

Een grandioos idee

## 3 Actieve demping van trillingen in precisieapparatuur

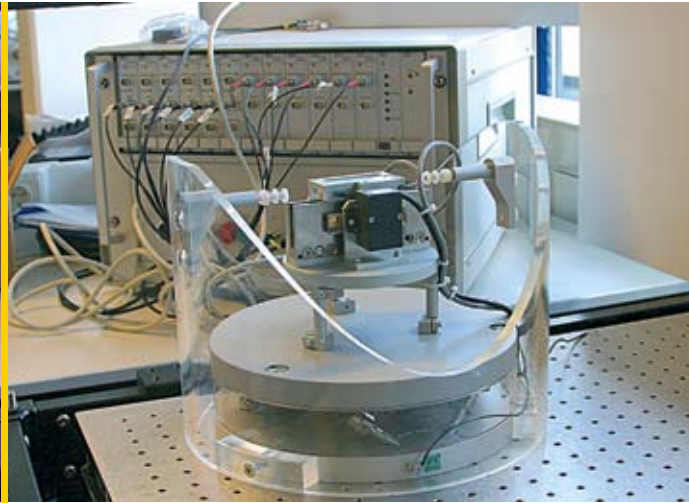
Iedere industrietak kent het probleem van trillingen, maar door verdergaande miniaturisatie wordt dat probleem steeds groter. Om ongewenste trillingen in machineframes te dempen zijn in dit IOP-project actieve structuurelementen - Smart Discs - ontwikkeld. De lensophanging in de nieuwste generatie wafersteppers is op dit principe gebaseerd.

Een waferstepper is een apparaat waarmee het patroon van een integrated circuit via een lens op een silicium wafer wordt afgebeeld. Dat moet met enorme nauwkeurigheid en snelheid plaatsvinden. Maar zodra de 1000 kilo zware lens trilt, wordt het beeld onscherp. Het is daarom van groot belang de lens zodanig binnen de waferstepper te bevestigen dat er zo min mogelijk trillingen kunnen doordringen. "We hebben vooral last van akoestische trillingen", vertelt Frank Auer, senior designer bij de afdeling Mechatronica van ASML, de grootste leverancier van wafersteppers ter wereld. "We proberen geluid dus zoveel mogelijk buiten de machine te houden. Maar dat lukt nooit helemaal want ook de machine zelf maakt geluid. Daarom moet je je systeem er

ook minder gevoelig voor maken." Toen hoogleraar mechatronica Rien Koster van de Universiteit Twente het plan opperde om lenstrillingen actief te dempen, zag ASML daar wel wat in.

Actieve demping van trillingen kan worden gerealiseerd met behulp van sensoren, actuatoren en regelelektronica. De sensoren en de actuatoren zijn gemaakt van laagjes piëzo-elektrisch materiaal. Mechanische druk op de sensor (veroorzaakt door trillingen) genereert in piëzo-elektrisch materiaal een elektrisch veld. De actuator werkt omgekeerd: die vervormt juist door een elektrisch veld aan te brengen. Door de juiste combinatie van sensoren, actuatoren en regelelektronica aan te brengen in een structuurelement, de zogenaamde Smart Disc, kun je verstoring meten en meteen compenseren. Trillingen worden op deze manier veel beter gedempt dan met conventionele passieve middelen als rubber of vloeistof dempers.

In het eerste deel van het IOP-project ontwikkelde Jan Holterman bij het C.J. Drebbe Instituut van de Universiteit Twente een Smart Disc ten behoeve van de lensophanging in een waferstepper. "Actief dempen bleek een grandioos idee", zegt Frank Auer van ASML. Het bedrijf paste het ont-



*Proefopstelling met een motion systeem op een platform (links) dat wordt ondersteund door 6 Smart Discs (rechts)*

werp van Jan Holterman aan, zodat het minder kwetsbaar is voor breken tijdens het transport van een waferstepper naar een afnemer. Het resultaat is een module, de Piëzo Active Lens Mount (PALM), die in de nieuwste generaties wafersteppers is ingebouwd. "Er zijn er nu honderden van in gebruik over de hele wereld. Heel directe en concrete winst dus, die rechtstreeks uit dit IOP-project voortkomt." Voor deze toepassing - actieve demping in een lensophanging - is octrooi aangevraagd en toegekend.

machine, de hoeveelheid ruimte die je tot je beschikking hebt, de orde van grootte van de trillingen. 'One size fits all' bleek onmogelijk." Wel werd duidelijk waar rekening mee moet worden gehouden bij het ontwerpen van zo'n structurelement, afgestemd op een specifieke toepassing. Jan Holterman ontwikkelde daarom een 'recept' waarmee een mechatronisch ontwerper in staat is het onderste uit de kan te halen en waarmee een eenvoudige Smart Disc voor iedere toepassing kan worden ontworpen.

## *"De Smart Disc is een robuuste oplossing voor het dempen van trillingen"*

In eerste instantie was het idee van het C.J. Drebbe Instituut dat het project een reeks standaardproducten op zou leveren om ongewenste trillingen te dempen. Dat bleek niet haalbaar. Jan Holterman: "Allerlei factoren spelen een rol: de stijfheid van de

In het tweede deel van het IOP-project is een demonstratieopstelling gemaakt voor het actief dempen van apparatuur waarmee positioneringstaken worden verricht, zoals bijvoorbeeld pick-and-place machines. Leidt het gebruik van Smart Discs tot

betere positioneringsnauwkeurigheid? Jan Holterman: “Door de dynamica van zo’n systeem te simuleren en te analyseren konden we concluderen dat de positioneringsnauwkeurigheid inderdaad kan verbeteren. Die bevindingen en de factoren die een rol spelen bij motion systemen hebben we gepubliceerd. Dit deel van het onderzoek heeft vooral tot meer begrip geleid.”

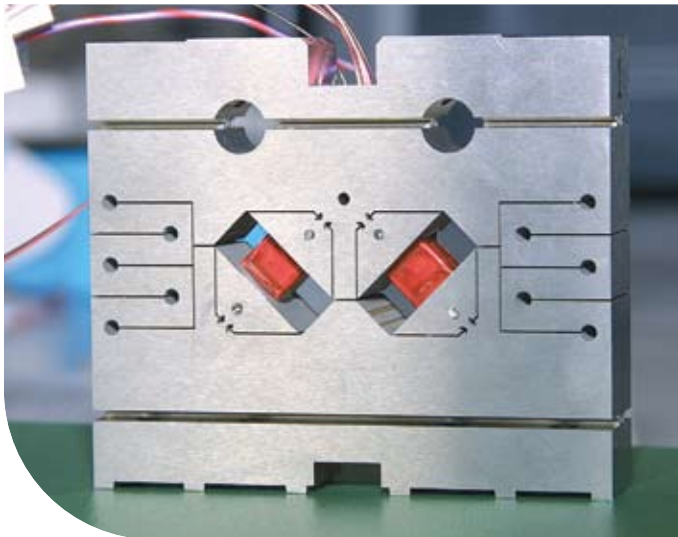
Voor Gert van Schothorst van Philips Applied Technologies was deelname aan de begeleidingscommissie van dit project vooral een efficiënte manier van kennis opdoen over actief dempen van trillingen met piezoactuatoren en -sensoren. “We hebben deze kennis sindsdien in een aantal projecten meegenomen, met name in haalbaarheidsstudies, bijvoorbeeld om een MRI-scanner geluids- armer te maken. Naast het feit dat trillingen de oorzaak van het geluid vormen, speelt daar ook het probleem dat laagfrequente trillingen de nauwkeurigheid van het beeld negatief beïnvloeden. Uiteindelijk is de Smart Disc als oplossing in een MRI-scanner

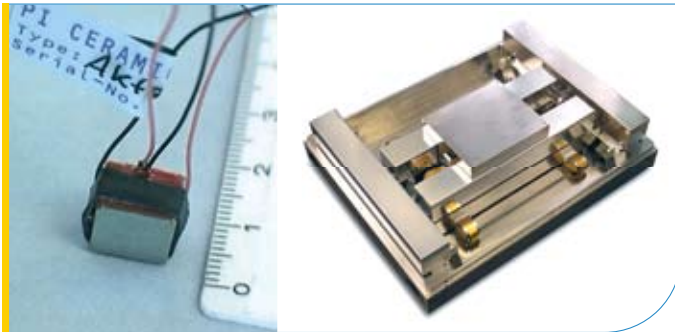
afgefallen op basis van een kosten-batenafweging. Wel hebben we de regeltechniek uit dit IOP-project kunnen toepassen in de stage van een lasersnijmachine. Zo’n Maglev-stage (magnetic levitation) kent een architectuur waarbij vier actuatoren zorgen dat de tafel in verticale richting zwevend wordt gehouden, terwijl er strikt genomen maar drie nodig zouden zijn. De vierde actuator hebben we kunnen gebruiken om de interne trillingen te onderdrukken. Door deelname aan dit IOP-project hadden we een flinke voor- sprong in de benodigde regeltechnische kennis opgebouwd, zodat we in zeer korte tijd een oplossing voor het trillingsprobleem konden implementeren.”

Door van zo dichtbij het project te volgen, is Philips Applied Technologies dus in staat geweest snel en efficiënt haar competenties uit te breiden in dit vakgebied. “Ik ben ook erg gevoed door de discussie en de uitwisseling van ervaringen met de andere bedrijven in de begeleidingscommissie”, zegt Gert van Schothorst. “Dat is heel waardevol, het helpt ons als hightech bedrijven ook om een eigen netwerk op te bouwen. De kennis- opbouw bereik je overigens alleen maar als je vier jaar lang meedraait en betrokken bent. Als ik alleen het proefschrift had gelezen, had ik er niets aan gehad.”

Ook voor Ab Visscher, senior consultant bij FEI Electron Optics, was de inhoudelijke uitwisseling tussen vakspecialisten van grote waarde. Hij is geïnteresseerd in de technologie om deze te kunnen toepassen in de stages van elektronenmicroscopen. Hij vertelt: “Zo’n stage bevat het sample dat je via de microscoop wilt bekijken. Maar door geluid en vloertrillingen vermindert de kwaliteit van het beeld.

*Twee Smart Discs, aangebracht in de lens- ophanging van een waferstepper (prototype)*





De Smart Disc: een combinatie van een piëzo-elektrische krachtsensor en een positioneringsactuator

Volledig zwevende 6DOF maglev stage (dubbel H-drive concept), waarin actieve demping succesvol is toegepast

Bij FEI heb ik een haalbaarheidsstudie gedaan om de toepasbaarheid van de Smart Disc aan te tonen. Omdat we het nog steeds kunnen oplossen met goedkopere conventionele technieken als ‘tuned mass dampers’, wordt de Smart Disc oplossing door ons nog niet toegepast. Voor mij als technoloog is het wel jammer dat we er nu nog niets mee doen. Het is een robuuste oplossing voor breedbandig dempen en redelijk goedkoop te maken.”

Jan Holterman heeft nog vrijwel dagelijks profijt van de kennis die hij zelf verwierf tijdens dit IOP-project. Hij werkt nu bij Imotec, een ingenieursbureau dat mechatronische producten en systemen ontwikkelt en analyseert. “We gebruiken daarbij regelmatig piëzo-elektrisch materiaal. Door mijn onderzoek weet ik nu precies hoe ik dat kan toepassen en afstemmen op de eisen in een specifieke situatie. Ik kijk met veel plezier terug op het hele project, dat in alle opzichten waardevolle resultaten heeft opgeleverd. De feedback uit de praktijk door de deelnemende bedrijven was geweldig nuttig.”

## PROJECTINFORMATIE

**Project:** *Intelligente structuurelementen (Smart Disc)*

**Doelstelling:** *Ontwikkeling van een blauwdruk voor een generiek toepasbaar, intelligent structuurelement, dat kan worden ingebouwd in een machineframe. Het element verbetert door middel van actief ingrijpen de statische en dynamische precisie van de betreffende machine sterk*

**Resultaten:** *Recept voor het ontwerpen van een structuurelement dat trillingen actief dempt. Diverse prototypes en demonstratieopstellingen. De ontwikkelde technologie is door ASML toegepast in de lensophanging van wafersteppers. Voor deze toepassing is octrooi verleend. Andere industriële toepassingen zijn in overweging. Een proefopstelling met Smart Discs is gebouwd, waarmee verbetering is aangetoond van de positioneringsnauwkeurigheid van motion systemen. Een proefschrift, octrooi en 17 publicaties (9 conference papers, 2 journal papers, 4 technical papers)*

**Publicaties en meer informatie:** *www.precisieportaal.nl, disciplines: control, mechanica*

**Contactpersoon:** *Job van Amerongen, j.vanamerongen@utwente.nl, telefoon (053) 489 27 91*