

GeSnC 三元混晶薄膜の結晶成長および光学特性評価

Crystal Growth and Optical Property of Ternary Alloy $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ Layers¹名大院工, ²学振特別研究員 (PD)○山羽隆¹, 小田裕貴¹, 黒澤昌志^{1,2}, 竹内和歌奈¹, 田岡紀之¹, 中塚理¹, 財満鎮明¹¹Nagoya University, ²JSPS Research Fellow (PD)○T. Yamaha¹, H. Oda¹, M. Kurosawa^{1,2}, W. Takeuchi¹, N. Taoka¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima¹

E-mail: tyamaha@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】GeC 混晶は、C 組成 4~10%において直接遷移型半導体となることが理論計算から予想されており、太陽電池等の光学デバイスへの応用が期待される。しかし、Ge 中への C の平衡固溶限は非常に低い。そのため、過去に報告された GeC 層の成長では、堆積 C 組成 7%に対して格子置換位置 C 組成は 2.6%にとどまり、C 原子は容易に析出している [1]。そこで我々は Sn の導入に着目した。Ge 母相中において、原子半径の異なる Sn および C が互いに局所歪を補償することによって、析出の抑制が期待できる。実際に、我々は格子置換位置 C 組成 2%を有する GeSnC の成長を報告した[2]。しかし、C に対する Sn の効果について未解明な部分が多い。また、GeSnC においても、Sn および C 組成の増大によって、直接遷移化するとベガード則の計算から予想されているが、GeSnC の光学特性評価は報告がない。そこで本研究では、Sn 導入の格子置換位置 C 組成への効果および光学特性の評価を行った。

【実験手順】n-Si(001)基板を洗浄した後、RF マグネトロンスパッタリング法を用い、290°C において、GeSnC 層を成長した。また、堆積時の Sn 組成および C 組成はそれぞれ 0-8%および 3%とした。

【特色と独創的な点】本研究の特色は、格子置換位置 C 組成増大に関して Sn 導入量に着目した点および GeSnC の光学特性を評価し、C のバンドギャップに与える影響を評価した点である。

【実験結果】格子置換位置 C 組成を X 線光電子分光により評価した。C1s スペクトルは、電気陰性度の違いから、C-C および C-Ge/Sn の結合に分離できる。本研究では、C-Ge/Sn 結合を格子置換位置 C に由来するスペクトルとして評価した。Fig. 1 に格子置換位置 C 組成の堆積 C 組成依存性を示す。この結果から、Sn 組成増大に伴い、格子置換位置 C 組成が堆積 C 組成に近づいている。つまり、Sn 導入により析出 C 組成を減少できると考えられる。

Fig. 2 に GeSn および格子置換位置 C 組成 1.4~2.0%の GeSnC の直接遷移バンドギャップの Sn 組成依存性を示す。バンドギャップは赤外分光法により評価した吸収係数から Tauc の式を用いて評価した。この結果から、同じ Sn 組成の GeSn と比較して GeSnC のバンドギャップが増加することがわかる。この結果から、GeSnC の原子組成によって、バンドギャップの制御が可能であることを実証した。

参考文献 [1] M. Okinaka *et al.*, J. Cryst. Growth **249**, 78 (2003). [2] K. Terasawa *et al.*, ISTDM (2014). [3] R. Chen, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **99**, 181125 (2011). [4] H. P. L. de Guevara *et al.*, Appl. Phys. Lett. **84**, 4532 (2003). [5] O. Nakatsuka *et al.*, Solid State Electron. **83**, 82 (2013). [6] V. R. D'Costa *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 125207 (2006).

【キーワード】ゲルマニウム、スズ、カーボン、直接遷移半導体、光学デバイス

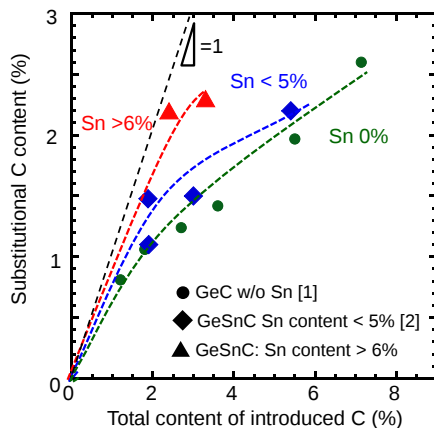


Fig. 1 The substitutional C content in $\text{Ge}_{1-x}\text{C}_x$ and $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ layers as a function of the total C content.

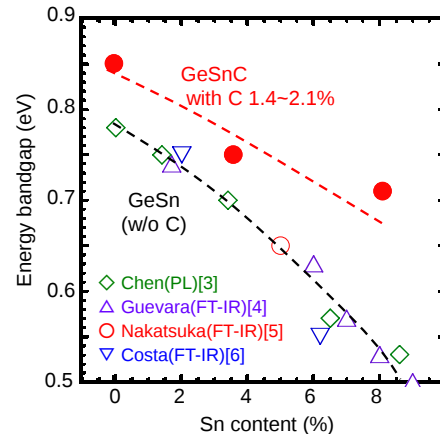


Fig. 2 The direct bandgap estimated for $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ epitaxial layers as a function of the Sn content.