

ひずみ SiGe を用いた Si 上 Ge 層のバンドエンジニアリング

Band engineering for Ge layers on Si using strained SiGe

東大院工¹ ○(M1)西村 道治¹, 石川 靖彦¹

Univ. of Tokyo¹ Michiharu Nishimura¹, Yasuhiko Ishikawa¹

E-mail: y-ishikawa@material.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに 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。直接遷移バンドギャップが縮小する結果、光吸収端が 1.55 μm から 1.6 μm 程度まで長波長化する[1]。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。これまでに SiN_x 堆積膜を応力源とする方法を報告した[2]が、広範な動作波長制御には SiN_x に 1 GPa オーダーの非常に大きな応力を導入する必要がある。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. 実験方法 熱酸化 SiO_2 層をマスクとする選択成長により、 $\text{Si}(001)$ 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 $\text{Si}_{0.2}\text{Ge}_{0.8}$ 層を 40 nm、引き続き Si 保護層を 5 nm 成長した。成長温度を低下することで SiGe の格子緩和を抑制できる。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できる。 $\text{Si}_{0.2}\text{Ge}_{0.8}$ 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。X 線回析 (XRD) 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. 実験結果と考察 作製した試料の典型的な光学顕微鏡像を Fig. 1 に示す。底面の幅は予定どおり 5 μm であり、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. まとめ 選択成長した Ge 層上に SiGe 層を成長することで、Ge に圧縮ひずみを印加でき、PL ピークを 10 nm 程度短波長側にシフトできた。Ge に印加される歪みの幅依存性についても報告する予定である。

謝辞 本研究は、NICT 委託研究「光信号の低コスト受信・モニタリングのための小型光位相同期回路の研究開発」により実施した。試料作製には、東京大学大規模集積システム設計教育研究センター (超微細リソグラフィ・ナノ計測拠点) の協力を得た。

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).

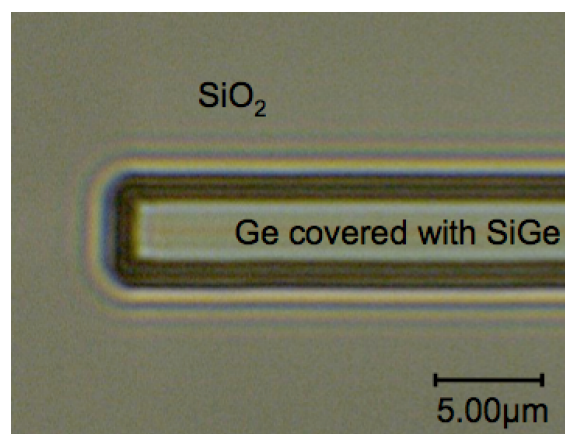


Fig. 1. Typical optical microscope image for Ge mesa structures on Si covered with strained SiGe.

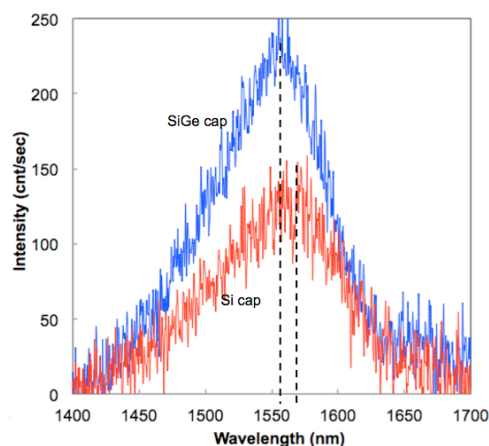


Fig. 2. PL spectra for 5- μm -wide Ge mesa structures with SiGe (blue) and without SiGe (red).