

Lichttechnisches Institut

Karlsruher Institut für Technologie

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

M. Sc. Benjamin Fritz

M. Sc. Henning Mescher

Engesserstraße 13

76131 Karlsruhe

Optik und Festkörperelektronik

8. Übungsblatt

Besprechung: Übung 3. Juli 2020

1. Störstellenleitung vs. intrinsische Leitung

Ein Halbleiter habe eine Bandlücke von $W_g = 1 \text{ eV}$. Elektronen und Löcher sollen eine effektive Masse gleich der freien Elektronenmasse haben. Der Halbleiter sei p-dotiert mit einer Akzeptorkonzentration von $p = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Das Akzeptorniveau liege $0,065 \text{ eV}$ über dem Valenzband.

- a) Wie groß ist die Dichte der Löcher bei $T=300 \text{ K}$ (Die Lage des Fermi-niveaus kann aus Abbildung 1 abgeschätzt werden)? Vergleichen Sie diese mit der Dichte der Löcher in einem undotierten Halbleiter mit sonst gleichen Eigenschaften.

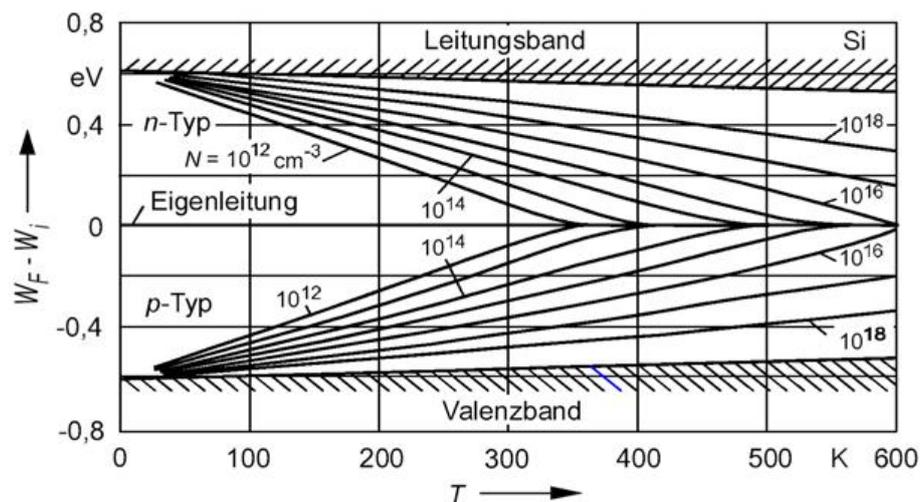


Abbildung 1: Fermienergie über Temperatur

- b) Bestimmen Sie nun die Dichten der freien Elektronen für beide Fälle in a).
- c) Berechnen Sie die Leitfähigkeit σ bei $T=300 \text{ K}$ unter der Annahme einer Löcherbeweglichkeit von $100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Die Beweglichkeit der Elektronen sei $1500 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

2. Halbleiter unter Beleuchtung

Wir betrachten einen stark p-dotierten Halbleiter-Quader der Dicke d . An der Oberseite wird er homogen mit Licht bestrahlt. Die einfallenden Photonen werden in einer im Ver-

gleich zur Diffusionslänge sehr dünnen Schicht absorbiert. Wir befinden uns im Bereich der Störstellenerschöpfung.

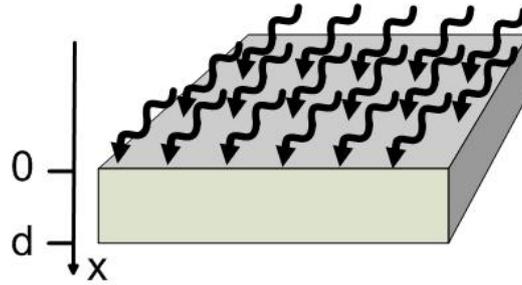


Abbildung 2: Absorption in einem Halbleiter der Dicke d

- Stellen Sie nun die Kontinuitätsgleichung und die Randbedingungen für die Überschusselektronen Δn auf und erklären Sie Ihr Vorgehen. Gehen Sie davon aus, dass an der Oberfläche eine konstante Überschusträgerdichte aufrecht erhalten wird. An der Unterseite der Probe werden alle Überschussladungsträger abgesaugt. Im Halbleiter habe sich ein stationärer Zustand eingestellt. Gehen Sie von einer Rekombinationsrate $r = \Delta n / \tau_n$ aus.
- Lösen Sie allgemein die im letzten Aufgabenteil aufgestellte Gleichung und berechnen Sie nun die Überschusselektronendichte.
- Ein allgemeinerer Ausdruck für die Rekombinationsrate eines konstant beleuchteten Halbleiters habe die folgende Form:

$$r = \frac{np - n_i^2}{\tau_p n + \tau_n p}$$

Der Halbleiter sei stark n-dotiert. Weiterhin seien die Löcheranzahl und die Elektronenanzahl durch Photogeneration über die Gleichgewichtsanzahl im dotierten unbeleuchteten Halbleiter (n_{dot} und p_{dot}) auf n bzw. p erhöht, wobei $p \ll n_{dot}$ und $n \cong n_{dot}$ gelten soll. Vereinfachen Sie unter diesen Annahmen die Gleichung so weit wie möglich.

3. pn-Übergang

Wir betrachten n- und p-dotiertes Silizium bei Raumtemperatur. Skizzieren Sie das Banddiagramm einschließlich Ferminiveaus, wenn beide dotierten Halbleiter in Kontakt gebracht werden...

- ...ohne äußere Vorspannung.
- ...mit äußerer Vorspannung $+U_D$ (Diffusionsspannung) in Durchlassrichtung.