技術資料

電子部品の接合技術*

中原 照己**, 中園 正和**, 土屋 均**

Joining Technology for Electric Components**

Terumi Nakahara**, Masakazu Nakazono** and Hitoshi Tsuchiya**

キーワード：はんだ付け，プリント板，接合，電子部品，
レーザ，抵抗加熱

1. ま え が き

最近の電子機器はビデオカメラ・ヘッドホンステレオ・ポケットベルなどを中心に高密度化，高機能化あるいは小形化が進み，電子部品の実装技術のなかでも接合技術は従来の方法では対応できなくなり，新しい接合方法の要求が高まってきた。特にリードピッチ 0.5mm，リード数 184 ピンあるいは 300 ピン以上の狭ピッチ，多ピン化されたフラットパック IC が各種製品のプリント板に搭載されはじめ，更に 0.4mm ピッチ以下の FPIC も登場している。

図1 QFPのリード数とリードピッチの推移

FPIC(QFP)の年代別リード数とリードピッチの推移を図1¹⁾に示す。このようにリード数が増え，リードピッチが狭くなることにより実装密度は高くなるが，はんだによる接合が一般的であるFPICでは，はんだ耐熱性，はんだ付け強度，あるいは装着精度など各種の改善が必要である。また高密度化に加えて，薄形化が可能な半導体実装ではFPIC以上に狭リードピッチ，多ピン化が進んできている。

これらの部品を接合する方式には接触加熱方式と非接触加熱方式がある。本稿では多くの接合方式の中から，抵抗加熱式による半導体TAB部品の接合とレーザ方式によるFPICの接合について概説する。

2. 半導体素子の種類

半導体素子の構造を知ることは，その接合方法を理解する上で重要である。半導体素子の中の表面実装部品は基板実装形態により分類すると図2のようになる。

図2 半導体素子の実装形態による分類

*原稿受付 平成元年7月12日
** (株)東芝 TOSHIBA Co.

2.1 パッケージタイプ

パッケージタイプすなわち樹脂封止された半導体素子

である FPIC は、半導体メーカによりウエハ状態で個々の IC チップの良否の判別が行われ、ダイシングにより IC チップに分類される。その後チップをリードフレームにダイボンディングし、IC チップ上の電極パッドとリードフレームのインナーリードとを金属細線で接続する。これをワイヤボンディングという。この IC チップは更にエポキシなどの熱硬化性樹脂により、パッケージングされバーインを含めた電氣的チェックを行い完成品となる。

2.2 パッケージレスタイプ

パッケージレスタイプは裸の IC や TAB をプリント板上に直接実装するもので、超高密度、超薄形、超多ピンを目的に開発されたものである。IC カード、サーマルヘッド、液晶 TV など一部の製品に適用されている。

3. 接 合 方 式

プリント板などに高密度実装部品を接合するには通常はんだ付けによる方式が多く用いられる。その種類を表 1 に示す。なかでも全体加熱方式には噴流式（フロー式）

表 1 はんだ付け方式の種類

	接触加熱	非接触加熱
局部加熱方式	抵抗加熱式 こて式 バリギャップ	レーザ式 光ビーム式 熱風式 高周波誘導式
全体加熱方式	噴流式 浸せき式	ホットエア式 遠赤外線式 ベーパー式 熱板式

や遠赤外線式（リフロー式）、局部加熱方式にはレーザ式や抵抗加熱式（パルスヒート式）が最もよく用いられている。特に狭ピッチ、多ピン化された QFP の接合には、部品の耐熱性、はんだ付け時間の短縮などからレーザ式が、TAB 部品の接合には、部品の耐熱性、接合強度、リード浮きなどを考慮して抵抗加熱式がよく用いられている。

4. TAB

TAB は小形で薄形の半導体パッケージとして、最近特に薄さが要求されるメモ리카ード、液晶テレビやパソコンなどに使用されている。

TAB は、ワイヤボンディングに比べ次の利点がある。

- (1) リード数に関係なく、全リードを一括接続できるため、生産性が高い。
- (2) 接合ピッチを狭くできるのでパッケージの多ピン、小形化に有利である。
- (3) IC チップとの接合に銅箔のリードを用いるので接合強度が高く信頼性が高い。
- (4) 他の半導体パッケージに比べ小形で薄い。

このような利点があるが下記に示す事情（欠点）によりまだ一般的には使用されていない。

- (1) パッケージが多少高価である。
- (2) 製品化されている半導体パッケージが少ない。

今後 TAB パッケージの量産化、品種の拡大とともに製品適用が急速に進むものと思われる。

TAB の一般的な実装工程を図 3 に示す。パンプ付き

図 3 TAB 実装工程

ICチップを写真フィルム状のフィルムキャリアに接合(インナリードボンディング)し、ICチップの保護として樹脂コート(ポッティング)する。次にアウトリードを打抜き、必要に応じてフォーミングを行なった後、アウトリードを基板に接合(アウトリードボンディング)する。

ここではTAB実装工程中の「インナリードボンディング」と「アウトリードボンディング」について接合例を紹介する。

4.1 インナリードボンディング (Inner Lead Bonding)

インナリードボンディングとは、裸のICチップとフィルムキャリアのインナリードを熱圧着接合することをいう。インナリードボンディングはボンディングの構造により図4に示すように分類することができる。

4.1.1 ウェハバンプTAB

ICチップ上に形成したAuバンプとCu箔にSnめっきが施されたインナリードを熱圧着接合する。

Auバンプの厚さは20~30 μm 、インナリードは35 μm のCu箔に約0.4 μm のSnがめっきが施されている。

接合を左右する主な因子は、加熱温度、加熱時間、加圧力である。これらの因子の評価方法には接合部のリード引張り強度が用いられる。

ボンディングツールの表面温度と接合部のリードの引張り強度の関係を図5²⁾に示す。ボンディング温度400 $^{\circ}\text{C}$ 以上で接合強度が安定し、しかもリードで破断する。ボンディング温度350 $^{\circ}\text{C}$ の条件では接合強度の低いものが発生する。これは、バンプとリードの接合界面で剥がれるもので、AuとSnの反応不足が原因である。

また、ボンディング時間と接合強度の関係は、ボンディング温度350 $^{\circ}\text{C}$ でボンディング時間を長くしても強度は

図4 インナリードボンディングの種類と構造

図5 ボンディング温度とリードの引張り強度の関係

図6 インナリードボンディング後の外観

上昇せず安定した接合は得られない。

インナリードボンディングの一般的な接合条件は、

- ・加熱温度 450~500 $^{\circ}\text{C}$
- ・加熱時間 1s
- ・加圧力 1リードあたり 0.49~0.69N (50~70gf)

である。インナリードボンディング後の外観を図6に示す。

4.1.2 転写バンプTAB³⁾

この方式はICチップ上のAuバンプを必要としない。Auバンプの代りに別工程でインナリードにAuバンプを接合(1次接合)、その後ICチップのAl電極とインナリードのAuバンプを熱圧着接合(2次接合)する。

1次接合は、一般的にSnめっきされたインナリードとAuバンプを熱圧着接合する。接合条件の一例を以下に示す。

- ・ボンディング方式 コンスタントヒート
- ・ボンディング温度 280~320 $^{\circ}\text{C}$
- ・ボンディング時間 0.1~0.5s
- ・ボンディング荷重 1リードあたり 0.049~0.20N (5~20gf)

また、2次接合は、Au バンプのついたインナリードと IC チップの Al 電極を熱圧着接合する。この Al と Au の接合は Au と Sn の接合に比べ条件設定が難しい。この接合は Al 電極表面の酸化膜を破り、Au と Al を接合するからである。そこで接合性を向上させるため、加圧力を2段に制御するなど工夫している。2次接合条件の一例を以下に示す。

- ・ボンディング方式 コンスタントヒート
- ・ボンディング温度 380～500°C
- ・ボンディング時間 0.5～1.0s
- ・ボンディング荷重 1 リードあたり 0.30～0.59N
(30～60gf)
- ・IC チップの予熱 100～275°C

4.1.3 B-TAB

この方式も IC チップ上に Au バンプを必要としない。Au バンプの代わりにインナリードの銅箔に突起を熱圧着接合する。インナリードの突起は、Au めっきする場合もある。

4.2 アウタリードボンディング(Outer Lead Bonding)

アウタリードボンディングとは、図3に示すようにインナリードボンディングされたフィルムキャリアを打抜き・フォーミングしアウタリードを基板に接合することをいう。アウタリードボンディングの基板実装例を図7に示す。

接合材料には、一般的にはんだ(Sn-Pb)、金、錫、異方性導電膜などがある。またプリント板の材質には、樹脂、ガラス、金属、セラミックなどがある。

以下にプリント板へのはんだ接合と金属基板への Au-Sn 接合例を紹介する。

4.2.1 樹脂板へのはんだ接合

樹脂基板のパターンとアウタリードの接合である。一般的には樹脂基板側にはんだめっき処理をし、フラックスを塗布した後、このはんだを再溶融(リフローはんだ

付け)させ、はんだ接合を行なう。接合条件の一例を以下に示す。

- ・ボンディング方式 パルスヒート方式
- ・ボンディング温度 300～350°C
- ・ボンディング時間 1s
- ・ボンディング荷重 1 リードあたり 0.98～1.96N
(100～200gf)

フラックスは、接合部が単なる電気的な接続を要求するのであれば必要ない。この場合、接続後に樹脂などで機械的に補強する。しかし接合部を長期的に保証もしくは苛酷な環境で使用される場合、フラックスが必要である。フラックスの種類はアウタリードのめっき(酸化の程度、めっきの種類、バーニンインの有無など)により選択する必要がある。例えばバーニンインしない0.4μm厚さのSn めっき処理されたアウタリードの場合のフラックスは、塩素を含まない非活性化ロジン(Rタイプ)でも実用上十分な接合強度を得ることができる。フラックスの種類に対する接合強度の一例を図8に、接合部の外観を図9に示す。

4.2.2 金属基板への接合

プラスチック QFP の内部接続に TAB 技術を応用した例を紹介する。この接合は、TAB のアウタリードとリードフレームのインナリードの接合例である。

IC チップとリードフレームのインナリードは Au 線によるワイヤボンディングが一般的である。しかし、最近の半導体素子の狭ピッチ、多ピン化の傾向から IC チップの接続に TAB を応用する方式が考案された。

接合はインナリードボンディングと同様に Au と Sn の共晶接合で行う場合とはんだ接合で行う場合がある。

接合条件は上記の Au-Sn 共晶接合とはんだ接合の場合とほぼ同一である。しかし、リードフレームの熱容量が大きく接合時 接合部の温度が低下するため、リードフレームの予熱もしくは断熱を行う必要がある。また、ボンディングツールの外形が大きくなることから、ツー

図7 アウタリードボンディングの基板実装例

図 8 フラックスの種類と接合強度の関係

図 9 アウタリードボンダ後の外観

図 10 リードフレームへのアウタリードボンディング例

ルの平面度が重要な接合の因子となる。特に Au-Sn 共晶接合の場合のツール平面度は、ボンディング荷重を大きく左右する。接合の一例を図 10 に示す。

5. FPIC のレーザはんだ付け

QFP は熱ストレスに弱い。このため接合部だけを加熱する方法が用いられる。実装工程としてはチップ部品や挿入部品それに熱ストレスに強い FPIC をはんだ付けした後、はんだ供給、部品装着、局部加熱を行う。局部加熱方式には前記したように接触加熱式、非接触加熱式が

ある。特に狭ピッチ、多ピン化部品のはんだ付けに有効なレーザはんだ付けについて以下に説明する。

世の中ではレーザはんだ付けに、CO₂レーザと YAG レーザが使用されている。はんだ付けを行う時、これらのレーザには次の特徴があり、現在では YAG レーザを使用することが多い。特徴を表 2 に示す。

YAG レーザを使用したはんだ付けには次の実装工程が必要である。

はんだペーストと部品が供給されたプリント板にレーザ光を照射し、はんだ付けする。この工程を図 11 に示す。

このレーザ光照射方法として⁴⁾レーザ光移動方式、線状レーザ光照射方式、レーザ光スキャン方式がある。それぞれの方法について次に説明する。

5.1 レーザ光移動方式

レーザ発振器から出力された YAG レーザ光はレンズで集光し搬送用光ファイバに入射する。この光ファイバをロボットに持たせ、レーザ光を接合部に供給する。そしてロボットでレーザ光を移動させ、接合部一ヶ所づつはんだ付けをする。この構成を図 12 に示す。

構造が簡単で、はんだ付けのパラメータはレーザ出力とレーザ光移動速度である。このためはんだ付けの条件出しが容易に行える。しかし、接合部一ヶ所づつはんだ付けを行うため、はんだ付け時間が長い。例えば 0.65mm ピッチ 100 ピン QFP をはんだ付けする条件はレーザ出力 20w、はんだ付け時間 18s である。

表 2 CO₂レーザと YAG レーザの特徴

レーザ	波長 (μm)	はんだ付け面での反射	フラックスでの吸収	基板での吸収	光伝送系	集光レンズなど光学素子
YAG	1.06 (近赤外)	小	小	小	石英製光ファイバ使用可	一般光学ガラス
炭酸ガス	10.6 (赤外)	大	大	大	ミラーの組合せ	ZnSe など

図 11 YAG レーザを使用したはんだ付けの実装工程

図12 レーザ光移動方式の構成

図13 線状レーザ光照射方式の構成

5.2 線状レーザ光照射方式

光ファイバから出射したレーザ光をカマボコ状のシリンダリカルレンズを使用して線状レーザ光に変換する。この線状レーザ光を複数の接合部に照射してはんだ付けする。この構成を図13に示す。

この方式は、光学系ヘッドの構造は複雑であるが、はんだ付けのパラメータがレーザ出力とレーザ照射時間と少ない。このためはんだ付け条件出しが容易に行える。また複数の接合部を一度に加熱するためレーザ光移動方式に比べはんだ付け時間が短縮される。例えば、0.65mmピッチ100ピンQFPをはんだ付けする条件は⁶⁾レーザ出力184w、レーザ照射時間7sである。しかし、線状に変換されたレーザ光のエネルギー分布が均一でないため、はんだ付け接合部にむらが発生する。

5.3 レーザ光スキャン方式

光ファイバから出射したレーザ光をレンズで集光し、振幅しているミラーに照射して線状のレーザ光に変換する。この線状レーザ光を複数の接合部に照射してはんだ付けする。この構成を図14に示す。

この方式は、光学系のヘッドが複雑で、上記の方式のはんだ付けのパラメータにレーザスキャン速度が加わる。しかし、レーザスキャン速度をフィードバック制御しているため、線状に変換されたレーザ光のエネルギー

分布が均一である。

このレーザ光スキャン方式は上記の2方法が持つ欠点を解決するために開発した方法である。特にQFPやSOPの全接合部を同時加熱し、はんだ付けする4方向同時加熱はんだ付け方法について説明する。

200w出力のYAGレーザ発振器から出力されたレーザ光を光学系で4等分割し、光ファイバを使用してはんだ付けヘッドにレーザ光を供給する。上記スキャン方式を組み合わせ、4方向同時加熱を行う。

製造技術の重要なポイントは3つある⁶⁾。

(1) レーザ照射出力とレーザ照射時間

これらは、はんだ付けに必要な加熱パラメータである。接合部の熱容量によってこのパラメータは変わってくる。目安として、0.65mmピッチ100ピンQFPをはんだ付けするにはレーザ照射出力が100w、レーザ照射時間は6sを設定する。

(2) レーザ照射位置の設定

レーザ光を最も吸収するのは、はんだペーストである。そこでレーザ光のエネルギー密度が最も高い点つまりレーザ光の中心をはんだペーストの塗布位置に合わせる。

(3) 供給はんだ量の条件出し

これははんだ付けに必要な接合部品質管理パラメータである。このパラメータは接合部の状態（プリントパターンがCu箔、HAL、はんだディップ、ICリードがSnめっき、はんだめっき等）によって変化する。Snめっきした0.65mmピッチ、100ピンのQFPをHAL基板には

図14 レーザ光スキャン方式の構成

図15 はんだ付け時のパッケージ内部温度

んだ付けするのに必要なはんだペーストの量は1ピン当たり1.20mg~1.48mgである。

以上のポイントのほかに、はんだ付け不良低減策として、はんだ付け時に部品位置を矯正、はんだボール発生を防ぐための予熱、はんだ付け中にはんだペーストから発生するフラックス煙の効果的回収方法などの工夫を行っている。

この方式の特徴を以下にまとめる。

(1) はんだ付け時間の短縮が図れる。

0.65mm ピッチ 100 ピン QFP のはんだ付けを 6s で行う。レーザ光移動方式に比べはんだ付け時間は約 3 分の 1 に短縮される。このはんだ付け時間の差異は QFP のピン数が増えるにしたがって大きくなると予想される。

(2) 部品への熱ストレスが少ない。

全接合部だけを同時に加熱はんだ付けするため接合部は、はんだ付け終了と共に冷却が行える。このため QFP パッケージモールドへの熱影響は少ない。0.65mm ピッチ、100 ピン QFP をはんだ付けした時のパッケージ内部温度は 140°C 以下であった。この結果を図 15 に示す。

(3) 接合部のはんだ付け仕上がりにむらが少ない。

レーザスキャン速度は速度フィードバックが行われている。このため、均一なレーザエネルギーを各部に供給でき、各接合部の温度プロファイルはほぼ均一となる。

(4) レーザ照射位置決めが容易である。

レーザ照射位置は全て電気制御できる。このため照射位置をメモリに登録すれば 5mm~50mm の QFP, SOP についてはんだ付けが行える。

(5) はんだ付け条件の設定が容易である。

はんだ付け条件はレーザ照射出力、照射時間、はんだペースト供給量で決定される。これらの設定値は電気制御で行え、外乱に影響されにくい。このことから条件設定が容易なこと、条件の再現性が良いことから自動化が行いやすい。

(6) 装置が高価である。

フローヤリフローそれにはんだゴテに比べ、装置自体の価格は高い。このため対象部品の高付加価値化、局所加熱のメリットの明確化がはっきりしないと導入を行いにくい。これはレーザはんだ付けに限らず局部加熱の持つ問題といえる。

(7) レーザのメンテナンスに知識が必要である。

空中のゴミ、冷却水の劣化によってレーザ出力は低下することがある。このため、出力低下を検知し、レーザ発振器のメンテナンスを行う必要がある。

(8) 対象部品の寸法精度が要求される。

局部加熱方式で実装する部品は狭ピッチ、多ピン化した部品が多い。YAG レーザはんだ付け装置は、はんだ付けを行う装置であって、部品の寸法や部品の状態を修正する装置ではない。この点を考慮して装置導入を検討する必要がある。

以上が現在あるレーザはんだ付け技術の現状である。熱ストレスが問題となる FPIC があるかぎりこの市場は今後も増え続けるであろう。

6. ま と め

高密度、薄形化製品の要求が強い中で、狭ピッチ、多ピン化された部品は今後も開発され、市場へ登場してくると思われる。接合技術の開発と接合部の信頼性向上は、安定した製品を世の中へ送出すために必要不可欠であり、より一層の改善努力が重要である。

参 考 文 献

- 1) 日経エレクトロニクス 1988 12月号
- 2) 畑田 '88~'89 ハイブリッドテクノロジー
- 3) 渥美他 東芝レビュー 1988 43 巻 10 号 P833
- 4) 末永他 溶接技術 1986 Vol.35
- 5) 三浦 自動化技術 1986 18 巻 11 号
- 6) 中原他 電子材料 1987 Vol.26
- 7) 土屋 WELTEC 1988 Vol.14 N.O.10