

# 導電性ペースト接続による樹脂多層基板の進化

Evolution of Organic Multilayer Printed Wiring Board with Electro-Conductive Paste Connection

越後文雄 平井昌吾  
Fumio Echigo Shogo Hirai

## 要 旨

導電性ペーストで層間接続を構成するALIVH ( Any Layer Interstitial Via Hole ) 基板のペースト接続メカニズムに基づいて、新たな基板構造を実現した。導電粉の粒子径と金属組成の最適化により、圧縮性が低い小径ビアで、安定した導電経路を確保することができた。フィルム材料を用いた50 μmペースト接続により、6層で0.2 mmの薄型多層基板を開発した。また、基板同士の導電性ペースト接続により、キャビティ構造をもつ全層 IVH ( Interstitial Via Hole ) 構造樹脂多層基板 ( ALIVH-3D基板 ) を開発した。

## Abstract

The ALIVH (Any Layer Interstitial Via Hole) substrate that has interlayer connection of electro-conductive paste provides a new substrate structure by the interconnection mechanism. We can form a steady conductive path at the small-diameter via holes with low compression by optimizing the conductive particle diameter and metallic composition. A thin multilayer substrate of 0.2 mm with six layers was developed by 50 μm paste connection to the film material. Moreover, an all layer IVH (Interstitial Via Hole) structural organic multilayer substrate (ALIVH-3D substrate) with the cavity structure was developed by electro-conductive paste connection of two substrates.

## 1. はじめに

モバイル機器をはじめとするデジタル家電は、システムLSIを中心に微小電子部品との狭隣接実装により小型化を実現し、限られた空間に新たな機能を搭載する領域を獲得して進化を続けている。

小型・薄型化を実現するために、10層で厚さ0.5 mmに迫る基板も使用されている。さらなる高密度化を進めるためには従来技術の延長線上では限界があり、フィルムを用いた薄型多層基板や、部品内蔵による三次元実装もはや避けることはできない。

当社は、配線収容性の高い全層IVH構造の樹脂多層基板ALIVHを1996年より量産しており、携帯機器を支えるキーデバイスとしてその進化に貢献している<sup>1)</sup>。ALIVH基板の最大の特徴は、導電性ペーストによる層間接続構造である。以下に、フィルム材料を用いた薄型・多層基板の微細ビア接続技術と、三次元的な部品配置が可能な全層IVH構造キャビティ基板を実現する積層技術について報告する。

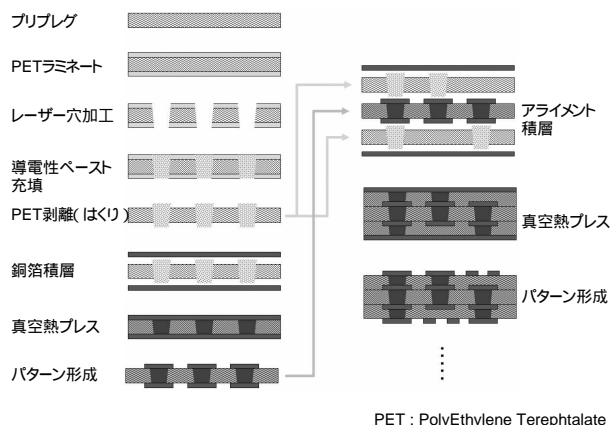
## 2. ALIVHビア接続の基本原則

一般的なビルドアップ基板は、配線収容性の低いスルーホールコア基板の表面に絶縁層を形成し、レーザービアを銅めっきで接続したビルドアップ層にすることで、配線収容性を確保している。一方、ALIVHはすべての層間において任意の位置で層間接続が可能である。

## 2.1 ALIVH基板プロセス

第1図に、ALIVH基板の製造プロセスを示す。

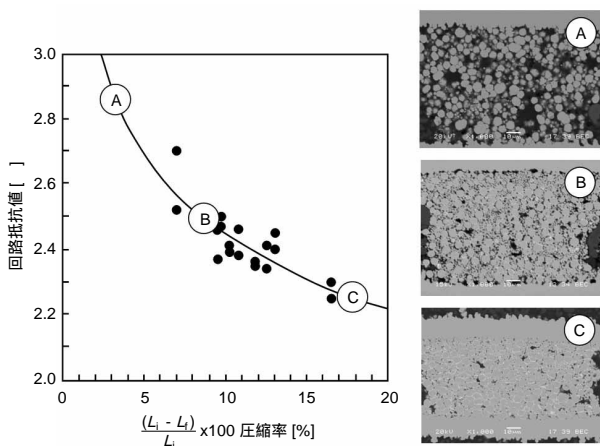
プリプレグの任意の位置にレーザー穴加工を行い、導電性ペーストを充填（じゅうてん）した後の熱プレスの過程で、絶縁層の成形と同時に層間の電気的な接続を形成する<sup>2)</sup>。ALIVH基板はビルドアップ基板に比べて単純なプロセスなうえ、めっき接続を必要としないことから、化学物質の使用や廃液処理など環境面にも優しい基板である。



第1図 ALIVH基板プロセス  
Fig. 1 Manufacturing process of ALIVH substrate

### 2.2 導電性ペーストの接続原理

プリプレグのビアに充填された導電性ペーストは、真空熱プレスにより厚さ方向に圧縮され、導電粉同士および導電粉と銅箔の接触により電気的な接続が形成される<sup>2)</sup>。第2図に、ALIVHの接続におけるビアの圧縮率と、500ビア連結した試験回路の抵抗値の関係を示す。圧縮率はプレス前の厚さ ( $L_i$ ) がプレス後の厚さ ( $L_f$ ) になる変化率で表される。

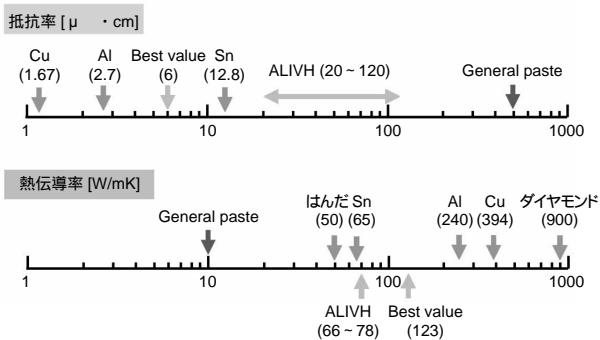


第2図 ペースト接続における圧縮率の依存性  
Fig. 2 Relative circuit resistance dependence of compression ratio

抵抗値は圧縮率に依存して低下する。ビアの断面写真を見ても、圧縮率が大きくなることにより導電粉の接触密度が高くなり、導電経路の増加による低抵抗化が確認できる。一般的なガラスエポキシ材料を用いた場合、圧縮率は5% ~ 10%程度になる。

これらの圧縮率を参考に導電性ペーストの圧縮成形体を作成し、抵抗率と熱伝導率を測定した。一般的な金属材料や市販のペーストとの関係を、第3図に示す。

ALIVHビアの抵抗率はバルクの金属材料に比べると高



第3図 導電材料の抵抗率と熱伝導率  
Fig. 3 Volume resistivity and thermal conductivity of conductive materials

いが、市販の導電性ペーストに比べると1桁低い。粉体の形状や表面処理、圧縮状態など理想的な条件が満たされた場合、その値は金属銅の3.6倍程度にすることができる。

キセノンフラッシュ法による熱伝導率測定から、ALIVHビアの熱伝導率ははんだ材料よりも高いことがわかった。基板接続構造で一般的な銅めっきスルーホールと比較しても、ALIVH基板の導電性ペースト接続はサーマルビアとして有効である。

### 2.3 基板構造の進化に伴う課題

薄型多層と微細化を進めるために、ガラスエポキシ基板材料では、ガラス織布の薄手化を行う。最も薄いガラス織布は、厚さ10 μm程度のもも提案されているが、剛直なガラス繊維を平織りした構造のためバスケットホールと呼ばれるピンホールが必ず存在する。このため、樹脂をコーティングした絶縁基材では、30 μm以下になると層間絶縁信頼性の低下が課題となってくる。織布の均一性を改善するためにはフィラメント径を細くするのが一般的ではあるが、4 μm以下ではアスベストの規制に触れるため限度がある。また、100 μm以下のビア接続は、ビア内部の導電経路が少なくなるので接続安定性が不利になる。

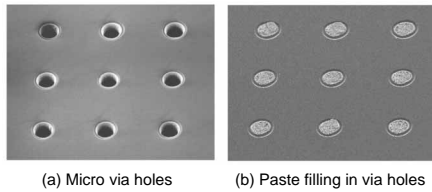
ALIVH接続技術では、基板同士を導電性ペーストで接続することが可能である。基板の一部にキャビティ（凹部）を形成した基板構造を実現するためには、キャビティ形状を保持する接続シートの開発と、それに適合するビア接続技術が必要である。

## 3. 導電性ペースト接続技術

筆者らは、これらの課題を解決する導電性ペースト接続技術として、基板材料や導電性ペースト材料、積層プロセスについて述べる。

### 3.1 基板材料

薄くて絶縁性の高い素材として耐熱性を有するポリイミドフィルムに着目し、薄型多層基板への適用を検討した。層間の接着や内層回路を埋め込むために、12.5 μmのポリイミドフィルムの両面に5 μm ~ 10 μm程度の熱硬化性接着剤を塗布した絶縁基材を開発した。熱プレス成形後の絶縁層厚さは20 μm程度であり、100 μm以下の微細なビア接続にも有利である。全層フィルム薄型多層基板の製造プロセスは、第1図に示したALIVH基板プロセスを踏襲している。一例として、UV-YAGレーザーで直径50 μmの穴加工を行い、導電性ペーストを充填した状態を、第4図に示す。

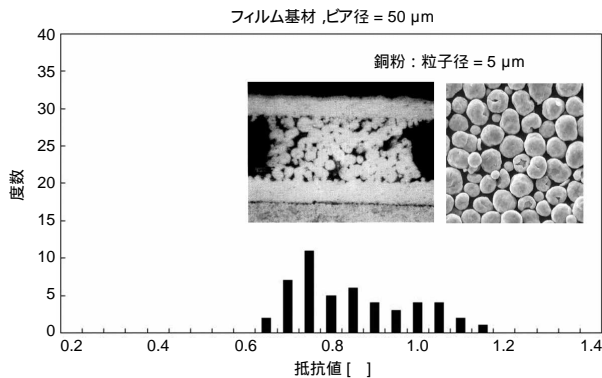


第4図 微細ビアへの導電性ペースト充填状態  
Fig. 4 Micro via holes and state of paste filling in film material

### 3.2 導電性ペースト材料

前述のフィルム基材は、均質な材料であるが圧縮性の低い材料であり、ビアの小径化とともに層間接続には極めて不利な構成である。

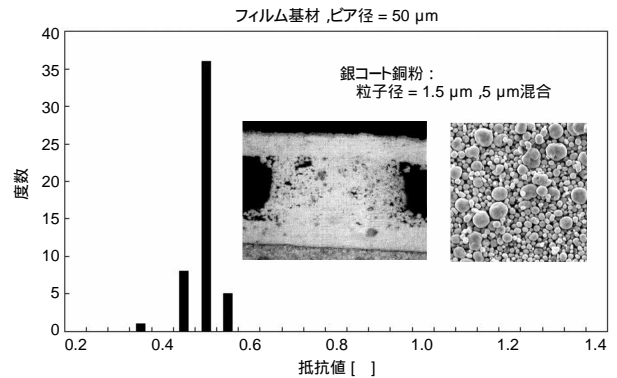
一般のALIVH基板（ビア径は100 μm～200 μm）で用いられる導電性ペーストの導電粉は、第5図に示す粒子径5 μm程度の球状銅粉を用いている。ビア径が小さく圧縮性の少ないフィルム材料では、抵抗値は高く、そのバラツキも大きい。



第5図 従来ペーストによるビア接続抵抗値分布  
Fig. 5 Resistance distribution of micro via by using conventional paste

小径ビアで安定した接続抵抗値を得るためには、ビア内部の導電経路密度を高くしなければならない。しかし、導電粉を微細化しただけでは、熱プレス時の樹脂流動で導電粉が流れ、導電粒子に加わる接点圧力は低下する。さらに、粒子の表面積が大きくなるので、表面酸化の影響で接触抵抗が大きくなってしまふ。

そこで、ビア形状を保持し、小径ビアの導電経路を十分に確保するために、導電粉の粒子設計に工夫を加えた。具体的には、第6図に示す粒子径の異なる銀コート銅粉の細密充填により接続抵抗値を安定化させることができた。



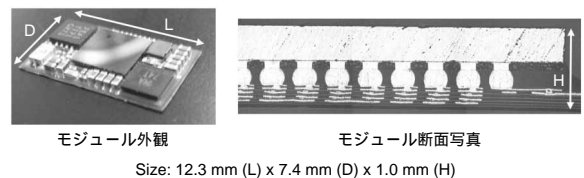
第6図 新ペーストによるビア接続抵抗値分布  
Fig. 6 Resistance distribution of micro via by using new paste

この技術を用いて、6層で厚さ0.2 mmの全層フィルム薄型多層基板「ALIVH-F基板」を開発した。第1表には、その信頼性を示す。

第1表 新ペーストを用いたフィルム多層基板の信頼性  
Table 1 Reliability of ALIVH-F substrate by using new paste

	Evaluation item	Condition	Results
Interconnection	Storage at high temperature & humidity	60 /90 % RH for 1000 h	Passed
	Thermal shock (Vapor phase)	-65 /30 min to 125 /30 min for 1000 cyc.	Passed
Insulation	Storage at high temperature & humidity with bias	60 /90 % RH with DC 15 V for 1000 h	Passed

この基板を用いて無線通信モジュール試作した例を、第7図に示す。厚さ1 mmの薄型化が可能である。



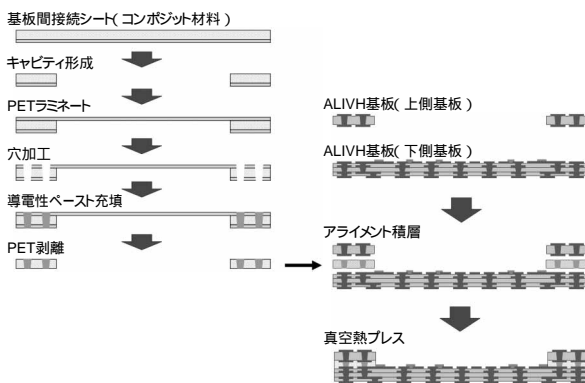
第7図 ALIVH-F基板を用いた通信モジュール  
Fig. 7 Wireless communication module using ALIVH-F substrate

### 3.3 積層プロセス

近年活発に開発が進められている部品内蔵基板は、モジュールの小型化には画期的な技術である。しかしながら、設計・基板・実装プロセスを一体で運用することが困難であり、責任の所在が不明確になり、設計変更や生産リードタイムが長くなるなどの課題を抱えている。

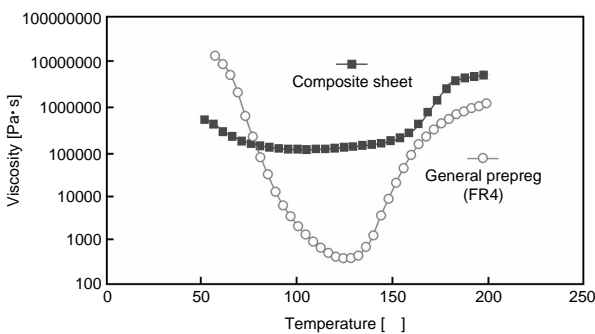
これらの課題を解決し、パッケージやモジュールの小型化要望に応えるために、全層IVH構造の樹脂基板でキャビティ構造を有するALIVH-3D基板を開発した<sup>3)</sup>。ALIVH-3D基板は、ALIVH基板をベースとし、一部にキャビティ構造（凹部）を形成した基板である。その製造プロセスを、第8図に示す。

ALIVHのビア接続では、基板同士をはり合わせて全層IVH構造の多層基板を作ることが可能である。これを利用して片側の基板の一部をくり抜き、基板間接続シートも同様の加工を行い、下基板とアライメント積層・プレスによりキャビティ基板が得られる。



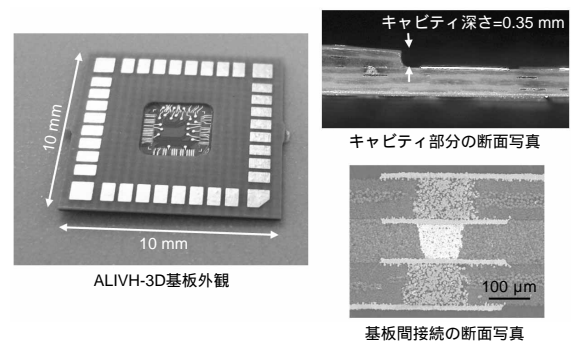
第8図 ALIVH-3D基板プロセス  
Fig. 8 Manufacturing process of ALIVH-3D substrate

基板同士の電氣的な接続を得るためには、双方の内層回路を埋め込んでビア接続しなければならない。また、プレス成形前後で、キャビティ形状を維持しなければならない。これらの事象を両立させるために、新たにコンポジット材料（熱硬化性樹脂と無機粉末による組成物）を開発した。



第9図 基板間接続シートの溶融粘度  
Fig. 9 Flow-cure viscosity curve of inter-board connection sheet

このコンポジット材料は、一般的なガラスエポキシ基材樹脂に比べ、回路埋め込みとビア接続が可能な成形性と、キャビティ形状を保持する低フロー性を兼ね備えている。第10図に、ALIVH-3D基板の外観形状と層間接続構造を示す。



第10図 ALIVH-3D基板構造  
Fig. 10 Structure of ALIVH-3D substrate

ALIVH-3D基板では、良好なキャビティ形状を得るために、積層プレス時の圧力も一般的なALIVH基板と比べて低く設計しており、第2図に示す圧縮率に換算すると5%以下になる。

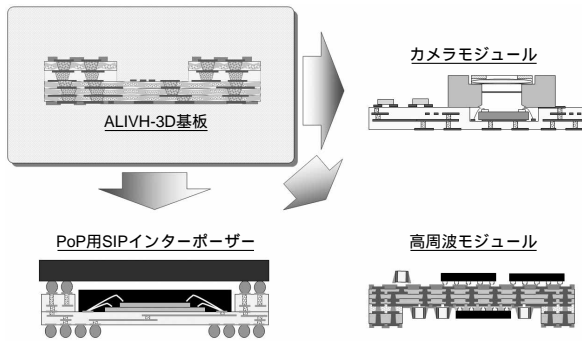
ALIVH-3D基板では、熱プレス時に元素が固相拡散して、金属間化合物を形成する金属接合メカニズムを利用した新たな導電性ペーストを用いている。さらに、積層プレスでは離型性のあるクッションシートを使用して、基板全体に均等な圧力を加え、層間接続の信頼性を確保できた。

第2表 ALIVH-3D基板の信頼性  
Table 2 Reliability of ALIVH-3D substrate

	Evaluation Item	Condition	Results
Interconnection	Moisture reflow	30 /60 % RH/ 192 h 9 times reflow (260 )	Passed
	Storage at high temperature & humidity	60 /90 % RH for 2000 h	Passed
	Thermal shock (Vapor phase)	-65 /30 min to 125 / 30 min for 1000 cyc.	Passed
Insulation	Storage at high temperature & humidity with bias	60 /90 % RH with DC 15 V for 2000 h	Passed

ALIVH-3D基板は、2008年10月より量産しており、その構造を生かして、第11図に示す用途に期待されている。

カメラモジュールでは高画質化が進んでおり、キャビティを利用してイメージセンサとレンズ鏡筒を配置することで低背化が可能である。半導体パッケージ基板同士



第11図 ALIVH-3D基板応用例  
Fig. 11 Application images of ALIVH-3D substrate

を積層するPoP (Package on Package) 構造では、下パッケージ基板のキャビティ内に複数のLSIチップが搭載でき、上基板とはんだ接合品質（狭ピッチ化，反り対策など）を向上することができる。キャビティ内にはんだペーストを印刷し，部品を実装することにより，部品内蔵技術を使わずに各種モジュールの小型・低背化を実現することができる。

#### 4. まとめ

ALIVH基板の導電性ペースト接続技術は，進化を続けている。

薄型化が可能なフィルム多層基板において，低圧縮での低抵抗接続を実現する導電性ペーストを開発した。粒子径の異なる銀コート銅粉を用いた導電粉設計により，50 μmの小径ビアで低抵抗化に有効な導電経路が形成できる。この技術により，6層で厚さ0.2 mmの薄型多層基板を実現した。

キャビティ基板の基板間接続では，安定したキャビティ形状を得るために，基板間接続材料としてコンポジット材料を開発した。熱硬化性樹脂と無機粉末から成るシート材料の成型性とフロー性を制御することにより，はり合わせ基板の回路埋め込みとビア接続，キャビティ形状の保持を可能とした。この技術により，全層IVH構造の樹脂キャビティ基板を実現した。

導電性ペースト接続技術は，薄型多層基板やキャビティ基板に留まらず，材料や形状，設計ルールの異なる基板のはり合わせにより，多種多様な形態が提供可能である。さらに，部品内蔵基板の層間接続にも適用可能であり，究極の三次元実装を目指すことができる。

筆者らは今後も，さらに導電性ペースト接続技術を発展させ，小型，高機能を実現する基板技術として世界の実装技術に貢献していく。

#### 参考文献

- 1) 川北嘉洋 他：ALIVH Gタイプ Matsushita Tech. Journal 48, No.6, pp.77-80 (2002).
- 2) 越後文雄 他：ガラス織布基材を用いたALIVHビア接続 第13回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集 pp.69-72 (2003).
- 3) 北貴之 他：キャビティ構造を有した高密度全層IVHプリント配線板の開発 第17回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集 pp.155-158 (2007).

#### 著者紹介



越後文雄 Fumio Echigo  
パナソニック エレクトロニックデバイス (株)  
開発技術センター  
Corporate Components Development Center,  
Panasonic Electronic Devices Co., Ltd.



平井昌吾 Shogo Hirai  
パナソニック エレクトロニックデバイス (株)  
開発技術センター  
Corporate Components Development Center,  
Panasonic Electronic Devices Co., Ltd.