

電子デバイス用レーザー溶接封止装置

Laser weld sealing equipment for electronic device

廣田 浩義，坂口 能一

Hiroyoshi Hirota, Yoshikazu Sakaguchi

要 旨 セラミックパッケージ電子デバイスを気密封止する封止装置を開発した。封止にはレーザー溶接を使用し，ガルバノスキャナとX-Y テーブルを組み合わせ，画像による位置補正を行うことで，高速，高精度を実現した。

また，真空チャンバ内で溶接を行うことで脱ガス効果も有り，電子デバイスに高い信頼性を得ることも可能とした。

Summary We developed an airtight sealing system for ceramic packages of electric devices. Also, we realized higher speed and high accuracy using laser welding for sealing, using a positioning compensation image processor with the combination of galvano-scanner and X-Y table. Also, we achieved zero gas in the ceramic package by means of welding in the vacuum chamber, which provides high reliability for the electric devices.

キーワード： 電子デバイス，気密封止，レーザー溶接

1. まえがき

電子デバイスは近年SMD化が進み，また，さらなる小型化が要求されるようになってきた。その中で，高信頼性あるいは高气密性を要求される電子デバイスは，セラミックパッケージに金属の蓋で封止されるが，セラミックパッケージが小型化されると共に従来の主流であった封止工法である抵抗シーム溶接の溶接電極を当てるのが困難となっている。

例えば，水晶振動子 / 発振器の場合は，現在5.0mm × 3.2mmのサイズが主流であるが，今年に入り3.2mm × 2.5mmサイズに急速に切り替わりが進んでおり，さらに2.5mm × 2.0mmサイズ

や2.0mm × 1.6mmサイズが製品化された。

このサイズまで小さくなると，抵抗シーム溶接の溶接電極を安定的にシーム部に当てるのが困難となり，また，セラミックパッケージの壁厚も薄くなっているため，溶接残留応力を無視できなくなってきた。そこで抵抗シーム溶接の代替え工法として金錫のろう材を使用した加熱封止の検討，あるいは実用化が始められた。しかしながら，金錫を使用することにより部材費が上がるという欠点もあり，さらなる新封止技術が望まれていた。

この度，溶接残留応力が小さく，小型パッケージに対応したレーザー封止装置を開発したので報告する。

2. 電子デバイス用セラミックパッケージの封止解説

2.1 パッケージと蓋の構造

電子デバイス用セラミックパッケージは、内部にICやセンサー、水晶振動子などを実装するためのパッドや、信号を導通させるための金属パターンが設けられており、また、パッケージの外部とはビアにより接続され、パッケージ実装のための底面のパッドと結ばれている。

また、パッケージのシール面はタングステンなどのメタライズ処理が施されており、タングステンの表面はNiメッキ、Niメッキ表面にはAuメッキが施されている。なお、抵抗シーム溶接の場合には一般的に溶接応力を逃がし、かつ、溶接面の平坦度を保つためにタングステンの上にコパールなどのシールリングを設け、その表面にNiメッキ、Auメッキが施されている。図

1 にパッケージの構造を示す。

パッケージの蓋の構造を図2に示す。パッケージの蓋はコパールなどの金属で出来ており、抵抗シーム溶接用の蓋は全面にNiメッキが施されている。また、コストダウンのため、パッケージのシールリングを取り除いて、代わりにパッケージのシール面の凹凸を吸収するためコパール材の蓋に銀ろうをクラッドさせダイレクトシームを行うための蓋や、300 程度の熱で熔融接合(加熱封止)するためにコパールに金錫を接合させた蓋がある。

2.2 封止の種類

2.2.1 抵抗シーム溶接

図3に抵抗シーム溶接の構成を示す。本工法は現在の封止工法の主流である。蓋の端に抵抗シーム溶接用のローラ状の電極を当て、ローラを転がしながら溶接を行う。蓋を押さえながら

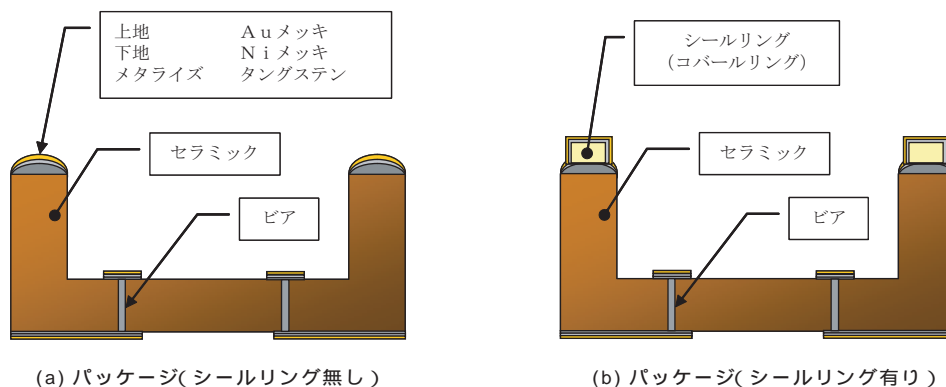


図1 パッケージの構造

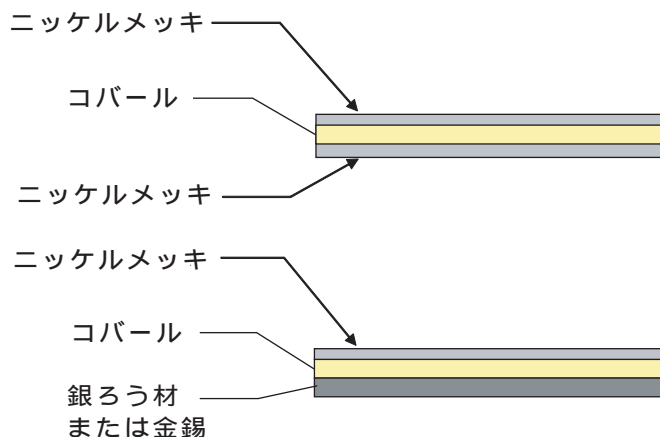


図2 蓋の構造

溶接するため、信頼性が高い溶接が可能であるが、電極を小さくするには限界があるため、小さなパッケージには不向きであり、また、押さえながらの溶接であるので残留応力が残りやすい。

2.2.2 加熱封止

加熱封止は、金錫を接合させた蓋をパッケージに載せ、直接蓋を熱加熱して金錫を溶融し、接合する方法である。材料に金を使用するため、部品コストが上がってしまうという欠点があり、従来では主流にならなかったが、パッケージの小型化が進み抵抗シームの代替え工法として再び使用され始めている。加熱封止の構成を図4に示す。

2.2.3 ビーム溶接

レーザービームや電子ビームを使用して蓋を溶接する方法。いろいろな問題を抱えていたため、ほとんど使用されていない。今回開発した

装置はこの方法を使用し、かつ、これらの問題を解決して実現したものである。

3. レーザ溶接の問題点と解決手段

3.1 レーザ溶接の問題点

レーザーによる溶接は通常パルスレーザーが使用される。パルスレーザーはピークパワーが大きく貫通力があるため溶接に適しているからである。しかしながら、電子デバイス用のセラミックパッケージの封止に対しては次の問題点があり、実用化出来なっていた。

- ・パルスレーザーは貫通力があるため溶接痕が大きくなってしまふ。一般的に溶接痕の大きさはほぼ(深さ×1.4 + ビーム径)となる。そのため、小さなパッケージの場合では、モデル名などを蓋の表面に刻印するスペースが無くなってしまふ。

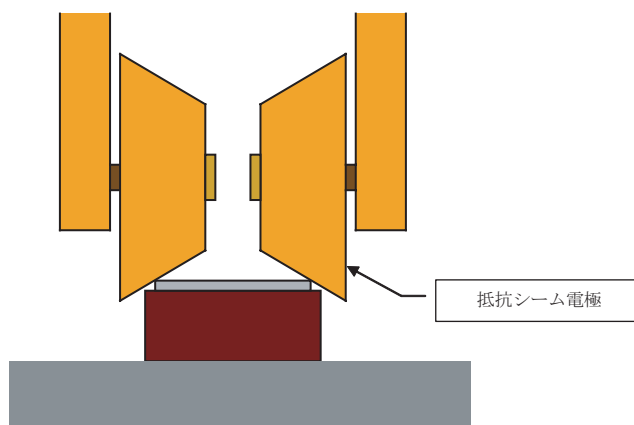


図3 抵抗シーム溶接

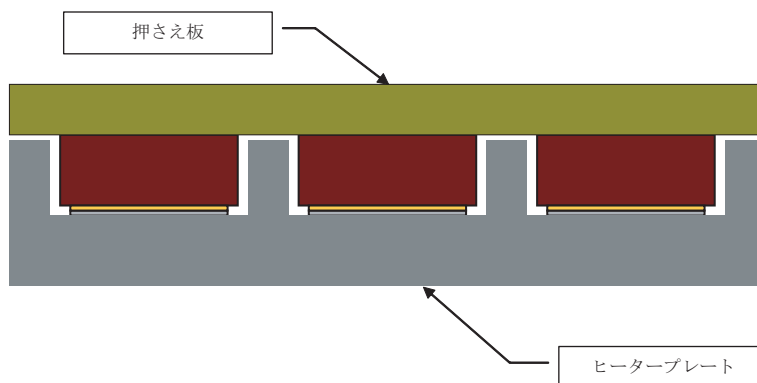


図4 加熱封止

- ・レーザービームに貫通力があるため、蓋の裏側からスパッタゴミが飛び散り、パッケージ内部を汚してしまう。
- ・装置タクトを縮めるためには高速繰り返しパルスの照射できるレーザー発振器が必要となるが、このような仕様のレーザー装置は大型で高価なものになってしまう。
- ・レーザー装置は、励起ランプの劣化などの影響により、時間と共に出力が低下する。そのため封止(溶接)の長期安定性に問題があった。

3.2 解決手段

先にも述べたが、貫通力があるため溶接にはパルスレーザーが適しているという考えを先ず改めてみることにした。つまり貫通させなければレーザー溶接封止の問題点の幾つかが消えることとなる。そこで貫通させなくても接合できる方式を検討した。結果、ろう材を使用し、このろう材を溶融することにより接合する手法を用いればレーザーのパワーを下げる事が可能となることが分かった。ろう材には金錫、銀銅、半田などいろいろあるが、

コストやゴミ・ガスの問題などを考慮し銀ろうのクラッド材が最適であると判断した。また、銀ろうクラッド材を使用することで多少のコストアップとなるが、パッケージ側でシームリングを無くすことで相殺することができる。

しかしながら、ここで新たな問題が発生した。パワーを弱めると溶接痕の大きさが小さくなる。そうなるに溶接部と溶接部の間に隙間ができるので間隔を狭める必要が出てきた。つまり、1パッケージあたりに必要なパルス数が増えてしまい、結果として装置タクトが下がってしまうのである。そこで再考した結果、ろう材を使用するため、レーザーは貫通力のない連続(CW)レーザーを使用する方式を検討した。図5で説明する。

図5(a)は従来のパルスレーザーを使用した場合の封止である。パッケージに蓋を載せた状態でパルスレーザーを照射すると貫通力があるためにレーザーパワーはパッケージまで到達する。つまり、パッケージにくさびを打ち込む形となるので確実な溶接が可能である。このくさびを少

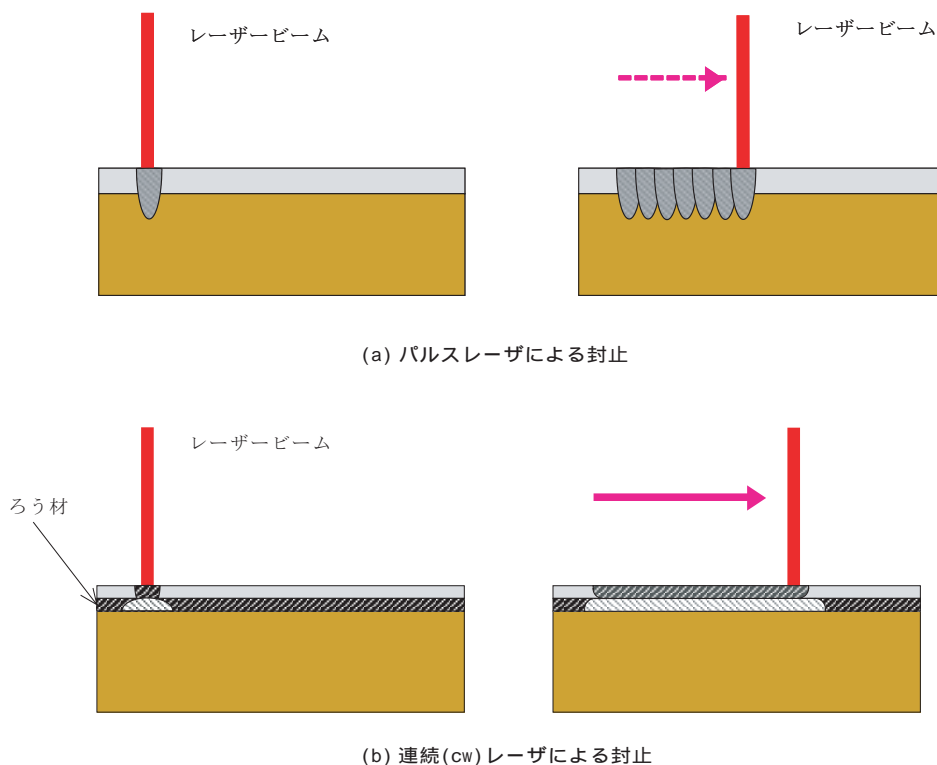


図5 パルスレーザー封止と連続レーザー封止の比較

しずつ移動させるようにレーザを照射していけば隙間無く確実な接合が完了することになる。しかしながらレーザを深く打ち込むため、溶接痕が大きくなり、また、レーザが蓋を貫通するため蓋の裏側からスパッタゴミが発生する。

図5(b)は銀ろう材付きの蓋を使用した場合である。ろう材を使用しているためレーザパワーは貫通する必要はなく、ろう材まで届けばいいことになる。つまり貫通力のあるパルスレーザを使用せず、貫通力のない連続(CW)レーザを使用し、そのままレーザ照射位置を移動すれば良いのである。また、連続レーザを使用することにより、溶接スピードはパルスの繰り返しスピードではなく、レーザ照射位置の移動速度で決まることになる。

この手法(連続レーザ)を使用することによりレーザの貫通力は無くなり、溶接痕の縮小、蓋裏側からのスパッタゴミ飛び散りの減少、溶接タクトの短縮と一度に多くの問題を解決することを可能とした。また、レーザの安定出力化に対しては出力フィードバック機能を持たせ、短期、長期共に安定性を持たせることを可能とした。

4. レーザ溶接封止装置の概要

4.1 装置の構成

今回開発したレーザ溶接封止装置の構成を図6に示す。レーザを発生する発振器部(本体)は

装置の外側に置き、光ファイバによりレーザ光を制御するガルバノスキャナ部へ導いている。これはレーザのメンテナンスを容易にする目的と溶接装置本体を小型化することを目的とするためである。ガルバノスキャナはレーザー光をミラーによりX-Y方向に自由に反射させ、目的の部位に正確にレーザを照射させることができる。また、ガルバノスキャナ先端には集光レンズを設けてあり、溶接部でもっともビームパワーが集中するようになっている。ガルバノスキャナのレーザ光軸の延長上にはCCDカメラが設置され、溶接対象のパッケージを随時確認できるようになっており、レーザを照射する位置やパッケージの傾きなどをコントローラ側から調整をかけることが可能である。

パッケージは真空チャンバの中のX-Yテーブル上に設置されている。真空チャンバの中で溶接を行うのはIC・センサー・水晶振動子を真空封止することにより信頼性を確保するためである。また、X-Yテーブルを使用するのはガルバノスキャナの照射可能範囲が狭いため、一度の真空引きでより多くの溶接を行えるようにするためである。ちなみに今回試作した装置では198個を一度の真空引きで処理ができる。

4.2 装置の仕様

装置の主な仕様を表1に示す。また封止方法と対応パッケージの関係を表2に示す。

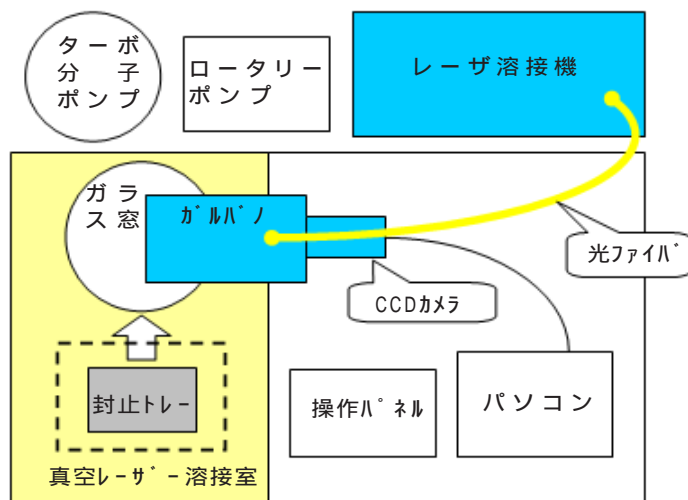


図6 レーザ溶接封止装置の構成

表 1 装置の主な仕様

項目	主な仕様
パッケージサイズ	5.0mm × 3.2mm 以下(5.0mm × 3.2mm ~ 3.1mm × 1.5mm , など)
溶接時間	3.2mm × 2.5mm で約 30msec/ 個
装置タクト	1 秒 / 個以下(最終目標 0.8 秒)
真空度	5×10^{-3} [Pa] 以下
その他	フィードバック機能付き YAG レーザ

表 2 封止方法と対応パッケージ

		部材形態			
		金錫リッド (シームリング無)	銀ろうリッド (シームリング無)	Niメッキリッド (シームリング無)	Niメッキリッド (シームリング有)
封 止 方 法	レーザー溶接封止	○	○	△*1	○
	抵抗溶接封止	○	△*2	×	○
	電子ビーム封止	○	○	×	○
	加熱封止	○	×	×	×

*1 無電解メッキでは一部封止可能(実験中)
 *2 パッケージの壁厚によって可能
 (薄いと応力によって壁内面剥離を起こす)

4.3 その他の特徴

次に、その他の主な特徴を示す。

- 低応力: 溶接時は一切外圧を加えないため溶接時の残留応力が小さく、次のような関係になっている。

レーザー溶接 < 抵抗シーム溶接

- 容易な段取り替え: 非接触型溶接であるため、PC によるモデル選択のみで設定変更が可能である。
- シート状パッケージでの封止が可能: 通常、パッケージは単固の状態での封止を行うが、パッケージを単固に分離する前のシート状態での封止が可能である。これは非接触型溶接であるため、パッケージ間の寸法に影響されないためである。シートから単固に切り分けた後のパッケージ整列工程が省けるため、パッケージ整列装置や、整列のためのトレイなどが不必要になり、トータル的なコストダウンが可能である。
- ダイレクトシーム対応: パッケージにシームリングを使用しないダイレクト

シーム対応である。また、パッケージの低背化に有効である。

5. 画像処理

レーザー溶接では溶接時に押さえる必要がないため、機構を単純化することが可能である。また、抵抗シーム溶接などでは電極をシーム部に正確に当てる必要があるため、パッケージのセンタリングを行ったり、パッケージを搭載している溶接用トレイを回転させ、パッケージを電極に対して正確な方向に合わせる機構を設ける必要がある。しかしながら、レーザー溶接は先にも述べた通り、ガルバノスキャナを制御することにより溶接パターンを自由に変えることができる。つまり、溶接時は完全にパッケージがフリーな状態で、方向がズレていた場合でもガルバノスキャナを制御すれば溶接が可能である。ガルバノスキャナのレーザー光軸の延長上に CCD カメラが接続されているので、正に今レーザーを照射しようとしているパッケージが画面に映し出される。この画像を PC に取り込み補正をかけることにより溶接が可能なのである。

図7に画像を補正しているPC画面の一例を示す。CCDカメラからPCに取り込まれたパッケージ画像より、蓋の4辺を検出して位置、傾きを算出し、ガルバノスキャナの制御データを作成している。

6. 溶接状態

図8にレーザー溶接封止装置で封止した状態を示す。パッケージのサイズは4.2mm × 2.5mmである。

図8(a)は、従来のパルスレーザーにて封止したものである。溶接痕が1パルス毎にくっきりと残っている。溶接痕の径(幅)が約300 μmあり、これにより蓋表面の印字可能エリアが小さくなってしまっているのが分かる。また、溶接の幅が広いということは、蓋の裏側でパッケージ側壁と接していない部分も溶融させているということであるので、その部分からスパッタゴミがパッケージ内部に飛び散ることになる。

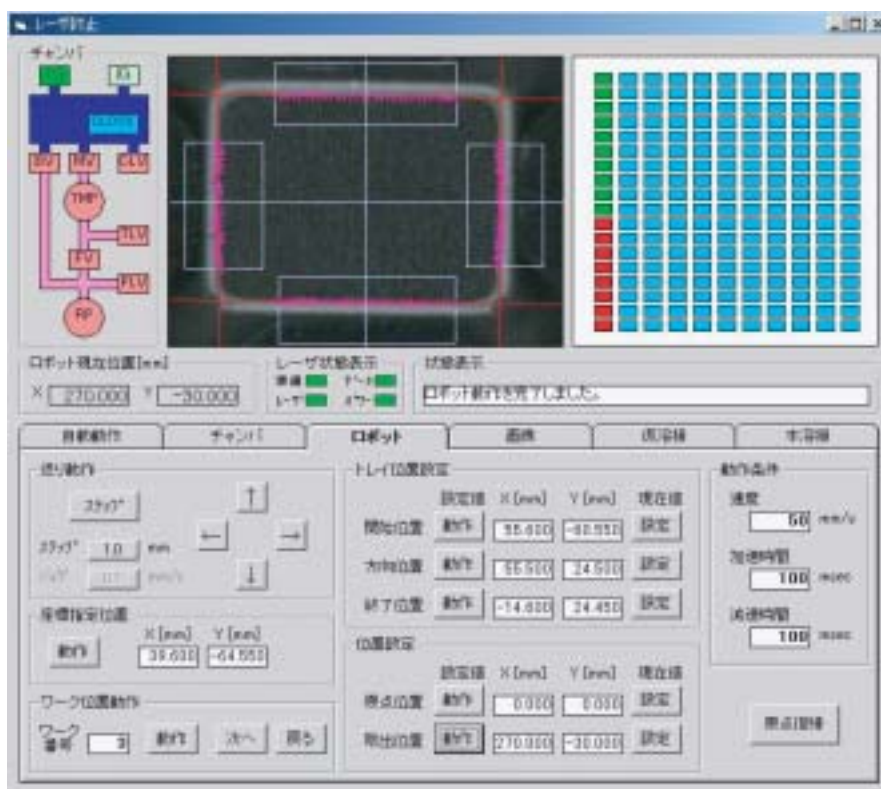
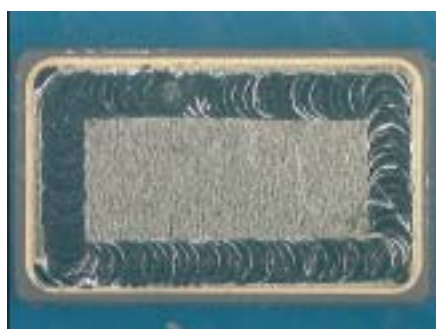


図7 画像補正画面



(a) パルスレーザーによる封止



(b) 連続(CW)レーザーによる封止

図8 レーザ溶接封止装置で封止した状態

図8(b)は今回開発した連続レーザーで封止したものである。溶接痕はほぼ線状となり、また溶接痕幅も細くなっているのが分かる。溶接痕幅は100 μm強であり、この程度であれば蓋の表面の印字可能エリアも十分確保出来、蓋の裏面を不必要に溶融することがないため、スパッタゴミをパッケージ内部に飛散させることがない。図9はその他のパッケージサイズでのレーザー溶接封止例である。これらのパッケージにおいてもPCの設定を変えることにより溶接封止が可能であり、溶接状態も均一で出来ていることが分かる。

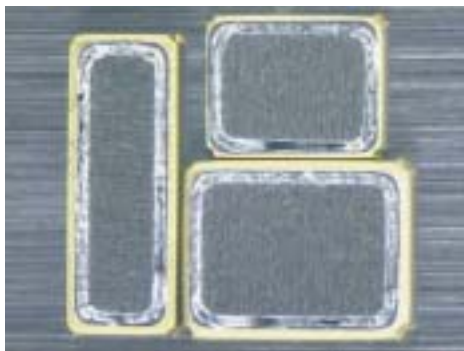


図9 パッケージ封止例

7. まとめ

小型化が進む電子デバイスの中で、特に高信頼性及び高气密性が必要なセラミックパッケージ用の封止装置の開発を行った。セラミックパッケージの電子デバイスの溶接封止は、従来のパルスレーザーでの溶接技術が使用できず、予想以上の困難を極めることとなったが、連続レーザーを使用できることが判り、装置タクト、溶接痕幅、メンテナンス性において、ほぼ目標通りの仕様の装置に仕上げることが出来た。

この装置は抵抗シーム溶接機のように、パッケージの大きさに左右されないため、今後のさらなる小型パッケージ用の封止装置として期待することができる。

現在、実際の電子デバイスをレーザー溶接し、電子デバイスの信頼性検証を行っている。今後は、封止溶接工程の前工程である、真空アニー

ル工程、リッド搭載仮付け工程、ローダ/アンローダを備えた全自動レーザー溶接封止装置の開発を行う予定である。

8. 謝辞

特注のレーザー装置をご提供頂いたミヤチテクノス株式会社に深く感謝致します。

筆者紹介

廣田 浩義 (ひろた ひろよし)

株式会社パイオニアFA 開発推進部。
ロボットの開発、水晶デバイスの開発を経て、現在に至る。

坂口 能一 (さかぐち よしかず)

株式会社パイオニアFA 開発推進部。
水晶デバイスの開発を経て、現在に至る。