

# Capacitief, contactloos dikte meten

Met ongekeerde nauwkeurigheden

Voor het meten van de dikte van een object kan natuurlijk een schuifmaat gebruikt worden, maar zeker in een geautomatiseerd productieproces is dit niet handig. In dat geval is het contactloos meten van de dikte vele malen sneller en levert bij het meten van tere objecten geen beschadigingen op. Een voorbeeld hiervan is het meten van de dikte van zonnecellen. Deze tere, dunne plaatjes kunnen het beste contactloos gemeten worden, iets waar de capacitieve sensoren van Micro-Epsilon een goede oplossing voor bieden.

Zonnecellen worden net als IC gemaakt uit een blok silicium waaruit wavers gezaagd worden. Deze wavers ondergaan verschillende bewerkingen om uiteindelijk een cel op te leveren die in een behuizing geplaatst kan worden. Bij het merendeel van de bewerkingen moet men in de gaten houden dat de dikte van de waver of de lagen die er op aangebracht worden wel overeenkomen met dat wat men wenst. Voor een zo hoog mogelijk rendement mag namelijk de waver

niet te dik worden en ook bijvoorbeeld een antireflectie laag mag niet te dik zijn. In de fabriek waar de cellen gemaakt worden, moet dus op meerdere plekken de dikte van het halfproduct gemeten worden om zo het productieproces constant te kunnen houden. Aangezien de wavers slechts 200 µm dik zijn en daardoor heel erg teer zijn, is het contactloos meten eigenlijk de enige goede oplossing. Voor deze bepaling zijn er meerdere mogelijkheden, maar een oplos-

sing met een hele hoge nauwkeurigheid is het toepassen van capacitieve sensoren. Hiermee kan snel en eenvoudig de dikte bepaald worden om zo foute exemplaren uit het productieproces te halen.

## Diëlectricum

Om te kunnen verklaren hoe met een condensator een dikte is te meten, moet allereerst weer even gekeken worden naar de opbouw en werking van een condensator. In figuur 1 is de condensator getekend plus de bijbehorende formule voor het bepalen van de waarde. Hierin is  $\epsilon$  de diëlectrische constante van de stof tussen de platen (in dit geval die van lucht),  $A$  het oppervlak en  $d$  de afstand tussen de platen. Wordt er tussen de platen een ander materiaal dan lucht geschoven, dan zal de waarde van  $\epsilon$  veranderen en daarmee de waarde van de condensator. Is deze stof dunner dan de afstand tussen de platen, dan ontstaat er een  $\epsilon$  die bepaald wordt door de  $\epsilon$  van de lucht en die van de stof. Door kalibratie is nu de verandering van de capaciteit om te rekenen naar de dikte van de stof die tussen de platen gehouden wordt. Op deze manier kan dus de dikte van elke niet geleidende stof bepaald worden, zolang er maar een duidelijk verschil is tussen de  $\epsilon$ -waarde van de stof die van de omringende lucht.

Wordt er tussen de platen een geleidend (of halfgeleidend) materiaal gehouden, dan ontstaat er een compleet andere situatie. Het geleidende materiaal gaat zelf ook als condensatorplaat werken en we krijgen daardoor twee condensatoren die in serie geschakeld zijn. Ook nu kan de dikte van het geleidende materiaal bepaald worden omdat er nu boven en onder het materiaal twee luchtlagen zijn waarvan de totale dikte afhankelijk is van de dikte van het te meten materiaal.

## Nauwkeurigheid

Als het meetstelsel de waarde van de condensator met een hoge nauwkeurigheid kan meten, dan is daarmee de verandering van de  $\epsilon$  ook goed te bepalen. Direct hieraan gekoppeld is dan ook dat de dikte met een zelfde hoge nauwkeurigheid bepaald kan worden. De enige factor die goed in de gaten gehouden moet worden is de samenstelling van de lucht. Droge lucht heeft bijvoorbeeld een andere waarde voor  $\epsilon$  dan vochtige lucht. Voor de hoogste nauwkeurigheid is het dan ook noodzakelijk om te meten in een geconditioneerde omgeving.

## De opstelling

Figuur 2 toont de meetopstelling die te gebruiken is voor o.a. het bepalen van de dikte van de wavers voor zonnecellen. Te zien is dat op drie plekken in de meetopstelling boven en onder de waver sensoren geplaatst zijn. Elke sensor bevat de helft van de totale condensator zoals dat in figuur 3 te zien is. Wat opvalt aan de opstelling in figuur 2 is de solide constructie waarin de sensoren gemonteerd zijn. Dit is natuurlijk noodzakelijk om hoge nauwkeurigheid te garanderen.

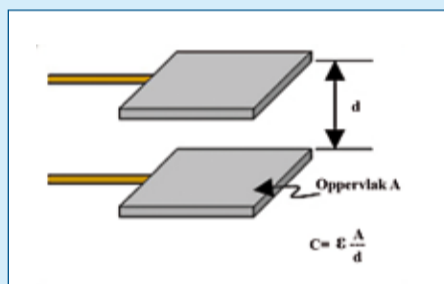
Naast de twee sensoren moet er natuurlijk nog een omzetter toegepast worden om de waarde van de condensator te kunnen bepalen en om te zetten in een meetsignaal. Micro-Epsilon heeft hiervoor een omzetter die als uitgang een signaal van 0...1 V of 4...20 mA levert. Voor applicaties waarbij meerdere sensoren toegepast moeten worden, heeft men een systeem waarin meerdere omvormers geplaatst kunnen worden (figuur 4). Hierin kan ook een interface gemonteerd worden die de signalen omzet naar Ethernet (de capaNCDT).

## En meer

Het voorbeeld van het meten van de dikte van de wavers voor zonnecellen, is slechts één toepassing voor deze sensoren. In principe kan van elk geleidend of niet geleidend materiaal op deze manier de dikte bepaald worden. Zelfs laklagen op materiaal met een bekende dikte kan met dezelfde hoge nauwkeurigheid bepaald worden. Het aantal toepassingen voor deze sensoren is dan ook bijzonder groot.

Voor meer informatie [www.etotaal.nl/achtergrond](http://www.etotaal.nl/achtergrond), artikel Capacitief, contactloos dikte meten

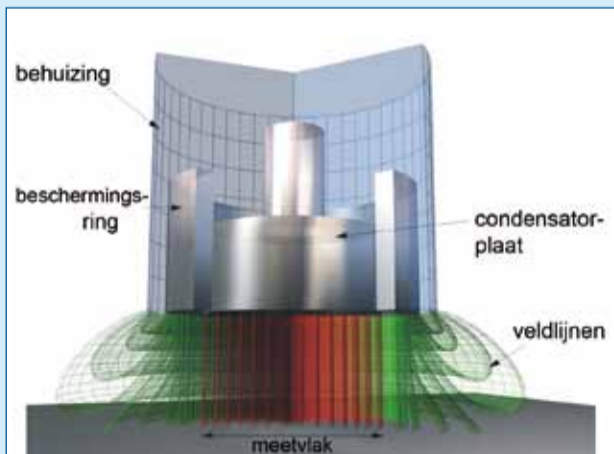
Ewout de Ruiter



Figuur 1. Elk materiaal heeft een andere diëlectrische constante. Hiervan kan gebruik gemaakt worden voor het bepalen van de dikte.



Figuur 2. De meetopstelling voor het meten van de waver-dikte.



Figuur 3. Elke sensor bevat de helft van de condensator.



Figuur 4. Voor meerdere sensoren die via Ethernet zijn uit te lezen, heeft Micro-Epsilon een compleet systeem uitgebracht.