

# Kunststof MEMS-structuren voor microfluidische systemen

### ONDERWERP:

Massaproductie van kunststof MEMS-structuren

### DOELSTELLING:

Het ontwikkelen van kunststof MEMS-structuren voor gebruik in microfluidische systemen, inclusief de benodigde productietechnologie (grote volumes tegen lage kosten)

### MARKTEN:

Gereedschapmakers, leveranciers van hoog-nauwkeurige spuitgietmatrijzen of stempels, leveranciers van microfluidische systemen voor biologische en medische diagnostiek

### MOGELIJK GEBRUIK:

De fabricage van microfluidische systemen van kunststof. Toepassingen zijn onder andere micro-laboratoria voor medisch of biologisch onderzoek (lab-on-a-chip) en nozzleplaatjes in inkjetprinters

### ONDERZOEKSPERIODE:

April 2007 - maart 2011

### BUDGET:

EUR 540.910, waarvan EUR 400.620 subsidie door IOP

### ONDERZOEKINSTITUUT:

Technische Universiteit Eindhoven,

TNO Industrie en Techniek

### PROJECTLEIDER:

Jan Eite Bullema



V.l.n.r. Erik Homburg (TU/e), Jan Eite Bullema (TNO), Allwyn Boustheen (TU/e), Andreas Dietzel (TU/e)

Het basismateriaal van MEMS is vrijwel altijd silicium. In een gezamenlijk project onderzoeken TNO en de Technische Universiteit Eindhoven of zulke systemen van kunststof kunnen worden gemaakt en welke productietechnologie daarvoor het meest geschikt is.

Microfluidische systemen worden gebruikt om de stroming en de reacties van uiterst kleine hoeveelheden vloeistof te regelen. Dat gebeurt met behulp van microsystemen voorzien van onder andere kanalen, knooppunten, kleppen en roeders. "Een mooi toepassingsvoorbeeld is lab-on-a-chip", zegt Jan Eite Bullema, technologiemanager Microsysteemtechnologie bij TNO Industrie en Techniek en projectleider van dit IOP-project. "Met een compleet laboratorium ter grootte van een postzegel kun je laboratoriumproeven uitvoeren aan het bed van de patiënt. Door bloed te mengen met verschillende vloeistoffen kunnen verschillende tests in korte tijd worden

uitgevoerd. Zo'n lab-on-a-chip is ook geschikt voor DNA- en eiwitanalyses, want je kunt een groot aantal chemische en procestechnologische bewerkingen integreren in één enkel microlaboratorium. Het resultaat is niet alleen heel compact, maar je hebt ook slechts zeer kleine hoeveelheden vloeistof nodig, in de orde van grootte van enkele nanoliters. Dat is goedkoop én de reactietijden zijn kort." De lab-on-a-chip zal in de toekomst steeds vaker worden gebruikt; de verwachting is dat het op termijn, net als een injectiespuit, een wegwerpproduct zal zijn.

### Actief systeem

Microfluidische systemen zijn een toepassingsvoorbeeld van MEMS, Micro-Electro-Mechanical Systems. Hierbij worden op een silicium substraat mechanische elementen gecombineerd met sensoren, actuatoren en elektronica. De complexe kanaalsystemen worden in het silicium aangebracht met behulp van dezelfde fotolithografie- en etstechnieken waar de chipsindustrie gebruik van maakt. Maar dat is duur, zowel vanwege de kosten van silicium als vanwege de benodigde cleanroomfaciliteiten. Daarnaast is de assemblage van microfluidische systemen (het aanbrengen van actieve onderdelen zoals bijvoorbeeld kleppen) een uitdaging: het is lastig en duur. Bestaande oplossingen zijn daarom vaak passief. Een voorbeeld van zo'n passief systeem is de lab-on-a-disc van het Zweedse bedrijf Gyros, die microlaboratoria voor chemische analyse ontwikkelt op basis van compact disc technologie. De juiste combinatie van de capillaire werking in de kanalen en de centrifugaalkracht zorgt ervoor dat een nauwkeurige hoeveelheid vloeistof zich door de microkanalen naar

de gewenste plek verplaatst. NASA gebruikt dergelijke microlaboratoria voor biologische tests in het International Space Station.

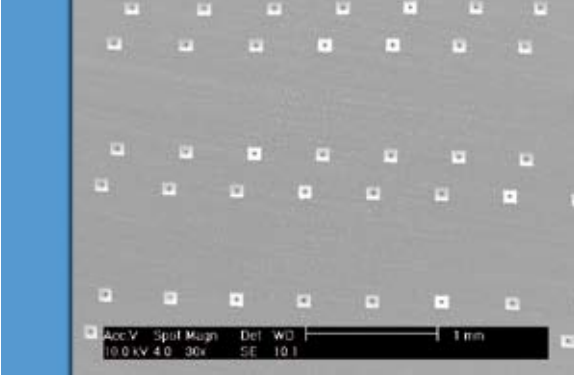
Het gebruik van polymeren zoals polydimethylsiloxaan (PDMS) als basismateriaal in plaats van silicium, zou beide problemen - lastige assemblage en hoge kostprijs - kunnen oplossen. Zonder extra assemblage stap worden dan bewegende microstructuren meteen in de kanalen aangebracht. Die hebben een diameter van 60 micrometer, vergelijkbaar met die van een menselijke haar. Wanneer die structuren worden aangestuurd, fungeren zij als kleppen en ontstaat er een actief systeem. Daarnaast biedt kunststof naar verwachting mogelijkheden om microfluidische systemen tegen veel lagere kosten te realiseren. Niet alleen is het materiaal zelf goedkoper, maar het maakt ook een goedkopere seriële microfabricage mogelijk. Dat is ideaal voor wegwerpproducten. Een ander voordeel is dat kunststof, mits goed gekozen, geen chemische interactie aangaat met de te analyseren of te verwerken vloeistoffen.

### Alternatief voor silicium

In dit IOP-project zullen de onderzoekers zich buigen over de vraag hoe actieve microstructuren goedkoop in kunststof kunnen worden gerealiseerd. Allwyn Boustheen voert tussen 2007 en 2011 het onderzoek bij de TU Eindhoven uit. De promovendus maakt deel uit van de nog jonge onderzoeksgroep Micro and Nano Scale Engineering van de faculteit Werktuigbouwkunde, waar concepten en technologieën worden ontwikkeld voor devices en systemen. De groep heeft speciale interesse in alternatieven voor silicium om microstructuren te creëren, zoals kunststof en glas.



Microlaboratorium op een CD bij NASA



Deel van een silicium nozzleplaat van een inkjetprinter; onder een close-up

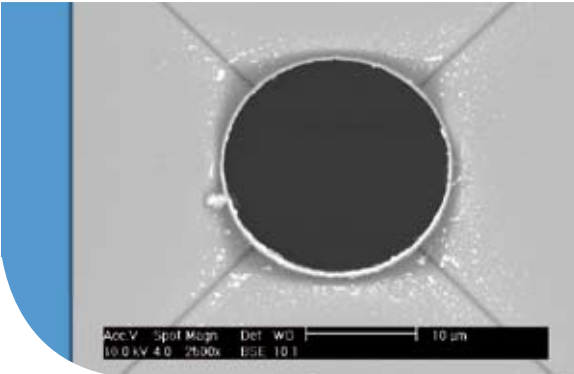


FOTO: OCÉ TECHNOLOGIES

Allwyn Boustheen vertelt: “De focus van dit project ligt op de productietechnologie waarmee je de kanalen en beweegbare structuren in kunststof kunt aanbrengen. In eerste instantie zal ik me concentreren op het ontwerp van een eenvoudig device met een kanaal waarin één klep is aangebracht. Je moet dan denken aan iets ter grootte van een zandkorrel. Daaruit moet blijken wat er allemaal komt kijken bij het ontwerpen van bewegende microstructuren: hoeveel kan zo’n klepje bewegen, welke energie is daarvoor nodig, wat zijn de dimensies, enzovoorts. En natuurlijk, last but not least, hoe je dit straks in grote hoeveelheden kunt produceren.” Een eerste demonstrator zal worden gerealiseerd met behulp van laser-ablatie. Door met een laserstraal lokaal energie op het oppervlak te richten, wordt materiaal verwijderd en zo ontstaan de kanalen en kleppen. “Met die demonstrator willen we het design verifiëren en zien of het werkt. Ook gaan we in deze fase een proces ontwikkelen waarmee je de kwaliteit van het device kunt testen. Bij het produceren van grote aantallen is handmatig testen natuurlijk niet aan de orde. Daar moeten we een oplossing voor bedenken.”

## Productietechnologie

In de volgende fase van het project wordt het ontwerp aangepast, waarbij het aantal kleppen sterk zal toenemen. Allwyn Boustheen: “Wanneer je goedkoop wilt produceren, dan moet je grote hoeveelheden devices in één klap kunnen maken. We denken aan een hoeveelheid van duizenden devices per productie-eenheid. Die productie-eenheid is bijvoorbeeld een bepaalde hoeveelheid die je in één spuitgietmatrijs realiseert of met een laser in één productieslag in kunststof aanbrengt. Bijvoorbeeld iets met de afmetingen van een A4.” In samenwerking met TNO Industrie en Techniek zal de promovendus verschillende

productietechnologieën onderzoeken en uitwerken. “Om gesloten kanalen te realiseren heb je altijd minimaal twee laagjes nodig, die je als lego op elkaar zet”, legt Allwyn Boustheen uit. “In het ene laagje breng je de kanalen en de kleppen aan, het andere laagje gaat er als een soort dekseltje bovenop. Spuitgieten is daarvoor een mogelijkheid, maar je kunt de laagjes ook door middel van embossing bewerken. Voor grotere oppervlakken lijkt dat goedkoper te zijn.”

## Inbreng van bedrijven

Het onderzoek is niet alleen interessant voor bedrijven die microfluidische systemen ontwikkelen, maar eigenlijk voor alle bedrijven die actief zijn op het gebied van microfabricagetechnologie en die gebruik maken van micro-onderdelen in hun producten, vindt Lex Westland, voorzitter van de begeleidingscommissie. Ieder IOP-project heeft zo’n commissie, waarvan de leden de voortgang van het onderzoek van dichtbij kunnen volgen. “Het is een mooie manier om in aanraking te komen met de nieuwste technologieën en je kunt waar nodig de onderzoekers wijzen op richtingen die belangrijk zijn voor later gebruik van de ontwikkelde know-how. De tijdsbesteding is beperkt: twee maal per jaar komen we een halve dag bij elkaar. Het is bovendien een prima gelegenheid om je netwerk

### BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Axxicon  
 Fontys Hogescholen  
 Holst Centre  
 ITB Precisietechniek  
 Océ Technologies  
 OTB Group  
 PGE

### VOOR MEER INFORMATIE OVER MICROMOTION PLASTICS

TNO Industrie en Techniek, afdeling Precision Manufacturing, Jan Eite Bullema  
 Telefoon (040) 265 04 88  
 E-mail [jan\\_eite.bullema@tno.nl](mailto:jan_eite.bullema@tno.nl)

### PROJECTGROEP MICROMOTION PLASTICS

Allwyn Boustheen (TU/e)  
 Jan Eite Bullema (TNO)  
 Andreas Dietzel (TU/e)  
 Erik Homburg (TU/e)

uit te breiden en de discussie met de andere leden en de onderzoekers is bijzonder leerzaam."

Lex Westland is productontwikkelaar bij de R&D-afdeling van Océ Technologies en werkt aan projecten die kleurenprinters sneller en goedkoper moeten maken. Momenteel is hij werkzaam in een team dat voor een nieuwe kleurenprinter een MEMS inkjetprintkop ontwikkelt. "Die printkop moet om kosten te besparen vijf keer zo klein worden als het huidige model. Vérgaande miniaturisatie betekent immers minder materiaalkosten, minder energiegebruik, een kortere fabricagetijd, maar ook lagere verpakings- en transportkosten." In de huidige printkoppen wordt nog geen gebruik gemaakt van kunststof, maar Océ is wel aan het onderzoeken wat de mogelijkheden zijn. "Het is bijvoorbeeld nog helemaal niet duidelijk met wat voor toleranties je kleine onderdelen in kunststof kunt produceren. Dat is de reden waarom we er nog geen gebruik van maken voor bijvoorbeeld nozzleplaten. Zo'n plaatje met een dikte van 100 micrometer bevat honderden tot duizenden gaatjes met een diameter van 20 micrometer waar inktdruppels uitkomen. Die diameter mag van het ene op het andere gaatje niet meer dan 0,5 micrometer variëren. Het is een relatief duur onderdeel, dat nu van metaal wordt gemaakt. De enige manier om uit te vinden of kunststof in de toekomst een haalbaar alternatief zal zijn, is om nu ervaring op te doen met de materialen en de benodigde productietechnologieën. Daarom was ik meteen erg enthousiast toen ik over dit project hoorde."

*Apparaat voor laser-ablatie, opgesteld bij de TU/e. Op de monitor een cirkelvormig microkanaal*



## Meer informatie over het IOP Precisietechnologie

Contact Dr. ir. Eddy Schipper, programmacoördinator  
Telefoon (070) 373 53 43  
Fax (070) 373 51 00  
E-mail e.schipper@senternovem.nl  
Website [www.senternovem.nl/iopprecisietechnologie](http://www.senternovem.nl/iopprecisietechnologie)

*Het innovatiegerichte onderzoeksprogramma (IOP) op het gebied van precisietechnologie stimuleert wetenschappelijk onderzoek bij universiteiten dat inspeelt op de langetermijnbehoeften van het bedrijfsleven. Op deze manier wil de Nederlandse overheid de onderzoekswereld toegankelijker maken voor het bedrijfsleven en de contacten tussen beide verbeteren en intensiveren. Het IOP Precisietechnologie kent drie thema's: (1) systeemgericht ontwerpen, (2) meet- en fabricagetechnieken en (3) microsysteemtechnologie.*

SenterNovem  
Juliana van Stolberglaan 3  
Postbus 93144  
2509 AC Den Haag  
Telefoon (070) 373 50 00  
Fax (070) 373 51 00  
[www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl) IPT06210  
[info@senternovem.nl](mailto:info@senternovem.nl) November 2007

In opdracht van



Ministerie van Economische Zaken

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld, kan SenterNovem geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten. Bij publicaties van SenterNovem die informeren over subsidieregelingen geldt dat de beoordeling van subsidieaanvragen uitsluitend plaatsvindt aan de hand van de officiële publicatie van het besluit in de Staatscourant.