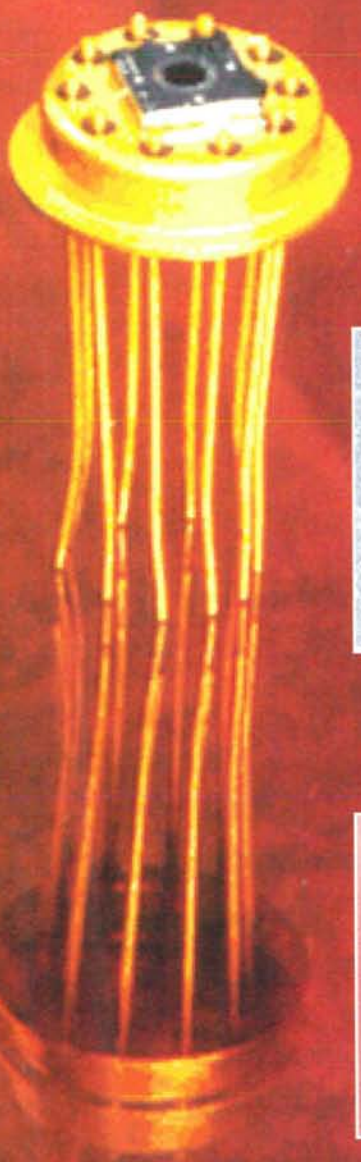
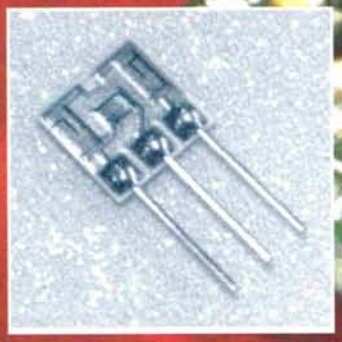
Mikronieuws

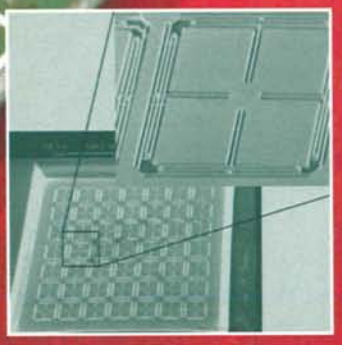
(4)
JAARGANG 38

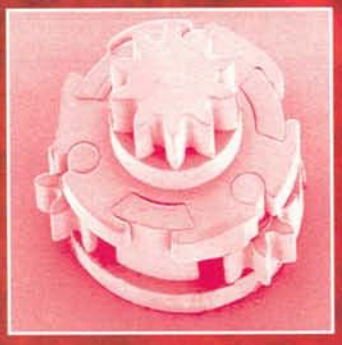




Sensoren

Microactuators





Micromotor

Het Instrument '98

NVPT VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE

KOPER / MESSING / ALUMINIUM

Voor het 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 onze voorraad wordt voortdurend op pijl gehouden, want lange levertijden zijn bij ons taboe.

Bel nu 050 - 5421200 en ontvang p/o het dikke, geheel vernieuwde aktuele voorraadboek.

KOPER
E-Cu/ SFCu
- 2 t/m 250 mm
- 4 t/m 200 mm
- 6 t/m 60 mm
- 6 x 2 t/m 100 x 60 mm
- buis/holstaf t/m 156 mm

MESSING
Ms 58/ Ms 60Pb/ Ms 63
- 1 t/m 350 mm
- 2 t/m 150 mm
- 2 t/m 110 mm
- 3 x 2 t/m 100 x 80 mm
- 6 x 3 t/m 40 x 6 mm
- kartel 5 t/m 23 mm
- buis/holstaf t/m 200 mm

ALUMINIUM
50 ST/ 51ST/ 28ST/ SiPb
- 2 t/m 500 mm
- 5 t/m 200 mm
- 5 t/m 80 mm
- 10 x 2 t/m 125 x 70 mm
- buis/holstaf t/m 365 mm
- * plat + vierkant ook in kortspanig 28 ST

SALOMON'S METALEN B.V.

Voorsprong door Voorraad!

GOTENBURGWEG 24,
9723 TL GRONINGEN TEL. 050-5421200 FAX 050-5416892

PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

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

- Lenzen en Prisma's
- Optische Bovenvlakspiegels, Deel-Spiegels, Achtervlak Spiegels
- Testglazen, Optische Vensters
- Coaten met metalen Fluoriden op uw Substraten en Spiegels
- Bosscreens en Matglazen voor camera's
- 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

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

Mikroniek nummer 4-1998

In dit nummer 4

94 *Editorial*

95 *Verenigingsnieuws, actueel*

98 *Milleniumprobleem*

99 *Instrument*

101 *Een eigen sensor of microstructuur*
Sander en Floor van Heerwaarden

108 *Microactuators voor scanspiegels*
T. Gessner, W. Dötzel, H. Fujita, D. Collard

116 *Serieproductie van motor en tandwielkast*
U. Berg, M. Begeman, B. Hagemann, K.P. Kaemper

121 *Boekbespreking*

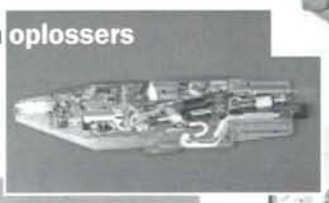
122 *Productinfo*

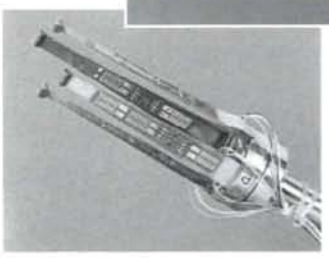
Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
National Aerospace Laboratory NLR

NLR Precision Engineering

Integratie van kennis en kunde op vele gebieden:
- precisietechnologie
- mechatronica
- constructies en materialen
- testen, evaluatie, simulatie
- prototypebouw

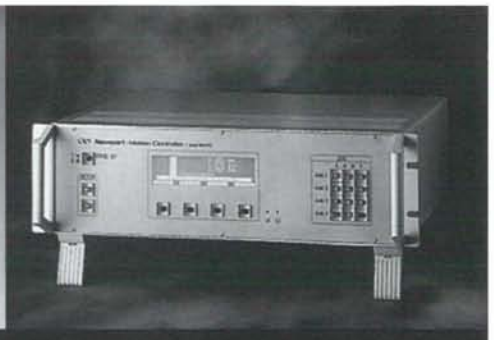
Probleem oplossers





Nationaal Lucht- en Ruimtevaar tlaboratorium
Technische Diensten
Voorsterweg 31, 8316PR Marknesse
Tel. (0527) 24 84 01/2483 84

Met de MM4005 heeft Newport een nieuwe motorbesturing in haar programma die in staat is al uw wensen op het gebied van motorbesturing te vervullen



Alles onder controle
met de Newport motor-besturingen

De RTM-Rotatietafel is één van de vele Newport produkten die zich probleemloos laat besturen door de MM4005

Wij sturen u graag de catalogus toe

Newport B.V.
Regulierenring 9
3981 LA Bunnik
Tel: 030 6592111
Fax: 030 6570242

Newport

Mevi
FIJNMECHANISCHE INDUSTRIE

CO-MAKERSHIP in:
- Precisie
- Prototypen
- Mechatronica
- Machinebouw

Voor meer info:
http://www.mevi.com

Postbus 238, 5700 AE Helmond, Weth. den Oudenstraat 1, 5706 ST Helmond
Telefoon +31 492 53 86 15, Fax +31 492 53 87 35, E-mail info@mevi.com

NVPT

Nederlandse Vereniging voor
precisie-technologie

4

Uitgave:
NVPT

Redactie:
Dr. ing. D. Blank
Dr. J. Elders
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
M.N. Koning
Dr. ir. P.C.J.N. Rosielle
Dr. ir. D. Reynaerts
Dr. ir. J. Verkerk

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

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

Advertenties:
Buro Jet bv
Postbus 1890, 2280 RW Rijswijk
Telefoon: 070-3990000; Fax:070-3902488
Internet: www.burojet.nl
E-mail: info@burojet.nl

Abonnementen:
Mikroniek
J. Verkerk
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-2531710 / 2531639
Fax: 030-2522267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland *f*105,– per jaar
Buitenland *f*132,– per jaar
Alle prijzen excl. BTW

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

Vormgeving:
Twin Design B.V., Culemborg

Lay-out en realisatie:
Twin Design B.V., Culemborg

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar
© Niets van deze uitgave mag overgenomen of vermenigvuldigd worden zonder nadrukkelijke toestemming van de redactie.
ISSN 0026-3699

schooljaar

Editorial

Bij de aanvang van dit schooljaar vallen in de media een paar opmerkelijke geluiden te horen, die uit verschillende richtingen komen. Enkele kregen ruime aandacht in de pers:

- De in de FME-CWM verenigde metaalwerkgevers pleiten voor een gratis studiejaar techniek om zo meer studenten te lokken.
- Het midden- en kleinbedrijf verenigd in MKB-Nederland wil dat er meer geld in onderwijs geïnvesteerd wordt.
- Financieeldienstverlener Fortis laat zes scholieren gratis studeren.

Als gevolg van de gunstige economie bestaat een sterke vraag naar technisch opgeleide medewerkers. Steeds minder studenten kiezen echter voor techniek en dat uit zich in een gestaag dalend aantal afstudeerders. Op de arbeidsmarkt is een groeiend gat tussen vraag en aanbod ontstaan, dat inmiddels pijnlijk voelbaar is. Het verdwijnen van de interesse voor techniek bij de jeugd is een sluipend proces van jaren geweest, dat nu zijn tol begint te eisen.

Dat het teruglopende aantal studenten een probleem zou worden, werd reeds twee jaar geleden op de algemene ledenvergadering van de NVPT onderkend. Onder aanvoering van de NVPT werken de opleidingen sindsdien samen bij de promotie van de "fijnmechanische techniek" en het werven van studenten.
Om die reden is de NVPT met een grote stand aanwezig op "Studie Beurs", de beurs voor studiekeuze en beroepsoriëntatie, die loopt van 1 t/m 3 oktober in de Jaarbeurs te Utrecht. Onder het motto "Hoe werkt dat?" zijn in de NVPT-stand voorbeelden van alledaagse techniek tentoongesteld, waarbij de studenten in het binnenste kunnen kijken en zelf kunnen zien dat achter de saaie buitenkant een interessante technische wereld zit. Want wie weet er nu eigenlijk wat er zich in het binnenste van een geldautomaat of een kopieerapparaat afspeelt?
Misschien dat deze voorbeelden hun zullen boeien en aan het denken zetten om een keuze voor techniek te maken.

J. Verkerk

Verenigingsnieuws, actueel

Geïntegreerd ontwerpen

Technologiedag, 15 oktober 1998, van 9 tot 17 uur, De Koningshof te Veldhoven
Organisatie door NVPT in nauwe samenwerking met Techno Vision & Solution

Hoe benut je de kwaliteit van de fabricagemachines om een beter en goedkoper product te maken? Door geïntegreerd ontwerpen wordt het aantal onderdelen waaruit een product is samengesteld verminderd, waardoor echter hun complexiteit toeneemt. Daar staat tegenover dat bij de assemblage tolerantie- en interfaceproblemen worden geëlimineerd. Met de goede fabricagetechnologie is een technisch en economisch aantrekkelijker product ontstaan.

Ervaren ontwerpers vertellen van hun ervaring aan de hand van verschillende producten en systemen die geïntegreerd respectievelijk monolitisch zijn ontworpen. Een expositie ondersteunt de voordrachten. Het programma is op aanwijzing van ons bestuurslid Prof.Dr.Ir. M.P. Koster, hoogleraar Mechatronica, Universiteit Twente en medewerker Philips Centre for Manufacturing Technology tot stand gebracht.

Programma

- Monolitische mechanismen. Ontwerp en toepassing.
- Micropositioneren in de massaproductie m.b.v. laser justeren.
- Observatie- en meetsystemen gebaseerd op een optisch ontwerp.
- Hoe innoveer je een smeltkroes van functies?
- Integratie bij planaire magnetische lagering en aandrijving.
- Ontwikkeling en miniaturisatie bij fotocamera's, demonstratie en postersessie.

Kosten: f 550,- p.p. (excl. BTW), bedrijfsleden van de NVPT f 450,- p.p.

Inlichtingen en aanmelding
Techno Vision & Solution
Telefoon: 010 - 408 2162,
Fax: 010 - 452 2398.

Mikropool

Contactdag, woensdag 18 november bij Stichting Astronomisch Onderzoek Nederland te Dwingeloo. Mikropool beoogt de onderlinge uitwisseling van kennis en technieken, zie Precisietechnologie Jaarboek '98 blz 157 t/m 173. Tijdens de vergadering vind uitwisseling plaats, worden rubrieken gekozen en gegevens bijgewerkt. Mikropool voorziet in een duidelijke behoefte. De vergadering wordt gecombineerd met een bezoek aan Astron dat een centrale plaats in het Sterrenkundig onderzoek in Nederland heeft. Door technische innovatie worden nieuwe waarnemingsmogelijkheden ontwikkeld, waardoor ontdekkingen op wereldniveau mogelijk gemaakt worden.

Programma

14.00 Ontvangst
14.30 Onderzoekprogramma ASTRON
14.45 Ontwikkelingen van ASTRON op technologisch gebied
15.15 Pauze
15.30 Excursie naar de telescopenopstellingen in Westerbork
16.45 Een kijkje in de modern ingerichte instrumentmakerij, elektronisch en optisch laboratorium.
17.15 Maaltijd
18.00 Vergadering Mikropool
20.00 Einde bijeenkomst

Voor nadere informatie of aanmelding:
Secretariaat NVPT
Tel.: 040-294 7937, Fax: 040-212 25075.

Metaalsector wil gratis studiejaar techniek

Studenten die kiezen voor technische studie-richtingen in het hoger beroepsonderwijs (hbo) of aan de universiteit, moeten gratis studeren. Dit vindt de Vereniging van Metaalwerkgevers FME-CWM. Om meer schoolverlaters te lokken voor deze richting, moeten ze in tegenstelling tot andere studenten het collegegeld van *f* 2750 in hun eerste jaar cadeau krijgen. Dit stelt voorzitter A. Kraaijeveld van de vereniging van metaalwerkgevers FME-CWM voor aan het nieuwe kabinet. De Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten bepleit dat universiteiten zelf kunnen bepalen hoeveel collegegeld ze voor bepaalde studierichtingen vragen. De

metaal en elektro-sector kampt met 10.000 tot 15.000 niet in te vullen vacatures, vooral voor hoger opgeleiden.

Interdesign '98

Conferentie op 30 september 1998 van 9 tot 17.30 u, Jaarbeurs Utrecht.
Het beschikbaar maken van kennis van hoogwaardige leveranciers is het doel van deze conferentie. Om snel een innovatief een productontwerp samen te stellen gebruikt de ontwerper technologien uit veel disciplines. Door hoge werkdruk ontbreekt vaak de tijd om uit de informatie van leveranciers de best toepasbare te selecteren. Interdesign wil deze kennis beter beschikbaar maken.
Kosten f 400,- pp. (ex btw)
Voor nadere informatie:
Techno Vision & Solution
Telefoon: 010 - 408 2162, Fax: 010 - 452 2398

Functionele coatings voor metalen

Technodag, dinsdag 13 oktober 1998; Novotel Rotterdam Brainpark te Rotterdam
Overzicht van moderne technieken om het oppervlak van metalen aan te passen aan de hoge gebruiks- en fabricage-eisen. Deze technieken bieden de mogelijkheid om een zo economisch mogelijk substraat te laten voldoen aan hoge eisen van corrosiewering, slijtvastheid en milieuvriendelijkheid.
Voordrachten
Physical Vapour Deposition,
Thermisch Spuiten,
Materiaal combinaties,
Chemisch voorbehandelen,
Micro plasma spuiten,
Harden van RVS door ioniseren,
Auto-phorese,
Corrosion Protection, Antifricor Coatings.
Voor nadere informatie:
Techno Vision & Solution
Telefoon: 010 - 408 2162, Fax: 010 - 452 2398

MKB vindt investeringen onderwijs en infrastructuur te laag

De uitgaven zullen onder Paars-2 meer stijgen dan onder Paars-1, met als keerzijde dat de lastenverlichting afneemt, stelt MKB-Nederland teleurgesteld vast in een reactie op de regeringsverklaring. De organisatie van het midden- en kleinbedrijf vindt overigens dat de investeringen in onderwijs en infrastructuur (bereikbaarheid) aan de magere kant zijn. Verhoging van de ecotax is voor met name het midden- en kleinbedrijf ,,een buitengewoon slechte en niet te rechtvaardigen zaak.''
MKB-Nederland voorziet toenemende problemen op de arbeidsmarkt: waar de personeelsvoorziening moelijker wordt, krijgt het personeel meer sociale rechten. Dan kan een bron van spanning worden, zowel richting overheid als vakbeweging.

Fortis laat zes scholieren 'gratis' studeren

Studeren op kosten van een bedrijf, dat biedt financieel dienstverlener Fortis nu aan een select groepje van zes scholieren. Het gaat om vwo'ers met een gemiddeld eindexamencijfer van een 7,5 en een exact vakkenpakket, die zich hebben dit jaar ingeschreven bij een studie bedrijfskunde of informatietechnologie aan een hogeschool of universiteit. In ruil voor de Fortis Informatica Studiebeurs (FIS) moeten de studenten minimaal acht uur per week werken voor Informatie en Automatisering Fortis Nederland (IAFN). Daarnaast kunnen ze aan hun studie werken. Naast volledige vergoeding van hun studiekosten krijgen ze 850 gulden per maand te besteden.

Het Instrument '98

Beurs voor laboratoriumtechnologie en industriële automatisering van maandag 5 t/m vrijdag 9 oktober, Jaarbeurs Utrecht. Tijdens de beurs zijn er dagelijks congressen en symposia. Meer informatie, waaronder het congresprogramma valt enige pagina's verder in deze Mikroniek te vinden.

TNO Industrie naar Eindhoven

Met ingang van 22 juni j.l. zijn circa 200 van de in totaal circa 500 medewerkers van TNO Industrie in Eindhoven gevestigd. De hoofdvestiging van TNO Industrie zit in het voormalige Scheikundegebouw op het terrein van de Technische Universiteit. Het gebouw is uitgebreid met semi-permanente kantoorunits, die een werkplek bieden aan zo'n 150 mensen. De activiteiten in Eindhoven concentreren zich op materiaaltechnologie (polymeren, coatings, membraantechnologie en tribologie), mensgerichte productontwikkeling en productietechnologie. De samenwerking met de reeds langer in Eindhoven

gevestigde divisie Materialen (keramiek, glas en coatings) van TNO Technische Physische Dienst wordt geïntensiveerd. Op 8 juli heeft minister Ritzen de eerste paal geslagen van de nieuwbouw van TNO. In het najaar van 1999 wordt het eerste deel van deze nieuwbouw betrokken. In 2000 is het tweede deel van het gebouw gereed.

Mechatronics Trophy'99, Inschrijving geopend

De inschrijving voor de Mechatronics Trophy'99 is geopend. Bedrijven die een product hebben ontwikkeld of laten ontwikkelen kunnen zich aanmelden als kandidaat voor deze nationale technologie prijs. Elke twee jaar worden drie of vier bedrijven met hun product genomineerd. Uitreiking van de Trophy is gepland op dinsdag 2 maart 1999 tijdens de opening van de vakbeurs Industriële Elektronica (2 tot en met 5 maart 1999).

Micro-elektronica met embedded software

Machines en apparaten die eenvoudig door software-aanpassingen geschikt zijn te maken voor verschillende toepassingen is een nieuwe ontwikkeling. De "embedded software" toepassingen worden als speciaal thema toegevoegd.

Inschrijving tot 1 december 1998.

Voor nadere informatie:

FHI Het Instrument
Telefoon: 033-465 7507
Fax: 033-461 6638.

Cursussen PATO najaar 1998

- ***Meet-, regel- en besturingstechnologie***
  - Neuro control, toepassing van neurale netwerken in regelsystemen, 10-11-12 november, Enschede.
  - Practical tuning of industrial controllers, 17 november Utrecht.
  - Computer ondersteunend modelleren en ontwerpen van regelsystemen, 18-19-20 nov., Eindhoven.
  - Modelleren en ontwerpen van hydraulische servosystemen, constructieve en regeltechnische aspecten, 24-25 november Delft.
- ***Werktuigkunde en industrieel ontwerpen***
  - Warmte-overdracht & stromingsleer, 4, 11, 18, 25 november en 2, 9 december Utrecht:
  - Moderne oppervlaktetechnologie, 6, 12-13 november Eindhoven:
  - Milieubewust ontwerpen, 16, 23, 30 november en 7, 13 december Utrecht:
  - Productveiligheid en CE-markering, 18 november Delft
  - Management van productontwikkeling, 24-25 november Bilthoven.

Voor nadere informatie:

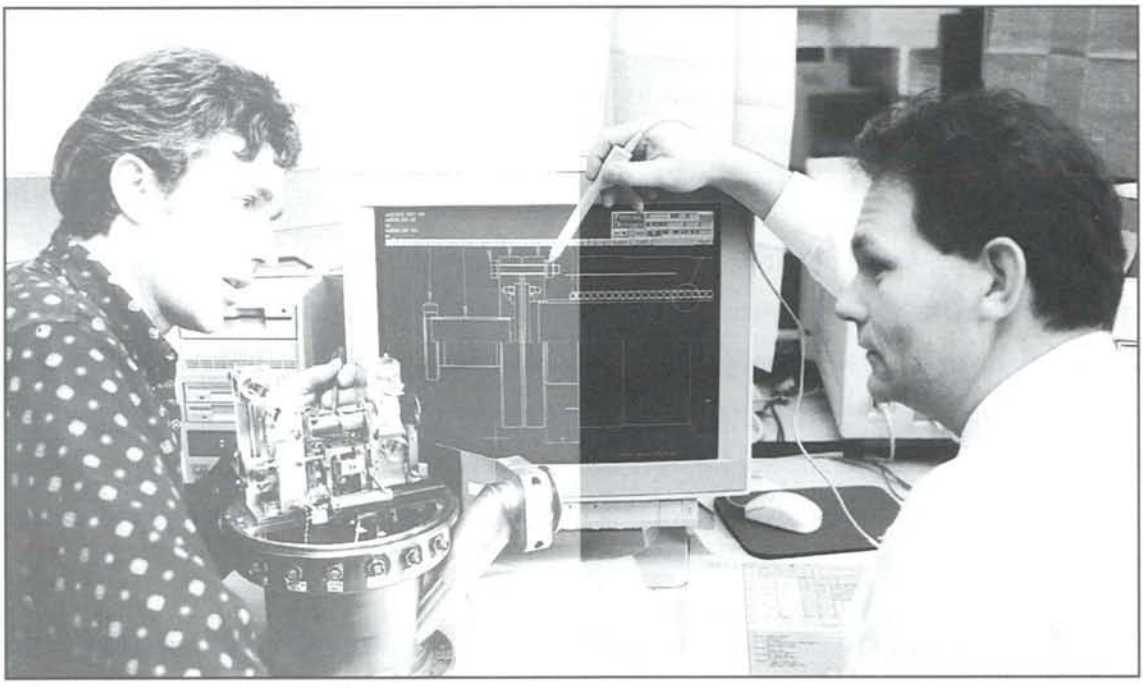
Stichting PATO
Telefoon: 070-3644957, Fax: 070-3562722

Nederlandse wiskundigen zijn op zoek naar problemen in bedrijven

Nederlandse wiskundigen zijn op zoek naar moeilijke problemen die een bedrijf niet zonder hulp kan oplossen. Veel praktische en technische problemen hebben een min of meer verborgen wiskundige component. Doorgewinterde experts kunnen die toegankelijk maken via wiskundige modellering. Met het zoeken naar oplossingen voor het bedrijfsleven hopen de wiskundigen de brede toepassingsmogelijkheden van wiskunde te demonstreren en het contact met de industrie te versterken.

De Studiegroep is een initiatief van het EW/STW-Technologieprogramma Wiskunde Toegepast, de werkgroep Industriële en Toegepaste Wiskunde van het Wiskundig Genootschap en het Lorentz Center in Leiden. Een soortgelijke studiegroep in Groot-Brittannië bleek een groot succes. Bedrijfsproblemen zijn er in soorten en maten. Zij bestrijken bijvoorbeeld de logistiek, zoals het voorraadbeheer, technische processen in de productie, of de financiële dienstverlening. Wiskundigen uit verschillende vakgebieden zullen de komende maanden de aangemelde bedrijfsproblemen voorbereiden en de ondernemingen bezoeken om de problemen wiskundig te analyseren. De Studiegroep met de Industrie zoekt nog enkele geschikte bedrijfsproblemen. Bedrijven kunnen zich aanmelden via het werkgroepsecretariaat van het Lorentz Center in Leiden. Daar is ook een brochure verkrijgbaar.

De uitwerking van een produktidee is bepalend voor de kwaliteit



Samen krijg je meer voor elkaar!

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

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

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

De vereniging tracht haar doel te bereiken door onder meer:
- Deelname aan vakbeurzen samen met bedrijfsleden.
- Bedrijfsbezoeken.
- Samenwerking in Landelijke en Regionale Werkgroepen.
- Uitgave van het vakblad MIKRONIEK.
- Mikropool, een onderlinge dienstverlening op het gebied van materialen en bewerkingen.
- Deelname aan de organisatie van vakgerichte symposia, themadagen en tentoonstellingen.

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

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

Naam .....

Adres .....

Postcode ..... Woonplaats .....

Tel.: ..... Fax: .....

Werkzaam bij .....

Functie .....

Vakgebied(en) .....

Omvang bedrijf .....

Lidmaatschap: ☐ wil informatie

☐ geeft zich op als lid.

Het Instrument '98

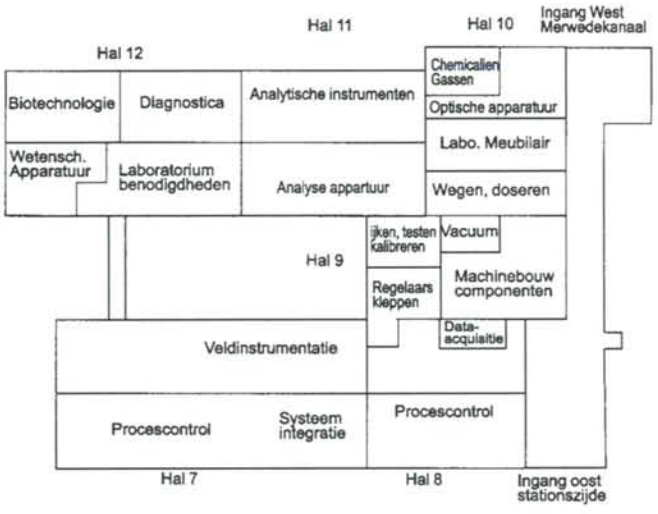
Van maandag 5 t/m vrijdag 9 oktober vindt in de Jaarbeurs Utrecht. de beurs voor laboratoriumtechnologie en industriele automatisering Het Instrument '98 plaats. Tijdens de beurs is er een congresprogramma en worden voordrachten en bedrijfspresentaties gehouden in luisterhoeken. Bij de presentatie van het beursprogramma waren enkele interessante voordrachten, waarbij die van G.W.A. Danen van de International Instrument Users' Association WIB. die enkele kritische noten kraakte over het niet aan de specificaties voldoen van geleverde systemen.

Instrument beoordeling door productverificatie

G.W.A. Danen van de International Instrument Users' Association WIB gooide een knuppel in het hoenderhok met een opmerkelijke uitspraak: "Bij het introduceren van nieuwe instrumenten en systemen, behoort de eindgebruiker zekerheid te hebben dat de producten in overeenstemming zijn met de gespecificeerde prestaties. Deze zekerheid wordt op dit moment, afgezien van enkele uitzonderingen, niet waargemaakt."

Een belangrijk onderdeel van de activiteiten van zijn vereniging bestaat uit evaluaties van instrumenten en systemen voor de procesindustrie. In onderlinge afstemming, worden ook evaluaties uitgevoerd door de zusterorganisaties SIPEP (UK) en EXERA (Frankrijk) van de WIB. Daarbij wordt gekeken naar de prestaties van de instrumenten in vergelijking met de productspecificaties enerzijds en naar de specifieke toepassingsgebieden van de leden, in de diverse industrieën anderzijds. Sinds jaren publiceren WIB, SIREP en EXEPA statistieken over de resultaten van deze evaluaties. Deze statistieken tonen aan dat de prestaties van de onderzochte instrumenten voor slechts een klein percentage (10 tot 15 %), overeenkomen met de productspecificaties.

Genoemde evaluaties dekken slechts een klein deel af van de beschikbare instrumenten en de onderzoeksresultaten komen veel te laat beschikbaar.



Aan de hand van waarnemingen kwam Danen tot de volgende opmerkingen.

- De productspecificaties lijken in het algemeen te veel te worden beïnvloed door de verkoopafdelingen van de fabrikant, waardoor de waarheid van de specificaties enigszins geweld wordt aangedaan.,
- De manier van specificeren door de diverse fabrikanten blijkt nogal divers,
- Bij de ontwikkeling van nieuwe producten blijkt de kennis van de fysieke instrumentatie te worden verdrongen door software expertise, waardoor productprestaties niet altijd overeenkomen met de verwachtingen van de eindgebruiker.
- Producten worden dikwijls te snel op de markt gebracht, zonder goed te zijn uitontwikkeld.
- In het stadium van "alpha/beta testing", lijkt het niet onverstandig als er een zekere inbreng komt van eindgebruikers.

De fabrikant zou verantwoordelijk moeten worden gesteld voor de zorg dat de prestaties van instrumenten in overeenstemming zijn met de productspecificaties. Een mogelijke oplossing hiervoor is, dat de fabrikant verifieerbaar kan aantonen dat de prestaties van zijn product overeenkomt met de specificatie. Ook moeten specificaties onderling vergelijkbaar zijn. Daarvoor is het volgende nodig:

- Er dient een harmonisatie te komen over de manier van specificeren.
- Er behoren aanvaardbare methodes te worden ontwikkeld, waarbij de eindgebruiker meer zekerheid krijgt dat productspecificatie en prestatie overeenstemmen.
- Deze garantie over de prestaties van een instrument dient bij het op de markt brengen beschikbaar te zijn.
- Ook de te volgen testprogramma's dienen meer geharmoniseerd te worden

Realisering

In overleg met de federatie Het Instrument (FHI) wordt op dit moment onderzocht, hoe verbetering kan worden gebracht in de bestaande situatie, zoals hierboven omschreven. Om werkelijk succesvol te zijn, dienen de ontwikkelingen echter mondiaal van karakter te zijn.
Enkele ontwikkelingen die hiertoe kunnen bijdragen zijn:

- Ontwikkelingen binnen de normalisatiecommissie IEC (SC 65 B), om tot een harmonisatie te komen van termen en definities in productspecificaties.
- Het ontwikkelen van een methode om testen door fabrikanten te laten verifiëren door erkende onafhankelijke experts (Laboratoria).
- Het ontwikkelen van generieke testprogramma's op basis van bestaande internationale standaards, aangevuld met testprogramma's voor zover die nog niet internationaal beschikbaar zijn.
- Promotionele inspanning om een mondiaal draagvlak te krijgen voor de hierboven gestelde doelstellingen.

WIB

De International Instrument Users Association WIB is een internationale non-profit vereniging van eindgebruikers van meet- en regelinstrumenten en automatiserings- en besturingssystemen in de procesindustrie (o.a. op het gebied van olie & gas, chemie, voeding, staal, papier, elektriciteit en water). Leden zijn veelal multinationals in Europa zowel als in Noord-Amerika, het Midden-Oosten en Japan. Maar ook kleinere organisaties zoals laboratoria, engineering-contractors en systeemintegrators zijn actief binnen de vereniging. Uitgezonderd van lidmaatschap zijn organisaties die zich bezig houden met de fabricage en verkoop van instrumenten en systemen voor commerciële doeleinden. Nadere informatie staat op de WIB home page op Internet: www.wib.nl

Congresprogramma

5 oktober,	namiddag Smart sensords
6 oktober	Explosieveiligheid in de precesindustrie Weegtechniek en kwaliteitsmanagement in productieprocessen Trends in biotechnologie
7 oktober	Instrumentele precesveiligheid Innovatiegericht Testen en Beproeven: het voorkomen van redesign- en aansprakelijkheidskosten Voortschreidende automatisering in biomedische laboratoria
8 oktober	Veldinstrumenten, fittness for purpose en kalibratie ICT in de voedingsmiddelen industrie
9 oktober	Vacuumtechniek, trends in techniek & toepassingen STEP in de procesindustrie; stand van zaken in elektronisch dataverkeer Inspectie en niet-destructieve technieken in de industrie.

Toegangskaarten voor de beurs:
Voorbestellen f 15,- tot 18 september, tel.: 0346-582 006.
Aan de kassa f 25,-

Inlichtingen:
FHI Het Instrument
Tel.: 033-465 7507
Fax: 033-461 6638
Internet: www.FHI.nl

Een eigen sensor of microstructuur

Innoveer uw product en concurrentie-kracht

Sander van Heerwaarden en Floor van Heerwaarden ***In dit artikel komen de mogelijkheden aan de orde van toepassing van de technologie waarmee chips worden gemaakt (siliciumtechnologie) voor het maken van microsensoren en microstructuren. Behuizingen voor sensoren worden kort aangestipt, evenals kostenaspecten. Tot slot wordt een uitgewerkt voorbeeld gegeven van de ontwikkeling van microstructuren voor de manipulatie van zeer kleine vloeistofvolumes.***

Toen Japan de micro-elektronica in horloges introduceerde, miste de destijds dominerende Zwitserse horloge-industrie aanvankelijk deze boot. Dit had desastreuze gevolgen voor de Zwitserse horloge-industrie die lange tijd nodig had om van de klap te herstellen. De Zwitsers sloegen terug met hun eigen elektronische horloge, de 'Swatch', dat in een aantrekkelijk vormgegeven jasje zeer populair werd.

Wie op dit moment de stap naar applicatie-specifiek ontwikkelde sensoren of microstructuren durft te zetten kan een belangrijke voorsprong op zijn concurrenten opbouwen. Dat een dergelijke stap steeds meer geboden is blijkt wel uit het feit dat er steeds hogere eisen worden gesteld aan machines en instrumenten. Zij moeten steeds slimmer en meer 'zelfdenkend' werken, wat wordt gerealiseerd door middel van sensoren informatie over de omgeving te verzamelen en deze informatie met microprocessors en andere elektronica te verwerken. Tegelijkertijd moet alles kleiner en lichter zijn dan voorheen, terwijl het ook wenselijk is dat nieuwe ontwerpen betrouwbaarder en goedkoper zijn dan de vorige. Kortom: er wordt meer functionaliteit geëist voor minder geld. Dat is vaak alleen mogelijk met elektronica en sensoren van de nieuwe generaties.

Sensoren en microstructuren

In dit spanningsveld heeft de elektronica de afgelopen jaren een reusachtige vlucht genomen. Componenten werden steeds nauwkeuriger, sneller, kleiner, lichter, betrouwbaarder en goedkoper. Dit werd bereikt door de gebruikelijke componenten op grote schaal in silicium te integreren waardoor de welbekende elektronische chips ontstonden. Sensoren, die bijvoorbeeld mechanische, thermische of chemische signalen omzetten in een elektrisch signaal ('transductie'), beginnen deze trend nu ook te volgen. Door voor de produktie van sensoren en microstructuren gebruik te gaan maken van technologieën die voor elektronische chips zijn ontwikkeld (silicium-technologie en keramische technologie, zie kaders), kunnen sensoren en microstructuren aanzienlijk in schaal worden verkleind en veel sneller werken. Bovendien opent dit de deur naar integratie op één chip van sensoren en de benodigde verwerkingselektronica.Het produceren van applicatie-specifieke sensoren maakt het bovendien mogelijk aan gewenste specificaties te voldoen. Zo kan, bijvoorbeeld, een serie sensoren worden geïntegreerd in een array-vorm waardoor met deze sensoropstelling verschillende soorten metingen gedaan kunnen worden. Een voordeel hierbij is dat met één behuizing kan worden volstaan in plaats van vele afzonderlijke behuizingen die nodig zijn bij een array die is opgebouwd uit niet-geïntegreerde standaardelementen, waarmee een elektronische neus wordt ontwikkeld, zie figuur 1.

Figuur 1
Sensor met microcalorimeters. Foto: Ton Schapers.

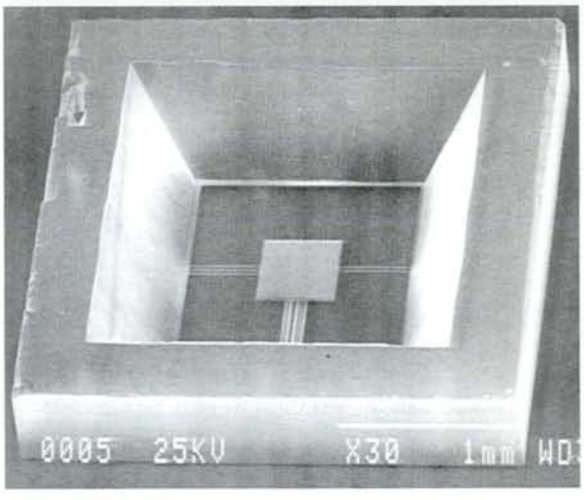
Siliciumtechnologie

Bij siliciumtechnologie wordt gebruik gemaakt van monokristallijn silicium (Si) in de vorm van ronde donkergrijze 'wafers' (plakken) van 10-30 cm doorsnee en 0,5-1 mm dikte (500-1.000µm). De voordelen van siliciumtechnologie voor elektronica zijn evident: de schakelingen worden steeds kleiner, sneller, betrouwbaarder en goedkoper, maar kunnen tegelijkertijd steeds complexere taken vervullen. Deze technologie kan ook gebruikt worden voor de fabricage van sensoren en microstructuren, wat leidt tot siliciumsensoren en microprecisie-apparatuur. De voordelen van een siliciumsensor zijn dezelfde als van elektronische schakelingen op silicium maar daarbij komen nog enkele andere belangrijke voordelen:

- de siliciumsensor is vaak nauwkeuriger en gevoeliger dan conventionele sensoren;
- de omvang van een siliciumsensor is veel geringer;
- sensor en verwerkingselektronica kunnen op één chip worden geïntegreerd.

Om een siliciumsensor te fabriceren worden op het silicium eerst standaardbewerkingen uitgevoerd die zijn ontleend aan de technologie om elektronische chips te maken. Deze bewerkingen worden gebruikt om de elementen aan te brengen die onderdeel uitmaken van de sensor, zoals thermokoppels en meetweerstanden. Tegelijkertijd kan verwerkingselektronica worden toegevoegd zoals transistoren, dioden of zelfs microcontrollers. De standaardbewerkingen uit de elektronicatechnologie worden aangevuld met speciale sensorbewerkingsstappen. Een belangrijk voorbeeld is het aanbrengen van een zwarte laag, die infrarode straling absorbeert en omzet in warmte voor een thermische infraroodsensor. Een ander belangrijk voorbeeld is het zogenaamde 'micromachining' waarmee een siliciumsensor een specifieke driedimensionale vorm krijgt. Onder de micro-machiningtechnieken zijn droge en natte etstechnieken de belangrijkste. Met dergelijke stappen worden bijvoorbeeld dunne membranen gemaakt, waarbij de siliciumchip van 500 mm dikte (vrijwel) geheel doorgeëtst wordt, zoals in de SEM-foto van een siliciumnitride membraan van 0,5 m dikte, dat in het silicium is opgehangen, en ook nog een siliciumeiland draagt, zie figuur 2. De geringe dikte van deze membranen heeft sterke invloed op de mechanische en thermische eigenschappen van de sensor. In druksensoren of versnellingssensoren leiden deze dunne membranen door hun betere vervormbaarheid tot een veel grotere gevoeligheid vergeleken met 'dikke' chips. In thermische sensoren leiden zij tot een veel grotere gevoeligheid door hun betere thermisch isolerende eigenschappen, zoals in de snelle infraroodsensor voor de 'Wildredder' van Terra Care in Ommen, zie figuur 3.

De toepassing van Micro-Systeem Technologie (MST) maakt het mogelijk microstructuren in silicium te maken. Deze technologie is gebaseerd op siliciumtechnologie en aangevuld met verwante etstechnologieën en materialen.
MST begint een grote vlucht te nemen.
Combinatie van bijvoorbeeld silicium en glas (Pyrex glas, met een aan silicium identieke uitzettingscoëfficiënt) maakt complexe functies mogelijk voor de manipulatie van gassen en vloeistoffen. Mooie voorbeelden hiervan zijn de door XI ontwikkelde microinjector van gassen voor de chromatograaf van Chrompack in Middelburg, zie figuur 4, en de hierna verder toegelichte HPLC-onderdelen voor vloeistofmanipulatie.



Figuur 2.
SEM-foto van silicium-nitride membraan (scanning electron microscope) Foto: Dimes

Voorbeelden

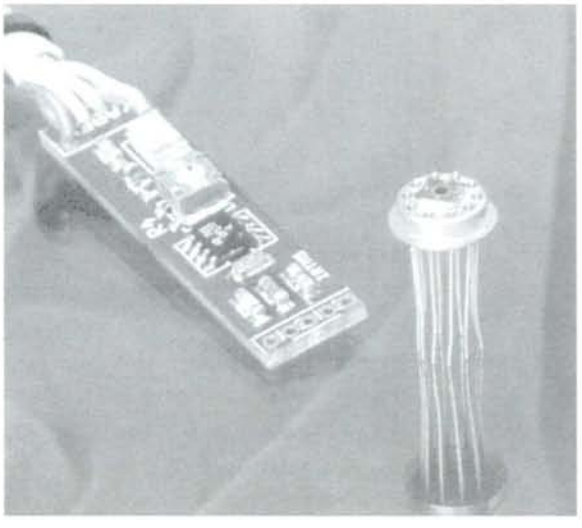
• *Microcalorimeter*

Voor het regelen van produktieprocessen is on-line monitoring van procesgegevens steeds wenselijker. Hiertoe worden onder andere microcalorimeters gebruikt, die van seconde tot seconde concentraties van stoffen in gassen en vloeistoffen kunnen bepalen. Aan de Bergakademie Freiberg in Duitsland wordt gewerkt aan een elektronische neus, gebaseerd op een door Xensor Integration (XI) ontwikkelde sensor met vier kleine microcalorimeters in één behuizing, zie figuur 1. Dit soort neuzen wil men gaan inzetten voor de kwaliteitscontrole van bijvoorbeeld bier.

Een structuur waarin een 3 µm dik eiland van silicium is opgehangen in een 0,5 µm dik gesloten (doorzichtig) siliciumnitride membraan dat in een 500 µm dikke siliciumrand is opgespannen, zie figuur 2. De lijnen die zichtbaar zijn tussen de siliciumrand en het siliciumeiland in het midden zijn polysilicium en aluminiumbanen die op het siliciumnitride membraan liggen. Met natetsen is het 500 µm dikke silicium in het midden weggeëtst om het silicium-nitride membraan en het siliciumeiland bloot te leggen.

• *Wildredder*

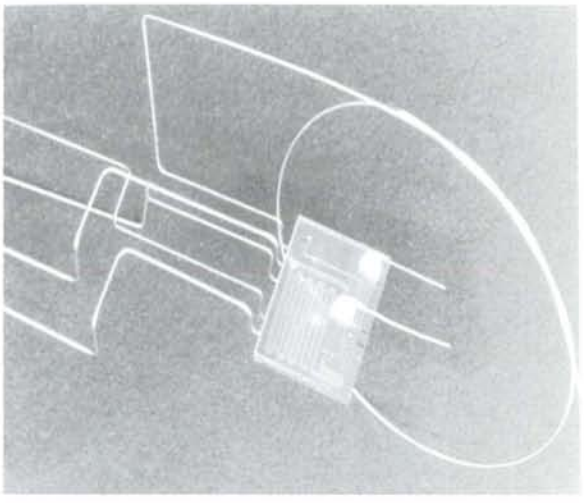
De elektronische 'Wildredder', zie figuur 3, van Terra Care in Ommen bestaat uit een zeer snelle siliciuminfraroodsensor (midden, 5x5x0,5 mm, opgelijmd op een drager) met versterker (links), ingepakt in weerbestendige behuizing (rechts). Zes sensoren op rij worden een paar meter voor de maaiarm op een tractor geplaatst. Zodra de 'Wildredder' tijdens het maaien de warmte van een nest of een dier detecteert, kan de maaibewerking worden onderbroken om het (nieuwe) leven te sparen.



Figuur 3 Elektronische 'Wildredder'. Foto: Ton Schapers

• *Microinjector*

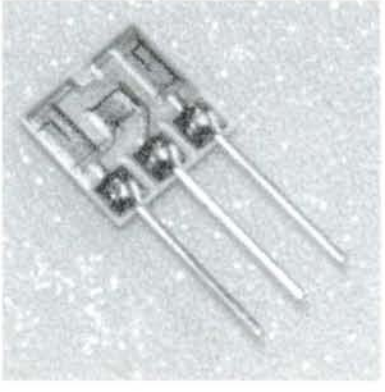
Chrompack International uit Middelburg is producent van gaschromatografen. Voor een draagbaar model is vereist dat de componenten klein en licht zijn. Met siliciumtechnologie is de grote, 1kg zware roestvaststalen injector voor bench-top modellen vervangen door een veel kleiner (26x21 x 4 µm), lichter (5 gram) en ook sneller model, zie figuur 4.



Figuur 4
Microinjector voor gaschromatografie. Foto: Xensor Integration

• *Gasstromingsdetector*

In het gesloten beademingsapparaat van Physio in Haarlem mag de luchtstroming tijdens een operatie nooit onderbroken worden. Hiertoe wordt de stroom gedetecteerd met een door XI ontwikkelde robuuste keramische stromingssensor, die zeer bedrijfszeker is (7 x 7 x 0,5 µm, exclusief pootjes); zie figuur 5.



Figuur 5. Gasstromingsdetector. Foto: Ton Schapers

Behuizingen

Niet alleen de eigenschappen van het sensorelement zelf zijn van belang, ook de gekozen behuizing heeft grote invloed op het meetgedrag van de sensor. Eenzelfde sensorelement in een andere behuizing maakt de sensor geschikt voor andere toepassingen. Dit is vergelijkbaar met bijvoorbeeld een dieselmotor die zowel gebruikt kan worden in een auto als om een pomp mee aan te drijven.
Behuizingen voor sensoren om gas- of vloeistofstromen te meten ('flowsensoren') zijn een geval apart. De aërodynamische vorm van de gekozen behuizing kan de stroming dusdanig beïnvloeden dat de meting van de stroom niet correct is of zelfs onreproduceerbaar wordt.
Het ontwerpen van een goede behuizing is daarom zeer belangrijk en kan soms meer moeite kosten dan het ontwerpen van het sensor-element zelf. Een mooi voorbeeld hiervan is de windmeter van Mierij Meteo in de Bilt, zie figuur 6.

Figuur 6
Windsensor. Foto: Mierij Meteo

Mierij Meteo in de Bilt produceert weermeetstations. Vaak worden deze stations met mechanische windsnelheids- en windrichtingmeters uitgerust. Zoals alle mechanische componenten moeten ook deze worden onderhouden. Door gebruik te maken van een geïntegreerde windsnelheids- en windrichtingsensor wordt dit probleem ondervangen. Daarnaast heeft deze sensor het voordeel dat hij sneller en nauwkeuriger is dan de mechanische versies.

Keramische technologie

Bij keramische technologie wordt, in plaats van silicium als basismateriaal, gebruik gemaakt van keramiek (metaaloxide) in de vorm van rechthoekige platen van 0,25 tot 1,00 mm dikte. Keramiek komt in verschillende typen voor, het witte aluminiumoxide (Al_2O_3) is het werkpaard voor industrieel gebruik. In tegenstelling tot silicium heeft keramiek geen elektronische eigenschappen en is integratie van sensor en verwerkingselektronica niet mogelijk. Het keramiek dient als mechanische drager voor dielektrische, resistieve en geleidende lagen, die als pasta met zeefdruktechnieken worden opgebracht in de gewenste patronen en die bij hoge temperatuur worden uitgebakken. Met deze 'dikkefilm'-lagen worden de sensorelementen gevormd, terwijl het keramiek de mechanische en thermische eigenschappen van de sensor bepaalt. Vormgeving van de sensor geschiedt door keuze van keramiektype en -dikte en door lasersnijden van de opgebrachte lagen in de gewenste vorm.

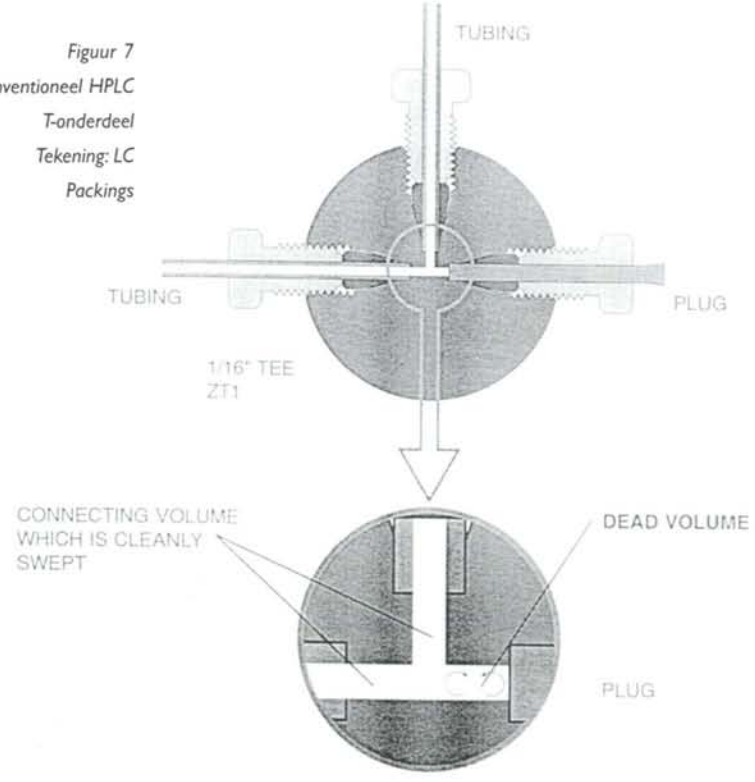
Voordelen van keramische technologie vergeleken met siliciumtechnologie zijn:
- keramieksensoren zijn veel robuuster dan siliciumsensoren, wat van belang is als de sensor direct aan de buitenwereld wordt blootgesteld, zoals in de gasstromingsdetector van Physio uit Haarlem (zie figuur 5);
- de ontwikkeling van keramieksensoren is goedkoper dan van siliciumsensoren.

Nadelen van keramische technologie vergeleken met siliciumtechnologie zijn:
- keramieksensoren zijn minder snel en gevoelig;
- keramieksensoren zijn vaak aanzienlijk groter dan die van silicium: keramiek bijvoorbeeld 1 cm^2 tegen silicium 0,1 cm^2; als we op de siliciumsensor elektronica integreren kan het grootteverschil nog toenemen.

Misverstanden

Ondanks de vele voordelen die specifiek ontwikkelde sensoren en microstructuren bedrijven kunnen bieden, zijn deze toch vaak nog huiverig om gebruik te maken van de nieuwe technologieën. Dit wordt vooral veroorzaakt door een aantal misverstanden. Bedrijven denken dat de ontwikkeling van een sensor of een microstructuur duur is, alleen haalbaar voor grote productieaantallen en risicovol is.

Het (laten) ontwikkelen van een sensor of een microstructuur kent verschillende stappen. Eerst moeten functionele eisen worden opgesteld aan de hand waarvan een ontwerp wordt gemaakt. Met dit ontwerp worden prototypes gemaakt waarvoor zogenaamde maskers nodig zijn waarmee de gewenste structuren in het silicium worden aangebracht. Wanneer de prototypes de gewenste werking hebben, kan begonnen worden met massaproductie. Voor een dergelijk ontwikkelingstraject liggen de kosten veelal in de orde van enkele tienduizenden guldens voor eenvoudige ontwerpen.
Zijn de maskers eenmaal beschikbaar voor massaproductie dan zijn de productiekosten relatief laag. Afhankelijk van het ontwerp en de productie-aantallen liggen de typische kosten van sensoren en microstructuren in de orde van enkele tientallen tot enkele honderden guldens per stuk.



Figuur 7
Conventioneel HPLC T-onderdeel
Tekening: LC Packings

Het voorgaande betekent dat het (laten) ontwikkelen van een eigen sensor of microstructuur al interessant kan zijn bij productie-aantallen van 1.000 eenheden. Uiteraard is dit afhankelijk van de complexiteit van het gewenste ontwerp en van de beschikbaarheid van vergelijkbare sensoren of microstructuren. Overigens is de prijs niet altijd de reden om een sensor of microstructuur te laten ontwikkelen en produceren. In de ruimtevaart bijvoorbeeld wegen ruimte, gewichtsbesparing en betrouwbaarheid zo zwaar dat een eventueel hoge stuksprijs door de in die branche gebruikelijke kleine productie-aantallen, een ondergeschikte rol speelt.
De doorlooptijd voor de ontwikkeling van een sensor of microstructuur inclusief prototypefabricage is uiteraard afhankelijk van de complexiteit van het gewenste ontwerp, maar kan in eenvoudige gevallen minder dan een jaar bedragen. Voor ingewikkelder ontwerpen waarbij bijvoorbeeld ook meer dan één prototype-run noodzakelijk is, moet gedacht worden aan één tot drie jaar. Vaak geschiedt de ontwikkeling van een applicatie-specifieke sensor of microstructuur op basis van een bestaand instrument, waar een standaard component om uiteenlopende redenen wordt vervangen door een eigen ontwikkeling.

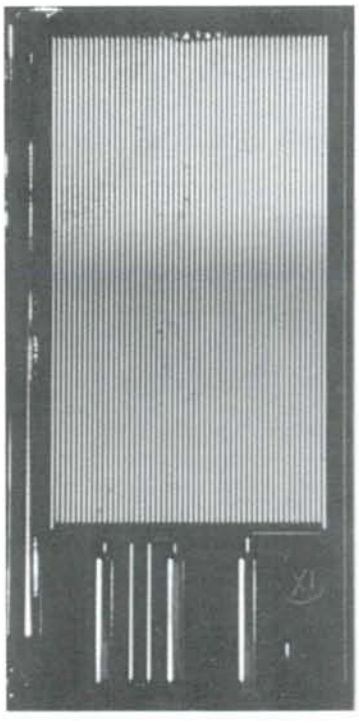
Aan de ontwikkeling van een sensor zijn uiteraard risico's verbonden, zoals aan iedere ontwikkeling. Er zijn in de praktijk genoeg voorbeelden van ontwikkelingen van sensoren, elektronicachips en andere microtechnologische projecten die mislukt zijn of ernstig uit de hand zijn gelopen.
Dergelijke risico's zijn wel degelijk onder controle te houden. Voor de ontwikkeling moet een ontwikkelplan worden opgesteld waarin onder andere een tijdpad is opgenomen en een aantal beslismomenten is ingebouwd waarop een 'go-no go'-beslissing kan worden genomen. Daarnaast is een goede en regelmatige communicatie tussen opdrachtgever en ontwikkelaar belangrijk en is het zaak in zee te gaan met een bedrijf dat veel ervaring heeft in het ontwikkelen van sensoren en microstructuren. Een dergelijk traject is mooi te illustreren aan de hand van de microkanalen van LC Packings in Amsterdam, een innovatief bedrijf op het gebied van HPLC (High-Pressure Liquid Chromatography).

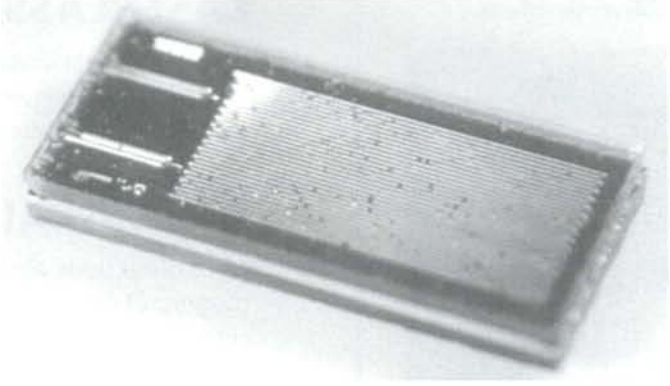
Voorbeeld van een ontwikkeling: de microstructuur van LC Packings (LCP)

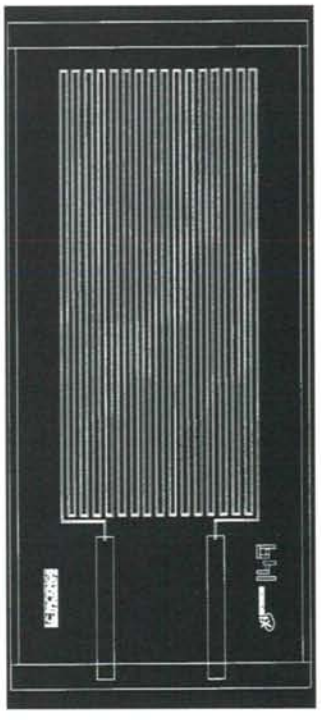
In de wereld van de HPLC en aanverwante technieken zoals CE (capillary electroforese), waarmee onder andere nieuwe technieken voor snel DNA-onderzoek worden ontwikkeld, komt steeds meer de nadruk te liggen op miniaturisatie. Hierbij is een microliter (= 1 mm^3 = 1.000 nanoliter) al een onvoorstelbaar grote plas vloeistof. Een veel gebruikt element, een T-stuk, splitst een vloeistofstroom in

twee gelijke delen. Van groot belang hierbij is het zogenaamde 'dode' ofwel niet-doorspoelde volume, dat kan ontstaan wanneer in zo'n T-stuk een arm tijdelijk niet mee doet. In een conventioneel T-stuk, vervaardigd met fijnmechanische technologie uit roestvaststaal, is zo'n dood volume al gauw meer dan 100 nanoliter, zie figuur 7.
Het T-stuk van Valco voor de splitsing van vloeistofstromen, met een inwendige diameter van de capillairen van 0,25 µm heeft een dood volume van 118 nanoliter. Zo'n dood volume leidt tot (tijdelijke) opslag van de vloeistofmonsters, die op een ongecontroleerde manier en met vertraging vrij komen en de meting beïnvloeden. Om kleinere monsters te kunnen analyseren (en zo tot versnelling van de analyse te kunnen komen en mogelijk vele monsters parallel te kunnen analyseren), zijn kleinere dode volumes een must.

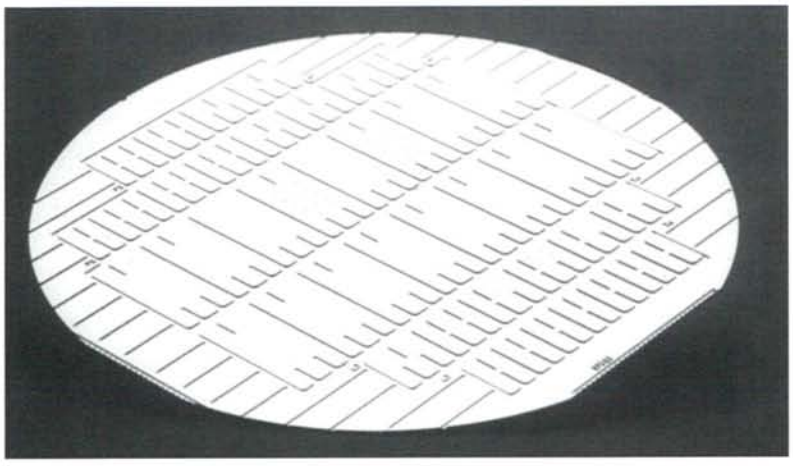
Daarom is LC Packings in 1995, samen met Xensor Integration, begonnen met onderzoek naar de haalbaarheid van HPLC-onderdelen in siliciumtechnologie. De eerste proeven zijn verricht op basis van bij XI reeds aanwezige technologie en materialen en de bij XI al bestaande know-how voor het vervaardigen van onderdelen voor gas-chromatografie (GC) voor Chrompack. Een belangrijk criterium voor de kans van slagen was de drukbestendigheid van de silicium-op-glas verbindingen. Voor GC is 16 bar drukbestendigheid voldoende, HPLC vereist 250-500 bar. Begonnen werd met proeven om de haalbaarheid na te gaan van deze zeer hoge drukbestendigheid. Daaruit bleek dat 250 bar geen probleem opleverde, maar dat 500 bar moeilijk haalbaar is. Op basis van de eerste proeven wilde LCP doorgaan met een eerste prototypefabricage. Er zijn vervolgens enkele ontwerpen voor T-stukken, splitters en andere HPLC-onderdelen gemaakt en vervaardigd, zie figuur 8.
De ontwerpen zijn in overleg gemaakt en op hun specificaties voor HPLC-gebruik getest bij LC Packings, die de daarvoor benodigde infrastructuur bezit. Voor een T-stuk dat op die manier is ontworpen kan worden berekend dat het totale T-stuk-volume met aansluitingen tot de glascapillairen slechts zo'n 40 nanoliter zal bedragen, waarvan het eigenlijke T-kanaal-gedeelte slechts ongeveer 1 nanoliter volume heeft, aanzienlijk minder dan de honderden nanoliters van een roestvaststalen T-stuk. Op basis van de gegevens van de eerste prototypefabricage zijn aangepaste ontwerpen gemaakt, die vervolgens ook getest zijn door LCP.
De huidige situatie is dat er begonnen kan worden met een nulserie, waarbij het wachten is op een gunstige marktontwikkeling hiervoor. Bij het opstarten van een nulserie zal, omdat het dezelfde technologie betreft, tevens een proefmodel van weer een ander element worden meegenomen. Op deze manier kunnen de ontwikkelingskosten binnen de perken worden gehouden.







Figuur 8.
Microstructuren: splitters en andere High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) onderdelen op basis van Si. Links een foto van het siliciumdeel (20 x 10 x 0,5 µm) van een 20:1 splitter met een kanaallengte- verhouding van 700:35 µm en kanaalvolume-verhouding van 210:10 nanoliter. Rechts een tekening van een enkelvoudig capillair van 115 µm lengte en in het midden een foto van een sandwich van glas-silicium-glas (21 x 9 x 2,5 µm) van dit capillair na anodisch bonden. Het capillair is nu gereed om aangesloten te worden op fused-silica capillairen van 380 µm buitendiameter.



Figuur 9

Foto van een complete silicium plak (10 cm doorsnede, 0,5 mm dik) met microstructuur van verschillende prototype HPLC-onderdelen. Na uitzagen van de diverse onderdelen op de plak wordt ieder onderdeeel samen met glasstukken aaneengebond tot een werkend HPLC-onderdeel. Verschillende ontwerpen zijn op een plak samengebracht, zodat een aantal ideeën tegelijk en voor hetzelfde geld uitgeprobeerd kan worden. Foto: Ton Schapers.

Auteursnoot

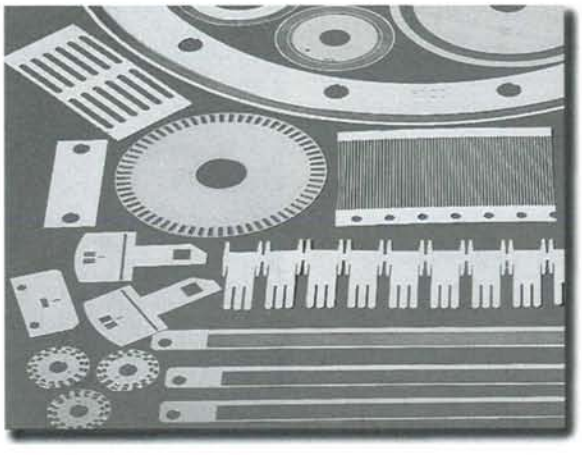
Dr.ir. A.W. van Herwaarden en ir. F.G. van Herwaarden zijn beiden directeur bij Xensor Integration (XI), Kanaalweg 1, 2628 EB Delft, tel. 015-2578040, fax 015-2578050.

Xensor Integration exposeert op de beurs 'Het Instrument' van 5 tot 9 oktober a..s. in de Jaarbeurs te Utrecht.

STORK®

De specialisten in precisiedelen

Verbeter de kwaliteit van uw produkten door het gebruik van onze geëtste en geëlectroformeerde precisiedelen. Benut onze expertise op het gebied van optische maskers, kodeerschijven, contacten, veren, opdampmaskers, nozzle platen, e.d.. Stuur ons uw tekening voor een vrijblijvende offerte.



Stork Veco, werken aan uw toepassing

Stork Veco B.V.
Postbus 10
6960 AA Eerbeek
Nederland

Telefoon +31 313 672911
Telefax +31 313 655752
Internet www.StorkGroup.com

VELD INSTRUMENTS B.V.

LASERLASSEN:

Micro-lasbewerkingen aan (complexe) fijnmechanische producten van staal, rvs, hastelloy, titaan, tantaal en molybdeen middels de Nd:Yag-laser.

LASERGRAVEREN:

Het contactloos aanbrengen van teksten, afbeeldingen, CEmarkeringen, barcodes of doorlopende cijfermatige coderingen op metaaloppervlakken, keramiek, kunststof, hout, leer, glas en textiel.

Ulenpasweg 1a
7041 GB 's-Heerenberg
Postbus 54
7040 AB 's-Heerenberg

Tel.: 0314-661980
Fax.: 0314-662373

Microactuators voor scanspiegels

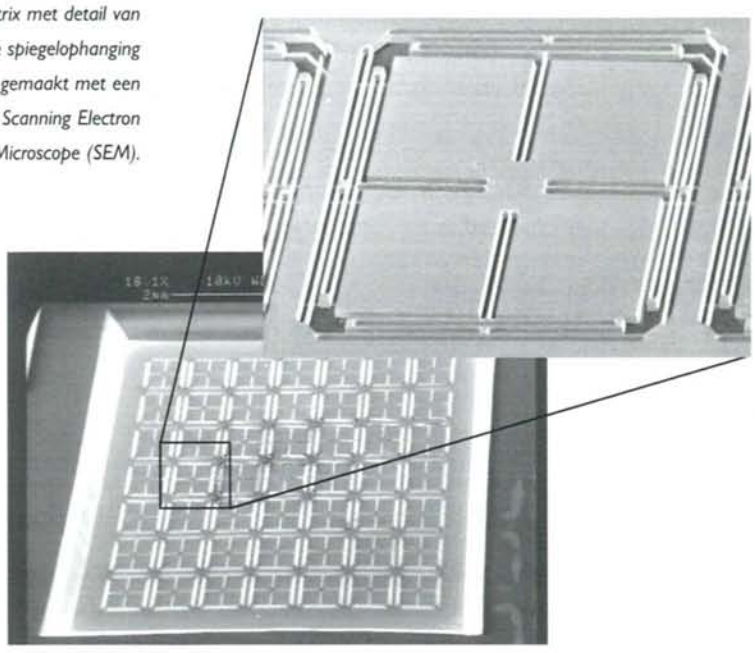
T. Gessner, W. Dötzel, H. Fujita, D. Collard

Voor veel toepassingen, zoals het afbuigen van een laserbundel, het scannen van een voorwerp en de projectie van (TV-)beelden zijn spiegelactuators met speciale eigenschappen gewenst. Dankzij precisie ets- en galvanotechnologie kunnen dergelijke apparaatjes tegen geringe kosten in massa worden vervaardigd. Een grote variëteit aan spiegelactuators is de afgelopen jaren ontwikkeld.

Dit artikel geeft een overzicht over de functionele principes en de fabricagetechnologie. Tevens zullen de technologische voor en nadelen besproken worden.

Trefwoorden zijn: microspiegelsystemen, elektrostatische actuators, oppervlakte etsen en diepetsen van materialen en het aanbrengen van galvanische lagen. Deze laatste technieken worden in de engelse literatuur aangeduid met 'micro machining'.

Het manipuleren van licht is een van de meest algemene toepassingen voor micro-elektromechanische systemen. Een groot gebied van mogelijke toepassingen kan worden ingevuld door microspiegels. Micro-apparaten voor het sturen van een bundel en modulatie van de lichtintensiteit zijn onderwerp van onderzoek geweest vanaf het allereerste begin van de microsystemen [1]. De laatste tien jaar is op het vlak van onderzoek en ontwikkeling veel inspanning gepleegd. De afgelopen jaren zijn dan ook een grote variëteit aan optische systemen voor het modelleren en vervormen van bundels gemaakt door gebruik te maken van de bewerkingstechnieken voor het bewerken van silicium uit de micro systeem technologie. Naast publicaties over lenzen [2], optische bundelsplitsers en glasvezel switches [3, 4], is er veel gepubliceerd over microspiegels en rijen microspiegels die uit rechte vlakke platen bestaan [5, 6, 7] of vervormbare membranen [8, 9]. Verschillende materialen, zoals metaal [10, 11], polykristallijn silicium [13, 14] of visco-elastische lagen [15] zijn gebruikt om spiegels te produceren, waarbij elke bruikbare bewerkingstechnologie werd toegepast. De belangrijkste voordelen van deze microsystemen ten opzichte van de gangbare zijn: snelle verplaatsing, geringe afmetingen, lage kosten en geschikt voor massaproductie. Hier volgt een kort overzicht van de huidige ontwikkelingen in ontwerp, fabricage en toepassingen van spiegels.



Figuur 1. Foto van een spiegel matrix met detail van de spiegelophanging gemaakt met een Scanning Electron Microscope (SEM).

Werkingsprincipe

Diverse verschillende functionele principes zijn toegepast voor het aandrijven van microsystemen, zoals elektrostatisch [16, 11], magnetisch [17] thermisch [18] of piëzoelektrisch [19]. De meeste microspiegelsystemen worden elektrostatisch aangedreven.

Voordelen daarvan zijn een goede aansluiting bij de fabricagetechnieken voor het vervaardigen van chips uit silicium, de potentiele integratiemogelijkheid met micro-elektronica, het lage vermogenverbruik en geschiktheid voor verdere miniaturisatie. Andere optimalisatiemethoden, zoals speciaal gevormde elektroden [20] in plaats van vlakke elektroden, leiden tot een hogere rendement van het aangebrachte elektrostatisch veld met dientengevolge lagere voedingsspanningen, hogere aandrijfkoppels en grotere afbuighoeken. Figuur 1 toont een tweedimensionale elektrostatisch aangedreven spiegelmatrix [21].
Magnetische actuatoren zijn gerealiseerd door gebruik te maken van de Lorentzkracht die wordt opgewekt door op het silicium geïntegreerde spoelen en een extern aangebracht magnetisch veld [22]. Een ander principe is het neerslaan van zacht magnetische materialen als NiFe op het bewegende deel, waarbij de beweging ontstaat door de interactie met een extern magnetisch veld [23]. Compleet geïntegreerde magnetische circuits in de vorm van een U-vormige kern met daarop neergeslagen koperen spoelen, galvanisch aangebrachte NiFe-polen op een ferromagnetisch substraat en zacht magnetische materialen op het bewegende deel van de actuator zijn gerapporteerd in [24].
Het is moeilijk om magnetische actuatoren te integreren met dunne filmtechnologie en in batchfabricage aan te brengen. Vergeleken met de dikte van de mechanische delen heeft de relatief dikke actieve magnetische laag een ongunstige invloed op de statische en mechanische eigenschappen van het systeem. Zoals een hoger massatraagheidsmoment en spanningen in de film die ontstaan door het neerslaan van de laag.
Belangrijk voordelen van het magnetisch werkingsprincipe ten opzichte van het elektrostatische zijn de grotere krachten en momenten als gevolg van de hogere energiedichtheid in het magnetisch veld. Op die reden zijn de meeste toepassingen te vinden in microrelais en micromotoren.

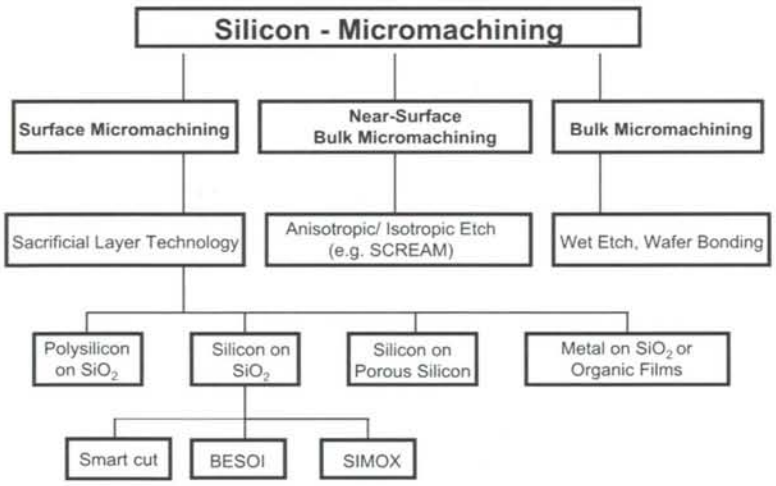
Thermische actuatoren zijn vaak gebaseerd op verschil in thermische uitzettingscoëfficiënten van twee op elkaar aangebrachte lagen materiaal [4]. Deze actuatoren worden gekenmerkt door een relatief hoog energieverbruik, waarbij de hoogste gerealiseerde werkfrequentie oploopt tot enkele kilohertz. Toepassingsgebieden zijn voornamelijk relais, kleppen en schakelaars.

Piëzo-elektrische actuatoren zijn gemaakt door het neerslaan van dunne lagen piëzo-elektrisch materiaal zoals ZnO of $PbZr_xT1_{1-x}O_3$ (PZT) in batchfabricage [26, 27]. Ander toepassingen maken gebruik van met de hand gemonteerde externe piëzo-elektrische aandrijfelementen [28]. Een- en tweedimensionale micro spiegelscanners die worden aangedreven door een met Sol-Gel neergeslagen PZT-laag van 1,5 µm zijn onderzocht in [19]. Uit evaluatie blijkt dat dit principe van aandrijven zich beter leent voor verdere miniaturisering dan het magnetisch principe. Om die reden worden piëzo-elektrische actuatoren voornamelijk genoemd in publicaties over acoustische toepassingen, zoals ultrasone transducers of actuatoren, ultrasone micromotoren en micropompen.

Functionele aspecten

Een andere criterium voor classificatie zijn functionele aspecten en de belangrijkste toepassing.
Microspiegels bestaande uit vlakke platen of vervormbare membranen zijn gerealiseerd. De vlakke platen worden gelagerd met torsiestaven [14, 20] of door geëtste scharnieren [16, 29]. In het eerste geval bevindt de spiegel zich evenwijdig aan het substraatoppervlak. De beweging wordt veroorzaakt door het aanbrengen van een elektrostatisch veld tussen spiegel en elektrodes die op het substraat zijn aangebracht. De maximum kanteling wordt bepaald door de spleet tussen elektrode en spiegel nodig voor bewegen bij de resonantiefrequentie en door de grootte van de elektrostatische kracht die ontstaat bij het aanbrengen van een gelijkspanning. In het tweede geval kan de spiegel van het substraatoppervlak wegkantelen. De aandrijfkracht die geleverd wordt door lineaire trillingsmotoren of elektrostatische motoren wordt door een stangenstelsel van elastische staven en microscharnieren op de spiegel overgebracht. De lineaire trillingsmotoren zorgen voor grote verplaatsingen van de spiegel, terwijl de elektrostatische aandrijving meer geschikt is voor het voor het scannen met hoge snelheid. Vervormbare spiegels voor het toepassen in adaptieve optiek zijn onderzocht in [30, 31]. De vrijstaande ronde of rechthoekige membraanspiegels zijn vaak uitgevoerd als dunne siliciumnitride laag met een dikte van ongeveer 1 µm. De spiegel wordt vervormd door een elektrostatisch veld tussen het membraan en corresponderende elektroden op het evenwijdig aan het membraan liggende substraat. Door de keuze van het patroon waarin de elektroden worden aangebracht,

kan de aard van de vervorming van de spiegel worden beïnvloed [32]. Andere spiegels die speciaal voor het focusseren zijn ontworpen maken gebruik van concentrische ringen uit polysilicium, verbonden met dunne bruggen eveneens uit polysilicium. Met thermische actuatoren wordt de positie van het focus gejusteerd [25]. Afhankelijk van de toepassing moet onderscheid gemaakt worden naar de aard van de scanbeweging, schakelend of continu. Specifieke ontwerpeisen voor scannen zijn: hoge precisie, geringe hysterese, goede reproduceerbaarheid en betrouwbaarheid. Het verdelen van het spiegeloppervlak in een matrix van meer kleine oppervlakken is noodzakelijk om een hogere scanfrequentie mogelijk te maken. Voorwaarde daarvoor is een exacte onderlinge gelijkloop van de spiegels in de matrix.
Scansystemen kunnen quasi statisch of bij resonantiefrequentie worden toegepast: de hoge kwaliteit en onderlinge gelijkheid van de geëtste spiegels maken grotere kantelhoeken mogelijk.



Figuur 2. Overzicht van de gangbare etsprocédés.

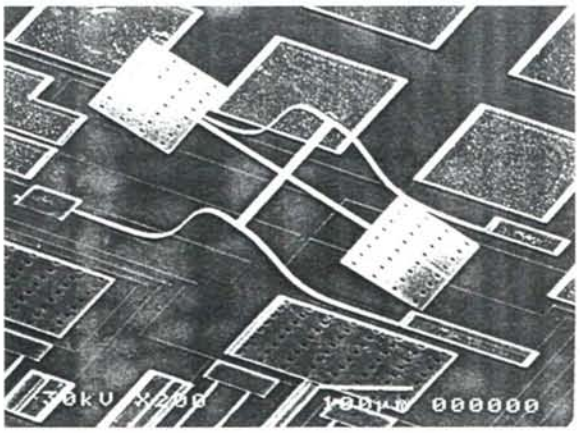
Ander toepassingen zijn beeldprojectie, barcode scanners, schakelaars en modulators voor glasvezelnetwerken. Een tweedimensionale microscanner die door een externe piëzomotor wordt aangedreven met een beeldvlak van 256 x 256 beeldpunten is bedacht in [33]. Twee asymmetrische eendimensionale scanners gemonteerd op een piezo-elektrisch element zijn gemonteerd in een klein draagbaar apparaat met een geschatte resolutie van 400 x 400 beeldpunten [28]. Een laserprojectiesysteem met een elektrostatische werkende microspiegel wordt getoond in [34]. Digitaal werkende microspiegels zijn toegepast voor beeldprojectie [10] en lichtmodulatie [20]. De elektrostatisch aangedreven spiegel zoals beschreven in [35] zorgt voor een continu positioneren van de laserbundel. De flexibele microspiegel die in [29] beschreven wordt kan als optische schakelaar gebruikt worden.

Technische benaderingen

In figuur 2 wordt een overzicht gegeven van verschillende soorten etstechnieken (micromachining). Als de afmetingen van de actuatoren zeer klein worden, dan is etsen een bruikbare techniek [12, 36]. Het te bewerken materiaal moet uit tenminste drie lagen bestaan, van onder naar boven: substraat, offerlaag, systeemlaag. De microsystemen worden gemaakt in de systeemlaag, waarbij de offerlaag wordt verwijderd door nat etsen in een van de laatste fabricagestappen. Op deze wijze worden in de systeemlaag losse, beweegbare elementen gevormd. Vaak wordt voor de systeemlaag polysilicium en voor de offerlaag siliciumdioxide toegepast, naast nog veel andere materialen.

Zelfassemblage

In veel gevallen wordt een integratie van microactuators en besturingselektronica gerealiseerd [10, 11]. Ook zijn complexe structuren gerealiseerd, zoals spiegels die zich uit het vlak van het substraat ontvouwden [16]. Dit voorbeeld wordt gekarakteriseerd door het gebruik van drie systeemlagen (polysilicium) en twee offerlagen.
Maar er zijn ook problemen bij het toepassen van het etsen, zoals het blijven plakken van de microstructuur op het substraat na het wegetsen van de offerlaag [37]. Diverse technieken zijn ontwikkeld om dit probleem de baas te worden, bijvoorbeeld het gebruik van dampetsen [38].
Een alternatieve techniek is recent geïntroduceerd, die gebaseerd is op de zelfassemblage van driedimensionale polysilicium onderdelen [39], die begint met een standaard etsprocedure. De zelfassemblage ontstaat door de combinatie van interne aandrijving zodra het deel begint los te komen (Scratch Drive Actuation) en blijvend vervormen door verwarmen [41] waarbij blijvende 3D structuren ontstaan. Met deze techniek is het mogelijk de beperking van het etsen, tot het slechts kunnen maken van vlakke onderdelen, te omzeilen. Zonder externe mechanische manipulatie is het nu mogelijk om spiegelsystemen met een grote hoekverdraaiing te maken, zoals zichtbaar is in figuur 3.
Diverse andere ontwerpen zijn uitgedacht om met



Figuur 3. Kantelspiegel verkregen door zelfassemblage technologie [39].

deze SDA techniek te fabriceren. Een micro XYZ-tafel met grote verplaatsing (> 30 μm) en hoge positioneernauwkeurigheid (11 nm) is gerealiseerd [42]. Een door zelfassemblage gemaakte tafel voor optisch scannen en uitlijnen [43] is gedemonstreerd voor continu scannen met een slag van 120 μm in laterale en 250 μm in verticale richting..

Elektrostatisch aangedreven systemen

Recent zijn verschillende principes en technologieën ontwikkeld voor de fabricage van licht reflecterende systemen. Hieronder zal een vijftal systemen besproken worden.

• *Texas Instruments*

Diverse bewegende spiegels bestaande uit spiegelmatrices tot 1,3 miljoen cellen die binair werken (aan-uit) en geschikt zijn voor lichtprojectie of voor het belichten van fotogevoelige printerdrums, zijn ontwikkeld door Texas Instruments [10, 44]. De aluminium kantelspiegels met afmetingen van 16 x 16 μm zijn aan twee strips onder de spiegel gelagerd, zie figuur 4.

De elektrostatisch aangedreven spiegels schakelen tussen +10 en -10 graden, bestuurd door monolitisch geïntegreerde SRAM's onder elk van de spiegels en een spanning tot 25 volt. Stootvlakjes die bevestigd zijn aan het anker onder de spiegel dienen als mechanische stop en begrenzen de kantelhoek. Elk van de microspiegels in de matrix vertegenwoordigt een beeldpunt (pixel) en wordt op en neer geschakeld (schakeltijd minder dan 20 μs [44]) met pulsbreedte modulatie, zodat daarmee de helderheid van een beeldpunt bestuurd wordt.

De fabricage was gebaseerd op het maken van 0,8 μm CMOS schakelingen, waarbij het oppervlak werd vlakgemaakt door oxidedepositie en chemisch mechanisch polijsten. Een offerlaag-techniek met conventionele harde positieve fotoresist als afstandhouder en aluminium anker en scharnieren en een speciale legering voor de spiegel, zijn toegepast voor het mechanisch bewegende systeem. Een passiveringslaag en een hermetische afdichting voorkomen plakken door adhesie van de stootvlakjes. Levensduur resultaten van 10^{12} cycli zijn gerealiseerd. De vulling van de matrix is ongeveer 90%. Het spiegelsysteem met elektronica is commercieel verkrijgbaar.

Figuur 4. Foto van een spiegelmatrix gemaakt met een Scanning Electron Microscope (SEM). In het midden is een spiegel verwijderd, waardoor de spiegelophanging zichtbaar is.

• *Multiplexen*

Als vervolg van de voortgaande ontwikkeling van optische glasvezelnetwerken is een bijzonder grote behoefte ontstaan aan goedkope optische schakelaars voor veiligheid en onderhoud van het netwerk en voor het herconfigureren van datatransmissiesystemen. Schakelaars met lage snelheid zouden geschikt zijn voor locale netwerkverbindingen, desondanks is er grote behoefte aan systemen met grote schakelsnelheid, geringe overspraak, golflengte en polarisatie ongevoeligheid. Om aan deze behoefte te voldoen is een optische schakelmatrix ontwikkeld bestaande uit elektrostatisch aangedreven spiegels met torsielagering [46]. Een 2 x 2 spiegelmatrix is gemaakt door het combineren van oppervlakte- en diepte-etsen. Elke spiegel (300 x 600μm) wordt gedragen door een dunne balk uit polysilicium (b x l x d = 16 x 320 x 0,4 μm). De spiegels worden onafhankelijk aangedreven en kunnen het invallende licht over een hoek tot 90 graden afbuigen, zie figuur 5. De aandrijfspanning bedraagt 100 - 150 V en de houdspanning 50 V.

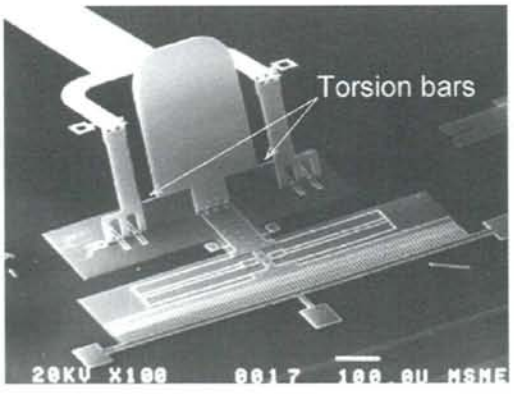
Door gebruik te maken van gecollimeerde bundel vezels voor optische koppeling zijn goede resultaten bereikt: inkoppelverliezen < 77 dB, groot schakelcontrast > 60 dB en gereduceerde overspraak > 60 dB.

Dit resultaat heeft het gemak van het toepassen van elektromechanische spiegels voor optische netwerken aangetoond. Omdat deze techniek naar grotere matrices kan worden uitgebreid, zullen optische multiplexers of demultiplexers als variatie op deze optische schakelaar tot de mogelijkheden behoren.

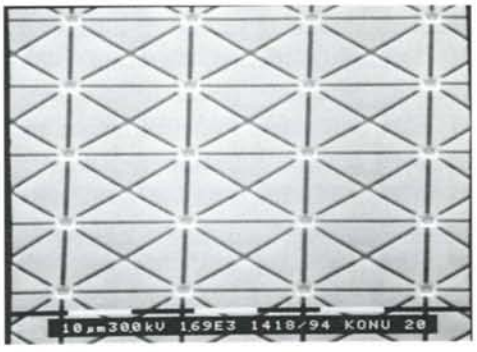
Figuur 5. Foto (SEM) van een twee bij twee spiegelmatrix met torsielagering, gemonteerd op een metalen drager, gerealiseerd door zelfassemblage [46].

• **Universiteit van Californië**

Diverse microspiegels met afmetingen van 200 x 250 µm [35] tot 500 x 500 µm [16], die zijn gefabriceerd met een oppervlakte-etstechnologie voor polysilicium lagen van 2 µm en offerlagen zijn ontwikkeld door de universiteit van Californië te Berkeley, zie figuur 6. Het silicium is in een chloorplasma geëtst terwijl de offerlaag nat geëtst is. Deukjes in de spiegel voorkomen plakken. De met goud bedekte spiegels maken een hoek van 60 graden met het substraat. Drie stel microscharnieren verbinden de spiegel met een elektrostatische aandrijving en met een schuifstang om de spiegel te doen loskomen van het substraat met een lineaire vibromotor. De elastische ophanging met torsiestaven met een breedte van 2 µm tussen spiegel en rand maakt het mogelijk de spiegel in resonantie te brengen. De eigenfrequenties liggen tussen 3 kHz [35] tot 29 kHz [16]. Deze spiegels zijn geschikt voor continu scannen met een maximum hoek van ongeveer 3 graden bij sturing met gelijkstroom signalen en een maximum hoek van 30 graden wanneer de spiegel in resonantie wordt gebracht. De reflectie is slechts 85%, gemeten bij een golflengte van 1,3 µm, als gevolg van strooiing door ruwheid, etsputjes en deukjes in het oppervlak van de spiegel. Uit onderzoek bleek dat bestraling met een 375 mW Nd:YAG laser (golflengte 1,06 µm) geen significante vervorming of schade veroorzaakte [34]. Als toepassingsmogelijkheden worden het scannen van barcodes en scannende projectie met laserlicht gezien.



Figuur 6. Foto (SEM) van een verticale scan-spiegel [47].



Figuur 7. Foto (SEM) van een fasemodulerende lichtklep [15].

• **Frauenhofer Instituut**

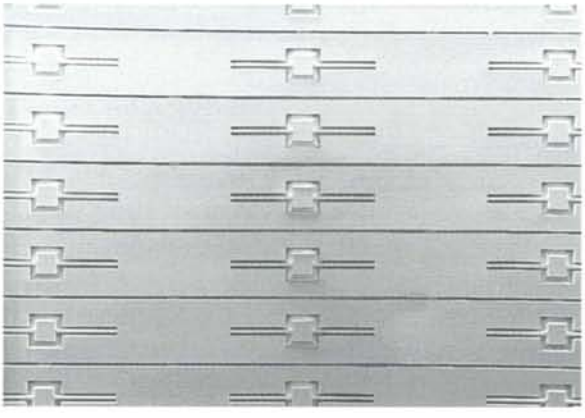
Een geheel andere benadering om met een matrix van lichtventielen de intensiteit van beeldpunten te moduleren is toegepast door het Frauenhofer Instituut voor Micro-elektrische schakelingen en systemen in Duitsland [15]. Zij ontwikkelden zowel een spiegelsysteem waarvan de lagering is gebaseerd op een visco-elastische laag als een micromechanisch gelagerd systeem. Een vlakke spiegel wordt elektrostatisch vervormd tot een faserooster. De matrix is gefabriceerd op een CMOS adresseermatrix die werkt als een DRAM (geheugenchip).

De visco-elastisch gelagerde spiegelmatrix bestaat uit een 4 - 7 µm dik commercieel verkrijgbaar siliconen rubber dat aangebracht is op een goed beschermde en vlakke schakeling en dat vervolgens uitgehard is in een plasma. Daarop wordt een 50 nm dikke spiegelende aluminium laag opgedampt die tevens dient als elektrode. De 512 x 640 beeldpunten van de matrix zijn 20 µm groot en reflecteren licht met een golflengte tussen 100 tot 200 nm. De schakelspanning is 30 V op een biasspanning van 250 V gelijkspanning. Deze visco-elastisch gelagerde spiegelma-

trix kan mogelijk worden toegepast in een 'waferstepper' voor het beschrijven van siliciumplakken met een snel bewegende fijne laserbundel.
Bij het micromechanische ontwerp zijn aluminiumspiegels met een dikte van 400 nm scharnierend verbonden met een CMOS schakeling, gescheiden door een luchtspleet van 600 nm. Met deze techniek zijn 400 spiegels per matrix gerealiseerd. De bedrijfsspanning bedraagt enkele tientallen volts.

• **Universiteit Chemnitz**

Verschillende elektrostatisch aangedreven spiegelmatrices uit monokristallijn silicium zijn gemaakt door de Technische Universiteit van Chemnitz, Duitsland [14, 48, 49, 50]. De matrices hebben een optisch actief oppervlak van 4000 x 4500 µm tot 4500 x 6000 µm en bestaan uit strippen met een breedte van 250 µm of 50 µm en hebben een eigenfrequentie van respectivelijk 25 en 250 kHz. De maximum kantelhoek van 5 graden wordt bereikt als de spiegels synchroon worden aangedreven beneden de resonantiefrequentie.



Figuur 8. Foto van een rij microspiegels vervaardigd door diepetsen [50].

Voor de fabricage zijn twee verschillende etstechnieken toegepast die meer in detail beschreven worden in [51]. De spiegels worden ook hier gemaakt door opdampen met aluminium. De reproduceerbaarheid van de kantelhoek werd gemeten in waarden kleiner dan 0,011 graad. Laserprojectie met een snel bewegende bundel is een mogelijke toepassing.

Noot

T. Gessner en W. Dötzel, Chemnitz University of technology, Chemnitz Duitsland,
H. Fujita, University of Tokyo, Japan en D. Collard, IEMN,ISEN, Lille, Frankrijk
Dit artikel [51] is met toestemming van de auteurs vertaald en bewerkt voor Mikroniek.

Literatuur

[1] K. E. Peterson, "Silicon i n Micromechanics", Proc. IEEE, Vol. 70, No. 5, 1982, pp. 420-457.

[2] K. Reimer, H.J. Quenzer, M. Jdrss, B. Wagner, "Micro-optic fabrication using one-level gray-tone lithography", Miniaturized Systems with Micro-Optics and Micromechanics 11, Proc. SPIE 3008, pp. 279 - 288, 1997.

[3] P.P. Deimel, "Micromachined devices for optical applications", Digest of Technical Papers of The 8 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators and Eurosensors IX, Vol. 1, pp. 340 - 343, Stockholm, Sweden, 1995.

[4] L.A. Field, D.L. Burriesci, P.R. Robrish, R.C. Ruby, "Micromachined 1x2 optical fiber swichers", Sensors & Actuators, A 53 (1 996), pp. 311 - 315.

[5] M. Ikeda, H. Goto, H. Totani, M. Sakata, S. Wakabayashi, K. Imanaka, M. Takeuchi, T. Yada, "Two-Dimensional Silicon Micromashined Optical Scanner Integrated with Photo Detector and Piezoresistor", Digest of Technical Papers of The 8 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators and Eurosensors IX, Vol. 1, pp. 293 - 296, Stockholm, Sweden, 1995.

[6] S.C. Gustafson, G.R. Little, D.M. Burns, E.A. Watson, "Micro-Actuated Mirrors for Beam Steering", SPIE Proc. Vol. 3008 (1997), pp. 91-99.

[7] S.W. Chung, J.W. Shin, Y.K. Kim, B.S. Han, "Design and fabrication of micromirror supported by electroplated nickel posts", Sensors and Actuators A54, 1996, pp. 464-467

[8] J.U. Bu, J.D. Hwang, J.B. Lee, G. Kim, K.Y. Yang, and S. Noh, "Annular Shutter Mirror For a Digital Video Disk Pick-Up Module", Proc. of IIth Annual Int. Workshop on MEMS, 1998, pp. 466 - 469.

[9] M.L. Agronin, R. Bartman, F.Y. Hadaegh, W.Kaiser and P.K.C. Wang, Micromachined Deformable Mirrors", Proc. NASA/JPL Workshop on Microtechnologies and Applications to Space Systems, Pasadena, CA, May 1992, pp. 225-249.

[10] L.J. Hornbeck, "Digital Light Processing and MEMS: Timely Convergence for a Bright Future", Micromachining and Microfabrication '95: Part of SPIE's Thematic Applied Science and Engineering Series, Austin, TX, October 1995

[11] N.I. Maluf, R.J.Reay, G.T.A. Kovacs „High-voltage devices and circuits fabricated using foundry CMOS for use with electrostatic MEM actuators", Digest of Technical Papers of The 8 th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators and Eurosensors IX, Vol. 1, pp. 158 - 161, Stockholm, Sweden, 1995.

[12] M. Fischer, M. Näberle, D. Eichner, C. Schillhorn, R. Strobel, "integration of surface micromachined polysilicon mirrors and a standard CMOS process", Digest of Technical Papers of The 8th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators and Eurosensors IX, Vol. 1, pp. 305-307, Stockholm, Sweden, 1995

[13] P. Hsiang, A. Garcia - Valenzula, M. A. Neifeld, M. Tabib - Azar, "Micromachined 50pm x 250pm silicon torsional mirror arrays for optical signal processing", Integrated Optics and Microstructures SPIE Vol. 1793, (1992), pp. 190 - 198

[14] T. Gessner, W. Dötzel, D. Billep, R Hahn, C. Kaufmann, S. Kurth, "Design, Technology and Characterisation of a Mirror-Array in Silicon-Micromechanics", Techn. Papers of Micro System Techn '96, the 5th Ann. Conf. on Micro Electro, Opto, Mechanical Systems and Components, pp. 657 - 662, Berlin, Germany, 1996

[15] H. Kdck, W. Doleschal, A. Gehner, W. Grundke, R. Melcher, J. Paufler, R.Seltmann, G. Zimmer, "Deformable micromirror devices as phase-modulating high-resolution light valves", Sensor and Actuators A 54 (1996) pp. 536 - 541

[16] N.C. Tien, 0. Solgaard, M-H. Kiang, M. Daneman, K.Y. Lau, R.S.Muller, "Surface-micromachined mirrors for laser-beam positioning", Sensors and Actuators A 52 / 1996 / pp. 76 - 80

[17] N. Asada, H. Matsuki, M. Esashi, "Two- dimensional silicon micro optical scanner", Proc. of the International Symposium on Microsystems, Intelligent Materials and Robots, September 27 - 29, 1995, Sendai, Japan, pp. 626 - 629.

[18] J.H. Comtois, V.M. Bright, "Applications for surface-micromachined polysilicon thermal actuators and arrays", Sensors and Actuators A 58 / 1997 / pp. 19 - 25

[19] A. Schroth, C. Lee, S. Matsumoto, M. Tanaka, R. Maeda, "Application of Sol- Gel deposited thin PZT film for actuation of 1 D and 2D Scanners", Proc. of 1 1 th Annual Ant. Workshop on MEMS, 1998, pp. 402 - 407

[20] B . Wagner, K. Reimer, A. Maciossek, U. Hofmann, "infrared Micromirror Array with Large Pixel Size and Large Deflection Angle.", Digest of Technical Papers of 1997 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Vol. 1, pp. 75 - 80

[21] S. Kurth, K. Kehr, J. Mehner, C. Kaufmann, W. Dötzel, T. Gessner, "Cross-coupling and Tolerances in Micromirror-arrays and the Effect on their Applications", Conference Proceedings of the 6th International Conference on New Actuators, Actuator 98, 1998

[22] I.Shimoyama, O.Kano, H.Miura, "3D Micro-structures Folded by Lorentz Force", Proc. of IIth Annual int. Workshop on MEMS, 1998, pp. 24 - 28.

[23] J. W. Judy, R. S. Muller, "Magnetic microactuation of torsional polysilicon structures", Sensors & Actuators, A 53 (1 996), pp. 392 - 397.

[24] E. Fullin, J. Gobet, A.A.C. Tilmans, J. Bergqvist, "A new Basic Technology for Magnetic Micro - Actuators", Proc. of IIth Annual Jnt. Workshop on MEMS, 1998, pp. 143 - 147.

[25] D.M. Burns, V.M.Bright, "Micro-electromechanical focussing mirrors", Proc. of IIth Annual Int. Workshop on MEMS, 1998, pp. 460 - 465.

[26] P. Muralt, M. Kohli, T. Maeder, A. Kholkin, K. Brooks, N. Setter, R. Luthier, "Fabrication and characterization of PZT thin-film vibrators for micromotors", Sensors & Actuators, A 48 (1995), pp. 157 - 165.

[27] P. Muralt, A. Kholkin, M. Kohli, T. Maeder, "Piezoelectric actuation of PZT thin- film diaphragms at static and resonant conditions", Sensors & Actuators, A 53 (1996), pp. 398 - 404.

[28] K.Yamada, T. Kuriyama, "A novel asymmetric silicon micromirror for optical beam scanning display", Proc. of IIth Annual Jnt. Workshop on MEMS, 1998, pp. 110 - 115.

[29] E. J. Garcia, "Micro-Flex Mirror and Instability Actuation Technique", Proc. of IIth Annual Int. Workshop on MEMS, 1998, pp. 470 - 47

[30] M. Bartek, G. V. Vdoin, R. F. Woiffenbuttel, "Selective and non-selective deposition of thick polysilicon layers for adaptive mirror devices", J. Micromech. Microeng., 7, (1997), pp. 133-136.

[31] L.M. Miller et al., "Fabrication and characterisation of a micromachined deformable mirror for adaptive optics", Space Astronomical Telescopes and Instruments, Proc. SPIE 1945, (1993), pp. 91 - 99, 1997.

[32] P.K.C. Wang, R.C. Gutierrez, R.K. Bartman, "A method for designing electrostatic-actuator electrode pattern in micromachined deformable mirrors", Sensors & Actuators, A 55 (1996), pp. 211 - 217.

[33] M. Ikeda, H. Goto, H. Totani, M. Sakata, T. Yada, "Two-Dimensional Miniature Optical-Scanning Sensor with Silicon Micromachined Scanning Mirror", Proc. SPIE 3008, pp. 11 1 - 122.

[34] M.-H. Kiang, D. A. Francis, C. J. ChangHasnain, 0. Solgaard, K. Y. Lau, R. S. Muller, "Actuated Polysilicon Micromirrors for Raster-Scanning Displays", Dig. of Techn. Papers of the int. Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Transducers '97, Chicago, Illinois, June 1997, Vol. 1, pp. 323-326.

[35] M.-H. Kiang, 0. Solgaard, R. S. Muller, K.Y. Lau, "Micromachined microscanners for optical scanning", SPIE Proc. 3008, pp. 82-90.

[36] J. B. Ohier, F-P. Steiner, H. Baltes, "Silicon dioxide sacrificial layer etching in surface micro-machining", J. Micromech. Microeng. 7 / 1997 / pp. 1 - 13.

[37] R. Legtenberg, H.A.C. Tilmans, J. Elders, M. Elwenspoek, "Stiction of surface micromachined structures after rinsing and drying: model and investigation of adhesion mechanisms", Sensors and Actuators A 43 / 1994 / pp. 230-238.

[38] J. Anguita, F. Briones, "HF/H20 vapor etching of SiO2 sacrificial layer for large- area surface -micromachined membranes", Sensors and Actuators A 64 / 1998 / pp. 247-251.

[39] Y. Fukuta, D. Collard, T. Akiyama, E.H. Yang and H. Fujita, "Microactuated self assembling of 3D polysilicon structures with reshaping technology", Proc. Int. workshop on Micro Electro Mechanical Systems MEMS'97, Nagoya, Japan, pp. 447-481, 1997

[40] T. Akiyama, D. Collard and H. Fujita, "Scratch Drive Actuator with mechanical links for Self-assembling of three-dimensional MEMS", J. Microelectro-mechanical Syst., Vol. 6, pp. 10-17, 1997.

[41] Y. Fukuta, T. Akiyama and H. Fujita ,A reshaping technology with Joule heat for three dimensional structures", Proc. 8th Int. Conf. on Solid State Sensor and Actuator, Stockolm, Sweden, p. 174, 1995.

[42] L.Y. Lin, J.L. Shen, S.S. Lee, G.D. Su and M.C. Wu, "Microactuated micro XYZ stage for free-space micro-optical bench", Proc. Int. workshop on Micro Electro Mechanical System MEMS'97, Nagoya, Japan, pp. 43-48, 1997

[43] L. Fan, M.C. Wu, K.D. Choquette and M.H. Crawford, "Self-assembled microactuatedXYZ stages for optical scanning and alignment", Proc. 9th Int. Conf. on Solid State Sensor and Actuator, Chicago, U.S.A., pp. 319-322, 1997.

[44] L. J. Hornbeck, "Digital Light Processing for High-Brightness, High-Resolution Applications, Electronic Imaging", EI '97, San Jose, California, Febr. 1997.

[45] Yoder, "The State of the Art in Projection Display: An Introtuction to the Digital Light Processing (DLP) Technology", URL:http://www.ti.com/dip/docs/developer/resources/white/state/state.htm

[46] H. Toshiyoshi and H. Fujita ,Electrostatic Micro Torsion Mirrors for an Optical switch Matrix", J. Microelectromechanical Syst., Vol. 5, pp. 231-237, 1996.

[47] URL:http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/ - kiang/semimage/thetscas.jpg

[48] T. Gessner, W. Dötzel, D. Billep, R. Hahn, C. Kaufmann, S. Kurth, K. Kehr, C. Steiniger, U. Wolimann, "Silicon mirror arrays fabricated by using bulk- and surface-micromachining", SPIE Proc. Vol. 3008 (1997), 256 - 305.

[49] W. Dötzel, T. Gessner, R. Hahn, C. Kaufmann, K. Kehr, S. Kurth, J. Mehner, "Silicon Mirrors and Micromirror Arrays for Spatial Laser Beam Modulation", Dig. of Techn. Papers of 1997 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Vol. 1, 81 - 84, Chicago, IL, 1997, pp. 81 - 84.

[50] J. Kraenert, C. Deter, T. Gessner, W. Dötzel, "Laser Display Technology", Proc. of 11th Annual Int. Workshop on MEMS, 1998, pp. 99 - 104.

[51] "Microactuators for scanning and other applications", Proc. 6th int. Conf. On New Actuators 1998 pp. 27 - 34.

RMB

Voor technologische hoogstandjes...

...kunt u op RMB BENELUX rekenen.

Miniatuur precisie kogellagers, lineaire kogellagers, wormasjes, fijnmechanisch draaiwerk (titanium) micromotoren, actieve magneetlageringen, precisie kogeltjes en samenstellingen met precisie lagers.

Genoemde producten worden thans direct in de Benelux door RMB BENELUX vertegenwoordigd. Leveringen direct van fabrikant aan eindgebruiker. Hierdoor kunt u rekenen op hoogwaardige Zwitserse precisie producten van een Europese marktleider, alsmede op technische locale ondersteuning.

RMB BENELUX
Tel.: +31-162-523528
Fax: +31-162-512892

Antoon Peeren BSW Bern

RMB microlinea OPTIMA smoovy RMB MECOS

Serieproductie van motor en tandwielkast

Micromotor van 1,9 mm

U. Berg, M. Begeman, B. Hagemann, K.P. Kaemper

Een betrouwbare en krachtige geminiaturiseerde aandrijving is ontwikkeld, bestaande uit een micromotor met een diameter van 1,9 mm en een bijbehorende opsteektandwielkast. De aandrijving wordt in kleine series aangemaakt voor industriële toepassingen.

De motor heeft een maximum koppel van 7,5 μNm en een maximum toerental boven 100.000 omw/min. De bijpassende vertragingskast heeft een vertraging van 47 en levert een koppel van 300 μNm aan de uitgaande as. De gemiddelde levensduur bedraagt meer dan 1000 uren. De fabricage van de motor berust op het toepassen van conventionele fijnmechanische technieken. Voor de fabricage van de tandwielkast is tevens LIGA-techniek toegepast.

De ontwikkeling van een passende assemblagetechniek bleek de bepalende factor voor de kwaliteit en de levensduur van het systeem.

Door toepassingen in de medische technologie, telecommunicatie, consumenten elektronica en vele andere vakgebieden is er vraag naar zeer betrouwbare en krachtige miniatuurmotoren. De in dit artikel beschreven micromotor met bijbehorende vertragingskast is door het Institut für Mikrotechnik Mainz Gmbh in nauwe samenwerking ontwikkeld met de motorfabrikant Dr Fritz Faulhaber Gmbh & Co KG[1, 2]. Sinds oktober '97 worden ze in kleine series op industriële schaal gefabriceerd.

Figuur 1. Micromotor van 1,9 mm doorsnede met opsteektandwielkast.

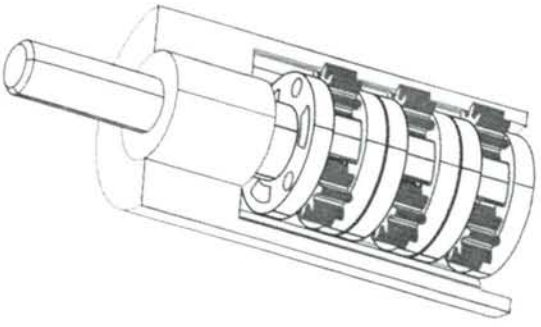
Motorontwerp

Hoofddoelen bij het ontwerp van de micromotor waren:

- optimalisatie van het mechanisch vermogen,
- minimalisatie van de rimpel op het koppel,
- makkelijk te hanteren en betrouwbare mechanische bevestiging.

De motor bestaat uit een rotor, van diametraal gemagnetiseerde magneet uit zeldzame aarde, omhuld door een spoel die een draaiend magnetisch veld genereert. De spoel wordt bekrachtigd met een 3-fase wisselspanning. Een zwakmagnetische buis waarin de spoel gemonteerd wordt, dient gelijktijdig als behuizing en als anker voor het sluiten van de magnetische flux. De rotor wordt op een stalen as (ca 0,2 mm, red.) geperst die in twee saffieren gelagerd wordt, één aan elke zijde van de motor. Om de diameter van de motor zo klein mogelijk te houden, is voor de behuizing een materiaal gekozen dat hoge magnetische verzadiging combineert met zeer lage coërciviteit. Deze combinatie leidt tot een hoog rendement en een laag energieverbruik.

Alle mechanische onderdelen van de micromotor zijn met conventionele fijnmechanische technieken gemaakt. De 3-fasenspoel, bijvoorbeeld, is geproduceerd op een semiautomatische wikkelmachine uit koperdraad van 40 µm dikte.
Met een diameter van 1,9 mm en een lengte van 5,5 mm is de motor klein genoeg voor toepassing in katheters, endoscopen, miniatuur positioneersystemen en miniatuur scannersystemen. De motor heeft een maximum koppel van 7,5 µNm en een maximum toerental boven 100.000 omw/min. Om het motorvermogen te transformeren naar een hoger koppel en een lager toerental kan een tandwielkast worden aangebouwd. Aan de keuze van het type tandwielkast en het type vertanding is veel zorg besteed. Op grond van fabricagetechnische en rendementsoverwegingen is gekozen voor een drietraps planetaire epicyclische tandwieloverbrenging met dezelfde diameter als de motor en een lengte van 3,7 mm. Het rendement ligt op ongeveer 50% (circa 80% per trap) en de vertragingskast kan kortstondig een koppel van 300 µNm leveren.



Figuur 2. Planetaire tandwielkast met drie trappen

Fabricage van de componenten

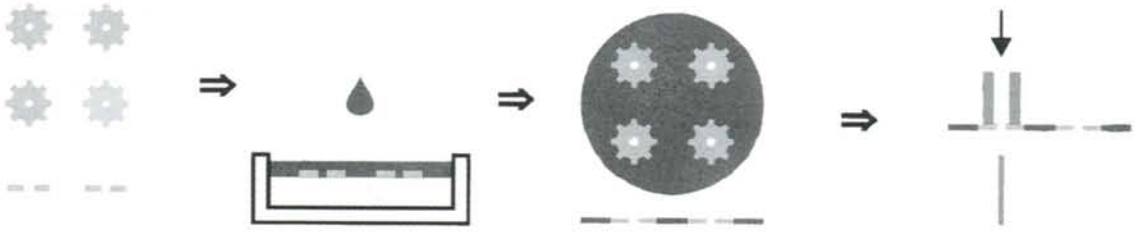
De epicyclische tandwielkast bevat 17 onderdelen die allemaal door microspuitgieten zijn gemaakt van de kunststof POM. Daarnaast nog een centerloos geslepen as en een door draaien vervaardigde lagerbus uit messing. De spuitgietmatrijs van de tandwielen is gemaakt met LIGA-proces [4] om de gewenste hoge nauwkeurigheid van de tandwielen (moduul 55µm) te realiseren.
Door het toepassen van LIGA-techniek voor het vervaardigen van matrijzen is een nieuwe kwaliteitsstandaard bereikt voor het spuitgieten van fijne microstructuren met een hoog aspectratio (breedte/dikte verhouding). In tegenstelling tot andere microbewerkingstechnieken, zoals vonkverspanen (EDM), zijn de oppervlakken die met LIGA-techniek zijn vervaardigd zo glad, dat de producten zelfs uit de matrijs komen als de wanden van de matrijs haaks op het oppervlak staan.

De eerste kleinserieproductie van de tandwielkastonderdelen, zoals de planeetwielen met een diameter van 500 µm, werd vervaardigd met een matrijs waarin een enkel nest onderdelen was geëtst. De onderdelen werden na het spuitgieten met de hand uit de matrijs genomen. Onlangs is een nieuw matrijsgereedschap in gebruik genomen, dat automatisch de onderdelen uit de matrijs stoot.

• **Micro-spuitgieten**

Op dit moment wordt een innovatief spuitgietprocédé ontwikkeld door het IMM [5] dat geschikt is voor grootserie fabricage tegen werkelijk lage kosten. Dit procédé berust op de batchgewijze productie van een groot aantal microcomponenten op een gemeenschappelijke drager. Het tijdrovende en daardoor zeer kostbare verwijderen van de individuele producten uit de matrijs is vervangen door het uitstoten uit een drager waarop alle componenten zitten, zie figuur 3. Om de individuele micro-onderdelen los te nemen worden de volgende stappen uitgevoerd:

- de drager met onderdelen wordt overgoten met een polymeer (bijvoorbeeld een epoxyhars) dat zo gekozen is dat het zich slechts in geringe mate aan de microcomponenten hecht;
- de drager wordt nu mechanisch van de microcomponenten verwijderd (bijvoorbeeld door fre-



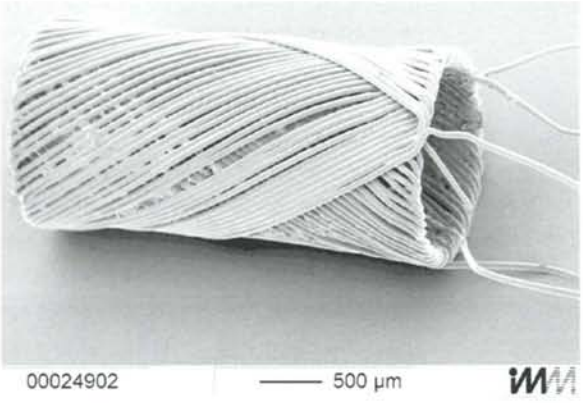
Figuur 3. Spuitgietprocédé ontwikkeld voor batchgewijze productie van microcomponenten

zen). Door tweezijdig te frezen zitten de micro-componenten veilig in het polymeer opgesloten, waar ze later eenvoudig uitgedrukt kunnen worden;

De nu ontstane plak polymeer met micro-onderdelen gaat vervolgens dienen als magazijn voor de toevoer van onderdelen bij montage. Door het ingieten blijft de oriëntatie en de volgorde van de componenten behouden zoals die bij het micro-spuitgieten is bepaald door de matrijs. Dit vereenvoudigt de latere assemblage aanzienlijk omdat de onderdelen in de juiste oriëntatie en volgorde worden aangevoerd en slechts uit de drager gedrukt hoeven te worden.

• *Micro-assemblage*

De micro-assemblagemethode die hier wordt beschreven was ontwikkeld voor klein-serieproductie. Het omvat het gecentreerd monteren van rotor en as met een nauwkeurigheid in het micrometergebied, het afstellen van de saffierlagers en een methode voor het koppelen van de metalen motor met de tandwielkast van polymeer.



Figuur 4. Drie fase motorspoel, gewikkeld met conventionele techniekenuit koperdraad met een dikte van 40 µm.

Rotor

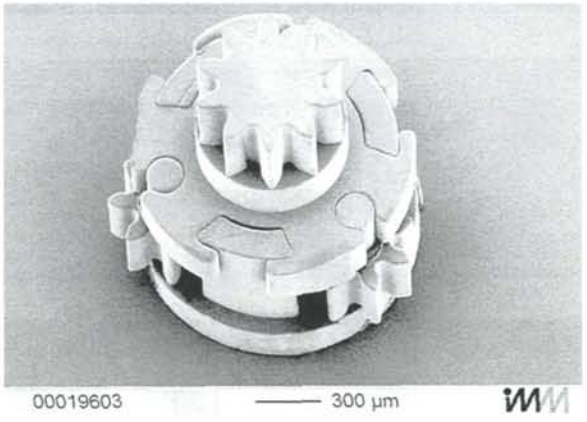
De rotor bestaat van een sterke magneet uit zeldzame aarde en een geslepen stalen as. Om de magneet met een minimale excentriciteit op de as te kunnen bevestigen zijn twee methoden toegepast.

Voor de eerste prototypen werd een perspassing toegepast. Bij de latere serieproductie bleek deze methode echter onbruikbaar omdat diverse van de gesinterde magneten braken onder de hoge perskracht. Bovendien bleek het nauwkeurig gecentreerd boren in het magneetmateriaal uitermate moeilijk. Daarom werd overgeschakeld op het lijmen van de as in een iets ruimer geboord gat. Voor het precies centreren van de as in de rotor werden hulpstukken toegepast, zodat de as ook goed centrisch in het midden werd verlijmd als de boring in de rotor iets excentrisch was.

De hulpstukken bestonden uit twee bussen met een goed gecentreerde boring die gelijk was aan de asdiameter en een buitendiameter die gelijk was aan de buitendiameter van de rotor. Bij het inlijmen van de as werden de asuiteinden in de hulpstukken gestoken, waarna rotor en hulpstukken in een V-blok werden gelegd. Daardoor werd de as precies gecentreerd in de rotor en kon de lijm drogen.

Lagering

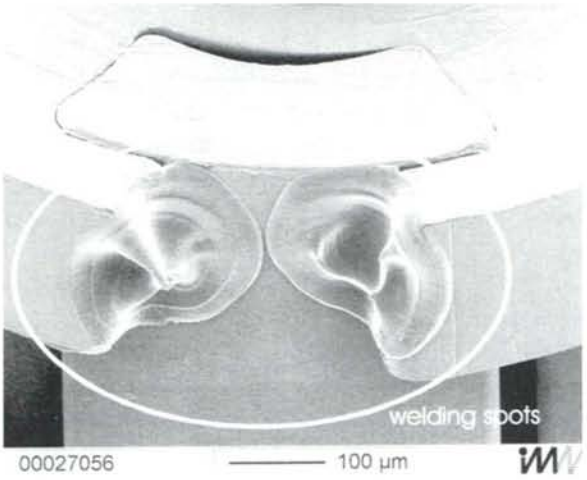
Het lager aan de achterzijde van de motor, de zijde waar de elektrische aansluitdraden naar buiten komen, wordt geassembleerd door het saffierlager in een messing lagerdeksel te persen. Vervolgens wordt een dun, vlak plaatje saffier tegen het messing deksel aangeplakt, zodat een taatslager ontstaat dat de axiale krachten op de motoras kan opnemen.



Figuur 5.
Een van de drie trappen van de planetaire tandwielkast

• *Tandwielkast*

De eerste stap bij het assembleren van de tandwielkast is het assembleren van de planeetwieldrager. De onderste helft van de planeetwieldrager bestaat uit drie assen voor de planeetwielen en de planeetwielen zelf, zie figuur 5. In de bovenste helft van de planeetwieldrager worden de assen (diameter 180 µm) van de planeetwielen ondersteund tegen doorbuiging. Bij de eerste twee trappen van de tandwielkast bevat de bovenste helft van de drager ook een zonnewiel dat later in de volgende trap grijpt. De uitgaande as is een integraal deel van de derde trap en komt in de plaats van het zonnewiel. Elke tandwieltrap wordt dichtgelast, zie figuur 6, zodat een stabiele verbinding tussen bovenste en onderste helft ontstaat [6].



Figuur 6. De tandwieltrap wordt dichtgelast zodat een stabiele verbinding tussen bovenste en onderste helft ontstaat

Bevestiging tandwielkast op motor

De drie trappen van de tandwielkast worden in een buis gestopt die een inwendige vertanding heeft, verkregen door het spuitgieten in POM. Deze vertande buis wordt op een flens aan de voorkant van de motor geperst. De flens heeft een groef waar een rand aan de vertande buis in klikt, zodat een mechanisch stabiele verbinding van motor en tandwielkast ontstaat.

Testen op levensduur

Om tenminste een levensduur van 1000 uren te kunnen garanderen zijn intensieve proeven uitgevoerd. Bij deze tests zijn onder andere de saffierlagers vergeleken met miniatuur kogellagers op aspecten als kosten, assemblagemogelijkheden, wrijvingsverliezen en levensduur. De onderzoeksresultaten toonden eenduidig aan dat bij dezelfde afmetingen en toerentallen de wrijvingsverliezen in kogellagers aanzienlijk hoger zijn dan in saffierlagers. Bij gebruik van een goede smering bleek de combinatie van stalen as met saffierlager bijzonder stabiel. Na vele duizenden uren continu in bedrijf te zijn geweest was er geen zichtbare slijtage van de saffierlagers Om die reden kozen we voor het gebruik van saffierlagers voor de constructie van onze micromotoren [7].

Hoe nu verder?

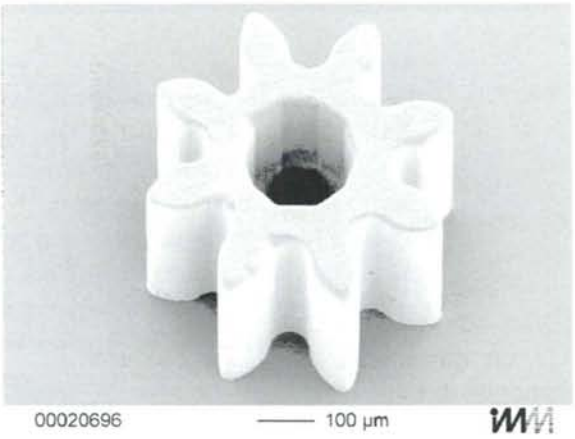
De ontwikkeling van een micromotor met een diameter van 1,9 mm met geïntegreerde tandwielkast is slechts de eerste stap in de ontwikkeling van een hele serie nieuwe aandrijfsystemen. Verdere ontwikkelingen zijn gericht op toepassing van micro-aandrijfsystemen voor miniatuur lineaire positioneersystemen, micropompen en servosystemen. Zij omvatten tevens de ontwikkeling van motorisch aangedreven spiegels en schroefspillen voor lineaire aandrijving van bijvoorbeeld microrobots.

Auteursnoot

U. Berg, M. Begeman, F. Michel, L. Weber, Th. Wittig, Institut für Mikrotechnik Mainz Gmbh, Mainz Duitsland. B. Hagemann, Berger Lahr Gmbh & Co. KG, Lahr, Duitsland. K.P. Kaemper, Hogeschool Aken, Aken, Duitsland.
C. Thüringen, Dr Fritz Faulhaber Gmbh & Co KG, Schönaich, Duitsland.
Dit artikel [8] is vertaald met toestemming van de auteurs.

Noot

Voor de boringen van de planeetwielen zijn polygone boringen met 10 facetten toegepast, zodat slijtagedeeltjes een plaats kunnen vinden in de 10 kamertjes die daardoor zijn ontstaan. Bij poreuze lagers in combinatie met een ronde as wordt de statische wrijving aanzienlijk gereduceerd en de levensduur verlengd [10]. Figuur 7 [9] voor het planeetwiel, diameter kopcirkel 560 µm, dat vervaardigd is met LIGA-techniek. Met deze techniek is het mogelijk matrijzen te maken waarbij de tandflanken over de volle breedte evenwijdig aan de as lopen en dus loodrecht op het zijvlak staan. De maximum bereikte diepte voor een tandflank was 2300 µm met een oppervlakte ruwheid van h_{rms} *= 40 nm. Door deze lage ruwheid kunnen de tandwielen makkelijk uit de matrijs worden verwijderd, ondanks dat de tandflanken loodrecht op het zijvlak staan en niet lossend zijn. Montage van de onderdelen gebeurt in een clean room van klasse 100 tot 1000 om geen last te hebben van stofdeeltjes. De montage gebeurt in kleine series met de hand onder een stereomicroscoop met traploos instelbare vergroting.*



Figuur 7.
Facetten in de boring bevorderen de levensduur.

Literatuur

[1] B. Hagemann: Entwicklung von Permanentmagnet Mikromotoren mit Luftspaltwicklung, thesis, University of Hannover, Germany, 1998.

[2] C. Thürigen, W. Ehrfeld, B.Hagemann, H. Lehr, F.Michel: Development, Fabrication and Testing of a multi-stage Micro Gear System, Proceedings Tribology Issues Opportunities in MEMS, Columbus, Ohio, 1997.

[3] U. Beckord, 'Entwicklung mikrotechnischer Kleinantriebe', Proceedings Micro-Enginneering 97, Stuttgart, 1997.

[4] W. Ehrfeld, H. Lehr, 'Deep X-Ray Lithography for the Production of three-dimensional Microstrucures from Metals, Polymers and Ceramics', Radiation Physics and Chemistry, 45 (1995) 3, p. 349.

[5] L. Weber 'Innovative Produktionstechnologien far das Spritzgiessen von Klein- und Mikrostrukturbauteilen aus Kunststoff', Proceedings IKV - Seminare zur Kunststoffverarbeitung, Aachen, Germany, 1997.

[6] F. Michel, W. Ehrfeld: Microfabrication technologies for high performance microactuators, Proceedings Tribology Issues Opportunities in MEMS, Columbus, Ohio, 1997

[7] U. Beckord, R. Bessey 'Mikromotoren gewinnen Schwung', F&M Feinwerktechnik Mikrotechnik, (1997)11-12 p.850-852

[8] U. Berg, M.Begemann, B. Hagemann, K.P. Kämper, F. Michel, C. Thürigen, L.Weber, Th. Wittig, 'Series production and testing of a micro motor', Proc.6th Int. Conf. on New Actuators 1998 p 552

[9] C. Thürigen, U. Beckord, R. Bessey, F. Michel, 'Design rules and manufacturing of micro gear systems', Proc.6th Int. Conf. on New Actuators 1998 p 572

[10] W. Krause, 'Konstruktionselemente der Feinwerktechnik', Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1993.

Dr Fritz Faulhaber Gmbh & CO. KG wordt in Nederland vertegenwoordigd door Amroh BV, Weesp.
Telefoon 0294 450450, fax 0294 412782

TKS

ISO 9001

Test & Kalibratie Service

Specialisten in kalibraties op lokatie:

* Van -40°C tot 1100°C;
* Ovens, galvanische baden, klimaatkasten, vries- en koelruimten
* Regel- en registratieapparatuur
* Thermokoppels en PT- elementen
* Uitsluitend met NKO-gecertificeerde standaarden

tel : 072-5337117 fax: 072-5340805

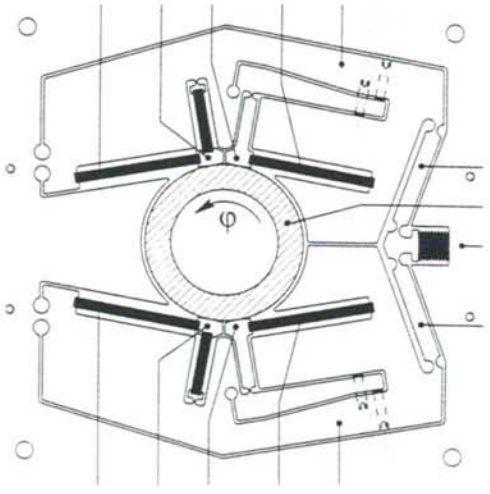
Adverteren in
Mikroniek
Buro Jet bv
tel: 070 - 3990000
fax: 070 - 3902488

Boekbespreking

Constructieprincipes voor het nauwkeurig bewegen en positioneren

J. Verkerk ***Voor ontwerpers is "Constructieprincipes ..." een standaardwerk. Met name de voorbeelden die aangeven hoe je een bepaald constructief probleem aanpakt spreken bij velen tot de verbeelding. De getoonde ontwerpen zijn functioneel, maar uit de vaak onverwachte vormgeving blijkt dat de ontwerper met een grote hoeveelheid originaliteit aan de slag is gegaan. Bij de tweede herziene druk zijn een aantal nieuwe voorbeelden toegevoegd, zodat het boek ook een aanrader is voor bezitters van de eerste druk.***

Constructieprincipes is ontstaan in de praktijk van Philips Centrum voor Fabricagetechnieken bij het ontwerpen van productiemachines en producten. Ook zijn veel voorbeelden voortgekomen uit ontwerpopdrachten van studenten van de Technische Universiteit Eindhoven en de Universiteit Twente. De uitgave is de voortzetting van het gelijknamige collegedictaat van de UT, dat eerder zijn weg vond naar de ontwerper in het bedrijfsleven.
Belangrijk voor de ontwerper is dat alle voorbeelden een kwalificatie hebben meegekregen betreffende de uitvoerbaarheid. Doordat voor een soortgelijk probleem ook principieel verschillende oplossingen worden aangereikt, heeft de ontwerper daarmee een handig hulpmiddel om zelf zijn keuze af te wegen.



Roterende piëzomotor voor grote rotaties

Leren ontwerpen

Ontwerpen hangt samen met *het bedenken van iets nieuws*; er wordt dus een grote mate van originaliteit verwacht. En terecht stelt Koster de vraag: *kun je dat leren?* Ondanks het feit dat systematiek en methodiek niet de meest opvallende kenmerken zijn van het ontwerpproces, valt hier toch een grote verbetering te bereiken. Kan een boek als Constructieprincipes de rol spelen van een ontwerper met een rijke ervaring? Gezien het feit dat Constructieprincipes inmiddels "de bijbel" is geworden van de ontwerper, die betrouwbaarheid en precisie nastreeft, en de uitgave van deze tweede druk, voorziet het in een behoefte.

Voor deze tweede druk werd Constructieprincipes volledig herzien. Een aantal wiskundige afleidingen werd gereduceerd en er zijn een aantal nieuwe concepten toegevoegd:
- het toepassen van riemen en banden (in manipulatoren en in zelfvoorspannende aandrijvingen);
- een universele productgrijper;
- het toepassen van piëzo-elektrische actuatoren (in een spiegelpositionering, in een roterende piëzomotor voor grote rotaties, zie figuur, en in een Stewart platvorm);
- het realiseren van elliptische bewegingen.

Ook in de nieuwe voorbeelden zit veel denkwerk verstopt en om die reden is het boek ook interessant voor degenen die reeds een eerste druk bezitten. Het boek is zijn prijs meer dan waard.

Constructieprincipes voor het nauwkeurig bewegen en positioneren,
M.P. Koster
Tweede, herziene en uitgebreide druk 534 pagina's
ISBN 9036511356 f 95,- (paperback)
ISBN 9036511364 f 120,- (gebonden)
Twente University Press, postbus 217, 7500 AE Enschede,
Telefoon 053 489 4549, fax 053 489 2991,
Email uitgeverij@fb.utwente.nl,

Produktinfo

Gevoelige telweegschaal

De telweegschaal PC 802 is uitgerust met een nieuwe uiterst gevoelige kwarts krachtopnemer met een resolutie van 1 : 500.000. De door Salter Weigh-Tronix ontwikkelde en gepatenteerde "Quartzeli" krachtopnemer is daardoor uitermate geschikt voor het tellen van uiterst lichte items. De weergave op het uitleesvenster is variabel en kan ingesteld worden op een gevoeligheid van 0,1 g bij een weeg capaciteit van 50kg.

De telweegschaal wordt geleverd in de capaciteit 5kg (met rond plateau Ø 203mm), 25 en 50kg (plateaumaat 305 x 340mm). Naast de uitvoering als telweegschaal – geschikt voor zowel tellen als wegen – wordt ook een toestel geleverd uitsluitend geschikt voor wegen. De nieuwe Salter Weigh-Tronix toestellen bieden een betaalbare oplossing voor het industrieel tellen en wegen met een hoge nauwkeurigheid.

Voor uitvoerige info:
GePeS b.v.
Telefoon: 0341 - 432 231
Fax: 0341 - 431 327

Klimaattestkamer

Naast het bestaande pakket; vacuüm-, corrosie-, temperatuur- en thermische schok klimaatkamers is er nu ook een economische 500 liter kamer: de Challange 500 V. Een moderne klimaatkamer met een temperatuurbereik van - 20°C tot +70°C, waarbij de relatieve vochtigheid ingesteld kan worden van 20% tot 95%. De Challenge 500 V heeft een temperatuur nauwkeurigheid van ±10°C en heeft een zeer laag geluidsniveau van 65db.

Voor uitvoerige informatie:
ATP Engineering BV
Telefoon: 036-531 6165.

Frequentieregelaar

De Vectorflux frequentieregelaar levert een hoog koppel met een standaard asynchroonmotor zonder encoder. De regeling van toerental en koppel vindt plaats door de motor zelf als sensor te gebruiken. Samen met nieuwe regelalgoritmen zijn met een standaard 4-polige motor van 3 kW zonder encoder koppelresponsietijden van minder dan 1 ms gerealiseerd. De

nauwkeurigheid van de toerentalregeling met dezelfde motor bedraagt 0,1% bij nominaal toerental. Voor gewone vectormodulatie bedragen deze getallen 50-100 ms voor de koppelresponsie en 1-2% voor de toerentalregeling. De regelaars zijn geschikt voor motorvermogens van 0,75 t/m 710 kW. De compacte versie Vectorflux VFB, gaat van 0,75-22 kW. De nieuwe regelaars zijn bedoeld voor applicatie in kranen, liften, draaibanken, maalwerktuigen, wikkel-, extrusie- , verpakkings- en papiermachines en drukpersen.

Voor uitvoerige info:
Emotron B.V.
Telefoon: 0497-389 222
Fax:: 0497-386 275

100 miljoen verstelbare moersleutels

Met de levering van de 100 miljoenste verstelbare moersleutel viert Sandvik het bereiken van een opmerkelijke mijlpaal. De verstelbare moersleutel werd in 1892 gepatenteerd de uitvinder, J.P. Johansson. Na enige tijd werden de verkooprechten doorverkocht aan B.A. Hjort & Co., later

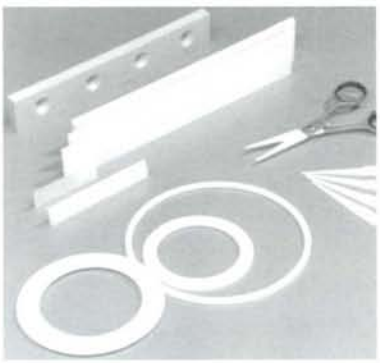
BAHCO genoemd, en al snel werd de verstelbare moersleutel een wereldsucces. Vanaf die tijd heeft dit gereedschap een belangrijke

rol gespeeld in de gestage groei van Bahco, een groei die weer werd versneld door de overname van Bahco door de Sandvik groep in oktober 1991. Momenteel wordt de verstelbare moersleutel in 43 verschillende modellen en maten geproduceerd.

Voor uitvoerige info:
Sandvik Saws and Tools
Telefoon: 0492-582 333

Keramiek als snijgereedschap

Frialit-Degussit oxidekeramiek wordt steeds vaker gebruikt voor het snijden van kunststoffolies, papier, textiel en basiskunststoffen. Vanwege de hygiënische eigenschappen van het materiaal ontstaan er tevens meer toepassingen in de levensmiddelenbranche en de medische sector. Het materiaal kenmerkt zich door een extreme hardheid, slijtvastheid en breuktaaiheid en is bestand tegen nagenoeg alle zuren en logen.



Ondanks de hardheid is de elasticiteit van het materiaal overeenkomstig met die van staal.
Specifiek voor medische toepassingen zijn er scalpels uit Frialit-Degussit FZMK. Vergeleken met roestvaststalen snijbladen hebben deze keramische scalpels het voordeel dat er geen metalen deeltjes kunnen achterblijven op het snijvlak. Bovendien heeft het keramische materiaal geen invloed op magnetische velden. Dit kan een rol spelen bij microchirurgie.
Zowel complete scalpels als losse opzetmesjes zijn leverbaar.

Voor uitvoerige info:
Groneman Technisch Keramiek
Telefoon: 074-255 1130
Fax: 074-255 1109

Solide olie en spanenzuiger

Het verwijderen van metaalkrullen, olie en ander afval is nu veel gemakkelijker geworden, dankzij de IW 2050, een multifunctionele industriële zuiger van Nilfisk. De zuiger is uitgerust met twee krachtige motoren. De machine bestaat uit een uiterst manoeuvreerbaar onderstel en een roestvrijstalen afvalbak met een capaciteit van 50 liter.
De machine heeft een vlotter voor het automatisch afsluiten van de toevoer om te voorkomen dat de afvalbak te vol raakt en een lekbak om morsen op de vloer uit gebruikte accessoires te voorkomen.

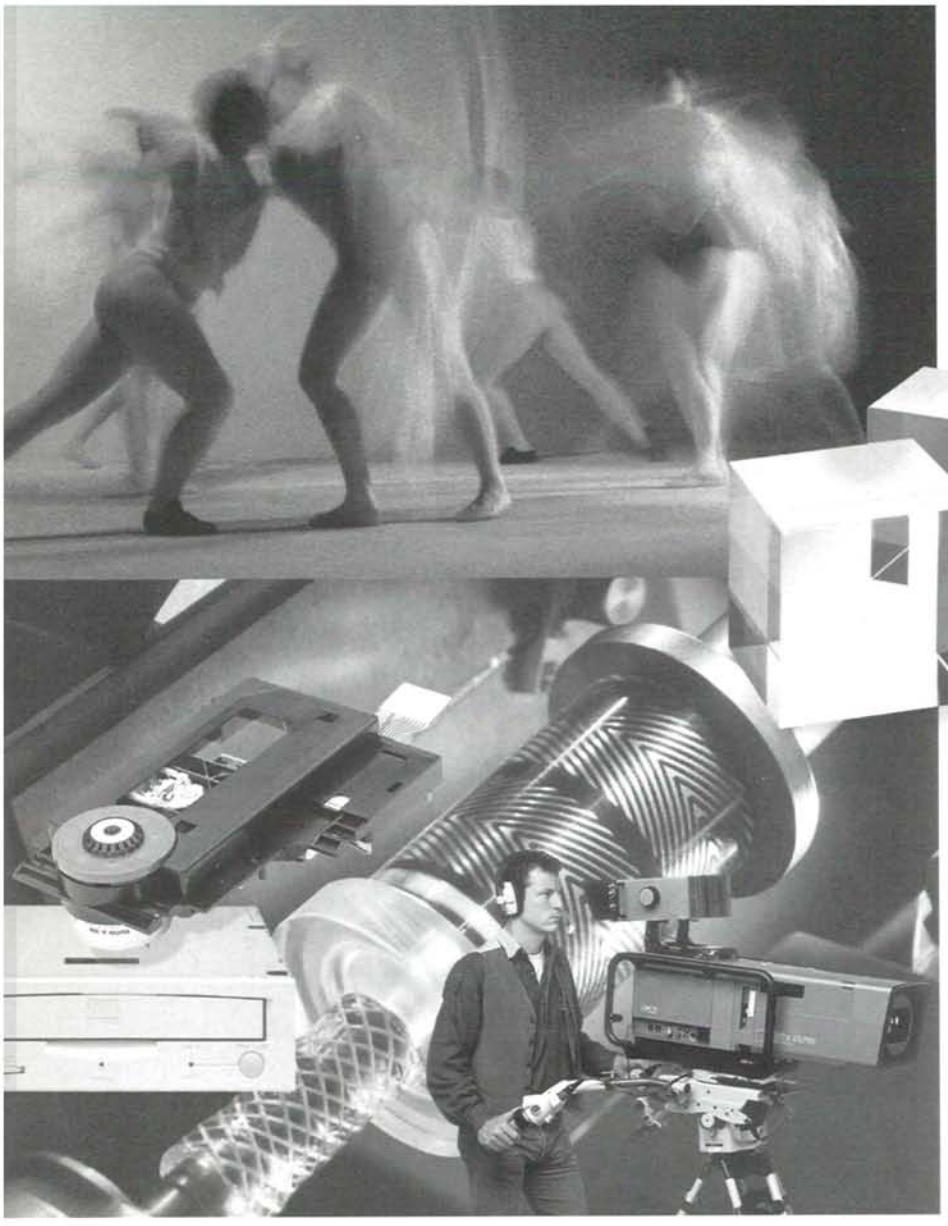
Voor uitvoerige info:
Nilfisk-Advance BV
Telefoon: 0294-462121.

Machines voor materiaalonderzoek

Een doorslijpmachine, een slijp- en polijstmachine met polijstkop en een doseersysteem, diamantpasta's en -vloeistoffen met verschillende diamantconcentraties en flexibele schijven behoren allemaal tot het assortiment machines voor het bewerken van preparaten.

Het beeldanalysesysteem is gecombineerd met een microhardheidsmeter.
Microhardheidsmeting in combinatie met beeldanalyse is snel, nauwkeurig en eenvoudig. De belasting en tijdsduur worden via de pc gekozen.
Endoscopen voor het inspecteren op moeilijk bereikbare plaatsen zijn voorzien van halogeenlicht. Ook de staafmicroscoop en borescoop zijn eveneens batterijgevoed. De staafmicroscopen kunnen met een CCD-camera en monitor worden uitgerust.
Met behulp van video-meetmicroscopen kunnen geometrische grootheden snel en zeer nauwkeurig contactloos worden gemeten.

Voor uitvoerige info:
VIBA NV
Telefoon: 079-341 8881



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

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

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

It's the little things that make the difference.

These components are small – so small, your customers won't know they're from Mechatronics BV. But they will know if they are not!

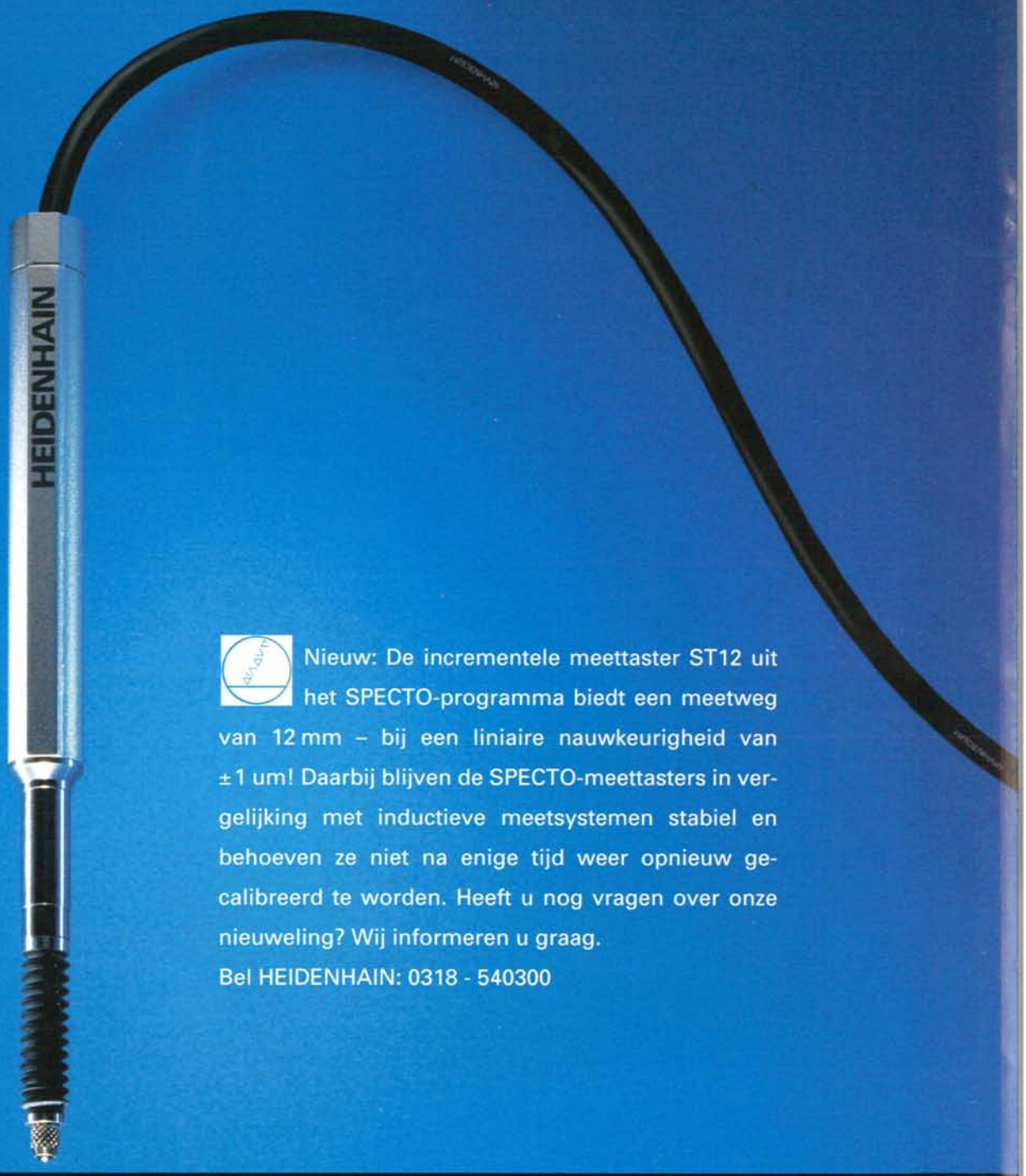
Mechatronics BV
Precision Parts Technology
Kerkeplaat 18, 3313 LC Dordrecht
Tel. +31 78 6305432
fax +31 78 6169121

Let's make things better.

Philips Key Modules

PHILIPS

PHILIPS



Nieuw: De incrementele meettaster ST12 uit het SPECTO-programma biedt een meetweg van 12 mm – bij een liniaire nauwkeurigheid van ±1 um! Daarbij blijven de SPECTO-meettasters in vergelijking met inductieve meetsystemen stabiel en behoeven ze niet na enige tijd weer opnieuw gecalibreerd te worden. Heeft u nog vragen over onze nieuweling? Wij informeren u graag.

Bel HEIDENHAIN: 0318 - 540300

Afbeelding ca. 1:1

Nieuw!

HEIDENHAIN

Wereldwijd maatgevend.

HEIDENHAIN NEDERLAND B.V.
Postbus 107· NL-3900 AC Veenendaal
(0318) 540300 · FAX (0318)517287
http://www.heidenhain.de