

GaN 基板上原子層堆積 Al_2O_3 膜の経時的絶縁破壊 (TDDB)Time-dependent dielectric breakdown of atomic-layer-deposition Al_2O_3 films on GaN早大ナノライフ¹, 名大未来研², 早大理工³, 早大材研⁴○平岩 篤^{1,2}, 佐々木敏夫¹, 大久保 智³, 松村 大輔³, 川原田 洋^{1,3,4}RONL, Waseda Univ.¹, IMaSS, Nagoya Univ.², Fac. Sci. Eng., Waseda Univ.³, KMLMST, Waseda Univ.⁴○A. Hiraiwa^{1,2}, T. Sasaki¹, D. Matsumura³, S. Okubo³, and H. Kwarada^{1,3,4}

1. 緒言 GaN-MISFET のゲート絶縁膜には原子層堆積(ALD) Al_2O_3 膜が有望である。これまでカレントコラプス等の観点から主に界面トラップが盛んに検討されており[1]、絶縁性に関する検討は乏しい[2,3]。このような中、ALD- Al_2O_3 膜の電気伝導が空間電荷制限電界放出(SCC-FE)モデルにより定量的に把握できることを Si 基板上で明らかにしてきた [4]。しかし、 n チャンネルが主流の GaN 素子では、ゲート電極に正バイアスが付加され基板から電子が放出されるため結果が Si 基板上と異なる。そこで、GaN 基板を用いた検討も平行して行っており、ここでは経時的絶縁破壊(time-dependent dielectric breakdown、TDDB)特性に関して報告する。

2. 実験方法 (1)比抵抗 $30\text{m}\Omega\text{cm}$ 以下の n 型 c 面 GaN 自立基板上に Si ドープ n 型エピ膜(ドープ量 $4.5 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 、厚さ $2\mu\text{m}$)を形成した基板を用いた。有機洗浄、ピラニア洗浄、希塩酸洗浄を逐次行った後、上記基板上にトリメチルアルミニウム(TMA)と H_2O を用い ALD 法により 450°C にて Al_2O_3 膜を形成した(厚さ 32nm)。ついで、 450°C の $4\%\text{H}_2$ (Ar 希釈)雰囲気中にて 30 分間熱処理(post-deposition annealing、PDA)した後、抵抗加熱法を用いたマスク(開孔寸法 $\phi 56\mu\text{m}$)蒸着により Al ゲート電極を形成し試料を完成させた。(2)TDDB 特性は、室温にて定電圧法(正バイアス)により電圧毎に 6-25 個測定した。

3. 結果とその検討 (1)定電圧バイアスの下、リーク電流が時間とともに単調に減少したが絶縁破壊の少し手前から若干増加に転じた。AlGaN 上 ALD- Si_3N_4 膜で報告[5]されたソフトブレイクダウンは生じなかった。(2)一部電圧に対し外因性破壊が見られるものの、摩耗(真性)破壊寿命の分布は狭く実用的レベルにある(図1)。(3)63%破壊寿命は電界強度 F の指数関数(F 則)であり(図2)、Kikuta 等による二つの異なる結果(寿命分布大)[2],[3]の内、最近のもの[3]とほぼ一致する。(4)常用電界強度(2MV/cm)に対する破壊寿命が約 10^4 年であり、目標の 20 年動作に向け温度上昇・寿命分布に対してマージンが比較的少なく改善が必要である。

4. 結言 ALD- Al_2O_3 膜の絶縁破壊寿命は電界強度の指数関数であり、常用電界強度での目標信頼性に対しマージンが比較的少なく改善が必要である。高温でのマージン確認とプロセス改善が今後の課題である。

【謝辞】本研究は文部科学省からの委託を受けたプロジェクトの一環として行われています。

【参考文献】[1] R. Quay, Gallium Nitride Electronics (Springer, 2008). [2] D. Kikuta, *Jpn. J. Appl. Phys.* **52** (2013) 08JN19.

[3] D. Kikuta, *JVSTA* **35** (2016) 01B122. [4] A. Hiraiwa, *JAP* **119** (2016) 064505. [5] T.-L. Wu, 2015 IRPS, 6C.4.1-6.

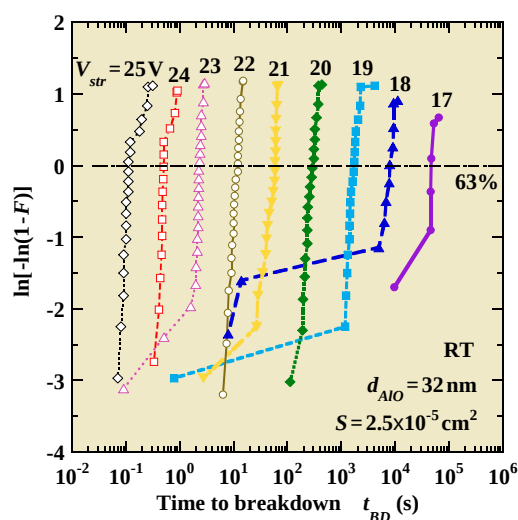


Fig. 1 Weibull plot of dielectric breakdowns of ALD- Al_2O_3 MIS capacitors.

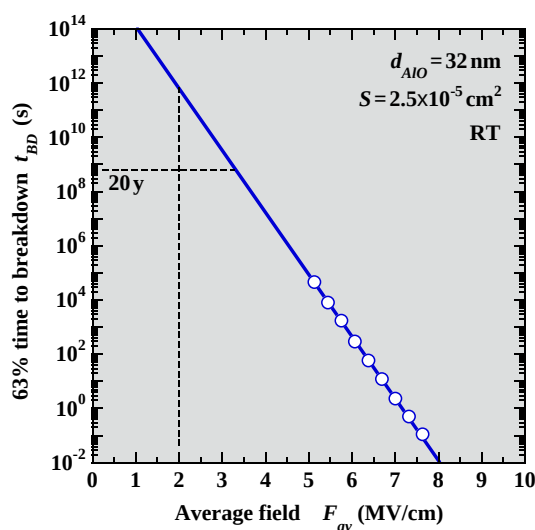


Fig. 2 Time to breakdown of ALD- Al_2O_3 MIS capacitors.