

Es muss nicht immer InGaAs sein

Preiswerte CCD und CMOS Kameras für die Solarzellen-Inspektion

Die optische Inspektion von Solarzellen hinsichtlich Material- und/oder Kontaktierungsfehlern basiert auf dem physikalischen Effekt der Lumineszenz. Zur Detektion des dabei freigesetzten langwelligeren Lichts kommen zumeist kostenintensive Kameras mit Indium Gallium Arsenit (InGaAs)-, EM-CCD (Electron Multiplying CCD)- oder Deep Depletion Sensoren zum Einsatz.

Baumer bietet mit zwei neuen digitalen Industriekameras preiswerte Alternativen, welche auf Standard-SONY-CCD- bzw. CMOSIS-CMOS-Sensoren basieren und speziell für Anwendungen im Bereich der Elektro- und Photolumineszenz-Messung entwickelt wurden.

Die Fehler liegen im Detail

Bei der Herstellung hochwertiger Photovoltaikmodule gelten höchste Qualitätsansprüche. Risse im Halbleitermaterial können zum Zersplittern einzelner Solarzellen während des Fertigungsprozesses und damit zu teuren Maschinenstillstandszeiten führen. Bedingt durch die extremen Materialbelastungen, denen Solarmodule während ihres Lebenszyklus durch thermische Schwankungen ausgesetzt sind, können bereits feinste Mikrorisse den Bruch einzelner Zellen und damit eine drastische Senkung der Effizienz des gesamten



Baumer NIR Kameras HXC40NIR und TXG14NIR (v.l.n.r.)

Moduls verursachen. Es gilt also ebendiese Risse und Mikrorisse, die oberflächlich nur sehr schwer oder gar nicht erkennbar sind, frühestmöglich zu detektieren und betroffene Zellen aus dem Herstellprozess auszuschleusen.

Es werde Licht

Die angesprochene Lumineszenz – also die Aussendung von Licht aus einem Halbleitermaterial bei dessen Übergang von einem angeregten Zustand zum Grundzustand – kann durch den Einsatz zweier verschiedener Methoden, jeweils unter der Bedingung der Fremdlichtabschattung, hervorgerufen werden: Zum einen kann die Anregung durch das Anlegen großer Ströme im Bereich von 3 bis 10 A erfolgen. Man spricht hier von Elektrolumineszenz. Die zweite Methode beruht auf der Bestrahlung des Halbleiters mit kurzwelligem Licht und den physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Stokes-Shift – also der Verschiebung zwischen Absorptions- und Emissionswel-

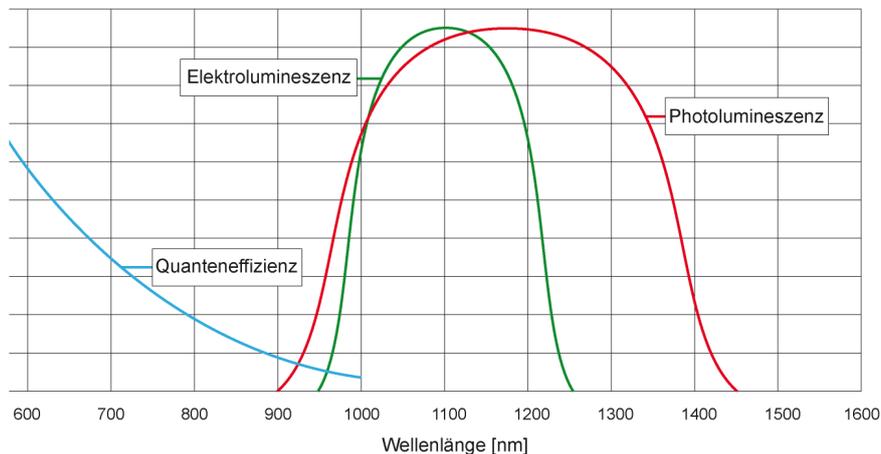
lenlänge – und wird als Photolumineszenz bezeichnet. Bei beiden Verfahren – welche im Übrigen für die Inspektion sowohl von mono- als auch von polykristallinen Zellen geeignet sind – wird vom Silizium Licht im nah-infraroten (NIR) Bereich des Spektrums emittiert. Typisch sind dabei Emissionswellenlängen von ca. 900 bis 1450 nm bei Photolumineszenz und ca. 950 bis 1250 nm bei Elektrolumineszenz. Materialfehler innerhalb einer Zelle – wie die bereits erwähnten Risse und Mikrorisse – leuchten dabei stärker auf als das sie umgebende Material. Bei der Inspektion kompletter Panels fallen Zellen mit fehlerhafter Kontaktierung dadurch auf, dass sie keinerlei Licht emittieren.

Hohe Anforderungen an die Kamera

Die Wellenlänge des ausgesendeten Lichts liegt nicht nur außerhalb des für den Menschen sichtbaren Teils des Spektrums, sondern auch in einem Bereich, den die Großzahl siliziumbasierter CCD und CMOS



Baumer TXG14NIR



Emissionswellenlängen von Elektro- und Photolumineszenz und Quanteneffizienz eines siliziumbasierten Sensors (schematisch)

Sensoren nicht mehr erfassen kann. Genau hier liegt die weite Verbreitung von Kameras begründet, deren Sensoren auf Indium Gallium Arsenit basieren und – verglichen mit Sensoren auf Silizium-Basis – eine enorm erhöhte Empfindlichkeit im NIR- und IR-Bereich aufweisen. Mit dem technologischen Vorteil dieser InGaAs-Kameras gehen jedoch auch Nachteile wie beispielsweise hohe Kosten und Ausleserauschen sowie eine sehr begrenzte Auflösung aufgrund der Pixelgröße und -anzahl einher.

Langsam, aber sicher

„Standard-Sensoren“ wie zum Beispiel SONY ICX285 oder CMOSIS CMV4000 E12 bieten durch geringes Ausleserauschen, hohe Auflösung und einen großen Dynamikumfang eine sehr hohe Genauigkeit bei der Detektion von Materialfehlern und eignen sich daher hervorragend für die anspruchsvollen Inspektionsaufgaben im Bereich der Photovoltaikherstellung. Diesen positiven Eigenschaften stehen jedoch lange Integrationszeiten im Bereich von ca. 3 bis 6 Sekunden gegenüber. Damit sind Kameras, bei denen ebendiese Sensoren zum Einsatz kommen, prädestiniert für Offline-Inspektionsaufgaben. Die Notwendigkeit der langen Sensorbelichtung liegt in zwei Fakten begründet: Zum einen kommt hier eine grundlegende Eigenschaft – nicht nur von Sensoren, sondern von Fotoempfängern im Allgemeinen – zum Tragen: Die Quanteneffizienz. Sie stellt das Verhältnis von Photonen, die mit einer bestimmten Wellenlänge auftreffen, zur Anzahl von Elektronen, die zum Fotostrom beitragen, dar. Bei monochromen Sensoren sinkt diese Quanteneffizienz mit steigender Wellen-

länge. Da die Anzahl der – pro Zeiteinheit auf den Pixeln des Sensors auftreffenden – Photonen bei einer unbewegten Szene konstant ist, kann die Anzahl der zum Fotostrom beitragenden Elektronen nur über längere Integrationszeiten erhöht werden. Zum anderen wird – aufgrund der spektralen Eigenschaften der Sensoren – nur der untere Randbereich des emittierten Spektrums, d.h. nur ein Bruchteil der ausgesandten Photonen, vom Sensor erfasst (siehe Skizze).

Die Neuen

Mit den Modellen TXG14NIR und HXC40NIR stellt Baumer zwei neue Kameras vor, die eigens für die Inspektion von Solarzellen entwickelt wurden. Die TXG14NIR basiert auf dem bewährten SONY-CCD-Sensor ICX285, welcher durch eine innovative Beschaltung hinsichtlich seiner Empfindlichkeit im NIR-Bereich optimiert wurde. Die Kamera bietet eine Auflösung von 1392 x 1040 Pixel bei einer Pixelgröße von 6,45 x 6,45 μm und ist mit einer Gigabit Ethernet Schnittstelle ausgerüstet. Die erhöhte NIR-Empfindlichkeit der HXC40NIR beruht auf einer – im Vergleich zum „Standard“-CMV4000 – 7 μm dickeren Epitaxieschicht. Die Kamera bietet eine Auflösung von 2048 x 2048 Pixel bei einer Pixelgröße von 5,5 x 5,5 μm und ist mit einer Camera Link® Full Schnittstelle ausgestattet.



Autor:
Denis Dietsch
Product Management
Competence Center Vision Technologies

 **Baumer**
Passion for Sensors

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

www.baumer.com/cameras