

極薄膜 SiO₂ による GaN 表面の水素支援熱分解抑制効果

Suppression effect of hydrogen-assisted thermal decomposition of GaN by ultrathin SiO₂

上智大・理工¹, 上智大ナノテクセンター²

○(B) 大江 優輝¹, (M2) 石嶋 駿¹, (M2) 小川 航平¹, (M1) 生江 祐介¹, (M1) 松岡 明裕¹, (M2) 川崎 祐生¹, 菊池 昭彦^{1,2}

Sophia Univ.¹, Sophia Nanotechnology Research Center,²

○Yuki Ooe¹, Shun Ishijima¹, Kohei Ogawa¹, Yusuke Namae¹, Akihiro Matsuoka¹

Yusei Kawasaki¹, Akihiko Kikuchi^{1,2} E-mail:kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに: 位置と形状が制御された窒化物半導体ナノ構造は、光取り出し効率の向上や歪緩和効果、量子効果などによる光電子デバイスの高機能化、高性能化をもたらす技術として期待される。我々は低圧水素雰囲気中でのGaNの熱分解反応[1]に着目し、低損傷の極微細加工が可能な水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法[2]の研究を行っている。これまでに厚さ50~100 nmのSiO₂マスクを選択エッチングマスクに用い、InGaN/GaNナノ構造LEDの作製[3]や、オーバーエッチングによる直径10nm以下の極微細ナノ構造の作製を報告した。Fig.1は厚さ50nmのSiO₂マスクとオーバーエッチングで形成したナノピラーの走査電子顕微鏡(SEM)像であり、SiO₂はマスク形成過程でテーバー状になった。このようなSiO₂マスクを用いた場合、極微細ピラーの高精度な寸法制御や超高密度化を制限する要因となる。そこで、本研究ではHEATE法による極微細GaN系ナノ構造の高精度・高密度化を目指し、SiO₂マスクの極薄膜化の可能性について検討を行った。

実験: サファイア基板に成長されたp-GaN結晶表面に、原子層堆積法で厚さ1, 5, 15nm、およびn-GaN結晶表面に1nmのSiO₂膜をそれぞれ成膜した。フォトレジストを基板半面に塗布後、CF₄/O₂混合ガスを用いたドライエッチングによりSiO₂をエッチングしてGaN表面を一部露出させ、フォトレジストを除去した。この試料を石英管状炉内で水素圧力100Pa、温度875°Cの条件で20分間加熱してSEMで表面状態を観察し、SiO₂膜マスクによるGaNの熱分解抑制効果を評価した。Fig.2にSiO₂によるGaN分解抑制実験の模式図を示す。

結果: Fig.3(a), (b), (c)に厚さ1, 5, 15nmのSiO₂マスクを形成したp-GaN試料、(d)に厚さ1nmのSiO₂マスクを形成したn-GaN試料における、HEATE処理後のマスク境界部の上面SEM像を示す。各図の左側がSiO₂マスク被覆領域であり、右側がGaN露出領域である。すべての試料において、GaN露出領域は水素支援熱分解によって約100nmの深さでエッチングされ、表面に微細ナノ構造が形成された。一方、SiO₂膜マスクで被覆された領域は、p-GaNおよびn-GaNともにエッチング前後で顕著な変化は見られず、厚さ1nmのSiO₂マスクでもGaNの水素支援熱分解が抑制可能であることが確認された。

まとめ: SiO₂によるGaN表面の高温水素雰囲気中での熱分解反応抑制能力について検討し、厚さ1nmのSiO₂においても熱分解反応が抑制されていることを確認した。今後は極薄膜SiO₂マスクを用いたHEATE法による極微

細加工について検討を行う予定である。

謝辞: 日頃ご支援いただき、上智大学岸野克己教授、下村和彦教授に感謝します。本研究の一部は、JSPS科研費JP16K14260およびJP17H02747の援助を受けて行われた。

参考文献: [1] K. Hiramatsu, H. Matsushima, H. Hanai, and N. Sawaki, MRS Proc. 482, 991 (1997)

[2] R. Kita, R. Hachiya, T. Mizutani, H. Furuhashi, and A. Kikuchi, Jpn. J. Appl. Phys. 54, 046501 (2015).

[3] K. Ogawa, et. al., Phys. Status. Solidi A, 1-5 (2016)

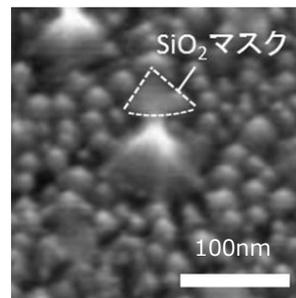


Fig.1. Bird's-eye view SEM image of InGaN/GaN nanopillars fabricated by HEATE.

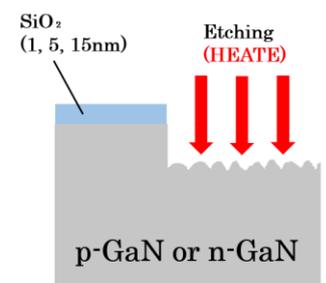


Fig.2. Schematic image of GaN selective H₂ assisted thermal etching using SiO₂ mask.

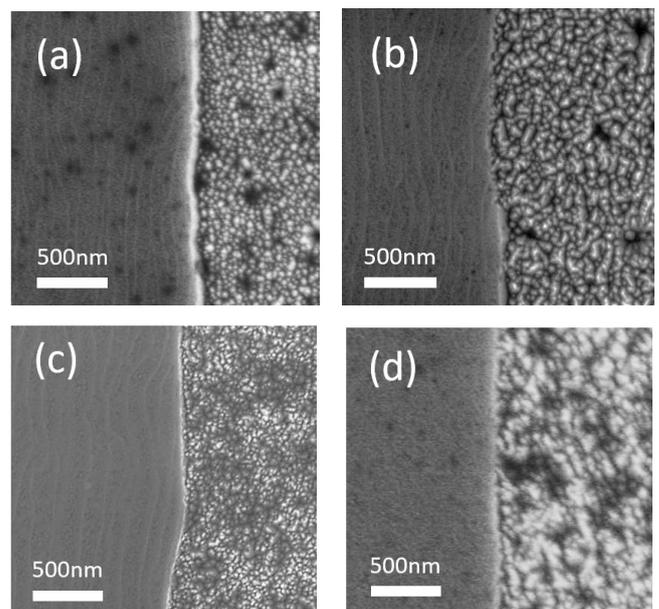


Fig.3 Top view SEM images of p-GaN with SiO₂ mask thickness of (a) 1nm, (b) 5nm, (c) 15nm, and (d) n-GaN with 1nm thick SiO₂ mask after etching. The left half region of each image is SiO₂ masked region and the right half side is GaN exposed region.