

レーザはんだ付け装置

青山 春夫(あおやま はるお)

宮本 信幸(みやもと のぶゆき)

川村 浩徳(かわむら ひろのり)

1 まえがき

最近の電子機器の進歩はめざましく、電子部品の高密度化、超小形化、多機能化に伴い、高品質な微小はんだ付け技術の必要性がますます高まってきている。

その一方では、世の中のFA化の傾向と相まって、従来のはんだ付け法では自動化が困難と思われてきた分野からの自動化への強いニーズもある。

このような背景のもとに、これまで数多くの実績をもつレーザ刻印装置（商品名：LASERMATE-50）で培ったレーザ技術とロボット技術、これに富士電機のはんだ付けのノウハウを結集して、レーザはんだ付け装置（商品名：LASERMATE-SD）を開発・商品化した。図1にその基本システムを示す。

本稿では、装置の概要や適用例などについて紹介する。

2 レーザはんだ付けの概要

2.1 概 要

レーザはんだ付けは、はんだ付けしたい部分に前もって必要量のはんだを供給しておくか、又は供給しながらレーザビームを照射することによりはんだ付けを行うリフロー

図1 レーザはんだ付け基本システム

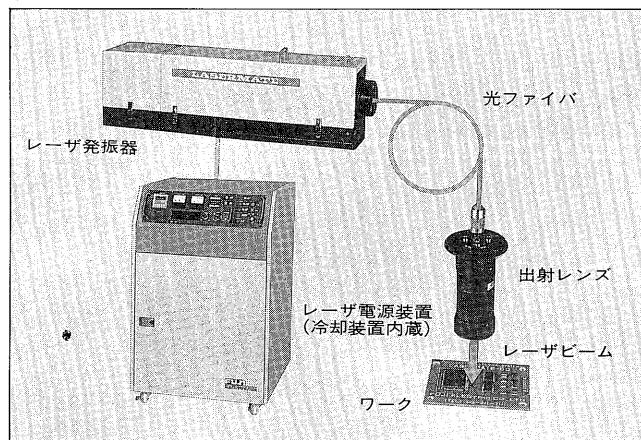
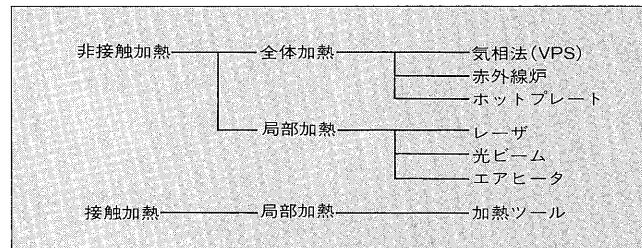


図2 リフローはんだ付け方式



はんだ付けの一種であり、その位置付けを図2に示す。

この図に示す各種のはんだ付け方式は、ワークの種類、形状、処理数量及び設備費用などを基準に選択、使用されているのが実情である。

2.2 特 長

レーザはんだ付けの特長をまとめると以下のようになる。

- (1) 局部加熱
 - (a) 部品本体や周辺部品への熱ダメージがない。
 - (b) 部品の後付けが可能である。
 - (c) 微小スポットに高エネルギー密度を容易に絞り込める。
- (2) 非接触性
 - (a) 加熱ツールのモチ表面の酸化や摩耗によるはんだ付けの不安定さがない。
 - (b) 加圧方式のようなワークの位置ずれや熱変形がない。
 - (c) 狹くて奥まった場所でもレーザビームが照射可能であれば、周囲に熱ダメージを与えることなく、はんだ付けが可能である。
- (3) 高い操作性
 - (a) 光ファイバとコンパクトな光学レンズの組合せでフレキシビリティに富む。
 - (b) レーザ出力、照射時間、スポット径、照射スポット形状などをワークに応じて自由に変えられる。
 - (c) レーザビームの多分割や時分割使用により処理能力のアップが可能である。
 - (d) レーザビームは照射された点だけが発熱するコール



青山 春夫

昭和37年入社。レーザ応用機器のエンジニアリングに従事。現在、東京工場メカトロ機器部副部長。



宮本 信幸

昭和43年入社。レーザ加工応用技術に従事。現在、東京工場メカトロ機器部課長補佐。



川村 浩徳

昭和58年入社。レーザ装置の技術取りまとめ及び開発・設計に従事。現在、東京工場メカトロ機器部。

ト熱源なので、真空容器に入ったワークにガラスごしでノーフラックスはんだ付けができる。

2.3 レーザ発生部の基本構成

レーザはんだ付け用レーザ発生部の基本構成は、図3に示すようにレーザ電源装置とレーザ発振器及び光ファイバ光学系の三つからなる。その主要機能は次のとおりである。

(1) レーザ電源装置

本装置は電源ユニット、冷却ユニット及びオペレータコンソールユニットの三つにより構成される。

電源ユニットはレーザ発振器のクリプトンランプへの電源供給用であり、冷却ユニットはYAGロッドとクリプトンランプを冷却するためのもので、冷却水には純水が用いられている。

その純水再冷方式としては、本装置の設置環境を考慮して、水道水による水冷式を採用している。

オペレータコンソールユニットは本装置全体の状態を監視し、操作するためのものである。

(2) レーザ発振器

詳細は、別稿（100W級YAGレーザ発振器）にゆずるが、はんだ付け用として、ヘリウムネオン（He-Ne）レーザが組み込まれている点が他のレーザと異なるところである。

これはYAGレーザの発振波長が、 $1.06\mu\text{m}$ の非可視光であるため、He-Neレーザ（発振波長 $0.63\mu\text{m}$ ）の赤色可視光を同一光軸に組み込むことにより、YAGレーザの照射点を明確にガイドするためのものである。機構的特長としては、YAGレーザとHe-Neレーザをミラー付シャッタにより切り換える構造のため、赤色光のときは安全、これが消えるとレーザ照射中を示し、安全性が高まっている。

(3) 光ファイバ光学系

レーザ発振器から発振したレーザビームをフレキシブルに、かつ低損失で加工点まで伝送するためのもので、入射レンズと光ファイバ、及び出射レンズの三つから構成される。出射レンズから照射されるレーザビームの最小スポット径 d は、

$$d = D_c \cdot b/a$$

D_c ：光ファイバのコア径

a ：光ファイバ出射端面から出射レンズまでの距離

図3 レーザ発生部基本構成

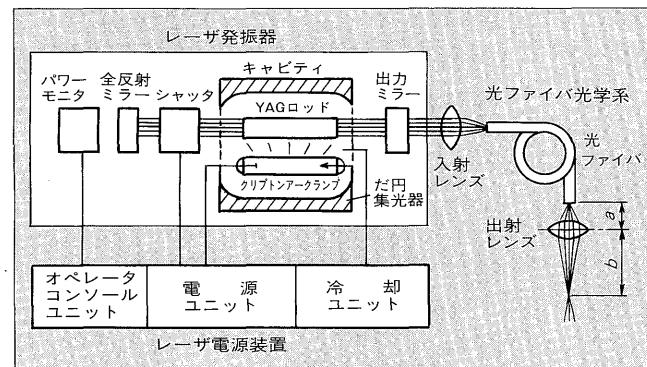


表1 レーザ発生部仕様

項目		仕様
レーザ 発 振 器	レーザ発振波長	$1.06\mu\text{m}$
	発振モード	マルチモード
	最大発振出力	55W, 120W
	励起用ランプ	クリプトンアーキランプ
	冷却却方式	純水による強制水冷
	シャツタ	ロータリーソノイド
	ガイド光	He-Neレーザ
光 ファ イ バ 光 学 系	コア直径	0.6mm (標準)
	最小曲げ半径	200mm
	焦点位置	48mm
	ランプ電流計	0~21A
	パワーモニタ	0~5 (相対値表示)
	ランプ時間計	0~9,999h
	レーザ出力設定タイマ	0~999.9s
オペレータ コンソール ユニット	ランプ電流外部切換	7種類
	照射場所切換スイッチ	リモート (外部より) ローカル (OPCより)
	モニタ表示灯	純水温度上昇 純水流量低下 水道水水圧低下

b ：出射レンズから焦点位置までの距離

で与えられるので、 a や D_c 及びレンズの焦点距離を変えることにより、ワークディスタンスや最適スポット径をある程度自由に選ぶことが可能である。

表1にレーザ発生部の仕様を示す。

3 システム構成

3.1 概要

レーザはんだ付けは、次の図4章で述べるように多くの適用分野があるが、ここでは4辺フラットパッケージIC(以下、QFPと略す)への適用例について紹介する。図4に装置外観、表2に装置仕様を示す。

本装置のシステム構成は、図5に示すように次の四つから構成される。

図4 装置外観

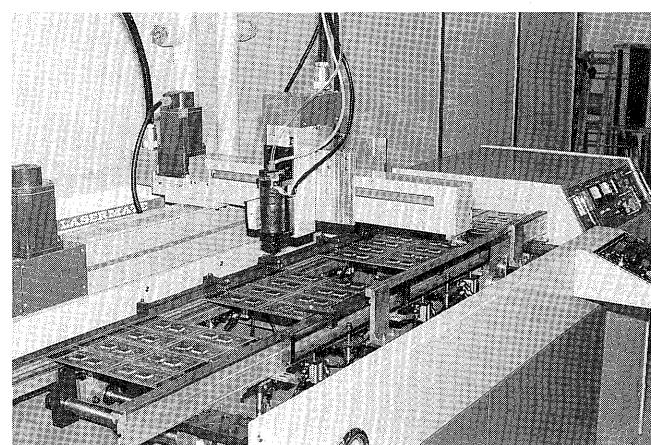
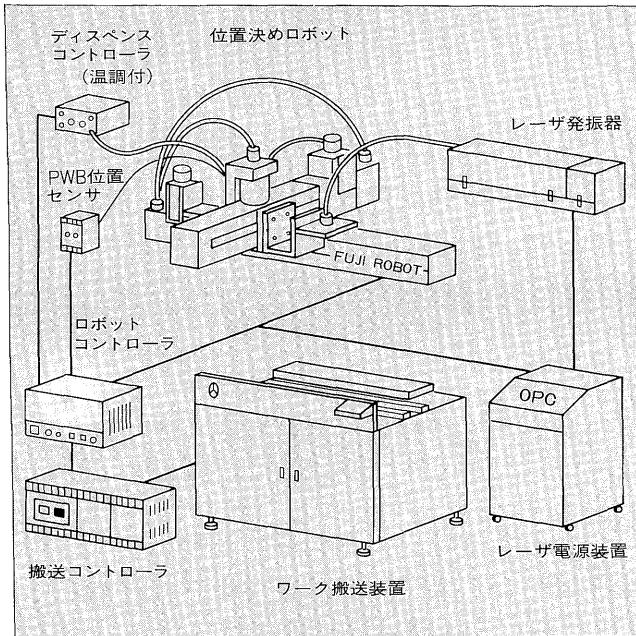


表2 装置仕様

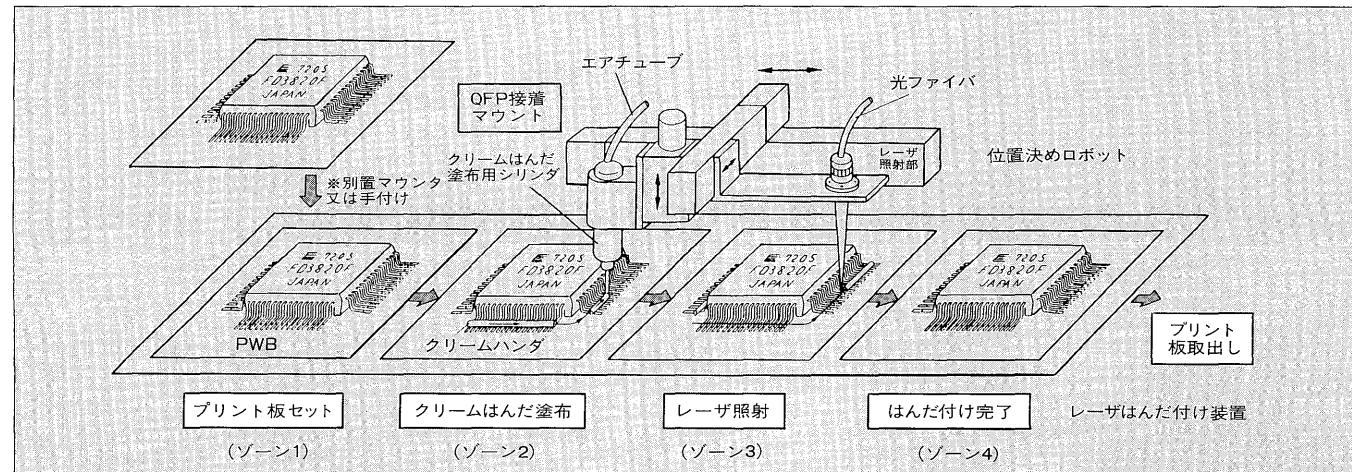
項目	内容
対象基板	寸法: 50×50(mm)(最小) 250×330(mm)(最大) 厚さ: 0.8~3.5mm 基板の反り: ±3.5mm(最大)
対象部品	QFPを含む各種電子部品 (QFPのリードピッチは、最小0.65mm)
はんだ付けタクト	100ピンのQFPで約10s/個 (2スポット同時スキャン方式。はんだ塗布時間を含む。)
搭載QFP数	50個/枚(最大)

図5 システム構成



- (1) QFPの接着されたプリント配線板（以下、PWBと略す）の搬送位置決め装置。
- (2) 位置決めされたPWBへクリームはんだを塗布するディスペンサ装置。
- (3) 塗布されたクリームはんだとワークを加熱しはんだ付けを行うためのレーザ発生装置。

図7 動作概要



- (4) はんだ塗布用シリンドラやレーザ出射レンズを所定の位置に動かすための位置決めロボット装置。
(PWB位置センサを含む。)

3.2 機構と動作

図6はロボットのヘッドに取り付けられたディスペンサと出射光学部の位置関係を示すものであり、その動作は図7に示すように、前もってQFPの接着されたPWBをゾーン1のコンベヤ上にセットすれば自動的に、ゾーン2でクリームはんだの線状塗布、ゾーン3でレーザ照射が行われ、ゾーン4ではんだ付けは完了する。なお、本装置の前段にローダとマウンタ、後段にアンローダを設置すれば完全自動化が可能である。

3.3 特長

- 本装置は、次の特長をもっている。
- (1) 同一口ボットでクリームはんだの塗布とレーザ照射を同時並行処理しているため、はんだ付け時間が従来の直列処理に比較して約半分ですむ。
 - (2) PWBの高さ位置センサにより、PWBにかなり反りがあっても正確なはんだ塗布ができる。
 - (3) 温調付シリンドラの採用により、はんだの塗布量が周囲

図6 ロボットヘッド機器取付図

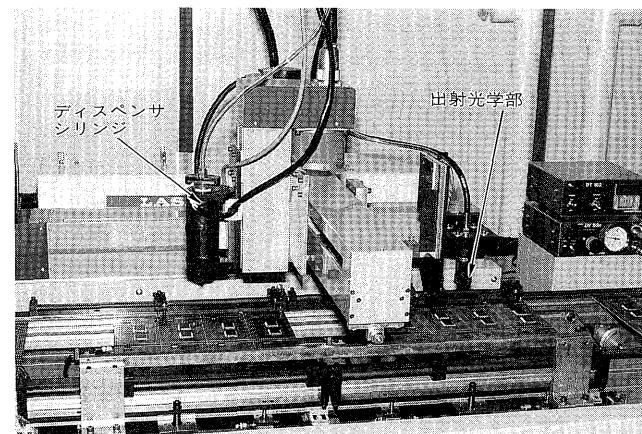
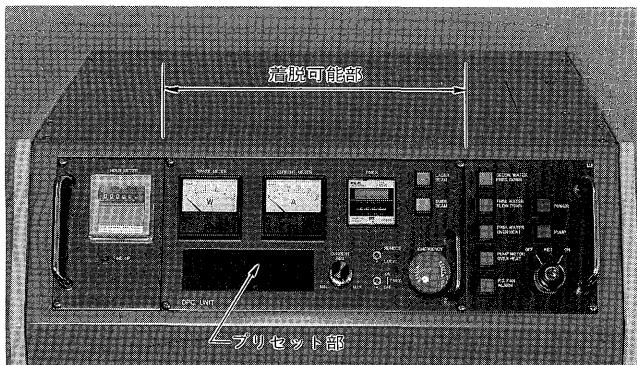


図8 レーザオペレータコンソール



温度に影響されない。

- (4) 位置決めロボットはティーチング方式とサブルーチンプログラムにより、PWBのマウントパターンの変更が迅速にできる。
- (5) レーザ電源装置のレーザ出力を最大7点までプリセットできるので、照射時間との組合せで種々のワークに対応できる(図8)。
- (6) レーザ電源装置のオペレータコンソール部は着脱可能な構造になっており、本体から3mまで離すことができ、条件出しなどで使いやすい(図8)。

4 適用例

4.1 適用にあたっての留意点

適用にあたっての主な留意点を次にあげる。

- (1) 加工速度、設備費用に応じたシステム構成とする。QFPのレーザはんだ付けをシステム化した幾つかの例を表3に示す。本表中のNo.2の複数枚同時処理は、図9のようにレーザ出射ビームを分割し、複数のPWBに同時にレーザ照射することにより処理速度を上げることが可能である。

ただし、その分割数は入射光光学部のパワーロスや、クリプトンランプの寿命などから、照射パワーのトータルを発振器の定格の60%以下に抑えるように選ぶことが望ましい。

- (2) ワークに適したはんだを選ぶ。

はんだには表4に示すように多くの種類があり、それらの中から、ワークに最適のはんだの選択が必要である。

- (3) ワークによっては予熱した方がよい。

ワークの予熱により、はんだ付けの品質向上とスピードアップが可能である。

表3 システム構成例

No.	構成例	加工速度	設備費
1	ローダ → はんだ塗布マウンタ → アンローダ	遅い	安い
2	ローダ → はんだ塗布マウンタ → レーザ照射 → アンローダ (複数枚同時処理)	やや早い	やや高い
3	ローダ → 接着剤塗布マウンタ → はんだ塗布レーザ照射 → アンローダ (並行同時処理)	速い	高い
4	ローダ → はんだ塗布マウンタ → レーザ照射 → アンローダ (ディスペンサ式又はスクリーン式) (複数枚同時処理)	最も早い	最も高い

図9 PWB 4枚同時はんだ付けシステム

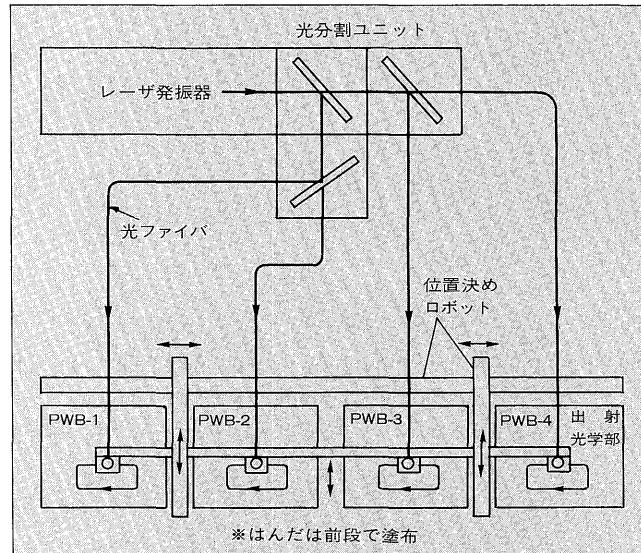


表4 レーザはんだ付け用はんだの種類

種類	長所	短所
クリームはんだ	・塗布しやすい。 ・溶融時間が短い。 ・ワークへの付着面積が大きく、フラックスを多く含むため接合しやすい。	・一般にはんだ付け後の洗浄要 ・塗布量がやや不安定 ・保管に要注意 ・高価
糸はんだ	・安価 ・保管管理不要 ・フラックスのたれが少ない。	・供給がワークによって難しい場合がある。 ・溶融時間が長い。
成形はんだ (リング、ワッシャ、リボン、玉など)	・はんだ供給量の安定性良	・高価 ・インサークが必要 ・溶融時間が長い。
はんだめつき	・はんだ供給量の安定性良	・フラックス塗布要 ・はんだめつきの厚み量の管理要

図10 デフォーカス方式

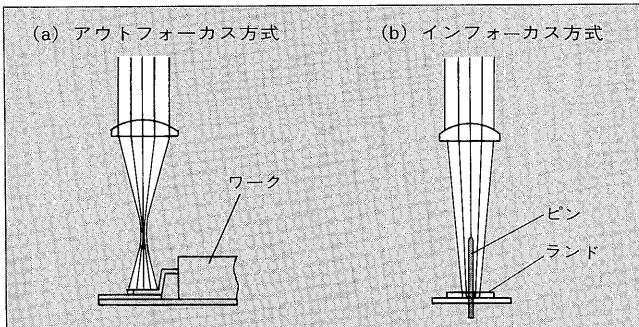
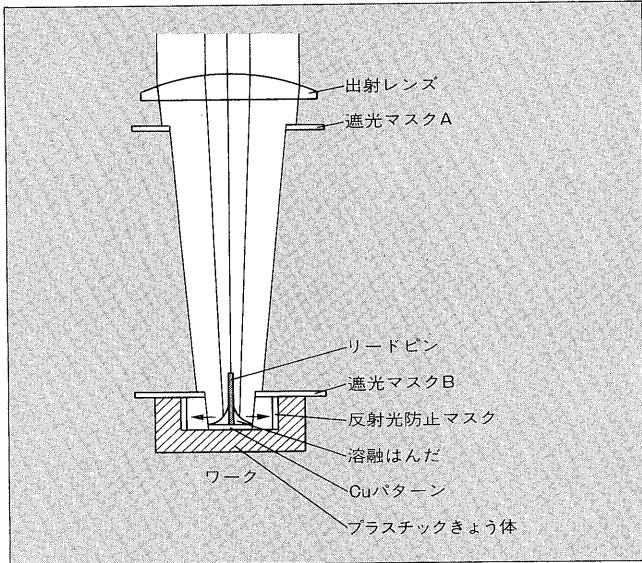


図11 遮光マスク取付例



(4) ワークに応じて、照射ビームのデフォーカス方式とその量を決める。

デフォーカス方式には図10に示すように二つの種類があり、そのデフォーカス量は、一般にはんだ付けしたい所域にレーザ照射されるようにワークディスタンスを調整する。

(5) ワークの取付母材に熱ダメージを与える場合は、ワークの形状にあったマスクを図11のように照射ビームの途中に設け、遮光する。

また、必要に応じて、ワークの取付母材本体にも、ワークや溶融はんだからの反射光による熱ダメージを防止するためのマスクを取り付ける。

(6) レーザはんだ付けに適したワークにする。

ワーク表面に、はんだめっきなどの前処理を行ったり、構造を改良することにより、はんだ付けの品質向上や所要時間の短縮を図る。

(7) ディスペンサによるQFPのリード(パターン)へのクリームはんだ塗布時における塗り始めと塗り終わりの塗布量のばらつきは、ブリッジや未はんだの原因になる。これは図12のようにパターンの両端の幅を中間のものより広くすることにより改善できる。

(8) PWBに塗布するレジストの色はレーザビームの熱吸収率の点から極力薄い色が良く、できればリードがマウ

図12 パターン両端幅広方式

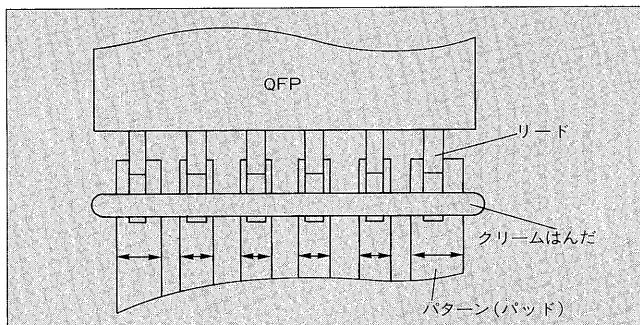


表5 レーザはんだ付け適用例

項目 条件	方 法	項目 条件	方 法
・フラットパックIC (QFP)と基板		・コイルへのリード端子付け	
・クリームはんだ ・スポットスキャン		・クリームはんだ 又は糸はんだ ・スポット照射	
・ミニモールド部品の基板		・PWBとポリウレタン細線	
・クリームはんだ ・スポット照射		・クリームはんだ ・スポット照射	
・集合抵抗のリードフレーム付け		・フリップチップと基板	
・クリームはんだ ・スポットスキャン		・はんだバンプ (フラックスなし) ・スポット照射	
・ハイブリッドICのリードフレーム付け		・ランプのリード端子付け	
・クリームはんだ ・スポットスキャン		・糸はんだ ・スポット照射	
・チップ部品のリードフレーム付け		・プリント基板同士	
・クリームはんだ又は、はんだめっき ・スポット照射		・クリームはんだ ・スポットスキャン	
・フレキシブル基板へのリード端子付け		・コネクタとフラットケーブル	
・クリームはんだ ・スポットスキャン		・クリームはんだ ・スポットスキャン	

ントされるパッドの間はノーレジストがベターであり、このようにすればごみなどが基板に付着し、それが焼けても基板自体への熱ダメージはほとんどない。

4.2 適用分野

これまでのレーザはんだ付けの適用例を件数の多い順に紹介すると、次のとおりになる。

(1) リードピッチの小さい端子をもった電子部品を、ブリッジなく信頼性の高いはんだ付けを行いたい。

- (2) はんだ付け部以外に熱ダメージを与えたくない。
- (3) はんだごて式のようにこて先の酸化や、はんだのかすの付着によるはんだ付けの不安定をなくしたい。
- (4) 加圧によるワークの位置ずれをなくしたい。
- (5) ポリウレタン線の端末に、はんだめっき処理をせず、直接その上からクリームはんだを塗布し、レーザ照射することによりはんだめっきの工程を省きたい。

レーザはんだ付けのもつ特長でこれらを大きく分類すると、(1), (2)は局部加熱、(3), (4)は非接触性、(5)は高エネルギー密度になる。

表5に代表的な適用例を示す。

⑤ あとがき

レーザはんだ付けにおいて、レーザは良質なリフロー熱源ではあるが、はんだ付けという一連のプロセスにおいてはその一部にすぎない。その中で重要なのは、ワークにマッチしたはんだの選定とその供給法であり、所定の位置に所要量のはんだを安定して供給することが、レーザはんだ付けの成功のキーポイントといつても過言ではない。特にクリームはんだのディスペンサによる自動塗布や、糸はん

だの自動送りにいえることである。

このはんだの安定供給については、例えばクリームはんだの場合では、温調シリングやディスペンサのニードルとワーク間のギャップを一定に保つ位置センサの採用から一步進んで、吐出量をセンシングし、吐出圧にフィードバック制御する方法も考えられる。

これに加えて、レーザ出射レンズから出力されたレーザビームをセンサにより検出し、それをレーザ電源装置にフィードバックするレーザ照射出力一定制御を行えば、クリプトンランプの消耗や出射レンズの汚れ（一応、対策されているが）などの変動要因を除去できる。

以上に述べた二つが高品質のレーザはんだ付けを長期間にわたり、維持するためのキーポイントになると思われる。

レーザはんだ付けは実用化されてまだ数年しか経過していないが、数多くの特長と可能性をもつ方式であり、今後の技術の進歩とともに急成長が期待される。

参考文献

- (1) 宮本信幸：FA化対応のレーザはんだ付けシステム事例、自動化技術、Vol.19, No.8, pp.48-53, 60 (1987)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。