

GeO₂ 下地層による固相成長 Ge 薄膜の高移動度化とプラスチック上展開

Improving hole mobility of solid-phase crystallized Ge thin film by using GeO₂ underlayer and its development onto plastic substrate

筑波大院 数理物質 °今城利文, 茂藤健太, 吉峯遼太, 末益崇, 都甲薫

Univ. of Tsukuba °T. Imajo, K. Moto, R. Yoshimine, T. Suemasu, and K. Toko

E-mail: bk201310967@s.bk.tsukuba.ac.jp

【はじめに】 高性能デバイスの実現を目指し、絶縁基板上に Ge 薄膜を形成する研究が活発化している。我々は、固相成長の前駆体となる非晶質 Ge の密度制御により Ge 薄膜の大粒径化に成功すると共に、低温合成膜の最高移動度を更新し続けてきた^{1,2)}。これらの Ge 層の電気的特性は膜厚依存性が大きく、下地界面の影響を受けていることが示唆されている³⁾。また一般に、下地層の種類によって、結晶成長した Ge 層の粒径が変化することが知られている^{3,4)}。今回、GeO₂ 下地を挿入することで、固相成長 Ge 層のキャリア移動度を大幅に更新したので報告する。

【実験方法】 絶縁層 (SiN, Al₂O₃, GeO₂) をスパッタリング堆積した石英ガラス基板上に、基板加熱 (150 °C) を行いながら 100-600 nm の非晶質 Ge 膜を分子線堆積した。これらの試料を、N₂ 中で熱処理 (450 °C, 5h) することで固相成長を誘起した。その後、Ar 中でポストアニール (PA; 500 °C, 5h) を行った。比較のため、絶縁層を形成しない試料も作製した。

【結果・考察】 Fig. 1(a)-(d)より、下地層の種類によって Ge 層の結晶粒径が変化していることが判る。これは、界面エネルギーの変化による下地核発生頻度の変化に起因すると考えられる。Fig. 1(e)との比較により、概ね大粒径の試料ほど正孔密度が低く、また移動度が高い傾向が見られた。以上の結果より、下地層として GeO₂ が適していることが判明した。

下地 GeO₂ 層挿入の効果を粒径、正孔密度、および正孔移動度の観点から調査し、膜厚の関数として整理した (Fig. 2)。全ての膜厚において、GeO₂ 挿入により粒径が向上し、また正孔密度が低減されていることが判る。一方、移動度に関しては、GeO₂ 挿入により薄膜側で低移動度化、厚膜側で高移動度化することが判った。PA による欠陥補償効果も重畳することにより、粒界障壁および不純物散乱が低減し、移動度は劇的に向上した (460→570 cm²/Vs)。

以上の結果を元に、プラスチック (ポリイミド) 基板上への展開を試みた。Ge 薄膜 (400 nm) を固相成長 (375 °C, 100 h) した結果、ガラス上と同水準の大粒径を達成し (Fig. 3)、正孔移動度 500 cm²/Vs を記録した。プラスチック上に作製した薄膜の中で最高の値であり、優れたフレキシブル・デバイスを開拓する成果である。

[1] K. Toko *et al.*, Sci. Rep. 7, 16981 (2017).

[3] K. Toko *et al.*, APL 99, 032103 (2011).

[5] J. C. Irvin and S. M. Sze, Solid. State. Electron. 11, 599 (1968).

[2] R. Yoshimine *et al.*, APEX 11, 031302 (2018).

[4] K. Toko *et al.*, CrystEngComm 16, 2578 (2014).

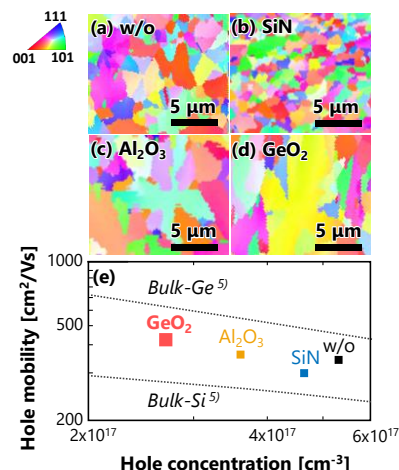


Fig. 1 (a)-(d) EBSD images of the 300 nm thick Ge layers with various underlayers. (e) Underlayer dependence of electrical properties.

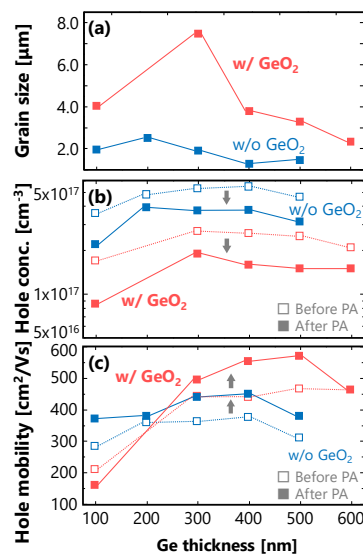


Fig. 2 Ge thickness dependence of (a) average grains size, (b) hole concentration and (c) hole mobility.



Fig. 3 Photograph and the EBSD image of SPC-Ge on a polyimide film covered by GeO₂.