

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  $-0,7057 \text{ AME}^2$  stark negativ, was auf eine unsymmetrische Schwingung hinweist<sup>8</sup>. Um die Schwingungsfrequenz zu bestimmen, wurden die Intensitäten des Übergangs  $1_{01} - 2_{02}$  für  $v=0$  und  $v=1$  miteinander verglichen<sup>9</sup>. Danach ist  $\omega = (170 \pm 15) \text{ cm}^{-1}$ . Es handelt sich also zweifellos um die nichtebene Deformationsschwingung des Ringes (ring puckering), für die DURIG u. a. nach Messungen im IR  $150 \text{ cm}^{-1}$  angeben<sup>4</sup>.

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

wie sie etwa beim Trimethylenoxyd beobachtet wurde, ist jedenfalls bis  $v=2$  nicht erkennbar<sup>2</sup>. 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 Forschungstipendium 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.

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

<sup>9</sup> A. S. ESBITT u. E. B. WILON, Rev. Sci. Instr. **34**, 901 [1963].

## Hall-Effekt und magnetische Widerstandsänderung in Aluminium zwischen $2,5 \text{ }^\circ\text{K}$ und $300 \text{ }^\circ\text{K}$

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

Ludwig Boltzmann-Institut für Festkörperphysik und Institut für Angewandte Physik an der Technischen Hochschule Wien  
(Z. Naturforsch. **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 umkehrt<sup>1</sup>. 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  $80 \text{ }^\circ\text{K}$  wurden Messungen auch bei Zwischentemperaturen ausgeführt, ohne daß dabei auffällige Erscheinungen beobachtet worden wären<sup>2</sup>. 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  $80 \text{ }^\circ\text{K}$  ausgeführt würden.

Zu diesem Zweck wurde ein Metallkryostat gebaut, der eine kontinuierliche Einregelung der Temperatur von  $4,5$  bis  $300 \text{ }^\circ\text{K}$  erlaubt. Die Messungen von  $4,2$  bis zu  $2,5 \text{ }^\circ\text{K}$  hinunter wurden in einem Glas-DEWAR durchgeführt. Auf Grund der unzureichenden 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  $77 \text{ }^\circ\text{K}$  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 mitgeglichen 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-Einkristallen<sup>3</sup> 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  $77 \text{ }^\circ\text{K}$  noch keine merkliche Krümmung. Bei 16 und

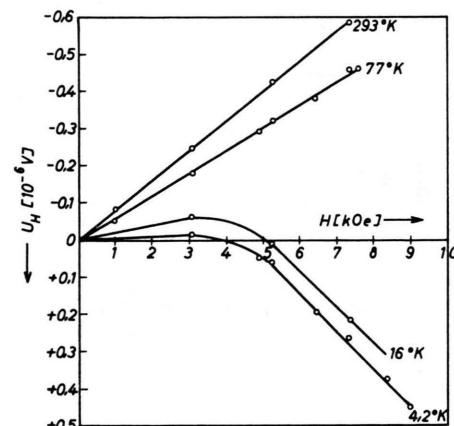


Abb. 1. Verlauf von  $U_H$  in Abhängigkeit von  $H$  für verschiedene Temperaturen.

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

<sup>2</sup> V. FRANK, Appl. Sci. Res. B **7**, 41 [1957].



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.

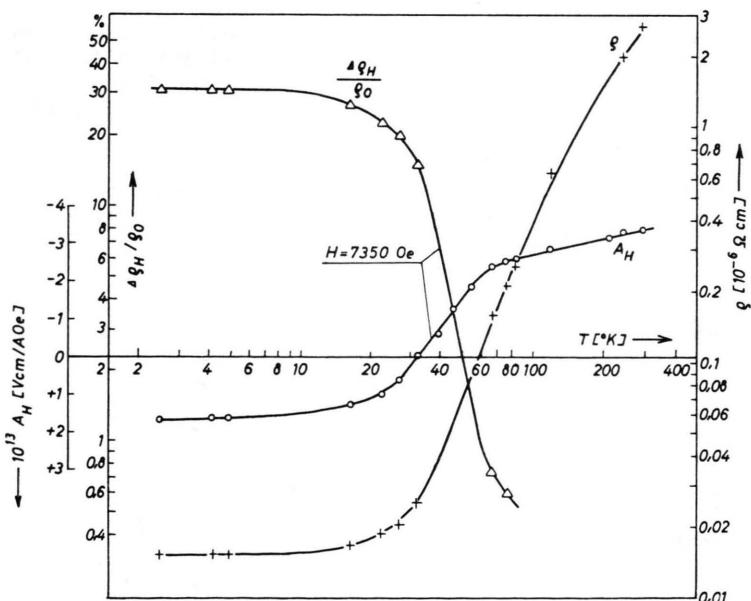
Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

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.

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 Null-durchgang 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 SONDHEIMER<sup>4</sup> und anderen durchaus verständlich wird. Der Wert der HALL-Konstanten bei 4,2 °K ( $A_H = +1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Vcm/AOe}$ ) bezogen auf die Feldstärke  $H = 7350 \text{ Oe}$  zeigt, daß unsere Werte etwa um einen Faktor 5–6 von früheren Messungen<sup>1, 5, 6</sup> abweichen, während die Werte bei Raumtemperatur und 77 °K mit der Literatur<sup>2, 7, 8</sup> 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“  $A_H$ <sup>9</sup> für  $H = 7350 \text{ Oe}$  im Temperaturbereich von 2,5 °K bis 300 °K dem der Widerstandsänderung  $\Delta\varrho_H/\varrho_0$  gegenübergestellt.



Die (negative) HALL-Konstante nimmt im Bereich von 300 bis rund 70 °K von 3,4 bis  $2,5 \cdot 10^{-13} \text{ Vcm/AOe}$  ab, um dann innerhalb eines Intervales 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 ROGALLA<sup>10</sup> 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.

Abb. 2. Verlauf von  $\varrho$ , Verlauf von  $\Delta\varrho_H/\varrho_0$  und des HALL-Koeffizienten  $A_H(H)$  für  $H = 7350 \text{ Oe}$  in Abhängigkeit von der Temperatur.

<sup>3</sup> V. G. VOLOTSKAYA, Soviet Phys.-JETP **17**, 56 [1963].

<sup>4</sup> E. H. SONDHEIMER, Proc. Roy. Soc. London A **100**, 435 [1947].

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

<sup>6</sup> K. FORSVØLL u. I. HOLWECH, Phil. Mag. **10**, 921 [1964].

<sup>7</sup> P. RAETHJEN, Phys. Z. **25**, 84 [1924].

<sup>8</sup> H. ALTERTHUM, Ann. Phys. Lpz. (IV) **39**, 933 [1912].

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

<sup>10</sup> F. PAWLEK u. D. ROGALLA, Cryogenics **6**, 14 [1966].