

# Nauwkeurig meten van free-form optische oppervlakken

### ONDERWERP:

Contactloos meten van free-form optische oppervlakken met nanometernauwkeurigheid (NANOMEFOS staat voor Nanometer Accuracy NO<sub>n</sub>-contact MEasurement of Freeform Optical Surfaces)

### DOELSTELLING:

Het ontwerpen, bouwen en testen van een universele contactloze meetmachine voor grote free-form optische oppervlakken met een meetonzekerheid van 30 nanometer

### MARKTEN:

Producenten van high-end optiek, gebruikers van high-end optiek (bijvoorbeeld in wetenschap, astronomie, luchtvaart en lithografie), producenten van fabricage- en meetapparatuur

### MOGELIJK GEBRUIK:

Voor het universeel meten van free-form optische oppervlakken van werkstukken met een diameter tot 500 millimeter, een maximale hoogte van 100 mm en een gewicht tot 50 kilo in ongeveer 15 minuten

### ONDERZOEKSPERIODE:

Maart 2004 - februari 2008

### BUDGET:

EUR 1.050.368, waarvan EUR 622.782 subsidie door IOP

### ONDERZOEKSIINSTITUUT:

TNO Industrie en Techniek, Technische Universiteit Eindhoven, NMI Van Swinden Laboratorium, National Physical Laboratory (UK)

### PROJECTLEIDER:

Jacob Jan Korpershoek



Projectteam met de wijzers van de klok mee, te beginnen linksonder: Lennino Cacace, Maarten Steinbuch, Jacob Jan Korpershoek, Wim van Amstel, Nick Rosielle, Rob Bergmans, Rens Henselmans

In de waardeketen voor free-form fabricage ontbreekt tot nu toe een geschikt meetsysteem voor verificatie van de absolute vorm van het oppervlak. TNO Industrie en Techniek, de Technische Universiteit Eindhoven, het Nederlands Meetinstituut en het Engelse National Physical Laboratory werken samen aan een geschikte meetmachine.

Asferische en free-form optische componenten hebben een groot voordeel ten opzichte van optiek met conventionele vlakke en sferische oppervlakken. "Hun optische kwaliteit is veel hoger en het aantal lenzen dat nodig is om afwijkingen zoals distorsie te corrigeren, kan drastisch omlaag", zegt Jacob Jan Korpershoek, hoofd van de afdeling Precisiemechanica van TNO Industrie en Techniek. "In instrumenten voor de ruimtevaart

bijvoorbeeld zijn de afmetingen en het gewicht van instrumenten zeer kritisch. Grote dynamische en temperatuurbelasting spelen ook een rol. Bij gebruik van conventionele optiek wordt het mechanisch ontwerp bepaald door het optische systeem. Door daarin vrije vormen te gebruiken kan het aantal componenten sterk omlaag en kunnen ze vanuit mechanisch oogpunt optimaal worden gepositioneerd, terwijl ook nog eens de optische kwaliteit van het systeem verbetert."

Het ontwerpen van free-form oppervlakken met minimale afwijkingen is met geavanceerde software goed te doen. Maar het fabriceren ervan is nog steeds een groot probleem. "In de waardeketen voor free-form fabricage is het nauwkeurig meten van de absolute vorm van een oppervlak de ontbrekende schakel."

### Zeven stappen

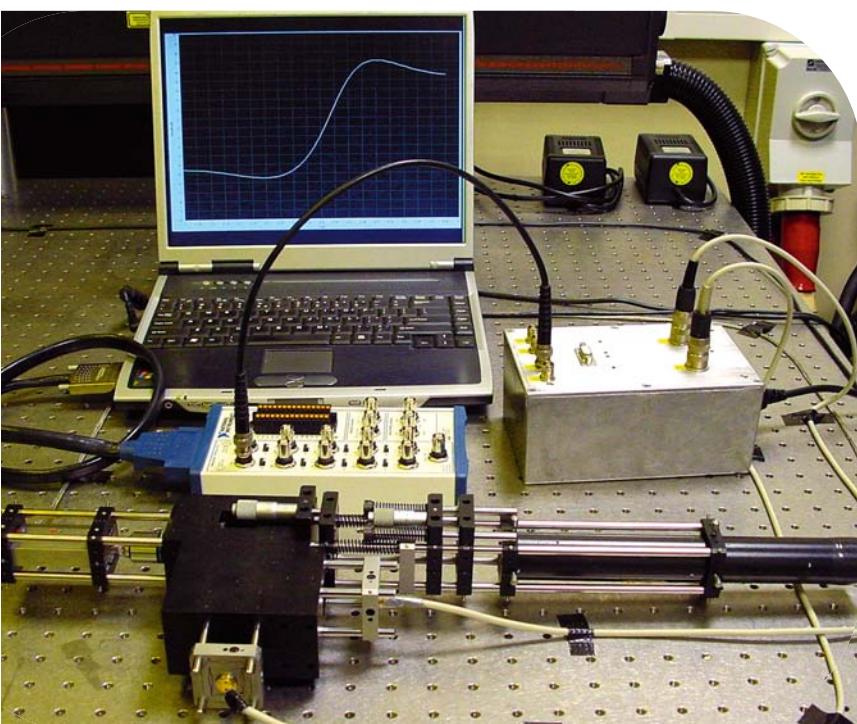
TNO's waarde- of procesketen voor free-form fabricage bestaat uit zeven stappen. Tijdens de voorbereiding krijgt een materiaal de vorm die zo dicht mogelijk bij die van het eindproduct komt. "In het geval van metaal doen we dat met draaien of frezen. Brosse materialen zoals glas worden geslepen", legt Jacob Jan Korpershoek uit. In de volgende stap van de keten wordt het werkstuk gemeten om te bepalen welke nauwkeurigheid in de eerste stap behaald is. Dat gebeurt met een conventionele contactmeetmachine zoals een Coördinaten MeetMachine (CMM). Daarna krijgt

het werkstuk zijn nauwkeurige free-form oppervlak, afhankelijk van het materiaal, door bewerkingen als diamantdraaien en fluid-jetpolijsten. Dit is een iteratief proces, waarbij het werkstuk om en om wordt bewerkt en gemeten totdat aan alle eisen is voldaan. Na de zesde stap - de definitieve meting op basis waarvan de klant het product accepteert - krijgt het oppervlak een beschermende coating en is het product klaar voor transport.

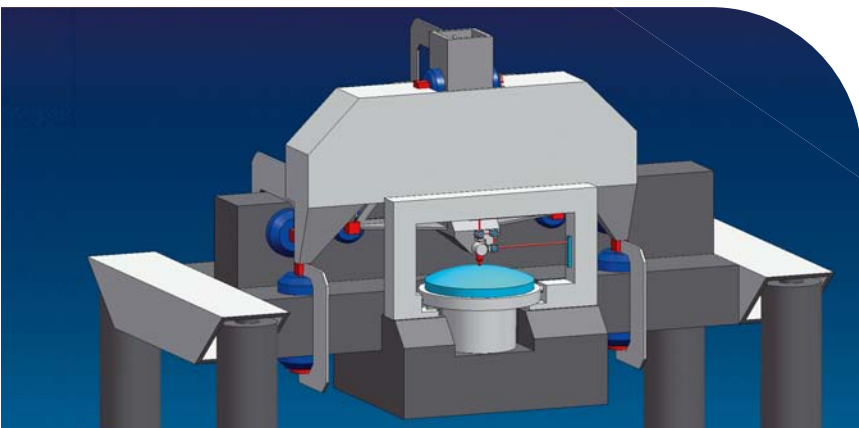
In dit IOP-project, een samenwerkingsverband tussen TNO, de Technische Universiteit Eindhoven, het NMI Van Swinden Laboratorium en het Engelse National Physical Laboratory, zullen de metingen in het iteratieve proces en ten behoeve van acceptatie door de afnemer op vijf punten worden verbeterd: het systeem meet contactloos, met grotere nauwkeurigheid, is geschikt voor grotere werkstukken, universeel en sneller.

### Enorme CD-speler

Om nauwkeuriger te kunnen meten zonder het gepolijste oppervlak te beschadigen, is contactloos meten essentieel. Hoewel daardoor de complexiteit van het meetsysteem toeneemt, heeft het als bijkomend voordeel dat het sneller gaat. Op dit moment heeft een conventionele CMM tot zes uur nodig om een oppervlak met een diameter van 500 millimeter af te tasten. De machine die nu ontwikkeld wordt, kan hetzelfde oppervlak opmeten in vijftien minuten. De meetmachine bestaat uit drie subsystemen: het bewegingssysteem, de contactloze taster en een meetlus. Projectleider Jacob Jan Korpershoek: "Het ontwerp lijkt nog het meest op een enorme CD-speler. Net als daar heb je een laser die gecombineerd met een lens en enkele sensoren het oppervlak afleest. Het belangrijkste verschil is dat een CD vlak is en het werkstuk op onze draaitafel is dat uiteraard niet." De contactloze taster heeft een bereik van 5 millimeter en nanometernauwkeurigheid. Om een lange meetlus en de bijbehorende meetfouten te voorkomen, is er een speciaal metrologieframe toegevoegd. Interferometrisch wordt de positie van de taster ten opzichte van dat frame gemeten. In het project wordt een speciale contactloze taster ontwikkeld omdat die niet op de markt verkrijgbaar is. Rens Henselmans verricht het promotieonderzoek aan de TU/e. Eerder studeerde hij daar af op het ontwerp van de meetmachine. Hij is verantwoordelijk voor het meetmachineontwerp, en het bouwen en testen van een prototype. TNO fungeert als projectleider en brengt de voor



Testopstelling van de meettaster (door Lennino Cacace)



Ontwerp van de meetmachine

het optische ontwerp benodigde kennis in. NMI zal het prototype kalibreren en valideren. Het National Physical Laboratory is Englands onderzoeks- en kennisinstituut op het gebied van metrologie en materiaalwetenschappen. "Het is de eerste keer dat in een IOP-project wordt samengewerkt met een internationale partner", zegt Jacob Jan Korpershoek van TNO. "We vinden het een geweldige kans om van elkaars kennis en expertise gebruik te maken en om elkaars netwerk te leren kennen. We werken graag met NPL samen omdat we vinden dat Nederlands onderzoek zich niet moet beperken tot de grens. Daar is ons land te klein voor."

### Deelname van het bedrijfsleven

Er is veel interesse vanuit het bedrijfsleven, merkt Jacob Jan Korpershoek. "Nederland kent een lange traditie op het gebied van precisiemechanica. Gestimuleerd door de aanwezigheid van Philips is dat vak tot bloei gekomen en het kennisniveau is zowel bij universiteiten als bij bedrijven erg hoog. Een aantal partijen is zeer succesvol in het produceren van hoognauwkeurige fabricage- en meetapparatuur. Zij zouden erg geholpen zijn met de snelheid van meten en de flexibiliteit van de NANOMEFOS-machine."

Drie typen bedrijven zijn momenteel geïnteresseerd in het project: producenten van high-end optiek, gebruikers van high-end optiek (bijvoorbeeld in wetenschap, astronomie, luchtvaart en lithografie) en producenten van fabricage- en meetapparatuur. Precitech Ultra Precision, de Europese vestiging van Precitech Inc., is een van de bedrijven van de laatste categorie die toetrad tot de begeleidingscommissie. "Onze klanten zijn vooral actief op het gebied van fotonica", vertelt Gildo Wanders, business manager Europa. "Zij gebruiken onze ultraprecisie fabricage- en meetapparatuur

voor het bereiken van zowel vorm- als oppervlakenauwkeurigheid." Precitech Inc. heeft niet de ambitie om zelf free-form meetmachines te gaan produceren. "Maar het ontbreken ervan belemmert de verkoop van fabricageapparatuur. De 'early innovators' in onze klantenkring moeten immers wachten tot de hele keten van free-form fabricage is afgedekt. De technische specificaties van zo'n meetmachine kunnen wij in een breder perspectief

#### BEGELEIDINGSKOMMISSIE

*Anteryon*

*ASML*

*Heidenhain*

*Hemtech*

*IBS Precision Engineering*

*Philips AppTech*

*Philips ETG*

*Physixfactor*

*Precitech Ultra Precision*

*Veco*

*Vision Dynamics*

*WimOptik*

#### VOOR MEER INFORMATIE OVER NANOMEFOS

*TNO Industrie en Techniek, Jacob Jan Korpershoek*

*Telefoon 015 269 21 77*

*E-mail jj.korpershoek@tno.nl*

*Website www.tno.nl (zoekwoord freeform)*

#### PROJECTGROEP NANOMEFOS

*TNO Industrie en Techniek:*

*Jacob Jan Korpershoek*

*Ian Saunders*

*Technische Universiteit Eindhoven:*

*Rens Henselmans*

*Lennino Cacace*

*Nick Rosielle*

*Maarten Steinbuch*

*NMI Van Swinden Laboratorium:*

*Rob Bergmans*

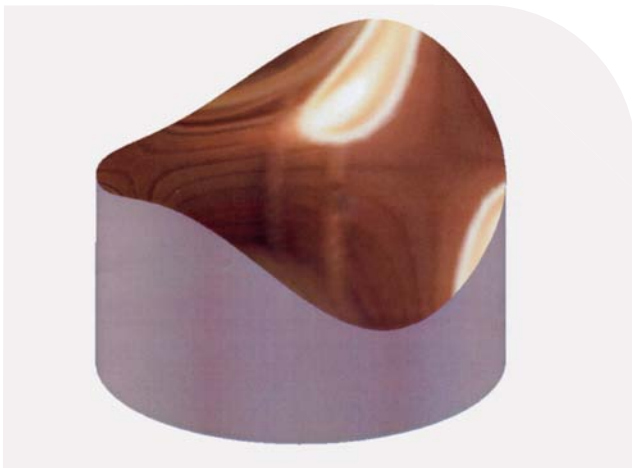
*Gerard Kotte*

*National Physical Laboratory (UK):*

*Simon Oldfield*

*Keith Jackson*

plaatsen doordat we de wensen van onze klanten kennen.” Wanders is tevreden over de interactie tijdens de bijeenkomsten van de begeleidingscommissie en is ervan overtuigd dat zijn inbreng de richting van het project mede beïnvloedt. Een ander lid van de begeleidingscommissie is Henny Spaan, directeur-eigenaar van het Eindhovense IBS Precision Engineering. “Een van onze activiteiten is de ontwikkeling en assemblage van klantspecifieke meetsystemen voor bijvoorbeeld de halfgeleider- en de automobiellindustrie.” Ook astronomie is een marktgebied waar de vorm van asferische lenzen wordt gemeten met technologie van IBS. In dit



Voorbeeld van een free-form oppervlak

IOP-project is het streven gericht op contactloos meten van werkstukken met grote afmetingen. IBS maakt nu nog gebruik van contactsensoren. Daarom is het bedrijf geïnteresseerd om te zijner tijd bepaalde deeloplossingen in hun klantspecifieke apparatuur te kunnen gebruiken.

Henny Spaan is al eerder betrokken geweest bij IOP-projecten en waardeert de contacten en interactie met onderzoekers van universiteiten en kennisinstellingen. “In dit geval helpen we de promovendus ook buiten de bijeenkomsten om, zodat een nog grotere nauwkeurigheid kan worden bereikt. In het verleden hebben we door zo’n samenwerkingsverband allerlei nieuwe ideeën opgedaan. Maar we doen het vooral omdat het leuk is!”

## Informatie over het IOP Precisietechnologie:

Contact Dr. Casper Langerak, programmacoördinator  
Telefoon 070 373 53 12  
Fax 070 373 56 30  
E-mail c.langerak@senternovem.nl  
Website 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 Den Haag  
Juliana van Stolberglaan 3  
Postbus 93144  
2509 AC Den Haag  
Telefoon 070 373 52 77  
Fax 070 373 51 00  
www.senternovem.nl  
info@senternovem.nl

April 2006  
1IOP0610

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 subsidieregeling en geldt dat de beoordeling van subsidieaanvragen uitsluitend plaatsvindt aan de hand van de officiële publicatie van het besluit in de Staatscourant.