

特集 PALAP™基板へのLSI内蔵技術開発*

Development of the Embedded LSI Technology in PALAP™

神谷 博輝
Hiroki KAMIYA

三宅 敏広
Toshihiro MIYAKE

小林 亀
Hisashi KOBAYASHI

近藤 宏司
Koji KONDO

We are developing the embedded LSI technology in PALAP™*; a PWB developed by DENSO CORP; made from multiple patterned thermoplastic resin films and fabricated using a one-time hot press process.

To understand the behavior of the resin, via, copper land, LSI, etc. during the press process, a new strong coupling analysis system was developed

Using this system, we analyzed the velocity of resin around the LSI, when embedding the LSI. As a result, it was found that the resin under the LSI flowed toward the clearance, and the velocity sharply increased at the peripheral of the LSI.

The via under the LSI moved radially from the LSI central part according to the velocity distribution.

The relationship between the LSI bump and the via where the clearances are different from each other at the left and right of the LSI is irrelevant, because the LSI moves with the resin at the same timing and velocity.

* PAtterened preprep LAy-up Process

Key words : Three dimensional mounting, Embedded LSI technology, Simultaneous pressing, Fluid/structure strong coupling analysis system

1. はじめに

1.1 背景

車載電子製品の小型化や高速化を実現するため、プリント基板には高多層化や部品間の短配線化が求められている。このような要求に対し、当社では複数枚の回路形成済みの熱可塑性樹脂フィルムを、一度の熱プレスにより多層化することを特徴とするPALAP™ (PAtterened preprep LAy-up Process) 基板をこれまで開発してきた¹⁾²⁾

PALAP基板は、以下の点から小型・高速化の目的に優れた基板である。

- (1) 多層化を一度の熱プレスで行うため、小型化に必要な高多層基板が容易に形成可能。
- (2) 任意の層に微細ピッチでIVH (Inner Via Hole：以下ビアと略す) を形成可能で、配線自由度が非常に高く、短配線化が可能。
- (3) 各層間の電氣的接続が、熱プレス時の金属拡散接合によって行われるため、信頼性が高い。

我々は、上記のような特徴を有するPALAP基板に、従来プリント基板の表面に実装している受動チップ部品やLSIを内蔵してやれば、部品の3次元配置による実装面積の減少と、さらなる短配線化が可能となり、より小型・高速化に寄与できると考えた (Fig. 1)。そこで、現在、PALAP基板への部品内蔵技術の開発を行っており、本論文では特にLSIについて記述する。

1.2 LSI内蔵PALAP基板の製造プロセス

Fig. 2には、PALAP基板の製造プロセス、およびLSIを内蔵するときの追加プロセスを示す。出発の基板材料としては、片側に銅が張られた熱可塑性樹脂フィルムを使用する。フォトエッチング等により銅回路を形成した後、所定の位置に、有底の穴をレーザ加工により形成し、同穴にはSn/Agからなる金属ペーストを充填する。その後、各層のフィルムを位置合わせして重ね合わせ、熱プレスを行う。このとき、Sn/Agの金属ペーストは焼結し、銅ランドと焼結金属との間には拡散層が形成されて、上下層の電氣的接合が行われる。また同時に、樹脂の流動により、間隙が充填される。

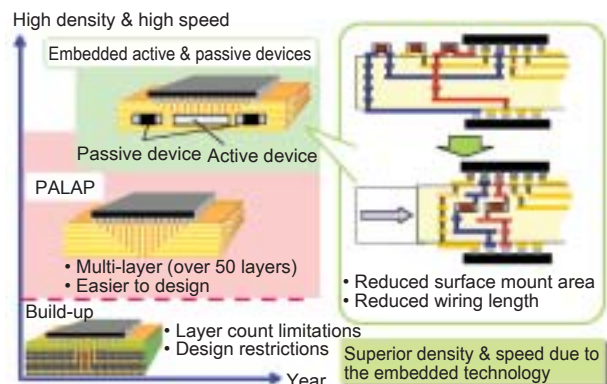


Fig. 1 The concept of PALAP and the target of this study

* Copyright © 2005 IEEE. Translated and reprinted from “2005 International Symposium on Electronics Materials and Packaging (EMAP 2005)”, pp.183-186.

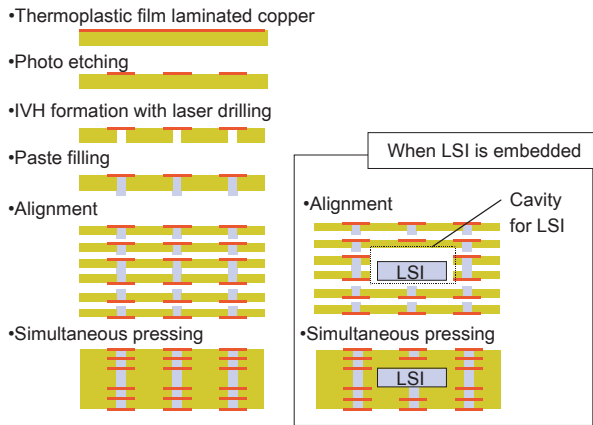


Fig. 2 PALAP process flow

LSIなどの部品を内蔵する場合、あらかじめフィルムの所定の位置に穴をあけておき、これを複数枚重ねることにより部品のための穴が設けられる。ここに、電極の位置合わせをした状態で部品を挿入し、さらにその上にフィルムを重ねた状態で熱プレスを行う。プレス中において、基板樹脂によるLSIの封止と、LSI電極とビアとの電極接合が同時に行われる。Fig. 3には、LSIをPALAP基板に内蔵したときの断面図を示す。

ここで、プレス中の挙動を考えると、プレスは熱可塑性樹脂の融点付近の温度で行われるため、樹脂の粘性流体中に、銅配線、銅ランド、ビア、内蔵部品などの構造体が浮いた状態にある。言い換えると、部品と部品穴とのクリアランス等の間隙を埋めるために流動する樹脂に、構造体の位置は大きく影響を受ける(Fig. 4参照のこと)。この影響は、電極ピッチが比較的広い場合はさほど問題にはならないが、LSIのような電極ピッチが狭い部品を内蔵する場合、致命的な不具合になりかねない。すなわち、PALAP基板へのLSIの内蔵技術を成立させるには、プレス中の各構成要素の挙動を十分理解したうえでこれを制御できるかが、重要な課題となる。



Fig. 3 Cross sectional view of LSI-embedded PALAP

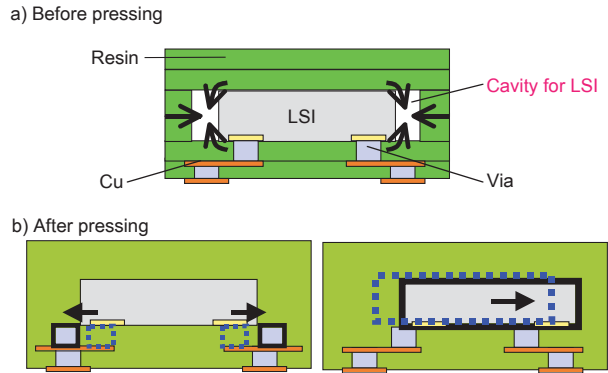


Fig. 4 Schematic illustrations of PALAP pressing

本論文においては、プレス工程におけるLSI電極とビアとの位置関係が、プレス時にLSI下部に発生する樹脂の流速に影響されることを、新規に開発したシミュレーションシステムの計算結果と実機の結果から明らかにしたので以下に報告する。

2. 実験

2.1 流体・構造体強連成解析システム

上述のようなPALAP基板のプレス中の挙動をシミュレーションにて解析する場合、樹脂の粘性流体と構造体とを練成して計算する必要がある。このような計算においては、これまで弱連成システムが利用されてきたが、弱連成システムには以下に示すような問題があった。

- (1) 組み込み部品に拘束点が無く、流体と構造体の運動を個別に解く弱連成では妥当な結果が得難い。
- (2) 構造体に作用する力が、構造体の変形を介して流体に伝わるが、流体と構造体の運動を個別に解く弱連成では、その効果が正確に表現できない。

これらの問題を解決するために、我々は新たに強連成解析システムを開発した。同システムは、流体と構造体とを一度に計算できることから、より正確な計算結果を得ることが期待できる。Fig. 5に弱連成解析と強連成解析のアルゴリズムを示す。

このシステムを利用して、LSI電極とビアとの位置関係に影響があると考えられる、樹脂とLSIの挙動を計算した。Fig. 6に計算に用いた基本的な解析モデルを示す。プレス前においてLSIは樹脂内部に設けられた部品穴中に存在し、部品穴とLSIの間には、一定のクリアランスが存在している。今回の解析では、このクリアランス状態を変化させて計算を実施した。

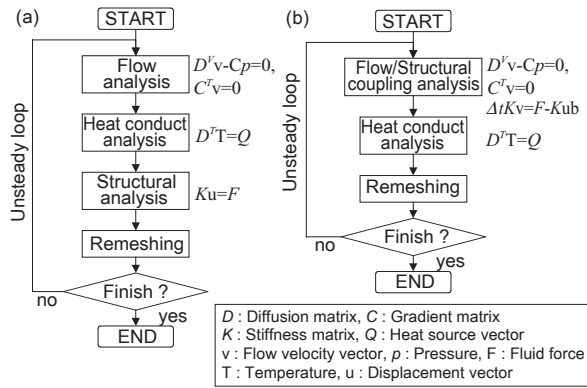


Fig. 5 The algorithm of flow/structural analysis systems
(a) Weak coupling (b) Strong coupling

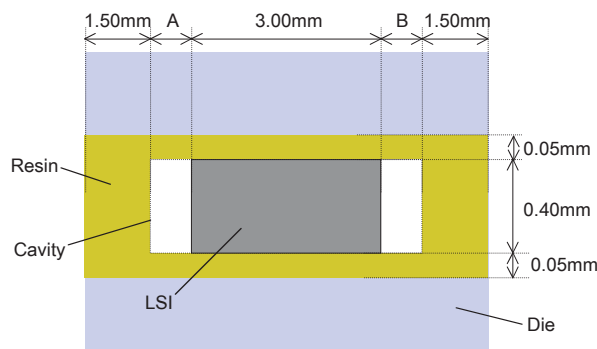


Fig. 6 Schematic illustration of the analysis model
Condition 1 : A = B = 0.05mm
Condition 2 : A = 0.02mm B = 0.08mm

2.2 LSI電極とビアとの位置関係の確認

プレス前において、LSI電極とビアとが位置合わせをされた状態が、プレス中に実際にどのように変化したかを確認した。確認は、プレス前後における同一箇所のX線観察と、プレス後の断面観察より実施した。Fig. 7には、代表的な観察例を示す。なお、実験に用いたPALAP基板とLSIの概要は以下のとおり、

PALAP基板：13.0mm×24.0mm×0.8mmt, 13 layers

LSI外形：5.0mm×7.5mm×0.4mmt

3. 結果と考察

3.1 プレス中における樹脂の挙動解析結果

はじめに、ビアの位置に影響すると思われる、プレス中の樹脂の動きについて検証する。部品サイズなどの各公差の関係から、内蔵するLSIと部品穴との間には、必ずクリアランスが存在するが、プレス中はこのクリアランスを樹脂で充填する方向に樹脂流速が発生すると考えられる。そこで、Fig. 6に示したようなモデルを用いて、プレス中のLSI下面にある樹脂の挙動

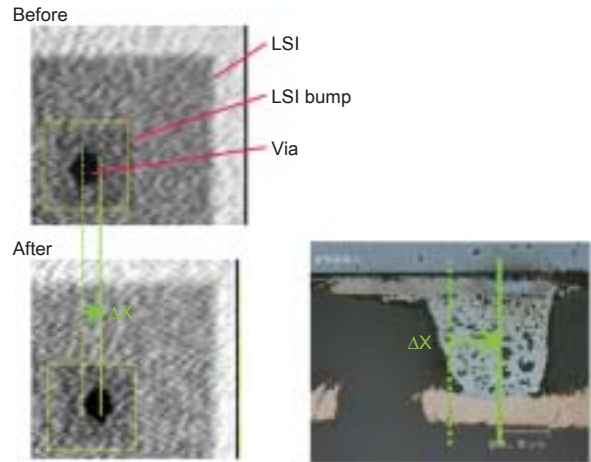


Fig. 7 X-ray images of the bump and via and the cross sectional view of via

を解析した。ここでは、プレス中のLSIの動きを無視するために、左右のクリアランスは等しくしてある (Fig. 6でA=B=0.05mmのとき)。

Fig. 8には、樹脂流速の時間変化の計算結果を示す。出力ポイントは、LSI下部の樹脂、5箇所である (Fig. 8参照のこと)。この結果から、プレスが開始されると、樹脂がクリアランスの方向に流動し、しばらくしてクリアランスの充填が進むと、流動が止まり、速度が0になることが分かる。Fig. 9には、樹脂流速が最大となるタイミング (Fig. 8中のSTEP5) における、LSI下部の樹脂の流速分布を示す。この結果から、樹脂の最大流速はLSIの中心下部から徐々に増加し、LSIの周辺下部において急激に増加していることが分かる。言い換えると、LSIの周辺に接続するビアは、プレス中に樹脂により外側に押し出されて、電極接合が形成されない可能性があることが分かった。

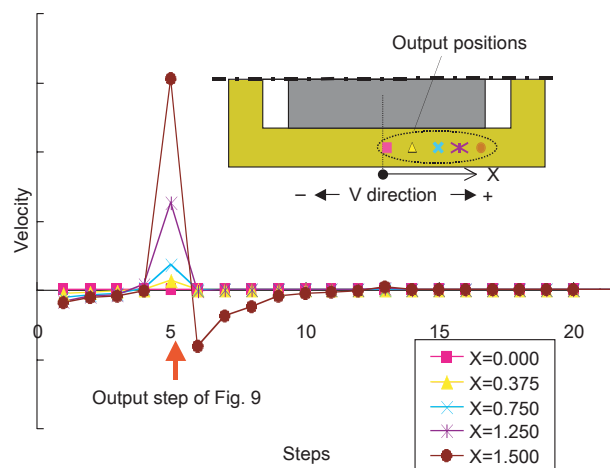


Fig. 8 Calculated results of the velocity of resin during press process

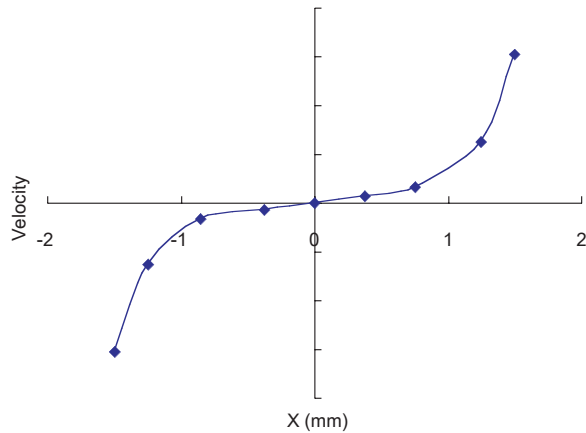


Fig. 9 Calculated results of the velocity of resin against X at step 5

3.2 プレス前後でのLSI電極とビアとの位置関係の結果

続いて、LSIを内蔵したPALAP基板を作成し、実際にどの程度LSI電極とビアとの位置関係がプレス前後で変化したかを検証した。Fig. 10には、プレス後における変化量の結果を示すが、LSIの右側にあるビアは右側に、左側にあるビアは左側に動き、LSIの中心部から離れるほどその変化量は大きくなっている。すなわち、LSIの中心部からみて、ビアは放射状に移動しており、この結果は先の計算結果 (Fig. 8, Fig. 9) を裏付けるものであった。

また、Fig. 10は、LSI中心部にあるビアは移動しないことも示している。仮に、LSIがビアと関係なく移動していれば、Fig. 10のグラフは原点を外れたグラフになる。つまり、これはLSIがあたかも動いていないかのような現象を示している。この現象は、LSIの左右に存在するクリアランスの幅が等しくないときであっても、常に観察された。

3.3 プレス中におけるLSI挙動解析結果

この現象を理解するために、LSIと部品穴との間にあるクリアランスが、LSIの左右で異なる場合について解析にて検証した。この場合、クリアランスの狭い側の充填が先に終了するため、LSIはクリアランスの広い方向へ、樹脂により押されると考えられる。そこで、LSIの左右のクリアランスがことなるときの計算を行った (Fig. 6中においてA=0.02mm, B=0.08mm)。

Fig. 11(a)には、先と同じように樹脂流速の時間変化を示すと同時に、LSIの移動速度の時間変化を示す。プレス初期段階においては、先と同様にクリアランスを充填する方向に左右に向かって樹脂が流れるが

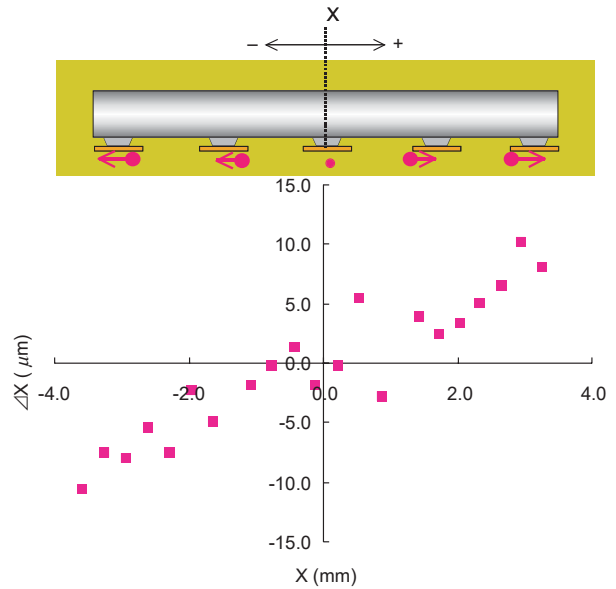


Fig. 10 Results of the displacement from the beginning

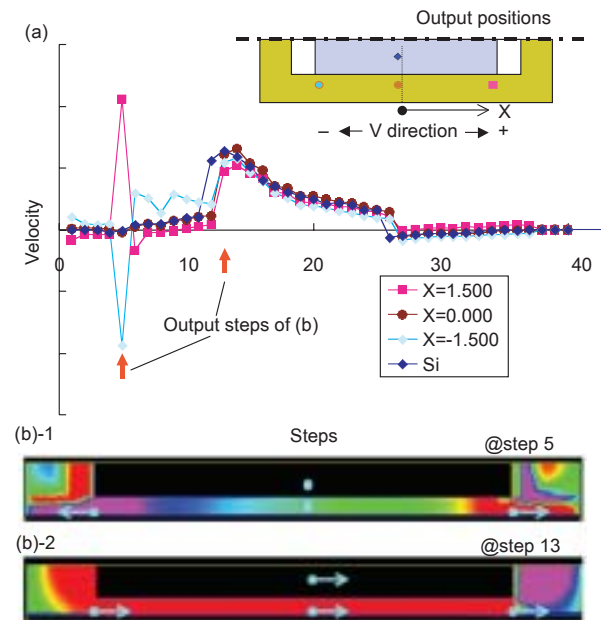


Fig. 11 Calculated results of the velocity of resin during press process
(a) Velocity vs. steps in various positions
(b) Contour images of velocity at step 5 and 13

(Fig. 11(b)-1), 狭い側のクリアランスが充填されると、全体に樹脂が広い側流れだす (Fig. 11(b)-1)。LSIは途中までは動かないが、狭い側の充填が完了すると、樹脂とともに広い側に移動する。ただし、このときのLSIの動きをみると、樹脂と全く同じタイミングと速度で動いていることから (Fig. 11(b)-2), LSIの動きによりバンプとIVHとの位置関係は変化しない

と考えられる。すなわち，位置関係を支配するのは，樹脂流速のみと判断できる。

4. まとめ

PALAPのプレス時の現象を把握するために，新たに流体・構造体強練成解析システムを開発した。LSIの内蔵技術において重要となる部品電極とビアとの位置関係に関して，LSI下部の樹脂流速によるビアの移動量をコントロールすればよく，LSI自体の移動は無視できることが，解析と実機での結果から明らかとなった。

<参考文献>

- 1) K. Kondo, F. Kojima, and M. Hanai, NIKKEI MICRODEVICES, 12, 196 (2001)
- 2) K. Kondo and R. Kamimura, DENSO Technical Review, 7, 91 (2002)



<著 者>



神谷 博輝
(かみや ひろき)
生産技術開発部
高密度実装技術開発に従事



三宅 敏広
(みやけ としひろ)
生産技術開発部
高密度実装技術開発に従事



小林 亀
(こばやし ひさし)
生産技術開発部
塑性加工，樹脂成形などの加工
CAEの開発および活用推進に従事



近藤 宏司
(こんどう こうじ)
生産技術部
PALAP基板の技術開発に従事