

課題番号 : F-18-WS-0007
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名(日本語) : IGZO 基板上へ形成した MIS キャパシタの電気特性
 Program Title (English) : Development of high-performance wide-bandgap semiconductor devices and their mounting technology
 利用者名(日本語) : 平岩篤¹⁾, 前田世蓮²⁾, 大久保智³⁾
 Username (English) : Atsushi Hiraiwa^{1,2)}, Seren Maeda²⁾, Satoshi Okubo³⁾
 所属名(日本語) : 1)名古屋大学未来材料・システム研究所, 2)早稲田大学大学院基幹理工学研究科
 3)早稲田大学電子物理システム学科
 Affiliation (English) : 1) Inst. Mater. Sci. Syst. Sustain., Nagoya Univ. 2) School Fund. Sci. Eng., Waseda, Univ., 3) Dept. Electron. Phys. Syst., Waseda Univ.,
 キーワード/Keyword : 電気計測、IGZO、MIS キャパシタ、ゲート絶縁膜

1. 概要(Summary)

IGZO, ダイヤモンドおよび Si を半導体基板に用い MIS キャパシタおよび MISFET を作成し, その特性を測定した。また, 表面状態を変えて試料を作成し, 貼合せ試験を行った。ここでは, IGZO を半導体とした原子層堆積(ALD) Al₂O₃ゲート絶縁膜の電気特性について先報¹⁾の結果を踏まえさらに検討した結果を報告する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

アトミックレイヤデポジション(ALD)装置, 3 連電気炉, イオンビームスパッタ装置, 分光エリプソメータ, 低電圧・低電流測定装置。

【実験方法】

本検討に用いた試料および電流-電圧(I - V)特性の測定方法は先報¹⁾と同じである。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

3.1 本検討の背景

Si・SiC 以外の半導体を用いた金属絶縁体半導体(MIS)型電界効果トランジスタ(MISFET)のゲート絶縁膜には ALD-Al₂O₃膜が有望であるが²⁾, その実用化に向け電氣的信頼性のさらなる向上が期待されている。このため, 電気特性を決定する要因を明らかにし特性改善の手がかりを得るのみならず同膜適用範囲を拡大すべく, 半導体基板を変えて比較検討している。その一環として IGZO を半導体基板とした MIS キャパシタを作成し, その電気特性を評価した。先報¹⁾では絶縁膜の信頼性を検討する上で基礎となる膜中の電気伝導機構に関して検討し, 本報告者等が提唱してきた空間電荷制限電界放出

(SCC-FE)過程³⁾に支配されることを報告した。同過程による理論計算結果は低電界において測定結果と良く一致するものの, 高電界に対しては大きく乖離していた。絶縁膜中を流れる電流は素子動作時に特性が変動する所謂バイアス不安定性の原因となるので, 高電界領域を含めた伝導機構の解明が必要であり検討を行った。

3.2 I - V 特性の SCC-FE 解析結果

先回報告¹⁾した I - V 特性の測定結果(Fig. 1 のプロット)に対して, Al₂O₃膜の IGZO 側界面付近における帯電量がゲート電圧とともに変化すると膜中伝導電流を計算した結果を Fig. 1 の曲線にて示す。ここでも先報同様, 実用的観点から酸化膜換算電界強度(EOF)⁴⁾を揃えて比較している。また, 同計算において用いた Al₂O₃膜実効電子親和力および膜中電荷の面密度を Fig. 2 と Fig. 3 にそれぞれ示す。なお, Fig. 2 に示した実効電子親和力は解析方法の変更に伴い先報¹⁾の値から若干変更している。Fig. 1 に示すように, Al₂O₃膜の帯電量が変化する効果を考慮すると計算結果は全電圧範囲において測定結

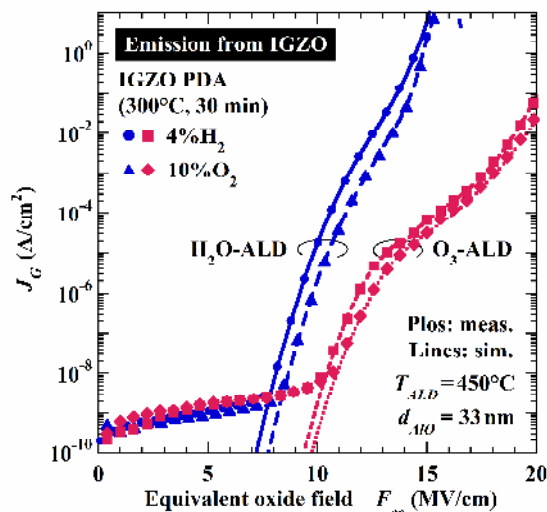


Fig. 1 I - V curves of Al₂O₃/IGZO MIS capacitors.

果と良く一致する。この帯電量の変化は O_3 を酸化剤に用いて形成した Al_2O_3 膜において 12MV/cm 以上の EOF に対して顕著である。EOF に対するこの閾値は Fig. 1 において伝導電流 (赤色のプロットと曲線) が抑制され始める EOF の値と一致しており、膜中における正電荷の減少により伝導電流が抑制されていることが分かる。なお、 O_3 形成膜の帯電量が H_2O 形成膜より顕著に大きく伝導電流の大きくなることが予想されるにも関わらず実際に逆であるのは、先報¹⁾にて述べたように実効電子親和力が小さく、電子の電界放出に対するポテンシャル障壁が高いためである。

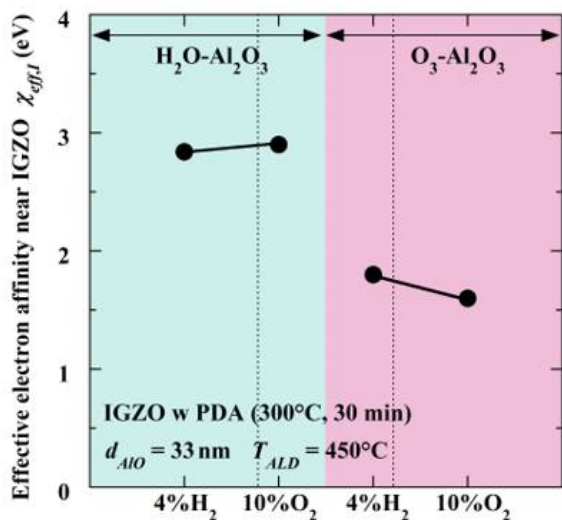


Fig. 2 Near-IGZO Al_2O_3 effective electron affinity assumed in the simulations of Fig. 1. ↵

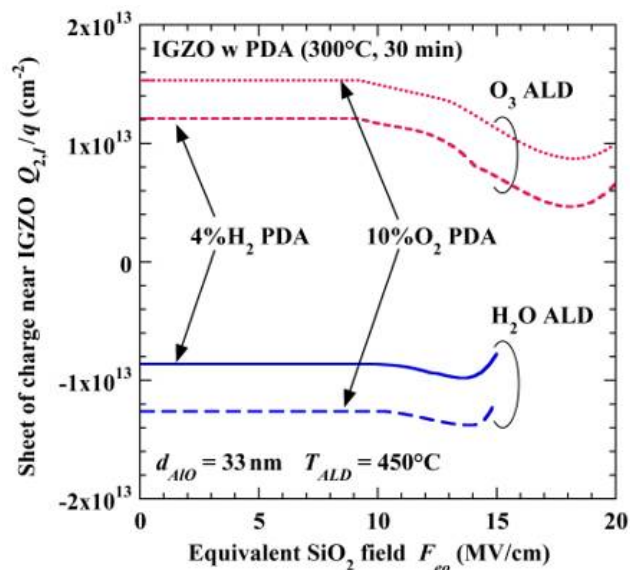


Fig. 3 Near-IGZO Al_2O_3 sheet of charge assumed in the simulations of Fig. 1. ↵

・共同研究者:佐々木敏夫。

・参考文献

- 1) 平岩, 他, NTRC 課題番号 F17WS-0031 報告書 (2017.9.26)。
- 2) 平岩, 他, NTRC 課題番号 F16WS-0024 報告書 (2016.10.19)。
- 3) A. Hiraiwa, et al., J. Appl. Phys. **119**, 064505 (2016).
- 4) A. Hiraiwa, et al., J. Appl. Phys. **120**, 084504 (2016).

・関連文献

- (1) S. Kono, T. Sasaki, M. Inaba, A. Hiraiwa, H. Kawarada, Diamond Relat. Mater. **80**, 93 (2017).
- (2) A. Hiraiwa, T. Sasaki, S. Okubo, and H. Kawarada, 2017 MRS Fall Meeting, EM04.01.06.
- (3) S. Okubo, D. Matsumura, A. Hiraiwa, and H. Kawarada, 2017 MRS Fall Meeting, EM05.09.18.
- (4) N. Oi, T. Kudo, T. Muta, S. Okubo, I. Tsuyuzaki, T. Kageura, M. Inaba, S. Onoda, A. Hiraiwa, and H. Kawarada, 2017 MRS Fall Meeting, EM06.04.04.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。

4. その他・特記事項 (Others)