

水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による (010)面 β -Ga₂O₃の高アスペクト異方性エッチング

High-aspect etching of β -Ga₂O₃ by hydrogen atmosphere anisotropic thermal etching (HEATE)

上智大・理工¹, 上智大ナノテクセンター²

°大江 優輝¹, 生江 祐介¹, 松岡 明裕¹, 川崎 祐生¹, 森谷 祐太¹, 伊藤 大智¹, 富樫 理恵¹, 菊池 昭彦^{1,2}

Sophia Univ.¹, Sophia Nanotechnology Research Center,²

°Yuki Ooe¹, Yusei Kawasaki¹, Rie Togashi¹, Akihiko Kikuchi^{1,2}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに: 酸化ガリウム(Ga₂O₃)は、4.5eVの大きなバンドギャップと良好な電気特性を有し、パワーデバイスを中心としたさまざまな応用が期待されている。^[1]半導体デバイスのプロセスにおいて、低損傷で高アスペクト構造を形成できるエッチング技術は、デバイス応用の多様性と性能向上をもたらすキーテクノロジーである。参加我々は、これまでに減圧水素雰囲気中での GaN の熱分解反応を利用した水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法を提案し、GaN ナノ構造の形成^[1]や InGaN/GaN ナノ LED の作製^[2]について報告してきた。^[2, 3]本稿では、HEATE 法を β -Ga₂O₃に適用し、そのエッチング特性について初期的な評価を行ったので報告する。

実験: Snをドーブした(010)面 β -Ga₂O₃単結晶ウェハ表面に、原子層堆積法で厚さ10nmのSiO₂膜を成膜し、電子ビームリソグラフィにより様々な形状のCrマスクを形成後、CF₄/O₂混合ガスによるドライエッチングでSiO₂ナノマスクアレイを形成した。この試料を石英管状炉内で水素圧力100Pa、温度500℃および800℃の2通りの温度条件で60分間加熱し、試料表面を電放射型走査電子顕微鏡で観察し、エッチング特性の評価を行った。

結果: Fig.1 にハチの巣状SiO₂マスクを用いて500℃でエッチングした場合の上面SEM像を示す。明るい部分がGa₂O₃の露出部である。深さは約10nmで、エッチングはほとんど生じなかった。一方、Fig.2(a)は800℃でエッチングした試料の鳥瞰SEM像であり、長さ約800nm、厚さ100nm以下、高さ約580nmのフィン状構造アレイが形成された。エッチング側面はほぼ垂直であり、HEATE法により高アスペクトのマイクロ/ナノ構造が形成可能であることが確認された。Fig.2(b)は、放射状にエッチングした領域であり、(001)面方向にサイドエッチングが進行しやすく、側面に縦筋状の構造が現れた。一方、(001)面に直交する面はSiO₂マスク下のサイドエッチング量が少なく、平坦なファセットが形成される傾向が見られた。また、底面である(010)面には、ランダムな菱形ピットと[001]方向に沿った筋状構造が見られた。

まとめ: SiO₂マスクと減圧水素中雰囲気下におけるGa₂O₃の熱分解を利用するHEATE法により、(010) β -Ga₂O₃結晶のエッチング特性を調査し、高アスペクトマイクロ/ナノ構造を形成可能であることを見出した。

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、JST CREST JPMJCR18T4, JSPS 科研費 JP16K14260, および JP17H02747 の援助を受けて実施された。

参考文献: [1] M. Higashiwaki, et al, Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 013504. [2] R. Kita et al. Jpn. J. Appl. Phys. 54(2015)046501. [3] K. Ogawa et al. Phys. Stat. Sol. A, 214(2017)1600613.

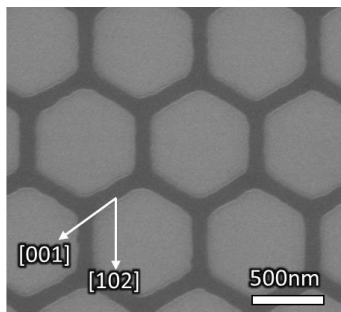


Fig.1 Top view SEM image of (010) β -Ga₂O₃ surface with honeycomb SiO₂ mask after 500 °C and 60 min HEATE treatment.

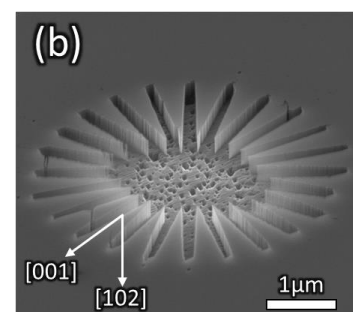
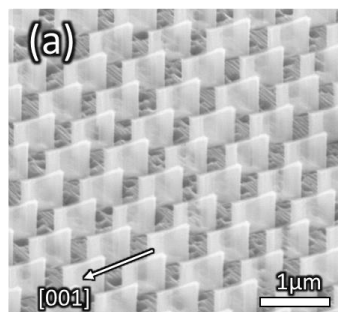


Fig.2 Birds-eye view SEM images of (010) β -Ga₂O₃ with high-aspect fin array pattern (a) and radially etched pattern fabricated by HEATE at 800 °C and 60 min HEATE treatment.