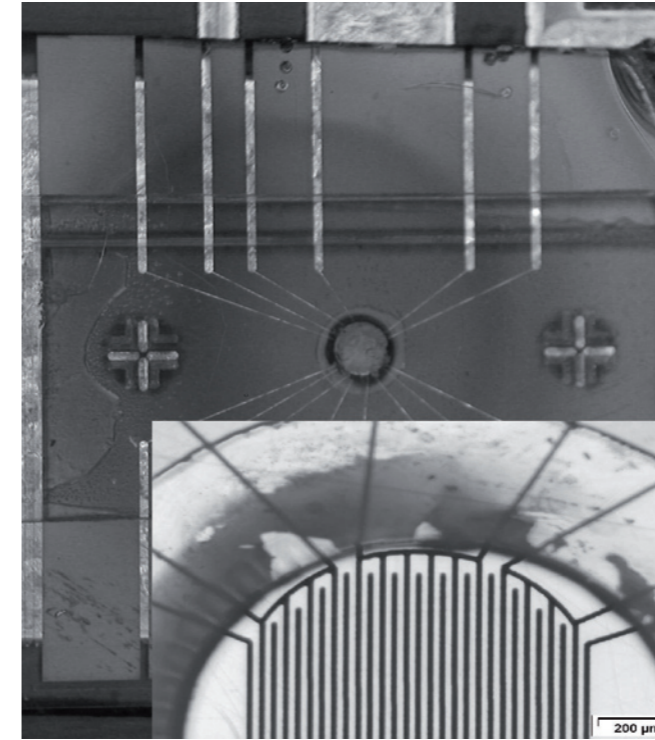


Op weg naar low cost manufacturing

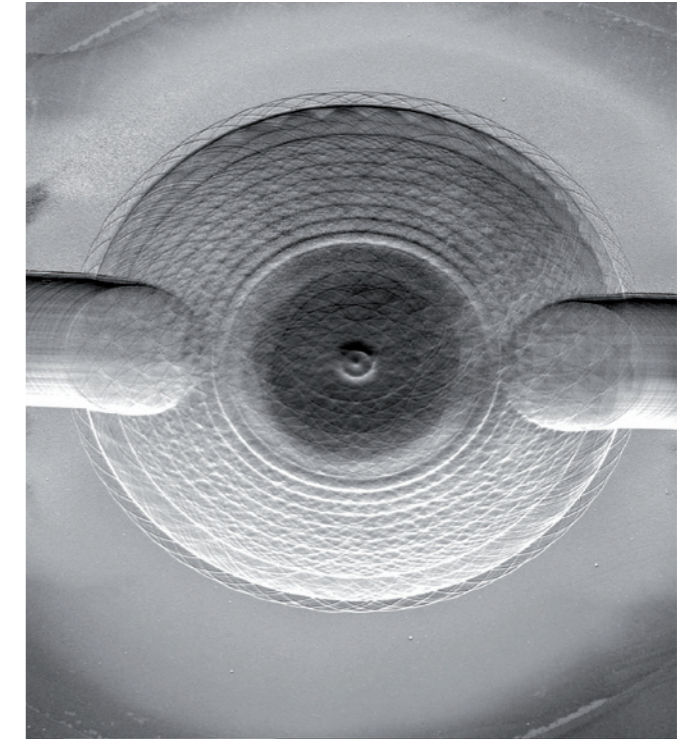
Kunststof MEMS-structuren

Het basismateriaal van MEMS is vrijwel altijd silicium, een dure grondstof die kostbare verwerkingsstappen vereist. Het zou veel goedkoper zijn als MEMS-structuren van kunststof worden gemaakt. Onderzoekers van de TU/e bogen zich over de vraag hoe je actieve microstructuren en masse in kunststof kunt aanbrengen en ontwikkelden een demonstrator.



Detailopname van de actuator in de bovenste laag.

Een belangrijk toepassingsgebied van MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) zijn microfluidische systemen. Zulke systemen regelen de stroming en reacties van uiterst kleine hoeveelheden vloeistof. Een lab-on-a-chip is daarvan een mooi voorbeeld: een klein maar compleet laboratorium ter grootte van een postzegel, waarmee aan het bed van de patiënt goedkoop en snel bloed- of speekselanalyses kunnen worden uitgevoerd. Momenteel is het



Detailopname van de kanaalstructuur met de daarin aangebrachte holte.

basismateriaal voornamelijk silicium. Daarin worden de complexe kanaalstructuren aangebracht via tijdrovende fotolithografie- en etstechnieken. Het toevoegen van mechanische elementen zoals kleppen is lastig en duur, zeker voor wegwerp-producten. In dit IOP-project stond dan ook de vraag centraal of dergelijke structuren in kunststof kunnen worden gerealiseerd en welke productie-technologie daarvoor het meest geschikt is.

Promovendus Allwyn Boustheen startte zijn onderzoek in 2007 bij de groep Micro and Nano Scale Engineering van de TU/e. Hij vertelt: “Ik ben uitgegaan van een eenvoudig device met een kanaal en één vloeistofklep, het basiselement in ieder microfluidisch systeem. Na een vooronderzoek naar de eisen en de mogelijkheden van verschillende types actuatoren en hun performance, heb ik een device ontworpen dat is opgebouwd uit drie kunststof lagen. Een soort sandwich dus.” De onderste, volledig passieve laag bevat de vloeistofkanalen met op de plaats waar de klep moet komen een ondiepe holte. De bovenste laag bevat op de plaats van afsluiting een kleine hoeveelheid paraffine, die door verhitting via een elektrische weerstand uitzet. De paraffine drukt de tussenliggende, flexibele laag naar beneden waardoor het kanaal afgesloten is. Wanneer de paraffine afkoelt, gaat de klep weer open. Door meerdere kleppen in serie te plaatsen kan vloeistof in het kanaal worden voortgestuwd. In het ontwerp heeft het kanaal een diameter van 50 micrometer (vergelijkbaar met een menselijke haar). De ondiepe holte heeft een doorsnede van 1 mm en een diepte van 50 micrometer. “Het voordeel van dit principe is dat je de drie lagen onafhankelijk van elkaar kunt produceren. Dat geeft vrijheid”, legt universitair docent Erik Homburg uit. “Wanneer er bijvoorbeeld andere eisen worden gesteld aan de snelheid van de actuator, hoeft je alleen het ontwerp van de bovenste laag aan te passen. Maar je kunt ook het ontwerp van de kanaalstructuur in de onderste laag aanpassen zonder iets aan de toplaag te doen.” Om het

principe te kunnen testen op performance en om eerdere simulaties te valideren, ontwikkelde Allwyn Boustheen een demonstrator. Daarvoor maakte hij een ontwerp van de thermische actuator en onderzocht hij ook hoe de microstructuur, en dan met name de holte, met laser-ablatie in de onderste laag kan worden aangebracht. “Dat bleekt behoorlijk complex, omdat laser-ablatie op deze schaal een nogal ruw proces is”, vertelt hij. In 2011 hoopt Allwyn Boustheen te promoveren op zijn onderzoek. Voor die tijd zal hij zijn bevindingen op het gebied van laser-ablatie publiceren, meer testen uitvoeren en ontwerprijtlijnen opstellen voor verschillende geometrieën.

“Het is interessant om zo’n project te volgen en de mogelijkheden en beperkingen van kunststof MEMS te zien”

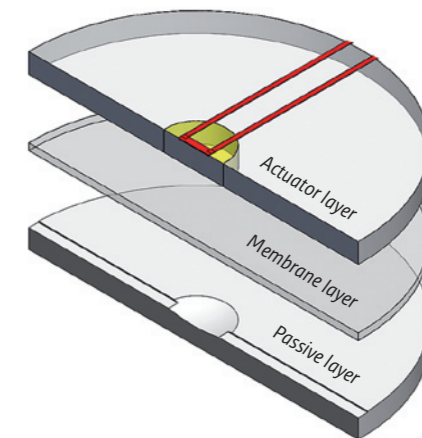
Om kunststof MEMS-structuren goedkoop in grote hoeveelheden te kunnen produceren, was in eerste instantie gedacht aan spuitgieten. Door de keuze voor drie losse lagen die separaat bewerkt worden, lijkt het handiger gebruik te maken van embossing of roll-to-roll-fabricage (R2R). Die technologie is bij het Holst Centre ontwikkeld voor de fabricage van flexibele OLED’s. Daarmee kunnen grote oppervlakken in een continu proces goedkoop van structuren worden voorzien.

Een uitdaging van de drielagenstructuur is nog de assemblage van de drie dunne lagen. Aan dit deel van het onderzoek hoopt MA3 Solutions een bijdrage te leveren om te komen tot een meer industrieel proces. Dit bedrijf, een spin-out van TNO Industrie & Techniek en nu onderdeel van TEGEMA Group, is gespecialiseerd in de assemblage, packaging en afwerking van microsystemen. Edwin Smulders, MA3 Solutions: “Microassemblage is een heel specifiek vakgebied. Door de gebruikte materialen en de kleine afmetingen is de keuze van verbindingmethoden beperkt. Lijmen is een veelgebruikte manier maar je moet natuurlijk wel oppassen dat de kanaaltjes niet vollopen. We hopen samen met de TU/e een passende fabricagemethode te ontwikkelen en eventuele bottlenecks op weg naar massaproductie op te lossen.”

Volgens Andreas Dietzel, hoogleraar TU/e en programmamanager Integration Technologies bij het Holst Centre, is de gekozen en uitgewerkte oplossing goedkoop en modulair te fabriceren en uitermate geschikt voor gebruik in disposables in bijvoorbeeld ziekenhuizen. “Dit project past uitstekend binnen het onderzoek aan de TU/e naar microfluidische systemen”, licht hij toe. “Ook is het in lijn met onderzoek in het Holst Centre naar flexibele OLED-technologie. Het project van Allwyn Boustheen is een mooie stap op weg naar low cost manufacturing van kunststof MEMS devices.”

“Voor medische toepassingen, zoals het verplaatsen en/of doseren van kleine hoeveelheden vloeistof voor bloed- of speekselanalyse is de drielagen-

structuur een simpele en doeltreffende oplossing”, vindt ook Lex Westland van Océ Technologies, tevens voorzitter van de begeleidingscommissie.



De ontwikkelde drielagenstructuur.

“De keuze voor het gebruik van folie als basis-materiaal zal zeker tot grote kostenbesparingen ten opzichte van silicium leiden. Interessant is ook de thermische actuator, dat had ik nog niet eerder gezien. In onze printheads maken we gebruik van piezoactuatoren, waarvan de werking en aansturing aanzienlijk complexer is. Ik ben benieuwd naar de resultaten van verder onderzoek. Je kunt bijvoorbeeld paraffine wel snel opwarmen, maar hoe gaat het met afkoelen? Zou je de klep voldoende snel kunnen openen en sluiten? Omdat die snelheid bij inkjettoepassingen extreem belangrijk is, verwacht ik niet dat inkjet een van de eerste toepassingen is.

Ondanks dat vinden we het interessant om zo'n project te volgen en de mogelijkheden en beperkingen van kunststof MEMS te zien."

Vincent Spiering is namens C2V lid van de begeleidingscommissie. Dit bedrijf, nu onderdeel van Thermo Fischer Scientific, ontwikkelt micro-technologie voor derden en bracht recent een eigen micro-gaschromatograaf op de markt. Hij zegt: "We zijn bij dit onderzoek betrokken vanwege zowel ons ontwikkelwerk voor klanten als ons eigen product. Onze interesse gaat uit naar alternatieven voor silicium gas- of vloeistofkleppen. Die voldoen

niet altijd aan de eisen: om bijvoorbeeld de gastoevoer nauwkeurig te sturen of de gasdruk te regelen, wil je een klep proportioneel kunnen aansturen. Dat is lastig in een MEMS-structuur, omdat je niet precies kunt bepalen hoever de klep open of dicht gaat. Vandaar dat kleppen waaraan zulke eisen worden gesteld buiten de MEMS-structuur worden gehouden. We zijn nieuwsgierig of het principe van de TU/e hiervoor een haalbare oplossing biedt. Omdat gaschromatografie een chemisch proces is dat zich bij hogere temperaturen afspeelt, is het nog wel de vraag dit in kunststof kan. Als dat zo is, zijn de voordelen groot."

Project: Kunststof MEMS-structuren

Doelstelling: het ontwikkelen van kunststof MEMS-structuren voor gebruik in microfluidische systemen, inclusief de benodigde productietechnologie

Resultaten: ontwerp van een vloeistofklep en actuator in kunststof, demonstrator, publicaties. Publicaties en meer informatie: www.precisieportaal.nl, discipline Microsysteemtechnologie

Contactpersoon: Andreas Dietzel, a.h.dietzel@tue.nl, telefoon (040) 247 52 35