

Diss. Nr. 4174

Die magnetische Suszeptibilität von Bi und Bi-Sb-Legierungen

Abhandlung
zur Erlangung
der Würde eines Doktors der
Naturwissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

LEO WEHRLI

dipl. Phys. ETH
geboren am 26. 12. 1937
von Zürich und Aarau

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. G. Busch, Referent
Prof. Dr. W. Baltensperger, Korreferent

Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York
1968

Die magnetische Suszeptibilität von Bi und Bi-Sb-Legierungen

L. WEHRLI

Laboratorium für Festkörperphysik
der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

Eingegangen am 15. Juli 1968

Magnetic Susceptibility of Bi and Bi-Sb-Alloys

We have measured and discussed the field independent magnetic properties of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ alloys for the concentration range $0 \leq x \leq 0,4$. The observed transitions from the semimetal to semiconductor phase at about 7 At.-% Sb and from the semiconductor to semimetal phase at about 22 At.-% Sb are very well defined. Measurements on the semiconductor phase at low temperatures allowed us to separate the lattice component χ_G of the susceptibility from that due to the charge carriers χ_L . It is therefore possible to estimate these two components for pure Bi. The results show that χ_G is strongly diamagnetic in all crystall directions and that χ_L is paramagnetic. An estimate of the charge carrier susceptibility based on a modified Pauli Landau model is found to give an order of magnitude agreement with the experimental results. The deviation can be attributed to a nonparabolic conduction band. The dependence of the energy gap ΔE on the Sb concentration has also been determined.

Wir haben die feldunabhängigen magnetischen Eigenschaften von $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ im Legierungsbereich $0 \leq x \leq 0,4$ gemessen und diskutiert. Die Übergänge von der halbmetallischen zur halbleitenden Phase bei ca. 7 At.-% Sb und von der halbleitenden zur halbmetallischen Phase bei ca. 22 At.-% Sb sind sehr deutlich zu beobachten. Im Halbleitergebiet konnten wir bei tiefen Temperaturen den Gitter-Anteil χ_G von der Suszeptibilität der Ladungsträger χ_L trennen. Dadurch lassen sich auch für reines Bi diese beiden Anteile abschätzen. Es zeigte sich, daß χ_G in allen Kristallrichtungen stark diamagnetisch, χ_L dagegen paramagnetisch ist. Eine Abschätzung der Ladungsträgersuszeptibilität aufgrund eines modifizierten Pauli-Landau-Modells ergibt größenordnungsmäßige Übereinstimmung mit dem Experiment. Die Abweichung läßt sich auf die nichtparabolische Bandform zurückführen. Der Verlauf der Energielücke ΔE mit der Sb-Konzentration wurde bestimmt.

Les propriétés magnétiques indépendantes du champ de $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ont été mesurées et discutées dans le domaine $0 \leq x \leq 0,4$. Nous avons pu clairement observer les deux transitions suivantes: Semiconducteur—Semimétal pour environs 7 At.-% Sb et Semimétal—Semiconducteur pour environs 22 At.-% Sb. Dans le domaine de semi-conductivité et aux basses températures il est possible de séparer la susceptibilité du réseau χ_G de celle des porteurs de charge libres χ_L . Ainsi, on peut estimer ces deux contributions pour le Bi pur. Il apparaît que pour toutes les orientations du cristal χ_G est fortement diamagnétique, alors que χ_L est paramagnétique. Une estimation de la susceptibilité des porteurs de charge libres, basée sur un modèle de Pauli-Landau modifié, livre des valeurs du même ordre de grandeur que les résultats expérimentaux. Il est possible d'expliquer les divergences par la présence de bandes non paraboliques. Nous avons étudié, en fonction de la concentration en Sb, le comportement de l'énergie d'activation thermique ΔE .

A. Einleitung

Die magnetischen Eigenschaften des Elements Bi, welches heute als typischer Vertreter der Halbmetalle gilt (vgl. z. B. [37, 42]), sind seit langem Gegenstand ausgedehnter Untersuchungen. Insbesondere erweckte auch der feldunabhängige Teil der Suszeptibilität, welcher durch starken Diamagnetismus und ausgeprägte