



九州シンクロトロン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：1902003A

B L 番号：15

(様式第 5 号)

X 線トポグラフィーによる 4H-SiC ウエハの結晶欠陥評価 (I)
Characterization of crystallographic defects in 4H-SiC wafers by X-ray
topography (I)

児島一聡^{1,2)}、先崎純寿^{1,2)}、西野潤一²⁾
Kazutoshi Kojima^{1,2)}, Junji Senzaki^{1,2)}, Junichi Nishino²⁾

¹⁾産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター
Advanced Power Electronics Research Center,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

²⁾産業技術総合研究所 TIA 推進センター 共用施設運営ユニット
パワーエレクトロニクスステーション
TIA Central Office Open Research Platform Unit Power Electronics Station,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

- ※ 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)

4H-SiC ウエハ上に形成したトレンチ構造に対してエピタキシャル成長により埋め戻し成長を行い、その埋め戻した領域を反射 X 線トポグラフで観察したところ、基板起因の転位以外は観察されず、埋め戻し成長による新たな転位の発生は起きないことが明らかになった。

(English)

Trench structures that were formed on 4H-SiC wafer filled by using the epitaxial growth technique were investigated by using X-ray topography. As the result, only dislocations propagated from 4H-SiC wafer in to filled layer were observed. It indicates that trench filling with epitaxial growth technique does not generate new dislocations at filled trench areas.

2. 背景と目的

電力エネルギー変換を高効率に行うためにワイドギャップ半導体材料の一つとして、4H型シリコンカーバイド (4H-SiC) を用いたパワーデバイスの実用化が進んでいる。4H-SiC 結晶成長技術の向上により結晶欠陥は低減されつつあるものの、依然として一定程度の結晶欠陥が存在しており、デバイスの特性不良や信頼性低下の要因となることが懸念されており普及拡大への枷となっている。一方、Si に比べてウエハが高コストであることも普及拡大に対する大きな課題となっている。そのため、結晶欠陥の観察をバルク結晶成長、エピタキシャル成長、デバイス開発等の研究者と連携しながら

ら進め、欠陥の性状、発生原因、デバイス性能への影響等の諸問題を解決していく必要と共にSiCのウエハコスト低減に向けた新たな取り組みも求められている。

本研究では4H-SiCの欠陥評価によって、SiCのパワーエレクトロニクス実用化に必要な課題解決を進めることを目的に1) 貼り合わせ4H-SiCウエハ上に作成した4H-SiCエピタキシャル層の結晶欠陥観察とその低減、2) 高濃度ドープバルクp型SiCウエハにおける積層欠陥発生抑制や貫通欠陥制御、3) 4H-SiC埋め込みエピタキシャル層の結晶欠陥解析、4) 標準化として、「SiCエピ/ウエハ欠陥検出法」に関する国際規格原案作成とIEC TC47への提案のためのデータ収集を行う。

本報告ではX線トポグラフにより4H-SiC埋め込みエピタキシャル層の結晶欠陥解析を行ったのでその結果を報告する。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

形成したトレンチのパターンを図1に示す。トレンチは深さ $3\mu\text{m}$ で幅を $10\mu\text{m}$ から $500\mu\text{m}$ まで変化させたパターンをボッシュプロセスによりn型4H-SiC 4度オフ基板の上に作製した[1]。トレンチを形成したウエハにホットウォールCVD法を用いてp型4H-SiC層をホモエピタキシャル成長させ、トレンチをP型層で埋め戻した。埋め戻した試料は研磨により表面平坦化を行った。

この試料に対してBL-15のビームラインに置いてベルグバレット配置によるX線トポグラフを実施した。入射X線の波長は 1.5\AA 、回折面は(-1-128)、x線の入射角度は結晶表面に対して約 5° である。

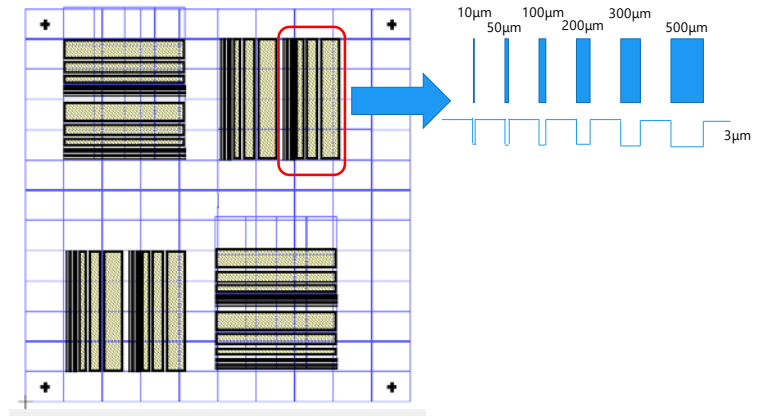


図1 トレンチパターン

4. 実験結果と考察

図2にトレンチ幅 $300\mu\text{m}$ をP型4H-SiC層で埋め込んだ時の断面SEM像を示す。n型基板に形成したトレンチ(暗部)がP型層(明部)で埋め込まれていることが判る。

トレンチを埋め戻した試料表面を平坦化した後に行ったX線トポグラフ像を図3に示す。図1に示すパターンがトポグラフ像にも映り込んでいるのがわかる。また、貫通螺旋転位(TSD)、貫通刃状転位(TED)、基底面転位(BPD)に対応する転位像を確認することが出来る。

埋め込みにより生じたPN界面に注目すると界面近傍で新たな貫通転位の発生は確認できない。BPDについてもPN界面近傍から発生しているものは無く、大部分のBPDがトレンチのパターンを横切るように連続的な像になっていることから、トポグラフ像に映っているBPDは基板起因のものであると考えられる。

以上のことからエピタキシャル成長によるトレンチ埋め戻し成長において埋め戻し領域での新たな転位は発生しないことが明らかになった。

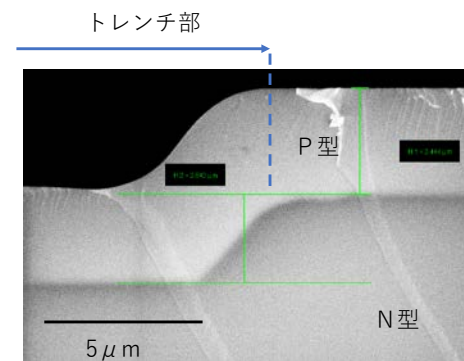


図2 トレンチ幅 $300\mu\text{m}$ の埋め戻し後の断面SEM像

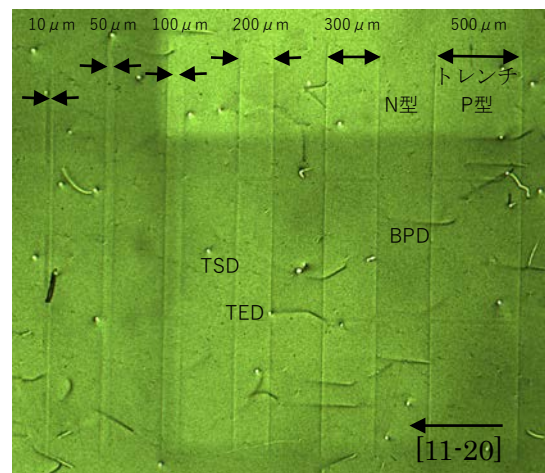


図3 トレンチ埋め戻し後のX線トポグラフ像

5. 今後の課題

今回の測定ではトポグラフ像にトレンチのパターンが映ってしまっている。この原因については平坦化不足による表面の凸凹あるいは埋め戻しによりPN接合を形成したことで生じた応力の両方が考えられ、この原因について検討を進める。

6. 参考文献

[1] 森本剣徳郎、村岡幸輔、児島一聡、黒木伸一郎 第66回応用物理学会春季学術講演会 9a-PB3-7 (2019)。

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)

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)

4H-SiC、埋め戻し成長、X線トポグラフ

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：	年	月)
② 研究成果公報の原稿提出	(提出時期：	年	月)