無電解めっき技術を用いた 銅ポリイミド多層配線板

安田 豊司*, 桂 浩輔*, 大崎 孝明*

A Fine Line Multilayer Substrate with Photo-sensitive Polyimide Dielectric and Electroless-Copper Plating Conductor.

Toyoshi YASUDA*, Kohusuke KATSURA*, Takaaki OHSAKI*

* N T T 電子機構技術研究所電子装置研究部 (〒180 東京都武蔵野市緑町3-9-11)

* Electronic Equipment Department, NTT Electronics and Mechanics Technology Laboratories (9-11, Midori-cho 3-chome, Musashino-shi, Tokyo 180)

Abstract

A fine line multilayer substrate with photo-sensitive polyimide dielectric and electro-plating conductor has been developed. To realize adequate characteristic impedance and resistance of the signal lines necessary for high speed transmission, thick interlayer and via holes 20 μm or more in depth are required. Electroless-plating is employed to form such deep via holes. Conductor adhesion strength of 500 kg/cm² is realized by innovative chemical treatment and sintering. The repeated thermal shock test confirms that 50 μm diameter via holes are highly stable and reliable. Propagation delay time of fabricated substrate with 25 μm wide signal lines is 60 ps/cm, which is 40% less than alumina substrate. The substrate can transmit higher speed pulses over 1 Gb/s.

1. まえがき

高性能な電子装置の実現には、LSIの高速化・高集積化と合わせて、LSIチップ相互間の配線・接続部における信号遅延を極力低減する高密度実装技術が必要である。この目的のため、誘電率の小さなポリイミド樹脂を層間絶縁膜とする高密度多層配線板の研究が進められている^{1)~3)}。しかし、高速パルス伝送に必要な特性インピーダンス、配線抵抗を実現するには20 μm 程度の厚い層間絶縁膜が必要であり、深い層間接続用微小穴への導体形成が課題となる。

そこで、新たに無電解めっき技術を用いた銅ポリイミド多層配線板について研究し、その優れた特性を明らかにしたので報告する。

2. 製作工程

本配線板の製作工程を図1に示す。感光性ポリイミド樹脂を用いることにより、露光・現像だけによる層間接続用穴形成を可能とした。

まず、(1)ポリイミド膜上に無電解めっき法により、薄い銅の膜を形成した後、電解めっき法により1層目の配線を形成する。(2)層間絶縁膜用感光性ポリイミド樹脂を塗布する。(3)露光・現像により層間接続用穴を形成した後、加熱キュアしてポリイミド膜を形成する。(4)層間接続用穴を有するポリイミド膜表面に無電解めっき法により薄い銅の膜を形成する。(5)電解めっき法により、2層目の配線とバイアホールを形成する。以上の工程を繰り返すことにより多

図 1. 製作工程

層配線を形成する。

本配線板の実現において最も重要な工程は、配線層間の電氣的接続を得るためにポリイミド膜にビアホールを形成する工程である。そこで、蒸着やスパッタ法に比べ穴側壁へのつきまわりに優れている無電解めっき法によるビアホール形成について検討した⁴⁾。

この結果、化学的に安定なポリイミド膜に対し、イミド環を開環させる作用のあるヒドラジン系溶剤により処理することでポリイミド膜表面へのめっき触媒の核付けを可能にした。更に、めっき膜形成後、熱処理することにより付着強度を 500 kg/cm^2 と飛躍的に向上させた。

図 2 に、試作ビアホールの断面例を示す。ポリイミド層間絶縁膜厚 $23 \mu\text{m}$ 、ビアホール径 $50 \mu\text{m}$ である。穴側壁にも均一な導体膜が形成されている。

図 2. バイアホールの断面例

図 3. バイアホールの安定性

図 4. 配線部の SEM 写真例 (幅: $25 \mu\text{m}$, 厚さ: $5 \mu\text{m}$)

更に、図 3 に示すように、3000 回の熱衝撃試験後もビアホールの接続抵抗変化は小さく安定な接続が得られている。また、図 4 に配線部の SEM (Scanning Electron Microscope) 写真例を示す。めっき法により配線を形成しているためほぼ矩形断面の配線が得られる。

3. 電気特性

高速回路実装用配線板においては、パルス波形を歪みなく伝送するため、配線の特性インピーダンスを正確に制御する必要がある。そこで、特性インピーダンス制御の容易なストリップライン構造の 4 層配線板を試作した。高速回路などとの整合性等から特性インピーダンスを 50Ω とし、配線幅 $25 \mu\text{m}$ 、層間絶縁膜厚 $23 \mu\text{m}$ とした。

図5. 配線板の構成

試作配線板の構成を図5に、電気特性を表1に示す。配線材料に抵抗率が小さい銅を使用しているため、シート抵抗は $3.9\text{ m}\Omega$ とセラミック配線板の $\frac{1}{2}$ 以下である。配線遅延時間は 60 ps/cm とセラミック配線板に比べ40%も短縮できる。図6に、ランダムパルス列により観測したアイパタン例を示す。伝送速度は 1 Gb/s である。十分にアイが開いており、 1 Gb/s 以上の高速信号伝送が可能である。

4. むすび

無電解めっき技術を用いた銅ポリイミド配線板について研究し、 $23\text{ }\mu\text{m}$ と厚い層間配線膜に対しても、接続安定性に優れた微小バイアホールが形成できることを示した。また、本銅ポリイミド配線板は 1 Gb/s 以上の高速信号伝送が可能であることを明らかにした。
(1987. 2. 23-受理)

文 献

- 1) N.Goldberg, "Design of Thin Film Multichip Modules" ISHM, p 289(1981)
- 2) Ronald J.Jensen, et al., "Copper / Polyimide

表1. 電気特性

項 目	本 配 線 板	参 考 (セラミック配線板)
特 インピーダンス	$50\text{ }\Omega$	$50\text{ }\Omega$
絶 縁 膜 の 比 誘 電 率	3.3	9.5
配 線 幅	$25\text{ }\mu\text{m}$	$100\text{ }\mu\text{m}$
配 線 の シ ー ト 抵 抗	$3.9\text{ m}\Omega/\text{sq}$	$8\text{ m}\Omega/\text{sq}$
配 線 容 量	1.2 pF/cm	2 pF/cm
配 線 遅 延 時 間	60 ps/cm	100 ps/cm

図6. アイパタン例
(配線長: 5 cm
伝送速度: 1 Gb/s)

Materials System for High Performance Packaging" IEEE Trans. CHMT, CHMT-7, No.4, p384 (1984)

- 3) Moriya, et al., "High-Density Multilayer Interconnection with Photosensitive Polyimide Dielectric and Electroplating Conductor" 34 th, ECC, p 82 (1984)
- 4) 桂, 他, "無電解めっき法によるポリイミド樹脂多層配線板のヴィアホール形成", 昭和61年信学総全大, No.136