# n-GaN 上 ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜に対する高圧水蒸気処理の効果

Effect of high pressure water vapor annealing for ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film on n-GaN 奈良先端大 <sup>1</sup>, CREST<sup>2</sup> °吉嗣 晃治 <sup>1\*</sup>, 梅原 智明 <sup>1</sup>, 堀田 昌宏 <sup>1,2</sup>, 石河 泰明 <sup>1,2</sup>, 浦岡 行治 <sup>1,2</sup> NAIST<sup>1</sup>, JST-CREST<sup>2</sup>, °Koji Yoshitsugu<sup>1</sup>, Tomoaki Umehara<sup>1</sup>, Masahiro Horita<sup>1,2</sup>, Yasuaki Ishikawa<sup>1,2</sup>, and Yukiharu Uraoka<sup>1,2</sup>

\*E-mail: yo-koji@ms.naist.jp

### 1.はじめに

Si デバイスに代わる次世代電力変換素子として GaN 系 HFET が注目されている. 我々はこれまでに、n-GaN 上に形成したプラズマ誘起原子層堆積法による  $Al_2O_3$  ゲート誘電膜が、順方向バイアス時におけるゲートリークを大幅に低減することを示してきた[1]. 一方で、成膜時にプラズマを用いない熱 ALD 法(Thermal atomic layer deposition, Thermal-ALD)による  $Al_2O_3$  膜中では、低電界領域でゲートリークを誘発する欠陥準位が存在する可能性について言及した. そこで、熱 ALD- $Al_2O_3$  膜の改質を目的として、堆積後熱処理(Post Deposition Annealing, PDA)の検討を行った. 本研究では、PDA 処理の一種で、強い酸化を特長とする高圧水蒸気処理(High pressure water vapor annealing, HPWVA)の効果について報告する.

### 2. 実験方法

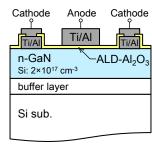
熱 ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をゲート絶縁膜に用いた n-GaN MIS ダイオードに HPWVA 処理を施し、その改質効果を電気的特性より評価した。Fig.1 に MIS ダイオードの断面模式図を示す。オーミックファーストプロセス[2]より、コンタクト電極 Ti/Al を形成した後、熱 ALD 法にて Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を  $300^{\circ}$ C、トリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)と O<sub>3</sub>を用いて 20 nm 堆積した。次に、HPWVA を水蒸気雰囲気の下  $270^{\circ}$ C、0.5MPa にて 1 時間熱処理した。その後コンタクトホールを形成し、ゲート電極 Ti/Al を堆積した。また、比較として熱処理無し、及び N<sub>2</sub>雰囲気で  $300^{\circ}$ C、1 時間 PDA 処理した試料を用いた。

## 3. 結果と考察

Fig.2 にゲート(アノード)電極に順方向バイアスを印加した 際の J-V 特性を示す. 熱 ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜の絶縁特性は各 PDA 処 理によって改善した. また, N2雰囲気で PDA 処理した試料と 比較して、HPWVA 処理した試料では改質効果がより顕著にみ られた.しかし、図中破線で示す、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>誘電膜中の欠陥準位を 介したゲートリーク成分はほとんど低減されていないことから, 今回実施した各 PDA 処理は、その条件内では欠陥準位を補償す る能力はないと予想される.次に、HPWVA 処理を施した ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/n-GaN 界面を断面 TEM 像より評価したところ, 1 nm 未満の極薄界面層が確認された. Fig.3 に蓄積容量から算出した 見掛けの誘電率を示す. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の理論的誘電率は 9 程度だが, HPWVA 処理によって見掛けの誘電率は 8.5 とやや低い値を示 した. これは形成された極薄界面層の誘電率に起因するものと 推察される. さらに、C-V 特性に対する high-low 法を用いた界 面準位密度評価より、HPWVA 処理試料の ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/n-GaN 界 面準位密度は,熱処理無しのものと比較して低い傾向を示した. 故に, n-GaN 上 ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜に対して, HPWVA 処理は界面の 高品質化を実現する,有効な PDA 処理であるといえる.

#### 参考文献

- [1] 吉嗣晃治ら, 第 60 回応物春季学術講演会, 27p-G4-10, 2013 年 3 月.
- [2] Y. Hori et al., JJAP 49, 080201 (2010).



 $\label{eq:Fig. 1: A schematic of Thermal} ALD-Al_2O_3/n\mbox{-}GaN\ MIS\ diode.$ 

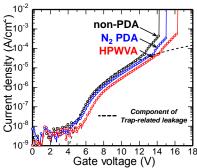


Fig. 2: *J-V* curves of MIS diodes with non-PDA, N<sub>2</sub> PDA, and HPWVA treatments.

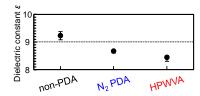


Fig. 3: Apparent dielectric constants of non-PDA, N<sub>2</sub> PDA, and HPWVA samples.