

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

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。

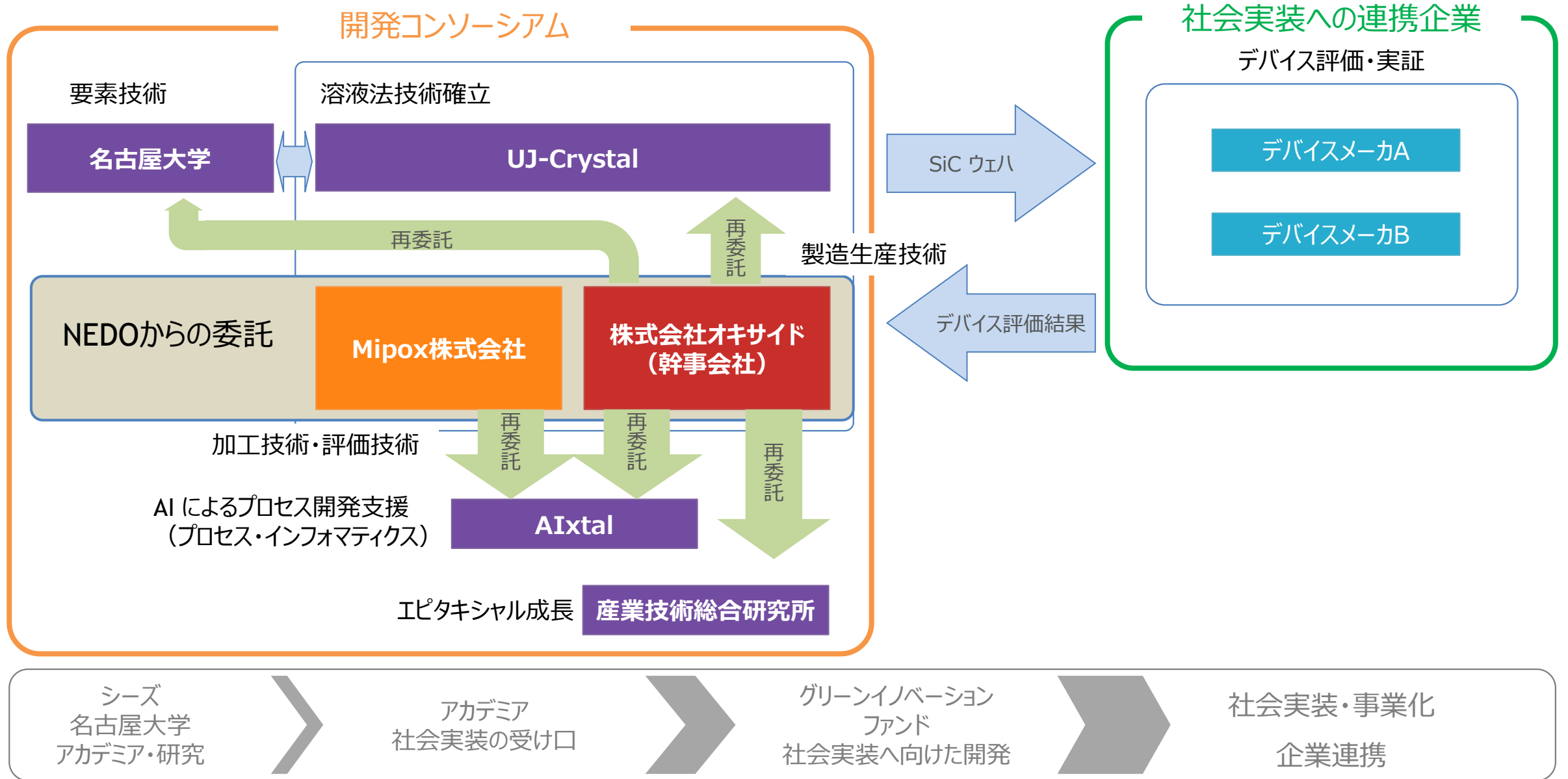
産業技術総合研究所

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

超高品質・8インチ・低コストSiCウェハ開発

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機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）

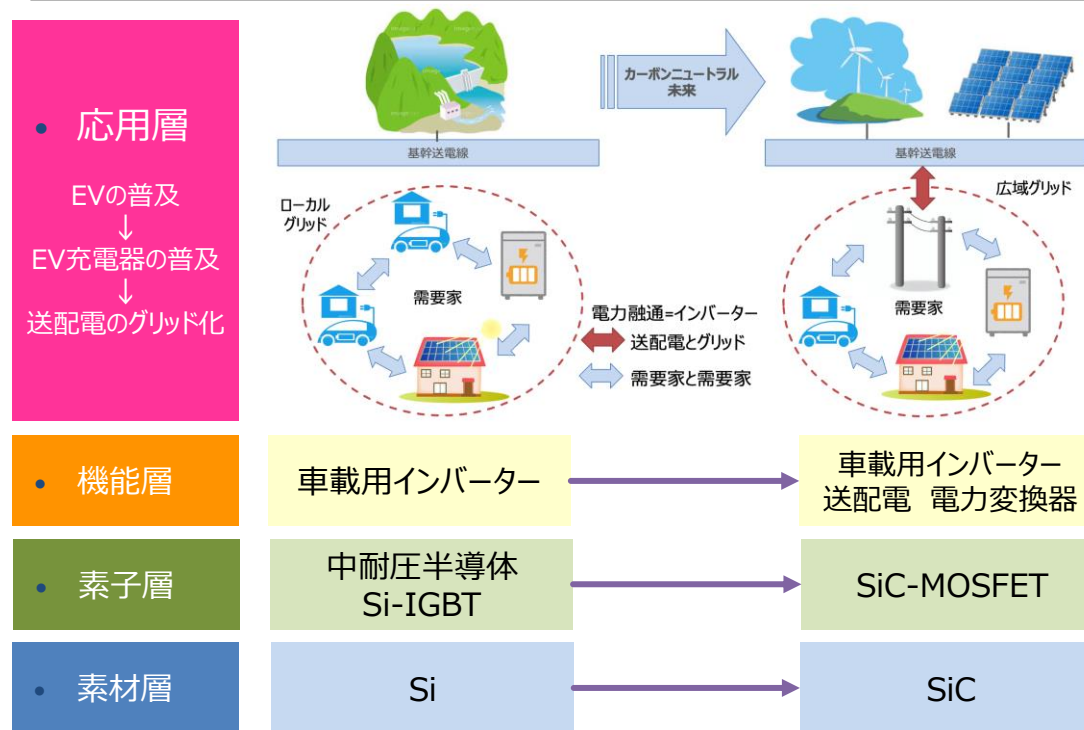
- 2020年10月の菅総理所信表明に於いて、2050年までに温室効果ガスの排出を実質0にすることが宣言された。

（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 太陽光発電・風力発電 産業用インバーター	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

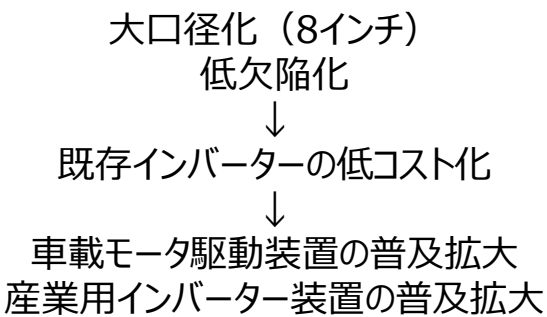
* 富士経済『2021 年版 次世代パワーデバイス&パワエレ関連機器市場の現状と将来展望』の高耐圧パワーMOSFETとIGBTの市場規模より転記。

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

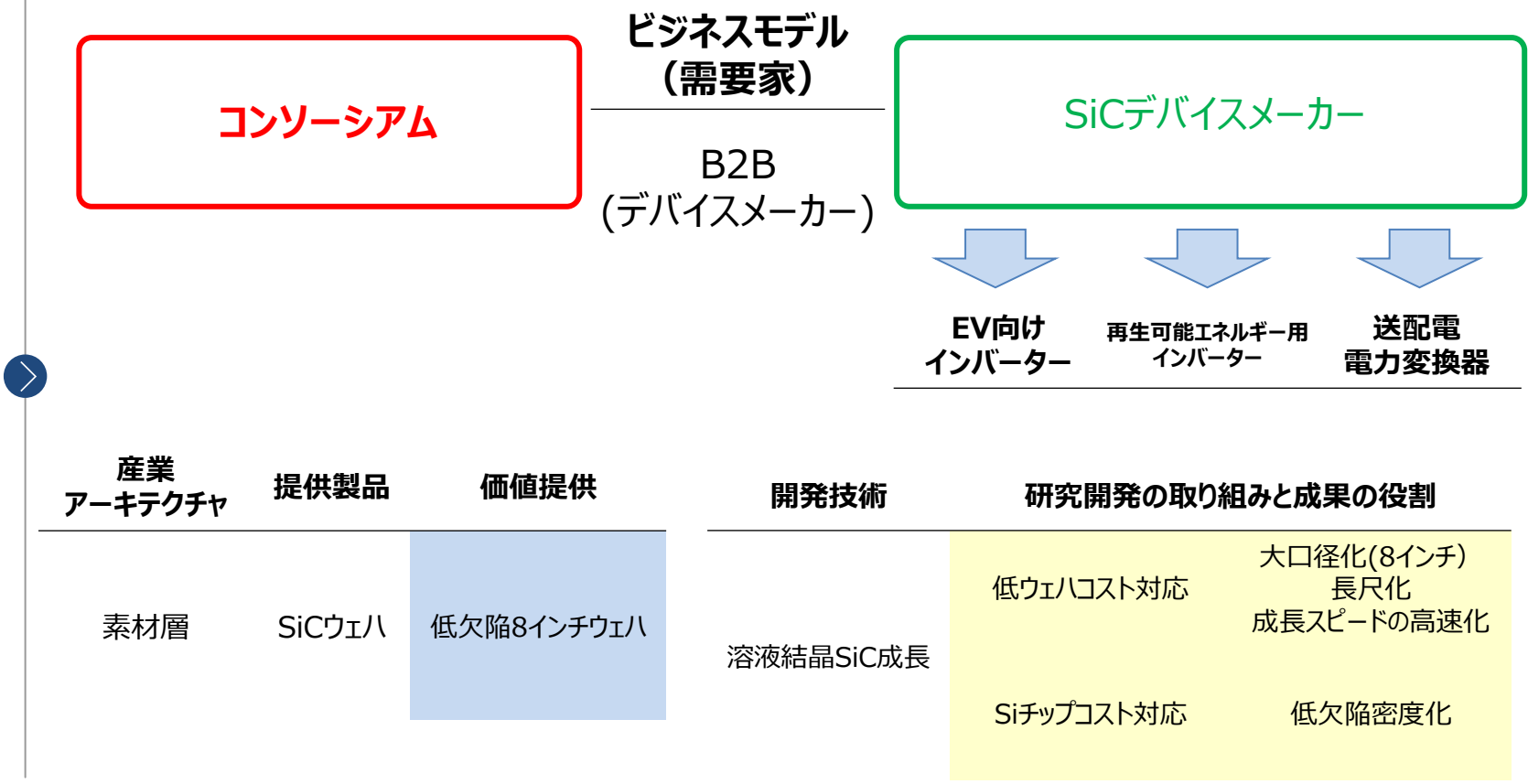
溶液法技術を用いて電力制御用半導体向け高品質SiCウェハを提供

社会・顧客に対する提供価値

電力制御用SiCウェハの提供

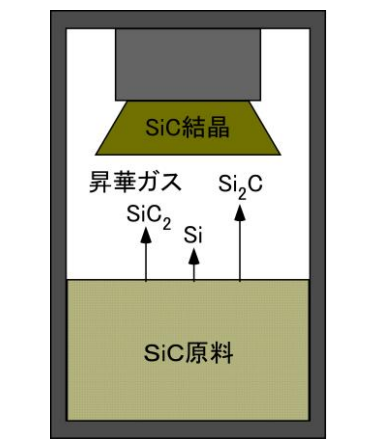
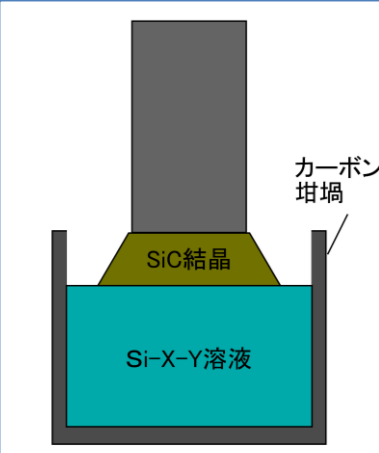


ビジネスモデルの概要と研究開発計画の関係性



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 公開企業	Mipox 公開企業	名古屋大学 UJ-Crystal AIxtal・産総研 再委託
強み	- 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	- 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ユーザー情報収集網(研磨受託顧客数：80社以上)	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	- 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	- 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	- 製造資源 - 開発原資 - 開発資金力
資源	- 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が複数存在	- 化合物半導体ウェハの研磨ノウハウ - 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	- 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

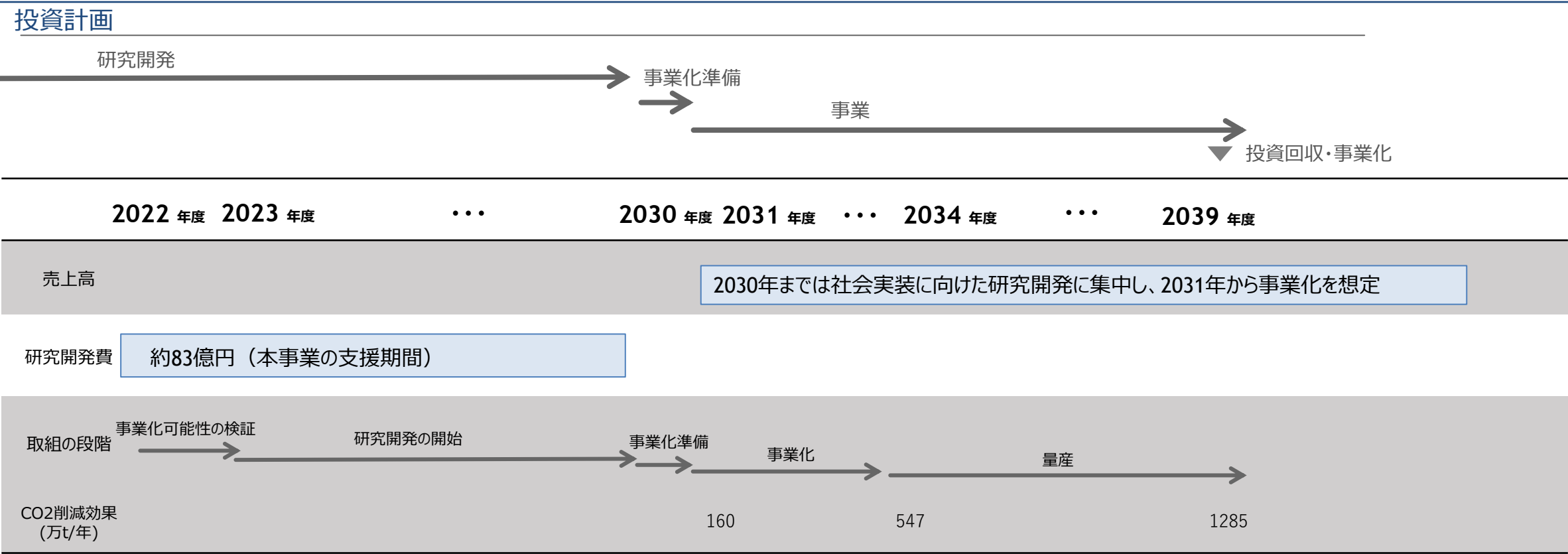
他社に対する比較優位性

	自社 オキサイド (名大・UJC・AIxtal)	他社 (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 AIxtal：AIプロセス・インフォマティクス技術 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 マーケットをほぼ独占 ⇒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） 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） 量産化 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 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 ⇒品質ばらつきより大口径化達成スピードを重視 ⇒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 + AIxtal社のプロセス・インフォマティクス技術 + オキサイドの単結晶量産化技術 + Mipoxの化合物半導体検査技術 + 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



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	- 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。 - 上記知見を、ウェハ開発における新たなIP取得につなげる。 - 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。	- 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、人材をに有効活用し、早期量産化に向けた投資を進める。 - 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。	- プレミナリユーザとして、国内有力デバイスメーカーと連携。優先的に開発ウェ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。 - 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。
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。 - 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。	- ウェ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 - 溶液成長法は、名古屋大学の独自技術 - 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。	国内有力メーカーと人的連携が図れる体制を構築済。

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

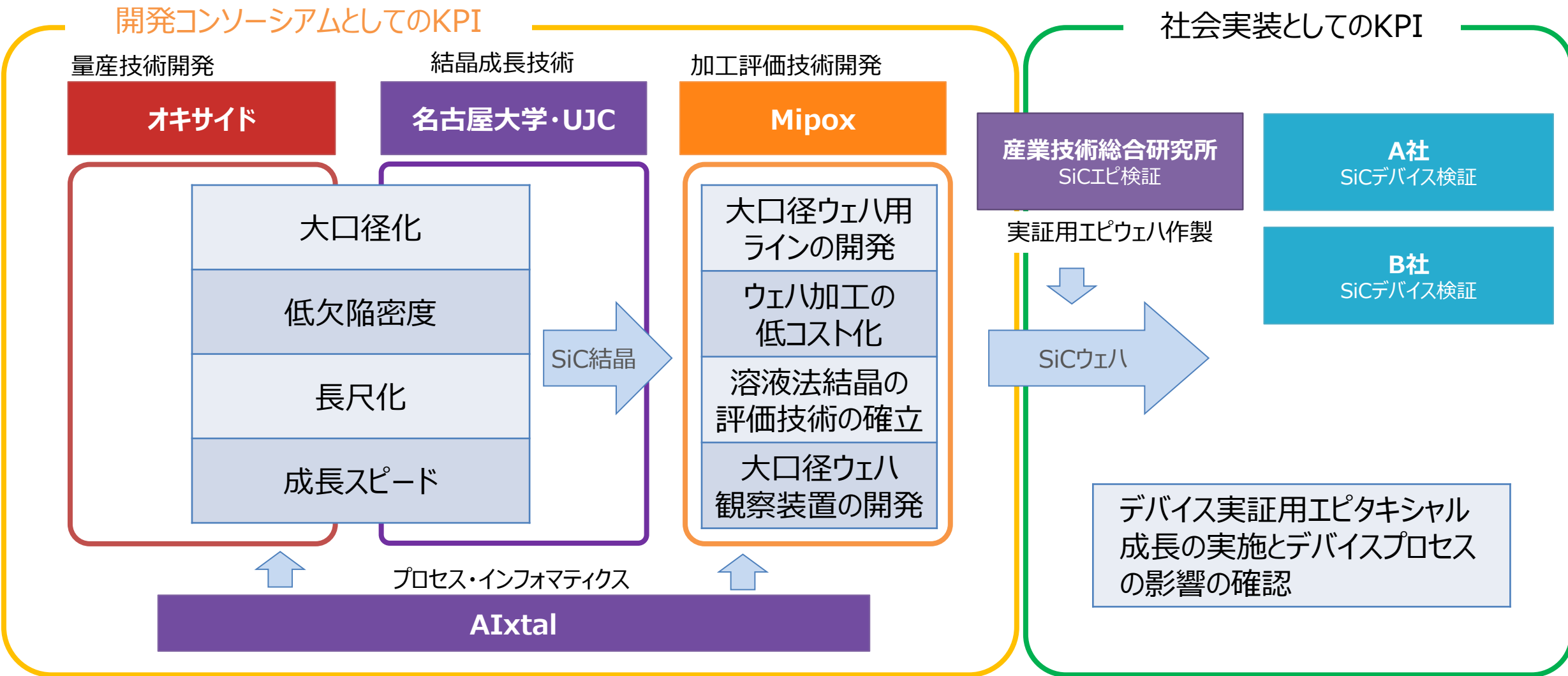
	2022 年度	・・・	2031 年度以降
事業全体の資金需要	約83億円	電力制御用半導体向けSiC基板を提供する事業	
うち研究開発投資	約83億円		
国費負担（委託及び補助）※	約64億円		
自己負担	約19億円		

※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 BPD密度 現状の約1/10 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： 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%)

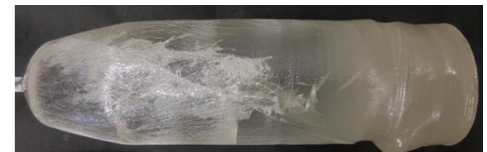
2. 研究開発計画／参考資料

オキサイドの有する高品質単結晶成長技術

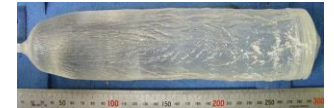
LGSO結晶における300mm長尺技術の実績（最先端PET装置に採用）



高周波誘導加熱
によるLGSO結晶



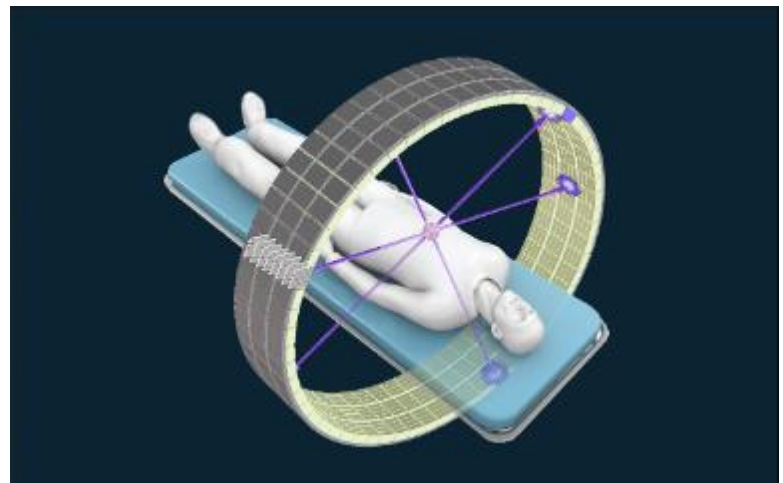
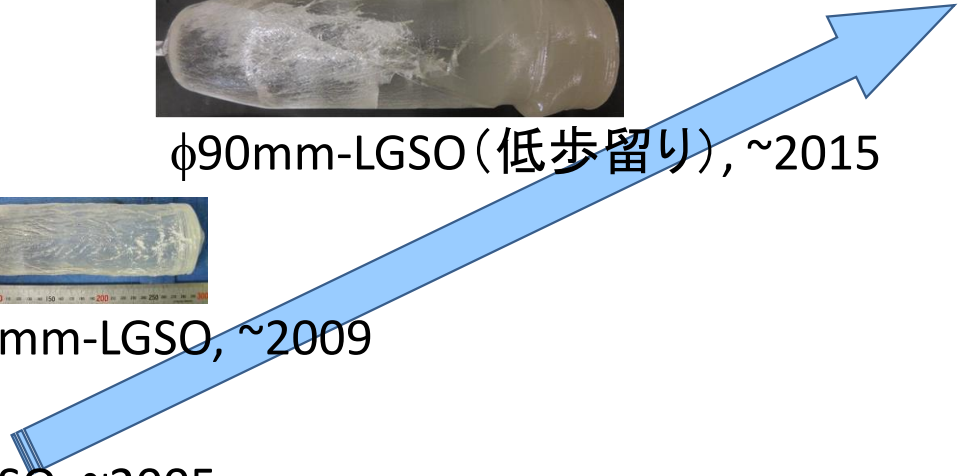
φ90mm-LGSO (低歩留り), ~2015



φ60mm-LGSO, ~2009



φ25mm-LGSO, ~2005

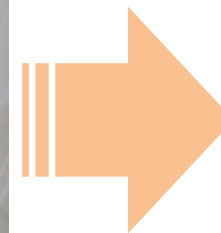
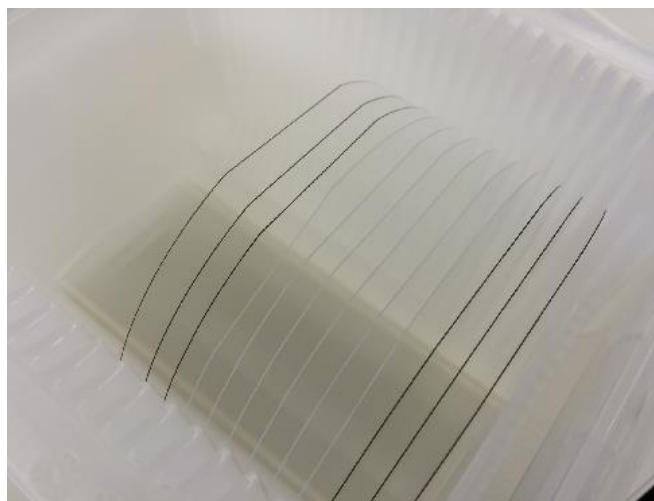
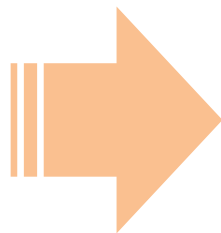


最先端PET装置に採用

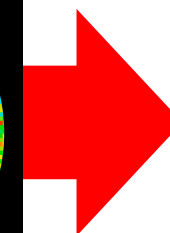
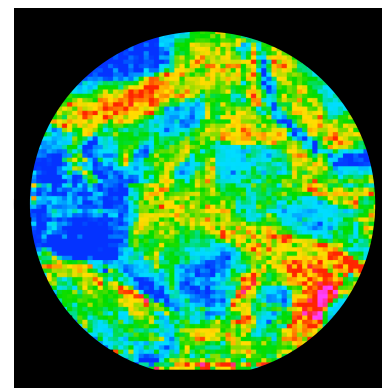
2. 研究開発計画／参考資料

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



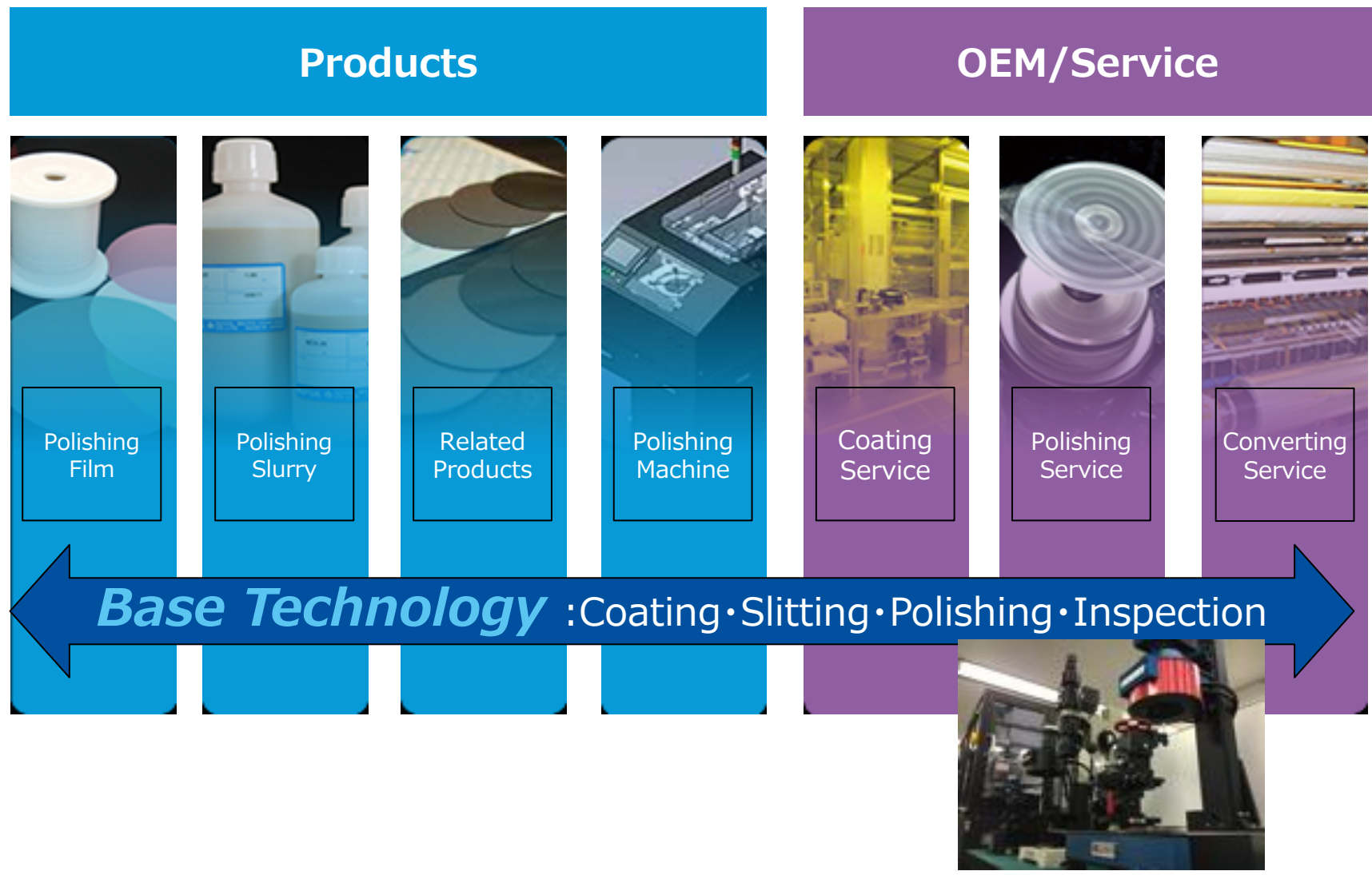
結晶成長プロセスへの
即時のフィードバックが可能

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

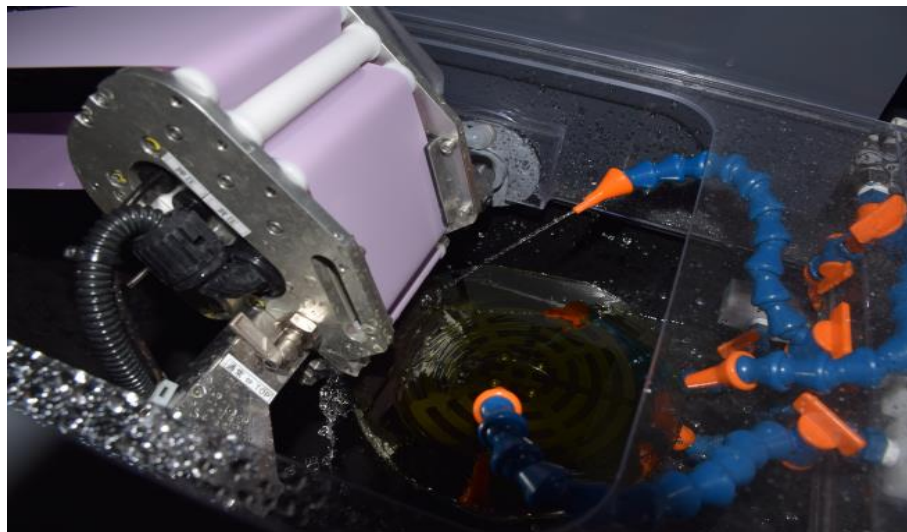


2. 研究開発計画／参考資料

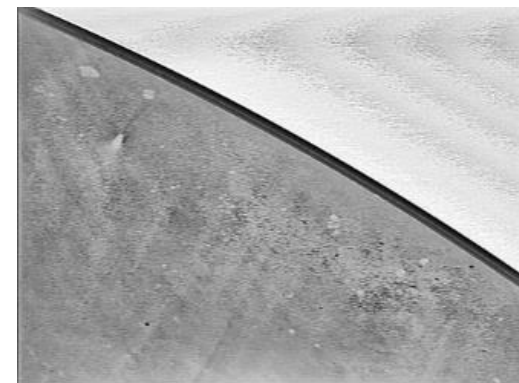
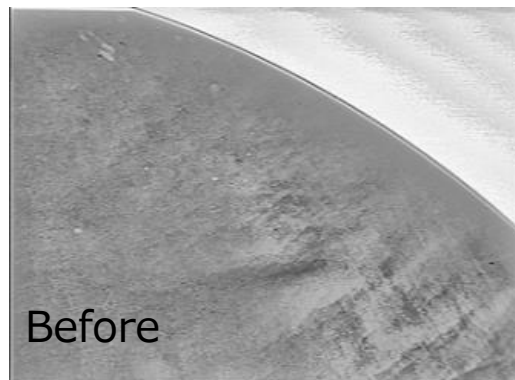
Mipoxの有する結晶加工技術

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）

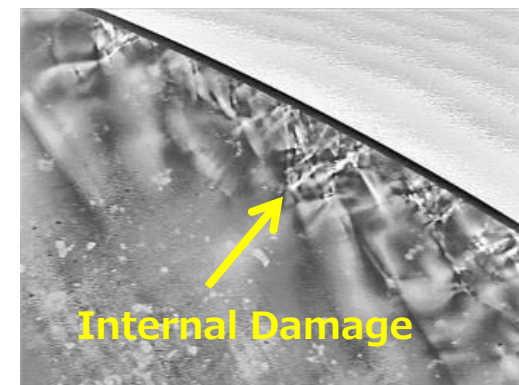
SiCやGaNなどの難削材料、接合（貼りあわせ）ウェハ、薄型ウェハなど、多種多様のエッジ加工実績あり



- ・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）



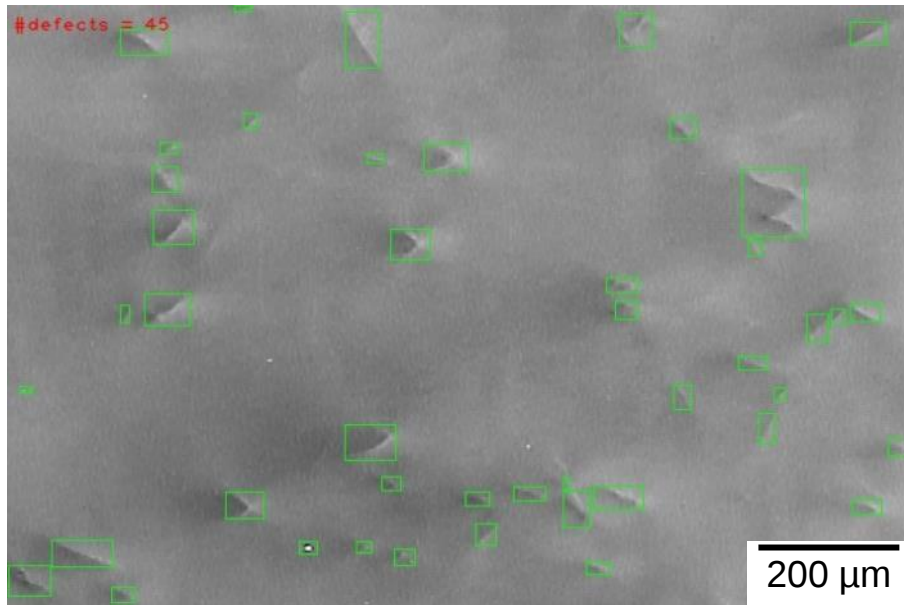
Grinding Wheel Process
（ウェハ内部へダメージあり）

2. 研究開発計画／参考資料

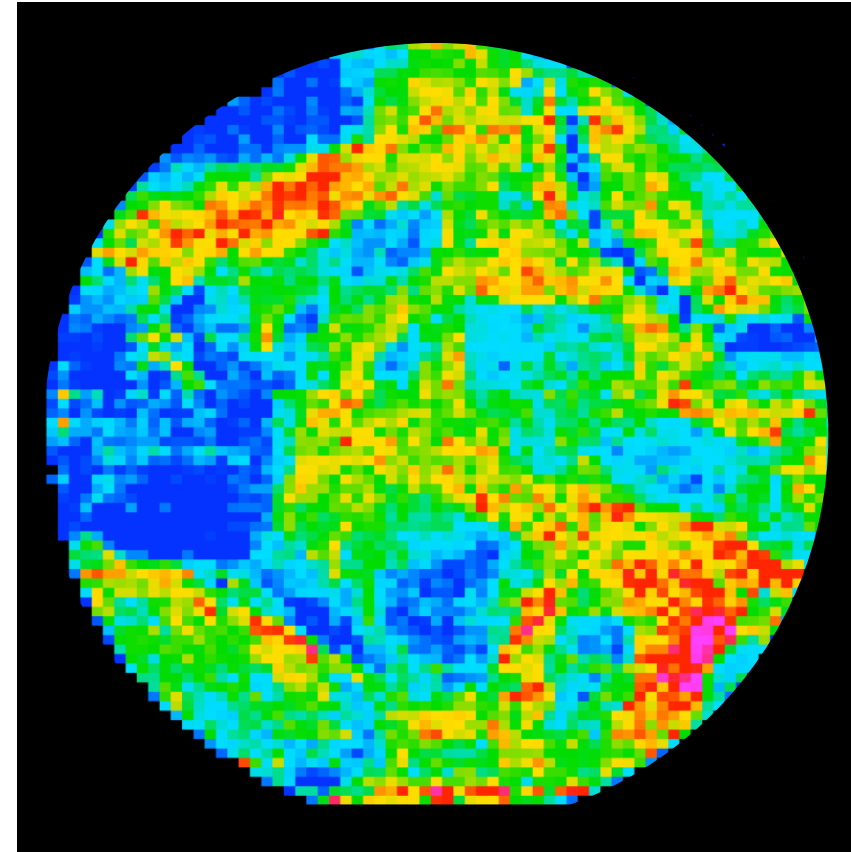
Mipoxの有する結晶評価技術

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



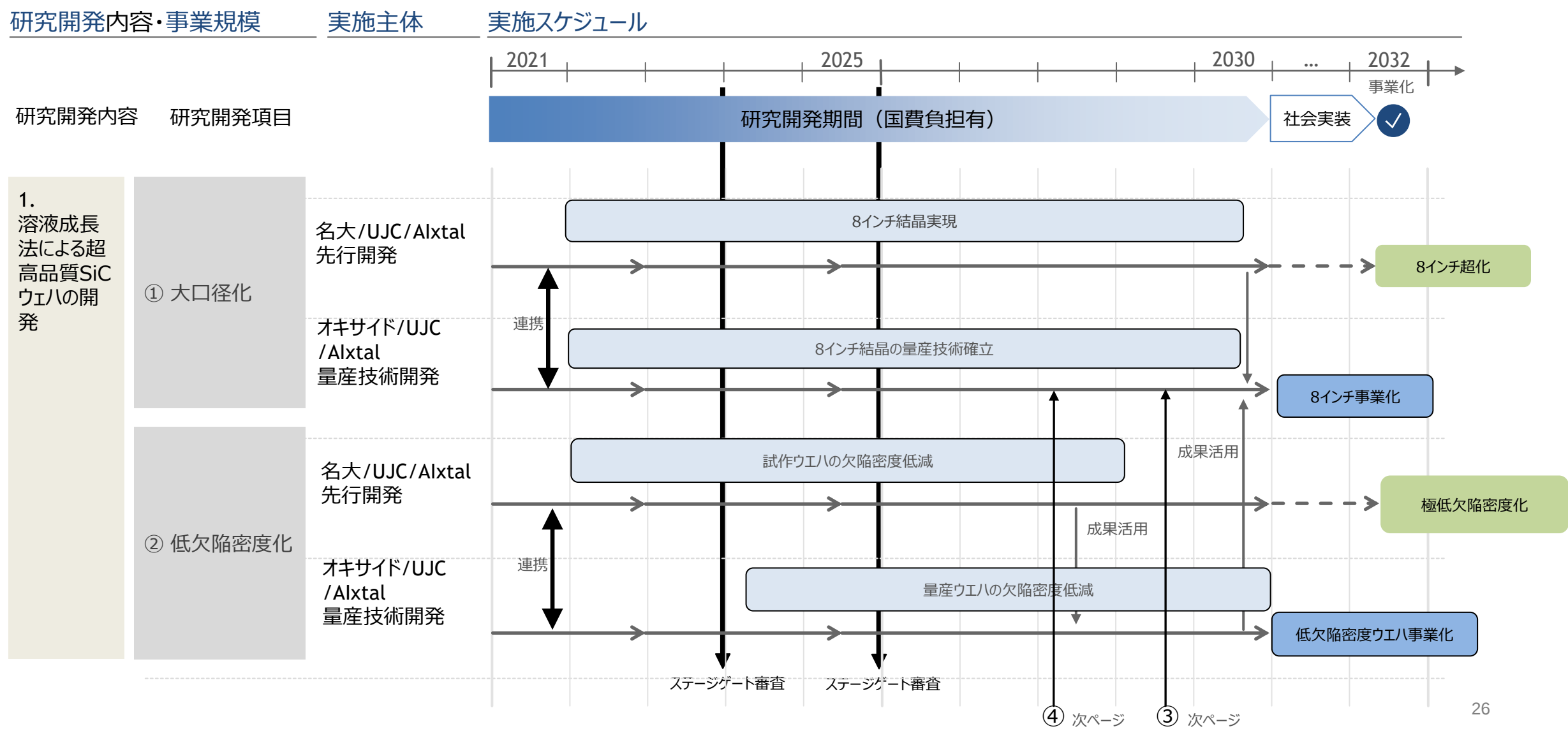
転位のカウントの一例



転位密度のヒートマップの一例

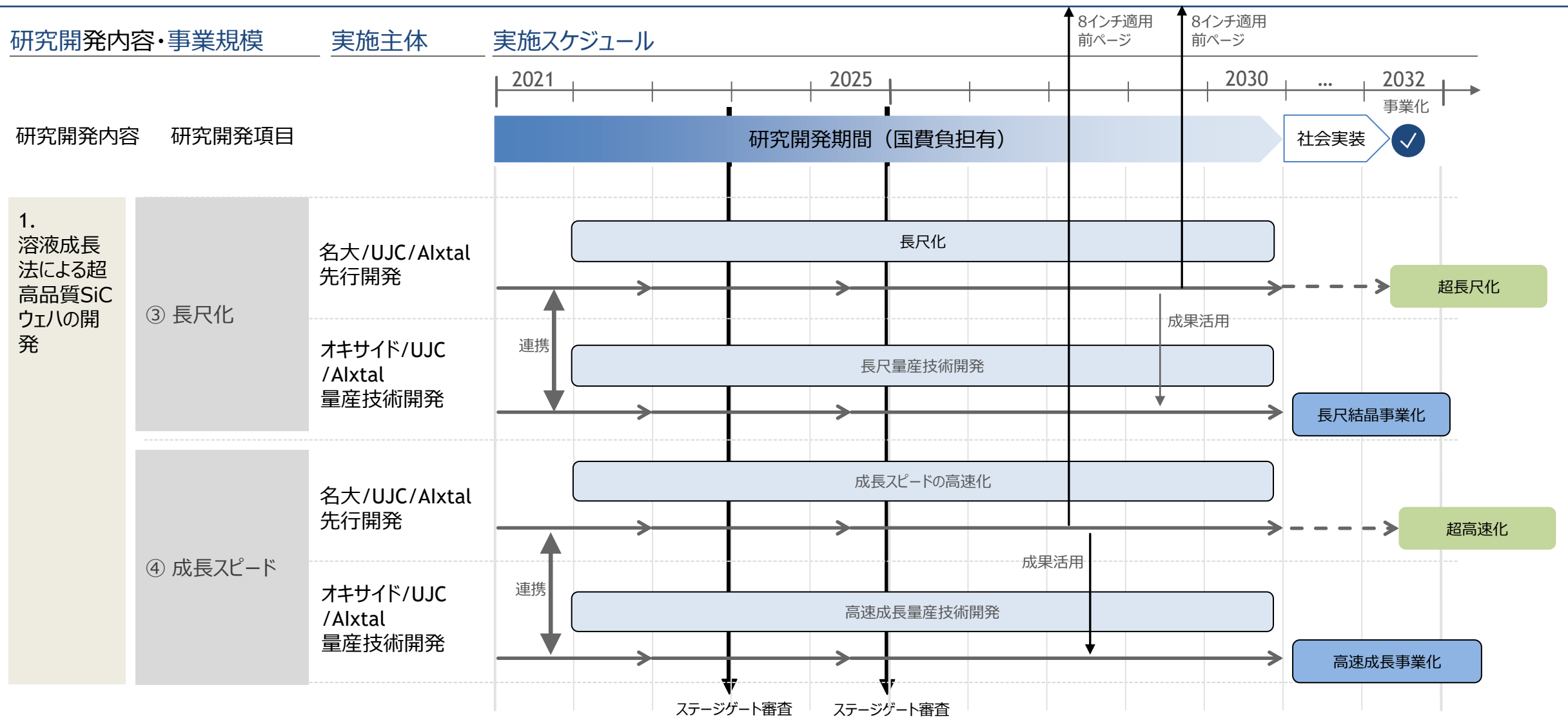
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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



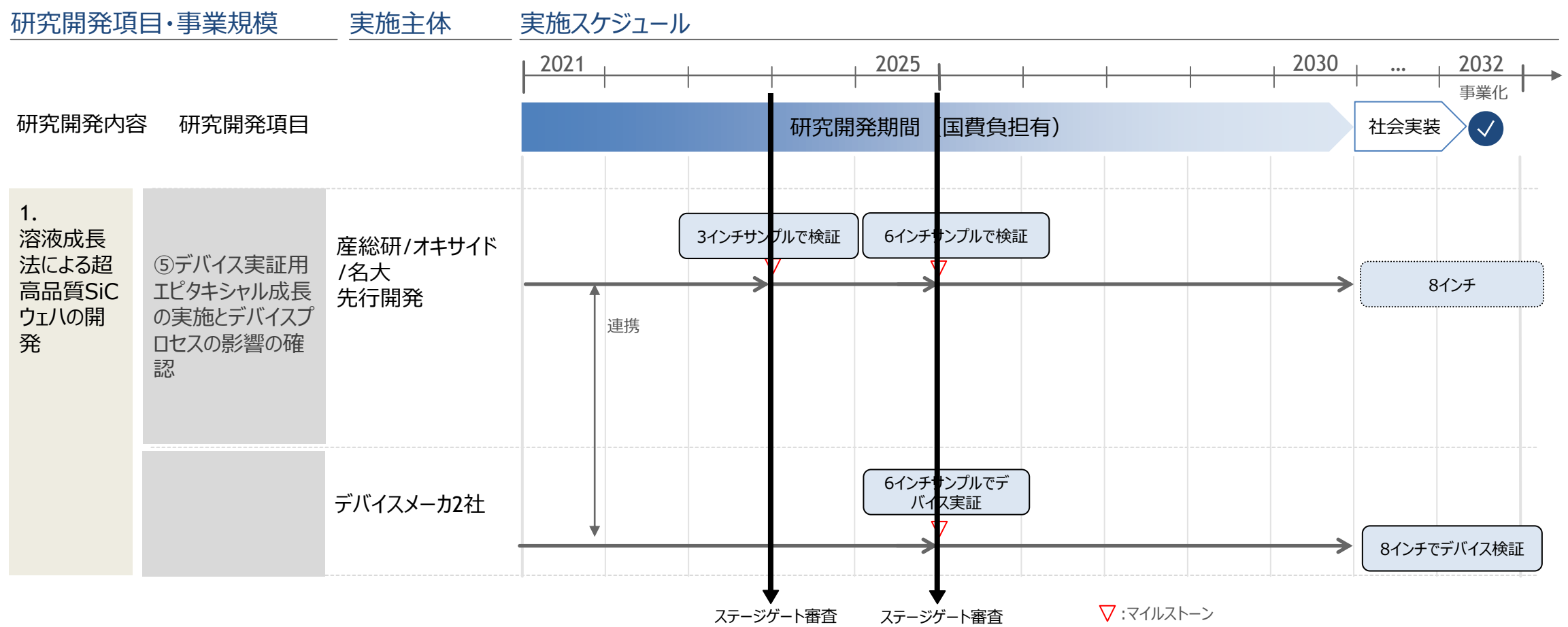
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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



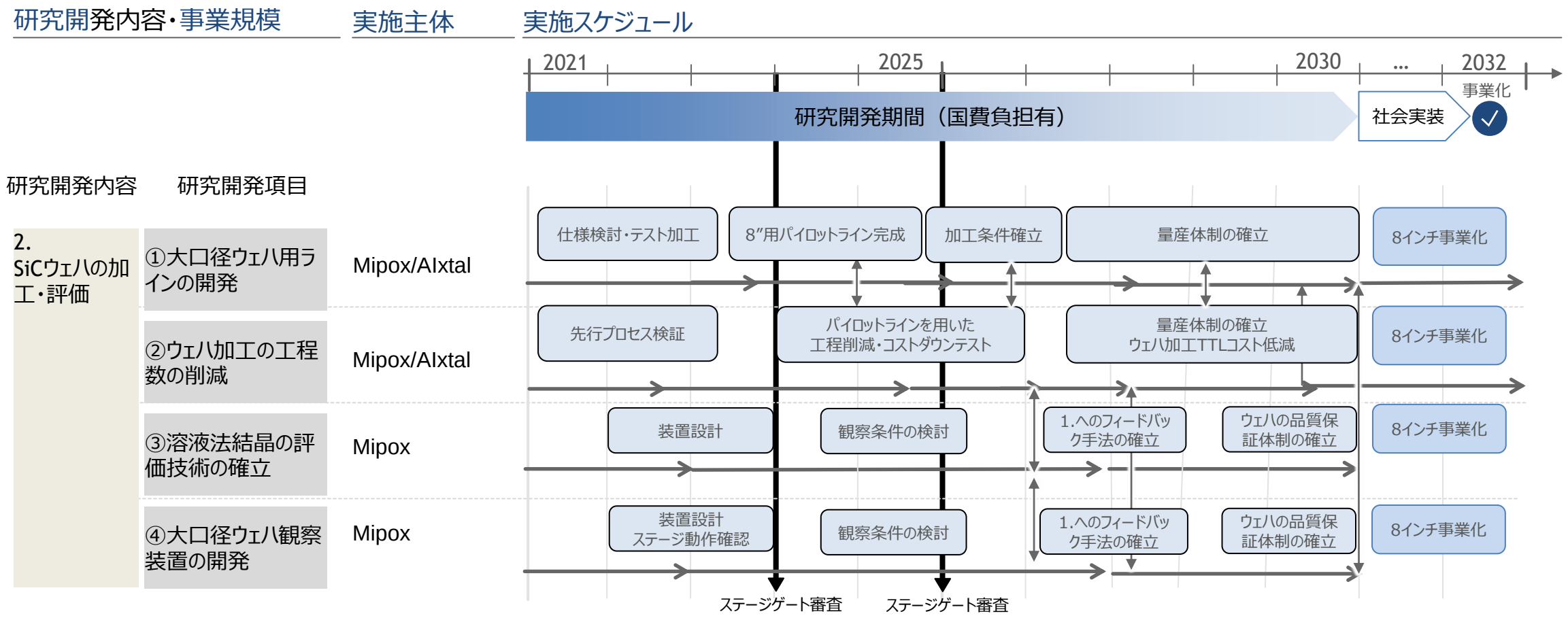
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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

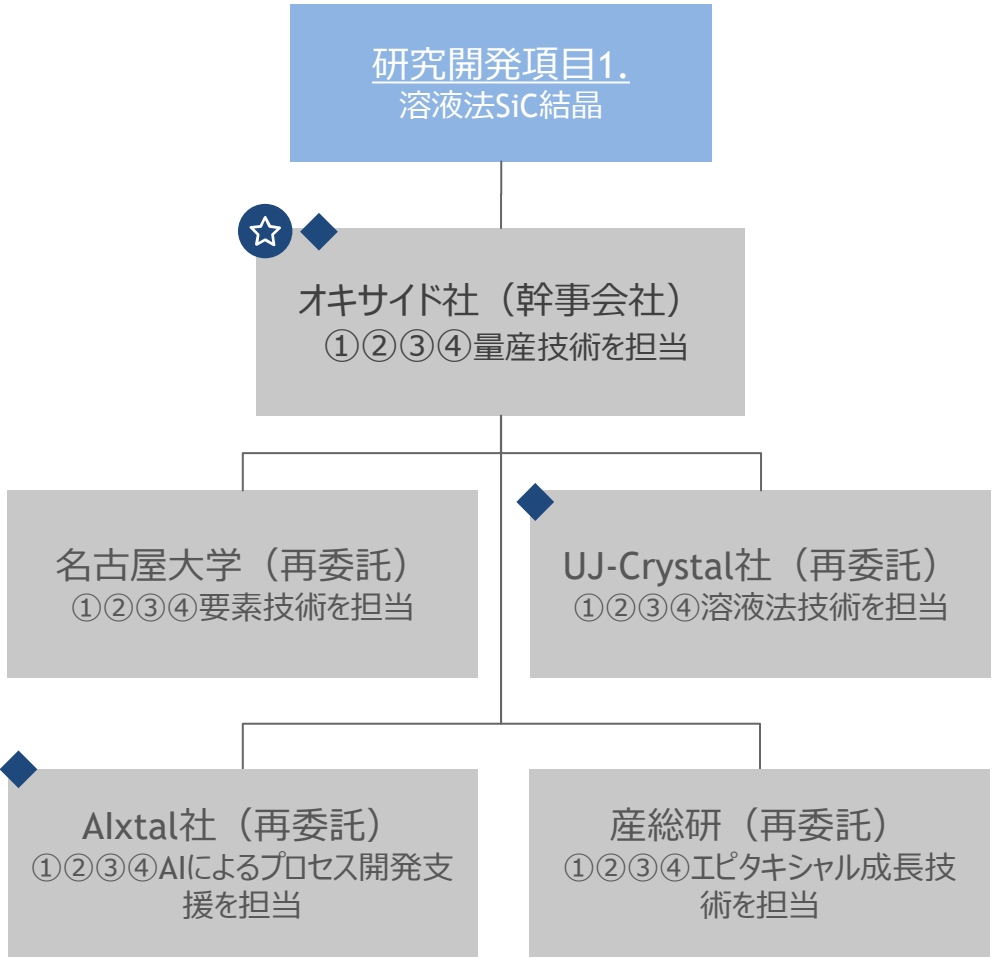
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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ェア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、エピレディウェア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ウェハの開発	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

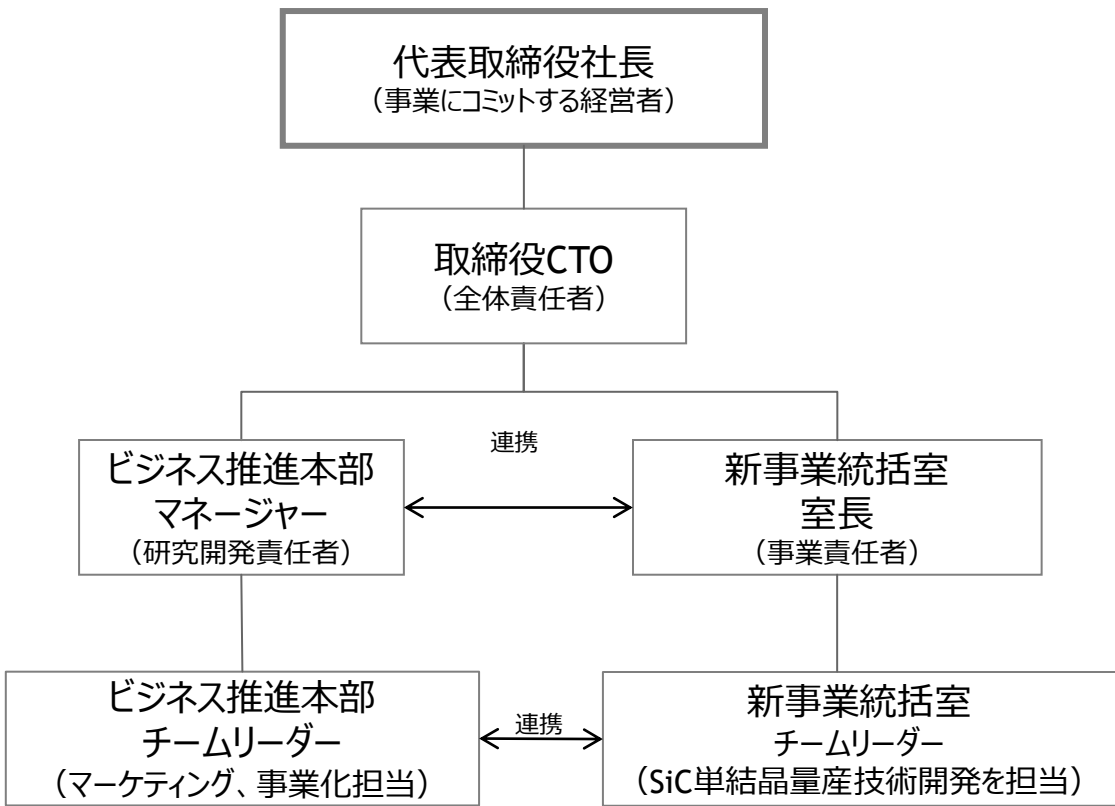
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

[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
- 研究開発責任者
 - ビジネス推進本部マネージャー
- 担当部署
 - ビジネス推進本部：①マーケ、研究開発を担当（専任1人程度）
 - 新事業統括室：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
 - ビジネス推進本部チームリーダー（マーケ、事業化担当）
 - 新事業統括室チームリーダー（SiC単結晶量産技術開発を担当）

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、新事業統括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

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。
- 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
- 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

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
 - ビジネス推進本部、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していく。
 - 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する予定である。
 - 工場用地、工場建屋、ユーティリティー等に十数億円規模の投資を投じる予定
 - 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考えである

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - ビジネス推進本部及び新事業推進室に跨る独立した推進プロジェクトを設置し、CTOが直轄管理する。
 - 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する。
- 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機会として活用していく計画である。
 - 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活用する計画である。

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	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
- 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。 - デバイスキラー欠陥等、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。	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。	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。		