



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：1702007A

BL番号：15

(様式第5号)

SiC中に形成された結晶欠陥の評価 (I)

Characterization of crystallographic defects formed in silicon carbide crystals

山下 任, 周防 裕政, 小松 直佳, 林 将平, 着本 享, 山口 博隆
Tamotsu Yamashita, Hiromasa Suo, Naoyoshi Komatsu,
Shohei Hayashi, Susumu Tsukimoto, Hirotaka Yamaguchi

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

- ※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(トリアルユースを除く)。
- ※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)

SiCの高品質化・高機能化を目指した取り組みの一つとして我々は昇華法によるp型4H-SiCバルク結晶成長の技術開発を行っている。種々のAlドーピング濃度の4H-SiCの結晶成長を行い、その評価として非破壊的に詳細な欠陥観察ができる放射光X線トポグラフィを行った。

Defects in a p-type 4H-SiC crystal grown by physical vapor transport have been investigated by X-ray topography. Dislocation density of the p-type 4H-SiC was investigated in relation to Al concentration.

2. 背景と目的

SiCの結晶欠陥をX線トポグラフィによって評価し、パワーエレクトロニクス素子の実現をめざしている。そのために、バルク結晶成長、エピタキシャル成長、素子開発などの研究者を連携して、欠陥の形態、発生原因、素子性能への影響の諸問題を検討している。第I期では、バルク結晶成長やウェハ加工に関する課題を主に検討した他、欠陥評価の国際標準規格策定のためのデータ収集と整理を進めた。本報告では、昇華法によるp型SiC結晶成長に関する実験結果を報告する。

3. p型4H-SiC結晶成長と欠陥評価

3.1 はじめに

SiCはパワー半導体材料として注目され様々な応用が進んでいる。現在では市場でも高品質なn型SiCウェハが入手可能でありこれまでにそのn型ウェハを用いた様々なSiCデバイスの開発が進められている。一方でp型ではバルク結晶成長技術は研究開発段階である。p型SiCウェハは例えば超高耐圧特性が期待されるn-IGBTに用いられ、さらなるパワー半導体技術開発には高品質・低抵抗なp型結晶成長技術開発が重要である。本研究ではp型SiCバルク結晶成長技術開発の一環として4H-SiCの高濃度Alドーピング結晶成長および結晶欠陥の生成とAl濃度との関係について研究を行った。

3.2 実験

結晶成長炉の模式図を図1に示す。加熱は2ゾーンの高周波コイルを用いた誘導加熱方式であり、SiC種結晶、原料SiC、炭化アルミニウム Al_4C_3 のそれぞれの部分の温度を観測し、加熱温度などを調節することで様々なAlドーピング濃度での成長を行った。種結晶は4H-SiC (000 $\bar{1}$) のC面を用いて成長を行った。得られた結晶は二次イオン質量分析法 (SIMS) でそのAl濃度を測定し、KOHエッチングおよびウェハ化した一部の試料に関しては11 $\bar{2}$ 8反射のX線トポグラフィによりその転位密度を評価した。

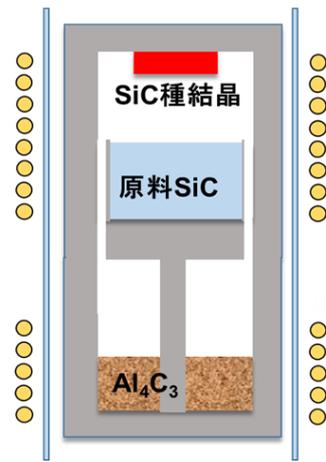


図1. Alドーピングを伴うSiC昇華法結晶成長模式図

3.3 結果

図2は成長したp型結晶から作製した3インチウェハにおけるX線トポグラフィ像である。貫通刃状転位 (TED) と貫通らせん転位 (TSD) を放射光X線トポグラフィを用いることで非破壊で観察することが出来た。図3はKOHエッチングでの評価も含めたそれらの結果から得られた欠陥密度を成長結晶のAl濃度に対してプロットしたものである (欠陥密度は種結晶の欠陥密度で割ることによって相対値としている)。Al濃度が増加するにつれて欠陥密度が増大するような傾向があることが示唆される。

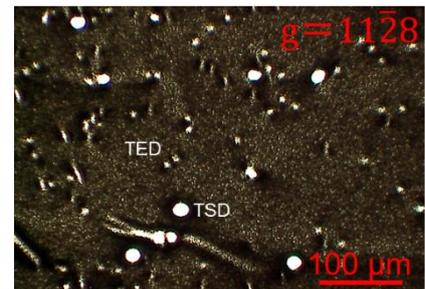


図2. 成長したp型結晶から作製したウェハでのX線トポグラフィ像

3.4 今後の課題

今後さらにp型4H-SiC結晶のAl濃度と結晶欠陥に関する知見を集めつつ、非破壊で評価したウェハを用いて、デバイス作製に必要なエピタキシャル膜成長およびその評価を行っていき、SiCでのn-IGBT実証に向けた研究を進める。

6. 参考文献

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) SiC、結晶成長、昇華法、X線トポグラフィ

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(2017年度実施課題は2019年度末が期限となります)。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：2018年 1月)

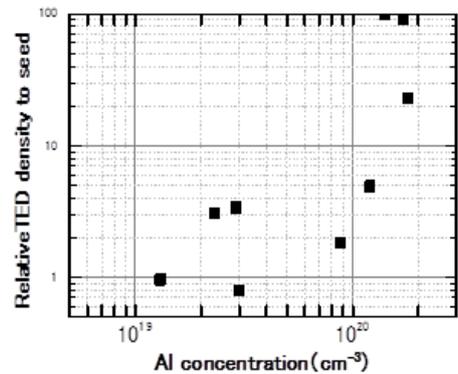


図3. TED密度の種結晶部とp型成長部との相対値のAl濃度依存性