

XAFS による銅酸化物超伝導体における電荷不均一状態の研究

XAFS study on inhomogeneous charge states in cuprate superconductors

平賀 晴弘¹⁾、山田 和芳¹⁾、松村 大樹²⁾、西畑 保雄²⁾、水木 純一郎²⁾

Haruhiro HIRAKAT, Kazuyoshi YAMADA, Daiju MATSUMURA, Yasuo NISHIHATA, Junichiro MIZUKI

¹⁾東北大学 ²⁾原子力機構

XAFS 手法を用い、銅酸化物高温超伝導体にドーピングした不純物の電荷状態と局所構造から、母体 CuO₂ 面における電荷不均一状態を探った。

キーワード: XAFS, ホール局在, 電荷・スピン不均一性

1. 目的

電荷とスピンの不均一化が銅酸化物高温超伝導体において一般的なものか、超伝導にとって本質的なものかが、現在大きな問題の一つである。本研究では、ホール空間的不均一分布あるいは局在化の証拠を、元素選択的に電荷及び局所構造を探索する XAFS によって直接観測することを目的とした。

2. 方法

BL14B1 にて、19 素子 Ge-SSD 検出器を利用し蛍光スペクトルを測定した。試料には、Ni-置換 La214 と Fe 置換 Bi2201 の 2 種類の銅酸化物超伝導体単結晶を用いた。入射直線偏光 X 線の電場方向を CuO₂ 面にし、Ni-, Fe-, Cu-K 吸収端にて測定した。

3. 研究成果

(1) Ni 置換 La214

Ni 置換量 1-7%、ホール濃度 0-15% の試料において、Ni 周りの局所構造が 2 種類に分類されることを EXAFS 振動パターンから明確にした。以前 XANES で見出していた 2 種類の Ni 電荷状態 [1] とも呼称しており、Ni ドーパントの電荷・スピン状態における二重性を明らかにした。

(2) Fe 置換 Bi2201

Fe 置換量 12%、ホール濃度約 25% のオーバードープ試料において、Fe 及び Cu の K 吸収端近傍の XANES には、20-300 K の間で顕著な温度変化は見出せなかった。一方、EXAFS 振動パターンの温度変化からは、Fe 及び Cu 周りの酸素位置に関する Debye-Waller 因子が低温 (~100 K) で上昇傾向にあることを見出した。

4. 結論・考察

(1) Ni 置換 La214

Ni サイトが 1 種類にも関わらず、2 種類の Ni ドーパント状態が確認された。これは、銅酸化物においては電荷・スピンの不均一状態が比較的容易に実現することを示していると考えられる。

(2) Fe 置換 Bi2201

Fe 置換により低温の電気抵抗にアップターンが観えることから、ホール局在は Fe 周りで起きていると予想される。しかし今回の結果は、eV オーダーの分解能ではそのようなホール局在を見出せないことが判った。言い換えれば、Fe 周りで起きる低温領域でのホール局在はエネルギースケールが十分小さく (~10 meV)、例えば近藤効果のような磁氣的起源に依る可能性を示唆している。これは、全温度領域で起きる電子数の変化 (Fe²⁺ から Fe³⁺) といった eV オーダーの現象とは異なる。現在、Fe 及び Cu の EXAFS パターンを解析中であり、局所構造あるいは熱振動の温度変化にホール局在効果が観えないか検証している。

5. 引用(参照)文献等

[1] H. Hiraka *et al.*, J. Phys. Chem. Solids (2008), doi:10.1016/j.jpcs.2008.06.043.