

Vergleich von IR-Thermographie und Elektrolumineszenz-Aufnahmen kristalliner PV-Module

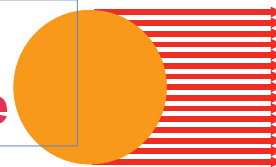
Claudia BUERHOP-LUTZ
ZAE Bayern (e.V.), Am Weichselgarten 7, 91058 Erlangen

Kurzfassung. In den letzten Jahren sind die Anforderungen an Photovoltaik (PV)-Module hinsichtlich Leistungsgarantie, Lebensdauer und Sicherheit zunehmend gestiegen. Dies führt zu erhöhten Ansprüchen an die Qualitätssicherung und -kontrolle bei der PV-Modulfertigung. Besonders geeignet sind bildgebende Prüfverfahren, wie Infrarot (IR)-Thermographie und Elektrolumineszenz (EL), weil Fehlstellen sofort visualisiert, lokalisiert und analysiert werden kann. Die Untersuchung der auftretenden Verlustmechanismen soll zur Klärung von deren Ursachen und Wirkung beitragen.

IR-Thermographie und Elektrolumineszenz sind sich ergänzende Verfahren zur Charakterisierung von PV-Modulen, da zum einen lokale Wärmequellen und zum anderen Störungen im Halbleiter sichtbar gemacht werden. Auf diese Art und Weise können typische Fehler in PV-Modulen aus kristallinen Si-Zellen, wie Zellbruch, schwache Lötstellen, kurzgeschlossene Zellen, shunts und Risse, auf ihre Relevanz für die Modulqualität überprüft und bewertet werden. Beispielsweise kann Zellbruch die Modulleistung und den Füllfaktor maßgeblich reduzieren und die Betriebstemperatur der betroffenen Zelle deutlich erhöhen. Das Maß des Einflusses wird bestimmt durch die Größe und Charakteristik der Bruchfläche, die mit IR und EL erfasst werden können. Neben PV-Modulen mit frontseitig kontaktierten Zellen können auch solche mit neuartigen, hocheffizienten, rückseitenkontaktierten Zellen auch auf typische Fehler, wie Risse, Durchkontaktierungen, Kurzschlüsse, etc., untersucht werden.

Bislang werden IR- und EL-Messtechnik hauptsächlich off-line, d. h. im Labor eingesetzt. Ziel weiterführender Entwicklungen muss allerdings eine Verkürzung der Messzeit und eine Optimierung der Auswerterroutinen sein, so dass die Verfahren für die in-line-Kontrolle d. h. bereits in der Modulfertigung einsetzbar sind.

Vergleich von IR-Thermographie und Elektrolumineszenz-Aufnahmen kristalliner PV-Module



Claudia Buerhop

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern), Am Weichselgarten 7, 91058 Erlangen, www.zae-bayern.de

ZAE BAYERN

MOTIVATION für bildgebende Meßverfahren

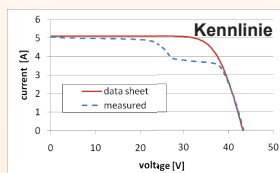
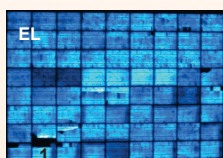
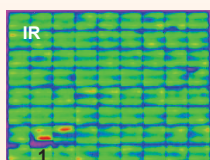
- Qualitätssicherung von PV-Modulen
- Visualisierung und Lokalisierung von Fehlstellen
- besseres Verständnis der Verlustmechanismen
- schnelle und zerstörungsfreie Meßmethode

MEßVERFAHREN

	IR-Thermographie	Elektrolumineszenz
Kameratyp	IR-Kamera (2-5µm oder 8-14µm)	CCD-Kamera
Format	Ca. 300.000 Pixel	Ca. 8 Mio. Pixel
Meßsignal	Wärmestrahlung -Wärmequellen-	Strahlende Rekombination -Fehler im Halbleiter-
Anregung	Spannungsquelle	Spannungsquelle
Meßbedingungen	Optional: lock-in Methode	Dunkelkammer

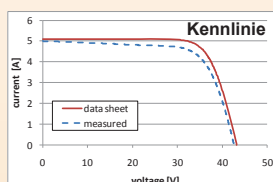
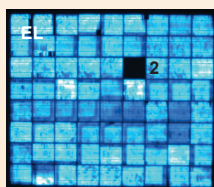
ERGEBNISSE

PV-Modul mit mc-Si Zellen



- Zellbruch** – isolierte Zellstücke sind elektrisch inaktiv
→ in IR-Aufnahme kalt
→ in EL-Aufnahme dunkel

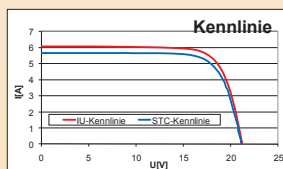
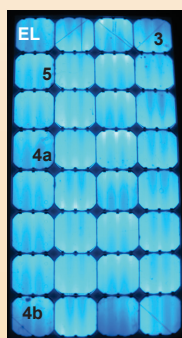
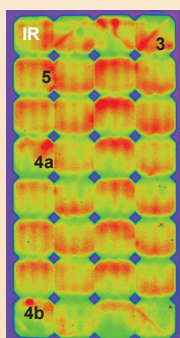
- Reduzierung des Füllfaktors
- Reduzierung der Modulleistung hier um ca. 20 % (allg. abhängig von der Bruchfläche)
- Temperaturerhöhung der Zelle im Betrieb



- Kurzschluß** – Strom fließt durch Kurzschluß und nicht durch Zelle
→ in IR-Aufnahme zeigt lokale Wärmequelle den Ort des Kurzschlusses an, die restliche Zelle ist kalt
→ in EL-Aufnahme komplett dunkel

- Reduzierung der Leerlaufspannung V_{OC}
- Reduzierung der Modulleistung hier um ca. 9 % (allg. abhängig von der Anzahl der kurzgeschlossen Zellen)
- Leichte Temperaturerhöhung der Zelle im Betrieb

PV-Modul mit rückseitenkontaktierten Zellen



- Diagonale **Zellrisse** mit Temperaturerhöhung
- Punktdefekt** nur in IR-Aufnahme
- Punktdefekt in IR- und EL-Aufnahme –shunt
- Schlechte **Kantenisolierung**

- Reduzierung von I_{sc}
- Reduzierung der Modulleistung um ca. 10 %

ZUSAMMENFASSUNG

- IR und EL ergänzen sich
- IR: Wärmequellen (shunts (ohmisch), kurzgeschlossene Zellen, Lötfehler, Risse mit Einfluß auf die Temperaturverteilung)
- EL: Aktivität des Halbleiters (Mikrorisse, Gridfingerunterbrechungen, ...)
- EL – hohe Detailgenauigkeit (laterale EL-Auflösung <300 µm/Pixel, laterale IR-Auflösung < 1,5 mm/Pixel für eine Modulabmessung von 1m)