共分散適用進化戦略によるフォトニック結晶導波路光偏向器の構造最適化

Structural Optimization of Si Photonic Crystal Waveguide Beam Steering Device Using Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy

横国院工 ⁰陶山実之,白鳥遼,馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ., °Saneyuki Suyama, Ryo Shiratori, Toshihiko Baba

E-mail: suyama-saneyuki-hg@ynu.jp

回折格子付き Si フォトニック結晶スローライト導波路 (PCW) は、光ビームを放射、偏向させ ることが可能である^{1,2)}. 我々はこの素子を送受信用光アンテナとして使用した LiDAR を提案、 開発してきた. 光アンテナの性能向上には、高い上方放射率と適切な放射係数が重要である. 上 方放射率は光の送信と受信に大きく影響する. 上下対称構造をもつ光アンテナの上方放射率は 50%であるが、多段構造の回折格子を使用することでこの値が大きく向上することが知られてい る^{3,4)}. PCW に浅堀の回折格子を重ねている本構造でも、同様の効果が期待される. また適度に抑 制した放射係数は開口長を拡大し、ビーム広がりを抑制する. 本研究では、ビーム広がりを 0.08° 以下にする放射係数 100 dB/cm を目標とした. 以上の 2 点を目的とし、今回、共分散適用進化戦 略 (CMA-ES) を用いて素子構造を詳細に最適化した.

CMA-ESによる最適化では、PCWの3列目までの円孔の位置,ならびに深さ10nmの回折格子の位置と角度をパラメータとした.そして、周期境界条件を適用したFDTD法によるフォトニックバンド計算の結果から、上方放射率と放射係数を算出した.図1は最適化前後の構造の比較である.最適化前との大きな違いは、回折格子の先端が1列目と2列目の円孔の間に移動し、導波路直交方向から5.1°傾いている点である.図2はFDTD伝搬シミュレーションの一例であるが、 選択的な上方放射が得られているのがわかる(ただし光伝搬は一方向に限る).図3はこの構造のスローライト帯域内の上方放射率と放射係数である.帯域内では80%以上の上方放射率が得られ、最大値は95%であった.また放射係数は100~120 dB/cmでほぼ一定である.さらに導波路直交方向の扇状ビームの半値全幅は±15°程度であり、レンズによるコリメートが比較的容易である.現在、CMA-ESの計算世代をさらに進めているほか、上方放射の原理を調べている.

本研究は JST-ACCEL プロジェクト (JPMJAC1603) として行われている.

参考文献 1) H. Ito et al., Optica 7, 47 (2020). 2) T. Tamanuki et al., J. Lightw. Technol. 9, 904 (2020). 3) T. Watanabe et al., J. Lightw. Technol. 35, 4663 (2017). 4) M. Raval et al., Opt. Lett. 42, 2563 (2017).





図 3 最適化後のスローライト帯域内の上方放射 率と放射係数の計算結果.