

高 Sn 組成 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ エピタキシャル層の光学特性

Optical Properties of High Sn Content $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ Epitaxial Layers

¹名古屋大院工, ²学振特別研究員 (PD)

保崎航也¹, 小山剛史¹, 黒澤昌志^{1,2}, 田岡紀之¹, 中塚理¹, 岸田英夫¹, 財満鎮明¹

¹Graduate School of Eng., Nagoya Univ., ²JSPS Research Fellow (PD)

°K. Hozaki¹, T. Koyama¹, M. Kurosawa^{1,2}, N. Taoka¹, O. Nakatsuka¹, H. Kishida¹, and S. Zaima¹

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

【はじめに】 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ は 10%以上の Sn 添加に伴い、直接遷移型半導体になることが予想されており[1]、光検出器や半導体レーザーなどの光電子素子としての応用が期待されている[2]。光電子素子の実現には高 Sn 組成かつ高品質な $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ が必要不可欠である。しかし、Ge 中への Sn の平衡固溶限は 1 at.% 程度と非常に小さく、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層中に Sn が容易に析出してしまうため、特に高 Sn 組成 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ からの発光に関する報告は未だ少ない。我々は、これまでに低温非平衡成長を駆使することで、10%を超える高 Sn 組成 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ エピタキシャル層の成長を実現してきた[3]。今回、この低温非平衡成長により形成した高 Sn 組成 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層の発光特性に関して検証した。

【実験方法】表面清浄化した Ge(001)基板上に、固体ソース MBE 法を用いて $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層をエピタキシャル成長した (Sn 組成: 0~8.4%、膜厚: 100~200 nm、基板温度: 100~150°C)。フォトルミネッセンス (PL) 測定によって試料の発光特性を評価した。励起光源として連続発振半導体レーザー (波長: 982 nm、光子エネルギー: 1.26 eV) を使用した。

【結果および考察】 $\text{Ge}_{0.916}\text{Sn}_{0.084}$ (膜厚: 100 nm)/Ge 試料の X 線回折 2 次元逆格子マップ (XRD-2DRSM) を Fig.1 に示す。 $\text{Ge}_{0.916}\text{Sn}_{0.084}$ 層は Ge 基板と面内格子定数が一致しており、pseudomorphic に成長した結晶性の良い面内圧縮歪 $\text{Ge}_{0.916}\text{Sn}_{0.084}$ 層の形成が確認できる。Ge(001)基板上に pseudomorphic に成長した様々な Sn 組成を有する $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ /Ge 試料の 77 K における発光スペクトルを Fig.2 に示す。 $\text{Ge}_{0.916}\text{Sn}_{0.084}$ /Ge 試料において、他の試料では観測されない発光ピークが現れる。この結果は、歪 $\text{Ge}_{0.916}\text{Sn}_{0.084}$ 層のバンド構造が直接遷移型に変化し、それに伴う発光強度の増大を示唆している。また、発光ピーク位置から歪 $\text{Ge}_{0.916}\text{Sn}_{0.084}$ 層の直接 E_g は 0.50 eV 程度と見積もられる。この値は吸収測定による過去の報告値[4]と良い一致を示しており、Sn 添加により $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の E_g を減少できることが示された。当日は、熱処理に伴う結晶性の変化が発光スペクトルにどのような影響を与えるかについても議論する予定である。

[1] Y. Chibane and M. Ferhat, J. Appl. Phys. **107**, 053512 (2010). [2] G. Sun *et al.*, J. Appl. Phys. **108**, 033107 (2010). [3] M. Nakamura *et al.*, Thin Solid Films **520**, 3201 (2012). [4] H. P. L. de Guevara *et al.*, Appl. Phys. Lett. **91**, 161909 (2007).

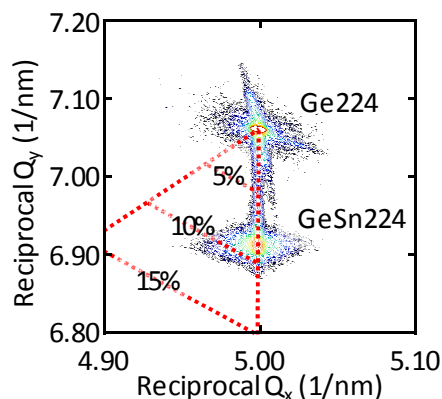


Fig. 1 XRD-2DRSM result around Ge 224 Bragg reflection for the $\text{Ge}_{0.916}\text{Sn}_{0.084}$ /Ge(001) sample.

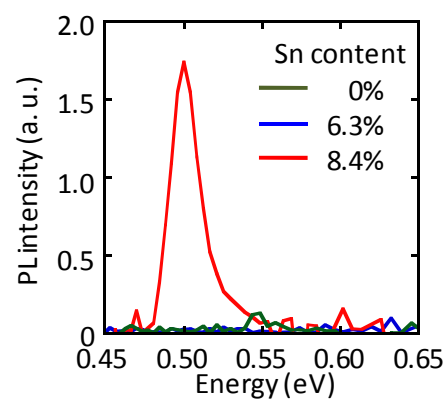


Fig. 2 Summary of the photoluminescence spectra of $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ layers with various Sn contents.