

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	0,44	$0,37 \pm 0,03$
mit Elektronenaustausch	0,38	

Tab. 1.

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 wählen 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

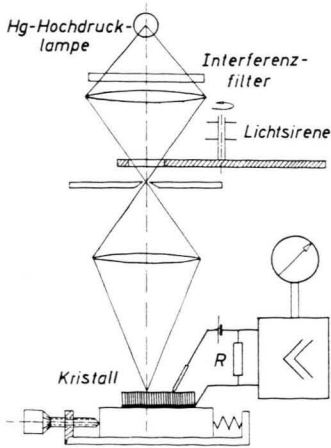


Abb. 1. Versuchsaufbau (schematisch).

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

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.

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 Eindringtiefe 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

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

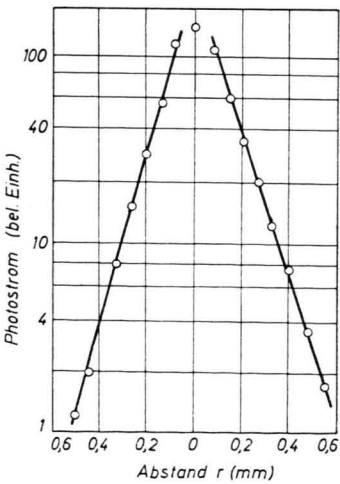


Abb. 2. Der Photostrom in Abhängigkeit vom Abstand r zwischen Lichtspalt und Wolfram-Spitze.

² H. MÜSER, Einführung in die Halbleiterphysik, Verlag Steinkopf, Darmstadt 1960.



Angleichung der Funktion (1) an die Meßwerte (Kreise) gelingt mit einem Wert $L = 0,15 \text{ mm}$ (ausgezogene Kurve) für die Diffusionslänge der Defektelektronen. Die Diffusionslänge für Elektronen (Spitze positiv gepolt) lag unter unserer Meßgenauigkeit von ca. $0,03 \text{ mm}$. 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-Tunnelnioden

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

Mitteilung aus dem Forschungslaboratorium
der Siemens & Halske AG, München

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

Eine bei Galliumarsenid-Tunnelnioden 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.

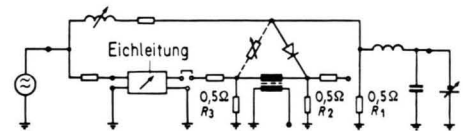
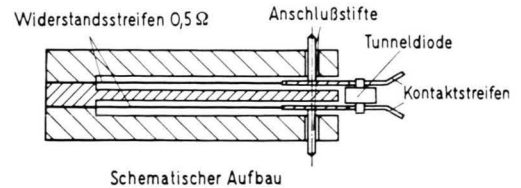
In vorangegangenen Mitteilungen¹ haben wir über Untersuchungen der Gleichstrom-Kennlinie von Tunnelnioden berichtet, wobei es ein wesentliches Ziel war, den im Bereich des Stromminimums beobachteten Exzeßstrom zu deuten. Dabei zeigte es sich, daß für alle untersuchten Diodentypen (Ge-, Si- und GaAs-Tunnelnioden) 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-Tunnelnioden bestätigt wird.

Da neben der Gleichstrom-Kennlinie die Hochfrequenzeigenschaften der Tunnelnioden 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 gekapselte Dioden erzielbar ist. Diese Bedingung wurde folgendermaßen erfüllt:

Die beiden konstanten Brückenarme 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 Brückenarme zusammen mit dem Meßobjekt hervorgeht.

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



Schaltbild
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 Brückenarm, der durch die Eichleitung gebildet wird, der Tunneliode 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-Tunneliode aufgetragen.

Während bei Germanium-Tunnelnioden 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-Tunnelnioden 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 ($\approx 100 \text{ Hz}$) an-

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

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