

Si 基板上に集積された空間型線形光回路の検討

Investigation of free-space linear optical circuit on a chip

東北大院工 ○(M1) 石川巧, 菊地涼, 土師康平, 山田博仁, 松田信幸

Tohoku Univ. ○Takumi Ishikawa, Ryo Kikuchi, Kohei Haji, Hirohito Yamada, Nobuyuki Matsuda

E-mail: takumi.ishikawa.q8@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

線形光回路は光通信以外に, 光量子情報処理や機械学習等にも用いることができる. 従来の光情報処理実験用光回路は, 光学定盤上にビームスプリッタ(BS)やミラー等の線形光学素子を配置したものであったが, 素子間隔を小さくできず大規模化が困難であったため, チップ上の光導波路を用いた小型化に関する研究[1]が行われてきた. しかし光導波路において生じる導波損失は, 多光子量子情報実験において大きな問題となる. そこで最近では, 空間型光回路のアーキテクチャを見直すことで, 素子間隔を 4 mm 程度まで小型化した空間型デバイス[2]が報告されている.

本研究では, 先行研究[2]に比べてさらに小型化が可能な空間型線形光回路の新たな構造を提案し, FDTD 法を用いた数値シミュレーションによってデバイスの基本動作に関する検討を行った.

2. 提案デバイス

提案するデバイス構造は Fig. 1 のように, Si 基板上に同じく Si を材料とする厚さ数 μm 程度の薄膜を載せたランダムユニタリ回路である. このような構造は深掘り反応性イオンエッチング (RIE) を用いることで作製することができる. 回路の光入出力に光ファイバアレイを用いることを想定すると, 素子間隔は標準的な光ファイバアレイのピッチ程度(例えば 127 μm)にまで小さくすることができる. この素子間隔は空間型の先行研究[2]を大幅に凌駕し, 導波路型[1]と比べても同程度である.

FDTD 法による数値計算の結果, Si 薄膜の透過率及び反射率は, 薄膜内での多重反射による干渉によって, Fig. 2 のように膜厚に対して周期的に変化することを確認した. したがって, 膜厚を変えることで BS 特性を制御できることが分かった. また, ビームが薄膜を透過及び反射する際にビームの位置ずれが生じるが, その量は透過時と反射時で等しいこと, 膜厚に対して周期性があることを確認した. この位置ずれはビームの干渉度の低下につながるが, BS の配置を工夫することである程度吸収できる. これらの結果から, 提案構造が微小な空間型光回路として動作することを確認できた.

参考文献

[1] N. C. Harris et al., *Nature Photonics* **11**, 447 (2017). [2] H. Wang et al., *Nature Photonics* **11**, 361 (2017).

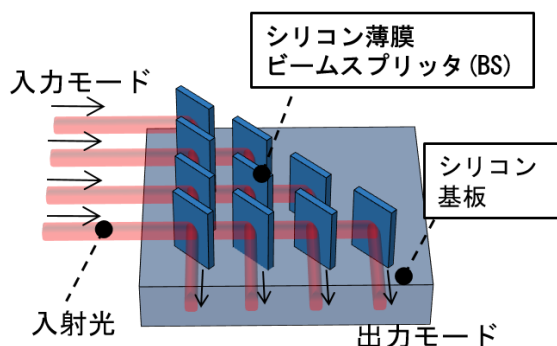


Fig. 1 Device structure

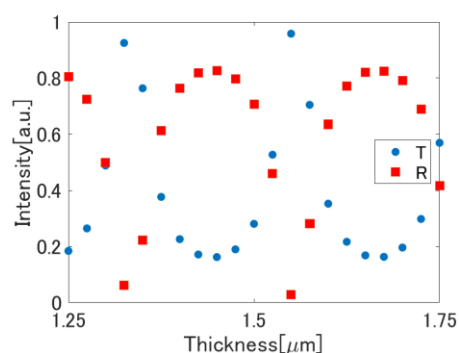


Fig. 2 Reflectance (R) and transmittance (T) at a Si thin-film BS as a function of film thickness at a wavelength of 1.55 μm and an incident angle of 45°.