

「第 85 回 イノベーション交流分科会」議事録

【実施概要】

日時：2022 年 7 月 12 日火曜日 18：00～20：00

場所：zoom によるリモート開催 参加人数：23 人

講演者：原 史朗 氏 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

ナノエレクトロニクス研究部門 首席研究員

一般社団法人 ミニマルファブ推進機構 推進部長、ファブシステム研究会代表

講演テーマ：

「一個づくりでニーズに即応するデバイス製造システム ミニマル®ファブ」

【講演内容】

1. ミニマルファブの概念と背景

- ・ミニマルファブのミニマルは必要最低限、必要なものだけを高効率で生産するという意味を込めている。ファブは工場である。つまり、ミニマルファブはクリーンな環境で生産する局所クリーン化テクノロジーに基づいて一個づくりを可能とした超小型の半導体微細加工工場である。
- ・元来、日本は小型精密な画期的な製品を創り出すのが得意であった。昨今では、日本発イノベーションが生まれにくくなっている。ミニマルファブは製造工程を小型化・自動化することで、ごく少数の人員で小ロットの半導体を低コストで生産できる画期的な製造システムに挑戦しているといえる。
- ・ミニマルファブは **Research、Development、Production** をそれぞれ 1：1：1 (triple one) で行う model を提唱している。ウエハサイズを研究者サイズといえるハーフインチとし、100 回やって 100 回成功する局所クリーン化搬送システムを実現する。
- ・ミニマルファブの開発にあたっては、技術的な優位性を確保することにとどまらず、ビジネスとして他の追随を許さない方策として標準化や権利確保戦略にも注力している。

2. 開発の流れ

- ・ミニマルファブの基本原理のひとつである局所クリーン化は実証システムが 1996 年に完成している。半導体製造にはクリーンルームが必要とされているが、製造過程で発生する微粒子を測定すると加工方法によって大きな違いがあり、加工方法を改良（制限）すれば微粒子は抑えられることがわかった。つまり、局所的にクリーンな状態をつくり、加工方法を限定すれば、人を含む工場全体の大きなクリーンルームは必要としない。
- ・2011 年には PLAD（微粒子とガス分子を同時遮断する局所クリーン化前室システム）を実用サイズへシュリンクさせ、スーパークリーンルーム以上の清浄度を実現した。
- ・その他の工程についても、ミニマルファブの事業を推進するファブシステム研究会という

コンソーシアムを設立し、幅広いメーカーの協力を得てシステム開発を進めている。現在では半導体製造のほとんどの工程を従来の製造工程と同等レベルの品質でミニマルファブに取り込むことに成功している。残りの工程も同等以上を目指して開発を進めている。

3.標準化と権利確保戦略

- 日本は技術で勝ってもビジネスで負けると言われてきた。ミニマルファブでは標準化と権利確保戦略にも注力し、マネできない態勢の構築を行っている。
- **Triple one model** の開発部分を標準化することで、効率的にあらゆるプロダクションに対応できるようになる。
- 機器を繋ぐ搬送系は統一、標準化した。また、UI と制御機器を標準化している。ユーザーインターフェースやエラーの出方も統一した。
- また、日本のハードメーカーでは殆どやってこなかった「包括的権利確保戦略」をとった。知財の数は周辺技術を含め 100 を超える（国内 65 件、海外 67 件）。他社は特許が多いと独自開発のコストが嵩み、チャレンジしにくい。すでに協力を求めるメーカーがアプローチしてきている。プロセス情報の暗号化対応も行った。
- 知財に加え、暗号化、認証、ブランド、デファクト標準などで権利を確保できると考えている。

4.多品種少量のマーケティング

- 長期間かけて徹底的な市場分析を行った。その結果、ミニマルファブの市場性は非常に高いという結論に至っている。
- 半導体の大量生産は最終製品メーカーにとって 1 万個市場が下限で数百万個を狙わないと競争力を阻害する。大量発注できる企業は限られているし、実際の発注は在庫を持ちたくないこともあり、案外小口化されている。また、昨今のユーザー対応競争の流れのなかで製品は多様化する傾向にある。つまり、大量生産に対応できる最終製品は限られている。
- ミニマルファブの主なターゲット市場は半導体の最小線幅で 0.5 ミクロン以上、ウェハ口径で 4 インチ以下の市場であるが、アメリカ市場の調査ではこの領域は約半数の市場規模を有している。これに基づけば、半導体の世界市場約 30 兆円のうち半数の 15 兆円が多品種少量の市場であり、ミニマルファブのターゲット市場と推計される。先進的な大量生産市場とほぼ同額の市場規模を有しているといえるのである。
- また、コスト構造を分析すると、半導体の単価は大量生産して初期投資を半導体単価当たりで実質ゼロにしても、1 個当たり 800 円の限界値が変動費として残るとみられる。
- ミニマルファブは、圧倒的に初期投資が少なく済む。初期投資を小さくすれば、市場規模が小さくても十分に事業として成り立つ。
- 少数生産が不経済な現在では、宇宙分野や医療機器といった必要個数の少ない市場に半導体を提供するとなると 1 個当たり数百万円といったケースもある。先端技術によるメガ

ファブのチップ価格に比べ、旧タイプのチップ価格は非常に高額になる構造になっている。こうした分野がミニマルファブの初期のターゲット市場となる。

- IoT を実現するならば膨大な品種のセンサが必要となると予測されている。車載デバイスではセンサ、アンプ、A/D、信号処理、パワー半導体、RF 等、多品種少量市場に区分される。家電、自動車など多くの製品は多種類の半導体が多数搭載されていて、マーケットインから製品品種ごとに半導体を変える必要のあるものも少なくない。これらの領域がミニマルファブの次のターゲットになる。

5.ミニマルファブ開発の現状

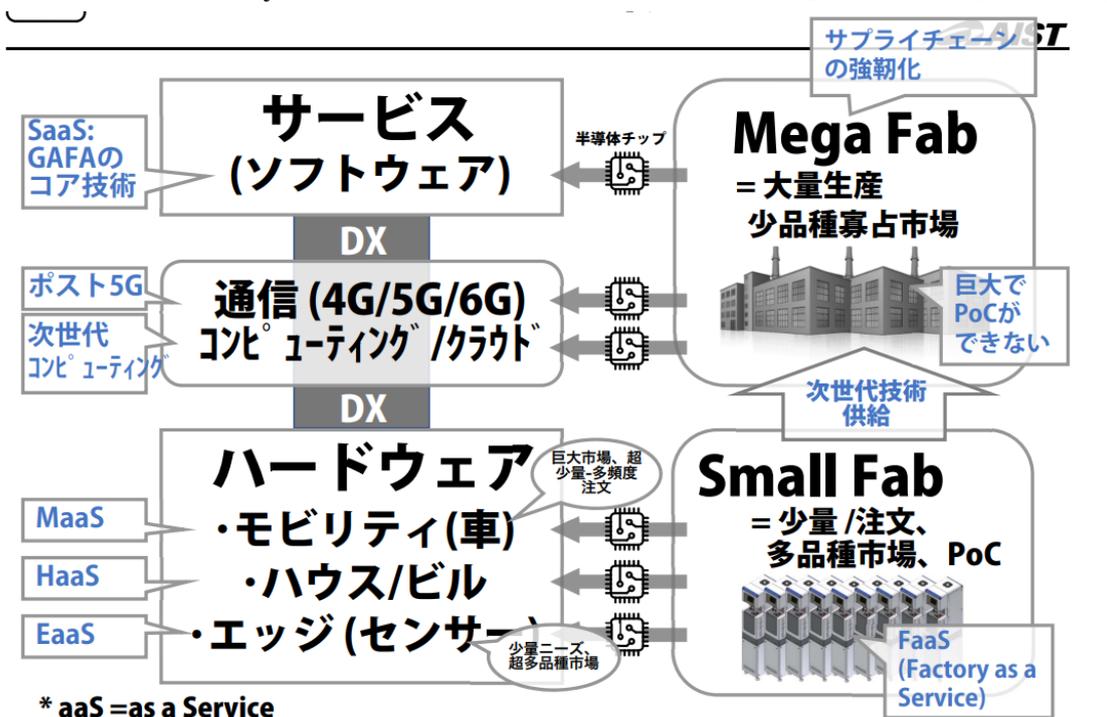
- ミニマルファブでは Cantilever (2012 年)、PMOS (2013 年)、CMOS、RingOscillator (2015 年)、BGA package、Laser (2016 年) 3D structures &MEMS (2017 年) 2input-CMOSNANDgate (2018 年) CMOS IC NANDgate(SOI) (2019 年) などを開発してきた。
- 2018 年のセミコンでは、3200 名の登録者を実現した。是に先立ち、ウェハや装置の商用販売が実現している。
- ミニマルファブに必要な要素技術はほぼ実用化している。また、開発中の技術は代替を開発してデバイス製造を実現している。
- ミニマルファブのオペレーターは、認定プログラム使って研究者・エンジニアが自らオペレートする。講義一時間/装置、テスト 30 分/装置で誰もがオペレーターになる。

6.今後の展開と GAFA

- 高付加価値ビジネスとは元来、大量生産によるものではなく、多品種少量ビジネスである。しかし、工業製品製造ビジネスでは少量生産は非常に高コスト的で成立しにくい。そこで、ハードは量産化しても、ソフトウェアで小回りを利かせて個別のサービスを提供するビジネス形態を選ばざるを得ないのが実情である。これに対する解のひとつを提供するイノベーションがミニマルファブである。
- 例として GAFA が狙うのは究極の B2C である。個別のユーザーに個別のサービスを届けることが X as a Service の最終目標であり、個人別のマイクロサービスが注目されている。しかし、GAFA であってもハードウェアについては支配できずアウトソーシングするしかない。彼らにとって残っている大きな課題となっている。
- ハードウェアの数は、サービスを届ける人口に比例する。ハードの多様性、複雑さも実は人口に比例している。
- 一方、開発チームの人数が多いとコミュニケーション量が増大し、結果開発のスピードが遅くなる。事業部制やプロジェクトチーム等の事業化組織を構築して事業の効率化を進めてきたが、ユーザー指向の今の時代には遅すぎる。例えばアマゾンでは仕事は 3 時間で開発すべきところまで来ている。マイクロサービスの開発は 5～6 人程度で

スが居ない組織で行なわれている。

- クラウドシステムは大規模事業と理解されているが、これも実はマイクロサービスの実現が真のコアにある。
- GAFA のビジネスモデルは、サービス、ソフトウェアを汎用のハードウェアを介して個別の顧客に DX で届ける。GAFA にとって、DX は末端の個別ユーザとのやりとりを進める単なる手段に過ぎない。彼らが実行する DX は、UX (User eXperience : 個別ユーザの満足度、利便性) のためのものである。
- ハイエンドのビジネス課題とスモールファブのポジション
ハイエンドの Factory OS をミニマルファブが実現し、以下の課題を解決するものである。



【質疑応答】

- ミニマルファブの小ささのメリットデメリットは何か
- GAFA のものづくりへの対応について
- 市場規模はどの程度を想定しているのか
- 半導体を製造するのにミニマルファブは何台必要になるのか
- 現在の半導体納期問題について
- ブラックスワン問題について
- プラットフォーム化とミニマルファブについて
- 線幅の大きいファブが多いことについて

以上。

文責：清水 克彦