

課題番号 : F-18-WS-0011 報告日 : 2018.11.9

利用形態 : 共同研究

利用課題名(日本語) : 高性能ワイドバンドギャップ半導体素子および同実装技術の研究(1)

Program Title (English) : Development of high-performance wide-bandgap semiconductor devices and their mounting technology (1)

利用者名(日本語) : 平岩篤¹⁾, 厚見賢一²⁾, 大久保智³⁾

Username (English) : Atsushi Hiraiwa¹⁾, Kenichi Atsumi²⁾, Satoshi Okubo³⁾

所属名(日本語) : 1) 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、Ga₂O₃、原子層堆積法(ALD)、ゲート絶縁膜

1. 概要(Summary)

IGZO, ダイヤモンド, Ga₂O₃およびSiを半導体基板に用い金属絶縁膜半導体(MIS)型キャパシタおよび MIS型電界効果トランジスタ(MISFET)を作成し, その特性を測定した。また, 液体有機半導体を用い素子を作成するための基礎検討を行った。ここでは, Ga₂O₃を用いて得た結果について報告する。

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, イオンビームスパッタ装置, 3連電気炉, 低電圧・低電流測定装置。

【実験方法】

β -Ga₂O₃ 基板(実効ドナー濃度 $1.4 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)に対して, 有機洗浄, ピラニア洗浄, 希塩酸洗浄を行った後, H₂O を酸化剤に用いた原子層堆積法(ALD)にて Al₂O₃ 膜を形成した(450°C, 33nm)。ついで, 金属マスクを用いAlを抵抗加熱蒸着することによりゲート電極を形成した後, 裏面に対してイオンビームエッチング・Ti/Au 蒸着を順次行い, MIS型キャパシタを作成した。光照射には, 重水素・ハロゲン光源に200nmロングパスフィルターを装着したものをを用いた。光エネルギーは最大 6.2eV であり Ga₂O₃ の禁制帯幅 4.9eV より大きい。

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 MISFET のゲート絶縁膜には ALD-Al₂O₃ 膜が有望であるが¹⁾, その実用化に向け半導体基板との間に生ずる界面準位を低減する必

要がある。本研究にて対象とする半導体は Si を除き, 禁制帯幅が大きいために, 従来の容量電圧(C-V)法²⁾ではバンド端付近の浅い界面準位しか検出することができない³⁾。これを解決すべく光支援 C-V(PACV)法³⁻⁵⁾が開発されたが, 解析精度に難があった。今回, 同問題を解消することのできる測定法を開発した。

3.2 本研究の PACV 法による結果

従来は光照射を止め時間を置いて C-V 特性を測定していた(Fig. 1 の Lighting A)ので, 界面準位を少なめに見積もっていた。これを防ぐため, 本研究では C-V 測定の際にも光を継続して照射した(Lighting B)。このようにして測定した C-V 特性(Fig. 2 中塗の丸印)の非照射特性(Fig. 2 中白の丸印)からのシフト量 ΔV_G を元に

$$N_{\text{inter}} = c_{\text{inc}} \Delta V_G / q \quad (1)$$

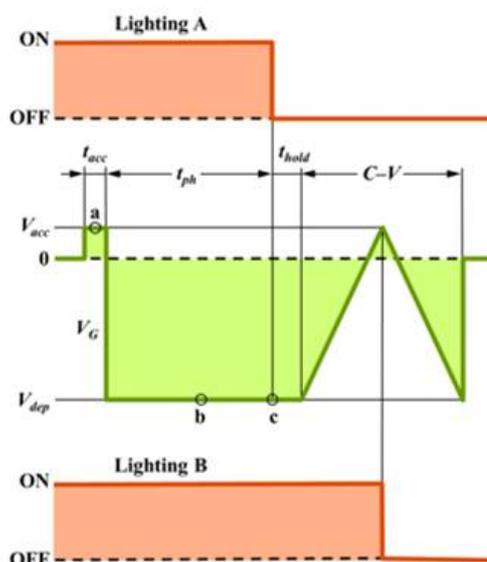


Fig. 1 Timing chart of PACV measurements.

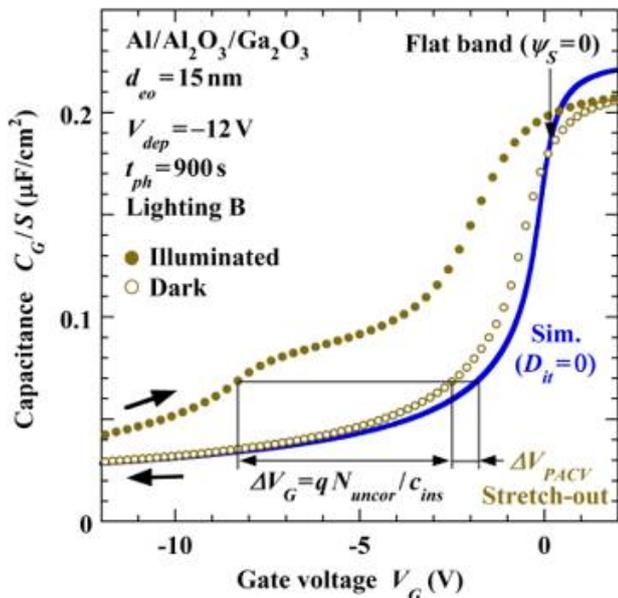


Fig. 2 PACV characteristics of Al/Al₂O₃/Ga₂O₃ MIS capacitors.

により界面準位の面密度 N_{uncor} を求めた (Fig. 3 中白の丸印)。ただし、同非照射特性も理想特性 (Fig. 2 の実線) からシフトしており、その量 ΔV_{PACV} を加えて求めたものが禁制帯内における界面準位の総量 N_{it} となる (Fig. 3 中塗の丸印)。同 N_{uncor} および N_{it} は -8V 以下 (絶対値 8V 以上) の V_{dep} に対してほぼ同じ値をとり、正確な測定のできていることが分かる。このように V_{dep} に適正な範囲のあることが本研究により初めて明らかとなった。

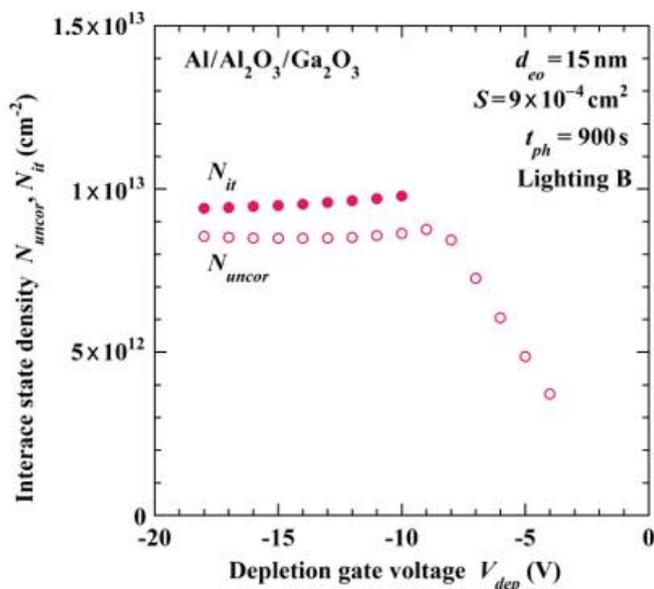


Fig. 3 Total interface state density of Al/Al₂O₃/Ga₂O₃ MIS capacitors.

4. その他・特記事項 (Others)

・共同研究者

早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構 佐々木 敏夫

・参考文献

- 1) ナノテクノロジープラットフォーム利用報告書 F-16-WS-0024.
- 2) D. K. Schroder, *Semiconductor material and device characterization* (Wiley, New Jersey, 2006).
- 3) J. A. Cooper, Jr., *Phys. Status Solidi A* 162, 305 (1997).
- 4) H. C. Casey, Jr., et al., *Appl. Phys. Lett.* 68, 1850 (1996).
- 5) J. Tan, et al., *Appl. Phys. Lett.* 70, 2280 (1997).

・関連論文

- (1) S. Imanishi, N. Oi, S. Okubo, K. Horikawa, T. Kageura, A. Hiraiwa, and H. Kawarada, 2018 Inter. Conf. Solid State Dev. Mater. (2018).
- (2) K. Horikawa, A. Hiraiwa, S. Okubo, T. Kageura, and H. Kawarada, 2018 Inter. Conf. Solid State Dev. Mater. (2018).
- (3) T. Yabe, N. Oi, J. J. Buendia, S. Okubo, K. Horikawa, T. Kageura, S. Kono, A. Hiraiwa, and H. Kawarada, 2018 Inter. Conf. Solid State Dev. Mater. (2018).

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。