

$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ の超高速コヒーレントフォノン散乱ダイナミクス

Ultrafast scattering dynamics of coherent phonon in $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$

筑波大・数理物質¹, 産総研デバイス技術², 慶應大³

○小森 雄太¹, 齊藤 雄太², Paul Fons^{2,3}, 長谷 宗明¹

Univ. of Tsukuba¹, AIST-D-Tech², Keio univ.³

Yuta Komori¹, Yuta Saito², Paul Fons^{2,3} and Muneaki Hase¹

E-mail: s2020267@s.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】

近年, トポロジカル絶縁体(TI)やワイル半金属(WSM)などに代表されるトポロジカル物質は, 物性物理学の分野で大きな注目を集めている。トポロジカル物質は, 結晶中の準粒子が質量ゼロの Dirac 粒子や Weyl 粒子として振る舞うため, 高いキャリア移動度や電気・熱伝導性を有するという性質を持つ。そのため, このような性質を活かした, 低消費電力かつ超高速な動作を可能とする次世代のトポロジカルデバイスの実現が期待されている。

トポロジカル物質の中でも, 組成に応じて相変化するというユニークな物性を示すのが $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ である[1]。 $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ は初めて発見された 3 次元 TI であり[1], 近年, 組成比(x)と原子配置を制御することにより, TI 相のみならず, WSM 相($x = 0.50, 0.83$)をも実現しうることが理論的に予測された[2]。これまでは, $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ の物性を調べるために, ラマン散乱分光法による定常的なフォノンの研究がなされてきた[3]。

しかし, 新規トポロジカルデバイスの発展に必要な $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ の WSM 組成域におけるフォノンやキャリアの散乱過程については未だ実験的な知見が十分得られていない。そこで, 本研究では組成の異なる $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ における超高速実時間領域のコヒーレントフォノンの散乱ダイナミクスを直接観測することを目指した。

【方法・結果】

$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 薄膜試料に対して, フェムト秒パルスレーザー(光源: Ti:sapphire レーザー, パルス幅: 30 fs, 中心波長: 830 nm)を用いたポンプ・プローブ型反射率測定を行った。

図は, 測定の結果から得られた $x = 0.49$ におけるコヒーレントフォノン信号(Fig.1(a))とフォノン散乱過程の模式図(Fig.1(b)(c))である。本研究では, $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ のフォノン散乱過程が alloy 散乱だけでなく, 非調和 phonon-phonon 散乱, また, WSM 組成域における phonon-electron 散乱も起因している可能性が示唆された。

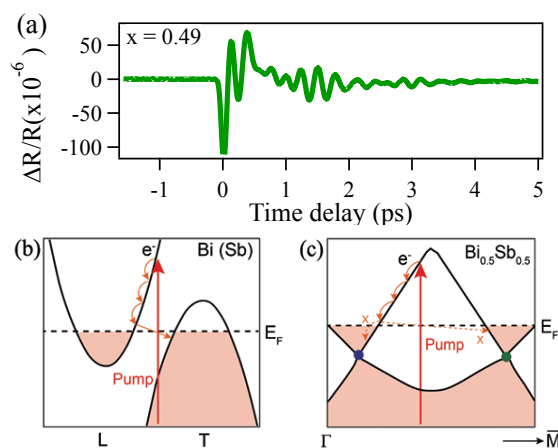


Fig.1 (a) The reflectivity change in the $\text{Bi}_{0.51}\text{Sb}_{0.49}$ alloy film at room temperature. Schematic band structure near the Fermi level for (b) normal semimetal and (c) Weyl semimetal.

[1] D. Hsieh *et al*, Nature **452**, 970 (2008).

[2] Yu-Hsin Su *et al*, Phys. Rev. B **97**, 155431 (2018).

[3] JS. Lannin, Phys. Rev. B **19**, 2390 (1979)