

固相成長 Ge 薄膜の性能改善に向けた下地層の探索

Exploration of underlayers for improving solid-phase crystallized Ge thin films

筑波大院 数理解物質 〇居倉功汰, 前田真太郎, 石山隆光, 末益崇, 都甲薫

Univ. of Tsukuba 〇K. Igura, S. Maeda, T. Ishiyama, T. Suemasu, and K. Toko

E-mail: igura.kota.sy@alumni.tsukuba.ac.jp

【はじめに】高速薄膜トランジスタ(TFT)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 の密度制御を行い、大粒径化や高移動度化を達成してきた[1]。しかし、薄い膜(≤ 50 nm)においては基板界面核発生の顕著化により粒径、電気的特性が著しく劣化し[2–4]、TFT 特性は制限されてきた[5,6]。一方、固相成長においては下地の種類によって Ge(Sn)層の結晶性、電気的特性が変化することが知られている[3,7,8]。本研究では TFT 性能の向上を目指して薄膜領域(<100 nm)にフォーカスし、下地層の種類が我々の固相成長 Ge 薄膜に与える影響を調査した。

【実験方法】石英ガラス基板上に下地層 15 nm (Si_3N_4 , Al_2O_3 , GeO_2 , a-Si, a-C)をスパッタ堆積後、基板加熱 (125°C)を行いながら非晶質 Ge 膜 (50–500 nm)を分子線堆積した。その後、 N_2 中で熱処理 (400°C , 50 h)することで固相成長を誘起した。比較のため、下地層を導入しない試料も作製した (Fig. 1(a))。

【結果・考察】まず、ガラス基板上に Ge 膜を直接堆積した場合において、正孔移動度の膜厚依存性を調査した (Fig. 1(b))。厚膜領域側では $500\text{ cm}^2\text{ V}^{-1}\text{ s}^{-1}$ を超える高い移動度を示したが、薄膜側 (≤ 100 nm)で著しく低移動化した。続いて Ge 膜厚を 50 nm に固定した上で、下地層の影響を調査した。下地種により結晶粒径が大きく変化し、 Al_2O_3 や a-Si 下地を用いた場合では粒径拡大が見られた (Figs. 2(a)–(f))。同様に、電気的特性についても下地に大きく依存した (Fig. 3)。正孔密度や正孔移動度は粒径に明瞭な相関がなく、界面欠陥がアクセプタとして働くこと、および移動度が粒界のみならず界面散乱にも制限されることが示唆された。特に a-Si 下地層で高い正孔移動度が得られたことは GeSn 薄膜の既報に一致する[3]。しかし、TFT の完全空乏動作を可能とする低正孔密度は未だ得られておらず、現在 Sn 添加やポストアニール等を検討している。当日はこれらの結果を含め、Ge 膜厚に対する結晶性および電気的特性を包括的に議論する。

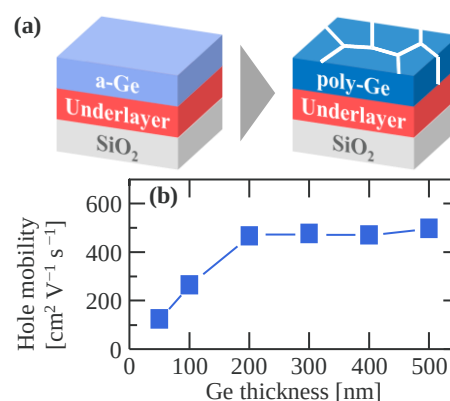


Fig. 1 (a) Schematic of sample structures. (b) Ge thickness dependence of hole mobility without underlayer.

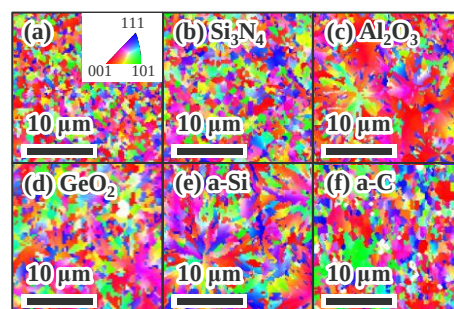


Fig. 2 IPF images of the 50-nm-thick Ge layers with (a) SiO_2 , (b) Si_3N_4 , (c) Al_2O_3 , (d) GeO_2 , (e) a-Si and (f) a-C underlayers.

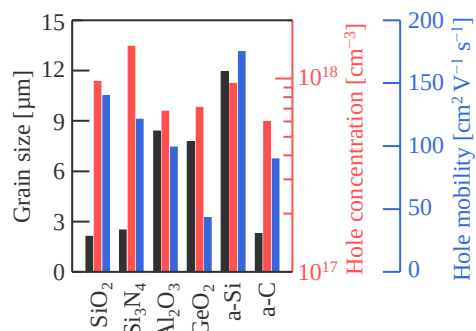


Fig. 3 Grain size, hole concentration, and hole mobility of the 50-nm-thick Ge layers with various underlayers.

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

[3] C. Xu *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **115**, 042101 (2019).

[5] K. Moto *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **114**, 212107 (2019).

[7] I. Yoshikawa *et al.*, *MSSP* **70**, 151 (2017).

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

[4] R. Oishi *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61**, SC1086 (2022).

[6] K. Moto *et al.*, *IEEE EDL*, **42**, 1735 (2021).

[8] T. Imajo *et al.*, *APEX* **12**, 015508 (2019).