

アルミコア基板に用いる 新製造プロセスの開発

三浦 豊※
Yutaka Miura
足立 親則※
Chikanori Adachi
鈴木 浩市※
Kouichi Suzuki

Development of New process for Aluminum core PWB

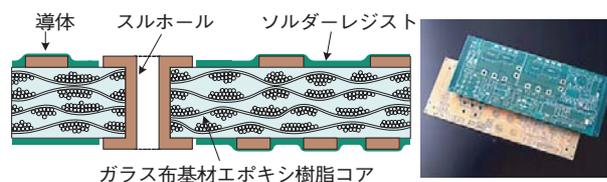
1. まえがき

当社(株)愛工機器製作所**が製造しているプリント基板は、IT業界においては必須の製品であるため、技術進歩のスピードは早く、さらに新技術、新製品の開発競争も激しい。

自動車においても、電子化、IT化が進み、車載用部品としてのプリント基板には、厳しい性能とコストが要求されている。そのなかで均熱性に優れ、電子回路が小型化できるアルミコア基板が注目されている。

このたび、使用信頼性の高いアルミコア基板にアルマツト処理を採用する事で、より低コストで製造できる新製造プロセスを、当社顧客と共同で開発した。以下、この新製造プロセス開発についての概要を述べる。

しかし、回路形成は片面のみ、部品は表面実装型に限定されるなどの制約が多く、高集積が必要な場合には使用できない。



(a)断面図 (b)外観

図1 リジッド両面基板

2. アルミコア基板について

2.1 プリント基板における発熱対策

近年、電子回路、特にCPU関係の部品の小型・集積化が進み、またCPUの処理能力高速化に伴い、これら部品の発熱が問題になっている。そのため、CPUへの放熱フィンの取り付け、空冷、水冷等の放熱対策が取られている。これらの部品の放熱対策は、プリント基板にも求められ、各種の対策が行われている。

この問題の解決を目的に、リジッド基板での対策、次にアルミベース基板の開発が行われ、続いてアルミコア基板へと発展した⁽¹⁾。

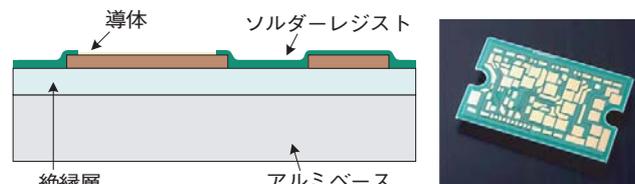
(1) リジッド基板

従来タイプのリジッド両面基板の構造を図1に示す。コア材に、伝熱性の悪い樹脂系材料が使用されており、発熱部品の伝熱性、冷却性が悪く、局部的に温度が高くなる傾向がある。

全面にわたって温度を下げる均熱特性を得るには、表面の導体を厚くする、パターン幅を広くする等の方策が用いられる。しかし、小型化、集積化には逆行する対策である。

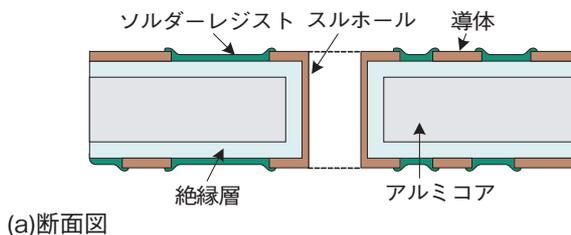
(2) アルミベース基板

アルミベース基板は、放熱性を良くするために、基板の片面を金属アルミにしたもので、構造を図2に示す。この基板は、放熱性が良いので、熱を多量に発生するパワー半導体モジュール等に使用されている。

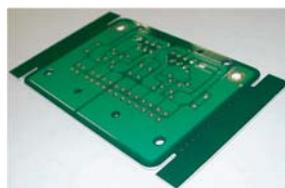


(a)断面図 (b)外観

図2 アルミベース基板



(a)断面図



(b)外観



(c)スルホール断面(50倍)

図3 アルミコア基板

※ 株式会社 愛工機器製作所
※※ 愛知電機株式会社の関連会社で詳細は<http://www.aikokiki.co.jp>

(3) アルミコア基板

リジッド基板の両面回路形成と、アルミベース基板の放熱性／均熱性の両者の利点を活かした基板がアルミコア基板である。これは、アルミの両面に絶縁層を設けて、両面回路形成を可能とし、更に両面間の貫通回路やリードタイプの部品を実装するためのスルホール形成も実現したものである。その構造を図3に示す。

2.2 アルミコア基板の放熱性／均熱性

アルミコア基板は、部品の発熱を絶縁層を通じて、内部のアルミコアに伝え、アルミコア内で熱をすみやかに拡散させる事により、発熱部分の温度上昇を抑える特性をもつ。

アルミコアは熱伝導性に優れているため、基板全体の温度が均一となり（均熱性）、また放熱面積が大きくなり冷却効果が大きい（放熱性）。

この均熱性の効果の一例を図4に示す。これは同一サイズの回路パターンに通電したときのリジッド基板とアルミコア基板の温度分布を測定したものである。

リジッド基板では局部的に温度が上昇するが、アルミコア基板では全体にわずかに上昇するのみとの結果が得られている。温度上昇限度を同じにすれば図5に示すように、アルミコア基板はリジッド基板に対して、2倍の電流を流す事ができる。

このような、放熱性／均熱性の効果から、アルミコア基板は、発熱を伴う高集積度実装や使用温度の高い自動車用搭載品等に最適な基板である。

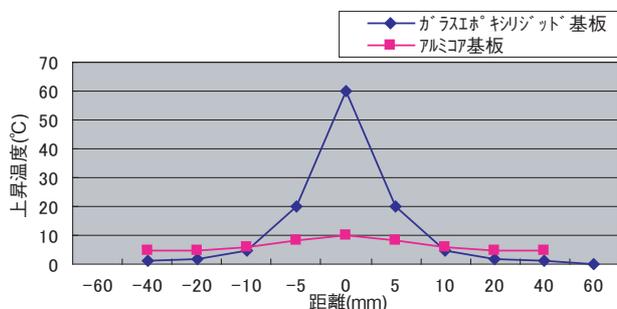


図4 距離と温度上昇の関係

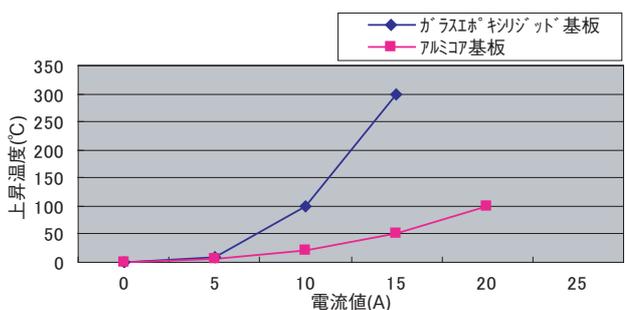


図5 通電電流と温度上昇

表1 アルミコア基板製造プロセス

No.	工程名	内容	断面図
①	穴明	パンチングプレス穴明 またはドリル加工	
②	アルミコア表面処理	各社アレンジの処理方法	
③	積層	銅箔・プリプレグ・アルミ コアを順に積み重ねる。	
④	プレス成型	加熱プレス	
⑤	スルホールメッキ	穴明後、銅メッキを行い、 表裏を電気的に導通させる。	

3. 新製造プロセスの開発

3.1 アルミコア基板製造プロセス

アルミコア基板の一般的な製造プロセスを表1に示す。まず、コアとなるアルミ板に、プレスあるいはドリル加工により穴明けを行う。次にアルミ板の表面を粗化する表面処理を行い、樹脂との密着性を高める。このアルミコア表面処理工程は、各社工夫して独自のプロセスを用いている。

その後、接着用樹脂シート（プリプレグ）と銅箔を積層し、次にプレス成型して積層基板を形成する。この時、使用するプリプレグは、アルミコアの穴内に十分樹脂が充填されるよう、樹脂含有率の高い材料を用いる。また、積層条件についても、穴内に気泡（ボイド）を生じることなく、確実に充填されるよう各社独自の工夫がなされている。

これ以降は、従来通りのスルホール穴明け、銅メッキ処理をした一般的な回路形成プロセスにより、配線形成を行う。

3.2 アルミコア表面処理

アルミコア製造プロセスのアルミコア表面処理には、従来は表面を酸化させるアルマイト処理が用いられていた。

この処理は、アルミコアと絶縁樹脂の密着性を向上させ、加熱・冷却の繰返しや振動のストレスを受けた場合の層間剥離による破壊を防ぐためのものである。

しかし、最近のアルミコア基板の高性能化の要求により、高耐熱性樹脂（FR-5相当品やBTレジン等）が、更に熱伝導性向上のために多量のフィラー（充填材）が用いられている。このような樹脂に対しては、従来のアルマイト処理では、十分な密着強度が得られない問題が発生している。

このため、当社では、アルミコア表面処理に関して、新しいプロセスの開発を行うこととし、製造コストの安価なパルコート処理と、アルマイト処理を試験・評価することにした。

3.3 パルコート処理

パルコート処理は、アルミ用ノンクロメート皮膜処理であり、塗装下地として開発された⁽²⁾。これは、自動車から6

価クロムの全廃規制 (RoHS) が開始されたことに端を発している。一般には、リン酸塩皮膜処理であるパーライジング処理に分類されるが、対象金属をアルミに特化したものである。

この処理は、塗料との密着性向上を目的に化成皮膜を形成するもので、プリント基板の絶縁層樹脂との接着性向上も期待できる。特に、高耐熱性樹脂材とは化学・物理的に結合して、耐熱性、密着性に優れると推定されている。

この特長を確認するために、評価基板を作成し、試験評価を実施した。

(1) パルコート評価基板の作成

評価基板は、表1に示す製造プロセスの②アルミコア表面処理をパルコート処理で作成した。処理工程を図6に示す。パルコート処理を行ったアルミの表面の電子顕微鏡拡大像 (SEM像) を図7に示す。

評価基板は、500×600mmサイズで製品12枚取りとした。その基板配置を図8に示す。これにより、面のばらつきを含めた評価を行う。

(2) 製造条件の設定

文献によりパルコート処理は、経時変化が見られる処理であることが知られている。製造過程における渋滞を考慮した評価を行なうため、パルコート処理から次の樹脂積層工程へ間に、待ち時間工程を追加して、評価基板を作成した。その製造条件を表2に示す。

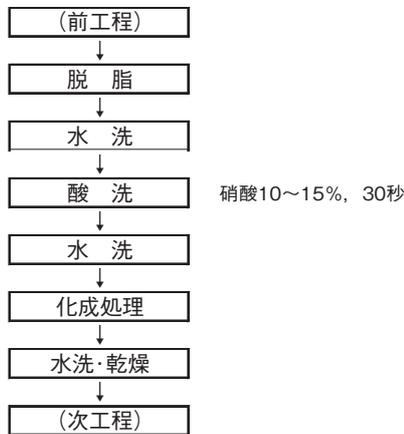


図6 パルコート処理工程

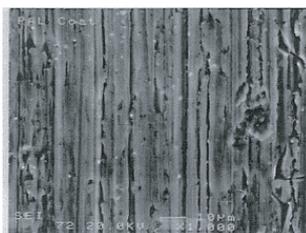
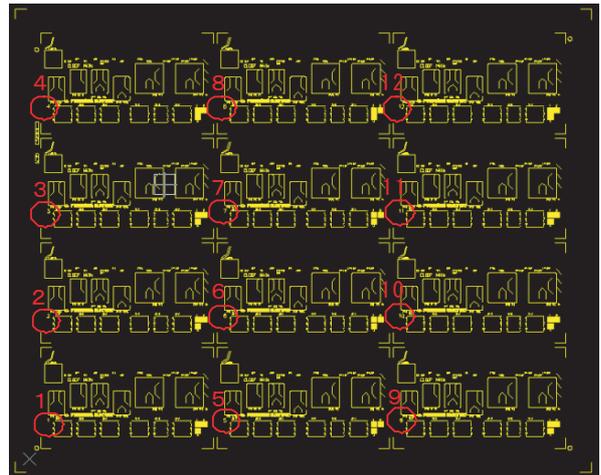


図7 パルコート処理 SEM像



(赤字はロケーションNoで表3,5,6に対応)

図8 基板配置 (12枚取り)

表2 製造条件の設定

パルコート処理から樹脂積層工程までの間

条件水準	待ち時間工程
①	待ち時間なし (標準工程)
②	同上
③	24時間 気中放置
④	脱湿梱包 (ビニール袋+シリカゲル)

(3) 評価試験

①はんだ耐熱試験

長時間のベーキング (予備加熱) と長時間のはんだ槽フローによる耐熱試験を実施した。評価は外観検査で行なった。その結果を表3に示す。

これによれば、パルコート処理後は速やかに、次工程に移らなければならないことが分かる。気中の水分により、パルコート処理後の表面は劣化していくものと推定される。

また、標準工程で製造した基板においても不良が発生する結果を得た。

②内部状態検査

標準工程で製造した外観が良好な基板の内部状態を検査した。

形成された絶縁層 (プリプレグ) を強制的に剥離して、スルホール穴周辺の異常の有無を確認した。結果は、図9に示すように、スルホール穴周辺に異常な膨れが発生していることが判明した。

③総合評価

上記の結果により、パルコート処理は量産品には適さないとの結論を得た。

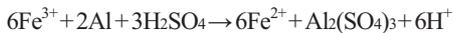
3.4 アルマット処理

アルマット処理は、アルミ表面をエッチングで粗化して、アンカー効果により、絶縁層とアルミを密着させるものである⁹⁾。

このエッチング処理においては、アルミ材の不純物成分

の不均質さを有効に利用して、エッチング速度の部分的なバラツキを生じさせることにより、深い凹凸を形成する。

このアルマット処理は、3価鉄と硫酸により、アルミ基材をエッチングし、



更に、空気を混入させ(エアレーション)、3価鉄の再生を行い、



エッチングを継続させている。

このアルマット処理を評価するために、基板を作成して、評価試験を実施した。

(1) アルマット評価基板の作成

評価基板を、パルコート処理の場合と同じように作成した。表面処理は図10に示すアルマット処理である。エッチング処理時に生じたスマット(黒色微粉末)を希苛性ソーダで除去し、その後、硝酸処理により、アルミ基材表面を不動態化して安定化させている。

アルマット処理を行ったアルミ表面のSEM像を、図11に示す。

図10の工程以降は、前出表1の標準工程により、基板が作成される。

表3 はんだ耐熱試験結果

試験条件：ベーキング140℃×1時間 → はんだ槽260℃×120秒

条件水準	ロケーションNo.												○：外観良好 ×：外観不良 -：評価なし	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
①	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
②	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
③	×	-	-	×	-	×	×	-	×	-	-	-	×	
④	○	-	-	×	-	○	○	-	○	-	-	-	×	

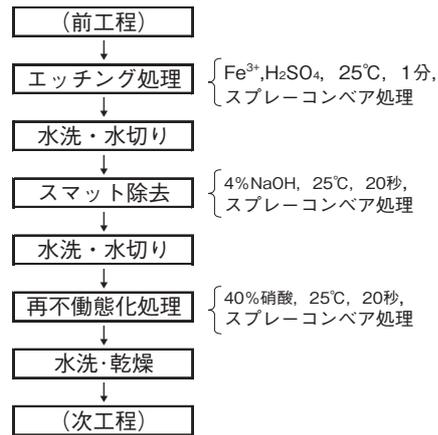


図10 アルマット処理工程

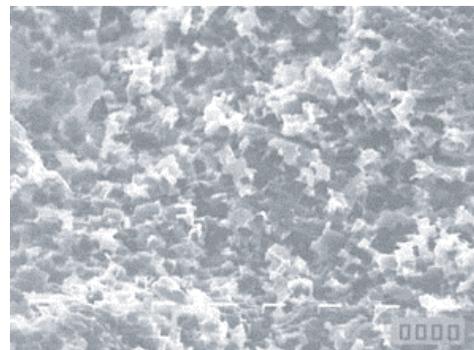


図11 アルマット処理 SEM像

(2) 製造条件の設定

アルマット処理はアンカー効果によりアルミと樹脂を密着させる。従って、経時変化の影響はない。製造条件としてエッチング量のパラメータを設定する。エッチング量は7μm~20μmに変化させた。製造条件を表4に示す。

(3) 評価試験

① はんだ耐熱試験

評価を厳しく行うため、加熱に加えて耐吸湿性を考慮して、2種類の試験方法で評価した。

試験条件と結果を表5と表6に示す。

4種の条件水準、2種の試験条件のすべてにおいて外観不良はみられなかった。

② 内部状態検査

基板のスルホール穴周辺の異常の有無を確認した。結果は図12に示すように、異常は観察されない。

③ 総合評価

上記の結果により、品質は安定しており、吸湿後も十分にはんだ耐熱試験結果を満足している。このことからアルミコア基板の量産にはアルマット処理を採用することに決定した。



図9 内部状態検査 (パルコート処理)

表4 製造条件の設定 (アルマツト処理)

条件水準	エッチング量
①	7 μ m
②	10 μ m
③	15 μ m (標準工程)
④	20 μ m

表5 はんだ耐熱試験結果 (1)

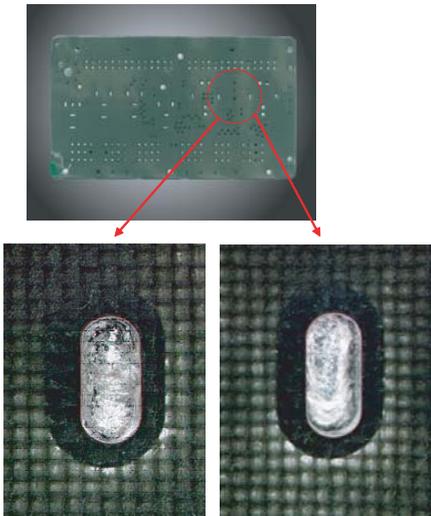
試験条件：ベーキング140°C×1時間→はんだ槽260°C×120秒
○：外観良好 ×：外観不良

条件水準	ローケションNo.		
	4	7	9
①	○	○	○
②	○	○	○
③	○	○	○
④	○	○	○

表6 はんだ耐熱試験結果 (2)

試験条件：煮沸1時間 (水100°C) →放置1時間
→はんだ槽260°C×120秒
○：外観良好 ×：外観不良

条件水準	ローケションNo.		
	1	6	12
①	○	○	○
②	○	○	○
③	○	○	○
④	○	○	○



スルホール穴周辺に異常なし

図12 内部状態検査 (アルマツト処理)

4. あとがき

新しい製造プロセスによるアルミコア基板は、当社中津川第1工場で2004年3月に量産化に成功し、車載機器のメーカーにも多数納入されることになった。

今後は、さらに高性能、低価格でかつ使用信頼性の高いアルミコア基板を開発していく所存である。最後に多大な御協力を頂いたメック株式会社殿の関係各位に深く感謝申し上げます。次第である。

参考文献

- (1) 藤平、藤森：『多層プリント配線板ステップ365-設計から応用までの指針』(工業調査会1989)
- (2) 軽部 他：「アルミニウム合金用新規ノンクロム化成処理-CT-3762-」日本パーカライジング技報 No.14 (2002)
- (3) 秋山：「メタルコア配線板におけるコア金属と絶縁樹脂の密着性向上」電子材料 Vol.44 No.10 (工業調査会2005)