

微結晶シリコン光変調器における積層構造の設計

Design of stacked structure in microcrystalline silicon optical modulator

東工大¹, 産総研² ○中島 雪暢¹, 庄司 雄哉¹, 武井 亮平², 水本 哲弥¹, 亀井 利浩²

Tokyo Tech¹, AIST², ○Yukinobu NAKAJIMA¹, Yuya SHOJI¹, Ryohei TAKEI², Tetsuya

MIZUMOTO¹, and Toshihiro KAMEI²

E-mail: nakajima.y.am@m.titech.ac.jp

はじめに

近年データセンタやスーパーコンピュータの短距離通信において、光インターコネクションを使った大容量通信の利用が加速しているシリコンフォトンクスにおける光変調器では結晶シリコンを用いた研究が行われているが、特にオンチップ光配線の実現に向けてはバックエンドプロセスで LSI 上に三次元集積することが有効となる。 α -Si:H^[1]やポリシリコン^[2]などを用いた堆積可能な光導波路の報告例もあるが、 α -Si:H は導電率が低く、ポリシリコンは高温のアニール処理を必要とする。そこで本研究グループでは微結晶シリコン(μ c-Si:H)を用いた光変調器を提案している。 μ c-Si:H は低温堆積が可能であり、 α -Si:H と比べ導電率が高い。また不純物のドーピングを堆積時に容易に行うことができる。そこで、本研究では光変調器を実現する導波路構造について数値計算により検討したので報告する。

本研究の目標

シリコン光変調器ではキャリアプラズマ効果が広く用いられる。pn 接合を有する導波路部分への電圧印加(V)によりキャリア密度変化を起こし、屈折率を変化させる(Δn)。この時、波長 λ の光波に対する半波長電圧 $V_{\pi}L$ と位相器長の長さ L の積は、

$$V_{\pi}L = \lambda V / 2\Delta n$$

移相器の吸収損失 αL は、

$$\alpha L = \lambda \alpha / 2\Delta n$$

により求められる。 $V_{\pi}L$ は光の位相を π 変化させるのに必要な電圧と移相器長の積であり、変調器の効率を表す重要な値である。

移相器を Fig.1 に示すようなマッハツェンダー干渉計に挿入することで位相変調を強度変調に変えて利用することができる。今回、

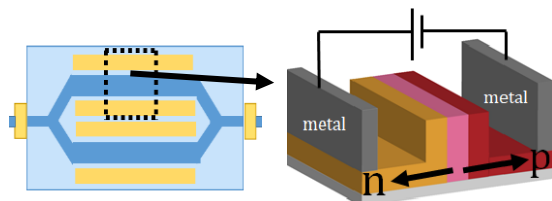


Fig. 1. MZI-based optical modulator and phase shifter.

$V_{\pi}L = 1V \cdot cm$ 以下、 $\alpha L = 5dB$ 以下を目標に移

相器の構造を探索した。

微結晶シリコン光変調器の積層構造の設計

Fig. 2、3 に示す二種類の構造を検討した。どちらも微結晶シリコンの特徴を活かした堆積による積層構造をベースとした。

一つ目の構造(Fig. 2)は、pn 接合部への光波のオーバーラップを増加させる目的で、p 型層に溝を有する構造(Type 1)とした。この構造において h 、 h_p 、 h_n をパラメータとしたところ、 $V=4V$ で $V_{\pi}L = 2.88 V \cdot cm$ 、 $\alpha L = 15.12 dB$ が得られた($\Delta n=10.7 \times 10^{-5}$ 、 $\alpha=10.9 dB/cm$)。

次に、左右非対称な pn 接合上に光閉じ込めのための i 層を形成した構造(Type 2)を検討した(Fig. 3)。 h_i 、 h_p 、 h_n 、 w をパラメータとしてシミュレーションを行ったところ、 $V=1.7V$ で $V_{\pi}L = 1.44 V \cdot cm$ 、 $\alpha L = 7.45 dB$ が得られた($\Delta n=9.1 \times 10^{-5}$ 、 $\alpha=7.45 dB/cm$)。

どちらの構造においてもまだ目標を達成できていない。今後はまだ検討していないパラメータを変化させることや、新しい構造を考えることで目標を達成していこうと思う。

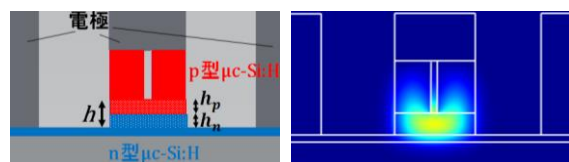


Fig. 2 Waveguide structure and optical field of Type 1.

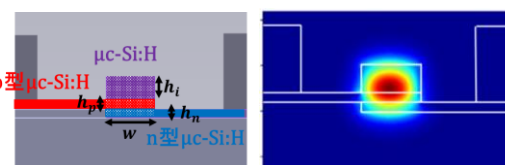


Fig. 3. Waveguide structure and optical field of Type 2.

謝辞 本研究は、JST CREST #JPMJCR15N6 および #JPMJCR18T4, 科研費 #19H02190 の支援により行われた。

参考文献

- [1] S. Rao, G. Coppola, M. A. Gioffre, F. G. Della Corte, Opt. Express., 20, 9351-9356(2012).
- [2] K. Preston, S. Manipatruni, A. Gondarenko, C. B. Poitras, M. Lipson, Opt. Express., 17, 5118-5124 (2009).