

Lösungen zu Kapitel 5:

Aufgabe 5.1: Herstellung von c-Si-Solarzellen

- a) Siehe Abschnitt 5.1
- b)
 1. Texturierung,
 2. n^+ -Dotierung des Emitters,
 3. Antireflexschicht-Aufbringung
 4. Kontaktierung (Front- und Rückseite)
 5. Kontaktfeuern
 6. Kantenisolation
 7. Vermessung, Klassifizierung der Zellen

Aufgabe 5.2: Dünnschichtzellen

- a) Die Driftzelle besteht aus einer nur wenig μm dicken pin-Schicht, in der ein elektrisches Feld herrscht. Die erzeugten Ladungsträger werden durch das Feld getrennt und zu den Kontakten befördert. Die Diffusionszelle ist dagegen ein (z.B.) p-dotierter Wafer mit einer Dicke größer 100 μm , in dessen oberste Schicht ein n-Emitter eindiffundiert wurde. Die Lichtabsorption geschieht hauptsächlich in der feldfreien Basis, so dass die erzeugten Teilchen zunächst bis zum pn-Übergang diffundieren müssen, um vom Feld der Raumladungszone in ihr Heimatgebiet transportiert zu werden.
- b) Siehe Abschnitt 5.2.3
- c) Siehe Abschnitt 5.2.4
Abmilderung:
 - Passivieren mit Wasserstoff
 - dünne Schichten verwenden (in Tandem- oder Tripel-Zelle)
 - Tempern, um die Degradation auszuheilen

Aufgabe 5.3: CIS-Zellen

- a) Siehe Bild 5.22
- b) Sie dient zum einen als n-Schicht des pn-Übergangs und gleichzeitig als Fensterschicht. Dies bedeutet, dass sie eine große Bandlücke aufweist und so kaum Photonen absorbiert.
- c) Der Standardaufbau ist die Superstratkonfiguration (*super*: lateinisch für *über*): Hier liegt die Glasscheibe oben und die Zelle wird durch das Glas hindurch beleuchtet. Vorteilhaft ist an dieser Lösung, dass die Glasscheibe auch gleich die Abdeckung des gesamten Solarmoduls darstellen kann. Bei der Substratkonfiguration (*sub*: lateinisch für *unter*) liegt die Glasscheibe gewissermaßen unter der Zelle; der Lichteinfall erfolgt von der anderen Zellenseite. Dies ist notwendig, wenn der Absorber nur auf einem lichtundurchlässigen Material abscheidbar ist (z.B. Molybdän bei CIS-Zellen). In diesem Fall muss zusätzlich eine Modul-Frontglasscheibe auf der anderen Seite eingesetzt werden.

Aufgabe 5.4: Konzentrationssysteme

- a) Siehe Bild 5.25
- b) Bei einer Vergrößerung der Bestrahlungsstärke erhöht sich der Kurzschlussstrom linear. Gleichzeitig vergrößert sich auch U_{MPP} , so dass P_{MPP} überproportional erhöht wird.

$$c) U'_L = m \cdot U_T \cdot \ln \frac{X \cdot I_K}{I_S} = m \cdot U_T \cdot \ln \frac{I_K}{I_S} + m \cdot U_T \cdot \ln X = U_L + m \cdot U_T \cdot \ln X$$

$$\frac{\Delta U_L}{U_L} = \frac{U'_L - U_L}{U_L} = \frac{m \cdot U_T \cdot \ln X}{U_L}$$

$$i) X_1 = 100: \frac{\Delta U_L}{U_L} = \frac{1,5 \cdot 26 \text{ mV} \cdot \ln 100}{600 \text{ mV}} = 0,3 \Rightarrow \eta_1 = \eta \cdot (1 + 0,3) = \underline{23,4 \%}$$

$$ii) X_2 = 400: \frac{\Delta U_L}{U_L} = \frac{1,5 \cdot 26 \text{ mV} \cdot \ln 400}{600 \text{ mV}} = 0,389 \Rightarrow \eta_1 = \eta \cdot (1 + 0,389) = \underline{25,0 \%}$$

- d) Erhitzung der Zelle, steigende Verluste an Serienwiderständen

Aufgabe 5.5: Ökologische Fragestellungen

- a) c-Si: keine Probleme
CdTe: Obergrenze durch Verfügbarkeit von Tellur; ca. 10 GWp/a möglich
CIS: Obergrenze durch Verfügbarkeit von Indium; ca. 5 GWp/a möglich

$$b) i) w_{\text{Jahr}} = 900 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}), T_R = \frac{w_{\text{Prod}}}{w_{\text{Jahr}} \cdot f_{\text{PE}}} = \frac{5.500 \text{ kWh}/\text{kWp}}{900 \frac{\text{kWh}}{\text{kWp} \cdot \text{a}} \cdot 3} = \underline{2,04 \text{ a}}; EF = \frac{T_L}{T_R} = \frac{25 \text{ a}}{2,04 \text{ a}} = \underline{12,3}$$

$$ii) \text{ Mit Tabelle 2.4: } w_{\text{Jahr}} = 900 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) \cdot 81,9 \% = 737 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a})$$

$$T_R = \frac{w_{\text{Prod}}}{w_{\text{Jahr}} \cdot f_{\text{PE}}} = \frac{5.500 \text{ kWh}/\text{kWp}}{737 \frac{\text{kWh}}{\text{kWp} \cdot \text{a}} \cdot 3} = \underline{2,49 \text{ a}}; EF = \frac{T_L}{T_R} = \frac{25 \text{ a}}{2,49 \text{ a}} = \underline{10,0}$$