

Ein experimenteller Beitrag zur Feldanregung von Elektronen aus Termen in der verbotenen Zone

Von H. Gutjahr und E. Gutsche

Laboratorium für die Physik des elektrischen Durchschlages im Institut für Strahlungsquellen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

(Z. Naturforschg. **10a**, 342—343 [1955]; eingeg. am 19. Februar 1955)

In einer Reihe vorangegangener Arbeiten von Böer und Kümmel^{1,2} wurde gezeigt, daß es möglich ist, durch Wirkung eines genügend hohen elektrischen Feldes Elektronen aus Termen in der verbotenen Zone von CdS-Einkristallen elektrisch anzuregen, d. h. diese ins Leitungsband zu befördern. Es wurde eine Methode der elektrisch angeregten Glow-Kurven beschrieben, mit der ein Nachweis dieser Elektronen in einfacher Weise möglich ist.

Von großem Interesse ist nun ein Studium der elektrisch angeregten Glow-Kurven bei einer definierten Veränderung des Termspektrums in der verbotenen Zone. Hierzu wurden CdS-Einkristalle mit ungefilterter Röntgenstrahlung von 50 kV 15 Minuten bei Zimmertemperatur bestrahlt und anschließend sofort auf -180°C abgekühlt. Wenn man annimmt, daß bei einer Röntgenbestrahlung ähnlich wie bei den Alkalihalogeniden wesentliche Veränderungen im Termspektrum der verbotenen Zone (Verfärbungen) auftreten, was durch vergleichende Messungen des Absorptionsspektrums* bestätigt wurde, so ist zu erwarten, daß sich auch die Form der elektrisch angeregten Glow-Kurven merklich verändert.

Abb. 1 zeigt in Kurve 1 und 2 ein elektrisch angeregtes Glow-Kurvenpaar, d. h. Kurve 1 wurde nach optischer Anregung und kurzer Dunkelpause gemessen (Füllung der Haftterme), Kurve 2 direkt im Anschluß an Kurve 1 ohne nochmalige optische Anregung (elektrisch entleerte Haftterme). Die Kurven 3 und 4 derselben Abbildung zeigen ein entsprechendes elektrisch angeregtes Glow-Kurvenpaar nach Behandlung des Kristalls mit Röntgenstrahlen. Die Temperatur betrug bei allen Messungen -180°C .

Es ist deutlich, daß durch die Röntgenbestrahlung die Konzentration der elektrisch entleerbaren Haftterme zugenommen haben muß. Die elektrische Glow-Kurve 3 liegt beträchtlich oberhalb der vor der Röntgenbestrahlung aufgenommenen Kurve 1. Außerdem liegt auch die Kurve 4 über der Kurve 2. Der steile Leitfähigkeitsanstieg im Gebiet des Felddurchschlages setzt nunmehr bedeutend früher ein. Die Durchschlagsfeldstärke hat sich um etwa 20% verringert.

¹ K. W. Böer u. U. Kümmel, Z. Naturforschg. **9a**, 177 [1954].

² K. W. Böer u. U. Kümmel, Ann. Phys. **14**, 341 [1954].

Entsprechend dem auch bei optischen Absorptionsuntersuchungen gefundenen Abbau der durch Röntgenbeschuß erzeugten Terme in der verbotenen Zone bei höheren Temperaturen läßt sich auch eine vollständige Rückführung des Kurvenpaares 3, 4 in das Kurvenpaar 1, 2 der Abb. 1 nach Temperung verfolgen.

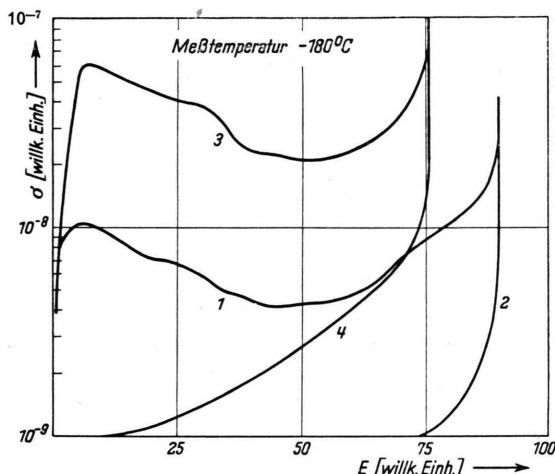


Abb. 1. Leitfähigkeit σ eines CdS-Einkristalles als Funktion der Feldstärke E (elektrisch angeregte Glow-Kurven vor und nach Röntgenbehandlung). Kurve 1: Vor der Röntgenbehandlung nach optischer Anregung; Kurve 2: Sofort im Anschluß an Kurve 1 ohne nochmalige optische Anregung; Kurve 3: Nach der Röntgenbestrahlung und optischer Anregung; Kurve 4: Sofort im Anschluß an Kurve 3 ohne nochmalige optische Anregung.

Abb. 2 zeigt gestrichelt noch einmal das Kurvenpaar 3, 4 der Abb. 1. Das Kurvenpaar 1, 2 wurde nach einem zwölfstündigen Aufenthalt des Kristalls bei Zimmertemperatur aufgenommen. Eine deutliche Verschiebung in Richtung auf den „Ausgangszustand“ ist festzustellen. Das elektrisch angeregte Kurvenpaar 3, 4 wurde schließlich nach einstündiger Temperung bei 300°C aufgenommen. Dieses Kurvenpaar entspricht weitgehend dem „Ausgangszustand“, d. h. dem Paar 1, 2 in Abb. 1.

Diese Untersuchungen zeigen, daß die durch Röntgenstrahlen erzeugten Terme in der verbotenen Zone mittels elektrisch angeregter Glow-Kurven deutlich nachweisbar sind. Darüber hinaus zeigt jedoch die Verschiebung der Durchschlagsfeldstärke, daß diese entsprechend den Bemerkungen in vorangegangenen Ar-

* Eine ausführliche Veröffentlichung über entsprechende optische Absorptionsmessungen ist in Vorbereitung.



beiten von Böer und Kümmel^{3,4} wesentlich durch die Störterme in der verbotenen Zone selbst bedingt wird.

Ein weiterer Hinweis auf die wesentliche Beeinflussung der Durchschlagsfeldstärke durch die Terme in der verbotenen Zone ergibt sich aus Messungen der Verschiebung der Durchschlagsfeldstärke mit der Temperatur bzw. mit dem Druck (hydrostatischer Druck).

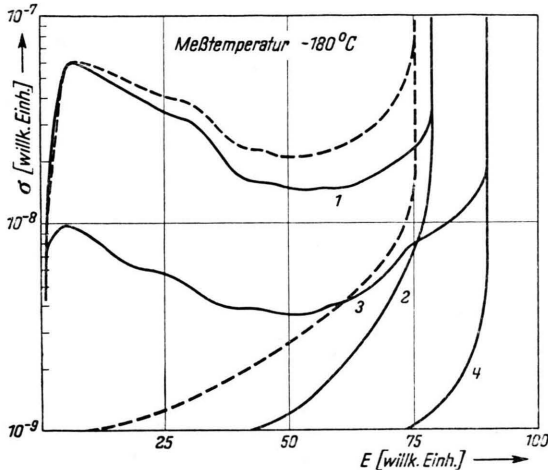


Abb. 2. Elektrisch angeregte Glow-Kurven eines CdS-Einkristalls (gestrichelt sind die Kurven 3 und 4 der Abb. 1 hier noch einmal eingetragen). Kurve 1: 12 Stdn. nach der Röntgenbestrahlung nach zusätzlicher optischer Anregung; Kurve 2: Sofort im Anschluß an Kurve 1 ohne nochmalige optische Anregung; Kurve 3: Nach zusätzlicher Temperung bei 300°C im Hochvakuum nach optischer Anregung; Kurve 4: Sofort im Anschluß an Kurve 3 ohne nochmalige optische Anregung.

Wäre der Felddurchschlag (steiler Leitfähigkeitsanstieg im Durchschlagsgebiet) allein durch das Grundgitter bestimmt, so müßte bei Änderung der Parameter Temperatur und Druck unabhängig von der Kristall-individualität stets eine jeweils gleichsinnige Verschiebung der Durchschlagsfeldstärke auftreten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Wohl findet man eine oft sogar recht beträchtliche Veränderung der Durchschlagsfeldstärke mit diesen Parametern, jedoch sind sowohl Größe als auch Richtung des Effektes für verschiedene Kristallindividuen völlig verschieden.

Ein ohne vorherige optische Anregung geprüfter CdS-Einkristall zeigte z. B. bei -110°C eine um 12% und bei -180°C eine um 19% höhere Durch-

schlagsfeldstärke als bei -70°C, während ein anderer Kristall bei -70°C eine um 21% niedrigere Durchschlagsfeldstärke aufwies als bei -50°C. Auch wurde bei einem ohne vorherige optische Anregung geprüften CdS-Einkristall unter 2850 Atm Druck eine um 3% höhere Durchschlagsfeldstärke als bei Atmosphärendruck gefunden, während ein anderer Kristall die in Abb. 3 dargestellte umgekehrte Druckabhängigkeit besaß.

Die Meßkurven 1 und 3 der Abb. 3 sind in üblicher Weise aufgenommene elektrisch angeregte Glow-Kurven (nach Füllung der Haftterme durch die vorangegangene optische Anregung). Dabei wurde Kurve 1 bei Atmosphärendruck, Kurve 2 bei 2400 Atm. gemessen. Hier zeigt sich, daß der Druck auf Terme verschiedener energetischer Lage einen unterschiedlichen Einfluß ausübt.

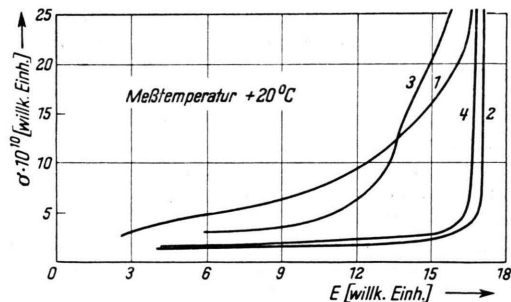


Abb. 3. Elektrisch angeregte Glow-Kurven eines CdS-Einkristalls bei verschiedenen Drucken. Kurve 1: bei Atmosphärendruck, nach vorheriger optischer Anregung; Kurve 2: bei Atmosphärendruck, ohne nochmalige optische Anregung, im Anschluß an Kurve 1 aufgenommen; Kurve 3: bei 2400 Atm., nach vorheriger optischer Anregung; Kurve 4: bei 2400 Atm., ohne nochmalige optische Anregung im Anschluß an Kurve 3 aufgenommen.

Die hier kurz beschriebenen Meßergebnisse geben eine weitere Bestätigung dafür, daß der Felddurchschlag im Kadmiumsulfid nicht allein durch elektrische Anregung von Elektronen aus dem Valenzband bestimmt wird. Auch für den Felddurchschlag (für den Wärmedurchschlag ist das seit langem bekannt) muß daher eine elektrische Anregung von Elektronen aus Termen in der verbotenen Zone als maßgeblicher Effekt betrachtet werden.

Wir danken Herrn Dr. K. W. Böer und Herrn Dipl.-Phys. U. Kümmel für wertvolle Hinweise und anregende Diskussionen.

³ K. W. Böer u. U. Kümmel, Z. Naturforsch. **9a**, 267 [1954].

⁴ K. W. Böer u. U. Kümmel, Arbeitstagung Festkörperphysik II, Dresden 1954, S. 171.