

bei höheren Energien an Q-Platten, wobei SCHWARZSCHILD-Exponenten sehr nahe Eins gefunden wurden.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Schwärzung von SCHUMANN-Platten offenbar auch im hier untersuchten Energiegebiet im wesentlichen durch direkte Energieübertragung erfolgt; dabei bedarf der Mecha-

nismus des Übertragungsvorganges noch der weiteren Klärung.

Dem Direktor des Technisch-Physikalischen Instituts der Universität Jena, Herrn Prof. Dr. ECKARDT, danken wir für die Möglichkeit der Durchführung dieser Untersuchung und für sein förderndes Interesse.

Positive Sekundärionenausbeute von 21 Elementen

Von Horst E. BESKE

Physikalisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

(Z. Naturforschg. 19 a, 1627—1628 [1964]; eingeg. am 29. Oktober 1964)

Werden Festkörperoberflächen durch Ionen beschossen, so bilden sich an der Oberfläche Sekundärelektronen, zerstäubte Atome, negative und positive Ionen.

Einige Autoren^{1—4} benutzten die sekundären positiven Ionen zur massenspektroskopischen Analyse des Festkörpers oder seiner Oberfläche.

Wir haben die totale Sekundärionenausbeute für positive Ionen γ^+ an 21 Elementen gemessen und haben gefunden, daß die Funktion $\gamma^+(Z)$ einen Gang aufweist, der den reziproken Ionisierungsenergien dieser Elemente analog ist und daß γ^+ unabhängig von der Ausbeute an Neutralteilchen (Sputtering-Ausbeute) ist.

Meßanordnung

In der Ionenquelle eines Massenspektrographen⁴ wurden Proben unter 45° mit A^+ -Ionen von 10 keV Energie beschossen. Die Stromdichte auf dem Target betrug ca. $1 \cdot 10^{-3} A/cm^2$. Der Restgasdruck in Proben-nähe war mit A-Zustrom $\leq 4 \cdot 10^{-6}$ Torr. Die Proben waren polykristallin, zum Teil Bleche, gedrehte oder geschliffene Brocken.

In Normalenrichtung zur Probenoberfläche wurde mit ca. 5 kV abgesaugt und der Ionenstrom in einem Käfig in der üblichen Anordnung gemessen.

¹ R. E. HONIG, J. Appl. Phys. **29**, 549 [1958].

² R. C. BRADLEY, J. Appl. Phys. **30**, 1 [1959].

³ T. L. COLLINS JR. u. J. A. MCHUGH, Institute of Petroleum, ASTM Mass Spectrometry Symposium, Paris 1964.

⁴ H. E. BESKE, Z. Angew. Phys. **14**, 30 [1961].

Die Proben wurden ca. 1 Stunde mit A^+ -Ionen beschossen. In dieser Zeit nahm der positive Sekundärionenstrom mehr oder weniger ab (Oberflächenverunreinigungen). Es stellte sich ein Strom ein, der dann über Stunden konstant blieb. Die angegebenen Sekundärionenströme stellen Mittelwerte dar.

Ergebnisse

In Abb. 1* ist die Sekundärionenausbeute γ^+ als Funktion der Ordnungszahl Z aufgetragen. Es ist zu erkennen, daß Elemente mit kleiner Ionisierungsenergie die größeren Sekundärionenausbeuten haben.

Zum Vergleich sind in Abb. 2 die reziproken Ionisierungsenergien über der Ordnungszahl aufgetragen. In beiden Darstellungen sind deutlich die drei Reihen von V zum Cu, Zr zum Ag und Ta zum Au zu erkennen. Auch kleine Unterschiede in den Ionisierungsenergien wie zum Beispiel bei Ti, V und Zr, Nb sind in der Darstellung der Sekundärionenausbeute wiederzufinden.

Die aus der Literatur bekannten Werte für Mo (FOGEL⁵) stimmen mit unseren Messungen überein, die von PANIN⁶ für Mo, Zr und Graphit sind etwa doppelt so groß. Ihr Verhältnis ist aber ebenfalls durch die Ionisierungsenergien bestimmt.

Zum Vergleich wurden die Sputtering-Ausbeuten für die Zerstäubung neutraler Teilchen in Abb. 3 und die nach (ROSENBERG und WEHNER⁸) ähnlich verlaufenden reziproken Sublimationswärmen in Abb. 4 gegeben. Es ist zu ersehen, daß die Ausbeuten der Neutralteilchen im Gegensatz zur Ausbeute an positiven Sekundärionen in den Reihen vom Ti zum Cu, Zr zum Ag und Ta zum Au ansteigen und um zwei Zehnerpotenzen höher liegen.

⁵ YA. M. FOGEL, R. P. SLABOSPITSKII u. A. B. RASTREPIN, Soviet Phys.-Techn. Phys. **5**, 58 [1960].

⁶ B. V. PANIN, Soviet Phys.-JETP **14**, 1 [1962].

* Abb. 1—4 auf S. 1628.



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.

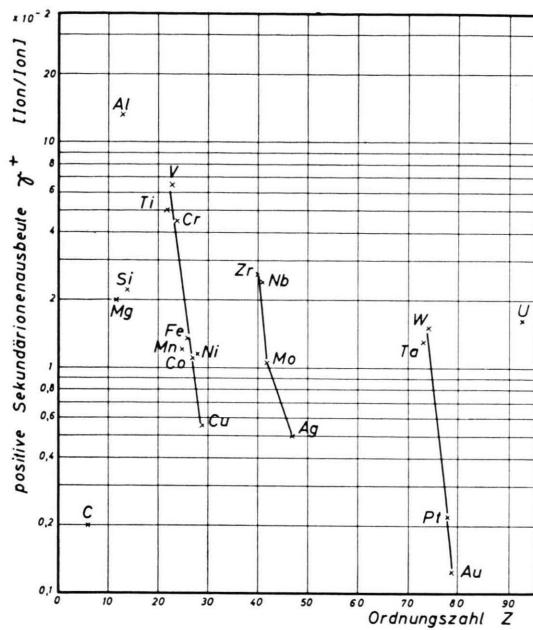


Abb. 1. Positive Sekundärionenausbeute γ^+ in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z für A^+ -Ionenbeschuß für 21 Elemente.

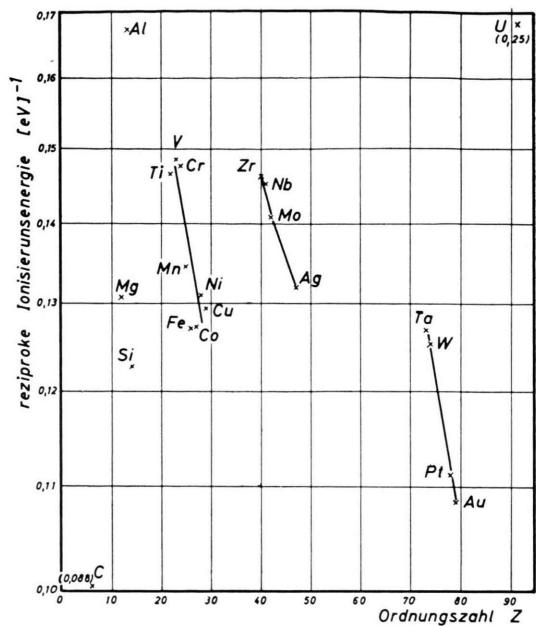


Abb. 2. Reziproke Ionisierungsenergie in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z für 21 Elemente.

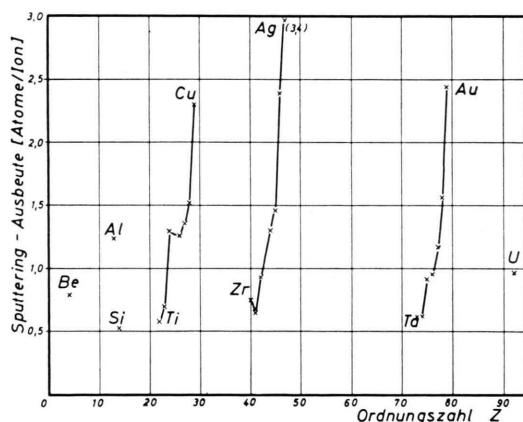


Abb. 3. Sputtering-Ausbeute in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z für 25 Elemente nach LAEGREID und WEHNER⁷.

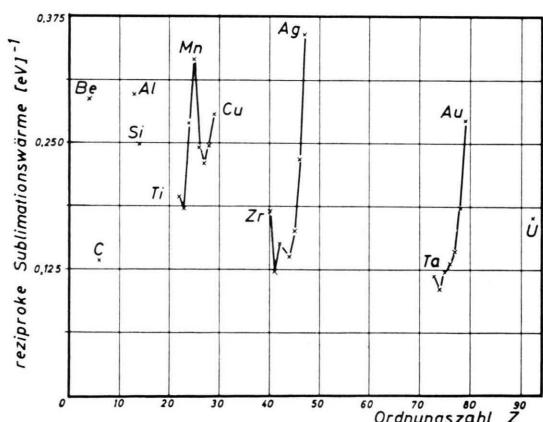


Abb. 4. Reziproke Sublimationswärme in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z für 26 Elemente nach ROSENBERG und WEHNER⁸.

⁷ N. LAEGREID u. G. K. WEHNER, J. Appl. Phys. **32**, 365 [1961].

⁸ D. ROSENBERG u. G. K. WEHNER, J. Appl. Phys. **33**, 1842 [1962].