

bung entsprechende Anfangsenergie besitzt. Der größte Teil der Ionen hat danach Energien unter 10 eV^1 . Darüber hinaus aber sieht man, daß auch höhere Ionenenergien bis über 50 eV noch recht häufig auftreten. Bei größeren Intensitäten des primären Hg-Ionenstromes und damit verbundener größerer Empfindlichkeit der Anordnung kann man darüber hinaus Ionenenergien bis 200 eV einwandfrei nachweisen.

Die Untersuchung der Energieverteilung der als Neutralteilchen zerstäubten Atome erfordert ihre Ionisierung vor dem Target, die durch einen parallel zur Targetoberfläche in den Stoßraum eintretenden Elektronenstrahl in gleicher Weise wie die Ionisierung des Restgases erfolgte. Abb. 4 zeigt die Ergebnisse solcher Messungen. Es sind hier die Massen-Linien 28 und 27 wiedergegeben. Die Masse 28 entspricht den durch

Elektronenstoß ionisierten Restgasanteilen CO und N_2 . Bei $1\text{ }\mu\text{A}$ Elektronenstrom ist diese Linie wegen der Energiehomogenität der Ionen relativ schmal (a), bei $6\text{ }\mu\text{A}$ Elektronenstrom (b) ist sie aber schon so intensiv, daß Zählrohr und Schreiber übersteuert sind, und eine starke Verbreiterung des Fußes auftritt.

Die Masse 27 entspricht den zerstäubten neutralen Al-Atomen, die nachträglich durch Elektronenstoß ionisiert wurden. Bei der Beurteilung der Breite dieser Linien in Abb. 4 b sind zum Vergleich die etwa intensitätsgleichen Linien von 28 aus Abb. 4 a bzw. 2 heranzuziehen. Ein Vergleich der Linie 27 in Abb. 4 b mit der Linie für die direkt als Ionen zerstäubten Teilchen (Abb. 3) zeigt, daß die Energieverteilung in beiden Fällen einen im wesentlichen gleichen Verlauf aufweist.

Theorie der Schattenbildung von Versetzungslinien in Röntgen-Durchstrahlungsdiagrammen

Von K. KAMBE

Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft,
Berlin-Dahlem *

(Z. Naturforsch. **18 a**, 1010–1011 [1963]; eingegangen am 4. Juli 1963)

Von BORRMANN¹ und anderen Autoren ist gezeigt worden, daß man in den RÖNTGEN-Strahlreflexen nahezu vollkommener Kristalle (Ge, Si) Versetzungslinien beobachten kann. In den streifenförmigen Reflexen, die wegen der anomalen Durchlässigkeit im Falle der Interferenz entstehen, erscheinen Schattenbilder der Versetzungen. Diese zeigen charakteristische Hell-Dunkel-Strukturen.

Zur Erklärung dieser Schattenabbildung muß man die dynamische Theorie der RÖNTGEN-Strahlinterferenzen auf verzernte Kristalle anwenden. PENNING und POLDER² haben unter Annahme von sehr geringen Gitterverzerrungen eine Art von geometrischer Optik der RÖNTGEN-Wellenfelder entwickelt, um die von BORRMANN und HILDEBRANDT³ beobachteten gekrümmten Strahlwege bei schwach verformten Kristallen zu erklären. In einer demnächst erscheinenden Arbeit wird vom Verfasser bewiesen, daß sich die der Theorie von PENNING und POLDER zugrunde liegenden Postulate durch eine asymptotische Annäherung aus den MAXWELLSchen Gleichungen ableiten lassen.

Es könnte zunächst scheinen, daß man die PENNING-POLDERSche Theorie auf die oben erwähnte Schattenabbildung von Versetzungen im Durchstrahlungsfall nicht anwenden dürfte. Denn, im Gegensatz zum Fall von BONSE⁴, der die Versetzungsbilder im BRAGG-Fall und nicht im LAUE-Fall beobachtet, wird ein großer Teil der Strahlung in der unmittelbaren Nachbarschaft

der Versetzungslinie gestreut, wo die Gitterverzerrung sicher nicht gering ist. Nach der neuen Theorie des Verfassers kann man jedoch, um die Wirkung der Gebiete mit stärkerer Verzerrung zu berücksichtigen, zu höheren Näherungen übergehen. Im folgenden werden Ergebnisse einer Anwendung der Methode von PENNING und POLDER auf die Schattenabbildung von Versetzungen mitgeteilt. Es handelt sich im obigen Sinne um eine Erprobung eines ersten Näherungsschrittes.

Bei der Rechnung wurden für die Gitterverzerrung in der Umgebung einer Versetzung die Formeln benutzt, die von READ⁵ unter der Annahme eines elastisch-isotropen Verhaltens des Kristalls berechnet wurden. Die nach der PENNING-POLDERSchen Methode gewonnene Differentialgleichung, die *formal* so aussieht, wie die *relativistische* Bewegungsgleichung eines geladenen Teilchens in einem elektromagnetischen Feld, wurde numerisch mit einem elektronischen Rechner gelöst.

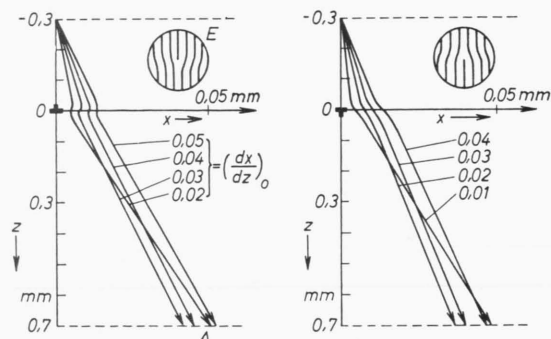


Abb. 1. Einige der Strahlwege im Strahlenfächer der (220)-Reflexion von Germanium, die infolge der Gitterverzerrung in der Nähe einer Versetzungslinie gekrümmt verlaufen. E Eintrittsfläche, A Austrittsfläche.

* Abt. Prof. Dr. K. MOLIÈRE.

¹ G. BORRMANN, W. HARTWIG u. H. IRMLER, Z. Naturforsch. **13 a**, 423 [1958]. — G. BORRMANN, Phys. Bl. **15**, 508 [1959].

² P. PENNING u. D. POLDER, Philips Res. Rep. **16**, 419 [1961].

³ G. BORRMANN u. G. HILDEBRANDT, Z. Phys. **156**, 189 [1959].

⁴ U. BONSE, Direct Observations of Imperfections in Crystals, Interscience Publishers, New York 1962, p. 431; Z. Naturforsch. **18 a**, 421 [1963].

⁵ W. T. READ, Dislocations in Crystals, McGraw-Hill, New York 1953, S. 116.



Abb. 1 zeigt die Resultate für die einfachsten Fälle. In einer Platte von Ge (Dicke 1 mm) mit (111)-Oberflächen entsteht durch eine (220)-Reflexion von $\text{CuK}\alpha_1$ -Strahlen ein Strahlenfächer, der senkrecht zur Oberfläche liegt (symmetrischer LAUE-Fall). Eine Stufenversetzung liegt parallel zur Oberfläche und senkrecht zum Strahlenfächer. Der BURGERS-Vektor $\frac{1}{2}\langle 110 \rangle$ liegt senkrecht zur reflektierenden (220)-Netzebene. Wegen der Symmetrie wird nur die rechte Hälfte des Fächers eingezeichnet, die eine merkliche Krümmung haben. Um die Verbiegung zu verdeutlichen, wurde der Maßstab der Abszisse 10-fach vergrößert. Die Strahlen ge-

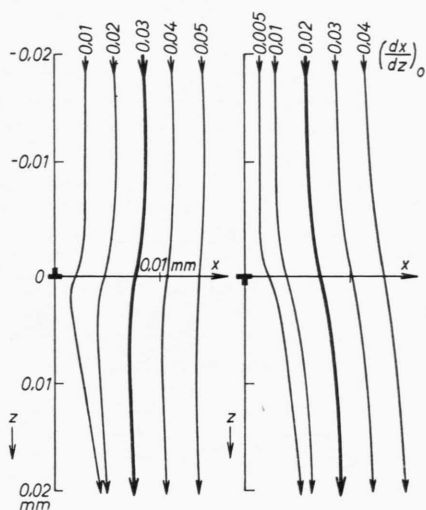


Abb. 2. Einzelheiten der Strahlwege in der Nähe der Versetzung.

hören zu Wellenfeldern, die wegen des BORMANN-Effektes anomal schwach absorbiert werden. Die Skizzen in den oberen Teilen der Abbildungen geben die Lage der überschüssigen Atomebene an, die an der Versetzungslinie endet. Man sieht, daß trotz des unterschiedlichen Kurvenverlaufs in den beiden Fällen, die gesamte Wirkung der Versetzung auf die Strahlen stets *abstoßend* ist. Die Strahlen, die der Versetzungslinie sehr nahe kommen, werden stärker abgelenkt. Infolgedessen entsteht hinter der Versetzung ein Schattenbereich, der durch die Enveloppe der Strahlen (Kauistik) begrenzt wird. In diesen Schattenbereich kann kein Strahl eindringen.

Abb. 2 zeigt die Details des Strahlengangs in der Nähe von Versetzungen, und zwar im realen Maßverhältnis zwischen x und z . Die Strahlen, die durch dicke Linien gekennzeichnet sind, gelangen an die Schattenkante auf der Austrittsfläche (s. Abb. 1). Man sieht, daß diese Strahlen ziemlich weit von der Versetzung entfernt bleiben (Minimalabstand etwa 8μ) und verhältnismäßig schwach gebogen sind. Man kann deshalb vermuten, daß die Methode von PENNING und POLDER für diese Strahlen noch eine gute Näherung gibt.

Die Strahlen, die noch näher an die Versetzung herankommen, erleiden stärkere Verbiegungen. Zur Berechnung der Wege dieser Strahlen sind wahrscheinlich höhere Näherungen der Theorie erforderlich. Sie spielen aber sicher keine Rolle für die Entstehung der Schattenkante auf der Austrittsfläche.

Unsere Resultate zeigen, daß die Schattenabbildung zumindest qualitativ durch die PENNING-POLDERSche Theorie gedeutet werden kann. Für die Berechnung der Intensitätsverteilung in der Nähe der Schattenkanten, über die später berichtet wird, sind die höheren Näherungen der Theorie des Verfassers anzuwenden.

Magnetostraktion und Koerzitivfeldstärke einiger Fe-Si-Cr- und Fe-Si-Co-Legierungen

VON KURT-HANS V. KLITZING *

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (Z. Naturforsch. **18 a**, 1011–1012 [1963]; eingegangen am 13. Juli 1963)

Nachstehend werden einige bereits vor Jahren im Zuge einer größeren Untersuchung erhaltene Meßergebnisse an ternären Fe-Si-Legierungen mitgeteilt. Durch sie wird experimentell bestätigt, daß man bei konstantem Eisengehalt von 75 At.-Proz. — ausgehend von der Verbindung Fe_3Si — analog den Fe-Si-Al-Legierungen vom Typ Sendust^{1,2} — mit fortschreitender Substitution des Si auch durch andere Zusätze (an Stelle von Al), wie Co oder Cr, eine Vorzeichenumkehr der Magnetostraktion und ein relatives Minimum der Koerzitivfeldstärke erreichen kann.

Die Legierungen wurden im Hochfrequenzofen aus einem Ausgangseisen mit 0,2% C erschmolzen und zu 6 mm dicken Rundstäben vergossen, danach bei 1000°C im Vakuum 2 Stunden lang geglüht und langsam im Ofen abgekühlt. Die Magnetostraktion wurde mit Hilfe eines Drehspiegels (Röllchenmethode) gemessen, die Koerzitivfeldstärke mit einem astatischen Magnetometer.

Von den erhaltenen Ergebnissen gibt Abb. 1 zunächst Meßwerte der Längsmagnetostraktion binärer Fe-Si-Legierungen bei einer äußeren Feldstärke von 280 A/cm wieder. Die miteingetragenen früheren Meßwerte von SCHULZE³ geben den Anschluß zu niedrigen Si-Konzentrationen. In der Nähe der Verbindung Fe_3Si konnten wegen der hier besonders hohen Sprödigkeit und Rissigkeit der Proben keine genauen Werte erhalten werden. Auf die Eintragung von Meßpunkten wurde deshalb an dieser Stelle verzichtet. — In Abb. 2

* Braunschweig.

¹ H. MASUMOTO, Sci. Rep. Tôhoku K. Honda Anniversary, Vol. 1936, p. 389.

² A. S. ZAIMOVSKY u. I. P. SELISSKY, J. Phys. (Moskau) **4**, 563 [1941].

³ A. SCHULZE, Z. Phys. **52**, 490 [1928].