アルミニウムを用いたプリント配線板

加 藤 和 男*

Aluminum Based Printed Wiring Boards

Kazuo KATO*

アルミニウムをベース材として用いたプリント配線板におけるベースアルミニウム材の表面処理について述べるとともに、これらの新しい基板の特徴と用途について解説した。

1. はじめに

ハイブリッドIC (HIC) 用基板として開発したアルミニウムベース高熱伝導性基板「HITTプレート」について本誌で解説¹⁾してから早くも4年の年月が経過した。その間にプリント配線板への電子部品の実装形態は年々高密度化の傾向を深め、部品も従来のリード付部品からチップ部品（リードレス型）へと変わりつつあり、今後ますます表面実装化が進むものと思われる。

この表面実装に適した基板が金属基板であり、アルミニウムの有する高熱伝導性と鉄系材料の有する磁性を生かした金属基板が種々の分野で実際に使われるようになってきている。その最も良い例が鉄板やケイ素鋼板を用いたHDD（ハードディスクドライブ）、FDD（フロッピーディスクドライブ）、VTR用の偏平モーター用基板であり、4年前では考えられなかったが今日では大量に使用されている。

本稿ではアルミニウムをベースとする金属箔張

基板を主として取り上げ、その特徴と応用について述べる。

2. ベースアルミニウム材料と表面処理

接着という観点から従来の紙フェノールやガラスエポキシ銅張積層板を見た場合、銅箔の接着性が過去においては問題となっており、アンカー効果を利用した特殊な表面処理がこの銅箔の接着性を上げるために用いられている。

一方、基板のベース材料として金属を用いる場合には厚い金属板と薄い絶縁層の接着信頼性が重要であり、特許で見られるように各社共にベース金属の表面処理には気を使っている。

アルミニウムをベース金属に用いる場合、表面研磨や、酸、アルカリ、溶剤等の脱脂を行って用いる場合が多いが、アルマイトと呼ばれる陽極酸化皮膜を形成して用いる場合もある。この例としては両面に20 μ mのアルマイト層を形成したアルミニウム板上にエポキシ樹脂やポリイミド樹脂層

図1 アルミニウムベース銅張基板の構成

*電気化学工業㈱電子材料研究所（〒194 東京都町田市旭町3-5-1、☎0427-23-8191）

Denki Kagaku Kogyo Co., Ltd. Electronic Material Research Center (5-1, Asahi-cho 3-chome, Machida-shi, Tokyo 194)

表1 封孔処理条件の異なったアルマイト基板の特性

封孔処理 の 程 度	接 着 性		耐アルカリ性	耐 電 圧 *)		クラックの発生	
	総合評価	せん断強度 kg/cm ²		未 処 理	260℃5分 → 水 冷	260℃5分→水冷	
封 孔 処 理 品	×	80	○	○	×	×	細かい クラック
半 封 孔 処 理 品	△	120~140	△	○	×	△~×	細かい クラック
未 封 孔 処 理 品	○	180	×	×	×	△	幅2mm以上 のクラック

*) 25 μ mのアルマイト層にAC 500Vを印加した。

を介して銅箔を接着したもの（図1a）があり、今日までオーディオのパワーアンプ用パワーHIC等に大量に使用されてきた。

この陽極酸化皮膜は絶縁物の役割と基板の裏面傷防止の役割をしているが、アルミニウムとの熱膨張係数が異なる（アルミニウムの方が約4倍大きい）こと、及び厚みが20 μ mと厚いため、基板製造時やはんだ付などの実装時にヒートショックにより容易にクラックが発生し、絶縁層の絶縁信頼性を上げるまでには至っていない。従って耐電圧信頼性が要求されるインバーターなどのパワーモジュール用の基板では「HITTプレート」を初めとしてアルマイト処理を通常行わない。

表1にはこの陽極酸化膜の特性をテストした結果を示した。陽極酸化直後の皮膜には電流が通る数100Åの小孔が無数に残っており、接着性は良いが、耐電圧性や耐食性が十分でなく、通常水蒸気や熱湯による封孔処理が行われる。しかし、この封孔処理をしすぎると接着性が低下する他、クラックが生じ易くなるので、基板用には接着性、耐薬品性、クラックの発生等のバランスを考えて半封孔処理品が用いられている²⁾。

アルマイトの特殊な応用例としては基板を折り曲げて使う場合、アルミニウムと銅箔の間の薄い絶縁層にクラックが入る可能性があるので、これを防ぐため表面のアルマイト層を0.1 μ mと薄く、しかも絨毛（じゅうもう）構造にしている折り曲げ用アルミニウムベース銅張基板がある³⁾。

この他にアルミニウムを用いた基板では実用例

はないと思われるが、リン酸塩処理やクロメート処理を行い、基板の耐熱信頼性や耐湿信頼性を上げる例が特許で公開されている⁴⁾。

一方、鉄基板では電気亜鉛めっき鋼板や溶融アルミめっき鋼板にこれらの表面処理が防錆を目的として実際に行われている。

3. アルミニウムを用いた 各種プリント配線板の特徴とその応用

3. 1 アルミニウムベース銅張基板

図1(a)及び(b)に示す構造を有する片面銅張絶縁アルミニウム基板を総称するものであり、絶縁層としてはエポキシ、ガラスエポキシ、ポリイミドなどの樹脂が一般に用いられている。当社の「HITTプレート」では熱伝導性の良いフィラーを高充てんしたエポキシ系接着剤（熱伝導率は 4.2×10^{-3} cal/cm $\cdot$ sec $\cdot$ °C）を用いており、これらの基板の中でトップクラスの熱伝導性を有している。

最近、各社共に高熱伝導グレードと称し、フィラー入りエポキシを用いた製品を上市しつつあるが、このことはユーザーの金属基板を用いるねらいが高密度実装化にあり、より熱伝導性の良い基板が要望されていることを示している。

これらの基板における絶縁層の厚みは、アルミニウム本来の熱伝導性を生かす意味からは薄いほど良いが、ベース材が金属であるため静電容量を小さくする意味と耐電圧の信頼性を確保する必要から、30~300 μ mのものが用いられている。ま

表 2 各社アルミニウムベース銅張基板の特性比較

		単 位	H I T Tプレート		A社A1基板	B社A1基板	C社A1基板
絶 縁 層	成 分		フィラー高充てんエポキシ		ガラス エポキシ	エポキシ	エポキシ
	厚 み	μm	80	150	115	70	55
熱伝導性（熱抵抗）*1		℃/W	0.7	0.9	3.5	2.6	3.1
ピール強度（初期値）		kg/cm	2.1	2.1	1.9	2.0	1.4
耐電圧*2（初期値）		KV	3.2	6.2	6.4	6.3	6.7
はんだバス耐熱（260℃）			>120分	>120分	5~10分 箔ふくれ	30秒 箔ふくれ	>30分
高温放置（150℃，200 hr）			○	○	×	×	△
耐湿性（85℃85%RH，2000hr）			○	○	×	×	×
耐ヒートショック性 （-50℃30分⇄+150℃30分 200サイクル）			○	○	○	○	○

*1) TO-220を用いた方法¹⁾
*2) JIS 2110 段階破壊試験方法

た銅箔の厚みは通常18μmか35μmが用いられるが、ファインライン化の意味からは薄いものの方が良く、またパワーモジュール等のハイパワー化のためには厚いものの方が良い。従って「HITTプレート」では9μm，35μm，70μm，105μmの銅箔が用いられている。

表2に各社のアルミニウムベース銅張基板の特性を測定した例を示した。特性的にはフィラーを高充てんした絶縁層を用いた「HITTプレート」が熱伝導性，耐熱性，耐湿性に優れていることがわかる。

この基板の回路形成は通常のプリント基板と同様、スクリーン印刷もしくはドライフィルムによるエッチングレジスト形成及び銅のエッチングにより行われ、通常ははんだレジストと呼ばれるオーバーコートがスクリーン印刷やフォトリソ法により行われる。

この回路形成後、一枚の基板に多数個のパターンが面付された回路基板をプレス打抜きし、一枚一枚の製品に分割し、出荷されている。このように基板材質が加工性に富むアルミニウムであるため、通常のプリント基板で行われているプレス、シャーリング、ドリル、Vカット加工の他に曲げ、絞り、バーリング等の加工が出来、曲げ絞り加工

用のアルミニウムベース銅張基板も各社から出されている³⁾。

これらのアルミニウムベース銅張基板は、①ハイブリッドIC用基板、②パワーモジュール用基板、及び③特殊なプリント基板として使われている。図2には現在アルミナ基板が主に使われているハイブリッドICとパワーモジュールの例を示した。この中でアルミニウムベース銅張基板を用いた最終製品の例としては、①ではオーディオ用パワーアンプ、各種電源、自動車やバイクのレギュレータやイグナイタ、OA用の各種モータドライバなどがある。

②の例としてはインバータなどのトランジスタモジュール、ソリッドステートリレー（SSR）、整流ブリッジ、サイリスタなどがあり、また③の例としては電卓や小型カセットデッキがある。

なお、通信関係のハイブリッドICにはまだ採用されていないと思われ、今後の課題と考えられる。

3. 2 ワイヤボンディング用

アルミニウム／銅張基板

半導体ベアチップを搭載できる基板としてプリント基板ではチップオンボード（COB）基板と呼ばれる銅箔上にNi+Auめっきをした基板があるが、めっき代が高価な他にめっきに伴う工

図2 ハイブリッドICとパワーモジュールの例

図3 従来の金めっき法によるワイヤボンディング用基板の製造方法

程の増加と言う問題があった。

図3には銅張積層板を用いたNi+Auめっきの形成方法の例を示した。(a)は銅箔のエッチング前の基板にめっきレジストを形成し、その開口部にNi+Auめっきする方式であり、図3(b)は銅箔を先にエッチングし、銅パターン形成後Ni+Auめっきする方式である。更に(c)は(a), (b)が電解Ni+電解Auめっきであるのに対して、無電解Ni+無電解Auめっきを直接銅パターンに行うものである。

方式的には(c)の方法が工数が少なく良いが、めっきが無電解めっきであるため、まだワイヤボンディングの信頼性が低いこと、及び厚付めっきに時間がかかるため、(a)か(b)の方式が採用さ

れている。

一方、金属基板においても従来、銅張基板を用いてワイヤボンディング用基板を形成する場合には銅箔上に(1)Ni+Auめっき、もしくは(2)Niめっきをするか、(3)ワイヤボンディング用の金属片を接合する必要があった。

写真1には銅箔張「HITTプレート」を用い、(3)の方法でワイヤボンディングによる実装を行ったモータドライバの例を示した。このようにワイヤボンディング数が少ない場合には(3)の方法は有効に使える。

さらに「HITTプレート」においては図4(a)に示す銅箔上にアルミニウム箔をクラッドした基板があり、アルミニウムと銅の選択エッチングを行

写真1 モータドライバの実装例
(新電元工業株式会社殿御提供)

写真2 モータドライバの実装例

図4 ワイヤボンディング用HITTプレートと
その実装例

うことにより、アルミニウムと銅の両方の金属面が露出した回路形成が出来(図4(b)に実装時の様式図を示す)、このアルミニウム回路に直接アルミニウムもしくは金線によるワイヤボンディングが出来る。

特にハイブリッドICやパワーモジュールではアルミニウムの太線によるワイヤボンディングにより、パワートランジスタなどのパワー半導体チップと基板上の回路との結線が行われており、このアルミニウム回路は信頼性の上からも好都合なものとなっている。

写真2にはこのアルミニウムと銅回路からなる「HITTプレート」を用いたモータドライバの実装例を示した。この例では21本のアルミワイヤがボンディングされている。

図5 アルミニウム回路の応用例⁵⁾

なお、「HITTプレート」ではこのAl 40μm/Cu 10μmの従来の2層構造の箔を張合せた基板の他に、Al 40μm/Cu 85μmの厚手の箔を張

写真3 パワーアンプICの実装例

(松下電器産業株式会社殿御提供)

合せた基板が新しく開発されており、パワーモジュール等の大電流の流れる回路基板として量産ベースで使われている。熱伝導性の良いアルミニウムを用いた基板では今後、このようなハイパワーの要求される用途が増えてくると考えられ、それに伴って、ますます基板の絶縁信頼性が要求されるようになると思われる。

このようなアルミニウムから成る回路は通常のボンディングポストとして用いられる他に、図5に示すようにワイヤボンディングによるクロスオーバー、ワイヤボンディングによるアース、大電流用の低シート抵抗回路として、またはんだレジスト代替や、部品の位置決め用などに用いられている⁵⁾。

写真3には、これらの例としてオーディオのパワーアンプIC (110W) の実装例を示した。ICベアチップ2個がこのアルミニウム回路を用いた

ボンディングパッドを介して接続されていることがわかる。また写真2と写真3ではワイヤボンディングによるアースが行われており、金属基板としての特長が生かされている。

以上、ワイヤボンディングできるアルミニウムベース基板では半導体ベアチップを直接実装できるため、実装密度の向上に役立っているが、さらに印刷抵抗体や印刷のクロスオーバーを行い表面実装部品と組み合わせることにより、より実装密度の高い回路基板として使用されていくと考えられる。

3. 3 スルーホール付アルミニウム基板

スルーホールは一般のプリント配線板では良く使われる技術であり、基板に穴をあけ、穴壁面に銅めっきを行って上下の導体を電氣的に接続するものである。コンピューターに用いられる多層のガラスエポキシを用いたプリント配線板では、数十層の導体をこのスルーホール技術を用いて結線している。またテレビなどの民生用紙フェノールプリント配線板ではポリマー型銀ペーストのスクリーン印刷で穴をあけた基板にペーストを充てんし、両面基板として用いている。

このスルーホールを形成する時、基板のベース材が絶縁物の場合には絶縁に気を付ける必要はないが、金属をベース材に用いた場合にはこの穴壁面の絶縁処理が問題となり、量産時の絶縁信頼性が問われることになる。

現在、スルーホール付アルミニウム基板には、(1)スルーホール付両面銅張基板⁶⁾と(2)ホーロー基板⁷⁾があるが、むしろベース材に鉄系材料を用い

図6 金属ベース銅張積層板へのスルーホール形成⁶⁾

たものの方が主流であり、アルミニウムベース材を用いたものの実用化例は少ないと思われる。

この(1)のスルーホール付両面銅張基板の製法には(a)穴埋め法と(b)スルーホール電着エッチング法(図6 a, b)があり、穴壁の絶縁層の厚みは(b)では0.05~0.15mmが用いられている。

ホーロー基板は穴あけした金属板をホーローで絶縁化処理し、アルミナ基板と同様に導体ペースト印刷で回路形成するものであるが、銅のスルーホールめっきも可能である。また通常コアメタルとしては低炭素鋼が用いられているが、最近アルミニウム合金他、種々のクラッド材をコアメタル材として用いるものも開発されており、今後の動向が注目される。

3. 4 アルミニウムベース多層基板

アルミニウム板をベースとした多層基板には、(1)プレス法多層基板のコア材にアルミニウムを用いたもの、(2)アルミニウム板上にポリマーをベースとする絶縁インク、導体ペースト、抵抗ペーストのスクリーン印刷により回路を形成するもの(例えば東芝により開発されたM-PTF基板⁸⁾)、(3)LSIを実装するアルミニウム基板として、アルミニウム板のLSIを実装する位置に穴を設け有機フィルムを絶縁層として、高速スパッタリングによる薄膜配線を行い、テープキャリアに実装したLSIを埋め込んだもの(シャープのMO基板⁹⁾)がある。

これらのものはいずれもまだコストが高く一般的ではないが、(2)の方式はコストが下がれば、抵抗印刷やクロスオーバー配線と組み合わせられて、高密度実装用基板の一つとして採用される可能性がある。そのためには、ポリマーをベースとする導体ペースト、抵抗ペースト等のインクの特性改良が今後共に必要と考えられる。

このように高密度実装化の方法には回路形成面から言えばファインライン化、厚膜法による抵抗、クロスオーバー形成があるが、基板の構成面からは片面基板→両面基板→多層基板化の流れがあり、方式は各種違っても最終的には多層基板化するようになると考えられる。

3. 5 アルミニウムベースフレキシブル基板

基本構造はアルミニウムベース銅張基板と同じ

であるが、絶縁層にはポリイミド、ポリエステルなどのフィルムもしくは、可とう性のある接着剤を用い、ベース材としては通常薄いアルミニウム箔が用いられる。また特殊なものでは両面アルミニウムフレキシブル基板があり、パターン印刷とスルーホール印刷をカーボンインキで行い、はんだを用いないで部品実装を行うものもある¹⁰⁾。

これらのアルミニウムベースフレキシブル基板はまだ実用例は少ないが、従来のフレキシブル基板にはない寸法安定性、放熱特性、シールド性を有しており、ベース材がアルミニウムのため三次元構造に基板を固定できるメリットもある。

また有機フィルムのフレキシブル性を利用し、アルミニウム材をヒートシンクとして用いるものとしては、松下電器により開発されたアルミニウム補強板付プリント基板FIC¹¹⁾や三洋電機の折り曲げ方式のHICがある。¹²⁾

3. 6 溶射基板¹³⁾

実用化例は少ないが今後注目される基板として、15000℃のプラズマジェットを熱源とし、アルミナなどの粉末を溶融すると同時にアルミニウム板に吹き付けて50~500 μ mのアルミナ層を形成し、更に銅粉などをマスクを通して溶射して回路を形成する溶射基板がある。

問題点としては絶縁層であるアルミナ層にち密さが不足しており、ピンホールが出来る場合があり、耐電圧の信頼性に欠けること、及びファインパターンが形成できないことなどが挙げられる。今後の技術改善が注目される。

4. おわりに

アルミニウムは金属の中にあつて、熱伝導性が良い、軽い、加工し易い、接着性に優れるなどの長所を有しており、高密度実装用基板のベース材としては最適のものと考えられる。今後この特性を更に生かし、パワーエレクトロニクス分野に代表される大電流、高耐電圧を必要とする分野から、より小電力で微細パターンの必要な分野にまで、さらに応用が広がっていくものと期待される。

参考文献

- 1) 加藤, 安永; 絶縁高熱伝導性基板, 実務表面技術, 29 (12), 548 (1982).
- 2) 特公昭 58-1956
- 3) 中村; 折り曲げても大丈夫なAlベース銅張積基板, NIKKEI MICRODEVICES, (2), 44 (1987)
- 4) 特開昭 63-76398 など
- 5) K.Kato et al; "A New Insulated Metal Substrate with High Thermal Conductivity", Proc. of the 1984 International Symposium on Microelectroniss, 252 (1984).
- 6) 特公昭 50-8494, 特開昭 53-111740など
- 7) 山口他; ホーロー基板“フジメタックス”の開発, 藤倉電線技報, 66, 105 (1983)
- 8) 大平; M-PTF基板(樹脂絶縁厚膜金属基板), 電子材料, (5), 46, (1985)
- 9) T. Nukui et al: MO Packaging, A Novel Method of Multi-chip Packaging, Proc. ISHM Symp, 115 (1980)
- 10) 島崎; フレキシブル・プリント回路基板アルフレックス, アルミニウム研究会誌, (4), 1 (1987)
- 11) 菊池他; VTR用高密度実装技術, National Tech. Report, 28 (3), 100 (1982).
- 12) 石原他; 高密度小型実装HIC用の折り曲げ方式IMST基盤, HYBRIDS, 3 (2), 6 (1987).
- 13) 荘司; 溶射基板, 85ハイブリッドテクノロジー, Semiconductor World 臨時増刊号, 68 (1985).

サブスターZNでコストダウンを! アルミニウム用ジンケート処理剤

サブスターZnシリーズは、様々なアルミニウム合金上に均一な亜鉛皮膜を生成させるジンケート処理剤です。

サブスターZN-1 処理後の表面

サブスターZN-3 処理後の表面

先端産業の表面処理を担う 技術のオクノ

*カタログ・技術資料は最寄の営業所へお問合せ下さい。

真野製薬工業株式会社

本社 〒541 大阪市東区横堀2丁目5-8 番地 ☎ (06) 203-0721(代)
東京 ☎ (03) 912-9241・名古屋 ☎ (052) 871-1801・大阪 ☎ (06) 968-6931
高崎 ☎ (0273) 46-1833・京浜 ☎ (044) 556-6511・浜松 ☎ (0534) 63-2443
徳州 ☎ (0253) 36-1318・広島 ☎ (082) 294-2970・九州 ☎ (092) 431-2478
東北 ☎ (0245) 31-2056・技術部 ☎ (06) 961-7781・外国部 ☎ (06) 203-6867

OKUNO CHEMICAL INDUSTRIES CO., LTD.