

(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
2020年7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/137540 A1

(51) 国際特許分類:
H01Q 15/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/048427

(22) 国際出願日: 2019年12月11日(11.12.2019)

(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 2018-240590 2018年12月25日(25.12.2018) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

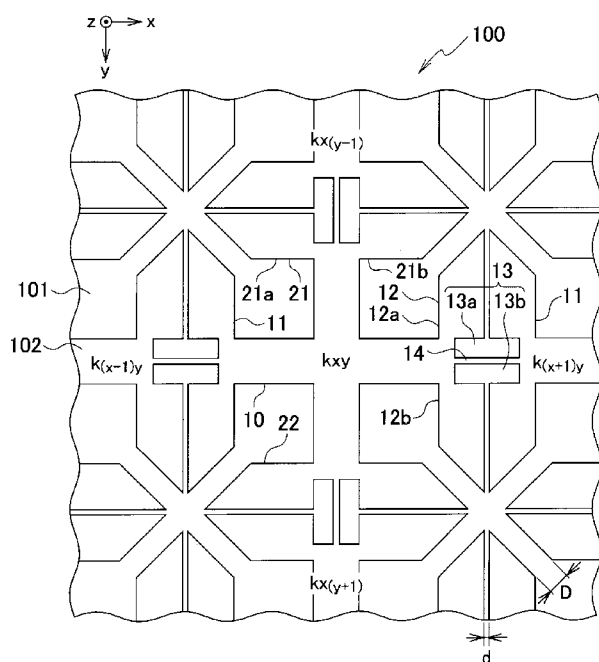
(72) 発明者: 伊丹 豪 (ITAMI Go); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鳥海 陽平 (TORIUMI Yohei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 加藤 潤 (KATO Jun); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (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,

(54) Title: FREQUENCY SELECTIVE SURFACE

(54) 発明の名称: 周波数選択板



(57) Abstract: Provided is a frequency selective surface with which an operation frequency and a bandwidth thereof can be easily adjusted. The frequency selective surface has a structure in which resonators k_{xy} that are formed with identically-shaped conductive patterns are arranged periodically on a dielectric substrate. Each resonator k_{xy} comprises: a conductive wire part having a horizontal pattern 10 and a vertical pattern 20 that form a cross shape on a dielectric substrate 101; and an electrode plate part having a shape in which the end parts at which the horizontal pattern and the vertical pattern are stretched by a prescribed length are extended in mutually orthogonal directions, and one distal end portion opposes another distal end portion extended from another direction with an interval therebetween on a diagonal line. In the electrode plate part, a central portion that opposes the electrode plate part of another adjacent resonator is cut away in the width of the horizontal pattern, and the electrode plate part is stretched from the center of the cut away portion by a width that is narrower than the width of the horizontal pattern 10 and a length that is shorter than a predetermined length so as to be joined to the electrode plate part of the other adjacent resonator. The interval between the distal end portions has a shape which is wider than the interval

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

with the electrode plate part of the other adjacent resonator.

(57) 要約: 動作周波数及びその帯域幅の調整が容易な周波数選択板を提供する。同一形状の導電パターンで形成される共振器 k_{xy} を、誘電体基板の上に周期的に配列した構造の周波数選択板において、共振器 k_{xy} は、誘電体基板 101 の上に十字を形成する横パターン 10 と縦パターン 20 の導線部と、横パターンと縦パターンが所定の長さ延伸されたそれぞれの両端部は、直交する方向にそれぞれ延長され、当該先端部分は他方向から延長された先端部分と対角線上に間隔を空けて対向する形状の極板部とを備え、極板部は、隣接する他の共振器の極板部と対向する中心部分が横パターンの幅で切り欠かれ、該切り欠かれた部分の中心から横パターン 10 の幅よりも細い幅で且つ所定の長さより短い長さ延伸されて隣接する他の共振器の極板部と接合し、先端部分の間隔は、隣接する他の共振器の極板部との間隔よりも広い形状である。

明 細 書

発明の名称：周波数選択板

技術分野

[0001] 本発明は、同一形状の共振器を、誘電体基板の上に周期的に配列した構造の周波数選択板に関する。

背景技術

[0002] 情報通信機器の小型化、高機能化が進み、無線ＬＡＮやＬＴＥ等の回線を使った無線通信サービスが急速に普及している。これに伴い、無線通信端末からの電波の送受信が広域かつ頻繁に行われるようになり、周囲の他の電子機器への影響が懸念されている。

[0003] 懸念される影響としては、無線環境の劣化、通信障害、及びセキュリティへの脅威などが考えられる。これらの影響を抑制する技術が求められている。

[0004] 電波環境及び電磁環境を制御する目的で周波数選択板（ＦＳＳ：Frequency Selective Surfaces）を用いることができる。周波数選択板は、波長と同程度以下の寸法の導体パターンで形成された共振器（単位セル）を周期的に配列することで、入射する電磁波の透過特性／反射特性に周波数依存性を持たせたものである。

[0005] 周波数選択板には、様々な周波数特性を持つ共振構造が存在する。例えば、特定の周波数のみを反射するバンドストップフィルタ特性を持つものは、導体部を共振構造としたものが主であり、リング型、ダイポールアレイ型、トライホール型、パッチ型、及びエルサレムクロス型などがある（非特許文献１）。

[0006] 周波数選択板は、考慮すべき構造パラメータの数が多く、パラメータがインダクタンス成分とキャパシタンス成分の増減に相反して関係する場合もある。また、単位セルの配列の仕方によってもその特性は変化し、理論として複雑である（非特許文献２）。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：牧野 滋、「[チュートリアル講演]周波数選択板の基礎と応用」、信学技法、A・P 2015-5, Apl. 2015.

非特許文献2：BEN A. MUNK, "Frequency Selective Surfaces Theory and Design", 2000.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 理論として複雑で有るが故に、一度の試作で所望の周波数特性を得ることが難しい。したがって、周波数選択板の設計は、コスト、労力を要するという課題がある。

[0009] 本発明は、この課題に鑑みてなされたものであり、動作周波数及び帯域幅の調整が容易な周波数選択板を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一態様に係る周波数選択板は、同一形状の導電パターンで形成される共振器を、誘電体基板の上に周期的に配列した構造の周波数選択板において、前記共振器は、前記誘電体基板の上に十字を形成する横パターンと縦パターンの導線部と、前記横パターンと前記縦パターンが所定の長さ延伸されたそれぞれの両端部は、直交する方向にそれぞれ延長され、延長された先端部分は他方向から延長された先端部分と対角線上に間隔を空けて対向する形状の極板部とを備え、極板部は、隣接する他の共振器の極板部と対向する中心部分が前記横パターンの幅で切り欠かれ、該切り欠かれた部分の中心から前記横パターンの幅よりも細い幅で且つ前記所定の長さより短い長さ延伸されて隣接する他の共振器の極板部と接合し、前記先端部分の間隔は、隣接する他の共振器の極板部との間隔よりも広い形状であることを要旨とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、動作周波数及びその帯域幅の調整が容易な周波数選択板

を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の第1実施形態に係る周波数選択板の一部の平面を示す図である。

[図2]図1に示す周波数選択板が備える複数の共振周波数に対応する電流が流れる経路を模式的に示す図である。

[図3]図1に示す周波数選択板の誘導成分と容量成分の大凡の位置と等価回路を示す図である。

[図4]図1に示す周波数選択板の形状のパラメータの例を示す図である。

[図5]図1に示す周波数選択板の周波数特性の例を示す図である。

[図6]容量成分によって遮断周波数が変化する例を示す図である。

[図7]本発明の第2実施形態に係る周波数選択板の一部の平面を示す図である。

[図8]図7に示す周波数選択板の副共振器を形成する容量成分を示す図である。

[図9]図7に示す周波数選択板の等価回路を示す図である。

[図10]図7に示す副共振器の導電パターンの形状を変化させた場合の遮断周波数の変化を示す図である。

[図11]本発明の第3実施形態に係る周波数選択板の一部の平面を示す図である。

[図12]容量成分が、低周波側バンドパス共振器の等価回路に並列に接続された等価回路を示す。

[図13]低周波側バンドパス共振器に対応する副共振器と高周波側バンドパス共振器に対応する副共振器をそれぞれ構成する第2導電パターンの形状を変えた場合の反射特性の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。複数の図面中同一のものには同じ参照符号を付し、説明は繰り返さない。

[0014] 〔第 1 実施形態〕

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る周波数選択板の一部の平面を模式的に示す図である。図 1 に示す周波数選択板 100 は、誘電体基板 101 の上に、漢字の「田」に似た形状の導電パターンで形成された共振器 k_{xy} が周期的に配列されて構成される。図 1 において x 方向を横、 y 方向を縦と定義する。

[0015] 誘電体基板 101 は、例えば、ガラスエポキシ基板、ポリミドフィルム基板等で構成される。誘電体基板 101 の材質は、誘電体材料であれば何でも構わない。

[0016] 誘電体基板 101 の上に導電膜 102 が形成される。所定の形状である共振器 k_{xy} （導電パターン）は、誘電体基板 101 の上に蒸着して形成しても良いし、誘電体基板 101 の表面全体に導電膜 102 を形成してからエッチングして形成しても良い。

[0017] 共振器 k_{xy} は、例えば、 x 方向と y 方向にそれぞれ 10 個並べられて周波数選択板 100 を構成する。1 つの共振器 k_{xy} の大きさは、共振周波数の波長に対して $1/3$ 程度の大きさである。

[0018] 信号は、周波数選択板 100 に対して $-z$ 方向（裏側）から入力され、 z 方向（表側）に出力（透過）される。周波数選択板 100 に電磁波が入力されると、共振器 k_{xy} が配列された xy 平面に電界が生じ共振現象による電流が流れる。

[0019] 共振器 k_{xy} の構成を、 $+x$ 方向で隣接する共振器 $k_{(x+1)y}$ との関係で説明する。

[0020] 共振器 k_{xy} は、誘電体基板 101 の上に十字を形成する横パターン 10 と縦パターン 20 の導線部と、横パターン 10 と縦パターン 20 が所定の長さ延伸されたそれぞれの両端部は、直交する方向にそれぞれ延長（12a, 12b）され、当該先端部分は他方向から延長された先端部分と対角線上に間隔 D を空けて対向する形状の極板部 12 とを備える。

[0021] そして、極板部 12 は、隣接する他の共振器 $k_{(x+1)y}$ の極板部 11 と対向

する中心部分が横パターン10の幅で切り欠かれ（切り欠き部13）、切り欠き部13の中心から横パターン10の幅よりも細い幅で且つ横パターン10の長さより短い長さ延伸されて隣接する他の共振器 $k_{(x+1)y}$ の極板部11と接合する（導体パターン14）。横パターン10と直交する方向にそれぞれ延長された導体パターン12a, 12bの先端部分の間隔Dは、隣接する他の共振器 $k_{(x+1)y}$ の極板部11との間隔dよりも広い形状である。つまり、極板部12の平面形状は、外側を下底、内側を上底とする台形であり、下底の中心部分が切り欠かれ、その切り欠かれた切り欠き部13のy方向の中心から横パターン10よりも細い幅の導体パターン14が延伸され隣接する他の共振器 $k_{(x+1)y}$ の極板部11と接合される形状である。切り欠き部13は、導体パターン14によって切り欠き部13a, 13bの2つに分割される。

[0022] 以上、共振器 k_{xy} の構成を+x方向で隣接する共振器 $k_{(x+1)y}$ との関係で説明したが、この構成は上下方向（y）及び左右方向（x）で同じである。つまり、各共振器 k_{xy} は、横パターン10の中心線で上下対称である。また、縦パターン20の中心線で左右対称である。

[0023] この特徴的な共振器 k_{xy} の構成により、本実施形態に係る周波数選択板100は、3つの共振電流が流れる共振パスを備える。

[0024] 図2は、周波数選択板100に流れる3つの共振電流が流れる共振パスを模式的に示す図である。3つの共振電流は、直列共振周波数である遮断周波数（動作周波数） f_{sb} の共振電流が流れるストップバンド経路Sb、低周波側の並列共振周波数（低周波側バンドパス周波数 f_{Lb} ）の共振電流が流れる低周波側バンドパス経路Lb、高周波側の並列共振周波数（高周波側バンドパス周波数 f_{Hb} ）の共振電流が流れる高周波側バンドパス経路Hbの3つである。

[0025] 低周波側バンドパス経路Lbは、低周波側バンドパス共振器 k_{Lb} を構成する。高周波側バンドパス経路Hbは、高周波側バンドパス共振器 k_{Hb} を構成する。

[0026] ストップバンド経路Sbは、隣接する共振器 k_{xy} の横パターン10及び縦

パターン 20 を通る経路である。図 2 では、図面が煩雑になることを理由に、 x 方向の $+y$ 側の経路のみを示している。実際のストップバンド経路 S_b は、横パターン 10 を中心に $-y$ 方向に対称に存在する。また、縦パターン 20 を中心に $\pm x$ 方向にも存在する。

[0027] 低周波側バンドパス経路 L_b は、隣接する共振器 k_{xy} の切り欠き部 13a 同士の周りを周回する経路である。図 2 では、ストップバンド経路 S_b と同様に x 方向の $+y$ 側の経路のみを示している。実際の低周波側バンドパス経路 L_b は、横パターン 10 を中心に $-y$ 方向に対称に存在する。また、縦パターン 20 を中心に $\pm x$ 方向にも存在する。

[0028] 高周波側バンドパス経路 H_b は、1つの共振器 k_{xy} の先端部分を対向させる極板部 12a と 21b を周回する経路である。高周波側バンドパス経路 H_b は、上下及び左右対称の構成から、1つの共振器 k_{xy} 内に 4つ存在する。図 2 では、極板部 12a と 21b を周回する経路のみを示している。

[0029] 図 3 は、各共振パスを構成する誘導成分と容量成分の共振器 k_{xy} 上の部位を模式的に示す図である。誘導成分を L 、容量成分を C で表記する。

[0030] 図 3 (a) は、各成分を構成する部位の大凡の形状を破線で囲って示す図である。図 3 (b) は、各共振パスを等価回路で示す図である。

[0031] ストップバンド経路 S_b は、横パターン 10 及び縦パターン 20 で形成される誘導成分 L_1 、横パターン 10 と直交する方向の極板部 12a で形成される誘導成分 L_2 、及び極板部 12a が隣接する共振器 $k_{(x+1)y}$ の極板部 11 との間で形成される容量成分 C_s の直列接続で表せる (図 3 (b) に示す矢印の経路)。

[0032] 低周波側バンドパス経路 L_b は、切り欠き部 13 の x 方向の間をつなぐ導体パターン 14 で形成される誘導成分 L_3 が、誘導成分 L_2 と容量成分 C_s の直列接続に並列に接続される経路で表せる (図 3 (b) に破線の円環で示す経路)。

[0033] 高周波側バンドパス経路 H_b は、導体パターン 12a, 21b の先端部分で形成される容量成分 C_{ph} と誘導成分 L_2 の直列接続が、容量成分 L_1 に並

列に接続される経路で表せる（図3（b）に一点鎖線の円環で示す経路）。

[0034] 図3（b）に示す Z_0 は、空間インピーダンスを表す。空間インピーダンス Z_0 は、真空の誘電率と透磁率から決まるインピーダンスである。

[0035] 各経路で生じる共振周波数は、共振器 k_{xy} の形状を表すパラメータによって決定することができる。パラメータは主に、共振器 k_{xy} の形状を決定する各部の寸法である。

[0036] 図4は、共振器 k_{xy} の形状を決定するパラメータの例を示す図である。導電パターンの厚さは $1.3\mu\text{m}$ である。共振器 k_{xy} が周期的に配列されるピッチは 10mm とした。

[0037] 横パターン10及び縦パターン20の長さを l 、横パターン10及び縦パターン20の幅を w 、極板部12の x 方向の長さを h （台形状の高さ）、切り欠き部の幅を c_x 、切り欠き部の奥行きを c_y 、切り欠き部13内を橋渡す導電パターン14の幅を w_2 、及び極板部の先端部分の間隔 D の幅を g で表記している。

[0038] これらの寸法を決定すれば、導電パターン14の長さを含めて共振器 k_{xy} の形状が決定される。また、共振器 k_{xy} の形状を決定することで上記の誘導成分 L_1 、 L_2 、及び容量成分 C_s 、 C_{ph} の値が決定される。

[0039] 図5は、図4に示す周波数選択板の共振周波数の解析結果を示す。図5の横軸は周波数[GHz]、縦軸は反射特性を表す反射係数 S_{11} [dB]である。解析した共振器 k_{xy} のパラメータは、 $l=6.8\text{mm}$, $d=0.2\text{mm}$, $g=0.8\text{mm}$, $w=1.5\text{mm}$, $w_2=0.2\text{mm}$, $c_x=1.5\text{mm}$, $c_y=1.0\text{mm}$, $h=1.5\text{mm}$ とした。

[0040] 図5に示すように遮断周波数 f_{sb} を中心に、低周波側透過周波数 f_{Lb} 、及び高周波側透過周波数 f_{Hb} の3つの共振周波数が得られる。各共振周波数は、それぞれに対応するパラメータによって決定される。

[0041] 遮断周波数 f_{sb} は、横パターン10及び縦パターン20で形成される誘導成分 L_1 、横パターン10と直交する方向の極板部12aで形成される誘導成分 L_2 、及び極板部12aが隣接する共振器 $k_{(x+1)y}$ の極板部11aとの間で形成される容量成分 C_s によって決まる。よって、遮断周波数 f_{sb} は、パ

ラメータの横パターン10及び縦パターン20の長さl、横パターン10及び縦パターン20の幅w、ピッチp、及び隣接する他の共振器の極板部との間隔dによって決定される。

[0042] 図6は、容量成分 C_s によって遮断周波数 f_{sb} が変化する例を示す図である。図6の横軸は周波数[GHz]、縦軸は透過特性を表す透過係数 S_{21} [dB]である。破線は容量成分 C_s を大きくした場合であり、一点鎖線は容量成分 C_s を小さくした場合である。このように、例えば容量成分 C_s によって遮断周波数 f_{sb} を変化させることができる。

[0043] 低周波側透過周波数 f_{lb} は、切り欠き部13内を橋渡しする導電パターン14の幅 w_2 とピッチpによる誘導成分 L_3 と、誘導成分 L_2 と容量成分 C_s とによって決まる。誘導成分 L_2 と容量成分 C_s は、遮断周波数 f_{sb} を決定するパラメータでもある。したがって、低周波側透過周波数 f_{lb} は、主に導電パターン14の幅 w_2 で制御することができる。

[0044] 高周波側透過周波数 f_{hb} は、導体パターン12a、21bの先端部分で形成される容量成分 C_{ph} と誘導成分 L_2 によって決まる。誘導成分 L_2 は、遮断周波数 f_{sb} を決定するパラメータでもある。したがって、高周波側透過周波数 f_{hb} は、主に導体パターン12a、21bの先端部分で形成される容量成分 C_{ph} で制御することができる。

[0045] このように3つの共振器の共振周波数は、それぞれ独立させて制御することが可能である。つまり、動作周波数及びその帯域幅の調整が容易である。

[0046] 以上説明したように本実施形態に係る周波数選択板100は、同一形状の導電パターンで形成される共振器 k_{xy} を、誘電体基板101の上に周期的に配列した構造の周波数選択板100において、共振器 k_{xy} は、誘電体基板101の上に十字を形成する横パターン10と縦パターン20の導線部と、横パターン10と縦パターン20が所定の長さ延伸されたそれぞれの両端部は、直交する方向にそれぞれ延長され、当該先端部分は他方向から延長された先端部分と対角線上に間隔を空けて対向する形状の極板部12とを備え、極板部12は、隣接する他の共振器の極板部11と対向する中心部分が横パタ

ーン10の幅で切り欠かれ、該切り欠かれた部分13の中心から横パターン10の幅よりも細い幅で且つ所定の長さより短い長さ延伸されて隣接する他の共振器の極板部11と接合し、極板部の先端部分の間隔Dは、隣接する他の共振器の極板部との間隔dよりも広い形状である。これにより動作周波数及びその帯域幅の調整を容易にすることができる。

[0047] 本実施形態に係る周波数選択板100は、遮断周波数 f_{sb} を中心に、低周波側透過周波数 f_{lb} 、及び高周波側透過周波数 f_{hb} を備えるので、低周波側透過周波数 f_{lb} と高周波側透過周波数 f_{hb} を遮断周波数 f_{sb} に近づけることで遮断特性（バンドストップ特性）を狭帯域化することもできる。

[0048] 〔第2実施形態〕

図7は、本発明の第2実施形態に係る周波数選択板の平面図を模式的に示す図である。図6に示す周波数選択板200は、副共振器を備える点で周波数選択板100（図1）と異なる。

[0049] 図7に示す周波数選択板200の副共振器は、隣接する極板部12aと11aの先端部分を覆う例えばホームベース形状の第2導電パターン F_{kp} で構成される。y方向の極板部21、22の先端部分にも第2導電パターン F_{kp} が形成される。

[0050] 第2導電パターン F_{kp} は、極板部12a等の導電膜102と誘電体層を挟んで重ね合わせて形成される。導電パターン F_{kp} を、層状に重ね合わせる方法としては、例えば共振器 k_{xy} と導電パターン F_{kp} が形成されたフレキシブル基板又はリジッド基板を2つ重ねて実装する方法や、PET基板に印刷された2枚の導電パターンをラミネート加工によって重ね合わせた状態で固定する方法などが考えられる。又は、蒸着膜及び拡散膜を形成する半導体プロセスを用いて作製してもよい。

[0051] 図8は、副共振器の構造を模式的に示す図である。図7（a）はその斜視図である。図8（b）は図8（a）に示すA-A線で切った断面図である。

[0052] 図8（a）に示すように、隣接する極板部12aと11aに、誘電体層を挟んで重ねられた導電パターン F_{kp} によって、2つの容量成分 C_s' の直列接

続が、隣接する極板部 12 a, 11 a で形成される容量成分 C_s に並列に接続される。

[0053] 図 8 (b) に示すように、容量成分 C_s' は、誘電体基板 101、導電膜 102、誘電体膜 103、及び第 2 導電パターン 104 の 4 層で構成される。なお、更に誘電体膜と導電膜を増やしても良い。詳しくは後述する。

[0054] 図 9 は、副共振器を備える周波数選択板 200 の等価回路を模式的に示す図である。導電膜 102 で形成される共振器 k_{xy} (以降、主共振器と称する場合がある) の等価回路は、誘導成分 L と容量成分 C_s の直列接続で表現している。

[0055] よって、周波数選択板 200 は、主共振器 k_{xy} の容量成分 C_s に、2 つの容量成分 C_s' の直列接続が並列に接続された等価回路で表せる。第 2 導電パターン F_{kp} と極板部 12 a, 11 a の間に形成される容量は、極板部 12 a, 11 a 同士の間で形成されう容量成分 C_s よりも大きい ($C_s' \gg C_s$)。

[0056] 図 9 に示す等価回路から明らかなように、本実施形態に係る周波数選択板 200 の遮断周波数は、容量成分 C_s' が付加された周波数である。したがって、主共振器 k_{xy} の形状はそのままにし、副共振器を形成する第 2 導電パターンの形状を変えることで、遮断周波数を制御することができる。

[0057] 図 10 は、第 2 導電パターン F_{kp} の形状を変えた場合の遮断周波数の変化を示す図である。

[0058] 図 10 (a) は x 方向の長さを変えた場合の変化を示す図であり、図 10 (b) は y 方向の長さを変えた場合の変化を示す図である。図 10 の横軸は周波数 [GHz]、縦軸は透過特性を表す透過係数 S_{21} [dB] である。

[0059] 図 10 (a) のパラメータ 0mm は、図 6 に示す第 2 導電パターン F_{kp} の形状の場合である。パラメータ 0.2mm は、第 2 導電パターン F_{kp} の幅を -0.2 mm したことを表す。つまり、一方の極板部 12 a の外側から -0.1 mm、他方の極板部 11 a の外側から -0.1 mm した場合の特性である。

[0060] 図 10 (a) に示すように、第 2 導電パターン F_{kp} の幅を $0 \sim 1$ mm の範囲で変えることで遮断周波数を約 1GHz の範囲で可変することができる。つまり、

主共振器 k_{xy} の形状を変えずに第2導電パターン F_{kp} の形状を変えることで遮断周波数を調整することができる。

[0061] 図10(b)のパラメータ0mm~0.5mmは、第2導電パターン F_{kp} のy方向の長さを変化させた寸法を表す。パラメータ0mmは、図6に示す第2導電パターン F_{kp} の形状の場合である。

[0062] 図10(b)に示すように、第2導電パターン F_{kp} のy方向の長さを0~0.5mmの範囲で変えることで遮断周波数を約0.5GHzの範囲で可変することができる。このように第2導電パターン F_{kp} のy方向の長さを変えても遮断周波数を調整することができる。

[0063] 以上説明したように、本実施形態に係る周波数選択板200は、導線部の上に誘電体膜を挟んで配置される第2導電パターンを備え、第2導電パターンの平面形状は、隣接する共振器同士で同一部分を覆う形状、及び同一の共振器の極板部の間を覆う形状である。これにより、主共振器 k_{xy} の形状を変えずにその遮断周波数を調整することができる。

[0064] [第3実施形態]

図11は、本発明の第3実施形態に係る周波数選択板の平面図を模式的に示す図である。図11に示す周波数選択板300は、周波数選択板100(図1)に対して低周波側バンドパス共振器 k_{lb} と高周波側バンドパス共振器 k_{hb} のそれぞれに対応する副共振器を備えたものである。

[0065] 低周波側バンドパス共振器 k_{lb} に対応する副共振器は、この例では2つの第2導電パターン $F_{k_{lb1}}$ と $F_{k_{lb2}}$ で構成される。第2導電パターン $F_{k_{lb1}}$ 、 $F_{k_{lb2}}$ は、第2導電パターン F_{kp} と同様に、極板部12a等の導電膜102と誘電体層を挟んで重ね合わせて形成される。

[0066] 第2導電パターン $F_{k_{lb1}}$ 、 $F_{k_{lb2}}$ のそれぞれは、容量成分 C_{s1}' と C_{s2}' を形成させる。第2導電パターン $F_{k_{lb1}}$ 、 $F_{k_{lb2}}$ は、隣接する共振器を跨いで同じ形状である。つまり、極板板12aの上の形状と、極板板11aの上のそれぞれの第2導電パターン $F_{k_{lb1}}$ 形状は同じであり、隣接する共振器の間で繋がっている。容量成分 C_{s1}' と C_{s2}' は、低周波側バンドパス共振

器 k_{Lb} の並列共振周波数に並列に接続されて作用する。

[0067] 図 1 2 は、容量成分 C_{s1}' と C_{s2}' が、低周波側バンドパス共振器 k_{Lb} の等価回路に並列に接続された等価回路を示す。この等価回路から明らかなように、本実施形態に係る周波数選択板 300 の低周波側透過周波数 f_{Lb} は、容量成分 C_{s1}' と C_{s2}' が付加された周波数である。したがって、低周波側バンドパス共振器 k_{Lb} の形状はそのままにし、副共振器を形成する第 2 導電パターン F_{kHb1} の形状を変えることで、低周波側透過周波数 f_{Lb} を制御することができる。

[0068] 第 2 導電パターン F_{kHb1} は、高周波側バンドパス共振器 k_{Hb} の等価回路に並列に接続される容量成分 C_{s1}' を形成する。第 2 導電パターン F_{kHb1} によって高周波側透過周波数 f_{Hb} を制御することができる。その作用は、低周波側透過周波数 f_{Lb} の場合と同じである。

[0069] 低周波側バンドパス共振器 k_{Lb} と高周波側バンドパス共振器 k_{Hb} は、それぞれ独立させて制御することができる。よって、低周波側バンドパス共振器 k_{Lb} に対応する第 2 導電パターン F_{kLb1} 、 F_{kLb2} 、及び高周波側バンドパス共振器 k_{Hb} に対応する第 2 導電パターン F_{kHb1} の形状を変化させることで、遮断周波数の帯域幅を制御することができる。

[0070] 図 1 3 は、主共振器 k_{xy} の形状を固定し、低周波側バンドパス共振器 k_{Lb} に対応する副共振器と高周波側バンドパス共振器 k_{Hb} に対応する副共振器をそれぞれ構成する第 2 導電パターン F_{kLb1} 、 F_{kLb2} 、 F_{kHb1} の形状を変えた場合の反射特性の例を示す図である。

[0071] 図 1 3 の横軸は周波数 [GHz]、縦軸は反射特性を表す反射係数 S_{11} [dB] である。

[0072] 図 1 3 において、破線は、低周波側透過周波数 f_{Lb} を下げ、高周波側透過周波数 f_{Hb} を上げた特性例を示す。一点鎖線は、低周波側透過周波数 f_{Lb} を上げ、高周波側透過周波数 f_{Hb} を下げた特性例を示す。このように低周波側バンドパス共振器 k_{Lb} と高周波側バンドパス共振器 k_{Hb} にそれぞれ対応する副共振器を構成する第 2 導電パターン F_{kLb1} 、 F_{kLb2} 、 F_{kHb1} の形状を変

えることで周波数選択板 300 の帯域幅を制御することができる。

[0073] ここで注目すべきは、遮断周波数が大きく変化していない点である。図 13 に示す例では、遮断周波数は 3% 以下の変化であった。このように遮断周波数を変化させずに帯域幅を可変することができる。

[0074] 第 2 導電パターン F_{kLb1} , F_{kLb2} と第 2 導電パターン F_{kHb1} は、何れも第 2 導電パターンに設ける例で説明したが、両者は異なる層の導電パターンに設けるようにしても良い。例えば、第 2 導電パターン F_{kHb1} を、第 2 導電パターン F_{kLb1} 等の上に誘電体膜を挟んで配置される第 3 導電パターン（図示せず）で形成するようにしても良い。

[0075] また、第 2 導電パターン F_{kLb1} , F_{kLb2} と重なるように同じ形状の第 3 導電パターン（図示せず）を形成するようにしても良い。同じ形状の第 3 導電パターンによって、並列共振回路に更に並列に容量成分を付加することができる。

[0076] また、図 11 において鉤形状の第 2 導電パターン F_{kHb1} を、第 3 導電パターン（図示せず）を形成するようにしても良い。そうすることで、高周波側バンドパス共振器 k_{Hb} に作用する副共振器を付加することができる。

[0077] このように本発明の第 3 実施形態に係る周波数選択板 300 は、第 2 導電パターンの上に誘電体膜を挟んで配置される第 3 導電パターンを備え、第 3 導電パターンの平面形状は、第 2 導電パターンと同形状である、又は第 2 導電パターンと異なる形状である。これにより、周波数選択板 300 の設計の自由度を向上させることができる。また、同じ平面形状でより大きな容量成分を付加することができるので、周波数選択板を小型化することができる。

[0078] なお、誘電体膜 103（図 8（b））の厚さは、第 2 導電パターン又は第 3 導電パターンによって付加される容量成分が集中常数で扱える範囲の厚さである。例えば、共振器 k_{xy} を、誘電体基板 101 の上に周期的に配列するピッチを 10mm とした場合は、導電パターンの間の間隔を 0.125mm 程度にすると良い。これによれば、厚さ方向における電磁波の伝送線路的な伝搬を無視することができるので、周波数選択板 200, 300 の設計を容易にすることができ

る。

[0079] 以上説明したように本実施形態に係る周波数選択板 100 によれば、遮断周波数 f_{sb} を中心に、低周波側透過周波数 f_{lb} 、及び高周波側透過周波数 f_{hb} の3つの共振周波数が得られる。各共振周波数は、それぞれに対応するパラメータによって決定される。したがって、動作周波数及びその帯域幅の調整が容易な周波数選択板を提供することができる。

[0080] また、周波数選択板 200 によれば、主共振器 k_{xy} に対応する副共振器を備える。副共振器を構成する導電パターンによって、動作周波数及びその帯域幅の調整が行える。主共振器 k_{xy} を変更せずに副共振器を調整することで遮断周波数の帯域幅を容易に調整できる。

[0081] また、周波数選択板 300 によれば、低周波側バンドパス共振器 k_{lb} と高周波側バンドパス共振器 k_{hb} のそれぞれに対応する副共振器を備える。それぞれに対応する副共振器を構成する導電パターンによって、動作周波数及びその帯域幅の調整が行える。副共振器の共振周波数は独立して調整できるので動作周波数及びその帯域幅の調整が容易である。

[0082] なお、主共振器 k_{xy} に対応する副共振器と低周波側バンドパス共振器 k_{lb} と高周波側バンドパス共振器 k_{hb} のそれぞれに対応する副共振器を、同じ周波数選択板に実装することも可能である。また、図1、図7、及び図11にそれぞれ示した周波数選択板の平面形状は、一例であり導電パターンの形状はこれらに限定されない。例えば、隣接する他の共振器の極板部と接合する導電パターンの幅は、図に示す幅よりも細くても良いし、太くても良い。このように、本発明はここでは記載していない様々な実施形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

符号の説明

[0083] 100, 200, 300 : 周波数選択板
103 : 誘電体膜
10 : 横パターン (導線部)

20 : 縦パターン (導線部)

12, 12a, 12b : 極板部

13, 13a, 13b : 切り欠き部

14 : 導電パターン (隣接する他の共振器の極板部と接合する導電パターン)

k_{xy} : 共振器 (主共振器)

d : 隣接する他の共振器の極板部との間隔

D : 極板部の先端部分の対角線を挟んだ間隔

l : 横パターン及び縦パターンの長さ

w : 横パターン及び縦パターンの幅

h : 極板部12のx方向の長さ (台形の高さ)

c_x : 切り欠き部の幅

c_y : 切り欠き部の奥行き

w_2 : 切り欠き部内を橋渡す導電パターンの幅

g : 極板部の先端部分の間隔の幅

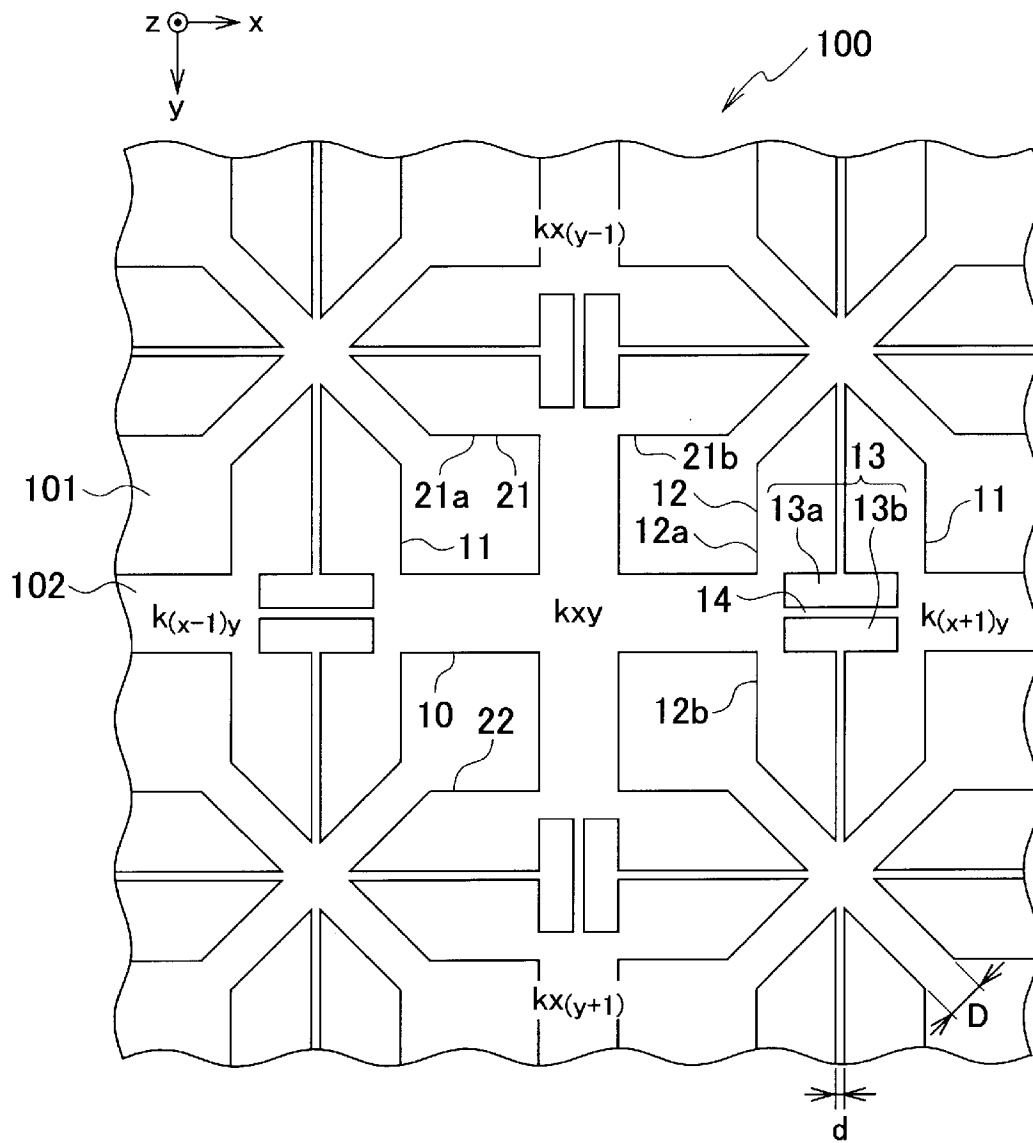
F_{kLb1} , F_{kLb2} , F_{kHb1} : 第2導電パターン

請求の範囲

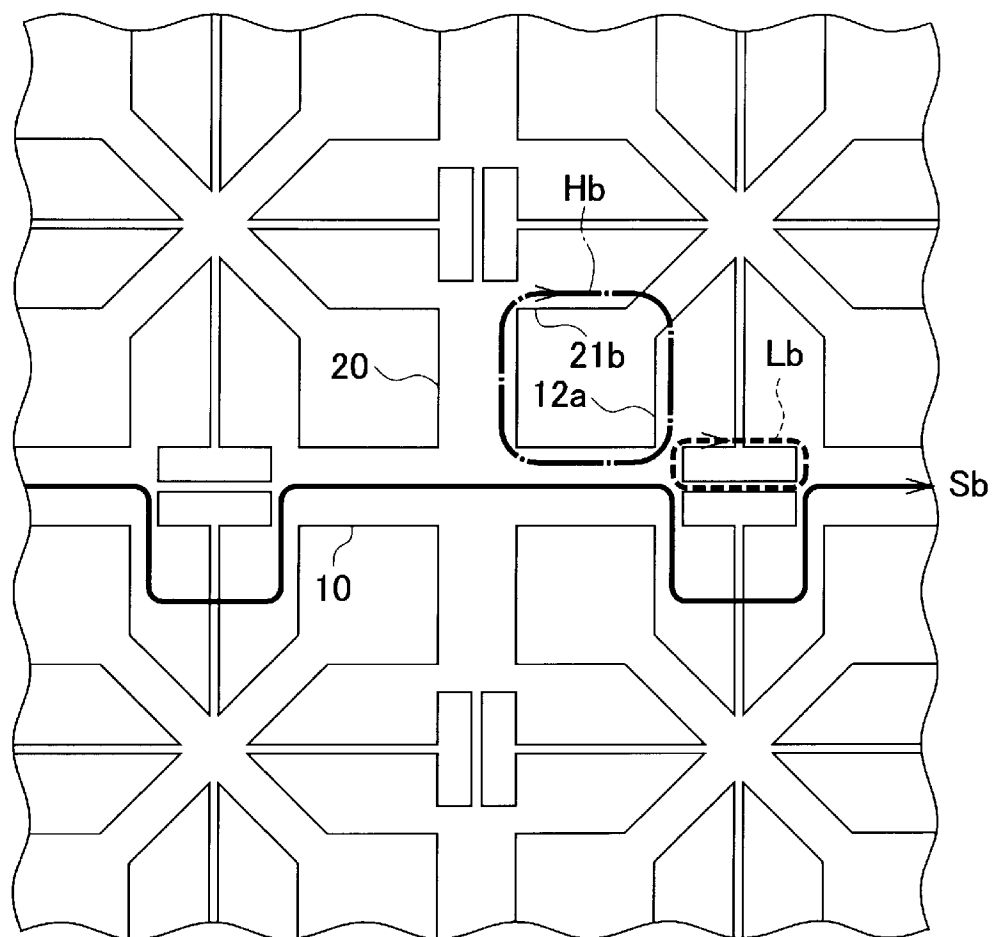
- [請求項1] 同一形状の導電パターンで形成される共振器を、誘電体基板の上に周期的に配列した構造の周波数選択板において、
- 前記共振器は、
- 前記誘電体基板の上に十字を形成する横パターンと縦パターンの導線部と、
- 前記横パターンと前記縦パターンが所定の長さ延伸されたそれぞれの両端部は、直交する方向にそれぞれ延長され、延長された先端部分は他方向から延長された先端部分と対角線上に間隔を空けて対向する形状の極板部と
- を備え、
- 極板部は、隣接する他の共振器の極板部と対向する中心部分が前記横パターンの幅で切り欠かれ、該切り欠かれた部分の中心から前記横パターンの幅よりも細い幅で且つ前記所定の長さより短い長さ延伸されて隣接する他の共振器の極板部と接合し、前記先端部分の間隔は、隣接する他の共振器の極板部との間隔よりも広い形状である
- ことを特徴とする周波数選択板。
- [請求項2] 前記導電パターンの上に誘電体膜を挟んで配置される第2導電パターンを備え、
- 第2導電パターンの平面形状は、隣接する共振器同士の同一部分を覆う形状、及び同一の共振器の前記極板部の間を覆う形状である
- ことを特徴とする請求項1に記載の周波数選択板。
- [請求項3] 第2導電パターンの上に誘電体膜を挟んで配置される第3導電パターンを備え、
- 第3導電パターンの平面形状は、第2導電パターンと同形状である、又は第2導電パターンと異なる形状である
- ことを特徴とする請求項2に記載の周波数選択板。
- [請求項4] 前記誘電体膜の厚さは、第2導電パターン又は第3導電パターンに

よって付加される容量成分が集中定数で扱える範囲の厚さであることを特徴とする請求項 3 に記載の周波数選択板。

[図1]

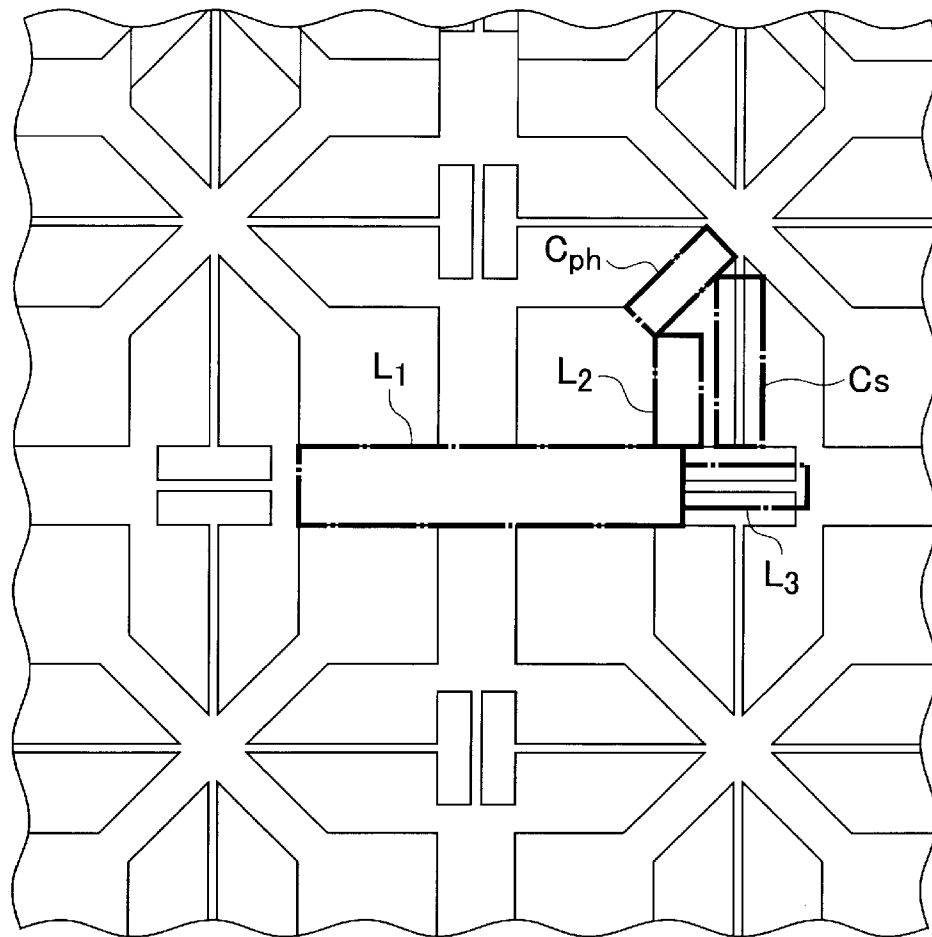


[図2]

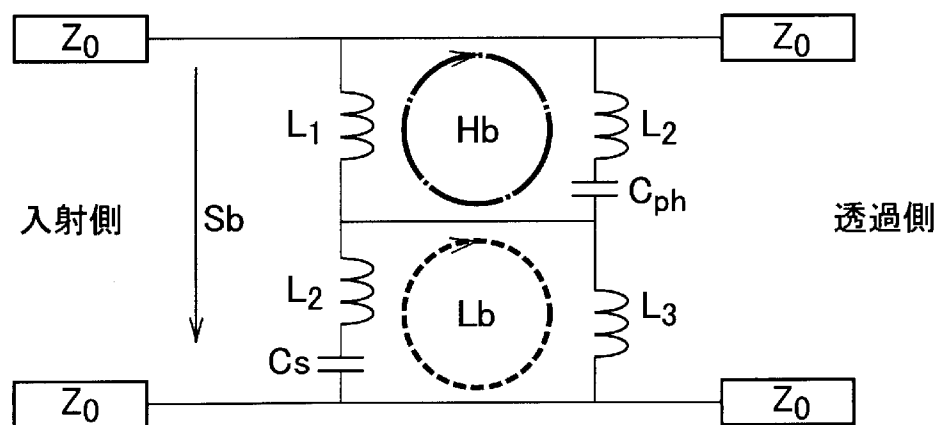


[図3]

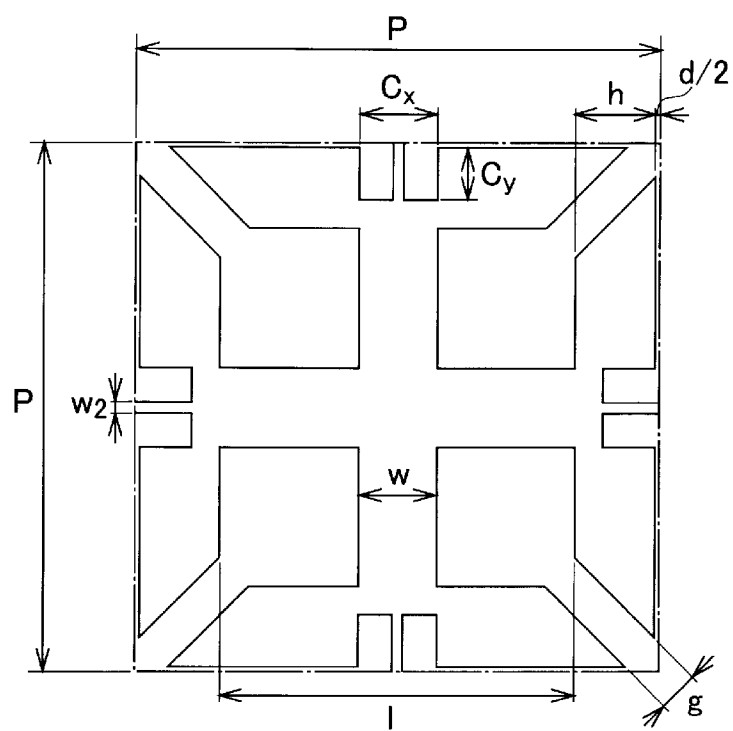
(a)



(b)

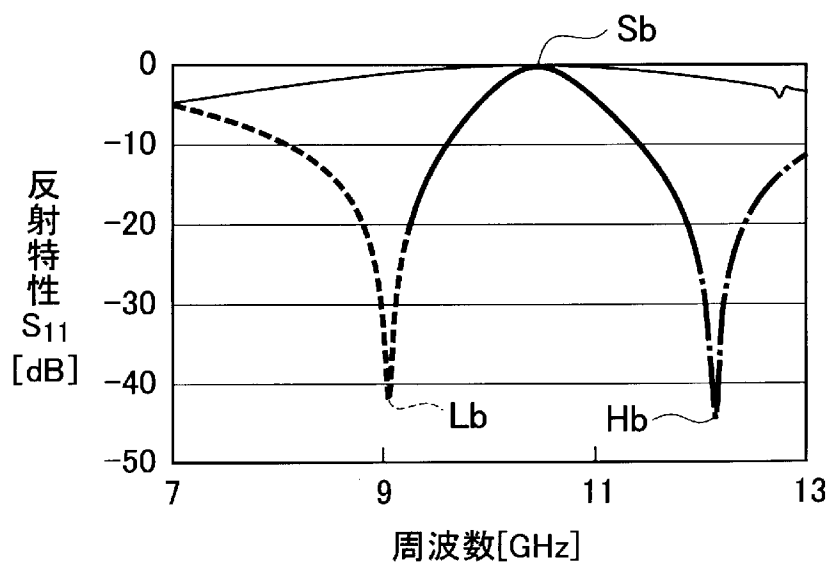


[図4]

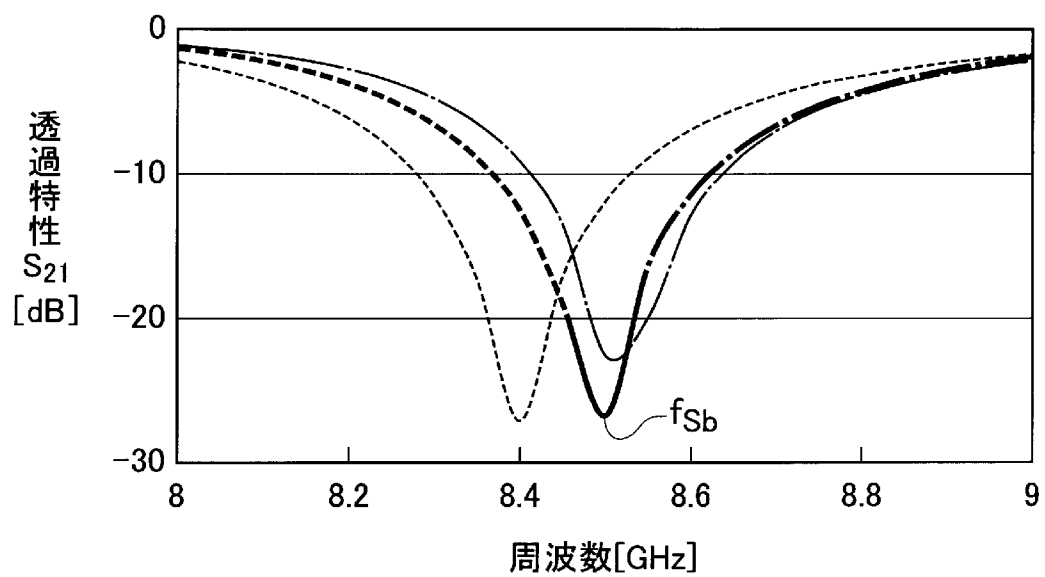


厚さ t : $1.3\mu\text{m}$, p : 10mm
 l : 6.8mm , d : 0.2mm
 g : 0.8mm , w : 1.5mm
 w_2 : 0.2mm , c_x : 1.5mm
 c_y : 1.0mm , h : 1.5mm

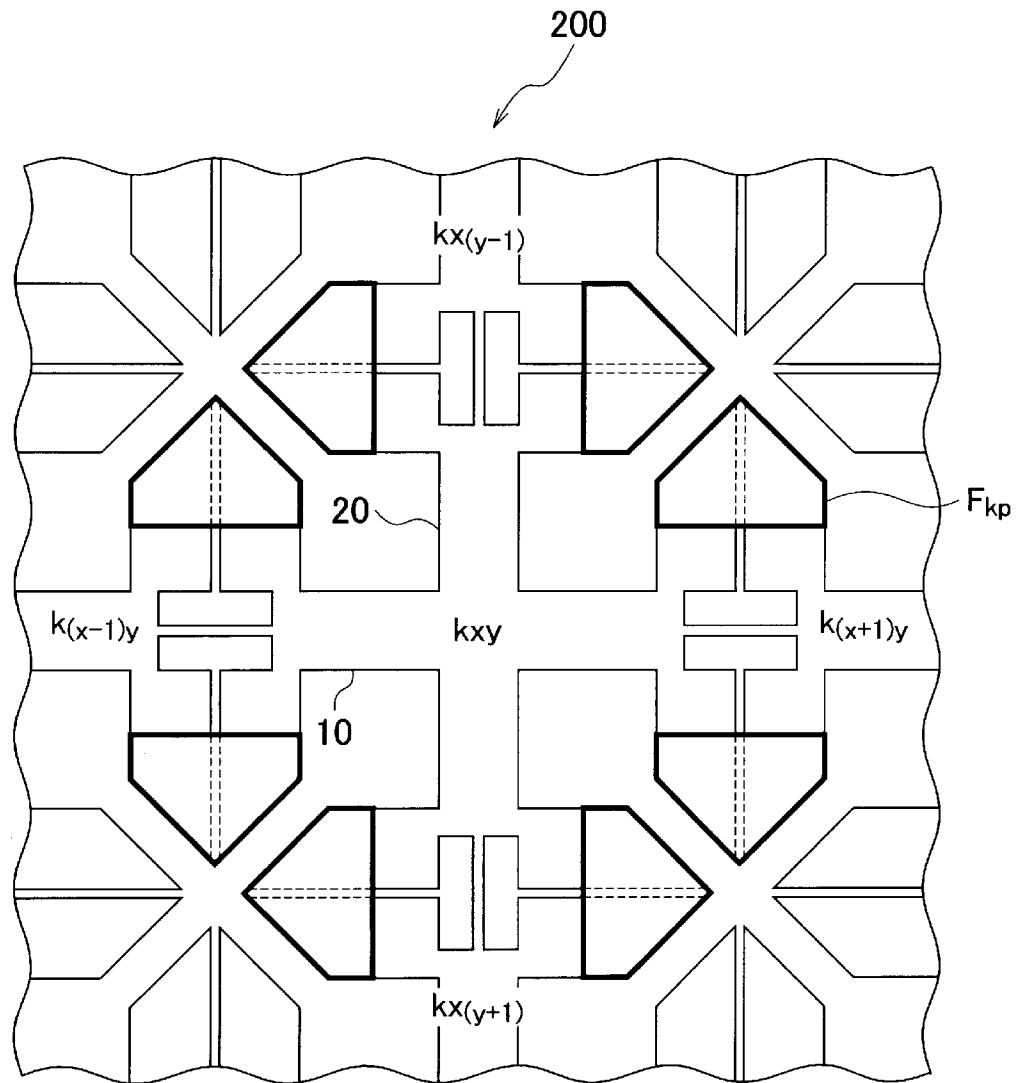
[図5]



[図6]

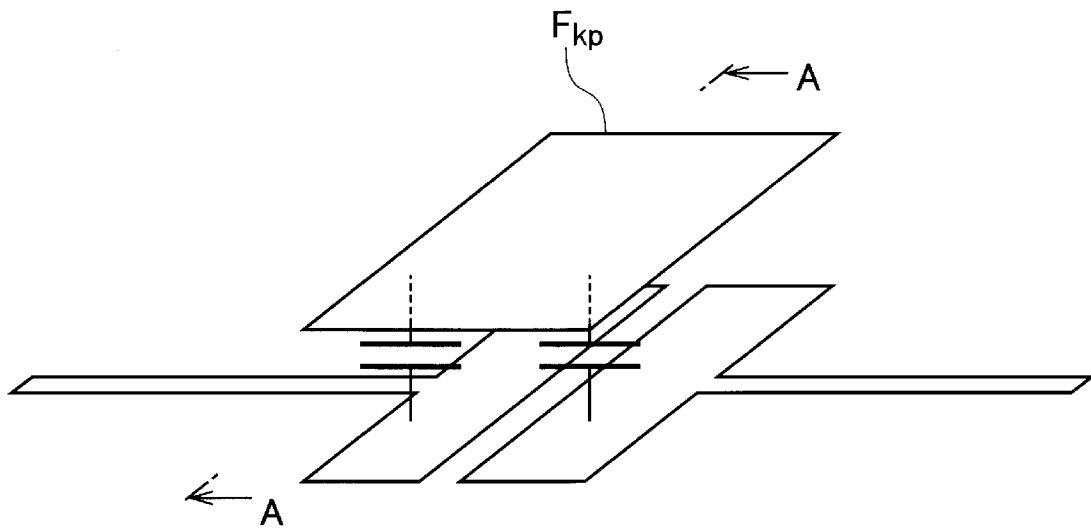


[図7]

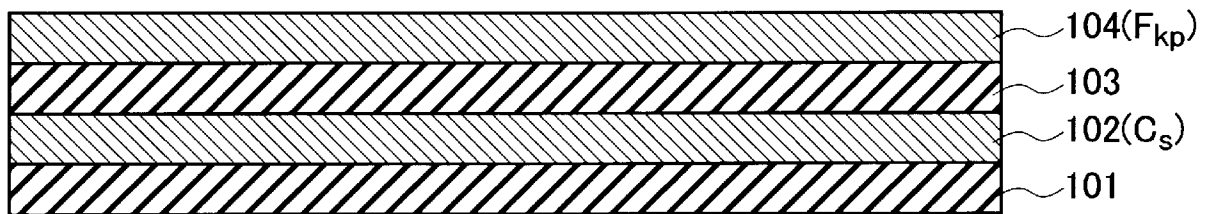


[図8]

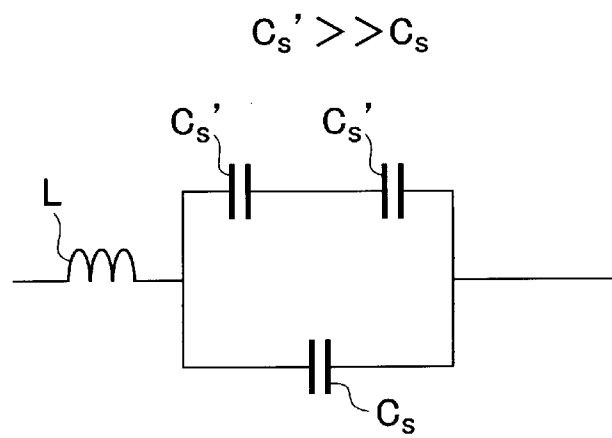
(a)



(b)

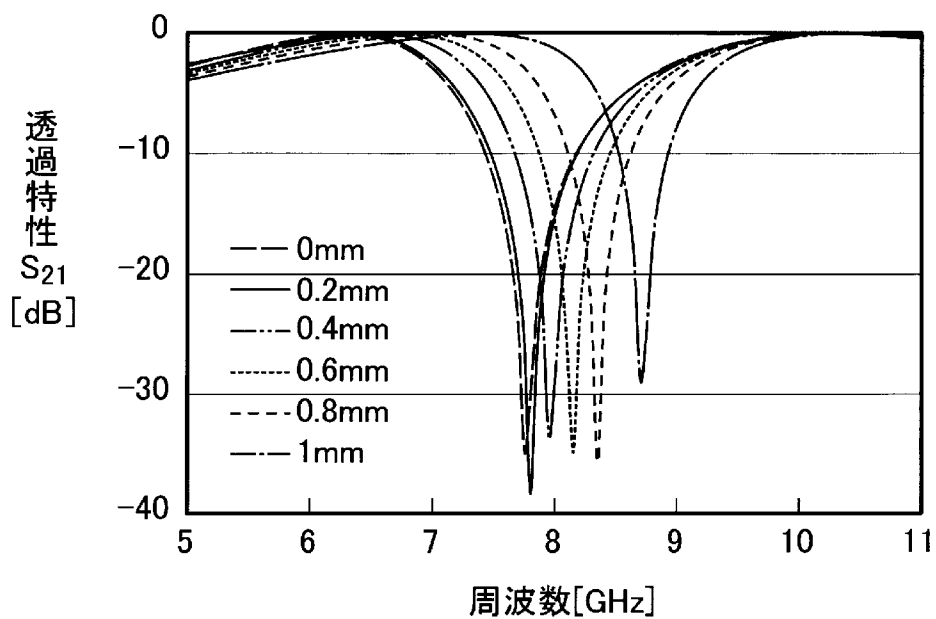


[図9]

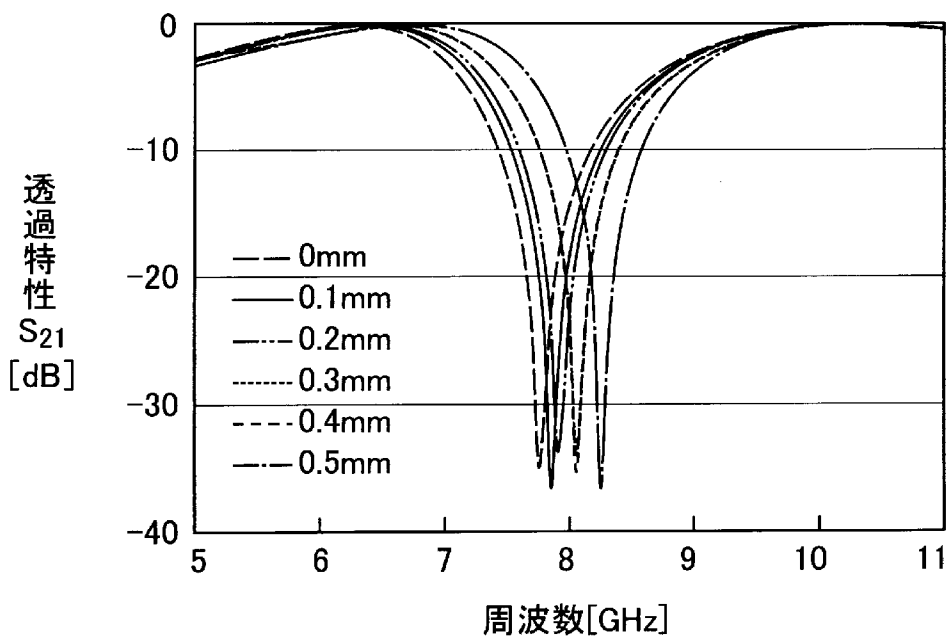


[図10]

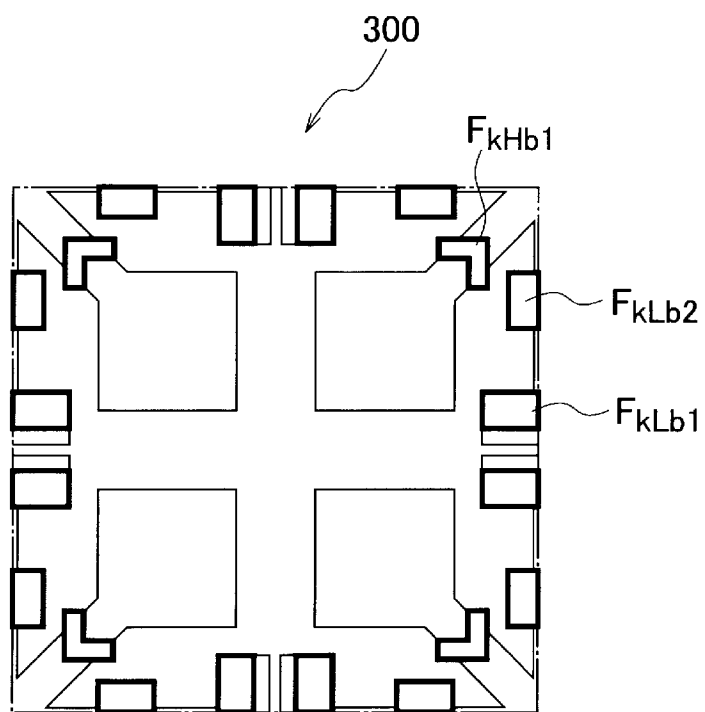
(a)



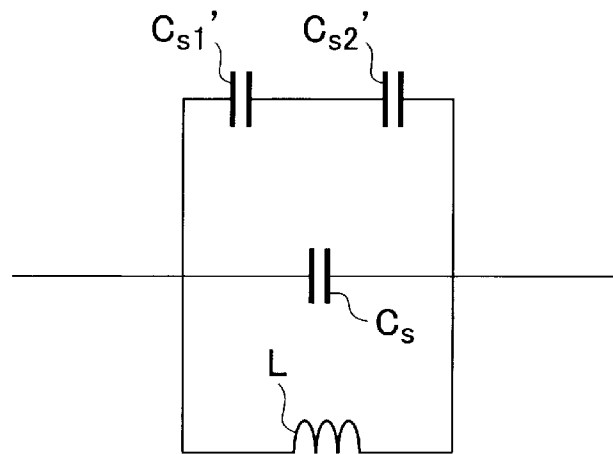
(b)



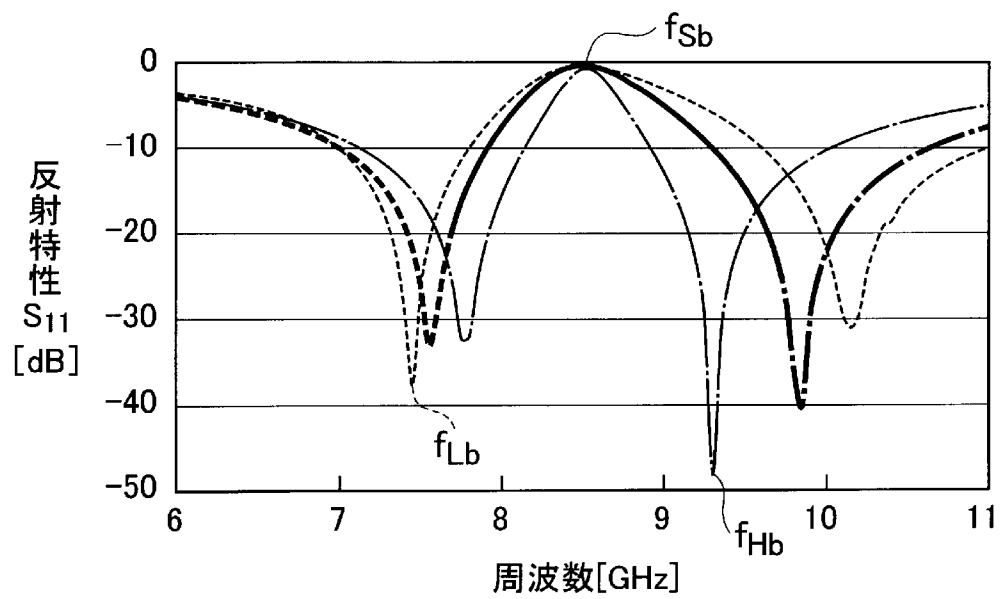
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048427

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01Q 15/14 (2006.01) i FI: H01Q15/14 B 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) H01Q15/14 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020 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 2018-191247 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 29.11.2018 (2018-11-29) entire text, all drawings	1-4
A	JP 2008-252046 A (FUJIMORI KOGYO CO., LTD.) 16.10.2008 (2008-10-16) entire text, all drawings	1-4
A	US 2007/0159395 A1 (SIEVENPIPER et al.) 12.07.2007 (2007-07-12) entire text, all drawings	1-4
A	HOSSEINIPANAH et al., "Novel Frequency Selective Surfaces Designing by Modification of Jerusalem Cross Slot", ICMMT 2008, 2008 pp. 1-4	1-4
☐ 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 12 February 2020 (12.02.2020)		Date of mailing of the international search report 25 February 2020 (25.02.2020)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/048427

Patent referred in the Report	Documents	Publication Date	Patent Family	Publication Date
--	-----------	------------------	---------------	------------------

JP 2018-191247 A		29 Nov. 2018	(Family: none)	
JP 2008-252046 A		16 Oct. 2008	(Family: none)	
US 2007/0159395 A1		12 Jul. 2007	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01Q 15/14(2006.01)i FI: H01Q15/14 B														
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）） H01Q15/14 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
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 2018-191247 A（日本電信電話株式会社）29.11.2018（2018 - 11 - 29） 全文，全図	1-4												
A	JP 2008-252046 A（藤森工業株式会社）16.10.2008（2008 - 10 - 16） 全文，全図	1-4												
A	US 2007/0159395 A1（SIEVENPIPER et al.）12.07.2007（2007 - 07 - 12） 全文，全図	1-4												
A	HOSSEINIPANAH et al., Novel Frequency Selective Surfaces Designing by Modification of Jerusalem Cross Slot, ICMMT 2008, 2008 pp.1-4	1-4												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 12.02.2020	国際調査報告の発送日 25.02.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 新田 亮 5K 3857 電話番号 03-3581-1101 内線 3556													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/048427

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-191247	A	29.11.2018	(ファミリーなし)	
JP	2008-252046	A	16.10.2008	(ファミリーなし)	
US	2007/0159395	A1	12.07.2007	(ファミリーなし)	