

## 1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：反転MOSチャンネル型酸化ガリウムトランジスタの研究開発
- (2) 研究代表者：株式会社ノベルクリスタルテクノロジー 宮本 広信
- (3) 研究期間：令和2年度～令和6年度（予定）

## 2. 中間評価の実施概要

日時：令和4年11月1日

場所：ビジョンセンター浜松町

評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授

平澤 洽（委員長）

神奈川大学 名誉教授

遠藤 信行

東京理科大学 工学部 電気工学科 嘱託教授

村口 正弘

元東海大学 教授

森本 雅之

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門

航空安全イノベーションハブ 主任研究開発員

吉川 栄一

（委員長以外は五十音順・敬称略）

## 3. 研究の進捗状況

### 研究の概要

絶縁電界破壊強度がSiCの約2倍高く、高電圧領域でSiCを凌ぐ特性が期待されるワイドギャップ酸化ガリウム半導体の特徴を生かした超高耐圧・大電流デバイスの実用化に向けた基礎研究を行う。

### 進捗状況

中間目標に対する主な達成状況は以下の通り。

#### 実施項目

##### (1) アクセプタ不純物のドーピング制御

最適化した熱処理条件でNイオンを注入した電流ブロック層を形成して電流ブロック性能を検証した。注入Nイオン濃度と注入深さを調整することにより200V印可時のリーク電流は $3.4 \times 10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup>となり、中間目標を達成した。

##### (2) 絶縁膜/Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>界面制御

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いてN注入ウエル層を有する長チャンネル(LCH=100 μm)DI-MOSトランジスタを作製してMOSチャンネルの移動度を評価した。算出した移動度は52cm<sup>2</sup>/VsとSiC

MOS チャネルの代表的な移動度  $30\text{cm}^2/\text{Vs}$  を超える良好な値が得られ、中間目標値を達成した。

### (3) ヘテロ p 型半導体/n 型 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 接合

立上り電圧はショットキー接合の  $0.75\text{V}$  に対して  $2.5\text{V}$  まで向上し、逆方向電圧印可時のリーク電流も大幅に低減できることが確認できた。しかしながら中間評価時の順方向電圧に対する目標値  $V_F > 3\text{V}$  を実現する材料系は見出せなかった。

### (4) トランジスタの試作・評価

(1) で最適化した熱処理条件を用いて作製した、ダブルイオン注入 (DI)-MOS トランジスタにて、酸化ガリウムでは世界で初めて期待通りの高いしきい値電圧  $6.2\text{V}$  と高い耐圧  $1070\text{V}$  を実現し、中間目標を達成した。

トランジスタ素子の大型化、大電流化を可能とする、マルチセル作製プロセスを開発し、 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$  素子にて  $2.4\text{A}$  を実証した。アンペア級のノーマリオフ  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  トランジスタ実証は世界初となる。

N ドープエピタキシャル層を用いてトレンチ MOS トランジスタを作製し、期待通り、メサ幅によらず、しきい値電圧  $1.3\text{V}$  以上が得られ、N 不純物添加効果が確認できた。

### (5) 結晶欠陥の構造解析

$\text{KOH}:\text{NaOH}$  エッチャントが転位を正確に検出していることを TEM 観察で検証した。放射光施設を利用したデバイス直下のエピ/基板の X 線回折像の取得に成功した。

## 4. 中間評価の評点

B 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。
---------------------------

## 5. 総合コメント

一部未達な部分はあるものの、中間目標をおおむね達成していることは評価できる。今後は、現実的なデバイス (システム) の形態例を早い段階で提示することが望ましい。また、試作をしながら、熱処理について画期的な仕組みを探索することを期待する。熱処理や冷却関係の研究者等の協力を得て研究体制を強化し、従来の半導体では到達できない、一般的な用途 (システム・パワーモジュール) として実用化できるチップ (デバイス) に挑戦していただきたい。

## 6. 主な個別コメント

- 中間目標は一部未達であるものの、残された課題は整理されており、最終目標の達成が期待できる。
- 今後は、熱処理の問題を正面に据え、研究体制を強化し、素材の特長を生かせるようなデバイス構造を追究していただきたい。
- 試作を繰り返し、軌道修正を行いながら最終目標を達成することが期待される。
- 研究終了後の波及効果についての展望が不足しており、成果の活用に不安がある。