

水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法による HVPE-In₂O₃ 成長層のエッチング特性の熱力学的検討

Thermodynamic Study of Etching Characteristics of HVPE-In₂O₃ Layers by Hydrogen-Environment Anisotropic Thermal Etching

上智大理工¹, 東京農工大院²

○富樫 理恵¹, 笠羽 遼¹, 大江 優輝¹, 後藤 健², 熊谷 義直², 菊池 昭彦¹

Sophia Univ.¹, Tokyo Univ. of Agri. and Tech.²,

○Rie Togashi¹, Ryo Kasaba¹, Yuki Ooe¹, Ken Goto², Yoshinao Kumagai², Akihiko Kikuchi¹

E-mail: r-togashi@sophia.ac.jp

酸化インジウム (In₂O₃) は約 3.4 eV の広い光学吸収端を有することから、次世代光・電子デバイス応用のための魅力的な半導体材料の一つである。これまで、一塩化インジウムと酸素を原料としたハライド気相成長(HVPE)法を用いて、1000 °C の高温下で c-In₂O₃ 薄膜が成長することを報告した[1]。一方、低損傷かつ精密制御可能なエッチング技術である水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法が開発され、GaN および β -Ga₂O₃ のデバイス作製への応用が報告されている[2,3]。前回、HEATE 法の HVPE 成長で得られた c-In₂O₃ 薄膜への適応について報告した[4]。今回、HEATE 法による In₂O₃ 成長層のエッチング特性について、熱力学解析を用い、他の酸化物半導体結晶である Ga₂O₃, Al₂O₃ も加え詳細に比較・検討したので報告する。

HVPE 法により sapphire (0001)基板上に単結晶 In₂O₃ を 1000 °C で 30 分成長した試料表面に厚さ 10 nm の SiO₂ ナノマスクを堆積した後、石英管状炉内で水素圧力 2-100 Pa、温度 500-800 °C の条件で HEATE 法による処理を行なった。熱力学解析を用いそのメカニズムを検討した。

Fig.1 に、分解膜厚より算出した In₂O₃ のエッチング速度、および熱力学的に求めた III 族酸化物結晶のエッチング速度の熱処理温度依存性について示す。これより、HEATE 法による In₂O₃ エッチングは温度の増加に伴い進行し、nm オーダーで制御可能であること、実験結果を熱力学解析結果でよく説明できることが分かった。さらに、熱力学的に求めた III 族酸化物結晶のエッチング速度の温度依存性より、58 Pa の低圧下で、水素に対する化学的安定性は α -Al₂O₃ >> β -Ga₂O₃ > c-In₂O₃ の順であることが明らかとなった。また、水素エッチングにより生成する金属ガスの平衡分圧がその蒸気圧を下回るため、表面に金属ドロップレットを伴わずエッチング可能であることを明かにしている。詳細は当日報告する。

本研究の一部は科研費 No.16H06417, 17H02747, 19K15457, および JST CREST JPMJCR18T4 の援助を受けた。

[1] R. Togashi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 1202B3 (2016), [2] R. Kita *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 046501 (2015), [3] Y. Ooe *et al.*, The 66th JSAP Spring Meeting, 11a-S011-9 (2019). [4] R. Togashi *et al.*, The 67th JSAP Spring Meeting, 13a-D419-7 (2020).

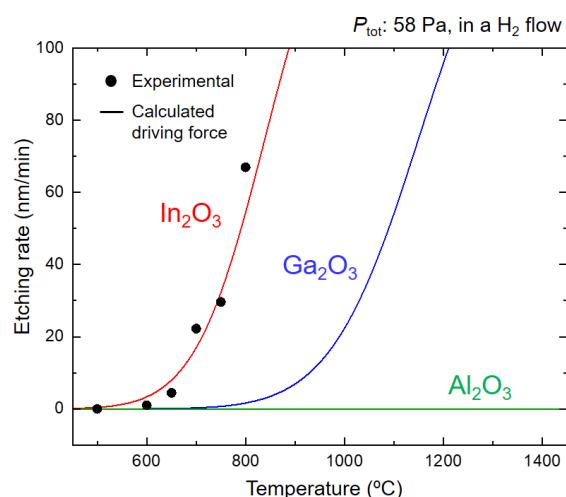


Fig. 1 Temperature dependence of In₂O₃ etching rates at 58 Pa in a H₂ flow. The calculated driving forces (K_g : $3.3 \times 10^4 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$) for In₂O₃, Ga₂O₃, and Al₂O₃ etching by thermodynamic analysis were also shown.