

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieses Dokuments ist 2019-09-01.

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten	6
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Bildaufnahme.....	9
4.1 Prüfmittel	9
4.1.1 Kamera für Elektrolumineszenz-Bildaufnahme	9
4.1.2 Bildaufnahmestudio oder Bildaufnahmeumgebung mit Dunkelkammer	11
4.1.3 Stromversorgung	12
4.1.4 Schnittstelle eines Computers mit Kamera und Stromversorgung zur Bildaufnahme	13
4.1.5 Bildverarbeitung und Darstellungssoftware.....	13
4.1.6 Sicherheit und Handhabung.....	14
4.2 Verfahren	15
4.2.1 Kameraeinstellungen und -positionierung.....	15
4.2.2 Kameraeinstellungen.....	15
4.2.3 Bestimmung und Klassifizierung der Schärfe	16
4.2.4 Bildaufnahme.....	19
4.2.5 Bildkorrektur	20
4.3 Signal-Rausch-Verhältnis eines Bildes	20
4.3.1 Allgemeines	20
4.3.2 Bildaufnahmeverfahren	20
4.3.3 Analyse.....	21
4.3.4 SNR-Kriterien	21
5 Bewertung von EL-Bildern.....	23
5.1 Grundsätze der Elektrolumineszenz	23
5.2 Bildinterpretation.....	23
5.2.1 Serienwiderstand.....	23
5.2.2 Minoritätsträgerlebensdauer und Diffusionslänge.....	24
5.2.3 Nebenschlusswiderstand	24
5.2.4 Zuordnung von Grundursachen	24
5.3 Analyse des Elektrolumineszenzsignals auf der Grundlage eines Histogramms	24

	Seite
5.3.1 Allgemeines.....	24
5.3.2 Bildinformationen	25
5.3.3 Auswirkungen des Vorwärtsstroms.....	25
5.3.4 Analyse von Intensitätsverteilungen	25
5.3.5 Abweichungen.....	25
5.3.6 Wölbung	25
5.3.7 Schiefe	25
5.3.8 Pixel- (oder Bereichs-)gewichtete Elektrolumineszenz im Verhältnis zum idealen Modul	25
6 Berichtswesen.....	25
Anhang A (normativ) Verfahren der Bildkorrektur	27
A.1 Entfernen von Dunkelstrom und Streulicht	27
A.2 Vignettierung	27
A.2.1 Korrektur der Vignettierung.....	27
A.2.2 Vignettierung als Funktion des Winkels zur optischen Achse	27
A.2.3 Korrektur der Vignettierung.....	28
Anhang B (informativ) Schärfeeinstellung.....	29
B.1 Allgemeines.....	29
B.2 Anwendung der Tenengrad-Funktion und des Sobel-Operators	29
Anhang C (normativ) Quantifizieren von Solarzellenrissen in Photovoltaikmodulen	30
C.1 Allgemeines.....	30
C.2 Rissarten von Zellen	30
C.3 Grundlage der Quantifizierung von Zellenbeschädigungen.....	31
C.4 Verfahren.....	33
Anhang D (informativ).....	35
D.1 Qualitative Auswertung von Elektrolumineszenzbildern von kristallinen Silizium-PV-Modulen.....	35
D.2 Qualitative Auswertung von Elektrolumineszenzbildern von Dünnschicht-PV-Modulen	40
Literaturhinweise	43
 Bilder	
Bild 1 – Verschiedene Halbleiterdetektor-Werkstoffe und ihre absolute Spektralempfindlichkeit.....	10
Bild 2 – Elektrolumineszenz-Emissionsspektren für a) Si, b) ZnO/CdS/Cu(In,Ga)Se ₂ (CIGS) und c) CdS/CdTe.....	10
Bild 3 – Beispiel für Bildsubtraktion, angegeben in Bild 3 a) bis Bild 3 c), mit Bildern, die unter idealen Dunkelkammerbedingungen, angegeben in Bild 3 d), aufgenommen wurden	14
Bild 4 – EL-Bild mit zwei eingefügten Kanten unter Verwendung von Aluminiumband	17
Bild 5 – Bild mit Kantengradient G_{Edge} der ersten Ableitung in orthogonaler Richtung $G_{x,y}$ aus dem EL-Bild von Bild 4	17
Bild 6 – Ausschnitt aus dem EL-Bild von Bild 4 und graphische Darstellung von Werten der Bildintensität entlang von Linie L_2	17
Bild 7 – Bilder von Bereichen mit Solarzellen aus multikristallinem Silizium mit drei SNR_{50} -Werten gemäß Kennzeichnung	22

	Seite
Bild 8 – Emission von Licht ($h\nu$) im Zusammenhang mit dem Elektrolumineszenzvorgang in einer Solarzelle eines PV-Moduls	23
Bild 9 – Schema für die Kennzeichnung von Positionen von Zellen in einem Modul, gesehen von der dem Licht zugewandten Seite entsprechend den Koordinaten (i,j) im Hochformat a) oder gedreht ins Querformat b), was gegebenenfalls zu kennzeichnen ist	26
Bild B.1 – EL-Bild einer Solarzelle (links) und eines Siliziummoduls (rechts)	29
Bild C.1 – Einzelner Zellenbereich eines Moduls mit Anwendung von $0,1 \times I_{sc}$, welcher die gekennzeichneten Rissarten aufweist.....	30
Bild C.2 – Beispiel von Histogrammen der normalisierten EL-Intensität, berechnet aus den EL-Bildern von Modulen mit verschiedenen Graden der Zellenrissbildung und resultierender Leistungsver schlechterung, angezeigt durch P_{max}	32
Bild C.3 – Beispiel für die Quantifizierung von Solarzellenrissen in Photovoltaikmodulen	34
Tabellen	
Tabelle 1 – Detektoren und ihre nutzbaren Wellenlängen	9
Tabelle 2 – Schärfeklassen, Beispiele von Bildern, welche die Kriterien von Schärfeklassen erfüllen, und Beispiele unterscheidbarer Merkmale	18
Tabelle D.1 – Beschreibung von Beobachtbarem, Merkmalen und bekannten Ursachen zusammen mit Elektrolumineszenzbildern für kristalline Silizium-PV-Module.....	35
Tabelle D.2 – Beschreibung von Beobachtbarem, Merkmalen und bekannten Ursachen zusammen mit Elektrolumineszenzbildern für Dünnschicht-PV-Module	40