

Diss. ETH 5927

MAGNETISCHE SUSZEPTIBILITAET  
FLUESSIGER HALBLEITER

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines  
Doktors der Naturwissenschaften

der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Fischer Melchior

dipl. Phys. ETH

geboren am 15. September 1948

von Dietikon (Kt. Zürich)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. G. Busch, Referent

Prof. Dr. H. -J. Güntherodt, Korreferent

1977

## Abstract

Systematic investigations of the magnetic susceptibility of liquid Ag-Te, Al-Te, Ga-Te, In-Te and Au-Te have been carried out as a function of concentration and temperature up to 1000<sup>o</sup>C. Strong diamagnetic deviations from ideal linear behaviour of the susceptibility as a function of concentration are found. These deviations are strongest at the stoichiometric concentrations Ag<sub>2</sub>Te, Al<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> and In<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>. For these compositions the diamagnetic susceptibility has been calculated in good agreement with experiments. Such calculations facilitate the decision whether covalent or ionic bonding dominates. Strong deviations of the density from ideal linear behaviour as a function of concentration give a further indication whether covalent or ionic bonding dominates. Plots of the magnetic susceptibility  $\chi$  versus knight shift K and versus electrical conductivity  $\sigma^{1/2}$ , respectively, give straight lines, indicating the strong dependence of these properties on the density of states at the Fermi energy in good agreement with Mott's pseudogap model.

## Zusammenfassung

Flüssige Legierungen wie  $\text{Ag}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{Te}_3$  und  $\text{In}_2\text{Te}_3$  werden als flüssige Halbleiter bezeichnet, da ihre elektrische Leitfähigkeit kleiner als  $1000 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  ist und die elektrische Leitfähigkeit mit steigender Temperatur zunimmt. Eine ungelöste Frage ist, ob dieses halbleitende Verhalten durch kovalente oder ionische Bindungen verursacht wird. Die Messung der magnetischen Suszeptibilität ist eine gute Methode zur Untersuchung chemischer Bindungen. Die Suszeptibilitätsmessung liefert Information über den Bindungstyp und über die Zustandsdichte der Elektronen an der Fermienergie.

Systematische Untersuchungen der magnetischen Suszeptibilität von flüssigem Ag-Te, Al-Te, Ga-Te, In-Te und Au-Te wurden als Funktion der Konzentration und der Temperatur bis  $1000^\circ\text{C}$  nach der Faraday-Methode durchgeführt. Es werden starke diamagnetische Abweichungen vom idealen linearen Verhalten als Funktion der Konzentration beobachtet. Diese Abweichungen sind am grössten bei den stöchiometrischen Konzentrationen  $\text{Ag}_2\text{Te}$ ,  $\text{Al}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{Te}_3$  und  $\text{In}_2\text{Te}_3$ . Die Änderung der magnetischen Suszeptibilität am Schmelzpunkt dieser Legierungen ist klein verglichen mit Substanzen, die beim Schmelzpunkt einen Halbleiter-Metall-Übergang zeigen, wie z. B. Ge oder InSb. Das metallische Au-Te-System dagegen zeigt einen nahezu linearen Verlauf der Suszeptibilität als Funktion der Konzentration.

Es wurden zwei verschiedene Berechnungen der magnetischen Suszeptibilität dieser halbleitenden Legierungen im festen, temperaturunabhängigen Zustand durchgeführt unter der Annahme kovalenter und ionischer Bindungen. Der Beitrag der kovalent gebundenen Elektronen zur magnetischen Suszeptibilität wurde durch einen Larmor-Langevin-Term berücksichtigt. Die berechneten Resultate nach dem kovalenten Modell zeigen bei  $\text{Al}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{Te}_3$  und  $\text{In}_2\text{Te}_3$  eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Werten. Für  $\text{Ag}_2\text{Te}$  zeigen die Berechnungen, dass wahrscheinlich eine Mischung aus kovalenter und ionischer Bindung vorliegt.

Abweichungen der Dichte vom idealen nahezu linearen Verhalten als Funktion der Konzentration geben ebenfalls einen Hinweis ob eher kovalente

oder ionische Bindungen vorliegen.

Die magnetische Suszeptibilität  $\chi$  der flüssigen Halbleiter, aufgetragen als Funktion der Knightshift  $K$  und als Funktion der Wurzel aus der elektrischen Leitfähigkeit  $\sigma^{1/2}$  ergeben lineare Zusammenhänge. Die aus den Schnittpunkten der Geraden mit der  $\chi$ -Achse bestimmten Werte der magnetischen Suszeptibilität stimmen gut mit den entsprechenden gemessenen Werten überein. Diese linearen Zusammenhänge zeigen, dass die Suszeptibilität  $\chi$  und die Knightshift  $K$  durch die Zustandsdichte  $N(E_F)$  der Elektronen an der Fermienergie und die elektrische Leitfähigkeit durch  $N(E_F)^2$  bestimmt sind. Diese Resultate sind in guter Uebereinstimmung mit dem von Mott vorgeschlagenen Pseudogap-Modell.