

PDA 雰囲気ガスが n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS キャパシタの電気特性へ及ぼす影響

Influence of PDA ambient gas on characteristics of n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS capacitors

芝浦工大¹, NIMS² ○廣瀬 雅史^{1,2}, 生田目 俊秀², 前田 瑛里香^{1,2},

大井 暁彦², 池田 直樹², 色川 芳宏², 小出 康夫², 清野肇¹

SIT.¹, NIMS², Masafumi Hirose^{1,2}, Toshihide Nabatame², Erika Maeda^{1,2}, Akihiko Ohi²,

Naoki Ikeda², Yoshihiro Irokawa², Yasuo Koide², Hajime Kiyono¹

E-mail: mc19017@shibaura-it.ac.jp

緒言: β -Ga₂O₃ は大きなバンドギャップ(4.9 eV)を有し、絶縁破壊電界も高く、GaN などと同様に次世代パワーデバイスの材料として大きく期待されている。 β -Ga₂O₃ デバイスのゲート絶縁膜の候補材料として、HfO₂ 及び Al₂O₃ が盛んに研究されている[1, 2]。これまで、我々は n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS キャパシタで、N₂ 雰囲気の後熱処理(Post deposition annealing: PDA)の温度と電気特性の関係について調べ、700 °C 以上で界面準位密度(D_{it})が大きく増大する事及び正のフラットバンド電圧(V_{fb})シフトが生じる事を報告した[3]。本研究では、酸化、還元及び不活性ガス雰囲気中、PDA700 °C で処理した n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS キャパシタの電気特性について報告する。

実験方法: n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS キャパシタは以下の手順で作製した。まず、n⁺- β -Ga₂O₃ / n- β -Ga₂O₃ エピ(N_d = 1-9×10¹⁸ / 1-2 × 10¹⁶ cm⁻³)基板を SPM 溶液で洗浄した。約 30 nm 膜厚の Al₂O₃ ゲート絶縁膜は、Al(CH₃)₃ 及び H₂O を用いた ALD 法(T_g = 300 °C)で作製した。続いて、PDA は、700 °C で雰囲気ガスを N₂ (PDN)、O₂ (PDO)及び 3%H₂ (PDH)と変えて実行した。最後に Pt 電極及び Ti/Pt オーミック電極を形成して、MOS キャパシタを作製した。C-V 測定は、周波数(f)を 1 M-1 kHz で、空乏領域から蓄積領域を順方向として電圧を往復掃引して実施した。

結果: Fig. 1 に f=1 MHz における PDN、PDO 及び PDH 処理したキャパシタの V_{fb} 及び V_{fb hys} を示す。PDN、PDO 及び PDH の V_{fb} 値は各々 1.5、2.9 及び 0.4 V であった。理想 V_{fb} 値(1.1 V)と比較して PDN 及び PDO では正の V_{fb} シフトが認められた。これは β -Ga₂O₃/Al₂O₃ 界面または Al₂O₃ 膜に負の固定電荷が存在する事を示している。一方、PDH では負の V_{fb} シフトが認められ、正の固定電荷が生成した事を示している。また、V_{fb hys} 値は PDN、PDO 及び PDH で各々 0.5、1.5 及び 0.3 V であり、PDO が著しく大きな値を示した。PDO は理想 V_{fb} から正の方向に大きくシフトしており、電子のトラップサイトが増加した事が考えられる。Fig. 2 に、PDN、PDO 及び PDH のコンダクタンス法より求めた界面準位密度(D_{it})を示す。D_{it} プロファイルは PDN 及び PDO に比べて、PDH が小さな傾向であった。E_c-E=0.4 eV での PDN、PDO 及び PDH の D_{it} 値は各々、5.7、4.5 及び、1.4 × 10¹² eV⁻¹ cm⁻² であり、PDN 及び PDO に比べて PDH は約 1/3 まで低減できた。これは、PDN 及び PDO に比べて、PDH で界面の電気的な欠陥を減少できたためと思われる。また、PDO と PDN の D_{it} プロファイルがほとんど同じ事より β -Ga₂O₃/Al₂O₃ 界面の電気的な欠陥は同程度と考えられる。しかし、両者の V_{fb} 値は大きく異なっており、この異なる V_{fb} 特性は、 β -Ga₂O₃/Al₂O₃ 界面または Al₂O₃ 膜に生成した固定電荷に起因すると考えられる。以上より、PDA 雰囲気ガスが n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS キャパシタの電気特性に大きな影響を及ぼす事が分かった。

謝辞: 本研究は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の委託を受けて行われました。

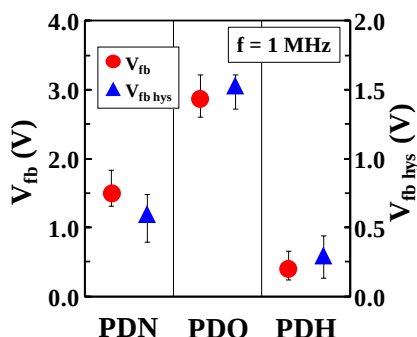


Fig. 1 V_{fb} and V_{fb hys} values of n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS capacitors after PDA at 700 °C in N₂ (PDN), O₂ (PDO) and 3% H₂ (PDH).

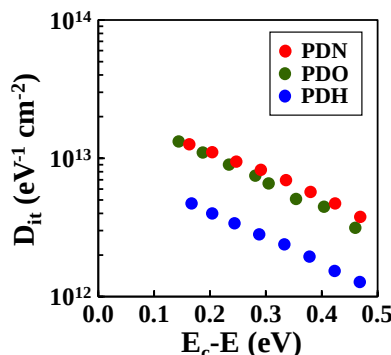


Fig. 2 D_{it} energy distributions for n- β -Ga₂O₃/Al₂O₃/Pt MOS capacitors after PDA at 700 °C in N₂ (PDN), O₂ (PDO) and 3% H₂ (PDH).

- [1] T. Kamimura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 55, 1202B5 (2016). [2] K. Sasaki et al., Appl. Phys. Express 10, 124201 (2017).
 [3] M. Hirose et. al., Microelectron. Eng. 216 111040 (2019).