

festgestellt und sogar eine Oberflächenverteilung der Emission abgetastet werden (Abb. 1).

b) Im Dunkeln konnte dagegen keine deutlich feststellbare Emission gemessen werden.

c) Die photostimulierte Coexoelektronenemission fällt mit der Zeit sehr rasch ab (Abb. 2).

d) die Hochfrequenzentladung in Luft scheint die Wechselstrom-Eloxalschichten nicht zu einer photostimulierten Coexoelektronenemission zu erregen.

## II. Nach der Gleichstrom-Elektrolyse

a) An der Anoden-Eloxalschicht konnte keine photostimulierte Coexoelektronenemission festgestellt werden.

b) Es konnte jedoch eine photostimulierte Coexoelektronenemission mit Hilfe der Hochfrequenzentladung in Luft erregt werden.

Vermutlich ist eine Photostimulation der Exoelektronenemission bei Gleichstrom-Eloxalschichten mit kurzwelligerem als dem benutzten Licht möglich. Denn die Untersuchungen von RUZIEWICZ<sup>6,7</sup> haben gezeigt, daß

das Lumineszenzlicht je nach der Stromart, mit der die Eloxalschicht gebildet wurde, verschiedene spektrale Verteilung hatte. Wenn nämlich die Oxydschicht mit Wechselstrom gebildet wurde, so lag das Energie-Maximum des Lumineszenzlichtes bei etwa 6500 Å, während es im Falle einer Gleichstrom-Eloxalschicht bei etwa 4500 Å lag.

Die ausgeführten Ergebnisse zeigen, daß die Exoelektronenemission zur Untersuchung von Eloxalschichten brauchbar ist. Weitere Untersuchungen der elektrolytischen Erregbarkeit zur Exoelektronenemission sind im Gange.

Ich möchte Herrn Zast. Prof. B. SUJAK für wertvolle Ratschläge und Interesse an dieser Untersuchung meinen herzlichen Dank aussprechen.

<sup>6</sup> Z. RUZIEWICZ, Bull. Ac. Pol. Sc. III. **4**, 527 [1956]; **4**, 533 [1956].

<sup>7</sup> Z. RUZIEWICZ, Roczniki Chemii **31**, 731 [1957].

## Temperaturbeständige sperrschichtfreie Kontakte von CdS-Einkristallen

Von K. W. BÖER und K. LUBITZ

Physikalisch-Technisches Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften und II. Physikalisches Institut der Humboldt-Universität, Berlin

(Z. Naturforschg. **15 a**, 91–92 [1960]; eingegangen am 2. Januar 1960)

Zur Untersuchung von Dunkel- und Photoleitfähigkeit von CdS-Einkristallen ist die Eliminierung des Einflusses von Randschichten an den Kontakten eine wichtige Voraussetzung. Dies wurde in vielen Fällen durch Verwendung von Potentialsonden<sup>1–3</sup> getan.

BUTTLE und MUSCHEID<sup>4</sup> haben darauf hingewiesen, daß sich durch Aufdampfen von Metallelektroden im Hochvakuum, nachdem zuvor in der Nähe des Kristalls eine Glimmentladung in einer Luft- oder Edelgasatmosphäre unter vermindertem Druck gezündet war, sperrschichtfreie Kontakte herstellen lassen. Genauere Untersuchungen von FASSBENDER<sup>5</sup> zeigten, daß durch die Glimmentladung eine Realstrukturänderung in oberflächennahen Schichten der Kristalle erzeugt wird, wodurch hier sehr wahrscheinlich Donatoren gebildet werden, die eine Anreicherung von Elektronen in dieser Schicht bewirken und dadurch die anschließend aufgedampften Metallkontakte sperrschichtfrei machen.

Schließlich haben ROSE und SMITH<sup>6</sup> gezeigt, daß die Metalle Indium und Gallium leicht in CdS-Einkristalle eindiffundieren können und dann sperrschichtfreie Kontakte bilden. Auch hier wird dies offensichtlich durch die Schaffung von Donatortermen in oberflächennahen Schichten bewirkt.

Durch Verwendung solcher sperrschichtfreien Kontakte kann auf Potentialsonden zur Eliminierung des Randschichteinflusses verzichtet werden.

Alle bisher bekannten sperrschichtfreien Kontakte besitzen jedoch den Nachteil, daß die mit ihnen versehenen Kristalle nicht wesentlich über Zimmertemperatur erwärmt werden können. Bei dem von BUTTLER, MUSCHEID und FASSBENDER beschriebenen Verfahren verlieren die Kontakte bei einer Temperung oberhalb 100 °C ihre Eigenschaft, sperrschichtfrei zu sein. Hier beginnen vermutlich Ausheilvorgänge in der Nähe der Kontakte, die eine Vernichtung der Donatoren bewirken.

Bei einer Kontaktierung mit Indium oder Gallium diffundiert durch eine Temperung oberhalb 50 °C das Kontaktmetall bereits merklich in das Kristallinnere und bewirkt infolge Dotierung ein starkes Ansteigen der Volumenleitfähigkeit. Der Dunkelwiderstand von undotierten Kristallen sinkt von beispielsweise  $10^{14} \Omega$  auf wenige k $\Omega$ .

Für eine temperaturbeständige sperrschichtfreie Kontaktierung sollten daher Donatoren gefunden werden, die erst bei beträchtlich höheren Temperaturen im Gitter des CdS beweglich werden. Es war zu erwarten, daß die homologen Elemente des Galliums und Indiums nach ihrem Einbau in den Kristall ebenfalls als Donatoren wirken.

Es zeigte sich nun, daß Aluminium dann sperrschichtfreie Kontakte lieferte, wenn es im Hochvakuum auf CdS-Einkristalle, die während des Aufdampfprozesses auf etwa 200 °C erwärmt wurden, aufgedampft wird (vgl. Abb. 1). Die auf diese Weise kontaktierten Kristalle vertragen eine Temperung im Vakuum bis 350 °C (15 min), ohne daß dabei ein Aufbau einer Sperrschicht festgestellt wer-

<sup>1</sup> S. M. RYWKIN, J. Exp. Theor. Phys., USSR **20**, 2, 139, 152 [1950].

<sup>2</sup> K. W. BÖER, Ann. Phys., Lpz. **10**, 20 [1952].

<sup>3</sup> K. W. BÖER, E. BORCHARDT u. W. BORCHARDT, Z. Phys. Chem. **203**, 145 [1954].

<sup>4</sup> W. BUTTLER u. W. MUSCHEID, Ann. Phys., Lpz. **14**, 215 [1954]; **15**, 82 [1955].

<sup>5</sup> J. FASSBENDER, Z. Phys. **145**, 301 [1956].

<sup>6</sup> R. W. SMITH u. A. ROSE, Phys. Rev. **92**, 857 [1953].



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.

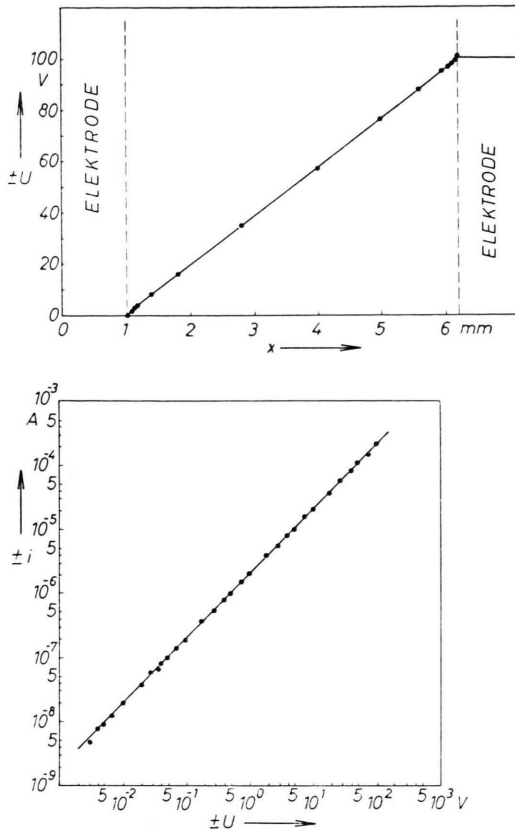


Abb. 1. a) Potentialverlauf zwischen den Elektroden eines CdS-Einkristalls (Abtastung mit einer Potentialsonde). Die Al-Elektroden wurden im Hochvakuum auf einen CdS-Einkristall aufgedampft, der während des Bedampfens auf 200 °C erwärmt wurde. — b) Strom-Spannungs-Charakteristik desselben CdS-Einkristalls (in beiden Polungsrichtungen gemessen).

den konnte. Auch scheint die Diffusion des Aluminiums in das Kristallinnere bei diesen Temperaturen noch sehr gering zu sein. Eine Zunahme der Leitfähigkeit, die diejenige von CdS-Einkristallen, die mit Gold kontaktiert waren, wesentlich übersteigt, wurde bei diesen Temperaturen nicht bemerkt.

Wurde die Bedampfung der CdS-Einkristalle hingegen bei Zimmertemperatur vorgenommen, so ergaben sich fast stets sperrende Kontakte. Diese Kontakte konnten im allgemeinen auch nicht durch Temperung bei oder oberhalb 200 °C in sperrschichtfreie Kontakte umgewandelt werden (Abb. 2).

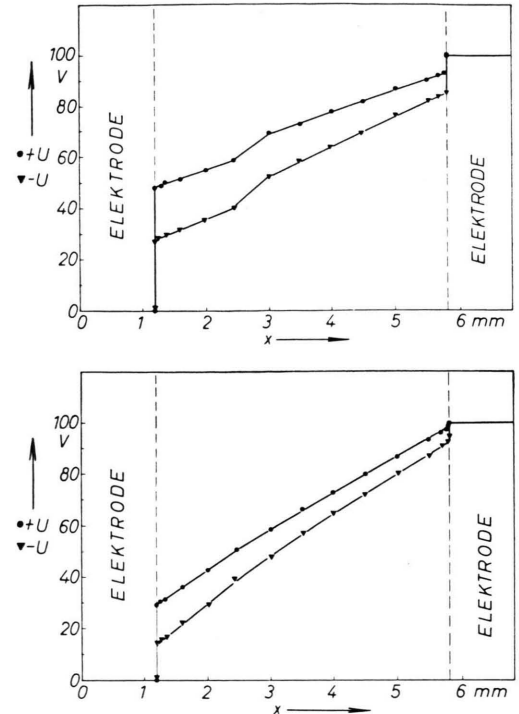


Abb. 2. a) Potentialverlauf zwischen den Elektroden eines CdS-Einkristalls. Die Al-Elektroden wurden im Hochvakuum auf einen CdS-Einkristall aufgedampft, der sich während des Aufdampfens auf Zimmertemperatur befand. — b) Potentialverlauf desselben Kristalls, der nach der Aufnahme der Kurve aus Abb. 2 a für die Dauer von 30 min. bei 200 °C getempert wurde. (Alle Messungen erfolgten bei Zimmertemperatur.)

Es ist zu vermuten, daß die Adsorptionsschicht auf einem CdS-Einkristall (evtl. durch chemische Verbindung mit dem Aluminium) eine für dieses Metall besonders feste Zwischenschicht zwischen Kontakt und Kristall bildet, die das Eindiffundieren von Metallatomen in oberflächennahe Schichten verhindert. Bei einer Erwärmung auf 200 °C vor dem Bedampfen wird diese Schicht wahrscheinlich so weit desorbiert, daß das Metall jetzt durch die ungeschützte Kadmiumsulfid-Oberfläche diffundieren kann und dadurch sperrschichtfreie Kontakte liefert.

Die Untersuchung der Kontaktierung, insbesondere mit Metallen der dritten Gruppe, wird fortgesetzt. Eine ausführliche Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

### Berichtigung

Zu M. ZERBST, G. WINSTEL und W. HEYWANG, Trägerrekombination in Halbleitern nach hoher Anregung, Band 14 a, 958 [1959].

Auf Seite 961 muß die vereinfachte Gl. (25) richtig lauten:

$$\frac{\tau_0}{\tau_\infty} = \frac{N_1}{N_{l0}} \left( 1 + \frac{N_b}{N_1} \frac{N_{l0}}{N_{b0}} \frac{n_0}{p_0} \right) = \frac{N_1}{N_{l0}} \left( 1 + \frac{r_c}{r_v} \exp \left\{ \frac{E - (E_T - \xi)}{k T} \right\} \right).$$