

Durch die Korrektur der I_B -Kurve wird der ϑ_c -Wert nicht geändert.

	Theorie	Experiment
Energieverlust $\Delta E(0) = \hbar \omega_p$	15,1 eV	15,3 eV
Grenzwinkel ϑ_c	$\approx 1,5 \cdot 10^{-2}$	$\approx 1,3 \cdot 10^{-2}$
Dispersionskonstante D ohne Elektronenaustausch mit Elektronenaustausch	0,44 0,38	$0,37 \pm 0,03$

Tab. 1.

Die Übereinstimmung zwischen den Folgerungen aus der Plasmatheorie und den an Antimon gemessenen Werten ist bemerkenswert. Es kann somit aus den Experimenten geschlossen werden, daß es außer den leichten Elementen⁴ auch unter den Elementen mit höherer Ordnungszahl Substanzen gibt, deren Energieverluste gemäß der Plasmatheorie Dispersion zeigen.

Herrn Prof. Dr. H. BOERSCH danke ich für die Förderung dieser Arbeit und anregende Diskussionen. — Die Untersuchungen wurden durch ERP-Forschungsmittel unterstützt.

Die Diffusionslängen der Ladungsträger in Selen-Einkristallen

Von H. GOBRECHT, A. TAUSEND und W. PICHT

II. Physikalisches Institut der Technischen Universität Berlin
(Z. Naturforsch. 17 a, 699—700 [1962]; eingegangen am 27. Juni 1962)

Eine wichtige Konstante zur Charakterisierung der Leitfähigkeitseigenschaften eines Festkörpers ist die Diffusionslänge L . Ihre Kenntnis ist vor allem für die theoretische Behandlung von p-n-Übergängen notwendig. Definitionsgemäß versteht man unter der Diffusionslänge diejenige Strecke, auf der die Konzentration von injizierten Ladungsträgern auf den e -ten Teil abgefallen ist.

Für die experimentelle Bestimmung der Diffusionslängen in Selen-Einkristallen wählten wir das Verfahren von VALDES¹ (Abb. 1). Bei dieser Methode wird auf dem Kristall eine Wolfram-Spitze aufgesetzt, die einer großflächigen, sperrfreien Elektrode gegenübersteht. Durch einen sehr schmalen Lichtspalt, der über den Kristall geführt wird, werden Ladungsträgerpaare

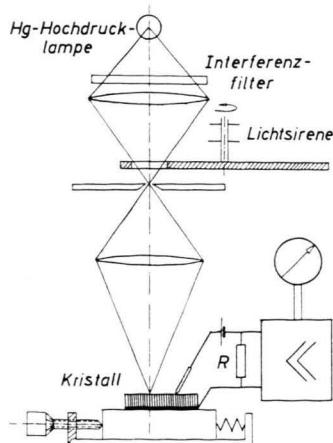


Abb. 1. Versuchsaufbau (schematisch).

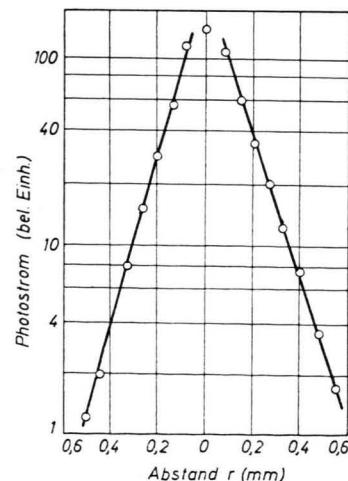
erzeugt. Diese injizierten Ladungsträger diffundieren zur Metallspitze und verringern die Sperrwirkung. Um eine Verstärkung des am Widerstand R auftretenden Signals und eine bessere Trennung vom Stromrauschen zu ermöglichen, haben wir mit Wechsellicht gearbeitet. Durch ein Interferenzfilter wurde im grünen Spektralbereich ein Wellenlängengebiet ausgesiebt, dessen Ein dringtiefe sehr klein gegen die Diffusionslänge ist und durch das mit Sicherheit Ladungsträgerpaare erzeugt werden.

Zwischen dem Photostrom i_{ph} , dem Abstand „Spitzenkontakt—Spaltbild“ r und der Diffusionslänge L besteht ein Zusammenhang der Form²

$$i_{ph} \sim r^{-1/2} \exp(-r/L). \quad (1)$$

Zur Berechnung von L ist es zweckmäßig, i_{ph} logarithmisch über r aufzutragen und das Gebiet $r \rightarrow 0$ auszuschließen.

Die Abb. 2 zeigt das Meßergebnis für den Fall, daß die Spitze negativ gepolt war. Bei dieser Polung wird die Diffusionslänge der Defektelektronen bestimmt. Eine

Abb. 2. Der Photostrom in Abhängigkeit vom Abstand r zwischen Lichtspalt und Wolfram-Spitze.

¹ L. B. VALDES, Proc. Instn Radio Engrs 40, 1420 [1952].

² H. MÜSER, Einführung in die Halbleiterphysik, Verlag Stein-kopf, Darmstadt 1960.



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 digitized 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.

Angleichung der Funktion (1) an die Meßwerte (Kreise) gelingt mit einem Wert $L = 0,15$ mm (ausgezogene Kurve) für die Diffusionslänge der Defektelektronen. Die Diffusionslänge für Elektronen (Spitze posi-

tiv gepolt) lag unter unserer Meßgenauigkeit von ca. 0,03 mm. Der Photostrom war hier so gering, daß nur bei direkter Belichtung der Wolfram-Spitze ein meßbares Signal aus dem Rauschen herauszufiltern war.

Kapazitätsanomalie bei Galliumarsenid-Tunneldioden

Von G. WINSTEL, H. TROPPER und K. COLANI

Mitteilung aus dem Forschungslaboratorium
der Siemens & Halske AG, München

(Z. Naturforschg. 17 a, 700—702 [1962]; eingegangen am 28. Juni 1962)

Eine bei Galliumarsenid-Tunneldioden häufig beobachtete Kapazitätsanomalie wird in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern untersucht. Der Anstieg dieser Exzeßkapazität bis zu sehr tiefen Frequenzen läßt auf Umladungen tiefer Haftstellen schließen, die mit dem bekannten Band-Term-Exzeßstrom zusammenhängen.

In vorangegangenen Mitteilungen¹ haben wir über Untersuchungen der Gleichstrom-Kennlinie von Tunnel dioden berichtet, wobei es ein wesentliches Ziel war, den im Bereich des Stromminimums beobachteten Exzeßstrom zu deuten. Dabei zeigte es sich, daß für alle untersuchten Diodentypen (Ge-, Si- und GaAs-Tunnel dioden) dieser Strom auf den Einfluß von Termen im Bereich des verbotenen Bandes der verwendeten hochdotierten Halbleiter zurückgeführt werden kann, wie dies auch in einer neuen Arbeit von HENKEL² am Beispiel des absichtlichen Kupfereinbaus in Galliumarsenid-Tunneldioden bestätigt wird.

Da neben der Gleichstrom-Kennlinie die Hochfrequenzeigenschaften der Tunneldioden sehr wichtig sind, wurden von uns auch Messungen der Kapazität dieser Dioden in Abhängigkeit von Arbeitspunkt und Frequenz durchgeführt. Hierzu wurde eine Meßbrücke entwickelt, deren Schaltung und schematischer Aufbau in Abb. 1 wiedergegeben sind. Sie wurde so ausgelegt, daß bei genügend induktivitätsarmen Dioden auch im Kennlinienbereich des negativen Widerstandes bis zu etwa 1Ω herunter und im Frequenzbereich von 100 Hz bis 100 MHz gemessen werden kann.

Dementsprechend darf der Betrag des Innenwiderstandes der Brücke von den Anschlußklemmen des Meßobjektes aus maximal 1Ω betragen und das bis zu einer Grenzfrequenz von etwa 4 GHz, wie sie für kapselte Dioden erzielbar ist. Diese Bedingung wurde folgendermaßen erfüllt:

Die beiden konstanten Brückenzweige R_1 und R_2 wurden als „Breitbandwiderstände“ mit niedrigem Wellenwiderstand von je $0,5 \Omega$ und bis zu mindestens 4 GHz konstanter Impedanz ausgebildet, deren schichtartige Ausbildung aus dem gezeigten schematischen Aufbau dieser Brückenzweige zusammen mit dem Meßobjekt hervorgeht.

¹ G. WINSTEL, Z. Naturforschg. 16 a, 438 [1961].

² H. J. HENKEL, SSW/FL Erlangen, Vortrag bei der Halbleiter-Tagung in Saarbrücken 1962.

Der Abgleich für den Realteil des Probenwiderstandes erfolgte durch eine veränderliche Eichleitung, die den als Vierpolschaltung ausgebildeten variablen Brückenzweig (im Bild gestrichelt eingezeichnet) bildet.

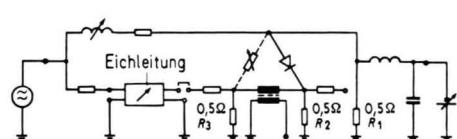
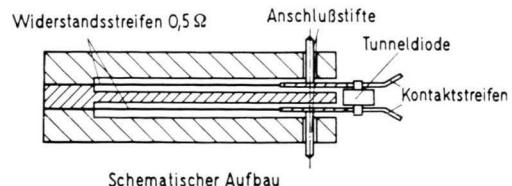


Abb. 1. Meßbrücke.

Die in Abb. 1 gezeigte Schaltung ist dabei zunächst für die Messung im Bereich positiver differentieller Widerstände geeignet. Im Bereich negativen Widerstandes hingegen wird der Brückenzweig, der durch die Eichleitung gebildet wird, der Tunneldiode direkt parallel geschaltet. Die entsprechend dem in Abb. 2 angegebenen Ersatzschaltbild ausgewerteten Meßergebnisse sind als Funktion der Vorspannung für eine Meßfrequenz von 1 MHz ebenfalls in Abb. 2 sowohl für eine Germanium- als auch für eine Galliumarsenid-Tunneldiode aufgetragen.

Während bei Germanium-Tunneldioden die Kapazität stets die erwartete monotone Zunahme mit der Vorspannung zeigt, weist sie bei Galliumarsenidproben häufig einen Verlauf auf, der direkt dem ebenfalls in Abb. 2 eingetragenen Stromverlauf entspricht. Genauer: Es wird im Bereich des Tunnelstrommaximums eine Überhöhung der Kapazität beobachtet, die direkt mit diesem Strom gekoppelt zu sein scheint. Das heißt, neben dem Exzeßstrom kann bei Galliumarsenid-Tunneldioden auch eine Exzeß-Kapazität auftreten.

Für eine Deutung dieses Verhaltens haben wir diese Kapazität im Zusammenhang mit verschiedenen Parametern untersucht.

Zunächst liegt es nahe, den Frequenzgang zu messen. Typische Ergebnisse zeigt Abb. 3. Überraschend ist das außerordentlich unterschiedliche Verhalten verschiedener Proben. Probe I entsprechend Kurve I zeigt praktisch einen Anstieg der Exzeß-Kapazität $\sim 1/\omega$, der bis zu sehr niedrigen Frequenzen (≈ 100 Hz) an-