

werden könnten. Um dies zu untersuchen, haben wir Benzol in dünnen Schichten auf der Wand eines auf 77 °K abgekühlten Reaktionsgefäßes kondensiert und anschließend einen durch niederfrequente Gasentladung mit H-Atomen angereicherten Wasserstoffstrom vorbeigeleitet. Die Reaktionsprodukte, die dann unter Stickstoffatmosphäre in einem Meßröhrchen gesammelt wurden, zeigten das in Abb. 1 dargestellte ESR-Spektrum, das in allen Einzelheiten dem früher angegebenen<sup>1, 2</sup> Spektrum des bestrahlten Benzols entspricht, das dem Cyclohexadienylradikal zugeschrieben wurde.

Damit liefert das angegebene Experiment eine weitere Stütze für die vorgeschlagene Interpretation<sup>1, 2</sup> des Spektrums des bestrahlten Benzols. Darüber hinaus ist es ein Beweis für die Fähigkeit aromatischer Ringe, unter intermediärer Bildung von Radikalen<sup>5</sup> wie olefinische Doppelbindungen Wasserstoffatome zu addieren<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> R. B. INGALLS u. L. A. WALL, Symposium Uppsala 1961, Referat Nr. 25.

<sup>6</sup> R. KLEIN u. M. D. SCHEER, J. Amer. Chem. Soc. **80**, 1007 [1958].

## Untersuchungen über die Reflexion von Edelgasionen an Festkörperoberflächen

VON V. WALTHER UND H. HINTENBERGER

Max-Planck-Institut für Chemie (Otto-Hahn-Institut), Mainz  
(Z. Naturforschg. **17 a**, 694—695 [1962]; eingegangen am 18. Juni 1962)

Die Edelgasionen  $\text{He}^+$ ,  $\text{Ne}^+$ ,  $\text{Ar}^+$ ,  $\text{Kr}^+$  und  $\text{Xe}^+$  wurden in einer Elektronenstoßionenquelle erzeugt. Sie konnten stufenlos auf Voltgeschwindigkeiten zwischen 100 eV und 30 keV beschleunigt und durch eine elektrostatische Rohrlinse zu einem kleinen Brennfleck auf ein Target fokussiert werden, so daß am Target Ionenstromdichten von  $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$  erreicht wurden. Das Target war durch ein Öfchen auf über 600 °C aufheizbar. Der Einfallswinkel der Edelgasionen, gemessen zur Oberflächennormalen des Targets, betrug 45°. Unter 90° zum einfallenden Strahl befand sich ein Parabelspektrograph, mit dem die aus dem Target ausgelösten

Sekundärionen und die am Target reflektierten Edelgasionen nach Massen und Energien auf Ilford Q3-Platten registriert worden sind. Da die vom Target ausgehenden Sekundärionenströme sehr klein waren ( $10^{-11}$  bis  $10^{-13} \text{ A}$ ), wurden in den Parabelspektrographen statt einer langen Kollimatorstrecke eine Rohr- und eine Einzellinse großer Apertur eingebaut, um größere Intensitäten zu erhalten.

Untersucht wurden die Targetmaterialien C, Al, Fe, Cu, Ag, Ta, W, Pt und Au. Abb. 1 zeigt ein schematisiertes Spektrum. Es besteht aus zwei Anteilen, a) dem Massenspektrum der Sekundärionen und b) dem Spektrum der reflektierten Edelgasionen.

a) Das Spektrum der Sekundärionen zeigt die Masse des Targetmaterials sowie die Massen der Ionen von Oberflächenverunreinigungen. Es besteht aus einzelnen Punkten (in Abb. 1 wurden nur 3 Punkte eingezeichnet), die auf einer Geraden parallel zur magnetischen Ablenkrichtung liegen. Das bedeutet, daß die Sekundärionen weitgehend monoenergetisch sind. Die Massenpunkte liegen ferner bei einem Energiewert, welcher der Nachbeschleunigung der vom Target ausgehenden Ionen durch den Parabelspektrographen (15 keV) entspricht, was zeigt, daß die Sekundärionen beim Verlassen des Targets nur eine kleine Anfangsenergie besitzen. Ein qualitativer Vergleich der Massenspektren der Sekundärionen zeigt, daß die Intensität des Massenspektrums um so größer ist, je schwerer die Masse der auf das Target auftreffenden Edelgasionen ist.

b) Die reflektierten, vor ihrer Reflexion nahezu monoenergetischen Edelgasionen schwärzen auf der Photoplate ein relativ scharf begrenztes Parabelstück. Dieses Parabelstück ist um so länger, je kleiner die Masse der Edelgasionen  $m_1$  und je schwerer die Masse der Targetatome  $m_2$  ist. Die niederenergetischen Endpunkte der einzelnen Parabelstücke für die Ionen der verschiedenen Edelgase bilden eine Gerade, auf der die Ionen liegen, welche die halbe Primärenergie besitzen (im Beispiel der Abb. 1 betrug die Primärenergie der Edelgasionen 15 keV). Verbindet man die hochenergetischen Endpunkte der Parabelstücke, so erhält man eine Kurve, die sich der Geraden nähert, auf der die ohne Energieverlust reflektierten Edelgasionen liegen würden. War die Masse der Edelgasionen größer als die Masse der Targetatome, so wurden keine reflektierten Ionen im Parabelspektrographen beobachtet.

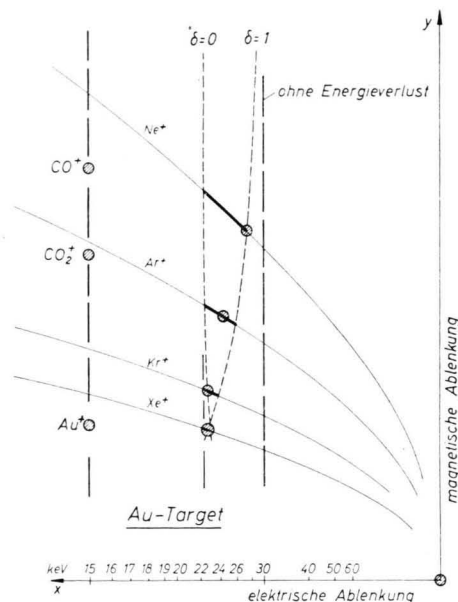


Abb. 1. Schematisiertes Parabelspektrogramm von Sekundärionen (z. B.  $\text{Au}^+$ ,  $\text{CO}_2^+$ ,  $\text{CO}^+$ ) und reflektierten Edelgasionen bei einem Au-Target.



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 digitalized 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.

Dem Parabelstück der reflektierten Ionen ist ein Intensitätsmaximum überlagert, das so scharf begrenzt ist, daß man sich das Spektrum der reflektierten Ionen zusammengesetzt denken kann aus einem Anteil von monoenergetisch reflektierten Ionen und aus einem Anteil von reflektierten Ionen mit einer Energiebreite, wie sie durch die Länge des geschwärtzten Parabelstücks angezeigt wird. Die Lage des Intensitätsmaximums in bezug auf die Enden des Parabelstückes zeigt einen systematischen Gang mit der Massenzahl der Edelgasionen und der Targetatome, sie ist jedoch, in bezug auf die Enden des Parabelstückes, unabhängig von der Primärenergie der Edelgasionen.

Zur Berechnung der Lage der Parabelstücke im Spektrum sowie ihrer Länge (entsprechend der Energie und der Energiebreite der reflektierten Edelgasionen) wurden für den Stoß des einfallenden Ions mit einem Targetatom als Modell der Stoß zwischen elastischen Kugeln mit den Massen  $m_1$  und  $m_2$  zugrunde gelegt<sup>1</sup>, wobei die Wechselwirkung des einfallenden Ions und des getroffenen Targetatoms mit dem Gitter des Targets durch einen Gitterwechselwirkungskoeffizienten  $\delta$  ausgedrückt wurde<sup>2</sup>. Geht  $\delta$  von 0 bis 1, so wird rechnerisch bei allen untersuchten Edelgas-Target-Kombinationen die experimentell beobachtete Energiebreite der reflektierten Ionen (Parabelstücklänge) durchlaufen. Die höchste und niederste beobachtete Energie der reflektierten Ionen (Lage der Endpunkte der Parabelstücke im Spektrum) wird durch  $\delta=1$  und  $\delta=m_1/m_2$  angegeben.

<sup>1</sup> N. BOHR, K. Danske Vidensk. Selsk. Mat.-fys. Medd. **1948**, 28.

<sup>2</sup> E. B. HENSCHKE, Phys. Rev. **106**, 737 [1957].

## Eine neue Holmium-Aktivität mit 11,5 Minuten Halbwertszeit

Von H. SCHEPERS

Institut für Strahlen- und Kernphysik der Universität Bonn  
(Z. Naturforschg. **17 a**, 695–696 [1962]; eingegangen am 25. Juni 1962)

Nach Bestrahlung von Terbiumoxyd mit  $\alpha$ -Teilchen von 65 MeV wurde eine bisher unbekannte Aktivität mit einer Halbwertszeit von  $(11,5 \pm 0,5)$  min mit einem komplexen  $\gamma$ -Spektrum beobachtet. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse haben wir sie dem Isotop  $\text{Ho}^{158}$  zugeordnet, das durch den Prozeß  $\text{Tb}^{159}(\alpha, 5n)\text{Ho}^{158}$  erzeugt wird.

Gleichzeitig war eine Aktivität mit einer Halbwertszeit von  $(29 \pm 2)$  min zu beobachten, die im wesentlichen dieselben charakteristischen  $\gamma$ -Linien lieferte und die dem isomeren Zustand  $\text{Ho}^{158m}$  zugeordnet wurde.

<sup>1</sup> A. S. BASINA, K. YA. GROMOV, G. S. DZHELEPOV u. V. A. MOROZOV, Izvest. Akad. Nauk, SSSR, Ser. Fiz. **25**, 194 [1961]; zit. nach NSA 15; 14; 18756.

<sup>2</sup> N. A. BONCH-OSMOLOVSKAYA, B. S. DZELEPOV, O. E. KRAFT u. YOUNG-YU-WANG, Nucl. Phys. **27**, 581 [1961].

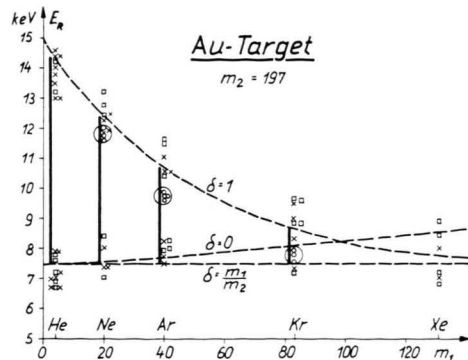
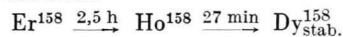


Abb. 2. Energien der an Gold ( $m_2=197$ ) reflektierten Edelgasionen (Masse  $m_1$ ).

In Abb. 2 ist durch die gestrichelten Kurven der berechnete Energiebereich der reflektierten Ionen in Abhängigkeit von der Massenzahl der Edelgasionen für ein Goldtarget eingezeichnet. Ferner sind die Meßpunkte für die Energie der reflektierten Ionen eingetragen, die dem Anfang und dem Ende der einzelnen Parabelstücke entsprechen (die Kreuze und Quadrate entsprechen der Auswertung der Photoplatten durch zwei Beobachter). Die Kreise zeigen die Lage des Intensitätsmaximums im Parabelstück, die stark ausgezogenen Linien geben die Energiebreite der reflektierten Ionen an, die dem Parabelstück entsprechen.

Eine ausführliche Darstellung der bisher erhaltenen Versuchsergebnisse erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

Diese Aktivität scheint identisch mit der von einigen Autoren in der Kette



beobachteten zu sein<sup>1-3</sup>.

Die bestrahlten Proben wurden im Szintillationspektrometer untersucht ( $7,5 \text{ cm} \times 7,5 \text{ cm}$  NaJ-Kristall mit 256-Kanalanalysator). Außerdem wurden  $\gamma$ - $\gamma$ -Koinzidenzen mit zwei  $7,5 \text{ cm} \times 7,5 \text{ cm}$  NaJ-Kristallen durch photographische Registrierung über einen X-Y-Oszillographen gemessen. Der Übergang vom Grundzustand (11,5 min) erfolgt im wesentlichen durch Elektroneneinfang. Der Anteil des  $\beta^+$ -Überganges konnte wegen einer störenden  $\gamma$ -Linie bei ca. 520 keV nur ungenau abgeschätzt werden, er liegt sicher unter 10%.

Die Identifizierung der Kernladungszahl erfolgte durch Trennung der benachbarten Seltenen Erden im Ionenaustauscher. Die Massenzuordnung ergab sich auf Grund der Messung der Anregungsfunktionen für die Pro-

<sup>3</sup> K. YA. GROMOV u. I. S. DNEPROVSKII, Izvest. Akad. Nauk, SSSR, Ser. Fiz. **25**, 1105 [1961]; zit. nach NSA 16; 4; 4809.