

有機金属化学気相成長法によるエピタキシャル $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜の選択成長

Selective Growth of Epitaxial $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ Thin Films using Metal-Organic Chemical Vapor Deposition

○鷲津智也¹、池進一^{1,2}、竹内和歌奈¹、中塚理¹、財満鎮明^{1,3}

(1. 名古屋大院工、2. 学振特別研究員、3. 名古屋大未来研)

○T. Washizu¹, S. Ike^{1,2}, W. Takeuchi¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima^{1,3}

(1. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., 2. JSPS Research Fellow, 3. IMASS, Nagoya Univ.)

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

【はじめに】 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ は Sn 組成増大に伴う電子・正孔移動度の向上[1]や直接遷移化[2]などの特長から、省電力 CMOS や光電融合デバイス実現に向けた新規材料として注目されている。Si 集積回路への $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ デバイス融合の観点等から、化学気相成長 (CVD) 法を用いた $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の選択成長は重要な技術の一つである。また、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の高品質化に向けては、Ge/Si 系でも知られる SiO_2/Si パターニング基板上での選択成長と SiO_2 上横方向成長による転位トラップ技術[3]も期待される。CVD 法による $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜成長については、水素化合物や塩素化合物、有機金属 (MO) 原料を用いた報告がある[4-6]。また、我々は MOCVD 法を用いた Ge の選択成長において、 SiO_2 上の Ge 原料の脱離反応が成長の選択性を支配していることを報告した[7]。しかし、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜の選択成長に関しては、これまでほとんど報告がなく、選択成長が $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の結晶性や Sn 組成に及ぼす影響は未解明である。本研究では、MOCVD 法を用いて SiO_2/Si パターニング基板上への $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜の選択成長を試み、パターン形状と Sn 組成の関係を調べ、その成長機構を考察した。

【試料作製】 熱酸化により膜厚 70 nm の SiO_2 層を形成した Si(001)基板上に、リソグラフィおよび SiO_2 エッチングを施し、 SiO_2 幅の異なる SiO_2/Si パターニング基板 (SiO_2 幅:Si 幅=5、10、20 μm :10 μm) を作製した。化学洗浄および水素雰囲気中、1000 $^{\circ}\text{C}$ 、15 分間の熱処理により基板清浄化後、MOCVD 法を用いて $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層を成長した。Ge および Sn 原料として、それぞれ tertiary-butyl-germane (*t*-BGe) および tributyl-vinyl-tin (TBVSn) を用いた。成膜圧力、Ge 原料分圧、Sn 原料分圧、および基板温度は、それぞれ 20 kPa、4.7 Pa、1.4 $\times 10^{-2}$ Pa および 350 $^{\circ}\text{C}$ とした。

【結果および考察】 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層成長後の SiO_2/Si パターニング基板 (SiO_2 幅:Si 幅=10 μm :10 μm) の鳥瞰 SEM 像を Fig. 1 に示す。Si 領域上でのみ堆積物が観察される。一方、 SiO_2 領域上では SiO_2 幅の異なるなどの試料も堆積物が観察されず、選択的な $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層の成長を確認できた。X 線回折測定から、 SiO_2 幅の異なるすべての試料で $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層は Si 上にエピタキシャル成長し、その歪は完全に緩和していることがわかった。

次に、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 選択成長の様相を解明するために、パターニング基板上の SiO_2 表面被覆率 (SiO_2 領域の面積/基板全体の面積) と $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層中の格子置換 Sn 組成との関係を調べた (Fig. 2)。その結果、 SiO_2 被覆率とともに、Sn 組成が増大することがわかった。本 MOCVD 法における Ge の選択成長は Ge 原料の脱離反応に支配されていることから[7]、Ge の成長速度は被覆率の影響を受けず一様と考えられる。そのため、今回観測された Sn 組成の増大は、 SiO_2 表面上に付着した Sn 原料が SiO_2 上を表面泳動し、脱離することなく Si 上に選択成長した $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 層へ取り込まれる結果であると推測される。

【参考文献】 [1] K. L. Low *et al.*, *J. Appl. Phys.* **112**, 103715 (2012). [2] Y. Chibane *et al.*, *J. Appl. Phys.* **107**, 053512 (2010). [3] J. H. Nam *et al.*, *J. Crystal Growth* **416**, 21 (2015). [4] F. Gencarelli *et al.*, *Thin Solid Films* **520**, 3211 (2012). [5] Y. Inuzuka *et al.*, *Thin Solid Films* **602**, 7 (2016). [6] K. Suda *et al.*, *ECS Trans.* **64**, 697 (2014). [7] 鷲津 他、応用物理学会秋季学術講演会、13p-2W-8 (2015).

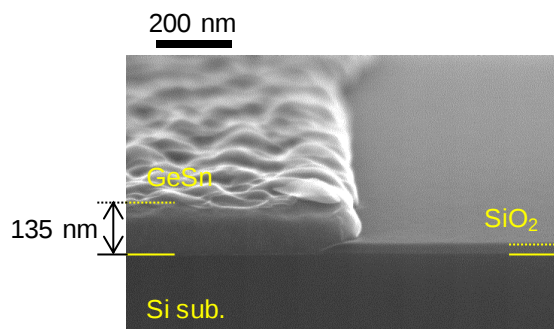


Fig. 1: Birds-eye-view SEM image after the $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ growth on the patterned substrate (SiO_2 :Si=10 μm :10 μm).

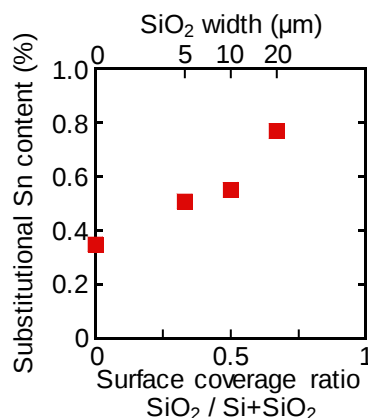


Fig. 2: The surface coverage ratio dependence of a substitutional Sn content in $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ layer.