

(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5月31日(31.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/096731 A1

(51) 国際特許分類:
H01P 1/208 (2006.01) H01Q 3/26 (2006.01)
H01P 3/12 (2006.01) H04B 1/48 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/028152

(22) 国際出願日: 2017年8月2日(02.08.2017)

(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 2016-227097 2016年11月22日(22.11.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/

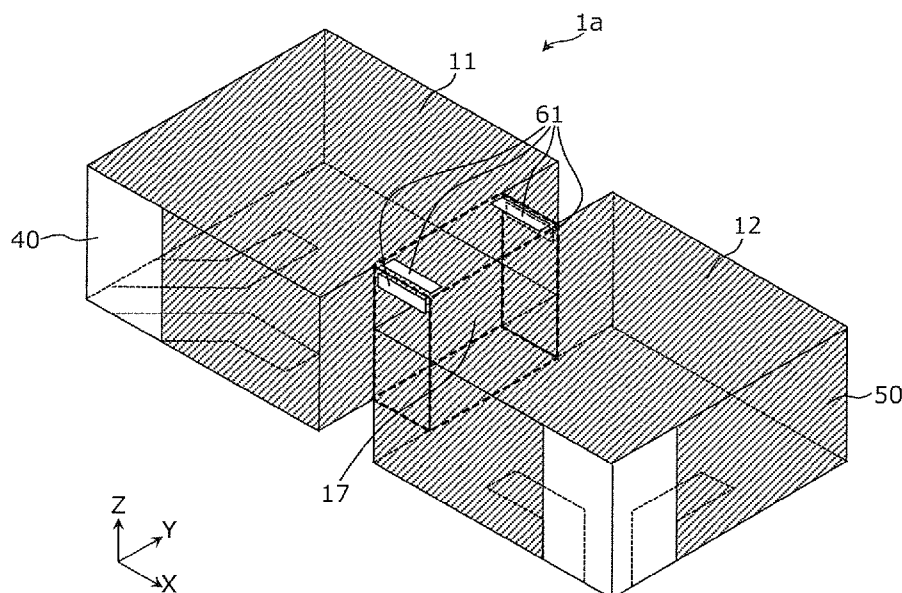
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 多田 斉(TADA, Hitoshi); 〒6178555 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 Kyoto (JP). 松平 実(MATSUDAIRA, Makoto); 〒6178555 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 Kyoto (JP). 黒田 克人(KURODA, Katsuhito); 〒6178555 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 Kyoto (JP). 小島 洋(KOJIMA, Hiroshi); 〒6178555 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 Kyoto (JP).

(54) Title: DIELECTRIC WAVEGUIDE FILTER, HIGH-FREQUENCY FRONT-END CIRCUIT, COMMUNICATION DEVICE, MASSIVE MIMO SYSTEM, AND ADJUSTMENT METHOD FOR DIELECTRIC WAVEGUIDE FILTER

(54) 発明の名称: 誘電体導波管フィルタ、高周波フロントエンド回路、通信装置、Massive MIMOシステム、及び誘電体導波管フィルタの調整方法

【図8】



(57) Abstract: A dielectric waveguide filter (1a) is configured from a dielectric block (40) on the surface of which an electrode (50) is formed, wherein the dielectric block (40) comprises a plurality of resonance parts (11, 12) in which electromagnetic field resonance occurs, and a coupling part (17) which is located between the resonance parts (11, 12) and couples the resonance parts (11, 12), and a dielectric exposure section (61) on which the electrode (50) is not formed is present on the surface of the coupling part (17). The resonance parts (11, 12) each may be a TE-mode resonator that



WO 2018/096731 A1



(74) 代理人: 吉川 修一, 外(YOSHIKAWA, Shuichi et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 5 丁目 3 番 1 0 号タナカ・イトーピア新大阪ビル 6 階新居国際特許事務所内 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, JP, 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, 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))

produces resonance in an EVEN mode or ODD mode, and the dielectric exposure part (61) is provided in a portion involved in coupling in any one resonance mode of the coupling part (17).

(57) 要約: 誘電体導波管フィルタ(1 a)は、表面に電極(5 0)が形成された誘電体ブロック(4 0)で構成された誘電体導波管フィルタであって、誘電体ブロック(4 0)は、内部で電磁界の共振が生じる複数の共振部(1 1、1 2)と、共振部(1 1、1 2)の間に位置し、共振部(1 1、1 2)を結合する結合部(1 7)と、を有し、結合部(1 7)の表面に、電極(5 0)が形成されていない誘電体露出部(6 1)がある。共振部(1 1、1 2)は、EVENモードまたはODモードで共振を生じるTEモードの共振器であってもよく、誘電体露出部(6 1)は、結合部(1 7)の何れか1つの共振モードでの結合に関与する部分に設けられる。

明 細 書

発明の名称：

誘電体導波管フィルタ、高周波フロントエンド回路、通信装置、M a s s i v e M I M Oシステム、及び誘電体導波管フィルタの調整方法

技術分野

[0001] 本発明は誘電体導波管フィルタ、高周波フロントエンド回路、通信装置、M a s s i v e M I M Oシステム、及び誘電体導波管フィルタの調整方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、誘電体共振器の周波数調整について書かれた文献がある（例えば、特許文献1）。特許文献1は、誘電体ブロックに、複数のスリット（溝）により複数の共振部を構成した導波管フィルタを開示している。特許文献1には、スリットの形状（例えば幅や深さ）を用途に応じて変更し、導波管フィルタの電氣的結合と帯域幅を制御し、ひいては導波管フィルタの性能特徴を制御できることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-244451号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記従来技術においては、誘電体導波管フィルタを製造した後に、通過帯域幅の調整を行うことは困難である。

[0005] なぜならば、通過帯域幅を広くするためには、一般に、共振部と共振部との間に形成された溝部の深さを浅くする必要があるが、そもそも誘電体導波管フィルタを製造した後に、溝部の深さを浅くするのは不可能であるからである。

[0006] さらに、通過帯域幅を狭くするためには、一般に、共振部と共振部との間に形成された溝部の深さを深くする必要があるが、誘電体導波管フィルタを製造した後では、共振部と共振部との間に形成された溝部には電極が形成されているため、溝部の深さをさらに深くする場合には、削った分の電極を再度形成し直さなくてはならず、工程が複雑になるからである。

[0007] そこで、本発明は、誘電体導波管フィルタを製造した後であっても、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタ、当該誘電体導波管フィルタを用いた高周波フロントエンド回路、通信装置、Massive MIMOシステム、及び誘電体導波管フィルタの調整方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る誘電体導波管フィルタは、表面に電極が形成された誘電体ブロックで構成された誘電体導波管フィルタであって、前記誘電体ブロックは、内部で電磁界の共振が生じる複数の共振部と、前記複数の共振部のうち少なくとも1対の隣接する共振部の間に位置し、前記隣接する共振部同士を結合する結合部と、を有し、前記結合部の表面に、前記電極が形成されていない誘電体露出部がある。

[0009] 誘電体導波管フィルタ内を、TE (Transverse Electric) モードで信号が伝搬するとき、伝搬する信号の周波数に応じて異なる共振モードが生じる。例えば、隣接する共振部に同相の電界が励振されるEVENモード、及び逆相の電界が励振されるODDモードは、異なる共振モードの一例である。誘電体導波管フィルタの通過帯域幅は、異なる複数の共振モードの合成により得られる。

[0010] そこで、上述の構成により、誘電体ブロックの結合部の表面に、誘電体露出部を設ける。誘電体露出部を、複数の共振モードのうち何れか1つの共振モードの結合に関与する部分に設けることで、当該共振モードの周波数が下がる。このようにして、特定の共振モードの周波数を調整することで、誘電体導波管フィルタの通過帯域幅が調整される。

[0011] 当該調整は、誘電体ブロックの結合部の表面に形成された電極の一部を単

に剥がすだけで行うことができ、誘電体ブロックの形状を変更することは必須ではない。その結果、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタが得られる。

[0012] また、前記誘電体露出部は、前記結合部の表面のうち、前記誘電体導波管フィルタが実装基板に実装される実装面と対向する天面と、前記天面と交差する側面と、の接続領域に形成されていてもよい。

[0013] この構成によれば、前述したEVENモード及びODDモードのうち、EVENモードでの結合に関与する電流の密度が優勢になる部分に誘電体露出部が形成されるので、EVENモードの周波数を下げつつ、ODDモードの周波数を維持できる。その結果、例えば、EVENモードの周波数がODDモードの周波数より低い場合、EVENモードの周波数とODDモードの周波数との差が大きくなり、誘電体導波管フィルタの帯域幅を広げる（言い換えれば、結合を強める）ことができる。

[0014] また、前記誘電体露出部は、前記共振部の並び方向と略平行に延びる長尺形状であってもよい。

[0015] この構成によれば、EVENモードで優勢となる電流と交差する方向に長い誘電体露出部を形成するので、EVENモードの周波数をより確実に下げることができる。

[0016] また、前記誘電体露出部は、前記結合部の表面のうち、前記誘電体導波管フィルタが実装基板に実装される実装面と対向する天面の中央領域に形成されていてもよい。

[0017] この構成によれば、前述したEVENモード及びODDモードのうち、ODDモードでの結合に関与する電流の密度が優勢になる部分に誘電体露出部が形成されるので、ODDモードの周波数を下げつつ、EVENモードの周波数を維持できる。その結果、例えば、EVENモードの周波数がODDモードの周波数より低い場合、EVENモードの周波数とODDモードの周波数との差が小さくなり、誘電体導波管フィルタの帯域幅を狭める（言い換えれば、結合を弱める）ことができる。

- [0018] また、前記誘電体露出部は、前記共振部の並び方向と略垂直に延びる長尺形状であってもよい。
- [0019] この構成によれば、ODDモードで優勢となる電流と交差する方向に長い誘電体露出部を形成するので、ODDモードの周波数をより確実に下げることができる。
- [0020] また、前記誘電体ブロックは、溝、貫通孔、及び結合窓のうち少なくとも1つを有し、前記誘電体ブロックを信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、前記溝、前記貫通孔、及び前記結合窓の何れも有しない部分が前記共振部であり、前記溝、前記貫通孔、及び前記結合窓のうち少なくとも前記1つによって、前記共振部と比べて信号が通過可能な断面が狭められた部分が前記結合部であってもよい。
- [0021] この構成によれば、溝、貫通孔、及び結合窓により、誘電体ブロックに共振部と結合部とを設けることができる。
- [0022] また、前記結合部は、前記誘電体導波管フィルタが実装基板に実装される実装面と交差する側面を有し、前記複数の共振部のそれぞれは、TEモードの共振器であり、前記実装面及び前記側面に交差し、かつ、前記1対の隣接する共振部の間にて向き合う対向側面を有し、前記誘電体露出部は、前記結合部の前記側面及び前記共振部の前記対向側面のうち少なくとも一方に設けられていてもよい。
- [0023] この構成によれば、EVENモードでの誘導性結合が強くなる部分に誘電体露出部が形成されるので、EVENモードの共振周波数を下げつつ、ODDモードの共振周波数を維持できる。その結果、例えば、EVENモードの共振周波数がODDモードの共振周波数より低い場合、EVENモードの共振周波数とODDモードの共振周波数との差が大きくなり、誘電体導波管フィルタの帯域幅を広げることができる。
- [0024] また、前記誘電体露出部は、前記結合部の前記側面に設けられていてもよい。
- [0025] この構成によれば、誘導性結合が強くなる結合部の側面に誘電体露出部を

形成するので、EVENモードの共振周波数をより確実に下げることができる。

[0026] また、前記誘電体露出部は、前記結合部の前記側面及び前記共振部の前記対向側面の両方に設けられていてもよい。

[0027] この構成によれば、誘導性結合が強くなる結合部の側面及び共振部の対向側面に誘電体露出部を形成するので、EVENモードの共振周波数をより確実に下げることができる。

[0028] また、前記誘電体ブロックには、前記共振部の並び方向及び前記実装面の垂直方向の両方に垂直な方向に深さを有する溝が設けられ、前記誘電体ブロックを信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、前記溝を有しない部分が前記共振部であり、前記溝によって、前記共振部と比べて信号が通過可能な断面が狭められた部分が前記結合部であり、前記溝の底面は、前記結合部の前記側面であり、前記溝の側面は、前記共振部の前記対向側面であってもよい。

[0029] この構成によれば、上記溝により、誘電体ブロックに共振部の対向側面と結合部の側面とを設けることができる。

[0030] また、前記溝の前記底面は、前記溝を断面視した場合に丸みを有していてもよい。

[0031] この構成によれば、誘導性結合が強くなる部分である結合部の側面の露出面積を大きくすることができるので、EVENモードの共振周波数をより確実に下げることができる。

[0032] また、前記誘電体露出部は、前記溝の前記底面の全てに設けられていてもよい。

[0033] この構成によれば、誘導性結合が強くなる部分である結合部の側面の全部に誘電体露出部を形成するので、EVENモードの共振周波数をより確実に下げることができる。

[0034] また、前記誘電体ブロックは、4以上の連なる前記共振部を備え、前記隣接する共振部の間のそれぞれには、前記誘電体露出部が形成された前記溝が

設けられ、4以上の連なる前記共振部のうち、最外端の共振部と前記最外端の共振部に隣接する共振部との間に設けられた前記溝の前記誘電体露出部の露出面積は、前記最外端の共振部の内側にて隣接する共振部同士の間設けられた前記溝の前記誘電体露出部の露出面積よりも大きくてもよい。

[0035] この構成によれば、最外端の共振部と最外端の共振部に隣接する共振部との誘導性結合が、最外端の共振部の内側にて隣接する共振部同士の誘導性結合よりも強い誘電体導波管フィルタを提供することができる。

[0036] 前記複数の共振部のそれぞれは、個別の誘電体ブロックで構成されたTEモードの共振器であり、前記結合部は、前記1対の隣接する共振部の電界最大となる面同士の接合面を含み、前記誘電体露出部は、前記誘電体導波管フィルタの表面の前記誘電体ブロックの継ぎ目に設けられていてもよい。

[0037] この構成によれば、電界最大となる面でTEモード共振器を結合させた誘電体フィルタにおいて、TEモード共振器の接合面の端部に電極が形成されない誘電体露出部を設けている。これにより、共振部間に磁界による結合が新たに発生する。そのため隣接する共振部の主結合が容量性結合の場合、新たに発生した磁界結合によりこれを打ち消し弱めることができ、また主結合が誘導性結合の場合は、これを強めることができる。この調整は、共振部を張り合わせた後、すなわち誘電体導波管フィルタの製造後に行うことができる。

[0038] 前記複数の共振部は、所定平面に沿って配置された複数の第1共振部を含む第1共振部群と、前記所定平面に垂直な上下方向において、前記第1共振部群上に配置された1以上の第2共振部を含む第2共振部群と、を含み、前記上下方向に配置された前記第1共振部と前記第2共振部とは、電界最大となる面同士の接合面を含む結合部にて結合し、前記誘電体露出部は、前記第1共振部と前記第2共振部との結合部の表面に設けられていてもよい。

[0039] この構成によれば、製造後の結合調整が可能で、かつ所定平面に沿った方向および垂直な方向に複数の共振部を配置することで小面積に多数の共振部を配置したコンパクトな誘電体導波管フィルタが得られる。

- [0040] 前記接合面は、前記誘電体導波管フィルタの実装面と略平行に設けられていてもよい。また、前記接合面は、前記誘電体導波管フィルタの実装面と略垂直に設けられていてもよい。
- [0041] これらの構成によれば、製造後の結合調整が可能で、かつ実装配置の自由度が高い誘電体導波管フィルタが得られる。
- [0042] 前記誘電体ブロックの表面は、前記誘電体露出部において窪んでいてもよい。
- [0043] この構成によれば、隣接する共振部間の磁界による結合が、窪んだ中空の空間を通してさらに強くなり、結合調整量をさらに大きくすることができる。
- [0044] 本発明の一態様に係る高周波フロントエンド回路は、アンテナ素子に接続された、前述の誘電体導波管フィルタと、前記アンテナ素子へ送信する高周波送信信号を増幅する送信増幅回路と、前記アンテナ素子で受信した高周波受信信号を増幅する受信増幅回路と、前記送信増幅回路及び前記受信増幅回路と、前記誘電体導波管フィルタとの接続を切り替えるスイッチ回路と、を備える。
- [0045] 本発明の一態様に係る高周波フロントエンド回路は、R F 信号処理回路から出力される高周波送信信号を増幅する送信増幅回路と、高周波受信信号を増幅して前記R F 信号処理回路へ出力する受信増幅回路と、前記R F 信号処理回路と前記送信増幅回路との間、又は、前記R F 信号処理回路と前記受信増幅回路との間に配置された、前述の誘電体導波管フィルタと、を備える。
- [0046] これらの構成によれば、前述の誘電体導波管フィルタの特徴である、通過帯域幅の調整が容易な高周波フロントエンド回路が得られる。
- [0047] 本発明の一態様に係る通信装置は、アンテナ素子と、前記アンテナ素子に接続され、前記アンテナ素子で送信及び受信される高周波信号を増幅する、前述の高周波フロントエンド回路と、前記高周波フロントエンド回路に接続され、前記高周波信号とベースバンド信号との間の周波数変換を含む信号処理を行うR F 信号処理回路と、前記R F 信号処理回路に接続され、前記ベー

スバンド信号を信号処理するベースバンド信号処理回路と、を備える。

[0048] この構成によれば、前述の高周波フロントエンド回路が備える誘電体導波管フィルタの特徴である、通過帯域幅の調整が容易な通信装置が得られる。

[0049] 本発明の一態様に係る *Massive MIMO* システムは、行列状に配列された複数のパッチアンテナを含むアンテナと、パッチアンテナごとに前述の誘電体導波管フィルタと、を備える。

[0050] この構成によれば、前述の誘電体導波管フィルタの特徴である、通過帯域幅の調整が容易な *Massive MIMO* システムが得られる。

[0051] 本発明の一態様に係る誘電体導波管フィルタの調整方法は、表面に電極が形成された誘電体ブロックで構成され、前記誘電体ブロックは、内部で電磁界の共振が生じる複数の共振部と、隣接する共振部の間に位置し、隣接する共振部同士を結合する結合部と、を有する誘電体導波管フィルタにおいて、前記結合部の表面に形成された前記電極の一部を除去するものである。

[0052] この方法によれば、必ずしも誘電体ブロックの形状を変更しなくても、誘電体ブロックの結合部の表面に形成された電極の一部を単に剥がすだけで、容易に、誘電体導波管フィルタの周波数と帯域幅とを調整することができる。

発明の効果

[0053] 本発明によれば、誘電体導波管フィルタを製造した後であっても、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタ、当該誘電体導波管フィルタを用いた高周波フロントエンド回路、通信装置、*Massive MIMO* システム、及び当該誘電体導波管フィルタの調整方法が得られる。

図面の簡単な説明

[0054] [図1]図1は、実施の形態1の比較例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図2]図2は、実施の形態1の比較例に係る高周波モジュールの構造の一例を示す分解斜視図である。

[図3]図3は、実施の形態1の比較例に係る誘電体導波管フィルタの周波数特

性の一例を示すグラフである。

[図4]図4は、実施の形態1の比較例に係る誘電体導波管フィルタのEVENモードを説明する概念図である。

[図5]図5は、実施の形態1の比較例に係る誘電体導波管フィルタのEVENモードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。

[図6]図6は、実施の形態1の比較例に係る誘電体導波管フィルタのODDモードを説明する概念図である。

[図7]図7は、実施の形態1の比較例に係る誘電体導波管フィルタのODDモードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。

[図8]図8は、実施の形態1に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図9]図9は、実施の形態1に係る誘電体露出部の施工例を示す斜視図である。

[図10]図10は、実施の形態1に係る誘電体導波管フィルタの周波数特性の一例を示すグラフである。

[図11]図11は、実施の形態1に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図12]図12は、実施の形態1に係る誘電体露出部の施工例を示す斜視図である。

[図13]図13は、実施の形態1に係る誘電体導波管フィルタの周波数特性の一例を示すグラフである。

[図14]図14は、実施の形態2の比較例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図15]図15は、実施の形態2の比較例に係る高周波モジュールの構造の一例を示す分解斜視図である。

[図16]図16は、実施の形態2の比較例に係る誘電体導波管フィルタのEVENモードを説明する概念図である。

[図17]図17は、実施の形態2の比較例に係る誘電体導波管フィルタのEVEN

E Nモードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。

[図18]図18は、実施の形態2の比較例に係る誘電体導波管フィルタのODDモードを説明する概念図である。

[図19]図19は、実施の形態2の比較例に係る誘電体導波管フィルタのODDモードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。

[図20]図20は、実施の形態2に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図21]図21は、実施の形態2に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図22]図22は、実施の形態3に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図23]図23は、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図24]図24は、実施の形態4の比較例に係る高周波モジュールの構造の一例を示す分解斜視図である。

[図25]図25は、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタの周波数特性の一例を示すグラフである。

[図26]図26は、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタのEVE Nモードを説明する概念図である。

[図27A]図27Aは、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタのEVE Nモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す斜視図である。

[図27B]図27Bは、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタのEVE Nモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[図28]図28は、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタのODDモードを説明する概念図である。

[図29A]図29Aは、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタのODDモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す斜視図である。

[図29B]図29Bは、実施の形態4の比較例に係る誘電体導波管フィルタのO

DDモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[図30]図30は、実施の形態4に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図31A]図31Aは、実施の形態4に係る誘電体導波管フィルタの平面図である。

[図31B]図31Bは、実施の形態4に係る誘電体導波管フィルタの側面図である。

[図32]図32は、実施の形態4に係る誘電体導波管フィルタのEVENモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[図33A]図33Aは、実施の形態4の変形例1に係る誘電体導波管フィルタの平面図である。

[図33B]図33Bは、実施の形態4の変形例1に係る誘電体導波管フィルタの側面図である。

[図34]図34は、実施の形態6の変形例1に係る誘電体導波管フィルタのEVENモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[図35A]図35Aは、実施の形態4の変形例2に係る誘電体導波管フィルタの平面図である。

[図35B]図35Bは、実施の形態4の変形例2に係る誘電体導波管フィルタの側面図である。

[図36]図36は、実施の形態4の変形例2に係る誘電体導波管フィルタのEVENモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[図37]図37は、実施の形態4の変形例3に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す図である。

[図38]図38は、実施の形態5に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図39]図39は、実施の形態5に係る共振部の磁界のシミュレーション結果を示す斜視図である。

[図40]図40は、実施の形態5に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を

示す拡大斜視図である。

[図41]図4 1は、実施の形態5に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図42]図4 2は、実施の形態5の変形例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[図43]図4 3は、実施の形態5の変形例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す分解斜視図である。

[図44A]図4 4 Aは、実施の形態6に係る高周波フロントエンド回路および通信装置を示す回路図である。

[図44B]図4 4 Bは、実施の形態6の変形例1に係る高周波フロントエンド回路を示す回路図である。

[図44C]図4 4 Cは、実施の形態6の変形例2に係る高周波フロントエンド回路を示す回路図である。

[図45A]図4 5 Aは、実施の形態7に係るMassive MIMOシステムを示す回路図である。

[図45B]図4 5 Bは、実施の形態7に係るMassive MIMOシステムのアンテナ装置の平面図である。

発明を実施するための形態

[0055] (本発明の一態様を得るに至った第1の経緯)

本発明の一態様を得るに至った第1の経緯について説明する。第1の経緯では、実施の形態1について説明する前に、本発明者が検討した一般的な誘電体導波管フィルタの構造及び周波数特性を、実施の形態1の比較例として説明する。

[0056] 図1は、実施の形態1の比較例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図であり、一般的な誘電体導波管フィルタを、実装面を下から見て示している。図1に示されるように、誘電体導波管フィルタ1は、表面に電極50が形成された誘電体ブロック40で構成され、誘電体ブロック40には信号の伝搬方向と交差する方向に溝40aが形成されている。

- [0057] 誘電体ブロック40は、例えば、水晶又はセラミックなどの誘電体材料で構成され、溝40aは、例えば、ワイヤソーなどによる機械加工により設けられる。電極50は、例えば、銀又は銅を含有する導電性ペーストの塗布、焼成により形成される。電極50は、図1において、誘電体ブロック40の表面の斜線で示した領域に配置され、白抜きの領域には配置されていない。
- [0058] 誘電体ブロック40を信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、溝40aを含まない部分が共振部11、12である。また、溝40aを含み、信号が通過可能な断面が共振部11、12より狭い部分が結合部17である。共振部11、12は、内部で電磁界の共振を生じ、誘電体共振器として機能する。結合部17は、共振部11、12を結合する。結合部17は、溝によって構成された結合部の一例である。
- [0059] なお、本明細書において、結合部は、共振部と比べて、信号が通過可能な断面が狭い部分であり、必ずしも溝によって構成されるとは限らない。結合部は、例えば、後述する貫通孔、結合窓などによって構成されてもよい。
- [0060] 共振部11、12には、信号の伝搬モードをTE (Transverse Electric) モードとTEM (Transverse Electromagnetic) モードとの間で変換する入出力部21、22が、それぞれ設けられている。ここで、TEモード及びTEMモードは、それぞれ、誘電体導波管フィルタ1の内部及び外部での信号の伝搬モードである。入出力部21、22は、誘電体導波管フィルタ1の実装面に、特定の形状で配置された電極50によって、構成される。
- [0061] 図2は、実施の形態1の比較例に係る高周波モジュールの構造の一例を示す分解斜視図である。図2に示されるように、高周波モジュール8は、誘電体導波管フィルタ1を基板80に実装してなる。基板80の破線は、誘電体導波管フィルタ1の実装位置を表している。
- [0062] 基板80には、導体箔81が敷設される。基板80は、例えば、エポキシ、フェノールなどの樹脂で構成され、導体箔81は、例えば、銅箔などで構成される。導体箔81は、図2において、基板80の表面の斜線で示した領

域に配置され、白抜きの領域には配置されていない。

[0063] 導体箔 8 1 は、主にグランドプレーンを構成し、誘電体導波管フィルタ 1 の入出力部 2 1、2 2 の対応位置では、コプレーナライン 8 2、8 3 を構成している。

[0064] 基板 8 0 の導体箔 8 1 と誘電体導波管フィルタ 1 の実装面における電極 5 0 とを、はんだなどの導電性接合材で接合して、高周波モジュール 8 は構成される。高周波モジュール 8 を利用する応用回路は、基板 8 0 のコプレーナライン 8 2、8 3 を介して、誘電体導波管フィルタ 1 に信号を入出力する。

[0065] 図 3 は、誘電体導波管フィルタ 1 の周波数特性の一例を示すグラフである。図 3 には、入出力部 2 1 における反射特性、及び入出力部 2 1 から入出力部 2 2 を見た通過特性の、それぞれのシミュレーション結果が示されている。

[0066] 図 3 に示されるように、誘電体導波管フィルタ 1 の周波数特性は、2 つの周波数 f_1 、 f_2 において、反射特性にノッチを有し通過特性にピークを有する。これにより、誘電体導波管フィルタ 1 は、周波数 f_1 、 f_2 に応じた通過帯域を有するバンドパスフィルタとして機能する。

[0067] 本発明者は、シミュレーションにより誘電体導波管フィルタ 1 の電磁界解析を行った結果、周波数 f_1 、 f_2 のそれぞれの信号に対し、次のような異なる共振モードによる結合が生じていることを見出した。

[0068] 図 4 は、周波数 f_1 の信号に対する誘電体導波管フィルタ 1 の共振モードを説明する図である。図 4 に示されるように、入出力部 2 1 に印加された周波数 f_1 の信号は、共振部 1 1、1 2 に同相の交流電界 E_1 、 E_2 を励振して、誘電体導波管フィルタ 1 内を伝搬し、入出力部 2 2 から出力される。本明細書では、隣接する共振部間に同相の交流電界が生じる共振モードを EV EN モードと言う。図 4 では、同相の交流電界 E_1 、 E_2 を同じ向きの矢印で表している。

[0069] 図 5 は、誘電体導波管フィルタ 1 の EV EN モードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。図 5 の点線で囲んだ部分に見られるよ

うに、結合部 17 の表面を流れる E V E N モードの電流は、側面から天面にかけて共振部 11、12 の並び方向と略垂直な方向に優勢となる。ここで、天面とは、誘電体導波管フィルタ 1 が実装基板に実装される実装面と対向する面であり、側面とは、天面と交差する面である。図 4 では、結合部 17 の表面において E V E N モードで優勢となる電流 I_{EVEN} を太矢印で表している。誘電体導波管フィルタ 1 の E V E N モードでは、電流 I_{EVEN} が共振部 11、12 の結合に関与していると考えられる。

[0070] 図 6 は、周波数 f_2 の信号に対する誘電体導波管フィルタ 1 の共振モードを説明する図である。図 6 に示されるように、入出力部 21 に印加された周波数 f_2 の信号は、共振部 11、12 に逆相の交流電界 E_1 、 E_3 を励振して、誘電体導波管フィルタ 1 内を伝搬し、入出力部 22 から出力される。本明細書では、隣接する共振部間に逆相の交流電界が生じる共振モードを O D D モードと言う。図 6 では、逆相の交流電界 E_1 、 E_3 を逆向きの矢印で表している。

[0071] 図 7 は、誘電体導波管フィルタ 1 の O D D モードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。図 7 の点線で囲んだ部分に見られるように、結合部 17 の表面を流れる O D D モードの電流は、天面の中央付近で共振部 11、12 の並び方向と略平行な方向に優勢となる。図 6 では、結合部 17 の表面において O D D モードで優勢となる電流 I_{ODD} を太矢印で表している。誘電体導波管フィルタ 1 の O D D モードでは、電流 I_{ODD} が共振部 11、12 の結合に関与していると考えられる。

[0072] 本発明者は、上述した誘電体導波管フィルタ 1 における電流分布の分析結果に基づき、結合部 17 の表面の特定の部分に電極 50 が形成されていない誘電体露出部を設けることで、誘電体導波管フィルタの通過帯域幅を調整する技術を考案した。誘電体露出部は、結合部 17 の表面において複数の共振モードのうち何れか 1 つの共振モードで電流密度が優勢になる部分に設けられる。

[0073] 以下、本発明の実施の形態に係る誘電体導波管フィルタについて、図面を

用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置および接続形態などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。以下の実施の形態における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また、図面に示される構成要素の大きさ又は大きさの比は、必ずしも厳密ではない。

[0074] (実施の形態 1)

図 8 は、実施の形態 1 に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。図 8 の誘電体導波管フィルタ 1 a は、図 1 の誘電体導波管フィルタ 1 と比べて、結合部 1 7 の表面に、電極 5 0 が形成されていない誘電体露出部 6 1 がある点異なる。

[0075] 誘電体露出部 6 1 は、図 4 の電流 I_{EVEN} が、図 5 の電流 I_{ODD} と比べて、より優勢になる位置に設けられる。一例として、誘電体露出部 6 1 は、結合部 1 7 の天面と側面との接続領域に設けられる。ここで、天面と側面との接続領域とは、天面と側面との境界の近傍領域であり、例えば、天面を信号の伝搬方向と略直交する方向に 3 分割した両端部分と側面の全体とからなる領域であってもよい。

[0076] 図 9 は、誘電体露出部 6 1 の施工例を示す斜視図である。誘電体露出部 6 1 a は、結合部 1 7 の天面と側面との境界をドリルで切削し、電極 5 0 を誘電体ブロック 4 0 の一部とともに除去することによって形成されている。このように、誘電体露出部 6 1 を形成する際、誘電体ブロック 4 0 の一部が削れても構わない。なお、誘電体露出部 6 1 は、ドリル加工に限らず、例えば、レーザー加工により電極 5 0 のみを除去することによって形成されてもよい。

[0077] 図 1 0 は、誘電体導波管フィルタ 1 a の周波数特性の一例を示すグラフである。図 1 0 には、図 8 の電極 5 0 の配置に基づくシミュレーション結果を、調整後反射特性及び調整後通過特性として示している。また、比較のため

、誘電体導波管フィルタ 1 の反射特性及び通過特性を再掲している。

[0078] 図 10 に示されるように、誘電体導波管フィルタ 1 a の周波数特性では、誘電体導波管フィルタ 1 の周波数特性と比べて、EVEN モードの周波数が f_1 から f_{1a} へ低下するのに対し、ODD モードの周波数 f_2 は概ね維持される。そのため、誘電体導波管フィルタ 1 a では、誘電体導波管フィルタ 1 と比べて、EVEN モードの周波数 f_{1a} と ODD モードの周波数 f_2 との差が大きくなり、通過帯域幅が広がる（言い換えれば、共振部 11、12 間の結合が強まる）。

[0079] 誘電体露出部 61 は、電流 I_{EVEN} が優勢になる位置に設けられるため、電流 I_{EVEN} を強く阻害する一方で、電流 I_{ODD} には大きな影響を与えない。その結果、電流 I_{EVEN} は長い経路を通らざるを得なくなって EVEN モードの周波数 f_{1a} は下がり、ODD モードの周波数 f_2 は概ね維持され则认为られる。

[0080] 誘電体露出部 61 は、図 8 に示されるように、共振部 11、12 の並び方向と略平行に延びる長尺形状であってもよい。これにより、図 4 の電流 I_{EVEN} と交差する方向に長い誘電体露出部 61 が形成されるので、電流 I_{EVEN} をより確実に阻害し、EVEN モードの周波数をより確実に下げることができる。

[0081] このように、誘電体導波管フィルタ 1 a では、誘電体露出部 61 により、EVEN モードの周波数を選択的に調整し、通過帯域幅を広げることができる。

[0082] 同様の考え方で、通過帯域幅を狭めることもできる。

[0083] 図 11 は、実施の形態 1 に係る誘電体導波管フィルタの構造の他の一例を示す斜視図である。図 11 の誘電体導波管フィルタ 1 b は、図 8 の誘電体導波管フィルタ 1 a と比べて、誘電体露出部 62 の配置が異なる。

[0084] 誘電体露出部 62 は、図 5 の電流 I_{ODD} が、図 4 の電流 I_{EVEN} と比べて、より優勢になる位置に設けられる。一例として、誘電体露出部 62 は、結合部 17 の天面の中央領域に設けられる。ここで、天面の中央領域とは、例え

ば、天面を信号の伝搬方向と略直交する方向に3分割した中央の領域であってもよい。

[0085] 図12は、誘電体露出部62の施工例を示す斜視図である。誘電体露出部62aは、結合部17の天面の中央をドリルで切削し、電極50を誘電体ブロック40の一部とともに除去することによって形成されている。このように、誘電体露出部62を形成する際、誘電体ブロック40の一部が削れても構わない。なお、誘電体露出部62は、ドリル加工に限らず、例えば、レーザー加工により電極50のみを除去することによって形成されてもよい。

[0086] 図13は、誘電体導波管フィルタ1bの周波数特性の一例を示すグラフである。図13には、図11の電極50の配置に基づくシミュレーション結果を、調整後反射特性及び調整後通過特性として示している。また、比較のため、誘電体導波管フィルタ1の反射特性及び通過特性を再掲している。

[0087] 図13に示されるように、誘電体導波管フィルタ1bの周波数特性では、誘電体導波管フィルタ1の周波数特性と比べて、ODDモードの周波数が f_2 から f_{2a} へ低下するのに対し、EVENモードの周波数 f_1 は概ね維持される。そのため、誘電体導波管フィルタ1bでは、誘電体導波管フィルタ1と比べて、EVENモードの周波数 f_1 とODDモードの周波数 f_{2a} との差が小さくなり、通過帯域幅が狭まる（言い換えれば、共振部11、12間の結合が弱まる）。

[0088] 誘電体露出部62は、電流 I_{ODD} が優勢になる位置に設けられるため、電流 I_{ODD} を強く阻害する一方で、電流 I_{EVEN} には大きな影響を与えない。その結果、電流 I_{ODD} は長い経路を通らざるを得なくなってODDモードの周波数 f_{2a} は下がり、EVENモードの周波数 f_1 は概ね維持されることが考えられる。

[0089] 誘電体露出部62は、図11に示されるように、共振部11、12の並び方向と略垂直に延びる長尺形状であってもよい。これにより、図6の電流 I_{ODD} と交差する方向に長い誘電体露出部62が形成されるので、電流 I_{ODD} をより確実に阻害し、ODDモードの周波数をより確実に下げることができる。

[0090] このように、誘電体導波管フィルタ 1 b では、誘電体露出部 6 2 により、ODDモードの周波数を選択的に調整し、通過帯域幅を狭めることができる。

[0091] 以上説明したように、誘電体導波管フィルタ 1 a、1 b によれば、特定の共振モードの周波数を調整することで、誘電体導波管フィルタの通過帯域幅が調整される。当該調整は、結合部 1 7 の表面に形成された電極 5 0 の一部を単に剥がすだけで行うことができ、誘電体ブロック 4 0 の形状を変更することは必須ではない。その結果、例えば、量産工程で表面に電極を形成した後の多数の誘電体導波管フィルタの通過帯域幅を個別に調整することが实际的に可能になるなど、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタが得られる。

[0092] (実施の形態 2)

実施の形態 2 では、誘電体ブロックに設けられた貫通孔によって共振部と結合部とが規定される誘電体導波管フィルタにおける通過帯域幅の調整について説明する。

[0093] 図 1 4 は、実施の形態 2 の比較例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図であり、一般的な誘電体導波管フィルタを、実装面を下から見て示している。図 1 4 に示されるように、誘電体導波管フィルタ 2 は、表面に電極 5 0 が形成された誘電体ブロック 4 0 で構成され、誘電体ブロック 4 0 には貫通孔 4 0 b が形成されている。

[0094] 電極 5 0 は、図 1 4 において、誘電体ブロック 4 0 の表面の斜線で示した領域に配置され、白抜きの領域には配置されていない。誘電体導波管フィルタ 2 では、電極 5 0 は、貫通孔 4 0 b の内壁にも配置されている。

[0095] 誘電体ブロック 4 0 を信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、貫通孔 4 0 b を含まない部分が、共振部 1 1、1 2 である。また、貫通孔 4 0 b を含み、信号が通過可能な断面が共振部 1 1、1 2 より狭い部分が結合部 1 8 である。共振部 1 1、1 2 は、誘電体共振器として機能し、結合部 1 8 は、共振部 1 1、1 2 を結合する。結合部 1 8 は、貫通孔によって構成された

結合部の一例である。

[0096] 図15は、実施の形態2の比較例に係る高周波モジュールの構造の一例を示す分解斜視図である。図15に示されるように、高周波モジュール9は、誘電体導波管フィルタ2を基板80に実装してなる。基板80の破線は、誘電体導波管フィルタ2の実装位置を表している。

[0097] 図16は、誘電体導波管フィルタ2のEVENモードを説明する図である。図4で説明した誘電体導波管フィルタ1のEVENモードと同様、入出力部21に印加された信号は、共振部11、12に同相の交流電界E1、E2を励振して、誘電体導波管フィルタ2内を伝搬し、入出力部22から出力される。

[0098] 図17は、誘電体導波管フィルタ2のEVENモードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。図5の誘電体導波管フィルタ1のEVENモードほど明確ではないが、図17の点線で囲んだ部分に見られるように、結合部18の表面を流れるEVENモードの電流は、側面から天面にかけて共振部11、12の並び方向と略垂直な方向に優勢となる。図16では、結合部18の表面においてEVENモードで優勢となる電流 I_{EVEN} を太矢印で表している。

[0099] 図18は、誘電体導波管フィルタ2のODDモードを説明する図である。図6で説明した誘電体導波管フィルタ1のODDモードと同様、入出力部21に印加された信号は、共振部11、12に逆相の交流電界E1、E3を励振して、誘電体導波管フィルタ2内を伝搬し、入出力部22から出力される。

[0100] 図19は、誘電体導波管フィルタ2のODDモードにおける電流分布のシミュレーション結果を示す図である。図7の誘電体導波管フィルタ1のODDモードほど明確ではないが、図19の点線で囲んだ部分に見られるように、結合部18の表面を流れるODDモードの電流は、天面の貫通孔40bの口部の両側で共振部11、12の並び方向と略平行な方向に優勢となる。図18では、結合部18の表面においてODDモードで優勢となる電流 I_{ODD} を

太矢印で表している。

[0101] 誘電体導波管フィルタ 2 における電流分布の分析に基づき、誘電体導波管フィルタ 1 の場合と同様、結合部 18 の表面の特定の部分に電極 50 が形成されていない誘電体露出部を設けることで、誘電体導波管フィルタ 2 の通過帯域幅を調整することができる。

[0102] 図 20 は、実施の形態 2 に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。図 20 の誘電体導波管フィルタ 2 a は、図 14 の誘電体導波管フィルタ 2 と比べて、結合部 18 の表面に、電極 50 が形成されていない誘電体露出部 61 がある点が異なる。

[0103] 誘電体露出部 61 は、図 16 の電流 I_{EVEN} が、図 18 の電流 I_{ODD} と比べて、より優勢になる位置に設けられる。一例として、誘電体露出部 61 は、結合部 18 の天面と側面との接続領域に設けられる。ここで、天面と側面との接続領域とは、天面と側面との境界の近傍領域であり、例えば、天面を信号の伝搬方向と略直交する方向に 3 分割した両端部分と側面の全体とからなる領域であってもよい。

[0104] 誘電体露出部 61 は、電流 I_{EVEN} が優勢になる位置に設けられるため、誘電体露出部 61 と同様、EVEN モードの周波数を下げ、ODD モードの周波数を維持すると考えられる。

[0105] 誘電体露出部 61 は、図 20 に示されるように、共振部 11、12 の並び方向と略平行に延びる長尺形状であってもよい。これにより、図 16 の電流 I_{EVEN} と交差する方向に長い誘電体露出部 61 が形成されるので、電流 I_{EVEN} をより確実に阻害し、EVEN モードの周波数をより確実に下げることができる。

[0106] このように、誘電体導波管フィルタ 2 a では、誘電体露出部 61 により、EVEN モードの周波数を選択的に調整し、通過帯域幅を広げることができる。

[0107] 図 21 は、実施の形態 2 に係る誘電体導波管フィルタの構造の他の一例を示す斜視図である。図 21 の誘電体導波管フィルタ 2 b は、図 20 の誘電体

導波管フィルタ 2 a と比べて、誘電体露出部 6 2 の配置が異なる。

[0108] 誘電体露出部 6 2 は、図 1 8 の電流 I_{ODD} が、図 1 6 の電流 I_{EVEN} と比べて、より優勢になる位置に設けられる。一例として、誘電体露出部 6 2 は、結合部 1 8 の天面の中央領域に設けられる。ここで、天面の中央領域とは、例えば、天面を信号の伝搬方向と略直交する方向に 3 分割した中央の領域から貫通孔 4 0 b の口部を除いた領域であってもよい。

[0109] 誘電体露出部 6 2 は、電流 I_{ODD} が優勢になる位置に設けられるため、誘電体露出部 6 2 と同様、ODD モードの周波数を下げ、EVEN モードの周波数を維持すると考えられる。

[0110] 誘電体露出部 6 2 は、図 2 1 に示されるように、共振部 1 1、1 2 の並び方向と略垂直に延びる長尺形状であってもよい。これにより、図 1 8 の電流 I_{ODD} と交差する方向に長い誘電体露出部 6 2 が形成されるので、電流 I_{ODD} をより確実に阻害し、ODD モードの周波数をより確実に下げることができる。

[0111] このように、誘電体導波管フィルタ 2 b では、誘電体露出部 6 2 により、ODD モードの周波数を選択的に調整し、通過帯域幅を狭めることができる。

[0112] 以上説明したように、誘電体導波管フィルタ 2 a、2 b によれば、特定の共振モードの周波数を調整することで、誘電体導波管フィルタの通過帯域幅が調整される。当該調整は、結合部 1 8 の表面に形成された電極 5 0 の一部を単に剥がすだけで行うことができ、誘電体ブロック 4 0 の形状を変更することは必須ではない。その結果、例えば、量産工程で表面に電極を形成した後の多数の誘電体導波管フィルタを個別に調整することが実的に可能になるなど、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタが得られる。

[0113] (実施の形態 3)

実施の形態 3 では、別体に設けた誘電体導波管フィルタを貼り合わせてなる誘電体導波管フィルタにおける通過帯域幅の調整について説明する。

[0114] 図 2 2 は、実施の形態 3 に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す

斜視図である。図 2 2 に示されるように、誘電体導波管フィルタ 3 は、別体に設けた誘電体導波管フィルタ 3 a、3 b を貼り合わせて構成される。

[0115] 誘電体導波管フィルタ 3 a は、表面に電極 5 1 が形成された誘電体ブロック 4 1 で構成され、誘電体ブロック 4 1 には信号の伝搬方向（Y 方向）と交差する方向に溝 4 1 a が形成されている。誘電体ブロック 4 1 を信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、溝 4 1 a を含まない部分が、共振部 1 3 a、1 3 b、1 3 c である。また、溝 4 1 a を含み、信号が通過可能な断面（XZ 面）が共振部 1 3 a、1 3 b、1 3 c の XZ 断面より狭い部分が結合部 1 7 である。共振部 1 3 a、1 3 b、1 3 c は、誘電体共振器として機能し、結合部 1 7 は、共振部 1 3 a、1 3 b 及び共振部 1 3 b、1 3 c をそれぞれ結合する。

[0116] 誘電体導波管フィルタ 3 b は、表面に電極 5 2 が形成された誘電体ブロック 4 2 で構成され、誘電体ブロック 4 2 には信号の伝搬方向（Y 方向）と交差する方向に溝 4 2 a が形成されている。誘電体ブロック 4 2 を信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、溝 4 2 a を含まない部分が、共振部 1 3 d、1 3 e、1 3 f である。また、溝 4 2 a を含み、信号が通過可能な断面（XZ 面）が共振部 1 3 d、1 3 e、1 3 f の XZ 断面より狭い部分が結合部 1 7 である。共振部 1 3 d、1 3 e、1 3 f は、誘電体共振器として機能し、結合部 1 7 は、共振部 1 3 d、1 3 e 及び共振部 1 3 e、1 3 f をそれぞれ結合する。

[0117] 共振部 1 3 c、1 3 d の接合面（YZ 面）に、共振部 1 3 c、1 3 d を結合する結合窓 5 3 が設けられる。結合窓 5 3 は、誘電体ブロック 4 1、4 2 の互いに対向する面に電極 5 1、5 2 を配置しない部分を設け、当該部分を接合することで形成される。共振部 1 3 c、1 3 d 間では、信号は X 方向に伝搬し、結合窓 5 3 は、共振部 1 3 c、1 3 d の YZ 断面より狭い。

[0118] 誘電体ブロック 4 1、4 2 の共振部 1 3 c、1 3 d に対応する部分について言えば、当該部分を信号の伝搬方向（X 方向）に区分した複数の部分のうち、結合窓 5 3 を含まない部分が共振部 1 3 c、1 3 d である。また、結合

窓 5 3 を含み、信号が通過可能な断面（Y Z 面）が共振部 1 3 c、1 3 d の Y Z 断面より狭い部分が結合部 1 9 である。結合部 1 9 は、結合窓によって構成された結合部の一例である。

[0119] 誘電体導波管フィルタ 3 a、3 b を、例えば接着剤で貼り合わせることで、共振部 1 3 a ～ 1 3 f をこの順に連結した誘電体導波管フィルタ 3 が構成される。

[0120] 図 2 2 には、結合部 1 7、1 9 の各々における誘電体露出部 6 1、6 2 の配置の一例が示されている。

[0121] 誘電体露出部 6 1 は、結合部 1 7、1 9 の各々の天面と側面との接続領域に設けられる。誘電体露出部 6 1 は、隣接する共振部の並び方向と略平行に延びる長尺形状であってもよい。なお、図 2 2 では、図示の簡明のため、誘電体露出部 6 1 を、結合部 1 7、1 9 の各々の天面のみに示している。

[0122] 誘電体露出部 6 2 は、結合部 1 7、1 9 の各々の天面の中央領域に設けられる。誘電体露出部 6 2 は、隣接する共振部の並び方向と略垂直に延びる長尺形状であってもよい。

[0123] 誘電体導波管フィルタ 3 では、結合部 1 7、1 9 の各々において、誘電体露出部 6 1、6 2 の何れか一方を設けることによって、実施の形態 1 で説明した通過帯域幅の調整を行うことができる。前述したように、誘電体露出部 6 1 を設けた場合、通過帯域幅は広がる（言い換えれば、隣接する共振部間の結合が強まる）。また、誘電体露出部 6 2 を設けた場合、通過帯域幅は狭まる（言い換えれば、隣接する共振部間の結合が弱まる）。

[0124] このように、誘電体導波管フィルタ 3 では、結合部 1 7、1 9 の各々に誘電体露出部 6 1、6 2 の何れか一方を設けることにより、EVEN モード又は ODD モードの周波数を選択的に調整し、通過帯域幅を調整できる。誘電体導波管フィルタ 3 に設けられた誘電体露出部 6 1、6 2 は、例えば、図 9、図 1 2 に示されるドリル加工痕や、図示していないレーザー加工痕として確認される。

[0125] 以上説明したように、誘電体導波管フィルタ 3 によれば、隣接する共振部

のペアごとに特定の共振モードの周波数を調整することで、誘電体導波管フィルタの通過帯域幅が調整される。当該調整は、結合部 17、19 の表面に形成された電極 51、52 の一部を単に剥がすだけで行うことができ、誘電体ブロック 41、42 の形状を変更することは必須ではない。その結果、例えば、量産工程で表面に電極を形成した後の多数の誘電体導波管フィルタを個別に調整することが实际的に可能になるなど、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタが得られる。

[0126] (本発明の一態様を得るに至った第 2 の経緯)

本発明の一態様を得るに至った第 2 の経緯について説明する。第 2 の経緯では、実施の形態 4 について説明する前に、本発明者が検討した一般的な誘電体導波管フィルタの構造及び周波数特性を、比較例として説明する。

[0127] 図 23 は、比較例に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図であり、一般的な誘電体導波管フィルタを、実装面 71 を下から見て示している。図 23 に示されるように、誘電体導波管フィルタ 6 は、表面に電極 50 が形成された誘電体ブロック 43 で構成され、誘電体ブロック 43 には信号の伝搬方向と交差する方向に溝 43a が形成されている。

[0128] 誘電体ブロック 43 は、例えば、水晶又はセラミックなどの誘電体材料で構成され、溝 43a は、例えば、ワイヤソーなどによる機械加工により設けられる。電極 50 は、例えば、銀又は銅を含有する導電性ペーストの塗布、焼成により形成される。電極 50 は、図 23 において、誘電体ブロック 43 の表面の斜線で示した領域に配置され、白抜きの領域には配置されていない。

[0129] 誘電体ブロック 43 を信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、溝 43a を含まない部分が共振部 11、12 である。また、溝 43a を含み、信号が通過可能な断面が共振部 11、12 より狭い部分が結合部 17 である。共振部 11、12 は、内部で電磁界の共振を生じ、TE (Transverse Electric) モードの誘電体共振器として機能する。結合部 17 は、共振部 11、12 を結合する。結合部 17 は、溝 43a によって構成

された結合部の一例である。

[0130] 共振部 11、12 には、信号の伝搬モードを TE モードと TEM (Transverse Electromagnetic) モードとの間で変換する入出力部 21、22 が、それぞれ設けられている。入出力部 21、22 は、誘電体導波管フィルタ 6 の実装面 71 に、特定の形状で配置された電極 50 によって、構成される。

[0131] 図 24 は、比較例に係る高周波モジュールの構造の一例を示す分解斜視図である。図 24 に示されるように、高周波モジュール 8 は、誘電体導波管フィルタ 6 を基板 80 に実装してなる。基板 80 の破線は、誘電体導波管フィルタ 6 の実装位置を表している。

[0132] 基板 80 には、導体箔 81 が敷設される。基板 80 は、例えば、エポキシ、フェノールなどの樹脂で構成され、導体箔 81 は、例えば、銅箔などで構成される。導体箔 81 は、図 24 において、基板 80 の表面の斜線で示した領域に配置され、白抜きの領域には配置されていない。

[0133] 導体箔 81 は、主にグランドプレーンを構成し、誘電体導波管フィルタ 6 の入出力部 21、22 の対応位置では、コプレーナライン 82、83 を構成している。

[0134] 基板 80 の導体箔 81 と誘電体導波管フィルタ 6 の実装面 71 における電極 50 とを、はんだなどの導電性接合材で接合して、高周波モジュール 8 は構成される。高周波モジュール 8 を利用する応用回路は、基板 80 のコプレーナライン 82、83 を介して、誘電体導波管フィルタ 6 に信号を入出力する。

[0135] 図 25 は、誘電体導波管フィルタ 6 の周波数特性の一例を示すグラフである。図 25 には、入出力部 21 における反射特性、及び入出力部 21 から入出力部 22 を見た通過特性の、それぞれのシミュレーション結果が示されている。

[0136] 図 25 に示されるように、誘電体導波管フィルタ 6 の周波数特性は、2つの共振周波数 f_1 、 f_2 において、反射特性にノッチを有し通過特性にピー

クを有する。これにより、誘電体導波管フィルタ 6 は、共振周波数 f_1 、 f_2 に応じた通過帯域を有するバンドパスフィルタとして機能する。

[0137] 本発明者は、シミュレーションにより誘電体導波管フィルタ 6 の電磁界解析を行った結果、共振周波数 f_1 、 f_2 のそれぞれの信号に対し、次のような異なる共振モードによる結合が生じていることを見出した。

[0138] 図 26 は、共振周波数 f_1 の信号に対する誘電体導波管フィルタ 6 の共振モードを説明する図である。図 26 に示されるように、入出力部 21 に印加された共振周波数 f_1 の信号は、共振部 11、12 に同相の交流電界 E_1 、 E_2 を励振して、誘電体導波管フィルタ 6 内を伝搬し、入出力部 22 から出力される。本実施の形態では、隣接する共振部間に同相の交流電界が生じる共振モードを E V E N モードと言う。図 26 では、同相の交流電界 E_1 、 E_2 を同じ向きの矢印で表している。

[0139] 図 27 A は、誘電体導波管フィルタ 6 の E V E N モードにおける磁界のシミュレーション結果を示す斜視図である。図 27 B は、誘電体導波管フィルタ 6 の E V E N モードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図であり、誘電体導波管フィルタ 6 を平面視した場合の断面である。図 27 B の点線で囲んだ部分に見られるように、誘電体導波管フィルタ 6 内に発生する E V E N モードの磁界ベクトルは、共振部 11 及び共振部 12 のそれぞれの内部に表れ、特に、共振部 11 及び 12 を繋ぐ結合部 17 の側面 73 に沿って強く表れる。ここで、結合部 17 の側面 73 とは、誘電体導波管フィルタ 6 が実装基板に実装される実装面 71 と交差する面である。図 26 では、誘電体導波管フィルタ 6 の E V E N モードで強くなる磁界ベクトル M_v を太矢印で表している。誘電体導波管フィルタ 6 の E V E N モードでは、磁界ベクトル M_v が共振部 11、12 の結合に関与していると考えられる。

[0140] 図 28 は、共振周波数 f_2 の信号に対する誘電体導波管フィルタ 6 の共振モードを説明する図である。図 28 に示されるように、入出力部 21 に印加された共振周波数 f_2 の信号は、共振部 11、12 に逆相の交流電界 E_1 、 E_3 を励振して、誘電体導波管フィルタ 6 内を伝搬し、入出力部 22 から出

力される。本実施の形態では、隣接する共振部間に逆相の交流電界が生じる共振モードをODDモードと言う。図28では、逆相の交流電界E1、E3を逆向きの矢印で表している。

[0141] 図29Aは、誘電体導波管フィルタ6のODDモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す斜視図である。図29Bは、誘電体導波管フィルタ6のODDモードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図であり、誘電体導波管フィルタ6を平面視した場合の断面である。図29Bに示すように、誘電体導波管フィルタ6内に発生するODDモードの磁界ベクトルは、共振部11及び共振部12のそれぞれの内部を互いに逆向きに周回するように表れる。また、結合部17内におけるODDモードの磁界ベクトルは、共振部11、12の並び方向と略垂直な方向に表れる。誘電体導波管フィルタ6のODDモードでは、磁界ベクトルが共振部11、12の結合に関与しにくいと考えられる。

[0142] 本発明者は、上述した誘電体導波管フィルタ6における磁界の分析結果に基づき、誘電体導波管フィルタ6の特定の部分に電極50が形成されていない誘電体露出部を設けることで、誘電体導波管フィルタの通過帯域幅を調整する技術を考案した。誘電体露出部は、誘電体導波管フィルタ6においてEVNモードで磁界ベクトルが強く表れる部分に設けられる。

[0143] 以下、本発明の実施の形態に係る誘電体導波管フィルタについて、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置および接続形態などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。以下の実施の形態における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また、図面に示される構成要素の大きさ又は大きさの比は、必ずしも厳密ではない。

[0144] (実施の形態4)

図30は、実施の形態6に係る誘電体導波管フィルタ6aの構造の一例を

示す斜視図である。図 3 1 A は、誘電体導波管フィルタ 6 a の平面図であり、誘電体導波管フィルタ 6 a を平面視した場合の断面である。図 3 1 B は、誘電体導波管フィルタ 6 a の側面図である。図 3 2 は、誘電体導波管フィルタ 6 a の磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[0145] 本実施の形態の誘電体導波管フィルタ 6 a は、比較例の誘電体導波管フィルタ 6 と比べて、結合部 1 7 の側面 7 3 に、電極 5 0 が形成されていない誘電体露出部 6 3 がある点で異なる。

[0146] 図 3 0 ～図 3 1 B に示すように、誘電体導波管フィルタ 6 a の誘電体ブロック 4 3 には 1 対の溝 4 3 a が設けられている。溝 4 3 a は、共振部 1 1、1 2 の並び方向及び実装面 7 1 の垂直方向の両方に垂直な方向に深さを有するように、誘電体ブロック 4 3 に設けられている。言い換えれば、溝 4 3 a は、実装面 7 1 と垂直な方向に沿って設けられ、誘電体ブロック 4 3 を貫通している。

[0147] 誘電体露出部 6 3 は、溝 4 3 a の底面と同じ面である結合部 1 7 の側面 7 3 に設けられている。結合部 1 7 の側面 7 3 は、前述したように E V E N モードの磁界ベクトル M_v が強く表れる場所である。本実施の形態では、誘電体露出部 6 3 が側面 7 3 の全面に設けられている。

[0148] 誘電体露出部 6 3 は、結合部 1 7 の側面 7 3 をドリルで切削し、電極 5 0 を誘電体ブロック 4 3 の一部とともに除去することによって形成されている。このように、誘電体露出部 6 3 を形成する際、誘電体ブロック 4 3 の一部が削れても構わない。なお、誘電体露出部 6 3 は、ドリル加工に限らず、例えば、レーザー加工により電極 5 0 のみを除去することによって形成されてもよい。

[0149] 例えば、比較例の誘電体導波管フィルタ 6 では、結合部 1 7 の側面 7 3 に設けられた電極 5 0 によって磁界ベクトル M_v が制限される。それに対し、本実施の形態の誘電体導波管フィルタ 6 a では、結合部 1 7 の側面 7 3 に誘電体露出部 6 3 が設けられており、図 3 2 に示すように、結合部 1 7 における磁界ベクトルの制限が緩和される。そのため、E V E N モードでの誘導性

結合を強くすることができる。

[0150] 誘電体露出部 6 3 が設けられ誘導性結合が強くなった誘電体導波管フィルタ 6 a は、比較例の誘電体導波管フィルタ 6 と比べて E V E N モードの共振周波数 f_1 が低下する。また、O D D モードの共振周波数 f_2 は概ね維持される。そのため、誘電体導波管フィルタ 6 a では、誘電体導波管フィルタ 6 と比べて、E V E N モードと O D D モードとの共振周波数の差 ($f_2 - f_1$) が大きくなり、通過帯域幅が広がる。

[0151] 以上説明したように、誘電体導波管フィルタ 6 a によれば、結合部 1 7 の側面 7 3 に誘電体露出部 6 3 を設けることで、誘電体導波管フィルタ 6 a の通過帯域幅を調整することができる。当該調整は、結合部 1 7 の側面 7 3 に形成された電極 5 0 の一部を単に剥がすだけで行うことができ、誘電体ブロック 4 3 の形状を変更することは必須ではない。その結果、例えば、量産工程で表面に電極を形成した後の多数の誘電体導波管フィルタの通過帯域幅を個別に調整することが实际的に可能になるなど、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタが得られる。

[0152] (実施の形態 4 の変形例 1)

図 3 3 A は、実施の形態 4 の変形例 1 に係る誘電体導波管フィルタ 6 b の平面図であり、誘電体導波管フィルタ 6 b を平面視した場合の断面である。図 3 3 B は、誘電体導波管フィルタ 6 b の側面図である。図 3 4 は、誘電体導波管フィルタ 6 b の E V E N モードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[0153] 変形例 1 の誘電体導波管フィルタ 6 b は、溝 4 3 a の底面（結合部 1 7 の側面 7 3）が曲面状である。具体的には、溝 4 3 a を断面視した場合に、溝 4 3 a の底面が丸みを有している。誘電体露出部 6 3 は、この丸みを有した底面の全面に設けられている。言い換えれば、溝 4 3 a を断面視した場合に、誘電体露出部 6 3 は丸みを有しており、誘電体露出部 6 3 の両端部の間には空間が形成されている。

[0154] 誘電体導波管フィルタ 6 b によれば、溝 4 3 a の底面に誘電体露出部 6 3

を設けることで、誘電体導波管フィルタ 6 b の通過帯域幅を調整することができる。また、誘電体露出部 6 3 が丸みを有しているので、図 3 4 に示すように、誘電体露出部 6 3 の両端部のうちの一方端部から空間を突き抜けて他方端部に至る磁界ベクトルが発生することになり、誘導性結合を大きくすることができる。この構造により、誘電体導波管フィルタ 6 b では、実施の形態 4 の誘電体導波管フィルタ 6 a に比べて、通過帯域幅を大きく調整することができる。

[0155] (実施の形態 4 の変形例 2)

図 3 5 A は、実施の形態 4 の変形例 2 に係る誘電体導波管フィルタ 6 c の平面図であり、誘電体導波管フィルタ 6 c を平面視した場合の断面である。図 3 5 B は、誘電体導波管フィルタ 6 c の側面図である。図 3 6 は、誘電体導波管フィルタ 6 c の E V E N モードにおける磁界のシミュレーション結果を示す平面図である。

[0156] 変形例 2 の誘電体導波管フィルタ 6 c では、誘電体露出部 6 3 が、溝 4 3 a の底面だけでなく、溝 4 3 a の側面にも設けられている。具体的には、誘電体露出部 6 3 が、溝 4 3 a の側面である共振部 1 1、1 2 の対向側面 7 5 に設けられている。ここで、対向側面 7 5 とは、実装面 7 1 及び側面 7 3 に交差し、かつ、1 対の隣接する共振部 1 1、1 2 の間にて向き合う面である。言い換えれば、溝 4 3 a を断面視した場合に、誘電体露出部 6 3 は U 字状であり、誘電体露出部 6 3 の両端部の間には空間が形成されている。

[0157] 誘電体導波管フィルタ 6 c によれば、溝 4 3 a の側面（共振部 1 1、1 2 の対向側面 7 5）に誘電体露出部 6 3 を設けることで、誘電体導波管フィルタ 6 c の通過帯域幅を調整することができる。また、誘電体露出部 6 3 が溝 4 3 a の側面に設けられているので、図 3 6 に示すように、誘電体露出部 6 3 の両端部のうちの一方端部から空間を突き抜けて他方端部に至る磁界ベクトルが発生することになり、誘導性結合を大きくすることができる。この構造により、誘電体導波管フィルタ 6 c では、実施の形態 4 の誘電体導波管フィルタ 6 a に比べて、通過帯域幅を大きく調整することができる。

[0158] (実施の形態4の変形例3)

図37は、実施の形態4の変形例3に係る誘電体導波管フィルタ6dの構造の一例を示す図であり、誘電体導波管フィルタ6dを平面視した場合の断面である。図37の(a)は、誘電体導波管フィルタ6dの全体図であり、図37の(b)は、(a)の一部拡大図である。

[0159] 変形例3の誘電体導波管フィルタ6dは、4以上の連なる共振部を有しており、隣接する共振部の間に設けられている誘電体露出部63の露出面積が異なる。

[0160] 誘電体導波管フィルタ6dは、9つの共振部11a、11b、11c、11d、11e、11f、11g、11h、11iを有している。誘電体導波管フィルタ6dは、表面に電極50が形成された誘電体ブロック43で構成され、誘電体ブロック43には信号の伝搬方向と交差する方向に溝43aが形成されている。

[0161] 誘電体ブロック43を信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、溝43aを含まない部分が共振部11a～11iである。また、溝43aを含み、信号が通過可能な断面が共振部11a～11iより狭い部分が結合部17である。共振部11a～11iは、内部で電磁界の共振を生じ、TEモードの誘電体共振器として機能する。結合部17は、隣接する共振部11a～11i同士を結合する。隣接する共振部11a～11iの間のそれぞれには、前述したように溝43aが設けられ、この溝43aに誘電体露出部63が形成されている。

[0162] 共振部11a及び共振部11iには、信号の伝搬モードをTEモードとTEMモードとの間で変換する入出力部21、22が、それぞれ設けられている。入出力部21、22は、誘電体導波管フィルタ6dの実装面71に、特定の形状で配置された電極50によって、構成される。

[0163] 本実施の形態では、溝43aの側面に設けられた誘電体露出部63の露出面積が、隣接する共振器同士で異なる。具体的には、共振部11a～11iの並び方向において、一方の最外端の共振部11aから中央の共振部11e

に向かうに従って、上記露出面積が徐々に小さくなっている。また、中央の共振部 1 1 e から他方の最外端の共振部 1 1 i に向かうに従って、上記露出面積が徐々に大きくなっている。例えば、図 3 7 の (b) に示すように、共振部 1 1 a、1 1 b の間の溝 4 3 a における誘電体露出部 6 3 の深さを d_1 、共振部 1 1 b、1 1 c の間の溝 4 3 a における誘電体露出部 6 3 の深さを d_2 、共振部 1 1 c、1 1 d の間の溝 4 3 a における誘電体露出部 6 3 の深さを d_3 、共振部 1 1 d、1 1 e の間の溝 4 3 a における誘電体露出部 6 3 の深さを d_4 とした場合に、 $d_1 > d_2 > d_3 > d_4$ となっている。

[0164] すなわち、最外端の共振部 1 1 a と最外端の共振部 1 1 a に隣接する共振部 1 1 b との間に設けられた溝 4 3 a の誘電体露出部 6 3 の露出面積は、最外端の共振部 1 1 a の内側にて隣接する共振部 1 1 b、1 1 c 同士の間設けられた溝 4 3 a の誘電体露出部 6 3 の露出面積よりも大きい。また、最外端の共振部 1 1 i と最外端の共振部 1 1 i に隣接する共振部 1 1 h との間に設けられた溝 4 3 a の誘電体露出部 6 3 の露出面積は、最外端の共振部 1 1 i の内側にて隣接する共振部 1 1 h、1 1 g 同士の間設けられた溝 4 3 a の誘電体露出部 6 3 の露出面積よりも大きい。

[0165] 本実施の形態によれば、例えば最外端の共振部 1 1 a と最外端の共振部 1 1 a に隣接する共振部 1 1 b との誘導性結合が、最外端の共振部 1 1 a の内側にて隣接する共振部 1 1 b、1 1 c 同士の誘導性結合よりも強い構造を有する誘電体導波管フィルタ 6 d を提供することができる。

[0166] (実施の形態 5)

実施の形態 4 では、誘電体導波管フィルタの磁界が強く表れる部分に誘電体露出部を設けることにより、隣接する共振部間での結合を調整したが、誘電体露出部を設ける部分はこの例には限られない。例えば、誘電体導波管フィルタの電界が強く表れる部分に誘電体露出部を設けることにより、隣接する共振部間での結合を調整してもよい。

[0167] 実施の形態 5 では、個別の誘電体ブロックで構成された TE モード共振器を複数結合した誘電体導波管フィルタにおいて、少なくとも 1 対の隣接する

TEモード共振器が、電界最大となる面（以下、E面と言う）同士の接合面で結合している場合に、前記誘電体導波管フィルタの表面の前記誘電体ブロックの継ぎ目に誘電体露出部を設けた構成について説明する。

[0168] 図38は、実施の形態4に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。図38に示されるように、誘電体導波管フィルタ7aは、別体に設けた共振部14a、14bを貼り合わせて構成される。

[0169] 共振部14a、14bは、それぞれ、表面に電極が形成された誘電体ブロック44a、44bで構成されたTEモード共振器である。TEモード共振器、つまり共振部14a、14bの内部には次のような磁界ベクトルが生じる。

[0170] 図39は、TEモード共振器の磁界のシミュレーション結果を示す斜視図である。図39に見られるように、TEモード共振器では、XY面に沿った方向の磁界が強く表れるので、電界はXY面において最大となる。このことから、共振部14a、14bは、電界最大となるE面同士の接合面で結合していることが分かる。言い換えれば、共振部14a、14bを結合する結合部は、電界最大となるE面同士の接合面を含んでいる。

[0171] 再び図38を参照して、共振部14a、14bの接合面（XY面）の周縁部に、共振部14a、14bを結合する結合窓54aが設けられている。また、誘電体露出部64が、誘電体導波管フィルタ7aの表面の誘電体ブロック44a、44bの継ぎ目76に設けられている。

[0172] 図40は、誘電体露出部64の詳細な形状の一例を示す拡大斜視図である。図40に示されるように、誘電体露出部64は、例えば、誘電体導波管フィルタ7aの表面の継ぎ目76をドリルで切削し、電極を誘電体ブロック44a、44bの一部とともに除去することによって形成されている。このように、誘電体露出部64を形成する際、誘電体ブロック44a、44bの一部が削れても構わない。つまり、誘電体ブロック44a、44bの表面は、誘電体露出部64において窪んでいてもよい。なお、誘電体露出部64は、ドリル加工に限らず、例えば、レーザー加工により電極のみを除去すること

によって形成されてもよい。

[0173] 誘電体導波管フィルタにおける結合窓の位置は、図38の例には限られない。

[0174] 図41は、結合窓の設置位置が異なる誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。図41の誘電体導波管フィルタ7bは、誘電体導波管フィルタ7aと比べて、結合窓54bが、共振部14a、14bの接合面（XY面）の中央部に設けられている点で相違する。誘電体露出部64の形状は、誘電体導波管フィルタ7a、7bにおいて同一である。

[0175] 結合窓54a、54bの配置の相違により、誘電体導波管フィルタ7aにおける共振部14a、14b間の結合は誘導性であり、誘電体導波管フィルタ7bにおける共振部14a、14b間の結合は容量性である。

[0176] 以上のように構成された誘電体導波管フィルタ7a、7bによれば、TEモード共振器である共振部14a、14bの接合面の端部に誘電体露出部64を設けることで、共振部14a、14b間に磁界による結合が新たに発生する。これにより、共振部14a、14b間の主結合が誘導性結合の場合（例えば、図38の誘電体導波管フィルタ7a）、新たに発生した磁界により、誘導性結合を強めることができる。また、共振部14a、14b間の主結合が容量性結合の場合（例えば、図41の誘電体導波管フィルタ7b）、新たに発生した磁界により、容量性結合を弱めることができる。

[0177] このようにして、共振部間の結合量を、共振部を貼り合わせた後、つまり製造後に調整することができる。

[0178] 特に、誘電体ブロック44a、44bの表面が、誘電体露出部64において窪んでいる場合、共振部14a、14b間に磁界による結合は、窪みの空間を通してさらに強くなり、結合調整量をさらに大きくすることができる。

[0179] なお、本実施の形態では、誘電体導波管フィルタ7a、7bの実装基板への取り付け方向は、特には限定しない。

[0180] 例えば、誘電体導波管フィルタ7a、7bの実装面を、共振部14a、14bの接合面と略平行なXY面に設けてもよい。この場合、共振部14a、

14bは、実装基板上に積層して配置され、共振部14a、14bの接合面は実装基板と略平行な方向に配置される。

[0181] また、誘電体導波管フィルタ7a、7bの実装面を、共振部14a、14bの接合面と略垂直なYZ面またはXZ面に設けてもよい。この場合、共振部14a、14bは、実装基板上に平面的に配置され、共振部14a、14bの接合面は実装基板と略垂直な方向に配置される。

[0182] このように、誘電体導波管フィルタ7a、7bの実装配置の自由度は高い。

[0183] また、誘電体露出部64を誘電体導波管フィルタ7a、7bの実装面の対面に設けてもよい。これにより、誘電体導波管フィルタ7a、7bを実装基板に取り付けた後でも、共振部間の結合量を容易に調整することができる。

[0184] （実施の形態5の変形例1）

実施の形態5の変形例1では、多数の共振部を結合した誘電体導波管フィルタにおいて、少なくとも1対の隣接する共振部が、電界最大となるE面同士を接合した接合面で結合されている構成例について説明する。

[0185] 図42は、実施の形態5の変形例1に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す斜視図である。

[0186] 図43は、実施の形態5の変形例1に係る誘電体導波管フィルタの構造の一例を示す分解斜視図である。

[0187] 図42、図43に示されるように、誘電体導波管フィルタ7cは、複数の共振部15a～15hと、共振部15a、15hにそれぞれ設けられた入出力部23a、23bを有する。共振部15a、15b、15g、15hはXY面に沿って配置され、共振部15d、15c、15f、15eはZ方向において共振部15a、15b、15g、15hの上にそれぞれ配置されている。ここで、XY面が所定平面の一例であり、Z方向が前記所定平面に垂直な上下方向の一例である。

[0188] 共振部15a、15bは、誘電体ブロック45aで構成され、溝によって構成された結合部にて結合されている。共振部15c、15dは、誘電体ブ

ロック 4 5 b で構成され、溝によって構成された結合部にて結合されている。共振部 1 5 e、1 5 f は、誘電体ブロック 4 5 c で構成され、溝によって構成された結合部にて結合されている。共振部 1 5 g、1 5 h は、誘電体ブロック 4 5 d で構成され、溝によって構成された結合部にて結合されている。

[0189] 共振部 1 5 b、1 5 c は誘電体ブロック 4 5 a、4 5 b に設けられた結合窓 5 5 a で構成された結合部にて結合されている。共振部 1 5 d、1 5 e は誘電体ブロック 4 5 b、4 5 c に設けられた結合窓 5 5 b で構成された結合部にて結合されている。共振部 1 5 f、1 5 g は誘電体ブロック 4 5 c、4 5 d に設けられた結合窓 5 5 c で構成された結合部にて結合されている。

[0190] また、誘電体露出部 6 5 a、6 5 b が、共振部 1 5 b、1 5 c の結合部の表面、すなわち、誘電体ブロック 4 5 a、4 5 b の継ぎ目 7 7 に設けられている。

[0191] このように構成された誘電体導波管フィルタ 7 c によれば、製造後の結合調整が可能で、かつ X Y 平面に沿った方向および X Y 平面に垂直な Z 方向に複数の共振部を配置することで小面積に多数の共振部を配置したコンパクトな誘電体導波管フィルタが得られる。

[0192] (実施の形態 6)

本実施の形態では、実施の形態 1 から 5 に係る誘電体導波管フィルタを備える高周波フロントエンド回路 1 1 0 について説明する。

[0193] 図 4 4 A は、実施の形態 6 に係る高周波フロントエンド回路 1 1 0 およびその周辺回路（通信装置）を示す回路図である。同図には、高周波フロントエンド回路 1 1 0 と、アンテナ素子 1 5 0 と、R F 信号処理回路 1 9 1 と、ベースバンド信号処理回路 1 9 2 とが示されている。

[0194] 高周波フロントエンド回路 1 1 0 は、フィルタ 1 6 1、1 6 2 および 1 6 3 と、スイッチ回路 1 7 0 と、パワーアンプ回路 1 8 1 と、ローノイズアンプ回路 1 8 2 とを備える。

[0195] パワーアンプ回路 1 8 1 は、R F 信号処理回路 1 9 1 から出力された高周

波送信信号を増幅し、スイッチ回路 170 およびフィルタ 161 を経由してアンテナ素子 150 に出力する送信増幅回路である。

[0196] ローノイズアンプ回路 182 は、アンテナ素子 150、フィルタ 161 およびスイッチ回路 170 を経由した高周波信号を増幅し、RF 信号処理回路 191 へ出力する受信増幅回路である。

[0197] フィルタ 161 は、アンテナ素子 150 に接続され、例えば、送信帯域および受信帯域の高周波信号を選択的に通過させるアンテナフィルタである。フィルタ 162 は、パワーアンプ回路 181 と RF 信号処理回路 191 との間に配置され、送信帯域の高周波信号を選択的に通過させる段間フィルタである。フィルタ 163 は、ローノイズアンプ回路 182 と RF 信号処理回路 191 との間に配置され、受信帯域の高周波信号を選択的に通過させる段間フィルタである。

[0198] スwitch回路 170 は、アンテナ素子 150 と送信信号経路および受信信号経路との接続を切り替えるスイッチである。

[0199] RF 信号処理回路 191 は、アンテナ素子 150 から受信信号経路を介して入力された高周波受信信号を、ダウンコンバートなどにより信号処理し、当該信号処理して生成された受信信号をベースバンド信号処理回路 192 へ出力する。RF 信号処理回路 191 は、例えば、RFIC (Radio Frequency Integrated Circuit) である。また、RF 信号処理回路 191 は、ベースバンド信号処理回路 192 から入力された送信信号をアップコンバートなどにより信号処理し、当該信号処理して生成された高周波送信信号をパワーアンプ回路 181 へ出力する。

[0200] ベースバンド信号処理回路 192 で処理された信号は、例えば、画像信号として画像表示のために、または、音声信号として通話のために使用される。

[0201] なお、高周波フロントエンド回路 110 は、フィルタ 161、162 および 163、スイッチ回路 170、パワーアンプ回路 181、ならびにローノイズアンプ回路 182 の間に、他の回路素子を備えていてもよい。

- [0202] ここで、本実施の形態に係る高周波フロントエンド回路 110 では、フィルタ 161、162 および 163 として、実施の形態 1 から 5 に係る誘電体導波管フィルタを用いることができる。
- [0203] 上記構成によれば、フィルタ 161、162 および 163 の通過帯域幅の調整が容易になるので、製造コストを低減しつつ高周波特性のばらつきが低減された高周波フロントエンド回路を実現することが可能となる。
- [0204] 図 44B は、実施の形態 6 の変形例 1 に係る高周波フロントエンド回路 110B を示す回路図である。高周波フロントエンド回路 110B は、フィルタ 161、162 および 163 と、パワーアンプ回路 181 と、ローノイズアンプ回路 182 と、サーキュレータ 171 と、スイッチ回路 172 と、を備える。本変形例に係る高周波フロントエンド回路 110B は、高周波フロントエンド回路 110 と比較して、送信信号経路および受信信号経路を切り替えるための構成が異なる。本変形例に係る高周波フロントエンド回路 110B について、高周波フロントエンド回路 110 と同じ構成については説明を省略し、異なる構成を中心に説明する。
- [0205] サーキュレータ 171 は、アンテナ側端子、送信側端子、および受信側端子を有し、受信時には、アンテナ素子 150 から受信信号経路へ受信信号を選択的に伝搬させ、送信時には、送信信号経路からアンテナ素子 150 へ送信信号を選択的に伝搬させる回路素子である。
- [0206] スイッチ回路 172 は、サーキュレータ 171 と受信信号経路との接続を切り替えるスイッチである。送信時には、サーキュレータ 171 の受信側端子を終端抵抗で (50Ω) 終端させる。受信時には、サーキュレータ 171 の受信側端子をローノイズアンプ回路 182 に接続させる。
- [0207] 上記回路構成により、高周波フロントエンド回路 110B は、時分割複信 (Time Division Duplex) 方式のフロントエンド回路として適用される。
- [0208] ここで、本変形例に係る高周波フロントエンド回路 110B では、フィルタ 161、162 および 163 として、実施の形態 1 から 5 に係る誘電体導

波管フィルタを用いることができる。

[0209] 図44Cは、実施の形態6の変形例2に係る高周波フロントエンド回路110Cを示す回路図である。高周波フロントエンド回路110Cは、デュプレクサ164と、フィルタ162および163と、パワーアンプ回路181と、ローノイズアンプ回路182と、アイソレータ173と、を備える。本変形例に係る高周波フロントエンド回路110Cは、高周波フロントエンド回路110と比較して、送信信号経路および受信信号経路を切り替えるための構成が異なる。本変形例に係る高周波フロントエンド回路110Cについて、高周波フロントエンド回路110と同じ構成については説明を省略し、異なる構成を中心に説明する。

[0210] デュプレクサ164は、アンテナ端子、送信側端子、および受信側端子を有し、アンテナ端子と送信側端子との間に送信用フィルタを有し、アンテナ端子と受信側端子との間に受信用フィルタを有している。

[0211] アイソレータ173は、デュプレクサ164の送信側端子とパワーアンプ回路181との間に配置され、送信信号をパワーアンプ回路181からデュプレクサ164への1方向に伝搬させる回路素子である。アイソレータ173は、例えば、サーキュレータの3端子のうちの1端子を50Ω終端することを実現できる。

[0212] 上記回路構成により、高周波フロントエンド回路110Cは、周波数分割複信 (Frequency Division Duplex) 方式のフロントエンド回路として適用される。

[0213] ここで、本変形例に係る高周波フロントエンド回路110Cでは、デュプレクサ164の送信側フィルタおよび受信側フィルタならびにフィルタ162および163として、実施の形態1から5に係る誘電体導波管フィルタを用いることができる。

[0214] (実施の形態7)

本実施の形態では、実施の形態1から5に係る誘電体導波管フィルタを備えるMassive MIMOシステムを例示する。

[0215] 5G（第5世代移動通信システム）で有望な無線伝送技術の1つは、ファントムセルとMassive MIMOシステムとの組み合わせである。ファントムセルは、低い周波数帯のマクロセルと高い周波数帯の小セルとの間で通信の安定性を確保するための制御信号と、高速データ通信の対象であるデータ信号とを分離するネットワーク構成である。各ファントムセルにMassive MIMOのアンテナ装置が設けられる。Massive MIMOシステムは、ミリ波帯等において伝送品質を向上させるための技術であり、各アンテナ素子から送信される信号を制御することで、当該アンテナ素子の指向性を制御する。また、Massive MIMOシステムは、多数のアンテナ素子を用いるため、鋭い指向性のビームを生成することができる。ビームの指向性を高めることで高い周波数帯でも電波をある程度遠くまで飛ばすことができるとともに、セル間の干渉を減らして周波数利用効率を高めることができる。

[0216] 図45Aは、実施の形態7に係るMassive MIMOシステムを示す回路図である。また、図45Bは、実施の形態7に係るMassive MIMOシステムのアンテナ装置の平面図である。

[0217] 図45Bに示されたアンテナ装置111は、図45Aに示されたMassive MIMOシステムで用いられる。アンテナ装置111は、行列状に配列された複数のパッチアンテナ112を備える。図45Aには、アンテナ装置111を含む高周波フロントエンド回路110Aの構成を示す図である。この高周波フロントエンド回路110Aは、本実施の形態に係るMassive MIMOシステムである。

[0218] パッチアンテナ112には、帯域通過型のフィルタ161a、161bおよび161cが接続されている。フィルタ161aとパワーアンプ回路181aおよびローノイズアンプ回路182aとの間には、スイッチ回路170aが接続されている。フィルタ161bとパワーアンプ回路181bおよびローノイズアンプ回路182bとの間には、スイッチ回路170bが接続されている。フィルタ161cとパワーアンプ回路181cおよびローノイズ

アンプ回路 182c との間には、スイッチ回路 170c が接続されている。ローノイズアンプ回路 182a、182b および 182c は、ベースバンド信号処理回路 192 に接続されている。ベースバンド信号処理回路 192 とパワーアンプ回路 181a との間には、帯域通過型のフィルタ 162a およびミキサ 194a が接続されている。ベースバンド信号処理回路 192 とパワーアンプ回路 181b との間には、帯域通過型のフィルタ 162b およびミキサ 194b が接続されている。ベースバンド信号処理回路 192 とパワーアンプ回路 181c との間には、帯域通過型のフィルタ 162c およびミキサ 194c が接続されている。ミキサ 194a、194b および 194c には、ローカルオシレータ 193 が接続されている。ローカルオシレータ 193 は、ミキサ 194a～194c において高い周波数へアップコンバート、低い周波数へダウンコンバートするための基準周波数を、ミキサ 194a～194c へ出力する。

[0219] フィルタ 161a～161c は、送受信周波数帯域を通過させ、その他の周波数成分を除去する。スイッチ回路 170a～170c は、送信信号と受信信号とを切り替える。フィルタ 162a～162c は、送信信号の周波数帯域を通過させ、その他の周波数成分を除去する。

[0220] フィルタ 161a～161c および 162a～162c として、実施の形態 1 から 5 に係る誘電体導波管フィルタを用いることができる。

[0221] 実施の形態 1 から 5 に係る誘電体導波管フィルタは、小型に構成できるので、パッチアンテナ 112 に接続されるフィルタ 161a～161c を、パッチアンテナ 112 が形成される基板の裏面に配置してもよい。これにより、フィルタ 161a～161c 付きのパッチアンテナ 112 を備えるアンテナ装置 111 が構成される。

[0222] 本実施の形態に係る高周波フロントエンド回路 110A によれば、フィルタ 161a～161c および 162a～162c の通過帯域幅の調整が容易になるので、製造コストを低減しつつ高周波特性のばらつきが低減された Massive MIMO システムを実現することが可能となる。

[0223] 以上、本発明の実施の形態に係る誘電体導波管フィルタ、高周波フロントエンド回路、通信装置、及びMassive MIMOシステムについて説明したが、本発明は、個々の実施の形態には限定されない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の一つ又は複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

産業上の利用可能性

[0224] 本発明は、通過帯域幅の調整が容易な誘電体導波管フィルタとして、ミリ波帯移動体通信システムおよびMassive MIMOシステムなどの通信装置に広く利用できる。

符号の説明

[0225] 1、1 a、1 b、2、2 a、2 b、3、3 a、3 b、6、6 a、6 b、6 c、6 d、7 a、7 b、7 c 誘電体導波管フィルタ

 8、9 高周波モジュール

 11、11 a～11 i、12、13 a～13 f、14 a、14 b、15 a～15 h 共振部

 17～19 結合部

 21、22、23 a、23 b 入出力部

 40～43、44 a、44 b、45 a～45 d 誘電体ブロック

 40 a～43 a 溝

 40 b 貫通孔

 50～52 電極

 53、54 a、54 b、55 a～55 c 結合窓

 61、61 a、62、62 a、63、64、65 a、65 b 誘電体露出部

 71 実装面

 73 結合部の側面（溝の底面）

 75 共振部の対向側面（溝の側面）

- 76、77 誘電体ブロックの継ぎ目
- 80 基板
- 81 導体箔
- 82、83 コプレーナライン
- 110、110A～110C 高周波フロントエンド回路
- 111 アンテナ装置
- 112 パッチアンテナ
- 150 アンテナ素子
- 161、161a～161c、162、162a～162c、163
フィルタ
- 164 デュプレクサ
- 170、170a～170c、172 スイッチ回路
- 171 サーキュレータ
- 173 アイソレータ
- 181、181a～181c パワーアンプ回路
- 182、182a～182c ローノイズアンプ回路
- 191 RF信号処理回路
- 192 ベースバンド信号処理回路
- 193 ローカルオシレータ
- 194a～194c ミキサ

請求の範囲

- [請求項1] 表面に電極が形成された誘電体ブロックで構成された誘電体導波管フィルタであって、
前記誘電体ブロックは、
内部で電磁界の共振が生じる複数の共振部と、
前記複数の共振部のうち少なくとも1対の隣接する共振部の間に位置し、前記隣接する共振部同士を結合する結合部と、を有し、
前記結合部の表面に、前記電極が形成されていない誘電体露出部がある、
誘電体導波管フィルタ。
- [請求項2] 前記誘電体露出部は、前記結合部の表面のうち、前記誘電体導波管フィルタが実装基板に実装される実装面と対向する天面と、前記天面と交差する側面と、の接続領域に形成されている、
請求項1に記載の誘電体導波管フィルタ。
- [請求項3] 前記誘電体露出部は、前記共振部の並び方向と略平行に延びる長尺形状である、
請求項1又は2に記載の誘電体導波管フィルタ。
- [請求項4] 前記誘電体露出部は、前記結合部の表面のうち、前記誘電体導波管フィルタが実装基板に実装される実装面と対向する天面の中央領域に形成されている、
請求項1に記載の誘電体導波管フィルタ。
- [請求項5] 前記誘電体露出部は、前記共振部の並び方向と略垂直に延びる長尺形状である、
請求項1又は4に記載の誘電体導波管フィルタ。
- [請求項6] 前記誘電体ブロックは、溝、貫通孔、及び結合窓のうち少なくとも1つを有し、
前記誘電体ブロックを信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、

前記溝、前記貫通孔、及び前記結合窓の何れも有しない部分が前記共振部であり、

前記溝、前記貫通孔、及び前記結合窓のうち少なくとも前記1つによって、前記共振部と比べて信号が通過可能な断面が狭められた部分が前記結合部である、

請求項1から5の何れか1項に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項7] 前記結合部は、前記誘電体導波管フィルタが実装基板に実装される実装面と交差する側面を有し、

前記複数の共振部のそれぞれは、TE (T r a n s v e r s e E l e c t r i c) モードの共振器であり、前記実装面及び前記側面に交差し、かつ、前記1対の隣接する共振部の間にて向き合う対向側面を有し、

前記誘電体露出部は、前記結合部の前記側面及び前記共振部の前記対向側面のうち少なくとも一方に設けられている、

請求項1に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項8] 前記誘電体露出部は、前記結合部の前記側面に設けられている、
請求項7に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項9] 前記誘電体露出部は、前記結合部の前記側面及び前記共振部の前記対向側面の両方に設けられている、

請求項7又は8に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項10] 前記誘電体ブロックには、前記共振部の並び方向及び前記実装面の垂直方向の両方に垂直な方向に深さを有する溝が設けられ、

前記誘電体ブロックを信号の伝搬方向に区分した複数の部分のうち、

前記溝を有しない部分が前記共振部であり、

前記溝によって、前記共振部と比べて信号が通過可能な断面が狭められた部分が前記結合部であり、

前記溝の底面は、前記結合部の前記側面であり、

前記溝の側面は、前記共振部の前記対向側面である、
請求項 7 に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項11] 前記溝の前記底面は、前記溝を断面視した場合に丸みを有している、
請求項 10 に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項12] 前記誘電体露出部は、前記溝の前記底面の全てに設けられている、
請求項 10 又は 11 に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項13] 前記誘電体ブロックは、4 以上の連なる前記共振部を備え、
前記隣接する共振部の間のそれぞれには、前記誘電体露出部が形成された前記溝が設けられ、

4 以上の連なる前記共振部のうち、最外端の共振部と前記最外端の共振部に隣接する共振部との間に設けられた前記溝の前記誘電体露出部の露出面積は、前記最外端の共振部の内側にて隣接する共振部同士との間に設けられた前記溝の前記誘電体露出部の露出面積よりも大きい、

請求項 10 から 12 の何れか 1 項に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項14] 前記複数の共振部のそれぞれは、個別の誘電体ブロックで構成された TE モードの共振器であり、

前記結合部は、前記 1 対の隣接する共振部の電界最大となる面同士の接合面を含み、

前記誘電体露出部は、前記誘電体導波管フィルタの表面の前記誘電体ブロックの継ぎ目に設けられている、

請求項 1 に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項15] 前記複数の共振部は、所定平面に沿って配置された複数の第 1 共振部を含む第 1 共振部群と、前記所定平面に垂直な上下方向において、前記第 1 共振部群上に配置された 1 以上の第 2 共振部を含む第 2 共振部群と、を含み、

前記上下方向に配置された前記第 1 共振部と前記第 2 共振部とは、

電界最大となる面同士の接合面を含む結合部にて結合し、

前記誘電体露出部は、前記第 1 共振部と前記第 2 共振部との結合部の表面に設けられている、

請求項 1 4 に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項16] 前記接合面は、前記誘電体導波管フィルタの実装面と略平行に設けられている、

請求項 1 4 又は 1 5 に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項17] 前記接合面は、前記誘電体導波管フィルタの実装面と略垂直に設けられている、

請求項 1 4 又は 1 5 に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項18] 前記誘電体ブロックの表面は、前記誘電体露出部において窪んでいる、

請求項 1 4 から 1 7 の何れか 1 項に記載の誘電体導波管フィルタ。

[請求項19] アンテナ素子に接続された、請求項 1 から 1 8 の何れか 1 項に記載の誘電体導波管フィルタと、

前記アンテナ素子へ送信する高周波送信信号を増幅する送信増幅回路と、

前記アンテナ素子で受信した高周波受信信号を増幅する受信増幅回路と、

前記送信増幅回路及び前記受信増幅回路と、前記誘電体導波管フィルタとの接続を切り替えるスイッチ回路と、

を備える高周波フロントエンド回路。

[請求項20] R F 信号処理回路から出力される高周波送信信号を増幅する送信増幅回路と、

高周波受信信号を増幅して前記 R F 信号処理回路へ出力する受信増幅回路と、

前記 R F 信号処理回路と前記送信増幅回路との間、又は、前記 R F 信号処理回路と前記受信増幅回路との間に配置された、請求項 1 から

18の何れか1項に記載の誘電体導波管フィルタと、
を備える高周波フロントエンド回路。

[請求項21]

アンテナ素子と、

前記アンテナ素子に接続され、前記アンテナ素子で送信及び受信される高周波信号を増幅する、請求項19又は20に記載の高周波フロントエンド回路と、

前記高周波フロントエンド回路に接続され、前記高周波信号とベースバンド信号との間の周波数変換を含む信号処理を行うRF信号処理回路と、

前記RF信号処理回路に接続され、前記ベースバンド信号を信号処理するベースバンド信号処理回路と、

を備える通信装置。

[請求項22]

行列状に配列された複数のパッチアンテナを含むアンテナと、

パッチアンテナごとに請求項1から18のいずれか1項に記載の誘電体導波管フィルタと、

を備えるMassive MIMOシステム。

[請求項23]

表面に電極が形成された誘電体ブロックで構成された誘電体導波管フィルタの調整方法であって、

前記誘電体ブロックは、

内部で電磁界の共振が生じる複数の共振部と、

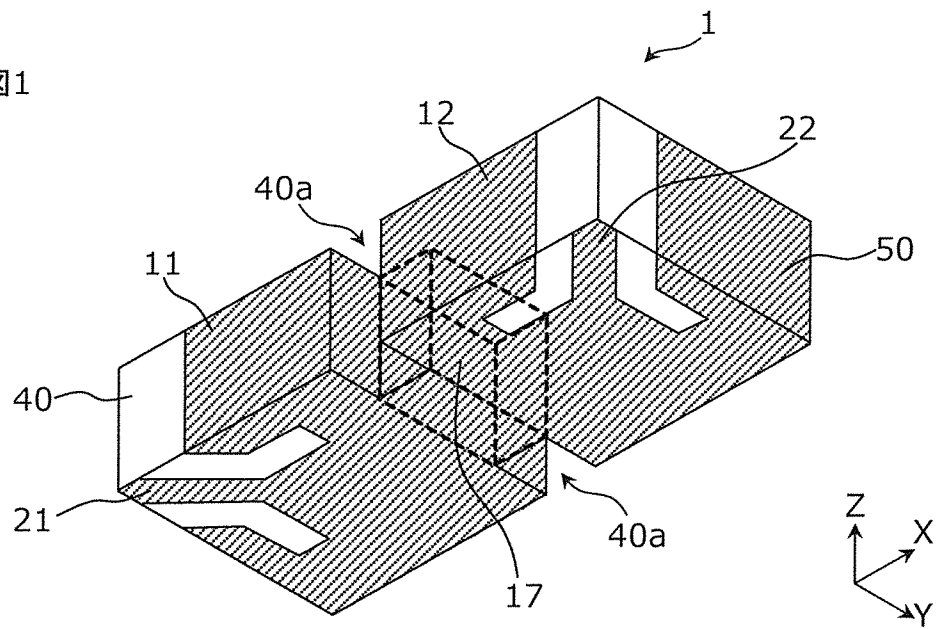
前記複数の共振部のうち少なくとも1対の隣接する共振部の間に位置し、前記隣接する共振部同士を結合する結合部と、を有し、

前記結合部の表面に形成された前記電極の一部を除去する、

誘電体導波管フィルタの調整方法。

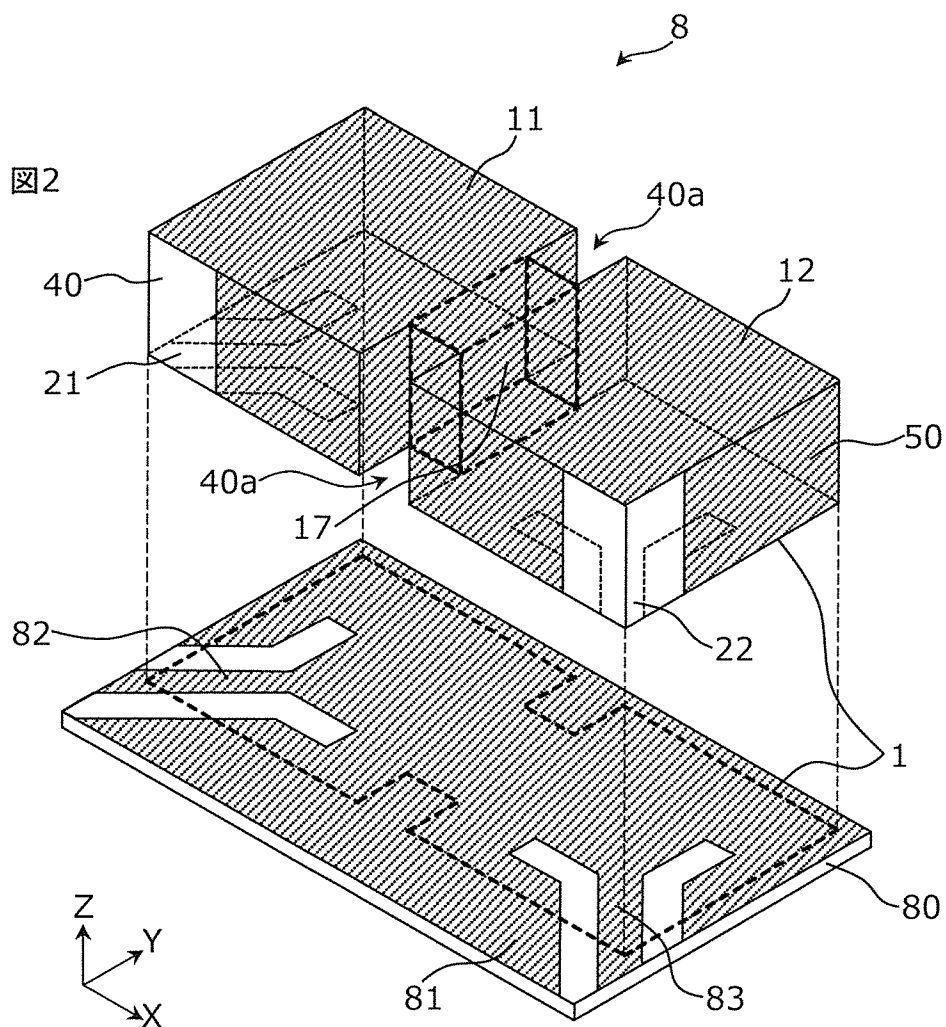
[図1]

図1



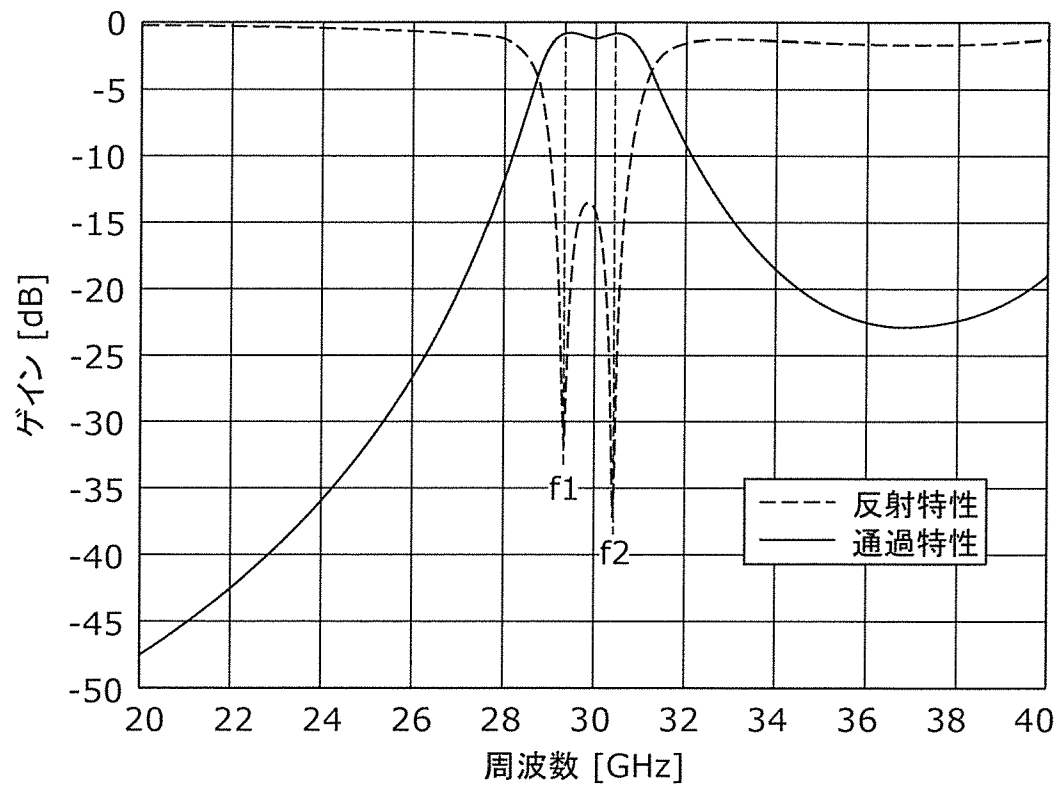
[図2]

图2

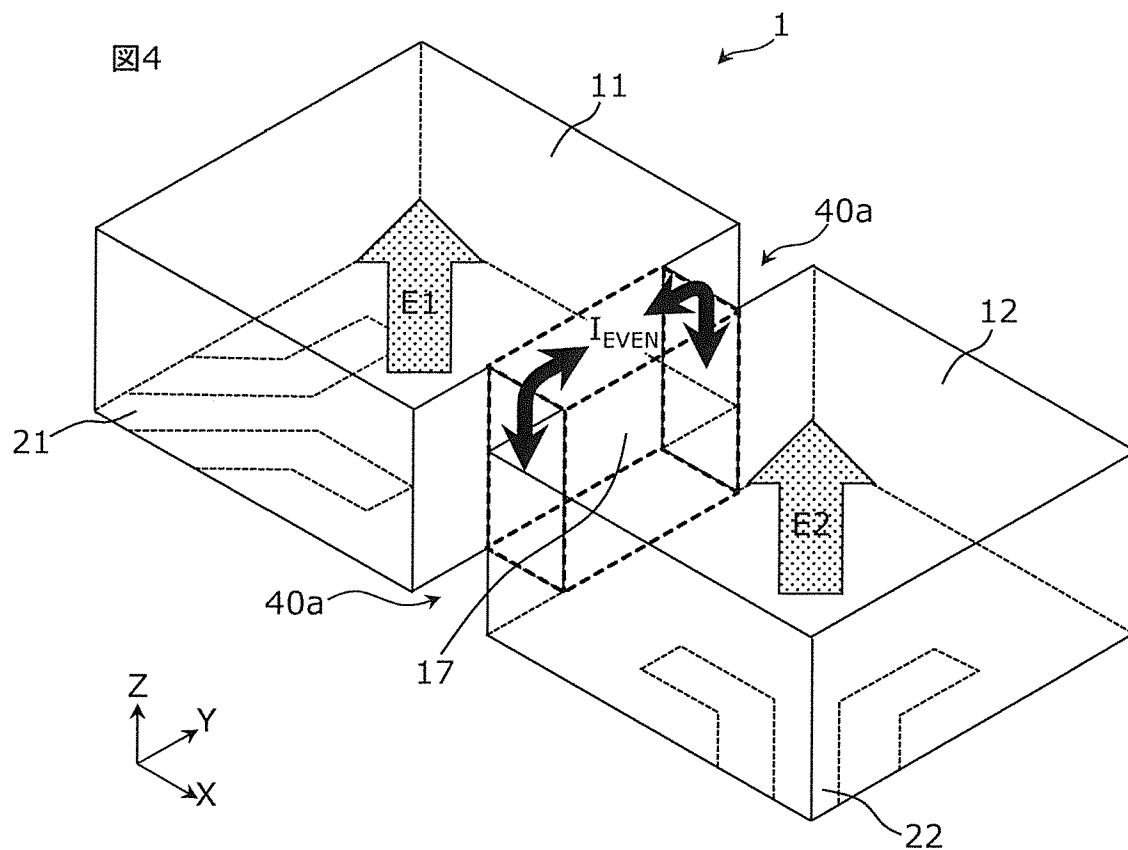


[図3]

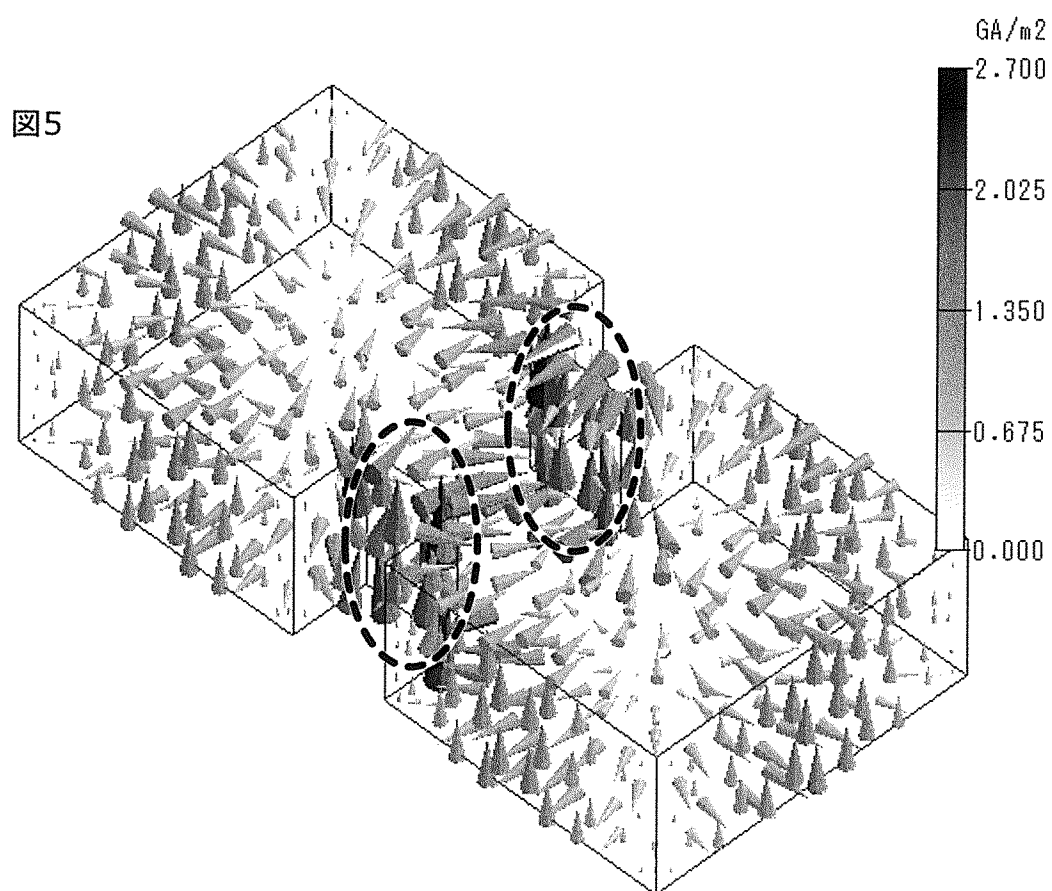
図3



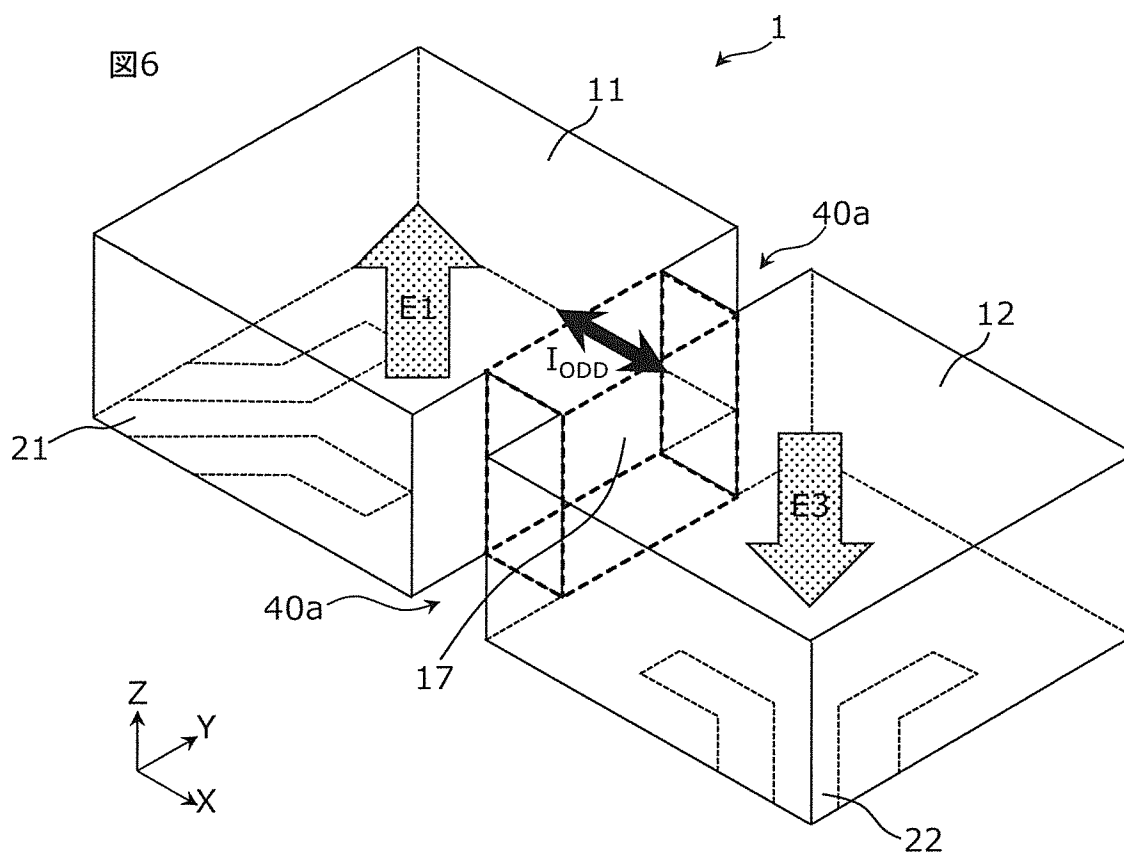
[図4]



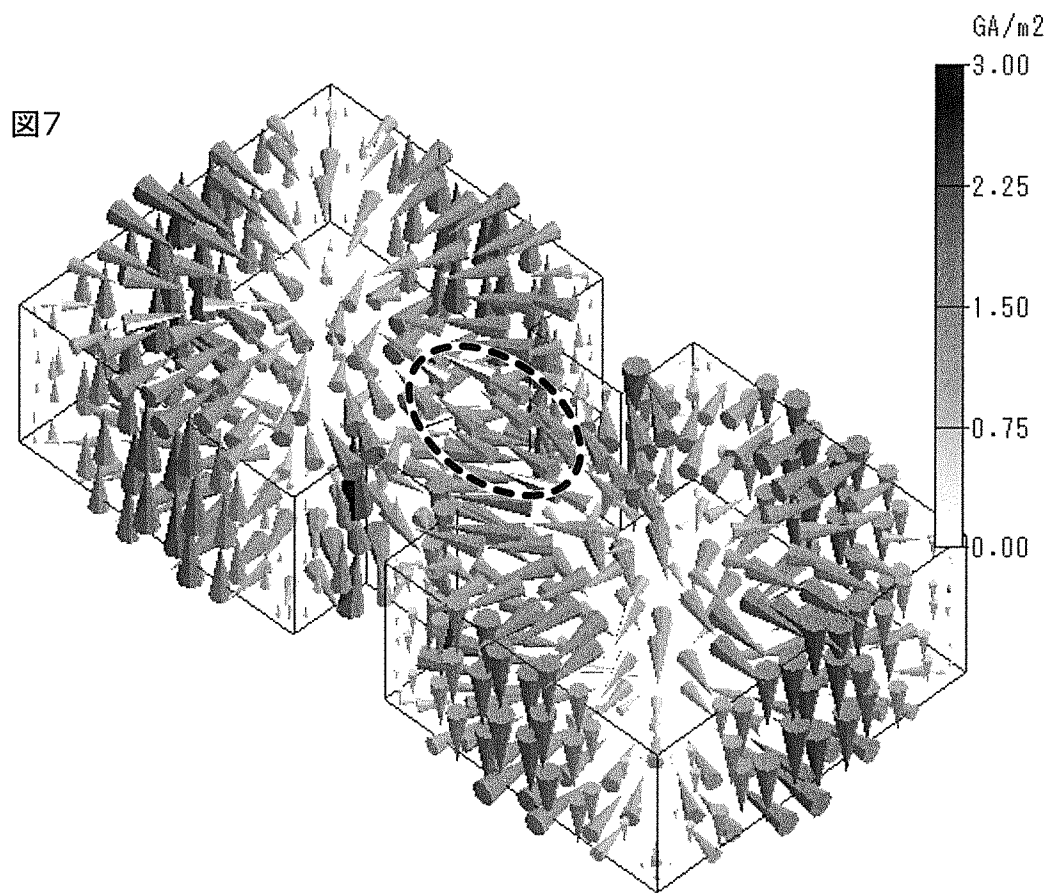
[図5]



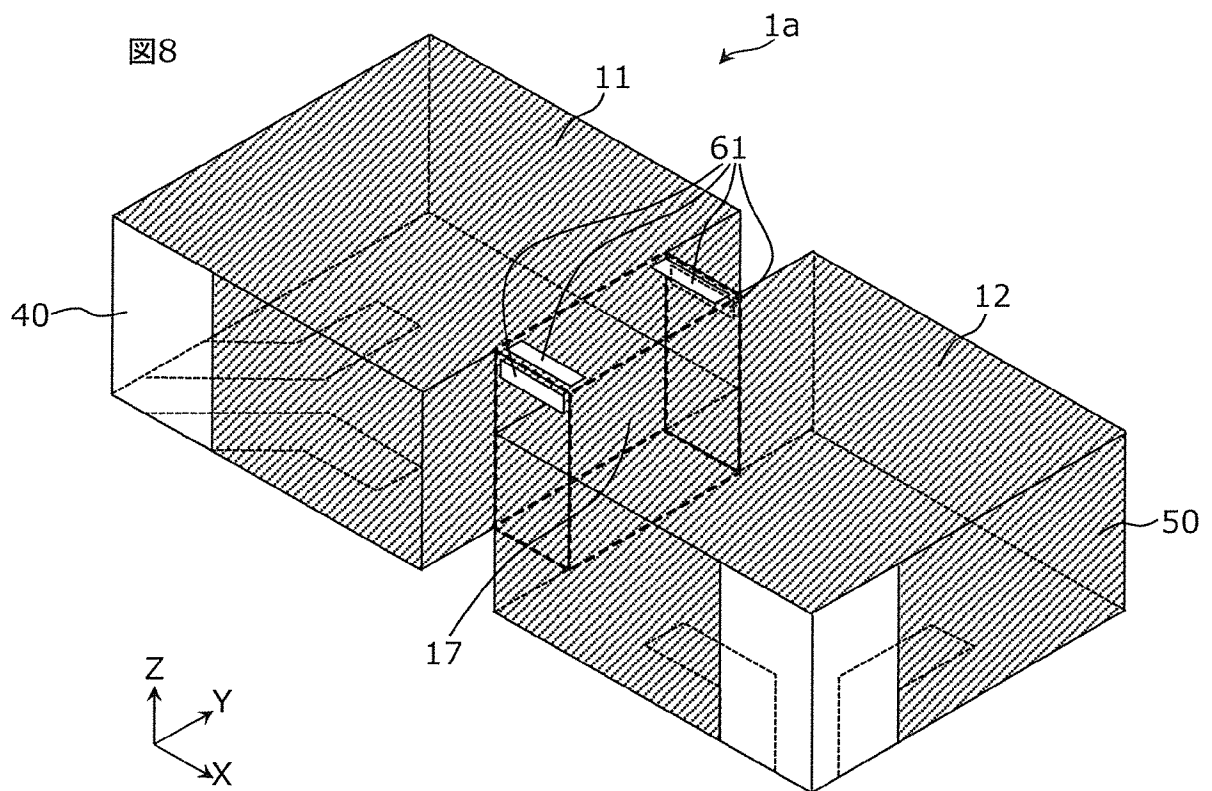
[図6]



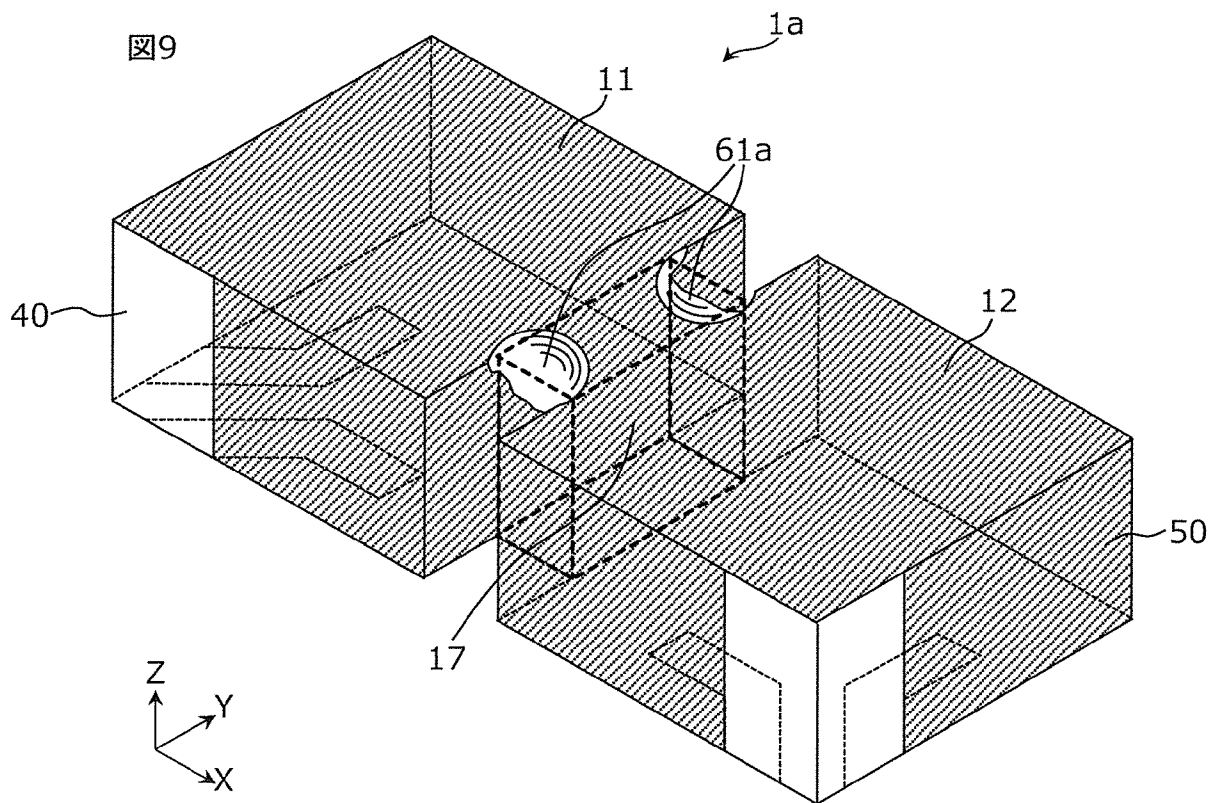
[図7]



[図8]

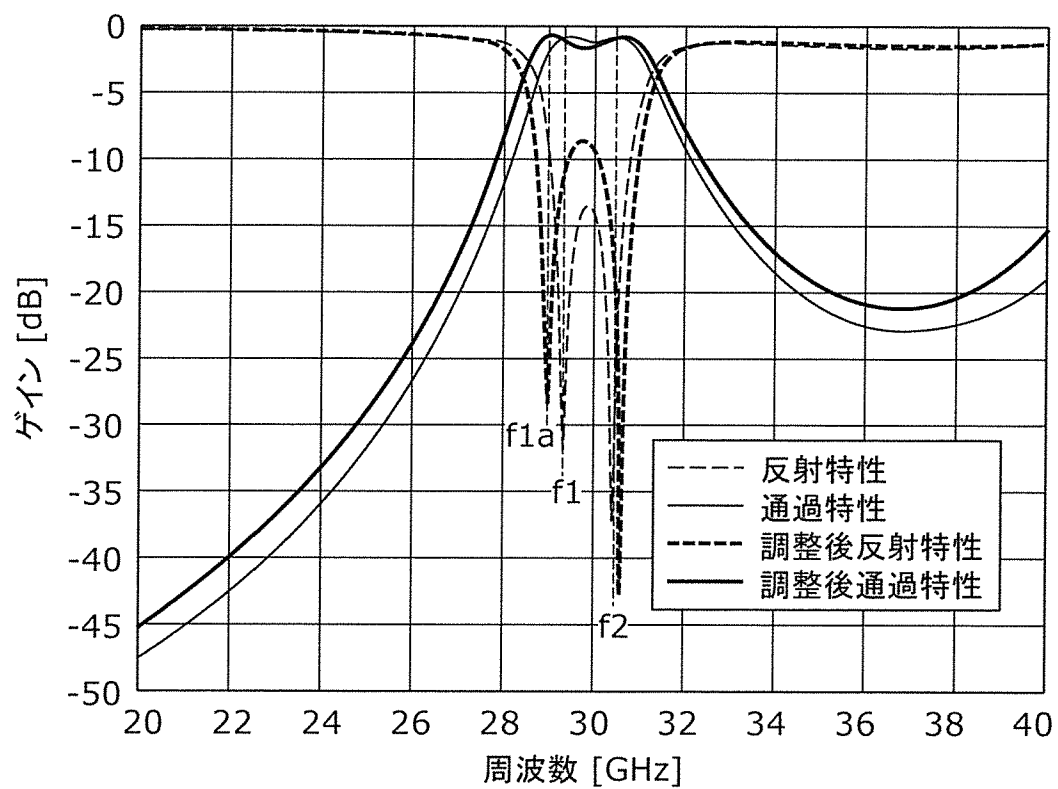


[図9]

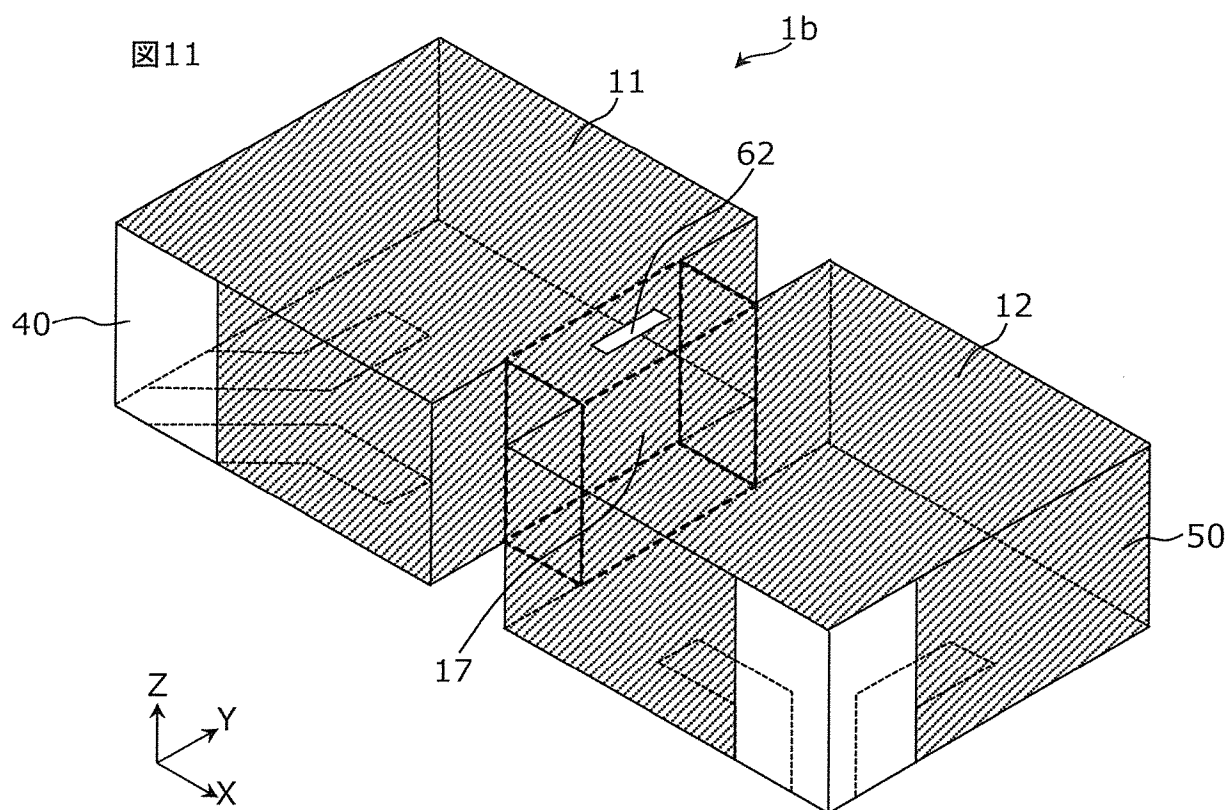


[図10]

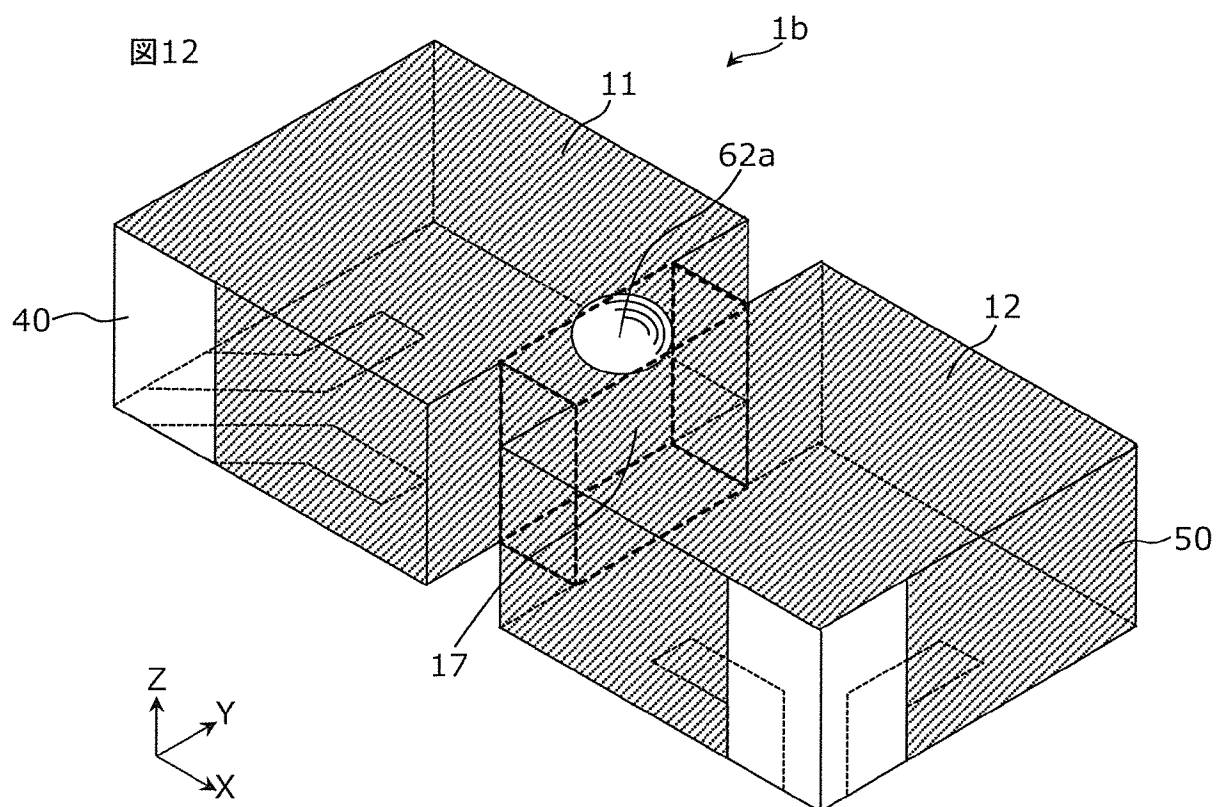
図10



[図11]

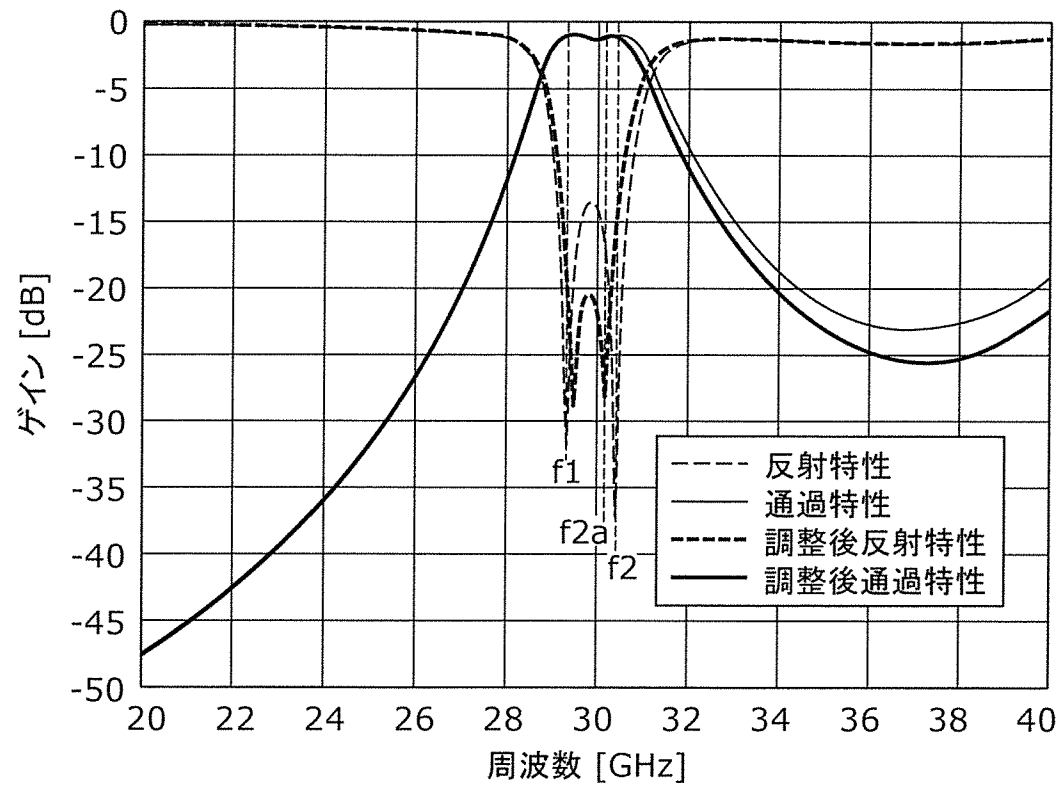


[図12]



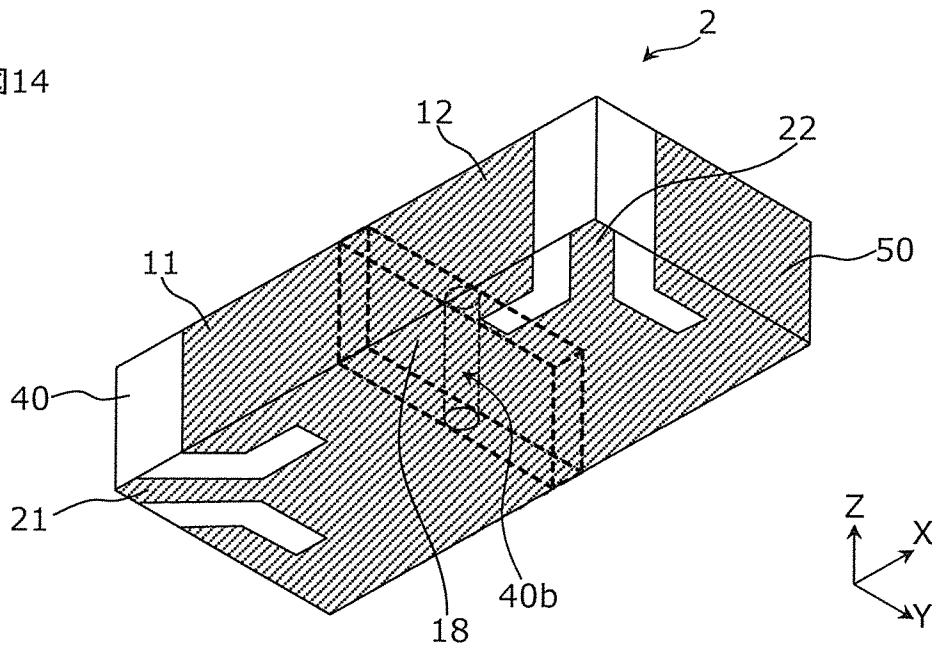
[図13]

図13

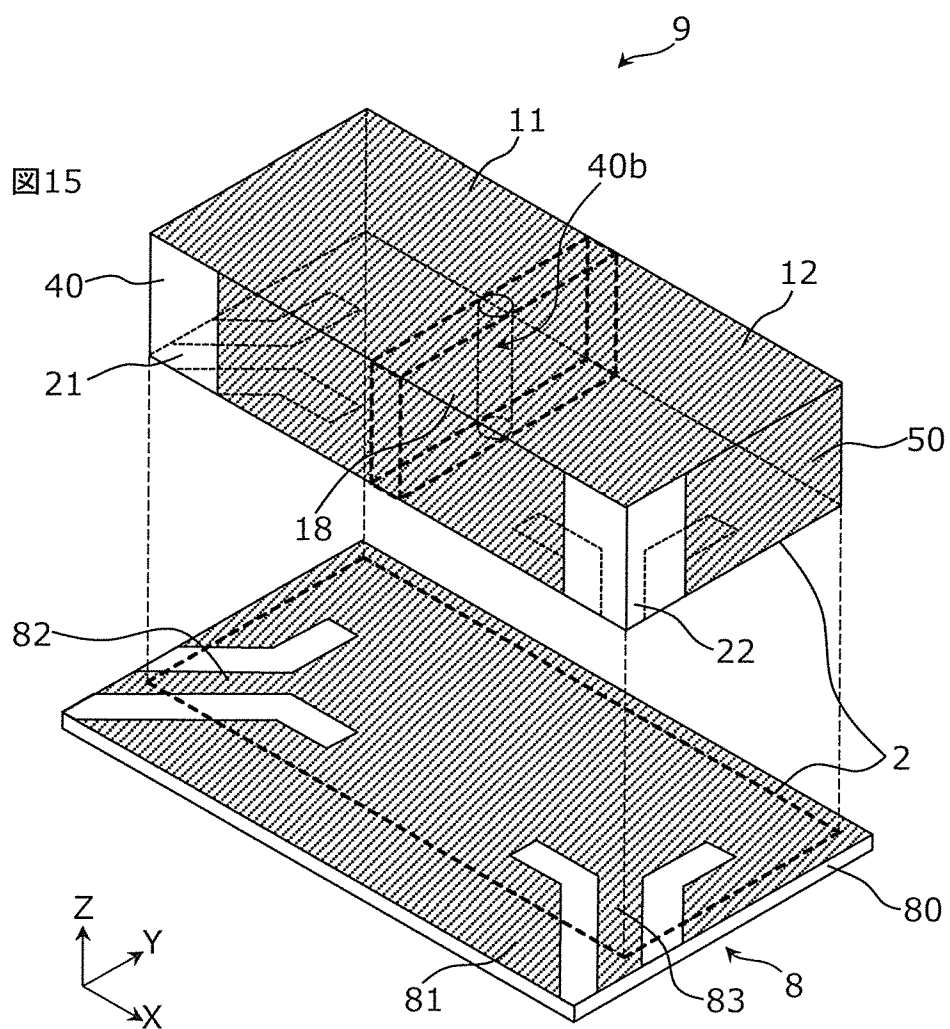


[図14]

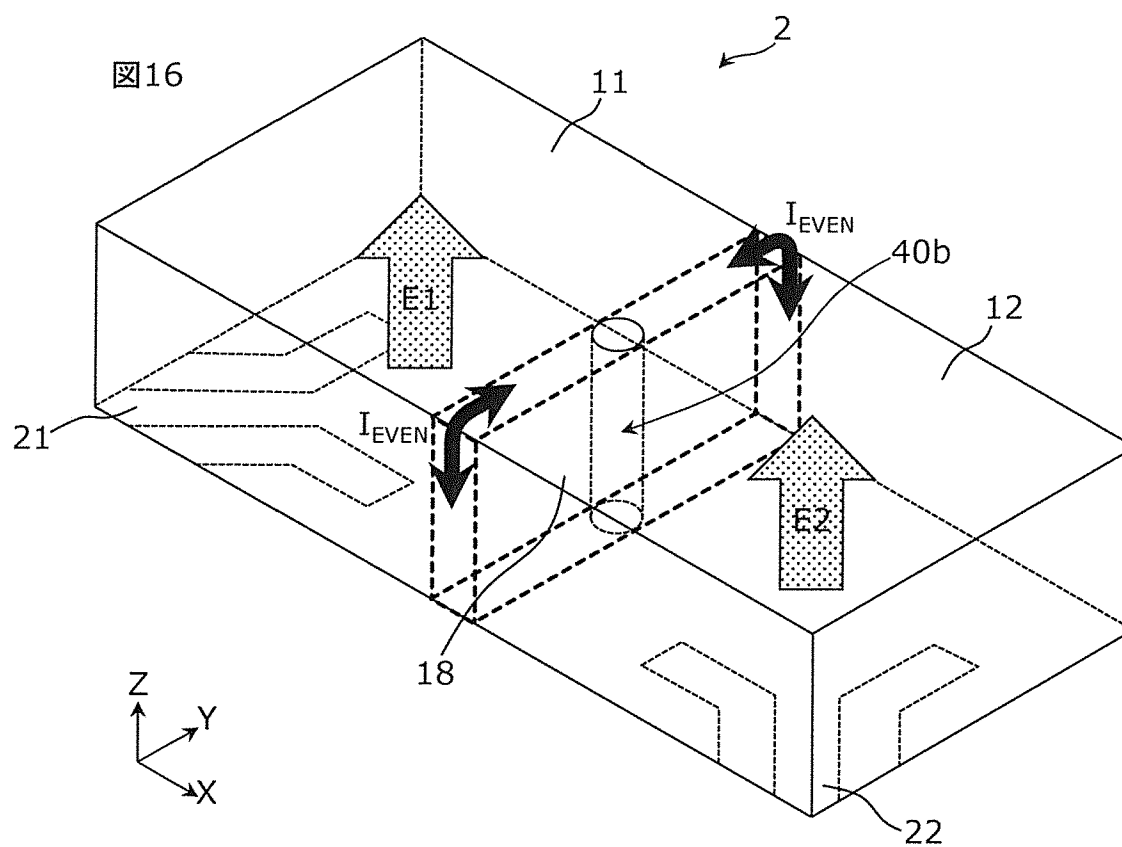
図14



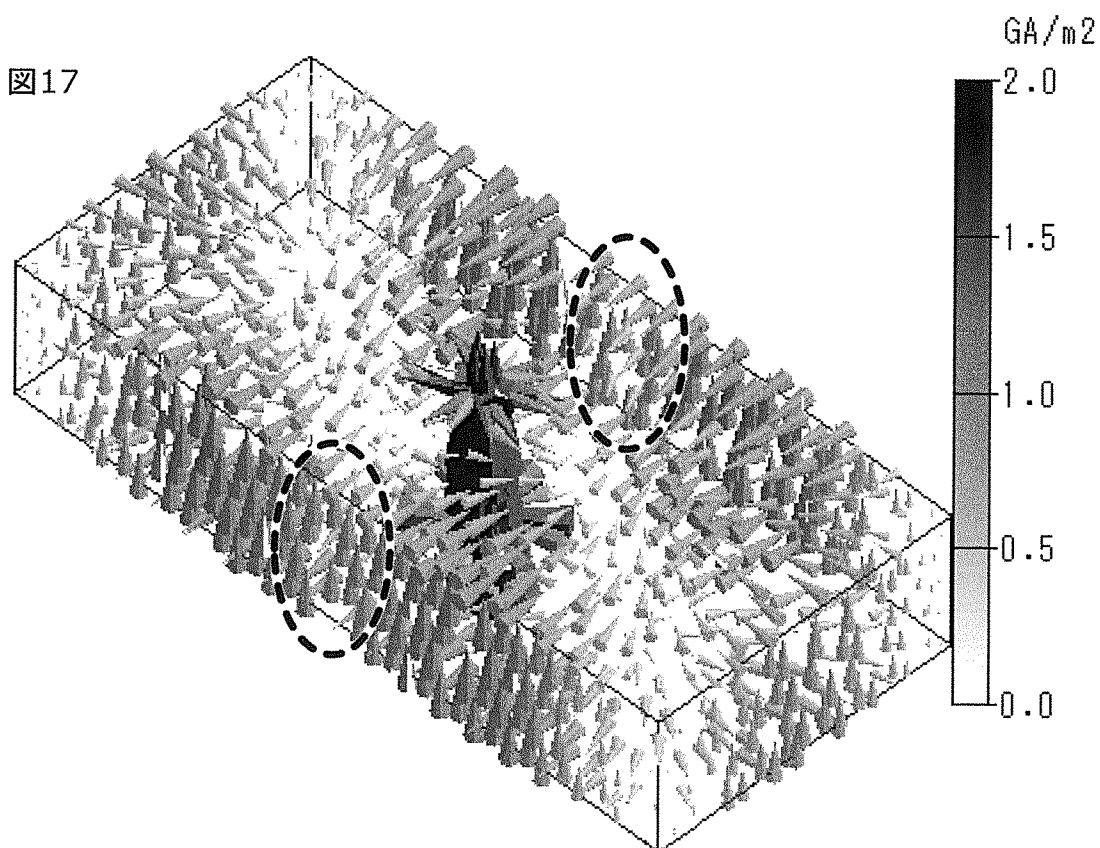
[図15]



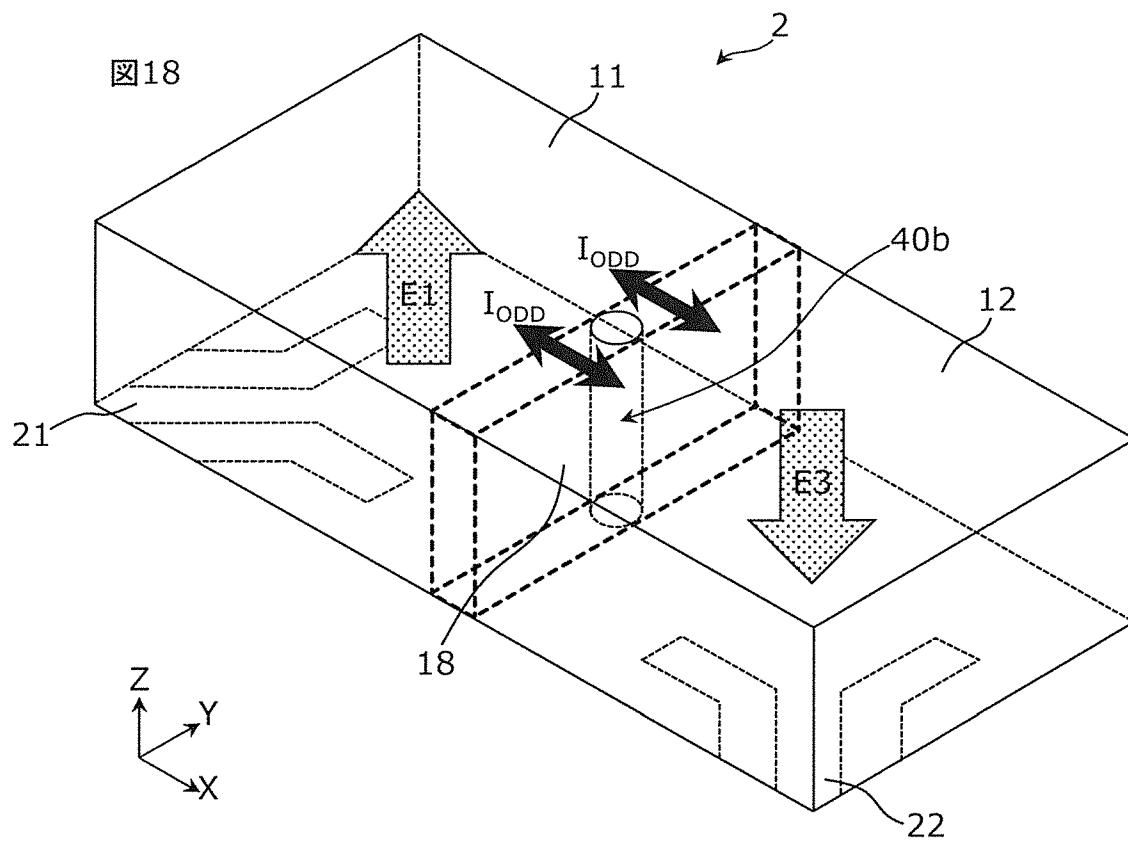
[図16]



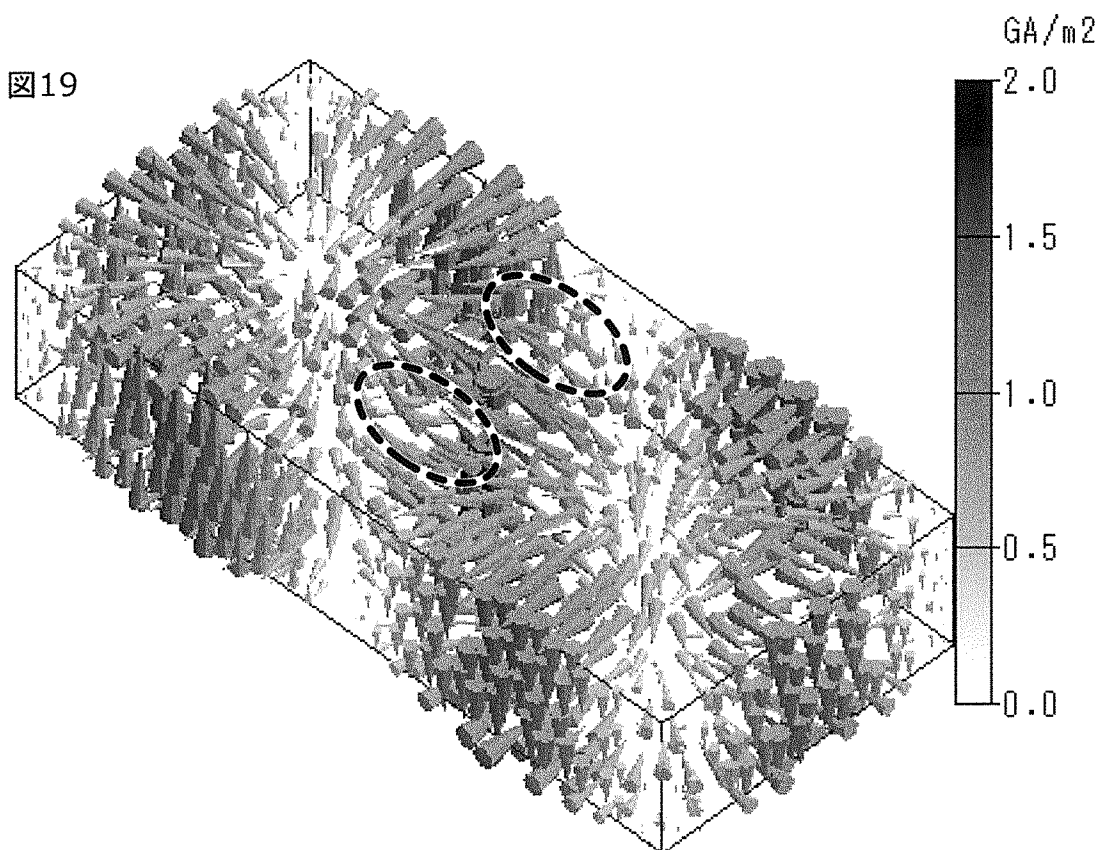
[図17]



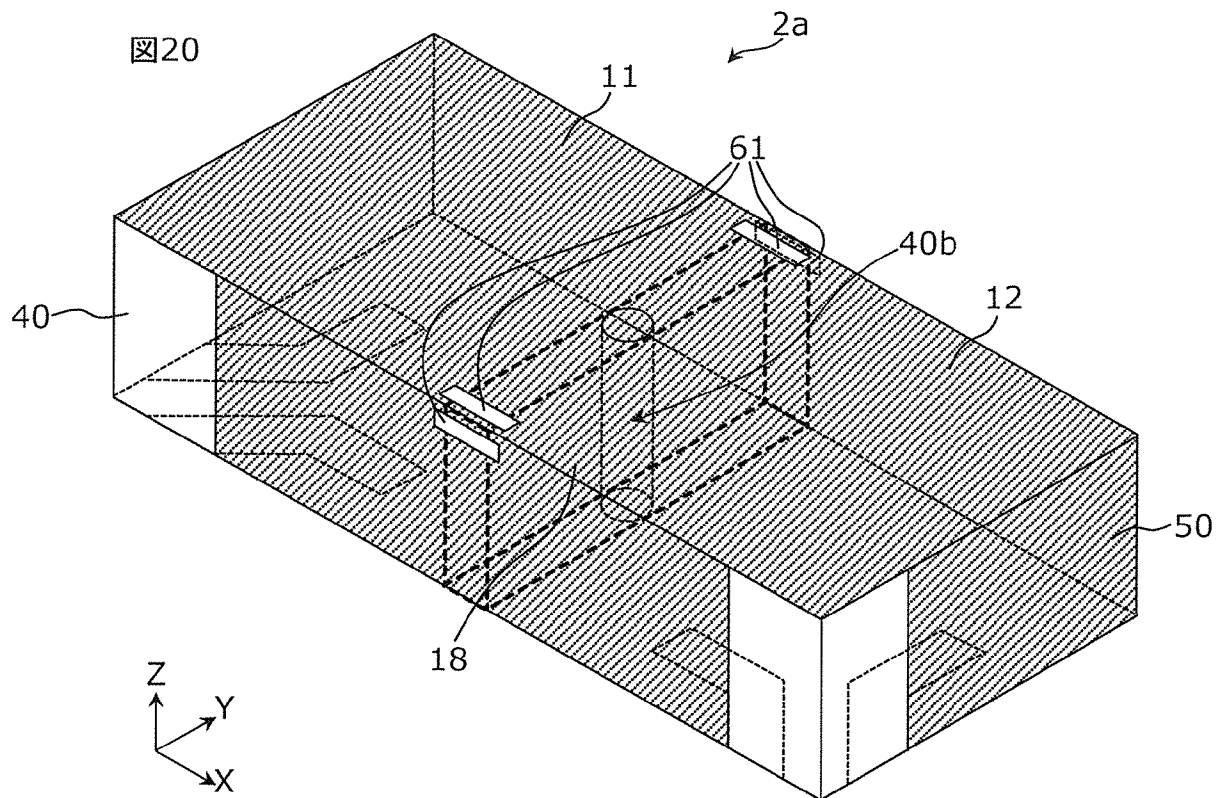
[図18]



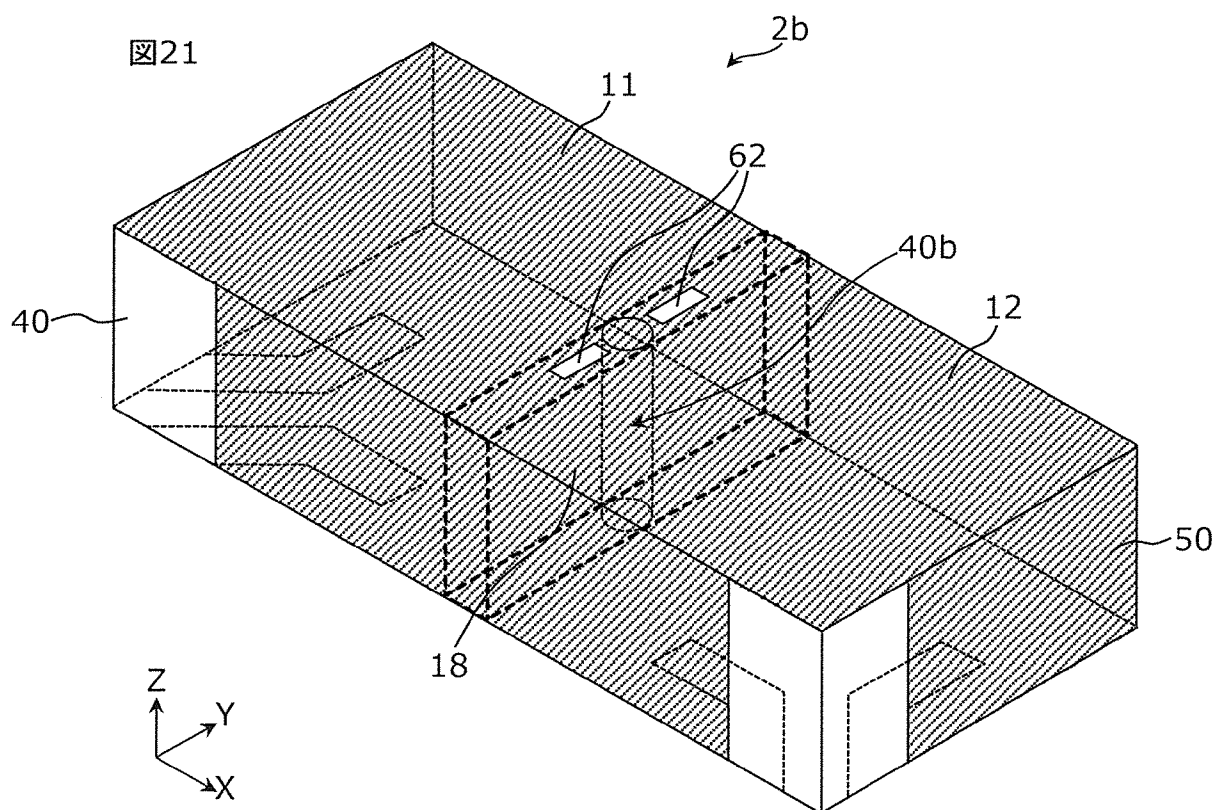
[図19]



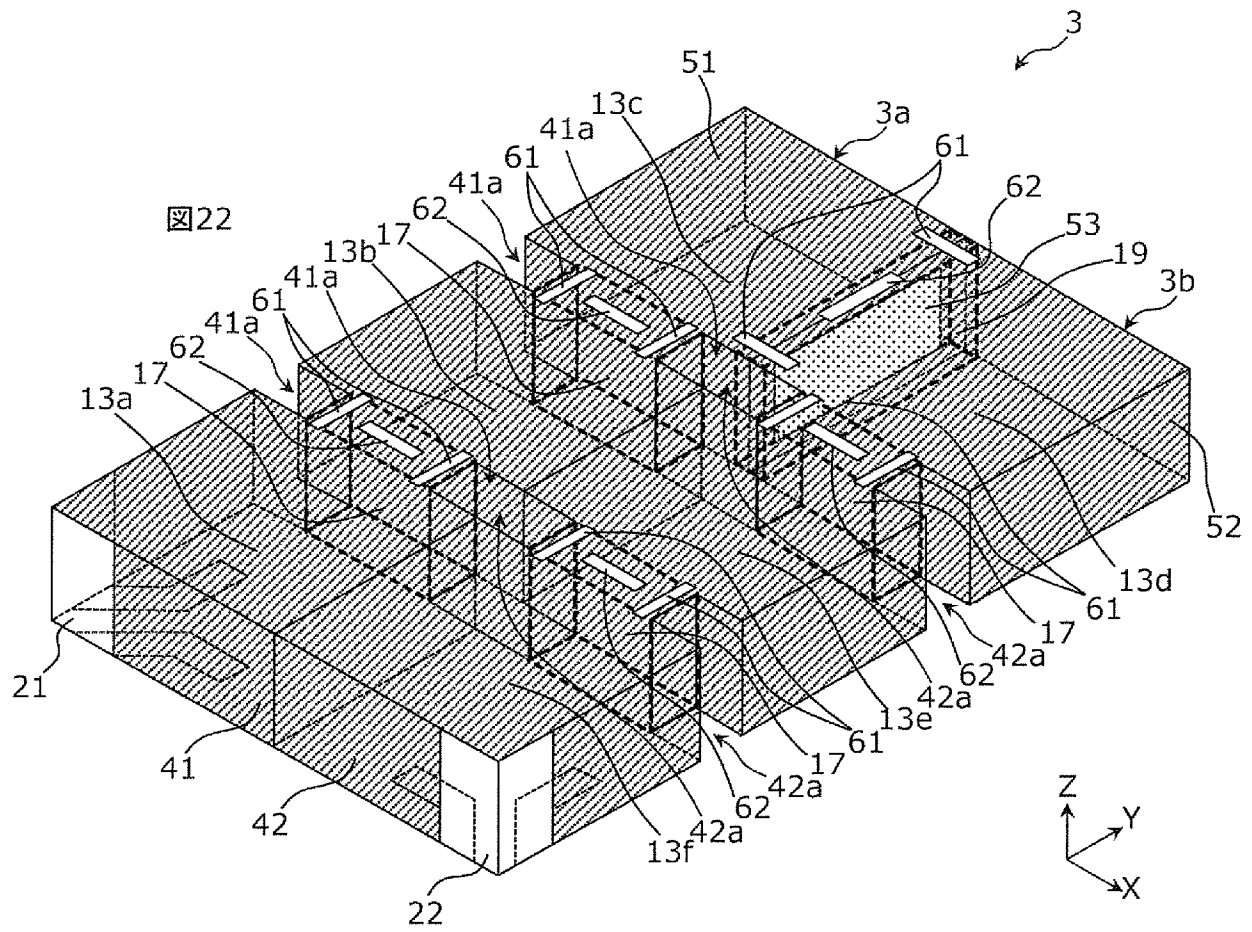
[図20]



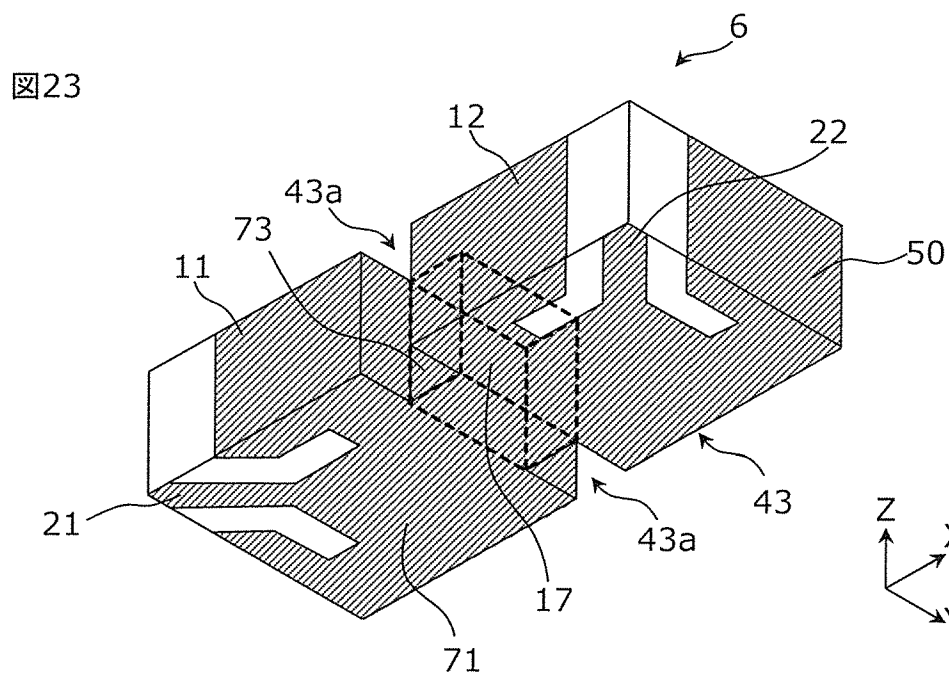
[図21]



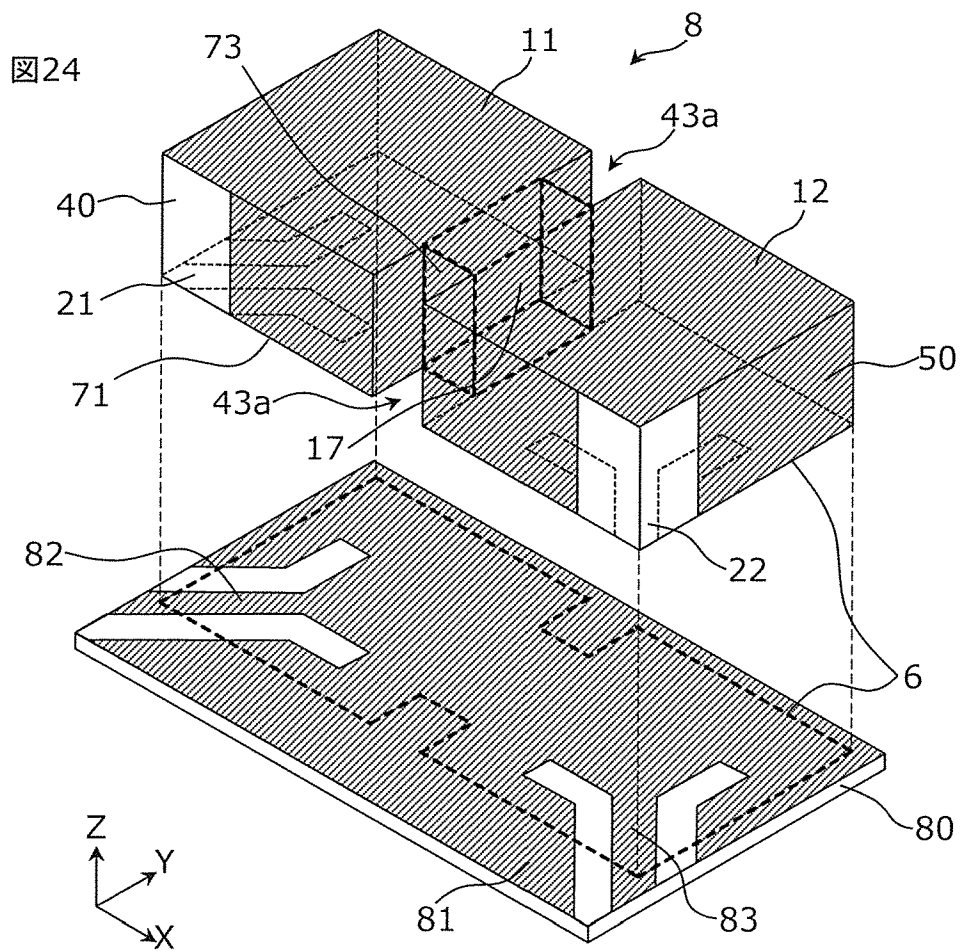
[図22]



[図23]

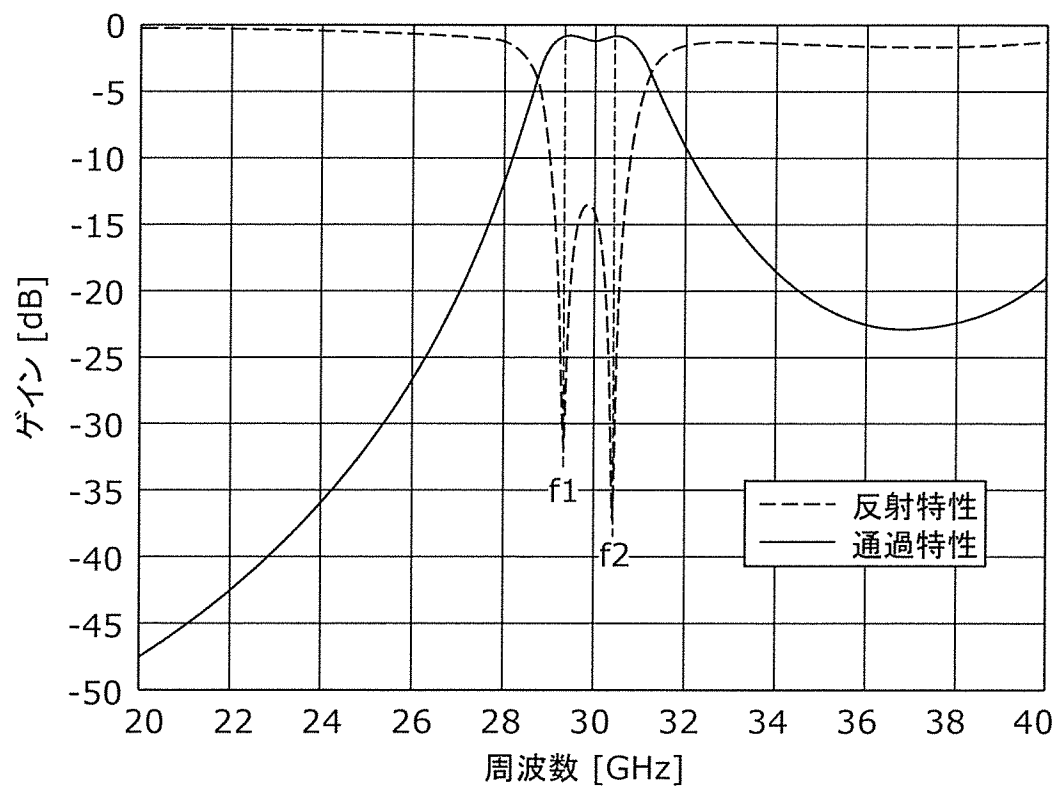


[図24]

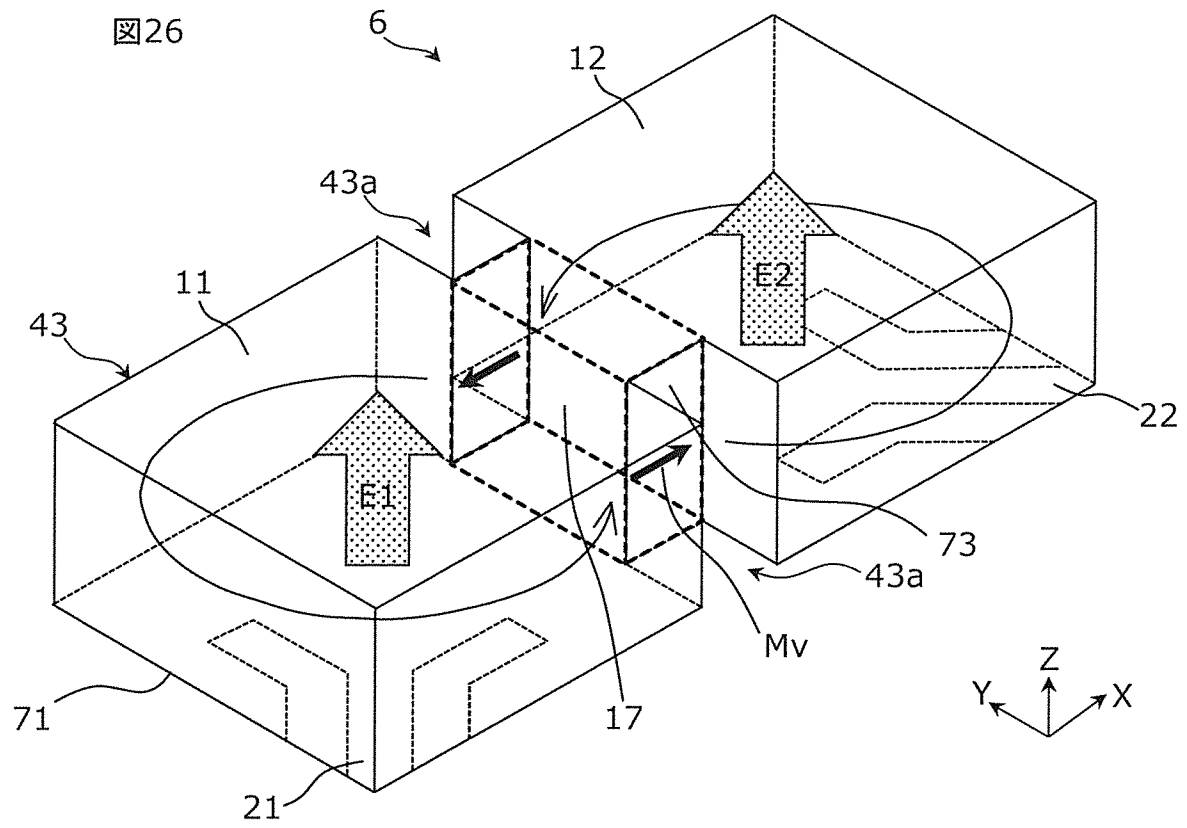


[図25]

図25

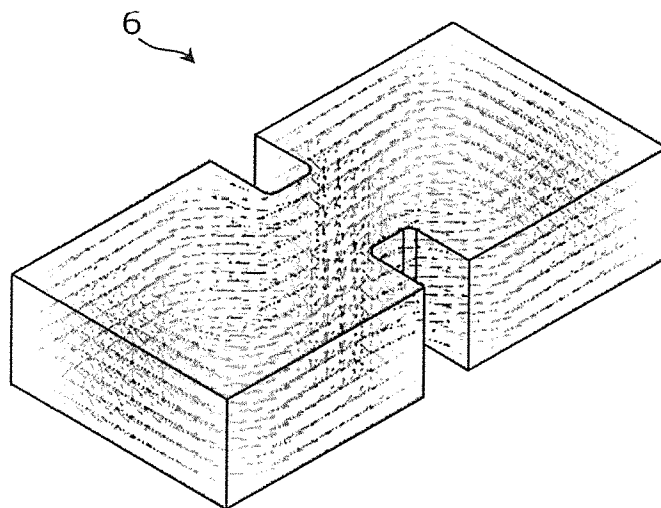


[図26]



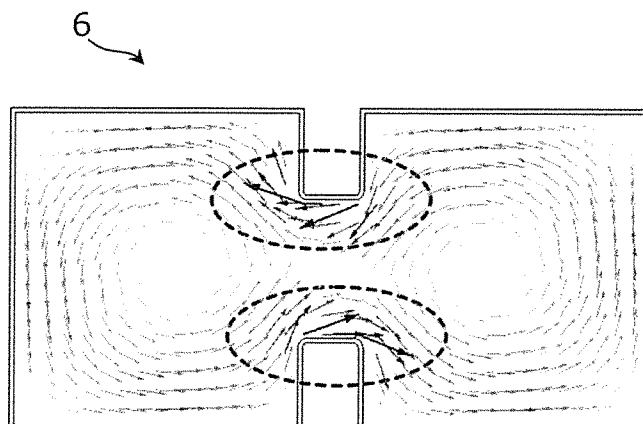
[図27A]

図27A



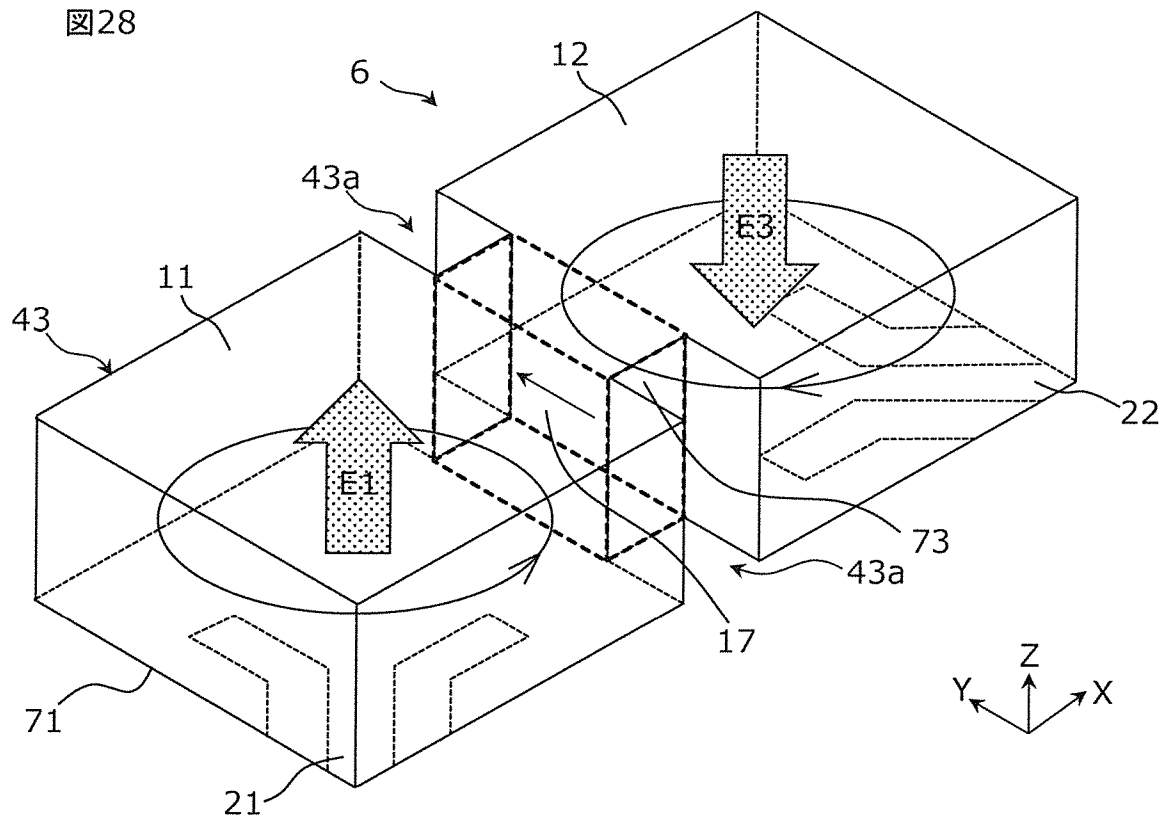
[図27B]

図27B



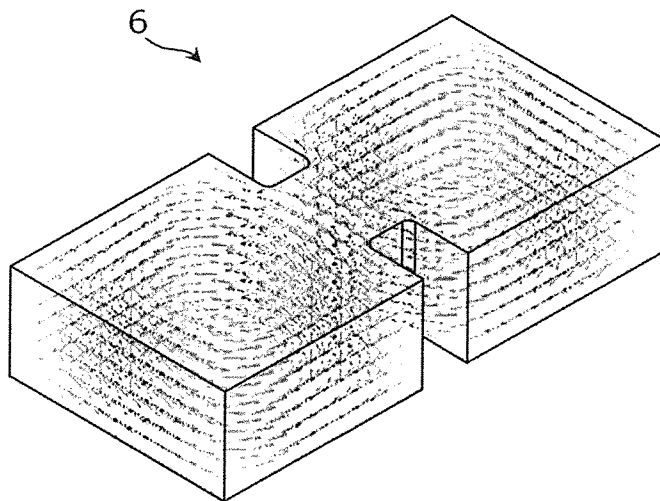
[図28]

図28



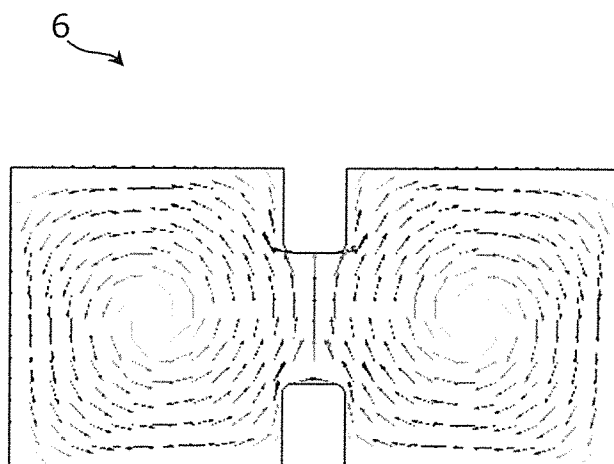
[図29A]

図29A



[図29B]

図29B



[図30]

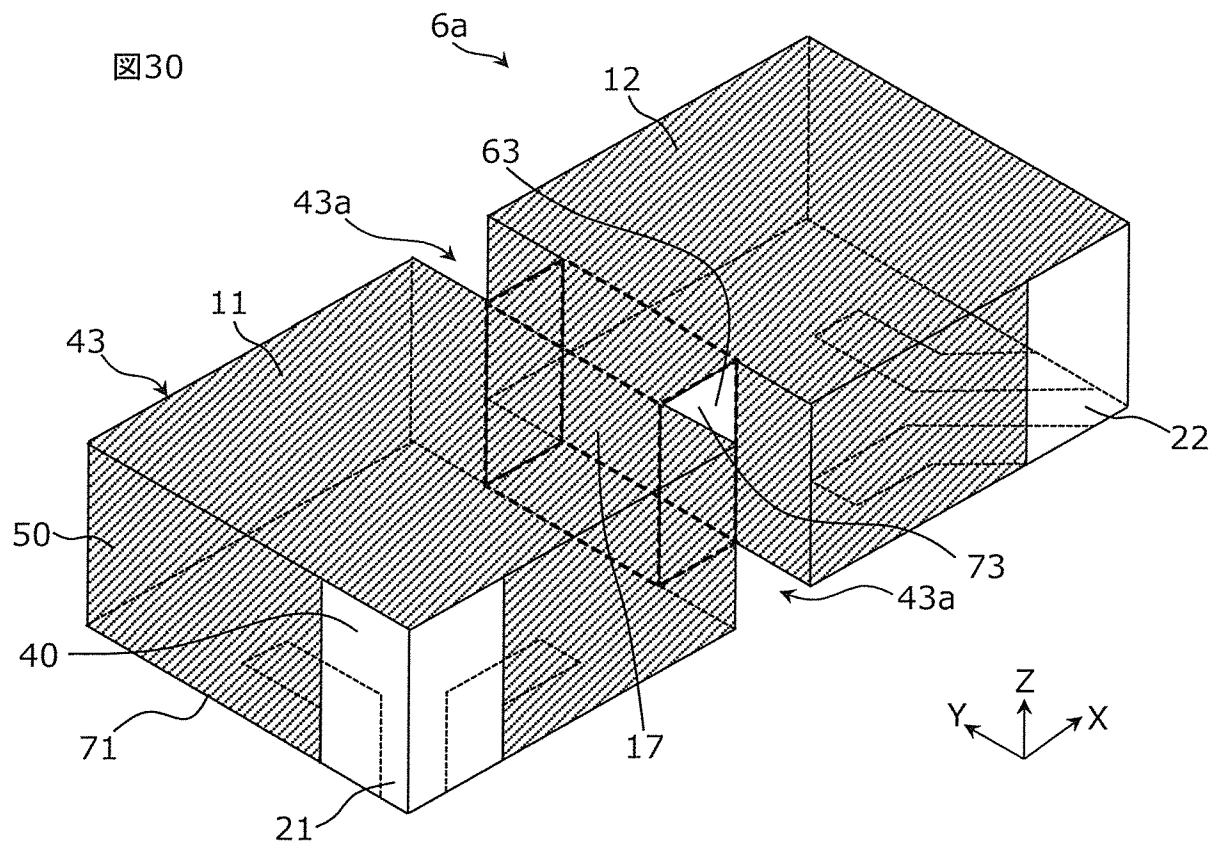
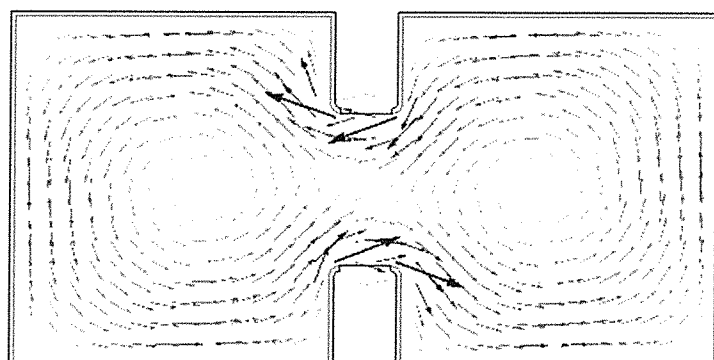
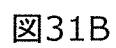
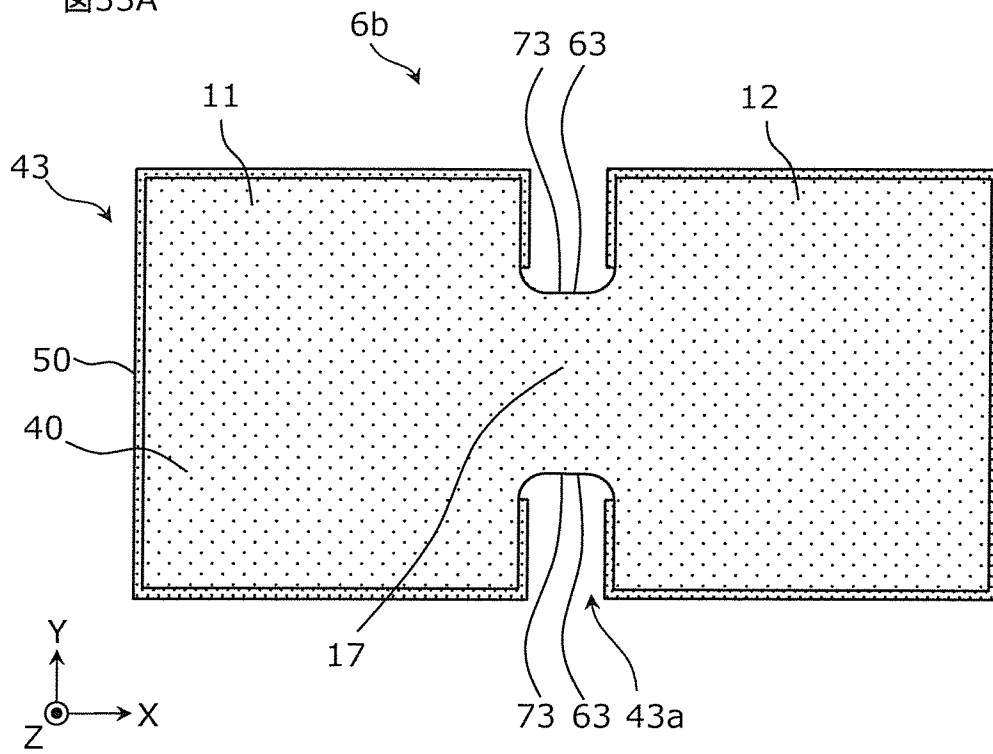


図31A



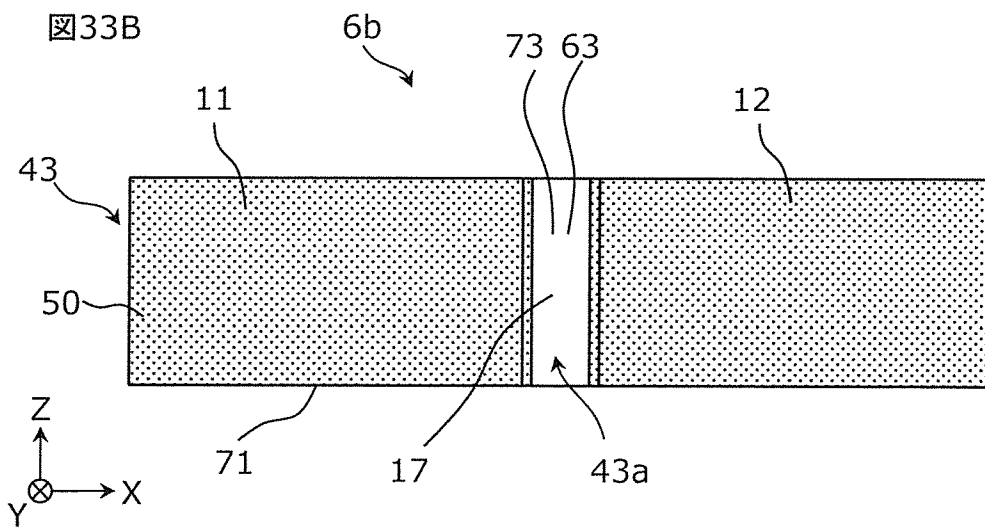
[図33A]

図33A



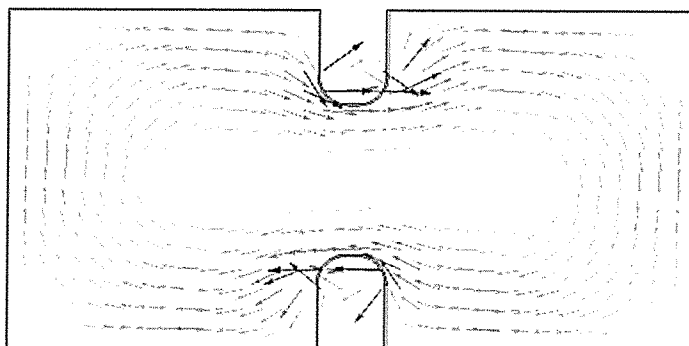
[図33B]

図33B



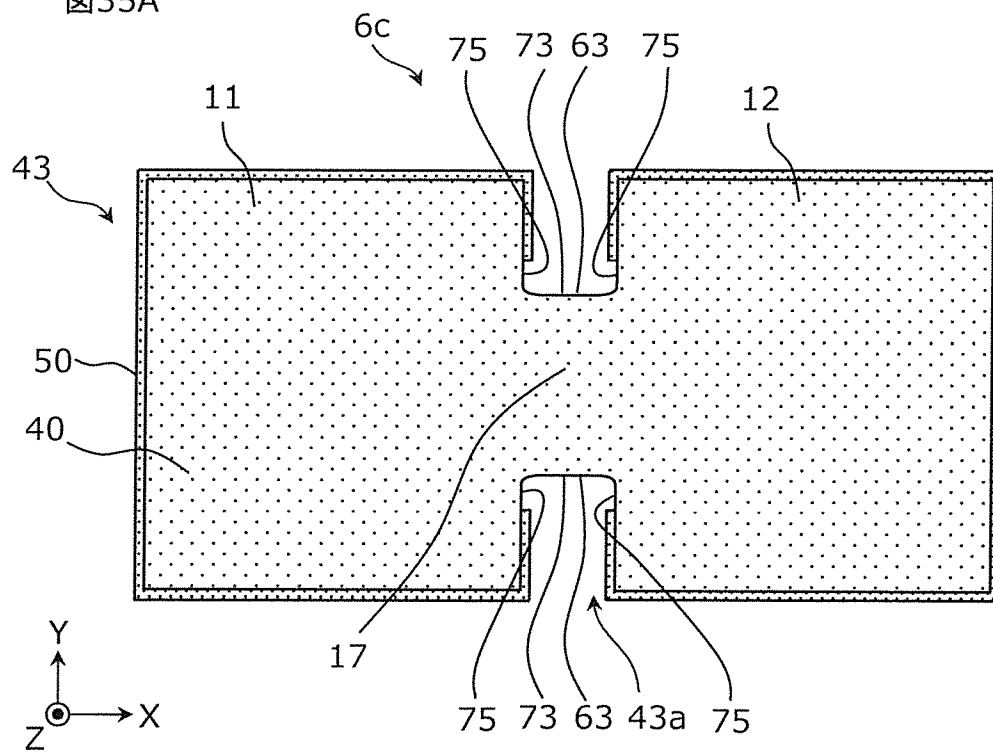
[図34]

図34



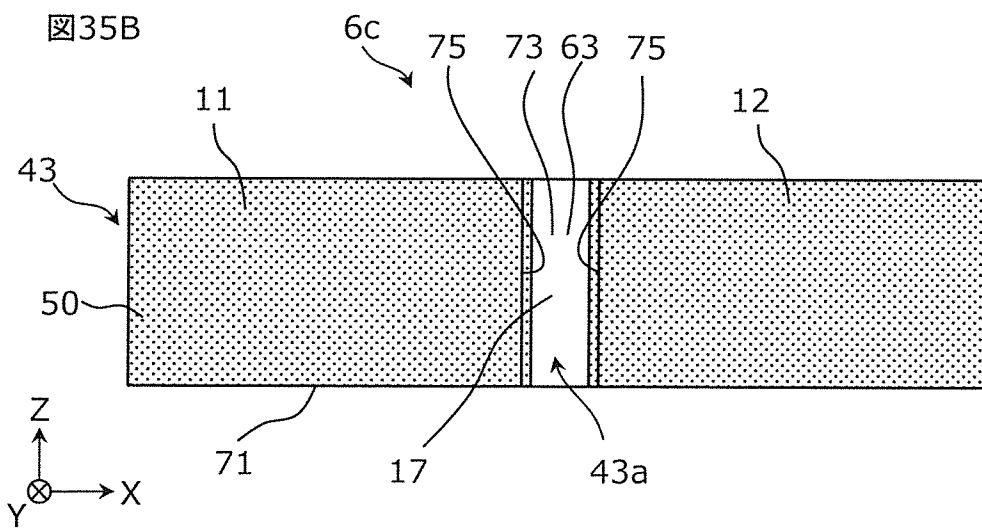
[図35A]

図35A



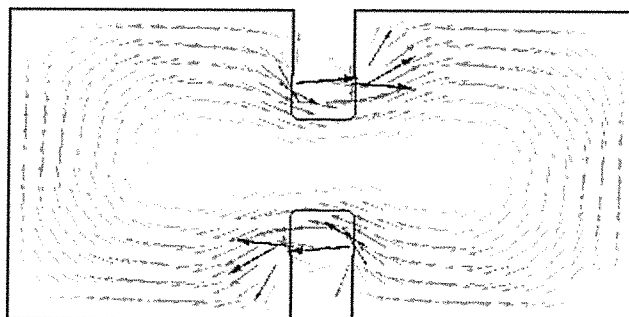
[図35B]

図35B



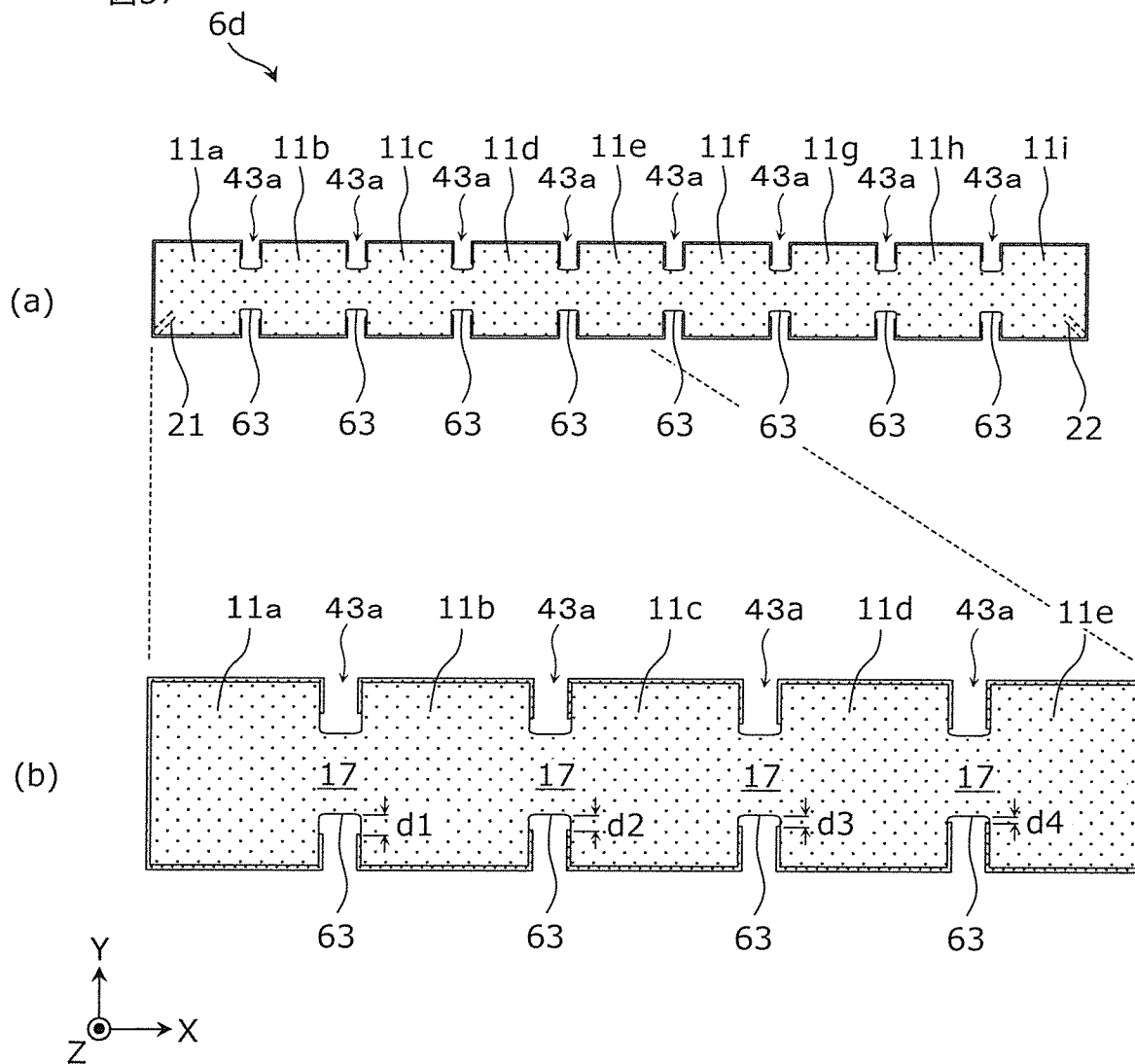
[図36]

図36



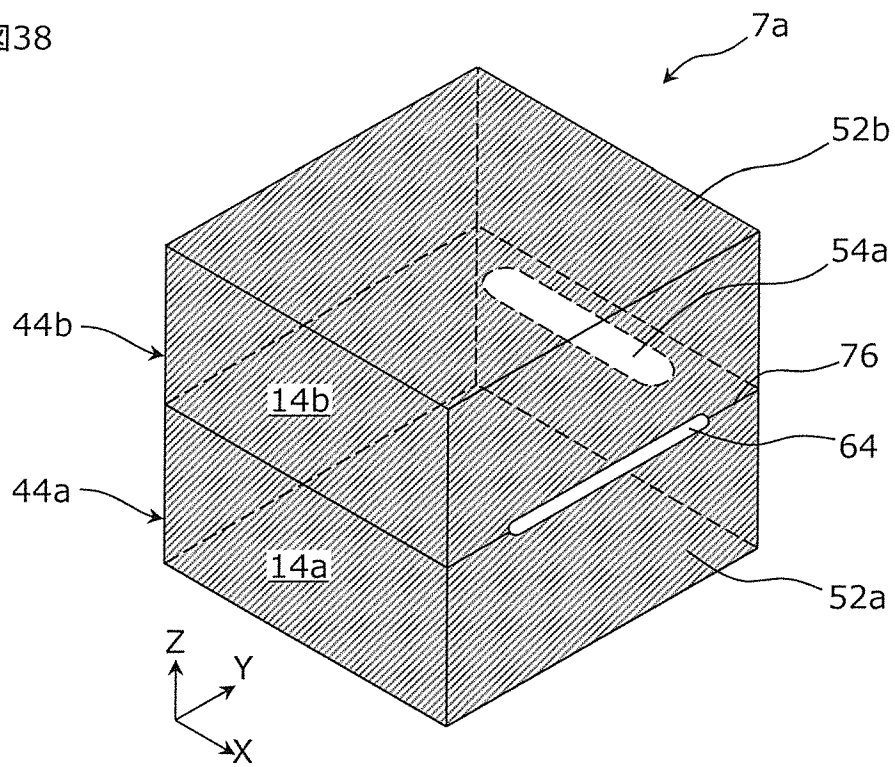
[図37]

図37



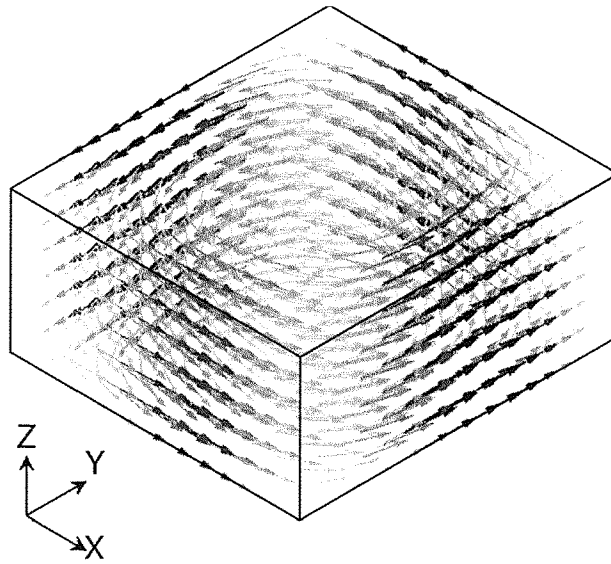
[図38]

図38



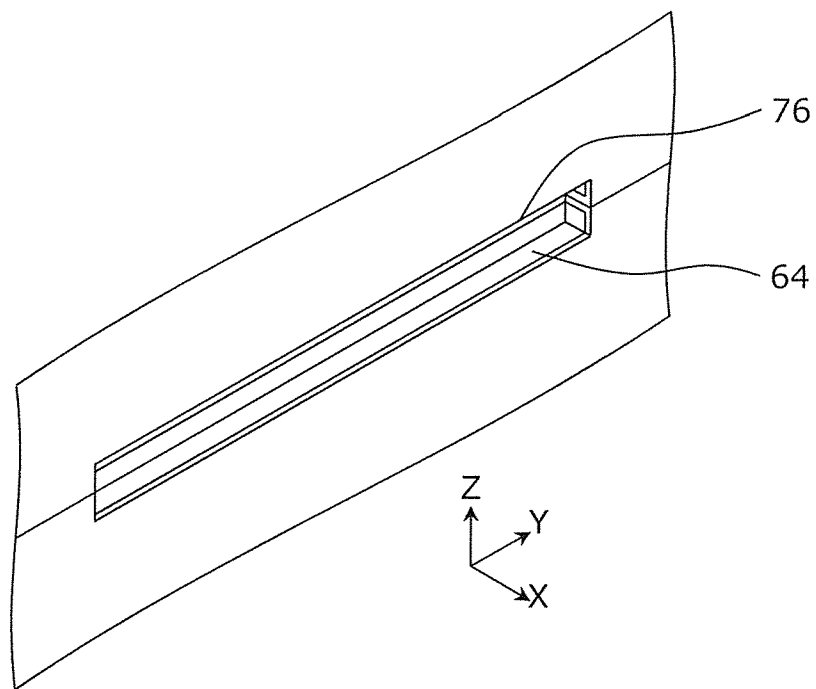
[図39]

図39



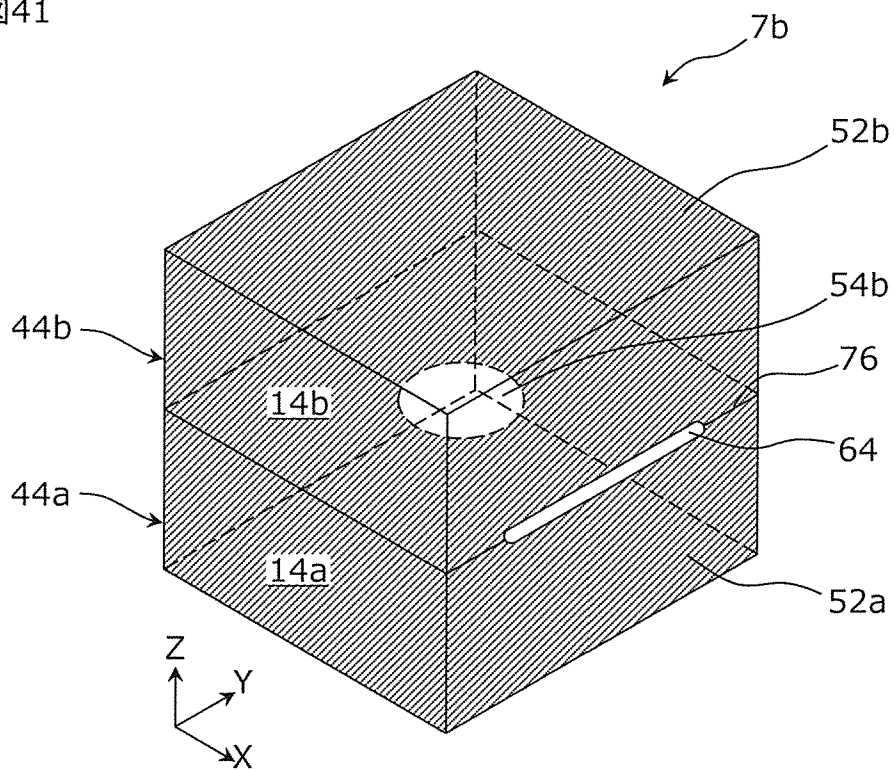
[図40]

図40



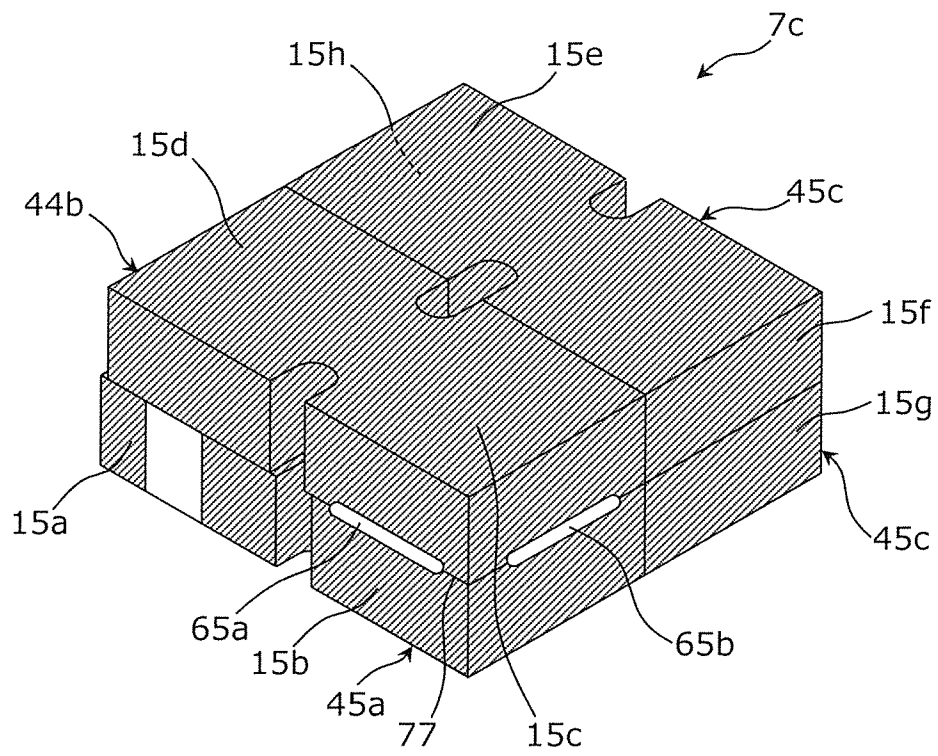
[図41]

図41



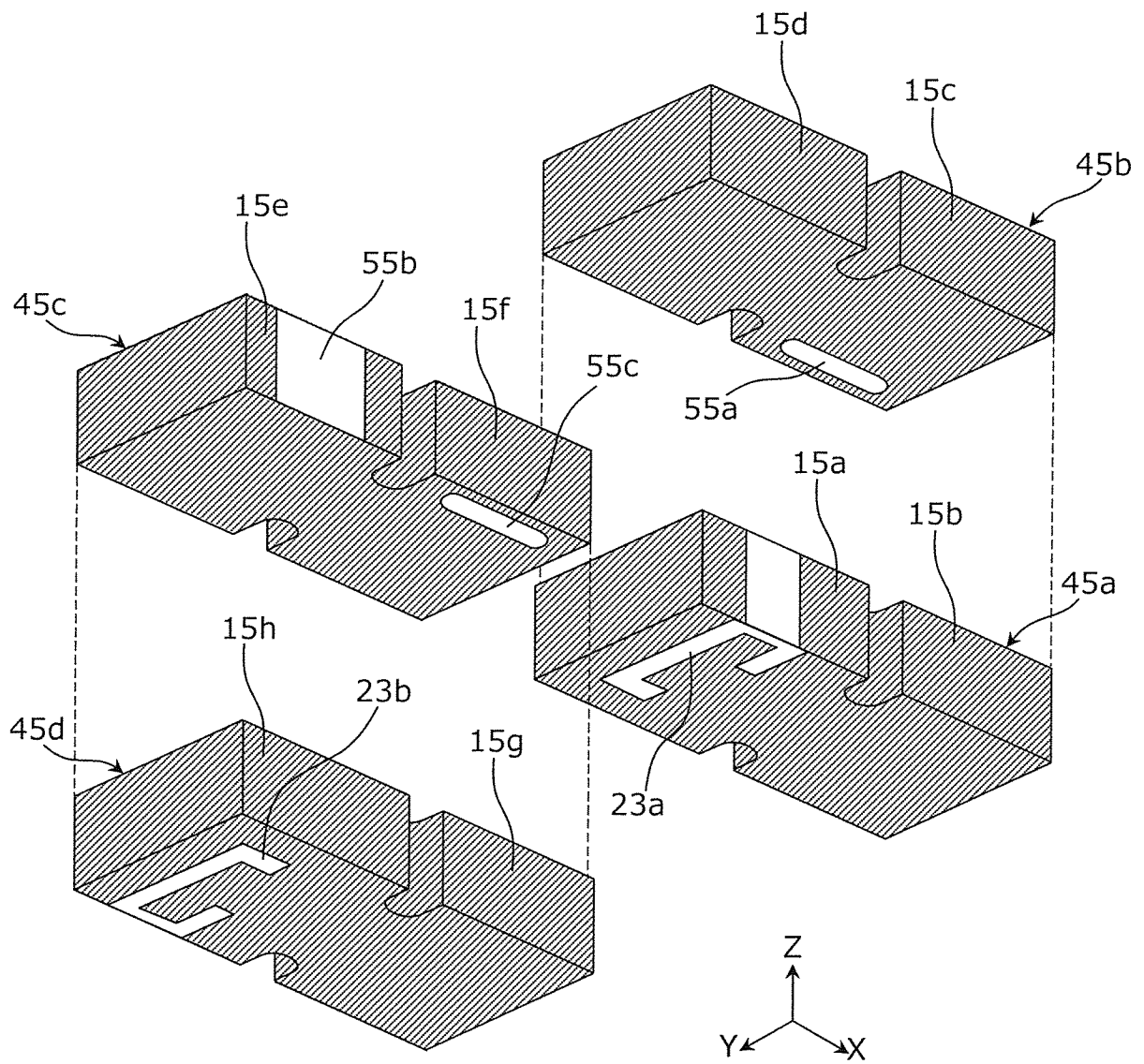
[図42]

図42



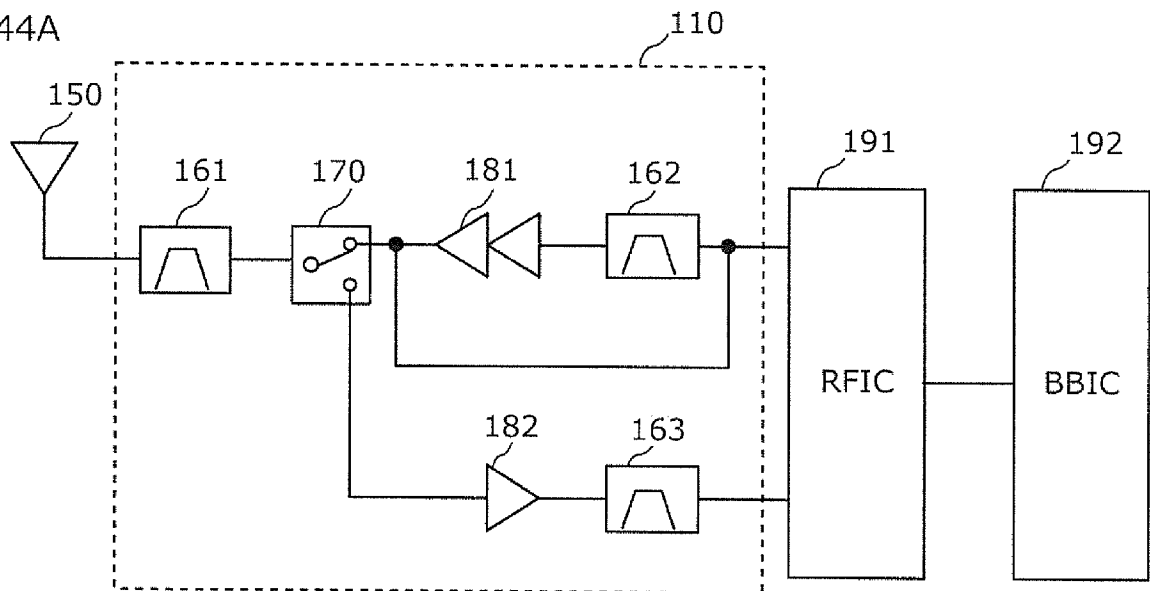
[図43]

図43



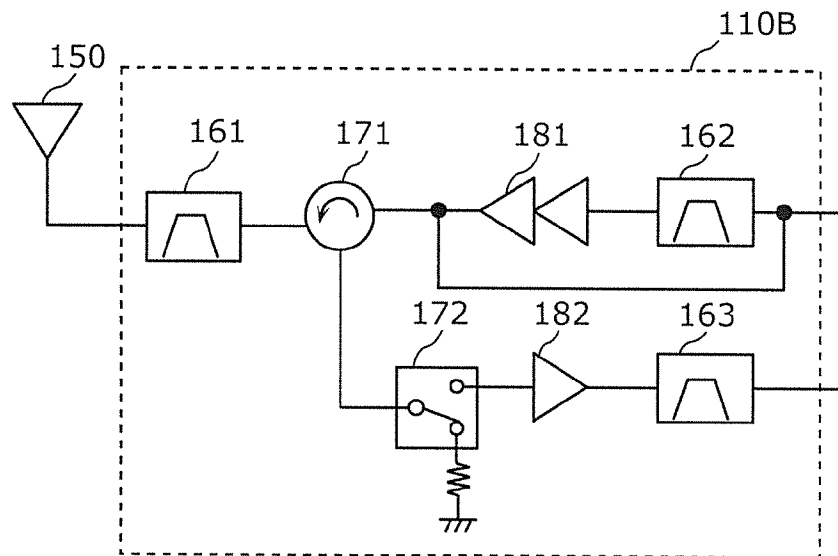
[図44A]

図44A



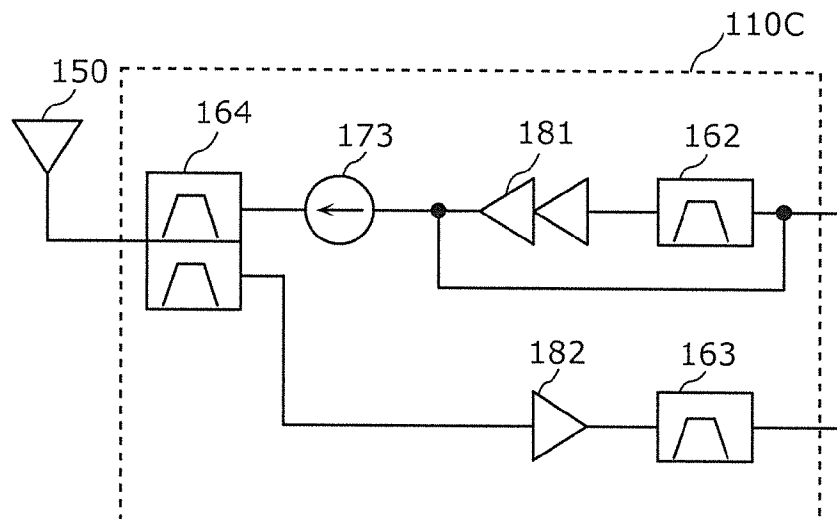
[図44B]

図44B



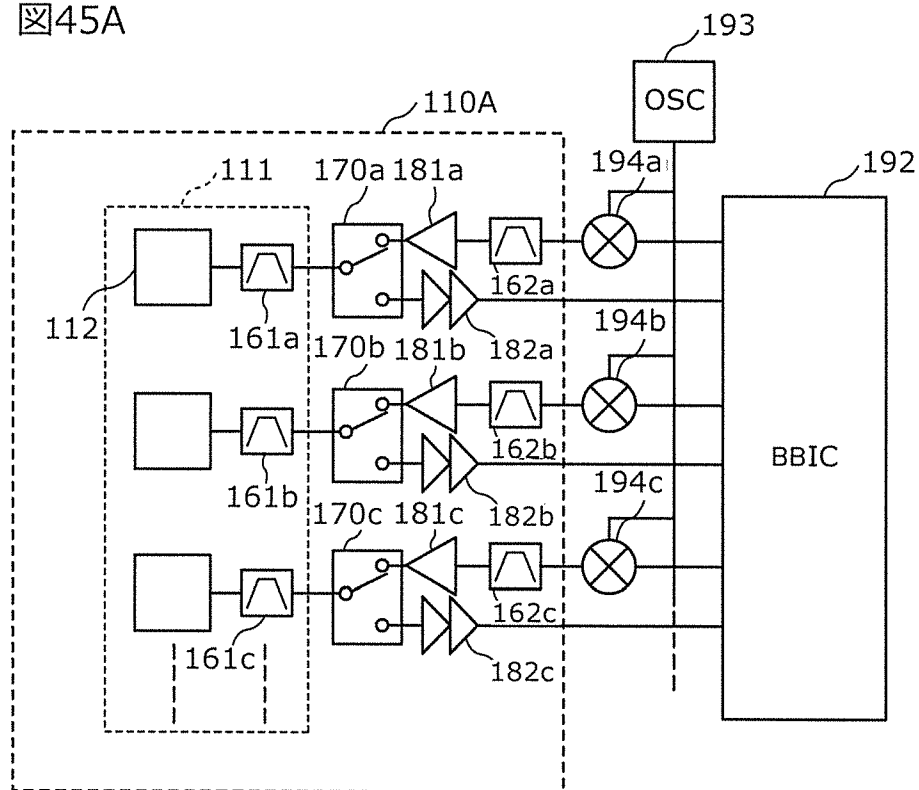
[図44C]

図44C



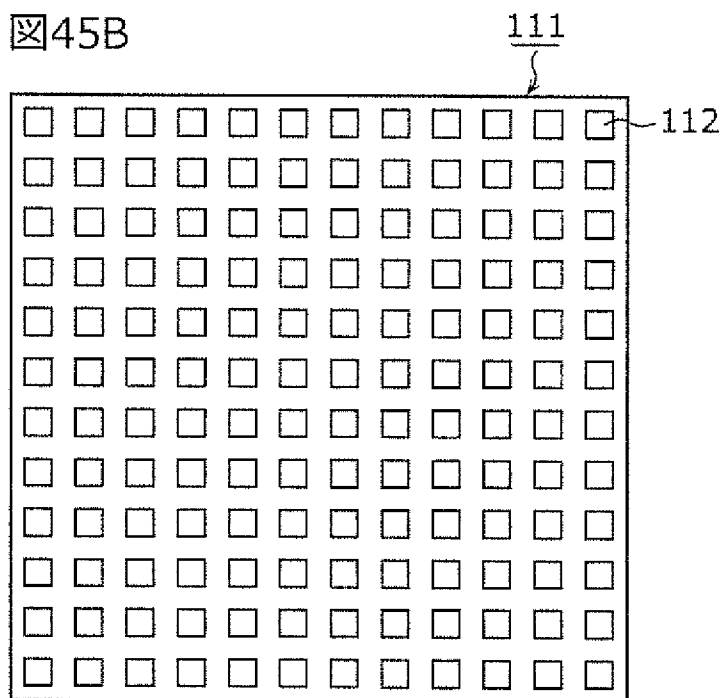
[図45A]

図45A



[図45B]

図45B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/028152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01P1/208(2006.01)i, H01P3/12(2006.01)i, H01Q3/26(2006.01)i, H04B1/48(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)

H01P1/208, H01P3/12, H01Q3/26, H04B1/48

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-224405 A (Ube Industries, Ltd.), 08 August 2003 (08.08.2003), & WO 2002/067358 A1	1-23
A	JP 10-276010 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 13 October 1998 (13.10.1998), & US 6002307 A & EP 856902 A2 & DE 69809811 T2	1-23
A	JP 6-177608 A (Fujitsu Ltd. et al.), 24 June 1994 (24.06.1994), (Family: none)	1-23
A	JP 2016-171557 A (Toko, Inc.), 23 September 2016 (23.09.2016), & US 2016/0268662 A1 & CN 105977593 A	1-23

☐ 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
11 October 2017 (11.10.17)

Date of mailing of the international search report
24 October 2017 (24.10.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

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, H01Q3/26(2006.01)i, H04B1/48(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, H01Q3/26, H04B1/48

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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)

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
A	JP 2003-224405 A (宇部興産株式会社) 2003. 08. 08, & WO 2002/067358 A1	1-23
A	JP 10-276010 A (株式会社村田製作所) 1998. 10. 13, & US 6002307 A & EP 856902 A2 & DE 69809811 T2	1-23
A	JP 6-177608 A (富士通株式会社 (外1名)) 1994. 06. 24, (ファミリーなし)	1-23

☒ 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

11. 10. 2017

国際調査報告の発送日

24. 10. 2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

岸田 伸太郎

5 K

9183

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
A	JP 2016-171557 A (東光株式会社) 2016.09.23, & US 2016/0268662 A1 & CN 105977593 A	1-23