

日本－E U 国際共同研究「パワーエレクトロニクス」 平成 29 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	革新的高信頼性窒化物半導体パワーデバイスの開発と応用
研究課題名（英文）	Innovative Reliable Nitride based Power Devices and Applications
日本側研究代表者氏名	三宅 秀人
所属・役職	三重大学大学院地域イノベーション学研究科・教授
研究期間	平成 29 年 1 月 1 日～平成 31 年 12 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
三宅 秀人	三重大学大学院・地域イノベーション学研究科・教授	研究代表者。窒化アルミニウム結晶の熱処理による高品質化。
寒川 義裕	九州大学・応用力学研究所・教授	研究分担者。窒化アルミニウム結晶の溶液成長技術の開発。
正直 花奈子	三重大学大学院工学研究科・助教	窒化アルミニウム結晶の高品質化の実験と HVPE-AIN 厚膜の作製。
林 侑介	三重大学大学院・地域イノベーション学研究科・助教	窒化アルミニウム結晶の高品質化の実験とプロセス開発
肖 世玉 (XIAO SHIYU)	三重大学大学院・地域イノベーション学研究科・助教	窒化アルミニウム結晶の結晶評価の実験と HVPE-AIN 厚膜の作製。

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

(0001)c 面サファイア上 c 面 AIN 成長における界面制御と結晶高品質化を推し進める。具体的には、熱処理を行った AIN/(0001)Sapphire のサンプルについて、欧州側の共同研究機関と共同して微細組織観察等を行い、デバイス応用の可否についても検討する。また、固体ソース溶液成長（Solid Source Solution Growth: 3SG）法による AIN 厚膜の開発も並行して行う。本年度は、装置の大型化を行い 2 インチの AIN テンプレート作製を開始する。

3. 日本側研究チームの実施概要

三重大学が取り組む（課題 1-1～4）では、サファイア上に、高い結晶性を有する AlN を作製する技術の開発とそのメカニズムの解明、さらにデバイス化に必須である AlN のホモエピ成長に関する研究を行った。また、九州大学では、（課題 2-1）AlN 固体ソース溶液成長（Solid Source Solution Growth: 3SG）による大口径テンプレート基板の作製技術開発、（課題 2-2）モンテカルロ（MC）シミュレーションによる GaN 有機金属気相成長中の炭素混入機構解析を行った。

（課題 1-1）では、サファイア上スパッタ成膜 AlN が高温アニールで結晶性が向上するメカニズムを透過電子顕微鏡(TEM)観察により明らかにした。スパッタ法 AlN は柱状粒界が形成されているが、1300℃以上でその粒界の変化が観察され、1700℃のアニールで消失することを明らかにした。（課題 1-2）では、高温アニール後の AlN テンプレートの反り低減を目指して、両面研磨サファイア基板の表面・裏面にスパッタすることで、その曲率を制御した。

（課題 1-3）では、超高温アニールにより作製した高品質サファイア基板上 AlN への AlN ホモエピ成長を実施し、その条件を検討した。アンモニア流量により変化する成長速度の最適化により、バンチングが見られない原子ステップ構造を有する平滑な AlN 表面を得た。（課題 1-4）では、EU のグループと協力して、エッチングによるピット形成と転位の解析を行った。

（課題 2-1）では、高温固-液界面のその場リアルタイム観察により得られた知見を基に、3SG 法による大口径 AlN テンプレートの成長炉を開発した。平成 29 年度に行った成長実験の結果から、大口径化を行うためには初期基板の塗れ性を改善する必要があることが示唆された。初期基板の塗れ性改善の検討を開始した。

（課題 2-2）本プロジェクトの主な目的である「GaN パワーデバイスの信頼性向上」を達成するためにはドリフト層中の不純物濃度を制御する技術を確立する必要がある。本研究では、MCシミュレーションを用いて GaN 成長中の炭素不純物混入機構を解析した。シミュレーションの結果から、表面に吸着した炭素原子が結晶中に取り込まれ易い成長面、表面偏析により炭素原子が取り込まれ難くなる成長面が存在することを明らかにした。ここで得られた知見を成長実験にフィードバックし、デバイスの高信頼化に寄与している。