(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年11月1日(01.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/199036 A1

(51) 国際特許分類:
H01P 1/208 (2006.01)　　*H01P 3/12* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/016486

(22) 国際出願日：　2018年4月23日(23.04.2018)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-090621　2017年4月28日(28.04.2017)　JP
特願 2017-139717　2017年7月19日(19.07.2017)　JP

(71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.) [JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場１丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 上道　雄介 (UEMICHI, Yusuke); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎１４４０番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人ＨＡＲＡＫＥＮＺＯ ＷＯＲＬＤ ＰＡＴＥＮＴ ＆ ＴＲＡＤＥＭＡＲＫ (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋２丁目北２番６号 大和南森町ビル Osaka (JP).

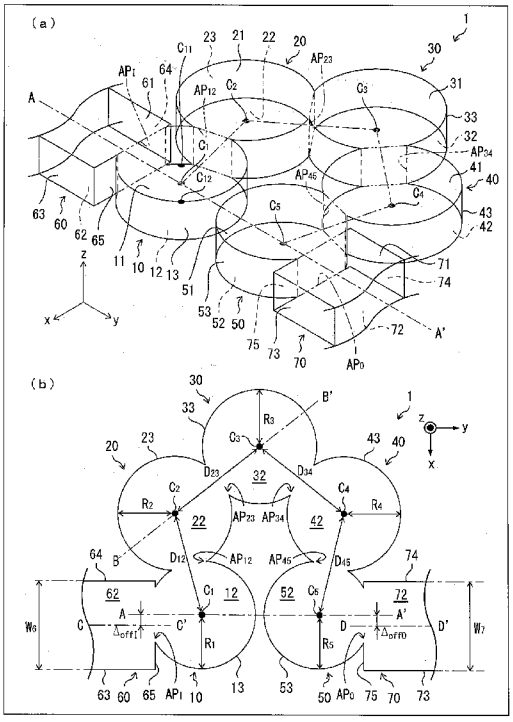
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) **Title:** FILTER

(54) 発明の名称： フィルタ

図１



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to make it easy to design a filter having the desired characteristics. The filter (1) comprises a plurality of electromagnetically coupled resonators (10-50)。 Each of the two resonators that are coupled with each other from among the resonators (10-50) is disposed so that $D < R_1 + R_2$, where R_1 and R_2 represent the radii of circles circumscribing the wide walls of the two resonators and D represents the distance between the centers of the two resonators.

(57) 要約：所望の特性を有するフィルタの設計を容易にすること。フィルタ（１）は、電磁気的に結合された複数の共振器（１０～５０）を備えている。共振器（１０～５０）の各々は、円形または６角形以上の正多角形の広壁（１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２）を有し、共振器（１０～５０）のうち互いに結合されている２つの共振器の各々は、これら２つの共振器の広壁の外接円の半径をR_1及びR_2とし、これら２つの共振器の中心間距離をＤとした場合に、$D < R_1 + R_2$となるように配置されている。

WO 2018/199036 A1

［続葉有］

TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： フィルタ

技術分野

[0001] 本発明は、共振器結合型のフィルタに関する。

背景技術

[0002] マイクロ波帯及びミリ波帯での使用を想定したバンドパスフィルタ（ＢＰＦ，BandpassFilter）が例えば特許文献１や非特許文献１などに記載されている。

[0003] これらのＢＰＦは、ポスト壁導波路（ＰＷＷ，Post-Wall Waveguide）の技術を利用して実現されている。具体的には、これらのＢＰＦは、一対の導体層により挟み込まれた誘電体製の基板を用いて製造されている。基板の内部には、互いに結合した複数の共振器が形成されている。これらの複数の共振器は、一対の導体層を一対の広壁とし、柵状に配列された複数の導体ポストからなるポスト壁を狭壁とする。

[0004] 複数の共振器のうち２つの隣接する共振器を隔てるポスト壁の一部には、数本の導体ポストを省略することによって、結合窓が設けられている。互いに隣接する２つの共振器は、この結合窓を介して電磁気的に結合している。入力ポートが形成されている最初段の共振器と、出力ポートが形成されている最終段の共振器との間には、このように電磁気的に結合した１又は複数の共振器が介在する。このように、これらのＰＷＷを利用したＢＰＦは、共振器結合型のＢＰＦである。

[0005] 特許文献１の図２に記載のＢＰＦは、３つの共振器により構成された３段のフィルタである。このＢＰＦにおいて、各共振器は、何れも５角形のホームベース型である。そのうえで、各共振器は、３回の回転対称性を有するように１２０°ずつ回転させた状態で配置されている。

[0006] また、非特許文献１の図５に記載のＢＰＦは、３つまたは５つの共振器により構成された複数段（３段のあるいは５段）のフィルタである。これらの

ＢＰＦにおいて、各共振器の形状は、いずれも長方形である。そのうえで、複数段の共振器の各々は、一直線状に配置されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開２００４－２４７８４３号公報（２００４年９月２日公開）」

非特許文献

[0008] 非特許文献1：Yusuke Uemichi, et. al, Compact and Low-Loss Bandpass FilterRealized in Silica-Based Post-Wall Waveguide for 60-GHz applications, IEEE MTT-S IMS, May 2015.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献１や非特許文献１などに記載のＢＰＦを設計するために、所望のフィルタ特性に応じてＢＰＦを構成する共振器の数を定める。そのうえで、所望のフィルタ特性を得るために、各共振器の形状及び各共振器の配置に関する複数の設計パラメータを最適化する。これら複数の設計パラメータを最適化する作業を実施するためには、多くの経験及び多くの労力を要する。

[0010] 本発明は、上述した課題に鑑みなされたものであり、その目的は、設計パラメータの数を減らすことによって、所望の特性を有するフィルタの設計を容易にすることである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るフィルタは、電磁気的に結合された複数の共振器を備えたフィルタであって、前記複数の共振器の各々は、円形または６角形以上の正多角形の広壁を有し、前記複数の共振器のうち互いに結合されている２つの共振器の各々は、これら２つの共振器の広壁の外接円の半径をR_1及びR_2とし、これら２つの共振器の中心間距離をＤとした場合に、$D < R_1 + R_2$となるように配置されている、ことを特徴

とする。

発明の効果

[0012] 本発明の一態様に係るフィルタは、所望の特性を有するフィルタの設計を容易にすることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]（ａ）は、本発明の第１の実施形態に係るフィルタの斜視図である。（ｂ）は、（ａ）に示したフィルタの平面図である。

[図2]（ａ）～（ｄ）は、それぞれ、本発明の第１～第４の変形例であるフィルタの平面図である。

[図3]（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ、本発明の第５及び第６の変形例であるフィルタの平面図である。

[図4]図１に示したフィルタをポスト壁導波路の技術を用いて構成した場合の構成例の斜視透視図である。

[図5]（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ、図４に示したフィルタの入力ポートに接続された導波路の端部に設置可能な変換部の平面図及び断面図である。

[図6]（ａ）は、本発明の第２の実施形態に係るフィルタの斜視図である。（ｂ）は、（ａ）に示したフィルタの平面図である。

[図7]本発明の第７の変形例であるフィルタの斜視透視図である。

[図8]本発明の実施例であるフィルタ及び本発明の比較例であるフィルタの平面図である。

[図9]（ａ）は、図８に示した実施例及び比較例のフィルタにおける反射特性を示すグラフである。（ｂ）は、図８に示した実施例及び比較例のフィルタにおける透過特性を示すグラフである。

[図10]（ａ）は、図８に示した実施例のフィルタの内部における電界分布を示す等高線図である。（ｂ）は、図８に示した比較例のフィルタの内部における電界分布を示す等高線図である。

[図11]（ａ）及び（ｂ）は、本発明の第８及び第９の変形例の平面図である。

[図12]（ａ）～（ｃ）は、本発明の第１０～第１２の変形例の平面図である。

[図13]（ａ）～（ｄ）は、本発明の第１３～第１６の変形例の平面図である。

[図14]図８に示した実施例及び本発明の第８～第１６の変形例における反射特性を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 〔第１の実施形態〕

本発明の第１の実施形態に係るフィルタについて、図１を参照して説明する。図１の（ａ）は、本実施形態に係るフィルタ１の斜視透視図である。図１の（ｂ）は、フィルタ１の平面図である。なお、図１の（ｂ）は、一方の広壁（ｚ軸正方向側の広壁１１，２１，３１，４１，５１，６１，７１）を省略した状態のフィルタ１を図示している。これは、結合窓AP_{12}，AP_{23}，AP_{34}，AP_{45}，AP_{I}，AP_{O}の構成を分かりやすく図示するためである。

[0015] ＜共振器１０～５０＞

図１の（ａ）及び（ｂ）に示すように、フィルタ１は、共振器１０、共振器２０、共振器３０、共振器４０、共振器５０と、導波路６０と、導波路７０とを備えている。

[0016] 共振器１０は、互いに対向する一対の広壁である広壁１１，１２と、広壁１１と広壁１２との間に介在する狭壁１３とにより構成されている。広壁１１，１２は、金属製の導体層により構成されている。広壁１１，１２の形状は、結合窓AP_{I}，AP_{12}が設けられる部分を除くと何れも円形である。結合窓AP_{I}，AP_{12}については、後述する。

[0017] 狭壁１３は、金属製の導体層により構成されている。狭壁１３は、展開した状態において長方形の形状を有する。すなわち、狭壁１３は、帯状導体である。共振器１０は、このように帯状導体である狭壁１３を広壁１１，１２の輪郭に沿って、筒状に巻き付けることにより形成される。狭壁１３は、広

壁１１と広壁１２とを導通させ、広壁１１と広壁１２とともに、結合窓AP_{1}，AP_{12}を除いた領域が閉じた円筒形の空間を形成する。

[0018] 結合窓AP_{1}及び結合窓AP_{12}の各々は、広壁１１，１２の弦を切断線として、広壁１１、広壁１２、及び狭壁１３の一部を、広壁１１，１２と交わる方向に（本実施形態においては垂直な方向に）切り落とすことによって形成される。結合窓AP_{1}は、後述する導波路６０と共振器１０とを電磁気的に結合させ、結合窓AP_{12}は、共振器１０と後述する共振器２０とを電磁気的に結合させる。

[0019] なお、この導体層の厚さは任意に定めることができる。すなわち、導体層は、その厚さを特に限定されるものではなく、導体薄膜や、導体箔や、導体板などの層状の導体全般を指す。

[0020] 本実施形態では、広壁１１，１２及び狭壁１３を構成する金属としてアルミニウムを採用している。なお、この金属は、アルミニウムに限定されるものではなく、銅であってもよいし、複数の金属元素により構成された合金であってもよい。また、図１に示したフィルタ１では、導体層を用いて狭壁１３を構成しているが、図４に示すようにポスト壁を用いて狭壁１３を構成することもできる。

[0021] 共振器２０～５０の各々は、それぞれ、共振器１０と同様に構成されている。すなわち、共振器２０は、一対の広壁である広壁２１，２２と、狭壁２３とにより構成されており、共振器３０は、一対の広壁である広壁３１，３２と、狭壁３３とにより構成されており、共振器４０は、一対の広壁である広壁４１，４２と、狭壁４３とにより構成されており、共振器５０は、一対の広壁である広壁５１，５２と、狭壁５３とにより構成されている。広壁２１，２２は、結合窓AP_{12}，AP_{23}が設けられる部分を除くと何れも円形であり、広壁３１，３２は、結合窓AP_{23}，AP_{34}が設けられる部分を除くと何れも円形であり、広壁４１，４２は、結合窓AP_{34}，AP_{45}が設けられる部分を除くと何れも円形であり、広壁５１，５２は、結合窓AP_{45}，AP_{O}が設けられる部分を除くと何れも円形である。結合窓AP_{23}は、共振器２０と

共振器３０とを電磁気的に結合させ、結合窓AP_{34}は、共振器３０と共振器４０とを電磁気的に結合させ、結合窓AP_{45}は、共振器４０と共振器５０とを電磁気的に結合させ、結合窓AP_Oは、共振器５０と後述する導波路７０とを電磁気的に結合させる。

[0022] 以上のように、フィルタ１は、５つの共振器１０～５０が電磁気的に結合した、５段の共振器結合型のフィルタである。フィルタ１は、バンドパスフィルタとして機能する。

[0023] ＜導波路６０～７０＞

導波路６０は、一対の広壁である広壁６１，６２と、一対の狭壁である狭壁６３，６４とにより構成された、断面が長方形な矩形導波路である。導波路６０の共振器１０側の端部には、共振器１０の結合窓AP_Iと同じ形状の開口が形成されたショート壁６５が設けられている。この開口と共振器１０の結合窓AP_Iとが一致するように導波路６０と共振器１０とを接続することによって、導波路６０と共振器１０とは、電磁気的に結合する。

[0024] 導波路７０は、導波路６０と同様に、一対の広壁である広壁７１，７２と、一対の狭壁である狭壁７３，７４とにより構成された矩形導波路である。導波路７０のショート壁７５に設けられた開口と共振器５０の結合窓AP_Oとが一致するように導波路７０と共振器５０とを接続することによって、導波路７０と共振器５０とは、電磁気的に結合する。

[0025] フィルタ１において、結合窓AP_I，AP_Oは、何れも入出力ポートとして機能する。結合窓AP_Iを入力ポートとすれば、結合窓AP_Oが出力ポートとなり、結合窓AP_Oを入力ポートとすれば、結合窓AP_Iが出力ポートとなる。いずれの入出力ポートを入力ポートにするかは任意であるが、本実施形態では、結合窓AP_Iを入力ポートとし、結合窓AP_Oを出力ポートとして説明する。すなわち、共振器１０が請求の範囲に記載の最初段の共振器であり、共振器５０が請求の範囲に記載の最終段の共振器である。

[0026] ＜各共振器の中心間距離＞

図１の（ａ）に示すように、広壁１１の中心のことを中心C_{11}と呼び、広

壁１２の中心のことを中心C_{12}と呼ぶ。共振器１０の中心C_1は、中心C_{11}と中心C_{12}との中点に位置する。共振器２０の中心C_2、共振器３０の中心C_3、共振器４０の中心C_4、及び共振器５０の中心C_5の各々は、共振器１０の中心C_1と同様に定められる。

[0027] 図１の（ｂ）に示すように、共振器１０の半径をR_1、共振器２０の半径をR_2、共振器３０の半径をR_3、共振器４０の半径をR_4、共振器５０の半径をR_5とする。また、中心C_1と中心C_2との中心間距離をD_{12}とし、中心C_2と中心C_3との中心間距離をD_{23}とし、中心C_3と中心C_4との中心間距離をD_{34}とし、中心C_4と中心C_5との中心間距離をD_{45}とする。なお、各共振器１０～５０の広壁１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２は、いずれも円形である。したがって、各広壁１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２の外接円の半径は、各共振器１０～５０の半径R_1～R_5と一致する。

[0028] このとき、R_1，R_2とD_{12}とは、$D_{12}<R_1+R_2$の条件を満たし、R_2，R_3とD_{23}とは、$D_{23}<R_2+R_3$の条件を満たし、R_3，R_4とD_{34}とは、$D_{34}<R_3+R_4$の条件を満たし、R_4，R_5とD_{45}とは、$D_{45}<R_4+R_5$の条件を満たす。これらの条件を満たすことによって、円筒形の２つの共振器（例えば共振器１０と共振器２０と）を、各共振器の側面に設けた結合窓（例えば結合窓AP_{12}）を介して結合させることができる。

[0029] ＜隣接する２つの共振器の対称性＞

フィルタ１において、複数の共振器のうち互いに結合されている２つの共振器に着目する。ここでは、共振器２０と共振器３０とを用いて説明する。２つの共振器２０，３０の各々の広壁２１，２２，３１，３２の形状（共振器２０，３０の外接円の形状と同じ）は、２つの外接円の中心C_2，C_3同士をつなぐ直線ＢＢ’を対称軸として線対称である（図１の（ｂ）参照）。したがって、従来のフィルタ（特許文献１の図１，図２に記載のフィルタ）と比較して、フィルタ１は、互いに結合されている２つの共振器における対称性が高いため、設計パラメータの数を少なくすることができる。したがって

、フィルタ１は、従来のフィルタと比較して、所望の特性を有するフィルタを容易に設計することができる。

[0030] なお、フィルタ１においては、互いに結合されている２つの共振器が線対称となるように構成されていることに加えて、フィルタ１全体も線対称となるように構成されている。具体的には、共振器１０～５０は、ｘ軸に沿い且つ共振器３０の中心C_3を通る直線を対称軸として線対称となるように配置されており、且つ、導波路６０～７０は、上記直線を対称軸として線対称となるように配置されている。したがって、フィルタ１は、全体の形状に関する対称性も高いため、設計パラメータの数を更に少なくすることができる。したがって、本フィルタは、従来のフィルタと比較して、所望の特性を有するフィルタを更に容易に設計することができる。

[0031] ＜共振器１０，５０の配置＞

フィルタ１において、共振器１０と共振器５０とは、互いに隣接するように配置されている（図１の（ａ），（ｂ）参照）。したがって、複数の共振器が直線状に配置されている場合と比較して、フィルタの全長を短くすることができる。フィルタの全長を短くすることによって、フィルタ１を取り巻く環境温度が変化した場合に生じる熱膨張又は熱収縮の絶対値を抑制することができる。したがって、全長が従来より短いフィルタ１は、環境温度の変化に起因する、通過帯域の中心周波数や帯域幅などの変化を抑制することができる。言い換えれば、フィルタ１は、環境温度に対する特性の安定性が高い。

[0032] ＜結合窓AP_I，AP_Oの配置＞

図１の（ｂ）に示すように、入力ポートである結合窓AP_Iは、共振器１０のうち共振器５０と対向する側（ｙ軸正方向側）と逆側（ｙ軸負方向側）の領域であって、直線ＡＡ’と交わる領域に形成されている。直線ＡＡ’は、共振器１０の中心C_1と、共振器５０の中心C_5とを通る直線である。

[0033] 同様に、出力ポートである結合窓AP_Oは、共振器５０のうち共振器１０と対向する側（ｙ軸負方向側）と逆側（ｙ軸正方向側）の領域であって、直線

ＡＡ’と交わる領域に形成されている。

[0034] フィルタ１が結合窓$ＡＰ_{I}$，$ＡＰ_{O}$を備えていることによって、入力ポート及び出力ポートの各々に対して、導波路６０，７０の各々を容易に結合させることができる。そのうえで、入力ポート及び出力ポートが１つの直線（直線ＡＡ’）と交わるように形成されている。そのため、フィルタ１は、導波路６０の中心軸である直線ＣＣ’と、導波路７０の中心軸である直線ＤＤ’とを一致させることができる。その結果として、２つのフィルタ１を並走させた状態で配置することができるので、フィルタ１は、例えばダイプレクサを構成する一対の方向性結合器の各々の間に介在するフィルタとして好適に利用することができる。

[0035] なお、直線ＡＡ’と直線ＣＣ’とのズレであるオフセット$Δ_{offI}$を調整する（最適化する）ことによって、導波路６０と共振器１０との接続部、すなわち結合窓$ＡＰ_{I}$における反射損失を抑制することができる。同様に、直線ＡＡ’と直線ＤＤ’とのズレであるオフセット$Δ_{offO}$を調整する（最適化する）ことによって、導波路７０と共振器５０との接続部、すなわち結合窓$ＡＰ_{O}$における反射損失を抑制することができる。フィルタ１は、中心$Ｃ_{3}$を通り、ｘ軸と平行な直線を対称軸として線対称な形状を有することが好ましい。したがって、オフセット$Δ_{offI}$と、オフセット$Δ_{offO}$とは、互いに一致していることが好ましい。

[0036] また、導波路６０の幅W_{6}及び導波路７０の幅W_{7}を設計変更した場合に、結合窓$ＡＰ_{I}$及び結合窓$ＡＰ_{O}$における反射損失が増大することが考えられる。フィルタ１においては、幅W_{6}及び幅W_{7}と独立して共振器１０～５０の設計パラメータを定めることができ、且つ、オフセット$Δ_{off}$を調整することによって反射損失を抑制することができる。したがって、フィルタ１は、結合窓$ＡＰ_{I}$及び結合窓$ＡＰ_{O}$における反射損失の増大を抑制しつつ、各導波路６０，７０の幅を容易に変更可能なフィルタである。

[0037] （第１～第４の変形例）

図２の（ａ）～（ｄ）を参照して、フィルタ１の第１～第４の変形例であ

るフィルタ１ａ～１ｄについて説明する。図２の（ａ）～（ｄ）は、それぞれ、フィルタ１ａ～１ｄの平面図である。なお、図２の（ａ）～（ｄ）の各図において、一方の広壁を省略した状態のフィルタ１ａ～１ｄを図示している。

[0038] フィルタ１ａは、６つの共振器である共振器１０ａ，２０ａ，３０ａ，４０ａ，５０ａ，６０ａを備えている。フィルタ１ｂは、７つの共振器である共振器１０ｂ，２０ｂ，３０ｂ，４０ｂ，５０ｂ，６０ｂ，７０ｂを備えている。フィルタ１ｃは、８つの共振器である共振器１０ｃ，２０ｃ，３０ｃ，４０ｃ，５０ｃ，６０ｃ，７０ｃ，８０ｃを備えている。フィルタ１ｄは、１１個の共振器である共振器１０ｄ，２０ｄ，３０ｄ，４０ｄ，５０ｄ，６０ｄ，７０ｄ，８０ｄ，９０ｄ，１００ｄ，１１０ｄを備えている。

[0039] 以上のように、本発明の一態様に係るフィルタにおいて、フィルタを構成する共振器の個数は、限定されるものではない。フィルタを構成する共振器の個数、換言すればフィルタの段数は、所望のフィルタ特性（通過帯域の中心周波数や、帯域幅や、通過帯域の下限周波数及び上限周波数の近傍におけるカットオフの鋭さなど）に応じて任意の数に設計することができ、その数は、奇数であっても偶数であってもよい。

[0040] （第５～第６の変形例）

図３の（ａ）～（ｂ）を参照して、フィルタ１の第５～第６の変形例であるフィルタ１ｅ，１ｆについて説明する。図３の（ａ），（ｂ）は、それぞれ、フィルタ１ｅ，１ｆの平面図である。なお、図３の（ａ），（ｂ）の各図において、一方の広壁を省略した状態のフィルタ１ｅ，１ｆを図示している。

[0041] フィルタ１ｅは、６つの共振器である共振器１０ｅ，２０ｅ，３０ｅ，４０ｅ，５０ｅ，６０ｅを備えている。フィルタ１ｅは、図１の（ｂ）に示したフィルタ１が備えている円形の広壁１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２の代わりに、正６角形の広壁を備えている。図３の（ａ）においては一方の広壁を省略しているが、共振器１０ｅは、正６角

形の広壁１２ｅを備えている。同様に、共振器２０ｅ～６０ｅの各々は、正６角形の広壁２２ｅ～６２ｅを備えている。

[0042] 外接円CC_{1e}～CC_{6e}の各々は、広壁１２ｅ～６２ｅの外接円である。このように、フィルタ１の変形例は、正多角形である広壁１２ｅ～６２ｅを採用していてもよい。広壁１２ｅ～６２ｅが正多角形である場合であっても、互いに結合されている２つの共振器の各々において、これら２つの共振器の広壁の外接円の半径をR_1及びR_2とし、これら２つの共振器の中心間距離をＤとした場合に、$D < R_1 + R_2$となるように配置されていれば、フィルタ１ｅは、図１に示したフィルタ１と同様の効果を奏する。

[0043] フィルタ１ｆは、４つの共振器である共振器１０ｆ，２０ｆ，３０ｆ，４０ｆを備えている。共振器１０ｆは、正８角形の広壁１２ｆを備えている。同様に、共振器２０ｆ～４０ｆの各々は、正８角形の広壁２２ｆ～４２ｆを備えている。

[0044] なお、本発明の一態様に係るフィルタが備えている形状は、正６角形及び正８角形に限定されるものではなく、６角形以上の正多角形であればよい。

[0045] （構成例）

図１に示したフィルタ１の別の構成例について、図４及び図５を参照して説明する。図４は、フィルタ１をポスト壁導波路の技術を用いて構成した場合の構成例の斜視透視図である。なお、図４において、導体層２，４を仮想線（二点鎖線）にて図示している。これは、基板３の内部に形成された複数の導体ポストを見やすくするためである。図５の（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ、図４に示したフィルタ１の入力ポートに接続された導波路６０の端部に設置可能な変換部８０の平面図及び断面図である。

[0046] ＜ポスト壁導波路＞

本構成例のフィルタ１は、ポスト壁導波路の技術を用いており、その両面に導体層２と導体層４とが形成された誘電体製の基板３を用いて構成されている。基板３は、請求の範囲に記載の誘電体基板に対応する。

一対の導体層である導体層２及び導体層４は、共振器１０～５０及び導波路

６０～７０を構成する一対の広壁として機能する。また、基板３の内部には、基板３の一方の表面から他方の表面まで貫通する貫通孔が複数形成されており、その貫通孔の内壁には、導体層２と導体層４とを導通させるように、導体膜が形成されている。すなわち、貫通孔の内部には、導体層２と導体層４とを導通させる導体ポストが形成されている。

[0047] 複数の導体ポストを所定の間隔で柵状に配列することによって得られるポスト壁（請求の範囲に記載の導体ポスト群）は、上記所定の間隔に応じた帯域の電磁波を反射する、一種の導体壁として機能する。本構成例のフィルタ１では、共振器１０～５０及び導波路６０～７０を構成する狭壁として、このようなポスト壁を採用している。

[0048] 例えば、共振器１０の狭壁１３は、複数の導体ポスト１３ｉ（ｉは、正の整数）を柵状に、且つ、円形に配列することにより構成されている。同様に、共振器２０～５０の狭壁２３～５３の各々は、それぞれ、複数の導体ポスト２３ｉから５３ｉにより構成されており、導波路６０～７０の狭壁６３，６４，７３，７４の各々は、それぞれ複数の導体ポスト６３ｉ，６４ｉ，７３ｉ，７４ｉにより構成されている。

[0049] 共振器１０と共振器２０とを電磁気的に結合させる結合窓AP_{12}は、導体ポスト１３ｉの一部及び導体ポスト２３ｉの一部を省略することによって得られる。結合窓AP_{23}，AP_{34}，AP_{45}，AP_{I}，AP_{O}についても同様である。

[0050] ポスト壁導波路の技術を用いて構成したフィルタ１は、金属製の導波管の技術を用いて構成したフィルタ１と比較して、容易に作製することができ、軽量化を図ることもできる。

[0051] ＜変換部＞

図４に示したフィルタ１において、導波路６０の共振器１０側と逆側の端部（ｙ軸負方向側の端部）には、図５に示す変換部８０（請求の範囲に記載の入力変換部）が設けられていてもよい。同様に、導波路７０の共振器５０側と逆側の端部（ｙ軸正方向側の端部）にも、変換部８０（請求の範囲に記

載の出力変換部）が設けられていてもよい。以下では、導波路６０の端部に設けられた変換部８０を例にして説明する。

[0052] 導波路６０の端部に変換部８０を設ける場合、当該端部には、ショート壁６６が形成される。ショート壁６６は、複数の導体ポスト６６ｉを柵状に配列することによって得られるポスト壁である。ショート壁６６は、ショート壁６５と対になるショート壁であり、導波路６０の共振器１０側と逆側の端部を閉じる。

[0053] 図５の（ａ），（ｂ）に示すように、変換部８０は、信号線８５と、パッド８６と、ブラインドビア８７と、電極８８，８９とを備えている。

[0054] 誘電体層５は、導体層２の表面に形成されている、誘電体製の層である。誘電体層５には、変換部８０を構成する導波路と重畳する開口５ａが設けられている。また、変換部８０の導体層２には、開口５ａと重畳する開口２ａが設けられている。開口２ａは、開口５ａを包含するように設けられている。開口２ａは、アンチパッドとして機能する。

[0055] 信号線８５は、誘電体層５の表面に形成された帯状導体である。信号線の一端部は、開口５ａを取り囲み、且つ、開口２ａと重畳する領域に形成されている。なお、信号線８５と導体層２とは、マイクロストリップ線路を形成する。

[0056] パッド８６は、基板３の表面であって、導体層２が設けられている表面に形成された円形の導体層である。パッド８６は、導体層２に設けられた開口２ａ内に、導体層２と絶縁された状態で配置されている。

[0057] 基板３の表面には、導体層２が設けられた表面から、基板３の内部に向かう非貫通孔が形成されている。ブラインドビア８７は、その非貫通孔の内壁に形成された筒上の導体膜からなる。ブラインドビア８７は、信号線８５の一端部に、パッド８６を介して導通するように接続されている。すなわち、ブラインドビア８７は、信号線８５の一端部に接続されており、開口２ａ，５ａを通って基板３の内部に形成されている。ブラインドビア８７は、請求の範囲に記載の導体ピンに対応する。

[0058] 電極８８，８９は、誘電体層５の表面に形成された電極である。電極８８，８９の各々は、信号線８５の他端部近傍に、信号線８５の他端部を挟むように配置されている。

[0059] 誘電体層５の電極５８と重畳する領域には、複数の貫通孔が設けられている。これらの複数の貫通孔には、ビア８８Ａとして機能する導体が充填されている。ビア８８Ａは、電極８８と導体層２とを短絡する。また、ビア８８Ａと同様に構成されたビア８９Ａは、電極８９と導体層２とを短絡する。このように構成された電極８８及び電極８９は、グランドとして機能するので、信号線８５とともにグランド－シグナル－グランドの端子構造を実現する。

[0060] このように構成された変換部８０は、マイクロストリップ線路を伝搬するモードと、導波路６０の内部を伝搬するモードとを変換する。したがって、変換部８０は、入力ポート及び出力ポートの各々に対して、マイクロストリップ線路を容易に結合させることができる。また、信号線８５と電極８８，８９とからなる端子構造には、ＲＦＩＣをバンプなどを用いて容易に接続することができる。

[0061] なお、本構成例では、導波路６０又は導波路７０の端部に変換部８０を設けるものとして説明した。すなわち、変換部８０は、導波路６０又は導波路７０を介して共振器１０又は共振器５０に結合されるものとして説明した。しかし、変換部８０は、共振器１０又は共振器５０に直接結合するように設けられていてもよい。すなわち、変換部８０のブラインドビア８７は、共振器１０の広壁１１又は共振器５０の広壁５１の一部に設けられた開口から共振器１０又は共振器５０の内部に形成されるように構成されていてもよい。

[0062] 〔第２の実施形態〕

本発明の第２の実施形態に係るフィルタについて、図６を参照して説明する。図６の（ａ）は、本実施形態に係るフィルタ２０１の斜視透視図である。図６の（ｂ）は、フィルタ２０１の平面図である。なお、図６の（ｂ）は、一方の広壁（ｚ軸正方向側の広壁）を構成する導体層２０２を省略した状

態のフィルタ２０１を図示している。これは、共振器２１０～２５０及び導波路２６０，２７０を構成する狭壁２１３，２２３，２３３，２４３，２５３，２６３，２６４，２７３，２７４を構成する導体ポストの配置を分かりやすく図示するためである。

[0063] フィルタ２０１は、図４に示したフィルタ１に対して、導体ポスト２１４，２２４，２３４，２４４，２５４を追加することによって得られる。したがって、本実施形態では、導体ポスト２１４，２２４，２３４，２４４，２５４について説明し、それ以外の構成に関する説明を省略する。なお、フィルタ２０１を構成する各部材に付した部材番号は、フィルタ１を構成する各部材に対して付した部材番号を２００番台に変更することによって得られる。

[0064] 導体ポスト２１４，２２４，２３４，２４４，２５４について、導体ポスト２１４を例にして説明する。導体ポスト２１４は、共振器２１０を構成する一方の広壁（導体層２の一部）から共振器２１０の内部に向かって突出し、共振器２１０を構成する他方の広壁（導体層４の一部）に至る、導体製の突出部である。導体ポスト２１４は、狭壁２１３を構成する導体ポストと同様に構成されている。また、導体ポスト２２４，２３４，２４４，２５４は、導体ポスト２１４と同様に構成されている。

[0065] 共振器２１０が導体ポスト２１４を備えていることによって、導体ポスト２１４を省略した状態の共振器２１０と比較して、共振周波数を変化させることができる。その結果として、フィルタ２０１の共振周波数を変化させることができる。

[0066] 導体ポスト２１４を追加することによって得られる共振周波数の変化は、導体ポスト２１４を形成する位置を調整することにより、変化させることができる。このことは、フィルタ２０１の特性を調整するための設計パラメータとして、導体ポスト２１４を形成する位置を利用できることを意味する。したがって、フィルタ２０１は、各共振器２１０～２５０の形状を設計変更することなく、容易に特性を調整することができる。

[0067] なお、フィルタ２０１では、各共振器２１０～２５０の各々に、それぞれ、突出部である導体ポスト２１４～２５４が形成されている。しかし、突出部は、少なくとも１つの共振器に形成されていればよい。

[0068] （第７の変形例）

図７を参照して、本発明の第７の変形例であるフィルタ３０１について説明する。図７は、フィルタ３０１の斜視透視図である。フィルタ３０１は、フィルタ２０１の構成をベースとして、導体ポスト２１４、２２４，２３４，２４４，２５４の代わりに突出部３１４，３２４，３３４，３４４，３５４を採用することによって得られる。したがって、本変形例では、突出部３１４～３５４について説明し、それ以外の構成に関する説明を省略する。なお、フィルタ３０１を構成する各部材に付した部材番号は、フィルタ２０１を構成する各部材に対して付した部材番号を３００番台に変更することによって得られる。

[0069] 突出部３１４は、共振器３１０を構成する一方の広壁である広壁３１１から共振器３１０の内部に向かって突出した導体製の突出部である。突出部３１４と導体ポスト２１４とを比較すると、突出部３１４の方が、（１）広壁３１１の中心（共振器３１０の中心）近傍に形成されており、且つ、（２）広壁３１１からの突出量が短い。また、突出部３２４，３３４，３４４，３５４は、突出部３１４と同様に構成されている。

[0070] 突出部３１４（または導体ポスト２１４）を形成することによって得られる共振周波数の変化は、（１）突出部３１４（または導体ポスト２１４）を形成する位置が狭壁３１３（または２１３）に近いほど小さく、広壁３１１（または２１１）の中心に近づくほど大きく、（２）突出部３１４（または導体ポスト２１４）の突出量が小さいほど小さく、突出量が大きいほど大きい。

[0071] 突出部３１４のように、広壁３１１の中心近傍に突出部を設ける場合には、共振周波数の変化が大きくなりすぎないように、突出量を小さくすることが好ましい。

[0072] このように、突出部を形成する位置と、突出量とを調整することによって、フィルタ３０１は、各共振器３１０～３５０の形状を設計変更することなく、容易に特性を調整することができる。

[0073] 〔実施例及び比較例〕

本発明の実施例であるフィルタ１と、比較例であるフィルタ５０１とについて、図８～図１０を参照して説明する。図８は、フィルタ１及びフィルタ５０１の平面図である。図９の（ａ）は、フィルタ１及びフィルタ５０１における反射特性（ＳパラメータＳ（１，１）の周波数依存性）を示すグラフである。図９の（ｂ）は、フィルタ１及びフィルタ５０１における透過特性（ＳパラメータＳ（２，１）の周波数依存性）を示すグラフである。図１０の（ａ）は、フィルタ１の内部における電界分布を示す等高線図である。図１０の（ｂ）は、フィルタ５０１の内部における電界分布を示す等高線図である。

[0074] フィルタ１は、図１に示したフィルタ１において、設計パラメータである各共振器間の広壁の半径と、中心間距離とを以下のように定めたものである。なお、D_{12}，D_{45}，D_{23}，D_{34}の値は、小数点第一位を四捨五入している。

・R_1，R_5＝７４９μｍ

・R_2，R_4＝７８７μｍ

・R_3＝７９２μｍ

・D_{12}，D_{45}＝１４４６μｍ

・D_{23}，D_{34}＝１４４９μｍ

[0075] また、フィルタ５０１は、長方形の共振器５１０，５２０，５３０，５４０，５５０を一直線状に結合した共振器結合型のフィルタであり、共振器５１０～５５０の長さ及び幅を、図８に示すように定めたものである。

[0076] 上述したフィルタ１の各設計パラメータは、フィルタ１の特性がフィルタ５０１とできるだけ近い特性になるように定めた。

[0077] 図９の（ａ）及び（ｂ）を参照すると、フィルタ１の特性がフィルタ５０

１とよく一致していることが分かった。また、通過帯域におけるＳ（１，１）を参照すると、フィルタ１の方が反射を抑制できており、通過帯域におけるＳ（２，１）を参照すると、フィルタ１の方が高い透過率を示すことが分かった。

[0078] 図１０の（ａ）を参照すると、フィルタ１において、導波路６０から共振器１０に結合された電磁波が、共振器２０～４０を介して共振器５０まで伝搬され、共振器５０から導波路７０に結合されていることが分かった。その上で、共振器１０～５０の隅々まで電界が分布していることが分かった。一方、図１０の（ｂ）を参照すると、共振器５１０～５５０の角近傍に電界が分布していない（あるいは電界の強度がとても低い）領域があることが分かった。フィルタ１とフィルタ５０１とにおけるこの違いは、各共振器を構成する広壁の形状の違いに起因すると考えられる。これらの結果より、フィルタ１は、結合窓AP_I，AP_{12}，AP_{23}，AP_{34}，AP_{45}，AP_Oが設けられている部分を除いて、広壁の形状が円形であるため、フィルタ５０１と比較して、各共振器のキャビティーをより有効に活用することができることが分かった。

[0079] 以上の結果から、広壁の形状が円形である共振器１０～５０を用いて、広壁の形状が長方形である共振器５１０～５５０を備えたフィルタ５０１と同等あるいは上回る特性を有し、且つ、コンパクトなフィルタ１を設計することができた。

[0080] （第８～第１６の変形例）

図１１～図１４を参照して、フィルタ１の第８～第１６の変形例であるフィルタ１ｇ～１ｏについて説明する。図１１の（ａ）及び（ｂ）は、フィルタ１ｇ及びフィルタ１ｈの平面図である。図１２の（ａ）～（ｃ）は、フィルタ１ｉ～１ｋの平面図である。図１３の（ａ）～（ｄ）は、フィルタ１ｌ～フィルタ１ｏの平面図である。図１４は、フィルタ１及びフィルタ１ｇ～１ｏにおける反射特性（Ｓパラメータ Ｓ（１，１）の周波数依存性）を示すグラフである。

[0081] フィルタ１ｇ～１ｏの各々は、何れも、図１に示したフィルタ１を変形することによって得られる。より具体的には、フィルタ１ｇ～１ｏの各々は、フィルタ１を構成する５つの共振器１０～５０のうちのいくつかの共振器の位置を移動することによって、得られる。なお、フィルタ１からフィルタ１ｇ～１ｏを得るために実施する共振器の移動は、ある点を回転中心とする回転変換、及び、ある直線を対称軸とする鏡映変換の少なくとも一方により実現される。

[0082] ここでは、フィルタ１ｇ～１ｏの各々を得るために実施した各共振器の位置について説明するとともに、フィルタ１ｇ～１ｏの各々により得られた反射特性（Ｓパラメータ Ｓ（１，１）の周波数依存性）について説明する。

[0083] フィルタ１ｇ～１ｏの各々は、何れも、フィルタ１が備えている共振器１０～５０、及び、導波路６０～７０に対応する共振器及び導波路を備えている。すなわち、フィルタ１ｇは、共振器１０ｇ～５０ｇ、及び、導波路６０ｇ～７０ｇを備えており（図１１の（ａ）参照）、フィルタ１ｈは、共振器１０ｈ～５０ｈ、及び、導波路６０ｈ～７０ｈを備えており（図１１の（ｂ）参照）、フィルタ１ｉは、共振器１０ｉ～５０ｉ、及び、導波路６０ｉ～７０ｉを備えており（図１２の（ａ）参照）、フィルタ１ｊは、共振器１０ｊ～５０ｊ、及び、導波路６０ｊ～７０ｊを備えており（図１２の（ｂ）参照）、フィルタ１ｋは、共振器１０ｋ～５０ｋ、及び、導波路６０ｋ～７０ｋを備えており（図１２の（ｃ）参照）、フィルタ１ｌは、共振器１０ｌ～５０ｌ、及び、導波路６０ｌ～７０ｌを備えており（図１３の（ａ）参照）、フィルタ１ｍは、共振器１０ｍ～５０ｍ、及び、導波路６０ｍ～７０ｍを備えており（図１３の（ｂ）参照）、フィルタ１ｎは、共振器１０ｎ～５０ｎ、及び、導波路６０ｎ～７０ｎを備えており（図１３の（ｃ）参照）、フィルタ１ｏは、共振器１０ｏ～５０ｏ、及び、導波路６０ｏ～７０ｏを備えている（図１３の（ｄ）参照）。

[0084] ここでは、フィルタ１ｇを構成する共振器１０ｇ～５０ｇの中心のことを、それぞれ、フィルタ１を構成する共振器１０～５０の各々の場合と同じく

、中心C_{1g}～C_{5g}と称する。同様に、フィルタ１ｈ～１ｏを構成する共振器１０ｈ～５０ｈの中心のことを、それぞれ、中心C_{1h}～C_{5h}と称し、共振器１０ｉ～５０ｉの中心のことを、それぞれ、中心C_{1i}～C_{5i}と称し、共振器１０ｊ～５０ｊの中心のことを、それぞれ、中心C_{1j}～C_{5j}と称し、共振器１０ｋ～５０ｋの中心のことを、それぞれ、中心C_{1k}～C_{5k}と称し、共振器１０ｌ～５０ｌの中心のことを、それぞれ、中心C_{1l}～C_{5l}と称し、共振器１０ｍ～５０ｍの中心のことを、それぞれ、中心C_{1m}～C_{5m}と称し、共振器１０ｎ～５０ｎの中心のことを、それぞれ、中心C_{1n}～C_{5n}と称し、及び、共振器１０ｏ～５０ｏの中心のことを、それぞれ、中心C_{1o}～C_{5o}と称する。

[0085] 図１１の（ａ）に示すように、フィルタ１ｇは、フィルタ１をもとにして、中心C_{3g}を回転中心として、共振器４０ｇ及び５０ｇを反時計回りに３０°回転変換することによって得られる。図１１の（ｂ）に示すように、フィルタ１ｈは、フィルタ１をもとにして、中心C_{4h}を回転中心として、共振器５０ｈを反時計回りに９０°回転変換することによって得られる。

[0086] 図１２の（ａ）に示すように、フィルタ１ｉは、フィルタ１をもとにして、中心C_{3i}を回転中心として、共振器４０ｇ及び５０ｇを反時計回りに１８０°回転変換することによって得られる。あるいは、フィルタ１ｉは、フィルタ１をもとにして、中心C_{3i}を通るｙ軸に平行な直線を対称軸として、共振器４０ｇ及び５０ｇを鏡映変換し、更に、中心C_{3i}を通るｘ軸に平行な直線を対称軸として共振器４０ｇ及び５０ｇを鏡映変換することによって得られる。図１２の（ｂ）に示すように、フィルタ１ｊは、フィルタ１ｉをもとにして、中心C_{2j}を回転中心として、共振器３０ｊ～５０ｊを時計回りに４５°回転変換することによって得られる。図１２の（ｃ）に示すように、フィルタ１ｋは、フィルタ１ｊをもとにして、中心C_{4k}を回転中心として、共振器５０ｋを時計回りに４５°回転変換することによって得られる。なお、図１２の（ａ）において、中心C_3を通るｙ軸に平行な直線を対称軸として鏡映変換した状態の共振器４０ｇ及び５０ｇは、図示していない。

[0087] 図１３の（ａ）に示すように、フィルタ１１は、フィルタ１をもとにして、中心C_{3l}を通るｙ軸に平行な直線を対称軸として、共振器４０１及び５０１を鏡映変換することによって得られる。図１３の（ｂ）に示すように、フィルタ１ｍは、フィルタ１１をもとにして、中心C_{3m}を回転中心として、共振器４０ｍ及び５０ｍを時計回りに９０°回転変換することによって得られる。図１３の（ｃ）に示すように、フィルタ１ｎは、フィルタ１ｍをもとにして、中心C_{4n}を回転中心として、共振器５０ｍを反時計回りに３０°回転変換することによって得られる。図１３の（ｄ）に示すように、フィルタ１ｏは、フィルタ１ｎをもとにして、中心C_{4o}を回転中心として、共振器５０ｏを反時計回りに２０°回転変換することによって得られる。

[0088] これらの変換操作により得られたフィルタ１ｇ～１ｏの各々は、図１４に示すように、フィルタ１と、同程度の中心周波数及び同程度の－１０ｄＢにおける帯域幅を示すことが分かった。なお、－１５ｄＢにおける帯域幅に着目すると、フィルタ１ｊ、フィルタ１ｎ、及びフィルタ１ｏにおいては、帯域幅が狭まることが分かった。

[0089] フィルタ１ｇ～１ｏの各々は、フィルタ１と同様に、電磁気的に結合された５個の共振器を備えており、前記複数の共振器の各々は、円形の広壁を有している。そのうえで、５個の共振器のうち互いに結合されている２つの共振器の各々は、これら２つの共振器の広壁の外接円の半径をR_1及びR_2とし、これら２つの共振器の中心間距離をＤとした場合に、$D < R_1 + R_2$となるように配置されている。したがって、フィルタ１ｇ～１ｏの各々は、フィルタ１と同様に、設計パラメータの数を少なくすることができ、結果として所望の特性を有するフィルタを容易に設計することができる。

[0090] さらに、本発明の一態様に係るフィルタは、各共振器の位置に関して上述したような回転変換及び鏡映変換の少なくとも何れかを実施した場合であっても、中心周波数は、おおよそ変わらず、帯域幅も大きく変化しないことが分かった。したがって、本発明の一態様に係るフィルタは、導波路６０及び導波路７０の位置及びその延伸される方向を定めるときの自由度（すなわち

設計自由度）を高めることができることが分かった。

[0091] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

[0092] 〔まとめ〕

上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るフィルタ（１，２０１，３０１）は、電磁気的に結合された複数の共振器（１０～５０，２１０～２５０，３１０～３５０）を備えたフィルタ（１，２０１，３０１）であって、前記複数の共振器（１０～５０，２１０～２５０，３１０～３５０）の各々は、円形または６角形以上の正多角形の広壁（１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２，３１１，３１２，３２１，３２２，３３１，３３２，３４１，３４２，３５１，３５２）を有し、前記複数の共振器（１０～５０，２１０～２５０，３１０～３５０）のうち互いに結合されている２つの共振器の各々は、これら２つの共振器の広壁の外接円の半径をR_1及びR_2とし、これら２つの共振器の中心間距離をＤとした場合に、$D < R_1 + R_2$となるように配置されている、ことを特徴とする。

[0093] 上記の構成によれば、複数の共振器（１０～５０，２１０～２５０，３１０～３５０）のうち互いに結合されている２つの共振器に着目した場合に、当該２つの共振器の各々の外接円の形状は、２つの外接円の中心同士をつなぐ直線を対称軸として線対称である。したがって、特許文献１に記載のフィルタと比較して、本フィルタは、その形状に関する対称性が高いため、設計パラメータの数を少なくすることができる。

[0094] また、上記の構成によれば、複数の共振器（１０～５０，２１０～２５０，３１０～３５０）の各々を構成する広壁（１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２，３１１，３１２，３２１，３２２，３３１，３３２，３４１，３４２，３５１，３５２）の形状は、円形または６角形以上の正多角形である。したがって、非特許文献１に記載のフィルタと比

較して、本フィルタ（１，２０１，３０１）は、その形状に関する対称性が高いため、設計パラメータの数を少なくすることができる。

[0095] したがって、本フィルタ（１，２０１，３０１）は、従来のフィルタと比較して、所望の特性を有するフィルタ（１，２０１，３０１）を容易に設計することができる。

[0096] 本発明の一態様に係るフィルタにおいて、前記複数の共振器は、入力ポート（結合窓$ＡＰ_{I}$）が設けられた最初段の共振器と、出力ポート（結合窓$ＡＰ_{O}$）が設けられた最終段の共振器とが隣接するように配置されている、ことが好ましい。

[0097] 上記の構成によれば、複数の共振器が直線状に配置されている場合と比較して、フィルタの全長を短くすることができる。

[0098] 本発明の一態様に係るフィルタにおいて、前記複数の共振器は、入力ポート（結合窓$ＡＰ_{I}$）が設けられた最初段の共振器と、出力ポート（結合窓$ＡＰ_{O}$）が設けられた最終段の共振器とを含み、前記最初段の共振器のうち前記最終段の共振器と対向する側と逆側の領域に、当該最初段の共振器の中心と前記最終段の共振器の中心とを通る直線と交わる、前記入力ポート（結合窓$ＡＰ_{I}$）として機能する結合窓が形成されており、前記最終段の共振器のうち前記最初段の共振器と対向する側と逆側の領域に、前記直線と交わる、前記出力ポート（結合窓$ＡＰ_{O}$）として機能する結合窓が形成されている、ことが好ましい。

[0099] 上記の構成によれば、入力ポート（結合窓$ＡＰ_{I}$）及び出力ポート（結合窓$ＡＰ_{O}$）の各々に対して、導波路（６０，７０，２６０，２７０，３６０，３７０）あるいは導波管を容易に結合させることができる。そのうえで、入力ポート（結合窓$ＡＰ_{I}$）及び出力ポート（結合窓$ＡＰ_{O}$）が１つの直線と交わるように形成されているため、本フィルタ（１，２０１，３０１）は、例えばダイプレクサを構成する一対の方向性結合器の各々の間に介在するフィルタとして好適に利用することができる。

[0100] 本発明の一態様に係るフィルタにおいて、前記複数の共振器は、入力ポー

ト（結合窓ＡＰ$_{I}$）が設けられた最初段の共振器と、出力ポート（結合窓ＡＰ$_{O}$）が設けられた最終段の共振器とを含み、前記最初段の共振器及び前記最終段の共振器の各々には、それぞれ、入力変換部（変換部８０）及び出力変換部（変換部８０）が直接または導波路（６０，７０，２６０，２７０，３６０，３７０）を介して結合されており、前記入力変換部（変換部８０）及び前記出力変換部（変換部８０）の各々は、前記最初段の共振器及び前記最終段の共振器の一方の広壁または前記導波路（６０，７０，２６０，２７０，３６０，３７０）の一方の広壁とともにマイクロストリップ線路を構成する帯状導体と、当該帯状導体の一端部に導通し、且つ、前記一方の広壁に形成された開口を通して、前記最初段の共振器及び前記最終段の共振器または前記導波路（６０，７０，２６０，２７０，３６０，３７０）の内部に形成された導体ピン（ブラインドビア８７）とにより構成されていてもよい。

[0101] 入力変換部（変換部８０）および出力変換部（変換部８０）の各々は、マイクロストリップ線路を伝搬するモードと、最初段の共振器および最終段の共振器内を伝搬するモードとを変換する。したがって、上記の構成によれば、入力ポート（結合窓ＡＰ$_{I}$）及び出力ポート（結合窓ＡＰ$_{O}$）の各々に対して、マイクロストリップ線路を容易に結合させることができる。

[0102] 本発明の一態様に係るフィルタ（１，１ｂ，１ｄ，２０１，３０１）において、前記複数の共振器（１０～５０、１０ｂ～７０ｂ、１０ｄ～１１０ｄ、２１０～２５０、３１０～３５０）は、奇数個の共振器により構成されていてもよい。

[0103] 複数の共振器の各々は、上面視した場合の形状が円形または６角形以上の正多角形である。そのため、本フィルタは、複数の共振器の個数が奇数個である場合であっても、複数の共振器が線対称な形状となるように配置することができる。したがって、フィルタを設計する場合に用いる設計パラメータの数を少なくすることができるため、フィルタの設計が容易になる。

[0104] 本発明の一態様に係るフィルタ（１，２０１）において、前記複数の共振器（１０～５０，２１０～２５０）の各々は、一対の広壁（１１，１２，２

１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２、２の一部、４の一部）と、当該一対の広壁（１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２、２の一部、４の一部）の間に介在する狭壁（１３，２３，３３，４３，５３，２１３，２２３，２３３，２４３，２５３）とにより構成されており、前記一対の広壁（１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２）は、誘電体基板（３）の両面に設けられた一対の導体層（２、４、２０２、２０４）からなり、前記狭壁（１３，２３，３３，４３，５３，２１３，２２３，２３３，２４３，２５３）は、前記誘電体基板（３）を貫通し、且つ、一対の広壁（１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２、２の一部、４の一部）の各々を導通させる導体ポスト群（ポスト壁）からなる、ことが好ましい。

[0105] 上記の構成によれば、ポスト壁導波路の技術を用いることによって作製することができる。ポスト壁導波路の技術を用いて本フィルタを作製することによって、金属製の導波管の技術を用いてフィルタを作製する場合と比較して、容易に作製することができ、軽量化を図ることもできる。

[0106] 本発明の一態様に係るフィルタ（３０１）において、前記複数の共振器（３１０～３５０）のうち少なくとも１つの共振器は、当該共振器を構成する一対の広壁のうち何れか一方の広壁から当該共振器の内部に向かって突出した、導体製の突出部（３１４，３２４，３３４，３４４，３５４）を更に含む、ことが好ましい。

[0107] 上記の構成によれば、突出部（３１４，３２４，３３４，３４４，３５４）を形成する位置と、突出部（３１４，３２４，３３４，３４４，３５４）が一方の広壁から共振器の内部に突出した突出量とを調整することにより、当該共振器の共振周波数を変化させることができる。その結果として、本フィルタの共振周波数を変化させることができる。このことは、本フィルタの特性を調整するための設計パラメータとして、突出部を形成する位置及び突出部（３１４，３２４，３３４，３４４，３５４）の突出量を利用できることを意味する。したがって、本フィルタ（３０１）は、複数の共振器の各々

の形状を設計変更することなく、容易に特性を調整することができる。

[0108] なお、突出部（３１４，３２４，３３４，３４４，３５４）の先端は、他方の広壁に達していてもよいし、共振器の内部に留まっており他方の広壁に達していなくてもよい。

符号の説明

[0109] １，２０１，３０１，１ａ～１ｏ　フィルタ

１０，２０，３０，４０，５０，２１０～２５０，３１０～３５０，１０ａ～５０ａ，１０ｂ～５０ｂ，１０ｃ～５０ｃ，１０ｄ～５０ｄ，１０ｅ～５０ｅ，１０ｆ～５０ｆ，１０ｇ～５０ｇ，１０ｈ～５０ｈ，１０ｉ～５０ｉ，１０ｊ～５０ｊ，１０ｋ～５０ｋ，１０ｌ～５０ｌ，１０ｍ～５０ｍ，１０ｎ～５０ｎ，１０ｏ～５０ｏ　共振器

１１，１２，２１，２２，３１，３２，４１，４２，５１，５２　広壁

１３，２３，３３，４３，５３　狭壁

１３ｉ，２３ｉ，３３ｉ，４３ｉ，５３ｉ　導体ポスト

６０，７０，２６０，２７０，３６０，３７０　導波路

６１，６２，７１，７２　広壁

６３，６４，７３，７４　狭壁

６３ｉ，６４ｉ，７３ｉ，７４ｉ　導体ポスト

６５，６６，７５　ショート壁

８０　変換部（入力変換部及び出力変換部）

請求の範囲

[請求項1] 電磁気的に結合された複数の共振器を備えたフィルタであって、

前記複数の共振器の各々は、円形または６角形以上の正多角形の広壁を有し、

前記複数の共振器のうち互いに結合されている２つの共振器の各々は、これら２つの共振器の広壁の外接円の半径をR_1及びR_2とし、これら２つの共振器の中心間距離をＤとした場合に、$D < R_1 + R_2$となるように配置されている、

ことを特徴とするフィルタ。

[請求項2] 前記複数の共振器は、入力ポートが設けられた最初段の共振器と、出力ポートが設けられた最終段の共振器とが隣接するように配置されている、

ことを特徴とする請求項１に記載のフィルタ。

[請求項3] 前記複数の共振器は、入力ポートが設けられた最初段の共振器と、出力ポートが設けられた最終段の共振器とを含み、

前記最初段の共振器のうち前記最終段の共振器と対向する側と逆側の領域に、当該最初段の共振器の中心と前記最終段の共振器の中心とを通る直線と交わる、前記入力ポートとして機能する結合窓が形成されており、

前記最終段の共振器のうち前記最初段の共振器と対向する側と逆側の領域に、前記直線と交わる、前記出力ポートとして機能する結合窓が形成されている、

ことを特徴とする請求項１又は２に記載のフィルタ。

[請求項4] 前記複数の共振器は、入力ポートが設けられた最初段の共振器と、出力ポートが設けられた最終段の共振器とを含み、

前記最初段の共振器及び前記最終段の共振器の各々には、それぞれ、入力変換部及び出力変換部が直接または導波路を介して結合されており、

前記入力変換部及び前記出力変換部の各々は、前記最初段の共振器及び前記最終段の共振器の一方の広壁または前記導波路の一方の広壁とともにマイクロストリップ線路を構成する帯状導体と、当該帯状導体の一端部に導通し、且つ、前記一方の広壁に形成された開口を通して、前記最初段の共振器及び前記最終段の共振器または前記導波路の内部に形成された導体ピンとにより構成されている、

ことを特徴とする請求項１～３の何れか１項に記載のフィルタ。

[請求項5] 前記複数の共振器は、奇数個の共振器により構成されている、

ことを特徴とする請求項１～４の何れか１項に記載のフィルタ。

[請求項6] 前記複数の共振器の各々は、一対の広壁と、当該一対の広壁の間に介在する狭壁とにより構成されており、

前記一対の広壁は、誘電体基板の両面に設けられた一対の導体層からなり、

前記狭壁は、前記誘電体基板を貫通し、且つ、一対の広壁の各々を導通させる導体ポスト群からなる、

ことを特徴とする請求項１～５の何れか１項に記載のフィルタ。

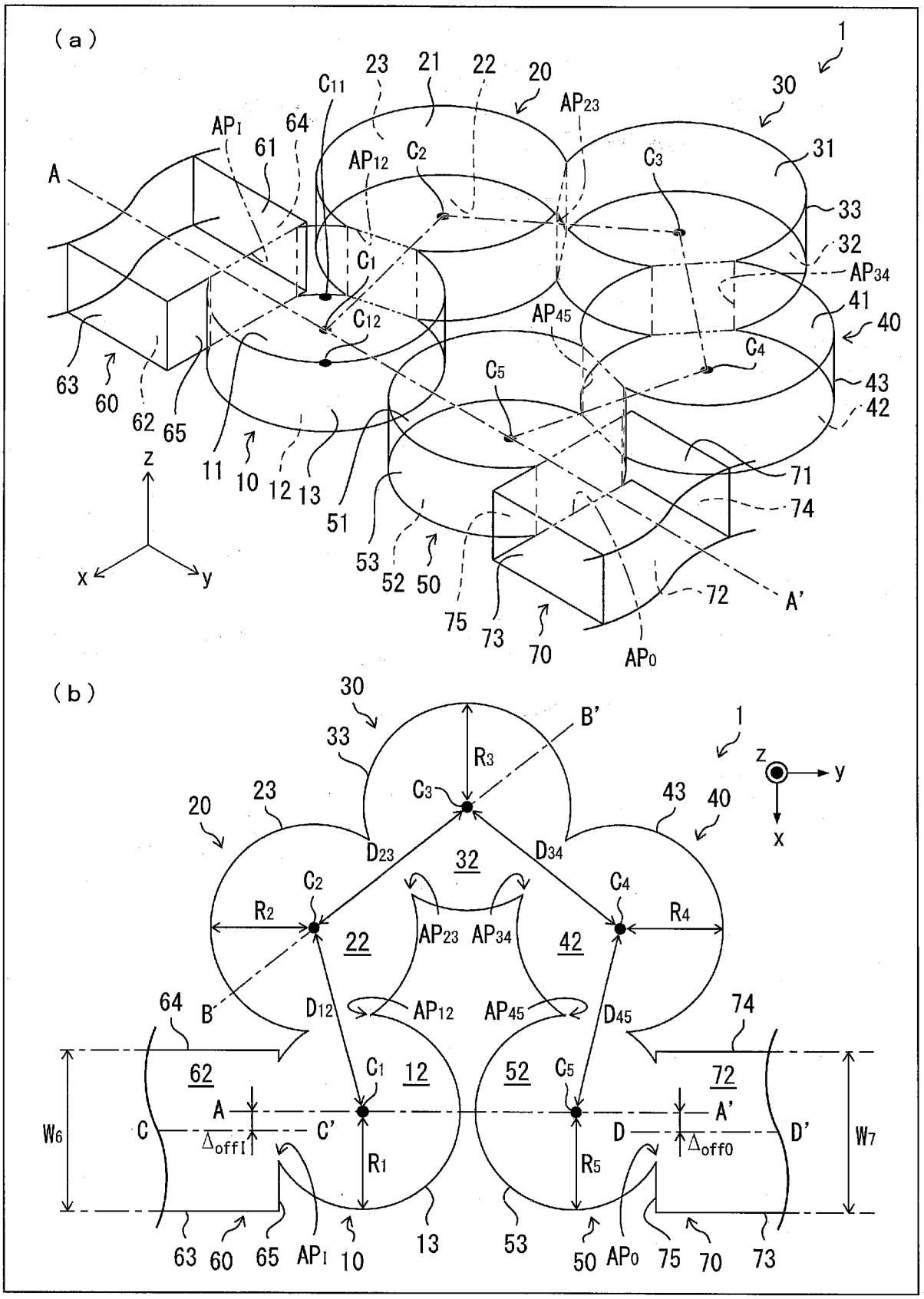
[請求項7] 前記複数の共振器のうち少なくとも１つの共振器は、当該共振器を構成する一対の広壁のうち何れか一方の広壁から当該共振器の内部に向かって突出した、導体製の突出部を更に含む、

ことを特徴とする請求項１～６の何れか１項に記載のフィルタ。

WO 2018/199036 PCT/JP2018/016486

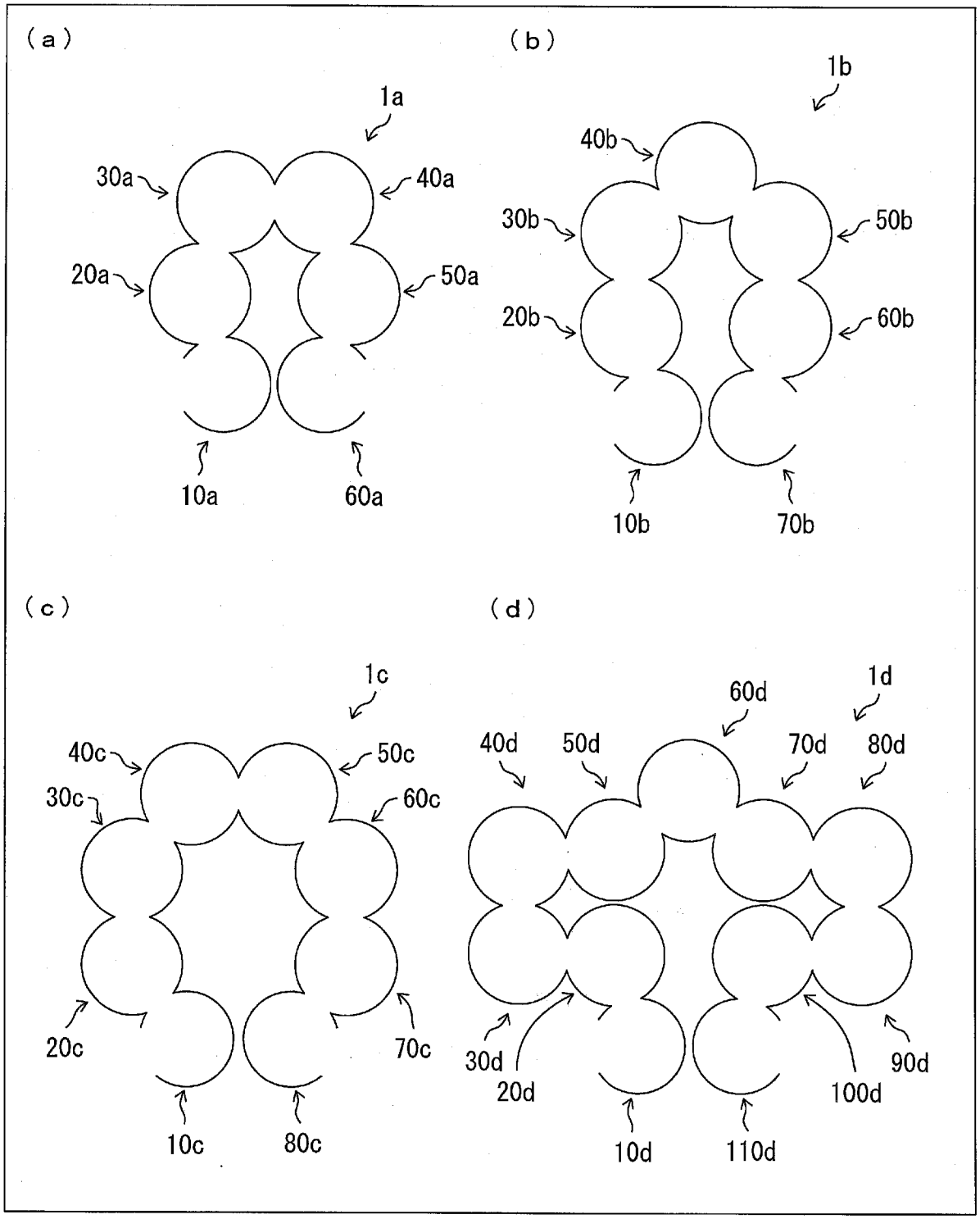
[図1]

図 1



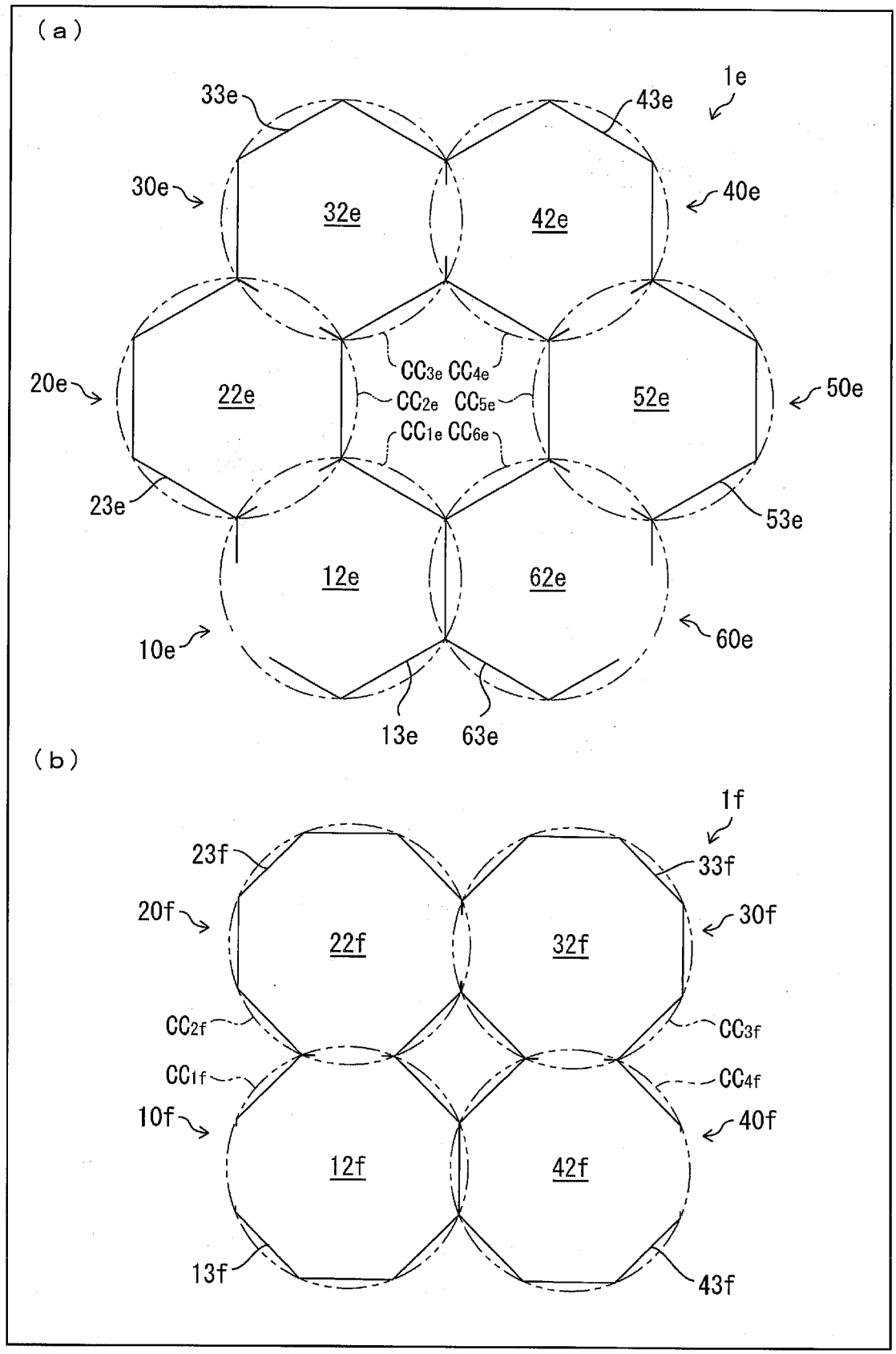
[図2]

図 2


(a)
1a
30a
40a
20a
50a
10a
60a
(b)
1b
40b
30b
50b
20b
60b
10b
70b
(c)
1c
40c
50c
30c
60c
20c
70c
10c
80c
(d)
1d
60d
40d
50d
70d
80d
30d
20d
90d
100d
10d
110d

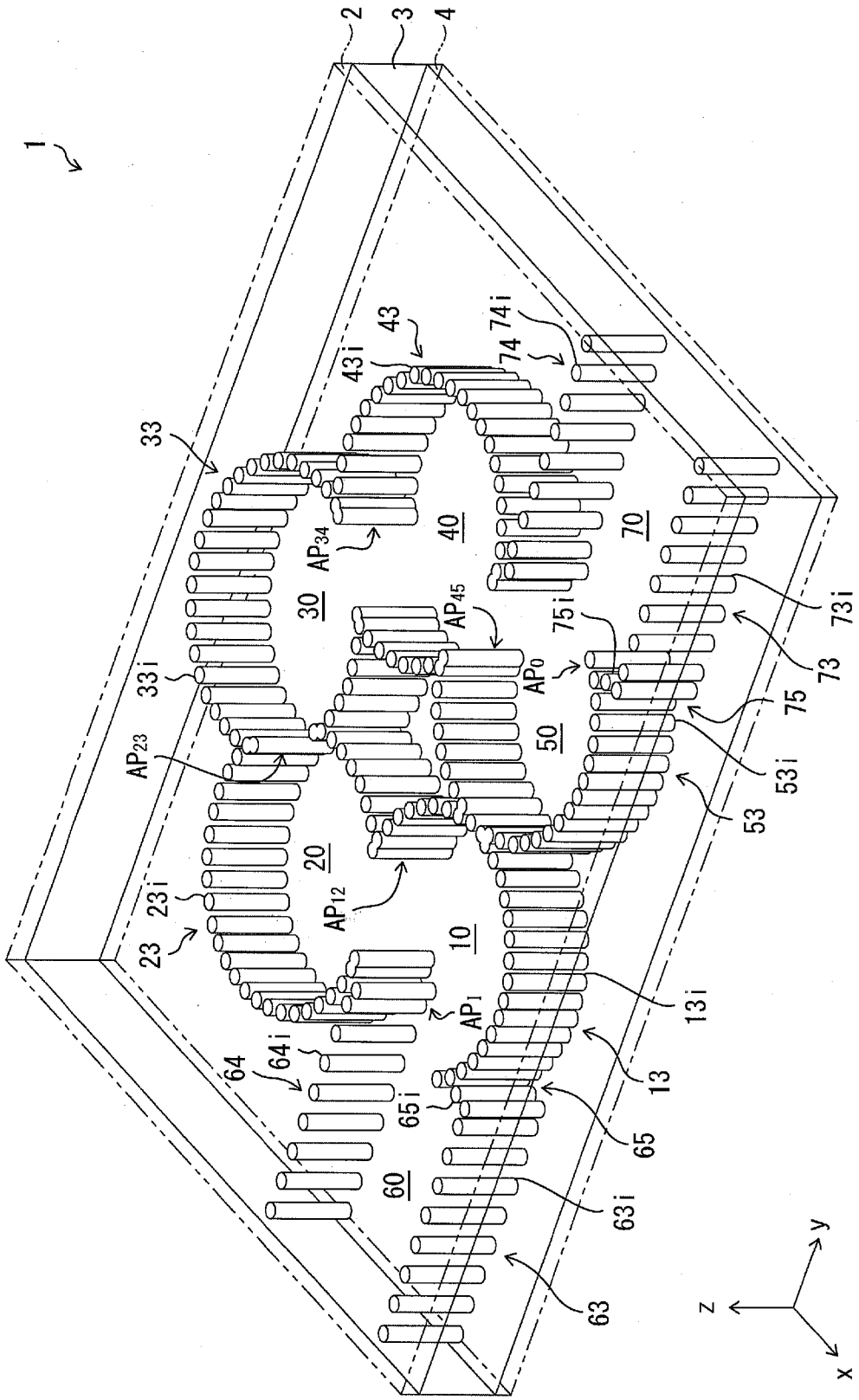
[図3]

図 3


(a)
1e
33e
43e
30e
40e
32e
42e
20e
22e
CC3e CC4e
CC2e CC5e
CC1e CC6e
52e
50e
23e
53e
12e
62e
10e
60e
13e
63e
(b)
1f
23f
33f
20f
30f
22f
32f
CC2f
CC3f
CC1f
CC4f
10f
40f
12f
42f
13f
43f

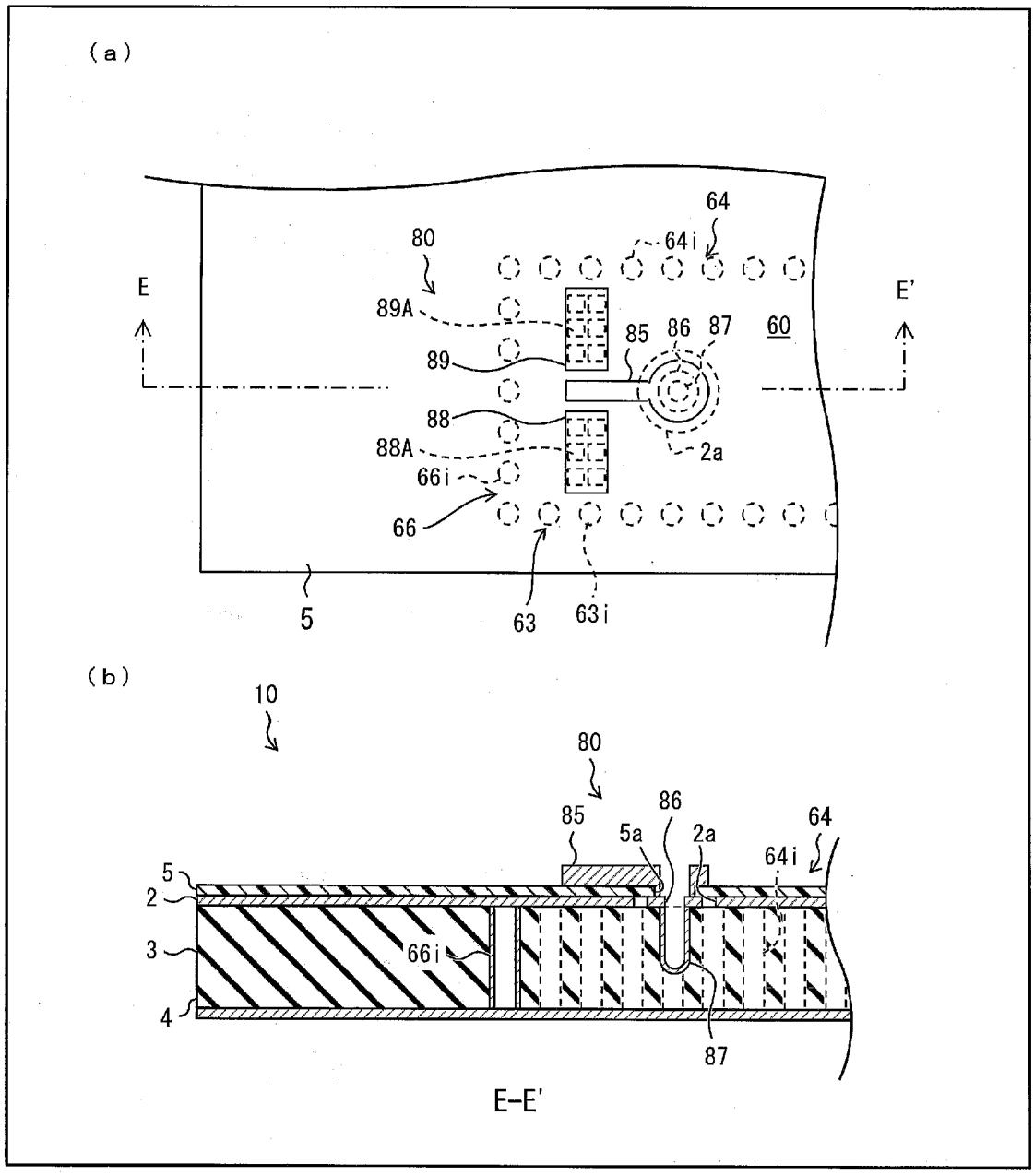
[図4]

図 4


1
2
3
4
33
43
43i
74
74i
40
70
30
AP34
AP45
AP0
75i
73i
73
75
33i
AP23
50
53i
53
20
AP12
23i
23
10
API
13i
13
64
64i
65i
65
60
63i
63
y
z
x

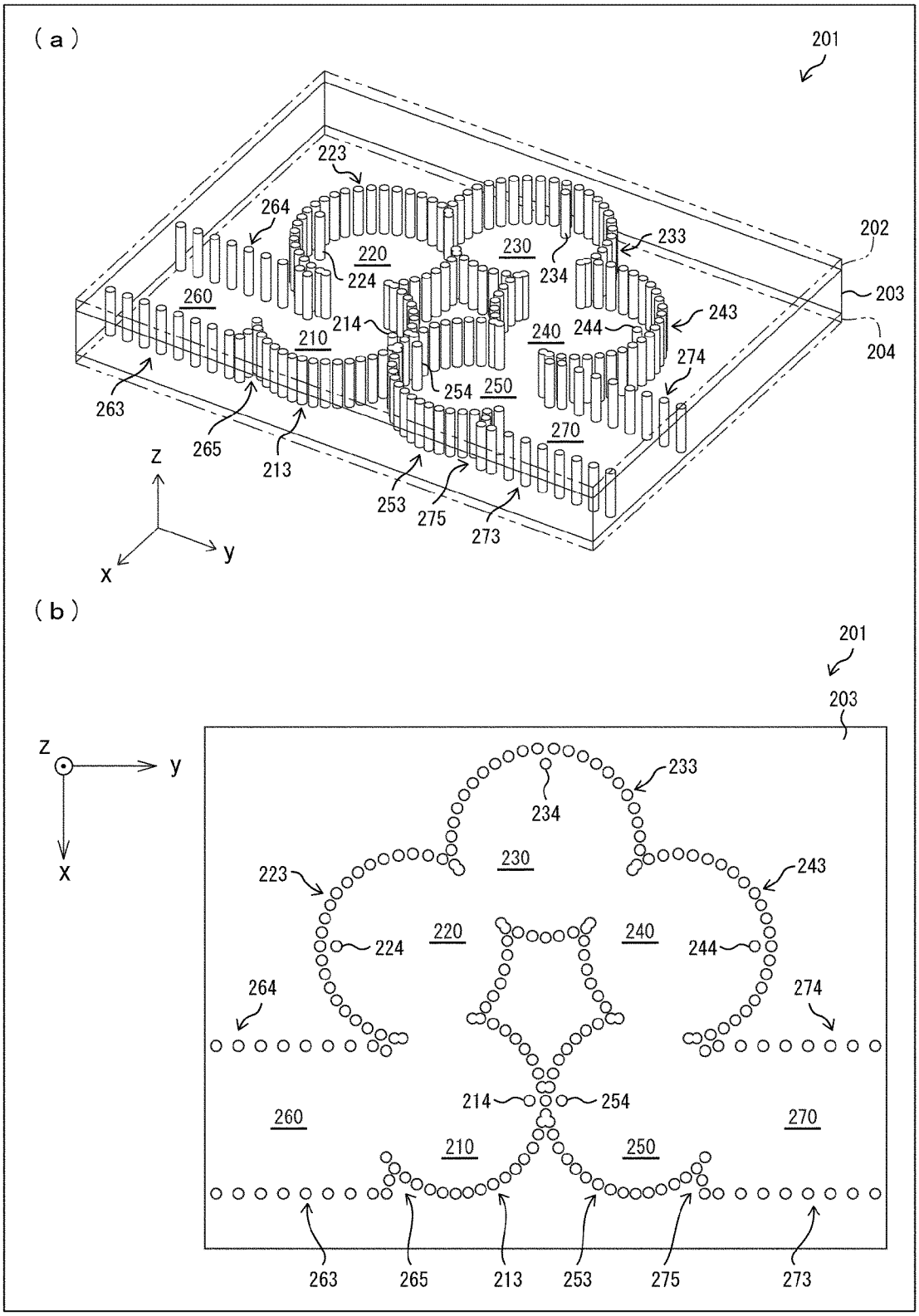
[図5]

図 5


(a)
E
E'
80
64
64i
89A
89
88
88A
66i
66
85
86
87
60
2a
5
63
63i
(b)
10
80
85
86
5a
2a
64
64i
5
2
3
4
66i
87
E-E'

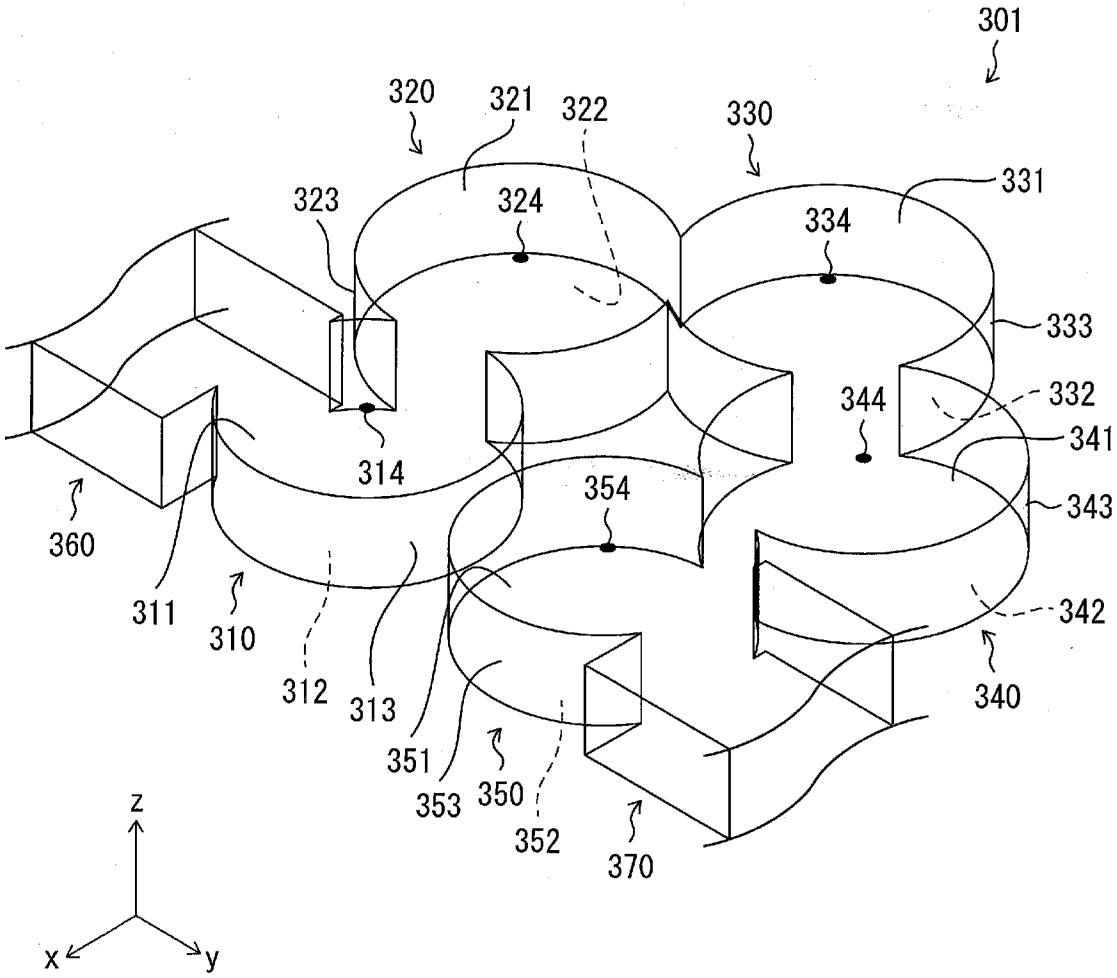
[図6]

図 6


(a)
201
223
264
220
224
230
234
233
202
203
204
260
214
210
240
244
243
274
254
250
263
265
213
253
275
273
270
z
y
x
(b)
201
203
z
y
x
233
234
230
223
243
220
224
240
244
264
274
214
254
260
270
210
250
263
265
213
253
275
273

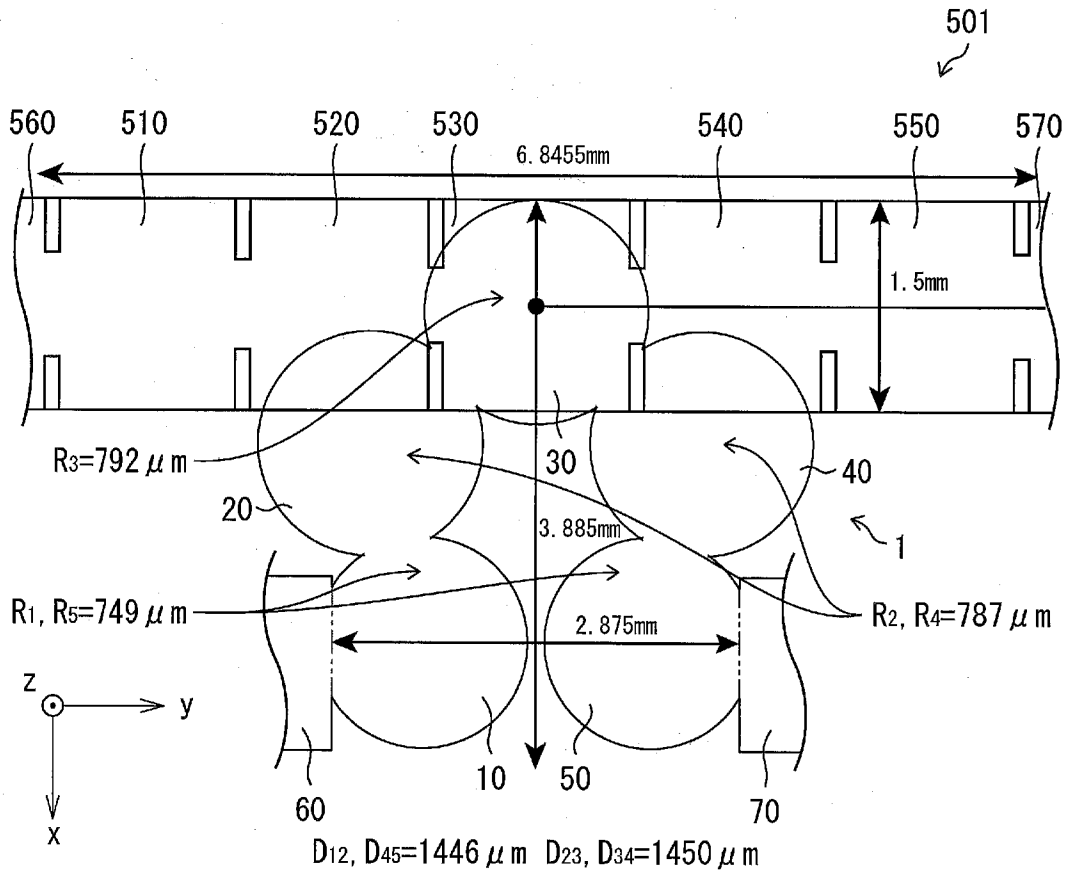
[図7]

図 7


301
320
321
322
330
323
324
331
334
333
344
332
341
314
354
343
360
311
310
312
313
342
340
351
353
350
352
370
z
x
y

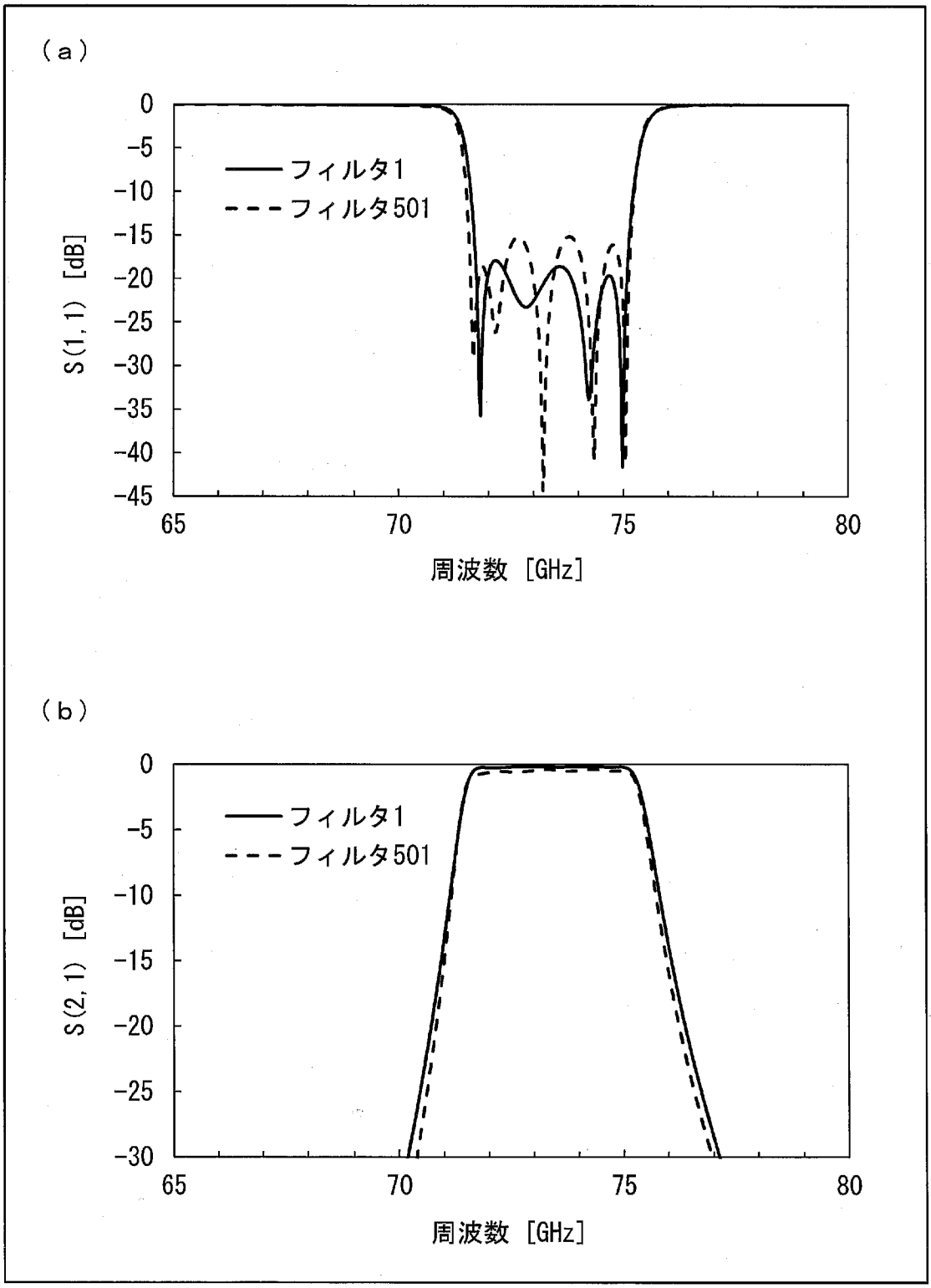
[図8]

図 8


501
560
510
520
530
540
550
570
6.8455mm
1.5mm
R3=792μm
30
40
20
3.885mm
1
R1, R5=749μm
2.875mm
R2, R4=787μm
z
y
x
10
50
60
70
D12, D45=1446μm D23, D34=1450μm

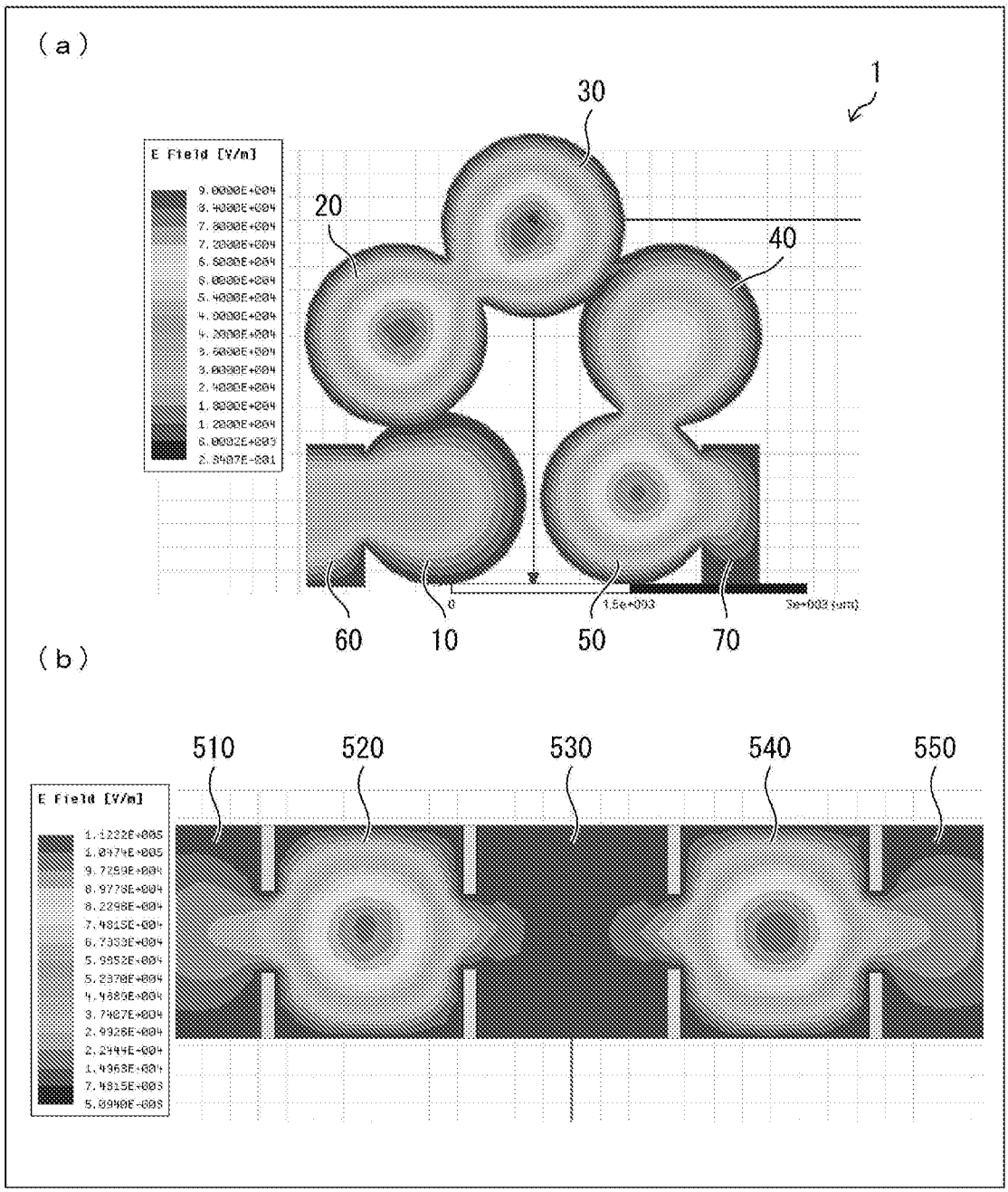
[図9]

図 9


(a)
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
S(1,1) [dB]
フィルタ1
フィルタ501
65
70
75
80
周波数 [GHz]
(b)
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
S(2,1) [dB]
フィルタ1
フィルタ501
65
70
75
80
周波数 [GHz]

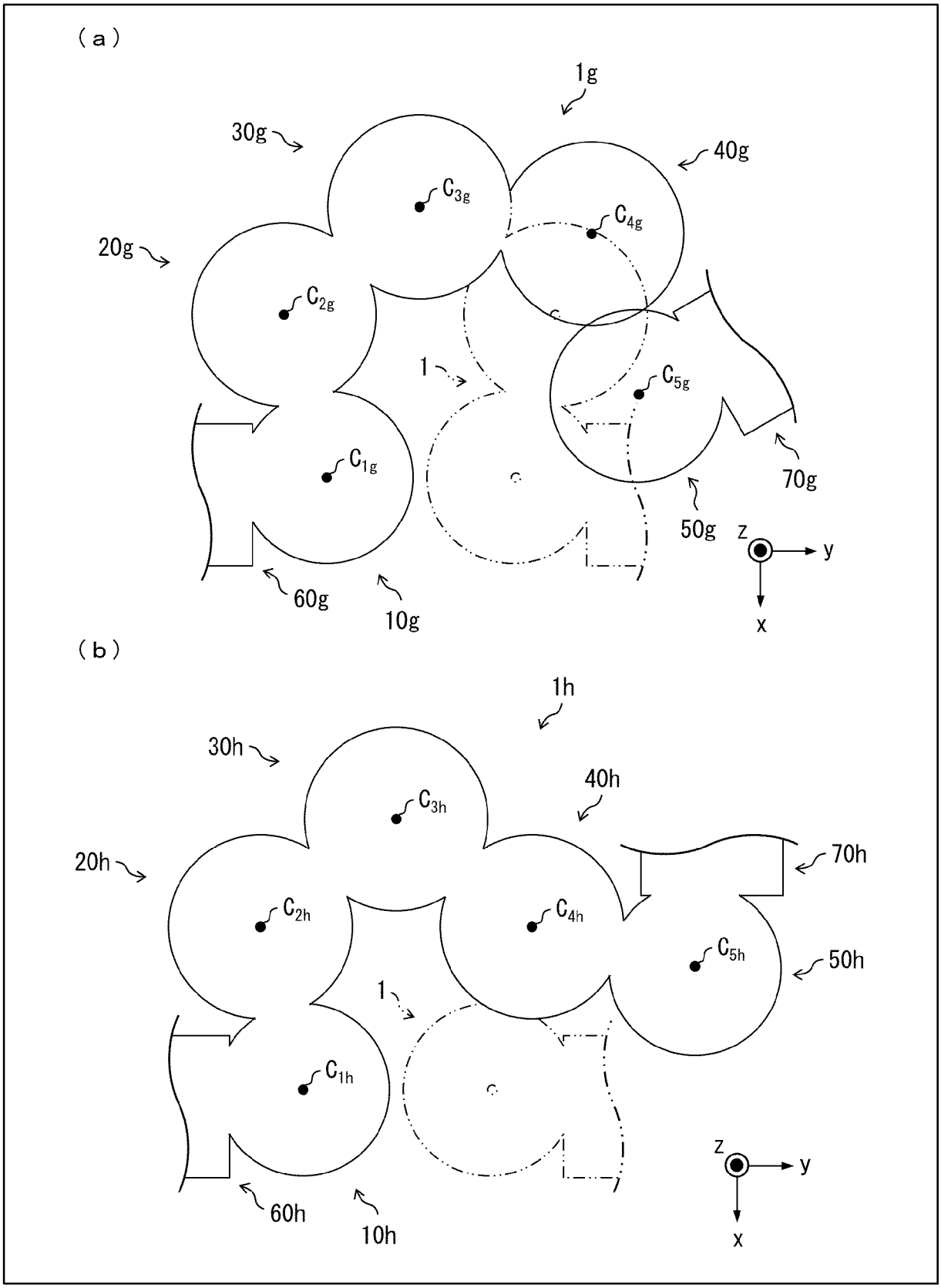
[図10]

図 10


(a)
1
30
20
40
E Field [V/m]
9.0000E+004
8.4000E+004
7.8000E+004
7.2000E+004
6.6000E+004
6.0000E+004
5.4000E+004
4.8000E+004
4.2000E+004
3.6000E+004
3.0000E+004
2.4000E+004
1.8000E+004
1.2000E+004
6.0002E+003
2.3487E-001
0
1.5e+003
3e+003 (um)
60
10
50
70
(b)
510
520
530
540
550
E Field [V/m]
1.1232E+005
1.0474E+005
9.7159E+004
8.9773E+004
8.2298E+004
7.4815E+004
6.7333E+004
5.9852E+004
5.2370E+004
4.4889E+004
3.7407E+004
2.9926E+004
2.2444E+004
1.4963E+004
7.4815E+003
5.8940E-008

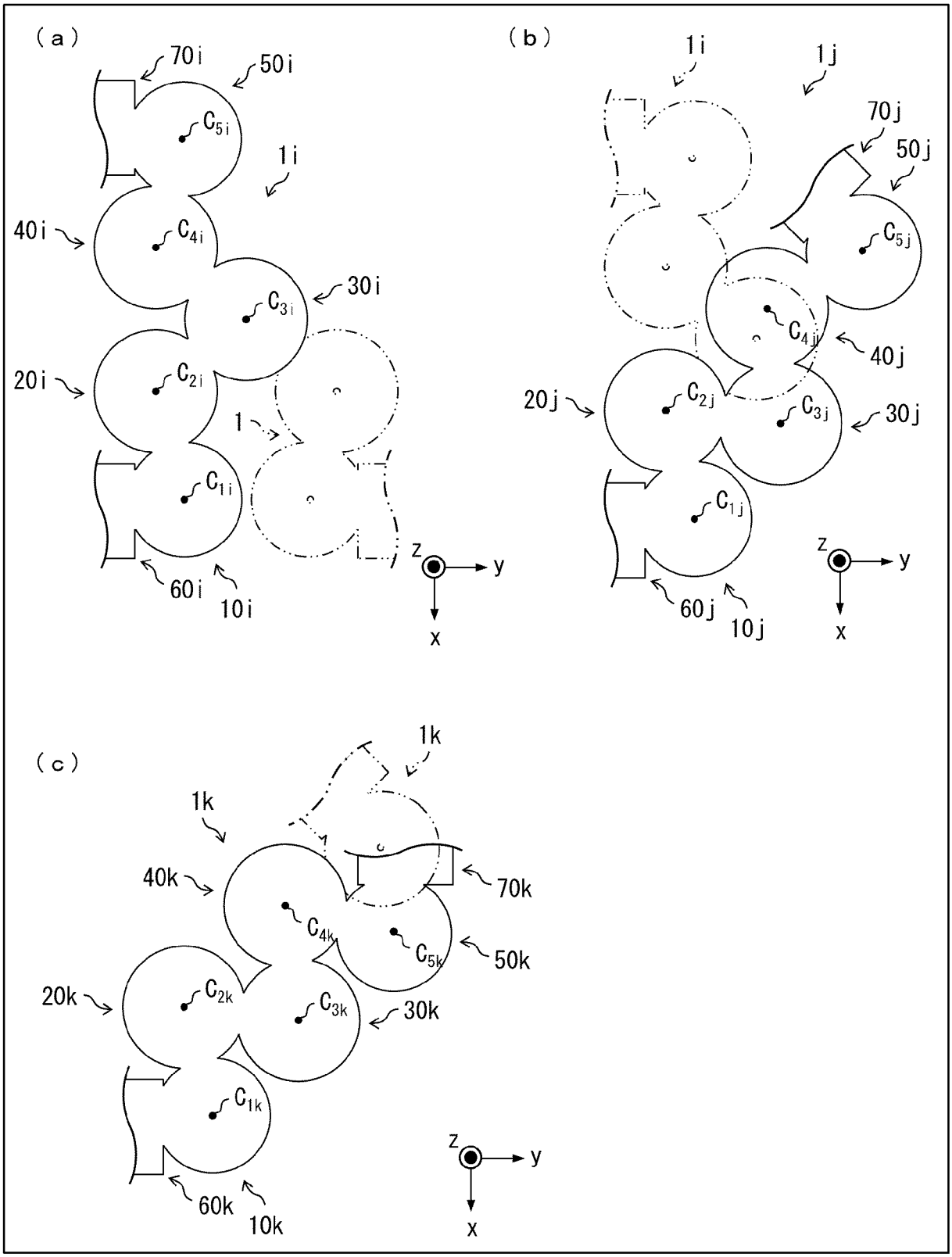
[図11]

図 11


（a）
1g
30g
40g
20g
C_{3g}
C_{4g}
C_{2g}
1
C_{5g}
C_{1g}
70g
50g
z
y
x
60g
10g
（b）
1h
30h
40h
20h
70h
C_{3h}
C_{2h}
C_{4h}
C_{5h}
50h
1
C_{1h}
z
y
x
60h
10h

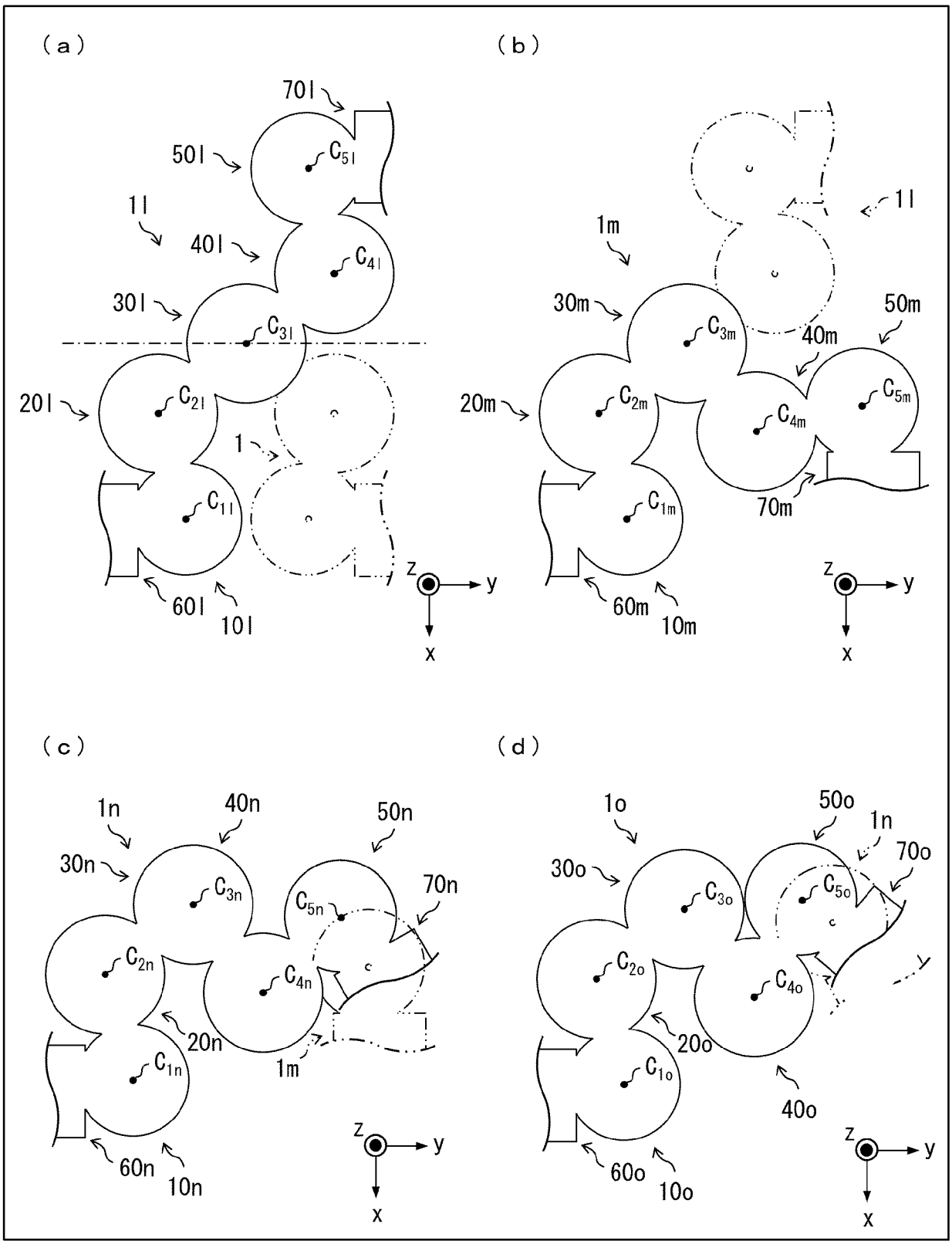
[図12]

図 12


(a)
70i
50i
C5i
1i
40i
C4i
30i
C3i
20i
C2i
1
C1i
60i
10i
z
y
x
(b)
1i
1j
70j
50j
C5j
C4j
40j
20j
C2j
C3j
30j
C1j
60j
10j
z
y
x
(c)
1k
1k
40k
70k
C4k
C5k
50k
20k
C2k
C3k
30k
C1k
60k
10k
z
y
x

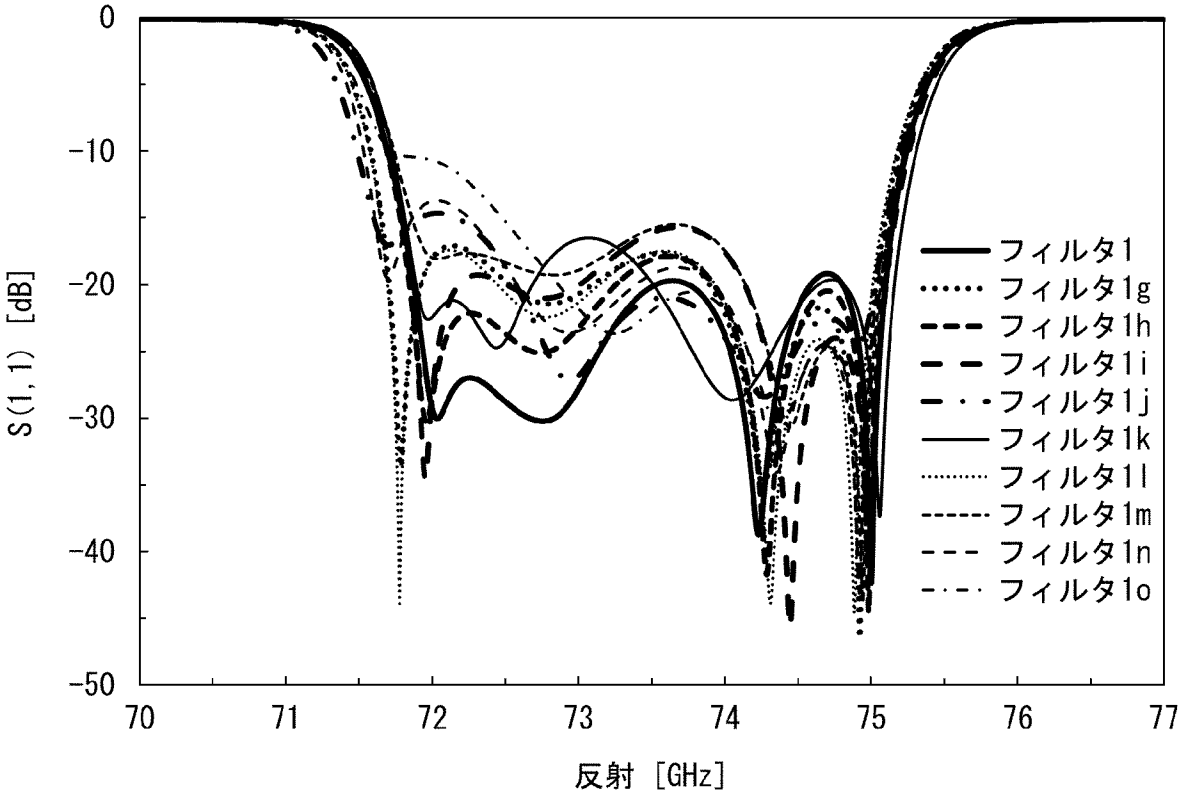
[図13]

図 13


（a）
70l
50l
C_{5l}
1l
40l
C_{4l}
30l
C_{3l}
20l
C_{2l}
1
C_{1l}
60l
10l
z
y
x
（b）
1l
1m
30m
C_{3m}
40m
50m
20m
C_{2m}
C_{4m}
C_{5m}
C_{1m}
70m
60m
10m
z
y
x
（c）
1n
40n
50n
30n
C_{3n}
C_{5n}
70n
C_{2n}
C_{4n}
20n
1m
C_{1n}
60n
10n
z
y
x
（d）
1o
50o
1n
70o
30o
C_{3o}
C_{5o}
C_{2o}
C_{4o}
20o
C_{1o}
40o
60o
10o
z
y
x

[図14]

図 14


0
-10
-20
-30
-40
-50
S(1,1) [dB]
70
71
72
73
74
75
76
77
反射 [GHz]
フィルタ1
フィルタ1g
フィルタ1h
フィルタ1i
フィルタ1j
フィルタ1k
フィルタ1l
フィルタ1m
フィルタ1n
フィルタ1o

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/016486

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01P1/208(2006.01)i, H01P3/12(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. H01P1/208, H01P3/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	POTELON, Benjamin et al., "Design of Ku-Band Filter based on Substrate-Integrated Circular Cavities (SICCs)", Microwave Symposium Digest, 2006. IEEE MTT-S International, 2006, pp. 1237-1240	1, 2, 5, 6 1, 4, 7 3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 May 2018 (07.05.2018)	15 May 2018 (15.05.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/016486

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	YIN, Jun-xiang et al., "A triple cylindrical cavity W-BAND filter implemented in substrate integrated waveguide (SIW)", Microwave, Antenna, Propagation, and EMC Technologies (MAPE), 2015 IEEE 6th International Symposium, 2015, pp. 564-566	1-3, 5, 6
Y	CHONGDER, Prasun et al., "Design of dual-mode substrate integrated hexagonal cavity (SIHC) filter for X-band application", Microwave Conference Proceedings (APMC), 2013 Asia-Pacific, 2013, pp.942-944	1
Y	JP 2014-179935 A (FUJIKURA LTD.) 25 September 2014, paragraphs [0017]-[0033], fig. 1-5 (Family: none)	4
Y	JP 11-239006 A (TOKO, INC.) 31 August 1999, paragraphs [0013]-[0017], fig. 1-4 (Family: none)	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１６４８６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01P1/208(2006.01)i, H01P3/12(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01P1/208, H01P3/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y A	POTELON Benjamin et al., "Design of Ku-Band Filter based on Substrate-Integrated Circular Cavities (SICCs)", Microwave Symposium Digest, 2006. IEEE MTT-S International, 2006, pp.1237-1240	1,2,5,6 1,4,7 3

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０７．０５．２０１８	１５．０５．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｋ　９１８３
岸田　伸太郎
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	YIN Jun-Xiang et al., "A triple cylindrical cavity W-BAND filter implemented in substrate integrated waveguide(SIW)", Microwave, Antenna, Propagation, and EMC Technologies (MAPE), 2015 IEEE 6th International Symposium, 2015, pp.564-566	1-3,5,6
Y	CHONGDER Prasun et al., "Design of dual-mode substrate integrated hexagonal cavity (SIHC) filter for X-band application", Microwave Conference Proceedings (APMC), 2013 Asia-Pacific, 2013, pp.942-944	1
Y	JP 2014-179935 A（株式会社フジクラ）2014.09.25, 段落[0017]-[0033],図 1-5（ファミリーなし）	4
Y	JP 11-239006 A（東光株式会社）1999.08.31, 段落[0013]-[0017], 図 1-4（ファミリーなし）	7