

田 中 清 尚（准教授）（2014 年 4 月 1 日着任）

ZHU, Yupeng（特別訪問研究員）

小山 正太郎（特別共同利用研究員）

三田 愛也（特別共同利用研究員）

河野 健人（特別共同利用研究員）

増田 圭亮（特別共同利用研究員）

石原 麻由美（事務支援員）

加茂 恭子（事務支援員）

横田 光代（事務支援員）

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) 新規スピン分解角度分解光電子分光装置の開発
- b) 高温超伝導体の電子状態の解明
- c) UVSOR ビームラインの高精度化

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) UVSOR BL5U では高効率スピン分解角度分解光電子分光測定の開発を進めている。これまで試料の面内 1 軸方向ではあるが Au(111) 表面バンドのラッシュバ分裂をスピン分解してイメージスペクトルを取得することに成功し、運動量空間分解能や検出効率なども既存システムを大きく上回ることも確認できている。ただし、測定時には頻繁にスピントーゲットの磁化操作をする必要があり、このままではユーザー利用を開始することは困難であることが判明した。スピントーゲットの磁化操作を不要とするために、スピンの向きをあらゆる方向に変更できるスピンマニピュレータを導入したが、スピンマニピュレータのパラメータ整備が必要となっている。2023 年度にこれまで整備された 1 軸方向に加えて、特定の励起光エネルギーのみではあるがもう 1 軸の整備をした。その結果、試料面内方向の完全なスピン情報を得ることができるようになり、Au(111) のフェルミ面において、直行する 2 軸方向のスピン成分が連続的に変化する様子の観測に成功した。
- b) UVSOR BL7U において、銅酸化物高温超伝導体 Bi2213 の角度分解光電子分光測定を行った。超伝導転移温度の上下でのスペクトルを比較することで、超伝導によるスペクトラルウェイト変化の運動量空間依存性とホール濃度依存を導出することに成功した。これまで長い間有効とされてきたフェルミアーク描像を否定する結果が得られており、高温超伝導が超伝導ギャップよりも超流動密度に強く影響を受けていることを示唆している。
- c) 放射光のビームラインでは使用する励起光エネルギーを設定したときに、毎回エネルギーとビームスポット位置が再現されることが、高精度な実験、あるいは測定の自動化を実現する上で欠かせない。BL5U では励起光スキャン、空間スキャンプログラムなど早くから測定の自動化に取り組んできたが、エネルギーの再現性があまりよくないことが問題となっていた。そこでレイトレースシミュレーションも駆使しながら、再現性を悪化させる原因を調査する実験を行ったところ、回折格子の角度制御において、機械的な動作の問題があることが判明した。そこでこの問題を回避するための特別なモーター制御を開発・導入し、再現性を確保することに成功した。今後は同様の整備を他の光電子ビームライン（BL7U）でも予定している。

B-1) 学術論文

- P. RAN, B. LIN, C. HONG, B. WANG, X. XIE, C. JIANG, K. TANAKA and R. H. HE**, “Observation of Novel In-Gap States on Alkali Metal Dosed Ti_2O_3 Film,” *J. Appl. Phys.* **135**(9), 095303 (2024). DOI: 10.1063/5.0191245
- R. NAKAZAWA, A. MATSUZAKI, K. SHIMIZU, I. NAKAMURA, E. KAWASHIMA, S. MAKITA, K. TANAKA, S. YASUNO, H. SATO, H. YOSHIDA, M. ABDI-JALEBI, S. D. STRANKS, S. TADANO, P. KRÜGER, Y. TANAKA, H. TOKAIRIN and H. ISHII**, “Reliable Measurement of the Density of States Including Occupied In-Gap States of an Amorphous In-Ga-Zn-O Thin Film via Photoemission Spectroscopies: Direct Observation of Light-Induced In-Gap States,” *J. Appl. Phys.* **135**(8), 085301 (2024). DOI: 10.1063/5.0185405
- Y. P. ZHU, X. CHEN, X. R. LIU, Y. LIU, P. LIU, H. ZHA, G. QU, C. HONG, J. LI, Z. JIANG, X. M. MA, Y. J. HAO, M. Y. ZHU, W. LIU, M. ZENG, S. JAYARAM, M. LENDER, J. DING, S. MO, K. TANAKA, M. ARITA, Z. LIU, M. YE, D. SHEN, J. WRACHTRUP, Y. HUANG, R. H. HE, S. QIAO, Q. LIU and C. LIU**, “Observation of Plaid-Like Spin Splitting in a Noncoplanar Antiferromagnet,” *Nature* **626**(7999), 523–528 (2024). DOI: 10.1038/s41586-024-07023-w
- T. ITO, T. OUISSE, M. MITA, K. TANAKA, L. JOUFFRET, H. PAZNIK and S. QUESSADA**, “Electronic Structure of the Surface States of the Zr_3SnC_2 MAX Phase,” *Phys. Rev. B* **108**(23), 235145 (2023). DOI: 10.1103/PhysRevB.108.235145
- T. NAKAMURA, H. SUGIHARA, Y. CHEN, R. YUKAWA, Y. OHTSUBO, K. TANAKA, M. KITAMURA, H. KUMIGASHIRA and S. KIMURA**, “Two-Dimensional Heavy Fermion in a Monoatomic-Layer Kondo Lattice YbCu_2 ,” *Nat. Commun.* **14**(1), 7850 (2023). DOI: 10.1038/s41467-023-43662-9
- A. HONMA, D. TAKANE, S. SOUMA, K. YAMAUCHI, Y. WANG, K. NAKAYAMA, K. SUGAWARA, M. KITAMURA, K. HORIBA, H. KUMIGASHIRA, K. TANAKA, T. K. KIM, C. CACHO, T. OGUCHI, T. TAKAHASHI, Y. ANDO and T. SATO**, “Antiferromagnetic Topological Insulator with Selectively Gapped Dirac Cones,” *Nat. Commun.* **14**(1), 7396 (2023). DOI: 10.1038/s41467-023-42782-6
- K. YANAGIZAWA, K. SUGAWARA, T. KAWAKAMI, R. ANDO, K. YAEHASHI, K. NAKAYAMA, S. SOUMA, K. TANAKA, M. KITAMURA, K. HORIBA, H. KUMIGASHIRA, T. TAKAHASHI and T. SATO**, “Switching of Charge-Density Wave by Carrier Tuning In Monolayer TiTe_2 ,” *Phys. Rev. Mater.* **7**(10), 104002 (2023). DOI: 10.1103/PhysRevMaterials.7.104002
- S. KERA, F. MATSUI, K. TANAKA, Y. TAIRA, T. ARAKI, T. OHIGASHI, H. IWAYAMA, M. FUJIMOTO, H. MATSUDA, E. SALEHI and M. KATOH**, “Prospects Required for Future Light-Source Facilities: A Case of UVSOR Synchrotron Facility,” *Electron. Struct.* **5**(3), 034001 (2023). DOI: 10.1088/2516-1075/acdf32
- M. HORIO, X. PEIAO, M. MIYAMOTO, T. WADA, K. ISOMURA, J. OSIECKI, B. THIAGARAJAN, C. M. POLLEY, K. TANAKA, M. KITAMURA, K. HORIBA, K. OZAWA, T. TANIGUCHI, M. FUJITA and I. MATSUDA**, “Influence of Oxygen Coordination Number on the Electronic Structure of Single-Layer La-Based Cuprates,” *Phys. Rev. B* **108**(3), 035105 (2023). DOI: 10.1103/PhysRevB.108.035105
- H. TANAKA, A. V. TELEGIN, Y. P. SUKHORUKOV, V. A. GOLYASHOV, O. E. TERESHCHENKO, A. N. LAVROV, T. MATSUDA, R. MATSUNAGA, R. AKASHI, M. LIPPMAN, Y. ARAI, S. IDETA, K. TANAKA, T. KONDO and K. KURODA**, “Semiconducting Electronic Structure of the Ferromagnetic Spinel HgCr_2Se_4 Revealed by Soft-X-Ray Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *Phys. Rev. Lett.* **130**(18), 186402 (2023). DOI: 10.1103/PhysRevLett.130.186402

C. HONG, W. ZOU, P. RAN, K. TANAKA, M. MATZELLE, W.-C. CHIU, R. S. MARKIEWICZ, B. BARBIELLINI, C. ZHENG, S. LI, A. BANSIL and R.-H. HE, “Anomalous Intense Coherent Secondary Photoemission from a Perovskite Oxide,” *Nature* **617**, 493–498 (2023). DOI: 10.1038/s41586-023-05900-4

B-4) 招待講演

K. TANAKA, “Angle-resolved photoemission study in UVSOR synchrotron radiation,” International Workshop on Advanced Spectroscopy in Materials Science, Jinhua (China), November 2023.

K. TANAKA, “Development of spin-resolved ARPES at UVSOR,” MBS Workshop 2023, Norrtälje (Sweden), June 2023.

C) 研究活動の課題と展望

開発中のスピン分解ARPES システムは、目標としていたイメージでのスピン分解スペクトルの取得に成功し、運動量空間分解能や検出効率なども既存システムを大きく上回ることも確認できている。ユーザー利用を目指して、スピンの向きをあらゆる方向に変更できるスピンマニピュレータを導入したが、電子レンズ系のパラメータ整備に時間がかかっている。xyz 軸のうち 2 軸まで整備が完了しつつあるが、できるだけ早期にパラメータの整備を完了してユーザー利用開始を目指す予定である。