

Mist-CVD 法による  $O_3$  を用いた In-Sn-Zn-O 薄膜トランジスタへの性能向上Performance improvement of In-Sn-Zn-O thin-film transistors using  $O_3$  by Mist-CVD method

江波戸 慶吾\*、福田 翔一、堀口 史生、清水 耕作

Keigo Ebato <sup>(1\*)</sup>, Shoiti Fukuda, Fumio Horiguchi, Kousaku Shimizu<sup>(1)</sup><sup>(1)</sup> 日大 生産工学研究科 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1

Nihon Univ., 1-2-1 Izumicho Narashino Chiba, 275-8575, Japan

E-mail : cike24022@g.nihon-u.ac.jp

## 要約

半導体デバイス作製においてコスト削減は大きな課題である。中でも薄膜作製プロセスは高い比率を占めている。Mist-CVD はスパッタリングやプラズマ CVD に比べて安全かつ低コスト・低環境負荷といった利点がある。これは Mist-CVD が「霧状」にした溶液を大気中で反応させ、薄膜を形成させる方法であり、真空を必要としないプロセスであることが理由である<sup>[1][2]</sup>。当研究室では膜厚の均一性を向上させるために縦型の成長方法を採用している。また、TFT 性能の向上を目指して、オゾン及び酸素化を行った。この結果移動度  $1.6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  を得ることができた。

## 1 背景

TFT は、スマートフォンやタブレット、テレビなどの画素のスイッチ素子として使用されている電子デバイスである。また、プロセスにおける低コスト化は重要な課題であることから、TFT のチャネル層に用いる半導体には、低温 CVD 法で堆積できる膜が求められた。特に非晶質材料は、結晶構造を制御することが容易なことが利点であり、安定性やコストパフォーマンスの面で優位である。そんな中、透明アモルファス酸化物半導体をチャネル材料に用いた TFT が 2004 年に初めて報告され、すでに多くの実用化が行われている。当研究室では、移動度が  $10 \sim 20 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  と非常に高く低温成膜が可能である、インジウム(In)、錫(Sn)、亜鉛(Zn)から構成されるアモルファスの酸化物材料(a-ITZO)に注目し研究を進めている。

半導体プロセスにおいてコスト削減を行う中で、Mist-CVD 法はスパッタリング法やプラズマ CVD 法など数多くある薄膜形成プロセスと比べて安全かつ低コスト、真空プロセスを必要としないなど環境負荷の少ない利点がある。これは、Mist-CVD 法というものが「霧状」にした溶液を大気中で輸送し、基板表面で反応させ薄膜を形成させていることによるものである。しかし、成膜後の膜はミストの流れ方や成膜温度によって組成や原子同士の結合が変化するため、膜厚の均一性を得ることが難しく、課題がある。そこで本研究ではキャリアガスとオゾン ( $O_3$ ) を用いて TFT の伝達特性を向上させることを目的とした。

## 2 目的

Mist-CVD を用いて TFT 素子を作製し、キャリアガス  $O_3$  が TFT 特性に与える影響について検討する。そしてバックチャネル側の界面からの原子状酸素処理のプロセスを追加することによる TFT 特性変化の検討をする。

## 3 実験方法

測定に用いた TFT 素子断面構造を図 1 に表す。a-ITZO/Cr/a-SiO<sub>2</sub>/Al と順に成膜する。原子状酸素処理は a-ITZO 膜中の亜鉛成分の抜け防止のために a-SiO<sub>2</sub> を 20nm 堆積後に行った。そしてアニール処理を行った後に伝達特性評価を行い、特性変化の検討を行った。

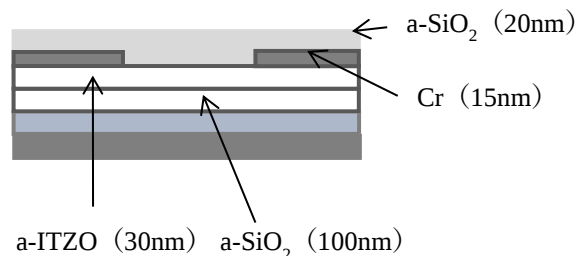


図 1 TFT 素子構造概念図

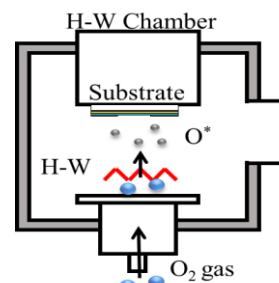


図 2 H-W による原子状酸素処理

Mist-CVD 法で成膜した後、原子状酸素処理を行い伝達特性の測定をおこなった。原子状酸素処理の機構は図 2 に示す。

タングステンワイヤを用いた Hot-Wire 法で原子状酸素処理を行った。酸素ガスを導入し  $600^\circ\text{C}$  で加

熱されたタングステンワイヤで酸素は熱分解され原子状酸素が生成される。原子状酸素が ITZO 膜内に入り込むことで原子状酸素処理を行う。実験装置を図 3 に示す

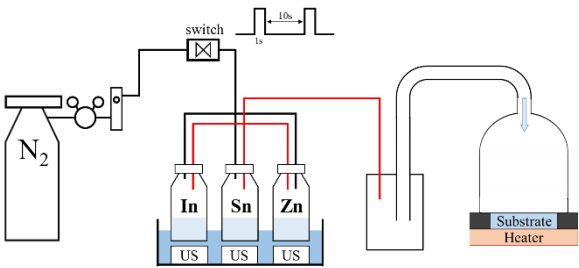


図 3 Mist-CVD 装置の概要

この実験装置では、超音波振動子(2.4MHz)によって原料溶液をミスト化し、窒素ガス (N<sub>2</sub>) やアルゴンガス (Ar) などの不活性ガスをキャリアとして用いることで基板上にミストを輸送し成膜を行うものである。原料溶液には酢酸インジウム(In(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub>)、酢酸スズ(Sn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>)、酢酸亜鉛 2 水和物(Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O)を mol 濃度が 1:1:1 の比率になるように各瓶に投入し、エタノールに溶解したものを使用した。今回は N<sub>2</sub> と O<sub>3</sub> と混合させたものをキャリアガス用いた。

4 結果および考察

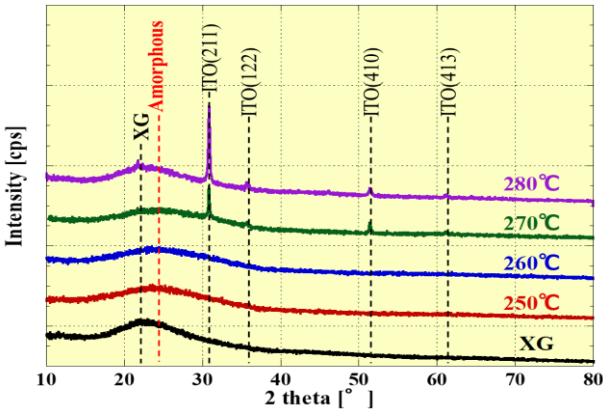


図 4 成膜温度による XRD の変化

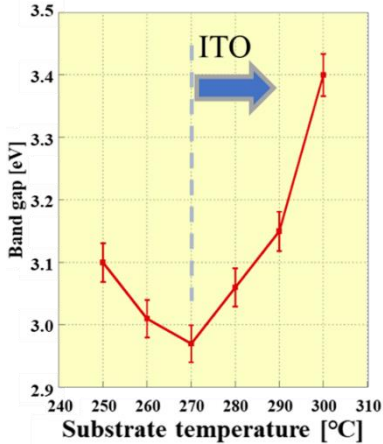


図 5 成膜温度による  
光学バンドギャップの変化

図 1 に a-ITZO 堆積に適した条件の検討として XRD の基板温度依存性を表す。

図 4 の結果から成膜温度 250,260℃ではガラス基板 XG のゲルパターンとは異なるアモルファスピークを確認でき、270℃以降から ITO のピークが出現することから膜の結晶化が始まることがわかる。

図 5 より結晶化が始める成膜温度 270℃以下では a-ITZO のバンドギャップ約 3.0eV に近い 260℃が TFT 作製に適していると考え。結果より、膜の結晶化が生じず、a-ITZO に適したバンドギャップを有する成膜温度 260℃が TFT 作製に適していると考え。

次に膜質改善の手法として用いた原子状酸素処理の条件を表 1 に示す。

表 1 原子状酸素処理の条件

| Parameters                |      |
|---------------------------|------|
| Gas flow rate [sccm]      | 6.0  |
| Pressure [Pa]             | 5.0  |
| Substrate distance [mm]   | 20.0 |
| Hot-Wire Temperature [°C] | 600  |

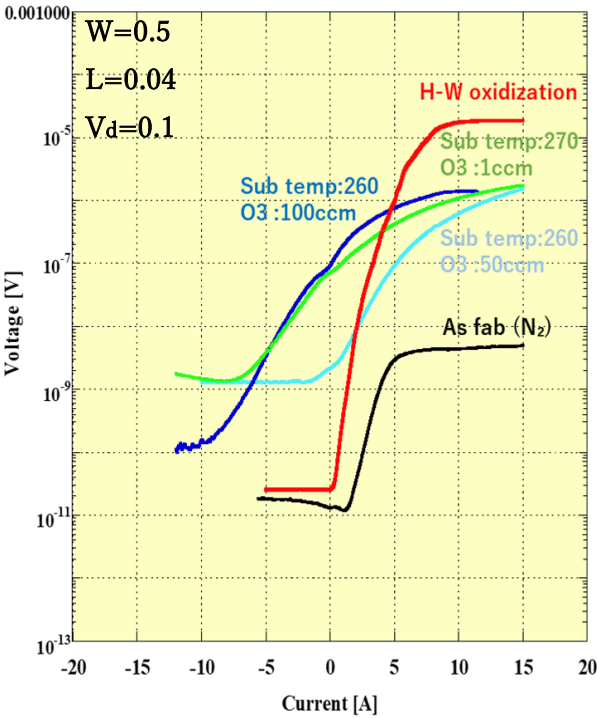


図 6 TFT 特性

表 2 TFT 特性

| Condition                              | Mobility [cm <sup>2</sup> /Vs] | SS [mV/dec.] |
|----------------------------------------|--------------------------------|--------------|
| As fab(N <sub>2</sub> )                | 0.02                           | 750          |
| Sub temp:260<br>O <sub>3</sub> :50ccm  | 0.1                            | 2516         |
| Sub temp:260<br>O <sub>3</sub> :100ccm | 0.12                           | 3217         |
| Sub temp:270<br>O <sub>3</sub> :100ccm | 0.04                           | 3590         |
| H-W oxidation                          | 1.60                           | 667          |

原子状酸素処理を行った TFT は As fab と比べて伝達特性の向上が見込めた。O<sub>3</sub>を用いた TFT は堆積直後と比べ ON 性能は向上したが OFF 性能は悪化した。

結果より、O<sub>3</sub>を用いて作製した TFT は膜中の不純物が適切に除去できていないが原子状酸素処理を行った TFT は不純物を適切に除去できていると考えられる。

## 5 まとめ

O<sub>3</sub>を用いた TFT は堆積直後と比べて ON 性能は向上させることができたが OFF 性能は悪化した。原因は膜中の不純物が適切に除去できる条件が不完全であると考えている。

また原子状酸素処理をおこなった TFT は伝達特性の性能が向上したため膜中の不純物が適切に除去できていると考える。

## 参考文献

- [1] K. Nomura, H. Ohta, A. Takagi, T. Kamiya, M. Hirano: Nature 432 (2004) 488
- [2] 川原村敏幸: ミスト CVD 法とその酸化亜鉛薄膜成長への応用に関する研究, 京都大学大学院工学研究科博士論文, 甲第 13825 号, 21/42 (2008)