

高性能トップゲート型 TFT 応用に向けた Y_2O_3 絶縁膜の成膜方法比較

Comparison of deposition methods for Y_2O_3 gate-insulator for high-performance top-gate TFT applications

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
嶋崎宏

指導教員 相川慎也 研究協力者 山寺真理

キーワード：絶縁体，酸化イットリウム，リーク電流，薄膜トランジスタ

1. 緒言

近年，IoT が進み情報製品の基盤である半導体の需要が急速に高まっている．加速する市場競争の中で既存製品に代わる高性能な薄膜トランジスタ(TFT)の開発が求められている．高性能 TFT にとって半導体層と同様に絶縁体は非常に重要であり，高い誘電率を持つ高品質な high- κ 薄膜が注目されている[1]．中でも Y_2O_3 は清浄な界面を形成できるためパッシベーション層として優れている[2]．また， SiO_2 の約 4 倍の比誘電率 12~18 を持つことから，リーク電流の抑制と TFT の高性能化を両立することが期待される．

従来の SiO_2 では，ゲート容量を大きくするために薄膜化することが必要であり，ゲートリーク電流の抑制が課題となっていた．そのため，十分な膜厚を有した Y_2O_3 絶縁膜を用いた TFT の開発が不可欠となっており，リーク電流を最小限に抑制可能な高品質な Y_2O_3 絶縁膜を成膜するための成膜方法および成膜条件の探索が必要となっている．

そこで本研究では，上記の問題点の解決に向けて，産業用途で使用される 2 種類の成膜方法で作製した Y_2O_3 絶縁膜を比較し，それらを電氣的に評価することを目的とする．

2. 実験方法

アセトン/IPA で超音波洗浄した Si 基板に UV 照射を行い，有機物残渣を除去した．まず，Si 基板上に下部電極として Ti を EB(電子ビーム)蒸着装置で 50nm 堆積させた．次に RF マグネトロン

スパッタ装置，または EB 蒸着装置で Y_2O_3 を膜厚 30~160 nm の範囲で成膜した．スパッタ成膜における酸素分圧は 0~0.25 Pa で変化させた．スパッタ成膜後は大気中 150°C および 300°C，30 分のアニール処理を行った．その後，上部電極として Ti を 50nm 堆積させた．その際，下部電極間距離よりも幅広い wide 電極とそれよりも狭い narrow 電極の 2 種類を作製した．Fig. 1 に 2 種類の構造の断面概略図を示す．電気特性評価は，室温・大気圧下で 40 V 印加し行った．

3. 実験結果及び考察

スパッタリングで成膜した Y_2O_3 の電流密度 (J)-電界強度 (E) 特性を Fig. 2 に示す．スパッタ成膜では，成膜時の酸素分圧が影響し，0.167 Pa より高い条件で良好な絶縁特性が得られた．酸素分圧が低い場合，ターゲットのみならず基板側の Y_2O_3 がスパッタされて表面が粗くなり， Y_2O_3 膜質が低下すると考えられる．また，同一酸素分圧条件下で成膜したものでもアニール処理を行うことで最大 1 MV/cm の絶縁特性の向上が見られた．

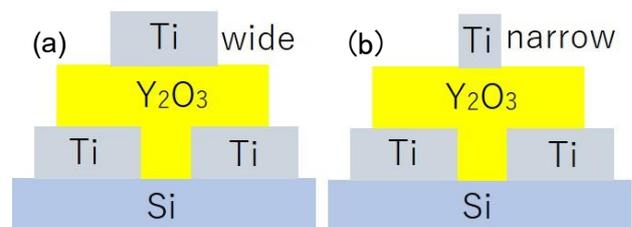


Fig. 1 本研究で用いた(a) wide ゲート，および(b)narrow ゲート構造

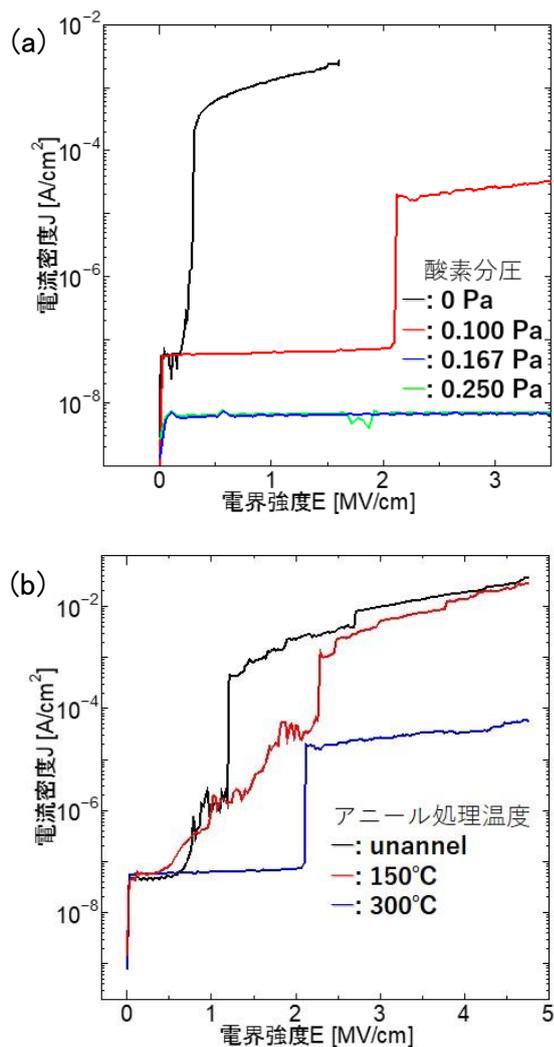


Fig. 2 作製した Y_2O_3 の J - E 特性. (a) スパッタ成膜時の酸素分圧依存. (b) 酸素分圧 0.1 Pa 時のアニール温度依存.

酸素雰囲気中での加熱により十分な酸化が生じ、膜質の向上に繋がったためだと考えられる. 150 °C アニールした薄膜において、Fowler-Nordheim ライクなトンネル挙動が見られた. これは、酸素アニールによる膜質の向上過程を示唆している.

Fig. 3 は、EB およびスパッタ成膜した Y_2O_3 の J - E 特性の比較を示す. EB 成膜では酸素導入ができないため、スパッタ成膜時の酸素分圧は 0 Pa として、同一膜厚のサンプルを比較した. EB 成膜 Y_2O_3 は測定した電界強度の範囲においては良好な絶縁特性を示したが、スパッタ成膜では低電界領域で絶縁破壊が確認された. これはスパッタ成膜にお

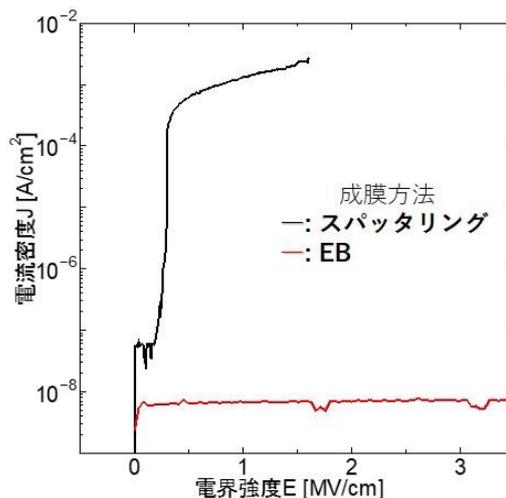


Fig. 3 EB およびスパッタ成膜した Y_2O_3 の J - E 特性の比較.

ける酸素空孔欠陥に起因すると考えられる.

4. 結論

本研究では、TFT の高性能化のために、高誘電率 Y_2O_3 に着目し、その絶縁特性の成膜方法依存について調査した. その結果、EB 蒸着で成膜した Y_2O_3 では、リーク電流密度 10^{-8} A/cm² の良好な絶縁特性が得られた. 成膜後の熱処理無しで良好な絶縁特性が得られたことで、熱可塑性プラスチック基板を用いるフレキシブル TFT 用途に有効だと考えられる. 一方、スパッタ成膜した Y_2O_3 では、成膜時の酸素分圧に絶縁特性が大きく依存するとともに、酸素アニールによる特性改善が可能であることがわかった.

今後は、フレキシブル化に向けた TFT 作製を行い Y_2O_3 の成膜方法が TFT に与える影響についての調査を行う.

5. 参考文献

- [1] Mark T. Bohr, *et al.*, IEEE Spectrum, Vol 44, 10 (2007)
- [2] K. Nomura, *et al.*, Thin Solid Films 520, 3778–378 (2012)