

Hinweise zur Auswertung – Versuch Solarzelle

(aktualisiert am 16.08.2017)

A Vergleich verschiedener Solarzellen-Typen

1) Analyse der Dunkelkennlinie der anorganischen Solarzelle

Bestimmen Sie aus der Dunkelkennlinie mittels Fit der folgenden Formel den Sättigungsstrom I_s , den Diodenidealitätsfaktor n und den Serienwiderstand R_s .

$$I = I_s \left(\exp \left(e \frac{U - I R_s}{n k_B T} \right) - 1 \right)$$
$$\rightarrow U = n \frac{k_B T}{e} \ln \left(\frac{I + I_s}{I_s} \right) + I R_s \approx n \frac{k_B T}{e} \ln \left(\frac{I}{I_s} \right) + I R_s$$

Hinweis: Ermitteln Sie zunächst aus der Auftragung des Stromes über der Spannung den Serienwiderstand R_s (mittels linearen Fits in dem Bereich, in dem der lineare Term des Stromes überwiegt). Tragen Sie dann $U' = U - I R_s$ über dem Logarithmus des Strombetrags auf und variieren Sie den Wert von R_s leicht, sodass sich für große Ströme ein linear auslaufender Graph ergibt. Fitten Sie diesen Bereich zur Bestimmung von I_s und n . Sind die erhaltenen Werte realistisch?

2) Vergleich der Hellkennlinien

- Vergleichen Sie die Hell- und Dunkelkennlinie der anorganischen Zelle anhand eines gemeinsamen $j(U)$ -Plots.
- Formulieren Sie Ihre Erwartung bezüglich physikalisch sinnvoller Kurzschlussstromdichten $j_{sc} = I_{sc}/A$ bzw. Leerlaufspannungen unter Beleuchtung mit Sonnenlicht der Intensität von 100 mW/cm^2 .
- Vergleichen Sie diese mit Ihren Messungen anhand eines $j(U)$ -Graphen aller Hellkennlinien und ziehen Sie Schlussfolgerungen über die mögliche innere Struktur der Zellen O1 und O2. Die Fläche A der anorganischen Solarzelle beträgt 26 cm^2 , die Fläche der organische Zelle O1 $6,4 \text{ mm}^2$ sowie die von O2 25 cm^2 .
- Bestimmen Sie weiterhin für alle Kennlinien j_{sc} , U_{oc} , MPP, FF sowie den Wirkungsgrad η .

B Der Einfluss der Beleuchtungsintensität

- Stellen Sie die $j(U)$ -Kennlinien für alle Beleuchtungsintensitäten grafisch dar.
- Stellen Sie die Abhängigkeiten von j_{sc} und U_{oc} gegenüber der Intensität grafisch dar.
- Diskutieren Sie die Abhängigkeit der Solarzellenparameter j_{sc} und U_{oc} von der Beleuchtungsintensität und formulieren Sie einen mathematischen Zusammenhang (gegebenenfalls mit Verweis auf Ihnen bekannte Gesetzmäßigkeiten).

C Solarmodul – Versuche an realistischen Verschaltungen

- Begründen Sie die Wahl der Verschaltung Ihres Moduls.
- Bestimmen Sie für alle Kennlinien j_{sc} , U_{oc} , FF sowie den Wirkungsgrad η .
- Erklären Sie den Einfluss eines Parallel- und eines Serienwiderstands auf das Verhalten des Solarmoduls. Vergleichen Sie dafür die Werte der Steigungen der Kennlinien in den relevanten Bereichen mit den Werten der verwendeten Widerstände. Wie müssten diese Widerstände im Idealfall einer perfekten Solarzelle sein? Wodurch entstehen parasitäre Widerstände in einer realen Solarzelle?
- Erklären Sie das Verhalten des Solarmoduls für alle gewählten Verschattungssituationen mit Hilfe eines Schaltbildes. Welche Problematik ergibt sich für reale Solarmodule? Wie kann diese umgangen werden?
- Vergleichen Sie die Kennlinien mit und ohne Last. Welchen Anteil der maximalen Solarzellenleistung nutzt der Verbraucher am gemessenen Arbeitspunkt? Wie kann der Anteil erhöht werden (seitens des Solarmoduls bzw. seitens des Verbrauchers)?

D Der Einfluss der Temperatur

- Stellen Sie die Temperaturabhängigkeit von U_{oc} grafisch dar und vergleichen Sie diese mit Ihrer Erwartungshaltung.
- Welche Erklärung haben Sie für j_{sc} bei 65 °C im Vergleich zur Raumtemperatur?

E Verhalten unter direkter und diffuser Bestrahlung

- Stellen Sie die Winkelabhängigkeit des Stromes beider Solarzellen auf geeignete Weise dar, so dass das unterschiedliche Stromverhalten bezüglich der Winkelabhängigkeit sichtbar wird.
- Wie wirkt sich dies auf den Stromertrag bei einem hohen Anteil diffusen Lichts aus?

Hinweise zum Protokoll:

- Eine Kurzdarstellung der Themen Halbleiter, Bandstruktur, Dotierung, pn-Übergang, ideale Diode, Ersatzschaltbild der Solarzelle, Funktionsweise der Solarzelle sowie Unterschiede zwischen anorganischen und organischen Solarzellen.
- Zur Angabe einer Effizienz gehört immer die Angabe einer Beleuchtungsintensität
- Bitte Messprotokoll sowie Messdaten (anschaulich benannt) zusätzlich zum Protokoll in geeigneter **Komprimierung** mit an die E-Mail anfügen.

Noch ein paar formale Aspekte:

- Auf einheitliche Bezeichnung achten (entweder NUR englisch (V_{oc}/I_{sc}) oder NUR deutsch (U_I/I_K))
- Formelzeichen sind stets kursiv, Indizes und Einheiten nicht
- Zwischen Wert und Einheit gehört ein Leerzeichen
- Bildunterschriften werden immer mit einem Punkt abgeschlossen, auch wenn es keine grammatikalisch einwandfreien Sätze sind.
- Elemente (Schraffuren, Linien, etc.) in Abbildungen, die eine Funktion/Bedeutung haben oder Formelzeichen, die noch nicht eingeführt wurden, werden in der Bildunterschrift zumindest genannt/eingeführt, manchmal gleich erklärt, wenn es sich anbietet (dies geschieht üblicherweise meist im Text).
- Physikalisch sinnvolle **Ausschnitte** der Graphen wählen: nicht jeder Messpunkt ist immer relevant oder physikalisch sinnvoll (Stichwort: Strombegrenzung).
- Größe von Graphen und beinhaltendem Text so wählen, dass sie eingebettet in einer A4-Seite ohne Anstrengung erkennbar sind.
- Graphen bitte so gestalten, dass sie auch in Schwarz-Weiß unterscheidbar sind.

Protokoll bitte innerhalb von 2 Wochen an katrin.ortstein@iapp.de.