

Über das Leitvermögen von Cadmiumsulfidkristallen bei Anregung durch harte und mittelharte Röntgenstrahlen

Von I. BROSER, H. OESER und R. WARMINSKY

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem,
und dem Strahleninstitut der Freien Universität, Berlin

(Z. Naturforsch. 5a, 214—215 [1950]; eingeg. am 16. Februar 1950)

Das durch Röntgenstrahlen im Bereich von 40—200 kV erzeugte Leitvermögen von CdS-Kristallen wird mit dem Ionisationsstrom einer Luftkammer verglichen. Bei gleicher Strahlenqualität wurde an einer Reihe von Kristallen Proportionalität zwischen Photostrom des Kristalles und Ionisationsstrom der Luftkammer festgestellt. Dagegen ist die Wellenlängenabhängigkeit des Photostromes erwartungsgemäß eine andere als die des Ionisationsstromes, und zwar ergab sich aus Messungen mit sog. Normalstrahlungen bei etwa 130 kV Röhrenspannung ein Maximum der Empfindlichkeit des Kristalles gegenüber der Empfindlichkeit des Dosimeters.

Das Leitvermögen von Cadmiumsulfidkristallen wird bei Anregung mit Röntgenstrahlen wesentlich erhöht. R. Frerichs¹ machte erstmalig auf diese Eigenschaft der Cadmiumsulfidkristalle aufmerksam und wies besonders auf die hohe Empfindlichkeit derartiger Kristalle hin.

Später führte R. Warminsky² quantitative Messungen mit weichen Röntgenstrahlen durch. Dabei zeigte sich, daß der durch den Kristall fließende Strom bei gleicher Anregung von Kristall zu Kristall sehr unterschiedlich ist. Der Verstärkungsfaktor — das Verhältnis der transportierten zur im Kristall durch Röntgenstrahlen erregten Ladungsmenge — schwankte zwischen etwa 1 und 10⁶. Bei konstanter Härte der Strahlung stieg der Photostrom der meisten Kristalle proportional der absorbierten Röntgenenergie an.

J. Fassbender und O. Hachenberg³ untersuchten neuerdings das Leitvermögen von CdS-Kristallen im Bereich von 20 bis 65 kV Röhrenspannung. Nach diesen Messungen unterscheiden sich die Kristalle in der Wellenlängenabhängigkeit innerhalb des untersuchten Bereichs nicht wesentlich von einer Ionisationskammer.

Im folgenden werden Untersuchungen mitgeteilt, die die Wellenlängenabhängigkeit des Photostromes von CdS-Kristallen bei Anregung mit Röntgenstrahlen im Bereich von 40 bis 200 kV umfassen.

Für die Messungen wurden handelsübliche Röntgentherapieapparate der Firmen Siemens-Reiniger (Erlangen) und C. H. F. Müller (Hamburg) ver-

wendet. Die Röntgenröhren besaßen eine Wolfram-anode, der Filterwert der Röhrenwand betrug etwa 0,1 mm Cu. Zur Ermittlung der Röntgendosis in r-Einheiten diente ein Siemens-Universal-Dosimeter.

Die verwendeten Cadmiumsulfidkristalle waren beiderseitig mit aufgedampften Aluminiumelektroden versehen, die so dünn waren, daß auch die weiche Strahlung hierdurch nicht wesentlich geschwächt wurde. An die Kristalle wurden Spannungen zwischen 20 und 100 V gelegt, entsprechend einer Feldstärke von etwa 10³ bis 10⁴ V/cm.

Wie bereits erwähnt, ist bei einem großen Teil der Kristalle der bei Anregung durch Röntgenstrahlen fließende Photostrom proportional der eingestrahlten Energie, sofern die Zusammensetzung der Strahlung nicht geändert wird. Kristalle, die eine Abweichung von diesem Verhalten zeigten, wurden bei unseren Messungen nicht benutzt, da andernfalls die Abhängigkeit von der Wellenlänge der einfallenden Röntgenstrahlung in unkontrollierbarer Weise beeinflußt werden würde. Ein bei unseren Messungen benutzter Kristall hatte z. B. folgende Charakteristik: $J_{\text{Kammer}} [r/\text{min}]/J_{\text{Kristall}} [\mu\text{A}] = 4,0$ für $0 < J_{\text{Kristall}} \leq 10 \mu\text{A}$. Die Energie der Strahlung wurde durch Änderung des Abstandes Röntgenröhre—Kristall variiert und durch Messung der Luftionisation [r/min] kontrolliert.

Die Messung der Wellenlängenabhängigkeit wurde an mehreren Kristallen verschiedener Dicke durchgeführt. Unsere Meßergebnisse an einem 48 μ (23 mg/cm²) und einem 245 μ (118 mg/cm²) starken Kristall sind in Abb. 1 und 2 wiedergegeben. Einmal

¹ R. Frerichs, Naturwiss. 33, 281 [1946].

² R. Warminsky, Diss. Techn. Universität Berlin, November 1948.

³ J. Fassbender u. O. Hachenberg, Ann.

Physik 6, 229 [1949].



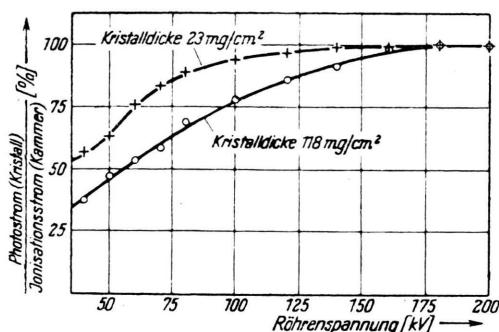


Abb. 1. Relative Empfindlichkeit des Kristalls als Funktion der Röhrenspannung bei ungefilterter Strahlung.

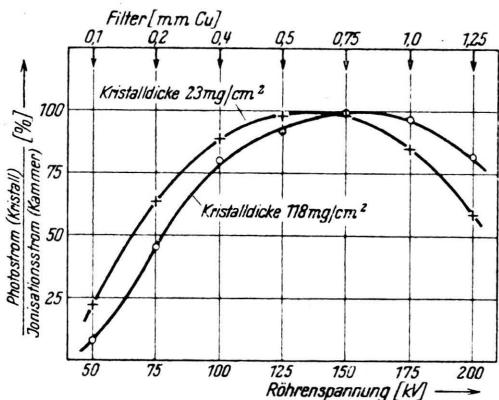


Abb. 2. Relative Empfindlichkeit des Kristalls als Funktion der Röhrenspannung bei Normalstrahlung.

(Abb. 1) waren die Kristalle bzw. die zur Vergleichsmessung benutzte Ionisationskammer direkt, ohne zusätzliche Filterung, der Röntgenstrahlung ausgesetzt; bei einer zweiten Meßreihe (Abb. 2) wurden, um einen hohen Homogenitätsgrad in der spektralen Zusammensetzung der Röntgenstrahlung zu erhalten, sog. Normalstrahlungen⁴ gewählt. In den Abbildungen ist jeweils als Abszisse die an die Röntgenröhre gelegte Spannung, als Ordinate das Verhältnis des durch den Kristall fließenden Stromes zu dem vom Dosimeter angezeigten r -Wert in % des höchsten Wertes aufgetragen.

Aus den Untersuchungen ist ersichtlich, daß die Wellenlängenabhängigkeit des Photostromes der CdS-Kristalle, wie auch zu erwarten war, nicht die gleiche ist wie die des Ionisationsstromes einer Luftkammer. Dies folgt schon aus der Tatsache, daß die Form der Meßkurven in hohem Maße von der Zusammensetzung der Röntgenstrahlen abhängt (s. Abb. 1 u. 2).

⁴ F. Wachsmann in H. Meyer u. K. Matthes, Die Strahlentherapie, Thieme-Verlag, Stuttgart 1949.

Erfolgt die Anregung ohne Filter, also mit sehr breiten Spektralbereichen, so besteht die Abweichung vom Verhalten einer Luftkammer nur darin, daß die Photoempfindlichkeit der Kristalle bei geringer Röhrenspannung relativ kleiner ist als bei hoher Spannung. Die Messungen mit der homogeneren „Normalstrahlung“ lassen dagegen bereits ein deutliches Maximum der Empfindlichkeit erkennen.

Ein Vergleich der beiden verschiedenen dicken Kristalle zeigt, daß die Lage dieses Maximums von der Schichtdicke abhängt; denn man ersieht aus den Abbildungen, daß bei einem dünnen Kristall der Photostrom nach kleineren Röhrenspannungen hin weniger absinkt als bei einem dicken Kristall, und daß das Maximum der Empfindlichkeit sich mit geringer werdender Schichtdicke immer mehr nach größeren Wellenlängen hin verschiebt.

Qualitativ lassen sich die Verhältnisse am besten verstehen, wenn man von den Eigenschaften eines dünnen Kristalles ausgeht. Bei einem solchen Kristall, der nahezu homogen erregt wird, sollte der Photostrom, ebenso wie der Ionisationsstrom der Fingerhutkammer, ein Maß für die absorbierte Strahlungsenergie sein. Das Verhältnis der in CdS und Luft absorbierten Energien hat im Gebiet der Absorptionskante des CdS ein ausgeprägtes Maximum. Die Absorptionskante des CdS liegt bei etwa 0,4 Å entsprechend einer Energie der Quanten von 30 keV. Um eine Röntgenstrahlung zu erhalten, die sich überwiegend aus Quanten dieser Energie zusammensetzt, muß die Strahlspannung sehr viel höher als 30 kV gewählt werden, so daß das Maximum der Photoempfindlichkeit des Kristalles entsprechend auch bei höheren Röhrenspannungen liegt.

Mit dieser Kristalldicke verschiebt sich das Maximum der Absorption und damit die relative Kristallempfindlichkeit nach kleineren Wellenlängen hin. Hinzu kommt, daß bei größeren Schichtdicken der Kristalle der Photostrom nicht mehr genau ein Maß für die absorbierte Energie ist. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Kristalle (bei der gewählten Elektrodenanordnung) am empfindlichsten sind, wenn die Anregungsenergie homogen über den Raum zwischen den Elektroden verteilt ist. Dies hat zur Folge, daß weiche, von CdS stark absorbierte Röntgenstrahlen weniger das Leitvermögen anregen als harte, den Kristall praktisch gleichmäßig durchsetzende Strahlen. Dieser Effekt muß um so deutlicher ausgeprägt sein, je dicker der Kristall ist, wodurch bei Kristallen größerer Schichtdicke das Maximum noch zusätzlich nach kleineren Wellenlängen hin verschoben wird.