

Microsysteemtechnologie: Een niet te missen ontwikkeling

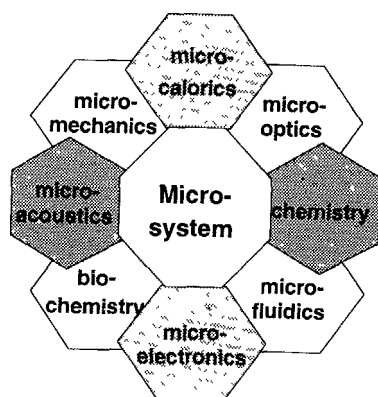
Gerben Klein Lebbink

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

Microsysteemtechnologie

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

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



Figuur 1 Disciplines die bij microsysteemtechnologie van belang zijn

MST omvat alle technologieën die noodzakelijk zijn om microsystemen te maken.

Logischerwijze is de MST niet alleen geschikt om systemen te maken die uiteindelijke afmetingen hebben van enkele micrometers. Ook subsystemen die worden ingebouwd in een groter systeem zijn voorbeelden van de inzet van MST. Een voorbeeld is de airbag-sensor in auto's.

Produktietechnologie

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

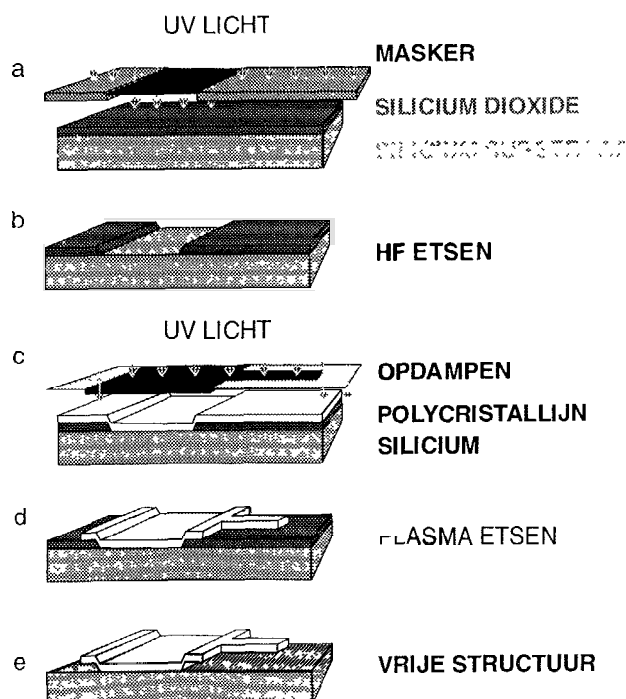
De door Prof. Ehrfeld in het begin van de jaren tachtig ontwikkelde LIGA-technologie (Lithographie, Galvanoformung, Abformung) is geschikt voor diverse materialen zoals metaal, polymeren en keramiek. Bovendien kunnen met de LIGA-technologie structuren worden gemaakt met een hoge aspect-ratio (hoogte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

Redenen voor de toepassing van microsysteemtechnologie

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

Bij consumentenproducten zijn het bij-

MICROMACHINING



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

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

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

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

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

voorbeeld de draagbaarheid en vaak de kostprijs van het produkt. Door de grote aantallen in dit marktsegment is de kostprijs evenredig met het gewicht waardoor uit concurrentie-overwegingen tot verkleining van het produkt wordt overgegaan.

Bij high tech gebieden zoals lucht- en ruimtevaarttechniek speelt het gewicht een allesoverheersende rol. Met name voor instrumentatie is er een sterke drang te komen tot verkleining en functie-integratie.

Een andere drijfveer is de mogelijkheid om met zeer kleine instrumenten lokaties te bereiken die anders ontoegankelijk zouden zijn. Er kan bijvoorbeeld worden gedacht aan inspecties in pijpleidingen (industrie) maar ook aan katheters voor medische toepassingen.

Tenslotte is het uiteraard mogelijk dat met MST geheel nieuwe functies en nauwkeurigheden kunnen worden gerealiseerd. Men kan denken aan gaatjes met doorsneden van enkele micrometers of aan motoren met een draaimoment van eentiende μNm of minder. Micromotoren zouden in de oogchirurgie kunnen worden ingezet bij bijvoorbeeld staaroperaties. Met behulp van een snel roterend micromesje kan een vlakke snede worden gerealiseerd in de ooglens.

Voorbeelden

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

Een voorbeeld van de mogelijkheden in silicium is getoond in figuur 4. Deze figuur toont een versnellingsensor met geïntegreerde micro-elektronica. De grote donkere vlakken zijn de massa's

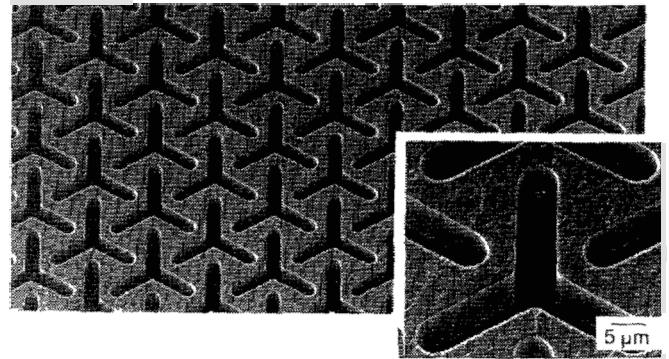
waarmee de versnelling wordt gemeten, de lichtere structuur in het midden is de elektronica. Siliciumsensoren hebben als voordeel dat de productieprocessen voor elektronica en sensor compatibel zijn, en dat daardoor 'slimme sensoren' mogelijk worden.

Versnellingsensoren met deze afmetingen kunnen onder andere worden toe-

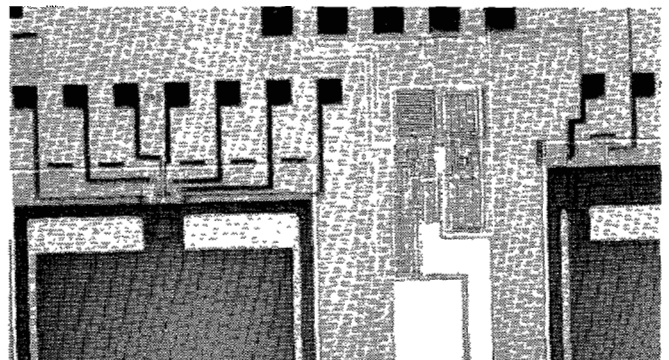
gepast in auto's. Als dit type sensor zelfkalibrerend en zelftestend wordt gemaakt, dan kan met recht worden gesproken van een microsysteem. Overigens zijn er vele organisaties bezig met de ontwikkeling van dit type sensoren.

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

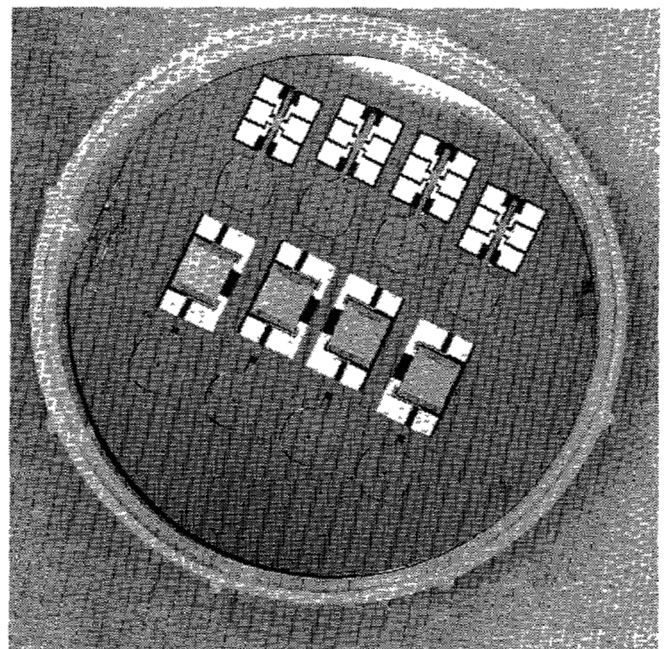
Figuur 3 Bandfilter gemaakt met LIGA-technologie (bron Microparts Dortmund)



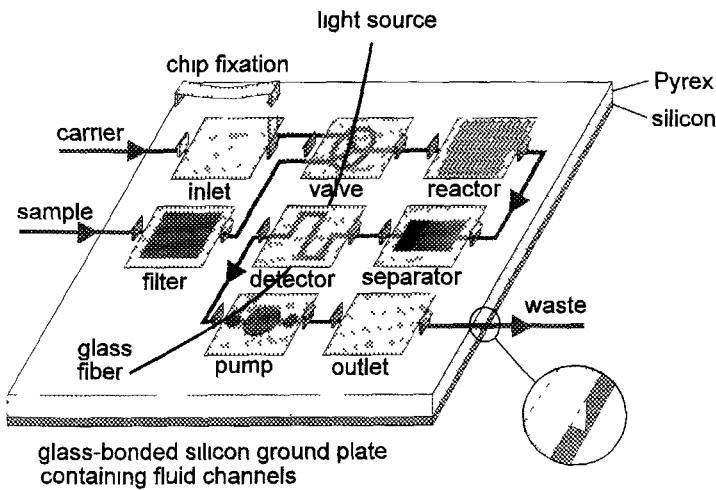
Figuur 4 Siliciumversnellingsensor (bron Fraunhofer Institut für Mikrostrukturtechnik FHG-IMT)



Figuur 5 Micropompe uit glas en silicium (bron MESA researchinstituut, Enschede)



Microsysteemtechnologie: Een niet te missen ontwikkeling



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

cropomp met stromingssensor die samen op één siliciumplak zijn geproduceerd.

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

Nederlandse activiteiten

In tabel 1 wordt een kort overzicht gegeven van bedrijven in Nederland die actief zijn met microsysteemtechnologie of direct gerelateerde technieken. In het overzicht zijn de organisaties geordend naar hun hoofdactiviteit.

Daarnaast loopt er in Nederland een technologieverkenning microsysteemtechnologie. Dit initiatief van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek heeft als doelstelling het schetsen van de mogelijkheden van en de behoefte aan MST.

De technologieverkenning, of kortweg het project MUST, zal resulteren in een overzicht van huidige en mogelijke toekomstige ontwikkelingen op het gebied van de microsysteemtechnologie. Omdat MST nog sterk in ontwikkeling is, is dit overzicht niet volledig. Het idee is personen die met de technologie werkzaam zijn of zouden moeten zijn, te stimuleren tot nieuwe ideeën en te overtuigen van het belang van deze technologie.

Daarnaast wil deze verkenning beleidsmakers met creatieve ideeën aanzetten om te komen tot een actief beleid op het gebied van de MST.

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

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

Tabel 1 Nederlandse bedrijven die actief zijn met microsysteemtechnologie

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

Tabel 2 Lijst van cases van de werkgroepen

randvoorwaarden en het perspectief voor MST in kaart.

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

De resultaten van het project zullen in september 1994 in boekvorm beschikbaar zijn. Daarnaast wordt op 19 en 20 september 1994 een symposium en informatiemarkt georganiseerd; zie aan-

kondiging elders in dit nummer. Tijdens het symposium worden de resultaten van het project besproken en komt miniaturisatie aan de orde. De lezingen zullen zich vooral op toepassingen (behoefte en mogelijkheden) en de condities van MST richten, terwijl de informatiemarkt bedoeld is om producenten en technologie aanbieders hun mogelijkheden te laten demonstreren.

Conclusies

De conclusie van het bovenstaande is mijns inziens dat microsysteemtech-

nologie een zeer breed gebied is waarbij kennis van vele disciplines noodzakelijk is. Succesvolle ontwikkeling zijn dan ook alleen te verwachten als onderzoekers, ontwerpers en producenten in een vroeg stadium bij elkaar gaan zitten. Het aantal bedrijven dat actief is met MST en de voortgaande ontwikkelingen op het gebied leert dat microsysteemtechnologie inmiddels realiteit is. Gezien de basis die in Nederland bestaat met name op het gebied van de fijnmechanica en de micro-elektronica denk ik dat Nederland voldoende draagvlak heeft om een belangrijke rol te spelen in het MST-gebied.

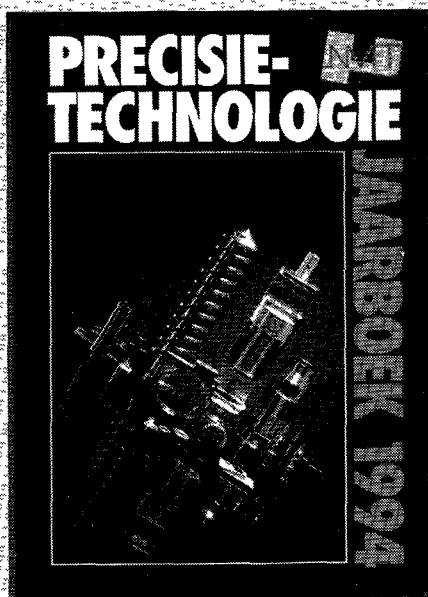
Tenslotte mag het internationale karakter [4] van de technologie niet uit het oog worden verloren. Het verdient daarom sterke aanbeveling om 'Europees' te denken voor deze technologie.

Literatuur

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

Noot

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



De voorbereiding van het

Precisietechnologie jaarboek 1995

is gestart

Wilt u uw bedrijf ook profileren?

Neemt u dan contact op met Buro Jef BV,
de heer N.J.H. van den Brink

Tel: 070 - 3990000

Fax: 070 - 3902488