

Ge/Si リブ導波路構造を用いた電界吸収型光変調器の検討

Study on Electro-Absorption Optical Modulator, Using Ge/Si Rib Waveguide

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所¹○藤方 潤一¹, 野口 将高¹, 小野 英輝¹, 高橋 重樹¹, 志村 大輔¹, 高橋 博之¹,
八重樫 浩樹¹, 中村 隆宏¹PETRA¹○Junichi Fujikata¹, Masataka Noguchi¹, Hideki Ono¹, Shigeki Takahashi¹, Daisuke Shimura¹,
Hiroyuki Takahashi¹, Hiroki Yaegashi¹, and Takahiro Nakamura¹

E-mail: j-fujikata@petra-jp.org

1. はじめに

Si フォトニクス技術と CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 電子回路技術を融合し, 超高密度の信号伝送を低消費電力で実現する試みが注目を集めている. Si 光変調器は伝送容量と消費電力を左右するキーデバイスであると考えられる. 近年, Ge あるいは GeSi におけるフランチ・ケルディッシュ(FK)効果を用いた電界吸収型(EA)光変調器が報告されている[1]-[3]. EA 変調器は, 電気容量を 10fF 程度とすることが可能であり, 低電力化と共に高速化が期待される.

本検討では, Si ベースの PN 接合リブ導波路上に細線導波路構造からなる Ge 層をエピタキシャル成長して p, n ドーピングすることにより, 40 μm 長の小型 Ge/Si-EA 光変調器の基本動作を検証すると共に, 1V_{pp} 駆動で 25Gbps 高速動作を実証したので報告する.

2. GeSi-EA 光変調器

開発した Ge/Si-EA 光変調器の断面模式図を図 1 に示す. SOI (silicon-on-insulator) リブ導波路構造からなる PN 接合上に PIN 接合からなる Ge 層を積層した構造からなる.

今回の検討では, 300mm 径, 膜厚 200 nm の SOI 基板を用いた. Si リブ導波路加工後 SiO₂ クラッド層を積層し, CMP(chemical mechanical polishing)処理により平坦化を行った. これにより, PN 接合上に形成する Ge 層の選択成長エリアの加工精度を改善した. 次に, PN 接合上に SiO₂ 開口パターンを形成した. さらに, 今回の検討では, 200-300 nm 厚の Ge 層を UHV-CVD (ultra-high vacuum chemical vapor deposition)法により選択成長した. さらに, B および P の不純物ドーピングを行い, Ge 層中に PIN 接合を形成した.

3. 光変調効率と高速動作実証

図 2 に Ge/Si-EA 光変調器の光透過スペクトルに関する逆バイアス電圧(V_{dc})依存性を示す. Ge

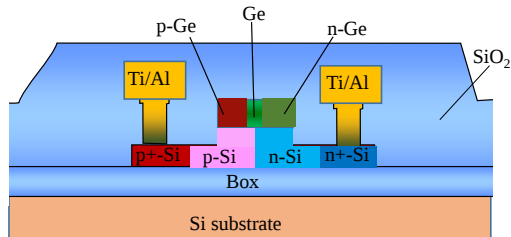


Fig. 1: Schematic diagram of Ge/Si electro-absorption modulator.

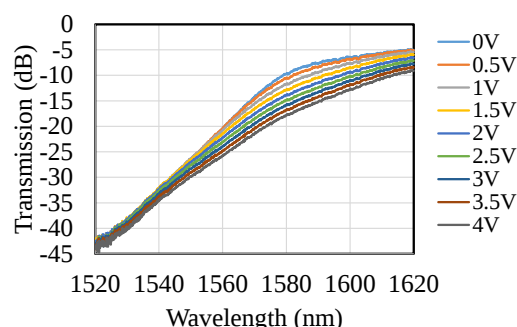


Fig. 2: Experimental result of optical transmission dependence on applied bias voltage.

層による光吸収係数が低減する 1560 nm 以上の波長領域において, V_{dc} の増加に伴い光透過率が 7dB 程度減少した. すなわち, FK 効果により Ge 層におけるバンドギャップ収縮が生じていると考えられる. 光変調周波数帯域は, V_{dc} すなわち Ge 層に印加される電界強度に依存する傾向を示し, 15-20 GHz の周波数応答特性が得られた.

図 3 に光吸収長が 40 μm の Ge/Si リブ型構造からなる Ge-EA 光変調器において, 駆動電圧を 1.0V_{pp} とし逆バイアス電圧を 1V_{dc} とした時の 1580nm 波長における 25 Gbps (2³¹-1pseudo-random bit sequence (PRBS))光出力波形を示す. 低電圧で良好な出力波形が得られており, 光電子集積回路の低消費電力化および大容量化に向けて有望な技術であると期待される.

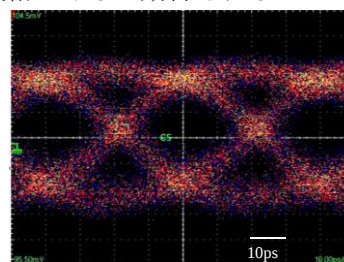


Fig. 3: 25Gbps output waveform with 2³¹-1 PRBS.

【謝辞】本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「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」により委託を受けたものである.

【文献】

- [1] J. Liu et al., Nat. Photonics 2(7), 433 (2008).
- [2] D. Feng, et al., IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. 19(6), 64 (2013).
- [3] S. A. Srinivasan, et al., J. Lightwave Tech. 34(2), 419 (2016).