

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¹⁾

指導教員 相川 慎也¹⁾, 研究協力者 小林 亮太¹⁾, 山寺 真理¹⁾,
海老澤 雄一郎¹⁾, 菅野 仁紀¹⁾

1) 工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室

当研究室では In_2O_3 TFT を用いて CO_2 ガスセンサーの高感度化を実現してきた。しかし、バイアス不安定性が課題となっている。本研究では、 In_2O_3 TFT のバイアス不安定性を改善し、高感度かつ高安定性を有する TFT ガスセンサーの開発を目的とする。

キーワード：半導体、トランジスタ、薄膜、二酸化炭素、センサー

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。

先行研究では In_2O_3 TFT を用いることにより高感度の TFT ガスセンサーを作製した[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 雰囲気化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]。

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 基板の上に、ボトムゲート構造の TFT を作製した。チャンネル層は 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 はアニール環境の概略図である。作成した

試料は管状炉にて O_2 雰囲気下でそれぞれ、 $200^\circ C$ 、 $250^\circ C$ 、 $300^\circ C$ 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 $5V$ 、Negative Gate Bias は $-40V$ とした。

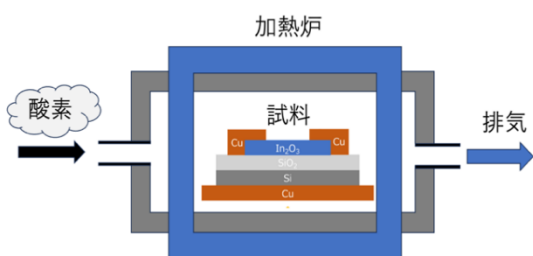


Fig.1 アニール環境の概略

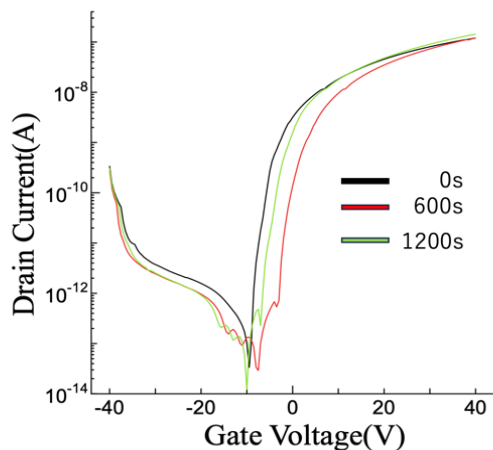


Fig. 2. $200^\circ C$ で1hアニール後の Transfer 特性

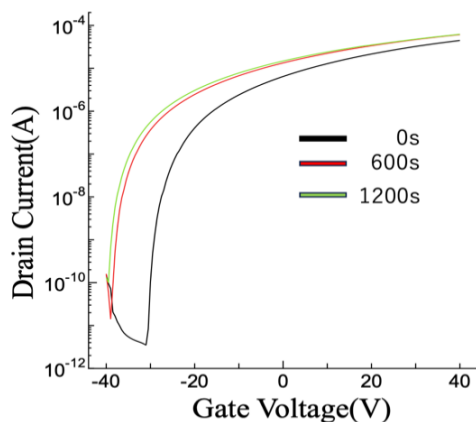


Fig. 3. $300^\circ C$ で1hアニール後の Transfer 特性

3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に In_2O_3 TFT を $200^\circ C$ で1hアニールした Transfer 特性を示す。Fig. 3 に $300^\circ C$ で1hアニールしたものを示す。 $200^\circ C$ はしきい値電圧(V_{th})が $-9.5V$ から $-10V$ で $-0.5V$ シフトしており、 $300^\circ C$ では V_{th} が $-31V$ から $-39.5V$ で $-8.5V$ 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、 $200^\circ C$ および $300^\circ C$ では0秒時点の V_{th} に違いがあった。 $300^\circ C$ の場合、 In_2O_3 膜表面の酸素が吸着するよりも熱により、酸素の脱離が多く、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、作成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 $200^\circ C$ 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).