

歪 SiGe を用いた MOS 型光変調器の変調帯域改善に関する検討

Modulation bandwidth improvement of MOS optical modulators based on strained SiGe

東大院工¹, JST-CREST², 日本学術振興会特別研究員³

○韓 在勲^{1,2,3}, 竹中 充^{1,2}, 高木 信一^{1,2}

Univ. of Tokyo¹, JST-CREST², JSPS research fellow³

○Jaehoon Han^{1,2,3}, M. Takenaka^{1,2}, S. Takagi^{1,2}

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

【はじめに】近年, LSI の更なる高性能化・低消費電力化に向けてシリコンフォトニクスが活発に研究されている。しかし, 間接遷移型半導体である Si では変調効率が低く, 高性能な光変調器の実現が急務とされている[1]。様々な構造の Si 光変調器が報告される中, MOS 型光変調器は, 大きい蓄積容量が実現できることから, 他の構造より高い変調効率が報告されている[2]。また, ゲート絶縁膜の膜厚スケールアップ (EOT スケールアップ) による蓄積容量の増大により, 更なる性能向上が見込まれる[3]。しかし, MOS 型光変調器は, その大きい蓄積容量に起因する変調帯域の劣化が懸念され, これは絶縁膜厚スケールアップにより一層顕著になる[4]。この問題を解決するため, 我々は歪 SiGe においてホールの有効質量が軽くなることに注目し[5], 歪 SiGe スラブを用いた寄生抵抗の低減による MOS 型光変調器の変調帯域幅の改善に関して調べた。この効果により, Si_{0.8}Ge_{0.2} を用いた場合, MOS 型変調器の帯域幅が 1.3 倍改善することが分かったので, 報告する。

【解析結果】変調帯域について解析を行った MOS 型光変調器の構造[2]およびその等価回路を図 1 に示す。各パラメータを用いて, 図 1 の等価回路に基づくデバイスの総抵抗と総容量を求め, RC 時定数と変調帯域を計算した。[2]で報告された構造で位相シフト長を 200 μm とした場合 p 型スラブの抵抗が 4.15 Ω と, n 型メサとポリ Si の抵抗が 3.81 Ω となり, 総抵抗は 7.96 Ω となる。5 nm 膜厚の SiO₂ の MOS 容量は 8.23 pF となるため, ドライバーのインピーダンスをデバイスの抵抗と同じと仮定すると変調帯域は 24.1 Gbps となり報告値 (25 Gbps) とほぼ一致する。ここで, MOS 型光変調器の p 型スラブを歪 SiGe にすると, 正孔の有効質量の軽量化による抵抗の低減が期待されるため, 変調帯域の改善が見込まれる。まず, 歪 SiGe の抵抗の Ge 組成依存性を調べるため, 報告されている歪 SiGe のドリフト移動度[6]を用いて抵抗率を求めた結果を図 2 に示す。不純物濃度は 10¹⁸ cm⁻³ とした。図 2 から分かるように, 抵抗率は Si と比較して Si_{0.8}Ge_{0.2} で 0.54 倍, Si_{0.7}Ge_{0.3} で 0.43 倍となる。この検討では, Si スラブを全て歪 SiGe に置き換えることを考えているので, 歪 SiGe の臨界膜厚[7]などを考慮して Si_{0.7}Ge_{0.3} を用いて議論を進める。上記の議論で求めた抵抗率を用いて Si と歪 Si_{0.8}Ge_{0.2} の帯域幅を

比較した結果を図 3 に示す。素子構造に依らず EOT スケールアップによる変調帯域の低下が見られるものの, 歪 SiGe スラブを用いることで, Si スラブに比べ 1.3 倍の変調帯域改善が確認された。歪 SiGe 中におけるプラズマ分散効果の報告されているので[3], これらの効果を組み合わせることで, 高速かつ高性能な MOS 型光変調器の実現が期待される。

【謝辞】本研究の一部は NEDO 「フォトンクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発(PECST)」の助成により実施した。また, PETRA の藤方氏と高橋氏の助言にも感謝する。

【参考文献】 [1] G. T. Reed, *et al.*, Nature Photonics **4**, 518 (2010). [2] J. Fujikata, *et al.*, OFC2010, OMI3 (2010). [3] M. Takenaka and S. Takagi, IEEE J. Quantum Electron. **48**, 8 (2012). [4] A. Abraham, *et al.*, GFP 2014, WB2 (2014). [5] M. V. Fischetti and S. E. Laux, J. Appl. Phys. **80**, 2234 (1996). [6] T. Manku, *et al.*, IEEE Trans. Electron Device **40**, 1990 (1993). [7] R. People and J. C. Bean, Appl. Phys. Lett. **47**, 322 (1985).

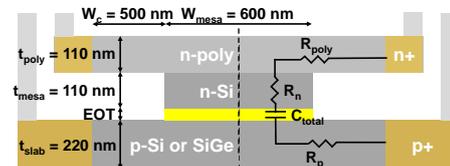


図1. MOS型光変調器の断面図[2]とその等価回路。

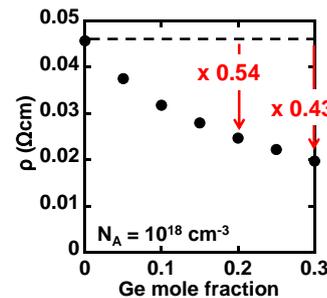


図2. 歪SiGeの抵抗率のGe組成依存性。

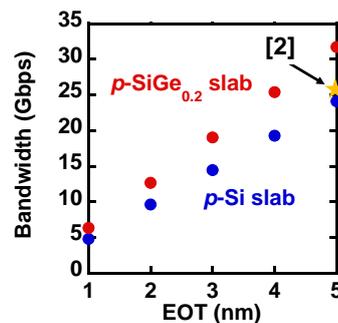


図3. SiとSi_{0.7}Ge_{0.3}スラブを用いた場合の変調帯域比較。