

Über Scheinleitwertmessungen an legierten Germanium-Indium-Gleichrichtern*

Von Hans-Ludwig Rath

AEG-Laboratorium Belecke-Möhne

(Z. Naturforsch. 9a, 699—700 [1954]; eingeg. am 19. Juni 1954)

Mißt man die diff. Kapazität¹ von legierten Germanium-Indium-Gleichrichtern² in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und der Frequenz bei 0 Volt Vorspannung, so erhält man die Kurvenscharen³ von Abb. 1. Dieses experimentelle Ergebnis läßt sich wie folgt deuten:

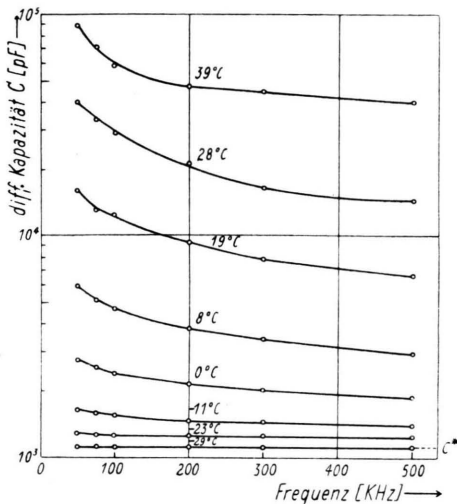


Abb. 1. Abhängigkeit der diff. Kapazität C von Frequenz und Temperatur bei 0 Volt Vorspannung. Sperrschichtfläche 17 mm², spez. Widerstand des Germaniums 14 Ω cm.

Die von Shockley angegebenen Gleichungen der Strom-Spannungs-Charakteristik eines p-n-Überganges⁴ bei Belastung mit geringer Wechselspannung liefern als Realteil den Ausdruck für den diff. Leitwert $1/R_{sp}$, als Imaginärteil die Kapazität C_i , die durch die Injektion von Ladungsträgern hervorgerufen wird. Durch Addition der Sperrschicht-Kapazität C_{sp} , die aus der Raumladung in der Sperrschicht⁵ herrührt, erhält man die für unseren Fall vollständigen Formeln⁶:

$$C = C_i + C_{sp} = \left[\frac{1}{\omega^2} \frac{e^2 F}{kT} \cdot \sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}} p_n \sqrt{\frac{1}{2} (\sqrt{1 + \omega^2 \tau_p^2} - 1)} \right] + F \sqrt{\frac{\epsilon e N}{8\pi V_D}}, \quad (1)$$

* Auszug aus einer bei der TU Berlin-Charlottenburg eingereichten Dissertation (1954).

¹ Meßverfahren s. H.-L. Rath, Naturwiss. 41, 161 [1954].

² Herstellung s. z. B. R. N. Hall, Proc. I.R.E. 40, 1512 [1952].

³ Entspr. Messungen am p-n-Gleichrichter N. H.

$$\frac{1}{R_{sp}} = \frac{e^2 F}{kT} \sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}} p_n \sqrt{\frac{1}{2} (\sqrt{1 + \omega^2 \tau_p^2} + 1)} \quad (2)$$

(ω Kreisfrequenz, e Elementarladung, F Sperrschichtfläche, k Boltzmann-Konstante, T abs. Temperatur, D_p Diffusionskonstante, τ_p Lebensdauer der Löcher, p_n Löcherdichte im n-Halbleiter, ϵ Dielektrizitätskonstante, N Donatordichte, V_D Diffusionsspannung). Der in eckigen Klammern stehende Ausdruck in Gl. (1) soll „Injektions-Kapazität“ genannt werden.

Gl. (1) enthält als wesentlich temperaturabhängiges Glied p_n . Mit $n_n \cdot p_n = n_i^2$ und der Annahme, daß alle Donatoren dissoziiert sind, läßt sich aus der Eigenleitungsdichte die Temperaturabhängigkeit der Kapazität herleiten:

$$C_i = \text{const} \cdot n_i^2 = \text{const}' \cdot \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) \quad (3)$$

(n_i = Elektronendichte bei Eigenleitung, ΔE = Bandabstand, n_n = Elektronendichte im n-Halbleiter).

Bei 0 Volt Vorspannung und hinreichend hohen Temperaturen überwiegt der erste Term von Gl. (1), die Frequenzabhängigkeit der Kapazität ist ausgeprägt. Bei genügend tiefen Temperaturen wird n_i^2 sehr klein, es überwiegt der zweite Term C_{sp} . Er ist unabhängig von Frequenz und Temperatur (C^* in Abb. 1). Die Injektions-Kapazität ergibt sich demnach experimentell zu

$$C_i = C - C^*. \quad (4)$$

Trägt man die Injektions-Kapazität für eine beliebige Frequenz der Abb. 1 logarithmisch über dem Kehrwert der abs. Temperatur auf, so erhält man eine

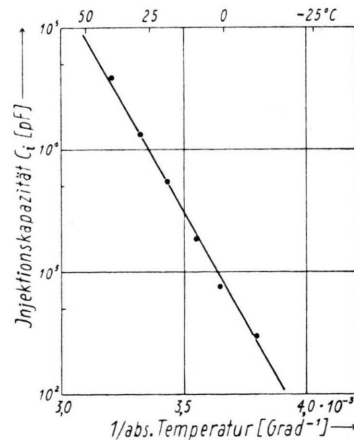


Abb. 2. Abhängigkeit der Injektionskapazität C_i von der Temperatur bei 0 Volt Vorspannung. Die Neigung der ausgezogenen Geraden ist nach Gl. (3) berechnet worden. Gleichrichterdaten s. Abb. 1. Frequenz 500 kHz.

Odell u. H. Y. Fan, Phys. Rev. 78, 334 [1950]; ebd. 82, 763 [1951].

⁴ W. Shockley, Bell Syst. Tech. J. 28, 435 [1949].

⁵ W. Schottky, Z. Phys. 118, 539 [1942].

⁶ Der Anteil des Elektronenstromes ist hier zu vernachlässigen.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Gerade, deren Steigung dem Bandabstand ΔE des Halbleiters proportional ist (Abb. 2). Während man aus Leitfähigkeitsmessungen ΔE nur im Gebiet der Eigenleitung gewinnt⁷, erfaßt die hier mitgeteilte Methode die Temperaturabhängigkeit der Dichte der in der Minderzahl vorhandenen Ladungsträger, also ΔE im Gebiet der Störleitung.

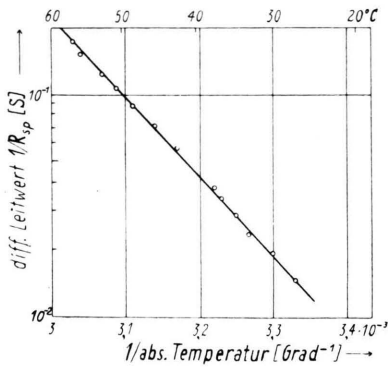


Abb. 3. Abhängigkeit des diff. Leitwertes $1/R_{sp}$ von der Temperatur bei 0 Volt Vorspannung. Die Neigung der ausgezogenen Geraden ist analog Gl. (3) berechnet worden. Gleichrichterdaten s. Abb. 1. Frequenz 75 kHz.

Ebenso ergibt die logarithmische Auftragung des diff. Leitwertes über dem Kehrwert der abs. Temperatur eine Gerade, deren Neigung dem Bandabstand ΔE des Germaniums proportional ist (Abb. 3). Die Deutung erfolgt wegen der Ähnlichkeit von Gl. (2) mit dem ersten Term der Gl. (1) analog.

Voraussetzung für diese Methode sind Messungen bei genügend hohen Temperaturen. Im Gebiet tiefer Temperaturen ist $1/R_{sp}$ nicht mehr groß gegenüber dem Leitwert, der aus einer Oberflächenleitfähigkeit

herrührt (Abb. 4) und rechnerisch nicht erfaßt werden kann. Der Grund für dieses Verhalten liegt darin, daß zwar die Sperrschicht unterhalb des Indiums *im Innern* des Germaniums liegt, aber an ihrem *Rande an die Germanium-Oberfläche* tritt. Daher wird der Realteil des Stromes durch den Gleichrichter nicht allein von Gl. (2) bestimmt, sondern auch von der Beschaffenheit der Oberfläche beeinflusst.

Beide Meßverfahren liefern als Bandabstand des Germaniums 0,72 eVolt mit einem Fehler von wenigen Prozent.

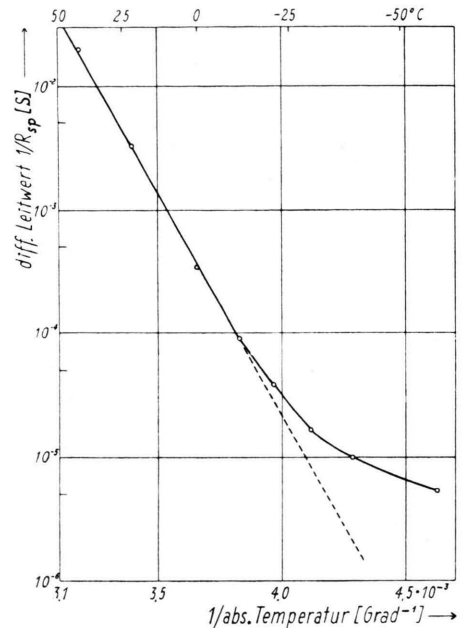


Abb. 4. Einfluß der Oberflächenleitung auf den diff. Leitwert $1/R_{sp}$ bei 0 Volt Vorspannung. Die Neigung der Geraden ist analog Gl. (3) berechnet worden. Sperrschichtfläche 20 mm², spez. Widerstand des Germaniums 3,6 Ω cm. Frequenz 75 kHz.

⁷ S. z. B. J. Stuke, Diss. Göttingen (1947).

Bestimmung einer Haftstellenverteilung aus Wechsellichtmessungen an photoleitenden Cadmiumsulfid-Einkristallen

Von E. A. Niekisch

II. Physikalisches Institut der Humboldt-Universität,
Berlin

(Z. Naturforschg. 9a, 700—701 [1954]; eingeg. am 25. Juni 1954)

Von Faßbender und Lehmann¹ ist vor einiger Zeit eine Methode zur Berechnung der Elektronenbeweglichkeit in CdS aus Wechsellichtmessungen angegeben worden. Eine nähere Analyse dieser Methode zeigt, daß unter gewissen Voraussetzungen die so be-

stimmte Beweglichkeit nicht die Mikrobeweglichkeit b_e ist, sondern eine durch

$$b_e^w = \frac{b_e}{1 + dn_h/dn_e} \quad (1)$$

definierte Beweglichkeit; n_e ist hierbei die Konzentration der Leitungselektronen im Leitfähigkeitsband, n_h die der Elektronen in unterhalb des Bandes liegenden Haftstellen. Die erwähnten Voraussetzungen bestehen dabei im wesentlichen darin, daß die Modulationsfrequenz des anregenden Lichtes so zu wählen ist, daß eine Periode klein gegenüber der Lebensdauer der Ladungsträger in Hinblick auf die Rekombination in den Grundzustand ist, aber groß bezüglich der Anlagerungszeiten in Haftstellen; die letzte Bedingung hat unter Umständen zur Folge, daß nur Haftstellen einer bestimmten Art erfaßt werden. Außerdem darf das anregende Licht nur schwach moduliert sein. Bei einem einfachen Haftstellenmodell mit kontinuier-

¹ J. Faßbender u. H. Lehmann, Ann Phys., Lpz. (6) 6, 215 [1949].