

Adaptieve spiegel met hoge actuator dichtheid en gedistribueerde regeltechniek

ONDERWERP:

Grote deformeerbare membraanspiegel met hoge actuator dichtheid en gedistribueerde regeltechniek

DOELSTELLING:

Het ontwikkelen en realiseren van een deformeerbare membraanspiegel met hoge actuator dichtheid en gedistribueerde regeltechniek. Zowel het mechanische ontwerp als de aansturing zijn modulair en uitbreidbaar tot duizenden actuatoren. De actuatoren positioneren het oppervlak van de spiegel met nanometernauwkeurigheid, met een geringe warmteproductie en tegen redelijke kosten

MARKTEN:

Astronomische telescopen, halfgeleiderlasers, oogmeetkunde, freespace optische communicatie

MOGELIJK GEBRUIK:

Zowel in temporele als spatiële zin manipuleren van optische golfvronten om verstoringen te compenseren.

Die zijn ontstaan door bijvoorbeeld atmosferische turbulentie of optische systeemaberraties

ONDERZOEKSPERIODE:

Maart 2004 - februari 2008

BUDGET:

EUR 813.000, waarvan EUR 719.973 subsidie door IOP

ONDERZOEKSWERK:

Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Eindhoven, TNO Industrie en Techniek

PROJECTLEIDER:

Niek Doelman



V.l.n.r. Niek Doelman (TNO), Michel Verhaegen (TUD), Maarten Steinbuch (TU/e), Nick Rosielle (TU/e), Rogier Ellenbroek (TUD), Roger Hamelincx (TU/e)

In optische telescopen worden deformeerbare spiegels gebruikt om verstoring door atmosferische turbulentie te corrigeren. Om een betere beeldkwaliteit te bereiken, ontwikkelen onderzoekers van drie kennisinstituten gezamenlijk een adaptieve spiegel met (potentieel) duizenden actuatoren.

“De afbeelding van een ster zoals we die door een telescoop zien, wordt verstoord door atmosferische turbulentie. Wat een vage vlek lijkt, kunnen in werkelijkheid drie sterren zijn”, zegt Niek Doelman, senior onderzoeker bij TNO Industrie en Techniek. Met behulp van adaptieve optiek kan die verstoring worden gecorrigeerd en dus de kwaliteit van de afbeelding worden verbeterd.

Om het principe van adaptieve optiek te verduidelijken, legt Niek Doelman eerst uit wat

optische golffrontcorrectie inhoudt. Als een bron licht uitzendt, vormen de deeltjes die tegelijkertijd vertrekken een golffront. Omdat sterren zich op grote afstand bevinden, bereikt het licht dat zij uitzenden de aarde in parallelle bundels waarvan de voorkant vlak is. Tegen de tijd dat het van oorsprong vlakke golffront in de telescoop op aarde aankomt, heeft het diverse lagen in de atmosfeer gepasseerd en zijn er fouten geïntroduceerd. Zowel door atmosferische turbulentie als door optische systeemaberraties is de vorm van het golffront veranderd. Adaptieve optiek kan dat corrigeren. Op basis van sensorinformatie berekent een real-time regelsysteem het tegengestelde van de vorm van het golffront. Het regelsysteem laat op basis daarvan een groot aantal actuatoren loodrecht op het vlak van een deformeerbaar spiegelend oppervlak bewegen, waardoor de afwijkingen gecompenseerd worden.

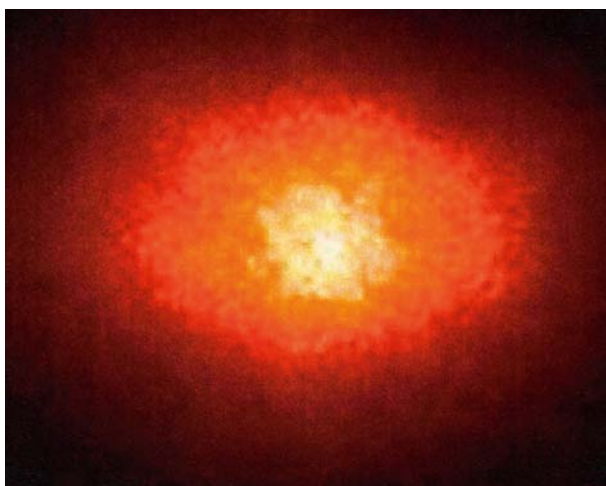
“Een grote telescoop, zoals de Keck-telescoop op Hawaï met een diameter van 10 meter, gebruikt een adaptieve spiegel met een diameter van 15 centimeter en enkele honderden actuatoren”, vertelt hij. De trend in de astronomie is echter een steeds verdergaande verbetering van de resolutie en het contrast, en een vergroting van de dekking van de hemel. Dat vereist een groter spiegeloppervlak met duizenden actuatoren. Ook aan het regelsysteem worden hogere eisen gesteld. Met het toenemend aantal actuatoren en sensoren is een efficiëntere manier van rekenen en aansturen nodig om de correcties real-time aan te kunnen brengen. De rekencomplexiteit moet omlaag, uiteraard zonder de kwaliteit van het resultaat te beïnvloeden.

Modulair ontwerp

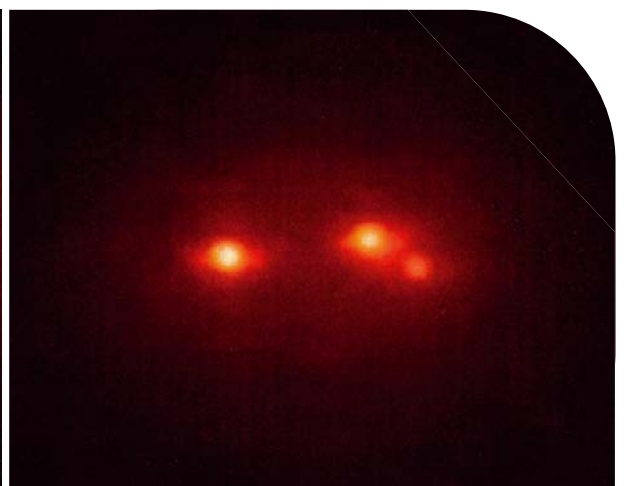
Adaptieve optiek is een complex vakgebied. Daarom werken drie kennisinstellingen samen aan het verbeteren van de spiegel en de regeltechniek: de Technische Universiteit Eindhoven, TNO Industrie en Techniek en de Technische

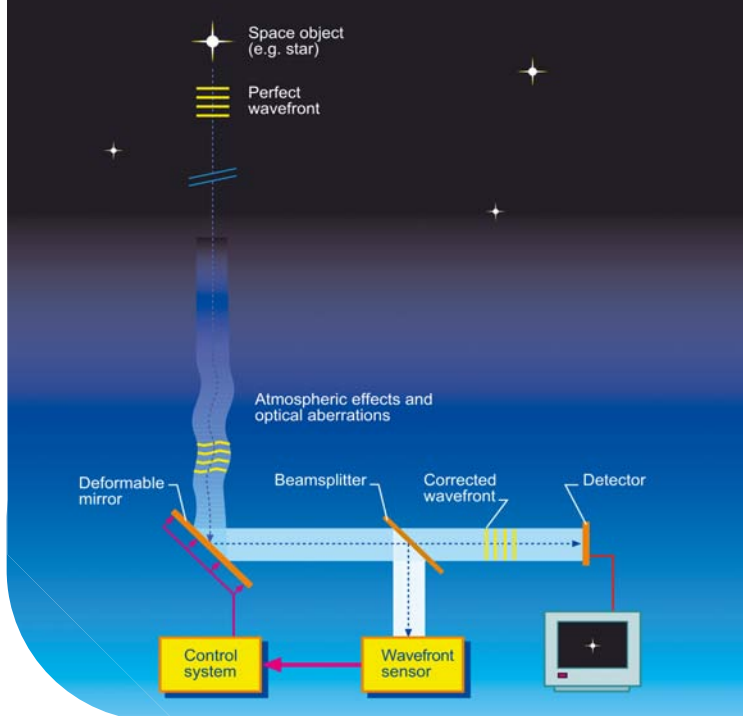
Universiteit Delft. “Dit project is voor ons allemaal een interessante uitdaging. De problematiek zit vooral in de interactie en afwegingen tussen mechanica, actuatie en meet- en regeltechniek”, zegt projectleider Niek Doelman. Het project Adaptieve optiek bestaat uit twee onderdelen: het ontwikkelen van de deformeerbare spiegel met duizenden actuatoren, en het ontwerp van een zodanig efficiënte controller dat die real-time de golffrontcorrectie kan aansturen. Het eerste deelproject wordt uitgevoerd in Eindhoven, het tweede in Delft. TNO is verantwoordelijk voor het projectmanagement en brengt kennis en ervaring in op het gebied van optomechanica en regeltechniek. De promovendus in Eindhoven, Roger Hamelinck, werkt in de Dynamical System Design Group. “Tijdens zijn afstudeeronderzoek ontwikkelde hij het concept voor een modulaire deformeerbare spiegel”, legt Niek Doelman uit. “In dit IOP-project werkt hij dat uit tot een werkend prototype.” Een dun deformeerbaar en spiegelend membraan fungeert als het corrigerende element. Een grid van laagvoltage elektromagnetische push-pull actuatoren zorgt voor locale bewegingen van het membraanoppervlak. De actuatoren worden in arrays geplaatst, waardoor het ontwerp modulair en dus eenvoudig uitbreidbaar is. Een lichte en stijve honingraatstructuur ondersteunt de actuatorarray en is zowel een stabiele basis als een temperatuurafhankelijke referentie voor de actuatoren. “We werken met elektromagnetische actuatoren in plaats van piëzo-elementen omdat die laatste duurder zijn. Bovendien zijn piëzo-elementen star en veroorzaken zij, als ze niet goed functioneren, een star punt in de spiegel. Elektromagnetische actuatoren lossen beide problemen op en hebben nog een aantrekkelijke eigenschap: ze gebruiken slechts enkele milliwatts per actuator, zodat actieve koeling niet nodig is. Want warmteproductie zou nieuwe afwijkingen introduceren.” Roger Hamelinck heeft, nu het project

Afbeelding van drie sterren, verstoord door atmosferische turbulentie



Dezelfde afbeelding gecorrigeerd met adaptieve optiek





Principe van adaptieve optiek voor het corrigeren van atmosferische turbulentie in een telescoop

halverwege is, de eerste actuators klaar en de onderdelen voor de array die 61 actuators bevat. Er is een opstelling gemaakt om de stijfheid van de membraanondersteuning en het dynamische gedrag van de actuators te kunnen meten. Wat rest is onder andere de uitdaging om de actuators aan het membraan te bevestigen.

De tweede promovendus, Rogier Ellenbroek, voert zijn onderzoek uit in het Delft Center for Systems and Control en richt zich op de efficiëntere reken- en regelstrategie. Met het toenemend aantal actuators groeit ook de complexiteit van hun aansturing. Tot nu toe is het zo dat een centrale controller voor iedere individuele actuator het stuursignaal berekent op basis van de signalen van alle sensoren. Bovendien houdt de controller hierbij rekening met beweging van alle andere actuators, omdat het spiegel-membraan niet lokaal reagerend is. Dat is geen probleem, zolang het aantal actuators beperkt blijft tot een paar honderd. Niek Doelman: "Maar in het geval van enkele duizenden actuators stijgt de hoeveelheid berekeningen onaanvaardbaar. Het concept van de nieuwe aanpak is om de regeltaak te distribueren over lokale rekenheden, en tegelijkertijd de hoeveelheid informatieuitwisseling tussen actuators en sensoren te beperken tot de eraanstaande eenheid." In dit projectonderdeel is het doel te komen tot een algoritme dat werkt voor een array met 61 actuators maar dat uitbreidbaar is naar een systeem met vele duizenden actuators.

Industriële betrokkenheid

Door de grote bandbreedte van atmosferische verstoringen is astronomie de meest veeleisende toepassing van adaptieve optiek. Daarom zijn de eisen uit dit toepassingsgebied bepalend voor het onderzoek. Maar daarnaast is adaptieve

optiek een bekende techniek in toepassingen als halfgeleiderlasers, oogmeetkunde en freespace optische communicatie. Dat is zichtbaar in de samenstelling van de begeleidingscommissie van dit IOP-project. Een van de bedrijven die lid zijn geworden, is NCLR (Nederlands Centrum voor Laser Research) in Enschede. NCLR ontwikkelt en bouwt excimerlaserapparatuur, voornamelijk voor de luchtvaartindustrie. "In onze laserapparatuur ontstaan vervormingen in de laserstraal door warmteontwikkeling en door turbulentie vanwege het gebruik van gas", zegt Ramon Hofstra, die verantwoordelijk is voor het ontwerp en de ontwikkeling van excimerlasersystemen. "Het zou heel nuttig zijn als we die afwijkingen konden meten en corrigeren." Omdat er grote verschillen zijn tussen lasersystemen en astronomie, is het mogelijk dat de resultaten van het IOP-onderzoek voor NCLR niet erg bruikbaar zijn. "Maar ook in dat geval zijn we erg benieuwd hoe adaptieve optiek zich de komende tijd zal ontwikkelen. Voor ons is het sowieso aantrekkelijk bij dit

BEGELEIDINGSKOMMISSIE

Astro Systems Holland
 BOC Edwards Pharmaceutical Systems
 Centre for Concepts in Mechatronics
 Dutch Space
 Integrated Dynamics Engineering
 NCLR
 Philips Applied Technologies
 Singulus Mastering
 Technobis
 Universiteit Utrecht

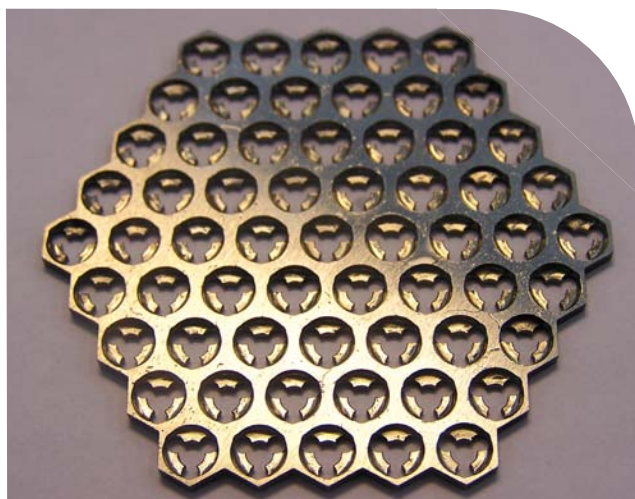
VOOR MEER INFORMATIE OVER ADAPTIEVE OPTIEK

TNO Industrie en Techniek, dr. ir. Niek Doelman
 Telefoon 015 269 24 10
 E-mail niek.doelman@tno.nl
 Website www.tno.nl (zoekwoord Adaptive Optics)

PROJECTGROEP ADAPTIEVE OPTIEK

Niek Doelman (TNO)
 Rogier Ellenbroek (TUD)
 Roger Hamelinck (TU/e)
 Nick Rosielle (TU/e)
 Maarten Steinbuch (TU/e)
 Michel Verhaegen (TUD)

soort onderzoeksprojecten betrokken te zijn en hopelijk kunnen we de promovendi erbij helpen." Ramon Hofstra heeft gemerkt dat zijn netwerk is uitgebreid door zijn deelname aan de begeleidingscommissie, zowel in de onderzoeksinstellingen als in de industrie. Dat is ook het geval voor Marcel Ellenbroek, systems engineer bij Dutch Space. Hij is al eerder lid geweest van begeleidingscommissies en vindt het leuk nieuwe mensen te ontmoeten. Maar vooral wil hij op de hoogte blijven van de ontwikkelingen op het gebied van adaptieve optiek: "In de divisie Advanced Systems & Engineering werken we aan projecten als de European Robotic Arm, maar ook aan



Onderdeel van het array van 61 actuators, ontwikkeld in Eindhoven

meetinstrumenten die in de ruimte worden gebruikt, zoals de Ozone Monitoring Instrument." Dit type instrumenten bevat wel veel optiek, maar omdat atmosferische turbulentie hier niet voorkomt, wordt er geen gebruik gemaakt van adaptieve optiek. Toch is het bedrijf altijd op zoek naar mogelijkheden tot verbetering. Naast de projecten op het gebied van ruimtevaart is Dutch Space ook betrokken bij astronomische projecten, zoals de ontwikkeling van delay lines voor de Very Large Telescope van de European Southern Observatory (ESO). Hier speelt adaptieve optiek wel een belangrijke rol. Voor Dutch Space is dit IOP-project geslaagd als de gewenste resultaten worden behaald, vindt Marcel Ellenbroek. "Hoewel we dus zelf voorlopig geen gebruik zullen maken van adaptieve spiegels, is het een belangrijke ontwikkeling. We zijn benieuwd naar de resultaten en helpen graag mee om het project tot een goed einde te brengen!"

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 inspelt 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 April 2006
info@senternovem.nl 1IOP0617

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.