

Susan meet sneller, nauwkeuriger

IBS Precision Engineering heeft onder de naam Susan (SUPERwafer Surface ANALysis) een machine ontwikkeld voor het tweezijdig meten van siliciumwafers. De machine, gebaseerd op capacitieve meettechnologie, meet van wafers tot 300 mm eigenschappen als warp, bow en dikte. Susan is aanzienlijk sneller en nauwkeuriger dan bestaande machineconcepten dankzij luchtlagering. Haar modulaire structuur biedt ruimte voor een optionele hoge-resolutiesensor voor het meten van de oppervlakteruwheid.

• Hans Koopmans •

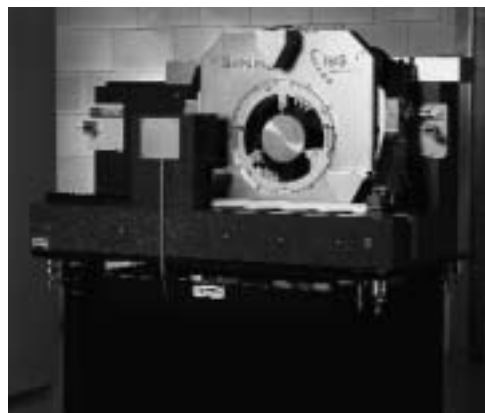
M Meetmachines gebaseerd op capaciteitsmeting worden veel gebruikt in de halfgeleiderindustrie voor het meten van de geometrische eigenschappen van wafers. IBS Precision Engineering in Eindhoven bouwt met zijn machine voort op dit principe, maar gaat een stap verder door gebruik te maken van zeer nauwkeurige luchtgeleidingen. Dit resulteert in een zeer exact, uiterst stabiel ontwerp voor een snellere, nauwkeurigere en betrouwbare werkwijze. Voor het ontwerp van Susan (zie Afbeelding 1) is geput uit de kennis die is verkregen in het eind 2004 afgesloten Europese project SuperWafer, gericht op het ontwikkelen van nieuwe productietechnologie voor 200 en 300 mm wafers. IBS nam eraan deel samen met partijen als het Fraunhofer Instituut für Produktionstechnologie in Aken en de Technische Universiteit Eindhoven.

Capacitief

De capacitieve meetmethode is bij uitstek geschikt omdat het een contactloze afstandsmeting betreft. De gemeten capaciteit is omgekeerd evenredig met de breedte van de (lucht)spleet tussen de sensor en het te meten oppervlak. Door een heel oppervlak te scannen kan een 'hoogtekaart' worden gegenereerd. Pluspunten van capacitieve meetsystemen zijn hun grote bandbreedte, hoge resolutie, hoge lineariteit, vacuümcompatibiliteit en het ontbreken van lokale warmte-ontwikkeling.

Bow en warp

De sensorkeuze voor Susan maakt het mogelijk om wafers te meten met een grote mate van bow en warp. Tevens kunnen zeer vlak gepolijste wafers worden gemeten met een hoge graad van nauwkeurigheid. Bow is een maat voor de vervorming van het mediane waferoppervlak in zijn middelpunt, afgezien van diktevariëaties. Warp is het verschil tussen de maximale en minimale vervormingen van het mediane oppervlak van een wafer ten opzichte van een referentievlak. Bow geeft aan hoe bol of hol een wafer is, terwijl warp een maat is voor de vervorming zoals een aardappelchip die vertoont.



Afbeelding 1. Susan (zonder kast).

en met hogere resolutie

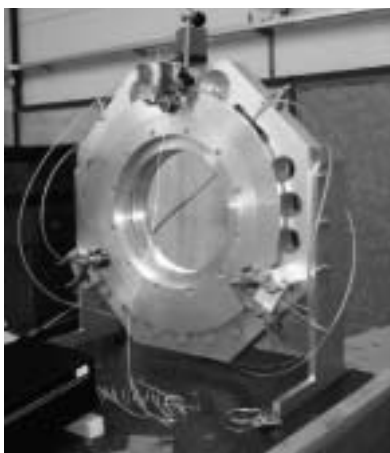
Meting

De werkwijze is als volgt. Een wafer wordt – nadat hij is gezaagd en eventueel geslepen, gepolijst en gedoped – met de hand geplaatst in een rotatietafel in de vorm van een luchtgelagerde houder; zie Afbeelding 2. De standaard waferafmeting is 300 mm, kleinere afmetingen zijn mogelijk bij gebruik van een adapter. De wafer wordt vastgeklemd door drie grijpvingers, die met hun onderzijdes samen een referentievlak definiëren en met hun verende bovenzijdes de variabele dikte van een wafer kunnen opvangen. Tabel 1 geeft een aantal eigenschappen waaraan de wafer moet voldoen. De wafer staat verticaal, zodat het eigen gewicht geen invloed heeft op het meetresultaat.

Tabel 1. Meetbereik van Susan in termen van wafer-eigenschappen.

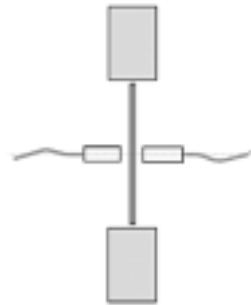
Diameter	150 / 200 / 300 ±1,5 mm
Dikte	0,35 / 0,40 / 0,70 tot 2,0 mm
Maximale bow	800 µm
Maximale warp	1800 µm
Soortelijke weerstand	10 ⁻⁶ tot 10 ² Ωcm
Edge exclusion	2,5 mm

De meting wordt uitgevoerd met behulp van twee capacitieve sensoren aan weerszijden van de wafer; zie de schematische weergave in Afbeelding 3. De sensoren zijn gemonteerd op een meetframe en voorzien van drivers, zodat de sensorspleet instelbaar is. Deze instelbaarheid maakt het mogelijk alle typen wafers te meten zonder handmatige instelprocedures. Nadat de sensoren zijn ingesteld op de juiste dikte, worden ze gekalibreerd door het meten van



Afbeelding 2. De luchtgelagerde rotatietafel.

geïntegreerde kaliberblokken. Voor een capacitieve scan van het wafer-oppervlak wordt de wafer in rotatie gebracht en gelijktijdig lineair (in radiële richting) langs de sensoren op het stationaire meetframe voortbewogen. Zo vindt een spiraalvormige scan van het oppervlak plaats. De benodigde tijd voor een capacitieve scan van een 300 mm wafer is 30 seconden. Enige extra tijd is nodig om de wafer met de hand in de machine te plaatsen en weer uit te nemen nadat de meting is uitgevoerd. Susan bevat voorzieningen om in de toekomst een wafer-handler in het systeem te integreren.



Afbeelding 3. Principe van tweezijdige capaciteitsmeting aan een wafer.

Nauwkeurigheid

Het ontwerp van het meetframe dat de twee capacitieve sensoren onderling verbindt, bepaalt in hoge mate de stabiliteit en daarmee de reproduceerbaarheid en nauwkeurigheid van de machine. Door graniet als structurele component van de machine te gebruiken (zie Afbeelding 4), wordt de (dynamische en thermische) stabiliteit van het systeem aanzienlijk vergroot. De onzekerheid van de diktemeting bedraagt ±0,5 µm, de repeeteerbaarheid is veel beter dan ±0,5 µm. Voor de capacitieve sensor is een Lion Precision tweekanaalsmeetsysteem gekozen. Tabel 2 geeft enkele specificaties van de sensor en de actuator (de sensor-driver).

Tabel 2. Enkele relevante specificaties van de sensor en de actuator.

Sensor	
Resolutie van de diktemeting (RMS)	13 nm
Nauwkeurigheid van de diktemeting	±0,5 µm
Laterale resolutie	5,6 mm
Actuator	
Bereik	2 mm
Stabiliteit tijdens de meting	< 10 nm
Resolutie	< 100 nm



Afbeelding 4. Het frame van Susan heeft dankzij een granieten tafel een hoge stabiliteit en is daarnaast voorzien van actieve, pneumatische trillingsisolatie.



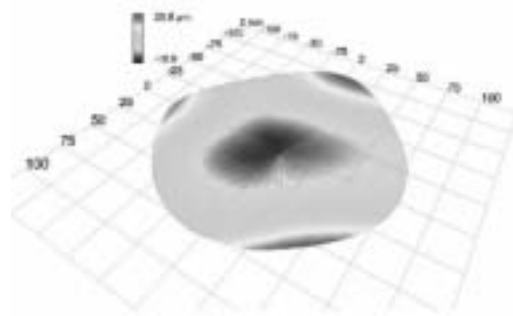
Afbeelding 5. Close-up van de luchtlagering.

De geleidingen zijn luchtgelagerd om een wrijvingsloze en zeer nauwkeurige beweging van de sensoren en de wafer te garanderen. De rotatieas is radiaal gelagerd door middel van vier New Way luchtlagersegmenten, waarvan er twee een preload hebben. De luchtlagersegmenten zijn vervaardigd uit poreus grafiet, hetgeen een contactloze en wrijvingsloze geleiding en een zeer hoge stijfheid garandeert; zie Afbeelding 5. Voor de relatieve vochtigheid wordt een waarde van 40-70% opgegeven. Voorts moet de machine worden geplaatst in een trillingsarme omgeving. Zolang de soortelijke weerstand van de wafers binnen de opgegeven grenzen ligt, hoeft de machine niet voor ieder wafertype apart te worden gekalibreerd. Een set wafers wordt gemeten door een gecertificeerd laboratorium en gebruikt voor een periodieke referentiecontrole van de machine.

Gemeten grootheden

Meting van een wafer geschiedt geheel automatisch. De software voor besturing van Susan is geschreven in een Delphi-programmeeromgeving. Na meting vindt bewerking

van de meetgegevens plaats en worden de volgende grootheden berekend: Mean, Standard deviations, Maximum deviation, Minimum deviation, Total deviation en Center value. Over een vierkant van 1 x 1 inch² worden lokale eigenschappen berekend: de LTV (Local Thickness Variation) en de LFPD (Local Focal Plane Deviation). De software verzorgt een weergave van de berekende resultaten en een grafische presentatie van de gemeten wafer. Afbeelding 6 toont een meting van de warp.



Afbeelding 6. Meting van de warp.

Oppervlakteruwheid

Omdat de machine gebaseerd is op capacitieve meting, heeft de oppervlakteruwheid geen invloed op de meting. Deze wordt namelijk niet gemeten vanwege het middelende effect in laterale richting van de capacitieve sensoren: hun 'venster' is te groot voor de karakteristieke periode van oppervlakteruwheid. Susan is echter voorbereid op een toekomstige uitbreiding met een optionele focusprobe, waarmee een (verticale) resolutie van 10 nm en een laterale resolutie van 1 µm kan worden bereikt. Wanneer de machine is uitgerust met deze sensor, kan de oppervlakteruwheid worden gemeten. De optische sensor kan tevens worden gebruikt om specifieke gebieden op de wafer met een zeer hoge laterale resolutie aan een verdere inspectie te onderwerpen. Het maakt Susan tot het eerste systeem op de markt dat naast de gebruikelijke geometrische metingen aan een wafer ook metingen met hoge laterale resolutie kan uitvoeren.

Auteursnoot

Hans Koopmans is freelance tekstschrijver in Apeldoorn.

Informatie

IBS Precision Engineering
Hans Ott, sales manager
Tel. 040 - 290 12 70
www.ibspe.com