

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた
技術開発事業」
中間評価報告書

2023年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

2023年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 斎藤 保 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた
技術開発事業」
中間評価報告書

2023年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
研究評価委員会委員名簿	4
第1章 評価	
1. 評価コメント	1-1
1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	
1. 2 目標及び達成状況	
1. 3 マネジメント	
（参考）分科会委員の評価コメント	1-2
2. 評点結果	1-9
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」の中間評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」(中間評価)分科会において評価報告書案を策定し、第 74 回研究評価委員会(2023 年 8 月 8 日)に諮り、確定されたものである。

2023 年 8 月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

● 分科会（2023年6月20日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」

(中間評価)

分科会委員名簿

(2023年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	つちだ ひでかず 土田 秀一	一般財団法人電力中央研究所 エネルギートランスフォーメーション研究本部 材料科学研究部門 研究推進マネージャー 副研究参事
分科会長 代理	ながさわ ひろゆき 長澤 弘幸	株式会社 CUSIC 代表取締役
委員	うちだ けん 内田 建	東京大学 大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻 教授
	たなか やすのり 田中 保宣	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター 研究センター長
	みなみかわ あきら 南川 明	インフォマインテリジェンス合同会社 C&D コンサルティンググループ シニアコンサルティングディレクター
	わたなべ きよし 渡部 潔	一般社団法人 日本半導体製造装置協会 専務理事
	わたなべ へいじ 渡部 平司	大阪大学 大学院工学研究科 教授

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きのの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学 教育学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

第 1 章 評価

1. 評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業は、重要性が高まりつつあるパワーデバイス及び半導体製造装置など、高性能な省エネエレクトロニクス製品を実現する要素技術を開発することで、飛躍的な省エネルギー化を実現することを目的としており、極めて重要な事業である。また、国内外の動向を詳細に把握したうえで、我が国の半導体産業を巡る全体像を的確にとらえており、アウトカムに至るまでの道筋が明確に示され、目標達成に必要な取り組みが網羅されている。

一方で、酸化ガリウムのテーマは、ダイオードのみでなく、スイッチング素子の実用化も含めた事業化戦略についての検討や、また一部の装置開発のテーマでは、実用化された際の市場規模の妥当性や経済的合理性に関するさらなる検討を期待したい。また、業界標準となる技術を育てるには、研究開発の進捗に合わせて、材料、デバイス、装置の各企業が議論を重ね、アウトカム達成への道筋を常に見直すなども検討いただきたい。さらに、一部の装置開発のテーマについては、知財化戦略のさらなる推進を期待したい。

1. 2 目標及び達成状況

本事業で開発した技術が事業終了後 5 年経過時点での実用化達成率を 30%以上と設定していることは、本プロジェクトの重要性や波及効果の大きさを鑑みても妥当な判断である。また、いずれの開発項目においても、そのアウトプットの間目標に適切な根拠が示されており、それらの進捗状況は順調であり、最終目標を達成できると想定される。さらに、外部環境の変化・社会的影響を踏まえてアウトプット目標を適切に変更しており評価できる。

一方で、アウトカムの指標としての CO₂ 削減量の算出において、研究成果の波及効果の勘案ならびに算出方法の工夫をするなどして、より効果的に表してもらいたい。酸化ガリウムのテーマにおいては、他のパワーデバイスの量産効果やウエハ大口径化を比較対象としたコストや使用条件に応じた適切な判断指標の検討を期待したい。

1. 3 マネジメント

各テーマでは、実施者間の連携を図るための運営会議や WG が効率的に運用され、進捗管理もなされるなど効果的に機能しており、さらに NEDO が全体を包括的に見渡した実施体制が構築されている。また、パワー半導体を国内で安定的に供給する事は経済安全保障の観点からも重要であり、事業化に向けて長期間の開発が必要なため、委託事業とすることは妥当である。さらに、国内外での技術開発動向・市場動向・情勢把握を行い、状況の変化・開発の進捗などに対し、フレキシブルな計画変更や機動的な加速資金投入を実施したことは評価に値する。

一方で、装置開発に対するサポートについては、課題、世界的なポジションを考慮しながら、必要に応じて目標見直しなども検討いただきたい。さらに、海外のパワー半導体メーカーはウエハ 300mm 化などでは先行しており、今後も開発スピードアップに期待したい。

(参考) 分科会委員の評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

<肯定的意見>

- ・ 本事業は、拡大する半導体関連市場の中で日本が強みを有するパワーデバイスの材料とデバイス技術、半導体製造装置の研究開発を NEDO が委託元となって実施するものであり、その意義は極めて大きい。関連分野における国内外の動向が本事業の実施内容に適切に反映されていると認められる。
- ・ それぞれの研究開発項目におけるアウトカム達成までの道筋は概ね妥当であると認められる。
- ・ 研究開発項目の内容によって、複数機関の連携による実施体制あるいは単独機関による実施体制がとられており、オープン・クローズの設定が適切になされている。
- ・ 本事業は、その重要性が高まりつつある半導体技術の骨格をなすものであり、省エネルギー化の促進に強みを発揮すべき我が国にとって喫緊の技術開発に取り組むものである。その効果は多方面にわたり少なからず波及するものであり、まさに公的資金を投じて早期に開発するにふさわしいプロジェクトといえる。対象とする技術は半導体材料からデバイス、そして製造装置まで網羅されており、現実に即した取り組みが戦略的に展開されている点を評価する。
- ・ 国内外の動向を詳細に把握したうえで我が国の半導体産業を巡る全体像を的確にとらえており、その対応策としての技術戦略が明確に位置づけられている。各開発項目のアウトプット目標が明確であり、かつそのマイルストーン設定の根拠も妥当である。アウトカムについても定量的な目標が設定されており、そこに至るまでの道筋や責任範囲が明確に規定され、目標達成に必要な取り組みが網羅されている。
- ・ オープン・クローズ戦略に即した判断基準は明確であり、競争優位性を確保するための妥当な戦略がなされている点を評価する。
- ・ 我が国が保有する高水準の要素技術を活用し、より高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで飛躍的な省エネルギー化を実現すること、サプライチェーンを確保することは極めて重要である。外部環境が変化しても、その重要性は変わらないと考える。
- ・ 酸化ガリウム半導体については、SBD の量産までの道筋が示されている。大口径インテリジェントパワー半導体については、要素技術の先行量産投入から新世代 IGBT の量産化まで検討がなされている。半導体製造装置の高度化については、種々の製造装置について実用化の道筋が時間軸を含めて明確に示されている。概ね、アウトカム達成までの道筋は明確に示されている。
- ・ オープン・クローズ戦略は、各事業者ともに概ね適切に設定されている。各種デバイスやモジュール仕様について標準化を推進する戦略は妥当である。知的財産についても、国内・海外ともに積極的に出願することを基本とする戦略は妥当である。
- ・ 国家的施策としての位置付けがはっきりしている半導体関連の技術開発の重要性は明確であり、その目的・目標設定は妥当である。

- ・ 研究テーマ毎にばらつきは感じられるが、アウトカムまでの達成の道筋は概ね妥当である。
- ・ パワーデバイス開発に係わる研究テーマと装置開発に係わる研究テーマとでは自ずと知財・標準化戦略に隔たりが生じることは自明であるため統一的な判断は難しいが、事業開始前に既に特許化しているバックグラウンド特許もある事を念頭に、事業全体を通じて現在の知財・標準化戦略は概ね妥当である。
- ・ パワー半導体市場シェアで日系は近年シェア低下が見受けられる。半導体製造装置では、主要顧客が海外企業のため、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じている事が原因である。国内でのパワー半導体メーカーの技術力低下に歯止めをかける事に繋がる案件であると考ええる。
- ・ パワー半導体では海外メーカーが M&A で市場シェアを拡大し、300mm のシリコンパワー半導体量産はすでに開始している。日本メーカーはこの後れを取り戻すことは企業努力だけでは追いつけなくなっていた。また、製造装置でもシェア低下傾向に歯止めをかけるためのプロジェクトが提案されており、日本の車載メーカーから海外メーカーへの展開も視野に入っている。
- ・ 各社のオープン&クローズ戦略から考えた特許戦略が描かれており問題ない。
- ・ 本事業の意義を満たすため、外部環境の変化に対応して研究目標を追加している。
- ・ アウトカムまでの道筋は明確になっている。
- ・ 戦略は明確になっている。
- ・ 社会と産業から求められる課題を的確に反映した目標設定となっている。
- ・ 省エネに資するデバイス開発に加えて製造装置の競争力強化への支援も行っており、外部環境の変化にタイムリーに対応できている。
- ・ 殆どの実施課題において知財化並びに事業化戦略は良好である。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 研究開発成果の社会実装によって達成される波及効果をより多角的に示す上での工夫の余地があると考えられる。
- ・ 本事業により創出される省エネルギー エレクトロニクス技術が確固たる産業として発展するためには、それを支えるサプライチェーンも健全に発展しなければならない。高付加価値技術がもたらす利益が、末端のサプライチェーンにまで早期にトリクルダウンするための制度設計がなされることも期待したい。
- ・ 特許出願の判断にあたっては、それがオープン・クローズ戦略に即した判断基準に整合するものであることを確認するための定量的な共通の指標を設けられることが望ましいと考える。
- ・ 海外への広報、海外のステークホルダーへの情報発信についてはより積極的な取り組みがあると望ましい。
- ・ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域であっても、本事業の成果を積極的に知財化していくことが望ましい。

- ・ 個々の研究テーマを細かく見ていくと、本事業の位置付けに沿って適切に研究開発が進んでいるかどうか疑問な点が見られた。酸化ガリウムの研究テーマでは、本事業の開発対象となっているダイオードのみでなく、スイッチング素子の実用化も含めた事業化戦略が描かれていないのでリアティが感じられず、改善を期待したい。また装置開発のテーマでは、実用化された際の市場規模の妥当性や経済的合理性に関する検討が不十分と思われるテーマもあり、今後も継続したデマンド調査を実施するとともに、必要に応じてその結果を反映した研究計画の見直し等の検討を強く期待する。
- ・ 特に装置開発に係わる研究テーマにおいて、積極的に知財化しているテーマと、そうでないテーマと二極化している印象が強かった。特に、本事業内での特許化が進められていない研究テーマにおいて、事業開始前にバックグラウンド特許を取得済みである、等の情報が事前にすべて提示されているわけではなかったため判断に迷う研究テーマも見受けられた。限られた質疑の時間内でそれらを確認することは困難であるため、単に取得した特許の件数をリスト化するだけでなく、個別テーマ毎の特許戦略を説明する資料を準備するような運営管理方針の改善を期待したい。
- ・ 既に海外のパワー半導体メーカーは 300mm 化などでは先行しているので、出来るだけ早いキャッチアップが必要であり、スケジュールの前倒しを行うぐらいのスピード感が必要である。
- ・ 標準化戦略は各社あまり考えられていないように受け取れる。少なくとも日本企業が海外市場に出るための標準化は話し合われるべきと考える。
- ・ 本事業内での CO₂削減効果の考え方を、ある程度提示し、テーマ間での統一感を出した方が良い。
- ・ 業界の標準的な技術に育てるには、世界のトップグループになることが重要。そのためには、一部の顧客の要望に沿ったアウトカムの検討だけでなく、研究開発に進捗に合わせて、デバイス、装置、材料の各企業が一緒になって、競合技術に勝つための議論が重要。その上でアウトカム道筋を常に見直して欲しい。
- ・ 基本特許を押さえる戦略を、標準化の評価に加えて欲しい。

1. 2 目標及び達成状況

<肯定的意見>

- ・ 本事業における研究開発が成功した場合には、国費投入額に対して十分なアウトカムが見込まれる。
- ・ 本事業における各研究開発項目において、概ね順調もしくは予想以上の進捗が得られており、当初に設定された中間目標が達成済みもしくは達成見込みとなっている。
- ・ 事業終了後 5 年経過時点での実用化達成率を 30%という高い値に設定していることは、本プロジェクトの重要性や波及効果の大きさを鑑みても妥当な判断である。アウトカム目標達成に結びつく実績が着実に積みあがってきていることは、当該研究開発の実効性を裏付けるものである。

- ・ いずれの開発項目においても、そのアウトプットの間目標として適切な根拠が示されており、その進捗状況は最終的な目標値に外挿し得るものである。アウトプット目標の早期達成に向けて、実情に即した適切な計画変更が実施されていることは、マネジメントとしての適切な配慮である。具体的には、技術動向の変化を早期に見出して追加公募を実施した点、市場ニーズに対して敏感に研究計画の見直しを行った点、そして、顕在化した顧客ニーズに基づいた優先度の見直しを実施した点を評価する。
- ・ 本事業で開発した技術の実用化率を 30%以上と設定していることは妥当である。一部のテーマで要素技術の先行した実用化が行われるなど順調に進んでいる。CO₂削減効果は、算出の根拠が示されており、妥当で達成可能と思われる。
- ・ 外部環境の変化・社会的影響を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に変更している。また、本事業内で追加公募を行い、外部環境変化や社会的影響を踏まえた適切な運営を行っている。本事業のアウトプット目標は達成が見込まれており、その実現は日本経済や国際競争力に優れた効果を与えると期待できる。新世代パワー半導体、次世代不揮発性メモリ用の成膜装置、高精度アライメント用の露光周辺装置、新材料のドライエッチング装置、三次元積層用装置などはいずれも基盤技術として重要であり、知財化も概ね着実に行われている。
- ・ 装置開発に係わる研究テーマにおいては、将来的なユーザ候補サイドからの要求仕様をヒアリングした結果をアウトカム目標に設定しており、判断基準の明確性も含めて概ね妥当なアウトカム目標設定となっている。
- ・ シリコンパワーデバイス半導体の開発では、一部計画前倒しで研究が進んでいるなど、事業全体としても概ね順調に研究が進捗している。
- ・ 2030 年までに本事業で開発した技術の実用化率を 30%以上と定めており数値的な目標が定められている。どの案件もほぼ経過通りかそれ以上の達成度合いと見受けられる。
- ・ 研究開発目標①：新世代パワー半導体の開発での酸化ガリウムパワー半導体の開発、大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発は計画通りで目標に対しても達成している。②：半導体製造装置の高度化に向けた技術開発では不揮発性メモリ成膜装置、ウエハ貼り合わせ装置、ダイレクト露光装置、直描露光機の高解像度化など重要な技術開発が順調に行われている。
- ・ 全てのテーマで、目標を達成している。
- ・ 日本の競争力強化に向けて、素材からデバイス、さらには製造装置分野へと順次適切な課題と、妥当な目標設定を行っている。
- ・ 多くの実施課題で研究開発が順調に進展しており、知財活動や成果発信も良好に進んでいる。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ アウトカムの指標としての CO₂削減量の算出において、研究成果の波及効果の勘案ならびに算出方法の統一の点での工夫をするなどして、より効果的に期待されるアウトカムを表してもらいたい。
- ・ 競合機関に対する優位性もしくは本事業での開発技術の有効性をより明確に示す取り組みを今後に期待する。
- ・ 技術の実用化率については評価・判断が難しい。
- ・ 酸化ガリウムのテーマについて、社会実装が進むことによる量産効果やウエハ大口径化(8 インチ化)が目前に迫っている他のパワーデバイスを比較対象とした際の見積りが甘いという印象が強い。また、チップ単価を評価する際にチップ面積を指標としているが、半導体材料毎に最適な電流密度が存在することを想定すると定格電流を指標にすべきではないか。適切な判断指標を採用した上でアウトカム目標を再設定する事を期待する。特に装置開発に係わる研究テーマにおいて、CO₂削減量をアウトカム目標とすることには疑問を感じざるを得ない。装置稼働時に排出する CO₂量を対象としているのか、装置により生み出されるデバイスが CO₂削減に貢献する部分も含めるのかなど、検討基準を予めしっかりと NEDO から提示すべきである。
- ・ 酸化ガリウムのテーマについて、真に事業化を実現するために必要なアウトプット目標を設定することを期待する。
- ・ 本事業を通じて開発した省エネエレクトロニクス製品による CO₂削減量を約 1440 万 t/年 @2035 年と定めているが、各社計算の定義がバラバラで無理やり出したような感じがある。
- ・ 最終目標に対してのロードマップは描かれているが、途中での開発達成度を定量的に見られる工夫を各案件でお願いしたい。
- ・ 採択後の実施期間が短い一部の課題では、特許出願等の成果指標がまだ表れていない。

1. 3 マネジメント

<肯定的意見>

- ・ 当該分野で豊富な知見を有するプロジェクトマネージャとプロジェクトリーダーのもと、適切な実施者・体制により事業が行われている。状況に応じた実施内容の追加や研究加速も行われている。
- ・ チャレンジングかつ事業化に向けて長期間の実施期間が必要な研究開発が行われており、また早期に成果が得られた項目は部分的に事業化展開として切り離すといった対応がなされており、委託事業として継続することが適切と考えられる。
- ・ 状況に応じて研究開発項目の追加や、実施期間が長いものに関しては期間中においても部分的に事業化の展開が行われるなど、内容が適宜に見直されつつ実施されている。

- ・ 個別事業の採択にあたっては、予算や計画、そしてユーザーニーズの把握など、客観的に見ても適正なプロセスを経て実施者が選定されている。特に、その審査過程においては研究者の実績や将来性も加味した評価が行われている点は高く評価できる。実施体制の構築にあたっては、その責任範囲が明確に規定されており、実施者間の連携を図るための運営会議やWG、そして技術議論が効果的に機能したことがわかる。特に、実施体制の一部ではユーザーアドバイザリーボードも設けられており、実用に即してその開発の方向性が修正されたことを評価する。このような広い分野にわたる開発を連携して進めるうえでは、全体を包括的に見渡した実施体制が必要であり、NEDOが実施する意義は十分にあったことを認める。
- ・ 委託事業として進められてきたそれぞれの開発項目において、明確な波及効果やその副次的効果を伴った成果が得られていることを鑑みても、委託事業として継続するメリットは少なからず有ると考えられる。
- ・ 市場動向や技術動向の的確かつ迅速な見極めにより、フレキシブルな計画変更や機動的な加速資金投入を実施したことで、ここまでの成果を導いたことは評価に値する。この結果を見ても、これまで実施してきたマネジメント体制は健全に機能してきたといえる。
- ・ プロジェクトマネージャとプロジェクトリーダーを配し、PLによるサイトビジットと技術アドバイスをを行うなど、実施体制は適切であり、効率的に運用され、進捗管理もなされている。各実施者において、実施体制は適切であり、技術討論会やWeb会議を定期的実施することで実施者間での連携も図られている。研究発表などを通して、研究者による適切な情報開示もなされており、今後も適切な時期にさらなる開示もなされると期待できる。
- ・ パワー半導体を国内で安定に供給し、経済安全保障の観点からも、本事業のような挑戦的な課題については委託率100%で継続することは概ね問題は無い。
- ・ 実施者とのコミュニケーションに加え、NEDOが国内外の学会・シンポジウム・展示会に参加するなど、外部環境の変化を継続的に捉えている。また、市場ニーズの変化にも対応し、計画を変更するなど研究開発計画の見直しは適切になされている。
- ・ 本事業における研究開発実施者、研究成果を事業として展開する企業など、事業化に向けた当事者が研究体制に含まれており、実施体制としては概ね妥当である。
- ・ パワーデバイス開発に係わる研究テーマにおいては、その実用化に向けた見通しが困難なテーマであるため、委託事業とすることについては妥当である。
- ・ 大学、企業、NEDOなどの実施体制は問題ない。
- ・ 今回の案件は事業化までの期間は5年程度と長くは無いが、半導体技術確保やシェア拡大に繋がるものです。委託事業として継続する事は適切と考える。
- ・ 国内外での技術開発動向・市場動向・情勢把握を行っている。一部のテーマについては、開発期間を短縮して成果を前倒し、早期に実用化する予定。状況の変化・開発の進捗などに対し、必要な加速資金を適切に投入し研究開発を加速している。
- ・ 変化に対応してよくマネジメントされている

- ・ 外部環境の変化にも対応して、研究開発の計画はよく練られている。
- ・ 執行機関は課題審査や管理体制強化の観点から適切に機能しており、事業の進捗管理の面でも評価できる。
- ・ 事業化のリスクと予想される開発期間を考慮して、委託事業として支援すべき課題を適切に選定している。
- ・ 執行機関は実施者の進捗情報を把握できる管理体制を構築し、PL 他への支援を適切に行っている。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 目標達成の確度向上、計画遅延に対するリスク低減のためにも、ユーザーアドバイザリーボードや運営会議など有効なマネジメント手法は異なる研究開発項目間でも共有され、水平展開されることを望む。
- ・ 開発促進財源が追加投入され、計画に対して前倒しで目標を達成した開発項目に対しては、事業として自立的な発展を促すうえでも、委託事業の発展的終了を検討しても良いと考える。
- ・ 強力な基本特許を有する技術の開発においては、より挑戦的な課題への展開を促すことも場合によっては検討しても良い。
- ・ 装置開発に係わる研究テーマについては、そのすべてを 100%委託にする事については疑問が残る。研究テーマによって、実用化に向けた難易度が異なっていることと、開発開始時点で顧客の想定ができていたような装置開発については補助事業として実施すべきであった。その場合、すべて一律の補助率ではなく、先の実用化に向けた難易度を勘案してテーマ毎に補助率を変えるような仕組みを考えるべきである。
- ・ 既に海外のパワー半導体メーカーは 300mm 化などでは先行しているので、出来るだけ早いキャッチアップが必要であり、スケジュールの前倒しを行うぐらいのスピード感が必要である。
- ・ 今後の案件では出来るだけ海外企業を入れる事でアウトカムの獲得や開発スピードアップの可能性が高まるのではないかと。
- ・ 外部環境の変化に対応する場合、必要リソースの確保についても相互に評価して欲しい。

2. 評点結果

評価項目・評価結果	各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1)本事業の位置付け・意義	A	A	A	B	A	A	A	2.9
(2)アウトカム達成までの道筋	B	A	B	B	A	B	A	2.4
(3)知的財産・標準化戦略	A	B	B	B	B	B	B	2.1
2. 目標及び達成状況								
(1)アウトカム目標及び達成見込み	B	A	B	B	A	A	A	2.6
(2)アウトプット目標及び達成状況	B	A	A	B	A	A	A	2.7
3. マネジメント								
(1)実施体制	A	A	A	B	A	A	A	2.9
(2)受益者負担の考え方	A	A	B	B	A	A	A	2.7
(3)研究開発計画	A	A	A	B	A	A	A	2.9

《判定基準》

A：評価基準に適合し、非常に優れている。

B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。

C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。

D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に 向けた技術開発事業」

研究開発項目①新世代パワー半導体の開発

研究開発項目②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

事業原簿 概略版（公開版）

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 IoT 推進部
-----	--

—目次—

概 要	3
プロジェクト用語集	8
研究開発項目ごとの成果	10
1 研究開発項目：①新世代パワー半導体の開発	10
1.1 テーマ名：酸化ガリウムパワー半導体の開発	10
1.1.1 実施体制	10
1.1.2 期間	10
1.1.3 目標	10
1.1.4 アウトプット目標の達成状況	11
1.1.5 特許出願数、論文等の発表数	11
1.2 テーマ名：大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	12
1.2.1 実施体制	12
1.2.2 期間	12
1.2.3 目標	12
1.2.4 アウトプット目標の達成状況	13
1.2.5 特許出願数、論文等の発表数	13
2 研究開発項目：②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	14
2.1 テーマ名：3 Dインテグレーション研究開発	14
2.1.1 実施体制	14
2.1.2 期間	14
2.1.3 目標	14
2.1.4 アウトプット目標の達成状況	15
2.1.5 特許出願数、論文等の発表数	15
2.2 テーマ名：半導体製造装置の高度化に向けたスマート検査加工技術の開発	16
2.2.1 実施体制	16
2.2.2 期間	16
2.2.3 目標	16
2.2.4 アウトプット目標の達成状況	17
2.2.5 特許出願数、論文等の発表数	20
2.3 テーマ名：低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質装置の開発	20
2.3.1 実施体制	20
2.3.2 期間	20
2.3.3 目標	20
2.3.4 アウトプット目標の達成状況	21
2.3.5 特許出願数、論文等の発表数	22
2.4 テーマ名：高精度アライメント計測システムの研究開発	22

2.4.1 実施体制.....	22
2.4.2 期間.....	22
2.4.3 目標.....	22
2.4.4 アウトプット目標の達成状況.....	22
2.4.5 特許出願数、論文等の発表数.....	24
2.5 テーマ名：次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発.....	24
2.5.1 実施体制.....	24
2.5.2 期間.....	25
2.5.3 目標.....	25
2.5.4 アウトプット目標の達成状況.....	25
2.5.5 特許出願数、論文等の発表数.....	26
2.6 テーマ名：三次元積層関連の革新的な後工程用露光装置の研究開発.....	26
2.6.1 実施体制.....	26
2.6.2 期間.....	26
2.6.3 目標.....	27
2.6.4 アウトプット目標の達成状況.....	27
2.6.5 特許出願数、論文等の発表数.....	27
2.7 テーマ名：直描露光機に関する高解像度化開発.....	28
2.7.1 実施体制.....	28
2.7.2 期間.....	28
2.7.3 目標.....	28
2.7.4 アウトプット目標の達成状況.....	28
2.7.5 特許出願数、論文等の発表数.....	29

(添付資料)

- ・プロジェクト基本計画
- ・METI 半導体戦略（概略）抜粋版
- ・プロジェクト開始時関連資料（事前評価結果、パブリックコメント募集の結果）
- ・特許論文等リスト

概要

		最終更新日	2023年5月18日
プロジェクト名/METI 予算要求名称	省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業	プロジェクト番号	P21009
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課	IoT 推進部/ 主査 (PM) 野村 重夫 (2020年8月～20**年**月) 主任 功刀 基 (2021年5月～2023年4月) 主査 池田 光 (2020年8月～2021年8月) 主査 高橋 晋 (2020年8月～2021年8月) 専門調査員 須田 敬偉 (2020年11月～20**年**月) 主査 竹崎 宏 (2021年2月～2022年6月) 主査 林 新之助 (2022年6月～20**年**月) 専門調査員 高島 晃 (2021年4月～20**年**月) 専門調査員 小早川 正之 (2021年4月～2021年8月) 専門調査員 早崎 力 (2021年5月～2021年8月) 専門調査員 北林 真二 (2021年5月～2021年8月) 専門調査員 竹間 智 (2023年4月～20**年**月) 経済産業省 商務情報政策局 情報産業課		
0. 事業の概要	<p>産業のIoT化や電動化が進展し、それら機器の更なる省エネルギー化の重要性が高まる中、省エネルギー化の鍵になるエレクトロニクス技術（以下、「省エネエレクトロニクス技術」）に対して注目が集まっていた。上記技術の代表例としては、電子機器に搭載されて電力の制御を担うパワー半導体や、あらゆる半導体の製造で不可欠な半導体製造装置が挙げられ、これら製品は日本企業が競争力を保有してきた。しかしながら、パワー半導体においては、海外企業が市場シェアを拡大し、技術が先行する一方、日本企業の技術開発が遅れている。さらに、半導体製造装置では、主要顧客が海外へシフトしたため、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じ、日本企業のシェアも低下した。このような状況は、エレクトロニクス分野において我が国の強みが失われ、他国への依存度上昇とともに、経済安全保障上の問題に繋がる可能性もある。</p> <p>本事業では、製品の性能向上による飛躍的な省エネルギー化及び低炭素社会の実現に加えて、我が国が強みを持ち、省エネルギー化の鍵となる製品について、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保し、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤を強化することを目指した。</p>		
1. 事業のアウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	<p>パワー半導体においては、海外企業が M&A で市場シェアを拡大し、ウェハ口径 300mm のシリコンパワー半導体が量産開始している一方、日本企業は未だ量産に着手出来ていなかった。また、最先端の半導体製造装置が無くとも製造可能なパワー半導体に対して各国が注目し、産業のIoT化や電動化を牽引する市場としてパワー半導体の開発の強化を進め、半導体受託製造企業（ファウンドリ）によるパワー半導体の生産量が急速に拡大していた。さらに、半導体製造装置においては、数量が出るメモリ半導体やロジック半導体を製造する半導体企業が日本にほとんどいなくなり、半導体製造装置メーカーの主要顧客が海外の半導体企業へと大きく変化し、顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じ、結果的に日本企業のシェアも低下した。</p> <p>このような状況が続けば、省エネルギー化の鍵となる前述の製品について、国内で安定的な供給を確保することが困難になる可能性が出てくる。また、データ社会を支えるエレクトロニクス分野において、我が国の強みが失われることにより、他国への依存度が上昇するとともに、経済安全保障上の問題に繋がる可能性もあり、これらの課題に対して NEDO が積極的な取組を行うことは、省エネルギー化や我が国の産業競争力強化にとって極めて重要な意味を持つものである。</p>		

1.2 アウトカム達成の道筋	プロジェクト終了後、2年以内を目処に実用化、5年以内を目処に事業化を目指す。 なお、確立した要素技術は、製品を試作して顧客評価を実施すること、要素技術の先行量産投入を進めるなど、部分的な実用化・事業化も積極的に推進する。
1.3 知的財産・標準化戦略	<ul style="list-style-type: none"> ● 特許に関しては国際的視野に立って戦略的に主導権を取るべく、積極的に国内・海外ともに出願することを基本とする。 ● ただし、以下の場合、数々の成果技術について公開されることによるデメリットの方が大きいと判断し、戦略的に特許取得を見送り、ノウハウとして秘匿する場合がある。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域 ✓ 事業開始前に重要要素技術に関する強力な特許網構築済みの技術領域 ✓ 製品を分解しても解明不能な技術に関する技術領域（材料・プロセス等） ✓ 半導体製造装置のコアパーツ ■ 互換性確保のため、各種デバイスやモジュールのインターフェース仕様について標準化を推進する。
2. 目標及び達成状況	
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2030年までに本事業で開発した技術の実用化率：30%以上（累計） 2027年度までに実用化達成見込み。 <ul style="list-style-type: none"> ・プロトタイプを試作にて基本動作を確認済み。要素技術を一部実用化済み。 ・重ね合わせ精度向上、高精度アライメント計測、検査加工技術、低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質、次世代不揮発性メモリ向け成膜、三次元積層関連の後工程用露光、直描露光機の高解像度化に関する技術開発が順調に進展。 ■ 本事業を通じて開発した高性能の省エネエレクトロニクス製品によるCO₂削減量： 約1440万t/年 @2035年。 開発した技術を実用化・事業化することで達成見込み。
2.2 アウトプット目標及び達成状況	<ul style="list-style-type: none"> ■ 研究開発目標①：新世代パワー半導体の開発 <ul style="list-style-type: none"> ①-1「酸化ガリウムパワー半導体の開発」 <ul style="list-style-type: none"> ・特定用途向けSBDデバイス・モジュールの基盤技術を確立し、特定用途向けの酸化ガリウムパワー半導体の開発及びモジュールの試作・評価を行い、実用化可能であることを実証する。 2024年3月までに達成見込み。 ・SBD試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作中。 ①-2「大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発」 <ul style="list-style-type: none"> ・大口径（300mm）シリコンパワー半導体に、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体を開発する。 2024年3月までに達成見込み。 ・300mmシリコンパワー半導体およびパワー半導体自己制御機能の基盤技術を構築中。 ■ 研究開発目標②：半導体製造装置の高度化に向けた技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ・特定用途向け半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立する。 2024年3月までに達成見込み。 【スマート検査/スマート加工】 実デバイスでの単一パラメータの最適化の原理検証を完了、 3種類の加工方式によるエッチング基礎特性データを取得完了 【表面改質装置】 改造試作機の性能確認し、新試作機的设计へフィードバック 【高精度アライメント計測】 新光学系を開発し、必要解像度の達成を確認 視認性を改善する長波長光源を開発し、評価完了 【不揮発性メモリ成膜装置】 新成膜チャンバーを開発し、目標膜特性の達成を確認

	<p>【ウェハ貼り合わせ装置】 中間目標（ウェハ重ね合わせ精度）を1年前倒して達成</p> <p>【ダイレクト露光装置】 実験機における基本的動作デバックを完了</p> <p>【直描露光機の高解像度化】 光学系の設計完了、高精度ステージの処理基板開発完了</p> <p>■開発技術の実用化に向けた指標 事業期間中の特許出願：国内特許出願 16 件以上。（最終目標） 競争領域のオープン戦略に則り、積極的な出願と研究発表・情報誌掲載を推進。（現状 14 件）</p>
--	--

3. マネジメント

3.1 実施体制	経産省担当原課	商務情報政策局 情報産業課					
	プロジェクトリーダー	東京工業大学 工学院 角嶋 邦之 准教授					
	プロジェクトマネージャー	IoT 推進部 野村 重夫 主査					
	委託先 (助成事業の場合「助成先」とするなど適宜変更) (組合が委託先に含まれる場合は、その参加企業数及び参加企業名も記載)	<p>研究開発項目① (5) 委託先：株式会社 FLOSFIA、国立大学法人九州大学（共同実施先：三菱電機株式会社、株式会社 SUMCO、再委託先：NPERC-J）、東芝データ&ストレージ株式会社、国立大学法人東京大学</p> <p>研究開発項目② (9) 委託先：株式会社 日立製作所、日新イオン機器株式会社（再委託先：Nissin Ion Equipment USA）、株式会社 ニコン、キヤノンアネルバ株式会社、東京エレクトロン株式会社、株式会社 オーク製作所、株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ、再委託先：株式会社 SCREEN ホールディングス</p>					
3.2 受益者負担の考え方 事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額（評価実施年度については予算額）を記載) (単位:百万円) (委託)・(助成)・(共同研究)のうち使用しない行は削除	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy	総額
	①新世代パワー半導体の開発 ①-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発	400	200	180			780
	①新世代パワー半導体の開発 ①-2 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	487	550	448			1,485
	②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	1,007	2,062	1,888			4,957
	成果取りまとめ						
	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	2024fy	2025fy	総額

	一般会計						
	特別会計 (電源・需給の別)	1,831	2,652	2,516			6,998
	開発成果促進財源	63	161				224
	総 NEDO 負担額	1,894	2,813	2,516			7,222
	(委託)	1,894	2,813	2,516			7,222
	(助成) : 助成率△/□						
	(共同研究) : 負担率△/□						
3.3 研究開発計画							
情勢変化への対応	<ul style="list-style-type: none"> 国内外での動向・情勢把握の実施 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 最新の研究動向の把握のため、実施者とのコミュニケーションだけでなく、NEDO 自らが国内外の学会・シンポジウム・展示会などに毎年度複数回参加 ✓ 最新の市場動向も把握のため、市場調査レポートを購入し毎年度の定点観測を行うだけでなく、2022 年度には外部機関を活用した調査を実施 適時、適切な計画変更 <ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて、柔軟に適切な計画変更を行い、研究開発を推進 ✓ 研究計画の前倒し、目標見直し、新たな研究開発項目の追加等、計画見直しを実施 ✓ 一部のテーマについては、開発期間を短縮して成果を前倒し、早期に実用化 機動的な加速資金の投入 <ul style="list-style-type: none"> 状況の変化・開発の進捗などに対し、必要な加速資金を適切に投入し研究開発を加速 						
中間評価結果への対応	中間評価未実施のため						
評価に関する事項	事前評価	2020 年度実施 担当：経済産業省 商務情報政策局 情報産業課					
	中間評価	2023 年度 中間評価実施					
	終了時評価	2026 年度 終了時評価実施予定					
別添							
投稿論文	「査読付き」7 件、「その他」10 件						
特許	「出願済」20 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 6 件） <2023 年度未見込み「出願済」36 件（うち国際出願 8 件）>						
その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表・講演」9 件、「新聞等への掲載」2 件						

基本計画に関する事項	作成時期	2021年2月 制定
	変更履歴	2022年2月 改訂 (PL名の記載、後工程における開発する技術範囲の明確化、誤植修正)

プロジェクト用語集

用語	説明
AI	人工知能 (Artificial Intelligence) 。
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor。半導体素子の構造の一つで、金属酸化物でできた一対のP型トランジスタとN型トランジスタを組み合わせたもの。消費電力が少なく高速に動作するため、半導体製品の多くに採用されている。
DMD	Digital Micromirror Device デジタルマイクロミラーデバイス
DOF	Depth of focus の略。一定の結像性能を維持できる焦点範囲の事。
FZ-Si-NTD	Floating Zone Silicon Neutron Transmutation Doping。フローティングゾーン法でのシリコン結晶に対し、中性子照射を行い、結晶欠陥を抑制する手法。
IC	Integrated Circuit (集積回路) の略。トランジスタ、抵抗、ダイオードなど能動素子や受動素子を一つの基板上または基板内に、分離できない状態に結合してある超小型回路。
IGBT	絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (Insulated Gate Bipolar Transistor) の略称。IGBT は、パワー半導体素子のひとつで、MOS 構造 (金属-酸化膜-半導体構造) を組み込んだバイポーラトランジスタである。Si のパワー素子では主力となる素子である。
IGZO	Indium Gallium Zinc Oxide。インジウム・ガリウム・亜鉛複合酸化物。
IoT	Internet Of Things の略称。
IR	InfraRed。赤外線。
JBS 構造	パワー半導体のダイオードデバイスの構造の1種。Junction Barrier Controlled Schottky の略。
L/S	Line and Space ライン幅/スペース幅
LD 光源	Laser Diode 光源 半導体レーザー光源
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor の略称。電界効果トランジスタ (FET) の一種である。ゲート電圧によりオンオフを制御する素子であり、高速の動作が可能であるという特徴を持つ。
NA	Numerical Aperture 開口数
NAND フラッシュメモリ	NAND 型の不揮発性記憶素子のフラッシュメモリの一種。
PL 法	Photo Luminescent 法。光ルミネッセンス法
SBD	ショットキーバリアダイオード (Schottky Barrier Diode) の略称。ショットキーバリアダイオードは、PN 接合ダイオードに比べ順方向電圧降下が低く、スイッチング速度が速い特長を持つ。
Si	ケイ素 (Silicon、シリコン)、多くの半導体で使用されている半導体材料。
SiC	炭化ケイ素 (Silicon Carbide)。シリコン (Si) と炭素 (C) で構成される化合物半導体材料。
アライメント・マーク	位置検出の主要な技術である画像処理を利用したパターンサーチ法で使われる基準となる画像やパターン (マーク) 。
色収差	軸上色収差ともいう。白色光をレンズに入射すると、色によって屈折率が異なり、結像位置が異なる現象のこと。
スパッタ	スパッタリング法のこと。スパッタリング法とは真空状態の装置内でスパッタリングターゲットにアルゴンイオンを衝突させ、放出したターゲット原子/分子をシリコンウエハやガラス等の基盤上に付着させ、薄膜を形成する技術。
ダイレクト露光	フォトマスクを介することなくCADデータから直接回路パターンを露光する技術
チャンバー	チャンバー チャンバとも記される。物理的、化学的の反応を起こさせるための密封した反応容器のことである。ICの製造では、CVD、スパッタリング、エッチングの各装置で用いられている。
トータルオーバーレイ	上下ウエハ貼合時に発生する相対的なずれの成分である、Translation, Scaling, Rotation, Residual の総量。

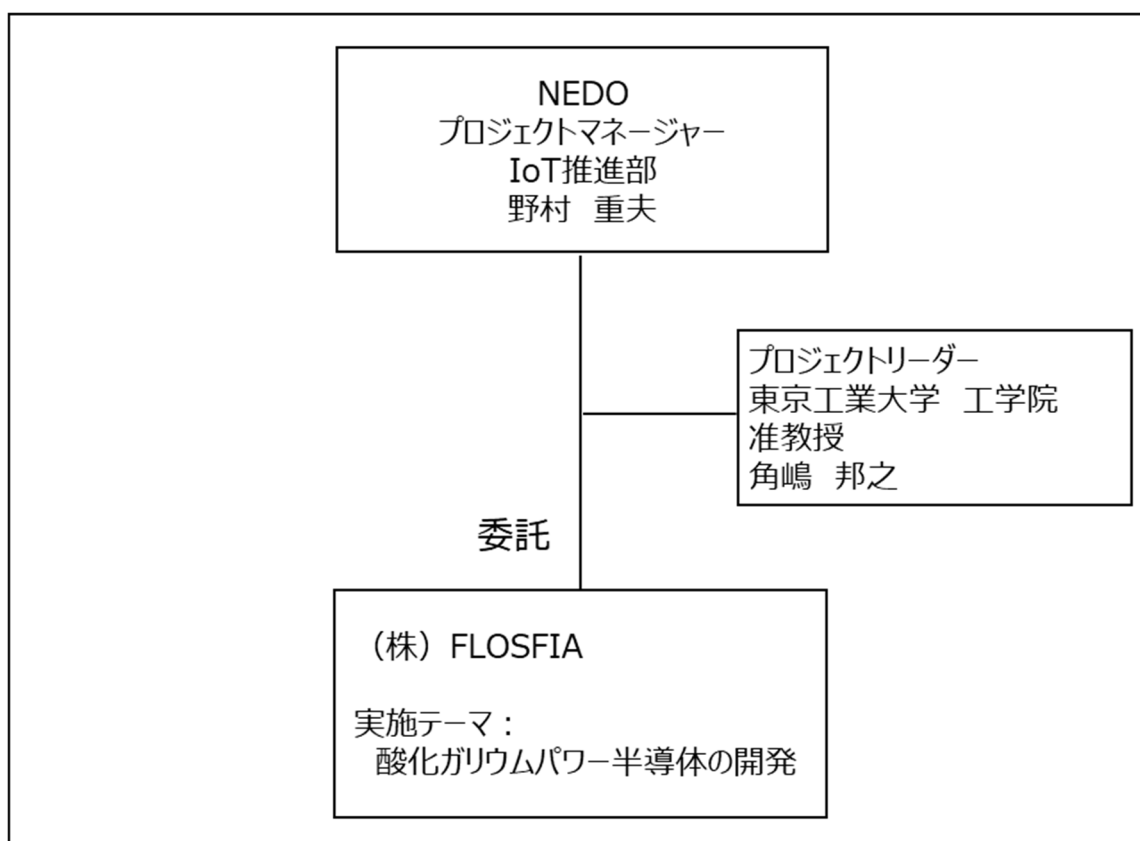
パワーデバイス	パワー半導体素子のこと、トランジスタやダイオード等からなる。
ヨーイング補正	ステージ移動時の Yawing 誤差をリアルタイムに補正する制御方式
親水化接合	プラズマ活性化処理による接合面の親水化を用いた永久接合。
直描露光	直接描画露光方式の略。ステッパーの様にマスクを転写する露光方式では無く、CAD データに基づき画素毎に露光ビームを ON/OFF することで、回路パターンを基板に直接露光する方式。

研究開発項目ごとの成果

1 研究開発項目：①新世代パワー半導体の開発

1.1 テーマ名：酸化ガリウムパワー半導体の開発

1.1.1 実施体制



1.1.2 期間

2021 年度～2023 年度 3 年間

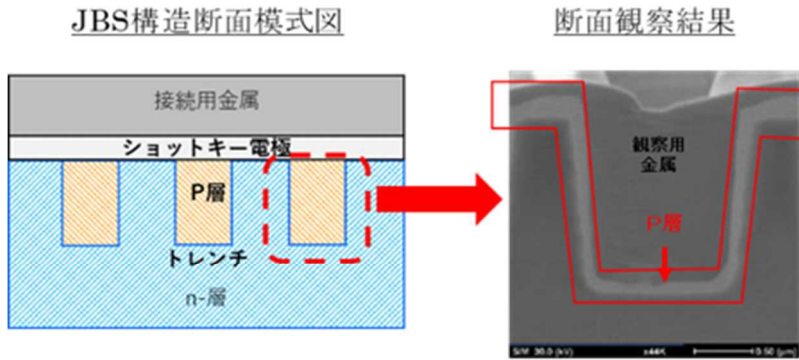
1.1.3 目標

特定用途向け SBD デバイス・モジュールの基盤技術を確立し、特定用途向けの酸化ガリウムパワー半導体の開発及びモジュールの試作・評価を行い、実用化可能であることを実証する。

1.1.4 アウトプット目標の達成状況

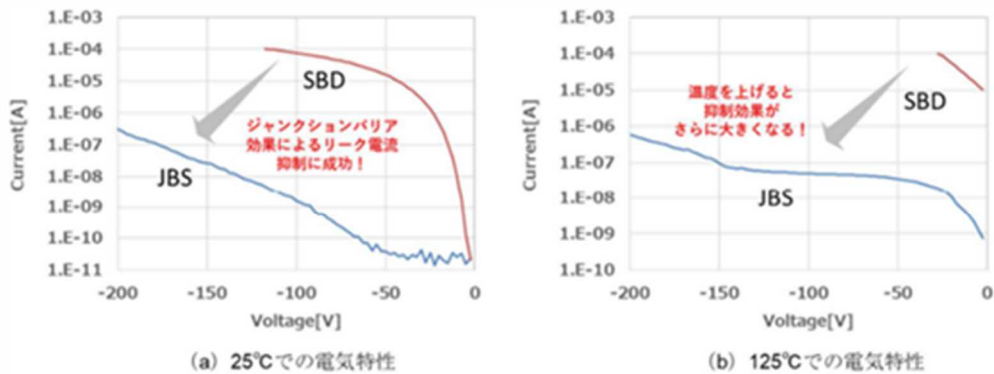
成果の達成状況：○ (2024年3月達成見込み)

- ・ 酸化ガリウムの材料物性を最大限引き出すため、トレンチ内に新規 P 型半導体「酸化イリジウムガリウム」を成膜した JBS 構造を作製し、デバイス動作実証に成功した。
- ・ 酸化ガリウム SBD (1200V) および酸化ガリウムチップ搭載モジュール (1200V) の試作評価を実施し、現段階で特に大きな問題はなく、スケジュール通り開発が進んでおり、最終目標のデバイス特性を達成する見込みである。
- ・ ユーザーアドバイザーボードを活用し、モジュール仕様を決定した。



トレンチ内にP層を均一に成膜する条件を確立した

電気特性評価結果：逆方向I-V特性



ジャンクションバリア効果によるリーク電流抑制が見られ、トレンチ内のP層が動作することを実証した

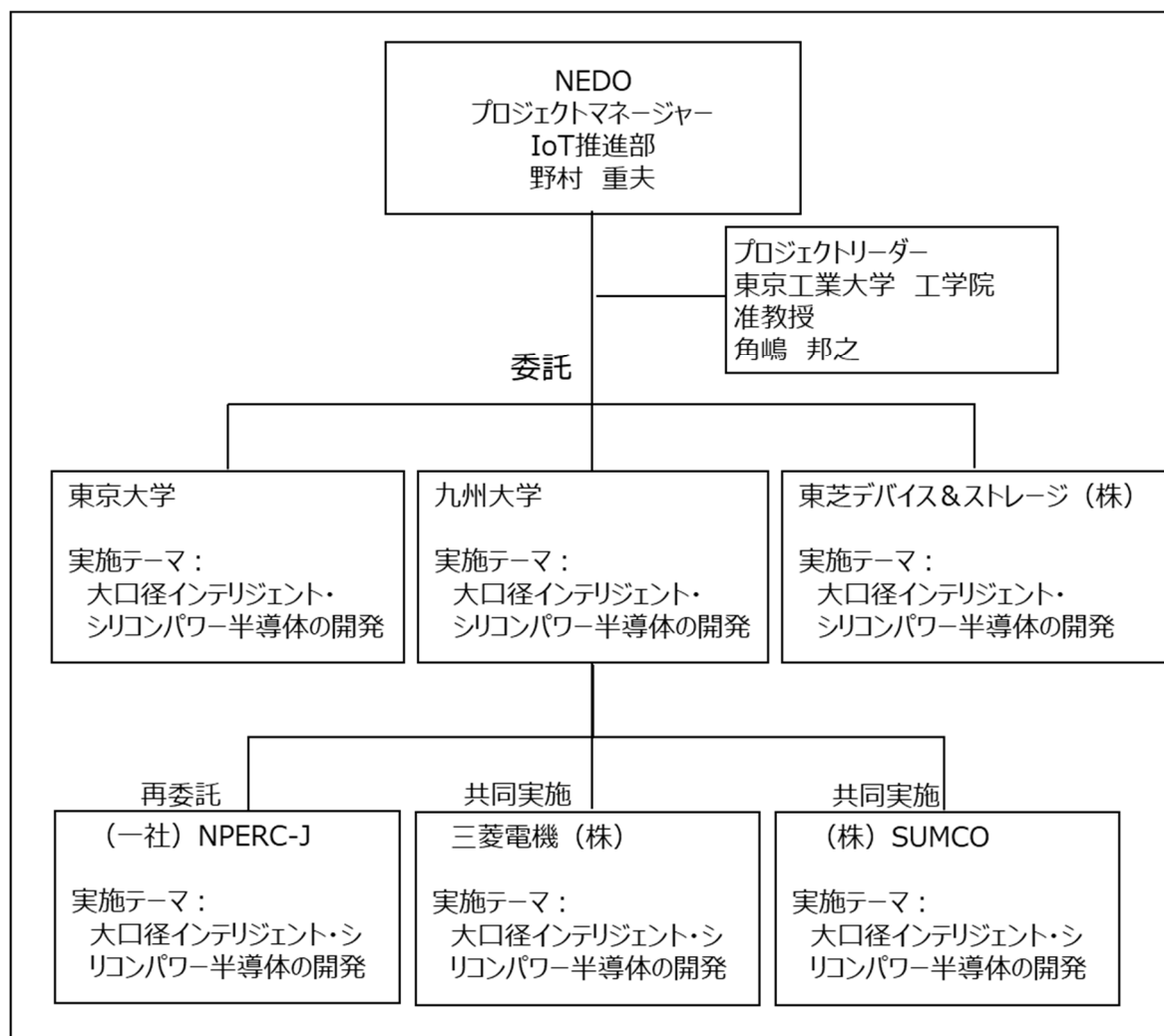
図 1：JBS 構造のデバイス動作実証

1.1.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：0件、論文：0件、新聞等への掲載：1件

1.2 テーマ名：大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

1.2.1 実施体制



1.2.2 期間

2021 年度～2025 年度 5 年間

1.2.3 目標

高品質量産型 300mm 新型シリコンウェハと、それをベースにしたパワーデバイスと、AI 制御による CMOS 融合パワーモジュールを実証、実現するための取り組みとして以下を実施する。

- ・ 実施項目 A. パワーデバイス用 300mm シリコン半導体プロセス開発
- ・ 実施項目 B. 新パワーデバイス用シリコンウェハ開発及び IGBT の実証
- ・ 実施項目 C. インテリジェント・デジタルゲートの技術開発

上記実施項目 A. ～C. は、ウェハ基板製造とデバイス製造、モジュール製造を一貫した製造基盤技術として構築、実施項目 A. ではパワーデバイス製造の観点で 1700V 以下の低中耐圧パワーデバイス用 300mm シリコン半導体プロセスの先行開発、

実施項目 B. では 3300V 及び 6500V のデバイスで、新パワーデバイス用シリコンウェハ開発とそのシリコンウェハで IGBT を試作、実証を行うことで、ウェハからデバイス製造までの製造基盤技術を構築する。また、実施項目 C. にて、パワーデバイスと CMOS デバイスを融合してパワーデバイスのゲート駆動を直接制御させるデジタルゲート技術を開発することで、シリコンパワー半導体の高機能化を図る。

実施項目 A. ～C. は、早期の課題抽出と解決ができるようお互いに連携して研究開発を推進し、実施項目 A. と実施項目 B. により大口径シリコンパワー半導体の製造基盤技術を構築、実施項目 C. によりインテリジェント化の製造基盤技術を構築することで、本研究開発目標である大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体が実用化可能であることを実証する。

中間目標として、大口径（300mm）シリコンパワー半導体に、AI 等の機能を持たせることにより、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体（大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体）を開発する。

1.2.4 アウトプット目標の達成状況

実施項目 A. パワーデバイス用 300mm シリコン半導体プロセス開発

成果の達成状況：◎（2024 年 3 月達成見込み）

当初計画を大きく前倒しし、MOSFET の 300 mm プロセス開発は 2022 年度をもって終了し、事業化へ移行した。

300mm パワーデバイスプロセスを最適化してパワー用低耐圧（60V 以下）MOSFET、中耐圧（200V 以下）MOSFET のウェハ表面完成時点の初期特性歩留まりが現状の 200mm パワーデバイスプロセスと同じ 80%以上を実現する見込み。

また、300mm パワーデバイスプロセスでのパワー用 IGBT の表面構造（IGBT セル及び耐圧構造）及び IGBT 低温化プロセスでのパワー用 IGBT の表面構造（IGBT セル及び耐圧構造）を確認し、第一次静特性検証を行い、耐圧特性が室温で 1300V 以上であることを確認。

実施項目 B. 新パワーデバイス用シリコンウェハ開発及び IGBT の実証

成果の達成状況：◎（2024 年 3 月達成見込み）

抵抗率が 700Ωcm の 200mm 径の MCZ 新パワーデバイス用シリコンウェハで 6500V IGBT を試作し、従来の FZ-Si-NTD（FZ; フローティングゾーン法、NTD ; 中性子照射）で製作した IGBT と同等に動作することを実証。

さらに新パワーデバイス用 Si ウェハ品質評価法として、PL 法による低 Sb 濃度定量評価法を提案。

実施項目 C. インテリジェント・デジタルゲートの技術開発

成果の達成状況：◎（2024 年 3 月達成見込み）

6500V 耐圧 IGBT を試作したデジタルゲート制御 IC で動作評価を行うことにより、パワーデバイスのスイッチング波形を観測できるインテリジェント・デジタルゲート・モジュールの評価プラットフォームを完成。6.5kV-IGBT 用デジタル駆動回路は、新規回路で特許出願している。またデジタルドライブによる損失－ノイズトレードオフ改善は、Si-IGBT に加え、SiC にも適用可能であることを示した。

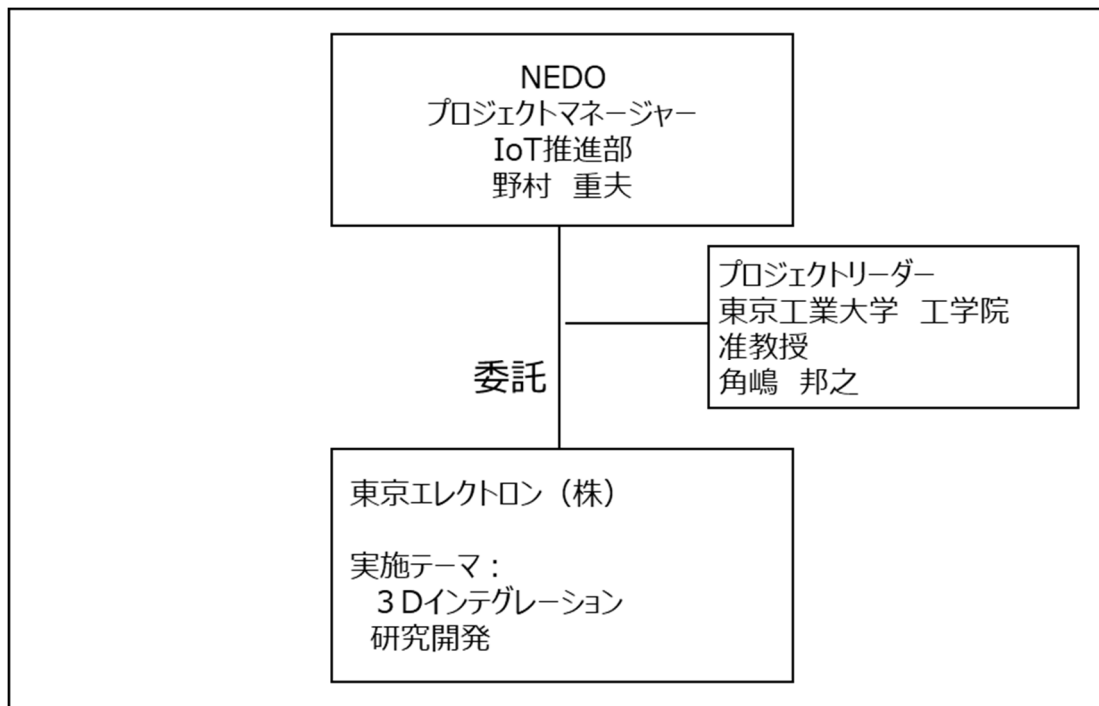
1.2.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：2 件（うち国際出願：1 件）、論文：6 件、学会発表・講演：8 件、新聞等への掲載：1 件

2 研究開発項目：②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

2.1 テーマ名：3Dインテグレーション研究開発

2.1.1 実施体制



2.1.2 期間

2021年度～2025年度 5年間

2.1.3 目標

3D インテグレーション研究開発において、設定された後工程貼り合わせ装置の重ね合わせ精度に関する中間目標、最終目標のうち、中間目標を達成するための評価装置を用い、目標到達の検証を行う。具体的には、重ね合わせ精度向上に向けた各種技術の改善開発を行い、中間目標を一年前倒して達成する。

2023年度事業においては、ウェハ異方性反りに対して一定量の重ね合わせを実現する対応開発に向けた研究開発を実施する。ウェハ貼り合わせ装置市場で今後中心的な割合を占めるNAND市場では、3D NAND積層数増加に伴いウェハの異方性反り（X/Y方向の反りの差）が顕在化し、X-Y方向で重ね合わせ精度の歪みを誘発し、重ね合わせ精度を著しく悪化させる。このような市場の要求に応えるべく、異方性反り量が大きなウェハにおける、一定量の重ね合わせ精度を実現する技術の研究開発を行い、中間目標の達成を目指す。

2.1.4 アウトプット目標の達成状況

成果の達成状況：○（2024年3月達成見込み）

3D インテグレーション研究開発において、設定された 後工程貼り合わせ装置の重ね合わせ精度に関する中間目標を達成するための評価装置を設計し、準備した評価装置を用いて、重ね合わせ精度向上に向けた各種技術の開発を行い、中間目標達成のための基礎となる一次データを取得した。

また、設定された重ね合わせ精度に関する評価装置を設計し、中間目標達成のためのデータを取得した。具体的には、動的に制御する保持機改良による重ね合わせ精度線形成分の補正、装置環境の安定化による計測変動、ウェハの表面状態の影響を受けにくい位置認識機構の改良、トータルオーバーレイによる総合確認を行い、目標を一年前倒しで達成。また、ウェハの貼り合わせの前のウェハ表面改質処理において、代表的な三元素系材料の接合をモデル化し、分析結果などで相当因果関係を証明した。また、3D NAND市場にて改善ニーズが高まっている反りウェハに対する重ね合わせ精度改善に向けた要素技術の確立を2023年度事業として推進していく。

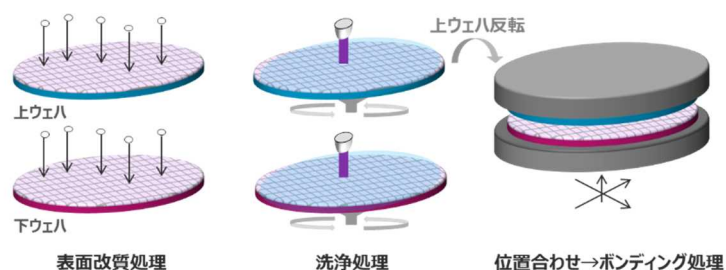


図 2：親水化合物 処理フロー

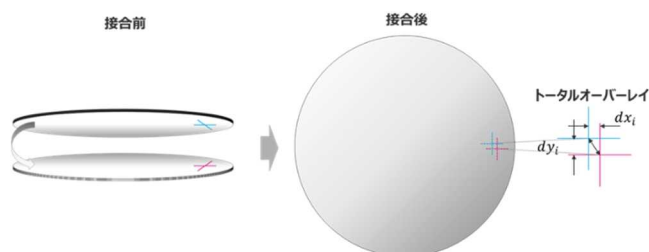


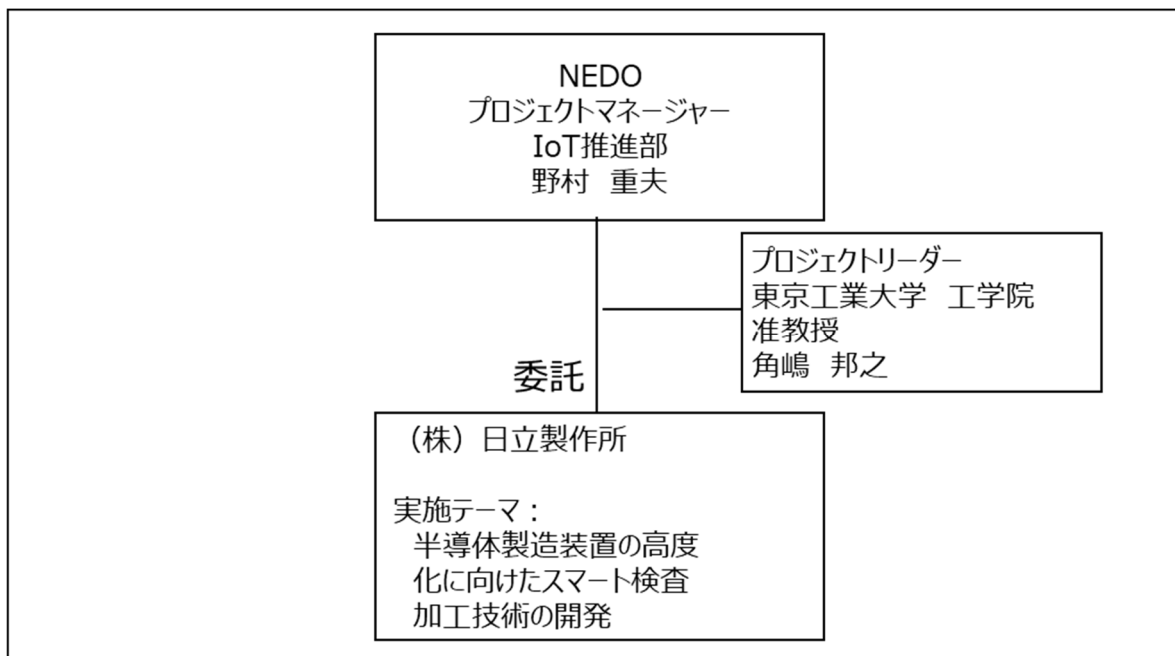
図 3：トータルオーバーレイの概念

2.1.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：12 件（うち国際出願：3 件）、論文：0 件

2.2 テーマ名：半導体製造装置の高度化に向けたスマート検査加工技術の開発

2.2.1 実施体制



2.2.2 期間

2021 年度～2023 年度 3 年間

2.2.3 目標

本開発では次の 2 つの実施項目を推進する。

実施項目①：スマート検査の研究開発

本項目では、透過型電子顕微鏡（TEM）による半導体デバイスの検査において、検体の種類／評価対象ごとに異なる最適な検査条件を、自動的に導出するための技術開発に取り組む。これは、従来行われてきた熟練者の手作業による試行錯誤に基づく条件導出に替わり、計算機による画像解析や条件分析を用いて自動的にその条件を導出させることを目的とする。また得られた技術を用いることにより、観察条件決定までに必要な手動作業工程数を 30%削減することを目標とする。

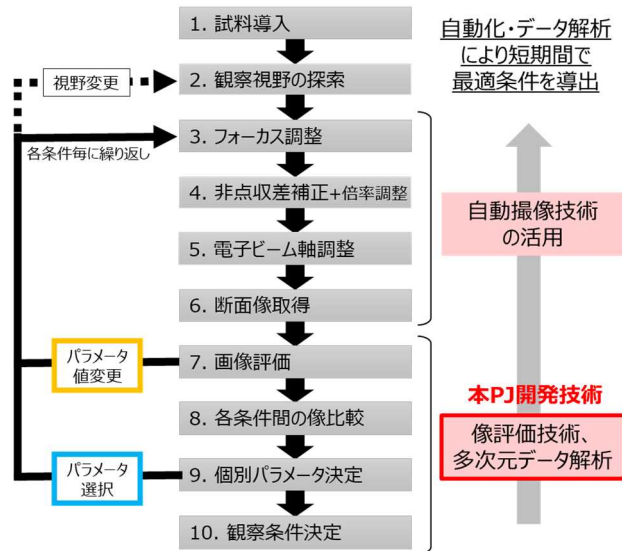


図 4：透過型電子顕微鏡の観察条件調整のモデルフロー

実施項目②：スマート加工の研究開発

本項目では、三次元構造ロジックデバイス、および、不揮発性メモリデバイスのドライエッチングによる加工をめざし、難エッチング材料を対象としたドライエッチングの方式に関して最適な手法の明確化を図る。ドライエッチングの方式としては、微細素子加工との親和性の高いプラズマエッチング、減圧ガスエッチング、および加圧ガスエッチングの方式を取り上げる。また、各ドライエッチング技術の潜在可能性の比較を行うため、少ない教師データでも加工条件の最適化が可能な機械学習技術を用い、加工技術の比較を行うことを目標とする。

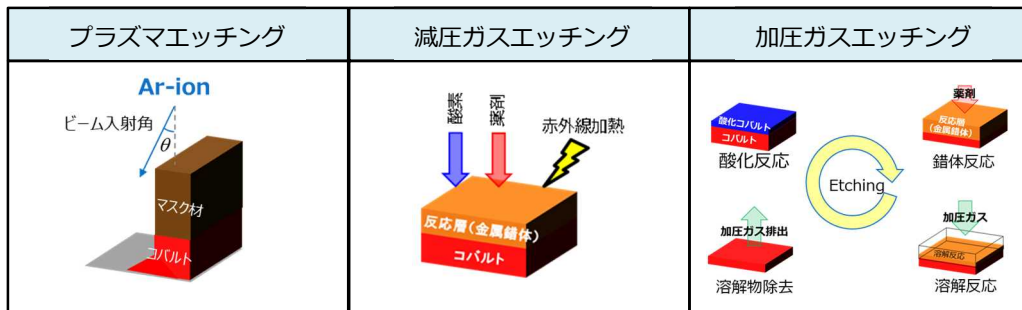


図 5：本開発で対象とするドライエッチング方式

2.2.4 アウトプット目標の達成状況

実施項目①：スマート検査の研究開発

成果の達成状況：○（2024年2月達成見込み）

スケジュール通りに開発が進んでおり、現段階までの取り組みとして、画質数値化に向けたコントラスト評価に対し独自の解析手法を導入し、実デバイスに対して観察条件の最適化を検証した。単一パラメータの条件最適化の原理検証が完了したため、自動最適化ソフトウェアの実証を進める。

実施内容	2021	2022	2023
実施項目① スマート検査	品質評価指標の抽出	条件最適化の原理検証	最適化ソフトウェアの実証
	像品質評価指標1件	単一パラメータの条件最適化	手動作業工程数30%削減
		競合技術のベンチマーク	
	ベンチマーク作成	ベンチマーク更新	

図 6：スマート検査の研究開発計画

ロジックデバイスでの解析例

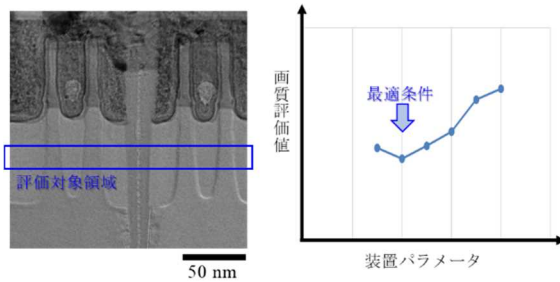
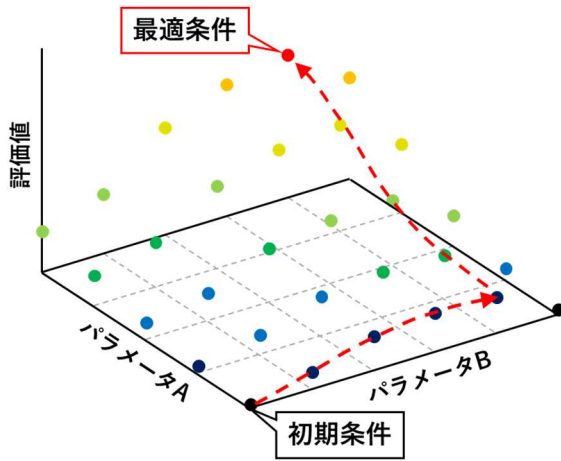


図 7：透過型電子顕微鏡画像と、単一パラメータの条件最適化の例

コントラスト変化モデルの構築、最適条件導出



デバイス解析フロー

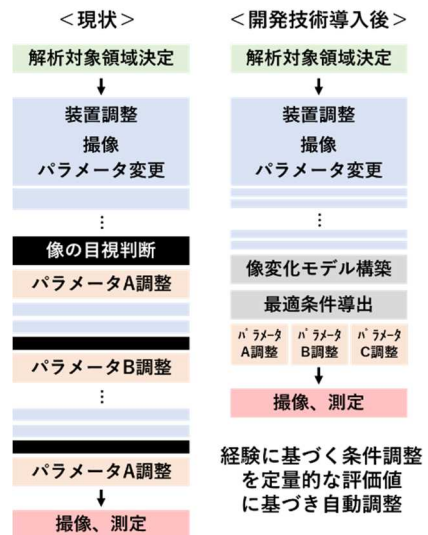


図 8：複数パラメータに対する最適条件の自動導出（2024年2月時点）

実施項目②：スマート加工の研究開発

成果の達成状況：○（2024年2月達成見込み）

スケジュール通りに開発が進んでおり、現段階までの取り組みとして、難エッチング材料であるコバルト（Co）に対して、3種類（プラズマエッチング、減圧ガスエッチング、加圧ガスエッチング）の加工方式によるエッチング基礎特性データを取得し、薄膜におけ

る加工可能性を検証した。2023年度は素子パターン加工による等方性加工の最適化を実施し、エッチング特性を指標としたベンチマーク表の作成と有望技術の特定を進める。

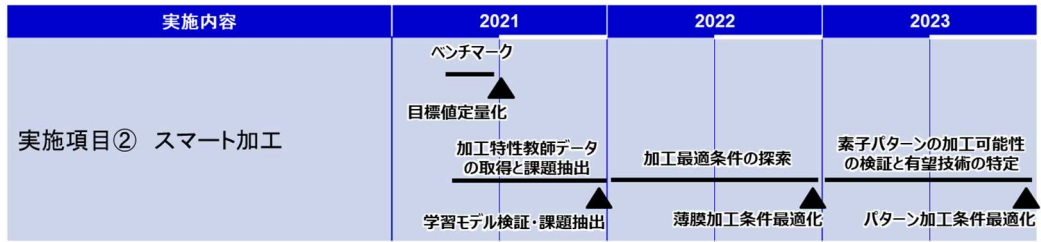


図 9：スマート加工の研究開発計画

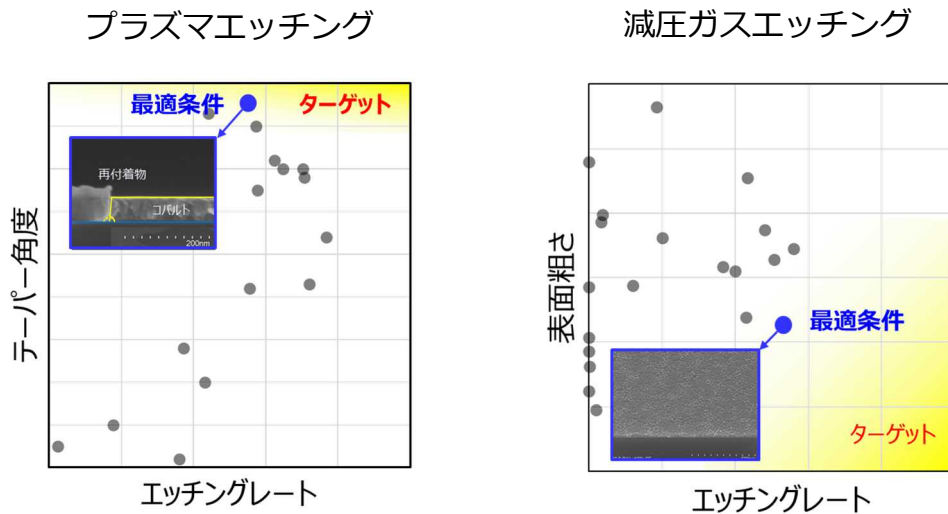


図 10：各エッチング方式による薄膜加工の例

■ 3種類の加工方式に対するベンチマーク（イメージ）

	プラズマエッチング	減圧エッチング	加圧ガスエッチング
エッチングレート	○	△	○
平坦性	×	○	×
選択比	×	○	?
制御性	○	○	×?
等方加工性	×	?	?
・	・	・	・
・	・	・	・
・	・	・	・



難エッチング材 Co に対する有望加工技術の特定

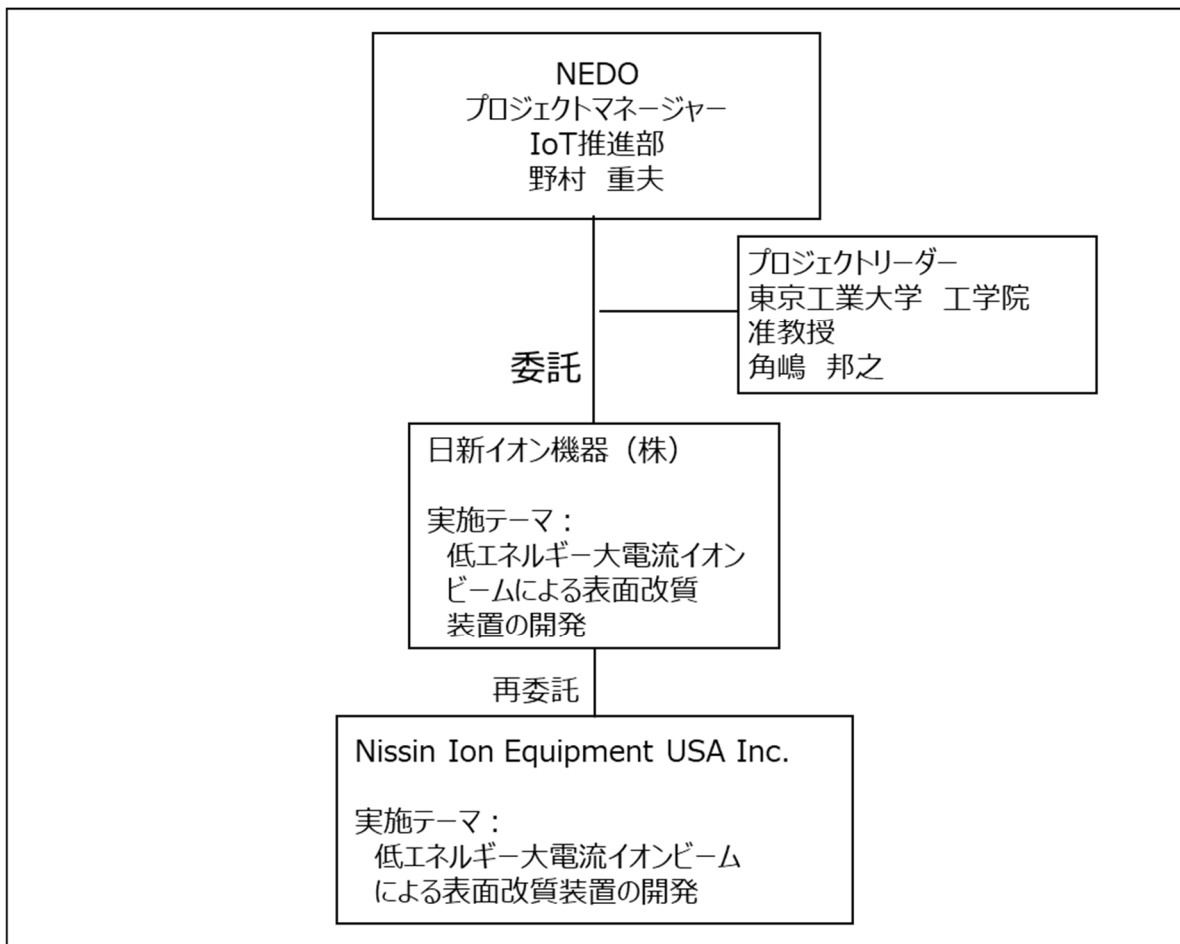
図 11：エッチング特性を指標としたベンチマーク表の作成と有望技術の特定（2024年2月時点）

2.2.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：2件（うち国際出願：1件）、論文：0件

2.3 テーマ名：低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質装置の開発

2.3.1 実施体制



2.3.2 期間

2021年度～2023年度 3年間

2.3.3 目標

本プロジェクトは、素子の微細化、高集積化が進むにつれて採用が増えつつある最先端半導体プロセスの極短紫外露光（EUV）のマスク位置合わせ裕度が不足するという課題や、NANDメモリの多層化による深い微細エッチングでマスクの材料の耐性が不足する課題などを解決するために、表面のみにイオンを打ち込んで改質することでエッチングの速度を制御して歩留まり、信頼

性、コストを改善する表面改質装置の実現を目標とする。材料の表面のみにイオンを打ち込むためには 5keV 以下の低エネルギーでなければならないが、その場合現状の技術ではイオンビーム電流が不足して量産時に必要な単位時間当たりの処理枚数（25枚/時間以上）の確保ができないという課題があるため、低エネルギーでもイオンビーム電流の大電流化を可能とする技術を開発する。また、イオンビーム電流が大きくなると金属汚染やパーティクルの増大を招き、装置の連続装置運転時間が短くなってしまいう課題が生じるため、金属汚染やパーティクル低減する技術も併せて開発して、一般的に求められる連続装置運転時間を確保する。さらには、量産採用時に必要となる装置オペレーションの自動化、すなわち自動ビーム立ち上げシーケンスも開発の必要がある。これらの技術を合わせて量産プロセスに適用できる表面改質装置の実現を目指す。また、将来のさらなる素子の微細化に伴う配線抵抗の上昇によるデバイスの性能劣化、信頼性低下を解決するために、本開発で得られた表面改質技術を金属配線に適用できるように金属固体化合物イオン源を開発し、実用化を目指す。

2.3.4 アウトプット目標の達成状況

成果の達成状況：○（2024年3月達成見込み）

本装置の要となるイオンビーム電流増大化については、23年度に製作する量産機に近い形態を有する試作機のビーム特性を前倒しで検証するため、現在開発に使用している試験機に対してビームを輸送するビームラインを試作機と同等の構成に改造を実施しビーム検証を実施した。その結果として、B+,P+のイオン種に対して目標のビーム電流を上回る電流値を達成することができた。23年度は試作機にて再度ビーム測定を実施するが、すでに試験機にてビーム量は検証済みなので、目標ビーム電流を達成する見通しである。

装置メンテナンス周期の長期化に関しては、プラズマを発生するイオン源の寿命と汚染レベルの低減に主に分類される。イオン源寿命に関しては、22年度にプラズマ生成室および、ビーム引出時の放電対策として引出電極系の改良を実施し、典型的な表面改質のレシピである B+1keV における目標電流値において連続稼働試験を行い、目標のメンテナンス周期を上回るイオン源寿命時間を達成した。金属汚染に対してはビーム輸送経路上の部材形状のなどを行う事によって、上に述べた連続稼働試験において、目標基準値を下回る金属汚染量に抑制できる事を確認した。パーティクルに対しては発生源の調査やビームクリーニング技術の導入を実施し、増加数の低減を実現した。23年度も引き続き削減について取り組んで行くが、事業化のターゲットとしている半導体メーカーの基準は22年度も達成している。23年度は試作機を製作して最終試験を実施するが、23年度の目標は達成見込みである。

ビーム立ち上げの自動化に関しては、量産工場に装置を導入する上では必須の技術であるが、22年度にはイオン源部のハードウェアに改良を加えた上で、試験機の自動ビーム立ち上げシーケンスの動作確認、見直し、修正を行った。結果22年度の目標である、B+ビーム発生時のエネルギーを変更するレシピ変更の自動立ち上げにおいて目標の自動立ち上げ成功率を達した。引き続き23年度の自動ビーム立ち上げ検証試験において試験を行い、併せてイオン種切り替え時の自動ビーム立ち上げ検証も合わせて実施予定である。

金属固体化合物イオン源の開発に関しては今後の金属配線の課題に対して有効と考えている2種の金属イオンビーム発生に取り組んできた。配線低抵抗の課題は2025年以降に問題が顕在化するとされているが、本プロジェクトでは、顧客評価に必要なビーム電流を達成することを目標としている。本試験は再委託先である米国子会社の Nissin Ion Equipment USA Inc で実施しており、ビーム電流については目標値を大幅に超過達成している状況である。一方、ビームの安定度に関しては課題が残っており、蒸気及び流量安定化や、プラズマ室の温度制御を実施することによって課題解決に取り組んで行く。

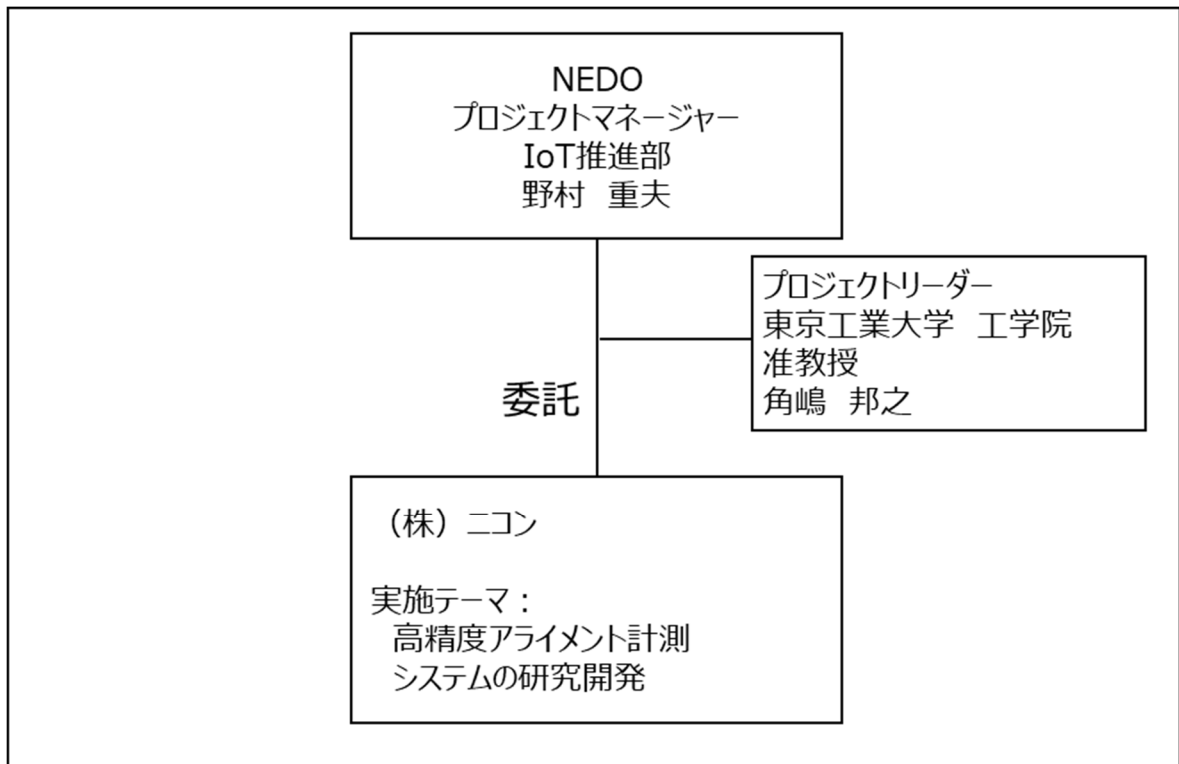
尚、表面改質プロセスは新たな市場であり、本プロセスの実用化にあたっては、イオン注入後の表面改質のプロセスデータ取得および顧客への共有、および顧客と密着した開発、評価が必要である。本プロジェクトと並行してこのようなプロセス開発も実施中である。B+などのイオン種を低エネルギーで薄膜に注入すると、後処理であるエッチング工程で薄膜のエッチングレートが変化するデータなどを取得し、顧客にプロモーションを実施中である。これらの成果をもとに現在顧客との共同評価に着手している。

2.3.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：3件（うち国際出願：1件）、論文：1件、学会発表・講演：1件

2.4 テーマ名：高精度アライメント計測システムの研究開発

2.4.1 実施体制



2.4.2 期間

2021年度～2025年度 5年間

2.4.3 目標

半導体製造装置の高度化に寄与する高精度アライメント計測システム開発に必要な基盤技術を確立する。

2.4.4 アウトプット目標の達成状況

成果の達成状況：○（2024年3月達成見込み）

本研究開発において、掲げている3つの実施項目（実施項目 A、実施項目 B、実施項目 C）毎の達成状況は以下の通りである。

実施項目 A. 新光学系の開発

成果の達成状況：◎(2024年3月達成見込み)

【研究内容】

半導体デバイスのさらなる微細化・高集積化に向けてアライメント精度向上と共にアライメント・マークのピッチ縮小が求められている。微細化・高集積化に向けたアライメント・マークのピッチ縮小に伴い分解能の問題でアライメント・マークのコントラストが低下する課題が顕著になってくる。この課題に対して解像力の大きなレンズや長波長領域までの広げた波長帯域の光に対しても色収差を従来と同等以下に抑制し、高精度アライメント計測に必要な新光学系を開発する。具体的には、解像力が向上し、かつ、長波長帯域光に対して色収差を抑制できる新光学系を設計し、かつこの新光学系の基礎データを試作機で評価・取得する。この基礎データをベースに高精度アライメント計測の基盤技術の確立を目指す。

【成果の達成状況の根拠】

- 色収差を従来光学系と同等以下に抑制し、高精度アライメント計測に必要な解像度を得るための新光学系単体試作機を製作して評価を実施し必要スペックをすべてクリアした。
- 単体試作機の結果を受けて、高精度アライメント計測システムの製品版光学系製品設計に着手した。

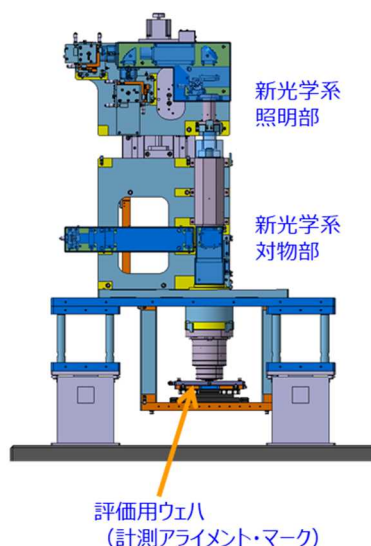


図 12：新光学系単体試作機

実施項目 B. ワイドバンド光源の開発

成果の達成状況：○(2024年3月達成見込み)

【研究内容】

一般的なレジストより光の透過度が低い例えばカーボン系ハードマスク越しのアライメント・マークの視認性を上げるために従来波長帯の光源に比べ光量アップとなる高出力の光源を開発する。さらにシリコンウエハを透過して下層マークの視認性を上げるため、従来波長帯の光源の高出力化に加え、シリコンウエハを透過しやすい長波長帯の光源を開発する。光源の高出力化に伴う光量アップはアライメントマークピッチ縮小に伴うコントラスト低下を補う効果もある。

【成果の達成状況の根拠】

- 従来波長帯光源の光量アップ開発は、一部波長域において現在も開発進行中であるが、原因、及び対応策は Fix しており 2023年6月までに開発完了する見込み。

- ・ 長波長帯高輝度光源（IR 光源）の仕様を予定通り 2022 年 3 月末までに Fix し、長波長帯高輝度光源の評価用光源（2 台）を予定通り納入した。現在は光源単体デバッグ、評価が順調に進行中である。

実施項目 C. 高精度アライメント計測システムの実証

成果の達成状況：◎(2024 年 3 月達成見込み)

【研究内容】

実施項目 A と実施項目 B で開発した要素技術を高精度アライメント計測システムとしてまとめ、ソフトウェアを開発し、高精度アライメント計測ができることを実証する。具体的には高精度アライメント計測システムに実施項目 A で開発する新光学系と実施項目 B で開発するワイドバンド光源を搭載し、アライメント・マークやウェハの状態に応じて、照明・フォーカス条件を最適化する制御系及びソフトウェアを開発し、高精度アライメント計測システムの完成を目指す。

【成果の達成状況の根拠】

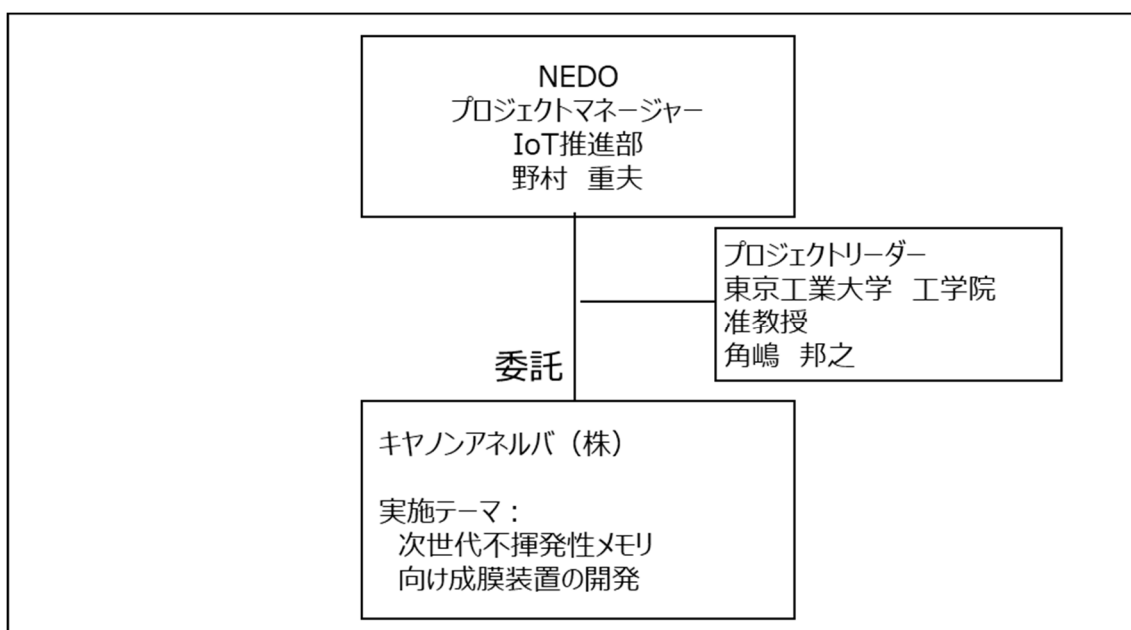
- ・ 第一回目、第二回目の装置起案デザインレビューを実施し、装置全体システム起案書を作成した。
- ・ 主要顧客より新規マーク計測機能開発要求を受け開発着手した。将来主要顧客で採用可能性の高い新規マークの計測機能を現時点で開発着手することで本研究の加速にも繋げることが出来た。

2.4.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：0 件、論文：0 件

2.5 テーマ名：次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発

2.5.1 実施体制



2.5.2 期間

2021 年度～2025 年度 5 年間

2.5.3 目標

本研究開発では次の 2 つの実施項目を推進する。

①次世代不揮発性メモリ向けスパッタ成膜装置の開発

次世代不揮発性メモリ向けスパッタ成膜装置の高度化に必要な基盤技術を確立する。

②次世代 MRAM 向けスパッタ成膜装置の開発

次世代 MRAM 向けスパッタ成膜装置が実用化可能であることを実証する。

2.5.4 アウトプット目標の達成状況

成果の達成状況：○(2024 年 3 月達成見込み)

①次世代不揮発性メモリ向けスパッタ成膜装置の開発

次世代不揮発性メモリ向けスパッタ成膜装置の高度化に必要な基盤技術を確立する。

ハードウェア開発として、チャンバーを完成させ（2023 年 9 月見込み）、目標の膜特性を達成する。

プロセス開発として、機能性薄膜の基礎特性を確認し、デバイス性能を実証し、膜特性安定化制御技術の有効性を実証する。

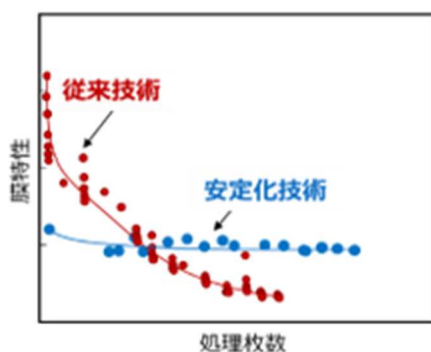


図 13：プロセス安定化技術

②次世代 MRAM 向けスパッタ成膜装置の開発

次世代 MRAM 向けスパッタ成膜装置が実用化可能であることを実証する。

プロセス開発として、生産性向上を目的にした新技術を適用したプロセス最適化および連続成膜評価を実施し、有効性を実証する。

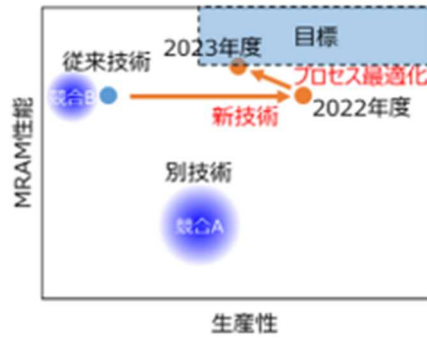


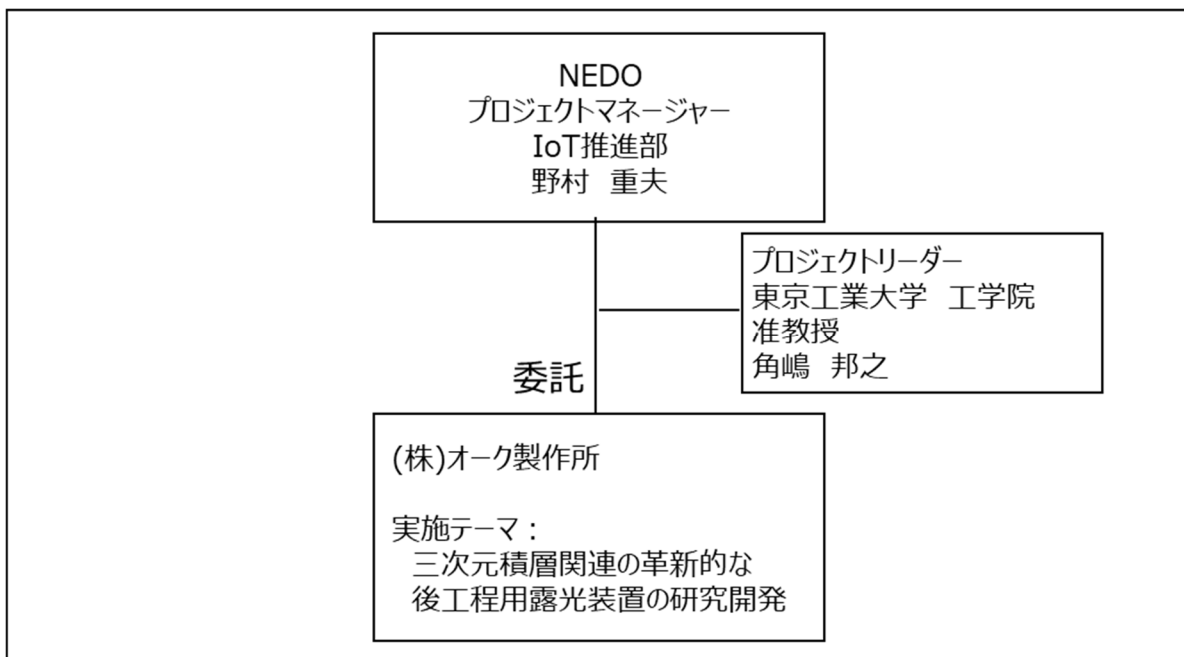
図 14 : 次世代 MRAM 2 軸マップ

2.5.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願 : 0 件、論文 : 0 件

2.6 テーマ名 : 三次元積層関連の革新的な後工程用露光装置の研究開発

2.6.1 実施体制



2.6.2 期間

2022 年度～2025 年度 4 年間

2.6.3 目標

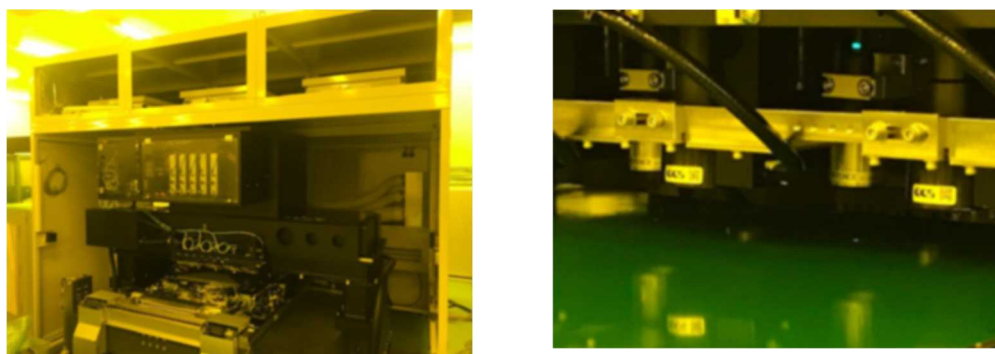
2022 年度に製作した露光ヘッドを搭載した実験機を完成する。この実験機により、第 1 段階で定義した中間目標の露光仕様の実現に向けて露光条件の確認、調整及び個別技術・機能（露光補正技術、オートフォーカス技術、マーク計測技術等）の開発を行う。また、得られた結果を基礎データ及び要素技術として、第 2 段階で定義したプロト機における最終目標の露光仕様の実現に着手し、中間目標の達成を目指す。

2.6.4 アウトプット目標の達成状況

成果の達成状況：○（2024 年 3 月達成見込み）

三次元積層を含むアドバンスド・パッケージの回路形成に適用可能な高解像・高精度ダイレクト露光装置の実現に向けて、第 1 段階として定義した実験機の製作に着手した（実験機は、既存のプラットフォームに、新規開発の露光ヘッドを搭載する）。この露光ヘッド単体での照度分布、焦点深度、解像力等の調整を実施し、評価仕様以内であることを確認し、実験機への搭載準備が完了した。

今年度は実験機に露光ヘッドを搭載して解像性 2 μ m、合わせ精度 1 μ m 等の各項目の総合評価および顧客ベンチマークを実施する。ベンチマークを通じてダイレクト露光方式の認知度拡大、顧客要求事項の情報収集を行い顧客要求事項のフィードバックを行う。プロト機開発に対してステージ、DMD 処理エンジン、露光ヘッド、高出力 LD 光源等の各要素技術の開発を行う。



(a) 装置正面

(b) 露光ステージ面

図 15：実験機

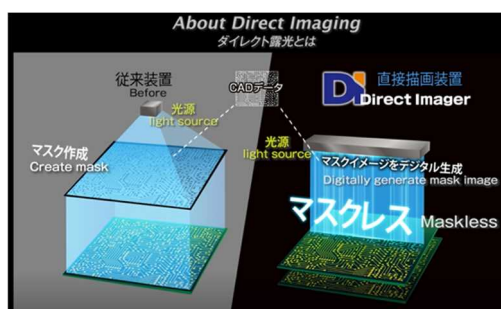


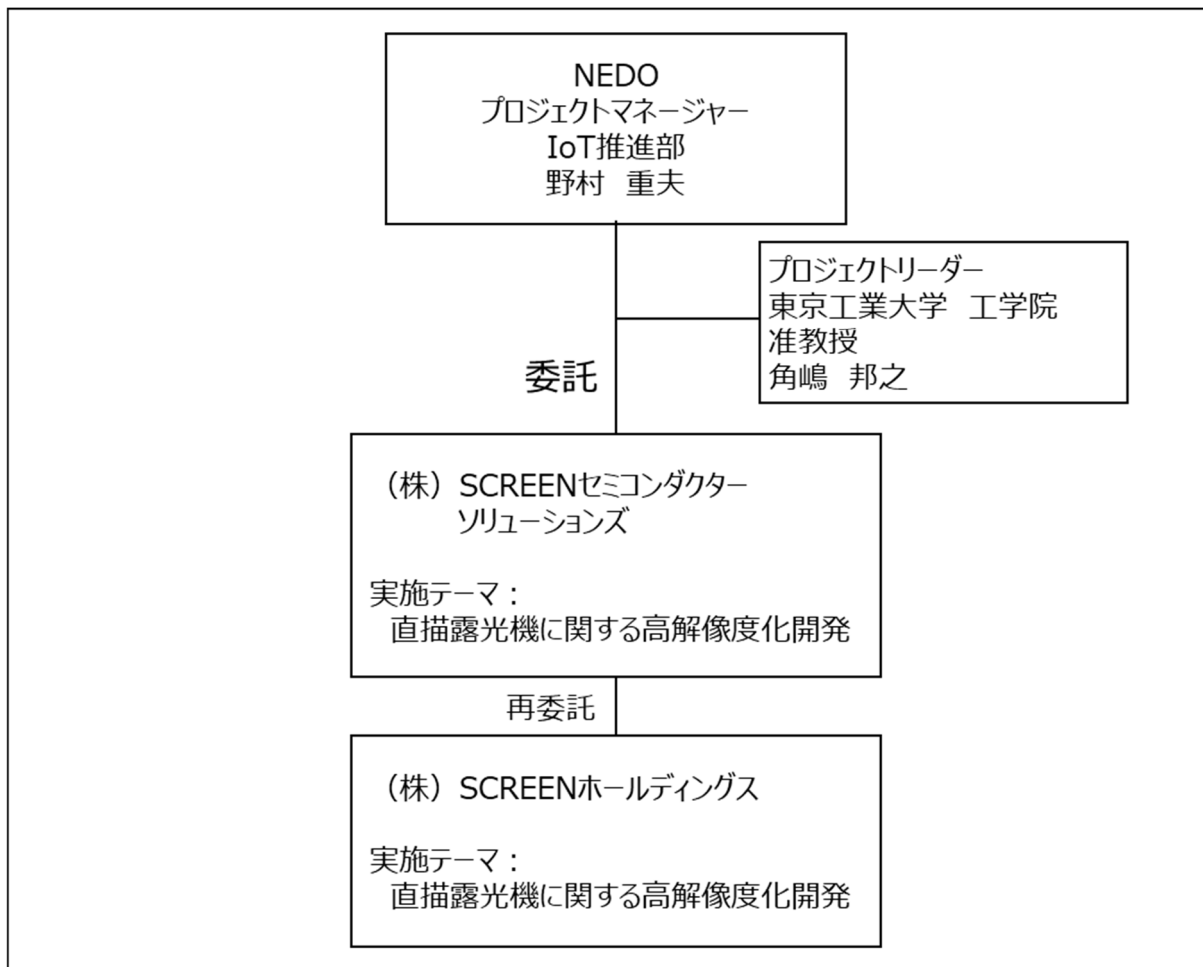
図 16：ダイレクト露光

2.6.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：1 件、論文：0 件

2.7 テーマ名：直描露光機に関する高解像度化開発

2.7.1 実施体制



2.7.2 期間

2022 年度～2025 年度 4 年間

2.7.3 目標

2022 年度に実施した光学シミュレーション結果に基づき、照明光学ユニット、投影光学ユニットの設計と評価ユニットの作成を行い、最終像面光学像において中間目標を達成することを確認する。また、高精度長尺XYθ ステージの評価ユニットを作成し、動的ステージ精度の中間目標の達成を目指す。

2.7.4 アウトプット目標の達成状況

成果の達成状況：○（2024 年 3 月達成見込み）

直描露光機の高解像度化開発において、低NAと高解像度の両立を達成するために、超解像技術の1次元光学系への最適化に関する光学シミュレーションを開始した。併せて、長尺高精度ステージ実現のために、高速制御を可能とする制御システムの検討及び、高速データ処理基板の製作と基礎評価を実施した。

- ✓ 光学シミュレーションにより、照明系のパラメータを最適化することで従来照明系より、ターゲット線幅L/SのDOFが増加することを確認
- ✓ ステージ動作をリアルタイムで制御する高速データ処理基板を開発し、実機での評価を実施。
→ ステージ走行時におけるθ軸リアルタイム補正精度の改善を確認

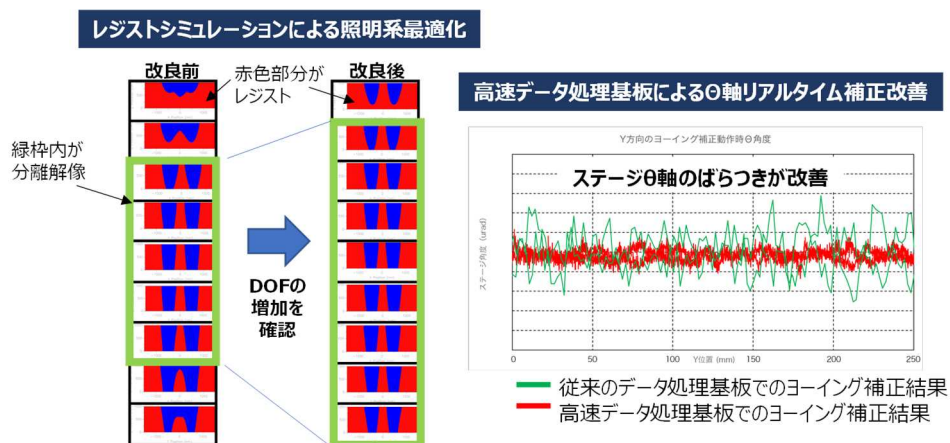


図 17：直描露光装置の高解像度化

2.7.5 特許出願数、論文等の発表数

特許出願：0件、論文：0件

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」

基本計画

IoT 推進部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

近年、産業の IoT 化や電動化が進展し、それら機器の更なる省エネルギー化の重要性が高まる中、省エネルギー化の鍵になるエレクトロニクス技術（以下「省エネエレクトロニクス技術」という。）に対して注目が集まっている。

上記技術の代表例としては、電子機器に搭載されて電力の制御を担うパワー半導体や、あらゆる半導体の製造で不可欠な半導体製造装置が挙げられる。これらの製品は、日本企業が競争力を保有してきた。

しかしながら、近年、下記に示す状況に変化が生じている。

① パワー半導体

- ・海外企業が、M&A を通じて市場シェアを拡大するとともに、ウェハ口径 300mm のシリコンパワー半導体の量産を開始。日本企業は未だ量産に着手出来ていない状況。
- ・最先端の半導体製造装置が無くとも製造可能なパワー半導体に対して各国が注目。今後の産業の IoT 化や電動化を牽引する市場としてパワー半導体の開発を強化。
- ・半導体受託製造企業（ファウンドリ）によるパワー半導体の生産量が急速に拡大。

②半導体製造装置

- ・数量が出るメモリ半導体やロジック半導体を製造する半導体企業が日本にほとんどいなくなり、半導体製造装置メーカーの主要顧客が海外の半導体企業へと大きく変化。顧客とのコミュニケーション・共同開発に障壁が生じ、結果的にシェアも低下。
- ・特に、一部の国において、製造装置開発が本格化。

このような状況が続けば、今後産業の IoT 化や電動化がますます進展する中で、省エネルギー化の鍵となる前述のような製品について、国内で安定的な供給を確保することが困難になる可能性が出てくる。また、データ社会を支えるエレクトロニクス分野において、我が国の強みが失われることにより、他国への依存度が上昇するとともに、経済安全保障上の問題に繋がる可能性もある。

以上のように、これらの課題に対して積極的な取組を行うことは、省エネルギー化や我が国の産業競争力強化にとって極めて重要な意味を持つものである。

本事業の目的は、製品の性能向上による飛躍的な省エネルギー化及び脱炭素社会の実現に加えて、我が国が強みを持ち、省エネルギー化の鍵となる製品について、安定的な供

給を可能とするサプライチェーンを確保し、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤を強化することである。

(2) 研究開発の目標

本事業の目標は、省エネエレクトロニクス製品の開発や製造基盤強化に必要となる新世代パワー半導体の開発及び半導体製造装置の高度化に向けた開発並びに安定的な供給を可能とするサプライチェーンの確保である。

本事業は、以下の研究開発項目により構成する。

研究開発項目① 新世代パワー半導体の開発

既に実用化が実現している次世代パワー半導体材料と比較して、優れた材料特性を持ち、製造コストを抑えられる可能性がある酸化ガリウムパワー半導体及び自動最適化や故障予知など、高度な自己制御機能を持った大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発と必要に応じて関連する応用技術の開発を行う。

研究開発項目② 半導体製造装置の高度化に向けた開発

市場規模及び市場成長率が大きく、かつ、我が国企業の競争力の維持・強化において重要な半導体製造装置の高度化に係る技術の開発を行う。

① アウトプット目標

研究開発項目①においては、別紙の研究開発計画に基づき、新世代パワー半導体の実用化可能であることを実証する。

研究開発項目②においては別紙の研究開発計画に基づき、特定用途向け半導体製造装置が実用化可能なレベルであることを実証する。

また、本事業で開発する技術の実用化に向けて、事業期間中に特許出願につながった成果の件数（国内特許出願件数）：16件以上を目指す。

② アウトカム目標

2030年までに本事業で開発した技術の実用化率:30%以上（累計）を目指す。

また、本事業により高度化したパワー半導体や半導体製造装置を、輸送機器、産業機器、データセンターなどの主要産業分野や半導体工場に適用することにより、電力変換損失を削減し、2035年までにCO₂排出量を1,440万トン削減する。

③ アウトカム目標達成に向けての取組

研究開発と並行して、必要に応じて(i)最新の技術動向・産業動向を調査し、プロジェクト実施者に定期的にフィードバックすることにより、適切な目標の修正を行うなどプロジェクトを適切に運営、(ii) NEDO内の他の予算事業との連携、成果発信等を行い、事業成果の最大化のための取組を推進する。また、研究開発の最終目標を達成した場合の成果の事業化について、提案審査および実施段階で事業化目標や進展状況の提出を求めなどのマネジメント方法を検討する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙1の研究開発計画及び別紙2の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施するとともに、国内外の関連情報の収集及び調査等を行う。

研究開発項目は以下の通り設定する。

研究開発項目① 新世代パワー半導体の開発 [委託事業]

①-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発に関しては、必要な基盤技術を確立し、特定用途向けの新世代パワー半導体の開発及びモジュールの試作・評価を行い、新世代パワー半導体が実用化可能なレベルであることを実証する。

①-2 大口径のシリコンパワー半導体に、AI等の機能を持たせることにより、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体(インテリジェント・シリコンパワー半導体)を開発する。

研究開発項目② 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発 [委託事業]

半導体製造装置市場の中でも、特に市場規模が大きく、かつ我が国企業の競争力の維持・強化において、重要なドライエッチング装置や露光装置、成膜装置(CVD装置等)の性能や生産性の向上に必要となる半導体製造装置の革新的技術を開発する。また、ポストムーア時代において必要となる次世代製造装置として後工程における貼り合わせ技術をはじめとする三次元積層関連装置等の革新的技術を開発する。

上記に加えて、研究開発項目①や②に関連する内容で、2030年度まででは実用化に至らない可能性があるものの、2030年代にかけて有望と考えられる技術課題のうち、産業化の見通しが得られる技術について、先導的な研究開発(以下「先導研究」という。)を実施する可能性がある。また、技術動向や市場動向等の変化等を踏まえ、必要に応じて、研究開発内容①や②に関連する内容を柔軟に追加・変更する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下「PMgr」という。）に NEDO IoT 推進部 野村 重夫を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。必要に応じて、実施期間中に複数回公募を行う。研究開発実施者の選定においては、課題解決への道筋やビジネス化へのストーリーを設定できていることを重視する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

また、研究開発に参加する各実施者の有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、NEDO は国立大学法人東京工業大学 工学院 准教授 角嶋 邦之をプロジェクトリーダー（以下「PL」という。）として選定し、各実施者は PL の下で研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、PL や研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、必要に応じ、外部有識者で構成する技術推進委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。各テーマの進捗、成果の事業化の見通し等を踏まえ、必要に応じ、加速、縮小、実施体制の再構築を行う。

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、及び市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。

なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、2021 年度から 2025 年度までの 5 年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO は、技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を 2023 年度、事後評価を 2026 年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

得られた研究開発成果のうち、共通基盤技術に係るものについては、プロジェクト内で速やかに共有した後、NEDO 及び実施者が協力して普及に努めるものとする。

② 知的財産権の帰属、管理等取扱い

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先及び共同研究先に帰属させることとする。

なお、プロジェクト初期の段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

③ 知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

④ データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

(2) 基本計画の変更

PMgr は、研究開発内容の妥当性を確保するために、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、必要に応じて達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 号ニ及び第 9 号に基づき実施する。

(4) その他

受託者は、本研究開発から得られる成果の産業面での着実な活用を図るため、事業化への計画を立案する。事業の進捗等を考慮して計画の必要な見直しを行うとともに、研究開発期間中であっても、実用化が可能な成果については、迅速な事業化に努めるものとする。

6. 基本計画の改定履歴

(1) 2021年2月制定

(2) 2022年2月改定 PL名の記載、後工程における開発する技術範囲の明確化、誤植修正

(3) 2023年2月改定 プロジェクトマネージャーの記載方法の変更 (PMをPMgr)、記載方法の修正・統一

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目①「新世代パワー半導体の開発」

①-1「酸化ガリウムパワー半導体の開発」

1. 研究開発の必要性

酸化ガリウムパワー半導体は、日本発の技術で優位性があるが、海外の注目度が増しており、パワエレ分野の研究開発の取組が海外で増えつつあることから、早期に量産レベルの製品開発を実現し、市場投入と産業競争力強化を目指す。

2. 研究開発の具体的内容

順方向抵抗が従来 SiC 製品比 80%以上減かつ実用化可能である特定用途向けの SBD デバイス・モジュール開発として、高品質のエピ層開発から、SBD デバイス、モジュールに至る技術を総合的に開発する。

3. 達成目標

【最終目標（研究開発の開始3年後）】

2023年度までに、特定用途向け酸化ガリウムパワー半導体を用いたデバイス・モジュールが実用化可能であることを実証する。

①-2 「大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発」

1. 研究開発の必要性

脱炭素社会に向けて、世界的に電気エネルギー需要の急増が見込まれており、電力有効利用に向けたシリコン半導体の大幅拡大を見据えて、低コストでパワー半導体の増産を可能とする大口径（300mm）化を検討する必要がある。一方、e-モビリティや再生可能エネルギーの大量導入を円滑に実現するためにはパワーエレクトロニクスと Society5.0（IoT、AI、ネットワークコネクタ社会）を融合して、インテリジェント制御を行うことが重要であり、その結果、更なる省エネの実現が見込まれる。

2. 研究開発の具体的内容

シリコンパワー半導体の大幅増産に向けて、大口径（300mm）化とそれをベースにしたパワー半導体のインテリジェント制御に関する研究開発を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

2023年度までに、大口径（300mm）シリコンパワー半導体に、AI等の機能を持たせることにより、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体（大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体）を開発する。

【最終目標】

2025年度までに、大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の実用化可能であることを実証する。

研究開発項目②「半導体製造装置の高度化に向けた技術開発」

1. 研究開発の必要性

半導体製造装置分野においては、描画装置（マスクの描画）、コータ（レジストの塗布等）、塗布装置等の技術分野で日本企業は世界をリードしている。

国内半導体製造装置産業の国際競争力とシェアを確保し続けるためには半導体製造装置の中でも特に市場規模が大きく、かつ国内企業にも参画拡大の余地があるエッチング装置や露光装置、CVD装置の関連技術の開発に着目し、既存技術の延長線上にない半導体製造装置の早期開発が不可欠となっている。

2. 研究開発の具体的内容

半導体製造装置市場は、特に（i）ドライエッチング装置、（ii）露光装置、（iii）成膜装置の市場規模が大きく、今後の市場拡大が期待されている。また、ポストムーア時代において必要となる次世代製造装置として、後工程における（iv）貼り合わせ技術をはじめとする三次元積層関連装置が期待されている。本事業では、この（i）～（iv）の技術開発に取り組み、我が国の企業の国際競争力を維持・強化する

（i）ドライエッチング装置の市場は今後も拡大傾向である。これは、半導体の微細化によるパターンニングのマルチ化やメモリの3次元構造化に伴い、ドライエッチングの需要が加速度的に増加しているためである。本事業でドライエッチングの性能や生産性を引き上げる研究開発に取り組む。

（ii）露光装置の市場は海外勢が圧倒的な市場シェアを占めるが、検査装置やアライメント精度向上装置などの周辺装置においては我が国企業の競争力は依然として高い。そこで当該周辺装置における我が国の優位性を確保するため、次世代の露光プロセスにおいて求められる周辺装置の研究開発に取り組む。

（iii）成膜装置の市場は、海外勢が大きな市場シェアを占めるが、今後、半導体デバイスにおいて新構造や新材料の導入を機にシェアや売上高のゲームチェンジが起きる可能性がある。そこで、新材料や新構造の成膜装置の研究開発に取り組む。

（iv）ムーアの法則の終焉が叫ばれ、半導体デバイスの微細化に大きな進展が見込めない中、半導体構造を三次元化することで性能向上を図る動きが出てきている。そこで、後工程における三次元構造作製を可能とする、ウェハ同士やチップ同士の貼り合わせ技術をはじめとする三次元積層関連の技術や装置の研究開発に取り組む。

3. 達成目標

【中間目標】

2022～23年度までに半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立する。

【最終目標】

上記の確立した基盤技術を活用して、2023～25年度までに半導体製造装置を試作・評価し、実用化可能であることを実証する。

(別紙2) 研究開発スケジュール

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
研究開発項目 ①	新世代パワー半導体の開発					事後評価
			中間評価			
研究開発項目 ②	半導体製造装置の高度化に向けた技術開発					

半導体戦略（概略）

（抜粋版）

2021年6月

経済産業省

我が国半導体産業を巡る全体像

<主な構造変化>

経済安全保障の環境変化

米中技術覇権の対立

中国向け
販路・サプライチェーンの見直し

米国の設計開発・国内生産強化に伴う
製造装置・素材の海外移転の懸念

製造拠点（ファウンドリ）の
台・韓の地政学リスク

アフターコロナのデジタル革命

- 5G・BD・AI・IoT・DXの進展（Society5.0の実現）
- エッジ処理の増加（エッジクラウド含む）、通信×コンピューティング融合
- 微細化の限界（前工程）⇒ 積層化・3D実装・ヘテロジニアスコンピューティング（中後工程）

エネルギー・環境制約の克服（グリーン化）

- 産業自動化・電動化による電力消費増加
- データ処理量の急増に伴うIT機器の消費電力の急増
⇒ 革新素材（SiC、GaN、Ga₂O₃）、光エレクトロニクス

レジリエンスの強靱化

- 海外依存度の高まりによる
サプライチェーンリスクの増大
- 世界的な半導体不足の発生

<今後の対応策>

国内産業基盤の強靱化

需要面

<デジタルニューディールの推進>

5Gインフラ、クラウドDC
（エッジ・HPC含む）
等投資促進支援

DX推進

（5Gユースケース、自動走行・
ロボティクス、FA・IoT、スマートシティ、
医療・ヘルスケア、ゲーミング等）

供給面

【設計】

<ロジック半導体のアーキテクチャ強化>

アプリケーションシステムに係る
ロジック半導体設計の促進

AIチップ・次世代コンピューティング技術開発
（東大・産総研拠点、NEDO）

【製造】

<ファウンドリの基盤確保>

先端ロジック半導体
ファウンドリの国内立地

【素材・製造装置】

< choke point 技術の磨き上げ >

先端製造プロセス
パイロットライン

省エネ半導体・光エレクトロニクス開発

国内半導体産業のポートフォリオ・サプライチェーン強靱化

経済安全保障上の国際戦略

先端技術のインテリジェンス強化

有志国等の連携による産業政策の協調

半導体の国内製造基盤強化の基本的方向性について

【先端ロジック半導体の製造基盤確保】

国内半導体エコシステムの中でミッシングピースである先端ロジック半導体(ハイエンド～ミドルレンジ)について、有志国の海外ファウンドリとの合弁工場を設立するなどして、我が国産業分野(情報通信・自動車等)に不可欠な国内製造基盤を確保。<経済安全保障上の戦略的自律性の獲得>

- ① 産業用AIチップ; 5G・自動運転・スマート工場用AIチップのファウンドリ整備。
- ② 次世代ロジック; 20年代半ば以降のポスト5G・HPC用次世代半導体の製造技術開発。

【既存ポートフォリオの刷新・強靱化】

- ① マイコン ; 車載用を中心に国内製造工場の新増設でサプライチェーン多元化・強靱化。
- ② メモリ ; 国際連携による設備投資拡大を通じて、海外勢に対する競争力強化。
- ③ パワー ; 海外勢に伍するための国内製造基盤の共通化と、グリーン革新素材の実装加速。
- ④ センサー; 自動運転・スマートシティ等への用途拡大や三次元実装で世界のトップを維持。
- ⑤ アナログ; グローバルニッチトップ分野を軸に据えながら多品種少量業界のM&A・事業拡大促進。

【デジタル&グリーン投資を支える設計開発】

5G・AI・自動運転・電動車・再エネ等のデジタル&グリーン投資の世界的な市場拡大をチャンスに、ポスト5G・Beyond5Gシステムやグリーンイノベーション等を支える半導体設計開発を強化。

【装置・材料のチョークポイント技術強化】

世界の半導体エコシステム／サプライチェーンを支える製造装置・材料分野について、有志国の海外ファウンドリとの共同技術開発等を通じて、チョークポイント技術を磨き上げ。
<経済安全保障上の戦略的不可欠性の強化>

(主な取組・施策) 半導体技術のグリーンイノベーション促進

【「グリーン成長戦略」関係事業】

● 次世代パワー半導体技術開発

省エネ化のコアとなるパワー半導体の技術開発。従来のSiパワー半導体の高性能化、高機能化に加えて、革新素材(SiC, GaN, Ga₂O₃)による次世代パワー半導体の性能向上と要素技術等を開発。

● 次世代グリーンデータセンタ技術開発 (Post Moore) 【再掲】

● 省エネエレクトロニクス事業

優れた材料特性を持ち、製造コストを抑えられる可能性があるGa₂O₃パワー半導体の開発。高度な自己制御機能を持ったインテリジェント・パワー半導体の開発。リソグラフィやエッチング等の性能を向上させる半導体製造装置や三次元積層関連の革新的技術開発。

● 光エレクトロニクス事業

光エレクトロニクスを用いた光電子変換チップ内蔵基板(光電子インターポーザ)技術を確立し、データセンタにおける省エネルギー化を実現。

● 次世代エッジコンピューティング技術開発・超分散グリーンコンピューティング技術開発

センシング技術とエッジコンピューティング技術の融合により、センサから出力されるデータ量を低減。データ処理をクラウドデータセンタとエッジサーバーに“最適”に分散するソフトウェア技術の開発。

● 次世代車載コンピューティング技術開発【再掲】

● カーボンニュートラル投資促進税制

化合物パワー半導体等の大きな脱炭素化効果を持つ製品の生産設備導入に対して、最大10%の税額控除又は50%の特別償却を新たに措置。

● その他(関係府省庁施策)

革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業(次世代パワーエレクトロニクスの回路制御システム開発)、革新的な省CO₂実現のための部材や素材の社会実装・普及展開加速化事業(GaNの社会実装に向けた支援)、SIP事業(IoE社会のエネルギーシステム)等【内閣府・総務省・文科省・環境省】

研究開発事業に係る技術評価書（事前評価）

事業名	省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業	
担当部署	経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 IoT推進部	
事業期間	2021年度～2025年度（5年間）	
概算要求額	2021年度（令和3年度）2,130（百万円）	
会計区分	エネルギー対策特別会計	
実施形態	経産省（交付） → 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（委託） → 民間企業等	
類型	研究開発プロジェクト	
事業目的	<p>近年、産業のIoT化や電動化が進展し、それを支える半導体関連技術の重要性が高まる中、従来から我が国が強みを持ち、かつ省エネルギー化の鍵になるエレクトロニクス製品（以下、「省エネエレクトロニクス製品」）が注目を集めており、世界各国で取組が強化されている。</p> <p>本事業では、我が国が保有する高水準の要素技術等を活用し、より高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで、飛躍的な省エネルギー化を実現します。また、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保することで、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤強化を目指す。</p>	
事業内容 (7ヶ化・7ヶ)	<p>新世代パワー半導体と半導体製造装置の高度化に向けた技術開発を実施する。</p> <p>(1) 新世代パワー半導体の開発 既に実用化が実現している次世代パワー半導体材料と比較して、優れた材料特性を持ち、製造コストを抑えられる可能性がある酸化ガリウムパワー半導体の開発。 大口径のシリコンパワー半導体に、AI等の機能を持たせることにより、ワンチップでありながらも、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体（インテリジェント・シリコンパワー半導体）の開発。</p> <p>(2) 半導体製造装置の高度化に向けた開発 半導体製造装置市場の中でも、特に市場規模が大きく、かつ我が国企業の競争力の維持・強化において重要なドライエッチング装置や露光装置、成膜装置（CVD等）の性能向上、ポストムーア時代において必要となる次世代製造装置等の革新的技術の開発。</p>	
研究開発目標(アウトプット目標)の指標		研究開発目標(アウトプット目標)
2023年度 (中間目標)	本事業で開発する技術の実用化に向けて、事業期間中に特許出願につながった成果の件数（国内特許出願件数）	8件
	公募時に設定した技術開発目標（中間目標）	具体的なスペックは公募時に設定
2025年度 (最終目標)	本事業で開発する技術の実用化に向けて、事業期間中に特許出願につながった成果の件数（国内特許出願件数）	16件
	公募時に設定した技術開発目標（最終目標）	具体的なスペックは公募時に設定
研究開発成果（アウトプット）の受け手		
パワー半導体メーカー、半導体製造装置メーカー、研究開発機関、大学等		
アウトカム指標		アウトカム目標
2030年度	本事業で開発した技術の実用化率 （開発した技術が実用化に至ったテーマ数／採択テーマ数）	30%以上（累計）

2035 年度	本事業で開発した技術の普及によるCO ₂ 削減量	276万t-CO ₂
外部有識者の所見【技術評価】		
<p>公募・採択に当たっては、本事業が既存の技術レベルをどれくらい凌駕するものであるのか、いつ頃までにどのような市場をリードしようとするものであるのかを明確にした上で、研究開発目標（アウトプット目標）やアウトカム目標を明確に、可能なら定量的に設定していただきたい。 〔第54回産業構造審議会評価ワーキンググループ〕</p>		
上記所見を踏まえた対処方針		
<p>外部有識者の所見を踏まえ、公募・採択の際には可能な限り定量的かつ具体的に研究開発目標やアウトカム目標を設定するとともに、将来の事業化目標もあらかじめ明確にする。</p>		

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

2021年3月5日
NEDO
IoT推進部

NEDO POSTにおいて標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
貴重なご意見をいただき、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間

2021年1月25日～2021年2月8日

2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>

計3件

3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
全体について（2件）		
<p>[意見1] 酸化ガリウムの幅広い結晶構造の薄膜形成や薄膜製造装置、微細加工技術について、我が国特有の先導研究を積極的に実施すべきと考える。</p> <p>[意見2] 酸化ガリウムのMOSFETを実現できるp型化技術やp型を必要としない高周波用途のHEMTの先導研究を積極的に実施すべきと考える。</p>	<p>[考え方と対応] 酸化ガリウムの先導研究については、いただきましたご意見も参考にして、今後、状況に即して検討して参ります。</p>	<p>[反映の有無と反映内容] 特になし</p>
(3) 研究開発の内容（1件）		
<p>[意見1] Siインテリジェントパワー半導体の後継となるSiCのインテリジェントパワー半導体の研究テーマを提案する。</p>	<p>[考え方と対応] SiCのインテリジェントパワー半導体の研究については、いただきましたご意見も参考にして、今後、状況に即して検討して参ります。</p>	<p>[反映の有無と反映内容] 特になし</p>

以上

●特許論文等リスト

テーマ名：酸化ガリウムパワー半導体の開発

【特許】

なし

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	(株)FLOSFIA	FLOSFIA、酸化ガリウムのリーク電流を抑制	EE Times Japan	2023/01

テーマ名：大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

【特許】

非公開版に記載

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Zaiqi Lou, Thatree Mamee, Katsuhiro Hata, Makoto Takamiya, Shin-ichi Nishizawa and Wataru Saito		IGBT Power Module Design for Suppressing Gate Voltage Spike at Digital Gate Control	IEEE Access, Vol11, 6632(2023)	有	2023/01
2	Kohei Horii, Katsuhiro Hata, Ruizhi		Large Current Output Digital Gate Driver Using Half-Bridge Digital-to-	Proc.ISPSD 2022, 293-296	有	2022/05

	Wang, Wataru Saito, Makoto Takamiya		Analog Converter IC and Two Power MOSFETs			
3	Jiuyang Yuan1*, Yoshiji Miyamura1, Satoshi Nakano1, Wataru Saito1, and Shin-ichi Nishizawa		The Study of Dislocation Propagation in Si Wafer during IGBT High Thermal Budget Process	The 8th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials (JSPS Si Symposium)	有	2022/11
4	Jiuyang Yuan, Yoshiji Miyamura, Wataru Saito, and Shin-ichi Nishizawa		The Study of Dislocation Propagation in Si Wafer during IGBT High Thermal Budget Process	7 th EDTM, March	有	2023/03
5	Dibo Zhang, Kohei Horii, Katsuhiro Hata, Makoto Takamiya		Digital Gate Driver IC with Fully Integrated Automatic Timing Control Function in Stop-and-Go Gate Drive for IGBTs	APEC2023,	有	2023/03
6	Kohei Horii, Hiroki Yano, Katsuhiro Hata, Ruizhi Wang, Kazuto Mikami, Kenji Hatori, Koji Tanaka, Wataru Saito, and Makoto Takamiya		Large Current Output Digital Gate Driver for 6500 V, 1000 A IGBT Module to Reduce Switching Loss and Collector Current Overshoot	IEEE Transaction on Power Electronics	有	2023/03

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	張 狄波・堀井康平・畑 勝裕・高宮 真	東京大学	Design of Real-Time Automatic Timing Control Digital Gate Driver IC to Adapt to Changing Operating Conditions	令和 4 年度電気学会全国大会	2022/03
2	矢野 広気、畑勝裕、高宮 真	東京大学	ゲート波形モニタによるパワーモジュール内のボンディングワイヤ剥がれの検出	電気学会 産業応用部門大会	2022/09
3	野村昌弘, 森時彦, 桜井貴康	東京大学	ターボ・サンプリング：MCU 制御システムにおける内蔵 ADC を用いたサンプリングレートの高速化技術	電子情報通信学会ソサイエティ大会	2022/09
4	Lou Zaiqi, Thatree Mamee, 畑勝裕, 高宮真, 西澤伸一, 齋藤 渉	東京大学、九州大学	デジタルゲートドライバー用パワーモジュールの設計検証、	電気学会電子デバイス・産業応用合同研究会	2022/12
5	袁九洋, 宮村佳 兒, 齋藤 渉, 西澤伸一	東京大学、九州大学	パワーデバイス熱負荷工程プロセスがウェア品質に及ぼす影響の数値解析	電気学会電子デバイス・産業応用合同研究会	2022/12
6	野村昌弘, 森時彦, 桜井貴康	東京大学	ゲート電圧の観測によるパワーデバイスの熱時定数の導出手法	第 70 回応用物理学会春季学術講演会	2023/03
7	Shin-ichi NISHIZAWA,	九州大学	Recent Progress of scaled Si-IGBT and related technologies	IEEE 6th ICEE,	2022/12
8	Makoto Takamiya	東京大学	Gate Driving and Gate Sensing ICs Enabling Low-Loss, Low-Noise, and Highly Reliable Power Electronics Systems	IEEE CICC 2023	2023/04

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	東京大学	世界初：パワー半導体を省エネに操る IC チップ —自動波形変化ゲート駆動 IC チップにより、エネルギー損失を 49%低減	日刊工業新聞、日刊産業新聞、化学工業日報など	2023/3

テーマ名：半導体製造装置の高度化に向けたスマート検査加工技術の開発

【特許】

非公開版に記載

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b)新聞・雑誌等への掲載

なし

テーマ名：低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質装置の開発

【特許】

非公開版に記載

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	甲斐裕章 他	日新イオン機器 (株)	Development of ultra-high-current implanter for material modification process in next era devices	MRS Advances volume 7, pages 1248-1252 (2022)	有	2023/02

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	甲斐裕章 他	日新イオン機器 (株)	Newly Developed Ion Doping System for Material Modification of Advanced Devices	23rd International Conference on Ion Implantation Technology, IIT 2022	2022/09

(b)新聞・雑誌等への掲載

なし

テーマ名：高精度アライメント計測システムの研究開発

【特許】

なし

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b)新聞・雑誌等への掲載

なし

テーマ名：次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発

【特許】

なし

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b)新聞・雑誌等への掲載

なし

テーマ名：3D インテグレーション研究開発

【特許】

非公開版に記載

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b)新聞・雑誌等への掲載

なし

テーマ名：三次元積層関連の革新的な後工程用露光装置の研究開発

【特許】

非公開版に記載

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b) 新聞・雑誌等への掲載

なし

テーマ名：直描露光機に関する高解像度化開発

【特許】

なし

【論文】

なし

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

なし

(b) 新聞・雑誌等への掲載

なし

2. 分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた 技術開発事業」(中間評価)

2021年度～2025年度 5年間

プロジェクトの概要 (公開版)

2023年 6月20日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

IoT推進部

継続

省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業

IoT推進部

PMgr: 野村 重夫 主査

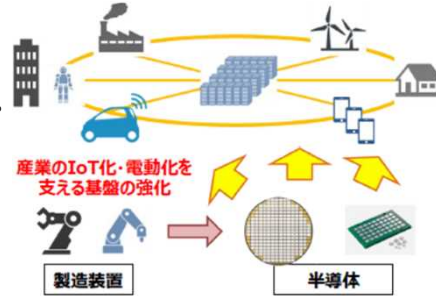
関連する技術戦略: パワーエレクトロニクス
半導体・デジタル産業戦略

プロジェクト類型: 標準的研究開発



プロジェクトの概要

- ✓ 産業のIoT化や電動化が進展、それを支える半導体関連技術の重要性が高まる中、従来から我が国が強みを持ち、かつ省エネルギーの鍵になるエレクトロニクス製品(以下、「省エネエレクトロニクス製品」)が注目を集めており、世界各国で取組が強化されている。
- ✓ 我が国が保有する高水準の要素技術等を活用し、より高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで、飛躍的な省エネルギー化を実現。また、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保することで、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤強化を目指す。



- ①新世代パワー半導体の開発
 - ・酸化ガリウムパワー半導体
 - ・大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体
- ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

既存プロジェクトとの関係

<NEDO事業>

『低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト』(2010~2019年度)
: 新構造シリコンパワー半導体(スケーリングIGBT)開発

『SIP/次世代パワーエレクトロニクス』(2014~2018年度)
: パワー半導体向け酸化ガリウムの研究開発

『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』(2021~2030年度)
: 次世代パワー半導体デバイス製造技術開発
: 次世代パワー半導体に用いるウエハ技術開発

『ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業(基金)』(2021年度~)

想定する出口イメージ等

アウトプット目標	<ul style="list-style-type: none"> ・新世代パワー半導体及び半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立<中間目標> ・新世代パワー半導体及び特定用途向け半導体製造装置が実用化可能なレベルであることを実証する<最終目標> ・事業期間中に特許出願につながった成果の件数: 国内特許出願件数16件
アウトカム目標	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業で開発した技術の実用化率: 30%以上 (2030年度) ※開発した技術が実用化に至ったテーマ数/採択テーマ数 ・約1,440万t/年のCO₂削減 (2035年度において)
出口戦略	<ul style="list-style-type: none"> ・新世代パワー半導体の開発: 開発した酸化ガリウムパワー半導体、大口径インテリジェントパワー半導体をプロジェクト終了後5年以内に実用化 ・半導体製造装置の高度化開発: 開発した半導体製造装置をプロジェクト終了後5年以内に市場投入予定 ・国際標準化提案: 無 ・第三者提供データ: 無
グローバルポジション	<ul style="list-style-type: none"> ・新世代パワー半導体: プロジェクト開始時: LD→プロジェクト終了時: LD ・半導体製造装置: プロジェクト開始時: DH→プロジェクト終了時: LD (DH: Dead heat, LD: Leading)

事業計画

- ・期間: 2021~2025年度(5年間)
- ・総事業費(NEDO負担分): 102.8億円(委託)
- ・2023年度政府予算額: 26.5億円(需給)

<研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
研究開発項目①	新世代パワー半導体の開発					
研究開発項目②	半導体製造装置の高度化に向けた技術開発					
評価時期			中間評価			事後評価
予算(億円)	20.5	25.8	26.5	15.0	15.0	

報告内容



ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義（副次的成果及び波及効果）
- 特許出願及び論文発表

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究開発のスケジュール/目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

4. 目標及び達成状況(詳細)

<評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

報告内容



ページ構成

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

4. 目標及び達成状況(詳細)

事業の背景・目的・将来像

- 近年、産業のIoT化や電動化が進展し、それを支える半導体関連技術の重要性が高まる中、我が国が強みを持ち、かつ省エネルギー化に寄与するエレクトロニクス技術に対して注目が集まり、諸外国も取組を強化し始めている。
- 我が国が保有する高水準の要素技術等を活用し、より高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで、飛躍的な省エネルギー化を実現する。また、安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保することで、省エネエレクトロニクス製品の製造基盤強化を目指す。

① 新世代パワーデバイスの開発

【酸化ガリウムパワーデバイス】

現時点で日本が圧倒的優位に立ち、
今後市場の立ち上がりが期待される分野
＜2021年は実験室レベル＞

将来像

【酸化ガリウムパワーデバイス】

他国が追いつく前に、早期に製品化を
実現し、市場投入・獲得を目指す。
＜事業化で省エネに貢献＞

【シリコンパワーデバイス（300mm）】

従来より日本が強みを有するが、
量産技術で後れを取りつつある分野
＜2021年 海外の一部企業で量産化＞

将来像

【シリコンパワーデバイス（300mm）】

スケーリングIGBT等を活用することで、
差別化を図り、市場シェア獲得を目指す。
＜日本特有技術で海外トップ企業と差別化＞

事業の背景・目的・将来像

② 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

【半導体製造装置】

従来より日本が強みを有するが、シェアが縮小しつつある分野

将来像

【半導体製造装置】

半導体製造装置の革新的な技術開発を進めることにより、日本が有する特徴的な要素技術を製品に適用し、海外トップ企業との差別化を図ることにより、市場シェアの拡大を目指す。



改質装置



貼り合わせ装置

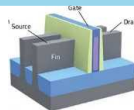


新材料形成装置

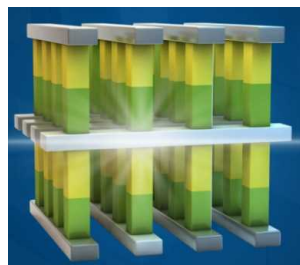
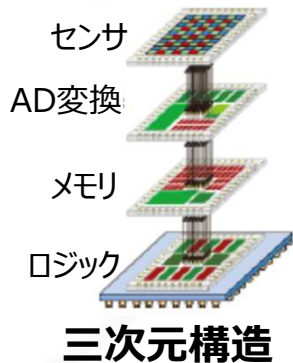


アライメント装置

① 微細化



② 新材料や新構造の導入



新材料のメモリ

③ 半導体製造における劇的な歩留まり向上

【開発ターゲット】

ハイリスク・ハイリターン な先進市場開拓

市場規模&成長率（大）の分野



国内企業が技術的強み・蓄積から
解決見通し有



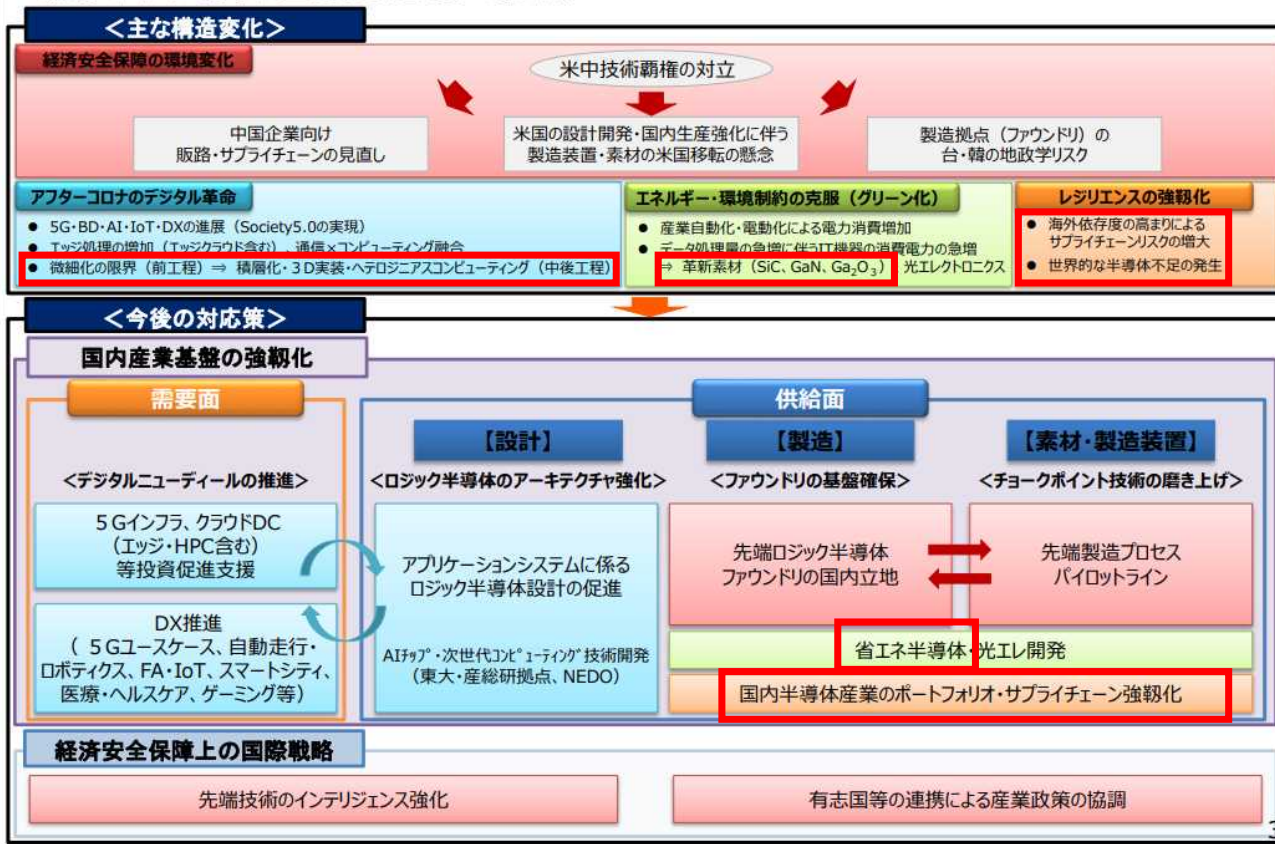
- ①ゲームチェンジが起こる市場
- ②チョークポイントとなる戦略上、重要な装置



政策・施策における位置づけ

METI半導体・デジタル産業戦略（抜粋）

我が国半導体産業を巡る全体像



半導体技術のグリーンイノベーション促進（抜粋）

【「グリーン成長戦略」関係事業】

● 次世代パワー半導体技術開発

省エネ化のコアとなるパワー半導体の技術開発。従来のSiパワー半導体の高性能化、高機能化に加えて、革新素材(SiC, GaN, Ga₂O₃)による次世代パワー半導体の性能向上と要素技術等を開発。

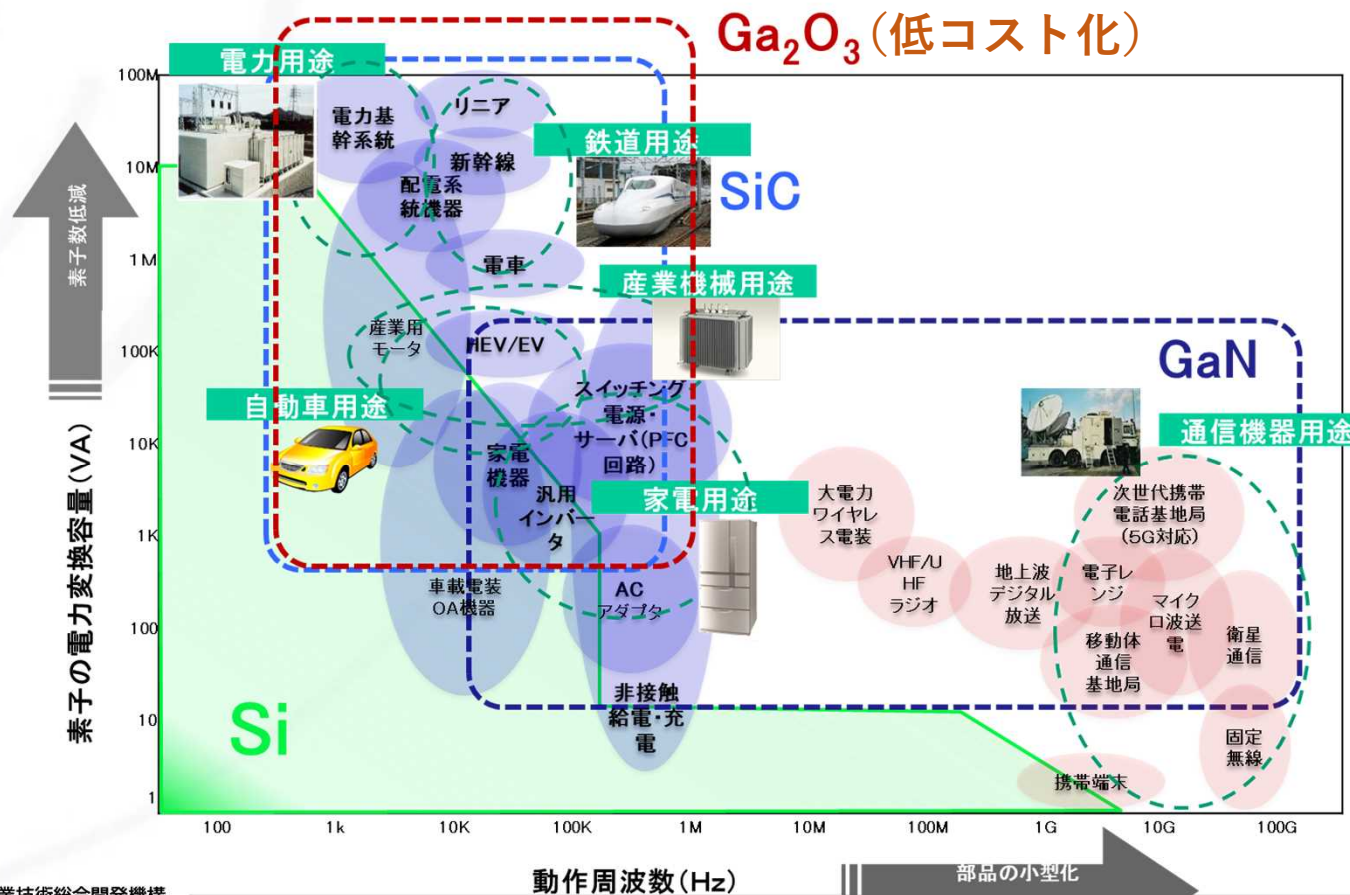
● 次世代グリーンデータセンタ技術開発 (Post Moore) 【再掲】

● 省エネエレクトロニクス事業

優れた材料特性を持ち、製造コストを抑えられる可能性があるGa₂O₃パワー半導体の開発。高度な自己制御機能を持ったインテリジェント・パワー半導体の開発。リソグラフィやエッチング等の性能を向上させる半導体製造装置や三次元積層関連の革新的技術開発。

技術戦略上の位置づけ

Si、SiC、GaN、Ga₂O₃の棲み分けイメージ

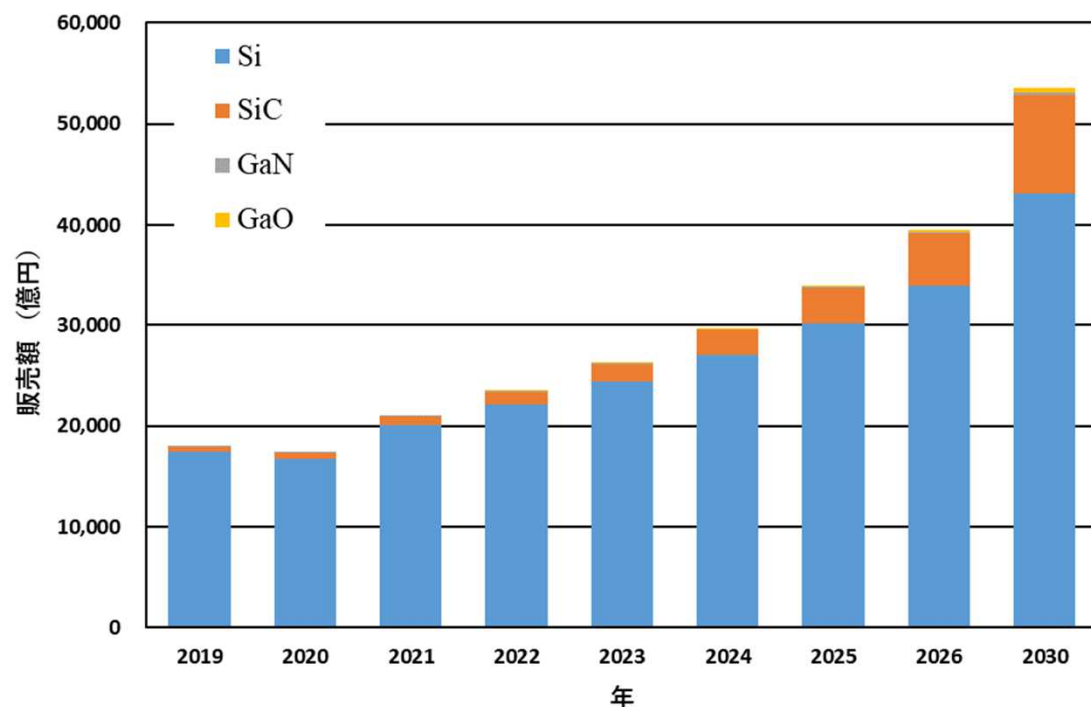


国内外の動向と比較

①新世代パワー半導体の開発
酸化ガリウムパワー半導体の開発

- パワーデバイス市場は、継続してSiパワーデバイス中心に成長

パワーデバイス全体（パワーIC）



- MOSFETやIGBTモジュールなどのシリコンパワーデバイスは、中国市場の拡大や自動車・電装分野などの需要増加によって、市場が大きく拡大している。
- SiCパワーデバイスは、サーバ電源、太陽光発電、充電インフラなど、需要は増加傾向にある。

(出典) 富士経済HP (パワー半導体2030年市場予測 (2022年))

国内外の動向と比較

①新世代パワー半導体の開発
酸化ガリウムパワー半導体の開発

- SiCやGaNの基板（ウェハ）製造コストは、Siと比べて極めて高価。
- 2010年代に、SiCやGaNを上回る材料特性を持ち、将来的に製造コストをSiに近い水準まで下げられる見込みのある酸化ガリウム（Ga₂O₃）パワー半導体が出現。

パワー半導体材料の特性比較

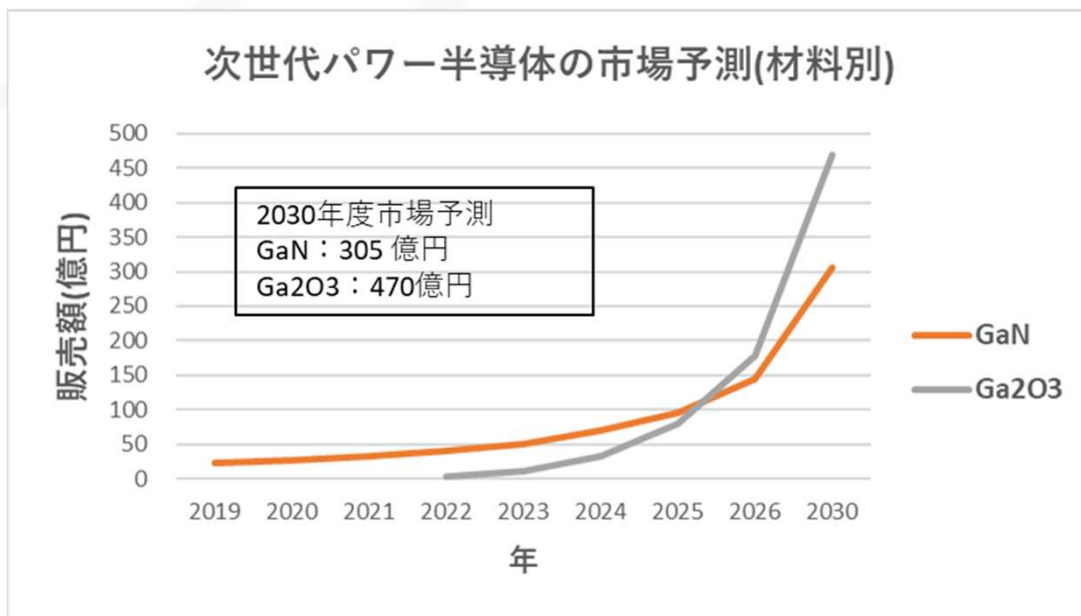
	シリコン (Si)	炭化ケイ素 (SiC)	窒化ガリウム (GaN)	酸化ガリウム	
				β-Ga ₂ O ₃	α-Ga ₂ O ₃
高耐圧製品の状況	量産中	量産中	開発中	開発着手	今後開発着手
オン抵抗	やや高い	低い	低い	極めて低い	極めて低い
絶縁破壊電界 (MV/cm)	0.3	2.8	3.5	7	10(推定)
熱伝導率 (W/cm/K)	1.5	4.9	2	0.1~0.3	低い
基板コスト (円/cm ²)	100以下 (1倍)	1,500以上 (15倍以上)	40,000以上 (400倍以上)	数百 (数倍)	数百 (数倍)
バンドギャップ (eV)	1.1	3.3	3.4	4.5	5.3

(出典) 福田昭のセミコン業界最前線 (PC Watch) 等の情報を基に、経済産業省にて作成。

国内外の動向と比較

①新世代パワー半導体の開発 酸化ガリウムパワー半導体の開発

- パワー半導体向け酸化ガリウムの研究開発は、日本（京大・FLOSFIA、NICT・タムラ製作所）発。
研究開発段階の現時点では、日本が他国に対して圧倒的な優位性を維持。
- 他方で、論文数の指数関数的な増加など、**海外からの注目度が急上昇**している。
- 酸化ガリウムの市場は今後拡大が予想され、**早期に製品化、市場投入/獲得を図ることが求められる。**



国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

(出典) 富士経済HP (パワー半導体2030年市場予測 (2022年))

酸化ガリウムに関する研究論文数の推移

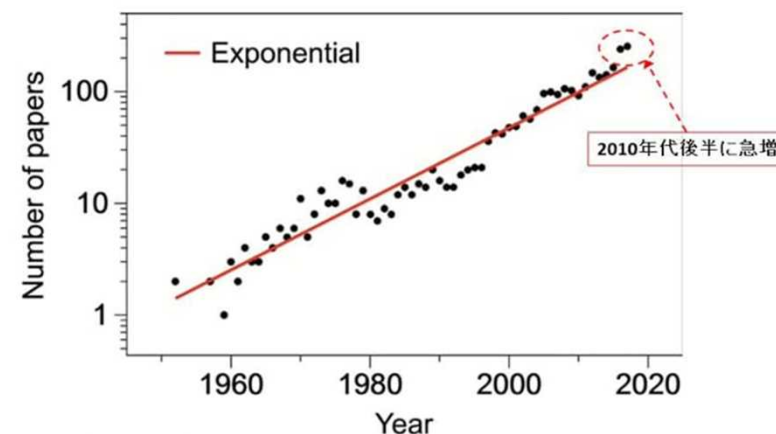


FIG. 1 Number of publications Ga₂O₃ as a function of time. Data from the ISI Web of Knowledge search engine and was collated by Dr. Marko Tadjer of Naval Research Laboratory. The data were then plotted and supplied by courtesy of Dr. Lucas Lucas, EPSRC Early Career Fellow and Senior Lecturer in Applied Mathematics, Queen Mary University of London (<http://www.asafix.qmul.ac.uk/~lucas/matrix.html>).

出典: Gallium Oxide, Technology, Devices and Applications, preface p.2, 2019

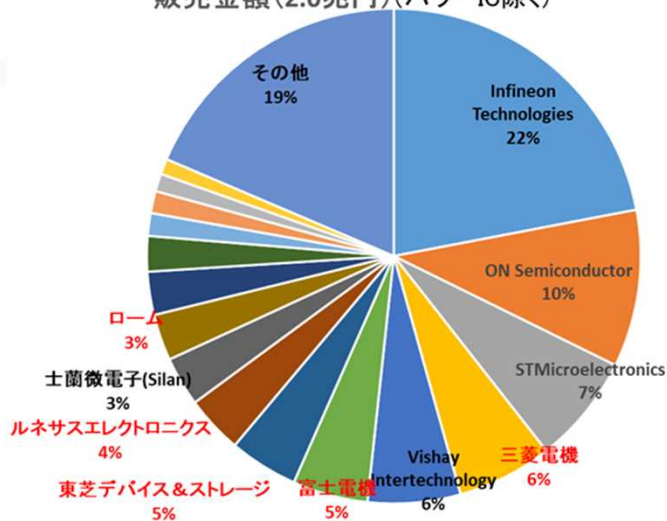
2019 Copyright by Akira Fukuda. All rights reserved.

国内外の動向と比較

①新世代パワー半導体の開発 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

- 業界のリーダーであるインフィニオンテクノロジーズ（独）が、M & A 等を通じて市場シェアを拡大するとともに、300mmウェハのシリコンパワー半導体の量産を開始。
- 海外各社も追随。日本企業も検討を本格化。

Siデバイス(メーカー別2021実績)
販売金額(2.0兆円)(パワーIC除く)



(出典) 富士経済HP (パワー半導体市場予測 (2022年))

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

企業名	シェア (2021年度)	拠点	投資計画など (公開情報より)
Infineon Technologies	22%	オーストリア・フィラッハ	2021年9月300mmウェハ製造工場の操業開始。
		ドイツ・ドレスデン	300mmウェハ製造工場を新設。2026年秋の生産拡大を予定。
ON Semiconductor	10%	アメリカ・ニューヨーク州	GlobalFoundriesから300mmウェハ製造工場を買収。
STMicroelectronics	7%	フランス・クロル	300mmウェハ製造工場を新設。2026年までに年間最大62万枚生産予定。
三菱電機	6%	福山	シャープから工場を買い取り、2024年度に300mmウェハの製造開始予定。
東芝デバイス&ストレージ	5%	加賀東芝エレクトロニクス	300mmウェハ製造工場を2024年度までに新設。2022年度比約2.5倍の生産規模を目指す。
ルネサスエレクトロニクス	4%	甲府	300mmウェハ製造工場として再稼働。生産能力2倍を見込む。

国内外の動向と比較

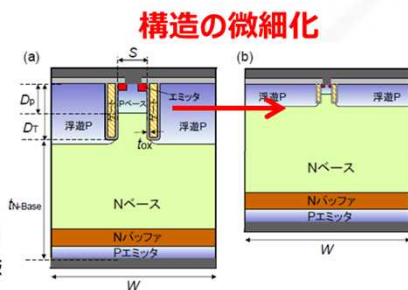
①新世代パワー半導体の開発 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

- 300mmウェハの量産で先行した欧州勢だが、現時点では、200mmプロセスと同じ構造の半導体を300mmプロセスで製造しているのみ。コスト低減にはなるものの、「構造の微細化」等は、活用できていない。
- 我が国が保有する新構造のシリコンパワー半導体（スケーリングIGBT）を活用すれば、パワー半導体と同一チップ上に、その制御を行うデジタル回路を混載し、パワー半導体の動作の自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体（大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体）を実現できる可能性がある。

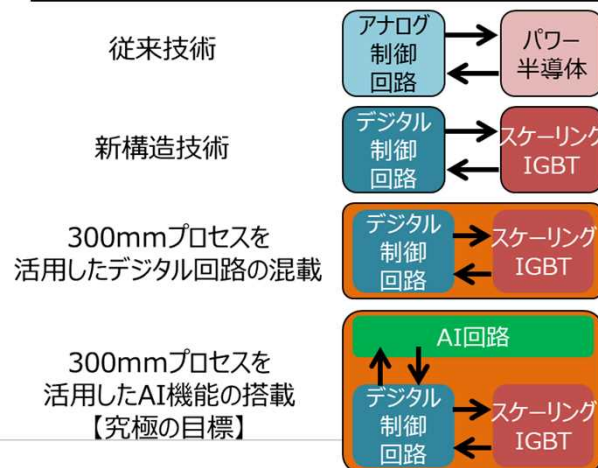
新構造技術（スケーリングIGBT）の概要

デバイス構造の微細化により、**デバイスの動作に必要な駆動電圧を数分の1（図では1/3）に低減。**

→ 従来の高電圧に対応したアナログ回路ではなく、**デジタル回路による制御が可能。**



大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体



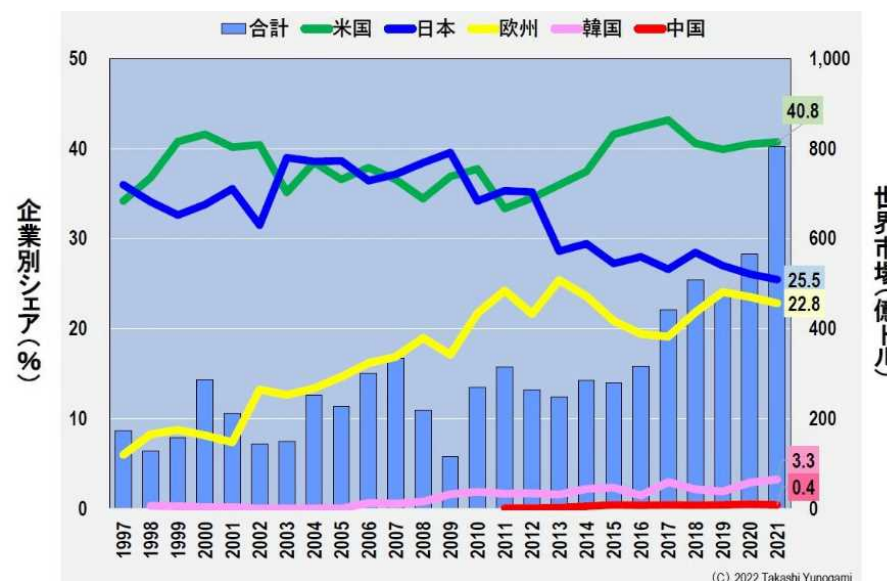
国内外の動向と比較 ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

- 我が国には、半導体の製造に不可欠な製造装置産業が一定程度存在。
- 前工程半導体製造装置の地域別の日本シェアは、2013年以降に低下傾向。



日系シェア	
塗布装置	約9割
CVD装置	約3割
エッチング装置	約3割 等

(出典) 野村證券のデータを基にNEDO作成
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

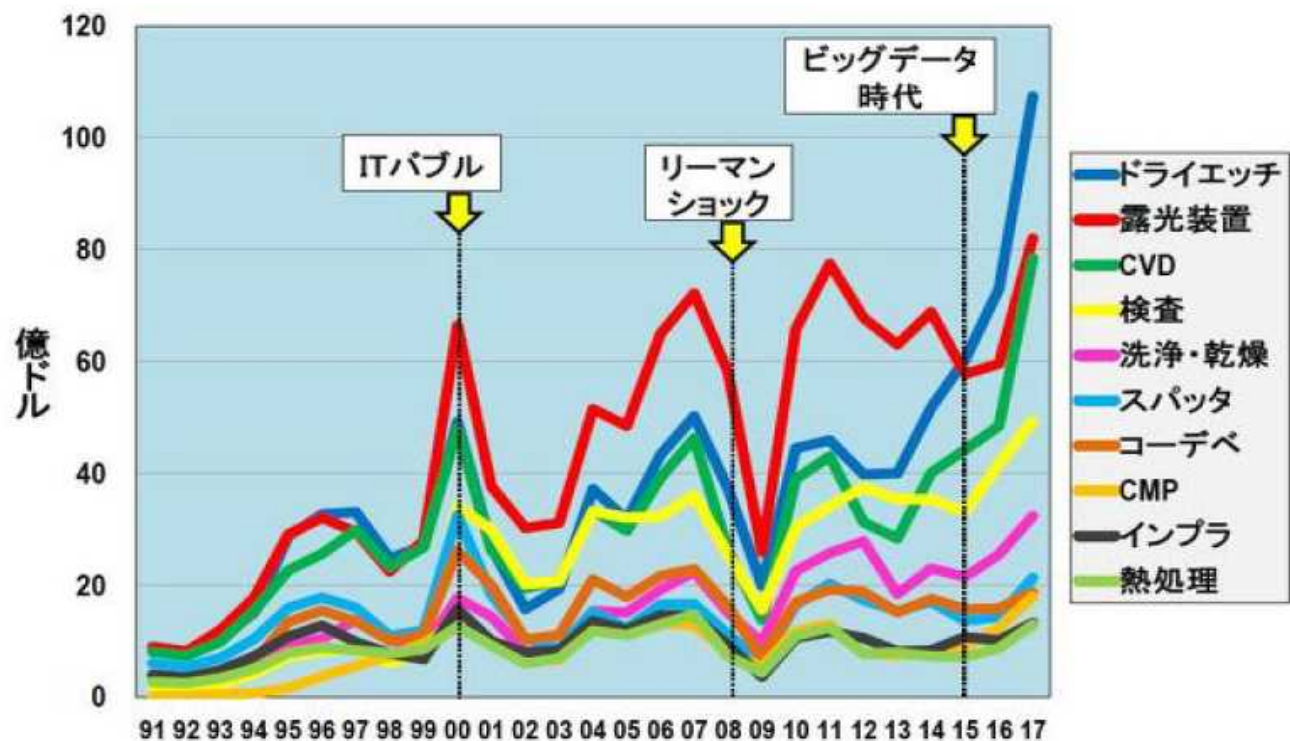


前工程装置の出荷額と地域別シェアの推移 (～2021年)

(出典) 湯之上隆 (微細加工研究所), EE Times Japan (2022年8月19日)

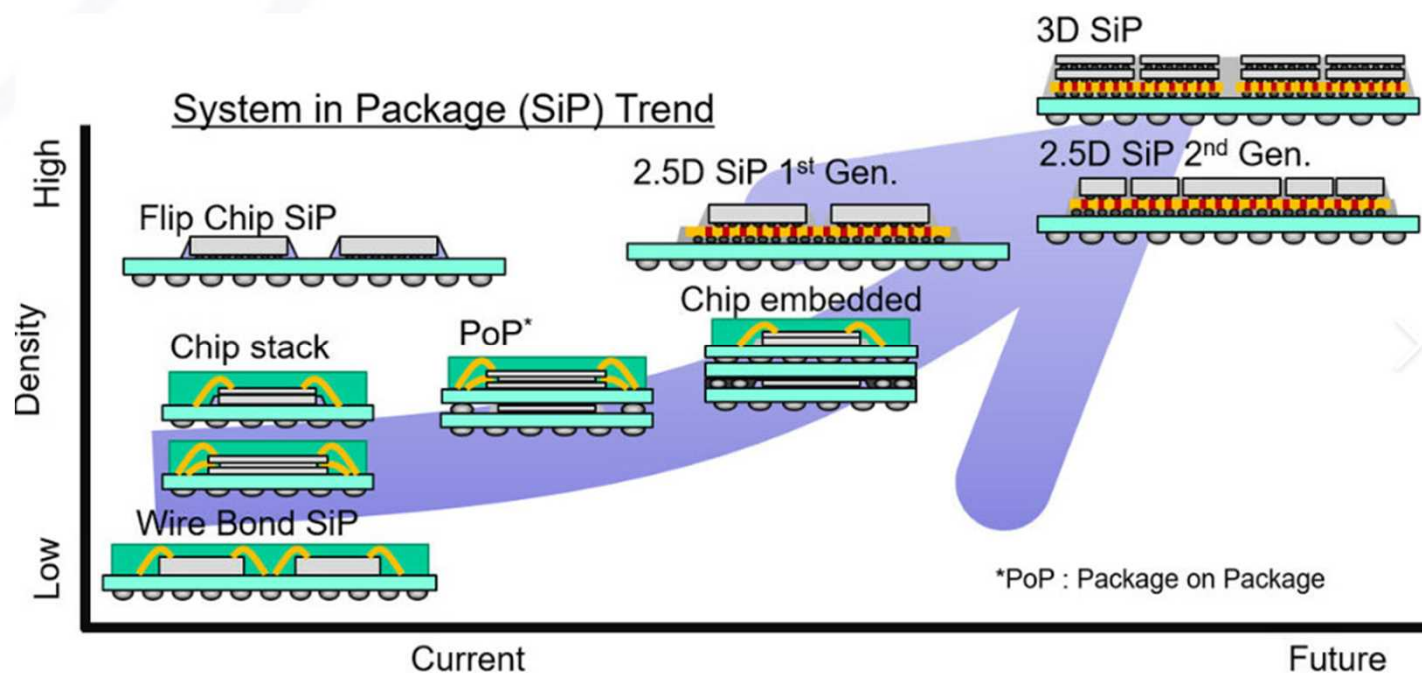
国内外の動向と比較 ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

- 半導体製造装置市場は、特に**ドライエッチング装置や露光装置、CVD関連の市場規模が大きい。**
- これらの技術開発をさらに加速させ、我が国企業の国際競争力を確保し続ける必要がある。



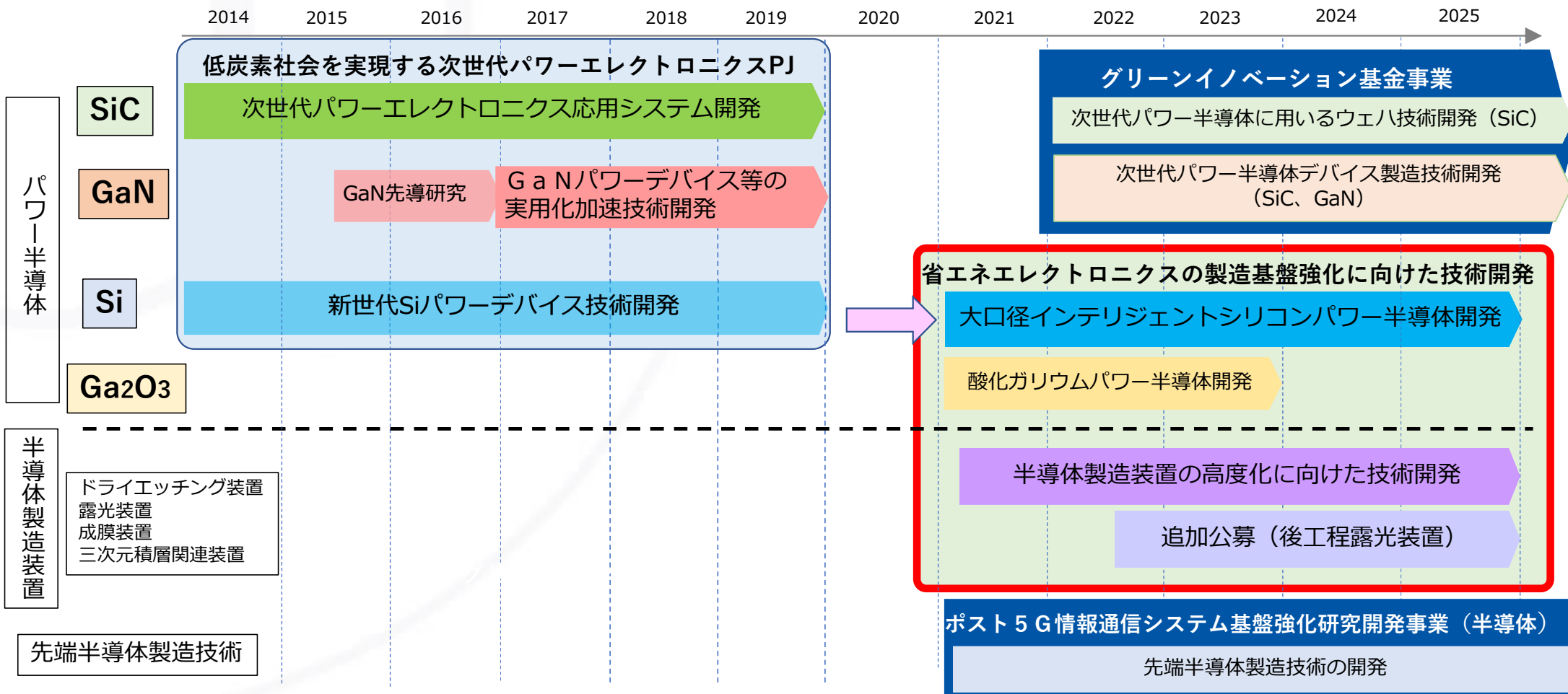
国内外の動向と比較 ②半導体製造装置の高度化に向けた技術開発

- ムーアの法則の終焉が叫ばれ、半導体デバイスの微細化に大きな進展が見込めない中、半導体構造を三次元化することで性能向上を図る動きが出てきている。
- 後工程における貼り合わせ技術をはじめとする三次元積層関連等の革新的技術開発の要求が高まっている。



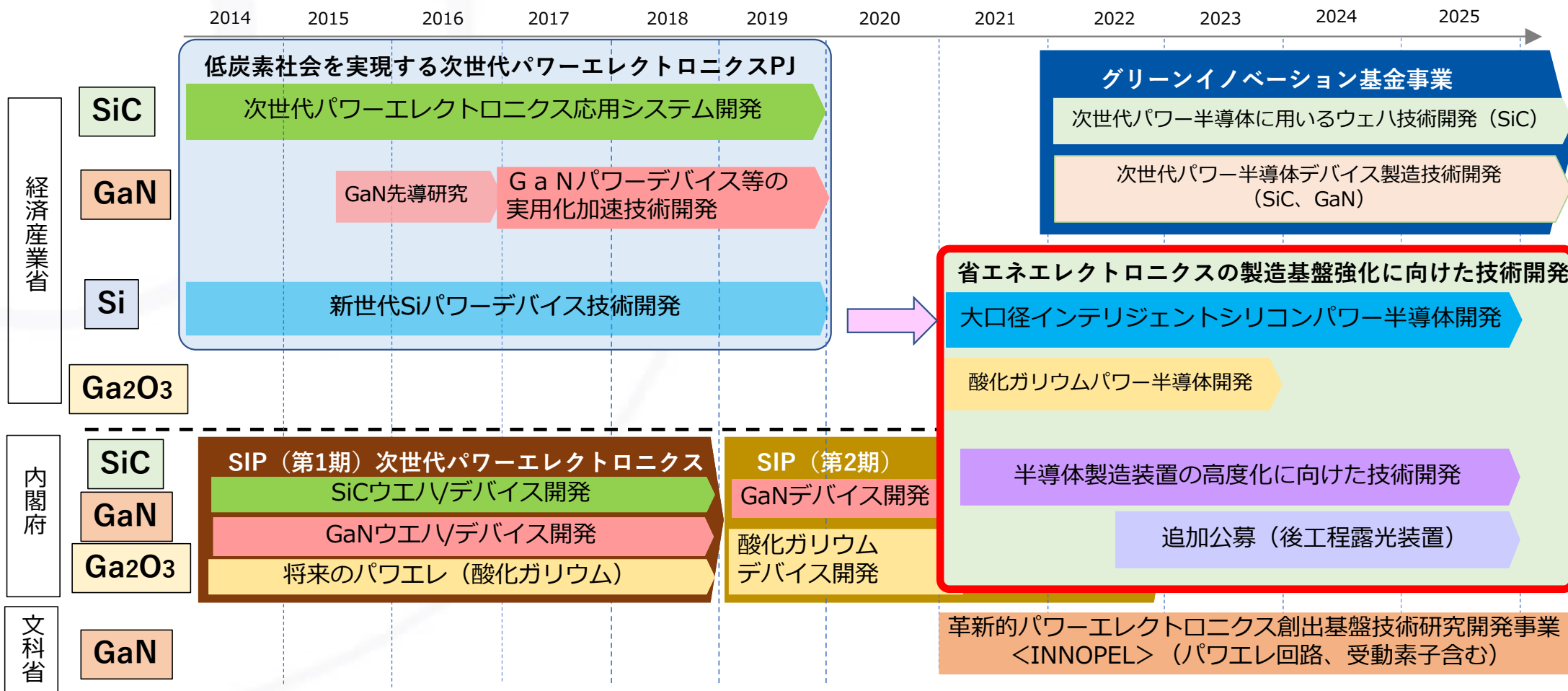


他事業との関係（METI関連）

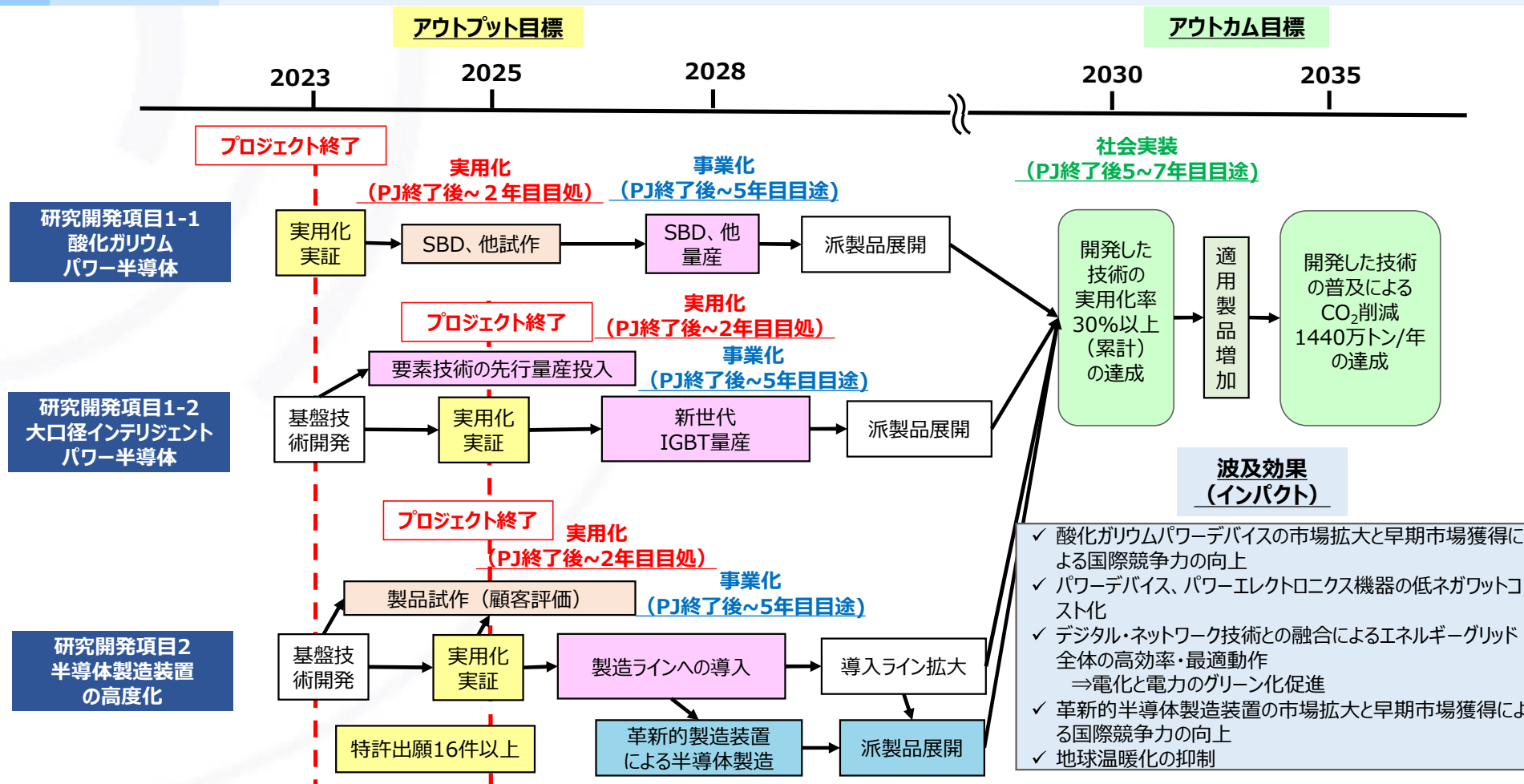




他事業との関係（パワエレ関連）



アウトカム（社会実装）達成までの道筋（全体）



知的財産・標準化戦略

● 基本的考え方

- ▶ 特許に関しては国際的視野に立って戦略的に主導権を取るべく、積極的に国内・海外ともに出願することを基本とする。
- ▶ ただし、以下の場合、数々の成果技術について公開されることによるデメリットの方が大きいと判断し、戦略的に特許取得を見送り、ノウハウとして秘匿する場合がある。
 - ✓ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域
 - ✓ 事業開始前に重要要素技術に関する強力な特許網構築済みの技術領域
 - ✓ 製品を分解しても解明不能な技術に関する技術領域（材料・プロセス等）
 - ✓ 半導体製造装置のコアパーツ
- ▶ 互換性確保のため、各種デバイスやモジュールのインターフェース仕様に関しては、標準化を推進する。

	非競争領域	競争領域
公開	新世代パワー半導体のインターフェース仕様 ⇒標準化の推進	新世代パワー半導体技術全般 半導体製造装置の高度化技術全般 ⇒積極的に国内・海外とも出願
非公開	—	・基本特許取得済みの技術領域 ・特許網構築済みの技術領域 ・分解しても解明不能な技術領域 ・半導体製造装置のコアパーツ ⇒ノウハウとして秘匿

知的財産管理

➤ 知的財産権の帰属

産業技術力強化法第17条第1項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属

➤ 知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項

共同提案テーマについては、NEDO知財方針で記載された「全実施機関で構成する知財委員会」の機能を兼ねた運営委員会を整備し、「知財の取り扱いに関する合意書」に準拠した項目を有する共同開発契約を締結する。

➤ データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項

NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成

<評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

4. 目標及び達成状況(詳細)

ページ構成

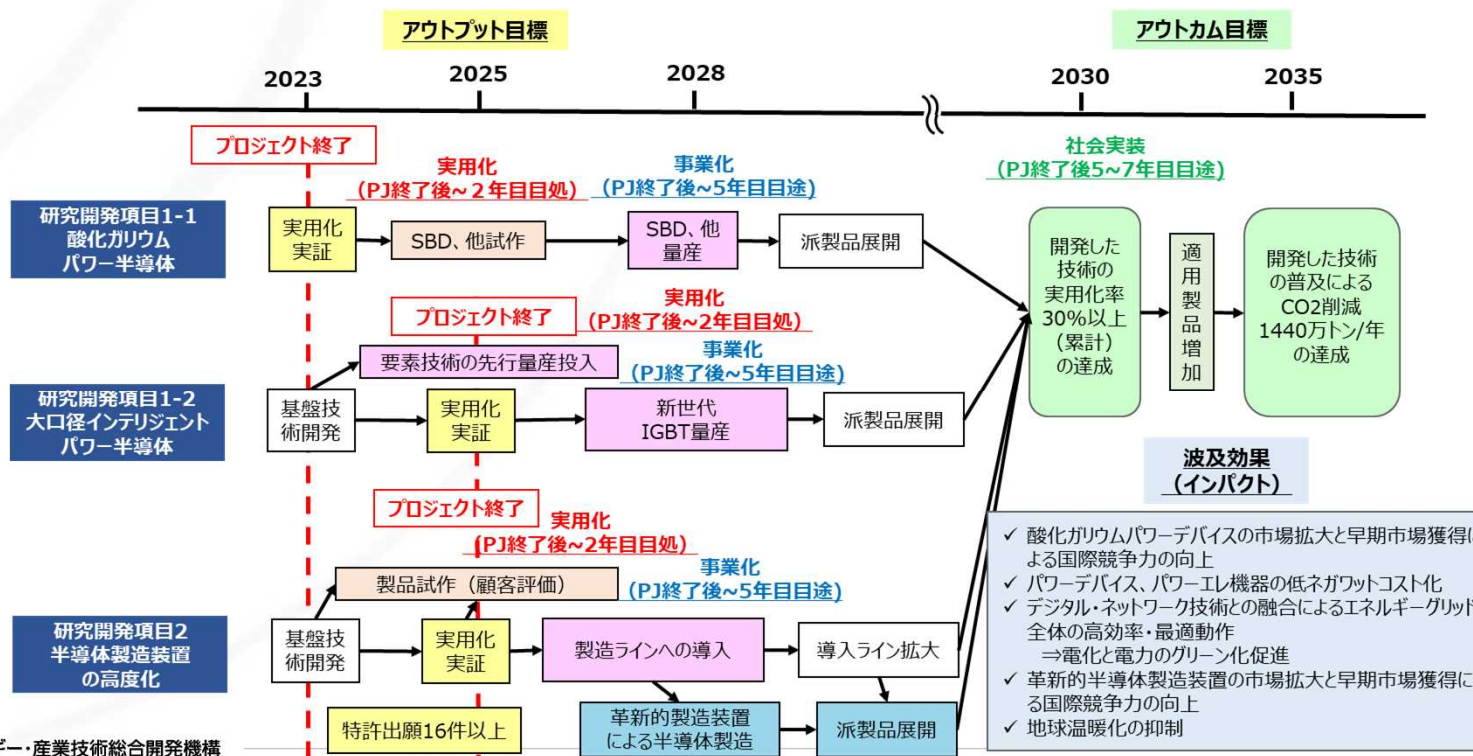
- アウトカム目標の設定及び根拠
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方
- アウトカム目標の達成見込み
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義（副次的成果及び波及効果）
- 特許出願及び論文発表

アウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標	根拠
<p>本事業で開発した技術の実用化率（※）： 30%以上（2030年度）</p> <p>※開発した技術が実用化に至ったテーマ数／採択テーマ数</p>	<p>NEDOにおいては、通常の研究開発事業の実用化達成率の目標を、事業終了後5年経過後の時点で25%以上と設定しているが、日本企業が有する高水準の要素技術の市場導入を加速させる必要があることを踏まえ、事業終了後5年経過後の時点での実用化達成率を30%以上と設定する。</p>
<p>本事業で開発した技術の普及によるCO₂削減量： 1,440万t（2035年度）</p>	<p>対象としたアプリケーション</p> <ul style="list-style-type: none"> ①次世代パワー半導体：国内HV, EV, PHV、サーバー ②リソグラフィ、エッチング装置、成膜装置： スマートフォン、半導体工場、国内データセンター ③三次元積層関連装置： 国内データセンター、サーバー、スマートフォン、半導体製造装置

本事業における「実用化・事業化」の考え方

用語	定義 (「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき作成)
実用化	当該研究開発に係る <u>試作品・装置等</u> の社会的利用(顧客への提供等)が開始されること
事業化	当該研究開発に係る <u>商品・製品等</u> の販売や利用により、 <u>企業活動(売り上げ等)</u> に貢献すること



アウトカム目標の達成見込み

- 実施計画に沿って順調に進捗しており、計画通りのアウトカム目標達成を見込んでいる

アウトカム目標	製品イメージ	達成見込み
<p>本事業で開発した技術の実用化率（※）： 30%以上（2030年度）</p> <p>※開発した技術が実用化に至ったテーマ数／採択テーマ数</p>	<p>日本が強みを有する省エネエレクトロニクス技術に基づく</p> <p>【研究開発項目 1 - 1】 酸化ガリウムパワー半導体</p> <p>【研究開発項目 1 - 2】 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体</p>	<p>【研究開発項目 1 - 1】 2025年度までに実用化達成見込み ⇒プロトタイプを試作にて基本動作を確認済み</p> <p>【研究開発項目 1 - 2】 2023年度に要素技術を先行して実用化済み</p> <p>【研究開発項目 2】 2025～2027年度までに実用化達成見込み ⇒重ね合わせ精度向上、高精度アライメント計測、検査加工技術、低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質、次世代不揮発性メモリ向け成膜、三次元積層関連の後工程用露光、直描露光機の高解像度化</p>
<p>本事業で開発した技術の普及によるCO₂削減量： 1,440万t（2035年度）</p>	<p>【研究開発項目 2】 高度化された半導体製造装置の創出</p>	<p>に関する技術開発が順調に進展</p>

【参考】アウトカム達成までの個別イメージ

各研究開発項目の社会実装時期			2023年度～	2025年度～	2027年度～		
①新世代 パワー 半導体	酸化 ガリ	FLOSFIA	研究 開発	最終 目標	実用化検証	SBD、他 量産	
	大口径Si	九大、東芝D&S、 東大	300mmMOS 量産	最終 目標	実用化検証	新世代IGBT 量産	
②半導体製造装置		日立製作所	研究 開発	最終 目標	実用化検証	スマート検査 装置量産	
		日新イオン機器	研究 開発	最終 目標	実用化検証	大電流イオン 注入装置量産	
		ニコン	研究開発	最終 目標	実用化検証	高精度アライ メント装置量産	
		キャノン アネルバ	中間 目標	実用化検証	最終 目標	次世代不揮発メモ リ成膜装置量産	
		東京 エレクトロン	中間 目標	実用化検証	最終 目標	3次元ウェハー ボンダー 装置量産	
		オーク製作所			最終 目標	実用化検証	ダイレクト露光装置量産 (解像性と生産性の両立)
		SCREENセミコンダ クターソリューションズ			最終 目標	実用化検証	高解像度 直描露光機量産

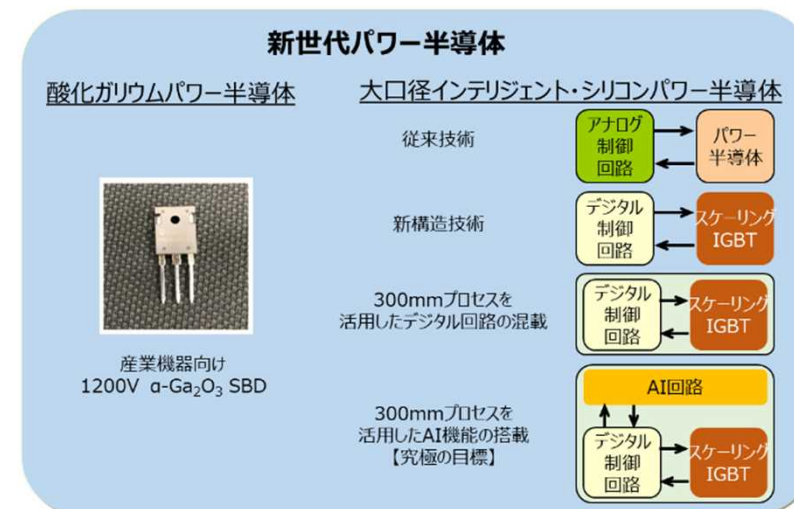
費用対効果

- プロジェクト費用の総額（予定）
 - 102.8億円 (2021年度～2025年度事業費計)
- 売り上げ予測（実施者計画 積み上げ値）
 - パワー半導体 14,135億円 (2024年度～2030年度計)
 - 半導体製造装置 3,863億円 (2024年度～2030年度計)
- 効果（目標）
 - 技術の実用化率*1 30%以上 (2030年度)
*1 開発した技術が実用化に至ったテーマ数/採択テーマ数
 - CO₂削減効果*2 1,440万 t (2035年度)
*2 対象としたアプリケーション
 - ①次世代パワー半導体 : 国内HV, EV, PHV、サーバー
 - ②リソグラフィ、エッチング装置、成膜装置 : スマートフォン、半導体工場、国内データセンター
 - ③三次元積層関連装置 : 国内データセンター、サーバー、スマートフォン、半導体製造装置

アウトプット（研究開発成果）のイメージ

- 中間目標：新世代パワー半導体及び半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立

アウトプット 目標	<p><中間目標></p> <ul style="list-style-type: none"> ・新世代パワー半導体及び半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立する
	<p><最終目標></p> <ul style="list-style-type: none"> ・新世代パワー半導体及び特定用途向け半導体製造装置が実用化可能なレベルであることを実証する ・事業期間中に特許出願につながった成果の件数：国内特許出願件数16件以上



アウトプット(中間)目標の設定及び根拠

研究開発項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
研究開発項目1-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発			中間 評価	中間 ／ 最終 目標		終了 時 評価
研究開発項目2-1 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発					最終 目標	
研究開発項目2 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発						

研究開発項目	中間/最終目標 (2024年3月)	評価時目標 (2023年6月)	根拠
研究開発項目1-1	<ul style="list-style-type: none"> SBDデバイス・モジュールに必要な基盤技術確立 酸化ガリウムパワー半導体の実用化検証 	SBD試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作を実施中	世界に先駆けて特定用途向けのα型酸化ガリウムパワー半導体およびモジュールを開発・製品化するため
研究開発項目1-2	<ul style="list-style-type: none"> 極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体の開発 	300mmシリコンパワー半導体およびパワー半導体自己制御機能の基盤技術を構築中	2025年までに実用化可能であることを実証するため
研究開発項目2	<ul style="list-style-type: none"> 半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立 (5年プロジェクト) 半導体製造装置を試作・評価し、実用化可能であることを実証 (3年プロジェクト) 	試作機的设计、組立、ソフトウェア開発を実施中	2023～2025年までに試作・評価し、実用化可能であることを実証するため

アウトプット目標の達成状況

- すべての研究開発項目において、2024年3月に目標達成見込み

研究開発項目	目標 (2024年3月)	成果(実績) (2023年6月)	達成度 (見込み)	達成の根拠
① 新世代パワー半導体の開発 ①-1 「酸化ガリウムパワー半導体の開発」	特定用途向けSBD デバイス・モジュールの基盤技術を確立し、特定用途向けの酸化ガリウムパワー半導体の開発及びモジュールの試作・評価を行い、実用化可能であることを実証する。	SBD試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作中	○ 2024年3月に達成見込み	実施計画に沿ってバランスの良いプロジェクト運営がされている。 定期的なアドバイザリーボードが開催され、課題クリア、顧客ニーズに沿った開発目標を設定。
① 新世代パワー半導体の開発 ①-2 「大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発」	大口径(300mm)シリコンパワー半導体に、自動最適化や故障予知など、極めて高度な自己制御機能を持ったパワー半導体を開発する。	300mmシリコンパワー半導体およびパワー半導体自己制御機能の基盤技術を構築中	○ 2024年3月に達成見込み	産学の複数関係者とうまくマネジメントして、実施計画に沿って順調に進捗している。 早期に実用化が見込める技術は計画を見直してスピアウトさせている。

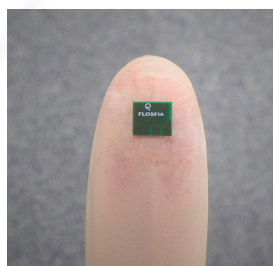
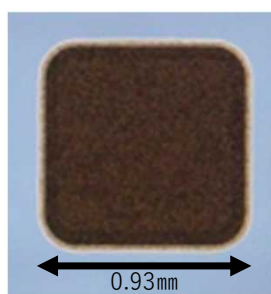
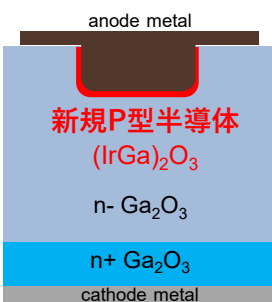
◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

アウトプット目標の達成状況

酸化ガリウムパワー半導体の開発

- ✓ 酸化ガリウムの材料物性を最大限引き出すため、トレンチ内に新規P型半導体「酸化イリジウムガリウム」を成膜したJBS構造を作製
- ✓ **酸化ガリウムSBD (1200V) 試作評価実施**
- ✓ ユーザーアドバイザーボードを活用し、モジュール仕様を決定
- ✓ **酸化ガリウムチップ埋込型モジュール (1200V) 試作評価実施**

JBS構造に酸化イリジウムガリウムを適用



酸化ガリウムチップ埋込型モジュールのイメージ図

(a) JBS構造の断面構造

(b) 上面からの顕微鏡写真

大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

【300mmプロセス】

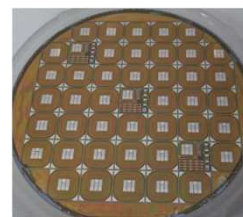
- ✓ 低耐圧(60V以下)、中耐圧(200V以下)パワー-MOSFETの300mmプロセスを**2023年から事業化移行**するとともに、IGBT300mmプロセスを構築中。

【新Siウェハ・IGBT】

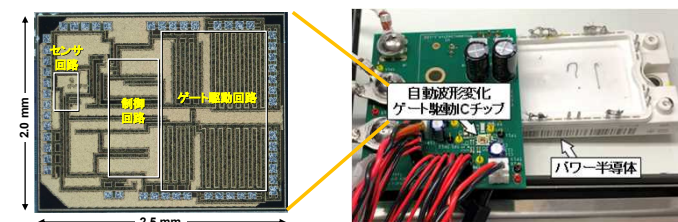
- ✓ 新パワーデバイス用Si基板(Sbドーブ) で3.3kVおよび6.5kV-**IGBT動作を実証**

【インテリジェント】

- ✓ 6.5kV耐圧IGBTをデジタルゲート制御ICで最適駆動するインテリジェント・デジタルゲート・モジュールの**評価プラットフォームを構築**



新Siウェハ(Sbドーブ) でスケーリングIGBTを開発し、3.3kV動作を確認



自動波形変化ゲート駆動ICを開発し、スイッチング損失を従来比49%低減を実証

アウトプット目標の達成状況

- すべての研究開発項目において、2024年3月に目標達成見込み

研究開発項目	目標 (2024年3月)	成果(実績) (2023年6月)	達成度 (見込み)	達成の根拠
② 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	半導体製造装置の高度化に必要な基盤技術を確立する。	<p>【スマート検査/スマート加工】 電子顕微鏡の撮像条件の自動最適化に向けた実デバイスでの単一パラメータの最適化の原理検証を完了、3種類の加工方式によるエッチング基礎特性データを取得完了</p> <p>【表面改質装置】 改造試作機の性能確認し、新試作機の設計へフィードバック</p> <p>【高精度アライメント計測】 新光学系を開発し、必要解像度の達成を確認 視認性を改善する長波長光源を開発し、評価完了</p> <p>【不揮発性メモリ成膜装置】 新成膜チャンバを開発し、目標膜特性の達成を確認</p> <p>【ウェハ貼り合わせ装置】 中間目標(ウェハ重ね合わせ精度)を1年前倒しで達成</p> <p>【ダイレクト露光装置】 実験機における基本的動作デバックを完了</p> <p>【直描露光機の高解像度化】 光学系の設計完了、高精度ステージの処理基板開発完了</p>	○ 2024年3月に達成見込み	実施計画に沿って順調に進捗している。 顧客ニーズの把握に努め、開発目標や計画を随時見直して実用化確度向上を図っている。

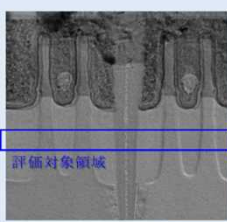
◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

アウトプット目標の達成状況

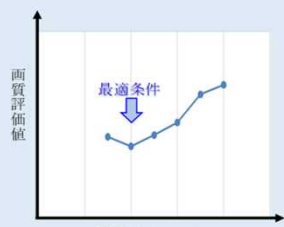
スマート検査/スマート加工

- ✓ 電子顕微鏡の撮像条件の自動最適化に向け、実デバイスでの**単一パラメータの最適化の原理検証を完了**
→複数の装置パラメータに対する**最適条件導出を検証**し、ソフト実証により最終目標を達成する見込み
- ✓ 難エッチング材料の加工可能性検証に向け、3種類の加工方式による**エッチング基礎特性データを取得完了**
→**素子パターンの加工可能性を検証**し、有望技術特定の最終目標を達成する見込み

スマート検査の研究開発

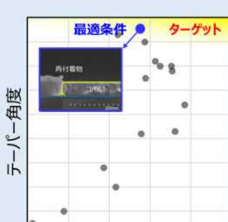


電子顕微鏡画像

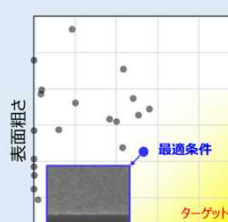


条件最適化の例

スマート加工の研究開発



エッチングレート
プラズマエッチング

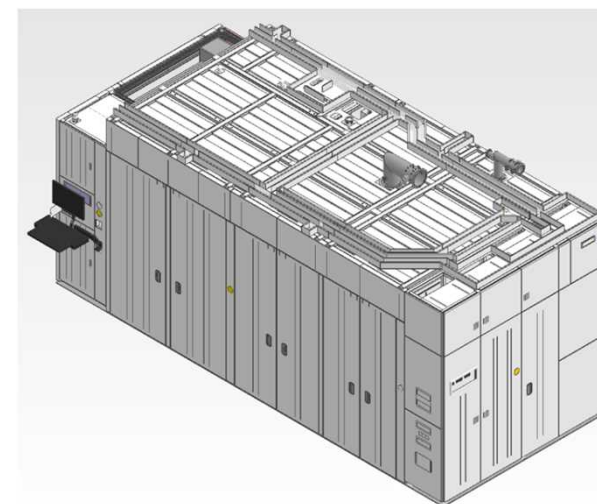


エッチングレート
減圧ガスエッチング

表面改質装置

- ✓ 試作機で要求される諸性能の事前検証のため、試験機の改造を行い、**ビーム電流及びメンテナンス周期の目標を達成**
→試作機の設計及び部材手配を実施中
- ✓ 試験機を製作後、**最終性能評価を実施**し、ビーム電流などの諸性能の最終目標を達成する見込み
- ✓ 国際学会で成果発表を実施、**一部顧客との共同評価を開始**

設計中の試作機

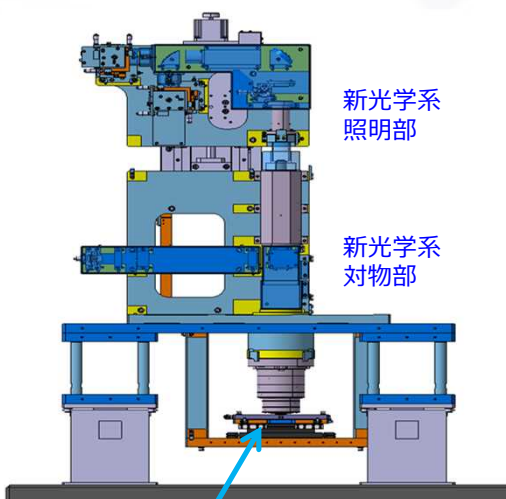


アウトプット目標の達成状況

高精度アライメント計測

- ✓ 微細ピッチのアライメント・マークを計測に必要な解像度のレンズ、長波長計測領域まで対応した**新光学系を開発**
- ✓ アライメント・マーク計測の視認性改善する**長波長光源を開発**
- ✓ 新光学系を装置に搭載して微細ピッチのアライメント・マークの**必要計測精度を達成**する

新光学系 (プロトタイプ)
→必要解像度の達成を確認



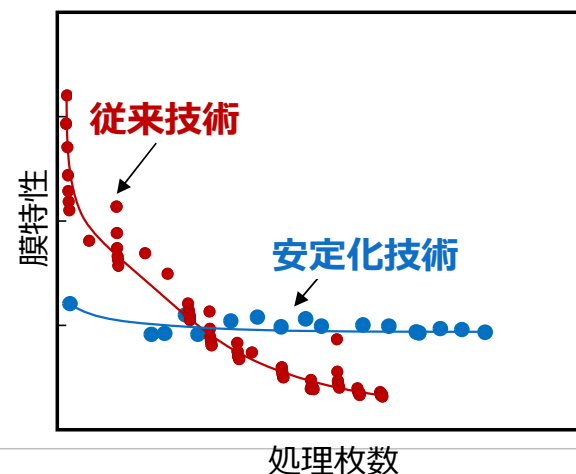
新光源の開発
→ 高輝度、長波長に対応



不揮発性メモリ成膜装置

- ✓ 各種メモリ材料の成膜評価および装置開発を推進
- ✓ 大学やデバイスメーカーと共に、成膜した**メモリ材料薄膜の評価を進め、デバイス動作実証を実施**
- ✓ 量産安定性を確保するための技術開発を行い、**プロセス安定化技術の実証**を実施
- ✓ 次世代MRAMは**量産性能確認を行い**、開発完了

プロセス安定化技術の実証 (例)



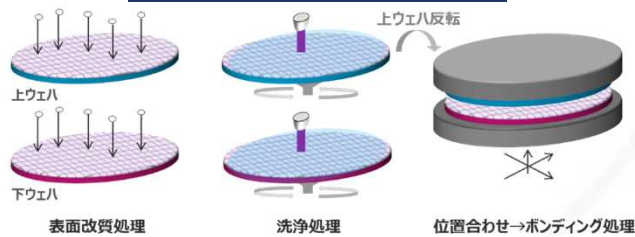
アライメント・マーク付ウェハ

アウトプット目標の達成状況

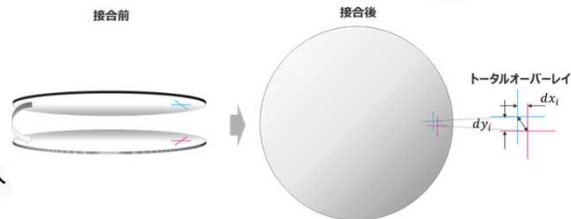
3Dインテグレーション研究開発（貼り合わせ装置）

- ✓ ウェハボンディング装置は、表面改質処理、洗浄処理、接合（ボンディング）の各モジュールで構成
- ✓ 表面改質処理において接合メカニズムの仮説を立案し、**中間目標（ボンディングにおける重ね合わせ精度*）を一年前倒して達成**
- * 重ね合わせ精度はトータルオーバーレイと定義される（ウェハ外周部3mmを除く全ての領域で中間目標達成）
- ✓ 反りウェハに対して重ね合わせ精度改善のための要素技術を確立

親水化接合 処理フロー



*トータルオーバーレイの概念



国立研究開発法人

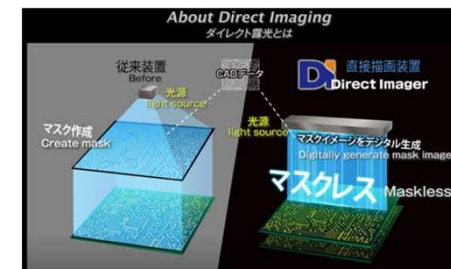
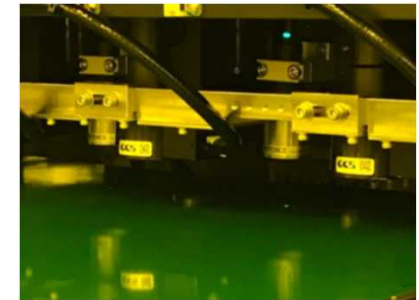
ダイレクト露光装置

- ✓ 三次元積層を含む半導体後工程用の回路形成に適用可能な高解像、高精度ダイレクト露光装置開発の第一段階として実験機を開発して評価を行う。
- ✓ **実験機に露光ヘッドを搭載して調整開始**

装置正面



露光ステージ面

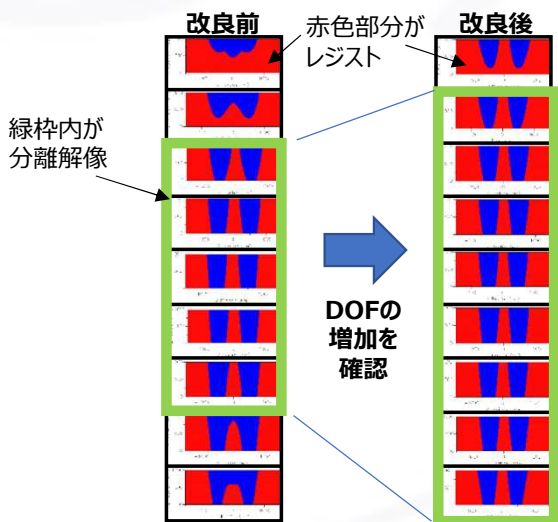


アウトプット目標の達成状況

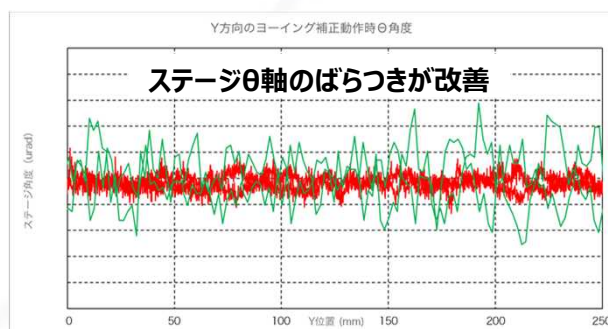
直描露光装置の高解像度化

- ✓ 光学シミュレーションにより、**照明系のパラメータを最適化**することで従来照明系よりターゲット線幅L/SのDOFが増加することを確認
- ✓ ステージ動作をリアルタイムで制御する**高速データ処理基板を開発**し、実機での評価を実施。
→ステージ走行時における**θ軸リアルタイム補正精度の改善**を確認

レジストシミュレーションによる照明系最適化



高速データ処理基板によるθ軸リアルタイム補正改善



- 従来のデータ処理基板でのヨーイング補正結果
- 高速データ処理基板でのヨーイング補正結果

研究開発成果の意義（波及効果／副次的成果）

波及効果

- ✓ 酸化ガリウムパワーデバイスの市場拡大と早期市場獲得による国際競争力の向上
- ✓ パワーデバイス、パワーエレクトロニクス機器の低ネガワットコスト(*)化
- ✓ デジタル・ネットワーク技術との融合によるエネルギーグリッド全体の高効率・最適動作
⇒電化と電力のグリーン化促進
- ✓ 革新的半導体製造装置の市場拡大と早期市場獲得による国際競争力の向上
- ✓ 地球温暖化の抑制

(*)ネガワットコスト (¥/kWhr)

$$= \frac{(\text{導入コスト} + \text{運転コスト})}{\text{省エネ量} \times \text{稼働時間}}$$

副次的成果

- ✓ 半導体関連（含むパワエレ）技術者の技術力向上

特許出願及び論文発表

- 競争領域のオープン戦略に則り、積極的な出願と研究発表・情報誌掲載を推進

	2021年度	2022年度	2023年度	計
国内特許出願	1	12	1 (15)	14 (28)
外国特許出願		4	2 (4)	6 (8)
論文		7	0 (1)	7 (8)
研究発表・講演	1	7	1	9
受賞実績				-
新聞・雑誌等への掲載		2	(1)	2 (3)
展示会への出展				-

世界初、パワー半導体を自動で最適に制御し、損失を低減するICチップを開発
—パワー半導体のエネルギー損失を約49%低減—

2023年3月23日
NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）
理事長 石塚博昭

NEDOは「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」に取り組んでおり、今般、東京大学生産技術研究所を中心とする研究グループと共同で、1チップでパワー半導体のエネルギー損失を低減する「自動波形変化ゲート駆動ICチップ」を世界で初めて開発しました。

本ICチップ上には、出力電流を切り替えるゲート駆動回路、電流切り替えタイミングを決定するセンサー回路、電流波形を変化させる制御回路の三つを搭載しています。これにより、パワー半導体のゲート端子を駆動する電流波形を自動で最適なタイミングに制御し、エネルギー損失を低減する回路を実現しました。また、本ICチップとパワー半導体を組み合わせた実証試験により、600V、80Aの条件下でエネルギー損失を約49%低減できることを確認しました。

今後はさらなる改良を進め、2050年カーボンニュートラルへの道筋を示し、パワーエレクトロニクス機器の省エネ化による温室効果ガスの排出量削減に貢献します。

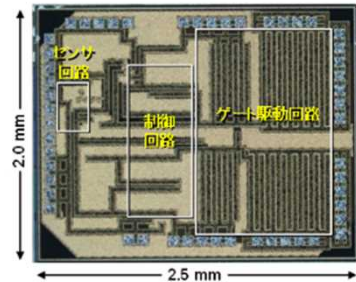


図1 開発した「自動波形変化ゲート駆動ICチップ」の写真（提供：東京大学生産技術研究所）

<評価項目 3> マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

4. 目標及び達成状況(詳細)

ページ構成

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究開発のスケジュール/目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

NEDOが実施する意義

• 日本企業は、ロジックやメモリで競争力を失う中でも、パワー半導体市場の特性ゆえに、当該市場で競争力を有してきた

• 近年の状況変化（欧州勢のシェア増加、中国勢・ファウンドリの台頭、大口径化への遅れ）を踏まえると、我が国の基幹産業（自動車、産業機器等）にとって重要性が増していく
（パワー）半導体を国内で安定的に供給することが困難になる可能性がある

• **経済安全保障上の懸念**（我が国が他国に対して有する影響力の低下、他国から我が国基幹産業への影響力の強化）もある

事業の目的：

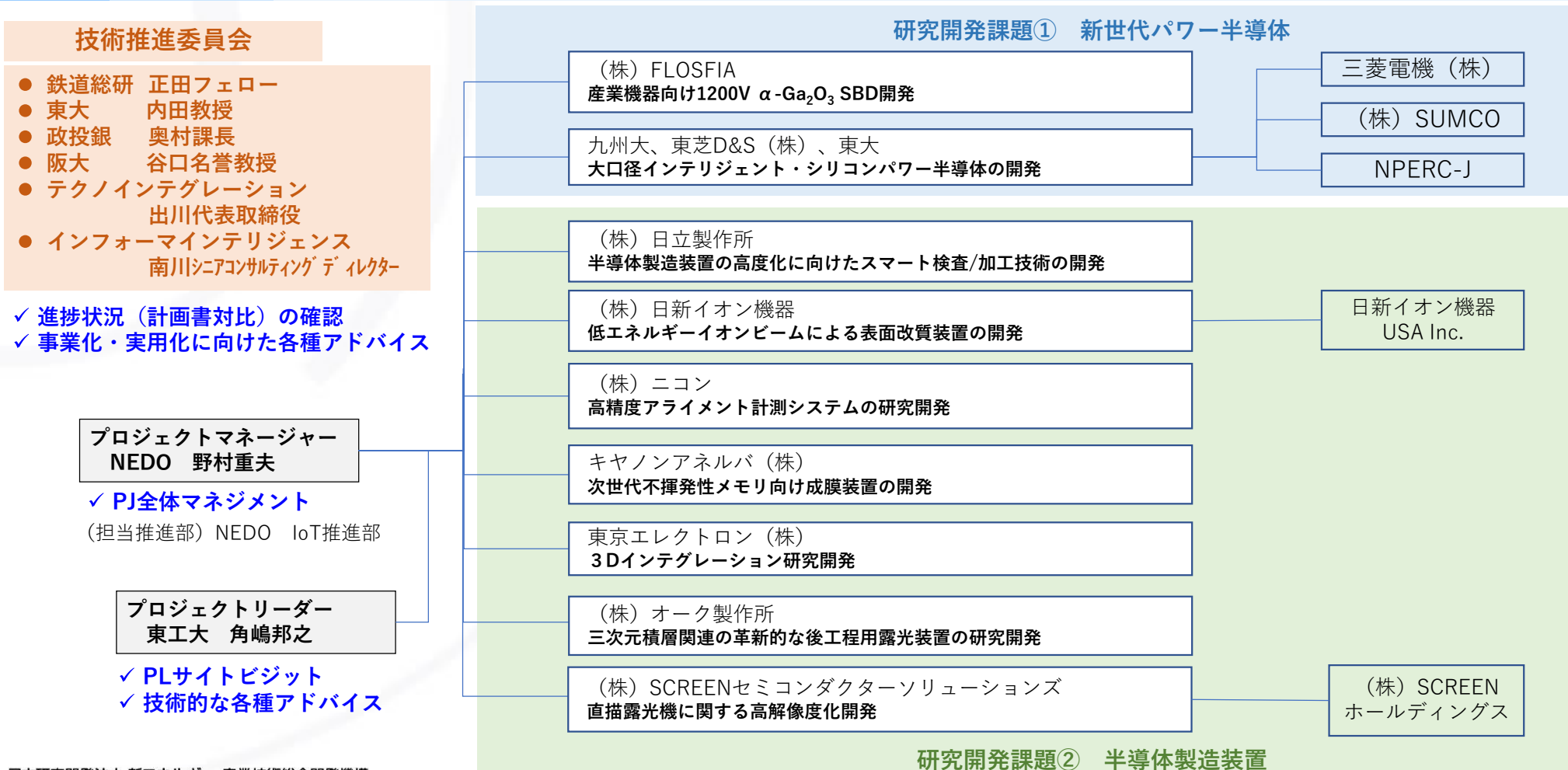
- ① 高性能な省エネエレクトロニクス製品を開発することで、**飛躍的な省エネルギー化**を実現する。
- ② 安定的な供給を可能とするサプライチェーンを確保することで、**省エネエレクトロニクス製品の製造基盤強化**を図る。

➤ パワー半導体及び半導体製造装置の産業力強化は、**省電力化と安定供給の鍵**

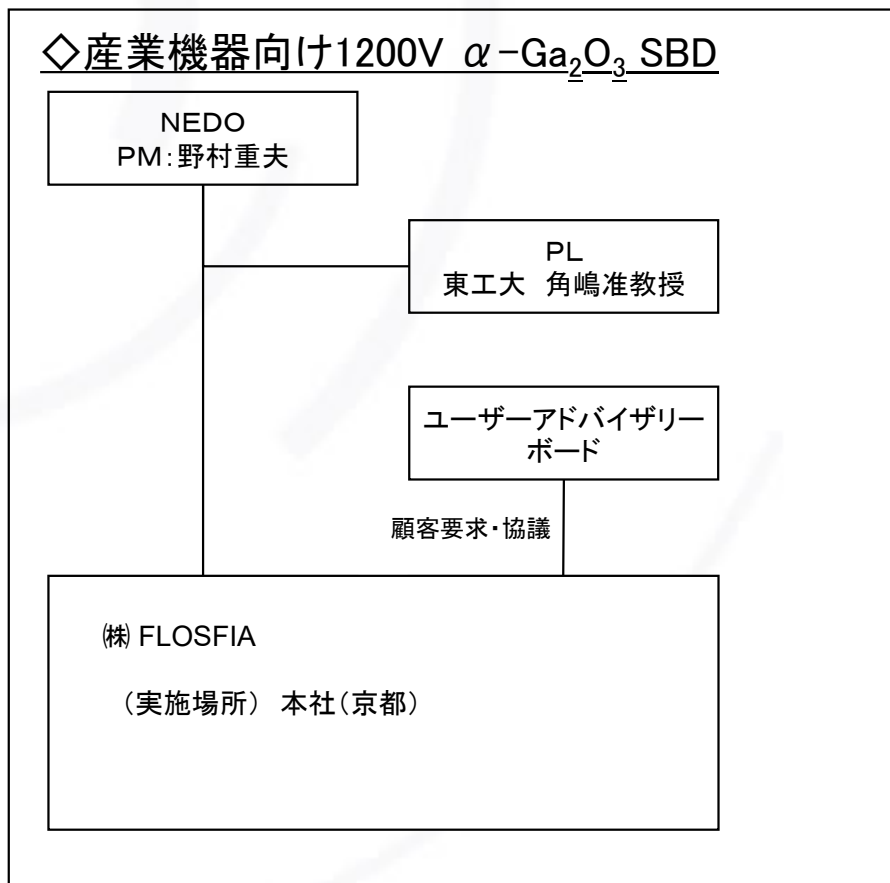
➤ 近年、**他国では**産業力強化に向けて積極的な投資活動。**国家を挙げた支援体制**

➤ **本分野の国際競争力を維持するため、国家的な強化施策が必要**

実施体制 (責任体制)



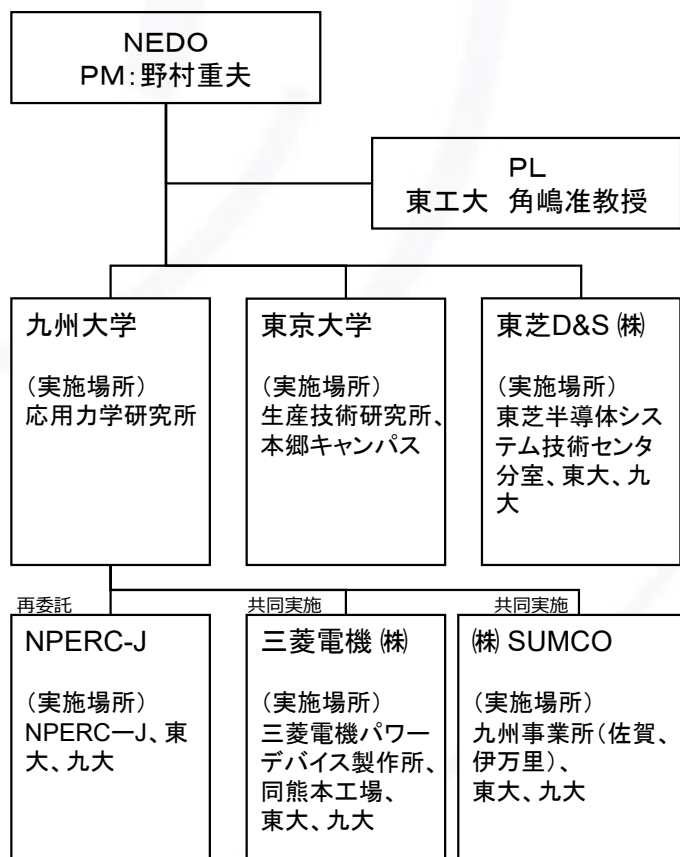
実施体制（実施者間での連携）



ユーザーアドバイザーボード	
開催頻度	1回/6ヶ月
目的・ 討議内容	研究開発状況の共有、モジュール仕様や開発方向性の協議、意見交換

実施体制 (実施者間での連携)

◇大口径インテリジェント・Siパワー半導体



運営会議

開催頻度	月 1 回
参加者	九州大学、東京大学、東芝D&S、NPERC-J、三菱電機、SUMCOの業務管理者、WGリーダー、NEDO、METI
目的・討議内容	技術進捗、課題、技術推進委員会指摘事項の共有を図る。また、特許出願、学会・論文発表の審査・管理も行う。

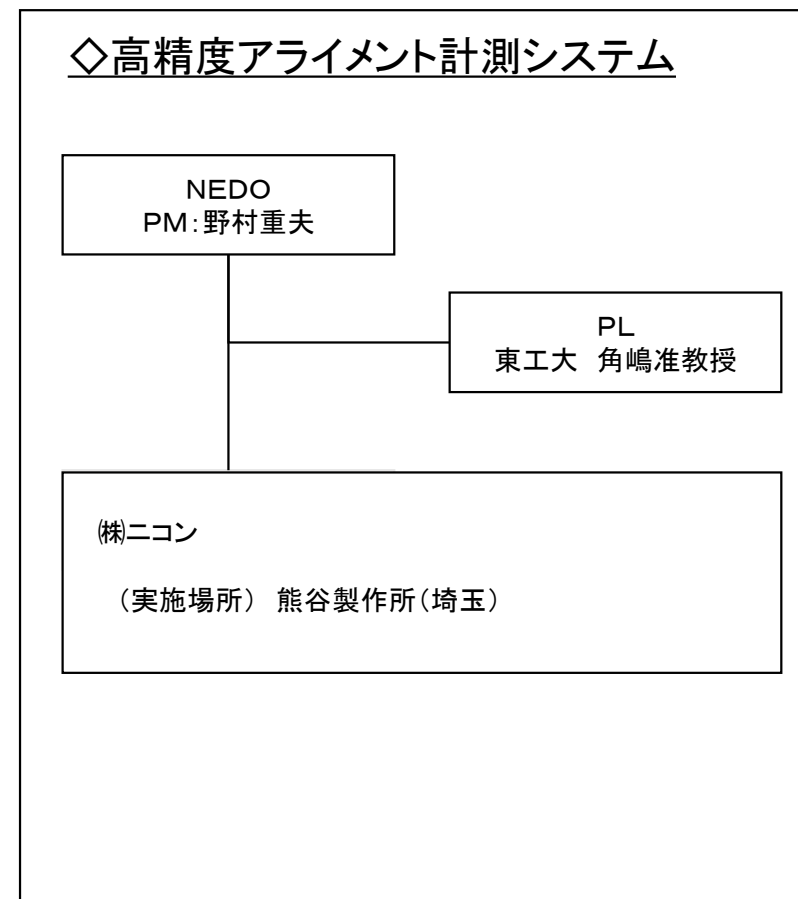
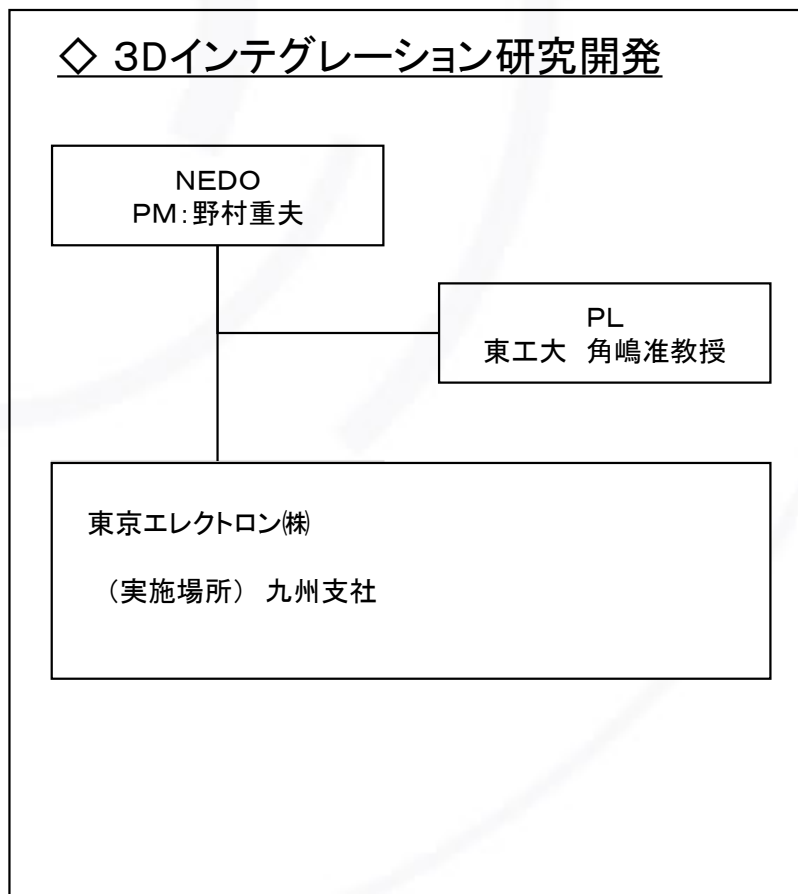
全体会議

開催頻度	年 2 回
参加者	全研究員、事務関係者、NEDO、METI
目的・討議内容	研究開発進捗、プロジェクト目標の共有、プロジェクトメンバーによる意見交換、学会情報の共有

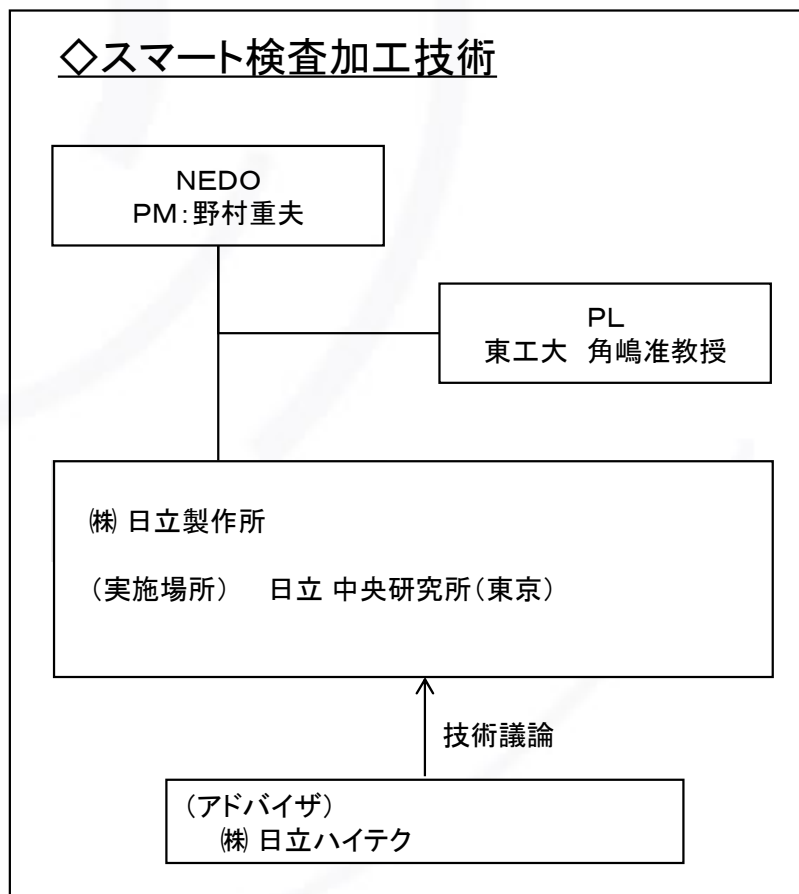
WG (300mm/Si材料・プロセス/デジタルゲート)

開催頻度	月 1 回
参加者	九州大学、東京大学、東芝D&S、NPERC-J、三菱電機、SUMCOの業務管理者、WGリーダー
目的・討議内容	研究開発進捗、プロジェクト目標、技術課題の共有、WGメンバーによる技術討論、意見交換

実施体制



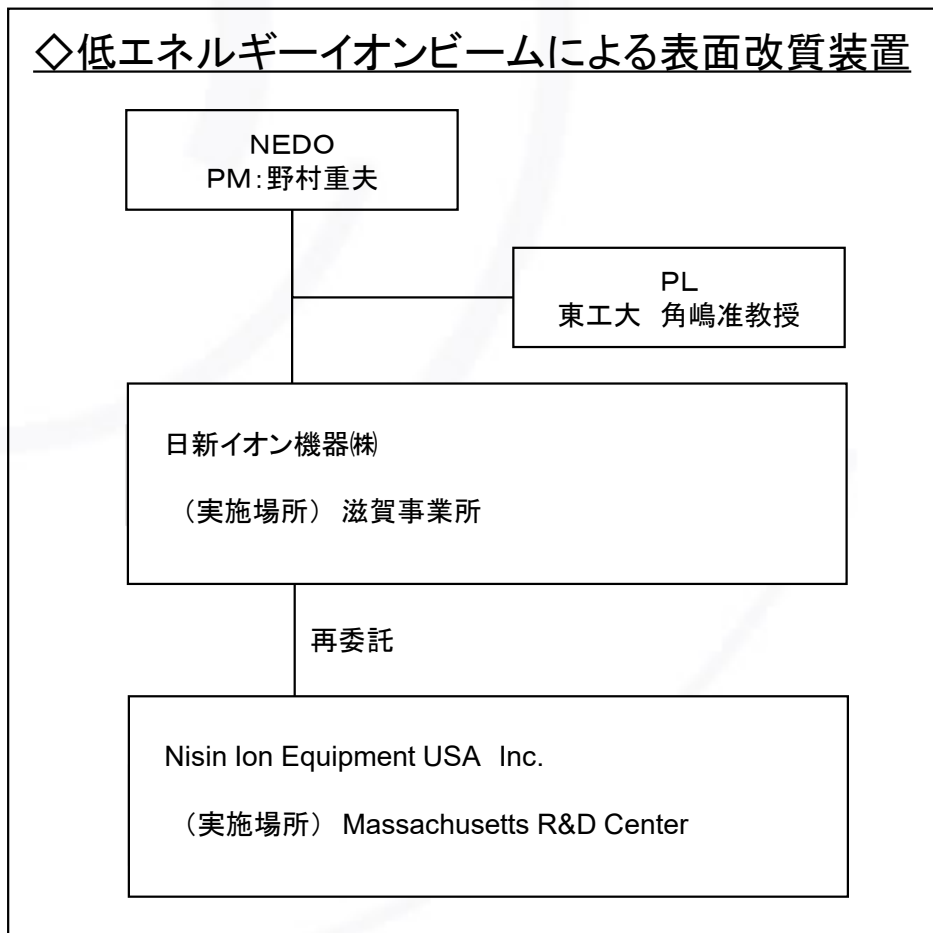
実施体制（実施者間での連携）



技術議論	
開催頻度	1回/3ヶ月
目的・ 討議内容	事業部の顧客デモに合わせて、自動化機能のヒアリングと将来計画議論を実施

実施体制（実施者間での連携）

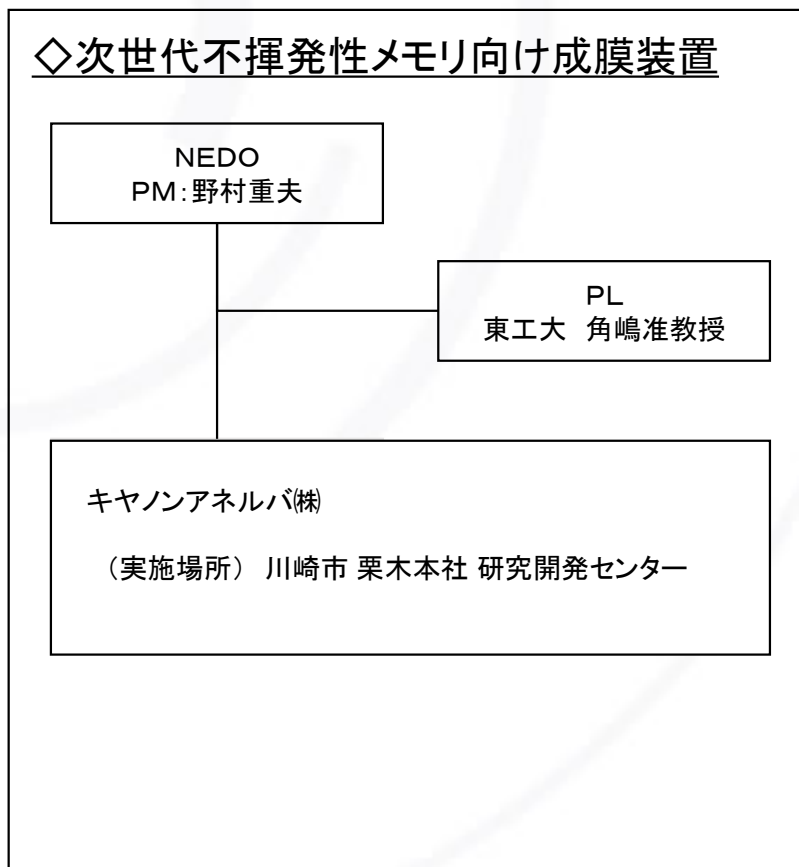
◇低エネルギーイオンビームによる表面改質装置



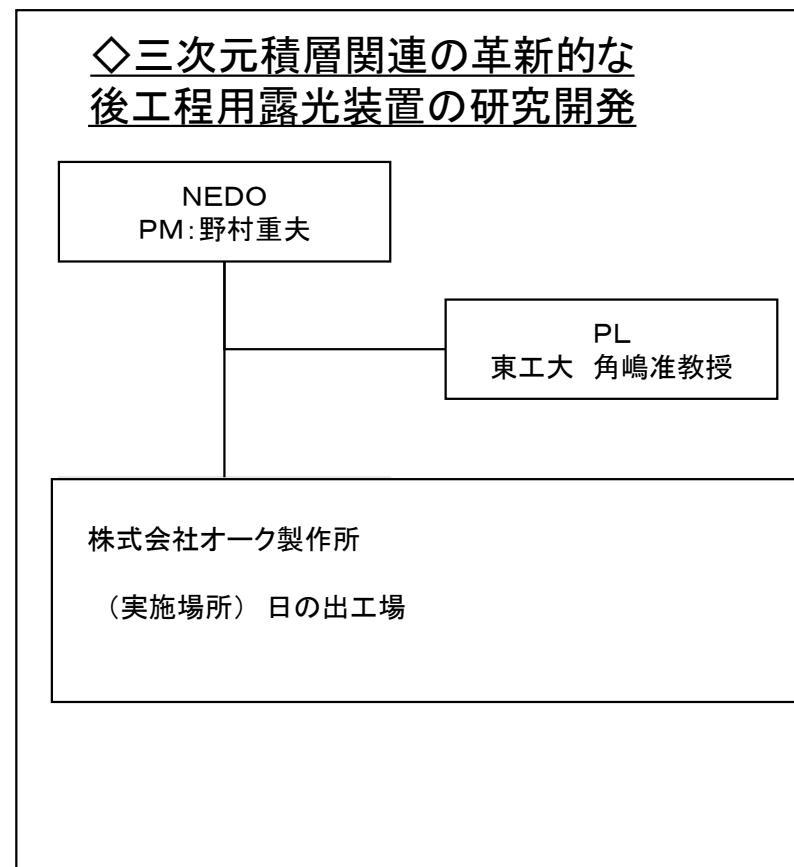
Web会議	
開催頻度	1回/1~2か月
目的・ 討議内容	研究開発進捗・技術課題・スケジュール・トラブル内容の共有と議論、装置レイアウト・仕様・移設等に関する議論
NIUSA訪問	
開催頻度	適宜
目的・ 討議内容	研究開発進捗の現地視察、装置開発進捗・課題・スケジュールの共有と議論、装置のオペレーショントレーニングと不具合対応

実施体制

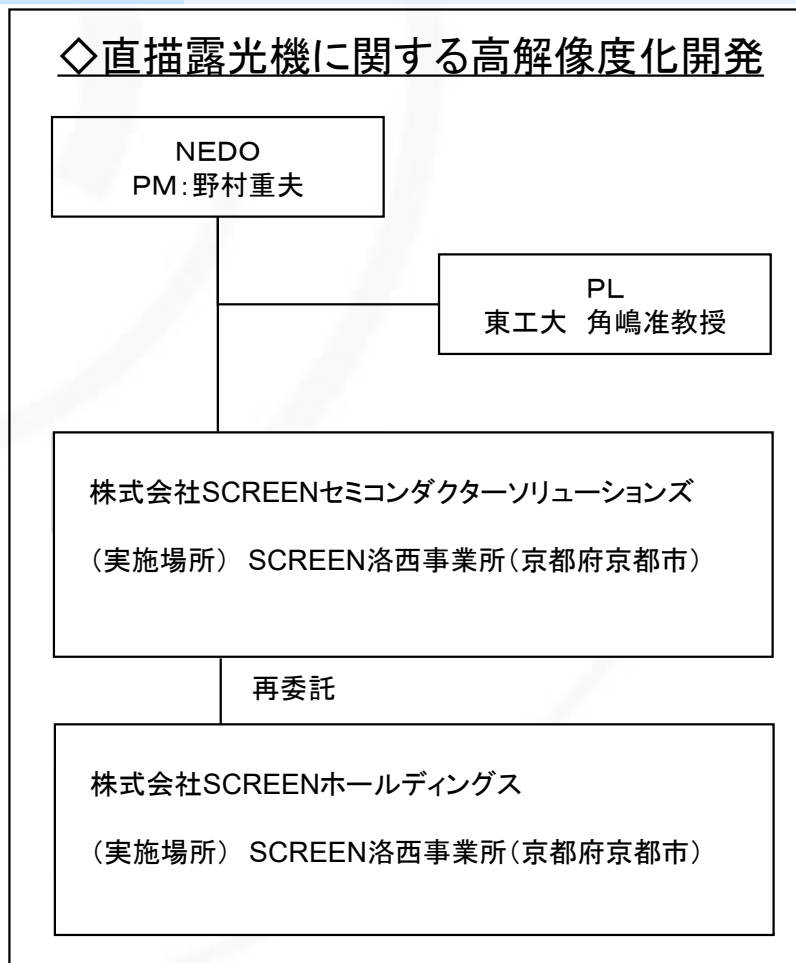
◇次世代不揮発性メモリ向け成膜装置



◇三次元積層関連の革新的な 後工程用露光装置の研究開発

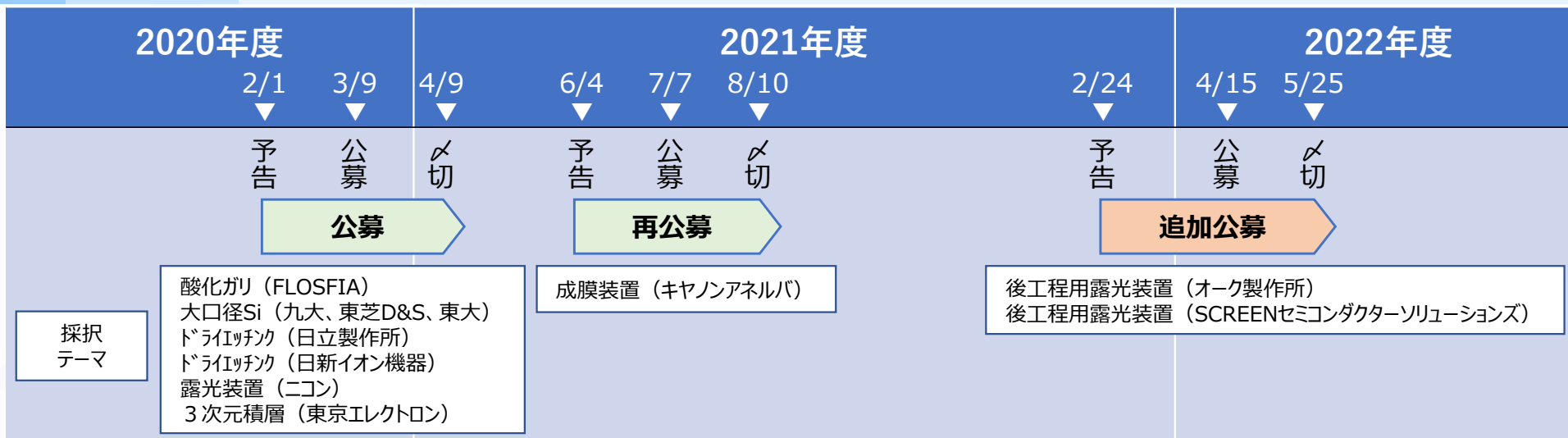


実施体制（実施者間での連携）



定例会議	
開催頻度	1回/週
目的・討議内容	研究開発進捗・技術課題・仕様・スケジュール等の共有と議論

個別事業の採択プロセス



【採択プロセス】

- ✓ 採択審査委員会：公募（2021年5月7日）、再公募（2021年8月24日）、追加公募（2022年6月10日）
- ✓ 採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目に加え、加点項目として、
 - ①中堅・中小・ベンチャー企業が直接委託先であり、かつ、研究開発遂行や実用化・事業化にあたっての重要な役割を担っている
 - ②ワーク・ライフ・バランス等推進企業に関する認定等の状況
 - ③若手研究者（40歳以下）や女性研究者が研究開発責任者もしくは主要研究者として登録され、当該研究者の実績や将来性等を加味した提案 を追加
- ✓ 採択条件：採択審査委員会では、予算の絞り込み・実施計画の見直し・ユーザーニーズの把握を条件に採択が行われた。
- ✓ 研究の健全性・公平性の確保に係る取組： 公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認

予算及び受益者負担

◆ 予算

(単位：百万円)

研究開発項目		2021年度	2022年度	2023年度	合計
①新世代パワー半導体 ①-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発	委託 100%	400	200	180	780
① 新世代パワー半導体 ①-2 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	委託 100%	487	550	448	1,485
② 半導体製造装置の高度化に向けた技術開発	委託 100%	1,007	2,062	1,888	4,957
合計		1,894	2,813	2,516	7,222

◆ 委託事業の理由

我が国の基幹産業にとって重要性が増していく（パワー）半導体を国内で安定的に供給していく必要がある



- ・国内半導体産業の技術水準向上
- ・安定したサプライチェーン構築
- ・経済安全保障上の懸念



本分野の国際競争力を維持するため、国家的な強化施策が必要



本分野の革新的な技術開発を政府主導で実施するため委託事業で推進

研究開発スケジュール/目標達成に必要な要素技術

			2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	ゴール			
①新世代 パワー 半導体	酸化 ガリ	FLOSFIA	高品質n-層、接合構造開発		SBD/モジュール 試作評価			最終 目標	・ α GAO-SBD/パワー モジュール実用化実証		
	大口径Si	九大、東芝D&S、 東大	300mmパワーMOSFET、SbドープIGBT等			300mmSbドープIGBT、 インテリジェント・デジタルゲート・モジュール等		中間 目標	最終 目標	・ 自己制御機能パワー 半導体開発、実用化実証	
②半導体製造装置	日立製作所		品質指標 抽出等	条件最適化	ソフト実証、 加工検証			最終 目標	要素技術確立 ・ 装置の試作評価 ・ 実用化実証		
	日新イオン機器		ビーム電流増大化、 イオン源開発		試作機検証			最終 目標			
	ニコン		新光学系、ワイドバンド光源開発				システム実証	中間 目標		最終 目標	
	キャノン アネルバ		<ユーザーニーズの顕在化で新材料追加>				In-situSC	平行平板SC他		中間 目標	最終 目標
	東京 エレクトロン		高精度重ね合せ接合技術開発 (ステージ、温調、画像制御)	中間 目標	前倒し達成	中間 目標	ウェハ反り対応			最終 目標	
	オーク製作所				ダイレクト露光装置の 実験機開発	中間 目標	ダイレクト露光装置の プロト機開発			最終 目標	
	SCREENセミ コンダクター ソリューションズ				要素技術開発 高解像度光学系開発 長尺高精度ステージ開発	中間 目標	高解像度直描露光機の開発			最終 目標	

進捗管理

- 定期的にヒアリング・技術推進委員会による外部有識者レビュー・PLサイトビジットを実施

2021年度					2022年度												2023年度														
8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
事業開始	キックオフ(初回公募分)	加速資金投入① 3次元積層	／加速資金投入② 大口径Si	事業開始(再公募) ／大口径Si(再公募分) ／大口径Si(再公募分)	第1回技術推進委員会 ／大口径Si(再公募分) ／大口径Si(再公募分)			大口径Si全体会議②	PLサイトビジット①(関西地区)	第2回技術推進委員会		PLサイトビジット②③(関東/九州地区) ／事業開始(追加公募)	キックオフ(追加公募分)	／大口径Si(追加公募分) ／大口径Si(追加公募分)	PLサイトビジット④(関東地区) ／加速資金投入③ 大口径Si	第3回技術推進委員会 ／計画変更① 3次元積層 ／計画変更② 成膜装置	加速資金投入④ 露光装置	加速資金投入⑤ 改質装置		大口径Si全体会議④		中間評価	第4回技術推進委員会(予定)			PLサイトビジット⑥(予定)	PLサイトビジット⑦(予定)	第5回技術推進委員会(予定) ／大口径Si(予定)			

- ✓ 実施者から定期的なヒアリングを実施
- ✓ 外部有識者からなる**技術推進委員会を定期的**に開催し、**プロジェクト運営に反映**
- ✓ **PLと共にサイトビジットを実施**し、**研究方向性を個別にフォローアップ**

- 研究開発進捗状況の確認、● ベンチマークの検討、
- 加速資金投入の検討、● 実用化見込みの検討、
- 知財戦略の検討

進捗管理：動向・情勢変化への対応

➤ 国内外での動向・情勢把握の実施

- ◆ **最新の研究動向の把握のため**、実施者とのコミュニケーションだけでなく、NEDO自らが国内外の学会・シンポジウム・展示会などに毎年度複数回参加。
- ◆ **最新の市場動向も把握のため**、市場調査レポートを購入し毎年度の定点観測を行うだけでなく、2022年度には外部機関を活用した調査を実施。

(活動の一例)



2022年度に先端半導体パッケージに関する調査事業を実施



APEC2023に参加 @米国・フロリダ

➤ 適時、適切な計画変更

必要に応じて、**柔軟に適切な計画変更を行い**、研究開発を推進

- ◆ 研究計画の前倒し、目標見直し、新たな研究開発項目の追加等、計画見直しを実施
- ◆ 一部のテーマについては、開発期間を短縮して成果を前倒し、早期に実用化

➤ 機動的な加速資金の投入

状況の変化・開発の進捗などに対し、必要な**加速資金を適切に投入**し研究開発を加速

進捗管理：動向・情勢変化への対応

● 事業開始からこれまでに動向・情勢変化による複数の**計画見直しを実施**（以下に代表例を記載）

① **技術動向変化への対応**のための追加公募を実施

半導体スケーリングの微細化ではコスト及び性能には限界がきており、三次元積層関連装置等の革新的技術の要求が高まっているため、**後工程における露光装置**に関する**追加公募を実施し、研究テーマを補充**した。

- ・テーマ／代表事業者：三次元積層関連の革新的な後工程用露光装置の研究開発／（株）オーク製作所
- ・テーマ／代表事業者：直描露光機に関する高解像度化開発／（株）SCREENセミコンダクターソリューションズ

② **市場ニーズ変化への対応**のための計画変更

ウェハーボンダー装置市場で大きな割合を占める**NAND市場において**、当初は想定していなかった、ウェハ反りに対して一定量の重ね合わせ精度を実現できる装置の必要性があがったため、**市場獲得に向け研究開発計画の見直し**を実施。

- ・テーマ／代表事業者：3Dインテグレーション研究開発／東京エレクトロン（株）

③ **実用化確度を高める**ための計画変更

当初、成膜チャンバー毎に設定した複数のターゲット材料に対して、**最新の顧客ニーズを基に優先度を付け**、開発リソースの集中・強化するために研究開発計画の見直しを実施。

また、不揮発メモリ成膜のターゲット材料に**実用化実現性の高い新材料の追加**を実施。

- ・テーマ／代表事業者：次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発／キヤノンアネルバ（株）

進捗管理：開発促進財源投入実績

目標達成確度の向上、開発期間の短縮・実用化時期の前倒しなどを目的として加速資金の投入を実施

N O	件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果・効果
①	3Dインテグレーション研究開発	2021年度	14	中間目標を前倒し達成する。	中間目標の1年前倒し を実施し、 実用化の確度を向上 させる。
②	大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	2021年度	49	評価装置並びにシミュレーションモデルの追加購入で開発前倒しを図る	開発評価期間の 3ヶ月短縮 と最終 目標達成の確度の向上 を達成する。
③	大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発	2022年度	50	デバイス試作装置などの追加購入で研究過程で判明した課題の解決を図る	研究過程で判明した課題の解決を図ることで最終 目標達成の確度を向上 させる。
④	高精度アライメント計測システムの研究開発	2022年度	42	新アライメントマークを使ったアライメント計測手段の研究開発	微細化されたマークピッチやアライメントマークのずれの高感度計測が可能となり、最終 目標達成の確度を向上 させる。
⑤	低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質装置の開発	2022年度	69	2023年度納入予定の長納期機材を2022年度に前倒し納入	長納期機材の納期遅れによる開発 計画遅れのリスクを軽減 する。
		<計>	224		

参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」（中間評価）分科会議事録及び書面による質疑応答

日時：2023年6月20日（火）10：00～16：50

場所：NEDO 川崎 2301/2302/2303 会議室（オンラインあり）

出席者（敬称略、順不同）

<分科会委員>

分科会長	土田 秀一	一般財団法人電力中央研究所 エネルギートランスフォーメーション研究本部 材料科学研究部門 研究推進マネージャー 副研究参事
分科会長代理	長澤 弘幸	株式会社 CUSIC 代表取締役
委員	内田 建	東京大学 大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻 教授
委員	田中 保宣	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター 研究センター長
委員	南川 明	インフォーマインテリジェンス合同会社 C&D コンサルティンググループ シニアコンサルティングディレクター
委員	渡部 潔	一般社団法人 日本半導体製造装置協会 専務理事
委員	渡部 平司	大阪大学 大学院工学研究科 教授

<推進部署>

林 勇樹	NEDO IoT 推進部 部長
野村 重夫(PM)	NEDO IoT 推進部 主査
伊東 賢宏	NEDO IoT 推進部 主任研究員
須田 敬偉	NEDO IoT 推進部 専門調査員
林 新之助	NEDO IoT 推進部 主査
高島 晃	NEDO IoT 推進部 専門調査員
竹間 智	NEDO IoT 推進部 専門調査員

<実施者>

角嶋 邦之(PL)	国立大学法人 東京工業大学 工学院 准教授
安藤 裕之	株式会社 FLOSFIA パワーデバイス事業本部 研究開発部 部長
西澤 伸一	国立大学法人 九州大学 教授
河村 圭子	東芝デバイス&ストレージ株式会社 先端半導体デバイス&プロセス戦略担当マネージャー
恒川 孝二	キヤノンアネルバ 株式会社 取締役
奥山 博基	キヤノンアネルバ 株式会社 課長
斉藤 健一	東京エレクトロン 株式会社 部長代理
波多野 章人	株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ 部長
藤澤 泰充	株式会社 SCREEN ホールディングス 課長
長尾 竜也	株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ

<オブザーバー>

佐藤 恵太	経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 技術開発専門職
-------	-----------------------------

<評価事務局>

森嶋 誠治	NEDO 評価部 部長
山本 佳子	NEDO 評価部 主幹
木村 秀樹	NEDO 評価部 専門調査員
北原 寛士	NEDO 評価部 専門調査員
指田 丈夫	NEDO 評価部 専門調査員

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 意義・社会実装までの道筋
 - 5.2 目標及び達成度
 - 5.3 マネジメント
 - 5.4 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 研究開発項目①「新世代パワー半導体の開発」
 - ・①-1 「酸化ガリウムパワー半導体の開発」
 - ・①-2 「大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発」
 - 6.2 研究開発項目②「半導体製造装置の高度化に向けた技術開発」
 - ・②-1 「次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発」
 - ・②-2 「3D インテグレーション研究開発」
 - ・②-3 「直描露光機に関する高解像度化開発」
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認

- ・開会宣言 (評価事務局)
- ・配布資料確認 (評価事務局)

2. 分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
- ・出席者の紹介 (評価委員、評価事務局、推進部署)

【土田分科会長】 電力中央研究所の土田です。研究の専門分野としては、まず個人的なところでは SiC の結晶成長技術並びに装置開発といったものを行っております。また、研究グループ内では、SiC のデバイスフィジクスであるとか、電力系統で実際に使われているシリコンのパワーデバイスの特性解析、故障解析といったところも行っております。本日は、長澤分科会長代理をはじめ、この分野における専門家の皆様がそろっておりますので、適切な評価ができると思っている次第です。私としましては、今回分科会長を仰せつかりましたので、僭越ながらその役目として取りまとめをしっかりと行ってまいりたいと思います。どうぞよろしく願いいたします。

【長澤分科会長代理】 株式会社 CUSIC の長澤です。私も、土田分科会長と同様に、メインとしてはシリコンカーバイドの研究開発にずっと携わってきております。SiC 関連としてはもう 30 年もたちますが、もともと材料開発のほうからスタートをいたしまして、その後、それに基づく事業化であるとか、デバイス化といった分野での研究開発をしてまいりました。そして、2013 年から東北大学電気通信研究所で客員教授をし、その後は現在の株式会社 CUSIC を設立いたしまして、国内及び海外のいろいろなお客様に対するところで、SiC やワイドバンドギャップ半導体をメインとする材料開発やデバイス開発に係る様々なお手伝いをしております。そういった意味では、いろいろな企業様の楽屋裏を見ることができまして、非常に今までとは異なったいろいろな知識であるとか、研究開発をビジネスという点から非常に真剣に見るようになりました。今日もそういった観点から、事業としてどうなのかといったところのお話をぜひ伺えたらと思います。本日はよろしく願いいたします。

【内田委員】 東京大学の内田です。私はシリコンを使った半導体集積回路といったところで、その中でも特に「デバイス物理」と呼ばれる物理現象の解析、あるいは性能向上のための指針といった領域を専門としております。また、最近はそれに加え、様々な電子材料を使ったセンサの開発も行っている次第です。どうぞよろしく願いいたします。

【田中委員】 産総研の田中です。本日は、土田分科会長をはじめ、SiC をメインとされている研究者様がたくさんおられますが、私のほうも、SiC のパワーデバイスに関する研究開発を続けてきて参りました。産総研に入所してから、最初はデバイスプロセスを担当し、SiC へのイオン注入等の研究を進めてまいりましたが、2000 年を過ぎた頃からは SiC パワーデバイスの素子設計・デバイス試作に従事しており、この 4 月から産総研の先進パワーエレクトロニクスセンターのセンター長を仰せつかっている次第です。本日は、SiC だけでなく新しいパワーデバイス、酸化ガリウムといった興味深いテーマがいろいろとそろっていると思いますので、非常に楽しみにしております。どうぞよろしく願いいたします。

【南川委員】 インフォーマインテリジェンスの南川です。私は、皆様とは少し異なりまして、マーケット市場を見るといった立場でございます。特に半導体関連全般になりますが、市場調査・市場予測、そしてその中で活躍されているプレーヤー様との情報交換であるとか、また一部、事業化のコンサルティングも行っております。約 30 年の間、半導体業界をずっとそばから見てきているといったところで、本日はどうぞよろしく願いいたします。

【渡部（潔）委員】 日本半導体製造装置協会の渡部です。私は、5年ほど前からこちら半導体の製造装置企業の集まりといった団体組織におりまして、本日も、テーマの装置に関連して評価ができればと思っております。また、以前は富士通にもいましたので、合わせますと40年ほど半導体のプロセス開発から量産までといった全部を見てきており、そういう意味では半導体にどっぷりとつかっていると云えるでしょうか。本日は、よろしく願いいたします。

【渡部（平司）委員】 大阪大学の渡部です。私の経歴としては、遡ると民間企業 NEC の基礎研究所からになりますが、その後ナショナルプロジェクトで原子・分子極限操作を産総研で行い、再び NEC に戻ってからはメタル High-k ゲートスタックの開発を行い、そして民間企業から大学に移ったというところになります。企業の研究所でトータル10年、国研で4年、大学で20年ということで、この間に本当に基礎から応用までといえますか、シリコンの集積回路であるとか、大学に移ってからは、SiC、窒化ガリウムのパワーデバイス系といったところの研究に携わっている次第です。本日は、技術面でも大変興味深いお話を聞けると思っていますし、実用化に向けてもいろいろと伺えたらと思っておりますので、よろしく願いいたします。

3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」及び議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。

4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1から4-5に基づき説明した。

5. プロジェクトの概要説明

5.1 意義・社会実装までの道筋

5.2 目標及び達成度

5.3 マネジメント

推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.4 質疑応答

【土田分科会長】 ご説明ありがとうございました。これから質疑応答を行いますが、技術の詳細については議題6での取扱いとなりますので、ここでは主に事業の位置づけ、アウトカム達成の道筋、マネジメントについて議論を行います。

それでは、事前の質問票の内容も踏まえまして、何かご意見、ご質問等はございますか。長澤分科会長代理、よろしく願いいたします。

【長澤分科会長代理】 CUSIC の長澤です。非常に全体としてまとまったご説明をありがとうございました。今のお話の中で「サプライチェーン構築」という言葉が2回出てきたかと思いますが、その意味合いとしては、例えば今回対象とされているデバイスや装置といった、これらに対するサプライチェーンという理解で合っているでしょうか。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 そのご理解で合っております。

【長澤分科会長代理】 ありがとうございます。その場合、こういったサプライチェーンを構築し、ロバスタな状況に持っていくというのは結構大変ではないかと思うところです。要は、例えばデバイス装置なりの材料、またその材料をつくるための原料と遡っていくわけですから、そういったビジネスをある程度きちんとロバスタな状態にしておくためにメインのビジネスが立ち上がり、そこからの利益や売上げがトリクルダウンをしていかないと、植物の根っこのようなものですので、そこが強靱化されなくてはという理解をしております。こういった中で、あえてサプライチェーン構築というところの言

及があったというところでは、そういったサプライチェーンに対する何らかの施策、方針というものをお持ちなのでしょうか。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 ご指摘のとおり、サプライチェーン全体とすると非常に難しいところがございます。また、当然時間もかかることですが、まずは今事業の中で扱っているパワー半導体や半導体製造装置の成果を確実に事業化・実用化をさせて世の中に出していくというところで、このサプライチェーン構築に向けたその第一歩をしっかりと踏み出していけたらと考えております。そして、その後においては、サプライチェーン、実際の装置、材料等の中から実際に量産規模を拡大していく中で、いろいろと必要なサプライチェーンが出てくると思いますが、そこは、ある程度事業者が中心となってやっていくところになると思います。今事業の中では、その取りかかりというか、サプライチェーンの基盤強化のための第一歩を踏み出すための事業であると考えている次第です。

【長澤分科会長代理】 ありがとうございます。

【土田分科会長】 それでは、ほかにもございますか。南川委員、よろしくお願ひします。

【南川委員】 南川です。ご説明ありがとうございます。パワー半導体の 300 ミリメートル化のところでは少し教えてください。今回開発された成果というのは、最終的には日本のパワー半導体メーカーの皆様が使える形になるのでしょうか。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 それは、特許というところでの意味合いでしょうか。

【南川委員】 そうです。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 具体的などころとして、今回の体制の中には東芝 D&S 様が委託先として入っていて、その共同実施先として三菱電機様が入っておられます。このプロジェクトの中での開発の成果、事業化・実用化というところでは、まずはこの 2 社がデバイスメーカーとしてメインのターゲットとなるといいますか、最初はそういったところとして考えている次第です。

こちらの部分について、その後の特許絡みに関して西澤様のほうから何か補足等ございますか。

【九州大学_西澤】 九州大学の西澤です。この大口径インテリジェント・シリコンのリーダーを務めております。今、野村様からお答えいただいたように、まずはこのプロジェクトで技術開発を自社で進めている東芝様と三菱様が自分たちの事業化へと展開をしていきます。そして、その後は国内外の企業を含めてクロスライセンスが結ばれているところとは技術協力があり得ると思っています。

【南川委員】 ありがとうございます。資料を見ますと、こちらに SUMCO 様が入っているので、SUMCO 様を通じて、成果というものが皆様使えるようになるのかと少し思ったところでした。

【九州大学_西澤】 南川様のご質問というのが、アンチモンのウエハー、新しいシリコンのパワーウエハーということであれば、それは、このプロジェクト内のデバイスメーカー 2 社に限らず事業を行いますので、SUMCO 様の事業として、各社様が使えることになります。

【南川委員】 理解いたしました。ありがとうございます。あともう一点、資料 10 ページにあるウエハーの価格の差に関して少しコメントになります。SiC のところの基板コストが、シリコンに対して 15 倍だと書いてあるのですが、最近アメリカの Wolfspeed (元 Cree) が、お客様に対しては大体 3 倍ぐらいだということをお願いしておりますので、かなりその差というのは縮まったのではないかと見ている次第です。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 多分これは少し古い情報になっているかもしれません。コストの動きも非常に激しいものがありますので、ご助言ありがとうございます。

【南川委員】 ありがとうございます。以上です。

【土田分科会長】 今のところと関連して、私のほうからもよろしいでしょうか。先ほどの 300 ミリメートルのシリコンウエハーの話で、海外勢では 300 ミリメートルウエハーでのデバイス製造が始まっているということだったかと思ひます。その 300 ミリメートルのウエハーというのは、日本あるいは欧州勢のどちらが製造しているウエハーなのでしょうか。また、今回このプロジェクトの中でも 300 ミリメ

ートルウエハーで先行して MOSFET の量産化が始まっているということでしたが、そちらのウエハーの供給というのは日本企業からなのか教えていただけたらと思います。

【九州大学_西澤】 西澤から、公開情報の範囲内でお答えいたします。現在、主要な欧州企業を筆頭に 300 ミリメートル製造技術を進めておりますが、そのウエハーとして、もちろん日本国内のシリコンウエハーメーカー様も供給をしています。

【土田分科会長】 先ほどの長澤分科会長代理からのサプライチェーンの話とも関係する重要な点ではないかと思い、確認をいたしました。ご回答いただきありがとうございます。

それでは、ほかにごございますか。田中委員、よろしく申し上げます。

【田中委員】 産総研の田中です。私からは、この事業における知財戦略について少し伺います。当然ながら何でもかんでも特許を取ればよいという話ではないと思いますが、今回、基本的に知財であるとか、例えば特許化をするといったところの判断は全て実施者に任されているのでしょうか。それとも、NEDO 様のほうから、「この知財はこうった形で特許化をしたほうがよいのではないか」といった形で何かそういうやり取りを行われているなど、どのような体制になっているのかを教えてください。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 まず基本としては、ある程度実施者に任せているところになります。ですが、例えば大口径インテリジェントではいろいろな参画企業がございますので、資料にも記載があるように、月に 1 回運営会議というのをやっている次第です。その中で、特許出願であるとか、学会論文の発表の審査、管理といったところに我々 NEDO も入りながら実施をしてございます。具体的には、「これは特許出願すべきだ」とか、「いや、まだステイだ」といったような議論を NEDO 及び実施者で交わしながら、ある程度合意形成した上で対応している形になります。全てのテーマにおいてこれができるということではありませんが、一例としてそういう状況があるといったことでご理解いただけたらと思います。

【田中委員】 分かりました。ありがとうございます。

【土田分科会長】 それでは、ほかにごございますか。内田委員、よろしく申し上げます。

【内田委員】 内田です。酸化ガリウムのところで、資料 44 ページの実施体制についてユーザーアドバイザリーボードを設けながら、顧客と密な情報交換を行っているということで非常にすばらしい取組だと思いました。その一方で、海外の市場を獲得するといったところを目指したときには、今ユーザーアドバイザリーボードの中で議論していることで十分なのか、あるいは海外市場の獲得に向けて異なる取組というのもされているのでしょうか。

【(株)FLOSFIA_安藤】 FLOSFIA の安藤です。ご質問いただいた件に関しましては、この製品群だけでなく、先行している 600 ボルト品も含めて、弊社の営業部が海外の代理店と協議しながら拡販活動を進めているところになります。

【土田分科会長】 それでは、ほかにごございますか。渡部平司委員、よろしく申し上げます。

【渡部(平司)委員】 渡部です。事前にも申し上げた点になりますが、マネジメント体制について少し伺います。まず、このプログラムとして、当初はパワーデバイス系であるとか、それから非常にタイムリーな装置系といったところの強みもどんどん増やされて、非常にバランスもよいですし、日本に求められているところを NEDO 様がサポートするというのも大変すばらしいと思っている次第です。その上で、今 PL がお一人であられるという体制について、もちろんすばらしい方であり、パワーデバイスにおいて非常に見識もありますし、幅広い知識を持っておられるのですが、お一人でこれら全てを見るというのは恐らく相当な負荷になるのではないのでしょうか。これだけ大きなプロジェクトにおいては、例えば装置系のところを追加公募するのであれば、その際に PL を追加するとか、いずれにしても今の状態では多分オーバーロード過ぎるのではないかと心配がございます。そこは何かしら改善の予定はないのですか。もちろん今 PL をなさっている方は、すごくきちんとされていると思いますが、何かしら改善の予定であるとか、NEDO 様が PL をどう支えるかといったところでのアイデアやご見解を

伺えたらと思います。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 事前のご質問でもいただきまして、ご回答をさしあげたところですが、今回のプロジェクトリーダーであられる角嶋先生は、パワー含め、半導体に関して非常に知見を持っておられます。半導体をやるといったところでは、当然半導体のプロセスも装置もある程度分かった上でなければできませんので、そういう意味でも、NEDO から見て角嶋先生は、この半導体、新世代パワー半導体、もしくは半導体製造装置全般をある程度カバーできる先生だと認識しております。そういったところで、先生お一人に PL をお願いする形で、実際に現場にも足を運んでいただいて、現場も見えていただきながら、実施者の声を聞くであるとか、意見交換をすることか、技術的なディスカッションといったものを通してプロジェクトを進行してきている状況です。また、これまで何かしらスキル的に足りないことで議論がかみ合わなかった事なども一切なく、実施者の方からも、「角嶋先生に来ていただいてよかった」、「いろいろ技術的なディスカッションができて非常によかった」という声も上がっております。そういったところを考えますと、もちろん何か問題があったときにはまた別でありませんが、我々としては、問題がない限り角嶋先生にお願いをしている今の体制にて進めていけたらと考えている次第です。

【渡部 (平司) 委員】 ご回答ありがとうございます。もちろんすばらしい先生であり、よい体制であることは理解しております。だからこそといったところでのコメントになりますが、PL の先生を NEDO 側が支える体制として、つまりマンパワーであるとか、いわゆる PL の先生の指示の下、何かしらいろいろなサポート体制をするマンパワーといったところで手配をするというのも一つのアイデアではないかと思いました。以上、コメントです。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 分かりました。ありがとうございます。

【東京工業大学_角嶋 PL】 PL をしております角嶋です。ご心配いただきましてありがとうございます。まず、私というのは採択には一切関わっておらず、採択されたテーマに対して、それが潤滑にうまく進むように技術的な意見を申し上げることや、質問をするという立場であります。また、サイトビジットを通じていろいろな技術を聞くわけですが、NEDO 側からは事前にレクチャーを毎回していただいており、今回の中間報告に関しても、全部詳細にご説明をいただいておりますので、NEDO 側からのサポートは十分受けているものという認識です。もちろん、もう一人 PL をつけるというものもあるのかも分かりませんが、今のところは順調に実施者の進捗が進んでいるものと思っておりますし、大きな問題は生じていないと理解しております。ご心配いただきありがたい限りですが、私としても、そんなに過負荷にはなっていないと考えている次第です。以上になります。

【渡部 (平司) 委員】 ありがとうございます。

【土田分科会長】 それでは、ほかにもございますか。渡部潔委員、よろしく申し上げます。

【渡部 (潔) 委員】 渡部です。資料 55 ページ、56 ページの進捗管理と研究開発のリソースについて質問いたします。まず、このように状況に応じていろいろと計画を変更されるということは非常に大事なことであり、よくやられているものと理解しておりますが、やはり研究開発のテーマがどんどん増えてくれば、それなりのリソースが必要になってくるのではないかと思います。ですので、そのあたりをマネジメントとして、NEDO 側を含め、どのように管理をされているのかなというところでご見解を伺えたらと思います。

【NEDO IoT 推進部_野村 PM】 まず、実際に今回も追加公募をやるなどしてテーマ数は増えております。当然 NEDO 側の体制としても、そういう状況に応じて補強しております。NEDO 側の人的リソースの増強というのもできていると考えます。また、当然新しいテーマとなれば、新しい実施者ということになりますから、実施計画書であるとか、いろいろな積算表であるとか、研究体制という中でいろいろと議論を交わしながら、適切な体制になるように私どもとしてもいろいろと支援を行っている次第です。

【渡部（潔）委員】 ありがとうございます。

【土田分科会長】 それでは、ほかにごありますか。

では、一つ私のほうからよろしいでしょうか。アウトカム目標で上げられている CO₂ 排出量削減量に関して、これは事前質問でもお聞きしたところになります。多くのテーマがある中で、計算上の排出効果の大きさに大きなムラがあるのではないかと思います。ですので、この数字だけを達成するという点であると、多くあるテーマの中の実質一つ、二つのテーマの成否にかかっているようにも見える点が少し気になっております。しかしながら、CO₂ の削減量というのは実態的にはいろいろな技術が組み合わさって達成されるものですから、この数字だけにとらわれないでもらいたいという思いもあります。この数字の表し方については、何らかの工夫の余地があるのではないのかと考えるのですが、いかがでしょうか。

【NEDO IoT 推進部 野村 PM】 こちらに関しては、計算の前提条件といえますか、そういうものによって実際大きく変わってしまうというのが実態です。そのため、私どもとしても、この絶対値を云々というよりは、私どもが手がけた実際のテーマがきちんとその成果を、やはり社会実装するといえますか、実用化・事業化に向けてどれだけ着実にできるかというのを第一義のミッションとして考えております。ある意味 CO₂ 削減量は結果としてついてくる、そういう位置づけとして捉えてプロジェクトマネジメントを行っている次第です。

【土田分科会長】 ありがとうございます。それでは、まだご意見、ご質問等があるかとも思いますが、予定の時間になりましたので、以上で議題 5 を終了といたします。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【土田分科会長】 議題 8 に移ります。

これから講評を行います。その発言順序につきましては、冒頭に行った挨拶と逆の形とし、最初に渡部平司委員をお願いいたしまして、最後に私、土田という流れで進めてまいります。

それでは、渡部平司委員、よろしくお願ひします。

【渡部（平司）委員】 大阪大学の渡部です。本日は、NEDO の皆様及び実施者の皆様に本当に丁寧なご説明を伺いまして、様子がよく分かりましたし、大変勉強になった次第です。省エネエレクトロニクスというものは非常に幅が広いものですが、この事業としては、まずデバイスから入られて、そして装置関係に広がっていくというところで、非常に適切にタイムリーな課題を拾っておられました。非常に感心しておりますし、正しく運営されているという理解です。また、当然のことながら、NEDO 及び PL の先生が非常にご苦勞されていることを察しますので、マンパワーといったところでも、ぜひとも必要などころにかけていただけるような立ち位置であっていただけたらと思います。

そういった上で、具体的などころとしては、特にパワーデバイスの 2 つが非常に大きな規模で進捗されていて、しっかりと課題設定をされておりましたし、それを着実にこなされているというところで、とてもすばらしかったと思います。後半の装置のほうでは、こちらは NEDO が 100% 出資という

ところで装置開発をされていますので、どういう課題をどのようにNEDO100%の出資プログラムとして選ぶのかというところで大変難しい点もあるのではないかと考えます。NEDOとしても、これからこういった立ち位置で装置開発に対するサポートをしていくかというのは難しいところとは思いますが、NEDOとして最適な課題を選ぶ、そして実施者の方々も立ち位置を選び、さらにこういった世界的なポジションにあるのかといった点を含めながら、もう一度目標なども併せて洗い直していただけたらと思います。以上です。

【土田分科会長】 ありがとうございます。続きまして、渡部潔委員、よろしくお願いします。

【渡部（潔）委員】 日本半導体製造装置協会の渡部です。本日は、どうもありがとうございました。まず前半のパワーデバイスについては、コスト競争に優位性がある技術だということで、よいテーマを選ばれていると思っています。また、研究開発している中身としてもよく理解できるもので、目標どおりに進んでいるとか、目標が前倒しに進んでいるというところでも期待を持つ次第です。今後も積極的に研究開発のほうを進められるように、NEDOとしてもフォローしていただくことをよろしくお願いします。そして後半の装置のほうでは革新的な技術を開発されている印象ですが、本日詳しくお聞かせいただきまして、内容を直接確認できたことが本当によかったです。こちら中には目標を前倒しで進んでいるものがありましたので、今後の進展に期待できていると思っています。どうもありがとうございました。

【土田分科会長】 ありがとうございます。続きまして、南川委員、よろしくお願いします。

【南川委員】 インフォーマインテリジェンスの南川です。本日は、ありがとうございます。各開発テーマのいずれも非常に重要な内容でありますし、計画も進捗も十分目標に合っており特に問題はないと理解しております。しかしながら、市場というのは相当早く動き始めていますので、そこはやはり念頭に置いておく必要があると考えます。特にこの二、三年の間にはコロナがあり、そして米中の競争も始まったということで、特にパワー関係のところでは非常にスピードアップしております。そういったところでは、多分当初の計画よりも一、二年早く海外の競争が動き始めているのではないかと考えると、それらを踏まえると、もしかすると、もう少し計画の見直しの必要性といったところも見えてくるかもしれませんが、そこは今後とも積極的に国にサポートをしていただくべき分野であると思っております。以上です。

【土田分科会長】 ありがとうございます。続きまして、田中委員、よろしくお願いします。

【田中委員】 産業技術総合研究所の田中です。本日は、パワーデバイスから装置開発に至るまで、非常に幅広いテーマにおける研究成果を聞かせていただきまして、大変勉強になりました。私自身、SiCのパワーデバイスの開発に携わってきた経緯からすると、今日の1番目にあつた酸化ガリウムのパワーデバイスの開発というのは、それこそ10年以上前のSiCの状況を思い出すような内容で、非常に興味深く聞かせていただいた次第です。そういう意味でいうと、例えばpn接合の基本特性であるとかそういうベーシックなところを抑えながら、ぜひ今後の展開を図っていただけたらというのが正直な思いになります。また、後半の装置開発に関しましては、これまで委員の先生方がおっしゃられたように、やはり出口というか、装置を使う側の立場のご意見がどのようになっているのかというのが、我々も計り知れないところ。そこはぜひ今後も、一回だけ話をすればいいというわけではなく、常に要求は変わってくると思いますから、継続的に要求を的確に捉えつつ、もしそれで目標設定を変えなくてはならないとなった際には、ぜひ積極的にNEDO様のほうからも働きかけを行っていただけたらいいのではないのでしょうか。ありがとうございました。

【土田分科会長】 ありがとうございます。続きまして、内田委員、よろしくお願いします。

【内田委員】 東京大学の内田です。まず実施者の皆様に対しまして、本日丁寧なご説明をしていただいたことに感謝を申し上げます。またNEDO及びPLの方々におかれまして、重要なテーマを選定していただき、そして確実なフォローをしていただいたことに感謝を申し上げます。パワーデバイスについて

ては非常に新しい材料やシリコンを使ったスケーリング IGBT という非常に先端的なテーマを進められているということで、進捗を含めて非常に感銘を受けた次第です。また、装置開発については、成膜技術、張り合わせ技術、直描技術ということで、新しいテーマの選定、あるいは進められているテーマのターゲット設定をその時々ニーズに合わせて着実に変えられているところも含めて、非常にしっかりとした運営をされているものと理解しております。一方で、着実に目標設定に対して前倒しであるとか予定どおりに進捗をしている上では、それぞれ様々なすばらしい技術が出てきているわけですから、さらなる知財化といった点でも、NEDO 様を含めフォローをしていただければ幸いです。以上になります。

【土田分科会長】 ありがとうございます。続きまして、長澤分科会長代理、よろしく申し上げます。

【長澤分科会長代理】 CUSIC の長澤です。本日お話を伺いまして、材料、デバイス、装置という形で全体的に網羅された開発が行われており、非常にこのプロジェクトが健全に進んでいることを理解いたしました。一部開発を前倒しされているところも、その姿勢は非常に評価できるものですし、課題に対する開発の進捗も大変分かりやすい説明であり、それら進捗に対するマネジメントがきちんと取られていたものと思います。一方で、既に幾つかご指摘があったように、ほかの競合になる技術、材料、例えばシリコンカーバイドというのも、これはムービングターゲットで技術開発が進んでまいりますし、いろいろな価格がだんだんと安くなっているところがございます。いわゆる技術は生ものですから、そういったところは常にウオッチをして適正な方向で開発を進めていただければと思います。またもう一つ、技術成果を明確なものとする意味では特許になりまして、これというのもまた生ものであると考えます。これについては、やはりオンタイムで適正な技術に、コアになる技術を適正なタイミングで出していただくことが非常に重要であると思いますので、今後もこのあたりに気をかけながら開発を進めていただければ幸いです。本日はありがとうございました。

【土田分科会長】 ありがとうございます。それでは最後に、本日の分科会長を仰せつかりました電力中央研究所の土田から講評をいたします。全体を通して丁寧なご説明をしていただき、そして、我々委員からの質問に対しても丁寧にお答えいただき、大変充実した分科会になったものと考えます。皆様、誠にありがとうございました。それぞれの項目において着実に進捗しており、中には予想以上の進捗が得られたものもあるということで、PM 及び PL の下、プロジェクトの運営が適切になされているものと理解いたします。最近テレビ等を見ている、「半導体」であるとか、「パワー半導体」といった言葉が出てくる機会が多くなってきているように思うところです。「日本の半導体の復権」ということも言われており、その中で、日本が強いのは素材、製造装置、パワーデバイスの三本柱であると挙げられているのですが、まさしくこのプロジェクトはその三本柱を国が支援するということであり、国民の期待を集めているプロジェクトだと言えるのではないのでしょうか。本日は中間評価ですが、最終評価またはアウトカムを得るところまでを見据え、引き続き今後のプロジェクトに当たっていただければと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

【北原専門調査員】 評価委員の皆様、ご講評を賜りまして誠にありがとうございました。続きまして、IoT 推進部よりなにかございますか。

【NEDO IoT 推進部_林部長】 IoT 推進部で部長をしている林です。本日は、午前中から長い時間にわたりまして、幅広いご意見、ご知見を賜りまして誠にありがとうございました。私どもは、プロジェクトマネジメントを担当するというので、実施者に寄り添う立場ではありますが、それと同時に、この制度、政策をつくっている当局の政策目標というものもしっかりと見据えてマネジメントをしていく立場でもあります。そうした中で、今日も実施者の方々からお話でしたが、様々な課題、新たな課題、それが起因するのが研究開発の進捗であったり市場変化であったりと様々あるわけですが、そうしたところの課題を私ども NEDO も一緒になって乗り越えていく、そうしたお手伝いをしていければと思っております。また、委員の皆様から、目標設定の在り方、あるいは計画の見直し、そして知財化

といったところでのお話もございました。そうしたところに対しても、プロジェクトマネジメントをしながらしっかりと見ていきたいと思ひますし、知財についてもオープン/クローズ戦略をしっかりと踏まえ、行っていけたらと考える所存です。本日はありがとうございます。

【東京工业大学_角嶋 PL】 PLの角嶋です。本日は、我々の内容についてご意見を賜りましてありがとうございます。オンリーワンの材料であるとか、強みのある技術といったところでの内容が多かったと思ひますが、その一方で、知財や実用化といったところでもコメントを多々頂戴いたしました。「製造基盤強化」という題名で事業をやっておりますので、当然のことでありまして、我々もこれらに対して答えていかなければいけないと感じた次第です。また、こういう内容についても、サイトビジットであるとか、折に触れているいろいろなところで実施者と会話することがあるのですが、先週、京都で学会がございまして、その講演内容を聞いていると、何だかどこかで耳にしたことのある話だと感じたことがありました。それというのは、デバイスメーカーからの発表だったのですが、実は実施者の技術をサンプル出荷といいますか、テストということで、名前は一切出てこないのですが、そういう形で行われていたのです。そういったところでも、実用化に向けて顧客をつかまえていることを肌で感じたところもございました。今後も、顧客なり実用化に向けて、PLとして、この製造基盤強化を実現するために力いっぱい協力していきたいと思っております。どうもありがとうございました。

【土田分科会長】 ありがとうございます。それでは、以上で議題8を終了いたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

資料 1	研究評価委員会分科会の設置について
資料 2	研究評価委員会分科会の公開について
資料 3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
資料 4-1	NEDO における技術評価について
資料 4-2	評価項目・評価基準
資料 4-3	評点法の実施について
資料 4-4	評価コメント及び評点票
資料 4-5	評価報告書の構成について
資料 5	プロジェクトの概要説明資料（公開）
資料 6	プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
資料 7-1	事業原簿（公開）
資料 7-2	事業原簿（非公開）
資料 8	評価スケジュール
番号なし	質問票（非公開）

※分科会前に実施した書面による質疑応答は、全ての質問について質問または回答が非公開情報を含んでいるため、記載を割愛する。

以上

参考資料 2 評価の実施方法

NEDOにおける技術評価について

1. NEDOにおける技術評価の位置付けについて

NEDOの研究開発の評価は、事業の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおけるPDCAサイクル（図1）の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODAループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価事業等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

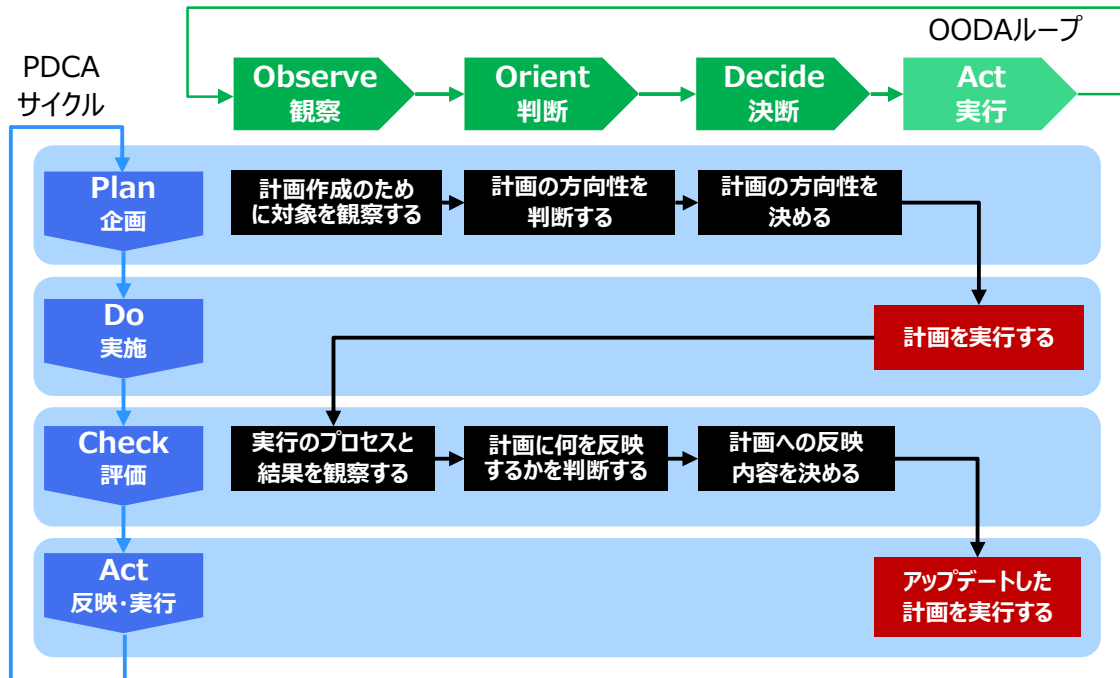


図1 研究開発マネジメントPDCAサイクルとOODAループ組み合わせ例

2. 技術評価の目的

NEDOでは、次の3つの目的のために技術評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
- (3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の5つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. プロジェクト評価の実施体制

プロジェクト評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- (1) 研究開発プロジェクトの技術評価を統括する研究評価委員会をNEDO内に設置。
- (2) 評価対象プロジェクト毎に当該技術の外部の専門家、有識者等を委員とした分科会を研究評価委員会の下に設置。
- (3) 同分科会にて評価対象プロジェクトの技術評価を行い、評価報告書（案）を取りまとめた上、研究評価委員会に諮る。
- (4) 研究評価委員会の審議を経て評価報告書が確定され、理事長に報告。

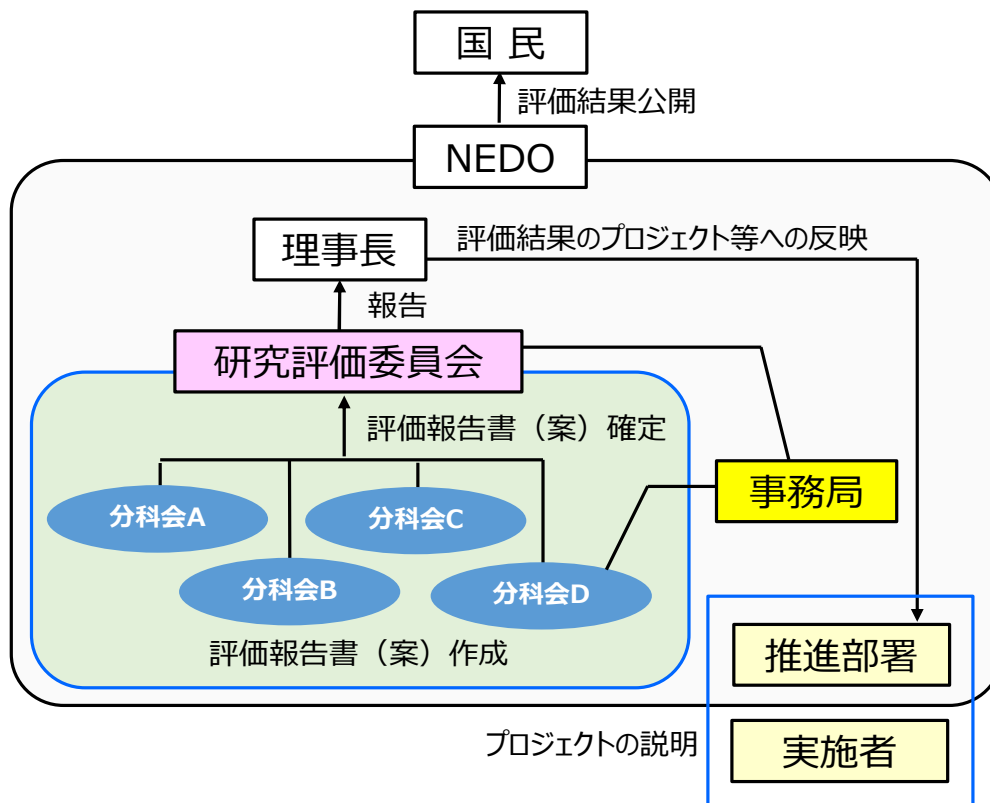


図2 評価の実施体制

5. 分科会委員

分科会は、研究開発成果の技術的、経済的、社会的意義について評価できる NEDO 外部の専門家、有識者で構成する。

6. 評価手順

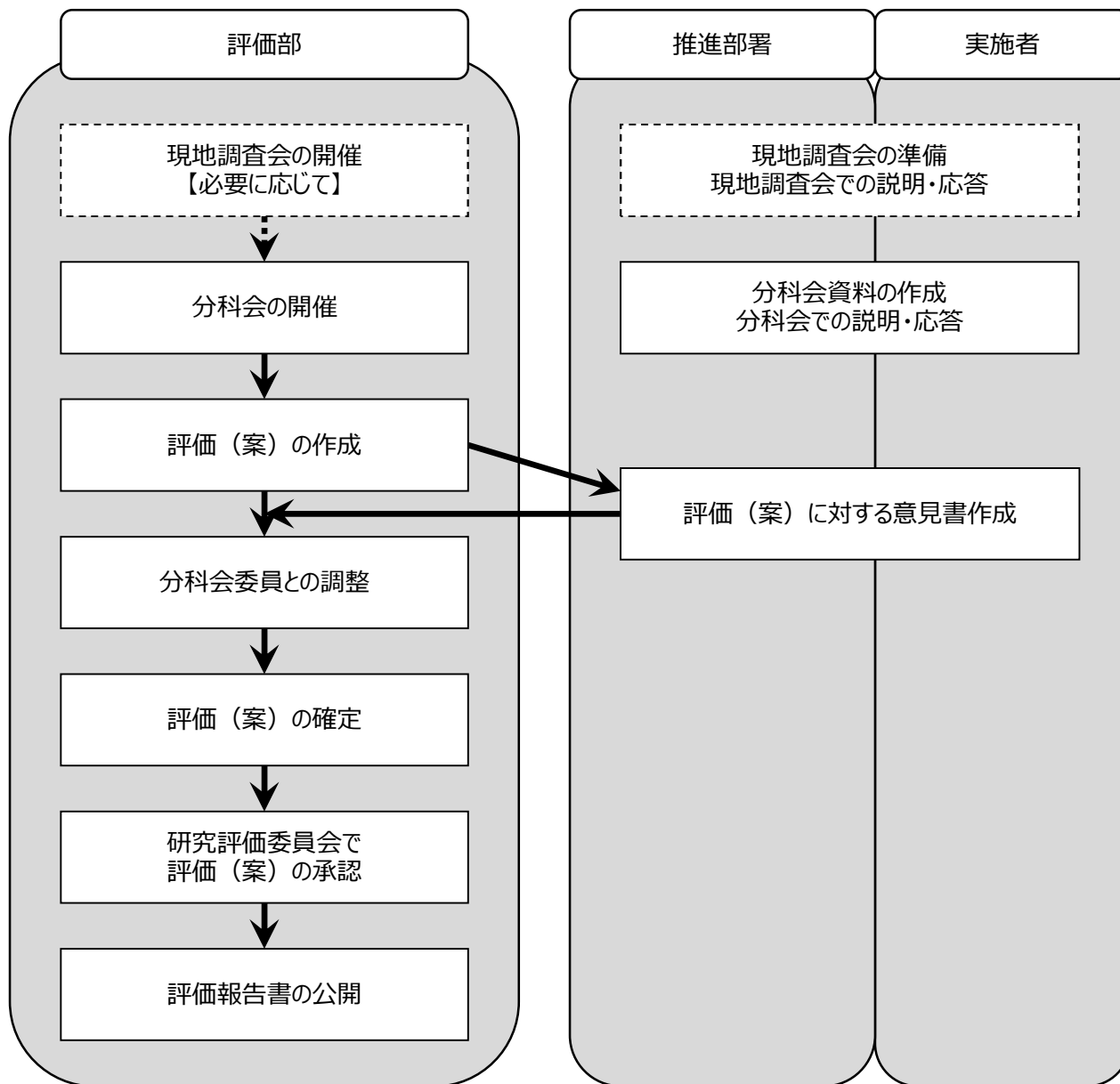


図 3 評価作業フロー

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」
(中間評価) 分科会に係る
評価項目・評価基準

1. 意義・アウトカム (社会実装) 達成までの道筋

(1) 本事業の位置づけ・意義

- ・本事業が目指す将来像 (ビジョン・目標) や上位のプログラム及び関連する政策・施策における位置づけが明確に示された上で、それらの目的達成にどのように寄与するかが明確に示されているか。
- ・外部環境 (内外の技術・市場動向、制度環境、政策動向等) の変化を踏まえてもなお、本事業は真に社会課題の解決に貢献し、経済的価値が高いものであり、国において実施する意義があるか。

(2) アウトカム達成までの道筋

- ・「アウトカム達成までの道筋」*の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮しているか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項

- ・将来像 (ビジョン・目標) の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
- ・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
- ・本事業終了後の自立化を見据えていること。
- ・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(3) 知的財産・標準化戦略

- ・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データを含め、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当か。
- ・本事業の参加者間での知的財産の取扱い (知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等) や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであるか。
- ・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点 (デジュール、フォーラム、デファクト) で取り組んでいるか。

2. 目標及び達成状況

(1) アウトカム目標及び達成見込み

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・アウトカム目標の達成の見込みはあるか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当か）。
- ・費用対効果の試算（国費投入総額に対するアウトカム）は妥当か。

※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO₂削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。
- ・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- ・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

(2) アウトプット目標及び達成状況

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・中間目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切か。
- ・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあるか。
- ・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われているか。

※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。
- ・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。
- ・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックとTRL*の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

3. マネジメント

(1) 実施体制

- ・執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切か。効果的・効率的な事業執行の観点から、他に適切な機関は存在しないか
- ・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮しているか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は有効に機能しているか。
- ・実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化・事業化を目指した体制となっているか。
- ・個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切か。
- ・本事業として、研究データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公平性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしているか。

(2) 受益者負担の考え方

- ・委託事業の場合、委託事業として継続することが適切^{*}か。補助事業の場合、現状の補助率の設定を続けていくことが適切^{*}か。

※ 適切な受益者負担の考え方

- ・委託事業は、「事業化のために長期間の研究開発が必要かつ事業性が予測できない^{*}、又は、海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合において、民間企業が自主的に実施しない研究開発・実証研究」、「法令の執行又は国の政策の実施のために必要なデータ等を取得、分析及び提供することを目的とした研究開発・実証研究」に限られていること。

※「長期間」とは、技術特性等によって異なるものの「研究開発事業の開始から事業化まで10年以上かかるもの」を目安とする。「事業性が予測できない」とは、開発成果の収益性が予測不可能であり、民間企業の経営戦略に明確に記載されていないものとする。

- ・補助事業は、事業化リスク（事業化までの期間等）に応じて、段階的に補助率を低減させていくなど、補助率が適切に設計されているものであること。

(3) 研究開発計画

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえ、アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直しているか。
- ・研究開発の進捗を管理する手法は適切か（WBS^{*}等）。進捗状況を常に関係者が把握しており、遅れが生じた場合、適切に対応しているか。

※WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

参考資料 3 評価結果の反映について

「省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【1】酸化ガリウムのテーマは、ダイオードのみでなく、スイッチング素子の実用化も含めた事業化戦略についての検討を期待したい。</p> <p>【2】一部の装置開発のテーマでは、実用化された際の市場規模の妥当性や経済的合理性に関するさらなる検討を期待したい。</p> <p>【3】業界標準となる技術を育てるには、研究開発の進捗に合わせて、材料、デバイス、装置の各企業が議論を重ね、アウトカム達成への道筋を常に見直すなども検討いただきたい。</p> <p>【4】一部の装置開発のテーマについては、知財化戦略のさらなる推進を期待したい。</p> <p>【5】アウトカムの指標としてのCO₂削減量の算出において、研究成果の波及効果の勘案ならびに算出方法の工夫をするなどして、より効果的に表してもらいたい。</p> <p>【6】酸化ガリウムのテーマにおいては、他のパワーデバイスの量産効果やウエハ大口径化を比較対象としたコストや使用条件に応じた適切な判断指標の検討を期待したい。</p>	<p>【1】SBD 事業化ロードマップ検討の一環として、スイッチング素子を含めた酸化ガリウム市場の将来性について技術推進委員会の中で議論・検討する。</p> <p>【2】指摘いただいた項目を網羅したロードマップ作成を指示し、技術推進委員会の中で議論・検討する。</p> <p>【3】業界標準となる技術の育成については、研究開発の進捗に合わせて、事業毎サプライチェーンを巻き込んだオープン・クローズド戦略等を検討し、必要に応じてアウトカム達成への道筋を見直す。</p> <p>【4】技術推進委員会の中で省エネエレ事業全体としての知財化戦略を引き続き、議論・検討する。</p> <p>【5】CO₂削減量の算出についてより効果的に表すため、事業者毎にばらばらだった算出方法を整理し、当該事業研究開発成果による削減効果の精査を行う。</p> <p>【6】酸化ガリウムのテーマにおいては、指摘いただいた比較指標の検討を指示する。</p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【7】装置開発に対するサポートについては、課題、世界的なポジションを考慮しながら、必要に応じて目標見直しなども検討いただきたい。</p> <p>【8】海外のパワー半導体メーカーはウエハ 300mm 化などでは先行しており、今後も開発スピードアップに期待したい。</p>	<p>【7】目標値およびその達成に向けた重要な指標を縦軸／横軸に示した目標管理 2 軸マップならびにロードマップで研究目標、課題並びに事業化に向けたマイルストーンを明確化し、技術推進委員会で議論・検討する。</p> <p>【8】事業の加速予算を効果的に使い、研究開発の課題の早期解消、実用化確度の向上を検討する。</p>

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部

部長 三代川 洋一郎

担当 北原 寛士

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。
(https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミューザ川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162