

# 高性能・高安定 p 型酸化物薄膜の開発に向けたフッ素プラズマ処理による

## $\text{SnO}_x$ 薄膜への影響の調査

Investigation of the effect of Fluorine Plasma Treatment on  $\text{SnO}_x$  thin films  
toward the development of high-performance and high-stability  
p-type oxide thin films

工学院大学 高機能デバイス研究室

一関夢希也

指導教員 相川慎也

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

キーワード：酸化物半導体、スパッタリング、薄膜トランジスタ材料、P型  $\text{SnO}$

### 1. 緒言

近年では、酸化物を用いたTFTの研究が行われている。酸化物 TFT を用いることにより、低コストで使い捨て可能なエレクトロニクスデバイスなどへの応用が考えられる。また、薄膜デバイスの発展には薄膜酸化物 CMOS の作製が求められる。薄膜酸化物 CMOS に不可欠なn型 TFT とp型 TFT の両者の研究がなされている。n型酸化物 TFT が急速に開発されているにもかかわらず、p型 TFT について報告されている酸化物[1]はごくわずかであり、その特性と製造技術は実際の応用にはまだ十分ではなく、さらなる研究が必要である。従って、薄膜デバイスの高品位化が求められる。

この課題に対して、両極性を有する材料として広く知られている  $\text{SnO}_x$  系半導体材料に着目した。現状の課題としては、P型  $\text{SnO}_x$  薄膜の成膜条件が非常にシビアで狭いため実際の応用が困難である。加えて、成膜時に酸素空孔ができ、この影響で生成されたホールが自由キャリアとして機能しないため、移動度の向上が困難である。

本研究では、同じ陰イオンであり、イオン半径も非常に近く酸素サイトに置換することが期待されるフッ素[2]に着目し、フッ素プラズマ処理を施すことで酸素空孔を不活性化させ、p型  $\text{SnO}_x$  薄膜の安定化作製条

件を探査する。

### 2. 実験方法

成膜には、Si 基板上に RF マグネトロンスパッタリング法を用いて  $\text{SnO}_x$  薄膜を成膜し上記の研究を行った。スパッタターゲットには、 $\text{SnO}_2$ を用いた。上記の試料に対し、卓上型ランプ加熱装置を用いて様々な雰囲気下でアニーリングを行った。アニーリング処理を施した基板に RIE を用いてフッ素プラズマ処理を行った。キャリアタイプ、キャリア濃度、シート抵抗値や移動度などの電気的特性についてはホール測定装置を用いて測定を行った。

### 3. 結果及び考察

先行研究で行っていた窒素雰囲気下で 600°C 30 分間アニーリング処理を施した膜とその後にそれぞれ 1 分、2 分間のフッ素プラズマ処理を施した薄膜のキャリアタイプのヒストグラムを Fig1 に示す。フッ素プラズマ処理を施すことで、先行研究で行っていた  $\text{N}_2$  アニーリング処理だけでのアプローチに対して、p型挙動を示すデータが 31.9% から 55.6% まで 23.7% の向上が見られた。この結果から、酸素空孔がフッ素プラズマ処理により不活性化されている。したがって、フッ素プラズマ

処理が p 型  $\text{SnO}_x$  薄膜の作成の安定化に有効であると考えられる。

窒素雰囲気下で  $600^\circ\text{C}$  30 分間アニーリング処理を加えたものにそれぞれ 1 分、2 分間のフッ素プラズマ処理を施した薄膜の測定結果を Fig.2 に示す。また、酸素雰囲気下で同様に実験を行った薄膜の測定結果を Fig.3 に示す。

フッ素プラズマ処理を施した薄膜は多くが p 型の特性を示した。しかし、移動度が低い材料であることや、フッ素プラズマ処理により結晶構造がアモルファスになったことが考えられる。したがって、移動度の大きな向上が見られず、デバイスの応用へは、課題が残る。

#### 4. 結論

p 型  $\text{SnO}_x$  薄膜の安定化作製条件の調査から、フッ素プラズマ処理を施すことで酸素空孔をフッ素で置換し不活性化させ、多くの p 型挙動を示すことができた。しかし、移動度の向上にはつながらず、高性能なデバイスの作製には至らなかった。

今度の展望としては、p型を取りつつ、キャリア濃度、シート抵抗値や移動度などの電気的特性を向上させることや、実際に TFT を作製しその性能評価をすることが求められる。

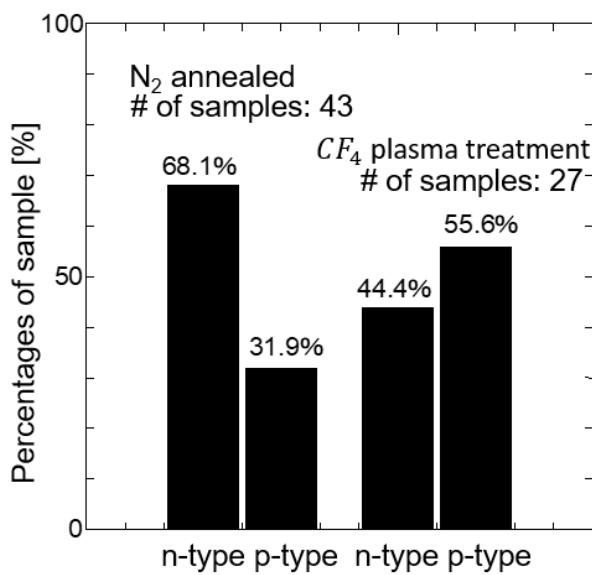


Fig.1  $\text{N}_2$  アニール処理を施した薄膜[3]とその後にフッ素プラズマ処理を施した薄膜のキャリアタイプのヒストグラム

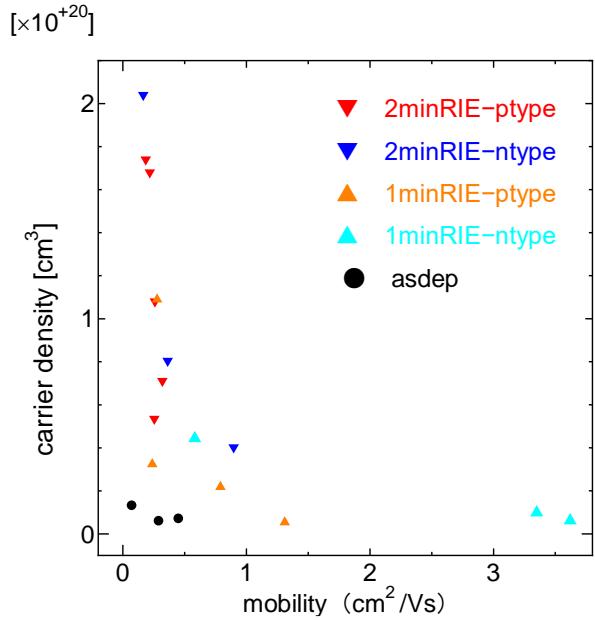


Fig.2 窒素雰囲気アニール、フッ素プラズマ処理を施した薄膜の電気的特性

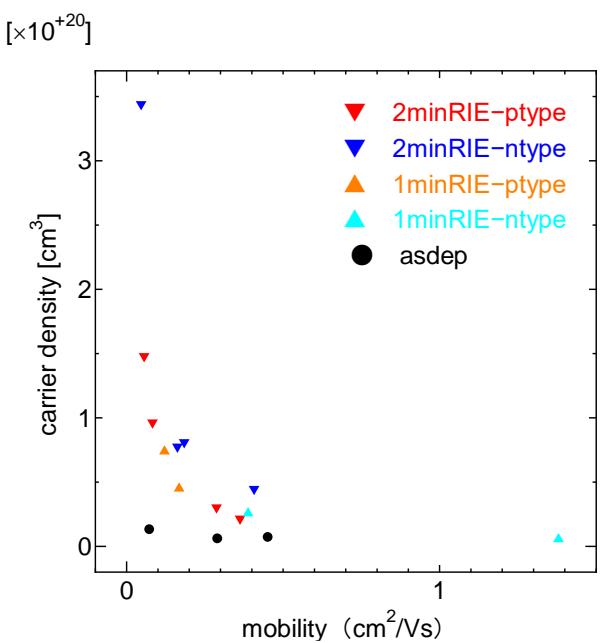


Fig.3 酸素雰囲気アニール、フッ素プラズマ処理を施した薄膜の電気的特性

#### 5. 参考文献

- 1) Raquel Barros, et al., Nanomaterials, 9, 320 (2019).
- 2) Po-Chun Chen et al., J. Alloys Compd. 707, 162-166 (2017)
- 3) k.watanabe , Solid State Device and Materials 2021, 2021, Sep.7, J-2-04.