

GaN ウエットエッチング

Wet-etching of GaN for power and RF devices

サイオクス, °堀切 文正、福原 昇

SCIOCS Co. Ltd., °Fumimasa Horikiri and Noboru Fukuhara

E-mail: horikirif@sc.sumitomo-chem.co.jp

GaN は化学的安定性に優れており、特にデバイスの形成に多く用いられる Ga 極性面については、転位部分以外の化学エッチングは極めて困難で、実用的なウエットエッチングプロセスの報告は少ない[1]。一方で、Minsky らにより、電解液中でバンドギャップ以上の紫外光を照射する光電気化学(photoelectrochemical: PEC)反応を用いれば、ウエットエッチングが可能であることが報告されており[2]、我々も PEC に着目して検討を行ってきた [3, 4]。

PEC エッチングの優位な点として、光強度によりリセス深さを精密に制御できる事があり[5,6]、更にエッチングダメージが少ないという特徴も有しているため、HEMT デバイスのリセス加工、および、トレンチ MOS デバイスの加工プロセスなどへの応用が期待されている[5-7]。しかし、PEC エッチングは、①バンドギャップ以上の UV 光を照射し、②電解液をアノードとカソードでシーリングし、かつ、③試料にコンタクト電極を形成してアノードで不要な電子を外部回路を介してカソードに捨てる必要があり、更に、この 3 点を同時に満たす必要がある。このため、大口径化・多数枚化に向けて装置構成に大幅な制約があり、実用上のプロセスとして顧みられる事が少なかった。この内、電解液のシーリングおよびコンタクト電極は、電解液に酸化剤を混ぜる事で不要にできる事が示唆されており、実際に、ペルオキソ二硫酸カリウム($K_2S_2O_8$)を酸化剤として用いて、試料を電解液に含浸するだけのシンプルな PEC エッチングが実現できている[8]。

半絶縁 SiC 基板上 HEMT デバイスのリセス加工への応用を考えた際には、上記に加えて、酸性電解液系でのレジストマスクの適応可能性の調査、および、半絶縁 SiC 基板上 GaN 試料におけるカソード設計に関する知見を得る必要があった。そこで、n 型 GaN 基板上およびサファイヤ基板上に MOVPE 法により標準的な n-GaN 構造エピを成長し、各種原理実験を行った。電解液には 0.01 M の KOH 水溶液およびリン酸水溶液を用い、酸化剤として 0.05 M の $K_2S_2O_8$ 水溶液を 1:1 で混合したものをを用いた。試料はエッチング面を上にして電解液中に含浸させただけの、コンタクト電極形成なしの構成とした。UV 光源は単一の UVC 面光源(紫光技研, SK-BUVC(260)-0806, 中心波長 260nm)を選定した。 $K_2S_2O_8$ 含有電解液中では UVC 強度は減衰するため、はじめに電解液の透過率を測定し、その結果から適切な水深を設定した。エッチングマスクは、レジスト、Ti、もしくは spin on glass(SOG)を用いた他、一部 SOG マスクを BHF で窓開し Ti パットをカソードとして追加で設ける事で半絶縁基板上エピの PEC エッチングにも対応できる構成を検討した。このカソード構造は、通常の HEMT デバイスであれば、Source, Drain のオーミック電極上のマスクの一部を窓開けしておく事で構成が可能である。

上記で述べた原理実験により、(1)安価な単一の UVC 光源により GaN 中のホール生成および電解液中の $SO_4^{\bullet-}$ ラジカルの生成を同時に行う[9]、(2)リン酸系電解液組成を用いたレジストマスクによるエッチング[10]、並びに、(3)カソード設計による半絶縁基板上 GaN 試料への適応[11]、など、基本的な要素技術は構築されつつある。現在、これらの知見を踏まえて、4~6 インチサイズの大口徑での実証および電解液寿命について明らかにするための検討を行っている。

本研究の一部は、環境省「未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業」の委託を受けてなされた。

- [1] D. Zhuang and J.H. Edgar, *Mater. Sci. Eng. R* **48**, 1 (2005). [2] M. S. Minsky et al., *Appl. Phys. Lett.* **68**, 1531 (1996).
 [3] F. Horikiri et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **57**, 086502 (2018). [4] F. Horikiri et al., *Appl. Phys. Express* **11**, 091001 (2018).
 [5] Y. Kumazaki et al., *J. Appl. Phys.* **121**, 184501 (2017). [6] K. Uemura et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, SCCD20 (2019).
 [7] S. Matsumoto et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **57**, 121001 (2018). [8] J. A. Bardwell et al., *J. Appl. Phys.* **89**, 4142 (2001).
 [9] F. Horikiri et al., *Appl. Phys. Express* **12**, 031003 (2019). [10] M. Toguchi et al., *Appl. Phys. Express* **12**, 066504 (2019).
 [11] F. Horikiri et al., *IEEE Trans. Semicond. Manuf.*, submitted.