



Title	高温超伝導体研究の現状と電子ラマン散乱
Author(s)	山中, 明生
Citation	電子科学研究, 1, 67-68
Issue Date	1993
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24283
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_P67-68.pdf



高温超伝導体研究の現状と電子ラマン散乱

量子機能素子研究分野 山中 明生

電子ラマン分光による銅酸化物高温超伝導体の超伝導ギャップ研究の現状について報告する。特に、電子ラマン散乱の温度依存性、偏光依存性、そしてキャリア濃度依存性に見られる高温超伝導体の特徴と今後の課題について簡単に議論する。

I. 序論

La-Ba-Cu-O系で高温超伝導が発見されて以来、多くの研究が行われている。超伝導機構解明にとって重要なことは、超伝導ギャップの性質(波数空間上でどのような対称性を持つのか)、ギャップの大きさ(電子間引力の強さ)を実験的に明らかにすることである。この目的のため、トンネル分光・赤外吸収・中性子散乱・核磁気共鳴・光電子分光等の実験が行われている。しかし超伝導ギャップの性質は明かではない。ここでは、電子ラマン散乱による高温超伝導体超伝導ギャップ研究の現状を報告する。

II. 実験

本研究で用いた試料は、科学技術庁無機材質研究所竹川博士が、フローティングゾーン法により作製した $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (Bi-2212)単結晶である。超伝導転移温度 T_c は 86 K(零抵抗)で、転移幅は 2 K 程度と極めて良質な試料である。この試料を光学クライオスタット中に設置し、電子ラマン散乱を測定した。クライオスタットは、本研究所技術部で製作された He ガスフロー型で、 $F/0.5$ 以下と極めて明るく、かつ 20 K ~ 300 K の範囲で使用可能である。励起光源は、Ar レーザー・Kr レーザー・色素レーザー等を用いた(ここでは Ar レーザー励起の結果のみを記す)。散乱光は、本研究用に当分野で開発したトリプルステージ分光器を用いて観測した。この分光器は明るく($F/4.2$)、かつ鏡の使用を減らしたため透過率の高いのが特徴である。

III. 電子ラマン散乱の温度依存性

入射光・散乱光ベクトルを a 軸方向に向けた配置((xx)散乱)で観測された電子ラマンスペクトル(A_{1g})を図1に示す。常伝導相(90 K)では、電子ラマン散乱は構造のない平坦なスペクトルとして観測される。超伝導相では、連続スペクトルの低エネルギー領域の強度が減少し、一方中間エネルギー(波数 200~600)で増加し、ブロードなピークを持つスペクトルに変化する^(1,2)。増加した面積強度の変化を示したのが図2で、スペクトルの変化が超伝導電子数の増加を反映していることを表している。しかし、低温度(30 K)のスペクトルにはBCS理論で予想される超伝導ギャップに対応する構造が見られない。同様の結果は、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 等他の物質でも報告され、高温超伝導体の特徴である。

電子ラマン散乱は異なる偏光配置でも観測される⁽³⁾。図1の B_{1g} スペクトルは(xy)配置で観測された

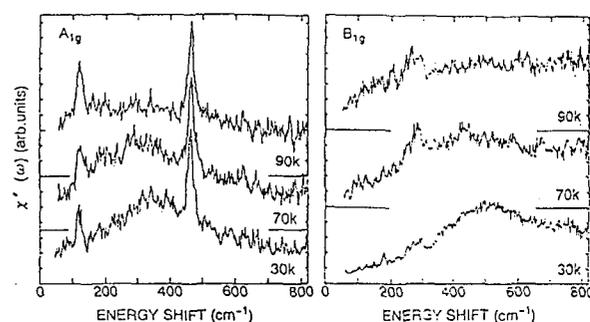


図1 (xx)散乱配置、(xy)散乱配置でそれぞれ観測される A_{1g} 及び B_{1g} 電子ラマン散乱スペクトルの温度変化。

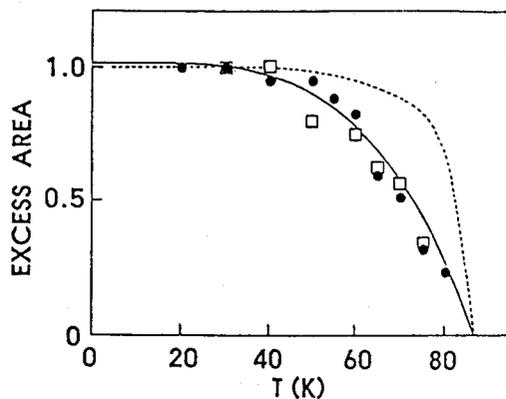


図2 中間エネルギー領域の電子ラマン散乱強度の温度変化。黒丸、白四角はそれぞれ A_{1g} , B_{1g} を表す。

もので、 T_c 以下で散乱強度の再分布が生じる(図2)。注目すべき点は、散乱強度の再分布が(xx)配置とは異なるエネルギー領域で生ずることであり、この事実は、超伝導ギャップの波数空間での異方性の存在を示唆している。

IV. 電子ラマン散乱のキャリア濃度依存性

高温超伝導体の T_c のキャリア濃度依存性は、低濃度側では濃度増加とともに T_c は上昇し、一方高濃度側では逆に下降する。この特異な性質と超伝導ギャップとの関係を明らかにする為、キャリア濃度の異なる試料で電子ラマン散乱を観測した⁽⁴⁾。図3に異なるキャリア濃度を持つ Bi-2212 単結晶の超伝導相(30 K)における電子ラマンスペクトル(xy)散乱配置を示す。超伝導ギャップ励起スペクトルのピークがキャリア濃度増加とともに低エネルギー側に移動することがわかる。同様の変化は(xx)配置で観測される電子ラマンスペクトルでも見られ、ギャップ励起スペクトルの共通の特徴である。 T_c は低濃度側・高濃度側とも低下するので、この結果はピークエネルギーと T_c とは明確な相関を持たないことを意味する。

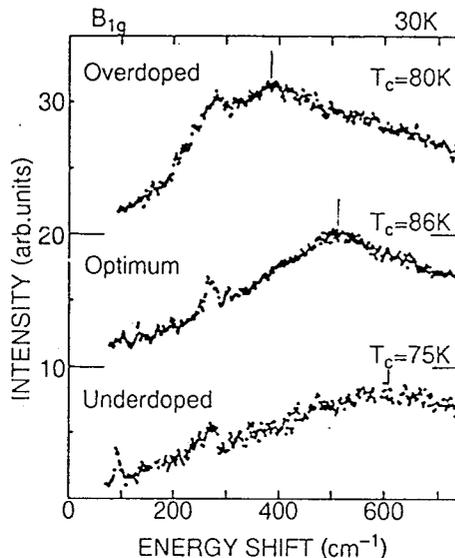


図3 電子ラマン散乱スペクトル(30 K)のキャリア濃度依存性。

V. まとめと今後の課題

得られた結果を簡単にまとめると、1)BCS型ギャップが観測されない、2)偏光依存性を持つ、3)散乱強度の変化は超流動密度を反映する、4)ピークエネルギーは顕著な温度変化を示さない、5)ピークエネルギーには T_c との相関が見られない。これらの特徴は、3)を除きすべて“異常”な振る舞いである。高温超伝導体の“異常さ”は他の分光実験でも見られ、統一的理解の妨げとなっているのが現状である。

今後の課題としては、電子ラマン散乱が、フェルミ面上のどの電子の応答を観測しているかを明らかにする必要がある。最近の角度分解型光電子分光実験の進歩に伴い、高温超伝導体のバンド構造がかなりわかってきた。現在、バンドの異方性と、電子ラマン散乱の偏光依存性との関係を検討しており、近い将来“異常”のいくつかは解決できるものと考えられる。

【参考文献】

- [1] A.Yamanaka, et al., Jpn.J.App.Phys. 27, L1902 (1988).
 [2] A.Yamanaka, et al., Phys.Rev. B46, 516 (1992).
 [3] A.Yamanaka, et al., Physica C 162-164, 1099 (1989).
 [4] A.Yamanaka, et al., J.Phys.Chem.Solids 53, 1627 (1992).