

多光子励起を用いた光化学エッチングによる GaN 3 次元加工の検討 3D Processing of GaN by Photo Enhanced Chemical Etching Method Utilizing Multi-Photon Excitation

名大院工¹, 名大 IMASS², 名大 VBL³, 名大 ARC⁴

○(M)丹羽 ののか¹, 川崎 晟也¹, 隈部 岳瑠¹, 田中 敦之², 出来 真斗³, 新田 州吾²,
本田 善央², 天野 浩^{2,3,4}

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, IMASS Nagoya Univ.², VBL Nagoya Univ.³, ARC Nagoya Univ.⁴

○N. Niwa¹, S. Kawasaki¹, T. Kumabe¹, A. Tanaka², M. Deki³, S. Nitta², Y. Honda², H. Amano^{2,3,4}

E-mail: niwa.nonoka.m9@s.mail.nagoya-u.ac.jp

【背景】近年, 正孔を用いて GaN 表面の陽極酸化を行うことで GaN をダメージレスにエッチング出来る光電気化学エッチング法の研究が盛んに行われており, 化学的に安定で難加工材料であった GaN のウェットエッチング法による加工が実現されてきた[1]. さらに光電気化学エッチングのデバイス作製プロセスへの導入例も報告されている[2]. しかし, この方法では MEMS や流路など GaN の複雑な立体加工が難しい. そこで, 我々は光化学エッチングの正孔キャリアに半導体中で局所励起を可能とする多光子励起による正孔キャリアを用いることが出来れば, GaN の 3 次元加工が可能になると考えた. この方法が確立されれば, GaN デバイスの 3 次元構造の実現や GaN 単結晶のダメージレススライス技術の実現が可能になる. これまでに, 多光子励起を用いたレーザーアブレーションによる GaN の 3 次元加工の成功報告があるが[3], アブレーション反応の熱的損傷によるダメージが避けられず, ダメージレスな加工技術には至っていない. そこで, GaN でダメージレスな多光子光化学エッチングの実現可能性について検討したので報告する.

【実験方法】本実験ではエッチング用試料として GaN 自立基板上に MOVPE 法にて成長させた n 型 GaN([Si] $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 10 μm)を用いた. エッチャントは電気的コンタクトレスでの光化学エッチングが可能である KOH と $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ の混合液とし[4], 本実験では KOH 5.0 mol/L, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 10.0 mol/L 混合溶液を用いた. 試料はエッチング面を上にして混合液中に含浸させた. UVC-LED (波長 280 nm) を溶液に照射し $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ を励起させた状態で, GaN 試料を多光子励起することで光化学エッチングを行った. 多光子励起には NIKON 社製 A1MP+シリーズを用いた. 励起光源は波長 700 nm のチタンサファイアモード同期レーザーを使用し, 励起強度をピークパワー 975 W とした. レーザーの焦点座標での走査面積を $51 \mu\text{m} \times 51 \mu\text{m}$ とし, 走査範囲内に照射領域と暗射領域を設定した. その設定領域を保ったままレーザーを試料深さ方向に走査させた. 深さ方向への走査範囲を試料表面から 10 μm とした. エッチング形状を SEM により, エッチング深さを接触式段差計により評価した.

【結果と考察】Fig.1 にレーザー光の照射領域の設定概略図を, Fig.2 にエッチング後の試料の表面 SEM 像を示す. Fig.2 の SEM 像で Fig.1 の通りのコントラストが確認できる. また, Fig.3 に Fig.2 で示したエッチング領域での段差プロファイルを示す. 段差が 400 nm ほどであることが分かる. これらの結果より, 設定図通りのエッチングが出来ていることが分かり, 多光子光化学エッチングに成功したと判断できる. このことから, 多光子光化学エッチングは GaN の加工技術として可能性を有していると言える. しかし, レーザー走査深さが 10 μm であったのに対してエッチング深さが 400 nm であったことから, 今後より良いエッチング条件の検討を進めていく必要がある.

【参考文献】

[1] F. Horikiri *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 091001 (2018) [2] N. Asai *et al.*, Jpn. J. Phys. **58**, SCCD05 (2019)

[3] S. Nakashima *et al.*, Appl. Surface Science **255**, 9770 (2009) [4] F. Horikiri *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 086502 (2018)

【謝辞】本研究は, JST aXis, JPMJAS2011 の支援を受けたものである.

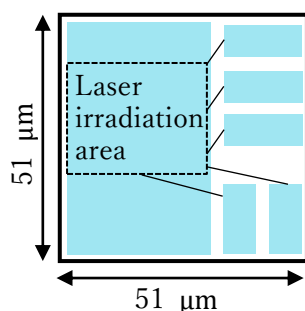


Fig.1 Schematic of laser irradiation area

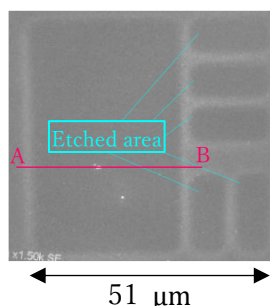


Fig.2 SEM image of etched surface

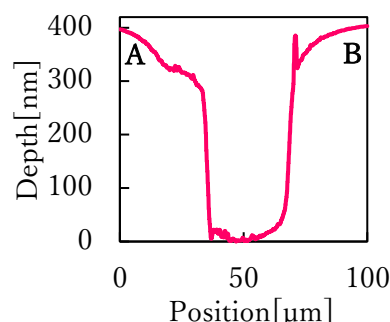


Fig.3 Depth profile of etched area