

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

異種接合 GaN 横型トランジスタのインバータ展開

§ 1. 研究実施体制

(1)「北大」グループ

- ① 研究代表者: 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)
- ② 研究項目
 - 1) Al₂O₃/AlGa_{0.3}N/GaN 構造の界面準位評価と MOS ゲート HEMT 動作特性との相関
 - 2) 電気化学プロセスによる p-GaN 層の選択エッチング
 - 3) 多重台形チャネル AlGa_{0.3}N/GaN HEMT の電流安定機構の解明

(2)「豊田中研」グループ

- ① 主たる共同研究者: 上杉 勉 (豊田中央研究所パワーエレクトロニクス研究部、主席研究員)
- ② 研究項目
 - 1) 低転位 GaN 基板上への AlGa_{0.3}N/GaN/AlGa_{0.3}N 構造の結晶成長
 - 2) アンペア級動作 MMC HEMT の作製

(3)「山口大」グループ

- ① 主たる共同研究者: 田中 俊彦 (山口大学工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - 1) GaN インバータ用共振形ゲート制御回路の最適設計と試作
 - 2) AlGa_{0.3}N/GaN HEMT のスイッチング速度評価

§ 2. 研究実施の概要

異種接合を利用した窒化ガリウム(GaN)横型トランジスタの高性能化・高信頼化を実現し、省エネルギーの核となる「GaN インバータ」の基盤技術を確立することにより、シリコンの材料限界を打破する次世代インバータへの展開をはかることを本研究の目標とする。平成 25 年度の具体的成果を以下に要約する。

- (1) AlGaIn 表面の亜酸化窒素ラジカル処理により、Al₂O₃/AlGaIn 界面に発生する電子捕獲準位を低減できることを示した。さらに、このプロセスを MOS ゲート AlGaIn/GaN 高電子移動度トランジスタに適用し、順バイアス領域の相互コンダクタンス向上に効果があることが明らかになった。
- (2) 電気化学プロセスを p-GaN/AlGaIn/GaN 構造に適用し、電解液および印加電圧条件を適切に設定することにより、p-GaN 層の選択エッチングが可能となった。p-GaN 層のエッチング終了と反応電流の停止が一致し、エッチングの自己停止機構が確認された。
- (3) 多重台形チャネル AlGaIn/GaN 高電子移動度トランジスタにおいて、オン抵抗のドレイン—ゲート間距離依存性およびオフ状態パルス電圧によるオン抵抗増加の評価を詳細に行い、多重台形チャネル構造の特性が通常のトランジスタ構造より優れていることを確認した。さらに、極めて高いナノチャネルインピーダンスが、電流安定性の主な要因であることを明らかにした。
- (4) 低転位 GaN 基板上に AlGaIn/GaN/AlGaIn 中間層を含む n-GaN エピタキシャル層を成長し、ショットキー接合を形成した。プラトー領域を含む特徴的な容量—電圧特性が得られ、詳しい解析より、中間層近傍でキャリアの空乏・蓄積が生じていることが示された。分極効果を取り入れた数値計算により、中間層の AlGaIn 層で生じる局在分極電荷に起因したポテンシャル変調によりキャリア分布が決定されていることを明らかにした。
- (5) アンペア級多重台形チャネルトランジスタのレイアウト設計を行い、チャネル幅 60nm のチャネルを集積することにより、アンペア級動作のトランジスタを作製した。
- (6) LC 共振を利用して容量に充電されたエネルギーをゲート駆動電源に回生する共振形ゲート制御回路を設計・作製し、正常動作を確認した。また、ノーマリオン形 GaN トランジスタに適用できることが示された。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国内)

なし

論文詳細情報(国際)

- 1) K. Ohi, J. T. Asubar, K. Nishiguchi, and T. Hashizume, “Current stability in multi-mesa-channel AlGa_N/Ga_N HEMTs (Invited paper)”, IEEE Trans. Electron Devices, 60, 2997-3004 (2013), DOI: 10.1109/TED.2013.2266663
- 2) Y. Hori, Z. Yatabe, and T. Hashizume, “Characterization of interface states in Al₂O₃/AlGa_N/Ga_N structures for improved performance of high-electron-mobility transistors”, J. Appl. Phys. **114**, 244503-1-8 (2013), DOI: 10.1063/1.4859576
- 3) M. Matys, B. Adamowicz, Y. Hori, and T. Hashizume, “Direct measurement of donor-like interface state density and energy distribution at insulator/AlGa_N interface in metal/Al₂O₃/AlGa_N/Ga_N by photocapacitance method”, Appl. Phys. Lett. **103**, 021603-1-4 (2013), DOI:10.1063/1.4813407
- 4) T. Kachi, “Current status of Ga_N power devices”, IEICE Electronics Express (ELEX), **10**, No.21, pp.1-12, (2013). (DOI: 10.1587/elex. 10.20132005)
- 5) J. Asubar, K. Ohi, K. Nishiguchi, and T. Hashizume, “Improved current stability in Multi-Mesa-Channel AlGa_N/Ga_N transistors”, Physica Status Solidi C **9**, DOI 10.1002/pssc.201300672 (in press)

(3-2) 知財出願

- ① 平成 25 年度特許出願件数(国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 2 件)