ノートパソコン用1－3層接続構造ビルドアッププリント配線板の開発

八甫谷 明彦*, 正岡 靖*, 高木 伸行*

Developing Build-up Printed Wiring Board with 1-3 Layer Via for Notebook PC

Akihiko HAPPOYA*, Yasushi MASAOKA* and Nobuyuki TAKAKI*

*株式会社東芝デジタルメディア機器社青梅工場（〒198-8710 東京都青梅市末広町2-9）

*Ome Operation, Digital Media Equipment & Services Company, Toshiba Corporation (2-9 Suehiro-cho, Ome-shi, Tokyo 198-8710)

Abstract

We have developed and adopted build-up technology for printed wiring boards (PWB) of notebook PC, which uses via holes that connect 3 layers compared to the normal build-up PWB which used via holes that connect 2 layers. This technology is more superior in electrical characteristics, which enables one to easily control characteristic impedance and reduce cross-talk noise. For the method of manufacturing, we selected laser drilling method and B²itTM. Although the shape of their vias are different, their electrical characteristics are equal.

Key Words: Build-up Printed Wiring Board, Laser Drilling Method, B²it, Characteristic Impedance, Cross-Talk Noise

1. はじめに

各種電子機器にビルドアッププリント配線板の採用が広まっている。ビルドアッププリント配線板は、貫通スルーホール、IVHを有する従来製法よりも高密度な配線やビアを設けることができるメリットを持っている。

われわれは一般的な1－2層接続ビルドアッププリント配線板より、電気特性が優れている1－3層接続ビルドアッププリント配線板をノートパソコンのメインボードをターゲットに開発し、採用した。

採用に当たっては、電気特性だけではなく、製法、信頼性等について検討を行った。

本報告は1－3層接続ビルドアッププリント配線板の開発・採用事例について報告する¹⁾。

2. 1－3層接続構造の特徴

2.1 一般的な1－2層接続構造

一般的なビルドアッププリント配線板の構造は、図1左側のような1－2層接続構造であり、L1, L2は信号層、

図1. ビルドアッププリント配線板構造の比較

L3はグランドまたは電源層のマイクロストリップ構造である。

近年、信号スピードの高速化に伴い、プリント配線板上でのノイズ発生が問題となっている。1－2層接続構造は伝送線路的に次のような問題点がある。

一つは特性インピーダンスのコントロールである。1－2層接続構造の場合、L1とL2はマイクロストリップ構造であり、グランド層または電源層との距離が異なるため、特性インピーダンスに大きな差が生じ（図2）、量産性を考慮したパターン幅の調整範囲では、L1とL2の特性インピーダンスの同一化は難しい。例えば、80Ω近傍に近づける設計の場合、L1のパターン幅が150μm、L2が75μmになってしまう。

もう一つの問題点はクロストークノイズである。ビルドアップ部の絶縁層は層間が薄いことから、L1とL2間の層間クロストークノイズが発生しやすい構造となっている。理想的にはL1とL2の配線が電氣的に影響ないように配

図2. 1－2層接続構造の特性インピーダンス

図3. 1-3層接続構造の特性インピーダンス

図4. 配線構造断面図

図5. 層間クロストーク

線すればよいが、配線効率や設計時間の短縮化を優先させるために、クロストークノイズを考慮した設計ができない場合が多い。

2.2 1-3層接続構造

1-2層接続構造の伝送線路的な問題点を解決するために、1-3層接続構造のビルドアッププリント配線板を開発し、採用した。本構造はL1とL3の信号層間にL2のグランド層または電源層を挟み込んであり、L1とL3をダイレクトにビアで接続している。

図1のような6層の1-3層接続構造では、L1、L6はマイクロストリップラインであり、L3、L4はストリップラインである。特性インピーダンスについては、絶縁層厚またはパターン幅のわずかな調整により、図3に示すように同一化が可能である。

図4のような断面配線構造で、200mmの配線長についてクロストークノイズの測定を行った。入力電圧は1.0Vである。

1-3層接続構造の層間クロストークは、信号層であるL1とL3間に、L2のシールド層があることにより、皆無にすることができる（図5）。

線間のクロストークについても図6の通り、1-3層接続構造は1-2層接続構造より、小さくすることができる。

図6. 線間クロストーク

表1. ビルドアップ製法の比較

	ピール強度	1-2層接続構造	1-3層接続構造(同位置)	ベタ部ガス抜き設計(吸湿性)	絶縁層材料選択度	剛性
レーザー法	○	◎	◎	不必要	○	○
フォト法	△	◎	△～×	必要	△	○
B ² it TM	○	◎	◎	不必要	○	◎

◎: Excellent ○: Good △: Neutral ×: No good

3. ビルドアッププリント配線板の製法検討

1-3層接続構造ビルドアッププリント配線板を実現するために、製法の検討を行った。表1に示したようにレーザー法、フォト法、B²itTMの3種類を検討した。

同位置での1-3層接続構造を実現できるのはレーザー法およびB²itTMであり、フォト法では実現が難しい。最近ではフォトビアでもビア・オン・ビア構造が開発されているが、L2-L3間のフォトビア内にめっきを充てんする必要がある、大きなコストアップになる。

ピール強度についても、フォト法は他製法に比べ弱い傾向にあり、リペアや部品を実装したプリント配線板に応力が加わったとき、パッドがはがれる可能性がある。部品を実装したノートパソコンのメインボードは高価であり、パッドがはがれは修理が効かない場合がほとんどなので致命的である。

また、フォト法の場合、リフロー等の熱を加えたとき、ビルドアップ絶縁層の吸湿による膨れが発生する場合がある。これを防ぐため、ベタパターンにガス抜き穴と言われる抜きパターンを設ける必要があるが、電気特性上好ましくないことや、ガス抜きパターンを設けることによる設計時間の増大などの問題点がある。

以上の結果から、1-3層接続を実現する製法として、我々はレーザー法とB²itTMを選択した。図7にレーザービア、図8にB²itTMの断面写真を示す。

図7. レーザタイプ

図8. B²itTMタイプ

図9. レーザ法の製法

図10. B²it™の製法

レーザ法の製法は大きく分けて2種類ある(図9)。

一つは表層の銅箔をエッチングし、銅箔をマスクとし、レーザを照射するコンフォーマルタイプであり、もう一つは絶縁層を形成したあと、絶縁層に直接レーザを照射するダイレクトタイプである。コンフォーマルタイプは、銅箔をエッチングする手間がかかるが、ダイレクトタイプより、ピール強度が強いメリットがある。ダイレクトタイプは銅箔がないので、コンフォーマルタイプより、ファインパターン形成には有利である。

B²it™は導電ペーストによって円錐形状のバンプを形成し、そのバンプで絶縁材を貫通することによって、穴あけ、めっきをせずに層間接続を行う方法である。1-3層接続構造を実現するために、バンプを2回突き当てるコンビネーションタイプを用いる(図10)。

4. 1-3層接続構造の信頼性

4.1 基本的な信頼性

レーザ法については、1-3層接続のレーザビアのアスペクト比が大きいため、レーザ加工技術、ホールクリーニング技術およびめっき技術を工夫する必要がある。発生しやすい不良モードとしては、レーザビアの穴底に樹脂残りが発生したり、めっき付きまわりが良くないことがある。このような不具合が発生した場合、プリント配線板単体の電気検査では合格になるが、プリント配線板に部品を実装したときのリフローによる熱履歴や、機器のON-OFFサイクルによる熱により、断線に至ることがある。このよう

表2. 信頼性試験

試験内容	試験条件	結果
ホットオイル試験	20℃(20s)⇔260℃(10s)	100サイクル後異常なし
気相熱衝撃試験	-65℃(30m)⇔RT ⇔125℃(30m)	600サイクル後異常なし
絶縁抵抗試験 1)層間 2)層内 3)LBH-V/G層間	85℃ 85% 測定電圧DC50V 印加電圧DC12V	1000H後 異常なし
ピール強度	90° 引きはがし	1N/mm異常

な不具合を起こさないためにも、マージンのある製造条件や厳重な品質管理が必要である。

樹脂残りがなく、めっき付きまわりが良好なレーザビアについては、気相熱衝撃試験(-65℃/30分⇔125℃/30分)の条件で600サイクルを超える接続信頼性を得ている。B²it™の接続信頼性についても同様な信頼性を得ている。また、表2に示すような絶縁抵抗試験、ピール強度についても良好な結果を得ている。

4.2 剛性

レーザ法のビルドアッププリント配線板は、ビルドアップ層にガラスクロスがないことから、通常的全層ガラスエポキシを使ったプリント配線板よりも剛性が低い特徴を持っている。図11のように荷重試験機を用いてプリント配線板の剛性を調査した。50mm幅のプリント配線板を90mmスパンの台に乗せ、中央部に一定速度で荷重を加えたときの曲げ強さを剛性の指標とした。その結果を図12に示す。レーザ法のビルドアッププリント配線板の剛性は、B²it™

図11. プリント配線板の剛性測定方法

図12. プリント配線板の剛性測定結果

図13. リフローにおける反り変形解析

や一般貫通品より低いことがわかった。レーザ法はガラスクロスがないビルドアップ層があるため、ビルドアップのコア層程度の剛性である。

一般的にプリント配線板の剛性が低いと、リフロー時の反りが発生しやすい傾向にある。リフローでの反りに対しては、反り防止治具を用いたり、図13のような有限要素法を用いた反り変形解析³⁾を行い、最適な捨て板部の設計やリフロー条件を決め、反りができるだけ発生しないように工夫している。

近年、実装する電子部品がSOP、QFPからBGA、CSPに代わりつつある。SOP、QFPのリードはガルウイング構造であったが、BGA、CSPはエリアレイタイプの構造なので、ストレス緩和作用が少なく、外部ストレスに対して非常に弱くなっている。

部品を実装したプリント配線板 (PCB) の電気的なテストを行うときに、テストプローブをPCBへ押し当てるが、BGA実装部近くにテストプローブを配置したい場合がある。図14のようにテストプローブをBGA実装部の近くに配置すると、PCBのたわみによりBGAはんだ付け部にクラックが発生する場合がある³⁾。プリント配線板の剛性が弱いとたわみが大きくなり、クラックが発生する可能性が高くなる。クラックを発生させないためには、プリント配

図14. PCBテストの問題

線板の高剛性化、BGAパッケージの低剛性化、プローブ設置位置の検討が必要である。

4.3 ビア通過特性

近年、パソコン用CPUの高速化に伴い、マザーボードの高速化も進んできており、プリント配線板の信号伝送特性が重要となってきた。

レーザ法とB²itTMの大きな違いはビアの構造である。レーザ法のビアは銅めっきによる層間の接続であり、筒状の形状である。B²itTMは銀エポキシによる層間の接続であり、円錐状の形状である。

形状も材質も異なるため、信号伝送特性が異なることが考えられた。そこで、ビアの信号伝送特性を比較して、特性に差がないか比較評価を行った⁹⁾。

評価は、図15のように2個のビアで表層と内層を往復するパターンを作り、ビアを2個通過したときの出力波形を測定して、レーザ法とB²itTMとで出力波形に差が生じないかの比較を行った。

図16にビア通過後の波形を示す。信号の立ち上がりの特性にはほとんど差は見られない。よって、レーザ法とB²itTMとのビア形状の違いによって、信号の特性に差は生じなく、現状のノートパソコンレベルの高速信号では問題のないレベルである。

導電性接着材を用いたフリップチップ接続については、

図15. ビア通過特性測定評価方法

図16. ビア通過後の波形

図17. 0.1Vと0.05Vの立ち上がり波形

接続部が不完全で電氣的に影響するものが介在すると、電圧印加時間より電流が遅延するフリッティング現象の有無を高周波で調査した報告³⁾がある。

ビルドアッププリント配線板のビアについては、接続部が不完全になる可能性として、次のようなことが予想された。レーザ法については、ビアの底に樹脂残риがある場合は、接続部が安定しないと考えられる。B²itTMについては、銀エポキシと銅箔のコンタクトなので、従来のめっきによる接続に比べると接続部が不安定なのではという懸念があった。このような接続部が不安定である場合、ノートパソコンの回路が低電圧化すると、信号の立ち上がり時に、ビアの接続部に介在するものが破壊電圧に達するまで電流が流れないフリッティング現象が発生する可能性がある。

そこで、低電圧時の信号パルスを付加したときの立ち上がり特性を測定することにより、レーザ法とB²itTMについて、フリッティング現象の有無を高周波で調査した。

評価は立ち上がり時間を1ns、電圧を0.1Vと0.05Vとし、測定パターンはビア通過特性と同じものを使用し、出力端の立ち上がり波形を測定した。

図17に測定結果を示す。電圧が0.05Vのときでもフリッティング現象は発生しておらず、レーザ法とB²itTMともビア接続部の特性に問題はない。

5. 今後の課題

今後は図18のようにパソコンのマイクロプロセッサの高速化に伴い、プリント配線板上にもさらなる高周波信号が伝送することが考えられ、高周波特性を考慮した設計や高精度な仕上がりが必要である。

また、BGAやCSPスタイルのパッケージは高密度化のため、多ピン化や狭ピッチ化が進む。これらを満足するため、プリント配線板には現状より厳しい要求が増えると考えられ、今後のビルドアップを含めたプリント配線板技術の向上に期待する。

技術的な面だけではなく、地球環境の観点から、地球に優しい設計・開発が必要である。1998年11月、われわれは貫通仕様のメインボードを搭載したノートパソコンに、ハロゲン、アンチモンを含まない環境調和型多層プリント配線板を世界で初めて採用した。今後はビルドアッププリン

図18. 周波数トレンド

ト配線板にも環境調和型多層プリント配線板を展開する予定である。また、プリント配線板だけではなく、実装する部品、鉛フリーはんだ、筐体を含めた機器全体で環境に配慮した設計・開発が必要である。

(1998.12.24-受理 1999.3.11-再受理)

文 献

- 1) 八甫谷明彦, 他: “ノートパソコンにおけるビルドアッププリント配線板の採用事例”, 第12回路実装学術講演大会論文集, pp.205-206, 1998
- 2) 高橋邦明: “実装CAE技術の問題点と要望”, 第11回路実装学術講演大会論文集, pp.111-112, 1997
- 3) 高橋邦明, 他: “ノートPC用BGA・CSP実装技術と評価方法”, エレクトロニクス実装学会誌Vol.1, No.5, pp.364-370, 1998
- 4) 竹村健一, 他: “層間バンブ接続配線板の電氣的特性評価”, 第7回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, pp.153-156, 1997
- 5) 大塚寛治, 他: “導電接着材による端子接続の高周波導通特性の実験的検証”, 回路実装学会誌, Vol.13, No.1, pp.37-43, 1998

用語解説

B²itTM: Buried Bump Interconnection Technology

配線層間の電氣的接続が導電性バンブによるフィルドビア (Filled Via) 構成になっているプリント配線板。