

und zweiten angeregten Zustand findet man ebenfalls in Tab. 1, die zugehörigen Rotationskonstanten in Tab. 2. Die Differenz der Trägheitsdefekte für $v=1$ und $v=0$ ergibt den Beitrag dieser Schwingung zum Trägheitsdefekt. Er ist mit $-0,7057 \text{ AME}\text{\AA}^2$ stark negativ, was auf eine unsymmetrische Schwingung hinweist⁸. Um die Schwingungsfrequenz zu bestimmen, wurden die Intensitäten des Übergangs $1_{01}-2_{02}$ für $v=0$ und $v=1$ miteinander verglichen⁹. Danach ist $\omega = (170 \pm 15) \text{ cm}^{-1}$. Es handelt sich also zweifellos um die nichtebene Deformationsschwingung des Ringes (ring puckering), für die DÜRIG u. a. nach Messungen im IR 150 cm^{-1} angeben⁴.

Nach Tab. 2 ist die Abhängigkeit der Rotationskonstanten von der Schwingungsquantenzahl v normal, d. h. im wesentlichen linear. Eine merkliche Zickzack-Varia-

tion, wie sie etwa beim Trimethylenoxyd beobachtet wurde, ist jedenfalls bis $v=2$ nicht erkennbar². Wenn es im Potential der nichtebenen Deformationsschwingung des Ringes in der Symmetrieebene des Moleküls einen Potentialberg gibt, so muß dieser sehr klein sein und erheblich unter dem Schwingungsgrundzustand liegen.

Rotationsübergänge einer anderen isomeren Form von Diketen konnten nicht beobachtet werden.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die einem von uns ein Forschungsstipendium gewährt und uns Sachmittel zur Verfügung gestellt hat. Ebenso danken wir dem Fonds der Chemischen Industrie für Unterstützung. Die Rechnungen wurden auf der Rechenanlage Siemens 2002 der Universität Freiburg durchgeführt.

⁸ K. KUCHITSU, T. OKA u. Y. MORINO, J. Mol. Spectr. **15**, 51 [1965].

⁹ A. S. ESBITT u. E. B. WILSON, Rev. Sci. Instr. **34**, 901 [1963].

Hall-Effekt und magnetische Widerstandsänderung in Aluminium zwischen 2,5 °K und 300 °K

R. SCHENZ, K. M. KOCH und F. LIHL

Ludwig Boltzmann-Institut für Festkörperphysik und Institut für Angewandte Physik an der Technischen Hochschule Wien
(Z. Naturforschg. **22 a**, 1473—1474 [1967]; eingegangen am 27. Juli 1967)

1. Es ist seit einiger Zeit bekannt, daß die HALL-Konstante von Aluminium bei sehr tiefen Temperaturen und höheren Feldstärken ihr Vorzeichen umkehrt¹. Die bisherigen Messungen wurden jedoch nur bei einigen Fixpunkten der Temperatur (Siedepunkt von Helium, Wasserstoff und Stickstoff) ausgeführt. Nur im Bereich von Raumtemperatur bis zu 80 °K wurden Messungen auch bei Zwischentemperaturen ausgeführt, ohne daß dabei auffällige Erscheinungen beobachtet worden wären². Auf Grund der bisherigen Resultate konnte man annehmen, daß die theoretische Deutung der Umkehr des HALL-Effektes erleichtert würde, wenn Messungen bei möglichst vielen Zwischentemperaturen unterhalb 80 °K ausgeführt würden.

Zu diesem Zweck wurde ein Metallkryostat gebaut, der eine kontinuierliche Einregelung der Temperatur von 4,5 bis 300 °K erlaubt. Die Messungen von 4,2 bis zu 2,5 °K hinunter wurden in einem Glas-DEWAR durchgeführt. Auf Grund der unzulänglichen Leistung der Pumpe konnte keine tiefere Temperatur erreicht werden. Die Probentemperatur im Metallkryostaten wurde mittels eines Dampfdruckthermometers gemessen. Die Lücken im Meßbereich des Dampfdruckthermometers unterhalb 77 °K wurden mit Hilfe eines Kohlewiderstandes (ALLEN-BRADLEY-Widerstand) überbrückt. Beide Thermometer waren in die Probenhalterung eingebaut. Der Kohlewiderstand konnte mit Hilfe des Dampf-

druckthermometers während des Meßvorganges mitgeieicht werden.

2. Die nachstehend beschriebenen Messungen beziehen sich auf eine polykristalline Aluminiumfolie der Dimension $23,0 \text{ mm} \times 4,0 \text{ mm} \times 0,085 \text{ mm}$. Der Reinheitsgrad war 99,98% (Verunreinigungen: Fe, Si, Cu). Das Verhältnis $z = \rho_{293} / \rho_{4,2}$ ergab sich zu 1800. Da frühere Messungen an Aluminium-Einkristallen³ keine Anisotropie des HALL-Effektes bezüglich Kristallorientierung zeigten, konnten wir unsere Untersuchung auf eine polykristalline Probe beschränken.

Abb. 1 gibt den Verlauf der HALL-Spannung U_H als Funktion der Feldstärke, mit der Temperatur als Parameter, wieder. In dem verfügbaren Feldstärkenbereich zeigen die Kurven bei Raumtemperatur und 77 °K noch keine merkliche Krümmung. Bei 16 und 77 °K noch keine merkliche Krümmung. Bei 16 und

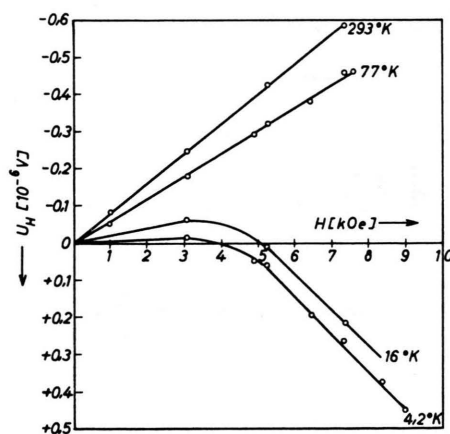


Abb. 1. Verlauf von U_H in Abhängigkeit von H für verschiedene Temperaturen.

¹ E. S. BOROVIK, Soviet Phys.-JETP **23**, 83 [1952].

² V. FRANK, Appl. Sci. Res. B **7**, 41 [1957].



4,5 °K nimmt die HALL-Spannung anfangs bei kleinen Feldstärken zu, um nach Erreichen eines Maximums abzufallen und schließlich zu Werten entgegengesetzten Vorzeichens überzugehen. Maximum und Nulldurchgang werden mit abnehmender Temperatur gegen kleinere Werte der Feldstärke verschoben. Für die HALL-Konstante ergibt sich daher bei tiefen Temperaturen (unterhalb 77 °K) eine starke Feldabhängigkeit, wie sie nach dem Zweibändermodell von SONDHEIMER⁴ und anderen durchaus verständlich wird. Der Wert der HALL-Konstanten bei 4,2 °K ($A_H = +1,6 \cdot 10^{-13}$ Vcm/AOe) bezogen auf die Feldstärke $H = 7350$ Oe zeigt, daß unsere Werte etwa um einen Faktor 5–6 von früheren Messungen^{1, 5, 6} abweichen, während die Werte bei Raumtemperatur und 77 °K mit der Literatur^{2, 7, 8} gut übereinstimmen. Dies dürfte, wie wir auch durch Messungen an einer kommerziellen Aluminiumfolie bestätigt fanden, auf eine starke Auswirkung der Verunreinigungen bei tiefen Temperaturen zurückzuführen sein.

3. In Abb. 2 wurde der Verlauf der „HALL-Konstanten“ A_H ⁹ für $H = 7350$ Oe im Temperaturbereich von 2,5 °K bis 300 °K dem der Widerstandsänderung $\Delta \rho_H / \rho_0$ gegenübergestellt.

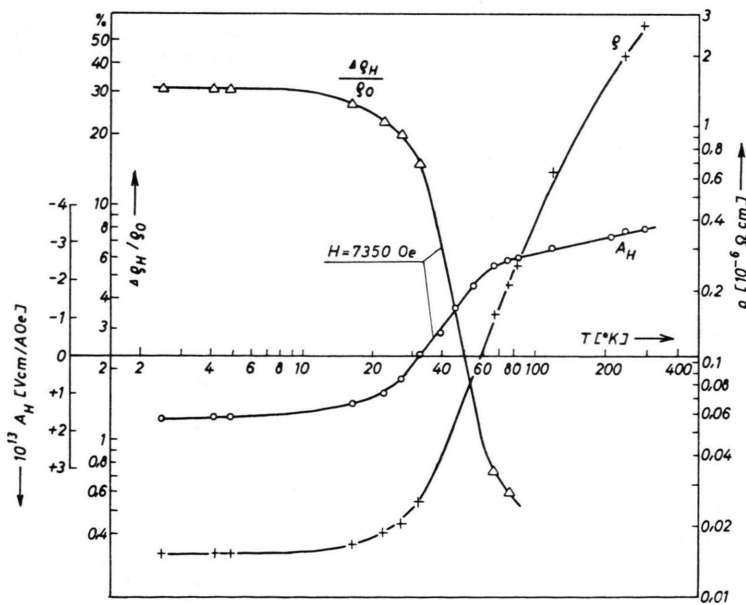


Abb. 2. Verlauf von ρ , Verlauf von $\Delta \rho_H / \rho_0$ und des HALL-Koeffizienten $A_H(H)$ für $H = 7350$ Oe in Abhängigkeit von der Temperatur.

Die (negative) HALL-Konstante nimmt im Bereich von 300 bis rund 70 °K von 3,4 bis $2,5 \cdot 10^{-13}$ Vcm/AOe ab, um dann innerhalb eines Intervalles von rund 30° auf Null abzusinken und bei tiefen Temperaturen ein positives Vorzeichen anzunehmen. Innerhalb des gleichen Intervalls steigt die magnetische Widerstandsänderung von 0,7 auf 34% an. Auch diese Erscheinung spricht für das Einsetzen einer Zweibandleitung. Auffallend ist nur, daß dieses Einsetzen einer gemischten Leitung, soweit die bisherigen Messungen zeigen, mit einer gewissen Unstetigkeit bei rund 70 °K erfolgt. Die Deutung dieser Anomalie wird wohl aufgeschoben werden müssen, bis Messungen der Thermokraft und des NERNST-Effektes an den gleichen Proben vorliegen und bis die große Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen geklärt ist.

Von PAWLEK und ROGALLA¹⁰ wurde der Verlauf des spezifischen Widerstandes von Aluminium der Reinheit 99,97 und 99,99% im gleichen Temperaturintervall gemessen. Unsere Messungen fallen ziemlich gut zwischen die von PAWLEK und ROGALLA ermittelten Kurven.

Beim Bau des Metallkryostaten und bei den dazu erforderlichen Vorversuchen hat Dr. HELMUT HEINRICH (jetzt II. Physikalisches Institut der Universität Wien) wertvolle Hilfe geleistet.

³ V. G. VOLOTSKAYA, Soviet Phys.-JETP 17, 56 [1963].

⁴ E. H. SONDHEIMER, Proc. Roy. Soc. London A 100, 435 [1947].

⁵ R. G. CHAMBERS u. B. K. JONES, Proc. Roy. Soc. London A 270, 417 [1962].

⁶ K. FORSVÖLL u. I. HOLWECH, Phil. Mag. 10, 921 [1964].

⁷ P. RAETHJEN, Phys. Z. 25, 84 [1924].

⁸ H. ALTERTHUM, Ann. Phys. Lpz. (IV) 39, 933 [1912].

⁹ Es wäre richtiger, an Stelle einer von der Feldstärke abhängigen HALL-Konstanten den Quotienten U_H/U_x zu verwenden.

¹⁰ F. PAWLEK u. D. ROGALLA, Cryogenics 6, 14 [1966].