

p-GaN 表面への準大気圧プラズマ照射の効果

Effect of quasi-atmospheric pressure plasma irradiation on p-GaN surface

産総研 GaN-OIL¹, 産総研 AMRI², 産総研 ESPRIT³

○熊谷直人^{1, 3}, 板垣宏知², 金載浩³, 小木曾久人², 王学論^{1, 3}, 廣瀬伸吾², 榊田創^{1, 3}

GaN-OIL, AIST¹, AMRI, AIST², ESPRIT, AIST³

°N. Kumagai^{1, 3}, H. Itagaki², J. Kim³, H. Ogiso², X.-L. Wang^{1, 3}, S. Hirose², H. Sakakita^{1, 3}

E-mail: n.kumagai@aist.go.jp

【はじめに】 窒化物半導体による赤色発光素子の実現のため、準大気圧・低エネルギープラズマ源 [1-3]を用いたプラズマ援用 CVD による高 In 組成 InGaN の成長を検討している。ICP などのプラズマ照射により、GaN の表面粗さの増加や、ピットホール形成などの影響を受けることが報告されている。また Mg ドープ p-GaN では電気特性が著しく劣化し、高抵抗化することが知られている。本研究では準大気圧・低エネルギープラズマ源を用いて、V 族ソースとなり得る NH₃ 及び N₂ プラズマを p-GaN 表面へ照射し、表面モフォロジ及び表面粗さへの影響を調べたので報告する。
【実験】 サファイア基板上 Mg ドープ p-GaN ($\sim 1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$) に対し、NH₃ および N₂ プラズマを照射し、その表面粗さ、モフォロジの照射時間依存性を AFM により評価した。N₂ プラズマは 20 Torr、NH₃ は 3 Torr、それぞれの基板温度は MOCVD での InGaN 成長温度を想定した 700°C、及び照射時間は 2, 5, 10, 20 分とした。

【結果】 図 1 に (a) 照射前の As-grown 及び (b) NH₃ プラズマ 2 分照射後の表面の AFM 像を示す。照射 2 分では、照射前に見られた鋭角的なうねり頂部の鈍化が見られた。20 分照射では、六角形型のピットホールとステップ端に沿った粒子状の表出物が見られた。N₂ プラズマ照射では、照射 2 分で NH₃ と同様にうねり頂部の鈍化がみられたが、20 分照射しても、NH₃ プラズマ照射時のようなピットホールや粒子は見られなかった。図 2 に表面ラフネス (S_a : 算術平均粗さ、 S_q : 二乗平均粗さ) の (a) NH₃ と (b) N₂ プラズマ照射時間依存性を示す。両プラズマ照射において 2 分では、ラフネスが As-grown よりも低減しており、NH₃ プラズマの 20 分照射ではピットホール形成、粒子の表出により表面粗さが急激に増大する一方、N₂ プラズマはさらにラフネスが低減している。2 分以降のラフネスの低減は $1 \times 1 \mu\text{m}$ 域の AFM 結果から、ステップの交差やバンチングの減少によると考えられる。一般的な InGaN 量子井戸の成長レート ($\sim 1 \mu\text{m/h}$) では量子井戸一つあたりの成長時間が 1 分未満程度であることから、プラズマ照射による表面形状への悪影響を避けることが可能であり、準大気圧・低エネルギープラズマ源のプラズマ援用 MOCVD への応用が期待できる。

[1] J. Kim *et al.*, Appl. Phys. Lett. **93**, 191505 (2008). [2] J. Kim *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 01AA02 (2015).

[3] H. Itagaki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 06HC05 (2016).

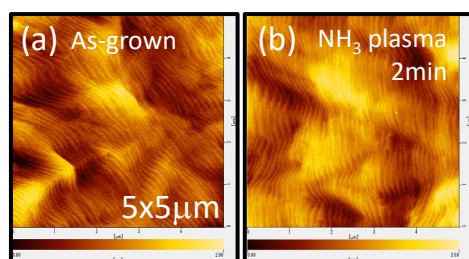


Fig. 1 Typical AFM images of p-GaN surface for (a) as-grown and (b) 2 min irradiation by NH₃ plasma.

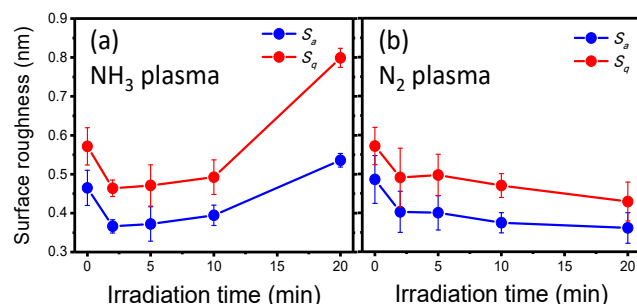


Fig. 2 Surface roughness as a function of (a) NH₃ and (b) N₂ plasma irradiation time. S_a and S_q is arithmetic mean and root mean squared roughness, respectively.