

磁性トポロジカル絶縁体の非対称表面を利用した両極性伝導型熱電素子 Ambipolar thermoelectric power generator based on asymmetric surfaces of magnetic topological insulators

千葉 貴裕¹、高橋 三郎²、小峰 啓史³ (1. 福島高専、2. 東北大 AIMR、3. 茨城大工)

°Takahiro Chiba¹, Saburo Takahashi², and Takashi Komine³ (1. NIT-Fukushima Col., 2.

AIMR-Tohoku Univ., 3. Ibaraki Univ.)

E-mail: t.chiba@fukushima-nct.ac.jp

近年、トポロジカル絶縁体(TI)では、表面状態でのスピン運動量ロックによる巨大なスピン軌道トルクが報告されている。さらに磁性元素を添加した TI (磁性 TI) を含むヘテロ構造素子において、スピン軌道トルクと磁気異方性の電圧変調により磁性 TI の磁化反転が実現され、大変注目を集めている[1]。一方で TI の代表的な物質群であるテトラジマイト Bi_2X_3 ($\text{X}=\text{Se}, \text{Te}$) は、低温で優れた熱電変換材料となることが古くから知られている。そのエネルギー変換効率は無次元性能指数 ZT により定義され、実用的には $ZT \geq 1$ (エネルギー変換効率 10%以上) が要求される。現在利用されている熱電変換素子は、 $ZT \approx 1$ をもつ n 型と p 型の熱電変換材料を三次元的に直列接続した素子構造 (π 接合) を成している。そのため電流パスが複雑となり高集積化が難しいという問題がある。

本研究では、磁性 TI の表面状態と熱電特性の相関関係[2]に注目して、非対称な表面状態を利用した熱電変換素子を提案し、その熱電性能を理論的に研究した[3]。Figure 1 に示すように、本素子は z 方向に磁性 TI を含む三層構造をしている。磁性元素の添加による影響として、表面ギャップ M とイオン不純物の 2 つを想定し、ボルツマン輸送理論により ZT を計算した。その結果、典型的な磁性 TI の物性値に対して、本素子では室温以下で $ZT \approx 2$ の大きな値を取りうることがわかった。また本素子は磁性 TI での量子異常ホール効果を利用した磁気メモリ素子として動作することもできる[1]。本講演では、熱起電力と電界効果の併用による磁性 TI の磁化反転についても議論する予定である。

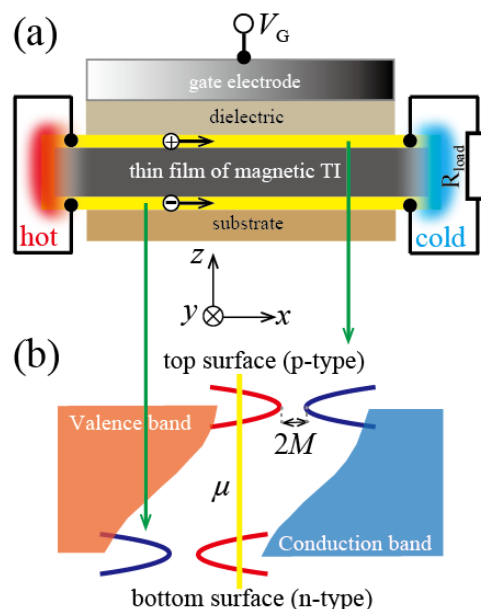


Fig.1: (a)磁性トポロジカル絶縁体(TI)表面を利用した熱電変換素子の構造。(b)磁性 TI の上下面のバンド構造。上面では誘電体と接合しているため、バンドオフセットにより下面と符号の異なるキャリアをもつ[1]。

[1] Y. Fan, *et al.*, Nat. Nanotech. **11**, 352 (2016).

[2] T. Chiba and S. Takahashi, J. Appl. Phys. **126**, 245704 (2019).

[3] T. Chiba, S. Takahashi, and T. Komine, Appl. Phys. Lett. **115**, 083107 (2019).