

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 II

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

技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所¹, 豊橋技術科学大学², 東京大学³PETRA¹, Toyohashi Univ. Tech.², Univ. of Tokyo³○藤方 潤一¹, 野口 将高¹, 川下 和樹², 高橋 重樹¹, 西村 道治^{2,3}, 小野 英輝¹, 志村 大輔¹,
高橋 博之¹, 八重樫 浩樹¹, 石川 靖彦², 中村 隆宏¹○Junichi Fujikata¹, Masataka Noguchi¹, Kazuki Kawashita², Shigeki Takahashi¹, Michiharu Nishimura^{2,3},
Hideki Ono¹, Daisuke Shimura¹, Hiroyuki Takahashi¹, Hiroki Yaegashi¹, Yasuhiko Ishikawa², 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, 低消費電力で超高密度の信号伝送を実現する光電子融合技術が注目を集めている. 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 におけるフランツ・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 10 fF 程度とすることが可能であり, 低電力化と共に高速化が可能であるが, 動作波長帯域の制御が課題である.

本報告では, 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, 20-40 μm 長の小型 Ge/Si-EA 光変調器において, C バンド波長帯での動作と高速動作を検討した.

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) リブ導波路構造の PN 接合上に Ge 層を積層し, Ge 層中に PIN 接合を形成した構造からなる.

今回の検討では, 300 mm 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. 光変調特性と高速動作実証

図 2 に 20 μm 長の Ge/Si-EA 光変調器の光透過スペクトルを示す. Ge 層を細線化することにより,

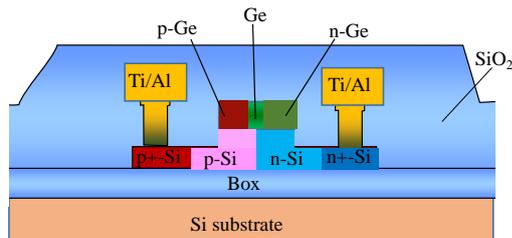


Fig. 1: Schematic diagram of Ge/Si electro-absorption modulator.

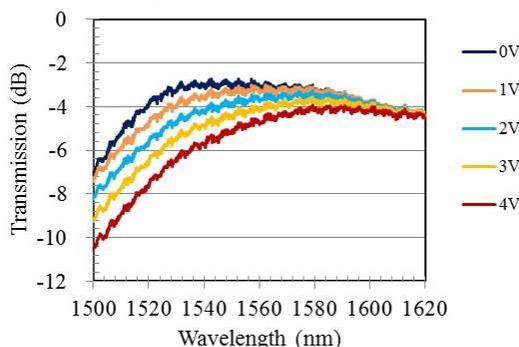


Fig. 2: Experimental result of optical transmission dependence on applied bias voltage.

1520 nm 付近の波長領域において, V_{dc} の増加に伴い光透過率が 3-4dB 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. また, 顕微フोटルミネッセンススペクトルから, 発光ピーク波長が 1500nm 付近にあることが確認出来, 透過スペクトルと対応する結果であった.

図 3 に 40 μm 長の Ge-EA 光変調器において, 駆動電圧を 1.0 V_{pp} とし逆バイアス電圧を 1 V_{dc} とした時の 1520nm 波長における 25 Gbps (2³¹-1 pseudo-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・大容量化に向けて有望な技術であると期待される.

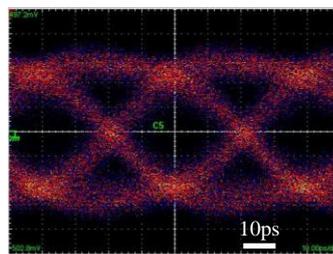


Fig. 3: 25Gbps output waveform with 2³¹-1 PRBS.

【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).