

トポロジカル絶縁体 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ 表面の熱電特性: イオン不純物の影響

Thermoelectric properties of a topological insulator $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ surface: Influence of ionic disorders

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

°Takahiro Chiba¹, Takashi Komine², and Saburo Takahashi³ (1. NIT-Fukushima Col., 2. Ibaraki Univ., 3. AIMR-Tohoku Univ.)

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

熱電変換は熱を電力に変換するものであり、温室効果ガスを伴わないクリーンな発電技術として注目されている。そのエネルギー変換効率は無次元性能指数 ZT により評価され、実用化には $ZT \geq 1$ (エネルギー変換効率 10%以上) が求められる。低温で大きな ZT を示す物質としてテトラジマイトが知られているが、近年ではトポロジカル絶縁体(TI)としても注目を集めている。TI はバルクの強いスピン軌道相互作用に起因して、絶縁体でありながら表面 (または界面) に 2 次元ディラック方程式により記述される特殊な金属状態をもつ。最近、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ (BSTS)表面において、薄膜化による大幅な熱起電力の増大 (最大で $-212\mu\text{V/K}$) が室温で観測された[1]。しかしながら、その熱起電力の温度依存性は従来の定数緩和時間近似モデルとは大きく異なる振る舞いを示しており、TI 表面において何らかの電子散乱機構が存在することを示唆している。

本研究では、BSTS における元素置換ドーピングを動機として、電荷乱れを導入した TI 表面における熱電特性を理論的に研究した[2,3]。イオン不純物のモデルとしてクーロン型の長距離ポテンシャル、およびデルタ関数型の短距離ポテンシャルの 2 つを想定し、ボルツマンの輸送理論により熱起電力および ZT を計算した。その計算を Reference 1 における熱起電力と比較した結果、BSTS 表面ではクーロン型の不純物散乱が支配的であることがわかった。また Fig. 1 に示すように、BSTS 表面では薄膜化による表面ギャップ m が大きい場合に ZT が大きな値を取りうることもわかった。本講演では、構築したモデルによる実験データの解析方法[2]および上下の膜面を利用した両極性伝導熱電素子[3]についても議論する予定である。

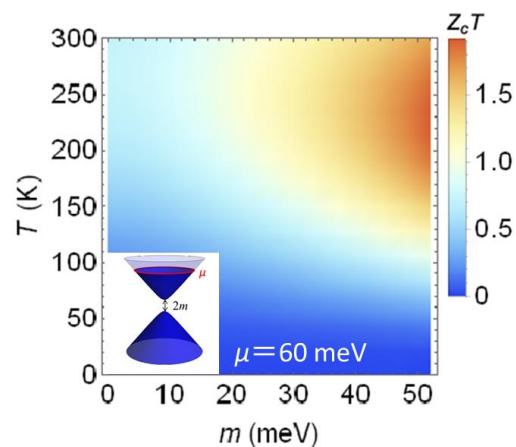


Fig.1: クーロン型のイオン不純物を導入した TI 表面における ZT の表面ギャップ m および温度 T への依存性。挿入図は TI 表面のバンド構造を表している。

[1] S. Y. Matsushita, *et al.*, Phys. Rev. Mater. **1**, 054202 (2017).

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

[3] T. Chiba, S. Takahashi, and T. Komine, Appl. Phys. Lett. **115**, 083 [accepted107 (2019)].