

Im Einsatz für mehr **Strom**

Elektrolumineszenz-Inspektion von Solarzellen und -modulen

Neben der Bestimmung der elektrischen Leistung gewinnt die Elektrolumineszenz-Messung zur Qualitätskontrolle von Solarzellen und Solarmodulen immer mehr an Bedeutung. Kern des Messverfahrens ist die Aufnahme eines Elektrolumineszenz-Bildes der Zelle bzw. des Moduls, in welchem für das bloße Auge nicht erkennbare Fehler und Defekte sichtbar werden.

Die Methode beruht auf der Umkehrung des Effektes, der in der Photovoltaik-Zelle zur Erzeugung von elektrischer Energie genutzt wird. Anstatt die Energie der einfallenden Photonen zur Bereitstellung von Ladungsträgern für die Energiegewinnung zu nutzen, werden durch Anlegen einer Spannung, Elektron-Lochpaare injiziert, die anschließend in der Photovoltaik-Zelle wieder rekombinieren. Ein geringer Teil dieser Rekombinationen verursacht die Emission von Photonen, welche mit einer hochempfindlichen Digitalkamera detektiert werden können. Aufgrund der geringen Strahlungsintensität ist es im Allgemeinen erforderlich, das störende Umgebungslicht weitestgehend durch Dunkelkammern abzuschirmen.

Die Vorgehensweise

Die Wellenlänge der Elektrolumineszenz ist abhängig vom Halbleitermaterial des Solarstrommoduls, typischerweise liegt diese im Bereich zwischen 900 nm und 1.450 nm. Das gesamte Emissionsspekt-

rum kann mit Indium-Gallium-Arsenid-Kameras (InGaAs) detektiert werden, welche allerdings sehr kostenintensiv sind, eine vergleichsweise geringe räumliche Auflösung und ein hohes Ausleerausachen aufweisen. Daher werden siliziumbasierte CCD-Kameras mit hoher Empfindlichkeit im unteren Bereich des Emissionsspektrums und sehr guten Rauscheigenschaften für diesen Zweck genutzt. Diese Kameras sind in der Photovoltaikindustrie weit verbreitet und ermöglichen sehr detaillierte Elektrolumineszenz-Bilder der Solarzellen bzw. Solarmodule aufzunehmen.

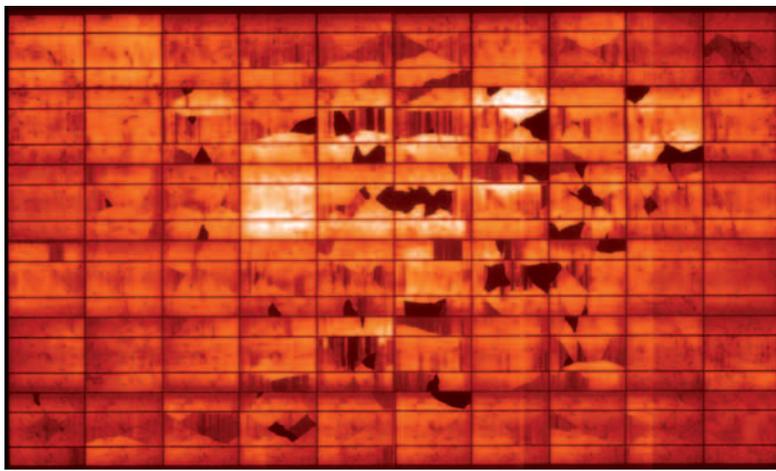
Die Intensität der Elektrolumineszenz hängt dabei von der Aktivität der entsprechenden Zellbereiche ab, sodass Bereiche, die wenig Licht emittieren, im Elektrolumineszenzbild dunkel erscheinen. Auf diese Weise können viele für das Auge unsichtbare Defekte in den Solarzellen und Solarmodulen im Elektrolumineszenz-Bild wahrgenommen werden, dazu gehören z.B. Mikrorisse, Unterbrechungen der elektrischen Leitungsbahnen (Finger), inaktive Bereiche sowie lokale Kurzschlüsse. Diese Defekte können

die elektrische Leistung und das Langzeitverhalten des Solarmodules negativ beeinträchtigen.

Bei herkömmlichen Elektrolumineszenz-Aufnahmen wird die Probe in Vorwärtsrichtung oder auch Durchlassrichtung des p-n Übergangs bestromt. Durch Beaufschlagung der Solarzellen mit Stromstärken in der Nähe ihres Kurzschlussstromes (ca. 3 A bis 9 A für polykristallines Silizium) können aussagekräftige Aufnahmen innerhalb von etwa 200 ms Belichtungszeit erreicht werden. Weitere Informationen erhält man, wenn die Spannung in Rückwärtsrichtung angelegt wird, wobei hier eine höhere Spannung angelegt wird und Durchbrucheffekte im Halbleitermaterial sichtbar gemacht werden.

Das Anwendungsfelder

Bei der Herstellung von Silizium-Solarzellen ausgehend von Rohwafern ermöglicht die Methode eine abschließende Kontrolle, wobei Fehler innerhalb der Produktionslinie schnell identifiziert und



Elektrolumineszenz-Aufnahme eines Solarmodules, deutlich sichtbar sind Risse und inaktive Bereiche (schwarz) innerhalb der Solarzellen.



Das innovative LumiSolarOutdoor System erlaubt erstmals die Inspektion von Solaranlagen unter freiem Himmel nach der Dämmerung.



behalten werden können wie auch fehlerhafte Solarzellen aussortiert werden können. Für eine 100%-Kontrolle aller gefertigten Zellen sind neben einer automatisierten elektrischen Kontaktierung ebenfalls Bildauswerteargorithmen notwendig, die Defekte in den Elektrolumineszenz-Bildern schnell erkennen und klassifizieren können. Der höhere Aufwand für eine automatisierte Elektrolumineszenz-Messung bei der Herstellung von Solarzellen ist der Grund dafür, dass die Methode dort noch nicht flächendeckend Anwendung findet. Im Gegensatz dazu ist das Verfahren als Kontrollinstrument bei der Herstellung von Solarmodulen nahezu lückenlos etabliert. Durch die schon vorhandenen elektrischen Anschlüsse kann eine einfache Kontaktierung des Solarmodules erfolgen. Neben den Silizium-Modulen lassen sich auch alle Arten von Dünnschicht-Solarmodulen basierend auf CIGS, CdTe oder anderen Halbleitermaterialien untersuchen.

Neben der Qualitätssicherung und Kostenoptimierung innerhalb der Fabrik wird auch die Inspektion von Solarmo-

dulen beim Zwischenhändler und Endkunden immer wichtiger. Durch die Globalisierung der Solarbranche werden Solarstrommodule über weite Strecken transportiert, eingelagert und verladen, bis sie schließlich im Solarpark oder auf dem Hausdach installiert werden. Es hat sich gezeigt, dass irreparable Schäden entlang dieses Weges durch unsachgemäße Handhabung entstehen können. Zur Analyse der Schadensursache kann die Elektrolumineszenz wertvolle Informationen liefern, zukünftig wird dies für Erstattungsansprüche und bei Garantiefällen eine große Rolle spielen.

Eine ganz junge Entwicklung ist die Elektrolumineszenz-Inspektion unter freiem Himmel. Bisher mussten die Solarmodule für den Zweck der Messung in ein Labor oder eine mobile Dunkelkammer transportiert werden. Damit verbunden sind höhere Kosten für Demontage und Transport wie auch das Risiko einer zusätzlichen Beschädigung. Mit Hilfe des LumiSolarOutdoor Systems ist es nun erstmals möglich, den Solarpark oder die Solarstromanlage auf Dächern auf Defekte zu kontrollieren.

Die Elektrolumineszenz hat sich in den letzten Jahren zu einem Standardverfahren innerhalb der Solarbranche entwickelt. Neben einer fehlenden Norm für die Methode gibt es noch Forschungsbedarf bezüglich der Interpretation der Bilder. Insbesondere der Einfluss der im Elektrolumineszenz-Bild gefundenen Defekte auf die elektrische Leistung und die Lebensdauer des Solarmoduls ist noch nicht vollständig verstanden. Die Defekte der Einzelmodule vermindern in der Summe die generierte Leistung der gesamten Stromstromanlage und wirken sich somit negativ auf die Rentabilität aus.

► **Autoren**
Dr. Martin Regehly, Geschäftsführer
Dipl.-Ing. (FH) Jaime Penlington,
Leiter Hardware Entwicklung

► **Kontakt**
 Greateyes GmbH, Berlin
 Tel.: 030/6392-6237
 Fax: 030/6392 6238
 martin.regehly@greateyes.de
 www.greateyes.de