

Kapitel 1

Einleitung

Die physikalischen Eigenschaften von dünnen metallischen Schichten sind von großem Interesse, da sie in Prozessoren, Speichermedien und ähnlicher Anwendung finden. In diesen Anwendungen werden die Strukturen immer kleiner und kommen in niedrigdimensionale Bereiche, wo für die Leitfähigkeit und Supraleitung quantenmechanische Effekte, wie z. B. der "Size"-Effekt, der "Proximity"-Effekt, die Lokalisation oder die Coulomb-Wechselwirkung nicht mehr vernachlässigbar sind. Bereits in den 50er Jahren wurden grundlegende theoretische Arbeiten zu vielen dieser Effekte veröffentlicht. Hierzu seien die Arbeiten E. H. Sondheimer [1], A. F. Andreev [2], P. G. de Gennes et al. [3] genannt sowie spätere die Arbeiten von P. W. Anderson [4] und B. L. Alt'shuler et al. [5].

Ein interessantes Gebiet ist das Verhalten der Supraleitung in niedrigdimensionalen Systemen, speziell der Einfluß von Struktur und Morphologie auf die Supraleitung. Erste Arbeiten zu dieser Fragestellung wurden bereits in den 50er Jahren durchgeführt. Z. B. berichteten A. I. Shalnikov [6] und W. Buckel und R. Hilsch [7] über den Einfluß von Gitterstörungen auf die Supraleitung von Zinn-Schichten. Buckel und Hilsch [7] zeigten beispielsweise den Einfluß von Gitterstörungen auf die Übergangstemperatur in Sn-Schichten, indem sie die Schichten durch abgeschreckte Kondensation bei 4,2 K herstellten. Ein weiteres Beispiel aus jüngerer Zeit sind die Arbeiten von H. Jaeger und Mitarbeitern [8]. Sie zeigten, daß in granularen Schichten in den durch Supraleiter-Isolator-Supraleiter-Kontakte gekoppelten Inseln lokale Supraleitung auftreten kann, wobei die Übergangstemperatur dieser Schichten nur gering von der Übergangstemperatur

des Volumenmaterials abweicht.

Die Informationen über den Aufbau der Schichten wurden in den meisten dieser Untersuchungen nicht an den gleichen Proben gewonnen, sondern nur durch Vergleich mit anderen Arbeiten, bei denen ähnliche Schichten präpariert wurden. Die Strukturcharakterisierungen beschränkten sich damals im wesentlichen auf Elektronenbeugungsaufnahmen. Aus diesen Gründen sind bis heute viele Fragen über den Einfluß von Struktur und Morphologie auf die Supraleitung noch offen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, durch gezielte Auswahl von Substraten und den Einsatz heute verfügbarer struktureller Untersuchungsmethoden zur Beantwortung dieser Fragen beizutragen. Dazu wurden Zinn-Schichten zunächst im Ultrahochvakuum hergestellt und strukturell sowie morphologisch charakterisiert (LEED, AES, Raman, AFM). Danach wurden an denselben Proben die supraleitenden Eigenschaften bestimmt (Widerstand, Magnetowiderstand, Suszeptibilität). Diese Kombination der Untersuchungsmethoden ist auch deshalb von Vorteil, weil in zweidimensionalen Schichten die charakteristischen Längen der Supraleitung (Kohärenzlänge ξ , Eindringtiefe λ) durch die Schichtdicke d und die mittlere freie Weglänge l^* mit bestimmt werden. Die mittlere freie Weglänge wiederum ist durch die Struktur (Verspannungen, Anisotropien) und die Morphologie (Inselbildung, Oberflächenrauigkeit) der Schicht beeinflusst. Darüber hinaus ist es von Bedeutung, ob es sich um eine reine supraleitende Schicht oder um eine Mischung aus Supraleiter und Normalleiter (Halbleiter, Isolator) handelt. Durch die Grenzflächen in solchen Mischungen treten weitere Effekte auf, wie z. B. ein Supraleiter-Isolator-Übergang vom Kosterlitz-Thouless-Typ, die Andreev-Reflektion oder der Proximity-Effekt.

Das System Sn auf (110)-InSb wurde aus mehreren Gründen gewählt. Zum einen ist Zinn nicht stark mit Gasen reaktiv und es kommt in zwei Modifikationen, einer supraleitenden und einer halbleitenden vor, wobei letztere eine verschwindende Energielücke aufweist. Die III-V-Halbleiter als Substrat besitzen den weiteren Vorteil, daß sie eine große Variation der Gitterkonstante ($4 - 6,5 \text{ \AA}$) aufweisen. Dadurch kann aufgrund unterschiedlicher Gitterfehlpassung die Schichtstruktur beeinflusst werden, so daß die Schichten z. B. verspannt sind oder in neuen Gitterstrukturen auftreten können. Die (110)-Spaltfläche von InSb wurde gewählt, da sie unrekonstruiert ist, d. h. die Gitter-

struktur an der Oberfläche die gleiche ist wie im Inneren des Kristalls. Obwohl nach bisherigen Untersuchungen Zinn auf InSb in der halbleitenden α -Phase [9] und Zinn auf InAs in der supraleitenden β -Phase [10] auftreten sollte, zeigte sich in neueren Strukturuntersuchungen [11], daß das Zinn auf InSb aus einer Mischung von α - und β -Zinn-Bereichen besteht. Damit stand ein System zur Verfügung, das aus statistisch verteilten Normalleiter-Supraleiter-Normalleiter-Kontakten besteht. Die elektrischen und magnetischen Eigenschaften dieses Netzwerkes aus Normalleiter-Supraleiter-Normalleiter-Kontakten in den Zinn-Schichten wurden im Rahmen dieser Arbeit eingehend untersucht.

