

entstehen bei angelegter Spannung auf der Anlageungsselektrode zahlreiche winzige Spitzen (Abb. 1 \*). Diese Spitzen wachsen dann zu fadenähnlichen Gebilden aus, die sich schließlich verbinden. Einige Fäden reißen ab. Es entstehen baumartige Gebilde (Abb. 2) von 2 bis 4 mm Höhe.

2. Die Spannung hat großen Einfluß auf die Anlageungsart des Molybdänoxyds, besonders im Anfangsstadium. Wenn z. B. am Anfang keine Spannung zwischen dem Draht und der Messing-Anlageungsselektrode herrscht, so lagert sich das Molybdänoxyd in einer gleichmäßigen, schwammartigen Form an. Dabei werden nur sehr selten einige Fäden gebildet. Wenn dagegen zwischen den beiden Elektroden ein elektrisches Feld herrscht, so wird der Prozeß der Fadenbildung sofort bemerkbar. Nach dem Anfangsstadium der Fadenbildung wachsen die Fäden auch ohne Spannung weiter.

3. Die Kolonie der Fäden kann nur durch die Ände-

rung der Polarität der Spannung sofort vernichtet werden. Das gilt auch dann, wenn Spannung nur während den Anfangsstadien angelegt wurde.

4. Wenn bei einer angelegten Spannung die Fäden eine bestimmte Länge erreicht haben, so reißen ihre Enden bei Erhöhung der Spannung von derselben Polarität ab.

5. Bei erhöhter Temperatur werden die Fäden schon bei kleineren Spannungen gekürzt oder vernichtet.

Da die Fäden mehr polikristalliner Natur sind, haben wir die Bezeichnung „Whiskers“ vermieden. Das Verhalten der Molybdänoxyd-Fäden im elektrischen Feld zeigt, daß sie aufgeladen sind. Diese Ladung scheint zum Teil fest an einzelnen Bauelementen der Fäden zu haften, nämlich an Molekelkonglomeraten (Rauchform), die ein Dipolmoment aufweisen und sich in dem stark inhomogenen elektrischen Feld auf die Fäden setzen.

Weitere Untersuchungen sind im Gange.

### Erregung photostimulierter Co-Exoelektronen-emission durch anodische Oxydation von Aluminium

Von T. LEWOWSKI

Katedra Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski,  
Wrocław, Polska

(Z. Naturforschg. 15 a, 90—91 [1960]; eingegangen am 20. Oktober 1959)

In früheren Untersuchungen von KRAMER<sup>1</sup> wurden Eloxalschichten, um Exoelektronenemission zu messen, vorher durch UV- oder RÖNTGEN-Bestrahlung erregt. Ich habe untersucht, ob auch bei der elektrolytischen Oxydation des Aluminiums (zugleich mit der Elektrolumineszenz) eine Erregung zur Exoelektronenemission stattfindet.

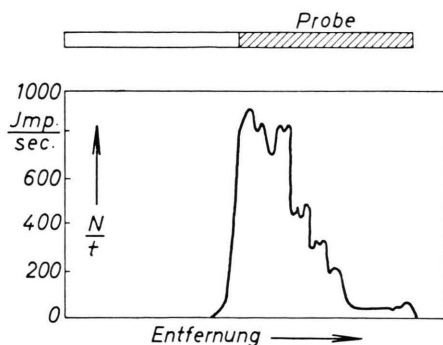


Abb. 1. Verteilung der photostimulierten Coexoelektronenemission entlang der Al-Elektrode nach einer Wechselstrom-Elektrolyse. Der gestrichelte Teil der oben angedeuteten Elektrode entspricht dem Teil, der in Oxalsäurelösung eingetaucht war.

<sup>1</sup> J. KRAMER, Metalloberfläche, Ausg. A 9, Heft 1 [1955]; 9, Heft 2 [1955].

<sup>2</sup> B. SUJAK, Z. ang. Phys. 9, 404 [1957].

Die Aluminiumelektroden wurden in wäßriger NaOH-Lösung entfettet, in destilliertem Wasser gewaschen und in wäßriger Oxalsäure etwa 5 Minuten lang, soweit sie eintauchten, oxydiert. Die Stromdichten betrugen bei Gleichstrom etwa 200 mA/cm<sup>2</sup> und bei Wechselstrom etwa 150 mA/cm<sup>2</sup>. Während der Elektrolyse konnte das helle Lumineszenzlicht der Anode bei Gleichstrom und beider Elektroden bei Wechselstrom beobachtet werden.

Die Al-Proben wurden nach der Elektrolyse mit Azeton abgespült, kalt getrocknet und nach dem Abtastverfahren<sup>2-5</sup> auf die photostimulierte Coexoelektronenemission untersucht. Die Al-Proben wurden durch den Zähler hindurch mit dem weißen Licht einer 6 V/18 W-Glühbirne bestrahlt.

Die Meßergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### 1. Nach der Wechselstrom-Elektrolyse

a) An den Eloxalschichten beider Elektroden konnte deutlich eine photostimulierte Coexoelektronenemission

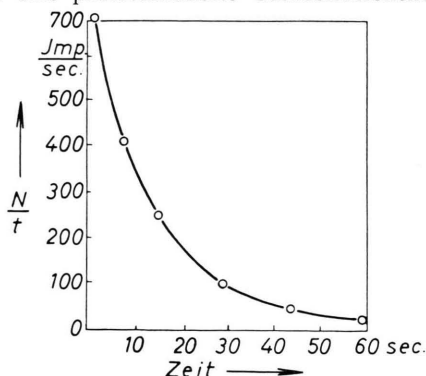


Abb. 2. Abklingen der photostimulierten Coexoelektronenemission von einer Wechselstrom-Eloxalschicht.

<sup>3</sup> T. LEWOWSKI u. B. SUJAK (wird veröffentlicht).

<sup>4</sup> B. SUJAK u. J. MADER, Z. Naturforschg. 13 a, 55 [1958].

<sup>5</sup> J. MADER u. B. SUJAK, Acta phys. Polon. 19, Heft 2 [1960] (im Druck).



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. Naturforsch. 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.

BUTTLER 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 Randschichtinflusses 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].