T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A study on AlGaN/GaN HEMT gate stacks for threshold voltage control and leakage current suppression
著者(和文)	陳江寧
Author(English)	Jiangning Chen
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10270号, 授与年月日:2016年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:角嶋 邦之,筒井 一生,若林 整,渡辺 正裕,飯野 裕明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10270号, Conferred date:2016/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		陳　江寧	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	角嶋　邦之	准教授	審査員	飯野　裕明	准教授
	審査員	筒井　一生	教授			
		若林　整	教授			
		渡辺　正裕	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「A study on AlGaN/GaN HEMT gate stacks for threshold voltage control and leakage current suppression」と題し、全 7 章から構成されている。各章は以下のように要約できる。

第 1 章「Introduction」では高効率電力変換が可能なパワーデバイスの研究動向と GaN デバイス技術の進展について述べている。電気特性上、およびプロセス上で AlGaN/GaN HEMT の利点を述べ、現状抱えている技術的な問題点についてまとめている。その中で、しきい値が負であること、ゲートリーク電流が高い事からオーバードライブ電圧が制限され、AlGaN/GaN HEMT の性能を引き出せていない課題を指摘している。これらの背景に基づき、論文の目的と構成について述べている。

第 2 章「Fundamentals of AlGaN/GaN HEMT」では AlGaN/GaN HEMT が動作する物理的な原理について述べている。AlGaN/GaN HEMT のデバイス構造から説明し、ピエゾ効果および自発分極について述べ、AlGaN 層の膜厚と歪みによって二次元電子ガスが生成する原理について説明している。

第 3 章「Fabrication process and characterization methods」では、本論文で用いた AlGaN/GaN 基板について説明している。また、デバイス試作に用いた洗浄方法、素子分離手法、電極形成、絶縁膜形成などプロセス技術の詳細について述べている。一方、試作したデバイスの電気特性評価の手法について言及している。

第 4 章「Poly-Si gate electrodes for V_{th} control and leakage current suppression」では、B ドープした poly-Si のゲート電極を採用した AlGaN/GaN HEMT の特性について述べている。Poly-Si の堆積条件や AlGaN 層上に堆積した際の界面反応の分析を示し、更に BF_2 イオンの注入条件に関する B および F 原子分布のシミュレーションを示している。また、BF_2 イオンの注入条件を変えた AlGaN/GaN HEMT の試作と評価からしきい値が正方向にシフトすること、ゲートリーク電流が大幅に低減できることを実験的に示しており、低損失なデバイス実現の可能性を示している。一方、高電圧のストレスで高い信頼性が得られることを示し、Schottky 電極との比較からその優位性を示し、その要因について説明している。一方、熱処理で F 原子が過剰に拡散し、移動度の劣化を引き起こす課題も指摘している。

第 5 章「La_2O_3 gate dielectrics for AlGaN/GaN HEMT」では、酸化ランタン膜(La_2O_3)をゲート絶縁膜として導入した際の AlGaN/GaN HEMT の電気特性への影響をまとめている。ゲート絶縁膜でしきい値が負方向にシフトするが、熱処理温度と共に正方向へのシフトを確認し、Schottky ゲートのデバイスよりも 0.4V 以上しきい値が正にあるデバイスの作製に成功している。この要因は、La_2O3 膜と AlGaN 層の間に界面層が形成され、そこに負の固定電荷であることを X 線光電子分光で確認している。また La_2O_3 膜の膜厚を変えた AlGaN/GaN HEMT の特性でもしきい値に関して同様な正方向へのシフトを確認しており、La_2O_3 ゲート絶縁膜のしきい値の正方向シフトの有効性を示している。一方、移動度の劣化は全くなく、ゲートリーク電流も 1 桁以上抑制することに成功しており、低損失なデバイス実現の可能性を示している。

第 6 章「Prospect of poly-Si gate with La_2O_3 gate dielectrics」では、poly-Si ゲート電極と La_2O_3 膜の双方のプロセス技術を同時に導入した際の性能予測を行っている。移動度劣化のない F の注入条件に加え、熱処理による La_2O_3 膜と AlGaN 層の界面反応による負の固定電荷を用い、正のしきい値が得られる条件を示している。

第 7 章「結論」では、本研究で得られた成果を総括し、提案した手法と技術の意義と将来展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、AlGaN/GaN 系 HEMT におけるしきい値の正方向へのシフト、およびゲートリーク電流抑制を実験的に示したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。