

(様式第 5 号)

X 線トポグラフィーによる β -Ga₂O₃ ウエハーの欠陥評価 Characterization of crystalline defects in β -Ga₂O₃ wafer by X-ray topography.

梶谷 聡士¹、Sdoeung Sayleap²、
CHE AMIRUL SYAFIQ IQBAL²、Chaman Md Muhidul Islam²
Satoshi Masuya¹、Sdoeung Sayleap²、
CHE AMIRUL SYAFIQ IQBAL²、Chaman Md Muhidul Islam²

1; 株式会社ノベルクリスタルテクノロジー、2; 佐賀大学大学院工学系研究科
1; Novel Crystal Technology, Inc.
2; Graduate School of Engineering, Saga University

- ※ 1 先端創生利用（長期タイプ）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※ 2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後 2 年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です（トライアル利用を除く）。
- ※ 3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※ 4 共著者には実験参加者をご記載ください（各実験参加機関より 1 人以上）。

1. 概要（注：結論を含めて下さい）

次世代のパワー半導体材料として期待される β -Ga₂O₃ について、単結晶基板中に発生する転位や積層欠陥などの結晶欠陥を X 線トポグラフィーにより評価した。

これまでに 2 インチの EFG 基板やエピウエハーの量産化を実現したが、基板の研磨等で発生する加工ダメージの除去は必達の課題である。これまで(010)面において、熱処理により加工ダメージを除去できることがわかったが、今回は(011)面において同様に熱処理による加工ダメージの除去を試みた。

(English)

X-ray topography to evaluate crystalline defects were performed to Gallium Oxide (β -Ga₂O₃) which expected as next generation wide bandgap semiconductor material. The polishing process can damage on substrate surface, which cause serious problem in other processes. On (010) surface, it has been reported that these damages can be removed by thermal annealing. In this measurement, we try to remove these damages on (011) surface.

2. 背景と目的

β -Ga₂O₃ は、バンドギャップが広く絶縁破壊電界が高いため、低損失で高耐圧の次世代パワー半導体材料として期待されている。先行する炭化ケイ素や窒化ガリウムよりも優れた物性を持っており、更に融液成長が可能な点から、これらの材料よりも低コストで基板を作製できる特徴がある。10 年ほど前から急速に研究が進み、これまでに優れたダイオード特性やトランジスタ特性が報告されている。

しかしながら、課題として格子欠陥(結晶欠陥)の影響も報告されており、 β -Ga₂O₃ を用いたショットキーバリアダイオードにおいて結晶欠陥による素子特性の劣化が明らかになっている[1, 2]。従ってデバイスの活性層には高品質のエピタキシャル膜が必要となるが、下地基板として用いる Edge-defined Film-fed Growth(EFG)結晶には加工や研磨中などに歪を伴う加工ダメージが発生する可

能性があり課題である。これまで、(010)面バルク基板では加工によるダメージが発生しやすいが、それらは熱処理により除去できることがわかっている[3]。今回は同様に(011)面基板においても加工ダメージを評価し、熱処理によるダメージ除去を行った。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

試料はEFG法により育成したバルク基板で、これらの試料についてBL09にてX線トポグラフィー観察を行った。 β - Ga_2O_3 では結晶内でのX線吸収が顕著なため透過法は向かず、図1に示すような測定配置(反射法)で測定した。測定ではモノクロメーターを通した単色光を用い、回折したX線をフィルムに露光した。測定試料の表面の面方位は(011)面であり、 $g=422$ 等の回折を用いた。

4. 実験結果と考察

図2に今回観察した β - Ga_2O_3 EFG基板のX線トポグラフ像を示す。全体に無数の歪のようなものが発生しており、加工起因で全面にダメージが発生していると思われる。この試料をアニール処理したのち再び同様の測定をすると図3のような像が得られ、明らかにダメージの除去ができています。

(010)面結晶において山口らがアニールによるダメージ除去を発表しているが[3]、(011)面においても同様にダメージが発生し、熱処理により除去できることがわかった。

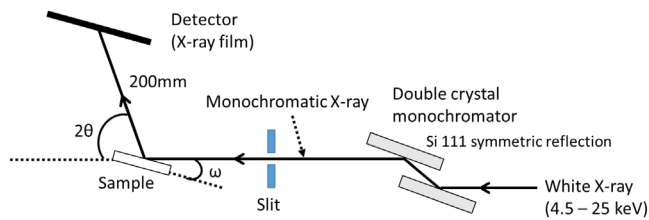


Fig.1 反射 Bragg 配置の測定系レイアウト図

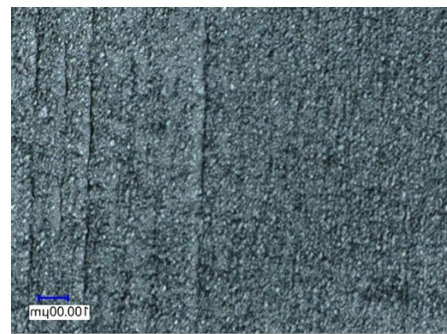


Fig.2 熱処理前の(011) β - Ga_2O_3 のトポ像

5. 今後の課題

今回、(011)面において熱処理により加工ダメージを除去できることがわかった。今後は成長時に発生する転位などの欠陥を低減する必要がある。また、ダイオードやトランジスタなどの電子デバイス応用を進める。

6. 参考文献

- [1] S. Sdoeung, et al., Appl. Phys. Lett., 117, 22106, (2020).
- [2] S. Sdoeung, et al., Appl. Phys. Express, 14, 036502, (2021).
- [3] H. Yamaguchi, et al., Jpn. J. Appl. Phys., 59, 125503, (2020)

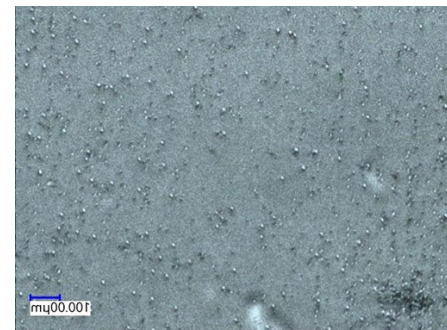


Fig.3 熱処理後の(011) β - Ga_2O_3 のトポ像

7. 論文発表・特許 (注：本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

- [1] S. Masuya, K. Sasaki, A. Kuramata, S. Yamakoshi, O. Ueda, M. Kasu, Jpn. J. Appl. Phys. 58, 055501 (2019).
- [2] S. Sdoeung, K. Sasaki, K. Kawasaki, J. Hirabayashi, A. Kuramata, T. Oishi, M. Kasu, Appl. Phys. Lett., 117, 22106, (2020).
- [3] S. Sdoeung, K. Sasaki, K. Kawasaki, J. Hirabayashi, A. Kuramata, M. Kasu, Appl. Phys. Express, 14, 036502, (2021).

8. キーワード (注：試料及び実験方法を特定する用語を2~3)

X線トポグラフィー、 β - Ga_2O_3

9. 研究成果公開について（注：※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文（査読付）発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください。提出期限は利用年度終了後2年以内です。例えば2018年度実施課題であれば、2020年度末（2021年3月31日）となります。）

長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

① 論文（査読付）発表の報告 （報告時期： 2024年 3月）