

Beknopte en vrije weergave van een voordracht ter gelegenheid van het

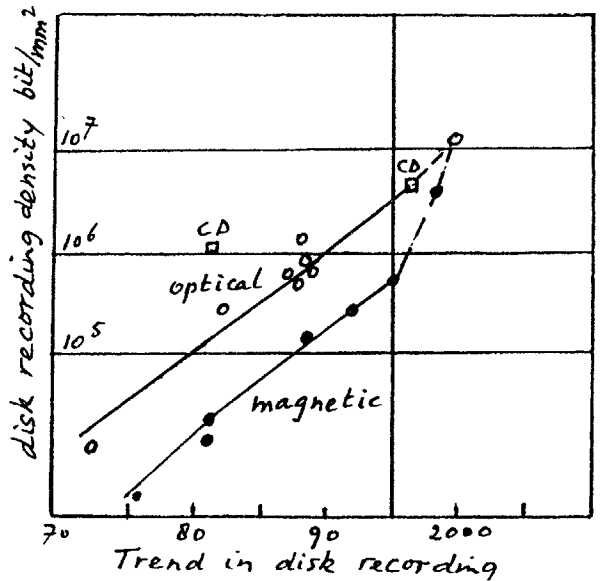
NVPT-jubileumcongres (tekst: Frans Zuurveen)

J. Fluitman Het vakgebied MST oftewel Micro Systeem Technologie wordt gestimuleerd door twee ontwikkelingen, die elkaar wederzijds beïnvloeden. De eerste is de drang naar miniaturisatie en de tweede is de beschikbaarheid van nieuwe technologieën. Op beide ontwikkelingen zal ik kort ingaan.

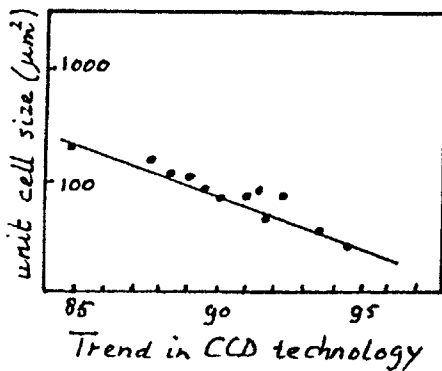
De drang naar miniaturisatie is in de elektronica en daarmee in de fijnmechanische techniek een soort natuurwet geworden. Daarvoor zijn een aantal redenen aan te voeren, die vanzelfsprekend niet in alle gevallen volledig van toepassing zijn. Ik noem U volumereductie, draagbaarheid, snelheidstoename en daarmee massavermindering, vermindering van materiaal- en energieverbruik, reductie van de hoeveelheid afvalstoffen, beheerst omgaan met de aardse hulpbronnen, goedkope productie in grote series en de vaak gunstige neveneffecten van schaalverkleining.

Van de nieuwe technologieën die beschikbaar komen of gekomen zijn, noem ik U er enkele, zonder volledig te willen zijn. IC-technologie en afgeleiden daarvan, de technologie voor het integreren van optische elementen, micro-bewerken, LIGA (Lithografie, Galvanische vormgeving en "Abformung"), verbinden en lijmen, het gebruik van nieuwe materialen, zoals die met vormgeheugen, en composietmaterialen. Op montagegebied zou ik nog micromontage en "zelfassemblage" op moleculair niveau willen noemen.

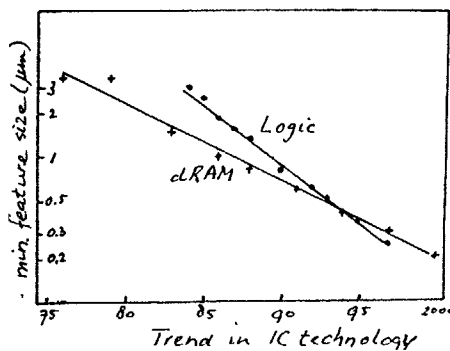
Dank zij miniaturisatie is ons leven comfortabeler en makkelijker geworden. Op diverse terreinen zijn nu dingen mogelijk die enkele decennia geleden nog ondenk-



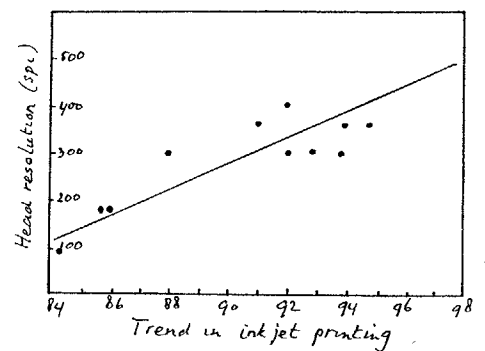
Figuur 3 De schrijfdichtheid in bits/mm² van optische en magnetische schijfgeheugens als functie van de tijd



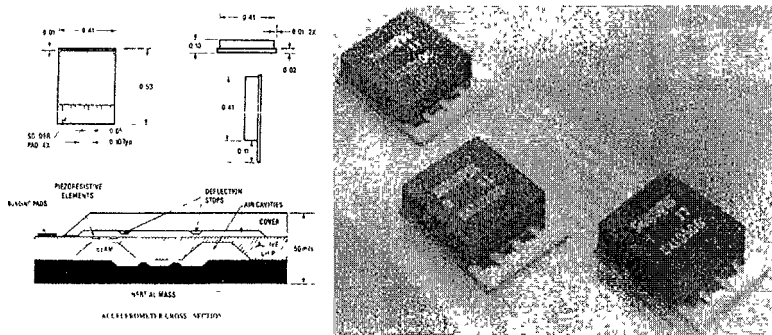
Figuur 1 De afmetingen in μm² van een CCD-cel als functie van de tijd



Figuur 2 De afmetingen in μm van de kleinste details in een IC-halfgeleider (voor logische schakelingen en DRAM-geheugens) als functie van de tijd



Figuur 4. De resolutie van spuitkoppen voor inkjetprinters als functie van de tijd

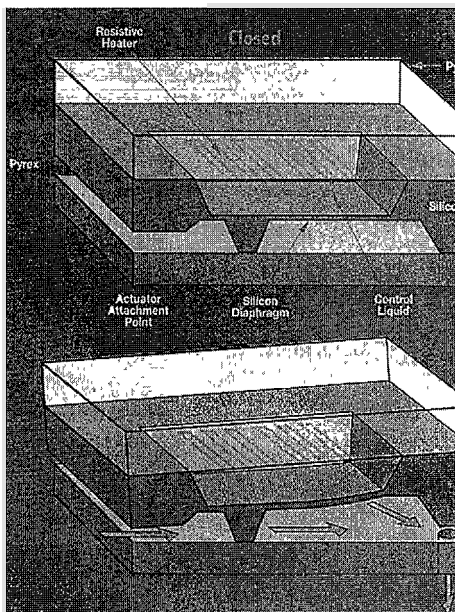


Figuur 5 Een accelerometer van Sensym ontstaan door MST-microbewerking van silicium (ontleend aan een catalogus van Sensym)

baar waren. Ik geef U daarvan een paar voorbeelden. De main-frame-computer van de jaren zestig past nu als "palmtop" in Uw binnenzak. De harde schijf met zijn aandrijving ter grootte van een koelkast kan nu worden opgeborgen in een lucifersdoosje. Een micro-reservoir op een geïntegreerde schakeling vervangt reageerbuisen voor chemische analyses. De hoeveelheid informatie die vroeger per tijdseenheid door een loodzware bundel koperdraad ging, doorloopt nu één enkele glasvezel. In een operatiekamer kan men vandaag de dag met de miniatuur-gereedschappes aan het eind van een katheter in veel gevallen hetzelfde resultaat bereiken als niet zo lang geleden met een open operatie. Met een scanning-tunneling-microscoop kunnen we heden ten dage naar atomen "kijken". Gevoelige sensoren zoals versnellingsmeters en gyroscopen passen tegenwoordig op niet meer dan een vierkante millimeter van het oppervlak van een geïntegreerde schakeling.

Figuur 6 Een microklep van Redwood. (ontleend aan een catalogus van

Bovenstaande kwalitatieve beweringen kan ik ook kwantitatief onderbouwen. Figuur 1 geeft ter illustratie van de trend naar miniaturisatie in de CCD-technologie (Charge-Coupled Devices) de afname van de afmetingen van een cel als functie van de tijd. Op dezelfde manier toont figuur 2 de trend in de IC-technologie, maar nu voor de maat van de kleinste details in een halfgeleider. Opmerkelijk is dat de achterstand van logische schakelingen ten opzichte van DRAM-geheugen is ingelopen. Maar niet alleen voor de elektronica zijn zulke neerwaarts verlopende grafieken te produceren. Figuur 3 illustreert de miniaturisatie bij optische en magnetische schijfgeheugens:

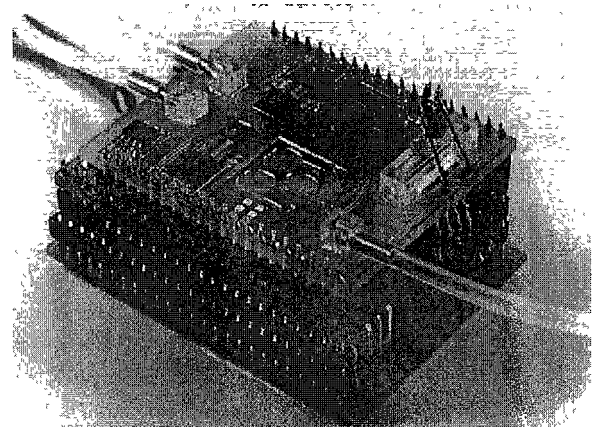


de verandering van de geheugendichtheid gedurende de afgelopen dertig jaar. En figuur 4 laat het toenemen van de resolutie van spuitkoppen van inkjet-printers zien, maar nu voor de afgelopen tien jaar, eenvoudigweg omdat er vóór het begin van de jaren tachtig nog niet zulke printers bestonden.

Maar terug naar de Microsysteemtechnologie. Als U Mikroniek regelmatig leest, bent U op de hoogte van diverse praktische aspecten van deze technologie. Daarom zal ik hier niet ingaan op MST als zodanig, maar enkele applicatie-hoogstandjes van de laatste tijd aan U laten zien en wat nader toelichten. De toepassingen die ik U toon, zijn het resultaat van de samenwerking van specialisten van verschillende disciplines. Die samenwerking is niet zo vanzelfsprekend, omdat het gaat om mensen van verschillende "cultuur", die begrip voor elkaars problemen moeten opbrengen.

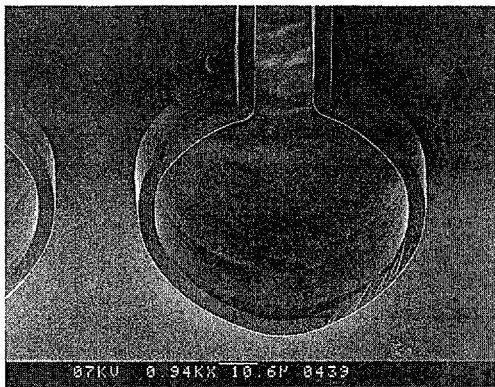
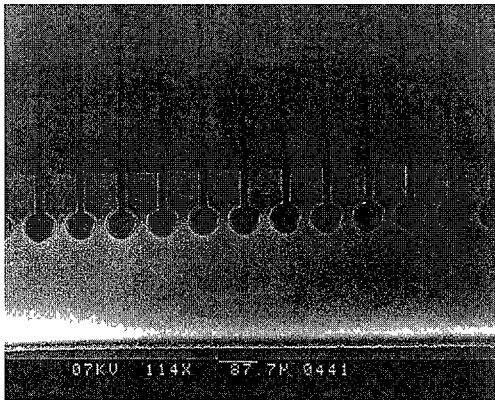
De eerste twee voorbeelden van multidisciplinaire samenwerking zijn een accelerometer van de firma Sensym en een microklep van Redwood, zie figuur 5 en 6. De bewegende massa van de versnellingsmeter is via balkjes verbonden met het "frame" van silicium. De doorbuiging van de hefboomen wordt gemeten door middel van rekstrookjes die daarin zijn gediffundeerd. De microklep van Redwood vertoont een ongeveer vergelijkbare opbouw. De vormgeving ervan is het resultaat van anisotroop etsen.

Het volgende voorbeeld (figuur 7) laat een nog verdere integratie van disciplines zien. De afgebeelde MASS-module - bedoeld voor chemische analyses - is in staat vloeistofstromen te besturen met behulp van kleppen en



Figuur 7 Een MASS-module voor het besturen van vloeistofstromen voor chemische analyses. Kleppen en flowmeters in MST zijn gemonteerd op een printplaat met meet- en regel-elektronica.

Ontwikkelingen en applicaties in de Micro System Technologie



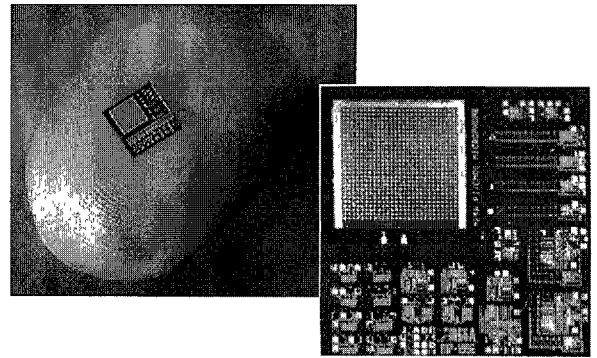
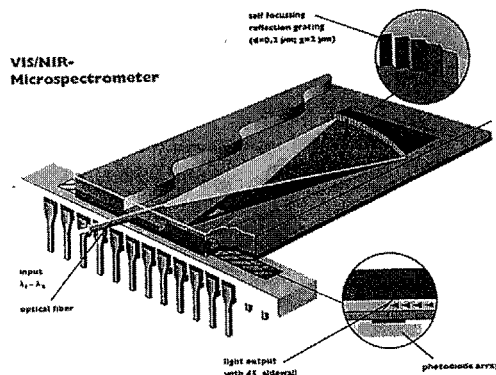
flowmeters in MST, die zijn gemonteerd op een miniatuur-printplaat met meet- en regel-elektronica

Figuur 8 toont technologie die is ontwikkeld in Twente in ons MESA-laboratorium. Er kan een soort "roolstelsel" op microschaal in silicium worden gecreeerd door eerst anisotroop droog te etsen (diep kanaal met rechte wanden) en daarna de bodem isotroop te etsen (ronde uitetsing onderaan). Het geheel kan daarna worden bedekt met een laagje door middel van Chemical Vapour Deposition.

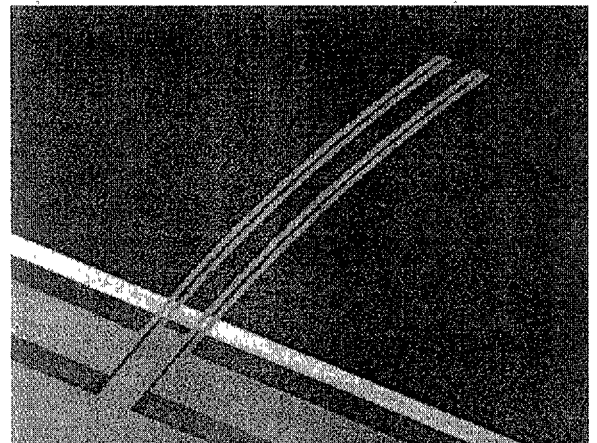
Figuur 8. Door eerst een diep kanaal met rechte wanden anisotroop te etsen, daarna de bodem isotroop te etsen, en ten slotte het geheel te bedekken door middel van een CVD-stap kan men in het MESA-laboratorium "roolstelsels" in silicium maken

Een interessant voorbeeld van een multidisciplinaire aanpak is de spectrometer van figuur 9. Een essentieel onderdeel hiervan is het reflecterende optische rooster met een steek van $0,2 \mu\text{m}$, waaraan zeer hoge eisen worden gesteld. Alleen in LIGA-techniek is de gevraagde geometrie van het rooster realiseerbaar. In de spectrometer is MST geïntegreerd in optica en elektronica. Dat wij in Twente praktische problemen niet uit de weg gaan, wordt bewezen door het feit dat wij met een grote brouwer aan de slag zijn om bier nog helderder te maken. Door Aquamarijn binnen MESA zijn microfilters ontwikkeld die bestaan uit een parallelschakeling van zeven met microgaatjes. De zo verkregen filters nemen veel minder ruimte in beslag dan conven-

Figuur 9
Microspectrometer met rooster in LIGA-techniek (foto Wechsung)



Figuur 10 Mini-microfoon geïntegreerd op een elektronisch IC, ontwikkeld door dr M. Pederson



Figuur 11 Een MicroFlow gasstroomsensor, die als microfoon wordt toegepast en die is ontwikkeld door dr H. Elias de Bree

tionele filters. We denken dat zulke filters ook bruikbaar zijn voor het zuiveren van bloed.

Een ander praktijkvoorbeeld is een mini-microfoon in MST (figuur 10), die is ontwikkeld door dr. M. Pederson en die is geïntegreerd in een elektronische schakeling op silicium. Het geheel is kleiner dan 2 mm en bedoeld om te worden toegepast bij gehoorapparaten.

Het laatste voorbeeld dat ik U wil laten zien, is de MicroFlow gasstroomsensor, zie figuur 11, die is ontwikkeld door dr H. Elias de Bree. Deze sensor kan ook werken als microfoon.

Ik dank U voor Uw aandacht