Übungsblatt zur Vorlesung
Einführung und Grenzflächenaspekte der Photovoltaik

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

Übungsblatt 8

Aufgabe 1 (8 Punkte)

In Abb. 1 ist die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Tunneldiode (p^{++}/n^{++}-Kontakt) gegeben.

a) Beschreibe qualitativ das Verhalten der Tunneldiode an den markierten Punkten 1-3. Skizziere für die drei Fälle jeweils das reduzierte Bandschema und zeichne darin den Pfad des dominanten Stromes ein.

b) Warum nimmt der Strom zwischen den Punkten 2 und drei zunächst ab?

c) Geht an einem Tunnelkontakt, wie er z.B. für Multijuction-Solarzellen verwendet wird, im idealen Fall Leistung verloren? Warum?

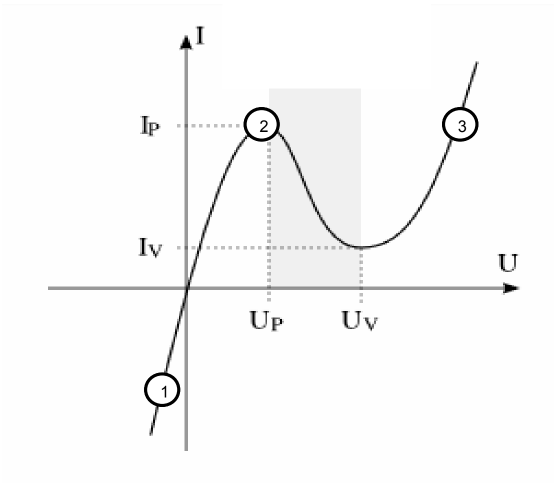

Abb. 1: Strom-Spannungs-Charakteristik einer Tunneldiode

Aufgabe 2 (8 Punkte)

Um die Tunnelwahrscheinlichkeit in einem Tunnelkontakt zu berechnen wird die Potentialbarriere häufig durch eine Dreiecksbarriere genähert. Der elektrische Potenzialverlauf $V(x)$ ist demnach linear, und sein elektrisches Feld E deshalb konstant ($E = V(x)/x = E_G/x_0$) .
Die Tunnelwahrscheinlichkeit T_t durch eine Potenzialbarriere lässt sich in guter Näherung berechnen zu:

$$T_t \approx \exp\left(- 2\int_0^{x_0} |k(x)| dx \right) \qquad (1)$$

Dabei ist x_0 die Breite der Dreiecksbarriere (vgl. Abb. 2) und $k(x)$ der Impuls (Wellenvektor) der Wellenfunktion, der sich aus der Schrödinger-Gleichung ergibt zu:

$$k(x) = \sqrt{\frac{2m^*}{\hbar^2}(V(x) - E_{kin})} \qquad (2)$$

Hierbei ist m^* die effektive Masse und E_{kin} die kinetische Energie.

a) Wie lässt sich der Verlauf des elektrischen Potentials mit den Größen aus Abb. 2 mathematisch beschreiben? Betrachte die kinetische Energie als Referenzenergie und setze deshalb $E_{kin} = 0$. Wie sieht nun der Wellenvektor aus?

b) Benutze das Ergebnis aus Teil a) und zeige mit Hilfe von Gleichung (1), dass für die Tunnelwahrscheinlichkeit gilt:

$$T_t \approx \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m^*}E_G^{3/2}}{3q\hbar E}\right)$$

c) Betrachte einen p^{++}/n^{++}-Kontakt aus Silizium ($m_e^*=1.09\ m_e$). Die Halbleiter seien entartet, so dass das Diffusionspotential ≈ E_G ist. Berechne die Tunnelwahrscheinlichkeit der Elektronen für eine Konzentration der Akzeptoren und Donatoren von jeweils 10^{20} cm^{-3}. Vergleiche dieses Ergebnis mit dem einer Konzentration von jeweils $5 \cdot 10^{19}$ cm^{-3}.

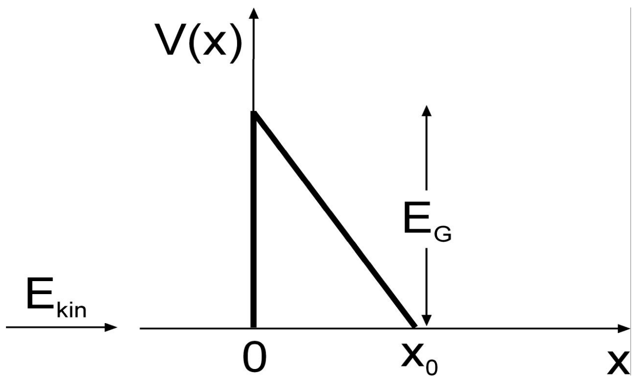

Abb. 2: Schematische Darstellung einer Dreiecksbarriere