

Abb. 1. Elektronen-Beugungs-Aufnahme an einem Kupfer-Einkristall, nahe Cu(111)-Pol, Einschußrichtung [112].

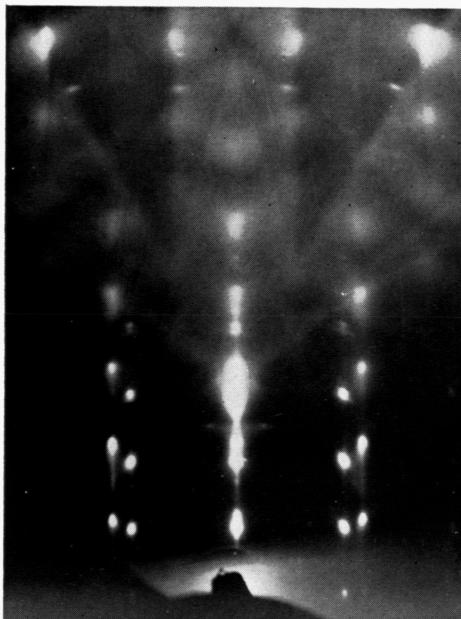


Abb. 2.
 W_2C (Mo_2C) auf Cu(111)-Pol, Einschußrichtung [1-12].

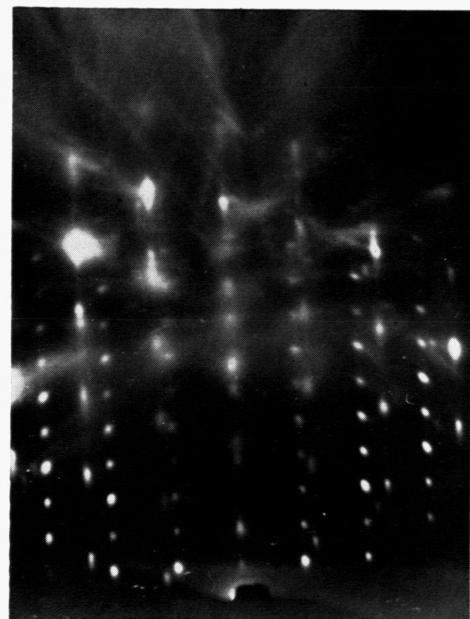


Abb. 3.
 W_2C (Mo_2C) auf Cu(111)-Pol, Einschußrichtung [110].



W_2C dar. Es sind nur Metallatome gezeichnet.) In der Deckschicht liegt also stets eine dichtest mit Metallatomen besetzte Kette parallel zu einer solchen in der Unterlage, und zwar zu der, die in der ganzen $[1\bar{1}0]$ -Zone parallel zur Kupfer-Oberfläche, also senkrecht auf der Zeichenebene steht; es liegen also $W_2C[010]$ -Ketten parallel zu $Cu[110]$ -Ketten. Im $Cu(111)$ -Pol liegen drei dichtest besetzte Atomketten parallel zur Oberfläche, parallel zu jeder liegt eine dichtest besetzte Metallatomkette im Karbid; das bedeutet, daß hier eine Basisfläche des Karbids aufwächst. Auf benachbarten Kupferpolen wächst das Karbid hierzu etwa parallel auf, so daß auf $Cu(110)$ $W_2C(\bar{1}02)$ liegt und auf $Cu(113)$ $W_2C(103)$. Etwa bei $Cu(115)$ hört der hierzu parallele Aufwuchs auf. Auf $Cu(001)$ liegt wieder eine Basisfläche des Karbids. (Einmal nur zeigte sich ein anderer Aufwuchs, der aber aus dem normalen W_2C -Gitter nicht gedeutet werden konnte.)

Man findet in der Rhombendodekaeder-Zone des Kupfers also zwei Verknüpfungen: 1. In einem Winkelbereich von $\pm 40^\circ$ um den Oktaederpol des Kupfers liegt $W_2C(001)$ etwa parallel zu $Cu(111)$, mit verschiedenen Verwachungsebenen. 2. $\pm 15^\circ$ um den Würfelpol des Kupfers liegt $W_2C(001)$ parallel zu $Cu(001)$, wieder mit verschiedenen Verwachungsebenen. In beiden Fällen liegen $Cu[110]$ - und $W_2C[010]$ -Gittergeraden parallel.

In Abb. 5 ist das gesamte Beobachtungsmaterial dargestellt; die Darstellung zeigt die Erfüllung bzw. die Abweichung von diesen Regeln. Abszisse ist der

Winkelabstand vom Oktaederpol des Kupfers β , Ordinate ist der Verkantungswinkel δ , das ist die Abweichung zwischen der nach obigen Regeln erwarteten Orientierung und der experimentell gefundenen. Um den $Cu(001)$ findet sich keine Verkantung; um den $Cu(111)$ zeigte sich eine systematische Verkantung bis zu 5° .

Für das Verständnis der Verwachsung zweier Kristallgitter ist der Vergleich mit anderen Verwachungspaaren nützlich, die sich aus ähnlichen, aber charakteristisch verschiedenen Kristallgittern zusammensetzen. Hier bietet sich für den Vergleich mit dem oben geschilderten Verwachungs paar W_2C auf Cu das Paar Cu_2O auf Cu an. Der Abstand der Metallatome längs der dichtest besetzten Ketten der Karbide ist bis auf 7% der gleiche wie im Kupferoxydul. Während jedoch im W_2C die Metallatome in hexagonal dichtester Packung enthalten sind, bilden die Metallatome im Cu_2O eine kubisch dichteste Packung.

Das orientierte Aufwachsen von Cu_2O auf kugelförmigen Kupferkristallen ist ausführlich untersucht worden⁶. Danach finden sich auf Kristallkugeln mit glatter Oberfläche diejenigen Gitterverknüpfungen, die in Abb. 4 rechts dargestellt sind. Auch im Cu_2O liegen, wie im W_2C , dichtest mit Metallatomen besetzte Ketten parallel zu solchen des Kupferkristalls. Auf $Cu(111)$ liegt — in Zwillingsstellung — $Cu_2O(111)$, also wieder die dichtest besetzte Ebene. Auf benachbarten Polen bleibt diese Verknüpfung annähernd erhalten, so daß auf $Cu(113)$ $Cu_2O(110)$

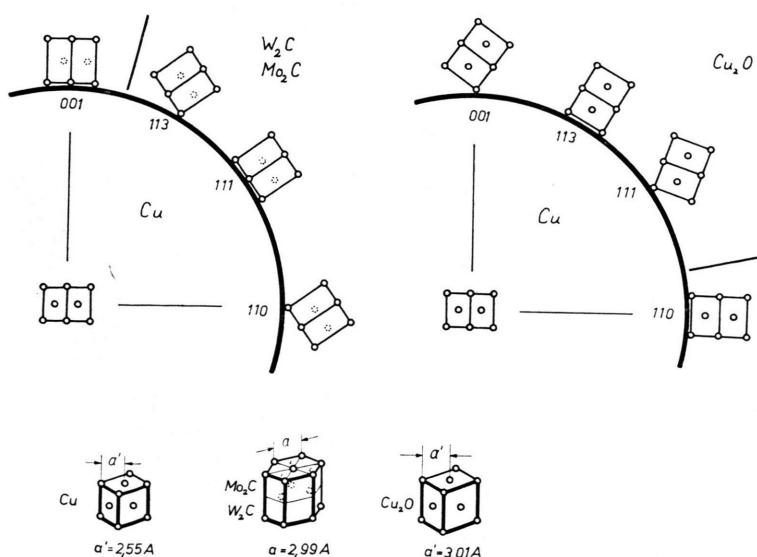


Abb. 4. W_2C (Mo_2C) und Cu_2O auf Kupfer.

und auf Cu(001) Cu₂O(111) liegt, also wieder eine dichtest besetzte Ebene. Die Abweichung von dieser Regel, der Verkantungswinkel, ist ebenfalls in Abb. 5 eingetragen.

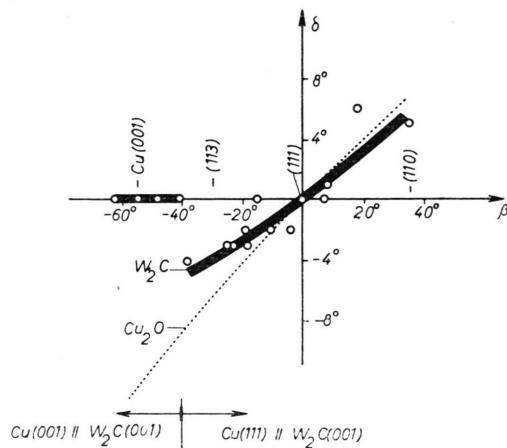


Abb. 5. Verkantungswinkel δ in den Deckschichten bei orientiertem Aufwuchs von W_2C (Mo_2C) und Cu_2O auf Kupfer.

Vergleicht man die Abstände der dichtest besetzten Ketten beider Partner in der Verwachungsebene, so zeigt sich für die Kupferpole (001) und (113) eine Übereinstimmung bis auf einen Fehlpaß von 2 bzw. 1%. In Tab. 1 ist der Fehlpaß Δ für 4 verschiedene Verwachungsebenen eingetragen. Außer-

dem enthält sie die entsprechenden Werte für das System Cu – W₂C. Auch hier findet man gute Koinzidenzen der Kettenabstände; für die Verwachsung W₂C(001) auf Cu(001) ist $\Delta = 2\%$, und für W₂C(102) auf Cu(110) ist $\Delta = 3\%$.

Cu	Cu_2O		W_2C	
(hkl)	(hkl)	Δ	(hkl)	Δ
(001)	(111)	2,0 %	(001)	2 %
(113)	(110)	0,9 %	(103)	8 %
(111)	(111)	17 %	(001)	16 %
(110)	(110)	17 %	(102)	-3 %

Tab. 1

Vorläufige Versuche mit Silber-Einkristall-Kugeln, die ebenso wie die Kupfer-Kristalle auf Wolframband gezüchtet wurden, ergaben folgendes: Unter den gleichen Bedingungen wie beim Kupfer tritt auch auf Silber eine kristalline Deckschicht auf. Sie zeigt auf allen Flächen des Silbers neben einem orientierten Anteil einen nicht orientierten. Auch diese Schicht scheint W₃C zu sein.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für ihre Unterstützung und Herrn Professor Dr. H. KÖNIG für die Gastfreundschaft in seinem Institut.

Rauschuntersuchungen und Linearitätsprüfungen an Photo-Multipliern

Von WALTER HERMANN

Aus dem Astronomischen Institut der Universität Tübingen
(Z. Naturforschg. **12 a**, 1006—1013 [1957]; eingegangen am 16. August 1957)

Da in der Literatur mehrfach über Diskrepanzen zwischen dem beobachteten und dem nach der theoretischen Rauschformel berechneten Rauschen von Multipliern berichtet worden war, wobei man vor allem einen dem Funkeleffekt der Elektronenröhren verwandten Effekt vermutete, wird die theoretische Rauschformel eingehend experimentell geprüft. Dabei wird an 10 Multipliern festgestellt, daß ihr Rauschspektrum zumindest im Tonfrequenzbereich und darunter bis auf geringfügige Abweichungen „weiß“ ist. Ebenso wird der übrige Inhalt der Rauschformel im wesentlichen quantitativ bestätigt.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Lichtintensität und Anodenstrom zeigt, daß auch bei Anodenströmen $< 10^{-6}$ A Abweichungen von der Linearität vorkommen, die 1% erheblich übersteigen. Es handelt sich dabei im wesentlichen um reversible Ermüdungserscheinungen.

I. Prüfung der Rauschformel

A. Das Rauschspektrum

Der theoretische Zusammenhang zwischen dem Anodenstrom I und dem mittleren Quadrat des ihm

überlagerten Rauschstromes I_r lautet¹:

$$\overline{I_r^2} = 2 e V \Delta f \frac{\mu}{\mu-1} I_a. \quad (1)$$

¹ W. SHOCKLEY U. I. R. PIERCE, Proc. Instn Radio Engrs, Aust. 26, 321 [1938].