

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名:異種接合 GaN 横型トランジスタのインバータ展開
2. 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)
3. 研究概要

本研究は、異種接合を利用した窒化型ガリウム(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を目的とする。本チームは、以下の研究項目を3つの共同研究グループで実施している。

- ① AlGaIn/GaN バルク中と異種接合界面での電子準位の制御
- ② 異種接合結晶成長技術と多重台形チャンネル GaN トランジスタの開発
- ③ GaN インバータの回路設計と動作試験

研究項目①では、デバイス特性劣化との関係が深いAlGaIn層バルク、絶縁膜/AlGaIn/GaN異種接合界面での電子準位を特定し、これを精密に制御する技術を開発する。研究項目②では、AlGaIn/GaN異種接合の結晶成長、および、GaNトランジスタのデバイス試作・特性評価を行う。ここでは特に、本研究チームが新規に提案した多重台形チャンネル(Multi Mesa Channel:以下、MMCと略記)型GaNトランジスタが閾値制御性、OFF特性制御、電流安定性において優れた動作特性を有することを検証する。研究項目③では、試作したGaNトランジスタをDC/ACインバータへ実装し、スイッチング特性や損失特性などの回路特性を評価する。

### 4. 中間評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

##### (1) 研究の進捗状況

絶縁膜/AlGaIn/GaN 異種接合界面を評価するため、CV 測定と光励起法を併用した光支援 CV 法を開発し、界面電子準位を高い精度で評価することに成功している。さらに、N<sub>2</sub>O ラジカル処理や熱処理などの改善によって、絶縁膜/GaN 界面の電子準位を制御する解決方法を提案し、10<sup>12</sup>cm<sup>-2</sup> 未満に低減できる見通しを得ている。

つぎに、MMC 型 GaN トランジスタの試作・評価では、オフ電圧ストレス耐性の向上とノーマリオフ動作(閾値電圧+1.2V)を達成し、本トランジスタがデバイス特性において高い優位性を持つことを確認している。この MMC 型 GaN トランジスタの成果は、米国・中国・香港などの海外研究機関が追随するなど、国外へも大きな技術インパクトを与えており、本研究が世界トップレベルであることを裏付けるものである。さらに、本研究チームが試作した GaN インバータをゲート駆動回路と DC/AC インバータ回路内に組み込み、スイッチング特性と損失特性を評価した結果、極めて低歪みの交流出力が得られることを確認している。

研究進捗に伴う新たな展開として、平成 24 年度から、高抵抗 GaN 基板を用いた GaN トランジスタの試作・評価を新たな研究項目として追加した。支持基板として低コスト Si と高抵抗 GaN とをそれぞれ用いた場合の GaN トランジスタの特性を比較することで、結晶の転位・欠陥・ひずみとデバイス特性との相関関係を明らかにし、Si 基板上 GaN デバイスの限界性能を見極めようとしている。

このように、AlGaIn/GaN の基礎物性評価、結晶成長技術の開発、MMC 型 GaN トランジスタの開発、インバータ回路の設計・動作検証など、基礎物性/プロセス/デバイス/インバータ回路の一体型研究開発により課題を的確に把握し、その解決策を考案・実施することにより計画通り研究を進捗させている。

## (2) 研究実施体制

基礎物性/プロセス・デバイス/インバータ回路の一体型研究開発が、各グループ間の適切な役割分担と相互連携の下で計画的に遂行されており、研究代表者の優れたリーダーシップが発揮されているものと高く評価したい。

## (3) 原著論文発表・特許出願

学術的成果として、原著論文発表23件、口頭発表63件、招待講演24件と期待される成果が上げられている。だが、特許出願においては国内1件のみであり、研究成果の知的財産の権利化が不十分である。

### 4-2. 今後の研究に向けて

今後の研究のさらなる飛躍を目指して、研究後半にかけて以下の点に留意いただくようお願いしたい。まず、基礎と応用の相補的・一体的なアプローチを全研究項目において引き続き強力で推進し、研究期間内に GaN トランジスタの基盤技術を確認たるものにして欲しい。つぎに、GaN トランジスタの有用性と重要性を社会にアピールするために、SiC にはない GaN トランジスタの特徴・長所を明らかにして製品の応用分野を絞り込み、SiC との棲み分けを明確にすることを期待する。さらに、低コスト Si 基板上の GaN トランジスタの性能限界を、結晶の欠陥・転位・ひずみとデバイス特性・製造歩留りとの相関関係を明らかにすることによって詳細に把握して欲しい。低コスト Si 基板上で所望のデバイス特性・信頼性・歩留りが得られる目途が立てば、GaN パワーデバイスは SiC パワーデバイスよりも早く普及する可能性もある。そのため、近い将来期待される研究成果の普及に向け、研究後半では生産技術的な観点も徐々に取り入れていく必要があると思われる。最後のお願いとして、世界における我が国のパワーデバイス技術の優位性を確保するために、外国出願も視野に入れ、これまでの研究活動で得られた知的財産の特許化を積極的に行っていただくことを期待する。

### 4-3. 総合的評価

再生可能エネルギーとハイブリット車の普及と同時に高耐圧パワーデバイスの導入が不可欠である。さらに、鉄道・産業機器・家電などで、SiC デバイスとの棲み分けを図りながら、現状の Si パワーデバイスをより変換効率が高い GaN 系パワーデバイスに置き換えていくニーズも今後高まっていく。このように GaN パワーデバイスの適用範囲が広く、高耐圧パワーデバイスの市場規模は今後大きくなる一方である。このような状況の中、研究代表者は戦略目標達成に貢献すべく、研究計画に従って順調に研究を推進させていると高く評価したい。