

自己組織化によって形成された磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ接合

東京工業大学 理学院 物理学系

平原 徹

hirahara@phys.titech.ac.jp

トポロジカル絶縁体は、バルクが絶縁体であるが、金属的なスピン偏極した表面状態が存在する物質群である [1]。この表面状態は質量のないディラック電子であり、時間反転対称性を破らない限りディラック点でギャップを開けることができないとされてきた。しかし時間反転対称性が破られていなくても(破られていても)ギャップが開く(開かない)ケースも報告されており、両者の関係についてはまだ未解明な点がある[2]。これまでは時間反転対称性を破る試みとして、磁性不純物の結晶内部への混入や[3]、試料表面への磁性不純物吸着などが行われており[4]、前者の場合はフェルミ準位制御により、1K 以下で確かに量子異常ホール効果が観測されている[5]。一方最近、急峻な界面を持つ磁性体/強磁性体のヘテロ接合での磁気近接効果を利用することがトポロジカル絶縁体 Bi_2Se_3 上/磁性絶縁体 EuS で報告された[5]。しかし実験は磁化や輸送特性の測定に限られており[6]、バンド構造にギャップが開いた直接の証拠は示されていない。理論計算ではディラックコーン以外のバンドがフェルミ準位を横切り、本来のバンド構造から大きく変わることが示された [7]。

そこで本研究では Bi_2Se_3 上に磁性絶縁体 MnSe を成長させヘテロ構造を作製し、時間反転対称性の破れを検証した。まず高分解能角度分解光電子分光によるバンド構造測定でディラックコーンに約 80meV のギャップが開くことを直接確認した。またこれ以外のバンドはフェルミ準位を横切らず、磁気近接効果がディラックコーンに与える影響は最小限であった。構造解析の結果、このヘテロ接合は $\text{MnSe}/\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ではなく、 $\text{MnBi}_2\text{Se}_4/\text{Bi}_2\text{Se}_3$ であることが明らかになった。さらに SQUID、XMCD により磁化測定では、このヘテロ接合は室温でも強磁性を示すことが分かった。講演では第一原理計算の結果も含めて詳細を報告する [8]。

本研究は奥山裕磨(東工大理), A. V. Matetskiy, 久保高幸, 中西亮介, 高山あかり, 秋山了太, 長谷川修司(東大理), 白澤徹郎(産総研), 高木康多, 松波雅治, 羽尻哲也, 出田真一郎, 田中清尚, 木村真一(分子研 UVSOR), 角田一樹, 宮本幸治, 奥田太一(広大理, HiSOR), S. V. Eremeev(ロシアトムスク大), E.V. Chulkov(スペイン DIPC)各氏との共同研究である。

[1] M. Z. Hasan and C. L. Kane, RMP **82**, 3045 (2010). [2] A. Varykhalov *et al.*, Nat. Comm. **7**, 10559 (2016); R. R. Biswas *et al.*, Nat. Comm. **7**, 12027 (2016). [3] 例えば Y. Okada *et al.*, PRL **106**, 206805 (2011); C. Z. Chang *et al.*, Science **340**, 167 (2013). [4] 例えば T. Valla *et al.*, PRL **108**, 117601 (2012); S. Yoshizawa *et al.*, PRB **91**, 045423 (2015). [5] C. Z. Chang, *et al.*, Science **340**, 167 (2013); [1] A. J. Bestwick *et al.*, PRL **114**, 187201 (2015). [6] 例えば P. Wei *et al.*, PRL **110**, 186807 (2013); V. Lauter *et al.*, Nature **533**, 513 (2016); C. Lee *et al.*, Nature Comm. **7**, 12014 (2016). [7] S. V. Eremeev *et al.*, JMMM **383**, 30 (2015). [8] T. Hirahara *et al.*, submitted.