

トポロジカル絶縁体における薄膜化研究の現状と課題

Recent technological advances in thin film devices based on topological insulators

◦塚崎 敦^{1,2}、吉見 龍太郎³、ジョセフ チェケルスキー⁴、安田 憲司³、小塚 裕介^{3,5}、ジョセフ ファルソン^{3,5}、高橋 圭⁶、永長 直人^{3,6}、川崎 雅司^{3,5,6}、十倉 好紀^{3,6} (1.東北大金研、2.JST さきがけ、3.東大物工、4.MIT、5.東大 QPEC、6.理研 CEMS)

◦Atsushi Tsukazaki^{1,2}, Ryutaro Yoshimi³, Joseph Checkelsky⁴, Kenji Yasuda³, Yusuke Kozuka^{3,5}, Joseph Falson^{3,5}, Kei Takahashi⁶, Naoto Nagaosa^{3,6}, Masashi Kawasaki^{3,5,6}, Yoshinori Tokura^{3,6} (1. IMR, Tohoku Univ., 2. JST-PRESTO, 3. Dept. Appl. Phys., The Univ. of Tokyo, 4. MIT, 5. QPEC, The Univ. of Tokyo, 6. RIKEN CEMS)

E-mail: tsukazaki@imr.tohoku.ac.jp

バンド反転に起因したギャップレス状態を持つトポロジカル絶縁体では、バルクや薄膜を用いた多様な研究が展開されている。特に、HgTe/(CdHg)Te や InAs/GaSb 量子井戸構造の 2 次元トポロジカル絶縁体の場合には、一次元エッジ状態を実現して量子化スピホール効果を示すことが報告されており[1,2]、また、ビスマスカルコゲナイドを中心とする 3 次元トポロジカル絶縁体の場合には、絶縁体的なバルク状態に加えて金属的な表面ディラック状態を有することが明らかとなっている[3]。トポロジカル絶縁体を用いて上記の特異なギャップレス状態の物性研究を展開するためには、フェルミ準位の制御技術開発が重要であり、近年バルク高抵抗な物質の探索[4]や電界効果型素子特性の向上に関する研究が競争的に行われている。

本講演では、トポロジカル絶縁体の薄膜化研究における最近の進展を紹介し、スピントロニクス分野におけるトポロジカル絶縁体物質群の活用可能性や将来展望について概観する。特に、我々が扱っている 3 次元トポロジカル絶縁体の一つである $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_3$ 薄膜の研究を例として、バルク絶縁性の向上や表面ディラック状態の量子化伝導について、薄膜作製技術や、量子ホール効果の観測[5]、磁性不純物としてクロム添加した試料での量子化異常ホール効果[6,7]を紹介する。また、スピントロニクス分野との関連で活発に研究されている大きなスピホール角[8]についても概観し、トポロジカル絶縁体の有するスピン偏極した表面ディラック準位の活用可能性について検討する。

[1] M. König *et al.*, Science **318**, 766 (2007). [2] I. Knez *et al.*, Phys. Rev. Lett. **107**, 136603 (2011).

[3] M. Z. Hasan and C. L. Kane, Rev. Mod. Phys. **82**, 3045 (2010). and references there in.

[4] Z. Ren *et al.*, Phys. Rev. B **84**, 165311 (2011). [5] R. Yoshimi *et al.*, arXiv 1409.3326 (2014).

[6] C. Z. Chang *et al.*, Science **340**, 167 (2013). [7] J. G. Checkelsky *et al.*, Nature Phys. **10**, 731 (2014).

[8] Example for, A. R. Mellnik *et al.*, Nature **511**, 449 (2014).