

新規研究開発課題に係る基本計画書概要 【研推室】

次世代省エネ型デバイス関連技術の開発・実証事業（第二期）

研究開発の背景・目標

背景

Society5.0の実現を推進するとともに温室効果ガス排出量を削減するため、情報通信分野において、省エネ性能が高く安価で多様なメリットを有する次世代半導体デバイスに関する研究開発が必要。

政策目標(アウトカム目標)

各種機器が電化しICTがあらゆる分野と融合していく中で、今後消費電力が急増すると予想される半導体デバイスの超低消費電力化と、宇宙空間や輸送機のエンジンルームなどの高温・放射線下等の極限環境における安定した情報通信を実現する、酸化ガリウムデバイスに関する要素技術を確立する。これにより、脱炭素化に向けた国際社会への技術イノベーション面での貢献に資する重要な論文・特許等につながる成果を生み出し、産業投資を促進する。

研究開発目標(アウトプット目標)

産学官で密に連携し、民間企業での投資判断・産業化の可能性を見極めるために必要なマイルストーンとして位置づけ、酸化ガリウムの性能を最大限に引き出す高品質ウェハ作製、量産性に優れた薄膜成長技術の確立、及び産業化の可能性の見極めに必要なスペックを満たすデバイス作成技術等を確立し、期待されるCO2削減量を推定する。

技術課題

○課題ア バルク、ウェハ製造技術

第一期で2インチ径の円形のウェハを作成したが、結晶の高品質化が課題。

酸化ガリウムの物性を最大限に引き出す結晶面において、ウェハ径大型化・高品質化・量産化を実現する単結晶バルク・ウェハ製造技術を確立する。

○課題イ 薄膜エピタキシャル成長技術

第一期でハライド気相成長(HVPE)法の量産性向上や有機金属化学気相成長(MOCVD)法の成長速度の改善等を実現した。ミスト化学気相成長法はデバイス製造に向けた応用研究へ移行し、HVPE及びMOCVDは残る課題に取組み両技術を比較評価することが必要。

薄膜エピタキシャル成長に係る複数の手法がある中で、有望な技術の技術的課題を解決し手法を確立する。

○課題ウ 次世代デバイス技術

第一期では各種デバイスのプロトタイプを作成・動作確認・評価し、縦型ショットキーバリアダイオード(SBD)はパワーデバイスとしての信頼性・耐久性に顕著な問題がないことを確認した一方、課題ア/イの成果を踏まえ、量産性の改善・性能向上・新たなアプローチや応用先の検討等が依然必要。

縦型パワートランジスタ、SBD、極限環境用の横型高周波トランジスタの開発・性能評価等を実施する。

到達目標

○課題ア バルク、ウェハ製造技術

X線ロックアップ測定のパーク半値幅が350 arcsec以下で、2インチ径以上のサイズの単結晶高品質酸化ガリウム円形バルク及びウェハ製造技術を確立する。

○課題イ 薄膜エピタキシャル成長技術

HVPE法及びMOCVD法において、2インチ径以上の基板を用い、各手法に求められる成長速度及び膜厚で、ホモエピタキシャル層を面内膜厚のばらつき5%未満で安定して成長させ、n型ドーピングによる電子濃度を $10^{16} \sim 10^{19} \text{cm}^{-3}$ で制御する技術等を確立し、両手法を比較評価する。

○課題ウ 次世代デバイス技術

- ・縦型パワートランジスタ: オン抵抗 $20 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、耐圧1 kV以上、ゲートリーク電流に関しオン/オフ比6桁以上を実現する技術を確立。
- ・縦型パワーSBD: 複数の結晶面で10A級デバイスを試作し評価。
- ・縦型高周波SBD: α/β 構造で試作し動作確認、電極直径 $10 \mu\text{m}$ でオン抵抗 $3 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、オフ耐圧30V以上を実現する技術を確立。
- ・横型高周波トランジスタ: 新たなアプローチで最大発振周波数20GHz以上、ガンマ線耐量1MGy以上、室温下2GHzで0.1W以上の出力電力を実現し、 300°C 以上の高温環境での動作信頼性を評価。
- ・共通技術: デバイス共通の基盤技術を確立。

(参考) 次世代省エネ型デバイス関連技術の開発・実証事業(第二期)

- Society5.0の実現を推進するとともに温室効果ガス排出量を削減するため、情報通信分野において、省エネ性能が高く安価で多様なメリットを有する次世代半導体デバイスに関する研究開発が必要。
- 本事業第二期では、実施期間を令和6~7年度(第一期実施期間:令和3~5年度)とし、次世代半導体として期待される酸化ガリウムを用いた未来の情報通信社会を実現する半導体デバイス関連技術について研究開発を推進する。

【これまでの取組・現状】

- 総務省においては、情報通信研究機構を中心に、酸化ガリウムの情報通信分野での利活用に向けて研究開発を推進してきた。
- 本研究開発の第一期において、ウェハ口径の拡大、各種薄膜成長技術の技術課題の解決、各種デバイスのプロトタイプの実験・動作確認・評価等を実施した。第二期では、社会実装に向け残る技術課題の解決を加速する。

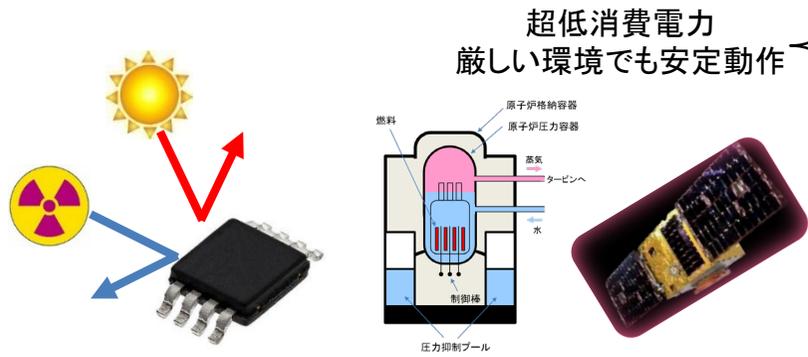
【目標・成果イメージ】

- 次世代デバイスの確立に必要な、ウエハ作製技術、エピウエハ作製のための薄膜形成技術、デバイス設計・作製技術の確立
- 今後エネルギー消費が増えることが見込まれる各種情報通信機器の大幅な省エネ化。
- これまで安定動作が難しかった極限環境での情報通信。

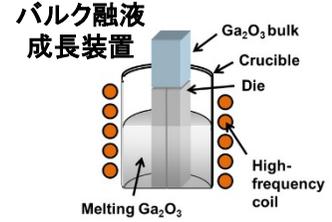


酸化ガリウム半導体

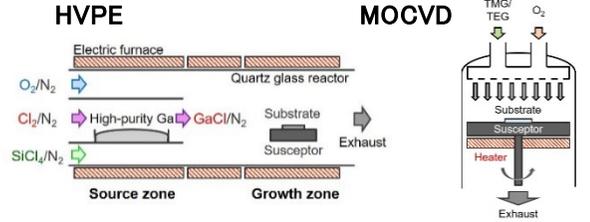
- 放射線に対する耐性、高温動作、高い電圧に対する耐性
- 高出力、高い省エネ性能(高いバリア指数)



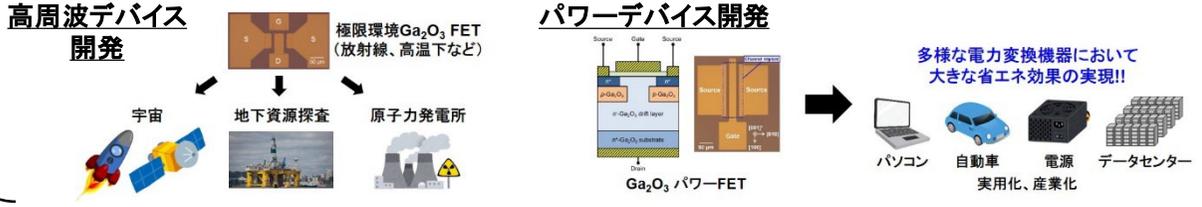
(1) 高品質な基板製造技術の開発



(2) 薄膜形成技術の開発



(3) 次世代の情報通信社会を実現するデバイスの開発



所要経費 4億円(令和6年度)【P】 研究開発期間 令和6~7年度 (第一期実施期間:令和3~5年度)

政策目標の達成に向けた取組方針

○研究開発期間中

- 受託者が設置する研究開発運営委員会において、政策意図を適切に反映させるとともに、学識経験者や有識者の助言をもとに研究開発全体の方針を調整する。
- 研究開発推進のため、関連施策との連携を図るとともに、情報通信研究機構等の実験機器や実験施設、テストベッド等のインフラを有効活用すべく、研究連携支援を行う。
- 酸化ガリウムデバイスに関連する国内外の開発動向や市場状況等を調査し、状況に応じた研究開発の加速化や、国際的に重要となる大きなインパクトを有する論文や国内外の特許取得研究等を支援する。
- 政策目標の早期実現や海外技術との差異化を図るため、各技術の高性能化や高機能化、高効率化の研究開発・社会実装に必要な予算の獲得を連携先省庁と検討する。
- 関係する省庁と連携し、本研究開発を踏まえた次世代酸化ガリウムデバイスの実用化を産学官の関係者と議論するとともに、要求される周辺技術の課題等を明らかにし共有する。

○研究開発期間終了後

- 論文化・国際的な特許取得等を継続して推進するとともに、国際標準化に向け、国際学会・会議、展示会等を通じた海外へのアピールを促進させる。
- 連携先省庁において実施される追跡調査・評価において、受託者に製品化等の成果展開状況を確認する際に、政策的知見から必要な助言等を適宜行い、社会実装を推進し国際競争力の強化を図る。