

日本—V4 国際共同研究「先端材料」 平成 29 年度 年次報告書	
<b>研究課題名（和文）</b>	高い安定性を有する GaN-MOS トランジスタスイッチ
<b>研究課題名（英文）</b>	Highly Safe GaN Metal-Oxide-Semiconductor Transistor Switch
<b>日本側研究代表者氏名</b>	橋詰 保
<b>所属・役職</b>	北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター ・教授
<b>研究期間</b>	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

氏名	所属機関・部局・役職	役割
橋詰 保	北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター・教授	MOS-HEMT の動作特性解析
佐藤 威友	北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター・准教授	AlGaN 表面の電気化学エッチング
赤澤 正道	北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター・准教授	MOS-HEMT 構造の CV 解析

## 2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

これまでに実施した電氣的評価および構造的評価を基盤として、界面準位を低減する機構を明らかにする。具体的には、電極形成後に比較的低低温で熱処理するプロセスを ALD で作製した  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{AlGaIn}/\text{GaIn}$  構造に適用し、容量-電圧 (CV) 測定法と数値計算により界面準位密度分布を詳細に評価する。また、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  をゲート酸化膜とする MOS HEMT を作製し、しきい値電圧の安定性、サブシュレショールド領域の電流制御性、順バイアス領域での電流線形性、ドレイン電流の安定性等を評価し、これらの特性と界面準位特性との相関を明らかにする。さらに、スロバキアチームより提供されるバリア層の異なる HEMT 構造 (AlGaIn あるいは InAlN) に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ゲートを作製し、CV 法と厳密計算法により界面準位特性を評価するとともに、MOS ゲート HEMT の動作特性との相関を明らかにする。

## 3. 日本側研究チームの実施概要

本研究は、MOS ゲート構造の界面電子準位を制御し、窒化ガリウム MOS 型高電子移動度トランジスタ (GaIn MOS-HEMT) の動作安定性を飛躍的に向上させることを目的とする。本年度の具体的研究として、日本側は、原子層堆積 (ALD) 法で形成した  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜を用いて AlGaIn/GaIn 構造上に MOS ダイオードを作製し、詳細な容量-電圧 (CV) 測定と厳密数値計算による特性解析を行い、その結果に基づいた界面制御プロセスの開発を行なった。ゲート電極形成後に  $300^\circ\text{C}/3$  時間の条件で PMA (Post Metallization Anneal) を行うことにより、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{AlGaIn}$  界面の電子準位密度を伝導帯近傍で約一桁減少させることに成功した。さらに PMA を MOS-HEMT に適用し、ドレイン電流の線形制御性の向上と高温環境でしきい値変動のない安定動作が観測された。界面電子準位の減少により、ゲート電圧制御による半導体ポテンシャル変化領域が拡大して、電子密度をより大きく変調できたためと考えられる。また、PMA プロセスを InAlN/GaIn MOS-HEMT に適用し、良好な電流線形性を観測し、 $1\text{A}/\text{mm}$  を超える最大ドレイン電流が得られた。次に、電気化学エッチングにより AlGaIn/GaIn HEMT にリセスゲート構造を形成し、動作特性を評価した。電気化学プロセスで用いる光照射の波長選択により、AlGaIn 層のみで電子-正孔対を生成し、局所的な電界集中が生じない条件を見出すことにより優れた平坦性を達成した。AlGaIn 層を  $8\text{nm}$  まで薄層化することにより、ノーマリオフ動作を確認した。また、リセス HEMT の伝達コンダクタンス ( $g_m$ ) はリセス無しの素子の  $g_m$  を大きく上回ることが明らかになった。AlGaIn 薄層化に伴いゲート金属と 2 次元電子層の距離が短くなった効果が素直に伝達特性に現れており、電気化学エッチングの低損傷性が明確に示された結果である。