

「核生成層」の導入による固相成長 Ge 薄膜の高品質化 Improvement of solid-phase crystallized Ge thin films using nucleation layer

筑波大院 °前田真太郎, 石山隆光, 今城利文, 末益崇, 都甲薫
Univ. of Tsukuba, °S. Maeda, T. Ishiyama, T. Imajo, T. Suemasu, and K. Toko
E-mail: maeda.shintaro.tg@alumni.tsukuba.ac.jp

【はじめに】高機能デバイスの実現を目指し、絶縁体基板上に Ge 系薄膜を形成する研究が活発化している。我々は固相成長 (SPC) における非晶質前駆体の密度制御により、Ge 系薄膜の大粒径化と最高移動度を達成した[1,2]。本法では核発生と横方向成長のバランスが結晶粒径を決定し、また、界面核起因の結晶は低品質との報告もある[3]。今回、深さ方向の核発生位置を制御する「核生成層」の導入を提案するとともに (Fig. 1)、その検証実験を行った。

【実験方法】石英ガラス基板上に基板加熱を行いながら非晶質 Ge を真空蒸着した。この際、核生成層として高密度層 (150 °C 堆積) を、核抑制層として低密度層 (75 °C 堆積) を採用し、核生成層のみの場合 (Type A)、上部 (Type B) および下部 (Type C) に核生成層を導入した場合に分類した。合計 Ge 膜厚 t が 50—300 nm となるべく各層の膜厚比を 1:1 とした。その後、N₂ 中で熱処理 (375 °C, 150 h) して固相成長を誘起した。

【結果・考察】Fig. 2(a)—(f) の逆極点方位 (IPF) 像から、核生成層の導入 (Type B, C) によって結晶粒径が拡大していることが判る。Fig. 2(g) に IPF 像から算出した平均粒径を示す。試料構造によって、結晶粒径が最大となる t は変化した。特に Type B, $t = 50$ nm において、結晶粒径は 13 μm に及んだ。50 nm の薄い Ge 膜としては最大である[3,4]。これらの結果は、核生成層と核抑制層の導入が Ge 膜上部や下部における界面核発生を効果的に低減していることを示唆している。

続いて電気的特性を評価した。固相成長 Ge 膜中の欠陥に起因[5]して、p 型伝導を示した (Fig. 3(a))。正孔密度 p は、核生成層の導入 (Type B, C) によって厚膜 ($t \geq 100$ nm) では減少した一方、薄膜 ($t = 50$ nm) ではいずれも高い値 ($\sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) となった。これらの結果は、正孔の発生源が粒界の他に基板界面あるいは界面付近の Ge 層中に存在することを示唆している。正孔移動度 μ は p と粒径の挙動を反映し、核形成層を導入しない場合 (Type A) より概ね優れた値となった (Fig. 3(b))。特に $t = 50$ nm において $\mu = 200 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (Type B)、 $t = 250$ nm において $\mu = 430 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (Type C) を示した。

以上、Ge の固相成長における核生成層の導入が、大粒径化・高移動度化に有効であることを実証した。ポストアニールや界面変調[6]、および核生成層の位置・膜厚比の調整により、更なる高移動度化が期待できる。当日はこれらの検討結果や、核生成層として Sn 添加層を採用した報告も併せて行う。

- [1] K. Toko *et al.*, *Sci. Rep.* **7**, 16981 (2017).
[2] T. Imajo *et al.*, *ACS Appl. Electron. Mater.* in press.
[3] C. Xu *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **115**, 042101 (2019).

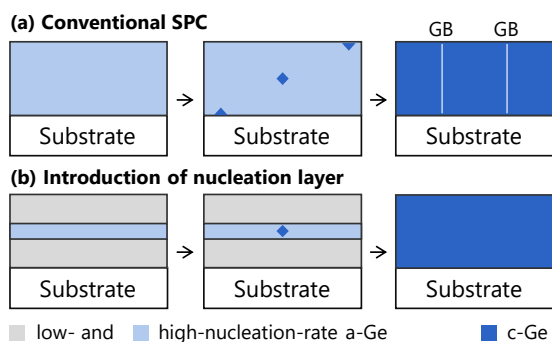


Fig. 1. Concept of the nucleation layer. Schematic of (a) conventional SPC and (b) introduction of the nucleation layer.

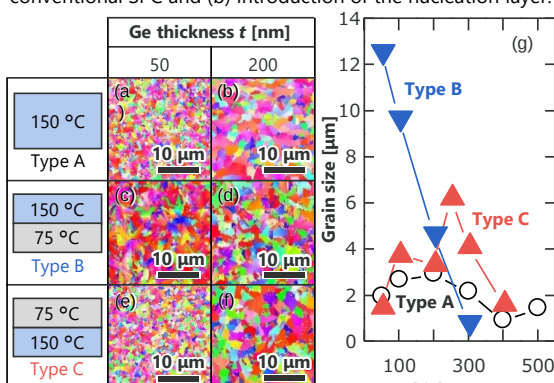


Fig. 2. EBSD analyses for the poly-Ge layers. (a)-(f) IPF images and (g) average grain size as a function of t .

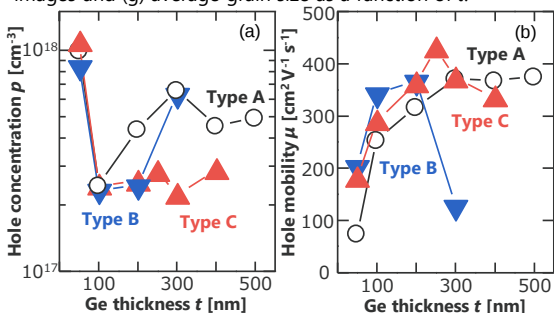


Fig. 3. t dependence of the electrical properties of the poly-Ge layers. (a) p and (b) μ .