

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7264249号  
(P7264249)

(45)発行日 令和5年4月25日(2023.4.25)

(24)登録日 令和5年4月17日(2023.4.17)

(51)国際特許分類	F I
H 0 3 H 7/01 (2006.01)	H 0 3 H 7/01 A
H 0 1 F 17/00 (2006.01)	H 0 1 F 17/00 D
H 0 1 F 27/00 (2006.01)	H 0 1 F 27/00 S
H 0 1 G 4/40 (2006.01)	H 0 1 G 4/40 3 2 1 A

請求項の数 9 (全31頁)

(21)出願番号	特願2021-530531(P2021-530531)	(73)特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和2年6月4日(2020.6.4)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/022113	(72)発明者	元山 洋人 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(87)国際公開番号	WO2021/005927	(72)発明者	小川 圭介 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(87)国際公開日	令和3年1月14日(2021.1.14)	審査官	石田 昌敏
審査請求日	令和3年10月13日(2021.10.13)		
(31)優先権主張番号	特願2019-127479(P2019-127479)		
(32)優先日	令和1年7月9日(2019.7.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 LCフィルタ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の誘電体層が積層方向に積層されたLCフィルタであって、  
 第1LC共振器と、  
 第2LC共振器と、  
 第3LC共振器と、  
 第4LC共振器と、  
 第1接地電極とを備え、  
 前記第1LC共振器は、  
 前記積層方向に延在する第1ビア導体と、  
 前記第1ビア導体の一方端に接続され、前記積層方向において前記第1接地電極と対向する第1キャパシタ電極とを含み、  
 前記第2LC共振器は、  
 前記積層方向に延在する第2ビア導体と、  
 前記第2ビア導体の一方端に接続され、前記積層方向において前記第1接地電極と対向する第2キャパシタ電極とを含み、  
 前記第3LC共振器は、  
 前記積層方向に延在する第3ビア導体と、  
 前記第3ビア導体の一方端に接続され、前記積層方向において前記第1接地電極と対向する第3キャパシタ電極とを含み、

前記第 4 LC 共振器は、

前記積層方向に延在する第 4 ピア導体と、

前記第 4 ピア導体の一方端に接続され、前記積層方向において前記第 1 接地電極と対向する第 4 キャパシタ電極とを含み、

前記第 2 キャパシタ電極は、前記積層方向に直交する方向において、前記第 1 キャパシタ電極、前記第 3 キャパシタ電極、および前記第 4 キャパシタ電極の各々と対向し、

前記第 3 キャパシタ電極は、前記積層方向に直交する第 1 方向において前記第 1 キャパシタ電極と対向し、前記積層方向および前記第 1 方向の各々に対向する第 2 方向において前記第 2 キャパシタ電極と対向する、LC フィルタ。

【請求項 2】

前記第 3 キャパシタ電極は、前記積層方向に直交する方向において前記第 4 キャパシタ電極と対向する、請求項 1 に記載の LC フィルタ。

【請求項 3】

前記第 2 キャパシタ電極は、前記積層方向と直交する方向において、前記第 1 キャパシタ電極、前記第 3 キャパシタ電極、および前記第 4 キャパシタ電極とそれぞれ対向する第 1 外周部、第 2 外周部、および第 3 外周部を有し、

前記第 1 キャパシタ電極は、前記第 1 外周部と対向する第 4 外周部を有し、

前記第 3 キャパシタ電極は、前記第 2 外周部と対向する第 5 外周部を有し、

前記第 4 キャパシタ電極は、前記第 3 外周部と対向する第 6 外周部を有し、

前記第 1 外周部、前記第 2 外周部、および前記第 3 外周部は、前記第 4 外周部、前記第 5 外周部、および前記第 6 外周部とそれぞれ平行である、請求項 1 または 2 に記載の LC フィルタ。

【請求項 4】

前記複数の誘電体層は、前記第 1 キャパシタ電極、前記第 2 キャパシタ電極、前記第 3 キャパシタ電極、および前記第 4 キャパシタ電極が配置された誘電体層を含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の LC フィルタ。

【請求項 5】

前記積層方向から平面視したとき、前記第 2 ピア導体および前記第 3 ピア導体は、前記第 1 ピア導体と前記第 4 ピア導体とを結ぶ仮想線の両側にそれぞれ配置され、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の LC フィルタ。

【請求項 6】

前記第 1 ピア導体の他方端、前記第 2 ピア導体の他方端、前記第 3 ピア導体の他方端、および前記第 4 ピア導体の他方端が接続された第 2 接地電極をさらに備える、請求項 4 または 5 に記載の LC フィルタ。

【請求項 7】

第 2 接地電極をさらに備え、

前記第 1 LC 共振器は、前記第 1 ピア導体の他方端に接続され、前記積層方向において前記第 2 接地電極に対向する第 5 キャパシタ電極をさらに含み、

前記第 2 LC 共振器は、前記第 2 ピア導体の他方端に接続され、前記積層方向において前記第 2 接地電極に対向する第 6 キャパシタ電極をさらに含み、

前記第 3 LC 共振器は、前記第 3 ピア導体の他方端に接続され、前記積層方向において前記第 2 接地電極に対向する第 7 キャパシタ電極をさらに含み、

前記第 4 LC 共振器は、前記第 4 ピア導体の他方端に接続され、前記積層方向において前記第 2 接地電極に対向する第 8 キャパシタ電極をさらに含む、請求項 4 または 5 に記載の LC フィルタ。

【請求項 8】

前記第 1 ピア導体の両端の間において前記第 1 ピア導体に接続された第 1 平面電極と、前記第 2 ピア導体の両端の間において前記第 2 ピア導体に接続された第 2 平面電極と、前記第 3 ピア導体の両端の間において前記第 3 ピア導体に接続された第 3 平面電極と、前記第 4 ピア導体の両端の間において前記第 4 ピア導体に接続された第 4 平面電極とを

10

20

30

40

50

さらに備える、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の LC フィルタ。

【請求項 9】

前記第 2 平面電極の一边の少なくとも一部は、前記積層方向と直交する特定方向において前記第 1 平面電極および前記第 4 平面電極の各々の一边の少なくとも一部と対向し、

前記第 1 平面電極と前記第 2 平面電極とは、第 1 キャパシタを形成し、

前記第 2 平面電極と前記第 4 平面電極とは、第 2 キャパシタを形成し、

前記第 3 平面電極の一边の少なくとも一部は、前記特定方向において前記第 1 平面電極および前記第 4 平面電極の各々の一边の少なくとも一部と対向し、

前記第 1 平面電極と前記第 3 平面電極とは、第 3 キャパシタを形成し、

前記第 3 平面電極と前記第 4 平面電極とは、第 4 キャパシタを形成する、請求項 8 に記載の LC フィルタ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の LC 共振器を備える LC フィルタに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、複数の LC 共振器を備える LC フィルタが知られている。たとえば、国際公開第 2018/100923 号（特許文献 1）には、4 つの LC 共振器の各々が少なくとも他の 2 つの LC 共振器と隣接するように千鳥状に配置されたバンドパスフィルタが開示されている。4 つの LC 共振器を千鳥状に配置することにより、直線状の配置とするよりも LC 共振器間の磁気結合が強まるため、バンドパスフィルタの通過帯域を広げることができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第 2018/100923 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

LC フィルタの通過特性は、当該 LC フィルタが使用される通信システムに応じて調整される必要がある。たとえば、LC フィルタの通過帯域よりも低い周波数帯（低域側）および当該通過帯域よりも高い周波数帯（高域側）の各々において、減衰極が発生する周波数を調整することにより、当該通過帯域を調整することができる。

30

【0005】

しかし、特許文献 1 に開示されている、4 つの LC 共振器が千鳥状に配置されたバンドパスフィルタの通過特性においては、低域側に減衰極が生じていない。そのため、当該バンドパスフィルタによると、通過特性の調整が限定され、所望の通過特性の実現が困難になり得る。

【0006】

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 フィルタの通過特性の調整を容易化することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一実施形態に係る LC フィルタにおいては、複数の誘電体層が積層方向に積層されている。LC フィルタは、第 1 LC 共振器と、第 2 LC 共振器と、第 3 LC 共振器と、第 4 LC 共振器と、第 1 接地電極とを備える。第 1 LC 共振器は、第 1 ピア導体と、第 1 キャパシタ電極とを含む。第 1 ピア導体は、積層方向に延在する。第 1 キャパシタ電極は、第 1 ピア導体の一方端に接続され、積層方向において第 1 接地電極と対向する。第 2 LC 共振器は、第 2 ピア導体と、第 2 キャパシタ電極とを含む。第 2 ピア導体は、積層方

50

向に延在する。第2キャパシタ電極は、第2ビア導体の一方端に接続され、積層方向において第1接地電極と対向する。第3LC共振器は、第3ビア導体と、第3キャパシタ電極とを含む。第3ビア導体は、積層方向に延在する。第3キャパシタ電極は、第3ビア導体の一方端に接続され、積層方向において第1接地電極と対向する。第4LC共振器は、第4ビア導体と、第4キャパシタ電極とを含む。第4ビア導体は、積層方向に延在する。第4キャパシタ電極は、第4ビア導体の一方端に接続され、積層方向において第1接地電極と対向する。第2キャパシタ電極は、積層方向に直交する方向において、第1キャパシタ電極、第3キャパシタ電極、および第4キャパシタ電極の各々と対向する。

【発明の効果】

【0008】

本発明の一実施形態に係るLCフィルタによれば、第2キャパシタ電極が、積層方向に直交する方向において、第1キャパシタ電極、第3キャパシタ電極、および第4キャパシタ電極の各々と対向することにより、LCフィルタの通過特性の調整を容易化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1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2】図1のバンドパスフィルタの外観斜視図である。

【図3】図2のバンドパスフィルタの側面をX軸方向から平面視した図である。

【図4】図2のバンドパスフィルタの上面をZ軸方向から平面視した図である。

【図5】図4の2つのキャパシタ電極の間隔が狭められた一例を示す図である。

【図6】図4の2つのキャパシタ電極の間隔が広げられた一例を示す図である。

【図7】図4～図6に示されるバンドパスフィルタのそれぞれの通過特性を併せて示す図である。

【図8】図4の2つのキャパシタ電極の間隔が狭められた他の例を示す図である。

【図9】図4の2つのキャパシタ電極との間隔が広げられた他の例を示す図である。

【図10】図4、図8、および図9に示されるバンドパスフィルタのそれぞれの通過特性を併せて示す図である。

【図11】実施の形態1の変形例1に係るLCフィルタの一例であるバンドパスフィルタをZ軸方向から平面視した図である。

【図12】実施の形態1の変形例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外観斜視図である。

【図13】図12のバンドパスフィルタの側面をY軸方向から平面視した図である。

【図14】実施の形態1の変形例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15】図14のバンドパスフィルタの外観斜視図である。

【図16】図15のバンドパスフィルタの側面をY軸方向から平面視した図である。

【図17】実施の形態1の変形例4に係るLCフィルタの一例であるバンドパスフィルタの外観斜視図である。

【図18】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。

【図19】図18のバンドパスフィルタの外観斜視図である。

【図20】図19のバンドパスフィルタの側面をY軸方向から平面視した図である。

【図21】実施の形態2の変形例に係るLCフィルタの一例であるバンドパスフィルタの外観斜視図である。

【図22】図21のバンドパスフィルタの側面をY軸方向から平面視した図である。

【図23】図19のバンドパスフィルタの通過特性、および図21のバンドパスフィルタの通過特性を併せて示す図である。

【図24】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

10

20

30

40

50

図である。

【図 25】図 24 のバンドパスフィルタを Z 軸方向から平面視した図である。

【図 26】実施の形態 4 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 27】図 26 のバンドパスフィルタを Z 軸方向から平面視した図である。

【図 28】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 29】図 28 のバンドパスフィルタを Z 軸方向から平面視した図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

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、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則として繰り返さない。

【0011】

[実施の形態 1]

図 1 は、実施の形態 1 に係る LC フィルタの一例であるバンドパスフィルタ 1 の等価回路図である。図 1 に示されるように、バンドパスフィルタ 1 は、入出力端子 P 1、P 2 と、LC 並列共振器 LC 1 ~ LC 4 と、キャパシタ C 12 と、キャパシタ C 13 と、キャパシタ C 23 と、キャパシタ C 24 と、キャパシタ C 34 とを備える。以下では、バンドパスフィルタの使用周波数（たとえば通過帯域の中心周波数）に対応する波長を  $\lambda$  とする。なお、実施の形態に係る LC フィルタは、LC 直列共振器を含んでもよい。

【0012】

LC 並列共振器 LC 1 は、入出力端子 P 1 と接続されている。LC 並列共振器 LC 4 は、入出力端子 P 2 に接続されている。なお、LC 並列共振器 LC 1 は、インダクタあるいはキャパシタなどの素子を介して間接的に入出力端子 P 1 と接続されても良い。同様に、LC 並列共振器 LC 4 は、インダクタあるいはキャパシタなどの素子を介して間接的に入出力端子 P 2 と接続されても良い。

【0013】

LC 並列共振器 LC 2 および LC 3 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 4 との間に配置されている。LC 並列共振器 LC 1 ~ LC 4 は、後述する磁気結合および容量結合の強さに応じて順次結合し、4 段の LC フィルタを構成する。

【0014】

キャパシタ C 12 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 2 との間に接続されている。キャパシタ C 12 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 2 との間の容量結合を表す。

【0015】

キャパシタ C 13 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 3 との間に接続されている。キャパシタ C 13 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 3 との間の容量結合を表す。

【0016】

キャパシタ C 23 は、LC 並列共振器 LC 2 と LC 3 との間に接続されている。キャパシタ C 23 は、LC 並列共振器 LC 2 と LC 3 との間の容量結合を表す。

【0017】

キャパシタ C 24 は、LC 並列共振器 LC 2 と LC 4 との間に接続されている。キャパシタ C 24 は、LC 並列共振器 LC 2 と LC 4 との間の容量結合を表す。

【0018】

キャパシタ C 34 は、LC 並列共振器 LC 3 と LC 4 との間に接続されている。キャパシタ C 34 は、LC 並列共振器 LC 3 と LC 4 との間の容量結合を表す。

【0019】

LC 並列共振器 LC 1（第 1 LC 共振器）は、インダクタ L 1 と、キャパシタ C 1 とを含む。インダクタ L 1 とキャパシタ C 1 とは、接地点と、入出力端子 P 1 およびキャパシタ C 12 の接続点との間において並列に接続されている。

【0020】

10

20

30

40

50

LC並列共振器LC2(第2LC共振器)は、インダクタL2と、キャパシタC2とを含む。インダクタL2とキャパシタC2とは、接地点と、キャパシタC12およびC23の接続点との間において並列に接続されている。

【0021】

LC並列共振器LC3(第3LC共振器)は、インダクタL3と、キャパシタC3とを含む。インダクタL3とキャパシタC3とは、接地点と、キャパシタC23およびC34の接続点との間において並列に接続されている。

【0022】

LC並列共振器LC4(第4LC共振器)は、インダクタL4と、キャパシタC4とを含む。インダクタL4とキャパシタC4とは、接地点と、キャパシタC34および入出力端子P2の接続点との間において並列に接続されている。

10

【0023】

図2は、図1のバンドパスフィルタ1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。後に説明する図3~図6、図8、図9、図11~図13、図15~図17、図19~図22、図25、図27、および図29においても同様である。

【0024】

図2を参照しながら、バンドパスフィルタ1は、複数の誘電体層がZ軸方向(積層方向)に積層された積層体である。バンドパスフィルタ1は、たとえば直方体状である。Z軸方向に垂直な方向に沿うバンドパスフィルタ1の面を底面BFおよび上面UFとする。積層方向に平行な方向に沿う面のうちYZ平面に沿う面を側面SF1およびSF3とする。積層方向に沿う面のうちZX平面に沿う面を側面SF2およびSF4とする。

20

【0025】

側面SF1には、側面電極105が配置されている。側面電極105は、入出力端子P1を形成する。側面SF3には、側面電極106が配置されている。側面電極106は、入出力端子P2を形成する。

【0026】

底面BFには、接地端子101, 102が配置されている。上面UFには、接地端子151, 152が配置されている。側面SF2には、側面電極103が配置されている。側面電極103は、接地端子101と151とを接続している。側面SF4には、側面電極104が配置されている。側面電極104は、接地端子102と152とを接続している。接地端子101, 102, 151, 152は、図1の接地点に対応する。

30

【0027】

バンドパスフィルタ1の内部には、接地電極111(第1接地電極)と、接地電極141(第2接地電極)とが配置されている。接地電極111は、底面BFに対向している。接地電極141は、上面UFに対向している。接地電極111と141との間には、キャパシタ電極121~124と、ビア導体V1~V4と、平面電極131~134とが配置されている。

【0028】

キャパシタ電極121(第1キャパシタ電極)は、側面電極105に接続されている。キャパシタ電極121は、接地電極111と対向している。キャパシタ電極121と接地電極111とは、キャパシタC1を形成する。キャパシタ電極121と接地電極141とは、Z軸方向に延在するビア導体V1(第1ビア導体)によって接続されている。

40

【0029】

ビア導体V1は、インダクタL1を形成する。ビア導体V1の一方端はキャパシタ電極121に接続されている。ビア導体V1の一方端は、キャパシタ電極121によって接地電極111から直流的に絶縁された開放端である。LC並列共振器LC1は、 $\pi/4$ 共振器である。ビア導体V1の長さは、ほぼ $\lambda/4$ に等しい。

【0030】

キャパシタ電極122(第2キャパシタ電極)は、接地電極111と対向している。キ

50

キャパシタ電極 1 2 2 と接地電極 1 1 1 とは、キャパシタ C 2 を形成する。キャパシタ電極 1 2 2 と接地電極 1 4 1 とは、Z 軸方向に延在するビア導体 V 2 (第 2 ビア導体) によって接続されている。キャパシタ電極 1 2 2 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 1 と対向している。キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 2 とは、キャパシタ C 1 2 を形成する。

【 0 0 3 1 】

ビア導体 V 2 は、インダクタ L 2 を形成する。ビア導体 V 2 の一方端はキャパシタ電極 1 2 2 に接続されている。ビア導体 V 2 の一方端は、キャパシタ電極 1 2 2 によって接地電極 1 1 1 から直流的に絶縁された開放端である。LC 並列共振器 LC 2 は、 $\lambda/4$  共振器である。ビア導体 V 2 の長さは、ほぼ  $\lambda/4$  に等しい。

【 0 0 3 2 】

キャパシタ電極 1 2 3 (第 3 キャパシタ電極) は、接地電極 1 1 1 と対向している。キャパシタ電極 1 2 3 と接地電極 1 1 1 とは、キャパシタ C 3 を形成する。キャパシタ電極 1 2 3 と接地電極 1 4 1 とは、Z 軸方向に延在するビア導体 V 3 (第 3 ビア導体) によって接続されている。キャパシタ電極 1 2 3 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 2 と対向している。キャパシタ電極 1 2 2 と 1 2 3 とは、キャパシタ C 2 3 を形成する。キャパシタ電極 1 2 3 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 1 と対向している。キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 3 とは、キャパシタ C 1 3 を形成する。

【 0 0 3 3 】

ビア導体 V 3 は、インダクタ L 3 を形成する。ビア導体 V 3 の一方端はキャパシタ電極 1 2 3 に接続されている。ビア導体 V 3 の一方端は、キャパシタ電極 1 2 3 によって接地電極 1 1 1 から直流的に絶縁された開放端である。LC 並列共振器 LC 3 は、 $\lambda/4$  共振器である。ビア導体 V 3 の長さは、ほぼ  $\lambda/4$  に等しい。

【 0 0 3 4 】

キャパシタ電極 1 2 4 (第 4 キャパシタ電極) は、側面電極 1 0 6 に接続されている。キャパシタ電極 1 2 4 は、接地電極 1 1 1 と対向している。キャパシタ電極 1 2 4 と接地電極 1 1 1 とは、キャパシタ C 4 を形成する。キャパシタ電極 1 2 4 と接地電極 1 4 1 とは、Z 軸方向に延在するビア導体 V 4 (第 4 ビア導体) によって接続されている。キャパシタ電極 1 2 4 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 2 および 1 2 3 と対向している。キャパシタ電極 1 2 2 と 1 2 4 とは、キャパシタ C 2 4 を形成する。キャパシタ電極 1 2 3 と 1 2 4 とは、キャパシタ C 3 4 を形成する。

【 0 0 3 5 】

ビア導体 V 4 は、インダクタ L 4 を形成する。ビア導体 V 4 の一方端はキャパシタ電極 1 2 4 に接続されている。ビア導体 V 4 の一方端は、キャパシタ電極 1 2 4 によって接地電極 1 1 1 から直流的に絶縁された開放端である。LC 並列共振器 LC 4 は、 $\lambda/4$  共振器である。ビア導体 V 4 の長さは、ほぼ  $\lambda/4$  に等しい。

【 0 0 3 6 】

平面電極 1 3 1 は、ビア導体 V 1 の両端の間においてビア導体 V 1 に接続されている。平面電極 1 3 2 は、ビア導体 V 2 の両端の間においてビア導体 V 2 に接続されている。平面電極 1 3 3 は、ビア導体 V 3 の両端の間においてビア導体 V 3 に接続されている。平面電極 1 3 4 は、ビア導体 V 4 の両端の間においてビア導体 V 4 に接続されている。

【 0 0 3 7 】

平面電極 1 3 2 の一辺の少なくとも一部は、Y 軸方向において平面電極 1 3 1 , 1 3 4 の各々の一辺の少なくとも一部と対向している。平面電極 1 3 1 と 1 3 2 とは、キャパシタ C 1 2 を形成する。平面電極 1 3 2 と 1 3 4 とは、キャパシタ C 2 4 を形成する。

【 0 0 3 8 】

平面電極 1 3 3 の一辺の少なくとも一部は、Y 軸方向において平面電極 1 3 1 , 1 3 4 の各々の一辺の少なくとも一部と対向している。平面電極 1 3 1 と 1 3 3 とは、キャパシタ C 1 3 を形成する。平面電極 1 3 3 と 1 3 4 とは、キャパシタ C 3 4 を形成する。

【 0 0 3 9 】

バンドパスフィルタ 1 においては、平面電極 1 3 1 ~ 1 3 4 の各々の形状および配置を

10

20

30

40

50

変更することにより、キャパシタ C 1 2 の容量、キャパシタ C 1 3 の容量、キャパシタ C 2 4 の容量、およびキャパシタ C 3 4 の容量の各々を、個別に調整することができる。その結果、バンドパスフィルタ 1 の特性を所望の特性に高精度に近づけることができる。

【 0 0 4 0 】

図 3 は、図 2 のバンドパスフィルタ 1 の側面 S F 1 を X 軸方向から平面視した図である。図 3 に示されるように、キャパシタ電極 1 2 1 ~ 1 2 4 は、誘電体層 L y 1 に配置されている。キャパシタ電極 1 2 1 ~ 1 2 4 を同じ誘電体層に形成することにより、バンドパスフィルタ 1 を低背化することができる。

【 0 0 4 1 】

バンドパスフィルタ 1 がセラミック多層基板技術を用いて製造される場合、平面方向に複数の同一の配線導体パターンや貫通導体が形成されたセラミックシートを複数層積層し、焼成して積層集合体を形成し、これを平面方向に分割して個々のバンドパスフィルタ 1 が製造される。或る通信システムに合わせてバンドパスフィルタ 1 の特性が調整される場合、キャパシタ電極 1 2 1 ~ 1 2 4 に対応する配線導体パターンの形状および配置を、平面方向に変更した試作用の積層集合体を形成し、これを分割して、個々に特性が異なる複数の試作用のバンドパスフィルタ 1 が作成される。試作用のバンドパスフィルタ 1 の中から、必要な特性に合致するバンドパスフィルタ 1 を抽出し、これと同じ平面電極パターンを量産用のパターンとすることにより、バンドパスフィルタ 1 の特性の調整を効率化することができる。

10

【 0 0 4 2 】

平面電極 1 3 1 ~ 1 3 4 は、誘電体層 L y 2 に配置されている。平面電極 1 3 1 ~ 1 3 4 を同じ誘電体層に形成することにより、バンドパスフィルタ 1 を低背化することができる。

20

【 0 0 4 3 】

図 4 は、図 2 のバンドパスフィルタ 1 の上面 U F を Z 軸方向から平面視した図である。図 4 においては、キャパシタ電極 1 2 1 ~ 1 2 4 の特徴的な配置を強調するため、平面電極 1 3 1 ~ 1 3 4 を図示していない。

【 0 0 4 4 】

図 4 に示されるように、ビア導体 V 2 および V 3 は、ビア導体 V 1 と V 4 とを結ぶ仮想線 V L 1 の両側にそれぞれ配置されている。すなわち、ビア導体 V 1 , V 4 は仮想線 V L 1 上に位置し、ビア導体 V 2 , V 3 は仮想線 V L 1 上に位置していない。仮想線 V L 1 の一方側にビア導体 V 2 が配置され、他方側にビア導体 V 3 が配置されている。Y 軸方向からバンドパスフィルタ 1 を平面視したとき、ビア導体 V 2 , V 3 は、ビア導体 V 1 と V 4 とに挟まれている。

30

【 0 0 4 5 】

一般に、L C 共振器の各々は他の L C 共振器と、磁気結合および容量結合により結合する。これらの結合の強さは、各々の L C 共振器の形状および位置関係により決定される。磁気結合および容量結合を合わせた総合的な結合の強さに応じて、各 L C 共振器が順次結合し、L C フィルタを構成する。

【 0 0 4 6 】

たとえば、実施の形態 1 においては磁気結合が容量結合より優位であるとする。ビア導体 V 1 と V 2 との間の距離は、ビア導体 V 1 と V 3 との間の距離より短い。そのため、L C 並列共振器 L C 1 と L C 2 との間の磁気結合は、L C 並列共振器 L C 1 と L C 3 との間の磁気結合よりも強い。

40

【 0 0 4 7 】

ビア導体 V 4 と V 3 との間の距離は、ビア導体 V 4 と V 2 との間の距離より短い。そのため、L C 並列共振器 L C 4 と L C 3 との間の磁気結合は、L C 並列共振器 L C 4 と L C 2 との間の磁気結合よりも強い。この結果、入出力端子 P 1 側から、L C 並列共振器 L C 1 、L C 並列共振器 L C 2 、L C 並列共振器 L C 3 、および L C 並列共振器 L C 4 の順に結合し、4 段の L C フィルタが構成される。

50

## 【 0 0 4 8 】

キャパシタ電極 1 2 2 , 1 2 3 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 4 との間に配置されている。キャパシタ電極 1 2 2 , 1 2 3 は、Y 軸方向に並置されている。キャパシタ電極 1 2 1 は、キャパシタ電極 1 2 2 , 1 2 3 と隣接している。キャパシタ電極 1 2 4 は、キャパシタ電極 1 2 2 , 1 2 3 と隣接している。すなわち、キャパシタ電極 1 2 1 ~ 1 2 4 は、千鳥状（ジグザグ状）に配置されている。その結果、図 1 の LC 並列共振器 LC 1 ~ LC 4 も、千鳥状に配置される。LC 並列共振器 LC 1 ~ LC 4 を千鳥状に配置することにより、直線状の配置とするよりも LC 並列共振器間の磁気結合が強まる。その結果、インダクタ間の信号伝達が促進され、バンドパスフィルタ 1 の通過帯域を広げることができる。

10

## 【 0 0 4 9 】

キャパシタ電極 1 2 2 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 1 および 1 2 4 とそれぞれ対向する外周部 F 2 1（第 1 外周部）、および外周部 F 2 3（第 3 外周部）を有する。キャパシタ電極 1 2 2 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 3 と対向する外周部 F 2 2（第 2 外周部）を有する。

## 【 0 0 5 0 】

キャパシタ電極 1 2 1 は、外周部 F 2 1 と対向する外周部 F 1 1（第 4 外周部）を有する。キャパシタ電極 1 2 3 は、外周部 F 2 2 と対向する外周部 F 3 2（第 5 外周部）を有する。キャパシタ電極 1 2 4 は、外周部 F 2 3 と対向する外周部 F 4 1（第 6 外周部）を有する。キャパシタ電極 1 2 3 は、外周部 F 1 1 および F 4 1 とそれぞれ対向する外周部 F 3 1 および F 3 3 を有する。

20

## 【 0 0 5 1 】

外周部 F 2 1 ~ F 2 3 は、外周部 F 1 1、外周部 F 3 2、および外周部 F 4 1 とそれぞれ平行である。外周部 F 3 1 および F 3 3 は、外周部 F 1 1 および F 4 1 とそれぞれ平行である。

## 【 0 0 5 2 】

対向する 2 つの外周部が平行となるようにキャパシタ電極 1 2 1 ~ 1 2 4 を配置することにより、対向する 2 つの外周部を 1 つのキャパシタにより近い構成とすることができる。その結果、LC 共振器間の容量結合を調整し易くなる。なお、実施の形態に係る LC フィルタにおいて対向する 2 つの外周部は、平行である必要はなく、たとえば対向する 2 つの外周部のうち、一方の外周部が波状あるいはジグザグ状であってもよい。

30

## 【 0 0 5 3 】

間隔 W 1 は、キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 2 との X 軸方向の間隔である。間隔 W 2 は、キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 3 との X 軸方向の間隔である。間隔 W 3 は、キャパシタ電極 1 2 2 と 1 2 4 との X 軸方向の間隔である。間隔 W 4 は、キャパシタ電極 1 2 3 と 1 2 4 との X 軸方向の間隔である。以下では、図 5 ~ 図 1 0 を用いて、間隔 W 1 ~ W 4 を変化させることにより、バンドパスフィルタ 1 の通過帯域を調整することができることを説明する。なお、図 5 ~ 図 1 0 においては、2 つのキャパシタ電極の間隔の変化を強調するため、キャパシタ電極 1 2 1 ~ 1 2 4 およびビア導体 V 1 ~ V 4 以外の電極を示していない。

## 【 0 0 5 4 】

図 5 は、図 4 のキャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 3 との間隔 W 2、およびキャパシタ電極 1 2 2 と 1 2 4 との間隔 W 3 が狭められた一例を示す図である。図 5 においては、図 1 のキャパシタ C 1 3 および C 2 4 各々の容量値が図 4 よりも増加されている。

40

## 【 0 0 5 5 】

図 4 および図 5 を参照しながら、図 5 において、キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 3 との間隔は、W 2 から W 2 1 ( $< W 2$ ) に狭められている。キャパシタ電極 1 2 2 と 1 2 4 との間隔は、W 3 から W 3 1 ( $< W 3$ ) に狭められている。

## 【 0 0 5 6 】

図 6 は、図 4 のキャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 3 との間隔 W 2、およびキャパシタ電極 1 2 2 と 1 2 4 との間隔 W 3 が広げられた一例を示す図である。図 6 においては、図 1 のキ

50

キャパシタ  $C_{13}$  および  $C_{24}$  各々の容量値が図 4 よりも減少されている。

【 0 0 5 7 】

図 4 および図 6 を参照しながら、図 6 において、キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 3 との間隔は、 $W_2$  から  $W_{22}$  ( $> W_2$ ) に広げられている。キャパシタ電極 1 2 2 と 1 2 4 との間隔は、 $W_3$  から  $W_{32}$  ( $> W_3$ ) に広げられている。

【 0 0 5 8 】

図 7 は、図 4 ~ 図 6 に示されるバンドパスフィルタ 1 のそれぞれの通過特性  $I_{L1}$  ~  $I_{L3}$  を併せて示す図である。なお、バンドパスフィルタの通過特性とは、当該バンドパスフィルタの挿入損失の周波数特性である。挿入損失は減衰極が生じる周波数において極大となる。

【 0 0 5 9 】

図 7 を参照しながら、通過特性  $I_{L1}$  に示されるように、図 4 のバンドパスフィルタ 1 の通過帯域の低域側には、周波数  $f_{11}$  において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f_{21}$  において減衰極が生じている。バンドパスフィルタ 1 の通過帯域の中心周波数は  $f_1$  である。

【 0 0 6 0 】

通過特性  $I_{L2}$  に示されるように、図 5 のバンドパスフィルタ 1 の通過帯域の低域側には、周波数  $f_{12}$  ( $< f_{11}$ ) において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f_{22}$  ( $< f_{21}$ ) において減衰極が生じている。図 5 のバンドパスフィルタ 1 の通過帯域の中心周波数は  $f_2$  ( $< f_1$ ) である。低域側の減衰極に関して、通過特性  $I_{L2}$  の周波数  $f_{12}$  における減衰量は、通過特性  $I_{L1}$  の周波数  $f_{11}$  における減衰量よりも大きい。高域側の減衰極に関して、通過特性  $I_{L1}$  の周波数  $f_{22}$  における減衰量は、通過特性  $I_{L1}$  の周波数  $f_{21}$  における減衰量よりも小さい。

【 0 0 6 1 】

通過特性  $I_{L3}$  に示されるように、図 6 のバンドパスフィルタ 1 の通過帯域の低域側には、周波数  $f_{13}$  ( $> f_{11}$ ) において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f_{23}$  ( $> f_{21}$ ) において減衰極が生じている。バンドパスフィルタ 1 の通過帯域の中心周波数は  $f_3$  ( $> f_1$ ) である。低域側の減衰極に関して、通過特性  $I_{L3}$  の周波数  $f_{13}$  における減衰量は、通過特性  $I_{L1}$  の周波数  $f_{11}$  における減衰量よりも小さい。高域側の減衰極に関して、通過特性  $I_{L3}$  の周波数  $f_{23}$  における減衰量は、通過特性  $I_{L1}$  の周波数  $f_{21}$  における減衰量よりも大きい。

【 0 0 6 2 】

図 7 に示されるように、図 1 のキャパシタ  $C_{13}$  および  $C_{24}$  の容量を増加させることにより、バンドパスフィルタ 1 の通過特性を周波数が低い方へスライドさせることができる。その結果、バンドパスフィルタ 1 の中心周波数を低くすることができる。また、図 1 のキャパシタ  $C_{13}$  および  $C_{24}$  の容量を減少させることにより、バンドパスフィルタ 1 の通過特性を周波数が高い方へスライドさせることができる。その結果、バンドパスフィルタ 1 の中心周波数を高くすることができる。

【 0 0 6 3 】

図 8 は、図 4 のキャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 2 との間隔  $W_1$ 、およびキャパシタ電極 1 2 3 と 1 2 4 との間隔  $W_4$  が狭められた一例を示す図である。図 8 においては、図 1 のキャパシタ  $C_{12}$  および  $C_{34}$  各々の容量値が図 4 よりも増加されている。

【 0 0 6 4 】

図 4 および図 8 を参照しながら、図 8 において、キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 2 との間隔は、 $W_1$  から  $W_{11}$  ( $< W_1$ ) に狭められている。キャパシタ電極 1 2 3 と 1 2 4 との間隔は、 $W_4$  から  $W_{41}$  ( $< W_4$ ) に狭められている。

【 0 0 6 5 】

図 9 は、図 4 のキャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 2 との間隔  $W_1$ 、およびキャパシタ電極 1 2 3 と 1 2 4 との間隔  $W_4$  が広げられた一例を示す図である。図 9 においては、図 1 のキャパシタ  $C_{12}$  および  $C_{34}$  各々の容量値が図 4 よりも減少されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 6 】

図 4 および図 9 を参照しながら、図 9 において、キャパシタ電極 1 2 1 と 1 2 2 との間隔は、 $W 1$  から  $W 1 2$  ( $> W 1$ ) に広げられている。キャパシタ電極 1 2 3 と 1 2 4 との間隔は、 $W 4$  から  $W 4 2$  ( $> W 4$ ) に広げられている。

## 【 0 0 6 7 】

図 1 0 は、図 4、図 8、および図 9 に示されるバンドパスフィルタ 1 のそれぞれの通過特性  $I L 4 \sim I L 6$  を併せて示す図である。

## 【 0 0 6 8 】

図 1 0 を参照しながら、通過特性  $I L 4$  に示されるように、図 4 のバンドパスフィルタ 1 の通過帯域の低域側には、周波数  $f 1 4$  において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f 2 4$  において減衰極が生じている。

10

## 【 0 0 6 9 】

通過特性  $I L 5$  に示されるように、図 8 のバンドパスフィルタ 1 の通過帯域の低域側には、周波数  $f 1 5$  ( $f 1 4$ ) において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f 2 5$  ( $< f 2 4$ ) において減衰極が生じている。

## 【 0 0 7 0 】

通過特性  $I L 6$  に示されるように、図 9 のバンドパスフィルタ 1 の通過帯域の低域側には、周波数  $f 1 6$  ( $f 1 4$ ) において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f 2 6$  ( $> f 2 1$ ) において減衰極が生じている。

## 【 0 0 7 1 】

20

図 1 0 に示されるように、図 1 のキャパシタ  $C 1 2$  および  $C 3 4$  の容量を増加させることにより、バンドパスフィルタ 1 の高域側の減衰極が生じる周波数を低くすることができる。その結果、バンドパスフィルタ 1 の通過帯域の帯域幅を狭めることができる。また、図 1 のキャパシタ  $C 1 2$  および  $C 3 4$  の容量を減少させることにより、バンドパスフィルタ 1 の高域側の減衰極が生じる周波数を高くすることができる。その結果、バンドパスフィルタ 1 の通過帯域の帯域幅を広げることができる。

## 【 0 0 7 2 】

## [ 実施の形態 1 の変形例 1 ]

実施の形態 1 においては、隣接するビア導体の距離に偏りがある構成について説明した。実施の形態 1 の変形例 1 においては、隣接するビア導体の距離が等しい構成について説明する。

30

## 【 0 0 7 3 】

図 1 1 は、実施の形態 1 の変形例 1 に係る LC フィルタの一例であるバンドパスフィルタ 1 A を Z 軸方向から平面視した図である。バンドパスフィルタ 1 A の構成は、図 4 のバンドパスフィルタ 1 のキャパシタ電極 1 2 1、1 2 4 がキャパシタ電極 1 2 1 A、1 2 4 A にそれぞれ置き換えられているとともに、ビア導体  $V 2$ 、 $V 3$  の位置が移動された構成である。これら以外は同様であるため説明を繰り返さない。

## 【 0 0 7 4 】

図 1 1 に示されるように、ビア導体  $V 1 \sim V 4$  は、菱形に配置されている。ビア導体  $V 1$  と  $V 2$  との間の距離は、ビア導体  $V 1$  と  $V 3$  との間の距離に等しい。そのため、ビア導体  $V 1$  と  $V 2$  との間の磁気結合は、ビア導体  $V 1$  と  $V 3$  との間の磁気結合に等しい。ビア導体  $V 4$  と  $V 3$  との間の距離は、ビア導体  $V 4$  と  $V 2$  との距離に等しい。そのため、ビア導体  $V 4$  と  $V 3$  との間の磁気結合は、ビア導体  $V 4$  と  $V 2$  との間の磁気結合に等しい。なお、ビア導体  $V 1$  と  $V 2$  との間の距離は、ビア導体  $V 2$  と  $V 4$  との間の距離に等しい。

40

## 【 0 0 7 5 】

キャパシタ電極 1 2 1 A (第 1 キャパシタ電極) は、X 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 2、 $C 1 2 3$  と対向する。キャパシタ電極 1 2 2 と対向するキャパシタ電極 1 2 1 A の部分は、キャパシタ電極 1 2 3 と対向するキャパシタ電極 1 2 1 A の部分よりも長い。すなわち、図 1 のキャパシタ  $C 1 2$  の容量値は、キャパシタ  $C 1 3$  の容量値よりも大きい。

## 【 0 0 7 6 】

50

キャパシタ電極 1 2 4 A (第 4 キャパシタ電極) は、X 軸方向においてキャパシタ電極 1 2 2, C 1 2 3 と対向する。キャパシタ電極 1 2 3 と対向するキャパシタ電極 1 2 4 A の部分は、キャパシタ電極 1 2 2 と対向するキャパシタ電極 1 2 4 A の部分よりも長い。すなわち、図 1 のキャパシタ C 3 4 の容量値は、キャパシタ C 2 4 の容量値よりも大きい。  
【 0 0 7 7 】

[ 実施の形態 1 の変形例 2 ]

実施の形態 1 においては、積層体として形成された LC フィルタの側面 (外周面) に入出力端子を形成する電極が配置される構成について説明した。入出力端子は、積層体の外周面以外の面に形成されてもよい。実施の形態 1 の変形例 2 においては、バンドパスフィルタの入出力端子が、積層体の底面に規則的に配置された LGA (Land Grid Array) 端子として形成される構成について説明する。

10

【 0 0 7 8 】

図 1 2 は、実施の形態 1 の変形例 2 に係る LC フィルタの一例であるバンドパスフィルタ 1 B の外観斜視図である。図 1 3 は、図 1 2 のバンドパスフィルタ 1 B の側面 SF 2 を Y 軸方向から平面視した図である。バンドパスフィルタ 1 B の構成は、図 2 のバンドパスフィルタ 1 の側面電極 1 0 5, 1 0 6、接地電極 1 1 1、およびキャパシタ電極 1 2 1, 1 2 4 が、LGA 端子 1 0 5 B, 1 0 6 B、接地電極 1 1 1 B、およびキャパシタ電極 1 2 1 B, 1 2 4 B にそれぞれ置き換えられているとともに、ビア導体 V 5, V 6 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。

【 0 0 7 9 】

20

図 1 2 および図 1 3 に示されるように、LGA 端子 1 0 5 B およびキャパシタ電極 1 2 1 B は、ビア導体 V 5 によって接続されている。LGA 端子 1 0 6 B およびキャパシタ電極 1 2 4 B は、ビア導体 V 6 によって接続されている。

【 0 0 8 0 】

[ 実施の形態 1 の変形例 3 ]

実施の形態 1 においては、LC フィルタに含まれる LC 共振器のインダクタの一方端が開放端である構成について説明した。実施の形態 1 の変形例 3 においては、当該インダクタの両端が開放端である構成について説明する。

【 0 0 8 1 】

図 1 4 は、実施の形態 1 の変形例 3 に係る LC フィルタの一例であるバンドパスフィルタ 1 C の等価回路図である。図 1 4 に示される等価回路図は、図 1 に示される等価回路図の LC 並列共振器 LC 1 ~ LC 4 にキャパシタ C 1 0, C 2 0, C 3 0, C 4 0 がそれぞれ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。

30

【 0 0 8 2 】

図 1 4 に示されるように、キャパシタ C 1 0 は、インダクタ L 1 と接地点との間に接続されている。キャパシタ C 2 0 は、インダクタ L 2 と接地点との間に接続されている。キャパシタ C 3 0 は、インダクタ L 3 と接地点との間に接続されている。キャパシタ C 4 0 は、インダクタ L 4 と接地点との間に接続されている。

【 0 0 8 3 】

図 1 5 は、図 1 4 のバンドパスフィルタ 1 C の外観斜視図である。図 1 6 は、図 1 5 のバンドパスフィルタ 1 C の側面 SF 2 を Y 軸方向から平面視した図である。バンドパスフィルタ 1 C の構成は、図 1 のバンドパスフィルタ 1 の構成にキャパシタ電極 1 6 1 ~ 1 6 4、および接地電極 1 4 1 が追加されているとともに、ビア導体 V 1 ~ V 4 が V 1 C ~ V 4 C にそれぞれ置き換えられた構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

40

【 0 0 8 4 】

図 1 5 および図 1 6 に示されるように、キャパシタ電極 1 6 1 (第 5 キャパシタ電極) は、接地電極 1 4 1 と対向している。キャパシタ電極 1 6 1 および接地電極 1 4 1 は、キャパシタ C 1 0 を形成する。

【 0 0 8 5 】

50

ビア導体V1C(第1ビア導体)は、インダクタL1を形成する。ビア導体V1Cの一方端は、キャパシタ電極121に接続されている。ビア導体V1Cの一方端は、キャパシタ電極121によって接地電極111から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V1Cの他方端は、キャパシタ電極161に接続されている。ビア導体V1Cの他方端は、キャパシタ電極161によって接地電極141から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V1Cの両端が開放端であるため、図10においてLC並列共振器LC1は、 $\pi/2$ 共振器である。ビア導体V1Cの長さは、ほぼ $\pi/2$ に等しい。

【0086】

キャパシタ電極162(第6キャパシタ電極)は、接地電極141と対向している。キャパシタ電極162および接地電極141は、キャパシタC20を形成する。

10

【0087】

ビア導体V2C(第2ビア導体)は、インダクタL2を形成する。ビア導体V2Cの一方端は、キャパシタ電極122に接続されている。ビア導体V2Cの一方端は、キャパシタ電極122によって接地電極111から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V2Cの他方端は、キャパシタ電極162に接続されている。ビア導体V2Cの他方端は、キャパシタ電極162によって接地電極141から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V2Cの両端が開放端であるため、図10においてLC並列共振器LC2は、 $\pi/2$ 共振器である。ビア導体V2Cの長さは、ほぼ $\pi/2$ に等しい。

【0088】

キャパシタ電極163(第7キャパシタ電極)は、接地電極141と対向している。キャパシタ電極163および接地電極141は、キャパシタC30を形成する。

20

【0089】

ビア導体V3C(第3ビア導体)は、インダクタL3を形成する。ビア導体V3Cの一方端は、キャパシタ電極123に接続されている。ビア導体V3Cの一方端は、キャパシタ電極123によって接地電極111から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V3Cの他方端は、キャパシタ電極163に接続されている。ビア導体V3Cの他方端は、キャパシタ電極163によって接地電極141から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V3Cの両端が開放端であるため、図10においてLC並列共振器LC3は、 $\pi/2$ 共振器である。ビア導体V3Cの長さは、ほぼ $\pi/2$ に等しい。

【0090】

30

キャパシタ電極164(第8キャパシタ電極)は、接地電極141と対向している。キャパシタ電極164および接地電極141は、キャパシタC40を形成する。

【0091】

ビア導体V4C(第4ビア導体)は、インダクタL4を形成する。ビア導体V4Cの一方端は、キャパシタ電極124に接続されている。ビア導体V4Cの一方端は、キャパシタ電極124によって接地電極111から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V4Cの他方端は、キャパシタ電極164に接続されている。ビア導体V4Cの他方端は、キャパシタ電極164によって接地電極141から直流的に絶縁された開放端である。ビア導体V4Cの両端が開放端であるため、LC並列共振器LC4は、 $\pi/2$ 共振器である。ビア導体V4Cの長さは、ほぼ $\pi/2$ に等しい。

40

【0092】

[実施の形態1の変形例4]

実施の形態1においては、インダクタを形成するビア導体の両端の間に、LC共振器間の容量結合を調整するための平面電極が接続されている構成について説明した。実施の形態に係るLCフィルタは、当該平面電極を含んでいなくてもよい。

【0093】

図17は、実施の形態1の変形例4に係るLCフィルタの一例であるバンドパスフィルタ1Dの外観斜視図である。バンドパスフィルタ1Dの構成は、図1のバンドパスフィルタ1から平面電極131~134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。

50

## 【 0 0 9 4 】

以上、実施の形態 1 および変形例 1 ~ 4 に係る LC フィルタによれば、LC フィルタの通過特性の調整を容易化することができる。

## 【 0 0 9 5 】

実施の形態 1 においては、複数の LC 共振器が共通の接地電極に接続されている構成について説明した。実施の形態 2 においては、複数の LC 共振器が異なる接地電極に接続されている構成について説明する。

## 【 0 0 9 6 】

## 〔 実施の形態 2 〕

図 1 8 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 2 の等価回路図である。図 1 8 に示される等価回路図は、図 1 に示される等価回路図に、キャパシタ C 1 4 が追加された構成である。

10

## 【 0 0 9 7 】

図 1 8 に示されるように、キャパシタ C 1 4 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 4 との間に接続されている。キャパシタ C 1 4 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 4 との容量結合を表す。

## 【 0 0 9 8 】

図 1 9 は、図 1 8 のバンドパスフィルタ 2 の外観斜視図である。図 2 0 は、図 1 9 のバンドパスフィルタ 2 の側面 S F 2 2 を Y 軸方向から平面視した図である。バンドパスフィルタ 2 の等価回路図は、図 1 に示される等価回路図と同様である。

20

## 【 0 0 9 9 】

図 1 9 および図 2 0 を参照しながら、バンドパスフィルタ 2 は、複数の誘電体層が Z 軸方向（積層方向）に積層された積層体である。バンドパスフィルタ 2 は、たとえば直方体状である。Z 軸方向に垂直な方向に沿うバンドパスフィルタ 2 の面を底面 B F 2 および上面 U F 2 とする。積層方向に平行な方向に沿う面のうち Y Z 平面に沿う面を側面 S F 2 1 および S F 2 3 とする。積層方向に沿う面のうち Z X 平面に沿う面を側面 S F 2 2 および S F 2 4 とする。

## 【 0 1 0 0 】

側面 S F 2 1 には、側面電極 2 0 5 が配置されている。側面電極 2 0 5 は、入出力端子 P 1 を形成する。側面 S F 2 3 には、側面電極 2 0 6 が配置されている。側面電極 2 0 6 は、入出力端子 P 2 を形成する。

30

## 【 0 1 0 1 】

側面 S F 2 2 には、側面電極 2 0 3 が配置されている。側面 S F 2 4 には、側面電極 2 0 4 が配置されている。側面電極 2 0 3 , 2 0 4 は、図 1 8 の接地点に対応する。

## 【 0 1 0 2 】

バンドパスフィルタ 2 の内部には、接地電極 2 1 1（第 1 接地電極）と、接地電極 2 4 1 ~ 2 4 4 とが配置されている。接地電極 2 1 1 は、底面 B F 2 に対向している。接地電極 2 4 1 ~ 2 4 4 は、上面 U F 2 に対向している。接地電極 2 4 1 は、側面電極 2 0 3 , 2 0 4 に接続されている。接地電極 2 4 2 は、側面電極 2 0 4 に接続されている。接地電極 2 4 3 は、側面電極 2 0 3 に接続されている。接地電極 2 4 4 は、側面電極 2 0 3 , 2 0 4 に接続されている。接地電極 2 1 1 と 2 4 1 ~ 2 4 4 との間には、キャパシタ電極 2 2 1 ~ 2 2 4 , 2 5 0 と、ビア導体 V 2 1 ~ V 2 4 と、平面電極 2 3 1 ~ 2 3 4 , 2 6 0 と、線路電極 2 7 1 , 2 7 2 とが配置されている。

40

## 【 0 1 0 3 】

キャパシタ電極 2 2 1（第 1 キャパシタ電極）は、接地電極 2 1 1 と対向している。キャパシタ電極 2 2 1 と接地電極 2 1 1 とは、キャパシタ C 1 を形成する。キャパシタ電極 2 2 1 と接地電極 2 4 1 とは、Z 軸方向に延在するビア導体 V 2 1（第 1 ビア導体）によって接続されている。

## 【 0 1 0 4 】

ビア導体 V 2 1 は、インダクタ L 1 を形成する。ビア導体 V 2 1 の一方端はキャパシタ

50

電極 2 2 1 に接続されている。ビア導体 V 2 1 の一方端は、キャパシタ電極 2 2 1 によって接地電極 2 1 1 から直流的に絶縁された開放端である。LC 並列共振器 LC 1 は、 $\pi/4$  共振器である。ビア導体 V 2 1 の長さは、ほぼ  $\pi/4$  に等しい。

【 0 1 0 5 】

キャパシタ電極 2 2 2 (第 2 キャパシタ電極) は、接地電極 2 1 1 と対向している。キャパシタ電極 2 2 2 と接地電極 2 1 1 とは、キャパシタ C 2 を形成する。キャパシタ電極 2 2 2 と接地電極 2 4 2 とは、Z 軸方向に延在するビア導体 V 2 2 (第 2 ビア導体) によって接続されている。キャパシタ電極 2 2 2 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 2 2 1 と対向している。キャパシタ電極 2 2 1 と 2 2 2 とは、キャパシタ C 1 2 を形成する。

【 0 1 0 6 】

ビア導体 V 2 2 は、インダクタ L 2 を形成する。ビア導体 V 2 2 の一方端はキャパシタ電極 2 2 2 に接続されている。ビア導体 V 2 2 の一方端は、キャパシタ電極 2 2 2 によって接地電極 2 1 1 から直流的に絶縁された開放端である。LC 並列共振器 LC 2 は、 $\pi/4$  共振器である。ビア導体 V 2 2 の長さは、ほぼ  $\pi/4$  に等しい。

【 0 1 0 7 】

キャパシタ電極 2 2 3 (第 3 キャパシタ電極) は、接地電極 2 1 1 と対向している。キャパシタ電極 2 2 3 と接地電極 2 1 1 とは、キャパシタ C 3 を形成する。キャパシタ電極 2 2 3 と接地電極 2 4 3 とは、Z 軸方向に延在するビア導体 V 2 3 (第 3 ビア導体) によって接続されている。キャパシタ電極 2 2 3 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 2 2 2 と対向している。キャパシタ電極 2 2 2 と 2 2 3 とは、キャパシタ C 2 3 を形成する。キャパシタ電極 2 2 3 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 2 2 1 と対向している。キャパシタ電極 2 2 1 と 2 2 3 とは、キャパシタ C 1 3 を形成する。

【 0 1 0 8 】

ビア導体 V 2 3 は、インダクタ L 3 を形成する。ビア導体 V 2 3 の一方端はキャパシタ電極 2 2 3 に接続されている。ビア導体 V 2 3 の一方端は、キャパシタ電極 2 2 3 によって接地電極 2 1 1 から直流的に絶縁された開放端である。LC 並列共振器 LC 3 は、 $\pi/4$  共振器である。ビア導体 V 2 3 の長さは、ほぼ  $\pi/4$  に等しい。

【 0 1 0 9 】

キャパシタ電極 2 2 4 (第 4 キャパシタ電極) は、接地電極 2 1 1 と対向している。キャパシタ電極 2 2 4 と接地電極 2 1 1 とは、キャパシタ C 4 を形成する。キャパシタ電極 2 2 4 と接地電極 2 4 4 とは、Z 軸方向に延在するビア導体 V 2 4 (第 4 ビア導体) によって接続されている。キャパシタ電極 2 2 4 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 2 2 2 および 2 2 3 と対向している。キャパシタ電極 2 2 2 と 2 2 4 とは、キャパシタ C 2 4 を形成する。キャパシタ電極 2 2 3 と 2 2 4 とは、キャパシタ C 3 4 を形成する。

【 0 1 1 0 】

ビア導体 V 2 4 は、インダクタ L 4 を形成する。ビア導体 V 2 4 の一方端はキャパシタ電極 2 2 4 に接続されている。ビア導体 V 2 4 の一方端は、キャパシタ電極 2 2 4 によって接地電極 2 1 1 から直流的に絶縁された開放端である。LC 並列共振器 LC 4 は、 $\pi/4$  共振器である。ビア導体 V 2 4 の長さは、ほぼ  $\pi/4$  に等しい。

【 0 1 1 1 】

キャパシタ電極 2 5 0 は、Z 軸方向において、キャパシタ電極 2 2 2 , 2 2 3 と対向している。キャパシタ電極 2 2 2 , 2 2 3 , 2 5 0 は、キャパシタ C 2 3 を形成する。

【 0 1 1 2 】

平面電極 2 3 1 は、ビア導体 V 2 1 の両端の間においてビア導体 V 2 1 に接続されている。平面電極 2 3 2 は、ビア導体 V 2 2 の両端の間においてビア導体 V 2 2 に接続されている。平面電極 2 3 3 は、ビア導体 V 2 3 の両端の間においてビア導体 V 2 3 に接続されている。平面電極 2 3 4 は、ビア導体 V 2 4 の両端の間においてビア導体 V 2 4 に接続されている。

【 0 1 1 3 】

平面電極 2 3 2 は、Y 軸方向において平面電極 2 3 1 , 2 3 4 の各々と対向している。

10

20

30

40

50

平面電極 231 と 232 とは、キャパシタ C12 を形成する。平面電極 232 と 234 とは、キャパシタ C24 を形成する。

【0114】

平面電極 233 は、Y 軸方向において平面電極 231, 234 の各々と対向している。平面電極 231 と 233 とは、キャパシタ C13 を形成する。平面電極 233 と 234 とは、キャパシタ C34 を形成する。

【0115】

平面電極 260 は、Z 軸方向において平面電極 231, 234 と対向している。平面電極 231, 234, 260 は、キャパシタ C14 を形成する。

【0116】

線路電極 271 は、平面電極 231 と接地電極 241 との間において側面電極 205 とビア導体 V21 とを接続している。線路電極 272 は、平面電極 234 と接地電極 244 との間において側面電極 206 とビア導体 V24 とを接続している。

【0117】

図 21 は、実施の形態 2 の変形例に係る LC フィルタの一例であるバンドパスフィルタ 2A の外観斜視図である。図 22 は、図 21 のバンドパスフィルタ 2A の側面 SF22 を Y 軸方向から平面視した図である。バンドパスフィルタ 2A の構成は、図 19 のバンドパスフィルタ 2 において、線路電極 271, 272 以外の電極に関して、上面 UF2 に近い電極を底面 BF2 に近く配置し、底面 BF2 に近い電極を上面 UF2 に近くに配置した構成である。すなわち、バンドパスフィルタ 2A の構成は、バンドパスフィルタ 2 の線路電極 271, 272 以外の電極配置を上下方向 (Z 軸方向) において上下を逆転した構成である。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【0118】

線路電極 271 は、平面電極 231 とキャパシタ電極 221 との間において側面電極 205 とビア導体 V21 とを接続している。線路電極 272 は、平面電極 234 とキャパシタ電極 224 との間において側面電極 206 とビア導体 V24 とを接続している。

【0119】

図 23 は、図 19 のバンドパスフィルタ 2 の通過特性 IL20、および図 21 のバンドパスフィルタ 2A の通過特性 IL21 を併せて示す図である。図 23 を参照しながら、通過特性 IL20 に示されるように、バンドパスフィルタ 2 の通過帯域の低域側には、周波数  $f_{41}$  において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f_{42}$  において減衰極が生じている。

【0120】

通過特性 IL21 に示されるように、バンドパスフィルタ 2A の通過帯域の低域側には、周波数  $f_{51}$  ( $< f_{41}$ ) において減衰極が生じている。当該通過帯域の高域側には、周波数  $f_{52}$  ( $< f_{42}$ ) において減衰極が生じている。

【0121】

周波数  $f_{41}$  と  $f_{51}$  との差は、周波数  $f_{42}$  と  $f_{52}$  との差よりも大きい。通過特性 IL21 の周波数  $f_{51}$  における減衰量  $d_{21}$  は、通過特性 IL20 の周波数  $f_{41}$  における減衰量  $d_{11}$  よりも大きい。通過特性 IL21 の周波数  $f_{52}$  における減衰量  $d_{22}$  は、通過特性 IL20 の周波数  $f_{42}$  における減衰量  $d_{12}$  よりも大きい。減衰量  $d_{21}$  と  $d_{11}$  との差は、減衰量  $d_{22}$  と  $d_{12}$  との差よりも大きい。バンドパスフィルタ 2 の構成をバンドパスフィルタ 2A の構成とすることにより、高域側の減衰特性をほぼ維持しながら、低域側の減衰特性を変化させることができる。

【0122】

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 フィルタの通過特性の調整を容易化することができる。

【0123】

実施の形態 1, 2 においては、LC フィルタに含まれる LC 共振器の数が 4 である場合について説明した。実施の形態に係る LC フィルタに含まれる LC 共振器の数は、4 に限

10

20

30

40

50

定されない。以下では、実施の形態 3, 4 において 5 つの LC 共振器を含む構成について説明し、実施の形態 5 において 7 つの LC 共振器を含む構成について説明する。

【 0 1 2 4 】

[ 実施の形態 3 ]

図 2 4 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 3 の等価回路図である。図 2 4 に示される等価回路図には、図 1 に示される等価回路図からキャパシタ C 2 4 が削除されているとともに、LC 並列共振器 LC 5、およびキャパシタ C 1 4, C 2 5, C 3 5, C 4 5 が追加されている。すなわち、5 個の LC 共振器が順次結合し、5 段の LC フィルタを構成している。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

10

【 0 1 2 5 】

図 2 4 に示されるように、LC 並列共振器 LC 5 は、入出力端子 P 2 に接続されている。

【 0 1 2 6 】

キャパシタ C 1 4 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 4 との間に接続されている。キャパシタ C 1 4 は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 4 との容量結合を表す。

【 0 1 2 7 】

キャパシタ C 2 5 は、LC 並列共振器 LC 2 と LC 5 との間に接続されている。キャパシタ C 2 5 は、LC 並列共振器 LC 2 と LC 5 との容量結合を表す。

【 0 1 2 8 】

キャパシタ C 3 5 は、LC 並列共振器 LC 3 と LC 5 との間に接続されている。キャパシタ C 3 5 は、LC 並列共振器 LC 3 と LC 5 との容量結合を表す。

20

【 0 1 2 9 】

キャパシタ C 4 5 は、LC 並列共振器 LC 4 と LC 5 との間に接続されている。キャパシタ C 4 5 は、LC 並列共振器 LC 4 と LC 5 との容量結合を表す。

【 0 1 3 0 】

LC 並列共振器 LC 5 は、インダクタ L 5 と、キャパシタ C 5 とを含む。インダクタ L 5 とキャパシタ C 5 とは、接地点と、キャパシタ C 4 5 および入出力端子 P 2 の接続点との間において並列に接続されている。

【 0 1 3 1 】

図 2 5 は、図 2 4 のバンドパスフィルタ 3 を Z 軸方向から平面視した図である。図 2 5 においては、バンドパスフィルタ 3 の特徴を強調するため、図 2 4 の LC 並列共振器 LC 1 ~ LC 5 を構成する主要な電極を示している。図 2 5 に示されるように、バンドパスフィルタ 3 は、接地電極 3 1 1 と、ビア導体 V 3 1 ~ V 3 5 と、キャパシタ電極 3 2 1 ~ 3 2 5 とを含む。

30

【 0 1 3 2 】

キャパシタ電極 3 2 1 ~ 3 2 5 は、Z 軸方向において接地電極 3 1 1 に対向し、接地電極 3 1 1 とともにキャパシタ C 1 ~ C 5 をそれぞれ形成する。キャパシタ電極 3 2 2 ~ 3 2 4 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 3 2 1 と 3 2 5 との間に配置されている。キャパシタ電極 3 2 3 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 3 2 2 と 3 2 4 との間に配置されている。

40

【 0 1 3 3 】

キャパシタ電極 3 2 1 (第 1 キャパシタ電極) は、X 軸方向においてキャパシタ電極 3 2 2 (第 2 キャパシタ電極)、キャパシタ電極 3 2 3 (第 3 キャパシタ電極)、およびキャパシタ電極 3 2 4 と対向している。キャパシタ電極 3 2 1 と 3 2 2 とは、キャパシタ C 1 2 を形成する。キャパシタ電極 3 2 1 と 3 2 3 とは、キャパシタ C 1 3 を形成する。キャパシタ電極 3 2 1 と 3 2 4 とは、キャパシタ C 1 4 を形成する。

【 0 1 3 4 】

キャパシタ電極 3 2 2 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 3 2 3 と対向している。キャパシタ電極 3 2 2 と 3 2 3 とは、キャパシタ C 2 3 を形成する。キャパシタ電極 3 2 3 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 3 2 4 と対向している。キャパシタ電極 3 2 3 と 3

50

24とは、キャパシタC34を形成する。

【0135】

キャパシタ電極325（第4キャパシタ電極）は、X軸方向においてキャパシタ電極322～324と対向している。キャパシタ電極322と325とは、キャパシタC25を形成する。キャパシタ電極323と325とは、キャパシタC35を形成する。キャパシタ電極324と325とは、キャパシタC45を形成する。

【0136】

ビア導体V31（第1ビア導体）の一方端は、キャパシタ電極321（第1キャパシタ電極）に接続されている。ビア導体V31は、インダクタL1を形成する。

【0137】

ビア導体V32（第2ビア導体）の一方端は、キャパシタ電極322（第2キャパシタ電極）に接続されている。ビア導体V32は、インダクタL2を形成する。

【0138】

ビア導体V33（第3ビア導体）の一方端は、キャパシタ電極323（第3キャパシタ電極）に接続されている。ビア導体V33は、インダクタL3を形成する。

【0139】

ビア導体V34の一方端は、キャパシタ電極324に接続されている。ビア導体V34は、インダクタL4を形成する。

【0140】

ビア導体V35（第4ビア導体）の一方端は、キャパシタ電極325（第4キャパシタ電極）に接続されている。ビア導体V35は、インダクタL5を形成する。

【0141】

たとえば、実施の形態3においては磁気結合が容量結合より優位であるとする。ビア導体V31とV32との間の距離は、ビア導体V31とV33との間の距離より短い。そのため、LC並列共振器LC1とLC2との間の磁気結合は、LC並列共振器LC1とLC3との間の磁気結合よりも強い。

【0142】

ビア導体V34とV35との間の距離は、ビア導体V33とV35との距離より短い。そのため、LC並列共振器LC4とLC5との間の磁気結合は、LC並列共振器LC3とLC5との間の磁気結合よりも強い。この結果、入出力端子P1側から、LC並列共振器LC1、LC2、LC3、LC4、およびLC5の順に結合し、5段のLCフィルタが構成される。

【0143】

以上、実施の形態3に係るLCフィルタによれば、LCフィルタの通過特性の調整を容易化することができる。

【0144】

[実施の形態4]

図26は、実施の形態4に係るLCフィルタの一例であるバンドパスフィルタ4の等価回路図である。図26に示される等価回路図には、図24に示される等価回路図からキャパシタC14、C25が削除されているとともに、キャパシタC24が追加されている。すなわち、5個のLC共振器が順次結合し、5段のLCフィルタを構成している。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

【0145】

図26に示されるように、キャパシタC24は、LC並列共振器LC2とLC4との間に接続されている。キャパシタC24は、LC並列共振器LC2とLC4との容量結合を表す。

【0146】

図27は、図26のバンドパスフィルタ4をZ軸方向から平面視した図である。図27においても、バンドパスフィルタ4の特徴を強調するため、図26のLC並列共振器LC1～LC5を構成する主要な電極を示している。図27に示されるように、バンドパスフ

10

20

30

40

50

フィルタ 4 は、接地電極 4 1 1 と、ピア導体 V 4 1 ~ V 4 5 と、キャパシタ電極 4 2 1 ~ 4 2 5 とを含む。

【0147】

キャパシタ電極 4 2 1 ~ 4 2 5 は、Z 軸方向において接地電極 4 1 1 に対向し、接地電極 4 1 1 とともにキャパシタ C 1 ~ C 5 をそれぞれ形成する。キャパシタ電極 4 2 2 , 4 2 4 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 4 2 1 と 4 2 5 との間に配置されている。キャパシタ電極 4 2 3 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 4 2 1 と 4 2 5 との間に配置されている。

【0148】

キャパシタ電極 4 2 1 (第 1 キャパシタ電極) は、X 軸方向においてキャパシタ電極 4 2 2 (第 2 キャパシタ電極)、キャパシタ電極 4 2 3 (第 3 キャパシタ電極) と対向している。キャパシタ電極 4 2 1 と 4 2 2 とは、キャパシタ C 1 2 を形成する。キャパシタ電極 4 2 1 と 4 2 3 とは、キャパシタ C 1 3 を形成する。

10

【0149】

キャパシタ電極 4 2 2 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 4 2 3 と対向している。キャパシタ電極 4 2 2 と 4 2 3 とは、キャパシタ C 2 3 を形成する。キャパシタ電極 4 2 2 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 4 2 4 (第 4 キャパシタ電極) と対向している。キャパシタ電極 4 2 2 と 4 2 4 とは、キャパシタ C 2 4 を形成する。キャパシタ電極 4 2 3 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 4 2 4 と対向する。キャパシタ電極 4 2 3 と 4 2 4 とは、キャパシタ C 3 4 を形成する。

20

【0150】

キャパシタ電極 4 2 5 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 4 2 3 , 4 2 4 と対向している。キャパシタ電極 4 2 3 と 4 2 5 とは、キャパシタ C 3 5 を形成する。キャパシタ電極 4 2 4 と 4 2 5 とは、キャパシタ C 4 5 を形成する。

【0151】

ピア導体 V 4 1 (第 1 ピア導体) の一方端は、キャパシタ電極 4 2 1 (第 1 キャパシタ電極) に接続されている。ピア導体 V 4 1 は、インダクタ L 1 を形成する。

【0152】

ピア導体 V 4 2 (第 2 ピア導体) の一方端は、キャパシタ電極 4 2 2 (第 2 キャパシタ電極) に接続されている。ピア導体 V 4 2 は、インダクタ L 2 を形成する。

30

【0153】

ピア導体 V 4 3 (第 3 ピア導体) の一方端は、キャパシタ電極 4 2 3 (第 3 キャパシタ電極) に接続されている。ピア導体 V 4 3 は、インダクタ L 3 を形成する。

【0154】

ピア導体 V 4 4 (第 4 ピア導体) の一方端は、キャパシタ電極 4 2 4 に接続されている。ピア導体 V 4 4 は、インダクタ L 4 を形成する。

【0155】

ピア導体 V 4 5 の一方端は、キャパシタ電極 4 2 5 に接続されている。ピア導体 V 4 5 は、インダクタ L 5 を形成する。

【0156】

たとえば、実施の形態 4 においては磁気結合が容量結合より優位であるとする。ピア導体 V 4 1 と V 4 2 との間の距離は、ピア導体 V 4 1 と V 4 3 との間の距離より短い。そのため、LC 並列共振器 LC 1 と LC 2 との間の磁気結合は、LC 並列共振器 LC 1 と LC 3 との間の磁気結合よりも強い。

40

【0157】

ピア導体 V 4 4 と V 4 5 との間の距離は、ピア導体 V 4 3 と V 4 5 との距離より短い。そのため、LC 並列共振器 LC 4 と LC 5 との間の磁気結合は、LC 並列共振器 LC 3 と LC 5 との間の磁気結合よりも強い。この結果、入出力端子 P 1 側から、LC 並列共振器 LC 1、LC 2、LC 3、LC 4、および LC 5 の順に結合し、5 段の LC フィルタが構成される。

50

## 【 0 1 5 8 】

以上、実施の形態 4 に係る LC フィルタによれば、LC フィルタの通過特性の調整を容易化することができる。

## 【 0 1 5 9 】

## [ 実施の形態 5 ]

図 28 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 5 の等価回路図である。図 28 に示される等価回路図には、図 1 に示される等価回路図に LC 並列共振器 LC 5 ~ LC 7、およびキャパシタ C 4 5, C 4 6, C 5 6, C 5 7, C 6 7 が追加されている。すなわち、7 個の LC 共振器が順次結合し、7 段の LC フィルタを構成している。これら以外は同様であるため、説明を繰り返さない。

10

## 【 0 1 6 0 】

図 28 に示されるように、LC 並列共振器 LC 5, LC 6 は、LC 並列共振器 LC 4 と LC 7 との間に配置されている。

## 【 0 1 6 1 】

キャパシタ C 4 5 は、LC 並列共振器 LC 4 と LC 5 との間に接続されている。キャパシタ C 4 5 は、LC 並列共振器 LC 4 と LC 5 との容量結合を表す。

## 【 0 1 6 2 】

キャパシタ C 4 6 は、LC 並列共振器 LC 4 と LC 6 との間に接続されている。キャパシタ C 4 6 は、LC 並列共振器 LC 4 と LC 6 との容量結合を表す。

## 【 0 1 6 3 】

キャパシタ C 5 6 は、LC 並列共振器 LC 5 と LC 6 との間に接続されている。キャパシタ C 5 6 は、LC 並列共振器 LC 5 と LC 6 との容量結合を表す。

20

## 【 0 1 6 4 】

キャパシタ C 5 7 は、LC 並列共振器 LC 5 と LC 7 との間に接続されている。キャパシタ C 5 7 は、LC 並列共振器 LC 5 と LC 7 との容量結合を表す。

## 【 0 1 6 5 】

キャパシタ C 6 7 は、LC 並列共振器 LC 6 と LC 7 との間に接続されている。キャパシタ C 6 7 は、LC 並列共振器 LC 6 と LC 7 との容量結合を表す。

## 【 0 1 6 6 】

LC 並列共振器 LC 5 は、インダクタ L 5 と、キャパシタ C 5 とを含む。インダクタ L 5 とキャパシタ C 5 とは、接地点と、キャパシタ C 4 5 および C 5 6 の接続点との間において並列に接続されている。

30

## 【 0 1 6 7 】

LC 並列共振器 LC 6 は、インダクタ L 6 と、キャパシタ C 6 とを含む。インダクタ L 6 とキャパシタ C 6 とは、接地点と、キャパシタ C 5 6 および C 6 7 の接続点との間において並列に接続されている。

## 【 0 1 6 8 】

LC 並列共振器 LC 7 は、インダクタ L 7 と、キャパシタ C 7 とを含む。インダクタ L 7 とキャパシタ C 7 とは、接地点と、キャパシタ C 6 7 および入出力端子 P 2 の接続点との間において並列に接続されている。

40

## 【 0 1 6 9 】

図 29 は、図 28 のバンドパスフィルタ 5 を Z 軸方向から平面視した図である。図 29 においても、バンドパスフィルタ 5 の特徴を強調するため、図 28 の LC 並列共振器 LC 1 ~ LC 7 を構成する主要な電極を示している。図 29 に示されるように、バンドパスフィルタ 5 は、接地電極 5 1 1 (第 1 接地電極) と、ビア導体 V 5 1 ~ V 5 7 と、キャパシタ電極 5 2 1 ~ 5 2 7 とを含む。

## 【 0 1 7 0 】

キャパシタ電極 5 2 1 ~ 5 2 7 は、Z 軸方向において接地電極 5 1 1 に対向し、接地電極 5 1 1 とともにキャパシタ C 1 ~ C 7 をそれぞれ形成する。キャパシタ電極 5 2 2, 5 2 3 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 1 と 5 2 4 との間に配置されている。キャ

50

パシタ電極 5 2 2 , 5 2 3 は、Y 軸方向に並置されている。キャパシタ電極 5 2 5 , 5 2 6 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 4 と 5 2 7 との間に配置されている。キャパシタ電極 5 2 5 , 5 2 6 は、Y 軸方向に並置されている。

【 0 1 7 1 】

キャパシタ電極 5 2 1 ( 第 1 キャパシタ電極 ) は、X 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 2 ( 第 2 キャパシタ電極 ) およびキャパシタ電極 5 2 3 ( 第 3 キャパシタ電極 ) と対向している。キャパシタ電極 5 2 1 と 5 2 2 とは、キャパシタ C 1 2 を形成する。キャパシタ電極 5 2 1 と 5 2 3 とは、キャパシタ C 1 3 を形成する。キャパシタ電極 5 2 3 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 2 と対向している。キャパシタ電極 5 2 2 と 5 2 3 とは、キャパシタ C 2 3 を形成する。キャパシタ電極 5 2 4 ( 第 4 キャパシタ電極 ) は、X 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 2 および 5 2 3 と対向している。キャパシタ電極 5 2 2 と 5 2 4 とは、キャパシタ C 2 4 を形成する。キャパシタ電極 5 2 3 と 5 2 4 とは、キャパシタ C 3 4 を形成する。

10

【 0 1 7 2 】

キャパシタ電極 5 2 4 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 5 および 5 2 6 と対向している。キャパシタ電極 5 2 4 と 5 2 5 とは、キャパシタ C 4 5 を形成する。キャパシタ電極 5 2 4 と 5 2 6 とは、キャパシタ C 4 6 を形成する。キャパシタ電極 5 2 5 は、Y 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 6 と対向している。キャパシタ電極 5 2 5 と 5 2 6 とは、キャパシタ C 5 6 を形成する。キャパシタ電極 5 2 7 は、X 軸方向においてキャパシタ電極 5 2 5 および 5 2 6 と対向している。キャパシタ電極 5 2 5 と 5 2 7 とは、キャパシタ C 5 7 を形成する。キャパシタ電極 5 2 6 と 5 2 7 とは、キャパシタ C 6 7 を形成する。

20

【 0 1 7 3 】

ビア導体 V 5 1 ( 第 1 ビア導体 ) の一方端は、キャパシタ電極 5 2 1 ( 第 1 キャパシタ電極 ) に接続されている。ビア導体 V 5 1 は、インダクタ L 1 を形成する。

【 0 1 7 4 】

ビア導体 V 5 2 ( 第 2 ビア導体 ) の一方端は、キャパシタ電極 5 2 2 ( 第 2 キャパシタ電極 ) に接続されている。ビア導体 V 5 2 は、インダクタ L 2 を形成する。

【 0 1 7 5 】

ビア導体 V 5 3 ( 第 3 ビア導体 ) の一方端は、キャパシタ電極 5 2 3 ( 第 3 キャパシタ電極 ) に接続されている。ビア導体 V 5 3 は、インダクタ L 3 を形成する。

30

【 0 1 7 6 】

ビア導体 V 5 4 ( 第 4 ビア導体 ) の一方端は、キャパシタ電極 5 2 4 ( 第 4 キャパシタ電極 ) に接続されている。ビア導体 V 5 4 は、インダクタ L 4 を形成する。

【 0 1 7 7 】

ビア導体 V 5 5 の一方端は、キャパシタ電極 5 2 5 に接続されている。ビア導体 V 5 5 は、インダクタ L 5 を形成する。

【 0 1 7 8 】

ビア導体 V 5 6 の一方端は、キャパシタ電極 5 2 6 に接続されている。ビア導体 V 5 6 は、インダクタ L 6 を形成する。

40

【 0 1 7 9 】

ビア導体 V 5 7 の一方端は、キャパシタ電極 5 2 7 に接続されている。ビア導体 V 5 7 は、インダクタ L 7 を形成する。

【 0 1 8 0 】

ビア導体 V 5 2 および V 5 3 は、ビア導体 V 5 1 と V 5 4 とを結ぶ仮想線 V L 5 1 の両側に配置されている。ビア導体 V 5 5 および V 5 6 は、ビア導体 V 5 4 と V 5 7 とを結ぶ仮想線 V L 5 2 の両側に配置されている。

【 0 1 8 1 】

たとえば、実施の形態 5 においては磁気結合が容量結合より優位であるとする。ビア導体 V 5 1 と V 5 2 との間の距離は、ビア導体 V 5 1 と V 5 3 との間の距離より短い。その

50

ため、LC並列共振器LC1とLC2との間の磁気結合は、LC並列共振器LC1とLC3との間の磁気結合よりも強い。

【0182】

ビア導体V54とV53との間の距離は、ビア導体V54とV52との距離より短い。そのため、LC並列共振器LC4とLC3との間の磁気結合は、LC並列共振器LC4とLC2との間の磁気結合よりも強い。

【0183】

ビア導体V54とV55との間の距離は、ビア導体V54とV56との間の距離より短い。そのため、LC並列共振器LC4とLC5との間の磁気結合は、LC並列共振器LC4とLC6との間の磁気結合よりも強い。

10

【0184】

ビア導体V57とV56との間の距離は、ビア導体V57とV55との距離より短い。そのため、LC並列共振器LC7とLC6との間の磁気結合は、LC並列共振器LC7とLC5との間の磁気結合よりも強い。この結果、入出力端子P1側から、LC並列共振器LC1、LC2、LC3、LC4、LC5、LC6、およびLC7の順に結合し、7段のLCフィルタが構成される。

【0185】

以上、実施の形態5に係るLCフィルタによれば、LCフィルタの通過特性の調整を容易化することができる。

【0186】

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。

20

【符号の説明】

【0187】

1~5, 1A~1D バンドパスフィルタ、101, 102, 151, 152 接地端子、103~106, 203~206 側面電極、105B, 106B LGA端子、111, 111B, 141, 211, 241~244, 311, 411, 511 接地電極、121~124, 121A, 121B, 124A, 124B, 161~164, 221~224, 250, 321~325, 421~425, 521~527 キャパシタ電極、131~134, 231~234, 260 平面電極、271, 272 線路電極、BF, BF2 底面、C1~C7, C10, C12, C13, C14, C20, C23~C25, C30, C34, C35, C40, C45, C46, C56, C57, C67 キャパシタ、F11, F21, F22, F23, F31, F32, F41 外周部、L1~L7 インダクタ、LC1~LC7 LC並列共振器、Ly1, Ly2 誘電体層、P1, P2 入出力端子、SF1~SF4, SF21~SF24 側面、UF, UF2 上面、V1~V6, V1C~V4C, V21~V24, V31~V35, V41~V45, V51~V57 ビア導体。

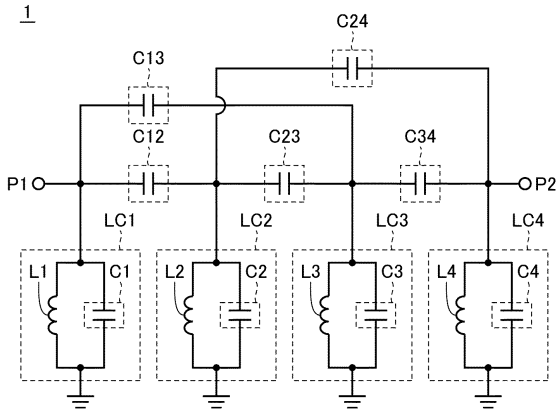
30

40

【図面】

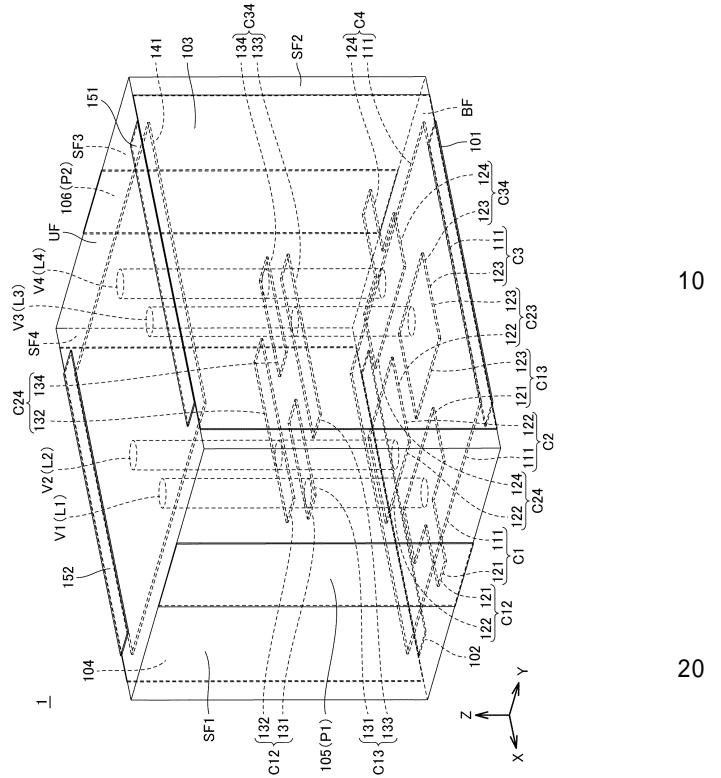
【図 1】

FIG.1



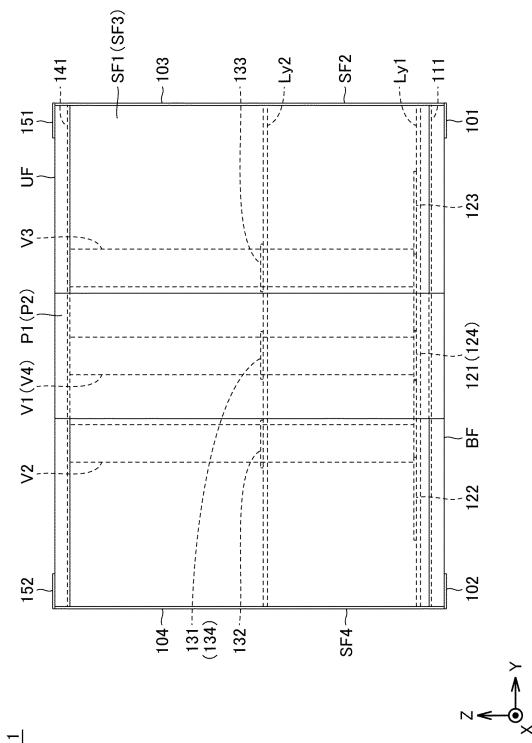
【図 2】

FIG.2



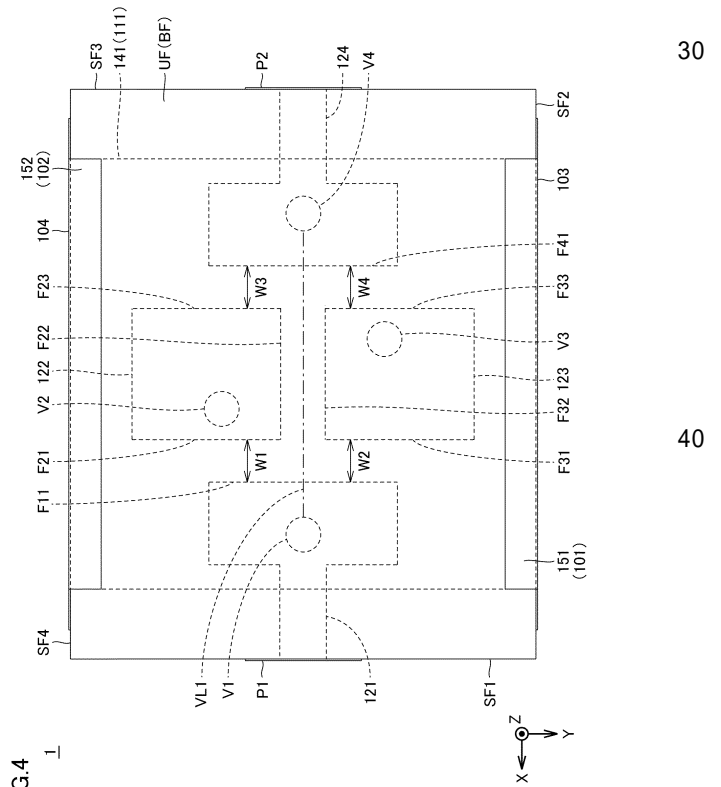
【図 3】

FIG.3



【図 4】

FIG.4



10

20

30

40

50

【図 5】

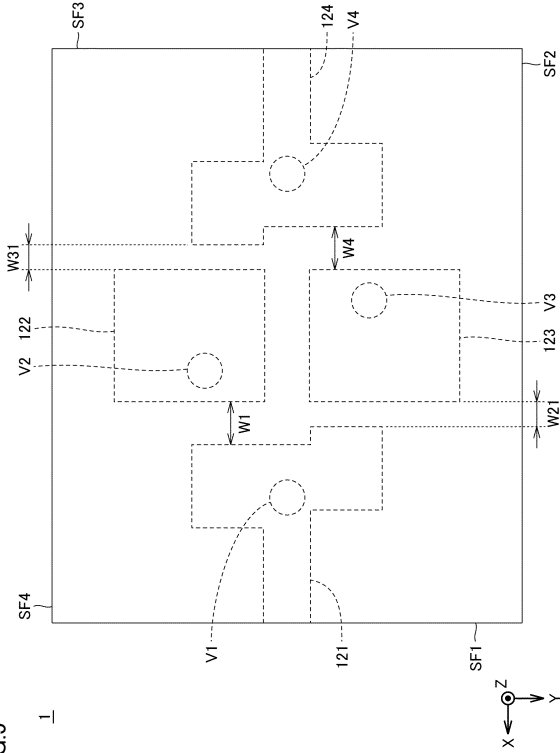


FIG.5

【図 6】

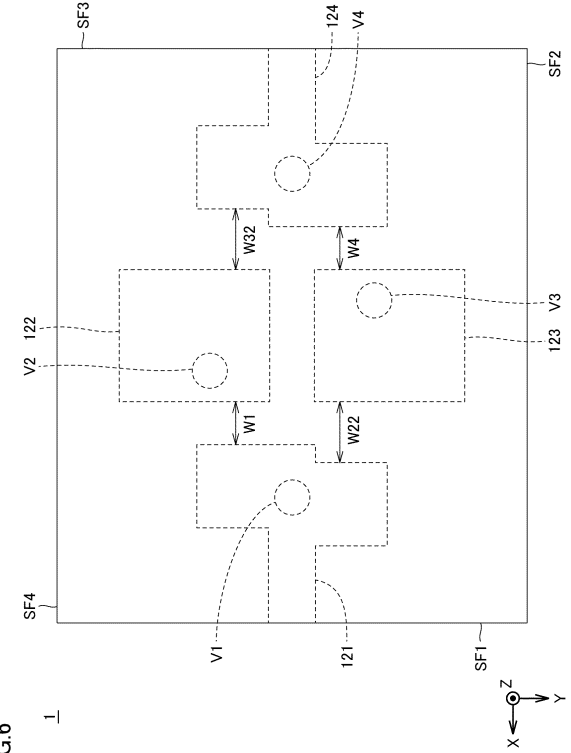
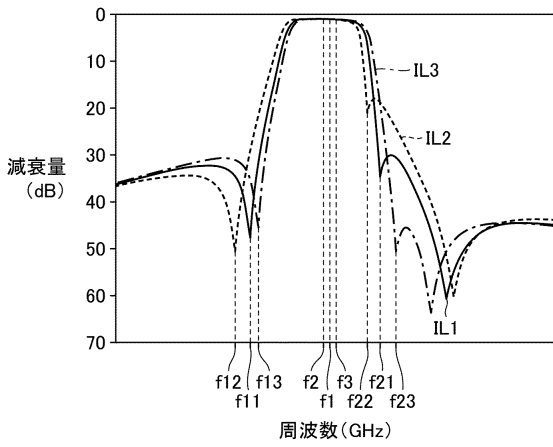


FIG.6

【図 7】

FIG.7



【図 8】

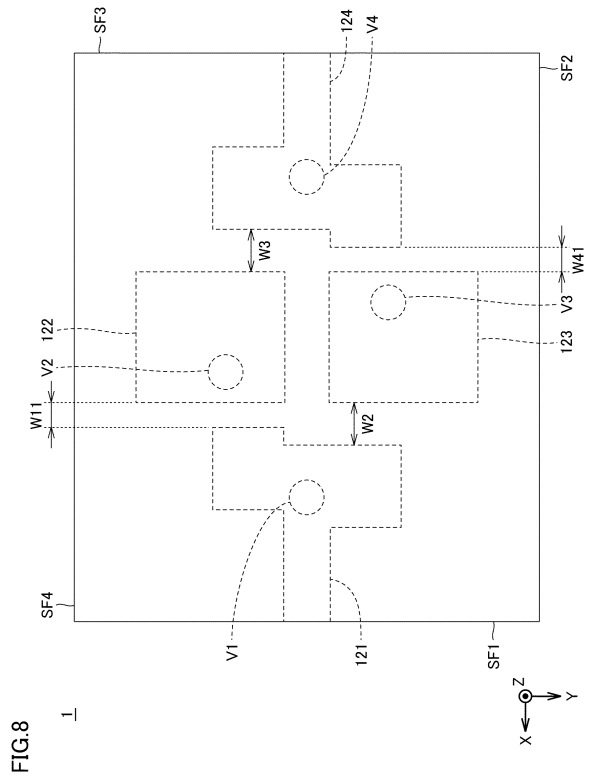


FIG.8

10

20

30

40

50





【 図 1 7 】

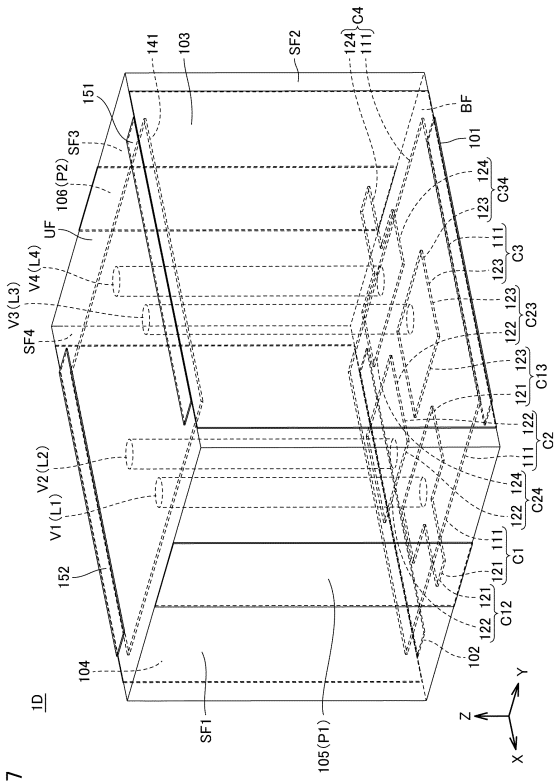
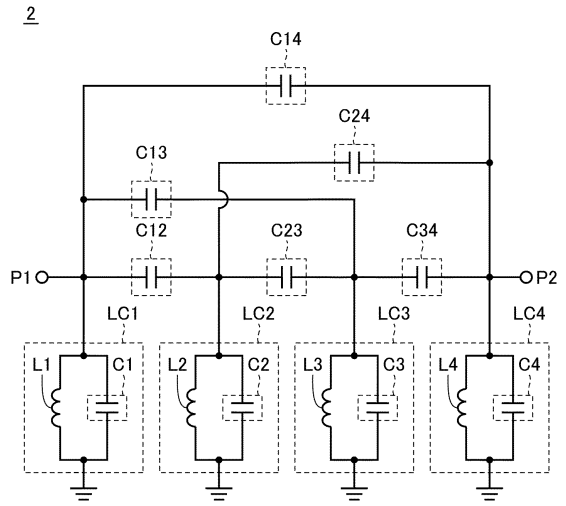


FIG. 17

【 図 1 8 】

FIG. 18



10

20

【 図 1 9 】

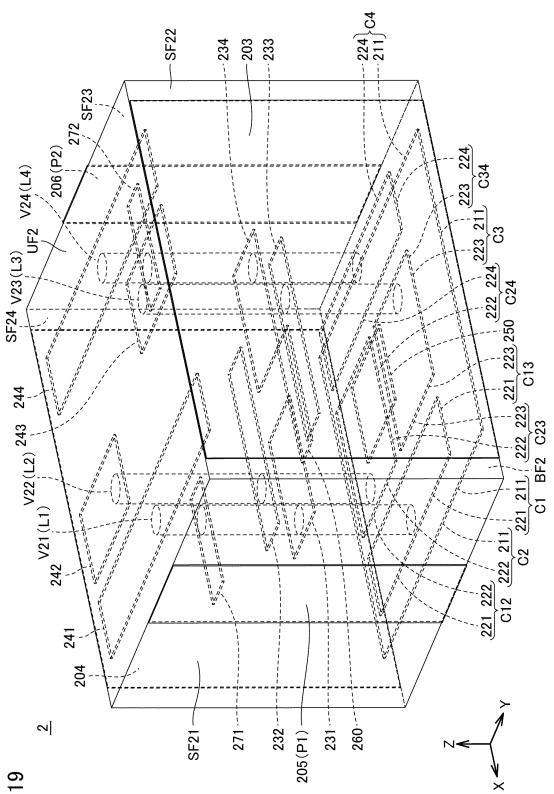
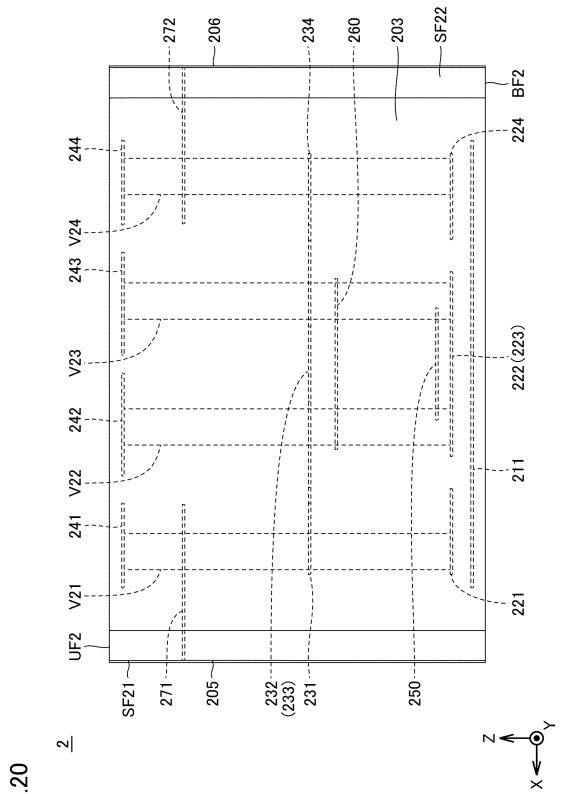


FIG. 19

【 図 2 0 】



30

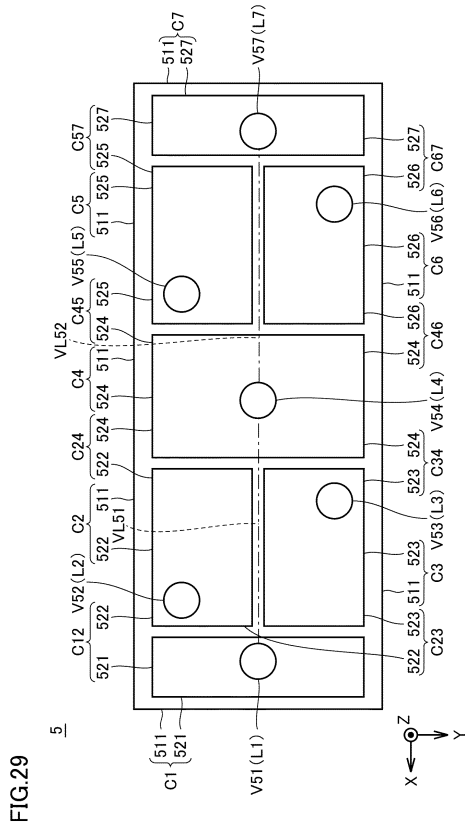
40

50





【 2 9 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2007/119356(WO,A1)  
国際公開第2015/059963(WO,A1)  
国際公開第2014/034214(WO,A1)  
特開2012-029016(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H03H 5/00-7/13  
H01F 17/00  
H01F 27/00  
H01G 4/40