

Title	Study on Intragap States and Characteristics Improvement in GaN Epilayers
Author(s)	姜, 泰遠
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43004">https://hdl.handle.net/11094/43004</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</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	姜 泰 遠
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 15576 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	Study on Intragap States and Characteristics Improvement in GaN Epilayers (GaN エピ層のギャップ内状態と特性改善に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 権田 俊一
	(副査) 教授 中井 貞雄    教授 西川 雅弘    教授 堀池 寛 教授 飯田 敏行    教授 三間 圀興    教授 西原 功修 助教授 朝日 一

### 論文内容の要旨

本論文は、GaN エピ層バンドギャップ内に形成される深い不純物準位に関する評価と、p型 GaN エピ層のオーミックコンタクト特性の改善に関する研究をまとめたもので、以下の8章から構成されている。

第1章では、本研究の背景及び目的を述べるとともに、本論文の構成を示している。本研究は、GaN エピ層バンドギャップ内の深い不純物準位をフォトルミネセンスとフォトコンダクタンス法を用いて評価を行い、これらの深い不純物準位を passivation する手法を示すとともに、p型 GaN エピ層のオーミック特性を改善し、高性能の光素子や電子デバイスの実現のための基礎を示すことを目的としている。

第2章では、本研究で用いたガスソース分子線エピタキシー法の概略を述べるとともに、深い不純物準位を評価するための基本的な実験の原理、実験装置、及び実験方法などについて述べている。

第3章では、transient PC (光伝導度) 評価方法を用い、ノンドープ GaN エピ層のバンドギャップ内の欠陥準位における緩和時間、光イオン化断面積、欠陥準位の濃度、活性化エネルギーなど、深い不純物準位の性質を明らかにしている。

第4章では、Mg ドープ GaN エピ層において、フォトルミネセンスの温度依存性からエキシトンピークエネルギーが温度上昇とともに、ブルーシフトする現象を見出し、バンドテイルモデルにより説明している。

第5章では、Mg ドープ GaN エピ層において、フォトルミネセンスの温度依存性を測定し、DAP (ドナーアクセプターペア) 発光ピークが異常な振る舞いをすることを観測し、これは Mg が GaN エピ層バンドギャップ内に、浅い不純物準位に加えて深い不純物準位を形成することによるものであることを明らかにしている。

第6章では、transient PC 評価方法を用い、水素化と熱処理をした GaN エピ層バンドギャップ内の状態を調べ、深い準位は水素化により大きく変化することを示している。

第7章では、GaN エピ層の結晶性を向上する方法について検討するとともに、水素化法が GaN の結晶安定性を向上させることを明らかにしている。

第8章では、p型 GaN エピ層の電極形成に関連して諸種の金属について調べ、Ni シリサイドが熱的に安定で、良質なオーミックコンタクトになることを明らかにしている。

第9章では、本研究の総括として、結論と展望について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

GaN系材料は、短波長光素子や高性能電子素子の材料として活発に研究されているが、ギャップ内の深い準位については不明の点も多く、さらに研究を進めることや、p型材料のオーミックコンタクトについてもさらに改善することが必要とされている。本論文は、これらの問題について行った研究をまとめたもので、その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) ノンドープ GaN エピ層のバンドギャップ内の準位を調べるため、transient PC (光伝導度) 測定を行い、4つの深い準位があること、その状態密度は価電子帯からギャップ中央に向かって急速に減少することを明らかにしている。さらに、準位の緩和時間、光イオン化断面積、準位の電子濃度、活性化エネルギーを明らかにしている。
  - (2) Mg ドープ GaN エピ層のフォトルミネセンスの温度依存性を測定し、束縛励起子ピークが温度上昇とともにブルーシフトすることを見出し、これをバンドテイルモデルで説明している。このバンドテイルは、荷電不純物の分布のポテンシャルのゆらぎによるものであること、Mg ドープ GaN エピ層の束縛励起子線はイオン化ドナーに束縛された励起子であることを明らかにしている。
  - (3) Mg ドープ GaN エピ層のフォトルミネセンスの温度依存性を調べ、DAP (ドナーアクセプターペア) 発光ピークの強度が、35K から100K の間で増加し、100K 以上では減少するという異常な振る舞いを見出し、これは二種類の Mg 関連準位、浅いアクセプター準位とトラップ準位間の相互作用によるものであることを明らかにしている。
  - (4) 水素化、熱処理及び as grown のノンドープ GaN エピ層の PC を測定し、as grown エピ層の深い準位の光学的、電氣的性質が水素化によって大きく影響を受けること、水素化したエピ層の深い準位の性質は、700°C の熱処理で大きく変化しないことを明らかにしている。
  - (5) ノンドープ GaN エピ層のフォトルミネセンスを調べ、熱処理後は3.45eV に新しい (D、X) ピークが生じるが、水素化するとこのピークは消滅することを見出している。この結果から、水素化と熱処理はノンドープ GaN エピ層の結晶性を向上させ、素子応用に有用であることを明らかにしている。
  - (6) p 型 GaN エピ層に Au/Ni と Au/Ni/Si/Ni を堆積して、そのコンタクト特性を調べ、Si を用いたものは Ni シリサイド層が形成されて、コンタクト抵抗を減少させることを見出している。この系を用いて、N<sub>2</sub> 雰囲気中で 800°C 1 分間熱処理したものは、今まで報告されたなかで最低のコンタクト抵抗、 $5.32 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}^2$  を得ている。
- 以上のように本論文は、GaN エピ層のギャップ内状態に関する情報を提供するとともに、エピ層特性の改善の方法、p 型 GaN の良好な電極形成に関する方法を明らかにしたもので、光・電子材料工学、素子工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。