

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007 ～ 2010

課題番号：19204038

研究課題名（和文） 銅酸化物高温超伝導体の異常電荷応答

研究課題名（英文） Anomalous Charge Responses of High Temperature Copper Oxide Superconductors

研究代表者

田島 節子 (TAJIMA SETSUKO)

大阪大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70188241

研究代表者の専門分野：数物系科学（物性物理学）

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：高温超伝導

1. 研究計画の概要

従来の超伝導体より1桁高い転移温度を示すという銅酸化物高温超伝導体の“特異な現象”は、あらゆる物性に反映されているが、本研究では、電荷応答の観点からこの電子状態の特異性の本質に迫る。

より具体的には、(i)広いキャリアドープ領域にわたって、全周波数領域の常伝導状態電荷応答の統一的理解を図ること、(ii)超伝導ギャップエネルギー以下に見られる異常な残留伝導度の振る舞いを明らかにすること、(iii)過剰ドープ領域に注目し、ラマン散乱や角度分解光電子分光の測定から、超伝導ギャップの大きさや対称性がどのように変化してフェルミ液体状態に近づくのかを明らかにすること、を目標とする。更に、電荷分布の変調を示唆するようなフォノンソフト化の組成依存性も調べ、フォノン異常とフェルミ面との関係などを明らかにする。

2. 研究の進捗状況

Tl2201系や(Y,Ca)123系銅酸化物のラマン散乱分光により、高温超伝導体共通の振る舞いとして、過剰ドープ領域で超伝導対破壊ピークエネルギーの偏光依存性が失われていくことが明らかになった。正方晶の物質でもこれが起きるということは、結晶の対称性が起源ではないと思われる。また、この異常なラマン応答は、キャリア濃度に対して非単調な振る舞いをし、面間電気抵抗測定の結果から、擬ギャップが消失した組成で激しい変化を示すことがわかった。このことは、擬ギャップの存在が異常なラマン応答の原因の一つになっていることを示すものである。

擬ギャップ状態で超伝導転移した場合の電子ラマン散乱についても調べた。B_{1g}偏光では、本来d波超伝導ギャップの最大値が観測されるべきだが、擬ギャップのために、より大きな超伝導ギャップが観測された。このことから、超伝導ギャップと擬ギャップが何らかの相互作用をしている可能性が考えられる。

フォノンのソフト化については、典型的なBCS超伝導体である(Ba,K)BiO₃について非弾性X線散乱によってフォノン分散を調べ、銅酸化物の場合と比較した。前者の場合、フォノンのソフト化は金属・絶縁体転移が起きる組成で始まっており、構造相転移組成で起きるわけでも、組成変化に単調に起きるわけでもないことがわかった。このことは、このタイプのフォノンソフト化には、大きなフェルミ面の存在が必要であることを示しており、銅酸化物のソフト化の組成依存性は、擬ギャップ消失によるフェルミ面の形成過程を示すものと解釈できることがわかった。

全周波数領域の電荷応答を測定するシステムについては、ほぼ構築できた。高温超伝導体の一般的電荷応答の統一的描像を描くためには、更なるデータ蓄積が必要である。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

過剰ドープ領域の異常な電子ラマン応答については、角度分解光電子分光の結果とも整合するような解釈を得つつある。不足ドープ領域からつながっている一連の擬ギャップの影響が明らかになり、非常に重要な知見が得られたと言える。

フォノンのソフト化についても、ソフト化

の程度を決定するのが、電子格子相互作用の大きさだけではないことが明らかになり、銅酸化物の同様の振る舞いの理解に役立つ知見が得られた。

4. 今後の研究の推進方策

テラヘルツ時間領域分光システムについては、ほぼ完成したので、今年度ストライプ秩序を示す物質や、過剰ドーブ(Y,Ca)123系超伝導体の測定を行い、赤外・可視領域の測定結果とも合わせ、低エネルギー領域の電荷応答を明らかにする。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 36 件)

- ① T. Masui, T. Hiramachi, K. Nagasao, S. Tajima, “Electronic crossover in the overdoped high-temperature (Y,Ca)Ba₂Cu₃O_y superconductor by Raman scattering”, Phys. Rev. **B79**, 014511 (2009). 査読有
- ② T. Masui, N. Suemitsu, Y. Mikasa, S. Lee and S. Tajima, “Mn substitution effect in two-gap superconductor MgB₂”, J. Phys. Soc. Jpn. **77**, 074720-1/-5 (2008). 査読有
- ③ K. Nishikawa, T. Masui, S. Tajima, H. Eisaki, H. Kito and A. Iyo, “Superconducting gap of overdoped Tl₂Ba₂CuO_{6+δ} observed by Raman scattering”, J. Phys. Chem. Solids **69**, 3074 – 3077 (2008). 査読有
- ④ H. Iwasawa, J.F. Douglas, K. Sato, T. Masui, Y. Yoshida, Z. Sun, H. Eisaki, H. Bando, A. Ino, M. Aiura, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Tajima, S. Uchida, T. Saitoh, D.S. Dessau and Y. Aiura, “Isotope Fingerprint of Electron-phonon Coupling in High-Tc Cuprates”, Phys. Rev. Lett. **101**, 157005 (2008). 査読有

[学会発表] (計 39 件)

- ① S. Tajima, “Coexistence of competing orders in high-T_c cuprates”, ICAM-I2CAM Cargese Workshop on Emergent Quantum Phenomena from the Nano to the Macro World (Sicily, France, July 10, 2009). *Invited Talk*

[その他] 研究成果については下記ホームページに公開している。

http://buna.phys.sci.osaka-u.ac.jp/activity_j.html