

塩素吸着を用いた窒化ガリウムの原子層エッチングプロセス特性の Ar イオンエネルギー依存性

Ar ion energy dependence on characteristics of atomic layer etching for GaN by Cl adsorption

名大¹, (株)SCREEN ホールディングス² ○堤 隆嘉¹, 長谷川 将希¹, 中村 昭平^{1,2},

谷出 敦², 近藤 博基¹, 関根 誠¹, 石川 健治¹, 堀 勝¹

Nagoya Univ.¹, SCREEN Holdings Co., Ltd.² ○Takayoshi Tsutsumi¹, Masaki Hasegawa¹, Shohei

Nakamura^{1,2}, Atsushi Tanide^{1,2}, Hiroki Kondo¹, Makoto Sekine¹, Kenji Ishikawa¹, Masaru Hori¹

E-mail: Tsutsumi@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

はじめに Cl 原子吸着と低エネルギーイオン照射のステップを繰り返す GaN の原子層エッチング (ALE) が GaN のダメージレス高精度エッチング技術として注目されている。先行研究では、GaN の ALE プロセスとして Cl 原子吸着と Ar イオン照射のサイクルプロセスが用いられ、Ar イオン照射時間に対するエッチング深さの飽和が報告された^{1, 2}。我々は、イオンのエネルギーと Cl ラジカルの照射を高精度に制御可能なプラズマビーム装置とその場 X 線光電子分光法 (in-situ XPS) を用いて、Ar イオン照射による GaN 表面組成の変化および GaN 表面への Cl 吸着挙動のイオンエネルギー依存性を定量的に調べた。

実験方法 サファイア基板の上に水素化物気相成長法 (HVPE) で形成した GaN を用いた。誘導結合 Cl₂ プラズマ (高周波電力 13.56 MHz, 400 W 印加) から差動排気オリフィスを介して Cl ラジカルを試料表面に $3.8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で照射した。また、Ar プラズマから Ar イオン (加速電圧 40~200 V に設定) を引き出し、圧力 0.03 Pa 下で Ar イオンを約 $10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で照射した。これら Cl ラジカルと Ar イオンの照射後の表面状態を in-situ XPS によって光電子取り出し角を 10~90 度で変化させ計測し、最大エンタルピー法 (MEM) を用いて深さ方向の組

成分分布について評価した。

実験結果 図 1 は Ga 3d より算出した深さ方向分布から推定できるエッチング深さとサブエッチング深さのイオンエネルギー依存性を示している。サブエッチング深さは Ga-Cl の密度がイオン照射前後で変化している領域と定義した。1 分子層のエッチングには 85 eV の Ar イオンが必要であるが、サブエッチング深さは 0.44 nm あり、この一部は表面粗さとして現れ 1 分子層程度の表面粗さが残ることが予想される。表面粗さの低減には、1 サイクルあたりのエッチング深さを 1 分子層未満つまりイオンエネルギーを 85 eV 未満にする必要がある。

参考文献

- [1] C. Kauppinen *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A **35**, 060603 (2017).
 [2] T. Ohba *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 06HB06 (2017).

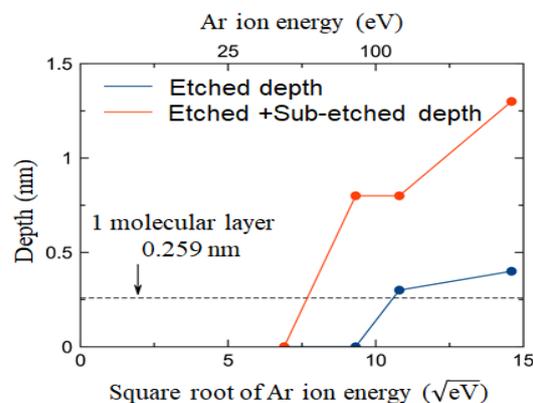


Fig.1 Estimated etched depth and sub-etched depth vs square root of Ar ion energy.