

次世代半導体の研究開発等に関する検討会（第2回） ～ 半導体製造装置業界のニーズ ～

1. 業界の特徴（参考）
2. 研究開発課題
（ロードマップ、技術の変化点、DX、検査・測定技術、環境）
3. 製造装置開発の特徴（参考）
4. 文部科学省への要望
5. 今後必要な人材像

2024年2月2日

（一社）日本半導体製造装置協会（SEAJ）

専務理事 渡部潔

業界の特徴

拡大する半導体用途と半導体市場の展望

CY2023 世界市場



(兆米ドル)

1.0

0.8

0.6

0.4

0.2

0.0

199



半導体は、各産業、人々の生活、
社会活動を支える不可欠な資源

Assoc
4.2.2

2030年で半導体市場は1兆ドル超を見込む
2022年比 ~2倍の市場性

業界の特徴

半導体・半導体製造装置(WFE)の将来市場



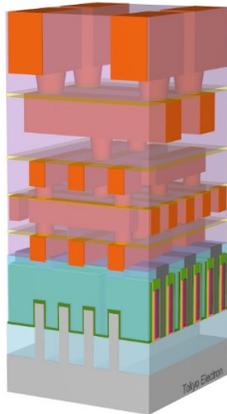
WFEは2022年以降もCAGR6%以上の成長を予想、プロセス装置市場も引き続き成長

研究開発課題 市場の8割を占めるロジック・メモリ

継続する微細化シナリオ・・・技術開発を牽引

Logic

AI & Data Processing

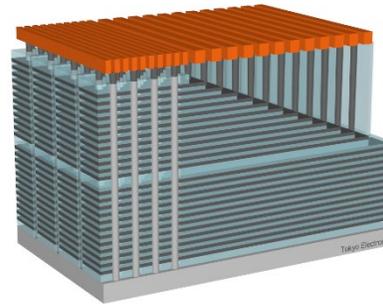


構造変化を伴う微細化による

- ・トランジスタ当たりのコスト低減
- ・低消費電力化
- ・高速化

NAND

Storage Memory

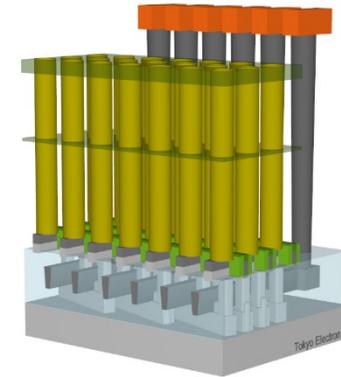


高積層化による

- ・ビット当たりのコスト低減

DRAM

Working Memory



微細化による

- ・ビット当たりのコスト低減
- ・低消費電力化
- ・高速化

新構造、新材料による

- ・ビット当たりのコスト低減

売上の2割が設備投資に
半導体製造装置市場も、ロジック・メモリデバイスに牽引される傾向がある

業界の特徴

半導体製造装置メーカーを取り巻く環境

- **先端技術を持つデバイスメーカーの寡占化が進む**

- 継続した巨額の設備投資や開発費用が必要=参入障壁（4000億～2兆円の新規Fab建設費用）
- 新規参入、産業競争力強化には国家戦略も重要

- **半導体製造装置メーカーにも寡占化の波**

- Top4企業（AMAT, ASML, LAM, TEL）によるシェアがおおよそ～7割まで進展
- 各社各様の“一芸に秀でた装置技術”を持ち、各分野で高シェアを持つ

研究開発課題

顧客(デバイス企業等)との共創:複数世代にわたる技術要求に対応

(イメージ)

世代	デバイス			2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	2028年
N	Logic	DRAM	NAND	④	⑤	⑥			
N+1				③	④	⑤	⑥		
N+2				②	③	④	⑤	⑥	
N+3				①	②	③	④	⑤	⑥
N+4					①	②	③	④	⑤

- (凡例)
- ① : コンセプト初期検討
 - ② : Waferデモ
 - ③ : R&D装置導入
 - ④ : プロセス条件決定
 - ⑤ : 量産決定(POR)・選定
 - ⑥ : 改善改良提案

世代NからN+4まで同時並行で、お客様(デバイス企業)とコラボレーションを実施

~N+4 : 競争領域、 N+5~ (2030年~) : 協調領域

研究開発課題

N+5デバイス 技術の変化点が協調領域

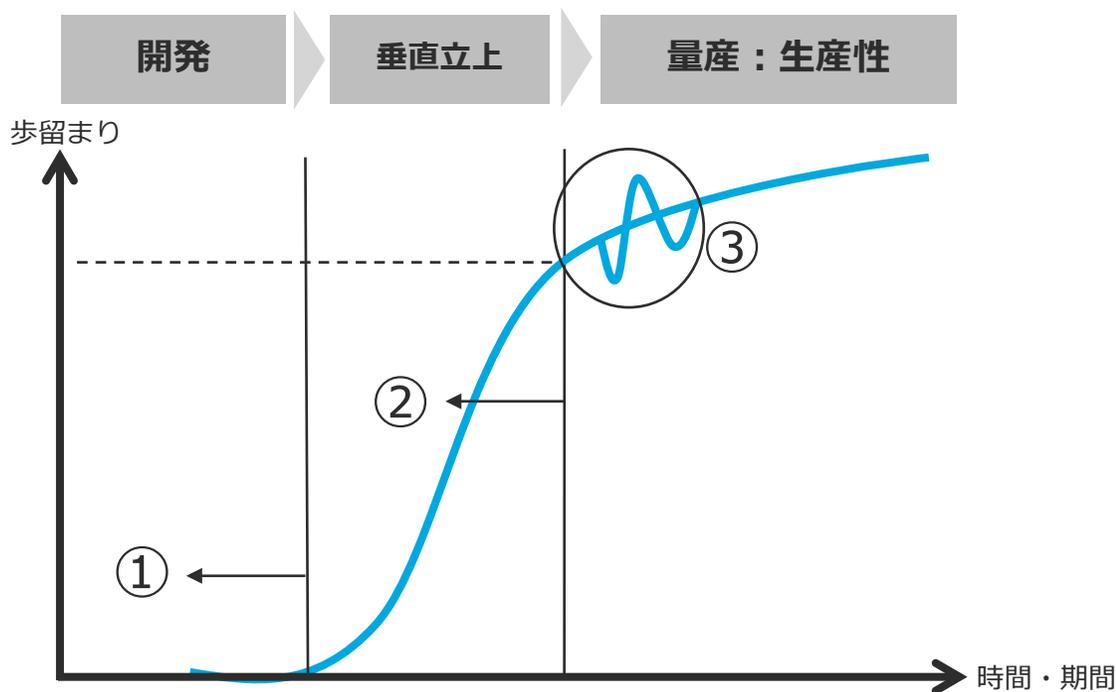
※インテグレーション不要と言っているのではない

デバイス	開発課題(を解決するデバイス製造の要素技術、製造装置の要素技術)
Logic	Tr CFET
	Tr チャンネル材料 2D Material Stack
	Cu Hybridbonding Cu 小ピッチ化(1um以下)
NAND	Re/FeNAND (HfO ₂ /HfZrO _x)
DRAM	More 3D Stack (>5xxL)

加えて、DX、測定・検査技術、PFASを含む環境が共同研究課題となる

研究開発課題 R&D～量産期

DX：データ解析・活用による生産性向上



開発⇒量産	内容	DX技術
① 開発・試作	POR装置確立 (性能・信頼性)	<ul style="list-style-type: none"> ・Material Informatics, ・Virtual Metrology等
② 垂直立上	装置間・チャンバ間 機差低減 装置信頼性向上 データモニタ、解析	
③ 量産：生産性	Feedback/Feedforward	

※Virtual Metrology: 各種計測データ(Big Data)を統計的手法により処理して現物の出来上りを予測する技術。反応チャンバー内に仮想的なモニターを設置・観測するとも言える。

DX技術により、新規デバイス開発～量産までの期間短縮 = 全体コスト削減の実現

研究開発課題 検査・測定技術の重要性

アカデミアも含めて共通言語化が必要

- 各半導体デバイスの微細化シナリオは継続、その実現には新材料・新構造の量産導入が必要
 - 膜厚、膜質、組成、構造の適正化、再現性ある技術構築
- 半導体製造装置メーカーは、多岐にわたる顧客需要を満たし高生産性・高信頼性の両立することが重要
 - 半導体製造装置、搬送・プロセス技術、ファブ全体
 - プロセス技術
 - デバイス製造、新規デバイス早期立ち上げ、歩留まり安定化
- DX/ICT x Green技術の実装
 - 効率化（Smart）、新規Metrics（PPAC + E : Power / Performance, Area, Cost, Environment）

先端メトロロジ、検査・測定機器は、デバイスメーカー&装置メーカー間で共通言語化の流れ

※共通言語化：特定の検査装置や測定装置を使って取得したデータで会話する事

研究開発課題 環境

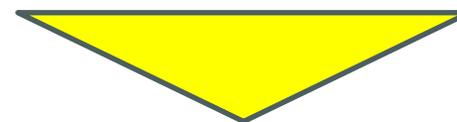
環境KPIと技術ノード進化の相関

技術ノードの進化は、
デバイス当りの

○：製造エネルギーを削減

○：製造コストも削減

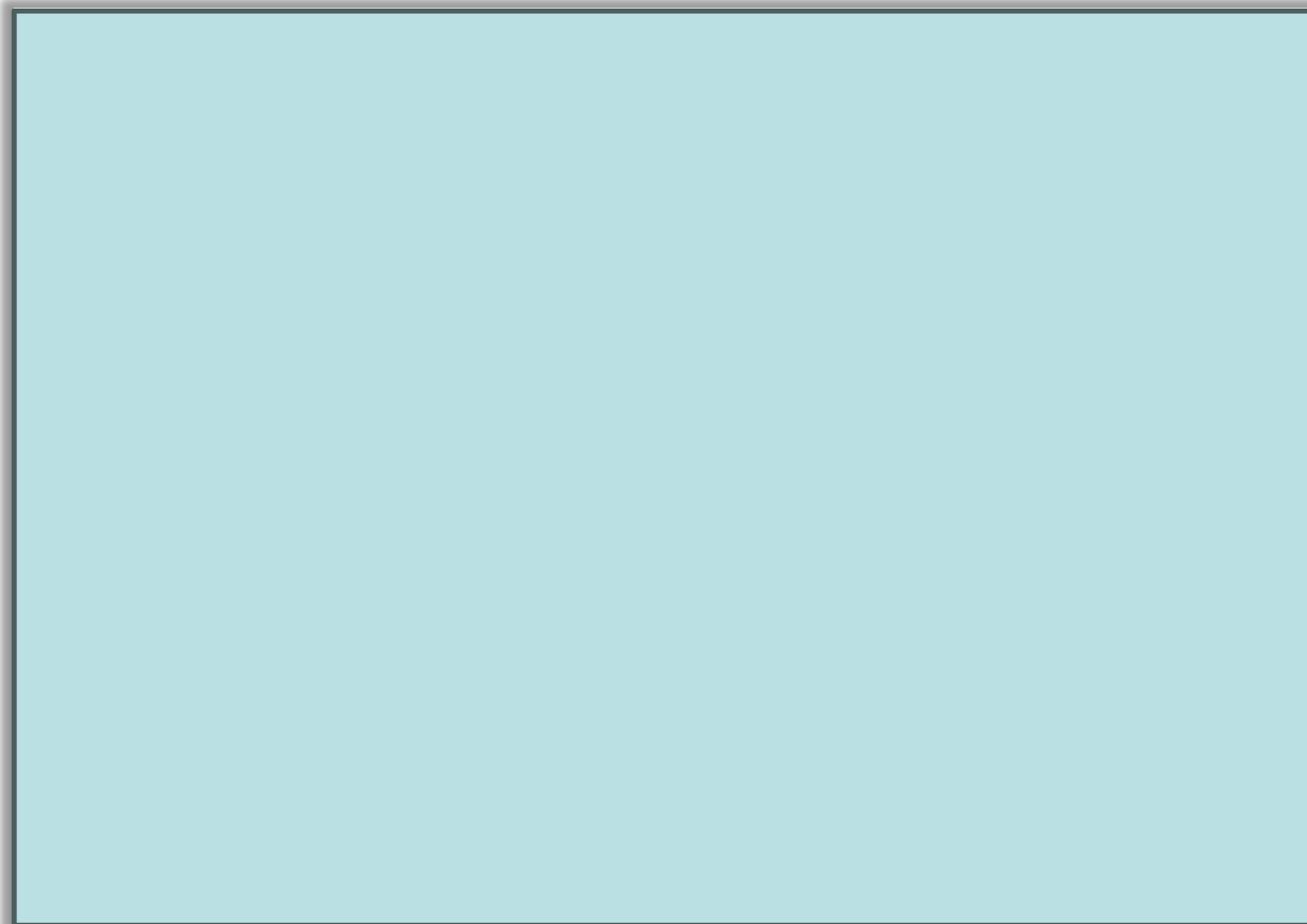
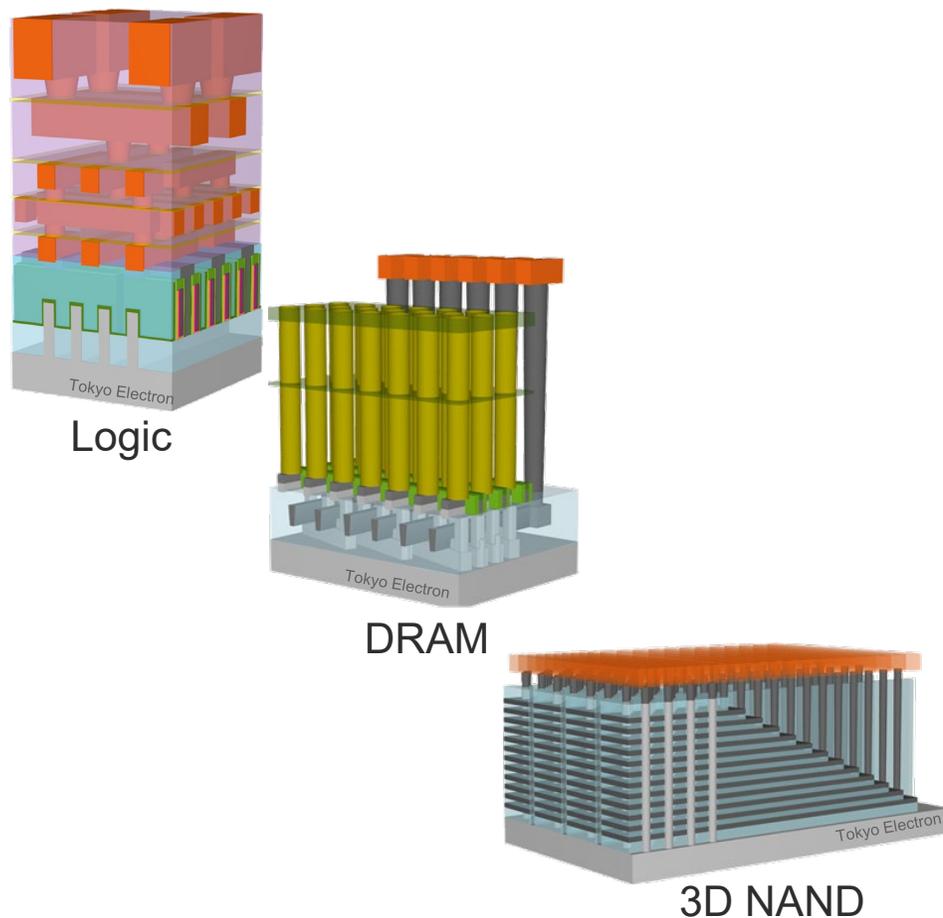
▲：使用する水量も削減



先端技術開発はSGDsに直結

研究開発課題 環境

環境負荷のデバイス種・工程種の依存性

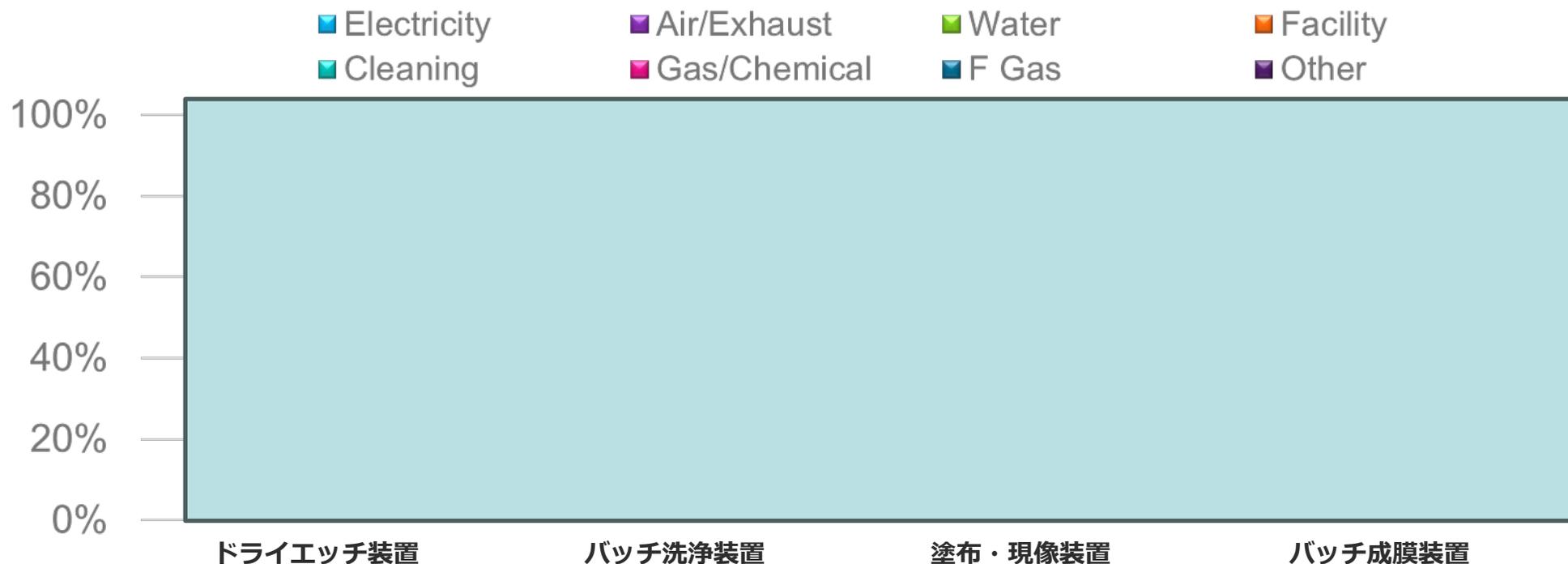


各デバイス毎に、環境負荷の寄与因子が異なる。製造工程（プロセス・装置）種依存性

研究開発課題 環境

環境負荷の装置種依存性

各装置比較：CO2排出量



各装置毎に環境負荷への寄与因子が異なる。各専門領域での研究が必要

参考) 製造装置開発の特徴 (要望・必要人材向け)

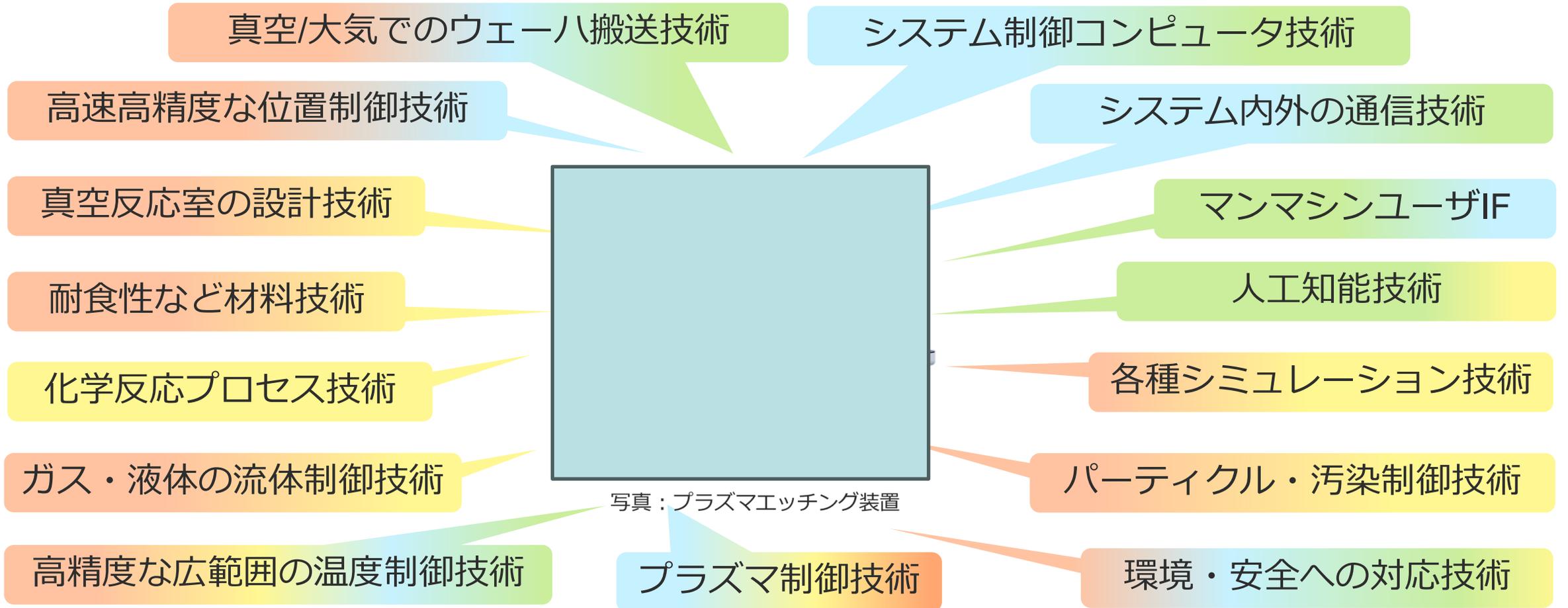
半導体製造装置とは？



あらゆる最新技術を結集し、半導体製造装置は作られる

参考) 製造装置開発の特徴 (要望・必要人材向け)

次世代の製造装置向けに開発が必要な技術



メカ・エレキ設計、ソフトウェア設計、計測技術、プロセス技術、それら複合技術開発が必要

文科省への要望 (会員へのアンケート結果)

I. 大学・産業界の連携・交流

1. 共同研究・開発への支援
2. 教育(企業からの教員人材受入れ、企業人のリスキリング)
3. 学生が業界研究(業界の認知度向上)しやすい環境の整備

II. 国研

1. 実デバイス構造のサンプル作成環境の構築(大学等の研究のためにも)
2. 半導体関連のテーマへの研究費の増額

III. 大学・高専

1. 各大学・高専に半導体の学部・学科を創設
2. 半導体装置や材料の学科を設置
3. 次世代デバイス・プロセス・材料に関する研究・開発、その検査・計測技術

IV. 専門学校

1. 機械設計、電気設計(アナログ、デジタル)、CAD等の実務教育への補助・支援
(製造装置・検査測定装置の開発業務)

(順不同)

今後必要な人材像(会員へのアンケート結果)

産業界として欲しい人材、不足している人材

1. 最先端技術にチャレンジできる人材、やり抜く人材
 2. 海外での業務ができる人材
多様な価値観を認め、他社と協働(共同開発を含む)できる人材
 3. 装置設計ができる人材
メカ・エレキ設計、ソフトウェア設計、計測技術、プロセス技術、複合技術開発
 4. 女性エンジニア、データサイエンティスト
成長産業で成功して欲しい
 5. 課題はイノベーションとの声が多い
- (順不同)

SEAJ

SEAJ

Semiconductor Equipment Association of Japan