

### 非欠損コアを有する導波路型偏波変換器

カ久, 祐太 / RIKIHISA, Yuta

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014201>

# 非欠損コアを有する導波路型偏波変換器

## WAVEGUIDE POLARIZATION CONVERTER CONSISTING OF A CORE WITHOUT A DEFECT SECTION

力久 祐太

Yuta RIKIHISA

指導教員 山内 潤治

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

A polarization converter of a silicon waveguide is analyzed by the imaginary-distance beam-propagation method based on Yee's mesh and the finite-difference time-domain method. It is revealed at a wavelength of  $1.55 \mu\text{m}$  that the polarization conversion length is  $15 \mu\text{m}$  with an insertion loss of 0.47 dB. An extinction ratio of more than 20 dB is obtained over a wavelength range of  $1.54$  to  $1.56 \mu\text{m}$ .

**Key Words** : Polarization converter, Metal strip

### 1. はじめに

偏波変換器は、アイソレータや偏波無依存回路の構築に必要な不可欠な素子であり、構造に非対称性を持たせることによって生じる直交モードの励振を利用している。文献[1]ではL字型、文献[2]ではシングルレンチ型の変換器が検討されており、導波路コアの一部を欠損させることにより非対称性を生じさせていた。これらの変換器は、短い偏波変換長でデバイスを構成できるメリットがあるものの、コアを欠損させなければならぬため、作製工程の煩雑化は避けられない。

これに対し、金属ストリップを用いて非対称性を生じさせた変換器 [3]-[5] が提案されている。これらの変換器は、コアを欠損させずに偏波変換が達成されたものの、誘電率が複素数となる金属を用いているため、誘電体のみで構成される変換器に比べ、大きな損失を示す。

本論文では、基板上に金属ストリップを配置した変換器を提案する [6]-[10]。提案構造は、誘電体で構成された変換器と同等の損失を維持しつつ、コアを欠損させずに偏波変換が達成されることを示す。解析には、Yee格子に基づく虚軸ビーム伝搬法 (虚軸 YM-BPM) と有限差分時間領域 (FDTD) 法を用いる。

### 2. 本論

基板上に金属ストリップを配置した変換器の構造を図1に示す。コア及び基板の屈折率をそれぞれ  $n_{\text{co}} = 3.476$  (Si),  $n_{\text{sub}} = 1.444$  ( $\text{SiO}_2$ ) とする。金属には Ag[11] を使用し、Drude 分散性媒質として扱う。コア幅  $w_{\text{co}} = 0.3 \mu\text{m}$ 、高さ  $h_{\text{co}} = 0.3 \mu\text{m}$ 、金属ストリップ幅  $w_{\text{m}} = 0.4 \mu\text{m}$  とする。コアと金属ストリップの間隔を  $s_x$ 、金属ストリップの厚さを  $t_{\text{m}}$  と定義する。設計中心波長を  $\lambda_c = 1.55 \mu\text{m}$  とする。

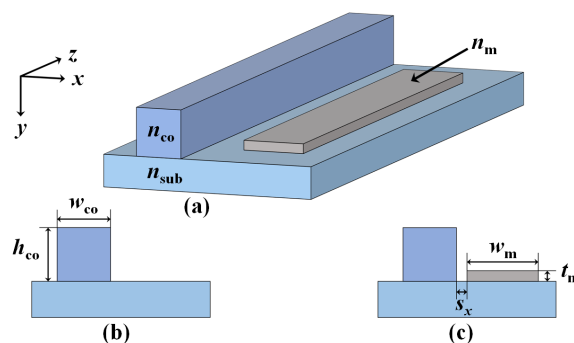


図1 構造 (a) 鳥瞰図 (b) 入出力導波路 (c) 変換導波路

#### (1) 構造最適化

はじめに、 $s_x$  および  $t_{\text{m}}$  を可変とし、虚軸 YM-BPM により、固有モード解析を行い、偏波変換が達成される構造パラメータを算出する。図2に偏波回転角、図3に偏波変換長の等高線図を示す。図より、 $s_x$  および  $t_{\text{m}}$  を調節することで、偏波回転角が  $90^\circ$  となるパラメータの存在が確認できる。具体的には、 $s_x = 0.06 \mu\text{m}$ 、 $t_{\text{m}} = 0.06 \mu\text{m}$  とすることで、偏波回転角は  $90^\circ$  となり、偏波変換が達成される。このとき、偏波変換長は  $15 \mu\text{m}$  と算出される。本論文では、以上のパラメータを最適値とする。

#### (2) 伝搬解析

つぎに、FDTD 法を用いて伝搬解析を行う。図4に波長  $\lambda_c = 1.55 \mu\text{m}$  における伝搬界分布を示す。図より、励振された  $H_y$  成分は、変換導波路を伝搬するにつれて、 $H_x$  成分へ変換されていることが見出せる。つまり、TE モードから TM モードへの偏波変換が達成されるといえる。この時、消光比は 30 dB、挿入損は 0.47

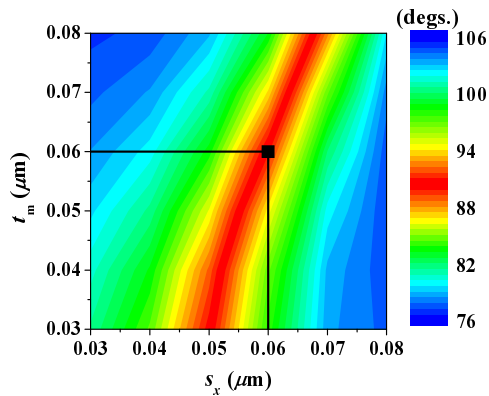


図 2 偏波回転角の等高線図

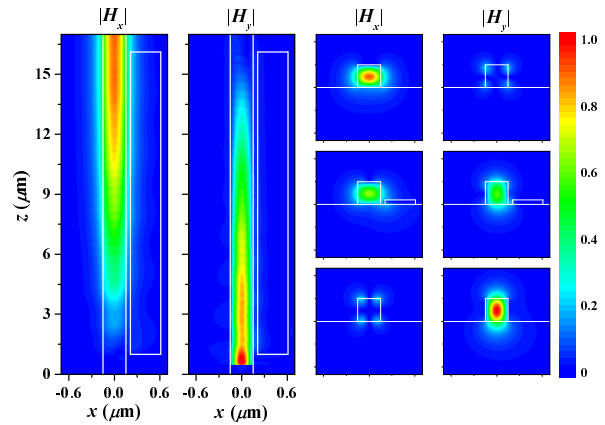


図 4 伝搬界分布

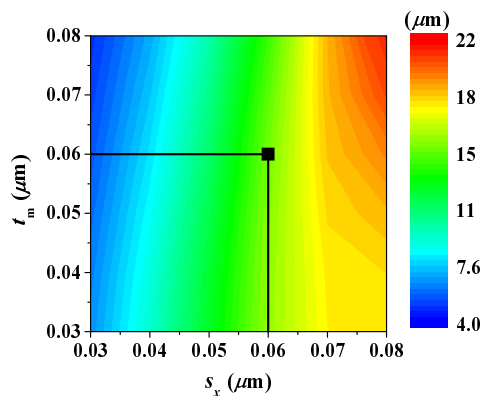


図 3 偏波変換長の等高線図

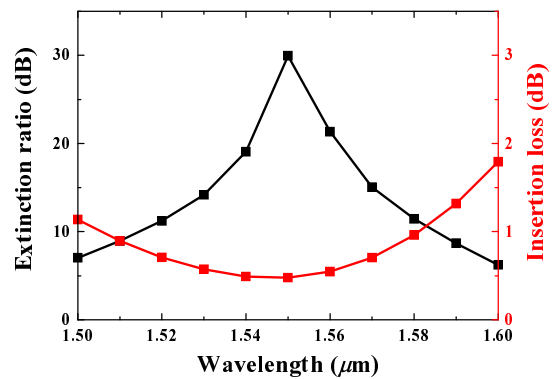


図 5 消光比および挿入損の波長特性

dB と算出される。これらの値は、誘電体のみで構成される変換器の特性とほぼ同等である。また、反射領域 ( $z = 0.0 \sim 0.5 \mu\text{m}$ ) における界成分がほぼ存在しないことも確認できる。これは、本構造はコアを欠損させていないため、入出力部と変換部での不整合を軽減させることが可能であり、接続面における界の反射が抑制されることに起因している。

図 5 に消光比および挿入損の波長特性を示す。図より、波長  $\lambda = 1.54 \sim 1.56 \mu\text{m}$  の帯域にわたって 20 dB 以上の消光比を示すことが見出せる。また、この帯域において、挿入損は 0.5 dB 以下を維持している。

### 3. まとめ

基板上に金属ストリップを配置した偏波変換器の解析を行った。  $s_x$  および  $t_m$  を可変とし、虚軸 YM-BPM を用いて固有モード解析を行い、偏波変換が達成される構造パラメータを算出した。つぎに、算出されたパラメータを用いて、FDTD 法によって伝搬解析を行った。基板上に金属ストリップを配置することで、コアを欠損させることなく、偏波変換が達成されることを示した。また、波長  $\lambda = 1.54 \sim 1.56 \mu\text{m}$  の帯域において、消光比は 20 dB 以上、挿入損は 0.5 dB 以下の偏波変換特性が得られることを明らかにした。

### 参考文献

- 1) Z. Wang and D. Dai, *J. Opt. Soc. Am. B*, vol. 25, no. 5, pp. 747-753, May 2008.
- 2) K. Nakayama, Y. Shoji, and T. Mizumoto, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 24, no. 15, pp. 1310-1312, Aug. 2012.
- 3) L. Gao, Y. Huo, S. Harris, and Z. Zhou, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 25, no. 21, pp. 2081-2084, Nov. 2013.
- 4) 山内 潤治, 力久 祐太, 高田 匠, 中野 久松, 信学総大, C-3-7, Mar. 2015.
- 5) 山内 潤治, 力久 祐太, 中野 久松, 光エレクトロニクス研究会, Apr. 2015.
- 6) 山内 潤治, 力久 祐太, 中野 久松, 信学ソ大, C-3-9, Sep. 2015.
- 7) 山内 潤治, 力久 祐太, 中野 久松, 信学総大, C-3-37, Mar. 2016.
- 8) J. Yamauchi, Y. Rikihisa, and H. Nakano, in *Proc. Int. Conf. Numerical Simulat. Optoelectron. Devices.*, pp. 59-60, Sydney, Australia, Jul. 2016.
- 9) 力久 祐太, 山内 潤治, 中野 久松, 信学ソ大, C-3-37, Sep. 2016.
- 10) 力久 祐太, 山内 潤治, 中野 久松, 信学技報, OPE2016-124, pp. 45-50, Jan. 2017.
- 11) P. B. Johnson and R. W. Christy, *Phys. Rev. B*, vol. 6, no. 12, pp. 4370-4379, Dec. 1972.