

課題番号 : F-16-UT-0090
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : Si 上 n 型 Ge エピタキシャル層の研究
 Program Title (English) : Study of epitaxial n-type Ge-on-Si
 利用者名(日本語) : 東垂水直樹, 石川靖彦
 Username (English) : Naoki Higahsitarumizu, 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)

GeはCMOSプロセスと整合性が良いことから、Si基板上の受光器への応用が広く検討されており、またレーザー光源としての応用も期待されている。Geは間接遷移型の半導体であり本来発光素子には不向きであるが、引張り格子歪導入(~0.2%)と高濃度n型ドーピング($n > 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)を用いることで擬似直接遷移化することが可能である。本研究では、Ge発光デバイスの実現に向けてSi上n型Ge層の電子濃度の増大を目指した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

クリーンドラフト潤沢超純水付, 電子顕微鏡

【実験方法】

超高真空化学気相堆積装置を用いてp-Si基板上へPドープGeをエピタキシャル成長させた。原料ガスはAr希釈9%GeH₄, n型ドーピングガスにはH₂希釈5%PH₃を用いた。PドープGe成長中の9%GeH₄および5%PH₃の流量をそれぞれ140および3 sccmとし、成長温度を500~700°Cの間で変化させた。成長したGeは走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて断面を観察し(Fig. 1)、膜厚を計測した。作製したPドープGeの電子濃度およびP原子濃度は、それぞれHall効果測定および二次イオン質量分析(SIMS)により測定した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に示したのは、(a)600°Cおよび(b)530°Cで成長させたn型Geの断面SEM像である。600°Cでは平坦な膜ができたが、530°Cでは表面荒れが確認された。Fig. 2 にSIMSにより測定したP原子濃度および電子濃度の成長温度依存性を示す。高温側(>600°C)では温度を上げるにつれて成長中のP外方拡散[1]により電子濃度は著しく減少した。一方、低温側(<600°C)では温度の低下に伴いP濃度は増加するものの、電子濃度は $1.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ で飽和した。P濃度と電子濃度の乖離はP活性化率の低下と

補償効果によるものと考えられる[2]。低温側で成長したサンプルについて、900°Cのスパイクアニールを用いてPを活性化することで $2.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の電子濃度を達成したが、目標とする $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ には及ばなかった。成長温度を下げることでさらに高濃度化できる可能性があるが、表面荒れの抑制が課題である。

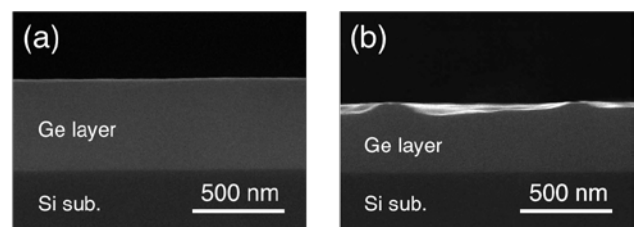


Fig. 1 Cross sectional SEM images for n-Ge grown at (a)600 °C and (b)530 °C

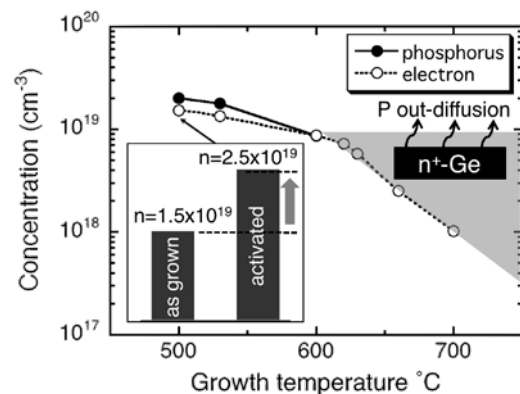


Fig. 2 Concentrations of P and electron in n-Ge grown at 500~700°C

4. その他・特記事項(Others)

[1] M. S. Carroll and R. Koudelka, *Semicond. Sci. Technol.* **22**, S164 (2007).

[2] K. Takinai and K. Wada, *J. Appl. Phys.* **119**, 181504 (2016).

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 東垂水直樹, 石川靖彦, 第 35 回電子材料シンポジウム, 平成 28 年 7 月 7 日.

(2) 東垂水直樹, 河合直行, 石川靖彦, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 平成 29 年 3 月 16 日.

6. 関連特許(Patent) なし