

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4376940号  
(P4376940)

(45) 発行日 平成21年12月2日(2009. 12. 2)

(24) 登録日 平成21年9月18日(2009. 9. 18)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 P 1/397 (2006. 01)

H O 1 P 1/397

H O 1 P 5/18 (2006. 01)

H O 1 P 5/18

G

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-527231 (P2007-527231)	(73) 特許権者	503455363
(86) (22) 出願日	平成17年4月12日(2005. 4. 12)		レイセオン カンパニー
(65) 公表番号	特表2008-503179 (P2008-503179A)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
(43) 公表日	平成20年1月31日(2008. 1. 31)		2 4 5 1 ウォルサム ウィンター スト
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/012318		リート 8 7 0
(87) 国際公開番号	W02006/001879	(74) 代理人	100058479
(87) 国際公開日	平成18年1月5日(2006. 1. 5)		弁理士 鈴江 武彦
審査請求日	平成20年4月11日(2008. 4. 11)	(74) 代理人	100091351
(31) 優先権主張番号	10/864, 159		弁理士 河野 哲
(32) 優先日	平成16年6月9日(2004. 6. 9)	(74) 代理人	100088683
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低プロファイルのサーキュレータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

同一平面上に配置されている第 1 及び第 2 の伝送ライン(8, 9)と、  
 前記第 1 及び第 2 の伝送ライン(8, 9)の一端に結合されている第 1 の結合器(10)と、  
 前記第 1 及び第 2 の伝送ライン(8, 9)の他端に結合され、前記第 1 及び第 2 の伝送ライン(8, 9)によって前記第 1 の結合器と結合されている第 2 の結合器(20)とを具備し、  
 前記第 1 及び第 2 の伝送ライン(8, 9)はフェライトで構成され、その表面には導電性の条帯が付着されており、

さらに、前記第 1 及び第 2 の伝送ライン(8, 9)の平面に位置されており、その平面に平行で、第 1 の伝送ライン(8)と交差する第 1 の磁界(28)を生成する第 1 の磁石(18)と、  
 前記第 1 及び第 2 の伝送ライン(8, 9)の平面に位置されており、その平面に平行で、第 2 の伝送ライン(9)と交差して第 1 の磁界の極性と反対の極性である第 2 の磁界(29)を生成する第 2 の磁石(19)とを具備しているサーキュレータ。

【請求項 2】

前記第 1 の磁界(28)は、実質的に第 1 の伝送ライン(8)と直交し、第 2 の磁界(29)は、実質的に第 2 の伝送ライン(9)と直交している請求項 1 記載のサーキュレータ。

【請求項 3】

前記第 1 及び第 2 の結合器(10, 20)はランゲ結合器である請求項 1 記載のサーキュレータ。

【請求項 4】

10

20

前記第 1 及び第 2 の結合器 (10、20) は基板の表面上に形成されている請求項 1 記載のサーキュレータ。

【請求項 5】

誘電体基板 (7) と、

基板 (7) 上に形成され、第 1 の入力ポート (11) と、第 1 の出力ポート (12) と、第 1 及び第 2 の結合されたポート (13、14) とを有する第 1 のインターデジタルの 4 ポートマイクロストリップ結合器 (10) と、

基板 (7) 上に形成され、第 2 の入力ポート (21) と、第 2 の出力ポート (22) と、第 3 及び第 4 の結合されたポート (24、23) とを有する第 2 のインターデジタルの 4 ポートマイクロストリップ結合器 (20) と、

第 1 の結合されたポート (13) と第 3 の結合されたポート (24) との間に接続されたフェライトで負荷された第 1 の伝送ライン (8) と、

第 2 の結合されたポート (14) と第 4 の結合されたポート (23) との間に接続されたフェライトで負荷された第 2 の伝送ライン (9) と、

基板 (7) に取付けられた第 1 及び第 2 の磁石 (18、19) とを具備し、

前記第 1 の磁石 (18) は第 1 の伝送ライン (8) と交差している第 1 の磁界 (28) を形成し、それは実質的に基板 (7) と平行であり、第 2 の磁石 (19) は第 2 の伝送ライン (9) と交差して第 1 の磁界の極性と反対の極性である第 2 の磁界 (29) を形成し、それによって実質的に基板 (7) と平行な低プロファイルの構造を形成しているサーキュレータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、低プロファイルのサーキュレータに関する。

【背景技術】

【0002】

送信 / 受信モジュールは典型的に、パワー増幅器送信機と低雑音増幅器受信機とをアンテナに結合するためのサーキュレータを含んでいる、1 つの普通のサーキュレータ構造はフェライト基板上にマイクロストリップ回路パターンを含んでいる。磁石は、マイクロストリップパターンの共振部分のフィールドを回転するための DC 磁界を提供する。必要な DC 磁界が基板の平面に対して直交するように、マイクロストリップ回路パターンがレイアウトされている。DC 磁界は回路パターンの上部および基板の平面の上方に位置されるバック型の磁石により与えられる。基板の平面に直交する必要な磁界を設けることにより、マイクロストリップ回路の平面の上方に磁石が配置される。送信 / 受信モジュールは、少なくとも基板の厚さと磁石の厚さを足した厚さに等しい厚さを有している。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0003】

サーキュレータは、第 1 及び第 2 の結合器を具備している。第 1 及び第 2 の結合器は第 1 及び第 2 の伝送ラインにより結合される。第 1 及び第 2 の磁界はそれぞれ第 1 及び第 2 の伝送ラインを横切って与えられる。例示的な実施形態では、磁界は第 1 及び第 2 の伝送ラインにより規定される平面と実質的に平行であり、その平面内にある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0004】

発明の特徴及び利点は、添付図面に示されているような、その例示的な実施形態についての以下の詳細な説明から、当業者により容易に認識されるであろう。

以下の詳細な説明と、幾つかの図面では、類似の素子は、同一の参照符号で識別されている。

【0005】

図 1 は、アンテナシステム 1 の例示的な実施形態の例示的な概略回路図を示している。アンテナシステムは送信増幅器 2 と、受信増幅器 3 とを備えている。例示的な実施形態で

10

20

30

40

50

は、送信増幅器 2 は高パワー増幅器を含んでいる。例示的な実施形態では、受信増幅器 3 は低雑音増幅器を含んでいる。送信増幅器 2 と、受信増幅器 3 はサーキュレータ 5 を通して、放射素子またはアンテナ 4 に結合されている。

【 0 0 0 6 】

図 1 の例示的な実施形態では、アンテナシステム 1 はレーダシステムを含んでいる。送信増幅器 2 は送信信号 25 を提供する。送信信号 25 は高周波信号を含んでいる。周波数の上限は伝送ライン 8、9 で使用される材料によって決定されることができる。低い周波数は特定の応用の大きさの制限または要求によって規制されることができる。例示的な実施形態では、送信信号 25 は約 1 0 G H z 乃至 2 0 G H z の周波数範囲を有する。別の例示的な実施形態では、送信信号 25 は約 6 G H z 乃至 1 2 G H z の周波数範囲を有する。送信信号はレーダパルス 28 を送信するようにアンテナ 4 を駆動するためのレーダ送信信号を含んでいる。例示的な実施形態では、アンテナシステムは、放射素子のアレイと、対応する複数の送信増幅器と、サーキュレータと、受信増幅器とを具備している。

【 0 0 0 7 】

図 1 の例示的な実施形態では、アンテナ 4 は帰還信号 26 を受信し、その帰還信号 26 に応答して受信信号 27 を提供する。帰還信号 26 は例えば、送信されたレーダパルス 28 からの反射エコーを有する。サーキュレータ 5 は受信された信号 27 を受信増幅器 3 へ伝送する。

【 0 0 0 8 】

例示的な実施形態では、サーキュレータ 5 は、伝送ライン 8、9 により接続された第 1 及び第 2 の結合器 10、20 を具備している。第 1 及び第 2 の結合器 10、20 と伝送ライン 8、9 は実質的に同一の平面にある。結合器 10、20 はインターデジタルのマイクロストリップ結合器またはランゲ結合器を具備している。ランゲ結合器は例えば、Lange, J. の “ Inter digitated Stripline Quadrature Coupler ”、IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques、1969 年 12 月、1150 - 1151 頁に記載されている。別の実施形態では、結合器は例えば直交結合器を含めた異なるタイプの結合器を具備することができる。結合器 10、20 は例えば、誘電体基板 7 ( 図 3 ) 上に形成された導電トレースを具備することができる。このトレースは、金、銅、またはその他の金属或いは低損失材料で構成することができる。導電トレースは例えば、印刷、メッキ、或いはその他の薄膜またはフォトリソグラフィ技術により、基板 7 上に形成されることができる。基板 7 はアルミナ、シリコン、砒化ガリウム、印刷回路板または他の低損失誘電体材料で構成することができる。基板は、例えば約 0 . 0 0 5 インチ乃至 0 . 1 2 5 インチの厚さの範囲でよい。

【 0 0 0 9 】

伝送ライン 8、9 は、同一の伝送ラインを横切って異なる方向に伝播する信号に対して異なる位相応答を与えるので、非可逆的である。非可逆的な伝送ライン 8、9 は例えば、反対方向の磁界 28、29 の影響下で、異方性で透磁性の材料で構成されることができる。例えば伝送ライン 8、9 は例えば、フェライトを負荷した伝送ラインのような、異方性で透磁性の材料を含むことができる。例示的な実施形態では、伝送ライン 8、9 は基板に切込むかまたは貫通した穴 71 ( 図 3 ) 中に配置され、その位置にエポキシ樹脂で接着されることができる。伝送ライン 8、9 はフェライト材料で構成されている基板 7 を含んでおり、その外部表面の一方の面は接地平面層 81、91 で被覆され、他方の面はマイクロストリップライン 82、92 で被覆されている ( 図 3 ) 。外部表面は例えば金で被覆されることができる。

【 0 0 1 0 】

例示的な実施形態では、結合器 10、20 と伝送ライン 8、9 により規定される平面に沿って反対方向で作用する D C 磁界 28、29 が設けられる。磁界 28、29 は図 2 に示されているように、伝送ライン 8、9 の長手方向に対して実質的に直交している。例示的な実施形態では、磁界 28、29 は背中合わせに位置された 2 つの磁石 18、19 により与えられる。磁石 18、19 は例えば、永久磁石であるか、棒磁石であるか、或いは任意の他の適切な磁界ソースを有することができる。

【 0 0 1 1 】

10

20

30

40

50

反対の磁界28、29は伝送ライン8、9の異方性の透磁性を反対方向で整列させる。磁界28、29はそれぞれの伝送ライン8、9の透磁性テンソルを整列し、それによって結合されたポート13または14から結合されたポート24または23へ伝播する信号251、252の左から右への透磁性（または送信透磁性）が、結合されたポート24または23から結合されたポート13または14へ伝播する信号271、272の右から左への透磁性（または受信透磁性）とはそれぞれ異なっている。

【0012】

例えば、信号251における伝送ライン8の透磁性は、信号271における伝送ライン8の透磁性よりも高く、一方で、伝送ライン9の透磁性は信号252よりも信号272において高い。別の実施形態では、信号の伝播方向に関する伝送ラインの相対的な透磁性は逆であってもよい。伝送ライン8、9はさらに以下説明するように、信号251、252、271、272間の所望の位相シフト及び位相関係を実現するように選択される。適切な伝送ライン構造は、例えばマイクロストリップ、誘電体導波体、および挿入誘電体導波体伝送ラインを含むことができる。挿入誘電体導波体は金属スラブ中に長方形の溝を具備し、その溝には誘電体の層およびまたはフェライト材料が配置されている。溝の側壁は別の層上で材料層を支持でき、それによって空気の層が伝送ラインの一部として使用されることを可能にする。種々の伝送特性はこの方法で材料を積層することにより得られる。

【0013】

例示的な実施形態では、第1の結合器10は入力ポート11で送信信号25を受信し、その信号を2つの信号251と252に分割する。信号251は結合されたポート13に伝送され、伝送ライン8を通して、第2の結合器20の結合されたポート24に伝送される。信号252は結合されたポート14に伝送され、伝送ライン9を通して、結合されたポート23に伝送される。結合されたポート13の信号251は実質的に、結合されたポート14の信号252と同位相である。

【0014】

信号251に対する伝送ライン8の左から右、すなわち送信の透過性は実質的に、信号252に対する伝送ライン9の左から右、すなわち送信の透過性に等しい。結果として、信号251と252は等しい長さの伝送ライン8、9を横切ってそれぞれ実質的に等しい位相シフトを有し、それ故、信号251と252は結合されたポート24、23で実質的に同位相である。第2の結合器20は同位相信号251と252を送信信号25に対応する信号25'へ結合し、その信号25'を入力ポート21を通して外部へ伝送する。

【0015】

例示的な実施形態では、第2の結合器20は入力ポート21で受信信号27を受信し、その信号を2つの信号271と272に分割する。信号271は結合されたポート24に伝送され、伝送ライン8を通して、第1の結合器10の結合されたポート13に伝送される。信号272は結合されたポート23に伝送され、伝送ライン9を通して、第1の結合器10の結合されたポート14に伝送される。信号271と272は実質的に、それぞれ結合されたポート24と23において同位相である。伝送ライン8と9および磁界28と29は、伝送ライン8および9を通る右から左の信号271と272の受信透過性をそれぞれ結合されたポート13と14で180度位相がずれるようにさせるように構成されている。

【0016】

例示的な実施形態では、伝送ライン8の右から左、すなわち受信の透過性は、結合されたポート24と13の間を伝播する信号271の位相をシフトさせ、これは結合されたポート13と24の間を伝播する信号251の位相シフトよりも90度大きい。他方で、伝送ライン9の右から左、すなわち受信の透過性は、結合されたポート23と14の間を伝播する信号272の位相をシフトさせ、これは結合されたポート14と23の間を伝播する信号251の対応する位相シフトよりも90度小さい。別の実施形態では、伝送ライン8、9を通る送信されたまたは受信された信号の相対的な±90度の位相シフト関係は反対にされることができる。何れかのケースでは、信号271と272は、結合されたポート13、14でそれぞれ受信されるとき、実質的に180度位相がずれている。第1の結合器10は位相のずれている信号271と272を受信信号27に対応する信号27'へ結合し、これは隔離されたポート12を通して受信増

10

20

30

40

50

幅器 3 へ伝送される。

#### 【 0 0 1 7 】

例示的な実施形態では、受信増幅器 3 はスイッチ 15 ( 図 1 ) を通ってサーキュレータ 5 へ接続される。スイッチ 15 は例えば単極双投 ( S P D T ) スイッチであってもよい。使用中、スイッチ 15 は通常は閉じた位置にあるが、受信信号 27 の大きさが非常に高いとき、または過渡動作中には、受信増幅器 3 を保護するために開かれることができる。例えば、レーダの場合、スイッチ 15 はレーダ周波数がアクティブに妨害される場合、開かれることができる。別の実施形態では、サーキュレータ 5 は受信増幅器へ直接接続されることができる。別の例示的な実施形態では、サーキュレータはスイッチ 15 なしに受信増幅器へ接続されることができる。

10

#### 【 0 0 1 8 】

例示的な実施形態では、第 2 の結合器 20 の隔離されたポート 22 は低雑音増幅器からの任意の反射を吸収するために終端装置または負荷 16 ( 図 1 ) へ接続されてもよい。例えば送信増幅器 2 と受信増幅器 3 がオフに切換えられるならば、アンテナ 4 からの受信信号 27 の反射は主に終端装置 16 により制御される。終端装置 16 は制御された方法で、受信された信号を放散または反射するように選択されることができ、パワーの放散および / または同調に使用されることができる。

#### 【 0 0 1 9 】

図 2 は、サーキュレータ 5 の例示的な実施形態を示している。サーキュレータは第 1 及び第 2 の結合器 10、20 を具備している。結合器 10、20 はランゲ結合器で構成されている。結合器 10、20 は基板 7 ( 図 3 ) 上に製造されている。例示的な実施形態では、結合器は約 1 3 5 ミルの長さである。その長さは、少なくとも部分的に、サーキュレータ 5 の動作周波数に基づいて選択されることができる。

20

#### 【 0 0 2 0 】

例示的な実施形態では、第 1 の結合器 10 は入力ポート 11、隔離されたポート 12、2 つの結合されたポート 13、14 を具備している。第 2 の結合器 20 は入力ポート 21、隔離されたポート 22、2 つの結合されたポート 23、24 を具備している。第 1 の結合器の結合されたポート 13 は伝送ライン 8 により第 2 の結合器 20 の結合されたポート 24 に接続されている。第 1 の結合器 10 の結合されたポート 14 は伝送ライン 9 により第 2 の結合器 20 の第 2 の結合されたポート 23 に接続されている。

30

#### 【 0 0 2 1 】

サーキュレータ 5 は結合されたポート 13、14 を結合されたポート 24、23 にそれぞれ接続する異方性で透磁性の送信ライン 8、9 も具備している。磁石 18、19 は反対方向の磁界 28、29 をそれぞれ提供する。磁界 28、29 は実質的に、それぞれ伝送ライン 8、9 の長手方向と直交する。磁界 28、29 は伝送ライン 8、9 をバイアスし、それによって、左から右に伝播する信号 251、252 の伝送ライン 8、9 の送信透過性は、右から左に伝播する信号 271、272 の受信透過性とは異なっている。

#### 【 0 0 2 2 】

例示的な実施形態では、伝送ラインと磁界強度は、磁気のパイアスが信号 251、252、271、272 に所望の位相シフトと位相関係をもたせるように選択される。この実施形態では、伝送ライン 8、9 の両者は図 1 の左から右へ伝播する信号に対して同一の位相シフト L - R を与える。1 つの伝送ライン 8 または 9 は、右から左へ伝播する信号に L - R よりも 90 度大きい位相シフトを与え、他の伝送ライン 9 または 8 は右から左に伝播する信号に L - R よりも 90 度小さい位相シフトを与える。これは結合器 10 の結合されたポート 13、14 で、180 度位相のずれた信号を提供し、結合器 10 にポート 13、14 の信号をポート 12 へ伝送させる。例えば信号 251、252 は結合されたポート 13、14 および結合されたポート 24、23 で同位相であり、信号 271、272 は結合されたポート 24、23 で同位相であり、結合されたポート 13、14 で 180 度位相がずれている。伝送ライン 8 と 9 を横切る信号 271、272 の受信位相シフトは、それぞれの伝送ライン 8、9 を横切る信号 251、252 の送信位相シフトよりも 90 度大きい小さい。

40

50

## 【 0 0 2 3 】

伝送ライン 8、9 の長さは、送信信号が第 1 の結合器 10 の入力ポート 11 から第 2 の結合器の入力ポート 21 から出力され、受信信号 27 が第 2 の結合器 20 の入力ポート 21 から伝送され、信号 271 と 272 に分割され、第 1 の結合器 10 の隔離されたポート 12 で受信信号 27 に対応する信号 27' に再度結合されるように選択される。伝送ライン 8、9 の長さは、信号 251、252、271、272 がそれぞれ所望の相対的な受信（右から左）および送信（左から右）の位相シフト関係を有し、それ故、信号 251、271、252、272 は、またそれぞれ結合されたポート 13、14、24、23 で所望の同位相または逆位相の関係を有するように選択される。伝送ライン 8、9 の長さは、例えばサーキュレータ 5 を通して送信及び受信される信号 25、27 の周波数に少なくとも部分的に基づいて選択されることができる。例示的な実施形態では、伝送ライン 8、9 の実効的な電氣的な長さは動作周波数範囲の中心の波長の約 4 分の 1 である。

10

## 【 0 0 2 4 】

図 3 は、図 2 のサーキュレータの例示的な実施形態の断面図を示している。このサーキュレータは基板 7 と、反対方向の磁界 28、29 を発生する磁石 18、19 と、伝送ライン 8、9 とを具備している。図 3 の例示的な実施形態では、伝送ライン 8、9 は接地平面 81、91 及びマイクロストリップライン 82、92 によりメッキされる。結合器 10、20（図 2）は基板 7 の表面上に製造される。

## 【 0 0 2 5 】

例示的な実施形態では、伝送ライン 8、9 は基板に切り込まれたか貫通した穴 71 中に位置され、その位置にエポキシ樹脂で接着されることができる。伝送ライン 8、9 は（基板 7 の表面に対して垂直の方向で）約 10 ミルの厚さであり、（1 つの結合器の結合されたポートから、他の結合器の対応する結合されたポートへの方向で）40 ミル幅及び 500 ミルの長さであることができる。

20

## 【 0 0 2 6 】

例示的な実施形態では、磁石 18、19 は例えば基板と同じ厚さ、すなわち約 10 ミルの厚さであり、伝送ラインと同じ長さ、すなわち約 500 ミルの長さであり、信号 251、252、271、272 間で所望の位相シフト及び位相関係を与えるために十分な磁界強度を発生するのに十分な幅である。例示的な実施形態では、磁界強度は約 3500 ガウスである。磁石 18、19 は、基板 7 に切り込まれたか貫通した穴 72 に位置され、その位置にエポキシ樹脂で接着されることができる。

30

## 【 0 0 2 7 】

例示的な実施形態では、回路の平面に沿って作用する磁界は、基板の平面の上方または下方に磁石を有するサーキュレータと比較するとき、所定の応用に対して、低プロファイル、即ち低い高さで減少した厚さのサーキュレータ 5 を提供する。回路の平面に沿って作用する磁界 28、29 は、図 3 に示されているように、伝送ラインおよび／または基板と同一の平面に磁石 18、19 を配置することを許容する。結果的な低プロファイルのサーキュレータ 5 は、必要な磁界が基板の平面および基板平面の外側に位置する磁石に直交する場合のサーキュレータと同じ厚さではない。例示的な実施形態では、回路は厳密に平面である必要はない。回路は例えば、ゆるやかに湾曲する表面の形状に適合する表面上に設けられることができるが、その場合にも磁界 28、29 と伝送ライン 8、9 はサーキュレータ 5 が所望の機能を行うように実質的に同一の平面にある。

40

## 【 0 0 2 8 】

前述の実施形態は、本発明の原理を表す可能な特定の実施形態の単なる例示であることが理解されよう。その他の構造も当業者により本発明の技術的範囲を逸脱することなく、これらの原理に従って容易に行われるであろう。

## 【 図面の簡単な説明 】

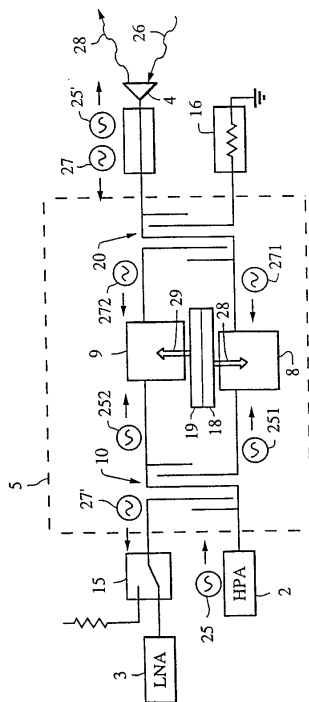
## 【 0 0 2 9 】

【 図 1 】 アンテナシステムの例示的な実施形態の概略的な回路図。

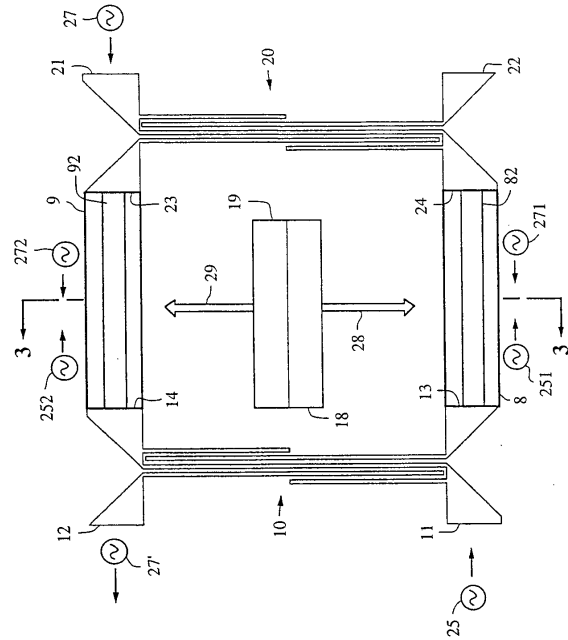
【 図 2 】 サーキュレータの例示的な実施形態を示す図。

50

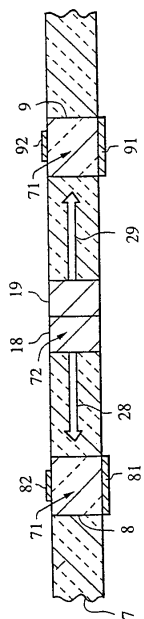
【圖 1】



【 図 2 】



【図 3】





---

フロントページの続き

- (74)代理人 100109830  
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100095441  
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034  
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100092196  
弁理士 橋本 良郎
- (74)代理人 100100952  
弁理士 風間 鉄也
- (72)発明者 マックドナルド、ペリー  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 1 2 3 0、ニューベリー・パーク、デューイ・アベニュー  
2 0 0

審査官 宮崎 賢司

- (56)参考文献 米国特許第 0 3 6 4 6 4 8 6 ( U S , A )  
米国特許第 0 3 2 7 0 2 9 8 ( U S , A )  
米国特許第 0 2 9 7 3 5 1 2 ( U S , A )  
特公昭 4 0 - 0 2 8 8 0 8 ( J P , B 1 )  
米国特許第 0 3 3 0 9 6 9 8 ( U S , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01P 1/397  
H01P 5/18  
WPI