

成膜後熱処理による原子層堆積 Al₂O₃/GaN キャパシタの バイアス安定性向上

Bias stability improvement of ALD-Al₂O₃/GaN capacitors by post-deposition annealing

早大理工¹, 早大材研², 早大ナノライフ³, 名大未来研⁴

堀川 清貴¹, 川原田 洋¹⁻³, 〇平岩 篤^{3,4}

Fac. Sci. Eng., Waseda Univ.¹, KMLMST, Waseda Univ.², RONLI, Waseda Univ.³, IMaSS, Nagoya Univ.⁴

K. Horikawa¹, H. Kwarada¹⁻³, and 〇A. Hiraiwa^{3,4}

1. 緒言 GaN に代表されるワイドバンドギャップ半導体は絶縁破壊耐圧が高く、高温にてもリーク電流が少ないため、高耐圧電力素子の半導体基板に適する。同半導体上には定評ある熱酸化 SiO₂ を形成することができないため、これに代わる絶縁膜の界面準位低減と信頼性確保が大きな課題である。ここでは、原子層堆積 (ALD) 法により形成した Al₂O₃ 膜に着目し、成膜後熱処理 (PDA) による信頼性改善効果について検討した。

2. 実験方法 (1) 先報[1]と同様にして、表面に *n* 型ホモエピタキシャル膜 (Si 5×10¹⁶cm⁻³, 2μm) を有する低抵抗 *n* 型 *c* 面 GaN 基板の上に、トリメチルアルミニウムと H₂O を前駆体とした ALD により 200°C もしくは 450°C にて Al₂O₃ 膜 (厚さ 41–33nm) を形成した後、600–900°C の 4%H₂/Ar 雰囲気中にて 30 分間熱処理を行った。ついで、抵抗加熱蒸着法により Al ゲート電極 (面積 3×10⁻⁵cm²) を形成した。なお、比較のため熱処理を行わない試料も作成した。(2) 定電圧ストレスの印加と容量電圧特性の測定とを交互に反復し、フラットバンド電圧 *V_{fb}* の変化を経時的に測定した。また、上記試料 16 個の絶縁破壊時間を定電圧法により測定し、累積確率 63% に対する時間を求め絶縁破壊寿命とした。

3. 結果とその検討 低温 (200°C) 形成 Al₂O₃ 膜は、熱処理の無い場合、*V_{fb}* の変動量が大きく (図1、酸化膜換算電界強度 *F_{eo}* = 4MV/cm のストレスを 3000 秒間印加)、700°C の熱処理後にプリスター [2] が発生した (図2、平面走査型電子顕微鏡像)。このため、本研究では高温 (450°C) 形成膜を採用した。PDA 温度が高いほど *V_{fb}* 変化が小さいが (図3)、800°C 以上になると Al₂O₃ 膜が結晶化し [3] (図4、断面透過型電子顕微鏡像)、絶縁破壊寿命分布が増加するとともに定格電圧 (*F_{eo}* = 3MV/cm) に対する推定寿命が低下した (図5)。他方、PDA 温度が 700°C の場合、Al₂O₃ 膜は結晶化せず、絶縁破壊寿命も熱処理の無いものと同等であった (図5)。

4. 結言 Al₂O₃ 膜を用いた GaN キャパシタは、Al₂O₃ 膜を高温 (450°C) にて形成し 700°C にて PDA を行ったものが最も信頼性が高い。

【参考文献】 [1] A. Hiraiwa, et al., *J. Appl. Phys.* 123 (2018) 155303. [2] O. Beldarrain, M. Duch, M. Zabala, J. M. Rafi, M. B. González, and F. Campabadal, *J. Vac. Sci. Technol. A* 31 (2013) 01A128. [3] Y. Hori, C. Mizue, and T. Hashizume, *Jpn. J. Appl. Phys.* 49 (2010) 080201. 【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」の委託を受けたものである。

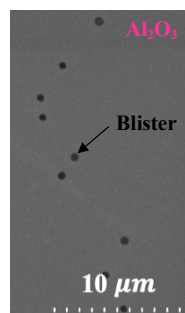


Fig. 2 SEM image.
T_{ALD} = 200 °C,
T_{PDA} = 700 °C.

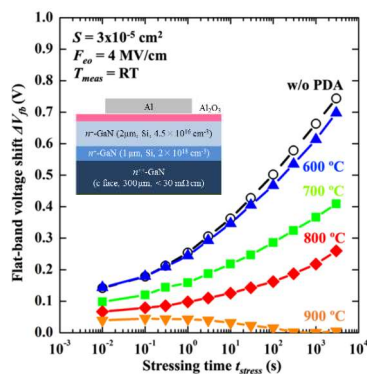


Fig. 3 *V_{fb}* shift vs stressing time.
T_{ALD} = 450 °C, *F_{eo}* = 4 MV/cm.



Fig. 4 TEM image.
T_{ALD} = 450 °C,
T_{PDA} = 800 °C.

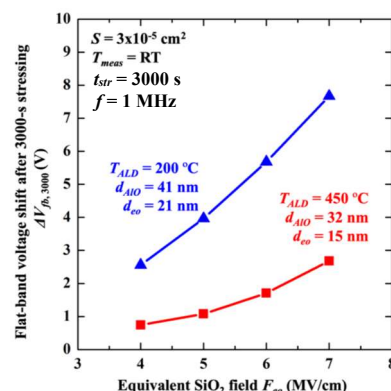


Fig. 1 *V_{fb}* shift vs *F_{eo}*. Without PDA.

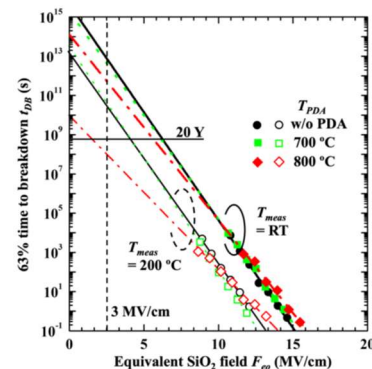


Fig. 5 Breakdown lifetime vs *F_{eo}*.
T_{ALD} = 450 °C.