

トポロジカルエッジ状態を用いた大面積単一モードレーザの検討

Investigation on a large-area single-mode laser based on a topological edge state

東大ナノ量子機構¹, 東大生研², ○石田夏子¹, 太田泰友¹, 林文博², 荒川泰彦¹, 岩本敏^{1,2},
NanoQuine¹, IIS² Univ. of Tokyo, ○N. Ishida¹, Y. Ota¹, W. Lin², Y. Arakawa¹, S. Iwamoto^{1,2}

E-mail: n-ishida@iis.u-tokyo.ac.jp

はじめに 光トポロジカルエッジ状態を用いることで、構造欠陥や乱れに対してロバストな特性を有する光導波路や共振器の実現が期待される[1]。近年では同状態とゲイン媒質を組み合わせたトポロジカルレーザの研究も盛んとなっている[2-6]。その中で我々は、0次元トポロジカルエッジ状態を用いたナノ共振器レーザを報告してきた[5]。0次元エッジ状態は、対象とするバンドギャップ中に単一モードとして存在し、擾乱が存在する場合でも当該ギャップが閉じない限りその存在が保証される。また、バルクモードに比べ特徴ある空間モード分布を示すため、選択的励振が容易であると期待される。今回我々は、0次元エッジ状態のこれらの特性を活かすことのできる、大面積単一モードレーザへの応用可能性を数値計算により検討したので報告する。

数値計算 図 1(a)に想定したレーザ構造の概念図を示す。Fabry-Pérot 共振器による結合共振器アレイとパターン電極からなる。同構造を強束縛近似の下モデル化し(図 1(b))、解析を行った。同モデルは Su-Schrieffer-Heeger 模型をベースとしており、サイト間結合定数(κ_1 , κ_2)の大小関係でそのバルクトポロジカル相が決まる。0次元エッジ状態は、トポロジカル相の異なる1次元バルク構造の境界に生じる。系の終端方法を工夫することで目的の境界面のみにエッジ状態が形成される。同モードは主に B サイト(図 1(b)参照)に振幅を持ち、その包絡線は κ_1 と κ_2 の差を小さくすることで構造内全体(=計 41 サイト)に広がる。同構造に対し、B サイトのみに利得を与えつつ[6]、固有値スペクトルを計算した。図 1(c)に得られた固有モード周波数(ω)の虚部を示す。期待通り、目的のエッジ状態のみが正味利得を得ることが分かった。

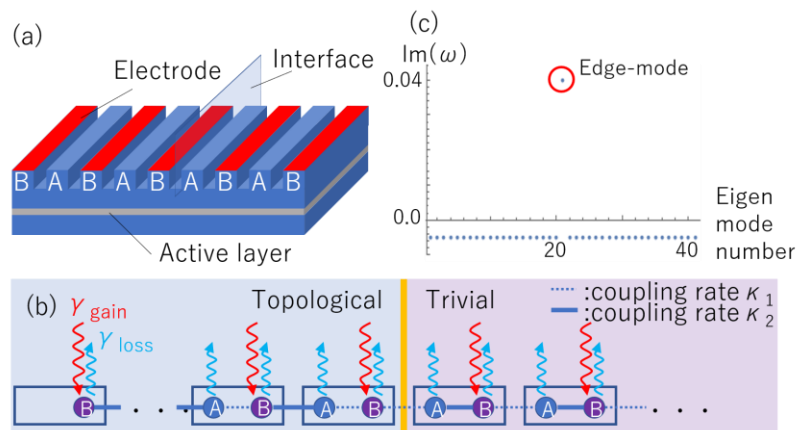


Fig1.(a) Schematic of the investigated topological laser structure. (b) Tight-binding model of the laser structure based on the edge state at the interface of the two topologically distinct photonic lattices. (c) Imaginary part of ω (normalized to κ_1) versus eigen mode number, computed with $(\kappa_2, \gamma_{\text{loss}}, \gamma_{\text{gain}}) = (1.01, -0.05, 0.09) \times \kappa_1$.

参考文献 [1] T. Ozawa, *et al.*, Rev. Mod. Phys. 91, 015006 (2019). [2] P. St-Jean, *et al.*, Nat. Photon. 11, 651 (2017). [3] B. Bahari, *et al.*, Science 358, 636 (2017). [4] M. A. Bandres, *et al.*, Science 359, eaar4005 (2018). [5] Y. Ota, *et al.*, Commun. Phys. 1, 86 (2018). [6] M. Parto, *et al.*, Phys. Rev. Lett. 120, 113901 (2018). **謝辞** 本研究は科研費特別推進研究 (15H05700), 同補助金(17H06138), 新学術領域研究 (15H05868), JST-CREST, NEDO により遂行された。