

Slimme spuitmondjes

5 Microfluidic jet systems

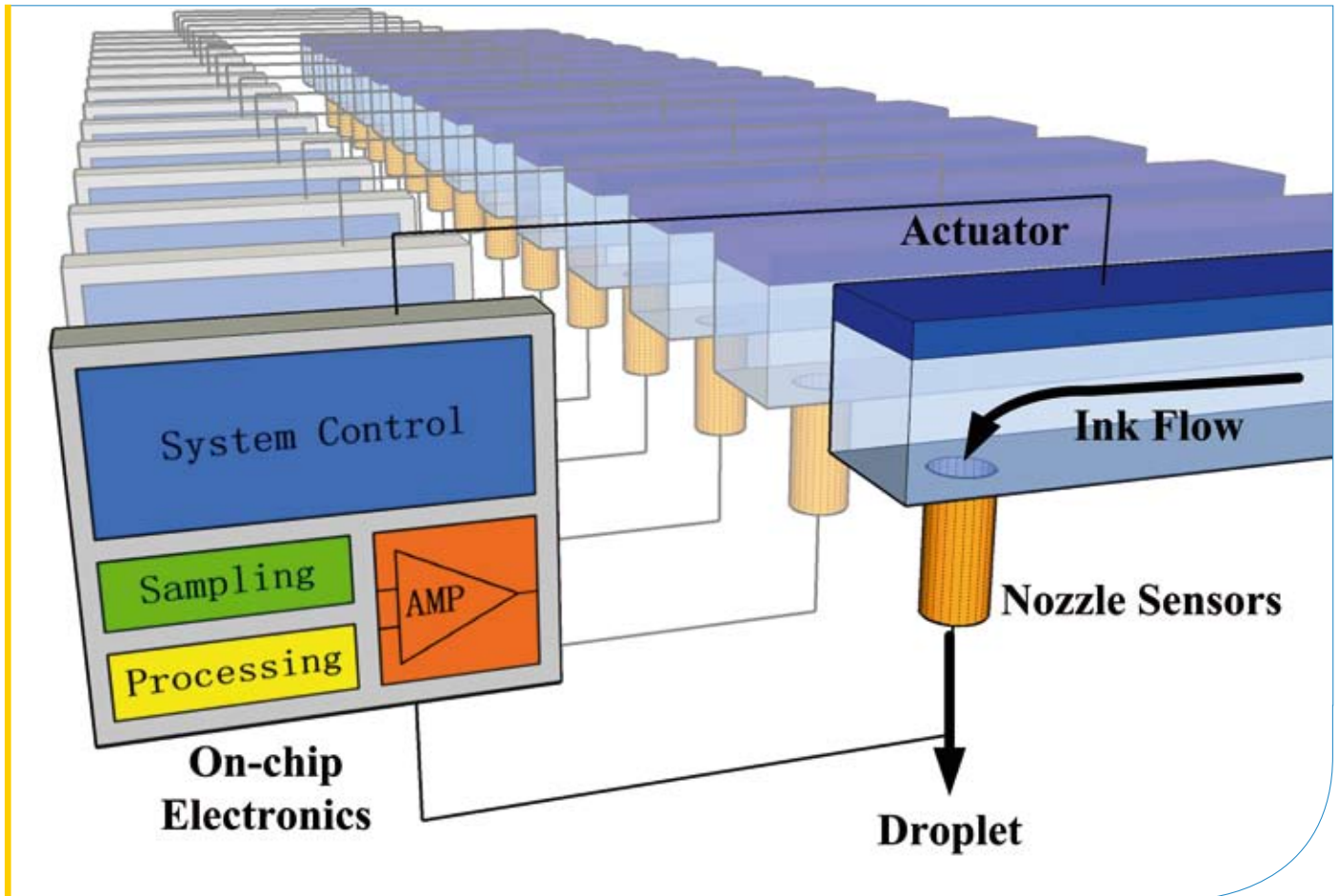
In steeds meer industriële toepassingen wordt inkjet-technologie gebruikt om vloeistof te verspuiten, zoals bij de productie van OLED-displays of in apparatuur voor medische analyse. De eisen aan de betrouwbaarheid van de printkop zijn hier extreem hoog. Om daaraan tegemoet te komen, hebben onderzoekers van de TU Delft een slimme spuitmond ontwikkeld, voorzien van een sensor. Deze kan realtime informatie verschaffen over de gegenereerde druppel.

Wanneer een thuisprinter bij het afdrukken van een document per ongeluk een druppel inkt te weinig verspuit, is dat geen ramp. Maar wanneer eenzelfde druppelsysteem een druppel vloeistof mist bij DNA-onderzoek of biochemische tests dan zijn de resultaten niet betrouwbaar. Een OLED display met één niet goed functionerende pixel (van de paar miljoen pixels) wordt onmiddellijk afgekeurd. Bij dergelijke toepassingen moeten microfluidic jet systems, zoals deze druppelsystemen heten, uiterst nauwkeurig de juiste hoeveelheid vloeistof verspuiten, met een constante hoeveelheid vloeistof per druppel en met dezelfde snelheid en richting als zijn voorganger.

Zo'n druppelsysteem – ook wel printkop genoemd – bestaat uit een vloeistofreservoir, een actuator en een of meerdere spuitmondjes. Wanneer de actuator een drukgolf in de vloeistof veroorzaakt, wordt deze door de spuitmond geperst en ontstaan er druppels. Om de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de printkop te verhogen, is feedback nodig: is de druppel werkelijk aangemaakt en is de juiste hoeveelheid vloeistof met de juiste snelheid in de juiste richting verstuurd?

“Bestaande printersystemen zijn *open loop*. Je kunt daarmee het systeem voorafgaand aan een printjob kalibreren, maar daarna kun je het proces niet meer beïnvloeden”, vertelt Lina Sarro, hoogleraar bij het Delft Institute of Microsystems and Nanoelectronics (DIMES), waar het IOP-project Microfluidic jet systems plaatsvindt. “Met behulp van een gesloten meet- en regelsysteem kun je wel ingrijpen tijdens het druppelen, maar daarvoor heb je een sensor nodig die realtime informatie verschaft over de gegenereerde druppel. We hebben onderzocht welke sensingprincipes je daarvoor zou kunnen gebruiken. Daarnaast hebben we onszelf tot doel gesteld de sensoroplossing met behulp van microsteemtechnologie in de printkop te integreren.”

Promovendus Jia Wei: “We hebben gekozen voor een capacitatieve sensor waarbij elektrodes de stroming van

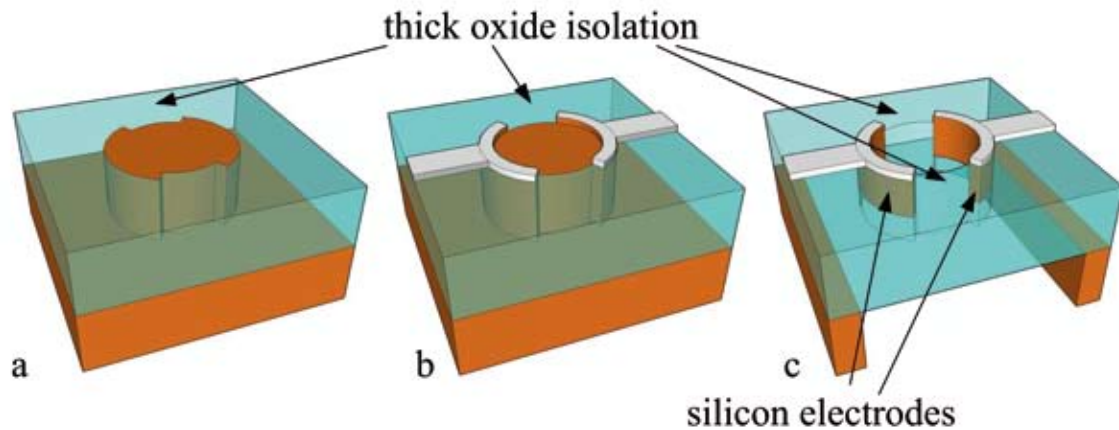


Principe van een geïntegreerd gesloten meet- en regelsysteem in een inkjetprintkop

de vloeistof in de spuitmond meten. Zo kunnen we de beweging van de vloeistofmeniscus monitoren. Omdat de technologie simpel moet zijn en de sensor klein om de werking van het systeem niet te beïnvloeden, zijn de elektrodes opgenomen in de wand van het spuitmondje. Het spuitmondje laat dus niet langer alleen inkt door, maar is door de toevoeging van de sensor 'slim' geworden." Om de

elektrodes in de wand te integreren, wordt gebruik gemaakt van hetzelfde fabricageproces als in de chipindustrie: de structuur wordt met behulp van lithografie aangebracht in silicium.

"Dat was niet eenvoudig", zegt Jia Wei, "want de diameter van zo'n spuitmondje is slechts 20 tot 40 micron en de elektrodes staan loodrecht op de siliciumwafer."



Fabricage van de elektrodes in de spuitmond met behulp van IC-technologie

Een andere uitdaging was het meten van de uiterst kleine signalen afkomstig van de sensor. Daarvoor werkte Jia Wei intensief samen met een Masterstudent. “Niet alleen wil je met de capacitatieve elektrodes die signalen zelf meten, je wilt ook de nog veel kleinere variaties ertussen – in de orde van grootte van enkele femtofarad – kunnen bepalen”, legt Jia Wei uit. “Je moet dan de ruis weten te scheiden van het echte signaal, en dat echte signaal weten te versterken zonder de ruis te versterken. Toen we eraan begonnen, hadden we eerlijk gezegd geen idee hoe moeilijk het was.”

Om te onderzoeken of de opgezette meetstrategie werkt, is een teststructuur gemaakt waarbij de positie van een minuscuul klein silicium staafje in de spuitmond wordt bepaald in plaats van de positie van de vloeistofmeniscus te meten. Jia Wei: “Het grote voordeel is dat je dat staafje zelf kunt bewegen. Zo kun je de capacitatief gemeten positie vergelijken met de fysieke positie, die je immers

zelf hebt ingesteld. Dat was heel leerzaam. Daarna hebben we ook proeven gedaan met vloeistof.” Er zijn nog experimenten gepland bij Philips Research, om te bepalen hoe de spuitmond zich in een echte spuitkop gedraagt.

Het onderzoek heeft DIMES twee dingen opgeleverd, zegt Lina Sarro. “We hebben veel kennis en ervaring opgedaan met de benodigde fabricagetechnologie voor het aanbrengen van de verticale elektrodes in silicium, en met het meten van kleine capaciteiten. We gaan daarom zeker met dit onderzoek verder. In 2010 zal een post doc uitgebreider testen en voor verschillende soorten toepassingen aanbevelingen opstellen.” De ontwikkelde elektronica voor dit meetsysteem is overigens breder toepasbaar dan alleen voor het meten van vloeistof in een spuitmond: “Je kunt het gebruiken in allerlei systemen waarin je kleine variaties in kleine capaciteiten wilt monitoren. Dat was een onverwachte bonus.”

Océ-Technologies B.V. is één van de bedrijven die via de Begeleidingscommissie bij het project betrokken waren. Die bedrijven hielpen bij het bepalen van de randvoorwaarden en gaven feedback op de oplossingen. Marcel Slot, VP Development van Océ R&D, legt uit waarom Océ geïnteresseerd is in dit onderzoek: “Het is voor zowel de grafische industrie als voor industriële inkjettoepassingen belangrijk om betrouwbaar druppels te kunnen jetten. In de grafische industrie wil je een goede printkwaliteit op zeer hoge snelheid zonder storende strepen door falende spuitmondjes in inkjetkoppen. In een aantal industriële toepassingen is

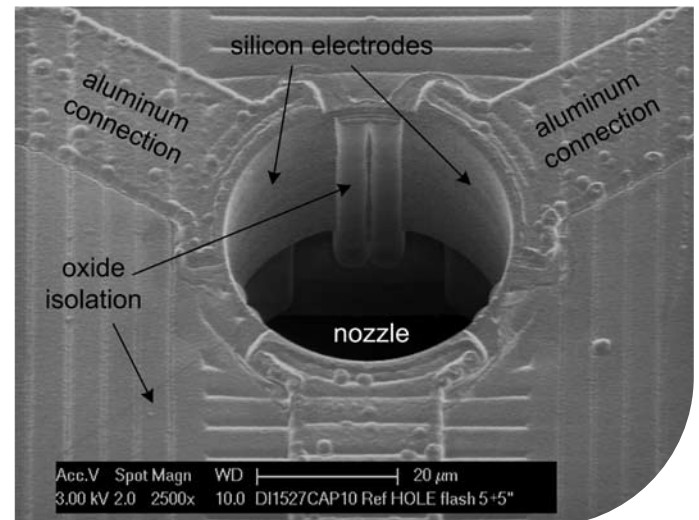
“Het principe van deze nieuwe en unieke aanpak is nu aangetoond”

het soms zelfs zo dat iedere druppel telt.” Jev Kuznetsov is onderzoeker bij de afdeling Research van Océ. Hij voegt toe: “We hebben daarvoor een eigen *closed loop* systeem ontwikkeld, waarbij de piëzoactuatoren die drukgolven in de vloeistofreservoirs veroorzaken, ook als minuscule microfoontjes ‘luisteren’ naar de terugkaatsende akoestische golven. Op basis van die signalen kunnen we voorspellen of ergens een spuitmondje gaat uitvallen, door bijvoorbeeld luchtbellens of vuil. Vervolgens kun je proactief ingrijpen. Wij meten relatief ver van de spuitmond; het Delftse onderzoek maakt het mogelijk in de spuitmond zelf te meten. De combinatie lijkt erg interessant.”

Voor Océ is het IOP-onderzoek aanvullend op hun eigen onderzoek. “We willen ons op basis van betrouwbaarheid onderscheiden van andere spelers in de inkjetmarkt”, zegt Marcel Slot. “Eén van de mogelijkheden om die betrouwbaarheid verder op te voeren zou gebaseerd kunnen zijn op deze technologie. We willen daarom met

onze eigen printkoppen de slimme spuitmondjes gaan testen en meten, en blijven graag betrokken bij het vervolg.”

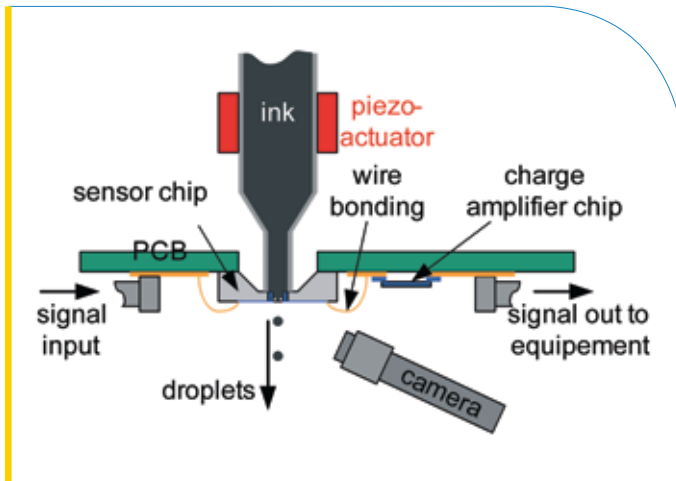
Ook Frits Dijkman, senior director in het Healthcare-programma van Philips Research, was lid van de Begeleidingscommissie. Hij licht toe: “In apparatuur voor DNA-onderzoek of medische diagnostiek wordt inkjetprinting gebruikt om verschillende stofjes aan te brengen op een plaatje (microarray). Met die stofjes reageren analieten uit een te onderzoeken sample wel of niet, waardoor je weet of iemand een bepaalde besmetting heeft opgelopen of gevoelig is voor een ziekte. Zo'n systeem moet waterdicht zijn: je wilt zeker weten dat het juiste materiaal op de juiste plek is terechtgekomen. Vandaar dat je een *closed loop* regeling nodig hebt.” Waar Océ voor feedback gebruik maakt van een akoestisch systeem, richt Philips een camera op iedere spuitmond. “Dan zie je elke druppel voorbijkomen en weet je zeker dat het stofje daadwerkelijk is aangebracht. Het bezwaar hiervan is dat je bij



Opname van de spuitmond, uitgevoerd in silicium en voorzien van elektrodes

relatief lage snelheid moet printen. In R&D-omgevingen is dat acceptabel, maar in een ziekenhuis of een pathologisch laboratorium wil je veel hogere snelheden halen.”

De aanpak met een sensor in de spuitmond noemt Frits Dijkman dan ook nieuw en uniek: “Je meet ter plekke, je hebt een supersnelle responstijd en dus realtime informatie over de werking van je apparaat, en je kunt ook bij hoge printfrequenties volgen wat er gebeurt. Het principe daarvan is nu aangetoond.” Op dit moment is alleen de sensor met behulp van IC-technologie aangebracht in de spuitmond. De volgende stap is om ook de benodigde schakelingen te integreren op hetzelfde stukje silicium en dit in te bouwen in een spuitkop.



Testopstelling van de slimme spuitmond in een spuitkop, voorzien van een camera

PROJECTINFORMATIE

Project: *Microfluidic jet systems*

Doelstelling: *ontwerp en realisatie van een betrouwbaar en robuust microfluidic jet systeem met een nauwkeurig druppelvolumen van 1 tot 10 pL, grote plaatsingsprecisie en een spuitfrequentie van 40 kHz*

Resultaten: *een slim spuitmondje voorzien van een capacitatieve sensor, geïntegreerd met behulp van microsysteemtechnologie, kennis over het meten van kleine capaciteitvariaties, en diverse publicaties in wetenschappelijke tijdschriften en presentaties op congressen*

Publicaties en meer informatie: www.precisieportaal.nl,
discipline Microsysteemtechnologie

Contactpersoon: *Lina Sarro, p.m.sarro@tudelft.nl*,
telefoon (015) 278 77 08