

課題番号 : F-18-KT-0013
利用形態 : 技術代行
利用課題名(日本語) : β -Ga₂O₃ 表面における窒化物成長初期過程の研究
Program Title(English) : Study on initial growth stage of nitrides on β -Ga₂O₃ surfaces
利用者名(日本語) : 岡田有史¹⁾, 陳蕾²⁾, 中谷将大¹⁾
Username(English) : A. Okada¹⁾, L. Chen²⁾, M. Nakatani¹⁾
所属名(日本語) : 1)京都工芸繊維大学工芸学部応用化学課程,
2)京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科物質創製化学専攻
Affiliation(English) : 1) Faculty of Materials Science and Engineering, Kyoto Institute of Technology,
2) Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology
キーワード/Keyword : Ga₂O₃, ワイドギャップ半導体, 表面科学, 切削, ダイシング

1. 概要(Summary)

酸化ガリウムはワイドギャップ半導体であり、よく知られた結晶相の一つである β -Ga₂O₃ の(201)面の酸素の配列は窒化ガリウムの(0001)面の原子配列に近く[1], また伝導帯下端の準位が窒化ガリウムと近いことが見積もられている[2]. そのため表面窒化等を行って窒化ガリウムを成長させると、良質な界面を持つ縦型デバイスの構築ができると期待される。しかしながら、窒化物 / 酸化物界面がいかんして生成するのかは明らかではない。本研究では特にその界面の生成初期過程に焦点を当て、表面科学的方法を応用して構造解析および物性測定を行うことを目的とする。表面の計測や各種試料作製において、 β -Ga₂O₃ の単結晶ウエハを短冊状に切り分ける必要があるが、このウエハは[010]方向に沿って強い劈開性を有するため、京都大学ナノハブ拠点のダイシング装置を用い、切削を行った。切り分けられた試料について、最初の段階として表面計測やエピタキシャル成長に適した平坦な表面を実現すべく、熱処理および化学処理を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

ダイシングソー, 紫外線照射装置

【実験方法】

2 インチの Sn ドープ β -Ga₂O₃ ウエハ(厚さ約 0.65 mm) に表面の保護としてフォトレジストを塗布後、ダイシングテープに貼り付け、ダイシングソーで 13 mm × 3 mm に切り分けた。その後、試料に紫外線照射を行い、エキスパンダを用いてダイシングテープからウエハを剥離した。

切り分けられた試料は、アセトンを用いてフォトレジストを除去し洗浄した後、(1)電気炉を用いた大気中での熱処

理、(2)ロータリーポンプで真空排気したガラス管に封入した上での熱処理、そして(3)水酸化カリウム水溶液またはリン酸を用いたエッチングを行った。それらについて、処理前を含め、大気中での原子間力顕微鏡(AFM, 断続的接触モード)および超高真空(UHV)中、常温での走査トンネル顕微鏡(STM)による観察を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

試料ははじめ透明な薄い青色であったが、大気中において 900 °C で 10 時間の熱処理を行うと無色透明ないし白色となり、導電性が失われた。これは酸素との反応により、Sn がドーパントとしての活性を失ったためと考えられる。この試料では AFM 観察から、[010]方向にテラスが成長していることがわかった。ガラス中にカプセルした試料では、600~900 °Cでの熱処理に伴い、はじめ黒色化し、その後薄い青色に戻る様子が観察された。さらに一部の試料はその後の熱処理で白色化した。AFM および STM 観察を行ったところ、それらの構造は大きく変わるものの再現性に乏しく、少量の残存酸素の影響が大きいと、厳しい雰囲気制御を行わない限り、熱処理は試料の平坦化にあまり有用でないと結論された。

化学処理では、2 M KOH 水溶液中では、75 °C で 5 分間浸漬するだけで深いエッチピットが無数に生成し、平坦化は困難であった。一方、85 %リン酸を用い、100 °C で 5 分間のエッチングを行った後の STM 像を Fig. 1 に示す。図を見ると、深いエッチピットはなく、ステップおよびテラスが生成していることがわかる。ステップの高さは約 0.5 nm であり、結晶の格子定数から見積もられる値 0.49 nm と非常に近い値となっていた。テラス内部は原子レベルで平坦ではなく、単原子高さに対応した深さの凹凸が

あったが、これらは追加の熱処理で平坦にできると期待される。さらにこの構造は再現性が良かったため、平坦化処理はリン酸エッチングが最も有利であると結論した。

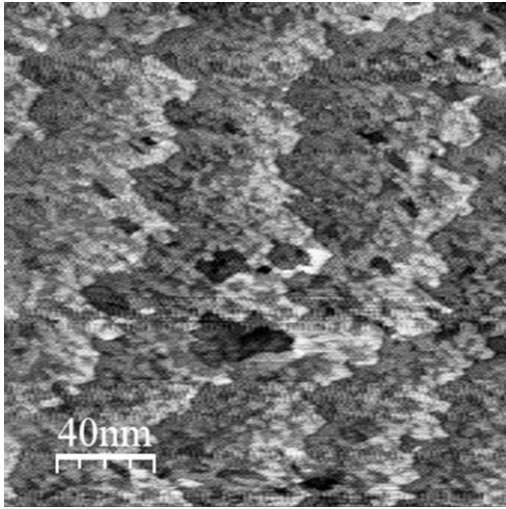


Fig. 1 UHV-STM image of $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3(\bar{2}01)$ surface after H_3PO_4 treatment at 100 °C for 5 min.

4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

- [1] S. Geller, *J. Chem. Phys.* **33**, 676 (1960).
- [2] W. Wei et al., *Nanosc. Res. Lett.* **7**, 562 (2012).

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) 中谷将大, 陳蕾, 岡田有史, Romualdo A. Ferreyra, 上田大助, 角野広平, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会(東京, 3 月 19 日), 19p-P11-10 (ポスター).

6. 関連特許 (Patent)

該当なし。