

紫外光アシスト He プラズマによる n-GaN 表面エッチングダメージ

Damage Characteristics of n-GaN Surface Etched by UV Light-Assisted He Plasma

徳島大院工¹, 兵庫県大高度研², 中部大総工研³, 日亜化学⁴°川上 烈生¹, 新部 正人², 中野 由崇³, 向井 孝志⁴, 白濱 達夫¹,山田 哲也¹, 青木 一馬¹, 仲 祐弥¹, 高畑 麻里¹, 大場 健太¹Tokushima Univ.¹, Hyogo Univ.², Chubu Univ.³, Nichia Corp.⁴°Retsuo Kawakami¹, Masahito Niibe², Yoshitaka Nakano³, Takashi Mukai⁴, Tatsuo Shirahama¹,Tetsuya Yamada¹, Kazuma Aoki¹, Yuya Naka¹, Mari Takabatake¹, Kenta Oba¹

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

1. 背景・目的

優れた熱的安定性を有する GaN は過酷環境下の光・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り誘起されるダメージの低減が必要である。しかしながら、低温プラズマと GaN 表面との相互作用が複雑に絡み合うため、低減制御のためのプラズマ誘起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 He 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。高ガス圧では紫外光 (ArII: 388, 356, 312 nm, etc) が放出されるので、紫外光が寄与すると考える。一方 He では、ガス圧に依存することなく 388 nm の紫外光 (HeI) が放出されるが、表面形状は変化しない。これは、GaN バンドギャップエネルギーに相当する紫外光が表面形状変化に寄与することを示唆する。

そこで本研究は、紫外光アシスト He 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、イオン衝撃と紫外光照射の相乗効果の観点から考察したことを報告する。He 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 $V_{RF} = 200$ 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、紫外光アシスト He 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 $V_{DC} = -200$ V であった。利用した紫外光はブラックライトである。ブラックライトから放出される紫外光のピーク波長は 365 nm で、試料表面での強度は $350 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ である。

試料は MOCVD により成長させた n-GaN (日亜化学, 膜厚 $4 \mu\text{m}$, 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

表面形状変化はガス圧に依存する。低ガス圧 (10 mTorr) では、n-GaN 表面形状は変化しなく、He プラズマのみでエッチングされた結果と同じである。このことは、紫外光照射効果よりもイオン衝撃効果が上回っていることを示唆する。高ガス圧 (50~100 mTorr) では、Fig. 1 のように、紫外光アシストにより n-GaN 表面形状が劇的に変化する。He プラズマのみでエッチングされた結果とは異なる。このことは、紫外光照射効果が表面形状変化に寄与することを示唆する。

実験的に得られた表面の N/Ga 比は、紫外光アシストの有無に依存し変化する。紫外光アシストがあると、計算値よりも実験値が大きい。これは、紫外光照射により Ga が放出されることを示唆する。一方、He プラズマのみでは、計算値と実験値がほぼ一致する。これは、イオン衝撃効果が支配的であることを示唆する。

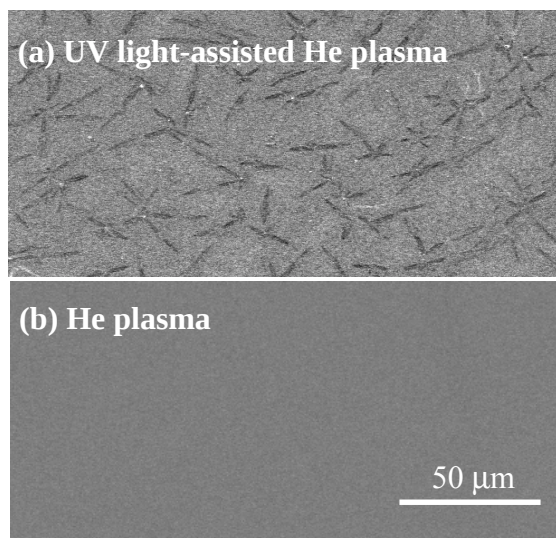


Fig. 1. SEM images of n-GaN thin film surfaces etched by (a) UV light-assisted He plasma and by (b) He plasma generated at 100 mTorr for 200 min.