

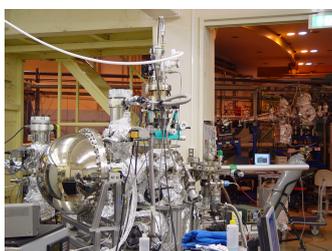
高分解能角度分解光電子分光による ディラック電子系の量子現象の解明

実験組織 研究代表者： 高橋 隆（東北大学原子分子材料科学高等研究機構）
 中山耕輔、菅原克明、相馬清吾、佐藤宇史(東北大)、吉田鉄平、藤森淳(東大理)、大川万里生、斉藤智彦(東理大理)、
 小野寛太、組頭広志(PF物構研)

課題有効期間 平成24年4月 ~ 平成27年3月(3年間)

研究目的 本課題では、BL-28Aにおいて高分解能角度分解光電子分光法(ARPES)を用いてトポロジカル絶縁体やグラフェンなどを中心に、「ディラック電子系」と呼ばれている物質群の電子構造を精密に決定し、特異な量子現象の発現機構を解明することを目指す。フェルミ面、バンド分散、多体相互作用などの物性に関わるフェルミ準位近傍の基盤電子構造について、励起光や偏向の可変性を駆使することで電子状態の3次元性を解析し、ディラック電子系に重要な表面/バルクの区別も含めた電子構造の決定を行う。また、高温超伝導体や遷移金属化合物などのディラック電子系関連物質についても実験を行い、他のディラック電子系との相違点・類似点を明らかにする。

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

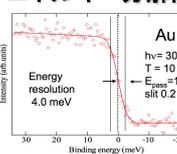


基本性能データ
 SES-2002のエネルギー分解能:
 0.9 meV (Pass energy 2eV)
 角度分解能: ±0.1°
 角度分解モード取り込み角: ±6°
 アールデック社製2軸回転マニピュレータ



測定温度領域: 7~300 K
 測定槽到達真空度:
 1.0 x 10⁻⁸ Pa
 LabViewによるx,y,z軸、及び
 θ, tilt軸の集中制御

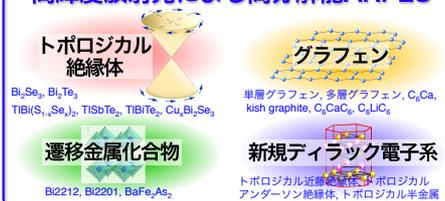
エネルギー分解能



光源とアナライザーの全分解能は4 meVを達成
 多軸回転測定により一つの試料面で広運動量領域のデータを一率に測定可能

ディラック電子系における 基盤電子構造と特異物性発現機構

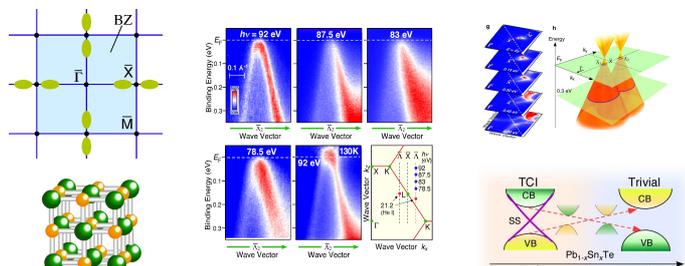
高輝度放射光による高分解能ARPES



2012年度の研究成果・進捗状況

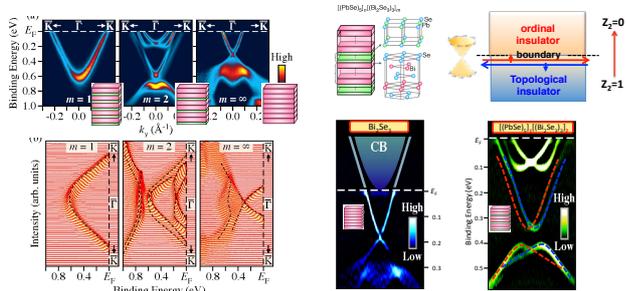
BL-28Aの角度分解光電子分光測定において、これまで様々なディラック電子系および関連化合物の電子状態の観測が行われ、新しいトポロジカル物質や表面/界面電子状態について知見が得られている。

トポロジカルクリスタル絶縁体SnTe



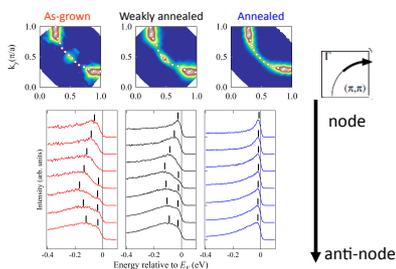
IV-VI半導体であるSnTeにおいて高分解能ARPESを行い表面およびバルクバンド構造を決定した結果、これまで報告されていたトポロジカル絶縁体が時間反転対称性に保護されたクラスであるのに対し、結晶の鏡映対称性によりディラック電子が保護された「トポロジカルクリスタル絶縁体」が実現していることを明らかにした。

トポロジカル絶縁体(PbSe)₃[(Bi₂Se₃)₃]_mのバルクヘテロ構造



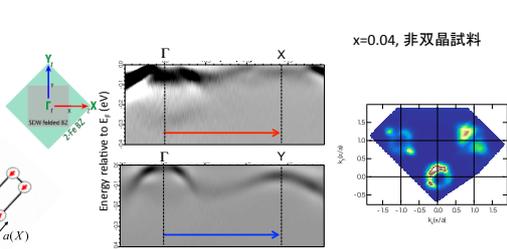
トポロジカル絶縁体のディラック電子は表面で発現する事が知られているが、(PbSe)₃(Bi₂Se₃)_{3m}においてはPbSe層とBi₂Se₃層の間の「界面」において発現するディラック電子バンドを観測した。

電子型高温超伝導体の準粒子状態



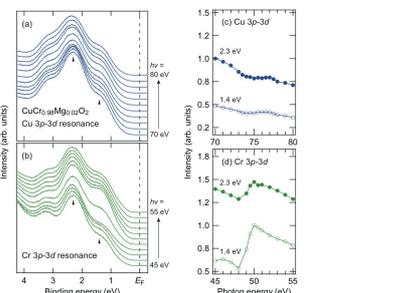
アニールにより擬ギャップが消失してフェルミ面全体に渡って鋭い準粒子ピークが観測された。これはアニールにより頂点酸素がほぼ完全に取り除かれ、反強磁性スピン相関が大きく抑制されていることを示唆する。

鉄系超伝導体Ba(Fe_{1-x}Ru_x)₂As₂のバンド分散、フェルミ面



非双晶化した鉄系超伝導体BaFe₂As₂にRuを4%ドーブした反強磁性相の試料についてARPES測定した結果、X点とY点のバンド分散に明瞭な違いを見出した。観測された2回対称のフェルミ面は、Coドーブされた試料とほぼ同様の形状を示す。

熱電物質CuCr_{1-x}Mg_xO₂



大きな熱電能が期待できるmultiferroic物質CuCr_{1-x}Mg_xO₂の共鳴光電子分光。価電子帯の頂上はこれまでの報告と異なり、Cu 3dではなくCr 3dからなることを明らかにし、さらにこれにCu 4s状態が混成していることを見出した

発表論文

- [1] Y. Tanaka, Z. Ren, T. Sato, K. Nakayama, S. Souma, T. Takahashi, K. Segawa, and Y. Ando, Nature Phys. **8** (2012) 800.
- [2] K. Nakayama, K. Eto, Y. Tanaka, T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, Kouji Segawa, and Yoichi Ando., Phys. Rev. Lett. **109** (2012) 236804.
- [3] S. Aizaki, T. Yoshida, K. Yoshimatsu, M. Takizawa, M. Minohara, S. Ideta, A. Fujimori, K. Gupta, P. Mahadevan, K. Horiba, H. Kumigashira, and M. Oshima., Phys. Rev. Lett. **109** (2012) 056401.
- [4] S. Ideta, T. Yoshida, I. Nishi, A. Fujimori, Y. Kotani, K. Ono, Y. Nakashima, S. Yamaichi, T. Sasagawa, M. Nakajima, K. Kihou, Y. Tomioka, C. H. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, T. Ito, S. Uchida, and R. Arita, Phys. Rev. Lett. **110** (2013) 107007.
- [5] T. Okuda, R. Kajimoto, M. Okawa, and T. Saitoh, Int. J. Mod. Phys. B **27**, (2013) 1330002.