

# Nur exakte Bricks fangen die Sonne ein

**Ingotgeometrie berührungslos messen.** Wafer für Solarzellen und -module haben eine Dicke, die deutlich kleiner als  $800\ \mu\text{m}$  ist. Siliziumblöcke, sogenannte Ingots, werden zu diesem Zweck in feine Scheiben zersägt. Der Sägevorgang ist zeitintensiv und teuer. Wichtig ist daher, dass der Ingot vor dem Sägen exakt geprüft wird. Mit einer neuartigen Messanlage lässt sich die Messung optimieren.



Anlage zum automatischen Vermessen von Ingots (geöffnetes Gehäuse). Der dimensionControl 8260 kalibriert sich selbstständig

SIEGFRIED KALHOFFER

■ Es spielt keine Rolle, nach welchem Verfahren ein Ingot hergestellt wurde oder ob er mono- beziehungsweise polykristallin ist, jeder Ingot kann partiell von der gewünschten Form abweichen. Überschreiten die geometrischen Abweichungen ein vorgegebenes Ausmaß, ist der Ingot an dieser Stelle unbrauchbar. Dann muss entschieden werden, ob dieses Teilstück durch Nacharbeiten in den zulässigen

Toleranzbereich gebracht werden kann. Zunächst gilt es, diese Stellen zu finden und zu markieren.

Würde der fehlerhafte Wafer weiter bearbeitet, entstünden unnötige Folgekosten durch Materialeinsatz und Zeitverlust. Deshalb werden Ingots vor dem Zersägen in Wafer auf äußerliche Fehlerkriterien untersucht. Nicht brauchbare Stellen trennt man beim sogenannten Cropping ab. Übrig bleiben Teile des Ingots, die als Bricks bezeichnet werden. Nur aus diesen

Bricks dürfen Wafer gesägt werden, die später geometrisch exakt in die Matrix des Solarmoduls passen müssen.

Bisher hat man die Geometrie der Ingots manuell geprüft. Dabei wird an einer Prüfstation der bereits gefaste und quadrierte Ingot mittels Messschieber kontrolliert, häufig aus Zeitgründen nur an drei verschiedenen Stellen auf der Ingotlänge. Die aufgenommenen Daten werden teilweise manuell, teilweise automatisch im PC an eine Datenbank übergeben.

## IN KÜRZE

### Folgekosten vermeiden

Wafer für Solarmodule werden von Siliziumblöcken abgesägt. Die hauchdünnen Scheiben müssen nicht nur plan sein, sondern auch eine genaue Größe haben, um in die Matrix des Solarmoduls zu passen. Bisher wurden Ingots meist manuell vermessen. Das ist zeitintensiv und nicht genau genug. Ein Bearbeiten von unpassenden Teilstücken des Ingots ist jedoch teuer, da sich ungenaue Wafer nur schwer auf den Träger aufbringen lassen. Um das zu vermeiden, bietet Micro-Epsilon eine automatische Station für die Geometriemessung von Ingots an. Laseroptische Sensoren prüfen die Seitenlängen, Fasenlängen, Winkel, Diagonallängen und Planheit des Ingots und beschleunigen nicht nur den Messvorgang, sondern vermeiden auch Folgekosten, die durch unpassende Wafer entstehen können.

### Automatisches Messen ist genauer und schneller

Visuell sind Ausbrüche in der Oberfläche gut erkennbar, jedoch nicht die Planheitsabweichungen der Seitenflächen oder eine Bananenform des Ingots. Solche Fehler können später das Aufkleben des Trägerglases erschweren. Das manuelle Messen dauert etwa 20 Minuten und liefert nur Ergebnisse von Stichproben. Alle als NIO (nicht in Ordnung) deklarierte Zonen werden von Hand markiert und anschließend in der Cropping-Station entfernt.

Um den Prozess der manuellen und wenig zuverlässigen Geometrieprüfung zu op-

timieren, ist eine vollautomatische Lösung sinnvoll, bei der der Ingot in die Messstation eingelegt und nach der Geometriemessung entnommen wird. Micro-Epsilon bietet für die automatische Geometrieprüfung von Ingots ein neuartiges Prüfsystem mit berührungsloser Sensorik an.

Die als Ingot-Messsystem bezeichnete Anlage ›dimensionControl 8260 for Ingots‹ überprüft mit mehreren laseroptischen Sensoren (Linien-scannern) die Oberfläche des Ingots und misst selbstständig

Auf einer Sensorgrundplatte befinden sich vier laseroptische Linienscanner. Sie projizieren je eine Laserlinie auf den Ingot. Die reflektierte Linie wird von dem Scanner aufgenommen und ausgewertet. Sie enthält präzise Informationen über die Geometrie des Ingots. Während des Messvorgangs traversiert die Sensorgrundplatte mit der Sensorik (Bild 2) entlang des Prüflings. Dabei können je nach Kundenwunsch in bestimmten Abständen Messungen durchgeführt werden. Typisch ist

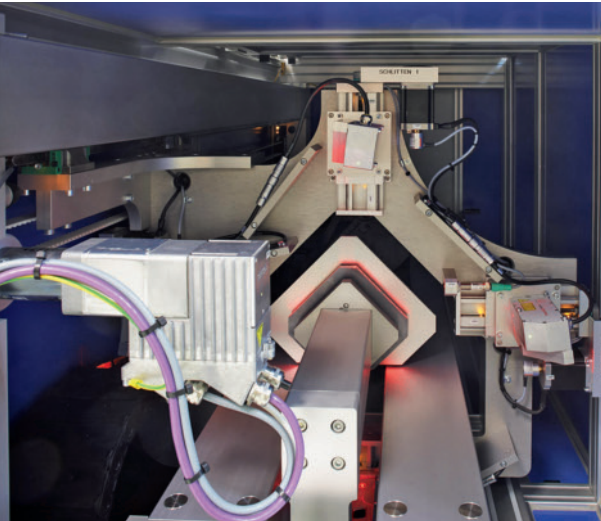
## Herausforderung: unterschiedliche Oberflächen

Die automatisierte optische Prüfung hat viele Vorteile. Sie ist berührungslos, verschleißfrei und übt keinerlei mechanische Einflüsse auf das Messobjekt aus. Im Gegensatz zur manuellen Prüfung ist sie außerdem sehr gut reproduzierbar. Jedoch erfordert eine optische Geometrieprüfung viel Know-how. Je nach Bearbeitungszustand des Ingots wechselt die Oberfläche zwischen spiegelnd und matt. Im Normalfall regelt sich die Belichtungszeit am Sensor abhängig vom Reflexionsgrad der Oberfläche automatisch bei jedem Profil.

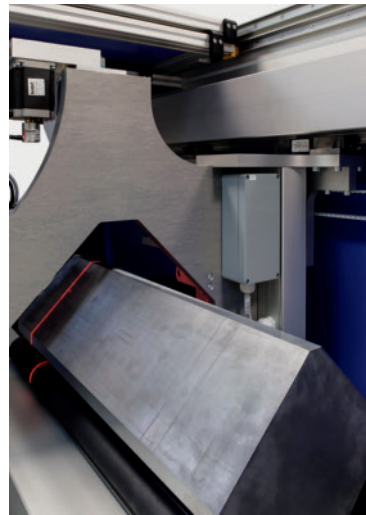
Ändert sich aber die Oberfläche innerhalb einer Laserlinie, sind viele herkömmliche Scanner überfordert. Micro-Epsilon hat dafür eine Lösung mit dynamischer Belichtungsumschaltung entwickelt. Mit dieser Funktion werden schlecht reflektierende und spiegelnde Bereiche stets optimal beleuchtet. Es sind jedoch noch weitere Kniffe nötig, um auf Ingots eine hochpräzise Messung durchführen zu können. Mit herkömmlichen Linienscannern könnte ein derartiges Objekt kaum vermessen werden.

Derzeit ist die Anlage mit einer Länge von bis zu 800 mm im Einsatz bei einem Kunden. Eine Erweiterung auf bis zu 2500 mm ist problemlos möglich. Für die Ermittlung der Ausbeute spielt auch das Gewicht des Ingots eine Rolle. Deshalb ist die Anlage mit einer integrierten Wägezelle lieferbar. Die automatische Geometrievermessung bringt eine Zeitersparnis bei der Ingotprüfung und stellt die Weiterverarbeitung von ausschließlich intakten Bricks sicher.

Micro-Epsilon ist in der Industrie als Hersteller spezieller Prüfanlagen bekannt. Besondere Stärke beweist das Unternehmen bei der Entwicklung von Sonderlösungen, da es neben Sensorik und Software auch das mechanische und elektrische Design durchführt und deshalb alle Komponenten modifizieren und aufeinander abstimmen kann. ■



**1** Blick in die Anlage: Vier Laserscanner auf der Sensorgrundplatte messen auf das Masterteil



**2** Während der Messung traversieren die Sensoren entlang des Ingots

die Seitenlängen, Fasenlängen, Winkel und Diagonallängen. Auch die Planheit der Seitenflächen ist wichtig, weil die Bricks nach der Prüfung auf eine Glasplatte (Träger) geklebt werden. Eine völlig plane Kontaktfläche zwischen Brick und Glas ist entscheidend für den Sägevorgang. Sollten sich während des Sägens Wafer vom Trägermaterial lösen, hätte dies einen längeren Ausfall der Drahtsäge zur Folge.

Die Messanlage vergleicht die Soll-daten mit den gemessenen Werten und klassifiziert damit den Ingot. Sie kann auf die gängigen Größen von 125 x 125 mm, 156 x 156 mm und 210 x 210 mm kalibriert werden. Ingotlängen von bis zu 2500 mm sind messbar.

Nach dem Einstellen der Auflageleisten auf den Ingot-Querschnitt wird der zu prüfende Ingot mittels Hebezeug manuell in das Messsystem eingelegt. Dann kalibriert sich die Anlage selbstständig durch integrierte Masterteile (Bild 1) auf den jeweiligen Ingot. Die Nennwerte werden dem Messsystem vom Leitreechner übermittelt. Alternativ kann auch ein Barcodeleser verwendet werden oder der Bediener kann Werte manuell eingeben.

eine Messung der Ingotgeometrie pro laufendem Millimeter. Die Profilingformationen werden bereits während der Messung aneinandergereiht, sodass sich die Oberfläche virtuell rekonstruieren lässt. Fehlerhafte Stellen werden markiert und beim Cropping entfernt. Diese Markierung kann entweder automatisch durch eine integrierte Markiereinheit erfolgen oder manuell vom Werker vorgenommen werden. Ab welcher Größe ein Fehler erkannt werden soll, lässt sich in der Software festlegen. Zum Beispiel könnte der Anwender festlegen, dass ein neuer Brick erst markiert werden soll, wenn zehn Fehler in Folge gemessen wurden.

## KONTAKT

Micro-Epsilon Messtechnik  
GmbH & Co. KG,  
94496 Ortenburg,  
Tel. 08542 1680,  
Fax 08542 168-90,  
[www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)  
Sensor+Test: Halle 11 / Stand 203

## Autor

Dipl.-Ing. (FH) SIEGFRIED KALHOFER ist für das Produktmanagement von Anlagen und Systemen für die Metallogie bei Micro-Epsilon in Ortenburg zuständig.

 [www.mechatronik.info](http://www.mechatronik.info)

Diesen Artikel finden Sie im Internet, wenn Sie im Feld ›Suche‹ die Dokumentennummer ME110041 eingeben.