

# 半導体パッケージングのトレンド：OSAT の展望

著者：Amkor Technology, Inc. プロダクトマーケティングおよびビジネス開発担当、Sr Director、David Clark

2021 年には、深刻な供給不足を含むサプライチェーンの問題が半導体の視界の多くを占めた一方で、半導体メーカーと半導体組立・テストサプライヤ（OSAT）は、多くの分野で技術的な進歩を続けてきました。これらのテクノロジーの改善は、主要な市場セグメントにおける最先端アプリケーションの高度なパッケージング要件に対応するものです。具体的な説明の前に、市場全体の見通しを見てみましょう。

## 市場の見通し

半導体パッケージング市場は、今後も好調な見通しを示し、2026 年までに 960 億ドルに成長すると予測されています（21～26 年の年平均成長率（CAGR）は 3.8%）（図 1）。この市場は通常、メインストリームとアドバンストパッケージングのセグメントに分けられ、後者が 2026 年までに初めてメインストリームのセグメントを上回ると予想されています。

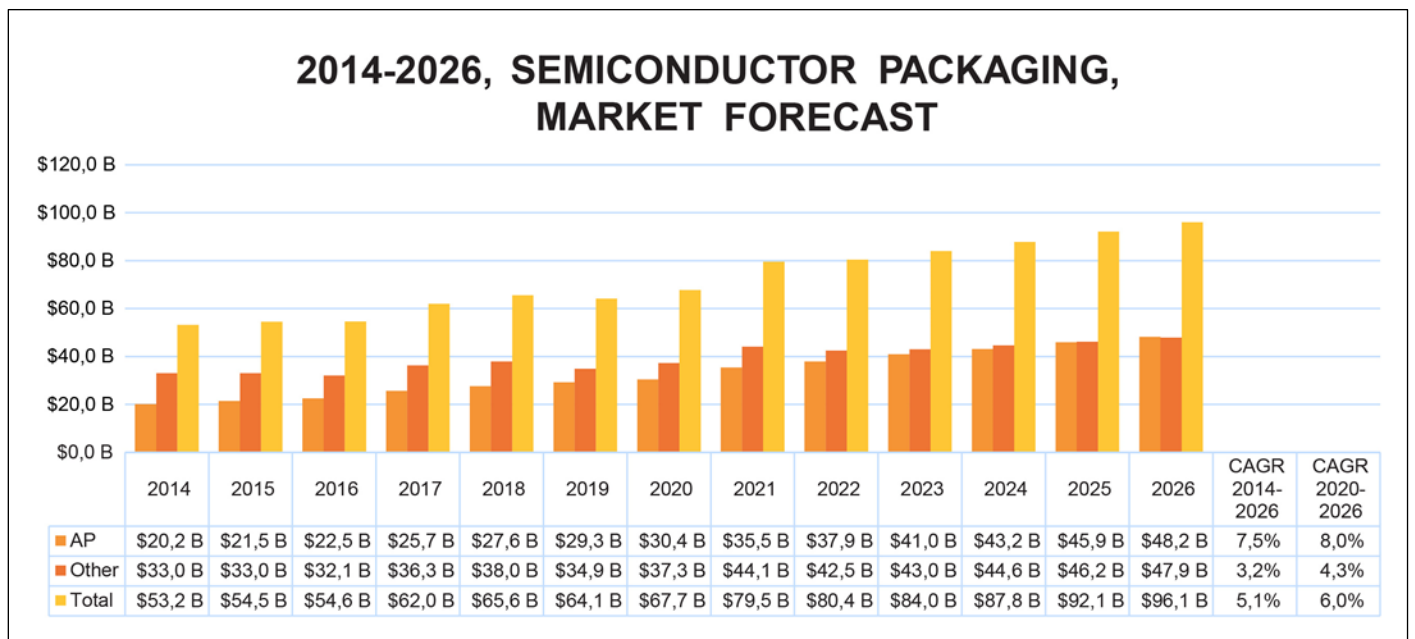


図 1：アドバンストパッケージング vs 従来のパッケージング市場の予測（2014 年～2026 年）出典：[1]

この市場は、製造のアウトソーシング化、高機能化、半導体の高集積化などの一般的なトレンドに支えられています。注目すべき成長要因は、5G コネクティビティ、自動車、データセンタ、人工知能（AI）、ネットワーキングなど複数の市場セグメントからもたらされます。5G は、多くのコネクテッドデバイスやサービスのバックボーンを形成しています。5G は主にワイヤレス接続サービスの成長機会である一方、半導体コンテンツのさらなる成長をもたらす多くの関連市場の実現手段でもあります。

2020 年から今年にかけて、業界全体でサプライチェーンが制約されたにもかかわらず、多くの OSAT は依然として記録的な収益を上げることができました。IC ファウンドリの生産能力不足はよく知られており、基板サプライチェーンにも制約があるため、2021 年は困難な年となりました。これらの分野での能力増強のための投資が新たに公表されたことで、リードタイムが徐々に短縮され、2022 年には業界が安定することが期待されますが、2023 年までは基板の課題が残ると思われます。

## モバイルパッケージングのトレンド

市場の成長要因の多くは、性能、消費電力、コストに対する高まる要求を満たすために、より高度なシステム統合を必要とします。OSAT サプライヤーがシステム全体のソリューションに不可欠な存在となるにつれ、先端パッケージングセグメントにおける継続的なイノベーションが、システムインパッケージ（SiP）、2.5 および 3D パッケージングアーキテクチャの分野で見受けられます。

携帯電話の接続サービスは、無線周波数（RF）SiP 技術の進歩を促進し続けています。5G の台頭により、携帯電話の周波数帯域は大幅に増加し、スマートフォンやその他の 5G 対応デバイス向けの RF フロントエンド・モジュールのパッケージングに革新的なソリューションが必要になっています。Amkor の両面モールドボールグリッドアレイ（DSMBGA）は、このようなソリューションの代表的な例です（図 2）。

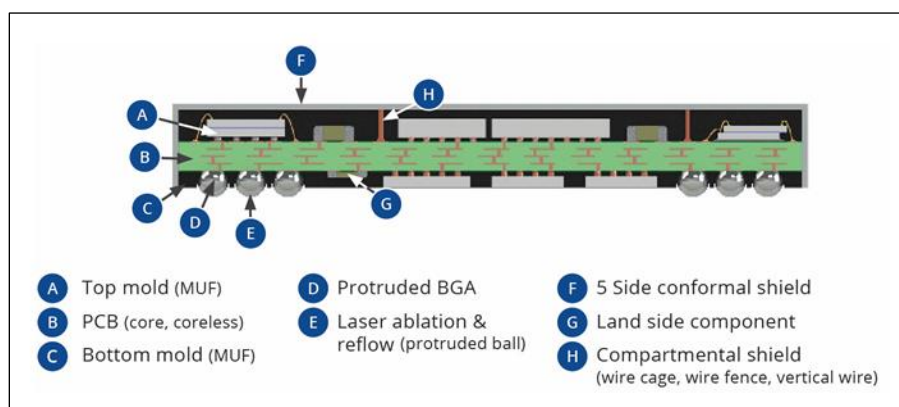


図 2：両面モールドボールグリッドアレイ（DSMBGA）パッケージ

5G ネットワークの登場により、FR1 に 3GHz 以上の周波数帯、FR2 にミリ波（mmWave）帯が追加され、周波数に変化が生じています。この新しい周波数の増加とさまざまな多重化方式の組み合わせにより、RF フロントエンドの複雑さが著しく増えています。SiP を使用した統合により、お客様は RF サブシステムの設計、調整、テストを行うことができ、設計の繰り返しを減らし、市場投入までの時間を短縮できます。弊社の両面実装パッケージング技術は、スマートフォンなどのモバイルデバイスに搭載される RF フロントエンドモジュールの統合レベルを大幅に向上させました。

5G スマートフォンやその他のミリ波アプリケーションでは、アンテナ・イン・パッケージ（AiP）またはアンテナ・オン・パッケージ（AoP）技術によるアンテナ統合により、これらの高周波数で動作する製品の設計に伴う課題を簡素化することができます。AiP/AoP のさまざまな設計手法は、これらのアプリケーションに必要な形状、フィット感、機能を提供し、複数のアンテナまたはアンテナアレイを含めることができます。今日の AiP/AoP 技術は、標準およびカスタムの SiP モジュールを通して実装することができ、完全な RF フロントエンド（RFFE）サブシステムを実現することができます。

AiP/AoP は、ハンドヘルド機器やその他の小型 mmWave 機器に必要なサイズの縮小に加え、信号減衰の低減によるシグナルインテグリティの向上、高周波で発生するレンジと伝搬の課題への対応を実現します。

## 車載用パッケージングのトレンド

自動車の分野では、先進運転支援システム（ADAS）、電動化、バーチャルコックピットなどのコンセプトが、高度なパッケージングとイノベーションに大きな新しい機会を提供しています。このような最新イノベーションは、車載用半導体の成長に寄与しており、市場は 2020 年の 387 億米ドルから 2025 年には 826 億米ドル近くまで成長すると予測されています[2]。ADAS 対応車において安全性と快適性のレベルを実現することは、センサーの展開の増加を期待させる結果となり、センサー数は 2020 年から 2025 年にかけて CAGR9.2%で増加します[2]。2026 年までに、高級車と一部の中級車の大半は、カメラとレーダー、および LIDAR センサー（光を用いたリモートセンシング技術の一つ）が組み込まれるでしょう。

さまざまな範囲、環境、精度の要件に対応するために、複数のセンシング技術が導入されつつあります。小型化と高感度化を両立させるために、インテグレーションを重視しました。センサーパッケージングプラットフォームの開発と成熟した組立プロセスの再利用は、コスト管理の鍵となります。例えば、ToF（Time of Flight）や CIS（Contact Image Sensor）などの光センシングの分野では、モールド型のシングルキャビティおよびマルチキャビティの MEMS（Micro Electromechanical Systems）パッケージングソリューションが、これらの光学センシングアプリケーション向けに展開され認定されています（図 3）。

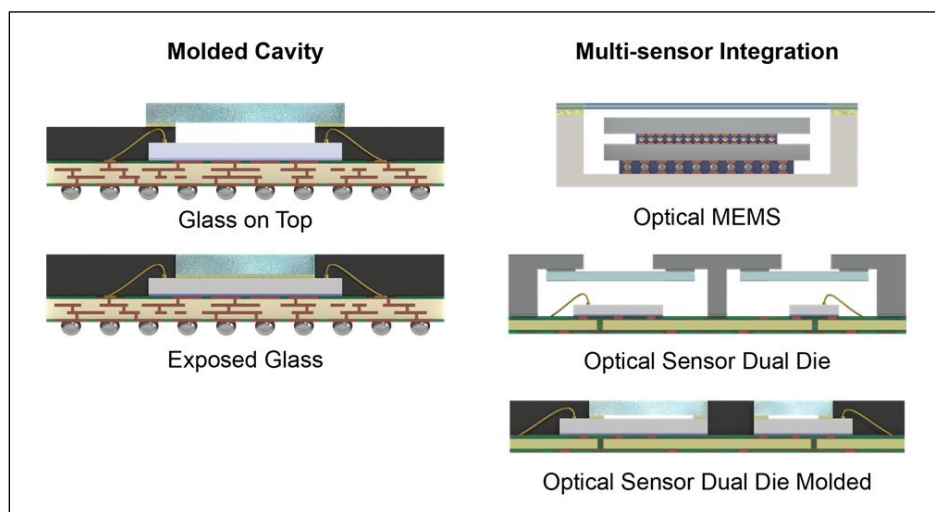


図 3：成形キャビティおよびマルチセンサー統合光学センサーパッケージ

上記のようなセンサー機能を ADAS システムレベルで強化することで、より高度な車載コンピューティング機能の必要性が高まります。この分野において、OSAT はハイパフォーマンス・コンピューティングとネットワークの分野で培った長年の経験を活かしています。さらに、車載用材料の開発を進めることで、これらのシングルチップおよびマルチチップの中央演算処理装置（CPU）は、車載用 AEC Q-100 グレードの要件に適合させることができます。

弊社は、2020 年代後半までに他社ブランドの自動車製品を製造する企業（OEMs）が 5nm 設計を導入することで、先進的なシリコン・テクノロジー・ノードの採用が加速されると予想しています。さらに、SiP 技術は、高度な CPU チップと、シリアライザ/デシリアライザ（SerDes）、電力管理集積回路（PMIC）、メモリなどの補完機能を統合するプラットフォームを自動車メーカーに提供します。

## データセンターとネットワーキングのパッケージングのトレンド

クラウドやエッジコンピューティング、ストレージ、ネットワーキングは、今日のコネクテッド・リビングのバックボーンを形成しています。音声とデータのトラフィックに対する要求は、システムアーキテクチャの大きな革新を促し、消費電力、性能、コストの究極の最適バランスを見出すために、パーティションドチップレットのトレンド（パッケージレベルの統合）を加速させています（図 4）。これらの処理要求が高まるにつれ、トランジスタの高密度化はますます困難になっています。熱やノイズなどの影響と相まって、設計者は特殊なアクセラレータやメモリを搭載したヘテロジニアスアーキテクチャを、単一チップまたはアドバンスドパッケージで活用することを余儀なくされています。

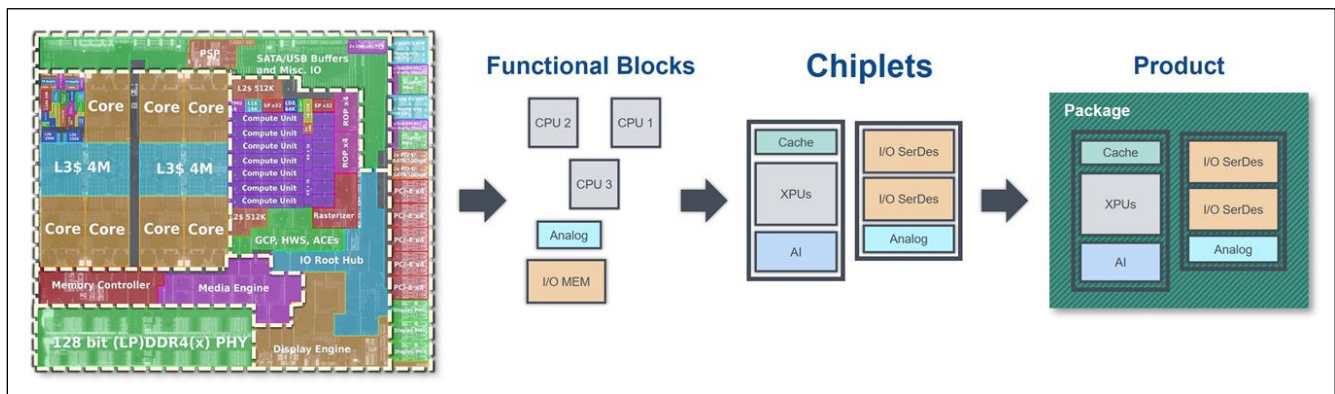


図 4：チップレット向けヘテロジニアスプラットフォーム

2.5 および 3D パッケージングソリューションは、チップレット用のヘテロジニアス・プラットフォームを提供します。その結果、ファウンドリは 3D パッケージング・ポートフォリオを拡張しています。これまで OSAT は Amkor の SWIFT®や S-Connect テクノロジーなど、ヘテロジニアスパッケージとサプライチェーンの補完的なソリューションを提供してきました（図 5）。これらのアプローチの多くは、ファウンドリか OSAT か、チップファーストかチップラストか、インターポーザーやその他のオプションの有無にかかわらず、ムーアの法則を拡張する欲求を抑え、より効果的なパッケージレベルの代替案を提供することを目的としています。



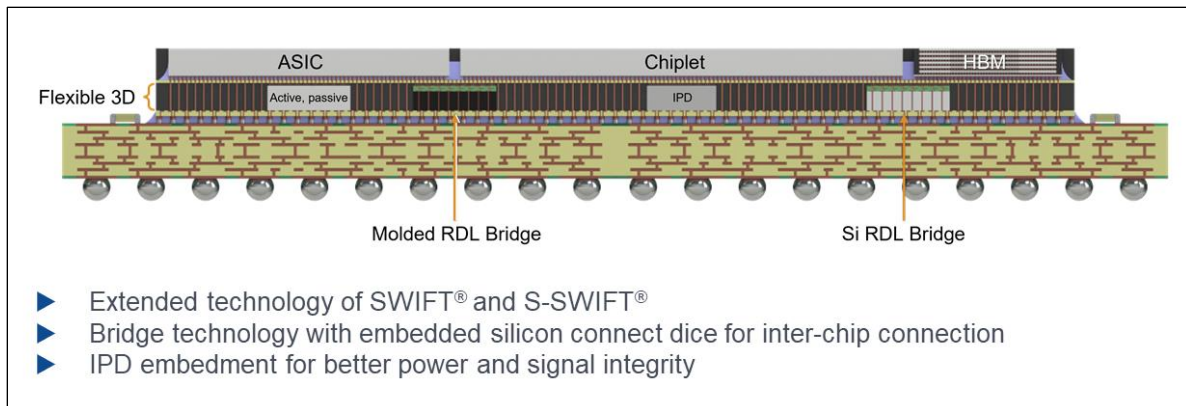


図 5 : Amkor の S-Connect テクノロジー

技術的な課題は、チップのコ・パッケージング能力だけにとどまらないため、チップとパッケージのコ・デザインが重要です。間取りを仕切る場合、パッケージ内の部品をどこに配置するか、よく考える必要があります。信号と電源の完全性を維持するために、物理的に非常に近い場所に配置する必要がある部品もあります。重要なのは、どこで何を分割するか、ワークロードは何か、各機能のコストと歩留まりの観点から最適なシリコンノードは何か、という点です。このようにシステム設計の自由度が増すことで、システムレベルの設計、チップ間 I/O 配線、配電、熱最適化などにおいて、OSAT の果たす役割がますます重要になっています。

現在、チップレットの時代は黎明期にあります。現在までのシステムの設計方法は、データを動かすための歴史的なアプローチに基づいています。メタバースの未来を支えるデータの動きについて、より先駆的なアプローチをとることで、次世代システムの構成が再定義されるでしょう。現在研究段階にある CPO (Co-Packaged Optics) などのコンセプトは、将来のパッケージデザインの可能性の一つです。

## サマリー

主要市場におけるアプリケーションのニーズを満たし、成長予測を達成するためには、いくつかの異なる高度なパッケージング技術が必要です。OSAT と半導体メーカーが成功し続けるためには、いくつかの重要な基準を満たさなければなりません。半導体製造装置メーカー (OEM) と OSAT サプライヤーは、イノベーションプロセスの早い段階で適切な問題を解決できるよう、設計段階でのコラボレーションを継続的に改善する必要があります。フットプリントを最小化し、効果的に電力を管理し、継続的にパフォーマンスを向上させるために、OSAT による技術投資は、財政的な安定性を目標として行わなければなりません。適切なパッケージングコンセプトを用いれば、こうした成長市場での数量要件を満たすためのスケールアップが可能になり、成功が実証されます。これは、将来のサプライチェーンの問題を回避するために不可欠です。

---

## 謝辞

SWIFT は、Amkor Technology, Inc.の登録商標です

© 2022 Amkor Technology, Inc. 無断転載を禁じます

## 参考資料

- 1) Yole Développement、Status of the Advanced Packaging Industry 2021、123 ページ
- 2) Gartner / Semiconductor Forecast Database、Worldwide、2021 年第 3 四半期最新版—  
2021 年 10 月 4 日発行

## バイオグラフィー



Amkor Technology, Inc.、Sr. Director、David Clark は欧州での製品マーケティングと戦略的ビジネス開発を担当しています。Amkor に入社する前は、Flipchip International (FCI) 、Leica Microsystems、Agilent Technologies でさまざまなビジネス開発およびエンジニアリング職を歴任しました。光電子工学およびデバイスパッケージングで 5 件の特許を取得しており、グラスゴー大学で電子、電気、光電子工学の BEng Honors 学位を取得しています。メール : [david.clark@amkor.com](mailto:david.clark@amkor.com)