

# 「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
<b>1 研究開発項目：①新世代パワー半導体の開発 .....</b>	<b>10</b>
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
<b>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 .....</b>	<b>14</b>
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&amp;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"> <li>● 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。</li> <li>● 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"> <li>✓ 既に強力な基本特許を出願済みの技術領域</li> <li>✓ 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</li> <li>✓ 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）</li> <li>✓ 半導体製造装置のコアパーツ</li> </ul> </li> <li>■ 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。</li> </ul>
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"> <li>■ 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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> </li> <li>■ 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CO<sub>2</sub>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。</li> </ul>
2.2 アウトプット目標及び達成状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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"> <li>①-1「酸化ガリウムパワー半導体の開発」 <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・SBD試作評価、酸化ガリウムチップ搭載モジュール試作中。</li> </ul> </li> <li>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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ 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"> <li>・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。</li> <li>【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</li> <li>【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</li> <li>【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</li> <li>【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</li> </ul> </li> </ul>

	<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&amp;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"> <li>国内外での動向・情勢把握の実施 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 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</li> <li>✓ 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</li> </ul> </li> <li>適時、適切な計画変更 <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>✓ 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</li> <li>✓ 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</li> </ul> </li> <li>機動的な加速資金の投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul> </li> </ul>						
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。

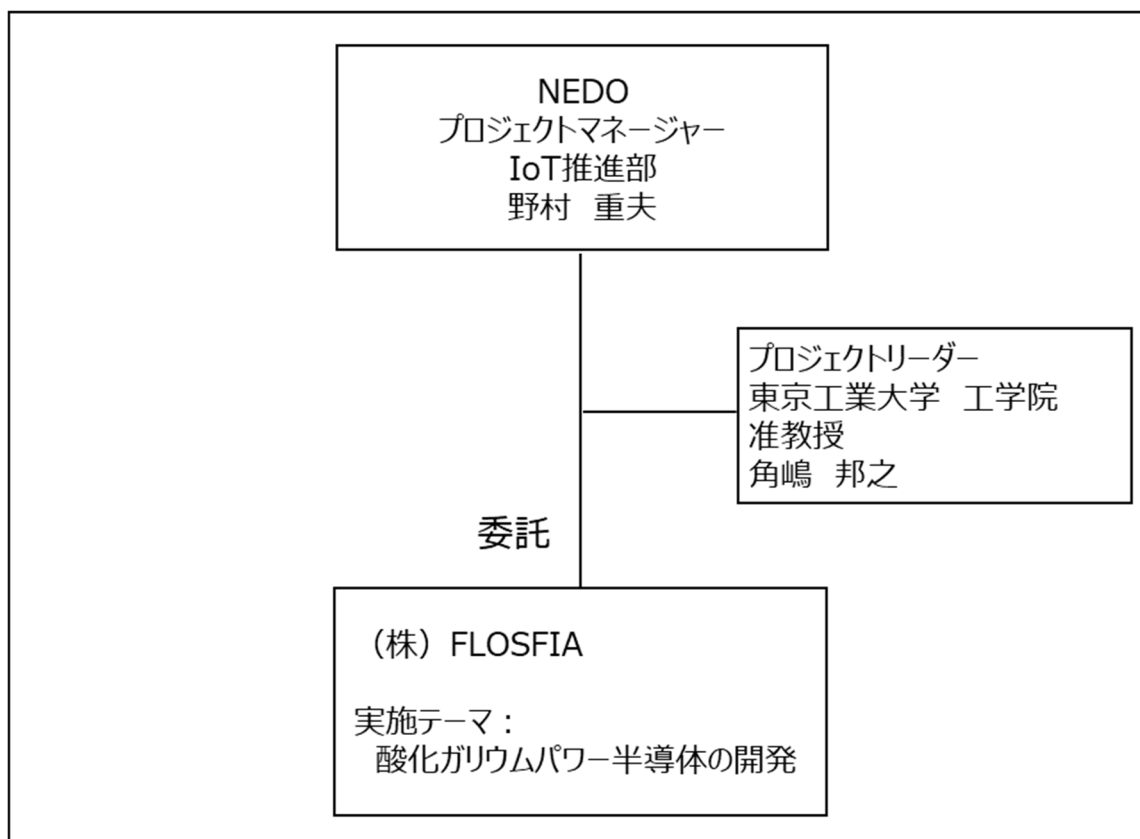
パワーデバイス	パワー半導体素子のこと、トランジスタやダイオード等からなる。
ヨーイング補正	ステージ移動時の Yawing 誤差をリアルタイムに補正する制御方式
親水化接合	プラズマ活性化処理による接合面の親水化を用いた永久接合。
直描露光	直接描画露光方式の略。ステッパーの様にマスクを転写する露光方式では無く、CAD データに基づき画素毎に露光ビームを ON/OFF することで、回路パターンを基板に直接露光する方式。

## 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

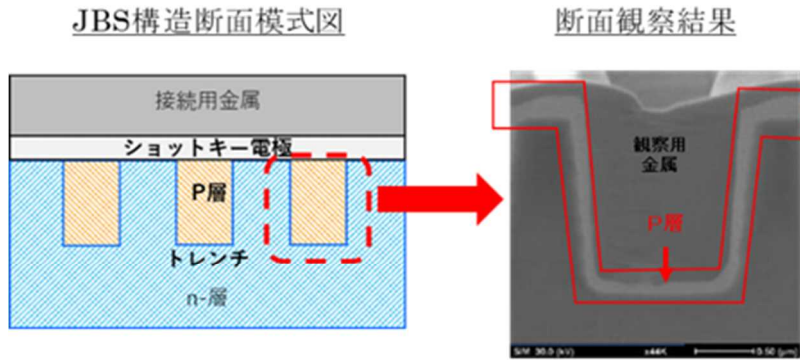
##### 1.1.3 目標

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

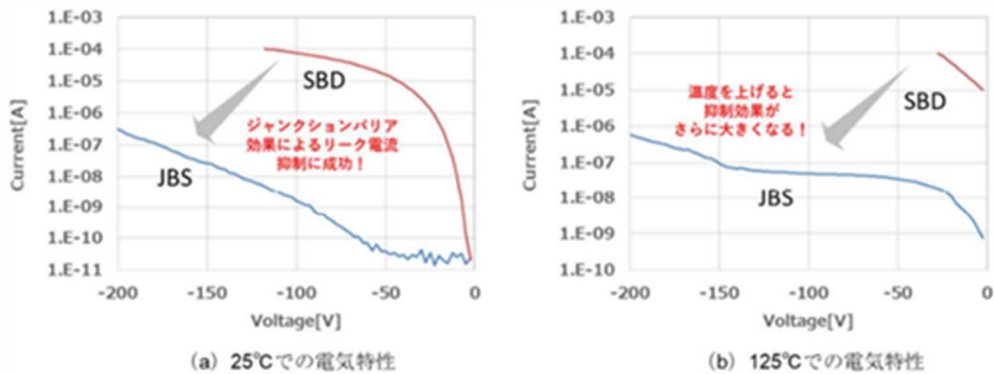
成果の達成状況：○ (2024年3月達成見込み)

- ・ 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

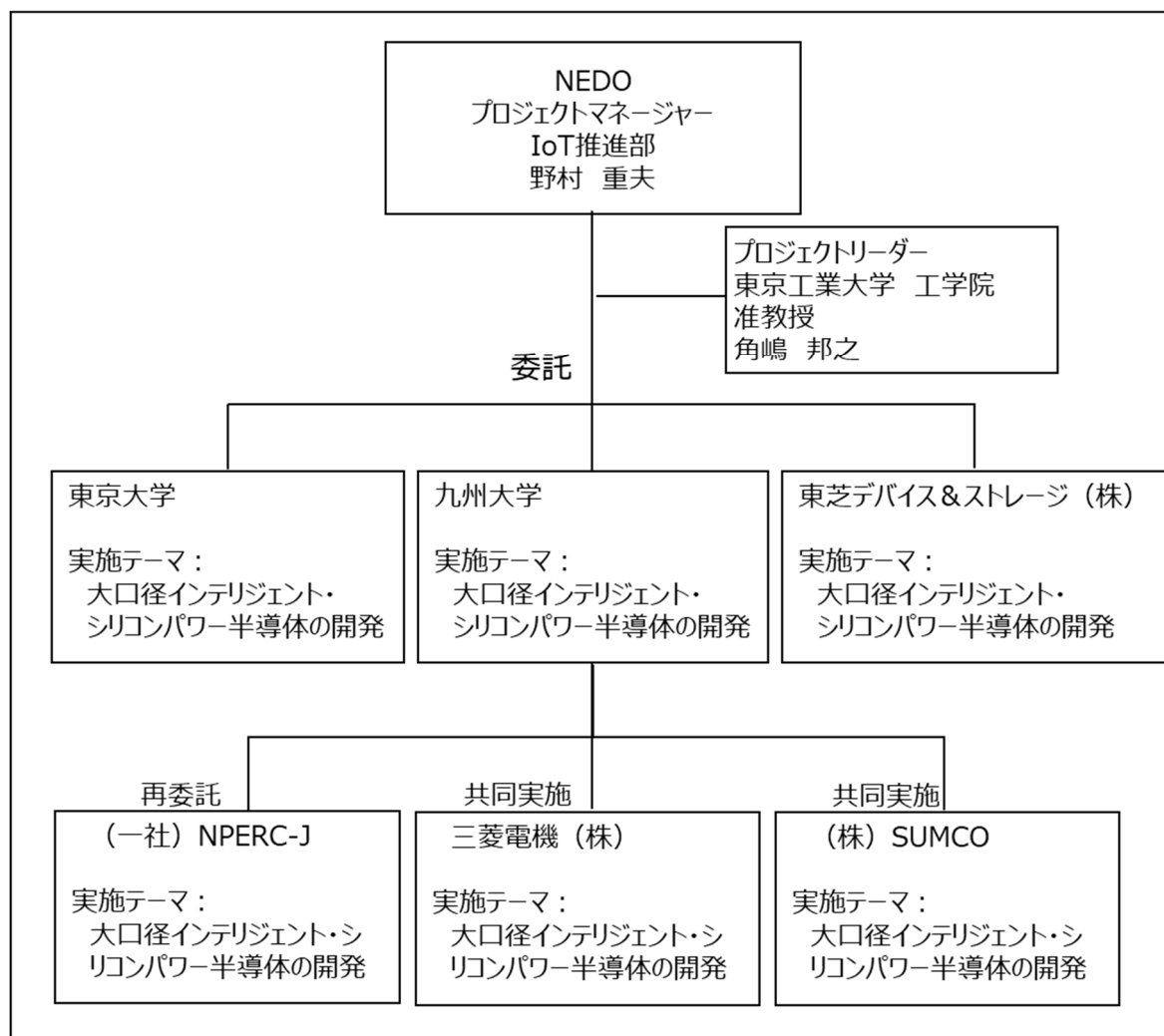
図 1：JBS 構造のデバイス動作実証

### 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に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。

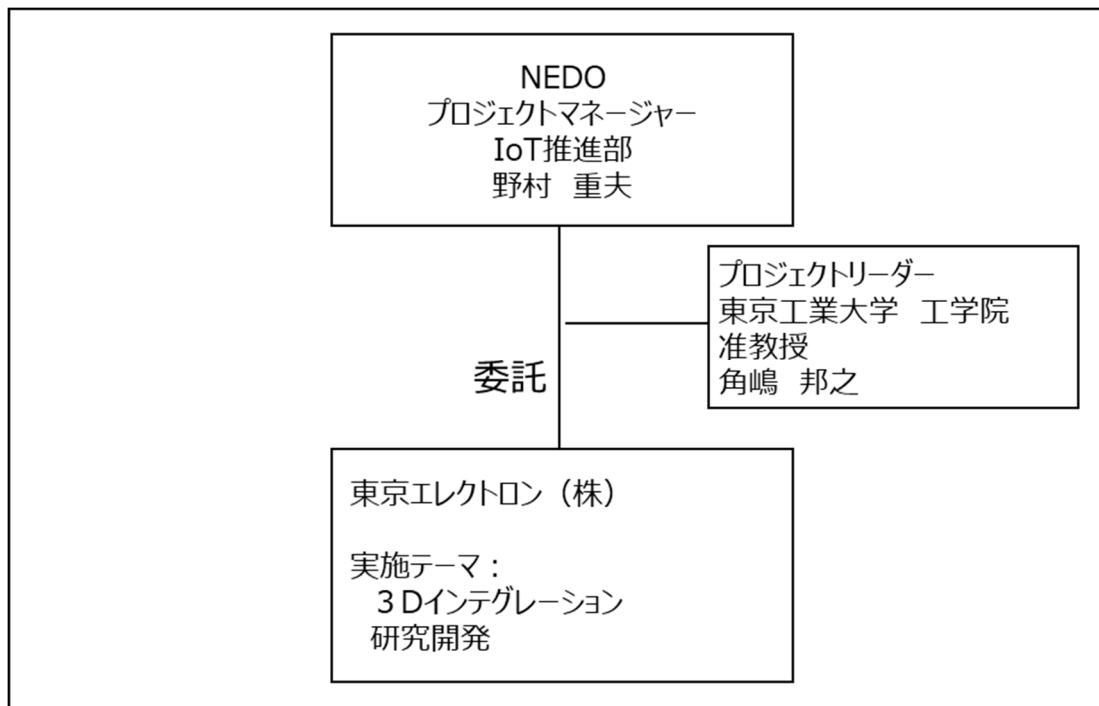
## 1.2.5 特許出願数、論文等の発表数

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。

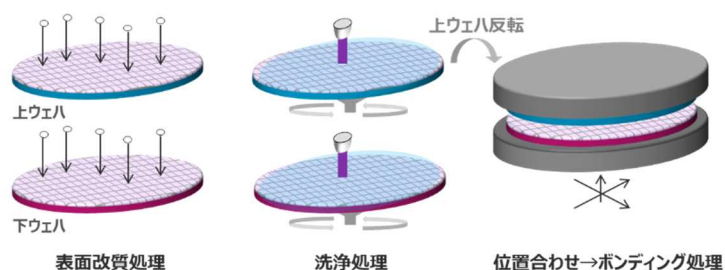


図 2：親水化合物 処理フロー

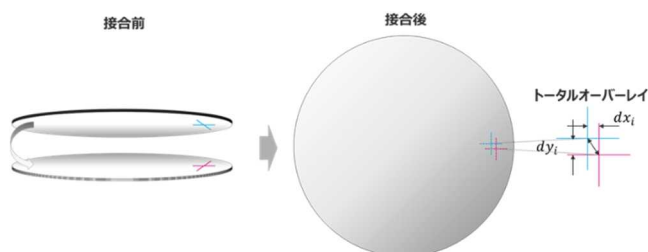


図 3：トータルオーバーレイの概念

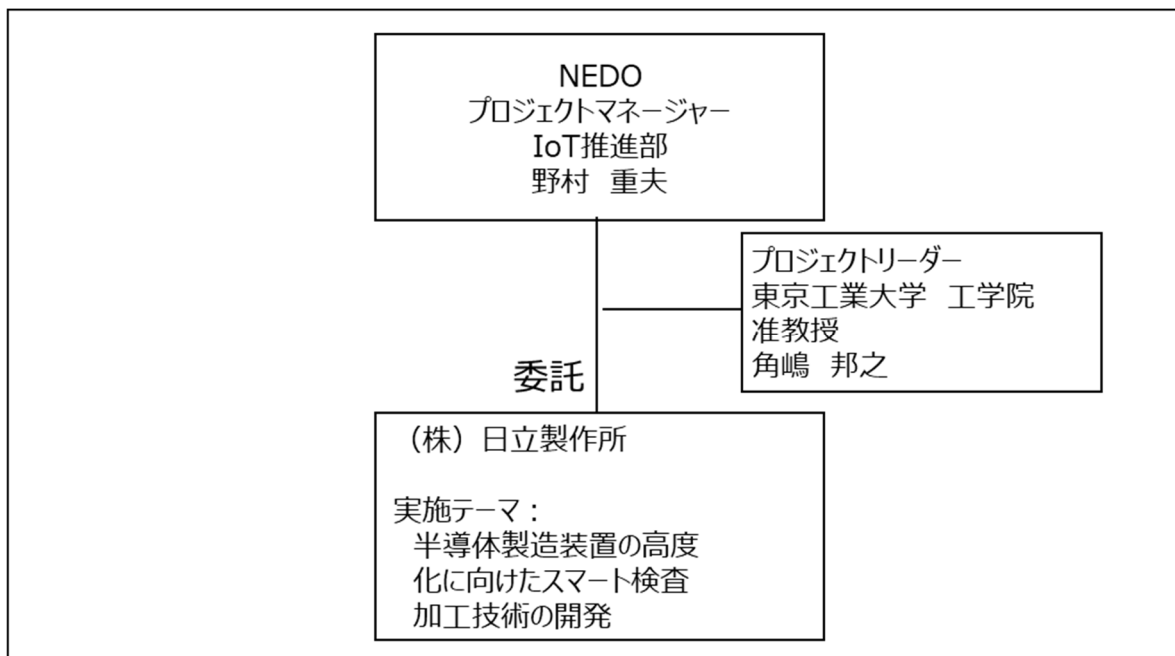
## 2.1.5 特許出願数、論文等の発表数

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。

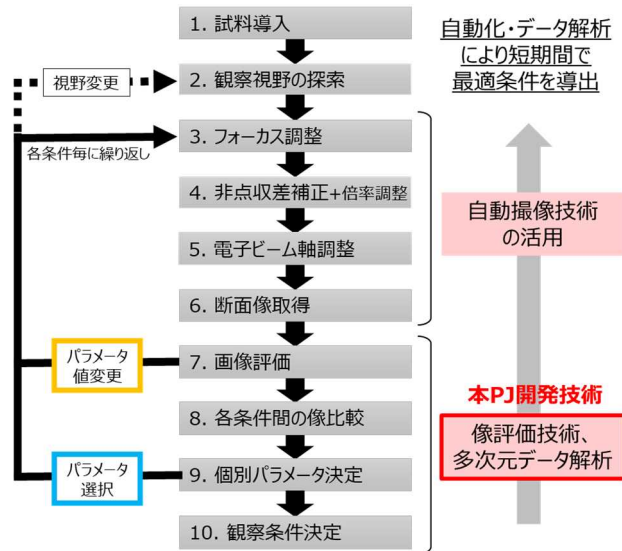


図 4：透過型電子顕微鏡の観察条件調整のモデルフロー

### 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。

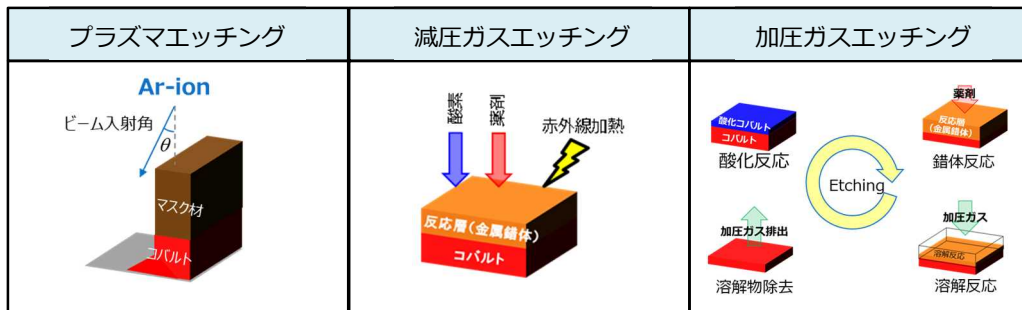


図 5：本開発で対象とするドライエッチング方式

## 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

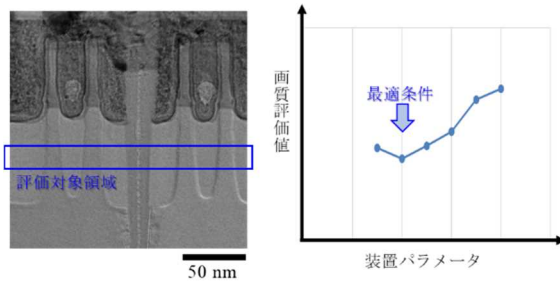
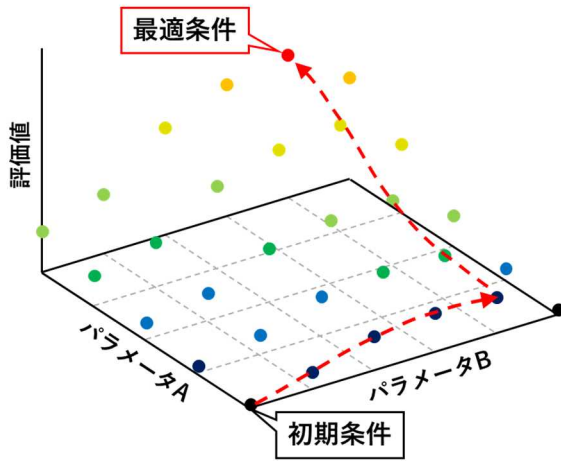


図 7：透過型電子顕微鏡画像と、単一パラメータの条件最適化の例

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。

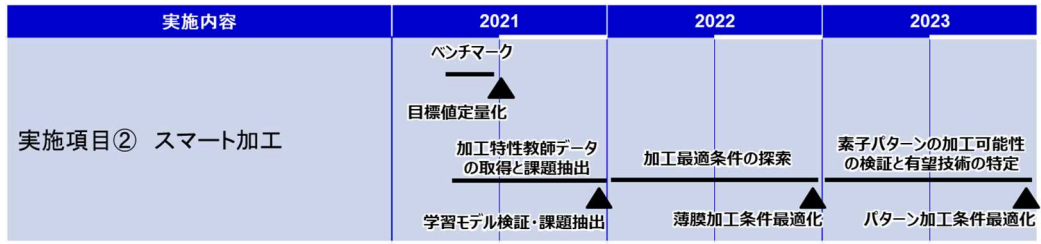


図 9：スマート加工の研究開発計画

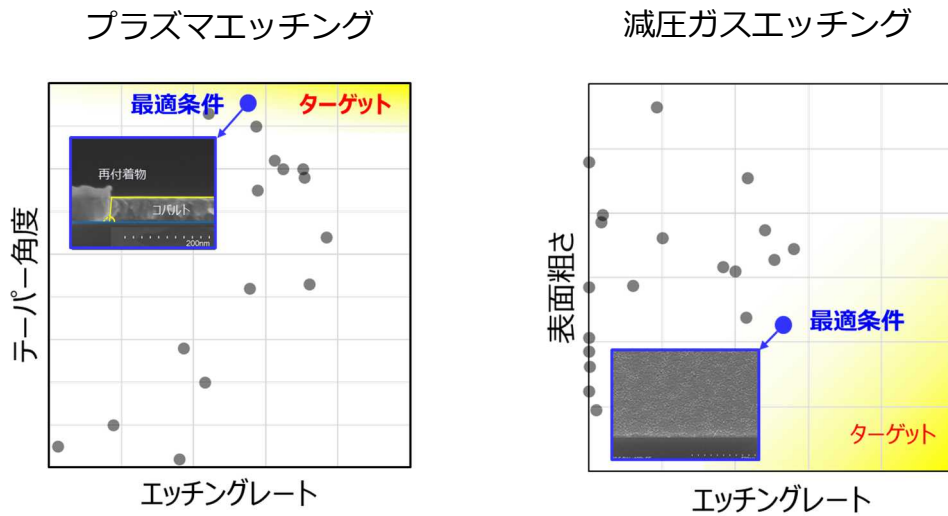


図 10：各エッチング方式による薄膜加工の例

■ 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

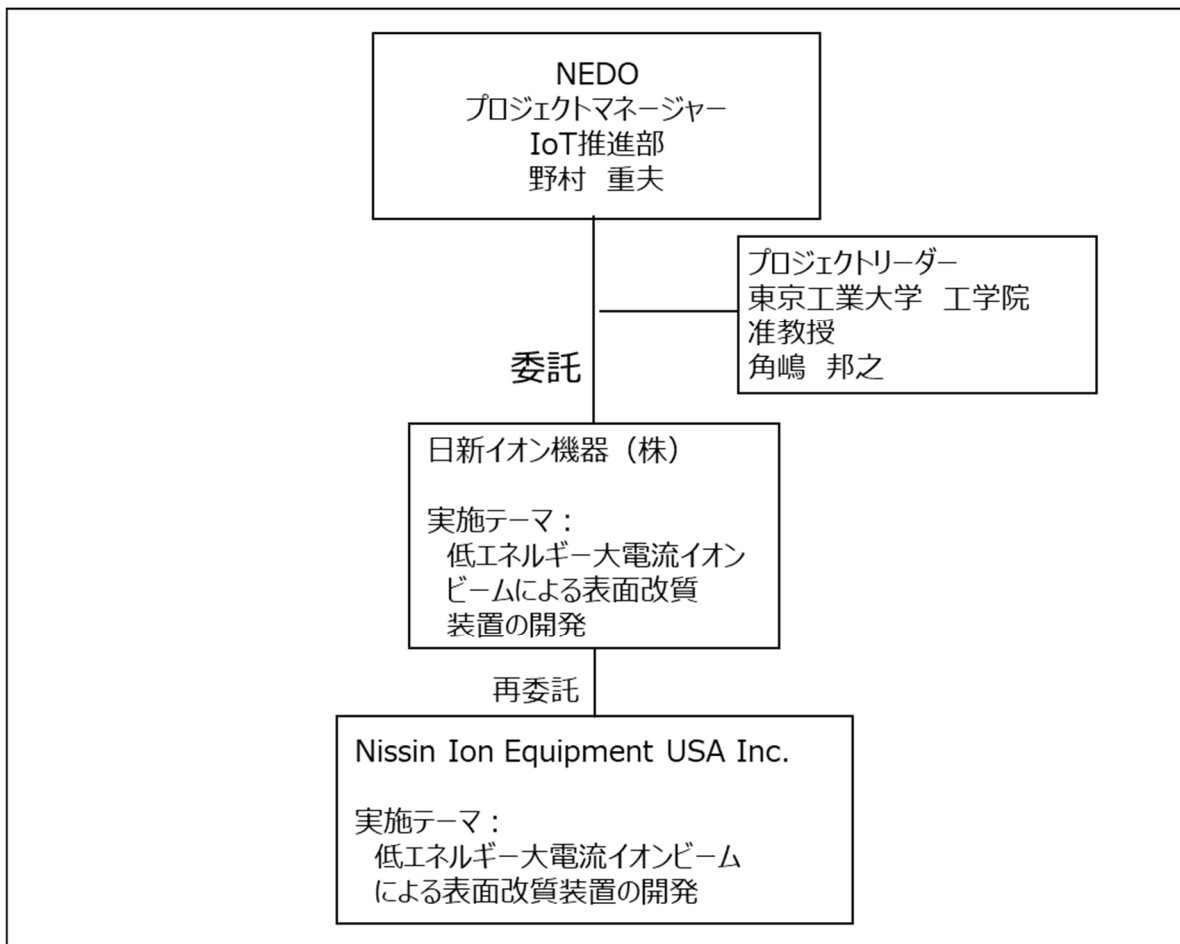
図 11：エッチング特性を指標としたベンチマーク表の作成と有望技術の特定（2024年2月時点）

## 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。

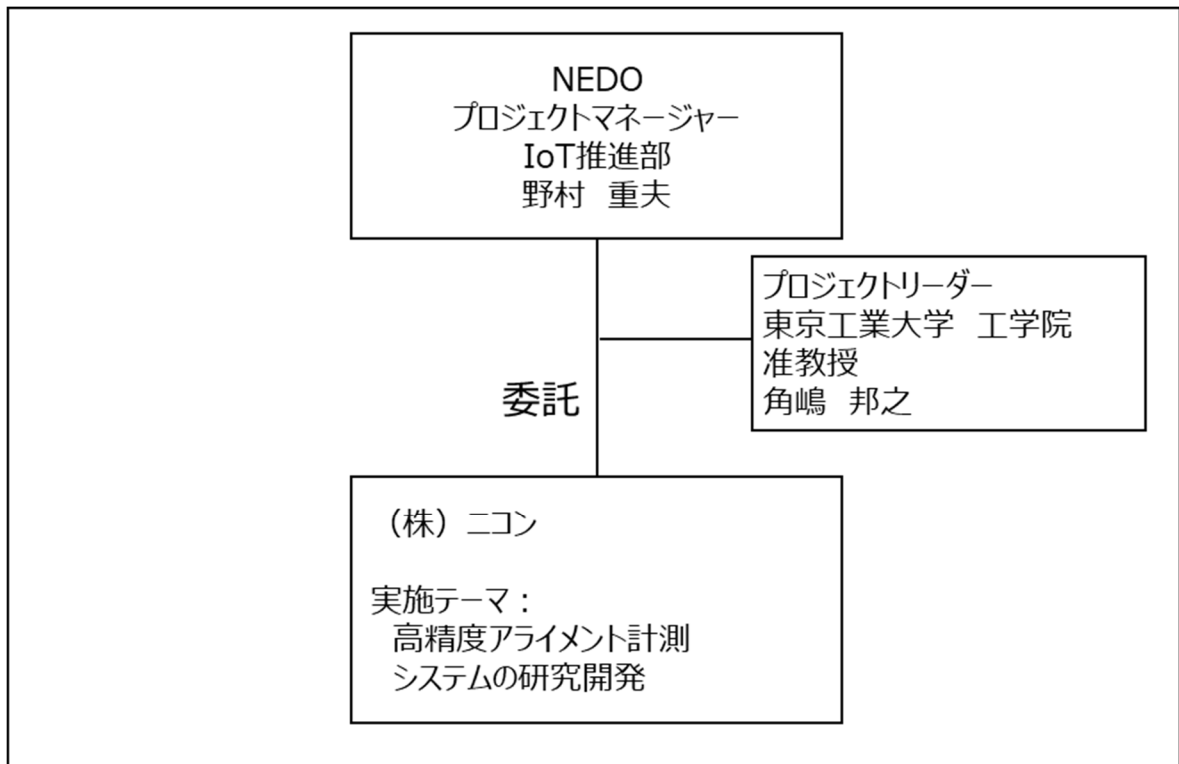
尚、表面改質プロセスは新たな市場であり、本プロセスの実用化にあたっては、イオン注入後の表面改質のプロセスデータ取得および顧客への共有、および顧客と密着した開発、評価が必要である。本プロジェクトと並行してこのようなプロセス開発も実施中である。B+などのイオン種を低エネルギーで薄膜に注入すると、後処理であるエッチング工程で薄膜のエッチングレートが変化するデータなどを取得し、顧客にプロモーションを実施中である。これらの成果をもとに現在顧客との共同評価に着手している。

### 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。

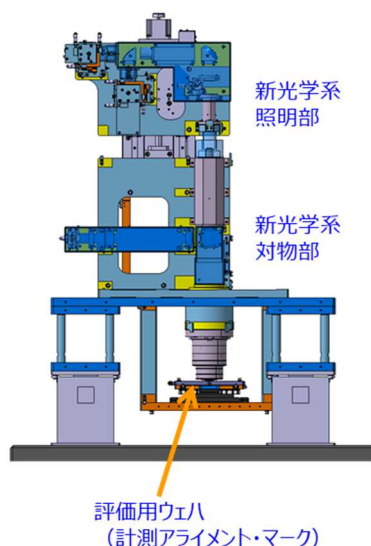


図 12：新光学系単体試作機

## 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】

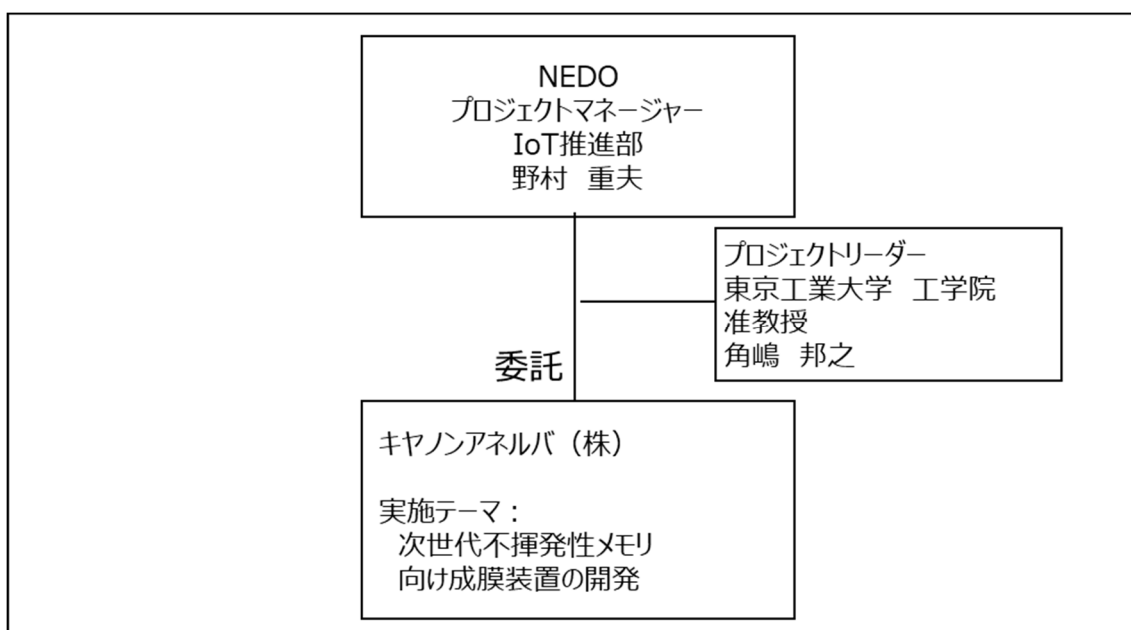
- ・ 第一回目、第二回目の装置起案デザインレビューを実施し、装置全体システム起案書を作成した。
- ・ 主要顧客より新規マーク計測機能開発要求を受け開発着手した。将来主要顧客で採用可能性の高い新規マークの計測機能を現時点で開発着手することで本研究の加速にも繋げることが出来た。

## 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。

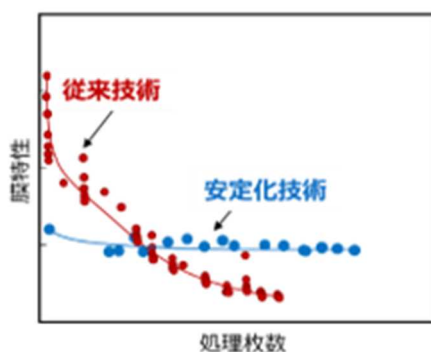


図 13：プロセス安定化技術

### 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。

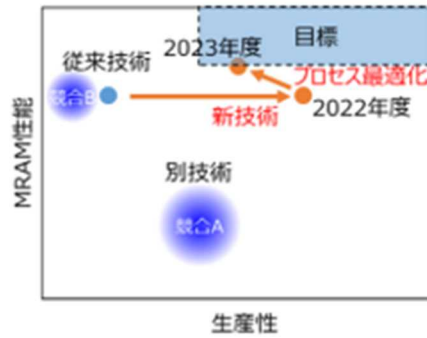


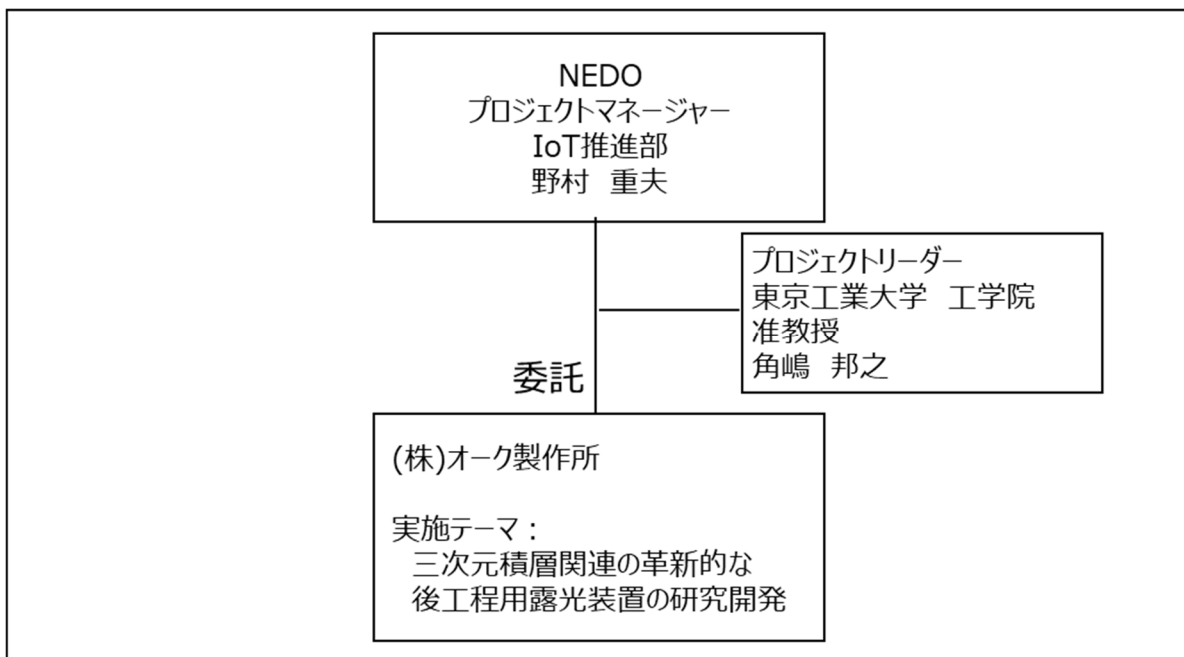
図 14 : 次世代 MRAM 2 軸マップ

### 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

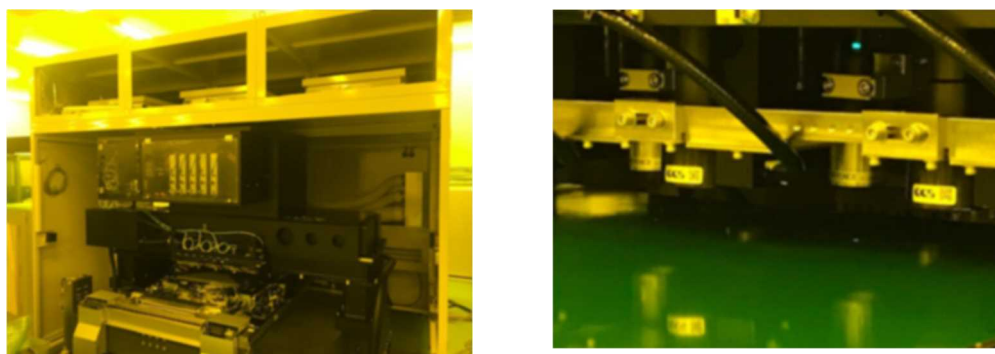
2022 年度に製作した露光ヘッドを搭載した実験機を完成する。この実験機により、第 1 段階で定義した中間目標の露光仕様の実現に向けて露光条件の確認、調整及び個別技術・機能（露光補正技術、オートフォーカス技術、マーク計測技術等）の開発を行う。また、得られた結果を基礎データ及び要素技術として、第 2 段階で定義したプロト機における最終目標の露光仕様の実現に着手し、中間目標の達成を目指す。

## 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 $\mu$ m、合わせ精度 1 $\mu$ 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

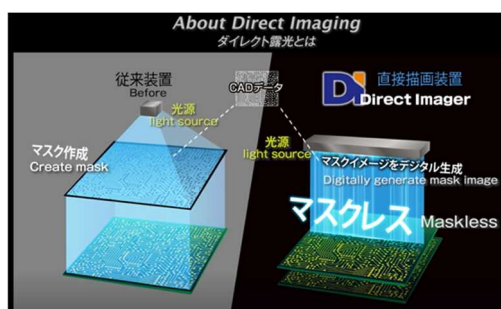


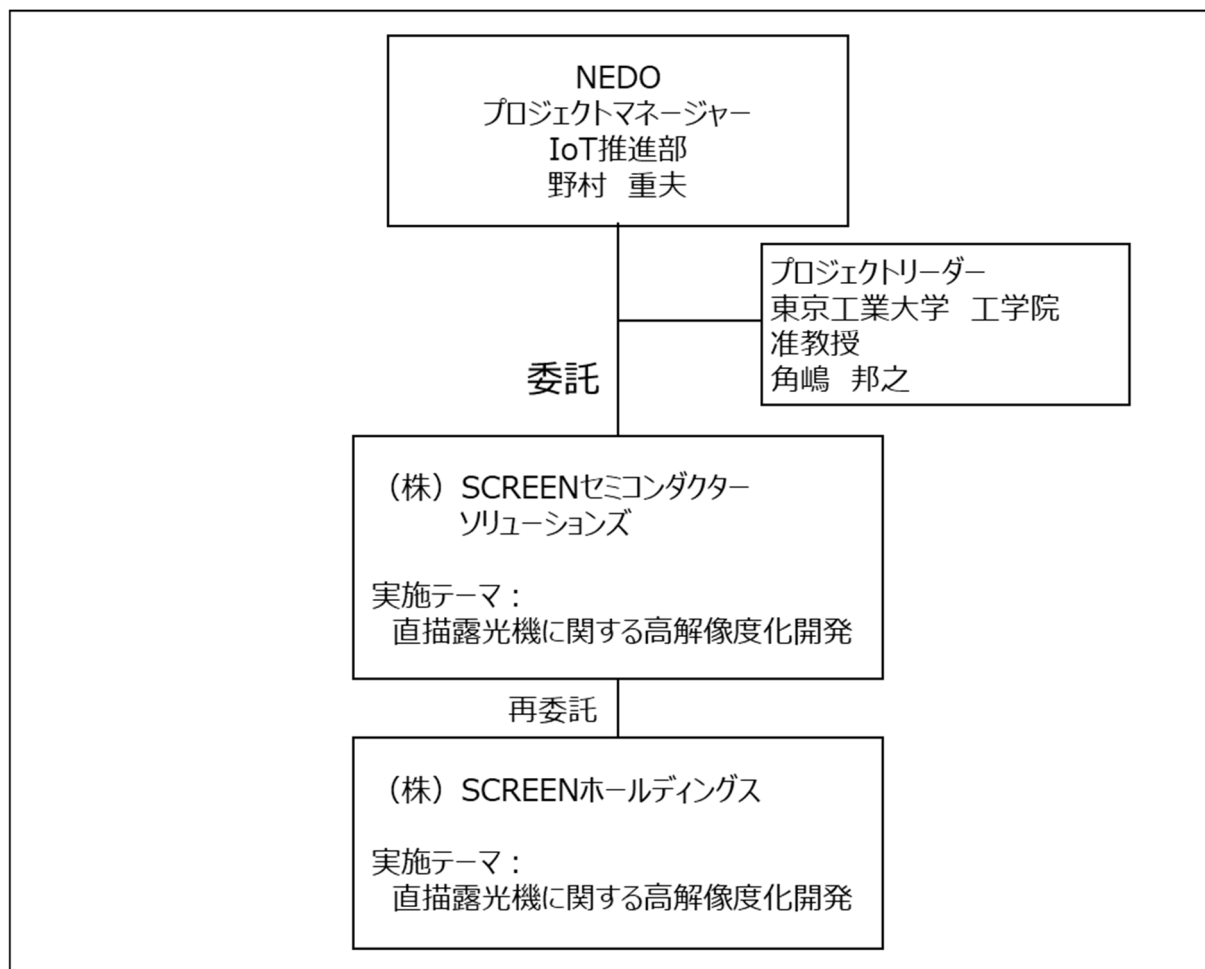
図 16：ダイレクト露光

## 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

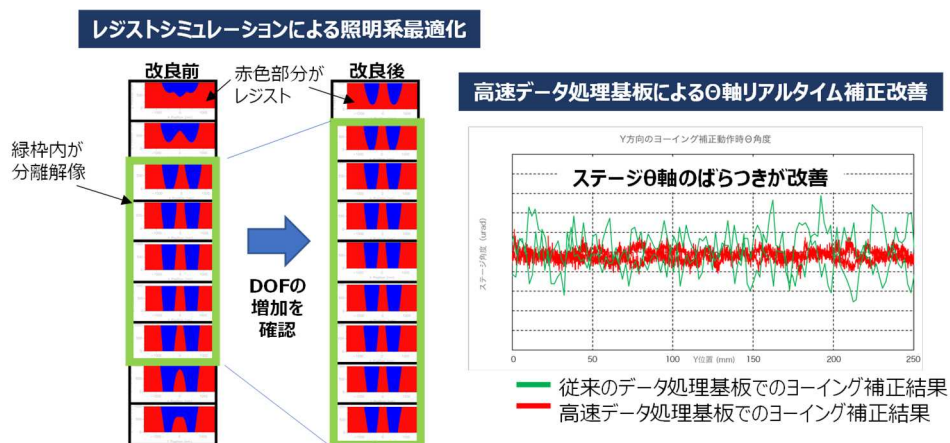


図 17：直描露光装置の高解像度化

## 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CO<sub>2</sub>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、パワー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、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、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增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, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)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Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>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CO<sub>2</sub>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ヶイ)	<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 <sub>2</sub> 削減量	276万t-CO <sub>2</sub>
<b>外部有識者の所見【技術評価】</b>		
<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>		
<b>上記所見を踏まえた対処方針</b>		
<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す。

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
<p>全体について（2件）</p> <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>
<p>(3) 研究開発の内容（1件）</p> <p>[意見1] SiC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 <sup>th</sup> 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