



Bi系超伝導体のフェルミ面測定によるキャリア濃度測定

竹内恒博, Robert Sobota, 久保直人, 松波雅治
豊田工業大学

キーワード：高温超伝導体, フェルミ面, キャリア濃度の定量決定

1. 背景と研究目的

銅酸化物において高温超伝導が発見されてから30年以上が経過した。フェルミ面の形状、電子相関が電子構造に及ぼす影響、超伝導状態の対称性など、様々なことが明らかにされてきた。しかし、未だに、超伝導を引き起こす集団励起の特定や、超伝導臨界温度(T_c)を決定する因子の正確な解明には至っていない。超伝導臨界温度(T_c)には、強いキャリア濃度依存性があり、キャリア濃度に対する相図も数多く報告されている。異なる T_c を有する複数の化合物系において相図を比較すれば、 T_c を向上させる為の因子の特定に繋がるはずである。しかしながら、異方的散乱によるホール係数の変化、酸素の不定比性、化学的不規則性などにより、キャリア濃度を正確に決定することが困難であり、このことが議論を妨げている。

電子状態が波数 k で決定されている場合には、キャリア濃度は、フェルミ面に囲まれる面積から定量的に決定できる。即ち、高いエネルギー分解能と、高い角度分解能を併せ持つ角度分解光電子分光実験を行えば、高温超伝導体のキャリア濃度を正確に決定でき、かつ、相図の定量性を格段に上げることができる。本研究では、典型的な酸化物高温超伝導体として知られる $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCuO}_{8+\delta}$ (Bi2212)を対象物質として選択し、そのフェルミ面を決定することを目的に、あいちシンクロトロン BL7U において角度分解光電子分光実験を行った。

2. 実験内容

様々なキャリア濃度の Bi2212 をフローティングゾーン法により作製した。Bi2212 には BiO 面に存在する歪みを緩和する際に生じる超格子構造が存在することが知られている。この超格子構造をできるだけ弱くする目的で、Biの一部を Pb で置換した試料を準備した。できるだけ高いエネルギー分解能を得る為に、入射光のエネルギーとして 40eV を選択した。また、試料表面は超高真空チェンバー内で劈開することで得た。超伝導状態では、超伝導ギャップによりフェルミ面が消失するが、スペクトル強度などからフェルミ面が得られるために、測定温度は、熱によるスペクトルのぼけが小さくなる最低温（約 10K）を選択した。

3. 結果および考察

図1に不足ドーパ領域の試料に対して測定した化学ポテンシャル付近の光電子強度のマッピングを示す。フェルミ面に相当する波数領域で光電子強度が強くなっていることがわかる。さらに、フェルミ面の分裂から、超格子構造の影響が残っていることも確認できる。M点付近では、超伝導ギャップが大きく開く為、強度マッピングではフェルミ面を確認することができない。しかし、スペクトルからはフェルミ面の決定が可能であり、今回の実験により、あいちシンクロトロン BL7U の測定で、銅酸化物高温超伝導体のキャリア濃度を決定できることがわかった。精密測定した電子物性を正確なキャリア濃度で整理することで、銅酸化物高温超伝導体の T_c を高くする因子の特定を目指す。

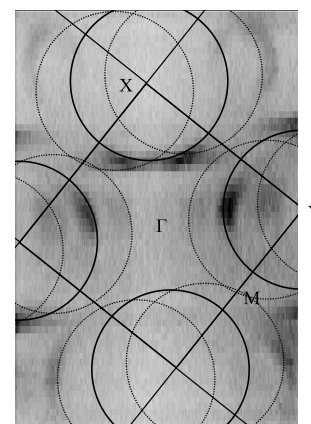


Figure 1 不足ドーパ領域の Bi2201 で測定された光電子強度のマッピング。フェルミ面の形状が確認できる。