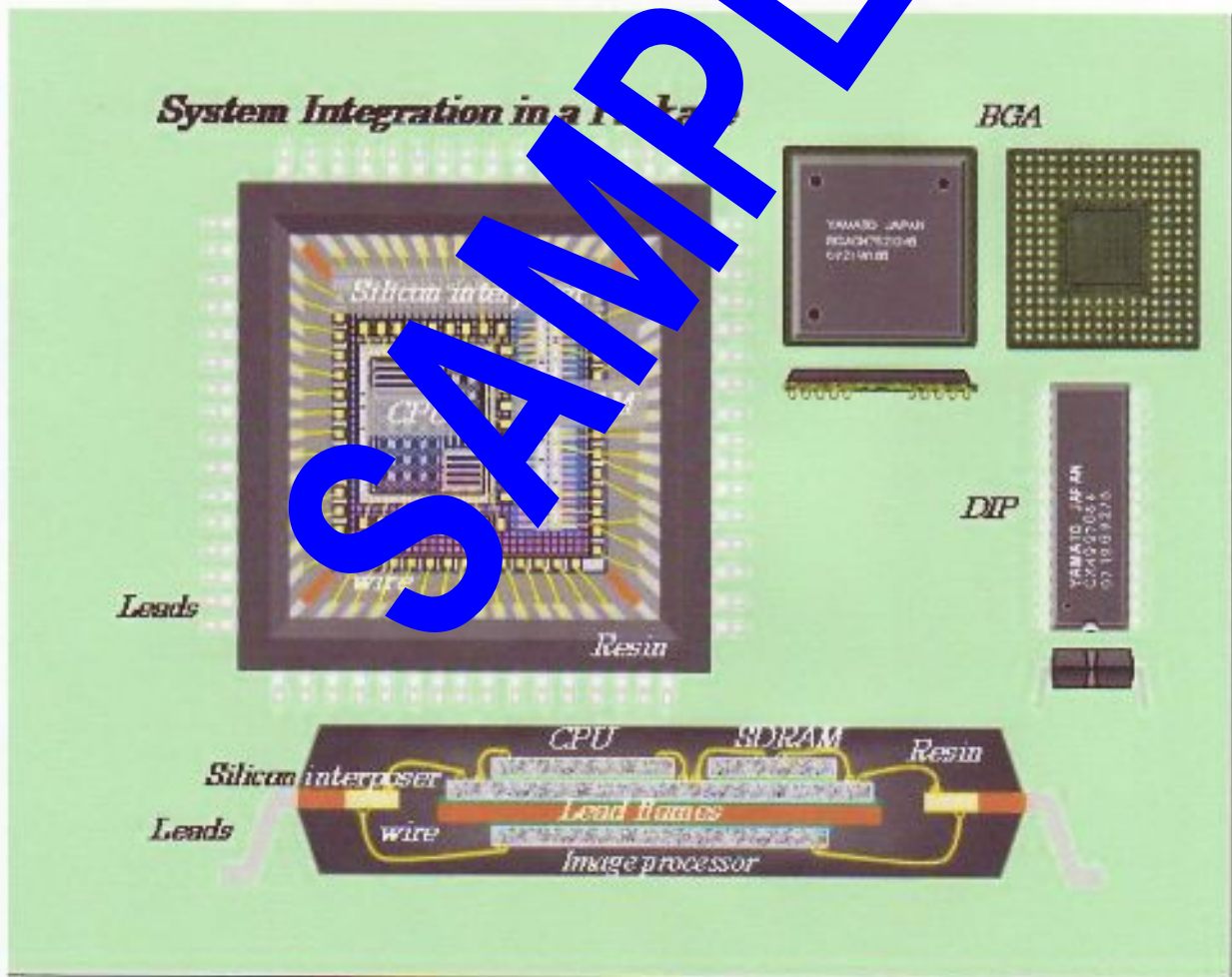


技能検定学科試験対応、技術系新入社員教育対応

# 半導体 パッケージ製造 後工程のすべて



GK ソリューションズ

# 目次、2大特長

## ■ 目次

|                     | <頁> |                      | <頁> |
|---------------------|-----|----------------------|-----|
| はじめに                | 1   | 第5章～第9章の学習のねらい       | 43  |
| 目次                  | 2   | 第5章 BGAの組立工程         |     |
| 2大特長                | 2   | ワイヤBGAの組立工程          | 44  |
|                     |     | FCBGAの組立工程           | 45  |
| 第1章～第4章の学習のねらい      | 3   | 第8章 セラミック系パッケージの組立工程 | 46  |
| 第1章 半導体パッケージの種類と使用例 |     | 第7章 TCPの組立工程         | 48  |
| 真空管・トランジスタ          | 4   | 第8章 WSPの組立工程         | 48  |
| DIP                 | 5   | 第9章 テープ工程            | 49  |
| QFP、SOP、QFJ         | 6   | 第10章～第11章の学習のねらい     | 50  |
| BGA、QFN             | 7   | 第10章 品質管理            |     |
| 放熱板付きBGA、FCBGA      | 8   | QC七つ道具               | 51  |
| MCP、SIP             | 9   | 静電気対策                | 53  |
| パッケージ外形の呼び方         | 10  | 信頼性試験・解析手法           | 54  |
| 第2章 半導体パッケージの役割     | 11  | 環境管理                 | 56  |
| 第3章 半導体の組立とは何か      |     | 京セラ規定書・モニターール議定書     | 57  |
| 組立とは何か              | 12  | グリーン製品・RoHS指令・PRTR   | 58  |
| 剥離とは何か              | 15  | MSDS・3R・ゼロエミッション     | 59  |
| 第4章 QFPの組立工程        |     | ISO14000             | 60  |
| 組立工程の概要             | 17  | 第12章 安全衛生            |     |
| バックグラインディング工程       | 18  | 安全の三原則、ハインリッヒの法則     | 61  |
| ダイシング工程             | 19  | KYT、有機溶剤中毒予防         | 62  |
| ダイボンディング工程          | 20  | 第13章 生産管理            | 63  |
| ワイヤボンディング工程         | 21  | 第14章 設備要素            | 64  |
| 樹脂封止工程              | 22  |                      |     |
| タイパー切断工程            | 23  |                      |     |
| リード外装めっき工程          | 24  |                      |     |
| マーキング工程             | 25  |                      |     |
| 端子形成・固片化工           | 41  |                      |     |
| コプラナリティ・実装不         | 42  |                      |     |

## ■ 2大特長

<国家技能検定の試験に合格するためのテキストです>

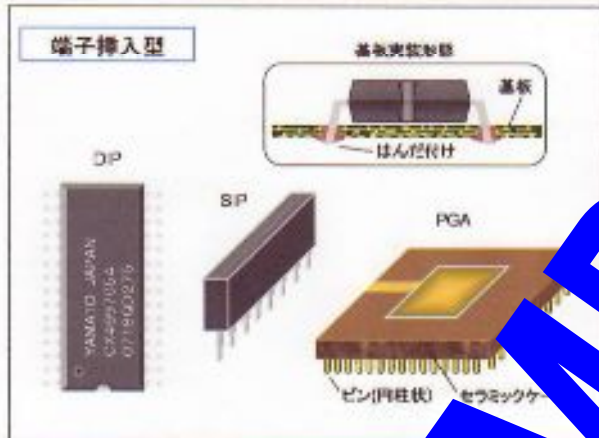
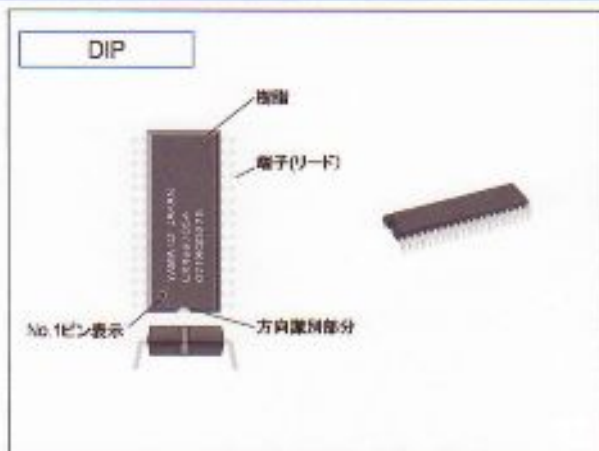
- ・学科試験問題を基にした学習資料を体系的に作成していますので事前知識なしで、学科試験の全項目について準備勉強ができます。
- ・あなたが担当する工程以外の勉強も容易です
- ・品質管理、環境管理、安全衛生、生産管理、設備要素まで対応しています
- ・「難しい業界漢字や英語表記」はふりがな、解説付です

<半導体パッケージと後工程プロセスの新入社員教育テキストです>

- ・半導体組立の全てが、最初から最後までビジュアルに理解できます
- ・半導体パッケージを、開発順に身近な使われ方で紹介していますので、なぜ、多くの種類のパッケージが必要かを理解できます
- ・半導体の組立(接着)とは、何かがわかります



## DIP



現在でもDIPはエアコン、冷蔵庫など半導体を搭載するスペースが比較的余裕のある家電製品には使われている。DIPは基板へのはんだ実装が容易なため低コストで実装組立できることと、ソケットから簡単に抜き差しできるためである。

トランジスタ多数を一つのチップの形成するIC(Integrated circuit=集積回路)が開発されると外部端子が多数必要になりDIP(Dual in line package=デュアル・インライン・パッケージ=二列のラインに並んだパッケージ)が開発された。最初はセラミックパッケージであったがコストダウンのためモールド樹脂封止型のパッケージとなった。

DIPやSIP(single in line package=シングル・インライン・パッケージ=一列のリードが並んでいる)、PGA(pin grid array=ピングリッド・アレイ=ピンが全面的にある)を端子挿入型という。配線基板に押し込んで使用する形式のパッケージである。リードの配線基板との接合は基板の裏ではんだ付けではなくはんだ槽に入れて接合する。

よく使われたのは電卓であった。また、家庭用TVゲーム機の最初のタイプはゲームソフトがDIPに入っていた。半導体工場はクリスマス商戦用の人気ソフト販売に合わせて製造ラインを大幅に変更し、2~3日の超特急日程で100万個規模の大量のゲームソフトDIPを生産していた。



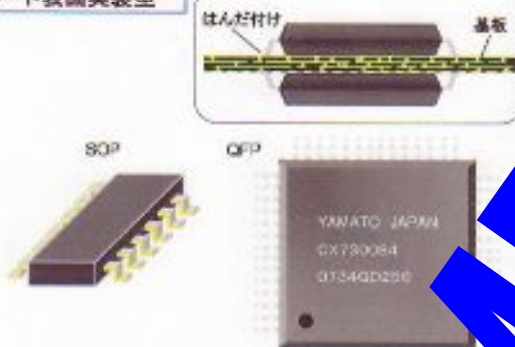
## QFP、SOP、QFJ

## QFP



ICが大規模化LSI(Large scale integration=ラージ・スケール・インテグレーション)になると外部端子数が増大し、DIPでは対応できなくなった。また電子機器にも半導体の搭載数が増え、配線基板の両面に搭載するため表面実装型のQFPが開発された。パッケージ厚みも3~4mm程度から薄くなり1mm程度となった。表面実装型はSMD(surface mount device=サーフェイス・マウント・デバイス)という。

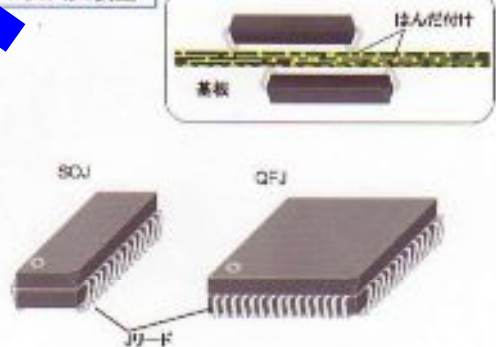
## リード表面実装型



端子数はQFPと同様の表面実装型が要求されたため、Small outline package=スモール・アウトライン・パッケージ=長方形パッケージで極小のリード(ピン)も開発された。メモリ装置に多用されている。実装方式は、はんだリフローがある。

QFP、SOP同様の要求とパッケージの実装。面積を少なくするために、リードの形をしたPLCC/QFJ(Plastic leaded chip carrier=ティック・リーデッド・チップ・キャリア)が開発された。欠点は、配線基板とはんだ付け部分が一部から検査しにくいことであり、歩合率も年々減少し、僅かである。

## リード表面実装型



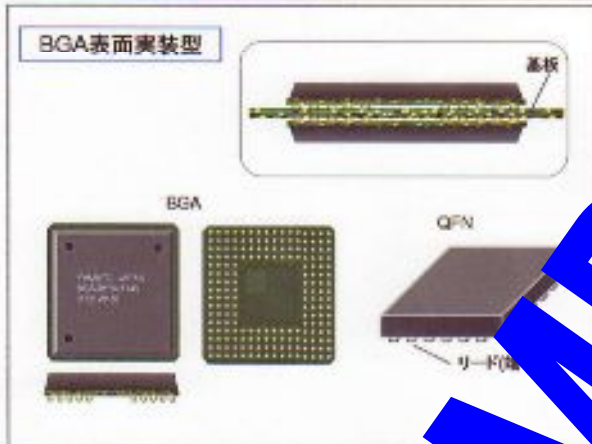
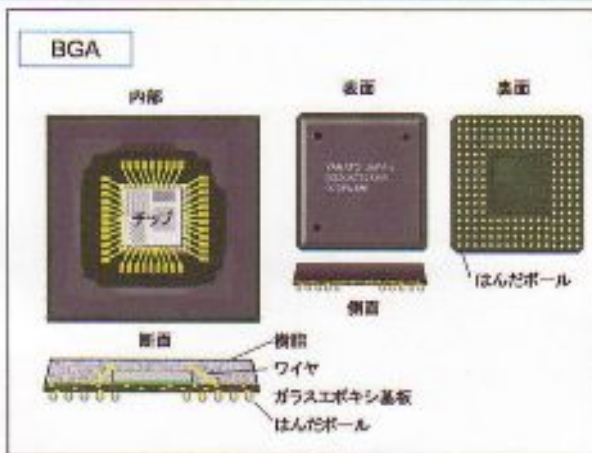
QFPは使い勝手のよさから急激に販売量を伸ばしていった。第二世代の家庭用ゲーム機もCPUなどに多数使われていた。電卓などの要求が軽薄短小になったため、薄いQFPが加速した。現在でもQFPは、40~400ピン程度の外部端子数があること、信頼性が確保できること、はんだ実装状態を確認できること、量産性が良く製造コストが安いことなどの理由で最も生産されているパッケージである。

## 第二世代TVゲーム機





## BGA、QFN



チップの機能がますます複雑、複合化してきたのでQFPの大型化、ファインピンピッチ化ではピン数が対応できなくなった。この対策として端子をはんだボールで形成し、パッケージ下面の全部を使うBGA(ball grid array=ボール・グリッド・アレイ=はんだボールを格子状に配置)を開発された。基板は、配線基板と同じガラスエポキシ基板を使用する。

BGAのフリットへの搭載は表面実装型(SMD)で両面搭載が可能。また、QFPのウイングリードをなくし、リードの一部のみを露出させたQFN(quad flat non-leaded package=クワッド・フラット・ノンリードパッケージ)もある。QFNのリードは周囲から1~3列形成できる。リードフリーであるので製造コストが安い。

BGAは急激に生産数量を伸ばしている。

BGAの長短所(QFP比較)

<長所> ①端子数が多い ②チップと端子の配線が基板内で自在に変更可能

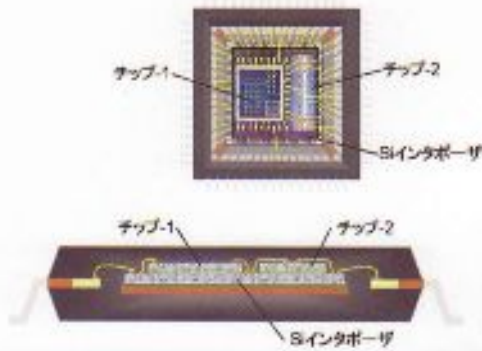
<短所> ①はんだボールの接着状態が外部から確認できない ②基板がコストが高い。



BGAは大画面薄型テレビ、パソコンなど多くの種類の電子機器で使用されている。また、液晶画面の信号のやり取りや制御にTCP(tape carrier package)が使われている。

## MCP、SIP

QFPのMCP(multi chip package),SIP



車搭載機器制御

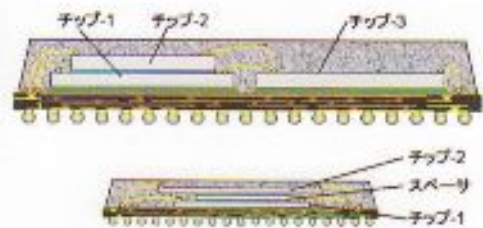


QFPはBGAの登場で、成熟パッケージなどといわれ始めていたが、チップを複数搭載できるような開発が行われたので、元々QFPが持っている使い安さ、製造コストの安さ、信頼性の高さを強みに一気に息を吹き返した。MCP手法としては、単純に横に2個並べるside-by-side、積み重ねるstack、Siインタポータを使う方式等がある。QFPのMCPは製造コストの安さからDVD、オーディオ、冷蔵庫、体脂肪率計など多数の家電系電子機器に採用されているが、最も特徴的なのは車載制御である。これは大きめの半導体の搭載スペースがありそうに見えるが、乗員の占有空間を大きくして快適性を出すため、車載機器に許容される搭載スペースは少ない。

しかし、車の電子化は高機能化しているので半導体の使用数はますます増加している。従って、MCPとして対応する必要性が出てきた。QFPのMCPが使われる理由は、パッケージ信頼性の高さを、配線基板に確実にはんだ付けされていることを確認できること、製造コストの安さである。

携帯電話などは高機能化、高性能化したから、コンパクトなサイズのため搭載するスペースは限られている。そこで一つのパッケージに異なる2~6個のチップを搭載するMCP(multi chip package=マルチチップパッケージ)が開発されてきた。チップ間、チップと基板接続はワイヤボンディングによる。対峙する。

BGAのMCP(multi chip package),SIP



携帯電話、デジカメ

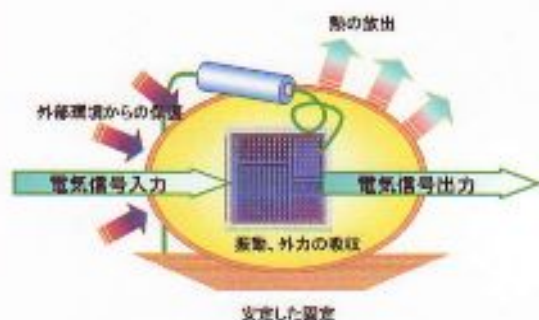


MCPにマイコンを搭載したものをSIP(system in a package=システム・イン・ア・パッケージ)と呼ぶことがある。MCPやSIPは携帯電話やデジカメなど持ち歩いて使用する電子機器に多く搭載されている。



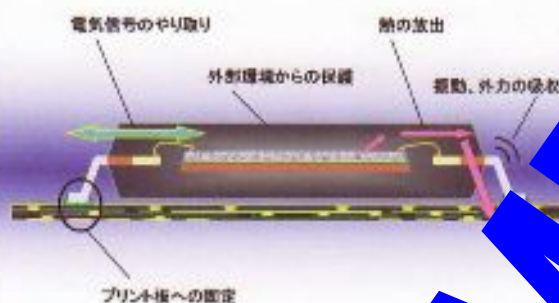
## 第2章 パッケージの役割、必要な性能

## パッケージの役割



半導体素子をパッケージにする目的は ①チップを外部環境から守ること ②チップで発熱した熱を放散させること ③チップと外部の電氣的接続をやりやすくすること、である。チップのみでも外部との電氣的接続は可能だが、困難である。半導体を使用する人が使いやすいようにすることも重要な役割である。

## QFPの例



QFPの例で考えると、①は外部からの力、水分、温度などから保護する ②リードは電気信号のやり取りを行う ③プリント配線板へ固定する ④発熱した熱を樹脂からも放出を行う ⑤ガルフラング形状で熱膨張や、振動を吸収する、という役割を持っている。

## パッケージに必要な性能



パッケージに必要な性能は、特に車載制御に使われる場合、人身に関係しているから過酷である。車は厳寒の地、灼熱の砂漠、高温多湿地帯で十数年使われるので、この条件で故障しないようなパッケージが必要となる。事前の半導体信頼性試験では、下記の条件で2000回繰り返しても故障しないように設計・製造する。車載以外に高い信頼性が要求されるのは、医療関係の機器に使用する場合である。携帯電話やデジカメなど一般の家電製品は、車載のような信頼性は必要とされない。

# 剥離とは何か

## 接着の強さと 破壊の場所

- ・接着強さ(くっつく力)の測定方法はない
- ・破壊に対する抵抗力を接着強さと見なす

## 破壊の場所

破壊はもっとも弱いところで起きる。  
(もっとも弱いところに外力が集中する)



接着とは、物質(=分子=原子)が近づくことであったが、破壊は、物質の距離が遠くなることである。遠くなると引力が急激に弱くなるので、接着状態はなくなる。

半導体に限らず、接着は一定以上の強度が必要であるが、接着強さ(くっつく力)を測定する方法はない。接着したものを壊してみれば初めて接着強度が判る。壊すことを「破壊」といい、「破壊に対する抵抗力=壊れにくさ」を接着強度とみなしている。破壊は、均一に発生せず、最も弱いところに外力が集中して壊れる。

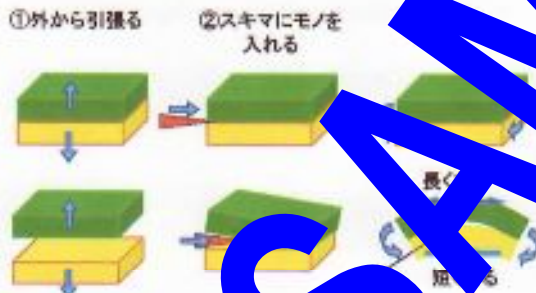
## 剥離(接着が剥がれる)とは、何か

接着(非常に近づいている)しているものが、遠くなると「破壊」



## 剥離(接着が剥がれる)とは、何か

どうすれば、剥離が起こるか



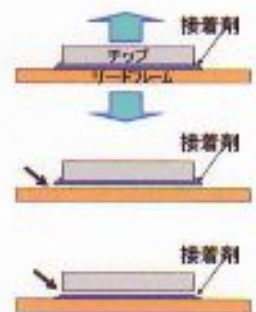
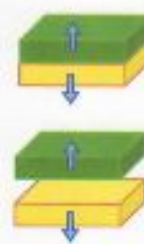
外からの力で二つの物質を剥離する現象は、大きく分けると、チップがリードフレームのダイパッドに接着されている場合、①ダイパッドと接着剤の間(=界面)が剥離する ②チップと接着剤の界面が剥離する ③接着剤そのものが二つ以上に分かれる、の三つになる。一般的に①と②がほとんどである。原因は、①接着剤の接着力が元々弱い ②チップやリードフレームの表面に油や汚れ(=汚染)が付着している ③接着剤のキュアが十分行われていない、が主である。

半導体の破壊は、接着したものが剥離(=剥がれる)ことである。剥離は大きく分けると、①二つの物質を外から引っ張って剥がす ②スキマに入れて(固体、液体、気体)剥がす ③接着している物質を曲げると二つの物質の長さが違ってくるので、そこで剥離が発生、の三つになる。

## 剥離(接着が剥がれる)とは、何か

どうすれば、剥離が起こるか

①外から引張る



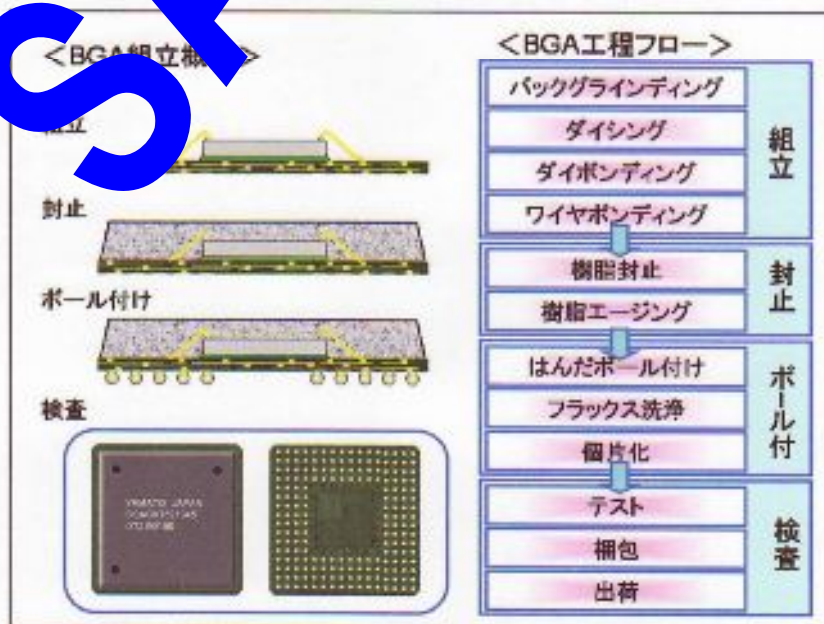


# 第4章 QFPの組立工程(組立工程の概要)

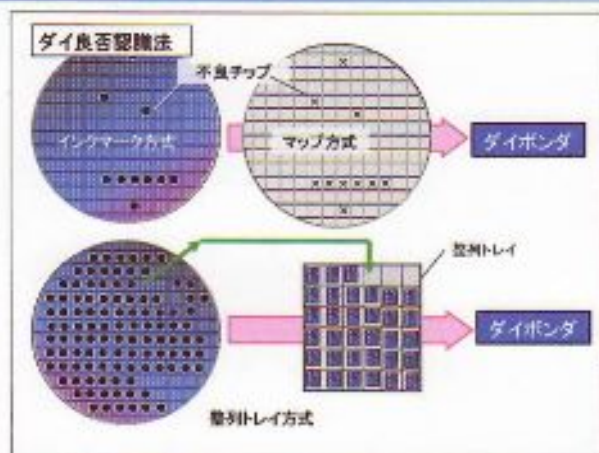
QFP、DIPなどモールドパッケージの組立工程を大きく区分すると「組立→封止→仕上げ→検査」である。各社の半導体工場の現場区分も、概ねこのようになっており、それぞれに現場作業責任者(課長または係長)がいる。組立、封止、仕上げ、検査はそれぞれ2~4の小工程に分かれている。本テキストは各小工程区分で説明する。



ワイヤBGAの組立工程もQFP同様で、QFPの仕上げに相当する部分が、ボール付けとなっている。FCBGAや放熱板付きBGAなどの場合、構成部品が増えた分、小工程が増える。QFPもBGAも複数のチップを搭載するMCPの場合、チップの数の増加に応じてダイボンディング、ワイヤボンディングを何度も繰り返す。



## ダイボンディング工程



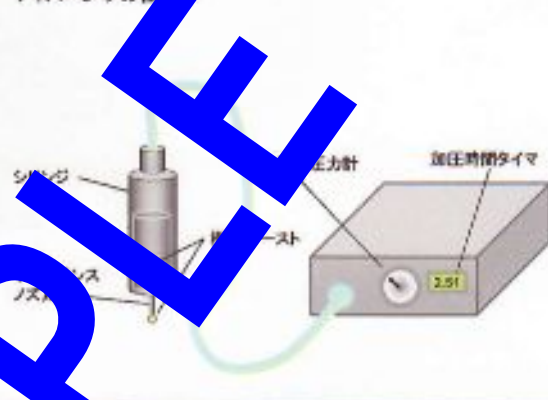
エポキシなどのペーストを用いる樹脂接着法では、ディスペンサ装置を用いて接着樹脂の吐出(としゅつ=出す量)量を管理する。吐出量の管理はディスペンサの加圧時間、圧力で調節する。吐出後も長時間放置すると粘度があがるため、ダイボンディングまでの時間管理が重要である。自動では故障した場合に注意が必要。

樹脂ペーストの塗布方式は①マルチ(多点)ノズル方式というディスペンサノズルが複数あり同時にペーストを塗布する方式 ②一本のノズルでいろんな形状にペーストを塗布するまで描画する方式がある。マルチノズル方式はチップの塗布を100%近くにするのは難しいが、②の方式は達成しやすい。しかし時間がかかる。

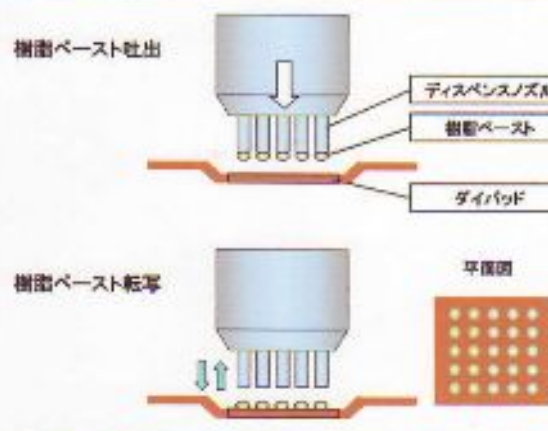
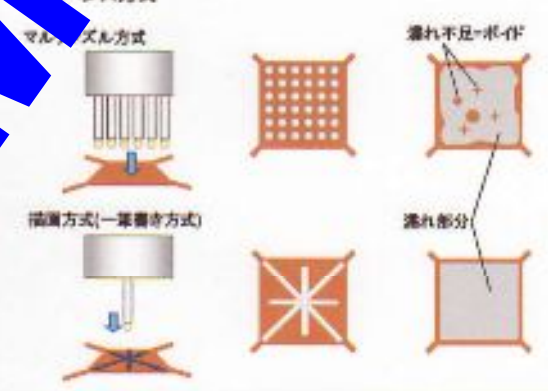
マルチノズル方式による樹脂ペーストのダイボンディング方法を説明する。①リードフレームをスタッカまたはマガジンからダイボンディングする個所に搬送する。②ディスペンサノズルから樹脂ペーストを吐出する。③ダイパッドのあらかじめ設定した高さ、圧力で樹脂ペーストを塗布する。

下図の上の図は不良品が少ないウェーハで多く用いられている不良品にインクで印をつけるインクマーク方式と電子データで不良を記憶するよるマップ方式である。下の図は、ウェーハ当たりの良品が非常に少ないとき、良品チップのみをあらかじめ選別しトレイに整列したトレイ方式である。整列したトレイをダイボンダで使う。

## ディスペンサの仕組み

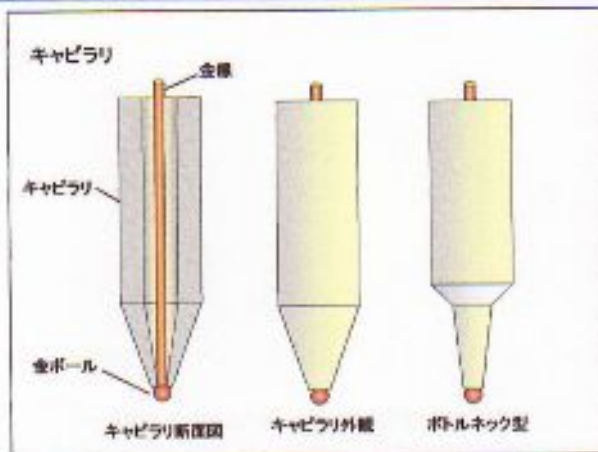


## ディスペンサ方式

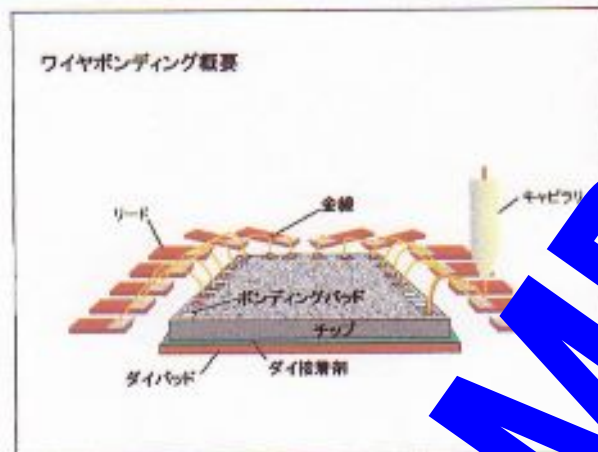




## ワイヤボンディング工程

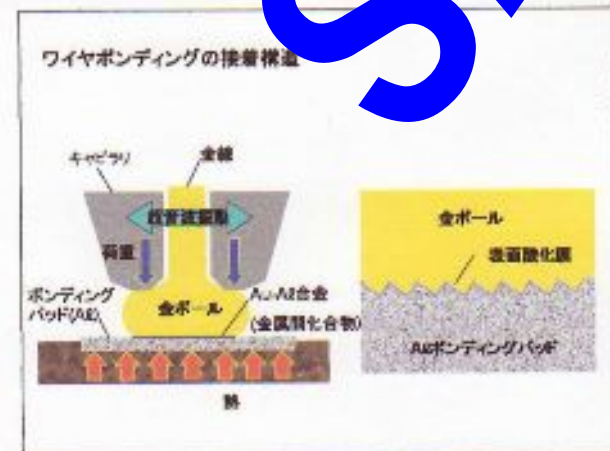


ワイヤボンディングの金線はキャピラリ(細い管)を使って行う。キャピラリの材質は一般的に、セラミックもしくはルビーで製作されている。硬度が硬いことと、金線削り屑がキャピラリに付着しないようにするためである。チップが小さくなり、パッドが多数になるとパッド間隔が狭くなり、通常のキャピラリでは隣のワイヤに接触するので先端部分を細くした「ボトルネックキャピラリ」といわれているものを使用。近年、多く使われている。



ワイヤボンディングはダイパッドに接着したチップのボンディングパッドにワイヤを細い(直径 $20\mu\text{m}$ ～ $25\mu\text{m}$ 程度)の99.9%以上の純度の金線などで結線することである。金線をキャピラリを使って取り出す。金線は不必要な個所に接触しないように、また樹脂封止時に流れないように設計する。金線を用いるワイヤボンディングは一本ずつ行うために効率が悪い。そこで多数を一回に接着する方法が種々考案されたが、①配線

自由に行える ②結線の確実性(信頼性)が高いなどで依然として半導体組立の主力である。貢献したのはワイヤボンダの自動化のレベルが高くなったことと、高速ボンディング化である。金は価格が高いので金以外の材料、例えば銅線を使ったワイヤボンディング法が開発され始めているが、生産性や信頼性を入れた総合的なコストが安くなるかがポイントである。

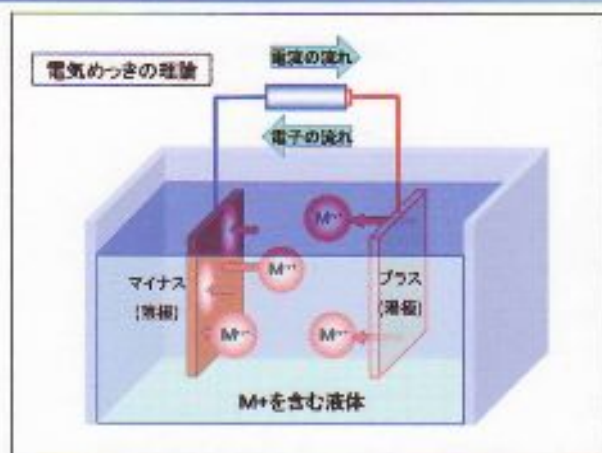


金線のワイヤボンディングは熱圧着に $60\text{kHz}$ ～ $120\text{kHz}$ 程度の超音波を加えて併用して行うのが主流である。これを「超音波併用熱圧着ワイヤボンディング」といわれている。接着エネルギー(くっつける力)は荷重と温度と超音波である。温度を高くすることにより金ボールとボンディングパッドを変形しやすくし、拡散速度を上げる。

Au-Ag合金形成でボンディング成立となるが、これの阻害要因となっているのは表面酸化膜である。これを破壊して清浄表面を出し、ワイヤとボンディングパッド相互の原子を相互拡散可能な距離に近づけることが必要である。



## リード外装めっき工程



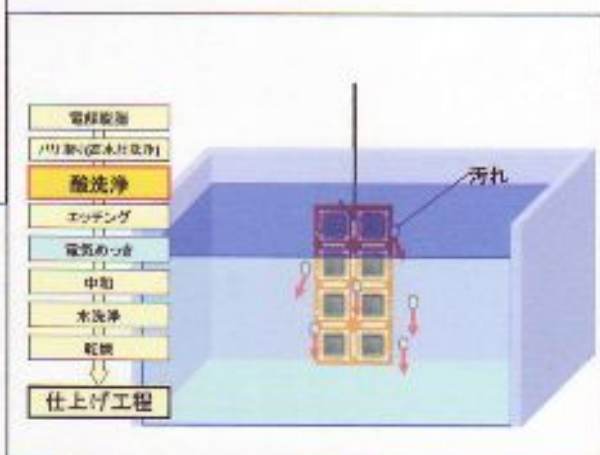
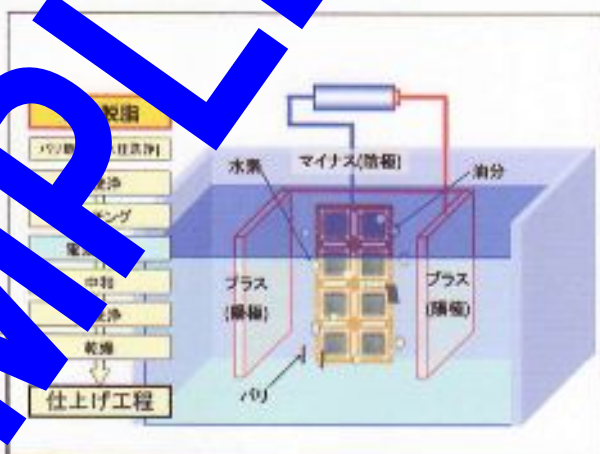
リードフレームのめっきは、「前処理」として、まず電解脱脂(だっし=油分などを除去する)を行う。リードフレームをマイナス(陰極)につなぎ、金属をプラス(陽極)とする。電流を流すことにより水素ガスを発生させ水素ガスでリードフレーム表面に付着した油分や樹脂バリを除去する。水溶液はアルカリ性である。

注)電解脱脂とバリ取りはどちらを先に行ってもよいが、バリが非常に多い場合はバリ取りを先に行う。通常はバリ取りが後である。



電解脱脂では、強固に付着した樹脂バリなどがまだ完全に取れない場合があるので、水を100気圧から250気圧の高圧にし、リードフレームの主に樹脂が付着している部分に噴射し、圧力で除去する。除去する部分以外は、金属で製作したマスクでおおうか、噴射水を細く絞って狙い打ちで除去を行う。

リードフレームの外部端子(リード)のめっきは電気めっきで行う。目的は①リードの耐食性確保 ②配線基板とのはんだ付け性をよくすることである。電気めっきは、金属を二枚、めっきしたい金属イオンを含む液体に入れ電気を流すことにより、液体中の金属イオン(プラス)が、陰極金属に付着する。液体中の金属イオンが不足してきたら、プラス側の金属から次々と供給される。めっきに必要な特性は①はんだに対するぬれ性 ②リード材料との密着性 ③はんだとの接合性 ④耐熱性 ⑤耐食性 ⑥耐食性 ⑦歪力が発生しにくいこと ⑧低コストで生産できること



酸性の液体を用いて、さらに残った薄い汚れを除去する。