

歪 SiGe 光変調器に向けた Si/SiGe/Si コア光導波路の作製 Fabrication of waveguide with Si/SiGe/Si core for SiGe optical modulator

東大院工¹, 住友化学²

金榮現^{1*}, 長田剛規², 秦雅彦², 竹中充¹, 高木信一¹

The University of Tokyo¹, Sumitomo Chemical Co. Ltd.²

Younghyun Kim^{1*}, Takenori Osada², Masahiko Hata², Mitsuru Takenaka¹, Shinichi Takagi¹

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

【はじめに】次世代 LSI 技術として、光配線 LSI などの光電子集積回路を実現する技術として Si フォトニクスに関する研究が盛んに行われている。しかし、Si をベースにしたマッハ・ツェンダー干渉計型光変調器は素子長が長く、LSI に集積するためには、一層の小型化が求められている。

我々は、SiGe 層に歪を印可することでプラズマ分散効果による屈折率変調を増大可能であることを提案してきた[1]。また、数値解析により、Si/歪 Si_{0.7}Ge_{0.3}/Si ヘテロ構造を有するキャリア注入型光変調器において Si と比較して注入電流量を 1/4 程度に低減可能であることを示した[2]。しかし、圧縮歪 SiGe は Ge 組成が大きくなるにつれて、バンドギャップ(E_g)が急激に小さくなることが知られており[3]、Si/歪 SiGe/Si ヘテロ構造の光変調器の損失増大が懸念される。そこで、本研究では、Si/歪 SiGe/Si ヘテロ構造を有する光導波路を作製し、導波損の波長依存性等を評価したので報告する。

【素子作製】Si (80 nm)/SiGe (40 nm)/Si (100 nm)-On-Insulator (-OI)構造の基板を分子線エピタキシー法により結晶成長した。ラマン分光法により求めた Ge 組成は~28%、圧縮歪は~1.1%であった。作製された基板と Soitec 社製 Si (220 nm)-OI 基板をコントロールサンプルとして、DUV フォトリソグラフィによりパターニングを行い、CF₄ ガスを用いてドライエッチングして、直線導波路を作製した。

【実験結果と考察】図 1 は作製した Si/SiGe/Si 導波路端面の走査型電子顕微鏡(SEM)像である。Si/SiGe/Si ヘテロ構造においても良好なリブ型導波路を形成できていることがわかる。

SiGe のバンドギャップによる吸収を確認するため、導波路幅 2 μm 、長さ 1 cm の導波路の波長依存性を測定した(図 2)。SiGe_{0.28} の E_g が~0.88 eV の間接遷移であるため、SOI 導波路に比べ、波長が短くなるにつれ損失がなだらかに増加することが分かる。また、波長 1550 nm の光に対し、40 nm の SiGe 層による損失を調べるために、導波路幅を変えながら、カット・バック法により導波損を評価した(図 3)。今回の作製ではフォトリソグラフィを用いたため側壁粗さを十分に低減できておらず、導波路の幅が小さくなるにつれて損失が急激に増加していることがわかる。導波損が導波路幅の 2 乗に反比例するモデル[4]でフィッティングした結果、SiGe 層のバンド間吸収による損失増加分は 0.54 dB/mm (~1.2 cm^{-1})であることがわかった。この結果から、波長 1550 nm 帯において、歪 SiGe 層による損失増加は光変調器として充分無視できる程度であることが分かった。

【謝辞】本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) により実施した。

【参考文献】 [1] M. Takenaka, *et al.*, *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 48, no. 1, pp.8-16, (2012). [2] 金榮現 他, 応用物理学会 2012 13a-C5-6 [3] D.V. Lang, *et al.*, *APL*, vol. 47(12), 15(1333) [4] F.P. Payme *et al.*, *OQE* 26, p977 (1994)

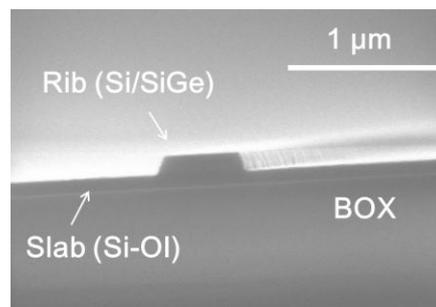


Fig. 1. Cross-sectional SEM observation of fabricated Si/SiGe/Si optical waveguide.

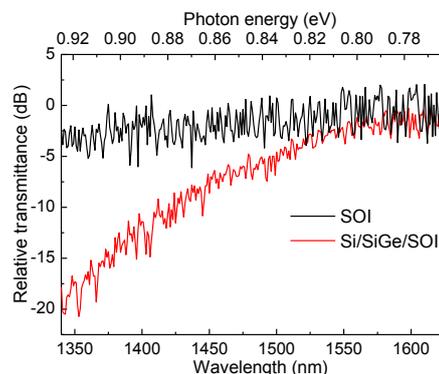


Fig. 2. Comparison of wavelength dependence of propagation loss between 2 μm -width waveguides of SOI and Si/SiGe/SOI; device length is 1 cm.

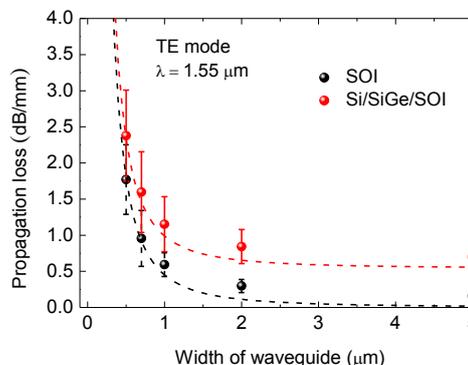


Fig. 3. Comparison of propagation loss between waveguides of SOI and Si/SiGe/SOI as a function of waveguide width measured by cut-back method