

2023年度実施方針

IoT 推進部

1. 件名

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

2. 根拠法

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 1 号ニ及び 9 号

3. 背景及び目的・目標

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。

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 件以上を目標とする。

以上を目的・目標として、以下の研究開発項目を実施する。

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、特定用途向け SBD デバイス・モジュールに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の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、ポストムーア時代において必要となる半導体製造装置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、研究開発項目①や②に関連する内容を柔軟に追加・変更する。

各研究開発項目の達成目標を以下に示す。

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

【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 SBD デバイス・モジュールに必要な基盤技術を確立し、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、その技術や開発製品が実用化可能なレベルであることを実証する。

①-2 大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発

【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開発

【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。

4. 実施内容及び進捗（達成）状況

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ため、プロジェクトの進行全体の企画・管理を行わせた。

また、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、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した。

4. 1 研究開発項目① 新世代パワー半導体の開発

実施テーマ①-1 酸化ガリウムパワー半導体の開発

（実施体制：株式会社 FLOSFIA）

1200V 対応 SBD に適用予定の JBS 構造開発において、 α -(Ir,Ga)₂O₃ 層を埋込成長することでジャンクションバリア効果によるリーク電流抑制の実証に世界で初めて成功した。また、モジュール開発ではプロトタイプ的设计及び試作を行い、基本動作を確認した。

実施テーマ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

（実施体制：九州大学、東京大学、東芝デバイス&ストレージ株式会社、
-再委託先：一般社団法人 NPERC-J、-共同実施先：三菱電機株式会社、株式会社 SUMCO）

低耐圧（80V 以下）・中耐圧（200V 以下）パワーMOSFET の 300 mm プロセス条件を最適化し、実用化した。さらに、新パワーデバイス用 Si ウェハで 3.3kV 及び 6.5kV-IGBT 動作実証を行った。あわせて、新パワーデバイス用 Si ウェハ不純物濃度の定量的評価法を提案した。インテリジェントデジタルゲートプラットフォームの試作と自動ゲート駆動による損失-ノイズトレードオフの改善の基本動作実証を行った。

4. 2 研究開発項目② 半導体製造装置の高度化に向けた開発

2022年度は、実施テーマ②-1～5に加え後工程における三次元積層関連装置等の革新的技術に関する研究開発を行うため、後工程用露光装置に関する追加公募を実施、実施者を決定して実施テーマ②-6、7の研究開発に着手した。

実施テーマ②-1 3D インテグレーション研究開発

（実施体制：東京エレクトロン株式会社）

ウェハ貼り合わせ装置において、重ね合わせ精度向上に向けた各種技術の開発を行った。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、2022年度の目標を達成した。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。

実施テーマ②-2 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
(実施体制：株式会社日立製作所)

スマート検査の研究開発において、実デバイス試料に対する手法検証として5nmプロセスFinFETほか複数の試料を用いた評価を実施した。また、単一の観察パラメータに対して、指定領域におけるコントラストを最適とする観察条件を算出できることを確認し、併せて、学会及び装置ユーザーへのヒアリングにて市場動向調査を実施した。

スマート加工の研究開発において、難エッチング材料膜を対象とした3つの加工法における加工条件最適化を実施した。また、機械学習推測モデルの校正、必要パラメータの追加による予測精度を向上させ、難エッチング材料のエッチングレート向上と表面ラフネス低減を実現した。

実施テーマ②-3 高精度アライメント計測システムの研究開発
(実施体制：株式会社ニコン)

高精度アライメント計測に必要なコントラストの高い新光学系単体試作機を製作して評価を実施し、各スペックをすべてクリアし良好な結果が得られたため製品版設計に着手した。

新光源の仕様をFixして評価用光源を製作した。

新光学系、及び新光源を搭載した新装置の装置全体システム起案書を作成した。

実施テーマ②-4 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
(実施体制：日新イオン機器株式会社、一再委託先：Nissin Ion Equipment USA Inc.)

イオンビーム電流増大化の基本設計指針の確認を目指し、試験機にて目標ビーム電流の増大を達成、メンテナンス周期も目標を達成した。この検証を基に、試作機的设计及び部材手配を開始した。また、学会発表等を通して、適合プロセスや要求仕様の探索を実施し、開発仕様と要求仕様の乖離がない事を確認し、一部顧客との共同評価を開始した。

実施テーマ②-5 次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発
(実施体制：キャノンアネルバ株式会社)

既存設備を用いて金属酸化物、金属窒化物を成膜し、膜特性データの取得を行った。成膜した金属酸化物、金属窒化物を用いたデバイスが正常に動作することを確認した。

既存設備におけるプロセスの長期安定性の課題に対して、開発しているプロセスモニター機構の活用により安定性が向上することを示す基礎データを取得した。

実施テーマ②-6 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：株式会社オーク製作所)

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。

実施テーマ②ー7 直描露光機に関する高解像度化開発

（実施体制：株式会社 SCREEN セミコンダクターソリューションズ
ー再委託先：株式会社 SCREEN ホールディングス）

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。

4. 3 その他

先端半導体製造技術の開発を推進するにあたり、研究開発成果の最大化、最新の技術や市場動向に基づく的確な事業化遂行、今後加速すべき技術領域の特定等を目的に、先端半導体製造装置のユーザーニーズの把握、先端半導体パッケージに関連する製造技術／材料／製造装置等の現在及び将来の開発動向／市場動向の把握のため調査を実施した。

（調査委託先：三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社）

4. 4 実績推移（2023年1月時点）

	2021年度	2022年度
実績額推移 需給勘定（百万円）	2,168	2,927
特許出願件数（件）	1	8
論文発表数（報）	0	4
フォーラム等（件）	0	0

5. 事業内容

PMgr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。

また、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、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PLとして選定し、各実施者はPLの下で研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 研究開発項目① 新世代パワー半導体の開発

実施テーマ①ー1 酸化ガリウムパワー半導体の開発

（実施体制：株式会社 FLOSFIA）

1200V対応SBDは、JBS構造最適化を検討の中心に据えて試作評価を行い、2022年度に判明した課題解決及び特性向上を図る。モジュールは、酸化ガリウムチップを搭載した上で大電流駆動等の目標仕様達成を目指し、最終目標の達成を目指す。

実施テーマ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
(実施体制：九州大学、東京大学、東芝デバイス&ストレージ株式会社、
-再委託先：一般社団法人 NPERC-J、-共同実施先：三菱電機株式会社、
株式会社 SUMCO)

1700V 以下 IGBT300mm プロセス条件の最適化を進める。さらに、新パワーデバイス用 Si ウェハで、耐圧構造を含めた 3.3kV スケーリング IGBT 動作実証、6.5kV IGBT 実証を進める。並列して、高熱負荷を低減するプロセス低温化検証を行う。インテリジェントデジタルゲートプラットフォームについて、ゲート信号のセンシング活用、デジタル制御による高効率動作制御の基本実証を進めるとともに、これらに対応したモジュール設計を進め、中間目標の達成を目指す。

5. 2 研究開発項目② 半導体製造装置の高度化に向けた開発

実施テーマ②-1 3D インテグレーション研究開発
(実施体制：東京エレクトロン株式会社)

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。

実施テーマ②-2 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
(実施体制：株式会社日立製作所)

スマート検査の研究開発において、観察条件最適化における複数の装置パラメータに対して条件を最適化できることを確認し、手動作業工程削減効果を検証する。
スマート加工の研究開発において、難エッチング材料の等方性加工を対象とし、機械学習を用いた加工条件最適化を実施する。また、難エッチング材料における 3 つの加工法に対し、それぞれの技術水準を比較し、最終目標の達成を目指す。

実施テーマ②-3 高精度アライメント計測システムの研究開発
(実施体制：株式会社ニコン)

2022 年度に製作した新光源を評価し中間目標で設定した精度を満たすことを確認する。

新光学系、及び新光源を搭載した新装置の各モジュールについてデザインレビューを実施し、確定したモジュール構成を基に製品仕様書を作成し、中間目標の達成を目指す。

実施テーマ②-4 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
(実施体制：日新イオン機器株式会社、-再委託先：Nissin Ion Equipment USA Inc.)

実用性能を兼ね備えた試作機の完成とその性能検証を実施し、プロセス評価の要求に適した仕様となっている事を確認する。また、試験機で固体イオン源を用いた金属イオンビーム発生が可能なイオン源等の研究開発を行い、プロセス開発基礎実

験を行うのに必要なビーム電流の達成を目指し、最終目標の達成を目指す。

実施テーマ②-5 次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発
(実施体制：キャノンアネルバ株式会社)

最適な金属酸化物、金属窒化物の膜特性・デバイス特性を得るために、プロセスパラメータの最適化を行う。一部の不揮発性メモリ向けの膜構成では、長期安定性の実証まで行う。

作製した新規スパッタ成膜チャンバーのアップグレードを実施し、プロセスを安定させるためのプロセスモニター機構を実装し、中間目標の達成を目指す。

実施テーマ②-6 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：株式会社オーク製作所)

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開発に着手し、中間目標の達成を目指す。

実施テーマ②-7 直描露光機に関する高解像度化開発
(実施体制：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)

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 XY Θ 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。

5. 3 その他

上記項目 5. 1、5. 2に加え、成果の普及活動や最新の国内外技術動向調査活動等を必要に応じて実施する。

5. 4 2023年度の事業規模

	委託事業
需給勘定	2,650 百万円（継続）
	※事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

6. 1 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有する NEDO は、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

6. 2 複数年度契約の実施

最長2年の複数年度契約を行う。

6. 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。

6. 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。

6. 5 評価の方法

NEDOは、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、技術評価実施規程に基づき、プロジェクト評価を実施する。中間評価を2023年度に実施し、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。

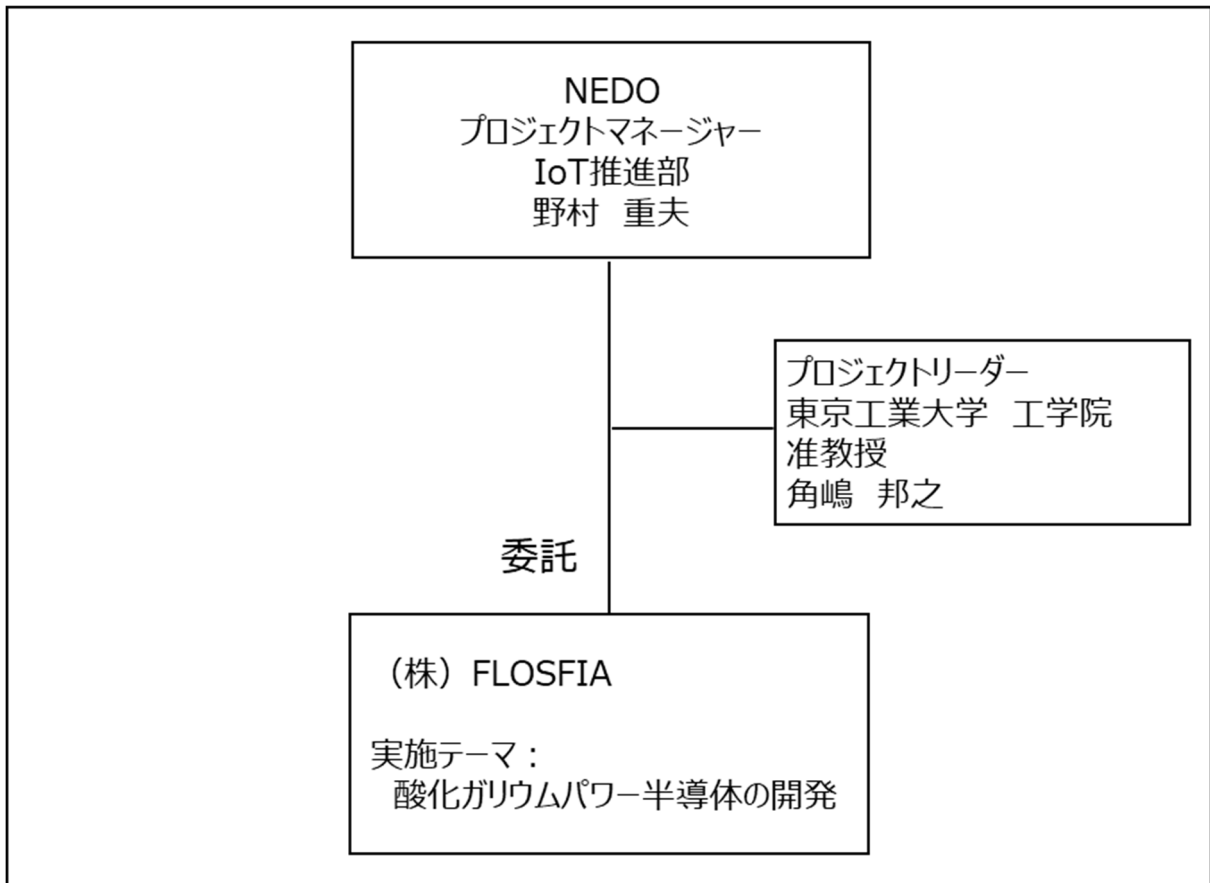
7. 実施方針の改定履歴

2023年2月制定

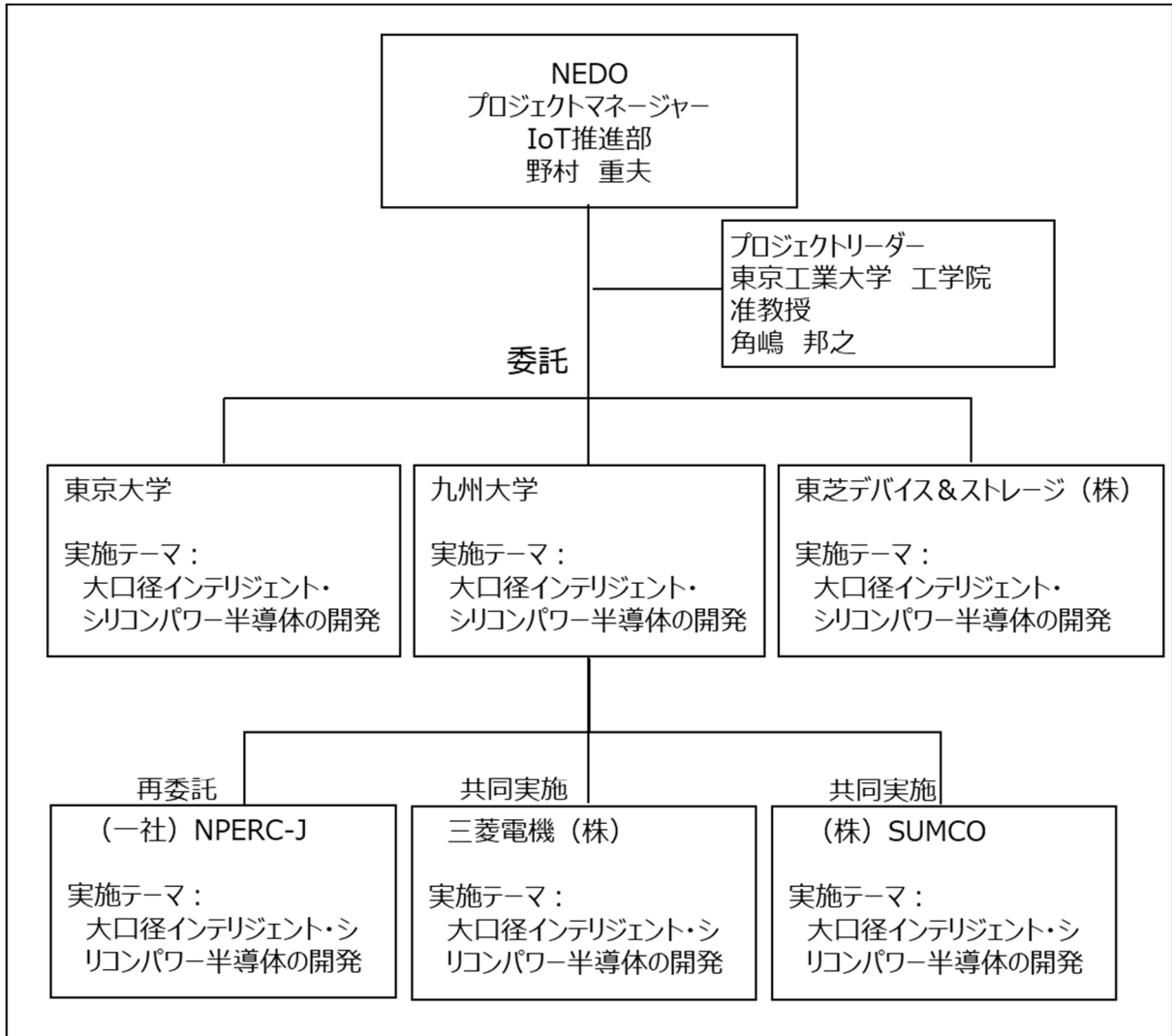
(別紙) テーマ及び実施体制 (2023 年度)

●研究開発項目① 新世代パワー半導体の開発

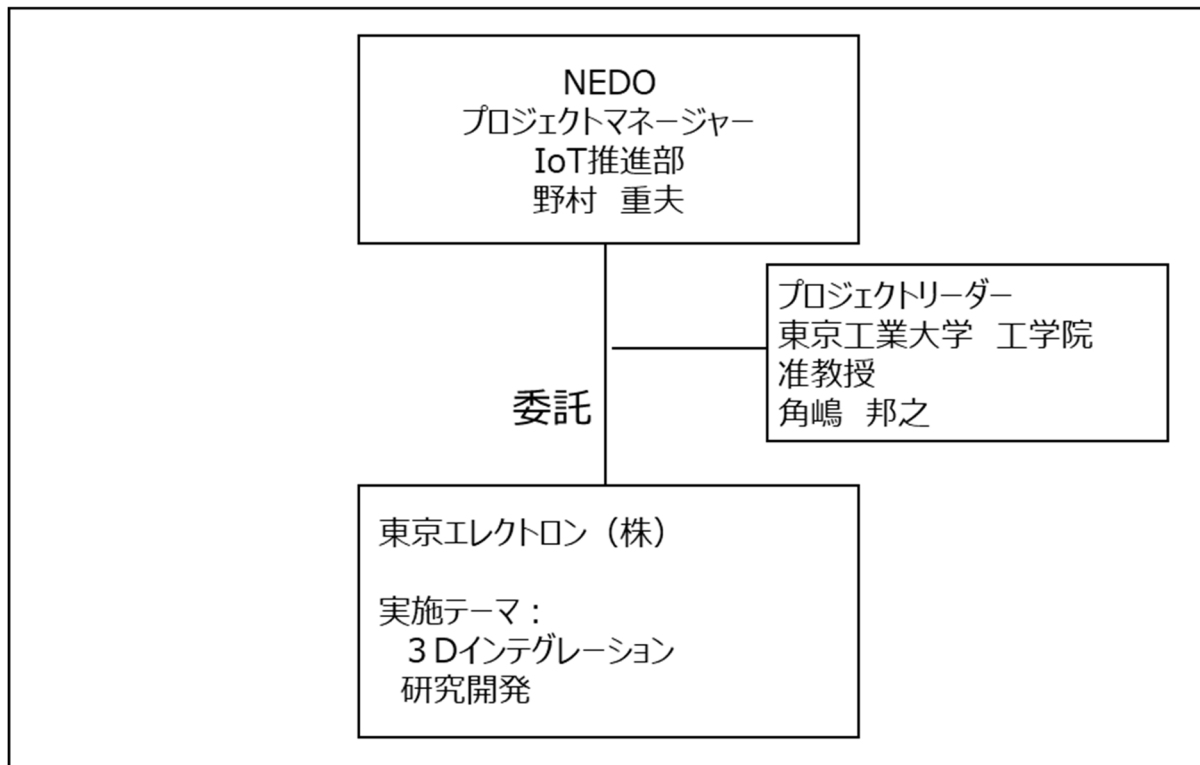
- ・実施テーマ①-1 新世代パワー半導体の開発／酸化ガリウムパワー半導体の開発



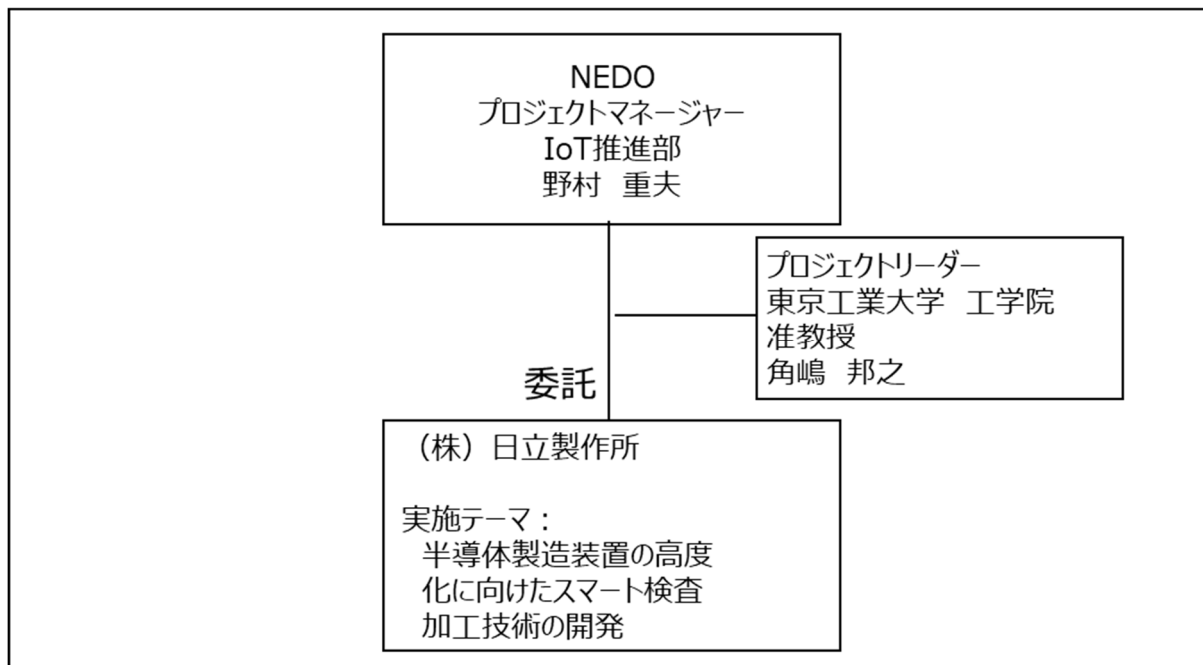
- ・実施テーマ①－２ 新世代パワー半導体の開発／大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発



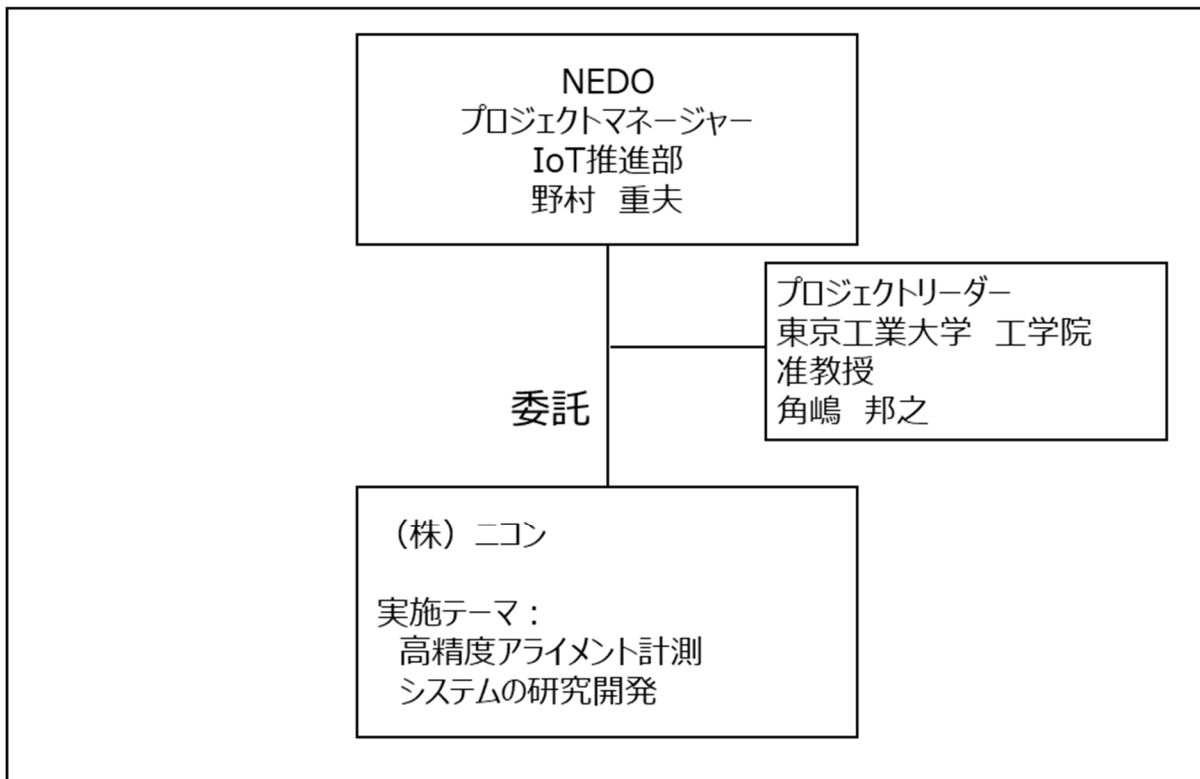
- 研究開発項目② 半導体製造装置の高度化に向けた開発
- ・実施テーマ②-1 3Dインテグレーション研究開発



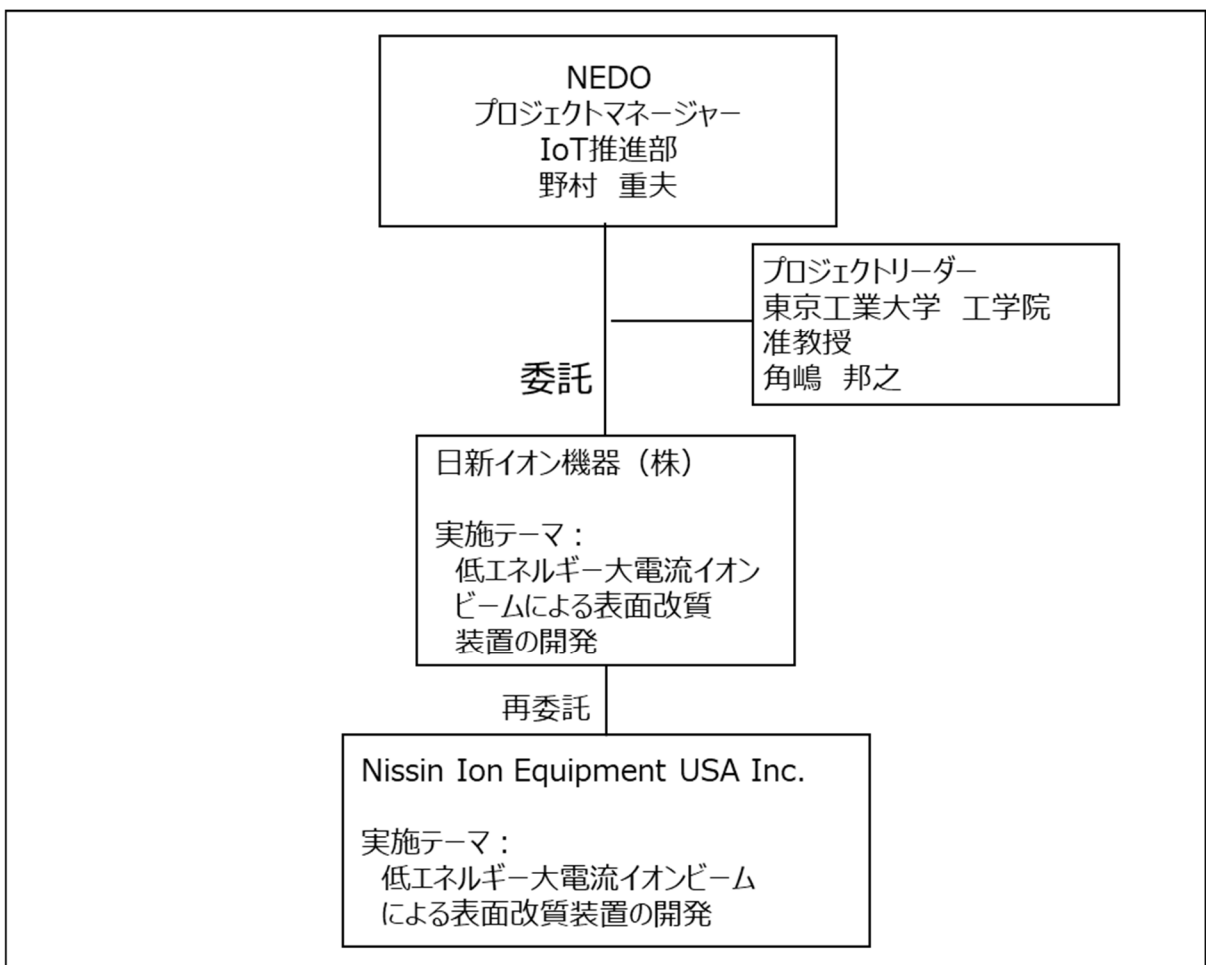
- ・実施テーマ②-2 半導体製造装置の高度化に向けたスマート検査加工技術の開発



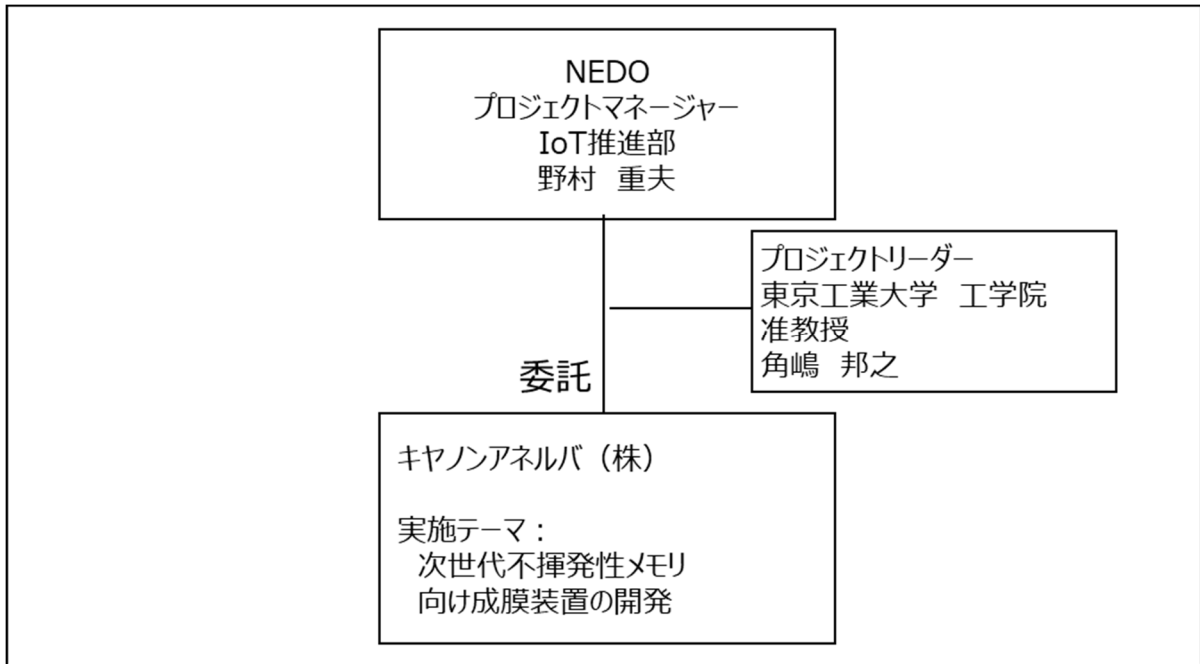
・実施テーマ②-3 高精度アライメント計測システムの研究開発



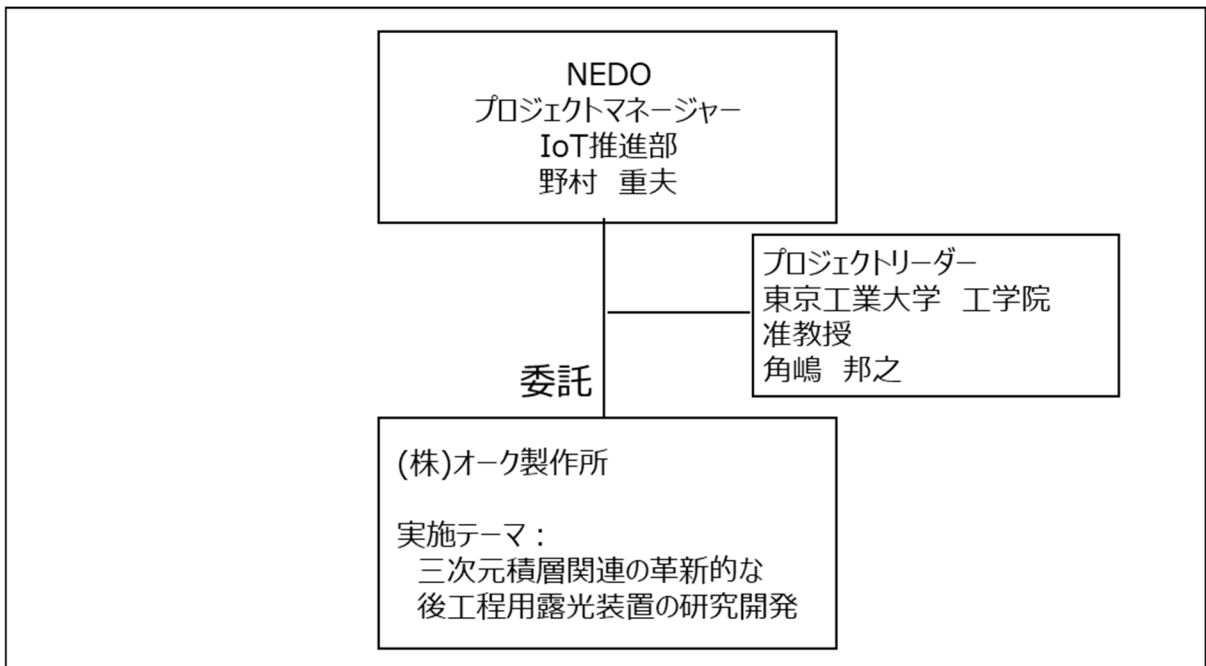
・実施テーマ②-4 低エネルギー大電流イオンビームによる表面改質装置の開発



・実施テーマ②－5 次世代不揮発性メモリ向け成膜装置の開発



・実施テーマ②－6 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



・実施テーマ②-7 直描露光機に関する高解像度化開発

