

## Damit Solarmodule im täglichen Einsatz bestehen

### Industrielle Bildverarbeitungs-komponenten zur zielgerichteten Optimierung der Fertigung von Solarmodulen

Die begrenzten Ressourcen fossiler Energieträger führen zu einem weltweiten Umdenken, von dem vor allem der Bereich der Erneuerbaren Energien profitieren kann. Deswegen gelten heute schon in der Entwicklung und Fertigung von Solarmodulen ein hoher Wirkungsgrad und eine lange Lebensdauer als die zentralen Herausforderungen. Und auch zukünftig werden an die Qualität der Solarwafer höchste Ansprüche gestellt, um einen langzeitstabilen, effizienten Einsatz abzusichern. Industrielle Bildverarbeitungs-komponenten können dafür einen entscheidenden Beitrag leisten – und das auch über bildverarbeitungsgestützte Steuerung von Montagerobotern hinaus.

#### Kleine Fehler mit großer Wirkung

Hersteller von Photovoltaikmodulen müssen im gesamten Fertigungsprozess, vom ankommenden Wafer bis hin zum lieferfähigen Solarmodul, eine gleichbleibend hohe Qualität gewährleisten. Denn selbst kleinste Risse im Halbleitermaterial können während des Fertigungsprozesses zum Zersplittern und damit zu teuren Maschinenstillstandszeiten führen. Während ihres späteren Lebenszyklus sind die Solarpanels auch großen Temperaturschwankungen und anderen extremen Umweltbedingungen ausgesetzt. Unter diesen Voraussetzungen können unerkannte Mikrodefekte schnell einen Zellausfall und damit eine Verminderung des Wirkungsgrades verursachen oder die Haltbarkeit der Module negativ beeinträchtigen. Grund genug, um für die Hersteller auf dem hart umkämpften Markt, nach Lösungen zu suchen, mit denen sich die Prozesskosten und



*Die Kraft der Sonne nutzen – für viele eine attraktive Alternative im Bereich der Erneuerbaren Energien. Für den hart umkämpften Markt der Hersteller können Bildverarbeitungs-komponenten dabei einen entscheidenden Beitrag zur Optimierung der Fertigungsprozesse liefern.*

Fertigungszeiten senken lassen, während die Qualität erhöht wird. Immer häufiger kommen deswegen automatisierte optische Inspektionssysteme zum Einsatz. Bildverarbeitungs-komponenten wie industrielle Kameras oder Vision Sensoren lassen sich hierbei über den gesamten Fertigungsprozess einsetzen und tragen damit aktiv zu einer Kostenreduzierung bei.

#### Vom Wafer zum Solarmodul

Hergestellt werden die Wafer aus einem mono- oder polykristallinen Halbleiter-Rohling, der in der Regel eine Blockform aufweist. Dieser wird üblicherweise in hauchdünne Scheiben gesägt, die dann das Substrat für die elektronischen Bauelemente bilden. Nachdem der Wafer so zu einer leitfähigen Solarzelle geworden ist, werden mehrere Zellen miteinander verbunden und in einer Schichtfolge mit gehärtetem Glas und Folien zu einer wetterfesten Einheit laminiert. In einen

Rahmen eingepasst, ist das Solarmodul dann fertig für seinen Einsatz.

#### Produktionsfehler der Wafer frühzeitig erkennen

Auf ihrem Weg zur Solarzelle durchlaufen die Wafer verschiedene Arbeitsschritte. Für eine kostenoptimierte Fertigung ist es dabei entscheidend fehlerhafte Produkte so zeitig wie möglich zu erkennen, um sie vor weiteren kostenverursachenden Verarbeitungsschritten auszuschleusen. Dieser Prozess beginnt bereits bei der Überprüfung der Wafer-Rohlinge. Gibt es Fehler an der Kontur, sind Kanten ausgebrochen oder ist der Wafer verunreinigt? Fragen, die mit Hilfe optischer Bildverarbeitung beantwortet werden können. Für die Weiterverarbeitung ist auch das genaue Abmaß entscheidend. Mit den *VeriSens*<sup>®</sup> Vision Sensoren der XC-Serie kann dies beispielsweise anhand einer Maßprüfung der Kantenlängen erfolgen. Ob die



Industrielle Bildverarbeitungskomponenten wie die VeriSens® Vision Sensoren der XC-Serie und Kameras der HX- oder SX- Serie können bei der Fertigung von Solarmodulen zur Kostenreduzierung beitragen.

Kanten dann auch noch im vorgegebenen richtigen Winkel zueinander stehen, lässt sich mit den einfach bedienbaren Vision Sensoren im gleichen Inspektionsschritt feststellen. Für eine hohe Genauigkeit der Bildauswertung stehen dazu Auflösungen von bis zu 2 Megapixel, ein vollintegrierter Blitzcontroller und ein C-Mount Anschluss zu Verfügung. Die patentierte *FEXLoc*® Technologie garantiert dabei eine 360° Lagenachführung – damit können auch nicht exakt auf dem Band liegende Wafer für die Überprüfung virtuell im Vision Sensor ausgerichtet werden.

### Überprüfung der Kristallstruktur für einen langzeitstabilen Einsatz

Einen entscheidenden und direkten Einfluss auf den späteren Wirkungsgrad und die Nutzungsdauer hat die Qualität der Kristallstruktur. Deswegen ist es umso wichtiger bereits im Herstellprozess fehlerbehaftete Elemente zu erkennen. Brüche oder Strukturstörungen können beispielweise mittels Elektro- und Photolumineszenzmessung detektiert werden. Angeregt durch Strom (Elektrolumineszenz) oder die Bestrahlung des Halbleiters mit kurzwelligem Licht (Photolumineszenz) sendet das Silizium Licht im nahen Infrarotlichtspektrum aus. Materialfehler wie Mikrobrüche oder -risse leuchten in der Bildaufnahme stärker, fehlerhafte Kontaktierungen zwischen den Zellen leuchten hingegen gar nicht. Bei der Auswertung können dann Rückschlüsse auf die Integrität und Effektivität der einzelnen Wafer gezogen werden. Die Wellenlänge des ausgesendeten Lichts (ab 900 Nanometer) liegt dabei nicht nur außerhalb des Sichtbereiches des menschlichen Auges, sondern stellt auch an die Sensoren der eingesetzten Kameras hohe Ansprüche.

Speziell für den nahen Infrarot (NIR) Bereich optimierte Industriekameras bieten sich hierbei als preiswerte Alternative zu den meist kostenintensiven, großen und gering auflösenden Kameras mit Indium Gallium Arsenit- oder Deep Depletion Sensoren an. Die für den NIR Bereich optimierten Kameramodelle der HX Serie von Baumer weisen beispielsweise, im Vergleich zu bisher verfügbaren Modellen mit Siliziumsensoren, eine deutlich höhere Empfindlichkeit bei einer Wellenlänge von über 900 Nanometern auf. Das 1:1 Bildseitenverhältnis der 4 Megapixel HXG40NIR eignet sich dabei vor allem für die Inspektion der quadratischen Zellen, die in nur einer Aufnahme kontrolliert werden können.

### Glas und Beschichtungen unter die Lupe nehmen

Neben den Solarzellen selbst haben auch das Glas und die Beschichtungen einen erheblichen Einfluss auf die Effizienz der Solarmodule. Schichtdicke, Kratzer oder Fremdstoffe auf der Oberfläche und Sägeriefen – Fehler die vermieden werden müssen. Um selbst mikrofeine Abweichungen in den aufgetragenen Strukturen zu identifizieren, werden vor allem hochauflösende Kameras benötigt. Die 8 Megapixel Kamera der SX Serie von Baumer kann beispielweise durch geringes Rauschen und einen großen Dynamikumfang eine sehr hohe Genauigkeit bei der Bildaufnahme liefern. Mit dem dynamischen Tap-Abgleich können zudem die Helligkeitsunterschiede der vier Sektoren der CCD Sensoren ausgeglichen werden. Dadurch wird ein stabiles und homogenes Bild erzeugt, mit dem sich weitere Auswertungsschritte vereinfachen lassen. Neben 8-Bit Aufnahmen können im 12-Bit

Modus auch bis zu 4.096 Grauwerte unterschieden werden. Mit diesen feinen Abstufungen lassen sich beispielsweise noch feinere Details in der Bildaufnahme untersuchen und kleinste Störungen erkennen.

### Damit am Ende alles passt

Bevor die Solarzellen nachhaltigen Strom erzeugen können, müssen sie in einen stabilen Alurahmen komplementiert werden. Dafür ist nicht nur präzise Ausrichtung wichtig, sondern auch die genaue Kontrolle des Rahmens. Auch hier können Vision Sensoren der XC-Serie von Baumer als All-in-One-Lösung eingesetzt werden. So kann beispielsweise die Anwesenheit von Bohrungen oder Lötstellen und deren richtige Position sowie Anordnung im Rahmen kontrolliert werden. Für solche Aufgaben lassen sich die Modelle mit der dazugehörigen Software in nur wenigen Minuten ganz einfach über den PC parametrieren. Nach der finalen Konfektionierung der Module ist in den meisten Fällen noch eine Endkontrolle der aufgetragenen Codes und Seriennummern für die Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit notwendig. Die Prüfung sollte dabei so einfach wie möglich sein. Der *VeriSens*® ID-110 bringt als kompaktes Bildverarbeitungssystem im Sensorformat dafür bereits die gesamte notwendige Hard- und Software mit. Neben dem Lesen von 1D- und 2D-Codes können mit ihm ohne vorheriges Fonttraining beliebige Texte und Zahlen (OCR) und die Druckqualität (OCV) beurteilt werden – sogar bei Dot Matrix Schrift.



Autor:  
Nicole Marofsky  
Marketing Communication  
Competence Center Vision Technologies



Baumer Optronik GmbH  
Badstrasse 30 · DE-01454 Radeberg  
Phone +49 (0)3528 4386 0  
sales@baumeroptronic.com

[www.baumer.com/cameras](http://www.baumer.com/cameras)