

電気化学エッチングによる GaN 多孔質構造の形成と形状制御の向上 Electrochemical Formation and Structural Control of GaN Porous structures

北大量集セ ○熊崎 祐介, 渡部 晃生, 谷田部 然治, 佐藤 威友

Research Center for Integrated Quantum Electronics (RCIQE), Hokkaido Univ.

○Yusuke Kumazaki, Akio Watanabe, Zenji Yatabe, and Taketomo Sato

Phone: +81-11-706-7172 / E-mail: kumazaki@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】低損傷、高生産性プロセスとして知られている電気化学的手法を用い、高アスペクト比の微細孔が配列した多孔質構造の形成に取り組んでいる。化学的に安定な GaN に対しては、光照射下で行う光電気化学(PEC)エッチングが主流であるが、形成機構上、形状制御が難しいことを示した[1]。今回は、暗で行う電気化学(EC)エッチングを適用し、GaN 多孔質構造の形状制御を試みた。

【実験】GaN 自立基板の成長した n-GaN ($N_D = 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) に対して、EC エッチングを適用した。具体的には、硫酸とリン酸の混合溶液中で電圧 V_a を印可し、試料表面で起きる陽極酸化反応を利用することで、多孔質構造を形成した。

【結果と考察】図 1 (a), (b) に PEC エッチング ($V_a = 1.0 \text{ V}$)、(c), (d) に EC エッチング ($V_a = 10 \text{ V}$) により形成した GaN 多孔質構造の上面および断面 SEM 像を比較して示す。PEC エッチングでは、孔径が 30 ~ 100 nm と幅広い分布を有する。図 2 に示される孔深さの電荷密度依存性を見ると、PEC エッチングでは、電荷密度とともに孔深さは増加していくが飽和傾向にあり、ある電荷密度を上回ると孔深さが減少する。これらの結果は、光照射により試料表面から正孔が供給されるため、孔深さ方向のエッチングに加え、上面および孔壁のエッチングが進行したためだと考えられる。一方で、EC エッチングでは、孔径約 20 nm の直線的な孔が形成されており、孔深さは電荷密度に対して線形的に増加している。これらの結果は、孔先端部への電界集中と正孔の供給により、先端部の局所エッチングのみが進行していることを意味しており、従来の PEC エッチングと比較して、形状制御性の大幅な向上が可能であると言える。

また、EC エッチングで形成される GaN 多孔質構造では、上面に存在する不規則層の存在により、上面から孔が観測できない。不規則層は低光反射率や孔壁の機能化の妨げとなるため、除去されることが望ましい。今回は 140 °C に熱した H_3PO_4 に浸すことにより、不規則層を除去し、上面に孔を露出させることに成功した (図 1 (e), (f))。 H_3PO_4 処理後の試料は六角形状の孔を有しており、エッチング速度の小さい結晶面が露出したものと考えられる。

[1] 熊崎他, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 16p-B5-2 (2013).

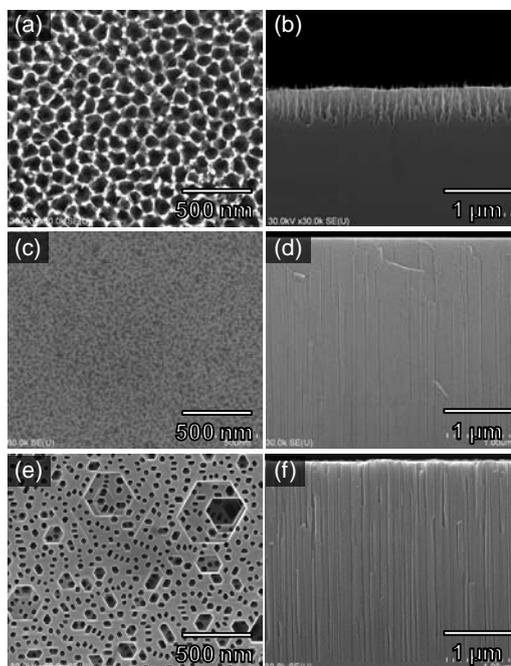


図 1 GaN 多孔質構造の上面および断面 SEM 像。(a), (b): PEC エッチング / (c), (d): EC エッチング (e), (f): EC エッチング + H_3PO_4 処理

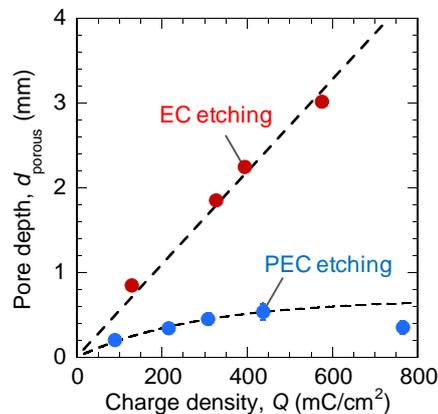


図 2 PEC および EC エッチングにより作製された GaN 多孔質構造の孔深さと電荷密度の関係。