

日本-V4 国際共同研究「先端材料」 平成 28 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	高 In 組成 InGaN の高品質エピタキシャル成長と次世代ディスプレイ・照明および通信用光源と高効率太陽電池
研究課題名（英文）	New generation of InGaN layers, quantum wells and wires grown on vicinal GaN substrates for optoelectronics
研究代表者氏名	天野 浩
研究代表者所属・役職	名古屋大学 未来材料・システム研究所 未来エレクトロニクス集積研究センター長 教授
研究期間	平成 27 年 11 月 1 日～平成 31 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

ワークパッケージ 2、3 共通			
役割	国名	氏名	所属機関・部局・役職
中心的な役割を果たす研究者	日本	天野 浩	名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授
加圧成長による InGaN 結晶の高品質化	日本	本田 善央	名古屋大学 未来材料・システム研究所 准教授
成長モード制御、高品質化、国外との連携	日本	新田 州吾	名古屋大学 未来材料・システム研究所 特任准教授
結晶特性評価	日本	出来 真斗	名古屋大学 未来材料・システム研究所 助教
その場観察システムの構築	日本	久志本 真希	名古屋大学 工学研究科 助教(5 月着任)
結晶成長および評価	日本	宇佐美 茂佳	名古屋大学 工学研究科 博士課程 1 年
結晶成長および評価	日本	宮越 亮輔	名古屋大学 大学院工学研究科 修士課程 2 年

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

本年度は、主に緑色までの波長で発光する In 組成範囲において高品質 GaN 基板へのステップフロー成長、S-K モード成長による 0 次元構造成長等の成長モード制御方法を確立する。また、多波長光 in-situ モニタリングにより各成長モードにおける成長中の In 取り込み、組成、膜厚、欠陥導入解析と ex-situ 評価による詳細な構造的、光学的特性による一連の評価技術体制を構築する。成長条件と評価結果の総合的な解析により InGaN 結晶成長とその劣化のメカニズムを解析し、本格的な高 In 組成化、高品質化のために必要な成長条件の指針導出を目指す。

海外チームとの連携として、主に高品質 GaN 基板、ステップパターン加工基板の受給、in-situ モニタリング評価結果の共有、新規 X 線回折評価法のためのサンプル供給を実施し、成長メカニズム解析および評価技術の共有を進める。

3. 日本側研究チームの実施概要

本年度はまずサファイア基板上 GaN テンプレートを用いて、Stranski-Krastanov(S-K) モードによる自己形成ドット成長の検討を行った。主な最適化パラメータとして In 組成、成長レート、下地 InGaN 層組成を選択した。GaN 上に直接 InGaN ドットを成長させると、GaN との格子不整合が大きすぎるため、成長初期から 0 次元構造成長する Volmer-Weber(VW)モード成長となり、ドットサイズが不均一で低密度になることがわかった。そこで InGaN ドットを成長する直前に In 組成の小さい InGaN 中間層を挿入することにより、層状成長からドット成長に移行する S-K モード成長が実現し、サイズが均一で高密度なドット成長が出来ることが確認された。S-K モードでドット成長する際のモフォロジー変化をレーザ光散乱強度を用いたその場観察システムにより分析した。ドットが形成される条件においては、InGaN 成長の途中で散乱光強度の増加が観察された。これは S-K モードの特徴である、層状成長からドット形状への成長モード遷移であることが確認でき、散乱光強度による in-situ モニタリングシステムが InGaN ドット構造の制御・解析に有効であることが示された。実際に AFM でモフォロジーを確認すると、散乱光強度の立ち上がり前後で平坦なモフォロジーからドット状成長に変わっていることが確認でき、X 線回折による組成解析からはドット成長により層状成長時とよりも In 組成が大きい InGaN ピークの増加が確認された。ドット成長部は縦方向の成長レートが早いために In の取込が促進される効果によるものと考えられる。次に GaN 基板を用いた高品質 InGaN 成長とモフォロジー制御の検討を実施した。GaN 基板上で貫通転位密度が少ないため、ステップフロー成長による InGaN 成長が確認された。続いて GaN 基板上で SK モードによるドット成長を行った。サファイア基板上で得た成長条件をベースとして S-K モード成長を行い、GaN 基板を用いることにより、サファイア上に比べてサイズが小さく均一で密度の高いドットが形成できた。