

	UO _{2,00}		UO _{2,12}		U ₃ O ₈		UC	
	— log D ₀	Q	— log D ₀	Q	— log D ₀	Q	— log D ₀	Q
Kr-85	7,7 ± 0,2	46,9 ± 1,7	6,0 ± 0,2	48,1 ± 0,5	10,0 ± 0,2	17,3 ± 0,8	—	—
Xe-133	7,6 ± 0,1	48,9 ± 0,9	6,2 ± 0,2	48,0 ± 1,5	9,6 ± 0,1	19,7 ± 0,9	3,1 ± 0,3	45,5 ± 2,3
Rn-222	—	—	—	—	11,0 ± 0,4	26,1 ± 1,7	6,9 ± 0,3	42,5 ± 1,9

Tab. 1.

dings sind die bisher veröffentlichten einschlägigen Messungen auf diesem Gebiet von mangelnder Genauigkeit, und eine weitere Prüfung des Zusammenhangs zwischen innerer Oberfläche, ermittelt durch Gasadsorption, und innerer Oberfläche, ermittelt aus Edelgasdiffusionsversuchen, erscheint wünschenswert.

Ähnliche Bedenken sind auch gegen Angaben von BELLE⁸ über die Diffusion von Kr-85 in UO₂ zu erheben. Der dort angegebene Wert von 58,5 kcal Mol⁻¹ für die experimentelle Aktivierungsenergie oberhalb 1150 °C erscheint unwahrscheinlich.

⁸ J. BELLE, 2. UN-Conf., Geneva 1958, paper 2404.

⁹ R. T. SANDERSON, J. Inorg. Nucl. Chem. 7, 288 [1958].

3. Wie aus Tab. 1 hervorgeht, ändern sich die Aktivierungsenergien praktisch nicht mit dem Atomradius im Falle Krypton und Xenon (auch Helium in UO₂ zeigt mit 46 kcal Mol⁻¹ den gleichen Wert⁸). Dagegen steigt die Aktivierungsenergie der Diffusion in U₃O₈ beim Übergang von Xenon zu Radon. Nach neueren Annahmen⁹ sind die Atomradien: Kr: 1,89 Å; Xe: 2,08 Å; Rn: 2,14 Å.

Wir danken dem Schwedischen Rat für Atomforschung für Unterstützung, der Metallurgie-Abteilung des AERE, Harwell, für Überlassung des Urankarbidpräparates.

Zur Frequenzabhängigkeit der im magnetischen Wechselfeld gemessenen Koerzitivkraft von dünnen Nickel-Aufdampfschichten

VON WOLFGANG HELLENTHAL

Physikalisches Institut der Universität Münster (Westf.)
(Z. Naturforsch. 14 a, 1077–1078 [1959]; eingeg. am 29. Oktober 1959)

Betrachtet man die Schichtdickenabhängigkeit der Koerzitivkraft dünner Schichten, so ergibt sich im Dickenbereich unter etwa 10³ Å ein Koerzitivkraftanstieg über die Werte des kompakten Materials (Literatur s. MAYER¹; vgl. auch zit. Arbeiten^{2–5}). Diese Erscheinung ist nach KITTEL⁶ durch das Auftreten von Eindomänenbereichen zu erklären. Im Schichtdickenbereich zwischen einigen hundert Å und etwa 100 Å findet man dann ein Maximum der Koerzitivkraft mit einem anschließenden Abfall nach der Seite dünner Schichten hin. Dieser Koerzitivkraftrückgang könnte nun durch die infolge Schichtdicken- (bzw. Teilchenkleinheits-) Effekt erniedrigte spontane Magnetisierung und im Zusammenhang damit auch durch die hierdurch zu erwartende Verringerung der ferromagnetischen Anisotropiegrößen verursacht oder auch zum Teil durch Zeiteffekte (Schwankungserscheinungen⁷) bedingt sein (Diskussion dieser Frage vgl. eine frühere Arbeit⁵). Um nun den Versuch einer Trennung dieser Einflüsse zu unternehmen, wur-

den Messungen der Frequenzabhängigkeit der Koerzitivkraft bei Wechselfeldmagnetisierung vorgenommen⁸.

Da eine direkte Messung der Magnetisierungskurven sehr dünner Schichten im Wechselfeld schwierig ist und bereits bei 60 Hz einen erheblichen Aufwand erfordert⁹, wurde versucht, die Methode der elektrischen Widerstandsänderung im Magnetfeld zu verwenden. Die Möglichkeit, dieses Verfahren zur Koerzitivkraftbestimmung heranzuziehen, wurde bereits von ITTERBEEK und Mitarb.¹⁰, sowie bei Untersuchungen des Verfassers an Nickel- und Eisen-Aufdampfschichten^{3, 5} und von REIMER¹¹ an elektrolytisch niedergeschlagenen Schichten ausgenutzt, wobei in allen Fällen die Widerstandskurven mit dem Galvanometer punktwise aufgenommen wurden.

Die hier benutzte Methode verwendet die longitudinale Widerstandsänderung im Magnetfeld, d. h. Stromverlauf parallel zur Feldrichtung (vgl. Abb. 1). Die Magnetisierungsspule kann im Frequenzbereich von 30 Hz bis 10 kHz (begrenzt durch die verfügbare Verstärkereinrichtung) betrieben werden. Dabei wird stets die gleiche Aussteuerung eingestellt. Die Probenspeisung zur Widerstandsmessung erfolgt mit konstantgehaltenem Gleichstrom. Die sich infolge der Widerstandsänderung ergebenden Spannungsschwankungen zwischen den Enden der Probe werden oszillographiert. In Abb. 1 ist die vereinfachte Schaltung der Meßanordnung dargestellt. Die Abb. 2 zeigt das Oszillogramm des an einer

¹ H. MAYER, Physik dünner Schichten, Bd. II, Stuttgart 1955.

² L. REIMER, Z. Naturforsch. 11 a, 649 [1956].

³ W. HELLENTHAL, Dissertation, Münster 1956.

⁴ W. RUSKE, Ann. Phys., Lpz. (7) 2, 274 [1958].

⁵ W. HELLENTHAL, Z. Naturforsch. 14 a, 722 [1959].

⁶ C. KITTEL, Phys. Rev. 70, 965 [1946].

⁷ L. NÉEL, Ann. Géophys. 5, 99 [1949].

⁸ W. HELLENTHAL, Phys. Verh. 9, 214 [1958].

⁹ E. C. CRITTENDEN JR., A. A. HUDIMAC u. R. I. STROUGH, Rev. Sci. Instrum. 22, 872 [1951].

¹⁰ A. VAN ITTERBEEK, R. LAMBEIR, B. FRANKEN, G. J. VAN DEN BERG u. D. A. LOCKHORST, Physica (Haag) 18, 137 [1952].

¹¹ L. REIMER, Z. Naturforsch. 12 a, 558 [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 digitalized 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.

Nickelaufdampfschicht gemessenen Widerstandseffektes bei Wechselfeldmagnetisierung. Die Ermittlung der Koerzitivkraft erfolgt durch Ausmessung der Lage der Minima der Kurven auf dem Schirm des Oszillographen, wobei für die Berechnung der Werte der Widerstandskoerzitivkraft die bekannte horizontale Aussteuerungsamplitude zugrunde gelegt wird.

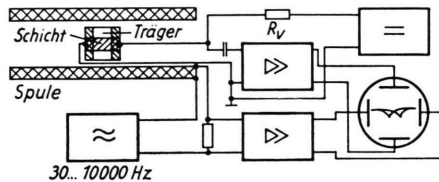


Abb. 1. Vereinfachtes Prinzipschaltbild der Meßanordnung zur Bestimmung der Widerstandskoerzitivkraft im Wechsel-feld.



Abb. 2. Oszillogramm des Widerstandseffektes bei einer dünnen Nickelschicht.

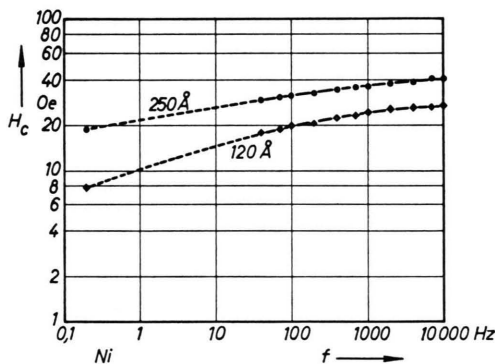


Abb. 3. Frequenzabhängigkeit der Koerzitivkraft an zwei Nickel-Aufdampfschichten verschiedener Dicke.

Das vorstehend beschriebene Verfahren wurde nun verwendet, um an Nickel-Aufdampfschichten die Frequenzabhängigkeit der Koerzitivkraft zu messen. Die Herstellung der Schichten (Dicken im Bereich von 80 bis 400 Å) erfolgte durch Aufdampfen auf Glasträger (Trägertemperatur 200 °C), die vorher mit eingebrannten Glanzgoldkontakten versehen worden waren. Nach erfolgter Nickelbedampfung wurden die Schichten noch mit einer SiO-Schutzschicht überdeckt.

Die nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren an einer Reihe von Schichten ausgeführten Messungen

ergaben im Frequenzbereich von 30 Hz bis 10 kHz jeweils zunächst einen Koerzitivkraftanstieg, der dann am oberen Ende des hier erfaßten Frequenzbereiches wesentlich schwächer wird, wie das aus den in Abb. 3 dargestellten Meßwerten an zwei Schichten verschiedener Dicke entnommen werden kann. Der Kurvenverlauf an den anderen untersuchten Proben war qualitativ ähnlich, wenn auch die einzelnen Meßpunkte bei anderen Absolutwerten der Koerzitivkraft lagen. Nach der Seite großer Meßzeiten (kleine Frequenzen) hin ist ein Anschluß an die jeweils geringeren Werte, die man mit der üblichen Anordnung mit Brückenschaltung und Galvanometer erhält, möglich, wenn man diese „statischen“ Messungen als Wechselfeldbetrieb bei einer Frequenz von etwa 0,1 bis 0,2 Hz ansetzt. In diesem Falle liegt der „statische“ Meßpunkt auf der (gestrichelten) Verlängerung des Kurventeiles, der im unteren Frequenzbereich gemessen wurde.

Ein systematischer Unterschied bei Proben verschiedener Dicke tritt insofern in Erscheinung, als bei den niedrigen Meßfrequenzen die dünneren Schichten eine stärkere Frequenzabhängigkeit zeigen als die dickeren Schichten. Dies kann gedeutet werden, wenn man das Vorliegen von Zeiteffekten (thermischen Schwankungen) annimmt, die eine Erleichterung der Ummagnetisierung der Proben zur Folge haben, was sich um so stärker auswirkt, je größer die Meßzeit wird. Aus dem Verhalten am oberen Ende des erfaßten Frequenzbereiches kann jedoch geschlossen werden, daß zunächst die einer Ummagnetisierung entgegenstehende Drehungshemmung mit abnehmender Schichtdicke zurückgeht (im hier untersuchten Dickenbereich unter etwa 300 Å). Dies könnte als Folge einer Verringerung der Kristallenergie angesehen werden, denn nach Messungen der CURIE-Temperaturen an Schichten gleicher Herstellungsbedingungen¹² tritt hier eine Erniedrigung der spontanen Magnetisierung auf. Die Auffassung, daß die Kristallenergie bei den untersuchten Proben die wesentliche Koerzitivkraftursache ist, ergibt sich aus der Messung der Temperaturabhängigkeit der Koerzitivkraft an solchen Schichten (vgl. Anm. 5).

Damit folgt aus den vorstehend beschriebenen Messungen, daß bei der Deutung der an dünnen Schichten gewonnenen Koerzitivkraftwerte neben der Frage der (im Zusammenhang mit der verringerten spontanen Magnetisierung) veränderten Anisotropiegrößen auch noch ein überlagerter Einfluß von Zeiteffekten zu berücksichtigen ist, der je nach dem verwendeten Meßverfahren (Meßzeiten) verschieden groß sein kann.

Herrn Prof. Dr. E. KAPPLER möchte ich für das dieser Arbeit entgegengebrachte Interesse und die Bereitstellung von Institutsmitteln danken.

¹² W. HELLENTHAL, Z. Naturforschg. **13a**, 566 [1958].