

課題番号 : F-21-KT-0063
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 : ワイドギャップ半導体、切削、走査プローブ顕微鏡、熱処理

1. 概要(Summary)

本研究では、酸化ガリウム($\bar{2}01$)および(001)ウエハを切り分けて大気中および真空中の様々な条件で熱処理し、原子間力顕微鏡 (AFM) および走査トンネル顕微鏡 (STM) 観察による表面モルフォロジー評価および光吸収・発光スペクトル測定、X 線光電子分光法 (XPS) 測定によるバルク物性評価を行った。新たに切り分けたウエハの熱処理に伴うバルク物性は他の基板と同様の変化を示したが、($\bar{2}01$)の表面に関しては、今回用いたものは意図的に傾斜を付けて研磨されたステップド基板であり、意図的な傾斜がないものに比べて熱処理に伴うモルフォロジー変化が大きく抑制されていた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

ダイシングソー、レジスト塗布装置、紫外線照射装置、エキスパンド装置

【実験方法】

酸化ガリウム($\bar{2}01$)および(001)の2インチウエハに保護のためフォトレジストを塗布し、ダイシングソーで13 mm × 3 mm の形状に切り分けた。これは超高真空中でヘテロエピタキシー初期過程を観察する際にサンプルホルダにマウントする形状である。今回はヘテロエピタキシー前の基板の表面形状制御のために、これらを大気中および真空中で300~900°Cの温度で0.5~24 hの熱処理を行い、表面モルフォロジーをAFMで観察した。また、紫外・可視および近赤外領域での吸収スペクトル測定および紫外・可視域での発光スペクトルを測定した。いくつかの試料についてはXPS測定と超高真空中でのSTM観察を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

今回用いた試料も従来の試料と同じく、真空中での長時間の熱処理で試料が分解する挙動が見られた。大気

中での熱処理でも従来の試料と同様、温度が高くなると酸素の取り込みが起こり、自由電子のプラズマ振動による青色が消失と、それに伴う導電性の消失が見られた。しかし($\bar{2}01$)基板と(001)基板ではそれらの変化が起こる温度が違っており、(001)基板の方がより高温で変化する傾向が見られた。このことは、露出している表面ごとに反応性が異なっていることを示している。これらの結果は、酸化ガリウムをデバイスの材料として用いる場合、CVDなどの成膜を含む様々なプロセスにおいて、温度の管理が重要であることを示している。特に酸素が六方晶に近い配列をしておりエピタキシーに適していると考えられる($\bar{2}01$)は最も反応性が高いため注意が必要であるといえる。

いずれの基板でもステップ・テラス構造の形成は800°Cまでで起こっており、(100)基板での報告例より明らかに低い結果となっていた。従来の($\bar{2}01$)基板では、大気中での熱処理温度を900°Cまで上げるとファセッティングが起こり、ステップの高さが非常に大きくなる傾向が見られたが、今回の($\bar{2}01$)基板はファセッティングが起こらなかった。これは、今回の基板は意図的に表面に傾斜が付いたステップド基板であり、傾斜の方向に起因して、不安定な断面を持つステップが少なかったためと考えられる。

4. その他・特記事項(Others) なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) A. Okada, M. Nakatani, L. Chen, R. A. Ferreyra, K. Kadono, "Effect of annealing conditions on the optical properties and surface morphologies of ($\bar{2}01$)-oriented β -Ga₂O₃ crystals", Applied Surface Science 574 (2022) 151651. 掲載予定

6. 関連特許(Patent) なし。