

GaAs(001)基板上における $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 薄膜のエピタキシャル成長Epitaxial growth of $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ layers on GaAs(001) substrates○中田壮哉¹, 詹天卓², 富田基裕², 渡邊孝信², 中塚理^{1,3}, 黒澤昌志^{1,4}

(1.名大院工, 2.早大理工, 3.名大未来研, 4.名大高等研究院)

○M. Nakata¹, T. Zhan², M. Tomita², T. Watanabe², O. Nakatsuka^{1,3}, and M. Kurosawa^{1,4}

(1. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., 2. Waseda Univ., 3. IMASS, Nagoya Univ., 4. IAR, Nagoya Univ.)

E-mail: mnakata@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp, kurosawa@nagoya-u.jp

[はじめに] Si 集積回路プロセスとの親和性に優れるIV族系熱電変換材料の開発に向けて、我々は $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ よりも低い熱伝導率が予測されている $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 三元混晶[1]に着目している。 $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 三元混晶薄膜をGe[2, 3, 4]あるいはSi[5]基板上にエピタキシャル成長した例は多数あるが、薄膜のキャリアや熱輸送特性は必ずしも明らかとなっていない。これらの基礎的な物性値を明らかにすべく、絶縁性基板上への結晶成長を検討したので報告する。

[実験方法および結果] 本研究では半絶縁性(抵抗率 $>10^8 \Omega\text{cm}$)のGaAs(001)ウエハを基板に用いた。固体ソース分子線エピタキシー法を用いて、100–400 °Cの成長温度(T_g)で、膜厚50 nmの $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 薄膜(設計Si組成:10%, 設計Sn組成:2.7%)をGaAs上に成膜した。X線回折測定により、 $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 薄膜はエピタキシャル成長したことを確認した。 $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 薄膜の表面形態を、原子間力顕微鏡(AFM)法により観察した[Figs. 1(a),1(b)]。 $T_g=100$ °Cでは、Ge(001)上にエピタキシャル成長した際と同様な微小な島構造(直径:20–40 nm)が観察された[6]。AFM像のパワースペクトルの解析結果[Fig. 1(c)]からわかるように、成長温度の上昇に伴いこの微小な島構造が減少し、薄膜表面も平坦化する。Hall効果測定によりキャリア輸送特性を評価したところ[Fig. 2], $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 薄膜の伝導型はp型であった。これは、Geと同様、アクセプタ準位を形成する点欠陥に由来すると考えられる。Ge系材料では、成長温度の増加に伴い点欠陥起因の正孔濃度は減少することが知られている。一方、今回得られた $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ 薄膜では、成長温度が高いほど、Hall正孔濃度は増加、Hall正孔移動度は減少した。この解釈や熱電変換特性については当日報告する。

[謝辞] 本研究の一部は、JST-CREST(No. JPMJCR19Q5)および学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト(文部科学省)の研究助成により実施されました。

[参考文献] [1] S. N. Khatami *et al.*, Phys. Rev. Appl. **6**, 014015 (2016). [2] T. Asano *et al.*, Solid-State Electron. **110**, 49 (2015). [3] T. Yamaha *et al.*, ECS Trans. **50**, 907 (2013). [4] M. Fukuda *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SIIB23 (2019). [5] G. Sun *et al.*, J. Appl. Phys. **108**, 033107 (2010). [6] 浅野孝典、名古屋大学博士論文 (2016)。

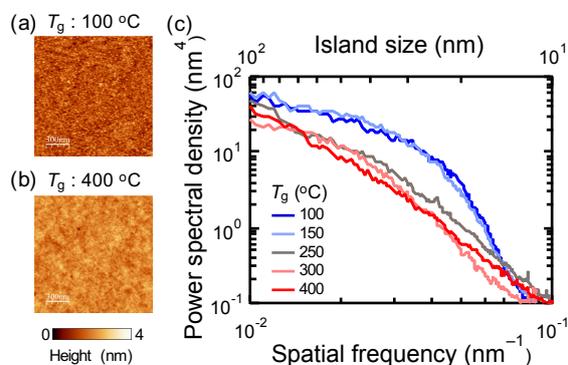


Fig. 1 AFM images of $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ epitaxial layers grown on GaAs(001) at (a) $T_g=100$ °C and (b) 400 °C. (c) Power spectral density of the $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ epitaxial layers grown at different T_g of 100–400 °C.

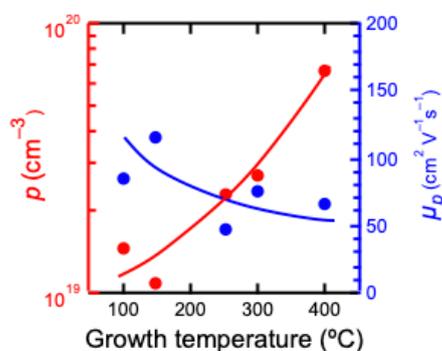


Fig. 2 Hall hole concentration (p) and Hall hole mobility (μ_p) of the $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ epitaxial layers grown at different T_g of 100–400 °C. Red and blue curves are eye guides.