

Gitterkonstante wie das γ -Eisen. Das Sauerstoffgerüst im Kupferoxydul ist aber nicht flächenzentriert wie im Spinell und im FeO , sondern raumzentriert. An den mit * bezeichneten Stellen sitzen beim Kupferoxydul die Sauerstoffionen nicht in der Fläche, sondern im Abstand $\frac{1}{2}a_{\text{Oxyd}}$ darüber und behindern sich daher nicht.

Durch diese Verschiedenheit der Orientierung der

Oxyde des Eisens und des Kupfers wird also die Existenz des flächenzentrierten Eisens im obigen Versuch weiter gesichert.

Die Untersuchungen wurden im Institut für angewandte Physik der Universität Hamburg durchgeführt. Herrn Prof. Dr. H. RAETHER danke ich für die Förderung der Arbeit. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die finanzielle Unterstützung und die Bereitstellung von Geräten.

NOTIZEN

Über die (γ, p) -Reaktion in CsJ mit der γ -Strahlung der $\text{Li}(p, \gamma)$ -441 keV-Resonanz

VON M. BORMANN UND H. NEUERT

Physikalisches Staatsinstitut, I. Institut f. Experimentalphysik, Hamburg

(Z. Naturforschg. 14 a, 922–923 [1959]; eingeg. am 7. September 1959)

Wie vor kurzem berichtet wurde^{1,2}, lassen sich in den anorganischen Szintillationskristallen CsJ(Tl), KJ(Tl) und NaJ(Tl) Impulse an sich gleicher Höhe noch nach ihrer Herkunft (α -Teilchen, Protonen- oder Elektronenimpulse) auf Grund der verschiedenen Impulsanstiege unterscheiden. Dieses Verfahren gibt also die Möglichkeit, geladene Teilchen, die im Szintillationskristall durch Kernreaktionen entstehen, gegenüber einem Untergrund von γ -Strahlung herauszufinden. Beim CsJ ist dieser Effekt besonders ausgeprägt, so daß er durch ein einfaches elektronisches Verfahren direkt die Trennung der Impulse nach Teilchensorten ermöglicht (vgl. hierzu Anm. 2). Als Anwendung der Methode wurde hier unter Verwendung der 17,6 MeV- und 14,8 MeV-Strahlung aus $\text{Li}^7(p, \gamma)$ bei 441 keV nach den Protonen der (γ, p) -Reaktion in einem CsJ(Tl)-Kristall (5 mm dick, 20 mm Durchmesser) gesucht. Diese Reaktion ist unter Verwendung derselben γ -Strahlung ebenfalls mit einem CsJ-Kristall vor kurzem von KESZTHELYI und ERÖ³, aber nach einem anderen Meßverfahren, untersucht worden. Die Verfasser mußten bei ihrem Verfahren einen starken γ -Untergrund mit in Rechnung setzen, wodurch vermutlich die Registrierung von Protonen geringer Energie gestört wurde. Das von ihnen angegebene Protonenspektrum enthält nur Protonen mit Energien oberhalb 6 MeV. Es erschien uns daher gerechtfertigt, diesen Prozeß mit dem von uns vorgeschlagenen Verfahren, bei dem gerade der starke γ -Untergrund ausgeschaltet werden kann, erneut zu untersuchen.

Die γ -Strahlung wurde in der üblichen Weise mit dem Bandgenerator des hiesigen Instituts erzeugt, wobei die Intensität der γ -Strahlung aus der bekannten Li-Target-

Dicke und der Stromstärke (bzw. Gesamtladung) ermittelt werden konnte. Die Eichung des Kristalls hinsichtlich der Protonenenergien wurde mit den Protonen der (D, D)-Reaktion vorgenommen. Insgesamt wurden als vorläufiges Meßresultat 213 Protonenspuren erfaßt. Nimmt man die Wirkungsquerschnitte für $\text{Cs}(\gamma, p)$ und $\text{J}(\gamma, p)$ wegen der praktisch gleichen Q -Werte beider Prozesse und der kaum unterschiedlichen Ordnungszahl der beiden Elemente als ungefähr gleich an, so würde sich ein $\sigma(\gamma, p)$ für die hier vorliegende Mischung von 14,8 und 17,6 MeV-Strahlung zu je $1,4 \pm 0,5 \cdot 10^{-27} \text{ cm}^2$ ergeben.

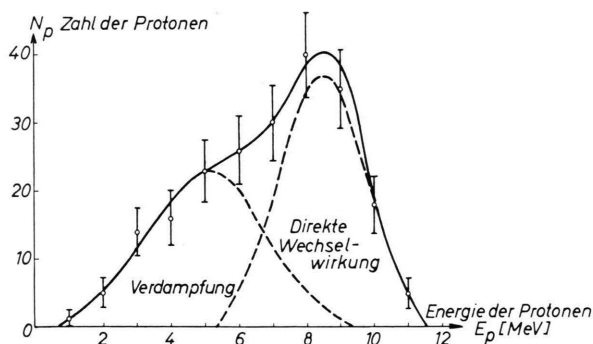


Abb. 1. Energiespektrum der Protonen aus den Reaktionen $\text{J}(\gamma, p)$ und $\text{Cs}(\gamma, p)$.

Das gefundene Protonenspektrum zeigt Abb. 1; es unterscheidet sich selbst in Anbetracht der schlechten Statistik deutlich von dem Protonenspektrum nach³. Die Protonen mit Energien oberhalb 6 MeV wurden auch hier gefunden, daneben treten aber noch Protonen mit Energien bis zu 1 MeV herunter auf. Die Herkunft der Protonen läßt sich nach den Aussagen der statistischen Theorie oder an Hand von Betrachtungen direkter Wechselwirkungen diskutieren. Um zu entscheiden, ob das gesamte Spektrum einheitlich einem Verdampfungsspektrum nach der statistischen Theorie von BLATT und WEISSKOPF⁴ entspricht, wurde in Abb. 2 in der üblichen

¹ R. S. STOREY, W. JACK u. A. WARD, Proc. Phys. Soc., Lond. 72, 1 [1958].

² M. BORMANN, G. ANDERSSON-LINDSTRÖM, H. NEUERT u. H. POLLEHN, Z. Naturforschg. 14 a, 681 [1959].

³ L. KESZTHELYI u. J. ERÖ, Nucl. Phys. 8, 650 [1958].

⁴ J. M. BLATT u. V. F. WEISSKOPF, Theoretical Nuclear Physics, Wiley, New York 1952.



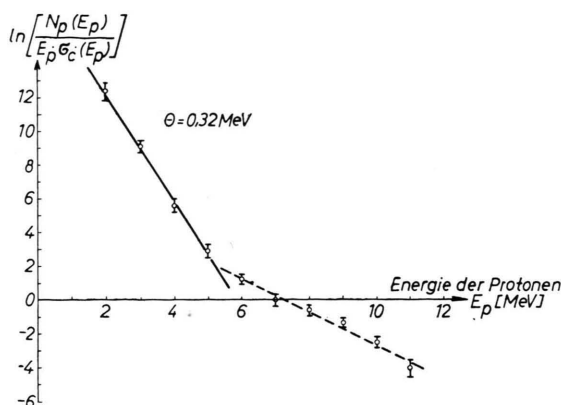


Abb. 2. Bestimmung der Kerntemperatur aus dem Protonenenergiespektrum.

Weise $\ln \frac{N(E_p)}{\sigma_c \cdot E_p}$ als Funktion von E_p aufgetragen. Dabei wurde σ_c der Tab. 4.1 von BLATT und WEISSKOPF⁴ (S. 352) entnommen. Wie man sieht, ist es nicht möglich, das gesamte Spektrum als Verdampfungsspektrum mit einer einzigen Kerntemperatur darzustellen. Es läßt sich aber sicherlich durch die Meßpunkte der Abb. 2 unterhalb 6 MeV eine Gerade legen, die einer Energieverteilung nach der statistischen Theorie mit

einer Kerntemperatur von 0,32 MeV entsprechen würde. Da nach der statistischen Theorie der Schwerpunkt der Protonenenergieverteilung gerade bei Energien von etwa 5 MeV zu erwarten ist, liegt es nahe, den unteren Teil des Spektrums als das Verdampfungsspektrum anzusehen. Auch die restlichen Meßpunkte liegen angenähert auf einer Geraden, die einer Kerntemperatur von 1,0 MeV entsprechen würde. Es ist aber wegen der schon recht hohen Ordnungszahlen von Cs und J wahrscheinlicher, daß die Protonen höherer Energie Prozessen mit direkter Wechselwirkung entstammen (siehe z. B. Anm.⁵). Eine solche Aufteilung des Spektrums ist z. B. für Ce^{140} und In^{115} von Toms et al.⁶ gemacht worden.

Mit allen Vorbehalten hinsichtlich der geringen Statistik unserer bisherigen Messungen und der Unsicherheit der theoretischen Aussagen ist eine sich gemäß Abb. 2 anbietende Aufteilung des Spektrums in Abb. 1 als mögliche Deutung eingetragen.

Herrn V. RIECH danken wir für seine Hilfe bei den Messungen mit dem Bandgenerator. Herrn Dipl.-Phys. LINDSTRÖM danken wir für zahlreiche Diskussionen. Die Geräte wurden uns freundlicherweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt.

⁵ D. H. WILKINSON, *Physica* **22**, 1039 [1956].

⁶ M. E. TOMS u. W. E. STEPHENS, *Phys. Rev.* **92**, 362 [1953].

Das Temperaturverhalten der magnetischen Suszeptibilität von InAs und InSb

VON G. RÖMELT, D. GEIST UND W. SCHLABITZ

II. Physikalisches Institut der Universität Köln

(Z. Naturforsch. **14 a**, 923–924 [1959]; eingeg. am 7. September 1959)

Die diamagnetische Suszeptibilität von *n*-InAs zeigt eine charakteristische Abhängigkeit von der Trägerzahl, die durch den Verlauf des Energiebandes bedingt ist. In Abb. 1 ist die magnetische Volumsuszeptibilität von InAs bei 90 und 300 °K aufgetragen. Die zu einer Probe gehörenden Werte liegen übereinander, da die Annahme gleicher Elektronenzahl bei den beiden Temperaturen wegen der kleinen Aktivierungsenergien der Dotierungselemente gerechtfertigt ist. Je zwei Proben enthielten S, Se, Te, Si, Ge, Sn oder Cu, eine war undotiert und eine mit Fe dotiert. Die Werte für 90 bzw. 300 °K lassen sich zwanglos durch je eine Kurve miteinander verbinden. Beide Kurven haben bei $n = 4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ein Maximum und fallen dann sehr stark ab. Dieser Verlauf läßt sich erklären durch die Annahme einer konzentrationsabhängigen effektiven Elektronenmasse bzw. ein Abweichen vom parabolischen Zusammenhang zwischen Energie und Wellenzahl.

Auffällig ist dabei das Temperaturverhalten: Der Diamagnetismus der Proben ist stets bei 90 ° größer als bei 300 °, aber der Unterschied nimmt von 3% bei

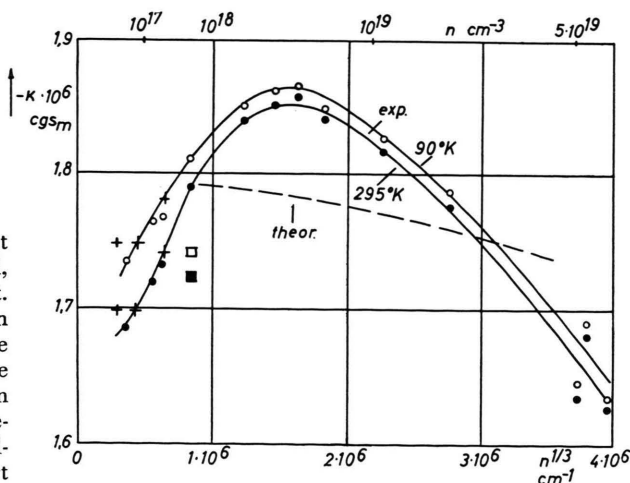


Abb. 1. Magnetische Volumsuszeptibilität von *n*-InAs in magnetischen cgs-Einheiten als Funktion der Elektronendichte. Die Kreise bezeichnen mit Se, S, Te, Sn, Si bzw. Ge dotierte Proben, die Kreuze solche mit Cu bzw. Fe. Außerdem ist ein Meßwert von BUSCH¹ angegeben (Quadrat). Die vollen Zeichen gelten für 300, die hohlen für 90 °K. Der gestrichelten Kurve liegen Überlegungen von STERN² zugrunde.

¹ G. BUSCH, *Halbleiter und Phosphore*, S. 154 (Tagung 1956), Vieweg, Braunschweig.

² F. STERN, *Bull. Amer. Phys. Soc.* **2**, 347 [1957]. — D. GEIST, *Z. Naturforsch.* **13 a**, 699 [1958].