

Si フォトニクス SSH 構造のトポロジカルバルク／エッジ状態の波動関数観測

Wavefunction observation of topological bulk & edge states in Si photonics SSH structure

横国大理工 中村玲於奈, Armandas Balčytis[†], 伊藤寛之, 馬場俊彦 (ロイヤルメルボルン工科大)

東北大 AIMR 小澤知己, 慶大物情 太田泰友, 東大生研 岩本敏

Yokohama Nat'l Univ., R. Nakamura, A. Balčytis[†], H. Ito, T. Baba ([†]RMIT Univ.)

Tohoku Univ., T. Ozawa, Keio Univ., Y. Ota, Univ. Tokyo, S. Iwamoto

E-mail: nakamura-reona-yj@ynu.jp

近年、トポロジ的不変量の基本概念の一つであるSu-Schrieffer-Heeger(SSH)¹⁾ モデルとそのバルク／エッジ状態が、トポロジカルフォトニクス分野において盛んに研究されている。実空間上のSSH構造は、結合の強弱が繰り返されるマイクロリング共振器アレイにより実現できる²⁾。本研究は、バルク／エッジ状態の各波動関数を直接観測するため、図1のようなSiフォトニクス集積素子を製作した。ここでは、熱光学ヒータにより共振が調整可能な15個のマイクロリング共振器のこのような結合アレイ、ならびに各リングにアクセスして励起、もしくは観測を行うためのツリー状のマッハツェンダー選択スイッチにより構成される。

図2は各マイクロリングを個別に励起し、そのリングを読み出しするスイッチ設定で、共振波長を一つずつ1546 nmに合わせたときの透過スペクトルである。調整しないときには製作誤差により共振波長がばらついてはいるが、調整することで全てのリングを所望の波長で共振させることができる。

図3は全てのリングの共振を同時に1546 nmに合わせる加熱を行い、各リングを選択励起したときの透過スペクトルである。全体に波長が長波長シフトしたのは、チップ全体の加熱量が増えたためである。SSHモデルでは、強結合する共振器ペアがバンドギャップを挟む2つのバンドを形成する。図3では波長1546.3～1547.5 nmと1548.2～1549.2 nmにおいてバルク状態のバンドが見られた。弱結合で取り残された左端のリングは波長1547.7 nmにおいて特に大きなディップを示しており、これがエッジ状態と考えられる。

今後、単一、または複数の任意のリングを励起し、全てのリングの共振状態を一括測定してマッピングすることで、バルク／エッジ状態のバンドの全体像を確認する。

なお、本研究は JST CREST (JPMJCR19T1)、および JST PREST (JPMJPR19L2)の成果である。

参考文献

- 1) W. P. Su, J. R. Schrieffer, and A. J. Heeger, Phys. Rev. Lett. 42, 1698 (1979).
- 2) M. Parto, et al, Phys. Rev. Lett. 120, 113901 (2018).

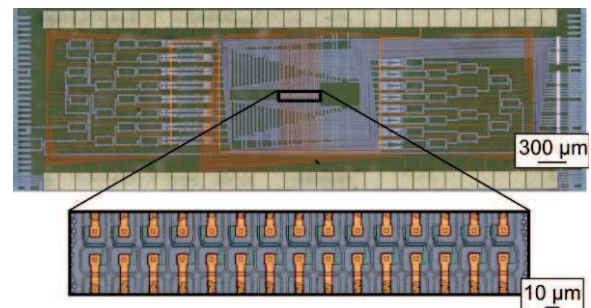


図 1. 製作した SSH マイクロリング共振器デバイスと15個のマイクロリング共振器配列の拡大。弱結合と強結合の結合効率は、それぞれ $\kappa = 0.3, 0.6$ を実現する導波路間隔とした。

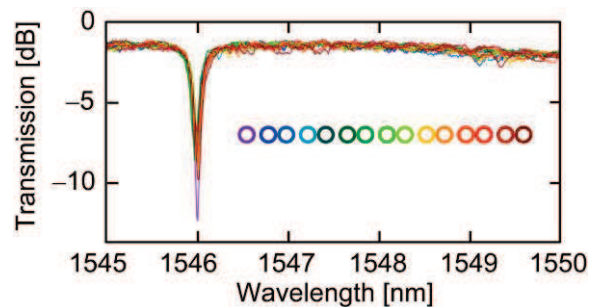


図 2. 一つずつ共振を調整した各マイクロリング共振器の透過スペクトル。

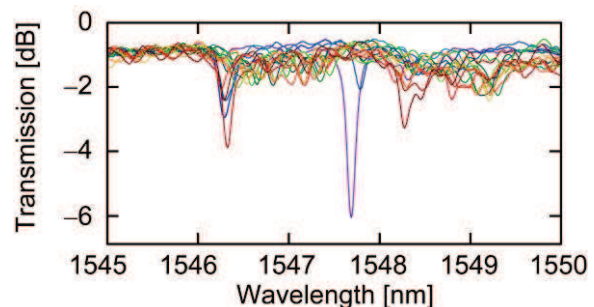


図 3. 全ての共振を一致させたときの各マイクロリング共振器の透過スペクトル。