

# Contactloos meten met behulp van opto-elektronische sensoren en laterale foto-effect detectoren

*De ontwikkelingen richting de nanotechnologie gaan in hoog tempo. Om op nanometerniveau te meten is positionering nodig op submicron niveau. Met behulp van onder andere optische sensoren is dit mogelijk omdat ze in ieder geval contactloos werken. Er zijn kant en klare sensoren te koop, maar zelf bouwen kan ook. De keuze om te meten met PSD's heeft unieke voordelen ten opzichte van andere middelen. In het nu volgende artikel gaan we dieper in op de opto-electronische sensoren en laterale fotoeffect-detectoren.*

• Frank Godschalk<sup>1</sup> •

Opto-electronische sensoren hebben vele toepassingsmogelijkheden. Zo worden ze bijvoorbeeld gebruikt om geometrische parameters vast te stellen, vibratie-metingen te verrichten, verplaatsing te meten door middel van optische triangulatie en spectrale analyse.

Opto-electronische sensoren hebben belangrijke voordelen. Door de toepassing van enkele hightech componenten hebben deze meetsystemen de volgende eigenschappen:

- Contactloos, dus geen slijtage van de probe of het te meten object;
- Heel erg snel;
- Nauwkeurig, toepasbaar in submicron technologieën;
- Ongevoelig voor elektrische/magnetische stoorsignalen;
- Lage prijs.

## Het werkingsprincipe van de PSD

De PSD is een lateraal-effect fotodiode die normaal gesproken wordt toegepast in de fotogeleidende mode. De detector is gemaakt als een standaard silicium PN overgang. Deze overgang is lichtgevoelig: als er licht op valt, ontstaat een fotostroom. De stroom vloeit naar de geïmplanteerde lagen en komt tevoorschijn bij de elektrodes. De stroom naar de elektrode is omgekeerd evenredig met de afstand van de lichtspot tot de elektrode's.

Er zijn duo-laterale en tetralaterale PSD's. Doordat de X en Y signalen gescheiden zijn bij de duo-laterale PSD vertoont deze detector een goede lineariteit.

<sup>1</sup> Sales Manager Promis Electro Optics B.V.

## CONTACTLOOS METEN

De belangrijkste component in een opto-electronische sensor is de lateraal foto-effect detector, ook wel positie gevoelige detector (PSD's) genoemd.

Een PSD heeft de volgende eigenschappen:

- Zet het zwaartepunt van de positie van een lichtspot of stralingsspot om in elektrische signalen;
- Lineariteit beter dan 0,1 % (1 dimensionaal), 0,3 % (2-dimensionaal);
- Bandbreedte 1 MHz;
- Dynamische range I: 100.000;
- Resolutie 1 ppm.;
- Uitstekende positieresolutie en lineariteit;
- Detector materiaal bestaat uit hoogohmig silicium;
- Bruikbaar van X-ray tot 1100 nm.;
- Grote range aan spectrale responsie;
- Grote range aan intensiteiten toepasbaar;
- Korte responsie tijd (nsec);
- Meet intensiteit en positie simultaan;
- Onafhankelijk van de lichtspot of stralingsspot van het focuspunt;
- Hoog dynamisch bereik;
- Positie resolutie beter dan  $1 \llcorner 1 \cdot 10^6$  (nanometer range) haalbaar.

Er zijn meerdere typen PSD's beschikbaar. We zullen hier de eendimensionale en tweedimensionale PSD's bespreken, de andere typen zijn hieruit af te leiden.

### Eendimensionale PSD

De eendimensionale PSD is een goede vervanger voor duocellen; er zijn geen problemen met de homogeniteit van de lichtbundel.

De PSD detecteert een lichtspot die over zijn oppervlak beweegt in één dimensie. Er zijn drie aansluitingen. De foto-elektrische stroom gegenereerd door het invallende licht, stroomt door de detector en wordt gezien als een instelstroom. Die wordt verdeeld over twee output stromen. De verdeling is evenredig met de positie van de lichtspot op de detector.

### Tweedimensionale PSD

De tweedimensionale PSD is gefabriceerd volgens het duolaterale principe en detecteert een lichtspot die over zijn oppervlak beweegt in twee dimensies. Er zijn nu vier aansluitingen. De foto-elektrische stroom kan nu gezien worden

als twee instelstromen die worden verdeeld over twee output stromen (X en Y richting).

Men kan de positie nu eenvoudig berekenen. In de onderstaande formules stellen de waarden: X1, X2 en Y1, Y2 de elektrische stromen voor die van de elektrodes komen en x, y zijn de coördinaten van de positie van de lichtspot. L staat voor de lengte van de detector. De lichtspot hoeft niet homogeen te zijn, omdat de PSD automatisch het zwaartepunt geeft.

Voor de eendimensionale PSD komen we dan op de volgende vergelijkingen:

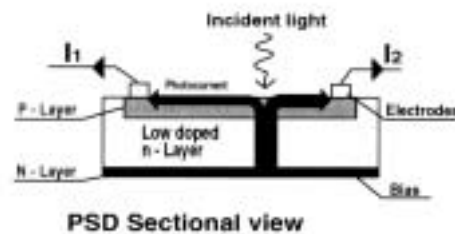
$$\text{De positie is: } \frac{Y_2 - Y_1}{Y_2 + Y_1} = \frac{2y}{L}$$

De positie wordt bepaald door het verschil in de outputsignalen te delen door de som van de outputsignalen.

Voor de tweedimensionale PSD is de vergelijking als volgt:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_2 + X_1} = \frac{2x}{L} \quad \frac{Y_2 - Y_1}{Y_2 + Y_1} = \frac{2y}{L}$$

Door met een terugkoppel signaal ook de intensiteit constant te houden en te vergelijken met de  $X_2+X_1$  en  $Y_2+Y_1$  waardes opgeteld, kan men deze ook wegdelen. De positie wordt nu bepaald door  $X_2-X_1$  en  $Y_2-Y_1$ .



Afbeelding 2.  
PSD dwarsdoorsnede

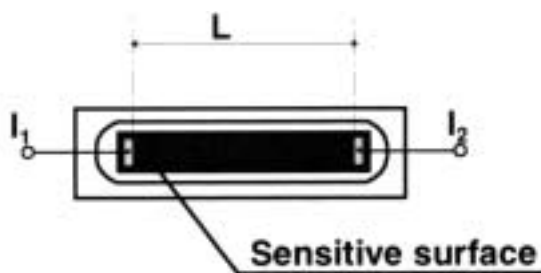
Het nieuwste ontwerp is de PSD met elektronica on-board de SPC-PSD. Deze nieuwste PSD heeft de som en verschil-versterkers al ingebouwd.

PSD's zijn verkrijgbaar in vrijwel elke denkbare vorm. Alleen de maximale grootte is momenteel beperkt tot maximaal 45 x 45 mm.

### Overwegingen

#### Ontwerpoverwegingen

De PSD zet licht om naar stroom; onafhankelijk vanuit welke richting het licht op de PSD valt. De totaal ontwik-



Afbeelding 3. De eendimensionale PSD

kelde fotostroom is de som van alle lichtbronnen. Het positie-signaal dat afgeleid wordt van de PSD aansluitingen noemen we het zwaartepunt van het ingevallen licht.

In veel gevallen zal men het opvallende licht willen focuseren en dan moet men rekening houden met het volgende:

- Focus van het optische systeem:  
De lichtspot dient zo nauwkeurig mogelijk gefocuseerd te worden. Dit is belangrijk om mogelijk strooiligte te voorkomen. Dit strooiligte zal een meetfout introduceren in het zwaartepunt. Het licht dient over het hele actieve PSD oppervlak in focus te blijven.
- Antireflectie coating op de PSD:  
Er komt vrijwel geen licht van het PSD oppervlak, maar door een extra antireflectie coating kan dit nog verder gereduceerd worden.

#### *Keuze van focuseringsoptie.*

Gebruik optische componenten die een scherpe afbeelding maken van de lichtbron op de detector. Kies hiervoor kwalitatief goede componenten omdat er anders mogelijk toch strooiligte ontstaat. Om een goede spot te maken, kan men het beste twee achromaten gespiegeld ten opzichte van elkaar toepassen. Als er gebruik wordt gemaakt van lage lichtniveaus (< 1 mW), is ook een antireflectie coating noodzakelijk.

#### *Mechanische overwegingen*

De PSD mag niet bewegen als gevolg van thermische uitzettingen.

#### *Elektrische signalen*

De elektrische stromen van de PSD zijn heel laag (500 nA – 500  $\mu$ A). De afstand van de PSD tot de eerste versterkertrap moet zo kort mogelijk gehouden worden. Scheidt de kanalen zodat er geen overspraak kan plaatsvinden. Pas AC-versterkers toe; door een modulerend lichtsignaal op de PSD te zetten kan het omgevingslicht nog beter onderdrukt worden.

### **Applicatie voorbeelden:**

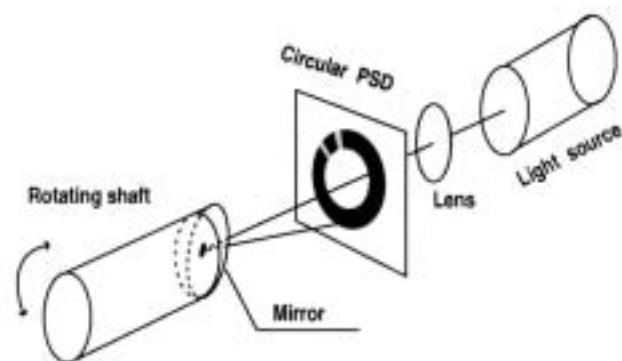
PSD's zijn op zeer veel manieren toepasbaar. Hieronder twee voorbeelden van het functioneren van deze bijzondere detector.

#### *Non-contact afstand meetsysteem*

In de figuur is een klassieke triangulatie opstelling weergegeven. Door een laser of led te projecteren op een oppervlak en het gereflecteerde licht af te beelden op de PSD, kan men de afstand tot het object meten. Als de hoogte van het meetobject verandert verschuift de laser/led spot over de PSD. Dit wordt direct analoog vertaald in een elektrische stroomverandering.

#### *Non contact hoek meetsysteem*

In de figuur hieronder is een circulaire Sitek PSD toegepast om de hoek te meten. Een smalle lichtbundel (laser of led) wordt geprojecteerd op een spiegel. De spiegel is gemonteerd aan de as. De spiegel reflecteert de bundel in de richting van de circulaire PSD. De circulaire PSD zet de lichtspot om in een elektrische stroom en geeft zo de positie van de as. Dit systeem kan met zeer hoge snelheden werken.



Afbeelding 4. Non contact hoek meetsysteem.

#### *Uitlijning en oppervlakte uitricht meetsysteem*

Een smalle en laag divergerende laserbundel geeft een rechte lijn tussen twee punten. De uitlijnlaser kan gebruikt worden om fabricage assemblagelijnen, transportlijnen en bijvoorbeeld bruggen te meten. De PSD wordt dan aan het te meten object bevestigd en de laser straalt de PSD aan. De bewegingen zijn dan te volgen met hoge snelheid en nauwkeurigheid.

#### Literatuur:

PSD Processing electronics. C.S. Kooijman  
Sitek PSD School. Lars Stenberg