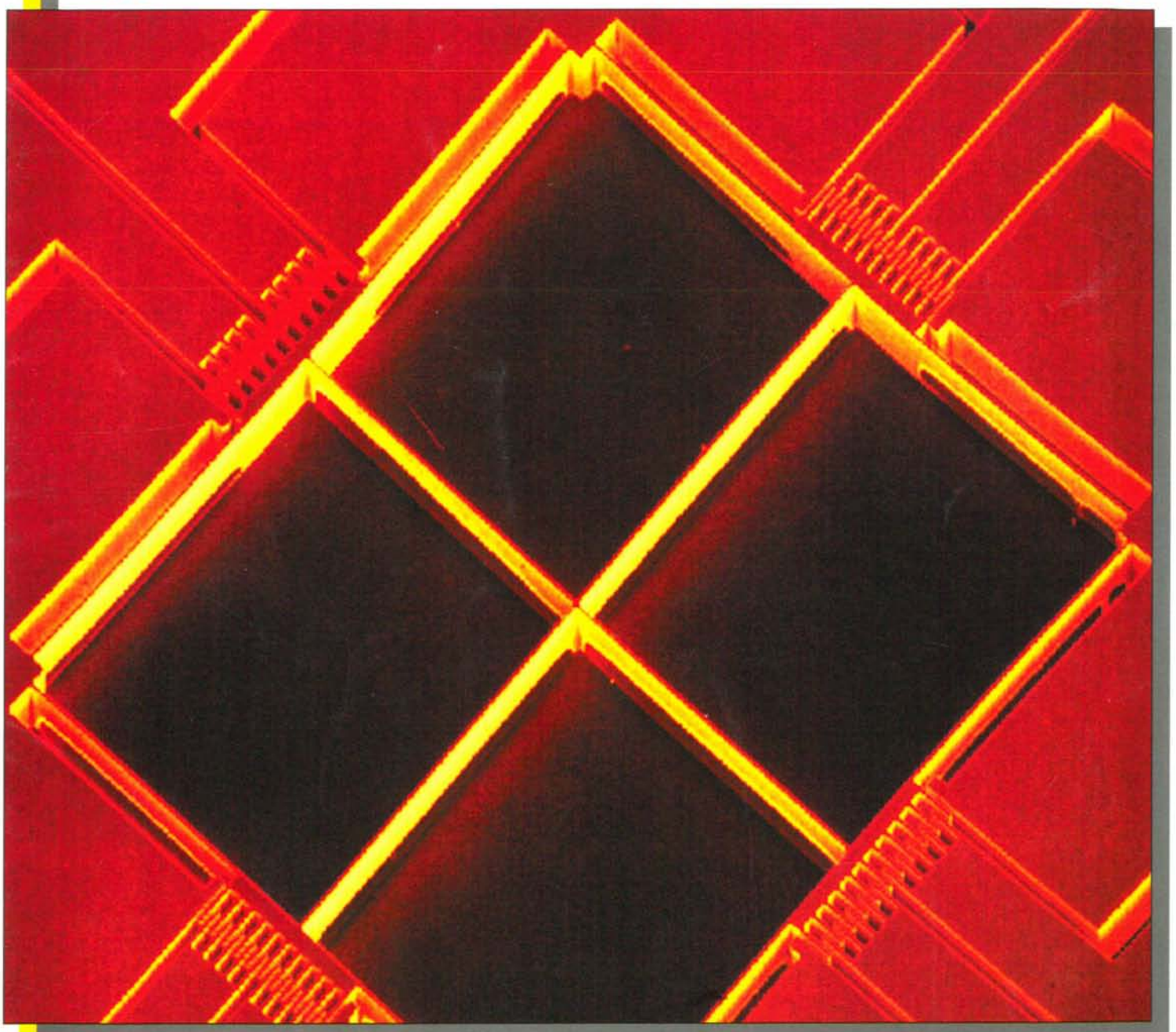
jaargang 34, nummer 3

Mikromiek

NVFT

VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE



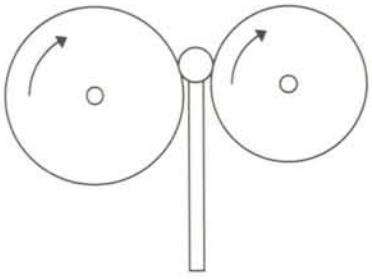
Microsysteemtechnologie

Longdistance microscoop – Routing van slangen

Glas en keramiek selecteren

FIRMA CENTERLESS

Middenweg 145F - 1394 AH Nederhorst den Berg -
Telefoon 02945 - 4269 - Fax 02945 - 1751



- Numeriek draaien.
  (500 tussen de centers X ∅ 400)
  tot ∅ 65 mm vanaf staf.
- Centerloos slijpen - doorvoeren tot ∅ 100.
- Läppen-insteken en profileren
  tot ∅ 80 mm.
- Numeriek langdraaien
  t/m ∅ 20 mm.
- Numeriek frezen met palletwisselaar
  op bewerkingscentra.

DENK NOU NIET DAT U MET UW HOOGGLANS- EN OPTISCH POLIJSTWERK BIJ ONS NIET WELKOM BENT

Polgron Optics and Polishing Techniques is de enige onderneming in Nederland die zelfstandig hoognauwkeurig polijstwerk verricht. Het polijsten van produkten met een oppervlakteruwheid van Ra 0,001 tot 0,002 micrometer en een vormnauwkeurigheid van 0,03 micrometer is met de door ons ontwikkelde techniek niet alleen haalbaar voor vlakke, maar zelfs voor sferische en a-sferische vormen. Die kunst laten we niet afkijken. Evenmin gunnen we u een blik op prototypes of matrijzen van de meest gerenommeerde bedrijven die bij ons op de werkbank kunnen staan. Wellicht voor u juist de verzekering dat uw opdracht bij Polgron in goede handen is.

P O L G R O N
OPTICS & POLISHING TECHNIQUES
Het grave onderscheid op 0,002 micrometer.

Zernikepark 2-4, 9747 AN Groningen, tel. 050-7457 58 fax 050-634596

INSTRUCON
INSTRUMENTS

Houdt zich bezig met het vervaardigen van prototypes, nulseries, proef- en zichtmodellen en het vervaardigen van precisie-onderdelen en instrumenten.

Deze zeer uitgebreide prototypeafdeling heeft een aantal unieke eigenschappen namelijk: een flexibele organisatie, goed geschoold personeel en een veelzijdigheid aan technieken.

Omdat er in veel prototypes veel kunststof onderdelen zitten, is het maken van deze onderdelen via Low Cost matrijzen een apart specialisme geworden.

Voordelen zijn:
- zeer geschikt voor aantallen tussen de 5 en 1000 stuks;
- grote materiaalvrijheid;
- grote produktvormvrijheid;
- ideaal voor nulseries;
- snelle levertijden.

Postbus 441
3440 AK WOERDEN
Telefoon: 03480 – 22952

Bierbrouwersweg 23
3449 HW WOERDEN
Telefax: 03480 – 22951

BUHRAL-KLN bouwt geheel naar klantwens machines die elke kunststofverbinding naadloos tot stand brengen. Een volledig droge techniek.

Perfectie in kunststof verbindingen

Verbinden van thermoplasten d.m.v.

- Ultrasoon-techniek
- Heetspiegel-techniek
- Vibratie-techniek
- Rotatie-techniek

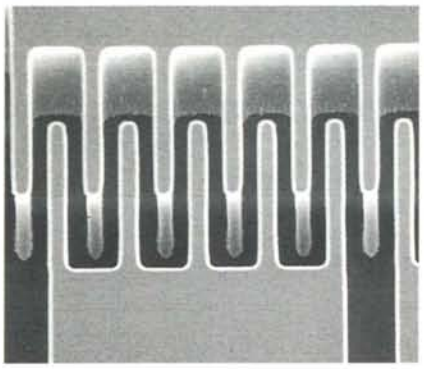
Voor meer informatie, ook over ULTRASOON REINIGEN:

ULTRASONE TECHNIEKEN

buhral - kln b.v.

Nijverheidsweg 60 - 3812 PM Amersfoort
Tel. 033-630544 - Fax 033-631530

In dit nummer



Zie pagina 74

Zie pagina 80

Zie pagina 84

Zie pagina 89

65 Microsysteemtechnologie
Editorial

66 Verenigingsnieuws/Actueel

70 Microsysteemtechnologie: Een niet te missen ontwikkeling
G. Klein Lebbink

74 Micro System Technology en Precision Technology
J. Fluitman

80 Selectiecriteria voor glas en keramiek in constructies
J.C.G. Vervest

84 Longdistance microscoop
H.G.J. Rutten

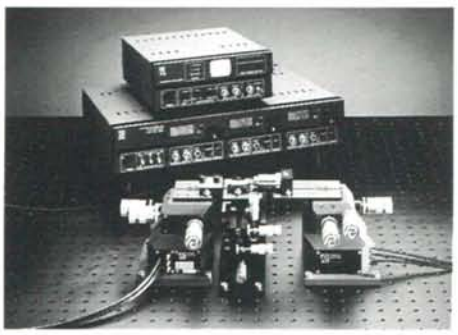
89 Routing van slangen en (kabel)bundels
H.G.J. Rutten

92 Produktinfo

Bij de foto van de voorpagina:
Precisie-positioneringstafel in twee dimensies, afmeting 0,25 × 0,25 mm, vervaardigd met microsysteemtechnologie (MST). Het middendeel kan met submicrometerprecisie worden gepositioneerd, met behulp van de vertande elektrostatische actuatoren aan de vier zijkanten. (foto: Henri Jansen)

MELLES GRIOT

Optics – Lasers – Instruments



Fiber Couplers, -Launchers, -Positioners

Ons leveringspakket omvat een grote variateit aan translatie- en rotatie systemen voor nauwkeurige positionering.

U kunt geheel vrijblijvend informatie bij ons opvragen, ons adres is:

Melles Griot B.V.
Postbus 22, 6900 AG Zevenaar
Telefoon: (+31) 8360 – 33041
Telefax: (+31) 8360 – 28187

Instrument makerij

Leitec Instruments

Tomatenstraat 4, 2321 HG
Leiden, tel 071-76 55 07

metaal
kunststof

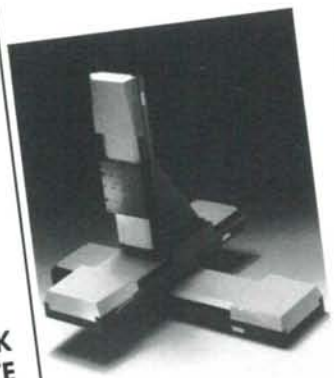
tevens
micro
argon/arc

Uw botte frezen als NIEUW geslepen!!

Maak kennis met onze nieuwe en perfekte slijpmethode, het is beslist de moeite waard, laat u overtuigen door uw proefzending, 5 stuks voor slechts *f* 15,--.
Wilt u verdere informatie, belt u ons.

Kafra Hard Metal Tools, Precisieslijperij
Tel. (05450) 9 49 45. Fax (05450) 9 51 17.
Postbus 79, 7160 AB Neede

U eist een uitzonderlijke POSITIONERINGS-NAUWKEURIGHEID



PHYSIK INSTRUMENTE is uw partner

De nieuwe serie lineaire translatoren (serie M 500 (100, 200 en 300 mm) garanderen u:
- nauwkeurigheid 1 micron
- positionerings-reproduceerbaarheid 0.1 micron (0.4 micron voor 300 mm uitvoering). Aandrijving middels stappenmotor of DC motor. Optioneel kan een Heidenhain-lineaal geintegreerd worden zodat absolute verplaatsingen bepaald kunnen worden.

Wij nodigen u graag uit tot een orientatie. Voor uitgebreide informatie en produktkatalogus

Tel. 04959 - 3300
Fax 04959 - 1153

APPLIED LASER TECHNOLOGY

hft **DEN HARTOG**
fijnmechanische techiniek b.v.

vervaardiging en reparatie van fijnmechanische onderdelen
kunststofmatrijzen
snijstempels
buigstempels
prototypen
bewerken van kunststofonderdelen

Nijverheidsweg 8
3481 MB Harmelen
Tel.: 03483 - 3504
Fax: 03483 - 4187

Mikroniek

Orgaan van de

NVFT

Nederlandse Vereniging voor precisie-technologie

Editorial

Microsysteemtechnologie

De Microsysteemtechnologie (MST) heeft zich in de afgelopen decennia ontwikkeld uit de IC-technologie, min of meer buiten het gezichtsveld van de klassieke Fijn Mechanische Techniek (FMT). Dat wil niet zeggen dat de FMT stil is blijven staan. Integendeel, de FMT is sterk interdisciplinair geworden, bereikt in bewerkingen en functionaliteit steeds hogere precisie en realiseert steeds betere specificaties. Deze ontwikkelingen hebben onder meer geleid tot naamsverandering van FMT naar Precisie-Technologie (PT). Uiteraard heeft ook de vraag naar meer functie per volume-eenheid, de miniaturisatie, de FMT beïnvloed.
De MST omvat met name de micromachining van silicium en andere IC-achtige materialen, maar de technologie maakt steeds meer mogelijk, zoals de produktie van dunnefilm vormgeheugenmaterialen, de LIGA-technologie, het aanbrengen of verwijderen van materiaal met behulp van lasers. Kortom de MST slaat haar wieken uit over alles wat maar bijdraagt aan fabricagetechnieken van microstructuren.
Het wordt hoog tijd om MST en FMT bijeen te brengen. In feite is de reden dat ze nog teveel gescheiden in de belangstelling worden gebracht van louter historische aard en heeft niets te maken met een functioneel onderscheid.
Het is zinnig om de bestaande infrastructuur van de Precisie-Technologie te benutten om de MST aan de man/vrouw te brengen. De beoogde fusie betreft de kennisinfrastructuur (periodieken) en de facilitaire infrastructuur (waar vind ik wat en wat kost me dat?).
Het eerste probleem kan snel worden opgelost als de huidige NVFT de nieuwe loot MST omarmt en in haar voorlichting en kennisoverdracht meeneemt.
Het tweede punt, dat van de facilitaire infrastructuur, vraagt meer studie omdat het veelal (nog) om dure faciliteiten gaat.

De haalbaarheid van een "Prototype Centrum voor Microsystemen" wordt onderzocht, waar met name het midden- en kleinbedrijf gebruik van kan maken: op weg naar nieuwe produkten òf naar nieuwe features in bestaande produkten.
In beide gevallen zal ook de integratie van het "micro-produkt" in een hanteerbaar produkt of systeem constructief uitgewerkt moeten worden.
Gesteld dat de kennis over de nieuwe mogelijkheden verspreid is, dan moet het bedrijfsleven kunnen aanbellen bij een instantie waar prototypen en kleine series kunnen worden gemaakt. We gaan er dan wel van uit dat het bedrijf zelf òf via contractresearch (bijvoorbeeld met het MESA-Instituut), de haalbaarheid van het nieuwe produkt heeft aangetoond. Om een dergelijk Prototype Centrum voor Microsystemen van de grond te krijgen, worden enkele acties ondernomen in nauwe samenwerking met het MESA-Research Instituut. Van de resultaten van onze acties zullen wij U op de hoogte houden door opvolgende publikaties in Mikroniek.
Het ligt in de bedoeling om op korte termijn een Landelijke Werkgroep NVFT in te stellen die de MST zal gaan promoten en de toepassingen van de MST zal gaan stimuleren. Op deze manier denken wij een interessant en belangrijk vakgebied als MST toegankelijk te kunnen maken, in het bijzonder voor onze leden.

G. van Drunen,
secretaris NVFT

J. Fluitman
directeur MESA Research Instituut

Uitgave:
NVFT

Redactie:
Dr. ing. D. Blank
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
H.M.C. Heubers
Ir. P.C.J.N. Rosielle
H.G.J. Rutten
Ir. J.J. Veerman
Dr. ir. J. Verkerk
G.J. Verschragen

Redactiesecretariaat:
Mikroniek
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-531 710 / 531 639

Redactie-adviesraad:
Prof.ir. A. Anemaat
Prof. L.H.J.F. Beckman
Prof.dr.ir. H.F. van Beek
Prof.dr.ir. J. Bleeker
Ing. H. Bosch
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuis
Prof.ir. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
A. Meijering
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
Ir. D. van't Veen

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: 030-531 710 / 531 639
Fax: 030-522 267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland ƒ105,-- per jaar
Buitenland ƒ132,-- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Secretariaat NVFT
Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040-473 659; Fax: 040-460 645

Vormgeving:
Jurriaan Bol Design, Son

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

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 Kwartskristal.
- Coaten met metalen en Fluoriden op uw Substraten en Spiegels.
- Precisie glasbewerking in Standaard Glas, Optisch Glas, Kwartsglas en Kwartskristal.

STABILIX

STABILIX B.V.
Burg. Hovylaan 84
2552 AZ DEN HAAG
tel. 070 - 3970061 fax 070 - 3979321

KOPER / MESSING / ALUMINIUM

Voor 't geval dat u 't nog niet wist.:...

enorme voorraden
en korte levertijden

beheersen onze handelswijze!

Onze voorraad platen, staven, buizen, draad, profielen etc. is groot, erg groot zelfs.
En deze voorraad wordt voortdurend op peil gehouden, want lange levertijden zijn bij ons taboe.
Vraag omgaand informatie. We zijn snel te toetsen!

KOPER E-Cu/SF Cu	MESSING Ms 58/Ms 60 Pb/Ms 63	ALUMINIUM 50 ST/51 ST/28 ST/54 S
● - 3 t/m 250 mm	● - 1 t/m 350 mm	● - 3 t/m 500 mm 51 ST + 28 ST
■ - 4 t/m 200 mm	■ - 2 t/m 150 mm	■ - 4 t/m 200 mm 51 ST + 28 ST
⬢ - 6 t/m 60 mm	⬢ - 2 t/m 110 mm	⬢ - 5 t/m 36 mm 28 ST
▬ - 6 x 2 t/m 100 x 60 mm	▬ - 3 x 2 t/m 100 x 80 mm	▬ - 10 x 2 t/m 150 x 75 mm 50 ST + 28 ST
○ - buis t/m 106 mm	◠ - 6 x 3 t/m 40 x 6 mm	○ - buis/holstaf t/m 300 mm 50 ST/51 ST/28 ST
	✹ - kartel 5 t/m 23 mm	● plat + vierkant óók in kortspanig 28 ST
	○ - buis/holstaf t/m 180 mm	

SALOMON'S METALEN B.V.
Voorsprong door Voorraad!

GOTENBURGWEG 24,
9723 TL GRONINGEN TEL. 050-421200 FAX 050-416892

Verenigingsnieuws/Actueel

Fuzzy Forum

Fuzzy Forumdag; 16 juni 1994, 9.30 - 16.00 h; Congrescentrum Orpheus, Apeldoorn; kosten *f* 75,— excl. BTW; georganiseerd door Centrum voor Micro-Elektronica.
Steeds meer bedrijven gaan ertoe over om Fuzzy Logic (Vage logica) in hun produkten en besturingen toe te passen. Meer kennis komt beschikbaar en meer ondernemers zijn geïnteresseerd in deze ervaringen en toepassingen. Ook is er een expositie waar leveranciers van hard- en software hun produkten tonen.

Voor nadere informatie:
Centrum voor Micro-Elektronica
Ing. S. Paternotte / drs. E. Griffijn
Telefoon: 08385 - 80 200.

Themadagen Mikrocentrum Nederland

In het mededelingenblad "Up Date" van het Mikrocentrum, uitgave 25 april 1994, wordt een overzicht gegeven van de dit jaar te houden themadagen. Vóór de zomermaanden zijn dit:

- 14 juni: Doelmatig automatiseren van produktiemiddelen en/of produktieprocessen;
- 21 juni: Verbinden/lassen van kunststoffen;
- 23 juni: Nieuwe meetmethoden dimensies/geometrie.

Steeds te Eindhoven; kosten *f* 495,—.

Voor nadere informatie:
Mikrocentrum Nederland
Kruisstraat 74
5612 CJ Eindhoven
Telefoon: 040 - 432 503
Fax: 040 - 450 169.

Milieu, technologie en economie; kansen zien, en benutten

Congres; 22 juni 1994; Evoluon, Eindhoven. Initiatief van diverse instanties en instellingen in Noord Brabant, Technische Universiteit Eindhoven, en World Trade Center Eindhoven.
Het congres moet een start zijn voor een nieuwe visie op milieutechnologie, die vooral vertaald wordt naar alledaagse praktijk. In het programma is daarom veel plaats ingeruimd voor diverse workshops. In de workshops wordt ingegaan op allerlei actuele praktische thema's en voorbeelden van succesvolle gebruikmaking van milieutechnologie en milieuzorgsystemen in de Regio Eindhoven. Zo wordt in twee workshops aandacht besteed aan het milieugericht ontwerpen van verpakkingen en de milieubewuste ontwikkeling van een metaal-elektro produkt. In enkele andere workshops komen de vaak ingewikkelde regel- en wetgeving en de financiële aspecten van milieutechnologische toepassingen aan de orde.
Drie gerenommeerde sprekers schetsen achtereenvolgens de bedreigingen, kansen en ontwikkelingen op milieutechnologisch gebied. Een panel van deskundigen gaat na elk besproken thema de discussie met de spreker aan. De heer R. Welschen, burgemeester van Eindhoven en milieudeskundige bij uitstek, sluit het congres af met zijn visie op deze dag.

Voor nadere informatie:
World Trade Center Eindhoven
Telefoon: 040 - 653 653.

Fijnmechanische techniek / Mechatronica

Post HTO-cursus; begin 19 september 1994, duur 1 jaar, 1 avond per week van 17.30-21.00 h; trainingscentrum van de Hogeschool Utrecht, Tiberdreef 8.
Bestemd voor: constructeurs, ontwikkelaars en andere technici op HTS-niveau met interesse in de Fijnmechanische Techniek.
In deze cursus staat de ontwerptechniek in het middelpunt, hetgeen onder andere in een workshop in praktijk wordt gebracht. Gebruik wordt gemaakt van ondersteunende modulen die vooral voorzien in de kennisbehoefte op het gebied van de moderne FMT, bijvoorbeeld construeren bij hoge eisen voor nauwkeurigheid en dynamisch gedrag.
Toepassing van elektronica, informatica en besturings/regeltechniek binnen de fijnmechanische techniek is al geruime tijd standaard. Deze combinatie van mechanische en elektronische principes in één produkt, de Mechatronica, krijgt in de cursus eveneens ruime aandacht. Dit blijkt zowel uit de modulen met onderwerpen uit andere kennisgebieden (sensoren, servoaandrijvingen, actuatoren) als de voorbeelden uit de FMT die worden behandeld.

Korte inhoud van de cursus:

- *Fijnmechanische Techniek* (totaal ca. 65 uur): fijnmechanische constructie-elementen; elasticiteit en stijfheid van constructies; fabricagetechnieken en materiaalkeuze in de FMT; dynamische gedrag van produkten en mechanismen.
- *Elektronica en besturings/regeltechniek* (totaal ca. 45 uur): basiselektronica; elektronica en besturingstechniek; sensoren; actuatoren; simulatie- en regeltechniek.
- *Ontwerpen* (totaal ca. 40 uur): servosystemen; workshop ontwerptechniek.

Voor nadere informatie:
Secretariaat nascholing Hogeschool Utrecht
Tiberdreef 8
3561 GG Utrecht
Telefoon: 030 - 660 254
Fax: 030 - 628 418.

MUST

Symposium; 19 en 20 september 1994; georganiseerd door de Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) en de afdeling Elektrotechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIvI-EL) om de aandacht te vestigen op de voortgaande miniaturisatie.

STT presenteert bij deze gelegenheid de resultaten van haar studie "Microsysteemtechnologie".
Niet-functionele afmetingen van produkten worden voortdurend kleiner. Denk aan consumentenprodukten zoals videocamera's, telefoons en geluidsapparatuur, maar ook aan professionele analyse-apparatuur en medische instrumentatie. Tegelijkertijd neemt het aantal functies in produkten toe. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in auto's en CD-I's.
Naast miniaturisatie door het verkleinen van bestaande afmetingen, is het ontwikkelen van microsystemen een nieuwe aanpak die sinds tien jaar terrein wint. Nieuwe technologieën gebaseerd op bijvoorbeeld IC-technologie spelen hier een rol. Afmetingen van systemen in dit vakgebied lopen van millimeter tot micrometer. Denk hierbij aan systemen met sensoren die temperatuur, druk en concentraties meten, analyseren en deze vervolgens in actie vertalen.

Het symposium is bedoeld voor de technische beslissers in het bedrijfsleven –met name in het midden- en kleinbedrijf– die actief zijn in het veld van consumentenprodukten, de agrarische sector, de medische wereld en industriële systemen en instrumentatie. Het doel is u informatie te verstrekken op grond waarvan u kunt beslissen of:
- miniaturisatie u nieuwe mogelijkheden brengt;
- microsysteemtechnologie u nieuwe ondernemingskansen biedt.

Programma
In een aantal lezingen zullen de behoeften van de verschillende bedrijven op het gebied van miniaturisatie aan de orde komen. De informatiemarkt toont het aanbod aan technologieën, de produktie-aspecten en de trends in miniaturisatie. Een aantal sprekers zal ingaan op de activiteiten in het buitenland. Ook de condities en voorwaarden om op dit gebied activiteiten te kunnen ontplooien, komen aan bod.
• *19 september 1994*
- de visie van de overheid en de industrie op het belang van miniaturisatie en op ondernemingskansen;
- parallelsessies over miniaturisatie en toepassingen van microsysteemtechnologie in medische systemen en industriële systemen en instrumentatie;
- de benodigde produktietechnologie.

Tegelijkertijd zal er een informatiemarkt zijn waarbij de mogelijkheden van miniaturisatie worden getoond en waar technologie-aanbieders de ontwikkelingen in de microsysteemtechnologie laten zien.
's Avonds diner en zal Chriet Titulaer u onderhouden over het onderwerp.
• *20 september 1994*
- parallelsessies over miniaturisatie en toepassingen van microsysteemtechnologie in agrarische systemen en consumentenprodukten;
- informatiemarkt en demonstraties van bestaande produkten;
- overzicht van wereldwijde activiteiten;
- overzicht van activiteiten in Europa, Nederland en Vlaanderen;
- conclusies.

• *Geïnviteerde sprekers*
Onder andere **drs. M.C. van der Harst**, Ministerie van Economische Zaken, directeur-generaal voor Industrie & Diensten; **de heer M. Lambrechts**, programmadirecteur nieuwe materialen van het Vlaams Instituut voor de Bevordering van het Wetenschappelijk-Technologisch Onderzoek in de industrie; **prof.dr.ir. W.M.C. Sansen**, Katholieke Universiteit Leuven; **prof.dr.ir. J.H.J. Fluitman**, Universiteit Twente; **drs. Chr. Titulaer**, Chriet Titulaer Produkties b.v.; **prof.dr. W. Ehrfeld**, president IMM, Institut für Mikrotechniek Mainz; **prof.dr.ir. H.F. van Beek**, TU Delft; **J. Tsalas**, head of sector Microsystems, Commission of the European Communities.

Voor nadere informatie:
Stichting Toekomstbeeld der Techniek
Postbus 30424
2500 GK Den Haag
Telefoon: 070 - 3 919 859
Fax: 070 - 3 616 185.
Tessa van der Knaap, Gerben Klein Lebbink.

Veenendaal nieuwe locatie Centrum voor Micro-elektronica

Het Centrum voor Micro-Elektronica (CME) bevordert de verantwoorde toepassing van elektronica in produkten bij het Nederlandse Midden- en Kleinbedrijf en wordt daardoor volledig gesubsidieerd door de overheid als waardevol onderdeel van het Industriebeleid van het Ministerie van Economische Zaken.
Per 1 maart is het CME gevestigd op het adres:
Diamanttoren (langs A12)
Vendelier 71
3905 PD Veenendaal
Telefoon: 08385 - 80 200
Fax: 08385 - 80 234.
Tot op deze datum had het CME sinds de oprichting in 1982 drie vestigingen, te weten in Delft, Eindhoven en Enschede, die nu zijn overgegaan naar één te Veenendaal.
Het CME beoogt met deze centralisatie haar positie als landelijk aanspreek- en coördinatiepunt voor de elektronica te versterken en haar werkzaamheden ten behoeve van het Midden-en Kleinbedrijf nog effectiever en efficiënter te kunnen uitvoeren. Nagenoeg alle 35 medewerkers blijven bij de organisatie in dienst.
Teneinde de advieswerkzaamheden zo goed mogelijk te kunnen uitvoeren zullen de consultants decentraal blijven wonen, omdat vooral de ondersteunende diensten worden gecentraliseerd.

Voor nadere informatie:
Centrum voor Micro-Elektronica
Ir. H.J. Bosch
directeur externe betrekkingen
Telefoon: 053 - 339 055
Fax: 053 - 332 621.

InnovatieCentrum uit Arnhem en KEMA sluiten contract

KEMA in Arnhem en het InnovatieCentrum Midden- en Zuid-Gelderland in Arnhem sluiten een samenwerkingscontract op het gebied van materiaalkennis. Het doel is te voldoen aan de groeiende behoefte van het Midden- en Kleinbedrijf aan kennis op het gebied van materialen. De hoge kosten die materiaalonderzoek met zich meebrengt zijn voor deze groep vaak een belemmerende factor om daar voldoende toegang toe te krijgen. Door deze samenwerking, die financieel ondersteund wordt door de provincie Gelderland,

wordt deze drempel verlaagd.
Op 8 maart jl. werd het contract ondertekend, dat een looptijd heeft van 3 jaar. Via het InnovatieCentrum in Arnhem kunnen alle InnovatieCentra in Nederland gebruik maken van de kennis van KEMA. Voortaan kan via de adviseurs van de InnovatieCentra een beroep worden gedaan op de expertise van KEMA.

Praktijkrichtlijn voor verband oppervlaktefunctie en ruwheid

Het Nederlands Normalisatie-instituut (NNI) heeft de derde druk gepubliceerd van de Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 3737 "Oppervlakteruwheid - Richtlijn voor het verband tussen de functie van een werkstukoppervlak en de ruwheidswaarde".
De richtlijn geeft constructeurs de mogelijkheid voor oppervlakken met een bijzondere functie (afdichten, glijden, enz.) een juiste ruwheidswaarde en de bijbehorende ruwheidsparameter vast te leggen in de produktspecificatie (tekening e.d.). Voor elke functie kan worden gekozen uit een gemiddeld ruwheidsgebied voor normale toepassing, een ruwheid die kleiner is dan gemiddeld en een ruwheid die groter is dan gemiddeld voor die bepaalde toepassing.
De norm kan worden besteld door overmaking van *f* 22,90 (inclusief btw en verzendkosten) op Postbanknummer 25301 ten name van het NNI in Delft onder vermelding van "NPR 3737", of per fax bij NNI-verkoop: nummer 015 - 690 271.

Voor nadere informatie:
NNI-informatiecentrum:
telefoon 015 - 690 255.

Techni-Show goede prikkel voor investeringsplannen

De Techni-Show '94 lijkt de investeringen van de industrie in machines en gereedschappen een belangrijke impuls te hebben gegeven. De uitkomsten van de bezoekersenquête, die de afgelopen week tijdens de beurs werd gehouden, wijzen in ieder geval in die richting. Ruim 62 procent van de bezoekers van de Techni-Show '94, die van 21 tot en met 26 maart in de Jaarbeurs plaatsvond, heeft aangegeven met investeringsplannen rond te lopen. Daarvan heeft ook ruim 60 procent gezegd deze investeringen binnen een jaar te willen realiseren. Dat is een hoopgevend bericht voor de fabrikanten en leveranciers van industriële produktietechnieken, die al geruime tijd te maken hebben met teruglopende investeringen. Bijna 40 procent van de bezoekers verwacht het komende jaar een omzetstijging in het eigen bedrijf. Een bijna even grote groep denkt de huidige omzet het komende jaar te stabiliseren, terwijl slechts 7 procent rekening houdt met een daling van de omzet.

Groot polytechnisch woordenboek

Na een intensieve voorbereiding zijn eind oktober nieuwe polytechnische woordenboeken door uitgeverij Kluwer op de markt gebracht. Het gaat om de versies Nederlands-Engels en Engels-Nederlands.
De boeken hebben een groot formaat (16x25 cm) en zijn zeer omvangrijk (900-1000 pagina's). Het aantal termen overschrijdt ruimschoots de 90.000. De boeken zijn door hun aard en omvang uniek in ons taalgebied.
De prijs bedraagt *f* 179,50 en *f* 350,- voor een stel.
Om het vernieuwde karakter te onderstrepen is gekozen voor een nieuwe naam: Groot Polytechnisch Woordenboek. De edities in het Duits en het Frans zijn inmiddels in voorbereiding en gepland voor 1995.

Stodt gaat ervaring opdoen met flexibele produktie

Bij veel kleine en middelgrote toeleveringsbedrijven wordt de produktie steeds meer gekenmerkt door een grote produktvariëteit en kleine series tot enkelstuks. Daarvoor is behoefte aan de ontwikkeling van flexibele produktiecellen, waarmee doeltreffend aan deze gevarieerde vraag beantwoord kan worden. Om hiermee de komende jaren de nodige ervaring op te doen werd bij het Regionaal Centrum Stodt in Almelo recentelijk een nieuwe produktieeenheid geïnstalleerd, die men ontwikkelde in samenwerking met de Duitse gereedschap-machinefabrikant Weiler. De volledig geautomatiseerde installatie - enig in zijn soort - omvat allereerst een veelzijdige CNC-draaibank, alsmede een gereedschapwisselsysteem en een gerobotiseerde materiaaltoevoer en produktafvoer. Belangrijke onderdelen zijn voorts de werkstukbuffer voor het aanhouden van een voorraad en een werkstuk-omkeerder, die tweezijdige bewerking van de werkstukken mogelijk maakt. Door toepassing van een spanbekkenwisselaar kunnen werkstukken met verschillende diameters in de klauwplaat van de machine geplaatst worden. Tenslotte is er een grijperwisselaar voor het automatisch wisselen van de grijpers die voor het opnemen van de verschillende onderdelen benodigd zijn.
Het hart van deze installatie is een geavanceerd computersysteem, waarmee de verschillende secties van de produktie-eenheid gestuurd worden. Het systeem zorgt ondermeer voor de capaciteitsplanning van de machine, gereedschapplanning voor de uit te voeren opdrachten en beheer van de NC-gegevens, gereedschappen en produktie-opdrachten. Actuele gegevens over de produktievoortgang staan na statische bewerking direct ter beschikking.
Met deze flexibele produktie-eenheid kan op diverse niveaus gewerkt worden. Niet alleen volautomatisch bedrijf met centrale aansturing is mogelijk, maar tevens zijn alle deelfuncties separaat aan te sturen. Zo kan een systeem worden bestudeerd waarbij men alleen geïnteresseerd is in automatische belading, terwijl men zich ook alleen kan toespitsen op het gereedschapbeheer. Aldus kan men bij het Regionaal Centrum nu op allerlei manieren ervaring opdoen bij het opzetten van een flexibele produktie, die gericht is op een grote produkvariëteit. Het is de bedoeling dat dit in een later stadium uitmondt in speciale cursussen, die het Stodt in dit kader wil gaan verzorgen.

Verenigingsnieuws/Actueel

Transparantie en scharnierbaarheid bij thermoplasten opgelost

Er zijn reeds heel wat pogingen ondernomen om bij kunststoffen te komen tot 100 procent transparantie in combinatie met een eindeloze scharnierbaarheid. Tot dusver evenwel zonder succes.
Een thermoplastische grondstof waarmee in dit opzicht reeds uitvoerig werd geëxperimenteerd, is polypropyleen (PP). Nu is deze grondstof weliswaar perfect voor wat de scharnierbaarheid betreft, maar de transparantie scoort, in het beste geval, niet meer dan 80 procent. Het resultaat is dan ook een melkwit materiaal dat, met name voor glasvervangende toepassingen, volstrekt ontoelaatbaar is.
Polystyreen (PS) daarentegen haalt een transparantie van nagenoeg 100 procent en benadert daarmee zeer goed de doorschijnendheid van glas. De uitrekkingscoëfficiënt van PS bedraagt echter minder dan de helft van die van polypropyleen. Met andere woorden: polystyreen kan nooit de scharnierende eigenschappen van polypropyleen zelfs maar evenaren!

• *Vernieuwd polystyreen*

Maar er is goed nieuws. Onlangs werd in samenwerking met Philips Plastics Lommel een polystyreen ontwikkeld met dezelfde hoge transparantie, maar met sterk verbeterde scharniereigenschappen. Dit materiaal blijkt geschikt te zijn voor een aantal nieuwe toepassingen, zoals verpakkingsdoosjes voor CD's en CD-I's.
Door gebruik te maken van innovatieve spuitgiettechnieken heeft Philips Plastics Lommel vervolgens aan de door de klant gestelde eisen ten aanzien van doorzichtigheid en mechanica kunnen voldoen. Wat het laatste betreft gebeurt dat door het doosje aan twee zijden aan te spuiten met behulp van een semi-hotrunner. Door te zorgen voor een optimale ontluchting kan de vloeilijn (het zwakste deel van het produkt) **naast** het scharnier wordt gelegd. Doordat steeds betere resultaten worden bereikt ten aanzien van de mechanische eigenschappen van doorzichtige kunststoffen, kunnen hier in de toekomst nieuwe toepassingen tegemoet worden gezien.

Vakbeurs Algemene Toelevering goed bezocht

Terugblik VAT '94

De beurs, die van 1 tot en met 4 februari in de Jaarbeurs werd gehouden, trok vooral bezoekers (totaal 13.900) die werkzaam zijn in de metaalprodukten-, de machine-industrie en de elektrotechnische industrie. Opvallend is het hoge percentage mensen (73%) die in het bedrijf waar zij werken een leidinggevende functie vervullen. Vier van de vijf bezoekers zeggen betrokken te zijn bij aankoopbeslissingen. Het opleidingsniveau van het bezoek was hoog. Een ruimte meerderheid had een HBO- of universitaire opleiding genoten.
De beurs werd hoog gewaardeerd. Uit onderzoek blijkt dat de sectorgewijze indeling zijn vruchten heeft afgeworpen. Bijna alle bezoekers spraken van een overzichtelijke beurs, waarop zij goed hun weg konden vinden. De meesten kwamen naar de VAT om op de hoogte te blijven van nieuwe technische ontwikkelingen. Andere motieven voor beursbezoek waren oriëntatie met betrekking tot investeringsplannen en het aanknopen van nieuwe relaties.

Catalogus ruimtevaarttechnologie

De Europese organisatie voor ruimtevaart ESA heeft ruim zestig innovatieve technologieën geselecteerd die zich goed lenen voor industriële toepassing. In een zojuist verschenen catalogus worden deze technologieën op toegankelijke wijze beschreven. De onderwerpen liggen ondermeer op het gebied van materialen, mechanische componenten, automatisering, robotica, (opto)elektronica, sensoren, fijnmechanica, telecommunicatie, software en biotechnologie.
De catalogus is uitgebracht als onderdeel van het programma TEST en ESA, dat tot doel heeft know-how beschikbaar te stellen aan bedrijven buiten de ruimtevaartindustrie. TEST staat voor Transferable European Space Technologie.
In verschillende Europese landen heeft ESA sinds begin vorig jaar transferpunten in het leven geroepen om de overdracht van kennis te bevorderen. Het Nederlandse transferpunt staat onder beheer van de Vereniging FME. De transferpunten hebben tot taak industriële ondernemingen informatie te verschaffen over de aard en toepassingsmogelijkheden van specifieke technologieën uit de ruimtevaart.

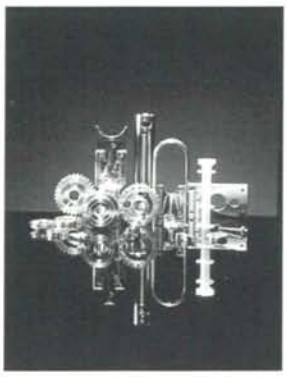
Voor aanvragen van de TEST-3 catalogus (gratis):
ESA-transferpunt
Postbus 190
2700 AD Zoetermeer
Telefoon: 079 - 531 282
Fax: 079 - 531 365.

Rectificatie

In Mikroniek 34 (1994)1 was een artikel opgenomen over de LIGA-technologie. Helaas is daarbij de bron onvermeld gebleven. De industriële toepassing van de LIGA-technologie is wereldwijd voorbehouden aan de Duitse firma microParts, die door de in Soest gevestigde firma MICRO*MONTAGE in de Benelux wordt vertegenwoordigd.
De auteur van het artikel, de heer M.F. Dierselhuis, liet ons weten dat MICRO*MONTAGE zich in toenemende mate richt op de microsysteemtechniek en voor wat betreft de toepassing van LIGA en andere micromachining technologieën u als hoogwaardige partner op diverse manieren terzijde kan staan:
- ondersteuning van uw constructeurs,
- levering van LIGA-onderdelen en specifieke assemblage apparatuur,
- het assembleren van LIGA-delen in uw eindprodukten. Daarbij kunnen mechanica, elektronica en optica tot micromechanismen worden geïntegreerd.

Het spijt ons dat de herkomst van het artikel onvermeld is gebleven.

De redactie



De laatste jaren wordt de vraag naar mikrotechniek steeds groter. A.J.B. Instrument wil daarop inspelen en heeft daarvoor een aparte afdeling opgericht. Wij gaan ons speciaal richten op het vervaardigen van zeer kleine precisieonderdelen t.b.v. de High Tech Industrie.

Deze afdeling wordt gekoppeld aan onze zeer geavanceerde meetkamer met onder andere twee CNC 3D-meetmachines. Uitgebreide meetrapporten kunnen worden meegeleverd.

Voor dit doel heeft AJB het kleinste bewerkingscentrum ter wereld aangeschaft.

Technische omschrijving:

Merk	: KERN
Aantal gereedschappen	: 12
Gereedschapopname	: ISO 20
Toerental	: 300 - 20.000
Besturing	: Heidenhain TNC 415, 5 assen
Werkbereik	: X220 mm, Y160 mm, Z220 mm
Verdeelapparaat	: CNC 2-assig, met mini palletsysteem

instrument bv

Zuidzijde 7, Postbus 1173
3180 AD Rozenburg
Telefoon 01819-13377
Telefax 01819-15542

MECHANICAL PARTS PRODUCTION
Delft Instruments

MPP DELFT INSTRUMENTS

Röntgenweg 1, 2624 BD Delft
Postbus 483, 2600 AL Delft
Telefoon: 015 - 698500
Fax: 015 - 571352

MPP
MPP (Mechanical Parts Production) is een dynamisch bedrijf met tientallen jaren ervaring op het gebied van fijnmechanische fabricage en comakership, een ervaring opgedaan bij de vervaardiging van onderdelen voor de apparatuur van Delft Instruments.

Kwaliteit
Inzet, toewijding en kunde staan bij MPP hoog in het vaandel. Zo kan MPP een uitstekende kwaliteit van haar produkten waarborgen. Bij MPP wordt dan ook volgens ISO 9002 gewerkt.

Co-makership
Dankzij de jarenlange ervaring in het samenwerken met anderen voor fabricage van onderdelen, bouwden de MPP-medewerkers een grote expertise op in het projectmatig werken, waarbij het co-makership altijd als uitgangspunt geldt. Dit betekent dat al bij de ontwikkelingsfase van een produkt wordt meegedacht.

Doelstelling
MPP wil met de klanten Comakership relatie opbouwen. Een relatie die gebaseerd moet zijn op een wederzijds vertrouwen in elkaars mogelijkheden en die gericht is op zo gunstig mogelijke marktcondities voor die klant. Nauwe samenwerking en goede afspraken moeten leiden tot de juiste prijs/prestatie verhouding.

Kontaktpersonen:
W.H.H. Evertsz
tel: 015 - 698666
H.J. Berbée
tel: 015 - 698538

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.

GROOT IN HET KLEINE

micro ✱ montage
Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

Microsysteemtechnologie: Een niet te missen ontwikkeling

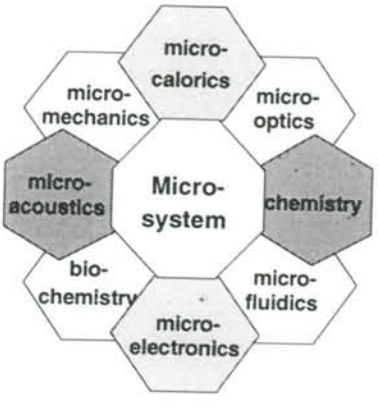
Gerben Klein Lebbink

Op verschillende plaatsen wordt de laatste tijd aandacht gegeven aan de sterk in opkomst zijnde microsysteemtechnologie (MST). In deze bijdrage wordt een overzicht gegeven van deze technologie en worden enkele activiteiten in Nederland beschreven.

Microsysteemtechnologie

Een eenduidige definitie voor microsysteemtechnologie is niet eenvoudig. Dit komt in de eerste plaats door haar historie. Microsysteemtechnologie kan gezien worden als de voortgaande ontwikkeling van een aantal technologieën zoals de micro-elektronica met al haar geassocieerde technologieën, de fijnmechanica, optische techniek, enz. MST put uit vele disciplines waarvan er enkele in figuur 1 zijn weergegeven.

Twee aspecten zijn van belang bij microsystemen. In de eerste plaats de afmetingen waar sprake van is. De dimensie waarvan men spreekt ligt tussen de micrometer en de millimeter. Ten tweede moet er sprake zijn van een systeem. Volgens de definitie in het woordenboek is een systeem een geordend samenhangende geheel van onderdelen. Bij microsystemen kunnen dat waarnemende elementen (sensoren), verwerkende delen (intelligentie) en uitvoerende onderdelen (actuatoren) zijn.



Figuur 1. Disciplines die bij microsysteemtechnologie van belang zijn.

MST omvat alle technologieën die noodzakelijk zijn om microsystemen te maken.
Logischerwijze is de MST niet alleen geschikt om systemen te maken die uiteindelijke afmetingen hebben van enkele micrometers. Ook subsystemen die worden ingebouwd in een groter systeem zijn voorbeelden van de inzet van MST. Een voorbeeld is de airbagsensor in auto's.

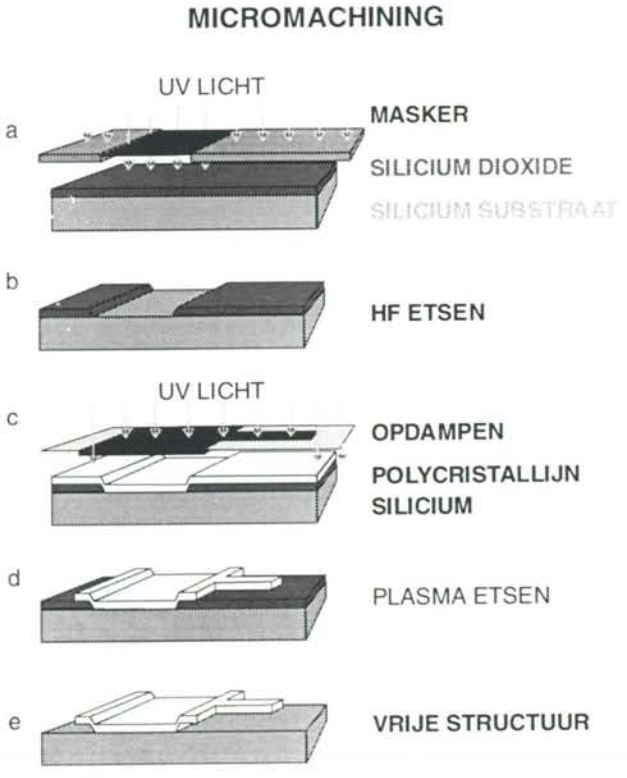
Produktietechnologie

In 1981 schreef Petersen een artikel over de mogelijkheden van silicium als mechanisch materiaal [1] en in 1987 zette Howe in Berkeley een belangrijke stap met de ontwikkeling van de micromachining. Hij beschreef hoe met micromachining vrijstaande structuren uit silicium kunnen worden gemaakt [2]. In figuur 2 wordt dit proces beschreven.

De door Prof. Ehrfeld in het begin van de jaren tachtig ontwikkelde LIGA-technologie (Lithographie, Galvanoformung, Abformung) is geschikt voor diverse materialen zoals metaal, polymeren en keramiek. Bovendien kunnen met de LIGA-technologie structuren worden gemaakt met een hoge aspectratio (hoogte - diameter verhouding). Een nadeel is dat voor de lithografische belichting hoge-energie-straling nodig is (röntgenstraling). Reeds eerder is in Mikroniek 34(1994)1 ingegaan op deze techniek; in dit artikel wordt volstaan met een enkel voorbeeld van de mogelijkheden.

Redenen voor de toepassing van microsysteemtechnologie

De redenen om deze zeer kleine systemen en subsystemen toe te passen zijn veelal afhankelijk van het toepassingsgebied.
Bij consumentenprodukten zijn het bij-



Figuur 2a. Met ultraviolet licht en een fotolithografisch masker wordt een laag siliciumoxyde belicht.

Figuur 2b. Met een zuur (HF) wordt het onbelichte gedeelte geëtst.

Figuur 2c. Door middel van depositie (CVD) wordt een polykristallijn siliciumlaagje aangebracht.

Figuur 2d. Een tweede belichting en etsstap (plasma-etsen) resulteert in de basisstructuur.

Figuur 2e. Een laatste etsslag verwijdert het nog resterende siliciumoxyde. Het resultaat is een vrijstaande balkstructuur.

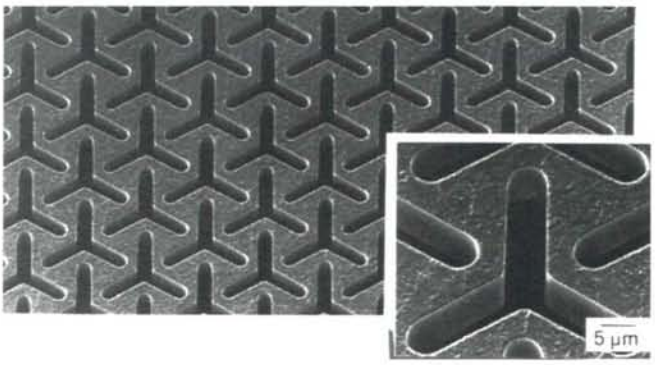
voorbeeld de draagbaarheid en vaak de kostprijs van het produkt. Door de grote aantallen in dit marktsegment is de kostprijs evenredig met het gewicht waardoor uit concurrentie-overwegingen tot verkleining van het produkt wordt overgegaan.
Bij high tech gebieden zoals lucht- en ruimtevaarttechniek speelt het gewicht een allesoverheersende rol. Met name voor instrumentatie is er een sterke drang te komen tot verkleining en functie-integratie.
Een andere drijfveer is de mogelijkheid om met zeer kleine instrumenten lokaties te bereiken die anders ontoegankelijk zouden zijn. Er kan bijvoorbeeld worden gedacht aan inspecties in pijpleidingen (industrie) maar ook aan katheters voor medische toepassingen.
Tenslotte is het uiteraard mogelijk dat met MST geheel nieuwe functies en nauwkeurigheden kunnen worden gerealiseerd. Men kan denken aan gaatjes met doorsneden van enkele micrometers of aan motoren met een draaimoment van eentiende μNm of minder. Micromotoren zouden in de oogchirurgie kunnen worden ingezet bij bijvoorbeeld staaroperaties. Met behulp van een snel roterend micromesje kan een vlakke snede worden gerealiseerd in de ooglens.

Voorbeelden

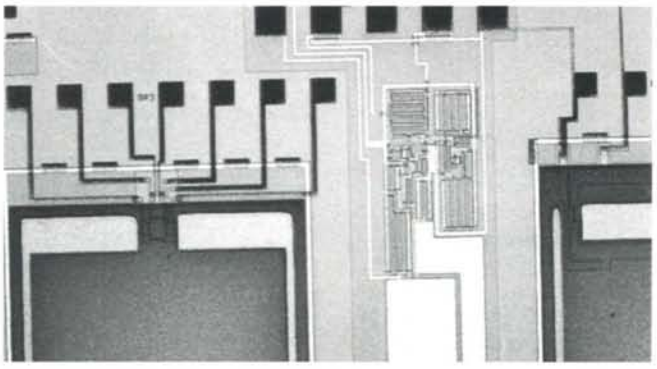
De stand van zaken van de microsysteemtechnologie wordt het beste beschreven door een kort overzicht te geven van reeds gerealiseerde microsystemen. Figuur 3 is een foto van een filter met kanaalbreedtes van 5μm. Dit bandfilter is geproduceerd met de LIGA-technologie en kan gemaakt worden uit kunststof, metaal of keramiek.
De grote voordelen van deze technologie zijn de grote aspectratio en de gladde oppervlakken die kunnen worden gerealiseerd. Een nadeel van de technologie zijn de hoge opstartkosten. Het filter van figuur 3 wordt toegepast in de infraroodmeter van de ISOPHOT-satelliet.

Een voorbeeld van de mogelijkheden in silicium is getoond in figuur 4. Deze figuur toont een versnellingsensor met geïntegreerde micro-elektronica. De grote donkere vlakken zijn de massa's waarmee de versnelling wordt gemeten, de lichtere structuur in het midden is de elektronica. Siliciumsensoren hebben als voordeel dat de produktieprocessen voor elektronica en sensor compatibel zijn, en dat daardoor 'slimme sensoren' mogelijk worden.
Versnellingsensoren met deze afmetingen kunnen onder andere worden toegepast in auto's. Als dit type sensor zelfkalibrerend en zelftestend wordt gemaakt, dan kan met recht worden gesproken van een microsysteem. Overigens zijn er vele organisaties bezig met de ontwikkeling van dit type sensoren.

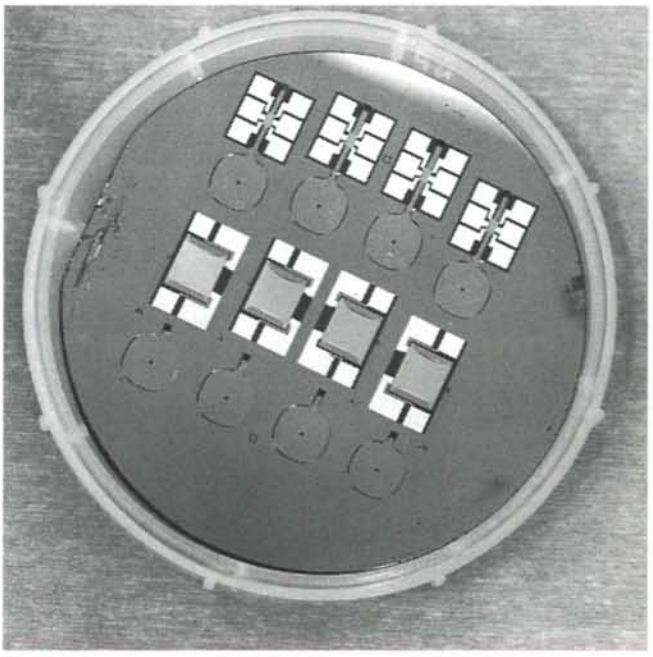
Een ontwikkeling uit eigen land wordt getoond in figuur 5. Het betreft een mi-



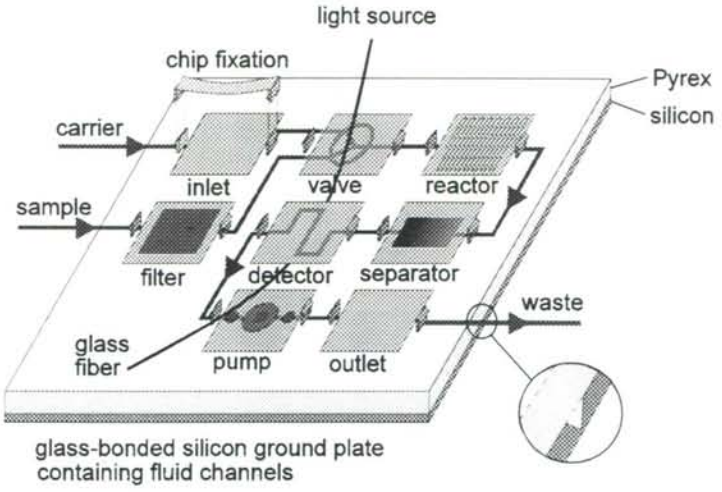
Figuur 3. Bandfilter gemaakt met LIGA-technologie (bron: Microparts Dortmund).



Figuur 4. Siliciumversnellingsensor (bron: Fraunhofer Institut für Microstrukturtechnik FhG-IMT).



Figuur 5. Micropompje uit glas en silicium (bron: MESA researchinstituut, Enschede).



Figuur 6. Configuratie voor een micro-analysesysteem (bron: MESA researchinstituut, Enschede).

Toepassingsveld	Organisatie
Medische toepassingen	Siemens (Microtel) Vitraton Pie Medical DU-Med Drager Sentron
Consumentenprodukten	Philips Kinetron Texas Instruments
(produktie-)technologie	ASM-Lithographie Micro*Montage
Industriële toepassingen/ instrumentatie	Océ van de Grinten CCM ontwikkelingsmaatschappij Philips Bronkhorst High-Tech Dinfa/Multin TNO
Foundries	Sentron Xensor
Micro-structuren	Micro*Montage
Onderzoek en ontwikkeling	MESA-instituut Erasmus universiteit TUDelft TNO SRON 3T, Enschede Xensor
Onderwijs	MESA-instituut PTH Eindhoven TUDelft
Stimulering toepassingen Technologie transfer	Centra voor Micro-Elektronica 3T-Enschede

Tabel 1. Nederlandse bedrijven die actief zijn met microsysteemtechnologie.

cropomp met stromingssensor die tesamen op één siliciumplak zijn geproduceerd.
Op de getoonde plak zijn overigens vier van deze pompjes en sensoren te zien. Een dergelijk pompje is één van de noodzakelijke systeemmodules in het microanalysesysteem zoals in figuur 6 wordt getoond. Bij het MESA-instituut in Twente is sinds kort een groep die zich richt op het onderzoek naar dergelijke 'micro total analysis systems' (µTAS).

Nederlandse activiteiten

In tabel 1 wordt een kort overzicht gegeven van bedrijven in Nederland die actief zijn met microsysteemtechnologie of direct gerelateerde technieken. In het overzicht zijn de organisaties geordend naar hun hoofdactiviteit.
Daarnaast loopt er in Nederland een technologieverkenning microsysteemtechnologie. Dit initiatief van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek heeft als doelstelling het schetsen van de mogelijkheden van en de behoefte aan MST.
De technologieverkenning, of kortweg het project MUST, zal resulteren in een overzicht van huidige en mogelijke toekomstige ontwikkelingen op het gebied van de microsysteemtechnologie. Omdat MST nog sterk in ontwikkeling is, is dit overzicht niet volledig. Het idee is personen die met de technologie werkzaam zijn of zouden moeten zijn, te stimuleren tot nieuwe ideeën en te overtuigen van het belang van deze technologie.
Daarnaast wil deze verkenning beleidmakers met creatieve ideeën aanzetten om te komen tot een actief beleid op het gebied van de MST.

Sinds april 1993 zijn circa vijftig mensen uit het bedrijfsleven, onderzoekinstellingen en universiteiten betrokken bij deze verkenning. Een internationale stuurgroep leidt het MUST-project en vijf werkgroepen voeren het uit. De werkgroepen zijn ingedeeld naar toepassingsgebieden (consumentenprodukten, agrarische toepassingen, medische toepassingen en instrumentatie) en naar produktie. Zij inventariseren de behoeften en mogelijkheden van MST en brengen de

Toepassingsgebied	Case
Consumentenmarkt	Personal environment hazard warning system
Consumenten markt	Portable communicator
Consumenten markt	Personal health system
Medische technologie	Neural interface
Medische technologie	Cloosed loop patient monitoring
Instrumentatie	On-chip gaschromatograaf
Instrumentatie	Geofoon
Instrumentatie	Quality measurement instruments
Instrumentatie	Miniature inspection platform
Agrarische systemen	Plant fluid monitor
Agrarische systemen	Artificial bumblebee
Agrarische systemen	In flow moving sensors
Agrarische systemen	Detection of hormone levels

Tabel 2. Lijst van cases van de werkgroepen.

randvoorwaarden en het perspectief voor MST in kaart.
Inmiddels is voor ieder toepassingsgebied een aantal 'cases' geformuleerd en geëvalueerd waarvan tabel 2 een kort overzicht geeft. Hoewel een aantal zeer ambitieuze 'cases' is opgesteld, lijken ook op korte termijn enkele daarvan te realiseren.

De resultaten van het projekt zullen in september 1994 in boekvorm beschikbaar zijn. Daarnaast wordt op 19 en 20 september 1994 een symposium en informatiemarkt georganiseerd; zie aankondiging elders in dit nummer. Tijdens het symposium worden de resultaten van het project besproken en komt miniaturisatie aan de orde. De lezingen zullen zich vooral op toepassingen (behoeften en mogelijkheden) en de condities van MST richten, terwijl de informatiemarkt bedoeld is om producenten en technologie aanbieders hun mogelijkheden te laten demonstreren.

Conclusies

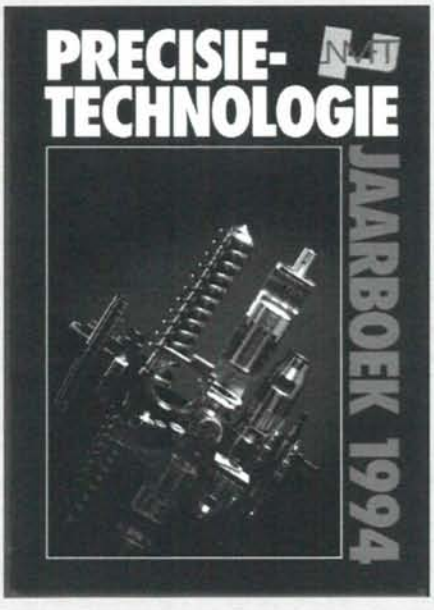
De conclusie van het bovenstaande is mijns inziens dat microsysteemtechnologie een zeer breed gebied is waarbij kennis van vele disciplines noodzakelijk is. Succesvolle ontwikkeling zijn dan ook alleen te verwachten als onderzoekers, ontwerpers en producenten in een vroeg stadium bij elkaar gaan zitten.
Het aantal bedrijven dat actief is met MST en de voortgaande ontwikkelingen op het gebied leert dat microsysteemtechnologie inmiddels realiteit is. Gezien de basis die in Nederland bestaat met name op het gebied van de fijnmechanica en de micro-elektronica denk ik dat Nederland voldoende draagvlak heeft om een belangrijke rol te spelen in het MST-gebied.
Tenslotte mag het internationale karakter [4] van de technologie niet uit het oog worden verloren. Het verdient daarom sterke aanbeveling om 'Europees' te denken voor deze technologie.

Literatuur

[1] K.E. Petersen; Silicon as a mechanical material; IEEE Trans. Electronic Devices (1982)p.420-457.
[2] Small Machines, Large Opportunities: A report on the emerging field of microdynamics; NSF, 1988.
[3] R.T. Howe; M.Sc. Thesis, Berkeley, 1987.
[4] G.C. Klein Lebbink; STT Study Microsystem technology, Revised report 1st phase; Stichting Toekomstbeeld der Techniek, 1993.

Noot

Ir. Gerben Klein Lebbink is projectleider bij de Stichting Toekomstbeeld der Techniek te Den Haag.



De voorbereiding van het

Precisietechnologie jaarboek 1995

is gestart

Wilt u uw bedrijf ook profileren?

Neemt u dan kontakt op met Buro Jet BV,
de heer N.J.H. van den Brink
Tel: 070 - 3990000
Fax: 070 - 3902488

Micro System Technology en Precision Technology

J. Fluitman

Inleiding

In het editorial is reeds aangekondigd, dat de Micro System Technology geacht wordt te behoren tot het domein van de Precision Technology. Wel beschouwd is de titel van deze bijdrage dus onjuist. In plaats van "en" zou er "in" moeten staan. Maar we zullen de historie niet teveel geweld aandoen, omdat de Micro System Technology buiten het gebied van de Precision Technology is ontstaan. Het is de bedoeling het "en" in het "in" om te zetten. Dat vraagt nog wat tijd, want veel personen die betrokken zijn bij Micro System Technology of Precision Technology weten van elkaar nog niet, dat ze feitelijk in hetzelfde vakgebied werken.
Ik gebruik de termen in het Engels en kort ze gelijk af tot MST (Micro System Technology) en PT (Precision Technology), zodat het verschil tussen Nederlands en Engels gelijk weer verdwijnt.

Zoals in de bijdrage van Ir. Klein Lebbink beschreven, is de MST ontstaan vanuit de siliciumtechnologie, die ten grondslag ligt aan de IC-fabricage. Met name het toepassen van lithografie en etsen is uit die hoek afkomstig en daar is het allemaal mee begonnen. Een opvallend feit is dat lithografie en etsen in de PT al lang plaatsvindt. Alleen gebeurt dat op een andere schaal (rondom de millimeter) en in andere materialen (bijvoorbeeld fosforbrons). De silicium-maskerfaciliteiten boden de mogelijkheid om in het 1 – 10 micrometergebied lithografie te bedrijven. Het etsen in het eenkristallijne silicium had tevens de specifieke eigenschap dat het anisotroop kon zijn. En daar lagen de grote verschillen met de bestaande techniek.
Vanwege zijn afkomst heeft de kennis van de MST en de uitbreiding daarvan oorspronkelijk in de sfeer van de Elektrotechniek, de bakermat van het IC, plaatsgevonden. Er begint nu een toenadering in de richting van de meer uit de Werktuigbouw stammende PT. Een goede zaak is bijvoorbeeld dat hèt internationale tijdschrift van de MST, het (Amerikaanse) Journal of Microelectromechanical Systems (in het kort: Journal of MEMS, of nog korter: JMEMS), gedragen wordt door zowel de IEEE als de ASME, de Amerikaanse ingenieursverenigingen uit de Elektrotechniek respectievelijk de Werktuigbouwkunde.
In feite vindt iets dergelijks ook plaats in de Mechatronica, ook een fusie van twee disciplines. In sommige gevallen wordt MEMS ook wel als Micro-Mechatronica gepresenteerd. Beide aanduidingen geven echter niet goed weer wat er in de MST plaatsvindt. Er komen veel meer disciplines aan te pas (dat geldt ook voor de mechatronica: het paradepaard, de CD-speler, berust voor een wezenlijk deel op optica).
MST bevat naast de microelektronica en de micromechanica ook de micromagnetica, de micro-optica, het thermische domein en de chemie; ik zal er voorbeelden van geven in de volgende paragrafen. Het is fysica en chemie in de kubieke millimeter. Soms wat groter en soms wat kleiner, als het echt moet.

De grote klapper, die de MST pas echt goed in beeld bracht was de uitvinding en/of exploitatie van de Surface Micromachining, zie Mikroniek (1994)1. Daarbij worden vrijdragende structuren op een siliciumoppervlak gemaakt, door een aantal lagen te deponeren inclusief opofferingslaag (sacrificial layer). Die kunnen met een selectief etsmiddel achteraf worden verwijderd, zodat men in de constructie vrijhangende membranen kan fabriceren op korte afstand van de bodem, bijvoorbeeld op een afstand van een micrometer. Deze techniek hoeft natuurlijk helemaal niet silicium als ondergrond meer te hebben. Er zijn echter twee redenen waarom deze technologie zo lang verbonden is gedacht met de siliciumtechnologie. De belangrijkste is, dat men microsystemen wil samenbouwen met elektronische circuits ("smart systems"). Dan ligt silicium voor de hand. Veelal volstaat echter een hybride ontwerp, met een of meer aparte IC's. Dan kiest men toch vaak een siliciumplak als drager uit praktische overwegingen. Het materiaal is perfect éénkristallijn, zodat surface micromachining kan worden gecombineerd met het oorspronkelijke anisotrope etsen (bulk micromaching genoemd). Bovendien is het oppervlak van een siliciumplak zo mooi glad en ze zijn in de Clean Room omgeving van de MST vrijwel altijd beschikbaar. Maar het bouwoppervlak hoeft dus helemaal niet exclusief silicium te zijn.

De grote klapper, zoals hierboven genoemd, ging gepaard met de show van vrijlopende micromotortjes. Ze worden elektrostatisch aangedreven en hebben een rotor van bijvoorbeeld een micrometer dikte en een diameter van bijvoorbeeld 50 micrometer. Dat heeft bij velen de verzuchting ontlokt wat je in vredesnaam met zulke motortjes zou moeten doen. Ze kunnen nauwelijks vermogen leveren, moeten in een "cleane" omgeving draaien, etc. De motortjes demonstreerden echter een nieuwe technologie, bedoeld om de fantasie aan het werk te krijgen in de richting van functies die wel degelijk bruikbaar zijn. En dat heeft zijn uitwerking niet gemist.
Toch krijg je in zo'n situatie gauw twee kampen: enerzijds de progressieve fantasten die wat al te makkelijk beweren dat iets mogelijk is, anderzijds de conservatieve diehards, die menen dat het allemaal trendy flauwe kul is en dat er niets boven de bestaande technologie gaat.
De goudmijn ligt echter in het midden en het is zaak de tweekamp zo snel mogelijk te smoren en met fantasie en daaraan gekoppeld de nodige werkelijkheidszin aan het gouddelven te slaan. Want over die goudmijn kunnen we de twijfels zo langzamerhand wel wegnemen. Een goudmijn aan realisti-

sche ideeën. Het echte goud ligt iets verder op de tijdschaal. We zijn op weg.

Kinderziekten van de MST.

Ik weet niet of ik moet spreken van kinderziekten of puberteitsproblemen van de MST, want het kind is inmiddels tussen de tien en twintig jaar oud.
Omdat de MST uit de IC-technologie is voortgekomen is het denken daarover enigszins gebaseerd op percepties van IC's, Clean Rooms en heel veel dure apparatuur. Verder zijn er naast succesverhalen ook rampverhalen uit de IC-wereld en geldt als slogan: "Doe alles wat je wilt, zolang je je maar niet vertilt." En deze slogan levert terecht nogal wat reserves op inzake eventuele avonturen met de MST.
We moeten niet om het feit heen draaien dat het midden- en kleinbedrijf, met mogelijke produkties van 10.000 tot 100.000 MST-produkten per jaar zich geen peperdure faciliteiten kunnen permitteren. Daar staat tegenover dat de faciliteiten oorspronkelijk zijn ontworpen voor massa-produktie van IC's en er is nog geen goedkope en wellicht wat minder subtiel uitgevoerde apparatuur op de markt, waar MST-produkten uitstekend mee uit de voeten zouden kunnen. Dit is een kip-ei probleem. Als er geen goedkope apparaten zijn voor kleinere high-tech series, dan start de zaak niet op. En als de zaak niet opstart, dan komen die apparaten er niet. Deze impasse moet worden doorbroken en hier ligt een enorme uitdaging: niet alleen voor MST produkten, maar tevens voor MST-produktieapparatuur.

Een ander probleem is de enorme diversiteit van MST-produkten.
IC's zijn nog enigszins te rubriceren, zodat er standaardisatie kan plaats vinden, maar inzake de MST lijkt dit welhaast onmogelijk.
De diversiteit uit zich op twee manieren:
– Allereerst in de soort of toepassing van produkten. Die lopen zeer sterk uiteen: een zelf-ijkend chemische microanalyse systemen voor de detectie van zware metalen in grondwater, een in MST uitgevoerd harde schijfgeheugen, een zelftestende versnellingsopnemer voor de airbag-ontsteking in automobielen, een intelligente "pil" voor het op tijd toedienen van een medicijn, noem maar op. In de volgende paragraaf behandelen we een boeketje van nog weer andere toepassingen. Het applicatiegebied is ontzettend breed.
– Vervolgens is de ontwerpruimte zo groot geworden, dat een en dezelfde functie op twee of meer volledig verschillende manieren kan worden gefabriceerd. Deze ruimte bestaat natuurlijk ook in de huidige PT. Maar ze is met de MST zeer sterk toegenomen. Dat betekent dat men van meet af aan eigenlijk alle opties op tafel moet hebben en dat betekent meestal dat alle disciplines rond de tafel moet zitten. Organiseer en betaal dat maar eens even.

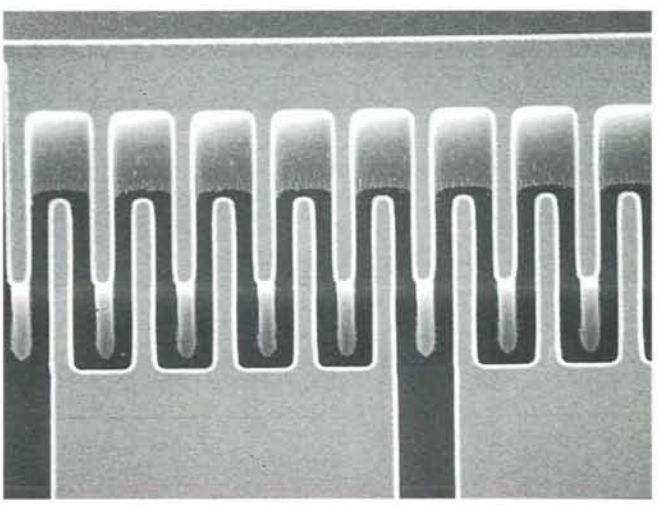
Er is grote behoefte aan een infrastructuur betreffende kennis van produkten en produktiemethoden, die overigens niet meer los van elkaar kunnen worden gezien. Het ontwerpen van een MST-produkt impliceert het ontwerpen van de produktiemethode. Het arsenaal aan antwoorden op de vraag naar bepaalde produktiemethoden en naar de plek waar die te vinden zijn, als ze er al zijn, is met de MST sterk toegenomen.

De diversiteit levert ook problemen inzake ontwerp, test, behuizing en montage.
Uiteraard werkt men graag met generieke technieken. Eén software pakket voor alle ontwerpen, één behuizingstechniek voor alle produkten. Dat kunt u voorlopig wel vergeten. Het zal nog wel enige tijd duren voordat er enige structuur in de produktie van MST georiënteerde produkten te vinden is en het zal me niets verbazen als de opkomst van zulke faciliteiten gepaard gaat met een verkleining van de oplossingsruimte. Anders gezegd: men zal uit overwegingen van kosten het liefst fabriceren met de faciliteiten die beschikbaar komen, ook al leveren die niet het ideale ontwerp.

Maar genoeg nu over de kinderziekten. We moeten er heel eerlijk over zijn, maar de eerlijkheid op dit punt mag niet het enthousiasme ondermijnen voor wat er allemaal wèl kan, ook al is dat niet morgenmiddag.
Voor de lezer voor wie dit allemaal wat onbestemd en wellicht een beetje als dreigende nieuwlichterij overkomt heb ik een troost. U bent niet de enige die daarmee zit en als u niet precies weet waar u met uw bedrijf aan toe bent met deze nieuwe mogelijkheden, dan ligt dat deels aan de informatieoverdracht. Op dat punt zullen we straks nader ingaan, maar eerst een aantal voorbeeldjes van MST-produkten ter afwisseling.

Een boeketje MST-produkten

Te hooi en te gras om de diversiteit te benadrukken, maar tevens om te laten zien wat er allemaal binnen bereik is gekomen. Ik zal geen voorbeelden van LIGA-produkten geven, want die zijn in het artikel van Ing. Dierselhuis al aan de orde gekomen. Het zij mij vergeven dat ik voorbeelden uit eigen huis kies:



Figuur 1. Close up van een micro-actuator. Door een elektrische spanning aan te leggen tussen de twee kammen, bewegen ze zich naar elkaar toe. Er is voor gezorgd, dat de constructie star is in de richting loodrecht op de tanden.

Micro System Technology en Precision Technology

a. Een platform voor precisie-positionering

Op de omslag van dit nummer is een constructie weergegeven waarvan het middendeel in twee richtingen kan worden bewogen. De krachten voor deze bewegingen kunnen elektrostatisch worden gegenereerd in de kamstructuren. Een close up van zo'n kamstructuur is in figuur 1 weergegeven. De rest van de constructie is zodanig verend ontworpen dat de beweging goed gecontroleerd kan geschieden (men mag denken aan het 10 nanometerniveau). De resonantiefrequenties van de constructie zijn hoog omdat de massa's zo klein zijn ten opzicht van de veerconstanten. Om dezelfde reden is het doorzakken van de constructie als gevolg van de zwaartekracht zo goed als verwaarloosbaar. De constructie kan worden gebruikt om een microtip van bijvoorbeeld een Atomic Force Microscope te besturen. De afgebeelde constructie is geëtst uit silicium met behulp van Reactive Ion Etching (RIE). Daarbij wordt het etsende materiaal vrijwel loodrecht op het silicium gericht en vreet zich in, daar waar een lithografisch bewerkt masker doorlatend is. Merk op dat de structuur zeer goed gedefinieerd is met mooie verticale wanden. De afmetingen zijn relatief groot in MST-termen. Deze zogenaamde droge etsmethode valt in de categorie "bulk micromaching".

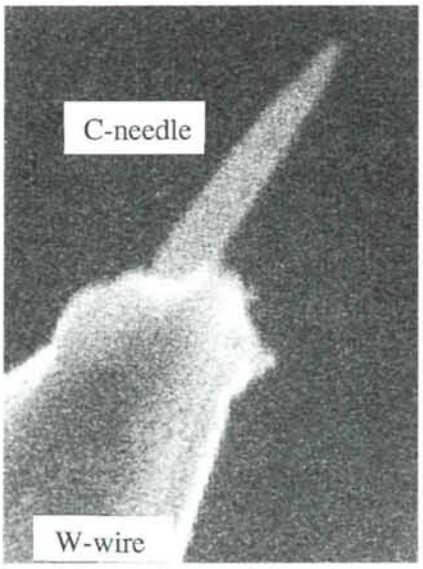
Merk op dat de getoonde structuur dichtbij de met de LIGA-technologie vervaardigde structuren komt. Men noemt de pogingen om goedkopere technologieën waarmee LIGA-alternatieven kunnen worden geproduceerd wel: "poor man's LIGA" omdat er geen indrukwekkend synchrotron nodig is. De toekomst zal uitmaken hoe de LIGA-alternatieven uit de verf zullen komen.

b. Een microtip voor een Magnetic Force Microscope

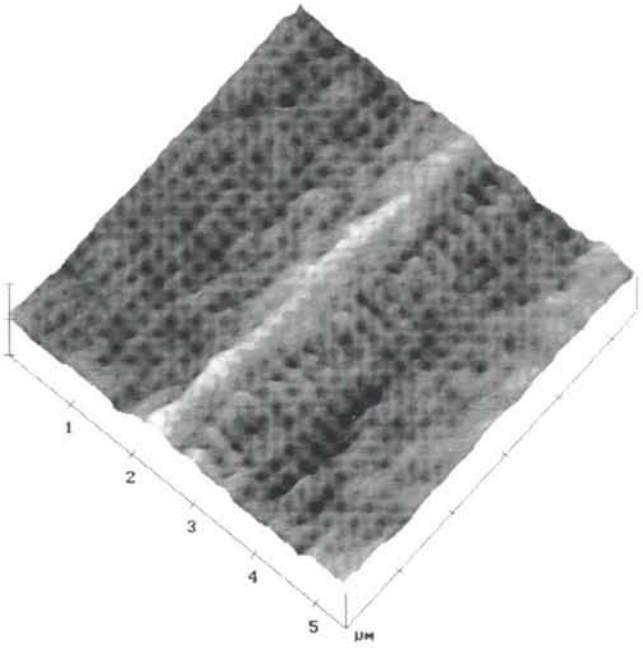
Dit is een voorbeeld van een microtip, die op de bovenomschreven positioneringstafel kan worden geplaatst. De tip moet zeer scherp zijn. Hoe kleiner de kromtestraal van de tip, hoe groter het oplossend vermogen. In figuur 2 is zo'n tip weergegeven. Zij is gebouwd op een commercieel verkrijgbare tip en verscherpt met een magnetische microtip. Voor het aangroeiproces wordt een elektronenmicroscoop gebruikt. Met de elektronenbundel wordt de aangroeiing lokaal geïnduceerd. De tip wordt gebruikt in een Magnetic Force Microscope, een variant uit de groeiende familie van micro-probetip microscopen. In figuur 3 is een magnetische oppervlaktestructuur, gemeten met de beschreven tip weergegeven. Dit voorbeeld is typisch voor de kleine kant van de MST. Niettemin gaat het om reeds bruikbare en (semi)commerciële apparatuur.

c. Een trillende-balk-rekstrookje

De trillende balk is met behulp van "surface micromachining" gebouwd. Hij wordt in resonantie gebracht met behulp van elektrostatische krachten tussen balk en ondergrond. De resonantiefrequentie hangt van de dimensionering af en kan bijvoorbeeld 100 KHz. bedragen. Trekt men aan het balkje dan verschuift de resonantiefrequentie aanzienlijk. Een verdubbeling in een meetbereik van 10 N is makkelijk te realiseren. Aangezien de frequentieverschuiving van 1 Hz kan worden gemeten is een nauwkeurigheid van 1 op 100.000 haalbaar. De resonantiepiek moet daarvoor zeer scherp zijn. Anders gezegd: de kwaliteits (Q)-factor van de resonator moet zeer groot zijn. Een Q van 100.000 is haalbaar in een vacuümomgeving. De balk zit daarom vacuüm opgesloten onder een dak. De afstanden van de balk tot de ondergrond en het dak liggen rond 1 micrometer; de dikte van de balk ligt ook in die orde van grootte. De trillingsamplitude bij resonantie is bijvoorbeeld 10 nm en die kan elektrostatisch

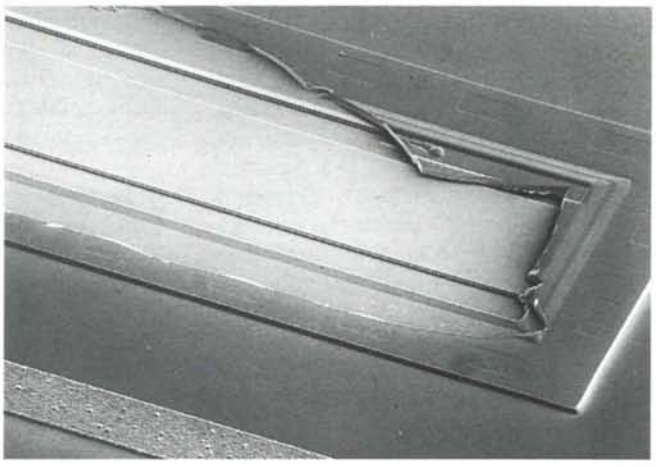


Figuur 2. Hoge resolutie Magnetic Force Microscope tip, gegroeid door geïnduceerde depositie van koolstof op een commercieel verkrijgbare tip. De tip is achteraf magnetisch gemaakt door zijdelingse depositie van een zeer dunne CoNi-laag.



Figuur 3.
Magnetisch signaal gelezen met een MFM-tip. De "bit"-afstand is 125 nanometer, het spoor is 1 micrometer breed. Dat betekent in principe 8 millioen bits op een vierkante millimeter.

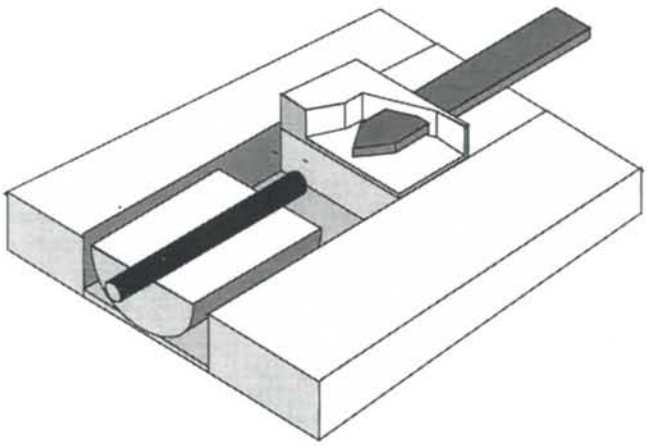
worden gedetecteerd. De breedte van de balk is bijvoorbeeld 50 micrometer. De ruimte rondom de balk is oorspronkelijk gevuld geweest met de opofferingslagen, die via toegangsgaten in de zijkant zijn weggeëtst. Na schoonspoelen en maatregelen om bij het drogen de balk niet aan de bodem of het dak te laten raken (dan komt hij ook niet meer los) worden de etsgaten onder vacuüm gesloten.
In een nu in ontwikkeling zijnde toepassing ligt de resonator aan het oppervlak van een dikke siliciumbalk, die door een aan te brengen kracht wordt verbogen. Het bovenoppervlak wordt daardoor gerekt en levert de trekkracht op de resonator. In figuur 4 is een voorbeeld van zo'n resonator weergegeven. Het dak is weggetrokken om binnen de ruimte te kunnen kijken.



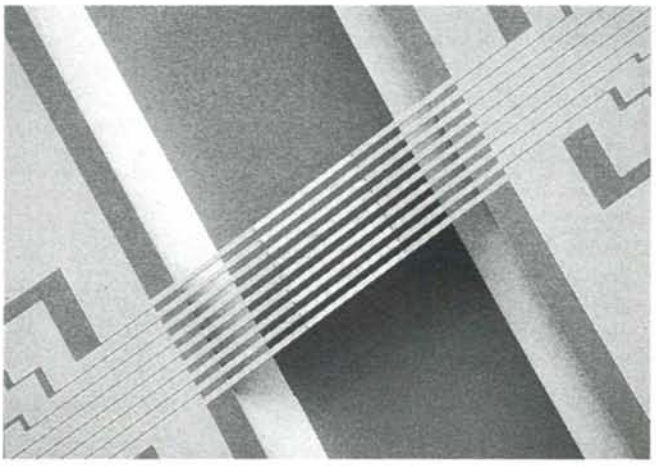
Figuur 4. Vrijhangende balk, 1 micron dik, hangt ongeveer 1 micron boven de bodem van zijn behuizing. Het "dak" (2 micrometer dik) is weggetrokken om de balk zichtbaar te maken.

d. Een koppeling tussen een glasvezel en een geïntegreerde golfgeleider

In de optische communicatietechniek en ook ten behoeve van optische sensoren worden glasvezels gebruikt voor de verbinding over eventueel grote afstanden. De componenten die voor deze toepassingen worden ontwikkeld maken gebruik van "integrated optics". Daarbij wordt het licht door dunne lagen gestuurd, die op een IC-achtige wijze worden vervaardigd. Een notoir probleem is het in- en uitkoppelen van het licht tussen glasvezel en geïntegreerde golfgeleider. De glasvezel heeft een rond lichtkanaal, de geïntegreerde geleider heeft een rechthoekig lichtkanaal. Een lichtgolf die in het ene kanaal past, past niet in het andere en er moeten trucs worden toegepast om de overgang met een minimum aan lichtverlies te laten verlopen. Dat betekent gegoochel op micrometerschaal en in figuur 5 is het resultaat daarvan geschetst.
De fiber wordt aangesloten op een ruimere structuur waarin het licht wordt opgevangen. De taps toelopende structuur daarbinnen verzamelt vervolgens het licht uit de omgeving in het geïntegreerde lichtpad, een gevolg van de wetmatigheden van het elektromagnetisme en de keuze van materialen met de juiste diëlektrische constanten. Hoe beter het schuine verloop is, in twee dimensies, hoe efficiënter de koppeling.



Figuur 5. Koppeling van licht uit een glasfiber (linksonder: de fiberkern is het zwarte deel) in een geïntegreerde glasgeleider (rechtsboven: grijs met "taper"). De inbedding rondom de spitse "taper" is in de tekening "opengebroken".



Figuur 6. Multibrug voor gasstroom- en gassamenstellingsmeting. De bruggen zijn ongeveer 20 micrometer breed.

e. Een gasstroom/gassamenstellingsmeter

In figuur 6 is een structuur te zien, die opgebouwd is uit enkele bruggen. De bruggen zijn star opgehangen midden in een kanaal van bijvoorbeeld 1 mm breed en 100 micrometer hoog. Op de brugdelen liggen metaallagen waarmee temperatuur kan worden "gemaakt" (hittedraad) of gemeten (temperatuur afhankelijke elektrische weerstand). De bruggen zijn oorspronkelijk gedeponeerd op een siliciumoppervlak. Daarna is in dat siliciumoppervlak een kanaal geëtst met een etsmiddel dat de brug ongemoeid laat. Vervolgens wordt er een bovenkap, met een kanaal van dezelfde afmetingen, aan de struc-

tuur gehecht. De meting van de gasstroom geschiedt door de temperatuur van een brug te meten, de volgende brug te verhitten en vervolgens aan de daaropvolgende brug de toename van de temperatuur te meten. Ook kan men op een brug een warmtepuls afgeven en kijken wanneer die een of meer andere bruggen bereikt. Met de resultaten kan men de doorstroomsnelheid en bijvoorbeeld de samenstelling van een gasmengsel vaststellen. Experimenteel is deze stromings- en samenstellingssensor getest met een helium-stikstof mengsel. De ijking geschiedt met een neuraal netwerk. De resultaten bieden zeer veel perspectief op zulke toepassing van veelvoudige of rij-type sensoren. Het voordeel van de MST is nu, dat het helemaal niet uitmaakt hoeveel bruggen er nodig zijn. Ze worden allemaal in dezelfde produktieroute gefabriceerd. Alleen het masker is wat gecompliceerder, maar dat telt niet echt aan. De software voor het maskerontwerpen draait zijn hand niet om voor een bruggetje meer of minder.

f. Micropositionering en fixatie

Een probleem dat zich bij het vastzetten van precisieonderdelen kan voordoen, is dat tijdens het fixeren een kleine kruipverschuiving kan optreden, bijvoorbeeld tijdens het uitharden van een lijm. Met een stel micro-actuatoren, bijvoorbeeld een eenvoudige versie van de in voorbeeld a geschetste positiegever kan een voorwerp in de juiste positie worden gebracht en op enkele punten worden gefixeerd. Tijdens de fixatie wordt de positie in de gaten gehouden en als er kruip optreedt kan er worden bijgestuurd door een aantal nog niet gefixeerde positiegevers te laten bijtrekken, waarna op die punten opnieuw wordt gefixeerd. Het punt is dat deze procedure weliswaar gecompliceerd en kostbaar aandoet. Echter, het rooster van positiegevers is, nadat het eenmaal ontworpen is, in grote aantallen goedkoop te vervaardigen. Dat betekent dat de componenten kunnen worden verbruikt. Dit aspect, waarbij men MST-produkten eenmalig gebruikt, is een van de nieuwe mogelijkheden die de MST biedt. Het kan gaan om zeer goedkope produkten voor eenmalig gebruik.

Die filosofie ligt ook ten grondslag aan applicaties in de medische wereld. De MST kan zorgen voor goedkope milieuvriendelijke onderdelen voor éénmalig gebruik, zodat er geen besmettingsgevaar is van patiënt tot patiënt.

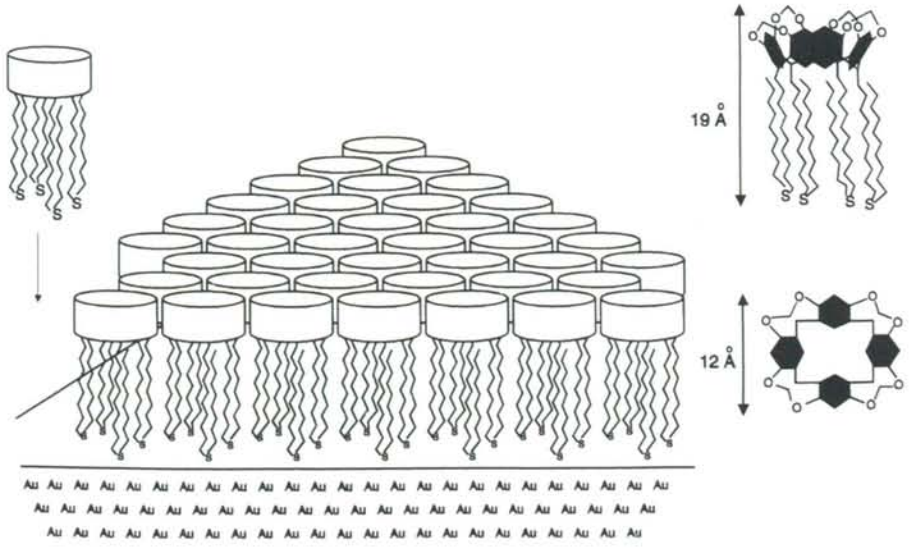
g. Een moleculaire parade

Onder deze titel beschrijven we een Micro Systeem opgebouwd vanaf de "kleine" kant. Er bestaan langgerekte moleculen (thiolen) die de eigenschap hebben zich aan een goudlaag te hechten en dit hechtingsproces geschiedt zodanig dat de moleculen in het gelid komen te staan. Zelfordening vindt plaats op een wijze, zoals men die ook bij kristallisatie aantreft. De thiolen kunnen bij voorbaat worden voorzien van een moleculaire "kop" met een holte, waarin bijvoorbeeld precies een natrium-ion past, zie figuur 7. Zulke moleculen kan men ontwerpen vanaf het toetsenbord. Ook de moleculaire chemie heeft zich revolutionair ontwikkeld en er is uitgebreide software beschikbaar om moleculen met een gewenste ruimtelijke structuur te ontwerpen, waarmee heel specifiek een ion, een atoom of een molecuul kan worden ingevangen. Het is even wennen voor de mechanieker, maar de ontwerpprocedures beginnen op dit moment reeds op moleculair niveau. Op deze wijze zijn chemisch sensoren te fabriceren. Is de te detecteren stof aanwezig, dan vullen zich de "koppen" met een percentage dat afhangt van de concentratie te meten stof. En dat kan via de goudlaag gemeten worden. Mechanisch door te kijken naar de invloed van de massatoename op een in het goud opgewekte akoestisch golf, of elektrisch door te kijken naar de invloed van de gewijzigde substantie op de elektromagnetische golf die men langs de goudlaag kan laten lopen – een zogenaamd Surface Plasmon.

Ik ben me bewust van het feit, dat de lezer niet zijn grootste interesse heeft in de chemie, maar ik wil aantonen dat met de MST vele doelen kunnen worden gediend en vele mogelijkheden van de natuur worden geëxploiteerd. Mateloos haast. En dit is ook een onderdeel van de boodschap. De MST gebruikt alle disciplines en is ook bruikbaar in alle disciplines. De disciplinegrenzen worden daarmee vrijelijk overschreden en dat is dè revolutie die de techniek van de toekomst gaat beheersen. Dat heeft veel consequenties, niet in de laatste plaats voor inhoud en vorm van het onderwijs.

MST en PT, of: hoe hangen we de zaken aan elkaar?

Uiteindelijk moet het kleine verpakt worden in hanteerbare en monteerbare produkten. Het is prachtig om op 25 vierkante micrometer een druk te bepalen, maar zo'n klein produkt is onderdeel van een groter geheel en moet



Figuur 7. Schematische weergave van een "moleculaire parade". De moleculen staan met zwavelpootjes (S) op een gouden (Au) ondergrond. De dikte van deze macromoleculaire constructie is ongeveer 2 nanometer.

daarin worden opgenomen, anders waait het gewoon weg. Daarbij stuit men op keuzeproblemen. Moeten veel functies in eenzelfde reeks technologisch stappen in batches worden geproduceerd, hoog geïntegreerd als IC's, of streeft men een modulaire opbouw na met eenvoudiger modules, die achteraf verbonden worden. De algemene ervaring is, dat zeer hoog geïntegreerde ontwerpen een grote investering vragen met de daarbij behorende risico's, terwijl modulaire of hybride benaderingen een betrouwbare verbindingstechniek eisen, wat ook bepaald niet triviaal is. Voor het midden- en kleinbedrijf is het hooggeïntegreerde ontwerp meestal niet de goede keus. Een gematigde aanpak, met hybride technieken lijkt op dit ogenblik de aangewezen richting. Ze biedt ook meer ontwerpvrijheid. Deze uitspraak geldt natuurlijk niet voor iedere functie, het is een wat generaliserend statement. Maar, zelfs massaprodukten als airbag crash-sensoren voor automobielen zijn nu beschikbaar zowel in hooggeïntegreerde vorm (van de firma Analog Devices) als in hybride vorm (van de firma Sensonor). De automobielfabrikant of de toeleveringsindustrie moet de keuze maken en er tekent zich nog geen duidelijke trend af. Ik heb zelf het vermoeden dat we voorlopig in de MST voor het midden-en kleinbedrijf met modulaire en hybride systemen sneller en beter kunnen scoren, dan met vèrgaande integratie, waar grote bedrijven zich nog in kunnen verslikken.

Dat betekent dat de MST, waarmee de geminiaturiseerde (deel)produkten worden gemaakt, de PT nodig heeft als naaste buur om het geraffineerde verbindings- en montagewerk te verrichten. Dit is de relatie die beide gebieden momenteel tot elkaar hebben. Maar naarmate we wijzer worden zal het steeds moeilijker zijn om precies de grens tussen MST en PT aan te geven. Sterker nog, de grenzen zullen automatisch vervagen bij het noodzakelijke integrale ontwerpen van de produkten van de toekomst.

Infrastructuur, of: Hoe krijgen we de zaak van de grond?

Teneinde de MST binnen de PT goed van de grond te krijgen moet er gewerkt worden aan een infrastructuur met betrekking tot zowel de beschikbare kennis als de beschikbare faciliteiten c.q. diensten.

Waar het de kennis betreft zal dit tijdschrift een rol spelen en waar het de faciliteiten en diensten betreft staat er een "Prototype-Centrum" op stapel. De naam van dit centrum is nog niet definitief vastgesteld. Wel de plaats. Die zal zijn direct naast de Clean Room van het MESA-Instituut van de Universiteit Twente. Binnenkort zal de functie van dit centrum volledig zijn beschreven in een ondernemingsplan, maar er kan al het een en ander over worden vermeld. Allereerst moet worden vastgesteld dat het MESA-Instituut en het Prototype-Centrum verschillende organisaties zijn. De taak van het MESA-Instituut is om onderzoek te doen aan MST-produkten. Bedrijven, die genteresseerd zijn in onderzoek, kunnen dat door het MESA-Instituut of door een ander daarvoor in aanmerking komend instituut laten uitvoeren. Dat gaat op basis van een contract, waarbij de instituten als universitaire organisaties alleen inspanningsverplichtingen kunnen aangaan. Geen produkt- of produktieverplichtingen dus.

Is een idee rijp om uitgeprobeerd te worden, dan kan het Prototype-Centrum inspringen. Ook als er vragen zijn uit het bedrijfsleven, om een kleine produktiestap te laten uitvoeren en zo'n vraag is "academisch" gezien niet interessant, dan zal het Centrum naar vermogen aan zo'n vraag proberen te voldoen. Wat er in het Prototype-Centrum gebeurt is niet exclusief "academisch", maar het is geavanceerd. Prototypen, produktiestappen of andere diensten, die kunnen worden geleverd door bestaande bedrijven of instituten, zullen in principe niet worden gedupliceerd. Het Centrum moet dus voor het opzetten van een produktieproces beschikken over een database van producenten. Dit noemen we de achterdeur van het centrum. Aan de voordeur melden zich de klanten, die van de diensten van het centrum gebruik willen maken en het centrum zal trachten de dienst in huis of met een extern achterdeurnetwerk (inclusief het MESA-Instituut) te leveren. Wanneer iets zover produktierijp is gemaakt, dat de klant durft te investeren in het eigen bedrijf, dan maakt het zich weer los van het centrum.

Er zijn allerlei varianten denkbaar in deze structuur en er hoort uiteraard een kostenplaatje bij. Wij hopen zo snel mogelijk een meer gedetailleerde beschrijving van deze mogelijkheden te geven. Ook de juridisch structuur moet nader worden bepaald. Het centrum moet een neutrale rol spelen, anders gebeuren er gekke dingen. Daaruit volgt haast dat het centrum geen winstoogmerk moet hebben, maar er zal toch een drijvende kracht moeten zijn om het centrum van de nodige daadkracht te voorzien. Er wordt ook niet gestreefd naar een faciliteitenberg. Die gaan aan schoonheid ten onder. Faciliteiten worden aangeschaft als de vraag dat rechtvaardigt en het uitgangspunt is dus een groeimodel. De faciliteiten van het MESA-Instituut vormen een ruggesteun, waarvan gebruik kan worden gemaakt zolang de doelstellingen van het Instituut daardoor niet in gevaar komen. Maar er zijn best gaatjes vrij en dat drukt de prijs. Verder, en dat is heel belangrijk, is er in het MESA-Instituut een enorme voorraad kennis aanwezig. Om deze te gebruiken buiten de normale contractresearch zou men kunnen denken aan "mentorfuncties" vanuit het Instituut. Ook dat moet weer zakelijk geregeld worden, maar het streven is naar lage drempels. Cultureel en financieel.

In een van de volgende afleveringen zal de ervaring worden beschreven van een jonge ondernemer die, via zo'n mentorconstructie, een eigen bedrijf op poten aan het zetten is. Dan worden de zaken weer wat duidelijker.

Auteursnoot

De auteur Prof. dr. J. Fluitman is directeur van het MESA research instituut te Enschede.

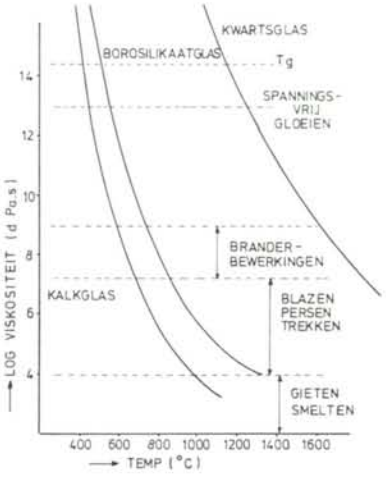
Selectiecriteria voor glas en keramiek in constructies

Ing. J.C.G. Vervest

De beschikbaarheid van vele glas- en keramieksoorten, met daarnaast de moderne bewerkingstechnieken, biedt constructeurs en andere technici de mogelijkheid de specifieke materiaalkenmerken te benutten in de meest uiteenlopende toepassingen.
Wanneer constructeurs in de ontwerpfase overwegen glas of keramiek toe te passen, worden ze vaak geremd door een beperkte kennis van deze materialen en de diverse bewerkingstechnieken, waardoor kwalitatief betere oplossingen onbenut blijven.
Glas en keramiek bezitten namelijk een aantal unieke eigenschappen, die zoveel afwijken van de tot nu toe gebruikte constructiematerialen, dat een veel breder toepassingsgebied mogelijk moet zijn dan nu het geval is.

Bewerkingstechnieken van glas en keramiek.

Glas kan zowel warm, hierbij wordt het glas verhit tot het in de plastische fase komt, als koud bewerkt worden. Met koudbewerken bedoelen we onder andere het zagen, boren, slijpen en polijsten. Anders dan bij vele industriële vormgevingsprocessen binnen de basis-glasindustrie, waarbij direct vanuit de glassmelt wordt gewerkt richting eindprodukt, moet bij het oplossen van vragen uit de diverse technische vakgebieden vaak worden uitgegaan van het samenstellen en/of nabewerken van halffabrikaten. Er kan een keuze gemaakt worden uit buis-, staaf-, plaat- en blokmateriaal van uiteenlopende glassoorten.
Naast het persen of gieten van gerede produkten kan men bij keramiek voor de nabewerkingen in grote lijnen twee bewerkingsstadia onderscheiden, namelijk de "groene" en de "witte" fase. In de "groene" fase is het werkstuk enkel voorgesinterd, waardoor het keramiek relatief gemakkelijk en snel na te bewerken is.
Een nadeel hierbij kan zijn dat de vorm- en plaatstoleranties niet optimaal zijn omdat bij het nasinterproces een grote krimp optreedt. Nabewerkingen in de "witte" fase – het materiaal heeft dan reeds de specifieke eigenschappen als hardheid en sterkte – leveren reproduceerbaar maat- en vormvaste produkten op. Nadelen hiervan zijn de relatief lange bewerkingstijden en beperkte verkrijgbaarheid van halffabrikaten.
Voor de thermische bewerkbaarheid – dit is de viscositeit van het glas bij een bepaalde temperatuur – van de verschillende glazen kan men in grote lijnen de viscositeit als functie van de temperatuur aanhouden zoals weergegeven in figuur 1.
Daarnaast bestaat in het algemeen een zekere relatie tussen de thermische bewerkbaarheid en de uitzettingscoëfficiënt. Als regel geldt dat "zachte" glazen veelal een hogere uitzettingscoëfficiënt hebben dan "harde" glazen. "Lange" glazen zijn over een groter temperatuurbereik plastisch vervormbaar dan "korte" glazen. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat "zachte" glazen zich niet altijd als een "lang" glas gedragen of andersom.
De koudglasbewerkingen van glas en keramiek zijn in principe alle terug te voeren tot slijpbewerkingen waarbij de mechanische bewerkbaarheid gekoppeld is aan de hardheid, zoals weergegeven in tabel 1. Hoe harder een materiaal is, hoe moeilijker te bewerken, c.q. hoe geringer de afnamesnelheid bij een slijpbewerking. Binnen een keramieksoort speelt ook de structuur, die wordt



Figuur 1. Verband tussen viscositeit en temperatuur voor een aantal glazen.

Glazen produkten fascineren altijd, ook als ze een technisch doel hebben

bepaald door de korrelgrootte, pers- of giettechniek en het sinterproces, nog een dominante rol bij de bewerkbaarheid.
De breukgevoeligheid van glas en keramiek wordt vooral bepaald door de thermische uitzetting in combinatie met de oppervlakteruwheid en de uitgeoefende krachten op het werkstuk.
Glas en keramiek laten zich echter met de daarvoor geëigende bewerkingstechnieken reproduceerbaar en zeer precies bewerken. Voor zowel glas als keramiek zijn de functie en geometrie van het gewenste produkt veelal bepalend voor de te volgen vervaardigingsmethodiek.

		Mohs	Knoop
Grafiet	C	1	10
Boriumnitride	BN	2	25
Calciumfluoride	CaF_2	4	163
BK7		6	520
Kwartsglas	SiO_2	7	670
Silicium	Si	7,5	1000
Zirkoonoxyde	ZrO_2	8	1600
Siliciumnitride	Si_3N_4	8,5	1700
Aluminiumoxyde	Al_2O_3	9	2300
Siliciumcarbide	SiSiC	9,5	2800
Diamant	C	10	7000

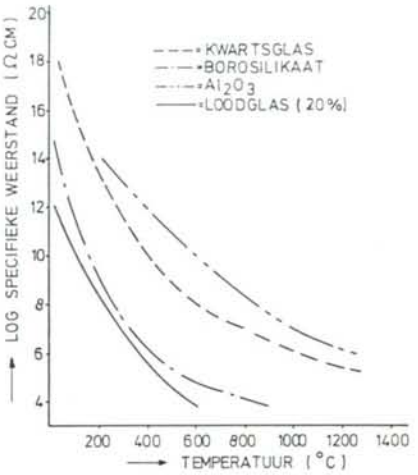
Tabel 1. Mechanische hardheid van een aantal materialen

Materiaaleisen ten aanzien van de toepassing

Voor een optimale toepassing van glas en/of keramiek zijn respectievelijke de thermische en mechanische bewerkbaarheid van beide materialen maar één element van de selectie-matrix.
De kwaliteit van het keuzeproces kan in belangrijk mate verhoogd worden door verscheidene intrinsieke eigenschappen van de diverse glazen en keramieken bij de keuze mee te laten wegen, zoals brekingsindex, mechanische sterkte, isolatiewaarde, corrosiebestendigheid, chemische zuiverheid, warmtegeleiding, gebruikstemperatuur en temperatuurwisselvastheid. Deze eigenschappen worden in het algemeen bepaald door de chemische samenstelling van het glas of keramiek.
Naast een aantal glasvormende oxyden zoals B_2O_3, SiO_2, P_2O_5, As_2O_3 en GeO_2 kennen we ook een aantal modificeerders, namelijk Na_2O, K_2O, CaO, MgO en Al_2O_3; door combinatie van beide kan een zeer breed scala van glazen gevormd worden.
In het SiO_2-systeem (kwartsglas) is onder meer het OH-gehalte bepalend voor de verwerkingstemperatuur. Dit is een zeer belangrijk gegeven voor toepassingen in de halfgeleidertechnologie, want 3 tot 200 ppm OH maakt al snel een verschil in maximum gebruikstemperatuur uit van 50°C of meer.
Bij boraatglazen (B_2O_3-systemen) is variatie in de hoeveelheid SiO_2 en Al_2O_3 een mogelijkheid om het visceusgedrag te beïnvloeden. Voor Na_2O-SiO_2-systemen is het K_2O- en/of PbO-gehalte bepalend voor de viscositeit als functie van de temperatuur. Dit laatste is vooral van belang bij soldeerglazen die het mogelijk maken om bij relatief lage temperaturen glas, keramiek en metaal met elkaar te verbinden.
Van de technische keramieken is Al_2O_3 wel het meest bekend, hoewel de laatste jaren de belangstelling voor andere keramieksoorten zoals ZrO_2, SiC en Si_3N_4 snel toeneemt. Elk van deze soorten heeft specifieke eigenschappen die hem meer of minder geschikt maakt voor brede toepassingsgebieden. Naast een zeer hoge gebruikstemperatuur (tot 2000 °C) zijn de goede corrosiebestendigheid en slijtvastheid karakteristieke eigenschappen van keramiek.

Elektrische eigenschappen

Bij elektronische componenten, bijvoorbeeld televisiebuizen, lampen, halfgeleiders, waarin veelvuldig glas en keramiek toepassing vinden, is de isolatiewaarde of soortelijke weerstand kenmerkend voor een bepaalde materiaalkeuze.
In figuur 2 is de soortelijke weerstand gegeven als functie van de temperatuur voor een viertal veel toegepaste materialen. Hieruit volgt duidelijk dat Al_2O_3, en in iets mindere mate kwartsglas, superieure elektrische isolatiewaarden hebben ten opzichte van borosilicaatglas en loodglas.



Figuur 2. Verband tussen soortelijke weerstand en temperatuur voor enkele materialen

Het stroomtransport in glazen is in hoofdzaak het gevolg van de beweeglijkheid van ionen (ladingdragers). De hoeveelheid alkali-ionen, zoals Na^+ en Li^+, in de glassamenstelling zijn bepalend voor de soortelijke weerstand. Bij hogere temperatuur neemt deze weerstand sterk af omdat dan de beweeglijkheid van ionen in de glasstructuur groter wordt.
Van dit gegeven maakt men onder andere gebruik bij het elektrisch versmelten van glazen. Bij het lassen van glazen onderdelen volgens deze techniek worden de te verbinden onderdelen ter plaatse op conventionele wijze verwarmd om vervolgens met behulp van elektroden een hoge stroom door de

Deze foto geeft een goed beeld van de gecompliceerde vormgeving die tegenwoordig in keramiek is te realiseren.

laszone te sturen. Hierdoor verkrijgt men op efficiënte wijze een zeer plaatselijke versmelting.
Verder kan door variatie in de afkoelsnelheid de soortelijke weerstand ook nog enigszins beïnvloed worden.
Bij de keuze van glassoorten voor elektronische toepassingen dient men dus terdege rekening te houden met het feit dat een elektronenbombardement op een glasoppervlak verregaande gevolgen voor de materiaalstructuur kan hebben. Een voorbeeld hiervan is het solarisatie-effect, waarbij het glas sterk verkleurt. Dit effect wordt meestal verkleind door toevoeging van cesium aan de glassamenstelling.
Naast de soortelijke weerstand zijn andere grootheden als diëlektrische constante (E), diëlektrische verliesfactor (tg∂) en de doorslagspanning voor bepaalde toepassingen van belang.
Keramieken genieten als isolator vaak de voorkeur boven glazen omdat de isolatiewaarde daarvan bij hogere temperatuur beter behouden blijft.

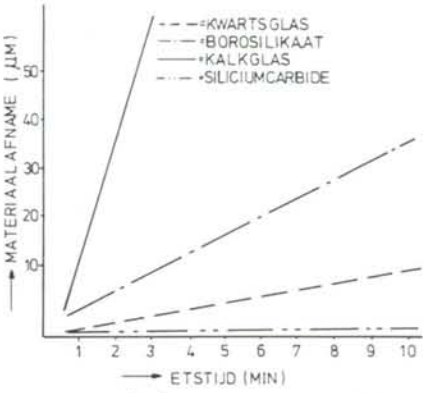
Chemische eigenschappen

Glas en keramiek worden veel toegepast omdat ze voor een groot aantal corrosieve stoffen inert zijn. Zo wordt bijvoorbeeld kwartsglas veel toegepast in de halfgeleiderindustrie, omdat het nauwelijks reageert met de gebruikte gassen en zeer weinig verontreinigingen bevat, zeker in vergelijking met het eveneens toegepaste silicium-geïnfiltreerd-siliciumcarbide (SiSiC); zie tabel 2. SiSiC heeft daarentegen het voordeel dat het toepasbaar is bij procestemperaturen van 1600°C tot 2000 °C, afhankelijk van de omstandigheden. Zeker in geval van zuren en logen, al of niet bij hogere temperaturen, hebben de meeste keramieken een veel betere bestendigheid dan glazen.
In de procesindustrie en analysetechniek wordt veel borosilicaatglas toegepast omdat het relatief gemakkelijk bewerkbaar is en voor vele stoffen een uitstekende chemische bestendigheid heeft.
Bij de steeds verder gaande verfijning van analyses moet men bij de glaskeuze voor apparatuur terdege rekening houden met de glassamenstelling, om te voorkomen dat de analyses hierdoor beïnvloed worden.

De chemische resistentie van glazen is zeer goed voor een groot aantal stoffen, maar vrijwel elke glassoort wordt aangetast door fluorwaterstofzuur (HF). In figuur 3 is de etssnelheid van verschillende materialen voor een 40% HF-oplossing weergegeven. We zien, dat siliciumcarbide nauwelijks wordt aangetast door HF, terwijl bij de glazen – afhankelijk van de samenstelling – een behoorlijke afname plaatsvindt.
Naast het feit dat aantasting voor sommige toepassingen zeer vervelend is, maakt men bij andere technieken hiervan dankbaar gebruik, bijvoorbeeld om glasoppervlakken met behulp van etstechnieken te profileren en/of te "polijsten".
Verder moet men er rekening mee houden dat een groot aantal glazen slecht bestand is tegen logen, zoals bijvoorbeeld NaOH, zeker bij temperaturen tussen 50° en 100°C.

Element	Kwartsglas	SiSiC
Au	< 0,0001	0,001
Co		0,05
Cr	< 0,06	0,3
Fe	0,2	8,0
K	0,3	0,8
Mg	0,2	
Mn	0,25	0,8
Na	0,2	0,1
Li	0,5	
Zr	2,0	5,0
Sb	0,0002	0,004

Tabel 2. Verontreinigingen in ppm van kwartsglas en silicium-geïnfiltreerd-siliciumcarbide (SiSiC).



Figuur 3. Etssnelheid in 40% HF-zuur voor enkele materialen.

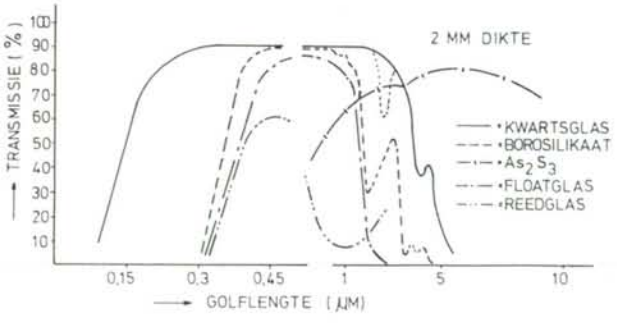
Optische eigenschappen

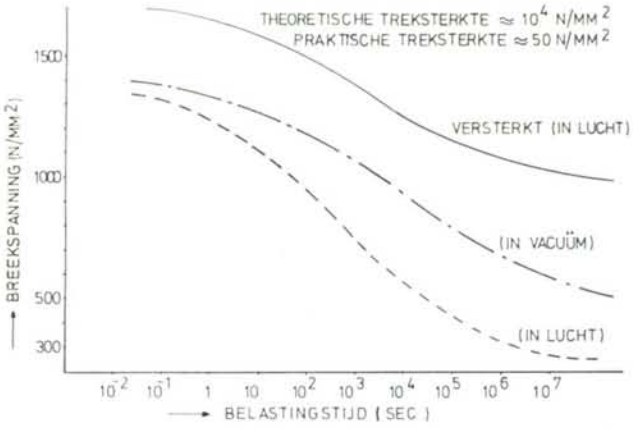
Optische eigenschappen zijn vooral van belang bij de vervaardiging van optische componenten, zoals lenzen, prisma's en optische vezels. Voor deze toepassingen is er een breed scala van optische glazen voorhanden met brekingsindices (Nd) in het zichtbare gebied van 1,44 tot 2,1; deze zijn sterk afhankelijk van de samenstelling.
In het kortgolvige stralingsgebied (UV) wordt veelvuldig kwartsglas gebruikt omdat dit nog een redelijke transmissie geeft, waar andere glassoorten de straling vrijwel geheel absorberen; zie figuur 4.
Geheel andere glassamenstellingen vinden weer toepassing in het langgolvige stralingsgebied (IR), zoals bijvoorbeeld het As_2S_3-glas en germanium voor CO_2-laseroptiek.
Glazen worden voor vele applicaties geselecteerd op de eigenschap dat ze in het desbetreffende golflengtegebied een bepaalde transmissie en/of brekingsindex bezitten.
Voor weer andere toepassingen is een grote absorptie van belang, zoals bij afscherming van röntgenstraling en zonnestraling. Voor optische toepassing van keramieken speelt vooral saffier (eenkristal van Al_2O_3) een belangrijke rol.

Mechanische eigenschappen

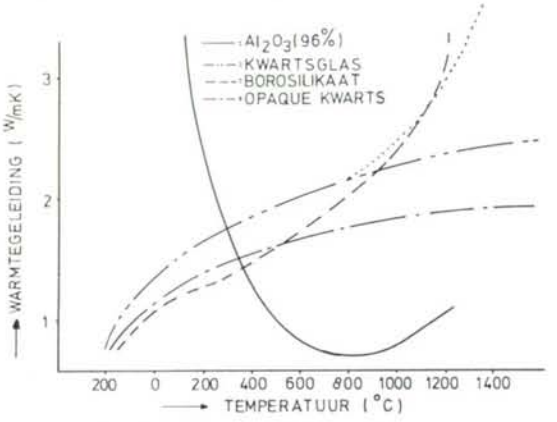
Glas en keramiek hebben in het algemeen de naam dat ze zeer zwak en breekbaar zijn en worden daarom meestal gemeden in constructies, wat in wezen onterecht is.
De mechanische sterkte van glas en ke-

Figuur 4. Verband tussen golflengte en transmissie voor een aantal glazen.





Figuur 5. Verband tussen belastingsduur en breukspanning van een glasstaaf onder een aantal omstandigheden



Figuur 6. Verband tussen warmtegeleidingscoëfficiënt en temperatuur voor enkele materialen.

ramiek is zeker vergelijkbaar met die van staal en aluminium; de theoretische treksterkte van glas bedraagt circa 10^4N/mm^2. In de praktijk wordt die waarde niet gerealiseerd omdat deze sterk afhankelijk is van de oppervlaktegesteldheid en vochtigheidsgraad.
Mechanische bewerkingen, vingerafdrukken en de etsende werking van water verzwakken het glasoppervlak zodanig, dat in de praktijk met een breukspanning van 5N/mm^2 gerekend wordt. De breukspanning is verder sterk afhankelijk van de belastingsduur, zoals weergegeven in figuur 5. Een glasstaaf, getrokken onder optimale omstandigheden en beproefd onder vacuüm, is veel sterker dan een soortgelijke staaf beproefd in lucht, omdat dan de altijd aanwezige waterdamp op het oppervlak kan inwerken.
Verder kan versterkt glas een nog grotere belasting (15N/mm^2) doorstaan. Glas kan echter op verschillende manieren versterkt worden, onder andere door versneld afkoelen of door het oppervlak chemisch te modificeren.
Door eerst homogeen te verhitten tot boven het punt waarbij spanningen ontstaan en daarna geforceerd te koelen, komt het oppervlak onder drukspanning. Deze spanning vormt als het ware een drempel voor de krachten die het oppervlak onder trekspanning moeten brengen om een breuk te initiëren.
Bij het chemisch versterken wordt het oppervlak onder drukspanning gebracht door aan dit oppervlak ionen uit te wisselen. Hiertoe wordt het glas in een bad met gesmolten kaliumnitraat bij ongeveer 400°C gedompeld. Hierbij vindt een uitwisseling plaats tussen K^+-ionen uit het bad en Na^+-ionen uit het glas. Doordat het K^+-ion een grotere ionstraal heeft dan het Na^+-ion ontstaat in de oppervlaktelaag een drukspanning. Bij bepaalde toepassingen kan men hiervan gebruik maken en zodoende mechanisch sterke constructies realiseren.

Thermische eigenschappen

Zoals al eerder is opgemerkt beperkt bij veel technici de kennis omtrent de thermische eigenschappen van glazen zich tot de temperatuurwisselvastheid – het barst in stukken bij snelle afkoeling of opwarming – en staat daarmee andere toepassingsmogelijkheden in de weg. Eén van deze mogelijkheden wordt gegeven door het warmtegeleidingsgedrag van glas en keramiek, zoals weergegeven in figuur 6. Hierin is duidelijk te zien dat keramiek een sterk afwijkend gedrag vertoont ten opzichte van glas. Het heeft een hoge warmtegeleiding bij kamertemperatuur om daarna snel af te nemen bij stijgende temperatuur met een minimum nabij de 800°C. De meeste glazen daarentegen hebben een oplopende warmtegeleidingscoëfficiënt bij toenemende temperatuur.
Bij toepassing van kwartsglas als warmte-isolator boven de 800°C dient men rekening te houden met de warmte-overdracht door straling, die enigszins te beperken is door het oppervlak te matteren.
De thermische uitzetting van glas en keramiek zijn in grote mate ook bepalend voor de mogelijkheid om ze te verbinden met andere materialen. Zowel glas als keramiek zijn met behulp van verschillende technieken uitstekend te verbinden met andere glas- en keramieksoorten, maar ook met metalen. Vooral de verbindingen met metalen vinden veelvuldig toepassing in uiteenlopende technische toepassingen zoals lampen en opto-elektronische componenten.

Samenvatting

Constructeurs, ontwerpers en andere technici hebben vaak een geheel vertekend beeld van de mogelijkheden van glas en keramiek wat betreft hun technische toepasbaarheid. Veelal wordt het gebruik van glas en keramiek met de verkeerde argumenten vermeden. Er is momenteel een zeer groot scala van specifieke glas- en keramieksoorten en bewerkingstechnieken voorhanden, die tot kwalitatief betere oplossingen kunnen leiden en dus meer toegevoegde waarde geven.

Auteursnoot
Ing. J.C.G. Vervest is technisch directeur van Louwers Hapert Glastechniek B.V. te Hapert.

Redactienoot
Dit artikel is een bewerking door de auteur van zijn gelijknamige voordracht, gehouden op de Themadag "Glastechnologie" in het Mikrocentrum te Eindhoven op 29 april 1993.

Literatuur

[1] Glass Science; H.R.Doremus; John Wiley & Sons.
[2] Optical Properties of Glass; I.Fanderlik; Elsevier.
[3] Properties and Applications of Glass; H.Rawson; Elsevier.
[4] Werkstoffkunde - Glas; S.Spauszus; Veb Leipzig.
[5] Glas Natur, Struktur und eigenschaften; H.Scholze; Springer-Verlag.
[6] Glaschemie; W.Vogel; Veb Leipzig.
[7] Glass Engineering handbook; E.Schand; McGraw-Hill.
[8] Vademecum voor de Glastechniek; P.Heller e.a.; Kluwer Technische Boeken.
[9] Strength and Fracture of Glass and Ceramics; J.Menéik; Elsevier.
[10] Engineerd Materials Handbook; Vol. 4. Ceramics and Glasses; ASM International.

Optica op basis van een telescoop

Longdistance microscoop

H.G.J. Rutten

De hier beschreven longdistance microscoop is in principe een catadioptrische (optisch systeem met lenzen en spiegels) telescoop voor extreem korte afstanden. Dit instrument heeft, afhankelijk van de uitvoering, een werkgebied van enige tientallen centimeters tot oneindig. Doordat het een systeem van lenzen en spiegels is, moeten er speciale voorzieningen getroffen worden om te voorkomen dat het instrument overdag 'blind' is.
In dit artikel wordt de optische werking besproken van dit bijzondere type microscoop, dat werkt op basis van een telescoop met een Schmidt-optiek. In een volgend artikel zullen de mechanische opbouw, de fabricage en de toepassingsmogelijkheden worden behandeld.

Inleiding

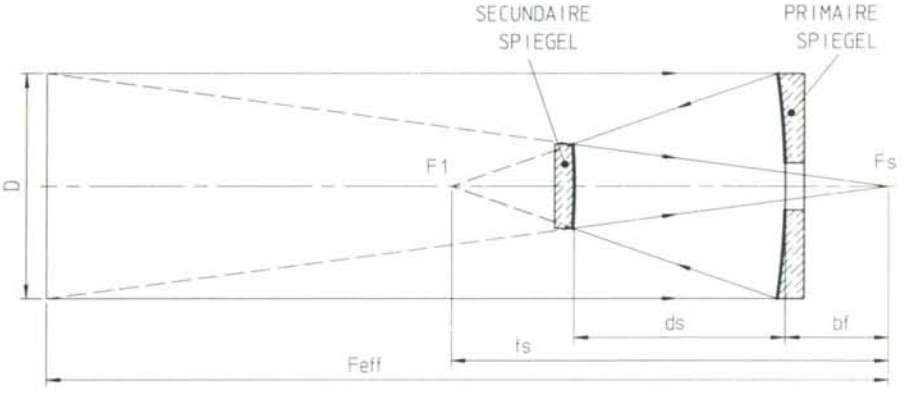
In Mikroniek (1994)2 werd de Schmidt-optiek besproken. Daaruit bleek dat een zeer hoge afbeeldingskwaliteit haalbaar is met zeer weinig optische componenten; een sferische spiegel en een merkwaardig gevormde correctielens, ook wel Schmidt-lens genaamd.
Met behulp van een dergelijke Schmidt-lens zijn nog andere configuraties mogelijk. Door toevoeging van een klein bol spiegeltje en met een aanpassing van de Schmidt-lens ontstaat de Schmidt-Cassegrain opstelling.
Dit is een zeer compacte bouwvorm waarbij de brandpuntsafstand van het systeem veel langer is dan de zeer korte bouwlengte. Bovendien heeft deze bouwvorm een groot werkgebied, hetgeen vooral wordt bereikt door de speciale manier van focusseren.

Het optisch principe

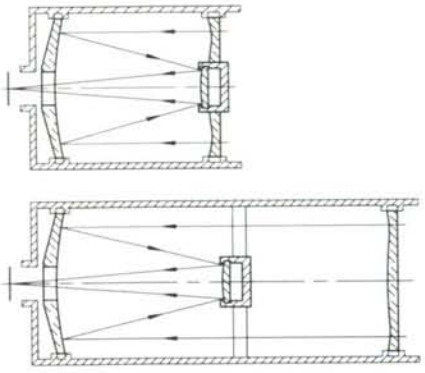
In principe is het optische systeem van de longdistance microscoop een twee--spiegel-telescoopsysteem. Dit systeem wordt ook wel, naar zijn uitvinder, een Cassegrain-systeem genoemd. De Fransman Guillaume Cassegrain vond deze opbouw uit in 1677; het schema ervan is weergegeven in figuur 1.
Het licht komt van het object en treft de primaire spiegel die een parabolische vorm heeft. Deze reflecteert de bundel en projecteert het primaire beeld in het brandpunt F_1. Voordat die plaats bereikt wordt onderschept de secundaire spiegel, die een hyperbolische vorm heeft, de projecterende bundel en kaatst deze terug in de richting van de primaire spiegel. Door de bolle vorm wordt een groter, secundair beeld in F_s geprojecteerd. Om waarneming ervan mogelijk te maken is de primaire spiegel doorboord. Dit beeld wordt visueel waargenomen met behulp van een oculair of vastgelegd op een fotografische emulsie. Natuurlijk is het ook mogelijk een CCD-camera te gebruiken om een digitaal beeld te verkrijgen.
De bouwlengte van het instrument is globaal de afstand (d_s) tussen de spiegels en de afstand (b_f) achter het voorvlak van de spiegel. De brandpuntsafstand van het systeem is echter veel groter.
Onder de brandpuntsafstand wordt verstaan de 'hoogte' (F_{eff}) die de secundaire convergerende bundel heeft als de diameter (D) van het grondvlak gelijk is aan de diameter van de bundel die het systeem binnentreedt.

Bij een Schmidt-Cassegrain uitvoering is aan het twee-spiegel-systeem een Schmidt-lens toegevoegd. Deze ligt altijd verder van de primaire spiegel verwijderd dan de secundaire spiegel. Ook de oppervlaktegeometrie van de spiegels is anders; diverse configuraties zijn mogelijk. Het zou te ver voeren deze alle te behandelen.
De meest gebruikte uitvoeringen zijn die waarbij beide spiegels sferisch zijn of waarbij de primaire spiegel sferisch is en de secundaire spiegel elliptisch van vorm is.
Over het algemeen wordt een zodanige bouwvorm gekozen dat de secundaire spiegel aan de Schmidt-lens wordt bevestigd. Zo ontstaat een uiterst compacte bouwvorm die veel voordelen heeft.

In het artikel over de Schmidt-optiek in Mikroniek (1994)2 werd de noodzaak tot verkleining van de afbeeldingsfouten benadrukt. Daarbij was sferische aberratie de onscherpte die op de optische as, dus in het midden van het gezichtsveld, optreedt en coma de onscherpte die zich buiten de optische as manifesteert.
Het belangrijkste voor elke optisch systeem is dat de sferische aberratie goed wordt gecorrigeerd.
Coma wordt in een Schmidt-Cassegrain met twee sferische spiegels in de boven beschreven vorm niet gecorrigeerd. Toch kan deze coma op een zeer eenvoudige wijze worden opgeheven



Figuur 1. Het basisprincipe van een tweespiegelsysteem volgens Cassegrain (1677).



Figuur 2. Twee comavrije Schmidt-Cassegrain systemen. Een niet-compacte versie met twee sferische spiegels en een compacte versie met een asferische secundaire spiegel en een sterkere Schmidt-corrector (deformaties zijn overdreven weergegeven).

en wel door de afstand van de Schmidt-lens tot de primaire spiegel te vergroten. Daarmee wordt echter het principe van de compacte bouwvorm verlaten. Een ander belangrijk nadeel is dat de secundaire spiegel niet meer aan de Schmidt-lens kan worden bevestigd en een mechanische constructie, spider genoemd, gebruikt moet worden. Naast het nadeel van lichtverlies geeft deze oplossing ook ongewenste buigingseffecten van het licht in de kijker, hetgeen vooral contrastverlies tot gevolg heeft. In figuur 2 is het verschil tussen een compact en een non-compact ontwerp vergeleken. In beide gevallen wordt coma gecorrigeerd. Een voordeel kan lijken dat nu de Schmidt-lens niet doorboord hoeft te worden als de secundaire spiegel instelbaar moet zijn. De toegankelijkheid tot deze spiegel tijdens het afstellen is nu echter erg moeilijk.

De tweede oplossing is fabricage-technisch wat ingewikkelder. Met deze is men ook in staat de compacte bouwvorm te handhaven. De secundaire spiegel is dan geen zuivere bolvorm (sfeer), maar de omwentelingsfiguur van een ellips (ellipsoïde). Deze elliptische vorm dient niet alleen binnen enge toleranties vervaardigd te worden, maar vooral een zeer hoge vormnauwkeurigheid te hebben. Een ellips kan evenwel niet op de gebruikelijke manier, zoals sferische oppervlakken, vervaardigd worden.
Ook de Schmidt-lens wijzigt. De karakteristieke vorm blijft wel dezelfde, maar de 'diepte' van de deformatie in het lensoppervlak wordt bijna twee keer zo groot. Dat is de prijs die betaald moet worden terwille van de compactheid.

Microscoop

Alvorens erop in te gaan hoe de long-distance microscoop werkt is het zinvol te bespreken hoe een conventionele microscoop werkt. In principe wordt daarbij een beeld geprojecteerd en vergroot afgebeeld. Bij een microscoop is de afstand van het objectief tot het oculair een vaste afstand. Scherpstellen gebeurt danook door het gehele optische systeem ten opzichte van het object te bewegen.

Uit de optica kennen we de bekende formules:
de afbeeldingsformule:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$$

en de vergroting:

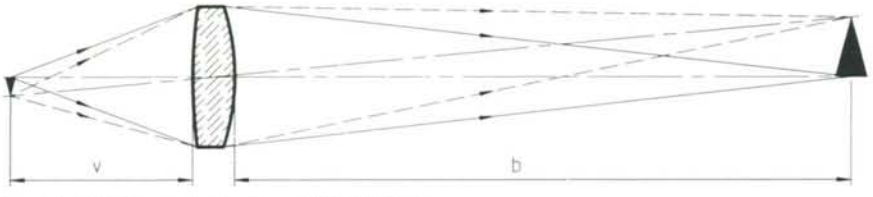
$$V = \frac{b}{v}.$$

Hierin zijn f de brandpuntsafstand van een lens, v de afstand van lens tot het object (voorwerpsafstand) en b is afstand van lens tot het brandpunt (beeldafstand). Deze laatste wordt ook wel projectieafstand genoemd.
De vergroting (V) is niet alleen de verhouding in afmeting tussen de afbeelding en het object, maar ook de verhouding van beeld- en voorwerpsafstand.
Uit het voorgaande is duidelijk dat, naarmate de afstand (v) van het object tot de lens minder wordt, de afstand (b) van de lens tot het brandpunt toeneemt.
De afbeeldingsformule geldt voor enkelvoudige lenzen en spiegels. Voor samengestelde systemen geldt in principe hetzelfde. Alleen de punten van waaruit de voorwerps- en beeldafstand bepaald worden zijn afhankelijk van de opbouw van het systeem en de gebruikte optische elementen.
Voorbeeld: Bij een objectief met een brandpuntsafstand van 10 mm en een voorwerpsafstand van 10,5 mm ligt de afbeelding op 210 mm. De vergroting is dan 20 keer. Dit beeldje wordt met een loep, oculair genoemd, bekeken. Als dit oculair een eigen vergroting heeft van 10 keer is de totale vergroting van het instrument 200 keer (20x10). De eigen vergroting van het oculair wordt gerelateerd aan de normale kijkafstand van 250 mm. Heeft een oculair een brandpuntsafstand van 25 mm dan is de eigen vergroting 250 / 25 = 10 x.

Naast de vergroting is ook de lichtsterkte van een microscoop-objectief bepalend voor de lichtsterkte van het beeld. Bij een microscoop- objectief spreekt men van de numerieke apertuur (N.A.) Dit is de sinus van de grootste halve openingshoek van het licht dat door het objectief gebruikt wordt om een afbeelding te maken, zie figuur 3. Een hoge numerieke apertuur is niet alleen een maat voor de hoeveelheid licht die een objectief in staat is op te vangen en om te vormen tot een afbeelding.
De numerieke apertuur bepaalt ook het scheidend vermogen. Het zou echter te ver voeren in dit artikel af te leiden hoe de relatie ontstaat. Het scheidend vermogen is afhankelijk van de diameter van het zogenaamde buigingsschijfje. Dit buigingsschijfje is de afbeelding van een puntbron en ontstaat als een systeem vrij is van afbeeldingsfouten. Het buigingsschijfje, dat alleen wordt veroorzaakt doordat licht een golfverschijnsel is, is dus de kleinst mogelijke afbeelding (d) van een puntvormig object. Deze is bij een microscoopobjectief:

$$d = \frac{\lambda}{N.A.}, \text{ waarin } \lambda = \text{golflengte licht.}$$

De afbeelding zelf heeft ook een numerieke apertuur. Deze is globaal genomen gelijk aan het quotiënt van de N.A. van het objectief en de vergroting van dat objectief, immers, de vergrotingen verhouden zich als (b) staat tot (v). De numerieke apertuur van de afbeelding is een maat voor de helderheid van het



Figuur 3. De beeldvorming door een enkelvoudige lens.

beeld dat gevormd is, onafhankelijk van de numerieke apertuur van objectief.

Telescoop

In de titel staat dat de hier besproken longdistance microscoop een afgeleide van een telescoop is. Laten we dan nu ingaan op de werking van een telescoop.
Normaliter wordt een telescoop gebruikt voor waarnemingen van hemelse objecten, dus op een oneindige afstand. Bij deze waarnemingen is de afstand tot het object altijd hetzelfde en ligt de afbeelding, theoretisch gezien, altijd op dezelfde plaats. Natuurlijk is zo'n instrument voorzien van een verstelling om het beeld scherp te kunnen stellen: de focusseerinrichting. In tegenstelling tot een microscoop wordt bij een telescoop het oculair ten opzichte van het objectief bewogen, vergelijkbaar dus met een verrekijker. De focusseerinrichting is ook nodig om toleranties en bouwlengtes van additionele hulpmiddelen op te vangen. Deze afwijkingen komen ook in de conventionele microscopen voor, maar zijn daar echter niet storend. Het enige dat daar dan gebeurt, is dat de vergroting een weinig verandert.

Wordt zo'n systeem echter gebruikt voor aardse waarneming, en in het extreme als longdistance microscoop met waarnemingsafstanden van minder dan 10 meter, dan veranderen de eigenschappen van het optische systeem drastisch.
Op de eerste plaats wijzigt de ligging van het brandvlak dramatisch, maar ook de lichtsterkte (N.A.) van de afbeelding van het systeem neemt meer dan dramatisch af.
Deze verandering is een progressieve functie die globaal genomen van de lensformule kan worden afgeleid. De ligging van het brandvlak wordt daarom:

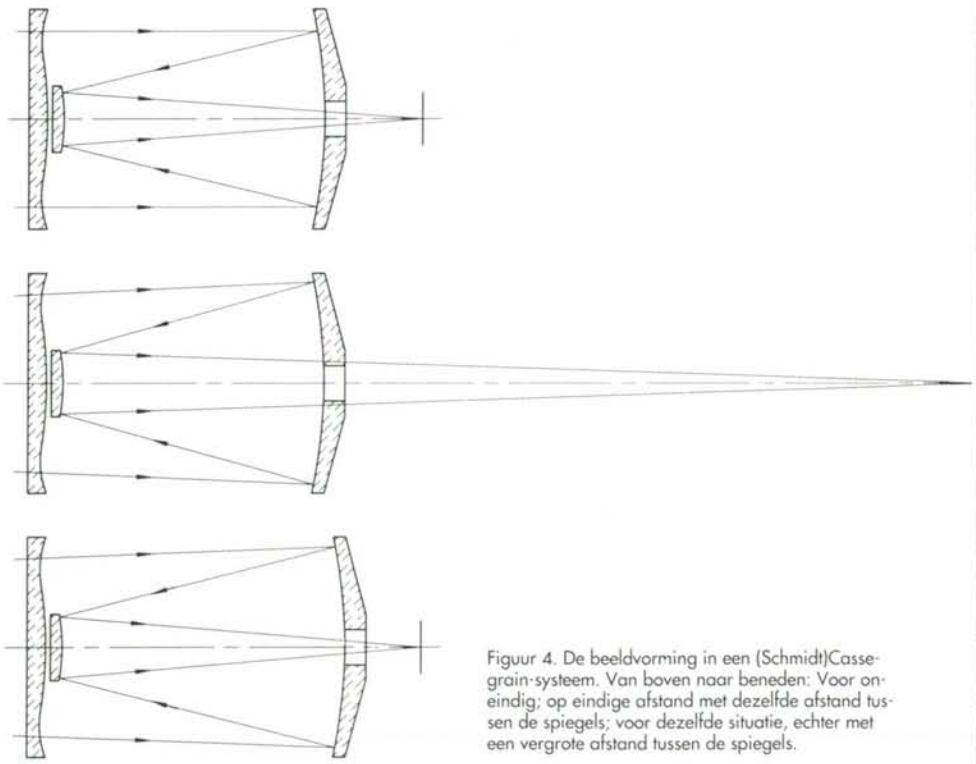
$$b = \frac{f \cdot v}{v - f}.$$

Uit de formule is duidelijk te zien dat, als (v) nadert tot de brandpuntsafstand van de lens of het systeem, (b) zeer snel erg groot kan worden. (De formule geldt voor een enkelvoudige lens; voor een twee-spiegelsysteem is deze iets afwijkend, wat voor de interpretatie echter geen verschil maakt.)
Wat is de oorzaak van deze fenomenen?

Telescoop wordt microscoop

Bij het twee-spiegel-systeem vormt de primaire spiegel het primaire beeld. De beeldvormende bundel wordt door de secundaire spiegel opgevangen en geprojecteerd door een gat in de primaire spiegel naar het oculair, film of CCD-chip. De secundaire spiegel vangt de hele bundel op en is zo klein mogelijk om zo min mogelijk licht te blokkeren. De diameter van het gat is globaal genomen de helft van de diameter van de secundaire spiegel. Dit is nodig om ruimte te hebben voor een focusseersysteem en een systeem om strooilicht te voorkomen, maar daarover later meer.
Bij korter wordende waarnemingsafstand ligt het primaire beeld verder van de primaire spiegel verwijderd. De projectiebundel heeft ter plaatse van de secundaire spiegel een grotere diameter dan de spiegel zelf. Deze snijdt dus een gedeelte ervan af, er gaat dus licht verloren. De secundaire spiegel projecteert vervolgens het beeld veel verder weg dan in de situatie met een object op oneindig. Op de plaats waar de bundel de doorboorde primaire spiegel passeert heeft hij wederom een diameter die veel groter is dan de diameter van het gat. Er wordt dus opnieuw licht afgesneden dat verloren gaat.
Doordat de stralengang in het systeem geheel afwijkt van de ontwerpparameters ontstaan de reflecties aan de spiegels en refracties aan de Schmidt-lens op andere plaatsen. Dit heeft tot gevolg dat de optische kwaliteit zeer sterk achteruit kan gaan.
Uit de figuur 4 kan worden afgeleid dat deze effecten ongewenst zijn en er een andere oplossing gezocht moet worden voor de teruggang in de optische kwaliteit, het enorme lichtverlies en vooral voor de immens groot wordende schijnbare projectie-afstand: de verschuiving van het brandvlak.

De oplossing is verrassend eenvoudig.
Op de eerste plaats wordt het twee-spiegel-systeem ontworpen voor een eindige afstand, dus niet zoals voor een telescoop op oneindig — en voor een bepaald bereik, bijvoorbeeld van 2 tot 5 meter.
Vervolgens wordt niet gefocusseerd door het oculair te verschuiven, maar de spiegels ten opzichte van elkaar te verplaatsen. Hierdoor verandert als het



Figuur 4. De beeldvorming in een (Schmidt)Cassegrain-systeem. Van boven naar beneden: Voor oneindig; op eindige afstand met dezelfde afstand tussen de spiegels; voor dezelfde situatie, echter met een vergrote afstand tussen de spiegels.

ware de sterkte van de twee-spiegel--combinatie.
De brandpuntsafstand van de combinatie is:

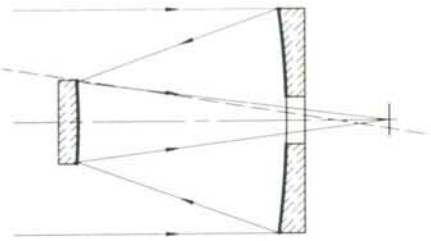
$$F_{eff} = \frac{f_p \cdot f_s}{f_p + f_s - d}.$$

Hierin zijn F_{eff}, f_p, f_s en d respectievelijk de brandpuntsafstand van de combinatie, die van de primaire en secundaire spiegel en de onderlinge afstand van spiegels.
Doordat tijdens het focusseren (d) kleiner wordt, wordt (F_{eff}) dus ook kleiner. Doordat de brandpuntsafstand van het systeem korter wordt zal de projectie-afstand relatief gezien langer zijn. Omdat de afstand van het primaire beeld, dat gevormd wordt door de primaire spiegel, slechts weinig van plaats verandert ten opzichte van het oculair, blijft de convergerende bundel bijna even steil. Dat houdt in dat de lichtsterkte nauwelijks verandert en dat de voorzieningen die nodig zijn om strooilicht buiten te sluiten (later in dit artikel) nauwelijks veranderen in eigenschappen.
Deze oplossing heeft, geometrisch gezien, alle voordelen die men zich kan wensen, terwijl bovendien de optische kwaliteit veel minder sterk achteruit gaat en over een groot gebied aan de hoogste eisen blijft voldoen.
Om hier inzicht in te krijgen is het belangrijk te weten hoe de afbeelding tot stand komt.
De vorming van de afbeelding van een twee- spiegel-systeem kan op twee manieren worden berekend worden. De eerste is als systeem, de tweede gaat uit van twee aparte elementen. De laatste methode geeft inzicht hoe de lichtbundels in het systeem er uitzien. Dat dit belangrijk is zal later in het artikel blijken. Als een object in het oneindige ligt beeldt de primaire spiegel het object af in het brandpunt F_1; zie figuur 1. Voor objecten die niet op oneindig liggen kan die plaats met de bovenstaande formule berekend worden. Het deel van de projectie-afstand van de beeldvormende bundel dat door de secundaire spiegel wordt onderschept vormt de voorwerpsafstand voor deze laatste. Met dezelfde formules, maar nu rekening houdend met de bolle vorm en de plaats van het voorwerp, kan de plaats het uiteindelijke brandpunt berekend worden.

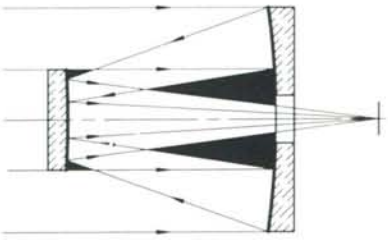
Om enig inzicht in de effecten te verkrijgen dient de volgende een exercitie. Als voorbeeld wordt een twee-spiegel-systeem gebruikt met een primaire spiegel die een brandpuntsafstand heeft van 275 mm, een secundaire spiegel met een F van -87,5 mm, die een onderlinge afstand van 205 mm hebben; zie de onderstaande tabel.

Dagblindheid

Twee-spiegel-systemen, ook al zijn het catadioptrische uitvoeringen, zijn dagblind. Dagblind wil zeggen dat licht dat niet mee doet aan de beeldvorming in het brandvlak van het optische systeem terecht kan komen. In figuur 5 is dit weergegeven. Licht scheert langs de secundaire spiegel en gaat door het gat in de primaire spiegel en bereikt zo het beeldvlak. Door rondom de secundaire spiegel en in het gat in de primaire spiegel dunwandige buizen aan te brengen kan een zogenaamd baffle-systeem worden geconstrueerd. De naam baffle stamt uit het Engels en betekent 'verijdelen'.
Het buizenstelsel moet echter zodanig geconstrueerd worden dat geen licht wordt onderschept dat binnen komt evenwijdig aan de optische as. Het verlies aan licht dat mee kan doen aan de beeldvorming noemt men vignetteren. In principe is de diameter van het beeldveld dat door een twee-spiegel-systeem gevormd wordt begrensd door de grootte van de secundaire spiegel. Als de secundaire spiegel niet groter is dan nodig om een bundel op te vangen die evenwijdig aan de optische as binnenkomt, dan zal van een schuin invallende bundel beeldvormend licht langs de spiegel vallen en dus gevignetteerd worden. Om deze reden wordt de secundaire spiegel altijd groter gemaakt dan de minimum diameter, meestal is dit 10% tot 15%. Verder zal er op een gegeven moment ook licht worden tegen gehouden doordat de boring in de primaire spiegel te klein wordt om de hele bundel door te laten. De diametervergroting van de secundaire spiegel geeft tevens extra ruimte voor het aanbrengen van het baffle-systeem. De



Figuur 5. De oorzaak van dagblindheid van een twee-spiegel-systeem.



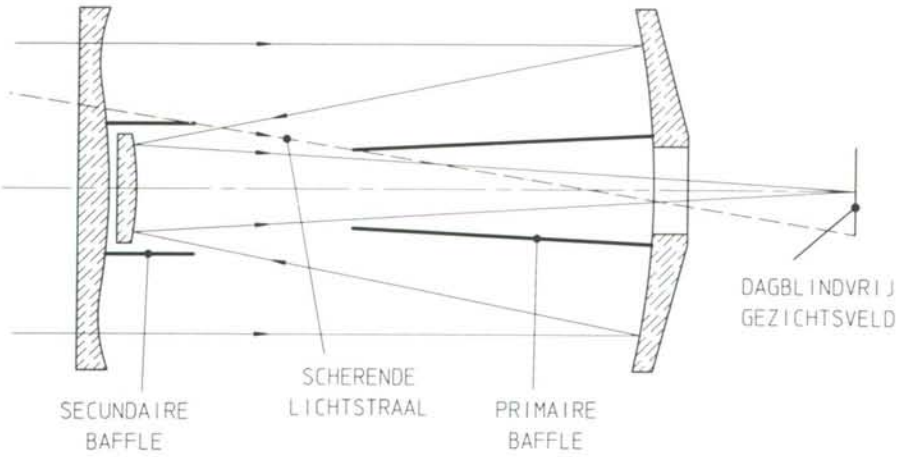
Figuur 6. Ruimtes die beschikbaar zijn (zwart) voor het aanbrengen van een baffle-systeem. Deze gebieden zijn bruikbaar voor het verkrijgen van een vignetteringsvrij veld op de optische as.

De lichtbundels gedragen zich dan als volgt (maten in mm):

	oneindig	op 10 meter afstand	
	oculair-focussering	oculair-focussering	spiegel-focussering
primaire spiegel:			
object afstand	oneindig	-10000	-9992,2
afstand afbeelding	-275	-282,8	-282,8
secundaire spiegel:			
object afstand	-70	-77,8	-70
projectie afstand	350	701,8	350

Om het brandpunt voor de afstand van 10 meter op dezelfde plaats te houden moet de primaire spiegel dus 7,8 mm verschoven worden.

ruimte die beschikbaar is wordt gevormd door de begrenzende lichtbundels. Voor schuin invallende bundels is weer een anders gevormde ruimte te gebruiken. Beide situaties zijn weergegeven in figuur 6.
Uit het voorgaande en deze figuur blijkt dat het onmogelijk is een bepaald veld te creëren dat in zijn geheel vignetteringsvrij is. Wel is het mogelijk een ontwerp te maken waarvan een bepaald veld in de afbeelding vrij van vignettering is. Buiten het vignetteringsvrije veld zal het beeldvormende licht gaan vignetteren tot 100% doordat de steeds schuiner invallende bundels steeds meer door de buizen van het baffle systeem worden tegengehouden. Uiteindelijk ontstaat zo het beeldveld dat beschikbaar is. Het is in te zien dat, naarmate het vignetteringsvrije veld groter is, de buis om de secundaire spiegel, de secundaire baffle genoemd, groter moet worden. Deze mag echter niet te groot worden, omdat dit naast lichtverlies ook lichtbuigingseffecten geeft die invloed hebben op het contrast.
Het is daarom nodig een keuze te maken hoe groot het vignetteringsvrije veld moet zijn. Dit zal bij een instrument dat in combinatie met een kleinbeeldcamera gebruikt wordt anders zijn dan bij een instrument met een kleine CCD-chip.
Taak van de ontwerper is het baffle--systeem zodanig te ontwerpen dat de diametertoename van de secundaire baffle minimaal is bij een gegeven vignetteringsvrij veld.
Bij het ontwerpen wordt in de primaire spiegel ook een buis geplaatst, de zogenaamde primaire baffle. Deze bepaalt in hoge mate onder welke hoek vanuit het beeldvlak naar de secundaire baffle 'gekeken' wordt. Wel is het belangrijk dat deze primaire baffle geen licht onderschept dat door de primaire spiegel gereflecteerd wordt.
Helaas is het ontwerpproces geen recht toe recht aan proces, maar meer een zaak van 'trial and error'. Vandaar dat een opzet gemaakt wordt voor een bepaalde diameter van de secundaire baffle en wordt met de lengte ervan en de beeldvorming door de primaire spiegel gekeken wat het maximale veld is. Zo gaat men verder totdat er een compromis is bereikt. In figuur 7 is zo'n compromis te zien. Door de dagblindbuis aan de primaire spiegel conisch (of getrapt) te maken wordt een groter gezichtsveld mogelijk.



Figuur 7. Een uitgewerkt model van een baffle-systeem met een vergroot vignetteringsvrij veld.

Al is de geometrie van het baffle-systeem bekend wil dat niet zeggen dat de problemen zijn opgelost. Licht wordt tegengehouden door de buizen die reflecteren het licht. Het is dus ook zaak ervoor te zorgen dat de buizen zo min mogelijk reflecteren.

Technische uitvoering

De technische uitvoering is natuurlijk een verhaal apart. In een volgende Mikroniek verschijnt een artikel dat behandelt hoe de spiegels verschoven worden, hoe het baffle-systeem er uitziet, welke voorzieningen getroffen zijn om inwendige reflecties te voorkomen, etcetera.

Figuur 8. De longdistance microscoop die in dit artikel werd besproken en waarvan in een volgend artikel uitgebreid de techniek aan de orde komt.

Literatuur:
[1] Telescope Optics, Evaluation and Design; H.G.J. Rutten, M.A.M. van Venrooij; Willmann Bell inc. 1988.
[2] Geometrical and Physical Optics; R.S. Longhurst; Longmann, 1970.

Her en der

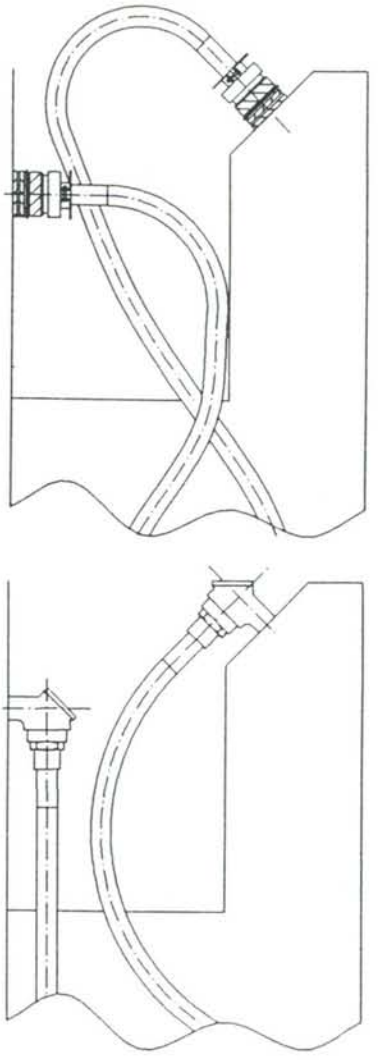
Routing van slangen en (kabel)bundels

Slangen voor pneumatica, hydraulica, gassen, vloeistoffen en kabelbundels voor de overbrenging van stuursignalen of vermogensstromen werden vroeger en nu nog steeds toegepast.
Helaas worden vaak fouten gemaakt als deze bevestigd worden aan stilstaande of bewegende delen. Een onjuiste bevestiging kan leiden tot storingen met alle gevolgen van dien: lekkage, overlast van zelfs giftige gassen of vloeistoffen, kortsluiting, overslag of storing in elektrische signalen, brandgevaar, etc. In dit artikeltje wordt een overzicht gegeven van de manieren hoe deze technische componenten aangebracht dienen te worden om lang en storingvrij te kunnen functioneren.

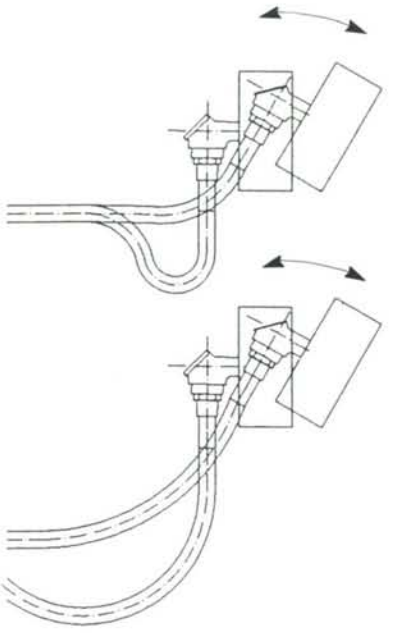
Als gesproken wordt over routing bij het gebruik van slangen en bundels kan onderscheid gemaakt worden tussen mediatieve stromen en elektrische stromen. Bij mediatieve stromen wordt een volume verplaatst dat dient als transport of overbrenging van energie (hydraulica en pneumatica). Maar ook ten behoeve van aansturingen zoals het bedienen van ventielen.
Bij een elektrische stroom kunnen dit stuursignalen met een kleine stroom zijn of vermogensstromen voor de toevoer respectievelijk afvoer van energie voor motoren en generatoren. Het zal duidelijk zijn dat al deze slangen en bundels ieder hun eigen specifieke eigenschappen hebben en daardoor bij slecht functioneren ook weer hun typische gevaren en volgschades kunnen veroorzaken.

Slangen

Slangen dienen voor het transport van volumetrische media. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen vloeistoffen en gassen. Deze kunnen, ieder voor zich, weer onderverdeeld worden in toepassingen werkend bij zeer lage, lage, hoge en zelfs zeer hoge druk. Opnieuw kan ook weer ieder voor zich, onderscheid gemaakt worden tussen media met een lage, normale, hoge en zeer hoge temperatuur. En wederom kan onderscheid gemaakt worden tussen media die chemisch neutraal, agressief, oxyderend, giftig, brandbaar of zelfs explosief zijn. Tot nu toe, is er dan alleen nog maar gesproken over wat er door de slang gaat, maar in principe kan voor de omgeving precies hetzelfde rijtje worden opgesteld. Al met al een veelvoud van criteria waar niet alleen de slang aan moet voldoen, maar ook voor de bevestiging ervan aan een al dan niet bewegend deel van een machine, apparaat of installatie.
Een volgend criterium is hoe een slang ongewenst langs bewegende delen zou kunnen schuren. Het is immers de taak van de constructeur zulks te voorkomen. Bij extreem gevaarlijke situaties is het soms zinvol voorzorgsmaatregelen te treffen voor de gevolgen van een, uiteraard, ongewild slecht functioneren.



Figuur 1. Boven de foute situatie. De slangen/bundels knikken gemakkelijk. Beneden is de situatie sterk verbeterd door gebruik te maken van haakse connectoren.



Figuur 2. Bij de bovenste situatie is de combinatie van de afstand van het bevestigingspunt van de slang/bundel en het draaipunt te gering. In de links gedraaide positie ontstaat gevaar voor knikken, in de rechtse kans op strekverschijnselen.
In de onderste situatie werd de ligging van de slang/bundel verlaagd en treedt dit risico niet op.

Overlast of zelfs (groot) gevaar kan ontstaan als een slang scheurt of bij de bevestiging gaat lekken of zelfs afbreekt. Het kan erg onschuldig zijn zoals bijvoorbeeld een genoeglijk zacht sissende, en dus lekkende, persluchtslang (er is er altijd wel een in de buurt).
Twee uitersten zijn er ook te vinden in

Routing van slangen en (kabel)bundels

Figuur 3. Een slang/bundel wordt om een (niet getekend) hindernis geleid. De onderlinge afstand en weg van de slang/bundel is groot. In de bovenste situatie is de slang/bundel niet vastgezet en bestaat de kans dat deze een "eigen leven" gaat leiden. In de onderste situatie is ze vastgezet met een stevige beugel.

huis: de lekkende tuinslang en een lekkende gasaansluiting. Volgschades en het herstel ervan zijn zelden goedkoper dan de prijs van een nieuwe deugdelijke slang en/of bevestiging.
Het is dus zaak zeer doordacht te construeren. Natuurlijk kunnen tot in het oneindige zaken afgewogen worden. Het is echter zaak alle feiten goed op een rij te zetten en dan een verantwoorde keuze te doen. Leveranciers van slangen geven in hun documentatiemateriaal veelal uitgebreid informatie over de eigenschappen van hun produkt. De routing echter is zaak van de constructeur.

Routing van slangen

Bij de routing van slangen dient aan een aantal regels (streng) de hand te worden gehouden.
De bekendste zijn:
- toegestane maximum druk,
- toegestane minimum/maximum temperatuur,
- chemische resistentie.

Minder bekend lijken:
- minimum buigradius,
- nooit knikken,
- nooit strekken,
- nooit torderen,
- nooit langs (veel) bewegende delen laten slippen.

Bijna onbekend lijken vaak te zijn:
- bevestiging in dezelfde richting als de beweging,
- voorkomen van vervorming tengevolge van druk en/of temperatuur,
- aanbrengen van juiste starre bevestiging (zadels).

De meeste van de bovenstaande minder bekende aspecten zullen wel bekend zijn. Helaas blijkt uit de praktijk dat niet altijd de gevaren ervan worden onderkend. Belangrijk bij het ontwerpen is te beseffen hoe ernstig de volgschade kan zijn. Dit bepaalt welke extra veiligheidsmaatregelen genomen moeten worden.
Een bekend voorbeeld is de buigradius. Bij een gedwongen beweging, waarbij het traject van de buiging eenduidig bepaald is, is er niets aan de hand. Maar externe invloeden zijn bijvoorbeeld een hindernis dat in het werkgebied van die buigradius terecht kan komen.

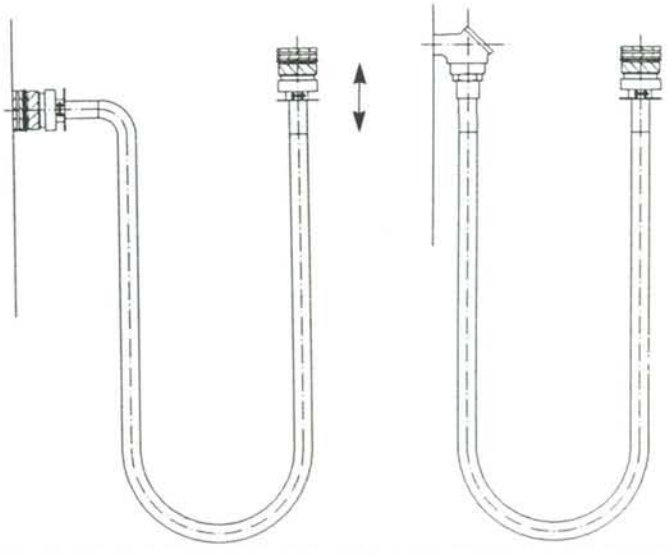
Een ander onderwerp is de invloed van temperatuur. Als de temperatuur verandert dan verandert ook de lengte van een slang. Bij een onjuiste bevestiging kan dit tot merkwaardige situaties leiden. Daarentegen als er hoge temperatuurverschillen zijn kan het leiden tot spanningen in de bevestigingen.
Uitzetting kan bij sommige materialen erg extreem zijn. Zo treedt bij polyethyleen een lengteverandering op van

Figuur 4. Juiste bevestiging van een slang/bundel.

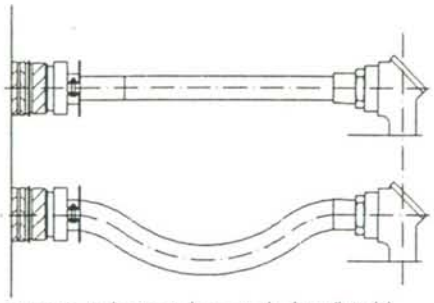
maar liefst ruim 10 mm per meter per 50 graden Celsius!

Elektrische bundels

Voor elektrische bundels zijn veel aspecten rechtstreeks vergelijkbaar met die van slangen. Hoge drukken komen natuurlijkerwijs niet voor, maar daar tegenover staat wel een aantal andere zaken die storingen kunnen veroorzaken. Of het nu grote of kleine stromen zijn, niet te vergeten gelijkstroom of hoogfrequente (piek)stromen, alle hebben ze hun eigenaardigheden. Zo is het zinvol bundels te splitsen en op voldoende afstand van elkaar te houden als door de ene groep geleiders hoge (wissel)stromen gaan en door een andere meetstroompjes. Een ander gevaar kan optreden als verschillende kabels en snoeren niet samen gebonden worden tot een bundel, maar los in een soepele slang worden opgeborgen. Bij bewegende



Figuur 5. Een haakse aansluiting voorkomt knikken van de slang/bundel.



Figuur 6. In de situatie boven is de slang/bundel precies passend tussen twee tegenoverelkaar liggende connectoren. Bij de geringste temperatuurverlaging van de slang/bundel of afstandsvergroting van de beide delen zal de slang/bundel strekken. Een ander nadeel is de moeilijke montage. In de situatie beneden is er extra lengte gecreëerd, zodat er wat "muziek" in zit. (De situatie is sterk overdreven getekend.)

bundels bestaat namelijk het gevaar dat deze kabels en snoeren opzichte van elkaar gaan schuiven waardoor slijtage optreedt, ze zich statisch opladen, etc. Een ander punt is de trekontlasting die bij bewegende delen altijd nodig is.

Voorbeelden

In de figuren is een aantal voorbeelden gegeven: hoe het wel en niet moet en hoe het beter kan. Zij dienen slechts ter oriëntatie. Altijd dient een nauwkeurige analyse gemaakt te worden aan de hand van alle genoemde aspecten.
Als bij bewegende toepassingen hoge eisen gesteld worden aan de levensduur, dan is het zinvol deze te testen in een duurtest-opstelling. Hierbij dient er vooral op gelet te worden dat de omstandigheden overeenkomen met de werkelijkheid. Bedenk daarbij ook dat in zo'n opstelling de eventuele volgschades beperkt blijven tot de opstelling en de bedrijfsomgeving ervoor gespaard blijft.

In alle gevallen geldt bij bewegende delen dat er voldoende lengte c.q. bewegingsvrijheid moet zijn voor de slang of bundel. Zo mogen er bij de

Figuur 7. De bevestigingen zijn juist, echter de slang/bundel is getordeerd, wat niet mag optreden. De rechter figuur toont de juiste montage.

kortste onderlinge afstand geen knikken ontstaan. Bij de grootste onderlinge afstand mogen er geen strekverschijnselen optreden. In beide gevallen dient er ook op gelet worden dat er geen kleinere dan de toegestane buigradius ontstaat in de buurt van de bevestiging(en).

NVFT, vereniging voor precisie-technologie

De NVFT is een vereniging van technici die hoogwaardige professionele apparatuur ontwerpen, ontwikkelen of fabriceren. Het betreft zowel consumenten- als kapitaalgoederen. Door integratie van technieken als mechanica, optica, elektronica en glastechniek ontwikkelen zij steeds nieuwe, geavanceerde produkten.

- De NVFT stimuleert de onderlinge contacten en informeert haar leden over ontwikkelingen in het vakgebied door regionale bijeenkomsten, cursussen, symposia en publikaties in Mikroniek.
- Bij deelname aan de **Mikropool** worden moeilijk (in kleine hoeveelheden) verkrijgbare materialen en specialistische bewerkings-technologieën uitgewisseld.
- NVFT-leden krijgen korting op de door de NVFT georganiseerde activiteiten, evenals op de activiteiten van andere verenigingen waarmee de NVFT een samenwerkingsovereenkomst heeft.

Inlichtingen:
Secretariaat NVFT, Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven, tel.: 040 – 473 659 fax: 040 – 460 645

Produktinfo

Warmtebeeldcamera

De TI35sm warmtebeeldcamera van Land Infrared geeft de temperaturen van objecten in een warmtebeeld weer. Hierdoor kan het temperatuurprofiel van instrumenten, leidingen, relaiskasten etcetera zeer snel en goed in beeld gebracht worden. Door deze thermische beeldregistratie kan tijdig de noodzaak tot onderhoud aan deze installaties worden vastgesteld. Daarmee kunnen kostbare storingen worden voorkomen.
Er zijn nog tal van andere toepassingen denkbaar, zoals het controleren van produkten voor kwaliteitsdoeleinden tijdens de produktie, het lokaliseren van "hot spots", het houden van toezicht op de mate van vervuiling, controleren van de isolatie van pijpen, van ovenwanden, van boilers, en dergelijke. De camera maakt het mogelijk waarnemingen te doen van warmtebeeld situaties met temperaturen tussen -20°C en 1500°C. Het thermische beeld bevat 96 infrarood lijnen met 120 pixels op een lijn en wordt op een geïntegreerde monitor weergegeven als een TV-beeld dat is opgebouwd uit 625 x 625 lijnen. De temperatuurruis bedraagt 0,5°C bij een object van 30°C.
Het standaard zichtveld is 16 x 16 graden en het brandpunt kan worden ingesteld tussen 0,5 meter en oneindig. Het ruimtelijk oplossend vermogen is 2,3 milliradiaal voor objecten met een groot contrast. Hulplenzen zijn leverbaar om een zichtveld te creëren van 6,4 x 6,4 graden en van 40 x 40 graden. Nauwkeurige temperatuurmeting met correctie voor emitterend vermogen, achtergrond temperatuur en atmosferische absorptie is aanwezig.
Het is mogelijk tot 27 thermische beelden op te slaan, eventueel als reeks in circa 2 seconden, in een vast geheugen of in een videorecorder.
Uitgebreide beeldverwerkingsfaciliteiten zijn beschikbaar in een optioneel LIPS-softwarepakket dat draait op IBM-AT compatibel PC's. De mogelijkheden omvatten het toevoegen van kleur, het optellen en aftrekken van beelden, filteren van ruis en verbetering van de randen en een 2 x zoom. Temperaturen kunnen op 1 of 10 plaatsen in het beeld worden gemeten, of er kan een gemiddelde worden berekend van een door de gebruiker te bepalen gebied. Temperatuurprofielen, isothermen en histogrammen zijn eveneens mogelijk. Een afdruk kan worden gemaakt op een HP kleurenprinter.
De camera is een eenvoudig te bedienen draagbaar instrument; er is ook een uitvoering voor afstandsbediening met externe monitor.

Voor uitvoerige info:
Nitma B.V.
Postbus 175
1420 AD Uithoorn
Telefoon: 02975 - 68 011
Fax: 02975 - 62 341.

Kabelwartels

DIDEX b.v. Nederlands Centrum voor Explosieveiligheid introduceert in samenwerking met de fabrikant RCN een nieuw programma "Kabelwartels en accessoires". Deze wartels zijn standaard van messing vervaardigd maar op verzoek ook leverbaar uit elk ander materiaal.
Het programma bevat ook explosieveilige uitvoeringen, zowel drukvast als verhoogdveilig.

Het bijzondere van de RCN kabelwartels is dat de afdichtlengte minimaal 20 mm is, waardoor de explosieveilige uitvoering ook geschikt is voor drukvaste behuizingen groter dan 2 liter!

Voor uitvoerige info:
Didex b.v. Nederlands Centrum voor Explosieveiligheid
Nijverheidstraat 120
Postbus 630
2900 AP Capelle a/d IJssel
Telefoon: 010 - 4 581 444
Fax: 010 - 4 588 915.

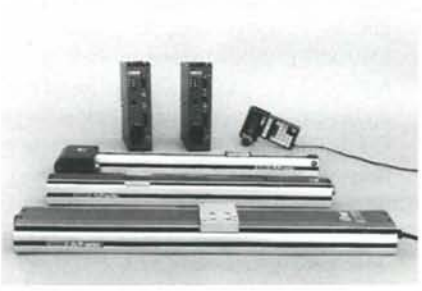
Korte-slag cilinders met borging tegen verdraaien

Korte-slag luchtcilinders missen de stanggeleiding van een "traditionele" cilinder en zijn daardoor in bepaalde situaties kwetsbaar. Als momenten of zijdelingse belasting kunnen optreden is een ADVL cilinder van Festo een uitkomst. Dit type korte-slag cilinder heeft een juk voor een perfecte geleiding en borging tegen verdraaien. Door de twee geleiders blijft de nauwkeurigheid van de zuigerstang optimaal, zelfs bij een zuigerkracht die kan oplopen tot een kleine 5000 N.
De cilinders zijn aan drie zijden voorzien van zwaluwstaartgroeven voor de montage van contacloze eindschakelaars.

Voor uitvoerige info:
Festo
Postbus 530
2600 AM Delft
Telefoon: 015 - 669 700
Fax: 015 - 611 020.

AC/DC-servo lineaire positioneerassen voor handlingsprocessen

De assen zijn compleet met besturing en programmeereenheid. Het standaard produktenpakket bestaat uit een grote reeks van verschillende typen die voor vrijwel iedere toepassing een passende oplossing bieden. Er kan worden gekozen uit AC- en CD-servomotoren. De aandrijving gebeurt met behulp van een kogelomloopspil. Aangezien de regelparameters automatisch worden ingesteld, is de inbedrijfsname met een minimum aan handelingen uit te voeren.
De programmeertaal bestaat zestien verschillende commando's, waarmee van eenvoudige tot complexe bewegingen kunnen worden uitgevoerd. negen ingangen en vijf uitgangen (digitaal) zijn beschikbaar om bijvoorbeeld grijpers aan te sturen of voor communicatie in master/slave toepassingen. Daarnaast is er een RS-232 poort.
Het geheugen, dat tegen spanningsuitval is beschermd, biedt de mogelijkheid tot 255 positiepunten en maximaal 1024 programmeerstappen. Er kunnen tot 32 verschillende programma's worden opgeslagen, bovendien op een IC-kaart met behulp van de programmeereenheid.
De assen zijn belastbaar, afhankelijk van het type van 3 kg tot 60 kg met snelheden tot 1800 mm/s en een herhalingsnauwkeurigheid van 0,02 mm. De assen bieden de mogelijkheid te worden gecombineerd tot XYZ-systeem.



Voor uitvoerige info:
Anorad Europe b.v.
Waalreseweg 17
5554 HA Valkenswaard
Telefoon: 04902 - 89 238
Fax: 04902 - 46 862.

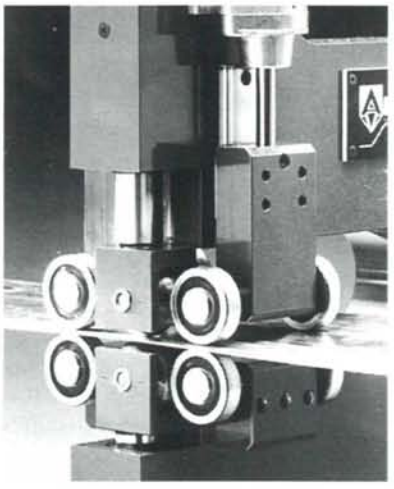
Een compacte laserlaskrachtbron

De nieuwe compacte NdYag laserlasinstallatie type 54P van Haas is universeel te gebruiken voor automaten en als handwerkplaats. Het vermogen is 50W; standaard leverbaar met 1 tot 3 fibers van 400 mm; de bundel kan 2- of 3-voudig gesplitst worden om 2 of 3 lassen gelijktijdig te maken. Via schuifspiegels kunnen 2 of 3 werkstations aangestuurd worden.
De laserlichtbundel is over de totale lengte tegen breuk beveiligd.De spot is 0,2 bij 100 mm brandpuntsafstand; de bekende standaard Haas optische focusseringen zijn gebruikt; 25 parameters zijn voorprogrammeerbaar en worden in het interne geheugen vastgelegd. Bij gebruik als handwerkplaats is via een stereomicroscoop tot 25x vergroting mogelijk.

Voor uitvoerige info:
Haas Laser Nederland
Postbus 2123
2400 CC Alphen a.d. Rijn
Telefoon: 01720 - 40 281
Fax 01720 - 41 281.

Zeer kleine microcontroller

De 87C750 is een nieuwe, zeer kleine microcontroller van Philips Semiconductors, uit de 80C51-familie. Hij is ondergebracht in een dunne DIL-omhulling met slechts 24 pennen en is pen-voor-pen compatibel met de grotere 87C751 die eerder is uitgebracht.
De 87C750 is uitsluitend leverbaar met 1 Kbyte OTP-EPROM aan boord; er zullen dus geen versies met een ROM of zonder ROM komen. In gevallen waarbij een ROM noodzakelijk is, kan gebruik worden gemaakt van de 87C751, die dezelfde mogelijkheden biedt. Daarnaast heeft de 87C750 een ingebouwd werkgeheugen van 64 byte (RAM), een 16-bit teller, een boole-processor en een oscillator met een groot frequentiebereik. Er is een versie met een klokfrequentie van 40 Mhz. De microcontroller vraagt slechts 11 mA bij een voedingsspanning van 5 V en een klokfrequentie van 12 Mhz. De 87C750 is geschikt voor vele 4-bit microcontrollertoepassingen, waarbij geringe afmetingen van belang zijn en toch uitstekende prestaties worden gevraagd, zoals bedieningspanelen van printers, streepjescodelezers, draadloze alarmsystemen, paneelinstrumenten voor auto's, kleine meetinstrumenten, afstandsbediening voor deuren enzovoort.



Voor uitvoerige info:
Philips Nederland B.V.
Components en semiconductors
Telefoon: 040 - 783 749.

Snelle keramiekslijpmethode

Een onderzoek naar het bewerken van technische keramiek heeft opgeleverd dat kruipslijpen een methode is om met hoge afnamesnelheden keramiek te kunnen bewerken, waarbij toch een goede oppervlaktebetrouwbaarheid verkregen kan worden.

Produktinfo

Deze manier van slijpen stelt echter hoge eisen aan de stabiliteit van de slijpopstelling. Hierom heeft het Bewerkingscentrum voor Technische keramiek (BTK) van ECN te Petten als eerste in Nederland een unieke CNC-portaalslijpmachine aangeschaft. Praktijktesten hebben aangetoond dat door de stabiliteit van deze machine keramiek tot 20 maal sneller "verspaand" kan worden. De oppervlaktebeschadiging van het keramiek is hierbij gelijk aan of minder dan die op conventionele profielslijpmachines met lagere afnamesnelheden behaald worden.

Voor uitvoerige info:
Ir. J.J. Saurwalt
ECN, Petten
Telefoon: 02246 - 4 696.

Snelle acrylaatlijm

Met de universele acrylaatlijm Penloc GTI kan in vijf minuten een handvaste verbinding worden verkregen; de functionele sterkte wordt na 45 minuten bereikt.
Het is een tweecomponenten lijm waarvan de twee componenten in een duopatroon zijn ondergebracht zodat mengen niet nodig is, wat tijd bespaard ten opzichte van de gebruikelijke tweecomponenten lijmen. Het gebruik van een spuitpistool is noodzakelijk.
De lijm hecht op bijna alle niet-poreuze ondergronden, zoals metaal, hout, steen, kunststof, glas, etcetera. Ook als de ondergrond niet goed is schoongemaakt wordt een behoorlijk sterke verbinding verkregen. De verbinding van metalen is dusdanig sterk dat de lijm kan worden gebruikt als vervanger van popnagels en puntlassen.
De lijm is temperatuurbestand van -30° tot 150°C en goed bestand tegen UV-licht, vele chemicaliën en vocht. De lijm is leverbaar in verpakkingen van 50 ml en 380 ml inclusief spuitpistool.

Voor uitvoerige info:
Stokvis Tapes en Lijmen b.v.
Postbus 4190
29080 GD Ridderkerk
Telefoon: 01804 41 400.

Endoscopen

Comeg is leverancier van een breed assortiment endoscopen voor industriële toepassing, volgens het koudlichtprincipe (verlichting via glasvezel) of warmlichtprincipe (verlichting bij het optiek).
Koudlicht uitvoeringen:
- in verschillende lengtes, hoeken en diameters;
- met traploos instelbare hoek;
- met zoomobjectief;
- met zoomobjectief en instelbare hoek;
- met verwisselbare hoeken en lenzen.

Warmlicht uitvoeringen:
- met 90° hoek, de standaard endoscoop;
- tot 13 meter te verlengen, afhankelijk van diameter en hoeken (naar wens).

Naast dit assortiment standaard endoscopen is men gespecialiseerd in het maken van endoscopen naar wens van de klant.

De kennis van de medische toepassingen is hierbij van groot belang -Comeg heeft een flexibele endoscoop met een diameter van 0,4 mm voor medische toepassingen in het programma.
Voorbeelden van endoscopen naar specificatie van de klant zijn:
- warmlicht endoscopen voor inspectie van gasverwarmingsinstallaties;
- speciale inspectie-endoscopen volgens fabrikantenspecificatie in de luchtvaartindustrie.

Verdere ontwikkelingen:
- traploos verstelbare lens van 15° - 135° voor warmlicht endoscopen
- stereoscopen.

Voor uitvoerige info:
RTD/Leuvenberg Test Techniek bv
Oude Kruisweg 27
2142 EE Cruquius
Telefoon: 023 - 293 130
Fax: 023 - 292 664.

Drukopnemer

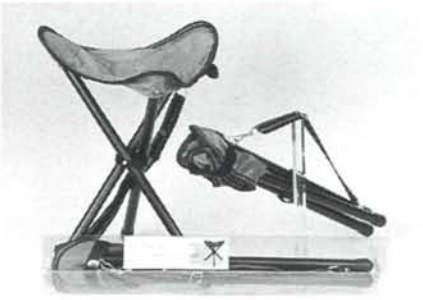
Het programma drukopnemers van Endress + Hauser is verder uitgebreid met de universele druktransmitter PMS 131. Deze transmitter is een kwalitatief beter alternatief voor piëzo-resistieve drukopnemers.

De drukopnemer onderscheidt zich van de conventionele piëzo-resistieve opnemers door het scheidingselement dat tussen het meetelement en onderliggende, stroomvoerende geleiders ligt. De meting is daardoor nauwkeurig en reproduceerbaar (ook over langere tijd) en tevens temperatuurstabiel.
De druktransmitter is voorzien van een polysiliciummeetcel en meet direct in het proces. Het kleinste meetbereik is 0 tot 0,1 bar en het grootste 400 bar. De overbelastbaarheidsgrens ligt bij vier maal het meetbereik. In totaal zijn er 20 meetbereiken leverbaar.

Voor uitvoerige info:
Endress + Hauser B.V.
Naarden
Telefoon: 02159 - 58 611.

Vouwstoeltje

Dit vouwstoeltje is een handig bijdehandje. Klaar om elk zit-probleem in een handomdraai op te lossen. In vrijwel elke werkomstandigheid eenvoudig te gebruiken, gewoon op kantoor, wachtkamer, in de werkplaats of gemakkelijk te gebruiken bij montagewerkzaamheden op locatie.

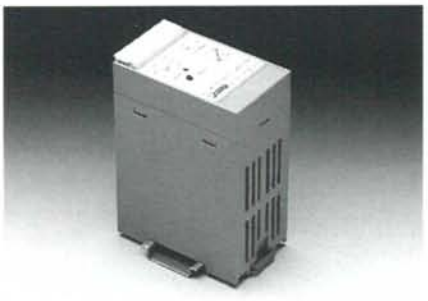


Het stoeltje bestaat uit een drietal staven met een uitgekiende constructie. Zeer eenvoudig te hanteren en te plaatsen. De zitting is vervaardigd van hoogwaardige kunststof. Ondanks de compacte vorm biedt het aangenaam zitcomfort en is door zijn moderne vormgeving gemakkelijk weg te werken.

Voor uitvoerige info:
F.I.S.
Telefoon: 02979 - 84 421.

Compacte voedingen met veilige scheiding

Deze secundair geschakelde compacte voedingen, type EG45P-S van Phoenix Contact, zijn speciaal voor interfacecomponenten ontworpen.



De beveiliging tegen gevaarlijke lichaamsstromen wordt verkregen door de scheiding volgens DIN VDE 0106, deel 101.
De 45 mm smalle modulen worden geleverd in uitvoeringen met een primaire spanning van 120 respectievelijk 230 V wisselstroom. er zijn varianten met de gestabiliseerde uitgangsspanningen 5, 12, 15 en 24 V gelijkstroom bij 250 mA. De uitgangen zijn elektronisch tegen overbelasting en kortsluiting beschermd.
Door de steekbare schroefaansluitingen en de mogelijkheid op rail te monteren is professionele installatietechniek mogelijk.

Voor uitvoerige info:
Phoenix Contact B.V.
Postbus 246
6900 AE Zevenaar
Telefoon: 08360 - 91 720.

Gietnylon

Gietnylon is evenals geëxtrudeerd nylon een hoogmoleculaire thermoplastische kunststof. Toch zijn er duidelijke verschillen tussen deze beide nylonsoorten. Gegoten nylon biedt in vergelijk tot geëxtrudeerd nylon met name op het gebied van de mechanische eigenschappen een aantal pluspunten:
- bijzonder slijtvast,
- geluid- en trillingdempend,
- gering gewicht,
- goede chemische bestendigheid,
- zeer goede glij-eigenschappen,
- maatvast,
- spanningsarm.

Vandaar dat de vraag naar Gietnylon stijgt, temeer omdat er prijstechnisch nauwelijks verschil bestaat met de geëxtrudeerde tegenhanger.

Gezien de goede glij-eigenschappen van gegoten nylon is het zeer geschikt voor slijtvaste machine-onderdelen, zoals lagers, glij- en geleiderplaten, tand- en kettingwielen en rollen. Gietnylon is in verschillende uitvoeringen leverbaar. Afhankelijk van de toepassing kunt u kiezen uit een naturel- of zwart kleurige plaat met PE-vulling, olievulling en MoS_2-vulling.
Deze vullingen zorgen voor een lagere wrijvingsweerstand.

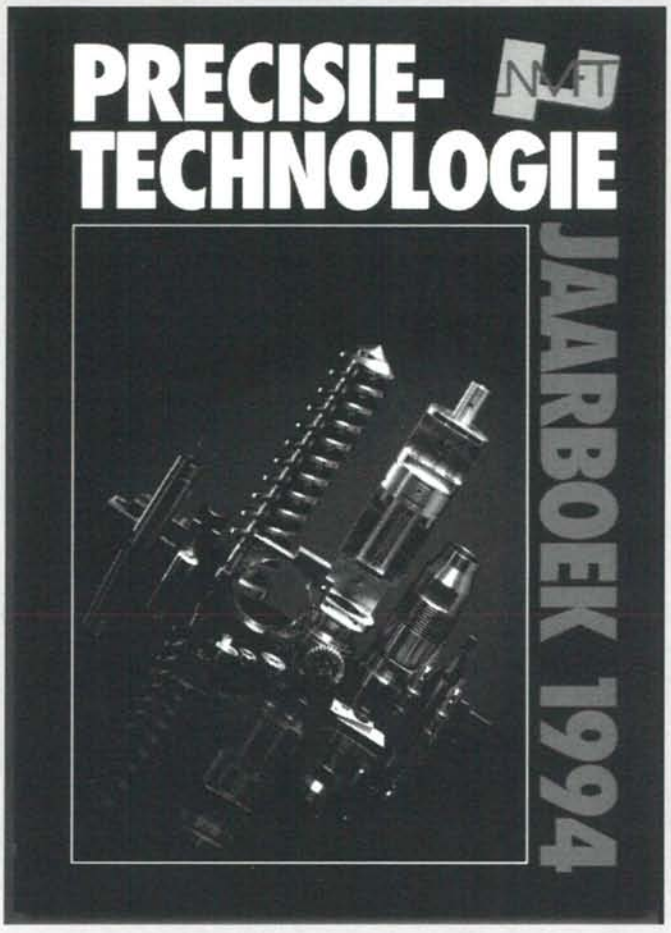
Voor uitvoerige info:
Vink Kunststoffen BV
Postbus 1
6940 BA Didam
Telefoon: 08362 - 98 886
Fax: 08362 - 98 210.

Optische multimeter

De Multimeter OMM 6810 van ILX is een instrument voor toepassingen in laboratoria waar de golflengte en het optisch vermogen van laser diodes of andere laserbronnen gemeten worden. De microprocessor-gestuurde meter meet gelijktijdig de golflengte en het optisch vermogen en geeft deze weer op een digitaal display. het apparaat is zo ontworpen dat men gebruik kan maken van de vele ILX meetkoppen. Het instrument kan vrij gemakkelijk geïntegreerd worden met andere systemen die aanwezig zijn op het labora-

torium door middel van een interface. Optioneel zijn verschillende meetkoppen verkrijgbaar: een silicium meetkop voor vermogensmeting over een dynamisch gebied van 80 dB en één voor hetzelfde doel waarbij automatisch de golflengte gecompenseerd wordt; verder een silicium vermogens en golflengte meetkop voor een golflengtebereik van 500-1000 nm.

Voor uitvoerige info:
Te Lintelo Systems B.V.
Postbus 45
6900 AA Zevenaar
Telefoon: 08360 - 40 804.



Precisietechnologie jaarboek 1994

(prijs *f* 59,– ex btw 6%)

Precisietechnologie en fijnmechanische techniek voor het eerst in kaart gebracht.

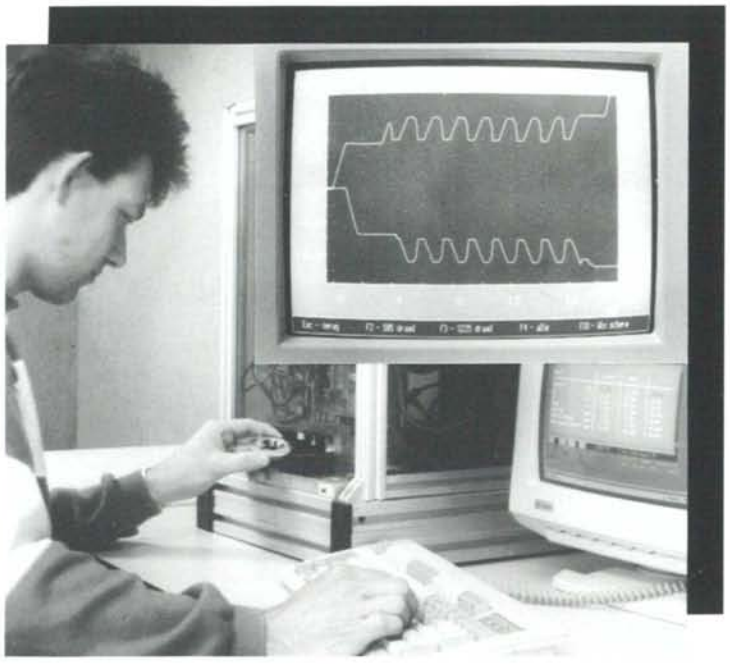
Met een uitgebreid:
- Produkten- en bedrijvenregister van leveranciers en producenten

Met informatie over:
- NVFT, vereniging voor precisietechnologie;
- Mikropool, een onderlinge dienstverlening van NVFT-leden;
- Opleidingen Fijnmechanische Techniek;
- Ontwikkelingen in het vakgebied.

Voor inlichtingen en bestellingen Buro Jet, de heer N.J.H. van den Brink tel. 070 – 3990000, fax 070 – 3902488

NVFT-leden ontvangen het jaarboek kosteloos.

DE NIEUWE SCHROEFDRAADMEETMACHINES VAN IAC MAKEN HET ONMOGELIJKE NU TOCH MOGELIJK



Te meten objecten:
inwendige en uitwendige schroefdraden, conisch en cilindrisch,
alle bekende normen.

Te meten grootheden:
flankdiameter, kerndiameter, buitendiameter, spoed, flankhoeken, schroefdraadprofiel, voor conische draadsystemen: coniciteit, stand-off, etc.

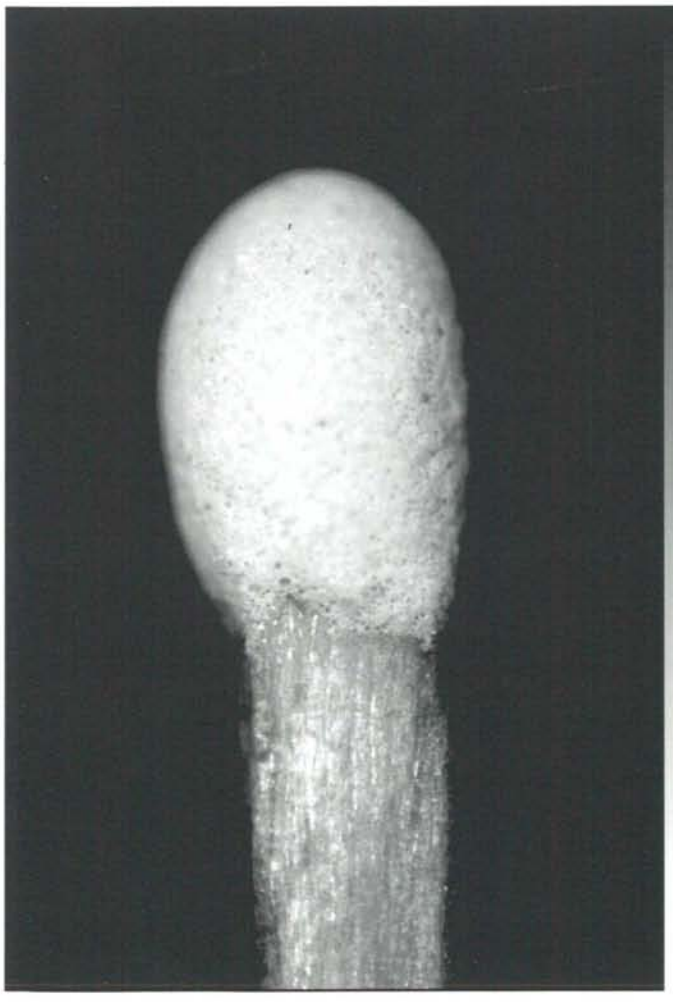
Al deze grootheden worden simultaan bepaald met een cyclustijd van maximaal 30 seconden! In deze tijd worden duizenden meetpunten van meerdere schroefdraadgangen met een meetresolutie van 0,00005 mm afgetast en verwerkt tot meetwaarden en grafieken. Meetafloop onder computerbesturing. .

Presentatie op beeldscherm of printer.

Neem contact op met de UITVINDERS.

IAC MEET BEDRIJF VOOR DE INDUSTRIE

GEOMETRISCHE INGENIEURS – NKO ERKEND KALIBRATIELABORATORIUM
POSTBUS 2115 7801 CC EMMEN HOLLAND
TELEFOON 05910–42721/44103 FAX 05910–43139



Lucifer op een 1/2 meter afstand

Opname met Long Distance Microscope

Rik

Custom made Optics:

* specialistisch slijpwerk
* long-distance microscopen
* telescopen

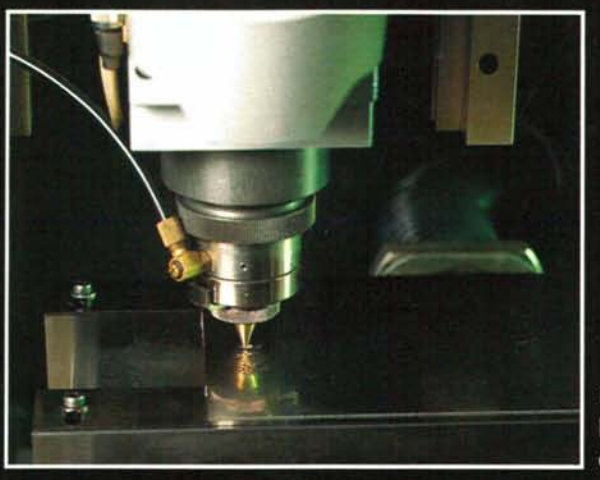
Bel Opticon !
050-567072

afz. Bart

OPTICON

Hoendiep 244 9745 EG Groningen
tel: 050-567072 fax: 050-566430

PTS
topkwaliteit in precisie



Prototypen en kleine voorseries d.m.v. lasersnijden

PTS is gespecialiseerd in fijnmechanica. Met name het bewerken van hardmetaal en stempelstaal, waarbij precisie tot op de micron wordt vereist.

Gereedschappen, zoals kraal-, dieptrek- en vlakstamp-gereedschappen, zijn de belangrijkste produktgroepen; terwijl meetgereedschappen en nauwkeurige machine-onderdelen tot het totaalprodukt behoren.

Een ander belangrijk specialisme is de fabricage van samples en kleine voorseries.

PTS is in staat om snel en uiterst precies enkele voorbeelden te maken van produkten, die de klant in produktie wil gaan nemen.

PTS
Precision Tooling Services

H.G. Keylard • P.O. Box 7 • 6130 AA Sittard • Nederland
Tel. +31 (0) 46 593.246 • Fax +31 (0) 46 593.713