

課題番号 : F-20-KT-0172  
利用形態 : 技術代行  
利用課題名(日本語) : 酸化ガリウム表面におけるヘテロエピタキシー初期過程の研究  
Program Title (English) : Study on initial stage of heteroepitaxy on gallium oxide surfaces  
利用者名(日本語) : 岡田有史  
Username (English) : Arifumi Okada  
所属名(日本語) : 京都工芸繊維大学  
Affiliation (English) : Kyoto Institute of Technology  
キーワード/Keyword : 切削、酸化物半導体、走査プローブ顕微鏡、分光測定

### 1. 概要(Summary)

Sn ドープ  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>( $\bar{2}01$ )基板について、種々の温度での大気中熱処理を行い、導電性を保持しつつ表面の平坦化ができる温度を決定した。ステップ・テラス構造ができた試料について NiO 成長を行い、種々の観察から良好な pn 接合が得られる可能性があることを示した。走査プローブ顕微鏡観察のデータの解釈も行った。

### 2. 実験(Experimental)

#### **【利用した主な装置】**

レジスト塗布装置、ダイシングソー、紫外線照射装置、エキスパンド装置

#### **【実験方法】**

Snドープ  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>( $\bar{2}01$ )にフォトレジストを塗布後、ダイシングソーを用いて 13 mm×3 mm のサイズに切り分けた。切り分けた試料を洗浄後、試料を二つのグループに分け、本学内で電気炉を用いて大気中にて熱処理した。一つめのグループでは熱処理の影響を見るためのもので 900°C までの温度で熱処理した。二つめのグループは導電性が保持され平坦な表面ができる温度条件を決定し、その温度で熱処理するものであり、400°C で熱処理した。いずれの場合も熱処理時間は 10 h とした。後者のグループの試料表面にミスト CVD 法によって NiO 薄膜を成長させた。厚さは 0.75 nm および 200 nm とした。全ての試料について原子間力顕微鏡で表面モルフォロジー観察を行った。前者のグループではさらに紫外～赤外領域での光透過および発光特性を観測した。後者のグループについては NiO 成長前後の X 線回折による面方位の測定と、X 線光電子分光による電子構造の測定を行った。これらと並行して、NiO 粉末の拡散反射測定からバンドギャップを測定し、バンドアラインメントの描画を試みた。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

熱処理は以前の実験と同様、900°C になると 10 h で試

料は退色し、導電性が失われ、表面にファセットリングが起こった。400°C の場合は導電性を保持しつつステップ・テラス構造が得られた。導電性のある試料についての走査トンネル顕微鏡観察で見られたテラス内のストライプは、密度汎関数計算からガリウムと酸素の両方の配列を反映したものであることがわかった。良好なステップ・テラスの上に NiO を成長させると、その初期過程では試料表面が格子ミスフィットを反映したサイズの粒子で覆われ、成長が進むと、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の [010] 方向に沿って長く伸びた形状の結晶粒が生成することがわかった。X 線回折から、成長層は NiO(111)面であり、結晶の配向は揃っているがアンチフェーズバウンダリーがあることが示唆された。そのバウンダリーは隣り合う結晶粒の境界であると考えられる。光学測定と X 線光電子分光測定から描画されたバンドアラインメントでは、pn 接合の関係になっていることが示唆された。

### 4. その他・特記事項(Others) なし。

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

(1) A. Okada, R. A. Ferreyra, N. Nagahara, D. Ueda, and K. Kadono, "Interpretation of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>( $\bar{2}01$ ) STM Images", 28th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, S5-10, 10th December (online) poster.

(2) 關裕介, 岡田有史, 梶田優気, 西中浩之, Romualdo A. Ferreyra, 上田 大助, 角野 広平, "β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>( $\bar{2}01$ )表面における NiO エピタキシャル成長初期過程の SPM 観察", 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-P06-2, 3月17日(オンライン)ポスター.

### 6. 関連特許(Patent) なし。