

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5721458号
(P5721458)

(45) 発行日 平成27年5月20日 (2015. 5. 20)

(24) 登録日 平成27年4月3日 (2015. 4. 3)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 P 5/08 (2006.01)	H O 1 P 5/08 Z
	H O 1 P 5/08 D

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2011-22922 (P2011-22922)	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成23年2月4日 (2011. 2. 4)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2012-165126 (P2012-165126A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(43) 公開日	平成24年8月30日 (2012. 8. 30)	(72) 発明者	内村 弘志
審査請求日	平成26年1月15日 (2014. 1. 15)		鹿児島県霧島市国分山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
		審査官	麻生 哲朗
		(56) 参考文献	特開2009-206816 (JP, A)
			)
			特開2010-199894 (JP, A)
			)
			特開平11-219824 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波回路とスロットとの接続構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

面状導体に形成された、両端が短絡されたスロットと、
第1および第2の端子からなる一対の端子を有する高周波回路と、
差動信号が伝送されて、前記スロットおよび前記高周波回路を接続する第1および第2の導線とを備え、
前記一対の端子は、前記スロットの長さ方向において前記スロットと間隔を開けて配置されおり、
前記第1の導線の一方端が前記第1の端子に接続されているとともに、前記第2の導線の一方端が前記第2の端子に接続されており、
前記第1および第2の導線の他方端は、前記スロットの長さ方向の中央に対して前記一対の端子と反対側であり、且つ前記スロットの幅方向で前記スロットを挟む位置において、前記面状導体に接続されていることを特徴とする高周波回路とスロットとの接続構造。

【請求項2】

前記第1および前記第2の導線は、前記スロット上を横断しないように配置されていることを特徴とする請求項1に記載の高周波回路とスロットとの接続構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ミリ波等の高周波帯で多く用いられるスロットと高周波回路との接続構造に

関するものであり、特にボンディングワイヤー等の導線を用いた差動端子との接続構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、スロットを介した差動線路と導波管との接続構造が知られている。例えば、差動線路が形成された基板の下に導波管を配置して、差動線路の端部とスロット中央部の両側とをビアホールで接続する構造が提案されている（例えば、特許文献1を参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

【特許文献1】特開2009-33526号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、MMIC（monolithic microwave integrated circuit）においても、差動信号を入出力するための差動端子が用いられるようになった。しかしながら、上面に差動端子を有するMMICとスロットとを、特許文献1にて提案された構造を用いて接続するときには、差動線路と差動端子とをボンディングワイヤーで接続する必要があり、構造が複雑になるという問題があった。

【0005】

20

本発明はこのような従来の技術における問題点に鑑みて案出されたものであり、その目的は、単純な構造を備えるとともに差動信号を送送可能な高周波回路とスロットとの接続構造を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の高周波回路とスロットとの接続構造は、面状導体に形成された、両端が短絡されたスロットと、第1および第2の端子からなる一対の端子を有する高周波回路と、差動信号が伝送されて、前記スロットおよび前記高周波回路を接続する第1および第2の導線とを備え、前記一対の端子は、前記スロットの長さ方向において前記スロットと間隔を開けて配置されおり、前記第1の導線の一方端が前記第1の端子に接続されているとともに、前記第2の導線の一方端が前記第2の端子に接続されており、前記第1および第2の導線の他方端は、前記スロットの長さ方向の中央に対して前記一対の端子と反対側であり、且つ前記スロットの幅方向で前記スロットを挟む位置において、前記面状導体に接続されていることを特徴とするものである。

30

【0007】

また、本発明の高周波回路とスロットとの接続構造は、上述した高周波回路とスロットとの接続構造において、前記第1および前記第2の導線は、前記スロット上を横断しないように配置されていることを特徴とするものである。

【0008】

なお、スロット上を横断するとは、スロット上をスロットの幅方向に横切る（幅方向に斜めに横切ることも含む）ことであり、スロットが矩形状の場合には、スロットの重心における法線方向から見たときに、スロットの2つの長辺の両方と交わることを意味している。また、面状導体とは、平面状の導体および曲面状の導体の両方を含むものである。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、差動信号を良好に伝送可能な高周波回路とスロットとの接続構造を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】（a）は本発明の実施の形態の第1の例の高周波回路とスロットとの接続構造を

50

模式的に示す斜視図であり、(b)は(a)に示す高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す平面図である。

【図2】(a)は本発明の実施の形態の第2の例の高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す斜視図であり、(b)は(a)に示す高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す平面図である。

【図3】(a)は本発明の実施の形態の第3の例の高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す斜視図であり、(b)は(a)に示す高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す平面図である。

【図4】本発明の実施の形態の第2の例の高周波回路とスロットとの接続構造の電気特性を示すグラフである。

10

【図5】本発明の実施の形態の第3の例の高周波回路とスロットとの接続構造の電気特性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の高周波回路とスロットとの接続構造を添付の図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0012】

(実施の形態の第1の例)

図1(a)は本発明の実施の形態の第1の例の高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す斜視図であり、(b)は(a)に示す高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す平面図である。

20

【0013】

本例の高周波回路とスロットとの接続構造は、図1に示すように、面状導体11と、スロット12と、第1の導線31と、第2の導線32と、高周波部品20とを備えている。スロット12は、平面状である面状導体11に形成されている。

【0014】

高周波部品20は、面状導体11の上に配置されており、高周波回路が内蔵されている。高周波部品20に内蔵された高周波回路は、第1の端子21および第2の端子22からなる一对の端子を有している。第1の端子21および第2の端子22は、差動信号の入力および出力の少なくとも一方を行うためのものであり、高周波部品20の上面に配置されている。なお、高周波部品20は、スロット12の長さ方向においてスロット12と間隔を開けて配置されている。よって、前記一对の端子は、スロット12の長さ方向においてスロット12と間隔を開けて配置されている。

30

【0015】

第1の導線31および第2の導線32は、差動信号が伝送されて、スロット12および高周波部品20に内蔵された高周波回路を接続する。第1の導線31の一方端は、第1の端子21に接続されており、第2の導線32の一方端は、第2の端子22に接続されている。第1の導線31および第2の導線32の他方端は、スロット12の長さ方向(図のx方向)の中央に対して前記一对の端子と反対側(図の+x側)であり、且つスロット12の幅方向(図のy方向)でスロット12を挟む位置において、面状導体11に接続されている。なお、第1の導線31および第2の導線32の長さは、伝送する信号の波長の概ね $1/2$ に設定されており、またスロット12の長さも、伝送する信号の波長の概ね $1/2$ に設定されている。これによって、良好なインピーダンスマッチングを実現している。

40

【0016】

このような構成を備える本例の高周波回路とスロットとの接続構造によれば、高周波部品20に内蔵された高周波回路とスロット12とを良好に接続することができる。このメカニズムについては、次のように推測できる。すなわち、第1の導線31と第2の導線32との間の電界の向きは、第1および第2の端子21、22の近傍では、ほぼ水平(図のy方向)である。その後、スロット12に近づくにつれて、垂直方向(図のz軸方向)の成分が徐々に増加して、スロット12との結合が強くなって行く。このとき、第1の導線31および第2の導

50

線32の他方端が、スロット12の長さ方向（図のx方向）の中央に対して前記一对の端子と反対側で面状導体11に接続されていることによって、スロット12との結合を十分に確保できるとともに、スロット12が形成されていない領域で面状導体11と結合するのを防止することができるためであると考えられる。

【0017】

なお、第1の導線31および第2の導線32の他方端が、スロット12の長さ方向の中央で面状導体11に接続される場合には、高周波部品20に内蔵された高周波回路とスロット12とを良好に接続できないことが、本発明者の検討によって判明した。この原因は、第1及び第2の導線31、32が面状導体11に近づくにつれ、スロット12との結合よりも先に、面状導体11との結合が強くなるためであると考えられる。

10

【0018】

また、本例の高周波回路とスロットとの接続構造によれば、第1および第2の導線31、32が、スロット12を横断しないように配置されていることから、高周波回路とスロット12との接続をさらに良好なものにすることができる。これは、第1および第2の導線31、32が、スロット12の両側において面状導体11と結合することが防止されるためであると考えられる。

【0019】

本例の高周波回路とスロットとの接続構造によれば、高周波部品20に内蔵された高周波回路とスロット12とを良好に接続することができる。よって、図1に示した構造は、スロット12から電磁波を放射するスロットアンテナとして機能することができる。

20

【0020】

（実施の形態の第2の例）

図2（a）は本発明の実施の形態の第2の例の高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す斜視図であり、（b）は（a）に示す高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す平面図である。なお、本例においては前述した実施の形態の第1の例と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

【0021】

本例の高周波回路とスロットとの接続構造は、図2に示すように、面状導体11の下部に誘電体41と裏面導体42とを備えており、面状導体11、誘電体41および裏面導体42により誘電体基板40が形成されている。

30

【0022】

このような構成を備える本例の高周波回路とスロットとの接続構造においては、スロット12に結合された差動信号は、面状導体11と裏面導体42とで挟まれた平行平板線路に入り、スロット12の幅方向（図の±y方向）に放射上に広がる。このような構造を、誘電体基板40上に複数形成することにより、2次元的な通信が可能となる。

【0023】

（実施の形態の第3の例）

図3（a）は本発明の実施の形態の第3の例の高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す斜視図であり、（b）は（a）に示す高周波回路とスロットとの接続構造を模式的に示す平面図である。なお、本例においては前述した実施の形態の第1の例と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

40

【0024】

本例の高周波回路とスロットとの接続構造においては、図3に示すように、面状導体11が上側の管壁となる導波管線路50が形成されている。導波管線路50の一方端は短絡されており、導波管線路50の内部には誘電体51が充填されている。また、高周波部品20は基板61上に搭載されている。

【0025】

このような構成を備える本例の高周波回路とスロットとの接続構造においては、高周波

50

部品20に内蔵された高周波回路の差動信号を、スロット12を介して導波管線路に良好に接続することができる。

【0026】

(変形例)

本発明は前述した実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更、改良が可能である。

【0027】

例えば、前述した実施の形態の第1～第3の例においては、スロット12の形状を長方形としたが、スロットとして機能すればどのような形状でもよく、多角形、長楕円、蝶ネクタイ型、ダンベル型等でも良い。

10

【0028】

また、面状導体11が平面状の導体である例を示したが、曲面状の導体であっても構わない。例えば球面の一部や鞍状をした曲面状の導体であっても良い。

【0029】

さらに、スロット12の中心が、一对の端子21、22の中央から図のy方向に離れた場所に位置する例を示したが、スロット12の中心が、さらに図のx方向に多少シフトしても構わない。

【0030】

またさらに、端子21、22が一对の差動型の場合を示したが、これに限定されるものではない。例えば、G S G S G (G:接地導体、S:信号線路)と並んでいるような端子でも

20

【0031】

さらにまた、前述した実施の形態の第1～第2の例においては、高周波部品20は面状導体11上に形成されているが、必ずしもその必要は無い。例えば、高周波部品20の下に面状導体11が無く、絶縁体上に形成されるようにしてもよい。また、実施の形態の第3の例のように、高周波部品20が搭載された基板と、スロット12が形成された基板とが、別々になっ

【0032】

またさらに、前述した実施の形態の第2の例においては、スロット12をアンテナとして作用させ、面状導体11と裏面導体42とで形成された平行平板導波路内に電磁波を放射させる例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、スロット12をアンテナとしてでなく、他のアンテナへの給電構造として利用することもできる。他のアンテナとは、例えば、パッチアンテナ、ダイポールアンテナ、モノポールアンテナ、逆Fアンテナ、誘電体共振器アンテナ、ループアンテナ、ホーンアンテナ、アレーアンテナ等である。

30

【0033】

さらにまた、前述した実施の形態の第3の例においては、スロット12を介して導波管線路50に接続する例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、マイクロストリップ線路、コプレーナ線路、スロット線路、積層型導波管線路等に接続するようにしても

40

【実施例】

【0034】

本発明の高周波回路とスロットとの接続構造の具体例について説明する。

【0035】

(実施例1)

図2に示した本発明の実施の形態の第2の例の高周波回路とスロットとの接続構造における電気特性を電磁場解析によるシミュレーションによって算出した。

【0036】

算出条件としては、スロット12のサイズを1.5mm×0.3mm、第1および第2の端子21、22のサイズを1.0mm×0.8mm、高周波回路が内蔵された高周波部品20のサイズを0.5

50

mm×1.0mmとし、その厚みを0.2mmとした。また面状導体11および裏面導体42の厚みを0.01mmとした。誘電体41は、厚みを0.8mmとすると共に、その誘電率を4.4、誘電正接を0.02とした。第1および第2の端子21、22とスロット12の中心間のx方向の距離は2.15mmとし、第1および第2の導線31、32は、直径を25μm、x方向の長さを2.7mmとした。第1および第2の導線31、32が面状導体11に接続される位置は、スロット12の長さ方向の中央から図のx方向へ0.55mm移動した位置とした。

【0037】

第1および第2の端子21、22を差動ポートに設定し、シミュレーションにてその反射特性（S₁₁）を計算した。図4にその計算結果を示す。図4に示すグラフにおいて、横軸は周波数であり、縦軸は減衰量である。また、実線はS₂₁を、破線はS₂₂を、点線はS₁₁を示している。図4に示すグラフによれば、59GHz付近において-30dB以下の良好な反射特性を示している。また、反射量が-10dB以下の周波数は、53.5GHz～66.0GHzであり、比帯域（帯域幅／中心周波数）が20.9%という広帯域な特性を示している。これにより本発明の有効性が確認できた。

【0038】

表1は、図2（a）、（b）に示す本発明の実施の形態第2の例の高周波回路とスロットとの接続構造における、導線31、32が面状導体11に接続される位置とスロット12との位置関係を変化させたときの比帯域の変化を示すものである。なお、第1および第2の導線31、32の位置を固定して、スロット12をx方向に動かすことによって、導線31、32が面状導体11に接続される位置とスロット12との位置関係を変化させた。表の接続位置は、スロット12の長手方向中心位置を原点として、図の+x方向を正としている。従って、接続位置が0mmのときはスロット12の長手方向中央部の両側で、第1および第2の導線31、32が面状導体11に接続されていることを意味している。また、本実施例では、スロット12の長手方向の長さは1.5mmなので、接続位置が0.75mmのときには、スロット12の長さ方向の端部（+x方向の端部）において、第1および第2の導線31、32が面状導体11に接続していることを意味する。なお、接続位置のみを変更し、その他は前述した条件と同一条件である。

【0039】

【表1】

接続位置 mm	S ₁₁ <-10dB GHz	中心周波数 GHz	比帯域 %
-0.25	— ～ —	—	—
-0.05	57.0 ～ 60.5	58.8	6.0
0.15	53.5 ～ 64.5	59.0	18.6
0.35	53.0 ～ 66.5	59.8	22.6
0.55	53.5 ～ 66.0	59.8	20.9
0.75	56.5 ～ 63.5	60.0	11.7
0.95	— ～ —	—	—

【0040】

表1によれば、接続位置が-0.25mmおよび0.95mmのときはS₁₁<-10dBの領域は得られていない。また接続位置をpとすると、0.15≤p≤0.75の範囲で良好な特性が得られていることが分る。

【0041】

表2は、図2（a）、（b）に示す本発明の実施の形態第2の例の高周波回路とスロットとの接続構造における、導線31、32に対してスロット12を回転させて、その回転角度を変化させたときの比帯域（帯域幅／中心周波数）を示すものである。第1および第2の導線31、32は固定して、第1および第2の導線31、32と面状導体11との2つの接続点を結ぶ線分と、スロット12の幅方向（図のy軸方向）の中心を結ぶ線分との交点を中心とし、図のz軸方向を回転軸として、スロット12を回転させたときの特性を示している。

【0042】

【表 2】

回転角度 deg	$S_{11} < -10\text{dB}$ GHz	中心周波数 GHz	比帯域 %
0	53.5 ~ 66.0	59.8	20.9
5	52.5 ~ 62.5	57.5	17.4
10	51.0 ~ 60.5	55.8	17.0
15	48.5 ~ 52.5	50.5	7.9
20	48.0 ~ 50.5	49.3	5.1

【0043】

表 2 によれば、回転するに従って中心周波数は低周波側にずれると共に、徐々に比帯域が狭くなる傾向にある。回転角度が 10° までは広帯域な特性を示しているが、 $10^\circ \sim 15^\circ$ にかけて急激に帯域が狭くなっている。なお、z 方向から見たときに、 10° までは、第 1 または第 2 の導線 31, 32 の一方または両方がスロット 12 の長辺および短辺と交わっているが、 15° の場合は、第 1 または第 2 の導線 31, 32 の一方または両方がスロット 12 の 2 つの長辺と交わっており、スロット 12 を横断している。このことから、良好な電気特性を得るためには、第 1 および第 2 の導線 31, 32 が、スロット 12 を横断しないように配置する必要があることが分かる。

【0044】

(実施例 2)

図 3 に示した本発明の実施の形態の第 3 の例の高周波回路とスロットとの接続構造における電気特性を電磁場解析によるシミュレーションによって算出した。

【0045】

算出条件としては、スロット 12 のサイズを $1.5\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ 、第 1 および第 2 の端子 21, 22 のサイズを $1.0\text{mm} \times 0.8\text{mm}$ 、高周波回路が内蔵された高周波部品 20 のサイズを $0.5\text{mm} \times 1.0\text{mm}$ とし、その厚みを 0.2mm とした。また、面状導体 11 を含む導波管線路 50 の管壁の厚みを 0.01mm とした。誘電体 51 は、厚みを 0.8mm とすると共に、その誘電率を 4.4、誘電正接を 0.02 とした。第 1 および第 2 の端子 21, 22 とスロット 12 の中心との間の x 方向の距離は 2.15mm とした。第 1 および第 2 の導線 31, 32 は、直径を $25\mu\text{m}$ 、x 方向の長さを 2.8mm とした。導波管線路 50 は、幅を 1.8mm 、y 方向の長さを 3.0mm とした。スロット 12 の中心と導波管線路 50 の短絡端との距離は 0.35mm とした。また、高周波部品 20 を搭載した基板 61 の面と面状導体 11 の面の z 方向の高さを一致させた。

【0046】

第 1 および第 2 の端子 21, 22 を差動ポート 1、導波管線路 50 の開放面をポート 2 に設定し、シミュレーションにてその電気特性を計算した。図 5 にその計算結果を示す。図 5 に示すグラフによれば、反射量 S_{11} が -10dB 以下の周波数は $58.3\text{GHz} \sim 71.3\text{GHz}$ であり、反射量 S_{22} が -10dB 以下の周波数は $56.4\text{GHz} \sim 73.9\text{GHz}$ である。従って、 S_{11} および S_{22} が共に -10dB 以下となる比帯域は 20.0% となり本発明の有効性が確認できた。

【0047】

なお、上記周波数帯域において挿入損失 S_{21} は -2.3dB 程度、即ち 40% 程度の損失があるが、その約半分は誘電体や導体による損失であり、残りの半分が放射損失である。この放射損失は、両端が面状導体 11 に接続され、スロット 12 を空中でまたぐような導線を形成することにより抑制できると考えられる。

【符号の説明】

【0048】

- 11：面状導体
- 12：スロット
- 21：第 1 の端子
- 22：第 2 の端子
- 31：第 1 の導線

10

20

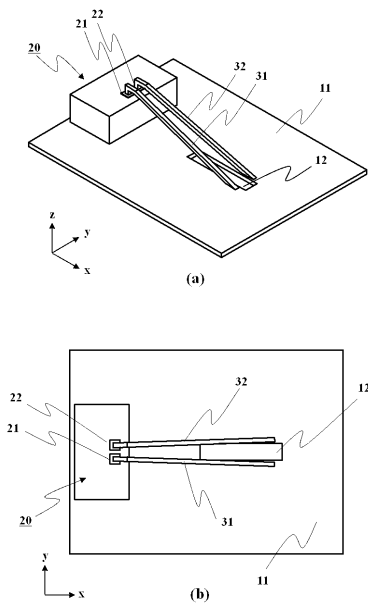
30

40

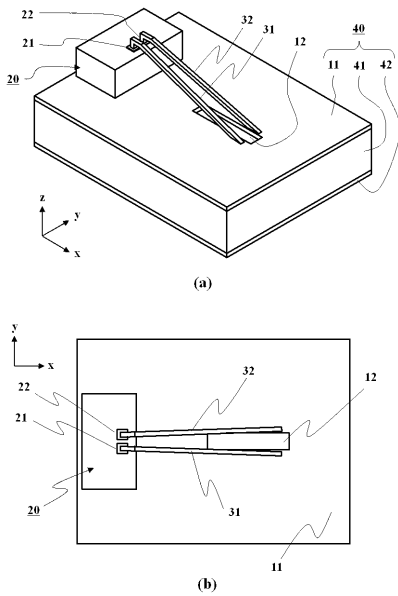
50

32：第 2 の導線

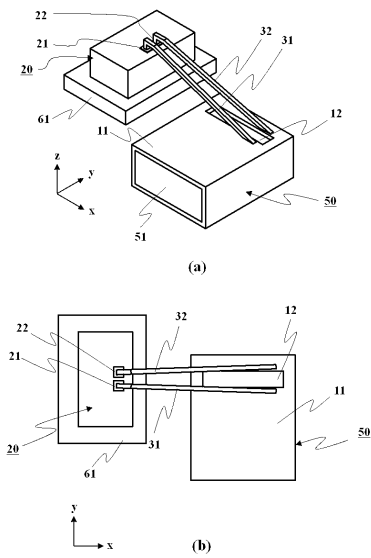
【図 1】



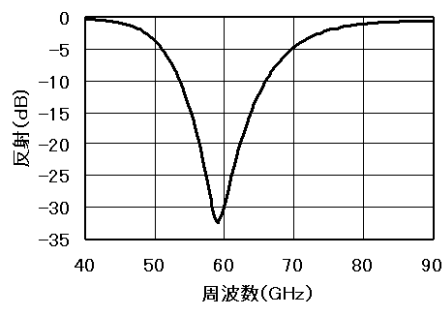
【図 2】



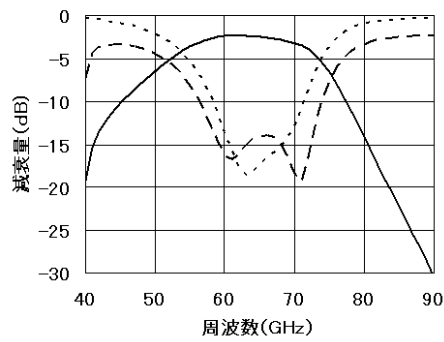
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01P5/00-5/22

H01Q13/00-13/28