

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7559819号
(P7559819)

(45)発行日 令和6年10月2日(2024.10.2)

(24)登録日 令和6年9月24日(2024.9.24)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 3 H	5/02 (2006.01)	H 0 3 H	5/02
H 0 3 H	7/01 (2006.01)	H 0 3 H	7/01 A
H 0 3 H	7/09 (2006.01)	H 0 3 H	7/09 Z
H 0 1 G	4/40 (2006.01)	H 0 1 G	4/40 3 2 1 A
H 0 1 F	27/00 (2006.01)	H 0 1 F	27/00 S
請求項の数 4 (全25頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2022-514344(P2022-514344)	(73)特許権者	000006231
(86)(22)出願日	令和3年3月5日(2021.3.5)		株式会社村田製作所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/008660		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(87)国際公開番号	WO2021/205793	(74)代理人	110001195
(87)国際公開日	令和3年10月14日(2021.10.14)		弁理士法人深見特許事務所
審査請求日	令和4年6月13日(2022.6.13)	(72)発明者	小川 圭介
(31)優先権主張番号	特願2020-70825(P2020-70825)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(32)優先日	令和2年4月10日(2020.4.10)		株式会社村田製作所内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	審査官	柳下 勝幸
前置審査			
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 LC共振器およびLCフィルタ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1平面電極と、
特定方向において前記第1平面電極の少なくとも一部と対向する第2平面電極と、
第1線路電極と、
前記第1線路電極から前記特定方向に延在し、前記第1平面電極および前記第2平面電極にそれぞれ接続された第1ビア導体および第2ビア導体と、
前記特定方向において前記第2平面電極の少なくとも一部と対向し、接地点に接続された第3平面電極とを備え、
前記第2平面電極は、前記特定方向において前記第1平面電極と前記第3平面電極との間に配置され、
前記第3平面電極は、前記特定方向において前記第2平面電極と前記接地点との間に配置され、
前記第2平面電極と前記第3平面電極の間には、電極が配置されておらず、
前記第1平面電極および前記第2平面電極は、第1キャパシタを形成し、
前記第1ビア導体、前記第1線路電極、前記第2ビア導体は、インダクタを形成し、
前記第2平面電極および前記第3平面電極は、第2キャパシタを形成し、
前記第1キャパシタ、前記インダクタ、および前記第2キャパシタは、単一の共振器を形成し、
前記特定方向から前記第3平面電極を平面視した場合、前記第3平面電極は、前記接地点

と重なる、ＬＣ共振器。

【請求項２】

第１端子および第２端子と、

第１ＬＣ共振器および第２ＬＣ共振器とを備え、

前記第１ＬＣ共振器および前記第２ＬＣ共振器の各々は、請求項１に記載のＬＣ共振器であり、

前記第１ＬＣ共振器の第１平面電極は、前記第１端子に電氣的に接続され、

前記第２ＬＣ共振器の第１平面電極は、前記第２端子に電氣的に接続されている、ＬＣフィルタ。

【請求項３】

第１端子および第２端子と、

第１ＬＣ共振器および第２ＬＣ共振器とを備え、

前記第１ＬＣ共振器および前記第２ＬＣ共振器の各々は、請求項１に記載のＬＣ共振器であり、

前記第１ＬＣ共振器の第１平面電極は、前記第１端子に電氣的に接続され、

前記第２ＬＣ共振器の第１平面電極は、前記第２端子に電氣的に接続され、

前記第１ＬＣ共振器および前記第２ＬＣ共振器の各々の第３平面電極は、接地されている、ＬＣフィルタ。

【請求項４】

前記第１ＬＣ共振器および前記第２ＬＣ共振器の一方からの信号を受けて当該信号を他方に伝達するＬＣ並列共振器をさらに備える、請求項２または３に記載のＬＣフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、ＬＣ共振器およびＬＣフィルタに関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、ＬＣ共振器およびＬＣフィルタが知られている。たとえば、国際公開第２００７／１１９３５６号（特許文献１）には、積層帯域通過フィルタが開示されている。当該積層帯域通過フィルタは、複数のＬＣ並列共振器を含む。複数のＬＣ並列共振器の各々においては、線路電極から２つのビア電極がキャパシタ電極および接地接続電極までそれぞれ延在している。線路電極および２つのビア電極によってループ状のインダクタが形成されるとともに、キャパシタ電極および接地接続電極によってキャパシタが形成される。複数のＬＣ並列共振器の配列方向から見たとき、複数のＬＣ並列共振器の各々のループ面の少なくとも一部が互いに重なるようにＬＣ並列共振器が配置されることにより、隣接するＬＣ並列共振器間の結合度（誘導結合）を高めることができる。その結果、積層帯域通過フィルタの広帯域化を図ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】国際公開第２００７／１１９３５６号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

ＬＣフィルタの特性（たとえば通過特性、反射特性、または減衰特性）は、インピーダンスが極値となるＬＣ共振器の共振周波数の調整によって実現される場合が多い。ＬＣフィルタの特性を改善するためには、当該ＬＣフィルタに含まれるＬＣ共振器の数を増やす必要がある。しかし、ＬＣ共振器の数を増やすと、フィルタが大型化し、その結果、挿入損失が増加し得る。

【０００５】

本発明は上記のような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、ＬＣフィルタの特性を改善しながら、ＬＣフィルタの大型化を抑制することである。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明の一実施形態に係るＬＣ共振器は、第１平面電極と、第２平面電極と、第１線路電極と、第１ビア導体と、第２ビア導体と、第３平面電極とを備える。第２平面電極は、特定方向において第１平面電極の少なくとも一部と対向する。第１ビア導体および第２ビア導体は、第１線路電極から特定方向に延在し、第１平面電極および第２平面電極にそれぞれ接続されている。第３平面電極は、特定方向において第２平面電極の少なくとも一部と対向する。第２平面電極は、特定方向において第１平面電極と第３平面電極との間に配置されている。

10

【発明の効果】

【０００７】

本発明の一実施形態に係るＬＣ共振器によれば、第３平面電極が特定方向において第２平面電極の少なくとも一部と対向しているとともに、第２平面電極が特定方向において第１平面電極と第３平面電極との間に配置されていることにより、ＬＣフィルタの特性を改善しながら、ＬＣフィルタの大型化を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】実施の形態１に係るＬＣ共振器の等価回路図である。

20

【図２】図１のＬＣ共振器の外観斜視図である。

【図３】図２の積層体の内部に形成された電極構造の外観斜視図である。

【図４】図３の電極構造をＹ軸方向から平面視した図である。

【図５】図３の電極構造をＸ軸方向から平面視した図である。

【図６】実施の形態１の比較例１に係るＬＣ並列共振器の等価回路図である。

【図７】実施の形態１の比較例２に係るＬＣ共振器の等価回路図である。

【図８】図１のＬＣ共振器、図６のＬＣ並列共振器、および図７のＬＣ共振器の各々の通過特性を併せて示す図である。

【図９】実施の形態１の変形例に係るＬＣ共振器の等価回路図である。

【図１０】実施の形態２に係るＬＣフィルタの一例であるバンドパスフィルタの等価回路図である。

30

【図１１】図１０のバンドパスフィルタの外観斜視図である。

【図１２】図１１の積層体の内部に形成された電極構造の外観斜視図である。

【図１３】図１２の電極構造をＹ軸方向から平面視した図である。

【図１４】図１２の電極構造をＸ軸方向から平面視した図である。

【図１５】実施の形態２の比較例に係るバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図１６】図１５のバンドパスフィルタの電極構造の外観斜視図である。

【図１７】図１６の電極構造をＹ軸方向から平面視した図である。

【図１８】図１６の電極構造をＸ軸方向から平面視した図である。

【図１９】図１０のバンドパスフィルタの通過特性（直線）および図１５のバンドパスフィルタの通過特性（点線）を併せて示す図である。

40

【図２０】実施の形態２の変形例に係るバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図２１】実施の形態３に係るＬＣフィルタの一例であるバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図２２】図２１のバンドパスフィルタの外観斜視図である。

【図２３】図２２の積層体の内部に形成された電極構造の外観斜視図である。

【図２４】図２３の電極構造をＹ軸方向から平面視した図である。

【図２５】図２３の電極構造をＸ軸方向から平面視した図である。

【図２６】図２１のバンドパスフィルタの通過特性を示す図である。

【図２７】実施の形態３の変形例に係るバンドパスフィルタの等価回路図である。

50

【図 28】実施の形態 4 に係るバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図 29】図 28 のバンドパスフィルタの通過特性を示す図である。

【図 30】実施の形態 4 の変形例に係るバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図 31】実施の形態 5 に係る LC フィルタの一例であるバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図 32】図 31 のバンドパスフィルタの通過特性を示す図である。

【図 33】実施の形態 5 の変形例に係るバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図 34】図 33 のバンドパスフィルタの通過特性を示す図である。

【図 35】実施の形態 6 に係るバンドパスフィルタの等価回路図である。

【図 36】図 35 のバンドパスフィルタの通過特性を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中において同一の構成には同一の参照符号を付している。

【0010】

〔実施の形態 1〕

図 1 は、実施の形態 1 に係る LC 共振器 1 A の等価回路図である。図 1 に示されるように、LC 共振器 1 A は、入出力端子 P 1 1 , P 1 2 の接続ノードと接地点 GND との間に接続されている。LC 共振器 1 A は、インダクタ 1 0 A と、キャパシタ 1 1 A と、キャパシタ 1 2 A とを備える。インダクタ 1 0 A およびキャパシタ 1 1 A は、キャパシタ 1 2 A の一方の電極と、入出力端子 P 1 1 および P 1 2 の接続ノードとの間において並列に接続され、LC 並列共振回路を形成している。キャパシタ 1 2 A の他方の電極は、接地されている。インダクタ 1 0 A およびキャパシタ 1 2 A は、接地点 GND と、入出力端子 P 1 1 および P 1 2 の接続ノードとの間において直列に接続され、LC 直列共振回路を形成している。

20

【0011】

図 2 は、図 1 の LC 共振器 1 A の外観斜視図である。図 2 において、X 軸、Y 軸、および Z 軸は互いに直交している。図 3 ~ 図 5 , 図 1 1 ~ 図 1 4 , 図 1 6 ~ 図 1 8 , 図 2 2 ~ 図 2 5 においても同様である。図 2 に示されるように、LC 共振器 1 A は、複数の誘電体層が Z 軸方向に積層された積層体 1 8 0 として形成されている。積層体 1 8 0 の底面には、接地端子 G 1 が形成されている。

30

【0012】

図 3 は、図 2 の積層体 1 8 0 の内部に形成された電極構造の外観斜視図である。図 4 は、図 3 の電極構造を Y 軸方向から平面視した図である。図 5 は、図 3 の電極構造を X 軸方向から平面視した図である。図 3 ~ 図 5 に示されるように、LC 共振器 1 A は、線路電極 1 0 1 (第 1 線路電極) と、平面電極 1 0 2 (第 1 平面電極) と、平面電極 1 0 3 (第 2 平面電極) と、ビア導体 1 1 1 (第 1 ビア導体) と、ビア導体 1 1 2 (第 2 ビア導体) と、接地電極 1 0 4 (第 3 平面電極) と、ビア導体 1 3 1 , 1 3 2 , 1 3 3 , 1 3 4 とを備える。

【0013】

平面電極 1 0 3 は、Z 軸方向 (特定方向) において平面電極 1 0 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 1 0 2 , 1 0 3 は、キャパシタ 1 1 A を形成している。

40

【0014】

線路電極 1 0 1 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 1 1 1 , 1 1 2 は、線路電極 1 0 1 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 1 0 2 , 1 0 3 にそれぞれ接続されている。ビア導体 1 1 1 、線路電極 1 0 1 、およびビア導体 1 1 2 は、インダクタ 1 0 A を形成している。

【0015】

平面電極 1 0 3 は、Z 軸方向において平面電極 1 0 2 と接地電極 1 0 4 との間に配置されている。接地電極 1 0 4 は、Z 軸方向において平面電極 1 0 3 の少なくとも一部と対向

50

している。平面電極 103 および接地電極 104 は、キャパシタ 12A を形成している。

【0016】

接地電極 104 は、ビア導体 131～134 の各々によって接地端子 G1 に接続されて、接地されている。なお、図 1 の入出力端子 P11, P12 は、たとえば平面電極 102 またはビア導体 111 に接続される。

【0017】

LC 共振器 1A においては、インダクタ 10A を形成するビア導体 111, 112 の各々の Z 軸方向の長さが異なり、ビア導体 112 の方がビア導体 111 よりも長い。そのため、線路電極 101 の中央部分からビア導体 112 の間に電流集中が偏る。その結果、線路電極 101 の縁部に電流集中が生じることによる損失の悪化を改善することができる。

【0018】

図 6 は、実施の形態 1 の比較例 1 に係る LC 並列共振器 9A の等価回路図である。LC 並列共振器 9A の構成は、図 1 の LC 共振器 1A からキャパシタ 12A が除かれた構成である。これら以外は同様であるため説明を繰り返さない。図 6 に示されるように、インダクタ 10A およびキャパシタ 11A は、接地されている。

【0019】

図 7 は、実施の形態 1 の比較例 2 に係る LC 共振器 9B の等価回路図である。LC 共振器 9B の構成は、図 6 の LC 並列共振器 9A にキャパシタ 13A が追加された構成である。これ以外は同様であるため説明を繰り返さない。図 7 に示されるように、インダクタ 10A およびキャパシタ 13A は、接地点 GND と、入出力端子 P11 および P12 の接続ノードとの間において直列に接続されている。キャパシタ 11A およびキャパシタ 13A は、接地点 GND と、入出力端子 P11 および P12 の接続ノードとの間において並列に接続されている。LC 共振器 9B は、インダクタ 10A およびキャパシタ 11A によって形成される LC 並列共振器、およびインダクタ 10A およびキャパシタ 13A によって形成される LC 直列共振器を含む。

【0020】

図 8 は、図 1 の LC 共振器 1A、図 6 の LC 並列共振器 9A、および図 7 の LC 共振器 9B の各々の通過特性を併せて示す図である。図 8 において、曲線 C1, C9A, C9B は、LC 共振器 1A の通過特性、LC 並列共振器 9A の通過特性、および LC 共振器 9B の通過特性をそれぞれ表す。なお、図 8 に示される各通過特性は、キャパシタ 11A～13A の各々の容量が同じである場合の通過特性である。

【0021】

図 8 に示されるように、LC 並列共振器 9A の通過特性においては、周波数 f_{90} において減衰量が極小となる。LC 共振器 9B の通過特性においては、周波数 f_{91} において減衰量が極大となり、周波数 f_{92} ($> f_{91}$) において減衰量が極小となる。LC 共振器 1A の通過特性においては、周波数 f_{11} において減衰量が極大となり、周波数 f_{12} ($> f_{11}$) において減衰量が極小となる。

【0022】

LC 共振器 1A の通過特性と LC 並列共振器 9A の通過特性を比較すると、LC 並列共振器 9A には LC 直列共振器が含まれないため、LC 並列共振器 9A の通過特性には減衰量が極大となる減衰極が生じていない。LC 共振器 1A を用いて LC フィルタを形成することにより、通過帯域外の信号を通過させないという性能の指標である減衰特性を、LC 並列共振器 9A を用いて LC フィルタを形成する場合よりも改善することができる。また、減衰極を生じさせるための別個の LC 共振器が不要となるため、LC フィルタのサイズを小さくすることができる。

【0023】

LC 共振器 1A の通過特性と LC 共振器 9B の通過特性を比較すると、減衰量が極大となる周波数および極小となる周波数は、いずれも LC 共振器 1A の方が低い。減衰量が極大となる周波数および極小となる周波数は、LC 直列共振器の共振周波数および LC 並列共振器の共振周波数にそれぞれ依存している。LC 共振器を形成するインダクタのインダ

10

20

30

40

50

クタンスおよびキャパシタの容量が小さい程、ＬＣ共振器の共振周波数は高い。ＬＣ共振器１Ａに含まれるインダクタのインダクタンスおよびキャパシタの容量をＬＣ共振器９Ｂに含まれるインダクタのインダクタンスおよびキャパシタのキャパシタンスよりもそれぞれ小さくすることにより、ＬＣ共振器１Ａの通過特性をＬＣ共振器９Ｂの通過特性に近づけることができる。すなわち、所望の通過特性を有するＬＣフィルタを実現する場合、ＬＣ共振器１Ａを用いる方がＬＣ共振器９Ｂを用いる場合よりもＬＣフィルタのサイズを小さくすることができる。

【００２４】

ＬＣ共振器１Ａにおいては、キャパシタ１２Ａが接地されている構成について説明した。キャパシタ１２Ａは接地されていなくてもよい。図９は、実施の形態１の変形例に係るＬＣ共振器１Ｂの等価回路図である。図９においては、図１において接地されていたキャパシタ１２Ａの第３平面電極が入出力端子Ｐ１０に接続されている。これ以外は同様であるため説明を繰り返さない。

10

【００２５】

以上、実施の形態１および変形例に係るＬＣ共振器によれば、ＬＣフィルタの特性を改善しながら、ＬＣフィルタの大型化を抑制することができる。

【００２６】

実施の形態２～６においては、実施の形態１に係るＬＣ共振器を含むＬＣフィルタについて説明する。実施の形態２においては２つのＬＣ共振器を含む２段のＬＣフィルタについて説明し、実施の形態３，４，５においては４つのＬＣ共振器を含む４段のＬＣフィルタについて説明し、実施の形態６においては５つのＬＣ共振器を含む５段のＬＣフィルタについて説明する。

20

【００２７】

〔実施の形態２〕

図１０は、実施の形態２に係るＬＣフィルタの一例であるバンドパスフィルタ２００の等価回路図である。図１０に示されるように、バンドパスフィルタ２００は、入出力端子Ｐ２１（第１端子）と、入出力端子Ｐ２２（第２端子）と、ＬＣ共振器１（第１ＬＣ共振器）と、ＬＣ共振器２（第２ＬＣ共振器）と、キャパシタＣ１２と、インダクタＬＧとを備える。バンドパスフィルタ２００は、２段のバンドパスフィルタである。

【００２８】

30

インダクタＬＧの一方端は、接地点ＧＮＤに接続されている。ＬＣ共振器１は、入出力端子Ｐ２１とインダクタＬＧの他方端との間に接続されている。ＬＣ共振器２は、入出力端子Ｐ２２とインダクタＬＧの他方端との間に接続されている。ＬＣ共振器１と２の間には、磁気結合Ｍ１２が生じる。キャパシタＣ１２は、ＬＣ共振器１と２の間に接続されている。キャパシタＣ１２は、ＬＣ共振器１と２の間に生じる容量結合を表す。

【００２９】

ＬＣ共振器１は、インダクタ１０と、キャパシタ１１，１２とを含む。ＬＣ共振器２は、インダクタ２０と、キャパシタ２１，２２とを含む。ＬＣ共振器１，２の各々は、図１に示されるＬＣ共振器１Ａと同じ構成を有する。すなわち、インダクタ１０，キャパシタ１１，１２は、インダクタ１０Ａ，キャパシタ１１Ａ，１２Ａにそれぞれ対応する。インダクタ２０，キャパシタ２１，２２は、インダクタ１０Ａ，キャパシタ１１Ａ，１２Ａにそれぞれ対応する。

40

【００３０】

図１１は、図１０のバンドパスフィルタ２００の外観斜視図である。図１１に示されるように、バンドパスフィルタ２００は、複数の誘電体層がＺ軸方向に積層された積層体２８０として形成されている。積層体２８０の底面には、入出力端子Ｐ２１，Ｐ２２，接地端子Ｇ２が形成されている。入出力端子Ｐ２１，Ｐ２２、および接地端子Ｇ２は、たとえば積層体２８０の底面に平面電極が規則的に配置されたＬＧＡ（Land Grid Array）端子である。積層体２８０の底面は、不図示の回路基板に接続される。

【００３１】

50

図 1 2 は、図 1 1 の積層体 2 8 0 の内部に形成された電極構造の外観斜視図である。図 1 3 は、図 1 2 の電極構造を Y 軸方向から平面視した図である。図 1 4 は、図 1 2 の電極構造を X 軸方向から平面視した図である。図 1 2 ～図 1 4 に示されるように、バンドパスフィルタ 2 0 0 は、線路電極 2 1 1（第 1 線路電極）と、平面電極 2 1 2（第 1 平面電極）と、平面電極 2 1 3（第 2 平面電極）と、ビア導体 2 3 1（第 1 ビア導体）と、ビア導体 2 3 2（第 2 ビア導体）とを備える。バンドパスフィルタ 2 0 0 は、線路電極 2 2 1（第 1 線路電極）と、平面電極 2 2 2（第 1 平面電極）と、平面電極 2 2 3（第 2 平面電極）と、ビア導体 2 4 1（第 1 ビア導体）と、ビア導体 2 4 2（第 2 ビア導体）とをさらに備える。バンドパスフィルタ 2 0 0 は、接地電極 2 0 4（第 3 平面電極）と、ビア導体 2 5 1，2 5 2，2 6 1，2 6 2，2 6 3，2 7 1，2 7 2 とをさらに備える。

10

【0032】

平面電極 2 1 3 は、Z 軸方向において平面電極 2 1 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 2 1 2，2 1 3 は、キャパシタ 1 1 を形成している。平面電極 2 1 2 は、ビア導体 2 5 1，2 5 2 によって入出力端子 P 2 1 に接続されている。

【0033】

線路電極 2 1 1 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 2 3 1，2 3 2 は、線路電極 2 1 1 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 2 1 2，2 1 3 にそれぞれ接続されている。ビア導体 2 3 1、線路電極 2 1 1、およびビア導体 2 3 2 は、インダクタ 1 0 を形成している。

【0034】

平面電極 2 1 3 は、Z 軸方向において平面電極 2 1 2 と接地電極 2 0 4 との間に配置されている。接地電極 2 0 4 は、Z 軸方向において平面電極 2 1 3 の少なくとも一部と対向している。平面電極 2 1 3 および接地電極 2 0 4 は、キャパシタ 1 2 を形成している。

20

【0035】

平面電極 2 2 3 は、Z 軸方向において平面電極 2 2 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 2 2 2，2 2 3 は、キャパシタ 2 1 を形成している。平面電極 2 2 2 は、ビア導体 2 7 1，2 7 2 によって入出力端子 P 2 2 に接続されている。

【0036】

線路電極 2 2 1 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 2 4 1，2 4 2 は、線路電極 2 2 1 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 2 2 2，2 2 3 にそれぞれ接続されている。ビア導体 2 4 1、線路電極 2 2 1、およびビア導体 2 4 2 は、インダクタ 2 0 を形成している。

30

【0037】

平面電極 2 2 3 は、Z 軸方向において平面電極 2 2 2 と接地電極 2 0 4 との間に配置されている。接地電極 2 0 4 は、Z 軸方向において平面電極 2 2 3 の少なくとも一部と対向している。平面電極 2 2 3 および接地電極 2 0 4 は、キャパシタ 2 2 を形成している。

【0038】

接地電極 2 0 4 は、ビア導体 2 6 1～2 6 3 の各々によって接地端子 G 2 に接続されて、接地されている。ビア導体 2 6 1～2 6 3 は、インダクタ L G を形成している。

【0039】

図 1 5 は、実施の形態 2 の比較例に係るバンドパスフィルタ 9 0 0 の等価回路図である。バンドパスフィルタ 9 0 0 の構成は、図 1 0 の LC 共振器 1，2 が LC 並列共振器 9 1，9 2 にそれぞれ置き換えられた構成である。LC 並列共振器 9 1 の構成は、LC 共振器 1 からキャパシタ 1 2 が除かれた構成である。LC 並列共振器 9 2 の構成は、LC 共振器 2 からキャパシタ 2 2 が除かれた構成である。これら以外は同様であるため説明を繰り返さない。図 1 5 に示されるように、インダクタ 1 0 およびキャパシタ 1 1 は、接地されている。インダクタ 2 0 およびキャパシタ 2 1 は、接地されている。

40

【0040】

バンドパスフィルタ 9 0 0 は、バンドパスフィルタ 2 0 0 と同様に複数の誘電体層が Z 軸方向に積層された積層体として形成されている。バンドパスフィルタ 9 0 0 の外観斜視

50

図は、図 1 1 に示されるバンドパスフィルタ 2 0 0 の外観斜視図と同様であるため、説明を繰り返さない。図 1 6 ~ 1 8 を用いて、当該積層体の内部に形成された電極構造について説明する。

【 0 0 4 1 】

図 1 6 は、図 1 5 のバンドパスフィルタ 9 0 0 の電極構造の外観斜視図である。図 1 7 は、図 1 6 の電極構造を Y 軸方向から平面視した図である。図 1 8 は、図 1 6 の電極構造を X 軸方向から平面視した図である。図 1 6 ~ 図 1 8 に示されるように、バンドパスフィルタ 9 0 0 は、線路電極 9 1 1 と、平面電極 9 1 2 と、ビア導体 9 3 1 , 9 3 2 とを備える。バンドパスフィルタ 9 0 0 は、線路電極 9 2 1 と、平面電極 9 2 2 と、ビア導体 9 4 1 , 9 4 2 とをさらに備える。バンドパスフィルタ 9 0 0 は、接地電極 9 0 4 と、平面電極 9 0 3 と、ビア導体 9 5 0 , 9 6 1 , 9 6 2 , 9 6 3 , 9 7 0 とをさらに備える。

10

【 0 0 4 2 】

線路電極 9 1 1 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 9 3 1 , 9 3 2 は、線路電極 9 1 1 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 9 1 2 および接地電極 9 0 4 にそれぞれ接続されている。ビア導体 9 3 1 、線路電極 9 1 1 、およびビア導体 9 3 2 は、インダクタ 1 0 を形成している。

【 0 0 4 3 】

接地電極 9 0 4 は、Z 軸方向において平面電極 9 1 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 9 1 2 および接地電極 9 0 4 は、キャパシタ 1 1 を形成している。平面電極 9 1 2 は、ビア導体 9 5 0 によって入出力端子 P 2 1 に接続されている。

20

【 0 0 4 4 】

線路電極 9 2 1 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 9 4 1 , 9 4 2 は、線路電極 9 2 1 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 9 2 2 および接地電極 9 0 4 にそれぞれ接続されている。ビア導体 9 4 1 、線路電極 9 2 1 、およびビア導体 9 4 2 は、インダクタ 2 0 を形成している。

【 0 0 4 5 】

接地電極 9 0 4 は、Z 軸方向において平面電極 9 2 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 9 2 2 および接地電極 9 0 4 は、キャパシタ 2 1 を形成している。平面電極 9 2 2 は、ビア導体 9 7 0 によって入出力端子 P 2 2 に接続されている。

【 0 0 4 6 】

平面電極 9 0 3 は、Z 軸方向において平面電極 9 1 2 の少なくとも一部と対向しているとともに、平面電極 9 2 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 9 1 2 , 9 0 3 , 9 2 2 は、キャパシタ C 1 2 を形成している。接地電極 9 0 4 は、ビア導体 9 6 1 ~ 9 6 3 によって接地端子 G 2 に接続されて、接地されている。ビア導体 9 6 1 ~ 9 6 3 は、インダクタ L G を形成している。

30

【 0 0 4 7 】

図 1 9 は、図 1 0 のバンドパスフィルタ 2 0 0 の通過特性（直線）および図 1 5 のバンドパスフィルタ 9 0 0 の通過特性（点線）を併せて示す図である。図 1 9 に示されるように、バンドパスフィルタ 9 0 0 の通過特性において、通過帯域より低域側の周波数帯に減衰極が生じていない。一方、バンドパスフィルタ 2 0 0 の通過特性においては、通過帯域より低い周波数 f_2 において減衰極が生じている。バンドパスフィルタ 2 0 0 においては、当該減衰極により、通過帯域の低域側の境界付近の急峻性がバンドパスフィルタ 9 0 0 よりも改善されている。すなわち、バンドパスフィルタ 2 0 0 においては、通過可能な信号の周波数を所望の周波数帯に限定するというバンドパスフィルタの機能がバンドパスフィルタ 9 0 0 よりも改善されている。

40

【 0 0 4 8 】

バンドパスフィルタ 2 0 0 においては、LC 共振器が入出力端子に直接接続される場合について説明した。LC 共振器は、入出力端子に電氣的に接続されていればよく、直接接続されていなくてもよい。LC 共振器が入出力端子に電氣的に接続される場合には、LC 共振器が入出力端子と容量結合する場合が含まれる。

50

【0049】

図20は、実施の形態2の変形例に係るバンドパスフィルタ200Aの等価回路図である。バンドパスフィルタ200Aの構成は、図10のバンドパスフィルタ200にキャパシタC i o 1, C i o 2が追加された構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【0050】

図20に示されるように、キャパシタC i o 1は、入出力端子P 2 1と、インダクタ10およびキャパシタ11の接続ノードとの間に接続されている。すなわち、キャパシタ11に含まれる第1平面電極は、入出力端子P 2 1に電氣的に接続されている。キャパシタC i o 1は、入出力端子P 2 1とLC共振器1との間に生じる容量結合を表す。

10

【0051】

キャパシタC i o 2は、入出力端子P 2 2と、インダクタ20およびキャパシタ21の接続ノードとの間に接続されている。すなわち、キャパシタ21に含まれる第1平面電極は、入出力端子P 2 2に電氣的に接続されている。キャパシタC i o 2は、入出力端子P 2 2とLC共振器2との間に生じる容量結合を表す。

【0052】

以上、実施の形態2および変形例に係るLCフィルタによれば、LCフィルタの特性を改善しながら、LCフィルタの大型化を抑制することができる。

【0053】

〔実施の形態3〕

20

図21は、実施の形態3に係るLCフィルタの一例であるバンドパスフィルタ300の等価回路図である。図21に示されるように、バンドパスフィルタ300は、入出力端子P 3 1（第1端子）と、入出力端子P 3 2（第2端子）と、LC共振器1（第1LC共振器）と、LC共振器2, 3と、LC共振器4（第2LC共振器）と、キャパシタC 1 2, C 2 3, C 3 4とを備える。バンドパスフィルタ300は、4段のバンドパスフィルタである。

【0054】

LC共振器1のキャパシタ12は、入出力端子P 3 1に接続されている。キャパシタC 1 2は、LC共振器1と2との間に接続されている。キャパシタC 1 2は、LC共振器1と2との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC 2 3は、LC共振器2と3との間に接続されている。キャパシタC 2 3は、LC共振器2と3との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC 3 4は、LC共振器3と4との間に接続されている。キャパシタC 3 4は、LC共振器3と4との間に生じる容量結合を表す。LC共振器4のキャパシタ42は、入出力端子P 3 2に接続されている。

30

【0055】

LC共振器1と2の間には、磁気結合M 1 2が生じる。LC共振器2と3の間には磁気結合M 2 3が生じる。LC共振器3と4の間には、磁気結合M 3 4が生じる。

【0056】

LC共振器1, 2は、それぞれ図9のLC共振器1Bおよび図1のLC共振器1Aと同じ構成を有する。キャパシタ12およびインダクタ10は、入出力端子P 3 1とP 3 2との間においてこの順に直列に接続されている。キャパシタ12は、インダクタ10およびキャパシタ11によって形成されるLC並列共振器と入出力端子P 3 1との容量結合を表す。

40

【0057】

LC共振器3は、インダクタ30と、キャパシタ31, 32とを含む。LC共振器4は、インダクタ40と、キャパシタ41, 42とを含む。LC共振器3, 4の各々は、図1のLC共振器1Aおよび図9のLC共振器1Bと同じ構成を有する。すなわち、インダクタ30, キャパシタ31, 32は、インダクタ10A, キャパシタ11A, 12Aにそれぞれ対応する。インダクタ40, キャパシタ41, 42は、インダクタ10A, キャパシタ11A, 12Aにそれぞれ対応する。キャパシタ42およびインダクタ40は、入出力

50

端子 P 3 2 と P 3 1 との間においてこの順に直列に接続されている。キャパシタ 4 2 は、インダクタ 4 0 およびキャパシタ 4 1 によって形成される L C 並列共振器と入出力端子 P 3 2 との容量結合を表す。

【 0 0 5 8 】

図 2 2 は、図 2 1 のバンドパスフィルタ 3 0 0 の外観斜視図である。図 2 2 に示されるように、バンドパスフィルタ 3 0 0 は、複数の誘電体層が Z 軸方向に積層された積層体 3 8 0 として形成されている。積層体 3 8 0 の底面には、入出力端子 P 3 1 , P 3 2 , 接地端子 G 3 が形成されている。入出力端子 P 3 1 , P 3 2 , および接地端子 G 3 は、たとえば積層体 3 8 0 の底面に平面電極が規則的に配置された L G A (Land Grid Array) 端子である。積層体 3 8 0 の底面は、不図示の回路基板に接続される。

10

【 0 0 5 9 】

図 2 3 は、図 2 2 の積層体 3 8 0 の内部に形成された電極構造の外観斜視図である。図 2 4 は、図 2 3 の電極構造を Y 軸方向から平面視した図である。図 2 5 は、図 2 3 の電極構造を X 軸方向から平面視した図である。図 2 3 ~ 図 2 5 に示されるように、バンドパスフィルタ 3 0 0 は、線路電極 3 1 1 (第 1 線路電極) と、平面電極 3 1 2 (第 1 平面電極) と、平面電極 3 1 3 (第 2 平面電極) と、平面電極 3 1 4 (第 3 平面電極) と、ビア導体 3 3 4 (第 1 ビア導体) と、ビア導体 3 3 5 (第 2 ビア導体) とを備える。バンドパスフィルタ 3 0 0 は、線路電極 3 2 1 (第 1 線路電極) と、平面電極 3 2 2 (第 1 平面電極) と、平面電極 3 2 3 (第 2 平面電極) と、ビア導体 3 3 6 (第 1 ビア導体) と、ビア導体 3 3 7 (第 2 ビア導体) とをさらに備える。バンドパスフィルタ 3 0 0 は、線路電極 3 3 1 (第 1 線路電極) と、平面電極 3 3 2 (第 1 平面電極) と、平面電極 3 3 3 (第 2 平面電極) と、ビア導体 3 5 1 (第 1 ビア導体) と、ビア導体 3 5 2 (第 2 ビア導体) とをさらに備える。バンドパスフィルタ 3 0 0 は、線路電極 3 4 1 (第 1 線路電極) と、平面電極 3 4 2 (第 1 平面電極) と、平面電極 3 4 3 (第 2 平面電極) と、平面電極 3 4 4 (第 3 平面電極) と、ビア導体 3 6 1 (第 1 ビア導体) と、ビア導体 3 6 2 (第 2 ビア導体) とをさらに備える。バンドパスフィルタ 3 0 0 は、接地電極 3 0 4 (第 3 平面電極) と、平面電極 3 0 1 , 3 0 2 と、ビア導体 3 7 1 , 3 7 2 , 3 7 3 , 3 7 4 , 3 8 1 , 3 8 2 とを備える。

20

【 0 0 6 0 】

平面電極 3 1 3 は、Z 軸方向において平面電極 3 1 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 3 1 2 , 3 1 3 は、キャパシタ 1 1 を形成している。

30

【 0 0 6 1 】

線路電極 3 1 1 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 3 3 4 , 3 3 5 は、線路電極 3 1 1 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 3 1 2 , 3 1 3 にそれぞれ接続されている。ビア導体 3 3 4 、線路電極 3 1 1 、およびビア導体 3 3 5 は、インダクタ 1 0 を形成している。

【 0 0 6 2 】

平面電極 3 1 3 は、Z 軸方向において平面電極 3 1 2 と 3 1 4 との間に配置されている。平面電極 3 1 4 は、Z 軸方向において平面電極 3 1 3 の少なくとも一部と対向している。平面電極 3 1 3 , 3 1 4 は、キャパシタ 1 2 を形成している。平面電極 3 1 4 は、ビア導体 3 7 1 によって入出力端子 P 3 1 に接続されている。

40

【 0 0 6 3 】

平面電極 3 2 3 は、Z 軸方向において平面電極 3 2 2 の少なくとも一部と対向している。平面電極 3 2 2 , 3 2 3 は、キャパシタ 2 1 を形成している。

【 0 0 6 4 】

線路電極 3 2 1 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 3 3 6 , 3 3 7 は、線路電極 3 2 1 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 3 2 2 , 3 2 3 にそれぞれ接続されている。ビア導体 3 3 6 、線路電極 3 2 1 、およびビア導体 3 3 7 は、インダクタ 2 0 を形成している。

【 0 0 6 5 】

50

平面電極 323 は、Z 軸方向において平面電極 322 と接地電極 304 との間に配置されている。接地電極 304 は、Z 軸方向において平面電極 323 の少なくとも一部と対向している。平面電極 323 および接地電極 304 は、キャパシタ 22 を形成している。

【0066】

平面電極 301 は、ビア導体 381 によって平面電極 312 に接続されている。平面電極 301 は、Z 軸方向において平面電極 322 と対向している。平面電極 301、322 は、キャパシタ C12 を形成している。

【0067】

平面電極 333 は、Z 軸方向において平面電極 332 の少なくとも一部と対向している。平面電極 332、333 は、キャパシタ 31 を形成している。

【0068】

線路電極 331 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 351、352 は、線路電極 331 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 332、333 にそれぞれ接続されている。ビア導体 351、線路電極 331、およびビア導体 352 は、インダクタ 30 を形成している。

【0069】

平面電極 333 は、Z 軸方向において平面電極 332 と接地電極 304 との間に配置されている。接地電極 304 は、Z 軸方向において平面電極 333 の少なくとも一部と対向している。平面電極 333 および接地電極 304 は、キャパシタ 32 を形成している。

【0070】

接地電極 304 は、ビア導体 372、373 の各々によって接地端子 G3 に接続されて接地されている。ビア導体 372、373 は、インダクタ LG を形成している。

【0071】

平面電極 343 は、Z 軸方向において平面電極 342 の少なくとも一部と対向している。平面電極 342、343 は、キャパシタ 41 を形成している。

【0072】

線路電極 341 は、X 軸方向に延在している。ビア導体 361、362 は、線路電極 341 の両端部からそれぞれ Z 軸方向に延在し、平面電極 342、343 にそれぞれ接続されている。ビア導体 361、線路電極 341、およびビア導体 362 は、インダクタ 40 を形成している。

【0073】

平面電極 343 は、Z 軸方向において平面電極 342 と 344 との間に配置されている。平面電極 344 は、Z 軸方向において平面電極 343 の少なくとも一部と対向している。平面電極 343、344 は、キャパシタ 42 を形成している。平面電極 344 は、ビア導体 374 によって入出力端子 P32 に接続されている。

【0074】

平面電極 302 は、ビア導体 382 によって平面電極 342 に接続されている。平面電極 302 は、Z 軸方向において平面電極 332 と対向している。平面電極 302、332 は、キャパシタ C34 を形成している。

【0075】

図 26 は、図 21 のバンドパスフィルタ 300 の通過特性を示す図である。図 26 に示されるように、通過帯域よりも低い周波数 f_{31} 、 $f_{32} (> f_{31})$ 、 $f_{33} (> f_{32})$ において減衰極が生じ、通過帯域よりも高い周波数 f_{34} 、 $f_{35} (> f_{34})$ において減衰極が生じている。

【0076】

バンドパスフィルタに含まれる構成の間に生じる容量結合は、図 21 のキャパシタ 12、C12、C23、C34、42 の各々によって示される容量結合のように、等価回路において隣接する構成の間に生じる容量結合に限定されない。複数の誘電体層の積層体として形成されたバンドパスフィルタにおいては、等価回路において隣接しない構成の間にも容量結合が形成され得る。図 27 は、実施の形態 3 の変形例に係るバンドパスフィルタ 3

10

20

30

40

50

00Aの等価回路図である。バンドパスフィルタ300Aの構成は、図21のバンドパスフィルタ300にキャパシタC30、C14が追加された構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【0077】

図27に示されるように、キャパシタC30は、入出力端子P31とP32との間に接続されている。キャパシタC30は、入出力端子P31とP32との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC14は、LC共振器1と4との間に接続されている。キャパシタC14は、LC共振器1と4との間に生じる容量結合を表す。

【0078】

以上、実施の形態3および変形例に係るLCフィルタによれば、LCフィルタの特性を改善しながら、LCフィルタの大型化を抑制することができる。

【0079】

〔実施の形態4〕

実施の形態3においては、入出力端子に電氣的に接続されているLC共振器が接地されていない構成について説明した。実施の形態4においては、入出力端子に電氣的に接続されているLC共振器も、他のLC共振器と同様に接地されている構成について説明する。

【0080】

図28は、実施の形態4に係るバンドパスフィルタ400の等価回路図である。バンドパスフィルタ400の構成は、図21のバンドパスフィルタ300のLC共振器1、4が接地されているとともに、キャパシタC_io1、C14、C_io2が追加された構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【0081】

図28に示されるように、キャパシタ12、42は、接地されている。キャパシタC_io1は、入出力端子P31とLC共振器1との間に接続されている。キャパシタC_io1は、入出力端子P31とLC共振器1との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC_io2は、入出力端子P32とLC共振器4との間に接続されている。キャパシタC_io2は、入出力端子P32とLC共振器4との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC14は、LC共振器1と4との間に接続されている。キャパシタC14は、LC共振器1と4との間に生じる容量結合を表す。

【0082】

図29は、図28のバンドパスフィルタ400の通過特性を示す図である。図29に示されるように、通過帯域よりも低い周波数 f_{41} 、 f_{42} ($> f_{41}$) において減衰極が生じ、通過帯域よりも高い周波数 f_{43} において減衰極が生じている。

【0083】

複数の誘電体層の積層体として形成されたバンドパスフィルタにおいては、様々な構成の間で容量結合が生じ得る。バンドパスフィルタにおいて生じる容量結合は、図28に示される容量結合に限定されない。図30は、実施の形態4の変形例に係るバンドパスフィルタ400Aの等価回路図である。バンドパスフィルタ400Aの構成は、図28のバンドパスフィルタ400にキャパシタC_io3、C13、C25、C_io4が追加された構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【0084】

図30に示されるように、キャパシタC_io3は、入出力端子P31とLC共振器2との間に接続されている。キャパシタC_io3は、入出力端子P31とLC共振器2との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC13は、LC共振器1と3との間に接続されている。キャパシタC13は、LC共振器1と3との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC25は、LC共振器2と4との間に接続されている。キャパシタC25は、LC共振器2と4との間に生じる容量結合を表す。キャパシタC_io4は、入出力端子P32とLC共振器3との間に生じる容量結合を表す。

【0085】

以上、実施の形態4および変形例に係るLCフィルタによれば、LCフィルタの特性を

10

20

30

40

50

改善しながら、ＬＣフィルタの大型化を抑制することができる。

【００８６】

〔実施の形態５〕

実施の形態４においては、ＬＣフィルタに含まれる複数のＬＣ共振器の各々が実施の形態１に係るＬＣ共振器と同じ構成を有する場合について説明した。実施の形態５においては、ＬＣフィルタに実施の形態１に係るＬＣ共振器および実施の形態１の比較例１に係るＬＣ並列共振器が含まれる場合について説明する。

【００８７】

図３１は、実施の形態５に係るＬＣフィルタの一例であるバンドパスフィルタ５００の等価回路図である。バンドパスフィルタ５００の構成は、図２８のバンドパスフィルタ４００のＬＣ共振器２、３がＬＣ並列共振器９２、９３にそれぞれ置き換えられた構成である。ＬＣ並列共振器９２の構成は、ＬＣ共振器２からキャパシタ２２が除かれた構成である。ＬＣ並列共振器９３の構成は、ＬＣ共振器３からキャパシタ３２が除かれた構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【００８８】

図３２は、図３１のバンドパスフィルタ５００の通過特性を示す図である。図３２に示されるように、通過帯域よりも低い周波数 f_{51} 、 f_{52} ($> f_{51}$)、 f_{53} ($> f_{52}$) において減衰極が生じ、通過帯域よりも高い周波数 f_{54} において減衰極が生じている。

【００８９】

実施の形態５に係るバンドパスフィルタにおいては、入出力端子に電氣的に接続されているＬＣ共振器が実施の形態１に係るＬＣ共振器と同じ構成を有する場合について説明した。実施の形態に係るバンドパスフィルタには実施の形態１に係るＬＣ共振器が含まれていればよく、当該ＬＣ共振器は入出力端子に接続されていなくてもよい。

【００９０】

図３３は、実施の形態５の変形例に係るバンドパスフィルタ５００Ａの等価回路図である。バンドパスフィルタ５００Ａの構成は、図２８のバンドパスフィルタ４００のＬＣ共振器１、４がＬＣ並列共振器９１、９４にそれぞれ置き換えられた構成である。ＬＣ並列共振器９１の構成は、ＬＣ共振器１からキャパシタ１２が除かれた構成である。ＬＣ並列共振器９４の構成は、ＬＣ共振器４からキャパシタ４２が除かれた構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【００９１】

図３４は、図３３のバンドパスフィルタ５００Ａの通過特性を示す図である。図３３に示されるように、通過帯域よりも低い周波数 f_{55} 、 f_{56} ($> f_{55}$) において減衰極が生じ、通過帯域よりも高い周波数 f_{57} 、 f_{58} ($> f_{57}$) において減衰極が生じている。

【００９２】

バンドパスフィルタに含まれる複数のＬＣ共振器の各々が実施の形態１に係るＬＣ共振器と同じ構成を有する必要はない。当該複数のＬＣ共振器の一部を、実施の形態１に係るＬＣ共振器よりもキャパシタが一つ少ないＬＣ並列共振器とすることにより、バンドパスフィルタの製造コストおよびサイズを低減することができる。実施の形態５および変形例に係るバンドパスフィルタによれば、所望の特性、製造コスト、およびサイズに合わせてバンドパスフィルタの構成を決定することができるため、バンドパスフィルタの設計の自由度を向上させることができる。

【００９３】

なお、複数の誘電体層の積層体として形成されたバンドパスフィルタにおいて生じる容量結合が図３１および図３３に示される容量結合に限定されないことは、実施の形態４と同様である。

【００９４】

以上、実施の形態５および変形例に係るＬＣフィルタによれば、ＬＣフィルタの特性を

10

20

30

40

50

改善しながら、LCフィルタの大型化を抑制することができるとともに、LCフィルタの設計の自由度を向上させることができる。

【0095】

〔実施の形態6〕

図35は、実施の形態6に係るバンドパスフィルタ600の等価回路図である。図35に示されるように、バンドパスフィルタ600は、入出力端子P61（第1端子）と、入出力端子P62（第2端子）と、LC共振器1（第1LC共振器）と、LC並列共振器92，93，94と、LC共振器5（第2LC共振器）と、キャパシタCio1，C12，C23，C34，C45，Cio2，C15とを備える。バンドパスフィルタ600は、5段のバンドパスフィルタである。

10

【0096】

キャパシタCio1は、入出力端子P61とLC共振器1との間に接続されている。キャパシタCio1は、入出力端子P61とLC共振器1との間に生じる容量結合を表す。

【0097】

キャパシタC12は、LC共振器1とLC並列共振器92との間に接続されている。キャパシタC12は、LC共振器1とLC並列共振器92との間に生じる容量結合を表す。

【0098】

キャパシタC23は、LC並列共振器92と93との間に接続されている。キャパシタC23は、LC並列共振器92と93との間に生じる容量結合を表す。

【0099】

キャパシタC34は、LC並列共振器93と94との間に接続されている。キャパシタC34は、LC並列共振器93と94との間に生じる容量結合を表す。

20

【0100】

キャパシタC45は、LC並列共振器94とLC共振器5との間に接続されている。キャパシタC45は、LC並列共振器94とLC共振器5との間に生じる容量結合を表す。

【0101】

キャパシタCio2は、LC共振器5と入出力端子P62との間に接続されている。キャパシタCio2は、LC共振器5と入出力端子P62との間に生じる容量結合を表す。

【0102】

キャパシタC15は、LC共振器1と5との間に接続されている。キャパシタC15は、LC共振器1と5との間に生じる容量結合を表している。

30

【0103】

LC共振器1と92との間には、磁気結合M12が生じる。LC共振器92と93の間には磁気結合M23が生じる。LC共振器93と94の間には、磁気結合M34が生じる。LC共振器94と5の間には、磁気結合M45が生じる。

【0104】

LC共振器1は、実施の形態4，5のLC共振器1と同様である。LC共振器5は、インダクタ50と、キャパシタ51，52とを含む。LC共振器5は、図1のLC共振器1Aと同じ構成を有する。すなわち、インダクタ50，キャパシタ51，52は、インダクタ10A，キャパシタ11A，12Aにそれぞれ対応する。

40

【0105】

LC並列共振器92は、インダクタ20と、キャパシタ21とを含む。LC並列共振器93は、インダクタ30と、キャパシタ31とを含む。LC並列共振器94は、インダクタ40と、キャパシタ41とを含む。LC並列共振器92～94の各々は、図6のLC並列共振器9Aと同じ構成を有する。すなわち、インダクタ20，キャパシタ21は、インダクタ10A，キャパシタ11Aにそれぞれ対応する。インダクタ30，キャパシタ31は、インダクタ10A，キャパシタ11Aにそれぞれ対応する。インダクタ40，キャパシタ41は、インダクタ10A，キャパシタ11Aにそれぞれ対応する。

【0106】

図36は、図35のバンドパスフィルタ600の通過特性を示す図である。図36に示

50

されるように、通過帯域よりも低い周波数 f_{61} , f_{62} ($> f_{61}$) , f_{63} ($> f_{62}$) において減衰極が生じ、通過帯域よりも高い周波数 f_{64} , f_{65} ($> f_{64}$) , f_{66} ($> f_{65}$) において減衰極が生じている。

【0107】

なお、複数の誘電体層の積層体として形成されたバンドパスフィルタにおいて生じる容量結合が図35に示される容量結合に限定されないことは、実施の形態4, 5と同様である。

【0108】

以上、実施の形態6に係るLCフィルタによれば、LCフィルタの特性を改善しながら、LCフィルタの大型化を抑制することができるとともに、LCフィルタの設計の自由度を向上させることができる。

【0109】

今回開示された各実施の形態は、矛盾しない範囲で適宜組み合わせられて実施されることも予定されている。今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0110】

1~5, 1A, 1B, 9B LC共振器、9A, 91~94 LC並列共振器、10, 10A, 20, 30, 40, 50, LG インダクタ、11, 11A, 12, 12A, 13A, 21, 22, 31, 32, 41, 42, 51, 52, C12~C15, C23, C25, C30, C34, C45, Cio1, Cio2, Cio3, Cio4 キャパシタ、101, 211, 221, 311, 321, 331, 341, 911, 921 線路電極、102, 103, 212, 213, 222, 223, 301, 302, 312~314, 322, 323, 332, 333, 342~344, 903, 912, 922 平面電極、104, 204, 304, 904 接地電極、111, 112, 131, 132, 133, 134, 231, 232, 241, 242, 251, 252, 261~263, 271, 272, 334~336, 351, 352, 361, 362, 371~374, 381, 382, 931, 932, 941, 942, 950, 961~963, 970 ビア導体、180, 280, 380 積層体、200, 200A, 300, 300A, 400, 400A, 500, 500A, 600, 900 バンドパスフィルタ、G1~G3 接地端子、GND 接地点、M12, M23, M34, M45 磁気結合、P10~P12, P21, P22, P31, P32, P61, P62 入出力端子。

10

20

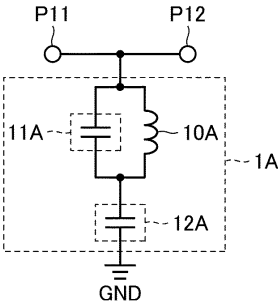
30

40

50

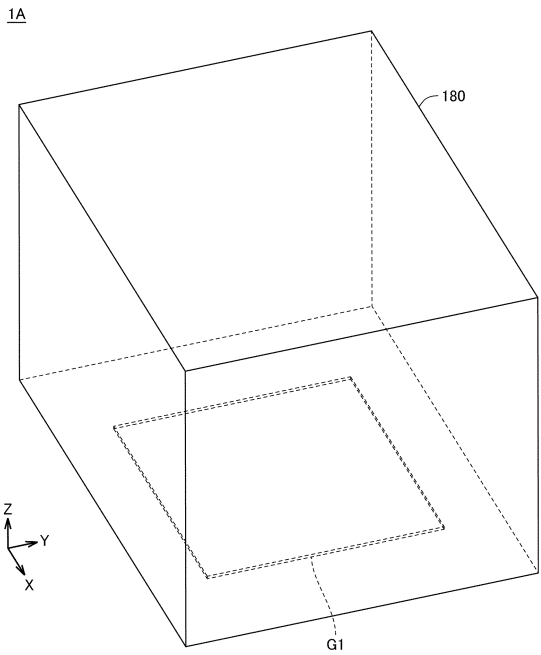
【図面】
【図 1】

FIG.1



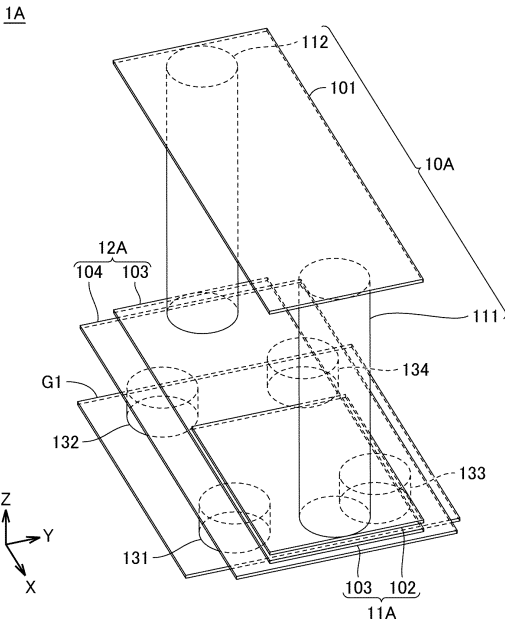
【図 2】

FIG.2



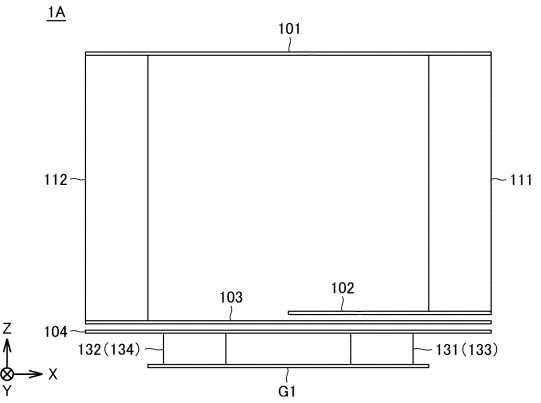
【図 3】

FIG.3



【図 4】

FIG.4



10

20

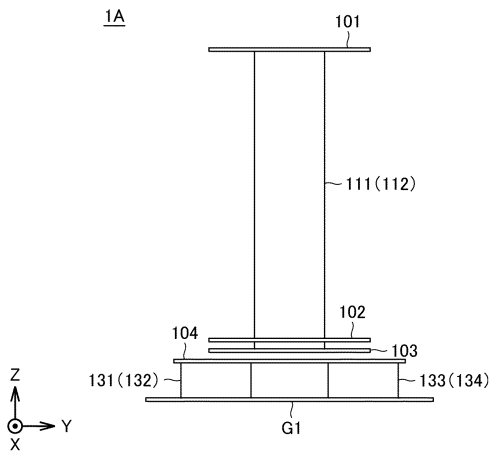
30

40

50

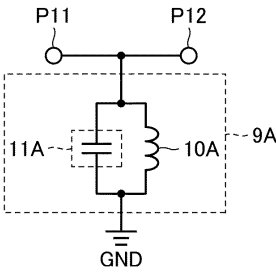
【図 5】

FIG.5



【図 6】

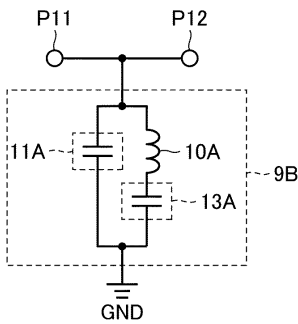
FIG.6



10

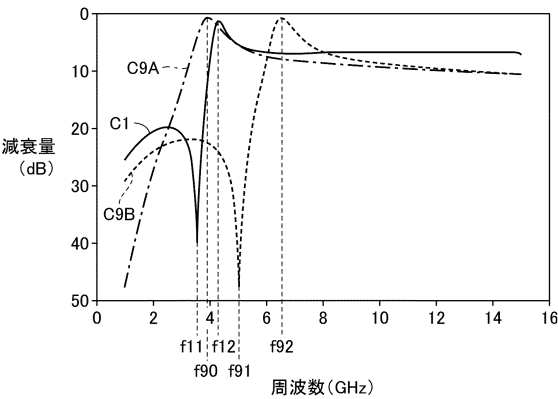
【図 7】

FIG.7



【図 8】

FIG.8



20

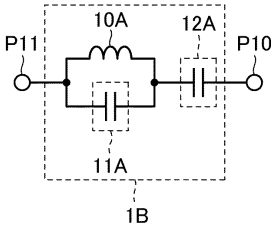
30

40

50

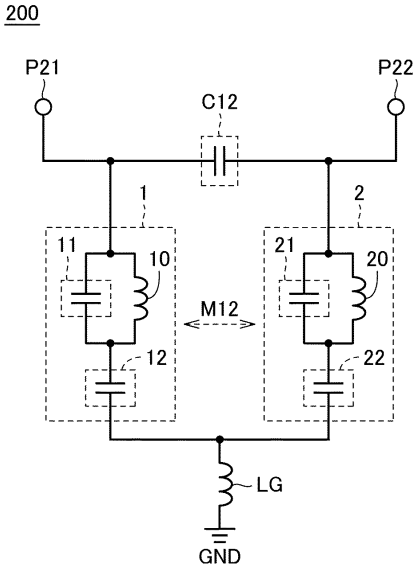
【図 9】

FIG.9



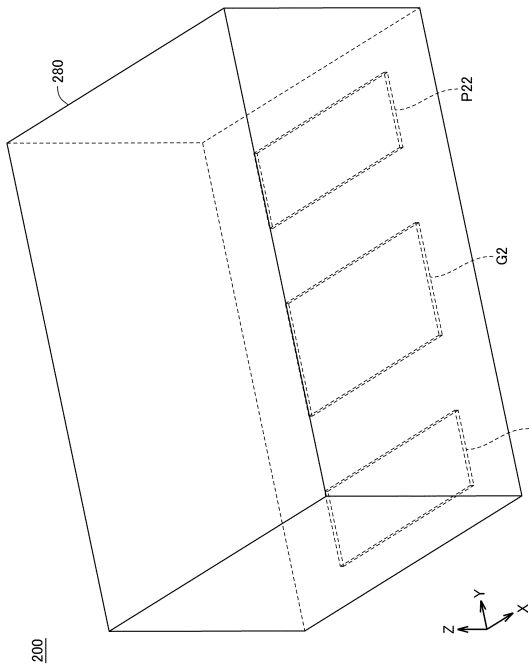
【図 1 0】

FIG.10



【図 1 1】

FIG.11



【図 1 2】

FIG.12

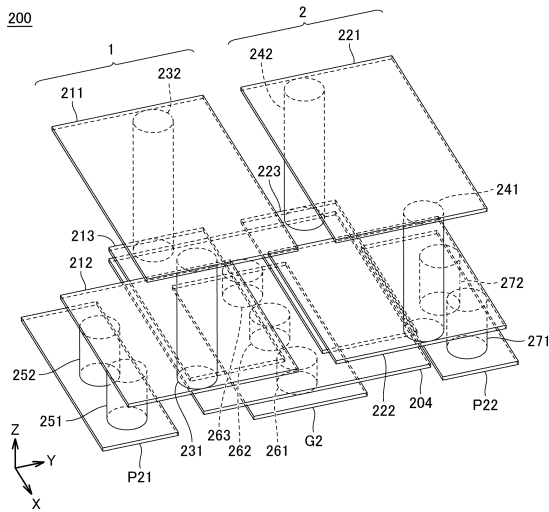


FIG.11

10

20

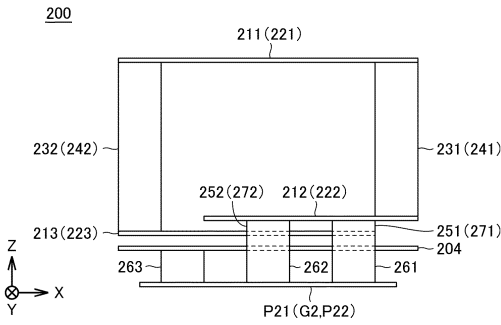
30

40

50

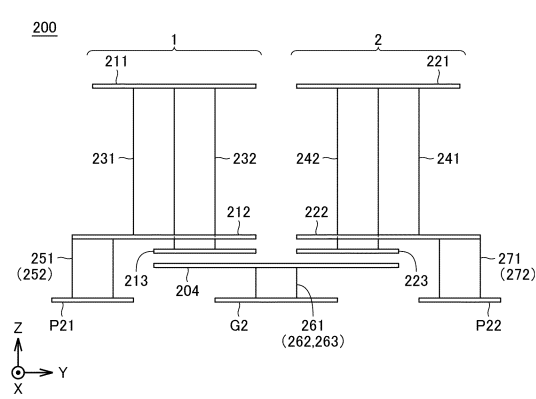
【図 1 3】

FIG.13



【図 1 4】

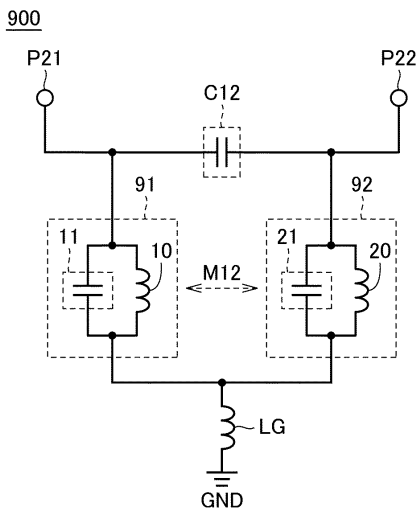
FIG.14



10

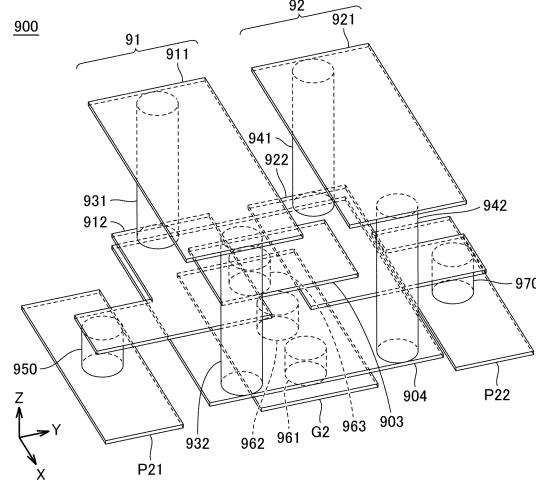
【図 1 5】

FIG.15



【図 1 6】

FIG.16



20

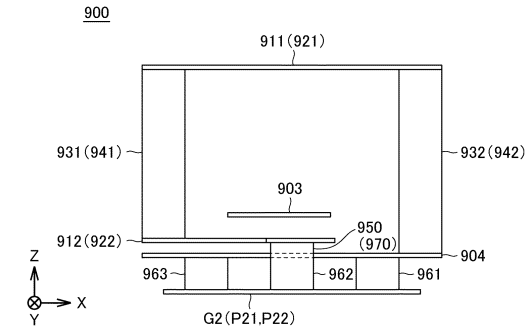
30

40

50

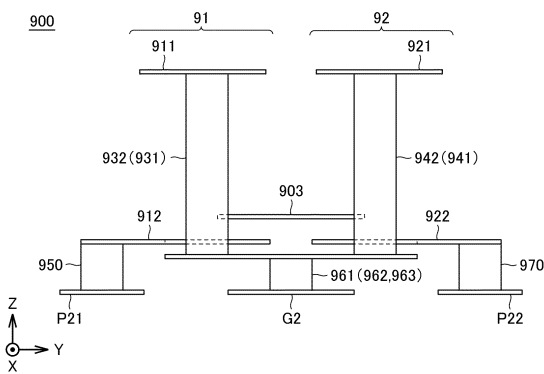
【図 1 7】

FIG.17



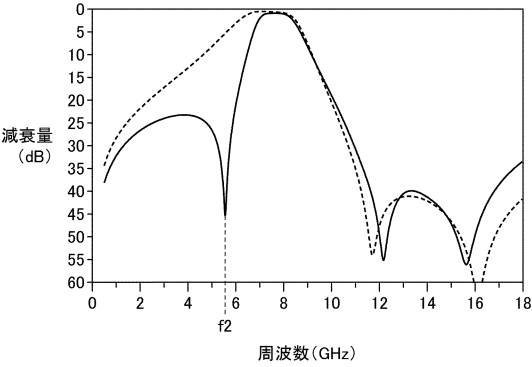
【図 1 8】

FIG.18



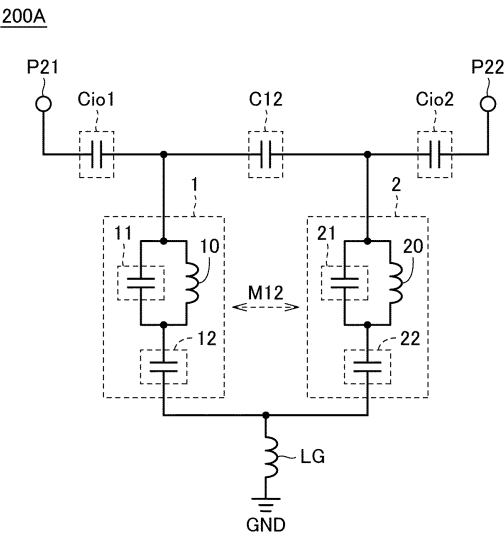
【図 1 9】

FIG.19



【図 2 0】

FIG.20



10

20

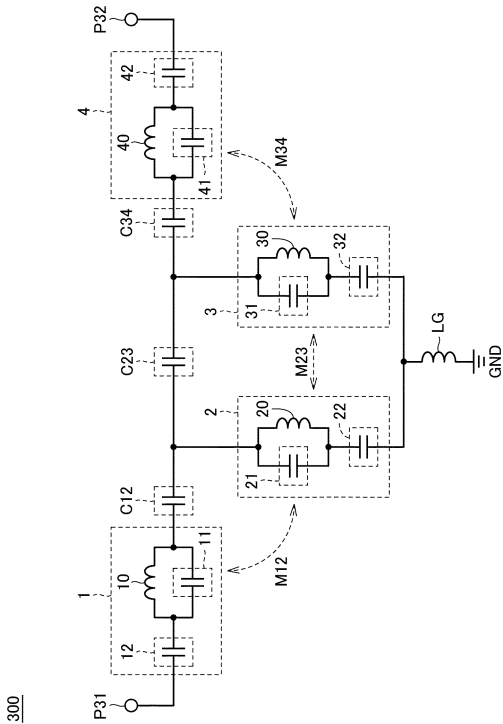
30

40

50

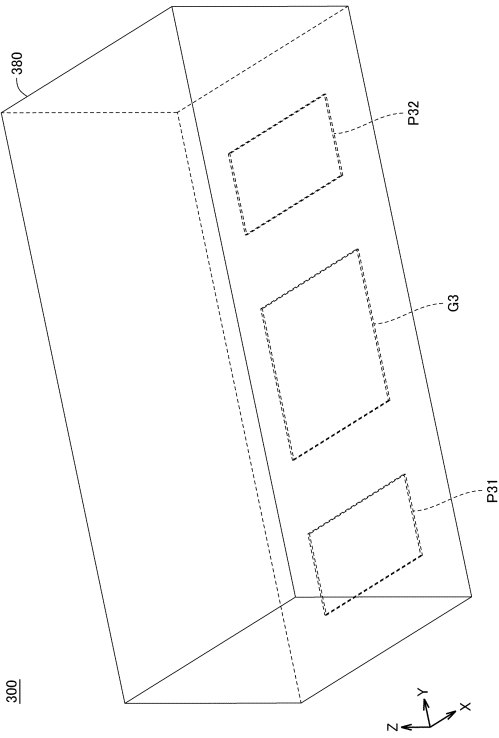
【図 2 1】

FIG.21



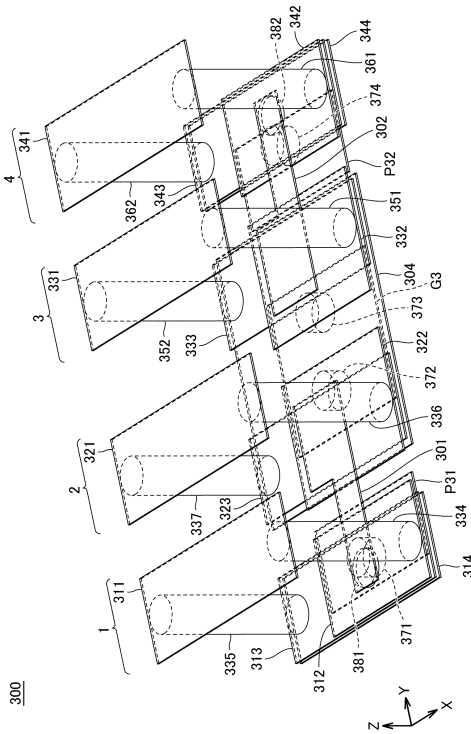
【図 2 2】

FIG.22



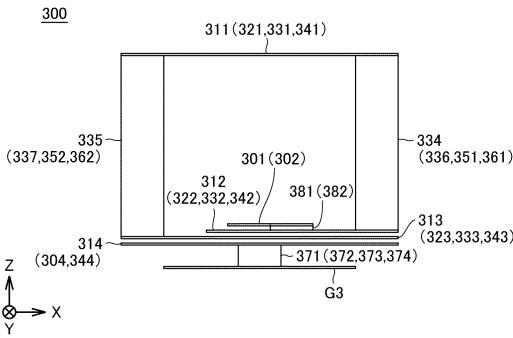
【図 2 3】

FIG.23



【図 2 4】

FIG.24



10

20

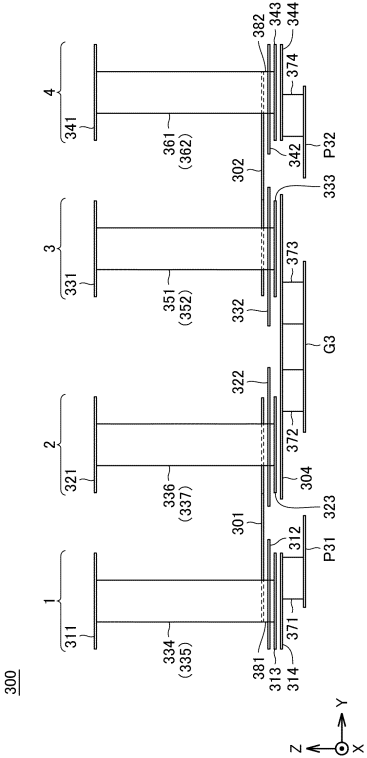
30

40

50

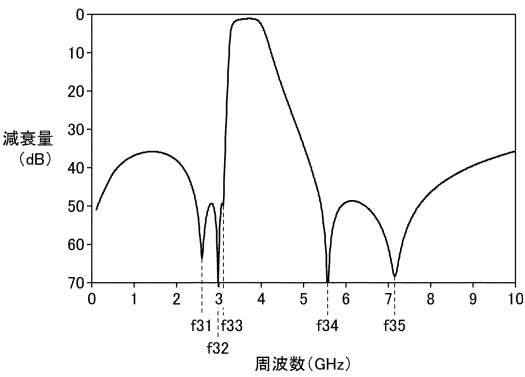
【図 2 5】

FIG.25



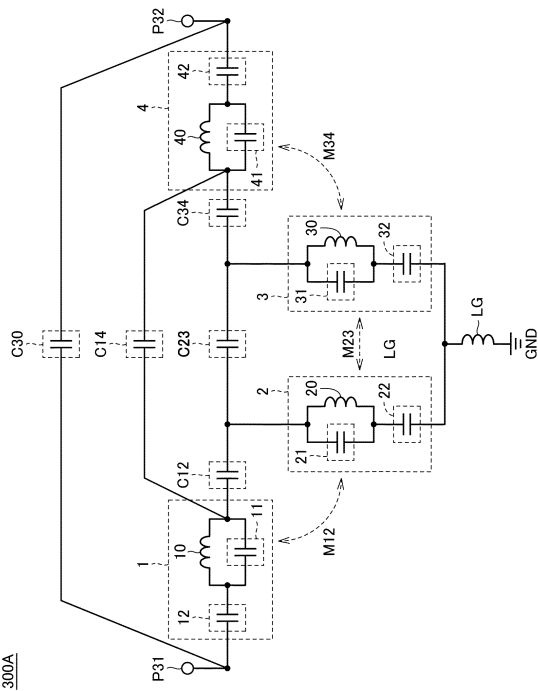
【図 2 6】

FIG.26



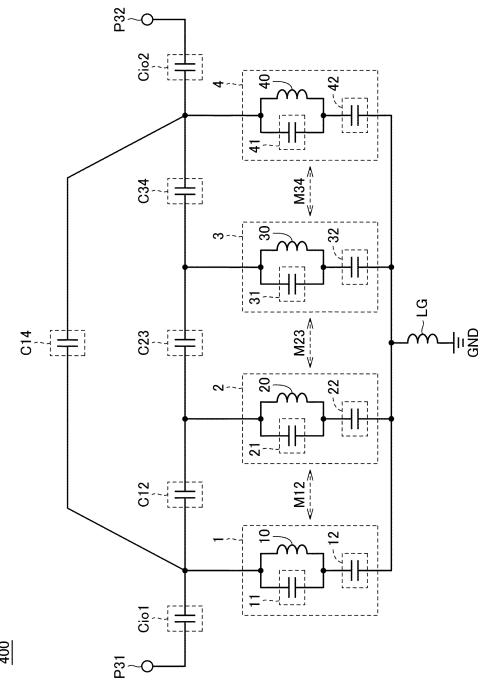
【図 2 7】

FIG.27



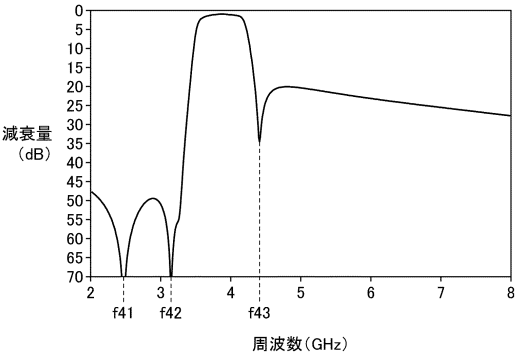
【図 2 8】

FIG.28



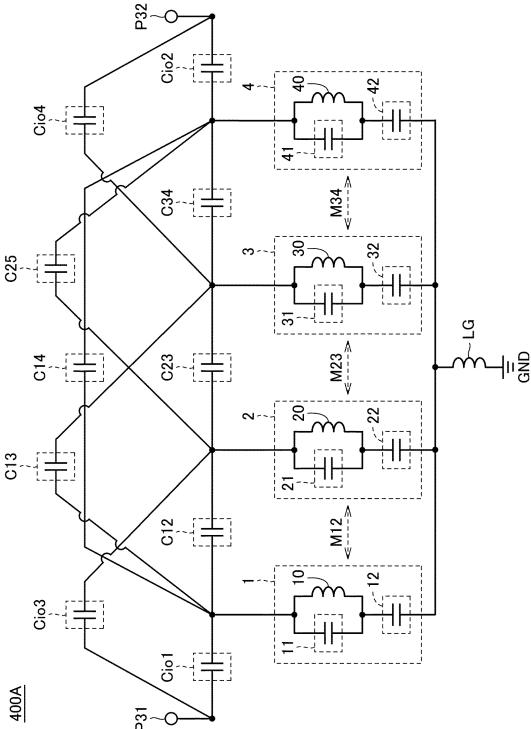
【図 29】

FIG.29



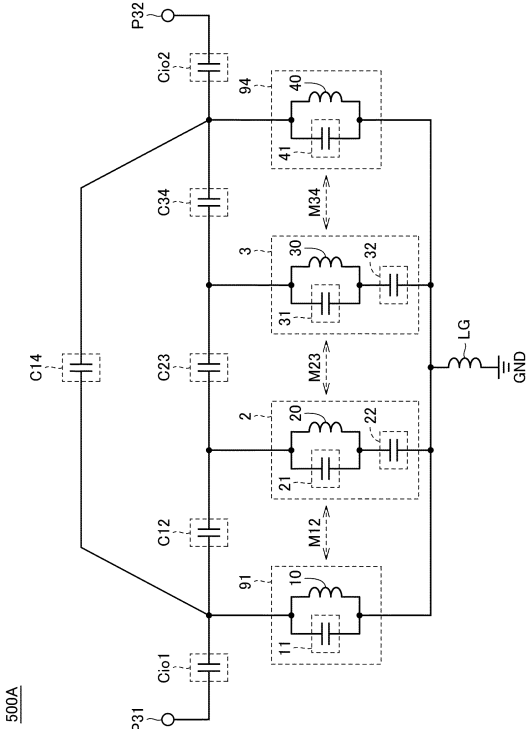
【図 30】

FIG.30



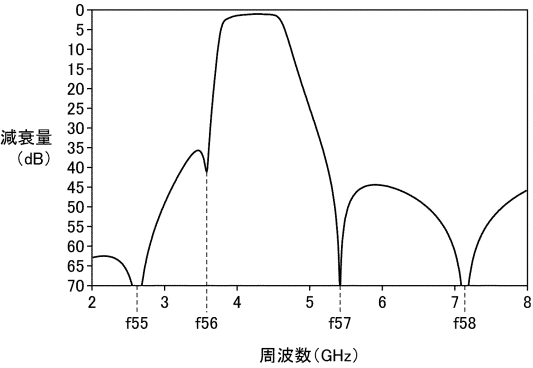
【図 3 3】

FIG.33



【図 3 4】

FIG.34

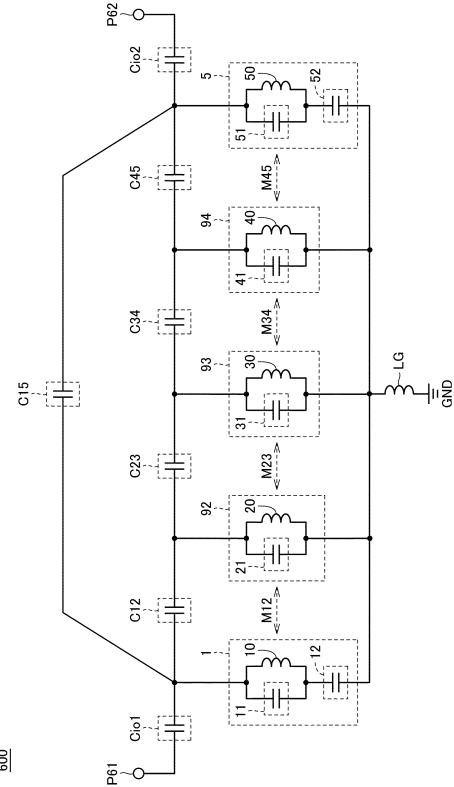


10

20

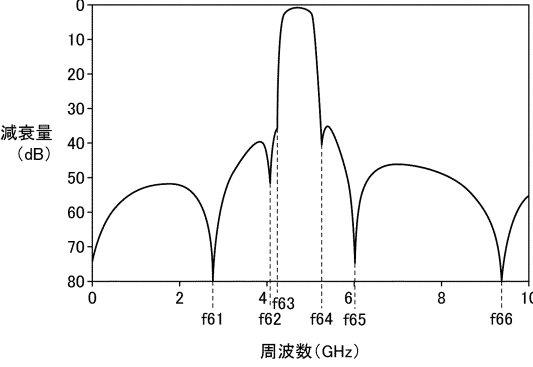
【図 3 5】

FIG.35



【図 3 6】

FIG.36



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
H 0 3 H 7/01 Z

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 1 2 8 2 3 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 7 / 1 1 9 3 5 6 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 5 / 0 5 9 9 6 3 (W O , A 1)
特開 2 0 0 6 - 2 6 2 3 4 9 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 7 0 2 8 8 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
H 0 3 H 5 / 0 2
H 0 3 H 7 / 0 1
H 0 3 H 7 / 0 9
H 0 1 G 4 / 4 0
H 0 1 F 2 7 / 0 0