

## Ge-on-Insulator 基板を用いた熱光学スイッチの検討

### Investigation of thermo-optic switch on Ge-on-Insulator wafer

藤垣 匠<sup>1</sup>, 亢 健<sup>2,3</sup>, 竹中 充<sup>1,2,3</sup>, 高木 信一<sup>1,2,3</sup> (東大工<sup>1</sup>, 東大院工<sup>2</sup>, JST-CREST<sup>3</sup>)

°Takumi Fujigaki<sup>1</sup>, Jian Kang<sup>2,3</sup>, Mitsuru Takenaka<sup>1,2,3</sup>, Shinichi Takagi<sup>1,2,3</sup> (The University of Tokyo,

Faculty of Engineering<sup>1</sup>, School of Engineering<sup>2</sup>, JST-CREST<sup>3</sup>)

E-mail: fujigaki@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】中赤外(MIR)フォトニクスは、光インターコネクションに加えて、近年各種センシング用途に向けた研究が活発に行われている[1]。しかしながら、従来のMIRデバイスは高価で小型化が困難な為、その応用は限られていることから、Si フォトニクス・プラットフォームを用いた中赤外光集積回路に注目が集まっている。しかし、Si は  $8\mu\text{m}$  より長波の中赤外光に対し吸収があり、一部の中赤外光しか利用できないことが問題となっている。そこで我々は、中赤外光全般に対して透明なGe-on-Insulator (GeOI)基板を用いた Ge CMOS フォトニクス・プラットフォームを提案し、研究を進めている[2]。このプラットフォームを用いて、これまでに Ge リブ導波路パッシブ素子やキャリア注入型光可変減衰器などを報告してきた [3,4]。今回、熱光学効果による屈折率変化を利用した Ge 光スイッチの検討を行った。Ge は Si に比べ大きな熱光学係数を持つ為、低消費電力での動作が可能な光スイッチが期待される。有限要素法を用いて Ge 熱光学スイッチの位相シフト特性を計算した結果について報告する。

【素子構造】Ge 熱光学スイッチの位相シフト部構造の二次元断面図を Fig.1 に示す。GeOI 基板上に形成した  $220 \times 450\text{nm}$  の Ge 細線導波路の上に  $\text{SiO}_2$  上部クラッドを堆積させ、Pt 電極ヒータを載せた構造となっている。位相シフト部の長さは  $500\mu\text{m}$  とした。基板上部の空気層および Si 基板はいずれも膜厚を  $100\mu\text{m}$  とし、境界温度を  $293.5\text{K}$  とした。

【計算手法】まず Pt 電極から熱が発生し続けた場合の領域全体の温度分布を計算した。続いて、Ge および  $\text{SiO}_2$  の熱光学効果による屈折率変化を求めた後、導波モードの実効屈折率を計算し、位相シフトを求めた。比較のため、Fig.1 と同様の構造の Si 導波路についても計算を行った。

【計算結果】Pt 電極に投入する熱量を  $0\text{mW}$  から  $24\text{mW}$  まで変化させた場合の Ge 導波路の TE0 次モードに関する位相シフト量を計算した。動作波長は  $1.95\mu\text{m}$  とした。同様に、Si 導波路(動作波長  $1.55\mu\text{m}$ )の位相シフト量も計算した。Fig.2 の計算結果が示すように、Si 熱光学スイッチと比較して、Ge 熱光学スイッチでは位相を  $\pi$  シフトさせるために必要な電力が約  $1/3$  倍程度に抑えられることが分かった。以

上から、GeOI 基板上マッハ・ツェンダー干渉計を組むことで、既存の Si フォトニクスと比較して低消費電力の光スイッチが実現可能であることがわかった。

【謝辞】本研究の一部は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) プロジェクト「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」および文部科学省科学研究費補助金若手研究 S の助成により実施した。

#### 【参考文献】

- [1] R. Soref, Nature Photonics, 4, 495-497 (2010)
- [2] J. Kang et al., Mater. Sci. Semicond. Process. 42, 259 (2015).
- [3] J. Kang, et al., Opt. Express 24, 11855 (2016).
- [4] J. Kang et al., OFC2015, Tu3E.4.

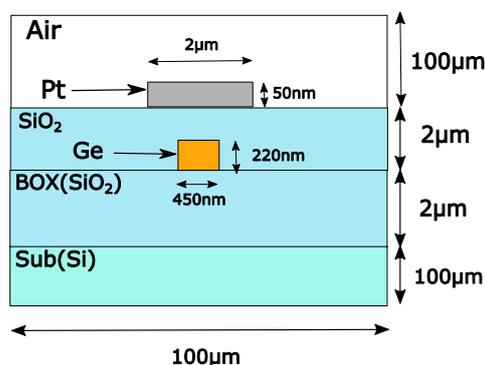


Fig.1 Schematic of Ge thermos-optic switch

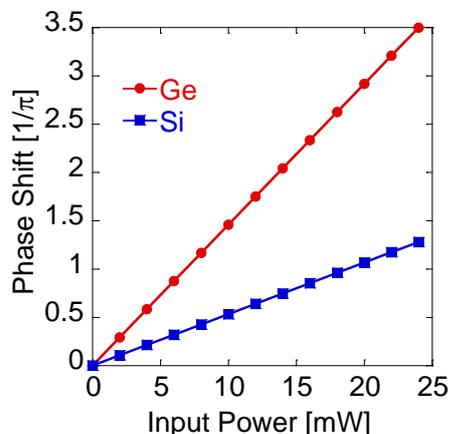


Fig.2 Phase Shift of Ge thermos-optic switch