

Title	Na系フラックスを用いた低転位・大型GaN単結晶の育成と成長メカニズムの解明
Author(s)	森下, 昌紀
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48568
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	もり 森	した 下	まさ 昌	のり 紀
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)			
学位記番号	第 2 1 2 0 8 号			
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気工学専攻			
学位論文名	Na 系フラックスを用いた低転位・大型 GaN 単結晶の育成と成長メカニズ ムの解明			
論文審査委員	(主査) 教 授 佐々木孝友			
	(副査)			
	教 授 伊瀬 敏史	教 授 熊谷 貞俊	教 授 辻 毅一郎	
	教 授 伊藤 利道	教 授 杉野 隆	教 授 中塚 正大	
	教 授 西村 博明	教 授 斗内 政吉		

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、Ⅲ族窒化物半導体の特性向上に向けた低転位 GaN 単結晶基板の作製を目的として、Na 系フラックスを用いた低転位・大型 GaN 単結晶の育成技術及び成長メカニズムについて検討した。第 1 章は序論であり、本論文に関連する研究分野について述べたあと、本研究で用いている Na フラックス法における問題点を明らかにし、本論文の研究背景と目的をまとめた。第 2 章では、Na フラックス法の成長メカニズムが定量的に未解明という問題に対して、育成に必要な窒素濃度と窒素溶解度をそれぞれ実験的に測定した内容について述べた。これらのデータから Na フラックス法において過飽和度の定義と数値化を実現し、成長メカニズムを定量的に明らかにした。第 3 章では、遅い成長速度と結晶の着色の問題を解決するために、窒素溶解度の増加を目的として Li や Ca を添加したフラックスを用いた育成を行った内容についてまとめた。また、その窒素溶解度の増加を定量的に明らかにした。第 4 章では、結晶の大型化に向けて、Na フラックス法に LPE 成長を応用することで、極めて転位密度の低い基板サイズの GaN が成長可能となることを示した。第 5 章では、LPE 成長の応用によって新たに生じた問題の 1 つである再現性悪化の問題に対して、わずかな酸素混入によって LPE 成長が阻害されることを示した。第 6 章では、不均一核発生による多結晶成長が LPE 成長速度を低下させるという問題に対して、高温育成や炭素添加による育成で不均一核発生が抑制できることを明らかにした。第 7 章では、第 2 章から第 6 章で得られた知見を基に、大型育成炉を用いたバルク GaN 単結晶成長を実施し、2 inch サイズの GaN を得ることに成功した内容についてまとめた。第 8 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。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、申請者が課程在学中に行った Na 系フラックスを用いた低転位 GaN 単結晶の育成と成長メカニズムの解明に関する研究成果をまとめたものである。GaN を含むⅢ族窒化物半導体はその優れた特性から蛍光灯に替わる白色発光デバイスや、高周波・高耐圧電子デバイスへの応用が期待されており、これらを実現するためには基板用の低

転位 GaN 単結晶の実現が必要不可欠である。低転位 GaN 単結晶育成法として Na フラックス法があるが、この方法の実用化に向けて解決すべき問題がいくつか残されている。本論文では Na フラックス法における GaN 単結晶成長のメカニズムを解明することによって、Na フラックス法の実用化に向けた様々な問題の解決に取り組んだ結果を示している。

第 1 章は序論であり、研究の背景と目的、及び Na フラックス法の問題点を明らかにしている。

第 2 章では、Na フラックス法の成長メカニズムが定量的に未解明という問題に対して、育成に必要な窒素濃度と窒素溶解度をそれぞれ実験的に測定し、これらのデータから Na フラックス法において過飽和の定義と数値化を初めて実現した内容について明らかにしている。これによって Na による窒素溶解度増加を初めて定量的に実証している。

第 3 章では、遅い成長速度と結晶の着色の問題に対して、Ga-Na 系に Li や Ca を添加することによって収率の増加、結晶の透明化、生成圧力閾値の低下などの効果が得られた内容について明らかにしている。また、Li、Ca 添加系における窒素溶解度を実験的に測定することによって、Li や Ca 添加による窒素溶解促進を定量的に実証している。

第 4 章では、坩堝壁での多核発生によって多結晶成長し易い問題に対して、LPE 成長技術を導入することで基板サイズの GaN 結晶が得られるようになったことを示している。また、LPE 成長では高転位密度を有する種基板上に極めて低転位の結晶を成長させることができ、この転位減少メカニズムについても断面 TEM 観察や LPE 成長過程の調査によって明らかにしている。さらに、第 2 章で定量化された窒素溶解度のデータから、LPE 成長速度が過飽和量に大きく依存することを示している。

第 5 章では、LPE 成長によって新たに生じた問題の 1 つである、再現性悪化の問題に対する解決策について述べている。再現性の悪化は育成系に混入する不純物の影響であると考え、様々な不純物添加効果を調査した結果、酸素不純物が LPE 成長を大きく阻害していることを明らかにしている。

第 6 章では、坩堝壁での不均一核発生による多結晶成長が LPE 成長速度を低下させるという問題に対して、不均一核発生を抑制するための対策についてまとめている。育成温度の増加、及び炭素の添加を行うことによって、不均一核発生を抑制する効果が現れたことを示している。

第 7 章では、第 2 章から第 6 章で得られた知見を基に、大型育成炉を用いたバルク GaN 単結晶の育成を行い、2 インチサイズの GaN 基板が得られた内容についてまとめている。

第 8 章は、結論であり、得られた結果をまとめ、本論文の総括としている。

以上のように、本論文は液体に対して気体を溶解させることで過飽和を生むという Na フラックス法の過飽和度の定義と定量化に初めて成功しており、これを基に Na フラックス法における様々な問題を解決することで最終的に 2 インチサイズの低転位 GaN 基板を実現していることは、結晶成長学や III 族窒化物半導体の研究分野に大きく貢献している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。