

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：鉄ニクタイト系超伝導体の薄膜を用いた高周波伝導度スペクトロスコピーによる物性解明及び新物質開発
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）：

研究代表者

前田 京剛（東京大学大学院総合文化研究科 教授）

主たる共同研究者

塚田 一郎（電力中央研究所 上席研究員）

3. 研究実施概要

本研究課題は、鉄ニクタイト系超伝導体の物理測定に耐えうる高品質単結晶薄膜を作製し、それらを用いて、薄膜試料でなければ行えない物性研究に取り組んだ。具体的には（1）マイクロ波からテラヘルツまでの複素電気伝導度スペクトロスコピーによる低エネルギー電荷励起の完全理解（2）薄膜化および新物質開発による転移温度の上昇（3）ジョセフソン接合の作製とそれに基づくデバイス応用のポテンシャルの評価を行った。また、バルク単結晶を用いたマイクロ波領域での表面インピーダンス測定などの物性評価も適宜行い、薄膜を用いた研究にフィードバックした。その結果、FeSe_{1-x}Te_x 薄膜を8種類の酸化物基板上に作製することに成功し、基板からの酸素の侵入を防ぐことが良質な薄膜を作製するためのキーであることを世界に先駆けて明らかにした。また、この知見をもとに、比較的マッチングのよいCaF₂(100)面上に製膜を行い、バルク単結晶を上回るT_cを有する薄膜が再現性よく得られた。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果

本研究課題では次のような成果が得られた。

①FeSe_{1-x}Te_x 薄膜の作製と基板依存性の解明

8種類の酸化物基板上に同一条件でFeSe_{1-x}Te_x 薄膜を作製した結果、特定の基板では基板から薄膜に酸素が侵入していることを見出し、その酸素が超伝導特性を阻害する要因であることを明らかにした。さらに、非酸化物基板CaF₂上に作製した薄膜では、基板からの酸素の侵入を完全に断つことができ、バルクを上回るT_cを再現性よく得られた。

②LiFeAs, FeSe_{1-x}Te_x 単結晶のマイクロ波表面インピーダンス測定による超伝導対称性の解明

磁場侵入長の温度依存性から、LiFeAsは超伝導ギャップにノードがないことを、FeSe_{1-x}Te_xは不純物散乱によるギャップレス状態が実現していることを見いだした。また、両物質では超流体密度の温度依存性が大きく異なっており、それが温度依存の効果を考慮した準粒子の平均自由行程とコヒーレンス長の大小関係を用いて説明できることを明らかにした。ホール効果や後不純物効果の結果を併せて考慮すると、FeSe_{1-x}Te_xでは電子面とホール面で符号が異なる、いわゆるs±の対称性であることが強く示唆される。

③Ba(Fe_{1-x}Cox)2As₂ 薄膜を用いたテラヘルツ伝導度測定からみた超流体および準粒子ダイナミクス解明

母物質BaFe₂As₂薄膜の伝導度スペクトルは、反強磁性転移温度より高温ではDrudeモデルで説明できるが、反強磁性相では虚部のみが抑制されたような特異なものであった。これはDirac cone上に存在する準粒子のバンド間の散乱に起因することを見出した。

4-2. 総合的評価

本グループの大きな成果として、主に前田グループにおいてFeSe系の良質の薄膜を作成し、この系に関する薄膜作成技術を確立したことである。更にこの系が高いJ_cを持つことをみつけ、応用研究の突破口を

開いたことは高く評価したい。また本グループ代表者が最も得意とする高周波技術を用いて鉄系の超伝導特性を明らかにしたことも成果である。その中にはバンド間相互作用による S_{\pm} の対称性を示唆する結果を得たこと、(122)系を用いて THz のスペクトロピーを行いディラック準粒子のダイナミクスを観測した等、興味深い成果があげられる。

その成果は 4-1 に詳述されているようにこの著者たちの独断場であり、この実験手法のみからしか得られない多くの結果が得られていることは高く評価できる。

全体の印象としてはさらに研究を重ね T_c の向上や応用につながるものであることを祈る。