

(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8月6日(06.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/158810 A1

(51) 国際特許分類:
H01Q 9/16 (2006.01) *H01Q 21/24* (2006.01)
H01Q 13/08 (2006.01) *H01Q 23/00* (2006.01)
H01Q 21/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/003194

(22) 国際出願日: 2020年1月29日(29.01.2020)

(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 2019-015994 2019年1月31日(31.01.2019) JP

(71) 出願人: 日立金属株式会社(HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 Tokyo (JP).

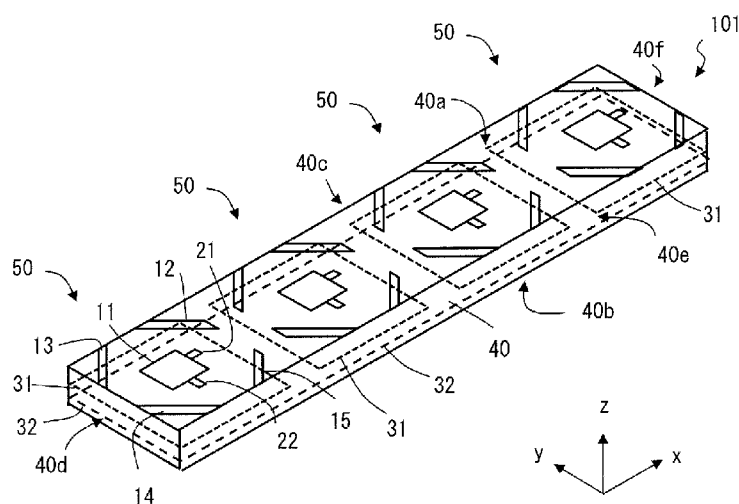
(72) 発明者: 高木 保規(TAKAKI Yasunori). 林 健児(HAYASHI Kenji). 榎木 雅人(ENOKI Masato).

(74) 代理人: 奥田 誠司(OKUDA Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目8番16号 大阪証券取引所ビル10階 奥田国際特許事務所 Osaka (JP).

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

(54) Title: PLANAR ANTENNA, PLANAR ARRAY ANTENNA, MULTI-AXIAL ARRAY ANTENNA, WIRELESS COMMUNICATION MODULE, AND WIRELESS COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 平面アンテナ、平面アレイアンテナ、多軸アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置



(57) Abstract: A planar antenna according to the invention is provided with: a planate radiation conductor 11; a common ground conductor 32; a first strip conductor 21 located between the planate radiation conductor 11 and the common ground conductor 32 and extending, in a first right-handed Cartesian coordinate system having first, second and third axes, in a direction parallel to the first axis; a second strip conductor 22 located between the planate radiation conductor and the common ground conductor and extending in a direction orthogonal to the direction in which the first strip conductor extends; and at least one pair of parasitic conductors 12 to 15 each forming an angle of 45 ± 3 degrees or -45 ± 3 degrees with respect to the first axis and having a side opposed to the planate radiation conductor.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

(57) 要約: 平面アンテナは、平面状放射導体 1 1 と、共通地導体 3 2 と、平面状放射導体 1 1 と、共通地導体 3 2 との間に位置し、第 1、第 2 および第 3 軸を有する第 1 右手直交座標系において、第 1 軸に平行な方向に伸びる第 1 ストリップ導体 2 1 と、平面状放射導体と、共通地導体との間に位置し、第 1 ストリップ導体の伸びる方向と直交する方向に伸びる第 2 ストリップ導体 2 2 と、第 1 軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、平面状放射導体と対向している辺を有する少なくとも一対の無給電導体 1 2 ~ 1 5 とを備えている。

明 細 書

発明の名称：

平面アンテナ、平面アレイアンテナ、多軸アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置

技術分野

[0001] 本願は、平面アンテナ、平面アレイアンテナ、多軸アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置に関する。

背景技術

[0002] インターネット通信の増大、高画質の映像技術の開発に伴い、無線通信に求められる通信速度も増大しており、より多くの情報が送受信可能な高周波の無線通信技術が求められている。搬送波の周波数が高くなると、電磁波の直進性が高まるため、無線端末との間で電波の送受信を行う基地局の通信可能なセル半径は小さくなる。このため、短波長の搬送波を用いる無線通信では、一般に、従来よりも高い密度で基地局が配置される。

[0003] その結果、無線通信端末から、近い距離にある基地局の数は増えることになり、近接する複数の基地局のなかから、高品質で通信が可能な特定の基地局を選択することが必要となる場合がある。つまり、放射可能な方位が広く、かつ、指向性が高いアンテナが求められる場合がある。

[0004] 例えば、特許文献1は、電波の強度の強い方向から受信を行うためのダイバーシティーアンテナを開示している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-146564号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本願は、短波長の帯域において、高い指向性を有する電磁波の送受信が可

能な平面アンテナ、平面アレイアンテナ、多軸アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置を提供する。

課題を解決するための手段

- [0007] 本開示の一実施形態による平面アンテナは、平面状放射導体と、共通地導体と、前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、第1、第2および第3軸を有する第1右手直交座標系において、第1軸に平行な方向に伸びる第1ストリップ導体と、前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、前記第1ストリップ導体の伸びる方向と直交する方向に伸びる第2ストリップ導体と、前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体と対向している辺を有する少なくとも一对の無給電導体とを備える。
- [0008] 平面アンテナは、前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体と対向している辺を有する前記一对の無給電導体と、前記第1軸に対して $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体と対向している辺を有する他の一对の無給電導体と、を備えていてもよい。
- [0009] 前記平面状放射導体と、前記無給電導体とは同一平面上に位置していてもよい。
- [0010] 平面アンテナは、前記第1ストリップ導体および前記第2ストリップ導体と、前記共通地導体との間に位置するアンテナ地導体をさらに含み、前記アンテナ地導体は、前記第3軸方向からみて、少なくとも前記平面状放射導体全体と重なっていてもよい。
- [0011] 平面アンテナは、前記無給電導体と前記アンテナ地導体とを接続する少なくとも1つの第1ビア導体をさらに備えていてもよい。
- [0012] 平面アンテナは、前記第3軸方向に垂直な主面を有する誘電体をさらに備え、前記平面状放射導体、前記共通地導体、前記第1ストリップ導体、前記第2ストリップ導体および前記無給電導体は前記誘電体内に位置していてもよい。
- [0013] 本開示の一実施形態による平面アレイアンテナは、前記第1軸方向に配列

された、複数の上記平面アンテナを備え、各平面アンテナの誘電体は一体的に構成されており、各平面アンテナの共通地導体は互いに接続されており、各平面アンテナのアンテナ地導体は、互いに分離している。

[0014] 平面アレイアンテナは、前記複数の平面アンテナのうち、少なくとも1つの隣接する一对の平面アンテナにおいて、前記第3軸に沿って伸び、前記第2軸と平行に配列された複数の第2ビア導体を備え、前記複数の第2ビア導体は、前記共通地導体と接続されていてもよい。

[0015] 前記複数の第2ビア導体は、前記隣接する一对の平面アンテナの一方のアンテナ地導体とさらに接続された第1列と、前記隣接する一对の平面アンテナの他方のアンテナ地導体とさらに接続された第2列とを含んでいてもよい。

[0016] 前記複数の第2ビア導体は、前記第3軸と平行な方向において、前記共通地導体と前記平面状放射導体との距離と以上の高さを有していてもよい。

[0017] 本開示の他の実施形態による平面アンテナは、平面状放射導体と、共通地導体と、前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、第1、第2および第3軸を有する第1右手直交座標系において、第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなす方向に伸びる第1ストリップ導体と、前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、前記第1ストリップ導体の伸びる方向と直交する方向に伸びる第2ストリップ導体と、前記第1ストリップ導体および前記第2ストリップ導体と、前記共通地導体との間に位置し、前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなす少なくとも一对の辺を外縁に有するアンテナ地導体と、を備える。

[0018] 前記アンテナ地導体は、前記第3軸方向から見て、前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体を挟む前記一对の辺と、前記第1軸に対して $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体を挟む他の一对の辺と、を備えていてもよい。

[0019] 平面アンテナは、前記アンテナ地導体の前記外縁に沿って位置し、前記アンテナ地導体と前記共通地導体とを接続する少なくとも1つの第3ビア導体

をさらに備えていてもよい。

[0020] 平面アンテナは、前記第3軸方向に垂直な主面を有する誘電体をさらに備え、前記平面状放射導体、前記共通地導体、前記第1ストリップ導体、前記第2ストリップ導体および前記無給電導体は前記誘電体内に位置していてもよい。

[0021] 本開示のある実施形態による平面アレイアンテナは、前記第1軸方向に配列された、複数の上記平面アンテナを備え、各平面アンテナの誘電体は一体的に構成されており、各平面アンテナの共通地導体は互いに接続されており、各平面アンテナのアンテナ地導体は互いに接続されている。

[0022] 平面アレイアンテナは、前記複数の平面アンテナのうち、少なくとも1つの隣接する一对の平面アンテナにおいて、前記第3軸に沿って伸び、前記第2軸と平行に配列された複数の第2ビア導体を備え、前記複数の第2ビア導体は、前記共通地導体と接続されていてもよい。

[0023] 本開示のある実施形態による多軸アレイアンテナは、上記いずれかに記載の平面アレイアンテナと、複数の線状アンテナと、を備え、各線状アンテナは、前記複数の平面アンテナの1つに対して、前記第2軸方向に離間して位置し、前記第1軸と平行に伸びる1つまたは2つの線状放射導体を含む。

[0024] 前記誘電体は、前記主面に隣接し、かつ、前記第2軸に垂直な側面を有し、前記線状アンテナの前記1つまたは2つの線状放射導体は、前記側面に近接して前記誘電体内に配置されていてもよい。

[0025] 本開示のある実施形態による無線通信モジュールは、上記多軸アレイアンテナと、能動部品および受動部品からなる群から選ばれる少なくとも1つとを備える。

[0026] 本開示のある実施形態による無線通信装置は、第1、第2および第3軸を有する第2右手直交座標系において、第3軸に垂直な第1および第2主面と、前記第1軸に垂直な第1および第2側部と、前記第2軸に垂直な第3および第4側部と、送信回路および受信回路の少なくとも一方とを有する回路基板と、すくなくとも1つの上記無線通信モジュールと、を備え、前記少なく

とも 1 つの無線通信モジュールは、前記第 1 および第 2 主面、前記第 1、第 2、第 3 および第 4 側部の少なくとも 1 つに配置されている。

発明の効果

[0027] 本開示によれば、高い指向性を有する電磁波の送受信が可能な平面アンテナ、平面アレイアンテナ、多軸アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置が提供され得る。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]平面アンテナおよび平面アレイアンテナの第 1 の実施形態を示す斜視図である。

[図2]図 1 に示す平面アンテナを拡大して示す斜視図である。

[図3] (a) は図 1 に示す平面アンテナの平面図であり、(b) および (c) は、(a) の 3 B-3 B 線および 3 C-3 C 線における平面アンテナの断面図である。

[図4] (a) から (c) は図 1 に示す平面アンテナから放射される電磁波の強度分布を説明する模式図である。

[図5]平面アレイアンテナの他の形態における平面アンテナを拡大して示す斜視図である。

[図6]平面アレイアンテナの他の形態を示す斜視図である。

[図7] (a) は、平面アンテナおよび平面アレイアンテナの第 2 の実施形態を示す斜視図であり、(b) は、(a) に示す平面アンテナの平面図である。

[図8]平面アレイアンテナの他の形態における平面アンテナを拡大して示す斜視図である。

[図9]多軸アレイアンテナの実施形態を示す斜視図である。

[図10] (a) および (b) は図 9 に示す多軸アレイアンテナから放射される電磁波の強度分布を説明する模式図である。

[図11]無線通信モジュールの実施形態を示す模式的断面図である。

[図12]無線通信モジュールの他の実施形態を示す模式的断面図である。

[図13] (a) および (b) は、無線通信装置の一実施形態を示す模式的平面

図および側面図である。

[図14] (a)、(b)および(c)は、無線通信装置の他の形態を示す模式的平面図および側面図である。

[図15]シミュレーションによって求めた本実施形態の平面アレイアンテナから放射される電磁波のピークゲインの周波数特性を示す。

[図16]シミュレーションによって求めたアンテナ地導体を有しない平面アレイアンテナから放射される電磁波のピークゲインの周波数特性を示す。

[図17] (a)は、平面アンテナおよび平面アレイアンテナの他の形態を示す斜視図であり、(b)は、(a)に示す平面アンテナの平面図である。

[図18]シミュレーションによって求めた平面アレイアンテナから放射される電磁波のz軸方向の周波数特性を示す。

[図19]シミュレーションによって求めた平面アレイアンテナから放射される電磁波のピークゲインの周波数特性を示す。

発明を実施するための形態

[0029] 本開示の平面アンテナ、平面アレイアンテナ、多軸アンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置は、例えば、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波帯域の無線通信に利用可能である。準マイクロ波帯域の無線通信は、波長が10cm～30cmであり、1GHzから3GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。センチメートル波帯域の無線通信は、波長が1cm～10cmであり、3GHzから30GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。ミリ波帯域の無線通信は、波長が1mm～10mmであり、30GHzから300GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。準ミリ波帯域の無線通信は、波長が10mm～30mmであり、10GHzから30GHzの周波数の電波を搬送波として用いる。これらの帯域の無線通信では、平面アンテナのサイズは数センチからサブミリメートルのオーダーになる。例えば、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波無線通信回路を、多層セラミック焼結基板によって構成する場合、多層セラミック焼結基板に本開示の平面アンテナ、平面アレイアンテナ或いは多軸アンテナ

ナを実装することが可能となる。以下、本実施形態では、特に他の説明をしない限り、準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波の搬送波の一例として、搬送波の周波数が30GHzであり、搬送波の波長 λ が10mmである場合を例に挙げて、平面アンテナや平面アレイアンテナを説明する。

[0030] 本開示において、構成要素の配置、方向等を説明するために、右手直交座標系を用いる。具体的には、第1右手直交座標系は互いに直交するx、y、z軸を有し、第2右手直交座標系は、互いに直交するu、v、w軸を有する。第1右手直交座標系と第2右手直交座標系とを区別し、かつ、右手系座標の軸の順序を特定するために、軸に、x、y、z、およびu、v、wのアルファベットを与えるが、これらは、第1、第2、第3軸と呼んでもよい。

[0031] 本開示において、2つの方向がそろっているとは、概ね2つの方向のなす角度が0°から約20°の範囲にあることをいう。平行とは、2つの平面、2つの直線、あるいは、平面と直線とのなす角度が0°から約10°の範囲にあることをいう。また、軸を参照して方向を説明する場合において、基準に対して軸の+方向であるのか-方向であるのかが重要である場合には、軸の+と-とを区別し説明する。一方、いずれの軸に沿った方向であるのかが重要であり、軸の+方向であるのか-方向であるのかを問わない場合には、単に「軸方向」と説明する。

[0032] (第1の実施形態)

本開示の平面アンテナおよび平面アレイアンテナの第1の実施形態を説明する。図1は本開示の平面アレイアンテナ101を示す模式的斜視図である。図1において、内部の構成を透視して示している。平面アレイアンテナ101は複数の平面アンテナ50を含む。平面アンテナ50はパッチアンテナとも呼ばれる。本実施形態では、平面アレイアンテナ101は4つの平面アンテナ50を含んでいるが、平面アンテナ50の数は4に限られず、平面アレイアンテナ101は少なくとも2つの平面アンテナ50を含んでいればよい。第1右手直交座標系において、複数の平面アンテナ50はx軸方向に配

列されている。

[0033] 図2は、平面アレイアンテナ101の1つの平面アンテナ50を示す模式的拡大斜視図である。また図3(a)は、平面アンテナ50の模式平面図であり、図3(b)および(c)は、図3(a)の3B-3B線および3C-3C線における断面図である。

[0034] 各平面アンテナ50は、平面状放射導体11と、第1ストリップ導体21と、第2ストリップ導体22と、無給電導体12、13、14、15と、アンテナ地導体31と、共通地導体32とを備える。

[0035] 平面状放射導体11は、概ね x - y 平面に平行に配置されている。平面状放射導体11は、電波を放射する放射素子であり、求められる放射特性およびインピーダンス整合を得るための形状を有している。本実施形態では、平面状放射導体11は、 x 軸方向および y 軸方向に平行な2組の辺を有する略正方形形状を有している。平面状放射導体11は、長方形、円形等他の形状を有していてもよい。平面状放射導体11は、一般的には、搬送波の波長 λ の $1/2$ の長さを基準としたサイズで構成されている。例えば、誘電体40の比誘電率が8である場合、平面状放射導体11のサイズは、例えば、28GHz帯を想定すると $0.5 \sim 2.5 \text{ mm} \times 0.5 \sim 2.5 \text{ mm}$ である。平面状放射導体11の形状は、正方形となるか、或いは、少なくとも第1ストリップ導体21と平行な方向の長さが f_0 で共振する長さに規定された長方形となる。

[0036] 第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22は平面状放射導体11と電磁結合し、信号電力を供給する。第1ストリップ導体21は、 x 軸方向に伸びており、第2ストリップ導体22は、第1ストリップ導体の伸びる方向と直交する方向、つまり、 y 軸方向に伸びている。

[0037] アンテナ地導体31は、平面状放射導体11と、共通地導体32との間に位置する。第1ストリップ導体21の一部および第2ストリップ導体22の一部は、 z 軸方向から見て、平面状放射導体11と重なっている。

[0038] 図3(c)に示すように、第1ストリップ導体21の一端には、例えば、

z軸方向に伸びるビア導体23が接続されている。ビア導体23は第1ストリップ導体21に信号電力を供給する。ビア導体23は、後述するアンテナ地導体31および共通地導体32にそれぞれ設けられた孔31c、32cを貫通し、共通地導体32よりも下方に設けられる配線、あるいは送受信回路と接続されていてもよい。

[0039] アンテナ地導体31は、第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22と、共通地導体32との間に位置する。アンテナ地導体31は、本実施形態では、x軸方向およびy軸方向に平行な2組の辺を有する矩形形状を有しており、隣接する平面アンテナ50のアンテナ地導体31と分離している。z軸方向からみて、アンテナ地導体31は、少なくとも平面状放射導体11全体と重なっており、アンテナ地導体31の4つの辺は、平面状放射導体11よりも外側に位置している。アンテナ地導体31は、図示しないビア導体などによって、基準電位に接続されている。アンテナ地導体31は、平面状放射導体11から放射される電磁波の分布を調整する。

[0040] 共通地導体32は基準電位に接続される接地電極であり、z軸方向からみて、平面状放射導体11よりも大きく、かつ、少なくとも平面状放射導体11の下方の領域を含む領域に配置されている。本実施形態では共通地導体32は、隣接する平面アンテナ50の共通地導体32と接続されて1つの層をなしている。

[0041] 平面アンテナ50は少なくとも一对の無給電導体を含む。本実施形態では、平面アンテナ50は4つの無給電導体12、13、14、15を含んでいる。無給電導体12、13、14、15のそれぞれは、x軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなし、平面状放射導体11と対向する辺を有する。具体的には、無給電導体12、13、14、15は、辺12d、13d、14d、15dをそれぞれ有している。辺13dおよび辺15dはx軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、平面状放射導体11と対向している。また、辺13dと辺15dとは、平面状放射導体11を挟んで互に対向している。同様に、辺12dおよび辺14dはx軸に対して $-45 \pm 3^\circ$

°の角度をなしており、平面状放射導体11と対向している。また、辺12dと辺14dとは、平面状放射導体11を挟んで互いに対向している。辺12d、13d、14d、15dの長さは、例えば、28GHz帯を想定すると0.5～2.5mmの範囲内である。

[0042] 辺12d、13d、14d、15dとx軸とのなす角度は $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ である場合に、後述するように、平面アンテナ50間における意図しない干渉を抑制する効果が得られる。しかし、これらの角度から多少外れていてもこの効果を得ることが可能である。また、製造時の位置合わせ誤差程度の角度のずれは許容され得る。具体的には、辺12d、13d、14d、15dとx軸とのなす角度は、例えば、 $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ 程度であればよい。以下の実施形態において、x軸を基準として $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ で配置される構成要素についても同様である。また、無給電導体12、13、14、15の辺12d、13d、14d、15dや後述するアンテナ地導体の辺における反射の作用を奏する条件があれば、これらの辺は、x軸に対して $45 \pm 30^\circ$ または $-45 \pm 30^\circ$ の範囲内で変更することも可能である。

[0043] 本実施形態では、無給電導体12、13、14、15は、それぞれ辺12d、13d、14d、15dと平行な方向に伸びるストリップ形状を有している。また、z軸方向からみてアンテナ地導体31の4つの辺と概ね一致するように、ストリップ形状の両端が斜めに切り取られている。このため、無給電導体12、13、14、15は、z軸方向からみて、台形形状を有している。しかし、無給電導体12、13、14、15は、辺12d、13d、14d、15dを有していれば他の形状を有していてもよい。例えば、無給電導体12、13、14、15は、それぞれ辺12d、13d、14d、15dを有する三角形形状を有していてもよい。

[0044] 辺12d、13d、14d、15dは、平面状放射導体11が放射する電磁波の節または節の近傍の位置に配置されることが好ましい。図3に示すように、平面状放射導体11の中心から辺12dまでの距離Lは、例えば、0

、 $8\lambda \leq L \leq 1.2\lambda$ または $1.6\lambda \leq L \leq 2.4\lambda$ の関係を満たしていることが好ましい。辺 13d、14d、15d の位置についても同じ条件を満たすことが好ましい。電磁波の節の位置に平面状放射導体 11 の各辺が配置されることにより、安定した条件で電磁波を反射させることが可能である。

[0045] 平面状放射導体 11 と、無給電導体 12、13、14、15 とは、z 軸方向において、概ね同じ高さに位置していることが好ましい。例えば、z 軸方向において、平面状放射導体 11 と、無給電導体 12、13、14、15 とは同一平面上に位置している。無給電導体 12、13、14、15 は、電力が供給されない素子であり、第 1 ストリップ導体 21 および第 2 ストリップ導体 22 から電力の供給を受けない。

[0046] 平面アンテナ 50 は誘電体 40 を有し、本実施形態では、平面状放射導体 11、第 1 ストリップ導体 21、第 2 ストリップ導体 22、無給電導体 12、13、14、15、アンテナ地導体 31 および共通地導体 32 は、誘電体 40 内に配置されている。各平面アンテナ 50 の誘電体 40 は一体的に形成されており、x 軸方向に長手を有する直方体形状を有する。例えば、誘電体 40 は、主面 40a、主面 40b と、側面 40c、40d、40e、40f を備える直方体の形状を有する。主面 40a、主面 40b は直方体の 6 つの面のうち、他の面に比べて大きい 2 つの面である。主面 40a、主面 40b は、平面状放射導体 11、アンテナ地導体 31 および共通地導体 32 と平行である。各平面アンテナ 50 は、上述したように x 軸方向に配列されている。複数の平面アンテナ 50 の x 軸方向の配列ピッチは、 $\lambda/2$ 程度である。

[0047] 各平面アンテナ 50 において、第 1 ストリップ導体 21、第 2 ストリップ導体 22、アンテナ地導体 31、共通地導体 32 は誘電体 40 内に配置される。一方、平面状放射導体 11 および無給電導体 12、13、14、15 は、誘電体 40 の主面 40a または誘電体 40 の内部に配置される。平面状放射導体 11 は電磁波を放出する素子であるため、放射効率を高めるという観点では、平面状放射導体 11 は主面 40a 上に配置されていることが好ましい。しかし、主面 40a に平面状放射導体 11 および無給電導体 12、13

、14、15が露出していると、外力等によって変形が生じたり、外部環境に曝されることによって、これらの素子に酸化、腐食等が生じる可能性がある。本願発明者の検討によれば、平面状放射導体11を覆う誘電体の厚さが $70\mu\text{m}$ 以下であれば、平面状放射導体11を主面40aに形成し、さらに、保護膜としてAu/Niメッキ層を形成する場合と同等以上の放射効率を実現することができることが分かった。平面状放射導体11および無給電導体12、13、14、15を覆う誘電体40の部分40hの厚さtは小さいほど損失が少ないため、アンテナ特性の観点では、特に下限に制限はない。しかし、厚さtが小さくなりすぎると、誘電体40の形成方法によっては、厚さtを均一にすることが困難になる場合がある。例えば、誘電体40を多層セラミック体で構成するためには、例えば、厚さtは、 $5\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。つまり、厚さtは $5\mu\text{m}$ 以上 $70\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。特に誘電体40として、比誘電率が5～10程度の低比誘電率のセラミックを用いてもAu/Niメッキを施した平面アンテナと同等以上の放射効率を実現するためには、厚さtは $5\mu\text{m}$ 以上、 $20\mu\text{m}$ 未満であることが好ましい。

[0048] 誘電体40は、1.5～100程度の比誘電率を有する樹脂、ガラス、セラミック等であってよい。好ましくは、誘電体40は、樹脂、ガラス、セラミック等からなる複数の層が積層された多層誘電体である。誘電体40は、例えば、複数のセラミック層を備えた多層セラミック体であり、複数のセラミック層間に、平面状放射導体11、第1ストリップ導体21、第2ストリップ導体22、無給電導体12、13、14、15、アンテナ地導体31および共通地導体32が設けられ、ビア導体23が1以上のセラミック層内に設けられる。平面状放射導体11と無給電導体12、13、14、15とは、同じセラミック層間に設けられているほうが好ましい。しかし、上述したz軸方向における上述の厚さtの範囲内の距離であれば、平面状放射導体11と無給電導体12、13、14、15とは、他のセラミック層間に配置されていてもよい。

- [0049] 誘電体40内における、z軸方向の平面状放射導体11、第1ストリップ導体21、第2ストリップ導体22、無給電導体12、13、14、15、アンテナ地導体31および共通地導体32の位置つまり、各素子間の間隔などは、各構成要素間に配置するセラミック層の厚さおよび数を変えることによって調節することができる。
- [0050] 上述した平面アンテナ50の構成要素は、電気伝導性を有する材料で形成されている。例えば、Au、Ag、Cu、Ni、Al、Mo、W、等の金属を含む材料によって形成されている。
- [0051] 平面アレイアンテナ101は、上述した材料の誘電体および導電性材料を用いて、公知の技術を用いて作製することが可能である。特に、樹脂、ガラス、セラミックを用いた多層（積層）基板技術を用いて好適に作製することができる。例えば、誘電体40に多層セラミック体を用いる場合には、同時焼成セラミック基板技術を用いて好適に用いることができる。言い換えれば、平面アレイアンテナ101は、同時焼成セラミック基板として作製することができる。
- [0052] 平面アレイアンテナ101を構成する同時焼成セラミック基板は、低温焼成セラミック（LTCC、Low Temperature Co-fired Ceramics）基板であってもよいし、高温焼成セラミック（HTCC、High Temperature Co-fired Ceramics）基板であってもよい。高周波特性の観点では、低温焼成セラミック基板を用いた方が好ましい場合がある。誘電体40、平面状放射導体11、第1ストリップ導体21、第2ストリップ導体22、アンテナ地導体31、共通地導体32には、焼成温度、用途等および無線通信の周波数等に応じたセラミック材料および導電性材料が用いられる。これらの素子を形成するための導電性ペーストと、誘電体40の多層セラミック体を形成するためのグリーンシートが同時に焼成（Co-fired）される。同時焼成セラミック基板が低温焼成セラミック基板である場合、800℃から1000℃程度の温度範囲で焼結することができるセラミック材料および導電性材料を用

いる。例えばAl、Si、Srを主成分とし、Ti、Bi、Cu、Mn、Na、Kを副成分とするセラミック材料、Al、Si、Srを主成分とし、Ca、Pb、Na、Kを副成分とするセラミック材料、Al、Mg、Si、Gdを含むセラミック材料、Al、Si、Zr、Mgを含むセラミック材料が用いられる。また、AgまたはCuを含む導電性材料が用いられる。セラミック材料の誘電率は3～15程度である。同時焼成セラミック基板が高温焼成セラミック基板である場合、Alを主成分とするセラミック材料および、W（タングステン）またはMo（モリブデン）を含む導電性材料を用いることができる。

[0053] より具体的には、LTCC材料として、例えば、低誘電率（比誘電率5～10）のAl-Mg-Si-Gd-O系誘電体材料、 Mg_2SiO_4 からなる結晶相とSi-Ba-La-B-O系からなるガラス等からなる誘電体材料、Al-Si-Sr-O系誘電体材料、Al-Si-Ba-O系誘電体材料、高誘電率（比誘電率50以上）のBi-Ca-Nb-O系誘電体材料等様々な材料を用いることができる。

[0054] 例えば、Al-Si-Sr-O系誘電体材料は、主成分としてAl、Si、Sr、Tiの酸化物を含む場合は、主成分であるAl、Si、Sr、Tiをそれぞれ Al_2O_3 、 SiO_2 、 SrO 、 TiO_2 に換算したとき、 Al_2O_3 : 10～60質量%、 SiO_2 : 25～60質量%、 SrO : 7.5～50質量%、 TiO_2 : 20質量%以下（0を含む）を含有することが好ましい。また、その主成分100質量部に対して、副成分として、Bi、Na、K、Coの群のうちの少なくとも1種を Bi_2O_3 換算で0.1～10質量部、 Na_2O 換算で0.1～5質量部、 K_2O 換算で0.1～5質量部、 CoO 換算で0.1～5質量部含有することが好ましく、更に、Cu、Mn、Agの群のうちの少なくとも1種をCuO換算で0.01～5質量部、 Mn_3O_4 換算で0.01～5質量部、Agを0.01～5質量部含有することが好ましい。その他不可避免不純物を含有することもできる。

[0055] 図4（a）から図4（c）を参照しながら、平面アレイアンテナ101の

動作を説明する。平面アレイアンテナ101において、各平面アンテナ50の平面状放射導体11に第1ストリップ導体21を介して信号電力を給電すると、図4(a)に示すように、各平面アンテナ50の平面状放射導体11は、全体として、平面状放射導体11に垂直な方向、つまり、 z 軸の正方向に最大強度を有し、第1ストリップ導体21の延びる方向に平行である xz 面に広がった強度分布 $F1$ を有する電磁波を放出する。

[0056] 一方、各平面アンテナ50の平面状放射導体11に第2ストリップ導体22を介して信号電力を給電すると、図4(b)に示すように、各平面アンテナ50の平面状放射導体11は、全体として、平面状放射導体11に垂直な方向、つまり、 z 軸の正方向に最大強度を有し、第2ストリップ導体22の延びる方向に平行である yz 面に広がった強度分布 $F2$ を有する電磁波を放出する。

[0057] したがって、第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22に同時に信号電力を供給する場合、平面状放射導体11は、強度分布 $F1$ の電磁波および強度分布 $F2$ の電磁波が合わさり、強度分布 $F12$ を有する電磁波が放出される。強度分布 $F12$ の電磁波は、 xz 平面を z 軸周りに x 軸に対して $45 \pm 3^\circ$ 回転させた面と、 xz 平面を z 軸周りに x 軸に対して $-45 \pm 3^\circ$ 回転させた面とに広がっている。このため、 x 軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなす辺を有する無給電導体12、13、14、15が、合成された電磁波を反射あるいは減衰させ、隣接する平面アンテナ50から放射させる電磁波に意図しない干渉などの悪影響を与えるのを抑制する。

[0058] 第1ストリップ導体21から供給される信号電力による強度分布 $F1$ の電磁波と、第2ストリップ導体22から供給される信号電力による強度分布 $F2$ の電磁波とは、互いに直交している。このため、第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22から平面状放射導体11へ同時に信号電力を供給しても、合成された電磁波を受信し、生成した信号は、2つの信号に分離することが可能である。したがって、平面アレイアンテナ101によれば

、異なる信号電力を第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22を介して平面状放射導体11から放射させることが可能であり、より多くの情報を送受信することが可能である。また、平面アレイアンテナ101において、平面アンテナ50間の干渉による悪影響を抑制できるため、より指向性の高いビームフォーミングを行うことが可能な平面アレイアンテナが実現し得る。

[0059] また、平面アンテナ50がアレイを構成しない場合でも、上述したように無給電導体12、13、14、15が、電磁波の好ましくない広がり抑制し得る。このため、平面アンテナ50を単体で無線機器に配置した場合でも、平面アンテナ50の周辺に配置される回路や他のアンテナへの好ましくない影響を抑制することが可能である。

[0060] 上述したように、平面アレイアンテナ101は、第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22に異なる信号電力を同時に入力し、2つの電磁波を合成して放射する場合に優れた効果を奏し得るが、第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22の一方に信号電力を入力し、電磁波を放射させてもよい。この場合にも、無給電導体12、13、14、15が、平面アンテナ50間の悪影響を抑制できるため、より指向性の高いビームフォーミングを行うことが可能な平面アレイアンテナが実現し得る。具体的には垂直偏波および水平偏波のような直交する偏波を平面状放射導体11で高品質かつ同時に送受信できることにより、通信速度向上が可能となる。また、第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22の一方に信号電力を入出力させる場合にも高品質な信号電力を送受信することが可能となる。さらに、平面アレイアンテナ101は、平面アンテナ50間において、入射させる信号電力に位相差、振幅差与え、ビームフォーミングを行うことより、主に図1のzx面でのカバレッジを向上させることが可能となる。

[0061] 平面アレイアンテナ101には種々の改変が可能である。図5は、平面アレイアンテナ102の平面アンテナ50'の一つを拡大して示す斜視図である。平面アレイアンテナ102は、複数の平面アンテナ50'を含み、平面

アンテナ 50' が、無給電導体 12、13、14、15 とアンテナ地導体 31 とを接続する少なくとも 1 つの第 1 ビア導体 41 をさらに備える点で、平面アレイアンテナ 101 と異なる。本実施形態では、平面アンテナ 50' は、無給電導体 12、13、14、15 とアンテナ地導体 31 との間にそれぞれ配置された複数の第 1 ビア導体 41 を含んでいる。具体的には、無給電導体 12 とアンテナ地導体 31 との間に、 x 軸に対して $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなす方向に配列された複数の第 1 ビア導体 41 が配置されている。各第 1 ビア導体の一端は、無給電導体 12 に接続され、他端はアンテナ地導体 31 に接続されている。同様に、無給電導体 13 とアンテナ地導体 31 との間、無給電導体 14 とアンテナ地導体 31 との間および無給電導体 15 とアンテナ地導体 31 との間にも複数の第 1 ビア導体 41 が配置されている。第 1 ビア導体 41 の直径は例えば、数 μm ～ 数 $100 \mu\text{m}$ であり、第 1 ビア導体 41 のピッチ（軸間距離）は、例えば、 $1/8 \lambda d$ 、好ましくは $1/16 \lambda d$ 以下である。図 5 では、複数の第 1 ビア導体 41 の間に間隙が設けられているが、互いに第 1 ビア導体 41 の側面が接していてもよい。

[0062] 平面アレイアンテナ 102 によれば、無給電導体 12、13、14、15 とアンテナ地導体 31 との間に配置された複数の第 1 ビア導体 41 はシールドとして機能する。このため、各平面アンテナ 50' の平面状放射導体 11 から放射される電磁波が、複数の第 1 ビア導体 41 で囲まれる領域に閉じ込められ隣接する平面アンテナ 50' により漏洩しにくくなる。よって、平面アンテナ 50' 間の悪影響を抑制し、より指向性の高いビームフォーミングを行うことが可能な平面アレイアンテナが実現し得る。

[0063] 図 6 は、平面アレイアンテナ 103 の斜視図である。平面アレイアンテナ 103 は、複数の平面アンテナ 50 のうち、少なくとも 1 つの隣接する一对の平面アンテナ 50 間において、 y 軸方向に配列された、複数の第 2 ビア導体 42 を備える点で、平面アレイアンテナ 101 と異なる。第 2 ビア導体 42 は z 軸方向に沿って伸びており、一端は共通地導体 32 に接続されている。また、第 2 ビア導体 42 は、 z 軸方向において、共通地導体 32 と平面状

放射導体 1 1 との距離と同程度かそれ以上の高さを有していることが好ましい。

[0064] 図 6 に示す形態では、平面アレイアンテナ 1 0 3 は、各一对の平面アンテナ 5 0 間において、y 軸方向に配列された複数の第 2 ビア導体 4 2 を備えている。y 軸方向に配列された第 2 ビア導体 4 2 の列は、各平面アンテナ 5 0 間に 1 つまたは 2 つ配置される。本実施形態では、4 つの平面アンテナ 5 0 のうち、x 軸方向における 2 番目と 3 番目の平面アンテナ 5 0 間に 2 列の第 2 ビア導体 4 2 が配置されている。

[0065] 平面アンテナ 5 0 間において、1 列の第 2 ビア導体 4 2 が配置される場合、第 2 ビア導体 4 2 は第 2 ビア導体を挟む 2 つの平面アンテナ 5 0 のアンテナ地導体 3 1 と接続されておらず、離間している。平面アンテナ 5 0 間において、2 列の第 2 ビア導体 4 2 が配置される場合、第 2 ビア導体 4 2 は第 2 ビア導体を挟む 2 つの平面アンテナ 5 0 のアンテナ地導体 3 1 とそれぞれ接続されていてもよい。第 1 ビア導体 4 1 と同様、第 2 ビア導体 4 2 の直径は例えば、数 μm ～ 数 $100\mu\text{m}$ であり、第 2 ビア導体 4 2 のピッチ（軸間距離）は、例えば、 $1/8\lambda_d$ 好ましくは $1/16\lambda_d$ 以下である。図 6 では、複数の第 2 ビア導体 4 2 の間に間隙が設けられているが、互いに第 2 ビア導体 4 2 の側面が接していてもよい。

[0066] 一对の平面アンテナ 5 0 間において y 軸方向に配列された複数の第 2 ビア導体 4 2 は、シールドとして機能し、平面アンテナ 5 0 の平面状放射導体 1 1 から放射される電磁波が隣接する平面アンテナ 5 0 に漏れこむのを抑制する。このため、平面アンテナ 5 0 間の悪影響を抑制し、より指向性の高いビームフォーミングを行うことが可能な平面アレイアンテナが実現し得る。

[0067] （第 2 の実施形態）

本開示の平面アンテナおよび平面アレイアンテナの第 2 の実施形態を説明する。図 7（a）は本開示の平面アレイアンテナ 1 0 4 を示す模式的斜視図である。図 7（b）は、平面アレイアンテナ 1 0 4 の 1 つの平面アンテナ 5 2 を示す模式的拡大斜視図である。

- [0068] 第1の実施形態と同様、平面アレイアンテナ104は、x軸方向に配列させた複数の平面アンテナ52を含む。
- [0069] 各平面アンテナ52は、平面状放射導体11と、第1ストリップ導体21と、第2ストリップ導体22と、アンテナ地導体33と、共通地導体32とを備える。z軸方向における平面状放射導体11、第1ストリップ導体と、第2ストリップ導体22、アンテナ地導体33および共通地導体32の配置は、平面アレイアンテナ101の平面アンテナ50と同じである。
- [0070] 平面アンテナ52において、平面状放射導体11、第1ストリップ導体21および第2ストリップ導体22は、平面アンテナ50と比べて、z軸周りに $-45 \pm 3^\circ$ 回転させた方向に配置されている。具体的には、第2ストリップ導体22は、第1ストリップ導体21の伸びる方向と直交する方向に伸びている。
- [0071] 平面状放射導体11は、x軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度なす直線および $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなす直線に平行な2組の辺を有する略正方形形状を有している。
- [0072] アンテナ地導体33は、x軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなす少なくとも一对の辺を外縁に有している。本実施形態では、アンテナ地導体33は、外縁において、辺33a~33hを有する。このうち、辺33aおよび辺33eは、x軸に対して $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、辺33cおよび辺33gはx軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなしている。また、x軸と平行な辺33bおよび辺33fと、y軸に平行な辺33dおよび辺33hとを有している。z軸方向から見て、辺33aおよび辺33eと、辺33cおよび辺33gとは、それぞれ平面状放射導体11を挟むように位置している。
- [0073] 本実施形態では、アンテナ地導体33は、隣接する平面アンテナ52のアンテナ地導体33と互いに接続されている。具体的には、x軸方向における両端の平面アンテナ52を除き、アンテナ地導体33の辺33dは隣接する平面アンテナ52のアンテナ地導体33の辺33hと接続されている。x軸

方向における両端に位置する平面アンテナ 5 2 では、アンテナ地導体 3 3 の辺 3 3 h または辺 3 3 d が隣接する平面アンテナ 5 2 のアンテナ地導体 3 3 の辺 3 3 d または 3 3 h とそれぞれ接続されている。

[0074] 辺 3 3 a、3 3 c、3 3 e、3 3 g は、平面状放射導体 1 1 が放射する電磁波の節または節の近傍の位置に配置されることが好ましい。図 7 (b) に示すように、平面状放射導体 1 1 の中心から辺 3 3 a までの距離 L' は、例えば、 $0.8\lambda \leq L' \leq 1.2\lambda$ または $1.6\lambda \leq L' \leq 2.4\lambda$ の関係を満たしていることが好ましい。辺 3 3 c、3 3 e、3 3 g の位置についても同じ条件を満たすことが好ましい。

[0075] 平面アレイアンテナ 1 0 4 の各平面アンテナ 5 2 において、平面状放射導体 1 1 に第 1 ストリップ導体 2 1 および第 2 ストリップ導体 2 2 を介して信号電力を給電すると、2 つの信号電力による電磁波の合成波は、 z 軸の正方向に最大強度を有し、 xz 平面および yz 平面に広がった強度分布を有する電磁波を放出する。平面アレイアンテナ 1 0 4 において、平面アンテナ 5 2 は、 x 軸方向に等ピッチまたはそれに近いピッチで配列されている。また、平面状放射導体 1 1、第 1 ストリップ導体 2 1、および第 2 ストリップ導体 2 2 は長手方向と -45 ± 3 度角度をなす方向に回転されて配置されている。これにより、アンテナ地導体 3 3 の辺 3 3 a、3 3 e と、3 3 c、3 3 g は、平面アンテナ 5 2 の持つ 2 つの共振方向 (x 軸に対して 45° および -45° の方向) に位置し、平面アンテナ 5 2 の電磁氣的な長さ (共振器長) が 2 つの共振方向で同等になり、意図しない隣接アンテナからの干渉の影響を低減できる。

[0076] さらに、平面アレイアンテナ 1 0 4 によれば、各平面アンテナ 5 2 のアンテナ地導体 3 3 が、 x 軸に対して上述した角度をなす辺 3 3 a、3 3 c、3 3 e、3 3 g を有しているため、これらの辺が電磁波を反射あるいは減衰させ、隣接する平面アンテナ 5 2 から放射させる電磁波に意図しない干渉などの悪影響を与えるのを抑制する。したがって、より指向性の高いビームフォーミングを行うことが可能な平面アレイアンテナが実現し得る。

[0077] 図15は、シミュレーションによって求めた本実施形態の平面アレイアンテナ104から放射される電磁波のピークゲインの周波数特性を示す。横軸は周波数を示し、縦軸は方位によらず達成し得る最大利得を示す。比較のために、アンテナ地導体33を有しない平面アンテナのピークゲインの周波数特性を図16に示す。27GHz～、30GHzおよび37GHz～43GHzの2つの周波数帯域において、9dB以上のゲインが得られている。特に、37GHz～43GHzの帯域では、最大で12dBのゲインが得られている。これに対し、図16に示すように、アンテナ地導体33を有しない平面アンテナでは、37GHz～43GHzの帯域のうち41GHz以上の周波数において、ゲインが大きく低下している。これは、41GHz以上の周波数において、隣接する平面アンテナ52から放射させる電磁波相互の干渉が生じ、ゲインが低下していると考えられる。

[0078] 平面アレイアンテナ104には種々の改変が可能である。図8は、平面アレイアンテナ105の平面アンテナ52'の一つを拡大して示す斜視図である。平面アレイアンテナ105は、複数の平面アンテナ52'を含み、平面アンテナ52'が、アンテナ地導体33と共通地導体32とを接続する少なくとも1つの第3ビア導体43をさらに備える点で、平面アレイアンテナ104と異なる。本実施形態では、平面アンテナ52'は、複数の第3ビア導体43を備える。複数の第3ビア導体43は、アンテナ地導体33の外縁に沿って配置されており、一端がアンテナ地導体33に接続され、他端は共通地導体32に接続されている。第3ビア導体43の直径やピッチは第2ビア導体42と同様のサイズであってよい。また、図8では、複数の第3ビア導体43の間に間隙が設けられているが、互いに第3ビア導体43の側面が接していてもよい。

[0079] 複数の第3ビア導体43は、シールドとして機能し、平面アンテナ50の平面状放射導体11から放射される電磁波が隣接する平面アンテナ50に漏れこむのを抑制する。このため、平面アンテナ52'間の悪影響を抑制し、より指向性の高いビームフォーミングを行うことが可能な平面アレイアンテナ

ナが実現し得る。

[0080] 図17(a)は、平面アンテナ52'および平面アレイアンテナ111の斜視図であり、(b)は、(a)に示す平面アンテナの平面図である。平面アンテナ52'および平面アレイアンテナ111は、共通地導体32のy軸に平行な方向の幅Lcが、アンテナ地導体33のy軸に平行な最大幅Laよりも小さい点で、第2の実施形態の平面アンテナ52および平面アレイアンテナ104と異なる。アンテナ地導体33のy軸に平行な最大幅Laとは、図17(b)に示すように、例えば、辺33bと辺33fとの間隔を意味する。

[0081] 共通地導体32のy軸に平行な方向の幅Lcとアンテナ地導体33のy軸に平行な最大幅Laとは、上述したように以下の式(1)の関係を満たしている。LaとLcとは、以下の式(2)の関係を満たすことが好ましく、式(3)の関係を満たすことがより好ましい。ここでλは搬送波の波長であり、εは、誘電体40の比誘電率である。

$$L_c < L_a \quad (1)$$

$$L_c \leq L_a - (\lambda / 16) / (\sqrt{\epsilon}) \quad (2)$$

$$L_c \leq L_a - (\lambda / 12) / (\sqrt{\epsilon}) \quad (3)$$

さらに好ましくは、式(4)を満たしている。

$$L_c \leq L_a - (\lambda / 8) / (\sqrt{\epsilon}) \quad (4)$$

[0082] 各平面アンテナ52'から放射される電磁波は、平面アンテナ52'間の相互作用や平面アレイアンテナ111の平面視形状が長方形、特に、共通地導体32がY軸方向よりもX軸方向に長い、という特徴がなければ、平面状放射導体11に垂直な方向、つまり、z軸の正方向に最大強度を有する。しかし、平面アンテナ52'間の相互作用の条件や共通地導体21の形状の非対称性によっては、放射される電磁波の最大強度の方向が傾く場合がある。このような場合に、共通地導体32のy軸に平行な方向の幅Lcを、アンテナ地導体33のy軸に平行な最大幅Laよりも小さくすることにより、電磁波の放射に寄与する実効的な接地の条件が、主としてアンテナ地導体33に

よって決まり、共通地導体 32 の形状による影響が小さくなる。よって、放射される電磁波の最大強度の方向を z 軸の正方向に近づけることが可能となる。

[0083] 図 18 は、シミュレーションによって求めた平面アレイアンテナ 111 から放射される電磁波の z 軸方向の周波数特性を示す。横軸は周波数を示し、縦軸は z 軸の正方向におけるゲインを示す。図 19 は、平面アレイアンテナ 111 から放射される電磁波のピークゲインの周波数特性を示す。横軸は周波数を示し、縦軸は方位によらず達成し得る最大利得を示す。これらの図の比較から分かるように、z 軸方向の周波数特性は、平面アレイアンテナ 111 から放射される電磁波のピークゲインの周波数特性とよく一致しており、20 GHz ~ 45 GHz の範囲において、放射される電磁波の z 軸方向の強度が最大強度になっていることが分かる。

[0084] (第 3 の実施形態)

本開示の多軸アンテナの実施形態を説明する。図 9 は本開示の多軸アレイアンテナ 106 を示す模式的斜視図である。多軸アレイアンテナ 106 は、平面アレイアンテナ 104 と、複数の線状アンテナ 55 とを含む。平面アレイアンテナ 104 は、第 2 の実施形態で説明した平面アレイアンテナ 104 と同じ構造を備えている。多軸アレイアンテナ 106 は、平面アレイアンテナ 104 以外に、第 1 および第 2 の実施形態の、平面アレイアンテナ 101 ~ 103、105 のいずれを備えていてもよい。

[0085] 複数の線状アンテナ 55 のそれぞれは、平面アレイアンテナ 104 の複数の平面アンテナ 52 の 1 つに対応し、y 軸方向に離間して配置されている。各線状アンテナ 55 は、x 軸方向と平行に伸びる 1 つまたは 2 つの線状放射導体を含む。図 9 に示す形態では、線状アンテナ 55 は、線状放射導体 25、26 を含む。線状放射導体 25、26 はそれぞれ、x 軸方向に延びるストライプ形状を有し、x 軸方向に近接して配列されている。y 軸方向に配置された 1 つの平面アンテナ 52 と 1 つの線状アンテナ 55 とは、1 つのアンテナユニット 60 を構成している。

- [0086] 線状アンテナ 55 は、線状放射導体 25、26 に信号電力を供給するために、給電導体 27、28 をさらに含む。給電導体 27、28 は y 軸方向に延びるストライプ形状を有している。給電導体 27、28 の一端は、配列された線状放射導体 25、26、の互いに隣接する一端にそれぞれ接続されている。
- [0087] z 軸方向から見て、線状アンテナ 55 の線状放射導体 25、26 は共通地導体 32 と重なっていてもよいし、重なっていなくてもよい。z 軸方向から見て、線状アンテナ 55 の線状放射導体 25、26 が共通地導体 32 と重なっていない場合には、線状アンテナ 55 の線状放射導体 25、26 が y 軸方向において、共通地導体 32 の縁から $\lambda/8$ 以上離れていることが好ましい。z 軸方向から見て、線状放射導体 25、26 と、共通地導体 32 とが重なっている場合には、共通地導体 32 と線状放射導体 25、26 とは z 軸方向に $\lambda/8$ 以上離れていることが好ましい。
- [0088] 線状アンテナ 55 の給電導体 27、28 の他端を含む一部は、z 軸方向から見て、共通地導体 32 と重なっていてもよい。給電導体 27、28 の他端の一方は、基準電位に接続され、他方は、信号電力が供給される。線状放射導体 25、26 の x 軸方向の長さは、例えば、1.2 mm 程度である。また、y 軸方向の長さ（幅）は、たとえば、0.2 mm 程度である。
- [0089] 図 10 (a) および (b) を参照しながら、多軸アレイアンテナ 106 の動作を説明する。多軸アンテナ 106 において、各アンテナユニット 60 の平面アンテナ 52 に第 1 ストリップ導体 21 および第 2 ストリップ導体 22 を介して同時に信号電力を給電すると、図 10 (a) に示すように、各アンテナユニット 52 の平面状放射導体 11 は、全体として、平面状放射導体 11 に垂直な方向、つまり、z 軸の正方向に最大強度を有する強度分布 F_{+z} を有する電磁波を放出する。図示しないが、平面アンテナ 52 に第 1 ストリップ導体 21 および第 2 ストリップ導体 22 を介して選択的に信号電力を給電した場合には、各アンテナユニット 52 の平面状放射導体 11 は、z 軸の正方向に最大強度を有し、xz 平面または yz 平面に広がる電磁波を放出する。

。一方、図10(b)に示すように、各アンテナユニット60の線状アンテナ55に信号電力を供給すると、線状放射導体25、26は、全体として、 y 軸の負方向に最大強度を有し、 yz 面に広がった強度分布 F_{-x} を有する電磁波を放出する。

[0090] 多軸アレイアンテナ106において、平面アンテナ52および線状アンテナ55は同時に使用してもよいし、選択的に使用してもよい。同時にこれらのアンテナに給電を行うことによって、干渉によりゲインが低下することが好ましくない場合、例えば、同位相の信号電力を平面アンテナ52および線状アンテナ55に供給する場合には、RFスイッチなどを用い、送受信すべき信号を選択的に、平面アンテナ52または線状アンテナ55に入力すればよい。

[0091] 平面アンテナ52および線状アンテナ55を同時に使用する場合には、平面アンテナ52および線状アンテナ55に入力する信号に位相差を与えることが好ましい。これにより、干渉が抑制され、ゲインが向上し得る。例えば、ダイオードスイッチやMEMSスイッチなどで構成された移相器などを用い、送受信すべき信号を選択的に、平面アンテナ52または線状アンテナ55に入力すればよい。

[0092] 多軸アンテナ106は複数のアンテナユニット60を備える。このため、平面アンテナ52および線状アンテナ55から放射される電磁波のビームフォーミングを行うことも可能である。

[0093] (第4の実施形態)

本開示の無線通信モジュールの実施形態を説明する。図11は、無線通信モジュール107の xz 平面における模式的断面図である。無線通信モジュール107は、例えば、第3の実施形態の多軸アレイアンテナ106と、能動素子64、65と、受動素子66と、コネクタ67とを備える。無線通信モジュール107はアンテナ・イン・パッケージとも呼ばれる。無線通信モジュール107は、能動素子64、65および受動素子66を覆うカバー68を備えていてもよい。カバー68は金属などで構成され、電磁シールド、

ヒートシンクあるいは両方の機能を有する。電磁シールドおよびまたは放熱の機能が求められない場合には、カバー 68 に代えて、封止樹脂 71 で能動素子 64、65 および受動素子 66 をモールドしてもよい。あるいは、封止樹脂 71 で能動素子 64、65 および受動素子 66 をモールドし、封止樹脂 71 の外側をカバー 68 で覆ってもよい。コネクタ 67 は表面実装型の高周波用同軸コネクタであってもよいし、低周波用の多極コネクタであってもよい。

[0094] 多軸アレイアンテナ 106 の誘電体 40 の共通地導体 32 よりも主面 40b 側には、平面アンテナ 52 および線状アンテナ 55 と接続するための、配線回路パターンを構成する導体 61、ビア導体 62 が設けられている。主面 40b には、電極 63 が設けられている。図 11 に示す x-z 断面では線状アンテナ 55 の構成要素は示されていない。

[0095] 能動素子 64、65 は、DC/DC コンバータ、ローノイズアンプ (LNA)、パワーアンプ (PA)、高周波 IC 等であり、受動素子 66 は、コンデンサ、コイル、RF スイッチ等である。コネクタ 67 は、無線通信モジュール 107 と外部とを接続するためのコネクタである。

[0096] 能動素子 64、65、受動素子 66 およびコネクタ 67 は、多軸アレイアンテナ 106 の誘電体 40 の主面 40b の電極 63 と半田等によって接続されることにより、多軸アレイアンテナ 106 の主面 40b に実装されている。導体 61 およびビア導体 62 によって構成される配線回路、能動素子 64、65、受動素子 66 およびコネクタ 67 によって、信号処理回路等を構成している。

[0097] 無線通信モジュール 107 において、平面アンテナ 52 および線状アンテナ 55 が近接する主面 40a は、能動素子 64、65 等が接続された主面 40b と反対側に位置している。このため、能動素子 64、65 等の影響を受けることなく、電磁波を平面アンテナ 52 および線状アンテナ 55 から放射し、また、外部から到達する準ミリ波およびミリ波帯などの電波を平面アンテナ 52 および線状アンテナ 55 で受信することができる。したがって、直

交する2方向において、選択的に電磁波を送受信可能なアンテナを備え、小型の無線通信モジュールが実現し得る。

[0098] 図12に示す無線通信モジュール108において、多軸アレイアンテナ106の電極63は、可撓性配線69と電氣的に接続されている。可撓性配線69は、例えば配線回路が形成されたフレキシブルプリント基板、同軸ケーブル、液晶ポリマー基板等である。特に液晶ポリマーは高周波特性に優れるため、多軸アレイアンテナ106への配線回路として好適に用いることができる。

[0099] (第5の実施形態)

本開示の無線通信装置の実施形態を説明する。図13(a)および(b)は、無線通信装置109の模式的平面図および側面図である。無線通信装置109は、メインボード(回路基板)70と、1または複数の無線通信モジュール107とを備える。図13では、無線通信装置109は4つの無線通信モジュール107A~107Dを備えている。

[0100] メインボード70は、無線通信装置109の機能を実現するために必要な電子回路、および無線通信回路等を備えている。メインボード70の姿勢および位置を検出するため、地磁気センサ、GPSユニット等を備えていてもよい。

[0101] メインボード70は、主面70a、70b、と4つの側部70c、70d、70e、70fとを有している。主面70a、70bは、第2右手直交座標系におけるw軸に垂直であり、側部70c、70eはv軸に垂直であり、側部70d、70fは、u軸に垂直である。図13では、模式的にメインボード70を長方形の主面を有する直方体で示しているが、側部70c、70d、70e、70fのそれぞれは、複数の面で構成されていてもよい。

[0102] 無線通信装置109は、1または複数の無線通信モジュールを備える。無線通信モジュールの数は、どの方位において電磁波の送受信を行うか、送受信の感度をどの程度にするか等の無線通信装置の仕様、求められる性能等に応じて調節することができる。メインボード70における無線通信モジュール

ルの配置も、無線通信装置における他の無線通信モジュールや他の機能モジュールとの電磁氣的干渉、配置上の干渉、無線通信装置の外装を介した場合の電磁波の送受信の感度を考慮して任意の位置に決定することができる。メインボード70の主面70a、70bに無線通信モジュールを配置する場合、側部70c、70d、70e、70fの1つに近接する位置であれば、メインボード70に設けられる他の回路等との干渉を受けにくい場合がある。しかし、主面70a、70bにおける無線通信モジュールの配置は、側部70c、70d、70e、70fに近接した位置に限られず、主面70a、70bの中央等であってもよい。

[0103] 本実施形態では、無線通信装置109において、無線通信モジュール107A～107Dは、多軸アレイアンテナ106の誘電体40の側面40cが、側部70c、70d、70e、70fの1つに近接し、誘電体40の主面40aがメインボード70と反対側に位置するように、主面70aまたは主面70bに配置されている。誘電体40の側面40cは、線状アンテナ55の線状放射導体25、26が近接しており、側面40cから電磁波が放射される。また、誘電体40の主面40aは、平面アンテナ52の平面状放射導体11が近接しており、主面40aから電磁波が放射される。このため、無線通信モジュール107A～107Dから放射される電磁波が、メインボード70と干渉しにくい位置および方向に、無線通信モジュール107A～107Dはメインボード70に配置される。無線通信モジュール107A～107Dはuvw方向にそれぞれ近接していてもよいし、離れていてもよい。

[0104] 例えば、図13に示す例では、無線通信モジュール107A、107Cの側面40cが、側部70c、70dのいずれかに近接するように無線通信モジュール107A、107Cが主面70a上に配置されている。また、無線通信モジュール107B、107Dの側面40cが、側部70e、70fのいずれかに近接するように無線通信モジュール107B、107Dが主面70b上に配置されている。本実施形態では、無線通信モジュール107Aの側面40cは、側部70cに近接し、無線通信モジュール107Bの側面4

0 c は、側部 7 0 e に近接している。また、無線通信モジュール 1 0 7 C の側面 4 0 c は、側部 7 0 d に近接し、無線通信モジュール 1 0 7 D の側面 4 0 c は、側部 7 0 f に近接している。無線通信モジュール 1 0 7 A ~ 1 0 7 D は、メインボード 7 0 の中心に対して点対称に配置されている。

[0105] このように配置された無線通信モジュール 1 0 7 A ~ 1 0 7 D の平面アンテナ 5 2 および線状アンテナ 5 5 から放射される電磁波の分布における最大強度の方向は、表 1 に示す通りである。

[0106] [表1]

無線通信モジュール	平面アンテナ 5 2 の放射 方向	線状アンテナ 5 5 の放射 方向
1 0 7 A	+ w	+ v
1 0 7 B	- w	- v
1 0 7 C	+ w	- u
1 0 7 D	- w	+ u

[0107] このように、メインボード 7 0 に対して全方位 ($\pm u$ 、 $\pm v$ 、 $\pm w$ 方向) へ電磁波を放射させることができる。たとえば、無線通信装置 1 0 9 の GPS ユニットで位置を検出すれば、無線通信装置 1 0 9 の周囲にある位置情報が既知の複数の基地局のうち、最も近い基地局、および、その基地局の無線通信装置 1 0 9 からの方位が決定できる。また、無線通信装置 1 0 9 の地磁気センサを用いれば、無線通信装置 1 0 9 の姿勢が決定でき、現在の無線通信装置 1 0 9 の姿勢において、決定した通信すべき基地局に最も強い強度で電磁波を放射することのできる無線通信モジュール 1 0 7 A ~ 1 0 7 D および平面アンテナ 5 2 / 線状アンテナ 5 5 を決定することができる。よって、決定した無線通信モジュールおよびアンテナを用いて電磁波の送受信を行うことによって、高品質な通信を行うことが可能となる。

[0108] 無線通信モジュール 1 0 7 A ~ 1 0 7 D はメインボード 7 0 の側部に配置してもよい。図 1 4 (a)、(b) および (c) は、無線通信装置 1 1 0 の模式的平面図および側面図である。無線通信装置 1 1 0 において、無線通信モジュール 1 0 7 A ~ 1 0 7 D は、多軸アレイアンテナ 1 0 6 の誘電体 4 0

の側面40cが、主面70aまたは主面70bに近接し、誘電体40の主面40aがメインボード70と反対側に位置するように、側部70c~70fのいずれかに配置されている。

[0109] 図14に示す例では、無線通信モジュール107A、107Bの側面40cが、主面70a、70bのいずれかに近接するように無線通信モジュール107A、107Bが側部70c、70eに配置されている。また、無線通信モジュール107C、107Dの側面40cが、主面70a、70bのいずれかに近接するように無線通信モジュール107C、107Dが側部70d、70fに配置されている。本実施形態では、無線通信モジュール107Aの側面40cは、主面70aに近接し、無線通信モジュール107Bの側面40cは、主面70bに近接している。また、無線通信モジュール107Cの側面40cは、主面70aに近接し、無線通信モジュール107Dの側面40cは、主面70bに近接している。無線通信モジュール107A~107Dは、メインボード70の中心に対して点対称に配置されている。無線通信モジュール107A~107Dのw軸方向の位置は、メインボード70のw軸方向の中心からずれていてもよい。また、無線通信モジュール107A~107Dは、メインボード70の側部70c~70fと接していてもよい、間隙を設けて配置されていてもよい。

[0110] このように配置された無線通信モジュール107A~107Dの平面アンテナ52および線状アンテナ55から放射される電磁波の分布における最大強度の方向は、表2に示す通りである。

[0111] [表2]

無線通信モジュール	平面アンテナ52の放射 方向	線状アンテナ55の放射 方向
107A	+v	+w
107B	-v	-w
107C	-u	-w
107D	+u	+w

[0112] このように、図14に示す配置でも、無線通信装置110は、メインボー

ド 70 に対して全方位（ $\pm u$ 、 $\pm v$ 、 $\pm w$ 方向）へ電磁波を放射させることができる。

[0113] 無線通信装置における無線通信モジュール 107 の配置は、上記実施形態に限られず、さらに種々の改変が可能である。例えば、複数の無線モジュールのうち一部は、メインボード 70 の主面 70 a、70 b の少なくとも 1 つに配置し、残りの無線モジュールは、側部 70 c、70 d、70 e、70 f の少なくとも 1 つに配置してもよい。

[0114] （その他の形態）

第 1 ～ 第 5 の実施形態で説明した平面アレイアンテナ等の特徴は適宜組み合わせることで実施することが可能である。例えば、共通地導体の y 軸方向の幅がアンテナ地導体の y 軸方向の最大幅よりも小さいという特徴は、第 1 ～ 第 5 の実施形態の他の任意の実施形態と組み合わせることが可能である。また、平面アレイアンテナにおける平面アンテナの数も実施形態で示した値に限られない。平面アレイアンテナは例えば、x 軸方向および y 軸方向の 2 次元に配置されていてもよい。また、平面状放射導体の形状も図示した形状に限られない。

産業上の利用可能性

[0115] 本開示の平面アンテナ、平面アレイアンテナ、多軸アレイアンテナ、無線通信モジュールおよび無線通信装置は、種々の高周波無線通信用のアンテナおよびアンテナを含む無線通信回路に好適に用いることが可能であり、特に準マイクロ波・センチメートル波・準ミリ波・ミリ波帯の無線通信装置に好適に用いられる。

符号の説明

[0116] 1 1 平面状放射導体
1 2 ～ 1 5 無給電導体
1 2 d ～ 1 5 d 辺
2 1 第 1 ストリップ導体
2 2 第 2 ストリップ導体

2 3	ビア導体	
2 5、2 6	線状放射導体	
2 7、2 8	給電導体	
3 1、3 3	アンテナ地導体	
3 1 c、3 2 c	孔	
3 2	共通地導体	
3 3 a～3 3 h	辺	
4 0	誘電体	
4 0 a、4 0 b	主面	
4 0 c～4 0 f	側面	
4 0 h	誘電体 4 0 の部分	
4 1	第 1 ビア導体	
4 2	第 2 ビア導体	
4 3	第 3 ビア導体	
5 0、5 0'、5 2、5 2'	平面アンテナ	
5 5	線状アンテナ	
6 0	アンテナユニット	
6 1	導体	
6 2	ビア導体	
6 3	電極	
6 4、6 5	能動素子	
6 6	受動素子	
6 7	コネクタ	
6 8	カバー	
6 9	可撓性配線	
7 0	メインボード	
7 0 a、7 0 b	主面	
7 0 c～7 0 f	側部	

7 1 封止樹脂

1 0 1 から 1 0 5 平面アレイアンテナ

1 0 6 多軸アレイアンテナ

1 0 7、1 0 7 A ～ 1 0 7 D、1 0 8 無線通信モジュール

1 0 9、1 1 0 無線通信装置

請求の範囲

- [請求項1] 平面状放射導体と、
共通地導体と、
前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、第1、第2および第3軸を有する第1右手直交座標系において、第1軸に平行な方向に伸びる第1ストリップ導体と、
前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、前記第1ストリップ導体の伸びる方向と直交する方向に伸びる第2ストリップ導体と、
前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体と対向している辺を有する少なくとも一对の無給電導体と、
を備えた、平面アンテナ。
- [請求項2] 前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体と対向している辺を有する前記一对の無給電導体と、
前記第1軸に対して $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体と対向している辺を有する他の一对の無給電導体と、
を備える請求項1に記載の平面アンテナ。
- [請求項3] 前記平面状放射導体と、前記無給電導体とは同一平面上に位置している請求項1または2に記載の平面アンテナ。
- [請求項4] 前記第1ストリップ導体および前記第2ストリップ導体と、前記共通地導体との間に位置するアンテナ地導体をさらに含み、前記アンテナ地導体は、前記第3軸方向からみて、少なくとも前記平面状放射導体全体と重なっている、請求項1から3のいずれかに記載の平面アンテナ。
- [請求項5] 前記無給電導体と前記アンテナ地導体とを接続する少なくとも1つの第1ビア導体をさらに備える請求項4に記載の平面アンテナ。
- [請求項6] 前記第3軸方向に垂直な主面を有する誘電体をさらに備え、

前記平面状放射導体、前記共通地導体、前記第1ストリップ導体、前記第2ストリップ導体および前記無給電導体は前記誘電体内に位置している、請求項5に記載の平面アンテナ。

[請求項7] 前記第1軸方向に配列された、複数の請求項5に記載の平面アンテナを備え、

各平面アンテナの誘電体は一体的に構成されており、

各平面アンテナの共通地導体は互いに接続されており、

各平面アンテナのアンテナ地導体は、互いに分離している、平面アレイアンテナ。

[請求項8] 前記複数の平面アンテナのうち、少なくとも1つの隣接する一对の平面アンテナにおいて、前記第3軸に沿って伸び、前記第2軸と平行に配列された複数の第2ビア導体を備え、

前記複数の第2ビア導体は、前記共通地導体と接続されている、請求項7に記載の平面アレイアンテナ。

[請求項9] 前記複数の第2ビア導体は、前記隣接する一对の平面アンテナの一方のアンテナ地導体とさらに接続された第1グループと、前記隣接する一对の平面アンテナの他方のアンテナ地導体とさらに接続された第2グループとを含む請求項8に記載の平面アレイアンテナ。

[請求項10] 前記複数の第2ビア導体は、前記第3軸と平行な方向において、前記共通地導体と前記平面状放射導体との距離以上の高さを有する請求項9に記載の平面アレイアンテナ。

[請求項11] 平面状放射導体と、

共通地導体と、

前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、第1、第2および第3軸を有する第1右手直交座標系において、第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなす方向に伸びる第1ストリップ導体と、

前記平面状放射導体と、前記共通地導体との間に位置し、前記第1ストリップ導体の伸びる方向と直交する方向に伸びる第2ストリップ

導体と、

前記第1ストリップ導体および前記第2ストリップ導体と、前記共通地導体との間に位置し、前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ または $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなす少なくとも一对の辺を外縁に有するアンテナ地導体と、

を備えた、平面アンテナ。

[請求項12]

前記アンテナ地導体は、前記第3軸方向から見て、

前記第1軸に対して $45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体を挟む前記一对の辺と、

前記第1軸に対して $-45 \pm 3^\circ$ の角度をなしており、前記平面状放射導体を挟む他の一对の辺と、

を備える請求項11に記載の平面アンテナ。

[請求項13]

前記アンテナ地導体の前記外縁に沿って位置し、前記アンテナ地導体と前記共通地導体とを接続する少なくとも1つの第3ビア導体をさらに備える請求項11または12に記載の平面アンテナ。

[請求項14]

前記共通地導体の前記第2軸に平行な方向の幅は、前記アンテナ地導体の前記第2軸に平行な最大幅よりも小さい、請求項11から13のいずれかに記載の平面アンテナ。

[請求項15]

前記第3軸方向に垂直な主面を有する誘電体をさらに備え、

前記平面状放射導体、前記共通地導体、前記第1ストリップ導体、前記第2ストリップ導体および前記アンテナ地導体は前記誘電体内に位置している、請求項11から14のいずれかに記載の平面アンテナ。

[請求項16]

前記第1軸方向に配列された、複数の請求項15に記載の平面アンテナを備え、

各平面アンテナの誘電体は一体的に構成されており、

各平面アンテナの共通地導体は互いに接続されており、

各平面アンテナのアンテナ地導体は互いに接続されている、平面ア

レイアンテナ。

[請求項17] 前記複数の平面アンテナのうち、少なくとも1つの隣接する一对の平面アンテナにおいて、前記第3軸に沿って伸び、前記第2軸と平行に配列された複数の第2ビア導体を備え、

前記複数の第2ビア導体は、前記共通地導体と接続されている、請求項16に記載の平面アレイアンテナ。

[請求項18] 請求項7から10、16および17のいずれかに記載の平面アレイアンテナと、

複数の線状アンテナと、

を備え、

各線状アンテナは、前記複数の平面アンテナの1つに対して、前記第2軸方向に離間して位置し、前記第1軸と平行に伸びる1つまたは2つの線状放射導体を含む、

多軸アレイアンテナ。

[請求項19] 前記誘電体は、前記主面に隣接し、かつ、前記第2軸に垂直な側面を有し、

前記線状アンテナの前記1つまたは2つの線状放射導体は、前記側面に近接して前記誘電体内に配置されている、請求項18に記載の多軸アレイアンテナ。

[請求項20] 請求項19に記載の多軸アレイアンテナと、

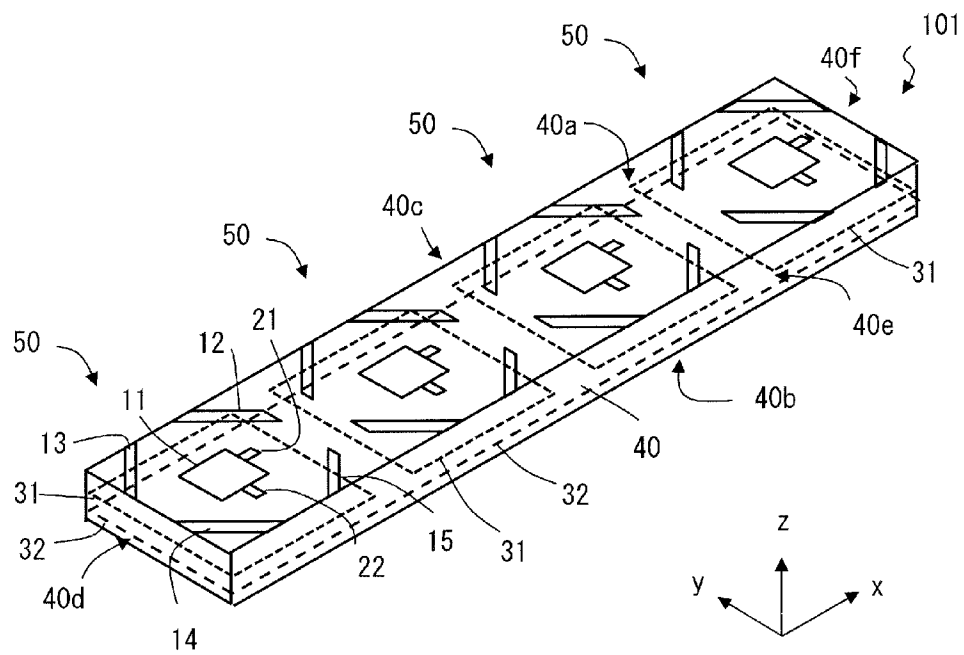
能動部品および受動部品からなる群から選ばれる少なくとも1つとを備えた無線通信モジュール。

[請求項21] 第1、第2および第3軸を有する第2右手直交座標系において、第3軸に垂直な第1および第2主面と、前記第1軸に垂直な第1および第2側部と、前記第2軸に垂直な第3および第4側部と、送信回路および受信回路の少なくとも一方とを有する回路基板と、

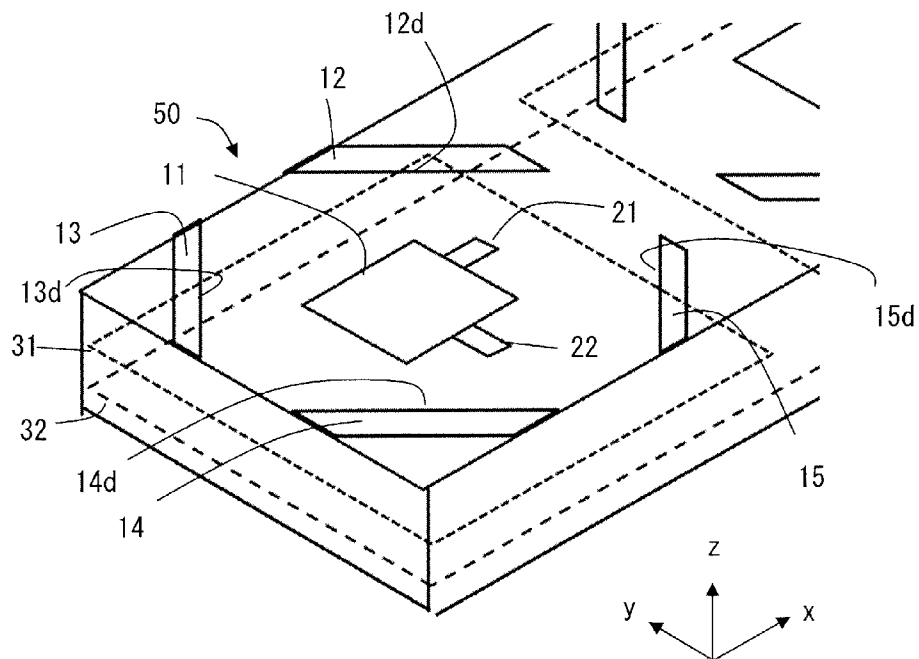
少なくとも1つの請求項20に記載の無線通信モジュールと、
を備え、

前記少なくとも 1 つの無線通信モジュールは、前記第 1 および第 2 主面、前記第 1、第 2、第 3 および第 4 側部の少なくとも 1 つに配置されている、無線通信装置。

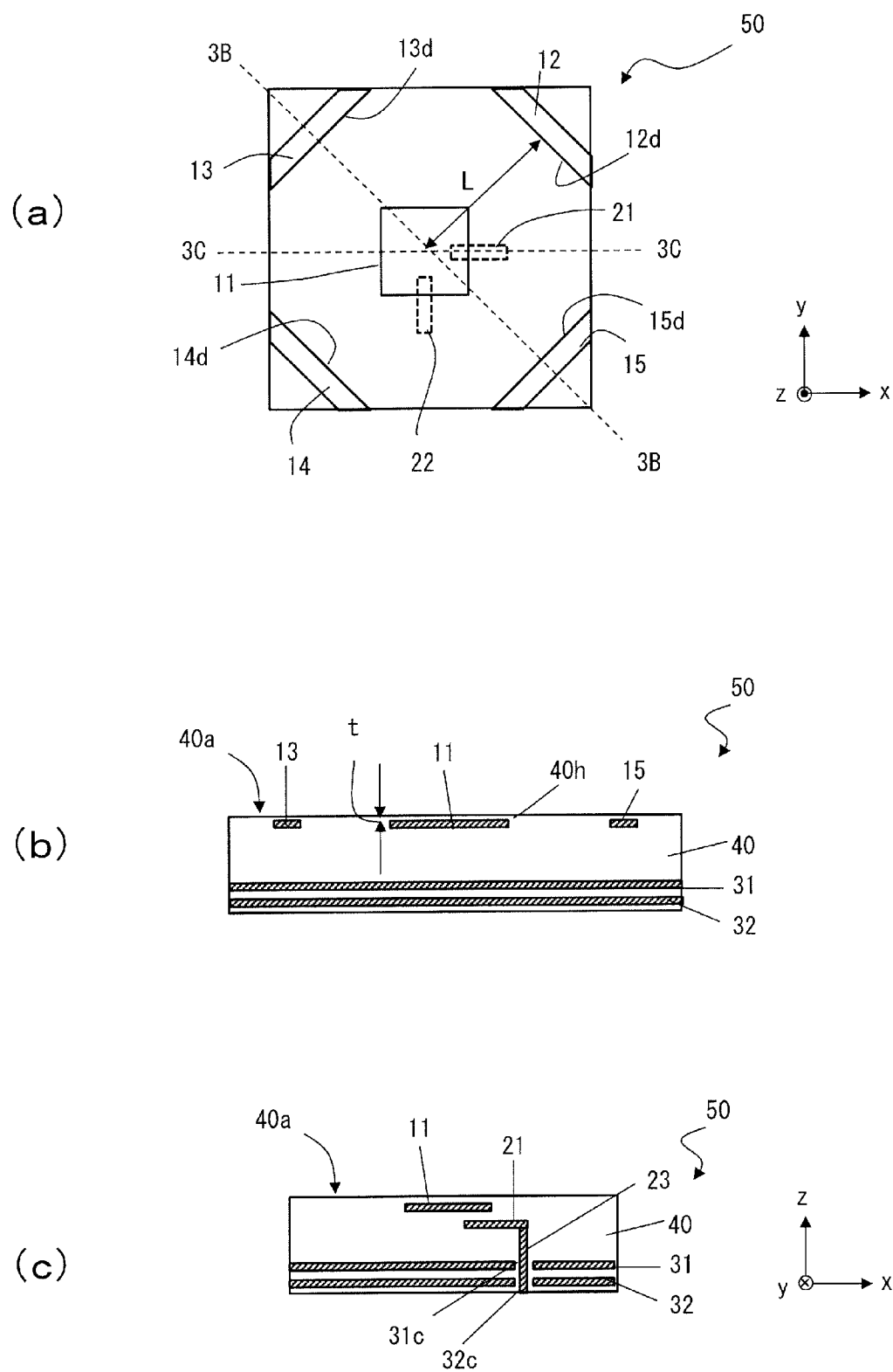
[図1]



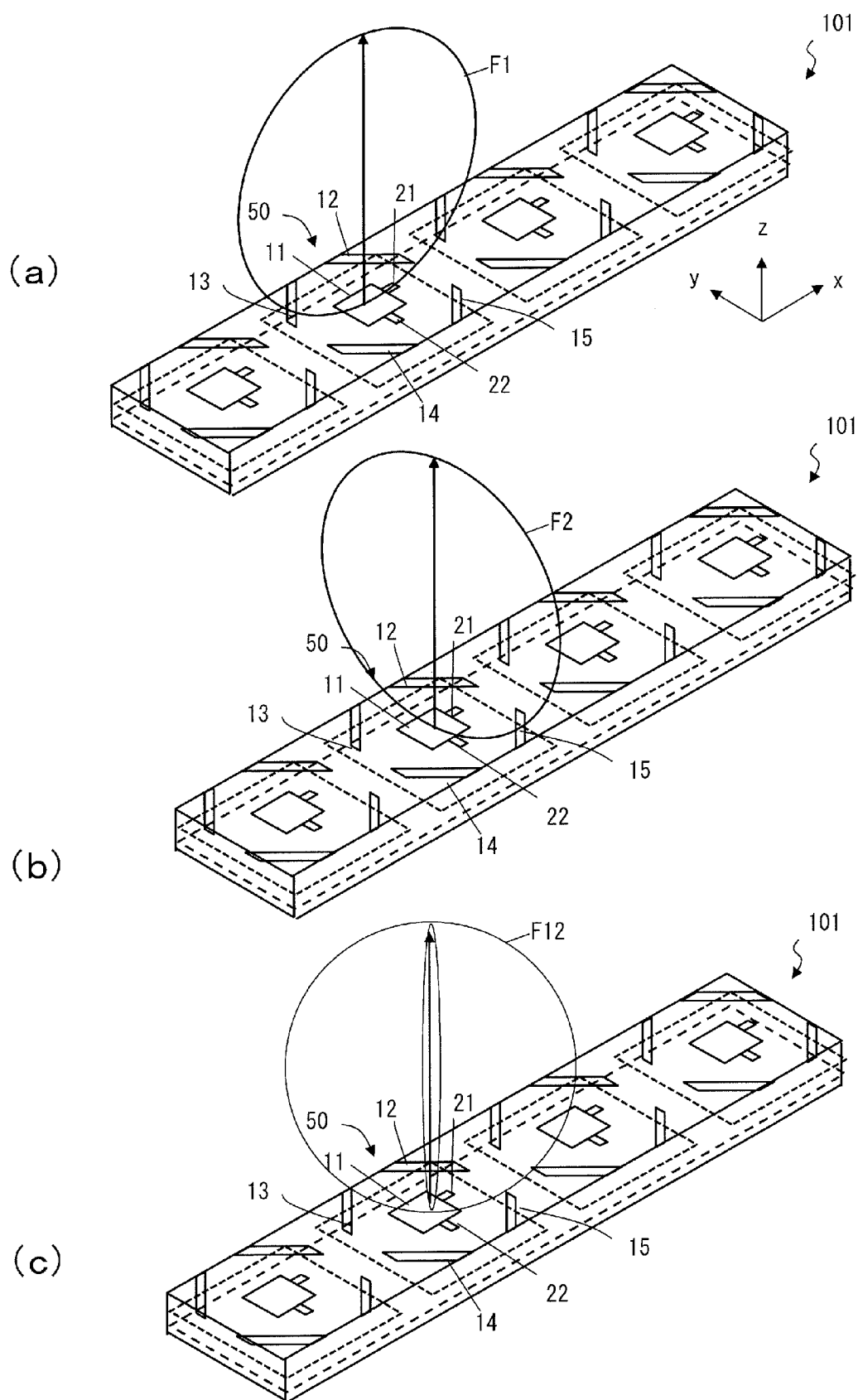
[図2]



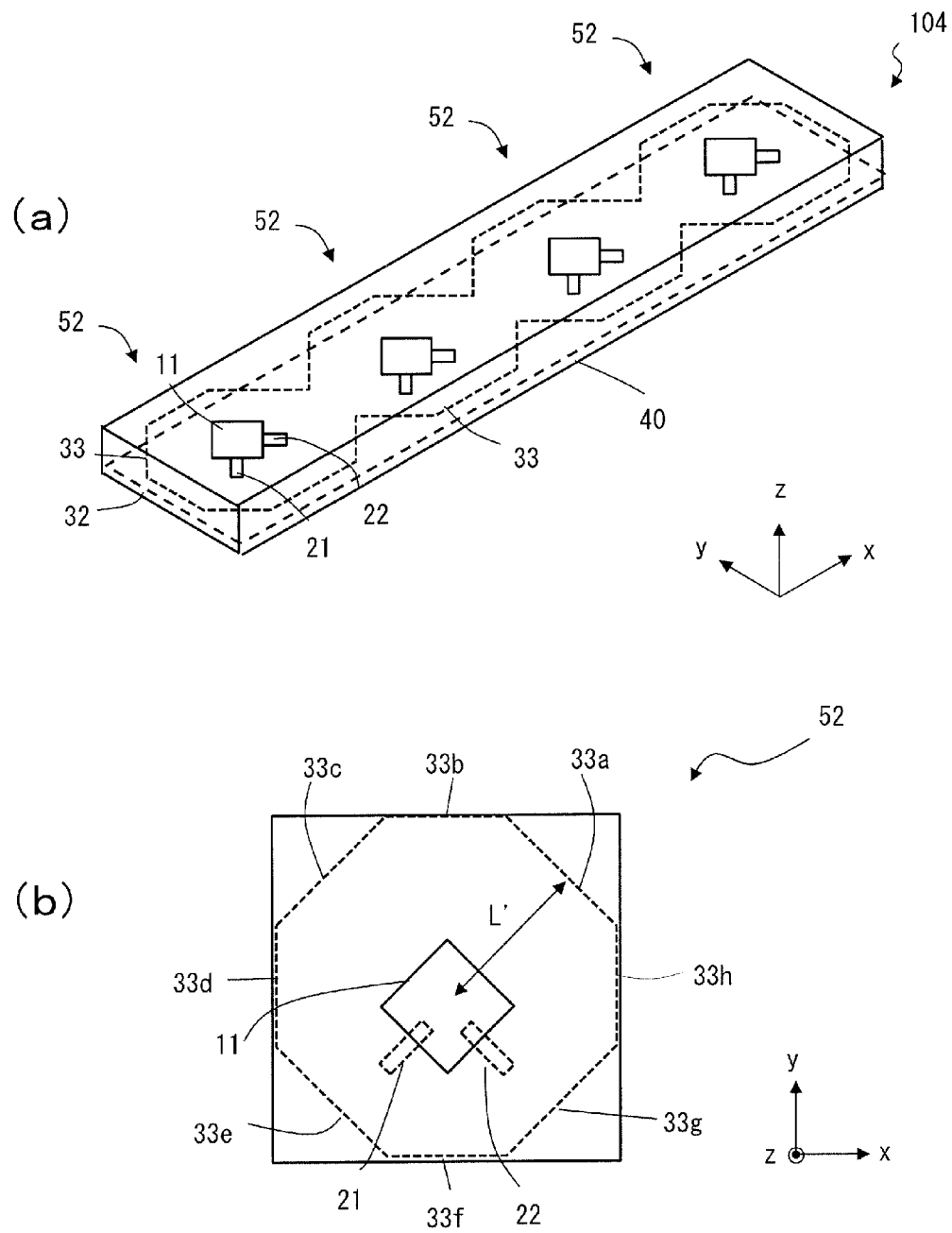
[図3]



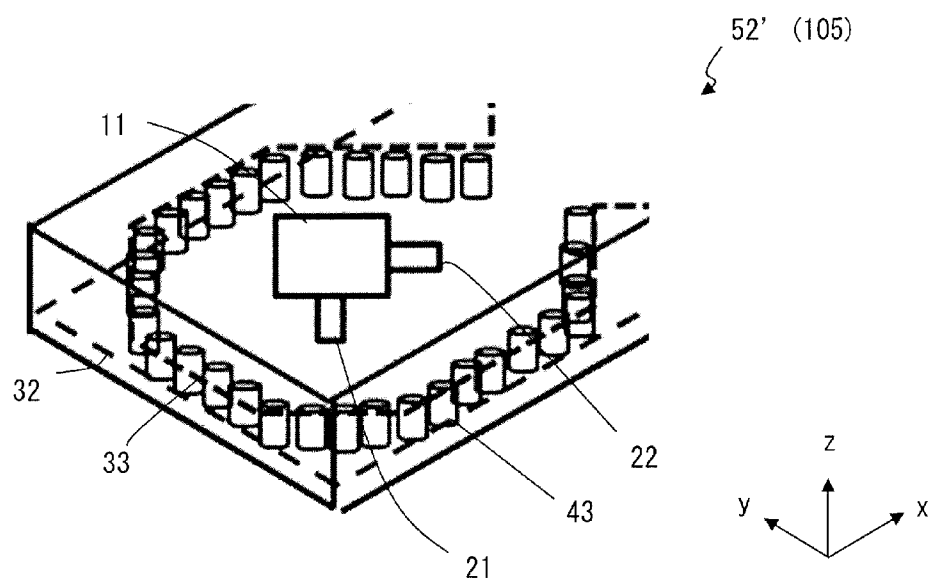
[図4]



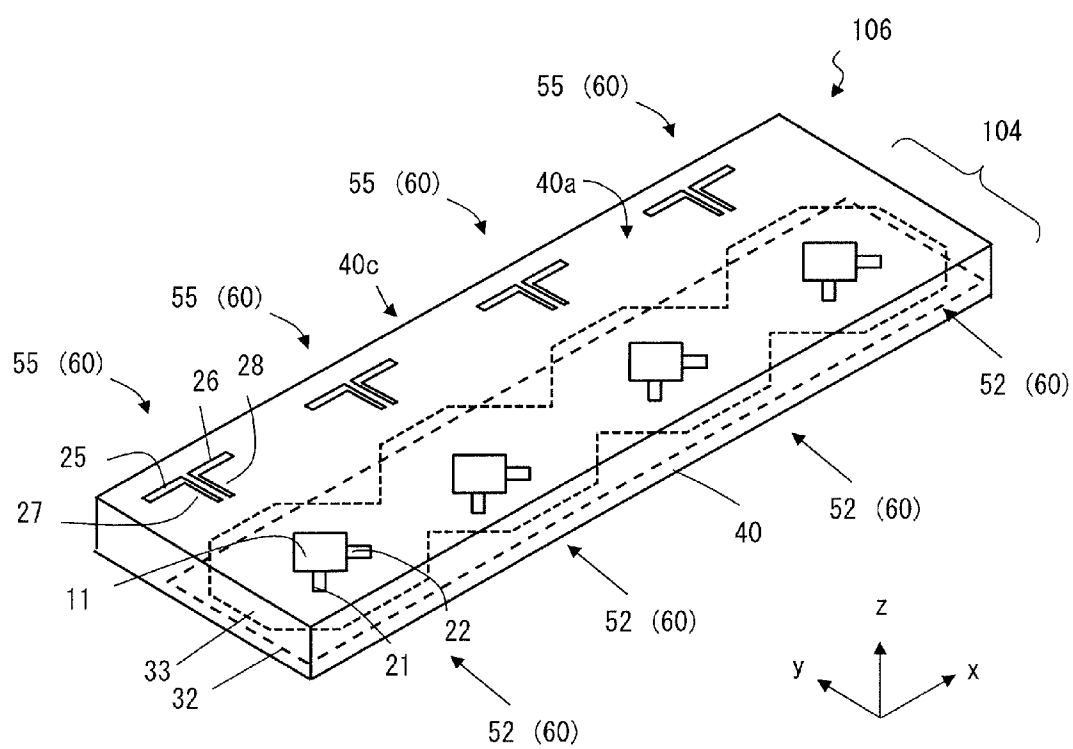
[図7]



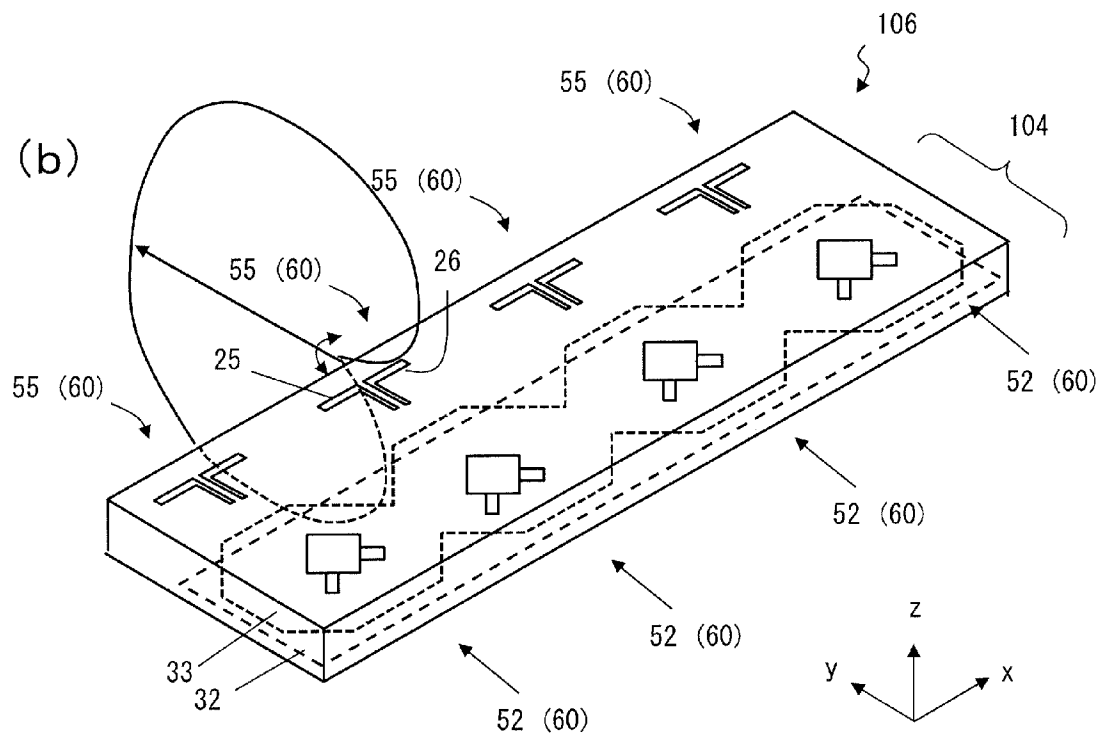
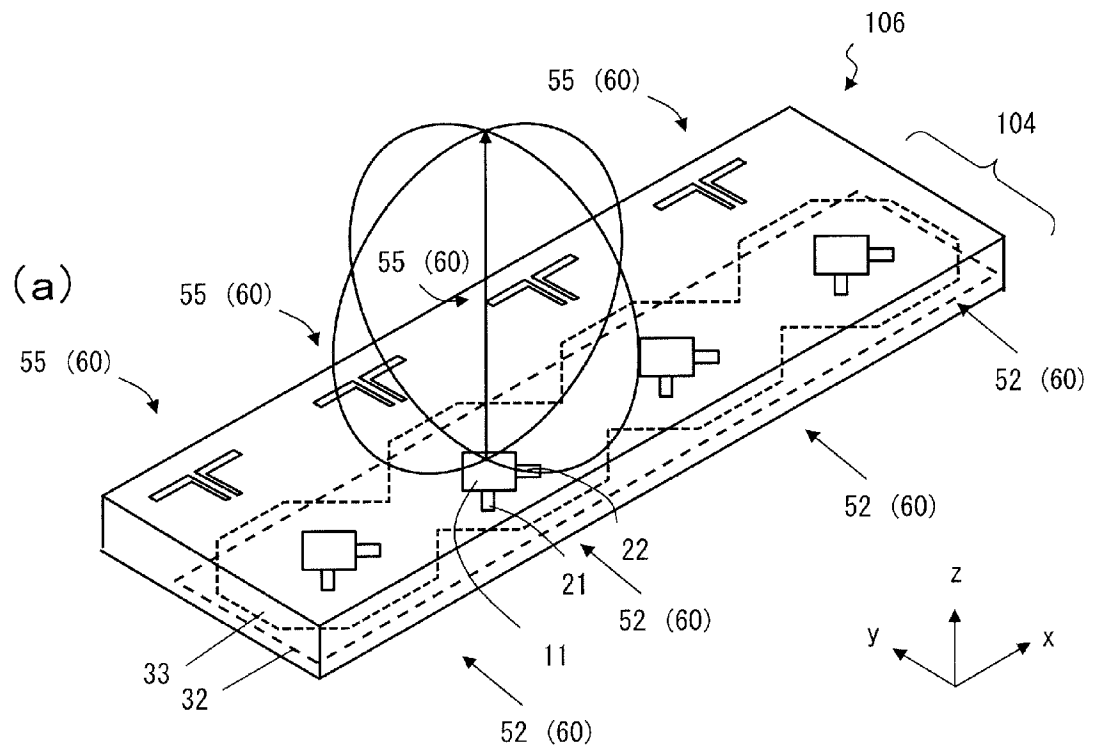
[図8]



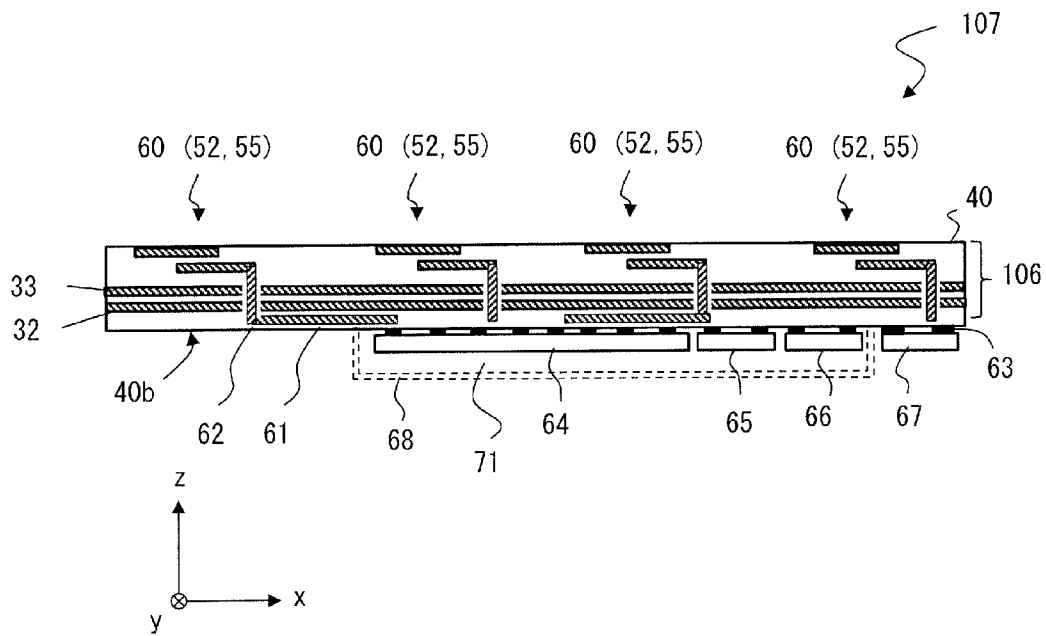
[図9]



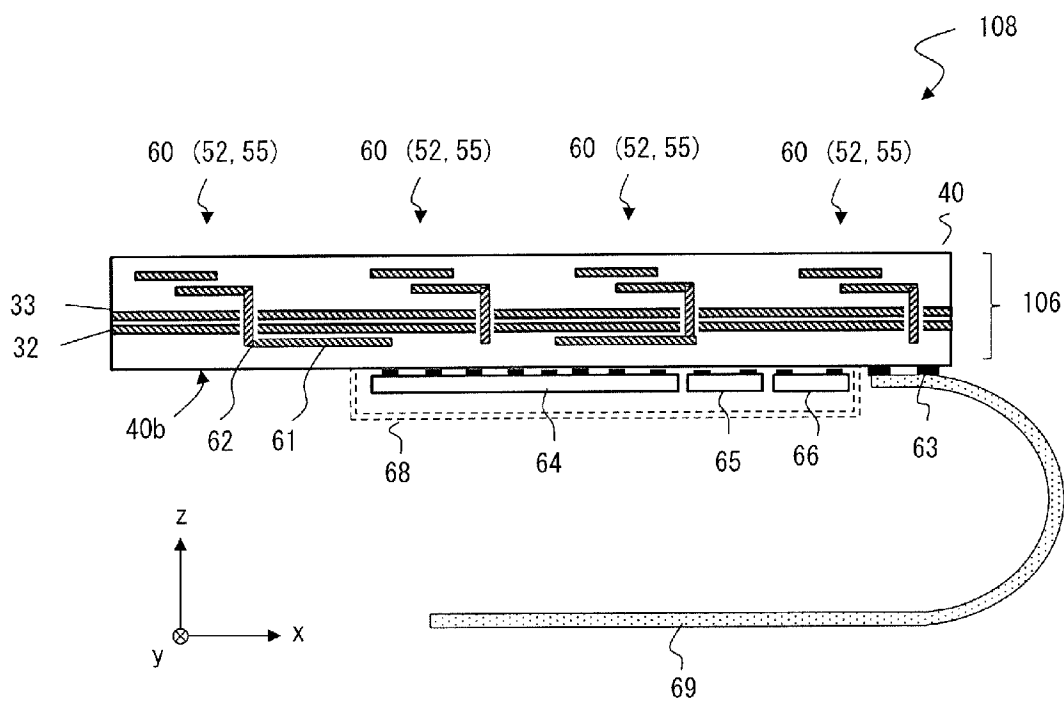
[図10]



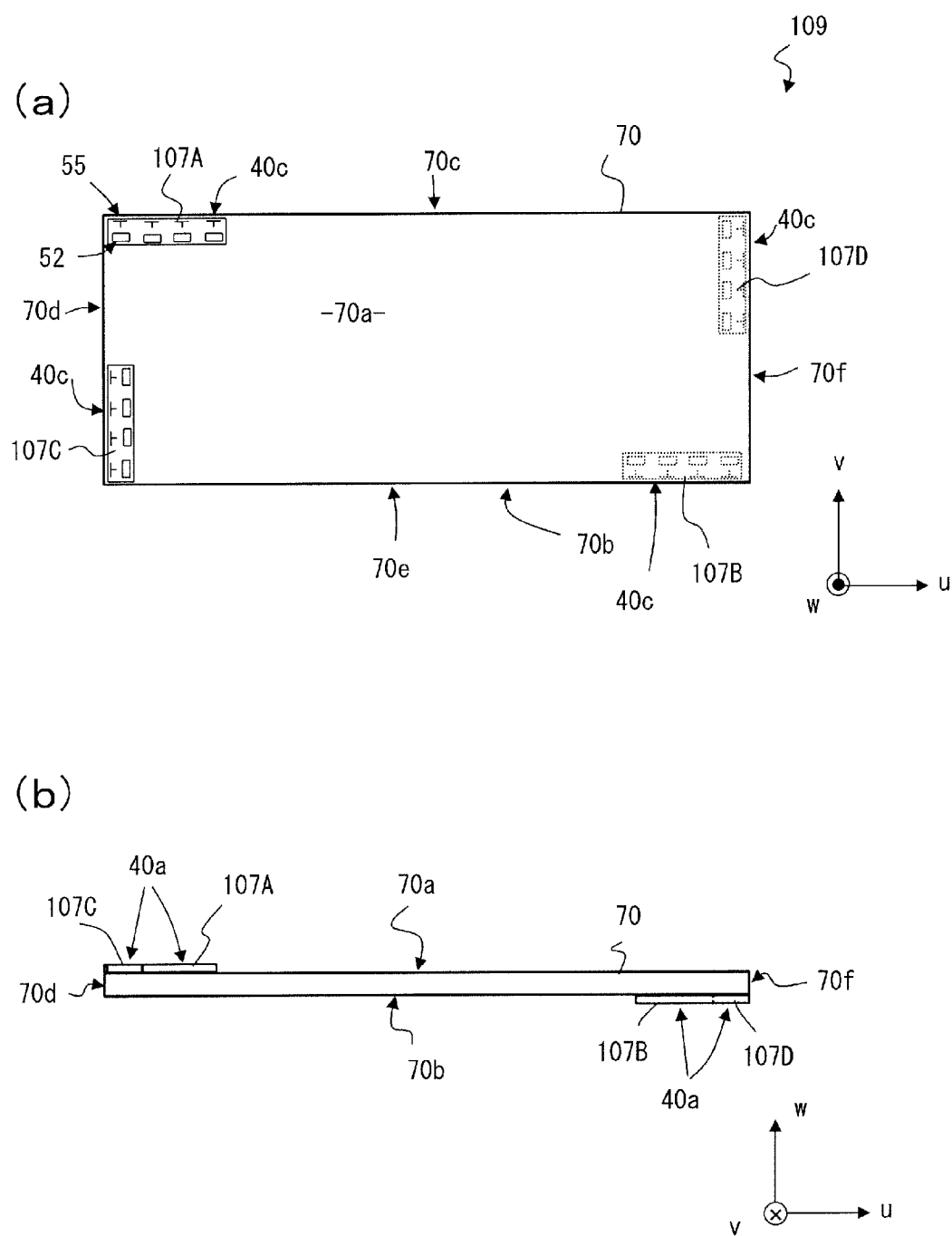
[図11]



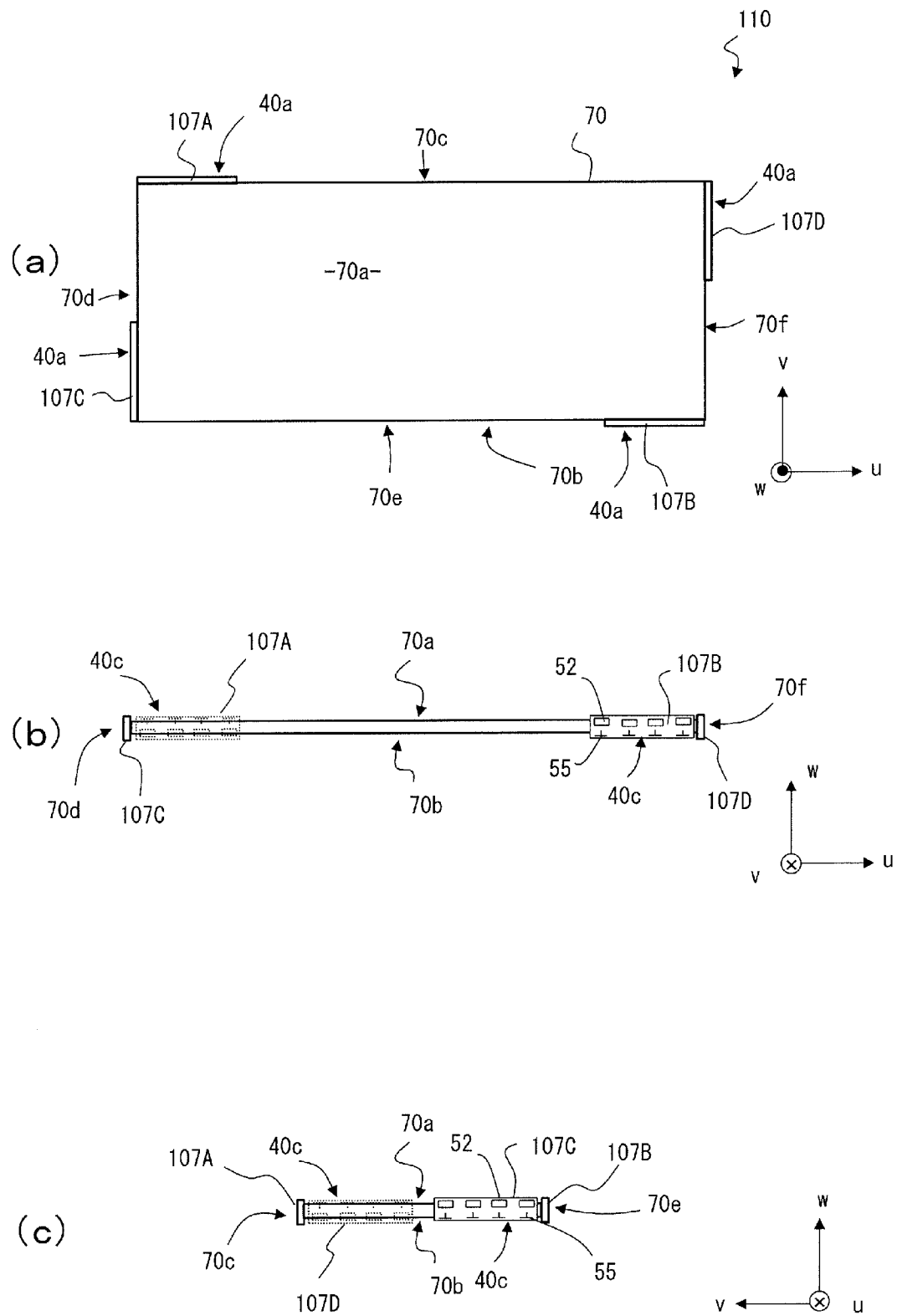
[図12]



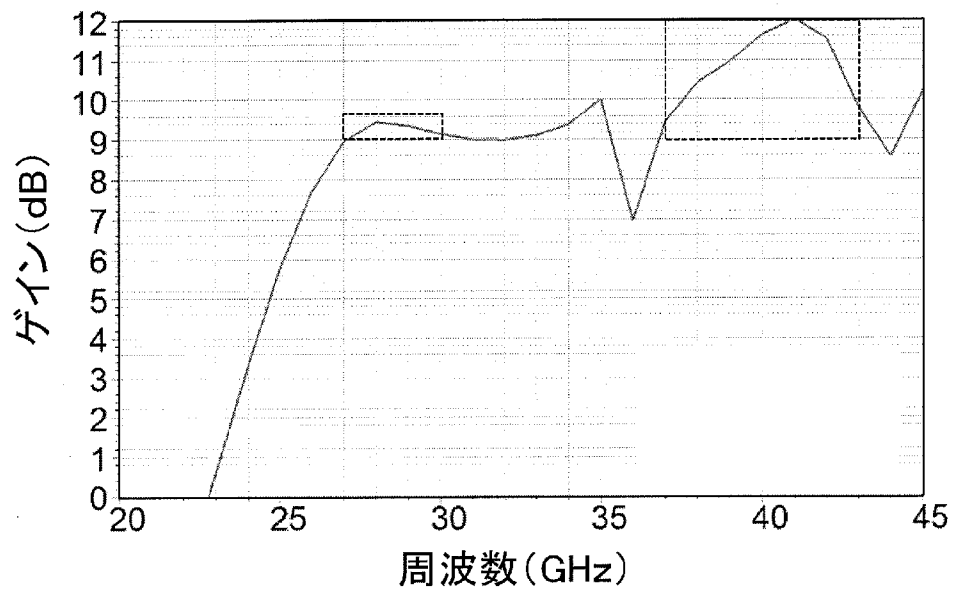
[図13]



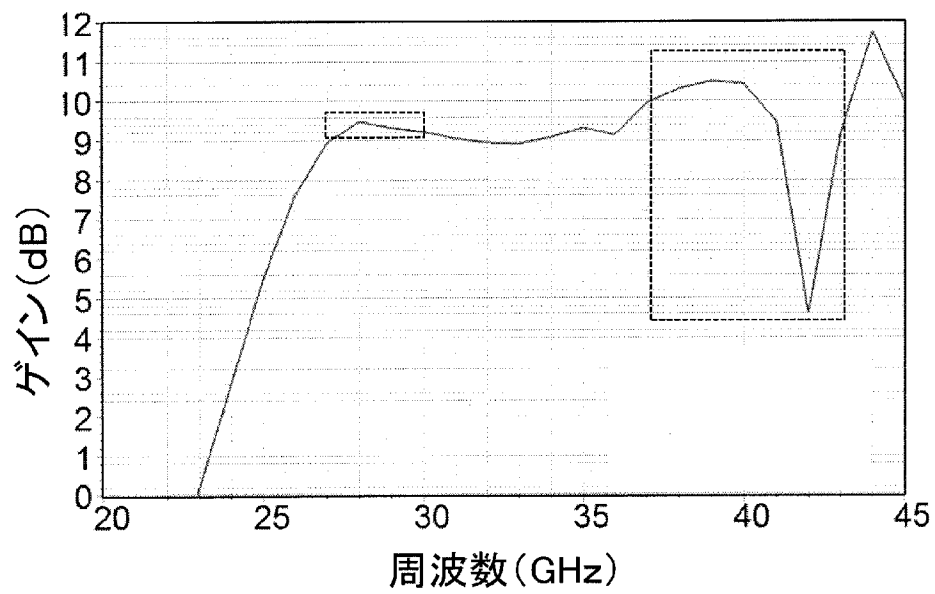
[図14]



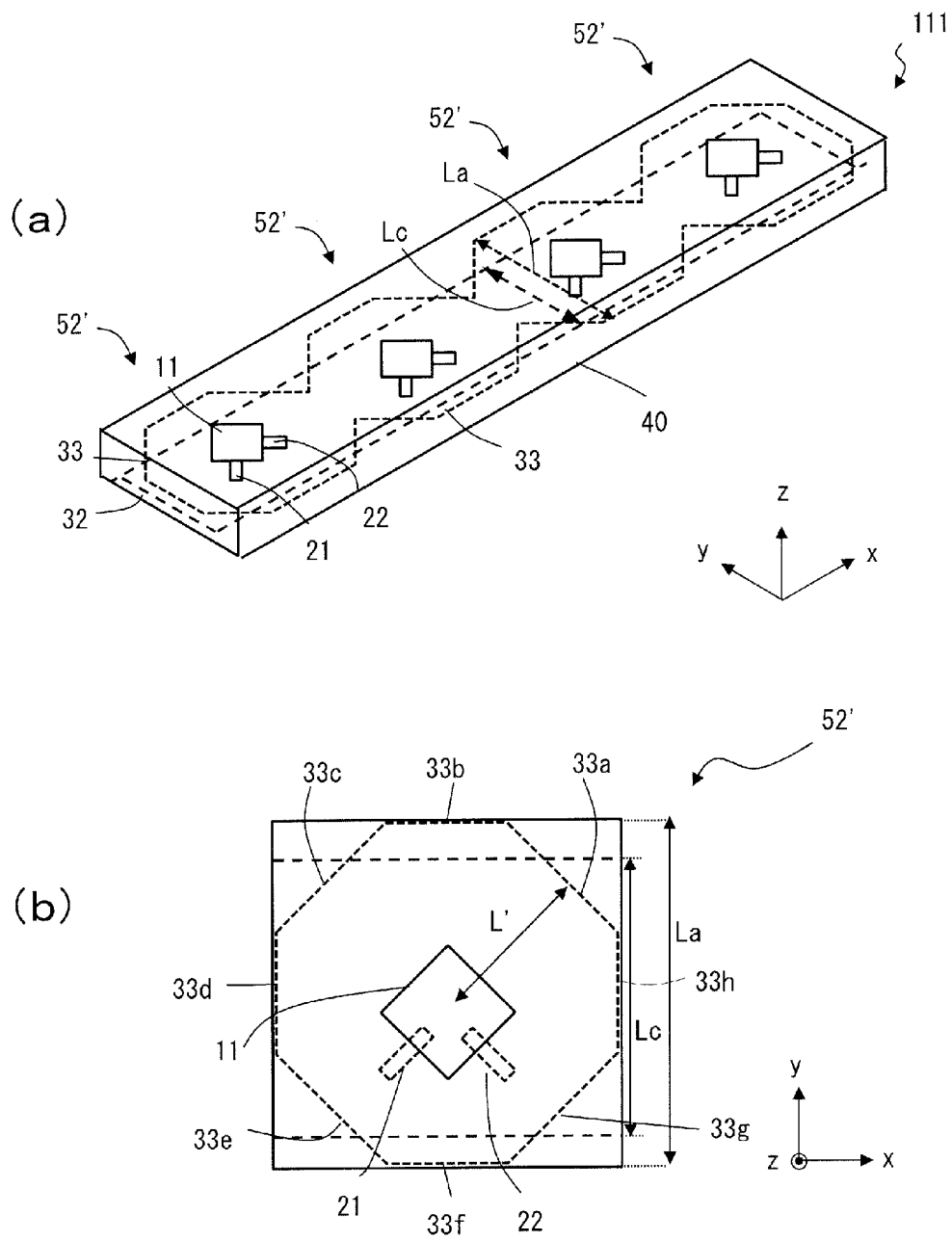
[図15]



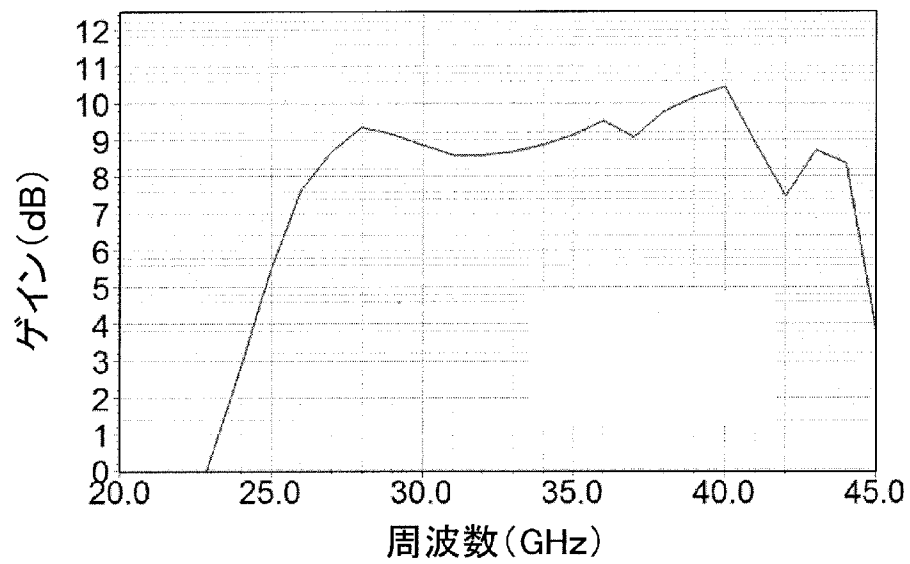
[図16]



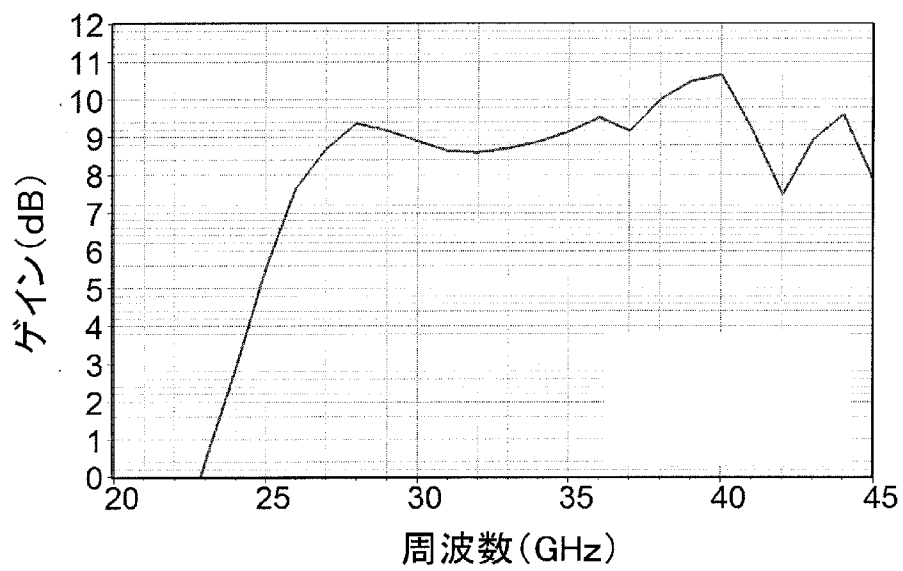
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/003194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q 9/16(2006.01)i; H01Q 13/08(2006.01)i; H01Q 21/08(2006.01)i; H01Q 21/24(2006.01)i; H01Q 23/00(2006.01)i

FI: H01Q13/08; H01Q21/08; H01Q9/16; H01Q23/00; H01Q21/24

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)

H01Q9/16; H01Q13/08; H01Q21/08; H01Q21/24; H01Q23/00

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 2-70104 A (KODEN ELECTRONICS CO., LTD.) 09.03.1990 (1990-03-09) entire text, all drawings	1-21
A	JP 2002-33619 A (HITACHI CABLE, LTD.) 31.01.2002 (2002-01-31) entire text, all drawings	1-21
A	WO 2014/073355 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 15.05.2014 (2014-05-15) entire text, all drawings	1-21



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

"I" 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
03 April 2020 (03.04.2020)

Date of mailing of the international search report
14 April 2020 (14.04.2020)

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/JP2020/003194

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2-70104 A	09 Mar. 1990	(Family: none)	
JP 2002-33619 A	31 Jan. 2002	US 2002/0021255 A1 entire text, all drawings	
WO 2014/073355 A1	15 May 2014	US 2015/0236425 A1 entire text, all drawings EP 2919323 A1 entire text, all drawings KR 10-2015-0055042 A entire text, all drawings CN 104769775 A entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01Q 9/16(2006.01)i; H01Q 13/08(2006.01)i; H01Q 21/08(2006.01)i; H01Q 21/24(2006.01)i; H01Q 23/00(2006.01)i FI: H01Q13/08; H01Q21/08; H01Q9/16; H01Q23/00; H01Q21/24														
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）） H01Q9/16; H01Q13/08; H01Q21/08; H01Q21/24; H01Q23/00														
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 <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>			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													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 2-70104 A (株式会社光電製作所) 09.03.1990 (1990 - 03 - 09) 全文、全図	1-21												
A	JP 2002-33619 A (日立電線株式会社) 31.01.2002 (2002 - 01 - 31) 全文、全図	1-21												
A	WO 2014/073355 A1 (株式会社村田製作所) 15.05.2014 (2014 - 05 - 15) 全文、全図	1-21												
☐ 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、一般的な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、一般的な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、一般的な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 03.04.2020		国際調査報告の発送日 14.04.2020												
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） 赤穂 美香 5K 3663 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/JP2020/003194

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2-70104	A	09.03.1990	(ファミリーなし)	
JP	2002-33619	A	31.01.2002	US 2002/0021255	A1
				全文、全図	
WO	2014/073355	A1	15.05.2014	US 2015/0236425	A1
				全文、全図	
				EP 2919323	A1
				全文、全図	
				KR 10-2015-0055042	A
				全文、全図	
				CN 104769775	A
				全文、全図	