

STM/STS による銅酸化物高温超伝導体 Bi2212 の局所電子状態の観察

北大院理, 室蘭工大院^A, 旭川医大^B

水田崇聖, 黒澤徹, 桃野直樹^A, 竹山幸作^B, 吉田紘行, 小田研, 伊土政幸

我々は、代表的な銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212) におけるギャップ構造の空間変化、電荷秩序 (CO) や準粒子干渉 (QPI) による電子系の変調構造に関する知見を得るために、低温 ($T \sim 8$ K) STM/STS 実験により局所状態密度 (LDOS) のエネルギー依存性 (STS スペクトル) と空間依存性 (LDOS 像) を詳しく調べてきた。一般的な LDOS 像の測定方法では、STM 探針の試料表面からの高さが STS スペクトルの測定位置によって変わり、その影響が測定結果に重なって現れると考えられている¹。そこで、一定のバイアス電圧 V_s に小さな変調を加えて探針を constant-height-mode で走査し、微分伝導度 dI/dV に対応するロックインアンプの出力を直に画像化する方法でも LDOS 像 (dI/dV 像と呼ぶ) を測定した。

図 1(a) と図 2(a) は、それぞれ、STS スペクトルに見られるギャップ構造の空間不均一が非常に弱い試料表面と強い試料表面において低バイアス ($V_s \lesssim \Delta_0/e$; Δ_0 は d 波超伝導ギャップの振幅) で測定された dI/dV 像である。ギャップの不均一が弱い場合には、d 波ギャップとコンシステントなスペクトルが測定領域全体にわたって観測され、低バイアス dI/dV 像で CO 等の変調構造は見られない (図 1(a))。また、d 波ギャップの振幅 Δ_0 は、Cu スピン間の反強磁性結合に変調をもたらすと考えられている一次元超格子と相関する^{2,3} (図 1(b))。一方、不均一なギャップ (擬ギャップ) を示す試料表面では、CO と QPI 変調が $V_s \lesssim \Delta_0/e$ の低バイアスで共に観測される (図 2)。また、これらの変調構造のバイアス依存性に関する解析から、CO が超伝導準粒子に対して散乱ポテンシャルを提供している可能性のあることも分かった。発表では、これらの結果について詳しく報告する。

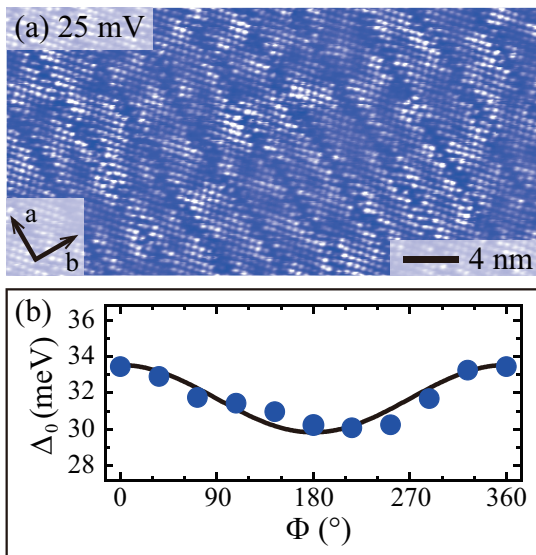


図 1 (a) OP-Bi2212 ($T_c = 90$ K) における $V_s = 25$ mV の dI/dV 像。Cu-O 結合方向と 45° をなす方向 (b 軸) に沿って一次元超格子が見られる。(b) Δ_0 の一次元超格子の位相 Φ に対するプロット (原子欠損列の位置を 0° (360°) とする)。

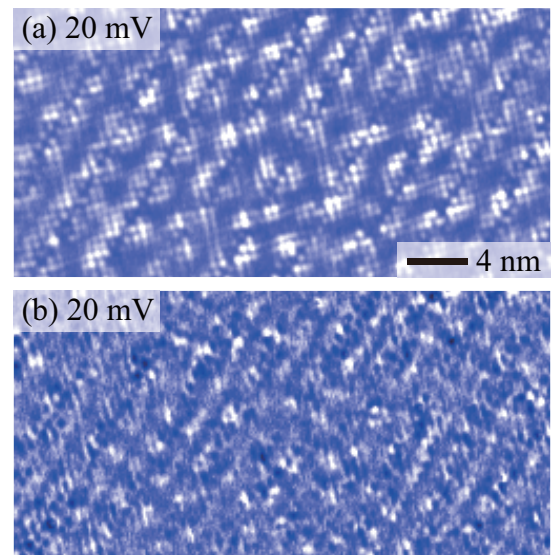


図 2 (a) UD-Bi2212 ($T_c = 76$ K) における $V_s = 20$ mV の dI/dV 像。格子定数の 4 倍周期をもつ CO が見られる。(b) $V_s = \pm 20$ mV での dI/dV の値の比をマッピングした dI/dV 比マップ。QPI 変調が見られる。

¹Y. Kohsaka *et al.*, Science **315**, 1380-1385 (2007).

²M. Mori *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101**, 247003 (2008).

³J. A. Slezak *et al.*, PNAS **105**, 3203-3208 (2008).