

(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 1

H01P 1/387

テーマコード(参考)

5 J O 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)	(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
(22) 出願日	平成26年7月1日(2014.7.1)	(74) 代理人	100109726 弁理士 園田 吉隆
(31) 優先権主張番号	13/935,342	(74) 代理人	100101199 弁理士 小林 義教
(32) 優先日	平成25年7月3日(2013.7.3)	(72) 発明者	チエン, 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
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

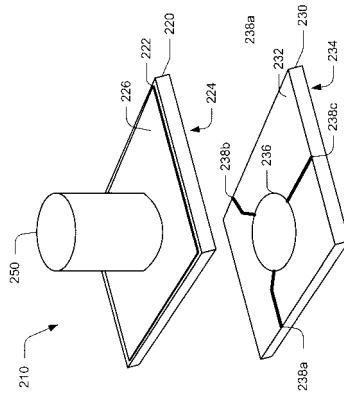
(54) 【発明の名称】フェイズドアレイ向け統合型サーキュレータ

(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 238 a は入力ポートを形成し、第2高周波伝送トレース 238 c 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 2 A



**【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单一方向に限定する  
、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チュレータ／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、前記サーチュレータ／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チ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单一方向に限定する、方法。

20

#### 【請求項12】

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11に記載の方法。

#### 【請求項13】

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11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チ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チ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、統合型のサーチ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、フェライトサーチ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。サーチ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ブレクサとして、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含まれる。

40

##### 【0003】

従来型のマイクロストリップサーチュレータ機器は、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チュレータのことである。

##### 【0004】

サーチュレータ機器は、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チ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インチにしかならない。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、従来型のサーチュレータ機器(例えば従来型のマイクロストリップサーチュレータ)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チュレータ / 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、フェライトサーチュレータ / 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、従来型のサーチュレータ / 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、従来型のサーチュレータ / 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、従来型のサーチ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、サーチュレータ / 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 / 625,767 (2003年7月23日出願)

【特許文献 9】米国特許出願シリアル番号 10 / 917,151 (2004年8月12日出願)

【特許文献 10】米国特許番号 7,256,661

【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单一方向に限定する。

【0010】

別の一態様では、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单一方向に限定する。

【0011】

別の一態様では、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单一方向に限定する。

【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つて、

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、

10

20

30

40

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チ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單一方向に限定する。

【0014】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0015】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0016】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0017】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0018】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0019】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0020】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0021】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0022】

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条項に記載のサーチュレータ／アイソレータアセンブリ。

【0023】

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、

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チュレータ／アイソレータアセンブリを備え、サーチュレータ／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、

10

20

30

40

50

第1磁性シリンダがサーチ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单一方向に限定する。

## 【0024】

第12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11条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0025】

第13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11条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0026】

第14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13条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0027】

第15条項 第1磁石は誘電層の第2表面に配置された、第11条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0028】

第16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15条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0029】

第17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16条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0030】

第18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11条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0031】

第19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18条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0032】

第20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11条項に記載のアンテナアセンブリ。

## 【0033】

第21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チュレータ／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、サーチュレータ／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チ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单一方向に限定する。

## 【0034】

10

20

30

40

50

第22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21条項に記載の方法。

**【0035】**

第23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21条項に記載の方法。

**【0036】**

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】**

**【0037】**

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2A】、**

**【図2B】、**

**【図2C】、**

**【図2D】、**

**【図2E】、**

**【図2F】、**

**【図2G】、**

**【図2H】及び**

【図2I】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。

**【0038】**

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】**

**【0039】**

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

**【0040】**

サーキュレータアセンブリの様々な実施例は、全てChen氏他の出願による米国特許番号5,256,661、7,495,521及び8,344,820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

## 【0041】

図2A～2Eは、様々な実施形態による、サーチュレータ／アイソレータアセンブリ210の分解斜視図である。最初に図2Aを参照するに、一実施形態において、サーチュレータ／アイソレータアセンブリ210は、第1磁気基板220、複数の高周波伝送トレース238と連結した複数ポート中継回路236を備える誘電層230、及び、誘電層230の複数ポート中継回路236に近接して配置された磁石250を含む。

## 【0042】

第1磁気基板220は、図2Aで上部表面として表されている第1表面222と、図2Aで下部表面として表されている第2表面224を有する。第1磁気基板220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220の寸法は、縦横およそ0.28インチ(7.1mm)、かつ全厚およそ0.02インチ(0.5mm)となる。

10

## 【0043】

一実施形態では、第1磁気基板220は、平面構造に形成されたイットリウム・鉄・ガーネット(YIG)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220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220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。

20

## 【0044】

一実施形態では、上面226は、第1磁気基板220の第1表面222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226は、第1磁気基板220の第1表面222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2Aに図示された実施形態では、上面226(例えば接地平面226)は、第1磁気基板220の第1表面222全体を実質的に覆う。代替的な実施形態では、上面226は、第1表面222の一部の上に接地平面を有するに過ぎないこともある。

30

## 【0045】

第1磁石250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250は、約0.1インチ(2.5mm)の高さ及び約0.1インチ(2.5mm)の直径を有する。円形の磁石が示されているが、第1磁石250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220及び／又は複数ポート中継回路236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250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1000ガウスから3000ガウスである。ミリ波の用途(30GHz～60GHz)に関しては、磁界の強度はおよそ10,000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。

40

## 【0046】

誘電層230は、第1磁気基板220に隣接して配置される。いくつかの実施形態では、誘電層230は、プリント基板(PCB)、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230は、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)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230は、本書ではまとめて参考番号238と呼ばれる複数の高周波伝送トレース238a、238b、238cと連結した、複数ポート中継回路236を備える。伝送トレース238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236及び伝送トレース238は、誘電層230の表面上に形成されるか、又は誘電層230に埋め込まれる。

50

## 【0047】

アセンブリ 210 は、第 1 磁気基板 220 及び第 1 磁石 250 を、マイクロ波回路アセンブリの一部となりうる誘電層 230 の複数ポート中継回路 236 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 250 はサーキュレータを励起し、第 1 磁気基板 220 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 238 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、電磁波の伝播を複数ポート中継回路 236 の單一方向に限定する。

#### 【0048】

図 2A に示すアセンブリ 210 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 238 によって画定されたポートの一つと電気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 238a から高周波伝送トレース 238c 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 238b と電気的グランド接続（図示せず）を接続することが可能である。10

#### 【0049】

図 2B は、サーキュレータ／アイソレータアセンブリ 210 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。図 2B に図示されたアセンブリ 210 の構成要素それぞれは、図 2A に図示された構成要素と同一である。図 2A と 2B に図示された実施形態の間の主たる相違点は、第 1 磁石 250 が、第 1 磁気基板 220 の上面 226 ではなく、誘電層 230 の第 2 表面 234 に配置されていることである。アセンブリ 210 は、第 1 磁気基板 220 及び第 1 磁石 250 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 700）の一部となりうる誘電層 230 の複数ポート中継回路 236 に近接して位置づけることによって、組み立てられる。20

#### 【0050】

図 2C は、サーキュレータ／アイソレータアセンブリ 210 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。図 2C に図示されたアセンブリ 210 の構成要素それぞれは、図 2A に図示された構成要素と同一である。図 2A と 2C に図示された実施形態の間の主たる相違点は、誘電層 230 の第 2 表面 234 に配置された第 2 磁石 252 が付加されていることである。アセンブリ 210 は、第 1 磁気基板 220 及び第 1 磁石 250 を、マイクロ波回路アセンブリの一部となりうる誘電層 230 の複数ポート中継回路 236 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 250、252 を使用することで、第 1 磁気基板 220 及び誘電層 230 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できると有利である。30

#### 【0051】

図 2D は、サーキュレータ／アイソレータアセンブリ 210 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。図 2D に図示されたアセンブリ 210 の構成要素それぞれは、図 2A に図示された構成要素と同一である。図 2A と 2D に図示された実施形態の間の主たる相違点は、金属製のトレース（トレース 238 他）及び中継回路 236 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。40

#### 【0052】

図 2E は、サーキュレータ／アイソレータアセンブリ 210 の代替的な実施形態の概略的な分解斜視図である。図 2E に図示されたアセンブリ 210 の構成要素の多くは、図 2D に図示された構成要素と同一である。図 2D と 2E に図示された実施形態の間の主たる相違点は、磁気基板 220 がセルフバイアスフェライト材料から形成されうるということである。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 220 をアセンブリ 210 に組み込むことによって、磁石 250 をアセンブリ 210 から割離することが可能になる。

#### 【0053】

図 2F は、サーキュレータ／アイソレータアセンブリ 210 の構成要素の平面図であり

10

20

30

40

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 238 a、238 b、238 c が実質的に平らな表面上で終結し、出入力ポート 239 a、239 b、239 c を画定するように、誘電層 230 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 230 は、0.02 インチから 0.05 インチとなる、図 2 G で T1 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、0.05 インチから 0.1 インチとなる、図 2 F で L1 と示された長さを有する。誘電層 230 の形成に適当な材料には、Rogers 4003 ラミネート材、又は他の従来型のプリント基板 (PCB) ラミネート材が含まれる。

#### 【0054】

回路トレース 238 及び中継回路 236 は、従来型の回路プリント技術を使用して、誘電材料層 230 の第 1 面に形成される。いくつかの実施形態では、中継回路 236 は、0.110 インチから 0.120 インチとなる、図 2 F で D1 と示された直径を有する。回路トレース 238 は、中継回路 236 と出力ポート 239 を連結する。接地平面 240 は、誘電層 230 の反対面上に形成される。

#### 【0055】

図 2 H は、磁気基板 220 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 220 は、0.05 インチから 0.1 インチとなる図 2 H で L2 と示された長さ、及び、0.01 インチから 0.03 インチとなる図 2 I で T2 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 226 は、上述のように、磁気基板 220 の第 1 表面 222 上に配置される。

#### 【0056】

図 2 A ~ 2 I に示すように、第 1 磁気基板 220 は、多くの従来型のサーチュレータ / 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 238 a、238 b、238 c）を載せている訳ではないため、有利である。更に、サーチュレータ / アイソレータ機器 210 は、上部（例えば磁石 250）及び / 又は下部（例えば磁石 252）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。

#### 【0057】

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、サーチュレータ / 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 310 は、アイソレーション損失を表し、カーブ 315 は入力リターン損失を表し、また、カーブ 320 は挿入損失を表し、これらの損失の各々が、15.5 GHz から 18.5 GHz 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、16.3 GHz から 17.3 GHz に及ぶ周波数範囲にわたり、-1 dB 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 -20 dB の入力リターン損失が得られる。

#### 【0058】

いくつかの実施形態では、一又は複数のサーチュレータアセンブリ（例えばサーチュレータ / アイソレータ 210）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、サーチュレータ 400 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 700 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、サーチ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（ASIC）及びパワー・アンプ（PA）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（LNA）及び専用集積回路（ASIC）と一体化した移相器に連結したサーチ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。サーチュレータ / アイソレータ 400 は、実際には、一組のアンテナの放射器要素（図示せず）と電気的に連結され、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、放射器要素内の高周波 T / R チャネルの形成を可能にしていることに留意されたい。ボ

10

20

30

40

50

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。

10

#### 【0060】

作業 515 では、通信信号は、サーチュレータ／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、サーチュレータ／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磁石がサーチ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单一方向に限定する。

20

#### 【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チュレータ／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、サーチュレータ／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チュレータとは違い、サーチュレータ／アイソレータの新構造（例えばサーチュレータ／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、サーチュレータ／アイソレータの機能を実現するよう、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チュレータ／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、このサーチュレータ／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。

30

#### 【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

40

50

もたらす。

**【0063】**

図6は、様々な実施形態による、サーチュレータ／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610では、サーチュレータ／アイソレータアセンブリ210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、サーチュレータ／アイソレータ210は、10GHzから30GHzの周波数範囲において作動する。作業615では、磁気基板層220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(YIG)の単結晶フェライト材料が含まれる。上述のように、図2Iを参照するに、基板層の厚みは0.01インチから0.05インチになりうる。

10

**【0064】**

作業620では、誘電層230のための誘電材料が選択される。適当な材料には、Rogers R04003ラミネート材が含まれる。上述のように、図2Gを参照するに、誘電層の厚みは0.01インチから0.1インチになりうる。

**【0065】**

作業625では、中継回路236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236の形状及びサイズは、円形誘電体共振器構造が、作業610で選択された動作周波数要件に適合するTM<sub>110</sub>モードの共振周波数を有するように選択される。

20

**【0066】**

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は空き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=17.36GHzで、かつ、フェライト材料が誘電率D<sub>k</sub>=12を有する場合、ひいては、半径Rは0.0575インチ、そのため直径は0.115インチとなる。

30

**【0067】**

作業630では、回路トレース238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50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。

**【0068】**

いくつかの実施形態では、サーチュレータ／アイソレータアセンブリ210の機械実装及び統合に対応するために、設計修正(作業635)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640ではバイアス磁石が選択され、作業645ではサーチュレータ／アイソレータアセンブリ210が組み立てられる。

40

**【0069】**

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、例示的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一工程を示すものである。

#### 【0070】

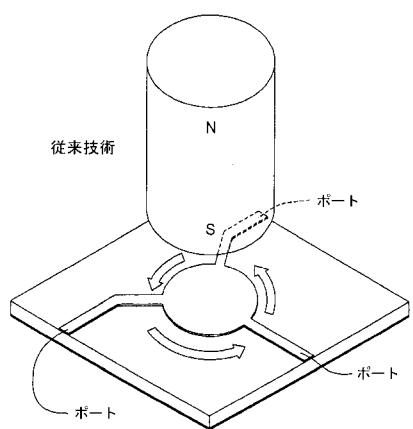
実施形態は、構造的特徴及び／又は方法論的行為に特有の言語で記述されているが、特許請求の対象は記述された特定の特徴や行為に必ずしも限定されないことを理解されたい。むしろ、具体的な特徴及び行為は、請求の対象を実施する形態のサンプルとして開示されている。

#### 【符号の説明】

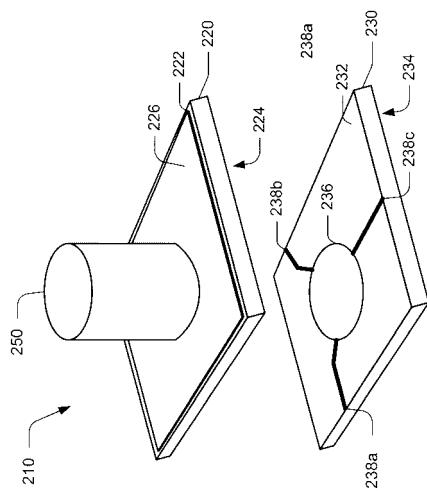
##### 【0071】

210	サーキュレータ／アイソレータアセンブリ	10
220	第1磁気基板	
222	磁気基板の第1表面	
224	磁気基板の第2表面	
226	上面（接地平面）	
230	誘電層	
234	誘電層の第2表面	
236	複数ポート中継回路	
238	(238a、238b、238c) 高周波伝送トレース	
239	(239a、239b、239c) 入出力ポート	
240	接地平面	20
250	第1磁石	
252	第2磁石	
310	アイソレーション損失	
315	入力リターン損失	
320	挿入損失	
400	サーキュレータ／アイソレータ	
700	アンテナ送信／受信モジュール	

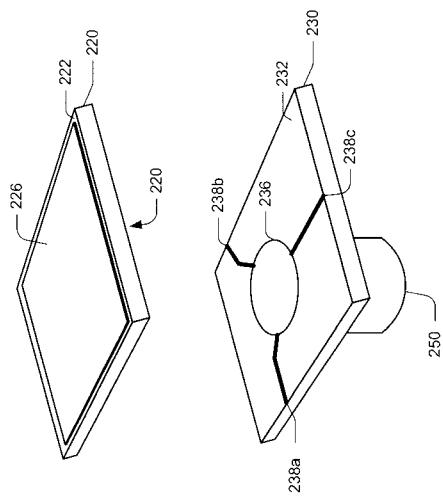
【図 1】



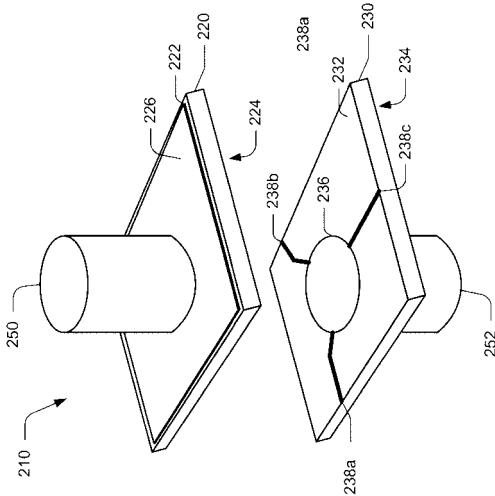
【図 2 A】



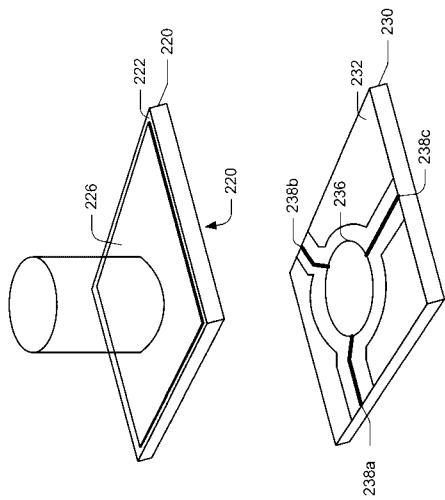
【図 2 B】



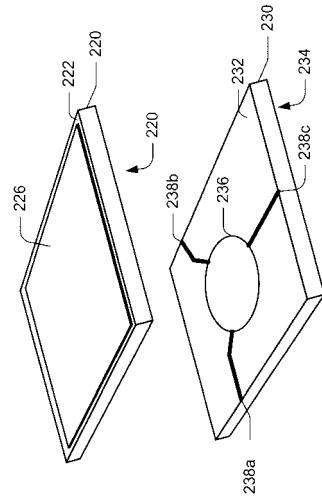
【図 2 C】



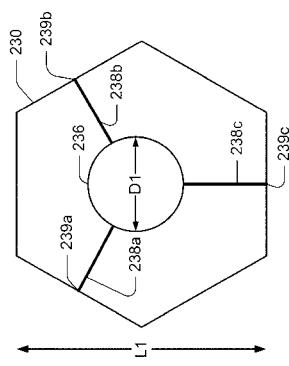
【図 2 D】



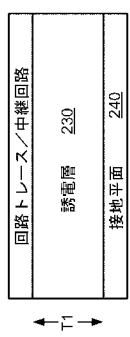
【図 2 E】



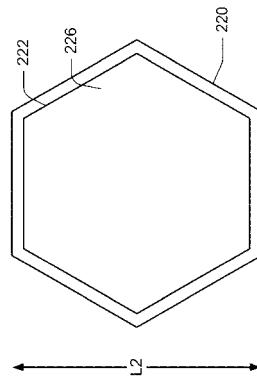
【図 2 F】



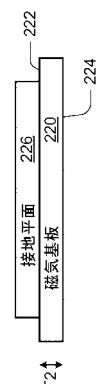
【図 2 G】



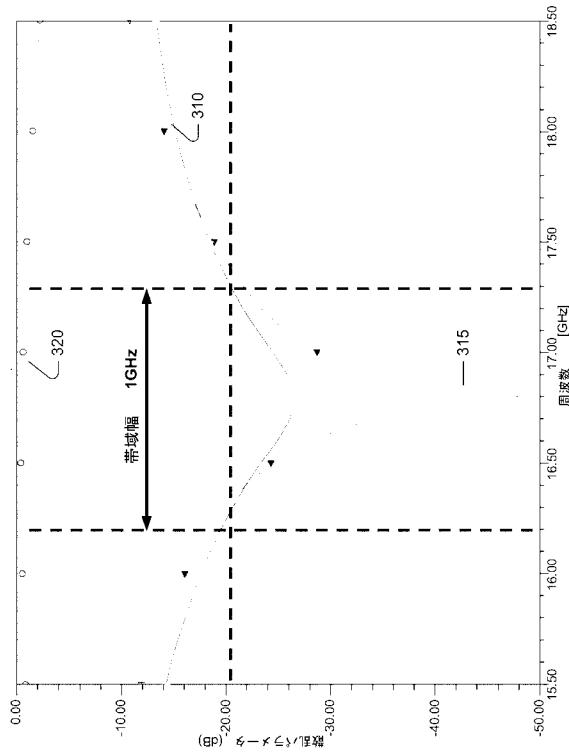
【図 2 H】



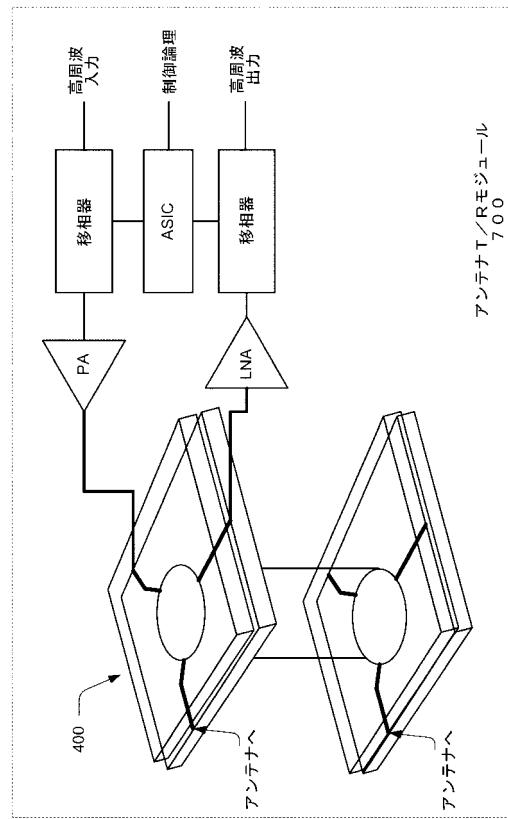
【図 2 I】



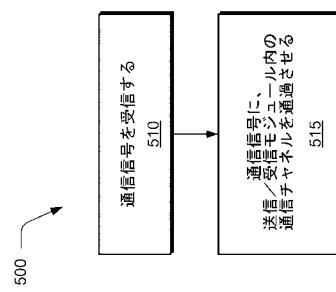
【図3】



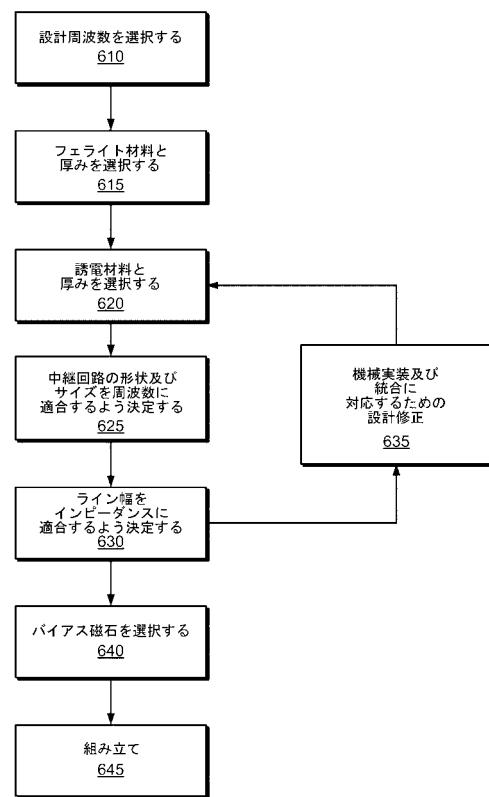
【図4】



【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

【外國語明細書】

2015015712000001.pdf

2015015712000002.pdf

2015015712000003.pdf

2015015712000004.pdf