

## 2024年度実施方針

IoT 推進部

## 1. 件名

(大項目) 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）

耐圧 1200V 級 SBD 実証に向けて要素技術開発及びデバイス動作実証を実施した。要素技術開発では、新規 p 層として  $\alpha$ -(Ir,Ga) $2O_3$  層の開発に成功し、その p 層が耐圧 1200V 以上であることを確認した上で JBS 構造に適用した。デバイス動作実証では耐圧 1200V 以上、アンペア級の試作に成功した。また、モジュール開発では、薄型かつレイアウト自由度の高いチップ埋込構造の基本設計・動作実証し、実用化に目途をつけた。

##### 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、  
一 再委託先：一般社団法人 NPERC-J、一 共同実施先：三菱電機株式会社、  
株式会社 SUMCO）

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）を確認し、第一次静特性検証により耐圧特性が室温で 1300V 以上であることを確認した。また、新パワーデバイス用 Si ウェハで 6.5kV-IGBT/ダイオードを試作し、従来の FZ ウェハと同等の性能であることを実証した。また、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 の試作・動作実証中である。6.5kV-IGBT（1 チップモジュール）をデジタル駆動し、トレードオフ改善を実証した。また、インテリジェントデジタルゲートプラットフォームを試作し、劣化検出能力を確認した。

#### 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

##### 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研究開発を行った。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 市場においては、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、重ね合わせ精度を著しく悪化するため、対策が求められている。この様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いて、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、2023年度の目標を達成した。

#### 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像品質評価手法を確立。複数の観察パラメータに対する自動最適化手法を検証し、観察作業における手動工程数の削減効果を確認した。

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。難エッチング材料の加工形状、エッチングレートなどの加工特性のベンチマークから加工可能性を検証し、有望技術を選定した。

#### 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)

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使って厚膜シリコン越しアライメントマークの「視認性」、及び「コントラスト評価」を実施し、問題なく仕様をクリアした。

新光源の単体デバッグ、評価が予定通り完了した。その後、新光源を露光装置に搭載し、アライメント光学系を通した評価についても想定通りの結果が得られた。

#### 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.)

試験機において、構造改良によってビーム電流が増加し、メンテナンス周期が長くなり、その結果、両指標とも目標を達成した。この結果をもとに新たに試作機を設計・組み立てる。また、配線の低抵抗化処理に必要となる大電流金属イオン源の開発を進め、1keVでのビーム電流は目標値を大きく上回ることができた。生産の安定性の観点から重要となる性能の開発も進展し、パーティクルを削減するとともに、自動ビームレシピ切り替え動作の信頼性を高めることに成功した。顧客に対しては本装置を使用した新しいプロセスの提案を行い、複数の顧客からデモ処理の依頼を受けるに至った。

#### 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：キヤノンアネルバ株式会社)

不揮発性メモリ向け新規スパッタ成膜チャンバーを作製した。また、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た。不揮発性メモリに必要な膜特性・デバイス特性を得るために、金属酸化物及び金属窒化物の成膜のためのプロセスパラメータの最適化を行った。一部の不揮発性メモリ向けの膜構成では安定性評価を実施し、最終目標を達成した。

#### 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)

半導体後工程のアドバンスト・パッケージの回路形成に適用可能な高解像度、高

精度ダイレクト露光装置の実現に向けて、第1段階として実験機を開発。新規開発の露光ヘッドを搭載して照度分布、焦点深度、オートフォーカス機能、線幅補正機能等の基本性能の確認を行い問題が無い事を確認した。また目標とする解像性 2 $\mu$ m の確認を行い、主要顧客の露光評価を開始した。

#### 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)

2022 年度に光学シミュレーションで決定した最適パラメータを基に照明光学ユニットと投影光学ユニットを設計、組み立てた高解像度光学系の最終像面光学像の評価を実施した。また、2022 年度に開発した高速データ処理基板を採用し、設計、組み立てた高精度長尺 XY $\theta$  ステージの動的ステージ精度の評価を実施した。これらの2つの開発項目について中間目標を達成している事を確認した。

#### 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 (2024 年 1 月時点)

	2021 年度	2022 年度	2023 年度
実績額推移 需給勘定 (百万円)	2,168	2,927	2,650
特許出願件数 (件)	1	17	16
論文発表数 (報)	0	7	3
フォーラム等 (件)	1	7	11

#### 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、効率の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、  
ー再委託先：一般社団法人 NPERC-J、芝浦工業大学、ー共同実施先：三菱電機株式会社、株式会社 SUMCO)

IGBT300 mm プロセス条件について、プロセス中の応力解析・評価及び数値解析

を活用しながら、最適化を進める。さらに、両面ダブルゲート IGBT プロセス開発に向けて、裏面 MOS トランジスタ作成技術に着手する。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、ゲート信号センシングによる劣化検出実証を進める。あわせて、6.5kV-IGBT 並列チップモジュール用デジタル駆動 IC 設計とデジタル駆動 IC 集積パワーモジュール設計試作を行う。

## 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)

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 3D NAND ウェハ貼り合わせにおいて重要となってくる Cu 飛散抑制と接合面の表面改質の両立を実現させるべく研究開発を実施する。また、更なる 3D NAND 積層数増加に伴うウェハ異方性反り悪化に対応した重ね合せ精度向上に対する研究開発を行い、目標達成を目指す。

### 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)

「本体上検証装置」へ新光学系、新光源をドッキングし、検証装置で微細ピッチマーク、及び厚膜シリコン越しマークについて計測再現性評価を実施し設定スペックの達成を目指す。

### 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)

不揮発性メモリ向け金属酸化物及び金属窒化物成膜時の安定性を向上させるために、各膜種の成膜時に開発中のプロセスモニター機構を活用してショートランニングを実施する。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。

### 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)

実験機による技術開発、顧客評価と並行して、第 2 段階として顧客運用をターゲットとした高生産性、高解像力、高合わせ精度のダイレクト露光装置のプロト機開発を行う。プロト機は専用大面積&高精度ステージ、高速 DMD 処理エンジン、高解像露光ヘッド、高出力 LD 光源の新規開発及び新規アライメント処理等の周辺制御技術を搭載する。また、プロト機は実験機から得られたデータ、顧客評価からの情報をフィードバックして開発を進める。

### 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、  
一再委託先：株式会社 SCREEN ホールディングス)

2023 年度に中間目標を達成した高解像度光学系と高精度長尺 XY $\theta$  ステージを採用し、製品機を想定した直描露光機的设计、組み立てを完了させる。また、高精度長尺 XY $\theta$  ステージの動的ステージ精度のさらなる高精度化を実現させる為の制御ソフトも合わせて開発する。

### 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 2024年度の事業規模

	委託事業
需給勘定	2,400百万円（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

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。

## 7. 実施方針の改定履歴

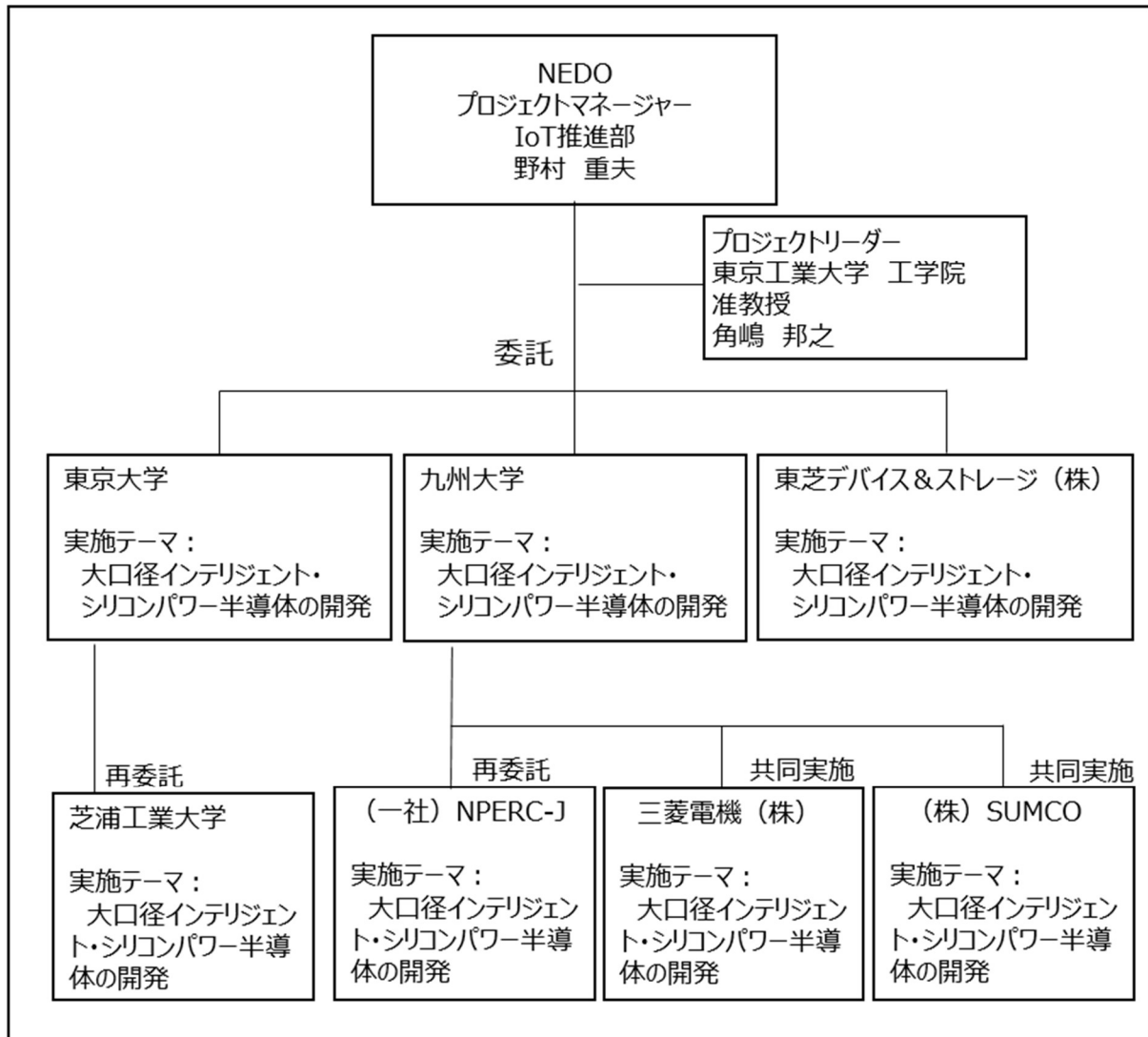
(1) 2024年2月制定

(2) 2024年3月 5. 2 研究開発項目① 実施テーマ①-2、(別紙) 研究開発項目① 実施テーマ①-2 実施体制 の修正

(別紙) テーマ及び実施体制 (2024 年度)

●研究開発項目① 新世代パワー半導体の開発

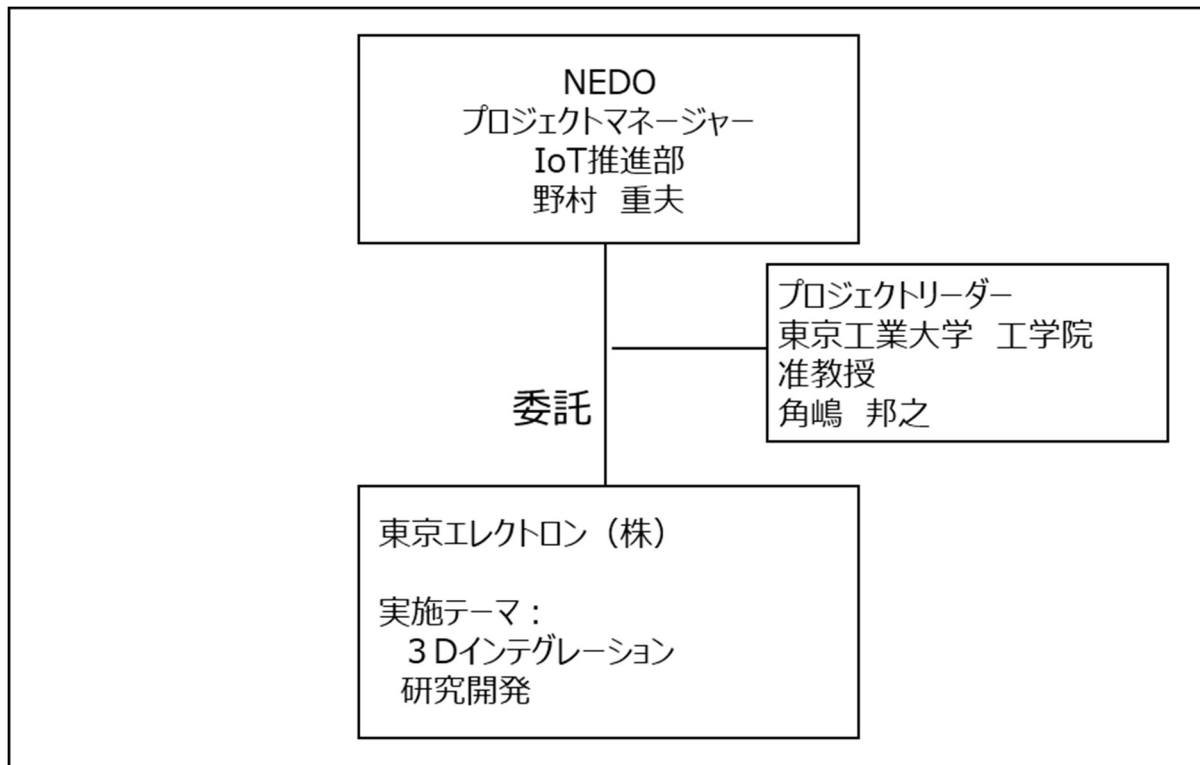
・実施テーマ①-2 新世代パワー半導体の開発／大口径インテリジェント・シリコンパワー半導体の開発



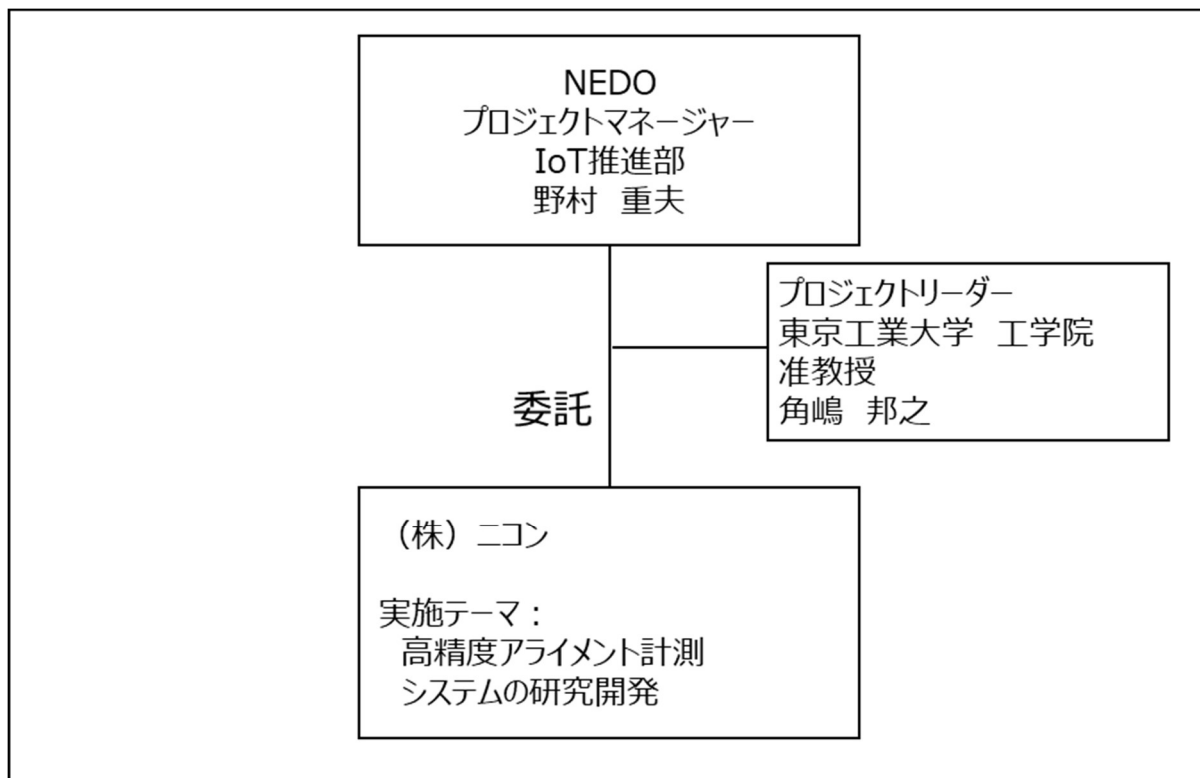


●研究開発項目② 半導体製造装置の高度化に向けた開発

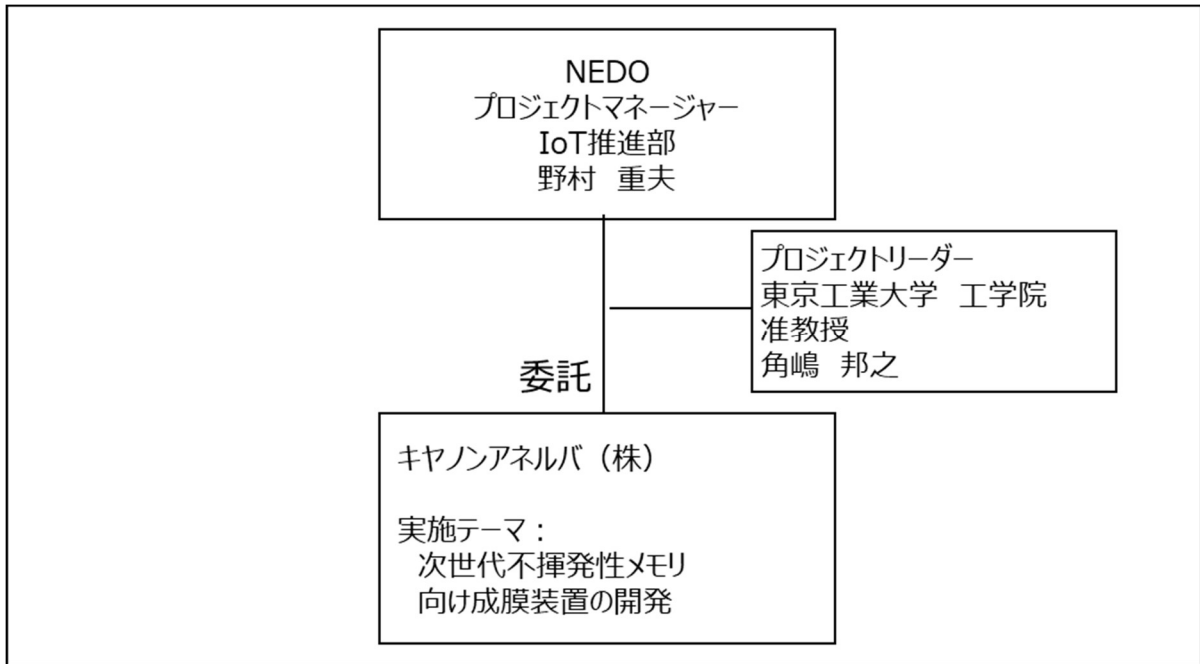
・実施テーマ②-1 3Dインテグレーション研究開発



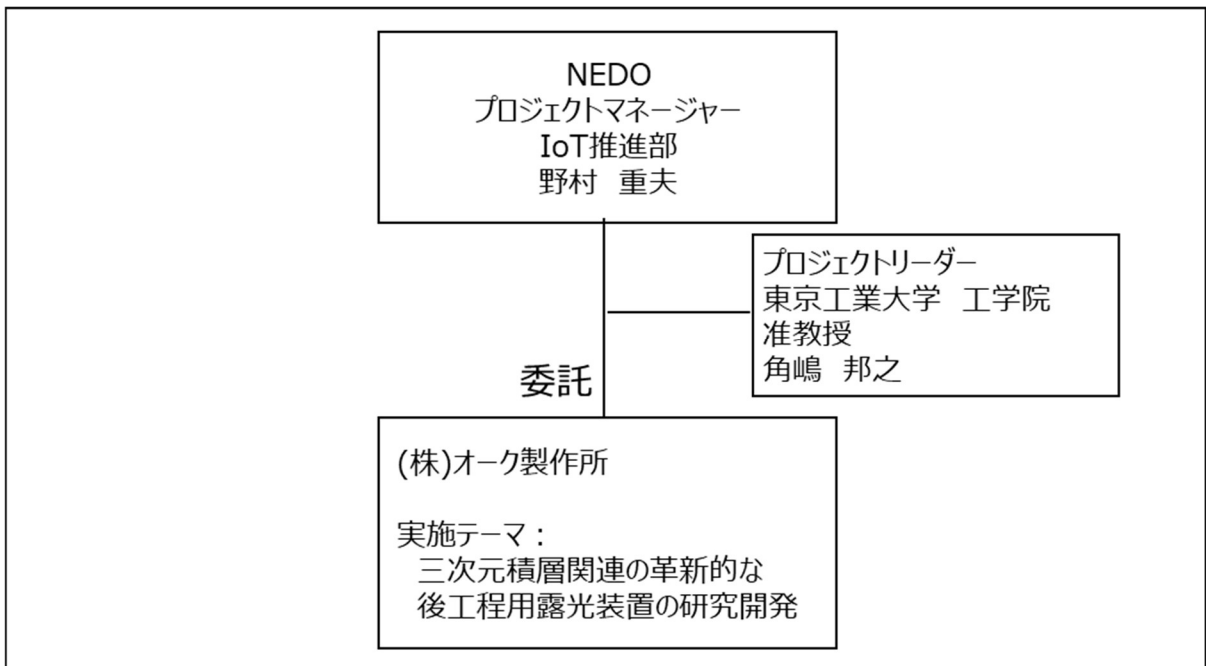
・実施テーマ②-3 高精度アライメント計測システムの研究開発



・実施テーマ②-5 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

