

(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2015-15712

(P2015-15712A)

(43) 公開日 平成27年1月22日(2015.1.22)

(51) Int.Cl.  
H01P 1/387 (2006.01)F I  
H01P 1/387テーマコード (参考)  
5 J 0 1 3

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-136291 (P2014-136291)  
 (22) 出願日 平成26年7月1日(2014.7.1)  
 (31) 優先権主張番号 13/935, 342  
 (32) 優先日 平成25年7月3日(2013.7.3)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500520743  
 ザ・ボーイング・カンパニー  
 The Boeing Company  
 アメリカ合衆国、60606-1596  
 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイ  
 ド・プラザ、100  
 (74) 代理人 100109726  
 弁理士 園田 吉隆  
 (74) 代理人 100101199  
 弁理士 小林 義敦  
 (72) 発明者 チェン, ミン  
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606-  
 2016, シカゴ, ノース リバーサ  
 イド プラザ 100

最終頁に続く

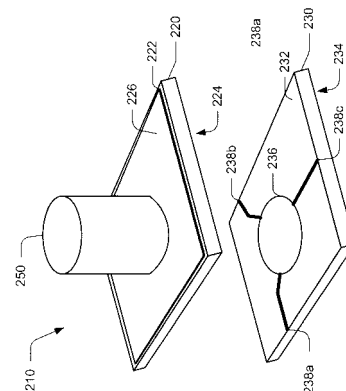
(54) 【発明の名称】 フェイズドアレイ向け統合型サーキュレータ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】第1周波数範囲内で作動する小型のサーキュレータ/アイソレータアセンブリを提供する。

【解決手段】サーキュレータ/アイソレータアセンブリ210は、第1表面222と第2表面224、及び第1表面222上に形成された第1接地平面226を有する第1磁気基板220と、第1磁気基板220に隣接して配置された誘電層230を含む。誘電層230は、第1面232に配置され、かつ、第1周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路236を備える。複数ポート中継回路236は、複数の高周波伝送トレース238と連結した導電体ディスクを備え、第1高周波伝送トレース238aは入力ポートを形成し、第2高周波伝送トレース238cは出力ポートを形成する。さらに誘電層230の第2面234に配置された接地平面、及び、誘電層の複数ポート中継回路236に近接して配置された第1磁性シリンダ250を備える。

【選択図】図2A



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

アンテナアセンブリであって、

第 1 放射素子と第 2 放射素子、及び、

前記第 1 放射素子及び前記第 2 放射素子と連結した、第 1 周波数範囲内で作動するサーキュレータ / アイソレータアセンブリを備え、前記サーキュレータ / アイソレータアセンブリは、

第 1 表面と第 2 表面、及び前記第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、

前記第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、前記誘電層は、前記誘電層の第 1 面に配置され、かつ、前記第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、前記複数ポート中継回路は、複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、

前記誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、

第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、前記誘電層の前記複数ポート中継回路に近接して配置された前記第 1 磁性シリンダを含み、前記第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドは、電磁波の伝播を前記複数ポート中継回路の単一方向に限定する、アンテナアセンブリ。

**【請求項 2】**

前記第 1 磁気基板は強磁性基板又はフェライト基板のうち少なくとも一つを備える、請求項 1 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 3】**

第 1 磁石は前記第 1 磁気基板の前記第 1 接地平面に配置された、請求項 1 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 4】**

前記第 1 磁石は前記複数ポート中継回路の反対側に配置された、請求項 3 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 5】**

前記第 1 磁石は前記誘電層の第 2 表面に配置された、請求項 1 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 6】**

前記第 1 磁石は前記複数ポート中継回路の反対側に配置された、請求項 5 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 7】**

前記複数の高周波伝送トレースに近接した少なくとも一つの接地平面を更に備える、請求項 6 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 8】**

前記第 1 の磁石の反対側に配置された第 2 の磁石を更に備える、請求項 1 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 9】**

前記第 2 の磁石に隣接して配置された第 3 の基板を更に備える、請求項 8 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 10】**

前記複数の高周波伝送トレースのうち一つは負荷抵抗器に連結され、前記アセンブリがアイソレータとして作動するよう構成されている、請求項 1 に記載のアンテナアセンブリ。

**【請求項 11】**

無線通信システムで送信 / 受信モジュールを通じて一又は複数の通信信号を伝える方法であって、

10

20

30

40

50

前記送信 / 受信モジュールで一又は複数の通信信号を受信すること、及び、

前記通信信号に、第 1 周波数範囲内で作動するサーキュレータ / アイソレータアセンブリを備える少なくとも一つの通信チャネルを通過させることを含み、前記サーキュレータ / アイソレータアセンブリは、

第 1 表面と第 2 表面、及び前記第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、

前記第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、前記誘電層は、前記誘電層の第 1 面に配置され、かつ、前記第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、前記複数ポート中継回路は、複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、

10

前記誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、

第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、前記誘電層の前記複数ポート中継回路に近接して配置された前記第 1 磁性シリンダを含み、前記第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドは、電磁波の伝播を前記複数ポート中継回路の単一方向に限定する方法。

#### 【請求項 1 2】

一又は複数の通信信号を前記送信 / 受信モジュールで受信することは、一又は複数の通信信号を、外部機器から、無線通信リンクを介して受信することを含む、請求項 1 1 に記載の方法。

20

#### 【請求項 1 3】

一又は複数の通信信号を前記送信 / 受信モジュールで受信することは、前記送信 / 受信モジュールと連結した機器内で生成された一又は複数の通信信号を受信することを含む、請求項 1 1 に記載の方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本書に記載されている主題は、高周波 (RF) 機器内で使用されるサーキュレータ及びアイソレータ、より具体的には、スペース並びに実装の制限により従来型のサーキュレータ又はアイソレータの使用が不可能な、フェイズドアレイアンテナシステム及び他の高周波機器と共に使用することに適した実装構造を有する、統合型のサーキュレータ又はアイソレータに関する。

30

#### 【背景技術】

#### 【0002】

フェイズドアレイアンテナ、レーダーシステム及び他の様々な形態の電子センサ、並びに通信システム又は通信サブシステムにおいては、フェライトサーキュレータ及びアイソレータが、かかるシステムの高周波フロントエンド回路で重要な機能を果たす。一般的に、広く「不可逆的電磁エネルギー伝播」機器と呼ばれるかかる機器は、電磁波エネルギーの流れを、高周波送信機へ、または高周波受信機からの一方向のみに制限するために使用される。サーキュレータ及びアイソレータは、多重バンド作動のための周波数マルチプレクサとして、電磁エネルギーの送信及び受信を異なるチャネルに導くためにも使用される。他の用途には、入来高周波エネルギーが送信機回路に入り込むのを防ぐことにより、高感度の電子機器を性能劣化又は損傷から防御することが包含される。

40

#### 【0003】

従来型のマイクロストリップサーキュレータ機器は、三つ以上のポートを形成するよう上面の上に具現化された高周波伝送路を備えたフェライト基板から成る。接地平面は一般的に、図 1 及び 2 に示すように、基板の裏面上に形成される。アイソレータとは単に、三つのポートのうち一つが負荷抵抗器で終結しているサーキュレータのことである。

#### 【0004】

サーキュレータ機器は、フェライト材料、一般的にはイットリウム・鉄・ガーネット (

50

YIG)の磁気回転特性を使用して、マイクロ波特性の損失を低く抑えている。フェライト基板は、外部の、永久磁石からの静磁場によってバイアスされる。フェライト基板における磁化ベクトルは、ただ一つの周方向に歳差運動するため、図1の矢印によって示されるような、電磁波が伝播する不可逆的な経路を形成する。しかし、動作周波数が高くなるほどより強いバイアスフィールドを要し、このことによってより強力な磁石が必要になる。

#### 【0005】

フェイズドアレイアンテナは、一連の独立したアクティブモジュール要素によって形成されたアンテナである。フェイズドアレイアンテナを包含する用途において、放射/受信素子の各々は、アンテナモジュール内で、一又は複数のかかるフェライトサーキュレータ又はアイソレータを使用しうる。しかしアンテナ設計者にとっては、どのような機器でも、大部分のフェイズドアレイアンテナで利用可能な既に限定されているスペースに組み入れることは、特に厳しい課題となり得る。フェイズドアレイアンテナ内に課されたスペースの制限は、アレイの放射/受信素子の間隔が、部分的にはアンテナが実現することを求められる最大走査角度によって、また部分的には、アンテナが作動することを求められる周波数によって、決定されるという事実によるものである。高性能のフェイズドアレイアンテナについては、この間隔は一般的に、放射又は受信されている電磁波の波長の半分に近くなる。例えば、20GHzのアンテナは約1.5cmすなわち0.6インチの波長を有することになるため、素子間隔は0.75cmすなわち0.3インチにしかない。この間隔は、アンテナの動作周波数が増大するにつれ、狭くなっていくばかりである。ゆえに、従来型のサーキュレータ機器(例えば従来型のマイクロストリップサーキュレータ)は、基板上に高周波伝送路が具現化されたフェライト基板、及び、フェライト基板に取り付けられた永久磁石を備えているため、三つの次元全てに物理的なサイズ制限がある。

#### 【0006】

結果として、従来型のマイクロストリップサーキュレータ/アイソレータは、フェライト基板の材料とはまったく異なる非磁性基板材料で作られたフェイズドアレイモジュール回路基板上に乗せられる必要がある。更に厄介なことに、動作周波数の増大に伴ってより強力な永久磁石が必要になるため、動作周波数が増大するにつれ、フェライトサーキュレータ/アイソレータのサイズが縮小することはない。より強力な永久磁石に対する必要性を満たすことは、材料の制限によって、一層難しくなる。その上、従来型のサーキュレータ/アイソレータのポートを、マイクロ波回路のそれ以外の部分に接続するために、ワイヤボンディング接続が求められる。したがって、アンテナの動作周波数が増大する、或いは、アンテナの性能要件(すなわち走査角度要件)が増加するにつれ、従来型のサーキュレータ/アイソレータの実装は、フェイズドアレイアンテナの内部では、ますます困難かつ厳しいものになる。これらと同一の実装制限は、従来型のサーキュレータ又はアイソレータを収容するスペースがどうしても不十分な、他の形態の高周波機器においても存在する。

#### 【0007】

したがって、サーキュレータ/アイソレータアセンブリは、高周波通信用途において、広範な使用に供されうる。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0008】

【特許文献1】米国特許番号5,256,661

【特許文献2】米国特許番号7,495,521

【特許文献3】米国特許番号8,344,820

【特許文献4】米国特許番号6,714,163

【特許文献5】米国特許番号6,670,930

【特許文献6】米国特許番号6,580,402

【特許文献7】米国特許番号6,424,313

10

20

30

40

50

【特許文献 8】米国特許出願シリアル番号 10 / 6 2 5 , 7 6 7 ( 2 0 0 3 年 7 月 2 3 日出願 )

【特許文献 9】米国特許出願シリアル番号 10 / 9 1 7 , 1 5 1 ( 2 0 0 4 年 8 月 1 2 日出願 )

【特許文献 10】米国特許番号 7 , 2 5 6 , 6 6 1

【発明の概要】

【0009】

一態様では、第 1 周波数範囲内で作動するサーキュレータ / アイソレータアセンブリが開示されており、サーキュレータ / アイソレータアセンブリは、第 1 表面と第 2 表面、及び第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、誘電層は、誘電層の第 1 面に配置され、かつ、第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、複数ポート中継回路は、複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、誘電層の複数ポート中継回路に近接して配置された第 1 磁性シリンダを含み、第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドが、電磁波の伝播を複数ポート中継回路の単一方向に限定する。

10

【0010】

別の態様では、アンテナアセンブリが開示されている。アンテナアセンブリは、第 1 放射素子、第 2 放射素子、及び、サーキュレータ / アイソレータアセンブリを備え、サーキュレータ / アイソレータアセンブリは、第 1 表面と第 2 表面、及び第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、誘電層は、誘電層の第 1 面に配置され、かつ、第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、複数ポート中継回路は、複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、誘電層の複数ポート中継回路に近接して配置された第 1 磁性シリンダを含み、第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドが、電磁波の伝播を複数ポート中継回路の単一方向に限定する。

20

【0011】

別の態様では、無線通信システムで送信 / 受信モジュールを通じて一又は複数の通信信号を伝える方法は、送信 / 受信モジュールで一又は複数の通信信号を受信すること、及び、通信信号に、サーキュレータ / アイソレータアセンブリを備える少なくとも一つの通信チャネルを通過させることを含む。サーキュレータ / アイソレータアセンブリは、第 1 表面と第 2 表面、及び第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、誘電層は、誘電層の第 1 面に配置され、かつ、第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、複数ポート中継回路は、複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、誘電層の複数ポート中継回路に近接して配置された第 1 磁性シリンダを含み、第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドが、電磁波の伝播を複数ポート中継回路の単一方向に限定する。

30

40

【0012】

更に本開示は、以下の条項による実施形態を含む。

【0013】

第 1 条項 第 1 周波数範囲内で作動するサーキュレータ / アイソレータアセンブリであって、

第 1 表面と第 2 表面、及び第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、

50

第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、誘電層は、誘電層の第 1 面に配置され、かつ、第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、複数ポート中継回路は、

複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、

誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、

第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、誘電層の複数ポート中継回路に近接して配置された第 1 磁性シリンダを含み、第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドが、電磁波の伝播を複数ポート中継回路の単一方向に限定する。

【 0 0 1 4 】

10

第 2 条項 第 1 磁気基板は強磁性基板又はフェライト基板のうち少なくとも一つを備える、第 1 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

【 0 0 1 5 】

第 3 条項 第 1 磁石は第 1 磁気基板の第 1 接地平面に配置された、第 1 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

【 0 0 1 6 】

第 4 条項 第 1 磁石は複数ポート中継回路の反対側に配置された、第 3 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

【 0 0 1 7 】

第 5 条項 第 1 磁石は誘電層の第 2 表面に配置された、第 1 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

20

【 0 0 1 8 】

第 6 条項 第 1 磁石は複数ポート中継回路の反対側に配置された、第 5 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

【 0 0 1 9 】

第 7 条項 複数の高周波伝送トレースに近接した少なくとも一つの接地平面を更に備える、第 6 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

【 0 0 2 0 】

第 8 条項 第 1 の磁石の反対側に配置された第 2 の磁石を更に備える、第 1 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

30

【 0 0 2 1 】

第 9 条項 第 2 の磁石に隣接して配置された第 3 の基板を更に備える、第 8 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

【 0 0 2 2 】

第 10 条項 前記高周波伝送トレースのうち一つは負荷抵抗器に連結され、アセンブリがアイソレータとして作動するよう構成されている、第 1 条項に記載のサーキュレータ / アイソレータアセンブリ。

【 0 0 2 3 】

第 11 条項 アンテナアセンブリであって、

第 1 放射素子と第 2 放射素子、及び、

40

第 1 放射素子及び第 2 放射素子と連結した、第 1 周波数範囲内で作動するサーキュレータ / アイソレータアセンブリを備え、サーキュレータ / アイソレータアセンブリは、

第 1 表面と第 2 表面、及び第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、

第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、誘電層は、誘電層の第 1 面に配置され、かつ、第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、複数ポート中継回路は、複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、

誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、

50

第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、誘電層の複数ポート中継回路に近接して配置された第 1 磁性シリンダを含み、第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドが、電磁波の伝播を複数ポート中継回路の単一方向に限定する。

【 0 0 2 4 】

第 1 2 条項 第 1 磁気基板は強磁性基板又はフェライト基板のうち少なくとも一つを備える、第 1 1 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 2 5 】

第 1 3 条項 第 1 磁石は第 1 磁気基板の第 1 接地平面に配置された、第 1 1 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 2 6 】

第 1 4 条項 第 1 磁石は複数ポート中継回路の反対側に配置された、第 1 3 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 2 7 】

第 1 5 条項 第 1 磁石は誘電層の第 2 表面に配置された、第 1 1 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 2 8 】

第 1 6 条項 第 1 磁石は複数ポート中継回路の反対側に配置された、第 1 5 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 2 9 】

第 1 7 条項 複数の高周波伝送トレースに近接した少なくとも一つの接地平面を更に備える、第 1 6 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 3 0 】

第 1 8 条項 第 1 の磁石の反対側に配置された第 2 の磁石を更に備える、第 1 1 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 3 1 】

第 1 9 条項 第 2 の磁石に隣接して配置された第 3 の基板を更に備える、第 1 8 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 3 2 】

第 2 0 条項 前記複数の高周波伝送トレースのうち一つは負荷抵抗器に連結され、アセンブリがアイソレータとして作動するよう構成されている、第 1 1 条項に記載のアンテナアセンブリ。

【 0 0 3 3 】

第 2 1 条項 無線通信システムで送信 / 受信モジュールを通じて一又は複数の通信信号を伝える方法であって、

送信 / 受信モジュールで一又は複数の通信信号を受信すること、及び、

通信信号に、第 1 周波数範囲内で作動するサーキュレータ / アイソレータアセンブリを備える少なくとも一つの通信チャネルを通過させることを含み、サーキュレータ / アイソレータアセンブリは、

第 1 表面と第 2 表面、及び第 1 表面上に形成された第 1 接地平面を有する第 1 磁気基板と、

第 1 磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、誘電層は、誘電層の第 1 面に配置され、かつ、第 1 周波数範囲内で共振になるよう形作られた複数ポート中継回路を備え、複数ポート中継回路は、複数の高周波伝送トレースと連結した導電体ディスクを備え、第 1 高周波伝送トレースは入力ポートを形成し、第 2 高周波伝送トレースは出力ポートを形成し、

誘電層の第 2 面に配置された接地平面、及び、

第 1 磁性シリンダがサーキュレータを励磁するように、誘電層の複数ポート中継回路に近接して配置された第 1 磁性シリンダを含み、第 1 磁気基板内の不可逆性磁束フィールドが、電磁波の伝播を複数ポート中継回路の単一方向に限定する。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

第 2 2 条項 一又は複数の通信信号を送信 / 受信モジュールで受信することは、一又は複数の通信信号を、外部機器から、無線通信リンクを介して受信することを含む、第 2 1 条項に記載の方法。

【 0 0 3 5 】

第 2 3 条項 一又は複数の通信信号を送信 / 受信モジュールで受信することは、送信 / 受信モジュールと連結した機器内で生成された一又は複数の通信信号を受信することを含む、第 2 1 条項に記載の方法。

【 0 0 3 6 】

本書で説明される特徴、機能及び利点は、本開示の種々の実施形態で個々に実現可能であり、また、以下の説明及び図面を参照して更なる詳細が理解されうる、更に別の実施形態において組み合わせることも可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 7 】

詳細な説明が添付の図面を参照して記述される。

【図 1】棒状の永久磁石が基板の一表面から分離した状態で示されている、先行技術のサーキュレータ / アイソレータの上面斜視図である。

【図 2 A】、

【図 2 B】、

【図 2 C】、

【図 2 D】、

【図 2 E】、

【図 2 F】、

【図 2 G】、

【図 2 H】及び

【図 2 I】様々な実施形態による、サーキュレータ / アイソレータアセンブリの概略的な分解斜視図である。

20

【図 3】様々な実施形態による、サーキュレータ / アイソレータアセンブリの性能パラメータを示すグラフである。

【図 4】実施形態による、多重チャネルのフェイズドアレイアンテナの一部に組み込まれたサーキュレータ / アイソレータアセンブリの斜視図である。

30

【図 5】様々な実施形態による、無線通信システムで送信 / 受信モジュールを通じて一又は複数の通信信号を伝える方法における作業を示すフローチャートである。

【図 6】様々な実施形態による、サーキュレータ / アイソレータアセンブリを作る方法における作業を示すフローチャートである。

【 0 0 3 8 】

本開示内で示される図面の各々は、提示されている実施形態の一態様の一変異を示すものであるが、相違点については詳細に後述する。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 9 】

下記の記述では、様々な実施形態を徹底的に理解するため、多数の具体的な詳細事項が記載されている。しかしながら、当業者であれば、様々な実施形態が具体的な詳細事項なしで実行可能であることが理解されるであろう。他の事例では、具体的な実施形態を不明瞭にすることがないよう、よく知られている方法、手続き及び構成要素については、詳細に図解または解説していない。

40

【 0 0 4 0 】

サーキュレータアセンブリの様々な実施例は、全て C h e n 氏他の出願による米国特許番号 5 , 2 5 6 , 6 6 1、7 , 4 9 5 , 5 2 1 及び 8 , 3 4 4 , 8 2 0 において、記述され、特許請求されており、これらの実施例の開示については、引用により本書に組み入れられている。つまり、本出願は、フェイズドアレイアンテナ構造物において使用されうるサーキュレータアセンブリの代替的な構造を記述するものである。

50



## 【 0 0 4 1 】

図 2 A ~ 2 E は、様々な実施形態による、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 の分解斜視図である。最初に図 2 A を参照するに、一実施形態において、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 は、第 1 磁気基板 2 2 0、複数の高周波伝送トレース 2 3 8 と連結した複数ポート中継回路 2 3 6 を備える誘電層 2 3 0、及び、誘電層 2 3 0 の複数ポート中継回路 2 3 6 に近接して配置された磁石 2 5 0 を含む。

## 【 0 0 4 2 】

第 1 磁気基板 2 2 0 は、図 2 A で上部表面として表されている第 1 表面 2 2 2 と、図 2 A で下部表面として表されている第 2 表面 2 2 4 を有する。第 1 磁気基板 2 2 0 の寸法は多様でありうる。例えば、Ku 波帯周波数に対する一実行形態では、第 1 磁気基板 2 2 0 の寸法は、縦横およそ 0 . 2 8 インチ ( 7 . 1 mm )、かつ全厚およそ 0 . 0 2 インチ ( 0 . 5 mm ) となる。

## 【 0 0 4 3 】

一実施形態では、第 1 磁気基板 2 2 0 は、平面構造に形成されたイットリウム・鉄・ガーネット ( Y I G ) フェライト基板を含む材料によって形成される。スピネル又は六方晶などのフェライトを含む、第 1 磁気基板 2 2 0 に適当な他の材料は、必要な動作周波数及び他の性能パラメータに応じて選ばれる。フェライトは、例えば誘導可能で非導電性の低損失な材料であるなど、優れた強磁性特質を示すこと、及び、第 1 磁気基板 2 2 0 には他の強磁性基板材料も利用できることに留意されたい。

## 【 0 0 4 4 】

一実施形態では、上面 2 2 6 は、第 1 磁気基板 2 2 0 の第 1 表面 2 2 2 上に形成された第 1 接地平面を含む。いくつかの実施形態では、上面 2 2 6 は、第 1 磁気基板 2 2 0 の第 1 表面 2 2 2 上に具現化された層として形成された接地平面を含む。図 2 A に図示された実施形態では、上面 2 2 6 ( 例えば接地平面 2 2 6 ) は、第 1 磁気基板 2 2 0 の第 1 表面 2 2 2 全体を実質的に覆う。代替的な実施形態では、上面 2 2 6 は、第 1 表面 2 2 2 の一部の上に接地平面を有するに過ぎないこともある。

## 【 0 0 4 5 】

第 1 磁石 2 5 0 の寸法は、必要な磁界の強度に応じて多様にもなりえる。一実施形態では、磁石 2 5 0 は、約 0 . 1 インチ ( 2 . 5 mm ) の高さ及び約 0 . 1 インチ ( 2 . 5 mm ) の直径を有する。円形の磁石が示されているが、第 1 磁石 2 5 0 は、三角形、四角形、八角形等、他の形状を備えたものになりうる。同様に、第 1 磁気基板 2 2 0 及び / 又は複数ポート中継回路 2 3 6 も、三角形、四角形、八角形等、他の形状を備えたものにもなりうる。磁石 2 5 0 の磁界強度は、特定の用途に適合するため相当程度に多様でありうるが、一実行形態では、約 1 0 0 0 ガウスから 3 0 0 0 ガウスである。ミリ波の用途 ( 3 0 GHz ~ 6 0 GHz ) に関しては、磁界の強度はおよそ 1 0 , 0 0 0 ガウス程度にまで高くなる。マイクロ波フィールドに影響を与えることなくかかる磁界強度を提供しうる ( ゆえに非導電性である ) どのような磁石でも、利用可能である。磁力強度の要件を低減するためには、多くの用途で電磁石も潜在的に使用可能である。多数の供給源から市場で広範に入手可能な棒状の永久磁石も、多くの用途に使用されうる。

## 【 0 0 4 6 】

誘電層 2 3 0 は、第 1 磁気基板 2 2 0 に隣接して配置される。いくつかの実施形態では、誘電層 2 3 0 は、プリント基板 ( P C B )、又は他の任意の従来型のマイクロ波基板の一部となりうる。例としては、誘電層 2 3 0 は、ポリテトラフルオロエチレン ( P T F E ) 材料、又は、アルミナなどのセラミックベースの材料から形成される。誘電層 2 3 0 は、本書ではまとめて参照番号 2 3 8 と呼ばれる複数の高周波伝送トレース 2 3 8 a、2 3 8 b、2 3 8 c と連結した、複数ポート中継回路 2 3 6 を備える。伝送トレース 2 3 8 の終端部は入出力ポートと見なされ、それらを通じて高周波エネルギーが伝送される。複数ポート中継回路 2 3 6 及び伝送トレース 2 3 8 は、誘電層 2 3 0 の表面上に形成されるか、又は誘電層 2 3 0 に埋め込まれる。

## 【 0 0 4 7 】

アセンブリ 2 1 0 は、第 1 磁気基板 2 2 0 及び第 1 磁石 2 5 0 を、マイクロ波回路アセンブリの一部となりうる誘電層 2 3 0 の複数ポート中継回路 2 3 6 に近接して位置づけることによって、組み立てられる。第 1 磁石 2 5 0 はサーキュレータを励起し、第 1 磁気基板 2 2 0 内の不可逆性磁束フィールドは、高周波エネルギーが、高周波伝送トレース 2 3 8 によって画定されたポートの間をただ一つの周方向に流れる（不可逆性）ことができるように、電磁波の伝播を複数ポート中継回路 2 3 6 の単一方向に限定する。

#### 【 0 0 4 8 】

図 2 A に示すアセンブリ 2 1 0 は、一又は複数の負荷抵抗器（図示せず）を、高周波伝送トレース 2 3 8 によって画定されたポートの一つと電氣的に連結することにより、アイソレータとして構成される。例えば、50 オームの負荷抵抗器（図示せず）が、高周波エネルギー終結ポートを形成し、例えば高周波伝送トレース 2 3 8 a から高周波伝送トレース 2 3 8 c への高周波エネルギー環流を促進するために、高周波伝送トレース 2 3 8 b と電氣的グラウンド接続（図示せず）を接続することが可能である。

10

#### 【 0 0 4 9 】

図 2 B は、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。2 B に図示されたアセンブリ 2 1 0 の構成要素それぞれは、図 2 A に図示された構成要素と同一である。図 2 A と 2 B に図示された実施形態の主たる相違点は、第 1 磁石 2 5 0 が、第 1 磁気基板 2 2 0 の上面 2 2 6 ではなく、誘電層 2 3 0 の第 2 表面 2 3 4 に配置されていることである。アセンブリ 2 1 0 は、第 1 磁気基板 2 2 0 及び第 1 磁石 2 5 0 を、マイクロ波回路アセンブリ（例えば、図 4 に示すアンテナ T / R モジュール 7 0 0 ）の一部となりうる誘電層 2 3 0 の複数ポート中継回路 2 3 6 に近接して位置づけることによって、組み立てられる。

20

#### 【 0 0 5 0 】

図 2 C は、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。図 2 C に図示されたアセンブリ 2 1 0 の構成要素それぞれは、図 2 A に図示された構成要素と同一である。図 2 A と 2 C に図示された実施形態の主たる相違点は、誘電層 2 3 0 の第 2 表面 2 3 4 に配置された第 2 磁石 2 5 2 が付加されていることである。アセンブリ 2 1 0 は、第 1 磁気基板 2 2 0 及び第 1 磁石 2 5 0 を、マイクロ波回路アセンブリの一部となりうる誘電層 2 3 0 の複数ポート中継回路 2 3 6 に近接して位置づけることによって、組み立てられる。二つの磁石 2 5 0、2 5 2 を使用することで、第 1 磁気基板 2 2 0 及び誘電層 2 3 0 を通じて、より強力かつより均一に磁束フィールドを分布させることが可能になるため、有利である。

30

#### 【 0 0 5 1 】

図 2 D は、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。図 2 D に図示されたアセンブリ 2 1 0 の構成要素それぞれは、図 2 A に図示された構成要素と同一である。図 2 A と 2 D に図示された実施形態の主たる相違点は、金属製のトレース（トレース 2 3 8 他）及び中継回路 2 3 6 を金属製の接地平面が取り囲むことで、マイクロストリップ回路がサーキュレータのコプレーナ導波（CPW）回路に変換されていることである。

#### 【 0 0 5 2 】

40

図 2 E は、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。図 2 E に図示されたアセンブリ 2 1 0 の構成要素の多くは、図 2 D に図示された構成要素と同一である。図 2 D と 2 E に図示された実施形態の主たる相違点は、磁気基板 2 2 0 がセルフバイアスフェライト材料から形成されうることである。例としては、セルフバイアスフェライト材料は、スカンジウムを添加したバリウムフェライト又はヘキサフェライト材料のうち少なくとも一つを含む。セルフバイアス磁気基板 2 2 0 をアセンブリ 2 1 0 に組み込むことによって、磁石 2 5 0 をアセンブリ 2 1 0 から割愛することが可能になる。

#### 【 0 0 5 3 】

図 2 F は、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 の構成要素の平面図であり

50

、図 2 G はその側面図である。図 2 F と 2 G を参照するに、いくつかの実施形態では、回路トレース 2 3 8 a、2 3 8 b、2 3 8 c が実質的に平らな表面上で終結し、入出力ポート 2 3 9 a、2 3 9 b、2 3 9 c を画定するように、誘電層 2 3 0 が実質的に六角形の形状に形成されることがある。誘電層 2 3 0 は、0 . 0 2 インチから 0 . 0 5 インチとなる、図 2 G で T 1 と示された厚みを画定する、一又は複数の層を備える。六角形は、0 . 0 5 インチから 0 . 1 インチとなる、図 2 F で L 1 と示された長さを有する。誘電層 2 3 0 の形成に適当な材料には、R o g e r s 4 0 0 3 ラミネート材、又は他の従来型のプリント基板 ( P C B ) ラミネート材が含まれる。

#### 【 0 0 5 4 】

回路トレース 2 3 8 及び中継回路 2 3 6 は、従来型の回路プリント技術を使用して、誘電材料層 2 3 0 の第 1 面上に形成される。いくつかの実施形態では、中継回路 2 3 6 は、0 . 1 1 0 インチから 0 . 1 2 0 インチとなる、図 2 F で D 1 と示された直径を有する。回路トレース 2 3 8 は、中継回路 2 3 6 と出力ポート 2 3 9 を連結する。接地平面 2 4 0 は、誘電層 2 3 0 の反対面上に形成される。

#### 【 0 0 5 5 】

図 2 H は、磁気基板 2 2 0 の構成要素の平面図であり、図 2 I はその側面図である。図 2 H と 2 I を参照するに、いくつかの実施形態では、磁気基板 2 2 0 は、0 . 0 5 インチから 0 . 1 インチとなる図 2 H で L 2 と示された長さ、及び、0 . 0 1 インチから 0 . 0 3 インチとなる図 2 I で T 2 と示された厚みを有する、実質的に六角形の形状に形成されることがある。接地平面 2 2 6 は、上述のように、磁気基板 2 2 0 の第 1 表面 2 2 2 上に配置される。

#### 【 0 0 5 6 】

図 2 A ~ 2 I に示すように、第 1 磁気基板 2 2 0 は、多くの従来型のサーキュレータ / アイソレータのように、中継回路トレース (例えば高周波回路トレース 2 3 8 a、2 3 8 b、2 3 8 c) を載せている訳ではないため、有利である。更に、サーキュレータ / アイソレータ機器 2 1 0 は、上部 (例えば磁石 2 5 0) 及び / 又は下部 (例えば磁石 2 5 2) のいずれか又はどちらにも配置された永久磁石を有し、不可逆性のエネルギー流機能を提供するため、有利である。

#### 【 0 0 5 7 】

図 3 は、本書に記載された様々な実施形態によりシミュレーションされた、サーキュレータ / アイソレータアセンブリの性能パラメータを示したグラフである。図 3 を参照するに、カーブ 3 1 0 は、アイソレーション損失を表し、カーブ 3 1 5 は入力リターン損失を表し、また、カーブ 3 2 0 は挿入損失を表し、これらの損失の各々が、1 5 . 5 G H z から 1 8 . 5 G H z に及ぶ周波数スペクトルにわたってグラフ化されている。図 3 に示すように、本構成では、1 6 . 3 G H z から 1 7 . 3 G H z に及ぶ周波数範囲にわたり、- 1 d B を下回る挿入損失及びアイソレーション損失、並びに、およそ - 2 0 d B の入力リターン損失が得られる。

#### 【 0 0 5 8 】

いくつかの実施形態では、一又は複数のサーキュレータアセンブリ (例えばサーキュレータ / アイソレータ 2 1 0) が、フェイズドアレイアンテナに組み込まれることがある。図 4 を参照するに、サーキュレータ 4 0 0 が、例示的なフェイズドアレイアンテナの送信及び受信 (T / R) モジュール 7 0 0 内に実装されているものとして示されている。例示的な送信モジュールは、サーキュレータを通じてアンテナに高周波出力をもたらすよう、専用集積回路 (A S I C) 及びパワーアンプ (P A) によって作動する移相器と連結した高周波入力信号を示す。例示的な受信モジュールは、高周波信号出力をもたらすよう、低ノイズアンプ (L N A) 及び専用集積回路 (A S I C) と一体化した移相器に連結したサーキュレータを通じての、アンテナからの高周波信号を示している。サーキュレータ / アイソレータ 4 0 0 は、実際には、一組のアンテナの放射器要素 (図示せず) と電氣的に連結され、例えばデュアルビームアンテナパターン又は放射指向性出力を実現するために、放射器要素内での高周波 T / R チャンネルの形成を可能にしていることに留意されたい。ポ

ーイング社が所有する下記の特許：米国特許番号 6,714,163、6,670,930、6,580,402、6,424,313、並びに、2003年7月23日出願の米国特許出願シリアル番号 10/625,767、及び、2004年8月12日出願の米国特許出願シリアル番号 10/917,151における、特定のフェイズドアレイアンテナの実施形態及び教示は全て、引用により本願に組み込まれている。

【0059】

図5を参照するに、無線通信システムで送信/受信モジュールを通じて一又は複数の通信信号を伝える方法500が開示されている。図5を参照するに、作業510では、例えば無線通信リンクを経由した外部機器からの通信信号が、図4に図示されたアンテナ送信/受信モジュール700のような送信/受信モジュールで受信される。いくつかの実施形態では、通信信号は、遠隔無線機器からの、アンテナによって受信された信号である可能性がある。かかる実施形態では、通信信号は、フェイズドアレイアンテナ要素からの流入信号である。他の実施形態では、通信信号は、アンテナ送信/受信モジュール700に連結した電気機器内の回路網によって生成される、すなわちフェイズドアレイアンテナ要素への流出信号でもありうる。

【0060】

作業515では、通信信号は、サーキュレータ/アイソレータアセンブリを備える送信/受信モジュール内の通信チャネルを通過する。本書に記述されるように、サーキュレータ/アイソレータアセンブリは、第1表面と第2表面、及び第1表面上に形成された第1接地平面を有する第1磁気基板と、第1磁気基板に隣接して配置された誘電層を含み、誘電層は、複数の高周波伝送トレースと連結した複数ポート中継回路を備え、トレースのうち一つは入力ポートを形成し、前記トレースのうち異なる一つは出力ポートを形成し、かつ、第1磁石がサーキュレータを励磁するように、誘電層の複数ポート中継回路に近接して配置された第1磁石を含み、第1磁気基板内の不可逆性磁束フィールドが、電磁波の伝播を複数ポート中継回路の単一方向に限定する。

【0061】

ゆえに、本書に記述されているのは、フェイズドアレイアンテナと併せて使用されうるサーキュレータ/アイソレータアセンブリの新構造である。本書の記載により、サーキュレータ/アイソレータアセンブリは、複数ポート中継回路236、及び、誘電層に配置された高周波トレース238によって構成される。このことによって、複数ポート中継回路236及び高周波トレース238が、基板の構成要素として別途配置されるのではなく、回路基板の構成要素としてプリントされることが可能になる。加うるに、このことにより、平らな基板層220を使用できるようになる。フェライト基板に配置された3ポートのY型中継回路トレースを有する従来型のサーキュレータとは違い、サーキュレータ/アイソレータの新構造（例えばサーキュレータ/アイソレータアセンブリ210）は、一又は複数の送信/受信（T/R）チャネルを包含するプリント回路基板を備えた同一の非磁性基板を共有するため、有利である。加うるに、接地平面を片面に一つのみ備えたフェライト基板は、不可逆特性のような、サーキュレータ/アイソレータの機能を実現するように、複数中継回路（例えば複数中継トレース）の上に造作なく配置されうるようになる。更に、全体として引用により組み込まれている従来技術の特許（例えば、7,256,661、7,495,521）と組み合わせた、開示されているサーキュレータ/アイソレータは、小型のスペースにおいて多重チャネル機能を提供するため、有利であり、ゆえに、このサーキュレータ/アイソレータ機器は、アンテナシステムの接地面積全体を低減させるものである。

【0062】

当業者は、上面226と第2表面234の間の接続（例えばアース接続、高周波伝送接続）が、複数ポート中継回路236及び高周波伝送路（例えば高周波伝送トレース238）の外部にバイアスが具現化されることにより、提供されうることを認識するであろう。代替的には、238のポートに接近しすぎることなく、上面226と第2表面234をまとめて包み込む、金属ケーシングのような他の手順により、それらの間に必要な接続性を

もたらす。

#### 【 0 0 6 3 】

図 6 は、様々な実施形態による、サーキュレータ / アイソレータアセンブリを作る方法における作業を示すフローチャートである。図 6 を参照するに、作業 6 1 0 では、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 のための設計周波数が選択される。例としては、いくつかの実施形態では、サーキュレータ / アイソレータ 2 1 0 は、1 0 G H z から 3 0 G H z の周波数範囲において作動する。作業 6 1 5 では、磁気基板層 2 2 0 のためのフェライト材料が選択される。適当な材料には、イットリウム・鉄・ガーネット ( Y I G ) の単結晶フェライト材料が含まれる。上述のように、図 2 I を参照するに、基板層の厚みは 0 . 0 1 インチから 0 . 0 5 インチになりうる。

10

#### 【 0 0 6 4 】

作業 6 2 0 では、誘電層 2 3 0 のための誘電材料が選択される。適当な材料には、R o g e r s R O 4 0 0 3 ラミネート材が含まれる。上述のように、図 2 G を参照するに、誘電層の厚みは 0 . 0 1 インチから 0 . 1 インチになりうる。

#### 【 0 0 6 5 】

作業 6 2 5 では、中継回路 2 3 6 の形状及びサイズが選択される。いくつかの実施形態では、中継回路 2 3 6 の形状及びサイズは、円形誘電体共振器構造が、作業 6 1 0 で選択された動作周波数要件に適合する T M <sub>1 1 0</sub> モードの共振周波数を有するように選択される。

20

#### 【 0 0 6 6 】

例としては、マイクロストリップ誘電体共振器の直径についての理論上のおおよその法則は、方程式 ( 1 ) により与えられる。：

$$(1) \quad R = \frac{1.84c}{2\pi f \sqrt{D_k}}$$

この方程式では、R は金属製中継ディスクの半径であり、c は空領域における光の速度であり、f は共振の周波数であり、D<sub>k</sub> はフェライト材料の実効誘電率である。例としては、設計周波数が f = 1 7 . 3 6 G H z で、かつ、フェライト材料が誘電率 D<sub>k</sub> = 1 2 を有する場合、ひいては、半径 R は 0 . 0 5 7 5 インチ、そのため直径は 0 . 1 1 5 インチとなる。

30

#### 【 0 0 6 7 】

作業 6 3 0 では、回路トレース 2 3 8 のライン幅が決定されることもある。いくつかの実施形態では、回路トレースのライン幅は、例えば 5 0 オームという、所望の特性インピーダンスに適合するよう選択される。

#### 【 0 0 6 8 】

いくつかの実施形態では、サーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 の機械実装及び統合に対応するために、設計修正 ( 作業 6 3 5 ) が実施されうる。例としては、構造は、シミュレーションソフトウェアを使用して所望の高周波性能を実現するよう微調整される。作業 6 4 0 ではバイアス磁石が選択され、作業 6 4 5 ではサーキュレータ / アイソレータアセンブリ 2 1 0 が組み立てられる。

40

#### 【 0 0 6 9 】

本明細書中の「一実施形態」又は「いくつかの実施形態」という言及は、実施形態に関連して記載されている、具体的な特徴、構造、又は特性が、少なくとも一つの実行形態に含まれていることを意味する。本明細書のさまざまな箇所に登場する「一実施形態では」という語句は、必ずしも全て同一の実施形態について言及しているわけではない。上述の方法において記述されているステップの各々は、例示の実施形態のサンプルの一部である。上述の方法のステップの順番、配置及び内訳は、単なる例示に過ぎず、例えば、開示されたステップの各々は、互換可能で、再配列可能で、置換可能で、削除可能で、また、組

50

み合わせることも可能である。そのためこの方法は、本明細書の教示により、サーキュレータ / アイソレータを製造するための例示的な工程を示すものである。

【 0 0 7 0 】

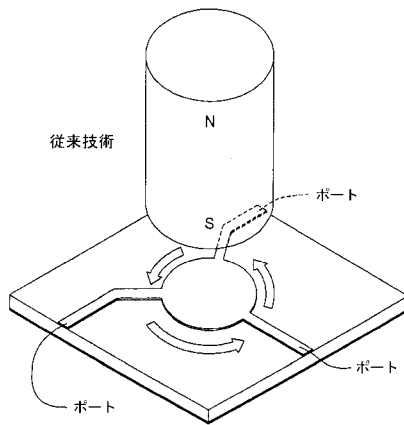
実施形態は、構造的特徴及び / 又は方法論的行為に特有の言語で記述されているが、特許請求の対象は記述された特定の特徴や行為に必ずしも限定されないことを理解されたい。むしろ、具体的な特徴及び行為は、請求の対象を実施する形態のサンプルとして開示されている。

【 符号の説明 】

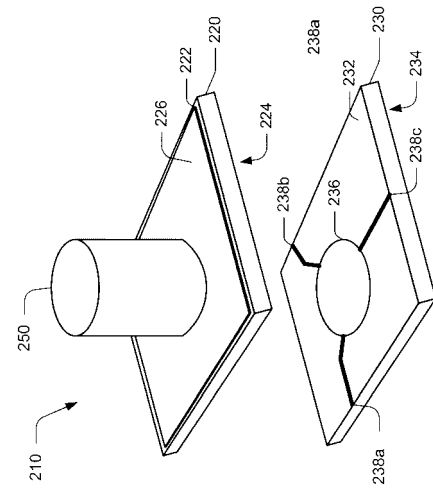
【 0 0 7 1 】

2 1 0	サーキュレータ / アイソレータアセンブリ	10
2 2 0	第 1 磁気基板	
2 2 2	磁気基板の第 1 表面	
2 2 4	磁気基板の第 2 表面	
2 2 6	上面 ( 接地平面 )	
2 3 0	誘電層	
2 3 4	誘電層の第 2 表面	
2 3 6	複数ポート中継回路	
2 3 8 ( 2 3 8 a、2 3 8 b、2 3 8 c )	高周波伝送トレース	
2 3 9 ( 2 3 9 a、2 3 9 b、2 3 9 c )	入出力ポート	
2 4 0	接地平面	20
2 5 0	第 1 磁石	
2 5 2	第 2 磁石	
3 1 0	アイソレーション損失	
3 1 5	入力リターン損失	
3 2 0	挿入損失	
4 0 0	サーキュレータ / アイソレータ	
7 0 0	アンテナ送信 / 受信モジュール	

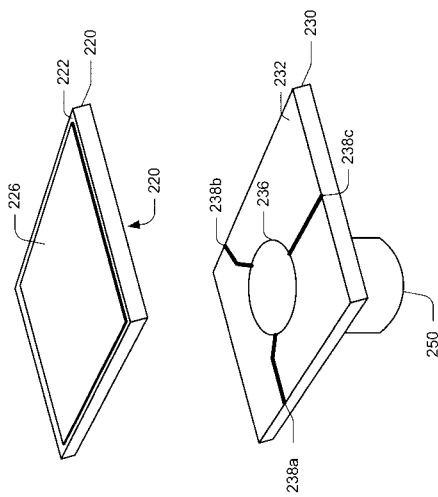
【図 1】



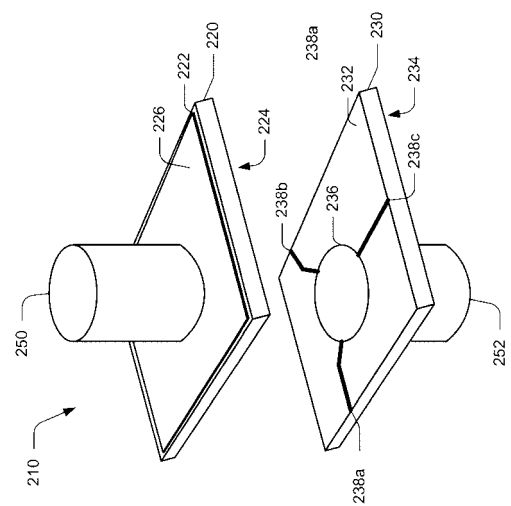
【図 2 A】



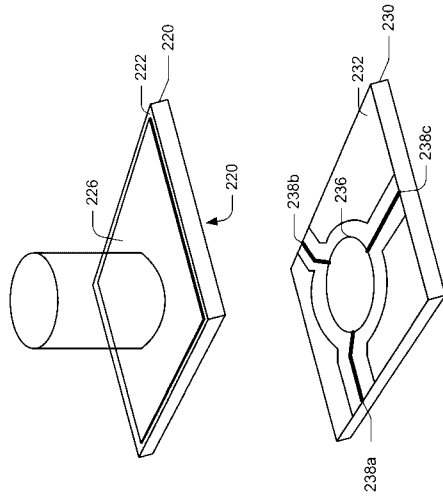
【図 2 B】



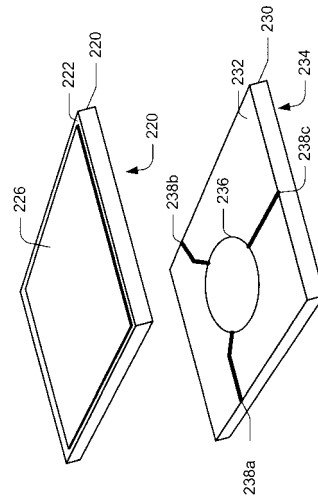
【図 2 C】



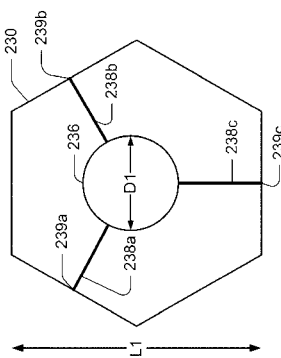
【図 2 D】



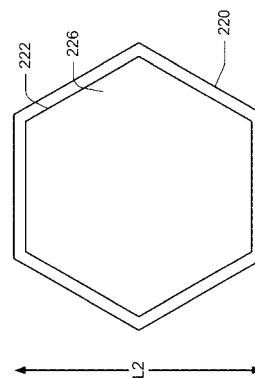
【図 2 E】



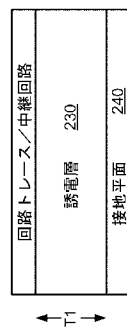
【図 2 F】



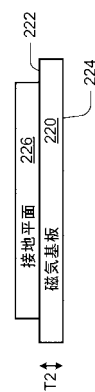
【図 2 H】



【図 2 G】

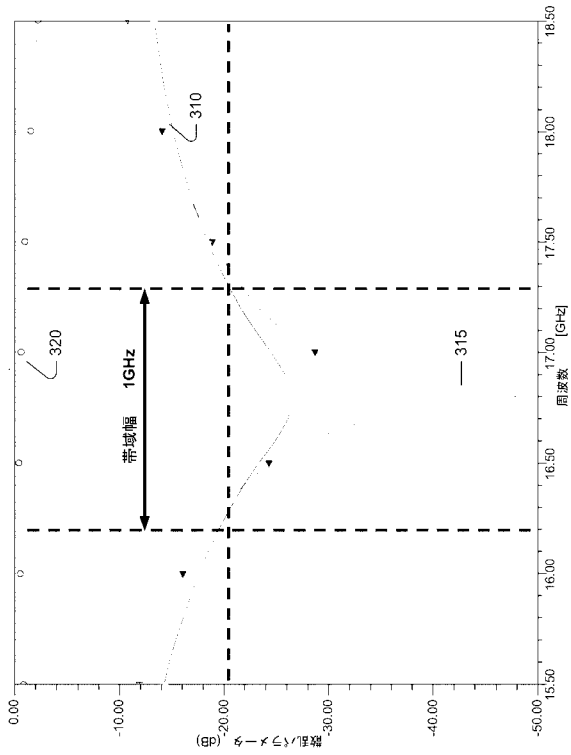


【図 2 I】

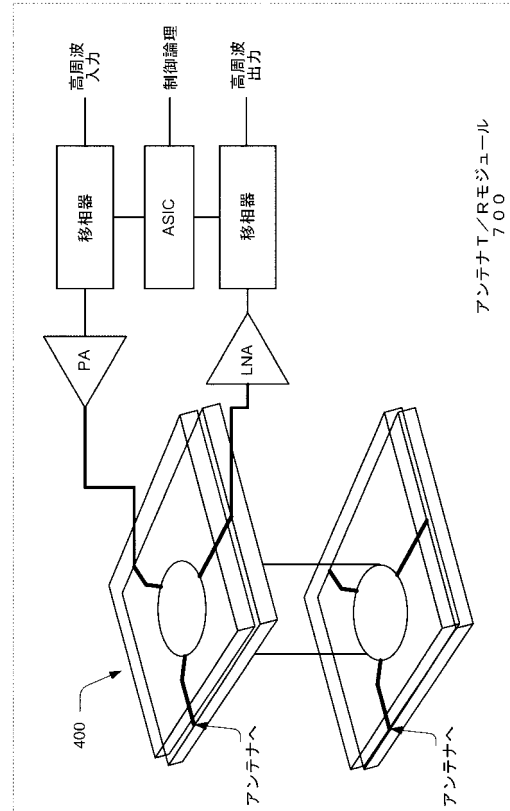




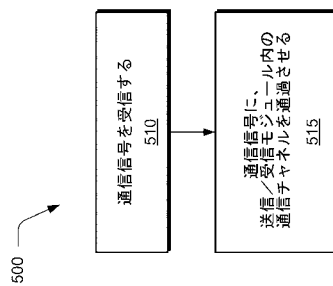
【図 3】



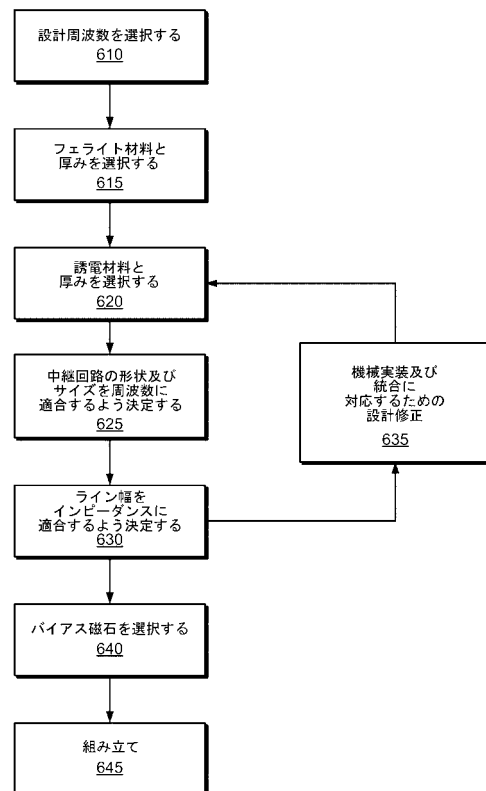
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 タケウチ, ジミー エス.

アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ  
100

Fターム(参考) 5J013 GA03 GA04

【 外国語明細書 】

2015015712000001.pdf

2015015712000002.pdf

2015015712000003.pdf

2015015712000004.pdf