

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 Abgleitungsgeschwindigkeit.

Die Übereinstimmung der Gl. (1) mit der gemessenen Temperaturabhängigkeit² (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 HOLMES⁵ gegeben worden. Sie liefert

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

was einen ähnlichen Temperaturverlauf wie Gl. (1) gibt. Beide Theorien stimmen darin überein, daß bei kleinem integralem Neutronenfluß nvt die kritische Schubspannung τ_0 proportional $(nvt)^{1/2}$ 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 Mitarbb.^{14, 15}, SEEGER^{16, 17} und VAN BUEREN¹⁸ vertretenen Anschauungen als zutreffend erwiesen. In der von VAN BUEREN eingeführten Bezeichnungsweise^{17, 19} 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.

¹⁴ J. A. BRINKMAN, C. E. DIXON u. C. J. MEECHAN, Acta Met. **2**, 38 [1954].
¹⁵ J. A. BRINKMAN, Amer. J. Phys. **24**, 246 [1956].
¹⁶ A. SEEGER, Z. Naturforsch. **10 a**, 251 [1955].
¹⁷ A. SEEGER, Theorie der Gitterfehlstellen, Handb. d. Physik VII/1, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955.

Auslöschung 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. **13 a**, 55–56 [1958]; eingegangen am 25. Oktober 1957)

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

¹ J. KRAMER, Z. Phys. **133**, 629 [1952].
² K. LINTNER u. E. SCHMID, Acta Phys. Aust. **10**, 313 [1957].

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

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 KOEHLER²⁰, 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 III¹⁸ und vielleicht auch zu Stufe II¹⁷ 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.

¹⁸ H. G. VAN BUEREN, Dissertation Leiden 1956; Philips Res. Rep. **12**, 1, 190 [1957].
¹⁹ H. G. VAN BUEREN, Z. Metallkde. **46**, 272 [1955].
²⁰ 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].

wirkung von langwelligem Licht¹ (genannt Tribo-Photostimulation-Coelektronenemission²). Zur Zeit herrschen zwei Anschauungen darüber. Nach der einen beruht die zeitliche Verschiebung der langwelligen Grenze der Photoemission von mechanisch bearbeitetem Al auf der Freilegung der Oberfläche von einer Oxyd- und Adsorptionsschicht³. Nach der anderen beruht sie auf der Entstehung und Besetzung von Elektronen-Haftstellen in der Oxydschicht⁴.

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

³ H. MÜLLER u. F. WEINBERGER, Acta Phys. Aust. **10**, 409 [1957].
⁴ L. GRUNBERG u. K. H. R. WRIGHT, Proc. Roy. Soc., Lond. A **232**, 403 [1955].



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-Bleichen durchgeführt, weil Al eine große, Fe und Cu dagegen eine nur schwer nachweisbare Emission von Exoelektronen in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre zeigen⁵. 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 Tisches⁶. Während des Abtastens wurde die Abtaststelle mit einer Glühbirne bestrahlt.

Die Ergebnisse sind aus Abb. 1 ersichtlich. Nur die Al-Probe zeigt starke Photostimulation-Coelektronen-emission 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.

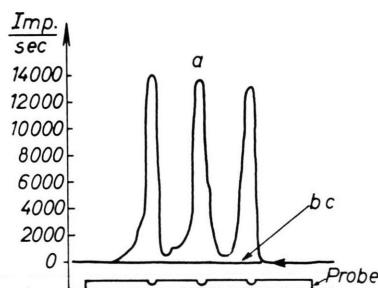


Abb. 1. Abtastkurven der Photostimulation-Coelektronen-emission der Metallproben, die an 3 Stellen oberflächlich geritzt wurden: a) Al, b) Fe, c) Cu.

Wenn die starke Photostimulation-Coelektronen-emission der Al-Probe in den Einkerbungen einer Freilegung von frischer Oberfläche (oder auch einer photokatalytischen Oxydation⁷) zuzuschreiben ist, so muß

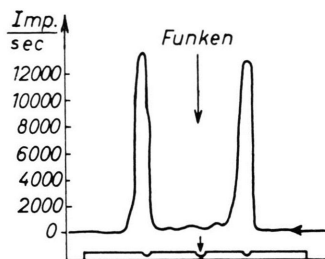


Abb. 2. Abtastkurven der Al-Probe (siehe Abb. 1 a), bei welcher nur die mittlere Einkerbung mit einer Funkenentladung in Luft bearbeitet wurde (kurzfristiges Bestreichen).

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-Coelektronen-emission 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 ist⁸.

Die Funkenentladung erregt zwar eine Disposition zur Photostimulation-Coelektronenemission, aber erst aus dickeren Oxydschichten. Die Proben wurden für diese Versuche bei 500 °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-Probe⁹ eine intensive Photostimulation-Coelektronenemission zeigen.

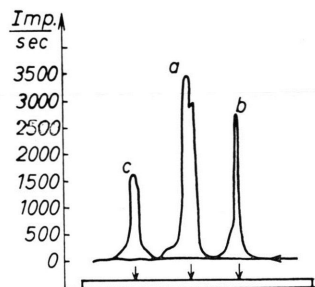


Abb. 3. Abtastkurven der Photostimulation-Coelektronen-emission stark oxydierter (500 °C — 3 Stunden) a) Al-, b) Fe-, c) Cu-Proben, die vorher mit einer Funkenentladung in Luft linienweise bestrichen wurden. Die Stellen des Funkenüberschlages sind durch Pfeile angedeutet. Die Intensitäten der Photostimulation-Coelektronenemission 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.

⁵ J. LOHFF, Z. Phys. **146**, 436 [1956].

⁶ B. SUJAK, Z. angew. Phys. **9**, 404 [1957].

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

⁸ B. SUJAK, Acta Phys. Polonica **12**, 241 [1953].

⁹ H. MÜLLER, Acta Phys. Aust. **10**, 474 [1957].