

導電性バンプ層間配線構造のプリント配線板

High-Performance Printed Wiring Board with Conductive Bump Layer Interconnection Construction

大平 洋
H. Odaira笹岡 賢司
K. Sasaoka今村 英治
E. Imamura

銅スルーホールメッキ法による層間接続技術に代わる接続方法として、導電性バンプによる新層間接続法を開発した。新接続法は、上下の銅箔(はく)間を導電性バンプで接合するもので $B^{2it_{TM}}$ (Buried Bump Interconnection Technology: ビースクウェアイトと称呼) 法という。この技術を用いて、新しい製法による2~8層の多層プリント配線板 $B^{2it_{TM}}$ 基板を開発した。この $B^{2it_{TM}}$ 基板は高密度化した設計ルールとしてバンプ径 $300\mu\text{m}$ 、ランド径 $400\sim 600\mu\text{m}$ を実現したが、さらにバンプ径 $150\mu\text{m}$ 、ランド径 $300\mu\text{m}$ を実用化する予定であり、コストパフォーマンスの要求にも答えるものである。 $B^{2it_{TM}}$ 基板は銅箔の厚みを選定することで、数十ミクロンというファインライン形成が可能である。そのため高密度基板が容易に製造でき、ベアチップ実装・超多ピン部品の次世代の実装に適用できる。

We have developed a new interconnection technology between layers which uses conductive bumps instead of the usual copper-plated through-hole method, resulting in a new multilayer printed wiring board. In the near future, this newly developed printed wiring board is expected to gain high evaluations among users due to its excellent high-density characteristics and cost performance.

This paper describes the mechanism of interconnection between layers and reports on the construction, processes, features, reliability, and design rules of the newly developed printed wiring board.

1 まえがき

昨今、プリント配線板業界において、ユーザからの低コスト化要求がますます激しさを増してきており、今まで以上のコストパフォーマンスで製造することが求められている。この要求に答えられない場合は、この事業から撤退を余儀なくされるという厳しい状況を迎えている。また、一方マルチメディアの時代に向かって、部品の小型化技術と実装技術の進歩とともに、プリント配線板に対しても、よりいっそうの高密度化が求められてきており、近い将来に4~8層、 $50\mu\text{m}$ の線幅レベルの配線板が必要という。しかし、従来の配線板の製法である銅スルーホールメッキ法による配線板では高密度化にも、低コスト化にも原理的限界に近づいており、顧客要求に答えられない状況になってきている。

この状況のブレイクスルー技術として、アディティブメッキ法があり、各社で研究開発が続けられてきて、ようやく実用化段階を迎えた。また、最近では半導体プロセスを応用したビルドアップ基板が脚光を浴び、各社が乗り出し実用化が始まるなど、銅スルーホールメッキ法から脱却しようという動きが活発になってきた。

ここでは、これからの新しい配線板製造技術として、当社独自技術である $B^{2it_{TM}}$ 技術を応用し基板を開発、実用化したの

で、そのプロセス、構成、特長、信頼性、デザインルールおよび応用について述べる。

2 $B^{2it_{TM}}$ 配線板

2.1 新層間接続技術

多層配線板のもっとも重要な技術は層間の接続方法である。

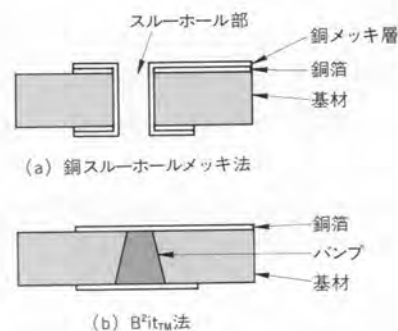


図1. 従来法と $B^{2it_{TM}}$ の層間接続法の比較 従来法は穴明けして、その穴壁を銅メッキするのに対して、 $B^{2it_{TM}}$ は導電性のバンプで上下を接続する。

Comparison of conventional layer interconnection method and $B^{2it_{TM}}$ method

従来は図1(a)に示すように銅張り基板に穴明けし、その穴壁に銅をメッキをして接続する銅スルーホールメッキ法が用いられてきた。これに対してB²it_{TM}法は図1(b)に示すように、単純に上下の銅箔間を導電性バンプで接合しようとするものである。

始めに一方の面の回路層となる銅箔の所定位置に穴明けしたメタル版で導電ペーストを印刷して、導電性のバンプを形成する。次に、未硬化の絶縁樹脂フィルムをレイアップして、さらに他方の回路層となる銅箔を積層し、熱プレスすることで、図2に示すような構成の層間接続が形成できる。

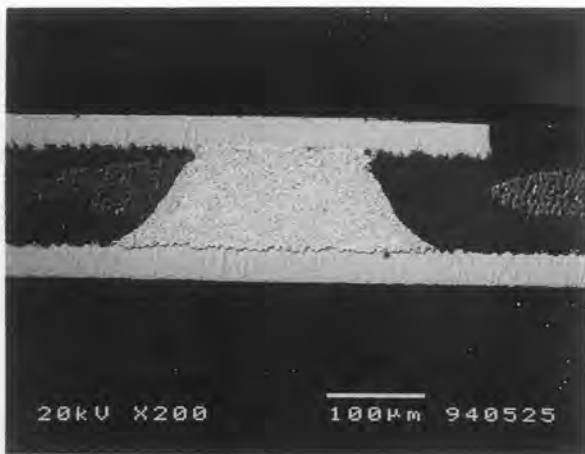


図2. 導電性バンプの断面 導電性バンプが押しつぶされて、銅箔の粗化面にしっかりと食い込んでいる。

Cross-sectional view of conductive bump

この銅箔と銀ペーストの接合機構は熱プレスの段階で、銅箔に銀粒子が食い込むことで、信頼性のある電気接続が維持できることが確認できた。

2.2 B²it_{TM}のプリント配線板への適用

B²it_{TM}基板のプロセスの概要を図3(a)に示す。導電性バンプ印刷、バンプ貫通、積層プレス、パターニングが基本プロセスである。このプロセスを繰り返すことで多層配線板も製造できる。図3(b)には4層プロセスを略記した。配線板としてはさらに後工程として、ソルダレジスト印刷、コンポーネント印刷、表面処理加工、外形加工、電気検査を経て製品となる。ここでB²it_{TM}プロセスの従来プロセスと異なるところは、前半の導電性バンプ印刷、バンプ貫通、積層プレスのプロセスのところにあり、後半のプロセスは従来の銅スルーホールメッキ法のプロセスとなんら変わらないので、従来の製造設備を活用できる。

2.3 B²it_{TM}基板の信頼性

B²it_{TM}プロセスで製作したプリント配線板を従来製法の銅スルーホールメッキ法によるプリント配線板と比較しながら、信頼性を評価した。表1にB²it_{TM}基板の評価結果を示す。

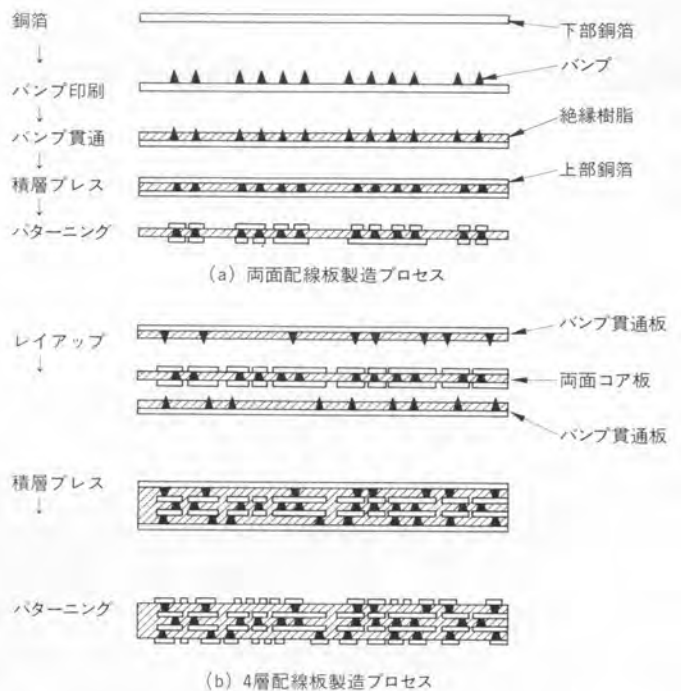


図3. B²it_{TM}基板製造プロセス 穴明け、メッキのない簡単なプロセスで、高密度配線板を製造できる。

Processes of B²it_{TM} printed wiring board

表1. B²it_{TM}基板の信頼性評価結果

Reliability of B²it_{TM} printed wiring board

(試験片数=5)

試験項目	試験条件	初期抵抗	試験期間	試験後	判定
(1) 接続信頼性					
ホットオイル試験	260 °C (5 s) ↔ 20 °C (20 s)	25.7 Ω*	100 c/s	25.2 Ω	OK
気相熱衝撃試験	125 °C (30 min) ↔ -65 °C (30 min)	26.5 Ω*	2,500 c/s	26.4 Ω	OK
はんだ耐熱性試験	288 °C (10 s)	25.9 Ω*	1 c/s	26.3 Ω	OK
高温通伝試験	0.3 A, 110 °C	26.2 Ω*	4,000 h	25.6 Ω	OK
(2) 絶縁信頼性試験					
高温高湿バイアス試験	85 °C, 85 %, 12 V and, 60 V	>10 ⁹ Ω	3,000 h	>10 ⁹ Ω	OK
温湿度サイクル試験	25 °C ↔ 65 °C / 90 ~98 % RH, 12 V	>10 ⁹ Ω	50 c/s	>10 ⁹ Ω	OK
ガス環境試験	H ₂ S ガス (0.1 ppm) SO ₂ ガス (0.5 ppm) 40 °C / 85 % RH, 12 V	>10 ⁹ Ω	500 h	>10 ⁹ Ω	OK

*は4,608 バンプをパターンで直列につないだ抵抗値を表す。

B²it_{TM}基板の電気接続信頼性、絶縁信頼性ともに銅スルーホールメッキ法の配線板と同等以上の信頼性があることを証明できた。

この評価の中で、銀のマイグレーションに対しては、特に注意深く評価したがまったく問題なかった。この理由として、B²it_{TM}プロセスではバンプ貫通後、エポキシ樹脂を再溶融し硬化するので、銀が完全に樹脂封止される構成となり、銅スルーホールメッキ法による配線板のようなガラス繊維の界面に沿って銅がマイグレーションするCAF (Conductive Anodoic

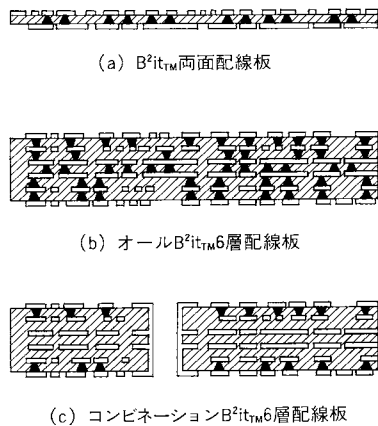


図4. B²it_{TM}基板の種類 B²it_{TM}基本の両面配線板(a)と、これを組み合わせることで各種の複雑な配線板構成ができる。

Variations of B²it_{TM} printed wiring board

Filament) 現象が起こらないためと考えられる。

後述する多層配線板であるコンビネーション B²it_{TM}基板も信頼性評価でまったく問題はなく、実用性が確認できた。

2.4 B²it_{TM}の基板構成と設計

この B²it_{TM}法による層間接続法は、多層プリント配線板に応用した場合にもっともその真価を発揮する。図4に B²it_{TM}基板の各種構成例を示す。

(a)は、B²it_{TM}のもっとも単純な両面配線板構成である。プロセスは簡単であるが、ファインライン形成は容易であり、パットオンビア設計もできるので、従来基板より格段に高密度配線が可能となる。

(b)は、B²it_{TM}を多層で構成した例である。これをわれわれはオール B²it_{TM}基板と称している。この配線板はオール IVH (Interstitial Via Hole) 構成で、任意の箇所に IVH を配置でき、配線設計の自由度が格段に向上するという特長がある。また、エッチングする銅箔の厚みを薄くできるので、数十ミクロンというファインライン形成ができること、まったく穴のない基板を製造できるという特長もある。これらの特長から従来の銅スルーホールメッキ法では不可能な高密度配線板を構成できる。

(c)は、表層 IVH 構成の基板である。B²it_{TM}プロセスと従来の銅スルーホールメッキ法を併用した基板で、この構成をコンビネーション B²it_{TM}基板と称している。最終板厚をコア層ないしプリプレグ枚数で調整できることとデスクリート部品が残る場合の実装に適するという特長がある。

現在、開発の完了した B²it_{TM}基板の設計ルールを表2に示す。より高密度化した設計ルールとして、バンプ径 0.15 mm、ランド径 0.3 mm の技術も進捗しており、1996 年度には実用化する予定である。

2.5 B²it_{TM}基板の特長

B²it_{TM}基板の特長をまとめると次のようになる。

(1) 銅スルーホールメッキ法では、表層銅箔の上にさらに

表2. B²it_{TM}基板の設計ルール

Design rules of B²it_{TM} printed wiring board

項目	現在 (1995 年度)	将来 (1996 年度)
ライン/スペース	100/100 μm	75/75 μm
バンプ径	300 μm	150 μm
バンプピッチ	700 μm	400 μm
ランド径	400~600 μm	300 μm
電流量	0.3 A/バンプ	0.1 A/バンプ
層間絶縁層厚	90~150 μm	50~300 μm (ただし厚くなるとファイン度は低下)
パットオンビア	700 μm ピッチまで	400 μm ピッチまで
表面処理	はんだ/Au/フラックス	はんだ/Au/フラックス
層数	2~6 層	2~8 層

銅メッキを形成するので銅箔の厚みが厚くなり、ファインパターン形成に限界があるという原理的な問題がある。それに対して B²it_{TM}基板はもとの銅箔をエッチングするだけであるので、銅箔の厚みを選定することで、数十ミクロンというファインライン形成が可能となる。そのため高密度基板が容易に製造でき、ペアチップ実装、超多ピン部品の次世代の実装に適用できる。

(2) 層間の接続が自由に形成できるので、配線の引き回しが楽になり、設計自由度の向上、設計時間の短縮が図れる。

(3) 導電性バンプ上の銅箔は実装用のはんだパットとして利用できるので、パットオンビアができる。そのため、部品実装密度の高い基板が構成できる。

(4) 配線板の応用分野に適した基材での配線板ができる。例えばガラスエポキシ樹脂基材はもっともポピュラーであるが、BT (Bismaleimide Triazine) 樹脂基材、ガラスマット/エポキシ樹脂基材、ポリイミド樹脂基材、フェノール樹脂基材などでも構成でき、ローエンド品からハイエンド品までの用途をカバーできる。

また、製造サイドからは次の利点がある。

(1) 穴明け工程、メッキ工程を省略ないし削減できる。これは従来の配線板製造の 2 大プロセスで、これを削減できることは品質管理上、環境対策のうえで非常に大きなメリットになる。

(2) 積層、パターンニング、表面処理などの従来のプリント配線板製造設備を有効活用できる。

2.6 B²it_{TM}基板応用分野

B²it_{TM}基板は製品の形では従来の銅スルーホール基板と同様な基材、銅箔パターンであり、同じように表面処理ができる。実装メーカー側では従来と同様な実装マシン、リフローマシンで実装でき、またリペアも従来法でよい。また、従来の銅スルーホールメッキ法による基板と同様な内層回路、所要の板厚さも実現できるので、基本的には従来のガラスエポキシ系多層基板の用途をすべてカバーできる。

さらに、前項に述べたような高密度配線板、パットオンビアが図れるので、従来の銅スルーホール基板では製造が不可

能であった MCM (Multi-Chip Module) 用途, オール IVH 基板, 多ピン BGA (Ball Grid Array) 対応基板, 半導体パッケージの分野にも応用分野を拡大できる。

また, ポリイミド基材, 熱可塑性樹脂などを基材にすることでフレキシブル基板用途にも応用できる。

このように B²it_{TM}基板は, これからのマルチメディア時代に



図5. コンビネーション B²it_{TM}基板の試作例 ベアチップを2個搭載するマルチチップモジュール用基板の例で, 端子は銅スルーホールメッキ法を利用した QFN 構造である。

Example of combination type B²it_{TM} printed wiring board

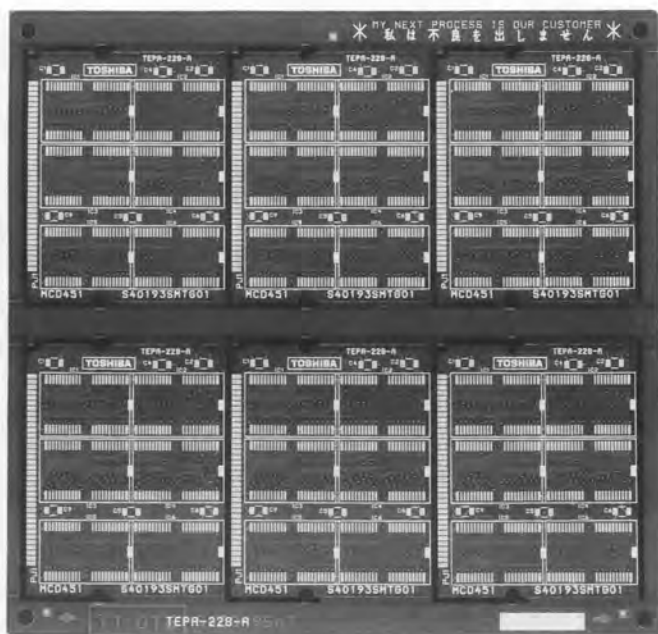


図6. オール B²it_{TM}基板の試作例 オール B²it_{TM}構成なので, 表面にはまったく穴のない穴なし基板ができる。

Example of all-B²it_{TM} printed wiring board

も十分対応できる高密度配線板を提供できる。

図5は, B²it_{TM}プロセスで作成した携帯電話用の MCM 用の基板試作例である。基材はガラスエポキシ (FR-4) で, 最小ライン幅と最小スペース幅は 100 μm で, パンプ径は印刷面側で 300 μm である。4層構成で, QFN (Quad Flat Non-lead) パッケージ構造にするため, 銅スルーホールメッキ法を併用したコンビネーション B²it_{TM}基板構成のものである。

図6は, オール B²it_{TM}プロセスだけで形成したメモリモジュールの試作例である。6層構成の基板でガラスクロス入りの BT 樹脂プリプレグを使用している。基板厚さは 0.5 mm である。最小ライン幅と最小スペース幅は 125 μm, パンプ径は印刷面で 300 μm である。

3 あとがき

新層間接続技術 (B²it_{TM}) とその材料, プロセスを開発し, これを応用した新しいプリント配線板の新製法を確立し, その実用性能を確認した。

今回開発した B²it_{TM}の基本プロセスは, 現在の銅スルーホールメッキ法による製造技術の高密度化と低コストの限界をブレイクスルーする技術である。この B²it_{TM}基板事業は, 1995 年下期に量産を開始し, 1996 年以降事業の拡大を図る予定である。

文 献

- (1) 大平 洋, 他: 新製法 (B²it) によるプリント配線板の提案, 第9回回路実装学会論文集, pp.55-56 (1995)
- (2) 笹岡賢司, 他: 新層間接続法によるプリント配線板の開発, 第6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 (1995)



大平 洋 Hiroshi Odaira

1966 年入社。回路部品, 実装技術の開発に従事。現在, 回路部品事業部回路部品技術部主幹。
Printed Circuit Board & Module Div.



笹岡 賢司 Kenji Sasaoka

1982 年入社。プリント配線板のプロセス技術開発に従事。現在, 回路部品事業部回路部品技術部。
Printed Circuit Board & Module Div.



今村 英治 Eiji Imamura

1961 年入社。プリント配線板の製造技術, 開発に従事。現在, 回路部品事業部回路部品技術部課長。
Printed Circuit Board & Module Div.