

## 高感度・高信頼性ガスセンサーに向けた $\text{In}_2\text{O}_3$ 薄膜トランジスタの

### バイアス不安定性改善

#### Improving Bias Stress Instability of $\text{In}_2\text{O}_3$ Thin Film Transistors for Highly Sensitive and Reliable Gas Sensors

上野 将道<sup>1)</sup>

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

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  $\text{In}_2\text{O}_3$  TFT を用いて  $\text{CO}_2$  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、 $\text{In}_2\text{O}_3$  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  $\text{CO}_2$  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、 $\text{In}_2\text{O}_3$  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  $\text{In}_2\text{O}_3$  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  $\text{O}_2$  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、 $\text{In}_2\text{O}_3$  TFT への  $\text{O}_2$  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  $\text{SiO}_2$  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  $\text{In}_2\text{O}_3$  ターゲットを用いて  $\text{O}_2$  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、 $200^\circ\text{C}$ 、 $250^\circ\text{C}$ 、 $300^\circ\text{C}$ 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  $5\text{ V}$ 、Negative Gate Bias は  $-40\text{ V}$  とした。

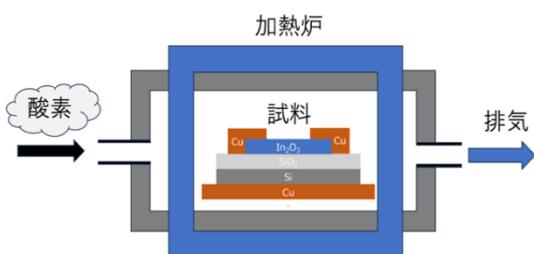


Fig.1 アニール環境の概略

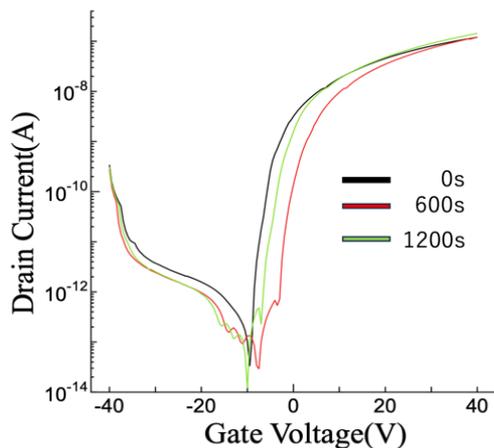


Fig. 2.  $200^\circ\text{C}$ で1hアニール後のTransfer特性

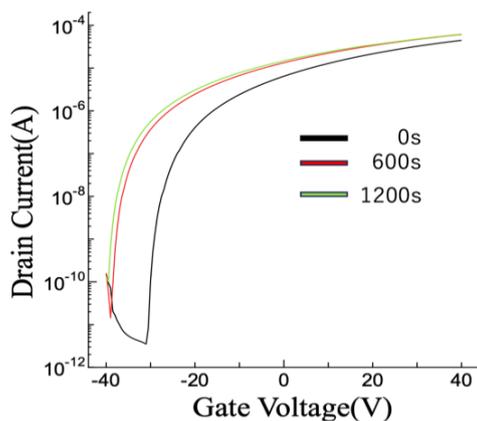


Fig. 3.  $300^\circ\text{C}$ で1hアニール後のTransfer特性

### 3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に  $In_2O_3$  TFT を  $200^\circ\text{C}$ で1hアニールしたTransfer特性を示す。Fig. 3 に  $300^\circ\text{C}$ で1hアニールしたものを示す。 $200^\circ\text{C}$ はしきい値電圧( $V_{th}$ )が $-9.5\text{ V}$ から $-10\text{ V}$ で $-0.5\text{ V}$ シフトしており、 $300^\circ\text{C}$ では $V_{th}$ が $-31\text{ V}$ から $-39.5\text{ V}$ で $-8.5\text{ V}$ 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、 $200^\circ\text{C}$ および $300^\circ\text{C}$ では0秒時点の $V_{th}$ に違いがあった。 $300^\circ\text{C}$ 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  $200^\circ\text{C}$  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).