

中性粒子ビームによる無欠陥原子層 GaN 加工

Defect-free Atomic Layer Etching of GaN with Neutral-Beam Etching

東北大流体研¹, 東北大 AIMR², NCTU³, 住友電工⁴, 昭和電工⁵ °(M1)澤田 堯廣¹,
(P)大堀 大介^{1,2,3}, 菅原 健太⁴, 岡田 政也⁴, 佐藤 大輔⁵, 栗原 秀行⁵, 寒川 誠二^{1,2}
IFS, Tohoku Univ.¹, AIMR, Tohoku Univ.², NCTU³, Sumitomo Electric Industries, Ltd⁴,
SHOWA DENKO K.K.⁵ °(M1)Takahiro Sawada¹, (P)Daisuke Ohori¹, Kenta Sugawara³,
Masaya Okada³, Daisuke Sato⁴, Hideyuki Kurihara⁴, Seiji Samukawa^{1,2}
E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

【緒言】

GaN は絶縁破壊強度と飽和電子速度に優れることから様々なデバイスに利用されている。その利用例として、GaN 高電子移動度トランジスタ(GaN HEMT)が挙げられる。GaN HEMT は、AI・IoT 社会の発展に必要な不可欠なミリ波通信による高速・高信頼ネットワーク形成へ期待されている。しかしながら、ミリ波通信対応の GaN HEMT にはバリア層の薄膜化による高いエッチング精度が求められている。従来のプラズマエッチングでは、プラズマから放射される UV 光によるダメージにより電流コラプスが発生する。すでに、Cl₂ 中性粒子ビーム(NB)を利用し、従来のプラズマエッチングと比較して欠陥のない表面が GaN HEMT 構造のデバイス特性を向上させたという報告がある[1,2]。バリア層の薄膜化に伴い、現在の Cl₂ NB におけるエッチング精度よりも高度な、単原子層レベルでの加工が必要である。現状、GaN のエッチング時の表面状態およびそのメカニズムについては詳細に議論されていない。そこで、本研究では GaN の加工における基礎特性を Bias パワーおよびガス種を変化させることで明らかにした。

【実験方法及び結果】

GaN ベア基板上に、Cl₂ または HBr NB を照射し、Bias パワーを 0、5、10、20 W と変化させた。ステージ温度は -20 °C とし、プロセス室内の圧力は 0.1 Pa であった。プロセス終了後の試料に対し、電子顕微鏡によりエッチングレートの算出し、原子間力顕微鏡により表面粗さを求めた。図 1 に得られたエッチングレートを示す。Cl₂ NB と比べ、HBr NB では非常に低いエッチングレートが得られ、20 W 時に Cl₂ NB の方が HBr NB と比較しておよそ 5 倍程度高くなった。また、Bias パワーが 5、10 W の時、エッチングレートは GaN 結晶の c 軸方向の格子定数とほぼ同じ値を示した。図 2 に得られた HBr NB 後のサンプルの表面粗さを示す。Bias パワーが 5、10 W 時の表面粗さの値が GaN 結晶の c 軸方向の格子定数とほぼ同じ値を示している。以上より HBr NB の Bias パワーが 5、10 W の時、エッチングが一層ずつ進行したと考えられる。そして Bias パワーが 20 W の時、エッチングが複数層ずつ進行したと考えられる。実験で得られた GaN 層での各々のエッチングレート及び表面組成状態の考察に関しては、発表の折に詳細に示す。

【参考文献】

- [1] F. Hemmi, et al., Solid-State Electron. **137**, 1-5 (2017).
- [2] N. M. Shrestha, et al., IEEE Trans. Electron Devices **66**, 1694-1698 (2019).
- [3] D. Ohori, T. Sawada, S. Samukawa, et al., J. Vac. Sci. Technol. A **38**, 032603 (2020).

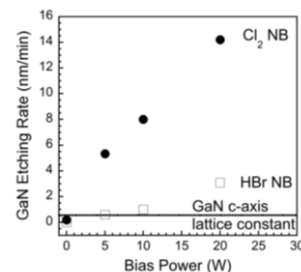


Fig. 1. Etching rate of GaN with Cl₂ and HBr NB

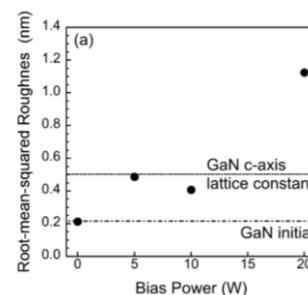


Fig. 2. Root-mean-squared Roughness of GaN surface with HBr