

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：Mipox株式会社、代表名：代表取締役社長 渡邊 淳

(共同実施者(再委託先除く)：株式会社オキサイド(幹事企業))

目次

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

1. 事業戦略・事業計画 [Mipox]

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機向けに中耐压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）

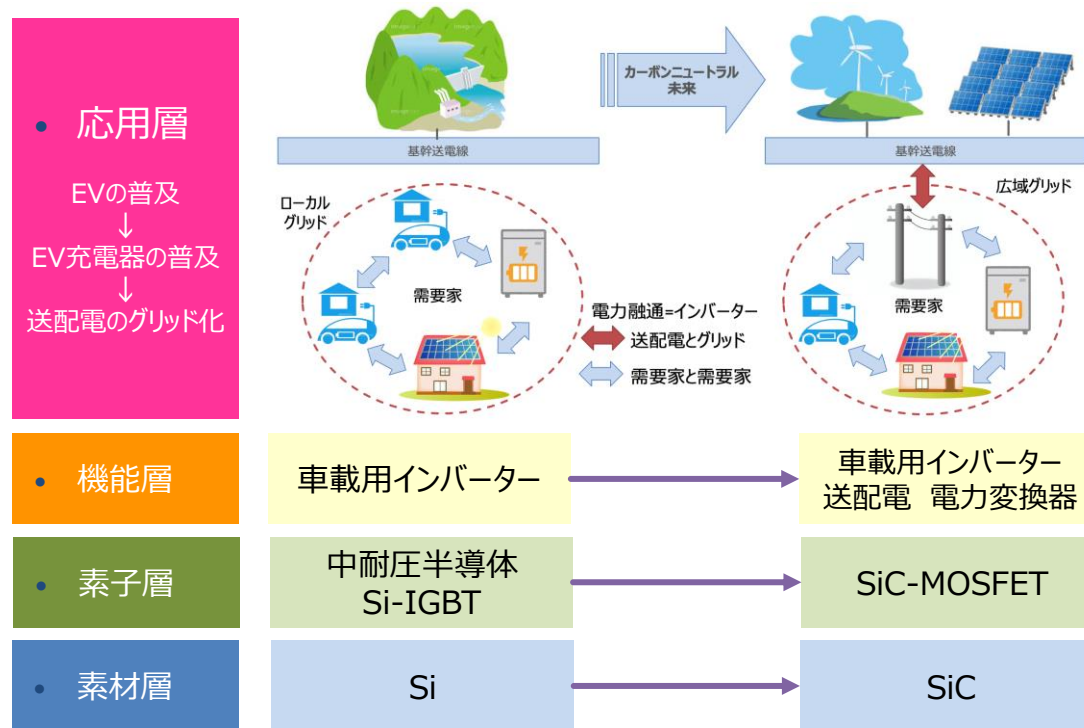
- 2020年10月の菅総理所信表明に於いて、2050年までに温室効果ガスの排出を実質0にすることが宣言された。

（技術面）

- EV普及と低コスト化のために、中耐压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压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 太陽光発電・風力発電 産業用インバータ	送配電向け 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 (2030年時点)	2040年
・SiC-IGBT	539.0億円 (2030年時点)	2040年
適用範囲	想定顧客	想定ニーズ
車載モータ 車載充電器 太陽光発電 風力発電	デバイスメーカ	小型化 低コスト化 高効率化 多段置き換え
送配電用 電力変換器	デバイスメーカ	送配電網 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。

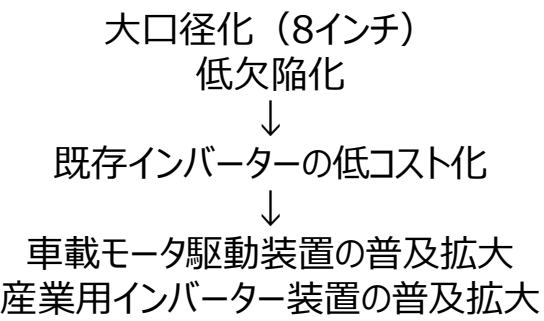
1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

独自研磨＋検査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

ビジネスモデルの概要と研究開発計画の関係性

電力制御用SiCウェハの提供



Mipox独自の研磨＋検査技術による“品質保証SiCウェハ”という価値提供

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	成果の役割
素材加工	品質保証 SiCウェハ	8インチ低欠陥低コストのウェハ加工	8インチSiCインゴット スライス・加工技術	低欠陥・低コスト 大口径（8インチ）対応	低コストで安定な 最終商品の提供
		品質保証付きSiC研 磨済ウェハ	品質保証可能な高速 全面ウェハ検査技術	大口径のウェハ向けの 光学評価装置開発 溶液法ウェハ観察	品質保証による 安心の提供



ビジネスモデル
(需要家)

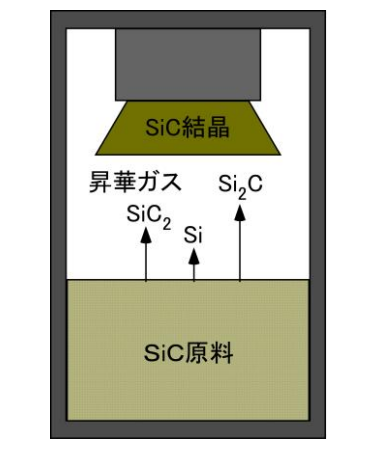
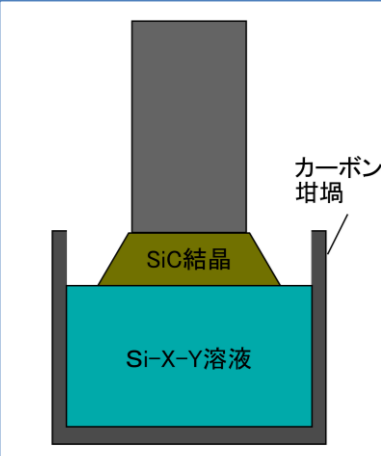
B2B
(デバイスメーカー)



EV向け
インバーター 再生可能エネルギー用
インバーター 送配電
電力変換器

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。 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。 		名古屋大学が保有するシーズ。世界で6インチのSiC結晶をこの手法で実現できているのは、名大／UJCのみ。 	
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	結晶中に温度勾配を形成：熱歪みがある (結晶成長表面からの抜熱)		結晶中に温度勾配がない：熱歪みがない (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。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／（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N型SiCウェハとP型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)

	Mipox 公開企業	オキサイド 公開企業	名古屋大学 UJ-Crystal AIXtal・産総研 再委託
強み	- 化合物半導体研磨、評価技術/ビジネス経験 - アジャイル経営 - ビジネス上の信頼に基づく広範な1-ザ情報収集網(研磨受託顧客数：80社以上)	- 単結晶開発技術 - 単結晶量産技術 - 大学・研究所の技術の事業化に実績とノウハウ保有	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 - プロセス・インフォマティクス - リスクへの挑戦 - 実装へのインセンティブ
弱み	- 技術は暗黙知が多く、形式知化が困難 - 新規研究開発体制が脆弱	- オキサイド内ではSiC単結晶は未経験 - 急成長中の企業のため、研究開発リソースの強化要	- 製造資源 - 開発原資 - 開発資金力
資源	- 化合物半導体ウェハの研磨KnowHow - 評価エンジニア - デバイスメーカーとの連携 - 国内に保有する量産研磨工場	- 半導体検査装置で市場プレゼンス大 - 化合物半導体単結晶の経験者は複数存在	- アカデミアのネットワーク - 結晶成長のノウハウと評価経験 - 全学的起業バックアップ - デバイスメーカーとの積年の協業関係

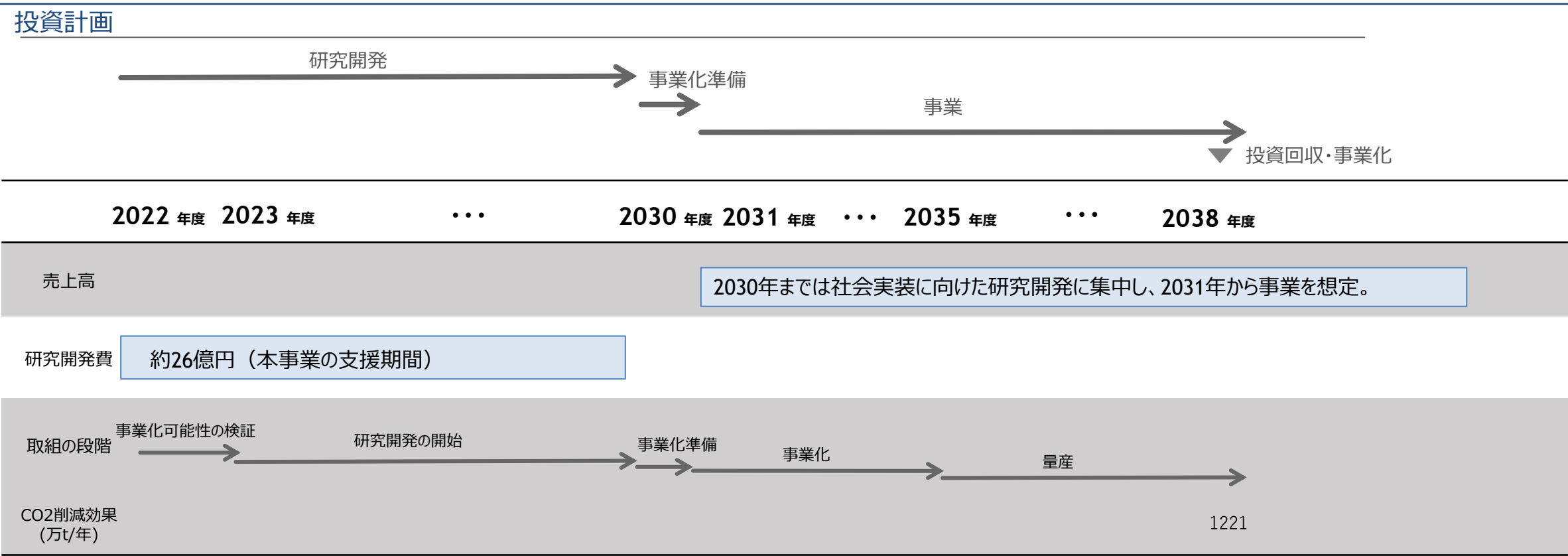
※3社の強み、弱み、経営資源を相補的に補完

他社に対する比較優位性

	自社 Mipox	研磨加工他社
優位性	- 特殊材料への精密研磨加工技術 - 研磨材自社製造・開発（コスト） - 独自のウェハ評価技術及び評価装置 - 加工受託会社のカテゴリでは事業規模大きく、国内有力メーカーとの取引関係あり	加工実績のみ
課題	大口径8インチウェハに対応したインゴットスライス技術の開発	インゴットメーカーとの連携がない
戦略（1） 開発・加工	- 研磨剤自社製造力を活用し、本用途向けのハイレート研磨剤を開発。 - コンソーシアム内でいち早く8インチインゴットの供給を受けることで加工技術を前倒し開発 - プロセス・インフォマティクスの活用による加工プロセス最適化。	研磨剤開発から、量産・自社加工まで一貫する基盤がない
戦略（2） 検査・品質保証	品質保証ウェハ供給による差別化を高品質研磨技術に加え、自社製観察装置の開発で品質保証体制を確立することで実現	エッチングなどの抜き取り検査がメインで全数検査はできない
資源	- 化合物半導体ウェハの研磨加工ノウハウ - ウェハ評価装置の開発ファシリティ・能力 - スタートアップAIベンチャーとの提携・活用 - 国内での量産研磨工場	研磨加工ノウハウ

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、2038年頃の投資回収を想定



2038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

取組方針

研究開発・実証

- 国内有力デバイスメーカーとの協業により、デバイス要求事項を確認し、加工品質や光学観察による品質のフィードバックなどを通していち早く改良改善を図る。
- Mipoxのウェハ加工技術経験値に、AIxtalのプロセス・インフォマティクス技術を加え、プロセス最適化を加速し、低コスト化を図る。
- 光学観察による結晶品質評価結果については結晶成長プロセスに必要とされる情報を迅速にフィードバックし、ウェハの品質保証を可能にする。



国際競争上の優位性

- 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、国外競合に対し、開発の時間的な優位性を確保できる。
- 自社で一貫した研磨加工～光学観察によるウェハの全数評価により、他社にはできないウェハの品質保証が可能。

設備投資

- プロセス・インフォマティクスの導入による装置の最適化と、当社内に蓄積された化合物半導体加工技術を組み合わせて設計した量産設備の導入を図る。
- 国内での量産により、ノウハウの流出を防ぐ。このため、大規模量産に対応する工場用地を栃木県鹿沼市に確保



- Mipoxが得意とする研磨技術は暗黙知の固まりであり、海外への安易な技術移転には大きな障壁となる
- 研磨加工に対する装置設計、評価装置設計、量産プロセスまで一貫して対応可能。
- 国内デバイスメーカーとの協業が可能な立地条件により、デバイスまでの開発を一貫して行うことが可能。

マーケティング

- 国内有力デバイスメーカーとの協業で、いち早く認証を得るとともに、これら国内デバイスメーカーに対して優先的にウェハを供給。
- 品質保証済のウェハ提供により、顧客のデバイス歩留まり向上への安心感を醸成。
- 企業ブランド確立による高収益化を図るため、難削材の受託加工企業としての実績をアピールしていくが、当面の受託は国内メーカー優先とする。



- 顧客となるデバイスメーカーが国内に複数存在していることは極めて優位。
- 研磨加工から品質保証まで一貫してサービス可能な企業は国内外に存在せず、ウェハビジネスにおいて大いに存在感を発揮する。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、約3億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

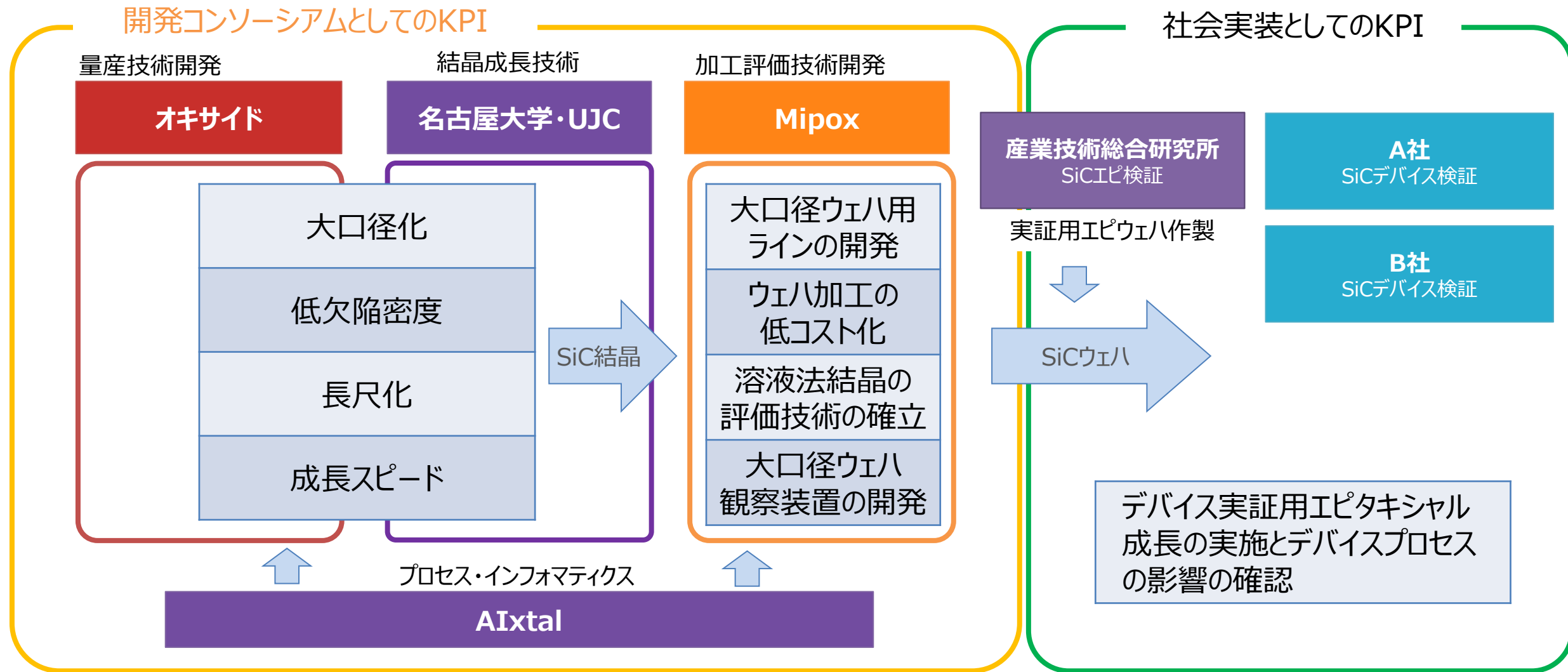
	2022 年度	・・・	2031 年度以降
事業全体の資金需要	約26億円	電力制御用半導体向けSiC基板を提供する事業	
うち研究開発投資	約26億円		
国費負担（委託及び補助）※	約23億円		
自己負担	約3億円		

※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 BPD密度 現状の約1/10 多形混入率 現状の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： 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： 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

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

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

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		アウトプット目標	
2. SiCウェハの加工・評価		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。	
研究開発項目		KPI	KPI設定の考え方
1 大口径ウェハ用ラインの開発		・8インチSiCウェハ製造ライン処理量 量産レベル	8インチ対応の製造ラインを完成させる。
2 ウェハ加工の工程数の削減		ウェハ加工TTLコストの低減 2021年試算時比 65%（35%低減）	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。
3 溶液法結晶の評価技術の確立		・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	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。
4 大口径ウェハ観察装置の開発		・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	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 (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。	
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) 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	欠陥変換原理解明済み 溶液流れ制御技術構築済み (100%)
3 長尺化	インゴット高さ：現状の7倍	インゴット高さ 1 (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	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%)
4 成長スピード	成長速度：現状の4倍	成長速度 1 (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	溶媒による炭素溶解度向上 (80%)

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)
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	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 (TRL3)	本研究開発の開発品で影響の無いことを確認 (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 (100%)

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	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 大口径ウェハ用ラインの開発	・8インチSiCウェハ製造ライン処理量 量産レベル	試作レベル (TRL3)	量産レベル (TRL7)	・加工装置のカスタマイズ - 大口径SiCウェハ専用仕様 - 加工条件最適化、DoE	社内で加工装置の開発の実績がある (100%)
2 ウェハ加工の工程数の削減	・ウェハ加工TTLコストの低減 2021年試算時比 65% (35%低減)	主要加工工程数 (100%) (TRL3)	主要加工工程数 65% (35%低減) (TRL7)	・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 ・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	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 (80%)
3 溶液法結晶の評価技術の確立	・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	N型昇華法結晶向け観察手法は確立 (TRL2)	完成 (TRL7)	・光源の検討 - 光源波長の検討（短波or赤外） - 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） - 溶液法結晶用位相演算処理の開発	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 (80%)
4 大口径ウェハ観察装置の開発	・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、観察結果の確認	存在しない (TRL4)	完成 (TRL7)	・装置開発 - 大型高精度ステージ制御技術の開発 - 8インチ観察画像タイリング技術の開発	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

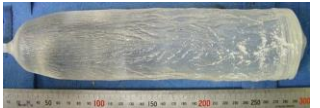
LGSO結晶における300mm長尺技術の実績（最先端PET装置に採用）



高周波誘導加熱
によるLGSO結晶



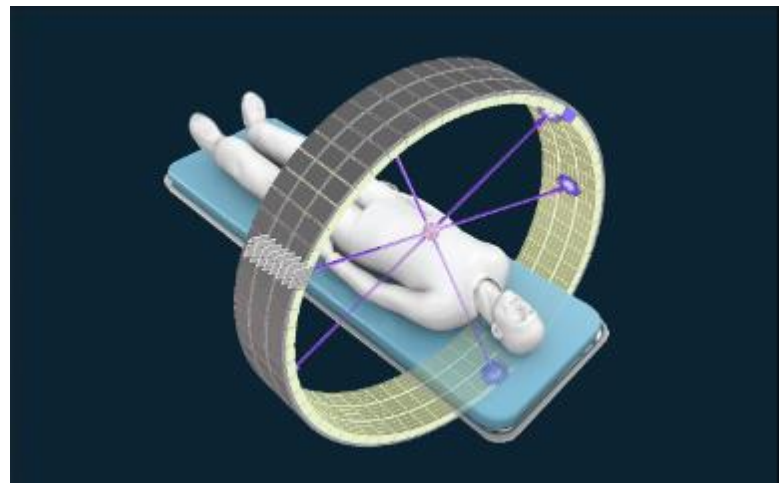
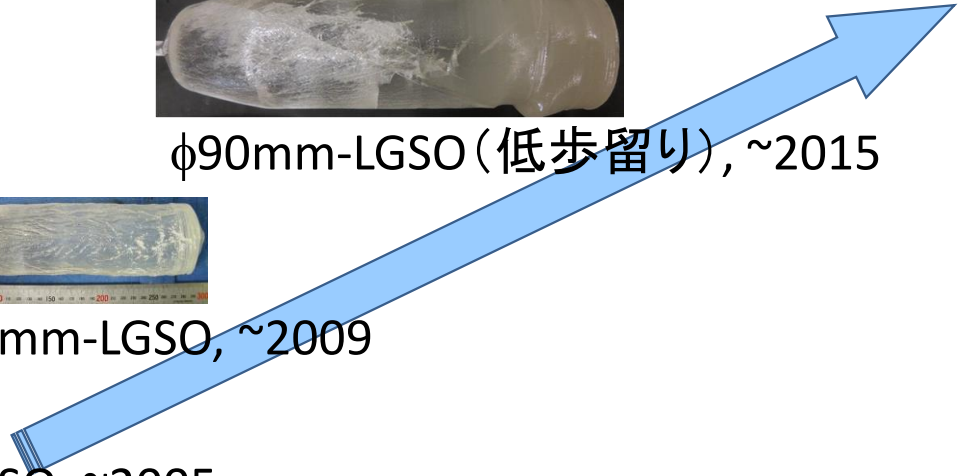
φ90mm-LGSO (低歩留り), ~2015



φ60mm-LGSO, ~2009



φ25mm-LGSO, ~2005

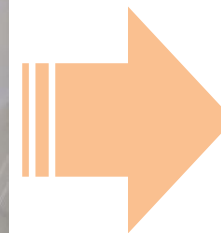
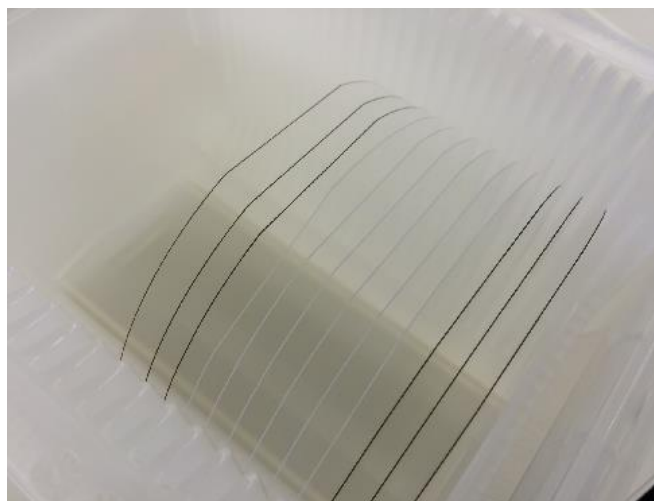
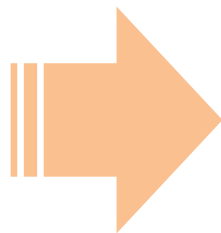


最先端PET装置に採用

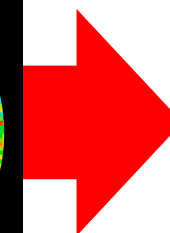
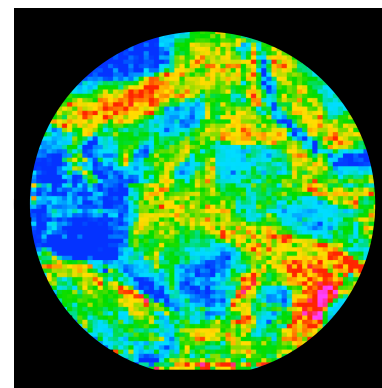
2. 研究開発計画／参考資料

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



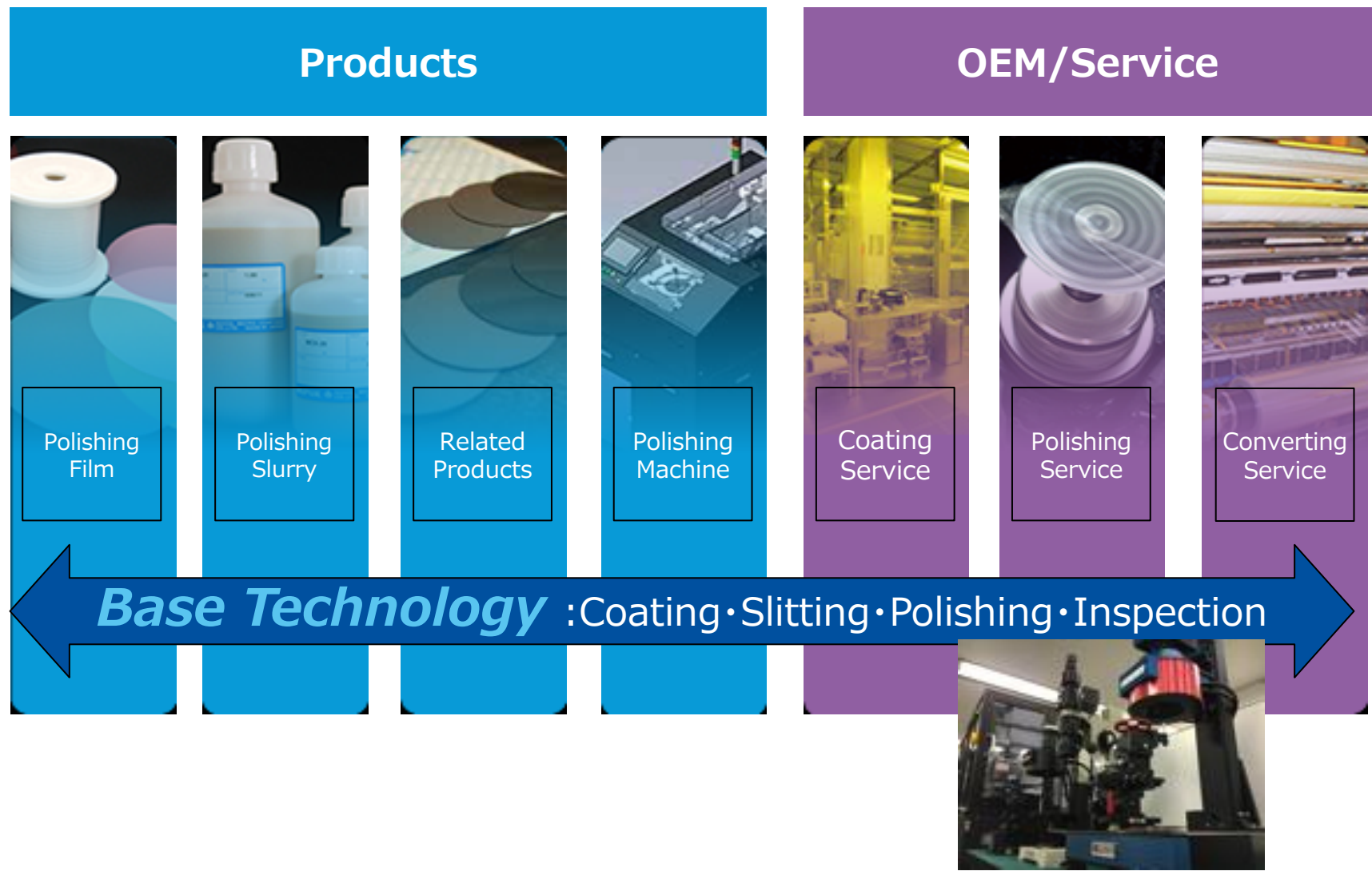
結晶成長プロセスへの
即時のフィードバックが可能

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

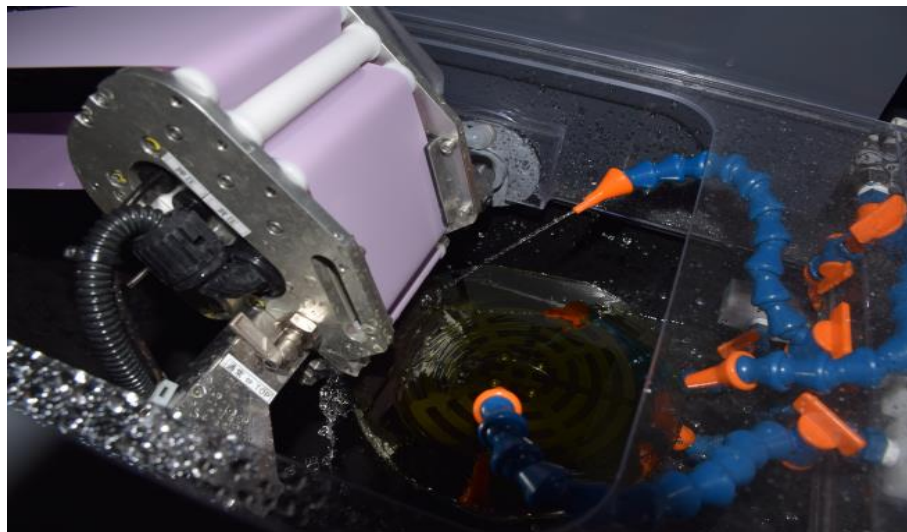


2. 研究開発計画／参考資料

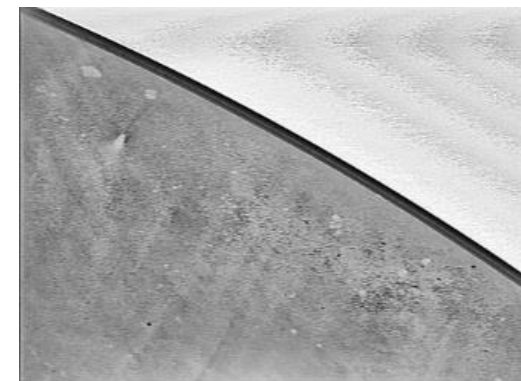
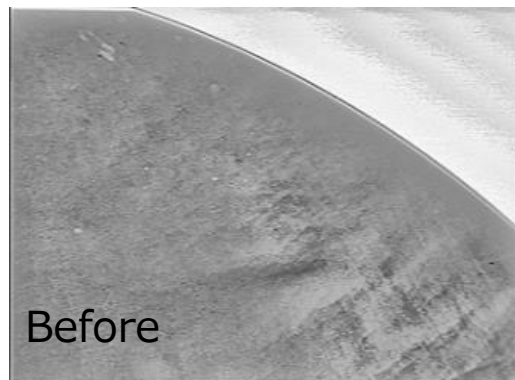
Mipoxの有する結晶加工技術

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）

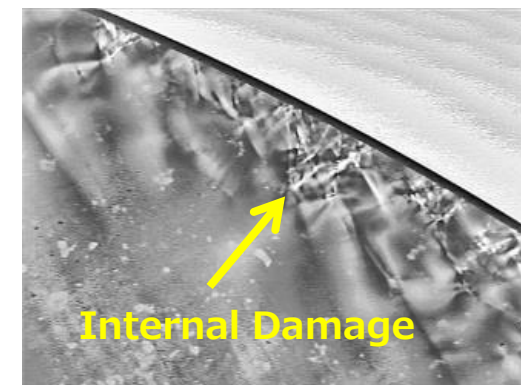
SiCやGaNなどの難削材料、接合（貼りあわせ）ウェハ、薄型ウェハなど、多種多様のエッジ加工実績あり



- ・低ダメージ＋高レート
- ・端面部の異物/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



Mipox Process (低ダメージ)



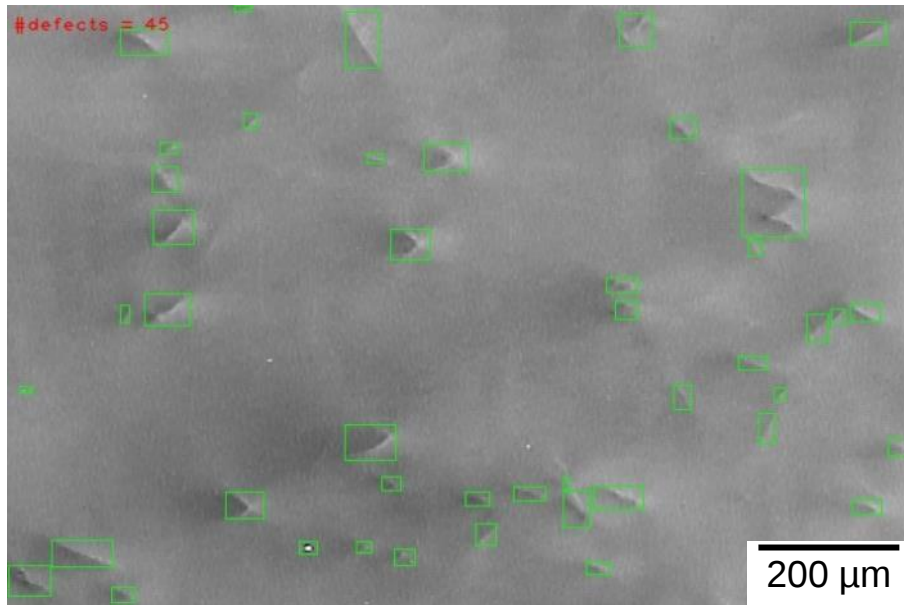
Grinding Wheel Process
(ウェハ内部へダメージあり)

2. 研究開発計画／参考資料

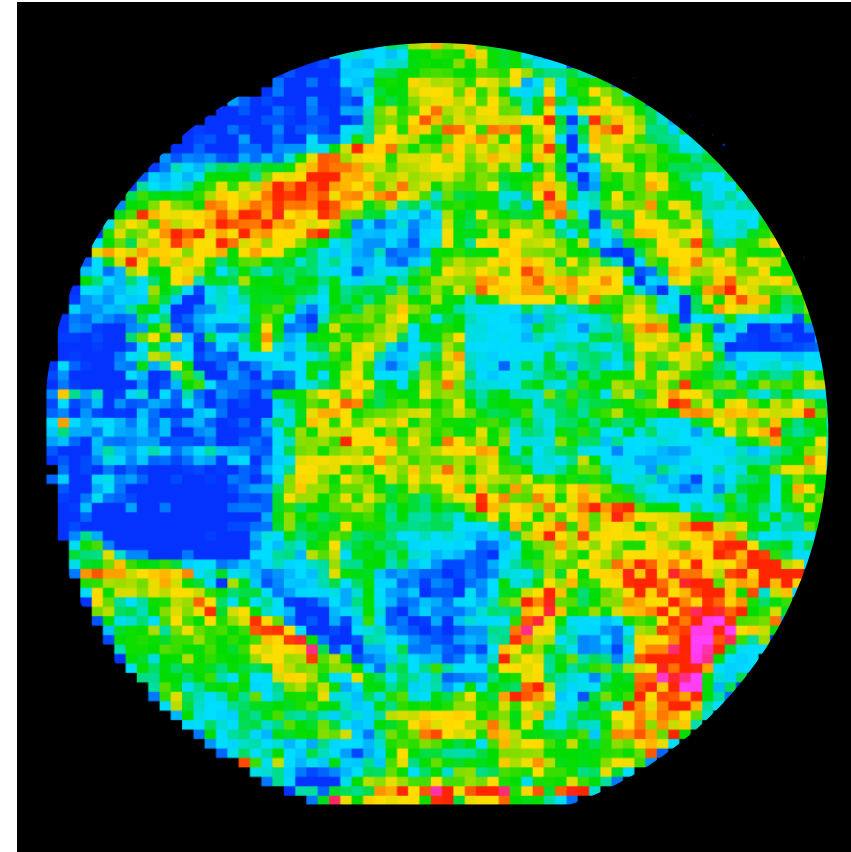
Mipoxの有する結晶評価技術

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



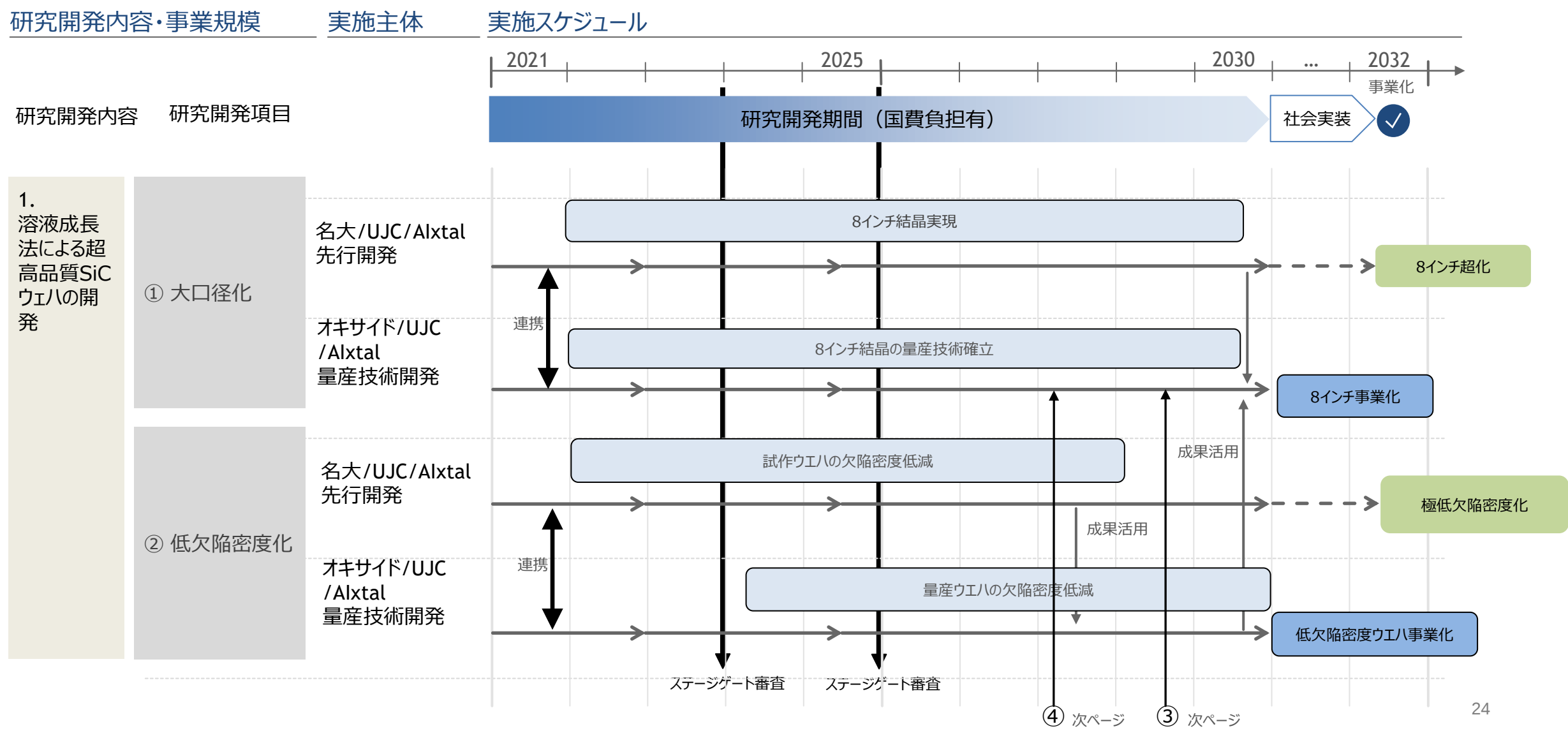
転位のカウントの一例



転位密度のヒートマップの一例

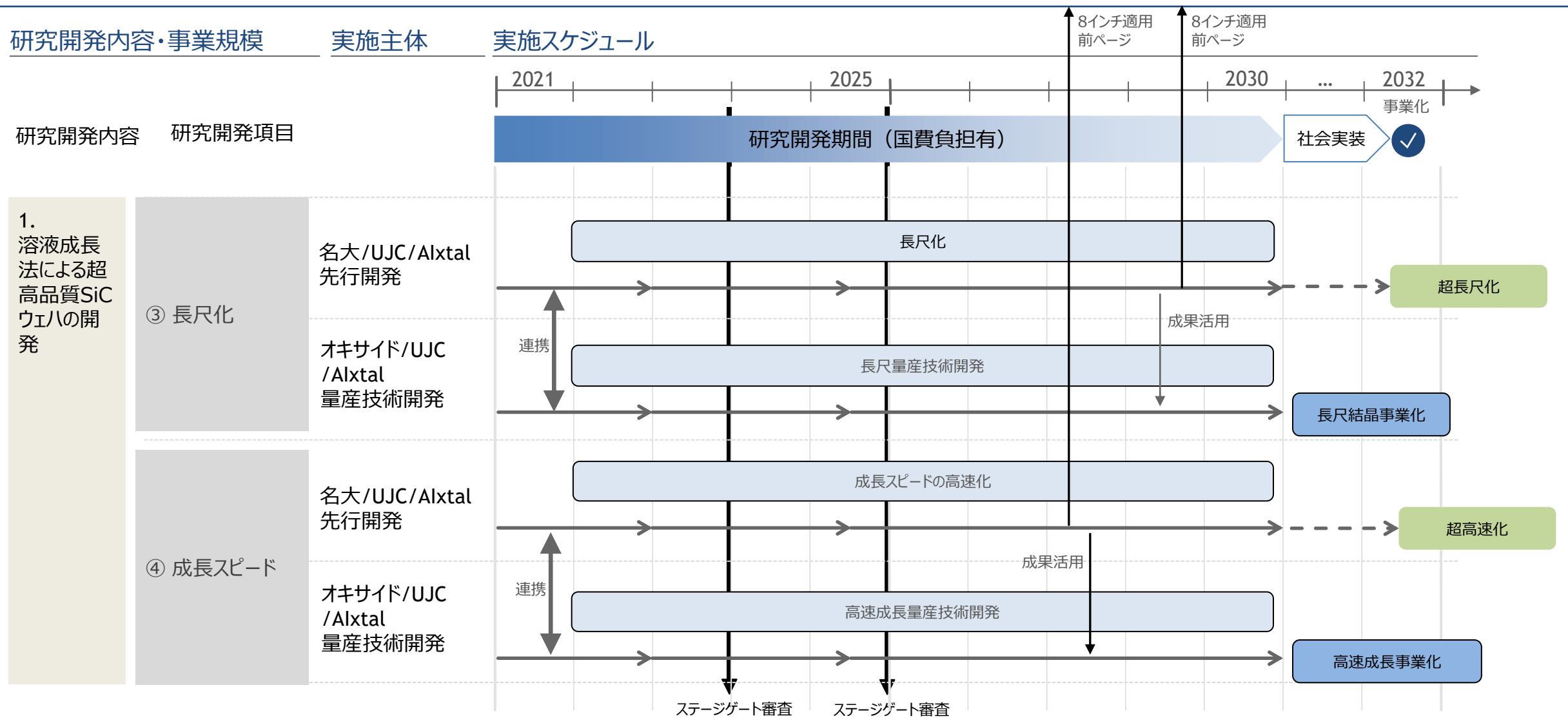
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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



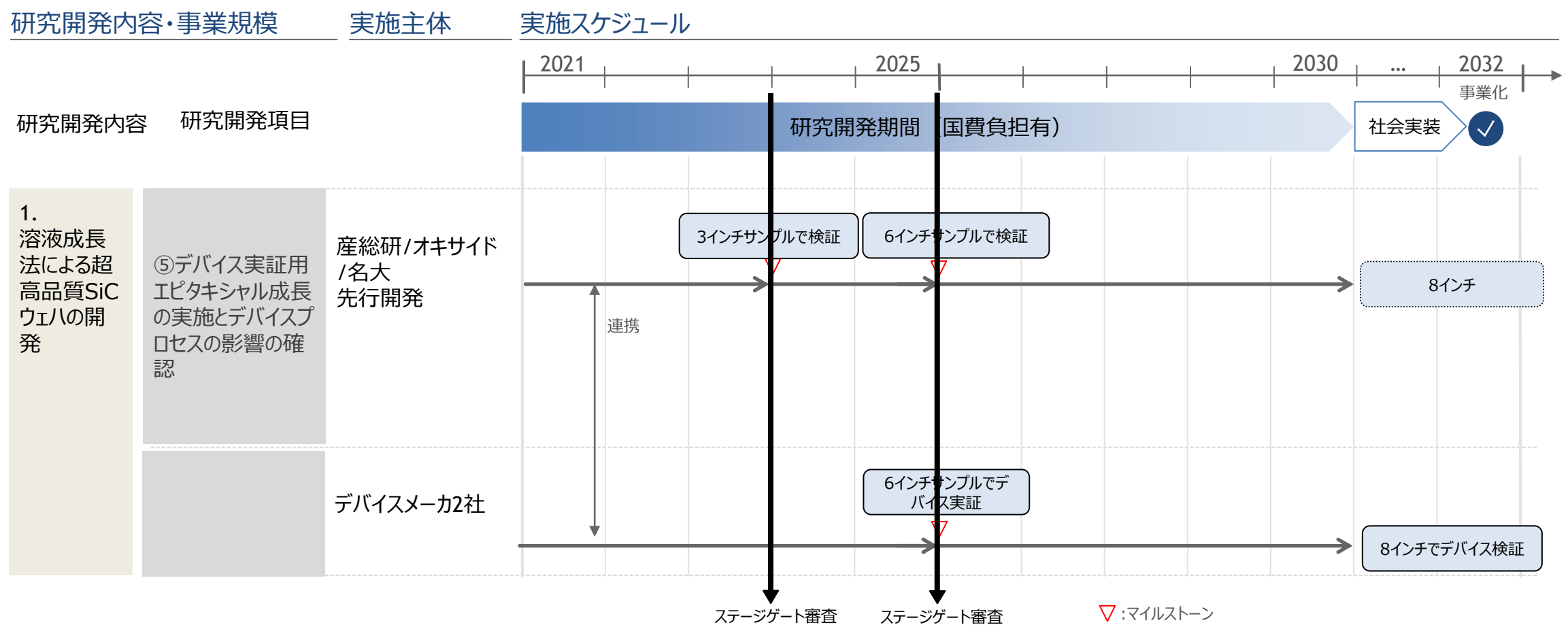
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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



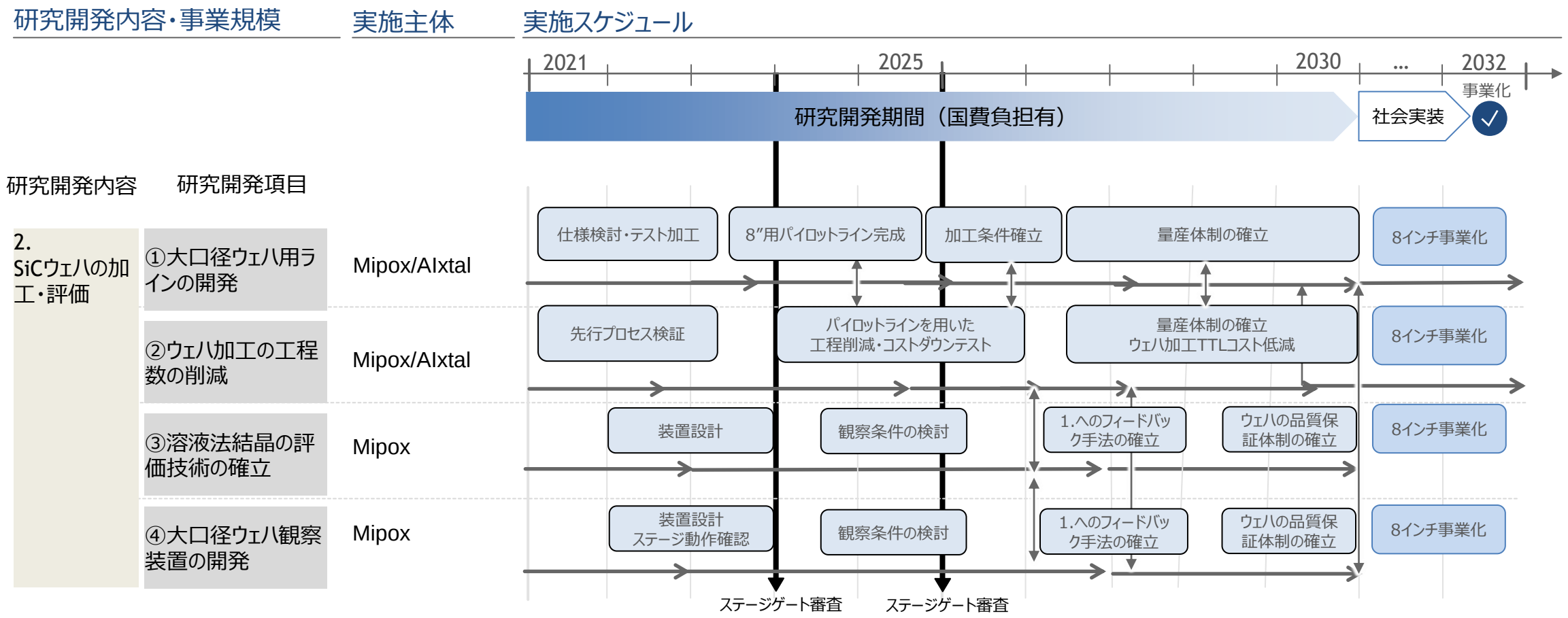
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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／（3）実施スケジュール

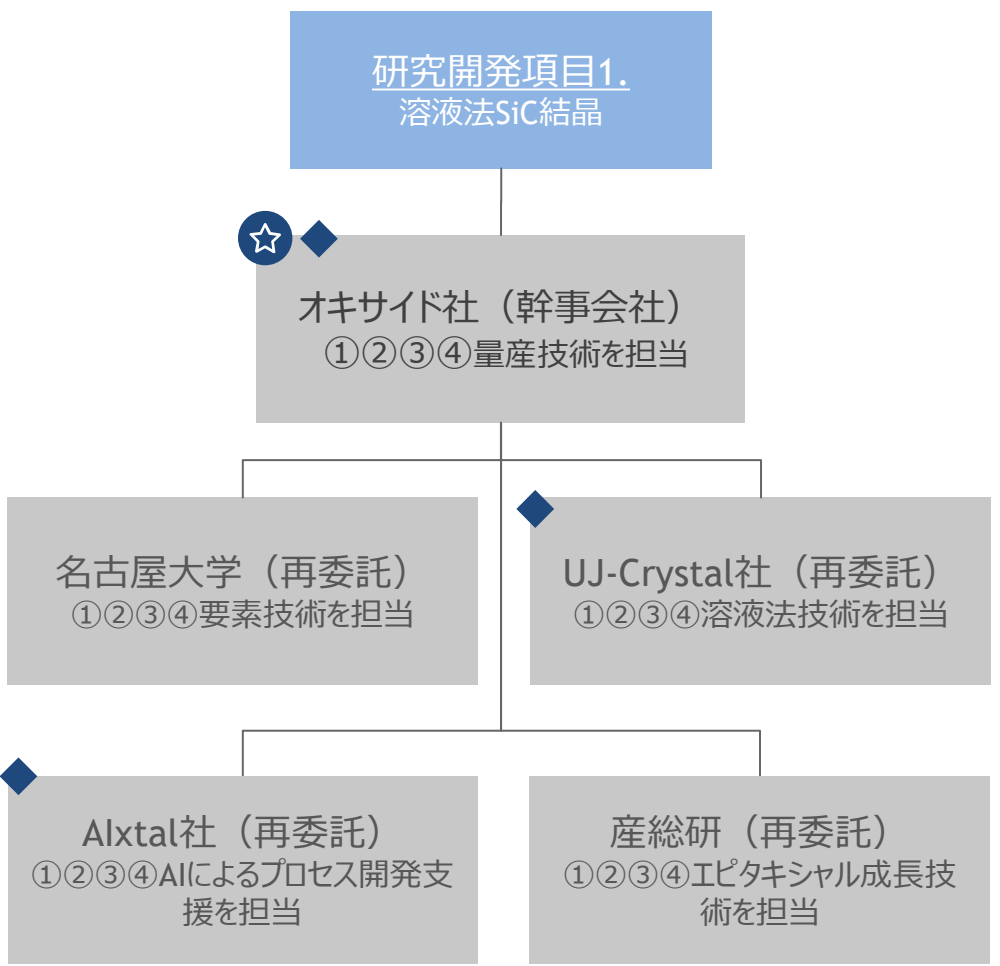
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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

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、ウェ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。

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	- 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 - 原理的に8インチ成長が可能な結晶成長装置を保有。 - TSSG法によるCLBO結晶の大型化で実績	→ 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。 → 昇華法と同等レベル。結晶界面均質性がカギ → 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。
	2 低欠陥密度化	- 低熱歪み成長による高品質結晶成長技術 - 転位を変換し外部に排出する超低転位密度化技術 - 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 - 融液の流れ制御による高品質BGO結晶技術の実績	→ 溶液法では温度勾配をより低減できる。 → 昇華法は種結晶の品質以上の高品質化不能。 → 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。 → BGO結晶における融液の流れ制御技術の活用
	3 長尺化	- 原理的に結晶長さに制限がない結晶引き上げ法 - 時間変化に対応した高速AIモデルによる最適化技術 - LGSO結晶における300mm長尺技術の実績	→ 昇華法は成長長さに制限がある。 → 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。 → 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。
	4 成長スピード	- 結晶成長速度向上のための溶媒設計技術 - 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） - BGO結晶における成長速度制御技術の実績	→ 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。 → 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。

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	特殊材料への精密研磨加工技術 【出典】 https://product.mipox.co.jp/services/polishing/polishingcase.html	→ - 機械・研磨剤・プロセス三位一体技術保有 - 既存設備の流用（優位性） → - BCP（リスク）
	2 ウェハ加工の工程数の削減	- 研磨材自社製造・開発 - AIXtalのプロセス・インフォマティクス技術 【出典】 https://product.mipox.co.jp/products/ https://aixtal.com/	→ - 本用途向けのハイレート研磨剤の開発 → - コストの低減と開発時間の短縮（優位性） - BCP（リスク）
	3 溶液法結晶の評価技術の確立	独自のウェハ評価技術及び評価装置 【出典】 https://product.mipox.co.jp/product_info/20200929.html	→ - 非破壊で全数検査可能（優位性） - マーケティング（弱点）
	4 大口径ウェハ観察装置の開発	A. Kawata et al., 2021 Jpn. J. Appl. Phys. 60 SBBD06 A. Tanaka et al., 2020 Phys. Status Solidi 257 1900553	→ - 検査のタクトタイムの短縮 - ウェハの欠陥分布の提供（優位性） - マーケティング（弱点）

3. イノベーション推進体制

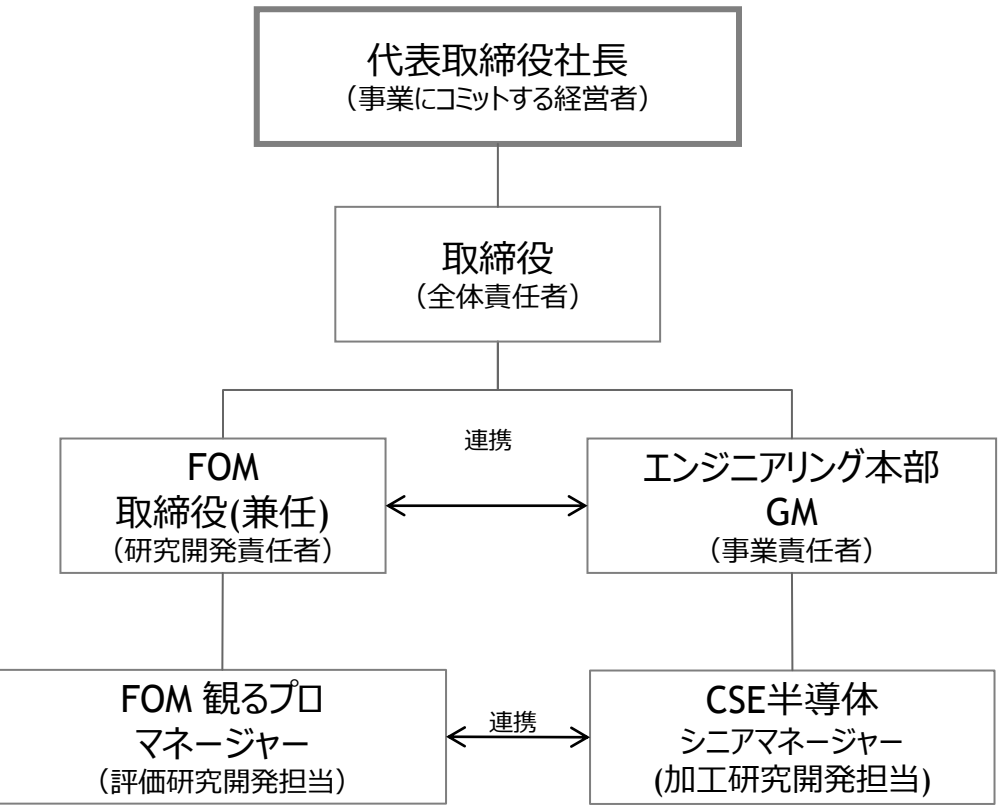
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

[Mipox]

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

Mipox内体制図



組織内の役割分担

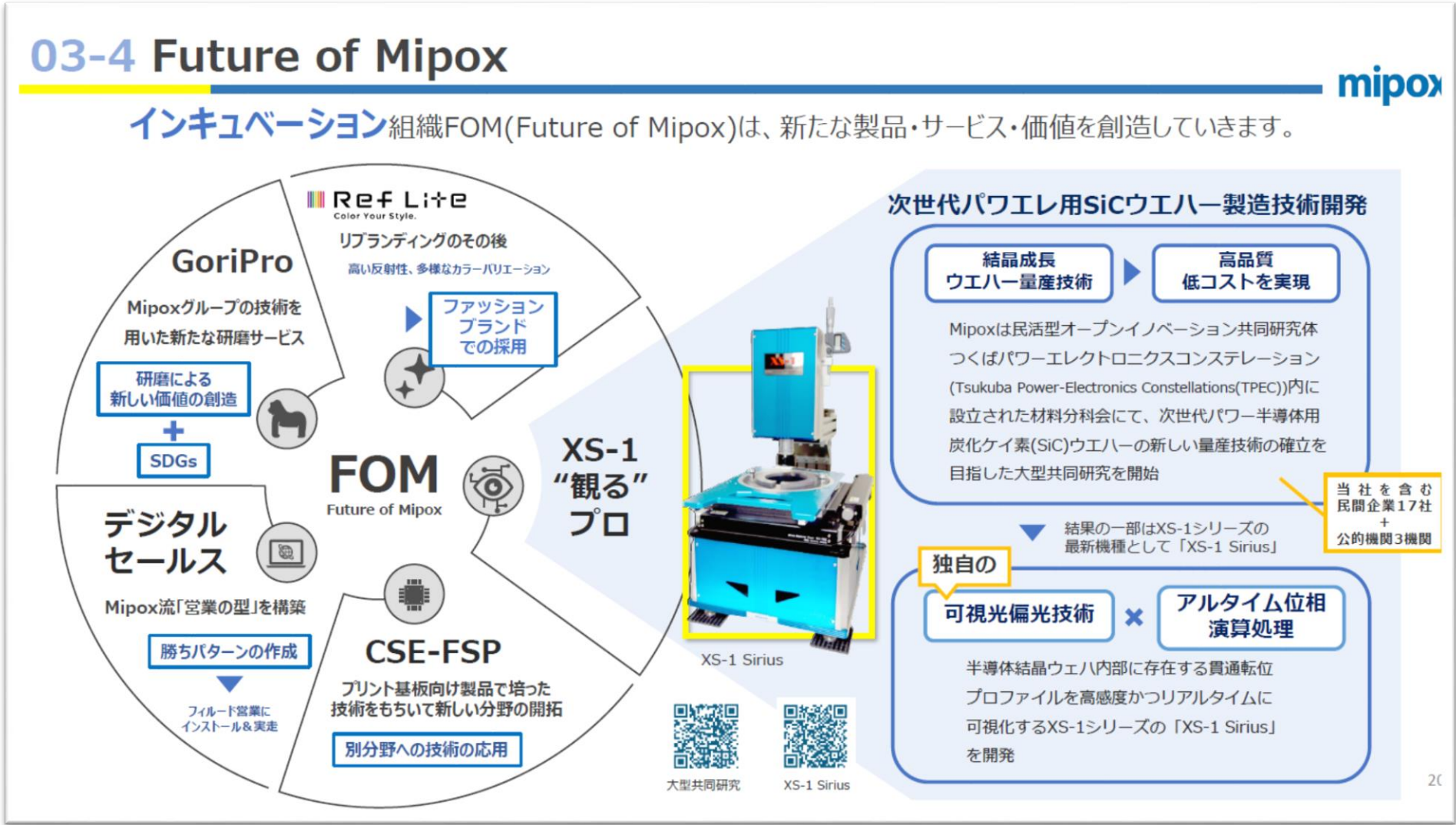
研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
 - FOM取締役：プロジェクト全体の指揮を執る
- 担当チーム
 - CSE半導体：①加工技術を担当（専任1人、併任2人規模）
 - FOM観るプロ：②評価技術を担当（専任2人規模）
- チームリーダー
 - チームリーダー A：研磨加工プロセス開発の実績
 - チームリーダー B：光学観察装置開発の実績

部門間の連携方法

- 全体連携は執行役員内のコミュニケーションにて、常時行う
- 加工技術と評価技術の連携はCSE半導体、観るプロ間の連携とともに、定例会議体を儲けて実施。
- 当社はオープンコミュニケーションを基本としており、Salesforce、MS Teamsなどを活用して、リアルタイムに情報をシェア。

※FOMについては、次頁「2021年3月期決算説明会資料からの抜粋」をご参照ください。



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

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ

- 使命・志・価値の明示

当社は、当社の既存コア技術である「塗る・切る・磨く」に「観る」を加えて新たな価値を創造するエンジニアリングの精神で世界を変えていくことを表明している。当該事業もその中核として位置づけられ、UJ-Crystal社との資本業務提携においても、その目的として「カーボンニュートラル社会の実現」を明示している。

- 積極的なPR・IR

本年4月から新たな広報・IR組織を発足。また、BtoBビジネスでありながら、ブランディングにも取り組んでおり、当該事業についてもその仕組みの中で、適宜発信していく。社長自身も積極的にメディアへの発信を推進している。

- 自律自走する組織制度・文化醸成を目指す

早い変化と多様化する社会に対応するため、過去のトップダウン経営から脱却。自律自走する組織を目指している。

- 事業のモニタリング・管理

- 経営会議

毎週月曜日の朝に45分の経営会議を実施。各週でテーマ設定しており、第一週から順に技術、セールス、プロダクション、コーポレートとなっている。当該業務についても、進捗が報告される。

- 社内コミュニケーション

社内SNSによるオープン＆リアルタイムコミュニケーションを推進。心理的安全性の担保による双方向の情報伝達により、次の会議を待たずして、必要な情報がオープンに共有される体制を目指している。経営層もその情報キャッチすることによって、タイムリーに指示を出せる。

- エンジニアリング本部体制と受託事業

エンジニアリング本部はセールス＋技術＋製造というミニ事業部的組織体系をとっている。特にセールスと技術が協調して動くことにより、市場からの情報が入りやすい。また、受託事業は多様な顧客からの加工を受託するため、幅広い情報、意見の入手につながっている。

- 投資判断の基準はIRRだが、「事業化できるまでやり続ける」ポリシーもある。このため、開発案件や新規事業について、本事業のように経営として覚悟を決めたものは、できるまでやりぬく方針。変化の激しいこの時代は、想定できないことはあえて想定しないことも重要。

経営者等の評価・報酬への反映

- 経営者の評価は株価であり時価総額

当該事業の進捗状況が適正にIRで報告されていれば、将来価値を現在価値に割り引いたいわゆるバリュエーションに反映される。それは株価であり時価総額に相当し、株主でもある経営者はそれで評価されるものと判断している。

事業の継続性確保の取組

- Salesforceを活用したプロジェクト管理と引き継ぎ

当社では、Salesforce社のクラウド型サービスをCRMのみならず、人材管理や業務、プロジェクト管理にも活用している。仕事や業務は人に紐付かせないという考え方で運営しており、経営層の交代時にも進行しているすべてのプロジェクトは引き継がれる。

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本事業を位置づけ、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
 - RTOの導入、石油からLNGへ、など可能な限りの省エネルギーかつ低炭素化を推進。東証市場区分変更にともないCGコード対応のため、カーボンニュートラルに向けた全社戦略は、これから策定していく方針
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 研究開発計画を含む事業計画は毎年度、取締役会にて決議される。
 - 各事業の進捗状況、部門状況は、毎週月曜日の経営会議で報告され、必要に応じて対応、見直しを行う。また、事業の進捗は毎月実施の定例取締役会でも報告され、必要があれば見直しを行う。
 - 決議内容のみならず、重要な情報等は社内SNSにて全社員に共有される。また、さらに重要度の高い事項は社長インタビュー形式の動画配信により、全社員に周知される。
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - メーカーとして研究開発は重要視されており、将来への投資として優先度は高く設定されている。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 自社ウェブサイト、IR資料にて開示していく。
 - 採択された場合には、当該計画の概要等を自社ウェブサイトおよびプレスリリースにて对外公表する。
 - UJ-Crsytal社との資本業務提携についてはリリース済み。
(https://www.mipox.co.jp/dcms_media/other/ir_20211112_4_gyomuteikei.pdf)
- ステークホルダーへの説明
 - 事業の将来の見通し、リスク等は、主要取引銀行や機関投資家等に説明していく予定。
 - 事業の影響を大きく受ける取引先、サプライヤーがあれば、必要に応じて事業の見通しやリスク等について説明していく。
 - 当社の使命は「塗る・切る・磨くで世界を変える」と定義しており、広く社会に価値を提供することで世界を変えていくことができると考えている。これはまさに国民生活にメリットがあることであり、その点はしっかりと情報発信していく所存。
 - 決算説明においても、SDGsに関わる新規研磨事業や省エネ社会を実現するエンジニアリングの取り組みを説明。

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
 - 当社は常に即時対応を重視。必要であれば、定例の経営会議や取締役会を待たず、機動的な予算措置、組織変更等を実施する。決裁者はこれに対応できるようにしている。
 - トップダウンから自律自走の組織を目指す中、適切に権限委譲をおこなっている。特に本事業は取締役が責任者となっており、決裁権限内での柔軟な対応が可能。
 - 当社では社の内外を問わず、コラボレーションを重視しており、掛け算という意味で“X”という記号を使って全社推進している。したがって必要であれば社外とのXにも躊躇するどころか積極的である。
 - ウェハのプロトタイプ、エンジニアリングサンプルはもとより、評価データも潜在顧客と共有し、そのフィードバックを得ることで機動的に計画を見直していく。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - SiCの結晶成長および光学観察の研究実績をもった博士号取得社員を1名アサイン。その指揮の下、照明・光学・画像処理のスペシャリスト3名を配置。
 - DoEの深い知見をもった機械加工の博士号取得社員を配置。
 - SiCインゴットスライスの開発経験者を外部から採用。
 - 新たに取得した鹿沼事業所をフル活用。
 - 研磨材や装置も既存設備、技術を活用して開発する。

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - 取締役の直轄組織としてFuture of Mipox (略称FOM)という部署を設置しているが、本基金採択に伴い、FOMはSiCを中心とする次世代半導体材料のウェハ加工・評価技術の研究開発に特化。
 - 部署ではないが、縦割り組織にならないよう、各部署、人員が組織図にとらわれすぎず、はみ出すことを奨励する組織風土を目指している。経営理念、使命を目指すことを前提に言いにくいことも言い合えることで、事業環境の変化に合わせた自社のビジネスモデルの見直しができると考えている。
- 若手人材の育成
 - 評価技術開発にはすでに若手を配置し、育成しながら開発していく体制ができている。加工技術開発はまずはある程度のスキルを持った人員からスタートし、2年目以降に若手を加えて育成機会を提供する予定。
 - 本コンソーシアム自体に大学やスタートアップ企業との共同研究体制が組み込まれているため、自ずと若手人材の育成機会が非常に多く存在する。

4. その他 [Mipox]

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、想定外の事態に対しては、外部リソースも積極的に使うことにより柔軟に対応する。

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
- 昇華法によるSiC結晶の既存加工技術では溶液法SiC結晶の加工が困難であるリスク → 溶液法SiC結晶向けに、装置、研磨材、加工プロセスを最適化することで対応。この時、単なるトライアンドエラーのような従来手法ではなく、研磨に対する知見を生かしたAIを活用。さらには、必要であれば自社技術のみに拘らず、積極的にアライアンス、オープンイノベーションを活用。 - 独自開発の光学検査装置が、溶液法SiC結晶の光学特性にマッチしないリスク。 → 既存の光学、照明、センシング、画像処理に拘らず、各々のカスタマイズまで含めて最適化を図る。これまでは存在するデバイスで対応してきたが、本事業に対しては、必要に応じて各部品、デバイスメーカーにカスタマイズを依頼する方針。	- 想定よりSiCによるパワー半導体市場の成長が遅れるリスク → 溶液法だからこそ実現可能なP型ウェハの量産化を、加工・評価の面からもバックアップし、高付加価値品として先行リリースすることにより、開発に必要な資金を賄う。 → 他社のSiCウェハ加工受託も獲得することにより、稼働率を上げ、量産効果によるコストダウン、課題対応力強化、開発資金の獲得を図る。 - 競合他社に大口径化を先行され、その実績により、参入障壁を築かれるリスク → 供給リスクを想定する顧客半導体デバイスメーカーに対して、仮に量産で立ち後れても、リアルタイムで開発状況等の情報提供することで、顧客購買計画に常にエントリーされるようにする。	地震、台風などの自然災害によるリスク → BCPとして、山梨工場、福山工場の既存2拠点に加えて、2022年4月に鹿沼工場を取得予定。



● 事業中止の判断基準：開発費が捻出できる限りは継続。加工や評価は本コンソーシアム内だけでの収益化が難しければ、受託加工ビジネスとして他社からもSiCの受託加工引き受けることで事業継続していく。