

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4519102号
(P4519102)

(45) 発行日 平成22年8月4日(2010.8.4)

(24) 登録日 平成22年5月28日(2010.5.28)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 P	1/04	(2006.01)	HO 1 P	1/04	
HO 1 P	11/00	(2006.01)	HO 1 P	11/00	F

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-132759 (P2006-132759)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成18年5月11日(2006.5.11)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2007-306314 (P2007-306314A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成19年11月22日(2007.11.22)	(74) 代理人	100073759
審査請求日	平成20年12月1日(2008.12.1)		弁理士 大岩 増雄
		(74) 代理人	100093562
			弁理士 児玉 俊英
		(74) 代理人	100088199
			弁理士 竹中 考生
		(74) 代理人	100094916
			弁理士 村上 啓吾
		(72) 発明者	北村 洋一
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導波管接続構造とその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導波管を有する回路基板と、この回路基板の導波管と対向する導波管を有した金属性のウエーブガイド板とを接合することにより、前記両導波管同士を接続する導波管接続構造において、前記回路基板のウエーブガイド板側には、前記導波管を取り囲むように配置され導波管接続の電気的機能をなすシールドバンプと、前記導波管の周囲以外に配置され前記回路基板とウエーブガイド板との間隙を一定に保つためのスペーサバンプとからなるドーム状または円筒状の導体バンプが点列状に配列され、前記回路基板とウエーブガイド板とを加圧接触することにより、前記導体バンプを介して前記回路基板と前記ウエーブガイド板との電気的接続が得られるようにした導波管接続構造。

【請求項 2】

前記導体バンプは回路基板に設けられた円形のパッド電極上に形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の導波管接続構造。

【請求項 3】

前記導体バンプは回路基板に設けられた矩形のパッド電極上に形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の導波管接続構造。

【請求項 4】

前記導体バンプははんだで構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載の導波管接続構造。

【請求項 5】

10

20

前記導体バンブは金バンブまたはアルミバンブで構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載の導波管接続構造。

【請求項 6】

前記回路基板と前記ウエーブガイド板は、位置決めピンによる位置合わせと固定ネジによる締結が行われて加圧接触していることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の導波管接続構造。

【請求項 7】

それぞれ導波管を有する回路基板と金属性のウエーブガイド板とを接合することにより、前記両導波管同士を接続する導波管接続構造の製造方法において、前記回路基板への部品実装工程時に導波管を取り囲むように配置され導波管接続の電氣的機能をなすシールドバンブと、前記導波管の周囲以外に配置され前記回路基板とウエーブガイド板との間隙を一定に保つためのスペーサバンブとからなるドーム状または円筒状の導体バンブを点列状に配列する工程、前記導体バンブを挟んで前記回路基板の導波管と前記金属性のウエーブガイド板の導波管とが一致するよう位置合わせする工程、前記位置合わせ後に前記回路基板とウエーブガイド板とを固定ネジで押圧することにより、前記導体バンブを介して前記回路基板とウエーブガイド板とを加圧接触する工程を備えた導波管接続構造の製造方法。

10

【請求項 8】

前記導体バンブは、はんだ、金バンブまたはアルミバンブのいずれかで構成されたことを特徴とする請求項 7に記載の導波管接続構造の製造方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えばプリント基板上に高周波回路モジュールを表面実装して成る回路基板と、金属製のウエーブガイド板とを組み合わせる際において、両者を貫通する形で設けられた高周波の電波を伝送する導波管同士を接続する部分に適用される導波管接続構造とその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

波長がミリメートルで表わされるような高周波の電波信号（ミリ波）を、低損失で伝送するには通常導波管が用いられる。導波管を製品に採用する場合には製品を組み立てる工程があるため、どうしても導波管に接続部が必要となる。

30

導波管同士を接続する場合において注意すべき事項は、接続部の間隙から電波が漏洩する現象である。漏洩量が多いと電波の伝送損失が生じることになり、製品性能が低下してしまう。また漏洩した電波は、場合によっては隣接した導波管やその他の電子回路へのノイズ成分として悪影響を及ぼす場合もある。

このため接続部で生じる電波信号の損失を最低限に抑えて、電波を効率良く伝送する手段が従来から検討されている。

【0003】

一般に用いられる導波管の接続は、それぞれの導波管にフランジを設け、ボルトで締結する方法であるが、その時に一方のフランジの接合面にガイドピンを突設し、他方のフランジにガイドピンが嵌合する嵌合穴を設けて、導波管の開口部がずれないようにしたもの（特許文献 1 参照）や、両フランジの間に導電性ゴム材などのガスケットを設けて電波の漏れを防止したもの（特許文献 2 参照）が知られている。

40

【0004】

また最近では、プリント基板上に高周波回路モジュールを表面実装して成る回路基板に開口部を設けて導波管とし、この導波管をウエーブガイド板に設けた導波管と接合して、両者の導波管を通じて高周波の電波を伝送するようにしたものが知られている。

このような導波管接続構造において、回路基板の導波管とウエーブガイド板の導波管を隙間なく接触させるため、導電性樹脂をウエーブガイド板の導波管の開口部周辺に塗布し、回路基板との間で挟み込むようして導波管同士を接続するようにしたもの（特許文献 3

50

参照)や、回路基板とウエーブガイド板とを単に接着またはネジ止めにより固定するようにしたもの(特許文献4参照)が知られている。

【特許文献1】特開2003-110301号公報

【特許文献2】特開平6-350301号公報

【特許文献3】特開2004-254068号公報(図1参照)

【特許文献4】特開2005-45836号公報(図5参照)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1の技術を用いた場合、平面度の高い導波管同士を直接接触させて締結する必要があるため、高い剛性や加工精度を有する金属製のフランジ同士などを接続する場合には最適技術だが、接触面に微小な凹凸や反り、ゆがみなどがある回路基板と金属のウエーブガイド板との接続部などにこの技術を適用することは、対象部位の強度や表面精度の点から困難であった。また小型化を志向する製品への適用も困難であった。

10

【0006】

特許文献2の技術を用いた場合、導電性ゴム材等によるガスケットを別途準備する必要があり、部品数の増加によるコストアップやガスケットと導波管とを挟み込む際の位置ずれなどの課題があるため、回路基板と金属のウエーブガイド板との接続部などにこの技術を適用することは、コストと仕上がりの安定性の点から困難であった。

【0007】

20

特許文献3の技術を用いた場合、導電性樹脂の塗布という工作上困難な問題(樹脂は粘性体であるので、硬化までに流動したり硬化時間を必要とする)や、位置ずれなどの問題があり、回路基板と金属のウエーブガイド板との接続部などにこの技術を適用することは、製品の精度達成のためのコストアップ(専用治工具・装置類の導入、製品組立に要する時間の増大)や仕上がりの安定性の点から困難であった。

【0008】

特許文献4の技術を用いた場合、特許文献1と同様に平面度の高い導波管同士を直接接触させて締結する必要があるため、高い剛性や加工精度を有する金属製の基板同士などを接続する場合には最適技術だが、接触面に微小な凹凸や反り、ゆがみなどがある回路基板と金属のウエーブガイド板との接続部などにこの技術を適用することは、対象部位の強度

30

【0009】

以上のような課題は、導波管接続構造を必要とする製品の低コスト化、小型化、軽量化、メンテナンスの容易性などの妨げになっていた。特に回路基板と金属のウエーブガイド板との接続など異種材料を組み合わせて成る導波管接続部に適用する場合には、次のような課題も配慮せねばならない。

例えば、回路基板と金属のウエーブガイド板との接続構造体に温度変化が加わった場合を考える。回路基板の構成要素の一つであるプリント基板の平面方向の熱膨張係数は、例えば代表的な基材であるFR-4の場合、 $16.5 \times 10^{-6} /$ である(基材が変わってもこの値はほぼ同じに調整されている)。一方、金属のウエーブガイド板の熱膨張係数は、最も一般的に用いられるアルミニウムの場合を考えると、その組成によって値は多少変化するが、概ね $24 \times 10^{-6} /$ 前後である。

40

【0010】

これらが互いに固定ネジで締結された状態で環境温度に変化が生じると、両者の熱膨張差に起因するバイメタル現象によって変形が発生する。その結果、回路基板やウエーブガイド板の導波管接続部の間隙が変化するため、間隙が大きくなるような状況にあっては導波管接続部から電波が漏れ出してしまい、伝送損失の原因となる。

また、漏れ出した電波は場合によっては隣接する導波管やその他の電子回路へのノイズ成分として悪影響を及ぼす場合もあり(アイソレーション特性の低下)、これによって電子回路の効率や動作の信頼性が低下するといった問題が生じていた。

50

一方、このような温度変化が生じない環境にあったとしても、回路基板やウエーブガイド板に変形、反り、うねりと言った工作精度に起因するような原因によって間隙が生じた場合は、温度変化に関係なくとも、同様な不都合を生む原因となっていた。

【0011】

この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、環境温度に変化が生じたとしても導波管接続部からの電波漏れは少なく、また回路基板やウエーブガイド板の変形、反り、うねりによる間隙があったとしても電波漏れが少ない導波管接続構造を提供すると共に、その接続構造を少ない工程数で低コストで得ることを可能とする導波管接続構造の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この発明は、導波管を有する回路基板と、この回路基板の導波管と対向する導波管を有した金属性のウエーブガイド板とを接合することにより、両導波管同士を接続する導波管接続構造において、回路基板のウエーブガイド板側には、導波管を取り囲むように配置され導波管接続の電氣的機能をなすシールドバンプと、導波管の周囲以外に配置され回路基板とウエーブガイド板との間隙を一定に保つためのスペーサバンプとからなるドーム状または円筒状の導体バンプが点列状に配列され、回路基板とウエーブガイド板とを加圧接触することにより、導体バンプを介して回路基板とウエーブガイド板との電氣的接続が得られるようにしたものである。

【0013】

またこの発明は、それぞれ導波管を有する回路基板と金属性のウエーブガイド板とを接合することにより、両導波管同士を接続する導波管接続構造の製造方法において、回路基板への部品実装工程時に導波管を取り囲むように配置され導波管接続の電氣的機能をなすシールドバンプと、導波管の周囲以外に配置され回路基板とウエーブガイド板との間隙を一定に保つためのスペーサバンプとからなるドーム状または円筒状の導体バンプを点列状に配列する工程、導体バンプを挟んで回路基板の導波管と金属性のウエーブガイド板の導波管とが一致するよう位置合わせする工程、位置合わせ後に回路基板とウエーブガイド板とを固定ネジで押圧することにより、導体バンプを介して回路基板とウエーブガイド板とを加圧接触する工程を備えたものである。

【発明の効果】

【0014】

この発明の導波管接続構造を用いると、回路基板とウエーブガイド板間において、回路基板のウエーブガイド板側に形成したドーム状または円筒状の導体バンプがウエーブガイド板表面に加圧接触することで両者が電氣的に接続される。そして導体バンプはアース電位であり、導波管を取り囲む形で敷設されているため、この部分が導波管と同様の働きをすることにより、導波管同士を接続する時に、接続部の間隙から電波が漏洩する現象を防ぐことが可能となる。

更に、接続は導体バンプを介してのみ行われるため、回路基板全体としてはウエーブガイド板とは面接触せず、導体バンプ部以外の部分では電氣的に絶縁された形になる。このため回路基板側に貫通スルーホールなどがあり、信号線路や制御線路がランドを通じて露出している場合においても回路基板とウエーブガイド板に直接接触することが無いため、回路基板側に絶縁用のフィルム材などを挿入したり、絶縁コーティング処理する必要が無く、その分低コストになるという効果がある。

また、回路基板の片側に導体バンプが設けられているため、ガasketや導電性樹脂等を用いる方法に比べて位置あわせが容易になるという効果もある。

更に導体バンプは回路基板への部品実装工程時に同時に形成することができるため、その接続構造を少ない工程数で低コストで得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

実施の形態 1

10

20

30

40

50

図 1 はこの発明の実施の形態 1 を示す導波管接続構造の断面図、図 2 は回路基板の裏面を示す平面図、図 3 は回路基板の裏面に導波管を取り囲む形で配置された導体バンプの配置例を示す図、図 4 は図 1 の A 部断面拡大図、図 5 はドーム状導体バンプの形成方法を示す図である。以下、これらの図を用いて、この発明の実施の形態 1 による導波管接続構造について説明する。

図 1 において、高周波回路モジュール 1 は、セラミック基板 2 の上に高周波半導体素子 3 や電子部品などを搭載し、それらをキャップ 4 で封止して構成される。更に、有機高分子材料を主成分とするプリント基板 5 の上に高周波回路モジュール 1 を表面実装することによって回路基板 6 が構成される。この高周波回路モジュール 1 の表面実装は、セラミック基板 2 の裏面に形成された端子とプリント基板 5 の上面に形成された端子をはんだボール 7 で接続することにより行われ、高周波回路モジュール 1 とプリント基板 5 とが電氣的及び機械的に接合される。このはんだボール 7 での接合方法については、特許文献 3 および 4 に詳細に記載されているので、ここでは説明は省略する。

【 0 0 1 6 】

なおプリント基板 5 は高周波回路モジュール 1 を表面実装する前に、回路基板導波管 8 やドーム状の導体バンプ 9 が形成される。回路基板の導波管 8 は、図 1 に示すようにプリント基板 5 の厚さ方向にドリルやルータを用いて機械的に開口部を設け、開口部の壁とその上下の必要な部分にスルーホールめっきを施すことで実現する。

またドーム状の導体バンプ 9 は、図 2 に示すようにプリント基板 5 の高周波回路モジュール 1 搭載側とは反対面（裏面）であるウエーブガイド板（後述する）側に、プリント基板 5 への部品実装工程の時に一緒に導波管 8 を取り囲む形ではんだを点列状に配列することで実現する。なお点列状に配置したドーム状の導体バンプ 9 はすべてアース電位に接続されている。

【 0 0 1 7 】

なおドーム状の導体バンプ 9 は、図 2 に示すようにその用途によってシールドバンプ 9 a とスペーサバンプ 9 b の 2 種類がある。それぞれ図に示すような部位に配置する。シールドバンプ 9 a は導波管接続部の電氣的な性能に直接関わる部分で、回路基板の導波管 8 を取り囲むような形で点列状に配置される。導波管 8 の周囲以外、例えばシールドバンプ 9 a の外周側に設けられるスペーサバンプ 9 b は、回路基板 5 とウエーブガイド板 1 2 の間隙 g を一定に保つためのもので、後述する固定ネジを用いて回路基板 5 とウエーブガイド板 1 2 を締結した場合のスペーサとなるものである。但し、これらバンプ 9 a、9 b の構成材料や形状は全く同じもので、この発明では機能の説明のため、便宜上区別して説明する。

なお図 2 は、ドーム状の導体バンプ 9 のレイアウトの一事例であって、必ずしもこの図の通りに並ぶ必要は無い。図 2 は、シールド機能と間隙調整機能を有するバンプがあるということを説明するために用いた。もちろん両者の機能を共有するバンプを用いることも可能である。

【 0 0 1 8 】

更に、プリント基板 5 には、対角線上に 2 つの回路基板位置決めピン用穴 1 0 a、1 0 b が設けられ、一方は円形で、他方は小判形となっている。また後述するウエーブガイド板 1 2 と接合するためのネジ止め用穴 1 1（図示では 8 個）が設けられている。

【 0 0 1 9 】

高周波回路モジュール 1 をプリント基板 5 上に表面実装する前に、ドーム状の導体バンプ 9 が形成されたプリント基板 5 は、アルミ等の金属板を加工して成るウエーブガイド板 1 2 と位置合わせを行うために、プリント基板 5 の位置決めピン用穴 1 0 a、1 0 b とウエーブガイド板 1 2 の位置決めピン用穴とに位置決めピン 1 3 が挿入される。そしてプリント基板 5 の導波管とウエーブガイド板 1 2 の導波管とが一致するように位置合わせをした後に両者が固定ネジ 1 4 で締結される。この場合、プリント基板 5 とウエーブガイド板 1 2 とはドーム状の導体バンプ 9 を介して固定ネジ 1 4 で加圧接触するだけで、プリント基板 5 に形成された導体バンプ 9 は加熱する必要はない。このように固定ネジ 1 4 で加圧

10

20

30

40

50

接触させても、回路基板 6 とウエーブガイド板 1 2 との間にはスペーサバンプ 9 b により、一定の間隙 g が形成されるようになっている。なおこのように間隙 g があっても後述するように導波管接続部から電波漏れが生じることはない。

なおウエーブガイド板 1 2 はプリント基板 5 と固定する前に、ウエーブガイド板の導波管 1 5 および回路基板位置決めピン用穴 1 0 a、1 0 b に対応したウエーブガイド板位置決めピン用穴が形成される。ウエーブガイド板 1 2 に導波管 1 5 を形成する方法は、図 1 に示すようにアルミ等の金属から成るウエーブガイド板 1 2 の厚さ (6 m m) 方向に機械加工などで開口部を設けて実現する。ウエーブガイド板導波管 1 5 の寸法、形状等はプリント基板 5 の導波管 8 と同等である。

【 0 0 2 0 】

このように回路基板 6 とウエーブガイド板 1 2 は共に導波管 8、1 5 を有しており、位置決めピン 1 3 を用いて位置合わせを行った後に固定ネジ 1 4 によって締結されることで、ドーム状の導体バンプ 9 を介して回路基板 6 とウエーブガイド板 1 2 との電氣的接続が得られる。またドーム状の導体バンプ 9 を介して固定ネジ 1 4 によって締結することにより両者の導波管 8、1 5 の開口部はズレることなく正確に固定される。

【 0 0 2 1 】

このように回路基板の構成要素であるプリント基板 5 のうち、ウエーブガイド板 1 2 と接する側に設けられたドーム状の導体バンプ 9 を導波管開口部の周囲に点列状に形成して配列し、これをアース電位に接続する接続構造を採用することにより、回路基板 6 とウエーブガイド板 1 2 の密着強度が増し、温度変化によって発生する熱変形が、両者の間に間隙を作るように作用しても、固定ネジ 1 4 とドーム状導体バンプ 9 の押え込み構造によって回路基板 6 とウエーブガイド板 1 2 の弾性力に基づく接触が維持され、発生した熱応力が当該部位に作用しても、これに耐えうる構造とすることができる。そのため、導波管接続部における電波の漏れや損失を問題にならないレベル以下で維持することができる。また回路基板 6 とウエーブガイド板 1 2 に工作精度の不十分さに起因する間隙が存在する状況であっても、同様に電波の漏れが生じないようにすることができる。

また異種材料で形成されている回路基板 6 とウエーブガイド板 1 2 とが固定ネジ 1 4 による締結を行った後に熱変形に起因して生じる接続部の微細な反り等に対しても、シールドバンプ 9 a がしゅう動することによって新たな熱応力を生じることなく安定した接続が維持される。

【 0 0 2 2 】

次に回路基板 6 の構成要素のひとつであるプリント基板 5 にドーム状の導体バンプ 9 を形成する配置例について、図 3 に基づき詳細に説明する。なおここでのドーム状の導体バンプ 9 は導波管接続部の電氣的な性能に直接関わる部分のシールドバンプ 9 a についてのみで、スペーサバンプ 9 b については特にこれに限定されない。

プリント基板 5 は厚さ 1 . 6 m m の F R - 4 基板を使用した。回路基板導波管 8 の開口部の寸法は、ミリ波の周波数 (例えば 7 6 . 5 G H z) を扱う場合に多用されている標準的な導波管寸法である長辺 2 . 5 4 m m、短辺 1 . 2 7 m m とした (めっき後の仕上がり寸法) 。

プリント基板 5 を加工する際は、上述したドリルやルータを用いて機械的に開口部を設けるが、このような加工を行うと導波管 8 のコーナー部は 9 0 ° の角度を有する加工が出来ず、図 3 に示すように、必ずアール (R) と呼ばれる未加工部分が生ずる。すなわち長方形ではなく、小判型の導波管が形成されるが、このような形状であっても電氣的には実用上大きな問題は生じない。

【 0 0 2 3 】

プリント基板のパッド電極 (= バンプ径) は直径 0 . 6 5 m m とした。バンプピッチは約 0 . 9 m m、バンプ高さは 0 . 2 5 m m である。バンプの材料ははんだである。バンプ形成前のパッド電極表面には 5 μ m 厚さのニッケルめっきと、0 . 1 μ m 厚さの金めっきを施した (このニッケルめっき層、金めっき層については、図示せず) 。

図 3 は円形パッドを用いたシールドバンプ 9 a の配置事例を示す。導波管 8 の周囲に設

10

20

30

40

50

けるシールドバンプ9 aは、導波管開口部の外周部を取り囲むように設置する。シールドバンプ9 aのバンプ間のピッチは、バンプ間の隙間がこの種のシールドを行う場合の値として良く知られている $\lambda/4$ (λ は使用する電波の波長) が望ましく、 $\lambda/8$ 以下であればいっそう良い結果が期待できる。このようにシールドバンプ9 aが点列状に配置され、シールドバンプ9 a間に隙間があったとしても、バンプピッチを $\lambda/4$ 以下にしておれば、その隙間から電波が漏洩して伝送損失が生じるようなことが起きない。

【0024】

今、高周波のミリ波の使用周波数 f_0 として、76.5 GHz と想定した場合、ここで空气中を伝搬する電磁波 (= 光) の波長を λ とすると、

光速 $C = \lambda \times$ 周波数 f_0 から

波長 $\lambda =$ 光速 $C /$ 周波数 f_0

$= (2.9979 \times 10^8 [m/s]) / 76.5 \times 10^9 [Hz]$

$= 0.0039188 [m] = 3.92 \text{ mm}$ となる。

したがって $\lambda/4 = 3.92 / 4 = 0.98 \text{ mm}$ となり、工作精度等を加味して少しきつめに見積ると、上述したように「バンプピッチは約0.9 mm」となる。

【0025】

ドーム状のシールドバンプ9 aは例えばプリント基板5上に設けられた電極パッド上にはんだで形成する。バンプ高さは回路基板5とウエーブガイド板12の組み合わせに起因する変形の度合いにもよるが、試作による検証を重ねた結果、少なくとも0.2 mmあれば実用上問題は生じないことが判った。これは印刷用ステンシルを用いてはんだペーストをプリント基板5に供給する際にはんだペーストの抜けを考えた場合の実用上の最大値が0.3 mm厚さであることを考えると工作上都合の良い数値である。したがってシールドバンプ9 aのバンプ高さは最大0.3 mm、最小0.2 mmで、好ましくは0.25 mmということになる。

【0026】

ドーム状導体バンプ9は、一般的なプリント基板の部品実装工程で広く使用されているプロセスであるはんだ印刷法を適用して実現することができる。以下に詳細を説明する。図4は、図1のA部の拡大断面図である。図4において回路基板の構成要素であるプリント基板5の表面には、パッド電極5 aとソルダーレジスト5 bとがあらかじめ形成されている。

パッド電極5 aは、ドーム状の導体バンプ9を取り付けるための電極であり、通常は銅箔をエッチングして形成される。銅箔は空气中に放置しておくとも酸化してはんだの濡れ性が低下するので、通常は酸化防止処理が行われる。広く行われている方法のひとつにニッケルめっき処理と金めっき処理がある。

【0027】

ソルダーレジスト5 bは、リフロー実装時に、溶融したはんだが互いに接続(ブリッジ)しないように分離する役割、あるいはプリント基板5が湿潤な環境下に置かれた場合に発生することが知られているマイグレーション現象から導体間のショートを防ぐ目的で、耐熱性に優れた樹脂材料をスクリーン印刷した後に加熱硬化させて形成される。

【0028】

次に、このようなプリント基板5上にドーム状の導体バンプ構造(シールドバンプとスペーサバンプの総称)を得るための製造方法について図5に基づいて説明する。

図5(a)は、高周波回路モジュールを実装するプリント基板5の裏面(高周波回路モジュールを実装する面の反対側の面)の要所を示す断面図である。図5(a)に示すように、プリント基板の裏面には、上述したようなパッド電極5 aとソルダーレジスト層5 bが形成されている。この工程では、プリント基板5の反対面には、高周波回路モジュール等の電子部品がまだ実装されていない状態である。パッド電極5 aについては、銅箔の上にニッケルめっきと金めっきが施されている状態である(図示せず)。

【0029】

次に、図5(b)に示すように、パッド電極5 aの表面に、印刷法ではんだペースト9

10

20

30

40

50

0を供給する。パッド電極5aの開口部と同一寸法の開口部21aを有するステンシル21を位置ずれすることの無いようプリント基板5の上に重ね、次いでプリント基板5上に、はんだペースト90を、スキージ22を用いて印刷、供給する。これでステンシル21の開口部21aの形状を反映した、はんだペースト90のパターンが形成される。

【0030】

次に、図5(c)の断面工程図に示すように、ステンシル21を取り去ると、パッド電極5a上にはんだペースト90の供給が完了する。このとき、はんだペースト90は、例えば0.3mm厚さのステンシル21を用いると、供給されるはんだペースト90の高さもおよそ0.3mmとなるように印刷がなされる。

【0031】

次に、図5(d)の断面工程図に示すように、はんだペースト90の印刷を完了したプリント基板5を、リフロー装置に投入してはんだを溶融させる。これにより、印刷したはんだが溶融して凝固することにより、ドーム状の導体バンプ9を形成することが出来る。

必要なら、上記はんだ付けプロセス終了後に、プリント基板5上に残留したフラックスを洗浄して、清浄なはんだ表面にする。

【0032】

以上でプリント基板5の裏面に図4に示したようなドーム状の導体バンプ9を形成することができる。

なお、図1では、ドーム状導体バンプ9を、シールドバンプ9aとスペーサバンプ9bとに分けて図示しているが、両者はその使用目的によって名称を使い分けているに過ぎず、材料の組成、外観や形状は全く同じもので、この発明では両者をまとめてドーム状導体バンプとして説明している。

【0033】

次にこの発明の導波管接続構造の製造方法について簡単に説明する。まず回路基板6を構成するプリント基板5の部品実装工程時に図5で説明した通りの工程で、導波管8を取り囲む形でドーム状の導体バンプ9を点列状に配列する。

その後、プリント基板5の反対側(電子部品実装面)に、上述したプロセスと同様に、はんだペーストを印刷して、高周波回路モジュール1や他の電子部品を搭載し、同じくりフロー処理することで部品実装が完了し、回路基板6が完成する。

次に導体バンプ9を挟んでプリント板の導波管8と金属性のウエーブガイド板12の導波管15とが一致するよう、それぞれの位置決めピン穴に位置決めピン13を挿入して位置合わせする。この位置合わせをした後にプリント基板5とウエーブガイド板12とを固定ネジ14で押圧することにより、導体バンプ9を介してプリント基板5とウエーブガイド板12とを加圧接触する。この固定ネジ14による締結の時に、導体バンプ9のスペーサバンプ9bが、プリント基板5とウエーブガイド板12との間に一定の間隙gを保つように機能する。こうしてそれぞれ導波管を有するプリント基板5と金属性のウエーブガイド板12とを接合することにより、両導波管同士が接続される。

なおこの発明が、回路基板6とウエーブガイド板12の導波管部の接続構造の形成を特徴とするものであるため、高周波回路モジュール1の実装についてはその詳細な説明を省略する。

【0034】

なお、ドーム状の導体バンプ9を形成しているはんだ材は、通常は反対側の高周波回路モジュール他の電子部品を実装する際に使用するはんだと同一組成のはんだペースト、すなわち同じ融点を有するはんだを用いる。

例えば鉛フリーはんだを用いる場合にはSn-3Ag-0.5Cuはんだ(融点220)を使用する。この場合、高周波回路モジュール他の電子部品をはんだ付けするためのリフロー実装工程において、ドーム状はんだは再溶融するが、冷却すれば再び元の状態に復帰するので、再溶融することによる弊害は特に生じ無い。

【0035】

但し、高周波回路モジュールや、他の電子部品をプリント基板5上に実装する際に裏面

10

20

30

40

50

にあらかじめ形成したドーム状はんだ9が再溶融することによる変形や万が一のドーム状はんだ同士のブリッジ現象を避けたい場合には、プリント基板の表裏で融点の異なるはんだを使用することが出来る(いわゆるステップはんだ)。ステップはんだの事例としては例えば鉛フリーはんだ同士の組み合わせを望む場合には、 $Sn-3Ag-0.5Cu$ はんだ(融点220)と $Sn-5Sb$ はんだ(融点240)の組み合わせが考えられる。

要するに、高周波回路モジュールや、他の電子部品をプリント基板5上に実装する際に、導体バンプ9が溶融して点列状に配置した隙間がはんだで塞がれるようなことが起きないようにする。

【0036】

以上のとおり、この発明の導波管接続構造の製造工程に関して述べると、ドーム状導体バンプ9をはんだ印刷とリフローにより形成することが可能なため、これ以上の付加的な製造設備を必要とせず、従って製造工程の負荷を増大させることがなく、低コストで、信頼性の高い導波管接続構造を実現することができる。

また接触による接続構造を行うため、リワーク等が必要な場合には接続部の取り外し、再取付が簡単に行えることも利点として挙げられる。

【0037】

上述したような、導波管接続構造について、間隙調整用のスペーサバンプ9bには特にレイアウト上の制約は無いが、シールドバンプ9aは導波管の接続部の電気特性に深く関わるため、そのレイアウト情報は重要である。このため導波管接続構造に関わる設計情報を得るため、導体バンプ構造をモデル化し、電磁界解析プログラムにより、シールドバンプ9a位置の最適設計を行い、損失の少ない実装構造を導いた。その説明を図6および図7に基づいて行う。

【0038】

ここでは図6に示す解析モデルを用いて、回路基板導波管8の端面からシールドバンプ9a端面までの距離Gを変化させた場合における接続部の電氣的損失の解析事例を説明する。

回路基板の構成要素のひとつであるプリント基板5はFR-4基材とし、回路基板導波管8の開口部の寸法は、ミリ波の周波数を扱う場合において多用されている標準的な導波管寸法である長辺が2.54mm、短辺が1.27mmとした。ここに示す事例はシミュレーションであるため、図3で説明した導波管コーナ部のアール(R)形状は特に配慮していない(アールの影響を無視しても解析結果には影響しない)。隣接する回路基板導波管8との距離は1mm、プリント基板パッド電極(=バンプ径)は0.65mmとした。バンプピッチは0.9mm、バンプ高さは0.25mmである(図示せず)。バンプの材料ははんだである。

【0039】

シールドバンプ9aは図6に示すようにA、Bの2種類を設定した。シールドバンプ9aAの位置(回路基板導波管の端面からシールドバンプ端面までの距離G)を変化させながら電磁界シミュレータを用いた解析を実施した。ここでA、Bの2種類のシールドバンプ9aを設定したのは単に解析上の区別をするためであって、両者に違いは無い。

【0040】

実験に用いたモデルは次のようなものである。

解析ケース1: $G = 0 \mu m$ 、回路基板導波管の端面とバンプ端面が接しているもの。

解析ケース2: $G = 50 \mu m$ であるもの。

解析ケース3: $G = 100 \mu m$ であるもの。

解析ケース4: $G = 150 \mu m$ であるもの。

解析ケース1~4は、図1に示す断面構造に近い形状とし、各ケースについて三次元モデルを作製し、アンソフト社の高周波3次元電磁界シミュレータ(HFSS)を用いて解析を実施した。

【0041】

上述のような解析ケースにおいて使用周波数 f_0 (エフゼロ)における次のような値を

10

20

30

40

50

求め、導波管接続部の性能を確認した。すなわち、 $G = 0 \mu\text{m}$ 、 $50 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$ 、 $150 \mu\text{m}$ を与えた場合の通過特性 (S_{21})、反射特性 (S_{11})、アイソレーション特性 (S_{41}) を求めた。

解析結果を図7のグラフに示す。ここでグラフには使用周波数 f_0 を中心とする近隣 15GHz の周波数帯域についても解析結果を表示している。

【0042】

解析の結果、以下のことが明らかになった。使用周波数 f_0 における解析結果を見ると、すべての解析ケースにおいて通過特性 (S_{21}) は損失がほとんどゼロ、アイソレーション特性 (S_{41}) は -90dB 以下であり、すべての G 値において十分な値を示している。

但し、反射特性 (S_{11}) に関しては次のような差が確認できた (数値が小さいほど低損失である)。

解析ケース1 ($G = 0 \mu\text{m}$) : 周波数 f_0 において -70dB

解析ケース2 ($G = 50 \mu\text{m}$) : 周波数 f_0 において -30dB

解析ケース3 ($G = 100 \mu\text{m}$) : 周波数 f_0 において -25dB

解析ケース4 ($G = 150 \mu\text{m}$) : 周波数 f_0 において -21dB

【0043】

解析結果から明らかなことは、距離 G は可能な限り小さな値とすることが良好な電気特性、つまり導波管接続部の損失を低く抑えることができることを示している。これよりシールドバンプ9aは実装上のルールが許す限り回路基板導波管8の端部に近づけて設置することが望ましいと言える (但し $G = 0 \mu\text{m}$ ではシールドバンプを形成するために供給した、はんだペーストが溶融時にスルーホール内に流入してしまうため工作できないという問題がある)。

【0044】

上述した解析から、シールドバンプを回路基板導波管の周辺に設置する場合については、距離 G を出来る限り小さく取ることが望ましく、可能ならば $50 \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

この結果は実装面積の有効活用面からも好ましい結果をもたらす。すなわち回路基板導波管8の端部に近い位置にシールドバンプ9aを設置することが最も電気特性上有利となるが、このことは同時に、導波管接続部が必要とする実装面積を最低限に押さえ込むことが出来る条件を満たしていることになる。すなわち、限られた面積で複数の導波管を接続する必要があるような高密度実装要求に対して非常に有利となる。

【0045】

このように、シールドバンプ9a間の間隙を使用周波数の $\lambda/4$ 以下の値になるよう、且つシールドバンプ9aは回路基板導波管8の端面からシールドバンプ9a端面までの距離 G が $50 \mu\text{m}$ 以下 (但し $0 \mu\text{m}$ は除く) となるよう回路基板導波管8の周辺に出来るだけ近接させて配置することにより、導波管接合部を通過する電波を最低限の損失で伝送することができ、優れた電気特性を有する導波管接続構造を提供することができる。

【0046】

実施の形態2

一方、上述の例では、ドーム状導体バンプ9の構成材料としてはんだを用いる方法を述べたが、ドーム状導体バンプは、はんだ以外の材料に依っても形成することができる。はんだ以外の材料を用いる場合には、ドーム状のバンプ形状に限らず、円筒状のバンプやそれ以外の形状であってもシールド機能を満足できるのであればどのような形状であっても差し支えない。ゴム系や類似の材料を用いた場合には導体バンプを弾性体とし、より良好な接触状態を増大させることも可能となる。

【0047】

はんだ以外の材料によってドーム状導体バンプを形成する場合には、一例として室温硬化または加熱硬化タイプの導電性樹脂のような材料を使用することが出来る。とりわけ弾性に富むよう配慮されたエポキシ樹脂やシリコン樹脂などの導電性樹脂を、上述したは

10

20

30

40

50

んだを用いた事例と同じくステンシルを用いた印刷法により一括供給し、室温、もしくは加熱硬化させて形成する方法が利用できる。

またはディスペンサを用い、シールドバンプを一点ごとに供給、または多数のディスペンサを用いて多点同時供給する方法も利用できる。

また自動部品実装機（マウンタ）設備が利用できる場合には、あらかじめ個片化してリール供給可能な状態にした導電ゴムなどの部品を、導電性接着剤などで貼り付ける方法が考えられる。

それ以外にはボールボンダを用いてプリント基板のパッド電極上に直接金バンプを形成したり、アルミの超音波ワイヤボンディングを実施してバンプを形成することも可能である。

10

【0048】

実施の形態3

次に、この発明の実施の形態3について図8を用いて説明する。図8は上述の図3に示すシールドバンプ配置事例に相当する他のシールドバンプ配置事例である。

図3の例ではシールドバンプ9aは円形のパッド電極上に形成したドーム状バンプであったが、実施の形態3では、同じドーム状のバンプではあるが、パッド電極が円形ではなく、図8で示したような長方形または異形のパッド電極の上に形成したドーム状のシールドバンプ9aになっているのが特徴である。

このような形状を採用する利点は、円形のシールドバンプで回路基板導波管8を取り囲むよりも、シールドバンプ9a間に形成される間隙を小さく押さえることが可能となるため、電波の漏れを少なく押さえる必要がある場合に適用することによってより優れたシールド機能を提供できることである。

20

【0049】

このような異形のシールドバンプ9aを形成する方法であるが、プロセス的には、実施の形態1で述べたドーム状バンプの形成方法と全く同じ要領で形成することが可能である。すなわち図8の形状に形成したステンシルを用いてはんだを供給し、リフロー処理すれば良い。

このため、製造工程を変更すること無く、安価にシールド機能を向上させた導波管接続構造を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

30

【0050】

【図1】この発明の実施の形態1を示す導波管接続構造の断面図。

【図2】この発明の実施の形態1における回路基板の裏面を示す平面図。

【図3】この発明の実施の形態1におけるシールドバンプの配置例を示す図。

【図4】図1のA部拡大断面図。

【図5】ドーム状導体バンプの形成方法を示す図。

【図6】シールドバンプの効果を解析したモデル図。

【図7】電磁界解析によるバンプ接続部の解析結果図。

【図8】この発明の実施の形態3におけるシールドバンプの配置例を示す図。

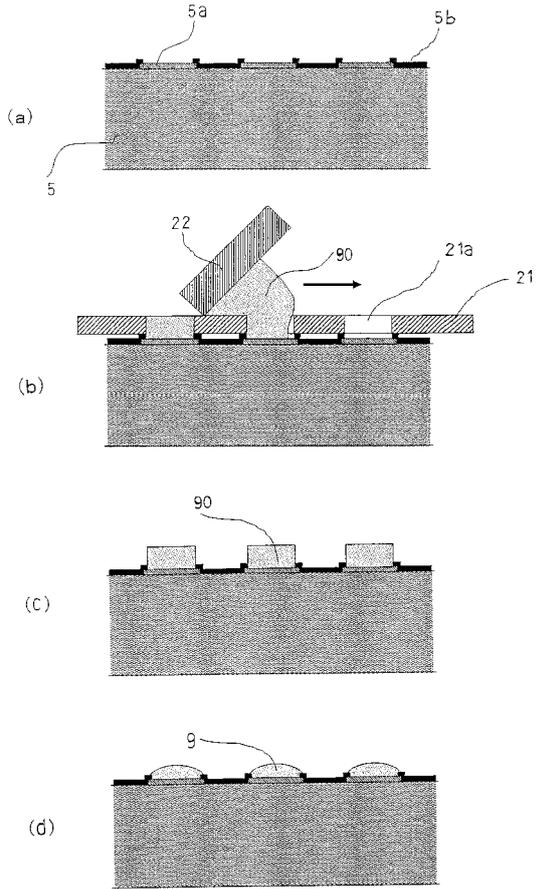
【符号の説明】

40

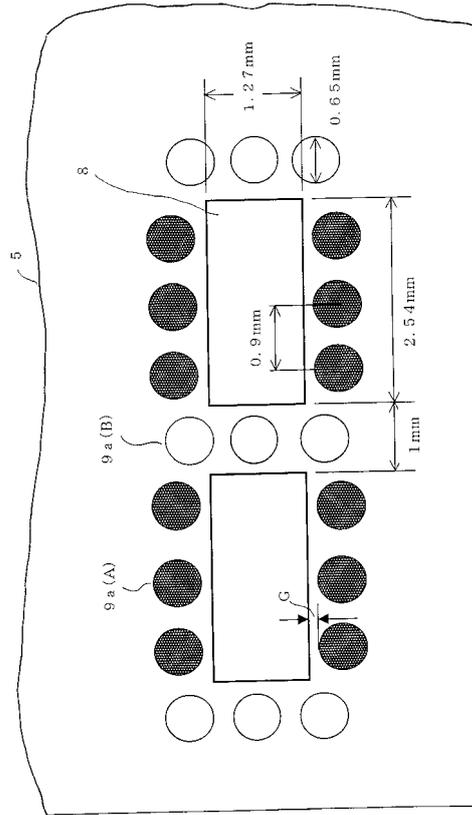
【0051】

- | | | |
|--------------|----------------|-------------|
| 1：高周波回路モジュール | 2：高周波半導体素子 | |
| 3：セラミック基板 | 4：キャップ | |
| 5：プリント基板 | 5a：パッド電極 | 5b：ソルダーレジスト |
| 6：回路基板 | | |
| 7：はんだボール | 8：回路基板導波管 | |
| 9：導体バンプ | 9a：シールドバンプ | 9b：スペーサバンプ |
| 12：ウエーブガイド板 | 13：位置決めピン | |
| 14：固定ネジ | 15：ウエーブガイド板導波管 | |

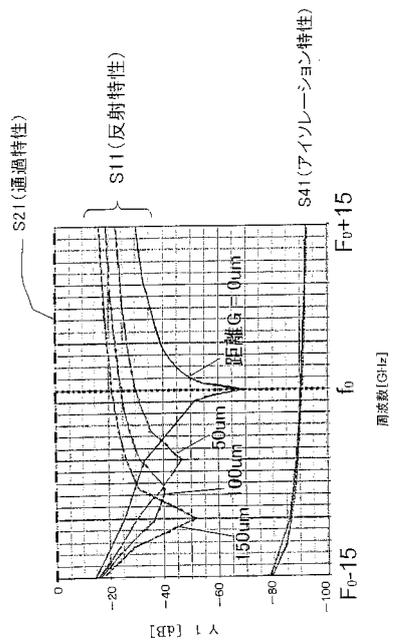
【図5】



【図6】

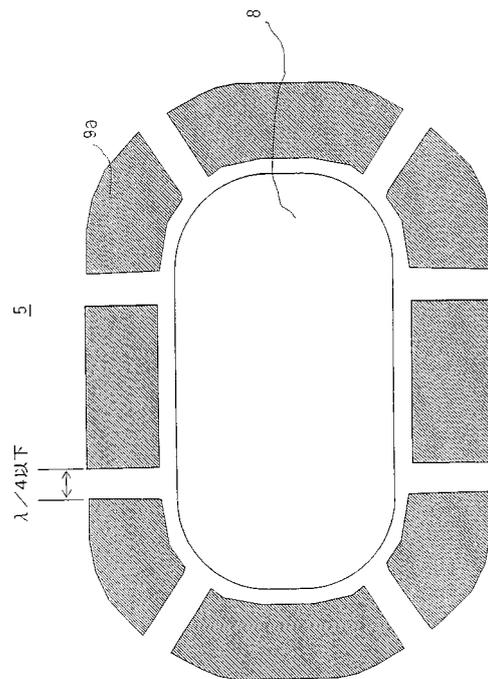


【図7】



解析モデル
 バンプピッチ: 0.9mm
 バンプ径: 0.65mm
 バンプ高さ: 0.3mm

【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 大野 一人
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 佐藤 当秀

(56)参考文献 特開2004-254068(JP,A)
特開2006-013868(JP,A)
特開平11-135256(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01P 1/00、 5/00、 11/00
H05B 33/06