

次世代EUVリソグラフィの構造転換

メタル酸化物レジスト(MOR)特許戦略分析が明かす新時代の幕明け

ADEKA

JSR

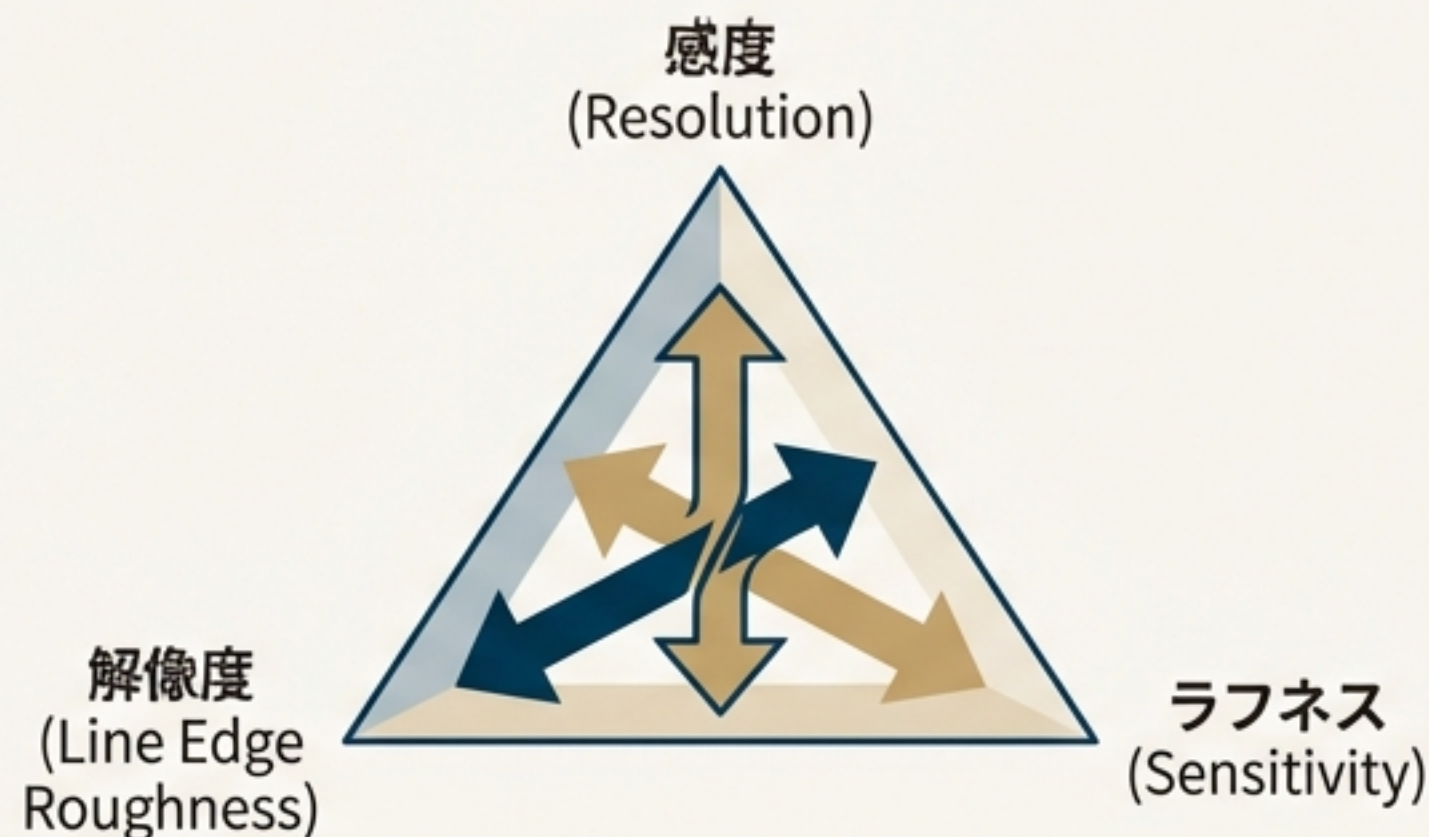
TOKYO
ELECTRON

Lam
RESEARCH

本分析はADEKA、JSR、東京エレクトロン、Lam Researchの4社が出願した52件以上の特許に基づいています。

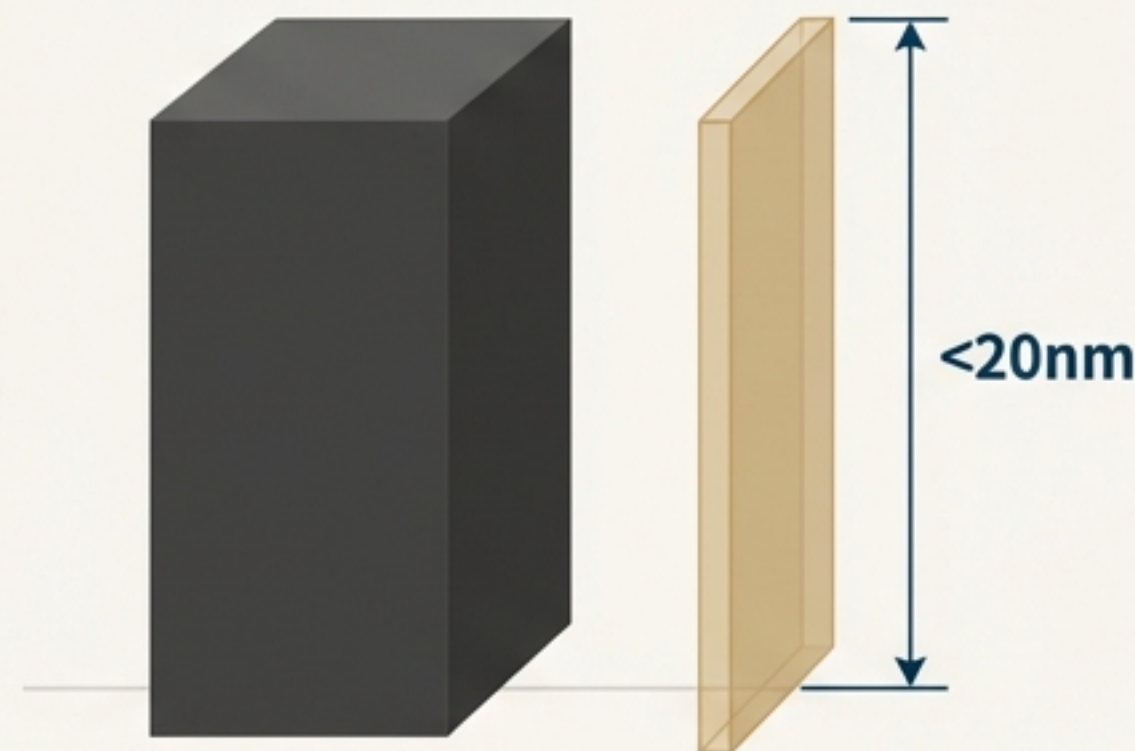
終わりのなき微細化の物理的限界： なぜCARでは未来を描けないのか

RLS Trade-off



RLSトレードオフの深刻化：EUV光への低い吸収効率が、感度・解像度・ラフネスの間のトレードオフを限界まで悪化させている。

Extreme Thinning

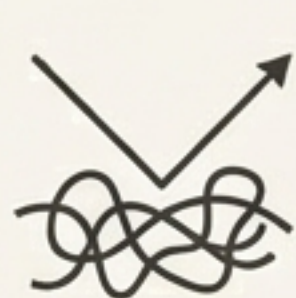


極端な薄膜化の強制：ASMLのHigh-NA EUV露光機(開口数0.55)は焦点深度(DoF)が極めて浅く、レジスト膜を20nm以下、場合によっては10nm台にまで薄くする必要がある。

結論：この物理的制約が、有機ポリマー(CAR)から金属酸化物(MOR)への材料転換を不可避なものとした。

次世代への唯一の解： メタル酸化物レジスト(MOR)の圧倒的優位性

化学増幅型レジスト (CAR)

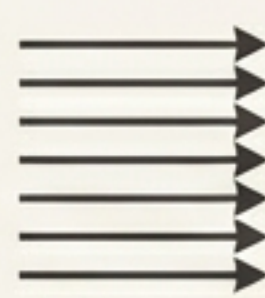
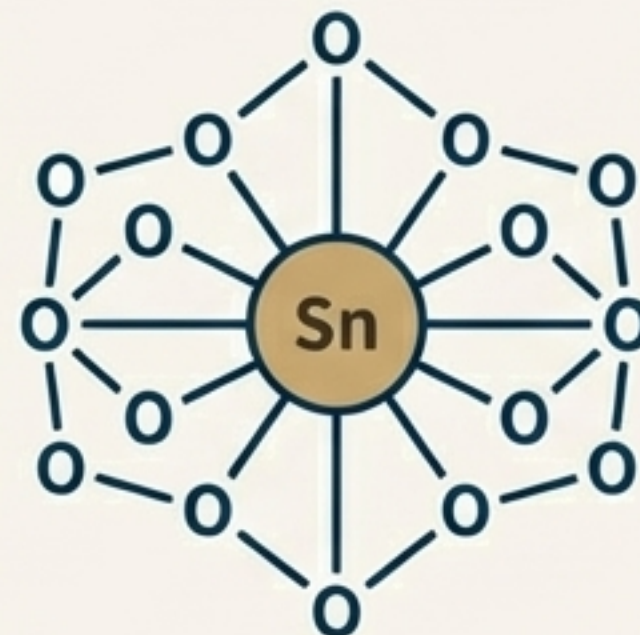


EUV光吸収率



エッチング耐性

メタル酸化物レジスト (MOR)



圧倒的な光吸収効率



有機物の
5~10倍以上



卓越したエッチング耐性

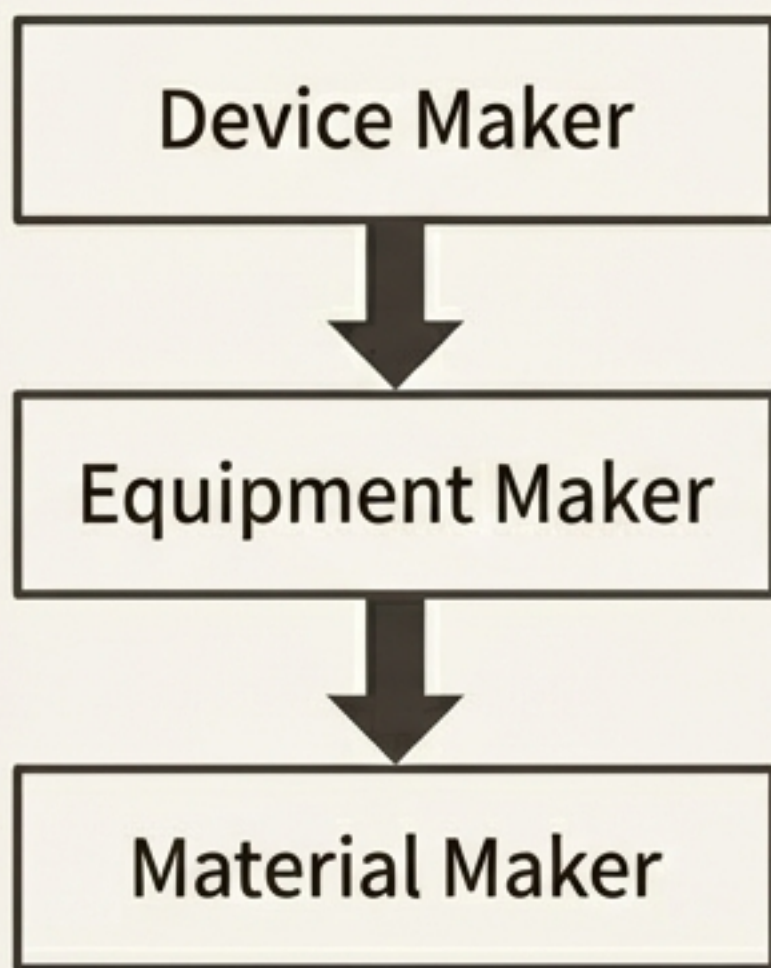


従来比
10~100倍

この技術的優位性により、業界全体がMORへの移行を確定的シナリオとして受け入れ、特許戦略もその方向へ収束した。

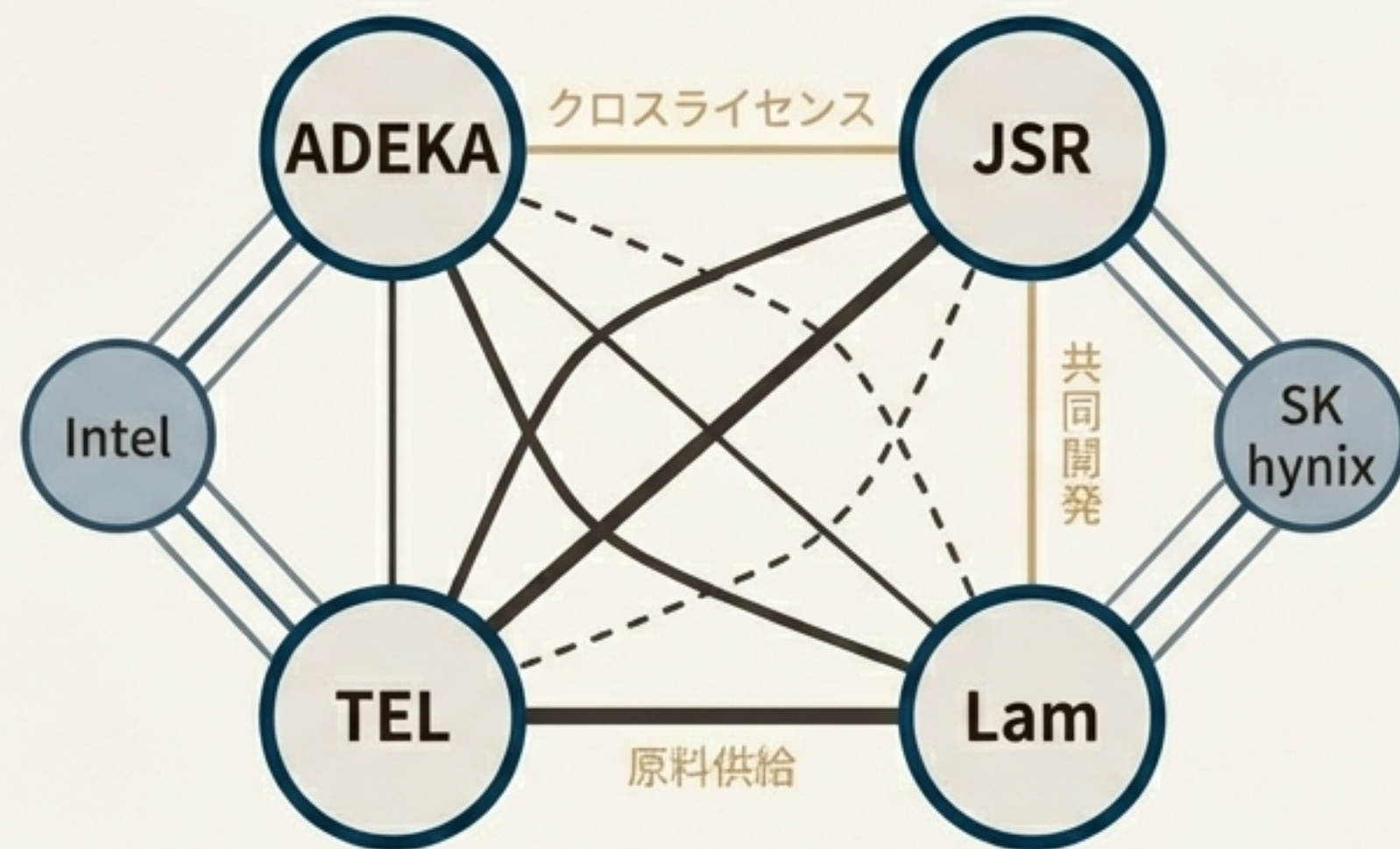
産業構造の地殻変動：「垂直統合」の旧世界から「水平協業」の新世界へ

旧世界：垂直統合モデル



レジスト材料、装置、デバイスメーカーの関係が比較的明確に分かれていた時代。

新世界：水平協業エコシステム



垂直的な関係が水平的な「アライアンス」へと再構造化。材料、プロセス、装置の各層で複雑な協力関係が生まれる。

新世界を動かす4つの枢軸：各社の戦略的ポジショニング



The Enabler | 全方位の供給者

あらゆる陣営に必須のMOR原料を供給し、
エコシステム全体の基盤を構築する。



The Incumbent | 既存秩序の進化者

圧倒的な装置シェアを武器に、湿式プロセスを
高度化させ、自らの支配圏を次世代へ拡張する。



The Disruptor | 乾式の革命家

「All-Dryプロセス」という破壊的イノベーションで、
業界の常識を根底から覆そうとする。



The Strategic Pivot | 巧みな戦略家

湿式・乾式の両陣営と提携し、プロセス戦争の
勝敗に関わらず市場の果実を最大化する。

ADEKAの全方位外交：高純度材料供給でエコシステムを掌握する

戦略の核心：DRAMキャパシタ向けHigh-k材料で培った「高原子番号金属の有機金属錯体合成技術」をMOR原料開発に直接転用。これが参入障壁と競争優位の源泉。

証拠となる特許：US9881796B2（モリブデン酸化物）, US20180037540A1（ジアザジエニル化合物）



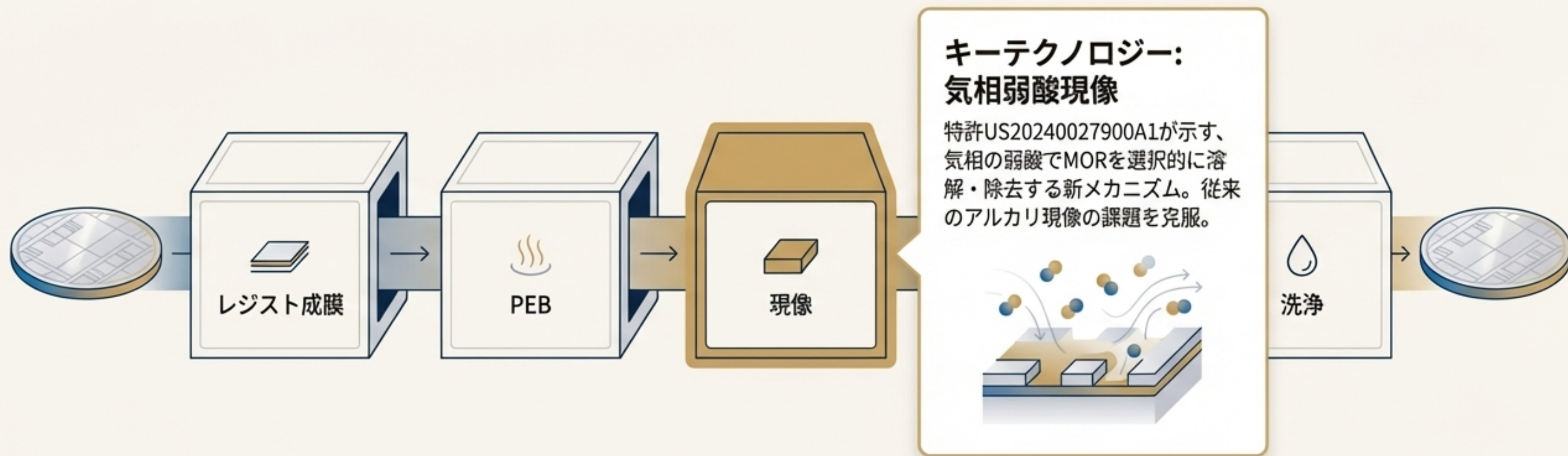
商用化への布石：

- **タイムライン：**2028年4月、茨城県神栖市にMOR用材料専用プラント（投資額32億円）が稼働開始。これはASMLのHigh-NA EUV量産化と完全に同期。
- **戦略的意図：**生產品目を「MOR用有機金属化合物」と限定せず、ウェット(JSR等)とドライ(Lam)の両陣営への供給を想定。

TELの延命と高度化戦略：湿式プロセスを進化させ覇権を維持する

戦略の核心:

EUVコータ・デベロッパの圧倒的シェア(High-NA向けほぼ100%)を維持しつつ、MOR特有の課題に対応する新技術で付加価値を向上。



プロセス統合:

レジスト成膜から洗浄まで全プロセスを最適化。JSRとの共同開発でPEB手法を改良し、感度を38%向上させた実績。

競争戦略の本質:

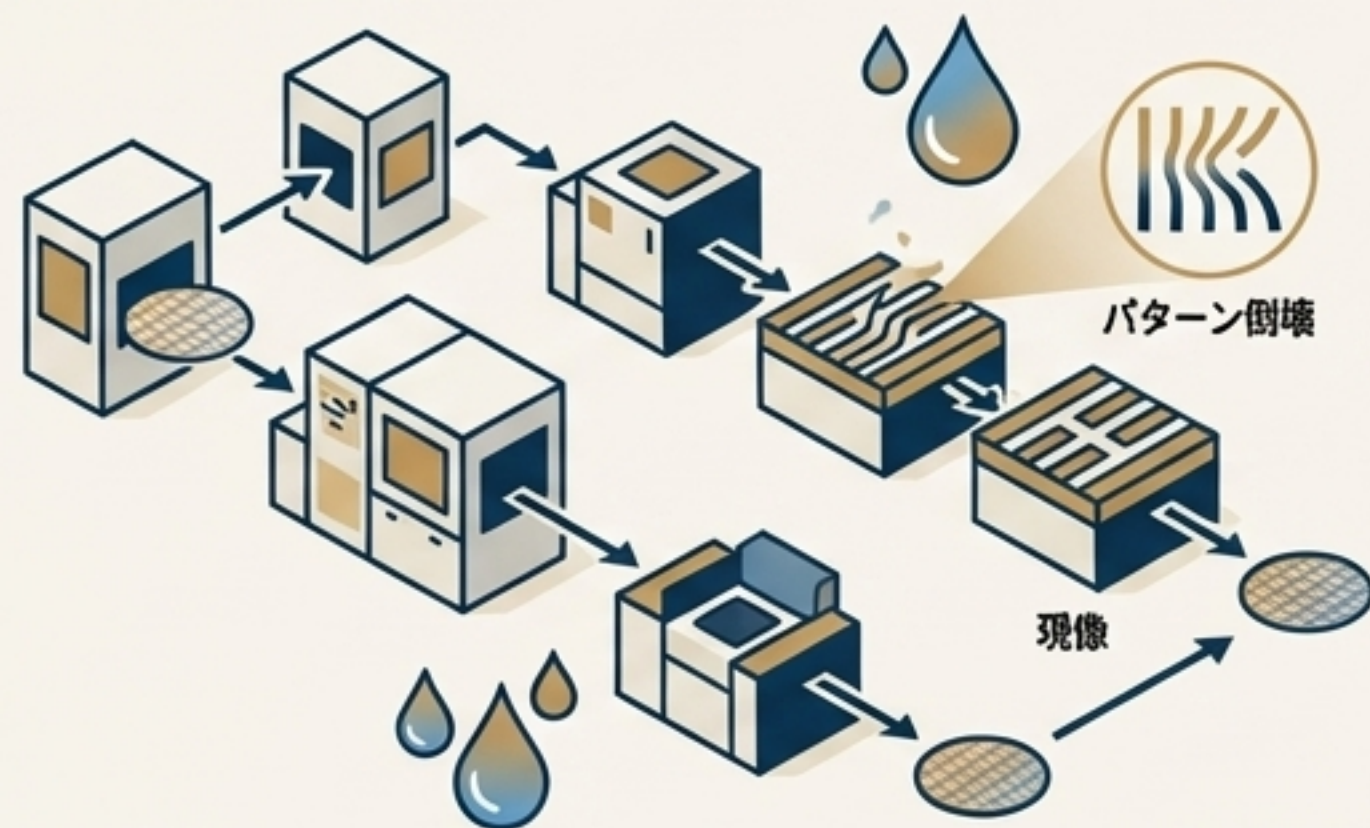
既存のEUVトラック装置を小改造することで、CAR時代のコスト・スループットを維持しながらMOR時代へ段階的に移行。顧客の投資負担を軽減する。

Lam Researchの破壊的挑戦： 「All-Dry」プロセスによる業界構造の変革

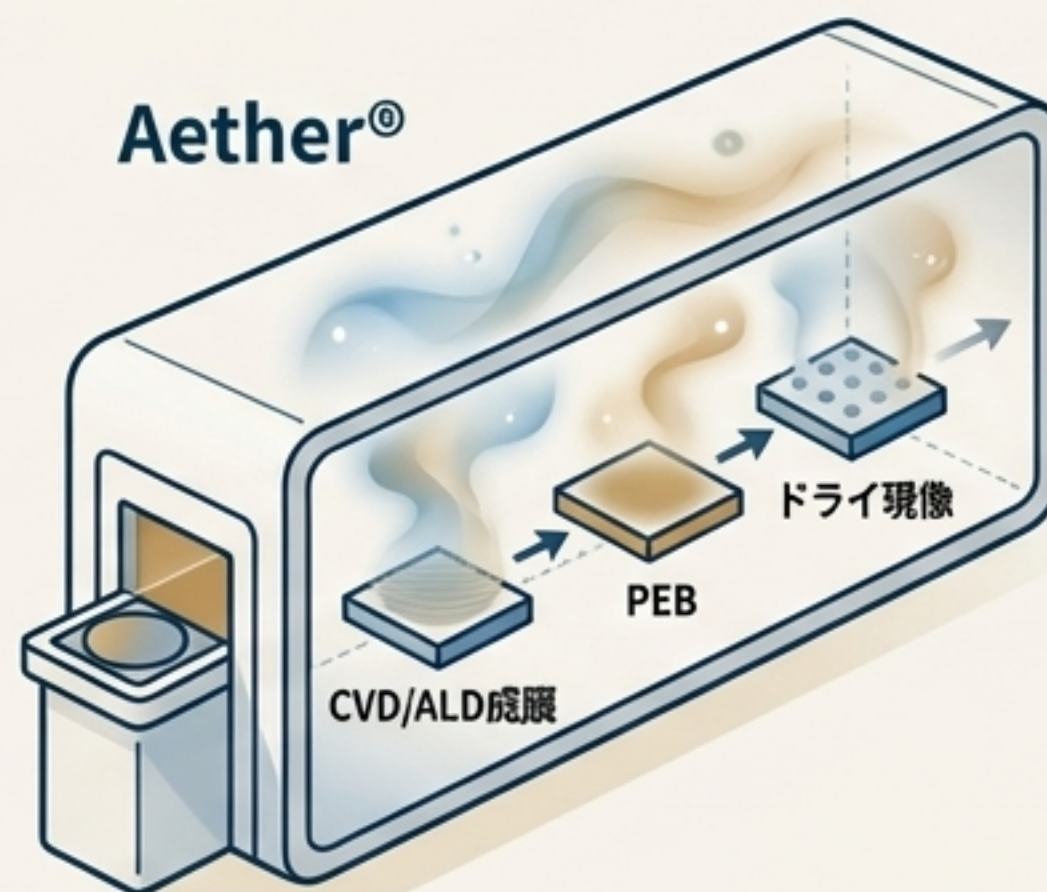
戦略の核心

スピコート、液体现像を不要とする「全乾式プロセス」で、ウェット中心の業界構造に根本的な挑戦を仕掛ける。

Wet Process



Lam's All-Dry Process



Technical Innovations

1. 材料効率の劇的改善:
CVD/ALD成膜により、スピコート時の材料廃棄(90%以上)を回避。
2. パターン倒壊の物理的消去:
液体を全く使わないドライ現像で、毛細管力による欠陥を根絶。
3. 究極のプロセス統合:
最新特許US20250060674A1が示す「シングル・チャンバー」内での多段階処理。スループットと信頼性を両立。

証拠となる特許群

US12211691B2 (All-Dry基本概念)、US12105422B2 (ハロゲン化物化学を用いた現像)

JSRの二重スパイ戦略：両陣営を繋ぎ、新時代の覇権を握る

戦略の核心

2021年にInpriaを完全買収し、世界最先端のスズベースMOR技術を獲得。
これを元に、競合するTELとLamの両陣営に材料を供給し、リスクを分散。



vs. Lam Research（ドライ陣営）

2025年9月、相互クロスライセンス契約を締結。Lamのドライ装置(Aether®)とJSRのMOR材料を統合するエコシステムを形成。

vs. Tokyo Electron（ウェット陣営）

imecの高NA共同ラボにレジスト材料を供給し、TELとの協力関係も維持。新PEB手法の共同開発も行う。

将来性

特許US20250224679A1が示す「熱的に揮発化可能な金属含有レジスト」はLamのドライプロセスと親和性が高く、将来の技術統合を示唆。

「ウェット vs ドライ」を超えて： 新時代の多軸競争構造

MORを巡る競争は単純な二項対立ではない。特許分析は、3つの独立した競争軸が同時に存在することを示している。

Axis 3: エコシステム統治権の競争

プレイヤー: JSR + Lamの連合

戦場: 「ドライ・レジスト・エコシステム」の主導権

エコシステム統治権の競争
(Ecosystem Governance)

材料品質・供給能力の競争
(Materials)

Axis 1: 材料品質・供給能力の競争

プレイヤー: ADEKA（高純度・量産）vs. JSR（Inpria技術・設計ノウハウ）

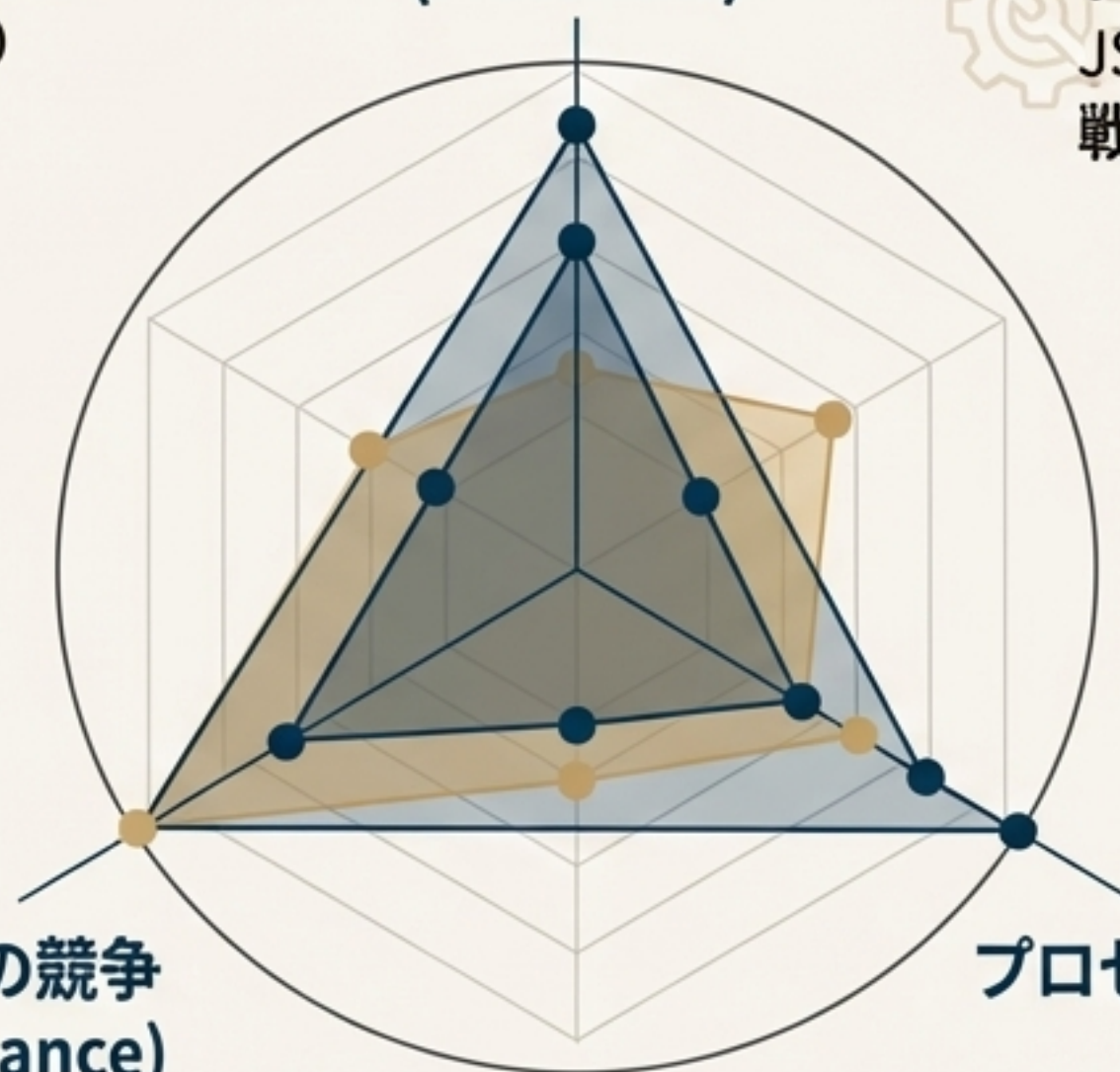
戦場: 素材サプライチェーンの支配権

Axis 2: プロセス思想の競争

プレイヤー: TEL（ウェット延命）vs. Lam（ドライ革新）

戦場: 半導体メーカーの設備投資判断（多くはハイブリッド採用へ）

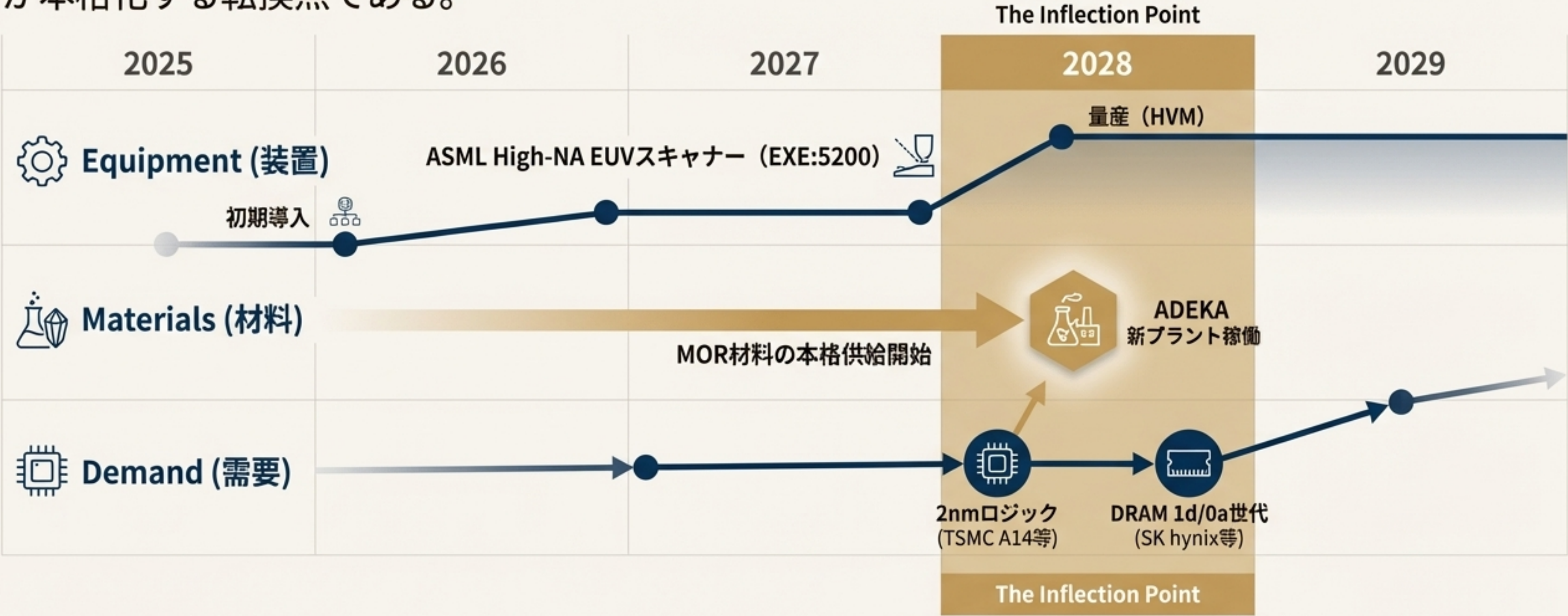
プロセス思想と装置の競争
(Process)



この複雑な構造により、企業は競争と同時に協調する関係にある。

2028年のパーフェクトストーム：全プレイヤーの戦略が同期する時

2028年は、材料供給、装置の量産導入、デバイスの需要が同時に臨界点に達する、MOR時代が本格化する転換点である。



各社の特許ポートフォリオはこの2028年という目標に向けて組織化されている。
これはもはや仮説ではなく、確定した産業シナリオである。

残された課題と対抗技術の胎動

MORの支配的地位は確定しているが、解決すべき課題と、それを突く代替技術も並行して開発されている。

MORの課題

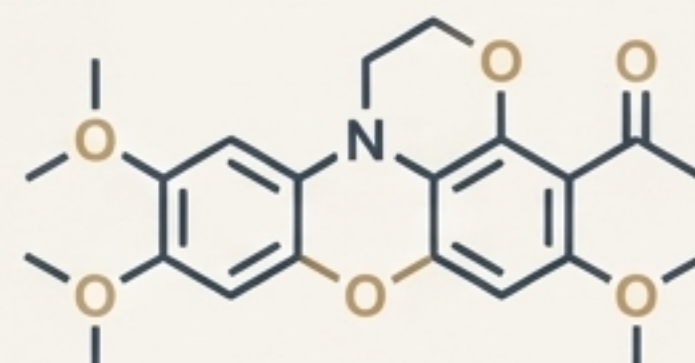


金属汚染リスク：Sn(スズ)などの微量金属残存が、デバイスの長期信頼性を損なう懸念。厳格な汚染管理が必須。



コスト・スループット：特にLamのドライ・プロセスは、装置投資と処理時間の面で依然として課題を抱える。当面はウェットMORが主流を担う可能性が高い。

対抗技術



金属フリー

有機低分子レジスト：住友化学などが開発する「金属フリー」の代替技術。金属汚染リスクを根本的に回避するアプローチとして、2027年以降の市場競争に影響を与える可能性がある。

地政学的チョークポイントとしての日本：新エコシステムにおける日本の特異な立ち位置

特許分析から浮かび上がるのは、次世代リソグラフィ・エコシステムの重要技術が、日本企業に圧倒的に集中しているという事実である。

洗浄・現像装置

SCREENなど関連装置も日本企業が高いシェア。

コータ・デベロッパ装置

TELが世界シェアをほぼ100%掌握。

MOR材料

主流陣営であるJSR/InpriaとADEKAは日本勢が独占。



戦略的含意

- この技術集中は、2025年に日本政府が打ち出した「先端半導体製造装置・材料の輸出管理強化」と密接に関連。
- MORの材料・プロセス・装置技術は、日本の国家戦略上の資産であり、グローバルな半導体供給網における地政学的な要衝(チョークポイント)となる。

結論：次世代EUVリソグラフィにおける新たなゲームのルール

1. 「垂直統合」から 「水平協力」へ

業界構造は根本的に転換した。成功の鍵は、クロスライセンスや共同開発といった複雑なアライアンスを構築する能力にある。

2. 「ウェット vs ドライ」ではなく 「共存」が現実解

2030年頃までは、高難度層でドライ、その他でウェットというハイブリッド構成が主流となる。勝者総取りの戦いではない。

3. 2028年がマジックナンバー

材料、装置、デバイスのロードマップが同期するこの年を転換点としてMOR時代が本格化する。主要な特許構造もこの時期までに固定化される。

4. 日本企業の相対的優位性は 揺るがない

MOR関連技術の国内集中度は、日本の地政学的な影響力を高めるが、同時に海外からの技術模倣や代替技術開発を加速するリスクも内包する。