

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6603012号
(P6603012)

(45) 発行日 令和1年11月6日(2019.11.6)

(24) 登録日 令和1年10月18日(2019.10.18)

(51) Int.Cl.	F I				
HO3H 9/54 (2006.01)	HO3H	9/54		Z	
HO3H 9/17 (2006.01)	HO3H	9/17		F	
HO3H 9/64 (2006.01)	HO3H	9/64		Z	
HO3H 9/70 (2006.01)	HO3H	9/70			
HO3H 9/72 (2006.01)	HO3H	9/72			

請求項の数 8 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-104933 (P2014-104933)	(73) 特許権者	000204284
(22) 出願日	平成26年5月21日 (2014.5.21)		太陽誘電株式会社
(65) 公開番号	特開2015-220700 (P2015-220700A)		東京都中央区京橋二丁目7番19号
(43) 公開日	平成27年12月7日 (2015.12.7)	(74) 代理人	100087480
審査請求日	平成29年1月25日 (2017.1.25)		弁理士 片山 修平
審判番号	不服2018-15541 (P2018-15541/J1)	(72) 発明者	岩城 匡郁
審判請求日	平成30年11月22日 (2018.11.22)		東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内
		(72) 発明者	堤 潤
			東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分波器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

共通端子と送信端子との間に接続された送信フィルタと、
前記共通端子と受信端子との間に接続された受信フィルタと、
を具備し、
前記送信フィルタおよび前記受信フィルタの少なくとも一方は、
入力端子と出力端子との間に直列に接続された1または複数の直列共振器と、
前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続された1または複数の並列共振器と、
を有するラダー型フィルタと、前記ラダー型フィルタと並列に接続された横結合型共振器と、
を具備するフィルタであり、

前記横結合型共振器の一对の共振周波数は前記フィルタの抑圧帯域の両側に位置し、
前記送信フィルタの通過帯域と前記受信フィルタの通過帯域とは重ならず、
前記抑圧帯域は、前記送信フィルタおよび前記受信フィルタの他方の通過帯域であることを特徴とする分波器。

【請求項2】

前記横結合型共振器は、第1圧電膜と、前記第1圧電膜を挟む第1下部電極および複数の第1上部電極と、を備えることを特徴とする請求項1記載の分波器。

【請求項3】

前記1または複数の直列共振器および前記1または複数の並列共振器は、第2圧電膜と、前記第2圧電膜を挟む第2下部電極および第2上部電極と、を備える圧電薄膜共振器で

あり、

前記第1圧電膜と前記第2圧電膜とは同じ材料からなることを特徴とする請求項2記載の分波器。

【請求項4】

前記第1圧電膜と前記第2圧電膜との膜厚は略等しいことを特徴とする請求項3記載の分波器。

【請求項5】

前記複数の第1上部電極は、互いに対向する櫛型電極であることを特徴とする請求項2から4のいずれか一項記載の分波器。

【請求項6】

前記ラダー型フィルタに並列、かつ前記横結合型共振器に直列に接続されたキャパシタを具備することを特徴とする請求項1から5のいずれか一項記載の分波器。

【請求項7】

前記キャパシタは、前記横結合型共振器の前記入力端子側と前記出力端子側に設けられていることを特徴とする請求項6記載の分波器。

【請求項8】

前記抑圧帯域において、前記ラダー型フィルタを通過する第1信号と前記横結合型共振器を通過する第2信号との振幅は略一致し、前記第1信号と前記第2信号とは略逆相であることを特徴とする請求項1から7のいずれか一項記載の分波器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分波器に関し、例えばラダー型フィルタを含む分波器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、高周波通信用のシステムは、高速および大容量の通信が可能であるW - C D M A (Wideband Code Division Multiple Access) やO F D M (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 等の変調方式に移行しつつある。W - C D M AまたはO F D M等の変調方式では、T D M A (Time Division Multiple Access) またはF D M (Frequency Division Multiplexing) 等の変調方式に比べ、送信信号のピーク電力が大きい。特許文献1

には、圧電薄膜共振器を用いたラダー型フィルタおよびデュープレクサが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013 - 123184号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

例えば、送信信号のピーク電力が大きくなると、送信信号が受信帯域や他の周波数帯域へ漏れることにより、送信信号と他の信号の干渉や他の信号内の雑音の増加が懸念される。このため、フィルタおよび分波器には、高減衰および/または高アイソレーション特性が求められる。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、高減衰および/または高アイソレーション特性を有する分波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】

【0006】

本発明は、共通端子と送信端子との間に接続された送信フィルタと、前記共通端子と受信端子との間に接続された受信フィルタと、を具備し、前記送信フィルタおよび前記受信

10

20

30

40

50

フィルタの少なくとも一方は、入力端子と出力端子との間に直列に接続された1または複数の直列共振器と、前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続された1または複数の並列共振器と、を有するラダー型フィルタと、前記ラダー型フィルタと並列に接続された横結合型共振器と、を具備するフィルタであり、前記横結合型共振器の一对の共振周波数は前記フィルタの抑圧帯域の両側に位置し、前記送信フィルタの通過帯域と前記受信フィルタの通過帯域とは重ならず、前記抑圧帯域は、前記送信フィルタおよび前記受信フィルタの他方の通過帯域であることを特徴とする分波器である。

【0007】

上記構成において、前記横結合型共振器は、第1圧電膜と、前記第1圧電膜を挟む第1下部電極および複数の第1上部電極と、を備える構成とすることができる。

10

【0008】

上記構成において、前記1または複数の直列共振器および前記1または複数の並列共振器は、第2圧電膜と、前記第2圧電膜を挟む第2下部電極および第2上部電極と、を備える圧電薄膜共振器であり、前記第1圧電膜と前記第2圧電膜とは同じ材料からなる構成とすることができる。

【0009】

上記構成において、前記第1圧電膜と前記第2圧電膜との膜厚は略等しい構成とすることができる。

【0010】

上記構成において、前記複数の第1上部電極は、互いに対向する櫛型電極である構成とすることができる。

20

【0011】

上記構成において、前記ラダー型フィルタに並列、かつ前記横結合型共振器に直列に接続されたキャパシタを具備する構成とすることができる。

【0012】

上記構成において、前記キャパシタは、前記横結合型共振器の前記入力端子側と前記出力端子側に設けられている構成とすることができる。

【0013】

上記構成において、前記抑圧帯域において、前記ラダー型フィルタを通過する第1信号と前記横結合型共振器を通過する第2信号との振幅は略一致し、前記第1信号と前記第2信号とは略逆相である構成とすることができる。

30

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、高減衰および/または高アイソレーション特性を有する分波器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、実施例1に係るフィルタを示す回路図である。

【図2】図2は、実施例1に係るフィルタが形成されたチップの平面図である。

【図3】図3(a)および図3(b)は、実施例1に係るフィルタが形成されたチップの断面図である。

40

【図4】図4(a)は、横結合型共振器の等価回路であり、図4(b)は、横結合共振器の周波数に対する減衰量および位相を示す図である。

【図5】図5(a)は、シミュレーションに用いた実施例1のフィルタの回路図、図5(b)は、分波器の回路図である。

【図6】図6(a)は、通過特性を示す図、図6(b)はアイソレーション特性を示す図である。

【図7】図7(a)および図7(b)は、実施例1の経路52および54を通過する電流の周波数に対する振幅および位相を示す図である。

【図8】図8(a)は、実施例1の変形例1に係るフィルタの平面図、図8(b)はA -

50

A断面図である。

【図9】図9は、実施例1の変形例2に係るフィルタの平面図(その1)である。

【図10】図10は、実施例1の変形例2に係るフィルタの平面図(その2)である。

【図11】図11は、実施例1の変形例3に係るフィルタの断面図である。

【図12】図12(a)から図12(f)は、横結合型共振器の例を示す図である。

【図13】図13(a)および図13(b)は、圧電薄膜共振器の例を示す図である。

【図14】図14は、実施例2に係る分波器の回路図である。

【図15】図15は、実施例2に係る分波器の平面図である。

【図16】図16は、実施例2の変形例1に係る分波器の回路図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0020】

ラダー型フィルタは、直列共振器の共振点と並列共振器の反共振点が略一致するように設計される。直列共振器の反共振点が通過帯域の高周波数側の減衰極となり、並列共振器の共振点が通過帯域の低周波数側の減衰極となる。ラダー型フィルタが高減衰および高アイソレーション特性を有するようにするため、例えば並列共振器とグランドとの間に直列にインダクタを形成する方法、並列共振器の容量値を直列共振器の容量値より大きくする方法、等がある。しかしながら、これらの方法は、フィルタの挿入損失と、高減衰および高アイソレーションと、のトレードオフの関係となってしまう。

【0021】

そこで、ラダー型フィルタに並列に横結合型共振器を接続することを考えた。ラダー型フィルタは、通過帯域以外の周波数では、容量性の位相特性を有する。これに対し、横結合型共振器は、通過帯域の一部において誘導性の位相を有する。ラダー型フィルタの通過帯域外の減衰させたい周波数帯において、横結合型共振器を誘導性の位相とする。これにより、ラダー型フィルタを通過する経路と横結合型共振器を通過する経路とで電流の位相が逆相となる。よって、この周波数帯の信号がキャンセルし、挿入損失を劣化させず、高い減衰量を実現できる。

20

【0022】

以下、図面を参照し、実施例について説明する。

【実施例1】

【0023】

30

図1は、実施例1に係るフィルタを示す回路図である。図1に示すように、フィルタ100は、ラダー型フィルタ40および横結合型共振器50を備えている。ラダー型フィルタ40は、1または複数の直列共振器S1からS4と1または複数の並列共振器P1からP3とを備えている。直列共振器S1からS4は、入力端子T2と出力端子T1との間に直列に接続され、並列共振器P1からP3は、入力端子T2と出力端子T1との間に並列に接続されている。直列共振器S1からS4および並列共振器P1からP3は、圧電薄膜共振器である。図1は6段ラダー型フィルタの例であるが、直列共振器S1からS4および並列共振器P1からP3の個数および接続は所望の特性に応じ適宜設定可能である。

【0024】

横結合型共振器50は、ラダー型フィルタ40と並列に入力端子T2と出力端子T1との間に接続されている。横結合型共振器50と直列にキャパシタC1およびC2が出力端子T1と入力端子T2との間に接続されている。キャパシタC1は、横結合型共振器50と出力端子T1との間に、キャパシタC2は、横結合型共振器50と入力端子T2との間に接続されている。横結合型共振器50において、圧電膜14bを挟むように下部電極12bおよび上部電極16bが形成されている。

40

【0025】

図2は、実施例1に係るフィルタが形成されたチップの平面図である。図3(a)および図3(b)は、実施例1に係るフィルタが形成されたチップの断面図である。図3(a)は、図2のA-A断面図、図3(b)は、図2のB-B断面図である。図2から図3(b)に示すように、ラダー型フィルタ40において、基板10上に圧電膜14aが形成さ

50

れている。圧電膜 14 a を挟むように、下部電極 12 a および上部電極 16 a が形成されている。圧電膜 14 a を挟み下部電極 12 a と上部電極 16 a とが対向する領域が共振領域 20 である。共振領域 20 は楕円形状である。基板 10 の上面は平坦であり、下部電極 12 a は基板 10 との間に空隙 18 a が形成されるように設けられている。圧電膜 14 a が図 3 (a) 中の縦方向の矢印のような厚み縦振動に主に寄与する。直列共振器 S 1 から S 4 は、出力端子 T 1 と入力端子 T 2 との間に直列に接続され、並列共振器 P 1 から P 3 は、出力端子 T 1 と入力端子 T 2 との間に並列に接続されている。並列共振器 P 1 から P 3 の一端は共通にグランド端子 G n d に接続されている。

【 0 0 2 6 】

横結合型共振器 50 において、基板 10 上に圧電膜 14 b が形成されている。圧電膜 14 b を挟むように、下部電極 12 b および上部電極 16 b が形成されている。上方からみて、下部電極 12 b は、2 つの上部電極 16 b を含むように形成されている。上部電極 16 b は横方向に対向して設けられ、一方の上部電極 16 b が出力端子 T 1 に、他方が入力端子 T 2 に接続されている。下部電極 12 b はグランド端子 G n d に接続されている。キャパシタ C 1 および C 2 は、それぞれ横方向に対向した楕円型電極を有する。一对の楕円型電極の電極指は互い違いに設けられている。楕円型電極は、上部電極 16 b から形成される。

【 0 0 2 7 】

基板 10 としては、例えばシリコン基板等の半導体基板、またはガラス基板等の絶縁基板を用いることができる。圧電膜 14、14 a および 14 b としては、例えば窒化アルミニウム膜または酸化亜鉛等を用いることができる。下部電極 12 a および 12 b、並びに上部電極 16 a および 16 b としては、ルテニウム、クロムまたはチタン等の金属膜を用いることができる。入力端子 T 2、出力端子 T 1 およびグランド端子 G n d は、例えば半田または金等のバンプである。

【 0 0 2 8 】

図 4 (a) は、横結合型共振器の等価回路であり、図 4 (b) は、横結合共振器の周波数に対する減衰量および位相を示す図である。図 4 (a) に示すように、横結合型共振器 50 の等価回路は、抵抗 R 0 1、R 0 2、インダクタ L 0 1 から L 0 4 およびキャパシタ C 0 1 から C 0 4 を有している。端子 T 0 1 と T 0 2 との間に抵抗 R 0 1、インダクタ L 0 1 およびキャパシタ C 0 1 が直列に接続されている。端子 T 0 1 とグランドとの間に、抵抗 R 0 2、インダクタ L 0 2、キャパシタ C 0 2 およびインダクタ L 0 3 が直接に接続されている。端子 T 0 2 とグランドとの間にインダクタ L 0 4 が接続されている。端子 T 0 1 および T 0 2 とグランドとの間に、それぞれキャパシタ C 0 3 および C 0 4 が接続されている。抵抗 R 0 1、インダクタ L 0 1 およびキャパシタ C 0 1 は、共振周波数 f_{r1} を有する直列共振回路であり、抵抗 R 0 2、インダクタ L 0 2 およびキャパシタ C 0 2 は、共振周波数 f_{r2} を有する直列共振回路である。共振周波数 f_{r1} と f_{r2} とは異なり、やや離れている。2 つの直列共振回路はインダクタ L 0 3 および L 0 4 により誘電結合されている。

【 0 0 2 9 】

図 4 (b) において、実線は減衰量、破線は位相を示す。共振周波数 f_{r1} および f_{r2} は、それぞれ 1.84 GHz および 1.92 GHz である。減衰量は共振周波数 f_{r1} および f_{r2} で極小となる。共振周波数 f_{r1} と f_{r2} との間で、位相がほぼ 90° の誘導性となる。また、1.67 GHz 以下においても位相がほぼ 90° の誘導性である。

【 0 0 3 0 】

実施例 1 のフィルタを受信フィルタとした分波器についてシミュレーションを行った。図 5 (a) は、シミュレーションに用いた実施例 1 のフィルタの回路図である。図 5 (a) に示すように、横結合型共振器 50 の端子 T 0 1 はキャパシタ C 1 を介し端子 T 1 に接続され、端子 T 0 2 はキャパシタ C 2 を介し端子 T 2 に接続されている。ラダー型フィルタ 40 の直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 3 は圧電薄膜共振器である。並列共振器 P 1 とグランドとの間にインダクタ L 1 が接続され、並列共振器 P 2 および P 3 とグランドとの間にインダクタ L 2 が接続されている。インダクタ L 1 および L 2 は

10

20

30

40

50

、通過帯域の高周波数側および低周波数側の減衰量を向上させる。端子T2から横結合型共振器50を通過し端子T1に至る経路を経路52、端子T2からラダー型フィルタ40を通過し端子T1に至る経路を経路54とする。

【0031】

図2から図3(b)における圧電膜14aおよび14bは窒化アルミニウム膜、下部電極12a、12b、上部電極16aおよび16bは、ルテニウム膜とクロム膜の積層膜とした。

【0032】

図5(b)は、分波器の回路図である。共通端子Antと受信端子Rxとの間に受信フィルタ30が接続されている、共通端子Antと送信端子Txとの間に送信フィルタ32が接続されている。受信フィルタ30を実施例1に係るフィルタ100とした。

10

【0033】

図6(a)は、通過特性を示す図、図6(b)はアイソレーション特性を示す図である。図6(a)は、送信端子Txから共通端子Antの通過特性、共通端子Antから受信端子Rxの通過特性を示している。図6(b)は、送信端子Txから受信端子Rxのアイソレーション特性を示している。送信帯域56および受信帯域58である。実線は、実施例1のフィルタを受信フィルタ30に用いた特性を示し、破線は、横結合型共振器50を有さない比較例1のフィルタを受信フィルタ30に用いた特性を示す。

【0034】

図6(a)に示すように、実施例1では、比較例1に比べ送信帯域56における受信フィルタ30の減衰量が向上している。図6(b)に示すように、送信帯域56における最悪のアイソレーションは、比較例では-55dBに対し、実施例1では-62dBと7dB改善している。

20

【0035】

図7(a)および図7(b)は、実施例1の経路52および54を通過する電流の周波数に対する振幅および位相を示す図である。振幅 $|Y|$ および位相 $\angle Y$ はアドミタンス Y 特性で示している。図7(a)に示すように、送信帯域56において、経路52および54の振幅はほぼ同じである。キャパシタC1およびC2の容量値を適切に選択することにより、経路52の振幅が経路54とほぼ同じになるように設定できる。キャパシタC1およびC2の容量値は、例えば0.3pFとすることができる。図7(b)に示すように、送信帯域56において経路52および54の位相はほぼ逆相である。このように、横結合型共振器50の共振周波数 f_{r1} および f_{r2} を送信帯域56の両側に位置するようにする。これにより、送信帯域56における横結合型共振器50の位相が誘導性となる。一方、送信帯域56はラダー型フィルタ40の通過帯域外となり、位相が容量性となる。このように、経路52と54との位相がほぼ逆相となる。

30

【0036】

実施例1によれば、図1のように、入力端子T2と出力端子T1との間に、直列共振器S1からS4に並列に横結合型共振器50が接続されている。図7(b)のように、ラダー型フィルタ40の通過帯域外の横結合型共振器50の位相が誘導性となる任意の周波数帯域において、経路52と54との位相をほぼ逆相とできる。よって、挿入損失を劣化させず、高い減衰量を実現できる。横結合型共振器50は、1または複数の直列共振器S1からS4のうち少なくとも1つの直列共振器と並列に接続されていればよい。

40

【0037】

図2から図3(b)のように、横結合型共振器50は、圧電膜14b(第1圧電膜)と、圧電膜14bを挟む下部電極12b(第1下部電極)および複数の上部電極16b(第1上部電極)と、を備える。これにより、図4(a)の等価回路を有する横結合型共振器を実現できる。

【0038】

また、直列共振器S1からS4および並列共振器P1からP3は、圧電膜14a(第2圧電膜)、圧電膜14aを挟む下部電極12a(第2下部電極)および上部電極16a(

50

第2上部電極)と、を備える圧電薄膜共振器である。圧電膜14aと圧電膜14bとは同じ圧電膜14を用いる。すなわち、圧電膜14aと14bは同じ材料からなり、その膜厚は略等しい。これにより、直列共振器S1からS4および並列共振器P1からP3の厚み縦振動に主に寄与する圧電膜14aと、横結合型共振器50の振動に主に寄与する圧電膜14b、とを同一の製造工程で製造できる。よって、製造する工数を削減できる。

【0039】

さらに、下部電極12aと12bとを同じ材料および略同じ膜厚とする。上部電極16aと16bとを同じ材料および略同じ膜厚とする。これにより、フィルタ100を製造する工数を削減できる。

【0040】

さらに、キャパシタC1およびC2が直列共振器S1からS4に並列、かつ横結合型共振器50に直列に接続されている。これにより、キャパシタC1およびC2の容量値を適切に設定することにより、経路52と54を通過する信号の振幅をほぼ同じとすることができる。また、キャパシタC1およびC2の容量値は、経路52のインピーダンスが横結合型共振器50のインピーダンスからあまり変わらない程度に小さく設定することが好ましい。キャパシタC1およびC2はいずれか一方だけ設けてもよい。

【0041】

このように、信号を抑圧させたい抑圧帯域において、経路52を通過する信号と経路54を通過する信号との振幅を略一致させ、位相を略逆相とする。これにより、任意の抑圧帯域において、減衰量を向上できる。経路52を通過する信号と経路54を通過する信号との振幅は、例えば $\pm 50\%$ の範囲で一致していることがより好ましく、 $\pm 20\%$ の範囲で一致していることがより好ましい。また、位相は、 $\pm 89^\circ$ の範囲で逆相であればよく、 $\pm 20\%$ の範囲で逆相であることがより好ましい。

【0042】

キャパシタC1およびC2は、横結合型共振器50の出力端子T1側と入力端子T2側に設けられている。これにより、ラダー型フィルタ40と横結合型共振器50を接続する際のインピーダンス整合が得られやすくなる。

【0043】

図5(b)のように、分波器の受信フィルタ30と送信フィルタ32の少なくとも一方を実施例1に係るフィルタとすることができる。このとき、横結合型共振器50の共振周波数を、送信フィルタ32および受信フィルタ30のうち相手方フィルタの通過帯域における位相が誘導性となるような周波数とする。これにより、相手フィルタの通過帯域において、経路52と54の位相を逆相とできる。よって、高アイソレーション特性が得られる。

【0044】

図8(a)は、実施例1の変形例1に係るフィルタの平面図、図8(b)はA-A断面図である。図8(a)および図8(b)に示すように、横結合型共振器50の上部電極16bは櫛型電極である。一对の櫛形電極の電極指が交互に設けられている。その他の構成は実施例1と同じであり、説明を省略する。

【0045】

実施例1の変形例1によれば、複数の上部電極16bは、互いに対向する櫛型電極である。これにより、上部電極16bの効率的な配置が可能となり、チップ面積を削減できる。

【0046】

図9および図10は、実施例1の変形例2に係るフィルタの平面図である。図9および図10に示すように、キャパシタC1およびC2は、圧電膜14を下部電極12bおよび上部電極16bが挟むMIM(Metal Insulator Metal)キャパシタである。その他の構成は実施例1およびその変形例1と同じであり説明を省略する。

【0047】

実施例1の変形例2のように、キャパシタとしてMIMキャパシタを用いることもでき

10

20

30

40

50

る。

【0048】

図11は、実施例1の変形例3に係るフィルタの断面図である。図11に示すように、横結合型共振器50の下部電極12bと基板10との間に空隙が形成されていない。その他の構成は実施例1と同じであり説明を省略する。

【0049】

図12(a)から図12(f)は、横結合型共振器の例を示す図である。図12(a)から図12(c)は、上部電極16bが2つであり、2極型共振器の例である。図12(d)から図12(f)は、上部電極16bが3つあり、3極型共振器である。図12(a)は、実施例1に用いた横結合型共振器である。図12(b)に示すように、下部電極12bを端子T02に接続し、上部電極16bの一方を端子T01に他方をグラウンドに接続してもよい。図12(c)に示すように、下部電極12bを端子T02に、上部電極16bを共通に端子T01に接続してもよい。図12(d)のように、下部電極12bをグラウンドに接続し、両側の上部電極16bを端子T01およびT02に、中央の上部電極16bをグラウンドに接続してもよい。図12(e)のように、下部電極12bを端子T02に、両側の上部電極16bを共通に端子T01に、中央の上部電極16bをグラウンドに接続してもよい。図12(f)のように、下部電極12bと中央の上部電極16bを共通に端子T02に、一方の上部電極16bを端子T01に、他方の上部電極16bをグラウンドに接続してもよい。

【0050】

2極型共振器は構造が単純であり、チップ面積を小さくできる。3極型共振器は通信帯域に3つの極が形成でき、多様な電気的特性を実現できる。横結合型共振器50として、4極以上の共振器を用いてもよい。これらの共振器を直列および/または並列に接続してもよい。実施例1およびその変形例に図12(a)から図12(f)の横結合型共振器を用いることができる。

【0051】

図13(a)および図13(b)は、圧電薄膜共振器の例を示す図である。図13(a)に示すように、基板10の上面に窪みが形成されており、下部電極12aは平坦に形成されている。これにより、空隙18aが基板10の窪みに形成される。空隙18aは、共振領域20を含むように形成されている。その他の構成は実施例1と同じであり説明を省略する。空隙18aは基板10を貫通するように形成されていてもよい。下部電極12aの下面に絶縁膜が形成されていてもよい。その他の構成は、図3(a)の圧電薄膜共振器と同じであり説明を省略する。

【0052】

図13(b)に示すように、共振領域20内の基板10内に音響反射膜21が形成されている。音響反射膜21は、音響インピーダンスの低い膜と音響インピーダンスの高い膜とが交互に設けられている。各膜の膜厚は例えば $\lambda/4$ (λ は弾性波の波長)である。これにより、音響反射膜21は、分布ブラック反射器として機能する。その他の構成は、図3(a)の圧電薄膜共振器と同じであり説明を省略する。

【0053】

図3(a)および図13(a)のように、圧電薄膜共振器は、共振領域20において空隙18aが基板10と下部電極12aとの間に形成されているFBAR(Film Bulk Acoustic Resonator)でもよい。また、図13(b)のように、圧電薄膜共振器は、共振領域20において下部電極12a下に圧電膜14aを伝搬する弾性波を反射する音響反射膜21を備えるSMR(Solidly Mounted Resonator)でもよい。共振領域20が楕円形状の例を説明したが、他の形状でもよい。例えば、共振領域20は、四角形または五角形等の多角形でもよい。

【実施例2】

【0054】

実施例2は、実施例1に係るフィルタを用いた分波器の例である。図14は、実施例2

に係る分波器の回路図である。図 1 4 に示すように、分波器 1 1 0 は、受信フィルタ 3 0、送信フィルタ 3 2 および横結合型共振器 5 0 を備えている。受信フィルタ 3 0 および送信フィルタ 3 2 は、ラダー型フィルタである。受信フィルタ 3 0 は、直列共振器 S 1 1 から S 1 4 および並列共振器 P 1 1 から P 1 3 を備えている。送信フィルタ 3 2 は、直列共振器 S 2 1 から S 2 4 および並列共振器 P 2 1 から P 2 3 を備えている。横結合型共振器 5 0 は、受信端子 R x と送信端子 T x との間に接続されている。

【 0 0 5 5 】

図 1 5 は、実施例 2 に係る分波器の平面図である。図 1 5 に示すように、受信フィルタ 3 0 は、基板 1 0 に形成されている。直列共振器 S 1 1 から S 1 4 および並列共振器 P 1 1 から P 1 3 は基板 1 0 上に形成された圧電薄膜共振器である。横結合型共振器 5 0 およびキャパシタ C 1 は、基板 1 0 に形成されている。送信フィルタ 3 2 は、基板 3 6 に形成されている。基板 3 6 は、圧電基板であり、例えばリチウム酸タンタル基板またはリチウム酸ニオブ基板である。直列共振器 S 2 1 から S 2 4 および並列共振器 P 2 1 から P 2 3 は基板 3 6 上に形成された弾性表面波共振器である。共振端子 A n t、送信端子 T x、受信端子 R x、接続端子 T 3、T 4 およびグランド端子 G n d は例えば基板 1 0 または 3 6 上に形成されたパンプである。基板 1 0 および 3 6 はパッケージ 3 8 上に搭載される。

【 0 0 5 6 】

実施例 2 によれば、横結合型共振器 5 0 が送信端子 T x と受信端子 R x との間に送信フィルタ 3 2 および受信フィルタ 3 0 と並列に接続されている。送信端子 T x から受信端子 R x に送信フィルタ 3 2 および受信フィルタ 3 0 を通過する経路 6 2 と、送信端子 T x から受信端子 R x にキャパシタ C 2、横結合型共振器 5 0 およびキャパシタ C 1 を通過する経路 6 4 と、で所望の周波数帯域における信号の振幅をほぼ同じとし、位相をほぼ逆相とする。これにより、送信端子 T x から受信端子 R x へのアイソレーション特性を向上できる。

【 0 0 5 7 】

また、送信フィルタ 3 2 および受信フィルタ 3 0 の少なくとも一方は、圧電薄膜共振器を含み、横結合型共振器 5 0 の圧電膜 1 4 b と圧電薄膜共振器の圧電膜 1 4 a は、同じ材料であり、同じ膜厚であることが好ましい。これにより、圧電膜 1 4 を形成する製造工程を簡略化できる。

【 0 0 5 8 】

図 1 6 は、実施例 2 の変形例 1 に係る分波器の回路図である。受信フィルタ 3 0 に並列に横結合型共振器 5 0 が接続されている。その他の構成は、実施例 2 と同じであり説明を省略する。

【 0 0 5 9 】

実施例 2 の変形例 1 のように、送信フィルタ 3 2 および受信フィルタ 3 0 の少なくとも一方を実施例 1 およびその変形例のフィルタとすることができる。

【 0 0 6 0 】

実施例 2 およびその変形例において、送信フィルタ 3 2 および受信フィルタ 3 0 の一方は多重モード型フィルタでもよい。

【 0 0 6 1 】

ラダー型フィルタ 4 0 の共振器として圧電薄膜共振器を用いる例を説明したが、共振器は、弾性表面波共振器、弾性境界波共振器またはラブ波共振器でもよい。

【 0 0 6 2 】

以上、本発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明に係る特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

- 1 0 基板
- 1 2 a、1 2 b 下部電極

10

20

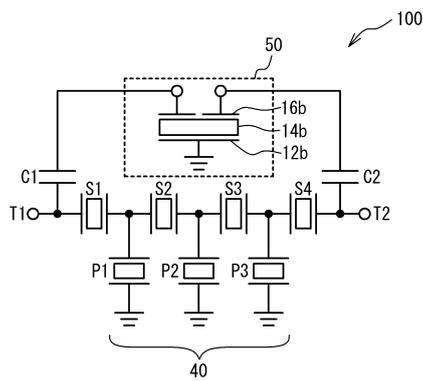
30

40

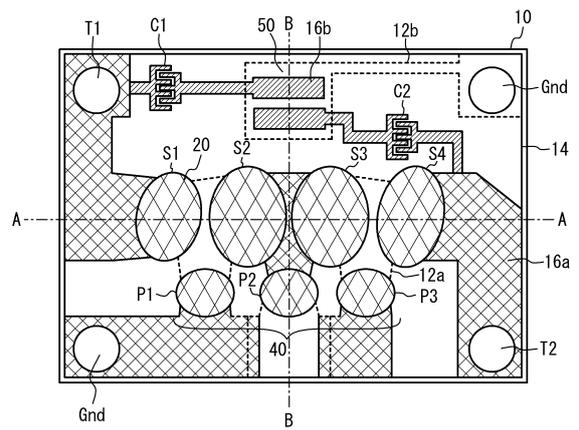
50

- 14 a、14 b 圧電膜
- 16 a、16 b 上部電極
- 18 a、18 b 空隙
- 20 共振領域
- 30 受信フィルタ
- 32 送信フィルタ
- 40 ラダー型フィルタ
- 50 横結合型共振器

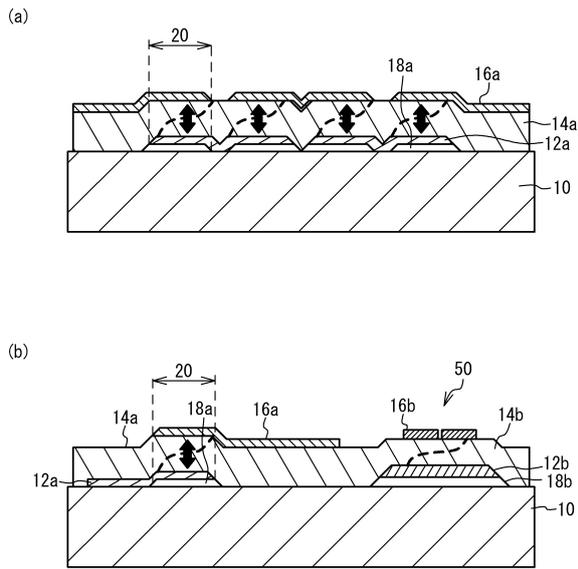
【図1】



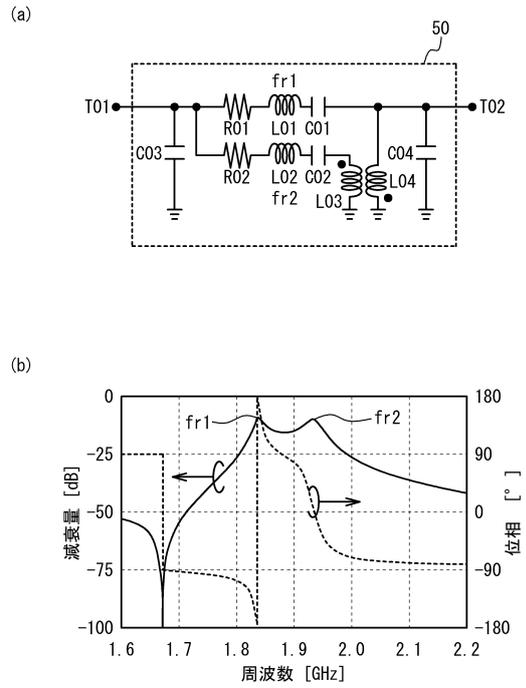
【図2】



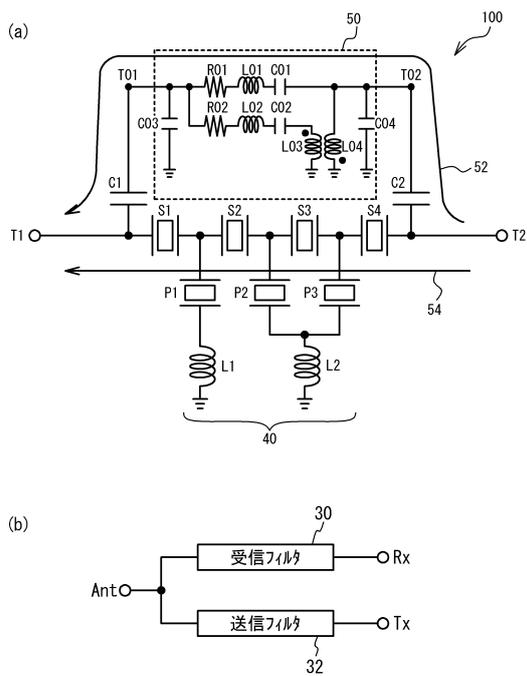
【図3】



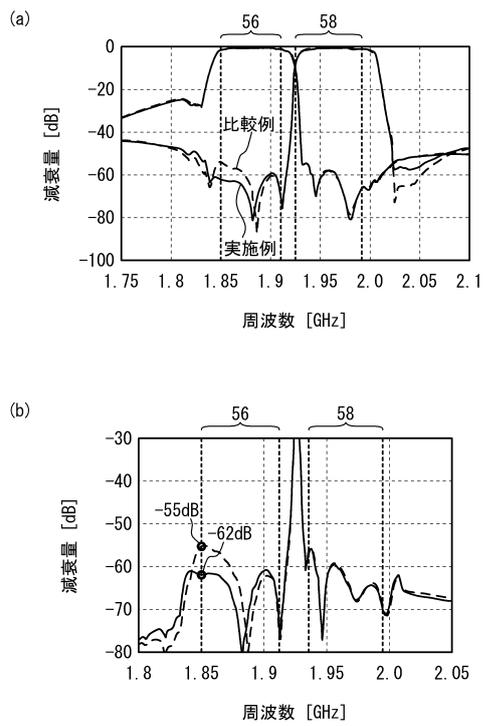
【図4】



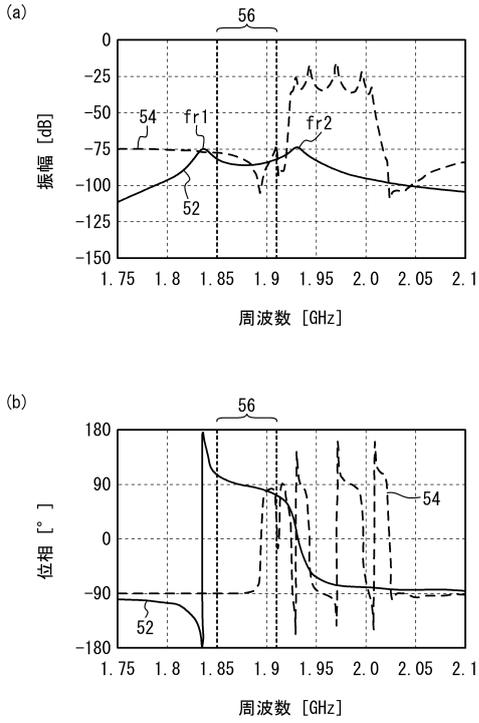
【図5】



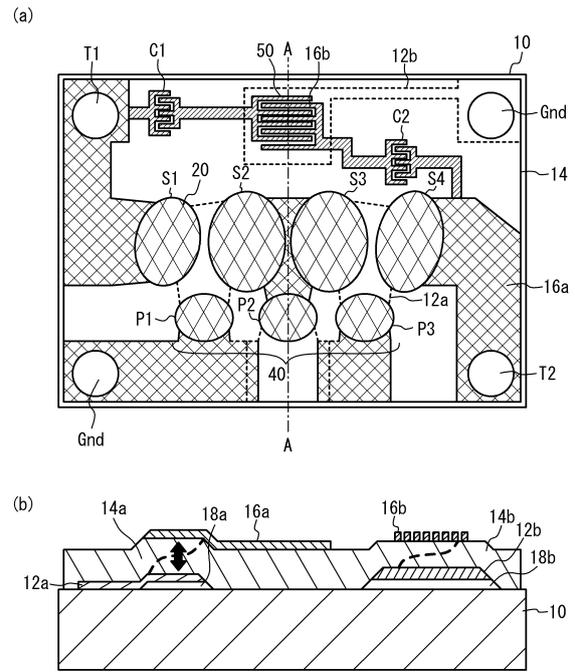
【図6】



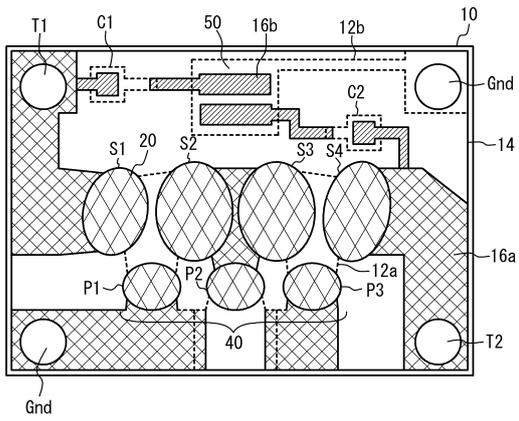
【 図 7 】



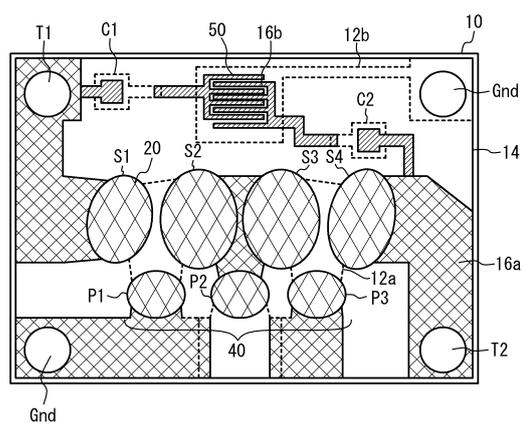
【 図 8 】



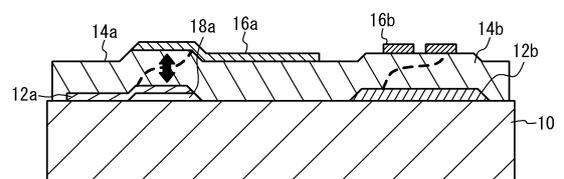
【 図 9 】



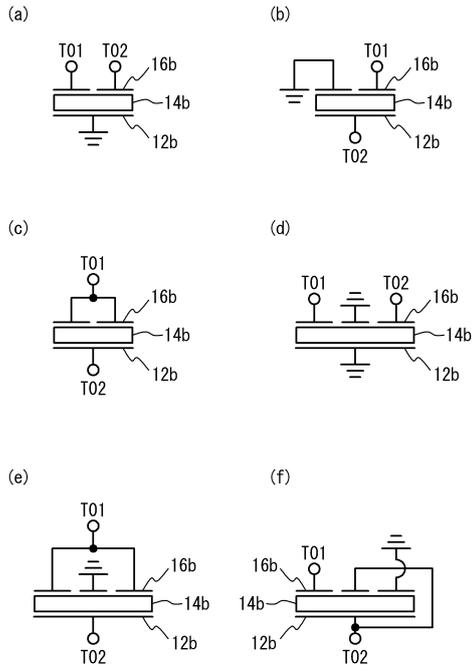
【 図 10 】



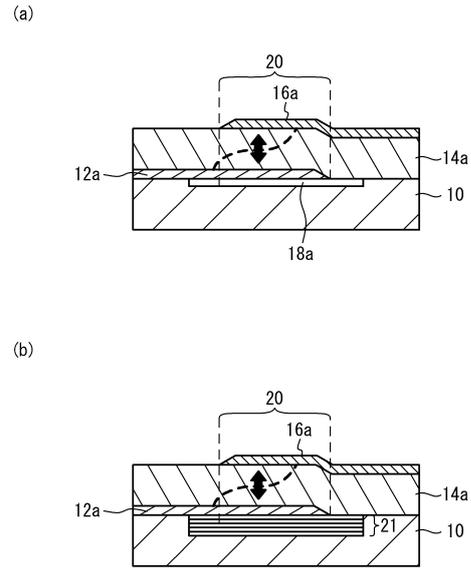
【 図 11 】



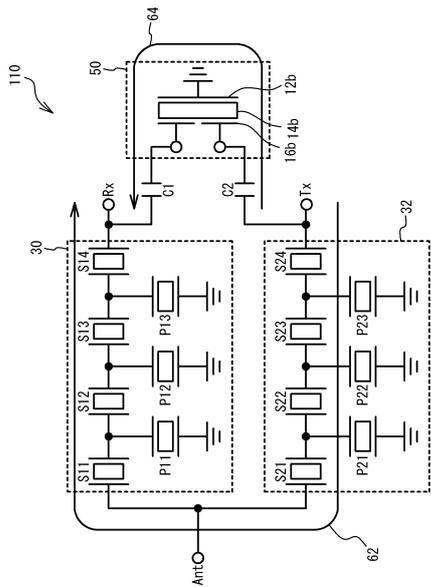
【 図 1 2 】



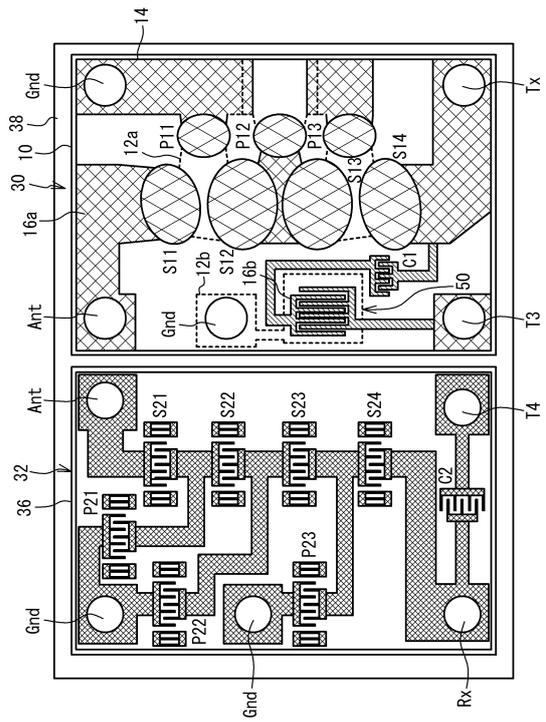
【 図 1 3 】



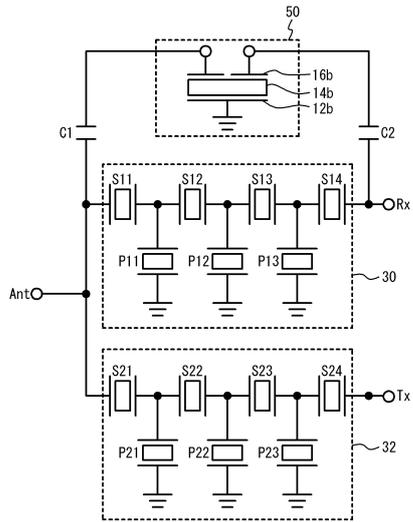
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 4 B 1/52 (2015.01) H 0 4 B 1/52

合議体

審判長 吉田 隆之

審判官 佐藤 智康

審判官 中野 浩昌

(56)参考文献 特開2013-118611(JP,A)
特表2008-543157(JP,A)
国際公開第2013/68652(WO,A1)
特開2013-115626(JP,A)
特開2012-109818(JP,A)
特開2011-71911(JP,A)
特開平11-88102(JP,A)
特開平8-56135(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H 3/007-3/06

H03H 9/02-9/66