

高圧水蒸気処理による ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ 構造の改質機構の考察

Reforming mechanism for ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ structure by high pressure water vapor annealing

奈良先端大 [○]吉嗣 晃治, 堀田 昌宏, 浦川 哲, 石河 泰明, 浦岡 行治

NAIST, [○]Koji Yoshitsugu, Masahiro Horita, Satoshi Urakawa,

Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka

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

1. はじめに

MIS 構造を有する III 族窒化物半導体ヘテロ接合電界効果トランジスタ(HFET)は, ショットキー構造 HFET と比較して, ゲートリーク電流を大幅に抑制し, 広い入力電圧範囲が得られるため, 低損失・高出力動作が可能なパワー半導体として期待されている[1]. 一方, 異種接合界面の複雑化によって, 絶縁膜/III 族窒化物半導体界面の高品質制御は重要な課題である. 我々はこれまでに, 原子層堆積(ALD)- Al_2O_3 ゲート絶縁膜を有する GaN MIS 構造に対し, 堆積後熱処理として高圧水蒸気処理(High pressure water vapor annealing, HPWVA)を施すことで, ゲートリーク電流を低減し, 低界面準位密度を達成することを示してきた[2]. 本研究では, HPWVA の改質機構について, 高分解能透過型電子顕微鏡(HR-TEM)を用いた断面観察から考察したので報告する.

2. 実験方法

HCl 洗浄した n-GaN 表面に, ALD 反応前駆体としてトリメチルアルミニウム($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)とオゾン(O_3)を用いて, 基板温度 300°C にて Al_2O_3 膜を堆積した後, HPWVA を温度 400°C , 圧力 0.5 MPa で 30 分間処理した. TEM 試料は Ar イオンミリング法を用いて加工し, 300 kV の加速電圧で TEM 観察を行った. 電子エネルギー損失分光法(EELS)とエネルギー分散型 X 線分光法(EDS)による元素分析も同時に行い, HPWVA 非処理の構造と比較した.

3. 結果と考察

Fig. 1(a), (b)に, ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ 構造の断面 TEM 像を示す. HPWVA の有無に関わらず, Al_2O_3 膜は一樣に非晶質で, n-GaN 層と急峻な接合界面を形成している. 一方で, HPWVA によって膜厚がおよそ 2.0 nm 減少した. これは, 水熱反応によって表面の膜が溶解し, Al_2O_3 膜が高密度化したためと考えられる. また, EELS による元素マッピングを行ったところ, Al_2O_3 構成元素の膜中濃度分布の変化が観察された(Fig. 2(a), (b)). HPWVA 有の試料における表面及び界面の Al 過剰層は, 降温過程の脱離元素の再析出によるものと示唆される. 高温高圧下における水は, イオン積が増加し, 溶解性・拡散性に優れている. したがって, HPWVA による絶縁膜中及び接合界面の欠陥準位密度を低減する改質は, 水熱反応において繰り返される溶解-析出により進行すると考えられる.

参考文献

[1] Z. Tang *et al.*, IEEE Elec. Dev. Lett. **34**, 11 (2013). [2] K. Yoshitsugu *et al.*, IWN2012 TuP-LN-12 (2012).

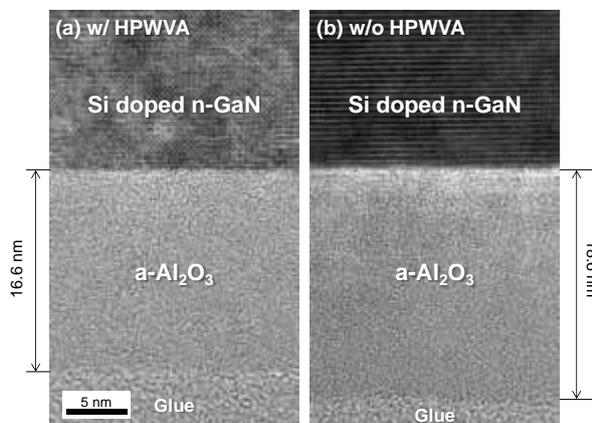


Fig.1 Cross-sectional TEM micrographs of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ structures (a) with HPWVA and (b) without HPWVA.

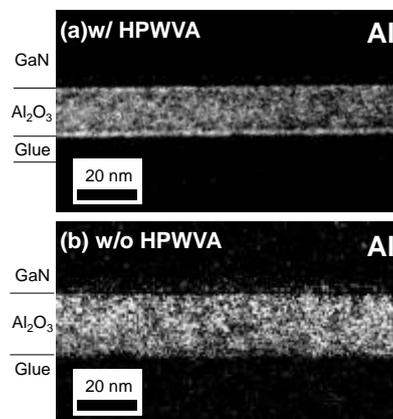


Fig.2 2D EELS maps of Al component of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ structures (a) with HPWVA and (b) without HPWVA.