

トポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 の光励起電子・格子ダイナミクス

Photoexcited carrier and lattice dynamics in Topological insulator Bi_2Te_3

○則松 桂^{1,2,3,4}、羽田 真毅^{1,5}、鶴田 哲也^{1,3,4}、五十嵐 九四郎^{1,3}、田中 誠一⁶、

恩田 健^{5,6}、笹川 崇男^{1,3}、中村 一隆^{1,3,5}

(1. 東工大応セラ研、2. JSPS、3. 東工大総理工、4. JST-CREST、5. JST-さきがけ、6. 東工大理工)

○Katsura Norimatsu^{1,2,3,4}, Masaki Hada^{1,5}, Tetsuya Tsuruta^{1,3,4}, Kyushiro Igarashi^{1,3}, Sei-ichi Tanaka⁶,

Ken Onda^{5,6}, Takao Sasagawa^{1,3}, Kazutaka G. Nakamura^{1,3,5} (1.MSL Tokyo Tech., 2.JSPS,

3.IGSSE Tokyo Tech., 4.JST-CREST, 5.JST-PRESTO, 6.GSE Tokyo Tech.)

E-mail: norimatsu.k.aa@m.titech.ac.jp

トポロジカル絶縁体は、バルクはバンドギャップをもつ絶縁体だが、物質表面はギャップのない金属状態が生じている物質である。その表面はディラックコーン状の電子構造を持ち、角度分解光電子分光法を用いて実験的にも確認されている。トポロジカル絶縁体に圧力や磁場などの外部刺激を印加すると、新奇な現象が生じることが知られている。このような現象は電子系の振る舞いであることが多く、格子系の振る舞いに関する研究はほとんどなされていない。本研究ではフェムト秒時間分解電子線回折により、近紫外光励起したトポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 中の原子が時間とともに二段階で変位することを見出した。また、その原子位置変位量をもとにした密度汎関数理論計算により、原子変位によってバンドギャップが狭くなることが予想された。バンドギャップの変化は、赤外領域での時間分解分光により直接観測することが可能である。本研究では赤外領域のピコ秒時間分解過渡反射分光測定法を用いて、トポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 のバンドギャップ (0.13 eV) 近傍の電子構造変化の詳細を調べた。

本実験では、ポンプ光に 3.1 eV の近紫外光を用い、プローブ光に 0.12~0.22 eV の赤外光を用いて表面電子状態の過渡特性を調べた。ポンプ光照射直後 (3~8 ps) に、プローブの赤外光の反射率が減少した。これは、光励起により価電子帯の電子は高エネルギー状態へ上げられ、生成したホールを埋めるために表面に存在していたディラック電子が価電子帯に落ちることにより、表面電子分布が減少することにより説明できた。その後、反射率は時定数 10~90 ps で回復する。これは、伝導帯へ励起されていた電子が表面を介して緩和し、表面電子分布が回復するためと考えられる。反射率の緩和時間はプローブ光のエネルギーが高いほど速いことが分かった。すなわち、反射率スペクトル全体が低エネルギー側にシフトする傾向を示している。これは時間分解電子線回折と密度汎関数理論計算で得られたバンドギャップの狭くなる方向への変化と一致することが分かった。