Bi2212の時間分解 ARPES

— 超伝導ギャップと準粒子群速度の超高速応答 —

東京大学 物性研究所, 石田 行章

レーザー技術の進歩により、固体表面から光電子放出を起こすのに十分な光子エネルギー ($>$ 仕事関数 ~ 4 eV) をもつ、良質の短波長レーザーが得られるようになってきた。これにより、レーザーを励起光源とする新しい光電子分光 (PES) が展開されている。例えば、レーザーの単色性を活かして、電子状態やバンド分散を世界最高分解能 $360 \mu\text{eV}$ で観測することが可能となった (Kiss, Shin *et al.*, RSI 2008)。パルスレーザーを用いたポンプ・プローブ型の時間分解 PES も可能となり、非平衡電子状態やそのフェムト秒領域のダイナミクス (例えば光誘起絶縁体-金属転移: Schmitt *et al.*, Science 2008; Perifetti *et al.*, PRL 2006) がドイツの Martin Wolf のグループから報告された。東大物性研・辛研究室では、再生増幅 Ti:Sapphire レーザー (170 fs, 250 kHz) を用いた 1.5 eV ポンプ、5.9 eV プローブの角度分解光電子分光 (ARPES) 装置を立ち上げている。静電半球型アナライザーを採用することで、従来の飛行時間型アナライザーを用いた時間分解 ARPES 装置に比して、高いエネルギー・角度分解能で励起電子状態を測定できる特長をもつ。

本講演では、銅酸化物高温超伝導体 (HTSC) Bi2212 の時間分解 ARPES の結果を紹介する。HTSC のバンド分散には、共通して折れ曲がり構造 (キルク) が存在し、Fermi 準位近傍の準粒子励起の群速度 (v_g) が何らかのモードに繰り返り込まれて遅くなることが知られている。このモードの由来 (電子的なモードか phonon か) や Cooper 対形成に関わるモードとの関連が、実験・理論の両面から精力的に研究されている。超短パルス照射によって到達する非平衡状態、特に、電子温度が格子温度よりも高い状態 (パルス照射後 < 1 ps で実現: Perifetti *et al.*, PRL2007) でのキルクの振舞いを捉えることは、その起源を知る新しい切り口になると期待される。最適ドープ Bi2212 ($T_c \sim 92$ K) の時間分解 ARPES を行ったところ、 < 1 ps という特徴的な時間スケールで以下の非平衡特有の電子構造が観測された: (1) キルク構造が弱くなり、 v_g が過渡的に加速した; (2) 超伝導ギャップが埋まり、非平衡特有のスペクトル形状が現れた。平衡状態での電子構造の温度変化と比較し、キルクの起源などについて考察する。

本研究は、辛埴 (東大物性研、理研/SPring-8、JST-CREST)、富樫格 (理研/SPring-8)、齋藤朋也、田中正志、木須孝幸 (東大物性研)、中根茂行、茂筑高士、平田和人 (物材機構) 各氏との共同研究です。