

キラルナノギャップ構造のトポロジー最適化による探索

Quest for chiral nanogap structures using topology optimization

北大電子研¹, [○](M1)福井 岳人¹, 田口 敦清¹, 笹木 敬司¹

Hokkaido Univ.¹, [○]Yamato Fukui¹, Atsushi Taguchi¹, Keiji Sasaki¹

E-mail: taguchi@es.hokudai.ac.jp

近年、計算機を用いたフォトンクス構造の設計が盛んに行われている。例えば、シミュレーテッド・アニーリング法を用いてプラズモニックナノ構造を設計した研究[1]や、敵対性生成ネットワーク (GANs) を利用してメタサーフェスの設計を行った研究[2]がある。様々な設計手法がある中で我々は、トポロジー最適化に着目した。

トポロジー最適化は、人間の想像だけでは思いつきそうもない最適な形状を、数理的な最適化理論に基づいてコンピュータ上で自動的に導き出すことができる技術である。トポロジー最適化は設計領域内の材料分布を設計変数として扱うため、他の構造最適化法に比べて自由度が高いという特長がある。トポロジー最適化を用いて直線偏光で励起するナノギャップ構造を設計した例を Fig.1(a) に示す[3]。この例では直方体のシリコンに上から波長 1064 nm の直線偏光を入射し、シリコン中心部の光エネルギーを最大化する最適化を行った。その結果、得られた構造はボウタイ構造となった。よく知られるボウタイ構造が設計者の意匠を介さないで数理的なアルゴリズムで導かれたことは、ボウタイ構造の妥当性を裏付ける意味で興味深い。本研究では円偏光を入射光として利用し、材料の中心部の光エネルギーを最大化する最適化を行った。

最適化により導出された構造を Fig.1(b) に示す。得られた構造は3次元的に渦巻いた形となり、その渦の方向は入射光の円偏光の向きによって反転した。さらに、右回り円偏光で最適化した構造について有限差分時間領域 (FDTD) 法を用いてギャップ中心部の電場強度を解析した。波長 532 nm において、右回り円偏光を入射した時の電場強度は、左回り円偏光を入射した時に比べて 5.6 倍大きいことが分かった。構造の非対称性の評価として非対称因子 $g = 2(I_R - I_L) / (I_R + I_L)$ を定義すると、その値は 1.40 となり、導出された構造は円偏光の左右の向きに対して選択性を有することが分かった。発表では構造の応用や作製に向けた検討などについて議論する。

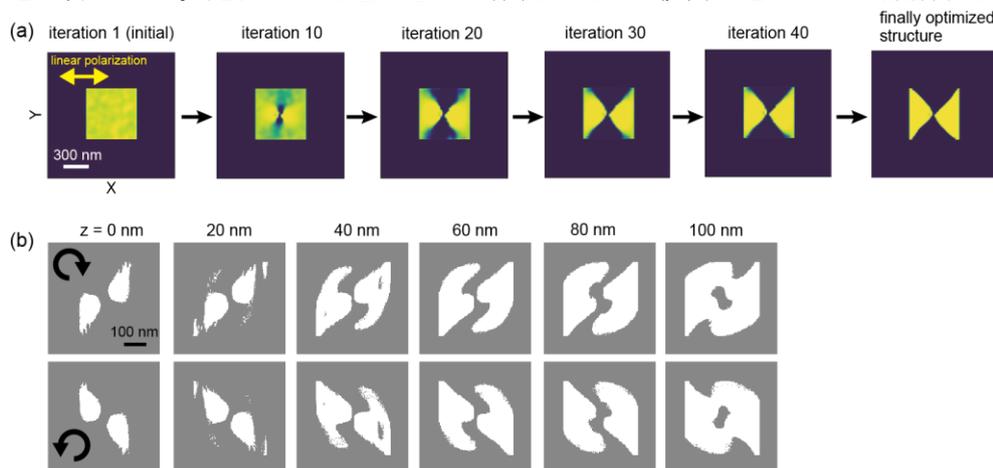


Fig.1 Examples of topology optimization. (a) Bowtie structure optimized for linear polarization. Yellow and violet regions indicate silicon (Si) and air, respectively. (b) Chiral structures optimized for circular polarization. Slice images along z axis of the structure. The parts colored in white and gray represent titanium dioxide (TiO_2) and air, respectively. The circular arrows shown in the figures indicate the handedness of the incident light used in optimization.

参考文献

- [1] N. Li, J. Cadusch, and K. Crozier, *Opt. Lett.* 44, 5250-5253 (2019)
- [2] J. Jiang, D. Sell, S. Hoyer, J. Hickey, J. Yang and J. A. Fan, *ACS Nano* 13, 8872-8878 (2019)
- [3] 佐藤 一生, 田口 敦清, 笹木 敬司, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会(2020)