

水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による(010)面 β - Ga_2O_3 基板上的の幅 7nm 超薄膜高アスペクトナノウォールアレイ

High-aspect ultra-thin Ga_2O_3 nanowall structures with 7nm-width fabricated
by Hydrogen environment anisotropic thermal etching of (010) β - Ga_2O_3

上智大・理工¹, 上智大フォトニクスリサーチセンター²

○大江 優輝¹, 川崎 祐生¹, 伊藤 大智, 森谷 祐太¹, 阿部 洸希¹, 木下 堅太郎¹, 富樫 理恵¹, 菊池 昭彦^{1,2}
Sophia Univ.¹, Sophia Photonics Research Center,²

○Yuki Ooe¹, Yusei Kawasaki¹, Daichi Ito¹, Yuta Moriya¹, Rie Togashi¹, Akihiko Kikuchi^{1,2}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに: 酸化ガリウム(Ga_2O_3)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]近年では Ga_2O_3 を用いた縦型トランジスタ^[2]等が報告されており、デバイス応用の多様性と性能向上に向け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が重要になっている。我々は、減圧水素雰囲気中で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、 β - Ga_2O_3 のエッチング特性について報告した。^[3]本報告ではエッチング速度の最も遅い(100)面を用いた HEATE 法による、 β - Ga_2O_3 の高アスペクトナノウォールアレイの作製を行ったので報告する。

実験: Snをドーピングした(010)面 β - Ga_2O_3 単結晶ウェハ表面に、原子層堆積法で厚さ10nmの SiO_2 膜を成膜し、電子ビームリソグラフィにより(100)面に沿ったナノウォールマスクを形成後、 CF_4/O_2 混合ガスによるドライエッチングで SiO_2 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800°Cの条件で100分間加熱してHEATEによる Ga_2O_3 の選択エッチングを行った。作製したナノウォールアレイの、試料表面を電界放射型走査電子顕微鏡(SEM)で評価を行った。

結果: Fig.1 に水素圧力100Pa、温度800°C、60minの条件下でのエッチング速度の面方位依存性を示す。代表的なエッチング速度は、(010), {101}, {10 $\bar{1}$ }, {100}の順に早く、それぞれ11.0、2.0、~0.3、~0.1 nm/minと見積もられた。Fig.2 に底面である(010)面を60minエッチング後の表面状態のSEM像を示す。60minのエッチングではランダムに分布する菱形ピットと[001]方向に沿った筋状構造が見られ、筋状構造の最大高さは約13nmであった。ピットは基板の欠陥に由来していると考えられ、高品質基板を用いることで低減が期待される。Fig.3 に{100}面で構成されたナノウォールのSEM像を示す。周期300nm、高さ約1.2 μm 、幅約7nm、アスペクト比171の均一な高アスペクト超薄膜ナノウォールアレイの作製に成功した。

まとめ: SiO_2 マスクと減圧水素中雰囲気下における Ga_2O_3 の熱分解を利用するHEATE法により、(010) β - Ga_2O_3 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検証した。

謝辞: 本研究の一部は、JST CREST JPMJCR18T4, JSPS 科研費 JP16K14260 および JP17H02747、上智大学2018年度理工学部申請型研究費(応募制)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] Z. Hu, et al, IEEE. Elec. Devi. Lett. 39 (2018) 869. [3] 大江, 第66回応用物理学会秋季学術講演会 (2019) 11a-S011-9.

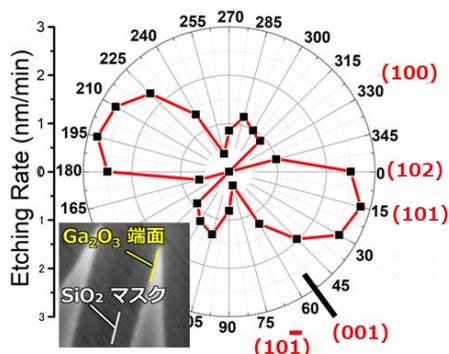


Fig.1 Angular dependency of lateral etching rate of (010) β - Ga_2O_3 by HEATE. The rate was evaluated by undercut from the SiO_2 mask edge.

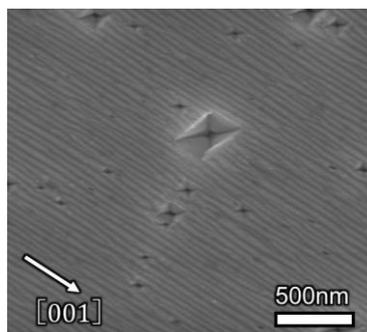


Fig.2 Bird view SEM image of (010) β - Ga_2O_3 surface after HEATE at 800°C and 60 min.

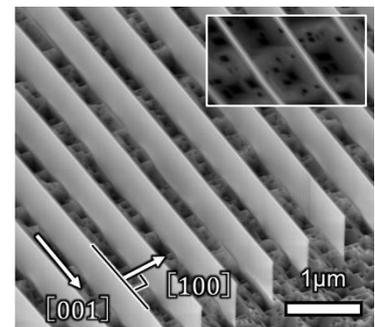


Fig.3 Bird's eye-view SEM image of β - Ga_2O_3 nanowall arrays fabricated by HEATE. The HEATE conditions were 800°C, 100 Pa, and 100 min.