

高速・高品質実装を追求した 半導体組立装置・電子部品実装装置

Die Bonding System for Semiconductor and Chip Mount System for High-speed and High-quality Surface Mount Technologies

福島 秀明

Fukushima Hideaki

石井 康

Ishii Yasushi

須田 富司

Suda Tomiji

瀬戸 勝幸

Seto Katsuyuki

株式会社日立ハイテクインスツルメンツは、2010年4月に旧株式会社ルネサス東日本セミコンダクタの電子装置事業部を統合し、それまでの主力製品であるチップマウンタに加えダイボンダをもう一方の事業の柱として事業展開を開始した。情報端末機器に搭載されるLSIの高性能化に合わせて、いっそう高まりつつある組立装置へのさまざまな要求に対応するため、ダイボンダとチップマウンタで培った技術を高次元で融合させ、新製品開発への展開を計画的に推進していく。

1. はじめに

近年、携帯AV (Audio Visual) 端末、スマートフォンなどの情報端末機器への小型、軽量、高速情報処理に対する要求は、ますます進化している。これに伴い、搭載されるLSI (Large-scale Integration) は小型化、多機能化、薄型化、高速信号処理などがいっそう進み、組立装置への要求も高まっている。

一方、大量生産における生産性に加え、商品サイクルの短期化に伴う生産立ち上げ時間の最小化や稼働率の最大化が生産設備に要求される重要な要因となっている。

ここでは、日立ハイテクインスツルメンツにおけるダイボンダ事業の主力装置DB-800HS、世界シェアトップのCM700MX、およびチップマウンタΣ-G/Σ-G5、スクリーン印刷機Σ-P4に関する市場動向と装置コンセプト、装置構成とともに、ボンダ技術とチップマウンタ技術を融合したシナジー製品について述べる。

2. ダイボンダの装置技術

半導体の後工程組立装置であるダイボンダにおいては、パッケージの小型化、薄型化に対応するため、ダイ位置決めの高精度化、ダイ厚さ50 μm以下のダイボンディング技術や積層ボンディング技術などが用いられている。

日立ハイテクインスツルメンツは、これらの多様化、進化を続けるLSIパッケージの生産に対応するダイボンダDBシリーズ、およびDRAM (Dynamic Random Access Memory)組立専用機であるCMシリーズを開発してきた。

2.1 ダイボンダDB-800HS

ウェーハおよびトレイから供給されたダイをエポキシペースト、DAF (Die Attach Film) を介してサブストレート上にボンドする装置である。装置の外観を図1に、特長を以下に示す。

- (1) ボンド精度：±10 μmの高精度位置決め技術
- (2) 15 μm薄ダイのピックアップを可能とした高品質ベアダイハンドリング技術
- (3) 2分割ボンディングプロセスを用いた高生産性ボン



図1 | DB-800HSの外観

SiP (System in Package) 組立に対応した300 mmウェーハ用高速・高精度ダイボンダを示す。新開発の高速・低振動機構により高生産性・高品質を実現している。

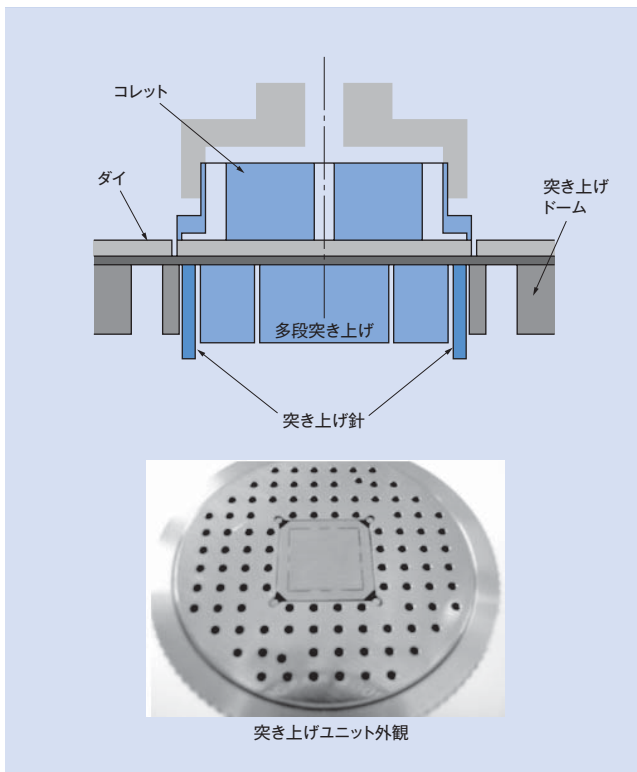


図2 | 新突き上げ機構 (特許出願中)

薄ダイの積層を実現した突き上げ機構で、ダイに加わる曲げストレスを緩和したことが特徴である。

ディンギシステム

薄ダイのピックアップに関しては、四隅を少量突き上げて剥離を進行させた後、ダイ中央の突き上げを行う2段階方式を採用している (図2参照)。

DB-800HSの主な仕様を表1に示す。

これらの技術により、microSD^{※1)}カードのような小型薄厚パッケージ内に多層の積層ボンドを実現した (図3参照)。

DBシリーズに対しては、生産性向上やプロセス拡張な

※1) microSDは、SD Associationの商標である。

表1 | DB-800HSの仕様

SDカードに代表されるメモリカードの組立(薄いダイの積層)に適した高速・高精度ダイボンダである。

項目	仕様	
適用ワーク	・ダイサイズ	XY : 0.8~25 mm 厚さ : 0.025~0.6 mm
	・ウェーハリング	φ200/φ300 mm用
	・リードフレーム (キャリア治具)	厚さ : 0.1~1.0 mm 長さ : 100~275 mm 幅 : 32~95mm
	・マガジン	長さ : 100~280 mm 幅 : 37~110 mm 高さ : 60~150 mm
ボンダ方式	・エポキシペースト接着 / 熱圧着共用	
生産能力	・ペースト 8,000 IC/Hr DAF 4,000 IC/Hr	
ボンダ精度	・ペースト	XY : 15 μm/θ : 0.1° (3σ)
	・DAF	XY : 10 μm/θ : 0.1° (3σ)

注 : 略語説明 DAF (Die Attach Film)

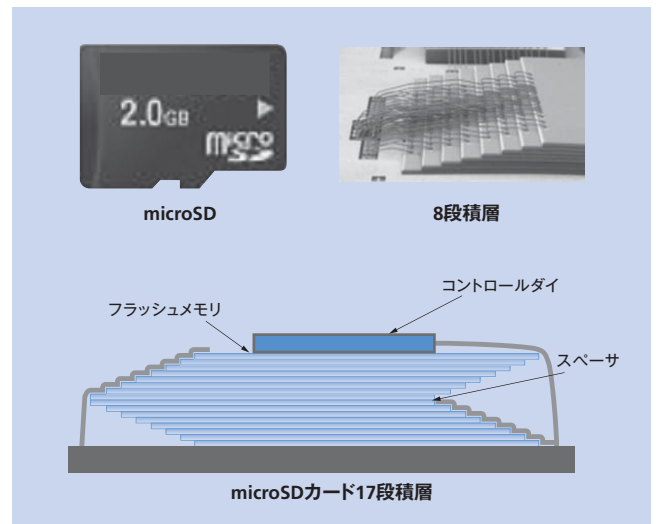


図3 | メモリカードの外観と内部構造

microSDカードの外観と内部SEM (Scanning Electron Microscope) 画像 (8段積層)、構造図 (17段積層) を示す。単一パッケージ内に、同種ダイを多数積層ボンドし、大容量化に対応している。

どの市場要求が継続してあり、これらに対応するためにさらなる改善を行い市場に投入していく。

2.2 DRAM組立専用機CM-700MX

DRAM市場では、高速化・薄型化・高密度化・多機能化・低消費電力化が進み、特にDDR (Double Data Rate) は転送速度向上に伴い、パッケージ形態がwBGA (Window Bonding Ball Grid Array) からμBGA^{※2)}に移行している。一方、DRAMメーカーからは、製造プロセス変化や価格ダウンに対応する高パフォーマンス (高精度・高生産性) への強い要求がある。

※2) μBGAは、米国Tessera社の登録商標である。



図4 | CM-700MXの外観

高速DRAM (Dynamic Random Access Memory) に必要な先端パッケージの組立に対応した300 mmウェーハ用マウンタの外観を示す。高精度位置合わせ技術、ラミネーション技術を採用し、高生産性を実現している。

これらの市場要求に応えるために、現在世界におけるDRAM生産の主力装置であるCM-700をベースに、新製造プロセス対応、生産能力拡大、高精度安定化技術を確立したCM-700MXを市場投入した。装置外観を図4に示す。

この装置は、あらかじめエラストマテープが貼(は)り付けられた短冊テープに、テープの裏面下方からダイを加熱/加圧ボンディングする装置である。主な装置仕様を表2に示す。

CM-700MXの特長は以下のとおりである。

- (1) 75 μm厚 短冊仕様TAB (Tape Automated Bonding) テープの高信頼度の位置決めハンドリング技術
- (2) 2分割ボンディングプロセスを可能にした高生産性ボンディングシステム
- (3) ボンド精度: ±15 μm Cpk (工程能力指数) 1.33を可能にした高精度位置決め技術

表2 | CM-700MXの仕様

高速DRAMの代表であるμBGA (Ball Grid Array) の組立に対応した高速・高精度のボンダであり、キャリアレス薄テープ搬送用の装置である。

項目	目標仕様	備考
適用ワーク	μBGA	幅: 74 mm
		長さ: 247 mm
		厚さ: フィルム 0.075 mm
		マトリクス: 最大 6列-7行
接合性	ボンド精度	±15 μm Cpk 1.33以上
	ボイド	無きこと
	デラミネーション	無きこと
	エラストマ濡れ性	5 μm以上
生産能力	UPH	1,600以上
その他	エラストマ傷	無きこと
	クランパ機能	上: 真空クランパ 下: 非接触式クランパ
	キャリアレステープ搬送	異ピッチ搬送可能

注: 略語説明 UPH (Unit per Hour)



注: 略語説明 DDR3 (Double Data Rate 3)

図5 | DRAMの外観

高速DRAMの代表である2 GBのDDR3の外観を示す。動作速度は1.3 Gビット/sで外部接続はBGAとなっている。

これらの技術により、図5に示すようなμBGA方式のDDR3 (Double Data Rate 3) (2 Gバイト) の生産が可能になった。CMシリーズにおいては、現在も装置に対する高パフォーマンス、新プロセス対応の強い要求があり、ユーザーニーズに応えるため、さらなる改善・開発を加え、タイムリーに市場へ装置を投入している。

3. 表面実装装置

携帯電話、デジタルカメラに代表されるマルチメディア分野では、製品の小型、高機能化要求を背景に、実装部品の小型、高密度実装化が加速している。一方、急激に市場を拡大しているLED (Light Emitting Diode) の照明、TV用バックライト分野においては600 mmを超える大基板対応や、LED部品のランク分け実装が必須条件であり、従来の実装機への要求と大きく変化してきた。こうした要求に加え、少品種大量生産から多品種少量生産までを柔軟に対応できる設備だけが市場要求を満足できる。

日立ハイテクインスツルメンツは、業界トップのスループットを実現したモジュラーマウンタΣ-G4/Σ-G5、スクリーン印刷機Σ-P4、さらにはそれら装置を一括管理するLISA (Line Information Support and Administration) サーバを開発して、顧客価値最大化提案を訴求し、2010年4月から市場への投入を開始した。Σシリーズの外観を図6に示す。

マウンタにおいては顧客生産形態に合わせて片側部品供給タイプΣ-G4と両側部品供給タイプΣ-G5の2機種を同時開発した。

3.1 モジュラーマウンタΣ-G4/Σ-G5

この装置は、0.4 × 0.2 (mm) サイズの極小チップから100 × 26 (mm) サイズの大型コネクタまでを基板に実装するモジュラーマウンタ装置である。両側部品供給タイプΣ-G5の装置構成を図7に示す。

前後二つのヘッドがフィーダベース (部品供給部) から

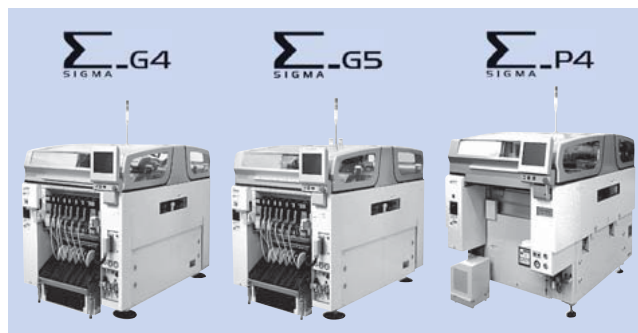


図6 | Σ-G4/Σ-G5とΣ-P4の外観

Σシリーズとして作業性と外観を統一した。透明カバー採用により、装置内部の視認性も大幅に向上している。

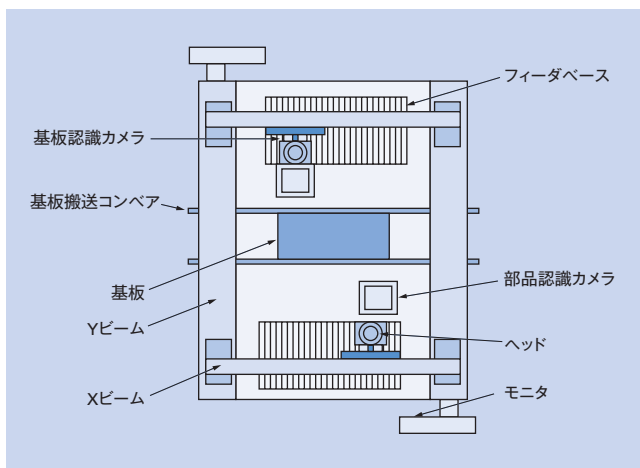


図7 | Σ-G5の装置構成

ヘッド、部品供給方法、基板搬送方式のバリエーション展開を図った。各ユニットの組み合わせにより、さまざまな生産形態に対応する。

部品を同時に吸着し、部品認識カメラで部品位置を認識後、XYビームによってヘッドを高速移動して位置補正し、位置決めされた基板に2ヘッドで同時実装する構成である。

製造ラインでは製造設備のダウンタイムを最小にし、設備の稼働能力を最大にすることでOEE (Overall Equipment Efficiency: 総合設備稼働率) の最大化を図らなくてはならない。装置スループットの向上に加えて、生産機種切り替え時間、計画外停止時間(スケジュールドダウンタイム)の最小化、突発的な停止時間の根絶による不稼働時間の削減が重要である。

この装置では生産性向上のため、以下の四つの技術を採用して業界トップの1時間当たり7万チップの高速・高品質実装を実現した(表3参照)。

- (1) ロータリ式ダイレクトドライブヘッド
 - (a) ワンバイワン方式による安定吸着
 - (b) 伝達機構を使用しない高精度・高品質実装
- (2) XY軸リニアモータ駆動
 - (a) Y軸ツイインリジッド駆動による高速位置決め技術
- (3) 業界初のオーバードライブモーション

表3 | Σ-G4/Σ-G5の仕様

オーバードライブモーションにより、片側部品供給タイプのΣ-G4も業界トップクラスのスループットを実現した。

項目	仕様	
機種	Σ-G4	Σ-G5
ヘッド構成	2ヘッド/モジュール	
スループット(高速ヘッド)	70,000 Cph (1モジュール)	
対象基板サイズ(mm)	デュアル(Σ-G5:オプション)	50×50~610×216 (シングルユース) 50×50~610×381
	シングル	— 50×50~610×460
ヘッド対象部品	高速タイプ	0402~44×44 mm, T: 12.7 mm以下
	多機能タイプ	1,005~55×55 mm, 100×26 mm, T: 25.4 mm以下
搭載品種数	60品種(8 mmテープ)	120品種(8 mmテープ)
装置寸法(mm)	長さ1,280×幅1,900×高さ1,450	長さ1,280×幅2,200×高さ1,450
装置質量	約1,650 kg (カート含まず)	約1,750 kg (カート含まず)

- (a) 各ヘッドが前後吸着エリアから自由に吸着可能
 - (b) 同一基板上に前後ヘッドが同時に装着可能
- (4) ノンストップ部品認識

- (a) 15部品一括認識による部品認識ロス時間削減

また、以下に示す各種ツール類を充実することにより、生産データ作成、生産機種切り替え時間最小化、ノンストップ生産、誤装着防止を支援し、瞬間的な生産性追求にとどまらず、OEE最大化を図っている。

- (1) 生産データ作成支援ツール: CAD (Computer-aided Design) 変換ソフトウェア, オフラインデータ作成
- (2) 生産機種切り替え時間最小化: 全自動段取り, 無停止生産機種切り替え
- (3) 誤装着防止: 部品掛け違いチェック, 実装トレース機能

3.2 スクリーン印刷機Σ-P4

この装置は、基板にはんだを印刷するスクリーン印刷装置である。高速かつ高精度の印刷を実現するため、独自のHR (Hyper Rolling) スキージを開発した。スキージの動作概要を図8に示す。HRスキージは標準平スキージに対してはんだの抵抗が小さく、印刷速度毎秒150 mmと高速に移動させてもはんだのローリングが良好となり、高速印刷を可能とし、当社従来機24秒に対して12秒の印刷時

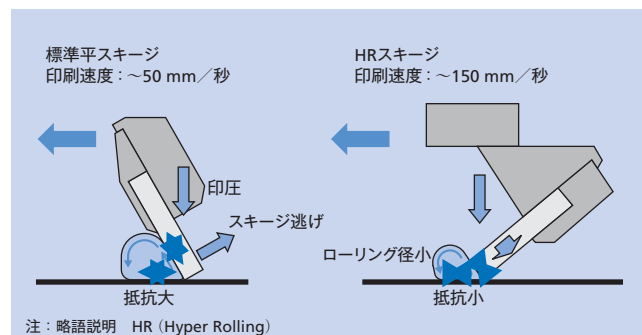


図8 | スキージ動作概要

HRスキージを使用した場合、ローリング時のはんだとの接触抵抗が低減でき、高速印刷条件でも充填率の高い印刷が可能となった。

表4 | Σ-P4の仕様

LED (Light Emitting Diode) 市場の拡大に合わせ、610×460 (mm) の基板サイズまで対応可能とした。

項目	仕様
対応基板サイズ (mm)	50×50~510×460 (OP: 50×50~610×460)
スクリーン枠寸法 (mm)	650×550~750×750
基板搬送時間	7.0秒
印刷速度	20~200 mm/秒
版離れ制御	多段階/加速度制御
スキージ(選択)	ウレタンゴム平スキージ
	ファインピッチHRスキージ
	メタルスキージ
装置寸法 (mm)	長さ1,280×幅1,220×高さ1,450
装置質量	約1,000 kg

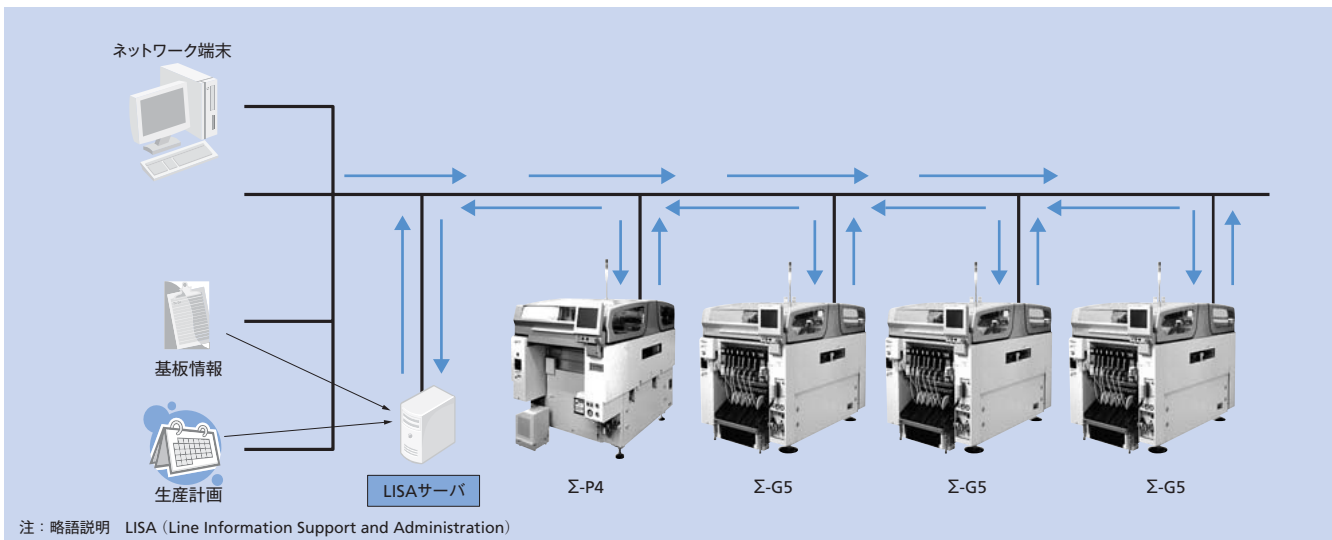


図9 | LISAの構成図

LISAサーバと各装置はLAN (Local Area Network) 接続され、ネットワーク通信により基板情報、稼働情報の伝達を行う。

間を達成した(表4参照)。

3.3 ライン管理LISAサーバ

生産ラインでは印刷機と複数のマウンタが連結設置され、それら複数台の装置によって1枚の基板に実装される。多品種少量生産ラインでは頻りに生産機種切り替えが発生するため、複数の装置を一元管理することが望まれている。Σシリーズでは印刷機とマウンタを一括管理するLISAサーバを開発した。LISAの構成を図9に示す。

装置ごとに管理していた実装データを一元管理するとともに、全装置の一括生産機種切り替えを可能にした。また、各装置から定期的に送信される装置稼働情報を収集してライン全装置の稼働状態を把握することができる。

4. おわりに

ここでは、DB-800HS, CM700MX, Σ-G4/G5, Σ-P4に関する市場動向と装置コンセプト、装置構成、およびボンダ技術とチップマウンタ技術を融合したLISAサーバについて述べた。

最近、半導体後工程市場での高速化要求と表面実装市場でのベア実装要求が高まっている。すなわち、ボンダとマウンタの長所を生かした製品要求である。この要求に応えるため、日立ハイテクインスツルメンツは2010年4月のボンダ事業統合を機に、Σ-G5をベースにボンダの薄ダイ供給技術を組み合わせたシナジー製品を開発中である。

今後、さらにシナジー効果を生かした製品開発を進め、継続して顧客価値を最大化する提案を行っていく考えである。

執筆者紹介



福島 秀明
2003年株式会社日立ハイテクインスツルメンツ入社、実装システム営業本部 所属
現在、実装装置の事業戦略業務に従事



須田 富司
2010年株式会社日立ハイテクインスツルメンツ入社、第三設計部 所属
現在、ダイボンダの設計に従事



石井 康
2010年株式会社日立ハイテクインスツルメンツ入社、山梨開発部 所属
現在、ダイボンダの設計に従事



瀬戸 勝幸
2003年株式会社日立ハイテクインスツルメンツ入社、第一設計部 所属
現在、実装装置の設計に従事