

新層間接続技術 - CBIC -

電子電装開発センター 北 田 智 史¹
東北フジクラ 宇 波 義 春

New Interconnection Technology - CBIC -

T . Kitada , and Y . Unami

複数の配線層が積層されたプリント基板における層間接続技術として、従来スルーホール (TH) あるいはレーザビアホール (LVH) などが用いられている。それらに加えて、全く新しい接続技術として、銅ボールを用いた層間接続技術 (CBIC) の開発に着手した。これは、銅ボールと銅箔を高温下で圧接することで、両者が強固に密着することが明らかとなったためである。CBICは従来技術と比較して、工程不良の削減、接続信頼性の向上などの効果が期待される。

Through hole (TH) or laser via hole (LVH) is commonly used as the interconnection technology of multilayer printed circuits. In addition to the conventional technologies, we started developing CBIC, which is a new interconnection technology in which copper balls are used. We found that copper balls and copper foils could be strongly bonded when they were pressed at high temperature. In comparison to conventional technologies, reduction of manufacturing defects and improvement of connection reliability can be expected.

1. ま え が き

フレキシブルプリント基板 (Flexible Printed Circuit, 以下FPCと記す) とは、可とう性を有するプリント基板のことで、薄くて折り曲げられることが最大の特長である。現在では、携帯電話やデジタルカメラなどの小型電子機器から、プラズマテレビなどの大型のデジタル家電にいたるまで、薄型化・小型化が要求される電子デバイスにとって、FPCは必要不可欠なコンポーネンツと位置付けられている。

FPCは片面、両面、および多層基板と、大きく3種類に分類することができる。このうち、両面基板および多層基板については、複数の銅配線層の間を電氣的に接続する必要がある。この方法として、スルーホール (Through Hole, 以下THと記す)、あるいはレーザビアホール (Laser Via Hole, 以下LVHと記す) などの技術が一般的に適用されている。代表的なTHおよびLVHの断面写真を図1に示す。THでは、ドリルにより基板に貫通ビア (孔) を設け、その壁面と外層の銅配線に銅めっきを施すことで層間接続が実現される。LVHでも同様にめっきが施されるが、貫通ビアではない点が異なる。

THおよびLVHが現在の層間接続技術の主流であるが、

熱的ストレスに起因して発生するめっき破断による断線不良、あるいは、ビア上での実装用パッドの配置 (パッド・オン・ビア) が困難であるという面も合わせもつ。このような場合、LVHのビアの内部を銅めっきで埋める (ビアフィルめっき¹⁾)、あるいは他の層間接続技術、たとえば導電性ペースト²⁾や銅バンプを用いた技術などを適用する場合もある。特に銅バンプの場合には、高温下でバンプと銅箔を圧接することにより接合が実現される。そこで、バンプの代わりに小径の銅ボールと銅箔を高温下で圧接したところ、両者が強固に密着することが明らかとなった。界面ではCu-Cuの金属結合が形成されるものと推測されたことから、FPCに適用した新しい層間導通技術CBIC (Copper Ball Interconnection Co-laminated) として開発に着手した。

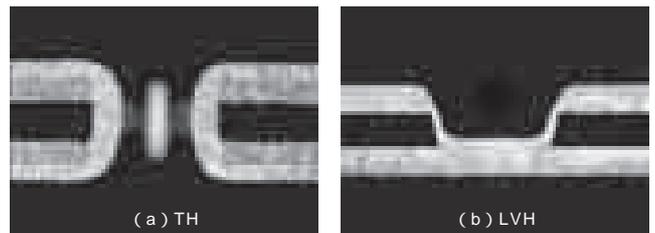


図1 (a) THおよび(b) LVHの断面
Fig. 1. Cross sectional view of (a) TH and (b) LVH.

¹ 回路技術開発部

2. CBICの特長

銅ボールのSEM像を図2に示す。元々はCSP(チップ・サイズ・パッケージ)などではんだボールのコア材として製造されているものである。実際にCBICを適用して試作したFPCのビア部の断面写真を図3に示す。ビアおよびランドの径はそれぞれ 100 μmおよび 300 μmである。このFPCの製造工程を図4に示す。比較として従来のLVHの工程も示してある。CBICでは出発材料として、銅箔との接着能力を有する基材、たとえば熱可塑性接着剤が表面に形成されたポリイミド、あるいは液晶ポリマといったスーパーエンブラのフィルムを用いる。基材にUV-YAGレーザーで貫通ビアを明け、そのビアにマイクロ

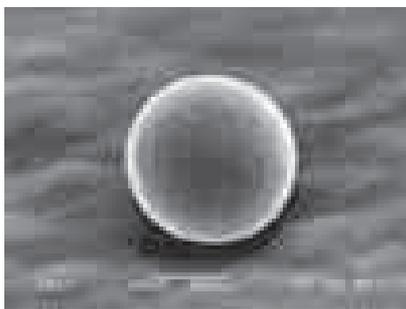


図2 銅ボールのSEM像
Fig. 2. SEM image of copper ball.



図3 ビア部断面
Fig. 3. Cross sectional view of copper ball via.

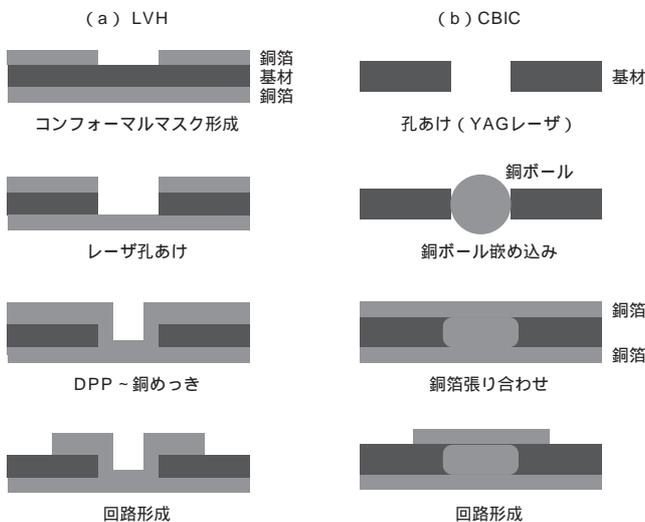


図4 (a) LVHおよび(b) CBICの基板製造工程
Fig. 4. Production process of (a) LVH and (b) CBIC.

銅ボールを押し込む。その両面を銅箔で挟み、高温下でプレスを行い、銅ボールを押し潰すと同時に基材と銅箔を張り合わせることで、層間接続が形成された銅張積層板が得られる。以降の回路形成工程は、通常のサブトラクティブ法と同様である。

CBICにより作製した基板の特長のひとつは、図3から明らかなどおり、銅張積層板を作成した段階でビアの内部が銅で埋められたフィールドビアが実現されている点である。これによりパッド・オン・ビアが可能となり、部品実装の高密度化の面で大きなメリットとなる。もうひとつの特長は、図4で示されるように、めっき工程を経ずに層間導通が実現される点である。LVHのめっきの場合、面内でのめっき厚のばらつきは避けられず、特にサブトラクティブ法により微細回路を形成する場合には、めっき厚のばらつきが後の回路形成における断線・混線不良の要因のひとつとなる。それに対して、CBICではプレス工程のみによって層間接続が実現されるため、めっき工程が起因となる上記不良を根本的に削減できることが期待できる。さらに、めっきにより銅箔の厚さが増加することが無いため、微細回路の形成という点でも有利となる。

CBIC工程において従来のLVH工程と大きく異なる点は、「銅ボールの押し込み」および「銅ボールと銅箔の接合」の2点である。そこで、この2点の検証結果を以下に述べる。

3. 検証結果

3.1 銅ボールの押し込み

図4にも示したとおり、基材にあげたビアに銅ボールを押し込む必要があり、ボールが押し込まれた基材をここではコア基材と呼ぶことにする。このコア基材を作製するにあたっては、銅ボールを各ビアに確実に1個ずつ配置する必要があり、その方法としてメタルマスクによる一括振込み方式を採用した(図5)。メタルマスクは、ビアに相当する位置に丸穴が開口されたSUSプレートのことである。SMT(Surface Mount Technology)実装で用いられるソルダペースト印刷用マスクと同様のものである。すべてのマスク開口へ銅ボールが振り込まれた後、マスクを取り外して銅ボールをビアに押し込むことでコア基

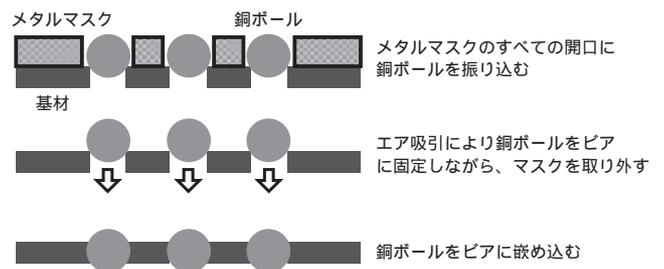


図5 コア基材作製工程
Fig. 5. Production process of core base.

材が完成する。マスクの取り外しの際、エア吸引により銅ボールをビアに固定しておく必要がある。

銅ボールをビアに押し込むためにビア径がボール径よりも小さいことが必要とされる。ここでは銅ボールの押し込みに適したビア径を検証した。検証に使用した銅ボールの径は 100 μm であるが、寸法精度が ± 5 μm とされており、ビア径はこの精度を考慮した大きさとする必要がある。図 6 はビア径を 80, 85, および 90 μm としたときの銅ボールの押し込み状態を SEM により観察した結果である。ビア径が 80 μm 以下では押し込み量が小さく、上面（ボールを押し込む側の面）の銅ボールの突出量が大きい。そのため、その後のハンドリングにおいてビアから脱落する銅ボールが発生し、すべての銅ボールを安定してビアに固定することが不可能であった。反対に 95 μm 以上でもビアから脱落するボールが発生したことから、コア基材の作製に当たって、ビア径は 85 ~ 90 μm が適しているという結果が得られた。

図 7 は 90 μm ビアに押し込まれた 100 μm 銅ボールの断面写真の例である。基材の厚さは 50 μm (2 mil) とした。現在使われている一般的な FPC の基材の厚さは 25 μm (1 mil) であるが、100 μm の銅ボールを用いることを考慮したため、ここでは厚めの基材を用いた。25 μm 厚の基材を用いる場合は、より径の小さいボールを適用する必要がある。

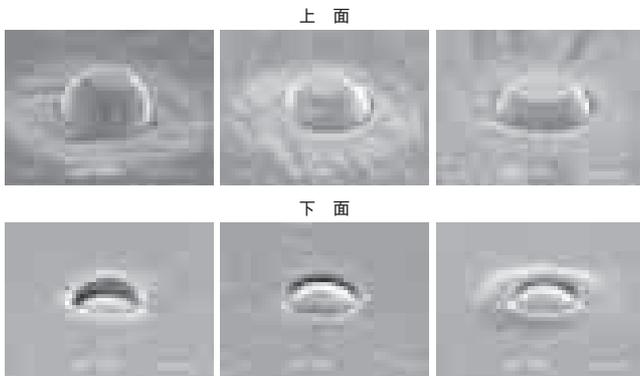


図 6 押し込まれた銅ボールの SEM 像
Fig. 6. SEM images of copper ball put in a hole.



図 7 押し込まれた銅ボールの断面
Fig. 7. Cross sectional view of copper ball put in a hole.

3.2 銅ボールと銅箔の接合

銅ボールを銅箔の間に挟み高温下でプレスしたところ、銅箔と潰された銅ボールが強固に密着することが明らかとなった。ここでは、銅箔の表面状態およびプレス条件が密着性に与える影響の有無について調査した。

まず、銅箔の表面処理が銅ボールとの密着性に影響を与えることが明らかとなった。表 1 に示す表面処理の異なる 3 種類の銅箔を用いたところ、銅ボールと銅箔を密着させるためには粗化処理が必要不可欠であること、また FPC の表面処理として一般的に用いられる防錆処理が不適であることが確認された。

表 2 はプレス温度および圧力を変えたときの密着性の結果である。180 °C・10 kgf/cm² という比較的低温・低圧という条件では銅箔と銅ボールは密着しなかったが、温度を 240 °C に、あるいは圧力を 100 kgf/cm² にまで十分に上げることで強固に密着することが明らかとなった。

以上の結果から、高温高圧下で押し潰された銅ボールと銅箔の間には、図 8 に示すメカニズムにより Cu-Cu の金属結合が形成されるものと推測した。銅は大気中で容易に酸化され、その表面に形成された酸化皮膜が金属結合形成の大きな障害となるため、できるだけ清浄な接合面が必要とされることは一般的に良く知られている³⁾。そこで、2 枚の銅箔の間に挟まれた銅ボールを圧接することにより、ボール表面に形成された酸化皮膜が破壊され、内部の清浄な銅が表面に露出する。銅箔の側も同様で、銅箔を粗化することで表面に微細な突起が多数形成されることにより、銅ボールが押し潰される過程におい

表 1 銅箔の表面状態の影響
Table 1. Influence of surface condition of copper foil.

サンプル	表面処理		密着性
A	粗化処理	防錆処理	×
B	粗化処理	酸洗	
C	酸洗のみ		×

表 2 プレス条件の影響
Table 2. Influence of press condition.

	180	240
10 kgf/cm ²	×	
100 kgf/cm ²		

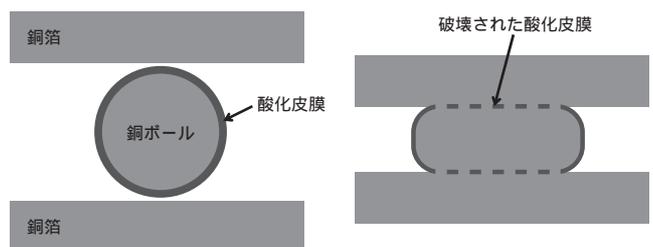


図 8 Cu-Cu 結合形成のメカニズム
Fig. 8. Mechanism of metal binding formation (Cu-Cu)

て突起内部の清浄な銅が露出する。すると、両者の清浄な銅同士が高温下で圧接されることで金属結合が形成されるものと推測される。このとき、圧力が高いほど銅ボールの変形量は大きいため酸化皮膜が破壊され、さらに、銅箔-銅ボール界面での銅の塑性変形が進み、結合を阻害する界面での空隙が減少するものと考えられる。また高温であるほど拡散接合が促進されると考えられ、当然この過程においては防錆処理もCu-Cu接合を阻害させる要因となる。

4.むすび

100 μmの銅ボールを銅箔の間に挟み高温下で押し潰すことにより、銅ボールと銅箔が強固に密着することが確認された。これをFPCに適用し、新しい層間接続技術としてCBICの開発に着手した。実用化に至り、従来の層

間接続技術であるTHあるいはLVHに置き換われれば、部品実装の高密度化、工程不良の削減、さらには接続信頼性の向上など様々な効果が期待される。さらに、FPC以外への展開の可能性もあることから、将来に向けたフジクラ独自の要素技術として今後も開発を続ける。

参考文献

- 1) 橋場ほか：ビアフィルめっきを適用したビルドアップ配線板，フジクラ技報，第108号，pp.31-34，2005
- 2) 中尾ほか：一括積層ポリイミドIVH多層配線板，フジクラ技報，第103号，pp.48-52，2002
- 3) 岩本信也編，宗宮重行編：金属とセラミックスの接合 - 日本における接合研究の現状 - ，pp.147-153，内田老鶴圃，1990