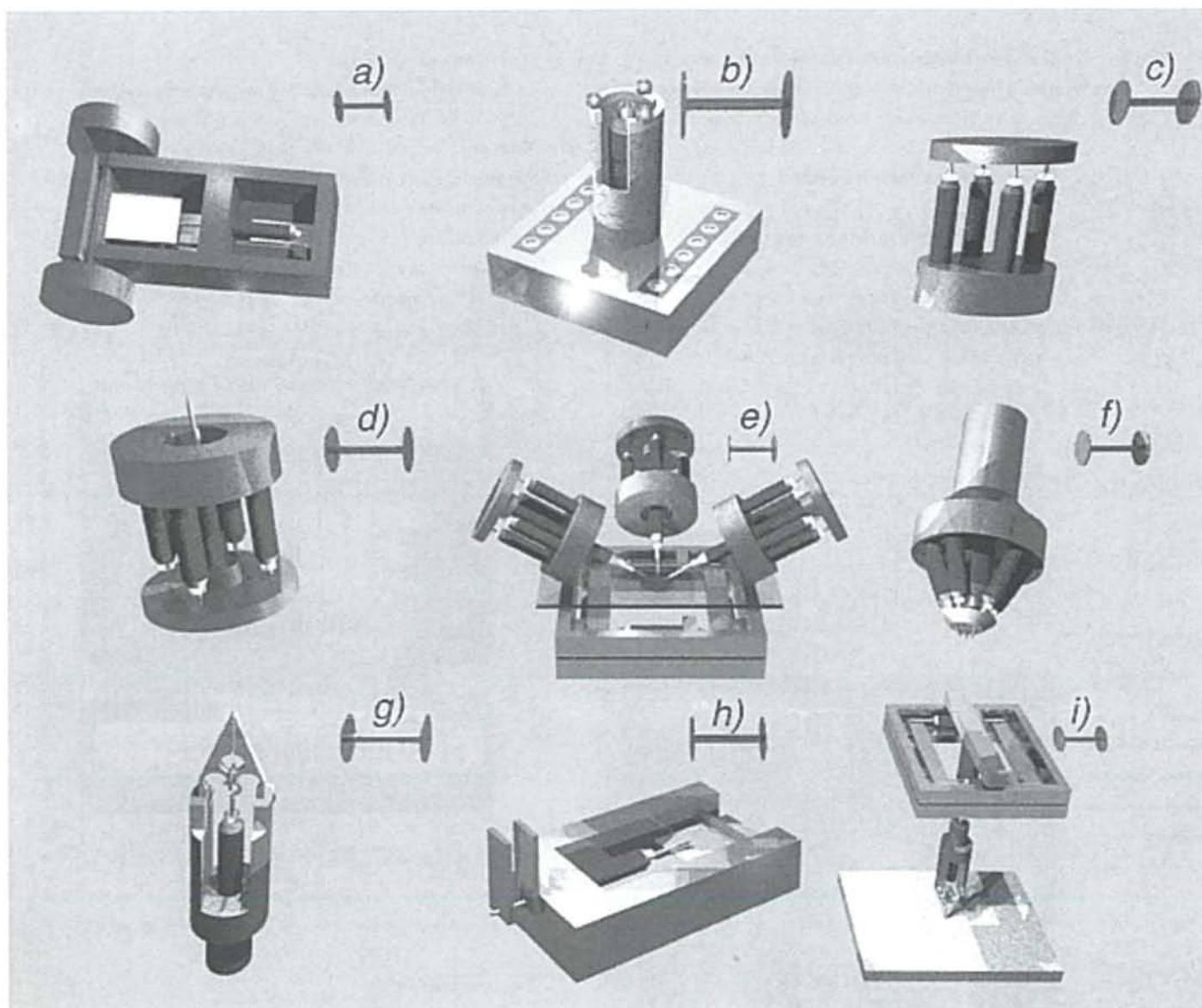
Positioneeretafel

De positioneeretafel in figuur 5 wordt door twee parallel geplaatste nanomotoren aangedreven. Bij combinatie van twee van deze tafels ontstaat een xy-tafel met een bereik van 5 x 5 mm en een resolutie in het nanometergebied. Door de afwezigheid van omkeerspel is deze xy-tafel ook geschikt voor het maken van beeldopnamen door middel van een rasterscan.



Figuur 6.

Diafragma-positioneereenheid ten behoeve van de rasterelektronenmicroscopie.



Figuur 7.

Toepassingsvoorbeelden van positioneersystemen op basis van nanomotoren. De maatbalkjes onder de letters van de figuren komen overeen met een lengte van 10 mm.

- a) foliepositioneersysteem voor het afstemmen van de frequentie in golfpijpen,
- b) de kleinste commercieel verkrijgbare rastertunnelmicroscop,
- c) een kanteltafel, bijvoorbeeld voor het justeren van een spiegel,
- d) een nanomanipulator met een bereik van 1 x 1 x 5 mm,

- e) een werkbank bestaande uit drie nanomanipulatoren en een xy-tafel,
- f) een naaldmanipulator voor het aanprikken en grijpen van monsters,
- g) een vlakke gripper met 0,5 mm slag en nanometer-precisie,
- h) een parallelgripper,
- i) een micromontagestation met drie assen en een gripper met een minimaal ruimtebeslag

Diafragma positioneersysteem

Wanneer twee parallel geplaatste nanomotoren met een elastisch folie verbonden worden, dan kan zelfs in twee richtingen gepositioneerd worden, zoals uit figuur 6 blijkt. Gelijktijdig van de motoren veroorzaakt een translatie en ongelijke loop een rotatie. Deze constructie is toegepast voor de houder van drie elektronendiafragma's die naar keuze in de elektronenstraal van een rasterelektronenmicroscop geplaatst worden.

Kanteltafel

Wanneer een plaat met buigslappe staven aan vier nanomotoren bevestigd wordt, dan kan de plaat gekanteld worden wanneer twee tegenover elkaar gelegen motoren zich tegengesteld bewegen. De andere twee motoren bepalen dan de rotatie-as, zie figuur 7c.

Nanomanipulator

Met een extra motor in het centrum ontstaat een 3D-

manipulator met sub-nanometer precisie zonder omkeerspel. De kanteltafel zorgt voor de xy-beweging van de sensor of gereedschap en de centrale nanomotor verzorgt geheel onafhankelijk de positionering in de z-richting over een lengte van 5 mm, zie figuur 7d. De thermisch gecompenseerde extreem compacte opbouw maakt het mogelijk dit systeem als rasterscannende sensor toe te passen.

Biofysische werkbank

Figuur 7e is een voorbeeld van een biofysische werkbank. De nanometermanipulator zou uitgerust kunnen worden met de volgende elementen:

- een getrokken glasbuis-canule voor de toe- en afvoer van materiaal,
- een elektrode voor het aanprikken en bewerken met elektrische stroom,
- een glasvezel voor analyse zoals fluorescentie-spectroscopie.

Elke sensor/actuator kan over tenminste 5 mm teruggetrokken worden. De doorlaat in de xy-tafel geeft daarvoor een optimale mogelijkheid. De positioneer nauwkeurigheid voor de gehele opbouw ligt rond 10 nm maar is afhankelijk van de optredende trillingen.

Meetopstelling

Wanneer de nanomotoren voorzien zijn van elektroden of sensoren, dan toont figuur 7e een oplossing voor een meervoudige contactelektrode voor het testen in de halfgeleidertechniek. De naaldmanipulator van figuur 7f

geeft een meer compacte oplossing voor het aanprikken met meervoudige elektrodes.

Grijper

Als grijper voor toepassingen in de microsysteemtechniek is een aantal oplossingen mogelijk. Door het aanbrengen van een slangetje door het inwendige van de nanomotor wordt een 'vacuumgrijper' gerealiseerd, evenzo kan met alcoholdruppels een 'vloeistofgrijper' worden gemaakt. Figuur 7g toont een mechanische grijper met een slag tot 0,5 mm en nanometernauwkeurige precisie. Figuur 7h laat aan de linkerzijde twee kleine grijperbekken zien, waarmee een parallelgrijper is gemaakt. Gecombineerd met een xy-tafel toont figuur 7 een micromontage station van zeer geringe afmetingen en nanometerprecisie.

Aansturing van de nanomotor

Voor de aansturing van de nanomotoren zijn drie mogelijkheden gerealiseerd: als passieve sturing door een PC-insteekkaart, als actieve regelelektronica en als hoogspanningsversterkers voor extreme toepassingen.

Noot

Dr Volker Klocke (1962) is fysisch en promoveerde op het gebied van nano-oppervlaktelagen. Gelijktijdig werkte hij vijf jaar in de computertechniek. Begin 1994 richtte hij samen met Stephan Kleindiek de firma Volker Klocke & Stephan Kleindiek Nanotechnologie GbR te Aken (D) op. Dit artikel is een vertaling vanuit het Duits dat gepubliceerd is in *Feinmechanik und Messtechnik* 4/1996. Voor nadere informatie: Micro*Montage, Postbus 3108, 3760 DC Soest, telefoon: 035-602 6400, fax: 035-602 7200.

Technische gegevens van de nanomotor

Principe	integratie van een lineaire op massa traagheid gebaseerde aandrijving in een piezoactuator	
Aandrijving	positioneer bereik	5 mm
	snelheid	tot mm/s
	grovestap	< 100 nm
	fijnpositionering	enige 100 nm, afhankelijk van de spanning met piezoprecisie, gekalibreerd
Belastbaarheid	resolutie	beter dan 0,01 nm
	in bewegingsrichting	circa 30 mN (3 gram)
	loodrecht daarop	circa 500 mN (50 gram)
Afmetingen	standaardversie	15 mm lang, 3,5 mm diameter
Door de motor te leiden objecten	glasvezel, slang, draad, etc met een diameter van 0,5 mm	
Bedrijfsspanning	standaard	±15 V bipolair en symmetrisch
	hoogspanning	±150 V voor speciale toepassingen
Stuurelektronica	passief	pc-kaart tot vier assen
	geregeld	rasterelektronica en regelkring
	versterkt	hoogspanningsversterker ±150 V

Nauwkeurig hoekmeetsysteem

voor gebruik in ultrahoog vacuüm

E. de Haas, W. Barsingerhorn, R.S. Mastenbroek, J. Sturre en J.F. van der Veen.

Met name in de oppervlaktefysica is er een toenemende behoefte aan nauwkeurige compatibele hoekmeetsystemen met stappen van een milligraad of kleiner in een ultrahoogvacuüm omgeving. Mogelijke toepassingen treft men thans vooral aan bij synchrotronstralingsfaciliteiten, zowel in het röntgendiffractie-onderzoek aan kristaloppervlakken als in de röntgenoptica, waar nauwkeurige hoekmeting van belang is voor het positioneren van röntgen-monochromatoren en spiegels. Een meetsysteem is ontwikkeld voor de uitlezing van de hoekstand van een goniometer in ultrahoogvacuüm (UHV). De hoekmeting geschiedt door het fotelektrisch aftasten van een op de goniometer gemonteerde verdeelschijf.

Inleiding

Voor de hoekuitlesing van een nauwkeurige piezo-elektrisch aangedreven draaitafel [1,2] in (UHV) is een bestaand hoekmeetsysteem zodanig gewijzigd, dat dit aan de volgende eisen voldoet:

- Uitlezing ter plaatse met een nauwkeurigheid ≤ 1 milligraad,
- Te gebruiken in een UHV-omgeving, dat wil zeggen lage ontgassing van de onderdelen en uitstootbaar tot ca. 150 °C,
- Geschikt voor inbouw in goniometers met meer assen.

Onlangs hebben H. Schief e.a. [3] een systeem beschreven dat op hetzelfde meetprincipe berust en tevens in UHV kan worden toegepast. De ontgassende onderdelen van het hoekmeetsysteem hebben zij ondergebracht in afgesloten ruimtes die apart worden afgepompt. Dit maakt het ontwerp ingewikkeld, waardoor aan de derde eis niet kan worden voldaan. Wij hebben gekozen voor een meer voor de hand liggende oplossing; alle sterk

ontgassende onderdelen in het bestaande ontwerp hebben wij vervangen door uitstootbare UHV-materialen. Het door ons opnieuw ontworpen hoekmeetsysteem is met name van nut voor het uitlezen van diffractometer-cirkels in het röntgendiffractie-onderzoek aan kristaloppervlakken [4,5].

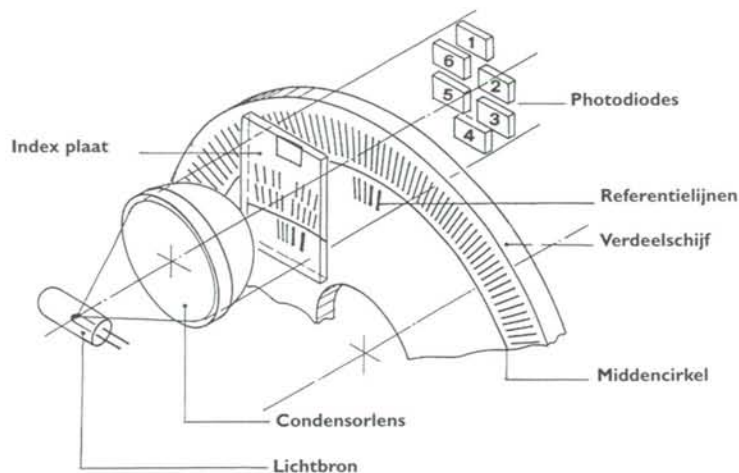
Hoekmeetsysteem

De werking van het hoekmeetsysteem berust op het fotelektrisch aftasten van een lijnenpatroon, zie figuur 1. Het patroon is aangebracht op een glazen verdeelschijf waarvan de draaias verbonden is met de goniometeras. Draaiing van de as resulteert in een periodiek variërend fotelektrisch signaal dat elektronisch wordt omgezet in een trein van pulsen. Het aantal pulsen is evenredig met de hoekverdraaiing. Absolute hoekstanden worden verkregen door het aantal hoekincrementen te tellen ten opzichte van een referentie die tevens op de verdeelschijf is aangebracht. Incrementele hoekmeetsystemen van deze soort vinden wijdverbreide toepassing.

Voor onze toepassing zijn wij uitgegaan van het hoekmeetsysteem ROD-250 van Heidenhain, met 18000 lijnen langs de omtrek van de verdeelschijf ($\varnothing 64$ mm) [6]. De lijnen, die even breed zijn als de licht doorlatende spleten, zijn op de schijf aangebracht door opdampen van chroom (DIADUR proces, ontwikkeld door Heidenhain). Op een tweede spoor zitten enkele referentielijnen. Tegenover de draaiende schijf ligt een vaste glazen indexplaat, waarop vijf lijnpatronen zijn opgedampt. Vier lijnpatronen zijn identiek aan het patroon op de schijf. Zij zijn ten opzichte van elkaar verschoven met steeds een kwart van de afstand tussen twee lijnen, dat wil zeggen een kwart van de signaalperiode. Het vijfde patroon dient ter uitlezing van de referentie.

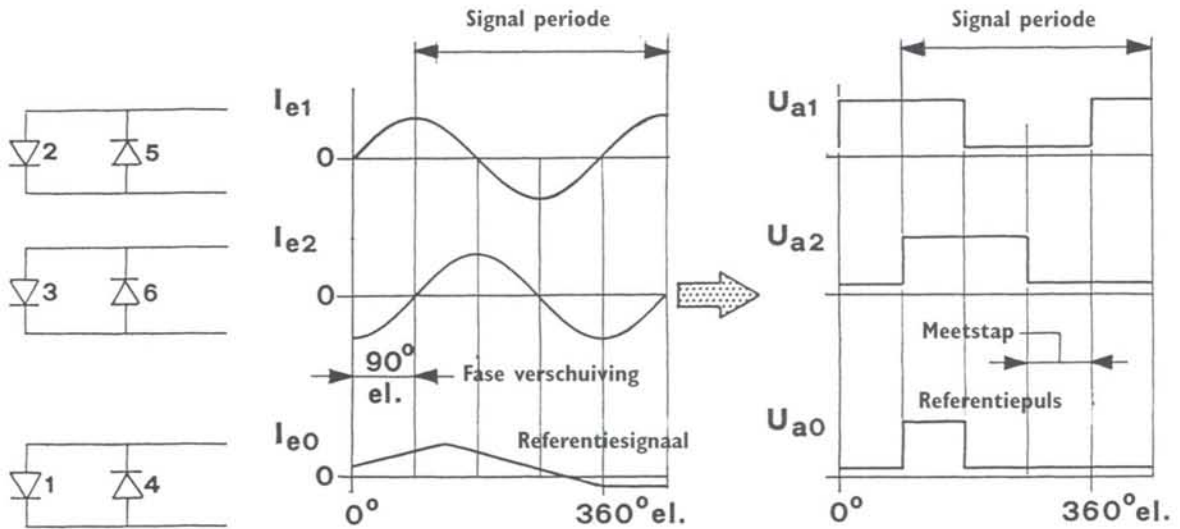
De verdeelschijf en de indexplaat worden beschenen

Figuur 1
Principe van het hoekmeetsysteem van Heidenhain.



Figuur 2

De fotoelektrische signalen (b) van de fotodiodeparen aangegeven in (a). De signalen na digitalisering zijn weergegeven in (c).

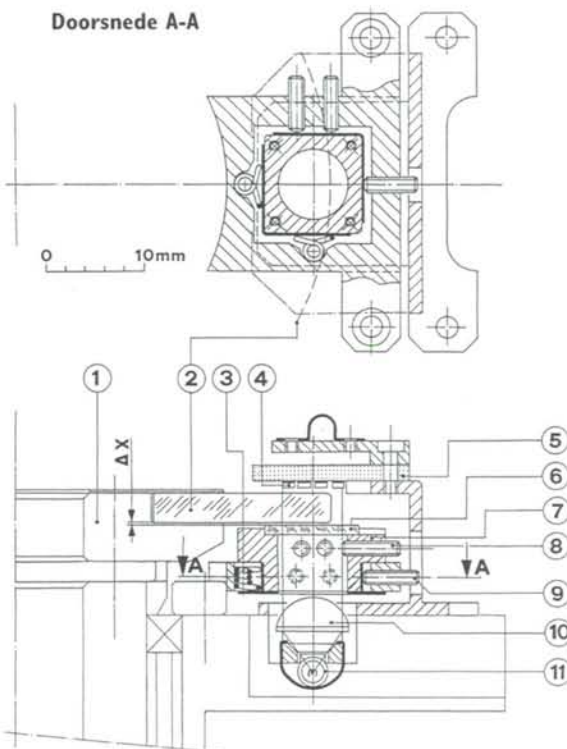


door een evenwijdige lichtbundel. Het doorgaande licht wordt gedetecteerd door fotodiodes die achter elk van de lijnpatronen op de indexplaat zijn opgesteld. Bij draaiing leveren de diodes drie periodiek variërende signalen, zie de figuren 2a en b. Het verschil van de signalen van diodes 2 en 5, die in tegenfase zijn, levert een achtergrondvrij signaal op dat sinusvormig is. Evenzo wordt een tweede sinusvormig signaal gevormd door de combinatie 3-6. Het laatste signaal is ten opzichte van dat van de combinatie 2-5 verschoven over 90° of -90° , al

naar gelang de draairichting. De combinatie 1-4 levert tenslotte een 'driehoekig' referentiesignaal. De sinusvormige signalen worden versterkt en door digitale technieken geïnterpoleerd. Hierna worden ze verwerkt tot blokvormige signalen en kunnen ze worden geteld. Zonder interpolatie, zie figuur 2c, bedraagt de resolutie een kwart van de signaalperiode, d.w.z. $360^\circ / (18000 \times 4) = 0,005^\circ$. Met een interpolatiefactor van bijvoorbeeld tien wordt een tienmaal hogere resolutie verkregen ($0,5$ milligrad).

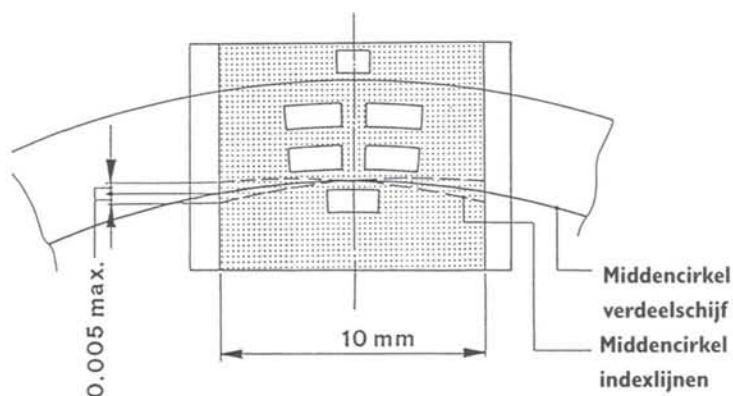
Figuur 3

Constructie van het meetsysteem, aangepast voor gebruik in ultrahog vacuüm. (1) Centreerschiif van titanium, (2) verdeelschiif, (3) veer, (4) fotodiodes ($6 \times$), (5) Al_2O_3 substraat, (6) en (7) indexplaat met houder, (8) stelschroeven ($5 \times$) voor afstelling van de lichtsterkte die op de diodes valt, (9) stelschroeven voor het afstellen van de indexplaat, (10) condensorlens en (11) lamp.



Aanpassing voor ultrahog vacuüm

Van de Heidenhain ROD-250 zijn de volgende onderdelen gehandhaafd, zie figuur 3: verdeelschiif (2), indexplaat (6), condensorlens (10) en lamp (11). De overige onderdelen zijn vervangen door UHV-compatibele materialen die uitstootbaar zijn tot $150^\circ C$. De gewijzigde constructie en de montage bespreken we nu in meer detail. De verdeelschiif en de indexplaat zijn van glas G8/G10. Beide zijn voorzien van een centreercirkel, zie figuur 1 en 4. Onder een microscoop wordt de verdeelschiif met een nauwkeurigheid van $0,005$ mm gecentreerd, waarna de verdeelschiif met enkele druppels Epo-tek H61 [7] wordt vastgelijmd op de titanium centreerring (1). De lijm wordt uitgehard op $150^\circ C$. Er is voor een ring van titanium gekozen omdat dit materiaal ongeveer dezelfde thermische uitzettingscoëfficiënt heeft als glas. De indexplaat wordt op dezelfde wijze gelijmd op een titaniumhouder (7) en gecentreerd. De lijnpatronen op de verdeelschiif en de indexplaat kunnen op deze wijze worden uitgelijnd binnen ca $0,06^\circ$, zie figuur 4. Met de stelschroeven (9) kan de indexplaat definitief worden afgesteld. De afstelling wordt vergemakkelijkt



Figuur 4
Centreefout van de
indexplaat ten opzichte
van de verdeelschijf.

door de aanwezigheid van beryllium-koper glijstrippen tussen de houder en de schroeven en klemveren (3). De afstand Δx tussen verdeelschijf en indexplaat wordt met behulp van een roestvaststaal folie ingesteld op $0,05 \pm 0,01$ mm.

De houder van de lamp en de lens zijn gemaakt van Al-51ST, de overige onderdelen zijn van roestvaststaal AISI-304. De fotodiodes (4) worden met een geleidende lijm (Epo-tek H31D [7]) vastgehecht op een Al_2O_3 -substraat (5), waarop tevoren met behulp van een masker een goudpatroon is opgedampt. De diodes kunnen een temperatuur van 150 °C verdragen zonder dat hun functioneren bij kamertemperatuur nadelig wordt beïnvloed [8]. De gebruikte lijmverbindingen hebben een lage ontgassingswaarde en zijn bovendien in minieme hoeveelheden toegepast.

Instelprocedure

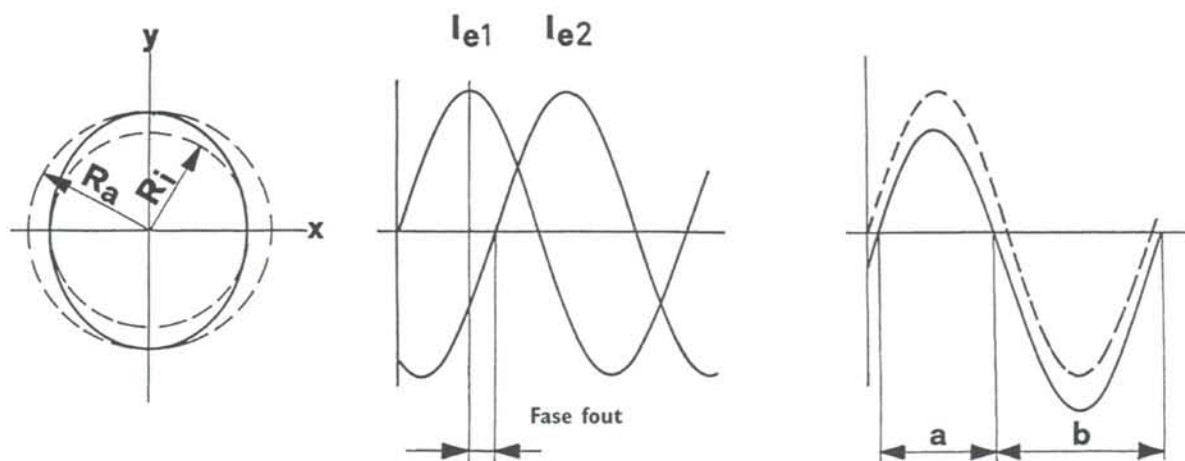
Het hoekmeetsysteem wordt ingeregeld met behulp van de Heidenhain Encoder Diagnose Set PWM7. De 90° fasehoek tussen de analoge elektrische stroomsignalen I_{e1} en I_{e2} van de diode-paren 2-5 en 3-6 mag een toleran-

tie hebben van $\pm 10^\circ$ (zie figuur 5b). Dit geeft een afwijking van maximaal 1,5% van de signaalperiode. De verhouding a/b tussen de halve perioden van beide signalen (zie figuur 5c) mag niet meer afwijken dan $\pm 10^\circ$. Deze afstellingen kunnen worden geoptimaliseerd met behulp van de stelschroeven (8) die in de lichtbaan tussen de lamp en elk van de diodes gedraaid worden. Bovendien kan met de stelschroeven (9) de indexplaat nauwkeurig worden gepositioneerd. Als we de signalen I_{e1} en I_{e2} langs de x- en y-assen van een oscilloscoop zetten, dan krijgen we bij een goede afstelling een zuivere cirkel (zie figuur 5a). De onrondheid van de cirkel, gedefinieerd als $(R_a - R_i) / 2\pi \cdot (R_a + R_i)$, mag niet groter zijn dan circa 1% van de signaalperiode. De diameter van de cirkel moet 4 volt zijn. Is deze te groot, dan kan de lichtsterkte worden verminderd door in serie met de lamp een weerstand van bijvoorbeeld 10 Ω te plaatsen. Sommeren we bovengenoemde fouten en houden we tevens rekening met een mogelijke interpolatiefout van circa 1% van de signaalperiode, dan bedraagt de totale te verwachten 'korte-golf' fout circa $\pm 5,5\%$ van de signaalperiode. Dit komt neer op $\pm 5,5\%$ van $0,02^\circ (= 360^\circ/18000)$, dat wil zeggen $\pm 0,001^\circ$.

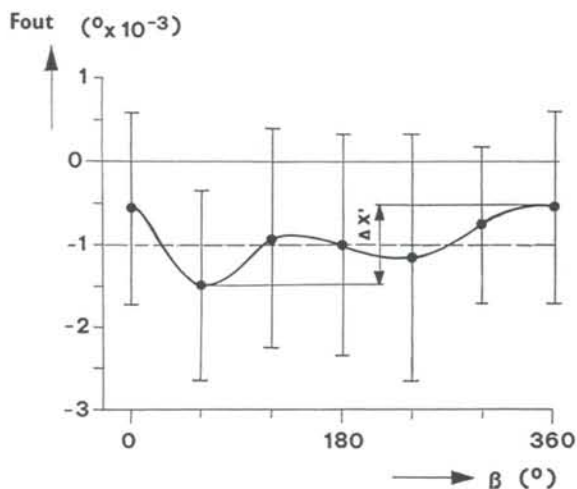
Testresultaten

Het hoekmeetsysteem wordt gemonteerd op de piëzo-elektrisch aangedreven draaitafel [1,2]. De hoekverdraaiing wordt bepaald met een op het hoekmeetsysteem aangesloten tellereenheid van Heidenhain (type ND281). Tegelijkertijd wordt de hoekverdraaiing van een op de tafel gemonteerde facetspiegel uitgelezen met een autocollimator en vergeleken met de uitlezing van de tellereenheid. Voor elk segment van 60° van de facetspiegel is een gebiedje van ongeveer 0.4° in stapjes van enkele duizendsten van een graad doorgemeten. We vinden op

Figuur 5
Foutenanalyse van de
elektrische signalen: (a)
de 90° gedraaide signa-
len I_{e1} en I_{e2} , tegen
elkaar uitgezet langs de
x- en y-as, (b) fout in de
fasehoek en (c) de ver-
houding a/b van de halve
perioden.



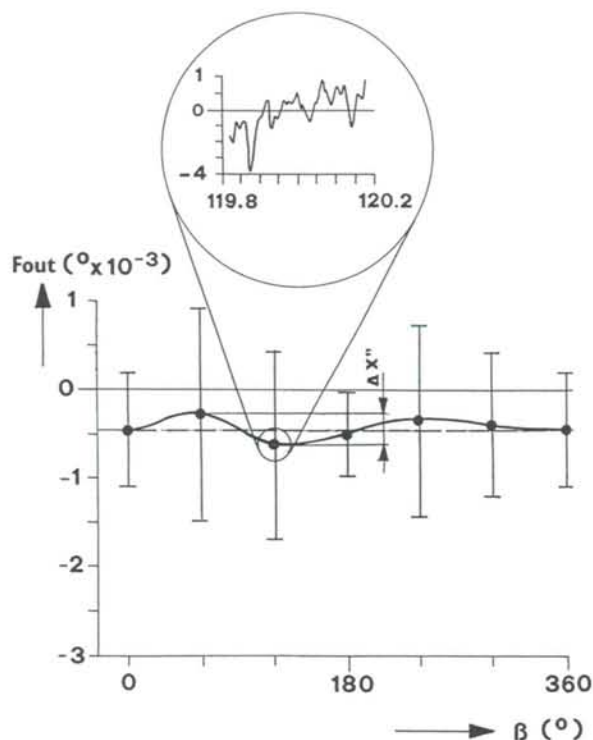
Figuur 6
Lange-golf en korte-golf
fout over één volledige
omwenteling.



deze wijze een korte-golf fout van iets minder dan $\pm 0,002^\circ$ en een lange-golf fout (Δx in figuur 6) van $\pm 0,0005^\circ$. De elektrische signalen hebben wij vervolgens ingevoerd in de PC-kaart IK121 van Heidenhain. Met de bijbehorende software kan de korte-golf fout gedeeltelijk uitgemiddeld worden en de lange-golf fout gekalibreerd, zodat de laatste kan worden geëlimineerd. Figuur 7 laat zien dat de lange-golf fout Δx is gereduceerd tot $\pm 0,0002^\circ$ en de korte-golf fout tot $\pm 0,001^\circ$.

Het hoekmeetsysteem is tenslotte, samen met de draaitafel, verscheidene malen zowel in lucht als in vacuüm uitgestookt tot 150°C . Dit had geen meetbare gevolgen voor de werking en de nauwkeurigheid van het systeem.

Figuur 7
Lange-golf en korte-golf
fouten, na signaalver-
werking door de
Heidenhain PC kaart
IK121.



Conclusie

Het herontworpen meetsysteem voldoet aan de door ons gestelde eisen voor toepassing in UHV ($10^{-8} - 10^{-7}$ Pa). Het voldoet verder aan de specificaties, die de catalogus voor het Heidenhain ROD-250 systeem vermeldt [6].

Dankbetuiging

Wij danken I. Attema voor assistentie op elektronisch gebied. H. ter Horst bedanken wij voor het maken van het detectiegedeelte van het hoekmeetsysteem. Het hier beschreven werk maakt deel uit van het onderzoekprogramma van de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM) en werd mogelijk gemaakt door financiële steun van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Auteursnoot

E.de Haas, W. Barsingerhorn en J. F. van der Veen zijn werkzaam bij FOM-Instituut voor Atoom- en Molecuulfysica, Kruislaan 407, 1098 SJ Amsterdam. J.F. van der Veen is tevens verbonden aan de Universiteit van Amsterdam, Van der Waals-Zeeman Laboratorium, Valkenierstraat 65, 1018 XE Amsterdam. R.S. Mastenbroek leverde zijn bijdrage als stagiaire van de hogeschool Utrecht. J. Sturre is werkzaam bij Heidenhain Nederland B.V., Postbus 107, 3900 AC Veenendaal.

Literatuur

- [1] E. de Haas, W. Barsingerhorn en J.F. van der Veen, Rev. Sci. Instrum. 67 (1996), p. 1930.
- [2] E. de Haas, W. Barsingerhorn en J.F. van der Veen, Microniek 5 (1996) p. 142.
- [3] H. Schief, V. Marsico en K. Kern, Rev. Sci. Instrum. 67 (1996) p. 2026.
- [4] Zie bijv. R. Feidenhans'l, Surf. Sci. Rept. 10 (1989) p. 105.
- [5] M. Lohmeier en E. Vlieg, J. Appl. Cryst. 26 (1993) p. 706.
- [6] DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, D-8225 Traunreut, Duitsland. Vestiging in Nederland: HEIDENHAIN NEDERLAND B.V., Postbus 107, 3900 AC Veenendaal
- [7] Epox Technology Inc., 65 Grove Street, Watertown, Mass. 02172, USA; vertegenwoordigd in Nederland door Koning & Hartman B.V., Beneluxweg 37, 4904 SJ Oosterhout.
- [8] Si-diode type OSD 2.5-5T, Centronic Limited, King Henry's Drive, Croydon CR9 0BG Engeland; vertegenwoordigd in Nederland door Landré-Intechmij B.V., Postbus 63, 4130 EB Vianen.

Probleemanalyse, bij het bestraten van parkeerplaatsen.

Ervaringen met 'methodisch ontwerpen' in het onderwijs.

F.J. Siers De probleemdefiniering moet resulteren in een opsomming van gedetailleerde kwalitatieve en quantitative eisen en beperkingen en aldus in de karakteristieke kenmerken van de begintoestand A en de eindtoestand B. Alleen dan is het mogelijk om functies en functieblokschema's of -diagrammen te genereren, zodat een goed functieblokschema kan worden geselecteerd als basis voor het zoeken naar creatieve oplossingen.

algemene functie	symbool	definitie
transporteren (geleiden)		verandering van plaats voor een grootheid $X \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$
accumuleren		verandering van tijd voor een grootheid $X \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$
transformeren		verandering van uiterlijke vorm van een grootheid $X \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$
verbinden (summatives verknüpfen)		verandering van een grootheid $X \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$ als gevolg van X_1
		samenvoegen van een grootheid $Y \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$ met een grootheid $X \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$
scheiden (distributives verknüpfen)		verandering van een grootheid $X \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$ als gevolg van afscheiding van X_1
		losmaken van een grootheid $Y \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$ uit een grootheid $X \left\{ \begin{smallmatrix} M \\ E \\ J \end{smallmatrix} \right.$

steeds harder zal worden en dat het aantal deelfuncties zal groeien, naarmate men dieper in het proces geraakt.

– In dit verband zijn goede ervaringen opgedaan met de door Roth opgestelde functie-symboliek. Hiermede is het zeer goed mogelijk op een hoog abstractieniveau functies te analyseren en een set van deelfuncties te definiëren.

Figuur 1 geeft een overzicht van deze symbolen met hun betekenis. In de hierna volgende beschrijving van de bewerking van een probleem uit de praktijk komt deze aanpak uitgebreid aan bod.

Het beroep van stratenmaker is een hard beroep. Men werkt gehurkt of op de knieën in relatief koud zand, bij slecht weer. Het ziekteverzuim is hoog (20-30%) en op een leeftijd van 45 à 50 jaar is men dikwijls al arbeidsongeschikt.

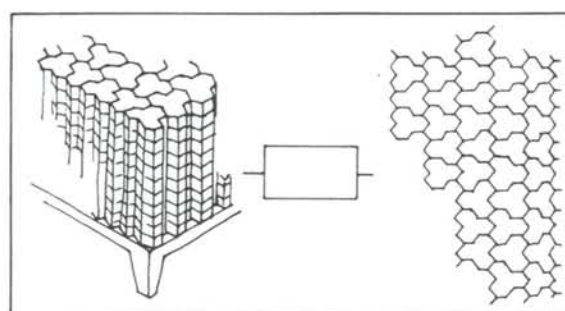
De stenenfabriek voert de – koudgevormde – betonstenen, op aanvraag, graag aan in netjes gestapelde hoeveelheden aan de rand van de te bestraten zandvlakte. Hoewel ook daar een maartje aan vastzit.

Figuur 2 toont de begin- en eindtoestand met daar tussenin de black box, met het nog te genereren functiediagram.

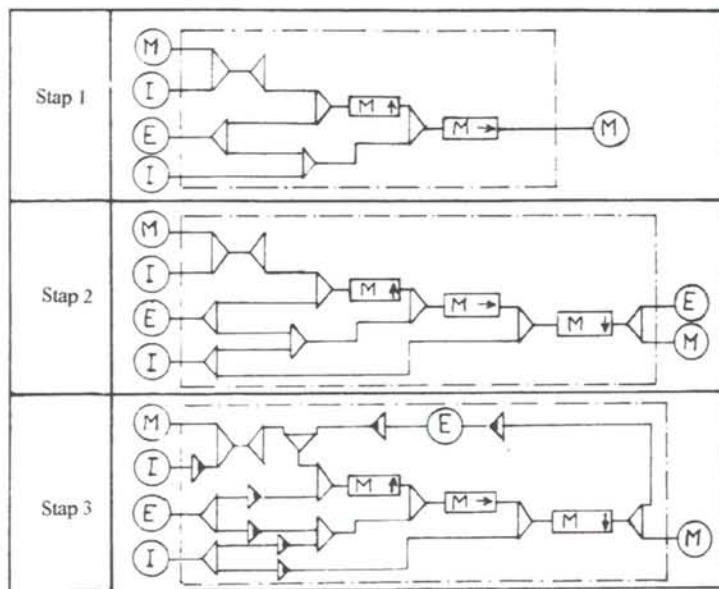
Er zijn complexe **werktuigen** voor het transport van stenen van de opgetaste stapel naar de legplaats in

Figuur 1 De ervaring leert studenten bij hun ontwerpaanpak dikwijls al in een vroeg stadium van de ontwerpactiviteiten, te veel beperkingen als vaststaand aan nemen, eisen te weinig kwantitatief vastleggen en zich verliezen in het beschrijven van allerlei deelfuncties, welke – als het goed zal zijn – pas in de eindfase van het ontwerpproces weer aan bod zullen komen. De vrijheid in het zoeken naar oplossingen raakt men kwijt op deze wijze, maar gelukkig zijn studenten nooit erg consequent : bij het maken van een KEUZE zullen ze zondig vaststaande beperkingen of eisen hanteren voor de evaluatie van alternatieve concepten, tevens ziet men er geen been in WERKWIJZEN te introduceren voor nog niet bepaalde deelfuncties.

Het moge duidelijk zijn dat de opsomming van eisen, zowel in kwalitatieve als quantitative zin,



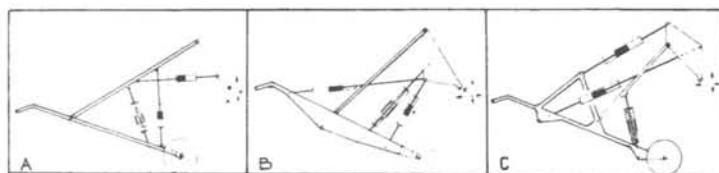
Figuur 2. Begin- en eindtoestand met daartussen een 'black box'



Figuur 3 Functie blokschema; M=materie E=energie I=informatie.

klemmen			
vertikaal transport			
energie accumulatie			
openhouden vrijmaken			
horizontaal transport I			
horizontaal transport II			

Figuur 4a Morfologisch overzicht.



Figuur 4b Alternatieve concepten

de handel verkrijgbaar. Deze werktuigen zijn duur en niet bedrijfszeker door het werken in weer en wind en door ondeskundigheid van het bedienend personeel. Dus dient er een gereedschap te worden

ontworpen voor het transport van de stenen.

In verband met gewicht en afmetingen mag de per keer te transporteren hoeveelheid stenen circa veertig stuks bedragen, terwijl de hoogte van de stapel niet constant is, alhoewel deze wel hoger dan het maaiveld is. Hoewel het eisenprogram uitgebreider is dan hier vermeld, kan nu het probleem worden geabstraheerd.

De opbouw van het functieblokschema is in figuur 3 weergegeven.

Stap 1: Verbinden van materie en informatie (= vastklemmen en scheiden van een laag) en verbinden van energie en informatie met de afgescheiden laag, resulteert in verticaal en horizontaal transport.

Stap 2: Hetzelfde schema, echter nu uitgebreid met de neergaande beweging, waarbij is onderkend dat materie en energie zich van elkaar scheiden. De energie gaat buiten het systeem verloren (de - - - lijnen geven de systeemgrenzen aan).

Stap 3: Deze energie kan echter ook in het systeem worden geaccumuleerd en teruggevoerd, zodat de benodigde energie voor het scheiden van de laag van de stapel, door het systeem kan worden geleverd. De noodzakelijke transformaties van energie en informatie zijn tevens in het schema verwerkt.

Deze abstracte benadering geeft een goed beeld van de alsnog benodigde extra energie.

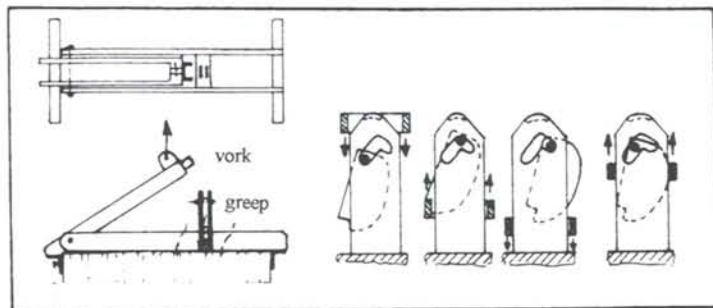
Uit dit functieblokschema zijn nu een aantal deelfuncties af te leiden, waarna er voor elke deelfunctie afzonderlijk verschillende werkwijzen kunnen worden gevonden.

Figuur 4 toont het aldus ontstane morfologisch overzicht. Tevens zijn in deze figuur een aantal mogelijke samenstellende werkwijzen gegeven in de vorm van structuurschetsen.

Bij de uitwerking van de klemconstructie voor het scheiden van de laag stenen werd een nieuwe deelfunctie onderkend, te weten: het sluiten van de klem als gevolg van het gewicht van de laag stenen en het openhouden van de klem na het vrijmaken van de stenen.

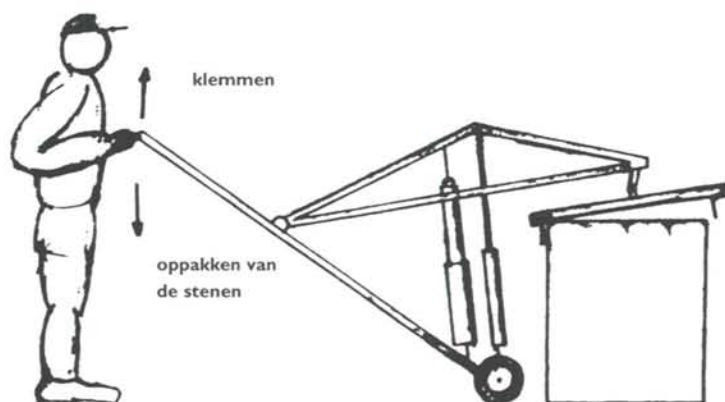
Bevrijd van alle rompslomp van het ontwerpproces, was het nu mogelijk gericht te zoeken naar een goe-

Probleemanalyse bij het bestraten van parkeerplaatsen



Figuur 5

Klem met open- en sluitmechanisme.



Figuur 6

de deelfunctie-vervullende werkwijze.

Dit lukte bijzonder goed door te kijken naar het ballpenclick-mechanisme en dit, getransformeerd naar het platte vlak, voor de klembediening toe te passen.

Zo was het mogelijk op een heuristische wijze, zonder weer een volledig ontwerpproces te moeten starten op een laag ontwerpniveau, te komen tot een **patenteerbaar ontwerp** van de klemconstructie.

Figuur 5 toont de klem met open en sluit mechanisme.

Eindbeschouwing

Zie figuur 6 : De bij het neervlijen van de laag stenen vrijkomende energie wordt opgeslagen in eenvoudige oliecilinders gekoppeld aan een mechanische veer.

Door zogenaamd te jumpen – in de getekende positie – komt deze energie vrij beschikbaar voor het opheffen van de laag stenen. Voorwaarde voor de goede werking is, dat de laagste te verwerken laag stenen hoger is gepositioneerd dan het maaiveld. Dat laatste mankeert nog wel eens.

Literatuur

Experiences with Design Activities and Case-studies which are based on Methodical Design Processes, H.H. Schultheiss and F.J. Siers, ICED Proceedings.

imphy

nickel alloys
magnetic parts &
inductive components

**INVAR / FENICO / MUMETAAL / BIMETAAL
& ULTRA HOGE REKGRENSSTALEN**

Jan Asselbergsweg 3 – 5026 RP Tilburg
Tel: 013 - 4636065 – Fax: 013 - 4635652

100 Jaar Invar en aanverwante legeringen

Ontdekking en ontwikkeling van metalen met zeer lage uitzettingscoëfficiënten

M. Breuning Dit jaar (1996) wordt herdacht dat honderd jaar geleden de Zwitserse wetenschapper Charles Eduard Guillaume een ijzerlegering vond met een, bij normale omgevingstemperaturen, vrijwel afwezige thermische uitzetting. In 1920 werd hem de Nobel-prijs voor Fysica toegekend.

Een interessante en leerzame geschiedenis

De uit een familie van klokkenmakers afkomstige C.E. Guillaume (1861-1938) was verbonden aan het Internationale (standaardisatie) Bureau voor Gewichten en Maten - het Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). Guillaume was op zoek naar een vervangend materiaal dat zou kunnen dienen voor de gevraagde secundaire meter-ijkmaten, in plaats van het iridiumhoudend platinum, Pt-Ir10%, zoals gebruikt was voor de Standaardmeter.

Hij was op het spoor van ijzer-nikkel-legeringen gekomen door metingen aan de voor de Technische Dienst van de Franse Artillerie geleverde legeringen met 25 en 30% Ni, waarbij respectievelijk een geringe en zeer geringe thermische uitzetting was geconstateerd. Het beperkte budget van het BIPM in 1889 liet echter een diepgaand onderzoek niet toe. Guillaume wendde zich tot Henry Fayol die in 1888 de leiding had gekregen van de Compagnie Commentry Fourchambault et Décazeville waartoe het staalbedrijf Imphy behoorde. Fayol had de vooruitziende blik om een samenwerking op gang te brengen die in 1896 leidde tot de ontdekking van de gezochte legering tussen de geleverde zeventien monsters van verschillende samenstelling. Het kreeg de naam "Invar".

Het succes van de reeds genoemde samenwerking leidde in 1911 tot verdieping van de research in het laboratorium van Imphy, dat de naam Metallurgische Studie

afdeling kreeg en onder leiding kwam van Pierre Chevenard. Dit heeft sterk bijgedragen tot de ontwikkeling van de precisie-metallurgie van wat inmiddels in 1954 is geworden de Société Française de Metallurgie d'Imphy S.A.

Guillaume wijdde zich aan de verdere theoretische ontwikkeling van de mogelijkheden van de ijzer-nikkel legeringen. Daarbij ontdekte hij onder andere dat Invar op de lange duur toch een geringe volumeverandering en dus ook lengteverandering ontwikkelde. Door systematisch statistische vergelijking van geringe verschillen in samenstelling van de diverse monsters kon dit worden gerelateerd aan het koolstofgehalte. De volumeverandering bleek veroorzaakt te worden door langzame afscheiding van cementiet. Een zo goed mogelijke ont-koling en de toevoeging van een stabilisator in de vorm van enig chroom leidde tot een oplossing. Deze verbeterde legering kreeg de naam Fixinvar.

Het belang van de ontwikkeling en het theoretisch werk om inzicht te krijgen in de achtergrond van het fenomeen van afwezigheid van thermische uitzetting, alsmede de ontwikkeling van aanverwante legeringen, vond erkenning in de toekenning van de Nobel-prijs aan Guillaume, de enige keer dat deze onderscheiding ooit een metallurg ten deel viel.

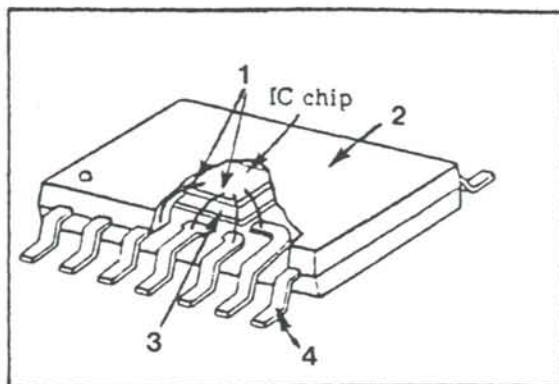
Aard en eigenschappen van Invar

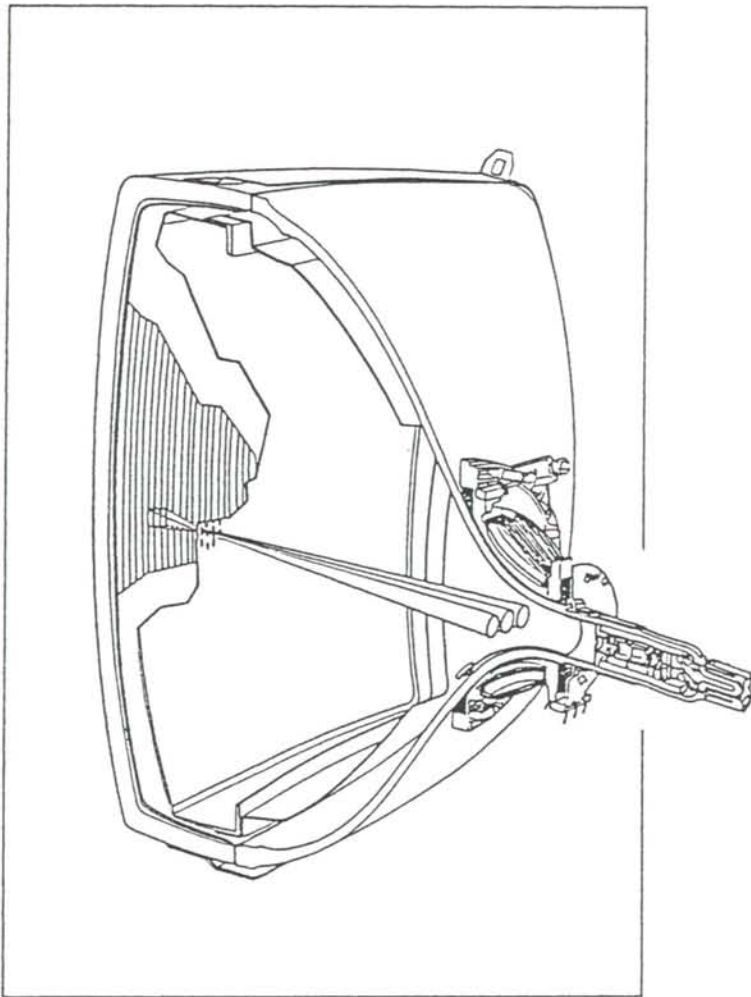
Invar is een ijzerlegering met 36% Nikkel: FeNi36. De gemiddelde uitzettingscoëfficiënt is tussen -100°C en $+200^{\circ}\text{C}$, zeer laag vergeleken bij alle andere metalen en niet-metallische materialen. Na een warmtebehandeling bij 950°C gedurende 30 minuten is de gemeten lineaire uitzettingscoëfficiënt α_m van het materiaal tussen 20° en $100^{\circ} \leq 1,3 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$.

Om dit fenomeen te verklaren zijn in de loop der jaren verschillende theorieën ontwikkeld. Vanaf het begin leek het effect gerelateerd aan het magnetisch gedrag van de beide elementen. Ijzer en nikkel zijn beide ferromagnetisch en chemisch zeer verwante elementen met vrijwel gelijke atoomstructuur. Ook kobalt is ferromagnetisch. De inmiddels ontwikkelde en geaccepteerde theorie komt in populaire vorm op het volgende neer.

Figuur 1. Spanningvrije constructie van de IC op de drager.

1) gouddraad, 2) spanningsvrije persmassa, 3) drager voor de chip, tevens aarde, 4) aansluitstrippen; 3 en 4 vormen samen het "leadframe" gemaakt van N42 met soldeerbare galvanische bedekking.





Figuur 2. Moderne kleuren-TV-buis.

Het fenomeen is te verklaren uit de aanwezigheid van atomen met hoge en met lage spin in het kristalrooster. De spin, dat wil zeggen de rotatie van de elektronenschillen en de daardoor opgewekte magnetische velden, neemt toe met stijgende temperatuur in het traject van -100°C tot circa $+200^{\circ}\text{C}$. Dit heeft een compenserend, negatief, volume effect (magnetostrictie) waardoor de temperatuurdilatatie (uitzetting) wordt tegengewerkt. Een uitgebreider theoretische beschouwing gaat het kader van dit artikel te buiten. Geïnteresseerde lezers worden verwezen naar [3] van de literatuur voor verdere informatie.

In tabel 1 zijn de waarden voor de uitzettingscoëfficiënt van Invar en enkele naam verwante legeringen wat uitgebreider vermeld.

Door verandering van de samenstelling van de legering laat de uitzettingscoëfficiënt zich aanpassen aan andere materialen zoals bijvoorbeeld silicium of diverse glas-soorten. Toevoeging van geringe hoeveelheden van de niet-magnetische elementen chroom en mangaan of de paramagnetische als titanium en vanadium doet de thermische uitzettingscoëfficiënt toenemen.

Een familie van legeringen

Na de ontdekking van Invar en de bijzondere eigenschappen daarvan hebben verdere studie en experimenten geleid tot de ontwikkeling van verschillende legeringen met nauwkeurig aan de toepassing aangepaste thermische uitzettingscoëfficiënt. Behalve door variatie

Samenstelling		Gemiddelde thermische uitzettingscoëfficiënt α_m ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)					Gegarandeerde fysieke eigenschappen
		-100°C	100°C	200°C	300°C	400°C	
Invar	FeNi36	-1,6	1,1	2,2	5,2	7,6	α_m tussen 20 en $100^{\circ}\text{C} \leq 1,3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ *
Invar M93	FeNi36	-1,3	1,3	2,5	5,2	7,6	α_m tussen -18 en $0^{\circ}\text{C} \leq 1,5 \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ *
N42	FeNi42	-5,5	4,5	4,4	4,5	6,0	α_m (30-300°C): $4,0-4,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
N42 ets kwaliteit	FeNi42	-5,5	4,5	4,4	4,5	6,0	α_m (30-450°C): $6,7-7,4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ Δ
N48	FeNi48	-9,0	9,2	9,2	9,0	8,8	α_m (30-400°C): $8,2-9,2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ α_m (30-550°C): $9,6-10,3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
N52	FeNi52	-9,9	10,0	10,0	10,0	9,8	α_m (30-450°C): $9,6-10,1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ α_m (30-550°C): $10,2-10,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

*: na behandeling gedurende 30 min. bij 950°C

Δ : gemeten volgens ASTM F30.

Tabel 1. Uitzettingscoëfficiënten van invar en aanverwante legeringen.

Samenstelling		α_m ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		Gegarandeerde fysische eigenschappen
N426	FeNi42Cr6	100°C 6,9	400°C 10,0	α_m (25-400°C): 9,7-10,3 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ gemeten na behandeling gedurende 30 min. bij 550°C
N475	FeNi47Cr5	8,7	9,7	α_m (20-400°C): 9,4-10,0 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ α_m (30-400°C): 9,9-10,7 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ α_m (20-500°C): 10,0-10,5 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ gemeten na behandeling gedurende 30 min bij 950°C
N485	FeNi47Cr6	9,2	10,2	
N511	FeNi51Cr1	10,2	10,3	
Dilver 0	FeCr28	9,5	10,6	α_m (20-450°C): 10,4-11,3 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Dilver P0	FeNi29Co17	6,2	5,0	
Dilver P1	idem			
Dumet 42-24 (draad)	Kern FeNi42 Cu clad 24% gew	Axiaal 6,0 Radiaal 6,4	6,7 9,3	Axiaal α_m (20-400°C): 6,4-7,0 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ Radiaal α_m (20-400°C): 7,5-8,1 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Dumet 47-19 (draad)	Kern FeNi42 Cu clad 19% gew	Axiaal 8,3 Radiaal 9,6	8,5 9,3	Axiaal α_m (20-400°C): 8,2-8,8 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ Radiaal α_m (20-400°C): 9,0-9,6 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Phyclad (plaat)	Cu 20% Invar 60% Cu 20%	5,3	10,0	α_m (-55 - +125°C): 4,2-6,2 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ Warmte geleidings coëfficiënt door CuFeCu: 20 à 24 W/m°C

Figuur 3. Thermische verschuiving van het schaduwmasker.

1) schaduwmasker,

2) scherm,

3) kleurfosforen (van

boven naar beneden:

rood, groen en blauw,

etc.)

A: positie in koude buis

B: positie in warme buis,

zonder compensatie

C: positie in warme buis,

met compensatie.

Tabel 2. Thermische uitzettingscoëfficiënten van afgeleide legeringen.

van de FeNi verhouding bleek hiervoor ook nuttig de toevoeging van chroom of kobalt om het te realiseren.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de uitzettingscoëfficiënten van deze afgeleide legeringen.

Voor een goed elektrisch geleidingsvermogen heeft men daarnaast het aanbrengen van een meegewalste koperlaag ontwikkeld (copper clad). Verder zijn interessant de magnetische eigenschappen van eveneens verwante

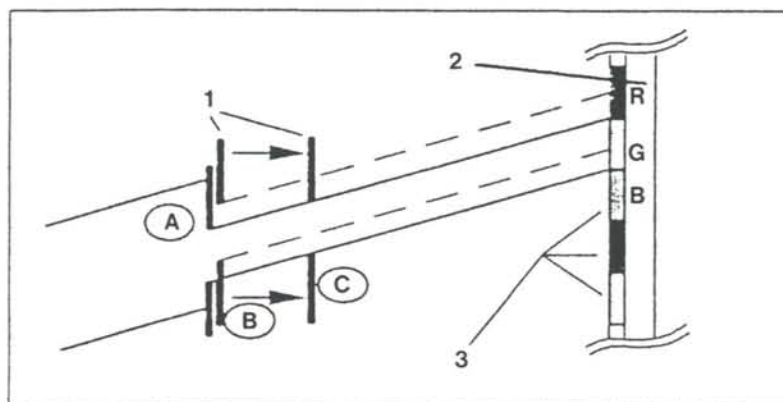
FeNi-legeringen. Zoals legeringen met 80% nikkel, die een hoge magnetische permeabiliteit hebben; Permalloy Fe15 Ni80 M•5 of het meer slijtvaste Permalloy Fe15 Ni80 N65.

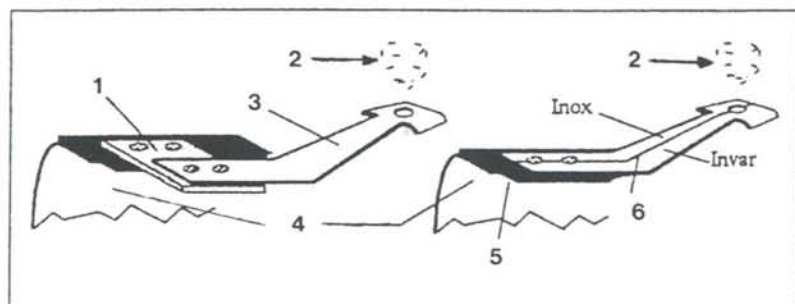
Tot de mogelijkheden van FeNi-legeringen behoren ook materialen met zeer hoge sterkte en hoge elasticiteitsgrens. Dit zijn martensitische stalen die harden bij relatief lage temperatuur (circa 480°C), zogenaamde maraging stalen (Bron: Webster dictionary) en ontlaten niet bij hoge temperaturen. Zij combineren hoge treksterkte met goede vermoeiingsweerstand.

Toepassingen

Invar vindt in het bijzonder zijn toepassingen daar waar thermische uitzetting tot maat- of nauwkeurigheidsproblemen zou leiden.

Met de aanverwante legeringen, waarvan de eigenschappen aan de toepassingen zijn aangepast, kunnen veel problemen die door ongelijke thermische uitzetting zouden worden veroorzaakt worden vermeden, althans worden geminimaliseerd. Dit is met name het geval bij





Figuur 4.

Dragersstripconstructie voor schaduwmasker.

1) bimetaal, 2) in glas ingesmolten ankerpunten, 3) roestvaststalen veer, 4) schaduwmasker, 5) lijst, 6) lasnaad.

metaal-glas combinaties respectievelijk verbindingen (bijvoorbeeld geïsoleerde doorvoeren door een metalen wand en dergelijke) zowel als bij dragers voor halfgeleiders en IC-chips en bij combinaties met keramische materialen. In tabel 3 wordt van deze toepassingen een overzicht gegeven.

Maar ook bij cryogene omstandigheden vindt Invar toepassing zoals bij het vervoer per schip van vloeibaar methaangas (bij -160°C). Hier komt het goed van pas voor de gelamelleerde uit plaatstroken gelaste omhulking van de daarbij gebruikte gigantische tanks. Bij het leegpompen van de tanks stijgt de temperatuur van -160°C tot omgevingstemperatuur, hetgeen met gewone materialen tot grote spanningen en kans op vervormingen zou leiden. Voor deze toepassing is beperking van "verontreinigingen" in het materiaal (zoals zwavel en mangaan) van belang voor de lasbaarheid. De legeringen met hoge magnetische permeabiliteit worden toegepast in magneetband-leeskoppen, transformatoren en smoorspoelen en voor afscherming van magnetische velden. Voor magneetband-leeskoppen (bijvoorbeeld voor videorecorders) waarbij grote slijtvastheid wordt gevraagd, wordt Permalloy Fe15Ni80 N65 aanbevolen. De mar-aging staallegeringen worden onder andere toegepast in de horlogetechniek (veren) en de automobielttechniek (onder andere voor de duwbanden van continu variabele transmissies CVT) zowel als in de vliegtuigtechniek.

Enkele toepassingen in de precisietechniek nader bekeken

• Uurwerken

Een van de eerste toepassingen in de precisietechniek van de eerste decennia van deze eeuw is die voor de slinger van slingeruurwerken. Uitzetting of krimp door temperatuurveranderingen veroorzaakt verloop van de slingerfrequentie en daarmee van de juiste tijdaanwij-

zing. Met Invar kon dit worden opgelost, op eenvoudiger wijze dan met de zogenaamde compensatieslinger. Ook voor de balans van horloges bracht een bimetaal bestaande uit FeNi42% met messing de gewenste correctie voor de door temperatuurvariatie veroorzaakte secundaire fout in de tijdaanwijzing.

De oplossing van de temperatuurstabiliteit van de haareveer van de balans duurde wat langer. De elasticiteitsmodulus van Invar bleek met stijgende temperatuur toe te nemen. Pas in 1920 werd een ijzernikkellegering met toevoeging van chroom ontwikkeld, gehard door toevoeging van wolfram. Deze Elinvar genoemde legering leverde een eenvoudige niet-mechanische oplossing voor de temperatuurstabiliteit in gewone horloges.

• Transistoren en IC's

Met de opkomst van transistoren en geïntegreerde circuits op siliciumbasis in de jaren zeventig ontstond grote behoefte aan een dragermateriaal met een thermische uitzetting nagenoeg gelijk aan die van Silicium teneinde spanningen in de soldeerverbinding van Si-chip en drager te vermijden. Dit bleek te realiseren met 42% Ni.

De dragerplaatjes (lead-frames), zie figuur 1, met een patroon van aansluitstrippen werden aanvankelijk gestanst uit strip. Ze werden met enkele verbindingen in de strip gehouden voor transport tijdens de verdere bewerkingen. Afwezigheid van, of althans minimale, braamvorming is van groot belang, daar de geringe afmetingen van de patronen het mechanische of met andere middelen ontbramen onmogelijk maken. Hiervoor is de reductie en verdeling van zwavelhoudende insluitsels van kritisch belang.

Voor het vermijden van "blister"-vorming bij het aanbrengen van galvanische bedekkingen en dergelijke is de afwezigheid van oppervlaktefouten een voorwaarde. Dit stelt hoge eisen aan het walsproces bij de fabricage van het dunne dragermateriaal.

Met de toename van de complexiteit van de IC's en het daardoor groter aantal aansluitstrippen van kleinere afmetingen worden de patronen steeds fijner. Dit bleek met stanstechniek steeds moeilijker te realiseren zodat etstechniek haar intrede deed. Daar zwavel het etsproces verstoort, diende het gehalte daarvan verder tot vrijwel nul gereduceerd te worden. Bij deze miniaturisatie diende ook de dikte van het draagfreem materiaal verder gereduceerd te worden, waarbij de toleranties daarop eveneens moesten worden verkleind.

Type	Legering	Samen- stelling	Toepassingen	Belangrijkste eigenschappen
FeNi	Invar	FeNi36	Zeer lage thermische uitzettingscoëfficiënt α_m tussen -100°C en +200°C	- Schaduw masker en -lijst van kleuren-TV-buizen - Echo kamers en -filters voor UHF mobiele telefonie zend/ontvang stations - Versterking in zeer laag vervormende warmtegeleiders (STACIR)
	Invar M93	FeNi36	Lage α_m tussen -185°C en 0°C. Goede mech. eigensch. bij cryogene temp.	- Tankbekleding LPG carriers
	N42	FeNi42	α_m aangepast aan Si (voor IC's) en keramische materialen (alumina) en hard glas	- Leadframes voor IC's - Elektronenkanon KTV
	N42 ets kwal.	FeNi42		- Gasdichte afsluitingen in keramische materialen en hard glas - Eind capsules voor geëmailleerde elektrische weerstanden
	N48	FeNi48	α_m aangepast aan zachte glassoorten	- Gasdichte doorvoeren
FeNiCr	N52	FeNi52	α_m aangepast aan zachte glassoorten	- Gasdichte doorvoeren - Reed relais
	N426	FeNiCr6	α_m aangepast aan zachte glassoorten	- Anode voor kanon KTV
	N475	FeNi47Cr5	idem	- idem
	N485	FeNi47Cr6	idem	- Anode - Voedingsdoorvoeren beide voor kanon KTV
FeNiCo	N511	FeNi51Cr1	idem	- Hoogspanningschakelaars (veiligheids-, zekeringen)
	Dilver P0 Dilver P1	FeNi29Co17	α_m aangepast aan Borium silicaat glas en aan keramische materialen	- Kwarts oscillators - Behuizing hybride circuits - Draggers en behuizing transistoren en optoelektronische onderdelen - Elektronenbuizen voor o.a. röntgen - Gasdichte doorvoeren
FeCr	Dilver o	FeCr28	α_m aangepast aan zachtglas	- Ankerpennen voor schaduwmasker in KTV - Radarbuizenconus
Dumet	Dumet 42-24	kern: FeNi42 Copperclad 24% gewicht	Aangepast aan zachtglas, geschikt voor doorvoeren in geoxideerde uitvoering	- Diodes in glas - Melf-diodes - Elektroden voor verlichtings- en indicatielampjes
	Dumet 47-19	kern: FeNi47 Copperclad 19% gewicht		
Cladimphy	Cladimphy 20, 30, 40, 54, 60, 70 en 80%	laag koolstof staal met diverse Cu cladding	- Verschillende elektrische geleidingsvermogens met zeer goede mechanische eigenschappen - Magnetische eigenschappen	Diverse toepassingen in: diodes weerstand condensators lampen
Phyclad	Phyclad 20-60-20	Invar met Cu-clad Cu20Inv 60Cu20	Goed compromis van elektrische weerstand en α_m passend bij keramisch materiaal en AsGa	- Behuizingbodems voor hybridecircuits - Koelplaten (Heat-sinks)

Tabel 3. Toepassingen van Invar en aanverwante metalen. α_m = gemiddelde thermische uitzettingscoëfficiënt.

• Kleuren-TV-buizen

In kleuren TV-buizen, zie figuur 2, vinden verschillende FeNi legeringen toepassing. Het drievoudig elektronenkanon bevat een aantal kathode- en roosteronderdelen, diepgetrokken uit dun plaatmateriaal, die met glas geïsoleerd aan elkaar tot een toren verbonden zijn. De thermische uitzettingscoëfficiënt van deze metalen delen moet aan die van de gebruikte glassoorten aangepast zijn om spanningen en vervorming te voorkomen. Bovendien moet het materiaal voor de fabricage van de delen geschikt zijn. Het wordt wederom in de vorm van gewalste band geleverd.

Met de ontwikkeling in de jaren negentig van TV-buizen met grotere en bredere schermen en kortere inbouwdiepte (120°-buis), grotere helderheid en contrast en hogere resolutie, bleek bij oudere typen zacht staal voor het zogenaamde schaduwmasker niet meer te voldoen.

Om de thermische uitzettingsfouten te verminderen kwam Invar aan bod, waarvan de thermische uitzetting tien maal geringer is. Daarvoor moest breed bandmateriaal met geringe (en constante) dikte van circa 0,15 mm worden gefabriceerd. Het fijne patroon van gaatjes voor het doorlaten van de drie elektronenbundels wordt daarbij door etsen gerealiseerd wat aan de vlakheid, inwendige spanningen, oppervlakte kwaliteit en kristalstructuur zeer hoge eisen stelt.

In figuur 3 is te zien hoe thermische expansie van het schaduwmasker vermindering van helderheid kan veroorzaken, maar ook hoe dat door compensatie van de positie kan worden voorkomen. Deze positie compensatie wordt door de bijzondere constructie van de ophanging van masker, lijst en magnetische afschermconus verkregen; zie figuur 4.

De constructie links is een traditionele oplossing, met gescheiden functies; het bimetaal zorgt voor de compensatieverplaatsing. De modernere constructie rechts combineert de functies van bimetaal en draagarm en vereenvoudigt de fabricage en assemblage van de TV-buis. Ze is door deze integratie (minder laspunten) ook betrouwbaarder. Deze oplossing is mogelijk gemaakt door geavanceerde materiaalcombinatie en lastechniek; het stripmateriaal waarvan de dragers worden gestanst is in een continue proces gefabriceerd.

Research en fabricage

Voor vele van de besproken toepassingen van FeNi-legeringen is dun bandmateriaal van constante en geringe dikte nodig. Dit wordt gewalst in grote hoeveelheden. Zowel hiervoor als voor de garantie van constante

eigenschappen, bepaald door exact de juiste samenstelling en de juiste warmtebehandeling, zijn nauwkeurig beheerste fabricageprocessen noodzakelijk. De realisatie hiervan is het resultaat van voortdurend onderzoek en verbetering van methoden en kan worden samengevat als Precisie Metallurgie. Onder de eerder genoemde P. Chevenard is deze aanpak systematisch uitgebouwd. De applicatie ondersteunende research heeft de uitgebreide reeks verwante legeringen, ieder ontwikkeld door specifieke toepassingen, voortgebracht. Het heeft tenslotte in driekwart eeuw geleid tot de moderne legeringen die aan zeer hoge eisen uit met name de wapen- en luchtvaartindustrie kunnen voldoen: de zogenaamde "superalloy's".

** Imphy S.A. heeft inmiddels een sterke positie op de wereldmarkt ontwikkeld. Het heeft sinds 1976 een vestiging in de USA (MAC: Metalimphy Alloys Corporation) en sinds 1986 een vestiging in Seoul en in Hongkong.*

Conclusie

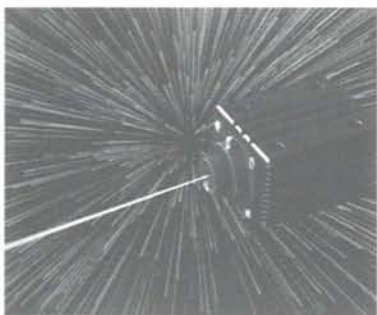
Wanneer precisie aan de orde is, hetzij met betrekking tot positie of afmetingen, hetzij met betrekking tot de gevolgen van inwendige spanningen van een constructie, kan beheersing van de thermische uitzetting door een geschikte materiaalkeuze van groot belang zijn. Bij de in het voorgaande genoemde toepassingen van Invar of met Invar verwante legeringen is dat het geval. Samenwerking met de metallurgie kan dus voor de precisietechniek een heel belangrijke bijdrage leveren. Overigens moet erop attent gemaakt worden dat er ook andere, niet-metallische, materialen zijn met zeer hoge of virtueel afwezige thermische uitzetting. Zoals bijvoorbeeld Zerodur, een glassoort.

Literatuur

- [1] Documentatie van Imphy SA, via Imphy Benelux, Tilburg
- [2] Brochure: A hundred years of science and Industry door A.C. Dérè, F. Duffaut en G. de Liège, Uitg.: Lavoisier TEC & DOC
- [3] A hundred years after the discovery of Invar The Iron - Nickel Alloys, Scientific editors: G. Béranger, F. Duffaut, J. Morlet, J.F. Tiers; vertaald uit Frans door J.H. Davidson; Uitg.: Lavoisier TEC & DOC, London, Paris, New York.
- [4] Verdere informatie kan verkregen worden bij Imphy Benelux, Postbus 1374, 5004 BJ Tilburg, telefoon: 013-463 6065, fax: 013-463 5652.

Compacte laserdiode

Er is een nieuwe reeks diode gepompte Nd:LSB lasers van Carl Zeiss op de markt verschenen. De DPSSL531C-serie opereert bij een golflengte van 531 nm, met CW-vermogens van 20mW tot 150mW. Naast de stabiliteit van het uitgangsvermogen (<1%) en het lage verbruik van de laser (20W) zijn vooral de geringe afmetingen van de laserkop die in het oog springen. Door verregaande miniaturisatie zijn de afmetingen van deze laser 83x48x38mm. Enkele toepassingen zijn: reproductietechnieken, medische apparatuur, oppervlakte inspectie en research.



Voor uitvoerige info:

Te Lintelo Systems b.v.
Postbus 45
6900 AA Zevenaar
Telefoon: 0316 - 340 804.

en hard geëloxeerd.

Behalve de twee normale lucht-aansluitingen bevatten de gripper-delen nog zes luchtkoppelingen voor aansluiting van grippers, rotatie-eenheden, en dergelijke. De stekerverbindingen beschikken over 5 tot 30 aansluitcontacten, ze kunnen ook als codeerelement voor de verschillende losse delen toegepast worden.

Door de goede centrering van wisselsysteem en elektrostekers is een lange standtijd gewaarborgd. De wisselsystemen zijn verkrijgbaar voor belastingen van 100 tot 20.000 N.

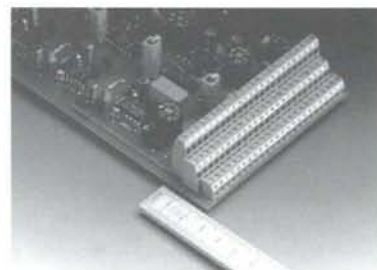


Voor uitvoerige info:

Meiniger
Postbus 743
2280 AS Rijswijk
Telefoon: 070 - 340 1780
Fax: 070 - 340 1602.

opzichte van elkaar, waardoor een optimale toegankelijkheid en een goed zicht op de onderste klem-aansluitingen zijn gewaarborgd. De klemmenblokken zijn leverbaar in pooltallen van 2 tot 12 en voor 6 tot 36 aansluitingen. Soepele aders met een doorsnede van 1 mm² en massieve aders met een doorsnede tot 1,5 mm² kunnen bij een belasting van 8A en een nominale spanning van 125 V worden aangesloten.

De nieuwe klem heeft voorts een stabiele isolatiehuis alsmede veilige trek-/buigontlasting van de kwetsbare soldeerpunten door scheiding van soldeerstift en klemmenhuis.



Voor uitvoerige info:

Phoenix contact b.v.
Postbus 246
6900 AE Zevenaar
Telefoon: 0316 - 591 720.

Gripper-wisselsysteem

De Sommer wisselsystemen zijn bedoeld voor handlingapparatuur waarbij een snelle wisseling van grippers noodzakelijk is als gevolg van uiteenlopende produktvormen. Een wisselsysteem bestaat uit een vast gedeelte, dat aan de robot of handlingmachine vast zit en een los gedeelte waaraan de gripper zit. Beide delen zijn voorzien van een automatisch werkende koppeling voor pneumatische en elektrische verbindingen. De delen zijn gemaakt uit hoogvast aluminium

Drie-etage mini-print-klem

Phoenix heeft onder de type-aanduiding MD3DS1 een compacte drie-etage mini-klem voor printmontage geïntroduceerd, met een rastersteek van 3,81 mm. De nieuwe klem is speciaal ontwikkeld voor printplaten met een hoge contactdichtheid, zoals die bijvoorbeeld in de besturings- en automatiseringstechniek worden toegepast.

De afzonderlijke etages van de drie-etageklem verspringen ten

Trillingvrije lab-werktafel

De LabMate II van Kinetic Systems, Inc. maakt het mogelijk absoluut trillingvrij te werken. Deze werktafel is voorzien van interne demping en actieve luchtvering. De tafel vormt een uitstekende basis voor het werken met microscopen, balansen, rondheidsmeters, apparatuur voor oppervlakte-analyse, viscositeitmeters en andere precisie meet- en laboratoriumapparatuur. De bedieningselementen bevinden zich aan de voorzijde evenals een beschermingsrail die ongewenst

contact met het tafelloppervlak voorkomt. Als optie kan de beschermingsrail voorzien worden van armsteunen, die soepel met de bewegingen van de laborant meebewegen.

Voor het waterpas stellen worden stelvoeten bijgeleverd. De bovenkant van de tafel kan naar keuze worden afgewerkt met een witte, zwarte of antistatische kunststof laminaatlaag; andere mogelijkheden zijn ferromagnetisch roestvaststaal of graniet.

Infrarood-camera met hoge resolutie

Uitstekende beeldkwaliteit en groot bedieningsgemak zijn de belangrijkste ingrediënten van de infrarood-opnametechnologie die gestalte heeft gekregen in de Prism DA camera van FLIR Systems, Inc (FSI). Met deze lichtgewicht draagbare camera kunnen, bijvoorbeeld voor wetenschappelijke of productietechnische doeleinden, infrarood-opna-



men worden gemaakt die worden opgeslagen op de nieuwste generatie PC geheugenkaarten voor verdere analyse op de computer.

De resolutie van de camera; met ruim 78.000 IR detector-elementen in het beeldvlak is de camera in staat temperatuurverschillen waar te nemen; beelden worden opgenomen met een 12-bit dynamisch bereik. Dit komt neer op 4.096 niveaus in de thermische resolutie voor ieder beeldpunt. Hiermee verkrijgt de gebruiker bij iedere beeldopname alle informatie die verlangd wordt.

Voor uitvoerige info:

Optilas B.V.
Alphen aan de Rijn
Telefoon: 0172 - 431 234
Fax: 0172 - 443 414
E-mail:
Optilas@Euronet.nl/101320.3371
@compuserve.com

Dataloggers voor temperatuurmetingen

COMARK Ltd vult het gamma dataloggers aan met de C1711 en C1712.

Elke datalogger zit in een zeer compacte aluminium behuizing die de ruwste omstandigheden kan weerstaan. De C1711 is IP68 beschermd en dicht tot een diepte van 100 meter. In het geheugen kan tot 30.000 meetwaarden worden opgeslagen met een sample-interval van 1 seconde tot 99 dagen. worden.

De vervangbare batterij gaat tot 5 jaar lang mee.

De C1711 heeft één interne sensor en meet van -20°C tot +60°C terwijl de C1712 ook nog met een externe sensor kan meten tussen -20°C tot +100°C.

De dataloggers worden ingesteld met behulp van menugestuurde software vanuit een PC. Met hetzelfde programma worden de meetwaarden uitgelezen en in



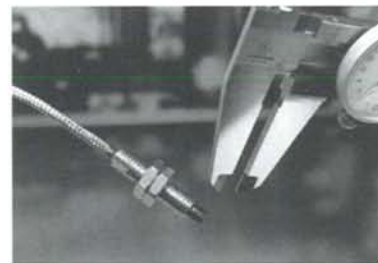
tabellen of grafieken weergegeven voor nadere analyse.

Voor uitvoerige info:

DIMED N.V.
Joe Englishstraat 47
2140 Antwerpen
Telefoon: +32- 3-236 6465
Fax: +32- 3-236 6462.

Probes voor contactloze afstandsmeting

De MTN/EP serie eddy-current probes meten afstanden tot 8,5 mm zonder contact te maken met het object. Drie verschillende probes met meetbereiken van 0 - 2 mm en 0 - 8,5 mm kunnen ingezet worden voor het meten van afstand, profielen, radiale trillingen, lagerspeling en snelheid. De opnemers induceren een hoogfrequent signaal in een geleidend object. De hierdoor ontstane wervelstromen worden in dezelfde tip



gedetecteerd, gelineariseerd en versterkt. Het DC-signaal is een maat voor de afstand en het AC-signaal geeft het profiel weer van een roterend lichaam, bijvoorbeeld onbalans of lagerspeling bij

roterende assen. Door het aanbrengen van een nok of boring kan de probe tevens als contactloze snelheidsopnemer toegepast worden. Afhankelijk van het meetbereik loopt de gevoeligheid van 8 mV/micrometer bij 0 - 2 mm tot 3,6 mV/micrometer bij 0 - 8,5 mm. De lineariteit is beter dan 1% volle schaal.

De behuizing is van AISI-316 met ingegoten tip en voorzien van gewapende aansluitkabel, waardoor ze geschikt zijn voor temperaturen van -30 tot +180° Celsius en het frequentiebereik loopt van DC tot 10 kHz.

Voor uitvoerige info:

AE Sensors B.V.
Postbus 9084
3301 AB Dordrecht
Telefoon: 078 - 621 3152
Fax: 078 - 621 3146.

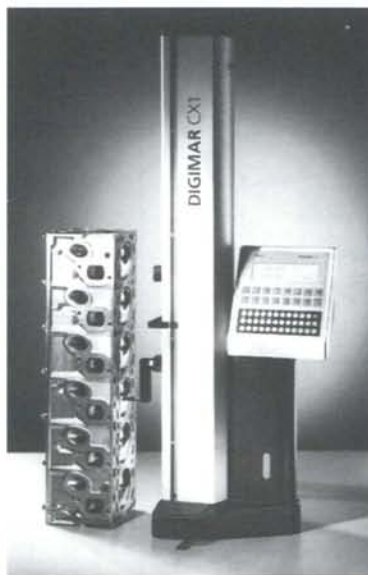
Digitale hoogtemeter

Onlangs is het programma van VIBA NV te Zoetermeer uitgebreid met de zeer nauwkeurige digitale hoogtemeter Digimar CX1.

Deze hoogtemeter is zeer veelzijdig, nauwkeurig en robuust.

De eenvoudige bediening van de naast de zuil geplaatste meetprocessor en de goede afleesbaarheid zijn een grote vooruitgang. De meetprocessor heeft een aantal functietoetsen voor het meten van onder meer binnen- en buitendiameters alsmede vlak- en hartafstanden. In de meetprocessor kunnen veertig meetprogramma's worden opgeslagen. Een half-

automatische meting behoort tot de mogelijkheden. De meetzuil is voorzien van een ingebouwde meetliniaal(glas). Hierdoor zijn zowel statische als



dynamische metingen met hoge nauwkeurigheden uit te voeren. De geleidingen zijn goed afgeschermd tegen vuil en stof zodat een lange periode onderhoudsvrij functioneren is gewaarborgd.

De gemotoriseerde aandrijving garandeert een mensonafhankelijke en constante meetdruk. Een ingebouwde luchtpomp zorgt ervoor dat de hoogtemeter moeiteloos verplaatsbaar is over de vlakplaat. Door de geïntegreerde accu kan de hoogtemeter ca. 8 - 15 uur functioneren, zonder op te laden.

Voor bijna alle meetopgaven zijn er toebehoren verkrijgbaar.

Voor uitvoerige info:

VIBA n.v.
Bleiswijkseweg 412
2712 PB Zoetermeer
Telefoon: 079 - 341 8881.

Microscopen

Euromex Microscopen B.V. introduceert nieuwe routine en research microscopen voor gebruik in het hoger onderwijs, wetenschap en biologische, medische en industriële laboratoria.

De F-serie is uitgerust met een 30 Watt halogeenverlichting en DIN semiplan- of planobjectieven. De G-serie is voorzien van een 50 Watt halogeenverlichting en een vijfvoudige revolver met DIN planobjectieven. Beide typen zijn uitgerust met HWF 10x/18 of KHF 10x/20 oculairen.

De polarisatie microscopen – met doorvallende verlichting – worden gebruikt voor mineralografie, petrografie en kristallografie.

De typen voor metallurgie en materiaalkunde van de F-serie zijn uitgerust met een coaxiale 30 Watt halogeenverlichting voor helderveld en polarisatie. De semieplan objectieven zijn gecorrigeerd voor gebruik zonder dekglas en hebben een grote werkafstand. Een grote sortering toebehoren, zoals objectieven, oculairen, condensoren, filters, camera's en adapters zijn leverbaar.

Voor uitvoerige info:

Euromex Microscopen B.V.
Postbus 4161
6803 ED Arnhem
Telefoon: 026-323 4473
Fax: 026-323 2833.



DC Motor Controller board

+

DC Mike Drive

=

PRECISIE POSITIONEREN

- Met de C 812, DC motor controller insteekkaart is een 4-assige programmeerbare precisie positionering mogelijk
- 4 DC motoren, 12V-3W, kunnen worden aangestuurd
- programmering middels ASCII
- DC Mike Drives in 10, 25 en 50 mm uitvoering
- reproduceerbaarheid van 0,1 micron



PHYSIK INSTRUMENTE

is uw partner

Laat u uitnodigen tot een oriëntatie.

Voor uitgebreide informatie en
produktcatalogus:

Tel. (31) 499 - 375375

Fax (31) 499 - 375373



**APPLIED LASER
TECHNOLOGY**

SAM 3.0 in Windows - [c:\sam30\data\ortho.sam]

File Build Input Motion Leads Analysis Display Results Window Help

SAM 3.0

Bewegings- en krachtenanalyse
van algemene 2D-mechanismen

hfl. 2250,-
Onderwijsinstellingen vanaf hfl. 750,-

Tevens leverbaar via
Ingenieursbureau HWS-Techniek
5613 ES Eindhoven, Lakerstr. 30
tel/fax 040-2435999

Finalist
European Academic
Software Award '94

Testrapport in "Mikroniek 95/5"

ARTAS - Engineering Software Het Puyven 162 - 5672 RJ Nuenen - tel/fax: 040-2837552 E-mail: artas@pi.net

Brother draadvonkmachines en Okamoto slijpmachines

Snelheid en precisie maken ze onverslaanbaar

▼ Kenmerken draadvonkmachine:

- mogelijkheid tot automatische draadvoer
- mogelijkheid tot B-as
- zeer goede prijs-prestatie-verhouding



▼ Precisie vlak- en profielslijpmachine met CNC besturing, uitgerust met een swingdresinrichting, wat het dresen van gecompliceerde profielen eenvoudig maakt

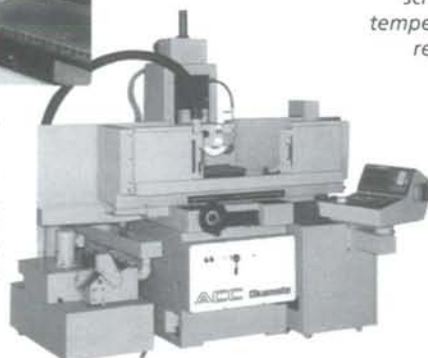


Type P met
2 dressers

Automatische
olie-
temperatuur
regelaar



Afgebeeld is de
ACC-52DXNCF,
met koel- &
stofafzuig-
systeem en met
magnetische
stofafscheider



Type F met
swingdresser

Bel voor meer informatie over deze unieke machines:



delba® (0316) 22 11 12

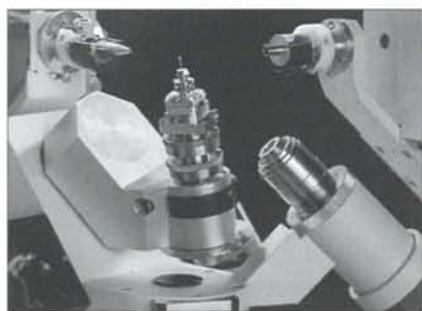
Delba Precisie Techniek BV, Fax: (0316) 22 78 83, Postbus 108, 6940 AA DIDAM.



Vatting fish eye lenzenstelsel
De klant wilde een haarscherpe foto.
Geen probleem. De lenzen hebben een
onderlinge afstandstolerantie van nog geen 2 μ .



Titanium raketneusje
Op ware grootte. Door de uitgekiende
geometrie kunnen de drie draagarmpjes
(0,9 mm * 1,4 mm) meer dan 100 kilo torsen!



Röntgen diffractiemeter
Nergens ter wereld waren lagere te koop
die de voor dit apparaat vereiste nauw-
keurigheid bezaten. Dus ontwierpen en
maakten we ze zelf.



Kijkerframe
Speciale spantechnieken zijn nodig om dit
fragiele lichtmetalen onderdeel te bewerken
en daarbij zeer nauwe toleranties te halen.



*Voor het fijne
werk moet u in
Delft zijn.*

Fish eye lens
Om 360° foto's mee
te maken. Kortom, een lens
die aan het onmogelijke grenst.

In Delft vindt u de specialisten van het fijnmechanisch werk. Delft Instruments is wereldwijd bekend om haar medische apparatuur, haar nachtvisie equipment en haar meetinstrumenten. Mechanical Parts Production (MPP) is het onderdeel van Delft Instruments dat de fijnmechanische onderdelen voor deze high tech apparatuur verzorgt. Onze kennis en ervaring stellen wij u graag ter beschikking. U kunt bij ons terecht voor (klein) serie fabricage, assemblage en het vervaardigen van een prototype of een enkelvoudig produkt. Ook kunnen wij u een compleet produkt leveren. Wilt u tegen de scherpst mogelijke prijs exact het produkt dat u voor ogen staat, dan hoeft u maar één ding te doen. Naar Delft komen.

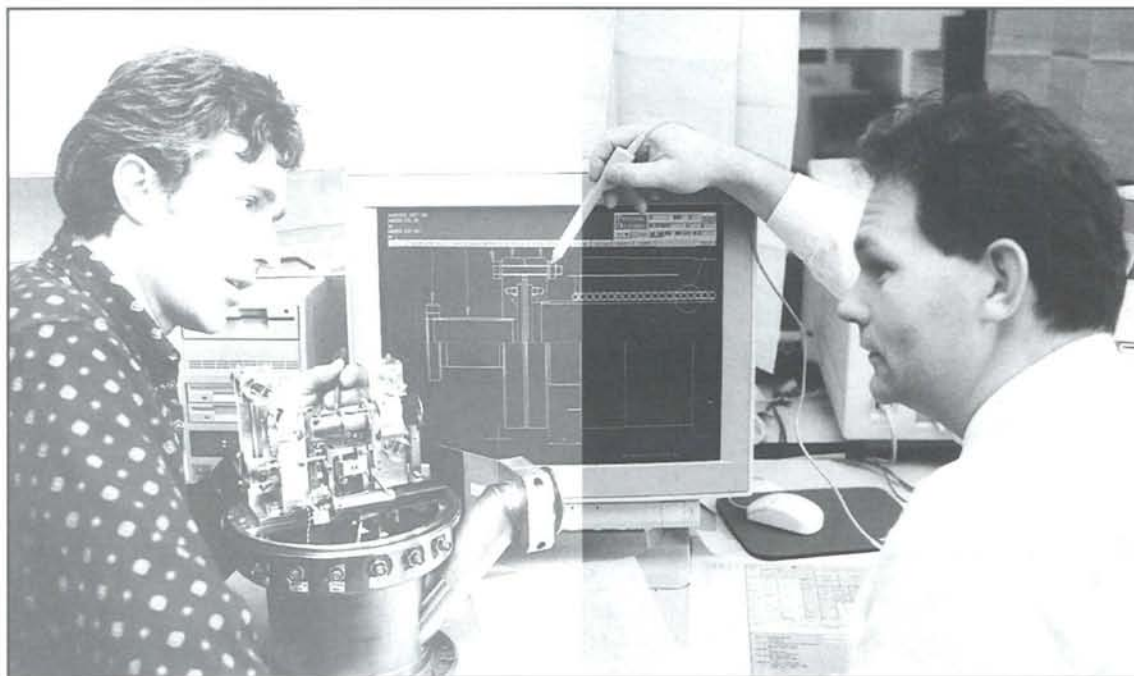


Delft Instruments MPP
Röntgenweg 1, Postbus 483, 2600 AL Delft
Telefoon: 015 26 98 666, Fax: 015 25 71 352
E-mail: info @ MPENL





De uitwerking van een produktidee is bepalend voor de kwaliteit



Samen krijg je meer voor elkaar!

De NVPT stimuleert ontwikkelingen en toepassingen van de precisietechnologie in Nederland en wil daarmee tevens de belangstelling van dit kennisintensieve vakgebied vergroten.

Door het grote kennispotentieel dat qua niveau en vakdisciplines in de vereniging aanwezig is, kan door onderlinge contacten een vruchtbare kennisoverdracht tot stand komen.

Daarmee wordt een belangrijke bijdrage geleverd zowel aan de vaktechnische ontwikkeling van de leden als aan de ontwikkeling van de precisietechnologie in het algemeen.

De vereniging tracht haar doel te bereiken door onder meer:

- Deelname aan vakbeurzen samen met bedrijfsleden.
- Bedrijfsbezoeken.
- Samenwerking in Landelijke en Regionale Werkgroepen.
- Uitgave van het vakblad MIKRONIEK.
- Mikropool, een onderlinge dienstverlening op het gebied van materialen en bewerkingen.
- Deelname aan de organisatie van vakgerichte symposia, themadagen en tentoonstellingen.

Indien u in de activiteiten van de NVPT bent geïnteresseerd, stuur ons dan deze antwoordstrook.

Voor informatie en aanmelding:
Nederlandse Vereniging voor Precisietechnologie NVPT
Postbus 6367, 5600 EJ Eindhoven
Tel.: 040-2947937, Fax: 040-2125075

Naam

Adres

Postcode Woonplaats

Tel.: Fax:

Werkzaam bij

Functie

Vakgebied(en)

Omvang bedrijf

Lidmaatschap: ☐ wil informatie

☐ geeft zich op als lid.





The success of your product depends on the performance of every single part — even those your customer doesn't see. That's why Philips Mechatronics is the smart choice for precision components.

Take advantage of Philips' expertise: high-performance parts in tightly controlled production and even to extreme tolerances — for just about every application. If standard units won't do, our design engineers will work with you to develop the specific component you need. And take advantage of our global presence and production facilities: Philips can meet your delivery schedule, wherever your needs arise.

Then there's quality... And while everyone else is making claims, Philips Mechatronics is making commitments. We understand that you're staking your reputation on our quality. So we'll do whatever it takes to deliver the best designed, most reliable, optimum tolerance product.

It's the little things that make a difference.



These components are small — so small, your customers won't know they're from Philips. But they will know if they're not.

Philips Mechatronics
Kerkeplaat 12, 3313 LC Dordrecht
P.O. Box 57, 3300 AB Dordrecht
Tel. +31 78 621 99 10
Fax +31 78 621 32 76

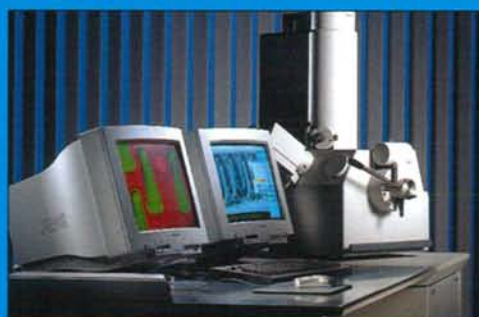
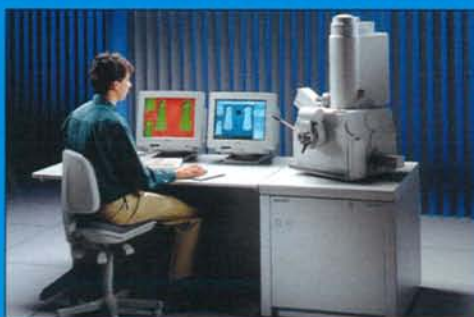
Let's make things better.

Philips
Key
Modules



PHILIPS

Philips Elektronenmicroscopen



Laten het kleinste detail waarheid worden

Wat Uw vakgebied ook is - materiaal-
kunde, levenswetenschap, medisch
onderzoek of kwaliteitsbewaking -
onze geavanceerde transmissie en
scanning-elektronenmicroscopen
onthullen het kleinste detail.
Makkelijker, sneller en nauwkeuriger.

Philips Electron Optics.
voice: +31 40 27 66 768
fax: +31 40 27 66 786
e-mail: marcom@eo.ie.philips.nl
website: www.peo.philips.com

Let's make things better.



PHILIPS