

Kapitel 6

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die supraleitenden Eigenschaften von Zinnschichten auf Indiumantimonid, unter Berücksichtigung der Struktur und der Morphologie der Schichten, zu untersuchen.

Aus LEED-, AES- und Ramanspektroskopie-Untersuchungen an den Zinn-Schichten auf InSb direkt nach der Präparation konnte festgestellt werden, daß die Schichten nicht, wie aus der Literatur erwartet, nur aus dem halbmetallischen α -Zinn bestehen, sondern aus einer Mischung von halbmetallischem α - und metallischem supraleitenden β -Zinn. Der Anteil des β -Zinns liegt bei $\approx 10\%$. AFM-Untersuchungen an den Schichten zeigten ein deutliches Insel-Wachstum mit kleiner werdenden Inseln bei abnehmender Schichtdicke. Durch diese Struktur- und Morphologieuntersuchungen konnte bestimmt werden, daß die Schichten aus β -Zinn-Inseln eingebettet in einer α -Zinn-Matrix bestehen, so daß eine zweidimensionale Schicht mit einem Netzwerk statistisch verteilter Normalleiter-Supraleiter-Normalleiter-Kontakte existiert.

Die gefundene Probenmorphologie hat einen großen Einfluß auf die supraleitenden Eigenschaften der Zinn-Schichten, wie es sich aus Widerstands- und Suszeptibilitätsmessungen ergab. Anhand der Widerstandsmessungen konnte gezeigt werden, daß die supraleitenden kritischen Temperaturen bei allen hier untersuchten Zinn-Schichten deutlich unterhalb der Übergangstemperatur des Volumenmaterials ($T_c = 3,7$ K) liegen. Des weiteren wurde beobachtet, daß die Übergangstemperaturen mit abnehmender Schichtdicke kleiner werden. Die T_c -Werte liegen bei der dicksten Schicht ($d = 103,4$ nm)

bei 3,27 K und bei der dünnsten Schicht ($d = 39,3$ nm) bei 2,54 K. Das Verhalten des kleiner werdenden T_c mit abnehmender Schichtdicke kann durch das Auftreten des "Proximity"- und des "Size"-Effekts erklärt werden. Die dünnste hier gemessene Schicht ($d = 7,89$ nm) zeigte bis zu einer Temperatur von 1,6 K kein Anzeichen von Supraleitung. Das kritische Magnetfeld B_c der Schichten zeigte ebenfalls ein abweichendes Verhalten gegenüber dem des Volumenmaterials. Das kritische Magnetfeld liegt bei allen Schichten oberhalb des kritischen Magnetfeldes des Volumenmaterials ($B_{cV}(0) = 30$ mT) und wurde mit abnehmender Schichtdicke größer. Bei der dünnsten supraleitenden Probe ($d = 39,3$ nm) war das kritische Magnetfeld B_c um einen Faktor 10 größer als im Volumenmaterial, wobei die Schicht parallel zum Magnetfeld orientiert war. Diese Erhöhung des kritischen Magnetfeldes entspricht der Erwartung der London-Theorie, die diese Erhöhung mit dem geringer werdenden Feldprofil im Inneren einer supraleitenden Schicht bei abnehmender Dicke erklärt. Bei senkrecht zum Magnetfeld orientierten Schichten wurde ebenfalls eine Erhöhung des kritischen Magnetfeldes gefunden. Bei dieser Orientierung war das kritische Magnetfeld der dünnsten supraleitenden Probe ($d = 39,3$ nm) um einen Faktor 3 größer als im Volumenmaterial. Dies kann durch die Ausbildung eines supraleitenden Mischzustandes in der Schicht senkrecht zum Magnetfeld erklärt werden. Messungen der Winkelabhängigkeit des kritischen Magnetfeldes unterstützen dies. Die Winkelabhängigkeit und die experimentell bestimmten Ginzburg-Landau-Parameter κ ($d = 63,3$ nm: $\kappa = 1,93$, $d = 39,3$ nm: $\kappa = 2,17$) bestätigten, daß die dünnen Zinn-Schichten (Typ-I-Supraleiter) sich bei einem senkrecht zur Schicht orientierten Magnetfeld wie ein Typ-II-Supraleiter verhalten. Dieses Verhalten stimmt mit den grundlegenden theoretischen und experimentellen Arbeiten von Tinkham überein.

Durch die oberflächenphysikalischen Untersuchungen (LEED, AES, AFM, Raman) an den Zinn-Schichten und die Bestimmung der supraleitenden Eigenschaften an denselben Zinn-Schichten, konnte erstmals die Abhängigkeit der Supraleitung in zweidimensionalen Schichten von der Morphologie der Schicht direkt bestimmt werden. Da zum einen aus der Untersuchung der kritischen Magnetfelder der Schichten in parallelen und senkrech-

ten Orientierungen zum Magnetfeld klar geht hervor, daß es sich bei den untersuchten Zinn-Schichten um zweidimensionale Systeme handelt. Zum anderen zeigen die Messungen der Temperaturabhängigkeit des Widerstands, daß eine globale Supraleitung in den granularen Schichten auftritt. Diese globale Supraleitung manifestiert sich in einem scharfen supraleitenden Übergang im Widerstand und einem Widerstandsabfall auf Null und wird unterstützt durch das Verhalten der Strom-Spannungs-Kennlinien, die keine Hinweise auf lokale Supraleitung zeigten. Insgesamt läßt sich daraus schließen, daß in den zweidimensionalen Schichten eine Kopplung der β -Zinn-Inseln in der α -Zinn-Matrix vorliegt.

