The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	OVPE法を用いたGaN結晶の長時間・高速成長化技術
Author(s)	隅, 智亮
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52185
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　隅　智亮　　）	
論文題名	OVPE法を用いたGaN結晶の長時間・高速成長化技術

論文内容の要旨

本論文は、著者が大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻において実施したOxide Vapor Phase Epitaxy(OVPE)法におけるGaN結晶成長についてまとめたものである。本論文は5章で構成される。

第1章では本論文に関する研究分野について述べ、本論文の研究背景と目的を述べた。

第2章では本研究で用いるGaN結晶成長法であるOVPE法について説明した。OVPE法ではGa源であるGa_2Oガスの生成法及び成長部での反応から、現在主流のHVPE法と異なり固体の副生成物が生じず、原理的に長時間の成長が期待できることを述べた。また、GaN結晶成長の駆動力について述べ、OVPE法でのGaN結晶成長の特徴をまとめた。

第3章ではOVPE法において無極性面GaN結晶成長及び、高温成長による有極性c面GaN結晶の高速成長への取り組みをまとめた。OVPE法では高速成長の際に多結晶が発生する問題があったが、炉壁や気相反応由来か、マイグレーションが不十分なためか、原因の特定ができていなかった。マイグレーションの促進が期待される無極性面を成長するとc面と比べて多結晶の出現が抑制された。このことから、多結晶の発生原因はマイグレーションが不十分であるためであり、無極性面成長が多結晶発生の抑制に有用であることがわかった。しかし、無極性面成長したGaN結晶はc面と比べて不純物濃度が高くなった。そこで、c面をマイグレーションが促進される高温で成長を行った。従来は1250℃で成長していたが、本研究において1350℃で成長したところ成長速度300 μm/hの結晶が成長し従来の最大の成長速度であった71 μm/hを大きく上回る成長速度を達成した。この成長速度はGaN基板作製法として実用化されているHVPE法の成長速度と同等であり、OVPE法がバルクGaN結晶成長法として有望であること示した。

第4章では新たなGa_2Oガス生成法としてGaをH_2Oで酸化する方法を提案した。現状のOVPE法では出発原料としてGa_2O_3を用いて還元剤で還元することでGa_2Oガスを生成するために、Ga_2O以外の酸化物ガスが原料部で副生成物として発生し、成長部へ供給されて結晶中の酸素濃度を上昇させる原因となる。そこで、出発原料としてGaを用いてH_2Oで酸化してGa_2Oガスを生成する方法を用いた。GaとH_2Oを用いるGa源ガスの発生をGaN結晶成長へ応用した例はなく、本研究で初めて取り組んだ。本研究では新たなGa源ガス生成法においてGaN結晶の成長が可能であることを確認した。

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。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　隅　智亮　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	森　勇介
	副 査	教　授	伊藤　利道
	副 査	准教授	吉村　政志
	副 査	教　授	片山　光浩
	副 査	教　授	尾﨑　雅則
	副 査	教　授	栖原　敏明
	副 査	教　授	近藤　正彦
	副 査	教　授	大森　裕
	副 査	教　授	八木　哲也

論文審査の結果の要旨

本論文は、Oxide Vapor Phase Epitaxy(OVPE)法を用いた窒化ガリウム結晶の長時間・高速成長化技術を研究するものであり、全５章で構成されている。

第 1 章では、窒化ガリウム結晶の特徴、成長技術、本研究の背景、目的、及び、本論文の構成について述べている。

第 2 章では本研究で用いる窒化ガリウム結晶成長法である OVPE 法について説明している。OVPE 法の Ga 源である Ga_2O ガスの生成法及び成長部での反応を述べ、長時間成長及び高温成長が期待できることを述べている。また、OVPE 法での窒化ガリウム結晶成長における課題と解決へ向けたアプローチを述べている。

第 3 章では OVPE 法における無極性面窒化ガリウム結晶成長及び、高温成長による有極性 c 面窒化ガリウム結晶の高速成長への取り組みを述べている。OVPE 法では高速成長の際に基板上で多結晶が発生する問題がある。しかし、基板外で発生する結晶が基板へ付着するためか、マイグレーションが不十分なためか、原因の特定ができていなかった。マイグレーションの促進が期待される無極性面を成長すると c 面と比べて多結晶の発生が抑制された。このことから、多結晶の発生原因はマイグレーションが不十分なためであることを示した。しかし、成長した無極性面窒化ガリウム結晶は c 面と比べて含有酸素濃度が高くなっていた。そこで、c 面をマイグレーションが促進される高温で成長を行った。従来は 1250℃ で成長していたが 1350℃ で成長を行ったところ、成長速度 300 μm/h の結晶が成長し、従来の最大の成長速度であった 71 μm/h を大きく上回る成長速度を達成している。

第 4 章では新たな Ga_2O ガス生成法として Ga を H_2O で酸化する方法について述べている。現状の OVPE 法では Ga_2O_3 を水素で還元することで Ga_2O ガスを生成する。その際に水蒸気が副生成物として発生し、成長部へ流入し結晶中の酸素濃度を上昇させる原因となる。そこで、金属 Ga を水蒸気で酸化して Ga_2O ガスを生成する方法を提案している。Ga を水蒸気で酸化する際の副生成物は水素であり、水蒸気の反応率を増加させることで成長部への水蒸気の流入の低減が可能である。Ga と水蒸気を用いる Ga_2O の発生法を窒化ガリウム結晶成長へ応用した例はなく、本論文で初めて取り組み、新たな Ga_2O 生成法を用いて窒化ガリウム結晶の成長が可能であることを示している。また、成長結晶の X 線ロッキングカーブ半値幅は 80 arcsec であり、種基板と同程度の結晶性を有する窒化ガリウム結晶の成長に成功している。

第 5 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 OVPE 法を用いた高品質窒化ガリウム結晶の高速成長を目的としてマイグレーションの促進による高速成長、新規原料ガス供給法による高品質な窒化ガリウム結晶の成長を行っている。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、高品質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で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。