



Title	Naフラックス結合成長法による低転位窒化ガリウム結晶作製技術
Author(s)	今西, 正幸
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/55996">https://doi.org/10.18910/55996</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏名(今西正幸)	
論文題名	Naフラックス結合成長法による低転位窒化ガリウム結晶作製技術
<p><b>論文内容の要旨</b></p> <p>現本論では、LEDに実用化され、パワーデバイスへの応用も期待される窒化ガリウム(GaN)結晶の低転位化・低反り化に取り組んだ。第1章は序論であり、GaNデバイスの社会的必要性を述べ、現在GaNのデバイス応用が実現に至らない要因について論じた。その問題点に対するこれまでの研究について述べるとともに、本論における取り組みと目的について説明した。第2章においては、GaN結晶成長に用いるNaフラックス法及び結合成長法について説明した。先行研究であるポイントシード法を用いたGaN結晶成長の研究成果についてまとめ、本論の研究である結合成長法へ発展した経緯を説明した。第3章では、低反りかつ低転位なGaN結晶の作製を目的とし、ポイントシードを用いた結合成長法に取り組んだ。ポイントシードのパターンが成長層に与える影響を調査した結果、径0.25 mm以下のポイントシード上に成長を行うことで転位密度を<math>\sim 10^3 \text{ cm}^{-2}</math>程度まで低減可能であることを明らかにした。また、結晶の結合方位をa軸方位とすることで、結晶結合界面における転位の伝播を抑制できることも分かった。結晶の低反り化を目指し、厚膜成長を行った結果、成長膜厚を2.6 mm以上とすることで、曲率半径が100 m以上の結晶が得られることを明らかにした。表面モルフォロジーの平坦化においては、ポイントシード径及びピッチを小さくした縮小形が有用であることを示した。第4章では、第3章において作製した低転位GaN結晶の長尺化に向け、HVPE成長を行った。c面及び<math>\{10\bar{1}1\}</math>面成長領域で構成されるポイントシード上結晶にHVPE成長を行った結果、種結晶の転位分布を引き継いで成長することが分かった。しかし、成長膜厚が増加するのに伴い結晶の反りが増加し、クラックが発生した。放射光X線により格子定数を測定した結果、<math>\{10\bar{1}1\}</math>面における格子定数がc面成長領域における格子定数に比較し拡張していることが分かり、反りの増加要因が格子不整合によるものであると明らかにした。<math>\{10\bar{1}1\}</math>面における酸素濃度を測定した結果、<math>\sim 10^{19} \text{ atoms/cc}</math>と高く、格子定数拡張の要因が酸素不純物である事を明らかにした。酸素濃度が<math>\sim 10^{17} \text{ atoms/cc}</math>と比較的低いc面成長により作製したGaN結晶を種結晶とし、HVPE成長を行った結果、クラック及び反りが生じることなく長尺成長することに成功した。以上の事から、第3章において作製した低転位GaN結晶上にHVPE成長を行うためには、成長面を制御することにより、表面が全面c面で構成された結晶を作製する必要である事を明らかにした。第5章では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題と将来の展望について述べ、本論文の結論とした。</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名(		今西正幸	)
論文審査担当者	主査	(職)教授	氏名森勇介
	副査	教授	伊藤利道
	副査	教授	片山光浩
	副査	教授	尾崎雅則
	副査	教授	栖原敏明
	副査	教授	近藤正彦
	副査	教授	森伸也
	副査	教授	八木哲也
	副査	准教授	吉村政志

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、Naフラックス結合成長法を用いた低転位・低反り窒化ガリウム（GaN）ウェハの作製及び長尺化に向けたHVPE成長を研究するものであり、全6章で構成されている。

第1章は序論であり、GaN結晶に関する研究分野の社会的必要性述べ、現在GaNデバイスが実現に至らない要因について論じている。先行研究について述べるとともに、本論における取り組みと目的について説明している。

第2章ではGaN結晶成長に用いるNaフラックス法について説明している。先行研究であるポイントシード法を用いたGaN結晶成長の研究成果についてまとめ、本論の研究である複数のポイントシードからGaN結晶を合体させる手法（本論では結合成長法と呼ぶ）へ発展した経緯を述べている。

第3章では低転位GaN結晶の作製を目的とし、ポイントシードを用いた結合成長法に取り組んだ結果について述べている。ポイントシードのパターンが成長層に与える影響を調査した結果、径を小さくするほど成長層における転位密度が減少し、径250 μm以下のポイントシード上に成長を行うことで転位密度を10<sup>3</sup> cm<sup>-2</sup>程度まで低減可能であることを明らかにした。また、結晶の結合方位をa軸方位とすることで、結晶結合界面における転位の伝播を抑制できることも分かった。

第4章においては、結晶の低反り化を目指し厚膜成長を行った結果、厚膜化するほど反りが小さくなることが明らかになり、成長膜厚を3.7 mm以上とすることで、曲率半径が100 m以上の結晶が得られた。表面モルフォロジーの平坦化には、ポイントシード径及びピッチを小さくした縮小形が有用であることを示した。

第5章では、第3章及び第4章において作製した低転位GaN結晶のバルク化（長尺化）に向け、HVPE成長を行った。c面及び{10-1-1}面成長領域で構成されるポイントシード上結晶にHVPE成長を行った結果、種結晶の転位分布を引き継いで成長することが分かった。しかし、成長膜厚が増加するのに伴い結晶の反りが増加し、クラックが発生した。反り增加の要因が酸素不純物による格子定数拡張であると明らかにし、酸素濃度の小さいGaN結晶上にHVPE成長を行った結果、クラック及び反りが生じることなく600 μm程度の長尺成長に成功した。以上のことから、第3章及び第4章において作製した低転位・低反りGaN結晶上にHVPE成長を行うためには、成長面を制御することにより、表面が全面c面で構成された結晶を作製することが有用であると結論付けた。

第6章では、本論文を通して得られた結果をまとめ、結論を述べている。

以上のように、本論文はNaフラックス結合成長法を用いた低転位・低反りGaNウェハの作製、HVPE成長による厚膜化に成功している。以上の研究成果及び本論文で述べた窒化ガリウム結晶成長技術は、低転位かつ大口径なバルク窒化ガリウム結晶の作製に有望であり、電子デバイス、発光デバイスへ分野における飛躍的な性能向上と消費電力の削減への貢献が期待される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。