

## MOCVD 法による Ge 基板上での $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ エピタキシャル成長 (3)

### $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ Epitaxial Growth on Ge Substrate by MOCVD (3)

須田 耕平<sup>1</sup>、石原 聖也<sup>1</sup>、澤本 直美<sup>1</sup>、町田 英明<sup>2</sup>、石川 真人<sup>2</sup>、  
須藤 弘<sup>2</sup>、大下 祥雄<sup>3</sup>、臼田 宏治<sup>4</sup>、広沢 一郎<sup>5</sup>、小椋 厚志<sup>1</sup>

明治大<sup>1</sup>、気相成長(株)<sup>2</sup>、豊田工大<sup>3</sup>、(株)東芝<sup>4</sup>、(公財)高輝度光科学研究セ<sup>5</sup>

°Kohei Suda<sup>1</sup>, Seiya Ishihara<sup>1</sup>, Naomi Sawamoto<sup>1</sup>, Hideaki Machida<sup>2</sup>, Masato Ishikawa<sup>2</sup>,  
Hiroshi Sudoh<sup>2</sup>, Yoshio Ohshita<sup>3</sup>, Koji Usuda<sup>4</sup>, Ichiro Hirosawa<sup>5</sup> and Atsushi Ogura<sup>1</sup>

1. Meiji Univ., 2. Gas-phase Growth Ltd., 3. Toyota Technological Inst., 4. Toshiba Corporation,  
5. Japan Synchrotron Radiation Research Inst.

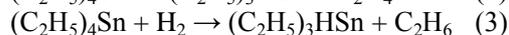
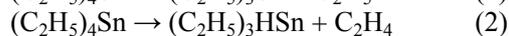
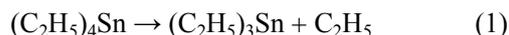
E-mail: k\_suda@meiji.ac.jp

**背景:**  $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$  はポストスケーリング材料であり、Ge 系 MOSFET のチャネルやストレッサーとして期待される。前回我々は、成長条件の制御による Sn の析出や偏析の抑制について報告した[1]。今回は、前回に引き続き、不純物混入の抑制メカニズムを検討したので、報告する。

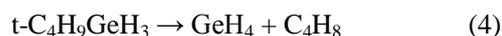
**実験:** 膜の成長手法には有機金属化学気相成長(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD)法を採用し、Ge 原料には  $\text{t-C}_4\text{H}_9\text{GeH}_3$  を、Sn 原料には  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Sn}$  をそれぞれ選定した。基板温度は 360 °C、成膜圧力は 30 Torr、成膜時間は 120 分、Ge および Sn 原料供給量は共に  $3.5 \times 10^{-5}$  mol/min とした。基板は Ge(001)を、キャリアガスは  $\text{N}_2$  を使用した。Sn 濃度は、SPRing-8 BL19B2 の XRD (#2014B1613)により約 1.5%と算出した。膜中の不純物評価には SIMS (ADEPT1010 PHI)を使用した。第一原理計算は Gaussian 09 (HULINKS Inc.)により実行した。計算には Becke3LYP (B3LYP)法を用いると共に、基底関数は 3-21G とした。

**結果:** SIMS 分析の結果、Sn 濃度が膜中で均一であると共に、C、O、H 濃度がそれぞれ約 58、120、180 ppm であり、MOCVD 法にも関わらず十分に低く抑えられていた(Fig. 1)。この現象を理解するために、第一原理計算により以下の反応に要するエネルギー( $\Delta H$ )を計算した結果、(3)の  $\Delta H$  が約-43.1 kJ/mol と最も低く、反応が

起きる可能性が高いことが示唆された。



一方、Ge 原料では以下の反応が起きると考えられる[2]。



(4)の  $\text{GeH}_4$  分解過程で生じる  $\text{H}_2$  が、(3)の Sn 原料の分解の促進に寄与すると考えられる。

(3)と(4)は  $\beta$  水素脱離反応であり、生じる炭化水素化合物は未結合手が無い。膜に混入することなく容易に排気された結果、不純物混入が抑制されたと考えられる。

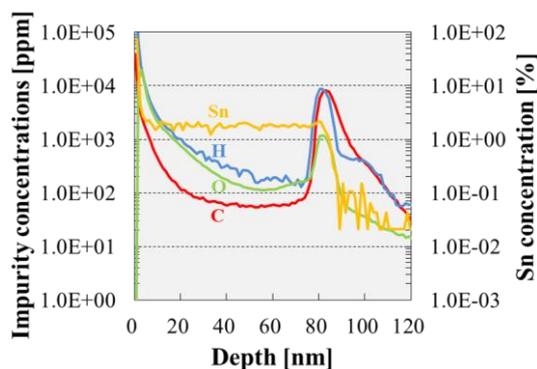


Fig. 1 Concentrations of Sn and impurities (C, O, and H) measured by SIMS.

**参考文献:** [1] 須田耕平 他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 11a-D7-7. [2] K. Suda *et al.*, ECS J. Solid State Sci. Technol., **4** (5) (2015) 152.