

光物性測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

田 中 清 尚（准教授）（2014 年 4 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) 高温超伝導体の電子状態の解明
- b) μ フォーカス角度分解光電子分光と新規スピン分解角度分解光電子分光装置の開発
- c) 角度分解光電子分光における低温技術の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) UVSOR BL5U において、鉄系高温超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の角度分解光電子分光測定を行った。近年新しく報告され注目を集めている C_4 相の組成においてのみ、特異な超伝導ギャップを観測した。具体的には Γ 点近傍のホール面を形成するバンドの一つがほぼ完全に抑制されていること、さらに電子面を形成しているバンドに顕著な運動量空間依存性を観測した。この結果により、中性子散乱で C_4 相においてのみ観測されている異常な振る舞いが、フェルミ面間のネスティングを考慮することで説明できることが判明した。
- b) ビームラインとエンドステーションの全面的な更新を行っていた UVSOR BL5U は 2016 年度より高分解能角ビームラインとしてユーザー利用を開始し、2018 年度に試料直前に最終集光ミラーを配置することでビームを $400 \text{ (H)} \times 120 \text{ (V)} \mu\text{m}$ から $23 \text{ (H)} \times 40 \text{ (V)} \mu\text{m}$ に集光することに成功している。今年度は試料を動かすことなく電子状態の運動量空間依存性を測定できるディフレクターの開発が終了し、BL5U で利用できるすべての励起光エネルギー・レンズモードにおいて、ディフレクターの使用が可能となった。さらに試料位置のモーター制御と連動した光電子取得ソフトウェアを開発・実装し、光電子強度の空間依存性をマッピングできるようになった。この開発により微細な試料や不均一な試料の測定が可能となった。また高効率スピン分解角度分解光電子分光測定の計画も進めている。
- c) 角度分解光電子分光実験の高エネルギー分解能測定には、試料をどれだけ冷却できるかが重要となる。BL5U 用に開発した冷却可能な 5 軸マニピュレータは、これまで試料部において 3.8 K、参照用金部で 3.2 K という放射光施設の光電子分光装置としては世界でもトップクラスの低温を実現している。現在 UVSOR で最も高分解能な測定が可能である BL7U では、これまで試料を 12 K までしか冷却することができなかったため、その性能を十分に生かすことができていなかったが、新たに 6 軸マニピュレータの開発を進め、試料部において 4.5 K、参照用金部で 4.2 K を達成した。現在さらなる低温化を目指して、ソフトウェアによる熱伝導解析を行っている。

B-1) 学術論文

T. ADACHI, S. IDETA, Z. TIN, H. USUI, K. TANAKA, S. MIYASAKA and S. TAJIMA, “Electronic Structure of $\text{Sr}_{1-y}\text{Ca}_y\text{Fe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ ($x = 0.25, y = 0.08$) Revealed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **88**, 084701 (8 pages) (2019).

Y. OHTSUBO, Y. YAMASHITA, K. HAGIWARA, S. IDETA, K. TANAKA, R. YUKAWA, K. HORIBA, H. KUMIGASHIRA, K. MIYAMOTO, T. OKUDA, W. HIRANO, F. IGA and S. KIMURA, “Non-Trivial Surface States of Samarium Hexaboride at the (111) Surface,” *Nat. Commun.* **10**, 2298 (7 pages) (2019).

S. YAMANAKA, K. TONAMI, M. IWASHITA, K. YOSHIDA, R. TAKEUCHI, S. IDETA, K. TANAKA, K. MASE, K. YAMADA, H. YOSHIDA and Y. NAKAYAMA, “High Sensitivity Detection of the Frontier Electronic States of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ Single Crystals by Low Energy Excitation,” *Appl. Phys. Express* **12**, 051009 (5 pages) (2019).

K. TANAKA, N. HIEU, G. VINCINI, T. MASUI, S. MIYASAKA, S. TAJIMA and T. SASAGAWA, “Quantitative Comparison between Electronic Raman Scattering and Angle-Resolved Photoemission Spectra in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Superconductors: Doping Dependence of Nodal and Antinodal Superconducting Gaps,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **88**, 044710 (6 pages) (2019).

H. SHIONO, S. ISHIHARA, K. MIMURA, H. SATO, E. SCHWIER, K. SHIMADA, M. TANIGUCHI, S. IDETA, K. TANAKA, T. ZHUANG, K. MATSUMOTO, K. HIRAOKA and H. ANZAI, “Temperature Dependence of the Kondo Resonance Peak in Photoemission Spectra of YbCdCu_4 ,” *AIP Conf. Proc.* **2054**, 040013 (4 pages) (2019).

B-4) 招待講演

田中清尚, 「UVSORにおける高温超伝導体の超伝導ギャップ測定, 先端磁気分光と理論計算の融合研究:『界面多極子相互作用』が拓く新しい学理」, 東京, 2019年6月.

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

日本放射光学会プログラム副委員長 (2019).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2014–2016).

日本放射光学会誌編集委員 (2016–). (出田真一郎)

B-10) 競争的資金

科研費若手研究(スタートアップ), 「高温超伝導体の反射型テラヘルツ時間領域分光」, 田中清尚 (2008年–2009年).

科研費若手研究(B), 「電荷・スピンストライプ秩序相を有する高温超伝導体の電子構造」, 田中清尚 (2012年–2014年).

グローバルCOEプログラム「物質の量子機能解明と未来型機能材料創出」萌芽的研究, 「鉄系超伝導体における低エネルギー電荷応答」, 田中清尚 (2012年).

自然科学研究機構新分野創成センターイメージングサイエンス研究分野プロジェクト, 「ディフレクターを用いた新しい高分解能運動量空間電子状態イメージング」, 田中清尚 (2015年).

科研費若手研究(B), 「角度分解光電子分光及びフェムト秒時間分解電子線回折による高温超伝導起源の解明」, 出田真一郎 (2015年–2016年).

C) 研究活動の課題と展望

これまで整備・立ち上げを進めてきたUVSORのBL5Uの高分解能角度分解光電子分光ビームラインはユーザー利用を開始した。現在、高分解能を利用した角度分解光電子分光実験を行っており成果が出始めている。今年度は角度分解光電子分光装置の電子レンズ部(ディフレクター)の開発が完了し、昨年度導入した μ フォーカスビームと合わせることで微小な試料や不均一な試料の測定が可能となった。新しい高効率スピン分解測定手法の開発も進めている。