

固相エピタキシー法により形成した $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ 三元混晶薄膜の結晶構造 Crystalline Structure of $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ Ternary Alloy Layers Formed by Solid Phase Epitaxy

¹名古屋大院工, ²学振特別研究員(PD)

○小田裕貴¹, 山羽隆¹, 寺澤謙吾¹, 黒澤昌志^{1,2}, 田岡紀之¹, 中塚理¹, 財満鎮明¹

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

○H. Oda¹, T. Yamaha¹, K. Terasawa¹, M. Kurosawa^{1,2}, N. Taoka¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima¹

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

[はじめに] IV 族系三元混晶半導体は、エネルギーバンドギャップと格子定数を独立して制御できることから、光学デバイス等への応用が期待される。中でも $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ は Sn 組成 15%、C 組成 6% の高組成化によって直接遷移型かつ 1.0 eV 程度バンドギャップの実現が予想され、多接合型太陽電池への応用が期待できる。一方、 $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ の結晶成長においては、Ge 中への Sn と C の固溶限界が低いいため、析出抑制による高組成化が重要な課題である[1]。近年、Lieten らは固相エピタキシー法による $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜の結晶成長を報告している[2]。固相エピタキシー法では、低温形成したアモルファス膜への短時間熱処理によって、Sn 析出を抑制したエピタキシャル層形成が期待できる。本研究では、固相エピタキシー法を用いた Ge 基板上への $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ エピタキシャル層の結晶成長を検討し、その結晶性評価を行った。

[試料作製] Ge(001)基板を化学洗浄後、高真空中で熱処理を施し、清浄表面を形成した。基板温度 100°C において、RF スパッタリング法を用いて膜厚 40 nm の $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 、 $\text{Ge}_{1-y}\text{C}_y$ あるいは $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ のアモルファス層を形成した。このとき、C および Sn 組成を、それぞれ 0~1% および 0~4% とした。その後、窒素雰囲気中にて 500~700°C、1 分間の熱処理を施し、薄膜の固相エピタキシーを試みた。

[結果および考察] Fig. 1 に、600°C、1 分間の熱処理を施した $\text{Ge}_{0.96}\text{Sn}_{0.04}/\text{Ge}$ 、 $\text{Ge}_{0.99}\text{C}_{0.01}/\text{Ge}$ および $\text{Ge}_{0.95}\text{Sn}_{0.04}\text{C}_{0.01}/\text{Ge}$ 試料の X 線回折 (XRD) $2\theta/\omega$ 測定の結果を示す。 $\text{Ge}_{0.96}\text{Sn}_{0.04}$ 、 $\text{Ge}_{0.99}\text{C}_{0.01}$ および $\text{Ge}_{0.95}\text{Sn}_{0.04}\text{C}_{0.01}$ 由来の回折ピークが現れており、各試料においてエピタキシャル薄膜が形成できることがわかる。

Fig. 2 に XRD 測定結果より見積もったエピタキシャル層の格子定数の熱処理温度依存性を示す。まず、C を含まない $\text{Ge}_{0.96}\text{Sn}_{0.04}$ 膜に注目すると、700°C 熱処理後において格子定数が小さくなっており、これは Sn 析出によるものと考えられる。一方、 $\text{Ge}_{0.95}\text{Sn}_{0.04}\text{C}_{0.01}$ の格子定数は、500°C、600°C 熱処理の場合、 $\text{Ge}_{0.96}\text{Sn}_{0.04}$ に比べて小さい値を示し、700°C 熱処理後もほとんど変わらない。これは、原子半径の小さい C が格子置換位置に存在するためと考えられる。この格子定数差が格子置換位置 C による影響と仮定すると、格子置換位置 C 組成は 0.5% と見積もられる。一方、Sn を含まない $\text{Ge}_{0.99}\text{C}_{0.01}$ における C 組成は 0.2% に留まる。従って、 $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{C}_y$ 薄膜の固相エピタキシー法において、Sn と C の同時導入により、格子置換位置 C の高組成化および Sn 析出を抑制した熱的安定化を実現できるものと考えられる。

[参考文献] [1] 寺澤ら, 2013 年秋応物 講演予稿集(18p-B4-6). [2] R.R. Lieten *et al.*, Appl. Phys. Express 6 (2013) 101301.

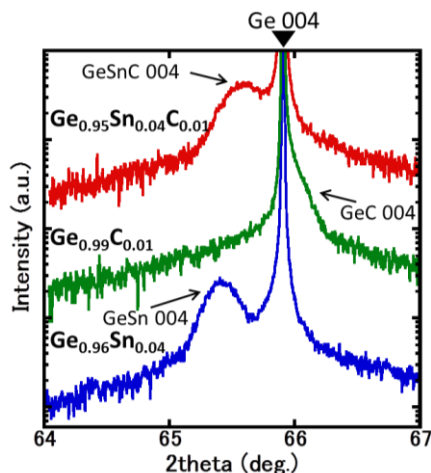


Fig. 1 XRD profiles for $\text{Ge}_{0.96}\text{Sn}_{0.04}$, $\text{Ge}_{0.99}\text{C}_{0.01}$, and $\text{Ge}_{0.95}\text{Sn}_{0.04}\text{C}_{0.01}/\text{Ge}$ samples after 600°C annealing.

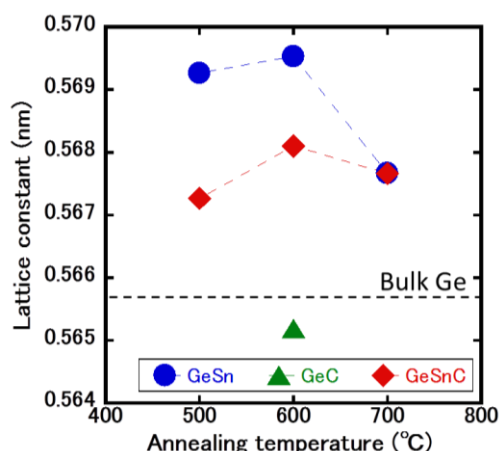


Fig. 2 annealing temperature dependence of lattice constant for $\text{Ge}_{0.96}\text{Sn}_{0.04}$, $\text{Ge}_{0.99}\text{C}_{0.01}$, and $\text{Ge}_{0.95}\text{Sn}_{0.04}\text{C}_{0.01}/\text{Ge}$ samples.