

Al₂O₃/n-GaN キャパシタの酸化ガリウム界面層が電気特性へ及ぼす影響

Influence of gallium oxide interfacial layer on electrical characteristics of Al₂O₃/n-GaN capacitors

1. 芝浦工大、2. 物材機構 [○](M1)弓削雅津也^{1,2}、生田目俊秀²、色川芳宏²、大井暁彦²、池田直樹²、Liwen Sang²、知京豊裕²、小出康夫²、大石知司¹

1. SIT, 2. NIMS [○](M1)Kazuya Yuge^{1,2}、Toshihide Nabatame²、Yoshihiro Irokawa²、Akihiko Ohi²、Naoki Ikeda²、Liwen Sang²、Toyohiro Chikyow²、Yasuo Koide²、Tomoji Ohishi¹

E-mail: mc17042@shibaura-it.ac.jp

緒言：GaN は高い絶縁破壊電界と大きいバンドギャップから Si に代わる次世代パワーデバイス材料として注目されている。GaN に用いられるゲート絶縁膜候補として大きなバンドギャップ($E_g \sim 9$ eV)及び誘電率($k \sim 8$)を有する Al₂O₃ が盛んに研究されている。最近、GaN の最表面には自然酸化膜として ϵ -Ga₂O₃ 及び γ -Ga₂O₃ の混晶が存在することが報告されている^[1,2]。Al₂O₃/n-GaN キャパシタにおけるこの自然酸化膜の役割は良く分かっていない。そこで、本研究では酸化ガリウム界面層(GaO_x)が Al₂O₃/n-GaN キャパシタの電気特性へ及ぼす影響について調べた。

実験方法：n-GaN 自立基板上の n-GaN エピタキシャル層($N_d: 2 \times 10^{16}$ cm⁻³)を用いて、酸化ガリウム界面層の有(w GaO_x)・無(w/o GaO_x)の Al₂O₃/n-GaN キャパシタを作製した。w GaO_x キャパシタは Al₂O₃ 形成前に SPM(H₂SO₄: H₂O₂ = 1:1)処理した。一方、w/o GaO_x キャパシタは BHF 処理した。XPS 測定より SPM 処理で Ga-O に起因する大きなピークが認められたのに対して、BHF 処理ではそのピークは認められなかった。膜厚 10~30 nm の Al₂O₃ 絶縁膜は H₂O を用いた ALD 法($T_g = 300$ °C)で成膜した。その後、Pt ゲート電極及び Ti/Pt オーミック電極を形成し、Al₂O₃/n-GaN キャパシタを作製した(As-grown)。この Al₂O₃/n-GaN キャパシタは窒素雰囲気中、300~600 °C で 5 min アニールした。C-V 測定は 1k~1MHz で空乏領域から蓄積領域を順方向として往復掃引した。

結果：Fig. 1 に C-V 特性から求めた w/o GaO_x キャパシタのフラットバンド電圧(V_{fb})と容量換算膜厚(CET)の関係を示す。As-grown のキャパシタは直線関係を満足することより Al₂O₃ 膜の固定電荷は無視できるほど小さいことが分かった。また、傾きから求められた Al₂O₃/n-GaN 界面の固定電荷は 6×10^{12} cm⁻² であり、成長温度と同じ 300 °C でアニールを行うことにより一桁小さくなった。その後、アニール温度を 600 °C まで高温にしても傾きの変化は非常に小さかった。次に、w/o GaO_x 及び w GaO_x キャパシタを用いて、Al₂O₃/n-GaN 界面と Al₂O₃/GaO_x 界面の特性を比較した。 V_{fb} -CET の直線を外挿(Al₂O₃ 膜厚 = 0)して求められた Normalized V_{fb} とアニール温度の関係を Fig. 2 に示す。アニール温度に関係なく w GaO_x 及び w/o GaO_x キャパシタの Normalized V_{fb} はほぼ同じ値を示した。これより、GaO_x 界面層が V_{fb} へ及ぼす影響が小さいことが分かった。

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。

参考文献

- [1] Y. Irokawa et al. Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 128004 (2017)
[2] K. Mitsuishi et al. Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 110312 (2017)

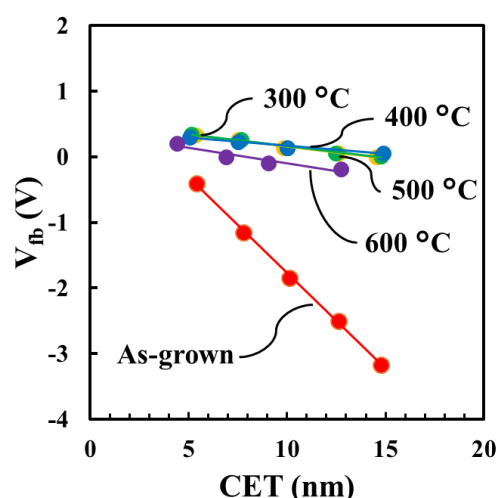


Fig. 1 V_{fb} characteristics as a function of CET for Al₂O₃/n-GaN (w/o GaO_x) capacitors.

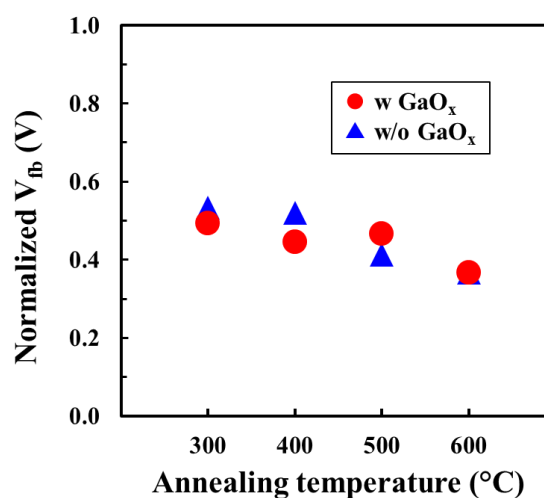


Fig. 2 Normalized flatband voltage as a function of annealing temperature.