高移動度水素化 In_2O_3 薄膜トランジスタ

High-Performance Hydrogenated In_2O_3 Thin-film Transistors

島根大 [1], 高知工大 [2] ○曲 勇作 [1], 片岡 大樹 [2], 古田 守 [2], 葉 文昌 [1]

Shimane Univ. [1], Kochi Univ. of Tech. [2], °Yusaku Magari[1], Taiki Kataoka[2],

Mamoru Furuta[2], Wenchang Yeh[1]

E-mail: magari.yusaku@riko.shimane-u.ac.jp

【概要】非晶質酸化物薄膜トランジスタ(TFT)開発において、空間的に広がった非占有 s 軌道が伝導帯下端を構成する金属イオン、特に In-rich 組成にすることで、高移動度化(μ_{FE} ~ 50 $cm^2V^{-1}s^{-1}$)が図られている。In 組成の増大に伴い、キャリア移動度(μ_H)は増大する一方、酸素欠損など真性欠陥がドナー準位を形成し、容易に縮退状態(キャリア濃度 N_e > 10^{19} cm^{-3})となり、N_e の制御性に課題がある。これまで、In_2O_3 へ酸素と結合解離エネルギーの大きな元素(Ga, Si, W, Ti)を添加することで μ_H と N_e のバランスがとられてきた[1]。我々は、In_2O_3 スパッタ成膜時の水素雰囲気を制御し(In_2O_3:H)、大気中で熱処理を施すことで、固相結晶化後の N_e を $10^{17}cm^{-3}$ まで大幅に低減させることに成功した[2]。さらに本手法により作製した多結晶 In_2O_3:H TFT において多結晶シリコンに匹敵する μ_{FE} = 138.3 $cm^2V^{-1}s^{-1}$ を実現し、多結晶酸化物半導体の可能性を実証した。

【実験方法】合成石英基板上に DC マグネトロンスパッタ法により Ar+O_2 および Ar+O_2+H_2 雰囲気にて In_2O_3, In_2O_3:H 膜(50 nm)を成膜した。その後、大気中で 150~350℃、1 時間のアニール処理を施した。膜の電気特性を Hall 効果測定、構造を後方散乱電子回折(EBSD)により評価した。熱酸化 SiO_2/p^+-Si 基板をゲート絶縁膜/ゲートとするボトムゲート型 In_2O_3:H TFT を作製し、評価した。

【結果および考察】Fig. 1 に In_2O_3, In_2O_3:H 膜の N_e のアニール温度依存性を示す。In_2O_3 膜では、アニール温度の増大に伴い N_e は緩やかに減少したが、350℃で 2.5×10^{19} cm^{-3} と依然縮退状態であった。In_2O_3:H 膜では、as-depo.で In_2O_3 膜に比較し、N_e は 1 桁程度増大した一方、固相結晶化が始まる 200℃付近から N_e は急激に減少し始め、300℃で 1.9×10^{17} cm^{-3} を示した。Fig. 2 の EBSD 像より、固相結晶化後の In_2O_3:H 膜は結晶粒径が大幅に増大(140 nm)していることが確認された。さらに In_2O_3:H TFT において(Fig. 3)、μ_{FE} = 138.3 $cm^2V^{-1}s^{-1}$, SS = 0.19 V, V_{th} = -0.2 V を示し、報告されている酸化物 TFT で最も優れた特性を実現した。

【参考文献】 [1] D. Koretomo *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* 58, 018003 (2019). [2] 古田守 他、第 68 回応用物理学会春季学術講演会 18a-Z33-8.

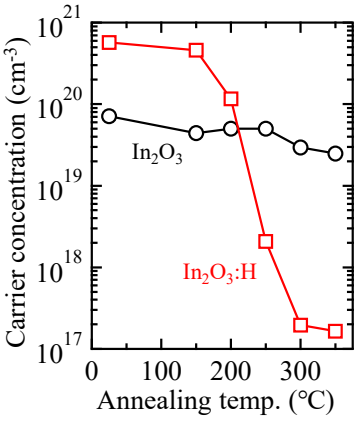

Fig. 1 N_e of the films as a function of annealing temperature.

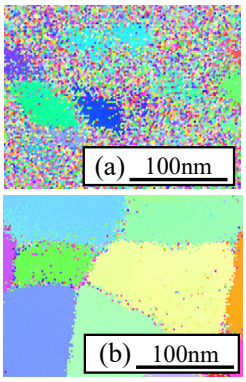

Fig. 2 EBSD images of (a) In_2O_3 and (b) In_2O_3:H annealed at 250℃.

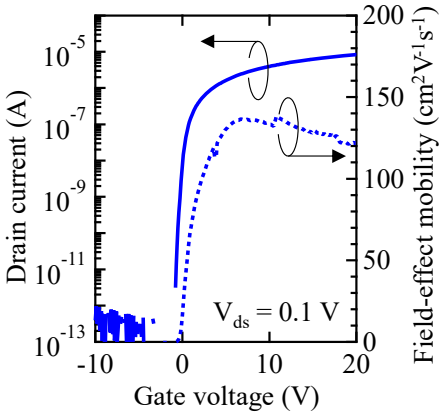

Fig. 3 Transfer characteristics of the In_2O_3:H TFT.