

令和5年度 終了評価書

研究機関 : 国立研究開発法人情報通信研究機構、Orbray(株)、
東京農工大学、京都大学、大阪公立大学、三菱電機(株)

研究開発課題 : 次世代省エネ型デバイス関連技術の開発・実証事業

研究開発期間 : 令和3年度 ～ 令和5年度

代表研究責任者 : 東脇 正高

■ 総合評価(5～1の5段階評価) : 評価3

■ 総合評価点 : 20 点

(総論)

日本が開拓してきた酸化ガリウム半導体の性能を最大限に引き出し、超低消費電力及び極限環境下での情報通信の実現を目指す本研究開発は、科学的・技術的意義が大きく、また、脱炭素化ならびに省エネ社会実現のための非常に注目度の高い研究テーマであり、情報通信社会のグリーン化にも貢献するものとして評価できる。大学、国研、企業間で効率的に研究活動を進め、技術的及び学術的にも高い成果をあげており、概ね目標は達成されていると評価できる。なお、今後、シナリオや技術課題の検討等を行い目標達成に向けた取組を強化することで、次世代半導体分野を牽引しうる成果の早期創出を期待する。

(被評価者へのコメント)

- 日本が開拓してきた酸化ガリウム半導体の性能を最大限に引き出し、超低消費電力及び極限環境下での情報通信の実現を目指す本研究開発は、科学的・技術的意義が大きく、また、情報通信社会のグリーン化にも貢献するものとして評価できる。ただし、研究開発目標、政策目標のいずれにおいても、一部目標未達になっているので、第2期となる後継プロジェクトで新たに設定された課題を含めて、目標達成に向けた取組を強化し、次世代半導体分野を牽引しうる成果の早期創出を期待する。研究開発目標では、目標を上回る高速での酸化ガリウム膜成長を実現するなど、評価できるが、2 インチサイズの高品質単結晶バルク、ウェハが得られておらず、また、酸化ガリウムデバイスに要求される耐圧、ガンマ線耐量等の数値目標をクリアできていない。政策目標では、口頭発表数が目標を大きく上回っており、受賞数も多く、評価できるが、基本計画書に示した重要な論文・特許等に対応する査読付き誌上発表論文数、特許出願数が目標未達になっている。
- まだ残された課題は多いものの、技術的、学術的に高い成果が得られており、今後の進展が期待できる。本格的な社会実装による省エネへの貢献には、SiC(シリコンカーバイド)、GaN(ガリウムナイトライド)の置き換えが重要となるため、それに向けたシナリオ、技術課題の検討を進めていただきたい。ウェハの2 インチ化など、進捗は見られるものの、目標未達の研究開発項目が散見され、残された課題も多い。15 件という多く学術論文など、高い学術的成果が得られており、酸化ガリウムにおける国際プレゼンスの向上に寄与している。極限環境を対象とした耐放射線デバイスなどの一部の分野ではあるものの、2030年の製品化が期待される。政策目標である我が国のグリーン化に向けて貢献するには、現在の SiC、GaN 等のデバイスとの差別化、すみわけなどの戦略も必要となる。社会実装に向けたロードマップを検討が必要である。
- 計画に対しては達成されている。ただ、目標を上回るような驚くべき成果などは現状ではできていない。計画に対しては達成されている。着実な結果であり、つぎのプロジェクトが動き始めていることから、そこでの達成を期待したい。
- 本研究は脱炭素化ならびに省エネ社会実現のための非常に注目度の高い研究テーマである。そのため技術的ハードルは高いが、その研究活動は、大学、国研、企業間で効率的に進んでおり、おおむね目標特性を満たす十分な成果を出している。基板、エピ、デバイスとも目標特性をおおむね達成できていると思われる。FET(電界効果トランジスタ)、SBD(ショットキーバリアダイオード)のオン特性は一部では目標特性を凌駕している。特許出願件数、ならびに査読付き論文数とも目標を達成、もしくは目標を超える成果を上げている。FET、SBD とも逆方向特性の目標達成に課題がある。なんとか解決してほしいと思う。先を進んでいる SiC に対して、コストメリットだけ、というのではさみしい。是非 SiC に対して特性で凌駕し、より省エネ効果が達成できる成果を期待したい。

(1) 研究開発の目的・政策的位置付けおよび目標

(5～1の5段階評価) : 評価4

(総論)

本研究課題は、省エネ技術の確立を通じ、情報通信由来のCO₂削減や再生可能エネルギーの導入促進などを目標としている。SiC や GaN の次の世代のパワーデバイスとして期待されている Ga₂O₃ を用いた次世代省エネ型デバイス関連技術の確立に向け、本研究開発の有効性、必要性、注目度は開始当時よりも高まっており、目的・政策的位置付けおよび目標は妥当であると評価できる。

(被評価者へのコメント)

- 5G の浸透・普及、AI や IoT の進展等によって、ICT 及び将来的に ICT と深く結びつく分野由来の CO₂ 排出が情報通信の発展を阻害しかねないと懸念される今日、次世代省エネ型デバイス関連技術確立に向けた本研究開発の有効性、必要性は開始当時よりもさらに高まっており、特に、酸化ガリウム半導体分野では世界的に競争が激化していることから、研究開発の取組時期は妥当であったと認められる。
- SiC、GaN の次の世代のパワーデバイスとして期待できる Ga₂O₃ のウェハ製造、薄膜成長、デバイス開発までを含む広範囲の研究開発であり、目的・政策的位置付けおよび目標は妥当である。
- 酸化ガリウムの注目度は、新しいワイドバンドギャップ材料として、ますます注目が集まりつつあり、開始当時と比べても、その注目度は高い。その中で、注力すべき分野を広くカバーしていること、結晶についても今までにない方位について検討を行い、バルクとして形成していることは評価できる。
- 省エネ技術確立のために情報通信由来の CO₂ を削減すること、さらには再生可能エネルギー導入促進などによる高効率化実現を目標にしている点。この目標を実現するため、我が国が世界をリードしており、かつ高性能・低コスト実現のポテンシャルの高いワイドバンドギャップ半導体 Ga₂O₃ に着目している点。
- この分野での我が国の競争力を強くするため、特許出願件数や技術論文発表件数の目標をかなりアグレッシブに設定している。

(2) 研究開発マネジメント(費用対効果分析を含む)

(5～1の5段階評価) : 評価4

(総論)

研究開発実施体制は、管理体制を含めて有効に機能しており、社会実装を見据えた実施計画やアウトカム目標達成に向けた取組も有効かつ効率的に立案されており、研究開発マネジメント

は妥当であると評価できる。特に、当初の想定通りに行かなかった窒化による絶縁層の形成や、新材料半導体を使った手間のかかる素子試作などについて、臨機応変に対応されチームとしてうまくマネジメントがなされたと評価する。

(被評価者へのコメント)

- 超低消費電力及び極限環境下での情報通信の実現を目指す酸化ガリウムデバイス技術の研究開発実施体制は、管理体制を含めて有効に機能しており、社会実装を見据えた実施計画やアウトカム目標達成に向けた取組も有効かつ効率的に立案されていたと認められる。
- 年度目標は着実に実施されており、研究開発マネジメントは妥当である。
- 研究として、当初想定していた通りに行かないことは起こるものであり、今回でも窒化による絶縁層の形成は目論見通りにはいかなかったが、その結果のほかの応用を考えたことは評価すべきである。
- 大学、国研、企業間での情報交換、共有が成されており効率的に研究がなされているようである。特に新材料半導体を使っての手間のかかる素子試作に関して、計画通りに完了させ評価解析ができたことは、チームとしてうまくマネジメントされている証拠であると思う。
- また研究開発の進捗を見ながら、費用の配分を工夫することで当初算出した特性を実証している。

(3) 研究開発目標(アウトプット目標)の達成状況

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

基本計画書に示した研究開発目標を達成し、さらには目標を上回る成果が得られている課題がある一方で、解決すべき課題もあるため、今後、第2期となる後継プロジェクトを通じ、早期の酸化ガリウムデバイス関連技術の確立を期待する。

(被評価者へのコメント)

- 基本計画書に示した研究開発目標を達成している課題、さらには目標を上回る成果が得られている課題がある一方で、目標未達の課題も見受けられる。目標未達の課題については、その原因分析を行い、具体の対策を講じた上で第2期となる後継プロジェクトをスタートさせているので、世界最高水準の酸化ガリウムデバイス技術の早期確立を含めて、今後の成果を期待する。
- ウェハの2インチ化など、進捗は見られるものの、目標未達の研究開発項目が散見される。
- 15件という多く学術論文など、高い学術的成果が得られており、酸化ガリウムにおける国際プレゼンスの向上に寄与した。特許も出願済2件、出願予定3件と、多くの成果が得られている。
- すべてにおいて、目標を達成する成果が得られている。ただ、目標に対して、明瞭に上回った成果が得たとは感じられなかった。
- 基板、エピ、デバイスとも目標特性をおおむね達成できていると思われる。FET, SBDのオン特性は一部では目標特性を凌駕している。
- ただ細かな点では未だ解決すべき課題が多くみられる。たとえば縦型FET, SBDとも逆方向特性は目標未達と言わざるを得ない。SBDはもれ電流が0.1A/cm²もながれており、耐圧2kV以上が達成できたとは言いがたい。

(4) 政策目標(アウトカム目標)の達成に向けた取組みの実施状況

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

特許出願数や査読付き誌上発表論文数、受賞数などでの成果が確認され、市場調査を含め今後の実用化に向けた研究開発計画は適切に考えられており、基本計画書等で示した内容を満足していると評価できる。なお、今後、バルク結晶や放熱などの研究分野を含め、コアジャーナルでの論文発表や知的財産権獲得に向けた取組強化を期待する。

(被評価者へのコメント)

- 最終年度に査読付き誌上発表論文数が年度目標の 13 件に達したことは評価できるが、研究開発期間の合計では目標未達になっており、特許出願数も目標に達していない。本研究開発では、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ことを政策目標としており、コアジャーナルでの論文発表や知的財産権獲得に向けた取組強化を期待する。
- 今後の研究開発計画は適切に考えられており、現在は極限環境を対象とした耐放射線デバイスなどの一部の分野ではあるものの、2030年の製品化が期待される。
- 基本計画書などで示した内容は満足しているが、例えばバルク結晶の特許や、放熱についての取り組みなどについての発信はもっとできたのでは？と感じた。
- Ga2O3 ウェハマーケット情報や SiC の置き換えを念頭に置いて市場調査など、踏み込んだ調査が成されている。
- 特許出願、ならびに査読付き論文も確認され成果を上げている。
- 受賞数も 12 件と多く、社会からも成果が高く認められている。

(5) 政策目標(アウトカム目標)の達成に向けた計画

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

本研究課題で得られた成果を発展させるための後継プロジェクトが第2期として採択され、政策目標の達成に向けた第1期の計画は第2期に引き継がれている。政策目標の達成のための計画は妥当であり、達成できる見込みであると評価できる。なお、今後、実用化に向けたシナリオ、ブレークスルーとして何に取り組むべきか、タイムスパンも念頭に社会実装に向けたロードマップの検討等の取り組みを期待する。

(被評価者へのコメント)

- 第1期で得られた成果を発展させるための後継プロジェクトが第2期として採択されており、政策目標の達成に向けた第1期の計画は第2期に引き継がれているので、目標を達成する見込みがあると判断できる。
- 政策目標である我が国のグリーン化に向けて貢献するには、現在の SiC、GaN 等のデバイスとの差別化、すみわけなどの戦略も必要となる。社会実装に向けたロードマップを検討していただきたい。
- Ga₂O₃については残された課題も多く、ロングスパンの研究開発の支援が必要と思われる。実用化に向けたシナリオ、ブレークスルーとして何に取り組むべきか、タイムスパンも念頭に技術開発戦略を検討していただきたい。
- 問題点を克服した後継プロジェクトが動き出していることから、最終的には政策目標が達成されると信じる。
- ウェハに関する計画にやや具体性が少ない部分を感じるが、2030年の製品化に向けた計画が提示されている。
- 2030年に予定通り製品化ができれば、パワエレ装置全般への波及効果は極めて大きいものと思われる。