高性能シリコン光変調器・ゲルマニウム受光器の開発と光集積回路への適用 Development of High-Performance Silicon Optical Modulator and Germanium Photodetector, and Their Application to Optical Integration Circuit

技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所¹,東京大学² **PETRA¹ and Univ. of Tokyo²**

◎藤方 潤一1, 竹中 充2, 最上 徹1, 蔵田 和彦1, 中村 隆宏1

^oJunichi Fujikata¹, Mitsuru Takenaka², Tohru Mogami¹, Kazuhiko Kurata¹, 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 光変調器および Ge 受光器は Si 上に集積可能であり,光インターコ ネクトにおける伝送容量の増大と低消費電力化 に寄与するキーデバイスであると考えられる.

本報告では, MOS 型光変調器[1]および歪 SiGe を用いた Si 光変調器の高性能化[2,3], さらには 高品質 Ge 層を用いた高性能受光器[1,4]の開発状 況および,光電子集積回路への適用[5]に関して 紹介する.

2. Si 光変調器の検討

図1に1.3 μ m 波長帯用 MOS 型光変調器の断 面模式図を示す.構造は, SOI (silicon on insulator) 層上にゲート酸化膜と poly-Si 層を積層したリブ 型導波路構造からなり,印加電圧によりゲート酸 化膜近傍の自由キャリア密度が変化する.光損失 及びキャリアプラズマ効果の双方にとって, poly-Si の腹質が極めて重要であり,アモルファ ス Si の 2 段階結晶化技術によって,高効率 ($V_{\pi}L<0.2Vcm$)で低損失(3.5-4.5dB/mm)な Si 光変 調器を実現した.



Fig. 1: (a) Schematic diagram of MOS capacitor type Si-MOD and (b) cross-sectional TEM image [1].



Fig. 2: Simulation and experimental results of optical phase change dependence on applied voltage [1].



Fig. 3: (a) Schematic diagram of surface-type Ge photodiode and (b) SEM images of fabricated device [6].

また、キャリアプラズマ効果を改善するため、 ホールの有効質量が小さい歪SiGeを用いたSi光 変調器[2,3]に関しても検討した.リブ型導波路構 造からなるSi-PN接合上にp型歪SiGe層をエピタ キシャル成長することにより、0.6-0.67Vcmの変 調効率と1.5dB/mm程度の低損失化が実現出来、 低消費電力・大容量化が可能な性能を実証した.

3. Ge 受光器の検討[6]

図3に開発した面入射型Ge 受光器の断面模式 図とSEM像を示す.使用波長である1310 nm 波 長帯において,90%前後の受光感度が得られた. また,暗電流値は、3.3 V逆バイアス印加時に, 受光径25 µm 素子において,60 nA 程度と非常に 小さい値が得られており、300 mm ウェハ面内に おいて均一な特性が得られた.また,Ge 層厚の 最適化により、上記の良好な受光感度と 12-15GHzの周波数帯域を実現した.

【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. Fujikata et al., Jpn. J. Appl. Phys.55, 04EC01-1-04 (2016).

[2] M. Takenaka et al., J. Quantum Electron., vol. 48, no. 1, pp. 8 - 15, 2012.

[3] J. Fujikata, et al., ECOC2016, Tu. 3. A. 4 (2016).

[4] D. Okamoto et al., J. Lightw. Technol. 34, 2988 (2016).

[5] K. Yashiki et al., OFC2015, Th1G1 (2015).

[6] J. Fujikata et al., 64th JSAP Spring Meeting, 16a-F204-11 (2017).

3.15