

氏 名	伊 東 裕
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1278 号
学位授与の日付	平 成 7 年 7 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Superconductivity Transition of κ -Type BEDT-TTF Salts under Magnetic Field (磁場下における κ 型 BEDT-TTF 塩の超伝導転移)
論文調査委員	(主 査) 教 授 石 黒 武 彦 教 授 山 田 耕 作 教 授 水 崎 隆 雄

論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は、高い超伝導転移温度を持つ BEDT-TTF 系有機超伝導体の転移点近傍での磁場下における電気伝導及び磁氣的性質を、層状構造に起因する 2次元性に注目して解明したものである。有機超伝導体では磁場中での電気抵抗や磁化の超伝導転移の幅の広がり知られていたが、これまでは平均場的な理論の適用による上部臨界磁場などのパラメータの粗い見積もりがなされていたのみで、理論モデルとのずれが明確に現れていたにもかかわらず、その原因に立入る検討はなされていなかった。

申請論文では、直流磁化、電気抵抗、交流磁化率の 3つの物理量について、超伝導ゆらぎおよび磁束の運動に注目してそれらの示す導電面に垂直な磁場中の超伝導転移近傍の挙動を検討することにより、2次元的な構造を有する有機超伝導体の超伝導転移の特徴を明らかにすることを目指している。その結果次の点が明らかになった。

1. 直流磁化の反磁性転移に見られる磁場下での転移幅の広がり、2次元性を考慮した磁場下の超伝導ゆらぎの理論により説明される。解析によって導電面間、面内方向の超伝導コヒーレンス長が得られた。面間方向のコヒーレンス長は2次元導電面の面間隔より短く、2次元的な取り扱いの妥当性を示している。
2. 電気抵抗の示す磁場下の超伝導転移特性は、超伝導ゆらぎの観点からのみでは説明されず、磁束のピンニングを考慮する必要がある。特に抵抗転移のオフセット付近では、電気伝導度は熱活性型の温度依存性を示し、熱的に励起される磁束の運動が電気抵抗発生の主因となっていることが示された。
3. 導電面に垂直な方向の交流磁場に対する磁化率は、直流磁場下において広い周波数領域にわたり著しい周波数依存性を示す。これは磁束の動力学と準粒子の表皮効果を考慮に入れた電磁氣的スクリーニングの理論により説明される。また高周波数で見られる導電面に対する交流磁場の方向依存性は、2次元導電面間の超伝導結合がかなり低い温度で消失し、高温側では導電面間方向のスクリーニング電流が流れなくなるためとして説明できる。

申請論文では、層状有機超伝導体の示す超伝導転移を2次元的な超伝導体の一般的な性質として議論しており、得られた結果は有機超伝導体の場合のみならず、酸化物を初めとする他の2次元超伝導体の超

伝導転移の性質を考えていく上でも有用である。

以上のような内容を持つ申請論文は充分審査に値すると思われる。

論文審査の結果の要旨

申請者が研究対象としてとりあげた κ 型 BEDT-TTF 塩は分子性超伝導体では最も高い超伝導転移温度を持つものとして知られている。有機分子を主要構成要素とする分子性超伝導体は、1979年に発見されて以来今日までに50種以上のものが合成されて来たが、研究の重点は物質開発に置かれ、その超伝導性をめぐる物性物理学的研究は十分になされていなかった。物質構造が低次元的であるため、従来の超伝導体ではみられなかった数多くの新しい様相を示し、これに対処するための理論的基礎が形成されていなかったことにその一因がある。しかし、こうした分子性超伝導体に加え、1987年に出現した2次元構造を持ち高い超伝導転移温度を持つ酸化銅超伝導体の研究が強い引き金となって、低次元系の超伝導に関する理論的研究が進展することとなった。

本申請論文は、まず、 κ 型 BEDT-TTF 塩超伝導体の磁場下における超伝導転移域が著しく広くなり転移温度を的確に決定するのが困難とされていた問題の解決に取り組んでいる。申請者は Lawrence-Doniach の Ginzburg-Landau 汎関数を2次元的に扱うモデルを基礎に、池田・大見・恒藤によって建設された超伝導転移に関するゆらぎくり込み理論に着目し、これと対比可能な磁場下における直流磁化の温度変化に関する実験を進めた。この結果得られたものを理論と対比することにより、ゆらぎ効果が重要な寄与をしていることを明らかにすると共に、超伝導層内および層間における超伝導コヒーレンス長などの重要なパラメータを決定することに成功した。電気伝導度についても同様の研究を進める間に、より低温域では磁束運動も重要な効果をもたらすことを明らかにした。また、従来、磁場下の電気伝導では転移域で温度を変化させた際抵抗極大が現れることが見出され、その原因をめぐって諸説が出されて議論的となっていたが、これは超伝導層間が非超伝導層で隔てられたときにみられる Josephson 効果によるものであることを明らかにした。

申請者は交流磁化率の観点からも磁場下の超伝導転移特性を明らかにした。まず交流磁場の方向が、超伝導層面に平行か否かにより、交流磁化率の温度依存性が著しく異なることを見出し、これには2次元超伝導体特有のパンケーキ状磁束間の結合強度がかかっていることを明らかにし、これにより2次元性が検証できることを示した。また、超伝導層面に直交する方向に静磁場がかけられているとき、交流磁化率の周波数依存性を10 Hz より MHz 域にわたって実験的に明らかにし、その結果が磁束の運動と準粒子による正常表皮効果により説明できることを自己無撞着磁束ダイナミクス応答理論を基礎に明らかにした。

以上のように本申請論文は高い超伝導転移温度を持ち2次元的な構造を有する κ 型 BEDT-TTF 超伝導体の磁場下の超伝導転移特性を、超伝導ゆらぎと磁束運動、更には準粒子の寄与を考慮することにより明らかにしたものであり、分子性超伝導体の転移特性を超伝導物理学に立脚して解明したものとして高く評価できる。また、従来の手法では対処できなかった分子性超伝導体の転移特性に、物理学的基礎を与えたものとして今後の分子性超伝導研究の発展に寄与する点も大きいと考えられる。

よって本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認めた。なお、主論文に報告されている

研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問をおこなった結果、合格と認めた。