

(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
2014 年 8 月 28 日(28.08.2014)

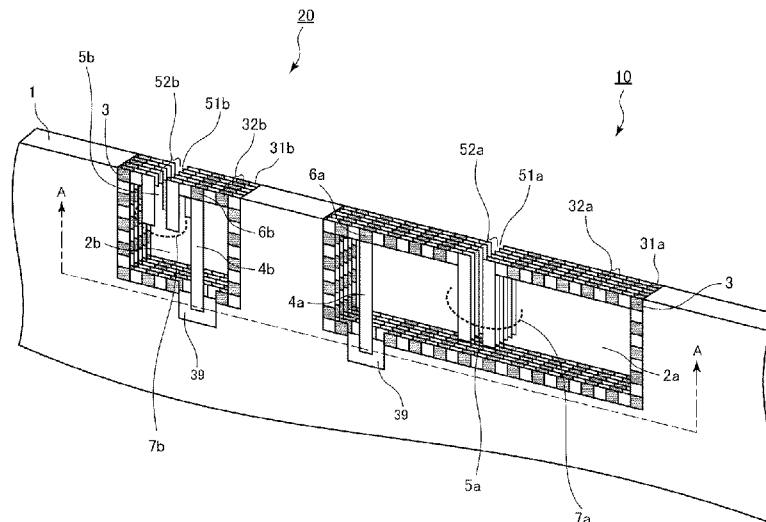


(10) 国際公開番号
WO 2014/129147 A1

- (51) 国際特許分類:
H01Q 5/01 (2006.01) *H01Q 7/00* (2006.01)
H01Q 1/38 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/000729
- (22) 国際出願日: 2014 年 2 月 13 日(13.02.2014)
- (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 2013-031233 2013 年 2 月 20 日(20.02.2013) JP
- (71) 出願人: NEC アクセステクニカ株式会社(NEC ACCESSTECHNICA, LTD.) [JP/JP]; 〒4368501 静岡県掛川市下俣 8 0 0 番地 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 三浦 健(MIURA, Ken); 〒4368501 静岡県掛川市下俣 8 0 0 番地 NEC アクセステクニカ株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹(SHIMOSAKA, Naoki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 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, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ANTENNA DEVICE AND METHOD FOR DESIGNING SAME

(54) 発明の名称: アンテナ装置およびその設計方法



(57) Abstract: Disclosed is an antenna device or the like having a split ring resonator that adapts to different frequency bands. An antenna device has a laminated structure that is composed by alternating dielectric layers (DL) (35) and conductor layers (CL) and that includes a plurality of structures each comprising: a first split ring (first SR) (31) that is formed in a first conductor layer (first CL) (36A) extending along one surface of a DL (35), surrounds an opening (2) and has a first split (first SP) (51) formed in a circumferential portion along the opening (2); a second split ring (second SR) (32) that is formed in a second conductor layer (second CL) (36B), which extends along the other surface of the DL (35), in such a manner that the second SR (32) is opposed to the first SR (31), the second SR (32) surrounding the opening (2) and having a second split (second SP) (52) formed in a circumferential portion along the opening (2); a plurality of conductor vias (CVs) (3) that are circumferentially formed at intervals, sandwich the first SP (51) and second SP (52) and electrically connect the first SR (31) to the second SR (32); and a feeder line (4) that is formed in a particular one of the CLs and has one end electrically connected to at least one of the CVs (3) and the other end insulated from the particular CL by a clearance (39) formed in the particular CL along the extending direction of the particular CL.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/129147 A1



異なる周波数帯に適應するスプリットリング共振器を有するアンテナ装置等が開示される。アンテナ装置は、誘電体層（DL）35と、導体層（CL）とが交互に積層された構造体に、DL35の一面側に延設された第1の導体層（第1CL）36Aに設けられた、開口2を囲むとともに、その開口2に沿う周方向の一部に第1スプリット部（第1SP）51が形成された第1スプリットリング部（第1SR）31と、DL35の他面側に延設された第2の導体層（第2CL）36Bに、第1SR31と対向するように設けられた開口2を囲むとともに、その開口2に沿う周方向の一部に第2スプリット部（第2SP）52が形成された第2スプリットリング部（第2SR）32と、第1SP51及び第2SP52を挟み、周方向に間隔を隔てて複数設けられ、第1SR31と第2SR32とを電氣的に接続する導体ビア（CV）3と、複数のCLのうち、特定のCLに設けられ、一端が、少なくとも一つのCV3に電氣的に接続され、他端が、該特定のCLの延設方向に沿って、該特定のCLに形成されたクリアランス39によって該特定のCLと絶縁された給電線4と、を含む構造を複数備える。

明 細 書

発明の名称： アンテナ装置およびその設計方法

技術分野

[0001] 本発明は、異なる周波数帯に適応するスプリットリング共振器を有するアンテナ装置およびその設計方法に関する。

背景技術

[0002] 今日、無線機能を備えた情報端末等の電子機器においては、電波を送受信するアンテナがプリント基板上に設けられている。

[0003] 非特許文献1は、環状の導体の一部を切断することによって略C字型の形状をなすスプリットリング (Split__Ring) 共振器 (Resonator) を、このようなアンテナとして用いる技術を開示する。

[0004] アンテナとして機能する係るスプリットリング共振器（以下、「SR共振器」とも言う。）は、小型であり、多層プリント基板に共振器として機能するパターンを形成することにより製造することができる。このため、スプリットリング共振器アンテナは、製造が容易であるとともに、製造コストも安価である。

[0005] また、特許文献1は、近接する複数の周波数を受信するマイクロストリップアンテナを小型、且つ、簡易な構造で実現する技術を開示する。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：スプリットリング共振器小型アンテナの検討__電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集__2011年__通信(1)__p133__2011-08-30__一般社団法人電子情報通信学会、鳥屋尾__博、ドン__ユアンダン、伊藤__龍男__著

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平5-315828号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] 今日、上述した情報端末等の電子機器は、様々な通信目的に応じて複数の周波数帯域を使い分けるために、複数のアンテナを備えている。

[0009] しかしながら、非特許文献 1 には、それぞれ異なる周波数帯を使用するアンテナとして機能する複数のスプリットリング共振器をプリント基板に形成する場合に、どのように形成すればよいかについては何ら開示されていない。

[0010] したがって、非特許文献 1 に記載された技術を電子機器のアンテナに適用する場合に、どのように適用すればよいか問題である。

[0011] 尚、特許文献 1 は、複数の周波数の信号を複数のアンテナを用いて受信することを目的としていない。

[0012] 本発明の一つの目的は、上述した問題を解決するアンテナ装置およびアンテナ装置設計方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明のアンテナ装置は、

誘電体層と、導体層とが交互に積層された構造体に、

該誘電体層の一面側に延設された第 1 の導体層に設けられた、開口を囲むとともに、その開口に沿う周方向の一部に第 1 スプリット部が形成された第 1 スプリットリング部と、

前記誘電体層の他面側に延設された第 2 の導体層に、前記第 1 スプリットリング部と対向するように設けられた開口を囲むとともに、その開口に沿う周方向の一部に第 2 スプリット部が形成された第 2 スプリットリング部と、

前記第 1 スプリット部及び前記第 2 スプリット部を挟み、周方向に間隔を隔てて複数設けられ、前記第 1 スプリットリング部と前記第 2 スプリットリング部とを電氣的に接続する導体ビアと、

前記複数の導体層のうち、特定の導体層に設けられ、一端が、少なくとも一つの前記導体ビアに電氣的に接続され、他端が、該特定の導体層の延設方向に沿って、該特定の導体層に形成されたクリアランスによって該特定の導

体層と絶縁された給電線と、

を含む構造を複数備え、

第1の前記構造によって第1の周波数で共振する第1スプリットリング共振器アンテナを構成し、第2の前記構造によって第2の周波数で共振する第2スプリットリング共振器アンテナを構成する。

[0014] また、本発明のアンテナ装置設計方法は、

アンテナ装置を、

第1スプリットリング共振器アンテナへ入力される第2の周波数の信号の入力電力に対する、該入力された第2の周波数の信号が前記第1スプリットリング共振器アンテナから反射される際の出力電力の比率を表す反射率の値を零に近づけるように、前記第1スプリットリング共振器アンテナにおける第1及び第2スプリット部が設けられた辺及びその辺に対向する辺の長さを短縮するのに応じて、前記第1スプリットリング共振器アンテナにおける対向電極間が有する静電容量を増大させるように調整する。

発明の効果

[0015] 本発明には、異なる周波数帯に適応するスプリットリング共振器アンテナを近接配置する場合であっても、高い方の周波数帯で共振するスプリットリング共振器アンテナからの、低い方の周波数帯で共振するスプリットリング共振器アンテナへの信号の漏洩を低減することができるという効果がある。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ装置を模式的に示す斜視図である。

[図2]図1に示すアンテナ装置のA-A断面図である。

[図3]第1の実施形態に係るアンテナ装置における寸法図である。

[図4]第1の実施形態に係る他のアンテナ装置における斜視図である。

[図5A]第2の実施形態に係る2.4GHz帯スプリットリング共振器アンテナにおけるインピーダンス特性を表す図である。

[図5B]第2の実施形態に係る2.4GHz帯スプリットリング共振器アンテナ

ナにおける反射特性を表す図である。

[図6A]第2の実施形態に係る5GHz帯スプリットリング共振器アンテナにおけるインピーダンス特性を表す図である。

[図6B]第2の実施形態に係る5GHz帯スプリットリング共振器アンテナにおける反射特性を表す図である。

[図7]第2の実施形態において、2.4GHz帯スプリットリング共振器アンテナの給電線から信号を入力した際に、5GHz帯スプリットリング共振器アンテナの給電線から出力される信号の、入力電力に対する出力電力の比率を示すアイソレーション特性を表す図である。

[図8]第2の実施形態に係る2.4GHz帯スプリットリング共振器アンテナから放射される5GHz帯の周波数の信号が、5GHz帯スプリットリング共振器アンテナへ漏洩する強度を、該5GHz帯スプリットリング共振器アンテナとの間隔を広げることで低減する場合のアンテナ間距離を表す図である。

[図9]第2の実施形態において、2.4GHz帯スプリットリング共振器アンテナのサイズを縮小すると共に、5GHz帯の周波数における信号の漏洩を低減し、且つ、2.4GHz帯と5GHz帯とのアンテナ間距離を短縮した状態を説明する図である。

[図10A]第2の実施形態において、2.4GHz帯と5GHz帯とのアンテナ間距離を短縮した際の、2.4GHz帯スプリットリング共振器アンテナにおけるインピーダンス特性を表す図である。

[図10B]第2の実施形態において、2.4GHz帯と5GHz帯とのアンテナ間距離を短縮した際の、2.4GHz帯スプリットリング共振器アンテナにおける反射特性を表す図である。

[図11]第2の実施形態において、5GHz帯スプリットリング共振器アンテナの給電線から出力される信号の、入力電力に対する出力電力の比率を示すアイソレーション特性を表す図である。

[図12A]本発明の第3の実施形態に係る5GHz帯スプリットリング共振器ア

ンテナにおいて、スプリット部と給電線との位置を入れ替える前の、2.4 GHz帯スプリットリング共振器アンテナから漏洩する2.4 GHz帯の信号である高周波電流の流れを模式的に表す図である。

[図12B]第3の実施形態において、5 GHz帯スプリットリング共振器アンテナのスプリット部と給電線との位置を入れ替えた後の、該2.4 GHz帯スプリットリング共振器アンテナから漏洩する2.4 GHz帯の信号である高周波電流の流れを模式的に表す図である。

[図13]第3の実施形態において、5 GHz帯スプリットリング共振器アンテナのスプリット部と給電線との位置を入れ替えた後の、該2.4 GHz帯スプリットリング共振器アンテナの給電線から信号を入力した際に、該5 GHz帯スプリットリング共振器アンテナの給電線から出力される信号の、入力電力に対する出力電力の比率を表すアイソレーション特性を表す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 次に、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

[0018] <第1の実施形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係るアンテナ装置を模式的に示す斜視図である。

[0019] 図1を参照すると、本実施形態に係るアンテナ装置は、大別して、誘電体層（図1には不図示）と、導体層（図1には不図示）とが積層された導体基板1と、該導体基板1に形成された2.4 GHz帯スプリットリング共振器アンテナ10と、5 GHz帯スプリットリング共振器アンテナ20とを有する。以下、2.4 GHz帯スプリットリング共振器アンテナ10と、5 GHz帯スプリットリング共振器アンテナ20とは、それぞれ「SR共振器アンテナ10」、「SR共振器アンテナ20」とも略称する。

[0020] 2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10は、開口2aと、導体ビア3と、給電線4aと、スプリット部5aとを含む。

[0021] また、5 GHz帯SR共振器アンテナ20は、開口2bと、導体ビア3と、給電線4bと、スプリット部5bとを含む。

[0022] S R共振器アンテナ10及び20には、それぞれ順に開口2a及び2bの周囲に、略C字状(又は、C字状(以下、同様)。)を成す導体層が形成されている。即ち、係る略C字状を成す導体層は、それぞれ順にスプリット部5a及び5bが示す部分を切り欠いた構造をなす。係る略C字状を成す導体層は、後述する第1スプリットリング部31と第2スプリットリング部32としてそれぞれ形成されており、それぞれがお互いに重なるように配置されている。以下の説明において、開口2a及び2bは、「開口部2」と総称する場合がある。

[0023] また、S R共振器アンテナ10及び20は、それぞれ順に、スプリット部5a及び5bが設けられた辺が導体基板1の同一の端面に露出するように、該導体基板1に形成されている。以下の説明において、スプリット部5a及び5bは、「スプリット部5」と総称する場合がある。尚、導体ビア3は、図1において灰色のマス目状に示す如く模式的に表している。即ち、導体ビア3の具体的な構造は、図4に示すように、例えば円筒形のスルーホールである。また、開口部2の周方向に、導体ビア3に隣接して、白色のマス目状に示す如く模式的に表された部分は、導体基板1を表す。図4は、第1の実施形態に係る他のアンテナ装置における斜視図である。

[0024] ここで、導体基板1の構造を説明する。図2は、図1に示すアンテナ装置のA-A断面図である。

[0025] 導体基板1は、図2に示すように誘電体層35と導体層36とが交互に積層された複数の層を含む。本実施形態では、導体基板1は、一例として第1層から第5層までの各層において、誘電体層35と導体層36とを含む。そして、係る第5層に沿って延設された第6層には、導体層36のみを含む。

[0026] 第1層が導体基板1の最外面として有する導体層36は、説明の便宜上、第1の導体層36Aとも呼ぶ。図1に示すS R共振器アンテナ10及び20において、第1の導体層36Aと誘電体層35とから成る第1層には、それぞれ順に略C字状の第1スプリットリング部31a及び第1スプリットリング部31bが形成されている。以下の説明において、第1スプリットリング

部 3 1 a 及び 3 1 b は、「第 1 スプリットリング部 3 1」と総称する場合がある。

[0027] また、図 2 に示す如く、第 2 乃至第 5 層は、第 2 の導体層 3 6 B と誘電体層 3 5 とが交互に積層された構造（構造体）である。第 6 層は、第 1 の導体層によって構成されている。係る第 2 乃至第 5、並びに第 6 層は、図 2 には不図示の、略 C 字状を成す第 2 スプリットリング部 3 2 a 及び第 2 スプリットリング部 3 2 b が形成されている。即ち、図 1 に示す模式的な構造図において、図 2 に示す各層間に設けられた誘電体層は、その表現が省略されている。以下の説明において、第 2 スプリットリング部 3 2 a 及び 3 2 b は、「第 2 スプリットリング部 3 2」と総称する場合がある。

[0028] 尚、本実施形態では、第 2 スプリットリング部 3 2 は、一例として第 2 層乃至第 6 層の合計 5 層を有するものとして説明する。

しかし、本実施形態を例に説明する本発明に係るアンテナ装置の層数は、5 層に限定されない。

[0029] また、第 6 層は、導体層 3 6 により、上述した第 2 スプリットリング部 3 2 の一部を構成すると共に、後述する給電線 4 a 及び給電線 4 b を配線する（引き出す）層である。給電線 4 a および 4 b は、以下の説明において、「給電線 4」と総称する場合がある。

[0030] 図 1 に示す開口 2 a 及び 2 b は、実際には存在する誘導体層 3 5 を説明の便宜上から表現を省略することにより導体層 3 6 のみによって模式的に表現した状態を表す。即ち、本実施形態に係るアンテナ装置には、物理的に貫通した開口は存在しない。

[0031] 図 1 及び図 2 を参照し、S R 共振器アンテナ 1 0 及び 2 0 毎の構成を更に説明する。

[0032] 2. 4 G H z 帯 S R 共振器アンテナ 1 0 は、第 1 スプリットリング部 3 1 a と第 2 スプリットリング部 3 2 a とを重ね合わせるようにして備える（図 1）。

[0033] スプリット部 5 a は、2. 4 G H z 帯 S R 共振器アンテナ 1 0 の開口 2 a

において切り欠かれた間隙である。そして、スプリット部5 aは、第1層に対応する第1スプリット部5 1 a、及び第2層乃至第6層に対応する第2スプリット部5 2 aから成る。

[0034] つまり、第1スプリットリング部3 1 a及び第2スプリットリング部3 2 aは、図1にそれぞれ第1スプリット部5 1 a及び第2スプリット部5 2 aに示す如く切り欠かれた状態で開口2 aを囲むように形成されている。そして、第1スプリットリング部3 1 a及び第2スプリットリング部3 2 aは第1層及び第2層乃至第6層が重ねられた構造である。

[0035] 5 GHz帯SR共振器アンテナ2 0は、上述した2. 4 GHz帯SR共振器アンテナ1 0と同様の構成を有する。即ち、5 GHz帯SR共振器アンテナ2 0は、第1スプリットリング部3 1 bと第2スプリットリング部3 2 bとを重ね合わせるように備える（図1）。

[0036] スプリット部5 bは、5 GHz帯SR共振器アンテナ2 0の開口2 bにおいて切り欠かれた間隙である。そして、スプリット部5 bは、第1層に対応する第1スプリット部5 1 b、及び第2層乃至第6層に対応する第2スプリット部5 2 bから成る。

[0037] つまり、第1スプリットリング部3 1 b及び第2スプリットリング部3 2 bは、図1にそれぞれ第1スプリット部5 1 b及び第2スプリット部5 2 bに示す如く切り欠かれた状態で開口2 bを囲むように形成されている。そして、第1スプリットリング部3 1 b及び第2スプリットリング部3 2 bは、第1層及び第2層乃至第6層が重ねられた構造である。

[0038] 尚、SR共振器アンテナ1 0及び2 0における、それぞれ順に第1スプリット部5 1 a及び5 1 bは、総称して第1スプリット部5 1と称することとする。また、SR共振器アンテナ1 0及び2 0における、それぞれ順に第2スプリット部5 2 a及び5 2 bは、総称して第2スプリット部5 2と称することとする。

[0039] また、2. 4 GHz帯SR共振器アンテナ1 0は、第1の周波数である2. 4 GHz帯で共振する第1スプリットリング共振器アンテナ1 0と称するこ

ととする。5GHz帯SR共振器アンテナ20は、第2の周波数である5GHz帯で共振する第2スプリットリング共振器アンテナ20と称することとする。

[0040] 即ち、本実施形態のアンテナ装置は、誘電体層35と、導体層とが交互に積層された構造体である。

[0041] このアンテナ装置は、誘電体層35の一面側に延設された第1の導体層36Aに設けられた、開口2を囲むとともに、その開口2に沿う周方向の一部に第1スプリット部51が形成された第1スプリットリング部31を有する。

[0042] アンテナ装置は、誘電体層35の他面側に延設された第2の導体層36Bに、第1スプリットリング部31と対向するように設けられた開口2を囲むとともに、その開口2に沿う周方向の一部に第2スプリット部52が形成された第2スプリットリング部32を有する。

[0043] アンテナ装置は、第1スプリット部51及び第2スプリット部52を挟み、周方向に間隔を隔てて複数設けられ、第1スプリットリング部31と第2スプリットリング部32とを電氣的に接続する導体ビア3を有する。

[0044] そして、係るアンテナ装置は、複数の導体層のうち、特定の導体層に設けられ、一端が、少なくとも一つの導体ビア3に電氣的に接続され、他端が、該特定の導体層の延設方向に沿って、該特定の導体層に形成されたクリアランス39によって該特定の導体層と絶縁された給電線4を有する。

[0045] また、本実施形態のアンテナ装置は、上述した構造を複数備え、第1の構造によって第1の周波数で共振する第1スプリットリング共振器アンテナ10を構成し、第2の構造によって第2の周波数で共振する第2スプリットリング共振器アンテナ20を構成する。

[0046] そして、本実施形態のアンテナ装置は、上述する構成要素を備える第1の周波数で共振する第1スプリットリング共振器アンテナ10及び第2の周波数で共振する第2スプリットリング共振器アンテナ20を有する。

[0047] ここで、導体ビア3は、開口部2を囲むように所定の間隔で導体基板1の

第1層乃至第6層における導体層36及び後述する給電点6を電氣的に導通する導体である。

[0048] 導体ビア3を設ける所定の間隔は、例えば1mm（ミリメートル）である。しかし、導体ビア3を設ける間隔は、1mmに限定されるものではない。

[0049] また、給電線4a及び4bの一端は、それぞれ順に、図示していない2.4GHz帯と5GHz帯の無線部（高周波回路）に接続される。

[0050] また、給電線4a及び4bの他端は、SR共振器アンテナ10及び20における、それぞれ順に給電点6a及び給電点6b（以下、総称して「給電点6」とも言う。）に接続され、当該各周波数帯の無線部との間で高周波電流を受給電する。

[0051] また、給電点6は、少なくとも1つの導体ビア3により、例えば第6層における給電線4と他の導体層36とが導通する。

[0052] また、給電線4は、該給電線4の長手方向に対する垂直の断面が、例えば矩形状の導体パターンを有することにより、無線部における入出力インピーダンスと整合されているものとする。

[0053] 給電線4a及び4bの周囲には、上述した各無線部に接続される際に、周囲の導体層36と短絡しないように間隙（クリアランス）が設けられている。そのクリアランス39は、例えば0.5mmである。しかし、給電線4の周囲に設けられるクリアランス39は、0.5mmに限定されるものではない。

[0054] また、給電線4は、一例として、図2に示す第2スプリットリング部32における第6層から引き出す説明をした。しかし、給電線4の引き出し方は、上述した方法に限定されず、例えば、第1スプリットリング部31最外面にある（第1層の）導体層36（つまり、第1の導体層36A）から引き出してもよい。

[0055] また、給電線4は、図4に示すように、第2スプリットリング部32における少なくとも何れかの内層（つまり、第2層乃至第5層）における導体層36を用いて給電線を形成すると共に引き出すようにしてもよい。

[0056] 図4は、第1の実施形態に係る他のアンテナ装置における斜視図である。

図4は、説明の便宜上、導体基板1に形成された、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10を、スプリットリング部12aおよび給電線4aが設けられた導体層のみによって表している。このため、図4において、誘電体層と、5GHz帯SR共振器アンテナ20とは、図4中に表現することを省略している。

[0057] 尚、図1に示すSR共振器アンテナ10と20とは、給電線4を引き出す層が異なってもよい。

[0058] また、図1に示す導体基板1の一部をなす導体層36の材料は、例えば、銅箔パターン等の導電性金属パターンを含む。

[0059] また、図1に示す導体基板1の一部をなす誘電体層35の材料は、例えば、プリント基板に用いられるガラスエポキシ基板である。しかし、誘電体層35の材料は、これに限定されるものではなく、セラミック基板等であってもよい。

[0060] 続いて、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10及び5GHz帯SR共振器アンテナ20が、それぞれ順に2.4GHz帯及び5GHz帯の各周波数で共振する構造について説明する。

[0061] SR共振器アンテナ10及び20は、それぞれの開口部2の外周を囲む導体の長さ、スプリット部5を挟む後述する対向電極7間における静電容量とによって上述したそれぞれの周波数帯でそれぞれ共振する。

[0062] SR共振器アンテナ10及び20は、スプリット部5a及び5bにおいて、スプリット部5a及び5bの開口端部から開口部2に向って直角に設けられた対向する（対となる）電極7a及び7bをそれぞれ有する。以下、「対向電極7a」及び「対向電極7b」は、総称して「対向電極7」とも言う。）に係る対向電極7は、スプリット部5a及び5bにおける静電容量Cを得るために設けられる。

[0063] つまり、静電容量Cは、スプリット部5を挟む対向電極7を成す各導体層36同士が向き合う面の合計面積Sと、対向電極7間の距離dと、対向電極

7間の空隙が有する誘電率 ε （イプシロン）により、既知である次式に基づいて得られる。

[0064] $C = \varepsilon \times S / d \cdots \cdots$ （式1）、

面積 S は、上記のとおり、各アンテナの対向電極7が有する導体層36のスプリット部5を挟んで対向し合う面である。係る面積 S は、各導体層36の厚み（高さ）の合計と、スプリット部5の開口端部から開口部2に向って直角に設けられた対向電極7の長さとの積である。尚、ここでは、対向電極7における異なる層の導体層36間の静電容量は、スプリット部5を挟んで向き合う同じ層の導体層36同士の静電容量に比べて無視しうるものとする。

[0065] 対向電極7における導体層の合計高さは、例えば全部で6層の場合で0.8mmである。また、対向電極7の長さは、SR共振器アンテナ10及び20で、それぞれ順に、例えば3.5mm及び2.5mmである。しかし、上述した寸法は、一例であり、これらの寸法には限定されない。

[0066] また、各アンテナのスプリット部5を挟む対向電極7を成す導体層36の層数は、対向電極7間で所定の静電容量を得ることができれば、6層に限らず、他の層数であってもよい。

[0067] 本実施形態では、図1に示すように、一例として2.4GHz帯SR共振器アンテナ10においては、6層全てに対向電極を成す導体層36を有する。一方、5GHz帯SR共振器アンテナ20においては、例えば第1層と第6層のみに導体層36を有し他の導体層には対向電極を設けていない。

[0068] つまり、各アンテナの対向電極7を成す導体層36を複数層分設けることは、各導体層36の対向電極間の静電容量が並列に接続された合成静電容量とみなすことができる。そして、本実施形態によれば、対向電極7を成す導体層36の層数によって係る静電容量を調整することが可能となる。

[0069] 尚、本実施形態では、一例としてスプリット部5を挟む対向電極7において、導体層36間を導通させる導体ビア3は、給電点6以外には設けていない。しかし、スプリット部5を挟む対向電極7において導体ビア3を適宜に

設けるようにしてもよい。

[0070] そして、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10及び5GHz帯SR共振器アンテナ20は、上述した対向電極7間における静電容量Cと、誘導性リアクタンスLとにより、既知である次式に基づいて、それぞれ順に2.4GHz帯及び5GHz帯の各周波数fでそれぞれ共振する。係る誘導性リアクタンスLは、開口部2の外周を囲む導体層36における導体の長さである線路長によるインピーダンスである。そして、係る静電容量Cは、以下の説明において「容量性リアクタンス」とも言う。

[0071] $f = 1 / (2\pi\sqrt{LC}) \dots\dots (式2)$ 、

ここで、例えばSR共振器アンテナのサイズを小さくしたい場合は、誘導性リアクタンスLである開口部2の外周を囲む導体の長さである線路長を短くする。しかし、共振周波数fは、目的とする上述した周波数帯で一定とする必要があるので、式2により、対向電極7間の容量性リアクタンスCは、増やす必要がある。

[0072] 対向電極7間の容量性リアクタンスCは、式1により、次のような方法で増やすことができる。例えば、

a) 対向電極7の長さを長くすることで対向電極7を成す各導体層36同士が向き合う面の合計面積Sを増やす。

[0073] b) 対向電極7同士の（間隙）距離dを短くする。

[0074] c) 対向電極7を成す導体層36の層数を増やす。

[0075] これらa)乃至c)の何れか、又は、これらのうちの少なくとも2つの組み合わせにより、本実施形態に係るSR共振器アンテナ10および20における容量性リアクタンスCは、増やすことができる。

[0076] 尚、容量性リアクタンスCは、上述した要素の他に、式1に示すように、導体層36の厚み（高さ）によっても調整することが可能である。また、式2における π （パイ）は円周率を表す。

[0077] ここで、SR共振器アンテナ10及び20を備えるアンテナ装置のサイズについて、図を用いて説明する。図3は、第1の実施形態に係るアンテナ装

置における寸法図である。

[0078] 図3を参照すると、スプリット部5が設けられた辺の長さは、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10が、例えば13mmであり、5GHz帯SR共振器アンテナ20が、例えば5mmである。

[0079] また、SR共振器アンテナ10及び20のスプリット部5が設けられている端面から、開口部2へ向う奥行き方向の長さは、共に、例えば4.5mmである。

[0080] また、2つのSR共振器アンテナ同士の間隔は、例えば4mmである。

[0081] また、導体基板1の図示していない厚み方向の長さ（厚み）は、導体基板1の層数に依存する。導体基板1の厚みは、一例として1.6mmである。

[0082] 尚、図3を用いて上述した寸法は、本実施形態を説明するための一例であり、この寸法には限定されない。

[0083] また、上述したSR共振器アンテナ10及び20は、それぞれのSR共振器アンテナ10及び20が単独の状態、それぞれの共振周波数において共振するように設計されている。

[0084] また、2つのSR共振器アンテナ10及び20の位置関係は、それぞれ入れ替えることにより、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10と、5GHz帯SR共振器アンテナ20とを図1に示す左右入れ替えて配置してもよい。具体的には、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10における給電線4aとスプリット部5aとの位置、及び5GHz帯SR共振器アンテナ20における給電線4bとスプリット部5bとの位置を入れ替えた配置を採用してもよい。

[0085] また、本実施形態は、上述した形状のSR共振器アンテナに限らず、SR共振器を成す形状であれば、他の形状でも構わない。

[0086] 本実施形態には、積層プリント基板を用いてスプリットリング共振器を用いたアンテナ装置を実現することができるという効果がある。

[0087] <第2の実施形態>

第1の実施形態を基本とする第2の実施形態について、図5乃至図11を

参照して説明する。

[0088] 第2の実施形態では、第1の実施形態に係る2.4GHz帯SR共振器アンテナ10及び5GHz帯SR共振器アンテナ20を適用したアンテナ装置の設計方法について説明する。

[0089] 本実施形態では、SR共振器アンテナを近接して配置する際に、上述したSR共振器アンテナのうちの一方のSR共振器アンテナの特性を改善するように調整すると共に当該アンテナを小型化する方法を提供する。

[0090] 図5Aと図5B及び図6Aと図6Bは、それぞれ順に2.4GHz帯SR共振器アンテナ10及び5GHz帯SR共振器アンテナ20における単独でのアンテナ性能を表す図である。

[0091] 図5Aは、第2の実施形態に係る2.4GHz帯SR共振器アンテナ10におけるインピーダンス特性を表す図である。また、図5Bは、第2の実施形態に係る2.4GHz帯SR共振器アンテナ10における反射特性を表す図である。

[0092] また、図6Aは、第2の実施形態に係る5GHz帯SR共振器アンテナ20におけるインピーダンス特性を表す図である。また、図6Bは、第2の実施形態に係る5GHz帯SR共振器アンテナ20における反射特性を表す図である。

[0093] ここで、インピーダンス特性とは、SR共振器アンテナ10及び20がどのようなインピーダンス（インピーダンス特性の実数部及び虚数部）を有するかを表す。即ち、図5A及び図6Aに表す円の横軸（水平線）は、SR共振器アンテナ10及び20における純抵抗（インピーダンス特性の実数部）を表す。この水平線の中心点は、50Ωで正規化された数値である1を表す。そして、この水平線の中心点の数値1を基準に、左端が0Ω（オーム）（即ち、短絡）を表し、右端が∞（無限大）Ω（即ち、開放）を表す。

[0094] 実数部を表す水平線と垂直に交わる線（円）は、虚数部（リアクタンス成分）を表す。SR共振器アンテナのインピーダンス特性は、中心点の数値1を基準として、次の場合に、水平線より上側の半円部分に特性が表される

。即ち、次の場合とは、S R共振器アンテナに直列に、例えばスプリットリング部31及び32における線路パターンのような誘導性リアクタンス成分が加わる場合である。

[0095] 一方、S R共振器アンテナのインピーダンス特性は、中心点の数値1を基準として、次の場合に、水平線より下側の半円部分に特性が表される。即ち、次の場合とは、S R共振器アンテナに直列に、例えばスプリット部5を挟む対向電極7のような容量性リアクタンス成分が加わる場合である。

[0096] 図5A内の左上に示す白丸で表される2000(1.95, 51) Ohm(オーム、 Ω)なる記載は、最初の数値が周波数の値を表し、続くカッコ内が、その周波数の値におけるインピーダンス特性の実数部および虚数部の値を、カンマを挟んで順に表す。つまり、周波数が2GHzにおける、インピーダンス特性の実数部が1.95オームで、且つ、虚数部の値が51オームであることを表す。即ち、図5A中の「Frequency/MHz」なる記載は、周波数の単位がメガヘルツであることを表す。また、図5A内の左上に示す黒丸で示される点は、6000MHz(6GHz)におけるインピーダンス特性を表す数値を示す。また、図5A内の左下に記載した1項乃至7項に示される各周波数において、1項乃至3項に示される各周波数は、2.4GHz帯の周波数におけるインピーダンス特性を表す数値をそれぞれ示す。そして、4項乃至7項に示される各周波数は、5GHz帯の周波数におけるインピーダンス特性を表す数値をそれぞれ示す。図5Aの見方は、図6Aおよび図10Aについても同様である。

[0097] 即ち、図5Aに示す2.4GHz帯S R共振器アンテナ10、及び図6Aに示す5GHz帯S R共振器アンテナ20のインピーダンス特性は、それぞれの周波数帯におけるインピーダンス特性を満足する。即ち、図5Aは、2.4GHz帯の中心周波数付近におけるリアクタンス成分を、中心点の数値1の近傍に有している。同様に、図6Aは、5GHz帯の中心周波数付近におけるリアクタンス成分を、中心点の数値1の近傍に有している。

[0098] また、図5B及び図6Bに表す反射特性は、S R共振器アンテナ10及び

20の給電線4からそれぞれ信号を入力した際に、それらの入力信号がそれぞれのアンテナにおいて反射され、給電線4に戻ってくる比率を表す。

[0099] 反射特性は、横軸が周波数で、縦軸が入力電力に対する出力（反射）電力の比率をdB（デシベル）で表わす。図5B及び図6Bに示す周波数を表す横軸は、向かって右方向が周波数が高く、反射率を表す縦軸は、向かって下方向が、その周波数において反射が少ない（つまり、効率よく放射される）ことを表す。

[0100] 図5Bに示す2.4GHz帯SR共振器アンテナ10、及び図6Bに示す5GHz帯SR共振器アンテナ20の反射特性は、それぞれの周波数帯における反射特性を満足することを表す。即ち、図5Bは、2.4GHz帯中心周波数付近における反射が少なくなっている。また、図6Bは、5GHz帯の中心周波数付近における反射が少なくなっている。

[0101] しかし、図5Bに示す2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の中心周波数の2.4GHz帯ではない5GHz帯の周波数における反射の比率（リターンロス値）は、最小約-7dBである。

[0102] つまり、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10は、目的とする周波数の2.4GHz帯以外の周波数である5GHz帯の周波数においても、入力された信号を放射（漏洩）する特性を有している。

[0103] 2.4GHz帯SR共振器アンテナ10が、5GHz帯の周波数においても放射する特性を持つことは、逆に2.4GHz帯SR共振器アンテナ10が、5GHz帯の周波数の信号をも受信しやすいことを意味する。

[0104] また、近接して配置される2.4GHz帯SR共振器アンテナ10と、5GHz帯SR共振器アンテナ20との間では、図7を用いて後述するアイソレーション特性を確保することができなくなる。

[0105] 図7は、第2の実施形態において、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の給電線4aから信号を入力した際に、5GHz帯SR共振器アンテナ20の給電線4bから出力される信号の、入力電力に対する出力電力の比率を示すアイソレーション特性を表す図である。

[0106] アイソレーション特性とは、異なる入出力間における信号の分離度合いを表す特性である。即ち、この特性は、図3において、給電線4aに、例えば2GHzから6GHz迄の周波数の信号を、その周波数を変えながら入力した場合に、給電線4bに当該周波数の信号が出力される際の、給電線4aにおける入力電力に対する給電線4bにおける出力電力の比率をdBで表している。

[0107] 図7において、横軸は周波数、縦軸はアイソレーション（分離度合い）を表す。周波数を表す横軸は、右方向が、周波数が高いことを表す。アイソレーションを表す縦軸は、下方向が、その周波数における信号の他のSR共振器アンテナへの漏洩が少ない（つまり、分離されている）ことを表す。

[0108] 図7を参照すると、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の給電線4aから入力した信号が、5GHz帯SR共振器アンテナ20へ回り込んで給電線4bから出力される5GHz帯の周波数における入力電力に対する出力電力の比率は、最大値で約-11dBを表している。つまり、給電線4aに入力された5GHz帯の周波数の信号は、給電線4bから約11dBしか減衰せずに出力される。

[0109] ここで、SR共振器アンテナ10及び20は、他のアンテナと同様に電波を送信する際の放射特性が、即ち電波を受信する際の受信特性となる可逆性を有する。これにより、給電線4bに入力された5GHz帯の周波数の信号の電力は、給電線4aから約11dBしか減衰せずに出力される。

[0110] そのため、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10は、5GHz帯SR共振器アンテナ20から放射された5GHz帯の周波数の信号をも受信することにより、2.4GHz帯の無線部（不図示）の高周波受信回路が飽和する。これにより、当該2.4GHz帯の無線部（不図示）が本来受信すべき信号を受信することができなくなる。

[0111] しかし、図5Bに示す2.4GHz帯SR共振器アンテナ10のインピーダンス特性において、5GHz帯の周波数における反射率（リターンロス値）が零に抑制されれば、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10は、5GHz

z帯の周波数を受信するアンテナとしては動作しなくなる。

[0112] その結果、5 GHz帯SR共振器アンテナ20から放射された5 GHz帯の周波数の信号によって2.4 GHz帯の無線部の高周波受信回路は飽和しなくなる（つまり、アイソレーション特性が改善する）。このため、2.4 GHz帯の無線部は、当該2.4 GHz帯の無線部が本来受信すべき信号を受信することができるようになる。

[0113] 続いて、上述したアイソレーション特性を改善するアンテナ設計方法について説明する。

[0114] 上述したアンテナ装置を含む電子機器において5 GHz帯の周波数におけるアイソレーション特性は、各無線部におけるフィルタ回路等を含む高周波回路の設計に依存する。

[0115] ここで、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10から5 GHz帯SR共振器アンテナ20への分離度を表すアイソレーション特性の値は、例えば20 dBを確保することが必要であるとすると、上述した現状の約11 dBから更に9 dBを改善する必要がある。

[0116] 無線部の高周波回路に、フィルタ回路等の部品を追加すること等無しに、上述したアイソレーション特性を9 dB改善するには、例えば2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10と5 GHz帯SR共振器アンテナ20とのアンテナ間隔を広げる必要がある。

[0117] 一例として、コンピュータによるシミュレーション結果によると、広げべきアンテナ間隔は、図3に示す4 mmから更に20 mm離れた、後述する図8に示す、例えば24 mmの間隔が必要である。

[0118] これは、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10から漏洩する5 GHzの周波数の信号が、伝搬損失によって9 dB減衰して5 GHz帯SR共振器アンテナ20に到達する際の距離である。

[0119] そのシミュレーション結果に基づくアンテナ形状および配置の寸法図を図8に示す。

[0120] 図8は、第2の実施形態に係る2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10か

ら放射される5 GHz帯の周波数の信号が、5 GHz帯SR共振器アンテナ20へ漏洩する強度を、該5 GHz帯SR共振器アンテナ20との間隔を広げることで低減する場合のアンテナ間距離を表す図である。

[0121] これにより、給電線4aから入力した5 GHz帯の周波数の信号の入力電力に対する、給電線4bからの出力電力の比率は、目標の20 dBのアイソレーション特性の値を満足する。

[0122] しかし、図8に示すように、各アンテナの間隔を広げると、SR共振器アンテナ10及び20を実装する導体基板1のサイズは大きくなり、その導体基板1を収容するアンテナ装置全体のサイズが大きくなる。

[0123] 本実施形態では、5 GHz帯SR共振器アンテナ20の形状は変更せず、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10における5 GHz帯の周波数におけるリターンロス値を改善する際に、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10側の形状及び配置を変更する。

[0124] また、本実施形態では、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10と5 GHz帯SR共振器アンテナ20とが近接して配置されても、それぞれのSR共振器アンテナ10及び20における所定のインピーダンス特性、及び反射特性を満足させるようにSR共振器アンテナ10の形状及び配置を調整する。

[0125] 2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10の形状及び配置を変更した結果の寸法図を図9に示す。また、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10の形状及び配置を変更した状態での該2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10のインピーダンス特性及び反射特性を図10A及び図10Bに示す。

[0126] 図9は、第2の実施形態に係る2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10の線路長とスプリット部5を挟む対向電極7を調整することで、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10のサイズを縮小した図である。それと共に図9は、5 GHz帯の周波数における信号の漏洩を低減し、且つ、2.4 GHz帯と5 GHz帯とのアンテナ間距離を短縮した状態を説明する図である。

[0127] 図10Aは、第2の実施形態に係る2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10の線路長とスプリット部5を挟む対向電極7とを調整することで、該2.

4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 のサイズを縮小した際のインピーダンス特性図を表す図である。また、図 10A は、それと共に 5 GHz 帯の周波数における信号の漏洩を低減し、且つ、2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯とのアンテナ間距離を短縮した際の該 2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 におけるインピーダンス特性図を表す図でもある。

[0128] 図 10B は、第 2 の実施形態に係る 2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 の線路長とスプリット部 5 を挟む対向電極 7 とを調整することで、該 2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 のサイズを縮小した際の反射特性を表す図である。また、図 10B は、それと共に 5 GHz 帯の周波数における信号の漏洩を低減し、且つ、該 2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯とのアンテナ間距離を短縮した際の該 2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 における反射特性を表す図でもある。

[0129] ここで、本実施形態では、2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 において、5 GHz 帯の周波数における反射特性を表す入力電力に対する反射電力の比率が零に近づくように、2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 のサイズを、小型化する調整を行う。

[0130] 2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 の開口 2a における線路長を短縮すると共に、スプリット部 5 を挟む対向電極 7 間の静電容量を増やす方法は、第 1 の実施形態で説明した式 1 及び式 2 に基づいて行う。

[0131] 即ち、本実施形態に係るアンテナ装置の設計方法は、2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 において、5 GHz 帯の周波数における入力電力に対する反射電力がある場合を考える。この場合、2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 における誘導性リアクタンス L の成分となる開口 2a の外周を囲む導体の長さである線路長を短くする。

[0132] これに応じて、本アンテナ装置の設計方法は、共振周波数 f を、2.4 GHz 帯の中心周波数のまま、式 2 により、2.4 GHz 帯 SR 共振器アンテナ 10 における対向電極 7 間の静電容量（つまり容量性リアクタンス C ）を大きくすることができる。

[0133] そして、容量性リアクタンス C を大きくする方法は、式1により次のような方法で増やすことができる。すなわち、

a) 2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10における対向電極7の長さを長くすることで対向電極7を成す各導体層36同士が向き合う面の面積 S を増やす。

[0134] b) 対向電極7同士の間隙距離 d を短くする。

[0135] c) 対向電極7を成す導体層36の層数を増やす。

[0136] これらa)乃至c)の何れか、又は、これらのうちの少なくとも2つの組み合わせにより、容量性リアクタンス C を大きくすることができる。

[0137] 尚、容量性リアクタンス C は、上述した要素の他に、導体層36の厚み（高さ）によっても調整することが可能である。

[0138] ここで、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10のサイズを調整する前の2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10のアンテナ特性を表す図5Aおよび図5Bと、上述した2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10のサイズを調整した後のアンテナ特性を表す図10Aおよび図10Bとを比較する場合を考える。この場合、本アンテナ装置の設計方法では、5 GHz帯の周波数のリターンロス値は、約-7 dBから0 dBへと改善されていることがわかる。

[0139] これにより、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10の給電線4aに入力された5 GHzの周波数の信号は給電線4aへ反射されるので5 GHz帯のアンテナとしては動作（放射）しない。そのため、5 GHz帯SR共振器アンテナ20における給電線4bの方へは、当該信号が漏洩しないことを表している。

[0140] 逆に、5 GHz帯SR共振器アンテナ20における給電線4bから入力された5 GHz帯の周波数の信号は、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10における給電線4aの方へも漏洩しない。

[0141] また、図9に示すように、2.4 GHz帯SR共振器アンテナ10は、スプリット部5aが設けられた辺および該辺と向き合う辺の長さが、図3に示す13 mmから、図9に示す9 mmへと短縮されている。

[0142] また、図9に示したSR共振器アンテナ10及び20におけるアイソレーション特性を図11に示す。

[0143] 図11は、第2の実施形態に係る2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の線路長とスプリット部5を挟む対向電極7とを調整することで、5GHz帯の周波数における信号の漏洩を低減したアイソレーション特性を表す図である。また、図11は、それと共に2.4GHz帯と5GHz帯とのアンテナ間距離を短縮した際の2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の給電線4aから信号を入力した際に、5GHz帯SR共振器アンテナ20の給電線4bから出力される信号の、入力電力に対する出力電力の比率を示すアイソレーション特性を表す図でもある。

[0144] 図11を参照すると、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10におけるリターンロスを改善した。これにより、図9に示すようにSR共振器アンテナ10と20との間のアンテナ間隔が図3に示したのと同じ4mmと狭い場合でも、アイソレーションを確保できていることが分かる。即ち、図11において、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10から、5GHz帯SR共振器アンテナ20への5GHz帯の周波数の信号は、20dB以上低減されている。

[0145] 本実施形態には、高い方の周波数帯で共振するSR共振器アンテナからの、低い方の周波数帯で共振するSR共振器アンテナへの信号の漏洩を低減することができるという効果がある。この効果は、異なる周波数帯に対応するスプリットリング共振器アンテナを近接配置する場合であっても、部品等を追加すること無しに実現可能である。

[0146] その理由は、2つのスプリットリング共振器アンテナが近接配置された際に、高い方の周波数帯のアンテナから影響を受ける低い方の周波数帯のアンテナにおける高い方の周波数の反射特性（リターンロス値）を、零に近づけるように調整するからである。

[0147] また、低い方の周波数帯のアンテナ形状を小型化し、且つ、低い方の周波数帯のアンテナと、高い方の周波数帯のアンテナとの間の距離を短くするこ

とにより、電子機器を小型化することができるという効果もある。

[0148] <第3の実施形態>

第1及び第2の実施形態を基本とする第3の実施形態について、図12A、図12B、及び図13を用いて説明する。

[0149] 本実施形態は、第1及び第2の実施形態の5GHz帯SR共振器アンテナ20における給電線4b及びスプリット部5bの位置を入れ替える点が相違する。

[0150] 以下では、本実施形態における特徴的な部分を中心に説明し、上述した第1及び第2の実施形態の構成要素と同一の本実施形態の構成要素には、同一の参照番号を付与し、それらの構成要素についての重複する説明は省略する。

[0151] 図11に示す第2の実施形態に係る2.4GHz帯SR共振器アンテナ10における5GHz帯の周波数のアイソレーションを改善したアイソレーション特性を表す図においては、2.4GHz帯のアイソレーションが約-17dBである。このため、図11に示す例では、アイソレーション特性が目標である-20dBに対して約3dB不足している。

[0152] そこで、本実施形態では、図9（または、図12A）における構成から、図12Bに示すように5GHz帯SR共振器アンテナ20の給電線4b及びスプリット部5bの位置を入れ替える。

[0153] 図12Aは、本発明の第3の実施形態に係る5GHz帯SR共振器アンテナ20において、スプリット部5bと給電線4bとの位置を入れ替える前の2.4GHz帯SR共振器アンテナ10から漏洩する2.4GHz帯の信号である高周波電流の流れを模式的に表す図である。

[0154] 図12Bは、第3の実施形態に係る5GHz帯SR共振器アンテナ20のスプリット部5bと給電線4bとの位置を入れ替えた後の、該2.4GHz帯SR共振器アンテナ10から漏洩する2.4GHz帯の信号である高周波電流の流れを模式的に表す図である。これは、本実施形態において、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の5GHz帯SR共振器アンテナへのアイ

ソレーション特性を改善するための構成である。

[0155] 図12Aは、5GHz帯SR共振器アンテナ20の給電線4bが、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10に近い側にある場合を示す。この場合、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の給電線4aから入力された2.4GHz帯における周波数の信号は、点線矢印で示す経路で5GHz帯アンテナの給電線4bにも僅かながら入り込む。

[0156] これは、5GHz帯SR共振器アンテナ20の給電線4bのインピーダンスは、該給電線4bと接続される図示していない無線部における5GHz帯の高周波回路と整合が取れているので、給電線4bの方に2.4GHz帯SR共振器アンテナ10からの高周波電流が流れ込むためである。

[0157] その結果、5GHz帯SR共振器アンテナ20は、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10から放射された2.4GHz帯の周波数の信号をも受信することにより、5GHz帯の無線部の高周波受信回路が飽和する。これにより、5GHz帯SR共振器アンテナ20は、当該5GHz帯の無線部が本来受信すべき信号を受信することができなくなる。

[0158] 一方、図12Bに示すように、5GHz帯SR共振器アンテナ20における2.4GHz帯SR共振器アンテナ10に近い側にスリット部5bを配置するように給電線4bとこれらの位置を入れ替えた場合を考える。この場合、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10の給電線4aから入力された2.4GHz帯の周波数の信号は、5GHz帯SR共振器アンテナ20に入り込んでも、スプリット部5bを迂回し、点線矢印で示す迂回経路により減衰されて給電線4bに入る。

[0159] これは、スリット部5bは、5GHz帯の周波数で共振するように調整されているので、2.4GHz帯の周波数の信号にとっては、静電容量が小さい。そのため、2.4GHz帯SR共振器アンテナ10から出力される2.4GHz帯の周波数の信号から見ると、スリット部5bが開放であるのと同様であるため、スリット部5bを通り難い。その一方で、2.4GHz帯の周波数の信号は、スリット部5bよりは通過しやすい図12Bに点線矢印で

模式的に示す迂回経路を通るためである。

[0160] 図 1 3 に、図 1 2 B に示す構成の S R 共振器アンテナによるアイソレーション特性を示す。

[0161] 図 1 3 は、第 3 の実施形態に係る 2.4 GHz 帯 S R 共振器アンテナ 1 0 の 2.4 GHz 帯の周波数におけるアイソレーション特性を改善するために、5 GHz 帯 S R 共振器アンテナ 2 0 のスプリット部 5 b と給電線 4 b との位置を入れ替えた場合の特性を表す図である。また、図 1 3 は、その場合において、2.4 GHz 帯 S R 共振器アンテナ 1 0 の給電線 4 a から信号を入力した際に、5 GHz 帯 S R 共振器アンテナ 2 0 の給電線 4 b から出力される信号の、入力電力に対する出力電力の比率を表すアイソレーション特性を表す図でもある。

[0162] 5 GHz 帯 S R 共振器アンテナ 2 0 において、給電線 4 b とスプリット部 5 b との位置を入れ替える前の、第 2 の実施形態において説明した図 9 に示す S R 共振器アンテナにおけるアイソレーション特性を表す図 1 1 と、図 1 3 とを比較する場合を考える。この場合、2.4 GHz 帯の周波数におけるアイソレーション特性は、改善前の約 -17 dB から改善後の約 -22 dB へと約 5 dB 改善し、目標である 20 dB を満足していることがわかる。

[0163] 本実施形態には、高い方の周波数帯の S R 共振器アンテナにおける低い方の周波数帯の S R 共振器アンテナからの信号の漏洩を低減することができるという新たな効果がある。

[0164] その理由は、高い方の周波数のアンテナにおける給電線 4 b とスプリット部 5 b との位置を入れ替えることにより、低い方の周波数のアンテナからの信号の漏洩を迂回させることで当該低い方の周波数のアンテナからの信号の漏洩を減衰させることができるからである。

[0165] 以上、上述した実施形態を模範的な例として本発明を説明した。しかしながら、本発明は、上述した実施形態には限定されない。即ち、本発明は、本発明のスコープ内において、当業者が理解し得る様々な態様を適用することができる。

[0166] この出願は、2013年2月20日に出願された日本出願特願2013-031233を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

- [0167] 1 導体基板
2、2 a、2 b 開口
3 導体ビア
4、4 a、4 b 給電線
5、5 a、5 b スプリット部
6、6 a、6 b 給電点
7、7 a、7 b 対向電極
10 2. 4 GHz 帯SR共振器アンテナ
12 a スプリットリング部
20 5 GHz 帯SR共振器アンテナ
31、31 a、31 b 第1スプリットリング部
32、32 a、32 b 第2スプリットリング部
35 誘電体層
36 導体層
36 A 第1の導体層
36 B 第2の導体層
39 クリアランス
51、51 a、51 b 第1スプリット部
52、52 a、52 b 第2スプリット部

請求の範囲

[請求項1] 誘電体層と、導体層とが交互に積層された構造体に、該誘電体層の一面側に延設された第1の導体層に設けられた、開口を囲むとともに、その開口に沿う周方向の一部に第1スプリット部が形成された第1スプリットリング部と、

前記誘電体層の他面側に延設された第2の導体層に、前記第1スプリットリング部と対向するように設けられた開口を囲むとともに、その開口に沿う周方向の一部に第2スプリット部が形成された第2スプリットリング部と、

前記第1スプリット部及び前記第2スプリット部を挟み、周方向に間隔を隔てて複数設けられ、前記第1スプリットリング部と前記第2スプリットリング部とを電氣的に接続する導体ビアと、

前記複数の導体層のうち、特定の導体層に設けられ、一端が、少なくとも一つの前記導体ビアに電氣的に接続され、他端が、該特定の導体層の延設方向に沿って、該特定の導体層に形成されたクリアランスによって該特定の導体層と絶縁された給電線と、

を含む構造を複数備え、

第1の前記構造によって第1の周波数で共振する第1スプリットリング共振器アンテナを構成し、第2の前記構造によって第2の周波数で共振する第2スプリットリング共振器アンテナを構成することを特徴とするアンテナ装置。

[請求項2] 前記第1及び第2スプリットリング共振器アンテナがそれぞれ有する前記第2スプリットリング部が、複数の前記誘電体層を挟む複数の前記第2の導体層と、前記第2スプリットリング部と接する前記第1スプリットリング部とは反対側の前記第2スプリットリング部における、最外の前記第2の導体層に設けられた前記給電線とから成ることを特徴とする請求項1に記載のアンテナ装置。

[請求項3] 前記第1及び第2スプリットリング共振器アンテナがそれぞれ有す

る前記第 1 及び第 2 スプリット部が設けられた辺が、前記構造体の一端面に露出するように形成されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のアンテナ装置。

[請求項 4] 前記第 1 及び第 2 スプリットリング共振器アンテナがそれぞれ有する前記第 1 及び第 2 スプリット部を挟むように、前記第 1 及び第 2 スプリットリング部の両端の前記各導体層から、それぞれ前記開口が設けられた内側方向へ直角に設けられた対向電極を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載のアンテナ装置。

[請求項 5] 前記第 1 の周波数は、2.4 GHz 帯の周波数であり、前記第 2 の周波数は、5 GHz 帯の周波数であることを特徴とする請求項 1 に記載のアンテナ装置。

[請求項 6] 請求項 1 乃至 5 の何れかに記載したアンテナ装置を、
第 1 スプリットリング共振器アンテナへ入力される第 2 の周波数の信号の入力電力に対する、該入力された第 2 の周波数の信号が前記第 1 スプリットリング共振器アンテナから反射される際の出力電力の比率を表す反射率の値を零に近づけるように、前記第 1 スプリットリング共振器アンテナにおける第 1 及び第 2 スプリット部が設けられた辺及びその辺に対向する辺の長さを短縮するのに応じて、前記第 1 スプリットリング共振器アンテナにおける対向電極間が有する静電容量を増大させるように調整する、
ことを特徴とするアンテナ装置設計方法。

[請求項 7] 前記第 1 スプリットリング共振器アンテナにおける前記第 1 及び第 2 スプリット部が設けられた辺およびその辺に対向する辺の長さを短縮するのに応じて、前記対向電極の長さを長くするか、前記対向電極同士の間隙距離を短くするか、または、前記対向電極を成す導体層の層数を増やすかの何れか、又は、これらのうちの少なくとも 2 つの手順の組み合わせにより、前記対向電極間の静電容量を増大させる、
ことを特徴とする請求項 6 に記載のアンテナ装置設計方法。

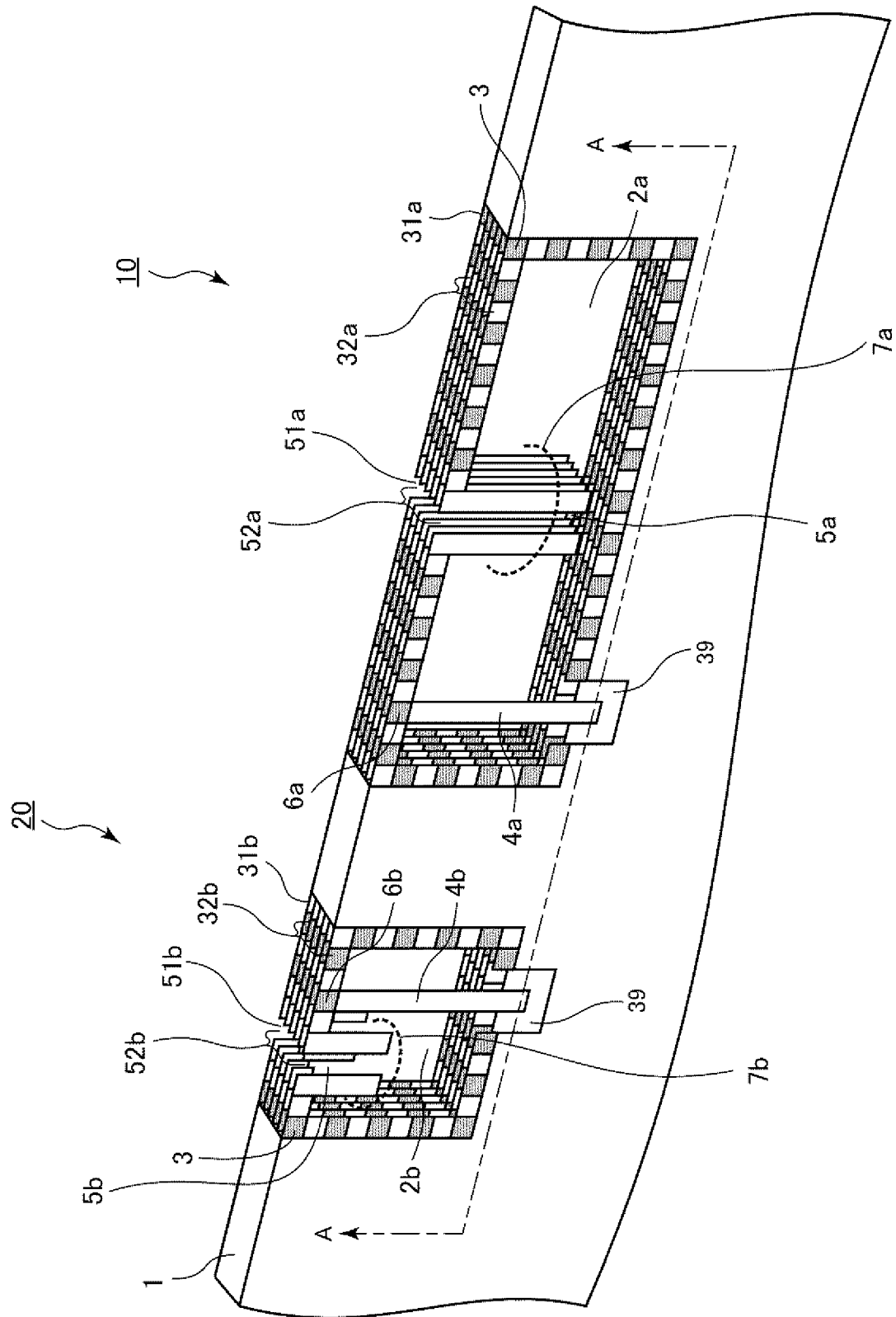
[請求項8] 前記第1 スプリットリング共振器アンテナから放射される信号が前記第2 スプリットリング共振器アンテナに漏洩する際の、前記第1 スプリットリング共振器アンテナの前記給電線へ入力された前記信号の入力電力に対する、第2 スプリットリング共振器アンテナの前記給電線から出力された前記漏洩した信号の出力電力の比率を表すアイソレーション特性を表す値を、前記第2 スプリットリング共振器アンテナにおける前記スプリット部と前記給電線との位置を入れ替えることにより低減する、

ことを特徴とする請求項6 又は請求項7 の何れかに記載のアンテナ装置設計方法。

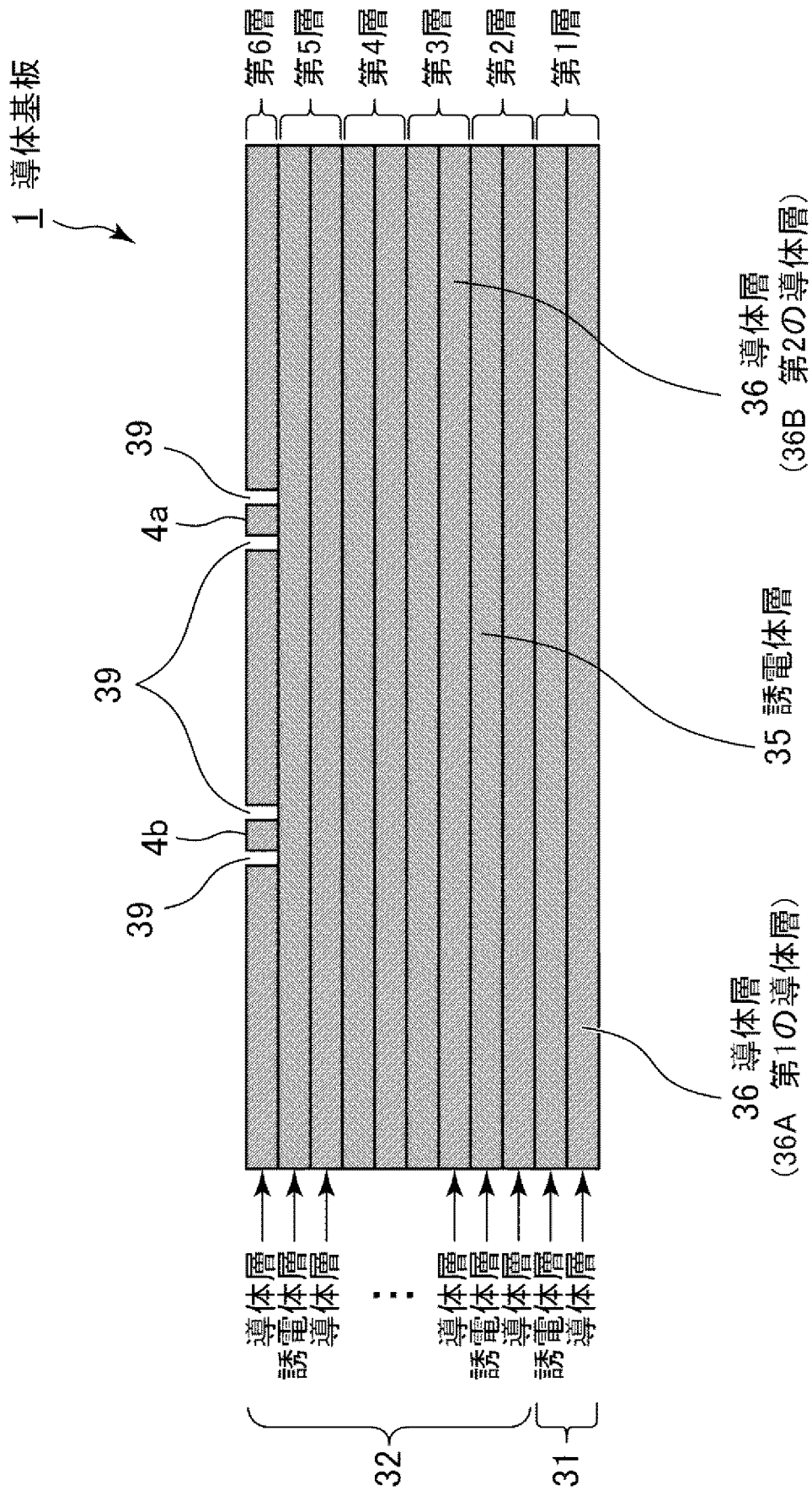
[請求項9] 前記第1 の周波数は、2. 4 G H z 帯の周波数であり、前記第2 の周波数は、5 G H z 帯の周波数である、

ことを特徴とする請求項6 に記載のアンテナ装置設計方法。

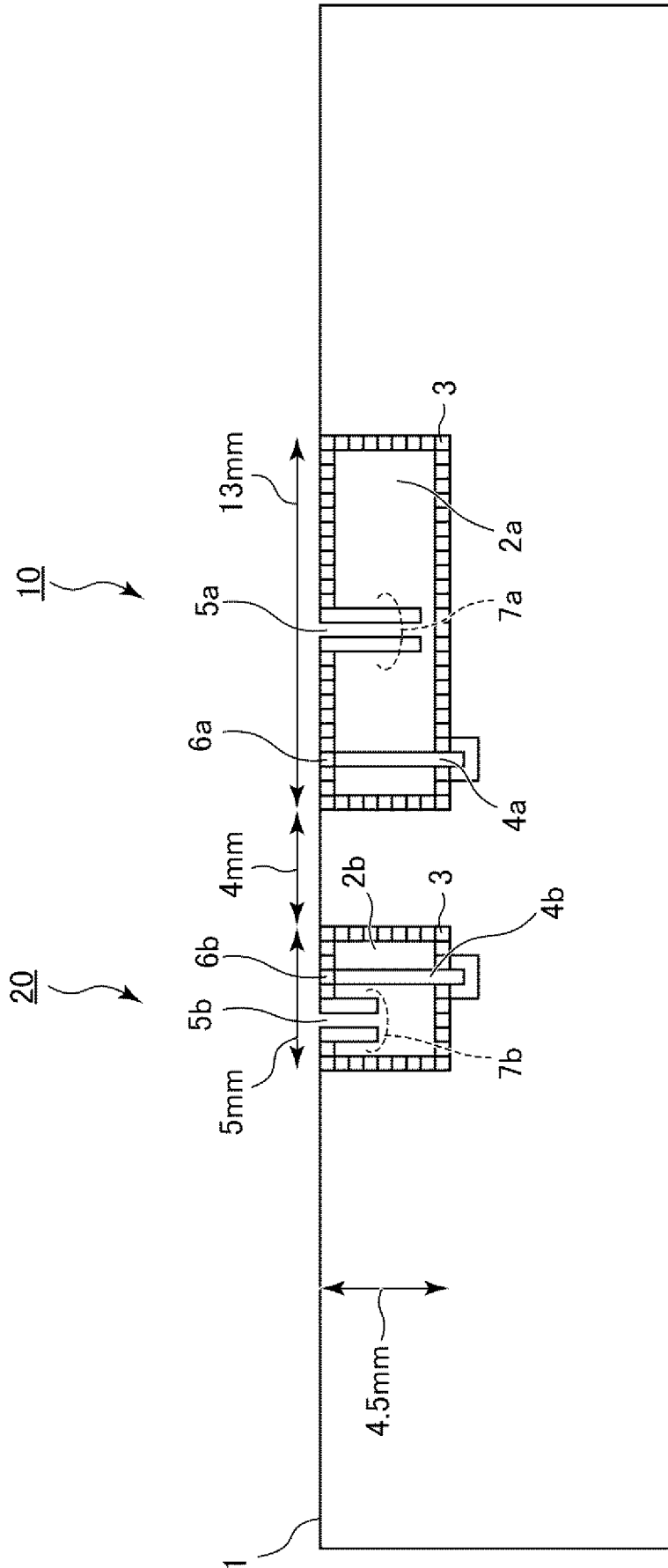
[図1]



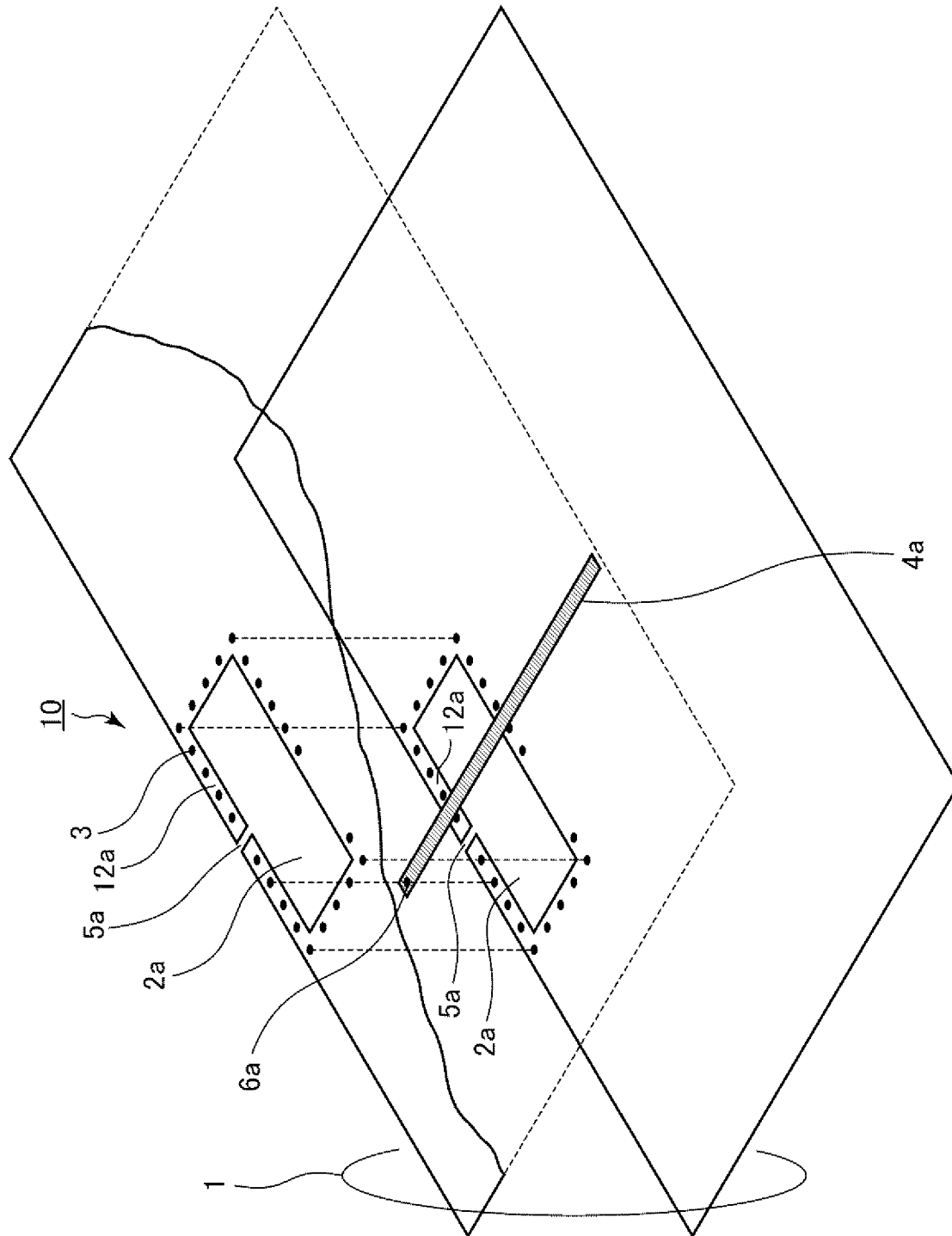
[図2]



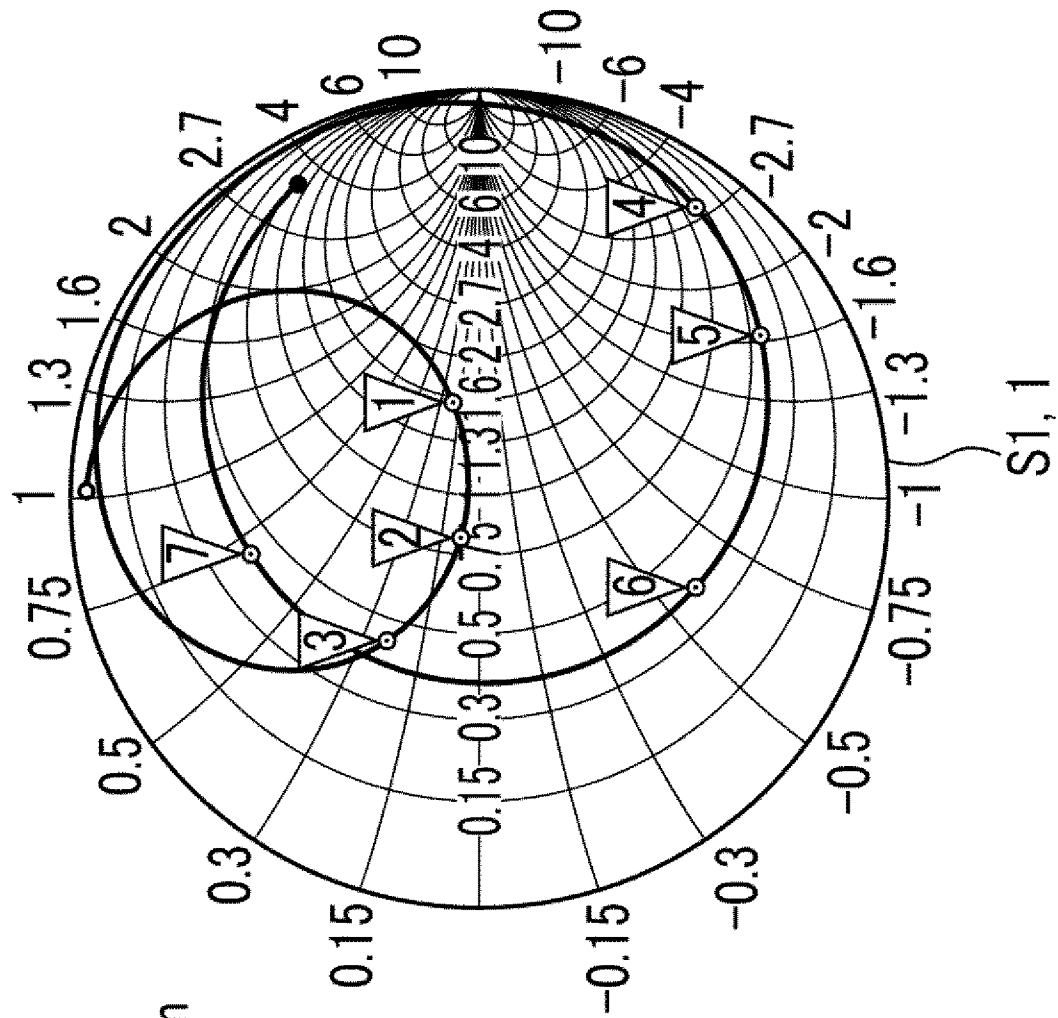
[図3]



[図4]



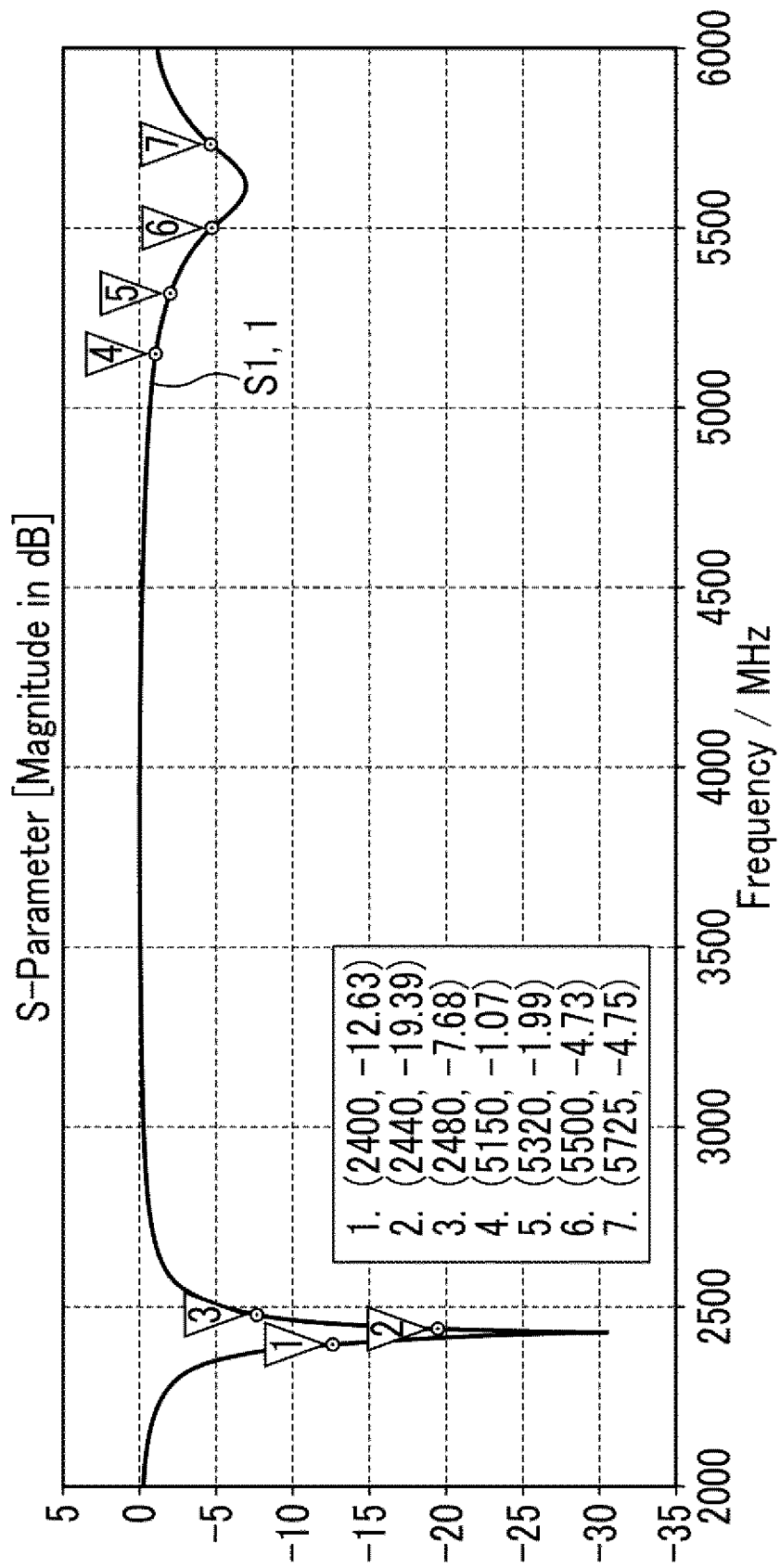
[図5A]



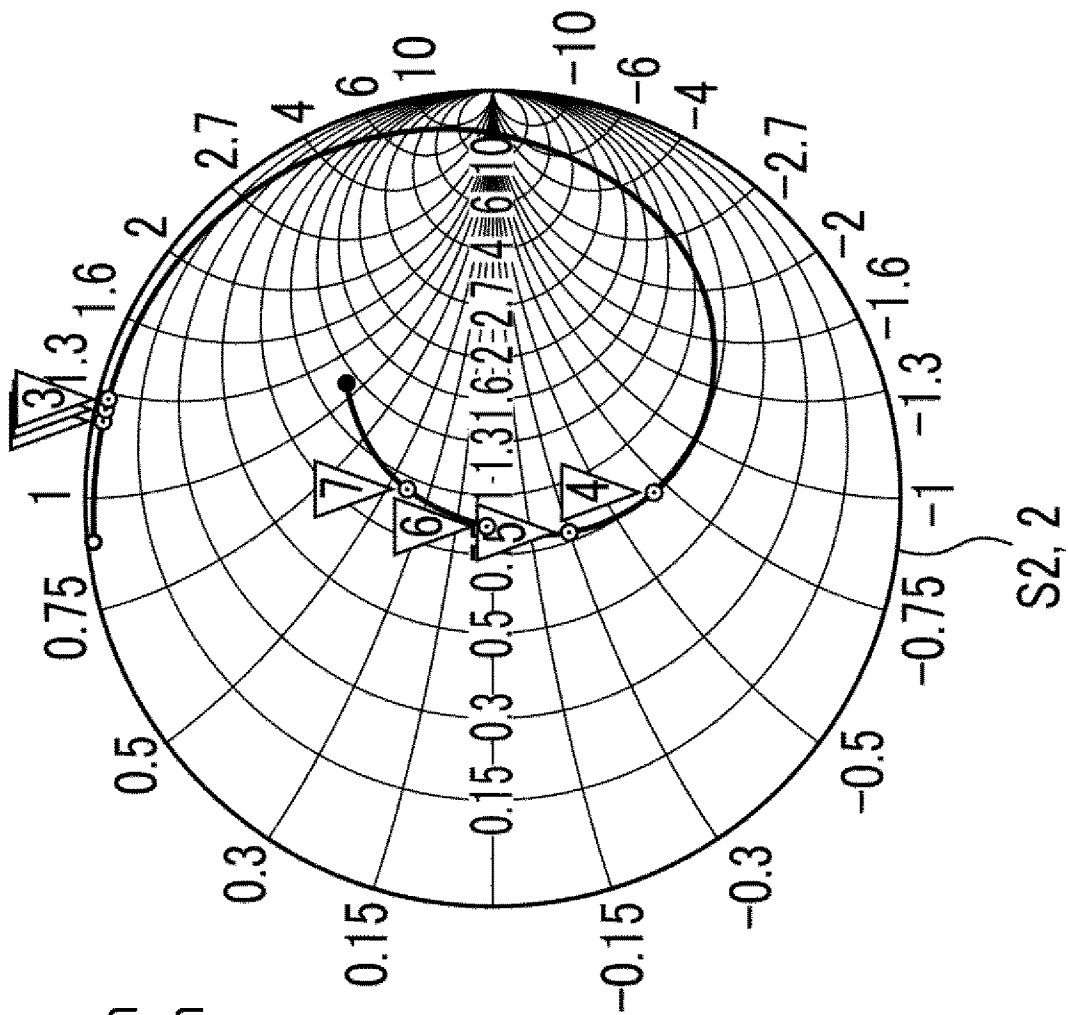
- 2000 (1.95, 51) Ohm
 - 6000 (42.4, 177) Ohm
- Frequency / MHz

1. 2400.00 (78.55, 9.57) Ohm
2. 2440.00 (40.90, 3.51) Ohm
3. 2480.00 (22.28, 12.16) Ohm
4. 5150.00 (29.41, -143.44) Ohm
5. 5320.00 (21.59, -81.47) Ohm
6. 5500.00 (18.77, -30.45) Ohm
7. 5725.00 (20.66, 34.94) Ohm

[図5B]



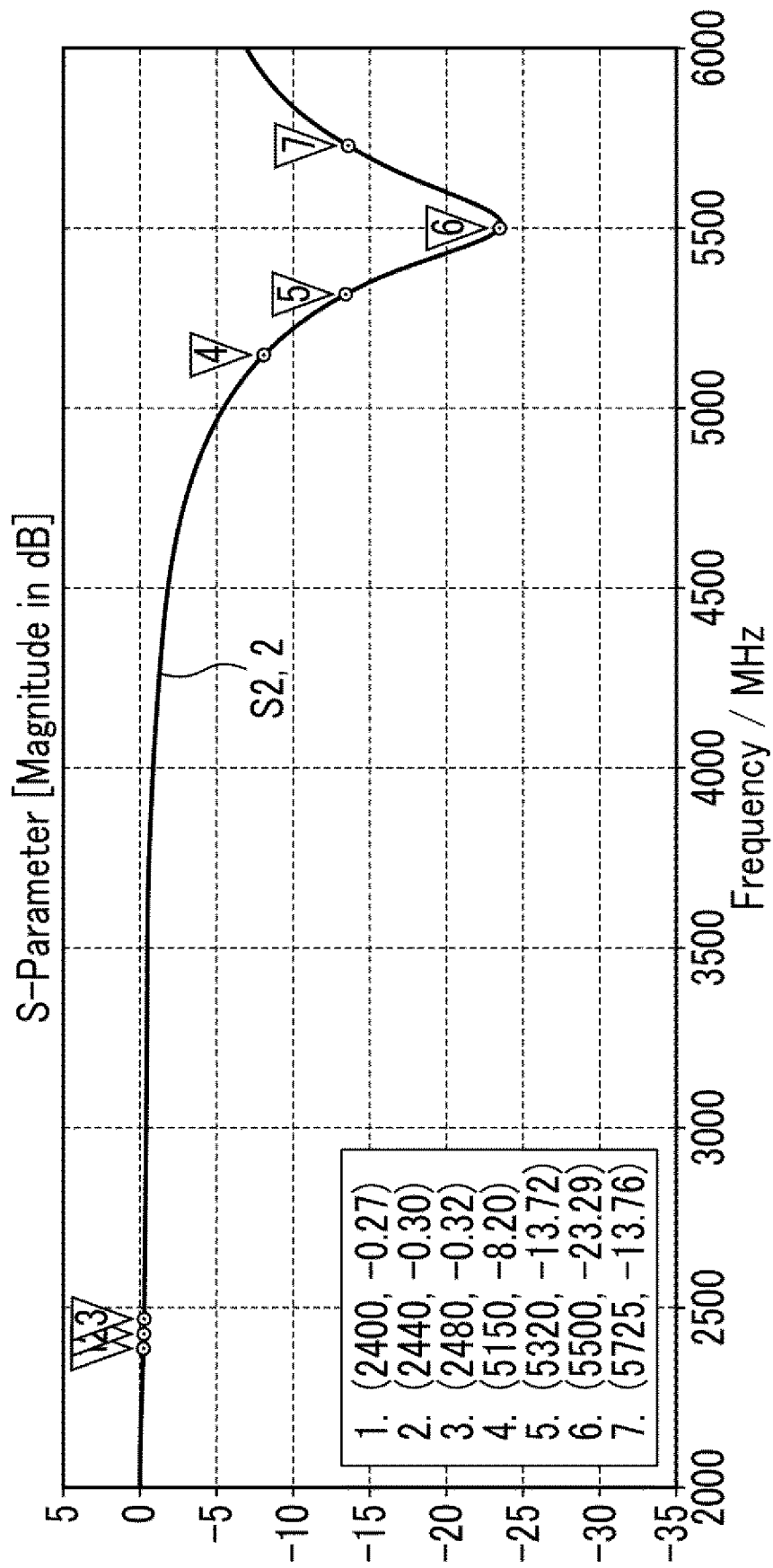
[図6A]



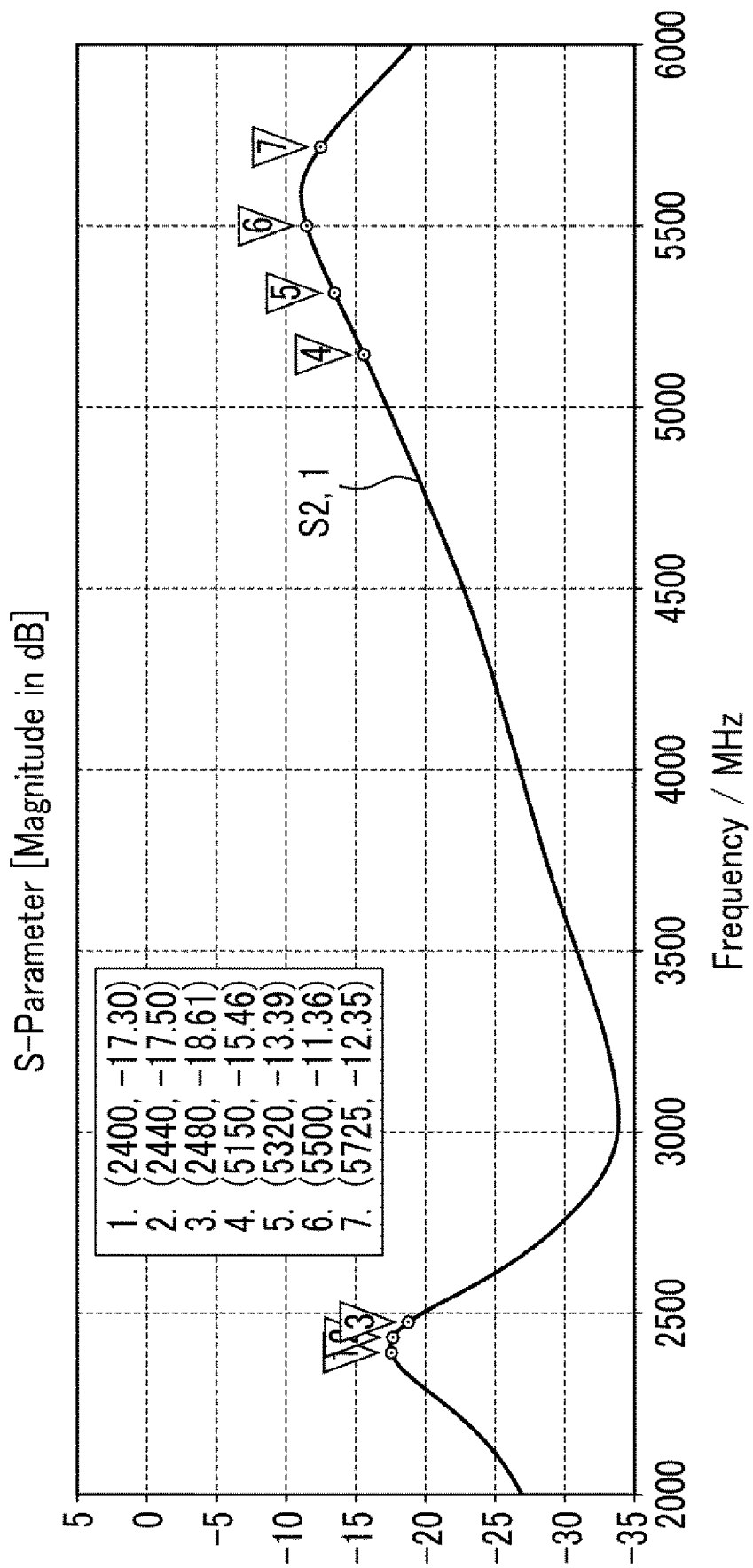
- 2000 (0.59, 44.7) Ohm
 - 6000 (61.4, 54.9) Ohm
- Frequency / MHz

1. 2400.00 (1.91, 60.73) Ohm
2. 2440.00 (2.22, 62.40) Ohm
3. 2480.00 (2.44, 64.07) Ohm
4. 5150.00 (37.53, -34.37) Ohm
5. 5320.00 (39.41, -15.40) Ohm
6. 5500.00 (43.64, 0.74) Ohm
7. 5725.00 (47.46, 20.27) Ohm

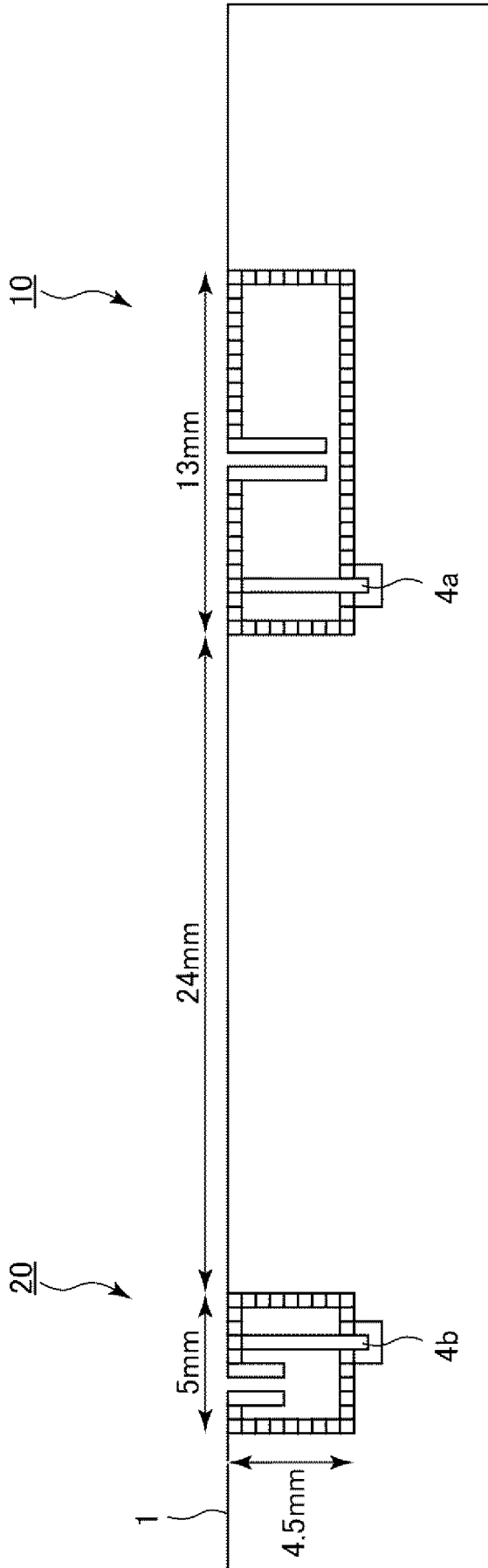
[図6B]



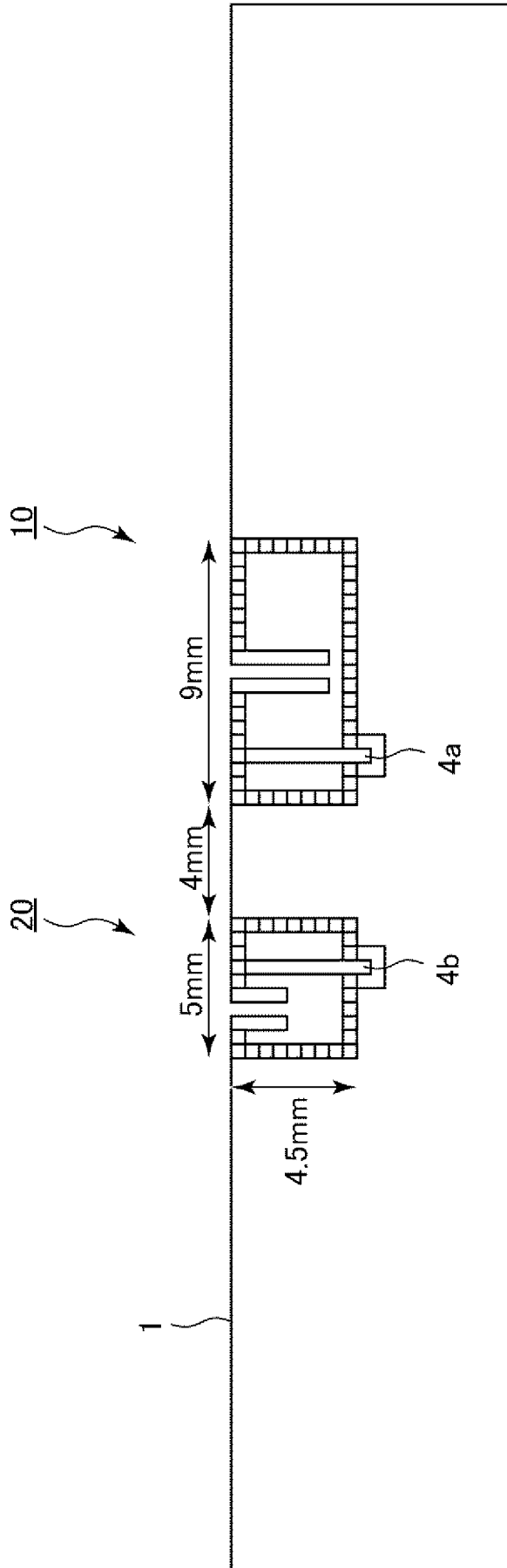
[図7]



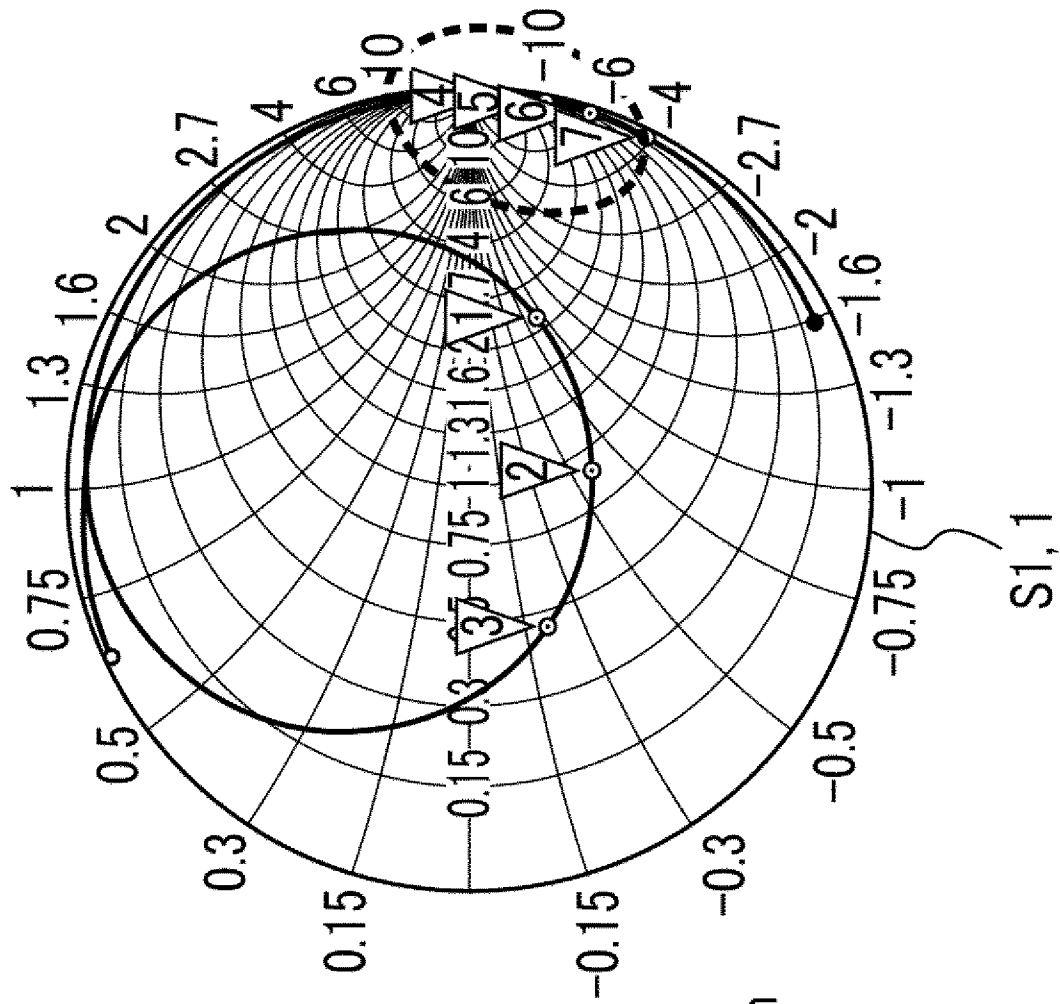
[図8]



[図9]



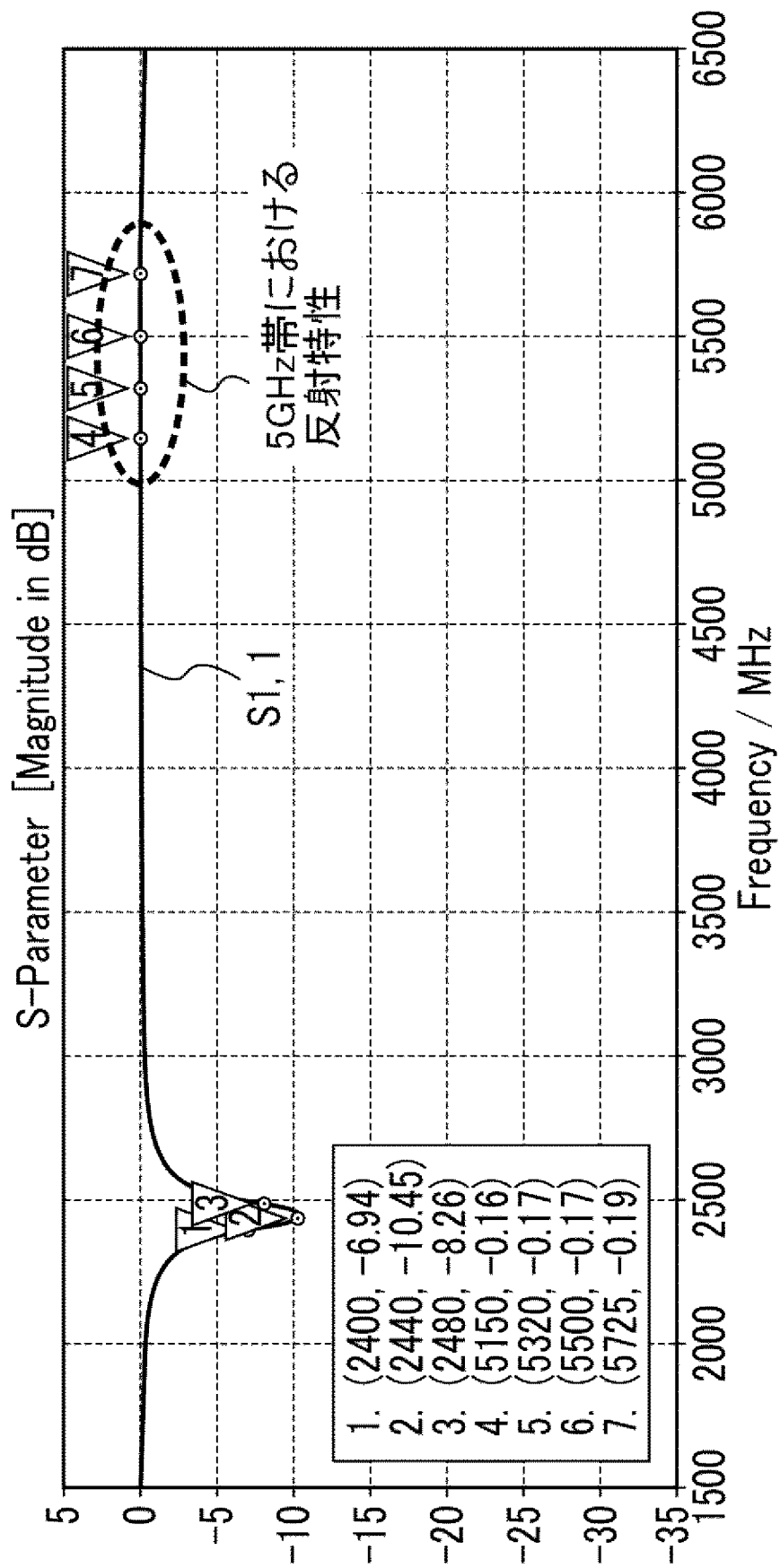
[図10A]



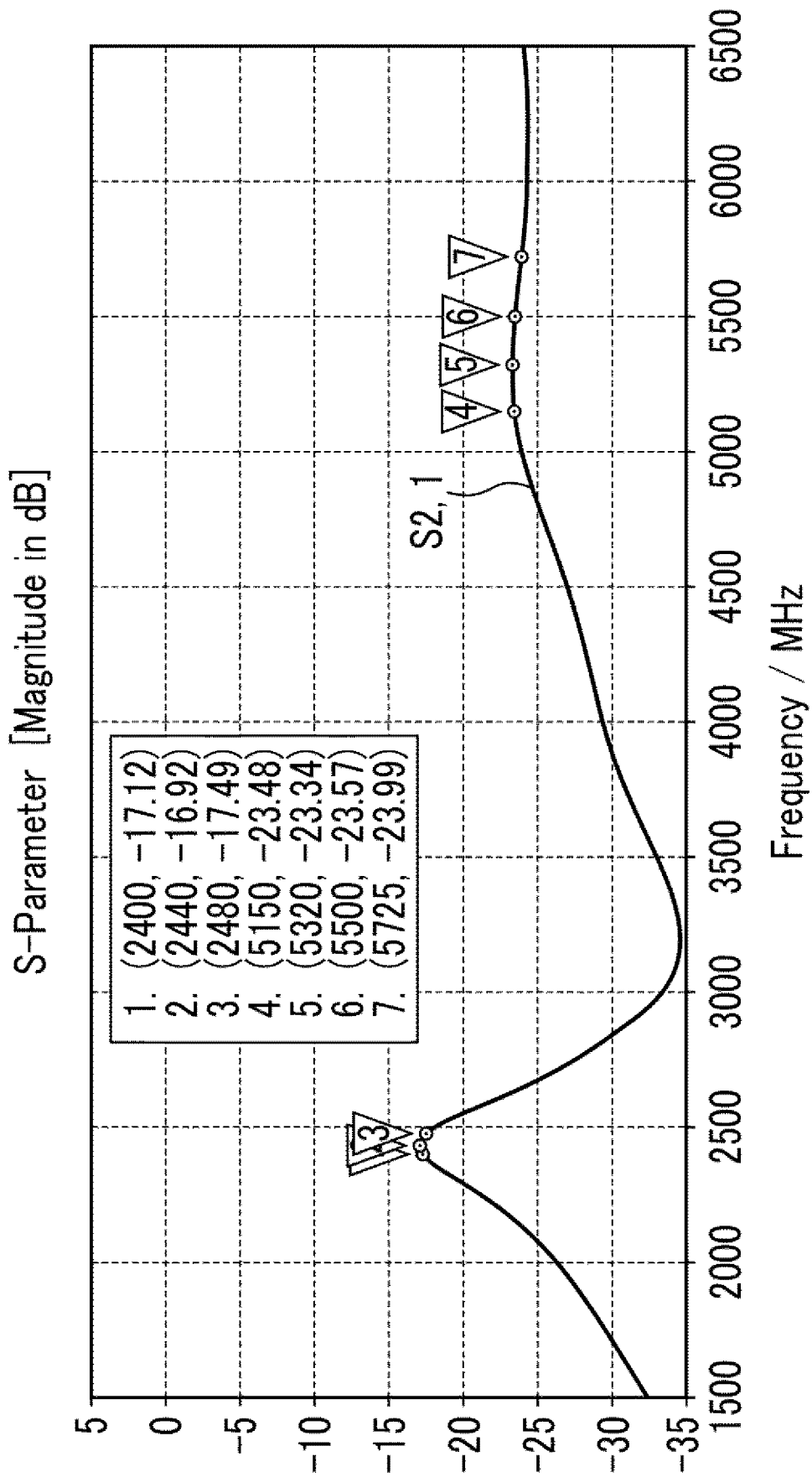
- 1500 (0.79, 31.7) Ohm
 - 6500 (4.44, -79.7) Ohm
- Frequency / MHz

1. 2400.00 (111.12, -43.61) Ohm
2. 2440.00 (45.86, -29.87) Ohm
3. 2480.00 (23.35, -10.42) Ohm
4. 5150.00 (219.03, -1054.66) Ohm
5. 5320.00 (47.36, -494.44) Ohm
6. 5500.00 (19.22, -311.36) Ohm
7. 5725.00 (10.01, -208.62) Ohm

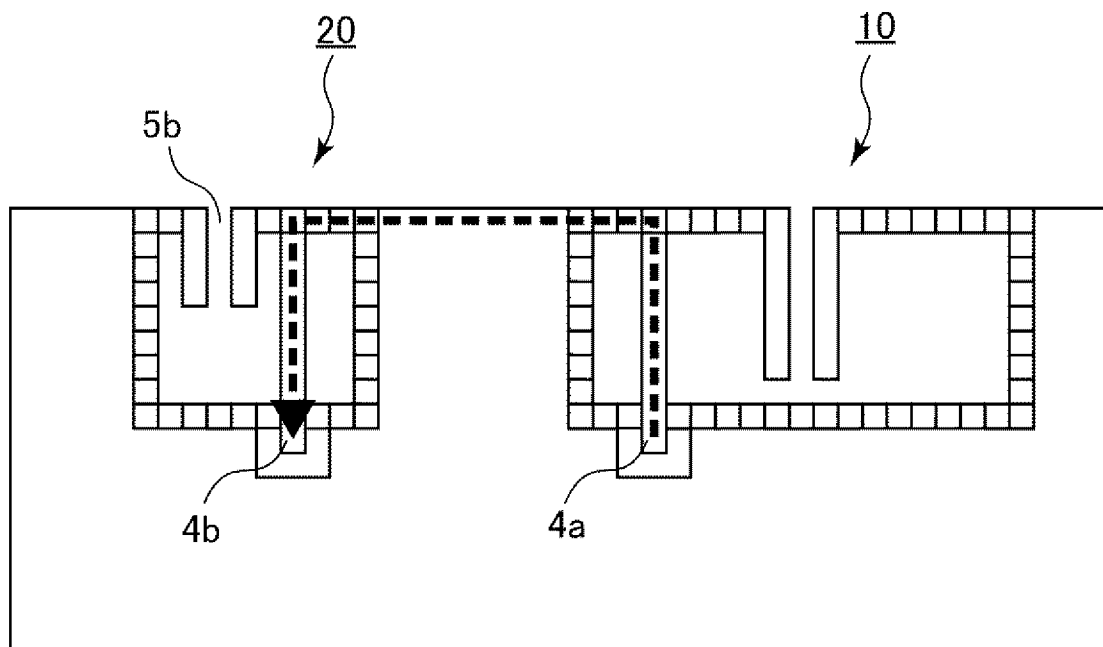
[図10B]



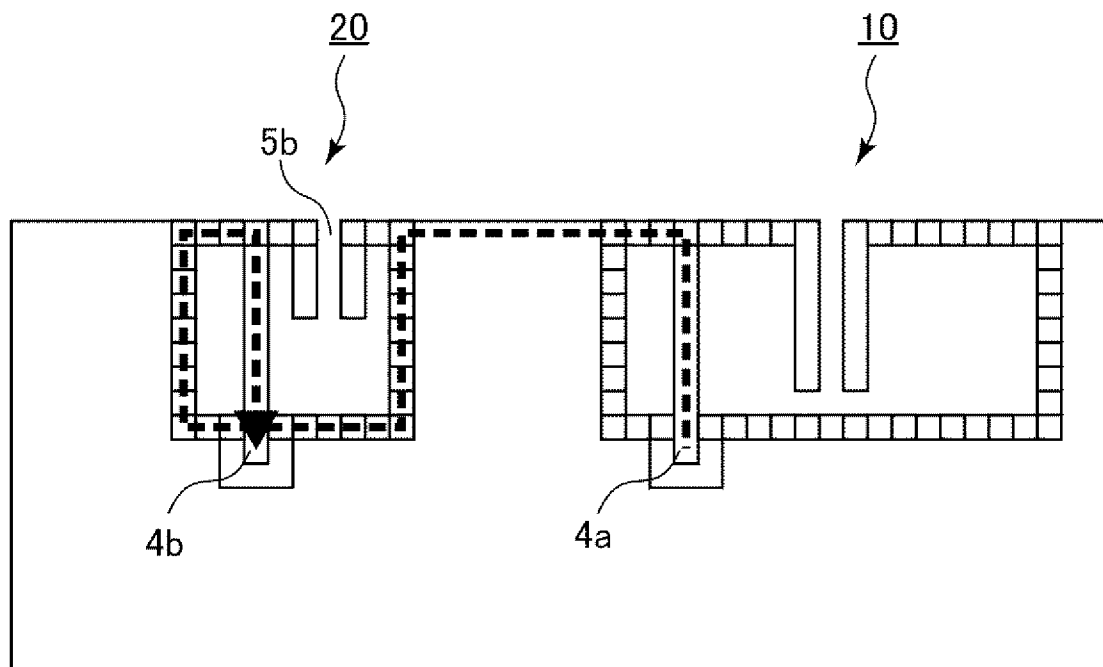
[図11]



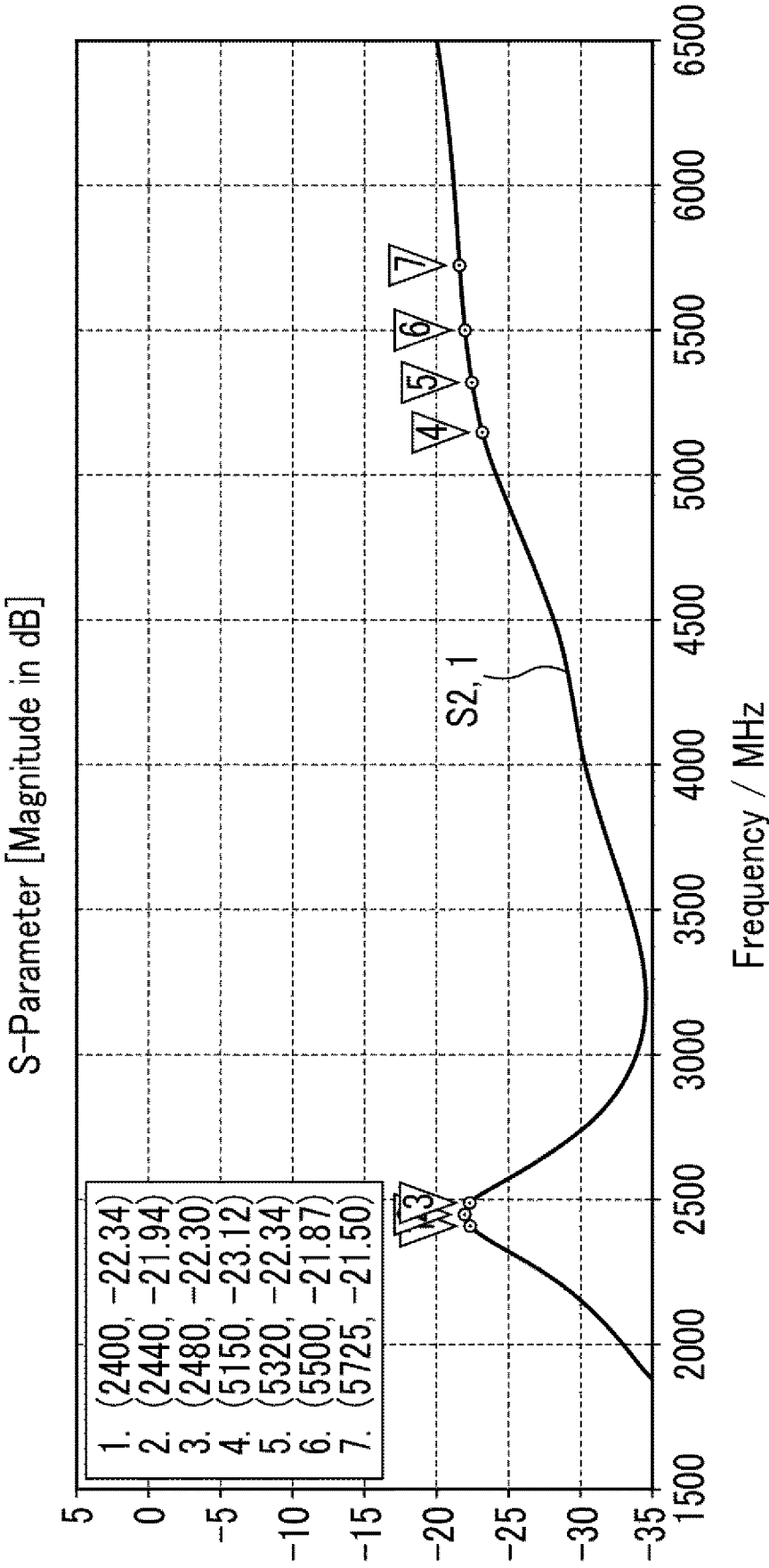
[図12A]



[図12B]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000729

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q5/01(2006.01)i, H01Q1/38(2006.01)i, H01Q7/00(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)

H01Q5/01, H01Q1/38, H01Q7/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 A	Hiroshi TOYAO, Dong Yuandan, Tatsuo ITO, "Electrically Small Split-Ring Resonator Antenna", 2011 Nen IEICE Communications Society Conference, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 30 August 2011 (30.08.2011), 133, B-1-133	1-5 6-9
Y A	JP 2006-217026 A (Hitachi Metals, Ltd.), 17 August 2006 (17.08.2006), fig. 1 (Family: none)	1-5 6-9
A	JP 2012-244608 A (Lenovo Singapore Pte. Ltd.), 10 December 2012 (10.12.2012), paragraph [0010] & US 2012/0299781 A1 & CN 102800967 A	6-9

☒ 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
08 April, 2014 (08.04.14)

Date of mailing of the international search report
22 April, 2014 (22.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000729

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-526322 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 16 November 2006 (16.11.2006), paragraph [0022] & US 2006/0290575 A1 & EP 1625636 A & WO 2004/100312 A1 & KR 10-2006-0012597 A & CN 1784808 A	6-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01Q5/01(2006.01)i, H01Q1/38(2006.01)i, H01Q7/00(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. H01Q5/01, H01Q1/38, H01Q7/00

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	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014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 A	鳥屋尾 博, ドン ユアンダン, 伊藤 龍男, スプリットリング共振器小型アンテナの検討, 2011年電子情報通信学会通信ソサエティ大会, 電子情報通信学会, 2011.08.30, 133, B-1-133	1-5 6-9
Y A	JP 2006-217026 A (日立金属株式会社) 2006.08.17, 図1 (ファミリーなし)	1-5 6-9
A	JP 2012-244608 A (レノボ・シンガポール・プライベート・リミテッド) 2012.12.10, [0010] & US 2012/0299781 A1 & CN 102800967 A	6-9

☒ 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

08.04.2014

国際調査報告の発送日

22.04.2014

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）

麻生 哲朗

5 K

2953

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 2006-526322 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロ ニクス エヌ ヴィ) 2006.11.16, [0022] & US 2006/0290575 A1 & EP 1625636 A & WO 2004/100312 A1 & KR 10-2006-0012597 A & CN 1784808 A	6-9