

グリーンイノベーション基金事業／ 次世代デジタルインフラの構築プロジェクト 2024年度 WG報告資料

2024年 4月24日

IoT推進部

目次

- 1．プロジェクトの概要
- 2．プロジェクトの実施体制
- 3．プロジェクトの実施スケジュール
- 4．プロジェクト全体の進捗
- 5．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見
- 6．プロジェクトを取り巻く環境
- 7．NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

（参考 1）プロジェクトの事業規模

（参考 2）研究開発進捗のマイルストーン

1-1. プロジェクト概要（次世代グリーンパワー半導体開発）

- 2030年までに、次世代パワー半導体を使った変換器等の50%以上の損失低減と社会実装を促進するために従来のSiパワー半導体と同等のコスト実現に向けた低コスト化に取り組む。

研究開発項目 1

次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

- 研究開発内容①
- 自動車・産業機器向けパワー半導体の開発
- 研究開発内容②
- 再生可能エネルギー等電力向けパワー半導体の開発
- 研究開発内容③
- サーバ等電源機器向けパワー半導体の開発

研究開発項目 2

次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

- 研究開発内容①
- 溶液法によるSiCウェハの開発
- 研究開発内容②
- 昇華法によるSiCウェハの開発

研究開発概要

- 大口径ウェハでオン抵抗低減等を達成する性能改善と同時に、既存の次世代パワー半導体デバイスより優れた信頼性を有するデバイスを開発する。
- また、開発したパワー半導体の性能を最大限に引き出すための制御 IC、モジュール技術等も開発する。
- 高周波スイッチング、低抵抗、高信頼性、低コストを兼ね備えた高耐圧 SiC MOSFET とその成果を活用した直流遮断器および電力変換器等を開発する。
- GaN デバイスの性能改善に向けた開発と同時に、高信頼性化・低コスト化技術の開発及び GaN デバイスに適した回路等を開発する。

研究開発概要

- 溶液法による高品質／低コストなSiCウェハの実現に向け、大口径化、低欠陥密度化、長尺化、高速成長化に取り組む。
- また、量産を可能とするためウェハ加工技術の開発も行う。
- 昇華法による高品質／低コストなSiCウェハの実現に向け、大口径化に取り組むとともに、エピウェハ製造技術を開発する。
- SiC ウェハ量産の候補となる複数の手法による研究開発を行い、2025年度のステージゲートによって、技術方式の絞り込みを実施する。



アウトプット目標

- 2030年までに、次世代パワー半導体を使った変換器などの損失を50%以上低減及び量産時に従来のSi パワー半導体と同等のコストを達成
- 2030年までに、8インチ（200mm） SiC ウェハにおける欠陥密度1桁以上の削減及びコスト低減

1-2. プロジェクト概要（次世代グリーンデータセンター技術開発）

- 各要素デバイス、光配線技術及びディスクアグリゲーション技術を開発・適用・相互連携させ、研究開発開始時点で普及しているデータセンターと比較して40%以上の省エネ化を実現する。

研究開発項目3

次世代グリーンデータセンター技術開発

研究開発内容①

光エレクトロニクスの技術開発
(1) 光電融合デバイス開発
(2) 光スマート NIC 開発

研究開発内容②

光に適合したチップ等の高性能化・省エネ技術の開発
(1) 省電力 CPU 開発
(2) 省電力アクセラレータ開発*
(3) 不揮発メモリ開発
(4) 広帯域 SSD 開発

研究開発内容③

ディスクアグリゲーション技術の開発

研究開発概要

- (1) 光電融合デバイス開発
 - 2025 年以降に主流となる通信規格 PCIe6.0 に対応した高速化技術を開発する。
- (2) 光スマート NIC 開発
 - スマート NIC を世界に先駆けて光化するとともに、光伝送装置を小型化・一体化してデータセンター間の長距離光通信からサーバ内光配線までをシームレスに光接続できる「光スマート NIC」を開発する。
- (1) 省電力 CPU 開発
 - 光配線を実装すると共に、省エネ性能に優れる ARM アーキテクチャを用いた上で、微細化、回路設計技術の高度化等を行う。
- (2) 省電力アクセラレータ開発*
 - 5TB/s 以上の高速なメモリ通信速度により、GPU等ではカバーしきれない幅広いアプリケーションに対応できる省電力アクセラレータを開発する。
- (3) 不揮発メモリ開発
 - DRAM と同等の書き込み速度を持つ不揮発メモリの中から、大容量化やコストの面でDRAM 代替が可能な不揮発メモリを実用化する。
- (4) 広帯域 SSD 開発
 - 光インターフェースを搭載することで、発熱を抑制して並列化により 128GB/s の大幅な広帯域化を目指す。
- 負荷に応じて機能（デバイス）ごとに柔軟に計算リソースを割り当てるディスクアグリゲーション技術に伝送遅延が小さい光配線を導入し、より柔軟な制御を実現する。
- AI を活用した割り当て制御ソフトを開発し、他の事業者と緊密に連携して、①や②で開発した要素デバイスを光接続したシステム実証を実施する。

*実施者の申し出に基づき、第 12 回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 産業構造転換分野ワーキンググループ(令和5年 3月 17 日)での議論を踏まえ取り組みを中止。

アウトプット目標

- 2030年までに、研究開発時点で普及しているデータセンターと比較して40%以上の省エネ化を実現

1－3．プロジェクト概要（IoTセンシングプラットフォームの構築）

※本年事業開始のため、
本日のWGでは進捗確認対象外

- デジタルインフラの省エネ化を図るべく、センサを用いたデータの効率的な処理について技術開発を進め、2030年までにシステム全体の消費電力量の40%削減を目指す。

研究開発項目4

IoTセンシングプラットフォームの構築

研究開発内容①

エッジ信号処理技術開発

研究開発内容②

SDK（ソフトウェア開発キット）及びプラットフォームの開発

研究開発内容③

ハードウェア基板開発

研究開発内容④

アプリケーション開発

研究開発概要

- 多種多様なセンサに対してアプリケーション開発者が必要とする情報を、可能な限り高精度に出力するためのエッジ信号処理技術の開発を行う。
- また、複数のセンサ情報を、エッジ型で統合する処理技術の開発を行う。
- 加えて、これらの信号処理を実行する半導体チップの開発を行う。
- 様々なデベロッパーが容易にアプリケーションやソフトウェアの開発ができるような環境設備やツールの開発、ソリューション構築、運用など、エッジ処理の社会実装の加速等をするためのプラットフォーム開発を行う。
- 加えて、AI学習データ構築の高効率化技術も開発する。
- ①及び②の技術を活用するための要件を定義した上で、様々なセンサを搭載可能なハードウェア基板を開発する。
- ①から③で開発する技術を社会実装して、複数のセンサを活用しCO2削減効果を実証するためのアプリケーションの開発を行う。

アウトプット目標

- 2030年までに、端末におけるエッジコンピューティング技術を開発し、本技術を活用したシステム全体の消費電力量を40%削減する。



2-1. プロジェクトの実施体制（次世代グリーンパワー半導体開発）

- 産業機器、電動車、再生可能エネルギー等電力、サーバ電源の各用途に応じて細分化し、デバイス製造技術開発に取り組んでいる。

研究開発項目 1：次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

テーマ名・事業者名	実施内容	事業期間
<u>8インチ次世代 SiC MOSFET の開発</u> ・ ローム株式会社	研究開発内容①	2022年度～2027年度
<u>次世代パワー半導体デバイス製造技術開発（電動車向け）</u> ・ 株式会社デンソー（※）	研究開発内容①	2022年度～2026年度
<u>次世代高耐圧電力変換器向けSiC モジュールの開発</u> ・ 東芝デバイス&ストレージ株式会社（幹事） ・ 東芝エネルギーシステムズ株式会社	研究開発内容②	2022年度～2030年度
<u>次世代高電力密度産業用電源（サーバ・テレコム・FA 等）向け GaN パワーデバイスの開発</u> ・ 東芝デバイス&ストレージ株式会社	研究開発内容③	2022年度～2028年度

（※）WG出席企業

2-2. プロジェクトの実施体制（次世代グリーンパワー半導体開発）

- SiC ウェハの大口径化・高品質化に向けて、複数の手法によるウェハ技術開発に並行して取り組んでいる。

研究開発項目2：次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

テーマ名・事業者名	実施内容	事業期間
<u>超高品質・8インチ・低コスト SiC ウェハ開発</u> ・ 株式会社オキサイド（幹事） ・ Mipox 株式会社	研究開発内容①（溶液法）	2022年度～2030年度
<u>高品質 8 インチ SiC 単結晶／ウェハの製造技術開発</u> ・ セントラル硝子株式会社	研究開発内容①（溶液法）	2022年度～2029年度
<u>次世代グリーンパワー半導体に用いる SiC ウェハ技術開発</u> ・ 株式会社レゾナック（※）	研究開発内容②（昇華法）	2022年度～2030年度

（※）WG出席企業

2-3. プロジェクトの実施体制（次世代グリーンデータセンター技術開発）

- 次世代グリーンデータ用デバイス・システムに関する協議会の活動を通じて、技術的な課題だけでなく、社会実装を見据え、ユーザーを巻き込んだ議論を行う。

研究開発項目3：次世代グリーンデータセンター技術開発

テーマ名・事業者名	実施内容	事業期間
<u>要素デバイス省力化、光配線技術、ディスアグリゲーション技術の開発</u> ・ 富士通株式会社（幹事）（※） ・ アイオーコア株式会社 ・ 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社 ・ 京セラ株式会社 ・ 日本電気株式会社（※） ・ キオクシア株式会社	研究開発内容①（２）、②（１） 研究開発内容①（１） 研究開発内容①（２） 研究開発内容①（２） <u>研究開発内容②（２）</u> ＊、③ 研究開発内容②（４）	2021年度～2028年度
<u>光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化：不揮発メモリ開発</u> ・ 日本ゼオン株式会社	研究開発内容②（３）	2021年度～2030年度

*研究開発内容②（２）省電力アクセラレータ開発については、実施者の申し出に基づき、第12回産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループ(令和5年3月17日)での議論を踏まえ取り組みを中止。

2－4．プロジェクトの実施体制（IoTセンシングプラットフォームの構築）

※本年事業開始のため、
本日のWGでは進捗確認対象外

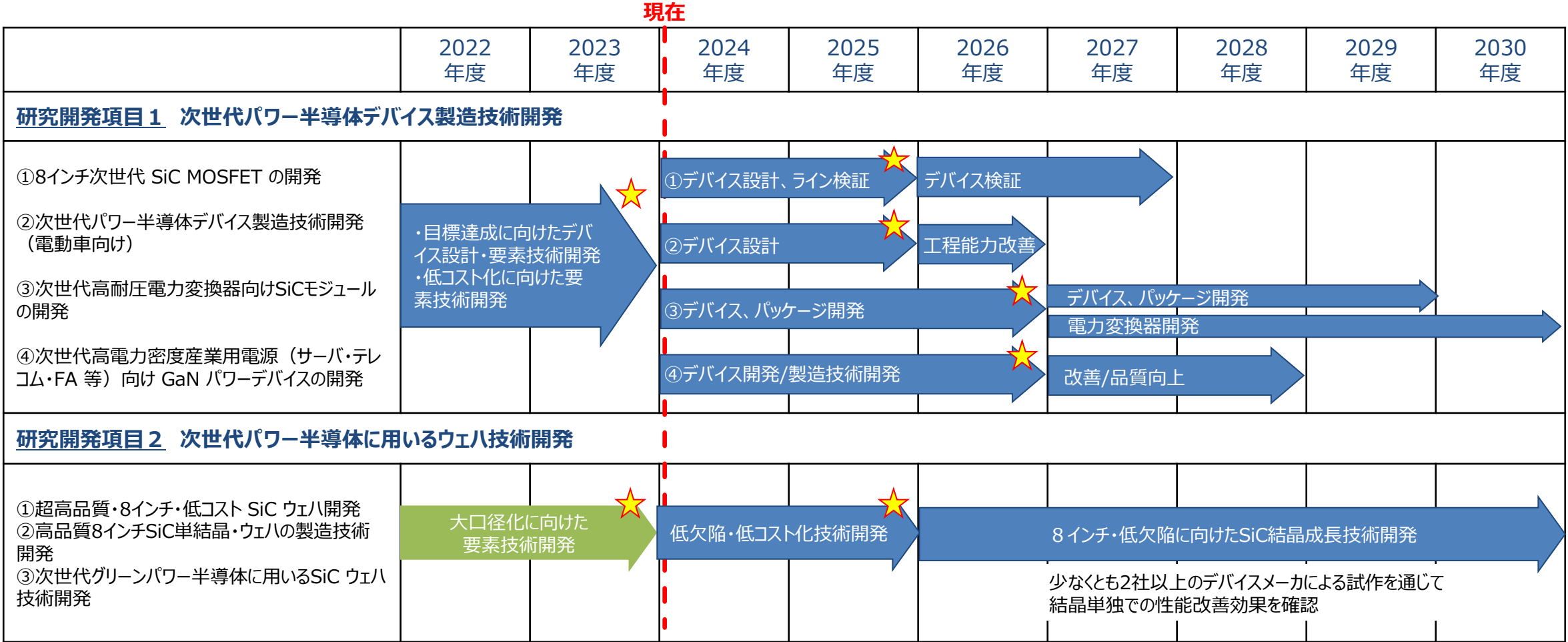
- プラットフォームの構築には多種多様なセンサが対象となるとともに様々なアプリケーションが想定されるため、それぞれのニーズを踏まえ取り組む。

研究開発項目 4：IoTセンシングプラットフォームの構築

テーマ名・事業者名	実施内容	事業期間
<u>エッジ信号処理開発</u> ・ ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	研究開発内容①	2023年度～2030年度
<u>SDK（ソフトウェア開発キット）及びプラットフォームの開発</u> ・ ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	研究開発内容②	2023年度～2030年度
<u>ハードウェア基板開発</u> ・ ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	研究開発内容③	2023年度～2030年度
<u>アプリケーション開発</u> ・ ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	研究開発内容④	2023年度～2030年度 ※助成金交付は2028年度まで

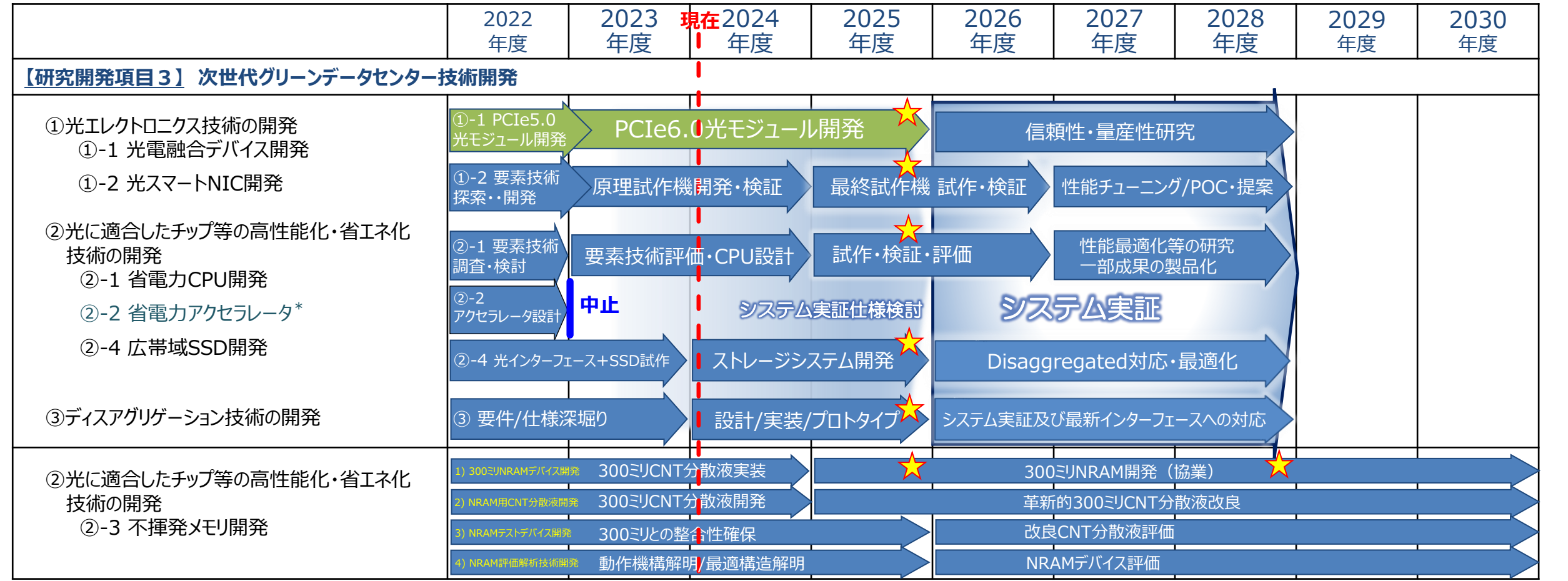
3-1. プロジェクトの実施スケジュール（次世代グリーンパワー半導体開発）

- 全テーマについて、2023年12月に第1回ステージゲート審査を実施済み。
- デバイス製造技術開発は、10年未満の事業化も想定し、2～3年に一度ステージゲート審査の実施を計画。
- ウェハ技術開発は、当初4年間は様々な手法に取り組み、2025年度のステージゲート審査において技術の絞り込みを予定。



3-2. プロジェクトの実施スケジュール（次世代グリーンデータセンター技術開発）

- 2025年度までに光配線を備えた要素デバイス、ソフトウェアの試作を行い、2026年度以降のシステム実証に合わせて2025年度末にステージゲート審査を実施。
- 不揮発メモリについては、材料開発・基礎プロセス開発後の2025年度末と、大規模化技術開発後の2028年度末にステージゲート審査を実施。



4-1. プロジェクト全体の進捗（次世代グリーンパワー半導体開発）

- 23年12月のNEDO委員会にて、プロジェクトが順調に進捗していることを確認。
- 同委員会にてステージゲート審査を実施し、全テーマ通過判定。溶液法ウェハは委員コメントを受け、一部計画を前倒し。

「技術面」

<実施企業等の主な取組状況>

<NEDO委員会による主な意見>

「研究開発の進捗度」等について

- 2023年12月に実施したステージゲート審査にて全件ステージゲート目標達成見込み。研究開発は概ね順調に進捗。



- ほぼすべてのテーマで開発進捗は概ね良好であり、着実に成果を上げている。
- アプリケーションにおける使われ方をより意識した開発を期待する。

「研究開発の見通し」等について

- 各種評価や先行検証試作、プロセスインフォマティクス、CAE（Computer-Aided Engineering）等にて、マイルストーンの達成見通しを確認。



- 全体的に、残された技術課題と解決の見通しについて整理されており、順調に進捗している。
- 溶液法ウェハについては、実際にデバイスを製作し、特性影響を早期に確認するとともに、溶媒取り込みの課題を解決することを期待する。

「事業面」

<実施企業等の主な取組状況>

<NEDO委員会による主な意見>

「社会実装に向けた取組状況」、「ビジネスモデル」等について

- 顧客リクワイアメント収集を継続し、開発仕様に反映。
- 次世代パワー半導体ソリューション製品・サービスを提供。
- ウェハ事業立上げに向け、複数デバイスメーカーと情報交換。



- 事業化への期待が高まっており、競争戦略についてより精緻に検討し明示することを期待する。また、EV普及に伴う市場機会拡大を受け、積極的な拡販シナリオを検討して欲しい。
- 中・高耐圧SiCデバイスのニーズを早期に掴み、開発ターゲットをクリアにすることが重要。
- 顧客がマルチソースを望むケースが高いが、その対応はどのようにしていくのか、標準化を含めた戦略を検討されることを期待する。

4-2. プロジェクト全体の進捗（次世代グリーンデータセンター技術開発）

- 23年12月のNEDO委員会にて、実施者の計画がアップデートされ、概ね計画通り進捗していることを確認。
- 協議会の活動、大阪・関西万博出展等、実施者共同による社会実装に向けた取り組みは着実に進展。

「技術面」

＜実施企業等の主な取組状況＞

＜NEDO委員会による主な意見＞

「研究開発の進捗度」等について

- 各要素技術の仕様検討がすすみ、試作品手配の準備など、計画通りに研究開発を推進中。
- 実施者間で2026年度以降に予定されるシステム実証のシステムアーキテクチャの仕様検討が進捗。



- 研究開発は、現状概ね計画通りに進捗していることを確認。
- IOWN Global Forumをはじめとして各種団体との協業がすすめられ、エコシステム形成に向けた取り組みを評価。

「研究開発の見通し」等について

- 試作に向けた仕様検討、設計手配、ファウンドリー手配、評価方法検討等において、研究マイルストーン達成の見通しを確認。



- 具体的な課題や制限などが発生する中で、当初の電力効率の達成目標を変化させず、柔軟に方法を変えている点が評価できる。
- 消費電力削減だけでなく、ハードウェア資源利用率を高め、高い要求性能に対応で可能なシステム設計の指針も検討願いたい。

「事業面」

＜実施企業等の主な取組状況＞

＜NEDO委員会による主な意見＞

「社会実装に向けた取組状況」、「ビジネスモデル」等について

- ユーザー／サプライチェーン企業との情報交換、社会実装に向けた議論等が進展。
- 制御ソフトウェアの技術リファレンスガイドR2.0を一般公開し、エコシステム形成による標準化を目指す。
- 実施者間で大阪・関西万博出展計画を立案。



- 生成AIの普及に伴う市場変化、データセンターが求めるニーズ、社会実装を見据えたユーザーとの議論に期待。
- オープン＆クローズ戦略を基に標準化活動を推進されている。技術リファレンスモデルを一般公開する準備も進んでおり、高く評価できる。
- 大阪・関西万博を通じて、光電融合技術を用いた次世代グリーンデータセンターについての発信に期待。

5-1. 実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見（次世代グリーンパワー半導体開発）

研究開発項目1：次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

8インチ次世代 SiC MOSFET の開発 ・ ローム株式会社	<u>取組状況</u> ・ SiC 8 インチエピ生成及びゲート成膜プロセス向けの関連設備は、当初計画通り（年度内）導入完了。また、エピ濃度・膜厚の主要因子の均一性への影響度を明らかにし、重要パラメータの絞り込みを実施。 ・ SiC 8 インチ製造ラインについても、無人化を想定した搬送テスト等を終え、デモ設備等で8インチSiCにおける課題抽出、対策を実施。 ・ SiC MOSFETは、低RonAの目標値を実現すべく、デバイスシミュレーションにて新デバイス構造を決定。 <u>NEDO委員からの助言</u> ・ 技術面に関しては、KPIの設定も妥当であり、現段階では大きな問題はないと判断。開発は順調に進捗しており懸念は無い。 ・ SiCインゴット、SiC基板、SiCエピウエハからSiC-MOSFETデバイス、そしてパッケージまでの一貫生産体制が可能な企業は世界でも少なく、その優位性を遺憾なく発揮していただきたい。ローム社の積極的なSiC戦略が認められる。 ・ 事業ターゲット領域ポテンシャルが膨らんでおり、事業への期待が高まっている旨認識されている由、更に、競争戦略について、より精緻にしていくよう検討を期待する。
<u>次世代パワー半導体デバイス製造技術開発（電動車向け）</u> ・ 株式会社デンソー	<u>取組状況</u> ・ 6インチ新プロセスにて公差設計を完了（製造バラツキを想定したシミュレーションを実施）。公差設計試作にて、公差上下限においても耐圧等の目標性能を満足する事を確認。 ・ 8インチパイロットライン概ね構築完了。8インチSiC設備を使用して懸念点検証を実施し、反り対策等の効果を確認。 ・ 駆動回路は、独自に開発した MBD（Model Based Design）環境にて、6インチSiC向け駆動回路の基本設計を実施し、その試作と初回評価完了。その結果、立上時間の目標達成を確認。 パッケージ開発は設備立上完了。試作と評価にて高耐圧化パッケージ開発のフィジビリティスタディを終え、パッケージ形状をFix。 <u>NEDO委員からの助言</u> ・ 技術面では、KPIをクリアしており、着実な進捗を評価する。開発は順調に進捗しており懸念は無い。R&Dに際し、社会実装を意識し、量産化や安全性を前提に、各種パラメータを公差に落とし、実証している点を高く評価する。 ・ 独自の設計による新規トレンチ型トランジスタについて、6インチでの性能実証が着実に進展しており、良好な進捗。信頼性評価はまだ残っているようですが、同技術の8インチへの移行を計画的に進めてもらえるものと期待する。 ・ 自動車電動化に伴う市場機会の拡大に、是非、積極的な拡販のシナリオを検討頂くことを期待する。特に、CNに向けた取引条件などを標準化の俎上に載せていくことで、自社の実績は有利に効く、ルールメイキングができると、標準戦略を挺に、市場での優位的地位の確立に早期にたどり着ける可能性がある。また、標準化に関する組織もしっかり整えられたうえで、様々な標準化活動に戦略的に参画されている点、心強い。自社優位性維持や、不利にならないような活動を引き続き期待する。

5－2．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見（次世代グリーンパワー半導体開発）

研究開発項目1：次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

<u>次世代高耐圧電力変換器向けSiCモジュールの開発</u> ・ 東芝デバイス&ストレージ株式会社（幹事） ・ 東芝エネルギーシステムズ株式会社	<u>取組状況</u> ・ SJ-MOS型次世代SiCデバイス要素技術および高耐圧高放熱パッケージを計画通り開発進行中。 ・ 各デバイス要素技術は中間目標値をすべて達成。エピ装置全立ち上げ完了、トレンチ形成装置納入残1以外は立ち上げ済。 ・ パッケージ開発中間目標値達成。一部工程で課題対応継続中。装置発注延期には代替手段で対応。（東芝デバイス&ストレージ株式会社） ・ 2027年度より電力変換器の開発に着手予定。（東芝エネルギーシステムズ株式会社） <u>NEDO委員からの助言</u> ・ 経営者等による当該プロジェクト事業への関与方式も明確であるので、長丁場の維持に努めて貰いたい。 ・ コストと性能以外の評価軸に顧客から評価される評価軸があれば標準化等の検討するのも良いのではないかと。 ・ 「ターゲットに対する提供価値」の見直しをお願いしたい。「電力・送配電」「鉄道」「再生エネルギー」それぞれに対する提供価値を記載してほしい。 ・ 高放熱パッケージ技術のほか、デバイス製造に関しても要素技術の準備と予備検討が進んでおり、進捗は良好です。 ・ 競合に対して競争力を持てるコア技術を確保すること等、課題を明確化して研究開発と整備を進めることを期待する。
<u>次世代高電力密度産業用電源（サーバ・テレコム・FA 等）向け GaN パワーデバイスの開発</u> ・ 東芝デバイス&ストレージ株式会社	<u>取組状況</u> ・ 「①ノーマリオフ型新構造GaN-FETの開発」は前倒しで推移。中間目標値はすべて達成。試作ラインは納期遅延のため発注延期し、代替手段で構築実現。 ・ 「②高品質・低コストエピタキシャル成長技術の基礎開発」は計画通り進行中。中間目標値すべて達成。 ・ 検証用GaNボード評価完了。 <u>NEDO委員からの助言</u> ・ 計画通り開発は進んでおり、GaNパワーデバイス開発のフロントランナーとして引き続き期待できる。 ・ 客がマルチソースを望むケースが高いが、その対応はどのようにしていくのか、標準化を含めた戦略を検討されることを期待したい。 ・ ターゲットに対する提供価値の見直しをお願いしたい。「産業」「民生」「車載」それぞれに対する提供価値を記載してほしい。 ・ エピ成長技術に重要な進展があり、AlGaN多層膜の工夫に加え、超格子構造を簡略化しても、エピ膜の品質を維持できることを実証していて、製造効率を大きく改善できるプロセスへと前進している様子が見える。 ・ 結晶層中のひずみバランスなど制御が残っている。最適化に向けて原理からの追求などロジカルに解決をすすめることを期待したい。

5－3．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見（次世代グリーンパワー半導体開発）

研究開発項目2：次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

<u>超高品質・8インチ・低コスト SiC ウェハ開発</u> ・株式会社オキサイド（幹事） ・Mipox 株式会社	<u>取組状況</u> ・ 大口径化・長尺化に取組み、溶液流れや溶液温度分布等をプロセスインフォマティクス技術を適用して最適化することで、直径8インチ×厚さ8mmのSiC結晶が得られた。（株式会社オキサイド） ・ 溶液法特有の課題であるインクルージョンについては、シミュレーションによる発生メカニズム解析を終え、AIにデータを引き継ぐことで結晶育成パラメータの最適化を行うことが可能となった。もう一つの溶液法特有の課題であるCr汚染については、実際にエピ成長させて評価した結果、濃度は測定器の検出下限以下で、かつCV特性にも影響がないことを実証。（株式会社オキサイド） ・ 大口径ウェハ用ラインの開発に向け、8インチSiCウェハの詳細な加工工程フロー(第1次案)を作成し、加工ラインに必要な各装置の仕様を決定。選定した装置が計画通り集約。（Mipox 株式会社） ・ デバイス(MOS-FET)評価を早期に実施するため、計画を当初から3年前倒し、2025年度中に溶液法ウェハ上にエピ膜およびMOS-FETを形成して特性評価し、昇華法と同等以上の成長膜およびデバイスが形成できることを確認するように研究実施計画を見直した。 <u>NEDO委員からの助言</u> ・ 溶液状態の制御を高度化することで8インチへと大口径化しても十分に成長技術としてポテンシャルがあることは実証できている。 ・ 今回、最近の動向も反映され、SWOT分析、5F分析などが成され、戦略が明確になった。 ・ デバイスメーカーとの連携によって、先行して溶液法ウェハのクオリティの評価を始めている点はとても重要。思わぬ欠点がないのかどうか、慎重に点検をして頂きたい、面内型でよいのでトランジスタ特性までを早い段階で確認、比較を進めて頂きたい。 ・ 溶液法の価値をより上げていくために、昇華法では達成できない品質スペックを標準化したり、環境価値などの新しい価値の軸を設定したりして、標準化に組み込むなども要検討。
<u>高品質 8 インチ SiC 単結晶／ウェハの製造技術開発</u> ・ セントラル硝子株式会社	<u>取組状況</u> ・ 大口径化に向け、8インチ対応結晶育成炉が納入され、環境構築が完了。8インチ炉での安定した大口径化を目指す。 ・ 溶液法特有の課題である溶媒取り込みについては、シミュレーションモデルを構築して解析。ステップフロー成長の制御を適正化した結果、成長界面への気泡滞留の抑制を達成し、溶媒取り込みの主要因である表面荒れを大幅低減することに成功。 ・ 懸案であったエピ成膜技術開発に向け、装置導入検討およびエピ開発体制の確立に取り組んでいる。 ・ 事業の立上げに向け、複数のデバイスメーカーと情報交換を継続中。 ・ 「溶媒取り込みの早期課題解決」を目指し、当初計画を1年前倒し、2024年度中に各種技術および制御条件等を詳細に調査して溶媒取り込みの低減を進め、2025年度には定量的な評価を行うように研究実施計画を見直した。 <u>NEDO委員からの助言</u> ・ 開発は順調に進捗している。エピメーカーとの連携（技術導入）に関しても検討を進めている。 ・ 溶液結晶成長成功の鍵である「溶媒取り込み抑制」の難題を解決しない限り実用化・事業化は難しい。

5－4．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見（次世代グリーンパワー半導体開発）

研究開発項目2：次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

次世代グリーンパワー半導体に用いる SiC ウェハ技術開発 ・ 株式会社レゾナック	取組状況 ・ 自社開発技術の応用や、プロセスインフォマティクスの活用による加熱機構設計への反映により、8インチウェハの結晶欠陥を低減。 ・ ウェハ加工工程については、新規技術の評価を行い、材料ロス低減、コスト低減に向けた課題を抽出。 ・ エピ成長に関しては、新規構造を組み込んだ装置での成膜試験を実施し、低欠陥を維持しながら均一性の更なる向上を確認。 ・ 高速昇華法に関しては、多形安定かつ高速成長を両立する要素技術について探索し、新たな異種多形発生モードを抑制するパラメータを見出した。
	NEDO委員からの助言 ・ 研究開発は順調に進捗し、着実に成果を上げている。更なる品質向上とコストダウンに向けた研究開発を推進してほしい。 ・ 8インチ結晶ではウェハの切り出しコストが負担になるため、早期のウェハ加工技術の確立を期待。 ・ 高速昇華法による高速成長の進展およびそれに起因する課題解決が鍵となるため、課題を明確にするための検討をお願いする。 ・ デバイスまでカバーする垂直統合の動き、欧州や中国の大規模政府投資の動きも注視しつつ、事業化を検討してほしい。 ・ 中国のSEMI Chinaの標準化動向を常にウォッチし、標準化のアプローチに対応することをお願いする。 ・ デバイスメーカー、モジュールへのサプライチェーンの川上を牛耳るビジネスモデルを優位にするため、標準化、ルールメイキングの策をうまく作ってほしい。

5－5． 実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見（次世代グリーンデータセンター技術開発）

研究開発項目3：次世代グリーンデータセンター技術開発

要素デバイス省力化,光配線技術,ディスクアグリゲーション技術の開発

- ・ 富士通株式会社（幹事）
- ・ アイオーコア株式会社
- ・ 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社
- ・ 京セラ株式会社
- ・ 日本電気株式会社
- ・ キオクシア株式会社

取組状況

- ・ 省電力CPU：CPUコアのμアーキテクチャの設計,及び,低電圧回路動作確認用既存半導体TEG設計・製造完了。(富士通)
- ・ スマート光NIC：レイヤ1ヘッダ処理ソフトウェア・コンポーネントの実装・動作確認と共に、光スマートNIC原理試作初号機のハードウェアインターフェース詳細回路設計を完了。(富士通)
- ・ スマート光NIC：LN変調器の構造改良を行い業界最長の素子長でのμ-TP集積に成功。(富士通オプティカルコンポーネンツ)
- ・ スマート光NIC：マルチモード・モジュールを構成する要素技術の設計・試作と検証を完了。シングルモード・モジュールはシリフォトチップTEG完成。(京セラ)
- ・ 光電融合デバイス：PCIe5.0光モジュールを試作、良好動作を確認。PCIe6.0光モジュールは、電子・シリフォト回路仕様を決定。(アイオーコア)
- ・ ディスクアグリゲーション技術：インフラ動的構成変更機能についてディスクアグリSW基本設計書のドラフト2版発行。AP実行制御は、デバイスに依存しない計算処理の最適化の試作・実装方針検討のための仮設計を完了。(NEC)
- ・ 広帯域SSD：光電変換基板とキオクシアのSSDを接続し、光ファイバを介した1stステップのPCIe4.0評価完了。(キオクシア)

NEDO委員からの助言

- ・ 付加価値販売ができる準備が進んでいることを高く評価する。次の開発投資ができる継続的収益モデルの検討に期待したい。
- ・ 生成AIベンチマークの拡充、難しい場合でも、その場合に想定しうる状況と対応策を検討しておくとの良いのではないかと。(富士通)
- ・ 0℃以下から100℃以上の動作、高信頼、低遅延、液浸等のリペアコストが高い市場にフォーカスしており妥当である。(アイオーコア)
- ・ SiPhへのTSV/2.5D実装はデータセンターのみならず様々な応用への展開が期待される。(富士通オプティカルコンポーネンツ)
- ・ 保有するパッケージ技術の適用で、優位性の展開シナリオを着実に進めることに期待したい。(京セラ)
- ・ IOWN について各種団体との協業を積極的に推進し、エコシステム形成に向かっていっているように見受けられる。(NEC)
- ・ 光電変換評価基盤とSSDを接続し、Gen4での評価を完了した点は、高く評価できる。(キオクシア)

光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化：不揮発メモリ開発

- ・ 日本ゼオン株式会社

取組状況

- ・ NRAMのスイッチング機構について、SET/RESETがCNT接点の消失・生成によるスイッチ機構では無いこと、SET動作はバリア変調のみでは説明できないことを解明。
- ・ 半導体不足による装置納期遅延に伴うクリーンルーム稼働の遅延等により、今後の研究開発計画を見直し中。

NEDO委員からの助言

- ・ 挑戦的テーマとして価値ある内容だと判断できるが、DRAMやストレージクラスメモリの置き換えに至る戦略を明確にする必要がある。
- ・ メカニズムが判らないと技術開発の方向性が定まらず、高性能化や集積化のロードマップも描けないため、優先的に取り組みをされたい。
- ・ 300ミリNRAM開発のKPI見通しが50%と厳しい。目標のDRAM代替が不可能になることに対し、今後の見通しを立てて欲しい。

6. プロジェクトを取り巻く環境

- 次世代パワーデバイスの市場について、EV普及に伴い、2030年頃まではSiCに対する需要が拡大していく見通し。
- 生成AI、DXの利活用等により計算需要が増加。革新的省エネ化に向け「光電融合技術」がゲームチェンジ技術として注目。

主な最新動向

- SiCパワーデバイス市場では、EV向けが過半を占め、EV普及に伴い拡大する見通し。
- SiCウェハの供給力確保のため、ウェハ事業の獲得やウェハメーカーとの長期供給契約の締結、OEM・部品メーカーへの営業活動や共同の技術開発を活発化。OEMによってSiCパワーデバイスへの要求が異なるため、パワーデバイス各社はOEMとの共同開発を行っており、デバイス単体のみならずパワーモジュールの共同開発や提案を強化。

- ウェハメーカー（ウェハ専業、統合型の両方）は需要拡大に向けて 8 インチ SiC ウェハの量産計画を発表、又は開始するなど、需要の獲得を目指している。
- 中国市場に関しては、中国のSiCウェハプレイヤーは4-6インチ中心の供給にとどまっているものの、ST Micro、Infineonとの提携により中国企業は欧州企業にSiCウェハを提供予定であり、更に8インチ化に向けた動きも顕在化。

- NTTは、通信から情報処理まで全てを光で処理するIOWN構想を提唱すると共に、IOWN Global Forumを2020年に設立。
- 通信規格PCIe6.0が策定され、通信速度が従来の倍となったことで、消費電力抑制のため光対応の需要がでてきている。
- 生成AIの台頭等により消費電力量の大幅増加が予想され、光エレクトロニクス技術の導入を後押しするものの、費用対効果を出せるような製品設計を行うことが重要。

- NTT の IOWN 構想では、2030 年にディスアグリゲーション技術の実装を目指している。

研究開発項目 1

次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

研究開発項目 2

次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

研究開発項目 3

次世代グリーンデータセンター技術開発

研究開発内容①

光エレクトロニクス技術の開発

研究開発内容②

光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化技術の開発

研究開発内容③

ディスアグリゲーション技術の開発

7. NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

- NEDOでは、実施企業や国等と連携して、社会実装に向けた「実施企業間連携／サプライチェーン企業と連携」、プロジェクトの「認知度向上」、「社会実装に向けた支援」に関する取組を推進。

実施企業間の連携

- 次世代グリーンデータセンター協議会では、グリーンデータセンターのシステムアーキテクチャモデルや要素技術開発へのリクワイアメント等について議論。2026年度以降に実施するシステム実証の仕様についても検討している。2023年10月に第2回シンポジウムを開催し、関連講演、協議会での検討成果について、一般に公開している。
- CEATEC2023のNEDOブースにて、光電融合デバイスの展示を行い、その技術的な先進性をアピールするとともに、実施者のビジネスマッチングを支援。



(開催後のトピックス記事)

次世代グリーンデータセンター協議会
第2回シンポジウム共催

認知度向上、社会実装に向けた支援

- 2025年開催の大阪・関西万博の出展に向け、フューチャーライフエキスペリエンス（FLE）エリア出展に向け企画書を提出。「次世代グリーンデータセンターが拓く未来社会」というタイトルで本プロジェクトが目指すデータセンターの展示を行う。社会実装に向けた認知向上を図る。
- パワー半導体（ウエハテーマ）においては、2023年7-8月実施のNEDO技術・社会実装推進委員会を各研究現場での開催とし、現場・現物を確認しながら、社会実装に向けたより深い議論とアドバイスができる場を設定。



CEATEC2023への出展



2025年大阪・関西万博アクションプラン Ver.4
「次世代グリーンデータセンター技術の発信」

大阪・関西万博への出展提案

(参考 1) プロジェクトの事業規模

プロジェクト全体の関連投資額※

約1兆6,738億円

※ プロジェクト実施企業等が、事業終了後の期間を含めて見積もった社会実装に向けた取組（グリーンイノベーション基金事業による支援を含む）にかかる関連投資額

グリーンイノベーション基金事業の支援規模

	事業規模	支援規模
研究開発項目 1 次世代パワー半導体デバイス製造技術開発	約522億円	約302億円
研究開発項目 2 次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発	約256億円	約186億円
研究開発項目 3 次世代グリーンデータセンター技術開発	約1,068億円	約792億円

(参考 2 - 1 - 1) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 1 : 次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

テーマ名・事業者名

8インチ次世代 SiC MOSFET の開発

- ・ ローム株式会社

アウトプット目標

- ✓ 8インチでエピ成長技術、低オン抵抗化技術を確立（2025年度）
- ✓ 技術統合した8インチラインを開発し、ローム内製モジュールにデバイスを搭載し性能実証（2027年度）

実施内容

- ・ 8インチSiCプロセス技術開発
(エピ成長,ゲート膜,低オン抵抗新構造 MOSFET)
- ・ 8インチSiC製造ライン開発とデバイス性能実証

マイルストーン

- ・ 高面内均一性・低欠陥密度プロセス開発完了（2024年度）
- ・ 低オン抵抗プロセス、新構造デバイス設計及びプロセス開発完了（2025年度）
- ・ ライン開発を完了し、内製モジュールに搭載し性能実証（2027年度）

テーマ名・事業者名

次世代パワー半導体デバイス製造技術開発（電動車向け）

- ・ 株式会社デンソー

アウトプット目標

- ✓ 次世代SiCインバータ損失を50%以上削減（現行Si比70%減, 現行SiC比50%減）
- ✓ Siインバータ並みのコスト実現（2027年量産開始し、2030年までに数量効果で実現）

実施内容

- ・ 8インチSiC素子技術、新規加工プロセス技術及び素子駆動回路技術開発

マイルストーン

- ・ 規格化オン抵抗低減実証（先行6インチ）、8インチ新規加工工程成立性検証、及び素子駆動回路の高速制御開発等、技術成立性の検証完了（2024年度）

(参考 2 - 1 - 2) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 1 : 次世代パワー半導体デバイス製造技術開発

テーマ名・事業者名

次世代高耐圧電力変換器向けSiC モジュールの開発

- 東芝デバイス&ストレージ株式会社 (幹事)
- 東芝エネルギーシステムズ株式会社

アウトプット目標

- ✓ SiCデバイスを搭載した電力変換器を試作・評価することにより、Siデバイス搭載電力変換器に比べ電力損失低減▲50%となることを示すとともにコストは同等であることを実証

実施内容

- SJ-MOS型次世代SiCデバイス、パッケージ開発
- 電力変換器の開発

マイルストーン

- Siデバイスに比べて電力損失を50%低減することが可能となる変換器に搭載する低オン抵抗のSJ-MOS型SiCデバイスを開発 (2028年度)
- 開発するSJ-MOS型SiCデバイスの性能を最大限に活かすことのできるような高耐圧高放熱のパッケージを開発 (2029年度)
- SiCデバイスを搭載した変換器を試作・評価することにより、Siデバイス搭載変換器に比べ電力損失低減▲50%となることを示すとともにコストは同等であることを実証(着手2027年度)

テーマ名・事業者名

次世代高電力密度産業用電源 (サーバ・テレコム・FA 等) 向け GaN パワーデバイスの開発

- 東芝デバイス&ストレージ株式会社

アウトプット目標

- ✓ 電力密度150W/in³、コストSi同等を満たす電源実現に向けた試作・評価により、Siデバイス搭載に比べ電力損失低減▲50%となることを示すとともにコストは同等であることを実証

実施内容

- ノーマリオフ型新構造GaN-FETの開発
- 高品質・低コストエピタキシャル成長技術の基礎開発
- PoCの試作と評価

マイルストーン

- コストが「Siと同等」を満たすSi基板上へのGaNエピタキシャルプロセス開発 (2027年度)
- 効率98% (損失50%減)、電力密度150W/in³を満たす電源向けGaNパワー素子開発 (2028年度)
- 高周波スイッチング電源の実用化に必要なGaNパワー素子周辺回路開発 (2028年度)
- 高周波スイッチング電源のPoCを構想・企画すると共にデバイス側にFB。最終的に試作・評価を実施 (2028年度)

(参考 2 - 2 - 1) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 2 : 次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

テーマ名・事業者名

超高品質・8インチ・低コスト SiC ウェハ
開発

- 株式会社オキサイド（幹事）
- Mipox 株式会社

アウトプット目標

- ✓ SiCパワーデバイスの本格普及実現のために必須である低コスト・低欠陥密度・8インチ径のSiCウェハの社会実装

実施内容

- 溶液成長法による超高品質SiCウェハの開発
- SiCウェハの加工・評価

マイルストーン

- 溶液法による超高品質ウェハ開発に取り組み、最終目標達成に向けた技術確立とコスト低減の見通しを明確化（2025年度）
- 溶液法によるウェハの加工および評価に取り組み、最終目標達成に向けた技術確立とコスト低減の見通しを明確化（2025年度）

テーマ名・事業者名

高品質8インチSiC単結晶・ウェハの製
造技術開発

- セントラル硝子株式会社

アウトプット目標

- ✓ 8インチのn型高品質SiC単結晶ウェハの量産製造技術を溶液法で確立する

実施内容

- 大口径化/欠陥密度低減/高速成長/エピ成膜

マイルストーン

- 溶液法での8インチの高品質SiC単結晶ウェハの量産製造技術の確立に取り組み、ウェハ品質基礎評価や製造プロセス条件の検証を完了（2025年度）

(参考 2 - 2 - 2) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 2 : 次世代パワー半導体に用いるウェハ技術開発

テーマ名・事業者名

次世代グリーンパワー半導体に用いる
SiCウェハ技術開発

- 株式会社レゾナック

アウトプット目標

- ✓ 高品質8インチSiCウェハ <現市場最高品質6インチウェハ同等品質>
- ✓ 超高品質8インチSiCウェハ <欠陥密度1/10>
- ✓ 高品質8インチバルク単結晶高速成長技術 <現行昇華法成長速度を大きく超える>

実施内容

- 昇華法による8インチ高品質・低コストSiCウェハおよびエピウェハの製造技術開発

- 低コスト化に向けた高速昇華法技術の開発

マイルストーン

- 昇華法による8インチ結晶成長及びウェハ加工、エピ成膜に係る要素技術の確立と、更に高品質化・低コスト化のための結晶成長条件の抽出、ウェハ加工技術、エピ成膜技術を確立（2025年度）

- 高速昇華法の製造装置の設計、結晶成長条件に関する基礎開発を行い、結晶成長速度が従来以上であることを確認（2025年度）

(参考 2－3－1) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 3：次世代グリーンデータセンター技術開発

テーマ名・事業者名	アウトプット目標	
要素デバイス省力化、光配線技術、 ディスクアグリゲーション技術の開発 - 富士通株式会社（幹事） - アイオーコア株式会社 - 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社 - 京セラ株式会社 - 日本電気株式会社 - キオクシア株式会社	✓ 2030 年までに、研究開発開始時点で普及しているデータセンターと比較して 40%以上の省エネ化を実現	
	実施内容	マイルストーン
	①－1 光電融合デバイス開発	- PCIe6.0 に対応 - 電気配線と比較して電力 90%減（2025年度）
	①－2 光スマートNIC開発	ビットあたり消費電力を従来比で1/4削減（2025年度）
	②－1 省電力CPU開発	CPU プロトタイプ試作・動作確認（2025年度）
	②－4 広帯域SSD開発	連続リード性能(或いは帯域)を現行(PCIe® Gen.3世代相当)から8倍にする動作確認完了（2025年度）
	③ ディスクアグリゲーション技術の開発	構成変更ソフトウェアの初期版リリース（2025年度）

* ②－2 省電力アクセラレータ開発については、実施者の申し出に基づき、第 12 回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 産業構造転換分野ワーキンググループ（令和5年 3月 17 日）での議論を踏まえ取り組みを中止。

(参考 2－3－2) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 3：次世代グリーンデータセンター技術開発

テーマ名・事業者名	アウトプット目標	
光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化：不揮発メモリ開発 日本ゼオン株式会社	✓ DRAMに比して消費電力60%削減可能で、大容量化やコストの面でDRAM代替が可能な、カーボンナノチューブ不揮発メモリ（NRAM）を開発する。	
	実施内容	マイルストーン
	②－3 不揮発メモリ開発 300ミリNRAMデバイス開発	CNT分散液（Fab スラリー）300ミリ実装／300ミリデバイス電気特性評価（2025年度）
	②－3 不揮発メモリ開発 NRAM革新的CNT分散液開発	NRAM 動作結果に導かれたスラリー調製／最適化したスラリー提案（2025年度）
	②－3 不揮発メモリ開発 NRAMテストデバイス開発	300ミリデバイスとの特性比較（2025年度）
	②－3 不揮発メモリ開発 NRAM評価解析技術開発	NRAM 動作機構の解明／最適 CNT 構造の開発指針の確立（2025年度）