

n-GaN 表面の N_2 プラズマエッチングダメージ N_2 Plasma Etching Damage on n-GaN Surface

兵庫県大高度研¹, 徳島大院工², 中部大総工研³, 日亜化学⁴ ○新部 正人¹, 川上 烈生²,
中野 由崇³, 小西 将士², 森 祐太², 小高 拓也¹, 白濱 達夫²,

山田 哲也², 富永 喜久雄², 向井 孝志⁴

Hyogo Univ.¹, Tokushima Univ.², Chubu Univ.³, Nichia Corp.⁴ ○Masahito Niibe¹, Retsuo Kawakami²,
Yoshitaka Nakano³, Masashi Konishi², Yuta Mori², Takuya Kotaka¹, Tatsuo Shirahama²,
Tetsuya Yamada², Kikuo Tominaga², Takashi Mukai⁴

E-mail: retsuo@ee.tokushima-u.ac.jp

1. 背景・目的

GaN は優れた熱的安定性を有するため過酷環境下の光・電子デバイス材として期待される。デバイス性能の更なる向上のためには、プラズマエッチングによるダメージの低減が必要である。しかしながら、プラズマ表面相互作用が複雑に絡み合うため、低減のためのダメージ現象の理解が不十分である。

これまで著者らは、容量性結合 RF プラズマ装置を用いて、 $V_{RF} = 200$ V で生成された Ar と N_2 プラズマによる n-GaN エッチングダメージを明らかにしてきた。Ar の高ガス圧 (50~100 mTorr) では、n-GaN 表面形状が劇的に変化するが、低ガス圧 (10 mTorr) では表面形状は変化しない。高ガス圧では紫外線 (ArII) が放出されるので、表面形状変化は紫外線が寄与すると考える。一方 N_2 では、ガス圧に依存することなく紫外線 (2nd positive system band) が放出されるにも関わらず、表面形状は変化しない。この結果は、紫外線だけでなく、イオン衝撃も表面形状変化に寄与することを示唆する。つまり、 N_2^+ のエネルギーやフラックスが、表面形状変化を引起すのに十分高くないと考える。

本研究は、 $V_{RF} = 400$ V で生成された N_2 プラズマにより、どのような n-GaN エッチングダメージ特性を示すのか、イオン衝撃と紫外線照射の相乗効果の観点から考察したことを報告する。 $V_{RF} = 200$ V で生成された N_2 プラズマによる結果と比較し、特徴を明らかにした。

2. 実験・モデリング

著者らが開発した容量性結合 RF プラズマ装置 (CPA) を使用した。13.56 MHz 高周波電圧 $V_{RF} = 400$ V 一定で、ガス圧 (10~100 mTorr) とエッチング時間 (≤ 200 min) を変化させて、 N_2 プラズマによる n-GaN エッチングダメージ実験を行った。自己バイアス電圧 V_{DC} はガス圧に関わらず $V_{DC} = -400$ V であった。

試料は MOCVD により成長させた n-GaN (日亜化学, 膜厚 4 μm , Si 密度 $8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Ga 面) である。評価は SEM による表面形状観察, 触針式表面形状測定器によるエッチ深さ, XPS による表面組成分析, N-K 吸収端の NEXAFS スペクトル分析を行った。

更に、開発した RF プラズマと GaN 表面と

の物理的エッチング現象を模擬する粒子モデル (PIS) を使用し、実験条件を基にして、GaN エッチング解析を行った。

3. 結果・考察

Fig. 1(a)のように、低ガス圧 (10 mTorr) では、紫外線の放出があるにも関わらず、n-GaN 表面形状は変化しない。NEXAFS スペクトルの変化もない。一方、XPS により得られた N/Ga 比は 1 より減少し、計算値と一致する。実験値と計算値との一致は、物理的效果により N 原子が選択的に放出されることを示唆する。原因は、紫外線照射効果に比べ、イオン衝撃効果が極度に強くなったためであると考えられる。従って、低ガス圧の N_2 プラズマによる n-GaN ダメージは V_{RF} に依存しない。

高ガス圧 (50~100 mTorr) では、Figs. 1(b) and 1(c)のように、n-GaN 表面形状が劇的に変化する。NEXAFS スペクトルも劇的な変化を示す。この場合の N/Ga 比は 1 に近く、選択的な放出が生じないことを示唆する。計算値は N/Ga 比の減少を予見し、実験値と一致しない。この不一致は、物理的效果以外の寄与を意味する。原因は、イオン衝撃と紫外線照射の相乗効果であり、 V_{RF} の増加により両効果が拮抗したためと考える。従って、高ガス圧の N_2 プラズマによる n-GaN ダメージは V_{RF} に依存する。

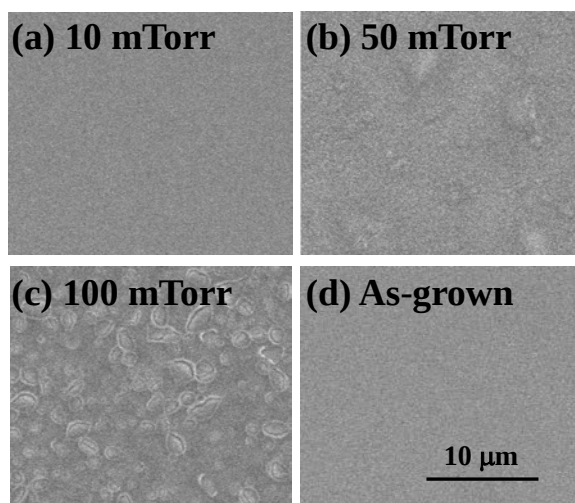


Fig. 1. SEM images of n-GaN surfaces etched by the N_2 plasmas at the etching time of 200 min.