

Messbericht

Measurement report

3002134ISE0618

Gegenstand
Object

WPVS reference cell

Hersteller
Manufacturer

Fraunhofer ISE

Typ
Type

monocrystalline silicon

Fabrikat/Serien-Nr.
Serial number

ISE002 / 044-2017

Auftraggeber
Customer

Department of Physics
University of Oxford
Clarendon Lab, Stores (rear)
Parks Road, Oxford, OX1 3PU

Auftragsnummer
Order No.

134ISE0618

Anzahl der Seiten
Number of pages

6

Datum der Messung
Date of measurement

22.06.2018

Kalibrierscheine ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit. *Calibration certificates without signature are not valid.*

Datum
Date

Leiter des Kalibrierlaboratoriums
Head of the calibration laboratory

Bearbeiter
Person in charge

03.07.2018

Jochen Hohl-Ebinger

Astrid Semeraro

1. Beschreibung des Messgegenstandes

Description of the measurement object

Das Kalibrierobjekt besteht aus einer Solarzelle Typ: monokristallines Silicium, die mit einem KG3-Filter in einem Gehäuse eingegossen ist. Die Vorderseiten- sowie die Rückseitenkontakte der Zelle sind wie die Temperaturerfassung über einen Steckkontakt zugänglich. Die Temperaturerfassung erfolgt mittels eines internen Pt 100 -Sensors. Die Stabilität der Solarzelle wurde nicht untersucht. Einbauhöhe der Solarzelle: 12.8 mm.

The device under test is a solar cell package containing a monocrystalline silicon solar cell, which is covered with a KG3-filter. The front contact, the rear contact and the temperature sensor are accessible by a plug contact. The temperature acquisition is realized with an internal Pt 100 sensor. The temporal stability of the device was not controlled. Housing height from base to active cell surface: 12.8 mm.

2. Messverfahren

Measurement procedure

Bestimmt wird der Wert der absoluten differentiellen spektralen Empfindlichkeit im Wellenlängenbereich ca. 300-1200 nm bei einem Kurzschlussstrom, so dass diese mit der absoluten spektralen Empfindlichkeit bei Standardtestbedingungen (STC) übereinstimmt. Die Kalibrierung der Solarzelle wurde mit einem Filtermonochromator mit dem DSR-Messverfahren /1/ und entsprechend /2/ durchgeführt. Die Messung wird im Zweistrahlverfahren durchgeführt und verwendet gleichzeitig:

- a) eine stationäre Biasbestrahlung mit Bestrahlungsstärken E_B , welche jedoch nicht explizit gemessen werden. Ihre Variation erlaubt unterschiedliche Kurzschlussströme $I_{SC}(E_B)$, sowie
- b) eine zeitlich modulierte, quasi-monochromatische Messstrahlung. Ihre Bestrahlungsstärke wird bestimmt mit einer primärkalibrierten Referenzsolarzelle (rückgeführt: PTB).

The absolute differential spectral response is determined in a wavelength range from 300 nm to 1200 nm at a short circuit current bias, which assures that the calibrated values are equal to the absolute spectral response at Standard Testing Conditions (STC). The measurement is done with a filter monochromator with the DSR method according to /1/ and /2/ in a two-beam geometry, using the two irradiation beams simultaneously :

- a) A stationary bias irradiation with irradiances E_B (not measured explicitly). The variation of E_B allows different short circuit currents $I_{SC}(E_B)$,*
- b) A time-modulated quasi-monochromatic measurement irradiation. The irradiance is determined by a primary calibrated reference solar cell (traceable: PTB).*

Rückführung der Referenzsolarzelle/Traceability of the reference solar cell :

Identitäts-Nr. / Identity-Nr. :	Kalibrierschein-Nr./ Certificate- Nr. :	Rückführung/ Traceability :
029-2013	47135-PTB-17	PTB

Mittels einer zeitlich modulierten sonnenähnlichen Messstrahlung wird durch zusätzliche Variation der Biasbestrahlungsstärke (E_B) die Linearität der Solarzelle ermittelt. Für den Fall eines nichtlinearen Messobjektes wird so eine Biasbestrahlungsstärke bestimmt, bei welcher der Wert der absoluten differentiellen spektralen Empfindlichkeit, mit dem der absoluten spektralen Empfindlichkeit bei Standardtestbedingungen (STC) übereinstimmt /3/.

Using a time-modulated measurement irradiation with a broad band spectrum similar to the irradiation of the sun, the linearity of the solar cell is determined by additional variation of the bias irradiance (E_B). Thus, in case of a non linear measurement device, a bias irradiance is determined, which leads to an absolute differential spectral response in accordance with the absolute spectral response at Standard Testing Conditions (STC) /3/.

3. Messbedingungen

Measurement conditions

Der Arbeitspunkt der Solarzelle wird durch den Bias-Strom im I_{SC} definiert.

The operating point of the solar cell is defined by a bias current under short circuit conditions.

Bias Strom/Bias current :	2 mA
Nominalwert der Temperatur des Messobjekts/ <i>Nominal Value of the temperature of the object:</i>	25 °C

Die Klemmenspannung der Solarzelle wird durch einen Strom-Spannungswandler auf unter $0,03 V_{OC}$ geregelt. Die Frequenz des getakteten quasimonochromatischen Messlichtes lag bei 117 Hz. Die spektrale Bandbreite (Halbwertsbreite) der Filter liegt unter 15 nm, der Öffnungswinkel zwischen den Randstrahlen beträgt maximal 5° . Die Temperatur der Solarzelle wird mit einem Sensor ermittelt und auf $(25 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ eingestellt.

The voltage at the solar cell is set to below $0.03 V_{OC}$ by a current-voltage-converter. The frequency of the chopped quasi-monochromatic measurement light is at 117 Hz. The spectral bandwidth (full width at half maximum) of the filters is below 15 nm, the aperture angle between the peripheral beams is 5° maximum. The temperature of the solar cell is determined by a sensor and adjusted to $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$.

4. Messergebnis

Measurement results

Wellenlänge Wavelength / nm	* η_{ext} / %	s / mA*W ⁻¹ *m ²
297.0	5.21	0.00499
309.2	16.2	0.0162
321.2	30.5	0.0316
330.8	39.0	0.0416
340.3	44.3	0.0486
369.2	48.0	0.0572
399.3	54.8	0.0706
425.7	56.8	0.0781
452.3	60.1	0.0876
474.3	61.9	0.0948
498.8	63.7	0.1025
523.7	63.8	0.1077
548.8	65.2	0.1155
575.8	65.3	0.1214
601.7	62.5	0.1214
621.3	58.7	0.1177
649.2	51.0	0.1068
699.1	33.5	0.0756
742.4	18.6	0.0446
767.6	11.8	0.02925
790.0	7.26	0.01851
809.9	4.65	0.01215
827.2	3.05	0.00815
842.3	2.05	0.00556
859.8	1.24	0.00345
881.6	0.691	0.001965
906.4	0.315	0.000921
928.8	0.163	0.000489
948.7	0.0915	0.000280
974.5	0.0423	0.000133
998.1	0.171	0.0006
1015.9	0.0120	0.000039
1026.0	0.0106	0.000035

*Spektrale Empfindlichkeit und externe Quanteneffizienz stehen in folgendem Zusammenhang / *Spectral response and External Quantum Efficiency are related as follows:*

$$\eta_{\text{ext}}(\lambda) = \frac{J(\lambda) / q}{E(\lambda) / h\nu} = \frac{h\nu}{q} \frac{J(\lambda)}{E(\lambda)} = \frac{hc}{nq\lambda} \frac{s(\lambda)}{a} = 1239,8 \frac{\text{nm} \cdot \text{W}}{\text{A}} \frac{s(\lambda)}{n\lambda a}$$

c : Vakuumlichtgeschwindigkeit/ *speed of light in a vacuum*

h : Planck'sches Wirkungsquantum/ *Planck constant*

q : Elementarladung/ *elementary charge*

n : Brechungsindex Luft/ *refraction index*

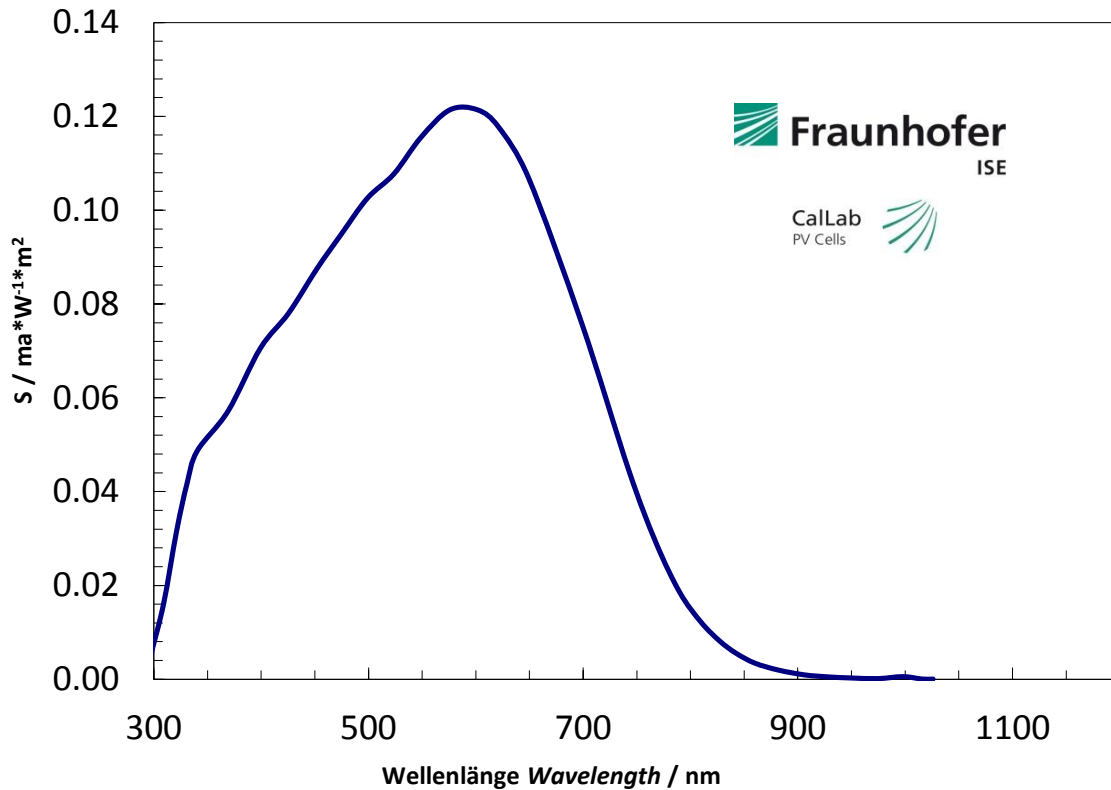
$\eta_{\text{ext}}(\lambda)$: externe Quanteneffizienz/ *external quantum efficiency*

$s(\lambda)$: spektrale Empfindlichkeit/ *spectral sensitivity*

a : Fläche/ *area*

5. Zusatzinformationen:

Additional Information



6. Literatur

Literature

/1/ J. Metzdorf, Calibration of Solar Cells. 1: *The Differential Spectral Responsivity Method*, Applied Optics 26 (1987) p.1701-1708

/2/ IEC 60904-8-Ed.3:2014, *Photovoltaic devices - Part 8: Measurement of the spectral responsivity of a photovoltaic (PV) device*

/3/ J. Hohl-Ebinger, G. Siefer, and W. Warta., *Non-Linearity of Solar Cells in Spectral Response Measurements*. in 22th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. 2007.

Hinweis: Es ist nicht gestattet, ohne die schriftliche Genehmigung des ISE CalLab PV Cells den Messbericht auszugsweise zu vervielfältigen.

Note: *This measurement report may not be reproduced other than in full. Extracts may be taken only by the written permission of ISE CalLab PV Cells.*