

Kruisbestuiving en microstelsysteem

Sinds twee jaar kent de TU Delft het Delft Centre for Mechatronics and Microsystems. Het DCMM richt zich op mechatronica en microstelsysteemtechnologie, en dan vooral op de kruisbestuiving tussen die twee disciplines. De mechatronica kan nieuwe tools voor het fabriceren van microsystemen voortbrengen, en microsystemen op hun beurt kunnen toepassing vinden in nieuwe mechatronische modules. Dit was ook de rode draad van het tweede DCMM-Symposium, dat begin september plaatsvond in Delft. Vooraanstaande sprekers uit het internationale bedrijfsleven en de onderzoekswereld gaven acte de présence. Mikroniek laat enkele bijdragen kort de revue passeren.

Het DCMM bundelt onderzoekers van de faculteit Werktuigbouwkunde en het Delftse instituut voor micro-elektronica en submicrontechnologie DIMES. Decaan Marco Waas van deze faculteit opende het symposium met een verhaal over de weg naar het innovatieparadijs. Een weg die geplaveid moet worden door voldoende beschikbaarheid van wetenschappers, toepassing van patenten, technologisch absorptievermogen bij bedrijven en veel hightech start-ups. De presentaties tijdens het symposium lieten zien dat het daaraan op het gebied van mechatronica en microstelsysteemtechnologie niet ontbreekt.

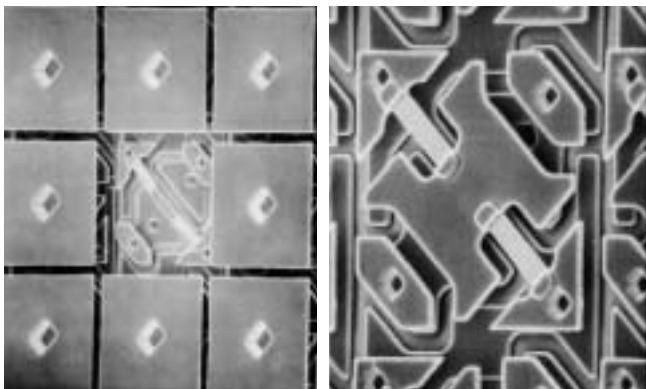
Commercieel succes

Het DCMM kent een focus op de productie van microsystemen in hoge volumes. Daarbij paste uitstekend het verhaal van Mike Douglass van Texas Instruments over de ontwikkeling van het Digital Micromirror Device (DMD); zie

Afbeelding 1. Dit microstelsysteem is een voorbeeld van een commercieel succesvol MEMS-device (MEMS = Micro Electrical Mechanical System). Het is inmiddels onderdeel van meer dan vijf miljoen projectoren die werken met TI's Digital Light Processing-technologie. Deze kantoortoepassing kent typisch bedrijfstijden van maximaal 1000 uur/jaar. Tijdens de ontwikkeling begin jaren negentig werd daarom een lifetime van 5000 uur als ontwerpdoel gesteld. Met het oog op intensiever gebruik voor andere toepassingen, bijvoorbeeld in high-definition tv, verschoof dat later naar 50.000 uur. Met het oog op een hoge betrouwbaarheid koos TI voor de FMEA-aanpak (Failure Modes and Effects Analysis) bij het initiële ontwerp en bij elk volgend herontwerp. Douglass vertelde over de teststrategieën en -methodologieën die TI heeft ontwikkeld om inzicht te krijgen in de werking en het falen van de DMD en zijn onderdelen, zoals de scharnieren waar de individuele spiegelstukjes om

tussen mechatronica technologie

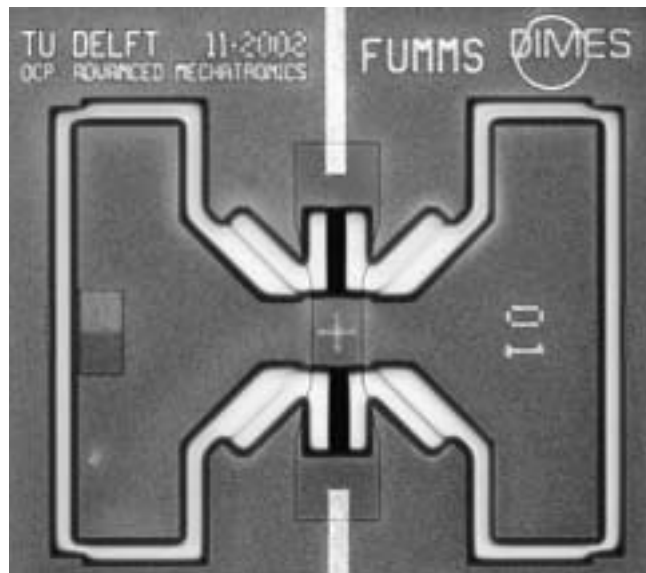
roteren. Zo heeft TI al bijna tien jaar onafgebroken een duurproef lopen. Volgens huidige schattingen bedraagt de levensduur van een DMD-microsysteem meer dan 100.000 uur. De focus op betrouwbaarheid is essentieel gebleken voor de industrialisatie van dit MEMS-device.



Afbeelding 1. Scanning Elektronen Microscop-detailopnames van een Digital Micromirror Device van Texas Instruments. De DMD is een CMOS-chip voorzien van een array van bistabiele spiegeltjes (van $16 \times 16 \mu^2$). Gestuurd door de elektronica kunnen die elk twee oriëntaties aannemen, een 'aan'- en een 'uit'-stand. 'Aan' betekent dat het betreffende spiegeltje kan bijdragen aan de projectie. (Foto's: TI)

Delfts onderzoek

Lina Sarro, als hoogleraar verbonden aan de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica en aan instituut DIMES, gaf een overzicht van het DCMM-onderzoek op het gebied van de microsysteemtechnologie. De focus van het Delftse MST-onderzoek ligt op micro-structurering, autonome microsystemen (integratie van sensoren, actuatoren en energievoorziening) en de overgang van micro- naar nanoschaal (NEMS = Nano Electrical Mechanical Systems). Als toepassingsgebieden noemde Sarro biomedische analyse, automobiellindustrie, rf (voor radiofrequentiecommunicatie), instrumentatie en micro-assemblage en



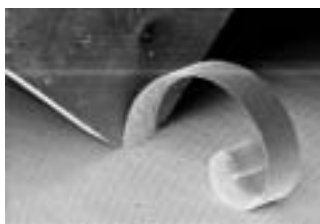
Afbeelding 2. Een thermische MEMS-actuator, bedoeld om bij toekomstige harde schijven de lees/schrijfkop nauwkeurig boven het midden van de zeer smalle sporen te houden. (Foto: Sander Paalvast, TU Delft/DCMM)

-manipulatie; zie ook Afbeelding 2. Vervolgens ging zij dieper in op technieken voor het realiseren van microstructuren, op de integratie van elektrische en niet-elektrische (bijvoorbeeld optische of mechanische) functies, op nieuwe materialen en nieuwe functies en op technieken voor bonding en packaging.

Ultraprecisie-verspanen

Mechatronische oplossingen voor precisie- en micro-productie kwamen aan bod in het verhaal van Christian Wenzel van het Fraunhofer-Institut Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Aken. Hij concentreerde zich op de toepassing van monokristallijn diamant voor ultraprecisie-verspaning (zie Afbeelding 3). De behoefte aan deze

bewerkingstechniek hangt samen met de behoefte aan optische en micro-gestructureerde oppervlakken voor toepassing in onder meer optische telecommunicatie en medische technologie. Met name non-ferro-metalen en kunststoffen lenen zich voor bewerkingen met monokristallijne gereedschappen; de interactie van diamant met metalen als ijzer en titaan resulteert namelijk in de vorming van carbides. Voorbeelden zijn aluminium spiegels en nikkelgecoate stalen spuitgietmatrijzen. Wenzel ging dieper in op het zogeheten Fast Tool Servo-systeem voor het bewerken van niet-rotatiesymmetrische producten op een draaibank; zie ook het artikel over freeform-optiek in deze Mikroniek. Daarnaast presenteerde hij een door Fraunhofer IPK gebouwde machine voor het precisiebewerken van grote oppervlakken tot $1 \times 1 \text{ m}^2$.



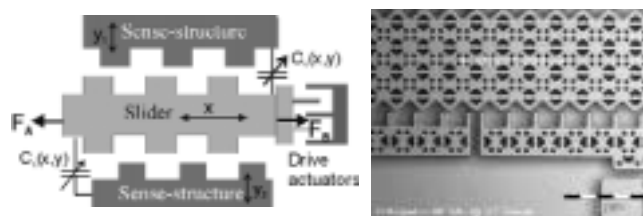
Afbeelding 3. Een Scanning Elektronen Microscopie-opname van een verspanende bewerking.

Micro-mechatronica

Herman Soemers, werkzaam bij Philips Applied Technologies (voorheen CFT) en hoogleraar aan de Universiteit Twente, ging in op de potentie van microsysteemtechnologie voor het miniaturiseren van mechatronische systemen. Daartoe besteedde hij uitvoerig aandacht aan fysische aspecten van miniaturisering, zoals de schaling van diverse grootheden. Waar stijfheid evenredig met de vergrotingsmaat schaalst en massa met de derde macht, daarschaalt de eigenfrequentie omgekeerd evenredig met de vergrotingsmaat. Op micro-schaal is dus een betere dynamische respons mogelijk. Schaafeffecten kunnen ook negatief uitpakken. Het miniaturiseren van elektromagnetische actuatoren bijvoorbeeld stuit op een ongunstige schaling van de te leveren arbeid. Elektrostatische actuatoren als alternatief zijn met lithografische technieken te maken in de vorm van kam-actuatoren. Bij micro-positiesensoren op basis van capaciteits- of weerstandsveranderingen speelt het probleem van lage signaal-ruisverhoudingen. Twentse onderzoekers ontwikkelden een capacitieve positiesensor geïntegreerd met een elektrostatische micro-actuator; zie Afbeelding 4. Deze sensor combineert een groot bereik met een hoge nauwkeurigheid.

Waar de meeste MEMS zich tot het platte vlak beperken, presenteerde Soemers tot slot een voorbeeld van de productie van een MEMS in drie dimensies (“eigenlijk is hij 2,5-dimensionaal”). Dit betrof een parallelle micro-manipulator met zes vrijheidsgraden, bijvoorbeeld voor toepassing als sample-

manipulator in een Transmissie Elektronen Microscop. Soemers concludeerde dat het ontwerpen van mechatronische microsystemen nog meer verschillende competenties – waaronder de specifieke productietechnologieën en ‘packaging’ – vereist dan het ontwerpen van macrosystemen.



Afbeelding 4. Een incrementele positiesensor met een kamstructuur, waarvan de werking is gebaseerd op capaciteitsvariaties. Links het concept. Rechts: de periode van de structuur bedraagt $16 \mu\text{m}$; in closed-loop operatie blijkt een positionauwkeurigheid van 18 nm haalbaar. (Foto's: Toon Kuipers)

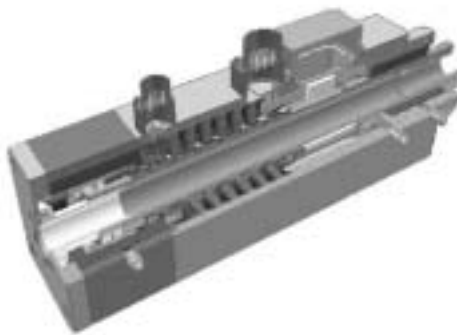
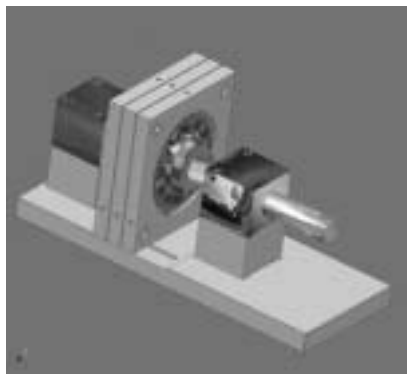
Mechatronica voor scheerapparaten

Machinebouw voor de productie van scheerapparaten is mechatronica in optima forma, zo demonstreerde Jan Reinder Fransens van Philips DAP, afdeling Innovatie Middelen en Service (IMS). Hij presenteerde een breed scala aan geavanceerde machines, zoals een machine voor het maken van prototypes van nieuwe typen scheerkoppen met behulp van Electro Chemical Processing, een optische meetmachine voor het controleren van scheerkoppen, een machine voor het bewerken van slijpstenen en een intelligente vonkgenerator voor bewerkingen zoals vonk-erosie.

Fransens ging dieper in op het ontwerp van een phi-z-motor met submicronresolutie. De snijkant van mesjes van de duurdere shavers wordt met vonk-erosie bewerkt voor het verkrijgen van de gewenste speciale vorm. De vonk-erosiemachines hebben een hydraulische actuator (HTRM = Hydraulic Translation and Rotation Module). Nadelen van de HTRM zijn de hoge prijs, het hoge energieverbruik en de noodzaak van een hydraulische infrastructuur. Als alternatief werd, samen met Philips Applied Technologies, een elektrische phi-z-motor ontwikkeld, een ETRM (Electronic Translation and Rotation Module) voor translatie langs en rotatie om de verticale as; zie Afbeelding 5. Een prototype voldeed aan de volgende specificaties: slag 56 mm , resolutie $0,1 \mu\text{m}$, axiale nauwkeurigheid $2,5 \mu\text{m}$, axiale versnelling boven 20 m/s^2 en rotatiesnelheid meer dan 1500 toeren per minuut. Een technisch hoogstandje.

Adaptieve optica

Niek Doelman van TNO Industrie en Techniek sprak over adaptieve optica, oftewel de ruimtelijke en temporele mani-



Afbeelding 5. De ETRM, oftewel phi-z-motor. Links een 'first principle proof', rechts het mechanisch ontwerp.

pulatie van optische golffronten. Zie Afbeelding 6 voor het principe: met een vervormbare spiegel (of lens) kan het golffront afkomstig van bijvoorbeeld een astronomisch object worden gemanipuleerd. Deze manipulatie kan dienen om het golffront een gewenste vorm te geven of om het te corrigeren voor ongewenste verstoringen, bijvoorbeeld als gevolg van atmosferische condities. De techniek kent uiteenlopende toepassingen, waarvan de astronomie de meeste rijpe is. Voor toepassing in een telescoop – zo vertelde Doelman – liggen de ontwerpuitdagingen onder meer in het beperken van de energiedissipatie en de warmteontwikkeling van de vervormbare spiegel, het grote aantal actuatoren, de hoge regelbandbreedte en de ruis van de golffrontsensor in geval lichtzwakke objecten in beeld worden gebracht.

Deze uitdagingen zijn onderwerp van onderzoek in een pro-

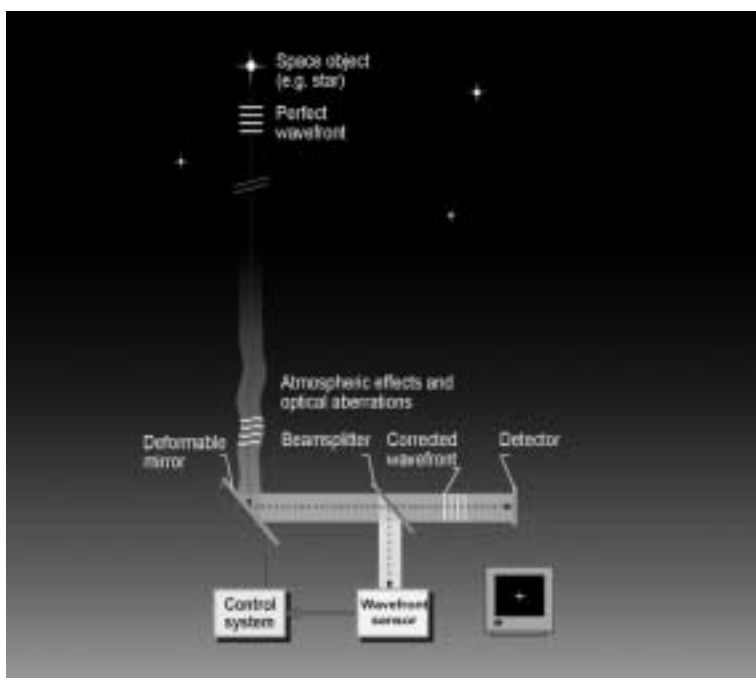
ject van het IOP Precisietechnologie. Zo ontwikkelen de actuatoren die de vervorming van de spiegel moeten realiseren zelf warmte, hetgeen weer een versturende invloed op het golffront heeft. Voor de toekomst worden telescopen voorzien met diameter van 30-100 meter. Hiervoor zijn vervormbare spiegels nodig met duizenden actuatoren. Voor real-time correctie is dan een uiterst efficiënt regelalgoritme vereist. Conclusie van dit verhaal over adaptieve optica-systemen: de interactie tussen de mechanica, de besturing, de sensoren en de actuatoren leidt tot gecompliceerde ontwerp-problemen en trade-offs. Typisch mechatronica dus.

MicroNed

Het tweede DCMM-Symposium werd gesponsord door het IOP Precisietechnologie en door MicroNed, een programma in het kader van het Besluit Subsidies Investerings Kennisinfrastructuur (Bsik). MicroNed heeft tot doel de kennis op het gebied van MST en MEMS verder te ontwikkelen en te verspreiden. Hierbij zal in het bijzonder aandacht worden besteed aan de problemen die verdere toepassing van MST in de industrie in de weg staan. Hoofdcoördinator van MicroNed is prof.dr.ir. Fred van Keulen, wetenschappelijk directeur van het DCMM.

Informatie

Delft Centre for Mechatronics and Microsystems
Dr.ir. Marcel Tichem, technisch secretaris
m.tichem@3me.tudelft.nl
tel. 015 - 278 16 03
www.mm.tudelft.nl



Afbeelding 6. Het principe van adaptieve optica zoals toegepast in een telescoop. Aan de hand van waarnemingen aan het golffront wordt de vervormbare spiegel zodanig afgeregeld dat het golffront wordt gecorrigeerd voor atmosferische storingen.