

強相関遷移金属酸化物の高分解能角度分解光電子分光

実験組織 研究代表者 藤森淳 (東京大学大学院理学系研究科)

吉田鉄平(東大理)、佐藤宇史、高橋隆(東北大)、相浦義弘(産総研)、小澤健一(東工大理工)、齋藤智彦(東理大理)、組頭広志、尾嶋正治(東大工)、久保田正人、小野寛太(PF物構研)、ほか大学院生19名

課題有効期間 平成18年4月～平成21年3月(3年間)

実験ステーション BL-28A

研究目的

高温超伝導体や巨大磁気抵抗マンガン酸化物などに代表される強相関物質のフェルミ面、バンド分散、準粒子構造を直接的に観測することで、電子構造の観点から特異な物性の起源を明らかにすることを目的とする。準粒子構造に現れる微細構造、超伝導ギャップや擬ギャップ、表面とバルクの電子状態の違いなどの知見を得ることにより、電子が受ける相互作用の理解を進め、一体近似を超えた多体系の電子構造の理解に進展をもたらすことを目指す。

研究進捗状況

BL-28Aの角度分解光電子分光測定において、これまでに様々な強相関遷移金属酸化物の電子状態の観測が行われ、下記のような成果が得られた。フェルミ準位近傍の電子が受ける相互作用について新たな知見が得られている。

- 1) 電子ドーピング系高温超伝導体 $\text{Nd}_{1.85}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_4$ のアニールによる電子構造の変化を調べた。フェルミ面の形状はアニール前後でほぼ同じであったが、ノード方向の反強磁性ギャップがアニールにより閉じる様子が観測され、超伝導の出現と一致している[1]。
- 2) 高い T_c (~110 K)を持つ高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ (Bi2223)のエネルギー分散を調べ、Bi2212と同様に、バンド分散の折れ曲がり(キック)のエネルギーがノード方向~70meVからアンチノード方向に向けて減少することを見出した。これは、Bi2212と同様の集団励起と電子状態が結合していることを示唆している[2]。
- 3) 単層系高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{CuO}_{6+\delta}$ (Bi2201)のフェルミ面形状のドーピング依存性を精密に測定し、ホールドーピングによるフェルミ面の形成過程の様子が単層系 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ と大きく異なることを明らかにした[3]。
- 4) 層状コバルト酸化物 $M_x\text{CoO}_2$ (M : Na, K, Rb)において、 Γ 点を中心とした大きな a_{1g} フェルミ面の存在とK点近傍の e_g フェルミ面の欠如が、アルカリ金属に依らない普遍的な状態であることを見出した[4]。また、フェルミ準位近傍のバンド分散にキック構造を観測し、その起源がバンド間混成または電子-格子相互作用に由来すると結論した。
- 5) ZnまたはO終端のZnO極性表面とCuクラスターから構成された酸化物/金属界面の電子状態を調べた。Zn終端面ではCuクラスターの価電子バンドはZnO表面の影響をほとんど受けないが、O終端面ではCuバンドとZnOバルクバンドが混成することが分かった。このようなバンド混成の違いがSTM等の研究で指摘されている二つの極性面での界面相互作用の強さの違いになって現れていることが明らかになった。
- 6) 超巨大磁気抵抗効果を示す $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ ($x=0.45$, $T_c \sim 95\text{K}$)の電子構造を観測した[5]。 $x=0.45$ では、低温金属相において $x=0.40$ に比べフェルミ準位付近の状態密度が大きく抑制されていた。また、キャント構造を示す $x=0.45$ においても強磁性を示す $x=0.40$ と同様に、フェルミ準位近傍のスペクトル強度分布が運動量空間において、直線状に近い形状を示した。このことは、 $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ 系は、磁気構造によらず広いホール濃度範囲に渡って、異方的な電子状態を取っていることを示唆している。

発表論文

[1] M. Ikeda, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, Y. Kaga, T. Sasagawa, H. Takagi, Journal of Physics: Conference Series, in press.

[2] S. Ideta, K. Takashima, M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, K. Kojima and S. Uchida, Journal of Physics: Conference Series, in press.

[3] M. Hashimoto, T. Yoshida, H. Yagi, M. Takizawa, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, K. Tanaka, D.H. Lu, Z.-X. Shen, S. Ono and Yoichi Ando, Phys. Rev. B, in press.

[4] T. Arakane, T. Sato, T. Takahashi, H. Ding, and A. Asamitsu, J. Phys. Soc. Jpn. **76**, 054704 (2007).

[5] M. Kubota, K. Ono, T. Yoshida, J. Elec. Spectrosc. Relat. Phenom, 156-158, 398-400, (2007).