

(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、Chaman Md Muhidul Islam²、
CHE AMIRUL SYAFIQ IQBAL²
Satoshi Masuya¹、Sdoeung Sayleap²、Chaman Md Muhidul Islam²、
CHE AMIRUL SYAFIQ IQBAL²

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、その結晶評価のためX線トポグラフィーにより転位等の結晶欠陥の観察を行った。

これまでに2インチのエピウエハーの量産化を実現したが、今回更なる高品質化を目指してエピ成長条件の改善を行い、転位などの欠陥の状況を調べた。その結果、エピ中のガス流量を上げることで気相中での反応を抑制し、結晶性の向上が確認できた。

(English)

To evaluate crystalline defects, X-ray topography were performed to Gallium Oxide (β -Ga₂O₃) which expected as next generation wide bandgap semiconductor material. Measurements were performed on 2-inch HVPE epi wafers which grown by different conditions to observe dislocations and stacking faults or other defects. It was found that quality of epitaxial layer is improved by increasing gas flow.

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]。したがって、基板のバルク及びエピタキシャル結晶における更なる高品質化が求められる。これまでに2インチのエピウエハーの量産を実現しているが、今回更なる高品質化を目指してエピ条件の違いによる結晶欠陥の変化を調べた。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

試料はEdge-defined Film-fed Growth(EFG)法で作製した基板の上にhalide vapor phase epitaxy(HVPE)法によりエピタキシャル成長を行ったエピウエハーで、表面は(001)面である。これらの試料についてBL09にてX線トポグラフィ観察を行った。 β -Ga₂O₃では結晶内でのX線吸収が顕著なため透過法は向かず、反射法で測定した。測定には主に単色光を利用しており、転位のコントラスト実験を行うため $g=224$ 等の複数の回折条件で測定した。

4. 実験結果と考察

図1に今回観察した β -Ga₂O₃エピウエハーのX線トポグラフィ像を示す。(a)の方を基準として、(b)のサンプルはエピ成長中のガス流量を2倍にして成長している。

(a)の方では多数の点状のコントラストが見えており、基板到達前に気相中で反応した生成物の影響と思われる。一方、ガス流量を増加した(b)の試料ではそのような様子は見られなかった。(a)ではその生成物がバックグラウンドとして無数に観察されるため、転位等の欠陥を一つ一つ観察することが出来ないが、(b)の方では明瞭に転位欠陥などを観察することが出来る。(a)の方では全面に歪が入っているような状態で、結果としてガス流量を増加することで結晶品質を向上させることが出来た。

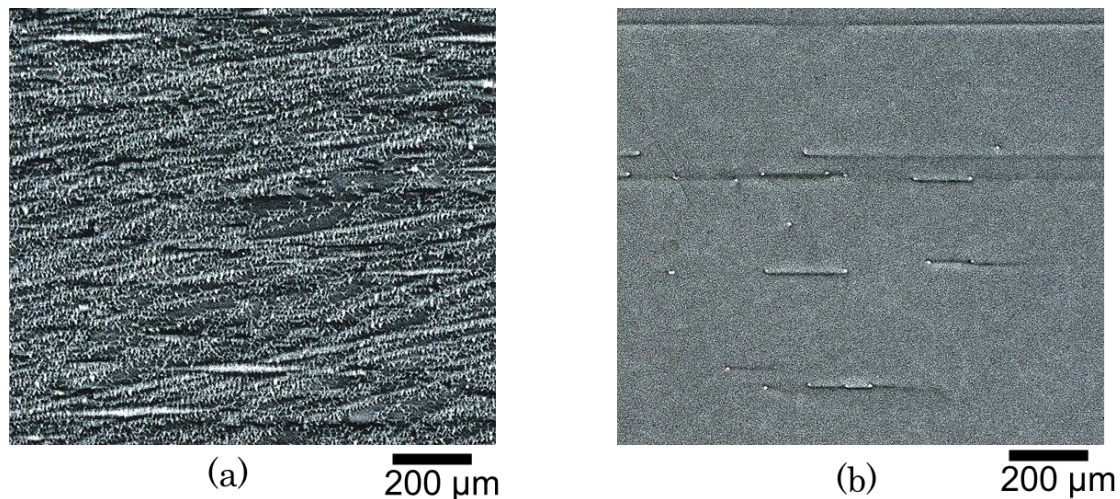


Fig. 1 X-ray topography images of HVPE grown β -Ga₂O₃ epitaxial wafers.

5. 今後の課題

今回気相中での生成物を抑制することでエピウエハーの高品質化を達成したが、さらなる結晶性の向上を目指していく。また、今回の観察試料は2インチウエハーだが、スケールアップした4インチエピウエハーなどについても調べていく。

ダイオードやトランジスタなどの電子デバイスに応用し低損失、高耐圧デバイスの開発を進めていく。

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).

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 -Ga₂O₃

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： 2023年 3月）