

Krypton-Xenon-Banden

Von W. FRIEDL

Physikalisches Institut der Universität Gießen

(Z. Naturforschg. 14 a, 848 [1959]; eingegangen am 3. August 1959)

Beim Beschuß von Krypton/Xenon-Gemischen mit schnellen Elektronen (≈ 50 keV) wurde eine neue Bande beobachtet, die weder in reinem Krypton noch in reinem Xenon auftritt. Es wird vermutet, daß diese Bande von Krypton-Xenon-Molekülen emittiert wird.

Die neue Bande besitzt eine scharfe langwellige Grenze bei etwa 4950 Å und erstreckt sich bis etwa 4600 Å. Sie wurde in Kr/Xe-Gemischen, bestehend aus 90 Torr Kr + 10 Torr Xe und 90 Torr Kr + 25 Torr Xe, beobachtet. Daß diese Bande durch Verunreinigungen hervorgerufen wird, ist unwahrscheinlich, da die in Frage kommenden Verunreinigungen und Verbindungen derselben im Gebiet um 4950 Å lediglich Banden emittieren, die nach Rot abschattiert sind. Außerdem wurden Verunreinigungen in der Apparatur sorgfältig vermieden und mit reinsten Edelgasen aus Glasflaschen gearbeitet.

Die Spektrogramme (Abb. 1 *) wurden mit dem Glaspektrographen C I der Firma Huet (Paris) auf Ilford HPS-Platten aufgenommen. Die Belichtungszeiten betragen 3 min.

Mit derselben Apparatur wurde außerdem ein Argon/Xenon-Gemisch (100 Torr Ar + 5 Torr Xe) untersucht.

Dabei wurden zwei Banden bei 5500 und 5100 Å beobachtet, über die auch kürzlich JONGERIUS, VAN KOEVERINGE und OSKAM¹ berichtet haben. Diese Autoren untersuchten das negative Glimmlicht eines Ar/Xe-Gemisches, bestehend aus etwa 5 Torr Ar + 5 Torr Xe, und sprachen die Vermutung aus, daß die beiden Banden von Argon-Xenon-Molekülen emittiert werden. Abb. 2 zeigt das Spektrum, das beim Beschuß des Ar/Xe-Gemisches mit schnellen Elektronen emittiert wurde. Die Belichtungszeit betrug 10 min. Aus dem Spektrogramm ist zu erkennen, daß die kurzwelligere Bande intensiver ist als die langwelligere. Im negativen Glimmlicht¹ ist dagegen die kurzwellige Bande bedeutend schwächer als die langwellige. Die Ursachen für dieses unterschiedliche Verhalten, das offenbar auf die verschiedenartigen Untersuchungsbedingungen zurückzuführen ist, bedürfen zu ihrer Klärung weiterer Versuche. Die Beobachtung, daß im negativen Glimmlicht die gleichen Banden emittiert werden wie beim Beschuß mit schnellen Elektronen, ist darauf zurückzuführen, daß diese Anregungsmethode die Idealform des „negativen Spektrums“ liefert².

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. W. HANLE für Anregungen und Förderung der Arbeit, die u. a. zu diesen Beobachtungen führte.

* Abb. 1 und 2 auf Tafel S. 848 a.

¹ H. M. JONGERIUS, J. L. VAN KOEVERINGE u. H. J. OSKAM, *Physica* **25**, 406 [1959].

² A. E. GRÜN, *Z. Naturforschg.* **9 a**, 55 [1954].

Feste Lösungen von Bi_2Te_3 und Sb_2Te_3 als p-leitende Werkstoffe für Halbleiterthermoelemente

Von KAREL ŠMIROUS und LADISLAV ŠTOURAČ

Institut für Technische Physik

Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Prag
(Z. Naturforschg. 14 a, 848—849 [1959]; eingeg. am 2. September 1959)

Wegen der Möglichkeit der praktischen Ausnutzung für die elektrothermische Kühlung wurde den halbleitenden Verbindungen große Aufmerksamkeit gewidmet^{1—3}. In der letzten Zeit wurde in einer Reihe von Arbeiten die Tatsache gezeigt, daß die Bildung von festen Lösungen isomorpher halbleitender Verbindungen die Eigenschaften des thermoelektrischen Werkstoffes günstig beeinflußt^{4—12}.

Die Bestrebung, maximale Temperaturdifferenz bei dem PELTIER-Effekt, die von der Effektivität des Thermoelements z abhängt, zu erzielen, führte zur Herstellung halbleitender Werkstoffe, bei denen die Größe z dem Werte $3 \cdot 10^{-3}$ Grad⁻¹ nahe war. Dieses gelang insbesondere bei den p-leitenden Proben, die als Mischkristalle der Zusammensetzung $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_3$ hergestellt wurden. Die sowjetischen Arbeiten^{4—8} und die von RODOT und BENEL^{9, 10} weisen auf die günstige Wirkung der Dotierung bzw. der Störung der strengen Stöchiometrie. Aus einer festen Lösung, die 25 At.-% Bi_2Te_3 und 75 At.-% Sb_2Te_3 und einen Überschuß von ca. 4 Gew.-% Tellur enthielt, gelang es uns, polykristalline p-leitende Proben herzustellen, bei denen die Effektivität $z > 3,5 \cdot 10^{-3}$ Grad⁻¹ war.

Das halbleitende System, welches neben einem Überschuß von Te noch eine Beimengung eines Elementes der IV. Gruppe — z. B. Ge — in der Menge von

¹ P. O. GEHLHOFF, E. JUSTI u. M. KOHLER, *Abh. Braunschweig. Wiss. Ges.* **2**, 149 [1950].

² A. F. IOFFE, Energetische Grundlagen der thermoelektrischen Batterien aus Halbleiterwerkstoffen, Moskau 1950.

³ H. J. GOLDSMID u. R. W. DOUGLAS, *Brit. J. Appl. Phys.* **5**, 386 [1954].

⁴ A. F. IOFFE, S. V. AIRAPETJANZ, A. V. IOFFE, N. V. KOLOMOJEZ u. L. S. STILBANS, *Dokl. Akad. Nauk, SSSR* **106**, 981 [1956].

⁵ A. F. IOFFE, L. S. STILBANS, JE. K. JORDANISCHWILI u. T. S. STAWITZKAJA, Elektrothermische Kühlung, Moskau-Lenigrad 1956.

⁶ N. V. KOLOMOJEZ, T. S. STAWITZKAJA u. L. S. STILBANS, *Zurn. Techn. Fiz.* **27**, 73 [1957].

⁷ S. S. SINANI, G. V. KOKOSH u. G. H. GORDJAKOWA, *Zurn. Techn. Fiz.* **28**, 3 [1958].

⁸ S. V. AIRAPETJANZ u. B. A. JEFIMOWA, *Zurn. Techn. Fiz.* **28**, 1768 [1958].

⁹ H. RODOT u. H. BENEL, Solid State Physics Symposium, Brussels, June 1958. Acad. Press, Lond. (im Druck).

¹⁰ H. BENEL, C. R. Acad. Sci., Paris **247**, 584 [1958].

¹¹ U. BIRKHLZ, *Z. Naturforschg.* **13 a**, 780 [1958].

¹² K. ŠMIROUS u. L. ŠTOURAČ, *Elektrotechn. Obz.* **48**, 343 [1959].



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.

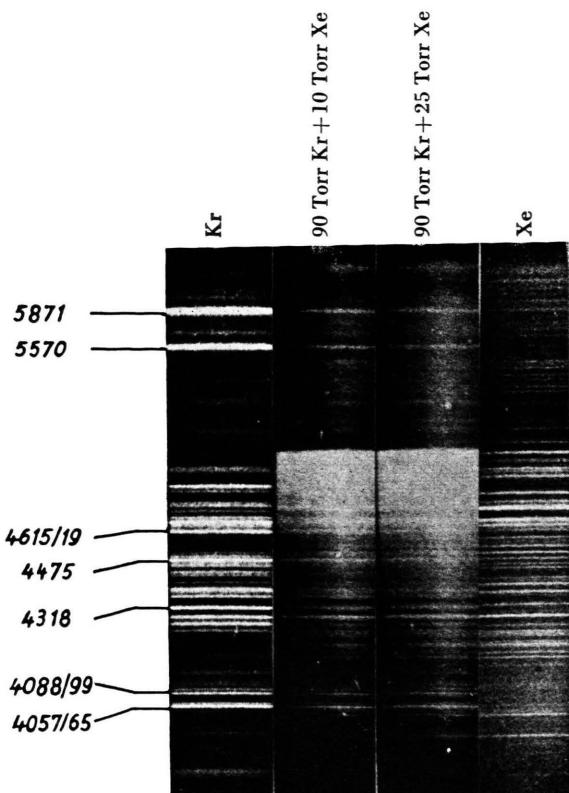


Abb. 1. Spektren von Krypton/Xenon-Gemischen.

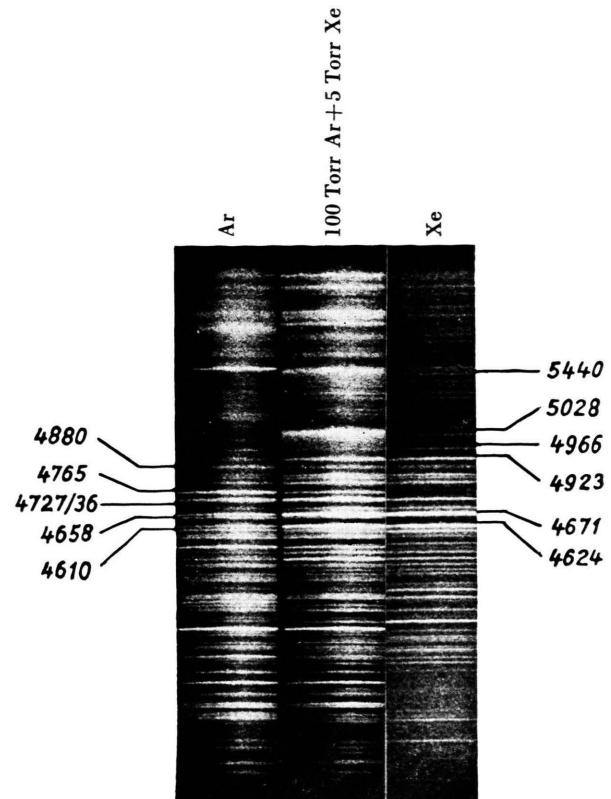


Abb. 2. Spektren von Argon/Xenon-Gemischen.

K. ŠMIROUS und L. ŠTOURÁČ, *Feste Lösungen von Bi_2Te_3 und Sb_2Te_3 als p-leitende Werkstoffe für Halbleiterthermoelemente* (S. 848).

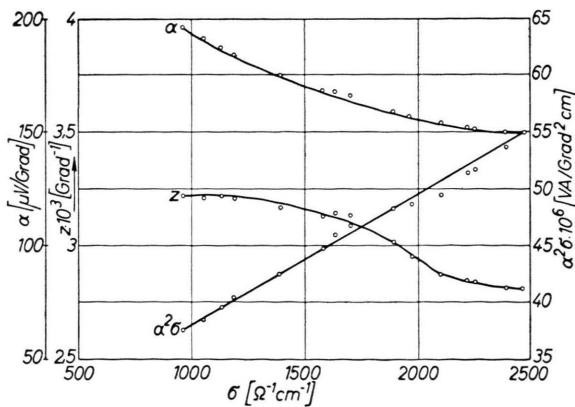


Abb. 1. Abhängigkeit der Thermokraft α , $\alpha^2 \sigma$ und der Effektivität z^+ von der elektrischen Leitfähigkeit σ .

$5 \cdot 10^{-2}$ Gew.-% enthielt, wurde nach der Herstellung weiter durch Umschmelzen in langen Graphitiegeln in einer inerten Atmosphäre (N_2 oder Ar) bearbeitet. Nach diesem Vorgange waren die Proben aus ziemlich feinen länglichen Kristallkörnern zusammengesetzt.

An solchen Proben wurden die thermoelektrischen Eigenschaften untersucht (Abb. 1*). Die experimentellen Daten der Messungen, die an den Stoffen mit der elektrischen Leitfähigkeit $\sigma = 1000$ bis $2500 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ durchgeführt wurden, zeigen, daß in diesem Bereich die Thermokraft α der Formel

$$\alpha = C - \frac{k}{e} \ln \sigma,$$

wo $C = 8,05 \cdot 10^{-4}$, gut entspricht. Bei $\sigma = 1700 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ wird die Bedingung besonders genau erfüllt. Die Effektivität, die aus entsprechenden Werten der Wärmeleitfähigkeit weiter berechnet wurde, hat bei den Proben mit der elektrischen Leitfähigkeit $\sigma = 1000$ bis $1500 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ den Wert $z^+ = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Grad}^{-1}$ erreicht.

Die Konzentration der Defektelektronen und ihre Beweglichkeit wurde aus der HALL-Konstante berechnet. Bei der Leitfähigkeit $\sigma = 1100 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ war $n_p = 2,3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ und $\mu_p = 300 \text{ cm}^2/\text{V sec}$. Der Quotient μ_p/z_G

hat also für diese thermoelektrischen Werkstoffe bei der Gitterwärmeleitfähigkeit $z_G = 8,6 \cdot 10^{-3} \text{ W}/\text{°C cm}$ den Wert $3,5 \cdot 10^4 \text{ cm}^3 \text{ °C}/\text{V}^2 \text{ A sec}$.

Maximale Werte der Effektivität der p-leitenden Proben, die nach dem beschriebenen Vorgange aus Substanzen, deren Reinheitsgrad höher als 99,99% war, hergestellt wurden, betrug $z^+ = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Grad}^{-1}$ (Tab. 1).

α [$\mu\text{V} \cdot \text{Grad}^{-1}$]	σ [$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$]	$\alpha^2 \sigma \cdot 10^6$ [$\text{VA} \cdot \text{Grad}^{-2} \cdot \text{cm}^{-1}$]	$z \cdot 10^2$ [$\text{W} \cdot \text{Grad}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$]	$z^+ \cdot 10^3$ [Grad^{-1}]
180	1530	49,5	1,41	3,50
179	1635	52,2	1,47	3,57
178	1680	53,-	1,48	3,58
177,5	1790	55,5	1,56	3,55
173,8	1780	54,-	1,55	3,48

Tab. 1. Eigenschaften der Proben $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen also die Möglichkeit einer weiteren Verbesserung der Eigenschaften der p-leitenden thermoelektrischen Werkstoffe, die auf der Basis fester Lösungen von Bi_2Te_3 und Sb_2Te_3 hergestellt sind.

* Abb. 1 auf Tafel S. 848 a.

BESPRECHUNGEN

Tabellen der Elektronenphysik, Ionenphysik und Übermikroskopie. I. Band. Von MANFRED VON ARDENNE. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1956. XIV, 614 S. mit mehreren Abb.; Preis geb. DM 74.—.

Den „Tabellen der Elektronenphysik, Ionenphysik und Übermikroskopie“ liegt ein guter Gedanke zugrunde. Der Zeitmangel des heutigen Physikers bringt es mit sich, daß er nicht in der Lage ist, alle Einzelheiten der Elektronenphysik in Originalarbeiten zu verfolgen.

Hier springt das vorliegende Buch ein: Mit einem Blick übersieht man an Hand von Formeln, Tabellen, Skizzen und zum Teil auch Abbildungen das Wesentliche über die Physik des freien Elektrons, Elektronenoptik, Möglichkeiten zur Erzeugung von Elektronen, Raumladungseinflüsse, Stromdichten, Indikation der Elektronen usw. Wertvoll sind die Zusammenstellungen über Elektronengeräte und Übermikroskopie. Im zweiten Teil sind in gleicher Weise die Daten für Ionenstrahlen zusammengestellt.

Der Experimentator wird dem Buch viel entnehmen können und gern bei praktischen Fragen danach greifen. Dem Verfasser gebührt Dank für die übersichtliche und mühevolle Arbeit, die in der Abgeschiedenheit Rußlands entstand. Historisch ließe sich manches bemerken: z. B. ist bei den Elektronenstrahlern an erster Stelle M. v. ARDENNE zitiert. Sollte man hier nicht auch an WEHNELT oder an ROGOWSKI denken? Bei den Elektronenspektrometern fehlen moderne Geräte, dagegen wird auf Seite 266 ein Elektronen-Interferometer bejubelt, mit dem weder Kohärenzlängen noch innere Potentiale ge-

messnen wurden und dessen Funktionsfähigkeit mehr als zweifelhaft ist. Ferner heißt es auf Seite 224: Elektronenbeugung an ebenen Gittern — praktisch nicht realisierbar —. Warum so pessimistisch? Inzwischen sind Elektronen-Mehrfachinterferenzen an regelmäßig hergestellten Feinspalten realisiert worden.

G. MÖLLENSTEDT, Tübingen.

Morphological Astronomy. Von F. ZWICKY. Springer-Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg 1957. IV, 300 S. mit 55 Abb.; Preis geb. DM 49,60.

Die vom Verfasser propagierte morphologische Methode strebt die Systematisierung der zur Lösung eines vorgegebenen Problems erforderlichen Denkprozesse an, mit dem Ziel, ein allgemeingültiges Schema zur Beantwortung der verschiedenartigsten Fragen zu gewinnen. Die vorliegende Monographie soll in die Prinzipien der Methode einführen und am Beispiel eines astronomischen Problemkreises ihren Nutzen unter Beweis stellen. Das Kapitel I (20 Seiten Umfang) enthält die Darstellung der grundlegenden Gedanken. In den Kapiteln II bis VII beschäftigt sich der Verfasser mit rein astronomischen Fragestellungen, die in erster Linie die Welt der extragalaktischen Nebel betreffen. Im Vordergrund steht dabei die Diskussion der in den letzten Jahren vom Autor mit den SCHMIDT-Teleskopen von Mt. Palomar gewonnenen, außerordentlich bedeutungsvollen Beobachtungsergebnisse über die Erscheinungsformen, den Aufbau, die räumliche Verteilung (Haufenbildung, Verteilung der Haufen) und die Wechselwirkungen von Galaxien. In Kapitel VIII (10 Seiten) wird einiges über „Die