

Meetplatform voor het bepalen van picodrift

ONDERWERP:

Picodriftmeter

DOELSTELLING:

Ontwikkeling en realisatie van een platform voor het bepalen van driftgedrag in minimaal een dimensie van materialen en materiaalverbindingen, met een nauwkeurigheid van minimaal 10 picometer over 100 seconden of 100 picometer over een periode van 3 weken

MARKTEN:

Elektronenmicroscopie, high-end precisiesystemen ten behoeve van ruimtevaart, lithografie- apparatuur

MOGELIJK GEBRUIK:

Het meten van driftverschijnselen ten behoeve van materiaalonderzoek of om verbindingen en eenvoudige constructie-elementen te kunnen doormeten

ONDERZOEKSPERIODE:

Juni 2007 - februari 2011

BUDGET:

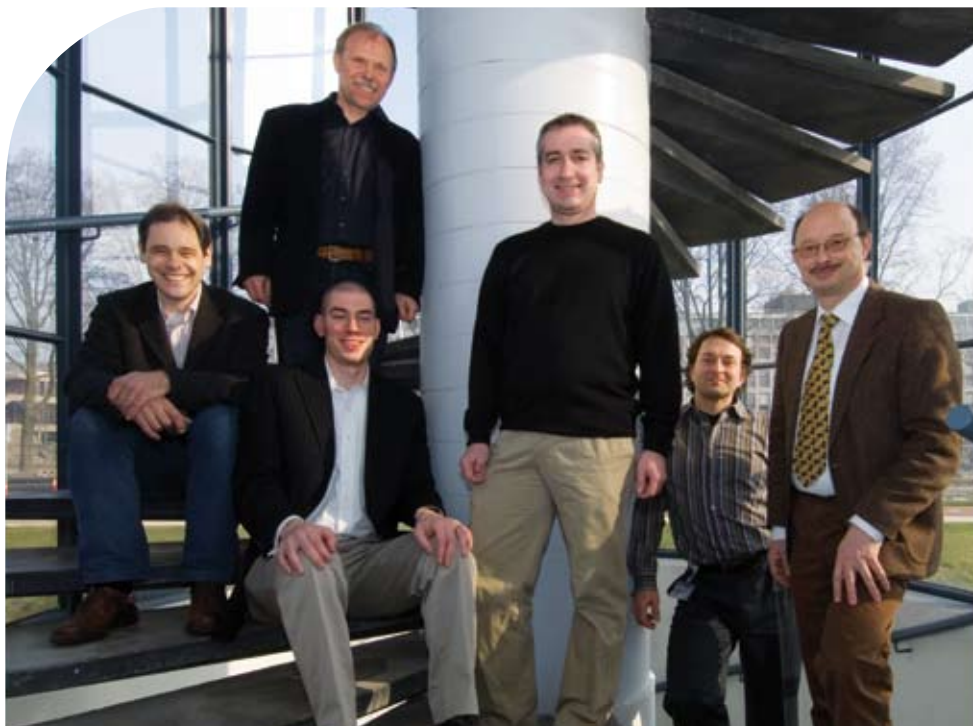
EUR 698.194, waarvan EUR 450.762 subsidie door IOP

ONDERZOEKSWERK:

NMi Van Swinden Laboratorium, Technische Universiteit Delft, TNO Industrie & Techniek

PROJECTLEIDER:

Dario Lo Cascio (TNO)



Op de trap van boven naar beneden: Jo Spronck (TUD), Paul van Kan (NMI), Jon Ellis (TUD), Rob Bergmans (NMI), Dario Lo Cascio (TNO), Rob Munnig Schmidt (TUD). Peter Giessen, Bart van Mierlo en Ad Verlaan van TNO ontbreken

De lengtemeettechniek is zo ver geëvolueerd, dat hinder ontstaat door onbedoelde beweging – drift – op picometerniveau. Onderzoekers van TNO, de TU Delft en het NMI ontwikkelen een platform om deze picodrift te kunnen meten.

Er worden steeds hogere eisen gesteld aan high-end precisiesystemen zoals elektronenmicroscopen, lithografie-apparatuur en componenten die gebruikt worden in de ruimtevaart. De komende jaren zullen zelfs nauwkeurigheden in het subnanometergebied moeten worden gehaald. "Bij dergelijke eisen gaat picodrift een steeds grotere rol spelen", vertelt Dario Lo Cascio van TNO Industrie & Techniek. "Wat je ziet is dat statische onderdelen, bijvoorbeeld spiegels en lenzen, zich onbedoeld

in de tijd verplaatsen. Dat komt doordat in het materiaal of de constructie veranderingen optreden onder invloed van temperatuurschommelingen, luchtwervelingen of vervorming door spanning. Je kunt het enigszins vergelijken met een schip dat door stroming of wind uit koers raakt. Van picodrift hebben we normaal gesproken weinig last: het driften van materialen komt in elke machine voor. Maar in het subnanometergebied vormt picodrift wel een probleem.”

Opnieuw kalibreren

Picodrift is duidelijk zichtbaar wanneer via een elektronenmicroscop nanostructuren worden bekeken. Het te bekijken oppervlak beweegt en verdwijnt zelfs langzaam uit het gezichtsveld. Picodrift vormt vooral een probleem als over een lang tijdsbestek hoge nauwkeurigheidseisen worden gesteld, legt Dario Lo Cascio uit. “Neem bijvoorbeeld lithografie-apparatuur in de semiconductorindustrie. Hoewel die apparatuur de mogelijkheid heeft om afwijkingen te corrigeren, driften de verschillende systemen na kalibratie toch weer langzaam weg. Als dat buiten de toelaatbare grenzen komt, moet je opnieuw kalibreren en ligt de productie stil. Dat is duur.” Iets vergelijkbaars treedt op bij een meetinstrument zoals de Scanning Probe Microscope, die uiterst stabiel moet zijn om aan de vereiste nauwkeurigheid te kunnen voldoen. Minder vaak kalibreren levert ook hier winst op. Een ander voorbeeld is de ruimtevaart, waar instrumenten soms gedurende de levensduur van een satelliet (enkele jaren) nauwkeurig gepositioneerd en intern

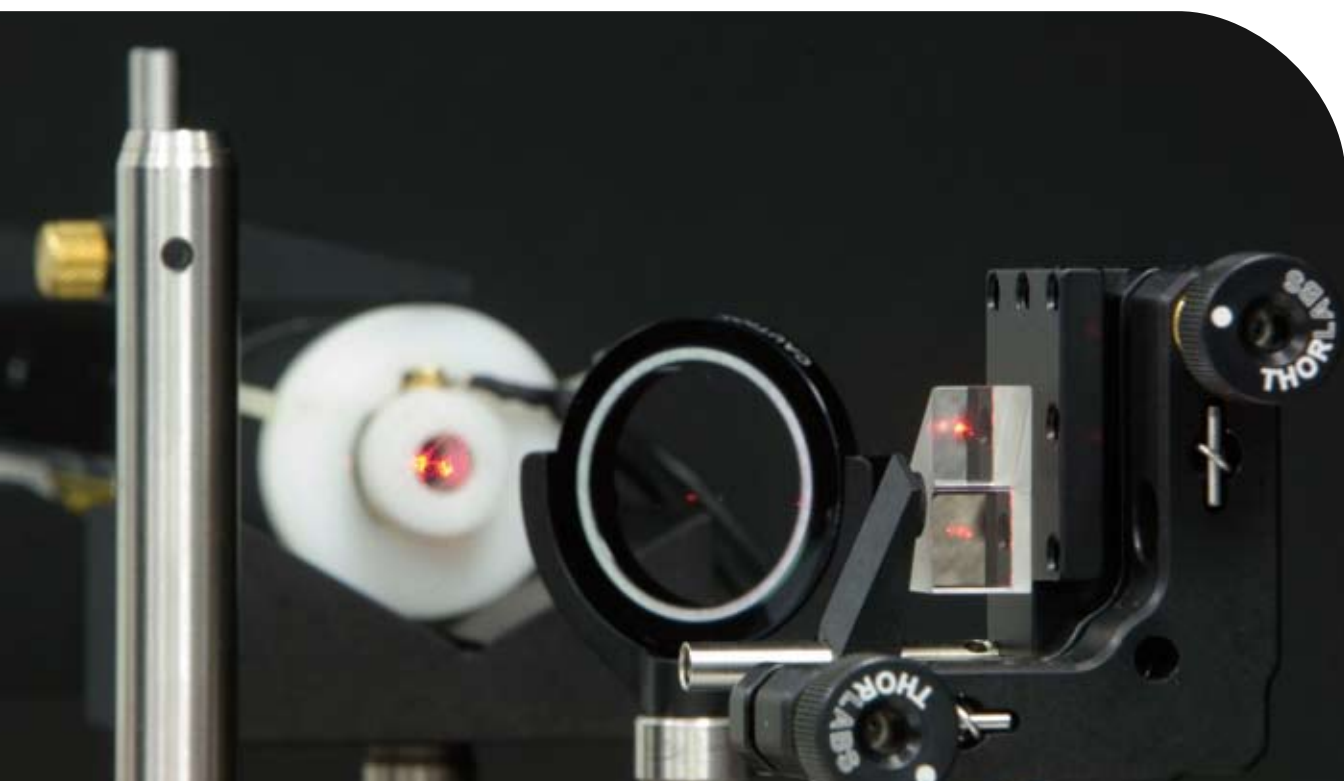
uitgelijnd moeten blijven, en niet opnieuw gekalibreerd kunnen worden. Aan onderdelen voor elke volgende generatie ultraprecieze ruimtevaartinstrumenten worden steeds extremere eisen gesteld. De middelen en kennis zijn echter nauwelijks toereikend om de stabiliteit van modules op subnanometerniveau te kunnen vaststellen. Kennis over de stabiliteit van materialen en het gedrag van constructie-elementen op picometerniveau ontbreekt eveneens.

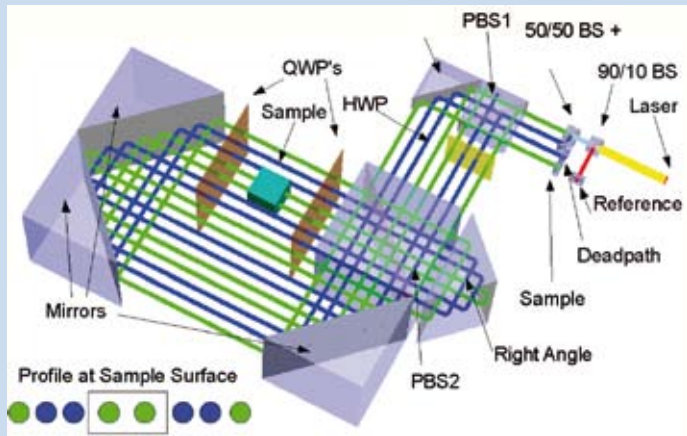
Ideaal

Om die kennis op te bouwen is het noodzakelijk onderzoek te doen naar driftgedrag. “Maar het is zeer lastig om drift op subnanometer- of picometerniveau te meten. Ieder meetapparaat heeft namelijk zelf ook last van picodrift”, legt Dario Lo Cascio uit. Een ideale picodriftmeter zou over een tijdsbestek van enkele jaren zeer nauwkeurig moeten meten. Door de ruis en de drift op de elektronica en lasers van de meetinstrumenten, de omgeving, en de constructie-elementen en materialen is dat nu nog niet mogelijk. Op dit moment is het hoogst haalbare om gedurende enkele minuten te meten met een nauwkeurigheid van 200 picometer.

Het IOP-project Picodriftmeter, waarvan Dario Lo Cascio projectleider is, streeft naar een meetplatform dat over een periode van 3 weken met een nauwkeurigheid van 100 picometer kan meten, of met een nauwkeurigheid van minimaal 10 picometer gedurende maximaal 100 seconden. “Om dat te bereiken gaan we op zoek naar oplossingen

Detail van de eerste opstelling van de picodriftmeter (2007)





Schematische weergave van de interferometer met een sample tussen de spiegels

waardoor het meetplatform zelf zo min mogelijk last van picodrift heeft. De eerste is om de temperatuur zo constant mogelijk te houden. Een afweging is vervolgens of je in vacuüm of in lucht gaat meten. Het voordeel van vacuüm is dat je geen last hebt van luchtwervelingen. Maar het nadeel is dat het dunne laagje lucht- en watermoleculen dat zich op ieder oppervlak bevindt in vacuüm langzaam verdwijnt. Ook vereffenen eventuele temperatuursgradiënten, bijvoorbeeld door het meten zelf geïnduceerd, zich minder snel, waarmee je weer nieuwe problemen introduceert.”

Verrijkend

Een andere onderzoeksvraag is hoe het te meten object trillings- en driftvrij op het meetplatform kan worden neergezet. Een trillingsarme omgeving is sowieso een must. En het ontwerp van het meetplatform moet uiteraard ook in andere opzichten zeer stabiel zijn. De onderzoekers zullen daarom (relatief nieuwe) materialen gebruiken met een zeer lage uitzettingscoëfficiënt (zoals Zerodurglas), een hoge inherente stabiliteit (bijvoorbeeld het keramische materiaal siliciumcarbide), of een goede warmtegeleiding (bijvoorbeeld aluminium). Ook aan de verbindingen tussen de onderdelen worden hoge stabiliteitseisen gesteld. Waar nodig zullen zelfs nieuwe verbindingstechnieken worden ontwikkeld.

Het hart van de meetmachine is natuurlijk de meting zelf. “Van de bestaande meetmethodes lijkt meten op basis van de golflengte van licht, interferometrie, het meest veelbelovend”, vertelt Dario Lo Cascio. De focus ligt in eerste instantie op meten in één richting. Op termijn zal het instrument ook metingen met zes ruimtelijke vrijheidsgraden aan moeten kunnen.

Het IOP-project is een samenwerkingsverband van TNO, NMI en de TU Delft. “De drie partners hebben ieder een eigen inbreng en andere competenties. De universiteit heeft een meer fundamentele onderzoekshouding, het NMI is sterk gericht op uitvoering van de metingen en TNO kijkt hoe je de kennis breder kunt inzetten”, vindt Dario Lo Cascio. “Door

die verschillen zie je andere mogelijkheden. Die ‘oogkleppen’ blijken dus geen nadeel maar juist verrijkend.”

Drift in de praktijk

Het NMI Van Swinden Laboratorium speelt een belangrijke rol in het project. Niet alleen is daar veel kennis aanwezig op het gebied van meetmethoden en omgevingsinvloeden, het beschikt ook over laboratoria met zeer hoge temperatuurstabiliteit en zeer lage trillingsniveaus. Wetenschappelijk medewerker Paul van Kan werkt bij de afdeling Onderzoek en Ontwikkeling van NMI. Hij vertelt: “We kunnen de promovendus van de TU Delft de ideale geconditioneerde faciliteiten bieden om het meetplatform en onderdelen daarvan te beproeven. Meten onder de nanometer is nog behoorlijk onbekend terrein, met vaak tegenstrijdige resultaten. Door dit project hopen we onze klanten op het gebied van nanotechnologie beter te kunnen adviseren en onze meetinstrumenten te verfijnen.” Als testcase voor het te ontwikkelen meetplatform noemt Paul van Kan de klassieke lengtestandaard: een metalen blokje met een bekende uitzettingscoëfficiënt. “Die zogenoemde eindmaten meten we jaarlijks bij

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Agilent

ASML

IBS Precision Engineering

FEL Company

Mitutoyo Research

Xycarb Ceramix

VOOR MEER INFORMATIE OVER PICODRIFTMETER

TNO Industrie & Techniek, Divisie Precisiemechanica, dr. Dario Lo Cascio

Telefoon (015) 269 20 63

E-mail dario.locascio@tno.nl

PROJECTGROEP PICODRIFTMETER

Rob Bergmans (NMI)

Dario Lo Cascio (TNO)

Jon Ellis (TUD)

Peter Giessen (TNO)

Bart van Mierlo (TNO)

Rob Munnig Schmidt (TUD)

Paul van Kan (NMI)

Jo Spronck (TUD)

Ad Verlaan (TNO)

een temperatuur van 20,000 graden Celcius met een nauwkeurigheid van 20 nanometer. Maar er zijn eindmaten bij die chronisch met 20 nanometer per jaar langer of korter worden. Met een picodriftmeter zou je die eindmaten bijvoorbeeld ook wekelijks kunnen onderzoeken om inzicht te krijgen in het gedrag van het materiaal. Nu kan dat nog niet. Het apparaat kan op deze manier een belangrijke rol spelen bij onderzoek naar de eigenschappen van nieuwe materialen.”

Nieuwe materialen

Een van de bedrijven die grote interesse heeft in materiaalgedrag op subnanometerniveau is IBS Precision Engineering. Dit ingenieursbureau ontwerpt en produceert klantspecifieke hoognauwkeurige meetmachines en levert daarnaast capacitieve sensoren en luchtlagers. Guido Florussen, meetspecialist bij IBS PE: “Met die sensoren kun je extreem nauwkeurig meten, maar we willen nog preciezer weten hoe nauwkeurig ze zijn. Een andere belangrijke reden om dit onderzoek van dichtbij te volgen is de opkomst van nieuwe materialen zoals composieten. Het thermisch gedrag van dergelijke materialen is, zeker over langere tijd, nog tamelijk onbekend. Voor ontwerpers is het interessant om te weten welk materiaal je in welke omstandigheden het beste kunt gebruiken. We hopen daar in de loop van het project eveneens onderzoek naar te doen.”

Guido Florussen is ook om meer persoonlijke redenen graag lid van de begeleidingscommissie van het IOP-project. “Dit onderzoek is natuurlijk nuttig voor het bedrijf, maar de natuurkunde erachter vind ik zelf heel boeiend. Daarnaast vind ik het leuk om te netwerken. Het is een klein wereldje en het is handig als je elkaar gemakkelijk weet te vinden.”

Capacitieve sensoren in verschillende soorten en maten om heel nauwkeurig afstand mee te meten



FOTO: IBS PRECISION ENGINEERING

Meer informatie over het IOP Precisietechnologie

Contact Dr. ir. Eddy Schipper, programmacoördinator
Telefoon (070) 373 53 43
Fax (070) 373 51 00
E-mail e.schipper@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
Juliana van Stolberglaan 3
Postbus 93144
2509 AC Den Haag
Telefoon (070) 373 50 00
Fax (070) 373 51 00
www.senternovem.nl IPT06104
info@senternovem.nl Januari 2008

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