

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：超高品質・8インチ・低コストSiCウェハ開発

実施者名：株式会社オキサイド(幹事企業)、代表名：代表取締役社長 古川 保典

---

(共同実施者(再委託先除く)：Mipox株式会社)

# 目次

- 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担
- 1. 事業戦略・事業計画
  - (1) 産業構造変化に対する認識
  - (2) 市場のセグメント・ターゲット
  - (3) 提供価値・ビジネスモデル
  - (4) 経営資源・ポジショニング
  - (5) 事業計画の全体像
  - (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
  - (7) 資金計画
- 2. 研究開発計画（各社共通）
  - (1) 研究開発目標
  - (2) 研究開発内容
  - (3) 実施スケジュール
  - (4) 研究開発体制
  - (5) 技術的優位性
- 3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）
  - (1) 組織内の事業推進体制
  - (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
  - (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
  - (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保
- 4. その他
  - (1) 想定されるリスク要因と対処方針

## 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担(1)

### Mipox株式会社

#### 研究開発内容

- ・ 8インチSiCウェハ加工技術の開発
- ・ AIを用いた複数工程の同時最適化（再委託 AIxtal）
- ・ SiCウェハの高速高精度評価技術の開発などを担当

#### 社会実装に向けた取り組み

- ・ AIによる最適条件がフィードバックされる8インチSiCウェハの加工ラインの開発
- ・ 加工受託体制の構築
- ・ 新規結晶品質評価装置の製品開発
- ・ 受託評価体制の構築

### 株式会社オキサイド（幹事企業）

#### 研究開発内容

- ・ 大口径・高品質SiC結晶の生産技術の確立。
- ・ UJCによって確立されたSiC結晶成長技術を量産技術にまで展開などを担当（UJCと共同開発）

#### 社会実装に向けた取り組み

- ・ 量産用結晶成長装置の開発
- ・ 量産ラインの構築
- ・ 生産工場の準備

超高品質・8インチ・低コストSiCウェハ開発

### 再委託先

#### 名古屋大学

##### 研究開発内容

- ・ 大口径化、高品質化などに必要な結晶成長に関する要素技術開発
- ・ 数値モデルとプロセス最適化PI要素技術開発

#### 株式会社UJ-Crystal (UJC)

##### 研究開発内容

- ・ 名大の要素技術を統合し大口径・高品質SiC結晶成長技術を開発
- ・ AIによる最適プロセス開発

#### AIxtal株式会社

##### 研究開発内容

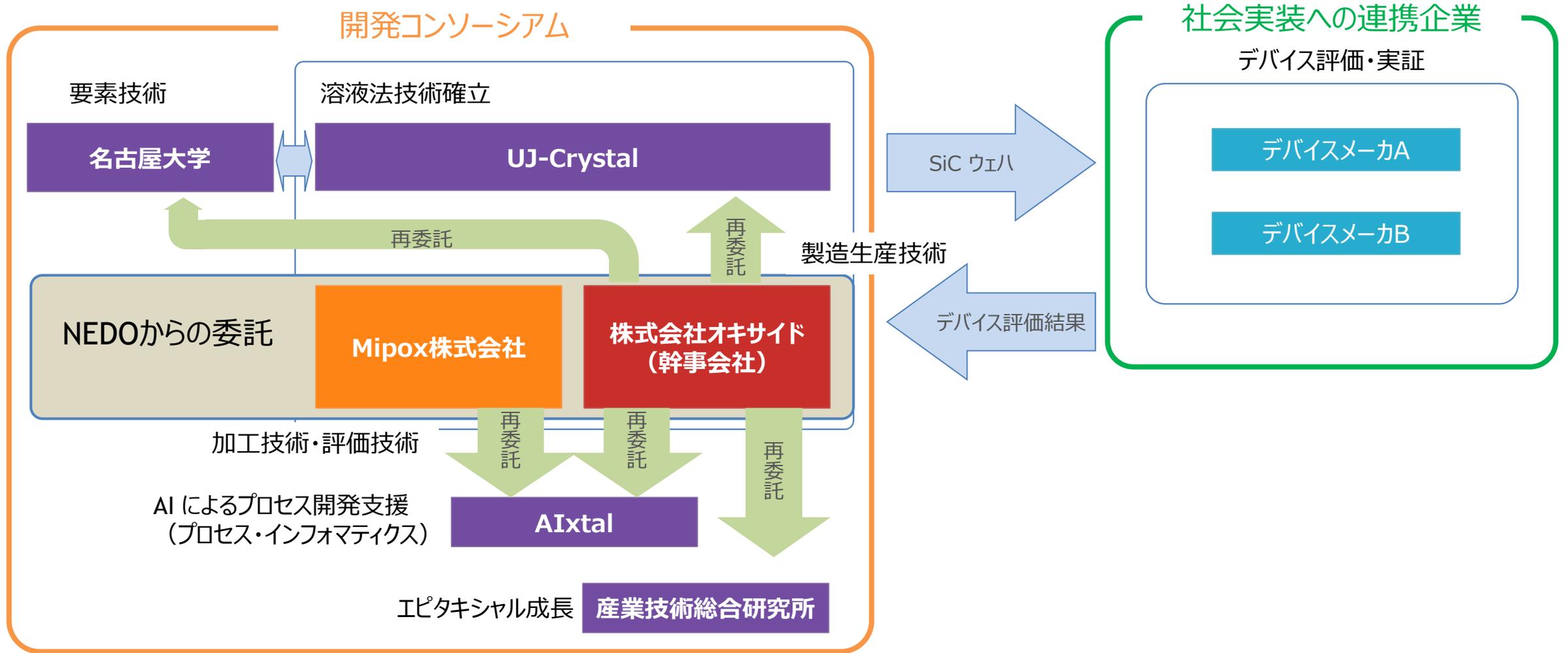
- ・ AIを用いたプロセス開発の統合技術開発
- ・ 結晶成長および加工工程へのAI統合技術の応用。

#### 産業技術総合研究所

##### 研究開発内容

- ・ 溶液法ウェハのデバイス応用に向けた結晶評価
- ・ デバイス用のエピタキシャル成長

# 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担(2) / コアコンピテンス階層と社会実装への道筋 / 参考資料



# 1. 事業戦略・事業計画 [オキサイド]

# 1. 事業戦略・事業計画 / (1) 産業構造変化に対する認識

## EVの普及が電力制御用SiCデバイスの需要を加速し、カーボンニュートラルを実現する

### カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

#### (社会面)

- 2021年国連IPCC評価報告書にて、「人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」と断言。気候変動へ対処すべくカーボンニュートラルに向け大きく舵が切られた。

#### (経済面)

- EUは2035年にガソリン・ディーゼル車の販売禁止を発表、世界的にEV普及に向けて、車載向けモータ駆動用や充電電池向けに中耐圧の電力制御用の半導体需要と低コスト化の要求が急拡大する。

#### (政策面)

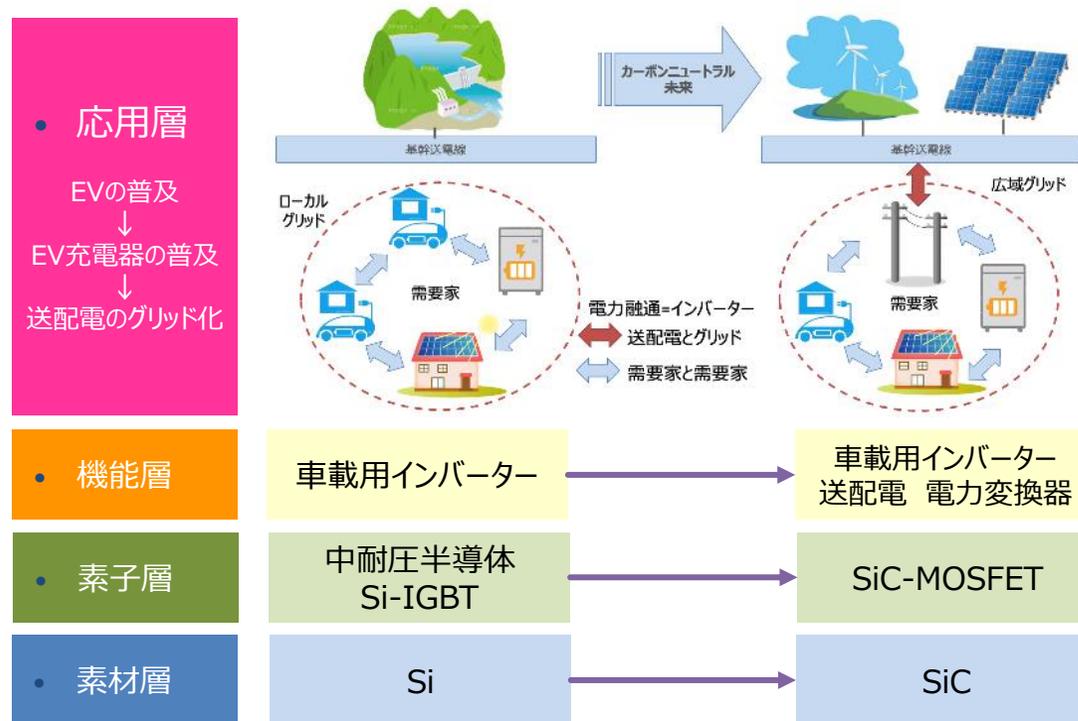
- 2020年10月の菅総理所信表明に於いて、2050年までに温室効果ガスの排出を実質0にすることが宣言された。

#### (技術面)

- EV普及と低コスト化のために、中耐圧の電力制御用半導体デバイスの性能の向上、安定した供給体制、性能向上とコストの低減が進むことで、インフラ系へも電力制御用半導体デバイスが普及し送配電のスマートグリッドにより再生可能エネルギーの変動電力の課題を解決する。

- 市場機会**： EV自動車とEV急速充電器の需要が拡大、同時に分散した電力貯蔵電池と送配電の間のスマートグリッド化が進むことで中高耐圧デバイスの市場が急拡大し、大きく産業アーキテクチャが変わる。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト**： カーボンニュートラルを実現し、気候変動の主要な要因である世界の平均気温上昇を抑えることで、食料危機や自然災害を防ぐ。

### EV普及が加速するカーボンニュートラルの産業アーキテクチャ



- 当該変化に対する経営ビジョン**： EV車載モータの電力用SiCウェハを、名古屋大学宇治原研が開発した溶液法結晶成長技術をコアコンピテンズとして、オキサイド社の単結晶成長技術のプロセスノウハウを活かし、電力制御用半導体デバイス向けに大口径かつ低コストのSiCウェハの供給を行う。

# 1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

## 電力制御用の中～高耐圧半導体デバイス向けSiCウェハ市場がターゲット

### セグメント分析 (中～高耐圧半導体デバイス)

| 耐圧    | 1.2kV ~ 3.3kV                          | 6.5kV ~ 13kV   |
|-------|--|----------------|
| 適用範囲  | 車載モータ・車載充電器<br>太陽光発電・風力発電<br>産業用インバーター | 送配電向け<br>電力変換器 |
| 既存技術  | 欠陥の多い昇華法SiCウェハしか市場で販売されていない            |                |
| ターゲット | 低欠陥SiCウェハ                              |                |

### ターゲットの概要

| デバイス                            | デバイス市場規模*            | 目標達成時期                         |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| ・SiC-MOSFET                     | 822.0億円<br>(2030年時点) | 2040年                          |
| ・SiC-IGBT                       | 539.0億円<br>(2030年時点) | 2040年                          |
| 適用範囲                            | 想定顧客                 | 想定ニーズ                          |
| 車載モータ<br>車載充電器<br>太陽光発電<br>風力発電 | デバイスメーカ              | 小型化<br>低コスト化<br>高効率化<br>多段置き換え |
| 送配電用<br>電力変換器                   | デバイスメーカ              | 送配電網<br>グリッド化                  |

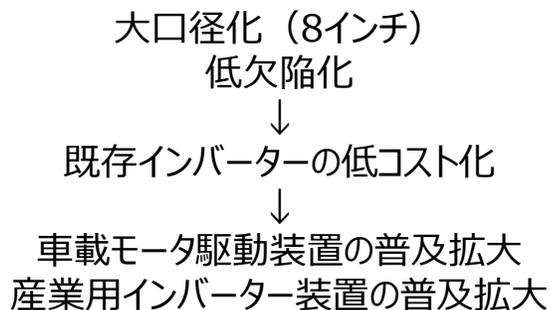
\* 富士経済 『2021 年版 次世代パワーデバイス&パワエレ関連機器市場の現状と将来展望』の高耐圧パワー-MOSFETとIGBTの市場規模より転記。

# 1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

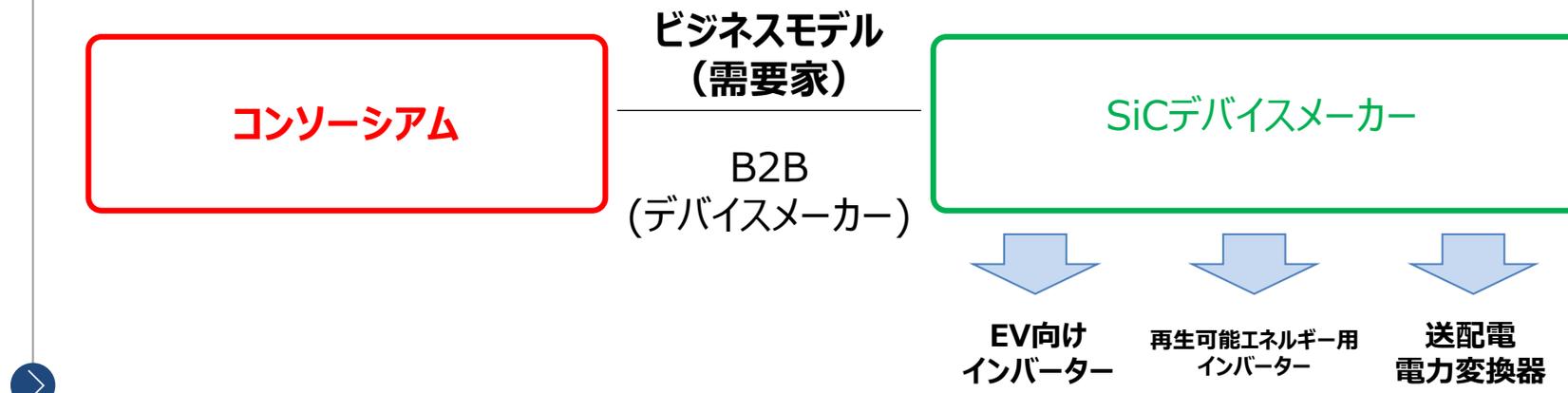
## 溶液法技術を用いて電力制御用半導体向け高品質SiCウェハを提供

### 社会・顧客に対する提供価値

#### 電力制御用SiCウェハの提供



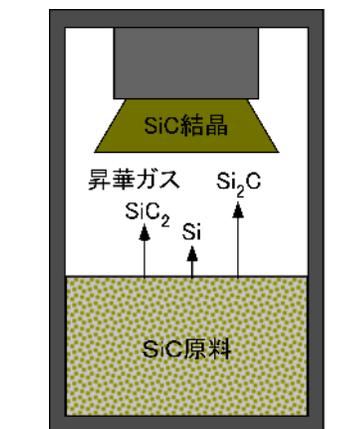
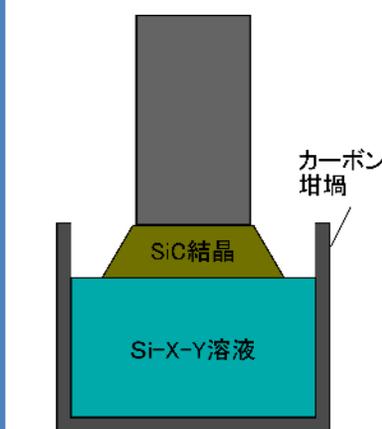
### ビジネスモデルの概要と研究開発計画の関係性



| 産業アーキテクチャ | 提供製品   | 価値提供       | 開発技術      | 研究開発の取り組みと成果の役割  |
|-----------|--------|------------|-----------|--|
| 素材層       | SiCウェハ | 低欠陥8インチウェハ | 溶液結晶SiC成長 | <p>低ウェハコスト対応    大口径化(8インチ)長尺化<br/>成長スピードの高速化</p> <p>Siチップコスト対応    低欠陥密度化</p> |

# 溶液法を用いて電力制御用半導体向けSiCウェハを提供する事業を創出/拡大

## SiC結晶成長法：従来法（昇華法）と溶液法の違い

| SiC結晶成長法 | 昇華法  |   | 溶液法 (TSSG法)   |                                      |
|----------|--|---|---|--------------------------------------|
|          | 従来の成長方法。<br>現在、販売されているSiCはすべてこの方法で生産されている。 |  |  |                                      |
| 結晶成長の原理  | 原料を高温で昇華させ、種結晶上で再結晶させる。                    |   | SiとCを溶解させて種結晶から成長させる  |                                      |
| 結晶成長の原理  | <b>結晶中に温度勾配を形成：熱歪みがある</b><br>(結晶成長表面からの抜熱) |   | <b>結晶中に温度勾配がない：熱歪みがない</b><br>(結晶成長表面への溶質の物質移動)                                      |                                      |
| 大口径化     |  | 大口径化で熱歪みが増加   | ✓   | 熱歪みが小さいため大口径化が容易                     |
| 低欠陥密度    |  | 欠陥の原因が熱歪みにある  | ✓   | 温度勾配が小さく欠陥が少ない                       |
| 長尺化      |  | 閉鎖された反応槽での成長であり制限があり。また、長尺化で熱歪みが増加  | ✓   | シリコンのように引き上げ成長であるため長尺化が容易。熱歪みの影響も小さい |
| 成長スピード   |  | 成長スピードの向上には大きな温度勾配が必要。<br>欠陥密度とトレードオフ   | ✓   | 成長スピードは炭素の供給律速であり、温度勾配を必要としない。       |

# 1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル (標準化の取組等)

## 溶液法結晶の特徴を活かし、高耐圧半導体デバイス向けSiCウェハ市場の標準化を推進

### 標準化を活用した事業化戦略 (標準化戦略) の取組方針・考え方

- 本コンソーシアムで開発される欠陥評価技術等は、標準化を推進することにより技術の共有化を図るとともに、時間的優位性を確保する。
- 商用基板仕様については、昇華法を基準とする先行他社メーカーによる結晶基板の標準に追随・準ずることで、評価技術の開発検証及び、設備投資等、開発にかかる資源 (金銭的・人的・時間) を抑制する。
- 一方、溶液法の特徴である低欠陥密度の高品位結晶により、先行昇華法結晶に対し、SiCウェハとして品質・コストで差別化を図る。
- また、現在、昇華法結晶では達成されていないp型バルク結晶については、差別化要因として、結晶品質・仕様について、JEITAやSiCアライアンスの場を活用して率先して標準化を図り、競争優位のポジショニングを目指す。

### 国内外の標準化や規制の動向

- SEMI及びJEITAに於いてSiC結晶基板に関する標準が検討されており、一部が制定公開されている。
- SiC結晶を含む材料に関しては、M55にオーダーフォームを含むSiCウェハの仕様標準が規定されている。
- 現在、SiCに関する標準化Task Forceは、EVの普及を見据えて中国のグループが主導的に進めている。
- 品質に関しては、M81に欠陥の検出方法が規定されている。
- 一方、JEITAの標準には、欠陥の分類及び非破壊検査方法が標準化されている。

### これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組

- 溶液法について、これまでに名古屋大学として、11件の単願特許、および15件の共願特許を取得している。
- 現在、成長装置及び部材形状について特許提案を検討中である。

### 本事業期間におけるオープン戦略 (標準化等) またはクローズ戦略 (知財等)

| セグメント (耐圧)    | 適用範囲                          | 標準化 (Open) 戦略  | 知財 (Close) 戦略   |
|---------------|-------------------------------|--|---|
| 1.2kV ~ 3.3kV | 中耐圧SiC-MOSFET用<br>低欠陥N型SiCウェハ | 先行昇華法結晶の標準に追随・準ずることで、評価技術の開発検証及び、設備投資等、開発にかかる資源 (金銭的・人的) を抑制する。<br>溶液法の特徴である低欠陥密度の高品位結晶により、製品として品質・コストで差別化を図る。 | 名古屋大学が所有するAI技術を駆使し、溶液法の特徴である低欠陥密度を達成する装置及び部材に関する知見を特許化。 |
| 6.5kV ~ 13kV  | 高耐圧SiC-IGBT用<br>低欠陥P型SiCウェハ   | 溶液法の特徴であるp型バルク結晶について、欠陥密度・導電率・不純物濃度等の仕様についてJEITAやSiCアライアンスの場を活用して標準化を図り、昇華法基板に対して、競争優位のポジショニングを目指す。            | P型結晶成長に関する溶液組成及び成長プロセスについては、ノウハウとして秘匿。                  |

# 1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

## 3社のコアコンピタンスを活かして、高耐圧デバイス向け低コストSiCウェハを提供

### 3社の強み、弱み、経営資源(コアコンピタンス)

|    | オキサイド<br>公開企業   | Mipox<br>公開企業   | 名古屋大学<br>UJ-Crystal<br>AIxtal・産総研<br>再委託  |
|----|---|---|---|
| 強み | <ul style="list-style-type: none"> <li>単結晶開発技術</li> <li>単結晶量産技術</li> <li>大学・研究所の技術の事業化に実績とノウハウ保有</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>化合物半導体研磨、評価技術/ビジネス経験</li> <li>アジャイル経営</li> <li>ビジネス上の信頼に基づく広範なユーザ情報収集網(研磨受託顧客数：80社以上)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>20年に渡るSiC溶液法とSiCウェハの大口径化での唯一の実績</li> <li>プロセス・インフォマティクス</li> <li>リスクへの挑戦</li> <li>実装へのインセンティブ</li> </ul> |
| 弱み | <ul style="list-style-type: none"> <li>オキサイド内ではSiC単結晶は未経験</li> <li>急成長中の企業のため、研究開発リソースの強化要</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>技術は暗黙知が多く、形式知化が困難</li> <li>新規研究開発体制が脆弱</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>製造資源</li> <li>開発原資</li> <li>開発資金力</li> </ul>   |
| 資源 | <ul style="list-style-type: none"> <li>半導体検査装置で市場プレゼンス大</li> <li>化合物半導体単結晶の経験者が複数存在</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>化合物半導体ウェハの研磨ノウハウ</li> <li>評価エンジニア</li> <li>デバイスメーカーとの連携</li> <li>国内に保有する量産研磨工場</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>アカデミアのネットワーク</li> <li>結晶成長のノウハウと評価経験</li> <li>全学的起業バックアップ</li> <li>デバイスメーカーとの積年の協業関係</li> </ul>          |

### 他社に対する比較優位性

|                      | 自社 オキサイド<br>(名大・UJC・AIxtal)   | 他社<br>(Wolfspeed)  |
|----------------------|---|--|
| 優位性                  | 名大+UJC：高周波誘導加熱炉を使った溶液法SiC育成技術で世界トップ<br>AIxtal：AIプロセス・インフォマティクス技術<br>オキサイド：単結晶量産技術とビジネス経験                        | 昇華法でSiC量産中<br>マーケットをほぼ独占<br>⇒市場独占により高価格・高収益戦略が可能               |
| 課題                   | 8インチ大口径化と量産化が未実証  | 品質課題のある昇華法だが、投資済のため生産体制の転換は困難                                  |
| 戦略(1)<br>8インチ大口径化    | AIxtal社独自の(AI)プロセス・インフォマティクスを活用しキャッチアップ   | 既存昇華法(高コスト・低品質)の深化で他社に先行して達成                                   |
| 戦略(2)<br>量産化<br>高品質化 | オキサイドの単結晶(TSSG法単結晶育成技術、高周波誘導加熱技術等)の知識と技術で量産化垂直立上げ<br>先行他社を圧倒する高品質戦略で、先行他社の低品質品総販売戦略を打破                          | 先行者利益確保戦略<br>⇒品質ばらつきより大口径化達成スピードを重視<br>⇒競合不在なため顧客を選別、低品質品も販売可能 |
| 資源                   | 名大/UJCの基本技術<br>+ AIxtal社のプロセス・インフォマティクス技術<br>+ オキサイドの単結晶量産化技術<br>+ Mipoxの化合物半導体検査技術<br>+ オキサイド・Mipoxの国内での量産成長工場 | 昇華法SiCに関する総合技術   |

※3社の強み、弱み、経営資源を相補的に補完

# 1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

## 9年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、2039年頃の投資回収を想定

### 投資計画



2022 年度 2023 年度 … 2030 年度 2031 年度 … 2034 年度 … 2039 年度

売上高

2030年までは社会実装に向けた研究開発に集中し、2031年から事業化を想定

研究開発費 約83億円（本事業の支援期間）



2039年度までの費用対効果※

総投資額 ≤ 総収益額

※本プロジェクトにより事業化し、売り上げた基板すべてがデバイス製品になると仮定し算出

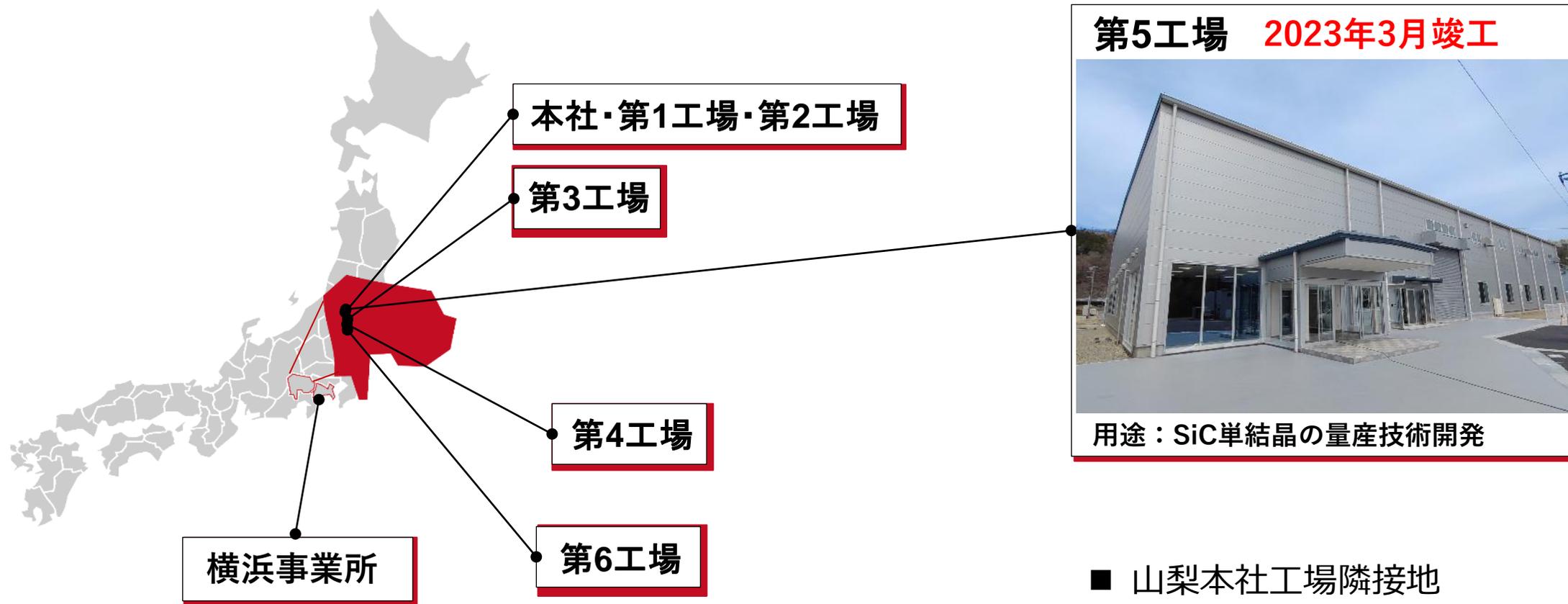
# 1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

## 研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

|           | 研究開発・実証  | 設備投資   | マーケティング   |
|-----------|--|--|---|
| 取組方針      | <ul style="list-style-type: none"><li>国内有力デバイスメーカーとの協業により、システム側からの要求項目に基づくデバイス要求事項を先行して確認し、フロントローディングで適時改良改善を図る。</li><li>上記知見を、ウエハ開発における新たなIP取得につなげる。</li><li>国内有力デバイスメーカーとの協業を図ることにより、デバイスまでの開発・評価を一気通貫で実施。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>名古屋大学、UJC、AIxtalから得られた知見を基に、オキサイドを物理的拠点として同社の持つ結晶成長プロセスの知見、装置設計ノウハウ、人材を有効活用し、早期量産化に向けた投資を進める。</li><li>材料組成決定から装置設計、成長技術、量産プロセスまで一拠点/国内で対応可能とする。</li></ul>            | <ul style="list-style-type: none"><li>プレリナリユーザとして、国内有力デバイスメーカーと連携。優先的に開発ウエハを供給するとともに、デバイスのみならず、システムメーカーからのフィードバック情報を受け、技術開発に活かす。</li><li>プライマリユーザとして、パワー半導体デバイスメーカーとの連携を優先。</li></ul> |
| 進捗状況      | <ul style="list-style-type: none"><li>量産準備用SiC成長炉の仕様を確定。</li><li>6インチ結晶において、プロセスインフォマティクスを用いた結晶成長条件の最適化に基づいた成長実験で、ステップ幅が均一かつ溶媒インクルージョンのない良好な表面状態の結晶が得られた。</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>本社隣接地を取得し、新たに第5工場を2023年3月に竣工。</li><li>第5工場に量産準備用SiC成長炉を導入。</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>業界内ヒアリング、Wolfspeedのカタログ等から、バルクSiCウエハのスペックはかなり緩く、まともな品質保証体制はほぼ存在しない売り手市場となっていると推測。</li></ul>   |
| 国際競争上の優位性 | <ul style="list-style-type: none"><li>パワーデバイス開発の国際優位性をもつデバイスメーカーとの協業により、国外競争に対し、開発の時間的な優位性を確保できる。</li><li>また、エンドユーザーである自動車及び電鉄、発電・配電等の社会インフラシステムに関わる大手メーカーの要求項目を直接的に取得することが可能であり、早期の対応により優位性を継続的に確保可能である。</li></ul>    | <ul style="list-style-type: none"><li>ウエハ供給から社会実装まで国内に一貫したサプライチェーンを構築可能。装置設計を含め、国内で閉じた開発～量産を進めることで、競争優位を継続確保</li><li>溶液成長法は、名古屋大学の独自技術</li><li>オキサイドは、結晶成長に関し蓄積された技術と知見を持つだけでなく、装置の最適化設計ノウハウを持つ。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>国内有力メーカーと人的連携が図れる体制を構築済。</li></ul>  |

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

## 山梨県北杜市に工場を建設



# 研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

## 栃木県鹿沼市に工場を確保

2022/5/27付日本経済新聞



### ウエハー研磨、能力3割増

#### Mipox 30億円投じ新工場

半導体研磨材大手のMipox（マイポックス）は半導体ウエハーの受託研磨加工サービスを拡大する。栃木県鹿沼市

に約30億円を投じて新工場を設けた。受け入れ能力は3割増えるとみられる。半導体市場が拡大するなか、特に電力の制御

に使うパワー半導体向け新素材の加工ニーズが高まっている。今後も好調な引き合いが続くとみて受注増を目指す。

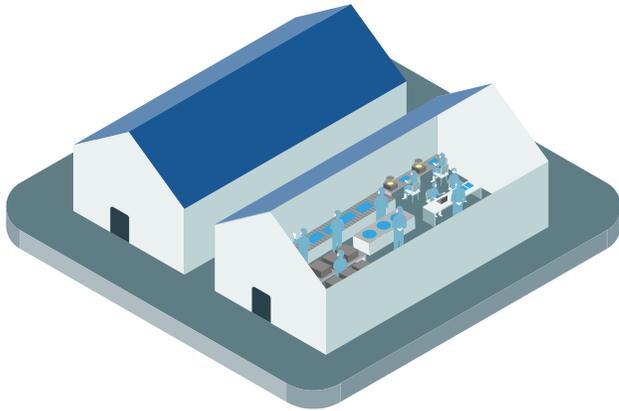
同社は半導体メーカーなどに代わって、独自の研磨材や装置を使ってウエハーなどの表面を研磨するサービスを手掛ける。従来は山梨県北杜市の工場で加工していたが、手狭になったため鹿沼市に新工場を設立し機能を移管。クリーンルームや関連設備を導入し、このほど稼働を始めた。工場は同社の拠点としては最大規模となる。

併せて研磨材や研磨装置の製造能力も増やす計画だ。半導体関連の年間売上高は現在15億円程度とみられるが、今後5年で3倍に伸ばしたい考えだ。

### 鹿沼事業所

敷地面積：約 60,000m<sup>2</sup>

延床面積：約 46,000m<sup>2</sup>



# 1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画

## 国の支援に加えて、19億円規模の自己負担を予定

### 資金調達方針

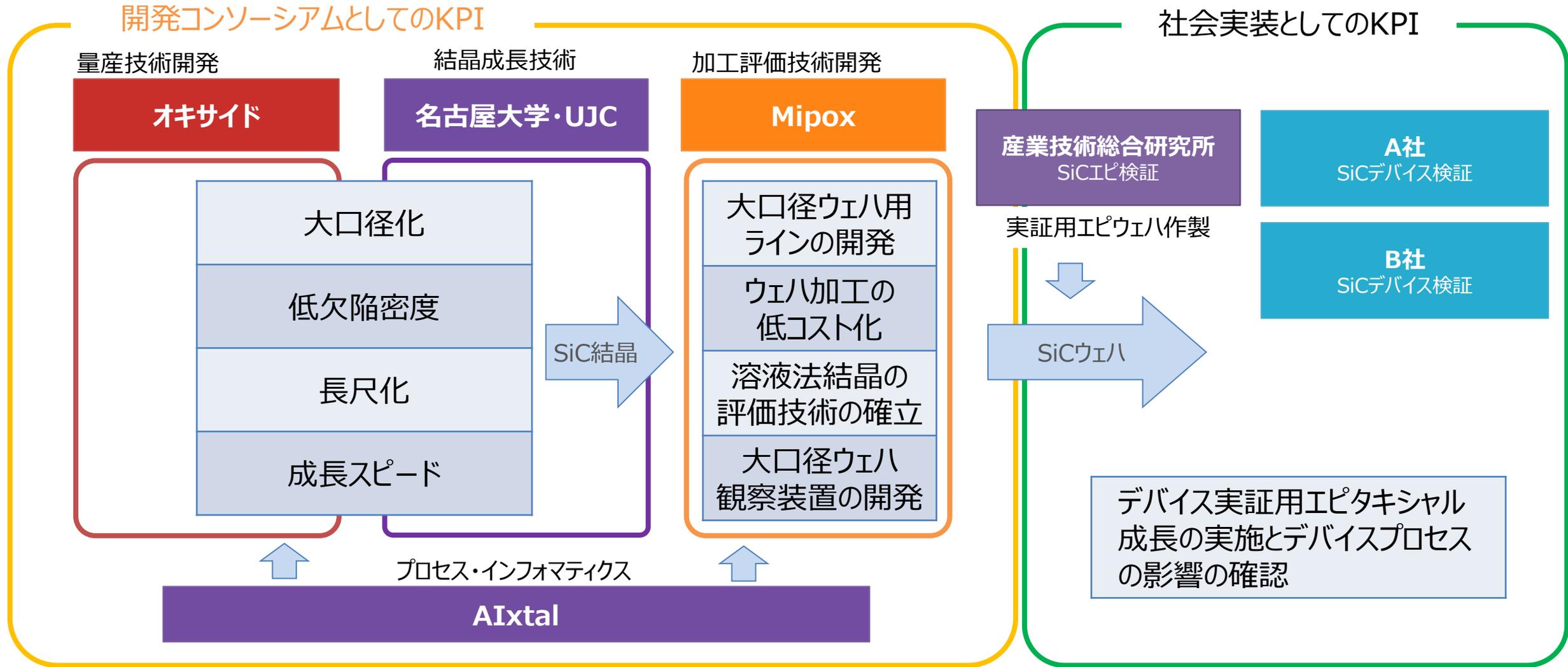
|               | 2022 年度 | … | 2031 年度以降              |
|---------------|---------|---|------------------------|
| 事業全体の資金需要     | 約83億円   |   | 電力制御用半導体向けSiC基板を提供する事業 |
| うち研究開発投資      | 約83億円   |   |                        |
| 国費負担（委託及び補助）※ | 約64億円   |   |                        |
| 自己負担          | 約19億円   |   |                        |

※インセンティブが全額支払われた場合

## 2. 研究開発計画 [各社共通]

## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標 / 参考資料

### 超高品質SiCウェハの社会実装というアウトプット目標を達成するために必要なKPIの考え方



## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

# 超高品質SiCウェハの社会実装というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

### 研究開発内容

1. 溶液成長法による超高品質SiCウェハの開発

### アウトプット目標

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

| 研究開発項目   | KPI  | KPI設定の考え方                         |
|----------|--|-----------------------------------|
| 1 大口径化   | 8インチ結晶による事業化                                     | SiCウェハの8インチ化                      |
| 2 低欠陥密度化 | TSD密度 現状の約1/3<br>BPD密度 現状の約1/10<br>多形混入率 現状の約1/3 | 現状のSiCウェハより一桁以上低欠陥密度化             |
| 3 長尺化    | インゴット高さ：<br>現状の7倍                                | コスト競争力のあるSiCチップコストを実現可能な長尺化       |
| 4 成長スピード | 成長速度：<br>現状の4倍                                   | コスト競争力のあるSiCチップコストを実現可能な成長スピードの実現 |

## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

# 超高品質SiCウェハの社会実装というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

### 研究開発内容

1. 溶液成長法による超高品質SiCウェハの開発

### アウトプット目標

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

### 研究開発項目

5 デバイス実証用エピタキシャル成長の実施とデバイスプロセスの影響の確認

### KPI

溶液法ウェハ上にエピタキシャル膜および酸化膜形成において、昇華法と同等の成長膜および酸化膜が形成されることを確認。

### KPI設定の考え方

昇華法と同等の成長膜および酸化膜が形成されることを確認。

## 2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

# 超高品質SiCウェハの社会実装というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

### 研究開発内容

#### 2. SiCウェハの加工・評価

#### 研究開発項目

1 大口径ウェハ用ラインの開発

2 ウェハ加工の工程数の削減

3 溶液法結晶の評価技術の確立

4 大口径ウェハ観察装置の開発

### アウトプット目標

大口径8インチSiCに対応した、インゴット～ウェハ化、品質保証まで一貫した製造プロセスを完成させ、低コスト・低欠陥密度を満足させたウェハを安定供給し、社会実装する。

#### KPI

・8インチSiCウェハ製造ライン処理量  
量産レベル

ウェハ加工TTLコストの低減  
2021年試算時比 65% (35%低減)

・溶液法結晶透過観察の光学系仕様決定  
・溶液法結晶向け位相演算処理方法確立  
ウェハ全数観察可能なレベルに最適化

・8インチステージの実装、オートステージ制御  
・8インチ対応観察装置製作、観察結果の出力確認

#### KPI設定の考え方

8インチ対応の製造ラインを完成させる。

切断工程を中心に改善を行い、後工程の負荷軽減を図り、既存工法より工程を減らす。

溶液法結晶の観察を可能にするため、光学系の改良と共に、新規の位相演算処理を開発する。

8インチ化・多数枚の高速観察に向けた開発

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

#### 研究開発項目.1

#### KPI

#### 現状

#### 達成レベル

#### 解決方法

#### 実現可能性

(成功確率)

成長条件制御による口径拡大実績

(100%)

#### 1 大口径化

8インチ結晶による事業化

6.5インチ  
(提案時TRL3  
→現状TRL3)



8インチ  
(TRL7)



TRLレベル向上のため、世界初の溶液法8インチ炉を導入し、要素技術検討専用炉として活用中。運用成果を元に23年度末に約10台の量産検討用8インチ炉の導入を計画。

欠陥変換原理解明済み

溶液流れ制御技術構築済み

(100%)

#### 2 低欠陥密度化

TSD密度 現状の約1/3  
BPD密度 現状の約1/10  
多形混入率 現状の約1/3

TSD密度 1  
BPD密度 1  
@小片サンプル  
(TRL2→TRL2)  
多形混入率 1



TSD密度 現状の約1/3  
BPD密度 現状の約1/10  
多形混入率 現状の約1/3  
@8インチ (TRL7)



・欠陥変換現象活用  
- 表面ステップ制御 - 溶液流れ制御  
- 温度分布制御  
・多形抑制  
・溶媒探索 ・表面ステップ制御

プロセス・インフォマティクスを活用した、時間変化に対する最適化

(85%)

#### 3 長尺化

インゴット高さ：  
現状の7倍

インゴット高さ 1  
(提案時TRL3  
→現状TRL3)



インゴット高さ  
現状の7倍  
(TRL7)



・長時間成長時の安定性向上  
- 長尺化に対応した坩堝構造の検討  
- プロセス・インフォマティクス適用  
- シミュレーション精度向上

溶媒による炭素溶解度向上

(80%)

#### 4 成長スピード

成長速度：  
現状の4倍

成長速度 1  
(提案時TRL2  
→現状TRL2)



成長速度  
現状の4倍  
(TRL7)



・溶液炭素溶解度向上  
- 溶媒探索  
・種結晶界面過飽和度制御  
- プロセス・インフォマティクス適用  
- シミュレーション精度向上

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

| 研究開発項目.1                                     | KPI   | 現状  | 達成レベル                          | 解決方法   | 実現可能性<br>(成功確率)                    |
|--|---|---|--------------------------------|--|------------------------------------|
| 5 デバイス実証<br>用エピタキシャル成長の実施<br>とデバイスプロセスの影響の確認 | 溶液法ウェハ上にエピタキシャル膜および酸化膜形成において、昇華法と同等の成長膜および酸化膜が形成されることを確認。 | MOSキャパシタで影響の無いことを確認<br>(提案時TRL3<br>→現状TRL3) | 本研究開発の開発品で影響の無いことを確認<br>(TRL7) | 計画当初は、3インチ程度のウェハを用いて、産総研においてエピ層の成長実験を行う。同時に、8インチ対応のエピタキシャル装置、熱処理装置を導入し、最終的には、デバイスメーカーと共同で実証する。 | 小片ウェハにて酸化膜評価の実績あり<br><b>(100%)</b> |

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

#### 研究開発項目.2

| 研究開発項目.2        | KPI   | 現状   | 達成レベル                            | 解決方法  | 実現可能性<br>(成功確率)                           |
|-----------------|---|--|----------------------------------|---|---|
| 1 大口径ウェハ用ラインの開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>8インチSiCウェハ製造ライン処理量</li> <li>量産レベル</li> </ul>                                       | 試作レベル<br>(提案時TRL3)<br>→現状TRL3)             | 量産レベル<br>(TRL7)                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>加工装置のカスタマイズ                             <ul style="list-style-type: none"> <li>大口径SiCウェハ専用仕様</li> <li>加工条件最適化、DoE</li> </ul> </li> </ul>   | 社内で加工装置の開発の実績がある<br>(100%)                |
| 2 ウェハ加工の工程数の削減  | <ul style="list-style-type: none"> <li>ウェハ加工TTLコストの低減</li> <li>2021年試算時比 65% (35%低減)</li> </ul>                           | 主要加工工程数<br>(100%)<br>(提案時TRL3)<br>→現状TRL3) | 主要加工工程数<br>65% (35%低減)<br>(TRL7) | <ul style="list-style-type: none"> <li>切断工程を中心とする前工程の加工精度向上、切断条件のプロセス・インフォマティクスによる最適化</li> <li>CMP用スラリー、エッジ処理加工用を主とした自社製研磨材の開発。高レートかつ低コストを両立した研磨材の実現</li> </ul>   | 社内で研磨剤の開発は継続的に行っており、開発基盤がある<br>(80%)      |
| 3 溶液法結晶の評価技術の確立 | <ul style="list-style-type: none"> <li>溶液法結晶透過観察の光学系仕様決定</li> <li>溶液法結晶向け位相演算処理方法確立</li> <li>ウェハ全数観察可能なレベルに最適化</li> </ul> | N型昇華法結晶向け観察手法は確立<br>(提案時TRL2)<br>→現状TRL2)  | 完成<br>(TRL7)                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>光源の検討                             <ul style="list-style-type: none"> <li>光源波長の検討 (短波or赤外)</li> <li>光源光量の増加 (レーザー光源の検討、複数光源並行入射の検討)</li> <li>溶液法結晶用位相演算処理の開発</li> </ul> </li> </ul> | これまでも波長の異なる観察装置の開発実績があり、知見を応用できる<br>(80%) |
| 4 大口径ウェハ観察装置の開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>8インチステージの実装、オートステージ制御</li> <li>8インチ対応観察装置製作、観察結果の確認</li> </ul>                     | 存在しない<br>(提案時TRL4)<br>→現状TRL4)             | 完成<br>(TRL7)                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>装置開発                             <ul style="list-style-type: none"> <li>大型高精度ステージ制御技術の開発</li> <li>8インチ観察画像タイリング技術の開発</li> </ul> </li> </ul>  | 6インチまでの開発実績と並行処理の導入で実現予定 (80%)            |

## 2. 研究開発計画／参考資料

### オキサイドの有する高品質単結晶成長技術

LGSO結晶における300mm長尺技術の実績（最先端PET装置に採用）



高周波誘導加熱  
によるLGSO結晶



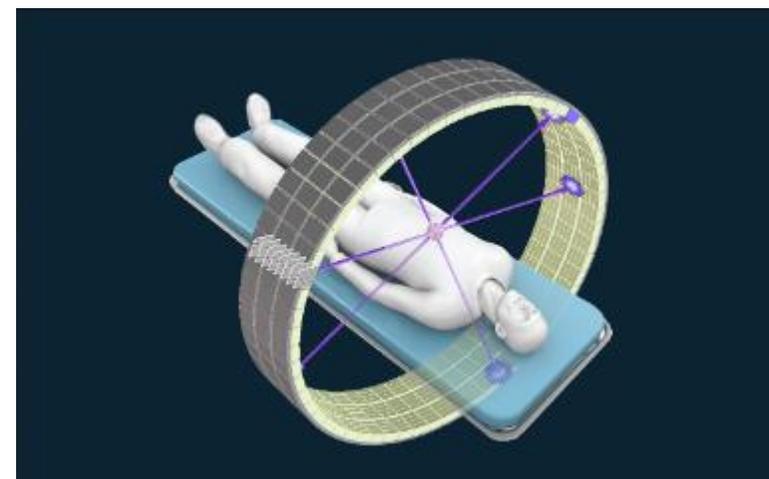
φ90mm-LGSO (低歩留り), ~2015



φ60mm-LGSO, ~2009



φ25mm-LGSO, ~2005

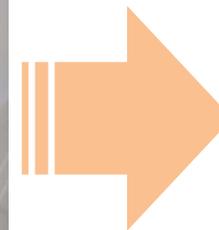
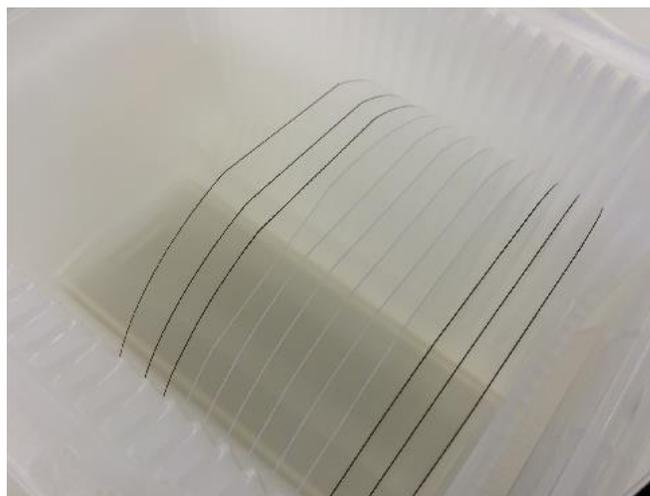
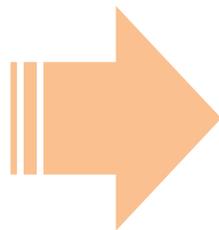


最先端PET装置に採用

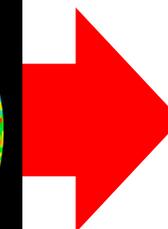
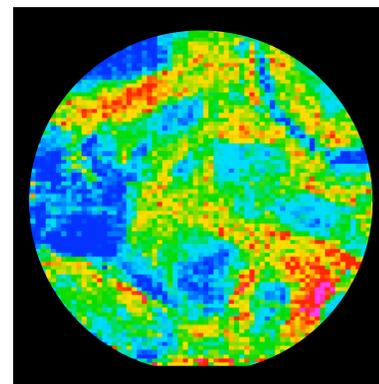
## 2. 研究開発計画／参考資料

### Mipoxの有する結晶加工技術

インゴットからウェハ化～貫通転位の評価～ウェハのエッジトリートメントまでを**自社にて一連の工程として一貫して行うことが可能**



必要に応じたエッジ加工・トリートメント



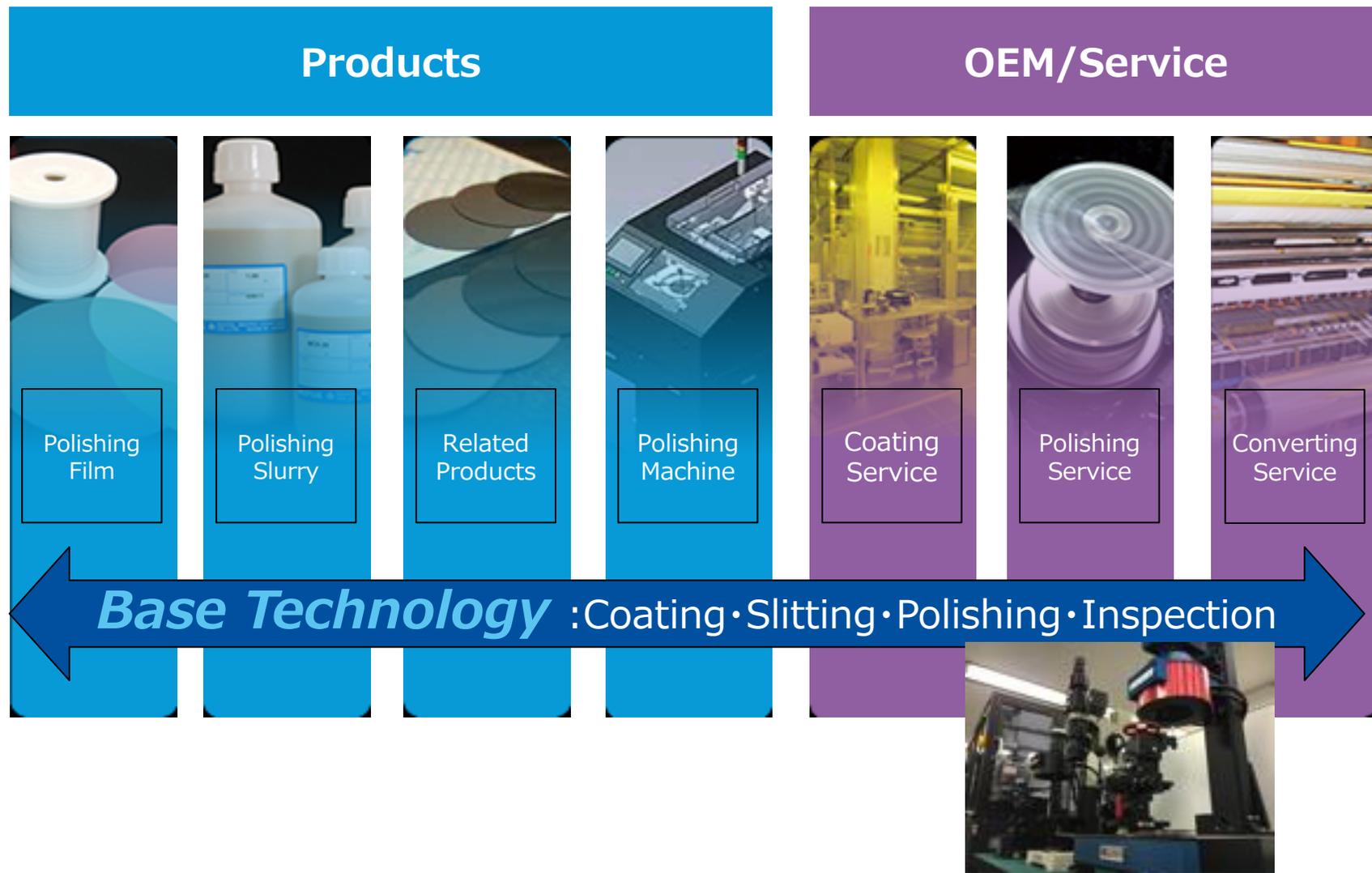
**結晶成長プロセスへの  
即時のフィードバックが可能**

ウェハ全面の貫通転位密度の非破壊評価が可能 (ex. 転位密度のヒートマップ表示、開発中)

## 2. 研究開発計画／参考資料

### Mipoxの有する結晶加工技術

研磨加工用スラリー・フィルム製造及び装置・プロセス開発を広く展開

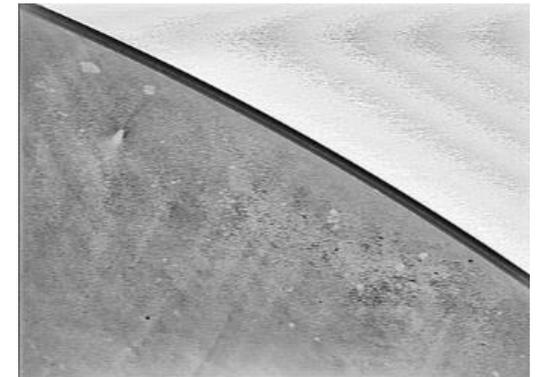
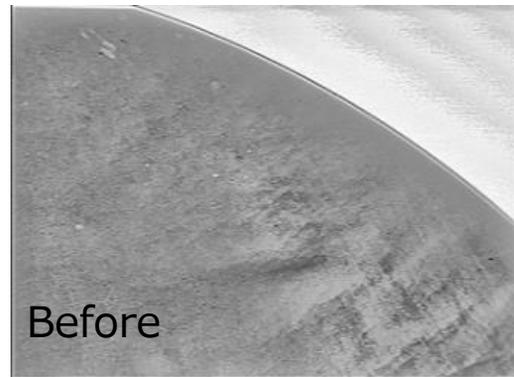
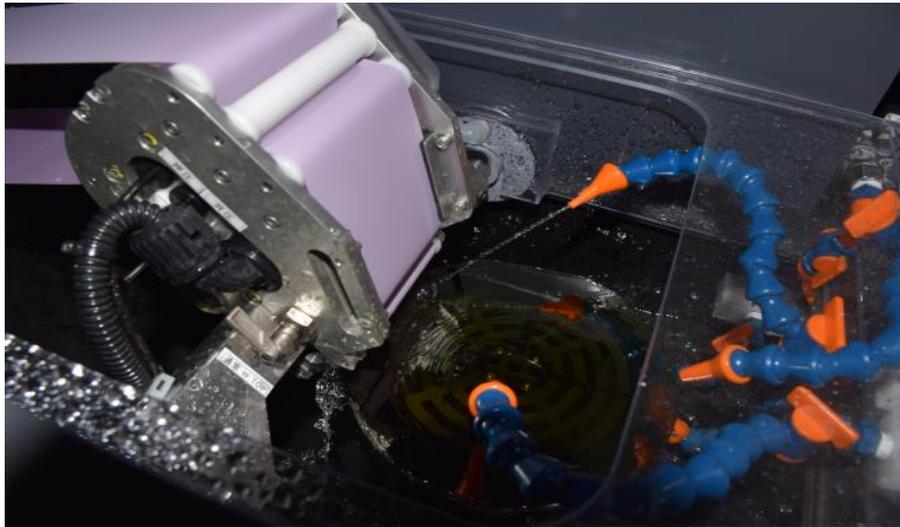


## 2. 研究開発計画／参考資料

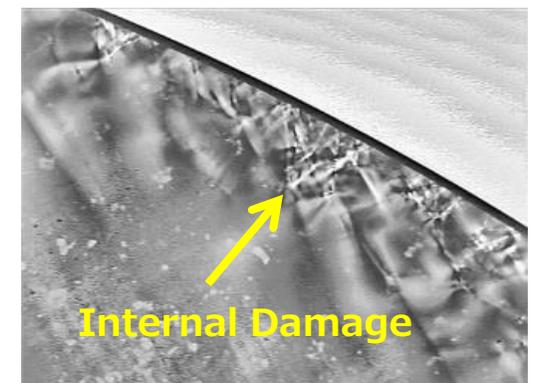
### Mipoxの有する結晶加工技術

卓越した加工技術（研磨フィルム式エッジ面取り・鏡面加工等）

SiCやGaNなどの難削材料、接合（貼りあわせ）ウェハ、薄型ウェハなど、多種多様なエッジ加工実績あり



Mipox Process (低ダメージ)



Grinding Wheel Process  
(ウェハ内部へダメージあり)

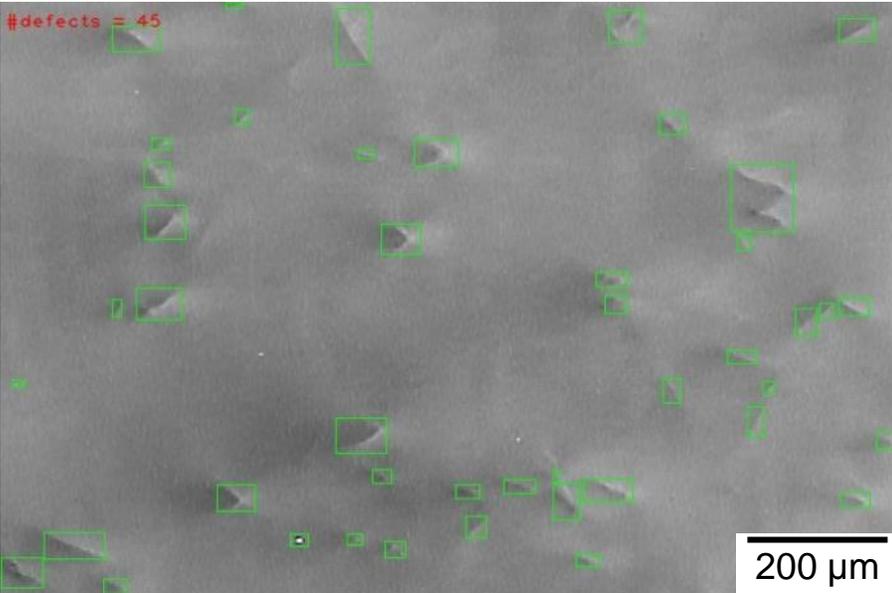
- ・低ダメージ＋高レート
- ・端面の異物/膜除去に最適
- ・容易なユーティリティ接続、多様なベベル形状の成形が可能
- ・エッジ部の鏡面研磨加工が可能
- ・独自研磨方式が目詰まりによる、加工レート低減を防止
- ・ケミカルフリープロセス
- ・表面最外周部(トップエッジ)研磨対応

## 2. 研究開発計画／参考資料

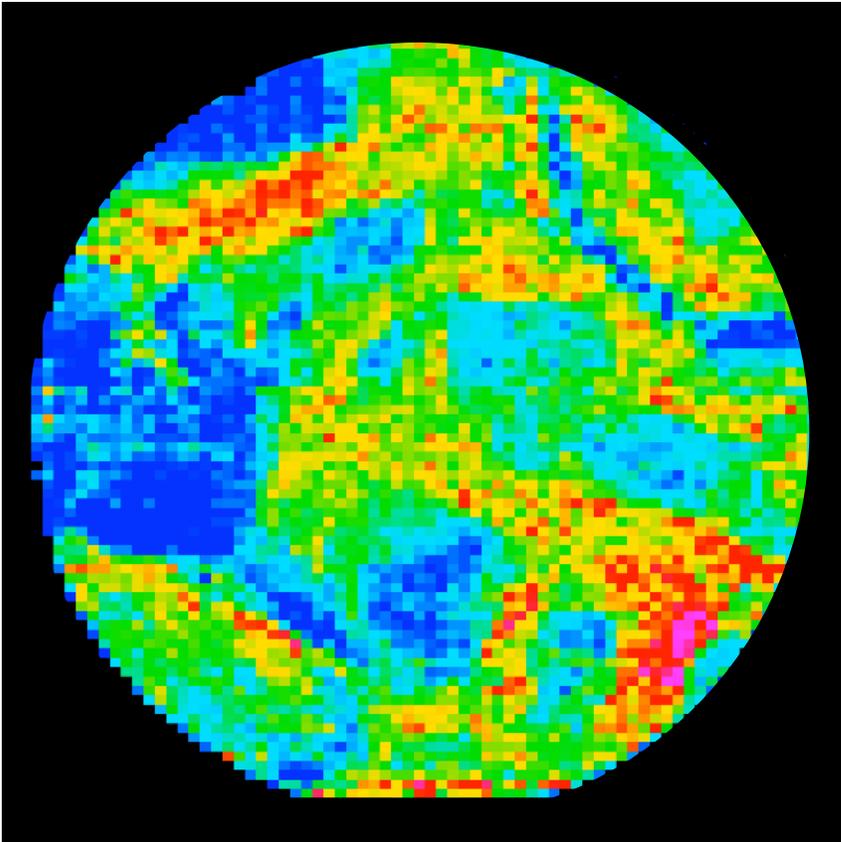
### Mipoxの有する結晶評価技術

#### 非破壊の光学観察技術

現在カウント機能・ヒートマップ表示機能を開発中であり、定量的な貫通転位評価にも対応可能



転位のカウントの一例



転位密度のヒートマップの一例

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

#### 研究開発項目.1

##### 研究開発内容

##### 1 大口径化技術開発

##### 直近のマイルストーン

- 溶液流れや溶液温度分布等の最適化
- 8インチ結晶の成長実験

##### これまでの (前回からの) 開発進捗

- 量産準備用SiC成長炉仕様確定を目的に、プロセスインフォマティクスを用いた溶液流れや溶液温度分布等について最適化を実施
- 量産準備用SiC成長炉の仕様を確定し発注
- 8インチ結晶の成長実験を目的に、6インチ種結晶3枚を所定の形状にくりぬきモザイク状に並べて、暫定的な8インチ種結晶を作成

##### 進捗度

○  
(理由)計画から遅延なし

##### 2 低欠陥密度化技術開発

- インクルージョンの評価、形成メカニズム解明
- 6インチ結晶の成長実験

- インクルージョンの定量評価方法、および形成メカニズム解明
- 6インチ結晶において、プロセスインフォマティクスを用いた結晶成長条件の最適化に基づいた成長実験で、ステップ幅が均一かつ溶媒インクルージョンのない良好な表面状態の結晶が得られた

○  
(理由)計画から遅延なし

##### 3 長尺化技術

- 雑晶の形成メカニズムの解明
- 成長条件探索

- 長尺化時の結晶品質劣化の原因となる雑晶の形成メカニズムの解明
- プロセスインフォマティクスを用いた成長条件探索方法の開発を開始
- 成長速度の面内分布を6時間、および40時間成長で比較

○  
(理由)計画から遅延なし

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

#### 研究開発項目.1

##### 研究開発内容

4 高速成長技術開発

5 デバイス実証

| 直近のマイルストーン  | これまでの (前回からの) 開発進捗  | 進捗度               |
|---|---|-------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>成長速度の予測</li><li>溶液流れの評価</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>成長速度を予測するシミュレーションをより現実に合わせるための検討を実施</li><li>成長速度に影響する溶液流れの評価を主目的に、種々の条件下でのシミュレーションを実施</li></ul>   | ○<br>(理由)計画から遅延なし |
| <ul style="list-style-type: none"><li>ウエハの汚染</li><li>エピ形成</li></ul>     | <ul style="list-style-type: none"><li>供給されたΦ12.5mmのウエハを設置した3インチSiCウエハに対してTXRFによる汚染評価を行い、ウエハの下流側でCrの汚染を確認、ウエハ直下ではAlの汚染を確認</li><li>SBD評価を目的に、濃度<math>2E16cm^{-3}</math>、厚さ<math>10\mu m</math>のn型エピ層をΦ12.5mmのウエハに形成</li></ul> | ○<br>(理由)計画から遅延なし |

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

#### 研究開発項目.2

##### 研究開発内容

- 1 大口径ウェハ用ラインの開発
- 2 ウェハ加工の工程数の削減
- 3 溶液法結晶の評価技術の確立
- 4 大口径ウェハ観察装置の開発

| 直近のマイルストーン   | これまでの (前回からの) 開発進捗   | 進捗度  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 仕様検討</li> <li>• テスト加工</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 加工ラインに必要な各装置の仕様を検討。装置メーカーと議論を重ねて仕様を決め、順次発注している。今期導入予定装置、来期導入予定のうち長納期品の順で進捗中。</li> <li>• 標準的な8インチSiCウェハの詳細な加工工程フロー(第1次案)を作成。</li> <li>• 最重要工程のひとつであるスライスのテスト加工実施。</li> </ul>                       | <p>○<br/>(理由)半導体製造装置の長納期化により納期管理が厳しいものの、現状、予定期間内での導入見込み。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 先行プロセス検証</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 溶液法SiC結晶のテスト加工実施。昇華法と概ね同様のプロセスで加工できそうだが、CMP工程で一部溶液法特有の課題があることを確認。</li> <li>• 外注加工先を選定し、サファイアインゴットでの原理検証を実施。また、昇華法SiCインゴットによるテストスライスを実施。</li> <li>• プロセス最適化のためアプリ実装・既存シミュレータ導入(アイクリスタル)</li> </ul> | <p>○<br/>(理由)計画から遅延なし</p>                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 装置設計完了</li> <li>• 予備観察結果出力</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 溶液法SiCのテスト観察実施</li> </ul>   | <p>○<br/>(理由)計画から遅延なし</p>                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 装置設計完了</li> <li>• ステージ動作確認</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ステージ候補選定・発注</li> </ul>  | <p>○<br/>(理由)計画から遅延なし</p>                                    |

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

#### 研究開発項目.1

##### 研究開発内容

##### 1 大口径化技術開発

##### 直近のマイルストーン

- 溶液流れや溶液温度分布等の最適化
- 8インチ結晶の成長実験

##### 残された技術課題

- シミュレーション精度向上を目的とした実験結果とシミュレーション結果の比較
- 暫定8インチ種結晶を用いた8インチ結晶の成長実験を開始

##### 解決の見通し

- 順調に進んでいる

##### 2 低欠陥密度化技術開発

- インクルージョンの評価、形成メカニズム解明
- 6インチ結晶の成長実験

- 溶媒インクルージョンの簡易的な評価方法の開発
- 6インチ結晶における良好な条件をベースにし、長尺化、高速成長を図る

- 順調に進んでいる

##### 3 長尺化技術

- 雑晶の形成メカニズムの解明
- 成長条件探索

- 長時間成長時における溶媒組成、結晶高さ、坩堝エッチング等の変化に対応した最適化手法の構築
- 溶媒組成、坩堝形状、結晶形状の変化に対応した成長条件の最適化

- 順調に進んでいる

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

#### 研究開発項目.1

##### 研究開発内容

4 高速成長技術開発

##### 直近のマイルストーン

- 成長速度の予測
- 溶液流れの評価



##### 残された技術課題

- 成長速度に影響する実験パラメータの抽出
- 溶液流れを効果的に制御可能な炉の構成をさらに検討

##### 解決の見通し

- 順調に進んでいる

5 デバイス実証

- ウエハの汚染

- エピ形成



- 表面に現れたインクルージョンについてフッ酸（フッ硝酸）による除去が可能かどうかを確認。
- エピ欠陥原因（結晶中のインクルージョン）の低減

- 順調に進んでいる

- 成長条件最適化による結晶中のインクルージョンの低減

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

#### 研究開発項目.2

##### 研究開発内容

1 大口径ウェハ用ラインの開発

2 ウェハ加工の工程数の削減

3 溶液法結晶の評価技術の確立

4 大口径ウェハ観察装置の開発

##### 直近のマイルストーン

- 仕様検討
- テスト加工

- 先行プロセス検証

- 装置設計完了
- 予備観察結果出力

- 装置設計完了
- ステージ動作確認

##### 残された技術課題

- 残りの装置仕様決定と発注
- 標準的な8インチSiCウェハの詳細な加工工程フローのブラッシュアップ
- テスト加工の実施

- テーマ1による大口径ないし厚みのある溶液法SiCインゴットができるまで加工実験に着手できない

- 溶液法特有のコントラストの解釈

- 実際の動作確認(操作性や動作精度)

##### 解決の見通し

- 残りの装置についても順調に進んでいる。
- 最初のスライステスト加工実施し、次のテストを検討中。

- 当初から想定しており、サファイアで原理検証実施。加えて昇華法インゴットでの検証開始。

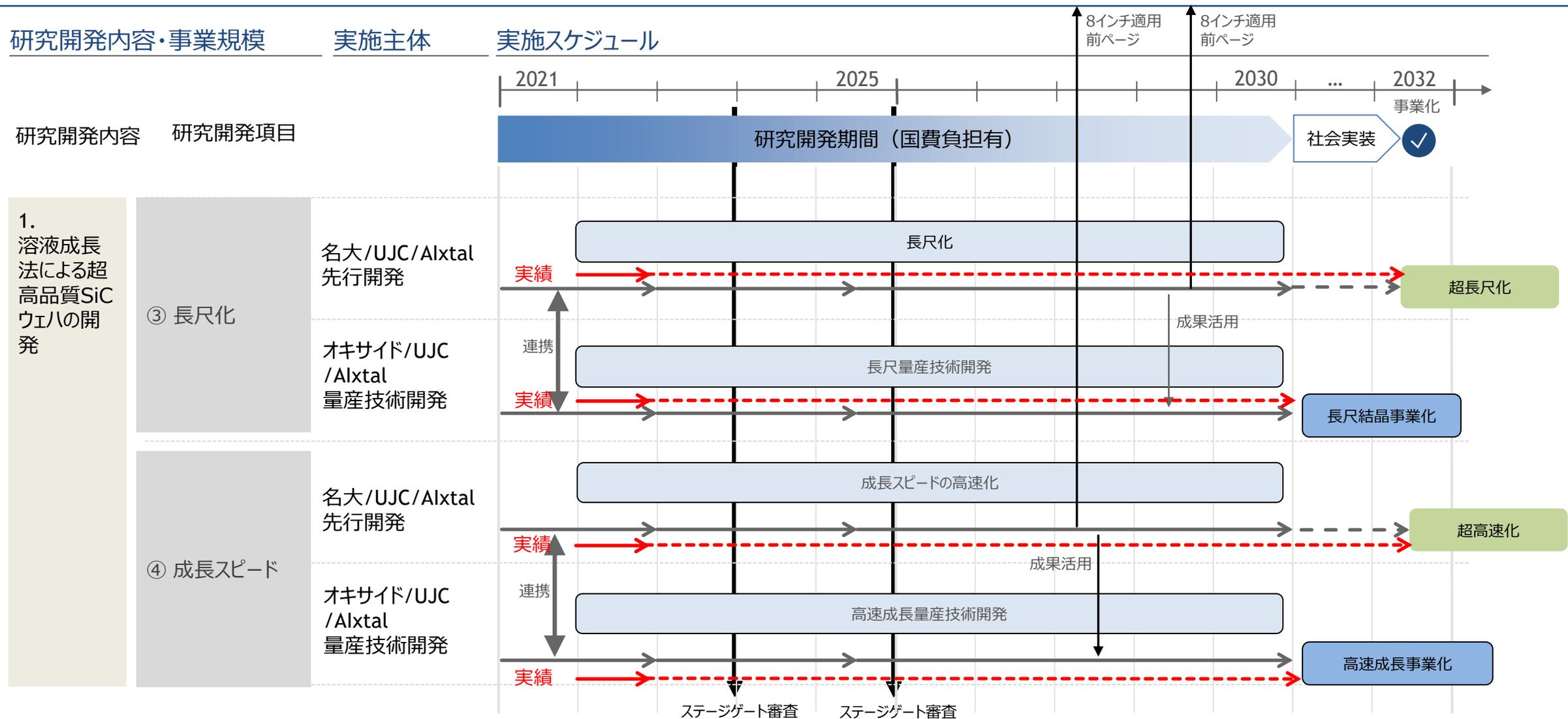
- 名大との学術的議論により解釈できると考えている。

- 2機種からの選定のため、ベターな方を選択可能。



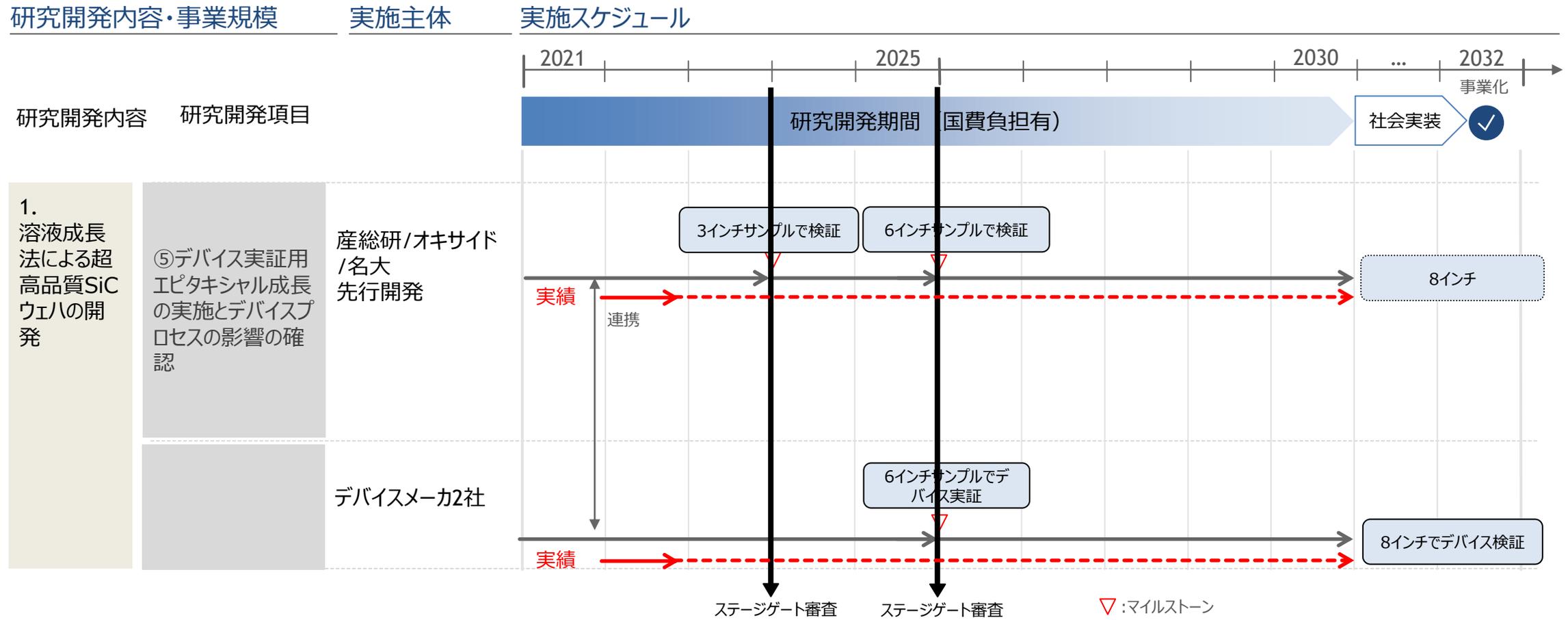
## 2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

### 複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



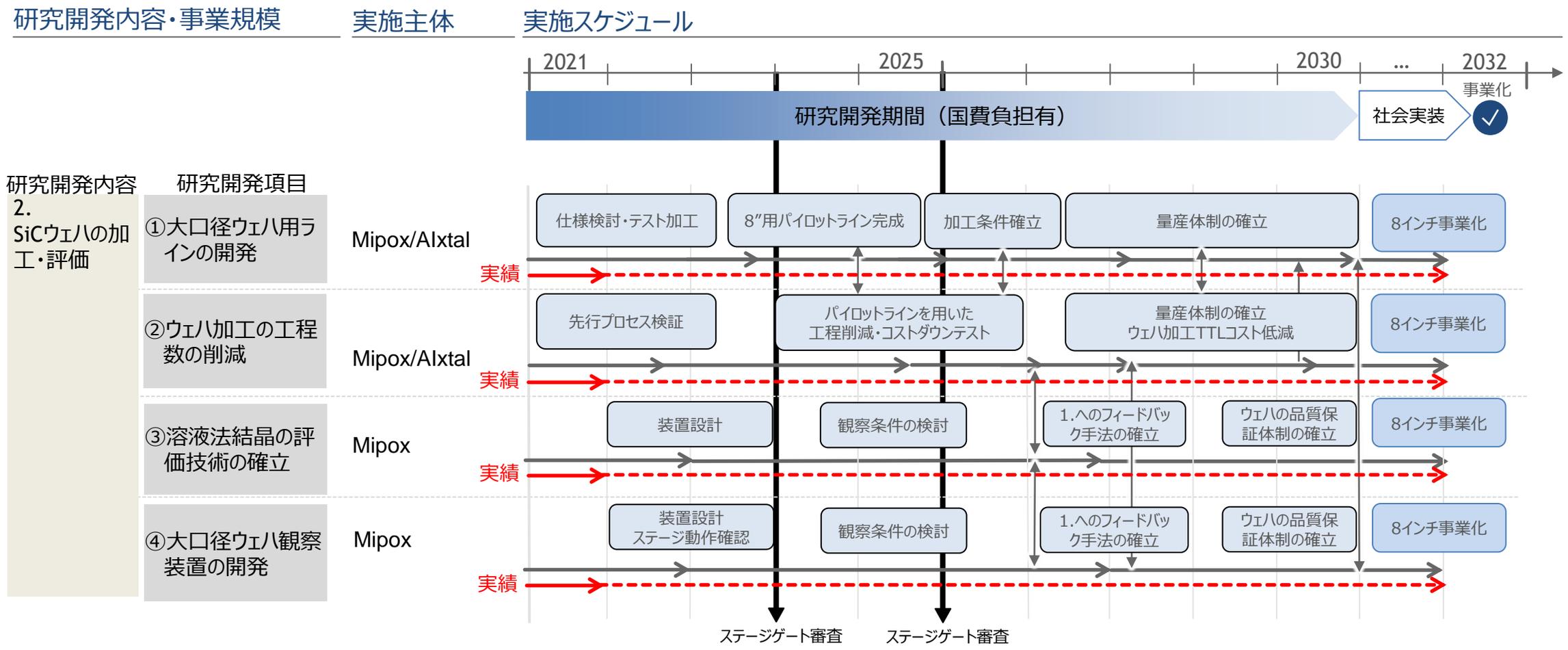
## 2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

### 複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



## 2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

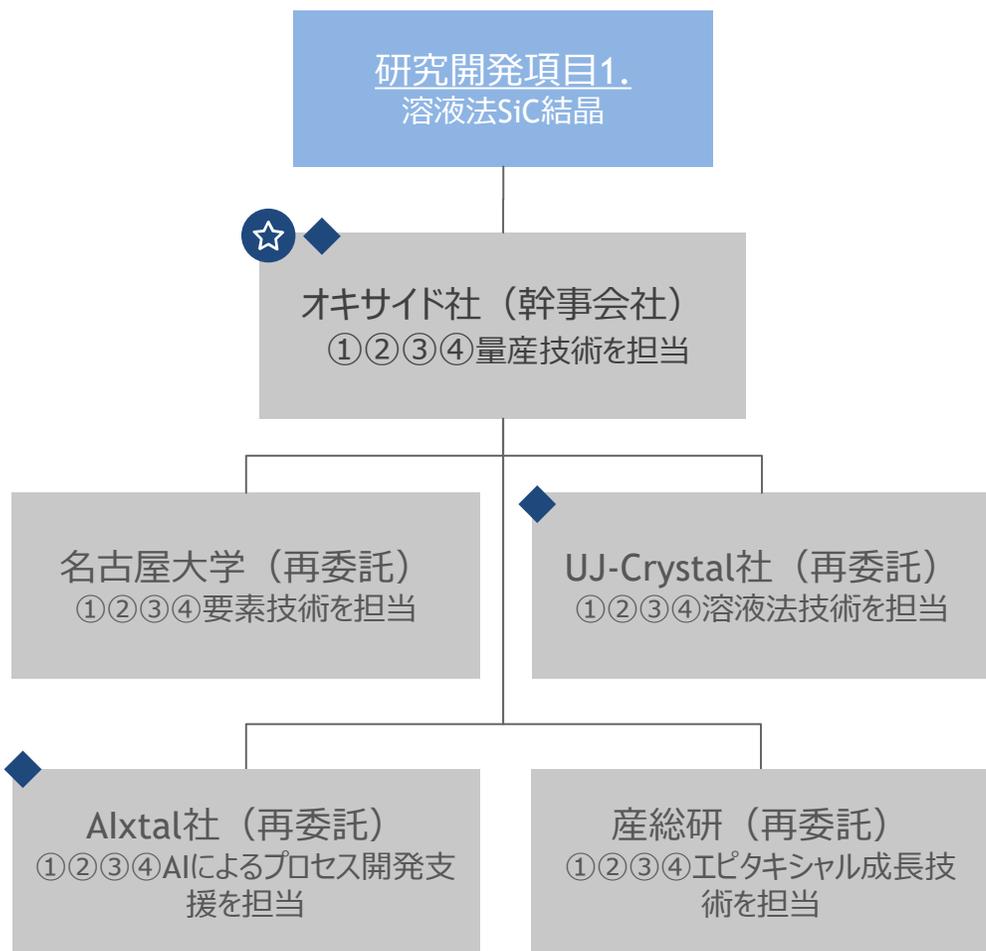
### 複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



## 2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

### 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

#### 実施体制図



#### 各主体の役割と連携方法

##### 各主体の役割

- オキサイド：単結晶・光部品等の開発・製造・販売ベンチャー、SiC結晶の量産技術を担当
- 名大：溶液法SiC結晶に関する研究開発で世界トップ、SiC結晶の要素技術を担当
- UJ-Crystal：名大宇治原先生が起業したベンチャー、SiC結晶の溶液法技術を担当
- Alxtral：AIで開発加速を支援する名大ベンチャー、SiC結晶のAIによるプロセス開発支援を担当
- 産総研：SiC結晶からデバイスに至る多くの研究実績、SiC結晶のエピタキシャル成長技術を担当

##### 研究開発における連携方法

- オキサイド：保有するTSSG法や高周波誘導加熱を用いた結晶量産実績を溶液法SiC結晶の量産技術に適用
- 名大：溶液法による8インチ低欠陥SiC結晶の要素技術を開発する
- UJC：8インチ低欠陥SiC単結晶の溶液法による育成技術を開発する
- Alxtral：AI（プロセス・インフォマティクス）技術を駆使し低欠陥8インチ化の開発支援
- 産総研：溶液法SiC結晶のエピタキシャル成長技術を開発する
- 上記連携から得られる知見を活用し、量産技術担当のオキサイド社と加工・評価技術担当のMipox社で結晶成長からエピレディウエハまでの品質を保証した量産プロセスを構築する。

##### 中小・ベンチャー企業の参画

- オキサイド：単結晶育成に関する豊富な人材と経験で、8インチSiC結晶の量産化技術を開発
- UJC：名大宇治原先生のコントロール下、溶液法SiC結晶の育成技術開発を機動的に実行
- Alxtral：溶液法SiC結晶の8インチ大口径化をAI技術で支援

- ☆ 幹事企業
- ◆ 中小・ベンチャー企業

## 2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

### 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

#### 実施体制図



#### 各主体の役割と連携方法

##### 各主体の役割

- 研究開発項目2全体の取りまとめは、Mipoxが行う
- Mipoxはインゴットからのエピレディバウエハ製造技術開発およびインゴット、ウエハの評価技術開発を担当する。
- UJ-Crystal社およびオキサイド社は加工および評価技術開発に必要なインゴット製作を担当する。
- Alxtral社は加工条件最適化および結晶評価結果のフィードバックによる結晶成長条件最適化を担当する。

##### 研究開発における連携方法

- Alxtral社が保有する基礎技術および数値モデルを導入し、プロセス最適化AI技術の確立により、大口径SiC結晶インゴットの量産技術を開発する。プロセス最適化AI技術に対して、Mipox社が結晶評価技術開発による知見を提供することで、その精度向上、開発スピード向上を目指す。
- インゴットの状態によって最適な加工条件が異なる可能性があるため、各社が相互に情報交換して連携していく。このプロセス全体を通じた連携により、エピレディウエハとして最適な量産プロセス開発が可能になる。
- 上記連携から得られる知見を活用し、量産技術担当のオキサイド社と加工・評価技術担当のMipox社で結晶成長からエピレディウエハまでの品質を保證した量産プロセスを構築する。

##### 中小・ベンチャー企業の参画

- 大学発ベンチャーであるAlxtral社が参画

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発内容                   | 研究開発項目   | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク  |
|--------------------------|----------|--|--|
| 1. 溶液成長法による超高品質SiCウエハの開発 | 1 大口径化   | <ul style="list-style-type: none"> <li>小口径結晶成長の知見を大口径結晶に即座に展開する独自のプロセス・インフォマティクス技術</li> <li>原理的に8インチ成長が可能な結晶成長装置を保有。</li> <li>TSSG法によるCLBO結晶の大型化で実績</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 2年余りで10mmから6インチ結晶を実現した実績。昇華法ではありえない開発スピード。</li> <li>→ 昇華法と同等レベル。結晶界面均質性がカギ</li> <li>→ SiC結晶と同じTSSG法で育成される、CLBO結晶の大型化技術をSiC結晶の大口径化に活用。</li> </ul>        |
|                          | 2 低欠陥密度化 | <ul style="list-style-type: none"> <li>低熱歪み成長による高品質結晶成長技術</li> <li>転位を変換し外部に排出する超低転位密度化技術</li> <li>低転位密度、多形抑制のためのプロセス・インフォマティクスを活用した温度・流れ分布制御、溶媒探索</li> <li>融液の流れ制御による高品質BGO結晶技術の実績</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 溶液法では温度勾配をより低減できる。</li> <li>→ 昇華法は種結晶の品質以上の高品質化不能。</li> <li>→ プロセス・インフォマティクスはオリジナル技術。装置開発と同時に最適条件を探索する必要あり。</li> <li>→ BGO結晶における融液の流れ制御技術の活用</li> </ul> |
|                          | 3 長尺化    | <ul style="list-style-type: none"> <li>原理的に結晶長さに制限がない結晶引き上げ法</li> <li>時間変化に対応した高速AIモデルによる最適化技術</li> <li>LGSO結晶における300mm長尺技術の実績</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 昇華法は成長長さに制限がある。</li> <li>→ 現時点では昇華法の方が長いものができている。しかし、8インチ化すると熱歪により困難になる。</li> <li>→ 長時間成長における環境変化への成長条件の対応がリスク。AIモデル構築で対応。</li> </ul>                   |
|                          | 4 成長スピード | <ul style="list-style-type: none"> <li>結晶成長速度向上のための溶媒設計技術</li> <li>炭素供給律速による成長速度制御（結晶品質劣化を伴わない）</li> <li>BGO結晶における成長速度制御技術の実績</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 現時点では昇華法の方が成長スピードが大きい。しかし、低転位密度と高成長スピード両立は困難。</li> <li>→ 坩堝薄肉化による原料漏洩リスクあり。炭素供給位置の最適化により対応。</li> </ul>  |

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発内容          | 研究開発項目          | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク  |
|-----------------|-----------------|--|--|
| 2. SiCウェハの加工・評価 | 1 大口径ウェハ用ラインの開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>特殊材料への精密研磨加工技術</li> </ul> 【出典】<br><a href="https://product.mipox.co.jp/services/polishing/polishingcase.html">https://product.mipox.co.jp/services/polishing/polishingcase.html</a>                               | → 機械・研磨剤・プロセス三位一体技術保有<br>→ 既存設備の流用（優位性）<br>→ BCP（リスク）      |
|                 | 2 ウェハ加工の工程数の削減  | <ul style="list-style-type: none"> <li>研磨材自社製造・開発</li> <li>AIXtalのプロセス・インフォマティクス技術</li> </ul> 【出典】<br><a href="https://product.mipox.co.jp/products/">https://product.mipox.co.jp/products/</a><br><a href="https://aixtal.com/">https://aixtal.com/</a> | → 本用途向けのハイレート研磨剤の開発<br>→ コストの低減と開発時間の短縮（優位性）<br>→ BCP（リスク） |
|                 | 3 溶液法結晶の評価技術の確立 | <ul style="list-style-type: none"> <li>独自のウェハ評価技術及び評価装置</li> </ul> 【出典】<br><a href="https://product.mipox.co.jp/product_info/20200929.html">https://product.mipox.co.jp/product_info/20200929.html</a>   | → 非破壊で全数検査可能（優位性）<br>→ マーケティング（弱点）                         |
|                 | 4 大口径ウェハ観察装置の開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Kawata <i>et al.</i>, 2021 Jpn. J. Appl. Phys. 60 SBBD06</li> <li>A. Tanaka <i>et al.</i>, 2020 Phys. Status Solidi 257 1900553</li> </ul>   | → 検査のタクトタイムの短縮<br>→ ウェハの欠陥分布の提供（優位性）<br>→ マーケティング（弱点）      |

# 3. イノベーション推進体制

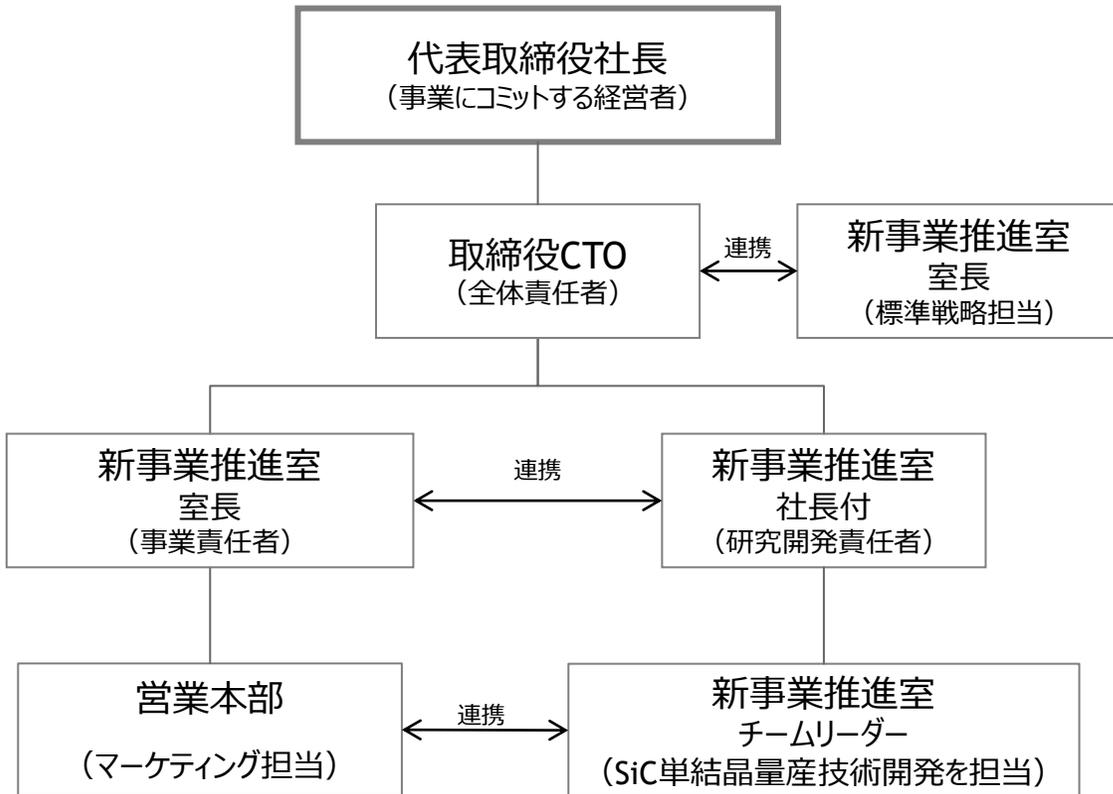
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

[オキサイド]

### 3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

## 経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

オキサイド内体制図



### 組織内の役割分担

#### 研究開発責任者と担当部署

- 全体責任者
  - 取締役CTO
- 事業責任者
  - 新事業推進室室長
- 研究開発責任者
  - 新事業推進室社長付
- 担当部署
  - 営業本部：①マーケティングを担当（併任1人程度）
  - 新事業推進室：②単結晶量産技術開発を担当（専任1人→3人程度、併任2人程度）
- チームリーダー
  - 新事業推進室チームリーダー（SiC単結晶量産技術開発を担当）
- 標準戦略担当
  - 新事業推進室室長

#### 部門間の連携方法

- 環境問題への取り組みに関しては、「行動規範ハンドブック」の中でCO2の削減を環境対応の一番の課題と位置付け、計画的に削減していくことを社長として宣言し、全社員に順守を指示しております。
- 全体連携は、社長、社内役員、各事業部長出席の経営会議にて、SiCの事業化に関して定期的に議論する
- 量産技術開発に関しては、新事業推進室室長を責任者として、SiC単結晶担当者に加え他部門単結晶開発技術者を一堂に会し、SiC量産技術開発会議（仮称）を定期的を開催、SiC量産技術開発を実行する（PDCAを回す）

### 3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

## 経営者等による溶液法SiC単結晶事業への関与の方針

### 経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
  - カーボンニュートラルに関わる産業への積極的貢献を果たすため、自社のコア技術である酸化物結晶成長技術を発展させ、炭化物・窒化物結晶事業を創出するとともに、電子デバイス産業への参入と貢献を図る。
  - カーボンニュートラルを早期に実現するためには、電気エネルギー創出側である再生可能エネルギーだけでは無く、消費する側の効率向上も同時に図らなければならない。高効率電子デバイスを実現する結晶材料の開発がキーファクターとなる。
  - 弊社は、国立研究所発の研究開発型企業であり、常に変化する環境とゴールを踏まえ、最適な解決策を見直し続けることは、が重要と考える。したがって当社は、非線形な試行錯誤を奨励する組織制度・組織文化を保有し、実践している。
  - SiC単結晶事業への参入に関しては、10月14日プレス発表の「株式会社UJ-Crystalとの資本業務提携に関するお知らせ」にて、SiC単結晶の量産化に向けた研究開発に関わることを発表している。
  - <https://ssl4.eir-parts.net/doc/6521/tdnet/2032329/00.pdf>
- 事業のモニタリング・管理
  - 研究開発及び事業実行部隊について、週単位で詳細な報告を経営層と直接議論する体制となっている。
  - 上記議論で、事業の進め方・内容に対して、経営層から適切なタイミングで指示を出す体制となっている。
  - 弊社は大学、研究所、顧客とのパイプを多く持ち、社内外から幅広い意見を取り入れる体制となっている

- 弊社は、かならず事業化するという経営層の考えをもとに、そのために必要な技術的優位性、価格競争力を常にモニターし、事業化を判断する。
- 本事業推進のため組織変更を実施  
2022年4月から本事業を開始したが、モニタリング及び報告の円滑性及び判断、決定の迅速化を図るため、2023年3月1日付にて独立組織とした。

### 経営者等の評価・報酬への反映

- 当社の取締役は、株主の期待に沿った企業運営がなされているかを監督する責任がある。本事業の進捗状況は株主にとって重要事項であり取締役によって随時議論される。よって本事業の進捗状況が、担当役員・担当管理職等の評価や報酬の一部に反映されることになる。

### 事業の継続性確保の取組

- 当社は、国立研究所の開発技術を社会に還元することを目的に設立したベンチャー企業である。したがって、後継者の育成や事業の引き継ぎは会社経営にとって最重要課題の一つと考え、事業運営を行っている。

※ISO56002、IEC62853等の国際標準、経済産業省による「[ガバナンスイノベーション](#)」「[ガバナンスイノベーションVer2](#)」「[日本企業における価値創造マネジメントに関する行動指針](#)」等が参考になる。

### 3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

## 経営戦略の中核において溶液法SiC単結晶事業を位置づけ、広く情報発信

#### 取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
  - 本開発・事業化テーマに限らず、SDGsに則した、当社独自の研究開発テーマを設定している。
  - 2022年12月にGX リーグ基本構想への賛同を表明。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
  - 全ての事業計画は、社外役員を含めた役員会議に上程され、判断される。
  - 事業計画の進捗については、社外役員を含めた役員会議で都度報告される。
  - 事業について決議された内容は、古川社長、社内役員、各事業部長出席の経営会議にて、定期的に周知、議論される。
  - 「経営者等による具体的な施策・活動方針」に記載の通り、組織改編を実施した。
- 決議事項と研究開発計画の関係
  - 国立研究所発のベンチャー企業である当社は、研究開発計画を不可欠な要素として認識し、優先度高く位置づけられている

#### ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
  - 社外向けHPにおけるIR資料・CSR報告、研究開発報告で、弊社のSDG'sへの取り組みに関するの開発案件として紹介するとともに、開発進捗及び将来の事業計画についても都度言及していく。
  - IR向け資料として、HPで紹介するとともに、研究開発計画及び事業計画について、プレスリリースする予定。
  - SiC単結晶事業への参入に関しては、10月14日プレス発表の「株式会社UJ-Crystalとの資本業務提携に関するお知らせ」にて、SiC単結晶の量産化に向けた研究開発に関わることを発表している。
  - <https://ssl4.eir-parts.net/doc/6521/tdnet/2032329/00.pdf>
- ステークホルダーへの説明
  - 研究開発計画及び事業計画については、説明・報告の機会を計画している。
  - 事業の将来の見通し・リスク等については、HPおよびプレスリリース等で説明する
  - 事業の効果（社会的価値等）に関しては、国民生活のメリットに重点を置いて、HPおよびプレスリリース等で幅広く発信する
  - 2022年3月期決算説明会にて本事業に言及。また、四半期報告としてHPに進捗を掲示。
  - <https://ssl4.eir-parts.net/doc/6521/tdnet/2190007/00.pdf>

### 3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

## 機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

#### 経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
  - 開発ステージ毎に、人的・資金的資源の見直しを図り、適切な対応を実施する計画である。
  - ゴールである社会実装を踏まえ、開発進捗に則した川下企業との協業を想定している。
  - 開発においては、“Agile-Stage-Gate Hybrids”手法を用いることを想定し、プロトタイプ及びエンジニアリングサンプルの提供により顧客の真の要求獲得するとともに、開発計画を柔軟かつダイナミックな運用を実施する。
- 人材・設備・資金の投入方針
  - 新事業推進室から選任ステージの進捗毎に必要な機能に即した人材を都度補強。
  - オキサイド山梨本社の敷地・設備を活用することからスタートし、生産量の増加に従い、新たな工場用地を取得。
  - GIFでの装置導入に合わせ、SiC結晶成長工場として、新たに1,306m<sup>2</sup>の建屋を建設、2023年3月に竣工。
  - 将来の事業拡大のため、研究開発及び人材確保に投資を継続する。昨年度は新たに3名の結晶研究技術者を採用、新工場の竣工に合わせて技能者も採用予定。

#### 専門部署の設置

- 専門部署の設置
  - 2023年3月1日付にて新事業推進室を独立組織として設置、CTOの直轄管理とした。
  - 製造量産プロセス開発を担当するオキサイドについては、開発に関して産業アーキテクチャを意識した階層構造を設定するとともに、ステージゲイト法により進捗を管理。
- 若手人材の育成
  - 新たな事業創出として、その開発から事業化までをリーディングできる人材の育成を実行中。
  - 研究開発及びプロセス開発を担う若手技術者にアカデミアの研究者及びスタートアップ企業家と協業することにより、科学と起業精神を学ぶ良き機会と捉え積極的に活用。

# 4. その他 [オキサイド]

## 4. その他 / (1) 想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、IRRが期待を下回る等の事態に陥った場合には事業中止も検討

### 研究開発（技術）におけるリスクと対応

- SiC素子開発の深耕が進まず、対Si素子, GaN, Ga2O3に対して優位性が打ち出せないリスク  
→昇華法では製作困難なP型SiCでの社会実装を目指す。
- デバイスキラークラック等、溶液法SiCウェハの品質に関わる問題が露見するリスク  
→本リスク回避のため、開発早期からエンドユーザーとの協業により結晶品質のチェックと、客先要求仕様との整合を図りながら研究開発を進める。
- 結晶成長速度の改善が進まず、生産性の向上が図れないリスク  
→結晶成長速度の改善は容易に達成できるものではない。シミュレーション技術等を駆使し、社会実装を可能とレベルまで、あくなき探求を続ける。

### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 溶液法のプロセス開発が進まず、或いは溶液法装置のスループットが向上しないことにより生産性の改善が進まず、経済的受容性をクリアできないリスク  
→社内外の知識・経験を総動員して、ウェハの大口径化、装置の同時複数成長化開発を実施することにより、コストダウンを図り、経済的社会実装を促す。

### その他（自然災害等）のリスクと対応

- 地震、台風などの自然災害によるリスク  
→本リスク回避のため、製造拠点を中部地区（UJ-Crystal）、および甲信地区（オキサイド）の二拠点を想定した体制とし、リスク分散を図る。

- 事業中止の判断基準：期待投資効率がIRR=14%を下回ると判断されたとき。