

ミスト CVD 法を用いた、 a-ITZO 膜の作製とトランジスタ性能の向上

日大生産工(院) ○江波戸 慶吾
日大生産工 清水耕作

1. 背景

薄膜トランジスタ (TFT) は、スマートフォンやタブレット、液晶テレビ、有機 EL の画素スイッチ素子として使用されている。ディスプレイの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てきた。特に非晶質材料は、大面積に亘って作製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、In-Ga-Zn-O に代表される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。当研究室でも移動度が $10\sim 20\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 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きた。半導体プロセスにおいてコスト削減を行っていく中で、Mist-CVD 法はスパッタリング法やプラズマ CVD 法などの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、作製される薄膜はミストの流れ方や温度分布によって組成や原子同士の結合が変化するため、膜厚・膜質の均一性を得ることが難しく、大きな課題である。そこで本研究では縦型製膜を採用し、均一性の向上に努めてきた。しかし、さらにとくせいをこうじょうさせるには、分解生成物を取り除く必要があることが分かった。本報告では成膜後オゾン照射して薄膜がどのように改善されるかを検討した結果を報告する。

2. 目的

Mist-CVD を用いて TFT 素子を作製し、成膜後オゾン (O_3) を照射時間の依存性について検討する。In-Ga-Zn-O 薄膜のバルク内の欠陥準位を反射光電流一定法 (RCPM)、および X 線光電子分光法 (XPS) を用いて評価する。

3. 実験方法

測定に用いた TFT 素子断面構造を Fig.1 に表す。酸化膜付き n 型結晶シリコン結晶基板上に ITZO 薄膜を堆積し、ソース・ドレイン電極をパ

ターニングした。またゲート電極はシリコン裏面に作製した。

ITZO アイランドパターンニングの後、オゾンを照射し、その後原子状酸素処理を行った。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-SiO₂ 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。

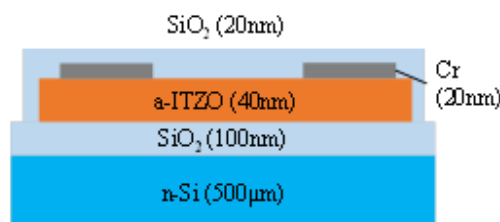


Fig. 1 Cross-sectional view of TFT

3. 結果および考察

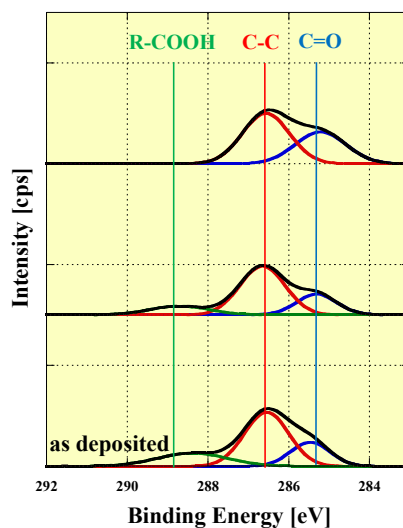


Fig. 2 C1s spectra for Mist-CVD deposited ITZO film. The curves are fitted by RCOOH (289.0 eV), C=O (386.7 eV), and C-O (285.5 eV)

Fig.2 に XPS を示す。膜表面のオゾン処理時間依存性を示す。

オゾンを照射することで不純物であるカルボキシ基のピークが減少・消失していることが確認できた。

Fabrication of amorphous a-ITZO films
by Mist CVD for enhanced thin-film transistor performance

Keigo Ebato and Kousaku Shimizu

オゾンを照射することによって膜表面の不純物が分解され分解生成物として取り除かれていると考えられる。

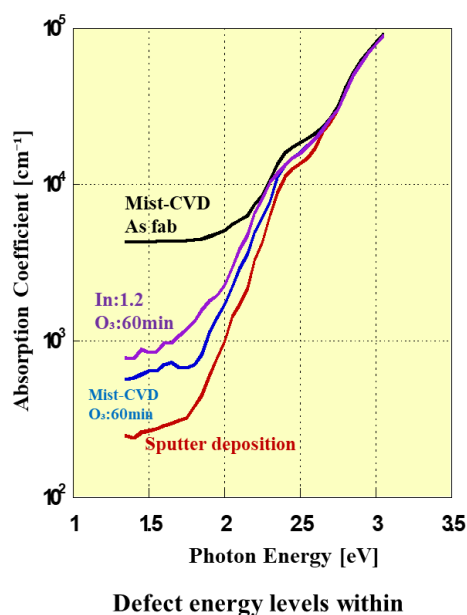


Fig. 3 Evaluation of internal gap state by RCPM.

製直後と比べオゾンを照射した a-ITZO は不純物が分解されスパッタリング法で作製した a-ITZO に近づいていることがわかった。まだ膜に複数の準位が存在している。これらの欠陥を除去する必要がある。

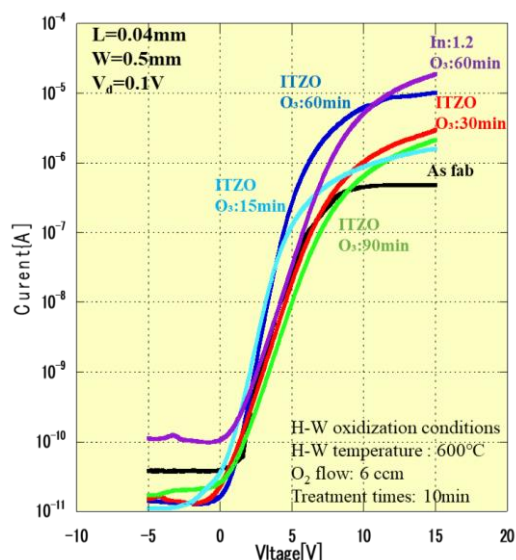


Fig. 4 Dependence of transfer characteristics on ozone treatment time

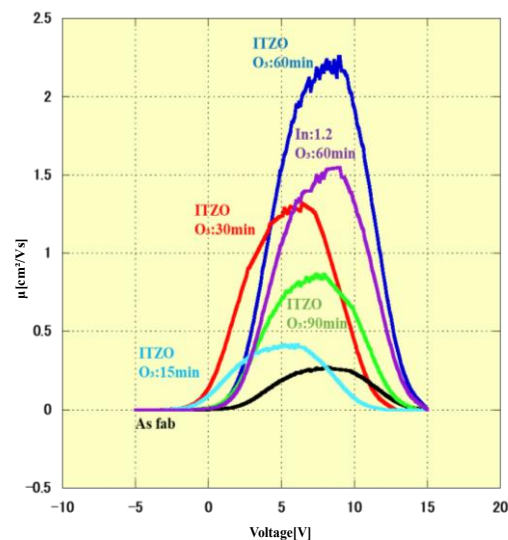


Fig. 4 Dependence of mobility and threshold voltage on ozone treatment time.

Fig.4 に TFT 特性のオゾン照射時間依存性を示す。

As fab と比べオゾンを照射することにより性能向上を確認した。オゾンを照射する時間は 60 分の照射が性能の向上に適していると考えられる。

まとめ

XPS の測定から成膜後オゾンを照射することで不純物のカルボキシル基が減少・除去できることを確認した。

CPM 法による測定からバルク内の欠陥準位が小さくなりスパッタリング法で作製した膜に近づいたことを確認した。

TFT 特性から成膜後オゾンを照射する時間は長すぎても短すぎても適していなく 60 分流したものが適していた。

作製直後と比べ性能の向上を確認することができた。

さらに、スパッタ法で作製した ITZO 膜に近づけるには、分解生成物の効果的な除去、及び欠陥の制御が必要であると考えている。

参考文献

- [1]森山拓海,藤田静雄,PSS, 3 巻第 4 号, 705-1241(2006)
- [2]Shigekazu Tomai, Mami Nishimura, Masayuki Itose, Masahide Matuura, Masashi Kasami, Shigeo Matsuzaki, Hirokazu Kawashima, Futoshi Utsuno and Koki Yano : Japanese Journal of Applied Physics, Volume 51, Number 3S, 51, 3, 03CB01(2012)
- [3] 李 柯澄, 清水 耕作, 材料/73 巻 (2024) 735-742