

ガラス基板上の多結晶 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 薄膜トランジスタ特性の膜厚依存性Thickness dependence of poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ TFT characteristics on glass substrates東北学院大工¹ [○](M1)佐川達哉¹, 原明人¹Tohoku Gakuin Univ.¹, [○](M1) Tatsuya Sagawa¹ and Akito Hara¹

E-mail: akito@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

【はじめに】システムオンガラスの実現のためには、高性能な低温薄膜トランジスタ (TFT) が不可欠である。そこでシリコン (Si) より移動度が優れ、低温でデバイス形成できるゲルマニウム (Ge) に注目している。しかし、ゲート酸化膜に使用する GeO_2 の安定性に問題があること、フェルミレベルがピン止めされてしまう性質があるなどの高性能 TFT を実現する上での問題点を有する。そこで Si に Ge を加えることで移動度を向上させ、従来の poly-Si TFT よりも優れた性能を実現することを目指している¹⁻⁴⁾。過去の研究により、CLC poly-SiGe 薄膜にアクセプタが発生することをホール効果、n-ch TFT 特性、p-ch TFT 特性から明確化している。ここでは poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ TFT の $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 膜厚依存性 (特に p-ch TFT) について報告する。

【実験】TFT プロセスは既に報告しているので要点のみ述べる。Ge 濃度を 10% に設定した非晶質 $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$ 薄膜を石英ガラス上に形成した。CLC によりレーザ結晶化後、トランジスタアイランドを形成する。 SiO_2 をプラズマ CVD によって 50 nm 成膜後、Mo を成膜する。次に今回のデバイスは p-ch を作製するので、 BF_3 を SD にイオン注入する。層間絶縁膜を形成後、熱活性化を行う。最後に水素化を行う。図 1 はレーザ結晶化の方向が SD 方向に平行な poly- $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$ TFT のデバイス画像である。また、非晶質 $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$ 薄膜の膜厚の変更は、レーザ結晶化の前に初期膜を RIE によりエッチングして調整している。それ以外は同様のプロセスである。

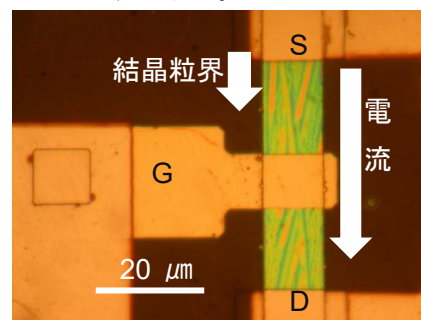


図 1 poly-SiGe TFT

【結果および考察】SD の方向がレーザ結晶化の方向と平行な場合について、 $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$ の膜厚を変更した場合のトランスファ特性を図 2(a) に示す (ゲート長=10 μm)。実線が $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$ 膜厚が 100 nm、点線が 50 nm である。図 2(b) は異なるゲート長に対して、縦軸をオン電流、横軸をオフ電流としてデータを整理した結果である。膜厚が 100 nm の TFT ではオン電流、オフ電流ともに高い値を示している。一方、膜厚が 50 nm の TFT では 100 nm と比べてオン電流が減少し、オフ電

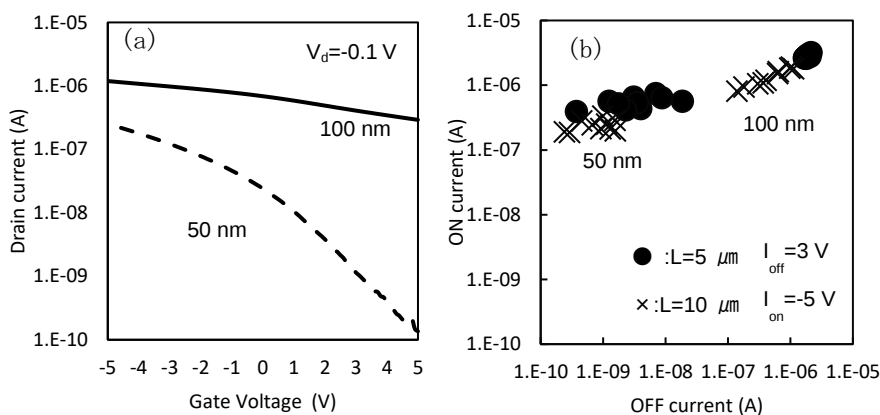


図 2 TFT 特性 (a) トランスファ特性 (b) オン電流 vs オフ電流

流が大幅に下がっている。Ge 濃度が 10% 以上では、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 結晶中に $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度のアクセプタが発生することが明らかになっており、poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 薄膜が強い p 型を示す²⁾。そのため、p-ch TFT はジャンクションレス (JL) 構造をとる。膜厚が 100 nm では正電圧を印加時に空乏層の形成が不十分であり、オフ電流が高くなる。一方、膜厚を薄くすると膜全体に空乏層を形成できるようになりオフ電流の遮断が行われる。薄膜化におけるオン電流の減少は、膜厚の減少に伴ってチャネルのホールの絶対数が減少することに起因する。

【まとめ】P-ch CLC poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ TFT の特性の $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 膜厚依存性は、poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ にアクセプタが発生することによって生じる JL 構造化で説明できる。

【謝辞】本研究におけるイオン注入は文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ (広島大学 RNBS) の支援を受けている。また、一部は科研費 (c) 22K04247 の支援を受けている。

【参考文献】1) Y. Okabe et al. 19th AMFPD, p. 127 (2012). 2) A. Hara et al., 28th AMFPD, p.81 (2021). 3) 佐川 その他, 第 83 回応用物理学会秋季講演会 20a-A406-7 (2022). 4) A. Hara et al., ECS Trans. 109, 59 (2022).