

Trillingsisolatie in precisie-apparatuur

ONDERWERP:

Ontwikkeling van smartmounts voor actieve trillingsisolatie ten behoeve van precisieapparatuur

DOELSTELLING:

Het ontwikkelen van strategieën en ontwerpprincipes om de isolatieperformance van de ondersteuning van apparaten (mounts) te verbeteren, daarbij gebruikmakend van verschillende concepten voor vibratie-isolatie en demping

MARKTEN:

Producenten en gebruikers van precisieapparatuur waar snelle en/of nauwkeurige bewegingen vereist zijn (bijvoorbeeld elektronenmicroscopen en apparatuur voor de halfgeleiderindustrie, zoals wafersteppers en plaatsingsmachines voor elektronische onderdelen)

MOGELIJK GEBRUIK:

Trillingsisolatie op basis van hard mounts, soft mounts of actieve demping. De te ontwikkelen oplossingen bevinden zich op interfaceniveau, zodat de aanpassingen aan de precisieapparatuur zelf minimaal zijn

ONDERZOEKSPERIODE:

April 2005 - maart 2009

BUDGET:

EUR 625.480, waarvan EUR 446.917 subsidie door IOP

ONDERZOEKSINSTITUUT:

Technische Universiteit Delft, TNO Industrie en Techniek, Universiteit Twente

PROJECTLEIDER:

Herman Soemers



Projectleden v.l.n.r. Michiel Vervoordeldonk (TUD), Tom Basten (TNO), Herman Soemers (UT), Tjeerd van der Poel (UT), Johannes van Dijk (UT)

Op drie kennisinstututen werken onderzoekers aan manieren om trillingen in precisieapparatuur te verminderen. Hoewel hun oplossingen en hun achtergronden uiteenlopen, profiteren zij van elkaars expertise.

“Nauwkeurige apparatuur is steeds gevoeliger voor trillingen”, zegt Herman Soemers, hoogleraar Mechatronica aan de Universiteit Twente. “Dat is niet omdat het ontwerp slechter is dan vroeger, maar omdat de marge die je kunt toelaten steeds kleiner wordt bij precisietoepassingen zoals wafersteppers, elektronenmicroscopen en plaatsingsmachines voor elektronische onderdelen.” De trillingen worden veroorzaakt door directe storingsbronnen zoals kabels, omgevingsgeluid, luchtstroming en machineonderdelen zoals vacuumpompen, maar ze bereiken de machine ook indirect, via de vloer. Hoewel elke industrietak er last van heeft, zijn trillingen in de

precisietechnologie steeds minder acceptabel door de steeds hogere eisen aan de nauwkeurigheid van productietoepassingen en microscopie. Slecht gedempte trillingen beperken die nauwkeurigheid. Herman Soemers: "We hebben echt een nieuwe strategie nodig om effectief met trillingen om te gaan, zowel de directe als de indirecte."

Mounts

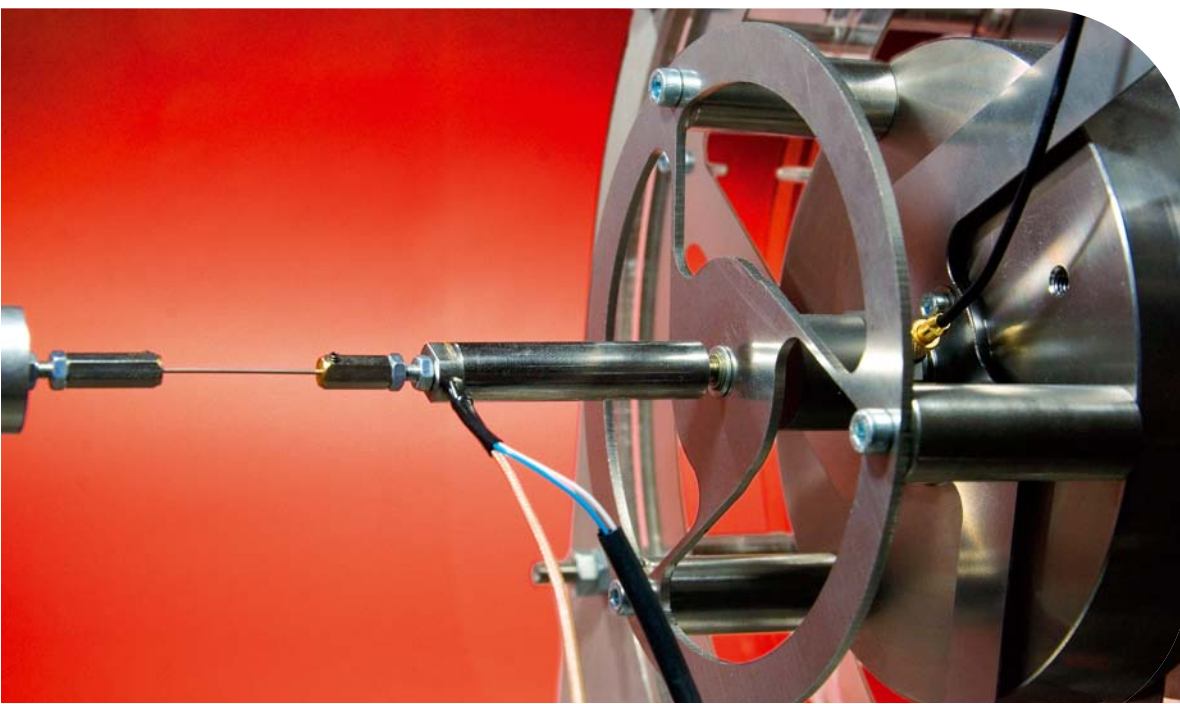
De manier waarop tot nu toe het probleem vooral wordt aangepakt, is door de machine te isoleren van de storingsbron. Zo zorgt het plaatsen van precisieapparatuur op luchtveren (soft mounts) voor goede isolatie van indirecte (vloer)trillingen. Om de resterende trillingen te dempen, wordt een actief systeem van bewegingssensoren, controllers, versterkers en Lorentz-actuatoren toegevoegd. "Deze combinatie van zachte vering en actieve demping, de zogenaemde *sky hook damping*, werkt redelijk goed bij indirecte trillingen. *Sky hook damping* wordt toegepast in systemen waar hoge nauwkeurigheid wordt geëist. Het nadeel is helaas dat deze dempingsmethode nog steeds erg gevoelig is voor directe storingen", legt Herman Soemers uit. De invloed van directe trillingen kan worden verminderd door de apparatuur zo stijf mogelijk te construeren, in combinatie met een starre verbinding (hard mounts) tussen vloer en machine. Deze oplossing heeft echter twee nadelen. De eerste is dat nu de vloertrillingen weer niet voldoende onderdrukt worden. En verder dempen lichte en stijve constructies de interne trillingen slecht. In de praktijk zoekt men dus voortdurend naar het minst slechte compromis tussen het verminderen van (indirecte) vloertrillingen aan de ene kant en het minimaliseren van directe storingen aan de andere kant.

Drie oplossingsrichtingen

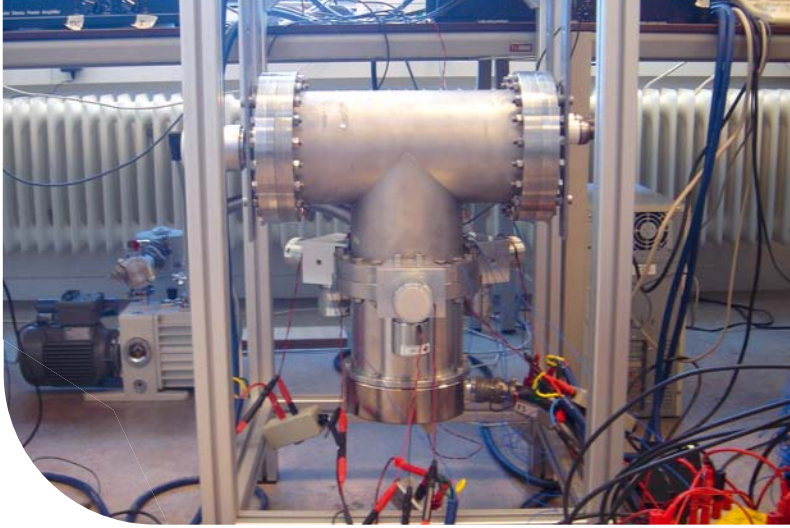
In dit IOP-project wordt het trillingsprobleem op drie manieren aangepakt: door gebruik te maken van respectievelijk soft mounts, antikrachten en hard mounts. De drie oplossingsrichtingen hebben met elkaar gemeenschappelijk dat ze de trillingen aanpakken op interfaceniveau, zodat de aanpassingen aan de precisieapparatuur zelf minimaal zijn.

"In de eerste oplossingsrichting breiden we de functionaliteit van actieve soft mounts uit met interne demping. Dat doen we door slim gebruik te maken van de al aanwezige sensoren en regeltechniek", legt Herman Soemers uit. Dit concept, Active Structural Damping (ASD), wil het dynamische gedrag verbeteren zonder extra kosten te maken voor actuatoren, versterkers en controllers. Die bevat een actieve soft mount immers al. Soft mounts werken al goed bij het isoleren van vloertrillingen, ASD zou wel eens de oplossing kunnen zijn voor het tegengaan van de effecten van andere directe storingsbronnen zoals omgevingsgeluid. "In een industriële cleanroom heerst een geluidsniveau van 80 decibel; dat is vergelijkbaar met de herrie in een druk restaurant. Voor precisietoepassingen als lithografie is dat veel." Dit deel van het project wordt uitgevoerd in de Advanced Mechatronics Group van de Technische Universiteit Delft. Er worden concepten ontwikkeld en er wordt geëxperimenteerd met diverse regelstrategieën met behulp van een schaalmodel van een precisieapparaat op luchtvering.

De tweede manier om het trillingsprobleem op te lossen is door gebruik te maken van antikrachten. Deze oplossingsrichting wordt uitgewerkt in de Acoustics-afdeling van TNO Industrie en Techniek. Deze afdeling specialiseert



Demonstratieopstelling van de
Universiteit Twente



Demonstratieopstelling van TNO Industrie en Techniek

zich onder andere in hybride isolatie van structuurgedragen geluid, dat bijvoorbeeld veroorzaakt wordt door turbovacuumpompen. Deze worden vaak dichtbij precisieapparatuur geplaatst en er star mee verbonden. Het idee hier is dat krachtdoorgifte gereduceerd kan worden door in de verbinding tegenkrachten op te wekken met zes graden van vrijheid. Dit deelproject zal resulteren in een ontwerpmethodologie en een demonstratieopstelling. De derde oplossing is gebaseerd op machineondersteuning door starre mounts. Om de vloertrillingen te compenseren is een systeem met actieve trillingsisolatie toegevoegd. Herman Soemers: "Door gebruik te maken van adaptieve terugkoppeling en feedforward regelstrategieën imiteren we de isolatie-eigenschappen van een soft mount wat betreft vloertrillingen, maar in werkelijkheid blijft het star zodat we de voordelen van soft én hard mounts met elkaar kunnen combineren. We ontwerpen en bouwen zo'n hybride mount, met hoge stijfheid in de actuatie-richting en lage stijfheid in de overgebleven graden van vrijheid. Door meerdere hybride mounts te gebruiken ontstaat een starre verbinding in zes graden van vrijheid." Dit deel van het onderzoek vindt plaats bij de faculteit Construerende Technische Wetenschappen van de Universiteit Twente.

Samenwerking

"Door samen op verschillende manieren en met verschillende achtergronden aan hetzelfde probleem te werken, komen we veel verder", vertelt projectleider Herman Soemers. "Maar dan moet je wel tijd investeren in bijeenkomsten om de voortgang in detail te bespreken." Vier keer per jaar komen de onderzoekers daarom bij elkaar, steeds een hele dag. Dit heeft al bewezen het nodige op te leveren: "De drie onderdelen blijken veel meer gemeenschappelijk te hebben dan we al dachten. Oplossingen die de ene onderzoeker vindt op bijvoorbeeld het gebied van regelstrategieën blijken ook voor de anderen toepasbaar. Er zijn niet zoveel mensen in Nederland die zich hiermee bezig houden. Het is fijn om ze zo nu en dan in één kamer te hebben en te kunnen profiteren

van ieders kennis en ervaring." De begeleidingscommissie bespreekt twee keer per jaar de voortgang van het project. Een indrukwekkend aantal bedrijven is lid geworden en hun input wordt door de drie onderzoekinstellingen erg gewaardeerd. Een van de leden is Peter Ros, projectmanager bij Mecal Applied Mechanics. Dit bedrijf met vijftig medewerkers en vestigingen in Enschede, Veldhoven en Groningen, is gespecialiseerd in toegepaste werktuigbouwkunde voor de energie- en halfgeleidersector. De afdeling Semiconductor Industry ondersteunt klanten bij het realiseren van hun ideeën van eerste concept tot

BEGELEIDINGSKOMMISSIE

ASML

Assembléon

Brom Mechatronica

Centre for Concepts in Mechatronics

FEI Electron Optics

HiPrecision

Imotec

Integrated Dynamics Engineering

JAKOM

Janssen Precision Engineering

Mecal Applied Mechanics

Océ Technologies

Pfeiffer Vacuum Nederland

Philips Centre for Manufacturing Technology

Philips Electronics Nederland

Syntens Oost-Brabant

Te Strake

Technobis

VOOR MEER INFORMATIE OVER SMARTMOUNTS

Universiteit Twente

Dr. ir. Johannes van Dijk, faculteit Construerende Technische Wetenschappen, afdeling Werktuigbouwkundige Automatisering

Telefoon 053 489 26 01

E-mail j.vandijk@ctw.utwente.nl

Website www.wa.ctw.utwente.nl

PROJECTGROEP SMARTMOUNTS

Tom Basten (TNO)

Johannes van Dijk (UT)

Tjeerd van der Poel (UT)

Herman Soemers (UT)

Michiel Vervoordeldonk (TUD)

eindproduct, zoals op het gebied van machineondersteuning voor wafersteppers en nauwkeurige plaatsingsrobots. "We willen graag op de hoogte blijven van onderzoek naar trillingsisolatie", zegt Peter Ros, "omdat we dagelijks tegen die problematiek aanlopen. Door lid te worden van een begeleidingscommissie kunnen we in detail de problemen bespreken. De andere leden hebben dezelfde technische achtergrond als wij. We hopen dat onze inbreng het project verder helpt." Mecal is geïnteresseerd in alle drie de oplossingsrichtingen en hoopt in de toekomst de resultaten te kunnen toepassen in projecten bij klanten. "Vooral ontwerprichtlijnen zijn voor ons zinvol."

Het Centre for Concepts in Mechatronics (CCM) is ook lid van de begeleidingscommissie. CCM is een zelfstandig bedrijf voor onderzoek en ontwikkeling met ongeveer 85 medewerkers. Voorbeelden van projecten zijn het ontwikkelen van een waferhandler en een masker-handler voor wafersteppers, en een industriële printer die gebruikt wordt voor grote oppervlakken waar snelle en nauwkeurige bewegingen normale vereisten zijn. Arend-Jan Beltman is systeemontwerper en verantwoordelijk voor de architectuur van een machineontwerp. "We zijn zeer geïnteresseerd in onderzoek naar machinedynamica en dan vooral op het gebied van trillingsreductie. Door mee te doen aan projecten als deze ontmoeten we bovendien nieuwe mensen, zowel afkomstig van onderzoekinstellingen als van bedrijven." Hij vindt de drie oplossingsrichtingen veelbelovend omdat ze zich concentreren op de interface tussen de trillingsbron en de machine, en niet op het machineframe zelf. "Het is veel minder complex om met toevoegingen te werken, dan de machinearchitectuur te moeten aanpassen."

Een schaalmodel van een precisieapparaat op actieve luchtvering (Technische Universiteit Delft)



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

1IOP0615

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.