## 絶縁体上における高電子移動度 GeSn 薄膜の低温合成

## Low-Temperature Synthesis of High-Electron Mobility GeSn Thin Films on Insulators <sup>1</sup>筑波大院 数理物質,<sup>2</sup>学振特別研究員: <sup>o</sup>野沢公暉<sup>1</sup>, 西田竹志<sup>1,2</sup>, 末益崇<sup>1</sup>, 都甲薫<sup>1</sup> <sup>1</sup>Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup>JSPS Research Fellow: K. Nozawa<sup>1</sup>, T. Nishida<sup>1,2</sup>, T. Suemasu<sup>1</sup>, and K. Toko<sup>1</sup> E-Mail: noza.ez@gmail.com

【はじめに】Ge は次世代薄膜トランジスタのチャネル材料と して注目されている。我々は固相成長法を高度化し、高正孔 移動度(690 cm<sup>2</sup> V<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>)を有する多結晶 Ge 薄膜の低温形 成(< 500 °C)に成功した[1,2]。本研究では、非晶質 Ge 薄膜 に n型ドーパント(P、As、Sb)を添加し、その固相成長様態お よび電気的特性への影響を調査した。特に P を適切な濃度 で添加した場合において大粒径成長が発現することを見出 し、さらに下地変調とSn 添加によって低温多結晶 n型 Ge 系 薄膜として最高の電子移動度を達成したので報告する。

【実験方法】 石英ガラス基板上にn型ドーパント(P、As、Sb) と Ge、Sn を同時蒸着し、P、As、Sb 添加非晶質 Ge(Sn)膜 (200 nm)をそれぞれ成膜した。その後、N<sub>2</sub> 雰囲気中で熱処 理(375 °C)を施し、固相成長を誘起した。SIMS 測定により膜 内のドーパント濃度をそれぞれ同定し、10<sup>19</sup>–10<sup>21</sup> cm<sup>-3</sup> の範 囲で制御した。また、下地層として Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、GeO<sub>2</sub>(10 nm)をそ れぞれスパッタ堆積した。

【結果・考察】成長後のGe粒径はドーパント濃度に強く依存 し、 $10^{20}$  cm<sup>-3</sup> 台の P 添加によって最大となった(Fig. 1(a))。 電子密度 n は添加量に対してピークを持った一方(Fig. 1(b))、ドーパント活性化率は添加量の増加に伴い減少した (Fig. 1(c))。活性化率の傾向は、各種ドーパントの固溶限の 傾向と整合している[3]。電子移動度  $\mu_n$  は概ね粒径を反映 し、P 添加試料で 390 cm<sup>2</sup> V<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> に達した(Fig. 1(d))。

一方、p型 Ge に対しては Sn 添加と下地層挿入による高 移動度化が知られている[2,4]。そこで、P 添加 Ge に対して Sn 添加と下地層の挿入による高移動度化を検討した。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 下地挿入した GeSn 薄膜の断面 TEM 評価により、積層欠陥 や転位を有さないことが判る(Fig. 2(a))。更に、断面 EDX 評 価により、Ge 中で Sn の偏析や Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 下地の拡散が起きてい ないことが判る(Fig. 2(b)-(d))。Sn 添加による欠陥補償や Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 下地挿入による界面散乱の低減に起因して、 $\mu_n$ は 450 cm<sup>2</sup> V<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> に達した(Fig. 3)。低温多結晶 n型 Ge 薄膜の中 で最高値であり[5-7]、絶縁体上の高速薄膜 CMOSを開拓す



Fig. 1. Characteristics of the P-, As-, and Sbdoped Ge samples. (a) Average grain size determined by the EBSD analyses, (b) n, (c) activation rate, and (d)  $\mu_n$  as a function of the dopant concentration.



Fig. 2. Characterization of the cross-section of the GeSn on  $Al_2O_3$  underlayer. (a) Bright-field TEM image. EDX mapping of (b) Ge, (c) Sn, and (d) Al.



Fig. 3. Comparison of  $\mu_n$  and *n* of polycrystalline Ge on insulators. The data for single-crystal bulk Si and Ge is shown by the dotted lines.

る成果である。講演では、フレキシブルなプラスチック基板上に展開した結果も併せて報告する。

- [1] K. Toko et al., Sci. Rep. 7, 16981 (2017).
- [3] A. Chroneos et al., J. Appl. Phys. 110, 093507 (2011).
- [5] H. -W. Jung et al., J. Alloys Compd. 561, 231 (2013).
- [7] M. Koike et al., Extended Abstracts of SSDM 2015, 1102 (2015).
- [2] T. Imajo et al., ACS AELM. 4, 269 (2022).
- [4] K. Moto et al., Sci. Rep. 8, 14832 (2018).
- [6] K. Takahashi et al., APL. 112, 062104 (2018).