

高精度フリップチップボンダ

High-Precision Flip Chip Bonder

久保 哲也
KUBO Tetsuya

橋本 正規
HASHIMOTO Masanori

宮本 雄介
MIYAMOTO Yuusuke

近年の携帯電話やモバイル機器の小型・高機能化や高精細液晶ディスプレイ(LCD)の増加により、LCDドライバICにおいては接続ピン数の増加や電極ピッチの微細化、更には折り曲げ可能な薄厚テープ対応が必須となってきている。その結果、フィルム上にICをフリップチップ接続するCOF(Chip On Film)方式が急速に拡大してきた。

当社はこのようなニーズにこたえるために、個片基板にICを実装する半導体パッケージ用高速フリップチップボンダ(精度 $\pm 10 \mu\text{m}$)の開発技術をベースに、装置剛性アップ、ヘッド及びカメラXYテーブルの高精度化、薄厚テープの高速搬送を実現し、実装精度 $\pm 5 \mu\text{m}$ を満足する高精度フリップチップボンダを芝浦メカトロニクス(株)と共同で開発した。

With the increasing miniaturization and higher functionality of cellular phones and other mobile devices in recent years, LCD driver ICs are required to accommodate high pin counts, fine pitch, and film of a thickness that enables folding. The use of the chip on film (COF) method, which involves flip chip bonding of an IC on film, is expanding rapidly as a result.

To meet these requirements, based on the development technology for a high-speed flip chip bonder (precision $\pm 10 \mu\text{m}$), Toshiba has developed a flip chip bonder that has an alignment accuracy of $\pm 5 \mu\text{m}$ in collaboration with Shibaura Mechatronics Co.

1 まえがき

近年の携帯電話やモバイル機器の小型、高機能化や高精細LCDの増加により、LCDドライバICの接続には、これまでTAB(Tape Automated Bonding)テープにICを一括接続するインナリードボンディング(ILB)⁽¹⁾が主流であったが、多ピン・微細ピッチ接続や薄厚テープ化が可能なCOF方式(図1)が急速に拡大してきた。ILB方式ではインナリードの形成技術により $50 \mu\text{m}$ ピッチが限界であったが、COFでは $40 \mu\text{m}$ 以下の微細ピッチが実現できる。

COFでは図1に示すように、フリップチップボンディングにより接続する必要がある。そこで、これまで半導体パッケージ用に開発した高速フリップチップボンダ⁽²⁾をベースに、高精度でかつCOFテープに対応した高精度フリップチップボンダを開発した。以下にこの装置の概要と開発した技術について述べる。

2 装置の概要

開発した高精度フリップチップボンダ TFC-2000の外観を図2に示す。この装置は、ローダ、本体、アンローダで構成され、COF対応を基本としている。COFに必要な装置仕様を表1に示す。微細ピッチ対応としては、ボンディング精度 $\pm 5 \mu\text{m}$ が必要であり、多ピン対応として高荷重対応(最

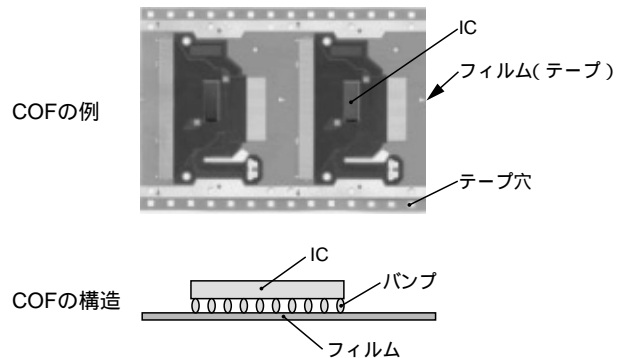


図1 . COFの構造 フィルム上にICの電極面を直接接続する。プロセスは、Au-Sn、NCP、NCFに対応する。

Structure of COF

大 300N)が必要である。薄厚テープ搬送としては、テープ厚 $25 \sim 50 \mu\text{m}$ の対応が必要であり、ローラ搬送方式を採用した。プロセスは金(Au)-すず(Sn)、NCP(Non Conductive Paste)、NCF(Non Conductive Film)の対応を可能とした。装置構成を図3に示す。装置は、ICチップの電極面とCOFテープの配線部を全自動で高精度にボンディングするものである。以下に、装置の動作内容を示す。

- (1) COFテープはテープローダから繰り出され、ローラによりボンディング位置へ搬送する。
- (2) ICチップは反転ピックアップでウエーハから1個ずつ



図2．高精度フリップチップボンダ TFC - 2000 COFのリールtoリール方式に対応した高精度フリップチップボンダである。
High-precision flip chip bonder

表1．COFに必要な装置仕様
Specifications necessary for COF

項目	仕様
ボンディング精度	± 5 μm
最大荷重	294 N
対応テープ厚さ	25 - 50 μm
テープ搬送	ローラ搬送方式(低ダメージ搬送)
ツール加熱	コンスタントヒート, セラミックヒート対応
対応プロセス	Au-Sn, NCP, NCF

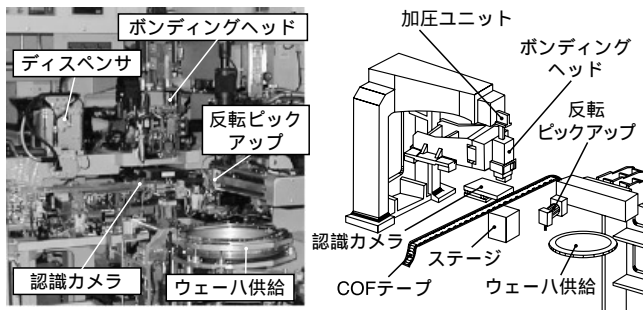


図3．フリップチップボンダの構造 ウェーハ供給に対応しており, ICを反転してボンディングヘッドに高速に受け渡す機構を持ち, ICと基板の位置を検出する認識カメラとボンディング動作を行う加圧ヘッドから成る。
Structure of flip chip bonder

ピックアップし, ICチップを反転後ボンディングヘッドに受け渡す。

- (3) ボンディングヘッドはCOFテープ上空に移動し, 上下同時認識カメラが基板とICの間に移動し, 基板とICの位置を検出する。
- (4) ICの補正量(X, Y,)を算出し, ボンディングヘッドのX軸, Y軸, 回転軸を補正量分移動しICの位置を

補正する。その後, ヘッドを下降させボンディングを行う。

3 装置開発のねらい

この装置の高精度化を図るうえで, 次の2点をポイントに開発を進めた。

- (1) アライメント精度の向上
 - (a) カメラ位置決め精度向上 高精度リニアXYテーブル採用
 - (b) 高精度画像処理 COGNEX社8200シリーズ採用
 - (c) 薄厚テープ搬送精度向上
- (2) ボンディング精度向上
 - (a) 高剛性化 ヘッド加圧分離構造, ヘッド・ステージ剛性向上
 - (b) 熱変形対策 低熱膨張材料の採用

3.1 カメラ位置決め精度向上

ICとCOFテープの位置を正確に検出するためには, カメラを駆動するXYテーブルの高精度化が必要である。今回, カメラXYテーブルの駆動部にリニアモータを採用し, エンコーダにはリニアスケールを採用した。これにより, 従来発生していたボールねじの熱ドリフトの影響を受けない構造となった。

また, カメラの光軸ずれを防止するために, カメラ光学系の材料に低熱膨張材料を使用し, 熱変形の対策を行った。これにより, 高温ツールの熱影響を最小限に抑えられる(図4)。

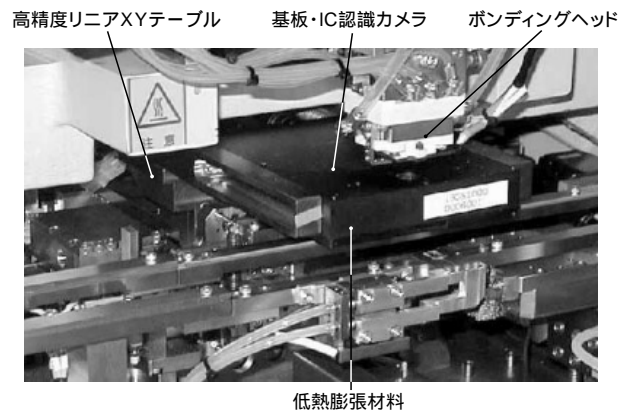


図4．カメラXYテーブルリニアモータ化と低熱膨張材料 ボンディングヘッド先端の熱の影響を抑えるため, 低熱膨張材料を適用した。
Application of linear motor and low-thermal expansion material to camera X-Y table

3.2 薄厚テープ搬送精度向上

薄厚テープをステージセンタに高精度に搬送する必要が

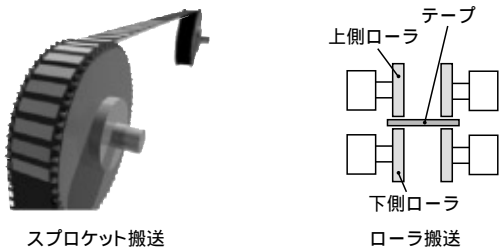


図5．薄厚テープローラ搬送 スプロケット搬送(左)とローラ(右)搬送を比較し、テープへの損傷が少ないローラ搬送方法を採用した。
Roller carriage for thin tape

あり、ダメージが小さく高速・高精度な搬送方法を開発した。従来のテープ搬送は、sprocket^(注1)の爪にテープ両端のテープ穴を引っ掛けて送る方法であり、テープ穴が損傷しやすく、テープ穴変形による位置ズレが発生したり、sprocket爪から脱落するといった問題があった。そこで、図5に示すようにテープを上下のローラではさみ、摩擦力で搬送するローラ搬送方式を採用することにした。この方法の欠点としては、摩擦力のばらつきによりテープが滑り、搬送精度が悪化する危険性がある。これに対しては、テープの穴を搬送中に高速に検出し、テープ穴の数を数えながら所定の距離で送り動作を停止する機能を開発した。動作状態は図6に示すように、高速駆動と低速駆動を組み合わせた駆動パターンで搬送し、高速域でテープ穴をカウントし、低速域で停止穴を検出し停止する。これによって、搬送精度 $\pm 50 \mu\text{m}$ 以下を達成した。

3.3 加圧分離構造

従来のボンディングヘッドは、加圧力を発生するZ軸モータが、ヘッドXYテーブルの上に組み込まれた一体化構造であった。そのため加圧時にはZ軸を支えているフレームに反力がかかり、フレームにひずみが発生しヘッド先端にたわ

(注1) テープ穴に引っ掛けるための爪が付いたローラ

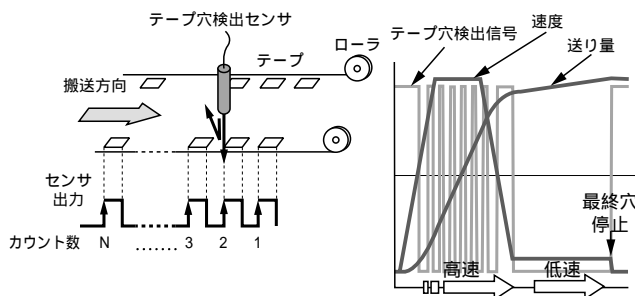


図6．テープ穴検出による高精度搬送制御 テープ穴を高速に正確に検出することにより、ローラで正確にテープを搬送する。
High-precision carriage control by hole detection

みが発生するという問題点があった。そこで、加圧によるひずみがヘッド先端に伝わらない構造とするために、図7に示すようなXYテーブルと加圧用Z軸モータを分離する加圧分離構造を採用した。加圧により加圧コラムにはひずみが発生するが、ボンディングヘッド先端にはたわみが発生しないため、鉛直方向の理想的な加圧力を発生することができる。

また、今回加圧コラムの構造については、図8に示すように構造解析を行い、経験則による設計予測が困難な部分の事前検証を行った。構造解析においては294 Nの加圧力発生時の応力発生分布を求め、形状の検討を実施した。また、加圧コラムの固有振動数を解析によって求めた結果、もっとも低い固有振動数は80 Hz(実測75 Hz)であり、精度仕様を満足する固有振動数60 Hz以上を達成することを事前に確認できた。なお、解析結果は実験結果と誤差が7%程度であり、今後の解析に適用できるめどを得た。

3.4 ヘッド熱変形対策

ヘッドツール先端には加熱用のヒータが取り付けられるが、加熱時には熱がヘッド先端部に伝わってヘッドZ軸に熱変形が発生し位置ズレ発生の原因になる可能性がある。そこ

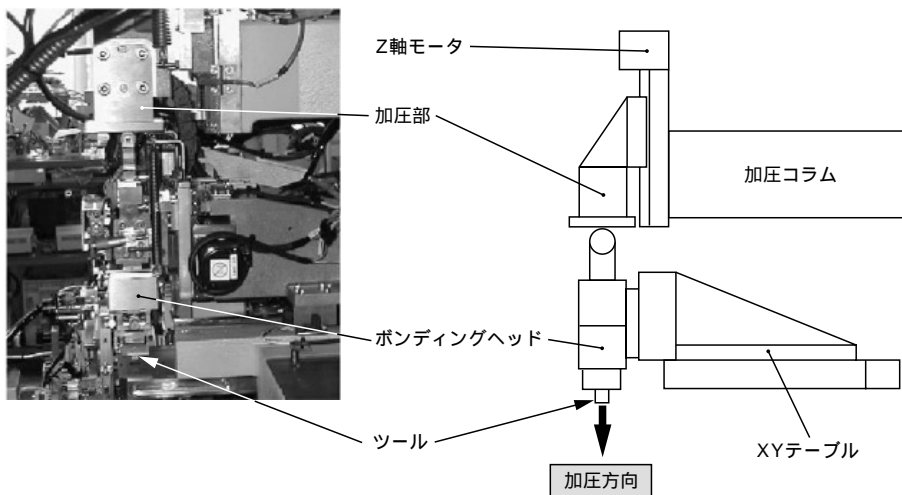
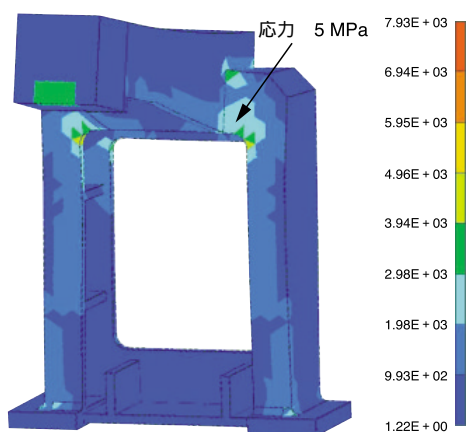


図7．加圧分離構造 加圧時に発生するたわみをツールの先端に影響が出ない構造となっている。
Pressure separation structure



加圧力294 N時の応力分布
(2,500倍拡大表示)

図8．加圧コラムの構造解析 加圧コラムの構造を静解析し、応力集中を試算した。
Structural analysis of pressure column

で、ヘッド先端部に熱膨張係数 $1 \sim 2 \times 10^{-6}/$ という非常に小さい熱膨張係数を持つ低熱膨張鋳鉄を適用した。また、ヘッド支持部には、軽量化をねらって、通常のアルミニウム合金に比べて熱膨張係数が $1/2$ 以下で剛性の高い特殊アルミニウム合金を適用した。

3.5 装置の精度測定

フリップチップボンディングの位置精度を測る方式としては、ガラス基板上にガラスICを実装し、その位置合わせ状態を実態顕微鏡などで計測する方法を用いている。ガラス基板にグリースを塗布し、ガラスICを実装したときの結果を表2に示す。この結果、約 $\pm 3 \mu\text{m}$ の精度が得られており、常温での装置の位置合わせ精度としては十分満足している。

表2．ガラス実装精度
Glass mounting precision

測定方向		精度(3 _{n-1} σ μm)
X方向	上	3.14
	下	3.12
Y方向	右	2.90
	左	3.02

次に、実際のボンディングにおける実装精度を図9に示す。ツール温度450で、荷重値を変化させたときの実装精度を測定した。図9の結果から、荷重294 N (= 30 kgf)において、 $\pm 5 \mu\text{m}$ 以下を達成しており装置仕様を満足する結果が得られた。

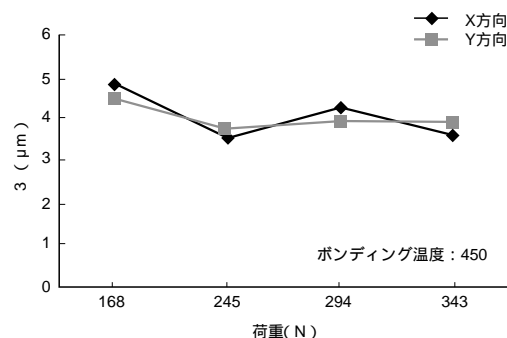


図9．ボンディング精度 実ワークを用いて、加熱と加圧力による実装精度の比較を行った。
Bonding precision

4 あとがき

高精度フリップチップボンダは、半導体パッケージ用高速フリップチップボンダ開発で培ってきた技術をベースに、タクトタイムを維持しながら高精度化($\pm 10 \pm 5 \mu\text{m}$)を実現した。また、ローラを用いた薄厚テープの高速搬送が完成し、ワークの損傷を防止する搬送が可能となった。これにより、LCDドライバ業界では、ユーザーニーズにこたえていけるものと期待している。

今後は、 $30 \mu\text{m}$ ピッチ対応を実現するために位置合わせ精度 $\pm 3 \mu\text{m}$ を満足するための装置開発を進め、ファインピッチ化への対応を実施していく。

文 献

- (1) 牛島信一郎,ほか,高生産性インナリードボンディング装置,東芝レビュー,53,11,1998,p.57-60.
- (2) 半導体パッケージ用フリップチップボンダ,東芝レビュー,55,3,2000,p.20.



久保 哲也 KUBO Tetsuya

生産技術センター 実装技術研究センター研究主務。
半導体実装機の研究・開発に従事。情報処理学会会員。
Electronic Component & Assembly Technology Research Center



橋本 正規 HASHIMOTO Masanori

芝浦メカトロニクス(株)研究開発部課長。
フリップチップボンダの開発に従事。
Shibaura Mechatronics Corp.



宮本 雄介 MIYAMOTO Yuusuke

生産技術センター 実装技術研究センター。
半導体実装機の研究・開発に従事。
Electronic Component & Assembly Technology Research Center