

課題番号 : F-16-UT-0091
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : ひずみ SiGe を用いた Si 上 Ge 層のバンドエンジニアリング
 Program Title (English) : Band engineering for Ge layers on Si using strained SiGe
 利用者名(日本語) : 西村道治, 石川靖彦
 Username (English) : Michiharu Nishimura, Yasuhiko Ishikawa
 所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻
 Affiliation (English) : Dept. of Materials Eng., School of Engineering, The Univ. of Tokyo

1. 概要(Summary)

Si 上にエピタキシャル成長した Ge 層は、シリコンフォトニクスにおける受光器や光変調器の材料として有効である。一般に膜厚が数 100 nm の Ge 層が用いられるが、Ge 中には引っ張り格子ひずみ(0.2%程度)が熱応力によって誘起されている。その結果直接遷移バンドギャップが縮小し、光吸収端が無歪み状態の 1.55 μm から 1.6 μm 程度まで長波長化する[1]。この様に格子ひずみを工学的に制御することがデバイスの動作波長制御にとって重要である。本研究では、選択成長した Ge 層上にひずみ SiGe 層を形成する方法を報告する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

光リソグラフィ装置 MA-6, 電子顕微鏡

【実験方法】

熱酸化SiO₂層を用いて光リソグラフィとウェットエッチングによって選択成長用マスクを形成し、Si(001)基板上に 500 nm の膜厚の Ge メサ構造を 700°C で成長した。成長には超高真空化学気相成長法を用いた。選択成長領域(Si 表面露出部)は矩形であり、Ge メサの長さは 100 μm で一定とし、Ge メサ底の幅を 2, 3, 5, 10, 100 μm と変化させた。Ge を成長後、530°C で Si_{0.2}Ge_{0.8} 層を 40 nm、引き続き Si 保護層を 5 nm 成長した。SiGe 層中に内包される応力は、Ge 層との格子不整合で一義的に決定され、Si_{0.2}Ge_{0.8} では 1.4 GPa の大きな引っ張り応力が導入される。選択成長した Ge 層の幅が小さくなると、SiGe を加工することなく Ge 層に圧縮ひずみを誘起できる。電子顕微鏡による断面観察及びフォトルミネッセンス(PL)測定により試料を評価した。参照試料として、SiGe 層のない試料(Si 保護層: 25 nm)も作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製した試料の断面電子顕微鏡像を Fig. 1 に示す。側面に(113)ファセット面が形成されている。XRD 測定の結果、SiGe 層の Ge 組成は 78%、ひずみは 0.89%であり、

ほぼ Ge 層に格子整合した SiGe 層が形成できた。5 μm 幅のメサ構造に対する典型的な PL スペクトルを Fig. 2 に示す。SiGe 層がある場合の PL ピーク位置は約 10 nm 短波長側にシフトした。SiGe 層によって Ge に圧縮応力が印加されたことと対応する。

4. その他・特記事項(Others)

参考文献

- [1] J. Liu et al., Appl. Phys. Lett. 87, 011110 (2005).
- [2] R. Kuroyanagi et al., Opt. Express 21, 18553 (2013).

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 西村他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 平成 28 年 9 月 15 日.

6. 関連特許(Patent)

なし

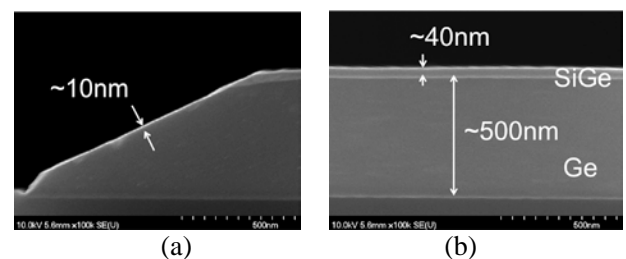


Fig. 1 Typical cross-sectional SEM image for Ge mesa structures on Si covered with strained SiGe (a) at the sidewall and (b) at the center of Ge mesa stripe

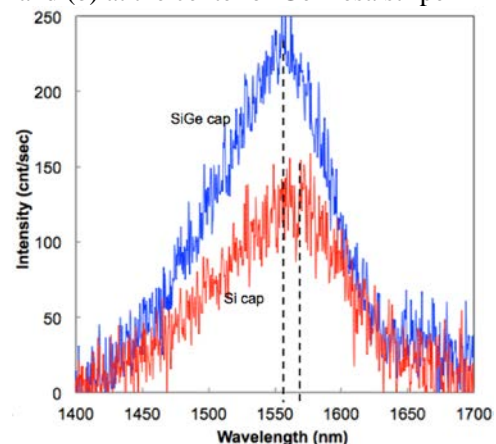


Fig. 2 PL spectra for 5- μm -wide Ge mesa structures with SiGe (blue) and without SiGe (red).