

MOCVD法によるサファイア基板上への2段階GaN成長における初期成長過程に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 孝浩 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1533

氏名・(本籍)	伊藤孝浩(愛知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第 180 号
学位授与の日付	平成11年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻の名称	電子科学研究科 電子材料科学
学位論文題目	MOCVD法によるサファイア基板上への2段階GaN成長における初期成長過程に関する研究

論文審査委員	(委員長)				
	教授	藤安洋	教授	福家俊郎	
	教授	熊川征司	助教授	高野泰	
	教授	栞原弘			

論文内容の要旨

Ⅲ-V族窒化物半導体であるGa₂Nは、短波長の発光ダイオードの実現やレーザーダイオードの開発の為に、最近特に注目を集めている材料である。Ga₂Nはサファイア基板の上に低温バッファ層を介してヘテロエピタキシャル成長させる事によって初めて高品質結晶を得ることが可能になった材料である。従って、高品質高温Ga₂N成長層を得るためには、この低温バッファ層にサファイア基板初期窒化を加えた初期成長過程が非常に重大な役割を負っている。バッファ層の種類としてはGa₂N及びAlNを用い、その堆積条件が高温Ga₂N成長層の特性に与える影響について詳細な検討を行った。またサファイア基板初期窒化が高温Ga₂N成長層の特性に与える影響についても詳細な検討を行った。

GaNバッファ層の堆積温度及びGaNバッファ層堆積時V/Ⅲ比を変化させることによって、GaN成長層の特性を検討した。GaNバッファ層堆積温度とGaNバッファ層堆積時V/Ⅲ比を最適化することによって、高品質なGa₂N成長層を得ることができた。最適化の過程より、Ga-richの状態ではGaNバッファ層を堆積することが結晶性の良好なGa₂N成長層を得るために必要であることがわかった。電気的特性の最適なGaNバッファ層堆積温度は600℃であった。高温Ga₂N成長層が鏡面成長するためには、GaNバッファ層堆積時の実質的なV/Ⅲ比を最適化しなければならないことがわかった。

GaNバッファ層の結晶化を議論するために、GaNバッファ層膜厚、GaNバッファ層熱処理時間、GaNバッファ層熱処理雰囲気を検討した。膜厚の異なるGaNバッファ層を用いても、それぞれ最適時間で熱処理することによって結晶性の良好なGa₂N成長層が得られることがわかった。GaNバッファ層

は凝集再構成を起こしながら結晶化し、表面モフォロジーはas-grownと熱処理後では大きく変化した。熱処理後のGaNバッファ層の表面モフォロジーは、GaNバッファ層膜厚と熱処理時間を変化させることによって制御できることが明らかになった。GaNバッファ層は熱処理時間の増加とともに、急激に再蒸発していることがわかった。GaNバッファ層の凝集再構成を伴う結晶化及び再蒸発には熱処理雰囲気が大きく影響していることが明らかになった。熱処理雰囲気中の水素分圧が増加するとGaNバッファ層の結晶化及び再蒸発が活発となった。GaN成長層の結晶性は熱処理後のGaNバッファ層の表面モフォロジー及び結晶性に従っていることがわかった。

AINバッファ層の堆積温度、膜厚、熱処理時間を変化させることによって、高温GaN成長層の特性を検討した。AINバッファ層膜厚、及びAINバッファ層堆積温度の増加はGaN成長層の結晶性の悪化を招いた。GaN成長層の表面モフォロジーもAINバッファ層の堆積温度及び膜厚に大きく依存した。AINバッファ層の堆積温度が低温であるほどGaN成長層が鏡面成長しやすいことがわかった。

AINバッファ層の最適熱処理時間は同膜厚のGaNのそれよりも長いことがわかった。AINバッファ層の表面モフォロジーの熱処理による変化はGaNバッファ層のそれと比較して小さい。これらのことより、AINバッファ層はGaNバッファ層と比較して、結晶化速度が遅いことがわかった。また、as-grownのAINバッファ層の構造が堆積温度によって大きく変化した。500℃(アモルファスライク)、600℃(立方晶・六方晶の混在)で堆積したAINバッファ層は熱処理によって六方晶AINに相変化することがわかった。AINバッファ層の堆積時の実質的なV/Ⅲ比を考慮に入れることによって、AINバッファ層堆積温度を500℃～1040℃という広範囲で変化させても、鏡面成長するGaN成長層を得ることができた。

低温GaN、AINバッファ層堆積に加えてサファイア基板初期窒化が検討された。GaNおよびAINバッファ層の膜厚を増加させると、GaN成長層の表面モフォロジーは六角形ファセット表面から鏡面へと大きく変化した。GaN成長層の熱的安定性及びCAICISSの結果より、表面モフォロジーとGaNの成長方向との関係が明らかにされた。六角形ファセット表面はGaN(0001)N面であり、鏡面成長面はGaN(0001)Gaであることが明らかになった。サファイア基板初期窒化と薄いGaNまたはAINバッファ層の両方を用いることによってGaN成長層は<0001>N方向に成長し、六角形ファセット表面となる事が分かった。一方、サファイア基板窒化を行わずにバッファ層を用いることによって、またはサファイア基板初期窒化を行い厚いバッファ層を用いることによって、高温GaN成長層は<0001>Ga方向に成長し、鏡面成長することがわかった。

論文審査結果の要旨

高輝度青色発光ダイオードの市販、青紫色レーザーダイオードの開発などにより窒化物半導体が最近注目を浴びている。これらのデバイス作製の基板技術の一つに低温バッファ層を用いたサファイア基板上への2段階成長法が挙げられるが、初期堆積層である低温バッファ層堆積条件の最適化やその役割に関しては不明な点が多い。本研究は、有機金属化学気相成長(MOCVD)法を用いたGa₂N2段階成長においてサファイア基板の初期窒化、バッファ層の堆積条件並びに熱アニール条件などの初期成長条件が高温Ga₂N成長層の品質や極性に与える影響を調べることを目的としてなされた。

本論文は6章からなり、第1章は序論で、本研究の背景および現状での問題点を明らかにするとともに研究目的を述べている。第2章ではMOCVD法によるGa₂N成長方法及び高温Ga₂N成長条件の最適化について述べている。第3章では、1段目のGa₂Nバッファ層の堆積条件が高温Ga₂N成長層の特性に与える影響を詳細に検討している。低温Ga₂Nバッファ層は堆積温度から2段目の高温Ga₂N成長温度までの温度上昇期間内に受ける熱アニールにより凝集再構成並びに再蒸発することを原子間力顕微鏡観察及びX線回折測定により示し、熱アニール時間によってバッファ層の最適堆積膜厚が変化することを示した。さらに、Ga₂N成長層の結晶品質は熱アニール後のバッファ層の表面形態及び成長核の結晶性に強く依存することを明らかにしている。

第4章ではAlNバッファ層を用いたGa₂N成長について、Ga₂Nバッファ層の場合と比較しながらバッファ層堆積条件が検討されている。AlNバッファ層はGa₂Nと比較して安定であるため、結晶化速度や水素中でのエッチング速度が遅く、その結晶最適熱処理時間も長くなること、また、最適堆積時V/Ⅲ比(V族とⅢ族の原料供給比)は小さくなるほどを明らかにしている。また、500~1040℃という広いバッファ層堆積温度範囲で鏡面Ga₂N成長層を得る条件を見いだしている。第5章では、サファイア基板の初期窒化がGa₂N成長層に与える影響について述べている。基板初期窒化の有無によるGa₂N成長層の表面形態の違いは、成長層の水素中での熱的安定性の差などからGa₂N成長層の極性の違いを反映していることを示し、基板の初期窒化は六角形ファセット表面となる(0001)N面を形成し、低温バッファ層堆積は鏡面成長する(0001)Ga面を形成する働きがあることを明らかにしている。

第6章は総括で、研究成果を纏めている。

本論文はMOCVD法を用いたサファイア基板上2段階Ga₂N成長における低温バッファ層の振る舞いや成長層結晶方位の制御など多くの新しい知見が得られており博士(工学)の学位を授与するに十分な内容をもつものと認定する。