

Ausheizen im Vakuum betrug 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 °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:

$$\mu_R/\mu_0 = 1, \tag{1}$$

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

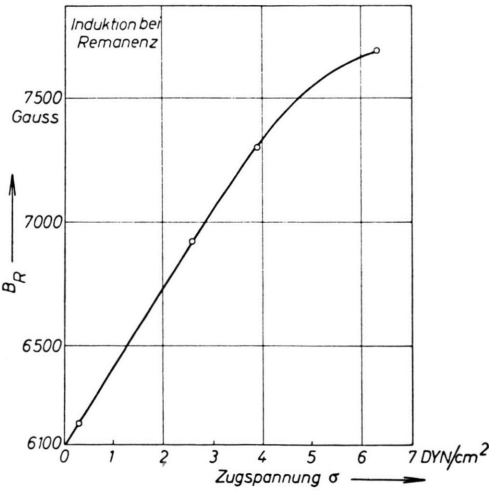


Abb. 1. Der Einfluß verschiedener Zugspannungen bei 637 °C auf die Remanenz.

t in °C	B _s	λ · 10 ⁶	μ ₀	μ _R	μ _R /μ ₀	$\left(\frac{d B_R}{d \sigma}\right) \cdot 10^5$	$\frac{9 \lambda \pi \mu_0}{2 B_s} \cdot 10^5$
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).



inneren Spannung sehr klein sind. Ferner ist

$$(dB_R/d\sigma)_{\sigma \rightarrow 0} = 9 \lambda \pi \mu_0 / 2 B_s, \quad (2)$$

wo $(dB_R/d\sigma)_{\sigma \rightarrow 0}$ die Variation der Induktionsremanenz mit der angewandten Zugspannung wiedergibt, wenn die angewandte Zugspannung sich Null nähert, und wo B_s die Sättigungsinduktion ist.

Die Gln. (1) und (2) wurden auf die folgende Weise untersucht: a) Durch Messungen von μ_0 (für $\sigma=0$), μ_R (für $\sigma=0$), B_s ; b) durch Ermittlung von $(dB_R/d\sigma)_{\sigma \rightarrow 0}$ aus Kurven wie in der Abbildung und c) durch Werte von TAKAKI² für die (100)-Magnetostriktion von Eisen. Die Resultate sind in Tab. 1 angegeben.

Für die drei Temperaturwerte zwischen 600 °C und 700 °C stimmen die theoretischen und experimentellen Werte befriedigend überein. Wenn sich aber die Temperatur dem CURIE-Punkt nähert, tritt, wie schon in der

früheren Untersuchung gefunden, eine bestimmte Abweichung zwischen Theorie und Experiment auf. Dies ist jedoch nicht ganz unerwartet, da wir keine hinreichende Kenntnis des Verhaltens der magnetischen Konstanten in diesem Bereich haben.

Es mag hervorgehoben werden, daß nach BECKER und DÖRING³ für den Fall der Wandverschiebungen statt Gln. (1) und (2)

$$\mu_R/\mu_0 = 0,364 \text{ und } (dB_R/d\sigma)_{\sigma \rightarrow 0} = 9 \lambda \pi \mu_0 / 4 B_s \text{ gilt.}$$

Diese Gleichungen stimmen bei weitem nicht mit den Versuchsergebnissen überein und zeigen an, daß die Magnetisierung im wesentlichen durch eine Rotation des Bezirktvektors entstand.

Dem S. A. Council for Scientific and Industrial Research sei für einen Zuschuß zur Beschaffung von Apparaten und ein Stipendium für einen der Autoren (B. J. S.) herzlich gedankt.

Wachstumserscheinungen an Ge-Kristallen

Von G. ZIELESEK

Physikal. Laboratorium der Robert-Bosch-GmbH., Stuttgart
(Z. Naturforsch. 13 a, 1097—1098 [1958]; eingeg. am 28. August 1958)

Bekanntlich treten auf der Oberfläche von Halbleiterkristallen, wie z. B. aus Ge, Si oder verschiedenen halbleitenden Verbindungen, die nach dem CZOCHRALSKI-Ver-

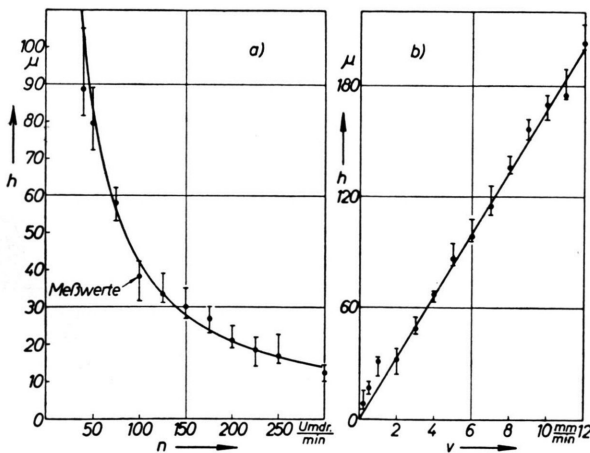


Abb. 1. Verlauf der groben Riefen auf Ge-Einkristallen nach der Schraubenrotation (theoretische Kurve $h=v/n$ und experimentelle Werte). h Ganghöhe (Riefenabstand); v Wachstumsgeschwindigkeit; n Rotation. a) $v = \text{const} = 4,2 \text{ mm/min}$; b) $n = \text{const} = 60 \text{ Umdr./min}$.

fahren aus der Schmelze gezogen werden, grobe und feine Querriefen auf, unabhängig davon, ob der Kristall mono- oder polykristallin ist. Die groben Riefen sind nun be-

dingt durch die Rotation des Kristalles oder der Schmelze während des Wachstums. Sie verlaufen spiralförmig, als ob der Kristall aus der Schmelze herausgeschraubt würde, und gehorchen der Schraubenrotation $h=v/n$, wie an zwei Beispielen in Abb. 1 gezeigt ist, wenn h die Ganghöhe (Riefenabstand), v die Wachstumsgeschwindigkeit, die beim ausschließlich vertikalen Wachstum der Ziehgeschwindigkeit entspricht, und n die Rotation sind. Rechtsrotation hat eine linksgängige, Linksrotation eine rechtsgängige Schraube zur Folge (siehe Abb. 2*). Innerhalb der groben Riefen oder auf Kristallen, die während des Wachstums nicht gedreht werden oder aber sehr langsam wachsen, treten feine Riefen mit einer Breite von der Größenordnung 10^{-5} bis 10^{-3} cm auf (siehe Abb. 3), welche auf der Abrißfläche eines aus der Schmelze gewachsenen und plötzlich herausgerissenen Ge-Kristalles als Lamellen erscheinen¹. Auf den freigelegten Grenzflächen der einzelnen Lamellen kann man an unbehandelten Oberflächen Grübchen beobachten, die einen Durchmesser von der Größenordnung 10^{-5} cm aufweisen, wie aus der elektronenmikroskopischen Aufnahme (Abb. 4) zu ersehen ist. Man kann vermuten, daß diese Grübchen auf Gitterfehlstellen in den Zwischenschichten, die zwei Lamellen voneinander trennen, schließen lassen.

Bei starker Fremdstoffkonzentration bilden sich auf dem Kristallmantel neben den Querriefen auch längs bzw. schräg verlaufende Streifen oder eine raue Oberfläche mit polykristallinem Gefüge², wenn die Verunreinigungskonzentration die Löslichkeitsgrenze überschreitet. Außerdem kann mitten im Kristall polykristal-

¹ L. GRAF, Das Lamellenwachstum der Kristalle, Z. Metallkunde 42, 336, 401 [1951].

² F. W. DEHMELT, Der Einbau von Fremdatomen in Germanium- und Silicium-Einkristallen. Vorgetragen auf der Achema in Frankfurt am 16. 5. 1955.

* Abb. 2—5 auf Tafel S. 1084 b.