

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7069041号

(P7069041)

(45)発行日 令和4年5月17日(2022.5.17)

(24)登録日 令和4年5月9日(2022.5.9)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 P 5/02 (2006.01)

H 0 1 P 5/02

C

H 0 4 B 5/00 (2006.01)

H 0 4 B 5/00

Z

請求項の数 10 (全21頁)

(21)出願番号 特願2018-558146(P2018-558146)  
(86)(22)出願日 平成29年5月5日(2017.5.5)  
(65)公表番号 特表2019-519138(P2019-519138  
A)  
(43)公表日 令和1年7月4日(2019.7.4)  
(86)国際出願番号 PCT/US2017/031196  
(87)国際公開番号 WO2017/192935  
(87)国際公開日 平成29年11月9日(2017.11.9)  
審査請求日 令和2年4月12日(2020.4.12)  
(31)優先権主張番号 15/146,965  
(32)優先日 平成28年5月5日(2016.5.5)  
(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 507107291  
テキサス インスツルメンツ インコーポ  
レイテッド  
アメリカ合衆国 テキサス州 7 5 2 6 5  
- 5 4 7 4 ダラス メール ステーション  
3 9 9 9 ピーオーボックス 6 5 5 4 7 4  
(74)代理人 100098497  
弁理士 片寄 恭三  
(72)発明者 ベンジャミン スタッセン クック  
アメリカ合衆国 7 5 0 0 1 テキサス州  
アディソン, ポー コート 1 4 5 9 2  
(72)発明者 スワミナサン サンカラ  
アメリカ合衆国 7 5 0 1 3 テキサス州  
アレン, エバングレイズ ドライブ 1  
0 3 7

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 MM波近接場通信のための非接触インターフェース

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

システムであって、

モジュールであって、基板と、前記基板上の導波路結合器と、前記基板上の無線周波数(RF)回路であって、前記導波路結合器に結合される、前記RF回路と、前記基板を囲んで収容するハウジングであって、ポート領域を有する表面を含む、前記ハウジングとを含む、前記モジュールと、

前記導波路結合器と前記ポート領域との間で前記モジュール内に配置され、その端部に結合される第1の共振器を有する第1の導波路であって、前記導波路結合器から発せられる近接場及び/又はエバネセント的に結合される電磁エネルギーを前記ポート領域を介して伝搬する、前記第1の導波路と、

それ自身に結合される第2の共振器を有する第2の導波路であって、前記第2の共振器が前記第1の共振器から或るギャップ距離により離間され、前記ギャップ距離の一部が前記ポート領域により形成される、前記第2の導波路と、

を含み、

前記第1の共振器が前記ポート領域における前記ハウジングの壁の内側に取り付けられる、システム。

## 【請求項2】

請求項1に記載のシステムであって、

前記第2の共振器が前記第2の導波路の端部に結合される、システム。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載のシステムであって、  
前記第 2 の導波路が前記第 1 の導波路に対して前記第 1 及び第 2 の導波路の間の前記ギャップ距離を有する「T」交差構成で整合され、前記第 2 の共振器が前記 T 交差部において前記第 2 の導波路の或る側に配置される、システム。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載のシステムであって、  
前記第 1 の導波路と前記第 2 の導波路とが金属導波路である、システム。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載のシステムであって、  
前記第 1 の共振器と前記第 2 の共振器との間のギャップに配置される 1 つ又は複数の付加的な共振器を更に含む、システム。

10

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載のシステムであって、  
前記第 1 の共振器が導電性開ループである、システム。

## 【請求項 7】

請求項 1 に記載のシステムであって、  
前記導波路結合器が、前記 RF 回路要素からのシングルエンドフィードを備える短絡ループである、システム。

## 【請求項 8】

請求項 1 に記載のシステムであって、  
前記導波路結合器が差動的にフィードされるループである、システム。

20

## 【請求項 9】

システムであって、  
基板と、  
その端部に第 1 の共振器を有する第 1 の導波路と、  
前記基板内の第 2 の導波路であって、前記第 1 の共振器に整合される第 2 の共振器を有する、前記第 2 の導波路と、  
前記基板の上であって前記第 1 の共振器と前記第 2 の共振器との間の誘電体層と、  
を含み、  
前記第 1 の共振器が前記誘電体層の厚さだけ前記第 2 の共振器から離間される、システム。

30

## 【請求項 10】

請求項 9 に記載のシステムであって、  
前記誘電体層がガラスである、システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、概して、システムモジュール間の通信のための物理的 / オーミックコンタクトに代わる近接場通信 (NFC) に関する。

## 【背景技術】

40

## 【0002】

電磁及び通信工学では、導波路という用語は、電磁波を端点間で伝える任意の線形構造を指し得る。元の最も一般的な手段は、電波を運ぶために用いられる中空の金属パイプである。この種の導波路は、電子レンジ、レーダーセット、衛星通信、及びマイクロ波無線リンクなどの機器において、マイクロ波送信機及び受信機をそれらのアンテナに接続するという目的のための伝送媒体として用いられる。

## 【0003】

誘電体導波路は中空パイプの代わりに中実誘電体コアを用いる。誘電体は、印加される電場によって分極され得る電氣的絶縁体である。誘電体が電場に置かれると、電荷はその材料内を、導体内を流れるようには流れず、電荷の平均平衡位置からわずかにシフトするだ

50

けであり、それによって誘電分極が生じる。誘電分極により、正の電荷は電場に向かって変位し、負の電荷は反対方向にシフトする。これにより、内部電場がつくられ、この内部電場が誘電体自体内の全体場を低減させる。誘電体が、弱く結合した分子で構成される場合、これらの分子は、分極し、また再配向するため、それらの対称軸が電場と整合する。「絶縁体」という用語は弱い電気伝導を示唆するが、「誘電体」は典型的には高分極性材料のことであり、分極性は、誘電率 ( $\epsilon$ ) と呼ばれる数、及び  $\epsilon'$  / 又は、比透磁率 ( $\mu_r$ ) と呼ばれる数によって表される。絶縁体という用語は、概して、電氣的妨害を示し、誘電体という用語は、分極による材料のエネルギー蓄積容量を示す。

#### 【0004】

金属パイプ導波路内の電磁波は、導波路をジグザグな経路で導波路の両側の壁の間で繰り返し反射されながら進むと想像され得る。矩形導波路という特定のケースでは、厳密な解析がこの見方に基づき得る。誘電体導波路における伝播も同様の見方がされるが、波動は誘電体の壁における全内部反射によって誘電体に閉じ込められる。

#### 【0005】

近接場通信 (NFC) は無線技術であり、2つのデバイスが約 10 cm 以下の近距離で通信することを可能にする。NFC を用いる様々なプロトコルが、例えば ISO / IEC 18092、ECMA - 340、ISO 14443 において定義される、NFC フォーラム仕様内で国際的に標準化されてきている。NFC は、モバイルデバイスがサブスクライバの即時環境と相互作用することを可能にする。近接非接触技術により、モバイルデバイスは、公共輸送手段にアクセスするため、安全対策が取られた場所にアクセスするため、及びさらに多くの応用のため、クレジットカードとして用いられ得る。非接触システムは、通常、アクセス制御 ID (例えば従業員バッジ) や公共輸送手段などのための支払システムとして用いられる。最近になり、クレジットカードは NFC 能力を持つようになってきている。

#### 【発明の概要】

#### 【0006】

システムの説明する例において、第1の導波路が、第1の導波路の端部に結合される第1の共振器を有する。第2の導波路が、第2の導波路に結合される第2の共振器を有する。第1の共振器は第2の共振器から或るギャップ距離により離間される。第1の導波路によってギャップを横切って第2の導波路に伝播される信号の送信が、第2の共振器に結合される伝播波に 응답して第1の共振器によって生成される閉じ込め近接場モード磁場によって増強される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0007】

【図1】共振器を用いて2つの導波路の間のギャップを横切る近接場結合を例示するシステムの側面図である。

【図2】共振器を用いて2つの導波路の間のギャップを横切る近接場結合を例示するシステムの側面図である。

#### 【0008】

【図3A】図1又は図2の導波路に置かれる例示のカプラ及び共振子をより詳細に図示する。

【図3B】図1又は図2の導波路に置かれる例示のカプラ及び共振子をより詳細に図示する。

【図3C】図1又は図2の導波路に置かれる例示のカプラ及び共振子をより詳細に図示する。

【図4】図1又は図2の導波路に置かれる例示のカプラ及び共振子をより詳細に図示する。

#### 【0009】

【図5】図1又は図2のシステムのシミュレーションされた動作を図示するグラフである。

【図6】図1又は図2のシステムのシミュレーションされた動作を図示するグラフである。

【図7】図1又は図2のシステムのシミュレーションされた動作を図示するグラフである。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

【 図 8 】 モジュール間の N F C 通信のための共振器を備えた導波路を用いる例示のシステムのブロック図である。

【 0 0 1 1 】

【 図 9 】 図 8 のシステムのためのモジュールをより詳細な例示である。

【 0 0 1 2 】

【 図 1 0 】 図 8 の例示のシステムの絵図である。

【 0 0 1 3 】

【 図 1 1 】 近隣のモジュール間の近接場通信 ( N F C ) の動作を図示するフローチャートである。

【 0 0 1 4 】

【 図 1 2 】 ギャップを横切る近接場結合を用いるシステムの別の実施形態の断面図である。

【 0 0 1 5 】

【 図 1 3 】 導波路間のギャップを横切る N F C の結合効率を改善するため共振器を用いるシステムの他の実施形態を図示する。

【 図 1 4 】 導波路間のギャップを横切る N F C の結合効率を改善するため共振器を用いるシステムの他の実施形態を図示する。

【 図 1 5 】 導波路間のギャップを横切る N F C の結合効率を改善するため共振器を用いるシステムの他の実施形態を図示する。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 6 】

図面において、一貫性を保つため、同様の要素は同様の参照数字によって示されている。

【 0 0 1 7 】

電子構成要素及びシステムにおける周波数が高くなると、それに応じて波長は短くなる。例えば、多くのコンピュータプロセッサはいまやギガヘルツ範囲で動作する。動作周波数がサブテラヘルツまで高くなると、波長は、或る近距離よりも長い信号線がアンテナとして振舞い得るほど短くなり、信号放射が起こり得る。例えば、印刷回路基板など、誘電率が 3 の低誘電率材料において、100GHz の信号は約 1.7mm の波長を有し得る。そのため、長さが 1.7mm しかない信号線は、全波アンテナとして振舞い得、信号線材料における信号エネルギーのかなりの部分を放射し得る。

【 0 0 1 8 】

開空間における波動は球面波として全方向に伝播する。こうして、遠方場状況において、波動はそのパワーを距離の二乗に比例して失う。すなわち、波源から距離 R では、パワーは波源におけるパワーの  $1/R^2$  になる。このようなランダムな波動伝播では、近くに位置する他のシステムとの干渉が生じることもあり、FCC や IEC などの標準化団体によって設定されている放出制限に抵触し得る。

【 0 0 1 9 】

導波路は、高周波信号を比較的長い距離にわたって搬送するために有用である。導波路は、一次元伝播に波動を閉じ込め、そのため、理想的な条件下では、波動は伝播中にパワーを失わない。導波路の軸に沿う電磁波伝播は波動方程式によって記述される。波動方程式はマックスウェルの方程式から導出され、波長は導波路の構造及び導波路内の材料（空気、プラスチック、真空など）に、並びに波動の周波数に依存する。一般に用いられる導波路のカテゴリはいくつかしかない。最も一般的な種類の導波路は矩形断面を有し、これは通常、正方形断面ではない。この断面の長辺はたいてい、短辺の 2 倍程度の長さである。これらの導波路は、水平又は鉛直に分極した電磁波を運ぶために有用である。

【 0 0 2 0 】

サブテラヘルツ無線周波数 ( R F ) 信号で遭遇する極めて短い波長の場合、誘電体導波路は、良好に動作し、製造するのが中空金属導波路よりもはるかに安価である。また、金属導波路は、導波路のサイズによって決まる周波数カットオフを有する。カットオフ周波数未満では（電磁場の）伝播は生じない。誘電体導波路は、固定カットオフ点がなく動作範

10

20

30

40

50

囲がより広い。

【 0 0 2 1 】

様々なモジュール間で信号を配信するために導波路と結合された N F C を用いると、低コストな相互接続解決策が提供され得る。実施形態は、物理的 / オーミックコンタクトを用いることなく着脱可能なシステムモジュール同士をインターフェースする方法を提供し得る。

【 0 0 2 2 】

図 1 及び図 2 は、共振器 1 1 2、1 1 3 を用いて 2 つの導波路 1 1 0、1 1 1 の間のギャップ 1 0 4 を横切る近接場通信 ( N F C ) を図示する例示のシステム 1 0 0 の一部の側面図である。この例において、基板 1 0 1 は無線周波数 ( R F ) 信号を生成するように構成される高周波回路要素を含み得るか、又はこの高周波回路要素に結合され得る。いくつかの実施形態において、R F 信号は、約 1 0 ~ 2 0 0 G H z の例示の範囲の基本周波数を有し得る。基板 1 0 1 は、ガラスファイバ、プラスチック、シリコン、セラミック、ブレックスガラスなど、電子システム及びパッケージに用いられる、任意の通常用いられる又は将来開発される材料を用いて実現される印刷回路基板 ( P C B ) とし得る。

10

【 0 0 2 3 】

導波路 1 1 0 は、基板 1 0 1 に近接して配置され得、基板 1 0 1 から距離 D 1 にわたって延在し得る。上述したように、導波路 1 1 0 は、金属導波路、誘電体導波路、誘電体充填金属導波路、或いは、R F 信号伝播のためのその他の既知の又は将来開発される伝送媒体とし得る。カブラ 1 1 4 は、R F 信号を導波路 1 1 0 に放出するため基板 1 0 1 上に製造され得る。例えば、カブラ 1 1 4 は、R F 信号を生成する回路要素に接続されるマイクロストリップの短絡ループとし得る。別の実施形態において、カブラ 1 1 4 は、各側のマイクロストリップが差動的にフィードされる差動ループとし得る。他の実施形態において、導波路 1 1 0 内に R F 信号を放出するためにその他の既知の又は将来開発される構造が用いられ得る。

20

【 0 0 2 4 】

同様に、別の基板 1 0 2 が、R F 信号を受信するように構成される高周波回路要素を含み得るか、又はこの高周波回路要素に結合され得る。いくつかの実施形態において、R F 信号は約 1 0 ~ 2 0 0 G H z の例示の範囲の基本周波数を有し得る。基板 1 0 2 は、電子システム及びパッケージに用いられる、任意の通常用いられる又は将来開発される材料を用いて実現される P C B とし得る。この材料は、ガラスファイバ、プラスチック、シリコン、セラミック、ブレックスガラスなどである。

30

【 0 0 2 5 】

導波路 1 1 1 が、基板 1 0 2 に近接して配置され得、基板 1 0 2 から距離 D 2 にわたって延在し得る。上述したように、導波路 1 1 1 は、金属導波路、誘電体導波路、誘電体充填金属導波路、或いは、R F 信号の伝播のためのその他の既知の又は将来開発される伝送媒体とし得る。カブラ 1 1 5 が、導波路 1 1 0 から R F 信号を受信するため基板 1 0 2 上に製造され得る。例えば、カブラ 1 1 5 は、R F 信号を受信する回路要素に接続されるマイクロストリップの短絡ループとし得る。別の実施形態において、カブラ 1 1 5 は、各側のマイクロストリップが差動的にフィードされる差動ループとし得る。他の実施形態において、導波路 1 1 1 から R F 信号を受信するためにその他の既知の又は将来開発される構造が用いられ得る。

40

【 0 0 2 6 】

共振器 1 1 2 が、これ以降に説明されるように、導波路 1 1 0 の、カブラ 1 1 4 とは反対の端部に製造され得る。同様に、共振器 1 1 3 が、導波路 1 1 1 の、カブラ 1 1 5 とは反対の端部に製造され得る。この例において、導波路 1 1 0 の共振器 1 1 2 を含む端部は、導波路 1 1 1 の共振器 1 1 3 を含む端部からギャップ距離 1 0 4 だけ離間されている。例えば、このギャップは、単に、2 つの端部間の空間であり得、空気で充填され得る。いくつかの実施形態において、中実材料 1 0 3 がギャップ 1 0 4 の全て又は一部を充填し得る。中実材料 1 0 3 は、プラスチック、ガラス、ガラスファイバ、セラミック、ブレックス

50

ガラスなど、誘電体又は絶縁材料とし得る。

【 0 0 2 7 】

距離 D 1、D 2 は、共に近接して配置されるシステムモジュール内に基板がパッケージされる応用例の場合は比較的短くし得る。このような応用例をこれ以降で説明する。他の応用例において、D 1 及び / 又は D 2 は、基板 1 0 1 が基板 1 0 2 からより長い距離に配置される場合には長くし得る。例えば、基板 1 0 1 は、基板 1 0 2 から数インチ又は数フィート離され得、或いは数百フィート以上離されることもある。導波路 1 1 0、1 1 1 は、長距離にわたって低損失で信号の閉じ込め及び伝播を可能とする。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、システム 1 0 0 における N F C の動作を示す。例えば、放出構造 1 1 4 は、導波路 1 1 0 の T E 0 1 モード H 場に合うように導波路 1 1 0 において磁場 2 0 2 をつくるマイクロストリップの短絡ループ又は差動ループとし得る。これにより、マイクロストリップ伝播モードから導波路伝播モードへの遷移が可能となる。H 場 2 0 2 は、次いで、導波路伝播原理に従って伝播 E 場 2 0 3 を誘起する。伝播 E 場 2 0 3 が共振器 1 1 2 と相互作用すると、閉じ込め近接場モード磁場 2 0 5 を生成する電流が生成される。閉じ込め近接場モード磁場 2 0 5 は、本質的に、ギャップ 1 0 4 を横切って共振器 1 1 3 と磁氣的に結合して、共振器 1 1 3 において誘起電流を生成する非放射エバネッセント場である。共振器 1 1 3 における誘起電流は、次いで、導波路 1 1 1 において伝播 E 場 2 0 7 を誘起する磁場 2 0 6 をつくる。E 場 2 0 7 がカプラ 1 1 4 に達すると、磁場 2 0 8 が R F 信号を生成し、この R F 信号は基板 1 0 2 上の受信機回路要素に配路され得る。

【 0 0 2 9 】

このようにして、R F 信号が、基板 1 0 1 上の回路要素から導波路 1 1 0、1 1 1 を介して基板 1 0 2 上の回路要素にギャップ 1 0 4 を横切って伝達され得る。この際、ギャップの近隣の各導波路の端部の共振子によって生成される閉じ込め近接場モード磁場に因る近隣のシステム / 構成要素への損失又は放射は最小限である。

【 0 0 3 0 】

図 3 A ~ 図 3 C、図 4 は、図 1 又は図 2 の導波路に置かれる例示のカプラ及び共振子をより詳細に図示する。図 3 B は、基板 3 0 1 を通して導波路 3 1 0 内を見る端部図である。本明細書における説明は、図 1 又は図 2 の導波路 1 1 0、1 1 1 の両方に適用され得る。図 3 A は、導波路カプラ 3 1 4 に接続される R F 回路要素を含み得る例示の I C 3 2 0 を示す。I C 3 2 0 は、導波路 3 1 0 を介してカプラ 3 1 4 で受信される R F 信号を処理するための受信機回路要素、又はカプラ 3 1 4 によって導波路 3 1 0 内に送信される R F 信号を生成するための送信機回路要素を含み得る。例えば、いくつかの実施形態において、I C 3 2 0 は、送信機回路要素及び受信機回路要素の両方を含み得る。

【 0 0 3 1 】

また、例えば、カプラ 3 1 4 は、基板 3 1 0 にはんだ付けされる離散ループとし得る。図 3 B に図示されるように、カプラ 3 1 4 は、カプラ 3 1 4 を差動的にフィードするマイクロストリップ 3 2 1 を各側に有する差動ループとし得る。図 3 A では、銅トレース 3 2 1 が、接地面 3 2 2 の上のマイクロストリップとして構成される。図 3 C は、ループ 3 1 4 の一方の側がシングルエンドフィードのため接地に短絡 ( 3 2 3 ) され得る別の実装形態を示す。

【 0 0 3 2 】

図 3 B を参照すると、共振子 3 1 2 は、共振子 3 1 2 が搭載される導波路の伝播波と相互作用するように構成される本質的に開ループである。例えば、共振器 3 1 2 は、単層基板上に製造され得、例えば、接着剤を用いて、又は基板上の搭載パッドを金属導波路にはんだ付けすることによるなど、既知の又は将来開発される技法を用いて、導波路 3 1 0 の端部に取り付けられ得る。いくつかの実施形態において、導波路 3 1 0 は誘電体コアを有し得る。この場合、共振器 3 1 2 は、導電インクを用いるインクジェット印刷など、付加的なプロセスを用いて誘電体コアの端部に形成され得る。別の実施形態において、共振器 3 1 2 は、導波路 3 1 0 の端部の近隣の誘電体 1 0 3 ( 図 1 を再度参照 ) などの誘電体上に

10

20

30

40

50

搭載され得る。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、カブラ 1 1 2 及び 1 1 3 の等角図であり、これらのカブラが互いに対して向けられ得、ギャップ 1 0 4 により離間され得る様子を図示する。

【 0 0 3 4 】

図 5 は、図 1 又は図 2 のシステムのシミュレーションされた動作を図示する電界強度のグラフである。この例において、E 場 2 0 3 は、ベクトル 5 0 2 で示す方向に導波路 1 1 0 を介して伝播する。E 場 2 0 3 が共振器 1 1 2 に当たると、近くのシステム / 構成要素への大きな損失又は放射なしに、ギャップ 1 0 4 を横切って共振器 1 1 3 に磁氣的に結合する強い閉じ込め近接場モード磁場が生成される。閉じ込め場は、放射しないエバネッセント場として働く。

10

【 0 0 3 5 】

図 6 は、ギャップ距離に対する結合効率を図示するグラフであり、ギャップ距離は伝播信号の波長で測定される。グラフの線 6 0 2 は共振器なしのシステムを図示し、グラフの線 6 0 4 はギャップの両側の導波路の端部に共振器が配置されたシステムの動作を図示する。共振器を用いると、0 . 3 5 波長の例示のギャップに対し約 1 d B の効率改善が観察され得る。上述したように、1 0 0 G H z の周波数の場合、誘電率 3 の材料において波長は約 1 . 7 m m である。

【 0 0 3 6 】

図 7 は、周波数に対する結合効率を図示するグラフである。グラフの線 7 0 2 は共振器なしのシステムを図示し、グラフの線 7 0 4 はギャップの両側の導波路の端部に置かれる共振器を備えたシステムの動作を図示する。この例において、導波路は、1 0 0 G H z で始まる伝播モード 1、及び 2 0 0 G H z で始まる伝播モード 2 を有するように構成される。この場合、ギャップに挿入される結合された共振器は、制限された帯域幅を有するように設計され、選択された周波数帯域にわたって結合効率を増加させ得る。

20

【 0 0 3 7 】

別の実施形態において、帯域幅を広げるために、異なる周波数範囲に対して調整されたいくつかの共振器が挿入され得る。別の実施形態において、帯域幅を広げるために広帯域共振器が用いられ得る。

【 0 0 3 8 】

図 8 は、モジュール間の N F C 通信のための共振器を備えた導波路を用いる例示のシステムのブロック図である。システム 8 0 0 は、モジュール間で誘導 N F C 通信を用いる例示のプログラマブルロジックコントローラである。プログラマブルロジックコントローラ ( P L C ) 又はプログラマブルコントローラは、工場の組立ライン、遊戯用乗り物、電灯ソケットなどの機械類の制御など、典型的な工業電気機械的プロセスの自動化のために用いられるデジタルコンピュータである。P L C は多くの産業で多くの機械に用いられる。P L C は、デジタル及びアナログ入力及び出力の複数の配置、拡張された温度範囲、電気ノイズに対する耐性、並びに、振動及び衝撃に対する抵抗に対して設計される。機械動作を制御するためのプログラムは、典型的に、バッテリバックアップされる又は不揮発性のメモリに記憶される。P L C は、限られた時間内に入力条件に応答して出力結果が生成されなければならない、そうしないと意図せぬ動作が生じ得るので、「厳しい」リアルタイムシステムの例である。P L C システムは既知であり、本明細書では詳細に説明しない ( 例えば、2 0 1 5 年 1 2 月 1 日付けのウィキペディア「プログラマブルロジックコントローラ」を参照されたく、これは参照により本明細書に組み込まれている ) 。

30

【 0 0 3 9 】

この例において、いくつかのモジュールを「ラインカード」と称する。様々なタイプのラインカードが、シャーシ又はラックに設置され得、様々な目的のために構成され得る。これらの目的には、製造プロセスの制御、建物内の温調、医療機器の制御などが含まれる。したがって、制御下の様々な機器間の接地ループ又はその他の相互作用を防止するために、電氣的な隔離がしばしば必要とされるか又は望ましい。これまで、光学アイソレータや

40

50

トランスなど、様々なタイプの絶縁デバイスが用いられてきている。

【 0 0 4 0 】

この例は、電源ラインカード 8 0 2、データ通信ラインカード 8 1 0、及びいくつかの処理ラインカード 8 2 0、8 4 0、8 4 1 を有する。図 8 は、5 つのラインカードモジュールを示すが、例示のシャシーが 1 0 個またはそれ以上のモジュールを収容し得る。本明細書においてラインカードを用いるシステムが図示されているが、実施形態はラインカードに限定されない。様々なタイプのモジュールが、取り外し可能なモジュール間の信頼性の高い通信を提供するために本明細書で説明する通信技法を用い得る。

【 0 0 4 1 】

この例において、電源ラインカード 8 0 2 は、電源に結合され、バス 8 0 4 を介して配分され得る 1 又は複数の電圧を生成し得る。バス 8 0 4 は、コネクタ 8 0 5 などのコネクタを介して各ラインカードに結合され得る。通常、電圧バス 8 0 4 は、コネクタ 8 0 5 のためのサポートを提供するバックプレーンに含まれ得る。

10

【 0 0 4 2 】

例えば、データ通信ラインカード 8 1 0 は、通信チャネルを介して遠隔ホスト或いは別のラック又はシャシーにデータを送信し受信するように構成され得る。様々なタイプの通信ラインカード 8 1 0 が、無線又は有線インターフェースを収容し得る。また、例えば、ローカル又はワイドエリアネットワークへのインターネット接続が、ラインカード 8 1 0 によって提供され得る。或いは、Wi-Fi ネットワーク又はセルラーネットワークへの無線接続が、ラインカード 8 1 0 によって提供され得る。

20

【 0 0 4 3 】

例えば、処理ラインカード 8 2 0 は、フロントエンドインターフェースロジック 8 3 0、処理ロジック 8 3 1、及びアグリゲータロジック 8 3 2 を含み得る。フロントエンドインターフェースロジック 8 3 0 は、制御下の機器への相互接続を提供するための様々なタイプのものとし得る。例えば、入力及び出力信号、RS 232 / 422 / 485 互換信号、デジタル信号、アナログ信号などがある。アナログデジタルコンバータ (ADC)、デジタルアナログコンバータ (DAC)、リレー、コンタクトなど、様々なタイプのロジックが提供され得る。処理ロジック 8 3 1 は、様々なタイプのハードウェアに組み込まれプログラマブル可能なロジック、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、メモリなどを含み得る。ラインカード 8 4 0、8 4 1 などは、ラインカード 8 2 0 と同一又は類似のものとし得、所与の制御タスクに必要とされるように、様々なタイプ及び組合せの処理及びインターフェースロジックを含み得る。

30

【 0 0 4 4 】

この例において、各ラインカードは、各ラインカードが両側で最も近いラインカードと通信し得るように構成される。例えば、ラインカード 8 1 0 は、受信機 8 2 4 を有するラインカード 8 2 0 に送信機 8 1 1 を介して送信し得る。同様に、ラインカード 8 2 0 は、送信機 8 2 3 を介してラインカード 8 1 0 の受信機 8 1 5 に送信し得る。同時に、ラインカード 8 2 0 は、送信機 8 2 2 を介して近隣のラインカード 8 4 0 に送信し得、受信機 8 2 1 を介して近隣のラインカード 8 4 0 から受信し得る。

【 0 0 4 5 】

同様にして、システム 8 0 0 における各ラインカードは、デイジーチェーン方式で他の各ラインカードと通信し得る。各ラインカードは、オンラインカード 8 2 0 の 8 3 2 などのアグリゲータ / デアグリゲータロジック機能を含む。この機能により、各ラインカードは、そのカードに対して意図されたデイジーチェーンでの通信を認識し得る。また、アグリゲータ / デアグリゲータ機能により、ラインカードが通信パケットを発し得る。この通信パケットは、デイジーチェーンに提供され、その後、近隣のラインカードを介してターゲットラインカード上の最終宛先まで伝播する。この実施形態において、デイジーチェーンは、インターネットネットワークプロトコルと同様に動作し、各アグリゲータ 8 3 2 は、インターネットインターフェースとして機能する。別の実施形態において、異なるタイプの既知の又は将来開発されるピアツーピアプロトコルが用いられ得る。

40

50



## 【 0 0 4 6 】

上述したように、N F C は、各近隣のラインカード間で通信するため搬送媒体として用いられ得る。これ以降に説明するように、信号拡散を最小限にし、他のシステム及びデバイスとインターフェースために、各近隣のラインカードモジュール間で N F C を誘導するために導波路セグメント（導波路 8 1 5、8 2 5、及び 8 1 6、8 2 6 など）が用いられ得る。

## 【 0 0 4 7 】

図 9 は、図 8 のシステムのためのモジュールのより詳細な図である。図 9 は、システム 8 0 0 の様々なモジュール 8 1 0、8 2 0、8 4 0 などの典型例である 2 つの例示のラインカードモジュール 9 2 1、9 2 2 を図示する。モジュール 9 2 1 は基板 9 0 1 を含み得、  
ラインカード 8 2 0 の送信機 8 3 2 及び受信機 8 2 4 及び / 又は送信機 8 2 2 及び受信機 8 2 1 などの送信機及び受信機を含む集積回路（I C）9 5 1 など、様々な回路構成要素が基板 9 0 1 上に搭載される。いくつかの実施形態において、各送信機及び受信機のために別の I C が存在し得る。例えば、別の実施形態において、1 つまたは複数の受信機及び送信機が単一 I C において形成され得る。同様に、モジュール 9 2 2 は基板 9 0 2 を含み得、送信機及び受信機を含む集積回路（I C）9 5 2 などの様々な回路構成要素が基板 9 0 2 上に搭載される。

## 【 0 0 4 8 】

集積回路 9 5 1、9 5 2 はまた、アグリゲーションロジック、処理ロジック、及びフロントエンドロジックを含み得る。或いは、アグリゲーションロジック、処理ロジック、及びフロントエンドロジックを含む付加的な I C が、基板 9 0 1、9 0 2 上に搭載され得る。例えば、基板 9 0 1 は、単層又は複数層の印刷回路基板とし得る。I C 9 5 1 及び他の I C が、動作周波数に応じてスルーホール或いははんだバンプ又はボンディングを用いる表面実装技術、或いは他の既知の又は将来開発されるパッケージング技術を用いて、基板 9 0 1 上に搭載され得る。基板 9 0 1、9 0 2 は、ガラスファイバ、プラスチック、シリコン、セラミック、プレックスガラスなど、電子システム及びパッケージに用いられる、任意の一般に用いられる又は将来開発される材料とし得る。

## 【 0 0 4 9 】

基板 9 0 1、9 0 2 はまた、導波路（W G）カブラ 9 1 4 を含み得、W G カブラ 9 1 4 は、I C 9 5 1 に含まれる受信機及び / 又は送信機に接続される。I C 9 5 1、9 5 2 に含まれる受信機及び / 又は送信機に W G カブラ 9 1 5 も結合され得る。W G カブラ 9 1 4、9 1 5 は、図 3 A 及び図 3 B を再び参照すると、カブラ 3 1 4 と類似のものとし得る。これらのカブラは、基板 9 0 1 上に搭載される別々の構造とすることもできるし、基板 9 0 1 内に埋め込むこともできる。

## 【 0 0 5 0 】

導波路 9 1 0 が、W G カブラ 9 1 4 上にほぼ中心となる位置に搭載され得る。同様に、導波路 9 1 1 が、W G カブラ 9 1 5 上にほぼ中心位置となる位置に搭載され得る。このようにして、W G カブラ 9 1 4 が発した電磁エネルギーの大部分が、導波路 9 1 0 によって捉えられ閉じ込められ、それによって、近隣のモジュールに向けられる電磁エネルギーは外部放射及び信号損失が最小限になる。

## 【 0 0 5 1 】

上述したように、各導波路における伝播する波動を、共振器の周りの閉じ込め近接モードエバネッセント磁場に又は共振器の周りの閉じ込め近接モードエバネッセント磁場から変換するために、共振器が導波路 9 1 0、9 1 1 の端部に取り付けられ得、これにより、ギャップ距離 9 0 4 を横切る N F C が実現され得る。実施形態は、近隣のモジュール間の分離が、I C 9 5 1 の送信機によって送信されている周波数の波長の数分の一となる近接モードで動作する。例えば、1 0 0 G H z ~ 2 0 0 G H z の範囲の送信周波数が用いられ得る。しかし、いくつかの実施形態において、この範囲より高い又は低い周波数が用いられてもよい。1 0 0 G H z 信号は、空気中で約 3 m m の波長を有し得る。

## 【 0 0 5 2 】

シールド 9 6 3 が、各 W G カブラによって生成される場の「後方散乱」を最小化するため、左 W G カブラ 9 1 5 と右 W G カブラ 9 1 4 の間に提供され得る。例えば、シールド 9 6 3 は、このモジュールのための接地基準に接続される導電層とし得る。シールド 9 6 3 は、カブラの帯域幅を狭くし得る静電容量効果を回避するため、各カブラ 9 1 4、9 1 5 から / 1 0 よりも長い距離、離間され、ここで、はカブラが放出する信号の波長である。例えば、 $R$  が 1 である誘電体における 3 0 G H z 信号の波長は約 1 0 . 0 m m である。この例では、基板 9 0 1 は、約 1 . 0 の  $R$  を有する典型的な P W B 材料である。したがって、シールドが各カブラから少なくとも 1 m m の距離 ( 9 7 3 ) 離間されている限り、3 0 G H z で動作するシステムにおいて静電容量効果は最小限になるはずである。より低い周波数での動作は、より大きな間隔を必要とし得る。

10

#### 【 0 0 5 3 】

近接場モードは、2 つの近隣の共振器 9 1 2、9 1 3 を結合するエバネッセント場を生成し得る。エバネッセント場は、本来、波源から離れるにつれ指数関数的な減衰を示す。モジュール 9 2 1 の共振器 9 1 2 と、数 m m しか離れていない、近隣のモジュール 9 2 2 における別の共振器 9 1 3 との間が近接していることにより、近接場モードにおけるエバネッセント場を用いて適度な T X - R X 信号結合が実現され得る一方で、F C C 1 5 章に概説される放射制限 / 懸念が緩和される。

#### 【 0 0 5 4 】

最も類似しているのはトランスである。コイル間の強い自己結合により外部への漏れが減少する。また、いかなる漏れも偶発的とみなし得る。F C C による偶発的放射に対する要求は、意図的な放出に対する要求と比較して著しく緩和される。

20

#### 【 0 0 5 5 】

モジュール 9 2 1 は、概ね 9 6 1、9 6 1 で示されるハウジングに囲まれ得る。ハウジングの一方の側はパネル 9 6 1 として図示され、ハウジングの他方の側はパネル 9 6 2 (例えば金属又はプラスチック) として図示される。通常、ハウジングの厚みは数 m m である。

#### 【 0 0 5 6 】

また、例えば、導波路 9 1 0 は誘電体ブロックとし得る。誘電体ブロックを介する電磁波伝播は波動方程式によって記述され得る。波動方程式はマックスウェルの方程式から導出され、ここで、波長は誘電体ブロックの構造、その中の材料 ( 空気、プラスチック、真空など )、及び波動の周波数に依存する。導波路 9 1 0、9 1 1 は、W G カブラ 9 1 4 が放出する電磁場の波長を著しく低減させ得る周囲の材料及び / 又は空気より著しく大きい誘電率及び / 又は透磁率を有することによって、W G カブラが放出する場を閉じ込めることが可能となり得る。同様に、導波路 9 1 0、9 1 1 は、W G カブラ 9 1 4 が放出する電磁場の波長を著しく増大させ得る周囲の材料及び / 又は空気より著しく小さい誘電率及び / 又は透磁率を有することによって、W G カブラが放出する場を閉じ込めることが可能となり得る。或いは、導波路 9 1 0、9 1 1 は、W G カブラ 9 1 4 が放出する電磁場の波長を著しく低減又は増大させるメタ材料から構築され得る。

30

#### 【 0 0 5 7 】

例えば、導波路 9 1 0、9 1 1 は、約 2 . 0 より大きい比誘電率を有する誘電体ブロックとし得る。同様に、導波路 9 1 0、9 1 1 は、約 2 . 0 より小さい比誘電率を有する誘電体ブロックとし得る。

40

#### 【 0 0 5 8 】

別の実施形態において、誘電体導波路 9 1 0 は、周辺部の周りに、W G カブラ 9 1 4 が放射する電磁場をさらに閉じ込め、方向づけるために導電層を有し得る。この導電層は、銅、銀、金などの金属、イオンドープによって形成される導電ポリマー、カーボン及びグラファイトベースの化合物、導電酸化物など、金属又は非金属導電材料を用いて、導波路 9 1 0、9 1 1 の周りに側壁を形成し得る。

#### 【 0 0 5 9 】

モジュール壁 9 6 1 の材料及び厚みによっては、導波路 9 1 0 は、放射された信号がモジュール壁 9 6 1 を介して通るように、単にモジュール壁 9 6 1 の内側表面に近接するよう

50

に搭載され得る。いくつかの実施形態において、モジュール壁 9 6 1 にウィンドウが設けられ得、それによって、導波路 9 1 0 の外側表面がモジュール壁 9 6 1 の外側表面と同一面になり得、又はモジュール壁 9 6 1 の外側表面からわずかに窪み得、又はモジュール壁 9 6 1 の外側表面からわずかに出っ張り得るように配置される。ハウジングの表面における、導波路が置かれる概略場所を本明細書では「ポート」と称する。

【 0 0 6 0 】

図 9 は、モジュール 9 2 1 に近接して配置され得る第 2 モジュール 9 2 2 の一部を示す。モジュール 9 2 2 は、「左」パネルと称され得るパネル 9 6 2 を含むハウジングを有し得る。モジュール 9 2 1 は、「右」パネルと称され得るパネル 9 6 1 を有し得る。モジュール 9 2 2 は、受信機及び送信機、並びに W G カブラ 9 1 4、9 1 5 を含み得る I C 9 5 2 などの様々な I C を保持する基板 9 0 2 を含み得る。モジュール 9 2 2 は導波路 9 1 1 も含み得、導波路 9 1 1 は、左パネル 9 6 2 に近接し、モジュール 9 2 1 において W G 9 1 0 と整合して配置される。

10

【 0 0 6 1 】

モジュール 9 2 1 及びモジュール 9 2 2 がシャシー内に設置されるとき、9 0 4 で示すように、右パネル 9 6 1 は左パネル 9 6 2 に近接する。モジュール 9 2 1 の導波路 9 1 0 及びモジュール 9 2 2 の導波路 9 1 1 は、互いにほぼ整合するように構成される。このようにして、I C 9 5 1 内の送信機によって生成される信号が、カブラ 9 1 4 に提供され、導波路 9 1 0 内へ放射され、それによって、共振器 9 1 2 に向けられ、次いで、モジュール 9 2 2 の共振器 9 1 3 によって受信され、導波路 9 1 1 内へ放出され、基板 9 0 2 上のカブラ 9 1 4 によって受信され、それによって、I C 9 5 2 内の受信機に提供され得る。

20

【 0 0 6 2 】

モジュール 9 2 1 及び 9 2 2 は、モジュール間の信号を通信するために以前は必要とされていたコンタクトの摩滅なしに、容易にシャシーから取り外され得、又はシャシー内に挿入され得る。また、共振器 9 1 2、9 1 3 を用いる N F C は、モジュール 9 2 1 とモジュール 9 2 2 との間の完全な電氣的隔離を提供する。付加的な隔離機構は必要とされない。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 は、図 8 のシステム 8 0 0 の別の見方である、例示のシステム 1 0 0 0 の絵図である。バックプレーン 1 0 0 6 が、図 1 のコネクタ 1 0 0 5 に関して説明したように、各ラインカードに電力を提供するためのコネクタ 1 0 0 5 のセットを提供する。図示されるように、各ラインカードモジュールは、モジュールを単に引き出してコネクタ 1 0 0 5 との接続を断つことによって、バックプレーン 1 0 0 6 から取り外し可能である。通常、ラック又はシャシーがバックプレーン 1 0 0 6 とともに提供されて、ラインカードがコネクタ 1 0 0 5 に挿入されるときラインカードを支持する。

30

【 0 0 6 4 】

各ラインカードモジュールは、プラスチック又は他の適切な材料からつくられ得るハウジングに囲まれる。上述したように、各ラインカードは、モジュールの各側に非接触通信ポートを形成するように配置される、W G カブラ、導波路、及び共振器を有し得る。例えば、モジュール 1 0 1 0 はモジュールの右側にポート 1 0 5 5 を有し得、モジュール 1 0 2 0 はモジュールの左側に、両方のモジュールがバックプレーン 1 0 0 6 に差し込まれるときポート 1 0 5 5 と整合するポート 1 0 5 6 を有し得る。

40

【 0 0 6 5 】

同様に、モジュール 1 0 2 0 はモジュールの右側に別のポート（図示せず）を有し得、モジュール 1 0 4 0 はモジュールの左側に、両方のモジュールがバックプレーン 1 0 0 6 に差し込まれるとき整合するポート（図示せず）を有し得る。上述したように、すべてのモジュール間でデジチェーン通信が可能になるように、すべてのモジュールが、各モジュールの両側に同様のポート対を有し得る。

【 0 0 6 6 】

図 1 1 は、上述したようなモジュール間の近接場通信の動作を図示するフローチャートである。また、上述したように、これらのモジュールは、工業、商業、及び住宅応用例に用

50

いられるプログラマブルロジック制御システムの一部とし得る。通常のシステムは、モジュールのセットが設置されるラック又はシャーシを含み得る。各モジュールは、近接場通信を用いて近接する近隣モジュールと通信し得る。この近接場通信において、1つのモジュールにおいて生成されるRF信号が、放射結合、近接場結合、又はエバネッセント結合、或いはこれらのモードの任意の組合せを用いて近隣のモジュール内の受信機にEM結合され得る。

【0067】

例えば、無線周波数(RF)信号が、第1のモジュールにおいて生成され得る(1102)。図1～図10の例において、RF信号は、100～200GHzの範囲の周波数を有し得る。しかし、他のシステムが、本明細書において説明される場結合構成要素及び場閉じ込め構成要素の物理的サイズを調整することによって、より高い又は低い周波数のRF信号を用い得る。

10

【0068】

第1のモジュールの第1の導波路カプラからのRF信号に応答して、RF電磁場が生じ得る(1104)。例えば、RF電磁場は、図3A及び図3Bに関連して説明したように、マイクロストリップループにおいて形成される移動する波動の結果であり得る。

【0069】

生じたRF電磁場は、第1のモジュールの導波路によって閉じ込められ、導波路の端部の共振器に向けられる(1106)。導波路における伝播する電磁場に応答して、閉じ込められた近接場モード磁気エバネッセント場が共振器によって生成され得る。

20

【0070】

エバネッセント場は、近隣の第2のモジュールの導波路の端部に配置される類似の共振器に誘導的に結合し得る(1108)。上述したように、これら2つの共振器は、モジュールがシステムに設置されるとき近接して配置され、それによって、生じたエネルギーの周囲への損失が最小限になる。上述したように、この結合は、EM結合によってなされ、共振器からの生じた電磁場の近接場を用い得る。この結合は、第1のWGカプラによって形成されるエバネッセント場も利用し得る。(第1のモジュールの導波路からの)伝播する場の何らかの部分は、モジュール間のギャップを横切って放射され得る。近隣のモジュール間の間隔によっては、これらの結合モードの一方又は他方或いはこれらの組合せが生じ得る。例えば、これにより、FCC放出要件に準拠するプロセスが簡略化され得る。

30

【0071】

生じたRF電磁場は、第2のモジュールの第2のWGカプラに伝播する(1110)。

【0072】

得られるRF信号が、次いで、第2のモジュールのRF受信機に提供され得る(1112)。上述したように、任意のモジュールがシステム内の任意の他のモジュールと通信し得るように、システム内の複数のモジュールはデ이지ーチェーン方式で通信し得る。

【0073】

既知の標準通信プロトコル(インターネットプロトコルなど)が用いられ得、デ이지ーチェーンされたNFC物理媒体がイーサネットとして扱われる。インターネットプロトコル(IP)は、ネットワーク境界を横切ってデータグラムを中継するための一揃いのインターネットプロトコルにおける主要な通信プロトコルである。IPは、パケットヘッダにおけるIPアドレスのみに基づいて発信元ホストから宛先ホストにパケットを搬送するタスクを有する。この目的のため、IPは、搬送されるべきデータをカプセル化するパケット構造を定義する。また、IPは、発信元及び宛先情報でデータグラムを標識するために用いられるアドレス指定方法を定義する。IPの第1の主要バージョン、すなわち、インターネットプロトコルバージョン4(IPv4)は、インターネットの有力なプロトコルである。その後継プロトコルは、インターネットプロトコルバージョン6(IPv6)である。

40

【0074】

別の実施形態が、本明細書で説明したようにデ이지ーチェーンされたNFC物理媒体を用

50

いる通信のための、別の既知の或いは将来開発される通信プロトコルを用い得る。

【 0 0 7 5 】

このようにして、実施形態は、近接場通信技法を用いて、システムの取り外し可能なモジュール間の高スループット通信を提供し得る。本明細書において説明される技法は、光学カプラなどの代替の技法より安価であり得る。N F C は、モジュール間の非接触通信を可能にし、それによって、モジュール間の隔離を必要とし得るシステムにおける付加的な隔離の必要性をなくす。

【 0 0 7 6 】

図 1 2 は、ギャップ 1 2 0 4 を横切る近接場結合を用いるシステム 1 2 0 0 の一部の別の実施形態の断面図である。この例において、基板 1 2 0 1 が、基板内に形成される導波路 1 2 1 0 を有する。基板 1 2 0 1 は、ガラスファイバ、プラスチック、シリコン、セラミック、プレックスガラスなど、電子システム及びパッケージに用いられる、任意の一般に用いられる又は将来開発される材料を用いて実装される印刷回路基板 ( P C B ) とし得る。集積回路 1 2 2 0 が、基板 1 2 0 1 上に搭載され得、例えば、図 3 A のカプラ 3 1 4 に類似のカプラを用いて、導波路 1 2 1 0 に結合され得る。基板に形成され I C に結合される導波路の他の例が、Juan Herbsommer らによる米国特許番号 U S 9 , 3 0 6 , 2 6 3 、発明の名称、「集積回路と誘電体導波路の間の、双極アンテナ及び反射板を用いるインターフェース」に記載されており、この文献は参照により本明細書に組み込まれている。

【文献】米国特許番号 U S 9 , 3 0 6 , 2 6 3

【 0 0 7 7 】

第 2 の導波路 1 2 1 1 が、導波路 1 2 1 0 とインターフェースするように構成され得る。上述したように、導波路 1 2 1 1 の端部に配置される共振器 1 2 1 2、及び導波路 1 2 1 0 の端部に配置される近隣の共振器が、ギャップ 1 2 0 4 を横切る結合効率を改善し得る。この例において、隔離又は誘電体層 1 2 0 2 が、基板 1 2 0 1 の一部又は全体にわたって形成され得る。層 1 2 0 2 は、二酸化シリコン、ガラス、石英、セラミック、プラスチックなどの様々な材料から形成され得る。

【 0 0 7 8 】

図 1 3 は、より大きなギャップに対して用いられる複数の共振器を備えるシステム 1 3 0 0 の一部を図示する。この例において、導波路 1 3 1 0、1 3 1 1 は、より大きなギャップ 1 3 0 4 により離間される。上述したように、共振器 1 3 1 2、1 3 1 3 が、ギャップ 1 3 0 4 を横切る結合効率を改善するために、導波路 1 3 1 0、1 3 1 1 の端部に配置され得る。しかし、図 6 を再度参照すると、結合効率はギャップが広くなるにつれ減少する。半波長ギャップをほぼ超えると、良好な結果を得るには効率が低すぎ得る。

【 0 0 7 9 】

例えば、ギャップを横切って離間される 1 つ又は複数の共振器 1 3 1 4 を設置することで、各対の共振器間のギャップの有効長が約 0 . 5 波長未満に維持され得る。

【 0 0 8 0 】

図 1 4 は、共振器が導波路 1 4 1 0、1 4 1 1 の端部の近隣の誘電体上に搭載されるシステム 1 4 0 0 の一部を図示する。上述したように、共振器 1 4 1 2、1 4 1 3 は、ギャップ 1 4 0 4 を横切る結合効率を改善し得る。この例において、共振器 1 4 1 2、1 4 2 3 は、ギャップの全て又は一部を形成する誘電体 1 4 6 1、1 4 6 2 の表面に適用され得る。例えば、図 9 を再度参照すると、誘電体 1 4 6 1 はモジュールの右パネル 9 6 1 を表し得、誘電体 1 4 6 2 はモジュールの左パネル 9 6 2 を表し得る。このようにして、導波路 1 4 1 0、1 4 1 1 は、各モジュールが組み立てられるとき共振器 1 3 1 2、1 4 1 3 に近接して配置される、シンプルな導波路となり得る。

【 0 0 8 1 】

図 1 5 は、導波路 1 5 1 0 及び導波路 1 5 1 1 がそれらの間にギャップ 1 5 0 4 を備えて「T」交差部を形成する、システム 1 5 0 0 の一部を図示する。この例において、ギャップ 1 5 0 4 を横切る結合効率を改善するために、共振器 1 5 1 2、1 5 1 3 が導波路に設置され得る。他の実施形態において、90 度曲げ交差、45 度曲げ交差など、他の交差構

10

20

30

40

50

成も共振器によって改善され得る。

【 0 0 8 2 】

様々な他の実施形態が可能である。例えば、本明細書においてプログラマブルロジックコントローラシステムを説明したが、信頼性を改善するために他のタイプのモジュラーシステムが例示の実施形態の態様を具現化し得る。

【 0 0 8 3 】

誘導 N F C ポートがモジュールの側部に配置されるモジュールを本明細書において説明したが、別の実施形態において、ポートがモジュールの縁部に配置され得、対合するポートがバックプレーン上に又はモジュールの縁部の近隣にある他の表面上に配置され得る。

【 0 0 8 4 】

デージーチェーンされた通信構成を本明細書において説明したが、別の実施形態において他のトポロジが形成され得る。例えば、各モジュールにおける縁部搭載されるポートと対合するバックプレーン上にポートを提供することによって、ツリートポロジが形成され得る。

【 0 0 8 5 】

シンプルな誘電体ブロックを本明細書において説明したが、別の実施形態が、導波路場閉じ込め器の側壁を形成するために、例えば、イオンドープによって形成される導電ポリマー、カーボン及びグラファイトベースの化合物、導電酸化物など、金属又は非金属の導電材料を用い得る。

【 0 0 8 6 】

例えば、誘電体又はメタ材料導波路場閉じ込め器が、インクジェット印刷プロセス又は他の 3 D 印刷プロセスを用いて、基板又はモジュールパネルの表面上に製造され得る。

【 0 0 8 7 】

ポリマー誘電体コアを備えた誘電体導波路場閉じ込め器を本明細書において説明したが、別の実施形態が、セラミック、ガラスなどの他の材料を誘電体コアのために用い得る。

【 0 0 8 8 】

矩形断面を有する導波路を本明細書において説明したが、別の実施形態も容易に実装され得る。例えば、導波路は、正方形、台形、円筒形、楕円形、又は多くの他の選択された幾何形状である断面を有し得る。

【 0 0 8 9 】

例えば、導電導波路の誘電体コアは、約 2 . 4 ~ 1 2 の範囲から選択され得る。これらの値は、一般に入手可能なポリマー誘電体材料に対する値である。より高い又は低い値を有する誘電体材料が、それらが入手可能になった場合に用いられ得る。

【 0 0 9 0 】

1 0 0 ~ 2 0 0 G H z の範囲のサブテラヘルツ信号を本明細書において説明したが、より高い又は低い周波数信号を分配するための、W G カプラ、共振器を備えた導波路、及びシステムが、導波路及び共振器の物理的サイズを適宜調整することによって、本明細書において説明した原理を用いて実装され得る。

【 0 0 9 1 】

デジタルシステムにおける構成要素は、異なる名称で呼ばれ得、及び / 又は、説明した機能性から逸脱することなく、本明細書では示されない方式で組み合わせられ得る。本記載において、「結合」という用語及びその派生語は、間接的、直接的、光学的、及び / 又は無線の電気接続を意味する。そのため、第 1 のデバイスが第 2 のデバイスに結合する場合、この接続は、直接的な電気接続を介するもの、他のデバイス及び接続を介する間接的な電気接続を介するもの、光学的な電気接続を介するもの、及び / 又は無線電気接続を介するものとし得る。

【 0 0 9 2 】

本明細書において、方法ステップが順次提示及び説明されることがあるが、上記で示され説明されたステップの 1 つ又は複数が、省かれ得、繰り返され得、同時に実施され得、及び / 又は、本明細書において図示及び / 又は説明された順とは異なる順で実施され得る。

10

20

30

40

50

したがって、例示の実施形態は、本明細書において図示及び／又は説明されたステップの特定の順に限定されない。

【 0 0 9 3 】

特許請求の範囲内で、説明した実施形態における改変が可能であり、他の実施形態が可能である。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

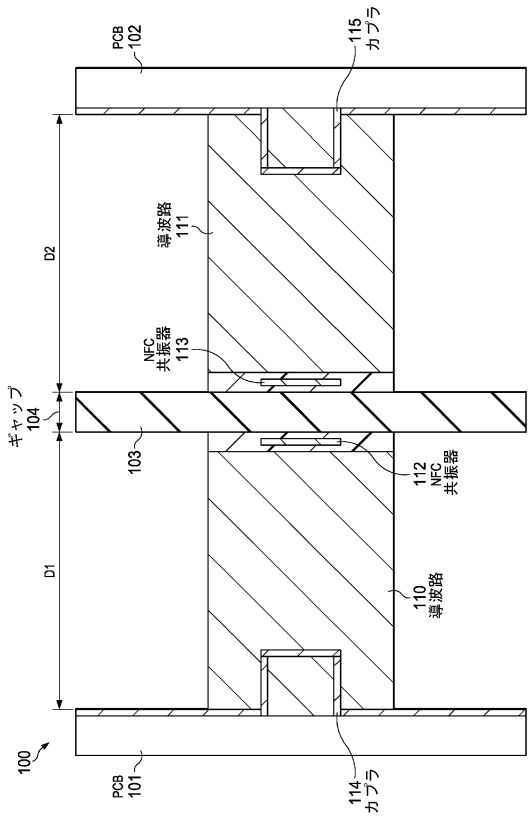


FIG. 1

【図 2】

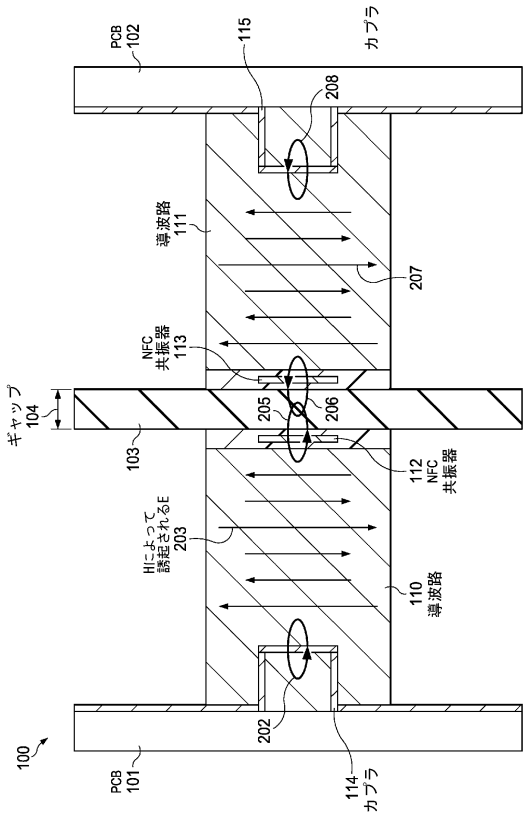


FIG. 2

【図 3 A】

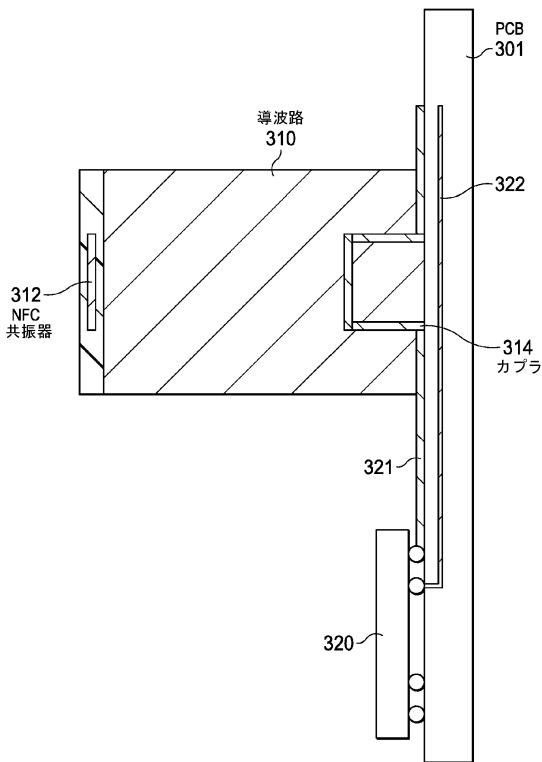


FIG. 3A

【図 3 B】

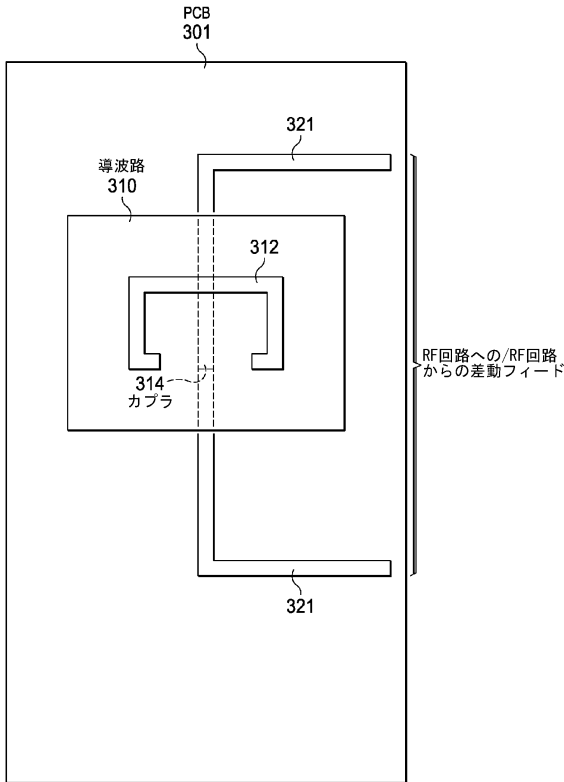


FIG. 3B

10

20

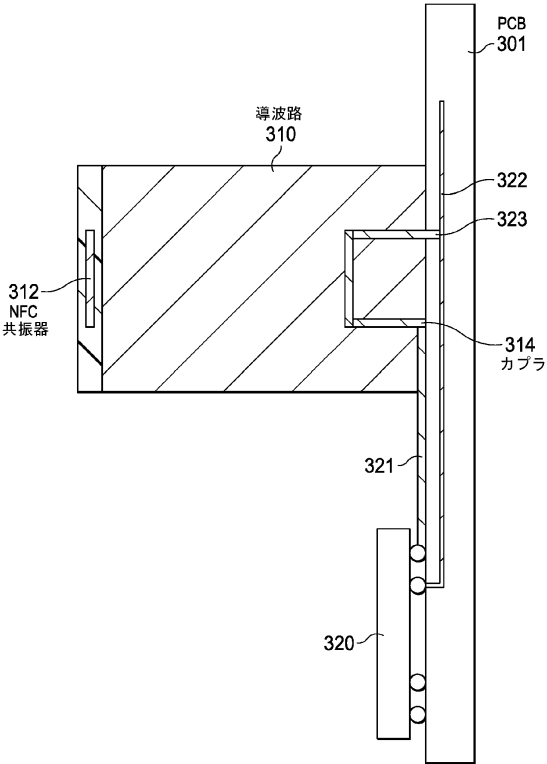
30

40

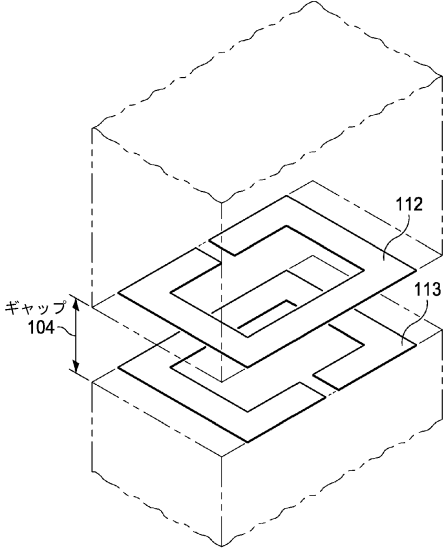
50



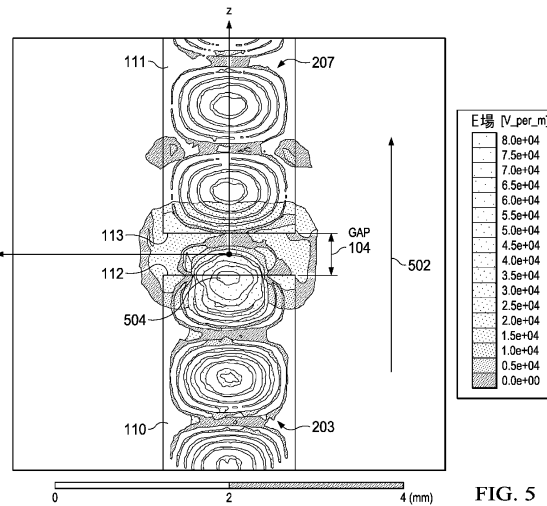
【図 3 C】



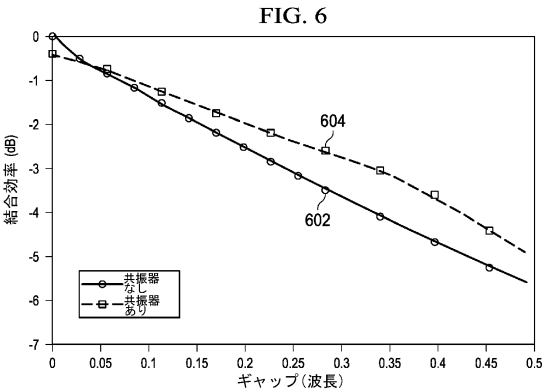
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

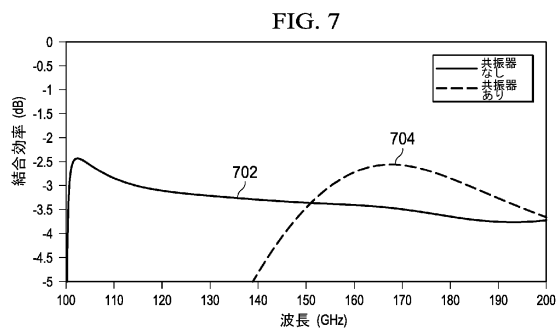
20

30

40

50

【圖 7】



【図 1 1】

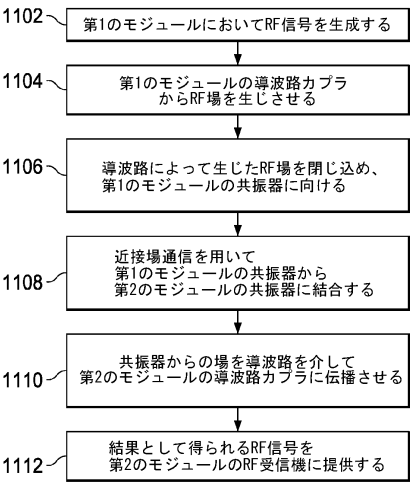


FIG. 11

【図 1 2】

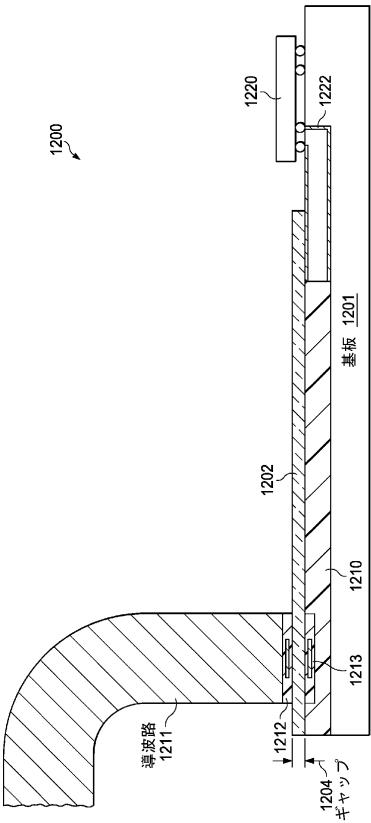


FIG. 12

【図 1 3】

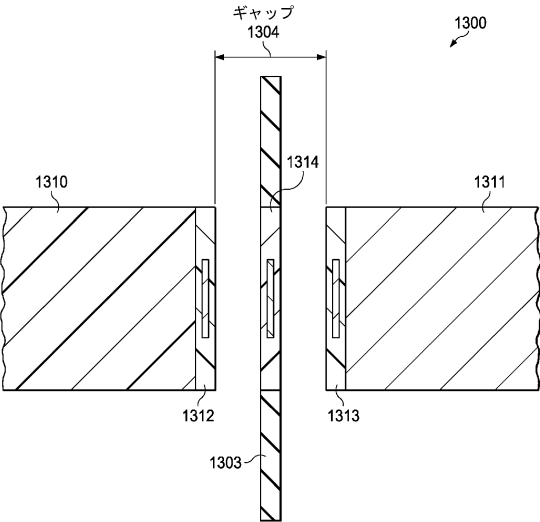


FIG. 13

【図 1 4】

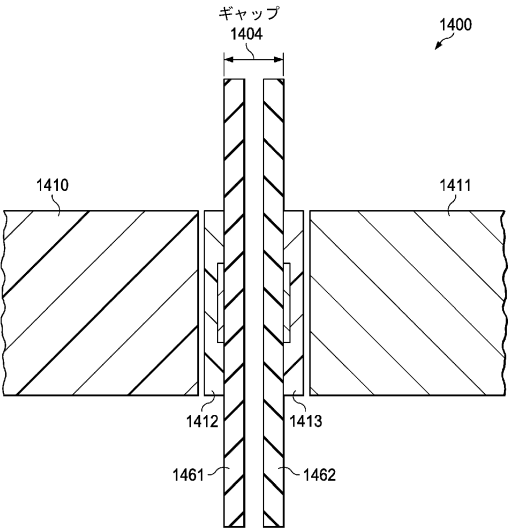


FIG. 14

10

20

30

40

50

【図 15】

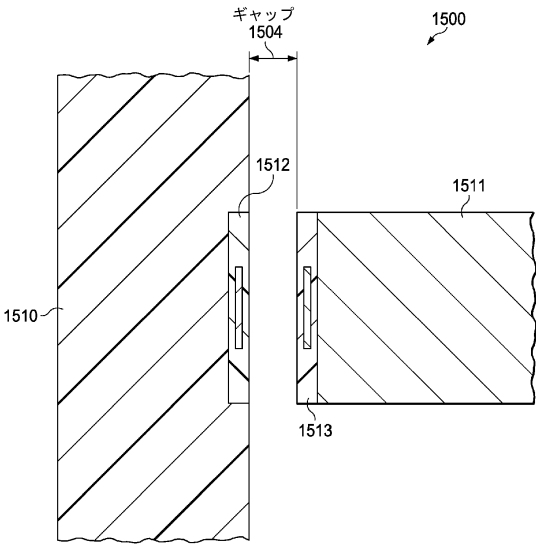


FIG. 15

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

審査官 鈴木 肇

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 4 / 1 0 6 8 9 1 ( W O , A 1 )

特表 2 0 1 4 - 5 0 6 0 1 0 ( J P , A )

特開 2 0 1 4 - 0 3 3 4 3 2 ( J P , A )

特開 2 0 1 0 - 2 1 9 8 3 8 ( J P , A )

特開 2 0 1 2 - 0 7 5 0 7 5 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 P 1 / 0 0 - 1 1 / 0 0

H 0 4 B 5 / 0 0 - 5 / 0 6