

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5169844号
(P5169844)

(45) 発行日 平成25年3月27日(2013.3.27)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl.

H01P 5/18 (2006.01)

F I

H01P 5/18

J

請求項の数 16 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-874 (P2009-874)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成21年1月6日(2009.1.6)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2010-161466 (P2010-161466A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成22年7月22日(2010.7.22)	(74) 代理人	100082175
審査請求日	平成23年11月9日(2011.11.9)		弁理士 高田 守
		(74) 代理人	100106150
			弁理士 高橋 英樹
		(72) 発明者	山本 和也
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	宮下 美代
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内
		審査官	高野 洋
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 方向性結合器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成され、一端が入力ポートと接続され他端が出力ポートと接続された主線路と、

前記基板上に前記主線路に沿って形成され、前記入力ポートと同一方向の一端が結合ポートと接続され、前記出力ポートと同一方向の他端がアイソレーションポートと接続された結合線路と、

一端が前記アイソレーションポートと接続され、他端が前記結合ポートと接続された移相器とを備え、

前記主線路と前記結合線路との結合長は、前記入力ポートから前記出力ポートへの送信電力の使用周波数の $1/4$ 波長未満の長さであり、

前記移相器は、前記出力ポートから前記結合線路を経由して前記結合ポートへ達する反射波成分である第1反射波成分に対して、前記出力ポートから前記アイソレーションポートおよび前記移相器を経由して前記結合ポートへ達する反射波成分である第2反射波成分が逆相となるように前記第2反射波成分を移相することを特徴とする方向性結合器。

【請求項 2】

前記移相器は、

一端が前記アイソレーションポートと接続され、他端が前記結合ポートと接続されたインダクタと、

一端が前記インダクタの他端と接続され他端が接地されたキャパシタとを備え、

10

20

前記移相器の共振周波数は前記第1反射波成分と前記第2反射波成分とが逆相になるように定められることを特徴とする請求項1に記載の方向性結合器。

【請求項3】

複数の異なる使用周波数を用いる方向性結合器であって、

前記キャパシタは、前記複数の異なる使用周波数に応じて方向性結合器の方向性を高めるように前記移相器の共振周波数を変化させる可変容量キャパシタであることを特徴とする請求項2に記載の方向性結合器。

【請求項4】

前記可変容量キャパシタは、

アノードが接地され、カソードが前記インダクタの他端と接続されたダイオードと、

前記カソードと接続され前記カソードに対し前記共振周波数を変化させるように電圧を印加する電圧印加手段とを備えたことを特徴とする請求項3に記載の方向性結合器。

【請求項5】

複数の異なる使用周波数を用いる方向性結合器であって、

前記インダクタは、前記複数の異なる使用周波数に応じて方向性結合器の方向性を高めるように前記移相器の共振周波数を変化させる可変インダクタであることを特徴とする請求項2に記載の方向性結合器。

【請求項6】

前記インダクタはトランスであることを特徴とする請求項2に記載の方向性結合器。

【請求項7】

前記移相器の他端は抵抗を介して前記結合ポートと接続され、前記抵抗の抵抗値は前記第1反射波成分と前記第2反射波成分が等振幅となるように前記第2反射波を減衰させることを特徴とする請求項1に記載の方向性結合器。

【請求項8】

前記抵抗は可変抵抗であり、

前記第1反射波成分と前記第2反射波成分が等振幅となるように製造後に抵抗値が定められることを特徴とする請求項7に記載の方向性結合器。

【請求項9】

複数の異なる使用周波数を用いる方向性結合器であって、

前記主線路と前記結合線路とは、電界効果トランジスタのソース、ドレインにより接続されており、

前記電界効果トランジスタのゲートに、前記複数の異なる使用周波数に対して方向性結合器の結合量を一定とするように電圧を印加するゲート電圧印加手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の方向性結合器。

【請求項10】

少なくとも低域バンドと前記低域バンドよりも周波数の高い高域バンドで使用する方向性結合器であって、

前記結合線路は、第1スイッチング素子を介して接続された第1結合線路と第2結合線路からなり、

前記第1結合線路の一端は前記アイソレーションポートと接続され、

前記第1結合線路の他端は前記第1スイッチング素子の一端と接続され、

前記第2結合線路の一端は前記第1スイッチング素子の他端と接続され、

前記第2結合線路の他端は前記結合ポートと接続され、

前記移相器の一端と前記第2結合線路の一端とは第2スイッチング素子を介して接続され、

前記低域バンドを用いる場合には前記第1スイッチング素子をオン、前記第2スイッチング素子をオフとし、前記高域バンドを用いる場合には前記第1スイッチング素子をオフ、前記第2スイッチング素子をオンとなるように制御し、前記低域バンド使用時と前記高域バンド使用時の結合量を一致させる制御手段を更に備えることを特徴とする請求項1に記載の方向性結合器。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記移相器は入力が前記アイソレーションポートと接続され、出力が前記結合ポートと接続された位相反転増幅器であることを特徴とする請求項 1 に記載の方向性結合器。

【請求項 1 2】

前記移相器は、利得が可変であり入力が前記アイソレーションポートと接続され、出力が前記結合ポートと接続された位相反転増幅器であり、

前記位相反転増幅器の利得は前記第1反射波成分と前記第2反射波成分が等振幅となるように設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の方向性結合器。

【請求項 1 3】

複数の異なる使用周波数を用いる方向性結合器であって、

前記位相反転増幅器の出力と前記結合ポートは可変移相器を介して接続され、

前記可変移相器は、

一端が前記位相反転増幅器の出力と接続され、他端が前記結合ポートと接続されたインダクタと、

前記複数の異なる使用周波数に応じて方向性結合器の方向性を高めるように前記可変移相器の共振周波数を変化させる一端が前記インダクタの他端と接続され他端が接地された可変容量キャパシターとを備え、

前記可変移相器の共振周波数は前記第1反射波成分と前記第2反射波成分とが逆相になるように定められることを特徴とする請求項 1 1 に記載の方向性結合器。

【請求項 1 4】

少なくとも低域バンドと前記低域バンドよりも周波数の高い高域バンドで使用する方向性結合器であって、

前記結合線路は、前記主線路に沿って形成された低域バンド用結合線路と、前記主線路に沿って前記低域バンド用結合線路と共に前記主線路を挟むように形成される高域バンド用結合線路とを有し、

前記結合ポートは、前記低域バンド用結合線路の一端と第1スイッチング素子を介し、前記高域バンド用結合線路の一端とは第2スイッチング素子を介して接続され、

前記方向性結合器は、前記低域バンド用結合線路の他端と第3スイッチング素子を介して接続される第1アイソレーションポートと、

前記高域バンド用結合線路の他端と第4スイッチング素子を介して接続される第2アイソレーションポートと、

前記低域バンドを用いる場合には前記第1スイッチング素子、前記第3スイッチング素子をオン、前記第2スイッチング素子、前記第4スイッチング素子をオフとし、前記高域バンドを用いる場合には前記第1スイッチング素子、前記第3スイッチング素子をオフとし、前記第2スイッチング素子、前記第4スイッチング素子をオンとするように制御を行う制御手段と、を更に備え、

前記移相器は、一端が前記第1アイソレーションポートと接続され他端が前記結合ポートと接続された第1移相器と、一端が前記第2アイソレーションポートと接続され他端が前記結合ポートと接続された第2移相器を有し、

前記主線路と前記低域バンド用結合線路間の距離は、前記主線路と前記高域バンド用結合線路の距離より短くすることにより前記主線路と前記低域バンド用結合線路の結合量と前記主線路と前記高域バンド用結合線路との結合量が等しくなるように定められることを特徴とする請求項 1 に記載の方向性結合器。

【請求項 1 5】

少なくとも低域バンドと前記低域バンドよりも周波数の高い高域バンドで使用する方向性結合器であって、

前記主線路は前記結合線路を挟むように形成された、一端が低域バンド用入力ポートと接続され他端が低域バンド用出力ポートと接続された低域バンド用主線路と、一端が高域バンド用入力ポートと接続され他端が高域バンド用出力ポートと接続された高域バンド用主線路とを有し、

前記移相器は、一端が第1スイッチング素子を介して前記結合ポートと接続され、他端が第2スイッチング素子を介して前記アイソレーションポートと接続された低域バンド用移相器と、一端が第3スイッチング素子を介して前記結合ポートと接続され、他端が第4スイッチング素子を介して前記アイソレーションポートと接続された高域バンド用移相器とを有し、

前記低域バンドを用いる場合には前記第1スイッチング素子および前記第2スイッチング素子をオン、前記第3スイッチング素子および前記第4スイッチング素子をオフとし、前記高域バンドを用いる場合には前記第1スイッチング素子および前記第2スイッチング素子をオフ、前記第3スイッチング素子および前記第4スイッチング素子をオンとする制御手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の方向性結合器。

10

【請求項16】

前記主線路と前記結合線路はスパイラル形状で形成され、

前記主線路の前記結合線路と対向する部分はくし型に形成され、

前記結合線路の前記主線路と対向する部分はくし型に形成されることを特徴とする請求項1に記載の方向性結合器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主線路と結合線路を備える方向性結合器に関する。

【背景技術】

20

【0002】

無線端末では送信電力レベルなどのモニターに方向性結合器が用いられることが一般的である。方向性結合器の典型的な構成を図36に示す。図36に示されるように主線路500は送信電力を伝送する線路であり入力ポート(#1)と出力ポート(#2)とに接続される。一方、結合線路502は主線路500の送信電力の一部を取り出すために設けられる線路であり、結合ポート(#3)とアイソレーションポート(#4)とに接続される。なお、方向性結合器は、小型化のためにスパイラル形状で形成される場合もある(図37参照)。方向性結合器の性能は結合量/アイソレーションで定義される方向性と呼ばれる値で表現される。方向性の値が大きいほど、出力ポートからの反射波の影響を抑制して、入力ポートから出力ポートへの送信電力を取り出せることを意味する。前述の結合量およびアイソレーションは周波数依存性を有することが多く、その一例として図38を示す。Dirとは方向性のことである。

30

【0003】

方向性結合器は例えば送信電力増幅器とアンテナの間に挿入される。前述の方向性結合器は例えば図39に記載の携帯電話端末として用いられる。図39でBB-LSIとは音声やデータを外部とやり取りし、携帯電話端末の信号処理を担う心臓部分である。また、図39でRF/IF-ICとはBB-LSIからの送信用信号を高周波へ周波数変換し増幅器(PA)へ送り、アンテナ(ANT)で受けた信号を中間周波数に変換しBB-LSIへ送るICである。送信用信号の伝送経路上に方向性結合器(Directional coupler)が配置され、その方向性結合器の結合ポートに取り出された信号がキャパシタ(Cc)を介して接続されたディテクタ(DET)へ送られる。結合ポートで取り出された信号はディテクタからBB-LSIへ伝送され、増幅器の出力レベルの監視および制御の指標とされる。

40

【0004】

このように、方向性結合器は増幅器の出力レベル(出力電力)のモニターを目的とするため、結合ポートから取り出される信号は増幅器の出力レベルを正確に反映でき、誤差無く高精度であることが望ましい。図40にはディテクタで検出する電力の誤差と方向性結合器の方向性の関係を表すグラフを示す。一般に方向性結合器は0.5dB以下の検出誤差とするために、20dB程度の方向性を有することが求められる。

【0005】

例えば、特許文献1には方向性を高めた方向性結合器が開示されている。すなわち、合

50

成器と呼ばれる装置において送信波の中に含まれる反射波の多重反射分を移相器により位相調整した反射波で打ち消すことで方向性を高める構成が開示されている。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】実開平 0 2 - 0 9 8 5 3 4 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 1 9 4 8 7 0 号公報

【特許文献 3】特開平 0 9 - 0 6 4 6 0 1 号公報

【特許文献 4】実開平 0 5 - 0 4 1 2 0 6 号公報

【特許文献 5】実開昭 6 3 - 1 0 2 3 0 3 号公報

【特許文献 6】特開 2 0 0 2 - 2 8 0 8 1 1 号公報

【特許文献 7】特開 2 0 0 6 - 1 8 6 8 3 8 号公報

【特許文献 8】特開 2 0 0 5 - 2 0 3 8 2 4 号公報

【特許文献 9】特開 2 0 0 4 - 3 2 0 4 0 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 の構成では方向性結合器の小型化（回路寸法の縮小）の要求を満たすことができないという問題があった。また、主線路と結合線路の結合長を使用周波数の $1/4$ 波長とすることによって方向性の改善を図ることも考えられる。しかしながら、例えば携帯端末で使用するような低い周波数帯（ $0.8 \sim 5$ GHz 帯）では前述の $1/4$ の値が大きくなり主線路と結合線路の結合長を $1/4$ の長さとしようとすると、小型化の要求を満たせない問題があった。また、前述の周波数帯（ $0.8 \sim 5$ GHz 帯）以外の使用周波数であっても諸特性改善のために GaAs 基板などの比較的高価な基板を用いた場合などには、製造コスト低減の観点から方向性結合器の小型化の要求が高い。その結果、前述の $1/4$ の結合長を満たすことができず十分な方向性を得られない問題があった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、主線路と結合線路の結合長が使用周波数の $1/4$ 未満である小型化された方向性結合器について、良好な方向性を実現できる方向性結合器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本願の発明にかかる方向性結合器は、基板上に形成され、一端が入力ポートと接続され他端が出力ポートと接続された主線路と、該基板上に該主線路に沿って形成され、該入力ポートと同一方向の一端が結合ポートと接続され、該出力ポートと同一方向の他端がアイソレーションポートと接続された結合線路と、一端が該アイソレーションポートと接続され、他端が該結合ポートと接続された移相器とを備える。そして、該主線路と該結合線路との結合長は、該入力ポートから該出力ポートへの送信電力の使用周波数の $1/4$ 波長未満の長さであり、該移相器は、該出力ポートから該結合線路を経由して該結合ポートへ達する反射波成分である第 1 反射波成分に対して、該出力ポートから該アイソレーションポートおよび該移相器を経由して該結合ポートへ達する反射波成分である第 2 反射波成分が逆相となるように該第 2 反射波成分を移相することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明により小型化され、しかも良好な方向性を有する方向性結合器を製造できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

実施の形態 1

本実施形態は図 1 ～ 図 10 を参照して説明する。なお、同一材料または同一、対応する構成要素には同一の符号を付して複数回の説明を省略する場合がある。他の実施形態についても同様である。

【 0 0 1 2 】

図 1 は本実施形態の方向性結合器を説明する図である。本実施形態および他の実施形態の方向性結合器は疎結合 / 側結合型の方向性結合器である。本実施形態の方向性結合器 10 は基板上に形成された主線路 14 を備える。主線路 14 は一端が入力ポート 12 と接続され他端が出力ポート 16 と接続される。主線路 14 は入力ポート 12 から出力ポート 16 への送信電力（前進波）を伝送する線路である。基板上には前述の主線路 14 と沿って結合線路 20 が形成される。結合線路 20 は一端が結合ポート 18 と接続され他端がアイソレーションポート 22 と接続される。結合線路 20 は主線路 14 の送信電力の一部を結合ポートから取り出すための線路である。

【0013】

図 1 から把握されるように入力ポート 12 と結合ポート 18 とは同一方向に配置される。また、出力ポート 16 とアイソレーションポート 22 とは同一方向に配置される。ここで、図 1 において L_{cp1} で表される長さは主線路 14 と結合線路 20 の結合長である。本実施形態の方向性結合器 10 の主線路を伝送する送信電力の使用周波数から求まる波長を λ とすると、前述の L_{cp1} は $\lambda/4$ の $1/10 \sim 1/20$ 程度まで短いものである。

【0014】

さらに本実施形態の方向性結合器 10 は一端がアイソレーションポート 22 と接続され、他端が抵抗 30 を介して結合ポート 18 と接続された移相器 24 を備える。後述するとおり、移相器 24 は出力ポート 16 からの反射波の位相を概ね反転させて結合ポート 18 へ伝送する部分である。移相器 24 はインダクタ 26 とキャパシタ 28 を備える。インダクタ 26 は一端がアイソレーションポート 22 と接続され、他端が抵抗 30 を介して結合ポート 18 と接続される。キャパシタ 28 は一端がインダクタ 26 の他端と接続され他端が接地される。本実施形態の方向性結合器 10 は上述の構成を備える。

【0015】

移相器 24 は出力ポート 16 から結合線路 20 を経由して結合ポート 18 へ達する反射波成分である第 1 反射波成分に対して、出力ポート 16 からアイソレーションポート 22 および移相器 24 を経由して結合ポート 18 へ達する反射波成分である第 2 反射波成分が逆相となるように当該第 2 反射波成分を移相する。移相は移相器 24 の共振を利用して行われる。

【0016】

図 2 は、図 1 において示される V_a （インダクタの一端における電位）および V_b （キャパシタの一端における電位）の周波数特性を説明する図である。図 2 における f_0 とは主線路を伝送する送信電力の使用周波数である。また、図 2 における f_0 とは、移相器 24 の共振点を、第 2 反射波が第 1 反射波に対して逆相にできるように調整するために f_0 から差し引く値である。すなわち、本実施形態のように結合長（ L_{cp1} ）が短い場合はアイソレーションポート 22 と結合ポート 18 との間には 5 から 10° 程度の位相差が生じる。そこで、前述の逆相合成を行おうと考えた場合にはこの位相差を考慮して移相器 24 の共振周波数を定める必要がある。 f_0 とはこのように定められるものであり、ここでは 5 から 10° である。

【0017】

図 3 ~ 7 を参照して第 2 反射波を第 1 反射波に対して略逆相とすることについて説明する。図 3 は本実施形態の方向性結合器の各部分における電流値及び電圧値に名称を付する図である。図 3 の構成要素は図 1 に記載の方向性結合器 10 とほぼ一致するが、図 3 においては結合ポート 18 に設けられる終端抵抗 31（ 50Ω 程度）が表されている点において異なる。

【0018】

図 4 ~ 図 7 は図 3 で名称が付与された電流値及び電圧値のベクトル図である。図 4、図 5 はアイソレーションポート 22 における電圧 V_a と移相器 24 を介した出力電圧 V_o は略逆相であることを表す図である。 V_o は前述した第 2 反射波成分に対応する。

【0019】

図 6 は移相器 24 がいない場合の V_a と、移相器を介さずに結合ポート 18 へ達する電圧成

10

20

30

40

50

分 V_o の関係を表す図である。 V_o は前述した第 1 反射波成分に対応する。既に述べたとおり、 V_a と V_o とは 5 から 10 ° 程度の位相差がある。

【 0 0 2 0 】

図 7 は図 5、6 を合成した図である。図 7 から V_o と V_o は略逆相であることが分かる。このように、移相器 24 の回路定数を調整することで V_o (第 2 反射波成分) を V_o に対して略逆相合成できる。さらに、方向性結合器の方向性を高めるためには V_o と V_o が等振幅であることが好ましい。本実施形態の抵抗 30 は前述の V_o と V_o が等振幅となるように V_b を減衰させる。すなわち、図 7 のベクトル図から明らかなように、 V_o はキャパシタ 28 の一端における電圧 V_b から抵抗 30 の電圧 V_r を差し引いた値である。これにより、図 7 に示されるように、 V_o と V_o が相殺されるように両者を等振幅とすることができる。

10

【 0 0 2 1 】

一般に方向性結合器の性能は結合量、アイソレーション特性、方向性で定義される。結合量とは入力ポート 12 と結合ポート 18 との結合の度合いを表す。結合量は結合ポート 18 における信号電力を入力ポート 12 における信号電力で除算した値であり、- 10 ~ - 20 dB 程度であることが多い。アイソレーション特性は出力ポート 16 からの反射波と結合ポート 18 との結合の強さを表す。アイソレーション特性は出力ポート 16 からの反射波で結合ポート 18 に表れる信号電力を前述の反射波の電力で除算したものである。アイソレーション特性は通常 - 15 ~ - 30 dB 程度であることが多い。方向性は結合量をアイソレーション特性で除算した値である。

【 0 0 2 2 】

20

方向性の値が大きいほど、出力ポート 16 からの反射波の影響を低減して送信電力の検出ができるため、方向性結合器の検出誤差が小さくなる。すなわち、負荷変動時においても検波回路で送信電力(前進波電力)を正確にモニタできる。その結果、検波電圧に含まれる反射波による誤差が抑制され、負荷変動時に増幅器(PA)からの過大電力送信に伴う歪み成分を抑制できる。

【 0 0 2 3 】

しかしながら、方向性結合器の小型化の要請に応じて前述の主線路と結合線路の結合長を $\lambda/4$ より短くした場合には方向性が悪化する問題があった。

【 0 0 2 4 】

本実施形態の構成によれば結合長が $\lambda/4$ より短い場合であっても方向性を高めることができる。図 8 は本実施形態の方向性結合器の諸特性についての周波数特性を説明するグラフである。図 8 において S 31 は結合量の周波数特性を、S 32 はアイソレーション特性の周波数特性を、S 32 / S 31 は方向性の周波数特性を表す。前述の通り移相器 24 が第 2 反射波を第 1 反射波に対して略逆相となるように移相するため、S 32 が良好(デシベル値が高い)な領域を得ることができる。従って、この実施形態ではアイソレーション(S 32)が良好な領域である 2 GHz 周辺においては 30 dB 程度の高い方向性を有する方向性結合器を得ることができる。

30

【 0 0 2 5 】

本実施形態の方向性結合器は、2 GHz 周辺で高い方向性を有するので無線通信などの狭帯域通信を目的とする機器への応用に適している。本実施形態の方向性結合器は様々な変形が可能である。図 9、10 を参照して本実施形態の方向性結合器の変形例について説明する。

40

【 0 0 2 6 】

図 9 は、2 つの方向の異なる移相器を備える方向性結合器である。図 9 の方向性結合器は入力ポート、出力ポートを逆転させて双方向に使用できることが特徴である。第 1 移相器 40 の一端には第 1 トランジスタ 51 を介してアイソレーションポート 54 が接続され、他端には抵抗 44 および第 2 トランジスタ 48 を介して結合ポート 50 が接続される。第 2 移相器 42 の一端には第 3 トランジスタ 52 を介して結合ポート 50 が接続され、他端には抵抗 46 および第 4 トランジスタ 55 を介してアイソレーションポート 54 が接続される。入力ポート 12 から出力ポート 16 へ送信電力が伝送されている場合には第 1 ト

50

ランジスタ 5 1、第 2 トランジスタ 4 8 をオンとして第 3 トランジスタ 5 2、第 4 トランジスタ 5 5 をオフとする。一方出力ポート 1 6 から入力ポート 1 2 へ送信電力が伝送されている場合には第 1 トランジスタ 5 1、第 2 トランジスタ 4 8 をオフとして第 3 トランジスタ 5 2、第 4 トランジスタ 5 5 をオンとする。このように制御することで、双方向の送信電力の伝送に対応した方向性結合器であっても、移相器を備えることによる本実施形態の効果を得ることができる。なお、第 1 移相器 4 0、第 2 移相器 4 2 の構成については本実施形態で説明した移相器 2 4 と同様であるから詳細な説明を省略する。

【 0 0 2 7 】

図 1 0 は設計の容易性を高めた方向性結合器である。図 1 0 に示す方向性結合器が備える移相器 6 0 は機能としては上述した図 1 における移相器 2 4 と同等である。しかしながら移相器 6 0 は第 1 インダクタ 6 2 および第 1 キャパシタ 6 4 からなる第 1 移相部と第 2 インダクタ 6 6 および第 2 キャパシタ 6 8 からなる第 2 移相部とからなる。通常、LC 回路は 90° の移相に用いることが多く、この場合設計も容易である。さらに、良好な方向性を有する帯域を広くすることもできる。

【 0 0 2 8 】

その他、本実施形態の方向性結合器は様々な変形が可能である。例えば、本実施形態では 30 dB 程度の高い方向性を有する周波数を 20 GHz 近傍としたが、この値は図 2 で説明した移相器 2 4 の回路定数（共振周波数）の設定によって任意に変えることができる。また、抵抗 30 は図 7 で説明した V_o と V_o を等振幅とするために設けられる。よって、抵抗 30 なしに V_o と V_o がほぼ等振幅あるいは振幅差が微小であれば、抵抗 30 を設けなくても良い。また、結合長は使用周波数の場合に $\lambda/4$ 未満であれば、方向性の低下の問題が生じ本実施形態の効果による方向性の改善が図れるため、結合長は $\lambda/4$ 未満であれば限定されない。

【 0 0 2 9 】

実施の形態 2

本実施形態は移相器の備えるキャパシタを可変容量キャパシタとした方向性結合器に関するものである。本実施形態は図 1 1 ~ 図 1 3 を参照して説明する。本実施形態の方向性結合器は実施形態 1 の構成とほぼ同等であるが、移相器の構成が異なる。以後図 1 1 に示す移相器 8 0 を説明する。

【 0 0 3 0 】

移相器 8 0 は、一端においてインダクタ 2 6 の他端と接続され、他端は接地されたキャパシタ 8 2 を備える。さらに、一端においてキャパシタ 8 2 の一端と接続され、他端は後述のダイオード 8 6 と接続されたキャパシタ 8 4 を備える。さらに、アノードが接地され、カソードがキャパシタ 8 4 の他端と接続されたダイオード 8 6 を備える。ダイオード 8 6 のカソードには抵抗 8 8 を介して制御電圧 V_c の供給源が接続されている。

【 0 0 3 1 】

方向性結合器の部品としてのダイオード 8 6 は、抵抗と可変容量キャパシタとみなすことができる。本実施形態では制御電圧 V_c を変化させることでダイオード 8 6 を可変容量キャパシタとして利用する。そして、容量を変化させることで移相器 8 0 の共振周波数を変化させることができる。すなわち、制御電圧 V_c を変化させることによって高い方向性を有する周波数帯域をシフトさせることができる。

【 0 0 3 2 】

図 1 2 は図 1 1 で説明した方向性結合器の諸特性の周波数特性を説明するグラフである。制御電圧 V_c の印加により容量を変化させることで移相器の共振周波数を変化させることができるから、図 1 2 に矢印で示されるように良好な方向性を有する周波数帯を変化させることができる。このような方向性結合器はマルチバンド（複数の異なる使用周波数）で用いる方向性結合器などに特に有効である。制御電圧 V_c をダイオード 8 6 のカソードに印加する制御電圧印加手段は方向性結合器の外部であって主線路の送信電力の周波数を定める部分と接続され、送信電力の周波数に応じて方向性を最適化するように V_c を定めることとしても良い。図 1 1 では制御電圧印加手段を単に V_c で表されるポートで表現する。

【 0 0 3 3 】

この実施形態の可変容量キャパシタは図 1 1 の構成に限定されない。すなわち、本実施形態は使用周波数に応じて高い方向性を得られるように移相器の容量を可変とすることが特徴である。よって、回路図としては図 1 3 に示すように可変容量キャパシタ 9 0 が存する限りにおいて本実施形態の効果を失わない。

【 0 0 3 4 】

実施の形態 3

本実施形態は移相器の備えるインダクタを可変インダクタとした方向性結合器に関するものである。本実施形態は図 1 4 ~ 図 1 6 を参照して説明する。本実施形態の方向性結合器は実施形態 1 の構成とほぼ同等であるが、移相器の構成が異なる。以後図 1 4 に示す移相器 1 0 6 を説明する。

【 0 0 3 5 】

実施形態 3 のインダクタ 1 0 0 はスパイラル形状の線路を備える。さらに、インダクタ 1 0 0 の線路における 2 点をソースドレインで接続するトランジスタ 1 0 2 を備える。トランジスタ 1 0 2 は FET であるがこれに限定されない。トランジスタ 1 0 2 のゲートは制御電圧 V_c により制御される。このような構成とすると制御電圧 V_c を制御することでインダクタ 1 0 0 のインダクタンスを変化させることができる。よって実施形態 2 と同様に良好な方向性を得られる周波数帯を変動させることができる。制御電圧印加手段を用いてマルチバンドに対応することなどは実施形態 2 と同様なので説明を省略する。なお、トランジスタ 1 0 2 と異なるトランジスタをインダクタと接続してさらに複数の周波数帯での使用を可能にすることが可能である。本実施形態の最も一般化された回路図を図 1 5 に示す。このようにインダクタンスの値を可変とすることが本実施形態の特徴である。よって、インダクタは反転位相が取り出せるトランス 1 1 0 で構成しても良い (図 1 6) 。

【 0 0 3 6 】

実施の形態 4

本実施形態は移相器の他端と接続された抵抗を可変抵抗とした方向性結合器に関するものである。本実施形態は図 1 7 ~ 図 1 9 を参照して説明する。本実施形態の方向性結合器は実施形態 1 の構成とほぼ同等であるが、抵抗の構成が異なる。以後図 1 7 に示す抵抗 1 2 0 を説明する。

【 0 0 3 7 】

抵抗 1 2 0 は移相器 2 4 の他端と結合ポート 1 8 とを接続するトランジスタ 1 2 6 を備える。トランジスタ 1 2 6 のチャネル抵抗は、FET であるトランジスタ 1 2 6 のゲートに印加される制御電圧 V_c により制御される。制御電圧 V_c を変化させることで方向性等の周波数特性を表す図 1 8 において矢印で示されるように方向性を変化させることができる。図 1 7 から明らかであるがトランジスタ 1 2 6 と並列に接続された抵抗 1 2 2 はトランジスタ 1 2 6 がオフのときに第 2 反射波成分を結合ポート 1 8 へ伝送するために配置される。なお、本実施形態の方向性結合器を一般化した図は図 1 9 に示す。

【 0 0 3 8 】

このように抵抗値を可変とすることにより、方向性結合器の製造後に第 1 反射波と第 2 反射波を等振幅となるように抵抗値を最適化したり、製造ばらつきにより第 1 反射波と第 2 反射波とが等振幅とならなかった場合にそれを是正するように抵抗値を最適化したりできる。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 5

本実施形態は複数の異なる使用周波数を用いる方向性結合器の結合量を可変化した方向性結合器に関するものである。本実施形態は図 2 0 、 2 1 を参照して説明する。本実施形態の方向性結合器は実施形態 1 の構成とほぼ同等であるが、主線路 1 4 と結合線路 2 0 とが第 1 電界効果トランジスタ 1 3 0 のソースドレインおよび第 2 電界効果トランジスタ 1 3 2 のソースドレインで接続されている点が異なる。また、移相器 1 3 4 が可変容量キャパシタ 9 0 を備える点も異なる。

【 0 0 4 0 】

第 1 電界効果トランジスタ 1 3 0 と第 2 電界効果トランジスタ 1 3 2 のゲートをそれぞれ制御するために制御電圧 V_{c1} 、 V_{c2} を印加する手段が設けられている。本実施形態の方向性結合器は V_{c1} 、 V_{c2} を制御し第 1 電界効果トランジスタ 1 3 0 と第 2 電界効果トランジスタ 1 3 2 の可変容量特性を利用して結合量を変化させることができる。具体的には複数の異なる使用周波数間でも結合量が一定となるように V_{c1} と V_{c2} が制御される。

【 0 0 4 1 】

本実施形態の方向性結合器の制御例を図 2 1 に示す。図 2 1 では Band1 と Band2 の両方の周波数を用いる場合を想定している。第 1 電界効果トランジスタ 1 3 0 (図 2 1 では F 1) と第 2 電界効果トランジスタ 1 3 2 (図 2 1 では F 2) は次のように制御される。つまり、Band1 を用いる場合には F1 をオン、F2 をオフとし、Band2 を用いる場合にはその逆の制御を行う。このような制御により Band1-Band2 間で結合量を一定とし得る。

10

【 0 0 4 2 】

一般に、本実施形態のように複数の異なる使用周波数を用いる場合は、異なる周波数間で結合量を一定とすることが好ましい。例えば、ある周波数で結合量が高くなると結合ポートへの出力が増え、アンテナへの出力が減るため好ましくない。よって結合量が高いことは方向性を改善することに寄与するものの、損失が増大する問題もあるため一定水準以下とすることが好ましい。また、結合ポートからの出力を検出するディテクタもほぼ一定の電圧に対応するものであるため、使用周波数によって結合量が大きく変化することは好ましくない。本実施形態のように結合量を可変とし、使用周波数に応じて結合量を一定とする制御を行うことで上述の問題を解決できる。

20

【 0 0 4 3 】

また、例えば第 1 または第 2 電界効果トランジスタのドレイン - ソース間容量を増大させて結合量を 2 0 dB から 1 5 dB へ増大させた場合は、アイソレーション特性が悪化するため方向性の著しい劣化を伴うものである。しかしながら本実施形態では移相器 1 3 4 が可変容量キャパシタ 9 0 を備えているため、複数の帯域に渡って前述の劣化を補うように方向性を改善できる。

【 0 0 4 4 】

本実施形態では電界効果トランジスタを 2 つ用いる構成としたが、電界効果トランジスタの数が 1 つの場合であっても 3 以上の場合であってもこの実施形態の効果を得ることができる。

30

【 0 0 4 5 】

実施の形態 6

本実施形態は少なくとも低域バンドと低域バンドよりも周波数の高い高域バンドで使用する方向性結合器の結合長を可変化した方向性結合器に関するものである。本実施形態は図 2 2 を参照して説明する。本実施形態の方向性結合器は実施形態 1 の構成とほぼ同等である。しかしながら、結合線路が第 1 スイッチング素子 1 4 0 のソースドレインを介して接続された第 1 結合線路 1 4 2 と第 2 結合線路 1 4 4 とに分割されている点異なる。また、移相器 1 3 4 のキャパシタは可変容量キャパシタ 9 0 である。

【 0 0 4 6 】

40

第 1 結合線路 1 4 2 の一端はアイソレーションポート 2 2 と接続され他端は第 1 スイッチング素子 1 4 0 の一端と接続される。第 2 結合線路 1 4 4 の一端は第 1 スイッチング素子 1 4 0 の他端と接続され、他端は結合ポート 1 8 と接続される。そして移相器 1 3 4 の一端と第 2 結合線路 1 4 4 の一端とは第 2 スイッチング素子 1 4 6 を介して接続される。

【 0 0 4 7 】

本実施形態の構成は上述の通りである。実施形態 5 で述べたとおり、方向性結合器の結合量は複数帯域間で同等であることが好ましい。本実施形態のように少なくとも低域バンドと高域バンドでの使用を前提とした場合には結合長そのものを切り替えることにより低域バンド高域バンド間で結合量を一定とすることができる。本実施形態では低域バンドで方向性結合器を用いる場合には第 1 スイッチング素子 1 4 0 をオン、第 2 スイッチング素

50

子 1 4 6 をオフとする。高域バンドで用いる場合には第 1 スイッチング素子 1 4 0 をオフ、第 2 スイッチング素子 1 4 6 をオンとする。第 1 結合線路 1 4 2 と第 2 結合線路 1 4 4 の線路長は前述した使用状況において低域バンド、高域バンド間で結合量を一定にできるように定められるため実施形態 5 と同様に結合量を一定とする効果を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

上述のように複数の使用周波数間で結合量を一定とする制御は、第 1 スイッチング素子 1 4 0 と第 2 スイッチング素子 1 4 3 のゲートにそれぞれ V_c と V_c の反転を入力する。図 2 2 では V_c および V_c の反転の制御手段として第 1 スイッチング素子 1 4 0 のゲートと第 2 スイッチング素子 1 4 6 のゲートに接続されたポートを示す。

【 0 0 4 9 】

10

実施の形態 7

本実施形態は移相器にアクティブ素子である位相反転増幅器を用いた方向性結合器に関する。本実施形態は図 2 3 ~ 2 8 を参照して説明する。本実施形態の方向性結合器は実施形態 1 の構成とほぼ同等である。しかしながら、移相器が位相反転増幅器を備える点が異なる。図 2 3 は本実施形態の方向性結合器を説明する図である。本実施形態の移相器は実施形態 1 ~ 6 と異なり、アクティブ素子である位相反転増幅器 2 0 2 を用いることが特徴である。本実施形態の位相反転増幅器 2 0 2 は入力信号を増幅させるのではなく減衰させて結合ポートへ伝送するものである。

【 0 0 5 0 】

一般に位相反転増幅器は広帯域に渡って位相反転を得ることができる。そのため、本実施形態の移相器 2 0 0 もここまでの実施形態の移相器と同様に第 2 反射波成分を第 1 反射波成分に対して逆相となるように第 2 反射波成分を移相できる。移相器として増幅器を用いる場合には、過入力となったときに信号が歪みやすい点に留意して、信号歪の起こらないように設計する必要がある。しかしながら、方向性結合器を送信モジュールに組み込む場合、位相反転増幅器 2 0 2 は方向性結合器の前段に配置される増幅器 (PA) と比較して遥かに小さい電流で動作するものである。従って位相反転増幅器の電流消費そのものがモジュール特性を損なう可能性は低い。

20

【 0 0 5 1 】

本実施形態のように移相器として位相反転増幅器 2 0 2 を用いることは移相器の回路寸法の小型化に有利である。すなわち位相反転増幅器 2 0 2 は一般にトランジスタと抵抗により構成されるため、インダクタとキャパシタを用いる実施形態 1 ~ 6 の構成と比較して小型化できる。

30

【 0 0 5 2 】

図 2 4 は本実施形態の変形例について説明する図である。図 2 4 に示す方向性結合器は利得が可変である位相反転増幅器 2 1 2 を備える。利得を可変とすることで、第 1 反射波成分と第 2 反射波成分とが等振幅となるように第 2 反射波成分を減衰させることができるため、実施の形態 4 の構成と同様の効果を簡素な構成で得ることができる。

【 0 0 5 3 】

図 2 5 は本実施形態の別の変形例について説明する図であり、特に複数の異なる使用周波数を用いる方向性結合器に関する。図 2 5 に示す方向性結合器の移相器 2 2 0 は利得が可変である位相反転増幅器 2 1 2 と可変移相器 2 1 4 を備える。すなわち、移相器 2 2 0 は一端がアイソレーションポート 2 2 と接続され他端が可変移相器 2 1 4 の一端と接続された位相反転増幅器 2 1 2 を備える。そして可変移相器 2 1 4 の他端は抵抗 3 0 を介して結合ポート 1 8 と接続される。可変移相器 2 1 4 は実施形態 2 で記載したように使用周波数に応じて高い方向性が得られる帯域をシフトさせるように制御されることで実施形態 2 と同等の効果を得ることができる。

40

【 0 0 5 4 】

図 2 6 は位相反転増幅器 2 1 2 の構成を説明する回路図である。図 2 6 において $Tr1$ と r_{REF} は HBT (ヘテロ接合バイポーラトランジスタ) である。 F_1 は FET (電界効果トランジスタ) である。また R_{c1} は負荷抵抗である。 R_{FB1} 、 R_{FB2} 、 C_{FB1} は $Tr1$ のベースコレクタ間に設

50

けたフィードバック回路である。前述の通り位相反転増幅器 2 1 2 は減衰特性を有する可変利得回路であるので、フィードバック回路を設けることで帯域を広げると共に利得を低減することができる。フィードバック回路のFETである F_1 のゲート電圧 V_{GC1} を制御することで、 F_1 のON抵抗を制御できるので、フィードバック量を制御できたため利得を制御できる。なお、 R_{IN1} 、 R_{O1} は位相反転増幅器 2 1 2 の利得減衰用の抵抗である。これらの抵抗値を適当な値とすることで方向性を高めるように減衰特性を設定できる。

【 0 0 5 5 】

ここで、 $Tr1$ と Tr_{REF} はカレントミラー回路を構成する。 $Tr1$ のバイアス電流は V_{REF} で調整できる。 Tr_1 のコンダクタンス(gm)はこのバイアス電流に比例するため、バイアス電流を制御することで利得量(減衰量)を調整できる。

10

【 0 0 5 6 】

図 2 7 は図 2 5 における可変移相器 2 1 4 の構成を説明する図である。図 2 7 の構成は実施形態 1 において図 1 0 を参照して説明した構成と比較してキャパシタが可変容量キャパシタである点が相違している。このように可変移相器 2 1 4 の備えるキャパシタを可変容量化することおよびその効果は実施形態 2 で記載したものと同様である。

【 0 0 5 7 】

図 2 8 は本実施形態の別の変形例を説明する図である。図 2 8 には双方向の送信電力の伝送に対応した方向性結合器であっても、高い方向性を得ることができる方向性結合器が記載されている。図 2 8 に記載の方向性結合器は移相器として、利得が可変である位相反転増幅器 2 3 0 と利得が可変である位相反転増幅器 2 3 2 とを備えることが特徴である。この構成は、実施形態 1 において図 9 を参照して説明済みである方向性結合器の移相器をアクティブ素子に置き換えた構成である。従ってアクティブ素子を用いた簡素な構成で図 9 の構成と同等の効果を得ることができる。

20

【 0 0 5 8 】

実施の形態 8

本実施形態は少なくとも低域バンドと低域バンドよりも周波数の高い高域バンドで使用する方向性結合器であって使用周波数が異なっても結合量を一定にできる方向性結合器に関する。本実施形態は図 2 9、3 0 を用いて説明する。

【 0 0 5 9 】

図 2 9 は本実施形態の方向性結合器を説明する図である。本実施形態の方向性結合器は使用周波数に応じて結合線路を使い分ける構成である。図 2 9 から把握されるように入力ポート 1 2 と出力ポート 1 6 に接続された主線路 1 4 は、主線路 1 4 に沿った高域バンド用結合線路 3 0 0 と低域バンド用結合線路 3 0 2 に挟まれるように配置される。

30

【 0 0 6 0 】

低域バンド用結合線路 3 0 2 の一端は第 1 スイッチング素子 3 1 2 を介して結合ポート 1 8 と接続される。低域バンド用結合線路 3 0 2 の他端は第 3 スイッチング素子 3 1 4 を介して第 1 アイソレーションポート 3 1 7 と接続される。一方、高域バンド用結合線路 3 0 0 の一端は第 2 スイッチング素子 3 0 8 を介して結合ポート 1 8 と接続される。高域バンド用結合線路 3 0 0 の他端は第 4 スイッチング素子 3 1 0 を介して第 2 アイソレーションポート 3 1 5 と接続される。

40

【 0 0 6 1 】

さらに、低域バンド用結合線路 3 0 2 の両端には第 1 移相器 3 0 6 および抵抗 3 1 8 が低域バンド用結合線路 3 0 2 と並列に接続される。高域バンド用結合線路 3 0 0 の両端には第 2 移相器 3 0 4 および抵抗 3 1 6 が高域バンド用結合線路 3 0 0 と並列に接続される。第 1 移相器 3 0 6、第 2 移相器 3 0 4 は共に可変容量キャパシタを備える移相器でありこの構成については実施形態 2 で説明済みである。

【 0 0 6 2 】

本実施形態の方向性結合器は、低域バンドを用いる場合には第 1 スイッチング素子 3 1 2、第 3 スイッチング素子 3 1 4 をオン、第 2 スイッチング素子 3 0 8、第 4 スイッチング素子 3 1 0 をオフとする。また、高域バンドを用いる場合には第 1 スイッチング素子 3

50

12、第3スイッチング素子314をオフとし、第2スイッチング素子308、第4スイッチング素子310をオンとする。このようなオンオフの制御は方向性結合器の内部又は外部に設けられた電圧印加手段が前述したスイッチング素子のスイッチングを行うことにより実施される。本実施形態の方向性結合器では前述のスイッチングを行うための制御手段として各スイッチング素子に対して少なくとも電圧印加用のポート（図29においてVc1、Vc2で示す）を有する。

【0063】

主線路14と低域バンド用結合線路302との間の距離は、主線路14と高域バンド用結合線路300の距離より短い。すなわち、低域バンド使用時には十分な結合量を得るために主線路14と低域バンド用結合線路302との距離を短くするのに対し、高域バンド使用時には結合量が高くなりすぎることを抑制するために主線路14と高域バンド用結合線路300との距離を大きくする。本実施形態ではこのようにしてどちらの周波数帯を用いた場合であっても方向性結合器の結合量がほぼ一定となるように線路間の距離を調整している。一般に、結合ポートの後段に配置されたディテクタでの検出電力は使用周波数に係らず一定範囲内であることが検出精度の観点から好ましい。本実施形態の構成によれば、複数の周波数を用いる方向性結合器の結合量を一定とできるため、前述の効果を得る。

【0064】

さらに、低域バンドで用いられる移相器306と高域バンドで用いられる移相器304はそれぞれが高い方向性を有するように共振周波数（回路定数）が定められている。よって図30に記載されるように複数の使用周波数を用いる方向性結合器の方向性を、使用周波数依存なく高めることができる。

【0065】

実施の形態9

本実施形態は少なくとも低域バンドと低域バンドよりも周波数の高い高域バンドで使用する方向性結合器であって使用周波数が異なっても結合量を一定にできる方向性結合器に関する。本実施形態は図31、32を用いて説明する。

【0066】

図31は本実施形態の方向性結合器を説明する図である。本実施形態の方向性結合器は使用周波数に応じて主線路を使い分ける構成である。図31から把握されるように結合ポート18とアイソレーションポート22に接続された結合線路20は、結合線路20に沿った高域バンド用主線路400と低域バンド用主線路402に挟まれるように配置される。

【0067】

高域バンド用主線路400は一端が高域バンド用入力ポート404と接続され、他端が高域バンド用出力ポート406と接続される。一方低域バンド用主線路402は一端が低域バンド用入力ポート408と接続され、他端が低域バンド用出力ポート410と接続される。

【0068】

本実施形態も実施形態1と同様に一端が結合ポート18と他端がアイソレーションポート22と接続された移相器を備える構成であるが、本実施形態の移相器は高域バンド用移相器450と低域バンド用移相器452からなる。高域バンド用移相器450は一端が第3スイッチング素子430を介してアイソレーションポート22と接続され、他端では抵抗30および第1スイッチング素子428を介して結合ポート18と接続される。一方、低域バンド用移相器452は一端が第4スイッチング素子434を介してアイソレーションポート22と接続され、他端では抵抗30および第2スイッチング素子432を介して結合ポート18と接続される。

【0069】

本実施形態の方向性結合器は、低域バンドを用いる場合には第2スイッチング素子432、第4スイッチング素子434をオン、第1スイッチング素子428、第3スイッチング素子430をオフとする。また、高域バンドを用いる場合には第1スイッチング素子4

28、第3スイッチング素子430をオン、第2スイッチング素子432、第4スイッチング素子434をオフとする。このようなオンオフの制御は方向性結合器の内部又は外部に設けられた電圧印加手段が前述したスイッチング素子のスイッチングを行うことにより実施される。本実施形態の方向性結合器では前述のスイッチングを行うための制御手段として各スイッチング素子に対して少なくとも電圧印加用のポート（図31においてVc1、Vc2で示す）を有する。

【0070】

結合線路20と低域バンド用主線路402との間の距離は、結合線路20と高域バンド用主線路400の距離より短い。これは方向性結合器が低域バンド使用時と高域バンド使用時において結合量を一定とするように線路間の距離を調整するものである。さらに、低域バンド用移相器452と高域バンド用移相器450を備えこれらを使用周波数によって使い分けることで、使用周波数によらず高い方向性を得ることができる（図32参照）。よって本実施形態の効果は実施形態8と同様である。本実施形態のように主線路を2本設けることは、方向系結合器の前段にPA（増幅器）が2つ設けられ、出力線路も2本であるGSM(Global-System-for-Mobile-communications)方式の端末(GSM用送信モジュール)などへの応用に適している。

【0071】

実施の形態10

本実施形態は移相器を付加することによる結合量の低下を補うことができる方向性結合器に関する。本実施形態は図33～35を参照して説明する。図33は本実施形態の方向性結合器を説明する図である。図33に記載の通り、本実施形態の主線路504はスパイラル形状で形成されている。主線路504の一端には入力ポート500、他端には出力ポート502が接続される。スパイラル形状の主線路504に沿って同じくスパイラル形状の結合線路508が形成される。実施形態1と同様に結合線路508の一端には結合ポート506、他端にはアイソレーションポート507が接続される。

【0072】

主線路504と結合線路508はその一部においてくし型に形成される。くし型に形成された部分は図33における破線に示されている。図34は図33における破線部分の拡大図である。図34に示されるように主線路504と結合線路508は相互に嵌りあうようにくし型の形状である。また、主線路504と結合線路508とは一定の間隔だけ離間している。

【0073】

さらに本実施形態の方向性結合器は移相器を備える。移相器24は実施形態1と同様の構成であり、一端がアイソレーションポート507と接続され他端が抵抗30を介して結合ポート506と接続される。

【0074】

方向性結合器に移相器24を付加することで結合量が低下し方向性に悪影響を与えることがある。発明者らが行った実験では移相器を付加しない場合の結合量は-20dB程度であった方向性結合器において、移相器を付加すると結合量は-23dB程度まで低下することが見出されている。本実施形態では、主線路504および結合線路508にくし型の部分を設けて電界分布を集中させることで方向性結合器を大型化することなく結合量を高めることができる。また、スパイラル形状の主線路504および結合線路508を形成しているため、方向性結合器を大型化することなしに結合長の延長を図ることができる。よって移相器を付加することによる結合量の低下を抑制し、方向性を良好な値に保つことができる。図35にはくし型の形状の有無による結合量(S31)の差を示す。

【0075】

本実施形態では主線路504と結合線路508とが相対する部分の一部がくし型に形成される構成としたが、主線路504と結合線路508が相対する部分全体において両者をくし型に形成して結合量を高めても良い。他方結合量が十分であるときはくし型に形成される部分をより小さい領域にとどめてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】実施形態1の移相器を備える方向性結合器を説明する図である。

【図2】移相器の共振周波数について説明する図である。

【図3】移相器などにおける電流、電圧を定義する図である。

【図4】移相器による移相を説明するベクトル図である。

【図5】移相器による移相を説明するベクトル図である。

【図6】移相器がない場合におけるベクトル図である。

【図7】図5と図7を合成したベクトル図である。

【図8】実施形態1の方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

10

【図9】入力ポート、出力ポートを逆転させて双方向使用が可能な方向性結合器を説明する図である。

【図10】LC回路を2段で構成した移相器を説明する図である。

【図11】実施形態2の方向性結合器を説明する図である。

【図12】実施形態2の方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

【図13】実施形態2の方向性結合器を一般化した図である。

【図14】実施形態3の方向性結合器を説明する図である。

【図15】実施形態3の方向性結合器を一般化した図である。

【図16】インダクタにトランスを用いた方向性結合器を説明する図である。

【図17】実施形態4の方向性結合器を説明する図である。

20

【図18】実施形態4の方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

【図19】実施形態4の方向性結合器を一般化した図である。

【図20】実施形態5の方向性結合器を説明する図である。

【図21】実施形態5の方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

【図22】実施形態6の方向性結合器を説明する図である。

【図23】実施形態7の方向性結合器を説明する図である。

【図24】利得が可変な位相反転増幅器を備える方向性結合器を説明する図である。

【図25】可変移相器を備える方向性結合器を説明する図である。

【図26】利得が可変な位相反転増幅器の回路構成例を説明する図である。

【図27】可変移相器の回路構成例を説明する図である。

30

【図28】実施形態7の変形例を説明する図である。

【図29】実施形態8の方向性結合器を説明する図である。

【図30】実施形態8の方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

【図31】実施形態9の方向性結合器を説明する図である。

【図32】実施形態9の方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

【図33】実施形態10の方向性結合器を説明する図である。

【図34】実施形態10の方向性結合器のくし型の部分を説明する図である。

【図35】実施形態10の方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

【図36】課題を説明する図である。

【図37】スパイラル形状の方向性結合器を説明する図である。

40

【図38】一般的な方向性結合器の方向性等の周波数特性を説明する図である。

【図39】方向性結合器を携帯電話端末に応用した構成例を説明する図である。

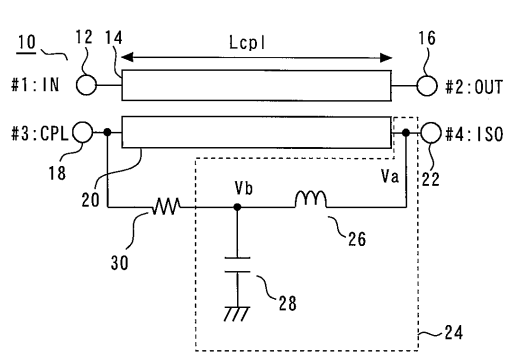
【図40】方向性と検出誤差の関係について説明する図である。

【符号の説明】

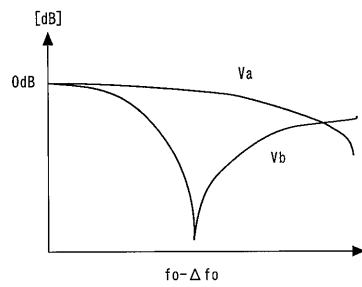
【0077】

12 入力ポート、 14 主線路、 16 出力ポート、 18 結合ポート、
20 結合線路、 22 アイソレーションポート、 24 移相器、 30 抵抗

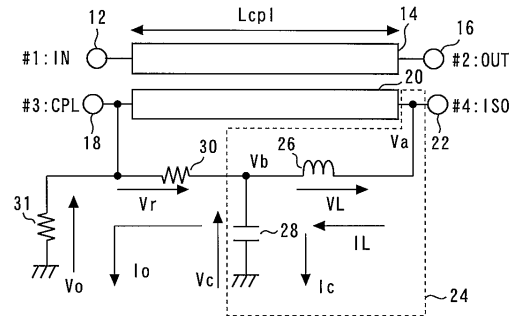
【図 1】



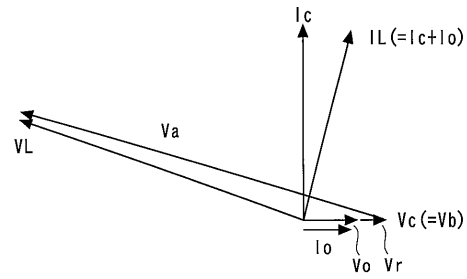
【図 2】



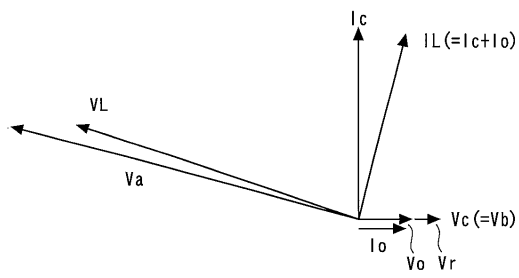
【図 3】



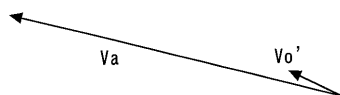
【図 4】



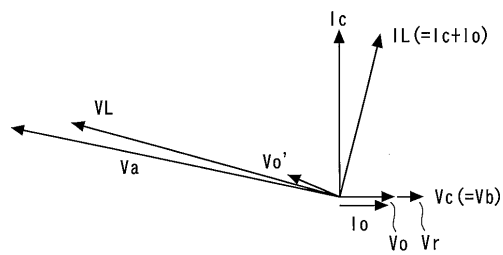
【図 5】



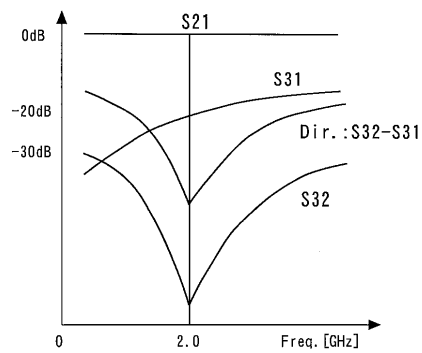
【図 6】



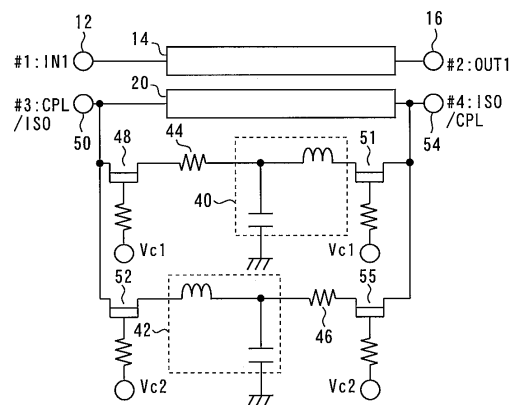
【図 7】



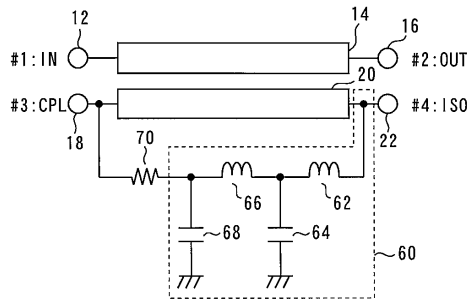
【図 8】



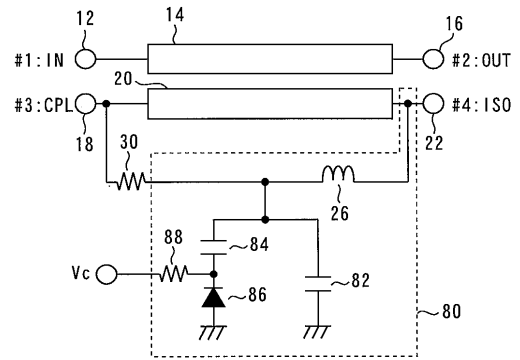
【図 9】



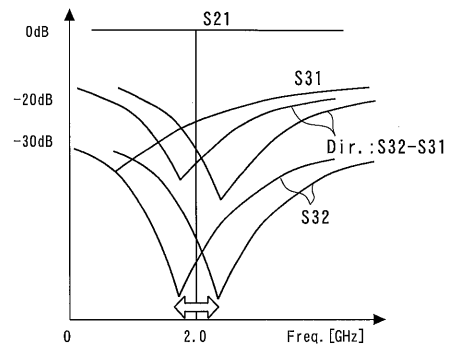
【図 10】



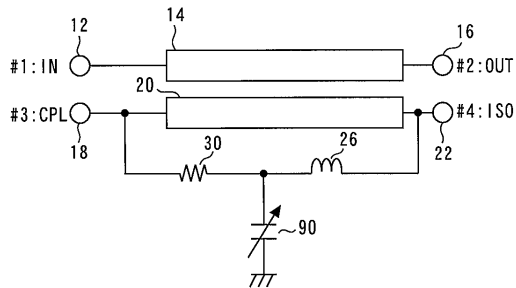
【図 11】



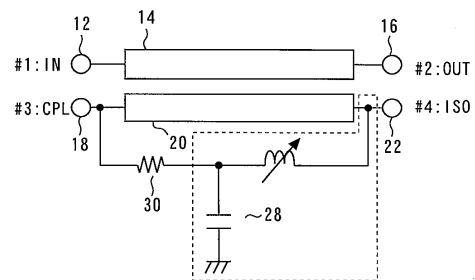
【図 12】



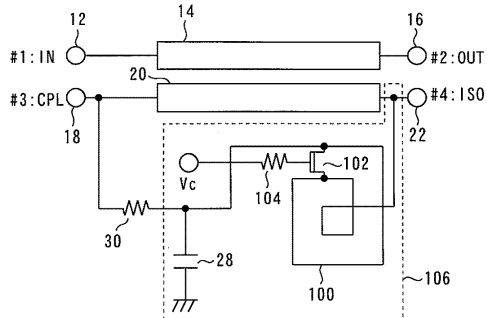
【図 13】



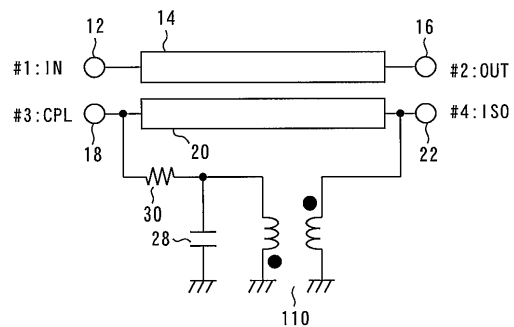
【図 15】



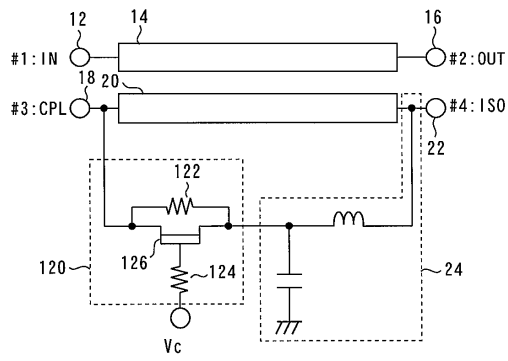
【図 14】



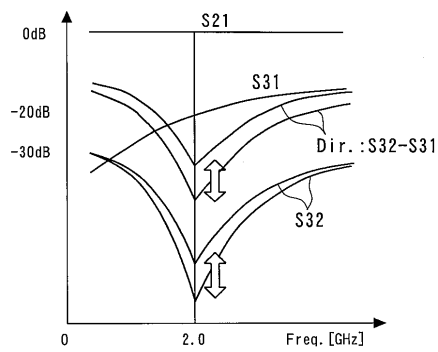
【図 16】



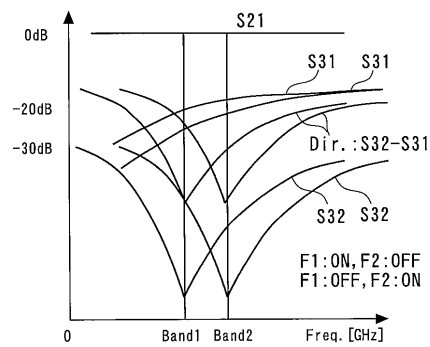
【図 17】



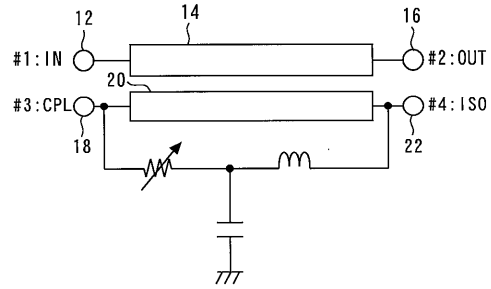
【図 18】



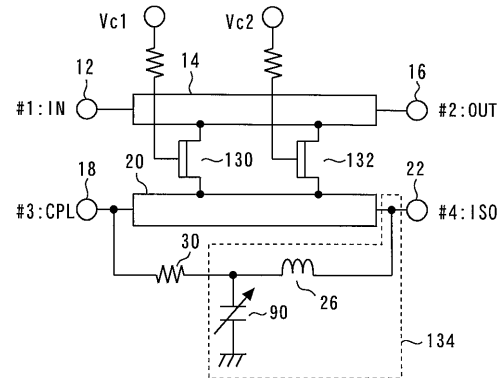
【図 21】



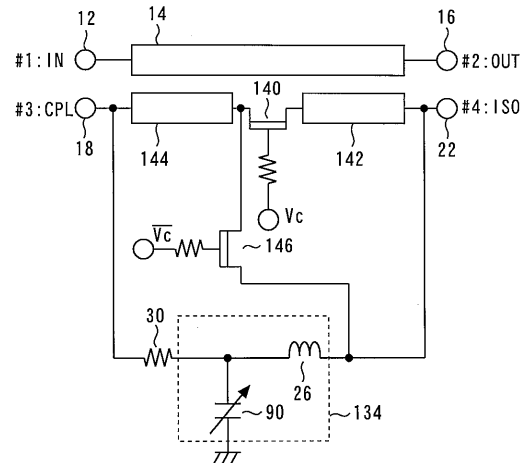
【図 19】



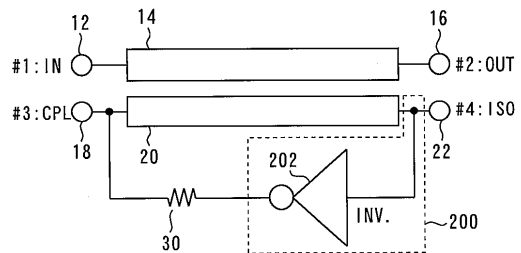
【図 20】



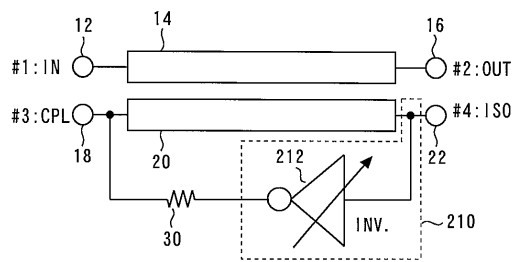
【図 22】



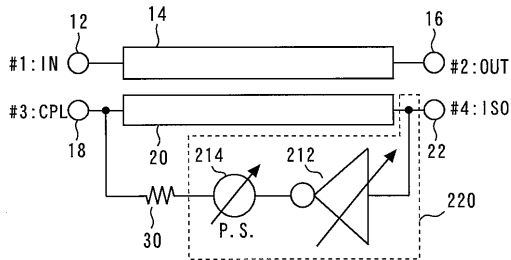
【図 23】



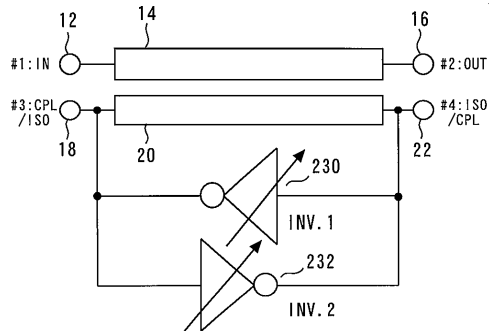
【図 24】



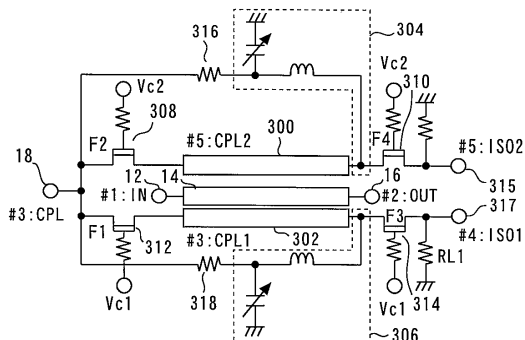
【図 25】



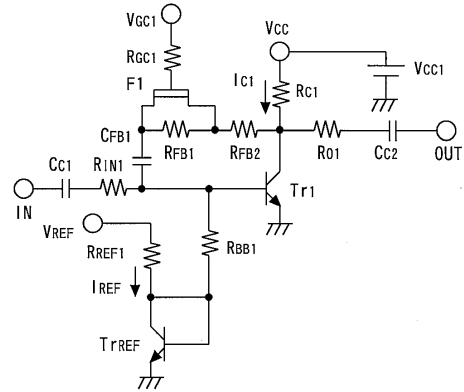
【図 28】



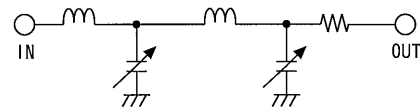
【図 29】



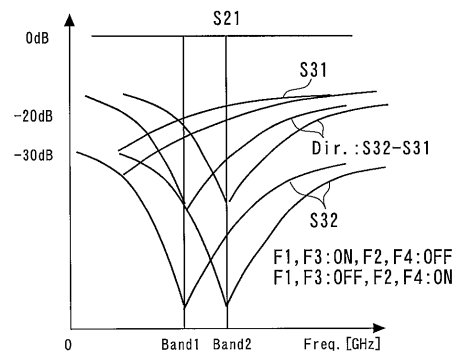
【図 26】



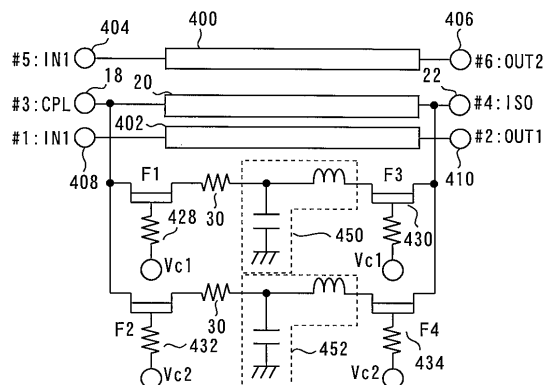
【図 27】



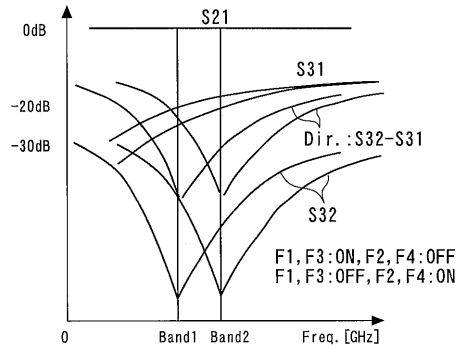
【図 30】



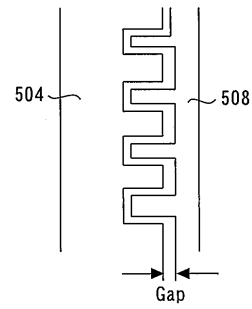
【図 31】



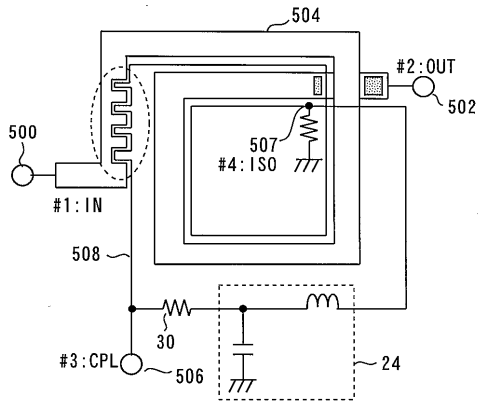
【図 3 2】



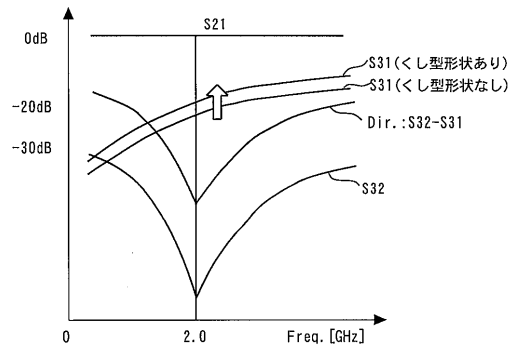
【図 3 4】



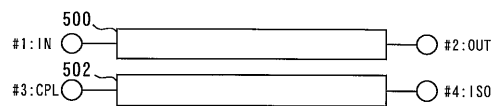
【図 3 3】



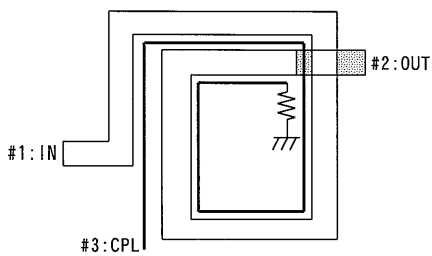
【図 3 5】



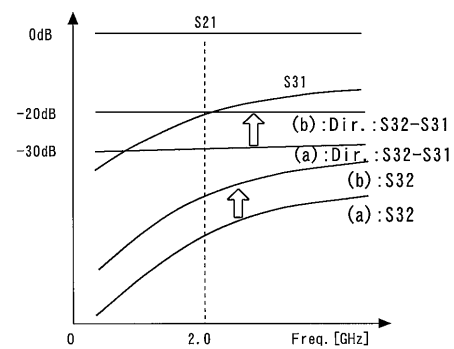
【図 3 6】



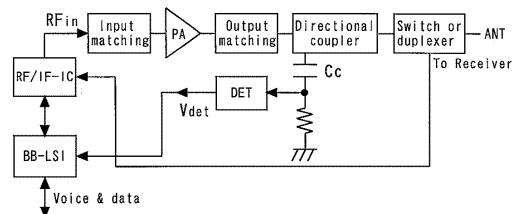
【図 3 7】



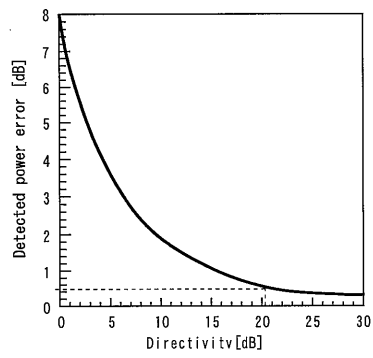
【図 3 8】



【図 3 9】



【図 40】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2008/129961(WO, A1)

特開平10-270904(JP, A)

特開2008-227006(JP, A)

実開平02-098534(JP, U)

特開平09-107212(JP, A)

実開平05-041206(JP, U)

特開平08-018335(JP, A)

特開2005-312000(JP, A)

特開2007-123972(JP, A)

特開2000-307349(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01P 5/18