

## De autofocussensor: een nieuwe benadering van contactloze oppervlakte-metingen

G.J.J.M. Dalessi.

Mede dankzij de ontwikkeling van de zeer compacte halfgeleiderlaser is het mogelijk geworden een aantal nieuwe, *contactloze* autofocussensoren te ontwikkelen zowel voor industriële als voor laboratoriumdoeleinden. Toepassingen worden vooral gevonden op het gebied van de kwaliteitscontrole en beheersing van geavanceerde productieprocessen.

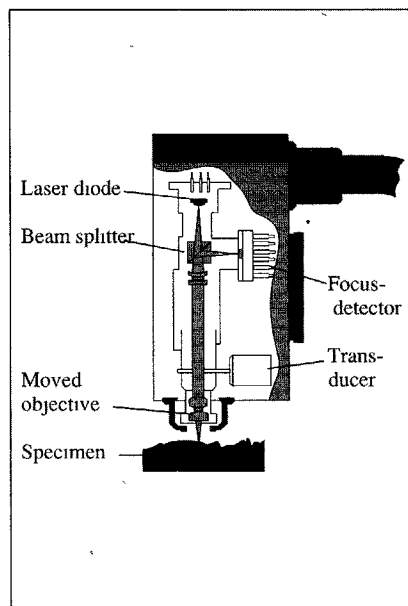
In tegenstelling tot de conventionele meettasters, kan door het contactloze karakter van de autofocussensor ook aan plastische of zeer krasgevoelige materialen gemeten worden, zonder dat er vervormingen of beschadigingen optreden. Ook de meetfrequentie ligt in vergelijking met deze meettasters vele malen hoger.

### De autofocussensor

De autofocussensor is een optische sensor die gebruik maakt van laserlicht om bijvoorbeeld profielen of de oppervlaktestructuur van materialen te meten. De sensor is uitermate geschikt voor het bepalen van de ruwheid van materialen, en is gebaseerd op hetzelfde principe als de aftastendeheid in de Compact Disc speler. De werking van de sensor is schematisch weergegeven in figuur 1, en wordt als volgt beschreven.

De sensor bevat een laserdiode die licht uitzendt met een golflengte in het nabije infrarood licht (780 nm). Het laserlicht wordt met behulp van een lenzenstelsel op het te bemeten object (specimen) gefocusseerd. In de lichtweg is een bundelsplitser geplaatst die het door de laser uitgezonden licht doorlaat, maar het door het meetobject gereflecteerde licht afbuigt. Op deze manier kan het licht in dezelfde richting opgevangen worden als waarin het uitgezonden werd.

De diameter van de lichtvlek op het meetobject is zeer klein (slechts 1 micro-



Figuur 1. Een schematische voorstelling van de autofocussensor.

meter), zodat met een zeer goede horizontale resolutie gemeten kan worden. Het laserlicht wordt door het meetoppervlak al dan niet diffuus gereflecteerd, en door middel van een speciaal voor dit doel ontwikkeld lenzensysteem, aangeboden aan een zogenaamde focusdetector. De reflectiecoëfficiënt van het meetobject mag variëren tussen 2 en 95%. Hieruit blijkt dat aan een zeer groot scala van materialen gemeten kan worden, van zowel sterk licht-absorberende of vrijwel transparante materialen (zwart rubber, glas), tot sterk reflecterende materialen (spiegels, gepolijste oppervlakten)

De focusdetector levert een uitgangssignaal dat aangeeft in welke mate het meetobject uit focus staat, en of het object zich voor dan wel achter het focuspunt van het lenzensysteem bevindt. Dit signaal wordt het 'Focus-Error'-signaal genoemd. In de 'in-focus'-toestand is dit signaal dus gelijk aan 0. Als nu door verplaatsing van de sensor of het meetobject de onderlinge afstand verandert, dan wordt aan de hand van dit 'Focus-

Error'-signaal het beweegbare objectief (moved objective), door middel van een spoeltje, in verticale richting verplaatst, totdat het focuspunt van de sensor weer exact samenvalt met de meetlocatie op het meetobject. De exacte translatie van de lens wordt gedurende deze meet- en regelprocedure continue geregistreerd door een verplaatsingsopnemer (transducer), die het uiteindelijke meetsignaal oplevert

Voor de regeling van de positie van het objectief in de sensor en voor de verdere verwerking van het signaal van de verplaatsingsopnemer, worden de sensoren aangesloten op de bijbehorende evaluatie-eenheid. Deze kan door middel van een interface-kaart aan een computer gekoppeld worden

Volgens het in bovenstaande beschreven meetprincipe zijn een aantal standaard-sensoren ontwikkeld met meetbereiken variërend van 6 micrometer tot 600 micrometer, met respectievelijk een dynamische resolutie van 5 tot 600 nanometer, en een quasi-statische resolutie van 2 tot 100 nanometer. De sensoren kunnen maximaal 600 metingen per seconde uitvoeren. De afstand van de sensor tot het midden van het meetbereik, de zogenaamde 'stand-off', ligt tussen 1 en 15 mm. De afmetingen van de standaard-uitvoering zijn (lxbxh) 40x27x80 mm, en het gewicht bedraagt circa 130 gram.

### De meetsystemen

Bij de inzet van autofocussensoren, waarbij zelfs verplaatsingen van enige nanometers gedetecteerd kunnen worden, is het vanzelfsprekend dat aan de bevestiging van de sensor en aan de positionering van het meetobject hoge eisen moeten worden gesteld. Externe factoren, zoals de variatie van de omgevingstemperatuur en de vibratie van de opstelling, hebben duidelijk een grote invloed op de reproduceerbaarheid van de metingen. Daarom is er rond de auto-

De autofocussensor

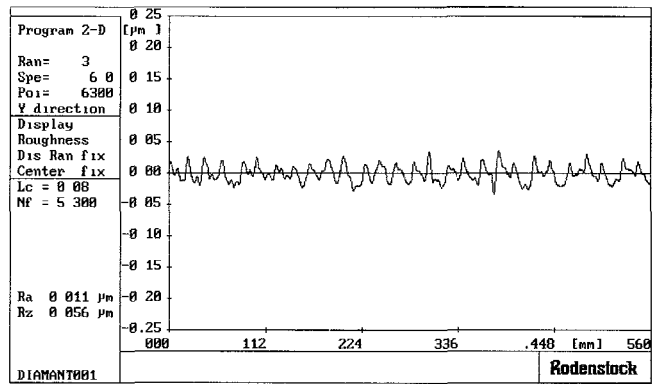
focussensor een tweetal meetsystemen gebouwd, waarbij de problemen van de vibratie van de opstelling en de ophanging van de sensor ondervangen worden. Afhankelijk van de toepassing kan gekozen worden voor een twee- of een drie-dimensionaal meetstation:

- Het twee-dimensionaal meetstation wordt vooral toegepast bij het bepalen van het profiel van meetobjecten, en bestaat uit een vibratie-gedempt plateau, met daarop een translatie-tafel die een slag van 60 mm heeft. Boven deze translatietafel is de autofocussensor gemonteerd. De afwijking in de positionering in de translatie-richting bedraagt niet meer dan 0,2 micrometer over de gehele lengte. De hoogtevariatie is kleiner dan 10 nanometer.

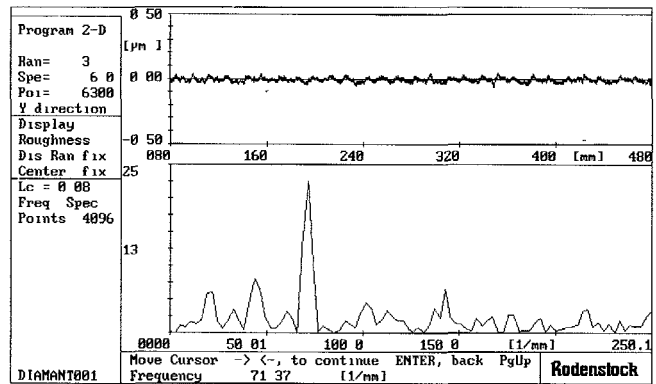
- Het drie-dimensionaal meetstation is feitelijk een uitgebreid twee-dimensionaal systeem, en bestaat uit een vibratie-gedempt plateau, met daarop twee translatietafels die loodrecht op elkaar gemonteerd zijn (x- en y-richting). De hierdoor ontstane meetoppervlakte bedraagt in de standaarduitvoering 300 x 300 mm. De positioneringsnauwkeurigheid van het complete translatiesysteem is beter dan 1 micrometer over het gehele meetoppervlak. Het drie-dimensionale systeem wordt toegepast bij metingen waarbij over een materiaaloppervlak gemeten moet worden, zodat het gehele oppervlak volgens een rasterpatroon afgescand wordt.

Voorts kunnen de meetsystemen nog uit-

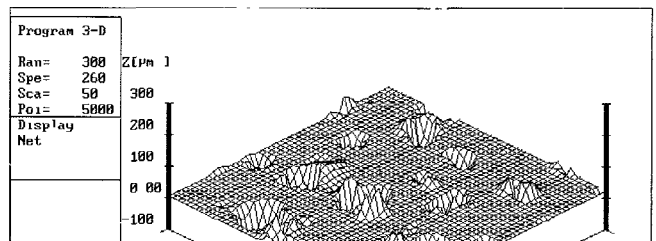
Figuur 2. Het ruwheidsprofiel van een met diamant gedraaid oppervlak.



Figuur 3. De Fourieranalyse van een ruwheidsprofiel.



Figuur 4. Weergave van een lakoppervlak dat beschadigd is door steenslag.



**Figuur 6.**  
Driedimensionale  
weergave van een  
veercontact.

Ran= 388  
Spe= 188.  
Scai 58

E 88 E BE

B DEGR  
Rodenstock

**Figuur 7.** Weergave  
van de ruwheid van  
een veercontact.

Program 2-D  
Ran= 38  
Spe= 6 88 3 8  
Poi= 8088  
Rough& 1.8  
Dls.Ran.fix B B  
Center fix  
IC = ,8888  
NF = 18 88

1 de sensor aan

4 toont een duidelijk voorbeeld  
van een lakoppervlakte dat tengevolge  
van steenslag is beschadigd.

#### Het bepalen van de ruwheid en vorm van glasvezelverbindingen

Om ervoor te zorgen dat de transmissie-  
verliezen bij verbindingen van glasve-  
zels tot een minimum beperkt worden, is  
het van groot belang dat fibers met grote  
precisie gefabriceerd worden. Factoren,  
die in dit proces van belang zijn, zijn on-  
der andere:

- de diameter van de plugpin,
- de concentriciteit van de kern,
- de vorm en ruwheid van het fiber-uit-  
einde.

Met name aan de single-mode fibers  
worden eisen gesteld die in het submi-  
cron-gebied liggen. Een normale eind-  
controle van de plugverbindingen geeft  
niet voldoende informatie over de vraag  
waardoor de verliezen veroorzaakt wor-  
den. Daarom is een geometrische con-

trole van de fiber vaak gewenst. Met be-  
hulp van de autofocussensor kan bij-  
voorbeeld de vorm en de ruwheid van  
het fiber-uiteinde gemeten worden, zo-  
als weergegeven in figuur 5. Hier gaat  
om de bepaling van de bolvorm aan het  
uiteinde van de fiber.

#### Bepaling van de ruwheid van glassub- straten voor fotomaskers

Fotomaskers worden gebruikt in de pro-  
ductie van halfgeleiderschakelingen  
voor de belichting van fotogevoelige la-  
gen. De maskers bestaan uit een glas  
substraat met daarop een (metaal) laag  
in de vorm van een masker. Om er zeker  
van te zijn dat de fotogevoelige laag in  
de belichte delen compleet verwijderd  
wordt zonder achterlating van een resi-  
du, mag de ruwheid van het oppervlak  
van het substraat niet groter zijn dan cir-  
ca 1 nanometer. Deze minimum ruw-  
heidswaarden kunnen alleen bereikt  
worden wanneer het glas in een aantal  
stappen bewerkt wordt. Na elke stap  
moet de ruwheid van het substraat tot  
een zekere minimumwaarde geredu-  
ceerd zijn. Tot dusver werd voor de me-

zo objectief mogelijk is. Vooral wanneer  
optreden van defecten doet een visuele inspectie

inspectie in aanmerking komt. Bovendien

## De autofocusensor



Figuur 8.  
Driedimensionale weergave van een nieuwe magnetische leeskop.

**Bepaling van de slijtage van magnetische leeskoppen**

Magnetische leeskoppen worden gebruikt in bandrecorders, cassette recorders en tape-streamers. De mate van slij-