

# Si 細線導波路とトポロジカル伝送路間の高効率な結合へ向けたトポロジカルテーパ構造の提案

Topological taper structure towards highly efficient coupling between Si wire waveguides and topological edge state waveguide

各務 響<sup>1</sup>, 雨宮 智宏<sup>1,2</sup>, 岡田 祥<sup>1</sup>, 齋藤 孝一<sup>1</sup>, 田中 真琴<sup>1</sup>, 西山 伸彦<sup>1,2</sup>, 胡 曉<sup>3</sup>

<sup>1</sup>H. Kagami<sup>1</sup>, T. Amemiya<sup>1,2</sup>, S. Okada<sup>1</sup>, K. Saito<sup>1</sup>, M. Tanaka<sup>1</sup>, N. Nishiyama<sup>1,2</sup>, and X. Hu<sup>3</sup>

東京工業大学 工学院 電気電子系<sup>1</sup> 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所<sup>2</sup>

物質材料研究機構 国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup>Institute of Innovative Research (IIR), Tokyo Institute of Technology

<sup>3</sup>WPI-MANA, National Institute for Materials Science

E-mail: [kagami.h.aa@m.titech.ac.jp](mailto:kagami.h.aa@m.titech.ac.jp)

## 1. はじめに

自明なフォトニック構造とトポロジカルなフォトニック構造の界面に生じるトポロジカルエッジ状態は、光通信において広く利用されている光回路内において光渦の伝搬を可能とする[1, 2]。しかしながら、一般的な光回路においては、その構成要素の導波路型デバイス群が TE/TM モード光でのみ動作するため、光渦との親和性は決して高くない。

そのため、本研究では、通常の Si 細線導波路とトポロジカルエッジ伝送路間において高効率な結合を可能とするトポロジカルテーパ構造の提案・解析を行ったので、以下に詳細を述べる。

## 2. トポロジカルテーパの解析

理論解析に用いた素子構造を Fig. 1 に示す。本構造では、TM モードから光渦モードに結合する際のモード不整合を抑制する目的から、トポロジカルテーパ構造を導入した。具体的には、Si 細線導波路からトポロジカルエッジ伝送路に結合させる際、導波路両側を自明/トポロジカルなフォトニック構造で徐々に狭めていく構造を採用した。このとき、導波路両側のフォトニック構造の非対称性により、入射 TM モードの等位相面がずれていくことで、トポロジカルエッジ伝送路の光渦モードに高効率に結合する。解析においては、テーパ角度 $\theta$ およびテーパ長 $l$ をパラメータとした。

Fig. 2 は、 $\theta = 30^\circ, l = 5.4\mu\text{m}$  の場合の素子全体およびテーパ近傍の磁界分布 $H_y$ を示しており、Si 導波路内を伝搬する TM モードの等位相面が徐々にずれていくことで、効率的な結合が得られていることを確認した。

Fig. 3 は各パラメータ設計値における出力強度を比較したものである。これにより、 $\theta$ が小さく、 $l$ が長い場合に出力強度が大きくなる傾向が見られ、計算した範囲では、構造 C( $\theta = 30^\circ, l = 5.4\mu\text{m}$ )における結合効率 88.2%(損失値: 0.27dB/taper)が最高効率となった。

## 謝辞

本研究は、JST CREST (JPMJCR18T4, JPMJCR15N6), JSPS 科研費 (#17H03247, #19H02193)の援助により行われた。

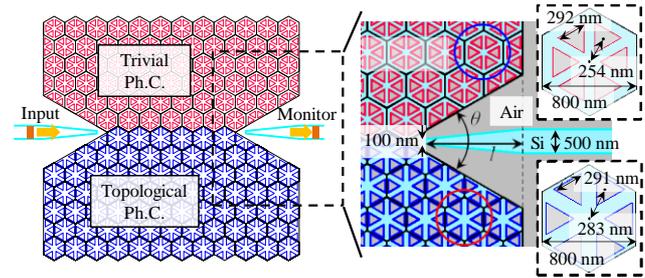


Fig. 1. Topological taper structure we used in simulation.

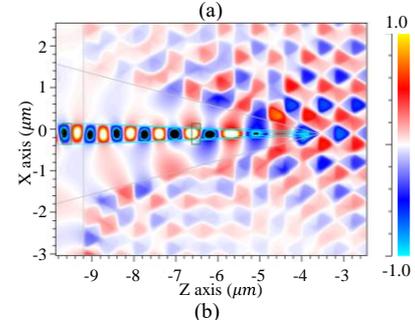
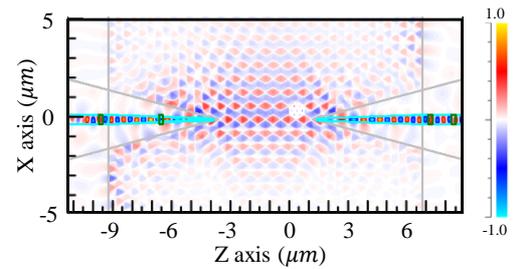


Fig. 2. (a) Propagation characteristics of device. (b) Enlarged view of topological taper.

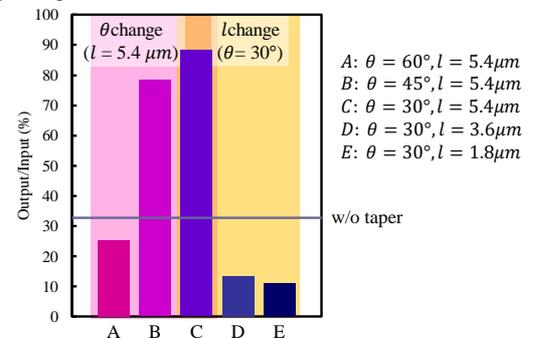


Fig. 3. Calculated output intensity with different device dimensions.

## 参考文献

- [1] L.-H. Wu and X. Hu, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 223901 (2015).  
 [2] A. B. Khanikaev *et al.*, *Nature Photon.* **11**, 763 (2017).