

【104】

氏 名（本籍）	さ ざわ ひろ ゆき 佐 沢 洋 幸（茨 城 県）		
学 位 の 種 類	博 士（工 学）		
学 位 記 番 号	博 甲 第 4918 号		
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	数理解物質科学研究科		
学 位 論 文 題 目	AlGaIn/GaN HFET に関する研究		
主 査	筑波大学教授	理学博士	秋 本 克 洋
副 査	筑波大学教授	Ph. D	佐 野 伸 行
副 査	筑波大学教授	工学博士	山 部 紀久夫
副 査	筑波大学准教授	工学博士	上 殿 明 良
副 査	筑波大学准教授	博士（工学）	末 益 崇

論 文 の 内 容 の 要 旨

次世代携帯電話基地局の開設やブロードバンドインターネットのワイヤレス化に伴い、高周波パワーデバイスの開発が必須となっている。ワイドギャップ半導体である GaN は高い絶縁破壊電界強度と高電界ドリフト速度を有するため次世代トランジスタ材料として期待されている。GaN 系トランジスタの実現にはいくつかの課題解決が必要で、本研究ではデバイス実現に向けた重大な課題である、オーム性接触、基板、ノーマリオフ型デバイス作製の 3 つのテーマについて検討した。

オーム性接触：従来型電極の特性接触抵抗値は $1 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ 程度であり、これは必要とされる値より約一桁高い。高い接触抵抗は、伝達効率の低下、長期信頼性の低下、発熱による変調不良などの原因にもなる。そこで AlGaIn/GaN HFET 構造用に Ti/Au/ Al/Ni/ Au 積層構造を持する電極形成法を提案した。この手法により従来法に比べて 1 桁以上低い特性接触抵抗が実現できた。標準手法ではオーミック接触形成が困難な高 Al 組成構造に有効であることを示した。さらに電極金属とチャネルが TiN を介し、直接接続されていることを示した。

基板：GaN 基板は大面積かつ高品質のものが開発できていないため、AlGaIn/GaN HFET には比較的格子整合しやすい異種基板が用いられる。今回、シリコンカーバイド（SiC）基板を用い、基板に含まれる欠陥、マイクロパイプ（MP）、がトランジスタに及ぼす影響を調べた。その結果、MP はトランジスタのゲートリークとピンチオフ性を悪化させることがわかった。影響を及ぼす範囲は $40 \mu\text{m}$ 程度であり、この範囲で MP に近いほど特性は悪化した。また、ラマンイメージングにより MP の電気的特性を評価し、MP 周辺にはフリーキャリアが存在することを示した。ゲートリークとピンチオフの悪化についてモデルを提示した。

ノーマリオフ動作：低消費電力動作、回路の単純化、異常動作時の電流遮断などに有利なデバイス動作である。伝達特性の悪化を最小限に抑えながら、十分な蓄積電荷を実現できるゲート絶縁構造が必要である。これを実現するために、HfAlO を AlGaIn/GaN HFET のゲート絶縁膜に初めて適用し、3 桁以上のゲートリーク電流抑制に成功した。さらに、HfAlO 絶縁膜とリセスゲート構造の組み合わせにより、高電流密度を有する真性ノーマリオフ AlGaIn/GaN HFET を作製した。これは AlGaIn/GaN HFET においてリセスゲートで真性

ノーマリオフを実現した初めての例である。

以上のように、低い接触抵抗を有するオーミック電極の形成法の開発、マイクロパイプ欠陥がトランジスタ特性に与える影響の解明、HfAlO₂をゲート絶縁膜として用いたAlGaIn/GaN ノーマリオフ型 HFET の開発に成功した。これらの技術開発は GaN 系 FET が実用化へ向け大きく展開できるインパクトの大きい成果である。

審 査 の 結 果 の 要 旨

次世代デバイス開発のキーとなる技術開発を行った大きな成果と評価できる。混晶や金属の物性、欠陥の物理、デバイス作製など幅広く研究を行っておりバックグラウンドの広さをうかがわせる。成果はデバイス応用にすぐに適用できる応用研究の性格が強いが、合金反応や欠陥近傍の電子状態などの知見は学術的知見としても重要である。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。