

NBS 及び PBS によるアモルファス Carbon-doped In_2O_3 TFT の信頼性特性 Reliability of an amorphous carbon-doped In_2O_3 thin-film transistors under negative and positive bias stress

明治大学¹, 物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス拠点²,
学振特別研究員 PD³, 学振特別研究員 DC⁴

○小林 陸^{1,2}, 生田目 俊秀², 栗島 一徳^{2,3}, 女屋 崇^{1,2,4}, 大井 暁彦²,
池田 直樹², 長田 貴弘², 塚越 一仁², 小椋 厚志¹

Meiji Univ.¹, WPI-MANA NIMS², JSPS Research Fellow PD³, JSPS Research Fellow DC⁴

○R. Kobayashi^{1,2}, T. Nabatame², K. Kurishima^{2,3}, T. Onaya^{1,2,4}, A. Ohi²,
N. Ikeda², T. Nagata², K. Tsukagoshi², and A. Ogura¹

E-mail: ce191022@meiji.ac.jp

【はじめに】In 系酸化物は In の酸素かい離エネルギーが小さいために容易に酸素欠損(V_O)を生成しやすいことから、近年、大きな酸素かい離エネルギーを持つ元素を添加することで V_O の抑制を試みた In-Si-O 及び In-Si-C-O をチャネル材料に用いた TFT が報告されている[1, 2]。これまでに、我々は原子層堆積 (Atomic layer deposition: ALD)法で、成長温度を制御することで炭素ドーパしたアモルファスな In_2O_3 膜(carbon-doped In_2O_3)を作製でき、それをチャネルに用いた酸化物 TFT で、ノーマリオフが可能な正の V_{on} を示す優れたトランジスタ特性を報告した [3]。しかし、PVD 法及び ALD 法で作製した In_2O_3 TFT の Negative gate bias stress (NBS)及び Positive gate bias stress (PBS)における信頼性特性に関する報告例は非常に少ない。

本研究では、150 °C の低温 ALD 法で作製したアモルファス carbon-doped In_2O_3 ($\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ TFT) 膜をチャネル材料としたバックゲート型 TFT を作製して、NBS 及び PBS でのトランジスタ特性について調べた結果を報告する。

【実験方法】Figure 1 に、本研究で作製したアモルファス $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ 膜をチャネル材料としたバックゲート型 TFT の概略図及び断面 TEM 像を示す。熱酸化膜(250 nm)付き p^{++} -Si 基板上、ALD 法で膜厚 5 nm の Al_2O_3 層を作製した。続いて、InEtCp 原料及び $\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 酸化剤ガスを用いた ALD 法により、150 °C で $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ 膜を 5 nm 成膜した。次にフォトリソプロセスでチャネルを形成し、続いて Ti/Au のソース・ドレイン電極を形成することでバックゲート TFT を作製した。最後に、150 °C で 150 min の O_3 アニールを実施した。TEM 及び回折像より $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ 膜は、アモルファス構造である

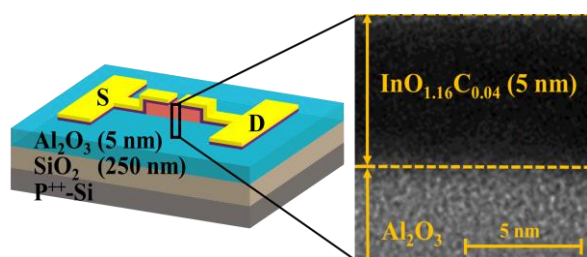


Fig. 1 A schematic and a cross sectional TEM image of the $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ TFT.

ことが分かった。 $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ TFT の NBS 及び PBS 特性は、 $V_g - V_{th}$ を各々、-5 V 及び 5 V として電圧印可して、 N_2 雰囲気中で測定した。

【結果】 $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ TFT の NBS 及び PBS 特性を各々、Figure 2 (a)及び 2 (b)に示す。NBS では、ストレス時間が増加するに従って V_{th} は負方向へシフトし、10800 秒後の V_{th} シフト値は-1.5 V であった。サブスレッショルドスイングの変化は認められなかったため、この負の V_{th} シフトは、チャネル/ゲート絶縁膜界面でのホールのトラップによると考えられる。

一方、PBS では、ストレス時間 1000 秒で 0.6 V の正の V_{th} シフトした後、10800 秒まで V_{th} シフトは生じなかった。これは、チャネル/ゲート絶縁膜界面のトラップサイトにストレス時間 1000 秒で電子が埋まったためと考えられる。NBS 及び PBS で得られた V_{th} シフトから求められたチャネル/ゲート絶縁膜界面でトラップされたホール及び電子は各々、 1.3×10^{13} 及び $4.7 \times 10^{12} / \text{cm}^2$ であった。溶液プロセスで作製した In_2O_3 TFT は、NBS で同様のシフト傾向を示したが、PBS で対数関数的な正 V_{th} シフトであった[4]。これより、 $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ TFT の改善された PBS 特性は、 In_2O_3 へドーパした炭素によって過剰な酸素欠損を抑制でき、その結果、電子トラップサイトを抑制できたためと考えている。

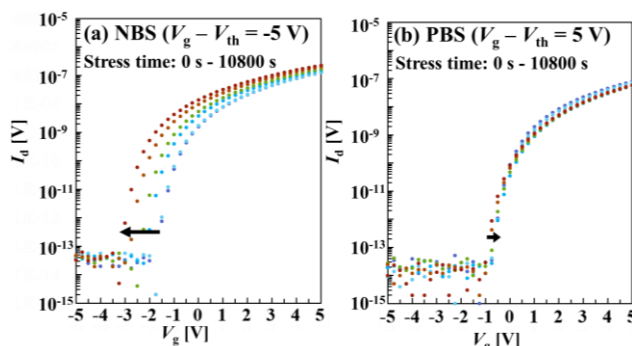


Fig. 2 I_d - V_g characteristics of $\text{InO}_{1.16}\text{C}_{0.04}$ TFT under (a) NBS ($V_g - V_{th} = -5$ V) and (b) PBS ($V_g - V_{th} = 5$ V) in N_2 .

References

- [1] K. Kurishima, et al., *ECS Trans.*, **86**, 135-145 (2018).
- [2] N. Mitoma, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **104**, 102103 (2014).
- [3] R. Kobayashi et al., *ECS Trans.*, **92**, 3-13 (2019).
- [4] T. Song et al., *EDTM.*, 333-335 (2019).