

論文審査の結果の要旨

氏名 田中 清尚

本論文は 9 章からなり、第 1 章は序論で、Bi 系高温超伝導体である $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ (Bi2212) 系について 0.1 以下のキャリア (ホール) 濃度を持つ多くの試料について電子状態の系統的な解析おこなって超伝導の原因を追求しようとする本論文の目的について述べられている。第 2 章では研究の背景が述べられ、Bi2212 は電子相関効果が重要な役割を示す反強磁性モット絶縁体であり、Bi2212 の Sr を La であるいは Ca を Y で置換した試料を作成してホールを増加させることにより反強磁性が消失し金属的な振る舞いから超伝導を示すようになること、 CuO_2 面がこの物質系の伝導現象を決定付けており面内の Cu3d 電子間クーロン相互作用がそれに大きな影響をあたえること、そのため、ホール濃度の異なるいくつかの試料の電子状態を系統的に解析することによって、この物質系が示す伝導現象の特徴と電子相関の関係を明らかにできることを述べている。

第 3 章では角度分解光電子分光の原理と実験法、光電子スペクトルの解析方法、解析によって得られる電子状態の描像について説明している。第 4 章では、実験で使用した Bi2212 試料の特徴と放射光を利用する角度分解光電子分光実験について述べられている。とくに、Bi2212 試料では Bi-0 層の構造変調に起因する超構造が光電子スペクトルにゴーストを生じさせるため、電子状態解析に特別の工夫が必要であったことが記されている。

第 5 章は、ホール濃度 (\cdot) が小さい希薄ドープおよびアンダードープの領域にある試料 ($\text{Bi}_2\text{La}_x\text{Sr}_{2-x}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ $x = 0.8 \sim 0.6$ (.....)) および $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$ (.....75)) の角度分解光電子スペクトルを解析し、電子状態のホール濃度依存性について論じている。ホールの増加と共に下部ハバードバンド (LHB) がフェルミ準位に向かってシフトし、2次元モット絶縁体から連続的に d 波超伝導体につながっていく様子が述べられ、この振る舞いが $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$ (Na-COOC) と類似していることを指摘している。

第 6 章では、 CuO_2 面に平行な電気抵抗率の温度依存性と光電子スペクトルの解

析によって得られる電気抵抗率との比較について述べている。光電子スペクトルのフェルミ準位の運動量分布曲線を解析して電子の平均自由行程を求め、Drude の式を適用して得た電気抵抗率と比較した結果、常伝導状態では両者が一致することを指摘している。

第7章では、Bi 系と同様に CuO_2 面を持ち超伝導を示す $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_2\text{O}_4$ (LSCO) 系との電子状態の比較について述べている。ここでは、希薄ドーブから超伝導までの広い範囲の試料 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$ ($x = 0.1 \sim 1$ ($\text{R}=\text{Er}, \text{Pr}$)) および $\text{Bi}_{1.2}\text{Pb}_{0.8}\text{Sr}_2\text{ErCu}_2\text{O}_8$ について光電子スペクトルを測定してフェルミ準位近傍のピーク位置とそのバンド分散を解析し、Bi 系では $(\cdot, 0)$ でのエネルギー位置とフェルミ準位に沿ったバンド分散の幅が LSCO 系にくらべて大きく、Cu3d 電子の第2、第3隣接原子への移動積分が大きいことを指摘している。

第8章では、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ ($x = 0.8 \sim 0.6$)、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$ および $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ の X 線内殻光電子スペクトルを測定して得られた化学ポテンシャルの温度依存性について述べ、比熱や熱起電力の測定で得られるホール濃度依存性と同じ傾向が見られることを指摘している。

第9章は、以上の研究結果のまとめについて記述している。

以上のように本論文は、Bi 系高温超伝導体である Bi2212 の角度分解光電子スペクトルを解析して、ホール濃度が希薄ドーブおよびアンダードーブの領域にある Bi 系高温超伝導体の電子状態とそのホール濃度依存性を初めて系統的に明らかにすると共に、LSCO 系、Na-COOC 系とは異なる伝導機構を持つことを示し、超伝導の原因を解明するための新たな知見を与えるものである。

なお、本論文の第5および6章は吉田鉄平、藤森淳、Z.-X. Shen、藤井武則、寺崎一郎と、第7章は吉田鉄平、藤森淳、D.-H. Yu、Z.-X. Shen、X.-J. Zhou、永崎洋、Z. Hussain、内田慎一、相浦義弘、小野寛太、菅谷剛洋、水野尊文、寺崎一郎と、第8章は吉田鉄平、藤森淳、Z.-X. Shen、藤井武則、寺崎一郎との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験し、結果の解析、検証を行ったもので、本論文が示す研究成果に関して論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。