



# Übungsblatt zur Vorlesung Einführung und Grenzflächenaspekte der Photovoltaik

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



## Übungsblatt 3

### Aufgabe 1 (4 Punkte)

- Welche Funktion übernimmt der pn-Übergang in einer Solarzelle?
- Ist eine Solarzelle ohne pn-Übergang denkbar, warum?

### Aufgabe 2 (10 Punkte)

Skizziere das reduzierte Bandschema eines pn-Übergangs für folgende Fälle. Gib dabei auch die Fermienergie bzw. Quasifermienergien, sowie die Drift- und Diffusionsströme an.

- Im Dunkeln, ohne äußere Spannung
- Im Dunkeln in Sperrrichtung
- Im Dunkeln in Durchlassrichtung
- Unter Beleuchtung mit  $E_{\text{licht}} \geq E_G$  und ohne äußere Spannung
- Skizziere für den Fall d) die Steigung der Quasifermienergie der Elektronen in der Raumladungszone und im n-Gebiet. Die Solarzelle ist kurzgeschlossen.

### Aufgabe 3 (10 Punkte)

Wir betrachten einen abrupten pn-Übergang im thermodynamischen Gleichgewicht. Bei bekannter Ladungsträgerkonzentration  $\rho_0$  lässt sich sein Potentialverlauf  $\Phi(x)$  durch die Poisson-Gleichung beschreiben:

$$\frac{d^2\Phi(x)}{dx^2} = -\frac{\rho_0}{\epsilon_0\epsilon}$$

Dabei sind  $\epsilon$  (11.9 für Si) und  $\epsilon_0$  ( $=8.85\text{e-}14 \text{ Fcm}^{-1}$ ) die relative- und die Vakuumpermittivität.

- Nimm eine Donatorkonzentration  $N_D$  und eine Akzeptorkonzentration  $N_A$  an. Die Temperatur sein hoch genug, so dass alle Donatoren und Akzeptoren ionisiert sind. Berechne den Verlauf des elektrischen Feldes und skizziere ihn.
- Mache die selben Annahmen, wie in Teil a) und berechne und skizziere den Potentialverlauf.
- Die sogenannte Diffusionsspannung beschreibt die über den pn-Übergang abfallende Spannung. Wie groß ist sie, wenn man wieder die Annahmen aus Teil a) macht?
- Da Ladungsträger nur innerhalb der Raumladungszone voneinander getrennt werden können, ist deren Breite  $W$  eine für Solarzellen wichtige Größe. Berechne die Raumladungsbreite unter den Annahmen aus Teil a)
- Vergleiche die Raumladungsbreite eines pn-Übergangs mit der eines pn<sup>+</sup>-Übergangs. Typische Dotierungen im Silizium sind:  $n=10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ,  $p=10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ,  $n^+=10^{19} \text{ cm}^{-3}$ . Welche Konfiguration würde man für eine Solarzelle wählen, warum?