

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
環境エネルギー科学技術委員会
第一回革新的GX技術開発小委員会

半導体分野の技術産業動向とGX

令和4年12月20日

石内秀美

元 先端ナノプロセス基板開発センター（EIDEC）

本日の報告内容

- 半導体分野に関する国内外の産業動向
- 半導体分野に関する国内外の技術動向
 - More Moore
 - More than Moore
 - Beyond CMOS
 - 3D Packaging
 - 集積回路以外の半導体
- 半導体分野から見たときのGXの捉え方
- 半導体産業から見た日本のアカデミアへの期待

半導体分野に関する国内外の産業動向

- 半導体の用途と重要性
 - 電気を使うほとんど全ての機器に半導体製品が広範囲に使用されている
 - 戦略的重要性が認識され、各国が半導体産業振興策を策定
 - 「GX」への半導体の貢献は多岐にわたる
- 半導体産業の売上高と成長率
 - 半導体産業の2022年の世界売上高予想* は、約5800億ドル（約79兆円）
 - 成長率は2017-2022の年平均成長率*（CAGR）は約7%
 - 日本の半導体産業のシェアは長期低落傾向で現在は10%未満。売上高としては横ばい

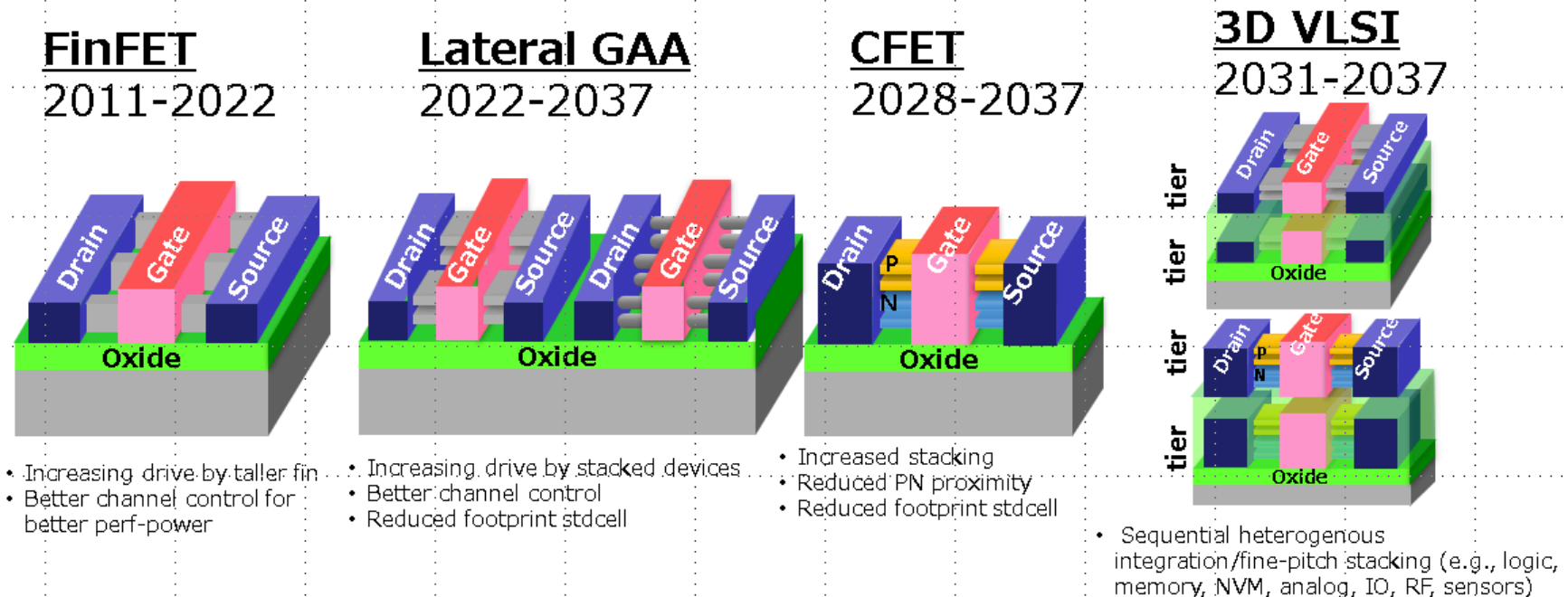
* WSTS（世界半導体市場統計）「2022年秋季半導体市場予測」

半導体集積回路の研究分野の3類型 + 1

(1) More Moore: 微細化・高集積化

- 微細化が続く。パターンレイアウトの最適化による高集積化
- トランジスタ構造の3次元化。新規材料、新規プロセス技術の導入
- 3次元実装技術も駆使

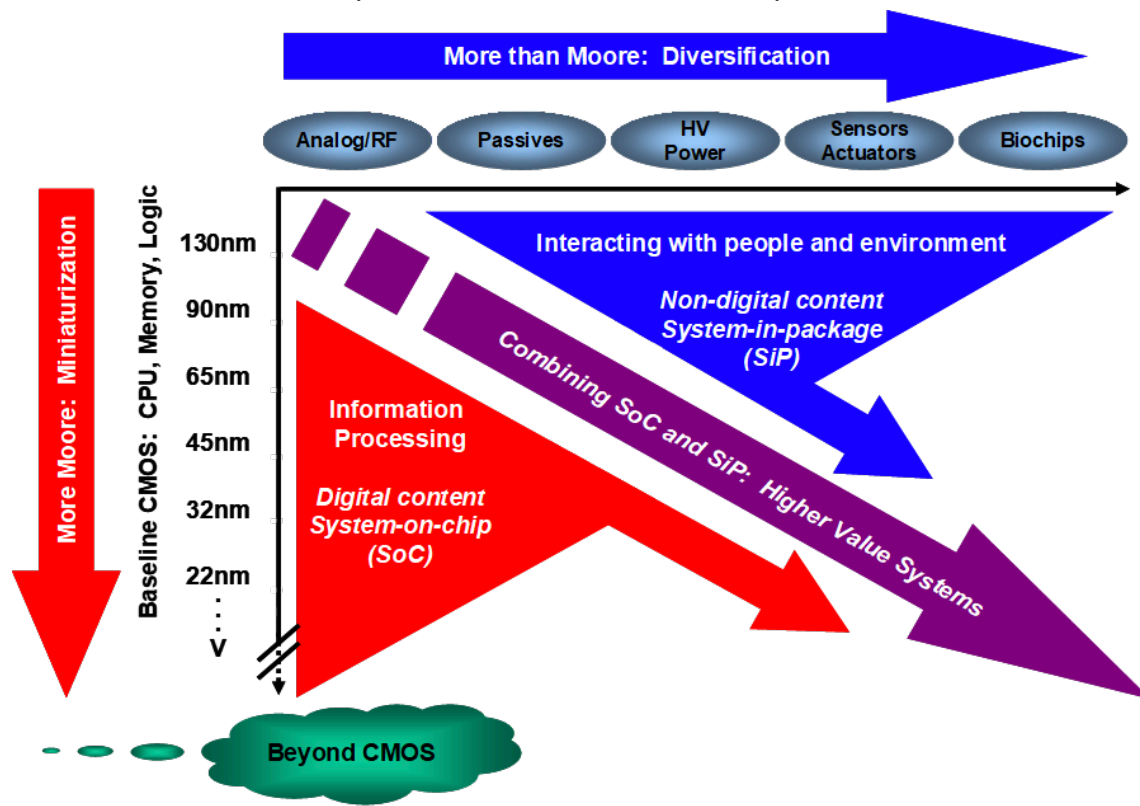
>2020: 2.5D/3D fine-pitch assembly + stacking →



半導体集積回路の研究分野の3類型 + 1

(2) More than Moore: 多様化

- CMOS集積回路に多様な機能を追加。微細化は必須ではない
- RF (高周波) アナログ回路, 高電圧パワー素子, センサーなどを混載



出典： IRDS 2022, “More than Moore White Paper”, Figure MtM-1

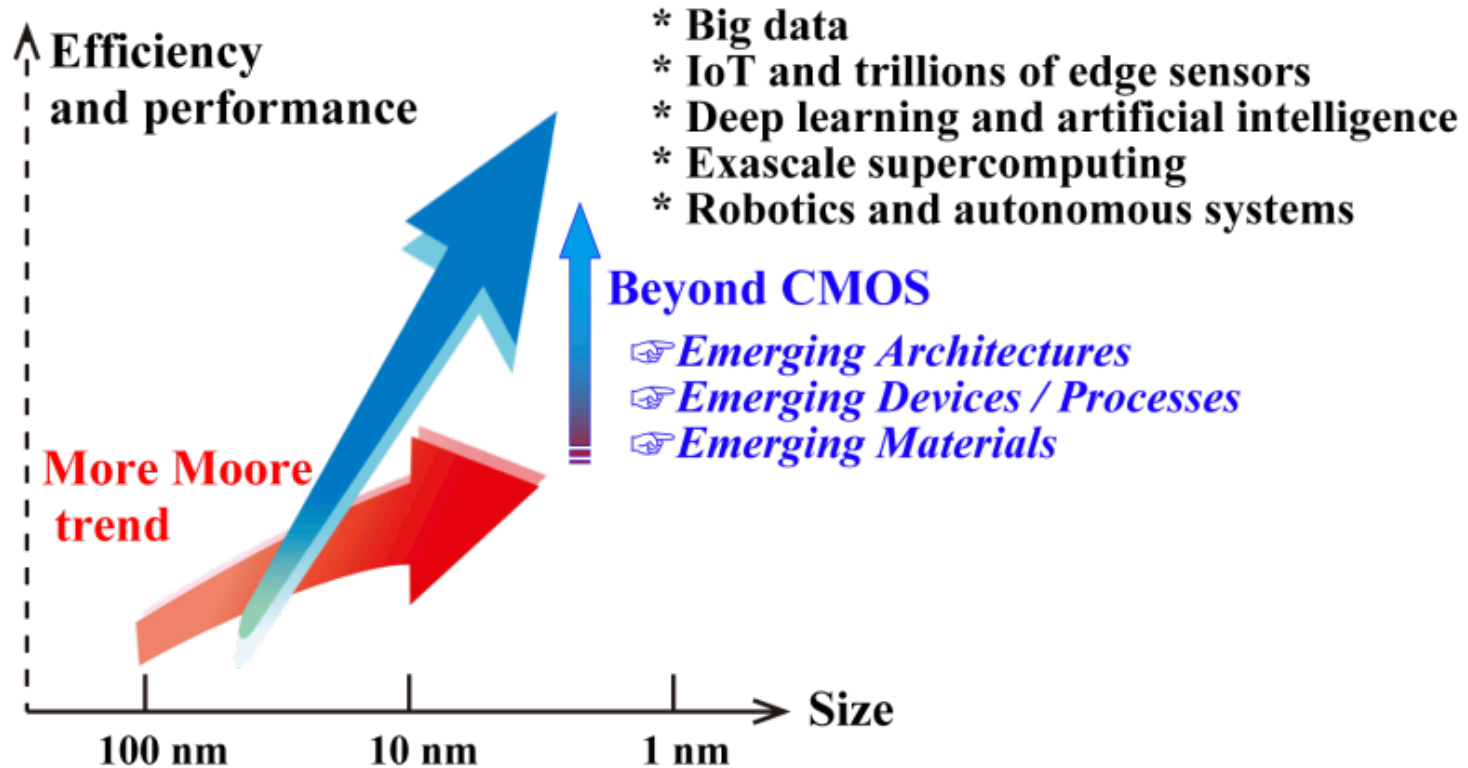
<https://irds.ieee.org/editions/2022>

半導体集積回路の研究分野の 3 類型 + 1

(3) Beyond CMOS

- 新規アーキテクチャ、新規の素子・プロセス、新規材料で高効率化

Novel computing paradigms and application pulls

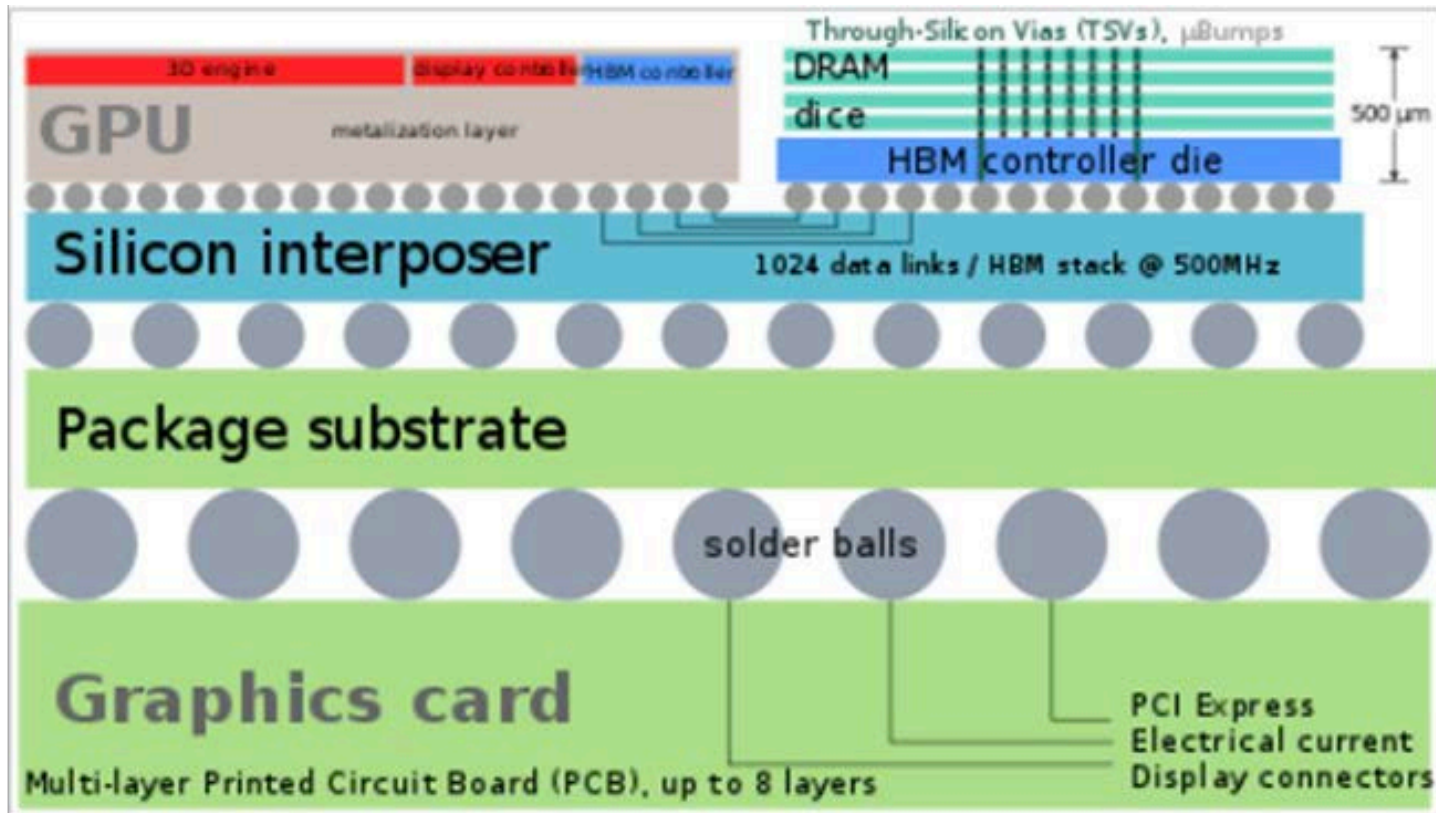


出典： IRDS 2022, “Beyond CMOS”, Figure BC 1.1 <https://irds.ieee.org/editions/2022>

半導体集積回路の研究分野の 3 類型 + 1

(4) 3次元実装技術

- 従来はMore than Mooreに分類。現在はMore Mooreの技術としても利用される



出典： IRDS 2020, “Packaging Integration White Paper”, Figure PI-6
<https://irds.ieee.org/editions/2020>

半導体分野に関する国内外の技術動向

- パワー半導体の技術動向
 - 電車や電気自動車のインバータとしても利用される
 - 主流はSi (シリコン)のトランジスタとダイオード
 - SiC、GaNの利用が広がる。オン抵抗が低く、低損失（エネルギー効率大）
 - Ga2O3などの新材料にも期待
- その他にも多くの技術分野：いくつかの例
 - 受光素子・発光素子、CMOSイメージセンサ
 - シリコンフォトニクス
 - MEMS (Micro Electrical Mechanical Systems)
 - 各種センサー（ガス、磁場、温度、DNAなど）
 - CryoCMOS: 極低温で動作CMOS集積回路。量子計算機のアンプ、信号供給、制御用

半導体分野から見たときのGXの捉え方

- 半導体が使われる機器での省エネルギー化
 - データセンター
 - 通信インフラ（携帯基地局、光ファイバー通信ネットワーク）の省エネルギー化
 - 自動車の自動運転のための省エネルギー
 - 端末（携帯電話、IoT機器）での省エネルギー化とエッジコンピューティング
 - モーター制御、インバータの低損失化
- 半導体製造工場での省エネルギー、省資源化
 - 半導体製造装置の省エネルギー化（EUV露光装置、エッチング装置など）
 - 製造工程で使われる材料の使用量削減と再利用（水、薬品、ガス、電力）
 - 温暖化ガスと有害物質の回収と除害（無害化）
- 研究開発計画の定量的検討のためにはLCA (Life Cycle Assessment)の簡便な方法があると良い

半導体産業から見た日本のアカデミアへの期待

- 技術の原理検証から製品適用までのステップ
 - 原理実証から製品化まで**10年以上**かかる
 - 企業は3年先ぐらいまでの製品化の開発に注力
 - 大学・国立研究機関には、その先を見据えた研究を
 - 研究開発の初期段階から応用時の効果を考慮（バックキャスト）し、産学連携を。
 - 困難な課題に果敢に挑戦。
- 試作・開発環境の共有、産業界との緊密な連携
- 国際連携： 競争と協力
- 人材育成

まとめ

- 半導体製品は多くの分野で使用され、利用時の省エネルギーに貢献
- 半導体工場の省エネルギー、省資源、リサイクルが重要
- 半導体集積回路の微細化、高集積化は続く
- 必ずしも微細化によらない半導体製品も広く使われていて、省エネルギーに貢献している
- 半導体の研究開発には基礎研究から応用研究まで複数の分野の多くの研究者が関わっている
- 最終的な応用シーンを意識した研究開発の企画・立案が重要
- 計画段階から省エネルギーの見積もりを
- 産学連携、国際協調が重要