

Lichttechnisches Institut

Karlsruher Institut für Technologie

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

M. Sc. Nico Bolse

M. Sc. Manuel Koppitz

Engesserstraße 13

76131 Karlsruhe

Festkörperelektronik

7. Tutorium

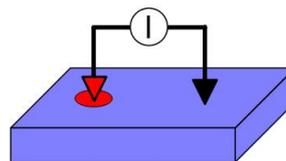
Besprechung:

Tutorien 13. - 17. Juli 2015

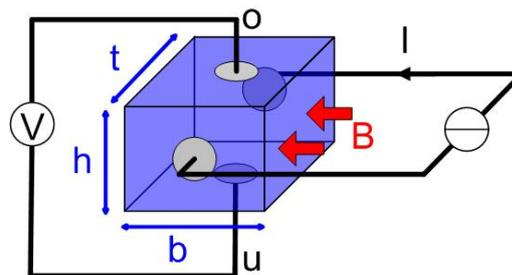
1. n oder p?

Sie müssen die Dotierung in einem unbekanntem Halbleiterplättchen bestimmen.

- a) Ihnen steht die abgebildete Anordnung zur Verfügung. Das Messgerät besteht aus zwei Messspitzen und einem Amperemeter, das zwischen die beiden Messspitzen geschaltet werden kann. Eine der beiden Messspitzen kann erhitzt werden. Erläutern Sie, wie mit Hilfe dieser Apparatur bestimmt werden kann, wie die Halbleiterprobe dotiert ist.



- b) Zum gleichen Zweck kann eine Hall-Messung durchgeführt werden. Hierbei werden vier Kontakte an das Halbleiterplättchen angebracht. Durch die Kontaktierung an den Stirnflächen lässt man einen Strom fließen, senkrecht dazu kann die Spannung gemessen werden. Zu guter letzt wird noch ein Magnetfeld angelegt. Wie funktioniert die Bestimmung der Dotierung mit dieser Methode?



- c) Es fließe ein Strom durch die Stirnflächen und ein Magnetfeld sei angelegt. Leiten Sie einen Ausdruck für den Widerstand der Halbleiterprobe senkrecht zu Magnetfeld und Strom (zwischen den Anschlüssen o und u) her.

2. Photodioden

Sie beleuchten einen Galliumarsenid-Kristall (direkter Halbleiter mit $W_g = 1,43$ eV bei Raumtemperatur) mit Licht.

- a) Können Sie infrarotes Licht mit einem solchen Kristall detektieren?
 b) Welchen Einfluß hat die Temperatur auf die Absorptions-Kurve?

- c) Sie bestrahlen den Kristall 100 fs lang mit rotem Licht der Wellenlänge 780 nm und der Pulsenergie 10 nJ. Wieviele Elektronen werden durch diesen Lichtpuls in das Leitungsband angeregt? Wegen der Kürze des Pulses können Diffusionsprozesse vernachlässigt werden.
- d) Sie wollen nun einen Detektor bauen, der 90 Prozent des einfallenden Lichts mit der Wellenlänge 618 nm auffängt. Wie dick muss der Detektor sein? Benutzen Sie Abbildung 1, um die Absorptionsdaten von GaAs zu ermitteln.

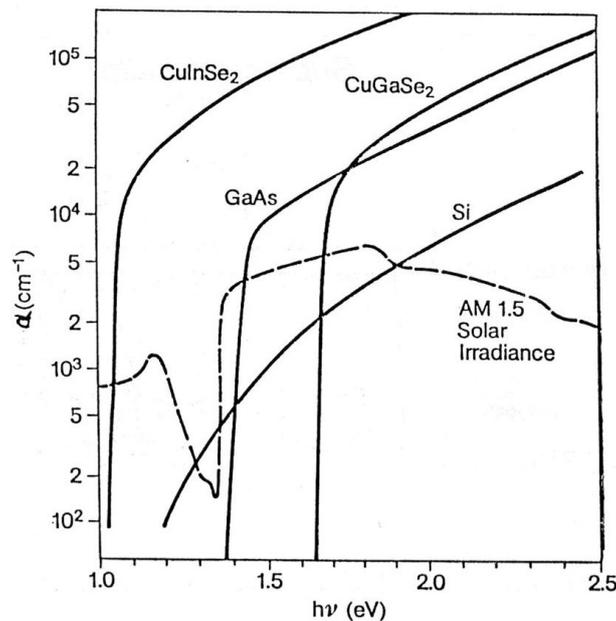


Abbildung 1: Absorption verschiedener Halbleiter

- e) Wie dick muss ein entsprechender Silizium-Detektor sein, um die gleiche Absorption zu erreichen?

3. Diffusion

Ein Halbleiter-Stab vom p-Typ wird beleuchtet. Im ganzen Volumen des Halbleiters werden gleichmäßig mit der Rate g_L Ladungsträgerpaare erzeugt. Gleichzeitig werden an der Stelle $x = 0$, am Anfang des Stabes, Ladungsträger entzogen, was zu $\Delta n_p = 0$ bei $x = 0$ führt. In die positive x -Richtung kann der Stab als unendlich ausgedehnt angenommen werden. Bestimmen Sie $\Delta n_p(x)$ unter der Annahme, dass $\Delta n_p(x) \ll p_0$ und stationäre Bedingungen gelten.

4. Diffusionslänge

In einem stark n-dotierten Halbleiter wird bei $T = 300$ K an der Stelle $x = 0$ eine Überschussladungsträgerdichte p_0 aufrecht erhalten. Die Lebensdauer der überschüssigen Ladungsträger betrage τ_p . Die Ladungsträger seien entsprechend

$$p(x) = p_0 \exp\left(-\frac{x}{L_D}\right)$$

verteilt. Bestimmen Sie mittels der Kontinuitätsgleichung den Zusammenhang zwischen der Diffusionslänge L_D und der Diffusionskonstante D_p . Warum muß $p(x)$ die angegebene Form haben? Berechnen Sie die Diffusionslänge L_D bei einer Beweglichkeit $\mu = 10^3 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ und einer Lebensdauer $\tau_p = 10^{-6} \text{ s}$.