

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-191122

(P2012-191122A)

(43) 公開日 平成24年10月4日(2012.10.4)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 H05K 9/00 (2006.01) H05K 9/00 E 5E321

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2011-55441 (P2011-55441)
 (22) 出願日 平成23年3月14日 (2011. 3. 14)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100123434
 弁理士 田澤 英昭
 (74) 代理人 100101133
 弁理士 濱田 初音
 (72) 発明者 森本 卓男
 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
 Fターム(参考) 5E321 AA03 AA11 BB23 BB44 CC22
 GG01 GG05

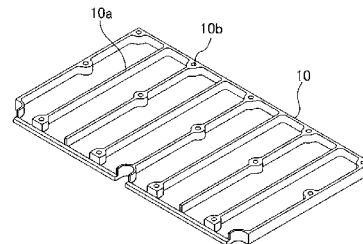
(54) 【発明の名称】 高周波モジュール

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】素子毎の高いシールド性を確保しつつ小型化かつ低コスト化した高周波モジュールを提供する。

【解決手段】複数の素子で構成される高周波回路部品とその高周波回路部品に電流を供給する電源と高周波回路部品を制御する制御回路部品が表面に実装され、両面にスルーホールを介して電氣的に接続する接地導体がプリントされた誘電体基板と、高周波回路部品の複数の素子間に配置され、誘電体基板表面にプリントされた接地導体と電氣的に接続し、素子毎に独立した密閉空間を形成する立壁10aを備えた導体蓋10とを有する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の素子で構成される高周波回路部品とその高周波回路部品に電流を供給する電源と前記高周波回路部品を制御する制御回路部品が表面に実装され、両面にスルーホールを介して電氣的に接続する接地導体がプリントされた誘電体基板と、

前記高周波回路部品の各素子間に配置され、前記誘電体基板表面の接地導体と電氣的に接続し、前記素子毎に独立した密閉空間を形成する立壁を備えた導体蓋と、を有する高周波モジュール。

【請求項 2】

導体蓋は、樹脂の表面に金属メッキを施して形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の高周波モジュール。

10

【請求項 3】

誘電体基板を格納する金属導体ベースと導体蓋との接触部分に導電性パッキンを挟持させることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の高周波モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、シールド構造を有する高周波モジュールに関するものである。

【背景技術】

【0002】

20

高周波モジュールは、例えば通信装置やレーダシステムに用いられており、送信系で使用する高出力増幅器や受信系で使用する低雑音増幅器として機能する各素子が複数搭載されているものである。このような高周波モジュールにおいては、高出力増幅器で増幅された信号が隣接する高出力増幅器や低雑音増幅器にリークして誤動作を起こさないように、モジュール内で高出力増幅器と低雑音増幅器の間や、隣接する他の高出力増幅器の間に十分なシールド性能を確保する必要がある。また、素子毎の空間をできるだけ小さくし、その空間のカットオフ周波数を高くして空間アイソレーションを確保する必要がある。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、高周波モジュールのモジュールケース（筐体）内に、回路基板上の接地面と電氣的に接続する導電性のカットオフブロックを設け、カットオフブロックが高周波回路部を間仕切りするシールド構造が開示されている。

30

また、特許文献 2（特に図 8）には、複数の素子を一体化して形成した高周波モジュールにおいて、素子毎にカットオフブロックとして電磁シールド用のカバーを設けるシールド構造が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 170843 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 120325 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 の高周波モジュールは、別途カットオフブロックを設けているため小型化、低コスト化することが困難であり、かつ、そのカットオフブロックが間仕切りした一空間には複数の素子が含まれているため、素子毎に小さな空間を作ることができず高いシールド性能が得られないという課題があった。特許文献 2 の高周波モジュールは、素子の数だけカットオフブロックが必要であり、その組み付け作業時間も長時間を要するという課題があった。その結果、高周波モジュールを小型化、低コスト化することが困難であるという課題があった。

【0006】

50

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、素子毎の高いシールド性を確保しつつ小型化かつ低コスト化した高周波モジュール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】

【0007】

この発明に係る高周波モジュールは、複数の素子で構成される高周波回路部品とその高周波回路部品に電流を供給する電源と高周波回路部品を制御する制御回路部品が表面に実装され、両面にスルーホールを介して電氣的に接続する接地導体がプリントされた誘電体基板と、高周波回路部品の各素子間に配置され、誘電体基板表面の接地導体と電氣的に接続し、素子毎に独立した密閉空間を形成する立壁を備えた導体蓋とを有するものである。

10

【発明の効果】

【0008】

この発明に係る高周波モジュールによれば、上記のような立壁を備えた導体蓋を有するよう構成したことにより、モジュールカバーとしての導体蓋で素子毎に電磁遮蔽を行い、隣接する素子との干渉を抑制するとともに密閉空間内のカットオフ周波数を高くすることができる。その結果、高周波モジュールを小型化かつ低コスト化しつつ素子毎の高いシールド性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】この発明の実施の形態1に係る高周波モジュールの構成を示す分解斜視図(a)と、その高周波モジュールの組み付け後を示す図(b)である。

20

【図2】図1の高周波モジュールの導体蓋を示す図である。

【図3】図1(b)の高周波モジュールのA-A'線における断面を示す図である。

【図4】図3の高周波モジュールのB-B'線から見た図である。

【図5】高周波モジュールにおける樹脂基板の断面を示す図である。

【図6】この発明の実施の形態2に係る高周波モジュールの構成を示す分解斜視図である。

【図7】図5の高周波モジュールの導体蓋を示す図である。

【図8】この発明の実施の形態3に係る高周波モジュールの構成を示す図である。

【図9】実施の形態3の高周波モジュールの構成の他の一例を示す図である。

30

【図10】実施の形態3の高周波モジュールの構成の別の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、この発明の実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

実施の形態1

図1(a)は実施の形態1に係る高周波モジュール1を分解した構成を示しており、図1(b)は組み立て後の高周波モジュール1を示している。

高周波モジュール1は、図1(a)に示すように、導体蓋10(立壁付き導体蓋)、導体蓋11、樹脂基板21、サーキュレータ22、高周波回路部品24、セラミック基板25、電源・制御回路部品26(電源、制御回路部品)、高周波信号用コネクタ27、樹脂基板28(誘電体基板)、接地導体29、金属導体ベース30、多極コネクタ31、高周波信号用コネクタ32で構成されている。なお、図1(a)においては、接地導体29の配置を分かりやすくするため、樹脂基板28上の高周波回路部品24と電源・制御回路部品26の詳細な構成を省略している。

40

導体蓋10と導体蓋11と金属導体ベース30は、図1(b)に示すように組み合わされ、取り付けネジ33で固定されることでモジュールケース(筐体)として機能し、その内部に樹脂基板21、サーキュレータ22、高周波回路部品24、セラミック基板25、電源・制御回路部品26、高周波信号用コネクタ27、樹脂基板28、接地導体29を覆うように格納する。このとき、高周波回路部品24は導体蓋10に覆われ、電源・制御回路部品26は導体蓋11に覆われる。導体蓋10の詳細な形状については後述する。なお

50

、各構成が格納される際、樹脂基板 2 1、サーキュレータ 2 2、高周波回路部品 2 4、電源・制御回路部品 2 6 は、それぞれ金属リボンや金ワイヤによりそれぞれ電氣的に接続される。

【 0 0 1 1 】

樹脂基板 2 1 は、裏面全面に接地導体が形成され、表面にサーキュレータ 2 2 と高周波信号用コネクタ 3 2 を電氣的に接続する回路と、導体蓋 1 0 と導通させるための接地導体 2 9 が形成されている。

サーキュレータ 2 2 は、既知の通信機器に用いられる電子回路であり、例えば 3 つ以上の端子を有し、高周波信号用コネクタ 3 2 を介してある一端子に入力した信号を一定の他の端子から出力するよう機能する。サーキュレータ 2 2 は、高周波回路部品 2 4 を構成する複数の高周波回路毎に設けられており、金属導体ベース 3 0 に組み付けられた際、各サーキュレータ 2 2 間に導体蓋 1 0 の立壁 1 0 a が挿入できる程度の間隔が設けられるよう構成されている。

高周波回路部品 2 4 は、図示しない金属導体の上にセラミック基板 2 5 とともに実装されてなる部品と、樹脂基板 2 8 の表面上略半分に実装される部品とで構成されている。高周波回路部品 2 4 は、複数の素子（高周波回路素子）を有しており、素子毎に機能を実行する複数の高周波回路からなるユニットである。この高周波回路は、例えば高出力増幅器や低雑音増幅器として機能する。

セラミック基板 2 5 は、高周波回路部品 2 4 の複数の高周波回路毎に設けられる回路基板として機能し、図示しない金属導体の上に高周波回路部品 2 4 とともに実装されて一つの部品となり、金属導体ベース 3 0 にネジ止めされて固定される。セラミック基板 2 5 は、金属導体ベース 3 0 に組み付けられた際、各セラミック基板 2 5 間に導体蓋 1 0 の立壁 1 0 a が挿入できる程度の間隔が設けられる。

電源・制御回路部品 2 6 は、高周波回路部品 2 4 を制御する制御回路としての機能と、高周波回路部品 2 4 に電流を供給する電源回路としての機能を有しており、樹脂基板 2 8 表面上略半分に実装されている。

高周波信号用コネクタ 2 7 は、樹脂基板 2 8 上に取り付けられた同軸ケーブルを有するコネクタであり、樹脂基板 2 8 の高周波回路部品 2 4 からの高周波信号を外部に通すよう機能し、高周波回路部品 2 4 と樹脂基板 2 8 内に形成されたマイクロストリップラインで電氣的に接続されている。

樹脂基板 2 8（誘電体基板）は、樹脂で構成された基板表面に高周波回路部品 2 4 と電源・制御回路部品 2 6 を実装する回路基板として機能し、その両面には接地導体 2 9 がプリントされている。

接地導体 2 9 は、樹脂基板 2 1、樹脂基板 2 8 のそれぞれ裏面全面と、表面上の導体蓋 1 0 と接触するような位置にプリントされている。各面の接地導体 2 9 は、後述する図 3 に示すように樹脂基板 2 8 のスルーホール 2 8 a を介して電氣的に接続されている。接地導体 2 9 は、例えば樹脂基板 2 8 表面上の高周波回路部品 2 4 の複数の高周波回路（素子）間に配置され、高周波モジュール 1 が組み立てられた際に導体蓋 1 0 の立壁 1 0 a（図 2 で後述する）と接触して導通する。また、接地導体 2 9 は、例えば樹脂基板 2 8 の裏面全面に設けられており、金属導体ベース 3 0 と接触して導通する。

【 0 0 1 2 】

なお、実施の形態 1 においては、樹脂基板 2 1、サーキュレータ 2 2、セラミック基板 2 5、樹脂基板 2 8 を組み合わせる構成を説明しているが、一枚の基板上にサーキュレータ 2 2 と高周波回路部品 2 4 と電源・制御回路部品 2 6 を実装する構成であってもよい。

【 0 0 1 3 】

金属導体ベース 3 0 は、導体蓋 1 0、導体蓋 1 1、樹脂基板 2 1、サーキュレータ 2 2、高周波回路部品 2 4、セラミック基板 2 5、樹脂基板 2 8 を取り付けネジにより固定するモジュールケースを構成している。また、金属導体ベース 3 0 には外側一方から多極コネクタ 3 1 が取り付けられ、外側他方から高周波信号用コネクタ 3 2 が取り付けられ、多極コネクタ 3 1 と高周波信号用コネクタ 3 2 が内部のサーキュレータ 2 2、高周波回路部

品 2 4 と電氣的に接続される。

【 0 0 1 4 】

導体蓋 1 0 について詳細に説明する。図 2 は高周波モジュール 1 の導体蓋 1 0 の内面の構造を示している。導体蓋 1 0 の内面には、図 2 に示すように、所定の間隔で複数並行に配置された立壁 1 0 a と、導体蓋 1 0 を金属導体ベース 3 0 に取り付けるためのネジ取り付け穴 1 0 b が設けられている。複数の立壁 1 0 a の間隔は、高周波回路部品 2 4 を構成する複数の高周波回路毎の回路幅に対応し、その回路毎に間仕切りする幅であり、かつ、可能な限り小さい幅である。立壁 1 0 a は、高周波回路部品 2 4 の各回路間に配置され、樹脂基板 2 8 表面の接地導体 2 9 と電氣的に接続し、素子毎に独立した密閉空間を形成する。また、立壁 1 0 a は、サーキュレータ 2 2 間の隙間及びセラミック基板 2 5 間の隙間に挿入され、金属導体ベース 3 0 と接触して電氣的に接続する。なお、導体蓋 1 0 と導体蓋 1 1 は、樹脂の表面に金属メッキを施して形成されているものであってもよい。

10

【 0 0 1 5 】

次に、高周波モジュール 1 において電磁遮蔽を行うシールド構造について説明する。

図 3 は、図 1 (b) の高周波モジュール 1 における A - A ' 線断面を示している。なお、図 3 においては、樹脂基板 2 8 上に実装された高周波回路部品 2 4 の図示を省略している。高周波モジュール 1 において、図 3 に示すように、樹脂基板 2 8 にはスルーホール 2 8 a を介して電氣的に接続する接地導体 2 9 が両面にプリントされている。導体蓋 1 0 の立壁 1 0 a は、樹脂基板 2 8 上の高周波回路部品 2 4 の各素子間に配置され、樹脂基板 2 8 の表面の接地導体 2 9 と接触して電氣的に導通状態になるよう接続している。また、導体蓋 1 0 は、その外縁で金属導体ベース 3 0 と接触して電氣的に導通状態になるよう接続している。

20

【 0 0 1 6 】

図 4 は、図 3 の高周波モジュール 1 を B - B ' 線で切り取ったときの上面から見た構成を示している。高周波モジュール 1 は、図 4 に示すように、樹脂基板 2 1、サーキュレータ 2 2、セラミック基板 2 5、樹脂基板 2 8 が組み付けられて構成されている。ここで、高周波回路部品 2 4 は、セラミック基板 2 5 側の部品 2 4 a と樹脂基板 2 8 側の部品 2 4 b として実装されている。そのため、樹脂基板 2 8 上における高周波回路間の電磁遮蔽を行う必要がある。そこで、高周波モジュール 1 は導体蓋 1 0 の立壁 1 0 a と樹脂基板 2 8 上の接地導体 2 9 により高周波回路部品 2 4 の素子毎に独立した図 3 に示す密閉空間 4 0 を形成し電磁遮蔽している。

30

また、高周波モジュール 1 は、空間アイソレーションを改善するために、導体蓋 1 0 の立壁 1 0 a により形成される密閉空間 4 0 のカットオフ周波数を高くしている。ここで、空間アイソレーションについて説明する。一般的にモジュールケース内の空間アイソレーション量は次式 (1) で簡易表現されている。

【 0 0 1 7 】

$$\alpha = \frac{54.6}{\lambda c} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda c}{\lambda} \right)^2} \dots (1)$$

40

ただし、 α は単位長さあたりの空間アイソレーション量 [d B / m m] であり、 c はカットオフ周波数の波長 [m m] であり、 λ は通過周波数の波長 [m m] である。

【 0 0 1 8 】

式 (1) において、モジュールケース内のカットオフ周波数の波長 c は、高周波信号の進行方向に対して図 4 に示す垂直方向の幅 a で決まるので、既知の技術からカットオフ周波数の波長は $c = 2 a$ で表される。ここでカットオフ周波数は $f_c = c / \lambda$ で求められる。ただし、 c は光速を示している。よって、単位長さあたりの空間アイソレーション量をできるだけ大きくするためには、モジュールケース内の幅 a を小さくすることは重要であり、カットオフ周波数の波長 c を大きくする上での大きな要素となる。したがっ

50

て、図4に示す高周波モジュール1における密閉空間40の幅aを小さくすることで空間アイソレーション量を大きくするよう改善することができる。

【0019】

以上のように、実施の形態1の高周波モジュール1は、樹脂基板28の表面に実装された高周波回路部品24を構成する素子毎に独立した密閉空間40を形成する立壁10aを備えた導体蓋10を備え、その導体蓋10と金属導体ベース30を組み合わせ、素子毎に構成される高周波回路をそれぞれ覆って格納することにより、モジュールカバーとしての導体蓋10aで高周波回路部品24の素子毎に電磁遮蔽を行い、隣接する素子間の干渉を抑制するとともに密閉空間40内のカットオフ周波数を高くすることができる。その結果、高周波モジュールを小型化かつ低コスト化しつつ素子毎の高いシールド性を確保することができるといふ効果が得られる。

10

【0020】

なお、本実施の形態1では、送受信系の高周波モジュール1について説明したが、多系統の送受信モジュールについて適用してもよく、また、受信系のみ及び送信系のみの高周波モジュールに適用してもよい。

【0021】

なお、図5に示すように、樹脂基板28内層のトリプレート線路28bを通して高周波回路部品24から直接、高周波信号用コネクタ27に給電するよう構成することで、樹脂基板28上に高周波線路をパターン形成するよりも、高周波信号の放射・結合が抑制されるという効果と、高周波信号の損失を低減することができるという効果が得られる。

20

【0022】

実施の形態2

実施の形態1においては、立壁10aを備えた導体蓋10と導体蓋11を別の構成として説明したが、導体蓋10、11が分離していることによりモジュールのそり、ひずみなどに対する強度は金属導体ベース30で維持していた。実施の形態2は、高周波モジュールの強度を向上させる構成について説明する。

図6は実施の形態2に係る高周波モジュール2を分解した構成を示している。図6において、実施の形態1の高周波モジュール1と同様の構成については図1と同一の符号を付し、その説明を省略する。

高周波モジュール2は、図6に示すように、導体蓋110（立壁付き導体蓋）、樹脂基板21、サーキュレータ22、高周波回路部品24、セラミック基板25、電源・制御回路部品26、高周波信号用コネクタ27、樹脂基板28（誘電体基板）、接地導体29、金属導体ベース30、多極コネクタ31、高周波信号用コネクタ32で構成されている。ここで、導体蓋110以外の構成は、実施の形態1と同様であるため説明を省略する。なお、図6においては、接地導体29の配置を分かりやすくするため、樹脂基板28上の高周波回路部品24と電源・制御回路部品26の詳細な構成を省略している。

30

【0023】

導体蓋110について説明する。図7は高周波モジュール2の導体蓋110の内面の構造を示している。導体蓋110は、実施の形態1の導体蓋10と導体蓋11を一体化した構造であり、導体蓋110の内面略半分には、図7に示すように、樹脂基板28上の高周波回路部品24に対応する位置に所定の間隔で複数並行に配置された立壁110aと、導体蓋110を金属導体ベース30に取り付けるためのネジ取り付け穴110bが設けられている。複数の立壁110aの間隔は、高周波回路部品24の回路幅に対応し、その回路毎に間仕切りする幅であり、かつ、可能な限り小さい幅である。

40

高周波モジュール1は、立壁110aを具備する導体蓋110と金属導体ベース30が組み合わさることでモジュールケースとして機能し、その内部に樹脂基板21、サーキュレータ22、高周波回路部品24、セラミック基板25、電源・制御回路部品26、高周波信号用コネクタ27、樹脂基板28、接地導体29を覆って格納するよう構成されている。

【0024】

50

高周波モジュール 2 において電磁遮蔽を行うシールド構造は、実施の形態 1 と同様であるため説明を省略する。

【0025】

以上のように、実施の形態 2 の高周波モジュール 2 は、実施の形態 1 の効果に加え、高周波回路部品 24 を構成する複数の素子毎に密閉空間を形成する立壁 110a を備え、高周波回路部品 24 と電源・制御回路部品 26 を覆って格納する導体蓋 110 を有する構成にしたことにより、高周波モジュール 2 の剛性を導体蓋 110 と金属導体ベース 30 とで維持することができる。その結果、高周波モジュール 2 のそり、ひずみなどに対する強度が向上するという効果が得られる。

【0026】

なお、実施の形態 1 の導体蓋 10 と導体蓋 11、実施の形態 2 の導体蓋 110 は、樹脂の表面に金属メッキを施して形成されているものであってもよい。

【0027】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 では、実施の形態 1 , 2 に比べてよりシールド性を高める構成について説明する。

図 8 は、実施の形態 3 の高周波モジュールの一部断面を示している。図 8 (a) は導体蓋 10 の立壁 10 a で形成された空間部分における断面であり、図 8 (b) は導体 10 の立壁 10 a 部分における断面である。図 8 (c) は、図 8 (a)、図 8 (b) の C - C ' 線における断面を示している。

【0028】

図 8 (a)、図 8 (b)、図 8 (c) に示すように、導体蓋 10 の天板部と金属導体ベース 30 の側壁の頂部 (外縁) とは接触して接続しており、導体蓋 10 の天板部と金属導体ベース 30 の側壁の頂部との間に導電性パッキン 50 が設けられている。導電性パッキン 50 は、例えば太陽金網株式会社製のコ・フォームが用いられ、金属導体ベース 30 の側壁の頂部に設けられた溝に配置されている。導電性パッキン 50 は、金属導体ベース 30 と導体蓋 10 が組み付け接続される際に、導体蓋 10 の天板部と金属導体ベース 30 の側壁の頂部に挟持されることで導体蓋 10 と金属導体ベース 30 との導通を確実にして、高周波モジュール 1 のシールド性を向上させるようにしている。

【0029】

また、図 9 に示すように、導体蓋 10 の外壁部と金属導体ベース 30 の外縁との接触部分に導電性パッキン 50 を設けるよう構成しても、高周波モジュール 1 のシールド性を向上させることができる。

【0030】

以上のように、実施の形態 3 の高周波モジュール 1 は、樹脂基板 21 , 28 (誘電体基板) を格納する金属導体ベース 30 と導体蓋 10 との接触部分に導電性パッキン 50 を挟持させるので、導体蓋 10 と金属導体ベース 30 との導通を確実にして、高周波モジュール 1 のシールド性を向上させることができるという効果が得られる。

【0031】

なお、図 10 に示すように、導体蓋 10 の外壁部と金属導体ベース 30 の外縁が、樹脂基板 28 を挟み込むような構成にしても良い。その場合、樹脂基板 28 は、幅が金属導体ベース 30 及び導体蓋 10 の幅と同一であり、樹脂基板 28 の両端部分にも接地導体 29 を設けるよう構成される。導体蓋 10 の外壁部と金属導体ベース 30 の外縁は、樹脂基板 28 の接地導体 29 を介して電氣的に接続される。このように構成しても、高周波モジュール 1 のシールド性を向上させることができる。

【0032】

なお、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

【符号の説明】

10

20

30

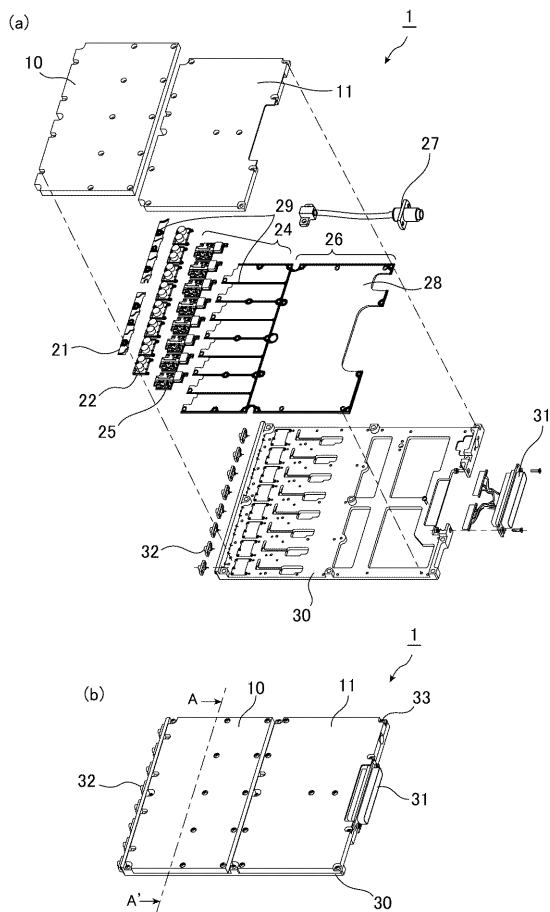
40

50

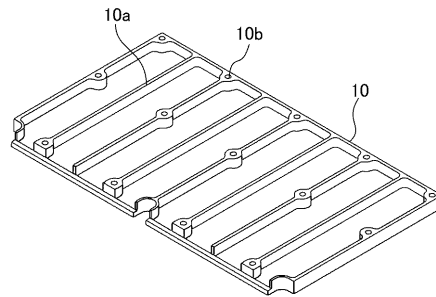
【0033】

1, 2 高周波モジュール、10, 110 導体蓋(立壁付き導体蓋)、10a, 110a 立壁、10b, 33, 110b 取り付けネジ、11 導体蓋、21, 28 樹脂基板(誘電体基板)、22 サークュレータ、24 高周波回路部品、25 セラミック基板、26 電源・制御回路部品(電源、制御回路部品)、27 高周波信号用コネクタ、28a スルーホール、28b トリプレート線路、29 接地導体、30 金属導体ベース、31 多極コネクタ、32 高周波信号用コネクタ、40 密閉空間、50 導電性パッキン。

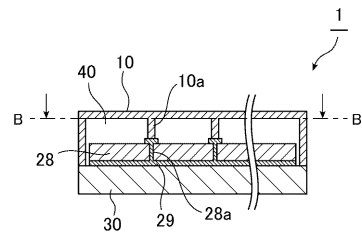
【図1】



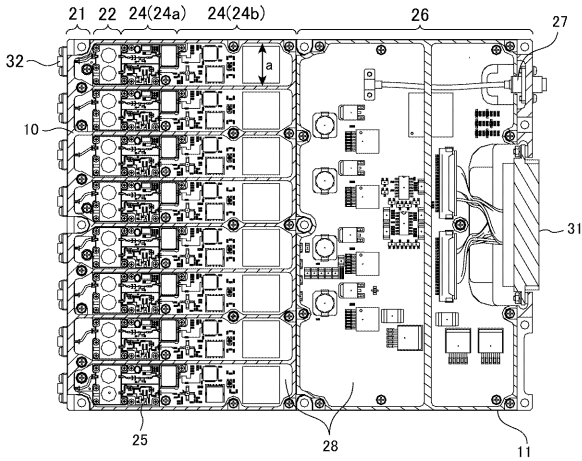
【図2】



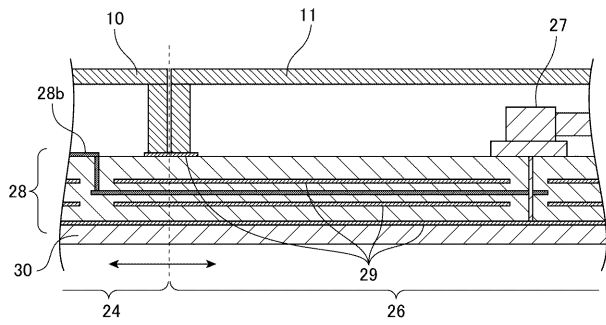
【図3】



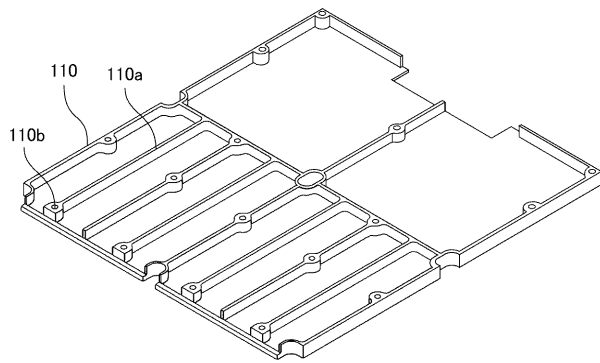
【 図 4 】



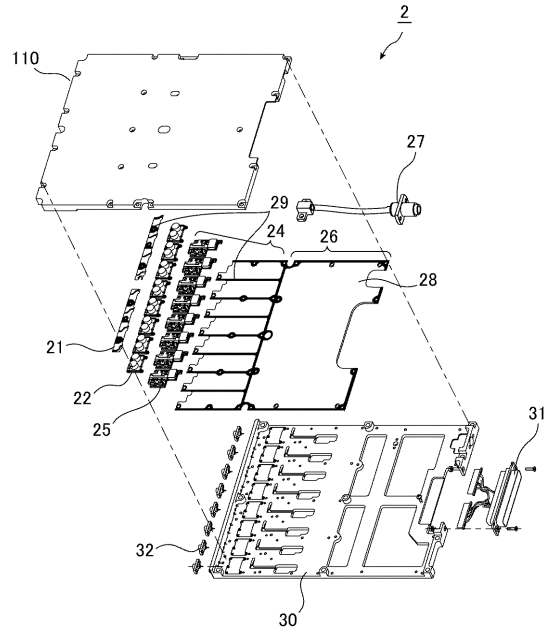
【 図 5 】



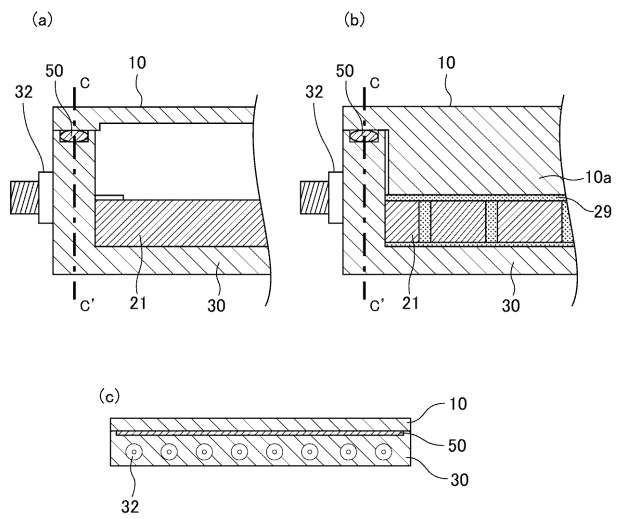
【 図 7 】



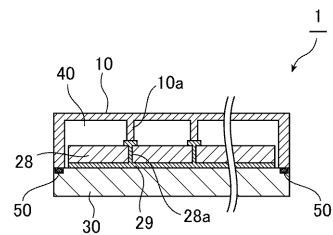
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【図 10】

