

AM-FPD22 に参加して

福井 智貴

Tomoki FUKUI

電子情報学専攻修士課程 2022 年度修了

1. はじめに

7月5日～8日に龍谷大学アバンティ響都ホールにて開催された AM-FPD22 に参加し、「In-Ga-Zn-O TFT using $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ deposited by RF magnetron sputtering as the gate insulating film」という題目で参加し、ポスター発表を行った。

2. 研究背景

近年、テレビやスマートフォンは、より薄く、より軽く、より高品質になり、面積が大きくなっている。液晶ディスプレイに欠かせない駆動素子として使用されている薄膜トランジスタ (TFT) は、この開発において重要な役割を果たしている。また、TFT の中でも、Si や有機半導体に続く低温・大面積用の新しいデバイス材料として、酸化物半導体を用いた TFT の研究が活発に行われている。a-Si の電子移動度は $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ なのに対し、酸化物半導体はアモルファス構造にもかかわらず $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上の移動度を得ることができる。さらに、バンドギャップ (Eg) は 3eV 以上であり、可視光で透明であり、それらのほとんどは真性半導体ではなく n 型半導体として機能する。これらの酸化物半導体 TFT の特性から、フレキシブルディスプレイの開発と応用が注目されている。現在、In-Ga-Zn-O (IGZO) を用いた TFT の研究開発、実用化、量産が進んでいる。この IGZO に含まれる In (インジウム) は、電子軌道を形成する役割を果たしていると言われており、この作用により、アモルファスであっても高い移動度が生じると考えられる。

また近年、Internet of things (IoT) の普及により、不揮発性メモリの需要が高まっている。そのため、強誘電体は有望な材料の一つであり、注目を集めて

いる。強誘電体の中でも、ドーパされた HfO_2 は、薄膜でも CMOS 互換性と強誘電性を持っているため、活発に研究されている。ドーパされた HfO_2 の強誘電性を改善するためにさまざまなドーパントが使用されている (La, Y, Gd, Sr, Zr など)。この研究では、Zr をドーパした HfO_2 である $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ (HZO) を TFT のゲート絶縁膜として使用した。また、将来的にはトランジスタ型強誘電体メモリ (1T-FeRAM) にも応用できると考えている。多くの研究では、この HZO は原子層堆積法 (ALD) を用いて成膜されている。本研究では、HZO はシングルターゲットで RF マグネトロンスパッタリング法を使用して堆積させた。ALD よりも安価でスループットが高いシングルターゲットスパッタリング技術は、工業プロセスに適している。さらに、HZO ターゲットの製造は、コスト、エネルギー消費、およびプロセスの複雑さの点で、ALD で使用される有機金属前駆体よりも環境への影響が少ない。これらの理由から、ゲート絶縁膜としてシングルターゲット RF マグネトロンスパッタリング法により堆積された HZO を使用する a-IGZOTFT を準備して評価した。

3. 作製方法

表 1 に示す条件で RF マグネトロンスパッタリング法により熱酸化膜を用いて Si 基板上に HZO を成膜し、 500°C で 60 分間アニールした。ここで、HZO の結晶構造を XRD で評価した。次に、基板に金属マスクを取り付け、表 1 に示す条件で RF マグネトロンスパッタリング法により IGZO を形成した。次に、真空蒸着法により、電極として Ti と Au をそれぞれ 5 分間蒸着した。その後、ポストアニールを 300°C で 60 分間行った。次に、作製したサンプルの I_d - V_g 特性を、半導体パラメータアナライザ (Agilent Technologies 4156C) で測定した。

表 1 RF マグネトロンスパッタリング法の成膜条件

	HZO	IGZO
Temperature	Room temp	Room temp
Film formation pressure [Pa]	0.66	1
Input power [W] (Target size: $\phi 2'' \times 5t$)	60	60
Ar/O ₂ [sccm]	20/1	20/1
Film formation time [min]	30	1

4. 結果

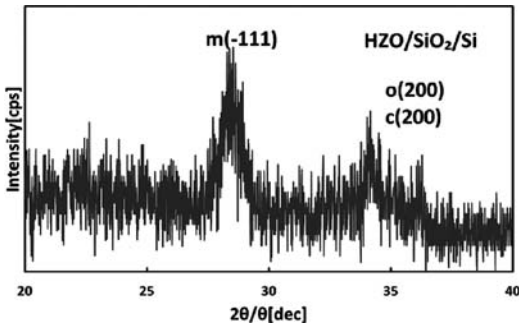


図 1 XRD 結果

500℃ でアニールした後、単斜晶 (m) 相、斜方晶 (o) 相、立方晶 (c) 相のピークを確認した。この研究の堆積条件下では、強誘電性斜方晶 (o) 相のピークは 30.4° 付近では確認できなかった。

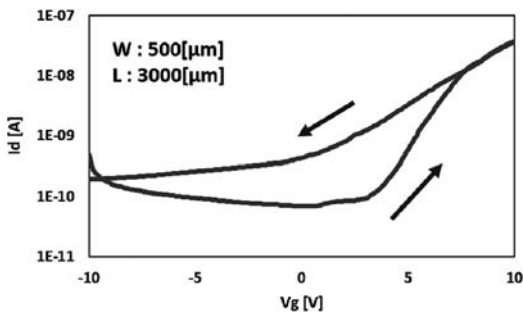


図 2 TFT の I_d - V_g 特性

図 2 の I_d - V_g 特性から、強誘電性の反時計回りのヒステリシスが確認できた。

5. 考察

表 2 本研究で得られた値

μ [cm ² /Vs]	SS[V]	V _{th} [V]	MW[V]
0.88	1.48	7.99	4.3

この研究で得られた移動度は小さく、SS は大きかった。これは主に IGZO 層の膜質によるものと考えている。成膜時の酸素ガスを減らすことで改善されると考えている。さらに、HZO の膜質からの影響もあると考えている。図 1 の結果から、30.4° での斜方晶 (o) 相のピークは確認されなかった。この結晶相は強誘電性によるものであると報告されている。HZO の成膜方法を最適化することで改善できると考えている。

6. 結論

この研究では、強誘電ヒステリシスが I_d - V_g 特性によって確認され、メモリウィンドウ (MW) 4.3V が得られた。HZO の成膜方法を最適化し、さらに強誘電性を向上させることができれば、この TFT を 1T-FeRAM として使用できると考えている。