

entsprechenden Temperungstemperatur sehr klein wird. Nach HELLENTHAL² wäre dies auf die CURIE-Temperaturänderung bei Temperung zurückzuführen. Hier möchten die Autoren eine andere Deutung versuchsweise vorschlagen, denn der Rückgang der Magnetisierung ist bei Ultrahochvakuumsschichten vernachlässigbar⁴.

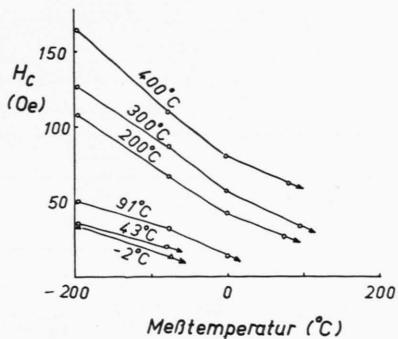


Abb. 3. Koerzitivkraft in Abhängigkeit von der Meßtemperatur. Kurvenparameter ist die Temperungstemperatur.

⁴ C. A. NEUGEBAUER, Phys. Rev. **116**, 1441 [1959].

⁵ D. SCHUMACHER, W. SCHÜLE u. A. SEEGER, Z. Naturforschg. **17a**, 228 [1962].

Beim Tempern wird sich die Schicht durch Diffundieren von Störstellen mit der Unterlage ins thermische Gleichgewicht setzen. Beim Kühlen für die Messung entsteht wegen der Differenz der Ausdehnungskoeffizienten von Unterlage und Schicht eine reversible Zugspannung. Die gemessene Kurvenneigung ($0,5 \text{ Oe}/^\circ\text{C}$) stimmt qualitativ mit dem gerechneten Wert ($1,5 \text{ Oe}/^\circ\text{C}$) überein.

Die Ordinatendifferenz der Kurven vor und nach der Temperung repräsentiert somit die irreversible Spannungsänderung durch Erholung. Die Spannung der frisch aufgedampften Schicht bei tiefer Temperatur errechnet sich zu $1 \cdot 10^9 \text{ d}/\text{cm}^2$, was unter der Annahme eines effektiven Volumens der Zwischengitteratome von 0,2 Atomvolumen (vgl. SEEGER⁵) eine Zwischengitteratomdichte von 0,8% ergibt. Wenn man berücksichtigt, daß Rekombination oder höhere Komplexe der Störstellen in der Rechnung vernachlässigt sind und deshalb die Dichte größer sein kann, besteht Einklang mit dem aus dem spezifischen Widerstand und der Reaktionsordnung entnommenen Wert¹. Hiermit lassen sich die in der Schicht vorhandene reversible und irreversible Spannung trennen diskutieren⁶.

⁶ z. B. R. W. HOFFMAN, R. D. DANIELS u. E. D. CRITTENDEN JR., Proc. Phys. Soc., Lond. B **67**, 497 [1954].

Magnetische Eigenschaften aufgedampfter Nickelschichten

Von YOSHIHIKO MIZUSHIMA und OSAMU OCHI
Electrical Communication Laboratory, Musashino-shi,
Tokyo, Japan

(Z. Naturforschg. **18 a**, 1149–1150 [1963]; eingegangen am 8. April 1963)

Reine Nickelschichten wurden unter Ultrahochvakuum von 10^{-10} Torr auf die vorher ausgeheizte und mit flüssigem Stickstoff gekühlte Glasoberfläche niedergeschlagen. Aufdampf- sowie Versuchsbedingungen sind so gewählt wie in den vorhergehenden Arbeiten^{1, 2}.

In der vorliegenden Arbeit wird zunächst der Einfluß der Schichtdicke auf die Widerstandscoerzitivkraft in Abb. 1 dargestellt (s. auch Abb. 2 in²). Die Koerzitivkraft (H_c) ist bei sehr tiefer Temperatur nicht zu messen (keine Widerstandsänderung), denn die dicke Schicht besitzt keine horizontale Domänenstruktur (Magnetisierungsrichtung in der Schichtebene, Abb. 2), und Domänenrotation findet nicht statt. Erst nach einer gewissen Temperung zeigt sich die normale Kurve wie bei dünnen Schichten, aber mit höherer Koerzitivkraft. Das Minimum ist dementsprechend nach höherer Temperatur verschoben. Diese Tendenz steht qualitativ im Einklang mit der von HELLENTHAL³ beobachteten.

¹ Y. MIZUSHIMA u. O. OCHI, Z. Naturforschg. **18 a**, 252 [1963].

² Y. MIZUSHIMA u. O. OCHI, Z. Naturforschg. **18 a**, 1148 [1963], voranstehend.

Bei dicken Schichten liegen mehr Zwischengitteratome vor als bei dünnen. Denn die Zwischengitteratome sind sehr instabil und gehen an der Oberfläche sehr leicht verloren. Die mechanische Spannung dicker

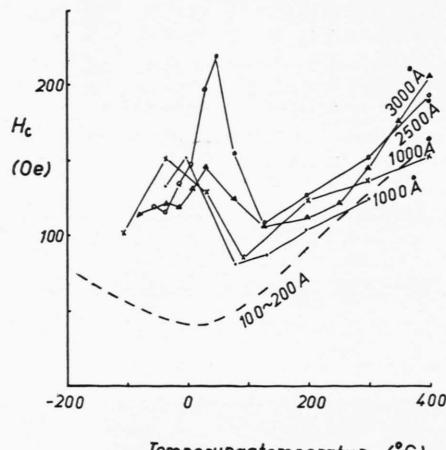


Abb. 1. Koerzitivkraft in Abhängigkeit von der Temperungstemperatur. Meßtemperatur -195°C . Zum Vergleich ist eine typische Kurve für eine dünne Schicht gestrichelt dargestellt.

³ W. HELLENTHAL, Z. Naturforschg. **14 a**, 722 [1959].



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.

Schichten und deren Koerzitivkraft werden dadurch höher, zumal bei niedriger Temperatur.

Die Berechnung der Gesamtenergie der Schichten nach KITTEL⁴ ergibt die Grenzbedingung für Eindomänenstruktur als Funktion der Schichtdicke (1), der Temperatur und der mechanischen Spannung (σ). Abb. 2 stellt die Gleichgewichtskurve der folgenden KITTELSchen Energien dar,

$$E_I = (2\sqrt{2}-1) \gamma + \sqrt{2} \gamma l (K + \frac{3}{2} \lambda \sigma),$$

$$\gamma = \pi \sqrt{2} (K + \frac{3}{2} \lambda \sigma) A, \quad A \equiv 1 \cdot 10^{-6} \text{ erg/cm},$$

$$E_{III} = (K + \frac{3}{2} \lambda \sigma) l.$$

Es ist gezeigt, daß eine 2000 Å-Schicht mit der anfänglichen großen Spannung von $10^9 \sim 10^{10} \text{ d/cm}^2$ beim Temperungsgang die horizontale Domänenstruktur annimmt, deren Spannung größtenteils in Übereinstimmung mit den besagten Eigenschaften^{1, 2} steht.

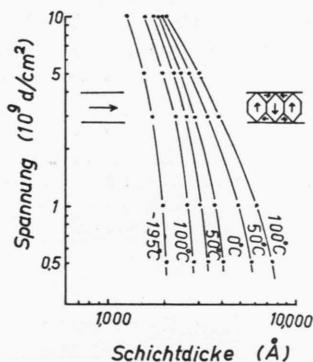


Abb. 2. Kritische Bedingungen für Eindomänenstruktur, ausgerechnet mit den KITTELSchen Formeln. Beim Energieausgleich werden die mechanische Spannung und die Temperaturänderung berücksichtigt. Die Kurve von 50 °C bzw. 100 °C entspricht der Bedingung $K \ll |\frac{3}{2} \lambda \sigma|$.

Wenn das Aufdampfvakuum nicht ausreichend ist, zeigt die Koerzitivkraft einer 100 Å-Schicht beim Tempern kein Minimum. Bei Adsorption von Luft an einer sauberen Schicht nimmt die Koerzitivkraft rasch ab (rasche Widerstandszunahme). Mit der Temperung ent-

⁴ C. KITTEL, Phys. Rev. **70**, 965 [1946].

steht dann auch kein Minimum (Abb. 3). Sauerstoff adsorbiert an Gitterdefekten, wodurch die Erholung verhindert¹ und die Oxydation beschleunigt wird. Die Adsorption entspannt die Koerzitivkraft, und das Oxyd ruft eine neuartige Spannung hervor.

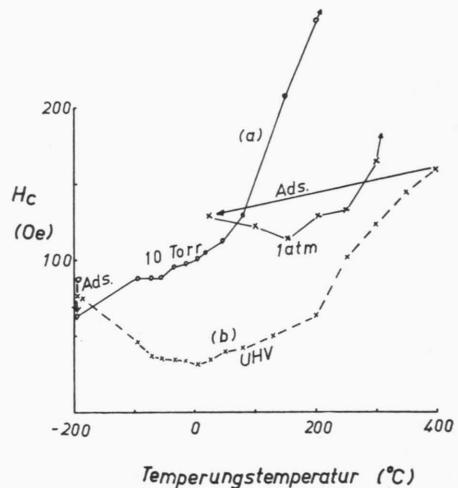


Abb. 3. Koerzitivkraft in Abhängigkeit von der Temperungstemperatur. Schichtdicke 100 Å. Meßtemperatur -195 °C. Bei der Adsorption nimmt der Widerstand zu und die Koerzitivkraft ab.

Bei getemperten Schichten ändert sich die oben genannte Koerzitivkraftänderung bei Adsorption oder Oxydation etwas weniger, da die Defekte auserholt sind. Bei Hochtemperatur-Oxydation nimmt die Koerzitivkraft sowie der Widerstand zu. Der Temperaturkoeffizient von H_c ändert sich dabei fast nicht.

Die Aufdampfbedingung für das Nichtentstehen der merkwürdigen Sauerstoffeffekte wurde innerhalb der Reproduzierbarkeit (ca. 20 Oe in H_c) bestimmt. Sie ist mit 10^{-13} bis $1 \cdot 10^{-5}$ Torr/Å/s nicht strenger als die von BEHRNDT⁵. Der Unterschied kommt wahrscheinlich dadurch zustande, daß die Luft in die ausgeheizten Glaskolben langsam durch eine Kühlzelle eingelassen wurde und deshalb wasser dampffrei war.

⁵ K. H. BEHRNDT, J. Appl. Phys. **33**, 193 [1962].