

(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
2009年9月3日(03.09.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/107532 A1

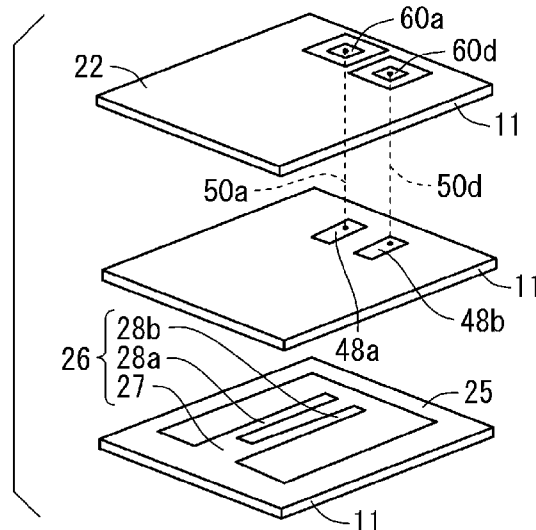
- (51) 国際特許分類:
H01P 1/203 (2006.01) H01P 7/08 (2006.01)
H01P 1/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/052811
- (22) 国際出願日: 2009年2月18日(18.02.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-043880 2008年2月26日(26.02.2008) JP
特願 2008-043881 2008年2月26日(26.02.2008) JP
特願 2008-075243 2008年3月24日(24.03.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 吉川 博道 (YOSHIKAWA, Hiromichi) [JP/JP]; 〒8994312 鹿児島県霧島市国分山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内 Kagoshima (JP).
- (74) 代理人: 西教 圭一郎 (SAIKYO, Keiichiro); 〒5410051 大阪府大阪市中央区備後町3丁目2番6号 敷島ビル 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: COMPOSITE RESONATOR, BANDPASS FILTER, DIPLEXER, AND WIRELESS COMMUNICATION MODULE AND WIRELESS COMMUNICATION DEVICE USING COMPOSITE RESONATOR, BANDPASS FILTER AND DIPLEXER

(54) 発明の名称: 複合共振器、バンドパスフィルタ、ダイプレクサならびにそれらを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器

FIG. 1



(57) Abstract: Provided is a composite resonator wherein two resonance frequencies can be set discretionarily to a certain extent. The composite resonator is provided with a grounding electrode (21) arranged on a lower surface of a laminated body wherein a plurality of dielectric layers (11) are laminated, and a composite resonant electrode (26) arranged on an upper surface or inside of the laminated body. The composite resonant electrode (26) is composed of a base section (27) and a plurality of strip-like protruding sections (28a, 28b). One end of the base section (27) is grounded. One end of each of the protruding sections (28a, 28b) is connected to the other end of the base section (27), and the protruding sections are arranged in parallel. A body wherein the base section (27) and the protruding sections (28a, 28b) are combined functions, as a whole, as a resonator which resonates at a first frequency, and the protruding sections (28a, 28b) function as a resonator which resonates at a second frequency higher than the first frequency.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、2つの共振周波数をある程度任意に設定することが可能な複合共振器に関する。複合共振器は、複数の誘電体層 11 が積層されてなる積層体の下面に配置された接地電極 21 と、積層体の上面または内部に配置された複合共振電極 26 とを備える。複合共振電極 26 は、基部 27 と帯状の複数の突起部 28 a, 28 b とによって構成される。基部 27 の一方端が接地される。複数の突起部 28 a, 28 b は、基部 27 の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置される。基部 27 および突起部 28 a, 28 b を合わせた全体が第 1 の周波数で共振する共振器として機能するとともに、突起部 28 a, 28 b が第 1 の周波数よりも高い第 2 の周波数で共振する共振器として機能する。

明 細 書

複合共振器、バンドパスフィルタ、ダイプレクサならびにそれらを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器

技術分野

[0001] 本発明は、フィルタ回路や発振回路等に用いられる共振器に関するものであり、特に、広帯域のバンドパスフィルタを容易に実現することが可能な、複数の共振周波数を有する複合共振器に関するものである。

また本発明は、バンドパスフィルタならびにそれを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器に関するものであり、特に、非常に広い通過帯域を有するバンドパスフィルタならびにそれを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器に関するものである。

さらに本発明は、ダイプレクサならびにそれを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器に関するものであり、特に、非常に広い周波数帯域を有する2つの信号を分波および合波することが可能なダイプレクサならびにそれを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、新しい通信手段としてUWBが着目されている。UWBは10m程度の短い距離において広い周波数帯域を使用して大容量のデータ転送を実現するものであり、たとえば米国FCC (Federal Communication Commission) の規定によると3. 1～10. 6GHzの周波数帯域を使用する計画になっている。このようにUWBの特徴は非常に広い周波数帯域を用いることである。

このようなUWBに使用可能な非常に広い通過帯域を有するバンドパスフィルタに関する研究は近年盛んに行なわれており、たとえば、方向性結合器の原理を応用したバンドパスフィルタによって、通過帯域幅が比帯域(帯域幅／中心周波数)で100%を超える非常に広い通過帯域を有する特性が得られたとの報告がある(たとえば、「マイクロストリップーCPWブロードサイド結合構造を用いた超広帯域バンドパスフィルタ」2005年3月電子情報通信学会総合大会講演論文集 C-2-114 p. 147を

参照)。

一方、従来よく使用されるバンドパスフィルタとして、複数の $1/4$ 波長ストリップライン共振器を併設して相互に結合させて構成したものが知られている(たとえば、特開2004-180032号公報を参照)。

しかしながら、「マイクロストリップ-CPWブロードサイド結合構造を用いた超広帯域バンドパスフィルタ」2005年3月電子情報通信学会総合大会講演論文集 C-2-114 p. 147および特開2004-180032号公報にて提案されたバンドパスフィルタはそれぞれ問題点を有しており、UWBへの使用には適さないものであった。

たとえば、「マイクロストリップ-CPWブロードサイド結合構造を用いた超広帯域バンドパスフィルタ」2005年3月電子情報通信学会総合大会講演論文集 C-2-114 p. 147にて提案されたバンドパスフィルタは通過帯域幅が広すぎるという問題があった。すなわち、UWBは基本的には3.1GHz~10.6GHzの周波数帯域を使用するが、国際電気通信連合無線通信部門では、IEEE802.11.aで使用する5.3GHzを避ける形で3.1~4.7GHz程度の周波数帯域を使用するLow Band(ローバンド)と6GHz~10.6GHz程度の周波数帯域を使用するHigh Band(ハイバンド)とに分割した企画が立案されている。よって、Low Bandを通過させるLow Band用フィルタおよびHigh Bandを通過させるHigh Band用フィルタには、それぞれ比帯域で40%~50%程度の通過帯域幅および5.3GHzにおける減衰の両方が要求されるため、通過帯域幅が比帯域で100%を超えるような特性を有する「マイクロストリップ-CPWブロードサイド結合構造を用いた超広帯域バンドパスフィルタ」2005年3月電子情報通信学会総合大会講演論文集 C-2-114 p. 147にて提案されたバンドパスフィルタは通過帯域幅が広すぎて使えないものであった。

また、従来の $1/4$ 波長共振器を使用したバンドパスフィルタの通過帯域幅は狭すぎ、広帯域化を図った特開2004-180032号公報に記載のバンドパスフィルタの通過帯域幅であっても比帯域で10%にも満たないものであった。よって、比帯域で40%~50%に相当する広い通過帯域幅を要求されるUWB用のバンドパスフィルタとして使えるものではなかった。

さらに、Low BandおよびHigh Bandの両方を用いる場合においては、高周波

信号を処理するRF ICにおいて、Low Bandの信号を処理する回路とHigh Bandの信号を処理する回路とが異なるためにアンテナ側が2端子になる場合があり、Low Band側の端子およびHigh Band側の端子とアンテナとを接続するダイプレクサの必要性が高まっていた。なお、このようなダイプレクサにおいては、Low Band側の端子とHigh Band側の端子との間のアイソレーションが十分に確保されていることが必要とされる。

発明の開示

[0003] 本発明はこのような従来の技術における問題点に鑑みて案出されたものであり、その目的は、非常に広く且つ所望の幅の通過帯域を有するバンドパスフィルタを容易に構成することが可能な、2つの共振周波数がある程度任意に設定することが可能な複合共振器を提供することにある。

本発明の他の目的は、非常に広く且つ所望の幅の通過帯域を有するバンドパスフィルタならびにそれを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、非常に広い周波数帯域を有する2つの信号を分波および合波することが可能であり、且つアイソレーション特性の優れたダイプレクサならびにそれを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器を提供することにある。

本発明の複合共振器は、積層体と、接地電極と、複合共振電極とを備える。前記積層体は、複数の誘電体層が積層されてなる。前記接地電極は、前記積層体の下面に配置される。前記複合共振電極は、前記積層体の上面または内部に配置される。前記複合共振電極は、基部と帯状の複数の突起部とによって構成される。前記基部の一方端は接地される。前記複数の突起部は、前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置される。前記基部の前記一方端は前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端は前記複合共振電極の他方端となる。前記複合共振電極の前記一方端が接地されることによって、前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する。

また、本発明のバンドパスフィルタは、積層体と、接地電極と、複合共振電極と、帯

状の入力結合電極と、帯状の出力結合電極とを備える。前記積層体は、複数の誘電体層が積層されてなる。前記接地電極は、前記積層体の下面に配置される。前記複合共振電極は、前記積層体の第1の層間に配置される。前記複合共振電極は、基部と帯状の複数の突起部とによって構成される。前記基部の一方端は接地される。前記複数の突起部は、前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置される。前記基部の前記一方端は前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端は前記複合共振電極の他方端となる。前記複合共振電極の前記一方端が接地されることによって、前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する。前記入力結合電極は、前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置され、前記複合共振電極における前記複数の突起部のうちの入力段の突起部と対向して電磁界結合する。前記入力結合電極は、電気信号が入力される電気信号入力点を有する。前記出力結合電極は、前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置され、前記複合共振電極における前記複数の突起部のうちの出力段の突起部と対向して電磁界結合する。前記出力結合電極は、電気信号が出力される電気信号出力点を有する。

さらに、本発明のバンドパスフィルタは、積層体と、接地電極と、複数の複合共振電極と、帯状の入力結合電極と、帯状の出力結合電極とを備える。前記積層体は、複数の誘電体層が積層されてなる。前記接地電極は、前記積層体の下面に配置される。前記複合共振電極は、基部と帯状の複数の突起部とによって構成される。前記基部の一方端は接地される。前記複数の突起部は、前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置される。前記基部の前記一方端は前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端は前記複合共振電極の他方端となる。前記複合共振電極の一方端が接地されることによって、前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する。前記複数の複合共振電極は、前記積層体の第1の層間に、各々の複合共振電極の一方端と他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合する。前

記入力結合電極は、前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置され、前記複数の複合共振電極のうちの入力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの入力段の突起部と対向して電磁界結合する。前記入力結合電極は、電気信号が入力される電気信号入力点を有する。前記出力結合電極は、前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置され、前記複数の複合共振電極のうちの出力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの出力段の突起部と対向して電磁界結合する。前記出力結合電極は、電気信号が出力される電気信号出力点を有する。

本発明のダイプレクサは、積層体と、接地電極と、複数の複合共振電極と、帯状の複数の単一共振電極と、帯状の入力結合電極と、帯状の第1の出力結合電極と、帯状の第2の出力結合電極とを備える。前記積層体は、複数の誘電体層が積層されてなる。前記接地電極は、前記積層体の下面に配置される。前記複合共振電極は、基部と帯状の複数の突起部とによって構成される。前記基部の一方端は接地される。前記複数の突起部は、前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置される。前記基部の前記一方端は前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端は前記複合共振電極の他方端となる。前記複合共振電極は、前記一方端が接地されることによって、前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する。前記複数の複合共振電極は、前記積層体の第1の層間に、各々の前記複合共振電極の前記一方端と前記他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合する。前記複数の単一共振電極は、前記積層体の前記第1の層間とは異なる第2の層間に相互に電磁界結合するように横並びに配置され、それぞれ一方端が接地されて前記第1の周波数および前記第2の周波数とは異なる第3の周波数で共振する共振器として機能する。前記入力結合電極は、前記積層体の前記第1の層間と前記第2の層間との間に位置する層間に配置され、前記複数の複合共振電極のうちの入力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの入力段の突起部と対向して電磁界結合し、かつ前記複数の単一共振電極のうちの入力段の単一共振電極と対向し

て電磁界結合する。前記入力結合電極は、電気信号が入力される電気信号入力点を有する。前記第1の出力結合電極は、前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置され、前記複数の複合共振電極のうちの出力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの出力段の突起部と対向して電磁界結合する。前記第1の出力結合電極は、電気信号が出力される第1の電気信号出力点を有する。前記第2の出力結合電極は、前記積層体の前記第2の層間と異なる層間に配置され、前記複数の単一共振電極のうちの出力段の単一共振電極と対向して電磁界結合する。前記第2の出力結合電極は、電気信号が出力される第2の電気信号出力点を有する。

本発明の無線通信モジュールは、本発明のバンドパスフィルタまたはダイプレクサを含むRF部と、該RF部に接続されたベースバンド部とを備える。

本発明の無線通信機器は、本発明のバンドパスフィルタまたはダイプレクサを含むRF部と、該RF部に接続されたベースバンド部と、前記RF部に接続されたアンテナとを備える。

なお、本明細書において、「第1の層間と異なる層間」とは、第1の層間以外の層間であることを意味し、一つの層間であっても複数の層間であっても構わない。よって、「第1の層間と異なる層間に配置された電極」は、第1の層間以外の一つの層間に配置されていてもよく、また、第1の層間以外の複数の層間に分かれて配置された部分同士が接合されているようなものでも構わない。同様に、「第1の層間と第2の層間の間に位置する層間」も、一つの層間であってもよいし、複数の層間であっても構わない。また、「入力結合電極において、入力段の複合共振電極との対向部の中央よりも入力段の複合共振電極の他方端に近い側」とは、入力段の複合共振電極との対向部の中央を境界にして入力結合電極を長さ方向に2つの領域に分けたときに、入力段の複合共振電極の他方端に最も近接する部分を含む側の領域のことを意味する。さらに、「入力段の突起部」とは、複合共振電極において横並びに配置された複数の突起部のうち最も外側に位置するとともに電気信号が入力される突起部のことであり、「出力段の突起部」とは、複合共振電極において横並びに配置された複数の突起部のうち最も外側に位置するとともに電気信号が出力される突起部のことである。またさらに、「入力段の複合共振電極」とは、横並びに配置された複数の複合共振電

極のうち最も外側に位置するとともに電気信号が入力される複合共振電極のことであり、「出力段の複合共振電極」とは、横並びに配置された複数の複合共振電極のうち最も外側に位置するとともに電気信号が出力される複合共振電極のことである。またさらに、入力結合電極の「電気信号入力点」とは、入力結合電極に対して電気信号が入力される位置のことであり、出力結合電極の「電気信号出力点」とは、出力結合電極から電気信号が出力される位置のことである。

図面の簡単な説明

[0004] 本発明の目的、特色、および利点は、下記の詳細な説明と図面とからより明確になるであろう。

[図1]本発明の第1の実施形態の複合共振器の構造の一例を模式的に示す分解斜視図である。

[図2]図1に示す複合共振器の上下面および層間を模式的に示す平面図である。

[図3]図1に示す複合共振器の電気特性のシミュレーション結果を示す図である。

[図4]本発明の第2の実施形態のバンドパスフィルタを模式的に示す分解斜視図である。

[図5]図4に示すバンドパスフィルタの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

[図6]本発明の第2の実施形態のバンドパスフィルタの電気特性のシミュレーション結果を示す図である。

[図7]本発明の第3の実施形態のバンドパスフィルタを模式的に示す分解斜視図である。

[図8]図7に示すバンドパスフィルタの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

[図9]本発明の第4の実施形態のバンドパスフィルタの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

[図10]本発明の第3および第4の実施形態のバンドパスフィルタの電気特性のシミュレーション結果を示す図である。

[図11]本発明の第5の実施形態のダイプレクサを模式的に示す外観斜視図である。

[図12]図11に示すダイプレクサの模式的な分解斜視図である。

[図13]図11に示すダイプレクサの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

[図14]図11のP-P'線断面図である。

[図15]本発明の第6の実施形態のダイプレクサを模式的に示す外観斜視図である。

[図16]図15に示すダイプレクサの模式的な分解斜視図である。

[図17]図15に示すダイプレクサの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

[図18]図15のQ-Q'線断面図である。

[図19]本発明の第7の実施形態のダイプレクサを模式的に示す分解斜視図である。

[図20]本発明の第8の実施形態のダイプレクサを模式的に示す分解斜視図である。

[図21]本発明の第9の実施形態のダイプレクサを模式的に示す分解斜視図である。

[図22]本発明の第10の実施形態のダイプレクサを模式的に示す外観斜視図である。

。

[図23]図22に示すダイプレクサの模式的な分解斜視図である。

[図24]図22のR-R'線断面図である。

[図25]本発明の第6の実施形態のダイプレクサの電気特性のシミュレーション結果を示す図である。

[図26]比較例のダイプレクサの電気特性のシミュレーション結果を示す図である。

[図27]本発明の第11の実施形態である、バンドパスフィルタを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器の構成例を示すブロック図である。

[図28]本発明の第12の実施形態である、ダイプレクサを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

[0005] 以下、本発明の複合共振器、バンドパスフィルタ、ダイプレクサならびにそれを用いた無線通信モジュールおよび無線通信機器を添付の図面を参照しつつ詳細に説明する。

(第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態の複合共振器の構造の一例を模式的に示す分解斜視図である。図2は図1に示す複合共振器の上下面および層間を模式的に示す

平面図である。

本実施形態のバンドパスフィルタを構成する複合共振器は、図1および図2に示すように、第1の接地電極21と、第2の接地電極22と、複合共振電極26とを備えている。積層体は、複数の誘電体層11が積層されてなる。第1の接地電極21は、積層体の下面に配置される。第2の接地電極22は、積層体の上面に配置される。複合共振電極26は、積層体の第1の層間に配置される。複合共振電極26は、基部27と帯状の複数の突起部28a、28bとによって構成される。基部27の一方端は接地される。複数の突起部28a、28bは、基部27の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置される。基部27の一方端は複合共振電極26の一方端となり、突起部28a、28bの他方端は複合共振電極26の他方端となる。複合共振電極26の一方端が接地されることによって、基部27および突起部28a、28bを合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、突起部28a、28bが第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する。また、積層体の第1の層間には複合共振電極26の周囲を取り囲むように環状接地電極25が配置されており、複合共振電極26の一方端が環状接地電極25に接続されている。さらに、積層体の第1の層間とは異なる層間Aに、入力段の突起部28aと対向して電磁界結合する入力用結合電極48aおよび出力段の突起部28bと対向して電磁界結合する出力用結合電極48bが配置されている。そして、入力用結合電極48aおよび出力用結合電極48bは貫通導体50a、50dを介して積層体の上面に第2の接地電極22から離間して配置された入力端子電極60aおよび出力端子電極60dにそれぞれ接続されている。

このような構造を備える複合共振器は、一方端が接地されることによって、基部27および突起部28a、28bを合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、突起部28a、28bが第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する複合共振電極26を備えていることから、2つの共振周波数を有する共振器として機能する。このとき、第1の周波数においては、複合共振電極26の一方端が短絡端となり複合共振電極26の他方端が開放端となって複合共振電極26の全体が $1/4$ 波長共振器として機能し、第2の周波数においては、突起部28a、28bの一方端がほぼ短絡端となり突起部28a、28bの他方端が開放端となって突起

部28a, 28bが1/4波長共振器として機能すると考えられる。

そして、このような構造を有する本実施形態の複合共振器によれば、アース電位に接続される一方端が必然的に幅広になるため、Q値の高い共振器を得ることができる。また、第1の周波数と第2の周波数との周波数差を突起部28a, 28bの長さによってある程度任意にコントロールすることができるので、第1の周波数と第2の周波数との周波数差を所望の値に容易に設定することができる。このため、この複合共振器を用いることによって、たとえば、所望の通過帯域幅を有するバンドパスフィルタや所望の2つの周波数で発振するデュアルモード発振回路等を容易に構成することができる。よって、たとえば従来の1/4波長共振器を用いたバンドパスフィルタで得ることが困難だった非常に広い通過帯域幅を有するバンドパスフィルタを容易に構成することが可能になる。さらに、複数の突起部28a, 28bが横並びに配置されていることから、複数の複合共振電極26を横並びに並べて相互に電磁界結合させることができるため、複数の複合共振器を相互に容易かつ小型に電磁界結合させることができ、小型のバンドパスフィルタを容易に構成することが可能となる。

図3は図1および図2に示した構造を有する複合共振器の電気特性のシミュレーション結果を示すグラフである。グラフにおいて、横軸は周波数、縦軸は減衰量を表しており、入力端子電極60aをポート1、出力端子電極60dをポート2としたときの、複合共振器の通過特性(S21)および反射特性(S11)を示している。図3に示すグラフによれば、6.6GHz付近および9.6GHz付近の2カ所に共振ピークが存在し、2つの共振周波数を有する複合共振器として機能していることがわかる。

このシミュレーションにおいて、複合共振電極26は、幅が1.15mmで長さが1.05mmの矩形状の基部27の他方端に幅が0.25mmで長さが2.0mmの矩形状の入力段の突起部28aおよび出力段の突起部28bが0.65mmの間隔を隔てて配置される構造とした。入力用結合電極48aおよび出力用結合電極48bは、幅が0.25mmで長さが1.0mmの矩形状とし、長さ0.2mm分だけ入力段の突起部28aおよび出力段の突起部28bにそれぞれ対向するようにした。入力端子電極60aおよび出力端子電極60dは一辺が0.3mmの正方形とした。第1の接地電極21、第2の接地電極22、および環状接地電極25の外形は長さが5.0mmで幅が3.5mmの矩形状とし、

環状接地電極25の開口部は幅が2.7mmで長さが3.75mmの矩形状とした。全体の形状は幅が5.0mmで長さが3.5mmで厚みが0.98mmの直方体状とした。複合共振電極26が配置された層間と入力用結合電極48aおよび出力用結合電極48bが配置された層間との間隔(それぞれの層間に配置された各種電極同士の間隔)は0.065mmとした。各種電極の厚みは0.01mmとし、貫通導体50a, 50dの直径は0.1mmとした。誘電体層11の比誘電率は9.45とした。

なお、図1および図2に示した複合共振器においては、積層体の第1の層間に複合共振電極26および環状接地電極25が配置されて積層体の上面および下面に第1の接地電極21および第2の接地電極22が配置された例を示したが、第2の接地電極22および環状接地電極25は必ずしも必要ではなく、複合共振電極26は積層体の上面に配置されても構わない。また、入力用結合電極48aおよび出力用結合電極48bは、複合共振電極と同じ層間に配置されてもよく、複数の複合共振器が結合する場合等においては入力段および出力段の複合共振器に対してどちらかがあればよい。入力端子電極60aおよび出力端子電極60dも必ず必要なものではない。

(第2の実施形態)

図4は本発明の第2の実施形態のバンドパスフィルタを模式的に示す分解斜視図であり、図5は図4に示すバンドパスフィルタの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

なお、本実施形態においては、前述した第1の実施形態と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

本実施形態のバンドパスフィルタは、図4および図5に示すように、積層体と、第1の接地電極21と、第2の接地電極22と、複合共振電極26と、環状接地電極25とを備えている。また、積層体の層間Aに、入力段の突起部28aと対向して電磁界結合する入力結合電極40aおよび出力段の突起部28bと対向して電磁界結合する出力結合電極40dが配置されている。そして、入力結合電極40aおよび出力結合電極40dは貫通導体50a, 50dを介して積層体の上面に第2の接地電極22から離間して配置された入力端子電極60aおよび出力端子電極60dにそれぞれ接続されている。よって

、入力結合電極40aの電気信号入力点45aは入力結合電極40aと貫通導体50aとの接続点であり、出力結合電極40dの電気信号出力点45dは出力結合電極40dと貫通導体50dとの接続点である。

またさらに、本実施形態のバンドパスフィルタにおいては、電気信号入力点45aは、入力結合電極40aにおいて、複合共振電極26との対向部の中央よりも複合共振電極26の他方端に近い側に位置しており、電気信号出力点45dは、出力結合電極40dにおいて、複合共振電極26との対向部の中央よりも複合共振電極26の他方端に近い側に位置している。

このような構造を有する本実施形態のバンドパスフィルタは、入力端子電極60aおよび貫通導体50aを介して入力結合電極40aの電気信号入力点45aに外部回路からの電気信号が入力されると、入力結合電極40aと電磁界結合する複合共振電極26が共振し、複合共振電極26と電磁界結合する出力結合電極40dの電気信号出力点45dから貫通導体50dおよび出力端子電極60dを介して外部回路に電気信号が出力される。このとき、複合共振電極26が共振する第1の周波数および第2の周波数を含む周波数帯域の信号が選択的に通過するため、バンドパスフィルタとして機能する。

本実施形態のバンドパスフィルタは、基部27および突起部28a、28bを合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、突起部28a、28bが第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する複合共振電極26を備える。したがって、第1の周波数と第2の周波数との周波数差を突起部28a、28bの長さによってある程度任意にコントロールすることができるので、広く且つ所望の幅の通過帯域を有するバンドパスフィルタを容易に得ることができる。

また、本実施形態のバンドパスフィルタは、積層体の複合共振電極26が配置された層間とは異なる層間に配置された、複合共振電極26における入力段の突起部28aと対向して電磁界結合する帯状の入力結合電極40aと、積層体の複合共振電極26が配置された層間とは異なる層間に配置された、複合共振電極26における出力段の突起部28bと対向して電磁界結合する帯状の出力結合電極40dとを備えることから、入力結合電極40aおよび出力結合電極40dと複合共振電極26とがブロードサイ

ド結合によって強く電磁界結合するので、広い通過帯域の全体に渡って平坦で低損失な通過特性を有するバンドパスフィルタを得ることができる。

さらに、本実施形態のバンドパスフィルタによれば、電気信号入力点45aは、入力結合電極40aにおいて、複合共振電極26との対向部の中央よりも複合共振電極26の他方端に近い側に位置しており、電気信号出力点45dは、出力結合電極40dにおいて、複合共振電極26との対向部の中央よりも複合共振電極26の他方端に近い側に位置していることから、入力結合電極40aおよび出力結合電極40dと複合共振電極26とがインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合するので、広い通過帯域の全体に渡ってより平坦で低損失な通過特性を有するバンドパスフィルタを得ることができる。

図6は図4および図5に示した構造を有する本発明の第2の実施形態のバンドパスフィルタの電気特性のシミュレーション結果を示すグラフである。グラフにおいて、横軸は周波数、縦軸は減衰量を表しており、入力端子電極60aをポート1、出力端子電極60dをポート2としたときの、バンドパスフィルタの通過特性(S21)および反射特性(S11)を示している。図6に示すグラフによれば、7GHz付近から11GHz付近にかけての比帯域で40%を超えるような非常に広い通過帯域の全体において平坦で低損失な通過特性が得られており、本発明の複合共振器の有効性が確認できた。

なお、このシミュレーションにおいて、複合共振電極26は、幅が1.15mmで長さが1.05mmの矩形状の基部27の他方端に幅が0.25mmで長さが2.0mmの矩形状の入力段の突起部28aおよび出力段の突起部28bが0.65mmの間隔を隔てて配置される構造とした。入力結合電極40aおよび出力結合電極40dは、幅が0.25mmで長さが3.0mmの矩形状とした。入力端子電極60aおよび出力端子電極60dは一边が0.3mmの正方形とした。第1の接地電極21、第2の接地電極22、および環状接地電極25の外形は長さが5.0mmで幅が3.5mmの矩形状とし、環状接地電極25の開口部は幅が2.7mmで長さが3.75mmの矩形状とした。バンドパスフィルタ全体の形状は幅が5.0mmで長さが3.5mmで厚みが0.98mmの直方体状とし、厚み方向の中央に複合共振電極26が位置するようにした。複合共振電極26が配置さ

れた層間と入力結合電極40aおよび出力結合電極40dが配置された層間との間隔(それぞれの層間に配置された各種電極同士の間隔)は0.065mmとした。各種電極の厚みは0.01mmとし、貫通導体50a, 50dの直径は0.1mmとした。誘電体層11の比誘電率は9.45とした。

また、図4および図5に示した本実施形態のバンドパスフィルタにおいては、入力結合電極40aおよび出力結合電極40dと複合共振電極26とがインターデジタル型に電磁界結合するように配置された例を示したが、入力結合電極40aおよび出力結合電極40dと複合共振電極26とがコムライン型に結合するように配置されても構わない。

(第3の実施形態)

図7は本発明の第3の実施形態のバンドパスフィルタを模式的に示す分解斜視図であり、図8は図7に示すバンドパスフィルタの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

なお、本実施形態においては、前述した第2の実施形態と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

本実施形態のバンドパスフィルタは、図7および図8に示すように、第2の実施形態の複合共振電極26と同じ構造および機能を備える入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30が積層体の第1の層間にその一方端と他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合しており、入力段の複合共振電極29における入力段の突起部28aと対向して電磁界結合するように入力結合電極40aが配置され、出力段の複合共振電極30における出力段の突起部28bと対向して電磁界結合するように出力結合電極40dが配置されている。

このような構造を有する本実施形態のバンドパスフィルタは、入力端子電極60aおよび貫通導体50aを介して入力結合電極40aの電気信号入力点45aに外部回路からの電気信号が入力されると、入力結合電極40aと電磁界結合する入力段の複合共振電極29およびこれと電磁界結合する出力段の複合共振電極30が共振し、出力段の複合共振電極30と電磁界結合する出力結合電極40dの電気信号出力点45dか

ら貫通導体50dおよび出力端子電極60dを介して外部回路に電気信号が出力される。このとき、入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30が共振する第1の周波数および第2の周波数を含む周波数帯域の信号が選択的に通過するため、バンドパスフィルタとして機能する。

本実施形態のバンドパスフィルタは、積層体の第1の層間にその一方端と他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合する複数の複合共振電極29, 30を備える。これにより、複合共振電極の数に応じて多数の共振ピークを得ることができる。また、複合共振電極29, 30が相互にインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合するため、それぞれの共振ピークのための周波数間隔を大きくすることができる。これらの効果によって、非常に広い通過帯域を有するバンドパスフィルタを容易に得ることができる。

また、本実施形態のバンドパスフィルタは、積層体の複合共振電極29, 30が配置された層間とは異なる層間に配置された、入力段の複合共振電極29における入力段の突起部28aと対向して電磁界結合する帯状の入力結合電極40aと、積層体の複合共振電極29, 30が配置された層間とは異なる層間に配置された、出力段の複合共振電極30における出力段の突起部28bと対向して電磁界結合する帯状の出力結合電極40dとを備える。これにより、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29とがブロードサイド結合によって強く電磁界結合し、出力結合電極40dと出力段の複合共振電極30とがブロードサイド結合によって強く電磁界結合するので、非常に広い通過帯域の全体に渡って平坦で低損失な通過特性を有するバンドパスフィルタを得ることができる。

さらに、本実施形態のバンドパスフィルタによれば、電気信号入力点45aは、入力結合電極40aにおいて、入力段の複合共振電極29との対向部の中央よりも入力段の複合共振電極29の他方端に近い側に位置しており、電気信号出力点45dは、出力結合電極40dにおいて、出力段の複合共振電極30との対向部の中央よりも出力段の複合共振電極30の他方端に近い側に位置している。これにより、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29とがインターデジタル型に電磁界結合されることに

よって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合し、出力結合電極40dと出力段の複合共振電極30とがインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合するので、非常に広い通過帯域の全体に渡ってより平坦で低損失な通過特性を有するバンドパスフィルタを得ることができる。

(第4の実施形態)

図9は本発明の第4の実施形態のバンドパスフィルタの上下面および層間を模式的に示す平面図である。

なお、本実施形態においては、前述した第3の実施形態と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

本実施形態のバンドパスフィルタは、図9に示すように、入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30における入力段の突起部28aおよび出力段の突起部28bの間に位置する部分に、積層体を貫通するように配置されて両端が第1の接地電極21および第2の接地電極22に接続された複数の貫通導体50tが配置された構造を備えている。

このような構造を備える本実施形態のバンドパスフィルタによれば、接地された貫通導体50tによって、入力結合電極40aと出力結合電極40dとの間の直接的な電磁界結合をととても小さくすることができるので、通過帯域以外の周波数領域における減衰量が増大した優れた通過特性を有するバンドパスフィルタを得ることができる。

図10は図7および図8に示した構造を有する第3の実施形態のバンドパスフィルタ(BPF2)ならびに図9に示した構造を有する第4の実施形態のバンドパスフィルタ(BPF3)の電気特性のシミュレーション結果を示すグラフである。グラフにおいて、横軸は周波数、縦軸は減衰量を表しており、入力端子電極60aをポート1、出力端子電極60dをポート2としたときの、バンドパスフィルタの通過特性(S21)を示している。図10に示すグラフによれば、両方のバンドパスフィルタにおいて、6GHz付近から10GHz付近にかけての比帯域で50%程度の非常に広い通過帯域の全体において平坦で低損失な通過特性が得られており、本発明の有効性が確認できた。また、第4の実

施形態のバンドパスフィルタは、第3の実施形態のバンドパスフィルタと比較して通過帯域よりも高周波側の周波数領域において最大20dB程度も減衰量が増加していることから、第4の実施形態のバンドパスフィルタにおける複数の貫通導体50tによってバンドパスフィルタの通過特性が改善されることを確認できた。

このシミュレーションにおいて、入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30は、幅が1.05mmで長さが0.9mmの矩形状の基部27の他方端に幅が0.25mmで長さが2.15mmの矩形状の入力段の突起部28aおよび出力段の突起部28bが0.6mmの間隔を隔てて配置される構造とし、各々の一方端と他方端とが互い違いになるように0.21mmの間隔を隔てて横並びに配置した。入力結合電極40aおよび出力結合電極40dは、幅が0.25mmで長さが3.0mmの矩形状とした。入力端子電極60aおよび出力端子電極60dは一辺が0.3mmの正方形とした。第1の接地電極21、第2の接地電極22および環状接地電極25の外形は長さが5.0mmで幅が4.5mmの矩形状とし、環状接地電極25の開口部は幅が3.7mmで長さが3.25mmの矩形状とした。バンドパスフィルタ全体の形状は長さが5.0mmで幅が4.5mmで厚みが0.98mmの直方体状とし、厚み方向の中央に複合共振電極29、30が位置するようにした。複合共振電極29、30が配置された層間と入力結合電極40aおよび出力結合電極40dが配置された層間との間隔(それぞれの層間に配置された各種電極同士の間隔)は0.065mmとした。各種電極の厚みは0.01mmとし、貫通導体50a、50d、50tの直径は0.1mmとした。誘電体層11の比誘電率は9.45とした。

(第5の実施形態)

図11は本発明の第5の実施形態のダイプレクサを模式的に示す外観斜視図である。図12は図11に示すダイプレクサの模式的な分解斜視図である。図13は図11に示すダイプレクサの上下面および層間を模式的に示す平面図である。図14は図11のP-P'線断面図である。

なお、本実施形態においては、前述した第3の実施形態と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

本実施形態のダイプレクサは、図11～図14に示すように、積層体10と、第1の接地電極21と、第2の接地電極22と、複数の複合共振電極29, 30と、帯状の複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dとを備えている。各複合共振電極29, 30は、一方端が接地されることによって、基部27および突起部28a, 28bを合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、突起部28a, 28bが第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する。複数の複合共振電極29, 30は、積層体10の第1の層間にその一方端と他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合する。複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dは、積層体10の第1の層間とは異なる第2の層間に相互に電磁界結合するように横並びに配置され、それぞれ一方端が接地されて第1の周波数および第2の周波数とは異なる第3の周波数で共振する共振器として機能する。なお、本実施形態のダイプレクサにおいては、第3の周波数を第1の周波数よりも低く設定している。

また、本実施形態のダイプレクサは、帯状の入力結合電極40aと、帯状の第1の出力結合電極40bと、帯状の第2の出力結合電極40cとを備えている。入力結合電極40aは、積層体10の第1の層間と第2の層間との間に位置する層間Aに配置され、複数の複合共振電極29, 30のうちの入力段の複合共振電極29における複数の突起部28a, 28bのうちの入力段の突起部28aと対向して電磁界結合し、かつ複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dのうちの入力段の単一共振電極31aと対向して電磁界結合するとともに、電気信号が入力される電気信号入力点45aを有する。第1の出力結合電極40bは、積層体10の第1の層間とは異なる層間Aに配置され、複数の複合共振電極29, 30のうちの出力段の複合共振電極30における複数の突起部28a, 28bのうちの出力段の突起部28bと対向して電磁界結合するとともに、電気信号が出力される第1の電気信号出力点45bを有する。第2の出力結合電極40cは、積層体10の第2の層間と異なる層間Aに配置され、複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dのうちの出力段の単一共振電極31bと対向して電磁界結合するとともに、電気信号が出力される第2の電気信号出力点45cを有する。

さらに、本実施形態のダイプレクサは、積層体10の第1の層間に複数の複合共振

電極29, 30の周囲を取り囲むように環状に形成され、複数の複合共振電極29, 30の一方端が接続された第1の環状接地電極23と、第2の層間に複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dの周囲を取り囲むように環状に形成され、複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dの一方端が接続された第2の環状接地電極24とを備えている。

またさらに、入力結合電極40aが貫通導体50aを介して積層体10の上面に配置された入力端子電極60aに接続されており、第1の出力結合電極40bが貫通導体50bを介して積層体10の上面に配置された第1の出力端子電極60bに接続されており、第2の出力結合電極40cが貫通導体50cを介して積層体10の上面に配置された第2の出力端子電極60cに接続されている。よって、入力結合電極40aと貫通導体50aとの接続点が入力結合電極40aに対して電気信号が入力される電気信号入力点45aとなり、第1の出力結合電極40bと貫通導体50bとの接続点が入力結合電極40bから電気信号が出力される第1の電気信号出力点45bとなり、第2の出力結合電極40cと貫通導体50cとの接続点が入力結合電極40cから電気信号が出力される第2の電気信号出力点45cとなる。

このような構成を備える本実施形態のダイプレクサにおいては、入力端子電極60aおよび貫通導体50aを介して入力結合電極40aの電気信号入力点45aに外部回路からの電気信号が入力されると、入力結合電極40aと電磁界結合する入力段の複合共振電極29が励振されることによって、相互に電磁界結合する複数の複合共振電極29, 30が共振し、出力段の複合共振電極30と電磁界結合する第1の出力結合電極40bの第1の電気信号出力点45bから貫通導体50bおよび第1の出力端子電極60bを介して外部回路に電気信号が出力される。このとき、複数の複合共振電極29, 30が共振する周波数を含む第1周波数帯域の信号が選択的に通過するため、これによって、第1の通過帯域が形成される。

また、本実施形態のダイプレクサにおいては、入力端子電極60aおよび貫通導体50aを介して入力結合電極40aの電気信号入力点45aに外部回路からの電気信号が入力されると、入力結合電極40aと電磁界結合する入力段の単一共振電極31aが励振されることによって、相互に電磁界結合する複数の単一共振電極31a, 31b, 31c

、31dが共振し、出力段の単一共振電極31bと電磁界結合する第2の出力結合電極40cの第2の電気信号出力点45cから貫通導体50cおよび第2の出力端子電極60cを介して外部回路に電気信号が出力される。このとき、複数の単一共振電極31a、31b、31c、31dが共振する周波数を含む第2周波数帯域の信号が選択的に通過するため、これによって、第2の通過帯域が形成される。

こうして、本実施形態のダイプレクサは、入力端子電極60aから入力された信号を周波数に応じて分波して第1の出力端子電極60bおよび第2の出力端子電極60cから出力するダイプレクサとして機能する。

本実施形態のダイプレクサにおいて、第1の接地電極21は積層体10の下面の全面に配置されており、第2の接地電極22は積層体10の上面の入力端子電極60a、第1の出力端子電極60bおよび第2の出力端子電極60cの周囲を除いたほぼ全面に配置されており、どちらも接地されて、複数の複合共振電極29、30および複数の単一共振電極31a、31b、31c、31dと共にストリップライン共振器を構成している。また、第1の環状接地電極23および第2の環状接地電極24は、自身が接地されることによって、複合共振電極29、30および複数の単一共振電極31a、31b、31c、31dの一方端を接地するとともに、複合共振電極29、30および複数の単一共振電極31a、31b、31c、31dから発生する電磁波の周囲への漏洩を抑制する機能を有する。この機能はダイプレクサがモジュール基板等の基板内の一領域に形成されているときに特に有用である。

また、複合共振電極29、30は、一方端(すなわち基部27の一方端)が接地されることによって、基本的には、基部27および突起部28a、28bを合わせた全体が第1の周波数で共振する1/4波長共振器として機能するとともに、突起部28a、28bが第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する1/4波長共振器として機能する。よって、基部27と突起部28a、28bとを合わせた全体の長さは、第1の周波数における波長の1/4にほぼ等しく、突起部28a、28bの長さは第2の周波数における波長の1/4にほぼ等しい。突起部28aおよび突起部28bの長さは基本的には等しく設定するが、他の電極との結合状態等によって長さを若干異ならせた方がよい場合もある。また、突起部の本数を3本以上にしてもよいが、小型化のためには2本にした方がよい

。

帯状の複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dは、それぞれ一方端が第2の環状接地電極24に接続されて接地されることによって第3の周波数で共振する1/4波長共振器として機能する。そして、それぞれの電気長は第3の周波数における波長の1/4程度に設定される。

また、複数の複合共振電極29, 30は、積層体10の第1の層間に横並びに配置されて相互にエッジ結合しており、複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dは、積層体10の第2の層間に横並びに配置されて相互にエッジ結合している。横並びに配置された複数の複合共振電極29, 30同士の間隔および複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31d同士の間隔は、小さい方が強い結合が得られるが、間隔を小さくすると製造が困難になるので、たとえば、0.05～0.5mm程度に設定される。そして、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとの間隔、ならびに第1の出力結合電極40bと出力段の複合共振電極30との間隔および第2の出力結合電極40cと出力段の単一共振電極31bとの間隔については、小さくすると結合は強くなるが製造上は難しくなるので、たとえば、0.01～0.5mm程度に設定される。

本実施形態のダイプレクサによれば、基部27および突起部28a, 28bを合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、突起部28a, 28bが第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する複合共振電極29, 30を備えることから、第1の周波数と第2の周波数との周波数差を突起部28a, 28bの長さによってある程度任意にコントロールすることができるので、複合共振電極29, 30によって形成される通過帯域の幅を、広く且つ所望の幅に設定することが容易にできる。

また、本実施形態のダイプレクサによれば、複数の複合共振電極29, 30が積層体10の第1の層間にその一方端と他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合していることから、多数の共振ピークを得ることができるとともに、複数の複合共振電極29, 30が相互にインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合す

るため、それぞれの共振ピークの間、の周波数間隔を大きくすることができるので、複合共振電極29, 30によって形成される通過帯域の幅を非常に広いものにすることができる。

さらに、本実施形態のダイプレクサによれば、入力段の複合共振電極29における入力段の突起部28aと誘電体層11を間に挟んで対向して電磁界結合する入力結合電極40aと、出力段の複合共振電極30における出力段の突起部28bと誘電体層11を間に挟んで対向して電磁界結合する第1の出力結合電極40bとを備えることから、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29とがブロードサイド結合によって強く電磁界結合し、第1の出力結合電極40bと出力段の複合共振電極30とがブロードサイド結合によって強く電磁界結合するので、複合共振電極29, 30によって形成される非常に広い通過帯域の全体に渡って平坦で低損失な通過特性を有するダイプレクサを得ることができる。

またさらに、本実施形態のダイプレクサによれば、電気信号入力点45aは、入力結合電極40aにおいて、入力段の複合共振電極29との対向部の中央よりも入力段の複合共振電極29の他方端に近い側に位置しており、第1の電気信号出力点45bは、第1の出力結合電極40bにおいて、出力段の複合共振電極30との対向部の中央よりも出力段の複合共振電極30の他方端に近い側に位置していることから、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29とがインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合し、第1の出力結合電極40bと出力段の複合共振電極30とがインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合するので、複合共振電極29, 30によって形成される非常に広い通過帯域の全体に渡ってより平坦で低損失な通過特性を有するダイプレクサを得ることができる。

なお、本実施形態のダイプレクサによれば、入力段の複合共振電極29の一方端と入力段の単一共振電極31aの一方端とが同じ側に位置していることから、このように、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとをブロードサイド結合させるとともにインターデジタル型に結合させることができる。

さらにまた、本実施形態のダイプレクサによれば、電気信号入力点45aは、入力結合電極40aにおいて、入力段の単一共振電極31aとの対向部の中央よりも入力段の単一共振電極31aの他方端に近い側に位置しており、第2の電気信号出力点45cは、第2の出力結合電極40cにおいて、出力段の単一共振電極31bとの対向部の中央よりも出力段の単一共振電極31bの他方端に近い側に位置していることから、入力結合電極40aと入力段の単一共振電極31aとがインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合し、第1の出力結合電極40bと出力段の単一共振電極31bとがインターデジタル型に電磁界結合されることによって、磁界による結合と電界による結合とが加算されて相互に強く電磁界結合するので、複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dによって形成される非常に広い通過帯域の全体に渡ってより平坦で低損失な通過特性を有するダイプレクサを得ることができる。

またさらに、本実施形態のダイプレクサによれば、複合共振電極29, 30と単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dとが直接電磁界結合することによって生じる第1の出力結合電極40bと第2の出力結合電極40cとの間のアイソレーションの悪化を防止することができる。これは、複合共振電極29, 30と単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dの形状が異なるために、複合共振電極29, 30と単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dとが相互に電磁界結合し難いためではないかと考えられる。

さらにまた、本実施形態のダイプレクサによれば、第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cが、平面視したときに入力結合電極40aを間に挟んで互いに反対側に位置していることから、第1の出力結合電極40bと第2の出力結合電極40cとの間の電磁気的な結合による第1の出力結合電極40bと第2の出力結合電極40cとの間のアイソレーションの悪化をさらに防止することができる。

またさらに、本実施形態のダイプレクサによれば、入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aが入力結合電極40aを間に挟んで互いに対向するとともに、これらからそれぞれ反対側に遠ざかるようにその他の複合共振電極30および単一共振電極31b, 31c, 31dが配置されている。これにより、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとをブロードサイド結

合させるとともに、複数の複合共振電極29、30と複数の単一共振電極31a、31b、31c、31dとの間のアイソレーションを最大限に確保することができる。よって、2つの広い通過帯域の両方が平坦で低損失な通過特性を有するとともに、第1の出力端子電極60bと第2の出力端子電極60cとの間のアイソレーションが十分に確保されたダイプレクサを得ることができる。

(第6の実施形態)

図15は本発明の第6の実施形態のダイプレクサを模式的に示す外観斜視図である。図16は図15に示すダイプレクサの模式的な分解斜視図である。図17は図15に示すダイプレクサの上下面および層間を模式的に示す平面図である。図18は図15のQ-Q'線断面図である。なお、本実施形態においては前述した第5の実施形態と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

本実施形態のダイプレクサにおいては、図15～図18に示すように、入力結合電極40aは、帯状の第1の入力結合導体41aと、帯状の第2の入力結合導体42aと、入力側接続導体43aおよび入力側接続補助導体44aとを含む。第1の入力結合導体41aは、積層体10の第1の層間と第2の層間との間に位置する層間Aに配置され、入力段の単一共振電極31aと対向する。第2の入力結合導体42aは、積層体10の第1の層間と層間Aとの間に位置する層間Bに配置され、入力段の複合共振電極29の入力段の突起部28aと対向する。入力側接続導体43aおよび入力側接続補助導体44aは、第1の入力結合導体41aおよび第2の入力結合導体42aを接続する。この構成により、入力結合電極40aが1層の電極である場合と比較すると、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとの間の間隔を維持したままで、入力段の複合共振電極29と入力段の単一共振電極31aとの間の間隔を広げることが可能になる。このため、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとの間の電磁界結合を弱めることなく、入力段の複合共振電極29と入力段の単一共振電極31aとの間の直接的な電磁界結合を弱めることができる。これによって、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとの間の電磁界結合をさらに強めることができる。

またさらに、本実施形態のダイプレクサによれば、第1の入力結合導体41aおよび第2の入力結合導体42aの対向領域の中央よりも入力側接続導体43aと反対側に電気信号入力点45aが配置されていることから、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとの間の電磁界結合をさらに強めることができる。このメカニズムは、第1の入力結合導体41aと第2の入力結合導体42aとが入力側接続補助導体44aによって接続されることにより、入力結合電極40aの開放端付近において第1の入力結合導体41aと第2の入力結合導体42aとの間の電位差が小さくなるため、第1の入力結合導体41aと第2の入力結合導体42aとの間の電磁界結合が小さくなるので、第1の入力結合導体41aと入力段の単一共振電極31aとの間の電磁界結合が強くなるとともに、第2の入力結合導体42aと入力段の複合共振電極29との間の電磁界結合が強くなるためであると推定される。

さらにまた、本実施形態のダイプレクサによれば、入力側接続補助導体44aは第1の入力結合導体41aおよび第2の入力結合導体42aの対向領域における中央に対して電気信号入力点45aおよび入力側接続導体43aが配置された側と反対側の端部に配置されていることから、入力結合電極40aの開放端付近において、第1の入力結合導体41aと第2の入力結合導体42aとの間の電位差を最も小さくすることができるので、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとの間の電磁界結合をさらに強めることができる。

またさらに、本実施形態のダイプレクサによれば、入力側接続導体43aおよび入力側接続補助導体44aが第1の入力結合導体41aおよび第2の入力結合導体42aの対向領域の両端部に配置されていることから、第1の入力結合導体41aおよび第2の入力結合導体42の対向領域の全体に渡って互いの電位を近づけることができるので、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとの間の電磁界結合をさらに強めることができる。

また、本実施形態のダイプレクサにおいては、積層体10の層間Aには、入力段の共振補助電極32aと出力段の共振補助電極32bとが配置されている。入力段の共振補助電極32aは、第2の環状接地電極24に対向する領域を有するように配置され、貫通導体50eを介して入力段の単一共振電極31aの開放端に接続される。出力段

の共振補助電極32bは、第2の環状接地電極24に対向する領域を有するように配置され、貫通導体50fを介して出力段の単一共振電極31bの開放端に接続される。そして、積層体10の第1の層間よりも下側に位置する層間Cには、共振補助電極32c、32dが配置されている。共振補助電極32c、32dは、第2の環状接地電極24に対向する領域を有するように配置され、貫通導体50g、50hによって単一共振電極31c、31dの他方端にそれぞれ接続される。このような構成により、共振補助電極32a、32b、32c、32dのそれぞれと第2の環状接地電極24との対向部において両者の間に静電容量が生じて、共振補助電極32a、32b、32c、32dがそれぞれ接続された単一共振電極31a、31b、31c、31dと接地電位との間の静電容量に加算されるので、単一共振電極31a、31b、31c、31dのそれぞれの長さを短縮することができ、小型のダイプレクサを得ることができる。

ここで、共振補助電極32a、32b、32c、32dと第2の環状接地電極24との対向部の面積は、必要な大きさと得られる静電容量との兼ね合いから、たとえば、 $0.01 \sim 3 \text{ mm}^2$ 程度に設定される。共振補助電極32a、32b、32c、32dと第2の環状接地電極24との対向部の間隔は小さい方が大きな静電容量を生じさせることができるが製造上は難しくなるので、たとえば、 $0.01 \sim 0.5 \text{ mm}$ 程度に設定される。

さらに、本実施形態のダイプレクサは、積層体10の層間Aよりも上側に位置する層間Bに、入力結合補助電極46aと、出力結合補助電極46bとを備えている。入力結合補助電極46aは、入力段の共振補助電極32aに対向する領域を有するように配置され、貫通導体50iを介して入力結合電極40aを構成する第1の入力結合導体41aの電気信号入力点45aに接続される。出力結合補助電極46bは、出力段の共振補助電極32bに対向する領域を有するように配置され、貫通導体50jを介して第2の出力結合電極40cの第2の電気信号出力点45cに接続される。そして、入力結合補助電極46aは貫通導体50aを介して入力端子電極60aに接続されており、出力結合補助電極46bは貫通導体50cを介して第2の出力端子電極60cに接続されている。このような構成により、入力段の共振補助電極32aと入力結合補助電極46aとの間に生じる電磁界結合が入力段の単一共振電極31aと入力結合電極40aとの間の電磁界結合に加算される。また、同様に、出力段の共振補助電極32bと出力結合補助電

極46bとの間に生じる電磁界結合が出力段の単一共振電極31bと第2の出力結合電極40cとの間の電磁界結合に加算される。これによって、入力結合電極40aと入力段の単一共振電極31aとの間の電磁界結合および第2の出力結合電極40cと出力段の単一共振電極31bとの間の電磁界結合をさらに強めることができる。

このように、本実施形態のダイプレクサによれば、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29および入力段の単一共振電極31aとが非常に強く電磁界結合し、第1の出力結合電極40bと出力段の複合共振電極30とが非常に強く電磁界結合し、第2の出力結合電極40cと出力段の単一共振電極31bとが非常に強く電磁界結合することから、複数の複合共振電極29, 30および複数の単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dによって形成される非常に広い2つの通過帯域の全体に渡って、それぞれの共振モードの共振周波数の間に位置する周波数においても入力インピーダンスの不整合による反射減衰量の減少や挿入損失の増加が少ない、平坦で低損失な通過特性を得ることができる。

なお、入力結合補助電極46aおよび出力結合補助電極46bの幅は、たとえば、入力結合電極40aおよび第2の出力結合電極40cと同程度に設定される。入力結合補助電極46aおよび出力結合補助電極46bと共振補助電極32a, 32bとの間の間隔は、小さい方が強い結合を生じさせる点で望ましいが製造上は難しくなるので、たとえば、0.01~0.5mm程度に設定される。

(第7、第8および第9の実施形態)

図19は本発明の第7の実施形態のダイプレクサを模式的に示す分解斜視図であり、図20は本発明の第8の実施形態のダイプレクサを模式的に示す分解斜視図であり、図21は本発明の第9の実施形態のダイプレクサを模式的に示す分解斜視図である。なお、これらの実施形態においては前述した第6の実施形態と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

図19に示す第7の実施形態のダイプレクサにおいては、単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dの全ては、各々の一方端および他方端が同じ側に揃えられてコムライン型に結合するように横並びに配置されている。図20に示す第8の実施形態のダイプレ

クサにおいては、単一共振電極31aと単一共振電極31cとがインターデジタル型に結合され、単一共振電極31cと単一共振電極31dとがコムライン型に結合され、単一共振電極31dと単一共振電極31bとがインターデジタル型に結合されるように横並びに配置されている。図21に示す第9の実施形態のダイプレクサにおいては、単一共振電極31aと単一共振電極31cとがコムライン型に結合され、単一共振電極31cと単一共振電極31dとがインターデジタル型に結合され、単一共振電極31dと単一共振電極31bとがコムライン型に結合に結合されるように横並びに配置されている。この単一共振電極31b, 31c, 31dの一方端と他方端との位置関係の変化に応じて、共振補助電極32b, 32c, 32d、第2の出力結合電極40cおよび出力結合補助電極46bの位置および向きも変わっている。

このような構成を備える第7～第9の実施形態のダイプレクサにおいても、前述した第6の実施形態のダイプレクサと同様な効果を得ることができる。

(第10の実施形態)

図22は本発明の第10の実施形態のダイプレクサを模式的に示す外観斜視図である。図23は図22に示すダイプレクサの模式的な分解斜視図である。図24は図22のR-R'線断面図である。なお、本実施形態においては前述した第5の実施形態と異なる点のみについて説明し、同様の構成要素については同一の参照符号を用いて重複する説明を省略する。

本実施形態のダイプレクサは、図22～図24に示すように、積層体は第1の積層体10aおよびその上に配置された第2の積層体10bによって構成されており、第1の接地電極21は第1の積層体10aの下面に配置されており、第2の接地電極22は第2の積層体10bの上面に配置されており、複合共振電極29, 30および第1の環状接地電極23が配置された第1の層間は第2の積層体10b中の層間であり、単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dおよび第2の環状接地電極24が配置された第2の層間は第1の積層体10a中の層間であり、入力結合電極40a, 第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cは第1の積層体10aと第2の積層体10bとの間の層間に配置されている。なお、第1の積層体10aは複数の誘電体層11aが積層されて構成されており、第2の積層体10bは複数の誘電体層11bが積層されて構成されている。

このような構成を備える本実施形態のダイプレクサによれば、互いに共振周波数の異なる複合共振電極29, 30および単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dのそれぞれが配置された領域が入力結合電極40a, 第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cが配置された層間を境にして第1の積層体10aと第2の積層体10bとに分割されるので、第1の積層体10aおよび第2の積層体10bをそれぞれ構成する誘電体層の物性を異ならせることによって所望の電気特性を容易に得ることが可能となる。たとえば、共振周波数が低いために複合共振電極29, 30よりも長い単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dが配置された第1の積層体10aを構成する誘電体層11aの誘電率を第2の積層体10bを構成する誘電体層11bの誘電率よりも高くすることにより、単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dの長さを短縮することができるので、ダイプレクサ中の無駄なスペースを無くしてダイプレクサを小型化することができる。

また、本実施形態のダイプレクサは、入力結合電極40a, 第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cが配置された層間を間に挟んで上下に分かれて配置された電極同士における電磁界結合を必要としない構造であるため、入力結合電極40a, 第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cが配置された層間を境にして第1の積層体10aと第2の積層体10bとに分割することによって、第1の積層体10aと第2の積層体10bとの間に位置ずれが生じた場合や第1の積層体10aと第2の積層体10bとの境界に空気層が介在する場合等の電気特性の悪化を最小限に抑えることができる。さらに、たとえば、第1の積層体10aがダイプレクサが構成される領域以外の領域の表面に他の電子部品等が搭載されるモジュール用基板である場合には、ダイプレクサの一部が第2の積層体10b中に配置されることによって、モジュール用基板の厚みを薄くすることができるので、モジュール全体の厚みを薄くすることが可能なダイプレクサ付き基板を得ることができる。

図15～図18に示した第6の実施形態のダイプレクサの電気特性を有限要素法を用いたシミュレーションによって算出した。

算出条件としては、入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30は、幅が1.05mmで長さが0.95mmの矩形状の基部27の他方端に幅が0.25mmで長さが2.1mmの矩形状の入力段の突起部28aおよび幅が0.2mmで長さが2.2

5mmの矩形状の出力段の突起部28bが0.6mmの間隔を隔てて配置される構造とし、各々の一方端と他方端とが互い違いになるように0.25mmの間隔を隔てて横並びに配置した。単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dは幅が0.3mmで長さ3.6mmの矩形状とし、単一共振電極31aと31cとの間隔は0.2mmとし、単一共振電極31cと31dとの間隔は0.27mmとし、単一共振電極31dと31bとの間隔は0.2mmとした。入力段の共振補助電極32aおよび出力段の共振補助電極32bは、それぞれ単一共振電極31a, 31bの他方端から0.2mm離れた場所に配置した幅が0.45mmで長さが0.49mmの矩形と、それから単一共振電極31a, 31bに向かう幅が0.2mmで長さが0.5mmの矩形とを接合した形状とした。その他の共振補助電極32c, 32dは、それぞれ単一共振電極31c, 31dの他方端から0.2mm離れた場所に配置した幅が0.47mmで長さが0.5mmの矩形と、それから単一共振電極31c, 31dに向かう幅が0.2mmで長さが0.5mmの矩形とを接合した形状とした。

第1の入力結合導体41aは幅が0.25mmで長さが3.7mmの矩形状の先端に結合を調整する目的で幅が0.45mmで長さが0.4mmの延長部を付加した形状とした。第2の入力結合導体42aは幅が0.25mmで長さが2.6mmの矩形状の先端に結合を調整する目的で幅が0.45mmで長さが0.4mmの延長部を付加した形状とした。そして、ビアホールからなる入力側接続導体43aおよび入力側接続補助導体44aによって第1の入力結合導体41aおよび第2の入力結合導体42aを接続して入力結合電極40aを構成した。第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cは幅が0.25mmで長さが3.2mmの矩形状とした。入力結合補助電極46aおよび出力結合補助電極46bは幅が0.25mmで長さが1.1mmの矩形状とした。

入力端子電極60a, 第1の出力端子電極60bおよび第2の出力端子電極60cは一边が0.3mmの正方形とした。第1の接地電極21, 第2の接地電極22, 第1の環状接地電極23および第2の環状接地電極24の外形は幅が5mmで長さが6mmとし、第1の環状接地電極23の開口部は幅が3.75mmで長さが4.9mmの矩形状とし、第2の環状接地電極24の開口部は幅が3.25mmで長さが3.9mmの矩形状とした。ダイプレクサ全体の形状は幅が5mmで長さが6mmで厚みが0.98mmの直方体形状とし、層間Bが厚み方向のほぼ中央に位置するようにした。第1の層間, 第2の層間

、層間A、層間Bおよび層間Cのうち隣り合う層間の間隔(隣り合う層間に配置された各種電極同士の間隔)はそれぞれ0.065mmとした。各種電極の厚みは0.01mmとし、各種貫通導体の直径は0.1mmとした。誘電体層11の比誘電率は9.45とした。

図25はそのシミュレーション結果を示すグラフである。図26は、2つの複合共振電極29、30が、相互にインターデジタル結合するように横並びに配置された4つの単一共振電極に置き換えられた以外は図15～図18に示した第6の実施形態のダイプレクサと同様の構造を備える比較例のダイプレクサの電気特性のシミュレーション結果を示すグラフである。それぞれのグラフにおいて、横軸は周波数、縦軸は減衰量を表しており、入力端子電極60aをポート1、第1の出力端子電極60bをポート2、第2の出力端子電極60cをポート3としたときの、ダイプレクサの通過特性(S21、S31)およびアイソレーション特性(S32)を示している。

図26に示したグラフによれば、2つの広い通過帯域の全体に渡って低損失な通過特性が得られているものの、単一共振電極31a、31b、31c、31dによって形成される通過帯域付近の3～5GHz程度の周波数においてS32が－20dB程度になっており、比較例のダイプレクサのアイソレーション特性に改善の余地があることがわかる。

これに対して、図25に示すグラフによれば、単一共振電極31a、31b、31c、31dによって形成される通過帯域付近の3～5GHz程度の周波数においてS32は－35dB程度であり、図26に示すグラフと比較すると15dB以上も改善されており、非常に良好なアイソレーション特性が得られている。この結果により、本発明のダイプレクサによれば、2つの広い通過帯域の全域に渡って平坦で低損失な優れた通過特性と良好なアイソレーション特性が得られることがわかり、本発明の有効性が確認できた。

(第11および第12の実施形態)

図27は本発明の第11の実施形態である、バンドパスフィルタを用いた無線通信モジュール80および無線通信機器85の構成例を示すブロック図である。図28は本発明の第12の実施形態である、ダイプレクサを用いた無線通信モジュール80Aおよび無線通信機器85Aの構成例を示すブロック図である。

本実施形態の無線通信モジュール80(80A)は、たとえば、ベースバンド信号が処

理されるベースバンド部81と、ベースバンド部81に接続されベースバンド信号の変調後および復調前のRF信号が処理されるRF部82(82A)とを備えている。

RF部82には前述の本発明のバンドパスフィルタ821(ダイプレクサ821A)が含まれており、ベースバンド信号が変調されてなるRF信号または受信したRF信号における通信帯域以外の信号をバンドパスフィルタ821(ダイプレクサ821A)によって減衰させている。

具体的な構成としては、ベースバンド部81にはベースバンドIC 811が配置され、RF部82にはバンドパスフィルタ821(ダイプレクサ821A)とベースバンド部81との間にRF IC 822が配置されている。なお、これらの回路間には別の回路が介在していてもよい。

そして、無線通信モジュール80のバンドパスフィルタ821(ダイプレクサ821A)にアンテナ84を接続することによってRF信号の送受信がなされる本実施形態の無線通信機器85(85A)が構成される。

このような構成を有する本実施形態の無線通信モジュール80および無線通信機器85によれば、通信に使用する周波数帯域の全域に渡って入力インピーダンスが良好に整合されて通過する信号の損失が小さい本発明のバンドパスフィルタ821を送信信号および受信信号の濾波に用いることにより、バンドパスフィルタ821を通過する受信信号および送信信号の減衰が少なくなるため、受信感度が向上し、また、送信信号および受信信号の増幅度を小さくできるため増幅回路における消費電力が少なくなる。よって受信感度が高く消費電力が少ない高性能な無線通信モジュール80および無線通信機器85を得ることができる。

また、このような構成を有する本実施形態の無線通信モジュール80Aおよび無線通信機器85Aによれば、通信に使用する2つの周波数帯域の全域に渡って通過する信号の損失が小さい本発明のダイプレクサ821Aを送信信号および受信信号の濾波に用いることにより、ダイプレクサ821Aを通過する受信信号および送信信号の減衰が少なくなるため、受信感度が向上し、また、送信信号および受信信号の増幅度を小さくできるため増幅回路における消費電力が少なくなる。よって受信感度が高く消費電力が少ない高性能な無線通信モジュール80Aおよび無線通信機器85Aを

得ることができる。さらに、2つの通信帯域の信号をそれぞれ通過させる2つのバンドパスフィルタが1つのダイプレクサ821Aにまとめられており、RF IC822の2つの端子とアンテナ84とを本発明のダイプレクサ821Aを介して直接接続することができるので、小型で製造コストが低い無線通信モジュール80Aおよび無線通信機器85Aを得ることができる。

前述した複合共振器、バンドパスフィルタ、ダイプレクサにおいて、誘電体層11、11a、11bの材質としては、たとえばエポキシ樹脂等の樹脂やたとえば誘電体セラミックス等のセラミックスを用いることができる。たとえば、 BaTiO_3 、 $\text{Pb}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{Nb}_{0.9}\text{O}_{12}$ 、 TiO_2 等の誘電体セラミック材料と、 B_2O_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 ZnO 等のガラス材料とからなり、800～1200℃程度の比較的低い温度で焼成が可能なガラスーセラミック材料が好適に用いられる。また、誘電体層11の厚みとしては、たとえば0.01～0.1mm程度に設定される。

前述した各種の電極および貫通導体の材質としては、たとえば、Ag、Ag-Pd、Ag-Pt等のAg合金を主成分とする導電材料やCu系、W系、Mo系、Pd系導電材料等が好適に用いられる。各種の電極の厚みは、たとえば0.001～0.2mmに設定される。

前述した複合共振器、バンドパスフィルタ、ダイプレクサは、たとえば次のようにして作製することができる。まず、セラミック原料粉末に適当な有機溶剤等を添加・混合して泥漿を作製するとともに、ドクターブレード法によってセラミックグリーンシートを形成する。次に、得られたセラミックグリーンシートにパンチングマシン等を用いて貫通導体を形成するための貫通孔を形成し、Ag、Ag-Pd、Au、Cu等の導体を含む導体ペーストを充填するとともにセラミックグリーンシートの表面に印刷法を用いて前述したのと同様の導体ペーストを塗布して導体ペースト付きセラミックグリーンシートを作製する。次に、これらの導体ペースト付きセラミックグリーンシートを積層し、ホットプレス装置を用いて圧着し、800℃～1050℃程度のピーク温度で焼成することにより作製される。

(変形例)

本発明は前述した第1～第12の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要

旨を逸脱しない範囲において種々の変更、改良が可能である。

たとえば、図7～図9に示した第3の実施形態および第4の実施形態のバンドパスフィルタにおいては、入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30の2つの複合共振電極を備えた例を示したが、入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30の間に他の複合共振電極が配置されるようにしても構わない。但し、複合共振電極の数が多すぎるとバンドパスフィルタが大型化するとともに通過する信号の損失が大きくなるため、現実的には、複合共振電極の数は10個程度以下に設定される。また、入力結合電極40aおよび出力結合電極40dと入力段の複合共振電極29および出力段の複合共振電極30とがそれぞれインターデジタル型に電磁界結合するように配置された例を示したが、入力結合電極40aと入力段の複合共振電極29とがコムライン型に結合するように配置されてもよく、出力結合電極40dと出力段の複合共振電極30とがコムライン型に結合するように配置されて構わない。

また、前述した第1～第4の実施形態のバンドパスフィルタにおいては、積層体の第1の層間に環状接地電極25が配置された例を示したが、環状接地電極25は必ずしも必要ではない。また、モジュール基板の中の一領域にバンドパスフィルタが形成される場合には入力端子電極60aおよび出力端子電極60dは必ずしも必要なく、たとえば、モジュール基板内の外部回路からの配線導体が、入力結合電極40a(または入力用結合電極48a)および出力結合電極40d(または出力用結合電極48b)に直接接続するようにしても構わない。この場合は、入力結合電極40aおよび出力結合電極40dと配線導体との接続点が、入力結合電極40aの電気信号入力点45aおよび出力結合電極40dの電気信号出力点45dとなる。さらに、入力結合電極40a(または入力用結合電極48a)と出力結合電極40d(または出力用結合電極48b)とが積層体の異なる層間に配置されても構わない。

また、前述した第5～第10の実施形態においては、入力端子電極60a、第1の出力端子電極60bおよび第2の出力端子電極60cを備えた例を示したが、たとえば、モジュール基板のような基板内の一領域にダイプレクサが形成される場合は入力端子電極60a、第1の出力端子電極60bおよび第2の出力端子電極60cは必ずしも必要なく、たとえば、モジュール基板内の外部回路からの配線導体が、入力結合電極40

a, 第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cに直接接続するようにしても構わない。この場合は、入力結合電極40a, 第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cと配線導体との接続点が、それぞれ電気信号入力点45a、第1の電気信号出力点45bおよび第2の電気信号出力点45cとなる。また、モジュール基板内の外部回路からの配線導体が入力結合補助電極46aおよび出力結合補助電極46bに直接接続するようにしても構わない。

また、前述した第6～第9の実施形態においては、入力段の共振補助電極32aおよび出力段の共振補助電極32bが第1の入力結合導体41aおよび第2の出力結合電極40cと同じく積層体の層間Aに配置された例を示したが、入力段の共振補助電極32aおよび出力段の共振補助電極32bが積層体の他の層間に配置されるようにしても構わない。

さらに、前述した第6～第9の実施形態においては、共振補助電極32c, 32dが入力段の共振補助電極32aおよび出力段の共振補助電極32bと異なる層間に配置された例を示したが、入力段の共振補助電極32aおよび出力段の共振補助電極32bと同じ層間に配置されるようにしても構わない。

またさらに、前述した第6～第9の実施形態においては、入力結合補助電極46aおよび出力結合補助電極46bが第2の入力結合導体42aと同じく層間Bに配置された例を示したが、入力結合補助電極46aおよび出力結合補助電極46bと第2の入力結合導体42aとが積層体の異なる層間に配置されるようにしても構わない。また、入力結合補助電極46aと出力結合補助電極46bとが異なる層間に配置されるようにしても構わない。

さらにまた、前述した第6～第9の実施形態においては、入力結合補助電極46aが貫通導体50iを介して第1の入力結合導体41aに接続された例を示したが、たとえば、入力結合補助電極46aが第2の入力結合導体42aに直接接続されるようにしても構わない。

またさらに、前述した第1～第10の実施形態においては、積層体の下面に第1の接地電極21を配置し、積層体の上面に第2の接地電極22を配置した例を示したが、たとえば、第1の接地電極21の下にさらに誘電体層を配置しても構わないし、第2の接

地電極22の上にさらに誘電体層を配置しても構わない。また、第2の接地電極22を配置せず、第1の接地電極21のみを備えるようにしても構わない。

さらにまた、前述した第5～第10の実施形態においては、2つの複合共振電極29, 30および4つの単一共振電極31a, 31b, 31c, 31dを備えた例を示したが、必要とされる通過帯域幅および通過帯域外の減衰量に応じて、複合共振電極および単一共振電極の個数を変えてもよい。必要とされる通過帯域幅が狭い場合や必要とされる通過帯域外の減衰量が小さい場合等には、共振電極の数を減らしてもよく、逆に、必要とされる通過帯域幅が広い場合や必要とされる通過帯域外の減衰量大きい場合等には、共振電極の数をさらに増やしてもよい。但し、共振電極の数が増えすぎると大型化や通過帯域内における損失の増加が生じるので、複合共振電極および単一共振電極の数については、それぞれ10個程度以下に設定されるのが望ましい。

またさらに、前述した第10の実施形態においては、入力結合電極40a, 第1の出力結合電極40bおよび第2の出力結合電極40cが配置された層間を境にして第1の積層体10aと第2の積層体10bとに分割されたダイプレクサの例を示したが、状況に応じて他の層間で第1の積層体10aと第2の積層体10bとに分割されるようにしてもよく、さらに多数の積層体に分割されるようにしても構わない。

さらにまた、UWBに用いられるダイプレクサを例示してこれまで説明を行ってきたが、広帯域を要求される他の用途においても本発明のダイプレクサが有効であることは言うまでもない。

本発明は、その精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形態で実施できる。したがって、前述の実施形態はあらゆる点で単なる例示に過ぎず、本発明の範囲は特許請求の範囲に示すものであって、明細書本文には何ら拘束されない。さらに、特許請求の範囲に属する変形や変更は全て本発明の範囲内のものである。

請求の範囲

- [1] 複数の誘電体層が積層されてなる積層体と、
該積層体の下面に配置された接地電極と、
前記積層体の上面または内部に配置された複合共振電極であって、基部と帯状の複数の突起部とによって構成され、前記基部の一方端が接地され、前記複数の突起部が前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置され、前記基部の前記一方端が前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端が前記複合共振電極の他方端となり、前記複合共振電極の一方端が接地されることによって、前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する、前記複合共振電極とを備えることを特徴とする複合共振器。
- [2] 複数の誘電体層が積層されてなる積層体と、
該積層体の下面に配置された接地電極と、
前記積層体の第1の層間に配置された複合共振電極であって、基部と帯状の複数の突起部とによって構成され、前記基部の一方端が接地され、前記複数の突起部が前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置され、前記基部の前記一方端が前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端が前記複合共振電極の他方端となり、前記複合共振電極の一方端が接地されることによって、前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能する、前記複合共振電極と、
前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置された、前記複合共振電極における前記複数の突起部のうちの入力段の突起部と対向して電磁界結合するとともに、電気信号が入力される電気信号入力点を有する帯状の入力結合電極と、
前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置された、前記複合共振電極における前記複数の突起部のうちの出力段の突起部と対向して電磁界結合するとともに、電気信号が出力される電気信号出力点を有する帯状の出力結合電極とを備える

ことを特徴とするバンドパスフィルタ。

- [3] 前記電気信号入力点は、前記入力結合電極において、前記複合共振電極との対向部の中央よりも前記複合共振電極の前記他方端に近い側に位置しており、
- 前記電気信号出力点は、前記出力結合電極において、前記複合共振電極との対向部の中央よりも前記複合共振電極の前記他方端に近い側に位置していることを特徴とする請求項2に記載のバンドパスフィルタ。
- [4] 複数の誘電体層が積層されてなる積層体と、
- 該積層体の下面に配置された接地電極と、
- 基部および帯状の複数の突起部によってそれぞれ構成された複数の複合共振電極であって、前記基部の一方端が接地され、前記複数の突起部が前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置され、前記基部の前記一方端が前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端が前記複合共振電極の他方端となり、前記複合共振電極の一方端が接地されることによって、各々の複合共振電極の前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、各々の複合共振電極の前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能し、前記積層体の第1の層間に、各々の複合共振電極の前記一方端と前記他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合する、複数の複合共振電極と、
- 前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置された、前記複数の複合共振電極のうちの入力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの入力段の突起部と対向して電磁界結合するとともに、電気信号が入力される電気信号入力点を有する帯状の入力結合電極と、
- 前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置された、前記複数の複合共振電極のうちの出力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの出力段の突起部と対向して電磁界結合するとともに、電気信号が出力される電気信号出力点を有する帯状の出力結合電極とを備えることを特徴とするバンドパスフィルタ。
- [5] 前記電気信号入力点は、前記入力結合電極において、前記入力段の複合共振電極との対向部の中央よりも前記入力段の複合共振電極の前記他方端に近い側に位

置しており、

前記電気信号出力点は、前記出力結合電極において、前記出力段の複合共振電極との対向部の中央よりも前記出力段の複合共振電極の前記他方端に近い側に位置していることを特徴とする請求項4に記載のバンドパスフィルタ。

[6] 請求項2乃至請求項5のいずれかに記載のバンドパスフィルタを含むRF部と、該RF部に接続されたベースバンド部とを備えることを特徴とする無線通信モジュール。

[7] 請求項2乃至請求項5のいずれかに記載のバンドパスフィルタを含むRF部と、該RF部に接続されたベースバンド部と、前記RF部に接続されたアンテナとを備えることを特徴とする無線通信機器。

[8] 複数の誘電体層が積層されてなる積層体と、

該積層体の下面に配置された接地電極と、

基部および帯状の複数の突起部によってそれぞれ構成された複数の複合共振電極であって、前記基部の一方端が接地され、前記複数の突起部が前記基部の他方端に各々の一方端が接続されて横並びに配置され、前記基部の前記一方端が前記複合共振電極の一方端となり、前記突起部の他方端が前記複合共振電極の他方端となり、前記複合共振電極の一方端が接地されることによって、各々の複合共振電極の前記基部および前記突起部を合わせた全体が第1の周波数で共振する共振器として機能するとともに、各々の複合共振電極の前記突起部が前記第1の周波数よりも高い第2の周波数で共振する共振器として機能し、前記積層体の第1の層間に、各々の複合共振電極の前記一方端と前記他方端とが互い違いになるように横並びに配置されて相互に電磁界結合する、複数の複合共振電極と、

前記積層体の前記第1の層間とは異なる第2の層間に相互に電磁界結合するように横並びに配置された、それぞれ一方端が接地されて前記第1の周波数および前記第2の周波数とは異なる第3の周波数で共振する共振器として機能する帯状の複数の単一共振電極と、

前記積層体の前記第1の層間と前記第2の層間との間に位置する層間に配置された、前記複数の複合共振電極のうちの入力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの入力段の突起部と対向して電磁界結合し、かつ前記複数の単一共

振電極のうちの入力段の単一共振電極と対向して電磁界結合するとともに、電気信号が入力される電気信号入力点を有する帯状の入力結合電極と、

前記積層体の前記第1の層間とは異なる層間に配置された、前記複数の複合共振電極のうちの出力段の複合共振電極における前記複数の突起部のうちの出力段の突起部と対向して電磁界結合するとともに、電気信号が出力される第1の電気信号出力点を有する帯状の第1の出力結合電極と、

前記積層体の前記第2の層間とは異なる層間に配置された、前記複数の単一共振電極のうちの出力段の単一共振電極と対向して電磁界結合するとともに、電気信号が出力される第2の電気信号出力点を有する帯状の第2の出力結合電極とを備えることを特徴とするダイプレクサ。

[9] 前記第1の出力結合電極および前記第2の出力結合電極が、平面視したときに前記入力結合電極を間に挟んで互いに反対側に位置しており、

前記入力段の複合共振電極の前記一方端と前記入力段の単一共振電極の前記一方端とが同じ側に位置しており、

前記電気信号入力点は、前記入力結合電極において、前記入力段の複合共振電極との対向部の中央よりも前記入力段の複合共振電極の前記他方端に近い側で、かつ前記入力段の単一共振電極との対向部の中央よりも前記入力段の単一共振電極の前記他方端に近い側に位置しており、

前記第1の電気信号出力点は、前記第1の出力結合電極において、前記出力段の複合共振電極との対向部の中央よりも前記出力段の複合共振電極の前記他方端に近い側に位置しており、

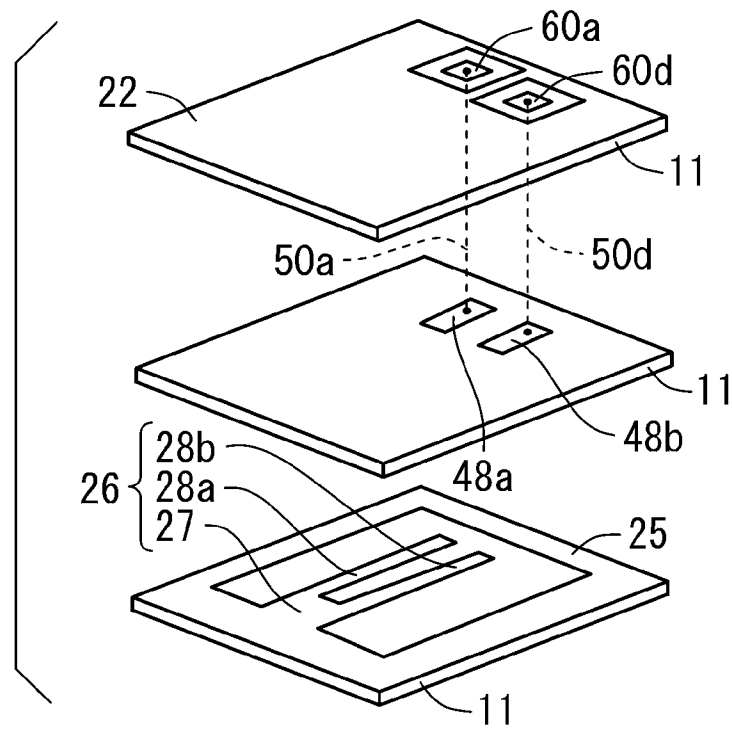
前記第2の電気信号出力点は、前記第2の出力結合電極において、前記出力段の単一共振電極との対向部の中央よりも前記出力段の単一共振電極の前記他方端に近い側に位置していることを特徴とする請求項8に記載のダイプレクサ。

[10] 前記積層体は第1の積層体およびその上に配置された第2の積層体によって構成されており、前記接地電極は前記第1の積層体の下面に配置されており、前記複数の複合共振電極と前記複数の単一共振電極とは前記第1の積層体および前記第2の積層体のうち互いに異なる積層体中に配置されており、前記入力結合電極、前記

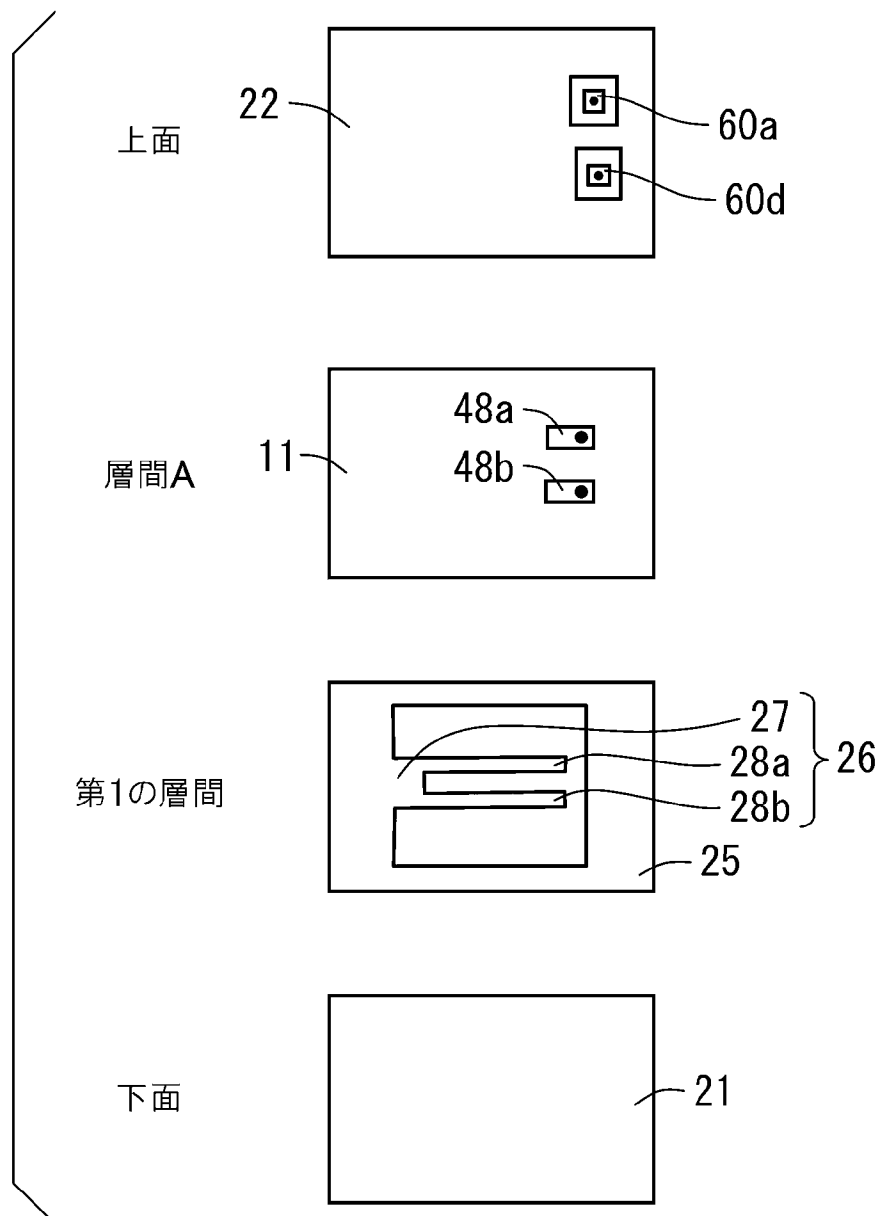
第1の出力結合電極および前記第2の出力結合電極は前記第1の積層体と前記第2の積層体との間に配置されていることを特徴とする請求項8または請求項9に記載のダイプレクサ。

- [11] 請求項8乃至請求項10のいずれかに記載のダイプレクサを含むRF部と、該RF部に接続されたベースバンド部とを備えることを特徴とする無線通信モジュール。
- [12] 請求項8乃至請求項10のいずれかに記載のダイプレクサを含むRF部と、該RF部に接続されたベースバンド部と、前記RF部に接続されたアンテナとを備えることを特徴とする無線通信機器。

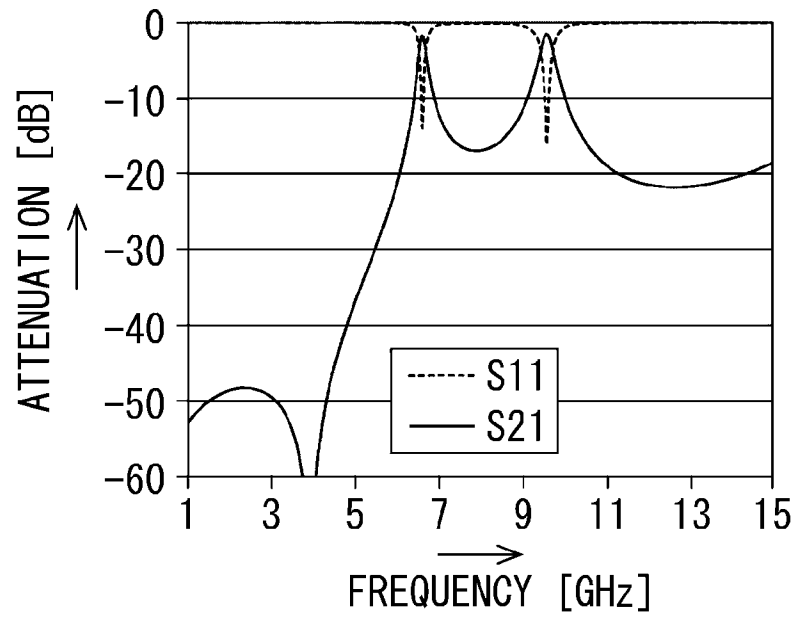
[図1]

FIG. 1

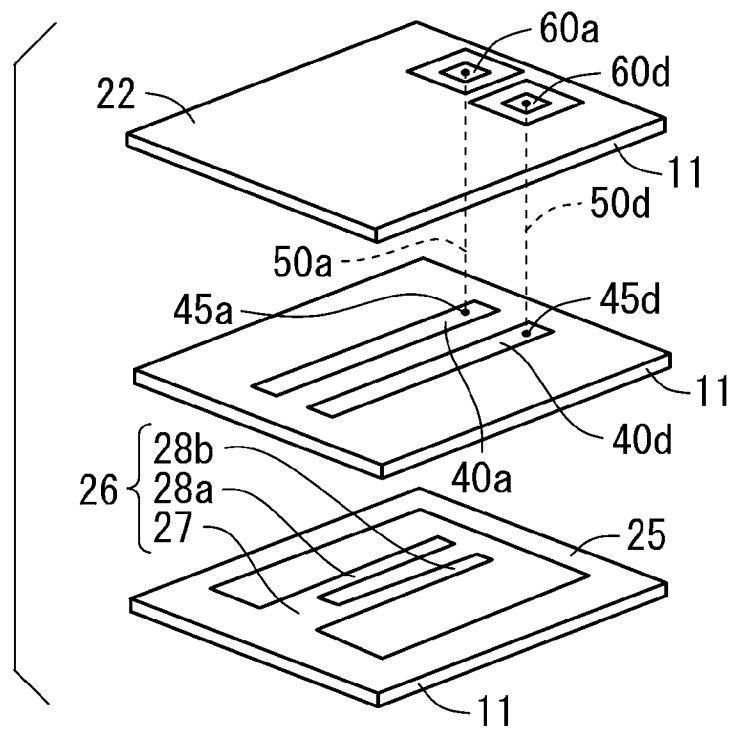
[図2]

FIG. 2

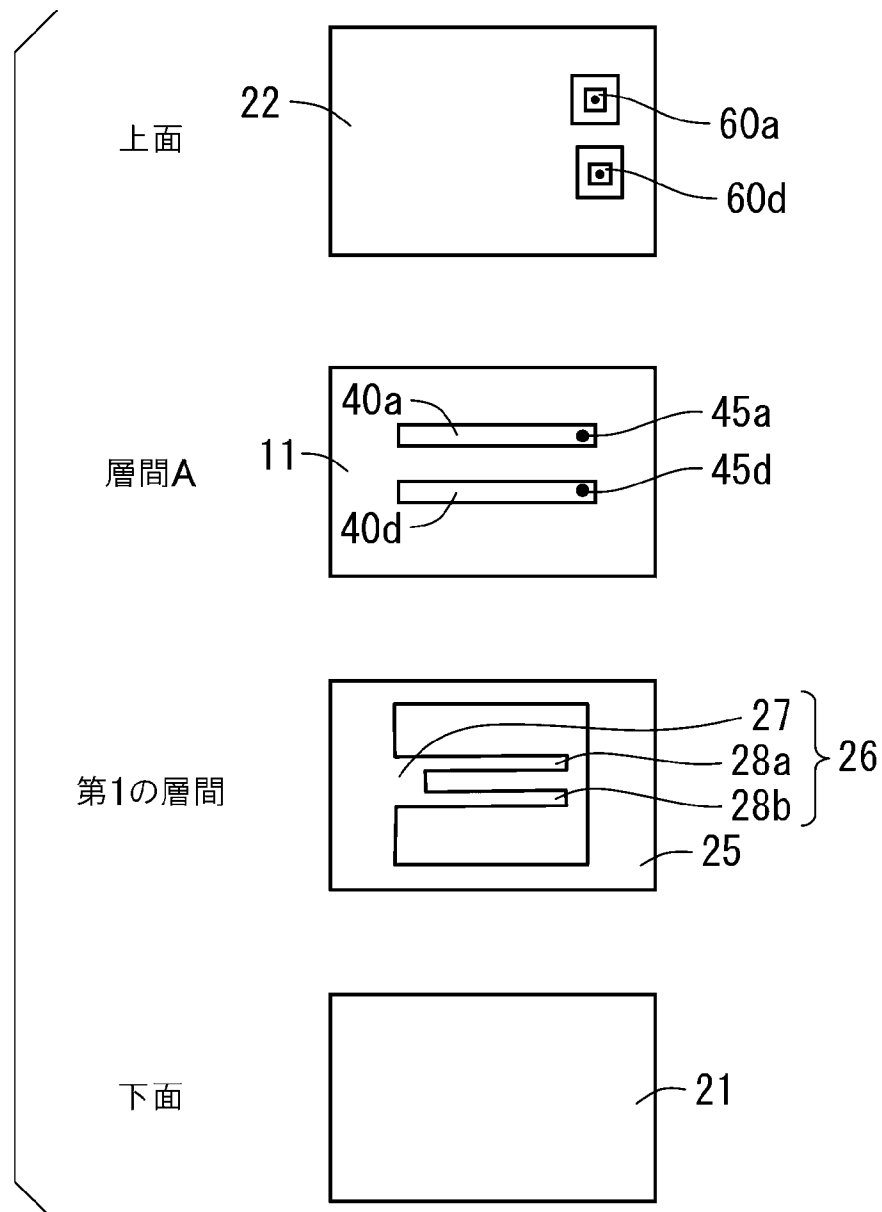
[図3]

FIG. 3

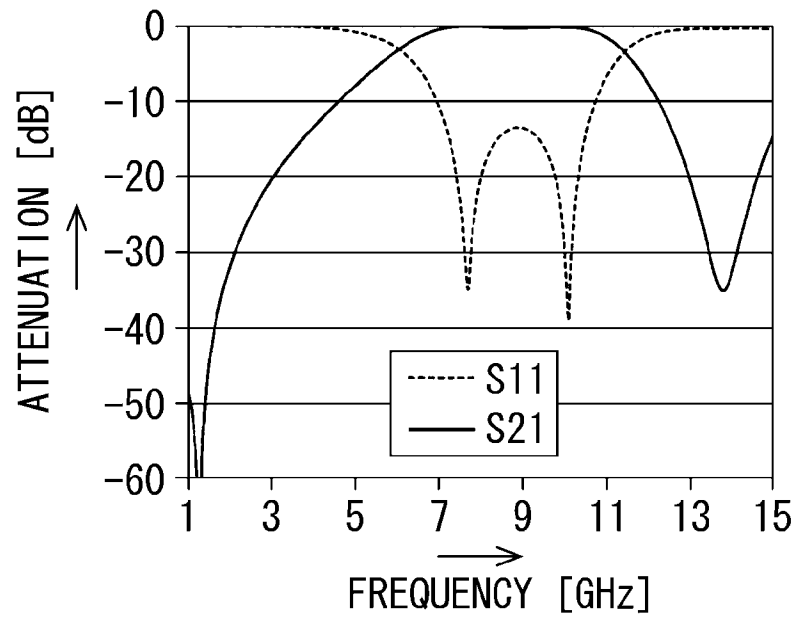
[図4]

FIG. 4

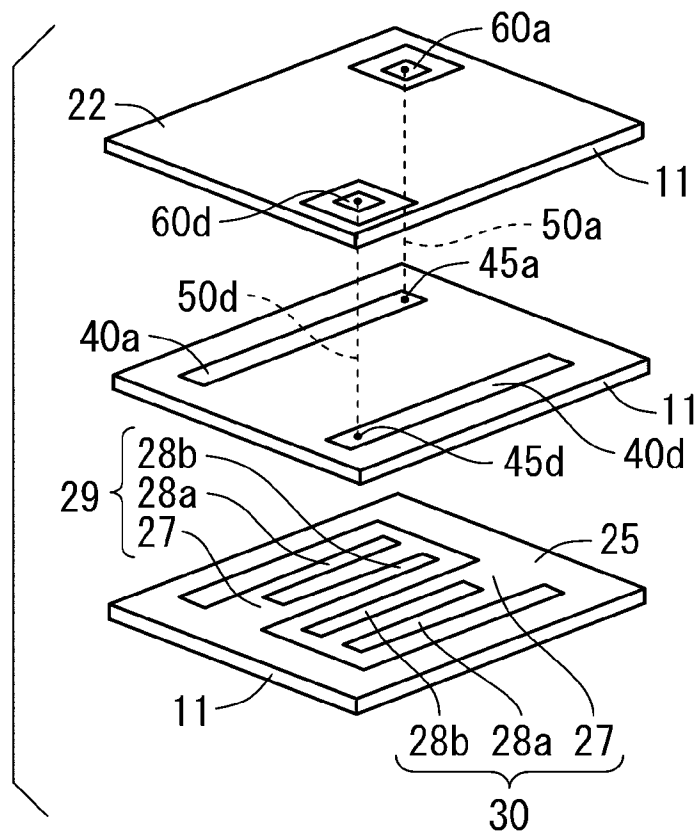
[図5]

FIG. 5

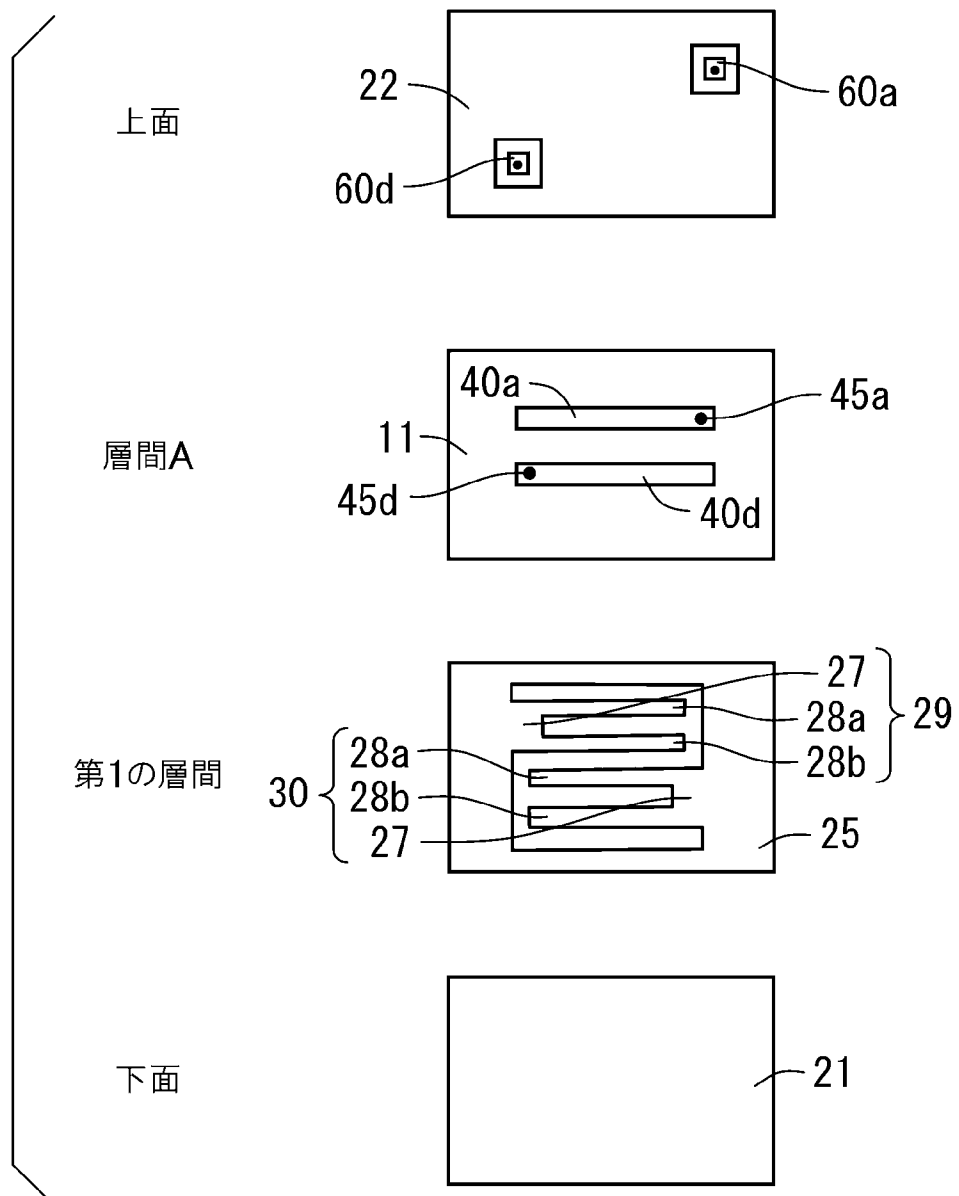
[図6]

FIG. 6

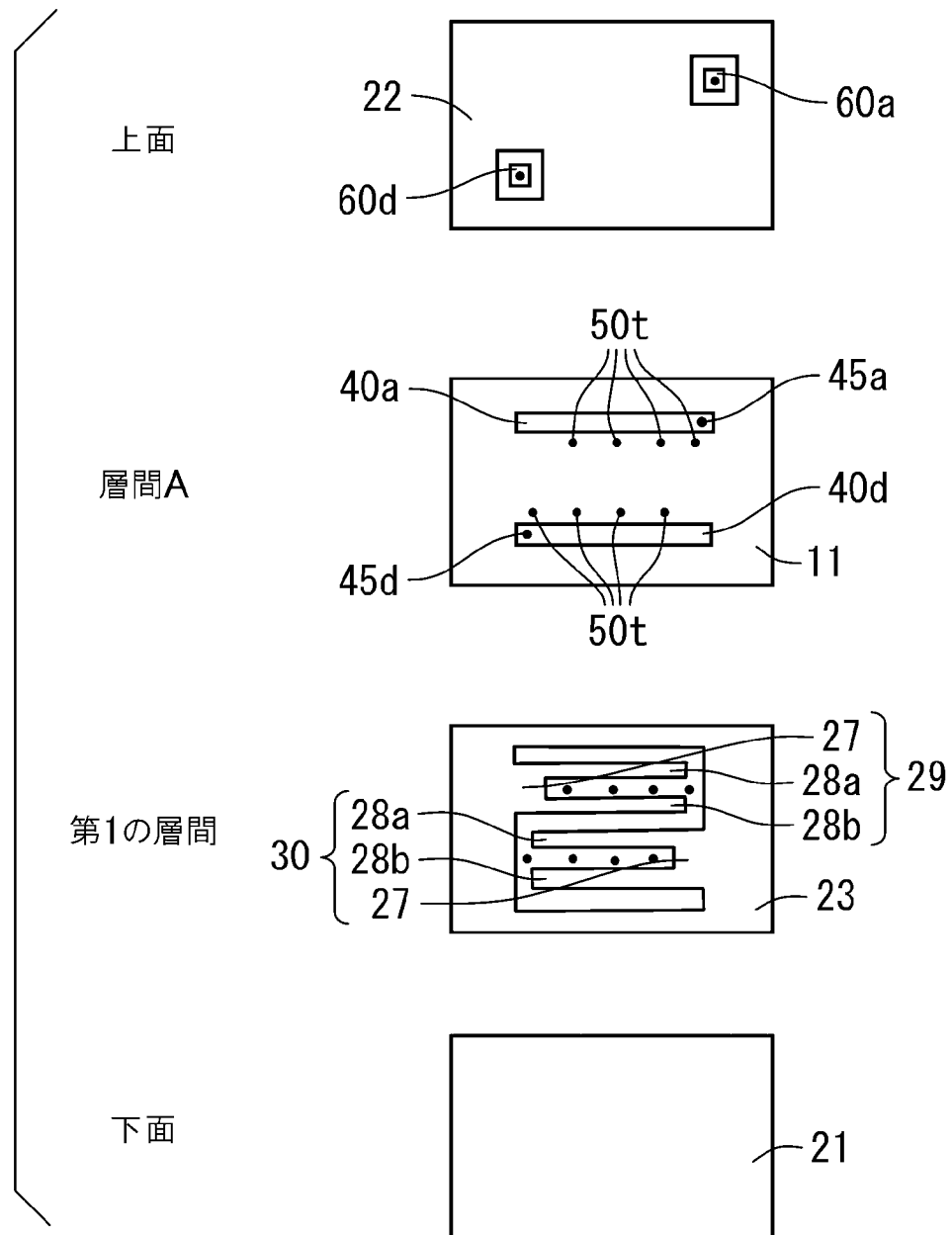
[図7]

FIG. 7

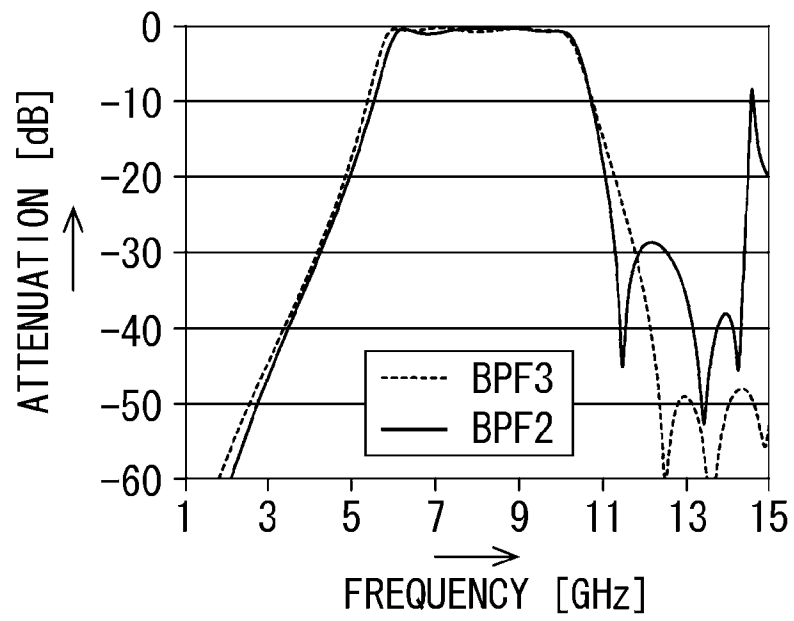
[図8]

FIG. 8

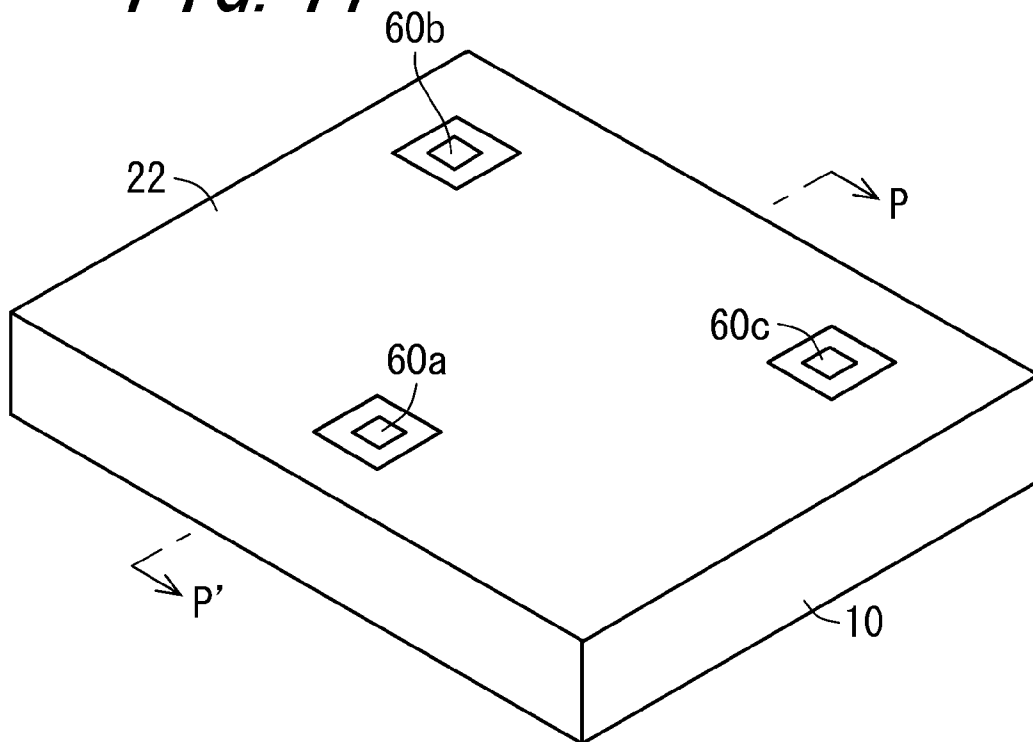
[図9]

FIG. 9

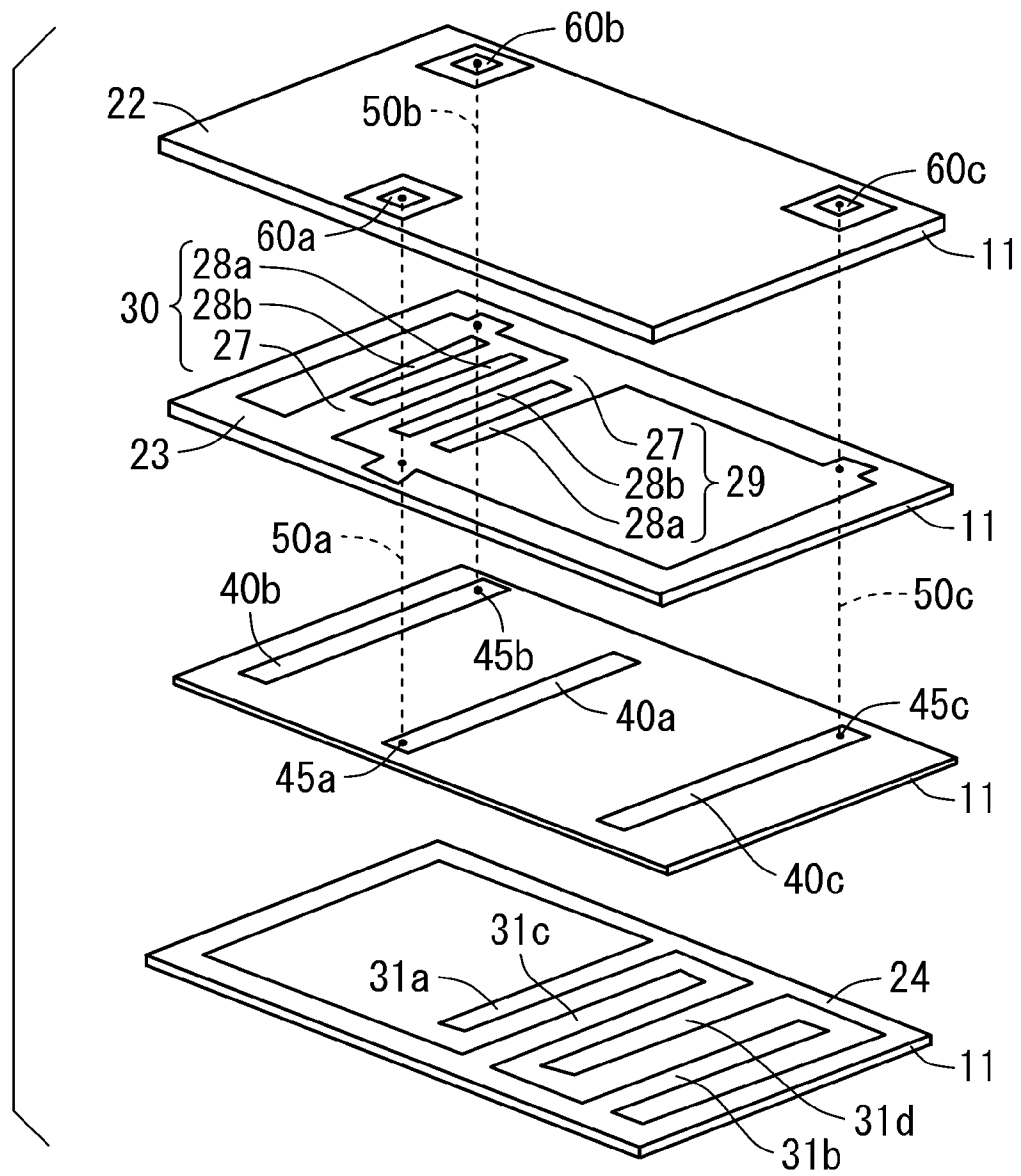
[図10]

FIG. 10

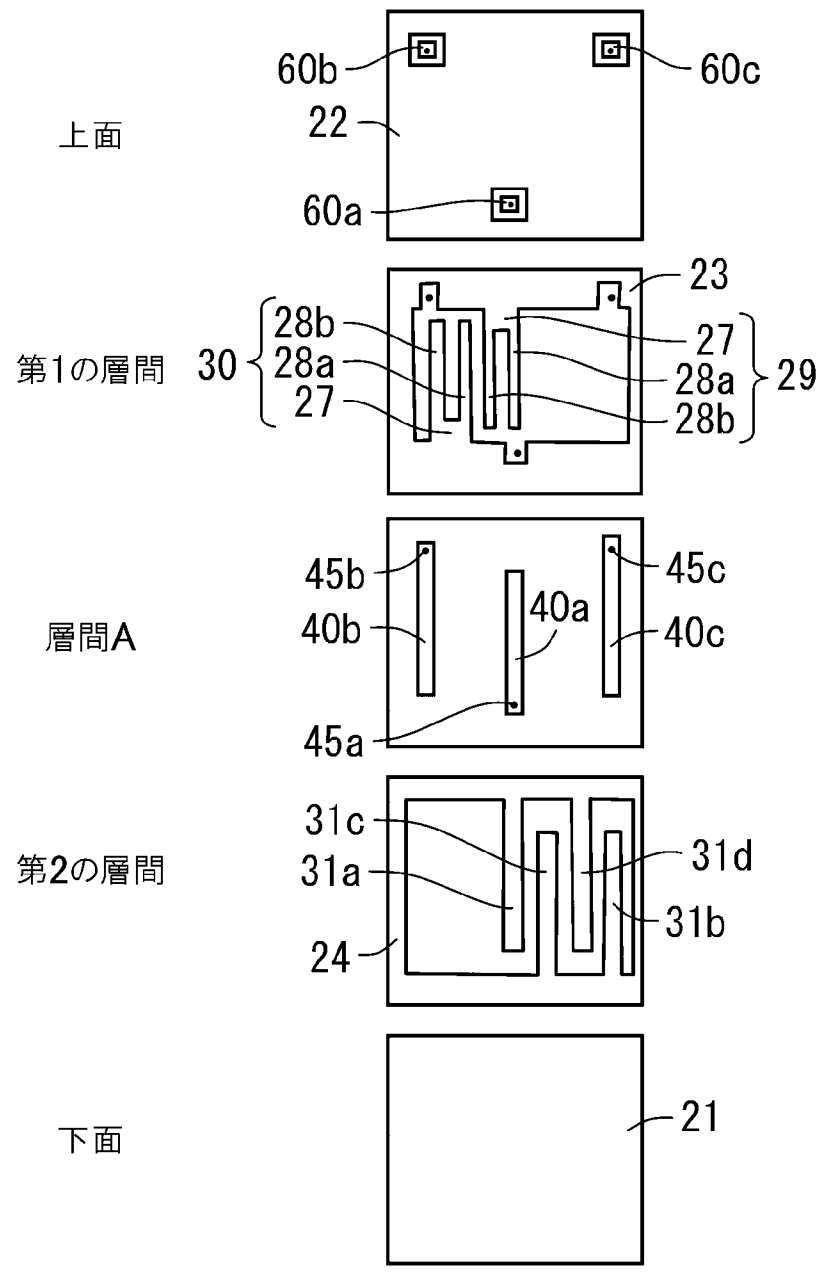
[図11]

FIG. 11

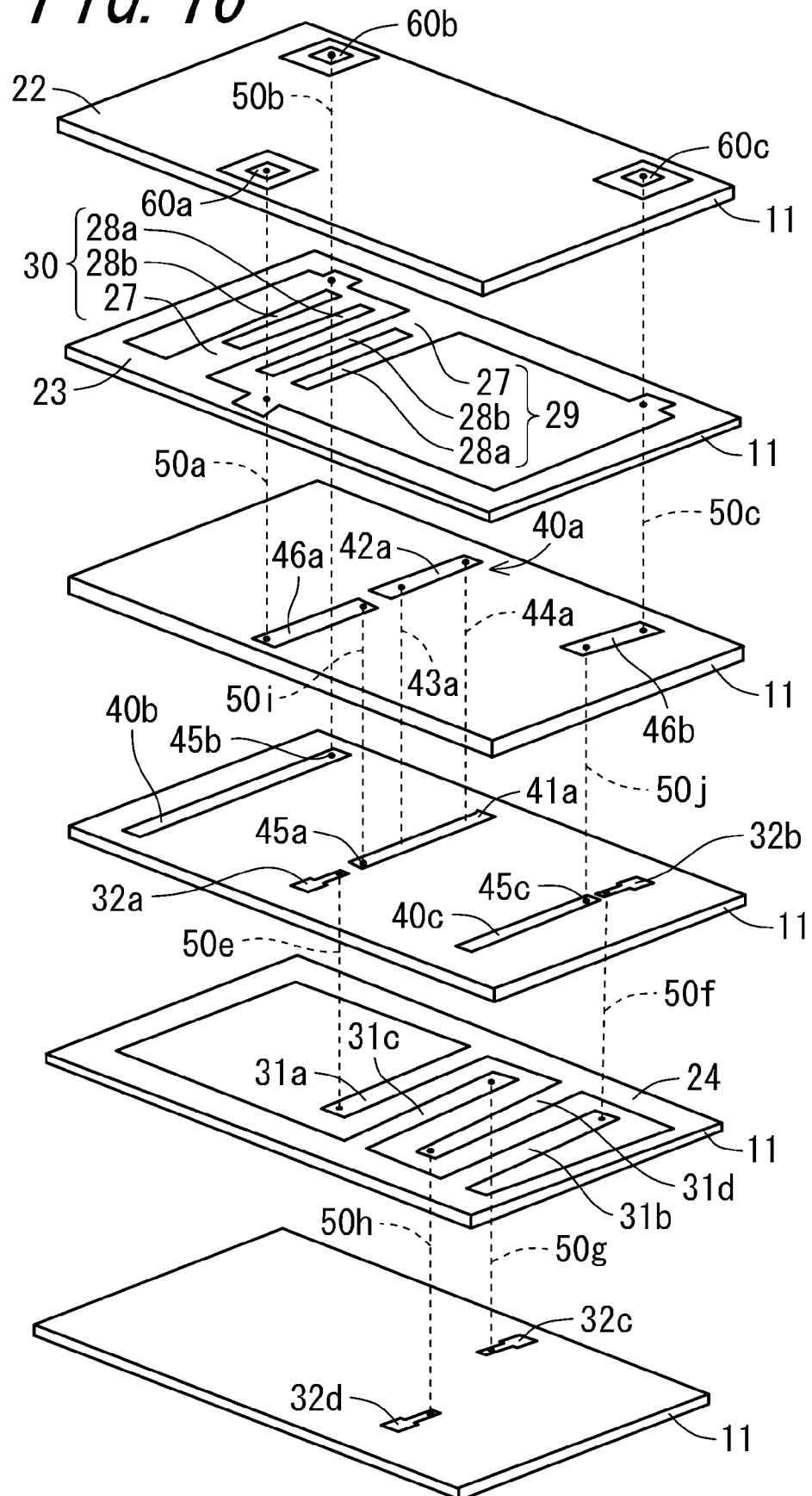
[図12]

FIG. 12

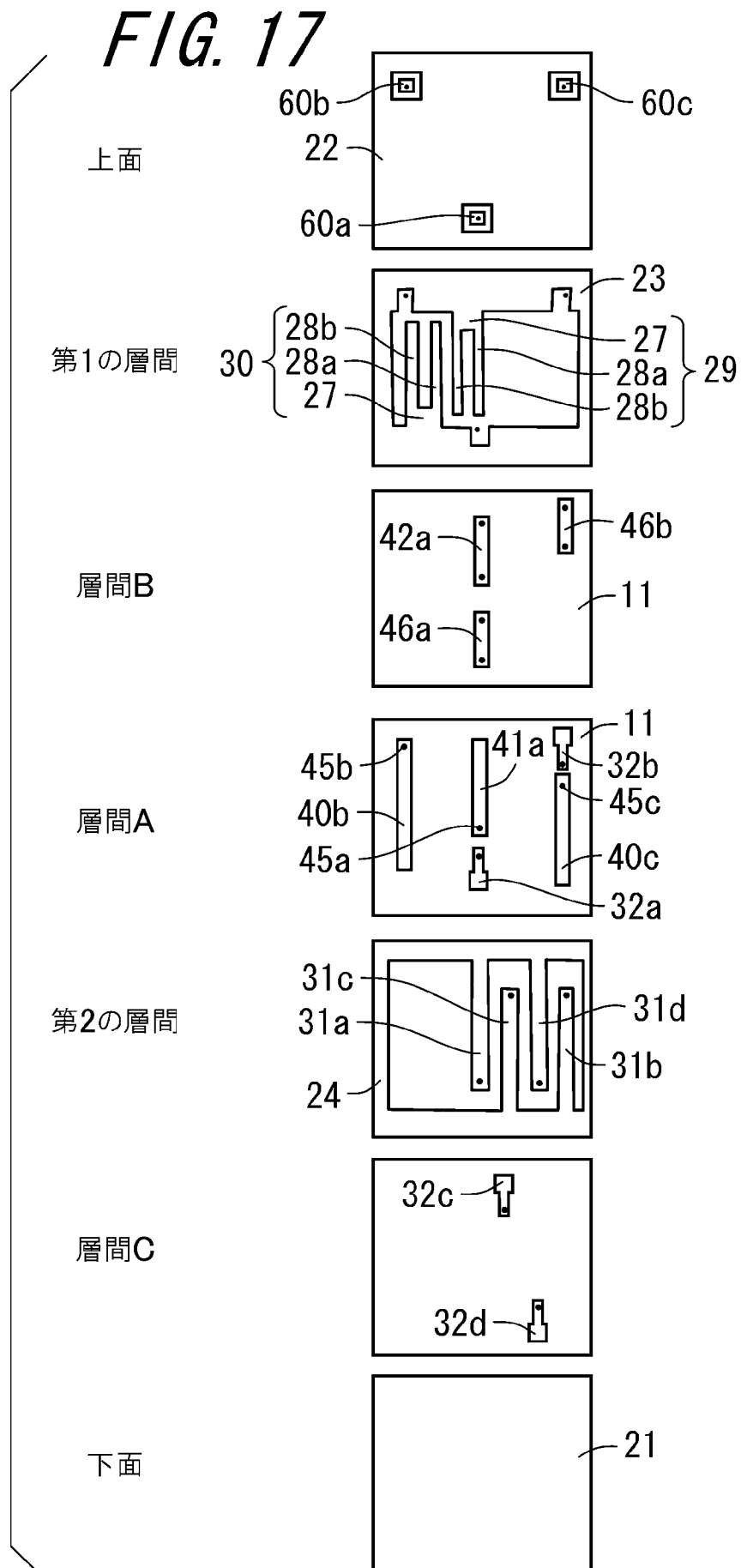
[図13]

FIG. 13

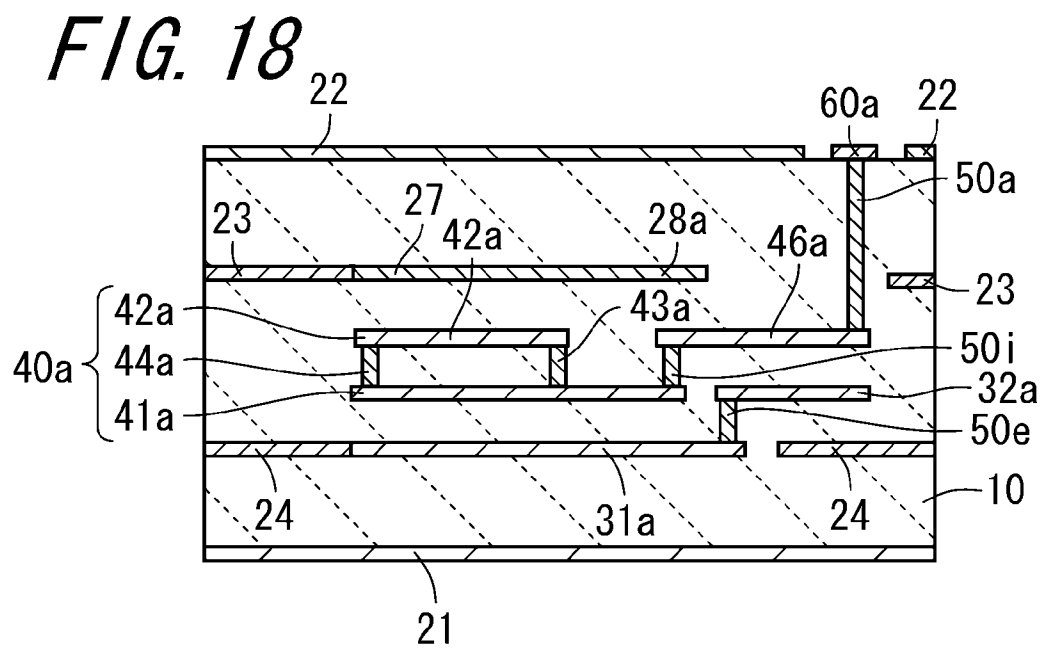
[図16]

FIG. 16

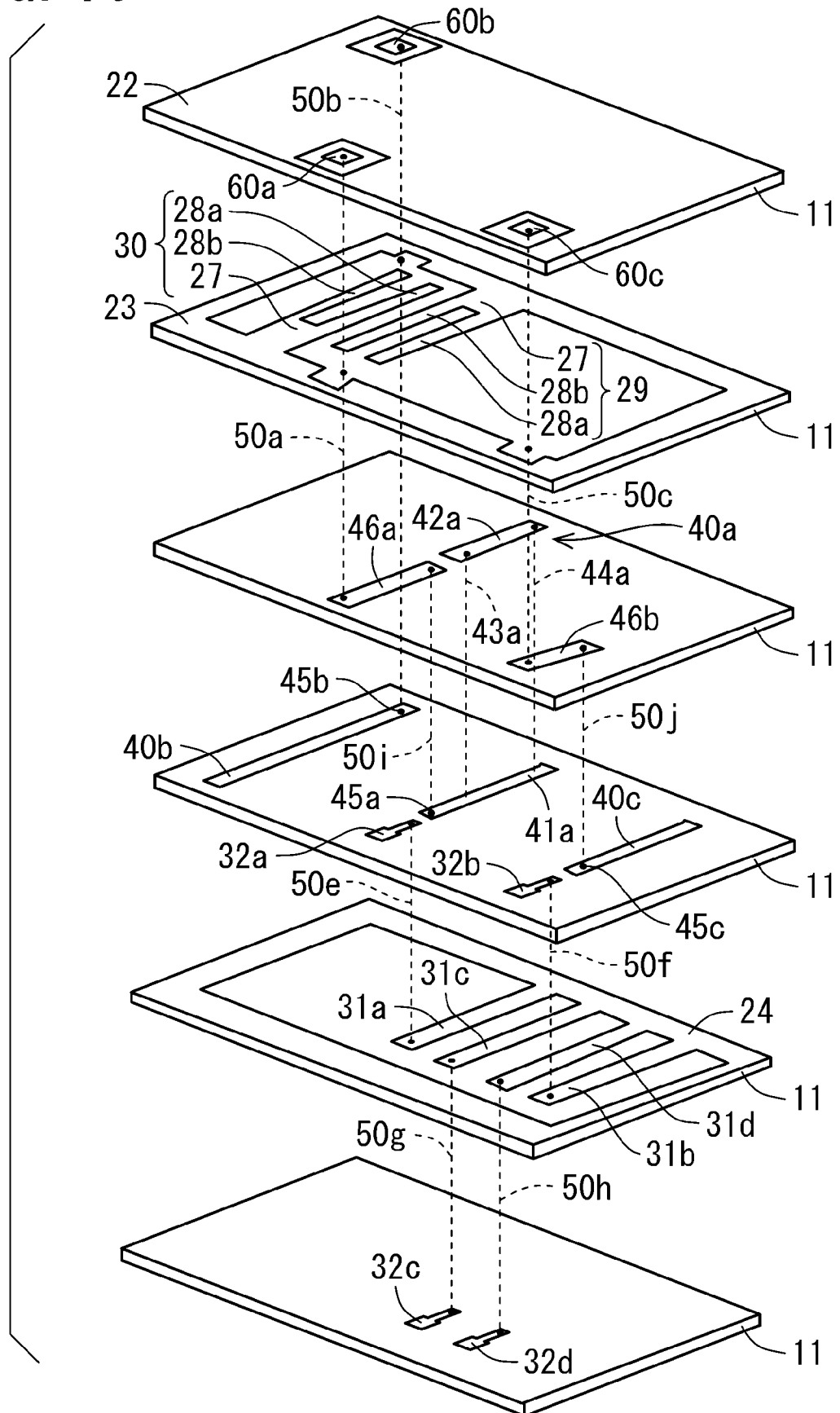
[図17]



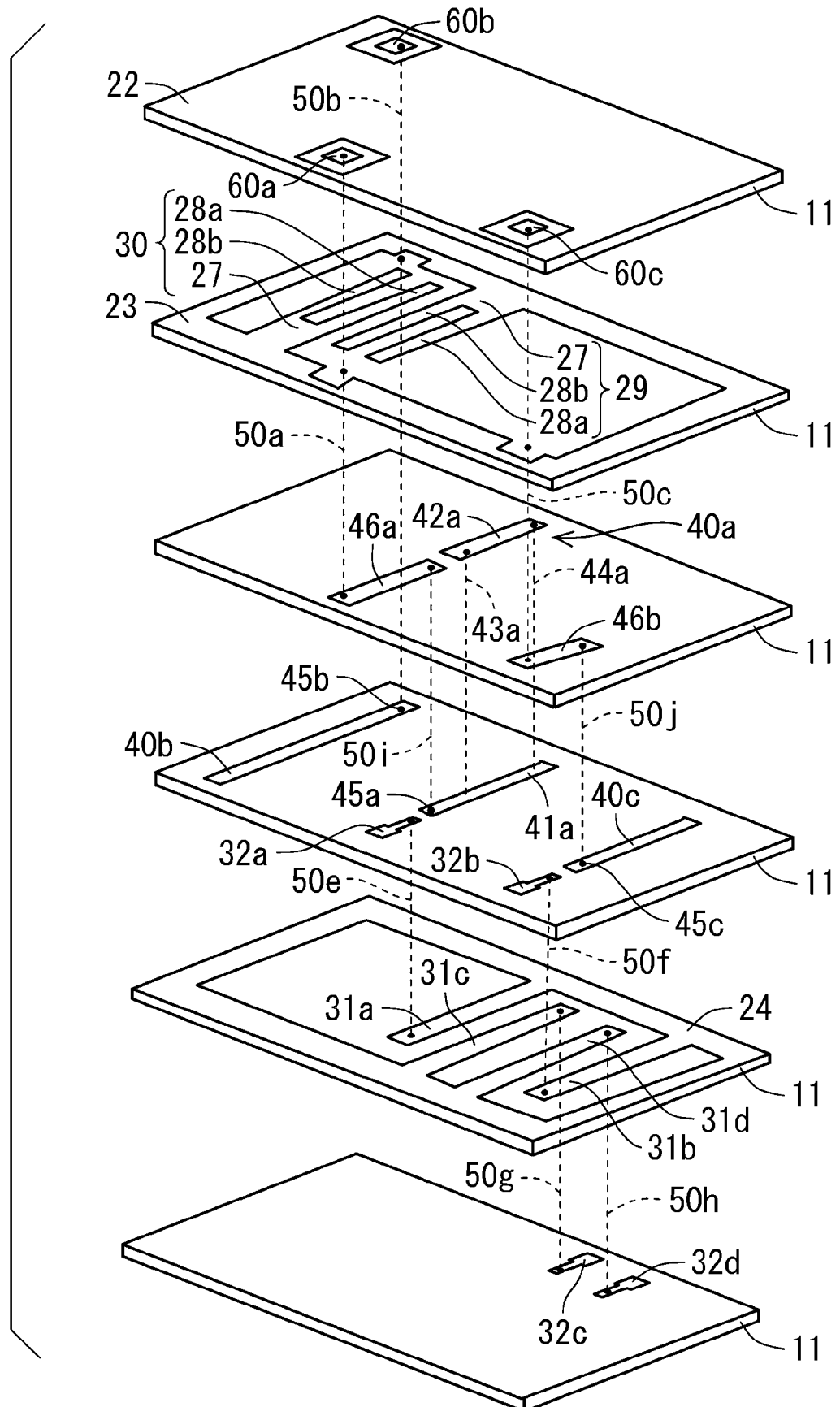
[図18]



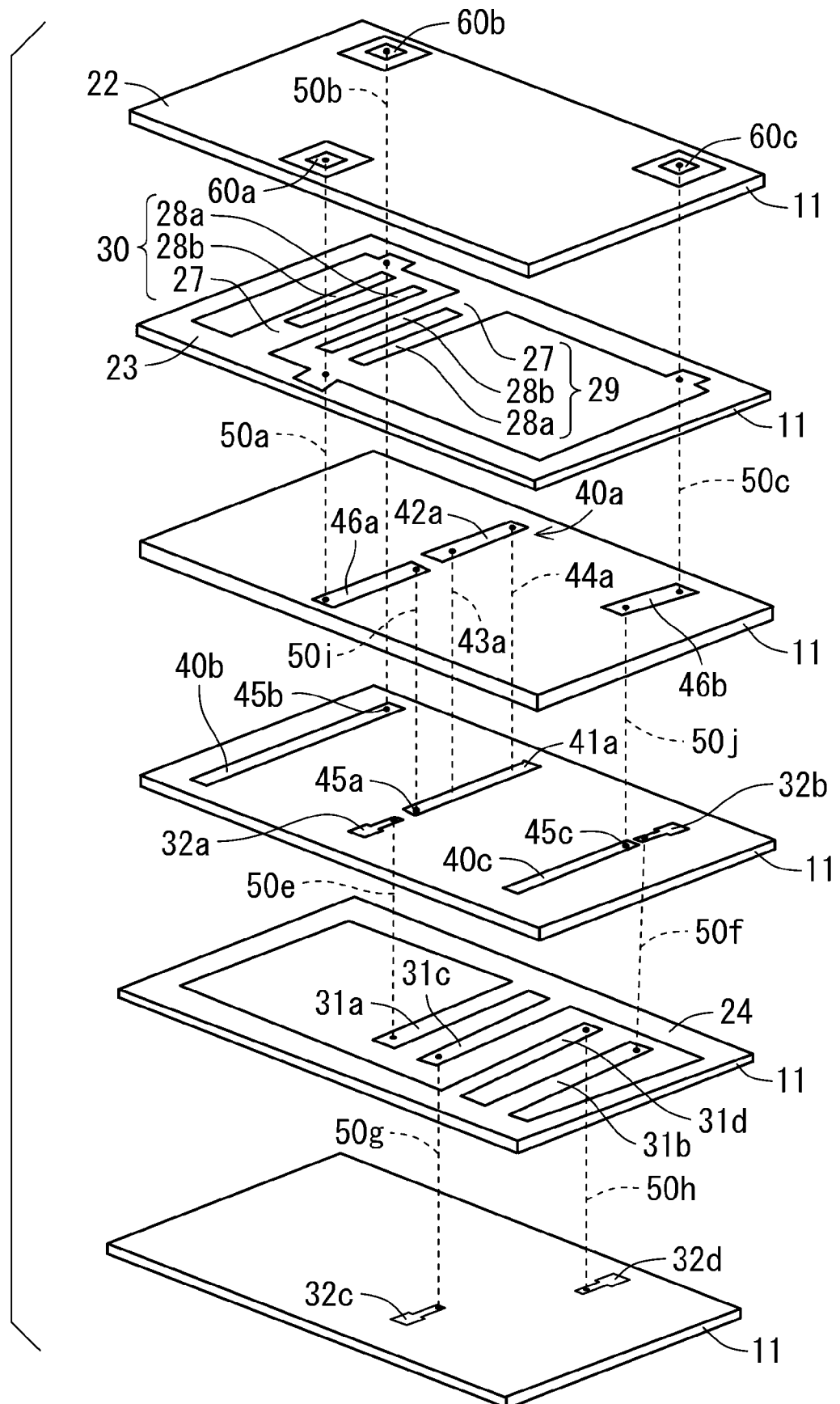
[図19]

FIG. 19

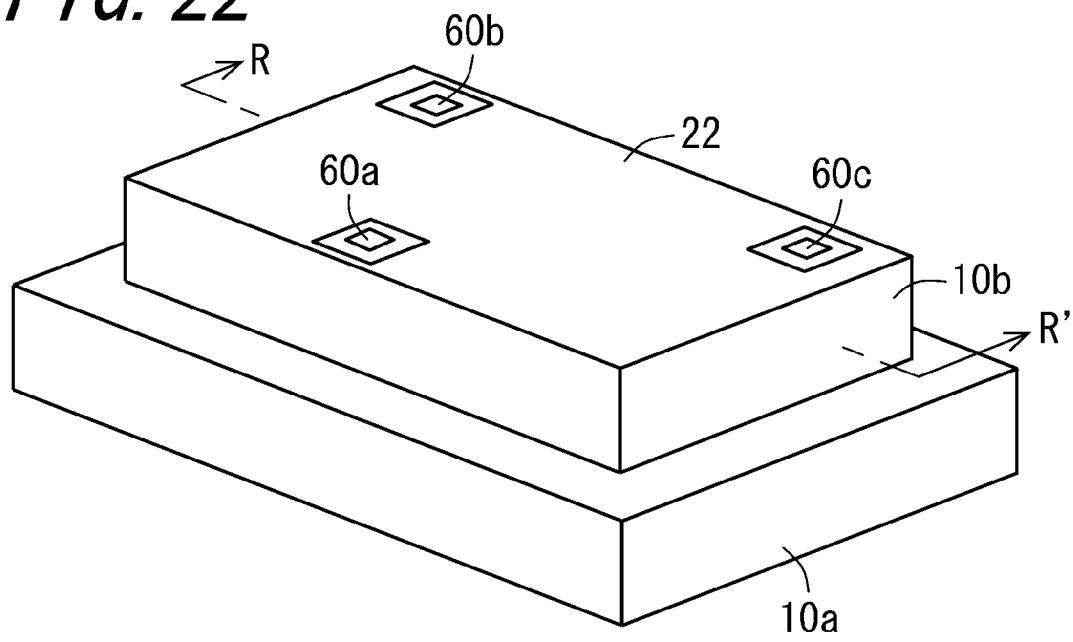
[図20]

FIG. 20

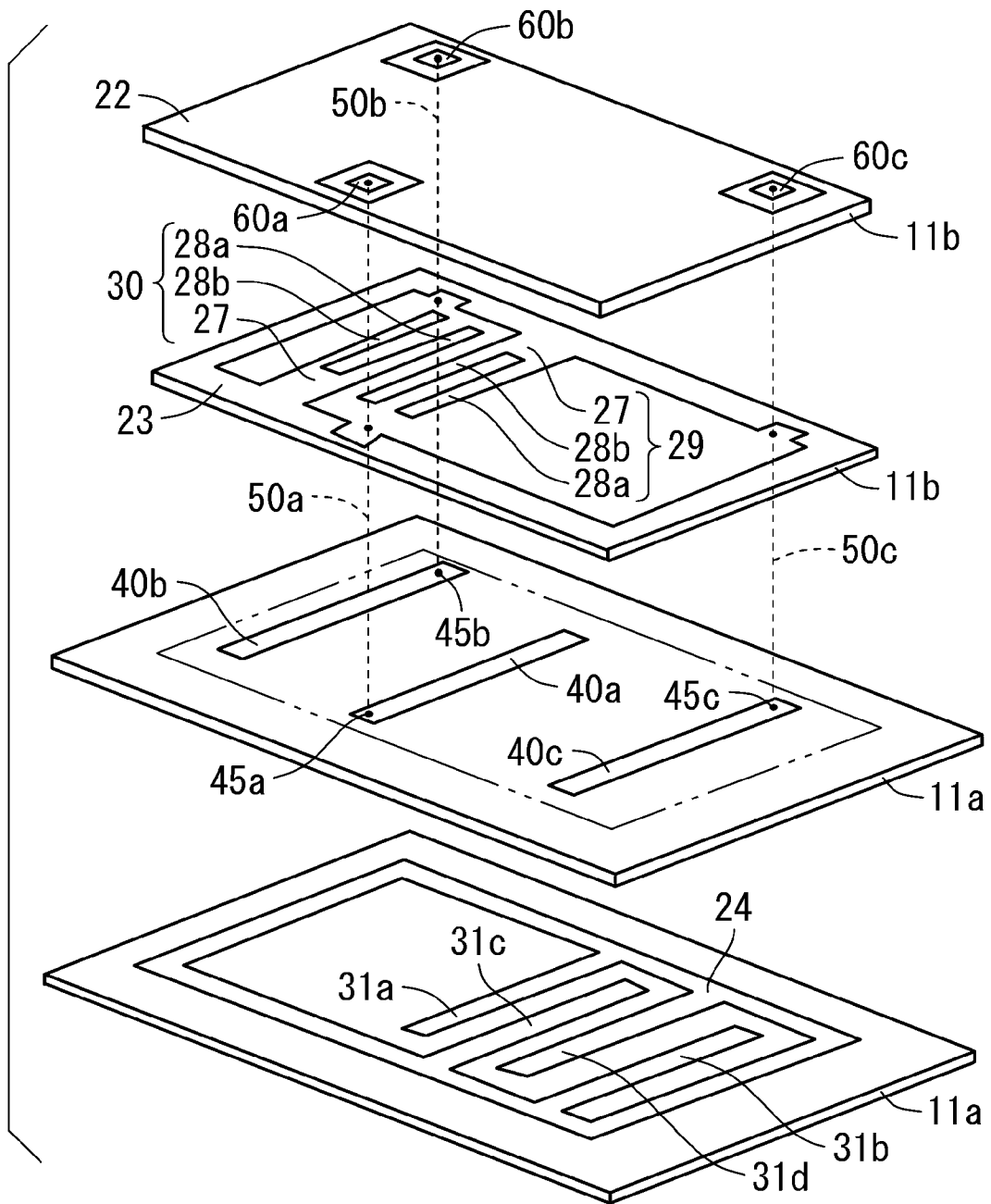
[図21]

FIG. 21

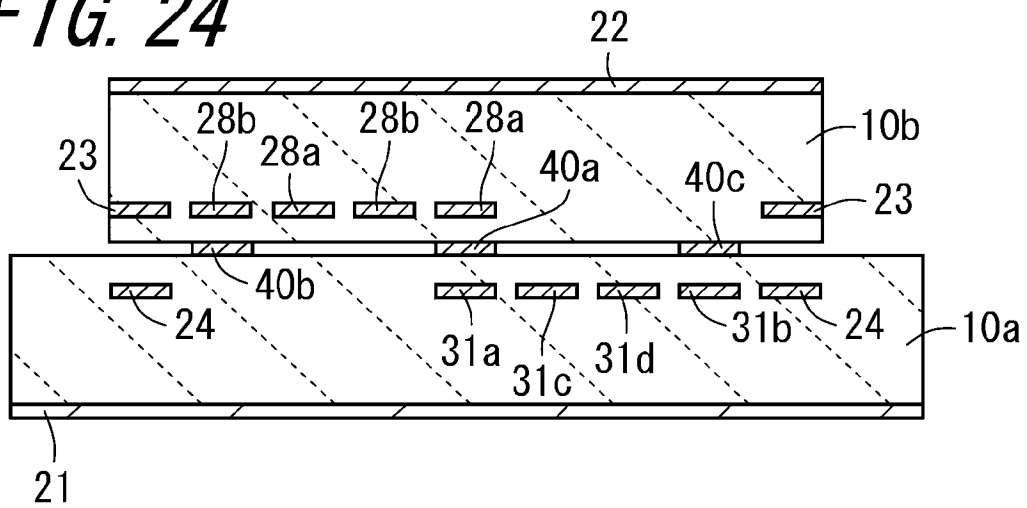
[図22]

FIG. 22

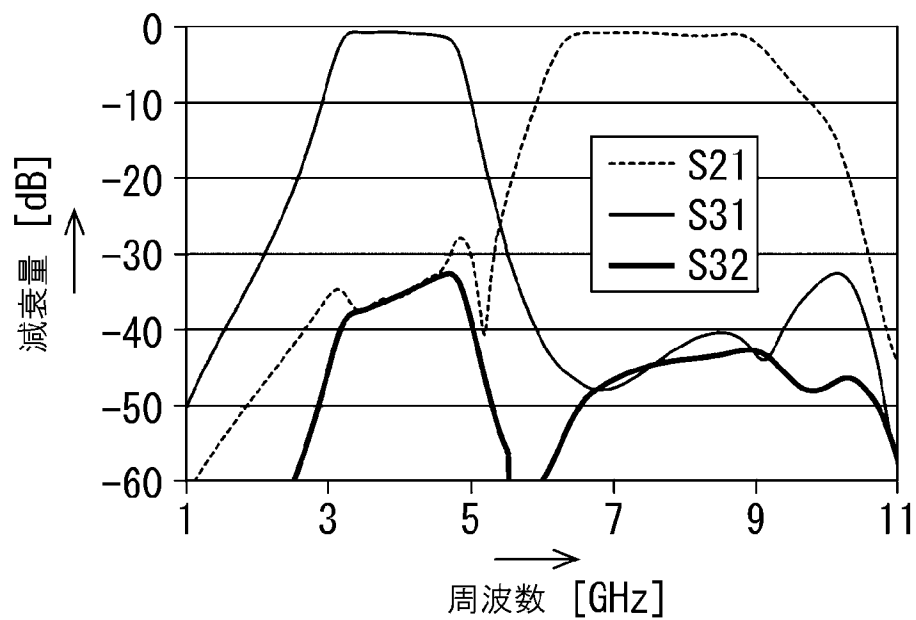
[図23]

FIG. 23

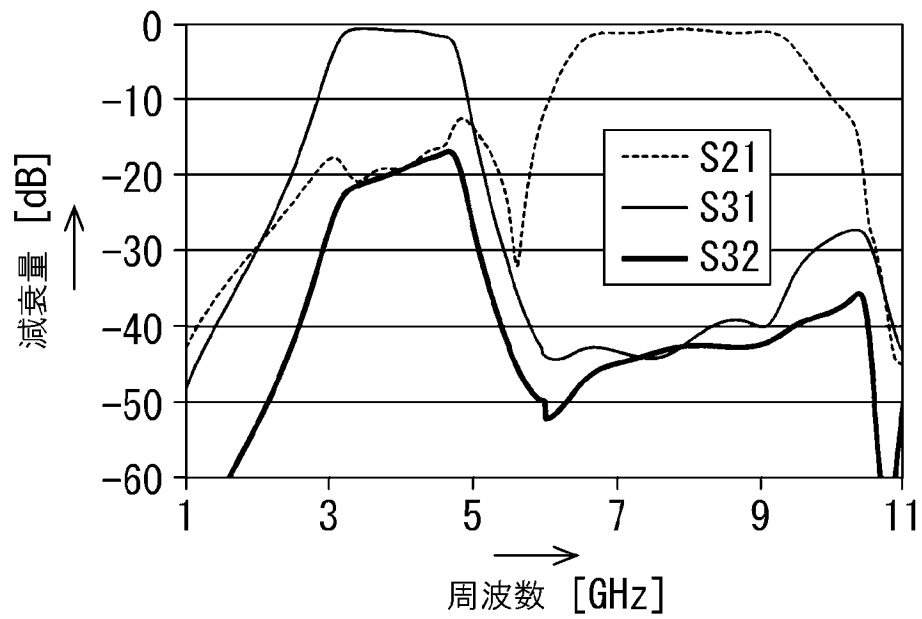
[図24]

FIG. 24

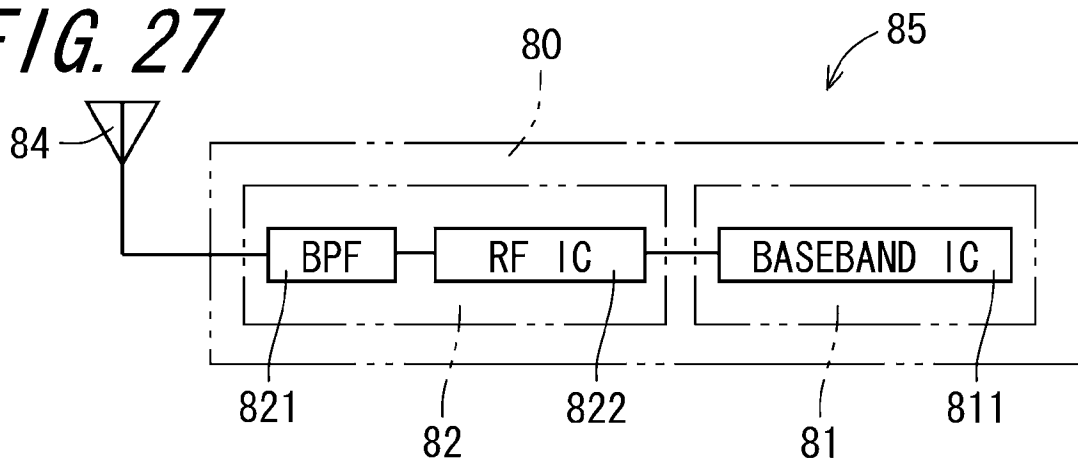
[図25]

FIG. 25

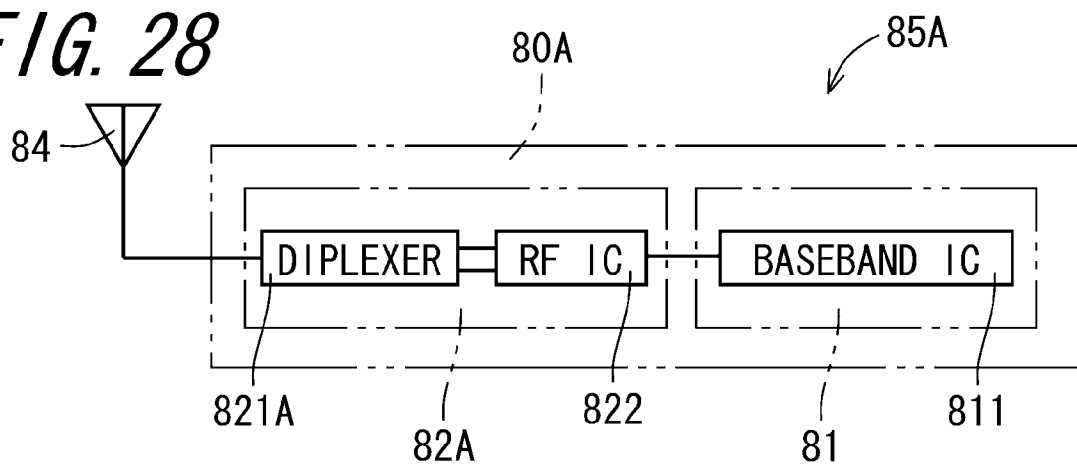
[図26]

FIG. 26

[図27]

FIG. 27

[図28]

FIG. 28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/052811

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01P1/203(2006.01)i, H01P1/20(2006.01)i, H01P7/08(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)

H01P1/203, H01P1/20, H01P7/08

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
Y	JP 63-257302 A (Alps Electric Co., Ltd.), 25 October, 1988 (25.10.88), Examples; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-12
Y	JP 2002-16403 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 January, 2002 (18.01.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
Y	JP 2004-147300 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 May, 2004 (20.05.04), Fig. 6 & US 2004/0066256 A1 & EP 1406342 A1	8-12

☐ 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
18 May, 2009 (18.05.09)

Date of mailing of the international search report
26 May, 2009 (26.05.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01P1/203(2006.01)i, H01P1/20(2006.01)i, H01P7/08(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（I P C））

Int.Cl. H01P1/203, H01P1/20, H01P7/08

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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
Y	JP 63-257302 A（アルプス電気株式会社）1988. 10. 25, 「実施例」、 図 1 - 3（ファミリーなし）	1-12
Y	JP 2002-16403 A（松下電器産業株式会社）2002. 01. 18, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-7
Y	JP 2004-147300 A（松下電器産業株式会社）2004. 05. 20, 図 6 & US 2004/0066256 A1 & EP 1406342 A1	8-12

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

1 8 . 0 5 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 5 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

麻生 哲朗

5 T

2 9 5 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 8