トポロジカル光回路における光渦スプリッタ/コンバイナの理論解析

Theoretical analysis of optical vortex splitter / combiner in topological optical circuits 東京工業大学,工学院電気電子系¹ 科学技術創成研究院²

[°]岡田 祥¹,雨宮 智宏 ^{1,2},齋藤 孝一¹,各務 響¹,田中 真琴¹,西山 伸彦 ^{1,2},胡 暁 ³

°S. Okada¹, T. Amemiya^{1,2}, K. Saito¹, H. Kagami¹, M. Tanaka¹, N. Nishiyama^{1,2}, and X. Hu³

¹Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology

² Institute of Innovative Research (IIR), Tokyo Institute of Technology

³ WPI-MANA, National Institute for Materials Science

E-mail: okada.s.ah@m.titech.ac.jp

1. はじめに

自明なフォトニック結晶(PhC)とトポロジカルな PhC の 界面に生じるトポロジカルエッジ状態は、光回路内におい て光渦の伝搬が可能となることから、様々な応用が期待さ れる[1, 2]。このとき、回路内で光渦を分岐・結合するこ とは必須であり、従来の光回路でいうところの Y スプリッ タや方向性結合器に当たる画一的なスプリッタ/コンバイナ の存在が強く望まれる。

前回、誘電体ピラーを用いたカプラ解析[3]を報告したが、 今回は、より製作が容易な構造を有する、トポロジカルエ ッジ状態を利用した光渦スプリッタ/コンバイナの解析を行 ったので、以下に詳細を述べる。

2. トポロジカル結晶構造を用いたカプラの検討

トポロジカルエッジ状態を利用した光渦スプリッタ/コン バイナの動作原理を Fig. 1 に示す。ここで、領域 X に自明 なフォトニック構造を配置した場合、光の経路は Fig. 1(a) のようになり、トポロジカルエッジ伝送路により input と output 1 が直接結ばれる(太い黒矢印)。このとき、output 2 側のトポロジカルエッジ伝送路へは、自明なフォトニック 構造における光の漏れを介して結ばれるため(波矢印)、 output 1 への出力が支配的となる。一方、領域 X にトポロ ジカルなフォトニック構造を配置した場合は、同様の原理 で光の経路は Fig. 1(b)のようになる。

本研究で用いた PhC の構造を Fig. 2(a)に示す。今回は、 Z₂ トポロジーを有するフォトニック構造として、SOI ウェ ハ上に、C₆ 対称性を有するナノホールを蜂の巣格子状に配 置した構造を採用した。Fig. 2(b)に、解析に用いた素子の 概要図を示す。トポロジカルエッジ伝送路から入射した光 渦信号が 24 個(6×4)のユニットセルで構成されたスプリッ タ/コンバイナ領域を介し、output 1 および output 2 の二つの トポロジカル伝送路に分岐する。

Fig. 3 に 3 次元 FDTD 法によって計算された光渦カプラの 各ポートにおける出力強度比を示す。横軸は領域 X に配置 する PhC のパラメータであり、ここでは、自明な PhC から トポロジカルな PhC のバンドダイアグラムまで徐々に変化 させた。これにより、output 1 と output 2 から出射される光 渦の出力比を連続的に変化させることができた。

本デバイスを介すことによる光渦モードの変化を議論す るために、入出力近傍のモード分布の時間変化を観測した。 その結果を Fig. 4 に示す。入力側および出力側トポロジカ ルエッジ伝送路において伝搬するいずれの光渦においても、 p 波と d 波の電磁モードが 1:1 で混ざり合っており、光渦の モード状態に変化は見られなかった。

<u>謝辞</u> 本研究は JSPS 科研費(#17H03247, #19H02193)および JST CREST (JPMJCR18T4, JPMJCR15N6)の援助により行わ れた。

参考文献

- 1] L. Wu and X. Hu, Phys. Rev. Lett. 114, 223901 (2015).
- [2] T. Ozawa et al., Rev. Modern Phys. 91, 015006 (2019).



