

マイクロARPESによる 新奇トポジカル物質の特異電子状態の解明

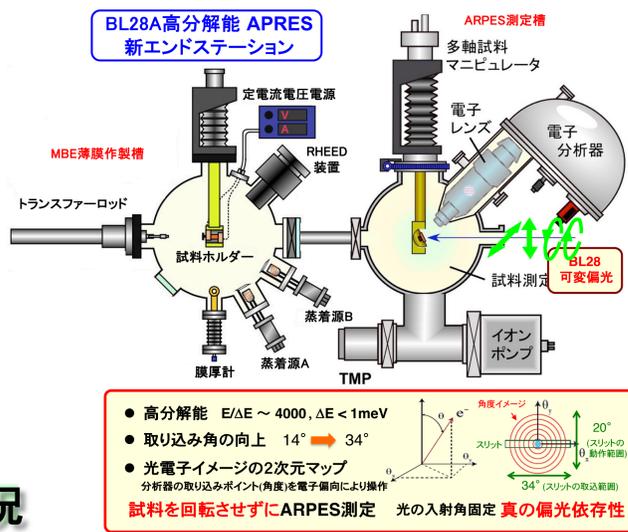
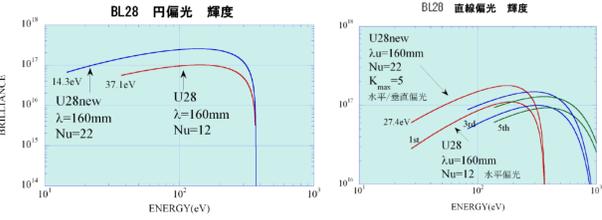
実験組織 研究代表者：佐藤宇史（東北大学材料科学高等研究所）
相馬清吾、菅原克明、中山耕輔、組頭広志(東北大)、吉田鉄平、大槻太毅(京大)、齋藤智彦(東理大理)、石坂香子、坂野昌人、小林正起(東大工)、北村未歩、堀場弘司(QST)

課題有効期間 2021年4月 ~ 2024年3月(3年間)

研究目的 トポジカル絶縁体の発見を契機にして、新型トポジカル物質の探索とデバイス応用のための研究が進展している。これまでARPESは、ギャップレス表面・バルク状態を直接観測することで、トポジカル物性探索の駆動力となってきた。一方で、その研究対象は観測が比較的容易な結晶「表面」に集中しており、エッジ/ヒンジ状態、側面ディラック電子状態などの新たなトポジカル相の実証の鍵となる局所性の高い空間領域での電子構造の解明が殆ど進んでいない。本研究では、BL28におけるマイクロARPESエンドステーションの整備・改良を行って、空間分割した電子状態を直接決定することで、原子層トポ絶縁体、高次トポ絶縁体、トポ半金属など、対称性に起因した特異な局所電子状態の発現が期待される新奇トポジカル物質を実証し、低エネルギー励起状態と特異物性発現機構との関連を明らかにすることを目的とする。

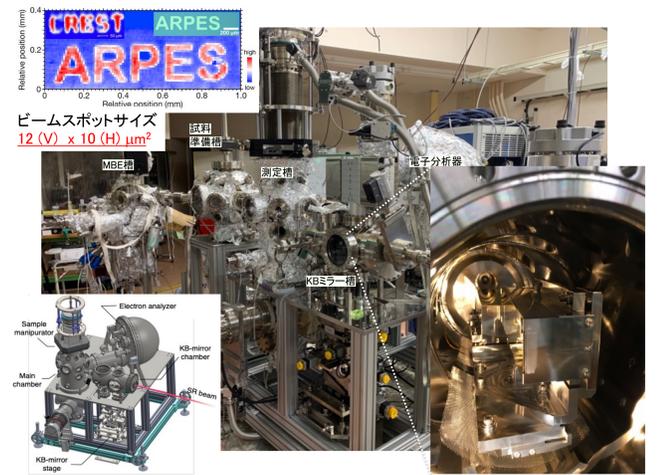
実験ステーション Photon Factory BL-28A 高分解能角度分解光電子分光装置

BL28 横、左右円偏光 → 縦、横、左右円偏光
アンジュレーター更新 マグネットの増強 → 輝度 2倍
新しい偏光特性・高輝度を活かすことができる
新たな高分解能ARPESエンドステーションの建設



昨年度までの状況

マイクロARPES装置の整備: 光学系の調整



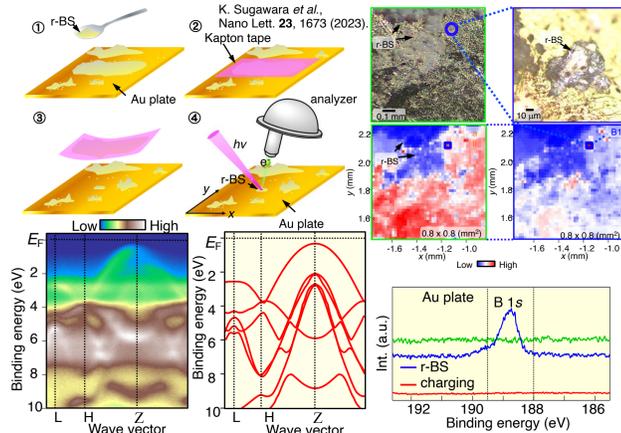
2023年度の研究成果・進捗状況

ソフトウェア開発: 空間マッピングの高速・効率化



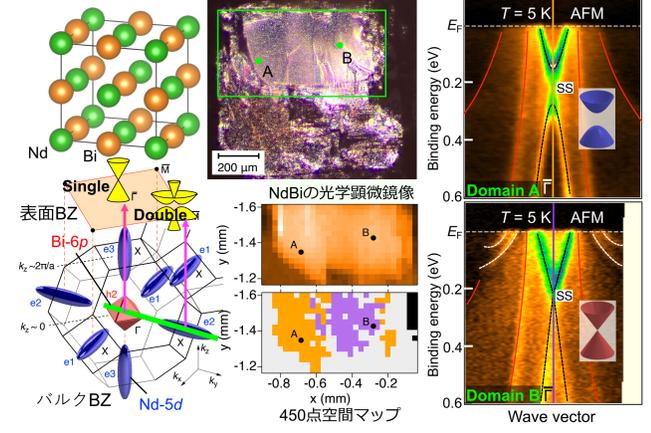
マイクロARPES装置の空間マップ測定ソフト・ハードウェア改良を行い最大2倍の高速化を実現した。また、機械学習を用いたデータ解析アルゴリズムの構築を行った。

微小粉末結晶におけるARPES法の確立



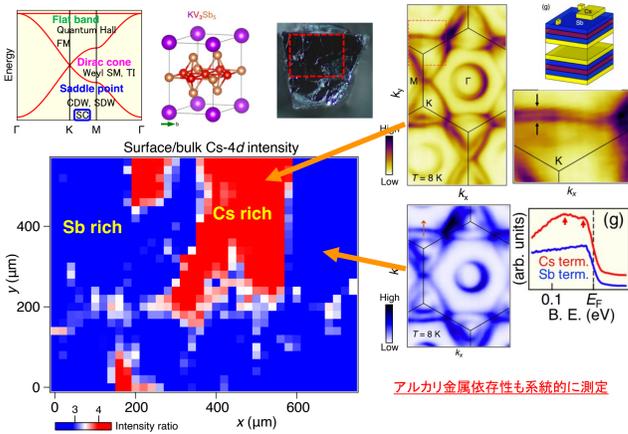
ファンデルワールス半導体r-BS粉状単結晶のマイクロARPES測定に成功し、従来は困難であった微小粉末結晶におけるARPES測定のプロトコルを確立した[1]。

NdBiにおける反強磁性トポジカル絶縁体の実証



NdBiにおける反強磁性ドメイン分割測定によって反強磁性トポジカル絶縁体を実証した[2]。

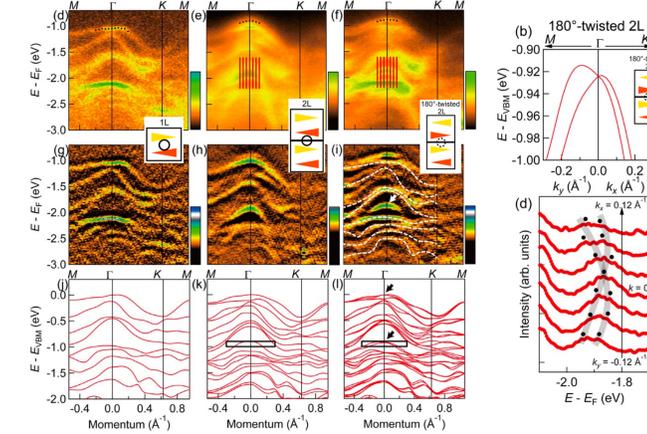
カゴメ超伝導体CsV₃Sb₅における極性表面



CsV₃Sb₅ のCsおよびSb終端表面においてCDWの振る舞いが全く異なることを見出した[3]。

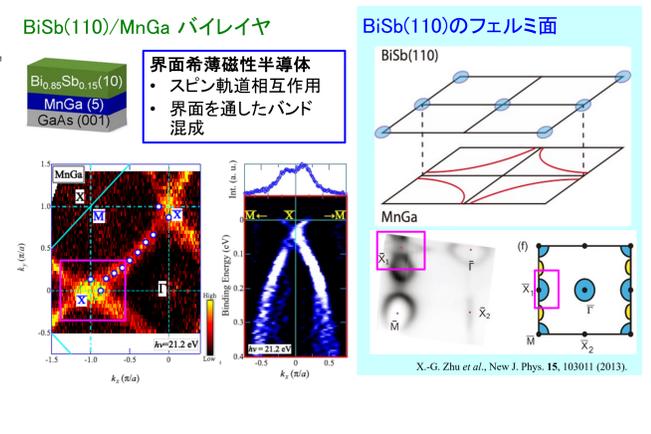
発表論文

空間反転非対称2層ReSe₂におけるバンド分裂の観測



180° のツイスト角を持つReSe₂バイレイヤにおいて人工的な空間反転対称性の破れに起因したバンド分裂を見出した[4]。

Bi/MnGaヘテロ構造における界面効果の同定



Ti/強磁性界面における巨大スピンホール効果の起源を解明するために、Bi/MnGaヘテロ構造におけるARPES測定を行い、界面における混成状態を明らかにした。

[1] K. Sugawara, H. Kusaka, T. Kawakami, K. Yanagizawa, A. Honma, S. Souma, K. Nakayama, M. Miyakawa, T. Taniguchi, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, S.-i. Orimo, M. Toyoda, S. Saito, T. Kondo, and T. Sato, *Nano Lett.* **23**, 1673 (2023).
 [2] 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, Yoichi Ando and T. Sato, *Nature Commun.* **14**, 7396 (2023).
 [3] T. Kato, Y. Li, M. Liu, K. Nakayama, Z. Wang, S. Souma, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, Y. Yao, and T. Sato, *Phys. Rev. B* **107**, 245143 (2023).
 [4] S. Akatsuka, M. Sakano, T. Yamamoto, T. Nomoto, R. Arita, R. Murata, T. Sasagawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, M. Kitamura, K. Horiba, K. Sugawara, S. Souma, T. Sato, H. Kumigashira, K. Shinokita, H. Wang, K. Matsuda, S. Masubuchi, T. Machida, and K. Ishizaka, arXiv:2309.15403.
 [5] N. Mitsuishi, Y. Sugita, T. Akiba, Y. Takahashi, M. Sakano, K. Horiba, H. Kumigashira, H. Takahashi, S. Ishiwata, Y. Motome, and K. Ishizaka, *Phys. Rev. Research* **6**, 013155 (2024).
 [6] A. Moriya, K. Nakayama, T. Kawakami, K. Maeda, A. Tokuyama, S. Souma, C. Chen, J. Avila, M. Ca. Asensio, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, K. Fujiwara, K. Segawa, and T. Sato, *Phys. Rev. Research* **5**, 023152 (2023).
 [7] Y. Saruta, K. Sugawara, H. Oka, T. Kawakami, T. Kato, K. Nakayama, S. Souma, T. Takahashi, T. Fukumura, and T. Sato, *Adv. Sci.* **10**, 230446 (2023). 他