

実装材料のトータルソリューション 強化に向けた取り組み

Action for a Total Solution that Reinforces the Packaging Materials Business

高野 希 *Nozomu Takano*

機能材料事業本部 実装材料事業部

宮崎 忠一 *Chuichi Miyazaki*

機能材料事業本部 実装材料事業部 パッケージングソリューションセンター

近年の5Gに代表される情報通信システムの発達に伴い、あらゆる「モノ」がインターネットにつながるIoT(Internet of Things)時代が近づいている。一方、半導体の高密度化は限界になりつつあり、さまざまな環境下で使われる電子機器に搭載される半導体パッケージ(以下、パッケージと略する)は、三次元実装を含めてこれまで以上に複雑な構造で、かつ高い信頼性が要求されている。

このたび、2014年につくばに開設した半導体実装オープン・ラボを川崎市に移設し、新オープン・ラボとしてスタートした。新オープン・ラボは従来の材料の組み合わせ・プロセスのトータルソリューションの提案にとどまらず、本ラボを核として社外機関との協創によるオープンイノベーションを推進し、次世代のパッケージの早期実現に貢献する。ここでは新オープン・ラボでの新たな仕掛けや活動内容について紹介する。

In recent years, advances have been made with respect to information and communications systems (most notably, 5G technology), marking the coming of the era of IoT (Internet of Things), where everything is connected to the internet. At the same time, there are limitations in increasing the density of semiconductors, and the semiconductor packages mounted in electronic devices used in various environments are required to have a more complicated structure (such as three-dimensional mounting) and higher reliability.

We have relocated the open laboratory established in Tsukuba in 2014 to Kawasaki City, where it is now called the "New Open Laboratory". At the New Open Laboratory, not only do we propose conventional total solutions for material combination and processing, but we also promote open innovation projects that center on the laboratory and that are carried out with the cooperation of other companies and organizations. Through open innovation, the laboratory accelerates the realization of next-generation semiconductor packages. In this paper, we introduce some of the new innovations and activities of the New Open Laboratory.

1 緒 言

近年のスマートフォンやタブレットPCに代表される情報端末電子機器の急激な高機能化に伴いパッケージは小型化・高密度化が急速に進んでいる。このため、その構造は面実装の高密度化にとどまらず、デバイスに貫通ビアを有する3次元化や、再配線技術により実装プロセスで高密度実装を可能としたファン・アウト型ウェハレベルパッケージ(Fan-Out Wafer Level Package: 以下FO-WLPと略す)などより複雑化しており、実装プロセスも多様化している。

一方、製品サイクルも短くなっており、このような複雑なパッケージを短期間で実現するには、新規な実装材料をタイムリーに提案することはもちろんのこと、実装プロセスや材料組み合わせを含めた顧客目線での総合的なソリューションをスピーディに提案することが重要となる。

日立化成は、世界に先駆けて1994年から半導体実装材料の評価・解析を自社で行うことを目的とした実装センタを設立し、各種実装材料の開発を促進してきた。これにより我々は半導体の前工程から後工程に関連する材料まで、その製品ラインアップを拡大している。

2014年6月に、先に述べたパッケージ構造や実装プロセスの大きな変化に対応するため、実装センタの実装・評価設備を一新し、多様な実装材料技術と実装評価・解析技術をベースに、半導体実装オープン・ラボ(以下、オープン・ラボと略す)を開設した。オープン・ラボでは、当社の新規材料を含めた各種材料ラインアップを用いて、顧客のさまざまな先端パッケージの実装・評価が可能となった。

またオープン・ラボを核として、装置メーカーやプロセス・部材メーカーとも積極的に協業し、新規な材料+プロセスの構築を

進めている。さらに、これまで蓄積した豊富な材料データベースを用いて、まだデザインベースの顧客次世代パッケージ構造に対応する各種シミュレーションを行い、最適な材料の組み合わせや顧客の生産性向上、新規投資抑制に貢献する新規プロセス提案も推進している。

2 新川崎へのオープン・ラボ拡張移転

開設以来約4年間で、延べ600社に及ぶお客さまにご来場いただき、そのスキームを活用してのトータルソリューション提案やお客さまの認定期間を短縮する活動等により約90件の新規材料認定を取得するなど実装材料事業に貢献してきた。しかしながら、特に海外からのお客さまに対する地理的利便性と、スペース制約による機能拡張性に大きな課題があり、規模を約3倍に拡大して今般神奈川県川崎市新川崎地区への移転を完了した。新オープン・ラボの特徴や概要を次に示す。



建物外観



建屋エントランス



フロアエントランス



オフィスエリア

(1) ウェハプロセス～アセンブリエリア

ウェハプロセス～アセンブリエリアには、従来のブレードダイサに加え、ディスコ社製ステルスレーザーダイサを導入。50 μm以下の極薄ウェハの加工に対応し、デバイスウェハを用いた加工時間短縮と、クラック抑制による歩留り向上を実現することで評価の効率化を見込む。

ダイボンダプロセスにはファスフォード社製新型ダイボンダを導入した。従来比でUPH 20%向上と高速の連続実装に対応し、材料、基板に対する熱履歴など顧客量産機のプロセス環境を再現した評価が可能となる。さらに10 μmと高い位置精度、マイクロクラック検出機能を搭載しており、評価効率とともにパッケージ組立の完成度を高め、評価精度の向上を期待する。

既存設備も新機種への更新に併せ機能向上を果たした。洗浄力を強化した新型ブレードダイサの導入による加工品質向上や、パネルプロセスを想定し、600 mm×600 mmまでの大型基板に対応したダイサの導入やこれらに応じた純水循環システムの構築を行い、多様な顧客プロセスへ柔軟かつ迅速に対応していく。



ウェハプロセスエリア



アセンブリエリア

(2)先端プロセス評価エリア

近年のパッケージとして、小型薄型化の要求や短配線長による良好な高周波特性を有するFO-WLPが注目を集めている。FO-WLPには多様な工法があるが、基本的には半導体チップ上にファン・アウト用の再配線(RDL)を形成するダイ・ファースト工法、先に形成したRDL上に半導体チップを搭載するRDLファースト工法の2つに分けられる。弊社新川崎のオープン・ラボでは、いずれの多様な工法にも対応し、ウェハレベルからさらにはパネルレベル(Fan-Out Panel-Level-Package：以降FO-PLPと略す)にまで対応した試作ラインを構築している。ファン・アウト・パッケージのプロセスとしては主に、RDL形成工程、封止材モールド工程、キャリアデボンド工程、チップ搭載工程などから構成されるが、新川崎サイトではキャリア基板サイズとしては最大12インチのウェハから、最大510 mm×515 mmサイズに至るパネルまで、一連の工程が対応可能となる装置群を有し、ファン・アウト・パッケージ関連の各種材料・プロセスの評価が可能である。



先端プロセス評価エリア

RDL形成工程は、RDL絶縁材の塗布形成の液状材料塗工やフィルム材料ラミネート、感光性材料の露光・現像、シードメタルスパッタリング、めっきレジスト形成、Cu電解めっき形成、レジスト剥離・シードメタルエッチングなどの一連の工程に対応する。特に、上記大型パネルサイズに対応し最小Line/Space = 2 μm/2 μmの高解像度を有するステップ露光機(サーマプレジジョン製Sc6k)を導入し、今後のさらなる高密度化RDLへも対応した。

封止材モールド工程は、つくばサイトでの最大320 mm×320 mm基板サイズ対応から、新川崎サイトでは新規コンプレッションモールド機(TOWA製CPM1180-S)を導入し、最大510 mm×515 mmサイズまで対応可能となり、同様にスパッタリング工程も同サイズに対応する新規スパッタリング装置(ULVAC製SIV-500)を導入した。

チップ搭載工程については、フリップチップボンディング(FCB)は、つくばサイトでは基板サイズ300 mm×300 mmパネルまでは対応していたが、新川崎サイトでは最大600 mm×600 mmサイズに対応する新規PLPフリップチップボンダー(東レエンジニアリング製MD4000)、搭載精度±2 μm、最大1,600 UPHの搭載能力を有する新規フリップチップボンダー(東レエンジニアリング製FC3000W)を導入、また、搭載精度±8 μm、4,000 UPHの搭載能力を有するダイボンダー(FUJI製NXT-Hw)も導入、今後の大型パネル化および高精度搭載に対応した。

(3) 感光性材料評価エリア(イエロールーム)

高密度化を実現する次世代パッケージング技術に必須となる微細配線形成ラインを構築するため、イエロールームエリアでは、大型基板にも対応可能なスリットコータ、真空ラミネータ、および大型現像機の導入により、これまでの12インチウエハサイズから最大600 mm×600 mmのパネルサイズまでの対応を可能とした。また、新設したClass100のクリーンルーム内に、前出のサーマプレジジョン社製ステップ露光機Sc6kを新規に導入することで、L/S=2/2 μmの微細パターン加工を安定的に実現する見通しを得た。合わせて、大型のスパッタ装置およびめっき関連設備を導入して、種々下地上のCu配線形成を可能にした。

これらの設備を同クリーンルーム内に集約することで、感光性材料を使用した微細配線形成、ならびに次世代Cu配線めっきへの対応と、適用材料・プロセス開発促進につながる評価ラインを構築した。



イエロールーム

(4) 評価分析エリア

最先端の評価設備を新たに導入して微細領域の分析精度を向上するとともに故障解析のスピードアップを図った。200万倍まで対応可能な電界放出形走査電子顕微鏡(FE-SEM)や90 nAの大電流ビームにより高速・大面積加工が可能な高性能集束イオンビーム(FIB)を導入してL/S=2/2 μm以下の微細配線に関する組立性評価および精密分析ラインを構築した。今後採用が増えることが期待されるFO-PLP向け評価解析装置として、超音波探傷装置、セミオートプローバ、レーザー変位計を導入した。いずれも600 mm×600 mm以上の検査範囲を有しており、これらを活用することで、再配線層を形成する時の不具合発生タイミングの特定や、パネルサイズのままで封止後の反りを測定することを可能とした。さらに水流吸着ステージのついた超音波探傷装置で反りを矯正してボイドや剥離の観察がPパネルサイズのまま非破壊で検査できるようにした。



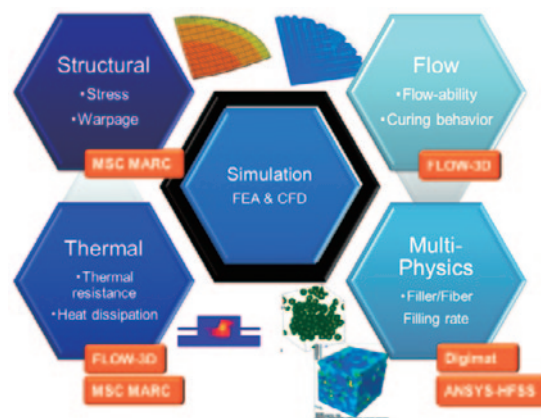
評価分析エリア

(5) シミュレーションエリア

オープン・ラボでは、日立化成の有する豊富な材料データベースを強みに、非線形構造シミュレーション(Marc; MSC Software)を用いて、反りや応力解析、疲労寿命解析、放熱解析を行い、材料開発を支援してきた。近年CAE(Computer Aided Engineering)の活用が進んでいることから、新たに流動シミュレータ(Flow3D; Flow Science)と複合材料シミュレータ(Digmat; MSC Software)、電磁界シミュレータ(Ansys HFSS; Ansys)を導入した。流動解析では、封止材などの硬化反応を生じながら金型内を流動する樹脂や、フィルム状材料の圧着挙動などの解析が可能である。また複合材料解析では、従来一体物として扱っていた複合材を個別の構成要素にわけて解析することができ、微視的構造の応力や異方性のある材料の正確



シミュレーションエリア



シミュレーションのケーパビリティ

な物性発現の再現や、複合材料のマクロな物性からミクロな構造を推定するリバースエンジニアリングなどを行うことができる。電磁界解析では回路の放射やアイパターンに及ぼす材料の比誘電率、誘電正接の影響を解析できる。新川崎では、これらの解析技術を融合することで、高度な材料開発促進に貢献することをめざしている。

(6)ふくおかIST((公財)福岡県産業・科学技術振興財団)エリア

今回の新川崎移転では、大形FO-PLPに対応した試作体制の構築を進めている。しかし、多量の薬液管理、廃液処理、およびスペースの問題から、再配線形成に必要な大型めっき設備やエッチング設備を新川崎に設置することは難しかった。そこで、三次元実装や部品内蔵基板の技術に強みを持つ三次元半導体研究センター(福岡県、ふくおかIST)内に、プラズマ装置(AP-1500; Nordson)、はく離装置(ASEP-S600; ジャパンクリエイト)、エッチング装置(SEP-S600; ジャパンクリエイト)を新規導入し、510 mm×515 mmサイズに対応した再配線形成ラインを構築した。これにより多様な材料構成で、大形FO-PLPに対応した微細再配線(L/S=2/2 μm)形成が実施可能となる。また、同研究センターの知見を活用することで、新規プロセス開発にさらなる相乗効果が期待できる。



三次元半導体研究センター



バッチ式剥離装置

3 コンソーシアム「JOINT(ジョイント)」

昨年6月、半導体実装材料・装置の開発に携わる企業17社が参画するコンソーシアム「JOINT: (Jisso Open Innovation Network of Tops)」を設立し、弊社の半導体実装オープン・ラボを拠点に活動を開始した。このコンソーシアムでは、参画企業各社が保有する材料や装置を用いて、半導体メーカーのお客さまにパッケージの最先端実装技術の開発から実装プロセスまでを含む総合的なソリューションを提供することで、スピードが求められるパッケージの開発におけるお客さまの工数・時間の削減に貢献する。

近年、人工知能(AI)や、あらゆるモノがインターネットにつながるIoTの利用拡大や自動運転、電気自動車(EV)などの市場拡大に伴い、高性能なセンサー、高速データ通信を可能にする無線端末や基地局、膨大な情報を高速に処理できるサーバ、データセンタなどのニーズが高まっている。これにより、各種機器に搭載される半導体に求められる機能は多様化し、その構造はますます複雑になっているため、パッケージの製造にはより多くの材料や装置が使われるようになっている。これに伴い、お客さまはパッケージを開発する際に、より多くのサプライヤ企業からの材料・装置の調達や個別の評価が必要となるなど、多くの手間と時間がかかるという課題があった。

そこで、日立化成は各種材料・プロセスを組み合わせた総合的なワンストップ・ソリューションをお客さまに迅速に提供するために、半導体実装技術を開発するコンソーシアム「JOINT」を設立した。従来の半導体実装オープン・ラボは、日立化成と装置メーカー、日立化成と材料メーカーといった1対1の協業体制が基本だったが、「JOINT」では、開発テーマに合わせて日立化成と複数の企業との間で技術や情報の相互活用を行うことが可能である。

具体的には、パッケージの製造に必要な各種材料・プロセスの最適な組み合わせや、新しいパッケージ等、総合的なソリューションを迅速にお客さまに提供できるようになる。また、こうした材料・装置の組み合わせにより、お客さまが行う半導体評価試験に近い条件での材料・装置評価が可能となり、お客さまがサプライヤごとに個別に行っていた評価の手間が省ける。これらにより、スピードが求められるパッケージの開発における工数・時間の削減に貢献することが可能になる。



コンソーシアム「JOINT(ジョイント)」のロゴ



コンソーシアムメンバ専用オフィス

4 今後の展望

日立化成は、強みである広範な材料技術力に一段と磨きをかけ、ハイエンド分野における新製品・新事業の創出に継続的に取り組んでゆく。移転・機能強化したオープン・ラボを実装材料ビジネスの戦略的拠点と位置付け、各種材料の提供に留まらずワンストップソリューション・プロバイダーとして、お客さまや協業するコンソーシアム参画企業各社とともにさらなるオープン・イノベーション推進に取り組む、新規な先端パッケージの実現に貢献してゆく。