

課題番号 : F-18-KT-0086  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) :  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 表面における窒化物成長初期過程の研究  
Program Title(English) : Initial Growth Process of Nitrides on  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
利用者名(日本語) : 岡田有史<sup>1)</sup>, 陳蕾<sup>2)</sup>, 中谷将大<sup>1)</sup>  
Username(English) : A. Okada<sup>1)</sup>, L. Chen<sup>2)</sup>, M. Nakatani<sup>1)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 京都工芸繊維大学工学部応用化学課程, 2) 京都工芸繊維大学大学院工学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 : Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 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, 近年その用途が活発に研究されてきている. よく知られた結晶相の一つである  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の(201)面の酸素の配列は窒化ガリウムの成長基板として期待されている. 本研究ではかねてより窒化ガリウム成長用に好適な基板とすべく, 酸化ガリウム表面の平坦化を試みてきたが, 異なる条件でアニールすると酸化ガリウムの色が変わり, 電気特性が変化することが観察された. そこで, 酸化ガリウムの表面構造とバルクの物性とアニール条件を関連付けることとした. 今回用いた試料は昨年度に引き続き, 京都大学ナノハブ拠点のダイシング装置を用いて切削を行ったものを使用した. 切り分けられた試料について, 大気中および真空排気したガラスカプセル中でのアニールを行い, 試料の電気特性, 光学特性そして表面モルフォロジーの変化を系統的に調べた.

## 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  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ウエハ(厚さ約 0.65 mm) はその表面に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 に切り分けられた. 切り分けられた試料は紫外線照射後エキスパンダを用いてダイシングテープから外した.

短冊状試料は, アセトンを用いてフォトレジストを除去し洗浄した後, 電気炉を用いて, (1)大気中での熱処理と, (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を行った. 大気中アニールは 900°C, 真空

ガラス管中での熱処理は, 900°Cと 600°Cの二通りの条件で行った. 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)による観察および吸収, 励起, 発光スペクトルを測定した.

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

加熱前の試料は薄い青色を帯びた透明な結晶であった. 大気中 600°Cで 10 h 加熱した場合は色・導電性に顕著な変化はなかったが, 900°Cで 10 h アニールすると無色透明となり, 導電性が失われた. 真空ガラスカプセル中において 900°Cにすると 6 h の時点で試料の導電性は保持されていたが黒色になった.

Fig. 1 に, 種々のアニールを行った試料の AFM 像の例を示す. 加熱前は平坦ではなかった(a)が, 大気中の加熱を行うと平坦なステップ-テラス構造が現れ(b), 次にステップバンチングが起こって高低差が大きくなり(c), テラスが[010]方向に細い沿って突起状に成長する様子がわかる. これに対して, 真空ガラスカプセル中でアニールした試料(d)ではグレイン状のものが観察された. 真空ガラスカプセル中でアニールした試料の黒色は表面近傍に集中しており, 加熱前や色が変わっていない青色の試料と同じ吸収スペクトルを示した. さらに研磨すると黒色は薄くなる傾向が見られた. このことから, 黒色は試料の分解によって生成した(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> とは異なる組成の)相によると考えられる.

無色透明になった試料の発光スペクトルは他と比べて顕著な違いがあった. 無色透明の試料は緑色の領域, 青色の試料は紫外領域に発光ピークが観察された. 紫外領域の発光は黒くなった試料で強くなることが観察され酸素欠陥に由来すると考えられた. 緑色の発光は格子間酸

素に起因することが指摘されている[1]. 本研究で見られた発光はアンドープの測定例[2]と比べて非常に強くなっていた. これは本研究で用いた試料中のドーパントである Sn がアニールに伴い 2 価から 4 価へ酸化され, より多くの格子間酸素が取り込まれるようになったことに起因すると考えられる.

#### 4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

[1] Q. D. Ho et al, *Phys. Rev. B* **97**, 115163 (2018).

[2] E. G. Villora et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **41**, L622 (2002).

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 中谷 将大, 陳 蓄, 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, 19p-P11-10 (東京都, 2018 年 3 月).

(2) 中谷 将大, 陳 蓄, 岡田 有史, Romualdo A. Ferreyra, 上田 大助, 角野 広平, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-PB8-10 (名古屋市, 2018 年 9 月).

#### 6. 関連特許 (Patent)

該当事項はありません.

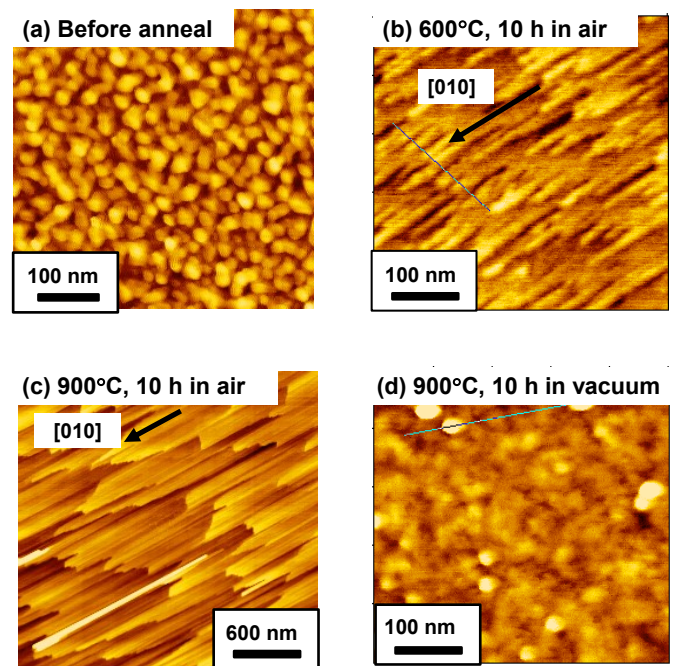


Fig. 1 Typical AFM images of samples annealed under different conditions.