

# トポロジカル絶縁体の非平衡キャリアダイナミクス - 光で表面ディラック粒子を見る・操る -

広島大学大学院理学研究科 木村昭夫

トポロジカル絶縁体は結晶内部は絶縁体で、そのトポロジーが切替る端や表面で質量ゼロのディラック電子が存在するのが特徴である。その表面ディラック電子は、スピン軌道相互作用によりその運動量に対して垂直にスピンの向き、波数空間においてディラック点まわりを周回して獲得するベリー位相が  $\pi$  となる。そのため、トポロジカル絶縁体では、不純物や欠陥によって散乱されないスピン偏極した表面電子伝導が可能な願ってもない系であると言える。

## 【光で表面スピン偏極電流を操る】

一方、このような表面スピン偏極電流を取り出して制御するのか？が応用等を考えて行く上で大変重要な課題であろう。これまで円偏光赤外光を用いてスピン偏極電流を発生させるという報告がいくつかあった [1]。一方、表面光起電力効果を用いて表面にスピン偏極電流を誘起する方法も提案された [2, 3]。表面光起電力効果が生じるためには、表層にバンド湾曲が予め存在していることが前提であり、そのためにはバルク絶縁性の高い試料が必要である。これまでの報告では高絶縁性の TI 表面に光起電力が観測されていたが、極性についての制御は達成されていなかった。そこで、本研究では、バルクキャリア制御が連続的に可能な  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  を用いて、バルクキャリアと光起電力シフトとの関係を調べた [4]。

## 【光で励起された非平衡表面ディラック電子を操る】

次に着目したいのが、光によって励起された電子の持続時間についてである。 $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  ではフェルミレベルがバルク価電子帯にかかっており、バルクは金属的である。このような場合、光励起によって電子は 10 ピコ秒以内に緩和することを報告してきた [5]。一方、Sb サイトを Bi に置き換えて行くと、あるところでフェルミレベルが完全にバルクギャップ中に入り、バルク絶縁性が高くなる。そうすると、光で励起された電子はより長く滞在するようになることが実験で明らかになった。一方、同じようにバルク絶縁性の高い試料でもディラック点とフェルミレベルが離れている場合には持続時間はそれほど長くない [3] ことから、今回観測された桁違いに長い持続時間は、ディラック点がフェルミレベルに接近していることに起因していることがわかった。すなわち、ディラック点では微視状態の数が極端に少なくなることから、電子のバンド内緩和を妨げているのが原因であると考えられる [6]。

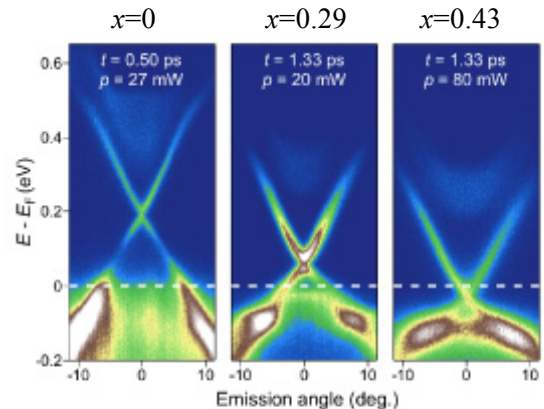


Figure 1: Band dispersions acquired at certain pump-and-probe delay times of  $(\text{Sb}_{1-x}\text{Bi}_x)_2\text{Te}_3$ .

本研究は、角田一樹、吉川智己（広島大学）、石田行章、辛埴（東大物性研）、Oleg Tereshchenko, Konstantin Kokh（ロシア科学アカデミーシベリア支部半導体研究所）らとの共同研究である。

## References

- [1] McIver *et al.*, Nature Nano. **7**, 96 (2012); Kuroda *et al.*, Phys. Rev. Lett. **116**, 076801 (2016).
- [2] Ishida *et al.*, Sci. Rep. **5**, 8160 (2015).
- [3] Neupane *et al.*, Phys. Rev. Lett. **115**, 116801 (2015).
- [4] Yoshikawa *et al.*, submitted.
- [5] Zhu *et al.*, Sci. Rep. **5**, 13213 (2015).
- [6] Sumida *et al.*, submitted.