

Brede toepassingsmogelijkheden

## 8 Magneetlagering voor toepassing in ultraprecisie productieprocessen

Met behulp van een mechatronische ontwerpaanpak hebben onderzoekers van de Technische Universiteit Delft een actieve magneetlagering ontwikkeld voor een roterend systeem met nanometernauwkeurigheid. Precisiebedrijven tonen grote belangstelling voor de resultaten van dit IOP-project. Ook voor de vakgroep Advanced Mechatronics was het onderzoek een succes: alle doelstellingen zijn behaald en magneetlagering heeft veel studenten en promovendi aangetrokken.

“Magneetlagering is op zich niet nieuw”, vertelt Peter Overschie, een van de promovendi die aan het onderzoek werkte. “Contactloos lageren met behulp van een magnetisch veld wordt bijvoorbeeld nu al toegepast in offshore windturbines, omdat het onderhoudsvrij is en geen smering vereist. Ook de ultrasnelle magneetzweeftrein Transrapid in Shanghai werkt volgens dit principe. Het bijzondere wat we in dit IOP-project hebben gedaan, is magneetlagering inzetten om trillingen uit de omgeving van industriële precisie productiesystemen weg te filteren. We hebben aangetoond

dat je hiermee extreem nauwkeurige roterende systemen kunt realiseren.”

Een voorbeeld van zo'n zeer precies roterend systeem is een masteringmachine die wordt gebruikt bij de productie van cd's, dvd's en Blu-ray discs. Een masteringmachine bestaat simpel gezegd uit een laser beam recorder die sporen maakt op een ronddraaiende moederplaat (de master) waarin hij informatie wegschrijft in de vorm van putjes. De moederplaat wordt daarna in een productiemachine gebruikt om grote hoeveelheden discs te repliceren.

Nieuwe generaties optische discs bevatten steeds meer data. Cd's, de eerste generatie, hebben een opslagcapaciteit van 650 Mb; HD-dvd's en Blu-ray discs, de derde generatie, kunnen al 25 Gb bevatten. Om zoveel mogelijk informatie op optische discs te kunnen opslaan, wordt de afstand tussen de sporen steeds verder verkleind. Om ook bij toenemende schrijfdichtheid problemen bij het uitlezen te voorkomen, mag de afwijking tussen naburige sporen niet meer dan 13 nm bedragen. Peter Overschie: “Als je die afwijking verdeelt over diverse foutenbronnen, zoals de laser en diens slede, de coating van de moederplaat en de rotor, mag de rotor nog maar 1 nm in de fout gaan. Dat zijn extreme eisen.”

Om te onderzoeken of magneetlagering aan die hoge eisen kan voldoen, is in het project een demonstrator ontwikkeld. Deze bestaat uit een rotor die contactloos in de lucht zweeft, op zijn plaats gehouden door acht elektromagnetische actuatoren. Een magneetlager is van zichzelf instabiel. Daarom bevat de demonstrator sensoren en een regelkring, die de elektromagnetische actuatoren voortdurend aanstuurt om de positie van de rotor te corrigeren. Vandaar de naam actieve magneetlagering. Om met nanometer-nauwkeurigheid de positie van de rotor te kunnen meten, is een speciaal metrologieframe ontwikkeld. Zowel het metrologieframe, een ring van twintig kilo die aan slappe veren hangt, als de zwevende rotor zijn van de omgeving gescheiden om storing door trillingen te vermijden. Deze succesvolle aanpak wordt door de Delftse onderzoekers het lage stijfheids concept genoemd.



*De rotor op het moment dat de actuatoren (met grijze draden) en optische sensoren (met zwarte draden) precies worden uitgelijnd ten opzichte van de rotor*

***"Ik vind het uitzonderlijk dat de onderzoekers in zo'n vroeg stadium een industriële toepassing zochten. Het is zeker geen academische exercitie geworden!"***

Peter Overschie: "In het projectteam was kennis samengebracht op het gebied van elektronica, mechanisch ontwerp, sensortechnologie en regeltechniek. We zijn begonnen met het budgetteren van alle ruisachtige fouten, zoals vloertrillingen en de elektronische ruis van de sensoren. Met een computermodel, dat we steeds verder verfijnd hebben, kun je dan bepalen of je de performance gaat halen en op welke onderdelen je je moet concentreren. De AD-converter bijvoorbeeld bleek een grote bron van ruis, dus hebben we een nieuwe ontwikkeld. Ook de standaardmotor die we wilden gebruiken bleek problemen op te leveren. Die bevat ijzer aan de buitenkant, wat door de magneten wordt aangetrokken en waardoor de rotor niet meer vrij kan zweven. We hebben samen met de

fabrikant een speciale ijzerloze motor ontwikkeld."

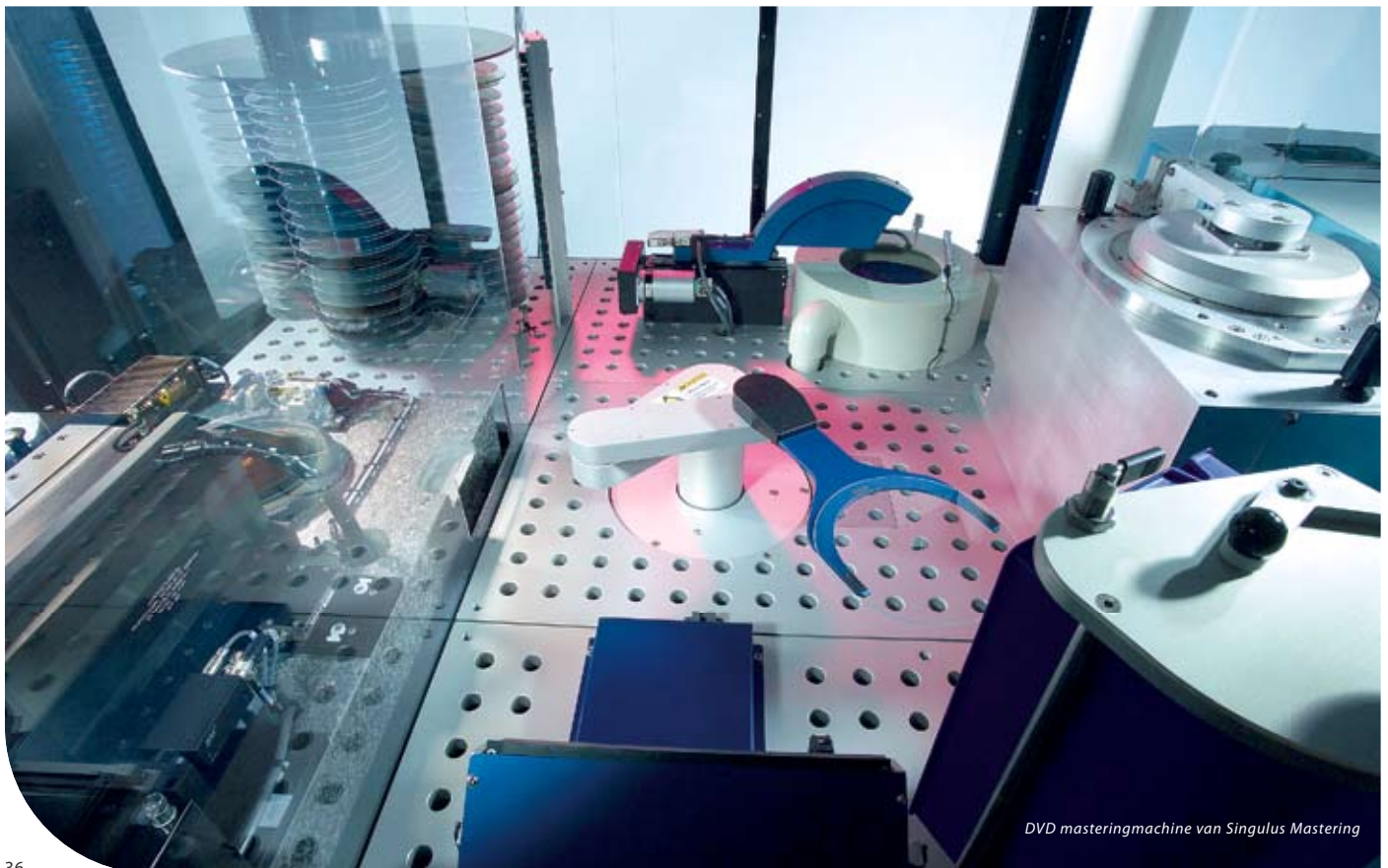
Met de demonstrator kon worden aangetoond dat een nauwkeurigheid van enkele tienden nanometer kan worden gehaald, en dat magneetlagering dus geschikt is voor werken met nanometer-precisie. Dat is goed nieuws voor precisiebedrijven, want iedereen heeft te kampen met het probleem van trillingen uit de omgeving.

"In onze masteringmachines maken we nu nog gebruik van lucht-lagers. Maar er komt een moment dat we daarmee niet nauwkeurig genoeg meer kunnen werken. Ik verwacht dat we met luchtlagering de volgende generatie optische storage discs niet meer halen", zegt Jelm Franse van Singulus Mastering in Eindhoven. Het bedrijf,

waarvan hij directeur Technologie en Innovatie is, ontwikkelt en produceert masteringmachines voor klanten over de hele wereld. Toen Singulus enkele jaren geleden werd benaderd door de TU Delft, leek magneetlagereing een heel mooie manier om aan de steeds zwaardere eisen te voldoen. Voor de universiteit was mastering een prachtige toepassing, waarvoor Singulus dan ook graag de specificaties opstelde. "Ik vond en vind het echt uitzonderlijk, dat deze onderzoekers in zo'n vroeg stadium een industriële toepassing zochten. Het is ze uitstekend gelukt om zich te blijven richten op de eisen van de industrie", vervolgt Jelm Franse. "Het is zeker geen

academische exercitie geworden!"

Singulus Mastering is erg enthousiast over de resultaten van het IOP-project. Jelm Franse: "Allereerst natuurlijk dat de haalbaarheid van nanometernauwkeurigheid met magneetlagereing is aangetoond. Het is trouwens geen sinecure om de daarvoor benodigde regelstructuur te ontwikkelen, en het sensorsysteem om met die nauwkeurigheid te kunnen meten. Wat ook een goed stuk werk is geweest, is de mechatronische architectuur. Het is een uitstekend idee om het hele systeem te ontkoppelen van de vaste



SINGULUS MASTERING

DVD masteringmachine van Singulus Mastering

wereld en we hebben veel inzicht opgedaan hoe je zo'n probleem moet aanpakken. Zo'n project resulteert overigens ook in uitstekend opgeleide mensen, die we graag in huis halen!"

Wat gaat Singulus concreet doen op het gebied van magneet-lagering? Jelm Franse: "Recent hebben we een nieuwe lijn masteringmachines geïntroduceerd waarin we nog gebruik kunnen maken van luchtlagering. Maar over een paar jaar, als de vierde generatie optical storage opkomt, verwacht ik dat we van magneet-lagering veel profijt zullen hebben. Dat is ook het geval bij het masteren van andere patronen, voor toepassingen buiten het veld van optische recording."

Ook Peter du Pau was bij het IOP-project betrokken. Ten tijde van de start van het onderzoek was hij mechatronisch systeemontwerper bij ODME, vooral op het gebied van masteringmachines. Hoewel hij nu aan andere onderwerpen werkt, is hij het project als lid van de begeleidingscommissie met veel belangstelling blijven volgen: "Ik vind het echt een mijlpaal dat het gelukt is de rotor met nanometernauwkeurigheid te laten zweven. Dat het theoretisch kon was wel bekend, maar om zoiets met een demonstrator aan te tonen, is echt knap. Het getuigt van veel doorzettingsvermogen dat de onderzoekers het benodigde sensorsysteem en de motor zelf ontwikkeld hebben. Magneetlagering kan, behalve in masteringmachines, prima worden gebruikt in hoognauwkeurige toepassingen waar vacuüm omstandigheden vereist zijn", vindt Peter du Pau.

Dat magneetlagering veel breder kan worden toegepast, is hoogleraar Advanced Mechatronics Jan van Eijk met Peter du Pau eens. "Hoewel we dit roterende lager vooral voor de masteringindustrie hebben ontwikkeld, zijn de technologie en de oplossingen die we voor deelproblemen hebben gevonden ook zeer bruikbaar voor



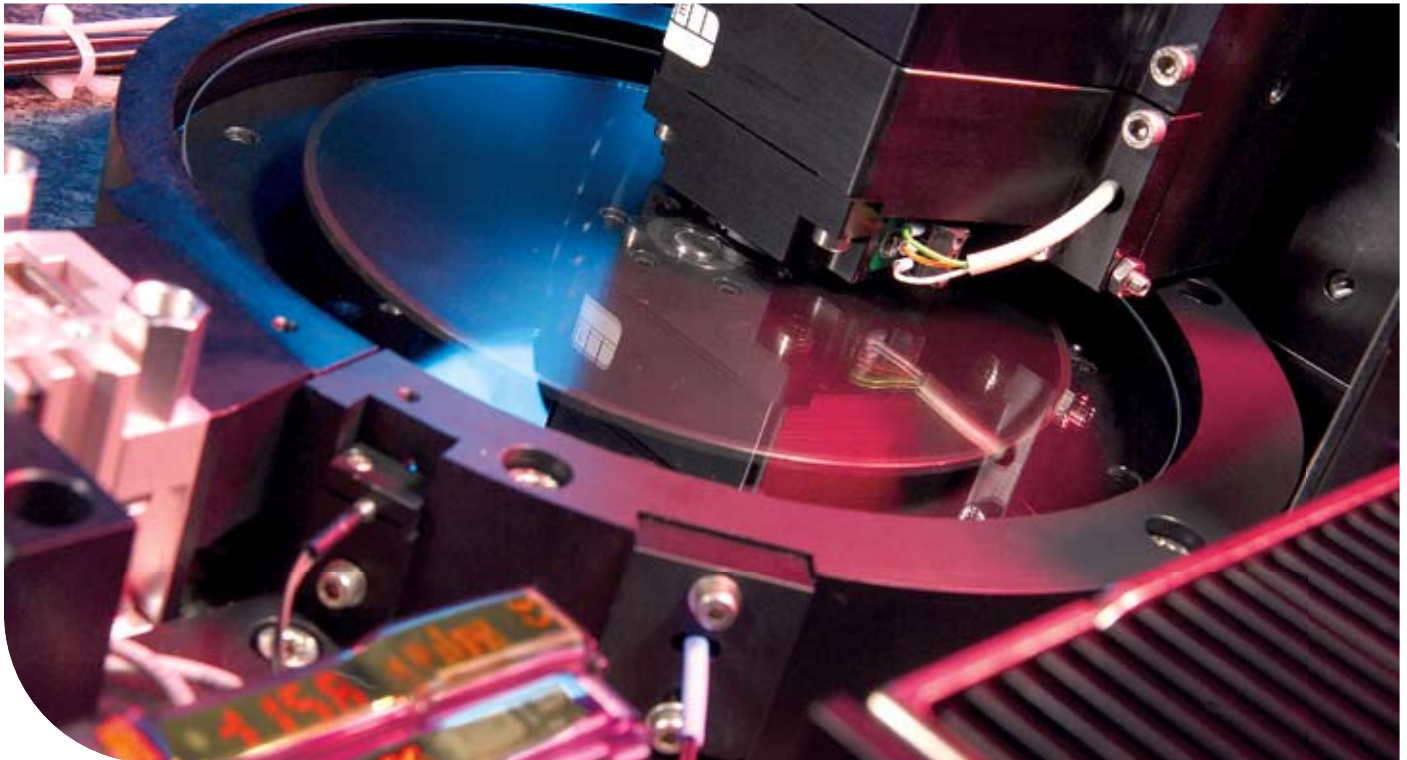
*Het metrologieframe, hangend aan slappe veren. Hier nog boven de rotor; tijdens de experimenten hangt de ring over de rotor en stator heen*



andere toepassingen. Neem de semiconductorindustrie, waar contactloze lagering een uitstekende oplossing is om vervuiling door smering en slijtage te voorkomen." Het onderzoek was voor Philips Applied Technologies, waar Jan van Eijk tot voor kort werkzaam was, aanleiding tot meerdere ontwikkelprogramma's. "We hebben een aantal varianten ontwikkeld van magnetische bewegingstafels. Die kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor e-beam inspectie-systemen of voor lithografieoplossingen. Ik zie ook mogelijkheden voor imprint lithografie, waarbij een stempel het patroon op een wafer print. Daarbij moet de wafer zeer nauwkeurig worden gepositioneerd ten opzichte van de stempel. Naast deze high-end

toepassingen vind ik magneetlagering ook een veelbelovende technologie voor engineering in het algemeen. Om het goedkoper en robuuster te maken is echter nog veel onderzoek nodig."

Aan de vakgroep Advanced Mechatronics zal het niet liggen. Die is - voor een groot deel door dit IOP-project - de afgelopen jaren tot bloei gekomen. Jan van Eijk: "Bij mijn aanstelling als hoogleraar in 2000 begon ik met 1 medewerker en geen enkele promovendus. Het IOP heeft het financieel mogelijk gemaakt snel mensen om me heen te verzamelen en de kennis over verschillende technologieën bijeen te brengen. Je kunt wel zeggen dat het project een grote rol



SINGULUS MASTERING

*Detailfoto van de nieuwste lijn masteringmachines van Singulus Mastering. Daarin is nu nog gebruik gemaakt van luchtlagering*

heeft gespeeld in het opbouwen van de onderzoeksactiviteiten.” Zes jaar later zijn er vier medewerkers, een fulltime hoogleraar en 13 promovendi aan het werk. Er zijn inmiddels al 17 studenten op dit magneetlageringsproject afgestudeerd. Waarom is het zo’n aansprekend onderwerp? “Het is theoretisch én praktisch, en we zijn voortdurend de grenzen aan het opzoeken van bereikbare nauwkeurigheden. Ook de mechatronische aanpak is aantrekkelijk.” Inmiddels lopen er twee vervolgprojecten op het gebied van magneetlagering: onderzoek naar en ontwerp van een low stiffness lineaire slider en van een high speed spindle.

## PROJECTINFORMATIE

**Project:** *Magneetlagering voor toepassing in ultraprecisie productieprocessen*

**Doelstelling:** *Kennis vergaren over ultraprecisie roterende magneetlagers, ervaring opdoen met mechatronisch ontwerpen van dynamische electro-mechanische systemen*

**Resultaten:** *Demonstrator van een werkende rotor met nanometernauwkeurigheid (een asynchronous radial error motion met een standaardafwijking kleiner dan 1 nm). Hiervoor is een lage stijfheids concept ontwikkeld en succesvol toegepast. Een computermodel voor error-budgetting is geïmplementeerd en verfijnd. Mede door het Magneetlagersymposium in 2003 is een netwerk opgebouwd bestaande uit een groot aantal bedrijven en onderzoekers. Het project betekende een vliegende start voor de Delftse vakgroep Advanced Mechatronics. In totaal 17 afstudeerders en twee proefschriften*

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

**Contactpersoon:** *Jo Spronck, j.w.spronck@tudelft.nl, telefoon (015) 278 18 24*