

Es bedeuten in Gl. (1):  $T$  die absolute Temperatur,  $k$  die BOLTZMANN-Konstante,  $U_0$  die Aktivierungsenergie für das Durchschneiden der Zonen,  $a$  deren Radius und  $N_z$  deren Flächendichte,  $G$  den Schubmodul,  $b$  die Versetzungsstärke,  $N$  die Zahl der Zonen pro Volumeneinheit, an denen Versetzungen aufgehalten werden, und  $\dot{a}$  die Abgleitgeschwindigkeit.

Die Übereinstimmung der Gl. (1) mit der gemessenen Temperaturabhängigkeit<sup>2</sup> (zwischen 4 °K und 423 °K) ist recht gut.

Eine formale Theorie für  $\tau_0(T)$ , die jedoch über die Natur der Hindernisse für die Versetzungsbewegung nichts aussagt, ist von HOLMES<sup>5</sup> gegeben worden. Sie liefert

$$\tau_0(T) = A - B T^{1/2}, \quad (2)$$

was einen ähnlichen Temperaturverlauf wie Gl. (1) gibt. Beide Theorien stimmen darin überein, daß bei kleinem integralem Neutronenfluß  $n v t$  die kritische Schubspannung  $\tau_0$  proportional  $(n v t)^{1/2}$  ist, und daß bei stärkerer Bestrahlung Sättigungserscheinungen auftreten. Dies ist im Einklang mit den Experimenten.

Die im Vorstehenden referierten Untersuchungen sowie weitere Experimente aus neuester Zeit, die in der ausführlichen Darstellung besprochen werden, haben wesentlich zur Aufklärung der Erholungsmechanismen von bestrahltem Kupfer beigetragen. Mit kleinen Korrekturen haben sich dabei die von BRINKMAN und Mitarb.<sup>14, 15</sup>, SEEGER<sup>16, 17</sup> und VAN BUREN<sup>18</sup> vertretenen Anschauungen als zutreffend erwiesen. In der von VAN BUREN eingeführten Bezeichnungsweise<sup>17, 19</sup> der Erholungsstufen ist die nach unserer Ansicht zutreffende Deutung in Tab. 1 angegeben. Bei Stufe I ist eine Unterteilung in Neutronenbestrahlung und Elektronenbestrahlung vorgenommen; Zyklotronbestrahlung dürfte eine Zwischenstellung zwischen diesen beiden Extremen einnehmen.

<sup>14</sup> J. A. BRINKMAN, C. E. DIXON u. C. J. MEECHAN, Acta Met. **2**, 38 [1954].

<sup>15</sup> J. A. BRINKMAN, Amer. J. Phys. **24**, 246 [1956].

<sup>16</sup> A. SEEGER, Z. Naturforsch. **10a**, 251 [1955].

<sup>17</sup> A. SEEGER, Theorie der Gitterfehlstellen, Handb. d. Physik VII/1, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955.

Bezeichnung und ungefährer Temperaturbereich der Stufe	Erholungsprozeß
I 25 °K – 50 °K	Neutronenbestrahlung Elektronenbestrahlung
II 50 °K – 220 °K	Rekombination sehr nahe (an der Stabilitätsgrenze) benachbarter FRENKEL-Paare
III – 50 °C – +20 °C	Rekombination von benachbarten FRENKEL-Paaren durch Wanderung der Zwischengitteratome
IV 150 °C – 300 °C	Diffusion von Zwischengitteratomen
V 300 °C – 500 °C	Diffusion von Gitterlücken Selbstdiffusion

Tab. 1. Deutung der Erholungsstufen des elektrischen Widerstands von bestrahltem Kupfer.

In Tab. 1 ist die Wanderung von Leerstellenpaaren und größeren Leerstellengruppen nicht berücksichtigt, da hierüber bei Kupfer wenig bekannt ist. Bei Gold weiß man aus den Versuchen von BAUERLE und KOEHLER<sup>20</sup>, daß die Wanderung von Leerstellenpaaren bei ein wenig höherer Temperatur als Stufe III auftritt. Es erscheint plausibel, daß die Bewegung von Leerstellenagglomeraten bei Kupfer zu Stufe III<sup>18</sup> und vielleicht auch zu Stufe II<sup>17</sup> beitragen kann.

Aus der Reihe der Fachgenossen, denen sich der Verfasser für wertvolle Diskussionen zu Dank verpflichtet fühlt, sei besonders Dr. D. K. HOLMES erwähnt, der die unveröffentlichten Ergebnisse von Oak Ridge zur Verfügung gestellt hat.

<sup>18</sup> H. G. VAN BUREN, Dissertation Leiden 1956; Philips Res. Rep. **12**, 1, 190 [1957].

<sup>19</sup> H. G. VAN BUREN, Z. Metallkd. **46**, 272 [1955].

<sup>20</sup> J. E. BAUERLE u. J. S. KOEHLER, Phys. Rev. **107**, 1493 [1957]. – J. S. KOEHLER, F. SEITZ u. J. E. BAUERLE, Phys. Rev. **107**, 1499 [1957].

## Auslösung und Erregung der Disposition zur Photostimulation-Coemission von Exoelektronen durch eine Hochfrequenz-Entladung in Luft

Von B. SUJAK und J. MADER

Zakład Fizyki Doświadczalnej Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, Polska  
(Z. Naturforsch. **13a**, 55–56 [1958]; eingegangen am 25. Oktober 1957)

Mechanisch bearbeitete Oberflächen einiger Metalle (insbesondere Al) emittieren Elektronen unter der Ein-

<sup>1</sup> J. KRAMER, Z. Phys. **133**, 629 [1952].

<sup>2</sup> K. LINTNER u. E. SCHMID, Acta Phys. Aust. **10**, 313 [1957].

wirkung von langwelligem Licht<sup>1</sup> (genannt Tribo-Photostimulation-Coelektronenemission<sup>2</sup>). Zur Zeit herrschen zwei Anschauungen darüber. Nach der einen beruht die zeitliche Verschiebung der langwelligen Grenze der Photoemission vom mechanisch bearbeiteten Al auf der Freilegung der Oberfläche von einer Oxyd- und Adsorptionsschicht<sup>3</sup>. Nach der anderen beruht sie auf der Entstehung und Besetzung von Elektronen-Haftstellen in der Oxydschicht<sup>4</sup>.

Die Untersuchungen, auf die sich die erste Anschauung stützt, müßten eigentlich im Hochvakuum durchgeführt werden. Wir glauben jedoch, daß auch Experi-

<sup>3</sup> H. MÜLLER u. F. WEINBERGER, Acta Phys. Aust. **10**, 409 [1957].

<sup>4</sup> L. GRUNBERG u. K. H. R. WRIGHT, Proc. Roy. Soc., Lond. A **232**, 403 [1955].



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 digitized 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.

mente in der atmosphärischen Luft so angestellt werden können, daß sie eine Entscheidung zwischen den beiden Hypothesen erlauben.

Wir haben Experimente an Al-, Fe- und Cu-Blechen durchgeführt, weil Al eine große, Fe und Cu dagegen eine nur schwer nachweisbare Emission von Exoelektronen in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre zeigen<sup>5</sup>. Die Proben wurden mit Stahl geritzt und mit Hilfe eines offenen Spitzenzählers in Luft auf Elektronen-Emission untersucht. Diese geschah nach einem Abtastverfahren mit Hilfe eines beweglichen Tisches<sup>6</sup>. Während des Abtastens wurde die Abtaststelle mit einer Glühbirne bestrahlt.

Die Ergebnisse sind aus Abb. 1 ersichtlich. Nur die Al-Probe zeigt starke Photostimulation-Coelektronenemission in den Bereichen der Einkerbungen. Die Fe- und Cu-Proben zeigten unter denselben Bedingungen eine kaum nachweisbare Emission von mindestens  $10^4$ -mal kleinerer Intensität.

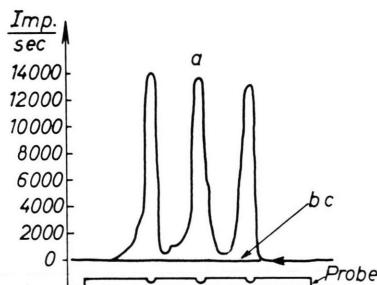


Abb. 1. Abtastkurven der Photostimulation-Coelektronenemission der Metallproben, die an 3 Stellen oberflächlich geritzt wurden: a) Al, b) Fe, c) Cu.

Wenn die starke Photostimulation-Coelektronenemission der Al-Probe in den Einkerbungen einer Freilegung von frischer Oberfläche (oder auch einer photokatalytischen Oxydation<sup>7</sup>) zuzuschreiben ist, so muß

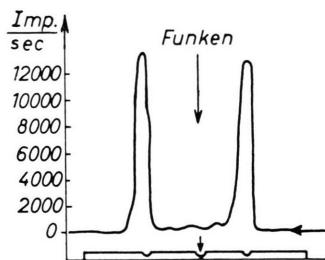


Abb. 2. Abtastkurven der Al-Probe (siehe Abb. 1 a), bei welcher nur die mittlere Einkerbung mit einer Funkenentladung in Luft bearbeitet wurde (kurzfristiges Bestreichen).

<sup>5</sup> J. LOHFF, Z. Phys. **146**, 436 [1956].

<sup>6</sup> B. SUJAK, Z. angew. Phys. **9**, 404 [1957].

<sup>7</sup> H. GOBRECHT u. G. BARSCH, Z. Phys. **132**, 129 [1952].

eine ozonbildende Funkenentladung die Emission schnell auslöschen können. Dieses wurde tatsächlich festgestellt, wie Abb. 2 zeigt. Wenn eine der Kerben mit Funken einer hochfrequenten Entladung (Teslatransformator) bestrichen wurde, nachdem die Abtastkurve (Abb. 1) aufgenommen worden war, so wurde das Emissionsvermögen vollständig ausgelöscht. Bei den Fe- und Cu-Proben konnte nach derselben Behandlung auch kein Anwachsen des kaum nachweisbaren Emissionsvermögens festgestellt werden.

Wenn dagegen die Photostimulation-Coelektronenemission in erster Linie den mit Elektronen besetzten Haftstellen zuzuschreiben wäre, so müßte eine Funkenentladung die Disposition zu solcher Emission erregen, wie dieses im Falle von KCl- und NaCl-Deckschichten schon lange beobachtet worden ist<sup>8</sup>.

Die Funkenentladung erregt zwar eine Disposition zur Photostimulation-Coelektronenemission, aber erst aus dickeren Oxydschichten. Die Proben wurden für diese Versuche bei  $500^{\circ}\text{C}$  3 Stunden lang an Luft oxydiert. Die Abtastkurven der Proben, die mit Funken der hochfrequenten Entladung strichartig bearbeitet wurden, zeigt Abb. 3. Man erkennt, daß sowohl die stark oxydierte Al- als auch die Fe- und Cu-Probe<sup>9</sup> eine intensive Photostimulation-Coelektronenemission zeigen.

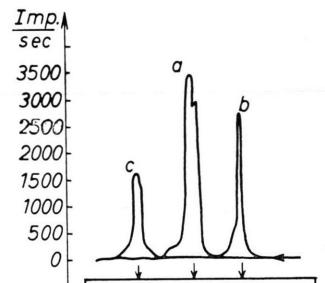


Abb. 3. Abtastkurven der Photostimulation-Coelektronenemission stark oxydierter ( $500^{\circ}\text{C}$  – 3 Stunden) a) Al, b) Fe, c) Cu-Proben, die vorher mit einer Funkenentladung in Luft linienweise bestrichen wurden. Die Stellen des Funkenüberschlags sind durch Pfeile angekennzeichnet. Die Intensitäten der Photostimulation-Coelektronenemission sind wegen der schlecht kontrollierbaren Anregungsart (Funken) nicht quantitativ zu vergleichen.

Das Verhalten der Al-, Fe- und Cu-Proben gegenüber der Funkenentladung in Luft stützt also die Ansicht, daß die Photostimulation-Coelektronenemission einer mechanisch bearbeiteten Metalloberfläche, die nur eine sehr dünne Deckschicht besitzen, im wesentlichen durch die Freilegung der frischen Oberfläche (oder auch die weitere photokatalytische Oxydation der frischen Oberfläche) verursacht ist.

<sup>8</sup> B. SUJAK, Acta Phys. Polonica **12**, 241 [1953].

<sup>9</sup> H. MÜLLER, Acta Phys. Aust. **10**, 474 [1957].