

水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法による GaN ナノ構造作製とその熱力学的解析

Fabrication of GaN nanostructures by hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE) technique and thermal analysis

上智大・理工¹, 上智大学ナノテクノロジー研究センター² °喜多 諒¹, 蜂屋 諒¹, 菊池 昭彦^{1,2}
Sophia Univ.¹, Sophia Nanotechnology Research Center², °Ryo Kita¹, Ryo Hachiya¹, Akihiko Kikuchi^{1,2}
E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに：ワイドギャップ半導体である GaN の低損傷ナノ加工技術は、フォトニック結晶効果や歪緩和、高集積化によってデバイス特性向上を図るためのキーテクノロジーとして期待される。本研究では、無毒性の H_2 ガスと簡便な装置を用いた GaN の高温熱分解反応による水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) による GaN のナノ加工[1]について検討を行った。また、半導体結晶成長条件の考察に用いられる理論解析[2]を HEATE に適用し、実験結果との初期的な比較を行った。

実験： Al_2O_3 基板上に (0001) 面 GaN (6 μm) を MOCVD 法で成膜した GaN テンプレート表面に、厚さ 100nm の SiO_2 マスクを形成した。この試料に石英管状炉内にて複数の水素圧力と温度の条件下でアニールを行った。また、Fig.2 に示すような簡単な化学反応を想定し、反応開始時と反応平衡時におけるそれぞれの分圧の差 $\Delta P (=P_{H_2}^0 - P_{H_2}^{eq})$ を計算し上記の実験結果と比較した。Hertz-Knudsen の式によれば ΔP はエッチングの Driving Force とみなせ、本実験の温度範囲ではエッチングレートは ΔP に比例する。

結果：Fig.1 に GaN のエッチング深さの温度依存性を示す。エッチング深さは 900~1000 °C にしきい値を持って急速に増加し、また、水素圧力の上昇に伴い増加した。これらの実験結果は簡単な化学モデルを用いた理論解析 (Fig.2) と定性的に合致することが分かる。Fig.3 に HEATE 法による GaN のナノ加工後の電子顕微鏡 (SEM) 像を示す。ストライプ構造の作製においては側面の平坦性や角度に強い結晶方向依存性が確認され、a 軸方向ストライプパターンにおいて最も平坦で急峻な側面が観察された (Fig.3(a))。ドット構造の作製からは、特定の結晶面が優先的に残留することが示唆された (Fig.3(b))。

まとめ：GaN の水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法に対する初期的な理論解析による考察を行った。また、HEATE 法が GaN ナノデバイスの簡便な作製に応用できる可能性が示唆された。

謝辞：日頃ご支援いただく上智大学岸野克巳教授に感謝します。本研究の一部は科研費助成事業 基盤研究(B)#24310106、挑戦的萌芽研究#24656216、および私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の援助を受けて行われた。

参考文献：[1] 蜂屋他、第 61 回応用物理学関係連合講演会 17p-E13-13(2014). [2] A. Koukitu and H. Seki, Jpn. J. App. Phys. 36 (1997) L750.

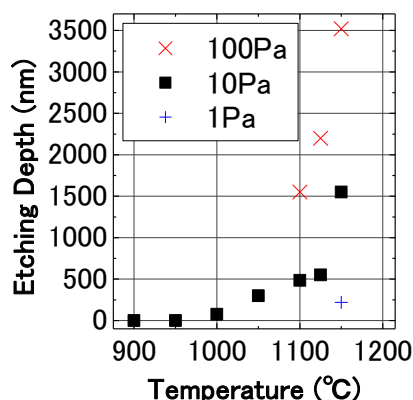


Fig.1 Experimental temperature dependence of etching depth.

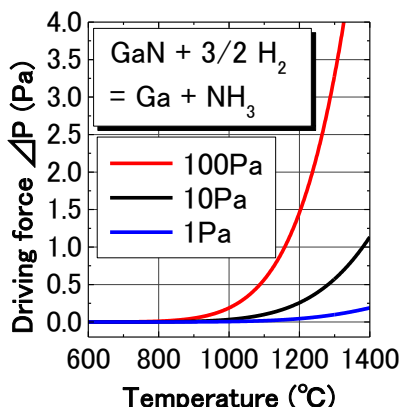


Fig.2 Theoretical temperature dependence of driving force.

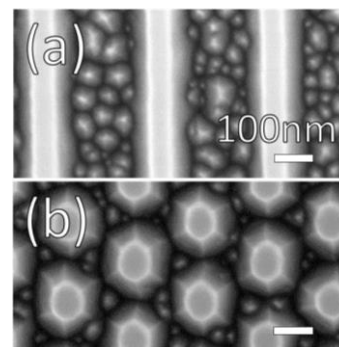


Fig.3 SEM images of GaN nanostructures fabricated by HEATE technique.