

課題番号 : F-14-UT-0105  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : ゲルマニウム発光デバイスの検討  
 Program Title (English) : Study of germanium light emitter  
 利用者名(日本語) : 東垂水直樹, 石川靖彦  
 Username (English) : N. Higashitarumizu, Y. 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) : Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

### 1. 概要(Summary)

GeはSi-CMOSプロセスとよく整合することから、Siフォトニクスにおける発光素子の材料として注目されている<sup>1)</sup>。Geは間接遷移型半導体であるが、n型ドーピングによってL点(間接遷移)の伝導帯下端を電子で占有することにより、直接遷移の発光を効率化することができる。本研究では、Si上Ge発光デバイスの実現に向けて、高濃度n型Ge層の形成を行い、顕微フオルミネセンス( $\mu$ -PL)測定により発光特性の評価を行った。

### 2. 実験(Experimental)

東京大学武田先端知クリーンルーム 2 に設置した超高真空化学気相堆積装置を用いてp-Si上へPドーブGeをエピタキシャル成長した。原料ガスはAr希釈 9%GeH<sub>4</sub>である。n型ドーピングガスにはH<sub>2</sub>希釈 5%PH<sub>3</sub>を用いた。PドーブGe成長中の9%GeH<sub>4</sub>および5%PH<sub>3</sub>の流量をそれぞれ 140 および 3 sccmとし、成長温度を 530, 580, 600, 620, 700°Cと変化させた。成長したGeは、クリーンルーム 3 に設置してある走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて断面を観察し(Fig. 1)、膜厚を計測した。Hall測定により、作製したPドーブGeの電子濃度を測定した。発光特性評価として、室温で $\mu$ -PLスペクトル測定を行った。波長 785 nmのレーザー光(約 3.5 mW、直径約 2  $\mu$ m)を励起光源とした。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1は、(a)600 °Cおよび(b)700 °Cで成長させたn型Geの断面SEM像である。600 °Cは均質で平坦な膜ができたが、700 °Cは表面に荒れが確認された。Fig. 2に示したのは、それぞれの成長温度に対するPLスペクトルである。アンドーブGeに比べて最大で10倍程度の発光増強が得られた。530 °Cから620 °Cは温度に対して電子濃度は減少するにもかかわらず、PL強度は単調に増加した。成長温度を高くすることで貫通転位が減少したためと考えられる。530~620 °Cでは電子濃度が0.8~1.4 $\times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup>であ

ったのに対し、700 °Cでは0.1 $\times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup>と、著しく低下した。原因として、Ge表面の荒れが考えられ、今後のn型Ge結晶成長の課題である。

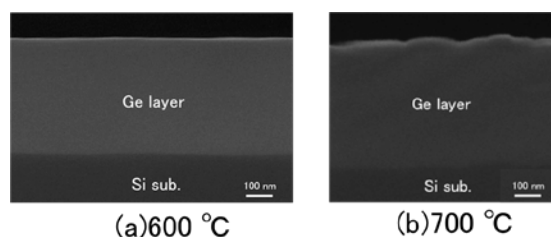


Fig. 1 Cross sectional SEM images for n-Ge grown at (a)600 °C and (b)700 °C

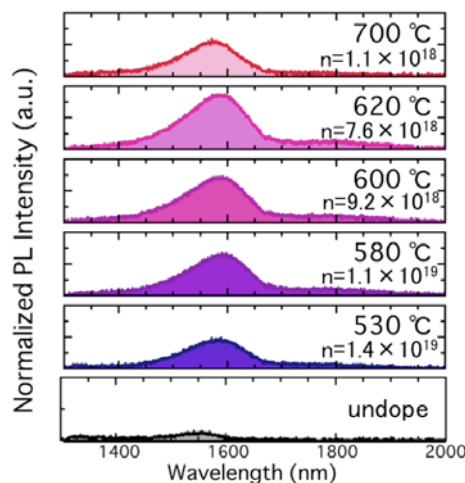


Fig. 2 PL spectra for n-Ge grown at 530~700 °C

### 4. その他・特記事項(Others)

参考文献

- (1) J. Liu et al, Semicond. Sci. Technol. **27**, 094006 (2012).
- (2) R. E. Camacho-Aguilera, et al., Opt. Express **20**, 11316 (2012).

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 東垂水直樹, 石川靖彦, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 平成 27 年 3 月 12 日

### 6. 関連特許(Patent)

なし