

Ge₂Sb₂Te₅の選択的装荷による光トポロジカル相転移の実験的実証

Experimental demonstration of photonic topological phase transition with selectively loaded Ge₂Sb₂Te₅

東工大理¹, NTT 物性研², NTT NPC³

○上村 高広^{1,2}, 千葉 永^{1,2}, 養田 大騎^{1,2}, 森竹 勇斗¹, 田中 祐輔², 倉持 栄一^{2,3}, 小野 真証^{2,3}, 納富 雅也^{1,2,3}

1. Tokyo Institute of Technology, 2. NTT BRL, 3. NTT NPC

○Takahiro Uemura^{1,2}, Hisashi Chiba^{1,2}, Taiki Yoda^{1,2}, Yuto Moritake¹, Yusuke Tanaka², Masaaki Ono^{2,3}, Eiichi kuramochi^{2,3}, Masaya Notomi^{1,2,3}

E-mail: uemura.t.ac@m.titech.ac.jp

トポロジカルフォトンクスは、電子物性におけるトポロジーの概念を光波へ応用した分野である。光トポロジーの界面に出現するエッジモードは、曲げへの耐性や偏光と進行方向の固定といった興味深い性質を持つ [1-2]。一方、従来の光トポロジーの発現方法は、固定された空間構造に依存していた。以前の発表において、アモルファス(a-)相と結晶(c-)相の間で大きな屈折率コントラストを持つ相変化材料であるGe₂Sb₂Te₅(GST)を用いた、双方向へ相転移可能な光トポロジカル絶縁体を提案した[3]。今回、提案した構造を実際に作製することで、材料相転移によるバンド反転を実験的に確認した。これは材料相転移による光トポロジカル相転移としては初の実証となる。

図1(a)に、ベースの構造として採用した光トポロジカル絶縁体(PTI)の構造を示す。この系の光トポロジーは、 Γ 点における固有モードである p モードと d モード (図1(b)) の周波数の大小関係によって決定される[1-2]。今回、GSTの屈折率コントラスト ($\Delta n = 2.86$) [4]によって p モードのみに摂動を与えられるよう、図1(a)に示す p モードと d モードの電場コントラストに基づき、GSTを選択的に装荷した (図1(b))。SEM測定より、約120nm×200nmの矩形および直径180nm程度の円形パターンが正確に作製されていることと、位置合わせ精度が良好であることを確認した。図1(c)は、フーリエ分光測定による、リフトオフ直後 (a-GST) およびアニール (c-GST) 後のフォトリックバンドを示す。 d モードにおいて対称性から面外放射損失が抑制され、 Γ 点近傍で暗くなるという性質を利用することで、 Γ 点における固有モードの周波数の大小関係、すなわちトポロジカル相を同定可能である。図から、a-GSTではtopological相、c-GSTではtrivial相と同定し、GSTの相転移によるバンド反転が達成されたと結論付けた。GSTをナノスケールで精緻に装荷する手法は、トポロジカルフォトンクスのみならず、非エルミート光学系や光集積回路等の様々な分野に応用可能である。講演では、 Γ 点における Cross section や穴シフトに対する周波数の依存性から、光トポロジカル相転移の達成を定量的に立証する。

【参考文献】[1] Wu, Long-Hua, and Xiao Hu, " Physical review letters 114.22 (2015) [2] Barik et al, Science 359, 666–668 (2018) [3] 上村, 他 第 66 回応用物理学会春季学術講演会 11a-W631-1 (2019) [4] D. Tanaka et al, Optics express 20(9), 10283-10294 (2012) 【謝辞】本研究は、科学研究費補助金 (20H05641) の援助の下に行われた。

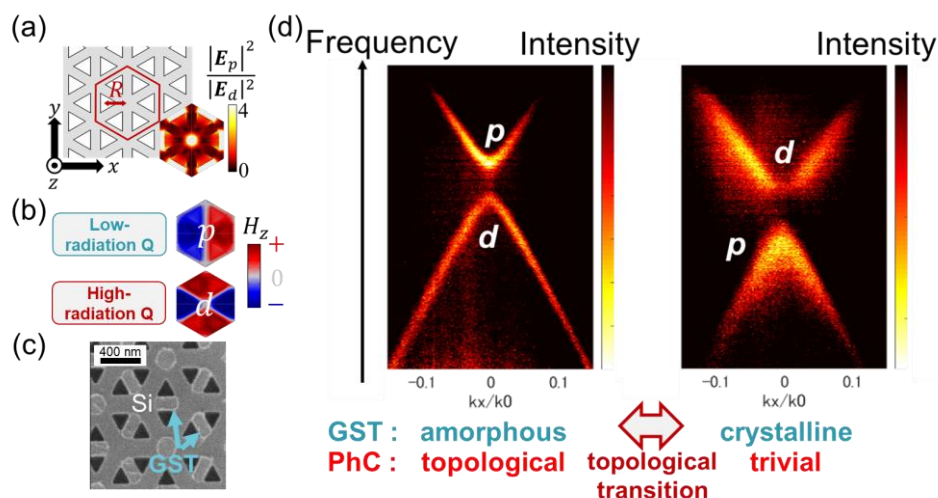


Fig.1 (a) A base Si PTI structure and $|E_p|^2/|E_d|^2$ contrast in a unit cell. (b) H_z distribution of the eigenmodes in the PTI. (c) SEM image of the fabricated PTI. (d) Measured reflection spectra showing photonic band diagram. The left is the result for as-deposited (amorphous GST) and the right shows the result after annealing (crystalline GST).