

多層光回路に向けた曲線テーパ型層間結合器の設計

Design of curved taper interlayer coupler for multilayered photonic integrated circuits

伊東 憲人¹、西山 伸彦^{1,2*}、林 侑介¹、鈴木 純一¹、雨宮 智宏^{1,2}、荒井 滋久^{1,2}

¹Kazuto Itoh¹, Nobuhiko Nishiyama^{1,2}, Yusuke Hayashi¹, Junichi Suzuki¹, Tomohiro Amemiya², and Shigehisa Arai^{1,2}

東京工業大学 電気電子系¹, 科学技術創成研究院²

Dept. of Electrical and Electronic Engineering¹, Institute of Innovative Research (IIR)², Tokyo Institute of Technology

E-mail: *nishiyama@ee.e.titech.ac.jp

1. はじめに

シリコンフォトニクスを用いる大規模光回路化において、低温成膜可能な水素化アモルファス Si (a-Si:H) を用いた多層光回路が有効である[1]。複数層間信号伝送にはグレーティングカップラ(GC)[2]が有望だが、隣接層間距離 1 μm 程度では断熱的変化を用いた簡素なトライデント型構造や二段テーパ構造で実現可能であることを報告した[3, 4]。今回、テーパに連続的な曲線を用い、素子長をさらに半分程度の 100 μm 以下にできることを明らかにしたので、ご報告する。

2. 構造特性と設計

提案する構造を Fig. 1 に示す。今回はテーパ側壁の曲線として $\sqrt{z}$ を採用している。この構造では一般的な断熱的結合器[5]よりも効率的にモード分布を拡大できるだけでなく、テーパ内に不連続点がなく反射成分を減少させることができ、素子長を大幅に短縮できる。

Fig. 2 には、各 t に対する素子長 L の依存性を示す。 $t = 1$ の時は線形テーパを持つ一般的な断熱的結合器となり、 t の増加と共に凸が強くなりすばまった構造となる。Fig. 2 から $t = 3$ -10 と増加すると共に十分な結合効率を得るために必要な素子長は短くなるが、 $t = 13$ と大きくなりすぎるとテーパ開始点での不連続性が強くなり反射が大きくなり、高い結合効率は得られ難くなる。そのため、線形テーパ ($t = 1$) や $t = 15$ においてはこの範囲では殆ど結合しない。十分な結合効率 (最大 98%) を得る点として、 $(t, L) = (1):(5, 150 \mu\text{m}), (2):(7, 90 \mu\text{m}), (3):(10, 60 \mu\text{m})$ を選択した。

この時、結合部の実行屈折率が非常に高くなるので導波路幅依存性を考慮する必要がある。Fig. 3 に設計 (1)-(3)における結合効率の c-Si 導波路幅の設計値からの作製誤差依存性を示す。80%以上の結合効率を維持する作製誤差は(1)-(3) に対してそれぞれ $\pm 50 \text{ nm}$ 、 $\pm 40 \text{ nm}$ 、 $\pm 20 \text{ nm}$ となっている。

作製容易性と素子長を考え $t = 7$ とすると、素子長は 90 μm となり、一般的な $t = 1$ の断熱的結合器[5]の約 1/800、[4]のダブルテーパ型構造の 1/2 程度の小型化が実現される。素子長 100 μm 以下と他の受動素子と遜色のない長さまで小型化できたことから、断熱的結合器のフットプリントの課題はほぼ解決されと考えられる。

謝辞：本研究は JSPS 科研費(#14J02327, #15H05763, #15J11774, #16H06082, #17H03247)、および、新エネルギー・産業技術総合開発

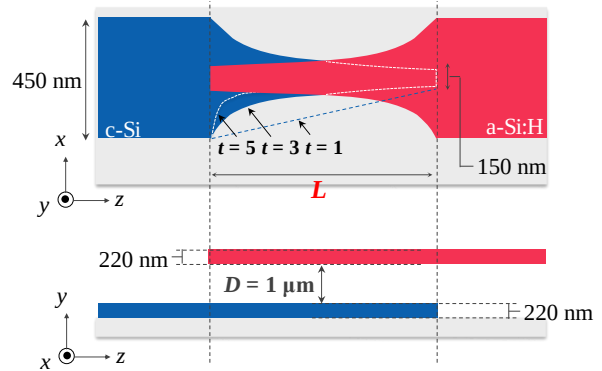


Fig. 1 Schematics of adiabatic coupler with curved taper.

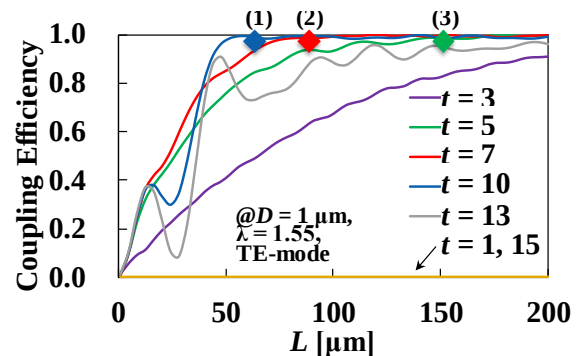


Fig. 2 L dependence of coupling efficiencies for each t .

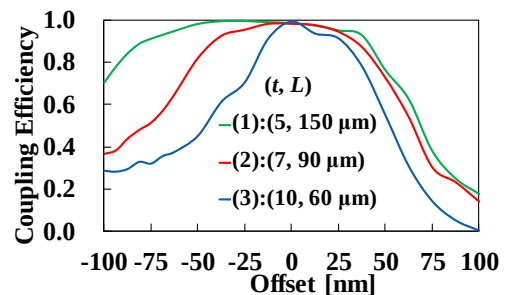


Fig. 3 Tolerance of waveguide width for coupling efficiency. (1):($t = 5, L = 150 \mu\text{m}$), (2):($t = 7, L = 90 \mu\text{m}$), (3):($t = 10, L = 60 \mu\text{m}$)

機構 (NEDO) と科学技術振興機構(JST) CREST (JPMJCR15N6) ACCEL (JPMJAC1603) の援助により行われた。

参考文献

- [1] J. Kang, et al., *Appl. Phys. Express*, vol. 032202, pp. 5–8, 2014.
- [2] J. Kang, et al., *Proc. SPIE*, vol. 8630, pp. 863008–863012, 2013.
- [3] K. Itoh et al., *GFP2016*, ThC3, 2016
- [4] K. Itoh et al., *SSDM2016*, C-1-02, 2016.
- [5] R. Sun, et al., *Opt. Express*, vol. 16, no. 16, pp. 11682–11690, 2008.