

新世代高速ワイヤボンダ「UTC-RZ1」

Next-Generation High-Speed Wire Bonder "UTC-RZ1"

富山 俊彦 石山 義人



Abstract

The Assembly Solution Business Unit of Yamaha Robotics Co., Ltd. ("the Company") develops and supplies wire and die bonders. These bonders play a critical role in the assembly of semiconductor back-end process, and in recent years, there has been growing demand for production automation and equipment condition monitoring during manufacturing processes. This paper introduces the "UTC-RZ1" wire bonder, having developed in response to these needs.

The Company's history in wire bonder business dates back to 1959, when Shinkawa Ltd. was founded, focusing its business on the development, manufacturing, and sales of wire bonders. In 2019, it came under the umbrella of Yamaha Motor's Robotics Division, and in July 2025, it was integrated with other group companies to establish a new organization as Yamaha Robotics Co., Ltd.

A wire bonder is a machine that performs connection between the pads, which are the electrodes of a semiconductor integrated circuit (IC chip), and the leads of the package terminals on which the IC chip is mounted. The history of wire bonders spans about 60 years. In the early days, manual bonders were used, with operators performing positioning, bonding, and wire connection while viewing the work through a microscope.

In 1977, during the growth phase of global semiconductor manufacturing, the Company introduced the world's first fully automatic wire bonder. This innovation enabled operators to manage multiple machines simultaneously, thus greatly improving productivity.

From the 1980s onward, as semiconductor ICs had become more advanced for applications such as personal computers and mobile phones, the Company developed loop-forming technologies and bump-ball bonding processes to support finer-pitch IC chips (smaller electrode pads and increased number of electrodes) and multi-chip stacking, as illustrated in Figure 1.

In the 2000s, with the increasing capacity of compact memory cards and the rise of mobile devices such as smartphones, low-loop forming technology and overhang stacked-chip functionality were introduced. Meanwhile, following the 2008 global financial crisis, semiconductor manufacturing faced pressure to cut costs. Approximately 50%

of wire materials were replaced from gold to copper, and efforts were made to reduce frame costs. To accommodate those low-cost materials, the Company implemented multi-step bonding functions to improve bonding reliability. In the 2020s, the spread of remote work due to the COVID-19 pandemic, along with rising labor costs and difficulties in hiring manufacturing operators, drove demand for automation technologies that handle material transport and automated quality-inspection functions. In this regard, Yamaha wire bonders were equipped with maintenance monitoring and self-diagnostic functions, enabling labor-saving operation.

Additionally, the spread of electric vehicles (EVs) has spurred the development of thick-wire bonding technology using copper wires of 50 µm or larger for power semiconductor applications. Furthermore, with the growing application of generative AI, demand is increasing for wire bonding technologies supportive of next-generation devices.

On the basis of this long history of semiconductor and wire bonder development, the Company now introduces its new "UTC-RZ1" wire bonder.

1 はじめに

ヤマハロボティクス株式会社アセンブリソリューション事業部（以下、当社）では1 Stop Smart Solution のコンセプトを基にしたワイヤボンダ、ダイボンダを世に送り出している。これらのボンダは半導体後工程での組立に関わる重要な工程であり、近年では生産の自動化や生産時の装置状態のモニタリングなどの要求が出ている。本稿ではそれらの要求に対応したワイヤボンダ「UTC-RZ1」を紹介する。

当社のワイヤボンダの歴史は株式会社新川として1959年の創立以来、ワイヤボンダの開発・製造・販売を主軸として事業を展開し、2019年にはヤマハ発動機ロボティクス事業部の傘下となった。2025年7月にグループ会社と統合し、「ヤマハロボティクス株式会社（以下当社）」として新たな体制を構築した。

ワイヤボンダは、半導体集積回路（以下 IC チップ）の電極であるパッドと、IC チップを搭載するパッケージ端子のリードとを結線する装置であり、その歴史は約60年におよぶ。黎明期には手動ボンダが用いられ、オペレータが顕微鏡を覗きながら位置決め・接合・結線を行っていた。

世界の半導体製造が成長期を迎えた1977年、当社は世界初の全自動ワイヤボンダを販売した。これにより、オペレータが複数台の装置を同時に操作可能となり、生産性が大幅に向上了。1980年代以降は、パソコンや携帯電話機などにおける半導体 IC の高度化に対応するため、図1のような IC チップのファインピッチ化（電極パッドの縮小および電極数の増加）やチップ積層化に対応するループ形成技術およびバンブルボール接合プロセスを開発し、製品プロセスの多様化に対応してきた。

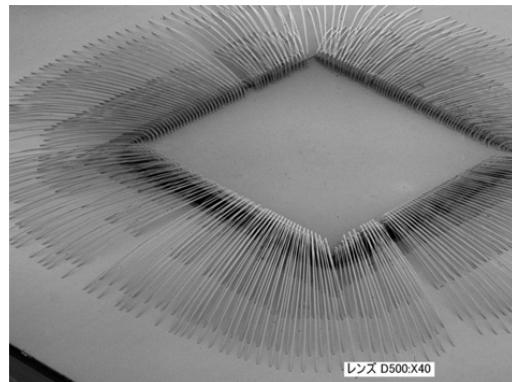


図1 ロジック向けワイヤボンドの例

2000年代には、小型メモリーカードの大容量化やスマートフォンなどのモバイルデバイスに対応した低ループ形成技術およびオーバーハング積層チップ対応機能が搭載された。一方、2008年のリーマンショック以降、半導体製造コストの削減が求められ、ワイヤ素材は金から銅へと約50%が切り替わり、フレームのコスト削減も進行した。これに伴い、低コストマテリアルに対応する接合技術として、マルチステップ機能（多段階接合機能）を導入した。

2020年代には、新型コロナウイルスの影響によるリモートワークの拡大や製造オペレータの入件費高騰・採用難といった課題を背景に、マテリアルハンドリングに対応した自動化技術や品質管理における自動チェック機能の需要が高まり、ワイヤボンダにはメンテナンスモニタや自己診断機能を搭載し、省人化に対応している。また、電気自動車の普及拡大に伴い、パワー半導体への対応技術として50um 以上の太径銅線によるワイヤボンディング技術を開発した。さらに、生成 AI の普及により、次世代デバイスに対応するワイヤボンディング技術のニーズも高まっている。以上の半導体とワイヤボンダの長い歴史を基に今回、当社の新型ワイヤボンダ「UTC-RZ1」を紹介する。

2 新世代高速ワイヤボンダの概要

半導体製造コスト削減の流れを受け、ランニングコストを抑え、より生産性を上げるために装置の小型化・高生産性に加え、SDGsに基づく環境対応への要求にも応えるべく、当社は小型化、省エネを目的とした新型ワイヤボンダ「UTC-RZ1」を新たに開発した。

フレームプッシャー(図2-1)の代わりに新たにフレーム引き込み爪を採用し従来機(UTC-5000)比で床設置面積を25%削減(図2-2)し、生産性を14%(※当社標準サンプル比)向上させることで、工場における単位面積当たりの生産性を37%向上させた高生産性モデルである。図2-3は装置小型化による寸法比較とフレームプッシャーのイメージと工場レイアウト配置台数比較のイメージとなる。また、装置ランニングコストを下げるよう圧縮エアーの消費量を50%削減し、最大消費電力も12%削減することで、環境負荷の低減にも配慮した。



図2-1 フレームプッシャー

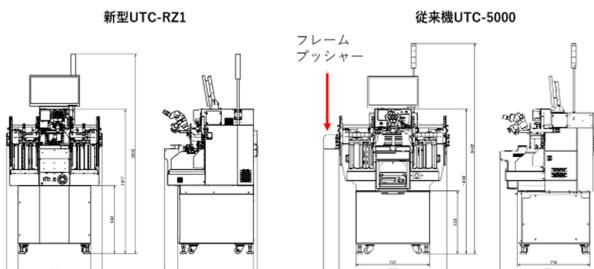


図2-2 装置寸法

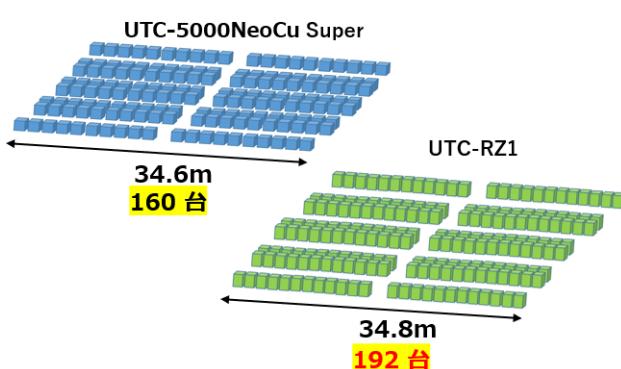


図2-3 フロア面積当たりの装置台数比較

自動化対応として、マテリアルハンドリング対応および図3の自動ツール交換機能“Capillary Auto Changer”をオプションで搭載可能し、装置のリモートオペレーションにも対応可能とした。

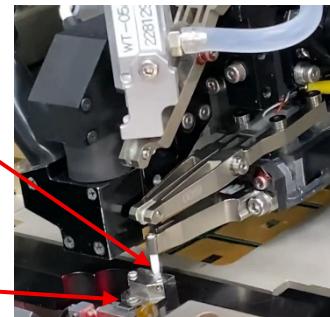


図3 キャピラリオートチェンジャー

生産品質向上のため、監視項目を従来の6項目から13項目に拡大したプロセスモニタプラス機能を新たに標準搭載し、より多くのボンディング状態の監視を可能とした(図4)。

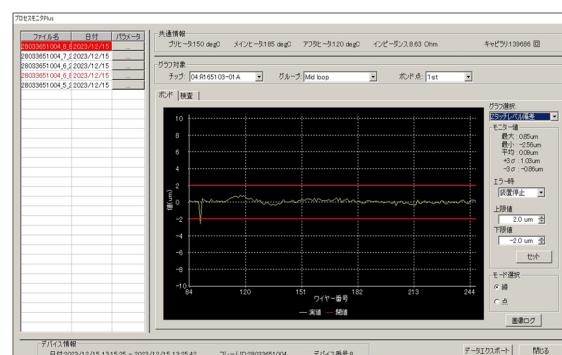


図4 プロセスモニタの画面

2-1. 装置内ユニットの技術紹介

XY軸リニアモータは、モータ推力を約30%向上させるとともに、ファンモータの冷却効率を改善することで発熱を抑制した。

Z軸モータは、従来のコア付き(マグネット駆動)からコアレス(コイル駆動)へと変更し、軸速度5%の高速化を実現した。加えて冷却構造を見直し、冷却用エアーの消費量を半減した。さらに、位置決め用スケールの汚染対策を施した。従来はホーンホルダを交換する際はボンドヘッドを外す必要があったが、新型ワイヤボンダはボンドヘッドを外さずホーンホルダの交換が可能な容易な構造とすることで、メンテナンス性の向上を図った(図5)。

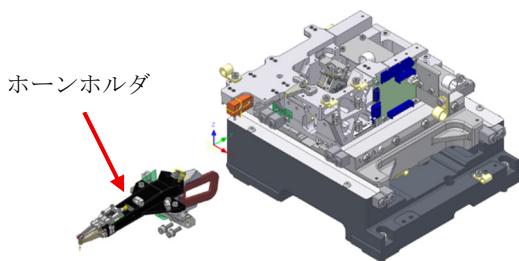


図5 ホーンホルダをボンドヘッドから外した図

ボンディングを行う超音波トランスデューサは、発振周波数をプログラム上で高周波と低周波に切り替え可能な“2周波対応”とし、さまざまなデバイスに対応できるようにした。また、キャピラリストップによる突き当て方式を採用し、“キャピラリ自動交換”にも対応可能な構造とした。さらに、発振出力を拡大することで、パワー半導体デバイスにも対応できるようにした。

電装系では、制御基板を刷新し、従来機とのソフトウェアアーキテクチャの互換性を維持しながら、機能・性能の向上およびソフトメンテナンス性の改善を実現した。

搬送系においては、ヒートステージ上の熱分布の安定化と製品切り替え時の交換部品点数の削減を図るとともに、新たに“フレーム引き込み爪”を採用し、装置幅寸法の縮小を実現した。

2-2. 装置実装技術紹介

ループ形成は、直感的に設定しやすい“UI(ユーザーインターフェース)”と、3軸同期制御によってループ円弧軌跡のズレを最小限に抑え、ループ高さのばらつきを低減する“SimLoopモード”を搭載した(図6)。

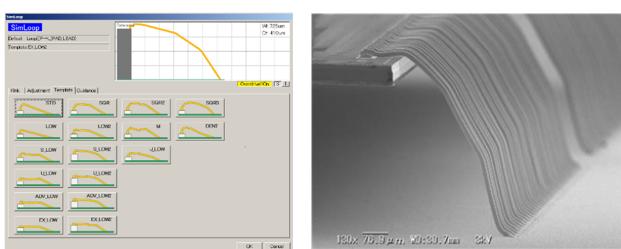


図6 SimLoop の UI とワイヤボンド例

また、テールカットにおいては、従来機能を集約するとともに、テールカットにおけるワイヤーサギング(曲がり)課題に対応するために新たに“NEXモード”を搭載し、ワイヤボンドの品質を向上させた(図7)。

Tail cut mode	Number of sagging wire (n = 630wires)	Photo
STD (SLOW 100%)	13.1% (83/630wire)	
NEX (SEQ2)	0.5% (3/630wire)	

図7 NEX モードのワイヤーサギング発生率

2-3. 装置ソフト技術紹介

UIは従来機の構成を踏襲し、操作におけるユーザーフレンドリー化を図った。また、各ユーザーごとに多数分かれていたソフトプログラムを集約することで、ソフトウェアのリリースまでの時間を短縮可能とした。

2-4. 装置開発課題

今回の装置リリースにおいて、開発で最も苦労した点は、高速化を実現するための“振動対策”である。

高速化に伴いツール先端の振動が増加する中、ベースプレートやツールを保持するボンドヘッド周辺の構造物に対し、カメラ配置の見直し、重量の低減、ボンドヘッドとYテーブル一体化における剛性(図8-1)の改善にも注力した。加えて、X軸、Y軸のモータの制御に対しても最適化を施すことで、さらなる高速化を実現した(図8-2)。

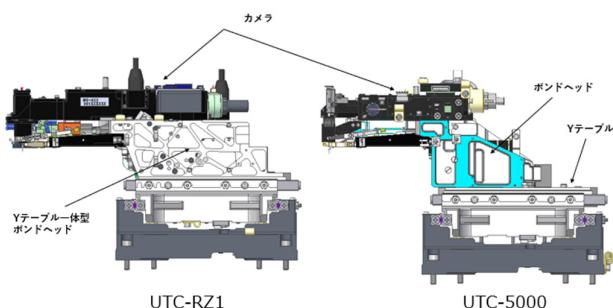


図8-1 ボンドヘッドとYテーブルの構造図

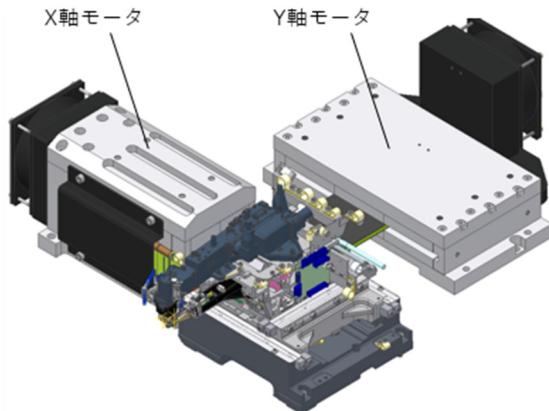


図8-2 X軸 Y軸モータ構造図

3 おわりに

「UTC-RZ1」は、12年ぶりのフルモデルチェンジ機としてリリースされた。今回の開発では、過去の事例や蓄積されたデータをもとに基本性能を強化するとともに、次世代パッケージに対応する機能を搭載した。今後は、先端デバイスへの対応を見据え、派生機や新機能の追加によって製品力のさらなる強化を図る予定である。

製品名の「UTC-RZ1」は、ヤマハ発動機製の自動二輪車「RZ250/RZ350」をオマージュし、“Reborn(生まれ変わった)”と“Z(最高、究極)”の意味を込めた1号機と命名した。ヤマハブランドの顧客に感動を与える装置として、後継機につなげていく。

■著者



富山 俊彦

Toshihiko Toyama

ヤマハロボティクス株式会社

アセンブリソリューション事業部

ボンディングソリューション技術部



石山 義人

Yoshito Ishiyama

ヤマハロボティクス株式会社

アセンブリソリューション事業部

ボンディングソリューション技術部