プリント配線板のレーザ穴加工

西浦 慎一*, 池滝 憲治**

Laser Drilling of Printed - Wiring Boards .

Shinichi NISHIURA * and Kenji IKETAKI **

*富士通株式会社明石工場プリント板第2製造部 (〒674 兵庫県明石市大久保町64)

**富士通株式会社技術協力部製造技術部 (〒211 神奈川県川崎市中原区上小田中1015)

* 2nd PWB Manufacturing Dept., Akashi Works, Fujitsu Limited (64 Okubo - cho, Akashi - shi, Hyogo 674)

** Technical Administration Div., Production Engineering Dept., Fujitsu Limited (1015 Kamiodanaka, Nakahara - ku, Kawasaki - shi, Kanagawa 211)

概要 レーザによるプリント配線板の穴加工は1982年 IBM ジャーナルの中で報告されている。また1986年エレクトロニックパッケージングアンドプロダクション 6月号の中でも記事が載っており、その後の進展に強い関心が寄せられている。この実験では大出力が得られる炭酸ガスレーザを使用し、穴加工とその加工穴へのめっきについて技術検討を試みた。実験に先立ち、レーザ光の特性とプリント配線板材料の関係を調査した。その結果、基板材料はレーザ光に対する加工特性でみると、まず銅は反射率が98%と高く加工が困難である。またエポキシ樹脂は通常100%に近い吸収率を有しており、加工特性が高い。このレーザ光に対する両者の相反する加工特性を利用することにより、レーザ穴加工への見通しを得た。つまり、レーザ彫刻の世界で一般的に使う銅マスクの原理を応用し、銅はくはく穴径相当の窓をエッチングで設けて穴加工することにした。今回の実験では、レーザ照射条件の因子を振って加工形状を検討すると共にめっき析出との関係を明らかにし、さらに熱衝撃によるスルーホールめっきの性能評価によって実用レベルに達成させることができた。

1. 緒 言

レーザ技術を軸とした光産業は、光通信網をはじめとして高度情報化社会の担い手として大きな成長をしてきている。また一方では、CDのごとく個人ユースの情報機器にも革新を促している。そうした中であって、レーザ加工機は機械加工などの様々な分野で急速にその応用が拡がりつつある¹⁾。

レーザによるプリント配線板の穴加工は1982年 IBM ジャーナル²⁾の中で報告されており、また1986年エレクトロニックパッケージングアンドプロダクション 6月号³⁾の中でも記事が載っている。これらの中では、レーザ穴加工の特性および加工穴での内層接続信頼性について報告されている。しかし、基礎的な内容になっており、レーザ加工と穴の相関については詳しく述べられていない。

そこで、実際にレーザ穴加工を行って従来研究で判明している事実と一致した結果が得られるかを確認し、さらに加工条件を変化させて良好な接続ホー

ルが得られるように検討を試みた。また、従来研究では加工穴単体の接続性を評価する試験方法の報告のみにとどまっており、レーザ加工穴がドリル加工穴に比べて内層接続の点でどのように異なるかが明確にされていない。そこで、今回の実験ではレーザ加工穴を内部に含んだ基板全体に熱ストレスを与えて内層接続性を調べることにした。

一般的な加工用レーザとしては炭酸ガスレーザ、YAG レーザが使われており、この実験では大出力が得られる炭酸ガスレーザで行うことにした。実験に先立ち、レーザ光の特性とプリント配線板材料の関係を調査した。レーザ応用技術ハンドブック⁴⁾によれば、加工能率を支配する重要な因子として加工材料のレーザ光吸収特性があげられる。基板材料は銅はく、ガラスファイバー、エポキシ樹脂より構成された複合材料であり、表面層となる銅に対する反射率はレーザ波長が長くなるにつれ反射率が大きく、炭酸ガスの波長10.6 μ mにおいて98.4%である。

一方、他の構成材料であるエポキシ樹脂、ガラス

クロスは炭酸ガスレーザに対し100%に近い吸収特性を有している。このレーザ光に対する両者の相反する加工特性を利用することにより、レーザ穴加工への見通しを得た。つまり、レーザ彫刻の世界では銅を版下として使うケースがあり、これを応用して銅はくにダイレクトにレーザを照射する加工実験を避け、反射率の高い銅はくに所定の穴径を有する窓をエッチングにて設けて行った。

今回の実験目標である加工穴に対するスルーホールめっきの特性評価を第一優先として進めることにし、レーザ加工穴の形状、穴壁の状態、さらにスルーホールめっき性として、めっき析出の状態等の調査解析をするとともに熱衝撃によるスルーホールめっきの性能評価を実施した。以下、実験で得られた成果を詳細に報告する。

2. 実験

2.1 材料および製造法

ガラスエポキシ樹脂を主成分とする FR-4 材から内層材を作り、表面層銅はくとプリプレグを組み合わせ温度175℃、圧力30kg/cm²の条件で積層した。次に穴あけ部にレーザ照射用の窓をエッチングによって設け、図1に示すサンプル基板を得た。このようにして得たサンプル基板を実験試料とし、レーザ穴加工を行い、サブトラクティブ法によって図2に示すパターンを有する配線板を作成した。

2.2 穴加工条件

穴加工に使用したレーザ発振器は型格 MEL-1000PE (三菱電機) であり、その概略を図3に示した。この炭酸ガスレーザは波長10.6μmであり、大出力が得られ、アシストガスにはドライエアを用いた。穴加

工条件としては、加工速度を2 m/minと一定にし、レーザ照射条件を可変させた。レーザ出力は10 W から70 W まで10 W 間隔にし、発振周波数は200, 500 および1000Hzの3条件、デューティは20および50%の2条件、デフォーカスは0.5, 4.5および5.5mmの3条件にそれぞれ設定してレーザ穴加工を行った。

2.3 めっき条件

レーザ加工後の穴内壁には樹脂の燃焼により炭化物が生成するので、その除去のために超音波洗浄を実施した。また、穴内壁や内層銅はく (内層ランド) 上に樹脂スミアが残在していると完全な接続信頼性が得られなくなるので、その除去法として過マンガン酸塩処理 (デスミア処理) を行った。

めっきの前処理プロセスとしては、図4のごとく最初に基板を真空含浸して穴内脱泡を完全にし、その後は通常の処理工程とした。無電解銅めっき後、硫酸銅めっき浴を用いて電気銅めっきを穴内で25μm以上のめっき厚が得られるような条件で行った。

図2. テストパターン図 (表面層)

図3. レーザ発振装置の概略

図1. サンプル基板の断面

図4. めっきの前処理工程

2.4 接続めっきの性能試験

レーザ加工穴を通して内層ランドとの接続性能評価には、JPCA - RB01 - 1987⁵⁾を参考にして熱ストレス試験を実施した。低温（ -65°C ，15min）～常温（5min）～高温（ 120°C ，15min）～常温（5min）を1サイクルとし、100サイクルまで熱ストレスを与えた。25，50および100サイクル後に試験槽より基板を取り出し、テストパターン部の導体抵抗値を4端子法（内層接続測定法）によって測定した。試験の前処理としてはグリセリン（ 260°C ）へ10秒間の浸漬を4回行っている。熱ストレス試験を終了した基板は、断面観察等によって内層接続部の状態を調べた。

3. 結果と考察

3.1 レーザ照射条件と穴品質

照射条件の因子としては出力、発振周波数、デューティおよびデフォーカスがあり、これらの条件を変えて穴品質との相関を調べた。穴品質の評価は表1の基準に従い、外観および断面観察によって内層ランド部までの加工状態を調べて行った。内層ランドの表面まで完全に樹脂が加工されている穴のみを良穴とし、それ以外を不良穴とした。この良穴が観察穴数に占める比率を成功率とし、以下での結果と考察に用いた。

3.1.1 出力との関係

出力を10 W から70 W までの間で変化させた場合、図5に示すような成功率の推移となる。30 W の場合

表1. 穴品質の評価法

加工穴の形状	加工状態	判定
	内層ランド表面まで樹脂が完全に加工されている。	良
	樹脂の加工が不十分である。	不良
	樹脂を加工し過ぎて銅マスクにダメージが発生している。	
	樹脂を加工し過ぎて内層ランドにダメージが発生している。	

が成功率100%で最も良好であり、それより高くしていくと徐々に成功率が減少しているのがわかる。これは、樹脂の加工には30 W 程度の出力があれば十分であり、それ以上の高出力だと図6のごとく表面銅はく（銅マスク）にダメージを与えるからである。このように、穴品質は出力の影響を大きく受けるものと考えられる。

3.1.2 発振周波数との関係

発振周波数を200，500および1000Hzの3条件に設定してレーザ穴加工を行った場合の結果を図7に示す。周波数の高い方が成功率も高くなっており、良好な穴形状が得られる加工条件の範囲、つまりマージンは広い傾向を示している。これは、周波数を高くすると図8に示すように照射回数が増え、1ショットのエネルギーは低下し、良好な穴形状が得られるレーザ加工となるからであると考えられる。しかし、高周波数の場合でも出力を高くし過ぎると成功率が低くなる傾向にあった。

3.1.3 デューティとの関係

デューティを20および50%にして穴加工した場合、成功率は図9の結果となる。

図5. レーザ出力と成功率
(周波数 1000Hz, デューティ 50%)

図6. 銅マスクへのダメージ発生例

50%と高くした方のマージンが広がっており、良好な加工状態を得るにはデューティ値を高くすれば良い傾向にある。これは、デューティ値を高くしていくと1ショットのパルス幅が長くなり、ピーク値（レーザー光の中心成分）が減少していくので、銅マスクにダメージが発生しにくくなるためと考えられる。

しかし、50%を越えて100%である連続発振に近づくると樹脂の燃焼ガスにより加工効率が低下し、銅マスク部にダメージが発生してくる。この原因として

図7. 発振周波数と成功率 (デューティ 50%)

図8. 発振周波数と照射時間

は、連続発振はパルスの切れ目がない加工であるため樹脂部が絶えず燃焼しており、その燃焼ガスがレーザー光を減光するので加工効率の低下につながり、銅マスク下の樹脂が燃焼によって必要以上に除去された穴状態に近づくからだと考えられる。

3.1.4 デフォーカスとの関係

デフォーカスと穴品質の関係を図10に示した。デフォーカスを増やすと穴の加工性が良くなり、高い成功率が得られ、マージンも広くなる傾向があった。その原因は以下のように考察できる。

デフォーカスを増やした場合、レーザスポット径は大きくなり、パワー密度が低下する。このため加工に必要なエネルギーは高くなり、より高いレーザー出力を必要とするが、図11に示すようにピークパワー

図9. デューティと成功率 (周波数1000Hz)

図10. デフォーカスと成功率
(周波数1000Hz デューティ50%)

は低下している。そのためによりソフトなレーザ光の照射になり、銅マスク部でのダメージが減少し、マージンが広がったと考えられる。しかし、デフォー

図11. デフォーカスとピーク値

カスを増やし過ぎると、極端にピーク値およびパワー密度が低下するため、安定した加工ができなくなる傾向がある。

3.2 レーザ加工穴とめっき加工

切削によるドリル加工と燃焼を伴う溶融、蒸発によるレーザ加工とでは穴内壁面の状態が異なっており、スルーホールめっきの品質に重要な影響をおよぼすと考えた。そこで、まず最初に穴の加工状態を観察し、その後めっき析出性およびつきまわり性を調べた。

3.2.1 穴の加工状態

レーザ加工した穴内には、樹脂の燃焼によって生じた炭化物が存在し、壁面または底部に付着して穴形状を悪くしていることが外観からわかった。この炭化物の存在はスルーホールめっきによる内層接続に影響するので、何らかの処理を施して除去する必要がある。除去法としては、化学的、物理的手段を複数通り行った結果、超音波洗浄が最も有効であった。そこで、レーザ加工穴内を超音波洗浄によってクリーニングし、穴内の加工状態を調べた。

ここで、レーザ加工による穴の形成過程を考察する。レーザ光が加工部に照射されると樹脂部のみがレーザ光を吸収し、表面より順次昇華し、除去されていく。次に、レーザ光を繰り返し照射していくと、樹脂部の加工が表面側より進行し、内層ランドまで到達する。このようにして形成された穴の断面は図12のごとくすりばち形状をしており、穴内壁にガラス繊維の束（ヤーン）が少し突出していた。

さらに、この穴内壁面をSEM観察すると、図13に示すように穴内が凹凸しているのがわかった。この凹凸は突出したヤーンとガラス繊維（フィラメント）の先端に付着しているビーズ玉状のガラス溶融物によって形成されている。

図12. レーザ加工穴の断面形状

図14. 穴内へのめっき析出性

図13. レーザ加工穴内の状態

図15. 穴内壁面のめっき未析出部 (SEM写真)

3.2.2 めっき析出性

レーザ加工穴内へのめっき析出性を調べるために、穴内の炭化物を除去してから薄くパネルめっきした結果、図14に示すような析出状態となる傾向があった。

穴内壁面にヤーンの突出やビーズ玉状のガラス溶融物が見られ、これらが凹凸を大きくして高い不連続性をもつ壁面をしているのにもかかわらず、予想以上のめっき析出が得られている。ただし、凹凸の激しいブラインド部では析出の不連続が見られ、これは凹部へのめっき処理液の流入が完全でなかったために起こったものと考えられる。このような凹部への液流入性を向上させる方法をいくつか検討してみた結果、真空含浸法が最も効果があった。したがって、めっきの前処理に真空含浸を取り入れてサンプル基板のめっきは行っている。

また、平坦な樹脂面においても図15に示すような未析出部が見られる場合がある。この未析出部は、めっき前処理段階での活性化処理が不十分であったためにめっき析出が起こらずに発生したものと考えられる。

このように、レーザ加工穴内へのめっき析出性は穴内壁面の状態に大きく依存することがわかった。

3.2.3 めっきつきまわり性

加工穴内のクリーニングを十分に行ってめっきした場合、図16に示すようなつきまわりの穴が得られる。本実験板の大部分の穴はこのように良好なつきまわりであったが、一部にはめっき厚が不均一なつきまわりの穴も見られた。

このつきまわりの悪い例を図17に示したが、内層ランドと穴内壁面の境界部が極端に薄いめっき厚となっていることがわかる。これは、穴内壁面が図18

図16. めっきつきまわりが良好な例

図17. めっきつきまわりが悪い例

図18. 穴内壁面を加工し過ぎた例 (SEM写真)

図19. レーザ穴加工基板の熱ストレス試験

に示すような状態をしており、凹凸の著しい個所でめっき析出が遅れてしまったものと考えられる。このように凹凸のある穴内壁面が存在するのは、レーザ光に対する反射率がエポキシ樹脂0%，ガラス繊維25%であるためにエポキシ樹脂の加工が早く進むことがあげられる。

3.3 接続めっきの性能

接続めっきの性能評価として熱ストレス試験を実施し、その結果を図19に示す。導体抵抗値の測定は図20に示すパターンが連続してつながっているテストパターン部で行った。抵抗値変化率の推移をみると最大でもわずか2%程度であり、規格の10%以下に対してはるかに下まわった値となり、安定していることがわかる。

図19には、レーザ加工サンプルと同一のサンプルをドリル加工により製造した基板の熱ストレス試験結果も、レーザの場合と合わせて示している。この

図より、レーザ加工基板がドリル加工基板に比べて抵抗値変化率は小さい傾向を示しているのがわかる。これは、レーザ加工基板の内層ランドはレーザ光によって一度高温にさらされており、このために銅の比抵抗が小さくなり、抵抗値変化率を小さくしたものと考えることができる。また、レーザ加工穴を通しての内層ランドとの接続めっきは、ドリル加工の場合と同程度の性能はあるとみなしてよいと考えられる。

4. 結論

以上述べたように、レーザ加工した穴はプリント

図20. テストパターンの断面

配線板の接続ホールとしての機能を有していることが明らかにできた。これは、従来研究では、レーザを穴加工に用いた場合の内層銅はくでの接続信頼性試験方法の報告にのみとどまっていたのに対し、今回の実験結果によりレーザ穴加工が実用レベルに達したことを示唆している。ここでレーザ加工に関する特徴をまとめると次のようになる。

- (1) プリント配線板へのレーザ穴加工はパワーピーク値の低い照射で数回にわたって行うと良好な加工状態が得られる傾向にある。
 - (2) 加工穴には高エネルギービームにより燃焼を伴う溶融と蒸発が起こりクレータが生じ、さらにクレータ内面が増大するにつれ多重反射が起こり吸収が増えるため、炭化物とガラス繊維の溶融物が存在する。
 - (3) めっき析出過程は、不連続性の高い穴壁が無電解銅めっき皮膜によって導通性を高められ、さらに電気銅めっきのレベリング効果に助けられ、埋めていく過程をたどることがわかった。
 - (4) レーザ加工穴による内層接続は熱ストレス100サイクルに十分耐える接続強度がある。
- このように本実験ではレーザ穴加工の基礎現象を

十分に把握でき、接続ホールとしても使用できる見通しを得たが、実用化に向けてはまだいくつかの課題が残されている。例えば、穴径と深さの関係、熱影響部の大きさ、穴間ピッチの限界と絶縁特性などを明らかにするための技術検討である。したがって、プリント配線板へのレーザ穴加工の早期実用化のためにもこれらの課題を克服していく必要がある。

(1989.9.1-受理)

文 献

- 1) 通産省基礎産業局基礎新素材対策室：新素材便覧，通産資料調査会，P. 303 (1986)
- 2) J. R. Bupps : "Micromechanics of Multilayer Printed Circuit Boards." , IBM J. Res. Develop., Vol. 26, May (1982)
- 3) J. Harris : "Lasers Excel as Manufacturing Tools.", Electronic Packaging & Production, P. 70, June (1986)
- 4) 朝倉：「材料加工の特性とビーム照射による変化」，レーザ応用技術ハンドブック，レーザ協会，(1984)
- 5) 日本プリント回路工業会：多層プリント配線板，JPCA-RB01，(1987)

無電解銅めっきを用いたビルドアップ多層配線板

榎本 亮*, 浅井 元雄*, 坂口 芳和*, 大橋 千恵*

Build - up Multilayer Printed Wiring Board Using Electroless Copper Plating.

Ryo ENOMOTO *, Motoo ASAI *,
Yoshikazu SAKAGUCHI * and Chie OHASHI *

*イビデン株式会社技術開発本部研究開発部 (〒503 岐阜県大垣市河間町3-200)

* Research & Development Div., Ibiden Co., Ltd. (3-200, Gama-cho, Ogaki-shi, Gifu-ken 503)

概要 無電解銅めっきを用いたビルドアップ多層配線板について研究を行った。フルアディティブ用耐熱性接着剤に感光性を付与した層間絶縁材料を開発することにより、無電解銅めっきを用いて高密度で生産性に優れたビルドアップ多層配線板を形成できるようになった。この多層配線板の試作と特性評価を行い次の特徴を確認した。直径100 μm 前後のバイアホールが自由な位置に形成でき、ファインパターン性に優れているので超高密度配線を行うのに適している。引きはがし強さで1.7kg f/cmの導体回路と層間絶縁材料の密着性を有し、かつ電気絶縁性とバイアホール接続信頼性に優れているので、高い信頼性が得られる。

1. はじめに

プリント配線板の高密度化がますます進むなかで、Cu/ポリイミド法に代表されるビルドアップ多層配線板が種々検討されている^{1)~3)}。このビルドアップ法は層間接続を行うための微小径のバイアホールを自由な位置に形成できるので、超高密度配線に最も適した方法である。しかしながら、この方法では層間絶縁膜上に導体回路を安定して強固に密着させるために、生産性がきわめて悪いスパッタリング法などにより導体回路を形成する必要がある、現在のところスーパーコンピュータなどの特殊な分野にしか使用されていない⁴⁾。

筆者らは、すでにフルアディティブ法に適したまったく新しい耐熱性接着剤を開発し、線間/線幅50 μm のファインパターンが形成できる高密度で信頼性に優れたフルアディティブ配線板「AAP/10」について報告している^{5),6)}。本稿では、この耐熱性接着剤に感光性を付与した層間絶縁材料を用い、無電解銅めっきにより導体回路を形成する、高密度で生産性に優れたビルドアップ多層配線板について研究した

ので、その概要を述べる。

2. 製造プロセス

無電解銅めっきを用いたビルドアップ多層配線板の製造プロセスを図1に示す。感光性を付与した耐熱性接着剤を層間絶縁材料として用いることにより、フォトリソグラフィによる微小径バイアホールの形成と、無電解銅めっきによる導体回路の形成が可能となった。なお、この感光性層間絶縁材料は耐熱エポキシ樹脂、エポキシアクリレート、重合開始剤およびエポキシ微粒子からなっている。

製造プロセスを順に説明すると、まず銅張積層板をエッチングして1層目の導体回路を形成する。次に層間絶縁材料と導体の密着力を高めるため、導体表面を黒化・還元処理し、感光性層間絶縁材料をロールコート等で塗布する。フォトリソグラフィによってバイアホールを形成した後、加熱硬化して層間絶縁膜を形成する。その後、クロム酸等の酸化剤で粗化することにより層間絶縁膜の表面にアンカーを形成してから、厚付け無電解銅めっきにより第2層目の導体回路を形成する。以上の工程を繰り返すこと

により、ビルドアップ多層配線板を作成する。

なお、無電解銅めっきによる導体回路の形成方法としては、厚付け無電解銅めっきによりパネルめっきした後にパターンをエッチングして導体回路を形成する方法と、フルアディティブ用ドライフィルムでパターンを形成してから、厚付け無電解銅めっきで導体回路を形成するフルアディティブ法とがある。内層回路については前者の方法が、外層回路は配線板表面の平坦性から後者の方法が適している。

図 1 . ビルドアップ多層配線板の製造プロセス

図 2 に粗化处理後のビアホールの SEM 写真を示す。層間絶縁膜の膜厚 $60\mu\text{m}$ 、ビアホール径 $100\mu\text{m}\phi$ である。写真より微細なアンカーが絶縁膜表面だけではなく、ビアホール内壁にも均一に形成されていることがわかる。このことによりビアホール内壁においても、導体と絶縁膜の密着力が確保され、ビアホール接続信頼性が向上すると考えられる。

図 3 にビアホールの断面写真を示す。厚さ $80\mu\text{m}$ の層間絶縁膜に約 $100\mu\text{m}\phi$ のビアホールが形成され、ビアホール内に均一な厚さでめっき導体が形成されていることがわかる。

3 . 配線板の特性

新たに開発した、感光性層間絶縁材料を用いたビルドアップ多層配線板の基本的な特性について述べる。ベースとなる絶縁基板としては G-10 , 1.6mm^t

図 2 . バイアホールのSEM写真

図 3 . バイアホールの断面写真

を用いた。

3.1 導体回路の密着性

層間絶縁膜とその上の導体回路の密着性を、JISC 6483 に従って評価した。評価サンプルは絶縁基板上に層間絶縁材料を塗布し、粗化した後に無電解銅めっきで厚さ35 μm に導体をパネルめっきし、幅10mmにエッチングして作成した。室温での引きはがし強さは1.7 kgf/cmであり、実用上十分な密着強度を有している。図4に高温時における導体回路の引きはがし強さを測定した結果を示す。150 $^{\circ}\text{C}$ 付近まで引きはがし強さの低下は少なく、G-10と同等の耐熱性を有している。

3.2 電気絶縁性

配線密度が高くなるにつれて、パターン間の絶縁信頼性が重要となってくる。このためフルアディティブ法で線間/線幅75 μm の楕円パターンを作成し、電気絶縁性を調べた。試験条件は85 $^{\circ}\text{C}$ 、85% RHの高温高湿下で、バイアス電圧として30 Vを印加した。表面抵抗の経時変化を図5に示す。初期の絶縁性が $10^{13} \Omega$ と高いだけでなく、1000時間経過後も $10^{11} \Omega$ とキマめて高い絶縁信頼性を示している。また、JISC 5012に従って直径10mmのパターンを形成し、厚さ65 μm の層間絶縁膜の耐電圧を常態および85 $^{\circ}\text{C}$ 、85% RHの高温高湿下に1000時間放置した後に測定したところ、ともに5kV以上の高い層間耐電圧が確認された。

3.3 バイアホール接続信頼性

バイアホール接続信頼性を評価するために、25 $^{\circ}\text{C}$ と260 $^{\circ}\text{C}$ のシリコンオイル槽にサンプルを交互に浸漬

図4. 高温時における導体の引きはがし強さ

する液相熱衝撃試験を行った。この試験には厚さ65 μm の層間絶縁膜に直径125 $\mu\text{m}\phi$ のバイアホールが形成され、それぞれのバイアホールが10 μm 厚さの導体回路で連結されているサンプルを用いた。その結果を図6に示す。300サイクル試験後も断線を生じず、またバイアホール接続抵抗の値もほとんど変化していないことから、バイアホール接続信頼性に優れていることがわかる。試験終了後、導体回路をエッチングにより除去して、バイアホール回りの層間絶縁膜を詳しく観察したところ、層間絶縁膜にクラックの発生は認められなかった。

以上述べたビルドアップ多層配線板の評価結果を、表1に集約して示す。

4. まとめ

無電解銅めっきを用いたビルドアップ多層配線板について研究を行い、導体回路の密着性と電気絶縁性に優れ、かつ微小径のバイアホールを有するビル

図5. 表面抵抗の経時変化

図6. バイアホール接続抵抗の変化

表 1. 配線板の一般特性

項 目	処 理 条 件	特 性 値
層間耐電圧* (kV)	C-96/20/65 C-96/20/65+C-96/85/85	> 5 > 5
体積抵抗率* ($\Omega \cdot \text{cm}$)	C-96/20/65 C-96/20/65+C-96/85/85	7×10^{14} 1×10^{13}
表面抵抗** (Ω)	C-96/20/65 C-96/20/65+C-1000/85/85	2×10^{13} 1×10^{11}
誘電率* 1 MHz (—)	C-96/20/65 C-96/20/65+D-48/50	4.5 4.95
誘電正接* 1 MHz (—)	C-96/20/65 C-96/20/65+D-48/50	0.026 0.027
はんだ耐熱性 260°C (秒)	A D-1/100	>60 >60

* 層間厚み65 μm で測定

** 線間線幅75 μm の楕形パターン使用 電極間30Vバイアス

ドアップ多層配線板を開発した。この配線板の特徴を要約すると以下のようになる。

- 〔1〕直径100 μm 前後のバイアホールが自由な位置に形成でき、かつファインパターン性に優れているので、超高密度配線に適している。
- 〔2〕無電解銅めっきを用いて密着性に優れた導体回路を形成できるため、生産性に優れたプロセスとなる。
- 〔3〕層間耐電圧およびパターン間の電気絶縁性に優れ、かつ高いバイアホール接続信頼性が得られる。

(1989.9.21—受理)

文 献

- 1) R. J. Jensen et al. : “Copper / Polyimide Materials System for High Performance Pack-

aging”, Proceedings of the 34th ECC, p. 73 (1984)

- 2) T. Ohsaki et al. : “A Fine-Line Multilayer Substrate with Photo-Sensitive Polyimide Dielectric and Electroless Copper Plated Conductors”, Electronic Manufacturing Technology Symposium, p. 178 (1987)
- 3) 田中 : “有機厚膜技術による多層プリント配線板”, 電子材料, Vol. 20 (10), p. 61 (1983)
- 4) 村野 他 : “マルチチップ・パッケージを水冷する”, 日経エレクトロニクス, 6月17日号, p. 243 (1985)
- 5) 榎本 他 : “高密度・高信頼性フルアディティブ配線板”, 電子材料, Vol. 27, No.10, p.46 (1988)
- 6) R. Enomoto et al. : “High Density Printed Wiring Boards Using Advanced Full Additive Process”, IPC 32nd Annual Meeting IPC - TP - 794 (1989)