

# Übungsblatt zur Vorlesung Einführung und Grenzflächenaspekte der Photovoltaik

PD Dr. Thomas Dittrich, PD Dr. Thomas Hannappel,  
Dipl.-Ing. Julian Tornow



## Übungsblatt 5

### Aufgabe 1 (5 Punkte)

Ist in der p-Schicht einer Solarzelle die Minoritäts-Diffusionslänge größer als die halbe Schichtdicke, so tritt ein weiterer Rekombinationsprozess auf, der den Sperrsättigungsstrom erhöht und damit den Wirkungsgrad der Solarzelle erniedrigt.

- Welche Art der Rekombination ist hier gemeint und warum hat der Metallkontakt am Ende der p-Schicht einen besonders großen Einfluss darauf?
- Erläutere das Prinzip eines Back-Surface-Fields (BSF). Mache dazu auch eine Skizze im Bändermodell. Warum kann das BSF die beschriebene Rekombination verringern?
- Welche weitere Methode zur Verringerung dieser Rekombination ist denkbar?

### Aufgabe 2 (6 Punkte)

Die Reflexionsverluste von reinem Silizium liegen bei 30 – 40%. Durch Wahl einer geeigneten Antireflexionsschicht können die Reflexionsverluste deutlich gesenkt werden. Angenommen werde eine Antireflexionsschicht der Dicke  $d$  und dem Brechungsindex  $n_g$  auf Silizium (Brechungsindex  $n_s \approx 4$ ) und an Luft (Brechungsindex  $n_l = 1$ ) (vgl. Abb. 1). Die Gesamreflexion  $R$  dieser Schichten in Abhängigkeit der Wellenlänge  $\lambda$  lässt sich beschreiben durch:

$$R = \frac{r_1^2 + r_2^2 + 2r_1r_2 \cos(2\vartheta)}{1 + r_1^2r_2^2 + 2r_1r_2 \cos(2\vartheta)}$$

$$\text{mit: } r_1 = \frac{n_l - n_g}{n_l + n_g}; \quad r_2 = \frac{n_g - n_s}{n_g + n_s}; \quad \vartheta = \frac{2\pi n_g d}{\lambda}$$

- Die Reflexion nimmt einen Minimalwert an, wenn die optische Weglänge in der Antireflexionsschicht  $n_g d = \lambda/4$  ist. Unter welcher Nebenbedingung wird  $R = 0$ ?
- Berechne die Dicke  $d$  der Antireflexionsschicht für minimale Reflexionsverluste in Abhängigkeit der Wellenlänge und des Silizium-Brechungsindex.
- Optimiere die Antireflexionsschicht in Hinblick auf Dicke und Brechungsindex bei einer Wellenlänge von 500nm. Benutze nun die selbe Antireflexionsschicht weiter. Wie hoch sind die Reflexionsverluste bei Licht mit  $\lambda = 800\text{nm}$ ?

### Aufgabe 3 (5 Punkte)

Eine n<sup>+</sup>p-Silizium-Solarzelle habe eine Fläche von 5 x 5 cm<sup>2</sup> und werde am Arbeitspunkt betrieben ( $j_A = 40 \text{ mA/cm}^2$ ;  $U_A = 0.6 \text{ V}$ ). Es werden nun 30 μm breite Kontaktfinger parallel zueinander und senkrecht zu den Kantenflächen der Zelle aufgebracht. Es soll der für hohen Wirkungsgrad optimale Abstand der Finger berechnet werden. Es soll nur der Serienwiderstand im Emitter  $R_n$  berücksichtigt werden. Alle anderen Verlustwiderstände sind zu vernachlässigen.

Der Emitterwiderstand für eine Kontaktfingerlänge  $l$  und einem Flächenwiderstand  $R_S$  (beim n<sup>+</sup>-Si: 20 Ω/□) berechnet sich nach:

$$R_n = \frac{R_S d}{6l}$$

Dabei ist  $d$  die Breite der zwischen zwei Kontaktfingern eingeschlossenen Emitterfläche.

TIP: Bedenke, dass die für den Wirkungsgrad wichtige Größe die Leistung der Zelle ist.

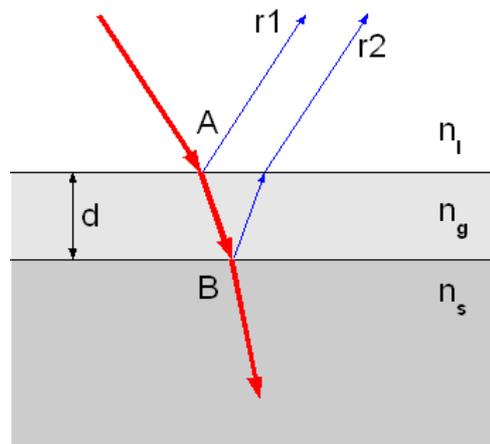


Abb. 1: Skizze des Strahlengangs einer Solarzelle mit Antireflexionschicht.