

Übungsblatt 6 – Grenzen der Photovoltaik und Systemtechnik

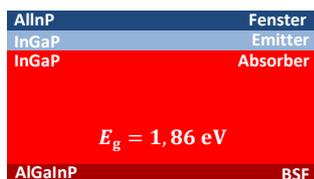
Aufgabe 1: Grenzen der photovoltaischen Energiewandlung

Wie jeder andere Konvertierungsprozess weist auch die Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie eine obere Effizienzgrenze auf. Im Folgenden wird auf diese Grenze genauer eingegangen.

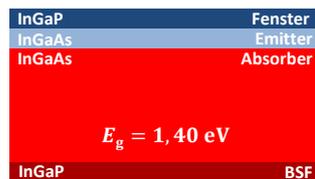
- Wodurch wird die oberste Effizienzgrenze der Konvertierung von Strahlung in elektrische Energie unabhängig von der Art des Konverters festgelegt? Wie groß wäre diese typischerweise?
- Tatsächlich ist die Umwandlungseffizienz für eine klassische Solarzelle mit einfachem pn-Übergang allerdings deutlich kleiner. Woran liegt das und auf welche Theorie führen diese Überlegungen?
- Durch welche Verfahren kann die im Aufgabenteil b.) für ein klassisches System abgeleitete Grenze dennoch überwunden werden?

Aufgabe 2: Tandem- und Mehrfachsolarsysteme (Aufgabe aus Übungsblatt 5)

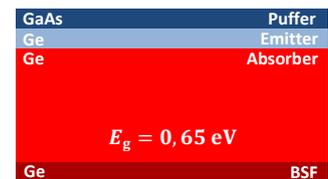
Aufgrund der definierten Bandlücke eines Halbleiters und den damit verbundenen energetischen Verlusten für Photonen mit Energien ober- und unterhalb der Bandlückenenergie, wird seit mehreren Jahren intensiv auch an Schichtsystemen mit mehreren Halbleitern unterschiedlicher Bandlücke geforscht. Diese effektivere Nutzung des einfallenden Lichtes führt aktuell auf Wirkungsgrade bis zu 38 % für nicht-konzentrierende und 46 % für konzentrierende Mehrfachsysteme.



$$U_{oc} = 1.360 \text{ mV} \quad j_{sc} = 13 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$$



$$U_{oc} = 1.010 \text{ mV} \quad j_{sc} = 15 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$$



$$U_{oc} = 260 \text{ mV} \quad j_{sc} = 20 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$$

- Obige Abbildung zeigt drei Halbleitersysteme mit unterschiedlich großen Bandlücken E_g . Wie sollten die drei Systeme übereinander angeordnet werden, um das einfallende Licht am effektivsten nutzen zu können. Was passiert wenn Sie die gewählte Schichtfolge invertieren?
- Was versteht man unter einer Zwei- und einer Vier-Terminal-Verschaltung und welche Vor- und Nachteile weisen die beiden Schaltungstypen jeweils auf?
- Welchen Kurzschlussstrom I_{sc} und welche Leerlaufspannung U_{oc} erwarten Sie für das obige Mehrfachsystem ausgehend von den aufgeführten Kenngrößen der Einzelsysteme. Gehen Sie hierbei von einer Zwei-Terminal-Verschaltung aus.
- Zeichnen Sie schematisch die Bandverläufe für eine typische GaAs-Tandem-Solarzelle mit monolithischer Verschaltung zwischen den Einzelschichten. Nehmen Sie dabei insbesondere Stellung zur Grenzregion zwischen den beiden Teilsystemen.

Aufgabe 3: Systemtechnik

Neben der reinen Zellen- und Modultechnik spielt auch die Systemtechnik, die alle nach dem Modul geschalteten Komponenten umfasst, für den praktischen Einsatz der Photovoltaik eine große Rolle. Dies gilt vor allem dann, wenn die erzeugte Leistung ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden soll.



- a.) Diskutieren Sie alle wesentlichen sich an das Solarmodul anschließenden Einrichtungen zur Kontrolle und Aufbereitung des Eigennutzungs- und Einspeisungsanteils.
- b.) Welche Rolle spielen String- und Bypass-Dioden für das Modul? Welcher große Nachteil ist mit dem Einbau der String-Dioden verbunden?
- c.) Für ein nicht an das öffentliche Stromnetz angeschlossenes Ferienhaus möchten Sie mithilfe einer Solaranlage und einem daran angeschlossenen Akkumulator die Stromversorgung über den Sommer sicherstellen. Dabei sollen drei LED-Leuchten mit jeweils 5 W für drei Stunden pro Tag, eine Pumpe mit 20 W für eine Stunde pro Tag, ein Kühlschrank mit 50 W rund um die Uhr sowie ein Laptop mit 70 W für zwei Stunden pro Tag betrieben werden. Die Nennspannung des Akkumulators liegt bei 12 V. Wie groß muss die Kapazität des Akkumulators sein damit auch drei Tage ohne ausreichende Einstrahlung überbrückt werden können? Berücksichtigen Sie, dass der Akkumulator nur bis zur Hälfte entladen werden darf und dass die Umwandlung von chemischer in elektrische Energie einen Wirkungsgrad von 90 % aufweist. Leitungsverluste in Höhe von 3 % vom Speicher zum Verbraucher sollen ebenfalls berücksichtigt werden. Der DC/AC-Konverter hat einen Wirkungsgrad von 90 %.
- d.) Wie groß muss bei einem Solarmodulwirkungsgrad von 15 % die Solarmodulfläche sein, damit an einem Sommertag sowohl der Tagesbedarf als auch die Überbrückung von drei folgenden Tagen über die Batterie gedeckt ist. Gehen Sie von einer täglichen Einstrahlung von $3,5 \text{ kWh/m}^2$ im Sommer aus. Beachten Sie zusätzlich, dass die nutzbare Einstrahlung aufgrund von Temperatureffekten um einen Faktor 0,85 reduziert ist und dass auch hier Leitungsverluste vom Modul zum Speicher von 3 % sowie Umwandlungsverluste von elektrischer in chemische Energie in Höhe von 10 % anfallen. Das Fehlen eines MPP-Trackers führt zu weiteren Verlusten von 10 %.
- e.) Was versteht man unter der sogenannten Power-to-Gas-Technologie und welche Vor- und Nachteile bringt sie mit sich?

Bemerkungen:

- Die Übungsblätter werden jeweils eine Woche vor der Übung in der Vorlesung verteilt. Alternativ können die Aufgaben auch von der Internetseite des ZSW oder im ILIAS-Portal bezogen werden.
→ Link: www.zsw-bw.de/infportal/vorlesungen.html
→ Link: <https://ilias.studium.kit.edu/>
- Die schriftliche Abschlussklausur findet am 14. September 2016 zwischen 11:00 Uhr und 13:00 Uhr im Hörsaal am Fasanengarten (Gebäude 50.35) statt. Die Prüfungsanmeldung im QUISPOS bzw. Campus Management ist erforderlich und ist mittlerweile freigeschaltet.