

短尺・低損失・広帯域なオンチップ線形光学論理ゲートの提案

Proposal of short, low-loss, and broadband on-chip linear optics logic gates

○北翔太^{1,2}, 野崎謙悟^{1,2}, 新家昭彦^{1,2}, 納富雅也^{1,2}

(1. NTT ナノフォトニクスセンタ, 2. NTT 物性研)

○S. Kita^{1,2}, K. Nozaki^{1,2}, A. Shinya^{1,2}, and M. Notomi^{1,2}

(1. NTT Nanophotonics Center, 2. NTT Basic Research Labs.)

E-mail: kita.shota@lab.ntt.co.jp

ナノフォトニクス光回路の集積規模が拡大しつつある中、電気回路の物理的限界を超えた低遅延性が期待される光演算の応用について議論が再加熱している¹⁾。この潜在性を最大限に高めるために、短尺・低損失・波長多重のための広帯域な光論理ゲートが必要である。厳密な論理演算には非線形ゲートが必要だが、実際は制約が多く、これだけでは光演算の利点が引き出せない。そこで、我々は「線形ゲートをメイン運用しつつ非線形ゲートを要所で使い、最終段で電氣的に判定するような新しいコンセプトの光電融合演算回路（電気デジタル入力→光アナログ演算→電気デジタル出力）」を模索している。今回はその一環として、ごく短尺なメタ表面 AND ゲートを提案した²⁾。一方で提案構造には 1.6 dB 以上の損失があり、微小な光回路を構築するためのオンチップ化が課題であった。

以上の課題を解決する本発表の提案構造を Fig.1(a), (b)に示す。角度 α の Y 分岐にギャップ幅 g 、長さ L_{taper} のテーパ導波路を導入した 3 入力 1 出力の Si 細線合流で、Y 分岐側には 2 つの同相な信号光（透過率 T_A , T_B ）、テーパ導波路側には信号光とは逆相で固定強度が P_{bias} のバイアス光（透過率 T_{bias} ）をそれぞれ入力する。代表的な構造（ $W = 0.48 \mu\text{m}$, $h_{\text{Si}} = 0.22 \mu\text{m}$, $L_{\text{taper}} = 0.95 \mu\text{m}$, $g = 50 \text{ nm}$ ）の AND 動作のシミュレーション結果を(c)に示す。 $P_{\text{bias}} \sim T_A/T_{\text{bias}}/4$ のとき、コントラスト比 $BC > 9.5 \text{ dB}$ かつ (1, 1) 入力時の出力 > 1 、つまり実効的な無損失動作が確認された (cf. ビームスプリッタによる構成の損失は $\sim 1.25 \text{ dB}$)。同構造の出力 C の波長依存性を(d)に示す。 $P_{\text{bias}} \sim T_A/T_{\text{bias}}/4$ となるように各波長で調整することで $1.4 - 1.7 \mu\text{m}$ の広帯域で $BC = 9.54 \text{ dB}$ の無損失動作が可能である。さらに $P_{\text{bias}} \sim 9T_A/T_{\text{bias}}/4$ とすることで NOR 動作にも切り替えできる。線形干渉を用いる以上 BC は縦続接続で劣化するが、一定の規模の低遅延な光演算回路を構築する上で有用な境界条件になると考えている。本研究は CREST (#JPMJCR15N4), JST の支援を受けたものである。参考文献 1) Y. Shen et al., *Nature Photon.* (2017) | doi:10.1038/nphoton.2017.93, 2) 北ら, 春季応物, 14p-F202-1 (2017)。

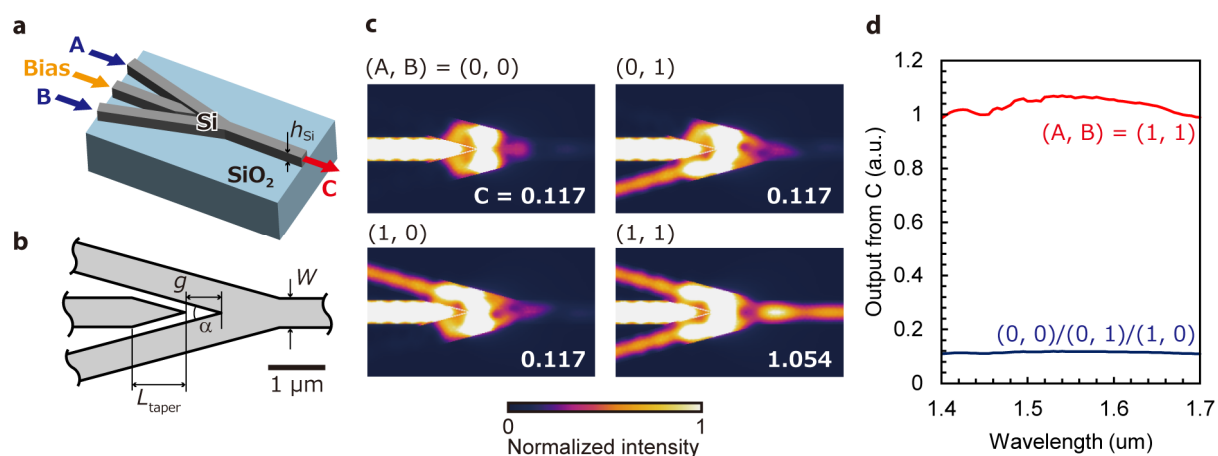


Fig. 1(a) Schematic of a 3:1 Si wire combiner based linear optic logic gate with an out-of-phase bias input. (b) Structural parameters. (c) Simulated optical intensity field with different combinations of (A, B) (input wavelength: $1.54 \mu\text{m}$, $P_{\text{bias}} = 7.05$). (d) Wavelength dependency for calculated output from C with different input combinations under variable P_{bias} ($\sim 1.2 - 7.1$). The structure is same as (c).