

氏名(本籍)	ぜん どん すん 全 東 成 (韓 国)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 1,236 号		
学位授与年月日	平 成 6 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当		
審査研究科	工 学 研 究 科		
学位論文題目	Study of Superconducting Properties of High-Tc Cuprate, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Single Crystals (銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 単結晶の超伝導特性の研究)		
主 査	筑波大学教授	工学博士	吉 崎 亮 造
副 査	筑波大学教授	理学博士	鈴 木 哲 郎
副 査	筑波大学教授	理学博士	大 成 誠之助
副 査	筑波大学教授	工学博士	滝 田 宏 樹
副 査	筑波大学教授	理学博士	植 寛 素

論 文 の 要 旨

本論文は Bi-2212相と言われる銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ について単結晶を作製し、その超伝導特性について研究したものである。

Bi-2212相は超伝導転移温度が80~90Kと高く、さらに二次元的な異方性が大変強いことで知られている。特に超伝導状態の異方性は超伝導状態となっている CuO_2 面に対し、面間はジョセフソン結合によって超伝導状態が広がっていると信じられている。本研究における主な目的は、このような二次元性の極めて強い CuO_2 面に人為的に不純物を導入しその超伝導状態がどのように変化するかを研究することを通し、 CuO_2 面における本来の高温超伝導状態の本質に迫ろうとすることである。

二次元異方性を探求するためには単結晶による研究が必然的である。実験的にはキャリアー濃度に変化を与えない Zn 原子を CuO_2 面の Cu 原子と置換した試料を、光学式浮遊帯溶融法により単結晶作製を行った。このような単結晶作製の試みは世界的にも初めてである。Zn 原子の溶解度から単結晶の作製は Zn 濃度が約 1%未満に限られ、Zn 濃度 0, 0.4, 0.6, 0.98%の4種類の結晶作製を行った。Zn 濃度の増加による超伝導移転温度 T_c の減少は既に発表されている焼結体試料のデータとほぼ一致した。

超伝導異方性の研究として、(1)異方性パラメータ γ 値を磁束フロー状態の磁気抵抗の角度依存性のスケール則に合わせることから求めること、(2)超伝導揺動状態による抵抗減少の解析から面内と面間の超伝導コヒーレンス長を求める、(3)常伝導面間、面内比抵抗の比を調べる、そして、(4)磁束フロー

状態の面内，面間磁気伝導度の温度変化を二次元あるいは三次元のスケーリングプロットを行う，ことについてそれぞれ Zn ドープした試料について行った。

実験結果は，Zn 濃度0～0.98%の増加に対し， γ 値は250～50まで減少し，コヒーレンス長の比， ξ_a/ξ_c は80～5に減少し，比抵抗値の比， ρ_c/ρ_a は約2桁近く減少した。さらに Zn が0%の試料では二次元スケール則が磁気伝導度に対してよく成り立つのに比べ，Zn 濃度0.98%の試料では三次元スケーリングプロットがよく成立することが分かった。これらの結果は一様に Bi-2212相の二次元異方性が Cu 原子のわずかな Zn 置換によって大きく減少しより三次元的な異方性に変化することを示している。

さらに，磁束クリープ状態の抵抗値の温度変化により磁束ピンニングのポテンシャルエネルギーを見積もり，さらに高温の磁束フロー状態の磁気抵抗値の温度変化に Zn ドーピングによって磁束格子の溶融に対応するような温度変化を見出した。

また，Zn 濃度ゼロの試料では抵抗値が $60\ \mu\ \Omega\ \text{cm}$ と世界的に良質の試料を作成し磁気抵抗値の温度変化を丁寧に測定した。この測定によって磁束フロー状態によるエネルギーの散逸を低磁場から強磁場まで詳しく調べた結果，低磁場領域に新しい磁束状態があることを発見した。この状態は磁束間隔が磁気侵入長より長いときにのみ起こり，強磁場下や，Zn のドーピングによって消滅した。この原因の一つの可能性として，ヘキサティックな磁束状態があるのではないかとということが提案された。

このように本研究においては Bi-2212相超伝導体について，良質の単結晶の作製，特に Zn ドープした単結晶の作製，Cu 原子の Zn 置換効果と超伝導性，異方性の変化についての測定を行い，異方性の低下，新しい磁束状態の提案などの成果を得た。

審 査 の 要 旨

本研究では，Bi-2212相超伝導体の性質について多くの新しい知見を得ることに成功した。特に，Zn をドープした単結晶の作製に世界で初めて成功すると共に，その超伝導特性の測定に成功した点は高く評価されて良い。また，良質の試料の作製が新しい減少の発見に導くという点を実証したことも評価される所である。このように本研究は競走の激しい高温超伝導体の研究に於いて，その発展に大きな寄与をしたといえる。

よって，著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。