



IOP
Precisietechnologie

SenterNovem



Multi-axis microstage

Micromanipulatie met nanometer resolutie

Onderwerp:

Multi-axis microstage (afmeting in millimeters) met nanometer resolutie

Doelstelling:

Het ontwikkelen van een extreem kleine microstage met zes graden van vrijheid. Het genereren van principeoplossingen voor deelfuncties

Markten:

Elektronenmicroscopie, halfgeleiderindustrie, microassemblage, MEMS

Mogelijk gebruik:

Manipuleren van preparaten in elektronenmicroscopen
Nauwkeurig positioneren van lees/schrijfkoppen in dataopslagsystemen
Microfabricage of -bewerking
Montage van nanosystemen

Onderzoekperiode: november 2002 - december 2007

Budget: 796.000 EUR, waarvan 750.000 EUR subsidie door IOP

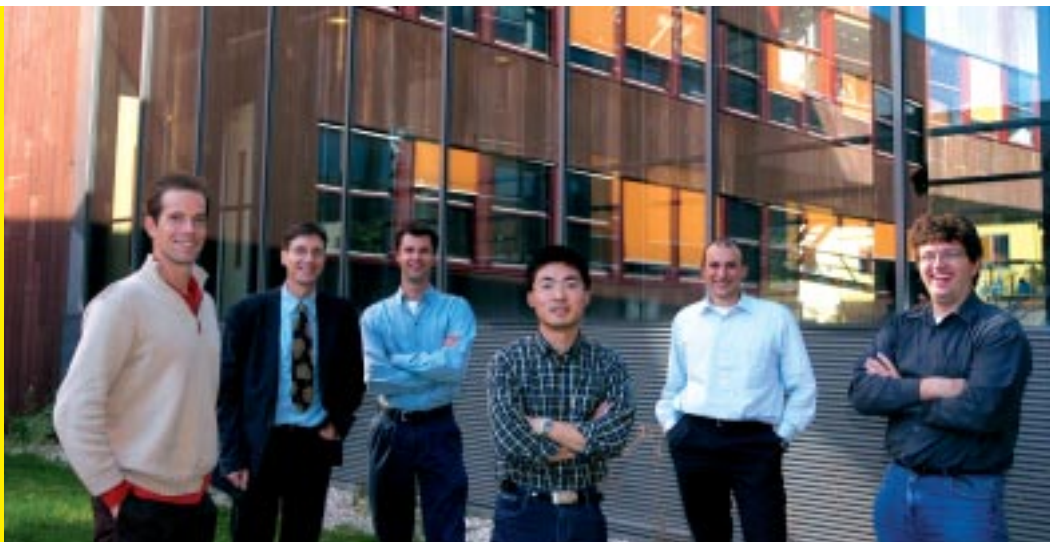
Onderzoeksinstituut: Universiteit Twente

Projectleider: Herman Soemers

Nauwkeurig manipuleren van microscopische objecten in het sub-micronbereik is momenteel alleen mogelijk met 'macro'-hulpmiddelen, met afmetingen in de grootte-orde van een decimeter. De industrie heeft grote behoefte aan kleine manipulators, maar de ontwikkeling daarvan wordt gehinderd door beperkingen in het fabricageproces en problemen gerelateerd aan de miniaturisatie van de benodigde sensoren en actuatoren. Desondanks zijn onderzoekers van MESA⁺ en het C.J. Drebbe Instituut van de Universiteit Twente druk doende een manipulator te ontwerpen met afmetingen van een millimeter, in nauwe samenwerking met experts op het gebied van Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) procestechologie. 'In plaats van een bestaand ontwerp te verkleinen, wilde ik met dit project wel eens aan de andere kant beginnen: heel klein.'

'De aanleiding voor dit onderzoek was een project bij Philips, waar we voor FEI Electron Optics een micropincet ontwikkelden ter grootte van ongeveer een millimeter', zegt professor Herman Soemers. In die tijd werkte hij als mechatronisch ontwerper bij het Philips Center for Industrial Technology (CFT); sinds 2002 is hij daarnaast deeltijdhoogleraar aan de Universiteit Twente. 'Het stoorde me dat alles eromheen steeds groter wordt, als je een

Projectteam UT. Van links naar rechts: Dannis Brouwer, Herman Soemers, Boudewijn de Jong, Wei Zhou, Stefano Stramigioli, Gijs Krijnen. Johannes van Dijk is afwezig



grotere nauwkeurigheid wilt bereiken! Actuatoren, sensoren, mechanische onderdelen, alles. Ik merkte ook hoeveel werk er aan vast zat om er iets industrieel bruikbaar van te maken. Dus in plaats van een bestaand ontwerp te verkleinen, wilde ik met dit IOP-project wel eens aan de andere kant beginnen: heel klein.'

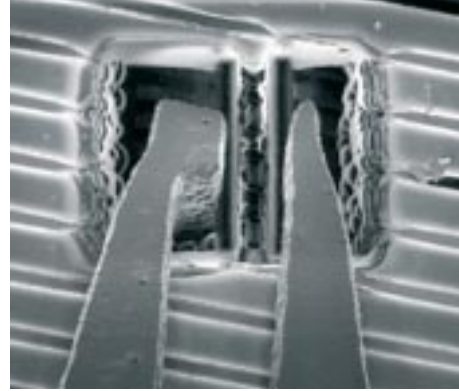
De ambities van Herman Soemers gaan verder dan het ontwikkelen van een manipulator die met zes graden van vrijheid kan positioneren. Het onderzoek voorziet ook in de behoefte aan feedback om de positionering meer robuust te maken. Actuatoren verliezen namelijk aan nauwkeurigheid door externe factoren, zoals temperatuur of trillingen. Om dat te compenseren zijn geïntegreerde microsensoren nodig, wat bijdraagt aan de complexiteit van het project: 'Sensoren zijn gebaseerd op de omzetting van verplaatsing of kracht in een andere fysische grootte, zoals inductie of capaciteitsverandering. Omdat de absolute waarden die je meet door miniaturisatie steeds kleiner worden, hebben de storings van buiten een steeds grotere invloed. Bovendien, hoe kleiner de sensor, hoe slechter de resolutie.'

Om de gestelde doelen te kunnen bereiken, wordt het probleem in dit project vanuit drie invalshoeken benaderd: MEMS procestechnologie en -ontwerpen, mechatronisch ontwerpen, en regeltechniek.

Drie promovendi

Om een multidisciplinaire projectaanpak te faciliteren, bracht Herman Soemers drie promovendi bij elkaar met verschillende achtergronden. De eerste, Boudewijn de Jong, is afkomstig van de faculteit Elektrotechniek. Zijn belangrijkste taak is een proces te ontwikkelen om een combinatie van *out-of-plane* met *in-plane* actuatie mogelijk te maken. De tweede onderzoeker, Dannis Brouwer, heeft een achtergrond in mechatronica en concentreert

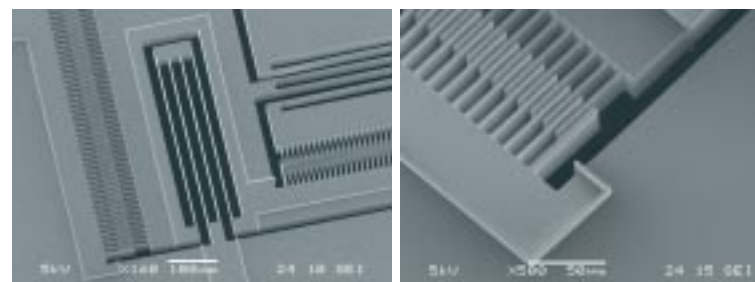
Een transmissie elektronenmicroscop (foto: FEI Electron Optics)



Een micropincet afkomstig van een vorig project; de afmetingen van het substraat bedragen 2 x 5 x 15 mm

zich op de precisiemechanica in MEMS. Herman Soemers: 'Hij fungeert min of meer als ons werktuigbouwkundig geweten.' De derde promovendus, Wei Zhou, is als elektrotechnicus verantwoordelijk voor de sensorprincipes en de regeltechniek voor de feedback in het microsysteem. Hoewel iedere promovendus een eigen deelgebied voor zijn rekening neemt, hebben de onderzoeksgebieden ook overlap. Om het onderzoek meer industrieel toepasbaar te maken, is besloten het ontwerp geschikt te maken voor gebruik in een transmissie elektronenmicroscop (TEM), om precies te zijn voor het mechanisme dat het preparaat manipuleert. Herman Soemers: 'Dat geeft ons duidelijkheid over de eisen, zoals concrete afmetingen en resolutie. Maar je loopt ook het risico dat je je door al die specificaties laat overweldigen. Daarnaast willen we niet t

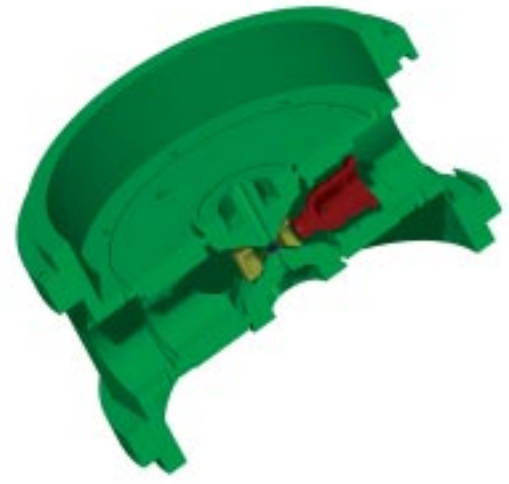
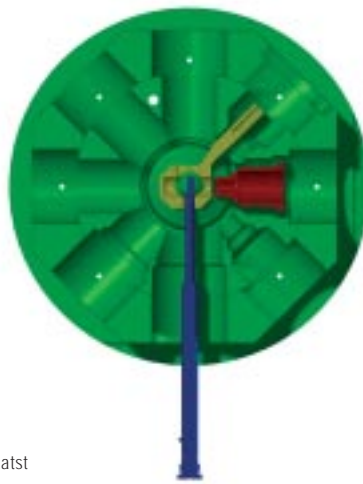
Deel van een MEMS-manipulator met twee graden van vrijheid; rechts detailopname van een 'comb-drive' (elektrostatische actuator) (E. Sarajlic)



toepassingsgericht werken; de resultaten van het onderzoek moeten ook voor andere markten interessant zijn.' Voorbeelden daarvan zijn montage van nanosystemen, microfabricage en actuatoren in dataopslagsystemen.

Interactie

Naast de specifieke toepassing van de microstage in een elektronenmicroscop heeft het project een breder doel: het genereren van principeoplossingen voor precisieactuatoren, -sensoren en mechanismen voor gebruik in MEMS. Er worden twee manieren uitgewerkt om te komen tot een manipulator met zes graden van vrijheid. Boudewijn de Jong ontwerpt een actuator die een beweging 'uit het vlak' (van de wafer) combineert met een beweging 'in het vlak' op basis van het principe van de zogenaamde 'comb-drive'. Hoewel met dit type actuator een beweging in het vlak relatief gemakkelijk te realiseren is, is de andere bewegingsrichting een uitdaging te noemen. Het stapelen van comb-drives moeten resulteren in de gewenste zes graden van vrijheid.



Overzicht en dwarsdoorsnede van het gebied tussen de elektromagnetische lensspolen in een transmissie elektronenmicroscop waar het te onderzoeken preparaat zich bevindt. De toekomstige microstage wordt in het midden geplaatst

Tegelijkertijd werkt Dannis Brouwer aan een parallelle kinematische robot, een zogenaamde hexapod. Om deze te kunnen fabriceren met IC-technologie werkt hij nauw samen met procestechnologen van het MESA⁺ Instituut in Enschede. Bij deze variant worden verplaatsingen uit het vlak verkregen door bewegingen in het vlak mechanisch te converteren.

Herman Soemers is erg enthousiast over de voortgang van het project: 'We hebben een leuke interactie met de mensen van MESA⁺. Die gaat veel verder dan in eerdere projecten. Ik vind het ook een groot voordeel dat dit instituut onze experimenten met de fabricage van MEMS kan faciliteren.'

Het derde onderdeel van het project betreft de sensoren. 'Die moeten kunnen worden geïntegreerd in de microstage. Bovendien moeten ze in staat zijn ofwel de positie van de end-effector nauwkeurig te bepalen, ofwel de posities van de individuele actuatoren.' Wei Zhou buigt zich over bestaande sensor-principes om te beoordelen welke aan de eisen kunnen voldoen. 'Je kunt bijvoorbeeld in elektronenmicroscopen overspraak verwachten tussen de elektronenbundel en de sensoren. Dat heeft een nadelig effect op de meetnauwkeurigheid van bijvoorbeeld capacitieve sensors.'

Om een optimaal resultaat te halen uit de diversiteit aan achtergrond en kennis van de promovendi is een strak regime van twee uur durende voortgangsbijeenkomsten opgesteld. 'Daarnaast komen we ook enkele malen per jaar een hele dag bij elkaar. Zo'n multidisciplinair team heeft veel voordelen, maar het risico is dat de discussie in een ander vakgebied dan het jouwe teveel in detail gaat. Je hebt gewoon tijd nodig om dat te voorkomen.'

Samenwerking met het bedrijfsleven

'Voor FEI Electron Optics is dit een belangrijk project. Want hoe kleiner we de preparatenstage in een transmissie elektronenmicroscop kunnen maken, hoe beter het is', verklaart Twan van den Oetelaar, senior vakspecialist mechanica. 'Momenteel is het preparaat, dat zich in het hart van een vacuümkamer tussen twee metalen lenzen bevindt, met de buitenwereld verbonden. Als het preparaat trilt, veroorzaakt dat een wazig beeld. Het zou veel beter zijn als het preparaat aan een van de lenzen was gefixeerd. De afstand tussen de metalen lenzen is echter minimaal en er bestaat nog geen microstage die klein genoeg is en ook nog eens kan manipuleren met zes graden van vrijheid.' Twan van den Oetelaar is blij dat hij als lid van de begeleidingscommissie van dit IOP-project nauw betrokken is bij het onderzoek. 'MEMS-technologie is veelbelovend en speelt een grote rol in dit project. Voor ons is het heel interessant om te zien waar je tegen aan kunt

lopen als je het gebruikt in een echte toepassing.'

Ruud Vullers, senior onderzoeker bij Philips Research heeft dezelfde motivatie. 'Ik werk in de Storage Physics groep aan de ontwikkeling van een recordable versie van de blue ray disc. Alle elementen die nodig zijn om de lees/schrijfkop over de schijf te bewegen moeten steeds kleiner worden. Er komt een moment dat de enige oplossing voor verdere miniaturisatie is om functies te integreren in een MEMS. Voor ons is de reden om bij zo'n project betrokken te zijn dat we de problemen en mogelijkheden leren kennen.' Het lidmaatschap van een begeleidingscommissie heeft veel voordelen, vindt hij. 'We horen resultaten en ervaringen uit de eerste hand. Zo zijn bijvoorbeeld in het eerste half jaar van het project diverse actuatieprincipes met elkaar vergeleken, wat heel bruikbaar en interessant was voor enkele collega's bij Philips Research. Door de bijeenkomsten kom ik bovendien in contact met allerlei bedrijven en met onderzoekers aan de universiteit. Dat kan heel nuttig zijn.'

Begeleidingscommissie

C2V
Dreves Engineering
FEI Electron Optics
Hogeschool van Utrecht
Lionix
NMI
Pentri
Philips Center for Industrial Technology (CFT)
Philips Research Laboratories
TNO TPD

Voor meer informatie over Multi-axis microstage

Prof. ir. Herman Soemers, C.J. Drebbe Instituut, Universiteit Twente
Telefoon: (053) 489 26 06
E-mail: h.m.j.r.soemers@ctw.utwente.nl
Website: www.ce.utwente.nl/smi/projects/MAMS.html
www.el.utwente.nl/tt/projects/mams

Projectgroep Multi-axis microstage

Dannis Brouwer
Johannes van Dijk
Boudewijn de Jong
Gijs Krijnen
Herman Soemers
Stefano Stramigioli
Wei Zhou

IOP Precisietechnologie

Precisietechnologie is nodig om producten te realiseren met hoge vorm- of maatnauwkeurigheid, maar ook om producten of onderdelen snel en zeer precies te positioneren. Deze technologie is van toenemend belang voor uiteenlopende producten en sectoren als laptopcomputers (met name bij dataopslag), cd-spelers en dvd-recorders, optische en medische instrumenten, gsm-telefoons en de ruimtevaart. Door vrgaande miniaturisatie is het niet mogelijk deze functies met zuiver mechanische middelen te realiseren; een multidisciplinaire systeembenadering is noodzakelijk.

Het IOP Precisietechnologie bestaat sinds 1999. Sindsdien hebben 16 projecten subsidie gekregen voor onderzoek op drie gebieden.

- Bij systeemgericht ontwerpen gaat het om functies die met relatief grote snelheid en/of met zeer grote precisie verplaatsingen kunnen realiseren. Onderwerpen als piezo-actuatoren, precisieverplaatsing in vacuüm en mechanica met snelle algoritmieken vallen hieronder.
- Binnen het thema 'grenzen aan de maakbaarheid' gaat het om het verhogen van de nauwkeurigheid van bestaande maaktechnologien door verbeterde procesbeheersing en/of het ontwikkelen van nieuwe productietechnieken. Niet alleen klassieke technieken als fijndraaien of spuitgieten zijn onderwerp van onderzoek, ook nieuwe technologieën zoals lithografisch etsen, bewerking met laser- of röntgenbundels en *chemical vapour deposition*.
- Precisie in de microsteemtechnologie is het derde gebied van dit IOP-programma. Het betreft systemen die bestaan uit sensor(en) en actuator(en), gekoppeld door een regelsysteem en gemaakt met technologieën afkomstig van de chipindustrie. Hieronder vallen fabricagetechnologien als nat chemisch etsen en de verpakking van MST-devices, zoals de koppeling van optische chips aan glasfiber.

Voor vragen over IOP Precisietechnologie

Dr. Casper Langerak, secretaris programmacommissie

Telefoon (070) 373 53 12

Fax (070) 373 56 30

E-mail c.langerak@sinternovem.nl

Website www.sinternovem.nl/iop-pt

IOP

Een innovatiegericht onderzoeksprogramma (IOP) geeft subsidie aan innovatieve technologische onderzoeksprojecten bij universiteiten en andere non-profit onderzoeksinstituten. De overheid wil op deze manier de onderzoeksweld toegankelijker maken voor het bedrijfsleven en contacten tussen beide verbeteren en intensiveren. Voorwaarde is dat de projecten aansluiten bij de (lange termijn) onderzoeksbehoeften van het bedrijfsleven. Het programma stimuleert de interactie met bedrijven door hen te betrekken bij de projecten, door kennisoverdracht en door netwerkactiviteiten. Er wordt alles aan gedaan om te zorgen dat ieder programma leidt tot blijvende samenwerking tussen de Nederlandse onderzoeksinstituten en het bedrijfsleven.

Rol van het bedrijfsleven

Om de band tussen onderzoekers en bedrijfsleven te verstevigen, biedt een IOP aan bedrijven de mogelijkheid aan het onderzoek deel te nemen. Dat kan bijvoorbeeld op de volgende manieren:

- Zitting nemen in een begeleidingscommissie. Dit is de meest directe manier van kennisoverdracht omdat het lidmaatschap van een begeleidingscommissie nauw contact met een of meerdere projecten garandeert. Het bedrijf blijft op de hoogte van de laatste ontwikkelingen van het onderzoek en kan door de inbreng van praktijkervaring soms mede de richting van het onderzoek bepalen.
- Overnemen of gebruiken van patenten en/of licenties die het rechtstreekse gevolg zijn van het onderzoek aan universiteiten of non-profit onderzoeksinstituten.
- Het creëren van werkervaringsplaatsen voor onderzoekers, zodat de nieuw opgedane kennis snel aan een bedrijf wordt overgedragen en getoetst kan worden in de praktijk.

Colofon

Dit is een uitgave van SenterNovem
Oktober 2004

SenterNovem Den Haag
Juliana van Stolberglaan 3
Postbus 93144
2509 AC Den Haag

Telefoon (070) 373 50 00
Fax (070) 373 51 00

Algemene informatie en advies:
Telefoon (070) 373 52 77
E-mail info@sinternovem.nl
Internet www.sinternovem.nl

SenterNovem is een agentschap van het Ministerie van Economische Zaken



De Universiteit Twente (UT) is een ondernemende researchuniversiteit. Gesticht in 1961 verzorgt de UT onderwijs en onderzoek in wetenschapsgebieden die variëren van bestuurskunde en technische natuurkunde tot biomedische technologie.



Ministerie van Economische Zaken

Aan deze tekst kunnen geen rechten worden ontleend.