

学位論文審査結果の概要

氏名	足立 伸太郎
学位論文審査委員氏名	主査 渡辺 孝夫
	副査 宮永 崇史
	副査 小豆畑 敬
	副査 御領 潤
	副査 任 皓駿
論文題目	銅酸化物超伝導体 Bi-2212 と Bi-2223 における磁場中抵抗率転移から求めた超伝導パラメータと転移温度との関係
審査結果の概要（2,000字以内）	
<p>審査は、当該学生のプレゼンテーション 40 分、その後に審査委員を含む参加者との質疑応答が 20 分、全部で 1 時間程度行われた。</p> <p>申請論文内容は次のようにまとめられる。</p> <p>銅酸化物高温超伝導体は、その応用分野を拡大するために、少しでもその転移温度 T_c を高めることが求められている。興味深い経験則に、T_c と結晶構造の関係が知られている。すなわち、T_c は結晶構造に含まれる CuO_2 面の枚数に依存し、枚数が増大するとともに増大する。しかしながら、その微視的な機構に関しては理解が進んでいない。</p> <p>そのような機構を調べるためには、単結晶が必要である。しかしながら、CuO_2 面を 3 枚以上有する多層型高温超伝導体は、単結晶育成が難しかった。そこで、申請者は Bi-2223 (CuO_2 面 3 枚) と呼ばれる物質に着目し、その高品質な単結晶の作製を第一の研究課題とした。原料棒組成や育成雰囲気などの条件に独自の工夫を加えた結果、従来のものより大型で高品質な単結晶の育成に成功した。</p> <p>第二の課題は、この試料を用いて T_c の決定要因を探ることである。そのために、同じ系列の物質で CuO_2 面の枚数のみ異なる Bi-2212 (CuO_2 面 2 枚) も合わせて調べることにした。通常、T_c は超伝導ギャップの大きさ Δ に比例する。Δ は、コヒーレンス長（クーパー対の広がりを表す）に反映される。そこで、コヒーレンス長を調べる目的で、磁場中の面内抵抗率を測定した。データの解析からは、同時に比熱の飛びもわかる。比熱の飛びが分かると、超流動密度（クーパー対の密度）がわかる。</p> <p>解析の結果、コヒーレンス長や超流動密度といった超伝導パラメータはこれらの物質の T_c を説明しないことが分かった。一方で、Bi-2212 と Bi-2223 を比較すると、Bi-2223 ではコヒーレンス長が長く超流動密度が小さい、すなわち明らかに超伝導の発現に不利な状況であっても Bi-2212 と同等の T_c を示すということが分かった。このことは、CuO_2 面枚数の増加に伴って対凝縮エネルギーが獲得される新しい機構が存在していることを示唆している。</p> <p>また最近、多層型高温超伝導体（多結晶体）では、アンダードープ領域に超伝導と反強磁性が共存する“反強磁性金属相”が存在することが報告された。そのため、単結晶を用いてアンダードープ領</p>	

域を調べる事が重要な課題となっている。申請者は、自身の作製した単結晶を注意深く熱処理することによって、はじめて Bi-2223 のアンダードープ試料の作製に成功した。今後、この試料を用いて多層型高温超伝導体の T_c 向上の要因がさらに解明されていくことが期待される。

以上、新しい結晶の作製に成功したこと、その結晶を用いた物性研究から多層型高温超伝導体の T_c 向上の要因に関して新しい知見を得たことは、学位論文に十分に値する。また、質疑応答の内容も適切であったことから、全員一致で合格と判定した。

学位論文の基礎となる参考論文

(1) Shintaro Adachi, Tomohiro Usui, Yasuhito Ito, Hironobu Kudo, Haruki Kushibiki, Kosuke Murata, Takao Watanabe, Kazutaka Kudo, Terukazu Nishizaki, Norio Kobayashi, Shojiro Kimura, Masaki Fujita, Kazuyoshi Yamada, Takashi Noji, Yoji Koike, and Takenori Fujii, Unscaling Superconducting Parameters with T_c for Bi-2212 and Bi-2223: A Magnetotransport Study in the Superconductive Fluctuation Regime, J. Phys. Soc. Jpn. 84, 024706 (2015).

(2) Tomohiro Usui, Daiki Fujiwara, Shintaro Adachi, Hironobu Kudo, Kosuke Murata, Haruki Kushibiki, Takao Watanabe, Kazutaka Kudo, Terukazu Nishizaki, Norio Kobayashi, Shojiro Kimura, Kazuyoshi Yamada, Tomoyuki Naito, Takashi Noji, and Yoji Koike, Doping Dependencies of Onset Temperatures for the Pseudogap and Superconductive Fluctuation in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$, Studied from both In-Plane and Out-of-Plane Magnetoresistance Measurements, J. Phys. Soc. Jpn. 83, 064713 (2014).

(3) Yuta Koshika, Tomohiro Usui, Shintaro Adachi, Takao Watanabe, Kohei Sakano, Shalamujiang Simai, and Masahito Yoshizawa, Effects of Annealing under Tellurium Vapor for $\text{Fe}_{1.03}\text{Te}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$ Single Crystals, J. Phys. Soc. Jpn. 82, 023703 (2013).