

## Über einige feldabhängige Effekte bei teilweiser Belichtung von CdS-Einkristallen

Von W. THIELEMAN

Physikalisches Institut der Universität Leipzig

(Z. Naturforsch. 12 a, 1023–1024 [1957]; eingeg. am 30. November 1957)

Legt man an die möglichst weit voneinander entfernt angeordneten Elektroden (Indium) eines im Grundgittergebiet bestrahlten CdS-Einkristalles eine Spannung von etwa 100 V und erzeugt mit einer 0,5 mm breiten Blende zwischen den Elektroden einen Schattenstreifen senkrecht zur Feldrichtung (Abb. 1 a), so läßt sich die Stärke des Photostromes dadurch beeinflussen, daß man den Schattenstreifen auf der Kristalloberfläche entlang wandern läßt. Es zeigt sich, daß die Größe der Photostromänderung davon abhängt, ob sich der Schattenstreifen in Richtung des Elektronenstromes oder in der entgegengesetzten Richtung bewegt. Die Untersuchung dieser Erscheinung liefert einen Beitrag zur Klärung der Vorgänge in einem nicht belichteten Teil eines Photohalbleiters bei Stromdurchgang.

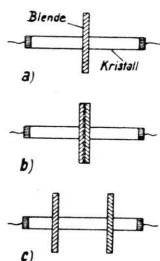


Abb. 1. Anordnung der Blenden vor dem Kristall (Lichteinfall senkrecht zur Zeichenebene).

Abb. 2 zeigt den Einfluß einer Blendenbewegung auf den Photostrom bei drei verschiedenen Spannungen. Der Schattenstreifen wandert mit der konstanten Geschwindigkeit von 0,2 mm pro sec von der Nähe der Kathode in die Nähe der Anode und wieder zurück, ohne die Elektroden zu erreichen. Bei genügend großer Spannung nimmt der Photostrom stark zu, wenn die Blende in Richtung Kathode–Anode läuft. Er ändert sich dagegen fast gar nicht, wenn die Blende in Richtung Anode–Kathode wandert. Während der Blendenbewegung in Richtung Kathode–Anode treten Stromschwingungen auf, für die man Ungleichmäßigkeiten in der Blendengeschwindigkeit nicht verantwortlich machen kann. Bei sehr kleiner Spannung hat die Richtung, in der sich die Blende bewegt, keinen Einfluß auf den Stromverlauf. Man erhält in beiden Fällen eine geringe Stromzunahme.

Ein ähnliches Verhalten zeigt der Photostrom auch dann, wenn man die Blende nicht langsam über einen großen Teil des Kristalles wandern läßt, sondern ruckartig um ein kleines Stück  $\Delta s$  verschiebt (Abb. 3). Erfolgt die Verschiebung in Richtung Kathode–Anode, so tritt ein Stromstoß auf, der um so größer ist, je größer die anliegende Spannung ist und je größer  $\Delta s$

ist, solange dieser Wert die Blendenbreite nicht überschreitet. Bei großer Spannung erreicht die Amplitude des Stromstoßes den Wert des Photostromes bei Belichtung des Kristalles ohne Zwischenschaltung einer Blende.

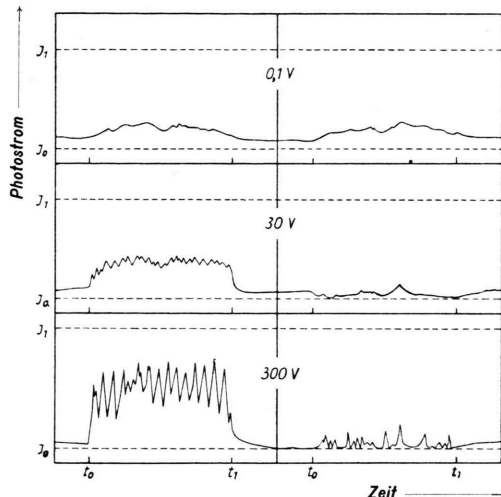


Abb. 2. Photostrom während der Bewegung der Blende mit der Geschwindigkeit 0,2 mm pro sec; links: Bewegung in Richtung Kathode–Anode, rechts: Bewegung in Richtung Anode–Kathode; Beginn der Bewegung im Zeitpunkt  $t_0$ , Ende der Bewegung im Zeitpunkt  $t_1$ .  $t_1 - t_0 = 30$  sec;  $I_0$  = Nulllinie  $\approx$  Dunkelstrom;  $I_1$  = Photostrom bei Belichtung des Kristalles ohne Zwischenschaltung von Blenden (ca.  $10^{-7}$  A bei 300 V).

Die zeitliche Ausdehnung des Stromstoßes ist um so größer, je kleiner die Bestrahlungsintensität ist, und beträgt bei sehr schwacher Bestrahlung mehrere Sekunden. Wird die Blende in Richtung Anode–Kathode verschoben, so tritt ebenfalls ein Stromstoß auf, der aber mit zunehmender Spannung immer kleiner wird und bei großer Spannung in ein kurzzeitiges Absinken des Stromes übergeht, falls  $\Delta s$  kleiner ist als die Blendenbreite.

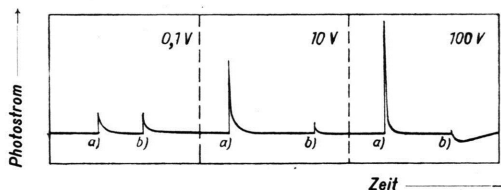


Abb. 3. Stromstöße beim ruckartigen Verschieben der Blende um  $\Delta s = \frac{1}{2}$  Blendenbreite; a) Verschiebung in Richtung Kathode–Anode, b) Verschiebung in Richtung Anode–Kathode.

Bei den genannten Versuchen wirken immer ein Anklingvorgang und ein Abklingvorgang einander entgegen. Das gleichzeitige Auftreten beider Vorgänge wird bei folgendem Versuch vermieden:



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.

Zwei 0,5 mm breite Blenden werden etwa über der Mitte des Kristalles so angeordnet, daß sie einander zum Teil überdecken (Abb. 1 b). Die Blenden werden jetzt nicht wie bei den bisherigen Versuchen verschoben, sondern es wird abwechselnd die eine bzw. die andere Blende für einen kurzen Augenblick entfernt. Abgesehen von einer geringen Stromerhöhung infolge der Verkleinerung des abgedeckten Gebietes tritt bei genügend großer Spannung ein Stromstoß nur dann auf, wenn die kathodenseitige Blende entfernt wird. Das gleiche gilt auch, wenn beide Blenden in gewissem Abstand voneinander angeordnet werden, so daß der Kristall zwei Dunkelgebiete enthält, die durch ein belichtetes Gebiet voneinander getrennt sind (Abb. 1 c).

Die genannten Beobachtungen deuten darauf hin, daß bei genügend großer Spannung am kathodenseitigen Rand eines abgedeckten Gebietes eine strombegrenzende Aufladung erfolgt, wenn sich zwischen diesem Gebiet und der Kathode kein weiteres abgedecktes Gebiet befindet. Diese Aufladung kann durch Belichtung

beseitigt werden, was sehr eindrucksvoll durch einen einfachen Versuch gezeigt werden kann:

Es mögen wieder entsprechend Abb. 1 b zwei Blenden so angeordnet sein, daß sie einander zum Teil überdecken. War der Stromkreis längere Zeit unterbrochen, so tritt beim Schließen desselben ein Stromstoß der bekannten Form auf, wenn die Spannung etwa 100 V beträgt. Unterbricht man den Stromkreis höchstens 1 sec lang, so erhält man beim Schließen keinen Stromstoß, weil sich offenbar in der kurzen Zeit die Aufladung nicht ausgleichen kann. Wird aber während der kurzen Stromunterbrechung die kathodenseitige Blende vorübergehend entfernt, so tritt beim nachfolgenden Schließen des Stromkreises wieder ein Stromstoß auf. Dagegen erhält man keinen Stromstoß, wenn man während der Stromunterbrechung nicht die kathodenseitige, sondern die anodenseitige Blende vorübergehend entfernt.

Über eingehendere Untersuchungen und ihre Deutung soll später berichtet werden.

## BESPRECHUNGEN

**Neutron Transport Theory.** Von B. DAVISON und J. B. SYKES.  
Verlag Oxford University Press, London 1957. XX,  
450 S. mit einigen Abb.; Preis geb. 75 s.net.

Die Theorie des Neutronen-Transportes ist in letzter Zeit stark ausgebaut worden, da sie die Grundlagen für eine theoretische Behandlung aller Anwendungsbereiche der Kernspaltung liefert. Sie ist ihrer Natur nach eine Lösungstheorie der BOLTZMANN-Gleichung für die Neutronendichte im Phasenraum. In einer großen Zahl von Arbeiten, die teils veröffentlicht teils unveröffentlicht sind, sind viele Lösungsmethoden für die verschiedensten Spezialfälle entwickelt worden. DAVISON hat sich nun dankenswerterweise der Aufgabe unterzogen, die bis jetzt vorliegenden Methoden und Ergebnisse kritisch zu sichten und zusammenhängend darzustellen. Man darf wohl sagen, daß damit eine empfindliche Lücke geschlossen wird.

Die Probleme der Transporttheorie sind mehr mathematischer als physikalischer Natur. Unter Anwendung aller zur Verfügung stehenden Hilfsmittel der mathematischen Physik wird hier versucht, zu einer quantitativ präzisen Erfassung qualitativ klarer Sachverhalte zu gelangen. Das Buch trägt diesem mehr mathematischen Charakter der Problematik voll Rechnung und ist in der mathematischen Argumentation so exakt, wie man es in physikalischen Publikationen nur selten antrifft.

Die Darstellung geht deduktiv vor. Nach einleitenden Bemerkungen über die physikalischen Eigenschaften der Neutronen wird die allgemeine Transportgleichung als Integro-Differentialgleichung für die Neutronendichte im Phasenraum aufgestellt. Hinzu treten äquivalente Formulierungen durch Integralgleichungen, sowie adjungierte Formen. Die zugehörigen Eigenwertprobleme werden in zwei Gruppen getrennt: In der einen funktiert das Argument der zeitlichen LAPLACE-Transformierten als Eigenwertparameter, in der anderen eine für die chemische Zusammensetzung des Transport-

Mediums charakteristische Größe. Aus der so bereitgestellten Gleichungsgruppe können nun zwanglos die verschiedenen Methoden hergeleitet werden.

Ein erster großer Abschnitt befaßt sich mit der Ein-Gruppen-Theorie, d. h. dem Fall nicht von der Energie abhängiger Wirkungsquerschnitte. In einigen Fällen sind hier exakte Lösungen möglich, die eine genaue Untersuchung des Gültigkeitsbereiches der Diffusionsnäherung zulassen. Eingehend werden dann die verschiedenen Verfahren diskutiert, die über die Diffusionsnäherung hinausgehen: SERBER-WILSON-Methode, Entwicklung nach Kugelfunktionen, Störungsrechnung, sowie die von CHANDRASEKHAR stammende „Methode der diskreten Ordinaten“. Besonders ausführlich ist die Entwicklung nach Kugelfunktionen behandelt, und zwar sind komplette Formelsätze für die verschiedenen Geometrien zusammengestellt. Auch numerische Verfahren, wie Iterations- und Monte-Carlo-Methoden werden referiert.

Bei energieabhängigen Problemen unterscheidet DAVISON reine Abbremsvorgänge und solche, bei denen das Neutronenspektrum erneuert wird. Letztere können mit Hilfe der Multi-Gruppen-Theorie, der Polynom-Methode oder dem Verfahren von FEYNMAN behandelt werden. Das hier zum ersten Mal veröffentlichte Verfahren von FEYNMAN ermöglicht die Lösung beliebiger Ein-Medium-Probleme, da nichts über die Abhängigkeit der Wirkungsquerschnitte von der Energie vorausgesetzt werden muß, während die Multi-Gruppen-Theorie eine Treppenfunktion, die Polynom-Methode Polynome voraussetzt. Nach einem Vorschlag von FUCHS kann das Verfahren auch auf Probleme mit Reflektor verallgemeinert werden.

Die Abbremsprobleme stehen im Zeichen der Age-Theorie und einiger asymptotischer Lösungen für große Entfernungen von der Quelle. In diesem Abschnitt wird auch die für die Berechnung von thermi-