

## 頂点フッ素系多層銅酸化物超伝導体における不均一ギャップの温度変化

広島大学 総合科学研究科

杉本 暁、浴野稔一

頂点フッ素系多層銅酸化物超伝導体  $\text{Ba}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n}(\text{O},\text{F})_2$  ( $\text{F02}(n-1)n$ ) は、複数の  $\text{CuO}_2$  面数を持つ多層系の銅酸化物である。本物質群は、頂点酸素とフッ素の比  $\text{O}/\text{F}$  で電荷供給層  $\text{Ba}-(\text{O},\text{F})$  のキャリア量の制御が可能であり、5配位と4配位の非等価な  $\text{CuO}_2$  面は、その電荷供給層からの距離に応じてドーパ量の差が生じるため、反強磁性と超伝導の共存などが示唆されており、銅酸化物の新たな性質をもつ物質群として注目されている。近年、本物質系でも良質な単結晶が得られ、比較的容易に劈開をすることから、STMをはじめとする表面敏感な実験が可能となっている。銅酸化物の中ではBi系単結晶のSTM/STS観測が多く報告されているが、ギャップの不均一性や局所状態密度(LDOS)の周期構造等の性質が銅酸化物にユニバーサルで本質的なものであるかどうかは自明ではない。特に、多層の効果による不均一性を含めたギャップが本物質ではどのように観測されるか、興味もたれる。

我々は、5層系及び6層系頂点フッ素系銅酸化物超伝導体単結晶 (F0245 ( $n=5$ ),  $T_c=79$  K; F0256 ( $n=6$ )  $T_c=70$  K) のSTM/STS観測を行い、詳細なトンネルスペクトル及びギャップの空間変化、及びそれらの超伝導転移温度  $T_c$  を含んだ広範囲での温度依存性を調べたので報告する。STM表面像には、F0245, F0256共に頂点酸素/フッ素の乱れよるとみられる $\sim 0.5$  nm程度のランダムなスポット構造が見られ、その隙間にわずかな原子配列が観測された[1,2]。STS観測からは、個々の  $dI/dV(V)$  カーブにも比較的小さなギャップ  $\Delta_S$  及び大きな(擬)ギャップ  $\Delta_L$  が同時に観測され、少なくともSTSの空間分解能 $\sim 0.07$  nmの範囲で2つのギャップは共存していることがわかる。F0256における平均スペクトルから得られた  $\Delta_S$  の温度依存性はスケールしたBCS曲線に従い、 $T_c$  でほぼ消える。ギャップ- $T_c$  比は、 $2\Delta_S(T=0)/k_B T_c \sim 4.9$  となった。これは、従来の銅酸化物の値  $8\sim 10$  よりも小さく、 $\Delta_S$  と  $\Delta_L$  を区別して捉えられたことによると考えられる。一方、大きな(擬)ギャップ  $\Delta_L$  は、平均で  $\Delta_{L\text{ave}} \sim 79$  meV を示し、 $T_c$  よりはるかに高い  $200$  K 程度まで観測された。ギャップの空間分布は、Bi系と同様に大きな不均一性を示すが、その空間的な広がりには約  $0.5$  nm と、Bi系のそれよりかなり小さい。これは、銅酸化物の典型的なコヒーレンス長  $\xi_{ab} = 2\sim 3$  nm よりも小さく、不均一性が超伝導性よりもむしろ面外の頂点酸素/フッ素のディスオーダーに起因している可能性が考えられる。

なお、本研究は、東京理科大学常盤和靖研究室との共同研究である。

[1] A. Sugimoto, K. Shohara, T. Ekino, Y. Watanabe, Y. Harada, S. Mikusu, K. Tokiwa, Y. Watanabe, *Physica C* **469**, 1020 (2009).

[2] A. Sugimoto, T. Ekino, K. Tanaka, K. Mineta, K. Tanabe, K. Tokiwa, *Phys. Proc.* **58**, 71 (2014).