

高感度・高信頼性ガスセンサーに向けた In_2O_3 薄膜トランジスタのバイアス不安定性改善

Improving Bias Stress Instability of In_2O_3 Thin Film Transistors

for Highly Sensitive and Reliable Gas Sensors

上野 将道 (電気電子工学科)

Masamichi Ueno

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 教授

1. 緒言

近年、様々な分野で高精度な CO_2 センサーの開発が求められている[1]. 各種のセンサーが提案される中、酸化物半導体薄膜トランジスタ(TFT)は構成が簡易であるとともに微細化に優れることから、IoT 用ユビキタスセンサーの有用な候補となっている。酸化物 TFT センサーの候補材料としていくつか提案されているが、 In_2O_3 は活性表面を持つため、高感度ガスセンサーとして期待されている。

当研究室では、 In_2O_3 の極性表面を活用した TFT にて CO_2 の低温検知を報告している[2]. しかしながら、バイアス不安定性による問題点が指摘されている。バイアス不安定性は印加電圧による閾値電圧のシフトであるが、閾値電圧のシフトをガス検出に用いる TFT 方式では、このシフトがガス由来のものなのか区別ができなくなってしまう、TFT ガスセンサーとしての使用を困難にするからである。酸化物半導体は O_2 雰囲気下でのアニールにより、バイアス不安定性を改善することが期待される[3].

そこで本研究では、 In_2O_3 TFT への O_2 アニールによるバイアス不安定性の改善を目的とする。

2. 実験方法

洗浄を行った SiO_2 200 nm を有する Si 基板上に、ボトムゲート構造の TFT を作製した。チャネル層は RF スパッタリングにより In_2O_3 ターゲットを用いて O_2 濃度 99%の室温で成膜を行った。膜厚は 10 nm にした。その後、抵抗加熱蒸着法により Cu を 100 nm 蒸着し、ソース/ドレイン電極とし TFT を作製した。Fig. 1 はアニール装置の概略図である。作製した試料は管状炉にて O_2 雰囲気下でそれぞれ、 200°C 、 250°C 、 300°C でアニールを行った。Transfer 特性とバイアス安定性評価のため、半導体パラメータアナライザを用いて Transfer 特性評価、Negative Bias Stress (NBS)試験を行った。ドレイン電圧は 5 V、Negative Gate Bias は-40 Vとした。

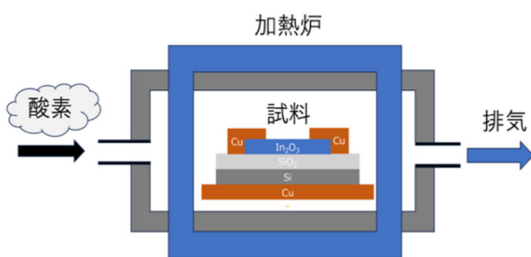


Fig.1 アニール装置の概略図

3. 実験結果および考察

Fig. 2 に In_2O_3 TFT を 200°C で 1h アニールした Transfer 特性を示す。Fig. 3 に 300°C で 1h アニールしたものを示す。 200°C はしきい値電圧(V_{th})が -9.5 V から -10 V で -0.5 V シフトしており、 300°C では V_{th} が -31 V から -39.5 V で -8.5 V シフトしている。どちらの TFT においても時間経過に際して、 V_{th} が負方向にシフトしている。バイアス不安定性発生原因に関しては様々な理由が考えられるが、酸素脱離によるキャリアの増加と、 SiO_2 と In_2O_3 界面の

劣化が大きく影響していると考えられる[4]. また、 200°C および 300°C では 0 秒時点の V_{th} に違いがあった。 300°C の場合、 In_2O_3 膜表面の酸素が吸着するよりも、熱による酸素脱離が多く、キャリア密度が増加したと考えられる。

4. 結論

本研究では、バイアス不安定性を改善した In_2O_3 TFT による CO_2 ガスセンサーを実現するため、作製した試料にアニールを行った。電圧印加を行い、一定時間ごとに Transfer 特性の測定をおこなったところアニール温度 200°C が適していることを確認した。

5. 参考文献

- [1] S. Neethirajan, *et al.*, Food and Bioprocess Technology. Vol. 2, pp. 115-121 (2009).
- [2] A. Nodera, *et al.*, Mater. Sci. Eng. B. Vol. 299, pp. 117034 (2024).
- [3] T. Song, *et al.*, IEEE Electron Device Lett. Vol 42. No. 11 pp. 1623-1626 (2021).
- [4] A. Dey, Mater. Sci. Eng., B. Vol. 229, pp.206-217 (2018).

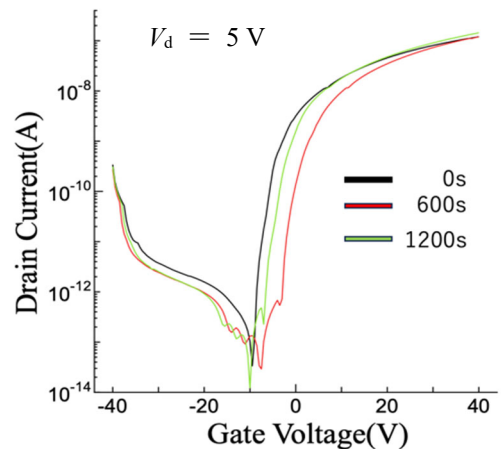


Fig. 2. 200°C で 1h アニール後の Transfer 特性

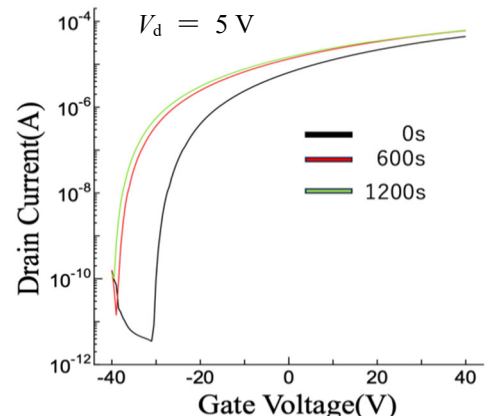


Fig. 3. 300°C で 1h アニール後の Transfer 特性