

サイト間結合定数に空間変調を加えた 単一モードトポロジカルレーザの解析

Analysis of a single-mode topological laser

with spatially-modulated site-to-site coupling strengths

東大先端研¹, 慶大理工², ナノ量子機構³, 東大生研⁴, ○石田夏子¹, 太田泰友^{2,3}, 林文博¹,
荒川泰彦³, 岩本敏^{1,3,4}

RCAST¹ Univ. of Tokyo, Keio Univ.², NanoQuine³, IIS⁴ Univ. of Tokyo, ○N. Ishida¹, Y. Ota^{2,3},

W. Lin¹, Y. Arakawa³, S. Iwamoto^{1,3,4}

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

はじめに 光バンドトポロジーに着目し光の制御を試みるトポロジカルフォトンクスが注目されており、レーザへの応用も検討が進んでいる. 1次元系では、少数の共振器からなるアレイ構造を用いたトポロジカルレーザが多数報告されている[1]. 一方我々は、大面積レーザへの応用に向け、数百規模の共振器アレイを強束縛 Su-Schrieffer-Heeger (SSH) 模型を用いて解析し、エッジモードにおける安定な単一モード発振の可能性を報告してきた[2]. 今回我々は、サイト間の結合定数を空間的に徐々に変調した単一モードトポロジカルレーザの解析を行った. 実際の実装を想定し、単一の半導体レーザには出力限界があることを考慮しつつ、エッジモードの発振動作安定性をバルクモードとのしきい値利得差 $\Delta\alpha$ の観点から解析した.

数値計算 図 1(a)に解析モデルを示す. 隣接するサイト間の結合定数(κ_1, κ_2)は大小交互に配列されている. SSH 模型での各結合定数は空間一様であるのに対し、本研究では図 1(b)実線に示すような空間変調を加えた. 結合定数の大小関係が反転する境界を軸に、赤色サイトにのみ振幅を持つエッジモードが現れる. その波束 $\Psi(x)$ (灰色)は、結合定数の空間分布に依存する. 赤色サイトにのみ利得を与えることでエッジモードへ優先的に利得を与えつつ、固有値計算を行った. 固有値の虚部がゼロに到達する利得をしきい値利得と定義し、エッジモードとバルクモードのしき

い値利得差 $\Delta\alpha$ を算出した. 単一サイトの最大出力を 1 と仮定し、エッジモードの強度分布 $|\Psi(x)|^2$ から最大可能出力を定義した. 結合定数の大きさや分布を変化させて最大可能出力を求め、各々の状況下における $\Delta\alpha$ を計算した(図 1(c)). 当該模型における $\Psi(x)$ はガウス型となり、 $\Delta\alpha$ は SSH 模型より増加することが分かった. $\Psi(x)$ を適切に制御することで、より安定な単一モード動作も可能になると期待される. 詳細は当日報告する. **参考文献** [1]レビュー論文として Y. Ota, *et al.*, *Nanophotonics* **9**, 547 (2020). [2]石田他 応物 **19p**-PA5-10 (2019). **謝辞** 本研究は JSPS 科研費 JP21J40088, 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(JPMJCR19T1), NEDO により遂行された.

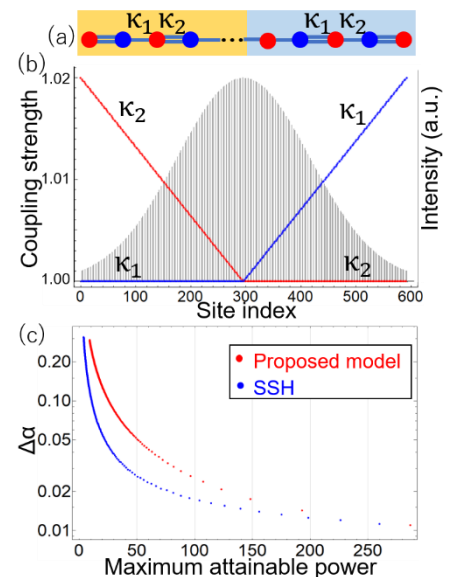


Fig.1(a) Proposed topological laser. All sites experience a uniform loss, while gain is supplied only to the red-sites. (b) Spatially varying site-to-site coupling strengths and a corresponding edge mode intensity profile. (c) $\Delta\alpha$ versus maximum attainable power for the proposed model and SSH model. The total number of the sites is set to 601.