

小型・少ピンチップに対応した 高速超音波フリップチップボンダ

High-Speed Thermosonic Flip Chip Bonder for Small and Low-Pin-Count Devices

芝田 元二郎

SHIBATA Motojiro

井口 知洋

IGUCHI Tomohiro

相澤 隆博

AIZAWA Takahiro

携帯電話などのモバイル製品は、ネット社会の拡大に伴い、飛躍的に需要が増加している。この製品に使用される高周波デバイス、ディスクリートICなどの小型・少ピンチップには、パッケージサイズの縮小や特性向上、低コストが求められている。

これらの要求に応えるために、当社は小型・少ピンチップに対応した高速超音波フリップチップボンダを開発した。この装置は、実装タクト1.5秒と高速で、かつ加圧力を高精度に制御可能であり、組立コストの低いフリップチップボンディングへの適用を実現するものである。

Demand for mobile products such as cellular phones is dramatically increasing with the expansion of the network society. The small and low-pin-count devices, especially high-frequency devices and discrete ICs, used for these products require the miniaturization of package size, improvement of electrical characteristics, and reduction of costs.

In order to meet these requirements, Toshiba has developed a high-speed thermosonic flip chip bonder with highly precise bonding force control and high productivity (cycle time: 1.5 sec/IC). This equipment has been applied to the mass production of surface acoustic wave (SAW) devices.

1 まえがき

近年、ノートパソコンや携帯電話などに見られるように、携帯情報機器の小型・高機能化の要求が高まり、従来のワイヤボンダと比較して、高密度化と電気特性に優れるフリップチップ実装が適用されるようになってきた。更に、SAW(表面弾性波)フィルタ、水晶振動子、GaAs(ガリウムヒ素)ICなどの少ピンで安価な高周波デバイス、及びディスクリートICには、高生産性、低コストの実装方法が求められている。そこで当社では、これらの要求に応える超音波フリップチップ接合技術について開発を進めてきた。

そして今回、高周波デバイスの生産性向上を目的とし、業界最高レベルとなる実装タクト1.5秒(接合時間0.5秒を含む)の高速超音波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

開発した超音波フリップチップボンダ TFC-1000USの外観を図1に、接合部の模式を図2に示す。超音波フリップチップボンディングは、図2に示すようにチップの bumps と基板の配線パターンを対向させて、超音波併用熱圧着によりボンディングする方法である。



図1. 超音波フリップチップボンダ TFC-1000US - チップと基板を超音波併用の熱圧着で接合するフリップチップボンダである。

TFC-1000US thermosonic flip chip bonder

この装置の主な仕様を表1に、装置の構成を図3に示す。また、装置の動作内容は次のとおりである。

- (1) 基板をローダマガジンからレール上に繰り出し、搬送アームによってボンディングステージへ搬送する。搬送後、上方の基板認識カメラで基板の位置を検出する。
- (2) チップを反転ピックアップでウェーハから1個ずつピ

ックアップして、反転後にボンディングヘッドに受け渡す。

- (3) ボンディングヘッドをチップ認識カメラ上方に移動し、チップの位置を検出する。
- (4) 基板とチップの認識結果から補正量を算出し、ボンディングヘッドのX軸、Y軸、回転軸によりチップの位置を補正する。その後、超音波併用熱圧着によりボンディングする。

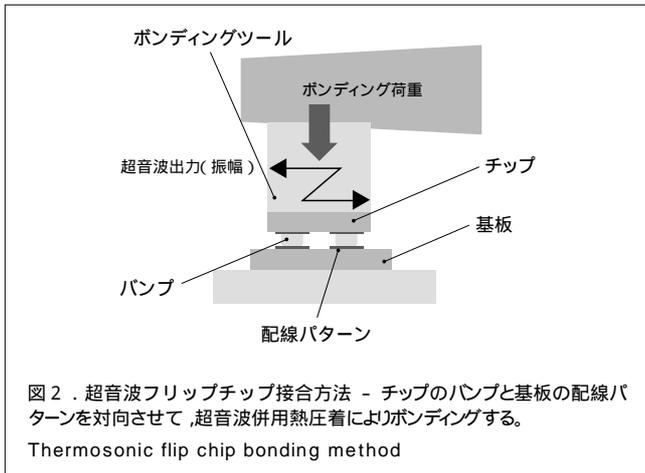


表1．装置の主な仕様

Main specifications of TFC-1000US

項目	仕様
実装タクト	1.5秒/チップ(接合時間0.5秒を含む)
ボンディング精度	± 10 μm
ボンディング荷重	1 ~ 50 N
チップサイズ	0.9 ~ 5 mm角
基板サイズ	50(幅)× 50(奥行) ~ 100(幅)× 80(奥行)mm
装置サイズ	1,090(幅)× 1,352(奥行)× 1,744(高さ)mm (シグナルタワーの高さを含まず)

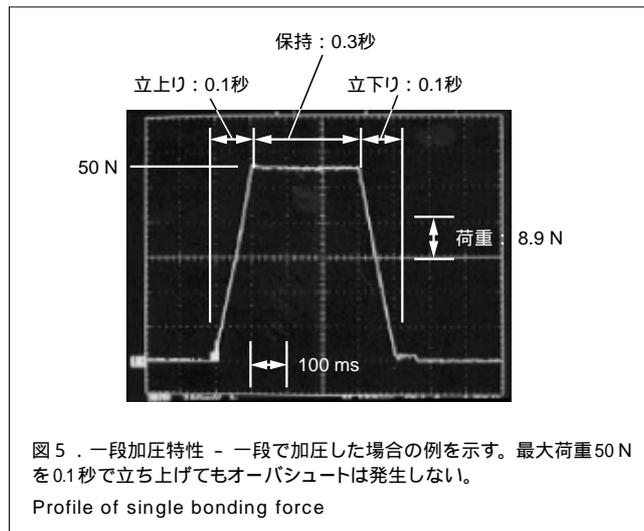
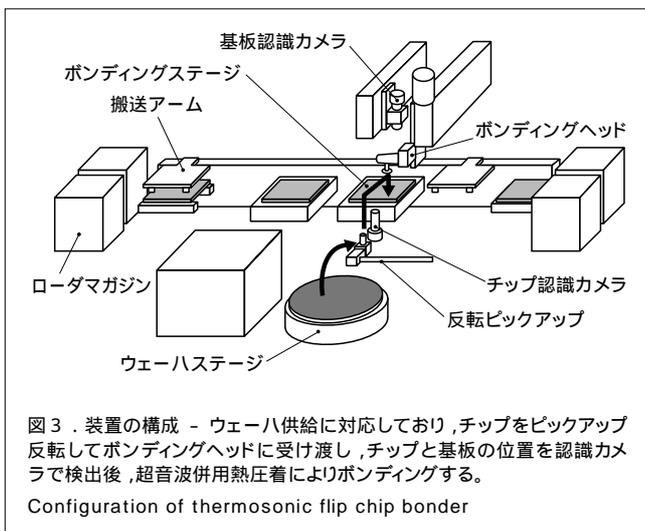
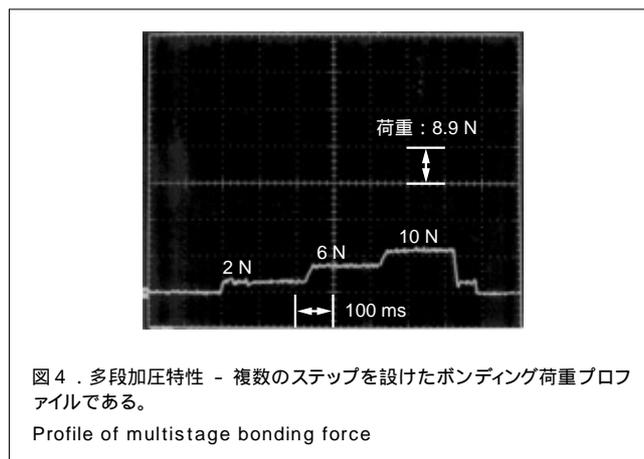
3 装置開発の狙い

3.1 超音波接合品質の安定化

3.1.1 高精度な加圧制御 超音波接合プロセスでは、任意の多段加圧プロファイルが必要不可欠であるため、追従性の高い加圧制御が要求される。今回開発した加圧機構は、電流の制御によって加圧力を短時間に変更することができる。更に、加圧力を検知するためにロードセルを設置し、ロードセルの出力をフィードバックすることで、ボンディング荷重を高精度に制御する構成とした。また、Z軸の位置、ボンディング荷重、超音波出力を専用のCPUで制御し、動作タイミングのばらつきを小さくした。

動荷重を測定した結果を図4、図5に示す。ボンディング荷重は、測定用ロードセルを専用ツールで加圧して測定した。

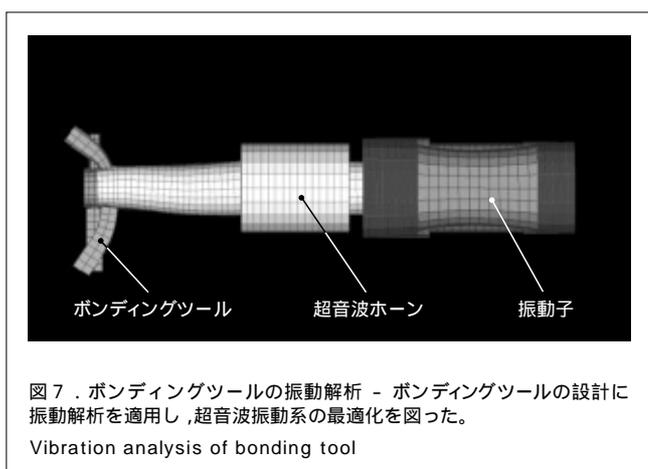
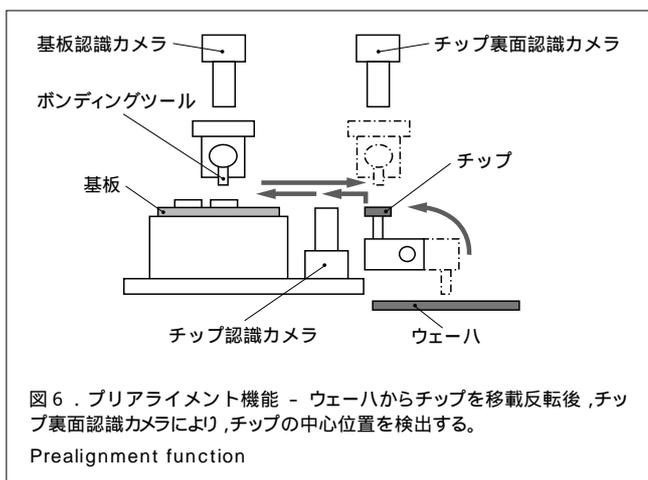
図4は、複数のステップを設け、0.02秒で荷重を立ち上げた場合の測定例である。ボンディング荷重が予定されたプロファイルどおりに得られていることを確認できた。また、図5は、ボンディング荷重を0.1秒間に50Nまで変化させた場合



の測定例である。ボンディング荷重のオーバシュートが発生しない良好な特性を得られた。

3.1.2 プリアライメント機能 ボンディング時の超音波振動を安定化するためには、ボンディングツールで常にチップ中心位置を加圧することが必要となる。そこで、チップを高精度にボンディングツールに移載するために、プリアライメント機能を搭載した。これは、図6に示すように、ウェーハからチップを移載反転後、チップ裏面認識カメラにより、チップの中心位置を検出する。そして、ボンディングツールとチップ中心位置が一致するように、ボンディングツールの受取り位置を補正する機能である。

3.1.3 ボンディングツールの最適設計 ボンディングツールの設計に振動解析を適用した。ボンディングツールの形状及び材質をパラメータとしてツールの振動モードを評価し、超音波振動系の最適化を図った。振動解析結果の一例を図7に示す。



3.2 ボンディング動作の高速化

3.2.1 ボンディングヘッド軽量化 ボンディングヘッドの外観を図8に示す。ボンディングツールを保持した超音波



ホーン、ボンディング荷重を発生する加圧機構で構成される。

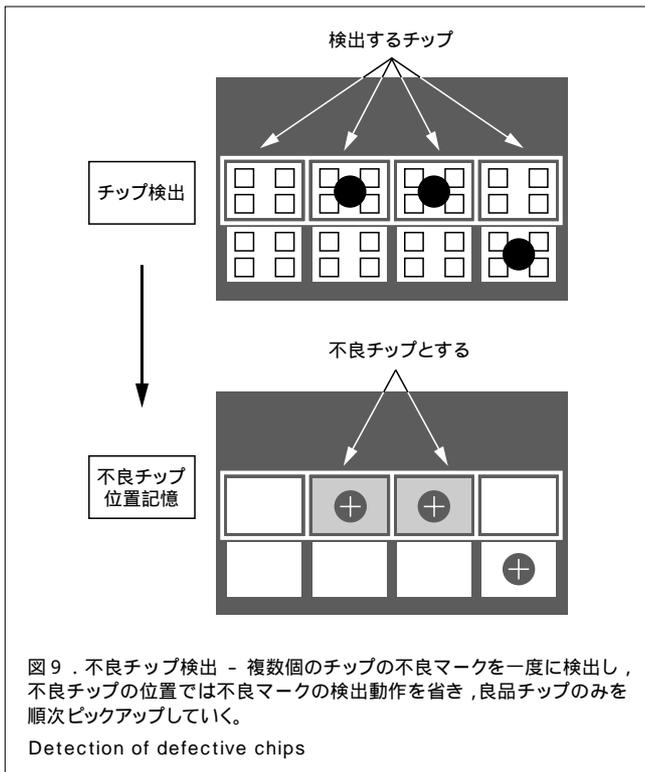
ボンディング動作を高速化するためには、ヘッドの軽量化が必要不可欠である。そこで、Z軸駆動機構をボンディングヘッドとは別架台上に分離して設け、ボンディングヘッドの質量を軽減した。ボンディングする際はZ軸を下降し、ボンディングヘッドを押し下げる構造である。また、基板認識カメラもボンディングヘッドから分離し、専用のテーブル上に設けた。加圧機構では、1～50 Nの加圧力範囲を満足するために、加圧源には電磁アクチュエータ方式を採用した。この方式を採用することで、軽量でかつ広範囲な加圧制御を両立することができた。

これらの施策により、ボンディングヘッドを軽量化し、高速で移動することが可能となった。

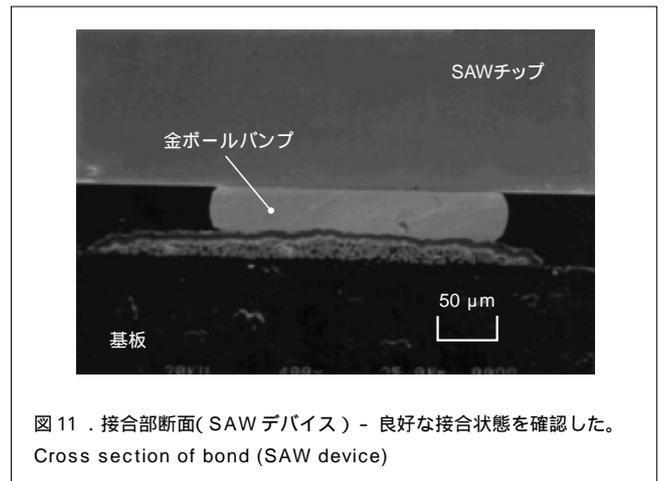
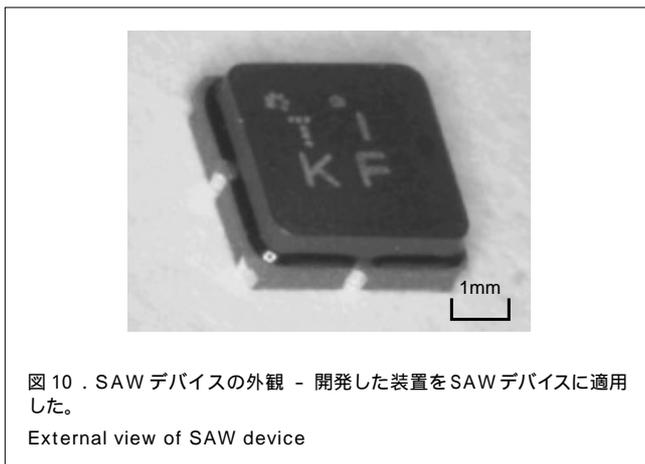
3.2.2 ユニットの最適配置 チップ搬送距離を短縮するために、ウェーハステージをボンディングヘッドの下方に配置し、最短のチップ軌道となるようにした。

3.2.3 複数のチップを一括検出 ウェーハ上の不良チップ検出のロス時間を短縮し、生産性を向上した。従来は、チップをピックアップする直前に、チップ上の不良マークの検出をしていた。一方、この装置では、複数個のチップを一度に検出し、不良チップがあった場合は、不良チップの位置をあらかじめ記憶する。記憶した不良チップの位置では、ピックアップ動作を省き、次の良品チップをピックアップする動作へ移行する。4個のチップを一度に検出した場合の例を図9に示す。従来は4回必要であった検出動作が2回に削減できる。

上述した高速化を図ることで、接合時間0.5秒を含むボンディング動作1サイクル(チップピックアップ・反転・チップ認識・基板認識・ボンディング)当たり、1.5秒を達成した。



超音波フリップチップボンディングを適用したSAWデバイスの外観を図10に示す。フリップチップボンディングを適用することにより、パッケージサイズを縮小することができた。SAWチップと基板の接合部断面を図11に示す。接合性評価を行い良好な接合状態を確認することができた。



4 あとがき

実装タクトが1.5秒と高速で、小型・少ピンチップに対応する高速超音波フリップチップボンダ(TFC-1000US)を開発した。今後、更なる高速化と、製品用途の拡充を図る。

- 

芝田 元二郎 SHIBATA Motojiro
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 Packaging & Assembly Technology Research Center
- 

井口 知洋 IGUCHI Tomohiro
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。溶接学会会員。
Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center
- 

相澤 隆博 AIZAWA Takahiro
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。日本機械学会会員。
Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center