

(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2012-165453

(P2012-165453A)

(43) 公開日 平成24年8月30日 (2012. 8. 30)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 Q 13/06 (2006.01)	H O 1 Q 13/06	5 J O 4 5
H O 1 P 5/107 (2006.01)	H O 1 P 5/107	B
	H O 1 P 5/107	J

審査請求 有 請求項の数 8 O L 外国語出願 (全 86 頁)

(21) 出願番号	特願2012-101499 (P2012-101499)	(71) 出願人	303026752
(22) 出願日	平成24年4月26日 (2012. 4. 26)		フーバー ウント ブーナー アーゲー
(62) 分割の表示	特願2011-504402 (P2011-504402) の分割		スイス国 ヘリザウ CH-9100 デ
原出願日	平成21年3月24日 (2009. 3. 24)	(74) 代理人	100084146
(31) 優先権主張番号	08154524.6		弁理士 山崎 宏
(32) 優先日	平成20年4月15日 (2008. 4. 15)	(74) 代理人	100081422
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100122286
			弁理士 仲倉 幸典
		(72) 発明者	ウーラント・ゲーベル
			スイス、ツェーハー-8492ヴィラ、エ
			スピシュトラーセ11番

最終頁に続く

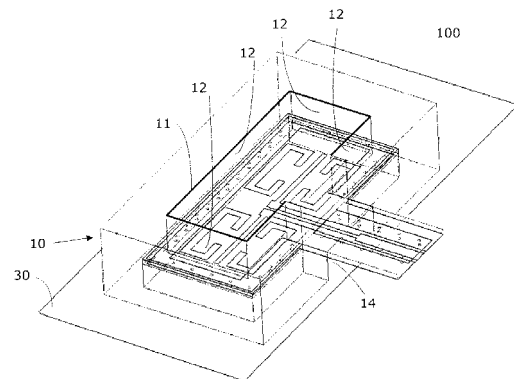
(54) 【発明の名称】 導波路コネクタ機能を有する表面実装型アンテナ装置のためのアダプタ、及び上記アンテナ装置を有する配置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ミリ波平面回路に直接接続されうる単純なアンテナ装置を提供する。

【解決手段】 平面アンテナ装置100は、好ましくは、ミリ波アプリケーションのための共通基板30に一体化されるのを目的としている。上記アンテナ装置100は、少なくとも部分的に金属化されている側壁12及びモード変換要素のフィードポイントのための側面口14を有する反射フレーム10を備える。上記モード変換要素は、上記反射フレーム10によって設けられる支持構造に取り付けられる。上記フィードポイントによって、モード変換要素は他の部品に接続されうる。上記アンテナ装置100の上側の水平口11に接続できるように設計される下側部分を有するアダプタは、様々なテスト及び調整装置に対応するように用いられてもよい。

【選択図】 図2A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反射フレーム（１０）と、放射要素（２０）とを備えた表面実装型アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）であって、

上記反射フレーム（１０）は、

内側部分（１６）の側面を形成する環状の側壁（１２）と、

上記側壁（１２）のうちの１つにおける側面口（１４）と、

電磁的な開口として機能する上側の水平口（１１）と、

下側の水平口（１７）と、

上記反射フレーム（１０）の一体的な部分である支持構造（１３；１６．３）と

10

を有し、

上記放射要素（２０）は、

モード変換領域（２３．１；２３．２）と、実質的に水平方向において上記モード変換領域（２３．１；２３．２）から突出している片持ち梁形状のフィードポイント（２４）とを有する、平面の、水平面指向アンテナ基板（２１）を有し、

上記放射要素（２０）は、上記内側部分（１６）が背側の反射部（１６．１）及び開口部（１６．２）に分けられるように上記内側部分（１６）の内側に上記支持構造（１３；１６．３）によって取り付けられ、

上記フィードポイント（２４）は、能動回路（４０）へ接続されうるように上記内側部分（１６）から上記側面口（１４）を通して延在し、

20

上記反射フレーム（１０）は、金属からなり、又は少なくとも部分的に金属化されていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）は、

金属面（３１）を有する共通基板（３０）と、

上記能動回路（４０）と、

上記能動回路（４０）と、上記フィードポイント（２４）との間の電氣的接続（Ｅ１）と

30

を備え、

上記放射要素（２０）を内側に持つ上記反射フレーム（１０）は、上記水平の金属面（３１）の上に取り付けられていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）は、アダプタ（５０）への結合を構築するための電磁的インターフェース（ＥＭ２）及び機械的インターフェース（Ｍ２）を備えることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

40

上記機械的インターフェース（Ｍ２）は、上記アダプタ（５０）への差し込み式接続を与えることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項 5】

請求項 3 に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）は、上記アダプタ（５０）との機械的結合のための少なくとも１つの嵌め合い要素（１５）を備えることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項 6】

請求項 3 に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）は、アダプタ（５０）を備えること

50

を特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項７】

請求項１から５のいずれか１つに記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）は、平面回路－導波路遷移部の一部であることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項８】

請求項１又は２に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記内側部分（１６）に面する上記反射フレーム（１０）の少なくとも上記側壁（１２）は、金属化されていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）

10

【請求項９】

請求項２に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記側壁（１２）と上記金属面（３１）との間に、導電接続部が設けられていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項１０】

請求項１又は２に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記上側の水平口（１１）は、上記放射要素（２０）の上記モード変換領域（２３．１；２３．２）によって放出された電磁波の放出のための開口として設計されていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

20

【請求項１１】

請求項１又は２に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ基板（２１）と上記金属面（３１）との間の上記内側部分（１６）の一部（１６．１）は、上記電磁波のための背側の反射部（１６．１）として機能するように設計されていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項１２】

請求項２に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ基板（２１）は、上記支持構造（１３；１６．３）によって、上記金属面（３１）から或る距離（Ｄ）に浮かされていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

30

【請求項１３】

請求項１から１２のいずれか１つに記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記アンテナ基板（２１）は、フレキシブルな、誘電性の材料からなっていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項１４】

請求項１から１１のいずれか１つに記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

高精細液晶高分子のフレックス基板が、上記アンテナ基板（２１）として用いられていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

40

【請求項１５】

請求項１から１４のいずれか１つに記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記下側の水平口（１７）及び上記アンテナ基板（２１）は、上記アンテナ基板（２１）が上記下側の水平口（１７）を通して上記内側部分（１６）の中へ挿入されるのを許容する寸法を有していることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項１６】

請求項１から１５のいずれか１つに記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記モード変換領域（２３．１）は、長方形形状を有し、

50

少なくとも一つのスロット（７１）を有する導電シート（２６）を備え、このスロット（７１）は好ましくは上記モード変換領域（２３．１）の中央に配置され、上記スロット（７１）の長さは、設計された周波数帯の中央での波長の略半分に等しくなるように選ばれており、

上記フィードポイント（２４）は、

上記モード変換領域の広い方の縁のうちの１つの略中心部で上記モード変換領域（２３．１）に入っているコプレーナ導波路（２７）を備え、上記コプレーナ導波路（２７）は、薄い導電シート（２６）内の２つの平行なスロットによって形成されて、中心導体（２８）と２つの接地導体（２９）とを有することを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

10

【請求項１７】

請求項１から１５のいずれか１つに記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）において、

上記モード変換領域（２３．２）は、修正されたＥ－プローブ形状をしていることを特徴とするアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）。

【請求項１８】

請求項１から５のうちの１つ以上に記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）と、少なくとも一つの能動回路（４０）および共通基板（３０）を備え、上記能動回路（４０）および上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）は上記共通基板（３０）に配置されており、上記能動回路（４０）は上記フィードポイント（２４）のフィード線（２５）を経由して上記モード変換領域（２３．１；２３．２）に接続されていることを特徴とする通信システム（２００）。

20

【請求項１９】

請求項１８に記載の通信システム（２００）において、

上記フィードポイント（２４）は、上記能動回路（４０）と上記モード変換領域（２３．１；２３．２）との間にフレキシブルな遷移部を与えることを特徴とする通信システム（２００）。

【請求項２０】

請求項１から５のいずれか１つに記載のアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）の上側の水平口（１１）に接続可能に設計されている下側部分（５１）と、テスト又は調整装置の導波路（４００）を収容するように設計されている上側部分（５２）とを有することを特徴とするアダプタ（５０）。

30

【請求項２１】

請求項２０に記載のアダプタ（５０）において、

上記アンテナ装置（１００）の第１の嵌め合い要素（１５）に機械的に嵌まるように設計されている、少なくとも一つの嵌め合い要素（１８）をさらに備えることを特徴とするアダプタ（５０）。

【請求項２２】

請求項２０又は２１に記載のアダプタ（５０）において、

上記アダプタ（５０）が上記アンテナ装置（１００）に差し込まれる場合に、モード抑制及びインピーダンス変換を与える要素（１８；５４）をさらに備えることを特徴とするアダプタ（５０）。

40

【請求項２３】

請求項１から５のいずれか１つに記載の上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）と、請求項２０、２１又は２２の上記アダプタ（５０）とを備え、

上記嵌め合い要素（１５，１８）は、上記反射フレーム（１０）と上記アダプタ（５０）との間の機械的接続（Ｍ２）を形成するために与えられており、好ましくは、オス／メスタイプの嵌め合いペアが上記嵌め合い要素（１５，１８）として採用されていることを特徴とする配置（３００）。

【請求項２４】

50

請求項 2 3 に記載の配置 (3 0 0) において、

接続されている状態で、電氣的及び機械的接点 (5 5) は、上記反射フレーム (1 0) と上記アダプタ (5 0) との間に設けられていることを特徴とする配置 (3 0 0)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、アンテナ、上記アンテナに基づく通信システム、上記アンテナに関連した使用のためのアダプタ、及び対応する配置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来のマイクロ波及びミリ波無線アプリケーションは、共通の高周波基板又は回路基板上に個々に組み立てられた個別の受動及び能動部品から通常なっていて、結果として低い集積化のレベルを招く。

【0 0 0 3】

特にミリ波周波数での、そのような無線アプリケーションの性能は、個別の部品間の許容できる連続的なインターフェース又は遷移部の数によって、通常は制限されている。それは、上述の共通の基板の品質および所定の反射係数を再現する相互接続技術の機能である。

【0 0 0 4】

通信システム及びアプリケーションの全費用を大幅に下げる取り組みにおいて、高利得アンテナ、フィルタ、及びフロントエンドモジュールのような低価格の主要な部品が開発中である。

【0 0 0 5】

より大量の市場への浸透のための主要な要件は、全般的なコストの大幅な減少である。典型的なコスト推進要因は、アンテナそれ自体である。

【0 0 0 6】

現代的で、アンテナベースの無線通信システムの以下の主な特徴は、非常に望ましい。一例えば、屋内や、2 点間の屋外等の異なる適用状況におけるユニットの使用を許容するモジュール式で再現性のあるビルドアップなど。

一明確であり、再生産可能であって、遮蔽された信号導管を生み出すことによって、リンクテストに依存する伝搬の曖昧さを避けて、上記アンテナまで、かつ上記アンテナを含んで、完全に組み立てられたシステムのフルにテスト可能な送受信両側を供給できることである。

【0 0 0 7】

適切な集積化の方法論を適用する新しいアプローチは、上述した想定される無線システムの良好な低コスト及び高機能の実現のための主要な要因であると信じられている。それは、最小マイクロ波技術を有するミリ波ユニットが用いられ、実質的に単純化された組立品を可能にする。理想的には、高価な高周波の共通基板担体が完全に排除されうる。また、可変パッケージ及び基板レベルの電波環境に対してほとんど反応を示さず、異なる製造及び組立設置に容易に転換可能な、アンテナと一体化された導波路遷移部との両方の設計を供給すべきである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 8】

そこで、本発明の主な目的は、平面の（例えばミリ波の）回路に直接接続されうる単純なアンテナ装置を提供することである。

【0 0 0 9】

本発明の他の目的は、追加の導波路ベースの（例えばミリ波の）能動及び受動の部品に対する、信頼できて、再現性のあるインターフェースを提供することである。

【0 0 1 0】

10

20

30

40

50

本発明の他の目的は、平面の（例えばミリ波の）回路に対する、再現可能で、低損失で、完全に遮蔽されたテスト及び計測のインターフェースを提供することである。

【0011】

本発明は、高度に一体化された無線への適用のための、低コストの中間利得（5～10 dB）モジュール式の表面実装型アンテナと、テスト及び調整状況において用いられる適切なアダプタとの構成へ向けられている。

【0012】

上記独創的な表面実装型アンテナは2つの主な機能を有している。第1の機能は、電磁エネルギーを自由空間中へ（外へ）放出する及び／又は受信するための通常のアンテナ機能である。第2の機能は、上記アンテナが平面回路－導波路遷移部の第1の部品を構成する、アダプタ機能である。したがって、上記アンテナはまた、いわゆるコネクタベース又はメス型アダプタ部品である。平面回路－導波路遷移部の第2の部品として、コネクタプラグ又はオス型アダプタ部品が用いられている。それは上記アンテナに繰り返し取り付けられうる。その結果、低損失で、広帯域かつ再現性のある平面回路－導波路遷移部を生み出す。

【0013】

ここで示されている上記アンテナは、一体化された導波路コネクタ機能を有する表面実装型の、準平面のアンテナである。

【0014】

本発明によると、上記独創的なアンテナの主な要素は、反射フレームと、能動（平面）回路への、少なくともわずかに曲げられる片持ち梁のインターフェースを有する放射要素とを備えている。上記ミリ波導波路アンテナ自体は、上記放射要素と2つの空洞、すなわち、背側の反射空洞及び開口空洞によって形成されている。上記放射要素は、上記反射フレームの内側に取り付けられて、これら2つの空洞の間の共通のインターフェースを提供している。全てのアンテナは、共通基板に配置されている導電面の表面に取り付けられており、基本的に電磁的に遮蔽された容量としての背側の反射空洞を生じさせている。

【0015】

上記独創的なアンテナ装置は、平面回路－導波路遷移部の第1の部品を構成し、次の主な特徴を有している。すなわち、

- －「Z軸」寸法が「X軸」及び「Y軸」寸法よりもはるかに小さい準平面形状を有する。
- －平面の能動回路（送受信）チップへの、可撓性の機械的及び電氣的インターフェースを与える。
- －上記放射要素のためにフレキシブルな高周波基板を用いてもよい。
- －「導波路準備」、すなわち、上記アダプタ／コネクタの機能性をサポートする／受け入れるために設計される。
- －アダプタへの機械的及び電磁的インターフェースを与える。

【0016】

上記独創的なアダプタは、平面回路－導波路遷移部の第2の部品を構成し、次の主な特徴を有する。すなわち、

- －上記他の開口空洞の内側に、より高次のモード抑制を与えるように設計される。
- －近接場の放射要素の修正をなす。
- －上記平面回路－導波路遷移部のインピーダンス変換の役に立つ。
- －上記アンテナ装置への機械的及び電磁的インターフェースを与える。
- －導波路、又は、例えばアンテナやテスト及び計測装置といった導波路を有する他の部品への機械的及び電磁的インターフェースを与える。

【0017】

上記アダプタが上記アンテナ装置に接続される場合、平面回路と導波路との間の完全に遮蔽されたインターフェースを有する配置、又はアンテナが設けられる。

【0018】

ここに示されている上記アンテナ装置及び上記アダプタは、好ましくは、ミリ波の適用

10

20

30

40

50

及び通信システムに使用されるように設計される。本発明は、モジュール式の費用効果の高い設計の採用によって、大幅なコスト削減を成し遂げる。

【0019】

除外されない他の周波数帯で動作して、特別に影響力のある1つの周波数帯は、世界的なライセンスが免除されている範囲である57～66ギガヘルツ（上記対応する標準化された導波路帯はVバンド（V-band）、50～75ギガヘルツ）。他の商業的に影響力のある周波数帯は、71～76ギガヘルツと81～86ギガヘルツとの範囲の組み合わせである（上記対応する標準化された導波路帯はEバンド（E-band）、60～90ギガヘルツ）。上記第1の場合、上記アンテナ装置は、好ましくは、良好な調整特性及び放射効率を有する57～66ギガヘルツをカバーすべきである一方、完全な平面回路導波路遷移部の機能において、全てのVバンド範囲であるのが望ましい。第2の場合、上記アンテナ装置は、好ましくは上記71～86ギガヘルツの範囲をカバーするべきである一方、上記平面回路導波路遷移部の機能において、全てのEバンド範囲であるのが望ましい。

10

【0020】

本発明はまた、十分なテスト環境を与える、又は、上記アンテナ装置を、導波路インターフェースを有する適切な他の部品に接続するために用いられうる、上記アンテナ装置の反射フレームの表面に取り付けるように設計される上記アダプタにも取り組んでいる。

【0021】

ここで示されている上記アンテナは、低コスト、大量生産、及び組立技術を両立できるという有利な点を有する。他の有利な点は、準平面アンテナの小さな形状因子と、それがチップスケールサイズを有するという事実である。

20

【0022】

実際の実施に依存して、上記アンテナ装置は、毎秒ギガビットの無線データ通信のための十分に大きい入力インピーダンス帯域幅（相対的な帯域幅が20%より大きい）をサポートすることができる。

【0023】

他の有利な点、すなわち、周波数に関する平坦な利得応答及び高い放射効率（通常80%より大きい）が得られている。上記アンテナ装置は、さらに、中間利得（5～10 dBi）を有していてもよく、近い範囲の2点間通信の適用には十分である。

30

【0024】

上述の、及び本発明の他の目的や有利な点は、次の詳細な説明から現れるだろう。詳細な説明において、参照記号は、添付図面に付されていて、図面の一部を形成する。図面において、例として、本発明の好ましい実施形態が示されている。そのような実施形態は、必ずしも本発明の全範囲を示す必要はないが、参照記号は、本発明の範囲を説明するために、ここでは請求項に付されている。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1A】本発明に従う、アンテナ装置の略ブロック図である。

【図1B】本発明に従う、能動装置及びアンテナ装置を有する第1の通信システムの略ブロック図である。

40

【図1C】本発明に従う、能動装置、アンテナ装置及びアダプタを有する第2の通信システムの略ブロック図である。

【図1D】本発明に従う、能動装置、アンテナ装置、アダプタ及び導波路要素を有する第3の通信システムの略ブロック図である。

【図1E】本発明に従う、能動装置、アンテナ装置、アダプタ及びアンテナを有する第4の通信システムの略ブロック図である。

【図2A】本発明に従う、第1の平面アンテナ装置の上面斜視図である。

【図2B】本発明に従う、第1の平面アンテナ装置の底面斜視図である。

【図2C】本発明に従う、共通基板に取り付けられている第1の平面アンテナ装置の側面

50

図である。

【図 2 D】本発明に従う、第 1 の平面アンテナ装置に取り付けられるべき放射要素の斜視図である。

【図 2 E】上記放射要素のある程度の詳細を示す第 1 の平面アンテナ装置の上面図である。

【図 2 F】本発明の第 1 の平面アンテナ装置における反射フレームの半透明の斜視図である。

【図 3】平面アンテナ装置と、フィードポイント部によって接続されているいくつかの電子部品とを備え、共通基板に取り付けられている第 1 の通信システムの斜視図である。

【図 4】本発明に従う、平面アンテナ装置及びアダプタを備える第 2 の通信システム又は配置の半透明の斜視図である。

【図 5 A】本発明に従う、嵌め合い要素がはっきり見える平面アンテナ装置の表面に取り付けられているアダプタの上面図である。

【図 5 B】本発明に従う、機械的接点と電気的接点との両方を提供する、嵌め合い要素を示す平面アンテナ装置の表面に取り付けられている図 5 A のアダプタの半透明の側面図である。

【図 6 A】ポートとしての平面アンテナ装置を有する第 1 の較正用標準器の略ブロック図である。

【図 6 B】ポートとしての平面アンテナ装置を有する第 2 の較正用標準器の略ブロック図である。

【図 6 C】ポートとしての平面アンテナ装置を有する第 3 の較正用標準器の略ブロック図である。

【図 7 A】本発明に従う、第 2 実施形態のもう一つの平面アンテナ装置の上面斜視図である。

【図 7 B】本発明の第 2 実施形態の底面斜視図である。

【図 7 C】本発明に従う、共通基板に取り付けられている第 2 実施形態の側面図である。

【図 7 D】本発明の第 2 実施形態の半透明の上面図である。

【図 7 E】本発明の第 2 実施形態に従う、放射要素の斜視図である。

【図 7 F】本発明の第 2 実施形態の上面図である。

【図 8】本発明に従う、平面アンテナ及びアダプタを備えるもう一つの配置の斜視図である。

【図 9 A】本発明に従う、アンテナ装置に取り付けられているアダプタの側面図である。

【図 9 B】本発明に従う、図 9 A の上記アダプタ及びアンテナ装置の断面図である。

【図 9 C】本発明に従う、図 9 A の上記アダプタの断面図である。

【図 9 D】本発明の第 3 実施形態に従う、通信システムの斜視図である。

【図 10】本発明の第 4 実施形態に従う、通信システムの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

[用語]

次の複数の段落は、本発明の議論を容易にするために明細書及びクレームの全体にわたって用いられているいくつかの用語について記載する。

【0027】

次の文章において、「成形部分 (cast part)」が議論されている。本発明によると、成形部分という用語は、(自動の) 射出成形法か、その後の焼結工程を備える粉末射出成形 (PIM) 工程を用いて生産される部分として理解されるべきである。第 1 のケースにおいて、熱可塑性プラスチックが用いられてもよく、1 ステップ工程における最終寸法をもたらす。

【0028】

本発明によると、様々なプラスチックの射出成形材料が、上記成形部分を生産するために用いられてもよい。適したプラスチックのいくつかの例が、以下に挙げられる。つまり

、P A（ポリアミド）、P O M（ポリオキシメチレン）、P E T（ポリエチレンテレフタレート）、P S（ポリスチレン）、L C P（液晶ポリマー）、P B T（ポリブチレンテレフタレート）、A B S（アクリレートブタジエンスチレン）、P P E（ポリフェニルエーテル）、P P（ポリプロピレン）、P M M A（ポリメチルメタクリレート）、P C（ポリカーボネート）、P A S（ポリアリーサルフォン）、P E S（ポリエーテルサルフォン）、P E I（ポリエーテルイミド）、P A I（ポリアミドイミド）、P P S（ポリフェニレンサルファイド）、P V D F（ポリフッ化ビニリデン）、P E E K（ポリエーテルエーテルケトン）である。

【0029】

また、高分子ブレンドが用いられてもよい。高分子ブレンドは、2以上の混合性高分子の組合せである。ブレンドは、改善された製品特性を得るため、2以上の高分子を処理し、混合し、又は反応させることである。

【0030】

また、フィラー粒子を有する改良プラスチックが用いられてもよい。これにより、強固に粘着する非電極又は電解被着金属のコーティングの構造をより容易にする。上記フィラー粒子は、導電性の金属（例えばパラジウム）か、非導電性の金属顔料からなっているもよい。これらの金属顔料は、金属プライマコーティングの非電極被着のための触媒として用いられ、その後、電氣的に補強されてもよい。スプレーラッカーは、限定された接着強さだけを得る。この強さは、上記プラスチック材料に強く依存する。上記プラスチック材料に上記粒子を埋め込むことによって、上記粒子が短い酸洗工程又はレーザー切断によって表面にのみ露出することにおいても上記接着強さが大幅に改善するが、さもなければ、それらの粒子は、上記プラスチック材料によって、封入されたままである。

【0031】

改良プラスチックの他の重要なグループは、熱膨張係数（C T E）を上記共通基板の1つに合わせるために、ガラス繊維と鉱物又はセラミックの粒子の組み合わせを採用する。

【0032】

プラスチックの代わりに、金属が上記成形部分の製造のために用いられてもよい。アルミニウムは、特に適しており、アルミニウムは、アルミニウム射出成形法で成形されてもよい。チタニウム又はステンレス鋼は、金属射出成形（M I M）工程を採用することによって用いられてもよい。金属射出成形（M I M）工程は、上述した粉末射出成形（P I M）工程の変形である。この方法の有利な点は、その後の金属メッキステップを単純化し、さらには金属メッキのステップを回避してもよいところである。

【0033】

上記成形部分は、後工程の経費が最小で済むことにおいて際だっている。このため、上記成形部分はまた、ここではプレキャストの、又は仕上がった部分として、言及される。上記成形部分の寸法は、非常に正確である。

【0034】

好ましくは、導電性の表面を有する反射体が用いられてもよい。この導電性の反射面は、グラウンドに接地されていてもよい。上記反射面は、平面又は曲面とされてもよい。好ましくは、共通基板の金属面が反射体として機能する。

【0035】

本発明の特定の実施形態を検討する前に、いくつかの基本的な特徴が、図1 A～1 Eを参照することにより、検討され、また、説明される。

【0036】

本発明の1つの主要な要素は、図1 Aに概略的に示されているように、いわゆる表面実装型アンテナ装置100である。このアンテナ装置100は、4つのインターフェースE 1, M 1, E M 2及びM 2を有し、図1 Aの4つの水平線によって表されている。図1 Aの左手側の2つのインターフェースE 1及びM 1は、能動回路40への結合を構築するように工夫されている（図1 B参照）。第1のインターフェースは、電氣的インターフェースE 1であり、第2のインターフェースは、機械的インターフェースM 1である。他の2

つのインターフェースは、電磁的インターフェースE M 2と、機械的インターフェースM 2である。区別の方法として、我々は、電氣的インターフェース（T E M又は準T E M伝送線の結合部である例）として、その平面にある電界と磁界との両者の横方向成分を主に示すインターフェースを示している。そして、我々は、電磁的インターフェース（長方形の導波路結合部である例）として、電界又は磁界の縦方向成分を示すインターフェースを示している。

【0037】

本発明に従う、能動装置40とアンテナ装置100とを有する第1の通信システム200は、図1Bに示されている。

【0038】

本発明に従う、能動装置40、アンテナ装置100及びアダプタ50を有する第2の通信システム200は、図1Cに示されている。アンテナ装置100及びアダプタ50と一緒に配置300と呼ばれている。上記アダプタ50は、4つのインターフェース（2つの電磁的インターフェースと2つの機械的インターフェース）を有している。E M 2及びM 2は、上記アンテナ装置100へ、好ましくは取り外し可能な結合を構築する一方、インターフェースE M 3及びM 3が、追加の部品を取り付けるために用いられてもよい。

【0039】

本発明に従う、能動装置40、アンテナ装置100、アダプタ50及び導波路要素400を有する第3の通信システム200は、図1Dに示されている。上記アダプタ50は、4つのインターフェース（2つの電磁的インターフェースと2つの機械的インターフェース）を有している。E M 2及びM 2は、上記アンテナ装置100へ、好ましくは取り外し可能な結合を構築する一方、インターフェースE M 3及びM 3は、上記導波路要素400に接続される。この導波路要素400は、インターフェースE M 3、M 3に接続されている少なくとも二つのインターフェース（電磁的インターフェース及び機械的インターフェース）を有している。導波路要素400は、明確さのための内部的特徴として取り扱われる追加のインターフェースを有していてもよい。

【0040】

本発明に従う、能動装置40、アンテナ装置100、アダプタ50及びアンテナ500を有する第4の通信システム200は、図1Eに示されている。上記アダプタ50は、4つのインターフェース（2つの電磁的インターフェースと2つの機械的インターフェース）を有している。2つのインターフェースは、上記アンテナ装置100のインターフェースE M 2、M 2に接続されている。残りの2つのインターフェースE M 3、M 3は、上記アンテナ500に接続されている。このアンテナ500は、インターフェースE M 3、M 3に接続されている少なくとも二つのインターフェース（電磁的インターフェース及び機械的インターフェース）を有している。自由空間に放射状に広がる開口によって構成されている電磁的インターフェースは、さらに部品を取り付けることを通常想定していないので、明確さのためにこの場合も省略されている。

【0041】

第1の平面アンテナ100は、図2A～2Fに示されている。本発明に従う、上記アンテナ装置100は、少なくとも反射フレーム10と放射要素20（図2B参照）を有する。この反射フレーム10は、内側部分又は空洞16（図2C参照）の側面を形成する環状の側壁12を有している。側面口14は、上記側壁12の1つに設けられている。上記内側部分16の上側の水平口11は、図1Aの電磁氣的インターフェースE M 2を形成し、又はその部分である電磁的な開口として機能する。上記内側部分のこの部分は、開口空洞16. 2（図2B参照）と呼ばれている。上記内側部分16の下側の水平口17は、金属面31（図2C参照）の表面に取り付けられ、又は配置されるように設計されている。上記金属面31の表面に取り付けられ、又は配置されている場合、上記アンテナ装置10の電磁的な背側の反射構造又は背側の反射空洞16. 1が形成されている。

【0042】

上記反射フレーム10は、さらに支持構造13（図2C参照）を有している。この支持

10

20

30

40

50

構造 13 は、反射フレーム 10 の一体的な部分である。ステップ又はリッジは、支持構造 13 としての役目を果たす。

【0043】

上記放射要素 20 は、平面の、水平面指向のアンテナ基板 21 を有している。このアンテナ基板 21 は、長方形のモード変換領域 23. 1 と、原則的に水平方向において上記モード変換領域 23. 1 (図 2D 参照) から突出している片持ち梁形状のフィードポイント部 24 とを有している。上記フィードポイント部 24 は、電氣的インターフェース E1 (図 1A 参照) の代わりにもなり、上記アンテナ装置 100 を能動装置 40 に接続する。本発明の好ましい実施形態において、フィードポイント部 24 は、フィードポイント部 24 の長い方の縁のうちの 1 つの略中心部で上記長方形のモード変換領域 23. 1 に入るコプレーナ導波路 27 を特徴付けている。上記コプレーナ導波路 27 は、上記基板 21 のより大きい表面のうちの 1 つに接着されている薄い導電シート 26 における 2 つの平行なスロットによって形成され、結果として、中心導体 28 と 2 つの接地導体 29 とを生じている。上記長方形のモード変換領域 23. 1 において、上記導電シート 26 は、コプレーナ導波路 27 に対して直角に延び、少なくとも 1 つのスロット 71 を有している。上記中心導体 28 は、スロット 71 の遠い方の縁に電氣的に接続され、上記接地導体 29 は、近い方の縁に電氣的に接続されている。このスロット 71 は、好ましくは、領域 23. 1 の中央に配置されている。上記スロット 71 の長さは、設計した周波数帯の中央での波長の略半分と等しくなるように選ばれている。

【0044】

さらに改善された実施形態において、1 又は 2 組のスロット 72, 73 は、スロット 71 に隣接するように配置され、上記設計した周波数帯の中央における波長の略半分の長さに対応するために折り畳まれている。好ましくは、スロット 72 か 73 のどちらか少なくとも 1 つの短い端部は、スロット 71 に対して平行かつ近いところに延びていて、それによって、71 と 72, 73 とのそれぞれの間の電磁的な結合がなされている。

【0045】

本発明に従う、上記放射要素 20 は、上記内側部分 16 の内側の上記支持構造 13 によって取り付けられている。その結果、上記内側部分 16 は、上述した背側の反射空洞 16. 1 及び開口空洞 16. 2 (図 2C 参照) に分けられている。上記フィードポイント部 24 は、能動回路 40 への接続 (電氣的インターフェース E1) を有するために、側面口 14 を通って上記内側部分 16 から延在している。

【0046】

本発明に従う、上記反射フレーム 10 は、金属を有するか、又は少なくとも部分的に金属化されている。

【0047】

上記平面アンテナ装置 100 は、例えば、低周波ボード、回路基板又は類似の支持構造 (例えば、図 2C 又は 3 参照) のような共通基板 30 に集積化されるように、設計によって構成されている。上記反射フレーム 10 を収容するのに適するための全ての共通の要求は、放射要素 20 の背側の反射体として作用する水平の金属面 31 を特徴付けることである。

【0048】

上記アンテナ装置 100 の反射フレーム 10 は、「z 軸」寸法が「x 軸」及び「y 軸」寸法よりも小さい準平面レイアウトを有している。上記 z 軸は、上記 x-y 平面に対して直交し、上記 (アンテナ) 基板 21 は、上記 x-y 平面にある。好ましくは、上記フレーム 10 の (z 方向における) 高さは、上記平面回路 40 の高さの 1~5 倍の間である。もし 500 μm 厚さの平面のシリコンゲルマニウムチップ 40 が用いられると、上記背側の反射空洞 16. 1 の高さもまた、約 500 μm となる。

【0049】

本発明のアンテナ装置 100 の回路 40 の高さ、と、上記フィードポイント部 24 (図 2C 参照) の高さ D との間の小さな違いは、後述されるように、(僅かに又は完全に) 曲げ

られる片持ち梁によって架橋されてもよい。

【0050】

好適な実施形態において、上記反射フレーム10は、放射要素20に対応するように設計されている支持構造13を有し、上記支持構造13は、上記放射要素のアンテナ基板21の形状と一致する。つまり、上記反射フレーム10は、上記アンテナ基板21を支持するための機械的支持構造としての役目を果たす。上記反射フレーム10は、上記アンテナ装置100の3次元の構成要素であり、(共通の)基板30の全アンテナ装置100に取り付けるための機械的インターフェースM1の部分である。上記反射フレーム10はまた、アダプタ50を受けるように設計されているので、機械的インターフェースM2としての役目も果たす。

10

【0051】

上記反射フレーム10の下側部分16.1の寸法は、上記放射要素20が、この下側部分16.1を通して内側部分16の中へ挿入されうるように、選ばれている。このため、上記下側部分16.1の水平方向の寸法は、上記放射要素20の水平方向の寸法よりもいくらか大きく、また、フレーム10又は開口空洞16.2の上側部分よりもいくらか大きい水平方向の寸法を示している。

【0052】

上記放射要素20(その形状及び詳細は後述される)を収容するため、上記反射フレーム10の側壁12のうちの1つは、放射要素20のフィードポイント部24が反射フレームの内側部分16の外に延在しうる側面口14を有する。好ましい実施形態においては、平面回路40への、曲げられる片持ち梁のインターフェース(図1A中の電氣的インターフェースE1)を有する。

20

【0053】

好適な実施形態において、上記内側部分16に面する反射フレーム10の少なくとも側壁12は、上記反射フレーム10が開口タイプのアンテナとして用いられうるように金属化されている。このため、上記側壁12は、金属コーティングを有していてもよい。もしくは、上記成形された反射フレーム部分は、成形部分が少なくとも表面部分において導電性を有するような方法で、母材に埋め込まれた導電性の粒子を含んでいてもよい。このことは、上記放射要素20のためのアンテナ開口として、及び、以下でさらに説明するように、適したアダプタ50に連結した、十分に画定され、遮蔽されている筐体を提供するために、上記内側部分16の使用を容易にするために必要である。

30

【0054】

上記環状の壁12によって囲まれている反射フレーム10は、上側の水平口11と金属面31に面している下側の水平口17との2つの開口を有する。図2Aから、また、図2Aに続く図から、側壁12によって囲まれている内側部分16が、支持構造13によって分割され、放射要素20が2つの分離した空洞である上側の開口空洞16.2と背側の反射空洞16.1(図2C参照)とに分割されていることが分かる。本発明の好適な実施形態(同一のものに限定されず)として上述したように、コプレーナ導波路27と開口11の断面に対応する基本的な導波路モードとの間の電磁的なエネルギーを効率的に交換するために、導電シート26内のスロットの配置、又は等価な平面構造が、領域23.1内のモード変換を提供するのに用いられてもよい。上記平面構造とともに上記背側の反射空洞16.1は、有効なインピーダンス整合帯域幅の中央に略調整されている共振周波数を有するハイブリッド共振器を構成している。上記スロット配置は、基本的な導波路モードの励起及び上記放射開口11における不要な方向成分の抑制を考慮して最適化されている。上記上側の開口空洞16.2は非常に狭くてもよい。この場合、上記放射要素20は、フリースペースに直接連結されている。しかしながら、開口空洞16.2の或る最小高さは、広くて有効な周波数帯域幅及び上記アンテナ利得の平坦な周波数応答を得るための追加の自由度を与える。また、開口空洞16.2の或る最小高さは、上記アダプタ50が正しい位置にある場合、遮蔽され、また、再現性のある相互接続(図1CのEM2及びM2)の配置をより良くサポートする。好ましくは、成形された反射フレーム10が用いられて

40

50

いるという事実のため、上記背側の反射部 16. 1 は、上記開口部 16. 2 の 1 つと異なる大きさ及び形状を有しうる。この開口部 16. 2 の寸法及び形状は、上記アンテナ全体の放射パターンに影響する。したがって、所望の放射パターンに従う、開口部 16. 2 のパラメータが、例えば、全波電磁シミュレーション法に基づく構造的な最適化を行うことによって、調整されうる。

【0055】

図 2 B は、上記アンテナ装置 100 の底面の斜視図を示している。ここで、上記下側の水平口 17 と、放射要素 20 のアンテナ基板 21 の底面とが、はっきりと見える。この図は、さらに、アンテナ 100 が金属面 31 に取り付けられる前に、上記下側の水平口 17 を通って放射要素 20 を挿入することで、放射要素 20 が反射フレーム 10 に取り付けられる方法を示している。この図はまた、前の段落で議論された（背側の反射部 16. 1 及び開口部 16. 2 の）上記内側部分 16 の 2 つの部分への分離を示している。

【0056】

上記共通基板 30 に取り付けられている場合の上記平面アンテナ装置 100 の側面図が、図 2 C に示されている。この図は、組立品の構造部品を示している。第 1 に、上記水平の金属面 31 が取り付けられている共通基板 30 は、好ましくは、低周波数の基板であってもよい。この金属面 31 は、電磁的な背側の反射構造の部品であり、上記反射フレーム 10 の背側の反射部 16. 1 を囲むために設けられている。この金属面 31 上で、反射フレーム 10 には、今度は予めその中に収まっている放射要素 20 が取り付けられている。好ましくは、導電接続部が、反射フレーム 10 の側壁 12 と金属面 31 との間に設けられている。本発明の上述の実施形態において、放射要素 20 のアンテナ基板 21 は、金属面 31 から所定の距離 D にある支持構造 13 によって吊されている。

【0057】

図 2 C は、また、上記放射要素 20 の上記フィードポイント部 24（好ましくは曲げられる片持ち梁）が、垂直の側壁 12 のうちの 1 つの側面口 14 を通って上記反射フレーム 10 から延在している状況を示している。

【0058】

図 2 E は、上記平面アンテナ装置 100 の好適な実施形態の底面図を示している。上述した基本的な導波路モードの励起及び不要な領域の部品の抑制は、図 2 E の S1-S1 によって描かれているように、フィードポイント部 24 とモード変換領域 23. 1 に共通するように、少なくとも 1 つの対称面を包含することによって、最もよく得られうる。さらなる改善が、領域 23. 1 のもう一つの局地的な対称面 S2-S2 の導入によって達成されうる。このことは、同一のスロットの組 72 及び 73 にそれぞれ対応している。

【0059】

本発明のモジュラーアンテナ装置 100 に用いられている上記放射要素 20 は、図 2 D に示されている。この要素 20 は、アンテナ基板 21 に設けられている。好適な実施形態において、この基板 21 は、フレキシブルな、誘電性の材料からなっている。それは、例えば、高精細液晶高分子（LCP）のフレックス基板である。上述した実施形態において、上記アンテナ基板 21 は、フィードポイント部 24 とモード変換領域 23. 1 とを有する T 字形状である。上述したスロット 71, 72 及び 73、コプレーナ導波路 27、中心導体 28 及び接地導体 29 を越えて、図 2 D は、導電フレーム形状のシート 74 を示している。このシート 74 は、導電シート 26 を有する面とは反対側の面に配置されている。両シート 26, 74 は、好ましくは、複数の導電を用いることによって接続部 75 を介して結合されている。この配置は、シート 26 が金属面 31 へ向けられていて、したがって、平面回路 40 の上面へ向けられている場合に特に有効である。このことは、上記基板 21 の反対側同士のコプレーナ導波路間の致命的な遷移を避けるために望ましい。この場合、シート 26 は、個々の位置公差の影響を平均化する接続部 75 及びフレーム形状のシート 74 を介して、複数の導電の助けにより間接的に支持構造 13 に取り付けられている。側面口 14 から突出しているフィードポイント部 24 は、改善した遮蔽及び増加した伝送線のインピーダンス範囲を与えるための、コプレーナ導波路 27 とは反対の基板面に付着

している導電シート76を有していてもよい。導電シート76と同一平面上の接地導体29との間の接続部79を介して導電性の2本の線は、上記フィード線25の適切な遮蔽を与え、好ましくは、対称面S1-S1に対して等距離に配置されている。

【0060】

図2Fは、図2A~2Eに示された実施形態と関係して用いられうる反射フレーム10の1つの適した実施形態を示している。

【0061】

上記フィードポイント部24は、側面口14を通して上記反射フレーム10から延在するように設計されており、フィード線25を介して他の部品への、上記放射要素20の機械的及び電氣的接続（インターフェースE1及びM1）を可能にする役割を有している。フィードポイント部24は片持ち梁として実現され、フィードポイント部24の外側の縁近くのフリップチップ接点を特徴付けてもよい。好ましくは、曲げられる片持ち梁は、上記平面回路40（図3参照）に対応したインターフェースを与えるために、フィードポイント部24として機能する。上記片持ち梁又は曲げられる片持ち梁は、全ての実施形態に

10

【0062】

他の好適な実施形態において、（片持ち梁部だけではない）上記全基板21は、フレキシブル基板である。この場合、上記反射フレーム10は、いわゆるマイクロホニィ（音響学上誘発された周期的な変位による電気信号の変調）及び／又は熱によって誘発された曲げ又はゆがみに対して、十分な機械的安定性を与える。上記フレキシブル基板は、あらゆる実施形態に関連して用いられうる。

20

【0063】

上記導電面31は、背側の反射空洞16.1の一部であり、接地の代わりになってもよい。上記導電面31は、より良い再現性のために、平面アンテナ装置100の一部であるか、より低コストのために基板30の一部であってもよい。もし上記導電面31が基板30の一部であれば、導電面31はまた、平面アンテナ装置100のための機械的サポートの代わりである。

【0064】

通信システム200の典型的な第1の実施形態は、平面アンテナ装置100を備え、共通基板30に取り付けられたままで、図3に示されている。平面アンテナ装置100に加えて、共通基板30は、この図に示されているように、集積化された回路40（平面回路又は能動回路40）のような他の電子部品を通常収容している。多くの周囲の表面接点41は、回路基板又は例えばボンドワイヤを用いた共通基板30に接続されている。本発明に従う、回路40のミリ波ポートを構成する（周囲の）ボンドパッド41.1は、フィードポイント部24の外側の縁で、フィード線25（図2D参照）を介してフィードポイント部24に直接接続されている。そのような直接の結合を構築するために好適な工程は、金メッキされた、又は機械的に打ち当てられた表面接点41へのフィード線25の熱音響（thermosonic）溶接を含む逆のフリップチップボンディングである。

30

【0065】

他の周波数帯域で動作することは除外されず、本発明は、特に、57~66GHz又は、71~86GHz周波数範囲で、それぞれ動作するのに特に適している。それと同時に、上記平面アンテナ装置100は、室内通信用に主に用いられるように作られている。また、いわゆる「全二重」の同時2方向通信は、平面アンテナ100を用いることができ、追加のダイプレクサが一方のアンテナ装置10と、回路40の各送受信ポートとの間に採用されている。

40

【0066】

上記アンテナ装置100の放射効率は、90%をかなり越えていてもよく、導波路遷移部の低損失動作（十数分の1dBの挿入損失）と同時に起こる。また、設計によって、装置100は非常に頑丈であり、製造公差に対してあまり敏感ではなく、追加の導体構造を必要とする薄膜工程の代わりに、比較的低コストの除去エッチング工程を用いることがで

50

きる。

【0067】

本発明の反射フレーム部10は、図4に示されているように、アダプタ50が取り付けられようように設計されている。アダプタ50の取り付けを容易にするため、反射フレーム及び／又はアンテナ装置100は、インターフェースEM2及びM2（図1C参照）を有している。

【0068】

このアダプタ50は、アンテナ装置100の上側の水平口11に接続可能に設計されている。アダプタ50の目的は、様々なテスト及び調整装置をモジュラーアンテナ装置100に（例えば、図1Dに示されているように、導波路要素400を介して）接続する、又はアンテナ500に（図1Eに示されているように）接続する可能性を与えることである。アダプタ50と共にアンテナ100は、各平面回路－導波路遷移部を与える。部品100と50との両者は、共に接続された場合、平面回路（例えば平面回路40）と導波路（例えば導波路要素400）との間の完全に遮蔽されたインターフェースを形成する。

【0069】

このため、アダプタ50の上側部分52は、使用されている特有のテスト又は調整装置に適合する形状を有している。アダプタ50の下側部分（オス部分）は、オス部分がアンテナ100にはまるように形状因子を有する。はめ込みのオス部分は、アンテナフレーム10への機械的接点を有するように設計されている（この機械的接続はインターフェースM2と表現されている）。好ましくは、電気接点は、アダプタ50がアンテナ100に差し込まれている場合、部品10と50との間に形成されていて、それによって、完全な電磁遮蔽を与えている。

【0070】

アダプタ50の本体は、一方側でのフレーム10への機械的接続（インターフェースM2）と、他方側での（テスト装置）導波路要素400への機械的接続（インターフェースM3）とを与えている。上記本体は、さらに、電磁波が反射フレーム10から導波路要素400へ伝わる場合に、他方の開口空洞16.2（インターフェースEM2）の内側で近接場修正を確実にする特徴／要素を有する。上記はめ込み面の少なくとも一部は導体である。本発明との関連で、近接場修正は、モード変換領域23.1（又は23.2）近くの十分に定義された電磁境界条件の動作を意味している。近接場修正は、アダプタ50がフレーム10に結合されている場合には再生産可能に導入され、アンテナ100が通常動作中の場合には導入されない。

【0071】

本発明に従う、アダプタ50は、適切なテスト環境のために求められ、反射フレーム10とアダプタ50との間の接続の頑丈さ及び許容範囲がないことによっても保証される導波路遷移部（例えば、Vバンド場合の標準WR-15導波路、インターフェースEM3）を与える。上記所望の遷移部を与えることを可能にするために、導波路インターフェース（EM3）への高効率で広いバンド幅結合が、アンテナ近接場の修正によって可能になる。

【0072】

上記反射フレーム10と同様に、上記アダプタ50は、また、（事前）成形部品であってもよく、アダプタ50は、また、フライス加工、ドリル加工及び他の従来の工程によって形成されてもよい。成形方法及びその代替手段の詳細のために、成形部品についての上述の記載を参照して欲しい。成形アダプタ50と一緒に成形された反射フレーム10は、平面回路40と導波路インターフェースとの間の直接接続を与えている。両部品100, 50は、協力して所望のインピーダンス変換を与えている。

【0073】

例えば、導波路ベースの高利得アンテナ500又はフィルタを有する通信製品又はシステム200の内側の遷移部として用いられるように設計されている場合、本発明に従って、低コストと両立できる大量生産技術が採用される。しかしながら、それらの採用は、少

10

20

30

40

50

数で必要な取付テスト及び計測アダプタのために必須ではない。

【0074】

図4において、上記第1の実施形態におけるモード変換領域23.1(図2E参照)の近接場を修正するのに適した要素が描かれ、この要素は電導性の横断リッジ又はロッド54の形状を成す。この要素は、アダプタ50、すなわち、その一体的な部分に永久に取り付けられる。ギャップ77(図5B参照)は、第1のスロット71の直接の短絡回路を避けるために、(基板21に面する)要素54の下側の面と導電シート26(図2D参照)との間に設けられている。シート26の位置(基板21の上面又は背面)に依存して、ギャップ77は、空気又は誘電基板との空気の組み合わせで満たされていてもよい。有利な実施形態において、要素54は、平面S2-S2(図2E参照)に関して対称な形状をなすと共に位置している。より好ましい実施形態において、要素54は、平面S1-S1(図2E参照)に関して対称な形状である。要素54の形状及び配置は、好ましくは、残りの開口(図5A参照)の区分78A及び78Bの内側の基本的な導波路モード(例えばTE10モード)をサポートするために選ばれている。これらの区分78A、78Bの縦及び横の寸法は、望まないモードの電磁場が、所望の動作の帯域幅の外へ対応する共振周波数をシフトさせるために十分に変位させられるのと同時に、所望のインピーダンス変換をサポートするために設計されている。

10

【0075】

アダプタ50及び反射フレーム10の適切な機械的配置を確実にするため、バネ接点、面接点、ボルトナット結合等が機械的インターフェースM2として採用されてもよい。同じ要素が、反射フレーム10とアダプタ50との間の電磁的接点(インターフェースM2)を与えるために用いられていてもよい。機械的及び電磁的接続のために、異なる要素をそれぞれ採用することも考えられる。

20

【0076】

導波路要素400への遷移部を設けるため、アダプタ50は、標準の導波路フランジ(例えば、Vバンドの内側での動作の場合におけるWR-15)を有していてもよい。

【0077】

好ましい実施形態において、図5Bに示されているように、アダプタ50及びフレーム10は、接続されている場合に、電氣的、機械的双方の接点55を形成している。反射フレーム10及びアダプタ50の上側の水平口11は、例えば、開口11を取り囲むフレーム10の水平面において、電氣的に接続されうる。従って、全体が遮蔽された導波路遷移部を創出する。接点領域55の水平部分は、正確な垂直の停止位置を与える一方、垂直部分は、反射フレーム10とアダプタ50との間の正確な水平の(x, y, シータ)位置合わせを与えてもよい。図5Bにおいて、上述したギャップ77がまた、示されている。要素54は、背側の反射フレーム10における内側の側壁12への、水平の機械的及び/又は電氣的接点を有していても有していなくてもよい。

30

【0078】

アダプタ50が取り付けられている平面アンテナ100は、製造者に完全に較正されたテスト環境をサポートする。上記製造者は、装置、すなわち平面回路40を信頼できる再現性のある方法でテストして、微調整する必要がある者である。

40

【0079】

アンテナとアダプタとの結合の高度な再現性のため、較正キットが構成されうる。図6Aは、第1のアンテナ装置100A、第1の較正用標準器60A及び逆の第2のアンテナ装置100Bの配置を示している。上記較正用標準器60Aは、好ましくは、図6Aに示されている製品適用配置における平面回路40と同一の電氣的及び機械的ポート構成E1, M1を有する。上記較正用標準器60Aは、例えば、直通接続を示してもよい。図6Aのはしごネットワークはまた、取り外し可能なポートとしてのアンテナ装置100を有する較正用標準器400Aと呼ばれてもよい。

【0080】

図6Bは、上記第1の較正用標準器60Aを第2の較正用標準器60Bで置き換えたも

50

のと同等の配置を示している。上記較正用標準器 60B は、例えば、アンテナ装置 100A と 100B との間の相互接続伝送線の明確な余長を有する、いわゆる「線 (LINE)」基準を示してもよい。図 6B のはしごネットワークはまた、較正用標準器 400B と呼ばれてもよい。

【0081】

図 6C は、挿入された第 3 の標準器 60C を有する第 3 の配置を示している。上記較正用標準器 60C は、例えば、アンテナ装置 100A 及び 100B に等しい大きな反射体を与える、いわゆる「反射 (REFLECT)」基準を示していてもよく、一方で、アンテナ装置 100A と 100B との間の高度な電気信号の分離を与えている。図 6C のはしごネットワークはまた、較正用標準器 400C と呼ばれてもよい。2 ポートのベクトルネットワークアナライザ (VNA) は、完全に較正された計測に用いられてもよい。VNA の測定ポートは、1 つの適切なアダプタ 50 をそれぞれ備えうる。較正用標準器 400A, 400B 及び 400C の逐次計測は、例えば、よく知られた 12 項エラーモデルのエラー係数を計算できる一連の計測データを与える。この 12 項エラーモデルは、S. Rehnmark、「自動ネットワークアナライザシステムの較正工程について」、IEEE Trans. マイクロ波理論及び技術、1974 年 4 月、457～458 頁、及び J. Fitzpatrick、「システム計測のエラーモデル」、マイクロ波ジャーナル、1978 年 5 月、63～66 頁に記載されているように、インターフェース E1, M1 への遷移部を含む物理的な計測設定の不完全さを数学的に除去するために用いられうる。

【0082】

その他によく知られた方法が、上述したエラー係数、及び標準導波路ポートでの VNA の較正から得られる対応する係数を用いることによって、配置 300 (図 1C 参照) の散乱行列を決定するために適用されうる。この配置 300 は、標準導波路 (インターフェース EM3, M3) と平面装置ポート (インターフェース E1, M1) との間の複合アダプタを構成しているので、この散乱行列の知識は、標準導波路ポートに関する既知の特性を有する装置による正しい計測に大変役立つが、非標準ポートの較正には役立たない。

【0083】

好適な実施形態において、上記アダプタ 50 及び上記反射フレーム 10 は、アダプタ 50 が手動で取り付けられたり外されたりするように設計されている。したがって、機械的なクランプ機構が好適である。

【0084】

さらに好適な実施形態において、増加された開口サイズを有し、それによって増加されたアンテナ利得能力を有する平面アンテナ装置 100 の放射要素 20 として機能する代替モード変換領域 23.2 (図 7D 参照) を有する開口空洞アンテナが考案されてもよい。各実施形態は図 7A～7F に示されている。同一の参照番号は、同一の要素の他、多かれ少なかれ同じ機能を有する要素にも用いられている。各要素は、簡単に検討されているだけである。より詳細は、図 2A から 2F の記載から導き出されうる。

【0085】

この実施形態は、上側の開口空洞 16.2 (図 7D 参照) と下側の背側の反射空洞 16.1 とが、好ましくは、反射フレーム 10 の一体的な部分である水平の遮蔽壁 16.3 (図 7A 参照) によって分けられているという事実によって特徴付けられている。上記遮蔽壁 16.3 は、上側の開口空洞 16.2 内に中心が置かれている 2 つ折りの鏡面对称の開口 81 を有する。上記遮蔽壁 16.3 は、放射要素 20 を受けるように、又は、固定するように設計されているので、ここでは支持構造とも呼ばれている。上記背側の反射空洞 16.1 (図 7D 参照) はまた、好ましくは、上側の開口空洞 16.2 よりも、はるかに小さい領域をカバーし、それによって、動作の周波数の範囲内での共振モードの数を減らす。上記放射要素 20 (図 7B 参照) は、遮蔽壁 16.3 の下側の面に配置され、実質的に開口 81 (図 7A 参照) に閉じこめられたモード変換領域 23.2 を有する。

【0086】

好適な実施形態において、上記開口 81 は、動作の周波数の範囲内での 1 つの基本的な

共振モードだけをサポートするために寸法が決まっている。

【0087】

有利な実施形態は、基本的に長方形の開口81を有する。モード変換領域23.2は、修正されたE-プローブ(E-probe)の形状をしている。背側の反射空洞16.1の高さは、回路40(例えば、シリコンゲルマニウムチップ)によって与えられるので、背側の反射空洞16.1の高さは、自由な電气的設計パラメータとして用いることができない。60GHzの範囲において、典型的なチップ高さ500 μ mは、平面回路から導波路への遷移部に基づくE-プローブにおける、バックショート部分の通常の深さの約30%を表し、約4分の1波長である。例えば、S. Hirsch, K. Duwe, and R. Judaschke、「長方形の導波路から薄膜上のコプレーナ導波路への遷移部」、Infrared and Millimeter Waves, 2000. Conference Digest. 2000 25th International Conference. を参照のこと。

【0088】

上記修正されたE-プローブは、中心導体28によって与えられ、中心導体28自体は、上述した実施形態(図2A~2F、図7C参照)との類似において、フィードポイント部24に含まれるフィード線25によって与えられている。明瞭さのため、フィードポイント部24は、図7A、7B及び図7D~7Fにおいて省略されている。中心導体28は、大きな領域である導電シート26の反対側の基板21の一面に取り付けられ、電気接地層として機能する。開口81の形状及び大きさと対応して、開口82が、シート26内に設けられている。この開口82は、好ましくは、開口16.3の周辺と似ているが、僅かに小さい寸法を有する。結果として突出する導体のフレームは、フレーム10と放射要素20との間の位置公差の影響を低減するのに役立つ。

【0089】

好適な実施形態において、リング形状の導電シート74は、上記中心導体28と同じ基板21の表面に設けられると共に配置されている。リング形状の導電シート74は、開口82内に全体がすっぽり入る、2つ折りの鏡面对称形状の開口83を有している。平面アンテナ装置100の第1の実施形態に対する類似において、接続部75を介して多数の導電体は、シート26及び74の同一の電位を確保するために用いられてもよい。中心導体28は、電気接地層から開口82へ突出する。ここで、中心導体28は、好ましくは、幅狭のストリップ85(図7D参照)の形態をとる。この領域における接地層の欠如のため、このストリップは、一連の接続された誘導性リアクタンスを表している。ストリップ85は、より幅広のパッチ86に接続されていて、ストリップ85自体と開口83の反対側の縁との間のギャップ87(図7F参照)を残す。基板21の同じ側の導電シート74及びパッチ86の両方の位置のおかげで、ギャップ87によって生成された浮遊容量は、放射要素20のフォトリソグラフィ生産工程の間の連続的な露光に起因する位置決め公差(僅かな位置エラー)とほとんど関係ない。設けられた開口83は、開口82内にある。さらに、開口81に及ぶ放射要素20の位置決め公差に対する感度の減少は、開口82を囲む導体の縁と開口81の周辺との間の十分な水平の空間を与えることによって得られる。

【0090】

モード変換領域23.2の好ましい実施形態は、鏡面对称に配置され、導電性を有する横ストリップ88を与える。この横ストリップ88は、パッチ86の両側に接続され、開口82の導体に対して略平行に延びる。中心導体28の近くの縁までの距離は、中心導体28の遠い方の縁までの距離よりもはるかに小さい。よく知られているE-プローブ配置についてのこの修正は、背側の反射空洞16.1の並外れて小さな高さを補い、上記アンテナと導波路遷移部との両方の動作モードのための、良好かつ広帯域のインピーダンス整合を再び成す。ギャップ87及び89によって成された浮遊容量を有する配置は、それぞれ、準集中要素のコンデンサ型分圧器を構成する。この単純かつコンパクトな構造によって、ギガビットモジュール式のRF波形及び、導波路遷移部の全導波路帯(例えば、Vバンド50~75GHz)動作、つまりテスト及び計測動作モードを十分に満たすインピー

ダンス整合帯域を可能にしている。平面のフィードポイント部におけるネットワークに適合する平面のリアクタンスを無くすことが、上記ミリ波の挿入ロスを減らしている。

【0091】

開口空洞16、2の有利な実施形態において、2つの台15が設けられ、これらの台15は、それぞれ、モード変換領域23、2と同じくS1-S1について鏡面对称を有する。これらの台15はまた、同一で、それ自体は第2の、局所的な鏡対称面を形成する。台15の高さは、空洞16、2の高さ以下である。また、台15の幅及び長さは、上記アンテナモード動作のために最適化された広帯域のインピーダンス整合の特性を得るために調整されている。空洞16、2の内側の側壁12と開口81の縁との間の距離の50%~90%の台の長さに合うように最適化されるために、台の幅を調整することは有益である。台15の助けにより、上側の開口11からの放出のための良好な開口効率が達成されうる。つまり、帯域幅の調整と略単一の孔の領域との間のまづまづの妥協が見つけれうる。

【0092】

再現性のあるアダプタ50への高周波接点を与えるため、上側の空洞16、2の少なくとも遮蔽壁16及び内側の側壁12は、例えば、薄い金属層でコーティングすることにより、導電性を有する。

【0093】

さらに好適な実施形態において、上側の空洞16の前面91はまた、内側の側壁12への環状の接点を有する導電体であり、基本的に平らな面を示している。

【0094】

図8において、本発明に従う、平面アンテナ装置100及びアダプタ50を備える配置の斜視図が示されている。この図は、アダプタ50が、どのようにアンテナ10に差し込まれうるかを示している。反射フレーム10は、上述したように完全に又は部分的に金属化されていてもよい。一方で、アダプタ(フレーム)50は完全に金属化されている。取り付けられる場合、2つの部品10、50は、電氣的に接続されると共に完全に遮蔽された導波路遷移部が生み出される。電氣的接点は、好ましくは、次の2つの方法のいずれかにより形成されている。フレーム10の上側の空洞16、2の内側の側壁12が、十分な表面平坦性、十分に正確な寸法及び導体の耐摩耗性を有している場合、アダプタ50の外側壁92の側面の接点が形成される。この場合、少なくともフレーム10の側壁は、ある機械的な適合性及び弾性を有していなければならない。そうでなければ、アダプタ50の下側の突出した管状の前面93が、上記フランジの周辺に沿って金属化された前面91との電気接点を形成するために用いられうる。図8に示したように、対称的に配置された導電ポスト18は、アンテナ装置100の現在の実施形態の独創的な近接場修正を形成するため、及び上記導波路遷移部の動作モードにおける適切なインピーダンス変換を与えるために設けられていてもよい。好ましくは、導電ポスト18は、機械的な曖昧さを避けると共に、導電ポストの高精度な表面への不慮の損傷を緩和するために、内側の側壁12及び遮蔽壁16に触れていない。

【0095】

図9A~9Dは、平面アンテナ装置10及び取付アダプタ50の第一の好ましい実施形態を構成する配置300を示している。アライメントピン94を有する標準的な導波路フランジは、機械的なインターフェースM3及び電磁的なインターフェースEM3として、それぞれ実装されている。図9Aは側面図を示す一方、図9Bは、中心を外れた上記配置の断面を示している。接点領域55(図5B参照)は、明確に認識されうる。図9Cは、アダプタ50の中心面を通る断面だけを示している。複合された独創的な近接場修正及びインピーダンス整合機能を構築する上記横断リッジ54がまた、図9Cに示されている。図9Dにおいて、上記アンテナ装置100が能動装置40に接続されている、通信システム200が示されている。機械的支持構造501が、ねじの助けによって上記アダプタ50を上記共通基板30に機械的に固定するのに用いられうることを示されている。この方法で、実験室環境において、計測目的のためにテスト導波路を取り付ける、安全で省スペースな方法が与えられる。機械的支持構造501は、この特別な構成において、機械的イ

ンターフェースM2の一部である。機械的支持構造501は、共通基板30の表面に接着され、はんだ付けされ又はねじ止めされうる。生産テスト環境において、機械的支持構造501は、正確な配置及び自動プローブ搬送システムに対する十分な接触力を与えることによって、省略されうる。

【0096】

さらに、通信システム200の他の実施形態（修正されたE-プローブ設計を有するもの）が、図10に示されている。ここで、機械的インターフェースM2の一部である機械的支持構造は、3つの各部品502.1（2x）及び502.2に分けられている。それらの部品は、表面取り付け技術（SMT）及びリフローはんだ付け工程のために最適化された材料からなると共に、表面メッキが施されている。この方法で、例えば、高利得アンテナ500のような追加の部品を永久に取り付けるのに必要な部品は、自動製造工程を用いて費用対効果の高い取り付けがなされうる。ねじを用いる代わりに、バネ作用のクランプ、パイオネット継手又は他の方法が、適切な形状をした機械的支持部品と共に用いられうる。

10

【0097】

本発明に従って、アンテナ100は、回路40に取り付けられうるし、アダプタ50に取り付けられることなく単独で用いられうるし、または、アダプタ50に取り付けられうる。

【0098】

非接続の構成において、上記アンテナ100は、中間ゲインを有する通信システム200の低損失、広帯域、高効率な部品であって、容易に標準基板30に取り付けられると共に、回路40に接続される。

20

【0099】

接続された構成において、上記導波路インターフェースEM3、M3は、能動及び受動部品を回路40に加える可能性を与える。この回路40は、フィルタ、高利得アンテナ及びアンプモジュールを含むが、これらに限定されない。上記アダプタ50は、好ましくは、導波路400又はアンテナ500をアンテナ装置100に接続できる場の修正（例えば、望まない共振モードの抑制のため）を提供する。

【0100】

また、接続された構成において、上記導波路インターフェースEM3、M3は、標準の導波路部品400の全動作の帯域幅内の回路40のための、低損失で、全体的に遮蔽され、再現性のあるテスト及び計測環境を可能にしている。

30

【0101】

独創性のあるアンテナ装置100及びアダプタ50は、接続及び非接続の両構成において、特定の機能を同時に実現するために協調設計がされている。

【0102】

全ての要素、特にアンテナ装置100は、標準の、低コスト材料を使用して製造されるように設計されており、大量生産工程を構築している。CNC機械加工のような少量生産技術は排除されず、成形は、大量生産を別にすれば好ましい技術である。

【0103】

結果として、本発明のアンテナ装置100を有する費用対効果の高いモジュールを作るのを許容する、モジュール式の非常に柔軟な解決法が利用可能であり、生産及び設計のシーケンスにおいて、テスト及び計測のために適用されている。モジュール式の非常に柔軟な解決法は、能動及び受動部品に導波路インターフェースを与えるのに等しくて、よく適合している。この種の結合されたインターフェースは、必要なモジュールのバージョンの数の最小化、物流の努力の減少及び在庫回転の増加によって、全体の製造コストをさらに減少できる。

40

【0104】

従来 of 解決法に比べて、本発明は、特に、ミリ波の送受信回路及びモジュールのコストをかなり減少させている。

50

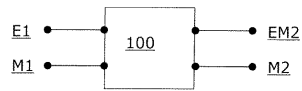
【符号の説明】

【0105】

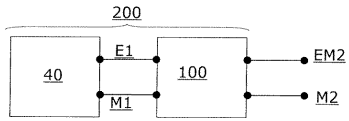
10	反射フレーム	
11	上側の水平口	
12	環状の側壁	
13	支持構造	
14	側面口	
15	台	
16	内側部分	
16.1	背側の反射部／背側の反射空洞	10
16.2	開口部／開口空洞	
16.3	遮蔽壁	
17	下側の水平口	
18	スタブ	
20	放射要素／モード変換要素	
21	(アンテナ)基板	
22	放射パターン	
23.1	モード変換領域(能動領域)	
23.2	代わりのモード変換領域	
24	フィードポイント(部)	20
25	フィード線	
26	導電シート	
27	コプレーナ導波路	
28	中心導体	
29	接地導体	
30	共通基板	
31	水平金属面	
40	集積回路	
41	接点(ボンドワイヤ)／表面接点	
41.1	ボンドパッド	30
50	アダプタ	
51	下側部分	
52	上側部分	
54	第2の結合要素(リッジ又はロッド)	
60A	第1の較正用標準器	
60B	第2の較正用標準器	
60C	第3の較正用標準器	
71	(第1の)スロット	
72	スロット	
73	スロット	40
74	フレーム形状のシート	
75	接続部	
76	導電シート	
77	ギャップ	
78A	区分	
78B	区分	
79	接続部	
81	鏡面对称開口	
82	開口	
83	開口	50

8 5	幅狭のストリップ	
8 6	より幅広のパッチ	
8 7	ギャップ	
8 8	横ストリップ	
8 9	ギャップ	
9 1	前面	
9 2	外側壁	
9 3	環状前面	
9 4	アライメントピン	
1 0 0	モジュラーアンテナ装置	10
1 0 0 A	第 1 のアンテナ装置	
1 0 0 B	逆の第 2 のアンテナ装置	
3 0 0	配置	
4 0 0	導波路部品	
4 0 0 A	較正用標準器	
4 0 0 B	較正用標準器	
4 0 0 C	較正用標準器	
5 0 0	アンテナ	
5 0 1	機械的支持構造	
5 0 2 . 1	個別部品	20
5 0 2 . 2	個別部品	
E M 2	インターフェース／電磁接点	
E M 2 A	電磁的インターフェース	
E M 2 B	電磁的インターフェース	
E M 3	インターフェース／導波路インターフェース	
E 1	電氣的インターフェース	
E 1 A	電氣的インターフェース	
E 1 B	電氣的インターフェース	
M 1	機械的インターフェース	
M 1 A	機械的インターフェース	30
M 1 B	機械的インターフェース	
M 2	機械的インターフェース	
M 2 A	機械的インターフェース	
M 2 B	機械的インターフェース	
M 3	機械的インターフェース	
S 1	対称線	
S 2	対称線	

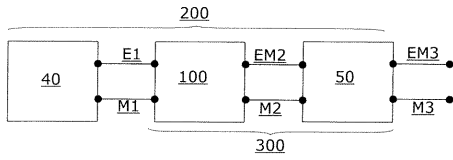
【図 1 A】



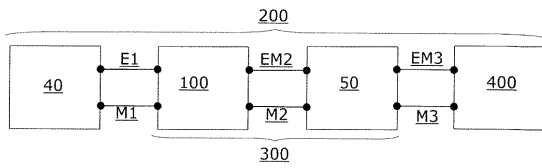
【図 1 B】



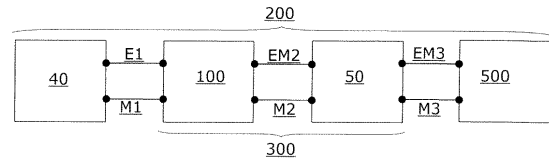
【図 1 C】



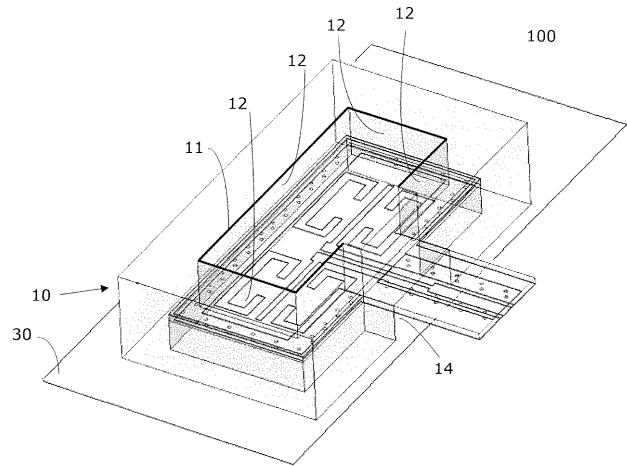
【図 1 D】



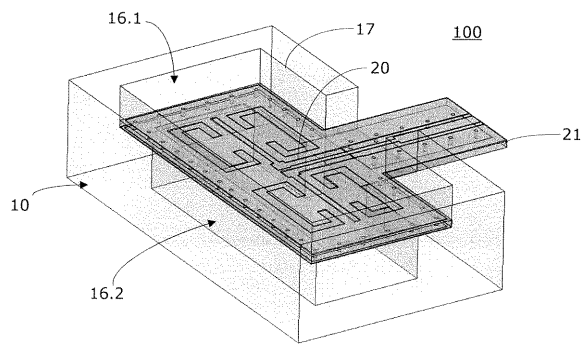
【図 1 E】



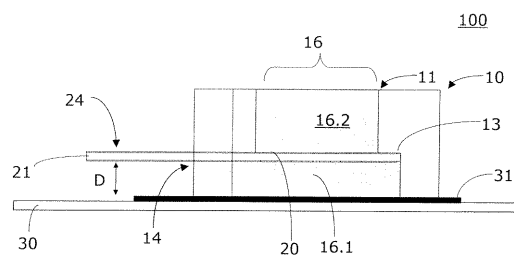
【図 2 A】



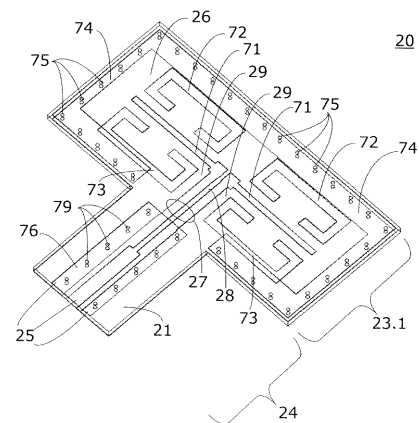
【図 2 B】



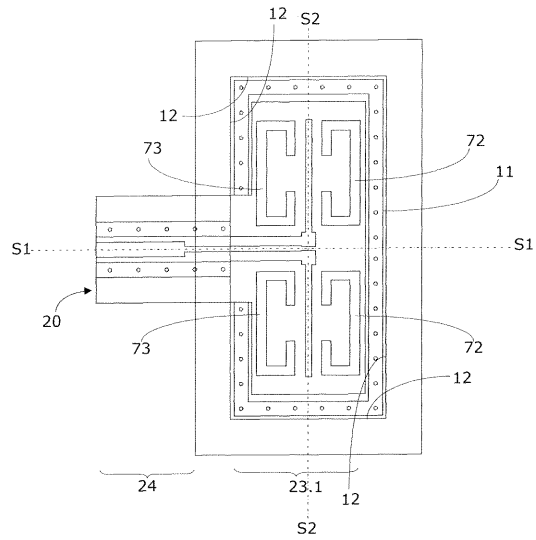
【図 2 C】



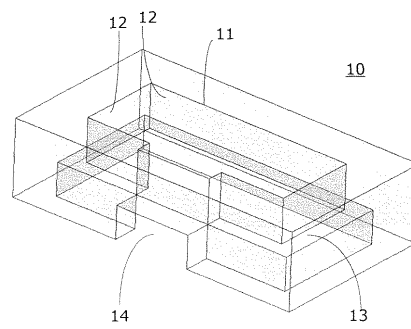
【図 2 D】



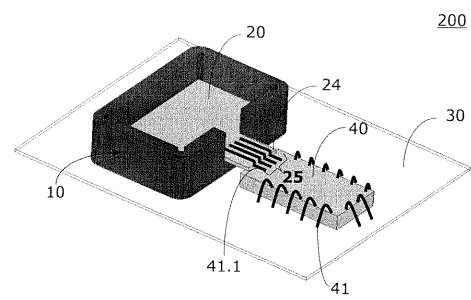
【図 2 E】



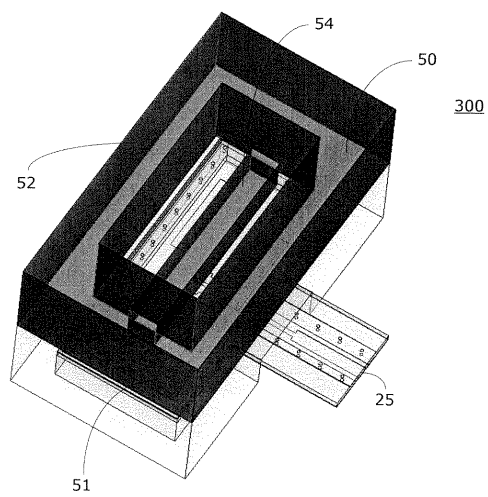
【図 2 F】



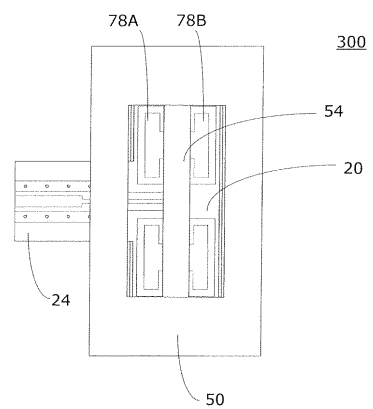
【図 3】



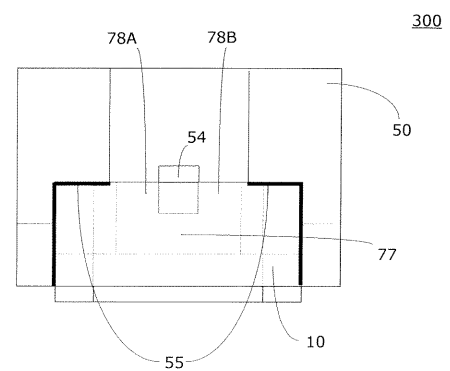
【図 4】



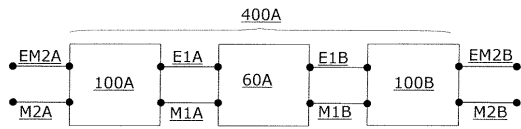
【図 5 A】



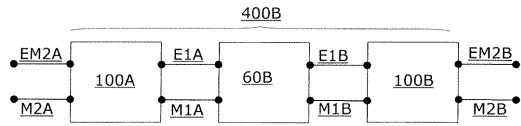
【図 5 B】



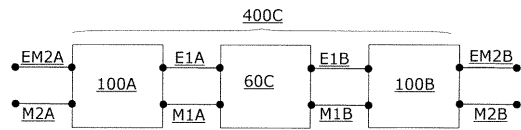
【図 6 A】



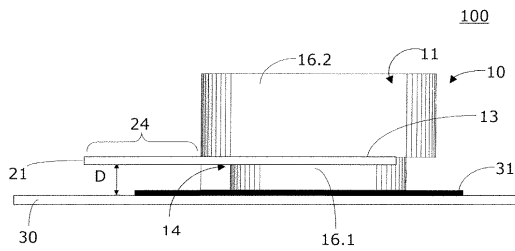
【図 6 B】



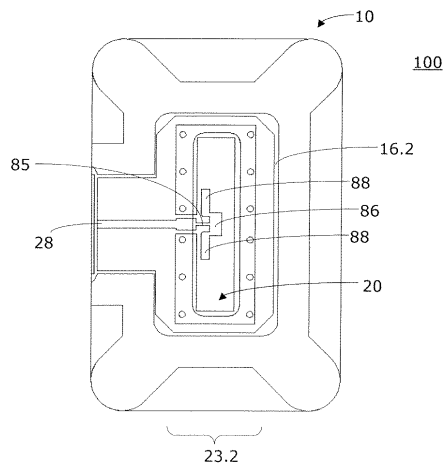
【図 6 C】



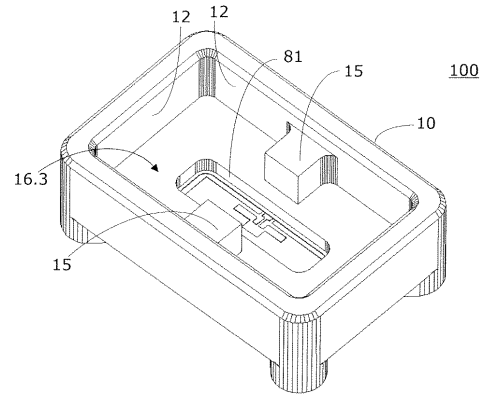
【図 7 C】



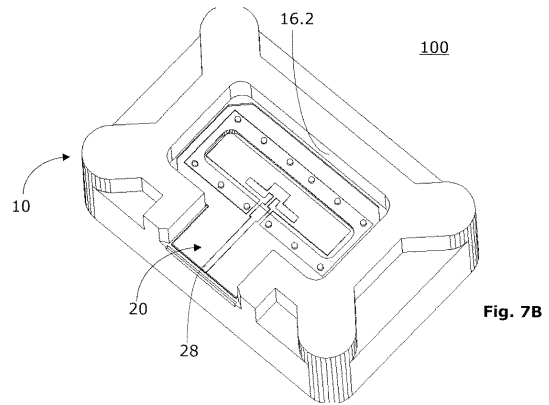
【図 7 D】



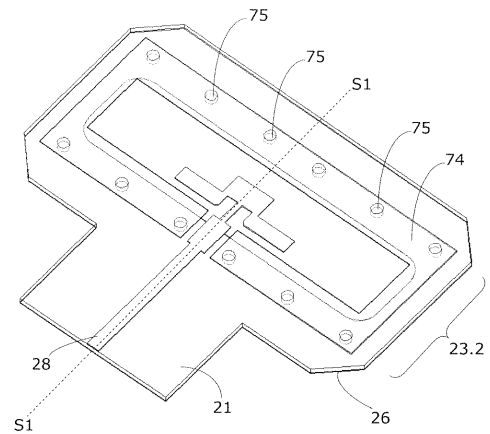
【図 7 A】



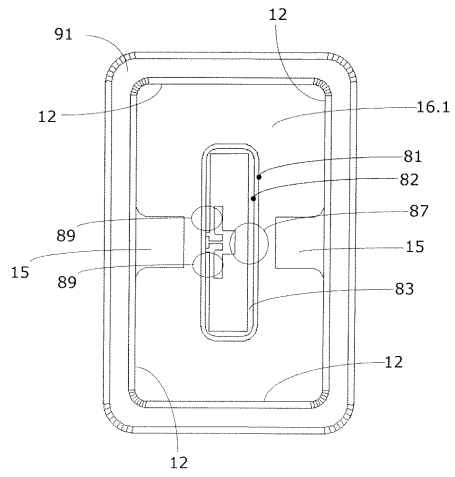
【図 7 B】



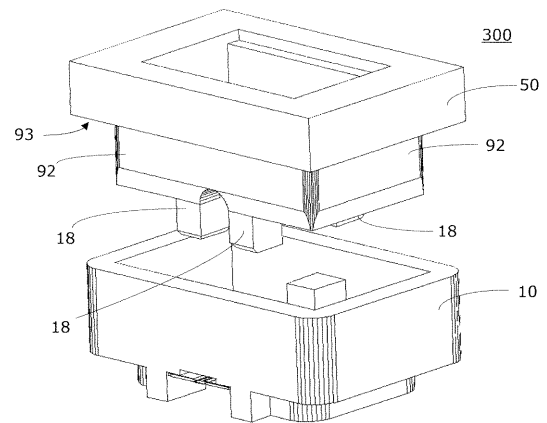
【図 7 E】



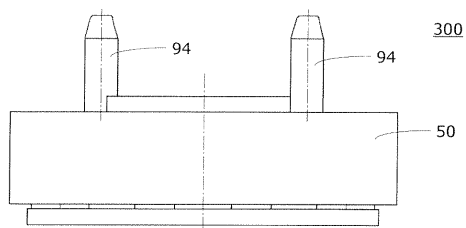
【図 7 F】



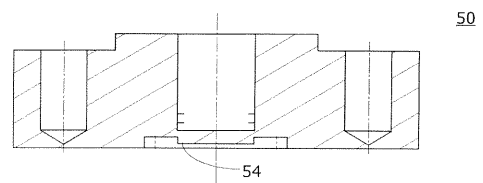
【図 8】



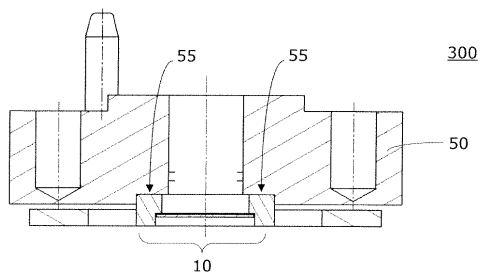
【図 9 A】



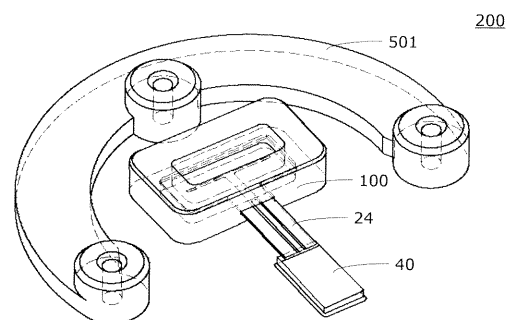
【図 9 C】



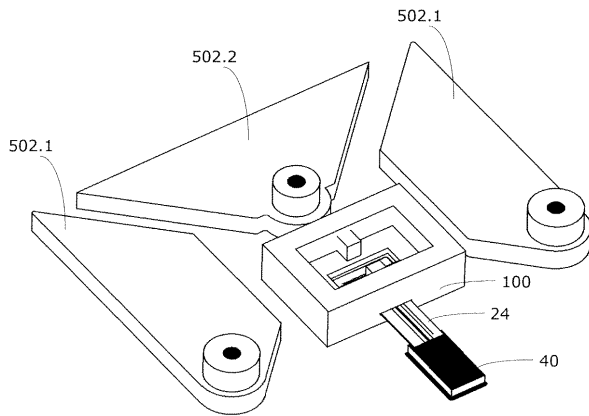
【図 9 B】



【図 9 D】



【図 10】



【手続補正書】

【提出日】平成24年5月24日(2012.5.24)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面実装型アンテナ装置（100；100A；100B）の反射フレーム（10）の電磁的な開口として機能する上側の水平口（11）に接続可能に設計されている下側部分（51）と、テスト又は調整装置の導波路（400）を収容するように設計されている上側部分（52）とを有することを特徴とするアダプタ（50）。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のアダプタ（50）において、

上記アンテナ装置（100；100A；100B）は、上記アダプタ（50）への結合を形成するための電磁的インターフェース（EM2）及び機械的インターフェース（M2）を備えることを特徴とするアダプタ（50）。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のアダプタ（50）において、

上記アンテナ装置（100；100A；100B）の機械的インターフェース（M2）は、上記アダプタ（50）への差し込み式接続を与えることを特徴とするアダプタ（50）。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 に記載のアダプタ（50）において、

上記アンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）は、上記アダプタ（５０）との機械的結合のための少なくとも１つの嵌め合い要素（１５）を備えることを特徴とするアダプタ（５０）。

【請求項５】

請求項４に記載のアダプタ（５０）において、

上記アンテナ装置（１００）の上記少なくとも１つの嵌め合い要素（１５）に機械的に嵌まるように設計されている、少なくとも１つの嵌め合い要素（１８）をさらに備えることを特徴とするアダプタ（５０）。

【請求項６】

請求項１から５のいずれか１つに記載のアダプタ（５０）において、

上記アダプタ（５０）が上記アンテナ装置（１００）に差し込まれる場合に、モード抑制及びインピーダンス変換を与える要素（１８；５４）をさらに備えることを特徴とするアダプタ（５０）。

【請求項７】

反射フレーム（１０）を有するアンテナ装置（１００；１００Ａ；１００Ｂ）と、請求項１から６のいずれか１つに記載のアダプタ（５０）とを備え、

嵌め合い要素（１５，１８）は、上記反射フレーム（１０）と上記アダプタ（５０）との間の機械的接続（Ｍ２）を形成するために与えられており、好ましくは、オス／メスタイプの嵌め合いペアが上記嵌め合い要素（１５，１８）として採用されていることを特徴とする配置（３００）。

【請求項８】

請求項７に記載の配置（３００）において、

接続されている状態で、電氣的及び機械的接点（５５）は、上記反射フレーム（１０）と上記アダプタ（５０）との間に設けられていることを特徴とする配置（３００）。

【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、アンテナ装置に関連した使用のためのアダプタ及び対応する配置に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来のマイクロ波及びミリ波無線アプリケーションは、共通の高周波基板又は回路基板上に個々に組み立てられた個別の受動及び能動部品から通常なっていて、結果として低い集積化のレベルを招く。

【０００３】

特にミリ波周波数での、そのような無線アプリケーションの性能は、個別の部品間の許容できる連続的なインターフェース又は遷移部の数によって、通常は制限されている。それは、上述の共通の基板の品質および所定の反射係数を再現する相互接続技術の機能である。

【０００４】

通信システム及びアプリケーションの全費用を大幅に下げる取り組みにおいて、高利得アンテナ、フィルタ、及びフロントエンドモジュールのような低価格の主要な部品が開発中である。

【０００５】

より大量の市場への浸透のための主要な要件は、全般的なコストの大幅な減少である。典型的なコスト推進要因は、アンテナそれ自体である。

【0006】

現代的で、アンテナベースの無線通信システムの以下の主な特徴は、非常に望ましい。
一例えば、屋内や、2点間の屋外等の異なる適用状況におけるユニットの使用を許容するモジュール式で再現性のあるビルドアップなど。

一明確であり、再生産可能であって、遮蔽された信号導管を生み出すことによって、リンクテストに依存する伝搬の曖昧さを避けて、上記アンテナまで、かつ上記アンテナを含んで、完全に組み立てられたシステムのフルにテスト可能な送受信両側を供給できることである。

【0007】

適切な集積化の方法論を適用する新しいアプローチは、上述した想定される無線システムの良好な低コスト及び高機能の実現のための主要な要因であると信じられている。それは、最小マイクロ波技術を有するミリ波ユニットが用いられ、実質的に単純化された組立品を可能にする。理想的には、高価な高周波の共通基板担体が完全に排除されうる。また、可変パッケージ及び基板レベルの電波環境に対してほとんど反応を示さず、異なる製造及び組立設置に容易に転換可能な、アンテナと一体化された導波路遷移部との両方の設計を供給すべきである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、追加の導波路ベースの（例えばミリ波の）能動及び受動の部品に対する、信頼できて、再現性のあるインターフェースを提供することである。

【0009】

本発明の他の目的は、平面の（例えばミリ波の）回路に対する、再現可能で、低損失で、完全に遮蔽されたテスト及び計測のインターフェースを提供することである。

【0010】

本発明は、テスト及び高度に一体化された無線への適用のための、低コストの中間利得（5～10 dBi）モジュール式の表面実装型アンテナの調整状況において用いられる適切なアダプタとの構成へ向けられている。

【0011】

上記独創的な表面実装型アンテナは2つの主な機能を有している。第1の機能は、電磁エネルギーを自由空間中へ（外へ）放出する及び／又は受信するための通常のアンテナ機能である。第2の機能は、上記アンテナが平面回路－導波路遷移部の第1の部品を構成する、アダプタ機能である。したがって、上記アンテナはまた、いわゆるコネクタベース又はメス型アダプタ部品である。平面回路－導波路遷移部の第2の部品として、コネクタプラグ又はオス型アダプタ部品が用いられている。それは上記アンテナに繰り返し取り付けられうる。その結果、低損失で、広帯域かつ再現性のある平面回路－導波路遷移部を生み出す。

【0012】

ここで示されている上記アンテナは、一体化された導波路コネクタ機能を有する表面実装型の、準平面のアンテナである。

【0013】

本発明によると、上記独創的なアンテナの主要素は、反射フレームと、能動（平面）回路への、少なくともわずかに曲げられる片持ち梁のインターフェースを有する放射要素とを備えている。上記ミリ波導波路アンテナ自体は、上記放射要素と2つの空洞、すなわち、背側の反射空洞及び開口空洞によって形成されている。上記放射要素は、上記反射フレームの内側に取り付けられて、これら2つの空洞の間の共通のインターフェースを提供している。全てのアンテナは、共通基板に配置されている導電面の表面に取り付けられており、基本的に電磁的に遮蔽された容量としての背側の反射空洞を生じさせている。

【0014】

上記独創的なアンテナ装置は、平面回路－導波路遷移部の第1の部品を構成し、次の主

な特徴を有している。すなわち、

- －「Z軸」寸法が「X軸」及び「Y軸」寸法よりもはるかに小さい準平面形状を有する。
- －平面の能動回路（送受信）チップへの、可撓性の機械的及び電氣的インターフェースを与える。
- －上記放射要素のためにフレキシブルな高周波基板を用いてもよい。
- －「導波路準備」、すなわち、上記アダプタ／コネクタの機能性をサポートする／受け入れるために設計される。
- －アダプタへの機械的及び電磁的インターフェースを与える。

【0015】

上記独創的なアダプタは、平面回路－導波路遷移部の第2の部品を構成し、次の主な特徴を有する。すなわち、

- －上記他の開口空洞の内側に、より高次のモード抑制を与えるように設計される。
- －近接場の放射要素の修正をなす。
- －上記平面回路－導波路遷移部のインピーダンス変換の役に立つ。
- －上記アンテナ装置への機械的及び電磁的インターフェースを与える。
- －導波路、又は、例えばアンテナやテスト及び計測装置といった導波路を有する他の部品への機械的及び電磁的インターフェースを与える。

【0016】

上記アダプタが上記アンテナ装置に接続される場合、平面回路と導波路との間の完全に遮蔽されたインターフェースを有する配置、又はアンテナが設けられる。

【0017】

ここに示されている上記アンテナ装置及び上記アダプタは、好ましくは、ミリ波の適用及び通信システムに使用されるように設計される。本発明は、モジュール式の費用効果の高い設計の採用によって、大幅なコスト削減を成し遂げる。

【0018】

除外されない他の周波数帯で動作して、特別に影響力のある1つの周波数帯は、世界的なライセンスが免除されている範囲である57～66ギガヘルツ（上記対応する標準化された導波路帯はV－バンド（V－band）、50～75ギガヘルツ）。他の商業的に影響力のある周波数帯は、71～76ギガヘルツと81～86ギガヘルツとの範囲の組み合わせである（上記対応する標準化された導波路帯はE－バンド（E－band）、60～90ギガヘルツ）。上記第1の場合、上記アンテナ装置は、好ましくは、良好な調整特性及び放射効率を有する57～66ギガヘルツをカバーすべきである一方、完全な平面回路－導波路遷移部の機能において、全てのV－バンド範囲であるのが望ましい。第2の場合、上記アンテナ装置は、好ましくは上記71～86ギガヘルツの範囲をカバーすべきである一方、上記平面回路－導波路遷移部の機能において、全てのE－バンド範囲であるのが望ましい。

【0019】

本発明はまた、十分なテスト環境を与える、又は、上記アンテナ装置を、導波路インターフェースを有する適切な他の部品に接続するために用いられうる、上記アンテナ装置の反射フレームの表面に取り付けるように設計される上記アダプタにも取り組んでいる。

【0020】

ここで示されている上記アンテナは、低コスト、大量生産、及び組立技術を両立できるという有利な点を有する。他の有利な点は、準平面アンテナの小さな形状因子と、それがチップスケールサイズを有するという事実である。

【0021】

実際の実施に依存して、上記アンテナ装置は、毎秒ギガビットの無線データ通信のための十分に大きい入力インピーダンス帯域幅（相対的な帯域幅が20%より大きい）をサポートすることができる。

【0022】

他の有利な点、すなわち、周波数に関する平坦な利得応答及び高い放射効率（通常80

%より大きい)が得られている。上記アンテナ装置は、さらに、中間利得(5~10dB)を有していてもよく、近い範囲の2点間通信の適用には十分である。

【0023】

上述の、及び本発明の他の目的や有利な点は、次の詳細な説明から現れるだろう。詳細な説明において、参照記号は、添付図面に付されていて、図面の一部を形成する。図面において、例として、本発明の好ましい実施形態が示されている。そのような実施形態は、必ずしも本発明の全範囲を示す必要はないが、参照記号は、本発明の範囲を説明するために、ここでは請求項に付されている。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1A】本発明に従う、アンテナ装置の略ブロック図である。

【図1B】本発明に従う、能動装置及びアンテナ装置を有する第1の通信システムの略ブロック図である。

【図1C】本発明に従う、能動装置、アンテナ装置及びアダプタを有する第2の通信システムの略ブロック図である。

【図1D】本発明に従う、能動装置、アンテナ装置、アダプタ及び導波路要素を有する第3の通信システムの略ブロック図である。

【図1E】本発明に従う、能動装置、アンテナ装置、アダプタ及びアンテナを有する第4の通信システムの略ブロック図である。

【図2A】本発明に従う、第1の平面アンテナ装置の上面斜視図である。

【図2B】本発明に従う、第1の平面アンテナ装置の底面斜視図である。

【図2C】本発明に従う、共通基板に取り付けられている第1の平面アンテナ装置の側面図である。

【図2D】本発明に従う、第1の平面アンテナ装置に取り付けられるべき放射要素の斜視図である。

【図2E】上記放射要素のある程度の詳細を示す第1の平面アンテナ装置の上面図である。

【図2F】本発明の第1の平面アンテナ装置における反射フレームの半透明の斜視図である。

【図3】平面アンテナ装置と、フィードポイント部によって接続されているいくつかの電子部品とを備え、共通基板に取り付けられている第1の通信システムの斜視図である。

【図4】本発明に従う、平面アンテナ装置及びアダプタを備える第2の通信システム又は配置の半透明の斜視図である。

【図5A】本発明に従う、嵌め合い要素がはっきり見える平面アンテナ装置の表面に取り付けられているアダプタの上面図である。

【図5B】本発明に従う、機械的接点と電気的接点との両方を提供する、嵌め合い要素を示す平面アンテナ装置の表面に取り付けられている図5Aのアダプタの半透明の側面図である。

【図6A】ポートとしての平面アンテナ装置を有する第1の較正用標準器の略ブロック図である。

【図6B】ポートとしての平面アンテナ装置を有する第2の較正用標準器の略ブロック図である。

【図6C】ポートとしての平面アンテナ装置を有する第3の較正用標準器の略ブロック図である。

【図7A】本発明に従う、第2実施形態のもう一つの平面アンテナ装置の上面斜視図である。

【図7B】本発明の第2実施形態の底面斜視図である。

【図7C】本発明に従う、共通基板に取り付けられている第2実施形態の側面図である。

【図7D】本発明の第2実施形態の半透明の上面図である。

【図7E】本発明の第2実施形態に従う、放射要素の斜視図である。

【図 7 F】本発明の第 2 実施形態の上面図である。

【図 8】本発明に従う、平面アンテナ及びアダプタを備えるもう一つの配置の斜視図である。

【図 9 A】本発明に従う、アンテナ装置に取り付けられているアダプタの側面図である。

【図 9 B】本発明に従う、図 9 A の上記アダプタ及びアンテナ装置の断面図である。

【図 9 C】本発明に従う、図 9 A の上記アダプタの断面図である。

【図 9 D】本発明の第 3 実施形態に従う、通信システムの斜視図である。

【図 10】本発明の第 4 実施形態に従う、通信システムの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

[用語]

次の複数の段落は、本発明の議論を容易にするために明細書及びクレームの全体にわたって用いられているいくつかの用語について記載する。

【0026】

次の文章において、「成形部分 (cast part)」が議論されている。本発明によると、成形部分という用語は、(自動の) 射出成形法か、その後の焼結工程を備える粉末射出成形 (PIM) 工程を用いて生産される部分として理解されるべきである。第 1 のケースにおいて、熱可塑性プラスチックが用いられてもよく、1 ステップ工程における最終寸法をもたらす。

【0027】

本発明によると、様々なプラスチックの射出成形材料が、上記成形部分を生産するために用いられてもよい。適したプラスチックのいくつかの例が、以下に挙げられる。つまり、PA (ポリアミド)、POM (ポリオキシメチレン)、PET (ポリエチレンテレフタレート)、PS (ポリスチレン)、LCP (液晶ポリマー)、PBT (ポリブチレンテレフタレート)、ABS (アクリレートブタジエンスチレン)、PPE (ポリフェニルエーテル)、PP (ポリプロピレン)、PMMA (ポリメチルメタクリレート)、PC (ポリカーボネート)、PAS (ポリアリーサルフォン)、PES (ポリエーテルサルフォン)、PEI (ポリエーテルイミド)、PAI (ポリアミドイミド)、PPS (ポリフエニレンサルファイド)、PVDF (ポリフッ化ビニリデン)、PEEK (ポリエーテルエーテルケトン) である。

【0028】

また、高分子ブレンドが用いられてもよい。高分子ブレンドは、2 以上の混合性高分子の組合せである。ブレンドは、改善された製品特性を得るため、2 以上の高分子を処理し、混合し、又は反応させることである。

【0029】

また、フィラー粒子を有する改良プラスチックが用いられてもよい。これにより、強固に粘着する非電極又は電解被着金属のコーティングの構造をより容易にする。上記フィラー粒子は、導電性の金属 (例えばパラジウム) か、非導電性の金属顔料からなってもよい。これらの金属顔料は、金属プライマコーティングの非電極被着のための触媒として用いられ、その後、電氣的に補強されてもよい。スプレーラッカーは、限定された接着強さだけを得る。この強さは、上記プラスチック材料に強く依存する。上記プラスチック材料に上記粒子を埋め込むことによって、上記粒子が短い酸洗工程又はレーザー切断によって表面にのみ露出することにおいても上記接着強さが大幅に改善するが、さもないと、それらの粒子は、上記プラスチック材料によって、封入されたままである。

【0030】

改良プラスチックの他の重要なグループは、熱膨張係数 (CTE) を上記共通基板の 1 つに合わせるために、ガラス繊維と鉱物又はセラミックの粒子の組み合わせを採用する。

【0031】

プラスチックの代わりに、金属が上記成形部分の製造のために用いられてもよい。アルミニウムは、特に適しており、アルミニウムは、アルミニウム射出成形法で成形されても

よい。チタニウム又はステンレス鋼は、金属射出成形（MIM）工程を採用することによって用いられてもよい。金属射出成形（MIM）工程は、上述した粉末射出成形（PIM）工程の変形である。この方法の有利な点は、その後の金属メッキステップを単純化し、さらには金属メッキのステップを回避してもよいところである。

【0032】

上記成形部分は、後工程の経費が最小で済むことにおいて際だっている。このため、上記成形部分はまた、ここではプレキャストの、又は仕上がった部分として、言及される。上記成形部分の寸法は、非常に正確である。

【0033】

好ましくは、導電性の表面を有する反射体が用いられてもよい。この導電性の反射面は、グラウンドに接地されていてもよい。上記反射面は、平面又は曲面とされてもよい。好ましくは、共通基板の金属面が反射体として機能する。

【0034】

本発明の特定の実施形態を検討する前に、いくつかの基本的な特徴が、図1A～1Eを参照することにより、検討され、また、説明される。

【0035】

本発明の1つの主要な要素は、図1Aに概略的に示されているように、いわゆる表面実装型アンテナ装置100である。このアンテナ装置100は、4つのインターフェースE1、M1、EM2及びM2を有し、図1Aの4つの水平線によって表されている。図1Aの左手側の2つのインターフェースE1及びM1は、能動回路40への結合を構築するように工夫されている（図1B参照）。第1のインターフェースは、電氣的インターフェースE1であり、第2のインターフェースは、機械的インターフェースM1である。他の2つのインターフェースは、電磁的インターフェースEM2と、機械的インターフェースM2である。区別の方法として、我々は、電氣的インターフェース（TEM又は準TEM伝送線の結合部である例）として、その平面にある電界と磁界との両者の横方向成分を主に示すインターフェースを示している。そして、我々は、電磁的インターフェース（長方形の導波路結合部である例）として、電界又は磁界の縦方向成分を示すインターフェースを示している。

【0036】

本発明に従う、能動装置40とアンテナ装置100とを有する第1の通信システム200は、図1Bに示されている。

【0037】

本発明に従う、能動装置40、アンテナ装置100及びアダプタ50を有する第2の通信システム200は、図1Cに示されている。アンテナ装置100及びアダプタ50は一緒に配置300と呼ばれている。上記アダプタ50は、4つのインターフェース（2つの電磁的インターフェースと2つの機械的インターフェース）を有している。EM2及びM2は、上記アンテナ装置100へ、好ましくは取り外し可能な結合を構築する一方、インターフェースEM3及びM3が、追加の部品を取り付けるために用いられてもよい。

【0038】

本発明に従う、能動装置40、アンテナ装置100、アダプタ50及び導波路要素400を有する第3の通信システム200は、図1Dに示されている。上記アダプタ50は、4つのインターフェース（2つの電磁的インターフェースと2つの機械的インターフェース）を有している。EM2及びM2は、上記アンテナ装置100へ、好ましくは取り外し可能な結合を構築する一方、インターフェースEM3及びM3は、上記導波路要素400に接続される。この導波路要素400は、インターフェースEM3、M3に接続されている少なくとも二つのインターフェース（電磁的インターフェース及び機械的インターフェース）を有している。導波路要素400は、明確さのための内部的特徴として取り扱われる追加のインターフェースを有していてもよい。

【0039】

本発明に従う、能動装置40、アンテナ装置100、アダプタ50及びアンテナ500

を有する第4の通信システム200は、図1Eに示されている。上記アダプタ50は、4つのインターフェース（2つの電磁的インターフェースと2つの機械的インターフェース）を有している。2つのインターフェースは、上記アンテナ装置100のインターフェースEM2、M2に接続されている。残りの2つのインターフェースEM3、M3は、上記アンテナ500に接続されている。このアンテナ500は、インターフェースEM3、M3に接続されている少なくとも二つのインターフェース（電磁的インターフェース及び機械的インターフェース）を有している。自由空間に放射状に広がる開口によって構成されている電磁的インターフェースは、さらに部品を取り付けることを通常想定していないので、明確さのためにこの場合も省略されている。

【0040】

第1の平面アンテナ100は、図2A～2Fに示されている。本発明に従う、上記アンテナ装置100は、少なくとも反射フレーム10と放射要素20（図2B参照）を有する。この反射フレーム10は、内側部分又は空洞16（図2C参照）の側面を形成する環状の側壁12を有している。側面口14は、上記側壁12の1つに設けられている。上記内側部分16の上側の水平口11は、図1Aの電磁氣的インターフェースEM2を形成し、又はその部分である電磁的な開口として機能する。上記内側部分のこの部分は、開口空洞16.2（図2B参照）と呼ばれている。上記内側部分16の下側の水平口17は、金属面31（図2C参照）の表面に取り付けられ、又は配置されるように設計されている。上記金属面31の表面に取り付けられ、又は配置されている場合、上記アンテナ装置10の電磁的な背側の反射構造又は背側の反射空洞16.1が形成されている。

【0041】

上記反射フレーム10は、さらに支持構造13（図2C参照）を有している。この支持構造13は、反射フレーム10の一体的な部分である。ステップ又はリッジは、支持構造13としての役目を果たす。

【0042】

上記放射要素20は、平面の、水平面指向のアンテナ基板21を有している。このアンテナ基板21は、長方形のモード変換領域23.1と、原則的に水平方向において上記モード変換領域23.1（図2D参照）から突出している片持ち梁形状のフィードポイント部24とを有している。上記フィードポイント部24は、電氣的インターフェースE1（図1A参照）の代わりにもなり、上記アンテナ装置100を能動装置40に接続する。本発明の好ましい実施形態において、フィードポイント部24は、フィードポイント部24の長い方の縁のうちの1つの略中心部で上記長方形のモード変換領域23.1に入るコプレーナ導波路27を特徴付けている。上記コプレーナ導波路27は、上記基板21のより大きい表面のうちの1つに接着されている薄い導電シート26における2つの平行なスロットによって形成され、結果として、中心導体28と2つの接地導体29とを生じている。上記長方形のモード変換領域23.1において、上記導電シート26は、コプレーナ導波路27に対して直角に延び、少なくとも1つのスロット71を有している。上記中心導体28は、スロット71の遠い方の縁に電氣的に接続され、上記接地導体29は、近い方の縁に電氣的に接続されている。このスロット71は、好ましくは、領域23.1の中央に配置されている。上記スロット71の長さは、設計した周波数帯の中央での波長の略半分と等しくなるように選ばれている。

【0043】

さらに改善された実施形態において、1又は2組のスロット72、73は、スロット71に隣接するように配置され、上記設計した周波数帯の中央における波長の略半分の長さに対応するために折り畳まれている。好ましくは、スロット72か73のどちらか少なくとも1つの短い端部は、スロット71に対して平行かつ近いところに延びていて、それによって、71と72、73とのそれぞれの間の電磁的な結合がなされている。

【0044】

本発明に従う、上記放射要素20は、上記内側部分16の内側の上記支持構造13によって取り付けられている。その結果、上記内側部分16は、上述した背側の反射空洞16

． 1 及び開口空洞 16． 2（図 2 C 参照）に分けられている。上記フィードポイント部 24 は、能動回路 40 への接続（電氣的インターフェース E1）を有するために、側面口 14 を通って上記内側部分 16 から延在している。

【0045】

本発明に従う、上記反射フレーム 10 は、金属を有するか、又は少なくとも部分的に金属化されている。

【0046】

上記平面アンテナ装置 100 は、例えば、低周波ボード、回路基板又は類似の支持構造（例えば、図 2 C 又は 3 参照）のような共通基板 30 に集積化されるように、設計によって構成されている。上記反射フレーム 10 を収容するのに適するための全ての共通の要求は、放射要素 20 の背側の反射体として作用する水平の金属面 31 を特徴付けることである。

【0047】

上記アンテナ装置 100 の反射フレーム 10 は、「z 軸」寸法が「x 軸」及び「y 軸」寸法よりも小さい準平面レイアウトを有している。上記 z 軸は、上記 x-y 平面に対して直交し、上記（アンテナ）基板 21 は、上記 x-y 平面にある。好ましくは、上記フレーム 10 の（z 方向における）高さは、上記平面回路 40 の高さの 1～5 倍の間である。もし 500 μm 厚さの平面のシリコンゲルマニウムチップ 40 が用いられると、上記背側の反射空洞 16． 1 の高さもまた、約 500 μm となる。

【0048】

本発明のアンテナ装置 100 の回路 40 の高さ、と、上記フィードポイント部 24（図 2 C 参照）の高さ D との間の小さな違いは、後述されるように、（僅かに又は完全に）曲げられる片持ち梁によって架橋されてもよい。

【0049】

好適な実施形態において、上記反射フレーム 10 は、放射要素 20 に対応するように設計されている支持構造 13 を有し、上記支持構造 13 は、上記放射要素のアンテナ基板 21 の形状と一致する。つまり、上記反射フレーム 10 は、上記アンテナ基板 21 を支持するための機械的支持構造としての役目を果たす。上記反射フレーム 10 は、上記アンテナ装置 100 の 3 次元の構成要素であり、（共通の）基板 30 の全アンテナ装置 100 に取り付けのための機械的インターフェース M1 の部分である。上記反射フレーム 10 はまた、アダプタ 50 を受けるように設計されているので、機械的インターフェース M2 としての役目も果たす。

【0050】

上記反射フレーム 10 の 上記下側空洞 16． 1 の寸法は、上記放射要素 20 が、この下側 空洞 16． 1 を通って内側部分 16 の中へ挿入されうるように、選ばれている。このため、上記下側 空洞 16． 1 の水平方向の寸法は、上記放射要素 20 の水平方向の寸法よりもいくらか大きく、また、フレーム 10 又は開口空洞 16． 2 の上側部分よりもいくらか大きい水平方向の寸法を示している。

【0051】

上記放射要素 20（その形状及び詳細は後述される）を収容するため、上記反射フレーム 10 の側壁 12 のうちの 1 つは、放射要素 20 のフィードポイント部 24 が反射フレームの内側部分 16 の外に延在しうる側面口 14 を有する。好ましい実施形態においては、平面回路 40 への、曲げられる片持ち梁のインターフェース（図 1 A 中の電氣的インターフェース E1）を有する。

【0052】

好適な実施形態において、上記内側部分 16 に面する反射フレーム 10 の少なくとも側壁 12 は、上記反射フレーム 10 が開口タイプのアンテナとして用いられうるように金属化されている。このため、上記側壁 12 は、金属コーティングを有していてもよい。もしくは、上記成形された反射フレーム部分は、成形部分が少なくとも表面部分において導電性を有するような方法で、母材に埋め込まれた導電性の粒子を含んでいてもよい。このこ

とは、上記放射要素 20 のためのアンテナ開口として、及び、以下でさらに説明するように、適したアダプタ 50 に連結した、十分に画定され、遮蔽されている筐体を提供するために、上記内側部分 16 の使用を容易にするために必要である。

【0053】

上記環状の壁 12 によって囲まれている反射フレーム 10 は、上側の水平口 11 と金属面 31 に面している下側の水平口 17 との 2 つの開口を有する。図 2 A から、また、図 2 A に続く図から、側壁 12 によって囲まれている内側部分 16 が、支持構造 13 によって分割され、放射要素 20 が 2 つの分離した空洞である上側の開口空洞 16. 2 と背側の反射空洞 16. 1 (図 2 C 参照) とに分割されていることが分かる。本発明の好適な実施形態 (同一のものに限定されず) として上述したように、コプレーナ導波路 27 と開口 11 の断面に対応する基本的な導波路モードとの間の電磁的なエネルギーを効率的に交換するために、導電シート 26 内のスロットの配置、又は等価な平面構造が、領域 23. 1 内のモード変換を提供するのに用いられてもよい。上記平面構造とともに上記背側の反射空洞 16. 1 は、有効なインピーダンス整合帯域幅の中央に略調整されている共振周波数を有するハイブリッド共振器を構成している。上記スロット配置は、基本的な導波路モードの励起及び上記放射開口 11 における不要な方向成分の抑制を考慮して最適化されている。上記上側の開口空洞 16. 2 は非常に狭くてもよい。この場合、上記放射要素 20 は、フリースペースに直接連結されている。しかしながら、開口空洞 16. 2 の或る最小高さは、広くて有効な周波数帯域幅及び上記アンテナ利得の平坦な周波数応答を得るための追加の自由度を与える。また、開口空洞 16. 2 の或る最小高さは、上記アダプタ 50 が正しい位置にある場合、遮蔽され、また、再現性のある相互接続 (図 1 C の EM2 及び M2) の配置をより良くサポートする。好ましくは、成形された反射フレーム 10 が用いられているという事実のため、上記背側の反射空洞 16. 1 は、上記開口部 16. 2 の 1 つと異なる大きさ及び形状を有する。この開口部 16. 2 の寸法及び形状は、上記アンテナ全体の放射パターンに影響する。したがって、所望の放射パターンに従う、開口部 16. 2 のパラメータが、例えば、全波電磁シミュレーション法に基づく構造的な最適化を行うことによって、調整されうる。

【0054】

図 2 B は、上記アンテナ装置 100 の底面の斜視図を示している。ここで、上記下側の水平口 17 と、放射要素 20 のアンテナ基板 21 の底面とが、はっきりと見える。この図は、さらに、アンテナ 100 が金属面 31 に取り付けられる前に、上記下側の水平口 17 を通って放射要素 20 を挿入することで、放射要素 20 が反射フレーム 10 に取り付けられる方法を示している。この図はまた、前の段落で議論された (背側の反射空洞 16. 1 及び開口部 16. 2 の) 上記内側部分 16 の 2 つの部分への分離を示している。

【0055】

上記共通基板 30 に取り付けられている場合の上記平面アンテナ装置 100 の側面図が、図 2 C に示されている。この図は、組立品の構造部品を示している。第 1 に、上記水平の金属面 31 が取り付けられている共通基板 30 は、好ましくは、低周波数の基板であってもよい。この金属面 31 は、電磁的な背側の反射構造の部品であり、上記反射フレーム 10 の背側の反射空洞 16. 1 を囲むために設けられている。この金属面 31 上で、反射フレーム 10 には、今度は予めその中に収まっている放射要素 20 が取り付けられている。好ましくは、導電接続部が、反射フレーム 10 の側壁 12 と金属面 31 との間に設けられている。本発明の上述の実施形態において、放射要素 20 のアンテナ基板 21 は、金属面 31 から所定の距離 D にある支持構造 13 によって吊されている。

【0056】

図 2 C は、また、上記放射要素 20 の上記フィードポイント部 24 (好ましくは曲げられる片持ち梁) が、垂直の側壁 12 のうちの 1 つの側面口 14 を通って上記反射フレーム 10 から延在している状況を示している。

【0057】

図 2 E は、上記平面アンテナ装置 100 の好適な実施形態の底面図を示している。上述

した基本的な導波路モードの励起及び不要な領域の部品の抑制は、図 2 E の S 1 - S 1 によって描かれているように、フィードポイント部 2 4 とモード変換領域 2 3 . 1 に共通するように、少なくとも 1 つの対称面を包含することによって、最もよく得られうる。さらなる改善が、領域 2 3 . 1 のもう一つの局地的な対称面 S 2 - S 2 の導入によって達成されうる。このことは、同一のスロットの組 7 2 及び 7 3 にそれぞれ対応している。

【0058】

本発明のモジュラーアンテナ装置 1 0 0 に用いられている上記放射要素 2 0 は、図 2 D に示されている。この要素 2 0 は、アンテナ基板 2 1 に設けられている。好適な実施形態において、この基板 2 1 は、フレキシブルな、誘電性の材料からなっている。それは、例えば、高精細液晶高分子 (LCP) のフレックス基板である。上述した実施形態において、上記アンテナ基板 2 1 は、フィードポイント部 2 4 とモード変換領域 2 3 . 1 とを有する T 字形状である。上述したスロット 7 1 , 7 2 及び 7 3 、コプレーナ導波路 2 7 、中心導体 2 8 及び接地導体 2 9 を越えて、図 2 D は、導電フレーム形状のシート 7 4 を示している。このシート 7 4 は、導電シート 2 6 を有する面とは反対側の面に配置されている。両シート 2 6 , 7 4 は、好ましくは、複数の導電を用いることによって接続部 7 5 を介して結合されている。この配置は、シート 2 6 が金属面 3 1 へ向けられていて、したがって、平面回路 4 0 の上面へ向けられている場合に特に有効である。このことは、上記基板 2 1 の反対側同士のコプレーナ導波路間の致命的な遷移を避けるために望ましい。この場合、シート 2 6 は、個々の位置公差の影響を平均化する接続部 7 5 及びフレーム形状のシート 7 4 を介して、複数の導電の助けにより間接的に支持構造 1 3 に取り付けられている。側面口 1 4 から突出しているフィードポイント部 2 4 は、改善した遮蔽及び増加した伝送線のインピーダンス範囲を与えるための、コプレーナ導波路 2 7 とは反対の基板面に付着している導電シート 7 6 を有していてもよい。導電シート 7 6 と同一平面上の接地導体 2 9 との間の接続部 7 9 を介して導電性の 2 本の線は、上記フィード線 2 5 の適切な遮蔽を与え、好ましくは、対称面 S 1 - S 1 に対して等距離に配置されている。

【0059】

図 2 F は、図 2 A ~ 2 E に示された実施形態と関係して用いられうる反射フレーム 1 0 の 1 つの適した実施形態を示している。

【0060】

上記フィードポイント部 2 4 は、側面口 1 4 を通って上記反射フレーム 1 0 から延在するように設計されており、フィード線 2 5 を介して他の部品への、上記放射要素 2 0 の機械的及び電氣的接続 (インターフェース E 1 及び M 1) を可能にする役割を有している。フィードポイント部 2 4 は片持ち梁として実現され、フィードポイント部 2 4 の外側の縁近くのフリップチップ接点を特徴付けてもよい。好ましくは、曲げられる片持ち梁は、上記平面回路 4 0 (図 3 参照) に対応したインターフェースを与えるために、フィードポイント部 2 4 として機能する。上記片持ち梁又は曲げられる片持ち梁は、全ての実施形態に関係して用いられうる。

【0061】

他の好適な実施形態において、(片持ち梁部だけではない) 上記全基板 2 1 は、フレキシブル基板である。この場合、上記反射フレーム 1 0 は、いわゆるマイクロホニィ (音響学上誘発された周期的な変位による電気信号の変調) 及び/又は熱によって誘発された曲げ又はゆがみに対して、十分な機械的安定性を与える。上記フレキシブル基板は、あらゆる実施形態に関連して用いられうる。

【0062】

上記導電面 3 1 は、背側の反射空洞 1 6 . 1 の一部であり、接地の代わりになってもよい。上記導電面 3 1 は、より良い再現性のために、平面アンテナ装置 1 0 0 の一部であるか、より低コストのために基板 3 0 の一部であってもよい。もし上記導電面 3 1 が基板 3 0 の一部であれば、導電面 3 1 はまた、平面アンテナ装置 1 0 0 のための機械的サポートの代わりである。

【0063】

通信システム 200 の典型的な第 1 の実施形態は、平面アンテナ装置 100 を備え、共通基板 30 に取り付けられたままで、図 3 に示されている。平面アンテナ装置 100 に加えて、共通基板 30 は、この図に示されているように、集積化された回路 40（平面回路又は能動回路 40）のような他の電子部品を通常収容している。多くの周囲の表面接点 41 は、回路基板又は例えばボンドワイヤを用いた共通基板 30 に接続されている。本発明に従う、回路 40 のミリ波ポートを構成する（周囲の）ボンドパッド 41、1 は、フィードポイント部 24 の外側の縁で、フィード線 25（図 2 D 参照）を介してフィードポイント部 24 に直接接続されている。そのような直接の結合を構築するために好適な工程は、金メッキされた、又は機械的に打ち当てられた表面接点 41 へのフィード線 25 の熱音響（thermosonic）溶接を含む逆のフリップチップボンディングである。

【0064】

他の周波数帯域で動作することは除外されず、本発明は、特に、57～66 GHz 又は、71～86 GHz 周波数範囲で、それぞれ動作するのに特に適している。それと同時に、上記平面アンテナ装置 100 は、室内通信用に主に用いられるように作られている。また、いわゆる「全二重」の同時 2 方向通信は、平面アンテナ 100 を用いることができ、追加のダイプレクサが一方のアンテナ装置 10 と、回路 40 の各送受信ポートとの間に採用されている。

【0065】

上記アンテナ装置 100 の放射効率は、90% をかなり越えていてもよく、導波路遷移部の低損失動作（十数分の 1 dB の挿入損失）と同時に起こる。また、設計によって、装置 100 は非常に頑丈であり、製造公差に対してあまり敏感ではなく、追加の導体構造を必要とする薄膜工程の代わりに、比較的低コストの除去エッチング工程を用いることができる。

【0066】

本発明の反射フレーム部 10 は、図 4 に示されているように、アダプタ 50 が取り付けられうるように設計されている。アダプタ 50 の取り付けを容易にするため、反射フレーム及び／又はアンテナ装置 100 は、インターフェース EM2 及び M2（図 1 C 参照）を有している。

【0067】

このアダプタ 50 は、アンテナ装置 100 の上側の水平口 11 に接続可能に設計されている。アダプタ 50 の目的は、様々なテスト及び調整装置をモジュラーアンテナ装置 100 に（例えば、図 1 D に示されているように、導波路要素 400 を介して）接続する、又はアンテナ 500 に（図 1 E に示されているように）接続する可能性を与えることである。アダプタ 50 と共にアンテナ 100 は、各平面回路－導波路遷移部を与える。部品 100 と 50 との両者は、共に接続された場合、平面回路（例えば平面回路 40）と導波路（例えば導波路要素 400）との間の完全に遮蔽されたインターフェースを形成する。

【0068】

このため、アダプタ 50 の上側部分 52 は、使用されている特有のテスト又は調整装置に適合する形状を有している。アダプタ 50 の下側部分（オス部分）は、オス部分がアンテナ 100 にはまるように形状因子を有する。はめ込みのオス部分は、アンテナフレーム 10 への機械的接点を有するように設計されている（この機械的接続はインターフェース M2 と表現されている）。好ましくは、電気接点は、アダプタ 50 がアンテナ 100 に差し込まれている場合、部品 10 と 50 との間に形成されていて、それによって、完全な電磁遮蔽を与えている。

【0069】

アダプタ 50 の本体は、一方側でのフレーム 10 への機械的接続（インターフェース M2）と、他方側での（テスト装置）導波路要素 400 への機械的接続（インターフェース M3）とを与えている。上記本体は、さらに、電磁波が反射フレーム 10 から導波路要素 400 へ伝わる場合に、他方の開口空洞 16、2（インターフェース EM2）の内側で近接場修正を確実にする特徴／要素を有する。上記はめ込み面の少なくとも一部は導体であ

る。本発明との関連で、近接場修正は、モード変換領域 23.1 (又は 23.2) 近くの十分に定義された電磁境界条件の動作を意味している。近接場修正は、アダプタ 50 がフレーム 10 に結合されている場合には再生産可能に導入され、アンテナ 100 が通常動作中の場合には導入されない。

【0070】

本発明に従う、アダプタ 50 は、適切なテスト環境のために求められ、反射フレーム 10 とアダプタ 50 との間の接続の頑丈さ及び許容範囲がないことによっても保証される導波路遷移部 (例えば、V バンド場合の標準 WR-15 導波路、インターフェース EM3) を与える。上記所望の遷移部を与えることを可能にするために、導波路インターフェース (EM3) への高効率で広いバンド幅結合が、アンテナ近接場の修正によって可能になる。

【0071】

上記反射フレーム 10 と同様に、上記アダプタ 50 は、また、(事前) 成形部品であってもよく、アダプタ 50 は、また、フライス加工、ドリル加工及び他の従来の工程によって形成されてもよい。成形方法及びその代替手段の詳細のために、成形部品についての上述の記載を参照して欲しい。成形アダプタ 50 と一緒に成形された反射フレーム 10 は、平面回路 40 と導波路インターフェースとの間の直接接続を与えている。両部品 100, 50 は、協力して所望のインピーダンス変換を与えている。

【0072】

例えば、導波路ベースの高利得アンテナ 500 又はフィルタを有する通信製品又はシステム 200 の内側の遷移部として用いられるように設計されている場合、本発明に従って、低コストと両立できる大量生産技術が採用される。しかしながら、それらの採用は、少数で必要な取付テスト及び計測アダプタのために必須ではない。

【0073】

図 4 において、上記第 1 の実施形態におけるモード変換領域 23.1 (図 2 E 参照) の近接場を修正するのに適した要素が描かれ、この要素は電導性の横断リッジ又はロッド 54 の形状を成す。この要素は、アダプタ 50、すなわち、その一体的な部分に永久に取り付けられる。ギャップ 77 (図 5 B 参照) は、第 1 のスロット 71 の直接の短絡回路を避けるために、(基板 21 に面する) 要素 54 の下側の面と導電シート 26 (図 2 D 参照) との間に設けられている。シート 26 の位置 (基板 21 の上面又は背面) に依存して、ギャップ 77 は、空気又は誘電基板との空気の組み合わせで満たされていてもよい。有利な実施形態において、要素 54 は、平面 S2-S2 (図 2 E 参照) に関して対称な形状をなすと共に位置している。より好ましい実施形態において、要素 54 は、平面 S1-S1 (図 2 E 参照) に関して対称な形状である。要素 54 の形状及び配置は、好ましくは、残りの開口 (図 5 A 参照) の区分 78 A 及び 78 B の内側の基本的な導波路モード (例えば TE10 モード) をサポートするために選ばれている。これらの区分 78 A, 78 B の縦及び横の寸法は、望まないモードの電磁場が、所望の動作の帯域幅の外へ対応する共振周波数をシフトさせるために十分に変位させられるのと同時に、所望のインピーダンス変換をサポートするために設計されている。

【0074】

アダプタ 50 及び反射フレーム 10 の適切な機械的配置を確実にするため、バネ接点、面接点、ボルトナット結合等が機械的インターフェース M2 として採用されてもよい。同じ要素が、反射フレーム 10 とアダプタ 50 との間の電磁的接点 (インターフェース M2) を与えるために用いられていてもよい。機械的及び電磁的接続のために、異なる要素をそれぞれ採用することも考えられる。

【0075】

導波路要素 400 への遷移部を設けるため、アダプタ 50 は、標準の導波路フランジ (例えば、V バンドの内側での動作の場合における WR-15) を有していてもよい。

【0076】

好ましい実施形態において、図 5 B に示されているように、アダプタ 50 及びフレーム

10は、接続されている場合に、電氣的、機械的双方の接点55を形成している。反射フレーム10及びアダプタ50の上側の水平口11は、例えば、開口11を取り囲むフレーム10の水平面において、電氣的に接続されうる。従って、全体が遮蔽された導波路遷移部を創出する。接点領域55の水平部分は、正確な垂直の停止位置を与える一方、垂直部分は、反射フレーム10とアダプタ50との間の正確な水平の(x, y, シータ)位置合わせを与えてもよい。図5Bにおいて、上述したギャップ77がまた、示されている。要素54は、背側の反射フレーム10における内側の側壁12への、水平の機械的及び／又は電氣的接点を有していても有していなくてもよい。

【0077】

アダプタ50が取り付けられている平面アンテナ100は、製造者に完全に較正されたテスト環境をサポートする。上記製造者は、装置、すなわち平面回路40を信頼できる再現性のある方法でテストして、微調整する必要がある者である。

【0078】

アンテナとアダプタとの結合の高度な再現性のため、較正キットが構成されうる。図6Aは、第1のアンテナ装置100A、第1の較正用標準器60A及び逆の第2のアンテナ装置100Bの配置を示している。上記較正用標準器60Aは、好ましくは、図6Aに示されている製品適用配置における平面回路40と同一の電氣的及び機械的ポート構成E1, M1を有する。上記較正用標準器60Aは、例えば、直通接続を示してもよい。図6Aのはしごネットワークはまた、取り外し可能なポートとしてのアンテナ装置100を有する較正用標準器400Aと呼ばれてもよい。

【0079】

図6Bは、上記第1の較正用標準器60Aを第2の較正用標準器60Bで置き換えたものと同等の配置を示している。上記較正用標準器60Bは、例えば、アンテナ装置100Aと100Bとの間の相互接続伝送線の明確な余長を有する、いわゆる「線(LINE)」基準を示してもよい。図6Bのはしごネットワークはまた、較正用標準器400Bと呼ばれてもよい。

【0080】

図6Cは、挿入された第3の標準器60Cを有する第3の配置を示している。上記較正用標準器60Cは、例えば、アンテナ装置100A及び100Bに等しい大きな反射体を与える、いわゆる「反射(REFLECT)」基準を示していてもよく、一方で、アンテナ装置100Aと100Bとの間の高度な電気信号の分離を与えている。図6Cのはしごネットワークはまた、較正用標準器400Cと呼ばれてもよい。2ポートのベクトルネットワークアナライザ(VNA)は、完全に較正された計測に用いられてもよい。VNAの測定ポートは、1つの適切なアダプタ50をそれぞれ備えうる。較正用標準器400A, 400B及び400Cの逐次計測は、例えば、よく知られた12項エラーモデルのエラー係数を計算できる一連の計測データを与える。この12項エラーモデルは、S. Rehnmark、「自動ネットワークアナライザーシステムの較正工程について」、IEEE Trans. マイクロ波理論及び技術、1974年4月、457～458頁、及びJ. Fitzpatrick、「システム計測のエラーモデル」、マイクロ波ジャーナル、1978年5月、63～66頁に記載されているように、インターフェースE1, M1への遷移部を含む物理的な計測設定の不完全さを数学的に除去するために用いられうる。

【0081】

その他によく知られた方法が、上述したエラー係数、及び標準導波路ポートでのVNAの較正から得られる対応する係数を用いることによって、配置300(図1C参照)の散乱行列を決定するために適用されうる。この配置300は、標準導波路(インターフェースEM3, M3)と平面装置ポート(インターフェースE1, M1)との間の複合アダプタを構成しているので、この散乱行列の知識は、標準導波路ポートに関する既知の特性を有する装置による正しい計測に大変役立つが、非標準ポートの較正には役立たない。

【0082】

好適な実施形態において、上記アダプタ50及び上記反射フレーム10は、アダプタ5

0が手動で取り付けられたり外されたりしうるように設計されている。したがって、機械的なクランプ機構が好適である。

【0083】

さらに好適な実施形態において、増加された開口サイズを有し、それによって増加されたアンテナ利得能力を有する平面アンテナ装置100の放射要素20として機能する代替モード変換領域23.2(図7D参照)を有する開口空洞アンテナが考案されてもよい。各実施形態は図7A~7Fに示されている。同一の参照番号は、同一の要素の他、多かれ少なかれ同じ機能を有する要素にも用いられている。各要素は、簡単に検討されているだけである。より詳細は、図2Aから2Fの記載から導き出されうる。

【0084】

この実施形態は、上側の開口空洞16.2(図7D参照)と下側の背側の反射空洞16.1とが、好ましくは、反射フレーム10の一体的な部分である水平の遮蔽壁16.3(図7A参照)によって分けられているという事実によって特徴付けられている。上記遮蔽壁16.3は、上側の開口空洞16.2内に中心が置かれている2つ折りの鏡面对称の開口81を有する。上記遮蔽壁16.3は、放射要素20を受けると、又は、固定するように設計されているので、ここでは支持構造とも呼ばれている。上記背側の反射空洞16.1(図7D参照)はまた、好ましくは、上側の開口空洞16.2よりも、はるかに小さい領域をカバーし、それによって、動作の周波数の範囲内での共振モードの数を減らす。上記放射要素20(図7B参照)は、遮蔽壁16.3の下側の面に配置され、実質的に開口81(図7A参照)に閉じこめられたモード変換領域23.2を有する。

【0085】

好適な実施形態において、上記開口81は、動作の周波数の範囲内での1つの基本的な共振モードだけをサポートするために寸法が決まっている。

【0086】

有利な実施形態は、基本的に長方形の開口81を有する。モード変換領域23.2は、修正されたE-プローブ(E-probe)の形状をしている。背側の反射空洞16.1の高さは、回路40(例えば、シリコンゲルマニウムチップ)によって与えられるので、背側の反射空洞16.1の高さは、自由な電气的設計パラメータとして用いることができない。60GHzの範囲において、典型的なチップ高さ500μmは、平面回路から導波路への遷移部に基づくE-プローブにおける、バックショート部分の通常の深さの約30%を表し、約4分の1波長である。例えば、S. Hirsch, K. Duwe, and R. Judaschke, 「長方形の導波路から薄膜上のコプレーナ導波路への遷移部」、Infrared and Millimeter Waves, 2000. Conference Digest, 2000 25th International Conference. を参照のこと。

【0087】

上記修正されたE-プローブは、中心導体28によって与えられ、中心導体28自体は、上述した実施形態(図2A~2F、図7C参照)との類似において、フィードポイント部24に含まれるフィード線25によって与えられている。明瞭さのため、フィードポイント部24は、図7A, 7B及び図7D~7Fにおいて省略されている。中心導体28は、大きな領域である導電シート26の反対側の基板21の一面に取り付けられ、電気接地層として機能する。開口81の形状及び大きさと対応して、開口82が、シート26内に設けられている。この開口82は、好ましくは、開口16.3の周辺と似ているが、僅かに小さい寸法を有する。結果として突出する導体のフレームは、フレーム10と放射要素20との間の位置公差の影響を低減するのに役立つ。

【0088】

好適な実施形態において、リング形状の導電シート74は、上記中心導体28と同じ基板21の表面に設けられると共に配置されている。リング形状の導電シート74は、開口82内に全体がすっぽり入る、2つ折りの鏡面对称形状の開口83を有している。平面アンテナ装置100の第1の実施形態に対する類似において、接続部75を介して多数の導

電体は、シート 26 及び 74 の同一の電位を確保するために用いられてもよい。中心導体 28 は、電気接地層から開口 82 へ突出する。ここで、中心導体 28 は、好ましくは、幅狭のストリップ 85（図 7D 参照）の形態をとる。この領域における接地層の欠如のため、このストリップは、一連の接続された誘導性リアクタンスを表している。ストリップ 85 は、より幅広のパッチ 86 に接続されていて、ストリップ 85 自体と開口 83 の反対側の縁との間のギャップ 87（図 7F 参照）を残す。基板 21 の同じ側の導電シート 74 及びパッチ 86 の両方の位置のおかげで、ギャップ 87 によって生成された浮遊容量は、放射要素 20 のフォトリソグラフィ生産工程の間の連続的な露光に起因する位置決め公差（僅かな位置エラー）とほとんど関係ない。設けられた開口 83 は、開口 82 内にある。さらに、開口 81 に及ぶ放射要素 20 の位置決め公差に対する感度の減少は、開口 82 を囲む導体の縁と開口 81 の周辺との間の十分な水平の空間を与えることによって得られる。

【0089】

モード変換領域 23. 2 の好ましい実施形態は、鏡面对称に配置され、導電性を有する横ストリップ 88 を与える。この横ストリップ 88 は、パッチ 86 の両側に接続され、開口 82 の導体に対して略平行に延びる。中心導体 28 の近くの縁までの距離は、中心導体 28 の遠い方の縁までの距離よりもはるかに小さい。よく知られている E-プロープ配置についてのこの修正は、背側の反射空洞 16. 1 の並外れて小さな高さを補い、上記アンテナと導波路遷移部との両方の動作モードのための、良好かつ広帯域のインピーダンス整合を再び成す。ギャップ 87 及び 89 によって成された浮遊容量を有する配置は、それぞれ、準集中要素のコンデンサ型分圧器を構成する。この単純かつコンパクトな構造によって、ギガビットモジュール式の RF 波形及び、導波路遷移部の全導波路帯（例えば、V バンド 50 ~ 75 GHz）動作、つまりテスト及び計測動作モードを十分に満たすインピーダンス整合帯域を可能にしている。平面のフィードポイント部におけるネットワークに適合する平面のリアクタンスを無くすことが、上記ミリ波の挿入ロスを減らしている。

【0090】

開口空洞 16. 2 の有利な実施形態において、2 つの台 15 が設けられ、これらの台 15 は、それぞれ、モード変換領域 23. 2 と同じく S1-S1 について鏡面对称を有する。これらの台 15 はまた、同一で、それ自体は第 2 の、局所的な鏡対称面を形成する。台 15 の高さは、空洞 16. 2 の高さ以下である。また、台 15 の幅及び長さは、上記アンテナモード動作のために最適化された広帯域のインピーダンス整合の特性を得るために調整されている。空洞 16. 2 の内側の側壁 12 と開口 81 の縁との間の距離の 50 % ~ 90 % の台の長さに合うように最適化されるために、台の幅を調整することは有益である。台 15 の助けにより、上側の開口 11 からの放出のための良好な開口効率が達成されうる。つまり、帯域幅の調整と略単一の孔の領域との間のまずまずの妥協が見つけられうる。

【0091】

再現性のあるアダプタ 50 への高周波接点を与えるため、上側の空洞 16. 2 の少なくとも遮蔽壁 16 及び内側の側壁 12 は、例えば、薄い金属層でコーティングすることにより、導電性を有する。

【0092】

さらに好適な実施形態において、上側の空洞 16 の前面 91 はまた、内側の側壁 12 への環状の接点を有する導電体であり、基本的に平らな面を示している。

【0093】

図 8 において、本発明に従う、平面アンテナ装置 100 及びアダプタ 50 を備える配置の斜視図が示されている。この図は、アダプタ 50 が、どのようにアンテナ 10 に差し込まれうるかを示している。反射フレーム 10 は、上述したように完全に又は部分的に金属化されていてもよい。一方で、アダプタ（フレーム）50 は完全に金属化されている。取り付けられる場合、2 つの部品 10, 50 は、電氣的に接続されると共に完全に遮蔽された導波路遷移部が生み出される。電氣的接点は、好ましくは、次の 2 つの方法のいずれかにより形成されている。フレーム 10 の上側の空洞 16. 2 の内側の側壁 12 が、十分な表面平坦性、十分に正確な寸法及び導体の耐摩耗性を有している場合、アダプタ 50 の外

側壁 92 の側面の接点が形成される。この場合、少なくともフレーム 10 の側壁は、ある機械的な適合性及び弾性を有していなければならない。そうでなければ、アダプタ 50 の下側の突出した管状の前面 93 が、上記フランジの周辺に沿って金属化された前面 91 との電気接点を形成するために用いられうる。図 8 に示したように、対称的に配置された導電ポスト 18 は、アンテナ装置 100 の現在の実施形態の独創的な近接場修正を形成するため、及び上記導波路遷移部の動作モードにおける適切なインピーダンス変換を与えるために設けられていてもよい。好ましくは、導電ポスト 18 は、機械的な曖昧さを避けると共に、導電ポストの高精度な表面への不慮の損傷を緩和するために、内側の側壁 12 及び遮蔽壁 16 に触れていない。

【0094】

図 9A～9D は、平面アンテナ装置 10 及び取付アダプタ 50 の第一の好ましい実施形態を構成する配置 300 を示している。アライメントピン 94 を有する標準的な導波路フランジは、機械的なインターフェース M3 及び電磁的なインターフェース EM3 として、それぞれ実装されている。図 9A は側面図を示す一方、図 9B は、中心を外れた上記配置の断面を示している。接点領域 55（図 5B 参照）は、明確に認識されうる。図 9C は、アダプタ 50 の中心面を通る断面だけを示している。複合された独創的な近接場修正及びインピーダンス整合機能を構築する上記横断リッジ 54 がまた、図 9C に示されている。図 9D において、上記アンテナ装置 100 が能動装置 40 に接続されている、通信システム 200 が示されている。機械的支持構造 501 が、ねじの助けによって上記アダプタ 50 を上記共通基板 30 に機械的に固定するのに用いられうることが示されている。この方法で、実験室環境において、計測目的のためにテスト導波路を取り付ける、安全で省スペースな方法が与えられる。機械的支持構造 501 は、この特別な構成において、機械的インターフェース M2 の一部である。機械的支持構造 501 は、共通基板 30 の表面に接着され、はんだ付けされ又はねじ止めされうる。生産テスト環境において、機械的支持構造 501 は、正確な配置及び自動プローブ搬送システムに対する十分な接触力を与えることによって、省略されうる。

【0095】

さらに、通信システム 200 の他の実施形態（修正された E-プローブ設計を有するもの）が、図 10 に示されている。ここで、機械的インターフェース M2 の一部である機械的支持構造は、3つの各部品 502.1（2x）及び 502.2 に分けられている。それらの部品は、表面取り付け技術（SMT）及びリフローはんだ付け工程のために最適化された材料からなると共に、表面メッキが施されている。この方法で、例えば、高利得アンテナ 500 のような追加の部品を永久に取り付けるのに必要な部品は、自動製造工程を用いて費用対効果の高い取り付けがなされうる。ねじを用いる代わりに、バネ作用のクランプ、バイオネット継手又は他の方法が、適切な形状をした機械的支持部品と共に用いられうる。

【0096】

本発明に従って、アンテナ 100 は、回路 40 に取り付けられうるし、アダプタ 50 に取り付けられることなく単独で用いられうるし、または、アダプタ 50 に取り付けられうる。

【0097】

非接続の構成において、上記アンテナ 100 は、中間ゲインを有する通信システム 200 の低損失、広帯域、高効率な部品であって、容易に標準基板 30 に取り付けられると共に、回路 40 に接続される。

【0098】

接続された構成において、上記導波路インターフェース EM3, M3 は、能動及び受動部品を回路 40 に加える可能性を与える。この回路 40 は、フィルタ、高利得アンテナ及びアンプモジュールを含むが、これらに限定されない。上記アダプタ 50 は、好ましくは、導波路 400 又はアンテナ 500 をアンテナ装置 100 に接続できる場の修正（例えば、望まない共振モードの抑制のため）を提供する。

【0099】

また、接続された構成において、上記導波路インターフェースE M 3, M 3は、標準の導波路部品400の全動作の帯域幅内の回路40のための、低損失で、全体的に遮蔽され、再現性のあるテスト及び計測環境を可能にしている。

【0100】

独創性のあるアンテナ装置100及びアダプタ50は、接続及び非接続の両構成において、特定の機能を同時に実現するために協調設計がされている。

【0101】

全ての要素、特にアンテナ装置100は、標準の、低コスト材料を使用して製造されるように設計されており、大量生産工程を構築している。CNC機械加工のような少量生産技術は排除されず、成形は、大量生産を別にすれば好ましい技術である。

【0102】

結果として、本発明のアンテナ装置100を有する費用対効果の高いモジュールを作るのを許容する、モジュール式の非常に柔軟な解決法が利用可能であり、生産及び設計のシーケンスにおいて、テスト及び計測のために適用されている。モジュール式の非常に柔軟な解決法は、能動及び受動部品に導波路インターフェースを与えるのに等しくて、よく適合している。この種の結合されたインターフェースは、必要なモジュールのバージョンの数の最小化、物流の努力の減少及び在庫回転の増加によって、全体の製造コストをさらに減少できる。

【0103】

従来の解決法に比べて、本発明は、特に、ミリ波の送受信回路及びモジュールのコストをかなり減少させている。

【符号の説明】

【0104】

- 10 反射フレーム
- 11 上側の水平口
- 12 環状の側壁
- 13 支持構造
- 14 側面口
- 15 台
- 16 内側部分
- 16. 1 背側の反射部／背側の反射空洞
- 16. 2 開口部／開口空洞
- 16. 3 遮蔽壁
- 17 下側の水平口
- 18 スタブ
- 20 放射要素／モード変換要素
- 21 (アンテナ) 基板
- 22 放射パターン
- 23. 1 モード変換領域(能動領域)
- 23. 2 代わりのモード変換領域
- 24 フィードポイント(部)
- 25 フィード線
- 26 導電シート
- 27 コプレーナ導波路
- 28 中心導体
- 29 接地導体
- 30 共通基板
- 31 水平金属面
- 40 集積回路

4 1 接点 (ボンドワイヤ) / 表面接点
4 1 . 1 ボンドパッド
5 0 アダプタ
5 1 下側部分
5 2 上側部分
5 4 第 2 の結合要素 (リッジ又はロッド)
6 0 A 第 1 の較正用標準器
6 0 B 第 2 の較正用標準器
6 0 C 第 3 の較正用標準器
7 1 (第 1 の) スロット
7 2 スロット
7 3 スロット
7 4 フレーム形状のシート
7 5 接続部
7 6 導電シート
7 7 ギャップ
7 8 A 区分
7 8 B 区分
7 9 接続部
8 1 鏡面对称開口
8 2 開口
8 3 開口
8 5 幅狭のストリップ
8 6 より幅広のパッチ
8 7 ギャップ
8 8 横ストリップ
8 9 ギャップ
9 1 前面
9 2 外側壁
9 3 環状前面
9 4 アライメントピン
1 0 0 モジュラーアンテナ装置
1 0 0 A 第 1 のアンテナ装置
1 0 0 B 逆の第 2 のアンテナ装置
3 0 0 配置
4 0 0 導波路部品
4 0 0 A 較正用標準器
4 0 0 B 較正用標準器
4 0 0 C 較正用標準器
5 0 0 アンテナ
5 0 1 機械的支持構造
5 0 2 . 1 個別部品
5 0 2 . 2 個別部品
E M 2 インターフェース / 電磁接点
E M 2 A 電磁的インターフェース
E M 2 B 電磁的インターフェース
E M 3 インターフェース / 導波路インターフェース
E 1 電氣的インターフェース
E 1 A 電氣的インターフェース
E 1 B 電氣的インターフェース

M 1 機械的インターフェース
M 1 A 機械的インターフェース
M 1 B 機械的インターフェース
M 2 機械的インターフェース
M 2 A 機械的インターフェース
M 2 B 機械的インターフェース
M 3 機械的インターフェース
S 1 対称線
S 2 対称線

フロントページの続き

(72)発明者 ヤヌス・ゲルジブ

スイス、ツェーハー 8 3 3 0 プフェッフィコン・ツェットハー、フリートホーフシュトラッセ 3
5 番

Fターム(参考) 5J045 AB05 AB06 DA06 DA09 EA08 HA03 HA04

【外国語明細書】

1

**Surface-mountable antenna with waveguide connector function,
communication system, adaptor and arrangement comprising the
antenna device**

[0001] The present invention concerns antennas and communication systems based thereon, as well as adaptors for use in connection with the antennas and corresponding arrangements.

Background art

[0002] Conventional microwave and millimeter wave radio applications are usually built of discrete passive and active components individually assembled on a common high-frequency substrate or board, resulting in a low integration level.

[0003] The performance of such a radio application, in particular at millimeter wave frequencies, is typically limited by the number of permissible consecutive interfaces or transitions between discrete components, which is a function of the quality of the above-mentioned common substrate and the capability of the interconnect technology to reproduce a predefined reflection coefficient.

[0004] In an effort to significantly reduce the overall cost of communication systems and applications, low cost key components like high gain antennas, filters, and front end modules are under development.

[0005] A key requirement for higher volume market penetration is a significant reduction of the overall costs. Typical cost drivers are the antennas, as such.

[0006] The following main features of a modern, antenna-based radio communication system may be highly desirable:

- modular and reconfigurable build-up allowing to use the unit in different application scenarios, e.g. indoor, point-to-point outdoor, etc.
- capable of delivering both fully testable transmitter and receiver sides of the completely assembled system, up to and including the antenna, avoiding the ambiguities of propagation dependent link tests by creating well-defined, reproducible, shielded signal ducts.

[0007] A novel approach applying a suitable integration methodology is believed to be a key factor for the successful low cost and high performance realization of the above-mentioned envisioned radio systems. It should enable millimeter wave units with minimum microwave technology used and substantially simplified assembly. Ideally, the need for an expensive high-frequency common substrate carrier could be entirely eliminated. It should also deliver both antenna and integrated waveguide transition designs that show little sensitivity to a variable package- and board-level EM environment and are easily transferable to different manufacturing and assembly setups.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0008] It is thus the main objective of the present invention to provide a simple antenna device that can be directly connected to a planar (e.g. millimeter wave) circuit.

[0009] It is another objective of the present invention to provide a reliable and reproducible interface to additional waveguide-based (e.g. millimeter wave) active and passive components.

[0010] It is another objective of the present invention to provide a reproducible, low loss, fully shielded test and measurement interface to a planar (e.g. millimeter wave) circuit.

[0011] The present invention is directed to constructing a low cost medium gain (5 – 10dBi) modular surface-mountable antenna for highly integrated radio applications and a suitable adaptor to be used in testing and tuning scenarios.

[0012] The inventive surface-mountable antenna has two main functions. The first function is the function of a regular antenna for radiating and/or receiving electromagnetic energy into (out of) free space. The second function is an adaptor function where the antenna constitutes a first part of a planar-circuit-to-waveguide transition. The antenna is, hence, also called connector base or female adaptor part. As the second part of the planar-circuit-to-waveguide transition, a connector plug or male adaptor part is used. It can be repeatedly attached to the antenna, thereby creating a low loss, broadband and reproducible planar-circuit-to-waveguide transition.

[0013] The antenna presented herein is a surface mountable, quasi-planar, antenna with an integrated waveguide connector function.

[0014] According to the present invention, the main elements of the inventive antenna comprise a reflector frame and a radiating element with an at least slightly bendable cantilever interface to an active (planar) circuit. The millimeterwave waveguide antenna itself is formed by the radiating element and two cavities, namely a back reflector cavity and an open cavity. The radiating element is mounted inside the reflector frame, providing a common interface between these two cavities. The entire antenna is mounted on top of an electrically conducting plane located on a common substrate, yielding the back reflector cavity as an essentially electromagnetically shielded volume.

[0015] The inventive antenna device, which constitutes the first part of a planar-circuit-to-waveguide transition, has the following main characteristics:

- It has a quasi-planar shape where the "z-axis" dimension is much smaller than "x-axis" and "y-axis" dimensions.
- It provides for a bendable mechanical and electrical interface to a planar active circuit (transmitter or receiver) chip.
- It may use a flexible high-frequency substrate for the radiating element;
- It is "waveguide-ready", i.e. it is designed to support/receive the adaptor/connector functionality.
- It provides for a mechanical and electromagnetic interface to an adaptor.

[0016] The inventive adaptor, which constitutes the second part of a planar-circuit-to-waveguide transition, has the following main characteristics:

- It is designed to provide for a higher order mode suppression inside the otherwise open cavity.
- It performs a modification of the radiating element near filed.
- It serves for an impedance transformation of the planar-circuit-to-waveguide transition.
- It provides for a mechanical and electromagnetic interface to the antenna device.
- It provides for a mechanical and electromagnetic interface to a waveguide or to another component with waveguide interface, e.g. an antenna, or test and measurement equipment.

[0017] When the adaptor is connected to the antenna device, an arrangement with a fully shielded interface between a planar circuit and a waveguide, or antenna is provided.

[0018] The antenna device and the adaptor presented herein are designed to be used preferably for millimeter wave applications and communication systems. The present invention achieves a significant cost reduction by employing a modular cost effective design.

[0019] Operating at other frequency bands not being excluded, one frequency band of special interest is the worldwide license-exempt range from 57

to 66 GHz (the corresponding standardized waveguide band being V-band, 50 to 75GHz), another commercially interesting band is the combination of 71 – 76GHz and 81 - 86GHz ranges (the corresponding standardized waveguide band being E-band, 60 to 90GHz). In the first case, the antenna device should preferably cover the 57 to 66GHz range with good matching properties and radiation efficiency, whereas in the function of a complete planar-circuit-to-waveguide transition, full V-band coverage would be desirable. In the second case, the antenna device should preferably cover the 71 to 86GHz range, whereas in the function of a planar-circuit-to-waveguide transition, full E-band coverage would be desirable.

[0020] The invention also addresses the adaptor that is designed to fit on top of the reflector frame of the antenna device, which provides for an adequate testing environment, or which can be used to connect the antenna device to a suitable other component with waveguide interface.

[0021] The antenna presented herein has the advantage of being compatible to low cost, high volume manufacturing and assembly technologies. Another advantage is the small form factor of the quasi-planar antenna and the fact that it has a chip-scale size.

[0022] Depending on the actual implementation, the antenna device is capable of supporting an input impedance bandwidth sufficiently large for Gbps wireless data communication (relative bandwidth greater than 20%).

[0023] Other advantages are obtained, namely a flat gain response with respect to frequency and a high radiation efficiency (typically above 80%). The antenna device may furthermore have a medium gain (5 – 10 dBi), being sufficient for near-range point-to-point communication applications.

[0024] The foregoing and other objects and advantages of the invention will appear from the following description. In the description, reference is made to the accompanying drawings which form a part thereof, and in which there are shown by way of illustration, preferred embodiments of the invention. Such embodiments do not necessarily represent the full scope of the invention,

however, and reference is therefore made to the claims herein for interpreting the scope of the invention.

FIGURES

- Fig. 1A: is a schematic block diagram of an antenna device, according to the present invention;
- Fig. 1B: is a schematic block diagram of a first communication system comprising an active device and an antenna device, according to the present invention;
- Fig. 1C: is a schematic block diagram of a second communication system comprising an active device, an antenna device, and an adaptor, according to the present invention;
- Fig. 1D: is a schematic block diagram of a third communication system comprising an active device, an antenna device, an adaptor, and a waveguide element, according to the present invention;
- Fig. 1E: is a schematic block diagram of a fourth communication system comprising an active device, an antenna device, an adaptor, and an antenna, according to the present invention;
- Fig. 2A: is a perspective top view of a first planar antenna device, according to the present invention;
- Fig. 2B: is a perspective bottom view of a first planar antenna device, according to the present invention;
- Fig. 2C: is a side view of a first planar antenna device as mounted on the common substrate, according to the present invention;
- Fig. 2D: shows a perspective view of a radiating element to be mounted in a first planar antenna device, according to the present invention;
- Fig. 2E: is a top view of a first planar antenna device showing certain details of the radiating element;
- Fig. 2F: is a perspective semitransparent view of a reflector frame of a first planar antenna device according to the present invention;
- Fig. 3: is a perspective view of a first communication system comprising a planar antenna device and some electronic components connected by a feedpoint section, and as mounted on a common substrate;

- Fig. 4: is a perspective semitransparent view of a second communication system or arrangement comprising a planar antenna device and an adaptor, according to the present invention;
- Fig. 5A: shows a top view of an adaptor mounted on top of a planar antenna device with the mating elements clearly visible, according to the present invention;
- Fig. 5B: a semitransparent side view of the adaptor of Fig. 5A mounted on top of the planar antenna device showing the mating elements providing both a mechanical and an electrical contact, according to the present invention;
- Fig. 6A: is a schematic block diagram of a first calibration standard with planar antenna devices as ports;
- Fig. 6B: is a schematic block diagram of a second calibration standard with planar antenna devices as ports;
- Fig. 6C: is a schematic block diagram of a third calibration standard with planar antenna devices as ports;
- Fig. 7A: is a perspective top view of another planar antenna device, according to a second embodiment of the present invention;
- Fig. 7B: is a perspective bottom view of the second embodiment of the present invention;
- Fig. 7C: is a side view of the second embodiment as mounted on the common substrate, according to the present invention;
- Fig. 7D: is a semitransparent top view of the second embodiment of the present invention;
- Fig. 7E: shows a perspective view of a radiating element, according to the second embodiment of the present invention;
- Fig. 7F: is a top view of the second embodiment of the present invention;
- Fig. 8: is a perspective view of another arrangement comprising a planar antenna and an adaptor, according to the present invention;
- Fig. 9A: is a side view of an adaptor mounted on an antenna device, according to the present invention;
- Fig. 9B: is a cross-section of the adaptor and antenna device of Fig. 9A, according to the present invention;
- Fig. 9C: is a cross-section of the adaptor of Fig. 9A, according to the present invention;

Fig. 9D: shows a perspective view of a communication system, according to a third embodiment of the present invention;

Fig. 10: shows a perspective view of a communication system, according to a fourth embodiment of the present invention;

Detailed description:

Terms

[0025] The following sections describe several terms used throughout the specification and the claims to facilitate discussion of the invention.

[0026] In the following text, cast parts are discussed. According to the present invention, the term "cast part" is to be understood as parts which were either produced using an (automatic) injection molding method or a powder injection molding (PIM) process with subsequent sintering. In the first case, thermoplastics may be used, yielding the final dimensions in a 1-step process.

[0027] According to the present invention, various plastic injection molding compounds may be used in order to produce the cast parts. Some examples of suited plastics are listed in the following: PA (polyamide); POM (polyoxymethylene); PET (polyethylene terephthalate); PS (polystyrene); LCP (liquid crystal polymer); PBT (polybutylene terephthalate); ABS (acrylate-butadiene-styrene); PPE (polyphenylene ether); PP (polypropylene); PMMA (polymethylmethacrylate); PC (polycarbonate); PAS (polyaryl sulfone); PES (polyether sulfone); PEI (polyether imide); PAI (polyamide imide); PPS (polyphenylene sulfide); PVDF (polyvinylidene fluoride); PEEK (poly ether ether ketone).

[0028] Polymer blends may also be used. These are combinations of two or more miscible polymers. Blending is processing, mixing, or reacting two or more polymers to obtain improved product properties.

[0029] Modified plastics having filler particles may also be used, which makes the construction of solidly adhering non-electrode or galvanically

deposited metal coatings easier. The filler particles may be made of electrically conductive metals (e.g., palladium) or of electrically non-conductive metal pigments, as used in spray lacquers for electromagnetic shielding. These metal pigments are used as a catalyst for non-electrode deposition of a metallic primer coating, which may subsequently be galvanically reinforced. The spray lacquer achieves only a limited adhesive strength, which is strongly dependent on the plastic material. By embedding the particles in the plastic compound, a significant improvement of the adhesive strength is achieved in that the particles are exposed only on the surface through a short pickling process or by laser ablation, but otherwise they remain enclosed by the plastic compound.

[0030] Another important group of modified plastics employs a combination of glass fibers and mineral or ceramic particles for adjusting the coefficient of thermal expansion (CTE) to the one of the common substrate.

[0031] Instead of plastic, metals may also be used for producing the cast parts. Aluminum is especially suitable, which may be processed in the aluminum injection molding method. Titanium or Stainless Steel can be used by employing the metal injection molding (MIM) process, which is a variant of the above-mentioned powder injection molding (PIM) process. An advantage of this approach may be the simplification or even evasion of a subsequent metal plating step.

[0032] The cast parts are distinguished in that a minimum of post-processing outlay is necessary. For this reason, the cast parts are herein also referred to as precasts or finished parts. The dimensions of the cast parts are very precise.

[0033] Reflectors which preferably have a conductive surface may be used. This conductive reflector surface may be set to ground. The reflector surface may be implemented as flat or curved. Preferably a metal surface on a common substrate serves as reflector.

[0034] Before addressing specific embodiments of the invention, some basic aspects are addressed and explained by reference to the Figures 1A through 1E.

[0035] One key element of the present invention is the so-called surface-mountable antenna device 100, as schematically illustrated in Fig. 1A. This antenna device 100 comprises four interfaces E1, M1, EM2 and M2, represented by the four horizontal lines in Fig. 1A. The two interfaces E1 and M1 on the left hand side of Fig. 1A are devised to establish a connection to an active circuit 40 (cf. Fig. 1B). The first interface is an electric interface E1, and the second interface is a mechanical interface M1. The other two interfaces are an electromagnetic interface EM2 and a mechanical interface M2. As a means of distinction, we denote an interface that predominately exhibits both electric and magnetic transversal field components in its plane as electric interface (an example being a joint of TEM or quasi-TEM transmission lines), and an interface that exhibits significant electric or magnetic longitudinal field components as electromagnetic (an example being a rectangular waveguide joint).

[0036] A first communication system 200 comprising an active device 40 and an antenna device 100, according to the present invention, is illustrated in Fig. 1B.

[0037] A second communication system 200 comprising an active device 40, an antenna device 100, and an adaptor 50, according to the present invention, is illustrated in Fig. 1C. The antenna device 100 and adaptor 50 together are referred to as arrangement 300. The adaptor 50 has four interfaces (two electromagnetic and two mechanical ones). EM2 and M2 establish a preferably detachable connection to the antenna device 100 while interfaces EM3 and M3 can be used to attach additional components.

[0038] A third communication system 200 comprising an active device 40, an antenna device 100, an adaptor 50 and a waveguide element 400, according to the present invention, is illustrated in Fig. 1D. The adaptor 50 has four interfaces (two electromagnetic and two mechanical ones). EM2 and M2 establish a preferably detachable connection to the antenna device 100 while interfaces

EM3 and M3 are connected to the waveguide element 400. This waveguide element 400 has at least two interfaces (an electromagnetic and a mechanical one) which are connected to the interfaces EM3, M3. It may have additional interfaces, which are dealt with as internal features for the sake of clarity.

[0039] A fourth communication system 200 comprising an active device 40, an antenna device 100, an adaptor 50 and an antenna 500, according to the present invention, is illustrated in Fig. 1E. The adaptor 50 has four interfaces (two electromagnetic and two mechanical ones). Two are connected to the interfaces EM2, M2 of the antenna device 100. The remaining two interfaces EM3 and M3 are connected to the antenna 500. This antenna 500 has at least two interfaces (an electromagnetic and a mechanical one) which are connected to the interfaces EM3, M3. The electromagnetic interface constituted by the aperture radiating into free space is again omitted for the sake of clarity as it is normally not intended for attaching further components.

[0040] A first planar antenna device 100 is shown in Figures 2A - 2F. The antenna device 100, according to the present invention, comprises at least a reflector frame 10 and a radiating element 20 (cf. Fig. 2B). The reflector frame 10 has circumferential sidewalls 12 which provide for a lateral definition of an interior section or cavity 16 (cf. Fig. 2C). A lateral opening 14 is provided in one of the sidewalls 12. An upper horizontal opening 11 of the interior section 16 serves as electromagnetic aperture which establishes or which is part of the electromagnetic interface EM2 in Fig. 1A. This part of the interior section is referred to as open cavity 16.2 (cf. Fig. 2B). A lower horizontal opening 17 of the interior section 16 is designed to be mounted or placed on top of a metal plane 31 (cf. Fig. 2C). When mounted or placed on top of the metal plane 31, an electromagnetic back reflector structure or back reflector cavity 16.1 of the antenna device 10 is formed.

[0041] The reflector frame 10 further comprises a support structure 13 (cf. Fig. 2C). This support structure 13 is an integral part of the reflector frame 10. A step or ridge may serve as support structure 13.

[0042] The radiating element 20 has a planar, horizontally-oriented antenna substrate 21 with a rectangular mode conversion area 23.1 and a cantilever-shaped feedpoint section 24 protruding from the mode conversion area 23.1 (cf. Fig. 2D) in an essentially horizontal direction. The feedpoint section 24 serves as electric interface E1 (cf. Fig. 1A), connecting the antenna device 100 to an active device 40. In a preferred embodiment of the invention, feedpoint section 24 features a coplanar waveguide 27 which is entering the rectangular mode conversion area 23.1 approximately at the centre of one of its broader edges. The coplanar waveguide 27 is established by two parallel slots in a thin electrically conducting sheet 26 which is adherent to one of the larger surfaces of the substrate 21, resulting in a centre conductor 28 and two ground conductors 29. In the rectangular mode conversion area 23.1 the electrically conducting sheet 26 has at least one slot 71, running perpendicular to the coplanar waveguide 27. The centre conductor 28 is electrically connected to the far edge of the slot 71, the ground connectors 29 to the near edge. This slot 71 is preferably placed in the centre of area 23.1. The length of the slot 71 is chosen to be equal to approximately half of the wavelength at the centre of the intended frequency band.

[0043] In a further improved embodiment, one or two pairs of slots 72, 73 are situated adjacent to slot 71 and are folded in order to accommodate a length of approximately half of the wavelength at the centre of the intended frequency band. Preferably, at least one short end-section of either slot 72 or 73 is running parallel and in close proximity to slot 71, thereby providing for electromagnetic coupling between 71 and 72, 73, respectively.

[0044] According to the invention, the radiating element 20 is mounted by the support structure 13 inside the interior section 16 so that the interior section 16 is divided into the above-mentioned back reflector cavity 16.1 and the open cavity 16.2 (cf. Fig. 2C). The feedpoint section 24 extends from the interior section 16 through the lateral opening 14 in order to provide for a connection (electric interface E1) to an active circuit 40.

[0045] According to the invention, the reflector frame 10 comprises metal or is at least partially metallised.

[0046] The planar antenna device 100 is by design so constructed as to be integrated onto a common substrate 30 such as a low frequency board, a printed circuit board or a similar support structure (cf. Fig. 2C or 3, for instance). A common requirement for all these in order to be suitable for accommodating the reflector frame 10 is to feature a horizontal metal plane 31 acting as a back reflector for the radiating element 20.

[0047] The reflector frame 10 of the antenna device 100 has a quasi-planar layout wherein the "z-axis" dimension is much smaller than the "x-axis" and "y-axis" dimensions. The z-axis is perpendicular to the x-y-plane, and the (antenna) substrate 21 lies in the x-y plane. Preferably, the height (in z-direction) of the frame 10 is between 1 and 5 times the height of the planar circuit 40. If a planar 500 μm thick SiGe chip 40 is employed, then the height of the back reflector cavity 16.1 may also be about 500 μm .

[0048] Small differences between the height of the circuit 40 and the height D of the feedpoint section 24 (cf. Fig. 2C) of the inventive antenna device 100 can be bridged by a (slightly or completely) bendable cantilever, as will be explained later.

[0049] In a preferred embodiment, the reflector frame 10 comprises a support structure 13 designed to accommodate the radiating element 20, said support structure 13 matching the shape of the antenna substrate 21 of the radiating element. That is, the reflector frame 10 serves as mechanical support structure for supporting the antenna substrate 21. The reflector frame 10 is a 3D constituent of the antenna device 100 and is part of the mechanical interface M1 for mounting the entire antenna device 100 on a (common) substrate 30. The reflector frame 10 also serves as mechanical interface M2 since it is designed to receive an adaptor 50.

[0050] The dimensions of the lower portion 16.1 of the reflector frame 10 are chosen so that the radiating element 20 can be inserted into the interior section 16 through this lower portion 16.1. For this reason, the horizontal dimensions of the lower portion 16.1 are somewhat larger than the horizontal dimensions of the radiating element 20, that also exhibits somewhat larger

horizontal dimensions than the upper portion of the frame 10 or open cavity 16.2.

[0051] To accommodate the radiating element 20, the shape and details of which will be discussed later, one of the sidewalls 12 of the reflector frame 10 has a lateral opening 14 where a feedpoint 24 of the radiating element 20 can extend out of the reflector frame's interior section 16. In a preferred embodiment, a bendable cantilever interface (electrical interface E1 in Fig. 1A) to a planar circuit 40 is provided.

[0052] In a preferred embodiment, at least the sidewalls 12 of the reflector frame 10 facing the interior section 16 are metallised so that the reflector frame 10 can be used as an aperture-type antenna. For this reason, this part may be provided with a metal coating, or the cast reflector frame part may include electrically conductive particles embedded in a host material in such a way that the cast part is electrically conductive in at least the surface region. This is necessary in order to facilitate the use of the interior section 16 as an antenna aperture for the radiating element 20 and for providing a well defined, shielded enclosure in conjunction with a suitable adapter 50, as explained further below.

[0053] The reflector frame 10 enclosed by the circumferential walls 12 has two openings: an upper horizontal opening 11 and a lower horizontal opening 17 facing the metal plane 31. One can observe from Fig. 2A and also from successive figures that the interior section 16 enclosed by the sidewalls 12 is divided by the support structure 13 and the radiating element 20 into two separate cavities, the upper open cavity 16.2 and the back reflector cavity 16.1 (cf. Fig. 2C). As explained above for a preferred embodiment of the invention, but not restricted to the same, the arrangement of slots within the electrically conducting sheet 26, or an equivalent planar structure, may be used for providing mode conversion within the area 23.1 to efficiently exchange electromagnetic energy between the coplanar waveguide 27 and the fundamental waveguide mode corresponding to the cross-section of opening 11. The back reflector cavity 16.1 in conjunction with the planar structure constitutes a hybrid resonator with its resonant frequency approximately tuned to the center of the useful impedance matching bandwidth. The slot arrangement is optimized

in view of the fundamental waveguide mode excitation and unwanted field components suppression in the radiating aperture 11. The upper open cavity 16.2 may be very shallow. In this case, the radiating element 20 is directly coupled to the free space. However, a certain minimum height of the open cavity 16.2 provides for additional degrees of freedom for obtaining a wide useful frequency bandwidth and a flat frequency response of the antenna gain. It also better supports the formation of a shielded and reproducible interconnect (EM2 and M2 in Fig. 1C) when the adapter 50 is in place. Due to the fact that preferably a cast reflector frame 10 is used, the back reflector portion 16.1 can have a size and shape different from the one of the open portion 16.2. The dimensions and the shape of this open portion 16.2 have an impact on the radiation pattern of the overall antenna. Thus, according to the desired radiation pattern, the parameters of the open portion 16.2 can be adjusted, e.g. by performing structural optimization based on full-wave electromagnetic simulation methods.

[0054] Fig. 2B shows a perspective bottom view of the antenna device 100, where the lower horizontal opening 17 and the bottom of the antenna substrate 21 of the radiating element 20 are clearly visible. This figure further illustrates the way the radiating element 20 is mounted into the reflector frame 10, by inserting it through the lower horizontal opening 17 before the antenna 100 is fitted on the metal plane 31. This figure also shows the separation into two portions of the interior section 16, discussed in the previous paragraph (back reflector portion 16.1 and open portion 16.2).

[0055] A side view of the planar antenna device 100, as mounted on the common substrate 30, can be seen in Fig. 2C. This figure shows the structural components of the assembly. First, a common substrate 30 fitted with the horizontal metal plane 31 may be provided, preferably a low frequency board,. This metal plane 31 is part of the electromagnetic back reflector structure and is provided to enclose the back reflector portion 16.1 of the reflector frame 10. On this metal plane 31 the reflector frame 10 is fitted with the radiating element 20, that was, in turn, previously fitted inside. Preferably, an electrically conducting connection is provided between the sidewalls 12 of the reflector frame 10 and the metal plane 31. In the depicted embodiment of the present invention, the

antenna substrate 21 of the radiating element 20 is suspended by the support structure 13 at a predetermined distance D from the metal plane 31.

[0056] Fig. 2C also illustrates the way the feedpoint section 24 (preferably a bendable cantilever) of the radiating element 20 extends from the reflector frame 10 through the lateral opening 14 in one of the vertical sidewalls 12.

[0057] Fig. 2E shows a bottom view of a preferred embodiment of the planar antenna device 100. The above-mentioned fundamental waveguide mode excitation and unwanted field component suppression can best be obtained by incorporating at least one symmetry plane that is common to the feedpoint section 24 and the mode conversion area 23.1, as depicted by S1-S1 in Fig. 2E. Further improvement can be achieved by introducing another local symmetry plane, S2-S2, of the area 23.1. This corresponds to identical slot pairs 72 and 73, respectively.

[0058] The radiating element 20 used in the modular antenna device 100 of the present invention is depicted in Fig. 2D. This element 20 is built on an antenna substrate 21. In a preferred embodiment, this substrate 21 is made of a flexible, dielectric material. It is, for instance, a high definition Liquid Crystal Polymer (LCP) flex substrate. In the depicted embodiment, the antenna substrate 21 has a T shape, with a feedpoint section 24 and a mode conversion area 23.1. Beyond the above-mentioned slots 71, 72 and 73, the coplanar waveguide 27, the center conductor 28 and the ground conductors 29, it shows an electrically conducting frame-shaped sheet 74 which is placed on the substrate surface opposed to the one carrying the electrically conducting sheet 26. Both sheets 26, 74 are preferably connected by the use of multiple electrically conducting via connections 75. This arrangement is especially useful when the sheet 26 is oriented towards the metal plane 31 and hence towards the upper surface of the planar circuit 40. This may be desirable in order to avoid critical transitions between the coplanar waveguides on opposite sides of the substrate 21. In this case, sheet 26 is indirectly connected to the supporting structure 13 with the help of multiple electrically conducting via connections 75 and frame-shaped sheet 74, averaging out the influence of individual position tolerances. The feedpoint section 24, which is protruding from the lateral opening

14, may be equipped with an electrically conductive sheet 76 adhering to the substrate surface opposite to the coplanar waveguide 27 in order to provide improved shielding and increased transmission line impedance range. Two lines of electrically conductive via connections 79 between conductive sheet 76 and coplanar ground conductors 29 provide for appropriate shielding of the feed lines 25 and are preferably arranged equidistant to the symmetry plane S1-S1.

[0059] Fig. 2F illustrates one suitable embodiment of a reflector frame 10 that can be used on connection with the embodiment illustrated in Figures 2A – 2E.

[0060] The feedpoint section 24 is meant to extend from the reflector frame 10 through the lateral opening 14 and has the role of enabling the mechanical and electrical connection (interfaces E1 and M1) of the radiating element 20 to other components via feed lines 25. The feedpoint section 24 is realized as cantilever and it may feature flip-chip contacts near its outer edge. Preferably, a bendable cantilever serves as feedpoint section 24 so as to provide a compliant interface to the planar circuit 40 (cf. Fig. 3). The cantilever or bendable cantilever can be used in connection with all embodiments.

[0061] In another preferred embodiment, the entire substrate 21 (not only the cantilever part) is a flexible substrate. In this case, the reflector frame 10 provides for sufficient mechanical stability against so-called microphony (being the modulation of electrical signals by acoustically induced periodic displacements) and/or thermally induced bending or warping. The flexible substrate can be used in connection with all embodiments, too.

[0062] The electrically conducting plane 31 is part of back reflector cavity 16.1 and it may serve as ground contact. The conducting plane 31 may be either a part of the planar antenna device 100 for better reproducibility, or it may be part of substrate 30 for lower cost. If the plane 31 is part of the substrate 30, then it also serves as mechanical support for the planar antenna device 100.

[0063] An exemplary first embodiment of a communications system 200, which comprises a planar antenna device 100, as mounted on a common substrate 30, is shown in Fig. 3. Besides the planar antenna device 100, the common substrate 30 usually accommodates other electronic components like an integrated circuit 40 (planar circuit or active circuit 40), as depicted in this figure. A number of peripheral surface contacts 41 are being connected to the printed circuit board or common substrate 30 using for instance bond wires. According to the present invention, (peripheral) bond pads 41.1 constituting the millimeter wave port(s) of the circuit 40 are being connected directly to the feedpoint section 24 via feed lines 25 (cf. Fig. 2D) at its outer edge. A preferred process for establishing such direct connection is inverse flip-chip bonding, involving thermosonic welding of feed lines 25 to gold-plated or mechanically bumped surface contacts 41.

[0064] Operating at other frequency bands not being excluded, the present invention is particularly suited to operate in the 57 to 66 GHz or the 71 to 86GHz frequency ranges, respectively. The planar antenna device 100 at the same time is meant to be used mainly for indoor communication. Also the so-called "full-duplex" simultaneous two-way communication is possible using the planar antenna 100, provided that an additional diplexer is employed between antenna device 100 on one hand, and receive- and transmit ports of circuit(s) 40, respectively.

[0065] The radiation efficiency of the antenna device 100 may be well beyond 90%, which coincides with a low loss operation of the waveguide transition (insertion loss of a few tenths of a dB). Also by design, the device 100 is very robust, meaning it presents a low sensitivity to the manufacturing tolerances, allowing using a relatively low cost subtractive etching process instead of thin-film process that requires additive conductor formation.

[0066] The reflector frame part 10 of the present invention is designed so that an adaptor 50, as it is depicted on Fig. 4, can be attached. To facilitate the attachment of the adaptor 50, the reflector frame and/or antenna device 100 comprises the interfaces EM2 and M2 (cf. Fig. 1C).

[0067] This adaptor 50 is designed to be connectable to the upper horizontal opening 11 of the antenna device 100. The purpose of the adaptor 50 is to provide a possibility to connect various testing and tuning equipment to the modular antenna device 100 (e.g. via a waveguide element 400, as illustrated in Fig. 1D) or to connect an antenna 500 (as illustrated in Fig. 1E). The antenna 100 together with the adaptor 50 provides a respective planar-circuit-to-waveguide transition. Both parts 100 and 50 form a fully shielded interface between a planar circuit (e.g. the planar circuit 40) and a waveguide (e.g. the waveguide element 400) when connected together.

[0068] For this reason, the upper portion 52 of the adaptor 50 has a shape adapted to the particular testing or tuning equipment used. The lower portion (male portion) of the adaptor 50 has a form factor so that the male part fits into the antenna 100. The adaptor's male portion is designed so that a mechanical contact to the antenna frame 10 is provided (this mechanical connection is referred to as interface M2). Preferably, a galvanic contact is established between the parts 10 and 50 when the adaptor 50 is plugged into the antenna 100, thereby providing full electromagnetic shielding.

[0069] The body of the adaptor 50 provides for a mechanical connection to the frame 10 on one side (interface M2) and a mechanical connection (interface M3) to the (test equipment) waveguide element 400 on the other side. The body further comprises features/elements which ensure a near-field modification inside the otherwise open cavity 16.2 (interface EM2) when an electro-magnetic wave is coupled from the reflector frame 10 into the waveguide 400. At least part of the adaptor's surface is conducting. In the context of the present invention, a near-field modification shall denote a well-defined manipulation of the electromagnetic boundary conditions close to the mode conversion area 23.1 (or 23.2). It is reproducibly introduced when the adaptor 50 is engaged with the frame 10, and absent when the antenna 100 is in normal operation.

[0070] According to the present invention, the adaptor 50 provides for a waveguide transition (e.g. to a standard WR-15 waveguide in case of V-band, interface EM3) which is required for an adequate testing environment, also ensured by the robustness and tolerance insensitivity of the connection between

the reflector frame 10 and the adaptor 50. In order to be able to provide the required transition, a highly efficient, high bandwidth coupling to a waveguide interface (EM3) is rendered possible by a modification of the antenna near-field.

[0071] Similarly to the reflector frame 10, the adaptor 50 may also be a (pre-) cast part, but the adaptor 50 can also be made by milling, drilling and other conventional processes. Please refer to the previous discussion about cast parts for details of the casting methods and alternatives. The cast reflector frame 10 together with the cast adaptor 50 provides for a direct connection between a planar circuit 40 and a waveguide interface. Both parts 10, 50 cooperatively provide for a desired impedance transformation.

[0072] Compatible to low cost, high volume manufacturing technologies are employed, according to the present invention, when intended to be used as transition inside a communication product or system 200, e.g. with a waveguide-based high gain antenna 500 or filter. However, their application is not a must for attaching test and measurement adapters that are needed in smaller numbers.

[0073] In Fig 4, a suitable element for modifying the near field of the mode conversion area 23.1 (cf. Fig. 2E) of the first embodiment is depicted which takes the shape of an electrically conducting transversal ridge or rod 54. This element is permanently attached to adaptor 50 i.e. it is an integral part of it. A gap 77 (cf. Fig. 5B) is provided between the lower face of element 54 (which faces substrate 21) and the electrically conducting sheet 26 (cf. Fig. 2D) in order to avoid a direct short-circuit of the primary slot 71. Depending on the location of sheet 26 (top or rear face of substrate 21) the gap 77 may be filled with air or with the combination of air with dielectric substrate. In an advantageous embodiment, element 54 is shaped and positioned symmetrical to plane S2-S2 (cf. Fig. 2E). In a further preferred embodiment, element 54 is shaped symmetrical to plane S1-S1 (cf. Fig 2D). Shape and arrangement of the element 54 are preferably chosen to support a fundamental waveguide mode (e.g. the TE₁₀ mode) inside the segments 78A and 78B of the remaining aperture (cf. Fig. 5A). Transversal and longitudinal dimensions of these segments 78A, 78B are purposefully chosen to support the desired impedance transformation while the

electromagnetic fields of undesired modes are displaced sufficiently to shift the corresponding resonance frequencies out of the desired bandwidth of operation.

[0074] To ensure a proper mechanical alignment of the adaptor 50 and the reflector frame 10, spring contacts, surface contacts, nut/bolt connections, or the like may be employed as mechanical interface M2. The same elements may be used to provide for the electromagnetic contact (interface EM2) between the reflector frame 10 and the adaptor 50. It is conceivable to employ different elements for the mechanical and the electromagnetic connection, respectively.

[0075] In order to provide for a transition to a waveguide element 400, the adaptor 50 may comprise a standard waveguide flange (e.g. WR-15 in case of operation inside V-Band).

[0076] In a preferred embodiment, as depicted in Fig. 5B, the adaptor 50 and the frame 10 form both an electrical and a mechanical contact 55 when connected. The upper horizontal opening 11 of the reflector frame 10 and the adaptor 50 can be galvanically connected e.g. at the horizontal front face of frame 10, encompassing opening 11, thus creating a fully shielded waveguide transition. The horizontal part of the contact area 55 provides for a precise vertical stop position while the vertical parts may provide for precise lateral (x, y, theta) alignment between reflector frame 10 and adaptor 50. In Fig. 5B, the above-mentioned gap 77 can also be seen. Element 54 may or may not have lateral mechanical and/or electrical contact to the inner sidewalls 12 of back reflector frame 10.

[0077] The planar antenna device 100 fitted with the adaptor 50 supports fully calibrated test environments suitable for manufacturers who need to test and fine-tune their equipment, namely the planar circuit 40, in a reliable and reproducible manner.

[0078] Due to the high degree of reproducibility of the antenna-to-adaptor mating, calibration kits can be defined. Fig. 6A depicts an arrangement of a first antenna device 100A, a first calibration standard 60A and a reversed second antenna device 100B. The calibration standard 60A preferably has the same

electrical and mechanical port configuration(s) E1, M1 as the planar circuit 40 in the product application arrangements, described herein. The calibration standard 60A may e.g. represent a direct through connection. The ladder network of Fig. 6A is also referred to as calibration standard 400A, comprising antenna devices 100 as detachable ports.

[0079] Fig. 6B depicts an equivalent arrangement with the first calibration standard 60A replaced with a second calibration standard 60B. The calibration standard 60B may e.g. represent a so-called "LINE" standard which has a well-defined extra length of interconnect transmission line between antenna devices 100A and 100B. The ladder network of Fig. 6B is also referred to as calibration standard 400B.

[0080] Fig. 6C depicts a third arrangement with the third standard 60C inserted. This standard may be viewed as so-called "REFLECT" standard that provides for equal large reflections to antenna devices 100A and 100B, while providing a high degree of electrical signal isolation between the two. The ladder network of Fig. 6C is also referred to as calibration standard 400C. A 2-port Vector Network Analyzer (VNA) may be used for fully calibrated measurements. Its measurement ports can be equipped with one appropriate adaptor 50 each. Sequential measurements of the calibration standards 400A, 400B and 400C provide for a set of measurement data allowing computation of the error coefficients of e.g. the well-known 12-term error model that can be used to mathematically remove the imperfections of the physical measurement set-up including transitions to interfaces E1, M1, as described by S. Rehnmark in "On the calibration process of automatic network analyzer systems," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, April 1974, pp. 457 – 458, and by J. Fitzpatric in "Error models for systems measurement," microwave Journal, May 1978, pp. 63 – 66.

[0081] Another well-known method can be applied to determine the scattering matrix of the arrangement 300 (cf. Fig 1C) by using the above-mentioned error coefficients and the corresponding ones obtained from calibrating the VNA at its standard waveguide ports. Since this arrangement 300 constitutes the composite adaptor between standard waveguide (interfaces EM3,

M3) and planar device port (interfaces E1, M1), the knowledge of this scattering matrix is very useful to correct measurements done with equipment that has known properties with respect to standard waveguide ports but does not support calibration of nonstandard ports.

[0082] In a preferred embodiment, the adaptor 50 and the reflector frame 10 are designed so that the adaptor 50 can be attached and detached manually. A mechanical clamping mechanism is thus preferred.

[0083] In a further embodiment, an open cavity antenna may be devised with an alternative mode conversion area 23.2 (cf. Fig. 7D) that serves as radiating element 20 of a planar antenna device 100 with increased aperture size and thereby increased antenna gain capability. A respective embodiment is illustrated in Figures 7A through 7F. The same reference numbers are used for the same elements as well as for elements which have more or less the same function. The respective elements are only briefly addressed. Further details can be derived from the description of Figures 2A through 2F.

[0084] This embodiment is characterized by the fact that the open upper cavity 16.2 (cf. Fig. 7D) and the lower back reflector cavity 16.1 are separated by a horizontal shielding wall 16.3 (cf. Fig. 7A) which is preferably an integral part of the reflector frame 10. Said shielding wall 16.3 comprises a 2-fold mirror-symmetrical aperture 81 which is centered within the open upper cavity 16.2. The shielding wall 16.3 is herein also referred to as support structure, since it is designed so as to receive or hold the radiating element 20. The back reflector cavity 16.1 (cf. Fig. 7D) covers preferably a much smaller area than the open upper cavity 16.2, thereby diminishing the number of its resonant modes within the frequency range of operation. The radiating element 20 (cf. Fig. 7B) is placed on the lower face of shielding wall 16.3 and comprises a mode conversion area 23.2 that is essentially confined to the aperture 81 (cf. Fig. 7A).

[0085] In a preferred embodiment, the aperture 81 is dimensioned for supporting only one fundamental resonant mode within the frequency range of operation.

[0086] An advantageous embodiment comprises an essentially rectangular aperture 81. The mode conversion area 23.2 takes the form of a modified E-probe. Since the height of the back reflector cavity 16.1 is given by the circuit 40 (e.g. a SiGe chip), it can not be used as a free electrical design parameter. In the 60GHz range, the typical chip height of 500µm represents only ca. 30% of the usual depth of the backshort section in an E-probe based planar circuit-to-waveguide transition, being approximately a quarter-wave length, see e.g. S. Hirsch, K. Duwe, and R. Judaschke "A transition from rectangular waveguide to coplanar waveguide on membrane," *Infrared and Millimeter Waves*, 2000. Conference Digest. 2000 25th International Conference.

[0087] The modified E-probe is fed by a center conductor 28, which itself is fed by a feedline 25 comprised in a feedpoint section 24 in analogy to the previously described embodiment (cf. Fig. 2A – 2F, Fig. 7C). For sake of clarity, section 24 is omitted in Fig. 7A, 7B and Fig. 7D – 7F. The center conductor 28 is attached to one surface of substrate 21, opposed to a large area, electrically conducting sheet 26, which serves as electrical ground layer. In correspondence to the shape and size of aperture 81, an opening 82 is provided within sheet 26, which preferably resembles the outskirts of aperture 16.3, but having slightly smaller dimensions. The resulting protruding conductor frame helps to reduce the influence of positioning tolerances between frame 10 and radiator element 20.

[0088] In a preferred embodiment, a ring-shaped, electrically conductive sheet 74 is provided and is placed on the same surface of substrate 21 as the center conductor 28. It comprises an opening 83 of 2-fold mirror symmetrical shape, which lies entirely within opening 82. In analogy to the first embodiment of planar antenna device 100, multiple electrically conducting via connections 75 may be used for ensuring identical electrical potentials on sheets 26 and 74. The center conductor 28 protrudes from the electrical ground layer into the opening 82, where it takes the form of a preferably narrow strip 85 (cf. Fig. 7D). Due to the absence of the ground layer in this area, this strip represents a series-connected inductive reactance. Strip 85 is connected to a wider patch 86, leaving a gap 87 (cf. Fig. 7F) between itself and the opposite edge of opening 83. Thanks to the placement of both conductive sheet 74 and patch 86 on the same side of

the substrate 21, the stray capacitance produced by gap 87 is mostly independent of positioning tolerances (slight placement errors) that result from the sequential exposition during the photolithographic production process of radiator 20; provided the opening 83 stays within opening 82. Additionally, the reduced sensitivity against positioning tolerances of radiator 20 referred to aperture 81 is obtained by providing sufficient lateral spacing between the conductor edge enclosing the opening 82 and the outskirts of aperture 81.

[0089] A preferred embodiment of the mode conversion area 23.2 provides the mirror-symmetrically arranged, electrically conductive, transverse strips 88, which are connected to the sides of patch 86 and running approximately parallel to the conductor of opening 82. A distance to the edge near center conductor 28 is much smaller than to the far edge. This modification of the well-known E-probe arrangement compensates for the unusual small height of back reflector cavity 16.1, reestablishing a good and broadband impedance matching both for the antenna and waveguide transition operation mode. The arrangement with stray capacitances established by gaps 87 and 89, respectively establish a quasi-lumped element capacitive voltage divider. This simple and compact structure allows for impedance matching bandwidth sufficing for Gigabit modulated RF waveforms and for a full waveguide-band (e.g. V-band 50 – 75GHz) operation of the waveguide transition i.e. test and measurement operation mode. The elimination of planar reactance matching networks in the planar feedpoint section significantly reduces the millimeter wave insertion loss.

[0090] In an advantageous embodiment of open cavity 16.2, two pedestals 15 are provided which each have the same mirror symmetry S1-S1 as the mode conversion area 23.2. They are also identical and as such establish a second, local mirror symmetry plane. The height of pedestals 15 is less or equal to the height of cavity 16.2 and their width and length are adjusted to obtain optimized broadband impedance matching properties for the antenna mode operation. It is advantageous to adjust the width of pedestals as to obtain optimized matching with a pedestal length of between 50% and 90% of the distance between the inner sidewall 12 of cavity 16.2 and the edge of aperture 81. With the help of pedestals 15, good aperture efficiency for the radiation from upper opening 11 can be achieved, i.e. a good compromise between matching bandwidth and near-

uniform aperture fields can be found.

[0091] For providing a reproducible high frequency contact to an adaptor 50, at least the shielding wall 16 and the inner sidewalls 12 of upper cavity 16.2 are electrically conductive, e.g. by coating with a thin metallic layer.

[0092] In a further preferred embodiment, the front face 91 of the upper cavity 16.2 is also electrically conducting with circumferential contact to the inner sidewalls 12 and exhibits an essentially flat surface.

[0093] In Fig. 8 a perspective view of an arrangement comprising a planar antenna device 100 and an adaptor 50, according to the present invention, is shown. This figure illustrates how the adaptor 50 can be plugged into the antenna 10. The reflector frame 10 may be completely or partially metallized as described above, while the adaptor (frame) 50 is completely metallized. When being mounted, the two elements 10, 50 are galvanically connected and a fully shielded waveguide transition is created. The galvanic contact is preferably established in either of the following two ways. If the inner sidewalls 12 of the upper cavity 16.2 of frame 10 provide sufficient surface flatness, accurate enough dimensions and conductor abrasion resistance, a lateral contact with outer sidewalls 92 of adaptor 50 is established. In this case, at least the sidewalls of frame 10 have to possess certain mechanical compliance and elasticity. Otherwise, the lower protruding circumferential front face 93 of adaptor 50 can be used to establish a galvanic contact with the metallized front face 91 along the flange perimeter. As illustrated in Fig. 8, symmetrically arranged electrically conductive posts 18 may be provided in order to establish the inventive near-field modification of the present embodiment of antenna device 100 and to provide a suitable impedance transformation in the waveguide transition mode of operation. Preferably they are not touching the inner sidewalls 12 and the shielding walls 16 in order to avoid mechanical ambiguity and to mitigate inadvertent damage of their highprecision surfaces.

[0094] Figures 9A through 9D illustrate an arrangement 300 composed of the first preferred embodiment of planar antenna device 10 and fitting adaptor 50. A standard waveguide flange with alignment pins 94 is implemented as

mechanical interface M3 and electromagnetic interface EM3, respectively. Fig. 9A shows a side view, while Fig. 9B shows an off-center cross-section through the arrangement. The contact areas 55 (cf. Fig. 5B) can be clearly recognized. Fig. 9C shows only a cross-section through the center plane of adaptor 50. The transversal ridge 54, establishing the combined inventive near-field modification and impedance matching functions, can also be seen. In Fig. 9D, a communication system 200 is shown where the antenna device 100 is connected to an active device 40. A mechanical support structure 501 is shown which can be used for mechanical fixing of the adaptor 50 to the common substrate 30 with the help of screws. In this way, a safe and space-saving method of attaching test waveguides for measurement purposes in the laboratory environment is provided. The mechanical support structure 501 is a part of mechanical interface M2 in this special configuration. It can be glued, soldered or screwed to the surface of common substrate 30. In the production test environment the mechanical support structure 501 can be omitted by providing precise alignment and sufficient contact force with an automatic probe handling system.

[0095] Yet another embodiment of a communication system 200 (with modified E-probe design) is shown in Fig. 10. Here the mechanical support structure, which is part of the mechanical interface M2 is separated into three individual parts 502.1 (2x) and 502.2, that are made of a material and are furnished with a surface plating optimized for surface mount technology (SMT) and for a reflow solder process. In this way, the elements needed for permanently attaching an additional component, like e.g. a high-gain antenna 500 can be cost-effectively mounted using an automatic fabrication process. Instead of using screws, spring-action clamps, bayonet joints or other methods can be used with appropriately shaped mechanical support elements.

[0096] According to the invention, the antenna 100 can be attached to a circuit 40 and can either be used alone, without connection to the adaptor 50, or connected to the adaptor 50.

[0097] In unconnected configuration, the antenna 100 is a low-loss, wide bandwidth, high efficiency component of a communication system 200 with

medium gain, easily mounted on a standard substrate 30 and connected to a circuit 40.

[0098] In connected configuration, the waveguide interface EM3, M3 provides the possibility to add active and passive components to the circuit 40 including, but not limited to, filters, high-gain antennas and amplifier modules. The adaptor 50 preferably provides for a field modification (e.g. for suppressing unwanted resonant modes) which enables the connection of a waveguide 400 or antenna 500 to the antenna device 100.

[0099] Also in connected configuration, the waveguide interface EM3, M3 allows for a low loss, a fully shielded, reproducible test and measurement environment for the circuit 40 within the full operation bandwidth of standard waveguide components 400.

[00100] The inventive antenna device 100 and adaptor 50 are co-designed to simultaneously fulfill their specific function both in connected and in unconnected configuration.

[00101] All elements, especially the antenna device 100, are designed to be fabricated using standard, low cost materials and establish high volume manufacturing processes. Low-volume technologies, like CNC machining, are not precluded, molding is a preferred technology but for larger quantities.

[00102] As a result, a modular and very flexible solution is available that allows to build cost effective modules comprising the present antenna device 100, is adapted for test and measurement in production and design sequences. It is equally well suited to accommodate active and passive components with waveguide interfaces. A unified interface of this kind allows for further reduction the overall production cost by minimizing the number of necessary module versions, lessening the logistic efforts and increasing stock turnover.

[00103] Compared to existing solutions, the present invention significantly reduces the cost of millimeter wave transmitter and receiver circuits and modules in particular.

The following table is an integral part of the description

reflector frame	10
upper horizontal opening	11
circumferential side walls	12
support structure	13
lateral opening	14
pedestals	15
interior section	16
back reflector portion / back reflector cavity	16.1
open portion / open cavity	16.2
Shielding wall	16.3
lower horizontal opening	17
Stubs	18
radiating element / mode conversion element	20
(antenna) substrate	21
radiating patterns	22
	23
mode conversion area (active area)	23.1
Alternative mode conversion area	23.2
Feedpoint (section)	24
feedlines	25
electrically conducting sheet	26
coplanar waveguide	27
centre conductor	28
ground conductors	29
common substrate	30
horizontal metal plane	31
integrated circuit	40
Contacts (bond wires) / surface contacts	41
Bond pads	41.1
Adaptor	50
lower portion	51
upper portion	52
first mating element	Not shown
second mating element (ridge or rod)	54
	55
first calibration standard	60A
Second calibration standard	60B
Third calibration standard	60C
(primary) slot	71
slot	72
slot	73
frame-shaped sheet	74
connections	75
electrically conductive sheet	76
gap	77
segment	78A
segment	78B

connections	79
mirror-symmetrical aperture	81
opening	82
opening	83
narrow strip	85
wider patch	86
gap	87
transverse strips	88
gap	89
Front face	91
outer sidewalls	92
circumferential front face	93
alignment pins	94
Modular antenna device	100
first antenna device	100A
reversed second antenna device	100B
Arrangement	300
waveguide element	400
calibration standard	400A
calibration standard	400B
calibration standard	400C
antenna	500
mechanical support structure	501
individual parts	502.1
individual part	502.2
Interface / electromagnetic contact	EM2
Electromagnetic interface	EM2A
Electromagnetic interface	EM2B
interface / waveguide interface	EM3
electric interface	E1
electric interface	E1A
electric interface	E1B
Mechanical interface	M1
Mechanical interface	M1A
Mechanical interface	M1B
Mechanical interface	M2
Mechanical interface	M2A
Mechanical interface	M2B
Mechanical interface	M3
Symmetry line	S1
Symmetry line	S2

Claims:

1. Surface-mountable antenna device (100; 100A; 100B) comprising
 - a reflector frame (10) having
 - o circumferential sidewalls (12) providing for a lateral definition of an interior section (16),
 - o a lateral opening (14) in one of said sidewalls (12),
 - o an upper horizontal opening (11) serving as electromagnetic aperture,
 - o a lower horizontal opening (17), and
 - o a support structure (13; 16.3) being an integral part of said reflector frame (10),
 - a radiating element (20) having
 - o a planar, horizontally oriented antenna substrate (21) with a mode conversion area (23.1; 23.2) and with a cantilever-shaped feedpoint (24) protruding from said mode conversion area (23.1; 23.2) in an essentially horizontal direction,
 - wherein said radiating element (20) is mounted by said support structure (13; 16.3) inside said interior section (16) so that said interior section (16) is divided into a back reflector portion (16.1) and an open portion (16.2),
 - wherein said feedpoint (24) extends from said interior section (16) through said lateral opening (14) in order to be able to provide for a connection to an active circuit (40), and
 - wherein said reflector frame (10) comprises metal or is at least partially metallised.
2. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 1 comprising
 - a common substrate (30) with a metal plane (31),
 - said active circuit (40),
 - electrical connections (E1) between said active circuit (40) and said feedpoint (24)wherein said reflector frame (10) carrying said radiating element (20) inside is mounted above said horizontal metal plane (31).

3. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 1 or 2, comprising an electromagnetic interface (EM2) and a mechanical interface (M2) for establishing a connection to an adaptor (50).
4. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 3, wherein said mechanical interface (M2) provides for a plug-in connection to said adaptor (50).
5. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 3, characterized in that it comprises at least one mating element (15) for mechanical engagement with said adaptor (50).
6. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 3, comprising an adaptor (50).
7. The antenna device (100; 100A; 100B) of any one of the claims 1 through 5 being part of a planar circuit-to-waveguide transition.
8. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 1 or 2, wherein at least those sidewalls (12) of said reflector frame (10) which are facing said interior section (16) are metallised.
9. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 2, wherein an electrically conducting connection is provided between said sidewall (12) and said metal plane (31).
10. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 1 or 2, wherein said upper horizontal opening (11) is designed as aperture for the emission of electromagnetic waves emitted by the mode conversion area (23.1; 23.2) of said radiating element (20).
11. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 1 or 2, wherein a portion (16.1) of said interior section (16) between said antenna substrate (21) and said metal plane (31) is designed to serve as back reflector (16.1) for said electromagnetic waves.

12. The antenna device (100; 100A; 100B) of claim 2, wherein said antenna substrate (21) is suspended by said support structure (13; 16.3) at a distance (D) from said metal plane (31).
13. The antenna device (100; 100A; 100B) of one of the preceding claims, wherein said antenna substrate (21) is made of a flexible, dielectric material.
14. The antenna device (100; 100A; 100B) of one of the preceding claims 1 through 11, wherein a high definition liquid crystal polymer flex substrate is used as antenna substrate (21).
15. The antenna device (100; 100A; 100B) of one of the preceding claims, wherein said lower horizontal opening (17) and said antenna substrate (21) have dimensions which allow said antenna substrate (21) to be inserted into the interior section (16) through said lower horizontal opening (17).
16. The antenna device (100; 100A; 100B) of one of the preceding claims, wherein said mode conversion area (23.1) has a rectangular shape and comprises:
 - an electrically conducting sheet (26) having at least one slot (71), this slot (71) being preferably placed in a centre of the mode conversion area (23.1), the length of the slot (71) being chosen to be equal to approximately half of the wavelength at the centre of the intended frequency band, andwherein said feedpoint (24) comprises:
 - a coplanar waveguide (27) which is entering said mode conversion area (23.1) approximately at the centre of one of its broader edges, the coplanar waveguide (27) being established by two parallel slots in a thin electrically conducting sheet (26), resulting in a centre conductor (28) and two ground conductors (29).

17. The antenna device (100; 100A; 100B) of one of the preceding claims 1 through 15, wherein said mode conversion area (23.2) takes the form of a modified E-probe.
18. Communication system (200) comprising an antenna device (100; 100A; 100B), according to one or more of the claims 1 – 5, at least one active circuit (40) and a common substrate (30), said active circuit (40) and said antenna device (100; 100A; 100B) being situated on said common substrate (30) and said active circuit (40) being connected via feedlines (25) of said feedpoint (24) to said mode conversion area (23.1; 23.2).
19. The communication system of claim 18, wherein said feedpoint (24) provides for a flexible transition between said active circuit (40) and said mode conversion area (23.1; 23.2).
20. An adaptor (50) with a lower portion (51) designed to be connectable to the upper horizontal opening (11) of the antenna device (100; 100A; 100B) of one of the claims 1 - 5 and an upper portion (52) of said adaptor (50) being designed to accommodate a waveguide (400) of a testing or tuning equipment.
21. The adaptor (50) of claim 20, characterized in that it further comprises at least one mating element (18) designed to mechanically fit a first mating element (15) of the antenna device (100).
22. The adaptor (50) of claim 20 or 21, characterized in that it further comprises an element (18; 54) providing for a mode suppression and impedance transformation when said adaptor (50) is plugged into said antenna device (100).
23. An arrangement (300) comprising the antenna device (100; 100A; 100B) of one of the claims 1 - 5, and the adaptor (50) of claim 20, 21, or 22, characterized in that mating elements (15, 18) are provided for establishing a mechanical connection (M2) between said reflector frame

(10) and said adaptor (50) and wherein preferably a male/ female type mating pair is employed as mating elements (15, 18).

24. The arrangement (300) of claim 23, wherein, when connected, an electrical and a mechanical contact (55) is provided between said reflector frame (10) and said adaptor (50).

Abstract: Planar antenna device (100) aimed to be integrated onto a common substrate (30) preferably for millimeter wave applications. The antenna device (100) comprises a reflector frame (10) with at least partially metallised sidewalls (12) and a lateral opening (14) for the feedpoint (24) of a mode conversion element (20). The mode conversion element (20) is mounted on a support structure (13) provided by said reflector frame (10). The feedpoint (24) enables the mode conversion element (20) to be connected to other components. An adaptor with a lower portion designed to be connectable to the upper horizontal opening (11) of the antenna device (100) may be used to accommodate various testing and tuning equipment.

1/13

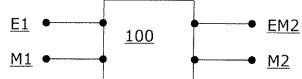


Fig. 1A

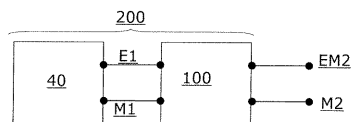


Fig. 1B

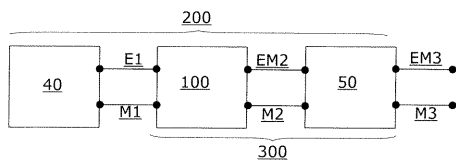


Fig. 1C

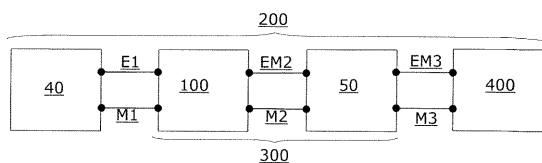


Fig. 1D

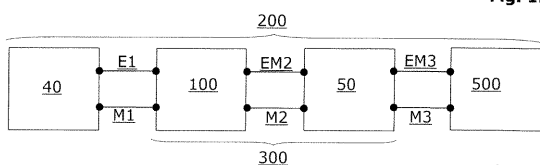


Fig. 1E

2/13

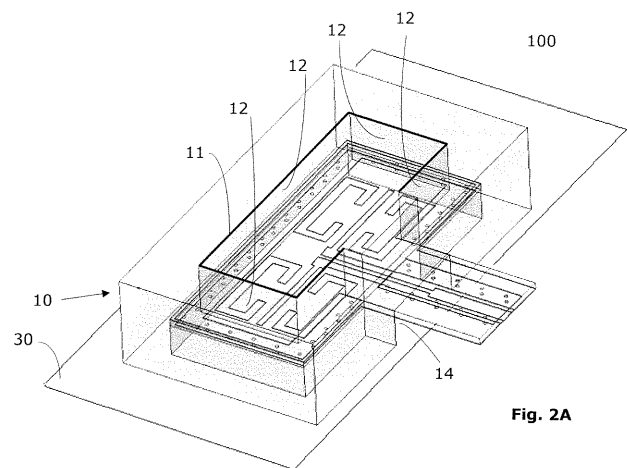


Fig. 2A

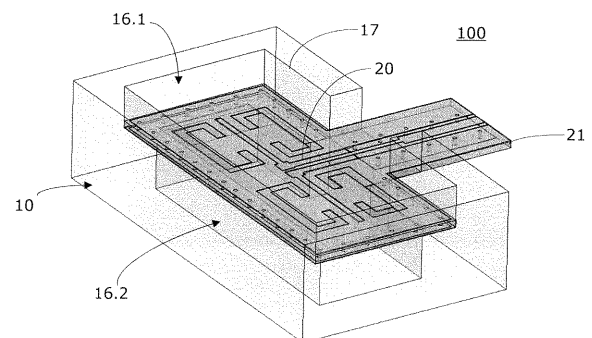


Fig. 2B

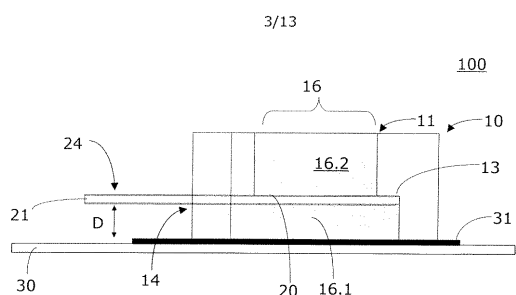


Fig. 2C

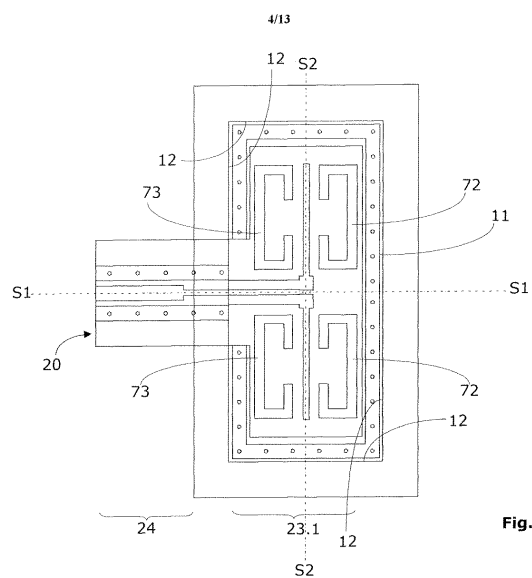


Fig. 2E

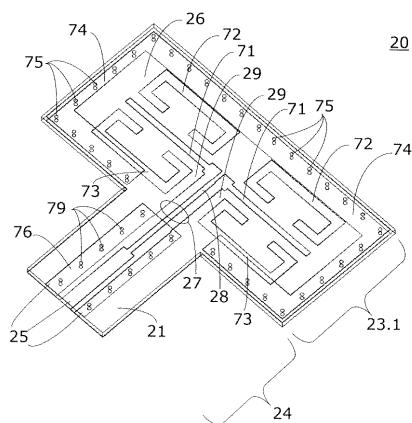


Fig. 2D

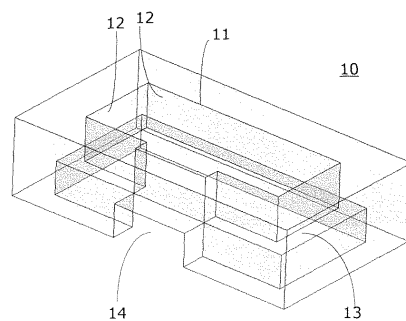


Fig. 2F

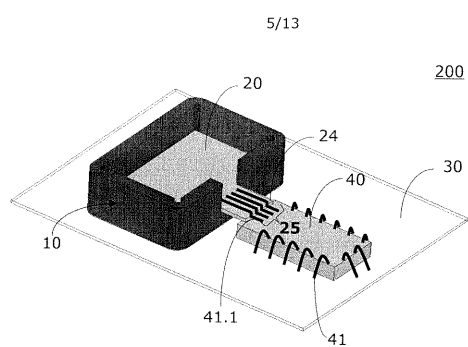


Fig. 3

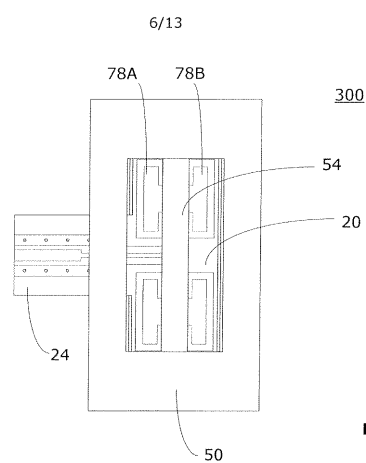


Fig. 5A

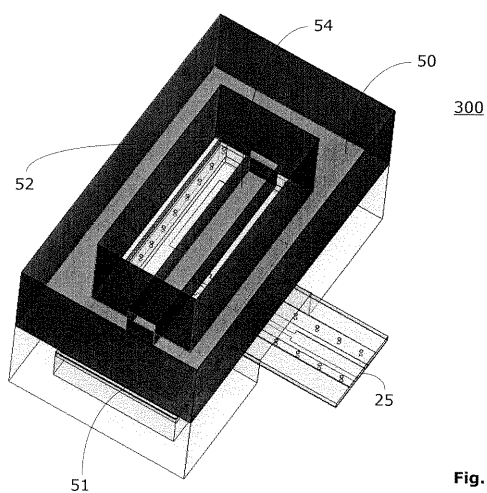


Fig. 4

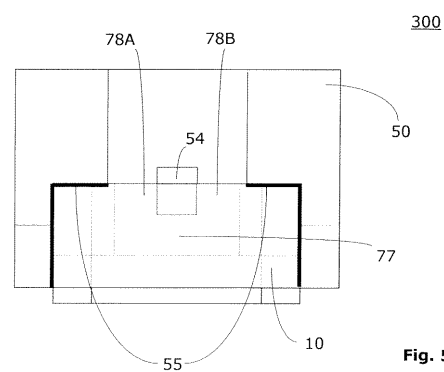


Fig. 5B

7/13

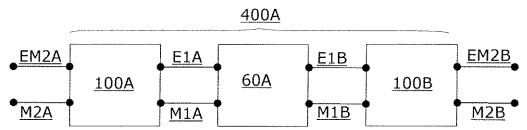


Fig. 6A

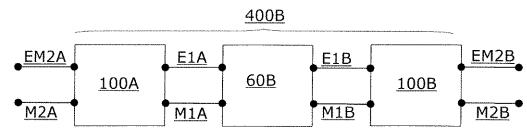


Fig. 6B

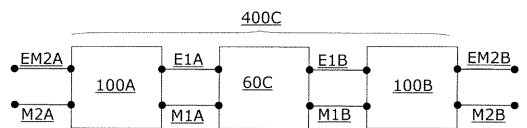


Fig. 6C

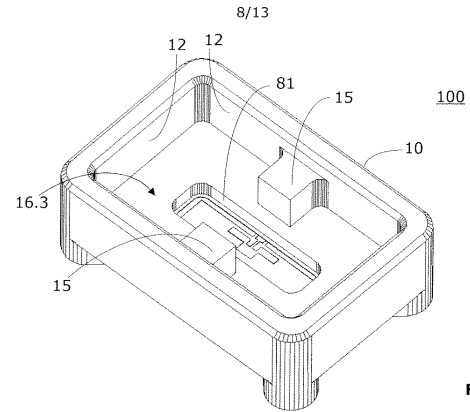


Fig. 7A

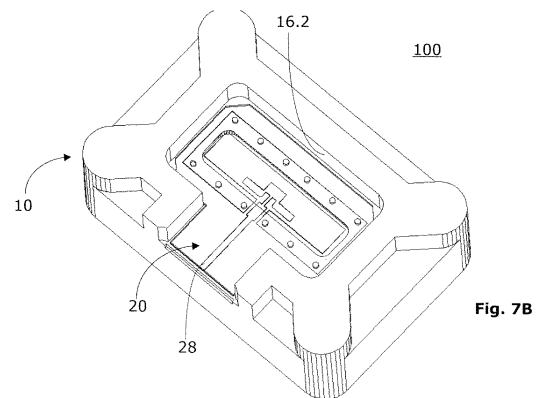


Fig. 7B

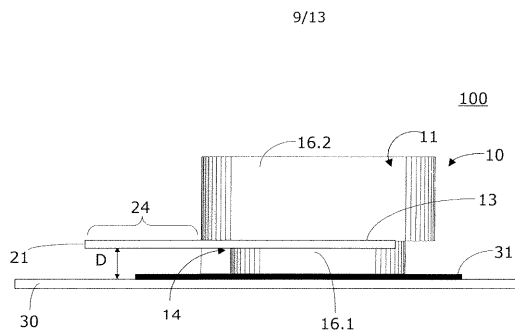


Fig. 7C

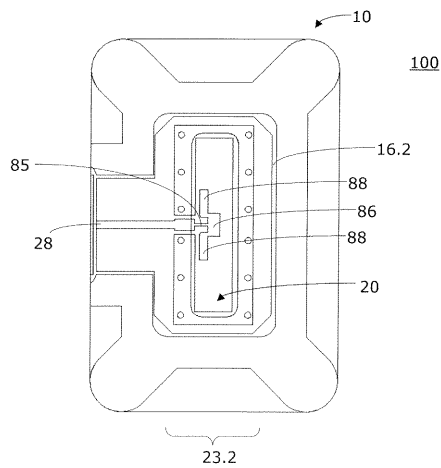


Fig. 7D

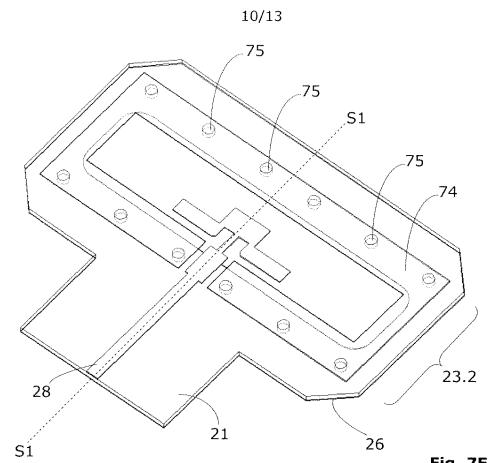


Fig. 7E

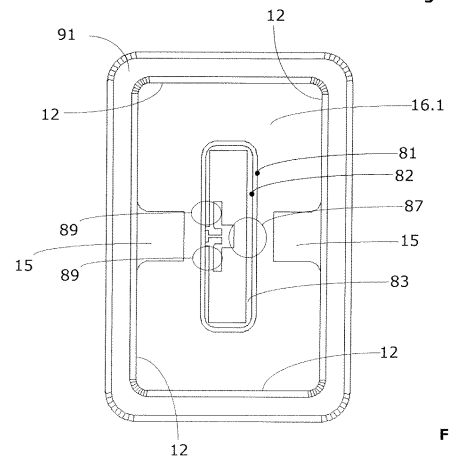


Fig. 7F

11/13

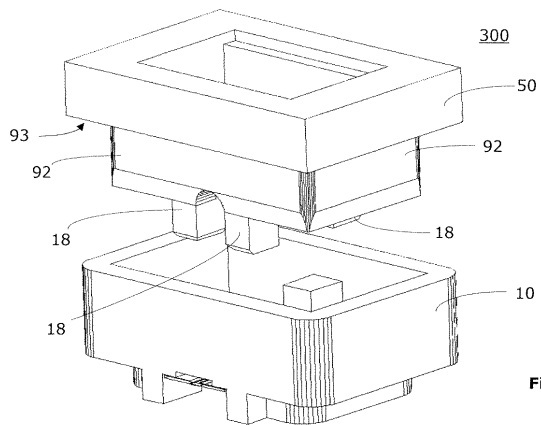


Fig. 8

12/13

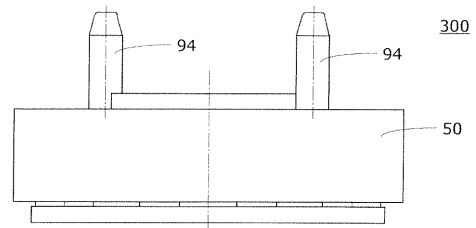


Fig. 9A

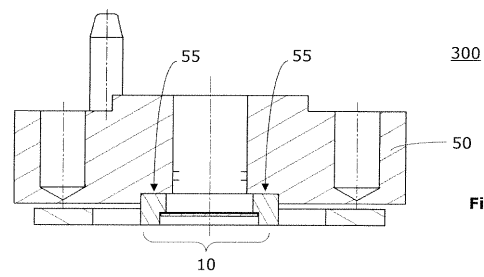


Fig. 9B

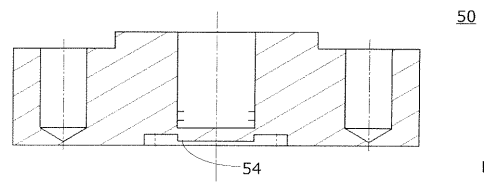


Fig. 9C

13/13

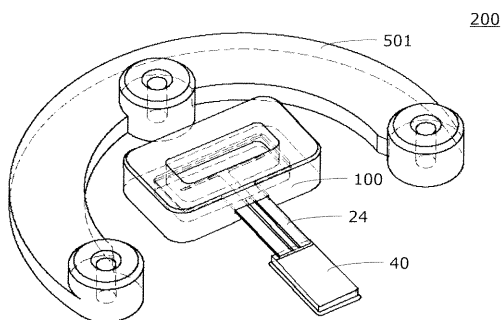


Fig. 9D

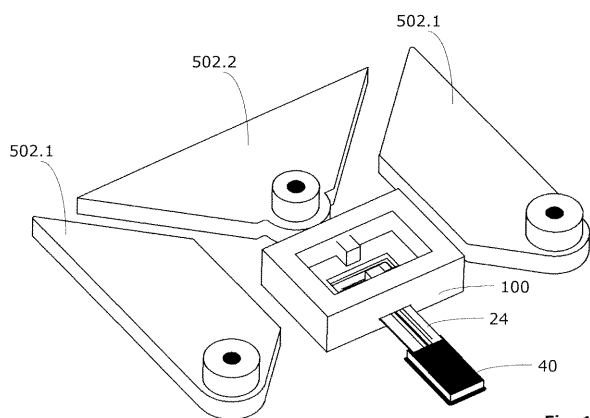


Fig. 10