

ノーマリーオフ GaN 系 MOSFET の実現に向けた再成長プロセス

Regrowth Process for Normally-off GaN MOSFET

名工大院, °井上 恵太, 成田 知隆, 分島 彰男, 江川 孝志

Nagoya Inst., °Keita Inoue, Tomotaka Narita, Akio Wakejima, and Takashi Egawa

E-mail: 26416512@stn.nitech.ac.jp

GaN 系トランジスタではノーマリーオフ化に向けてゲート部周辺領域にリセスや再成長によって段差を設けた構造が検討されている。従来の AlGaIn/GaN ヘテロ構造をゲート部に用いた構造では閾値電圧の正方向化に限界があるため、この問題解決のためには GaN 層のみの構造が望ましい。一方、ソース-ゲート間等のアクセス領域には低抵抗化が求められるため、高いキャリア濃度と移動度といった利点を生かせる AlGaIn/GaN ヘテロ構造を採用したい。そこで、本研究では、ゲート部は GaN 層を、アクセス領域は AlGaIn/GaN ヘテロ構造を有する MOSFET 構造 (図 1) の実現に向けた初期検討を行った。この構造の特徴は、ゲート部の絶縁膜 (SiO₂ 膜) /GaN 界面とアクセス領域のヘテロ界面が同一平面上にあることである。この構造をリセスエッチングで実現することは、AlGaIn/GaN 界面で正確に止めることができないため、困難である。一方、ゲート部の GaN 層までを成長したのち、アクセス領域のみを選択成長する技術が確立できれば、このような問題は生じない。今回は、選択再成長を用いた図 1 のような MOSFET 実現に向けて、アクセス領域となる AlGaIn/AlN 層の再成長プロセスについて検討した。

実験では、選択再成長に必要な一連のプロセスを考慮して検討をおこなった。具体的には、①Si 基板上の GaN 表面上に、選択再成長マスクである SiO₂ を成膜した。②BHF にて SiO₂ を完全に除去し、GaN 表面を露出させた。③AlN 1nm、Al_{0.2}Ga_{0.8}N 20nm 再成長を行った。(以下、再成長試料) 比較試料として同一構造を有する連続成長試料も用意した。二つの試料は、MOCVD 炉から取り出したことと①~③のプロセスの影響がなければ、同じ電気的特性を示すと考えている。

Hall 測定結果を表 1 に示す。再成長試料の移動度は 1185cm²/V・s であり、連続成長に比べて 32%低い値を示すが、十分に高い移動度であるため良好なヘテロ界面の形成はできていると言える。一方、再成長試料のシート抵抗は、連続成長試料より 17%低い値を示している。これは、移動度の低下を補償する程度のシートキャリア濃度が増加 (1.0×10¹³ cm⁻²→1.6×10¹³ cm⁻²) したことによるものである。

このキャリア濃度の増加を調査するために、CV 測定にて深さ方向のキャリア濃度分布を測定した (図 2)。この結果から、10~50nm のキャリア濃度の総量を見積もると、再成長試料では 1.7×10¹³ cm⁻²、連続成長試料では 1.2×10¹³ cm⁻²であった。キャリア濃度の総量はいずれも Hall 測定で得られた結果とほぼ同等の結果であった。再成長試料では、表面の AlGaIn 層で 1 桁程度キャリア濃度が増加しており、これがシートキャリア濃度を増加させた原因であると考えられる。また、再成長試料における移動度の低下も AlGaIn 層を走行する低速キャリアの影響が含まれていると推測している。

謝辞 研究の一部は愛知地域スーパークラスタープログラムの支援によって行われた。

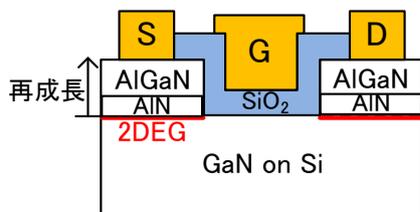


図 1. 段差型 MOSFET 構造

表 1. Hall 測定結果

| 300K | シート抵抗 [Ω/□] | シートキャリア濃度 [cm ⁻²] | 移動度 [cm ² /V・s] |
|------|----------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 再成長 | 330 | 1.6 × 10 ¹³ | 1185 |
| 連続成長 | 398 | 1.0 × 10 ¹³ | 1526 |

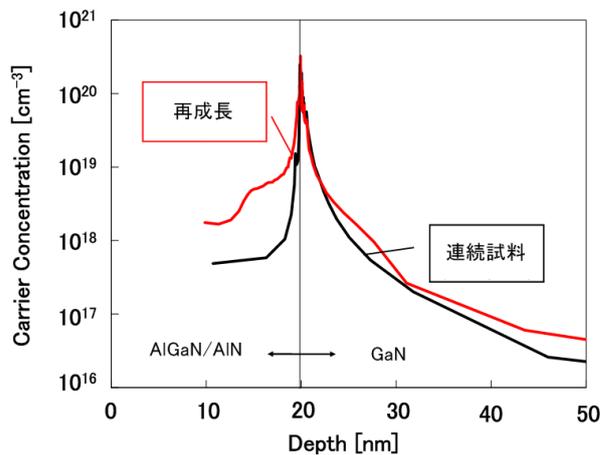


図 2. キャリア濃度分布