

nen. Es ließ sich zeigen³, daß sein Ergebnis auf einer Übersimplifikation des Problems basierte.

Daraufhin erhebt THEIMER jetzt in einer weiteren Notiz⁴ zwei neue Einwände:

1. Das Glied U_a wird diesmal ohne nähere Rechnung einfach als „unbegründet“ abgetan, da ihm „zweifellos kein Platz in der DEBYE-HÜCKELSchen Theorie zukommt“. Die Temperaturabhängigkeit von U_w wird als „merkwürdig“ bezeichnet.

2. Unsere Vernachlässigung des Ionenbeitrages zur Polarisierung der Elektronenumgebung soll eine durch oberflächliche Betrachtung verursachte unhaltbare Modifikation der DEBYE-HÜCKELSchen Theorie darstellen.

Wie wir aus dieser Kritik entnehmen, beruhen THEIMERS Schwierigkeiten^{2, 4} auf der Unkenntnis von Resultaten, die wir als wohlbekannt vorausgesetzt haben. Wir geben daher zur Klärung folgende Hinweise:

Zu 1: Die DEBYE-HÜCKELSche Theorie erfaßt stets – auch in der Anwendung auf die Elektrolyte – nur einen Teil der Wechselwirkung, zu der im allgemeinen weitere Anteile hinzutreten. In der Theorie des Plasmas ist man in diesem Sinne schon seit längerer Zeit über den Rahmen der DEBYE-HÜCKELSchen Theorie hinausgekommen. Die Zerlegung der Beschreibung in kollektive und individuelle Komponenten^{5, 6} führt zwangsläufig zu einer Aufspaltung der inneren Wechselwirkung in einen kollektiven und einen individuellen Anteil (s. z. B. Anm.⁷). Es ist dieser sehr früher^{5, 6} wohl begründete individuelle Anteil, der unser Glied U_a erfaßt. U_a steht daher keineswegs in Widerspruch mit der

DEBYE-HÜCKELSchen Theorie, sondern entspricht lediglich dem heutigen Stand unserer Kenntnis.

Die Kritik an der Temperaturabhängigkeit ($U_w \rightarrow U_a$ für $T \rightarrow \infty$) enthält zunächst überhaupt den Fehler, daß THEIMER die Temperaturabhängigkeit von α nicht berücksichtigt. Abgesehen davon stimmt gerade dieser als „merkwürdig“ kritisierte Anteil nicht nur mit der experimentellen Erfahrung, sondern auch mit den Resultaten anderer theoretischer Untersuchungen⁸ überein, die von ganz anderer Basis ausgehen und zu Ergebnissen in Übereinstimmung mit U_a gelangen.

Zu 2: Die Ionen tragen zur Polarisierung der Elektronenumgebung nicht bei, da die Lebensdauer der Ionemikrozustände groß ist gegenüber der Zeit des Ortswechsels der Elektronen. Die Ionen setzen sich daher relativ zum Elektronenaufpunkt nicht ins statistische Gleichgewicht. Daß diese Tatsache in den DEBYE-HÜCKELSchen Gleichungen nicht zum Ausdruck kommt (keine Abhängigkeit von der Aufpunktmasse), ist trivial, da diese Gleichungen unter der Voraussetzung des statistischen Gleichgewichts (POISSON-BOLTZMANN-Gleichung) hergeleitet sind. Wir hatten geglaubt, auf eine nähere Begründung dieses einfachen Sachverhaltes verzichten zu können, zumal dieser Umstand schon in dem grundlegenden Plasmaartikel von ROMPE und STEENBECK aus dem Jahre 1939⁹ ausführlich erläutert und seitdem allgemein bekannt ist.

Wir hoffen, mit diesen Hinweisen zur Klärung der Situation beigetragen zu haben.

³ G. ECKER u. W. WEIZEL, Z. Naturforsch. **12a**, 859 [1957].

⁴ O. THEIMER, Z. Naturforsch. **13a**, 568 [1958].

⁵ D. PINES u. D. BOHM, Phys. Rev. **83**, 338 [1952].

⁶ G. ECKER, Z. Phys. **140**, 274 [1955].

⁷ A. A. BROYLES, Z. Phys. **151**, 187 [1958].

⁸ A. UNSÖLD, Z. Astrophys. **24**, 355 [1948].

⁹ R. ROMPE u. M. STEENBECK, Ergebn. exakt. Naturw. **18**, 257 [1939].

Zum anomalen Temperaturverlauf des Hall-Koeffizienten von schwach p-dotiertem InAs

Von H. RUPPRECHT

Forschungslaboratorium der Siemens-Schuckertwerke,
Erlangen

(Z. Naturforsch. **13a**, 1094—1096 [1958]; eingeg. am 20. Oktober 1958)

Über die elektrischen Eigenschaften von Indiumarsenid (InAs) wurde in den letzten Jahren von verschiedener Seite ausführlich berichtet¹. Die an verhältnismäßig stark dotierten Proben erhaltenen Ergebnisse standen in guter Übereinstimmung mit bekannten theoretischen Vorstellungen. Im Gegensatz hierzu zeigten elektrische Leitfähigkeit und HALL-Koeffizient schwach p-leitender Proben ($N_A < 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) nach Untersuchungen von FOLBERTH und WEISS² einen anomalen

¹ Literaturübersicht bis 1956 siehe: H. WELKER u. H. WEISS, Group III Group V Compounds, Solid State Physics, Vol. 3, Academic Press, Inc. Publishers, New York 1956.

² O. G. FOLBERTH u. H. WEISS, Z. Naturforsch. **11a**, 510 [1956].

Temperaturverlauf. Es tritt nämlich neben dem normalen Nulldurchgang des HALL-Koeffizienten überraschenderweise ein zweiter Vorzeichenwechsel bei tieferen Temperaturen auf. Der HALL-Koeffizient bleibt bei Temperaturen unterhalb des zweiten Nulldurchgangs negativ.

In der vorliegenden Arbeit wurden die obenerwähnten Messungen von WEISS an InAs-Einkristallen wiederholt. Die verwendeten Proben hatten Abmessungen von $3 \times 4 \times 40 \text{ mm}^3$ und waren aus größeren Einkristallen ausgeschnitten. Es zeigte sich, daß der anomale Temperaturverlauf und die Lage des zweiten Nulldurchgangs des HALL-Koeffizienten weitgehend von der Oberflächenbehandlung der Proben abhängen. Leichtes Schmiegeln der Oberflächen bewirkt immer zweimaligen Vorzeichenwechsel. Durch Abätzen einer dünnen Oberflächenschicht (ungefähr 10μ) kann der zweite Nulldurchgang beseitigt werden, der HALL-Koeffizient verhält sich analog zu starker p-dotierten Proben. Dabei war es gleichgültig, ob die Ätzung mit verdünnter Salpetersäure bei 80°C oder elektrolytisch mit Perchlorsäure durchgeführt wurde.

In Abb. 1 a und 1 b sind beispielsweise die an einem



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.

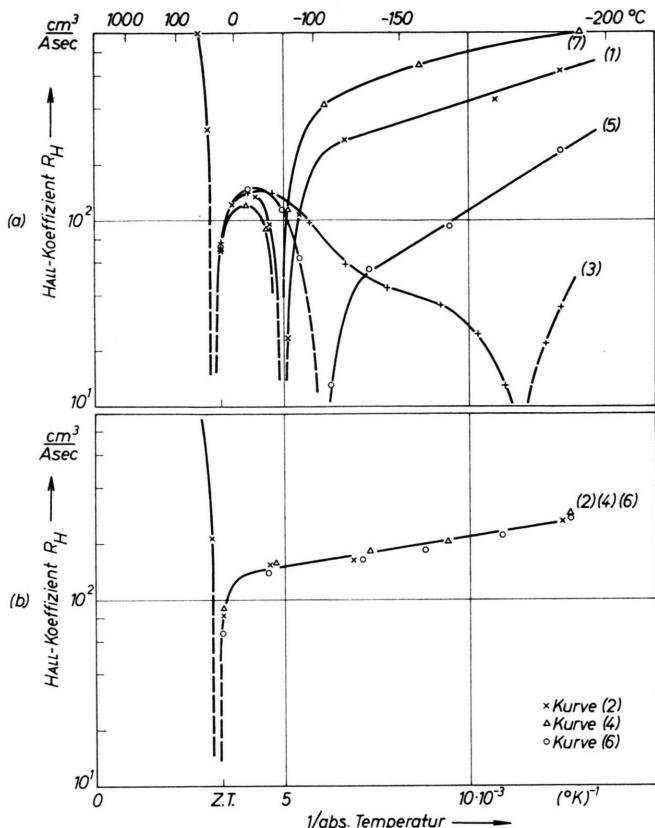


Abb. 1 a. HALL-Koeffizient eines schwach dotierten p-leitenden InAs-Einkristalls in Abhängigkeit von $1/T$. (1) : unbehandelter Kristall nach dem Sägen; (3) (5) (7) : nach dem Schmirgeln der Oberfläche.

Abb. 1 b. HALL-Koeffizient in Abhängigkeit von $1/T$ an dem gleichen Kristall gemessen. (2) : nach dem Ätzen der Oberfläche mit Salpetersäure; (4) : nach dem Ätzen mit Perchlorsäure; (6) : nach Ausheizen im Vakuum.

Die Reihenfolge der Behandlung stimmt mit den angegebenen Nummern überein.

InAs-Einkristall erhaltenen Meßergebnisse wiedergegeben. Der HALL-Koeffizient wurde in einem Magnetfeld von 10 000 Gauß gemessen. Kurve 1 zeigt den Temperaturverlauf des HALL-Koeffizienten der unbehandelten Probe nach Aussägen aus einem größeren Kristall. Der

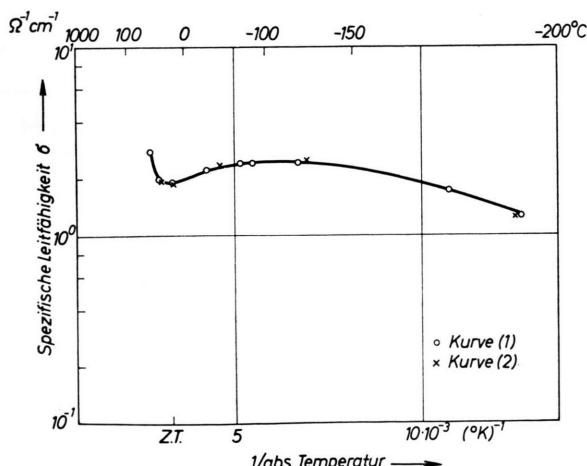


Abb. 2. Elektrische Leitfähigkeit des Kristalls aus Abb. 1. Die Meßpunkte entsprechen den Kurven (1) — (2) in Abb. 1.

HALL-Koeffizient wechselt zweimal das Vorzeichen. Nach Abätzen einer 10μ dicken Schicht mit verdünnter Salpetersäure wurde Kurve 2 gemessen. Der HALL-Koeffizient zeigt normalen Temperaturverlauf, der zweite Nulldurchgang wurde durch diese Behandlung beseitigt. Erneutes Schmirgeln der Oberfläche ergab wieder das aus Kurve 1 bekannte anomale Verhalten (Kurve 3), welches jedoch ebenfalls nach Abtragen einer 40μ starken Schicht verschwand. Die Ätzung war in diesem Fall mit Perchlorsäure auf elektrolytischem Wege durchgeführt worden (Kurve 4). Nun wurde der Kristall erneut geschmirgelt und hochglanzpoliert. Der HALL-Koeffizient wechselte wieder zweimal das Vorzeichen (Kurve 5). Daraufhin wurde der Kristall im Vakuum 10 Min. bei 600°C ausgeheizt. Auch in diesem Fall konnte der anomale Temperaturgang beseitigt werden (Kurve 6). Die polierte Oberfläche zeigte nach der Temperaturbehandlung keine wahrnehmbare Veränderung. Anschließendes Schmirgeln der Oberfläche bewirkte wie in den vorangegangenen Fällen zweimaligen Nulldurchgang des HALL-Koeffizienten (Kurve 7). Die durch das Schmirgeln hervorgerufene Rauhtiefe wurde im Lichtschnitt-Mikroskop gemessen und betrug etwa 4μ . Der HALL-Effekt war an zwei Sondenpaaren (federnd aufgedrückte Messingspitzen) gemessen worden. Die Sondenpaare hatten einen Abstand von 1 cm. Nach Ätzen oder

Ausheizen im Vakuum betragen die Abweichungen der an den zwei Stellen erhaltenen Werte maximal 20%. Die elektrische Leitfähigkeit (Abb. 2) war innerhalb der Meßgenauigkeit bei den oben angegebenen Geometrieverhältnissen unabhängig von der Oberflächenbehandlung.

Nach diesen Experimenten steht fest, daß das anomale Verhalten schwach p-dotierter InAs-Proben nur von der

Beschaffenheit der Oberfläche abhängt, und zwar sind praktisch diejenigen Flächen allein entscheidend, auf welche die HALL-Sonden aufgesetzt werden.

Den Herren Dr. H. WEISS, Dr. O. MADELUNG und TH. RENNER möchte ich für wertvolle Ratschläge bestens danken. Herr Dr. FOLBERTH stellte freundlicherweise die zu den Messungen erforderlichen Kristalle zur Verfügung.

Die Wirkung von Zugspannung auf die Remanenz von α -Eisen bei hohen Temperaturen

Von B. J. SHEPSTONE und L. ALBERTS

Physikalisches Institut der Universität des Oranje-Freistaates, Bloemfontein (Süd-Afrika)

(Z. Naturforsch. 13 a, 1096—1097 [1958]; eingeg. am 11. August 1958)

Da die dem Eisen eigentümliche magnetische Anisotropie bei Temperaturen über 600°C verschwindet, werden die Ausgangsmagnetisierungsvorgänge von α -Eisen, die bei Zimmertemperatur vornehmlich in Wandverschiebungen bestehen, bei höheren Temperaturen durch Drehungen abgelöst. Diese Schlußfolgerung wurde durch Messung der Wirkung von Zugspannung auf die Anfangspermeabilität des Eisens in dem Bereich von $600 - 700^{\circ}\text{C}$ von ALBERTS und SHEPSTONE¹ ziemlich gut unterbaut. Es wurde jedoch beschlossen, eine weitere Überprüfung dieser Schlußfolgerung vorzunehmen. Zu diesem Zweck erfolgten Remanenzmessungen an derselben Probe im bezeichneten Temperaturgebiet bei verschiedenen angewandten Zugspannungen.

Es wurden dieselben Geräte wie in den vorhergehenden Untersuchungen verwendet. Die Eisendrahtprobe von Johnson, Matthey & Co. „specpure“ Eisen wurde vertikal hängend in einen Ofen eingesetzt und zur Verhinderung von Oxydation in einer Wasserstoff-Atmosphäre gehalten. Die magnetischen Messungen wurden mit einem ballistischen Galvanometer vorgenommen. Die nötigen Zugspannungen wurden durch Anhängen von Gewichten am unteren Ende der Probe erzeugt. Eine typische Kurve für die Variation der Induktion bei Remanenz mit der angewandten Spannung wird in der Abbildung gezeigt.

Da die (111)-Magnetostriktion von Eisen oberhalb

600°C nach TAKAKI² verschwindet, kann die polykristalline Probe behandelt werden, als ob sie eine positive isotrope Magnetostriktion besäße, verursacht durch die übrigbleibende (100)-Magnetostriktion. Für magnetisches Material mit einer positiven isotropen Magnetostriktion und einem in Rotationsbewegungen bestehenden Magnetisierungsvorgang leiteten BECKER und DÖRING³ die folgenden Beziehungen ab:

$$\mu_R/\mu_0 = 1, \quad (1)$$

wo μ_0 die Anfangspermeabilität und μ_R die Permeabilität beim Remanenzpunkt ist. Die Anisotropie-Effekte können vernachlässigt werden, da sie im Vergleich zur

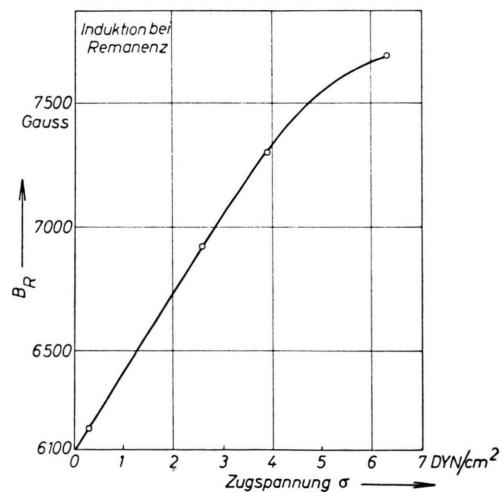


Abb. 1. Der Einfluß verschiedener Zugspannungen bei 637°C auf die Remanenz.

t in $^{\circ}\text{C}$	B_s	$\lambda \cdot 10^6$	μ_0	μ_R	μ_R/μ_0	$(\frac{d B_R}{d \sigma}) \cdot 10^5$	$\frac{9 \lambda \pi \mu_0}{2 B_s} \cdot 10^5$
611	15 520	28	1 227	1 254	1,022	3,051	3,130
637	14 760	26,6	1 338	1 343	1,003	3,297	3,403
673	12 900	22,6	1 590	1 604	1,009	3,699	3,937
741	8 527	14,5	2 895	3 041	1,051	4,051	6,961

Tab. 1.

¹ L. ALBERTS u. B. J. SHEPSTONE, Phil. Mag. 3, Nr. 31 [1958].

² H. TAKAKI, Z. Phys. 105, Nr. 92 [1937].

³ R. BECKER u. W. DÖRING, Ferromagnetismus, Springer-Verlag, Berlin 1939 (Ann Arbor Impression 1943).