

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11899 号
------	---------------

氏 名 坂本 英城

論 文 題 目

Bi系銅酸化物高温超伝導体の超伝導ギャップと臨界温度
(Superconducting gap and critical temperature of Bi-based high temperature superconductor)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	生田 博志
委員	名古屋大学	教授	浅野 秀文
委員	豊田工業大学	教授	竹内 恒博
委員	名古屋大学	准教授	伊藤 孝寛
委員	名古屋大学	准教授	飯田 和昌

論文審査の結果の要旨

坂本英城君提出の論文「Bi系銅酸化物高温超伝導体の超伝導ギャップと臨界温度」は、銅酸化物高温超伝導体の超伝導ギャップと擬ギャップを詳細に測定し、その解析結果をキャリア濃度の関数として整理することで、これらの系の超伝導臨界温度が高くなる条件を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景、意義、目的、および戦略を簡潔に述べている。

第2章では、従来の超伝導理論であるBCS理論における超伝導ギャップと臨界温度の関係を述べるとともに、銅酸化物高温超伝導体に対してこれまで行われてきた関連研究についてまとめている。さらに、本研究で研究対象物質としたBi系銅酸化物高温超伝導体の特徴について述べている。

第3章では、本研究において最も重要な測定手法である角度分解光電子分光 (ARPES) の原理が述べられている。特に、レーザーと放射光という2種の光源を用いることで、測定可能な波数領域やエネルギー分解能がどのように異なるかを示し、互いを補完できることを指摘している。さらに、フェルミ面の形状から試料のホール濃度を見積もる方法や、擬ギャップおよび超伝導ギャップの解析方法、試料作製方法、結晶構造評価手法、物性評価手法について述べている。

第4章では、本研究で測定した様々なホール濃度のBi系銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{RE}_x\text{CuO}_{6+\delta}$ (RE-Bi2201) (RE = La, Nd, Sm) および $(\text{Bi, Pb})_2\text{Sr}_2(\text{Ca, Y})\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212) の単結晶試料の作製条件、得られた単結晶の結晶構造、磁化率とゼーベック係数の温度依存性を測定した結果について述べている。

第5章では、RE-Bi2201 (RE = La, Nd, Sm) 試料に対してARPES測定を行い、ホール濃度、擬ギャップ、および超伝導ギャップを求めた結果について述べている。また、詳細な解析から、超伝導ギャップが置換元素RE (= La, Nd, Sm) に依存しないこと、擬ギャップはREのイオン半径が小さいほど増大すること、超伝導臨界温度には強いRE依存性が存在することが明らかになった。この結果から、擬ギャップの存在によりクーパ対を形成できる電子数が減少すると、超伝導臨界温度が低下すると理解できることが分かった。言い換えれば、擬ギャップに阻害されない領域のフェルミ面、いわゆるフェルミアークの大きさによってクーパ対の密度、すなわち超流動密度が決まり、これが超伝導の臨界温度を決定しているということが明らかになった。さらに、角度分解光電子分光の測定結果から超流動密度を反映した量を見積もる方法を提案するとともに、これを用いて、定性的ではあるものの、RE-Bi2201における臨界温度のキャリア濃度依存性をよく説明できることが明らかにされた。

第6章では、Bi2201より超伝導臨界温度の高いBi2212に対し、レーザー励起ARPES測定を実施し、超伝導ギャップを求めてそのキャリア濃度依存性を議論している。その結果、超伝導ギャップは不足ドーブから最適ドーブにかけて最大値をとり、その大きさはBi2201の超伝導ギャップの最大値に対し約2倍であった。また、波数領域によってはスペクトルに擬ギャップの影響が見られることを見出し、それを定量的に評価することで、フェルミ面が、①超伝導ギャップのみが存在する領域、②超伝導と擬ギャップの共存領域、③擬ギャップのみが存在する領域に分類できることを明らかにしている。さらに、①の波数領域の量子状態数が超流動密度を反映し、臨界温度と直線的な相関を有することを明らかにしている。

第7章では、本論文で得られた結果をまとめ、総括を行っている。

以上のように、本論文では銅酸化物高温超伝導体のフェルミ面のノード近傍で擬ギャップに阻害されずに超伝導ギャップが形成される領域の大きさが、超伝導を担うクーパ対の密度、つまり超流動密度に対応し、これが超伝導の臨界温度を決定していることを明らかにした。また、角度分解光電子分光法により、超流動密度に対応する量を評価できることを示した。このことは、これらの系が高い臨界温度を有する機構を明らかにするうえで極めて重要な知見であり、工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者である坂本英城君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。