

学 位 論 文 の 要 旨

専攻	機能創成科学 専攻	ふりがな 氏名	うすい ともひろ 白井 友洋
学位論文題目	銅酸化物超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の強磁場下電気抵抗率測定による超伝導揺らぎと擬ギャップ状態の研究		
<p>学位論文要旨</p> <p>研究背景 銅酸化物超伝導体では超伝導転移温度 T_c が他の物質に比べて非常に高く、液体窒素温度(77K)以上になる物質もある。更に高い T_c の超伝導体を目指し、物性研究が盛んに行われているが超伝導機構の統一した見解はない。</p> <p>銅酸化物超伝導体の特徴的な物性の一つに、T_c よりも高い温度 T^* からエネルギーギャップが開き始める事が報告されている。このエネルギーギャップは擬ギャップと呼ばれ、これまで集中的に研究されてきたが起源は未だ分かっていない。擬ギャップと超伝導の関係を理解することは、銅酸化物超伝導体の超伝導機構の理解に繋がる重要な課題である。両現象の解釈は二通りある。一つは擬ギャップ現象は超伝導の前駆現象と理解する立場、もう一方は擬ギャップ現象は超伝導とは別の秩序と理解する立場がある。前者では T^* は T_c 以上から生じる超伝導揺らぎの開始温度 T_{scf} と同じ意味を持つ。一方、後者では両現象のオンセット温度は異なり、T^* は T_c に依存しない。その場合、T^* があるホール濃度で $T^*=0\text{K}$ になる量子臨界点の存在が示唆される。つまり、擬ギャップの起源が分かると超伝導機構を絞りこむ事が可能になる。これまで擬ギャップ問題が解決しない原因に、T^* が物質や測定方法の違いで異なるという問題点があった。そのため、同一の物質・測定方法で擬ギャップと超伝導の関係を系統的に調べる必要がある。</p> <p>本研究ではキャリア濃度を広範囲に制御した Bi-2212 単結晶を作製し、最大 17.5T の定常磁場下、及び最大 60T のパルス磁場下で磁場中面内・面間抵抗率測定を行い、同一の物質・測定方法で系統的に両現象の関係を調べた。</p> <p>第二章 最大 17.5 T の定常磁場下でホール濃度を広範囲に制御した Bi-2212 の面内・面間抵抗率測定を行い、T_c 以上で生じる磁気抵抗から超伝導揺らぎのオンセット温度 T_{scf} と擬ギャップのオンセット温度 T^* を調べた。面内磁気抵抗では、T_c 直上から超伝導揺らぎに伴う伝導度の増加(Aslamazov-Larkin 揺らぎ)の抑制による正の磁気抵抗が見られた。正の磁気抵抗のオンセット温度は超伝導揺らぎの開始温度 T_{scf} であると考えられる。一方、面間磁気抵抗では T_c 近傍で大きな負の磁気抵抗が見られた。大きな負の磁気抵抗のオンセット温度は面内磁気抵抗の正の磁</p>			

気抵抗の開始温度 T_{scf} に一致し、超伝導転移温度 T_c のホール濃度依存性とおおよそ一致する変化を示した。この負の磁気抵抗は、印加磁場の増大に伴い超伝導ギャップが閉じフェルミ準位近傍の状態密度が増大することにより準粒子の面間トンネリングが増大する効果(Density-of-states (DOS)揺らぎ)と考えられ、面間抵抗においても T_c 近傍では超伝導揺らぎの効果が重要であることを示した。一方で、擬ギャップ開始温度 T^* は面間抵抗の **upturn** の開始温度から見積もられ、 T^* はドーピングが減るほど上昇していた。つまり、磁場中面内・面間抵抗率測定から見積もる T_{scf} と T^* は異なるホール濃度依存性を示すことが本研究から明らかになった。本研究では、さらに T^* と T_{scf} が近接するオーバードープの物性を明らかにするため、過剰オーバードープ Bi-2212 ($T_c=50K$) の試料を作成し、同様の測定を行うことに成功した。その結果、 T_{scf} は約 73K と見積もられるが、 T^* は確認できないことが分かった。また、 T_c 以下で生じる擬ギャップ的な **upturn** は超伝導 DOS 揺らぎの効果で生じると考察した。

第三章 オーバードープ Bi-2212 の T_c 以下で見られる巨大 **upturn** と **peak** 構造を調べるために Fe を一部置換したオーバードープ Bi-2212 の面間抵抗率を最大 60T のパルス磁場下で測定を行った。 T_c 以上の磁気抵抗の磁場依存性から、磁場依存性には二成分含まれることが分かった。一つは T_{scf} 近傍から生じる成分、もう一方は十分高温から始まる成分がある。前者は超伝導由来、後者は擬ギャップ由来により生じていると考察した。次に、 T_c 以下の面間抵抗の磁場依存性の解析から、 T_c 以下で生じる **peak** 構造は主に超伝導 DOS 揺らぎ由来で生じる事が分かった。この解析から見積もられる H_{cc}^{DOS} は 0K で超伝導上部臨界磁場 H_{c2} と一致することが分かった。つまり、オーバードープで見られる **peak** 構造、および巨大 **upturn** は主に超伝導 DOS 揺らぎ由来で生じると考えられる。

本研究のまとめ Bi-2212 の磁場中面内・面間抵抗測定から、**1)** 広いドーピング領域で T^* と T_{scf} の両オンセット温度は異なる **2)** 過剰オーバードープ ($p \sim 0.23$) で T^* は確認できず擬ギャップ的な **upturn** は超伝導揺らぎ効果で説明される、事が分かった。つまり、過剰オーバードープでは擬ギャップが超伝導に替わっている。この事は、擬ギャップ現象は超伝導の兆しであることを示唆している。