

高速/広偏向な光フェーズドアレイのための 五酸化ニオブ導波路とプラズモニック導波路の結合構造提案



Proposal of coupling structures between Nb₂O₅ and plasmonic waveguide for high-speed and wide-steering angle optical phased array

徳島大学¹, 情報通信研究機構² ^{○M10}塚本 真彩¹, 鎌田 隼², 原口 雅宣¹, 岡本 敏弘¹, 山口 堅三¹

Tokushima Univ.¹, NICT², ^{○M1C}Maaya Tsukamoto¹, Shun Kamada², Masanobu Haraguchi¹, Toshihiro Okamoto¹, Kenzo Yamaguchi

E-mail: c612236027@tokushima-u.ac.jp

光フェーズドアレイ (OPA) は、低消費電力でかつ機械的な可動部を持たず、位相変調により任意の方向/形状の光ビームを得られる偏向制御デバイスである。主に LiDAR[1]や自由空間データ通信[2]などでの応用が期待されている。

近年報告されている光導波路構造を用いた OPA の一例では外部電界によって屈折率が変化する電気光学 (EO:Electro-Optic) 効果を用いて光ビームを制御しており、有機 EO ポリマー導波路の EO 効果による高速な OPA では偏向角 19.1°[3] が報告されている。

この OPA の偏向角はアンテナピッチに依存する。一般的な OPA は、導波路間のクロストークを避けるため、ピッチを波長以下にすることが出来ない。そのため偏向角が狭くなる。ここでナノスケールに光を閉じ込めることができるプラズモニック導波路 (PWG) を用いることでクロストークの影響が少なくでき、アンテナピッチを狭くできることから偏向角の広角化が期待できると考えた。しかし PWG は金属の吸収損失が大きいため、誘電体導波路と比較して長距離伝搬が困難である。したがって、OPA のアンテナ部分にのみ PWG を利用し、その他の部分は五酸化ニオブを用いた誘電体導波路を利用する構造を提案した。

(Fig.1)

この構造を実現するためには、PWG と五酸化ニオブ導波路の間で高効率の 3 次元モード変換[4]が必要である。ここで本研究では、五酸化ニオブの誘電体導波路と金を用いた PWG の結合構造を有限要素法 (FEM) を用いて計算を行った。

まず、光損失を評価するために、Fig.2(a)の構造の入力/出力導波路の透過率を計算し、構造全体の損失を求め伝搬損失を Fig.2(b)から求めた。

$t_{Au} = 20 \text{ nm}$ 、 $W_{slot} = 50 \text{ nm}$ のとき、伝搬損失は $1.64 \text{ dB}/\mu\text{m}$ であり、結合損失は 3.58 dB であった。結合損失は全損失から伝搬損失を差し引いた値から算出している。

さらに、結合効率の構造パラメータ依存性を調査し、結合構造の最適化を模索した。Fig.2(c)は、 $t_{Au} = 20 \text{ nm}$ 、 $W_{gap} = 40 \text{ nm}$ 、 $W_{slot} = 50 \sim 70 \text{ nm}$ 、そして L_{taper} を変化させたときの結合損失を示したグラフである。ここから $L_{taper} = 700 \text{ nm}$ まで単調に損失が減少し、 $L_{taper} = 700 \text{ nm}$ 以降では緩やかに減少することを確認した。

$L_{taper} = 0 \sim 500 \text{ nm}$ の場合、結合損失は W_{slot} に依存があまり見られず、 $L_{taper} \geq 500 \text{ nm}$ のとき、結

合損失は W_{slot} に少し依存が見られた。また $W_{slot} = 50 \text{ nm}$ のとき、結合損失 3.65 dB であった。以上の結果から、 $L_{taper} = 500 \text{ nm}$ 以上必要であるということがわかる。また $W_{slot} = 70 \text{ nm}$ のとき、比較的損失が小さいことが分かった。

参考文献

- [1] K. V. Acoleyen, et al., Optics letters **34**, 1477 (2009).
- [2] J. Leuthold, et al., Optical Fiber Communication Conference 2018, Th3G.1 (2018).
- [3] Y. Hirano, et al., IEEE Photonics Journal **12**, 6600807 (2020).
- [4] M. Ono, et al., Optica **3**, 999 (2016).

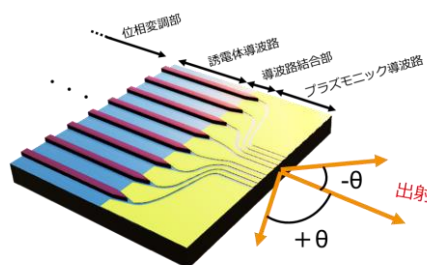


Fig.1 Schematic structure of optical phased array antenna with plasmonic waveguide

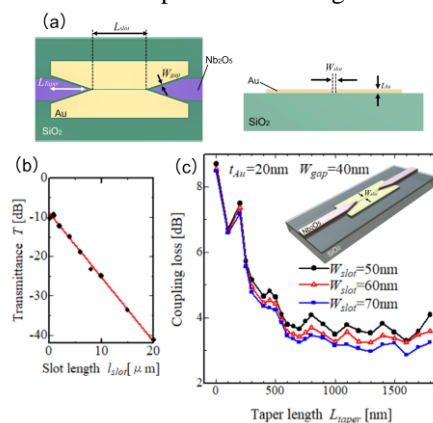


Fig.2 (a) (Left) Top view of the structure. (Right) Cross-sectional side view of the MIM waveguide. (b) Slot length dependence of the transmittance T. (c) Calculated coupling loss. Taper length dependence of the coupling loss for Au thickness of 20 nm and slot widths of 50–70 nm