

Über Elektronenlawinen in CdS-Kristallen

M. ZELM

Institut für Angewandte Physik der Universität Hamburg
(Z. Naturforschg. 20 a, 971 [1965]; eingegangen am 5. Juni 1965)

Es wird gezeigt, daß sich in CdS-Kristallen bei elektrischen Feldstärken von einigen 10^4 V/cm Stoßionisationslawinen wie in einer Gasentladung ausbilden können. Löst man zu einem Zeitpunkt t_0 durch einen kurzen intensiven Lichtblitz Elektronen an der Kathode aus, so driften diese Elektronen durch den Kristall und vermehren sich durch Stoßionisation. Im Außenkreis registriert man einen Stromimpuls mit dem Oszillographen. (Anwendung der elektrischen Methode zur Beobachtung von Elektronenlawinen in differenzierender Schaltung¹.) Eine Funkenlichtquelle lieferte Lichtimpulse von 10 nsec Halbwertsbreite. Der Blitzlampe vorgeschaltet war ein Blaufilter, das Elektronenauslösung durch inneren Photoeffekt weitgehend reduziert. Die Eingangszeitkonstante der Anordnung betrug $4 \cdot 10^{-9}$ sec. Die klar durchsichtigen Kristalle² wurden parallel zur *c*-Achse geschliffen und poliert. Die Dicke betrug 1 bis 1,6 mm, die Größe der polierten Flächen durchschnittlich 5×5 mm², auf welche im Hochvakuum Indiumelektroden aufgedampft wurden. Die Kristalle besaßen eine Dunkelleitfähigkeit entsprechend $10^9 \Omega\text{cm}$, belichtet ergab sich 10^5 bis $10^6 \Omega\text{cm}$.

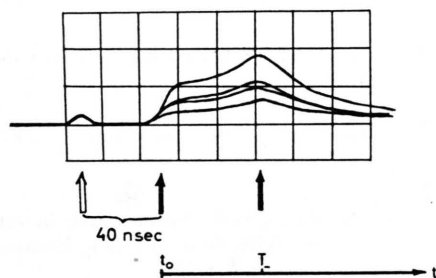


Abb. 1. Elektronenlawinen in einem CdS-Kristall der Dicke $d = 1,6$ mm, $U/d = 2 \cdot 10^4$ V/cm, t_0 Start der Primärelektronen, T_- Ankunft der Elektronen an der Kathode, horizontale Zeitablenkung: 20 nsec/Einh., vertikaler Maßstab $5,5 \mu\text{A/Einh.}$

Abb. 1 zeigt ein Oszillogramm mit dem Stromverlauf von mehreren Stoßionisationslawinen. Zur Festlegung des Zeitnullpunkts wurde ein Markierungssignal von der Blitzlampe eingekoppelt, gegen das der Lawinenimpuls durch ein Impulskabel um 40 nsec verzögert ist. Beim Auftreffen des Lichtblitzes zur Zeit t_0 werden 10^5 bis 10^6 Elektronen ausgelöst. Der Strom springt auf i_0 , steigt durch Stoßionisation an und erreicht ein ausgeprägtes Maximum zur Zeit T_- , wenn die Elektronenwolke in die Kathode eintaucht. Danach klingt der

Strom relativ langsam ab. Es treten verschieden große Lawinen auf, da offenbar die Intensität des Lichtblitzes nicht konstant ist und die Zahl der Startelektronen n_0 schwankt.

Die Elektronenflugzeit T_- ist jedoch konstant. Der Stromverlauf bis T_- läßt sich durch Stoßionisation erklären, der relativ lange Nachstrom wird wahrscheinlich durch Elektroneneinfang in flache Haftstellen und anschließende Ablösung aus diesen bestimmt. Bei umgekehrter Polung des Feldes konnte überhaupt kein Signal beobachtet werden. Wir schließen daraus, daß es sich bei den Stoßionisationslawinen um Elektronenlawinen handelt, nicht um Defektelektronenlawinen. Der Stromanstieg wird bei wachsender Feldstärke steiler, weil die Stoßionisationsausbeute zunimmt. Ebenso wird die Flugzeit kürzer. Es wurden je nach angelegter Feldstärke Flugzeiten zwischen 25 und 100 nsec gemessen. In Abb. 2 ist $v_- = d/T_-$ für sechs verschiedene dicke Kristalle aufgetragen. Für jeden Meßpunkt wurden aus mehreren Oszillogrammen durchschnittlich zehn Lawi-

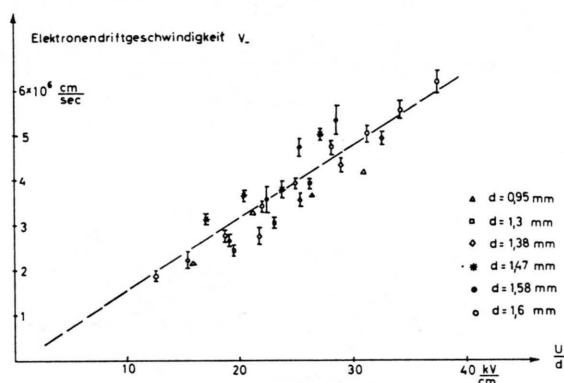


Abb. 2. Elektronendriftgeschwindigkeit v_- in CdS-Kristallen, gemessen an Kristallen verschiedener Dicke d .

nen ausgewertet. Fehler in unserer Messung entstehen in erster Linie durch die inhomogene Verteilung des Feldes im Kristallvolumen und an den Elektroden. Aus der Messung der Flugzeit T_- läßt sich die Elektronenbeweglichkeit $\mu_e = 160 \text{ cm}^2/\text{Vs} \pm 10\%$ angeben. Ähnliche Messungen nach der Flugzeitmethode, die an CdS-Kristallen mit injizierten Elektronen bei niedrigeren Feldstärken ausgeführt wurden, ergaben Werte $\mu_e = 205$ bis $250 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ³.

Bei Annäherung an die Durchbruchspannung nimmt die Länge des Nachstromes zu (bis 150 nsec). Der direkte Übergang einer Elektronenlawine in den elektrischen Durchbruch konnte bisher nicht beobachtet werden.

Herrn Prof. Dr. H. RAETHER danke ich für die Anregung dieser Arbeit.

¹ H. RAETHER, Electron Avalanches and Breakdown in Gases, Butterworth, London 1964.

² Wir danken Herrn Prof. Dr. I. BROSER, Max-Planck-Institut für Elektronenmikroskopie in Berlin-Dahlem, für die CdS-Kristalle.

³ W. E. SPEAR u. J. MORT, Proc. Phys. Soc., Lond. **81**, 130 [1963].