

(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
2023年7月13日(13.07.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/132274 A1

(51) 国際特許分類:
H01Q 15/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/047596

(22) 国際出願日: 2022年12月23日(23.12.2022)

(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 2022-000999 2022年1月6日(06.01.2022) JP

(71) 出願人: A G C 株式会社 (AGC INC.) [JP/JP];
〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 新井 圭祐 (ARAI, Keisuke); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C 株式会社内 Tokyo (JP). 茂木 健 (MOTEGI, Takeshi); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C 株式会社内 Tokyo (JP). 野上 章代 (NOGAMI, Akiyo); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C 株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16階 Tokyo (JP).

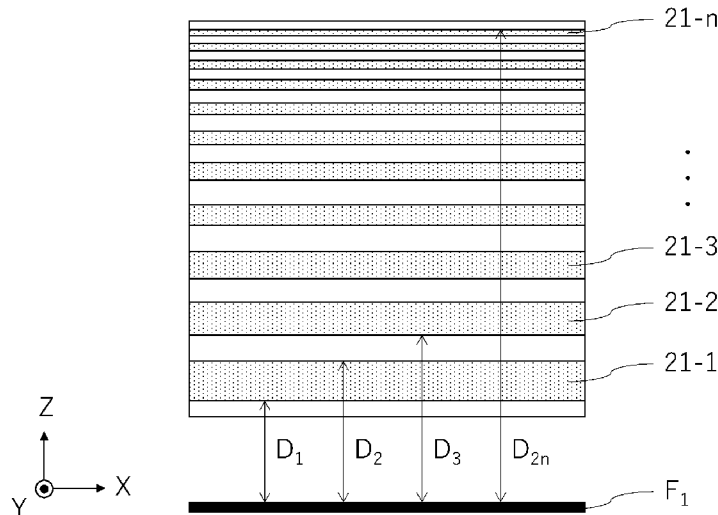
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: RADIO-WAVE-FOCUSING BODY AND WINDOW GLASS

(54) 発明の名称: 電波集束体および窓ガラス

[図4A]

21



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a technique for improving radio wave intensity in a wide range indoors or outdoors. This radio-wave-focusing body comprises a substrate having a first main surface and a second main surface on opposite sides from each other, and a radio-wave-focusing part provided on the first main surface. The radio-wave-focusing part includes a plurality of conductor regions, the conductor regions being lined up at predetermined intervals and being of a belt shape having a predetermined width. The radio-wave-focusing body transmits electromagnetic

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, 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, CV, 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, ME, 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))

waves incident from the second main surface to the first main surface side and focuses said electromagnetic waves in a focusing region formed on the first main surface side. As seen in a plan view in a direction confronting the first main surface, the focusing region is formed more toward the outside than the region in which the radio-wave-focusing part is present.

(57) 要約: 屋内又は屋外の広範囲で電波強度を向上させることができる、技術を提供することを目的とする。電波集束体は、互いに対向する第1主面と第2主面とを有する基体と、前記第1主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、前記電波集束部は複数の導体領域を含み、前記複数の導体領域は互いに所定の間隔で整列し、前記導体領域は所定の幅を持つ帯状の形状を有し、前記電波集束体は、前記第2主面から入射した電磁波を、前記第1主面側へ透過させるとともに前記第1主面側に形成される集束領域に集束させ、前記集束領域は、前記第1主面と正対する方向から見た平面視で、前記電波集束部がある領域よりも外側に形成されたものである。

明 細 書

発明の名称：電波集束体および窓ガラス

技術分野

[0001] 本発明は、電波集束体および窓ガラスに関する。

背景技術

[0002] 従来から、屋内における電波の受信性能を向上させるために、屋外や窓に、アンテナや集束体を設ける構成が知られている。例えば、特許文献1では、窓の屋内側に集束体を設けることで、電波を集めて、屋内における電波の受信性能を向上させるアンテナ装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2002-237717号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の集束体では、焦点に電波を集めることができるが、焦点以外の場所では、電波の集束効果がなかった。

[0005] そのため、スマートフォンやノートパソコン等の電子機器を、位置を変えて使用したり、複数の位置で同時に使用したりする場合には、電子機器の受信性能が低下することがある。

[0006] 本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、屋内又は屋外の広範囲で電波強度を向上させることができる、技術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

[0007] 本発明の一実施形態に係る電波集束体は、
互いに対向する第1主面と第2主面とを有する基体と、
前記第1主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、
前記電波集束部は複数の導体領域を含み、

前記複数の導体領域は互いに所定の間隔で整列し、
前記導体領域は所定の幅を持つ帯状の形状を有し、
前記電波集束体は、前記第 2 主面から入射した電磁波を、前記第 1 主面側へ透過させるとともに前記第 1 主面側に形成される集束領域に集束させ、
前記集束領域は、前記第 1 主面と正対する方向から見た平面視で、前記電波集束部がある領域よりも外側に形成されたものである。

[0008] また、本発明の別の実施形態に係る電波集束体は、
互いに対向する第 1 主面と第 2 主面とを有する基体と、
前記第 1 主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、
前記電波集束部は互いに隙間なく整列した複数の帯状領域を含み、
前記複数の帯状領域は同一の幅を有し、
前記複数の帯状領域の全部または一部は導体領域であり、
前記導体領域は所定の周期で繰り返される単位セルパターンにより形成され、
前記電波集束体は、前記第 2 主面から入射した電磁波を、前記第 1 主面側へ透過させるとともに前記第 1 主面側に形成される集束領域に集束させ、
前記集束領域は、前記第 1 主面と正対する方向から見た平面視で、前記電波集束部がある領域よりも外側に形成されたものであり、
2 以上の自然数を n 、 n 以上の自然数を m 、任意の基準位相を ϕ としたとき、前記互いに隙間なく整列した複数の帯状領域のうちの n 番目の帯状領域を透過する前記電磁波の位相が $\phi + 2\pi n / m$ である。

発明の効果

[0009] 本発明の一実施形態によれば、屋内又は屋外の広範囲で電波強度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一実施形態に係る電波制御システム 1 を示す模式図である。
[図2]一実施形態に係る電波集束体の断面の一例を示す模式図である。
[図3A]一実施形態に係る電波集束体を含む窓ガラスの断面の一例を示す模式

図である。

[図3B]一実施形態に係る電波集束体を含む窓ガラスの断面の別の一例を示す模式図である。

[図4A]第1実施形態に係る電波集束部21の一例を模式的に示す図である。

[図4B]第1実施形態に係る電波集束部21を有する電波集束体の動作原理を説明する図である。

[図4C]第1実施形態に係る電波集束部21の別の一例を模式的に示す図である。

[図5A]第2実施形態に係る電波集束部22の一例を模式的に示す図である。

[図5B]第2実施形態に係る電波集束部22を有する電波集束体の動作原理を説明する図である。

[図5C]第2実施形態に係る電波集束部22の別の一例を模式的に示す図である。

[図6A]第3実施形態に係る電波集束部23を模式的に示す図である。

[図6B]第3実施形態に係る電波集束部23に含まれる単位セルパタン23unitの一例を示す図である。

[図6C]第3実施形態に係る電波集束部23を有する電波集束体の動作原理を説明する図である。

[図7]例1のシミュレーションのモデルを説明する図である。

[図8]例1のシミュレーション結果である電界強度分布を示す図である。

[図9]例2のシミュレーション結果である電界強度分布を示す図である。

[図10]例3のシミュレーションのモデルを説明する図である。

[図11A]例3のシミュレーション結果（パート1）である電界強度分布を示す図である。

[図11B]例3のシミュレーション結果（パート2）の一例を示す図である。

[図12A]例4に係る電波集束部23を示す図である。

[図12B]例4のシミュレーション結果（パート1）である電界強度分布を示す図である。

[図12C]例4のシミュレーション結果（パート2）を示す図であり、電界強度分布を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、理解の容易のため、図面における各部材の縮尺は実際とは異なる場合がある。平行、直角、直交、水平、垂直、上下、左右などの方向には、実施形態の作用及び効果を損なわない程度のずれが許容される。角部の形状は、直角に限られず、弓状に丸みを帯びてもよい。平行、直角、直交、水平、垂直には、略平行、略直角、略直交、略水平、略垂直が含まれてもよい。
- [0012] 本明細書では、3軸方向（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向）の3次元直交座標系を用い、壁の幅方向をX軸方向とし、壁の高さ方向をZ軸方向とし、壁の厚さ方向をY軸方向とする。壁の下から上に向かう方向を＋Z軸方向とし、その反対方向を－Z軸方向とする。屋外から屋内に向かう方向を＋Y軸方向とし、その反対方向を－Y軸方向とする。以下の説明において、＋Z軸方向を上といい、－Z軸方向を下という場合があり、＋Y軸方向を屋内側といい、－Y軸方向を屋内側という場合がある。
- [0013] X軸方向、Y軸方向、Z軸方向は、それぞれ、X軸に平行な方向、Y軸に平行な方向、Zに平行な方向を表す。X軸方向とY軸方向とZ軸方向は、互いに直交する。XY平面、YZ平面、ZX平面は、それぞれ、X軸方向及びY軸方向に平行な仮想平面、Y軸方向及びZ軸方向に平行な仮想平面、Z軸方向及びX軸方向に平行な仮想平面を表す。
- [0014] また、本明細書において、「ミリ波」または「ミリ波帯」というときは、30GHz～300GHzの周波数帯域に加えて、24GHz～30GHzの準ミリ波帯も含むものとする。「電波」は電磁波の一種であり、一般的に、3THz以下の電磁波は電波と呼ばれている。また、本明細書においては、基地局または中継局から放射された電磁波を「電波」と呼び、電磁波一般について言及するときは「電磁波」と呼ぶ。図中で、同じ要素に同じ符号を付けて、重複する説明を省略する場合がある。

[0015] 図1は、本発明の一実施形態に係る電波制御システム1を示す模式図である。電波制御システム1は、建物BDと、電波集束体3とを含む。図1では、電波集束体3は、建物BDの窓として用いられているが、これに限定されず、バス停や駅ホームのシェルターの屋根等に用いられてもよい。なお、図1においては、XY平面は水平面であるとする。

[0016] 一般に、建物BDの壁はミリ波帯の電波にとって遮蔽物となり、そのような電波を通さないか、または大きく減衰させる。そのため、基地局から放射されるミリ波帯の電波は、壁ではなく、窓を通る。通常、窓を透過したミリ波帯の電波はそのまま直進するので、窓の直線見通し内（LOS; Line of Sight）（以下、「LOS1」ともいう。）を除くエリアは、通信環境が良好でない不感地帯となる。また、LOS1においても、窓を透過したミリ波帯の電波のうちの大部分は、電子機器に届くことなく建物BDの壁に到達した後、後大きく減衰するか、消滅する。なお、明細書中、「LOS」は、電波集束体3の主面に対し電波が垂直に入射した場合の直線見通し内のことを指すものとする。

[0017] これに対し、電波制御システム1では、電波集束部2を有する電波集束体3を用いることにより、電波集束体3がない場合に比べて、窓を透過した電波の電波強度を建物BDの屋内又は屋外の広範囲で向上させることができる。

[0018] 具体的には、電波制御システム1は、電波集束体3に入射した電波を、LOS1外に存在する、X軸方向に延びる集束領域Fに届けさせることができる。または、電波集束体3に入射した電波を、LOS1内の、電波集束部2の直線見通し内（以下、「LOS2」ともいう。）を除くエリアに存在する、X軸方向に延びる集束領域F'に集束させることができる。

[0019] なお、図1においては、電波集束部2は屋内側に設けられているが、屋外側に設けられてもよい。また、図1では、電波が屋外から放射される場合に屋内の広範囲で電波強度を向上させる方法について説明したが、電波が屋内から放射される場合に屋外の広範囲で電波強度を向上させることも同様に可

能である。

[0020] ここで、電波制御システム1が制御する電波は、第五世代移動通信システム(5G)などのミリ波帯や、6GHz以下の周波数帯(以下、「Sub-6」ともいう。)、LTE(Long Term Evolution)や、LTE-A(LTE-Advanced)、を含む0.3~30GHz、または1~30GHzであると好適である。あるいは、制御する電波は、UMB(Ultra Mobile Broadband)、IEEE802.11(Wi-Fi(登録商標))、IEEE802.16(WiMAX(登録商標))、IEEE802.20、UWB(Ultra-Wideband)、Bluetooth(登録商標)、LPWA(Low Power Wide Area)であってもよい。他の拡張された通信システム等のような、任意の通信システムで利用されてよい。なお、周波数が高くなるにつれて、反射や回折による伝搬損失が大きくなり、上述のような不感地帯が発生しやすくなる。このため、本発明の電波制御システム1は、比較的高い周波数を扱う通信に、より好適である。

[0021] <電波集束体>

図2は、電波集束体3の断面の一例を示す模式図である。電波集束体3は、互いに対向する第1主面401と第2主面402とを有する基体40と、第1主面401に設けられた電波集束部2とを有する。なお、明細書中、「主面」とは、部材の厚み方向と直交する面を意味する。

[0022] [基体]

基体40は、電波制御システム1の動作周波数の電磁波に対して透明、かつ、電波集束部2を担持することができる任意の材料で形成されている。なお、明細書中、「透明」とは、視感透過率が60%以上、好ましくは70%以上、より好ましくは80%以上、更に好ましくは90%以上であることを意味する。

[0023] このような観点から、基体40は、ガラスであることが好ましい。ガラスとしては、一般に入手可能なガラスでよく、ソーダ石灰ガラス、無アルカリガラス、パイレックス(登録商標)ガラス、石英ガラスなどが挙げられる。

このとき、電波集束体 3 は、窓ガラスとして用いることが可能である。

[0024] また、基体 40 は、樹脂であってもよい。樹脂としては、例えば、アクリル系樹脂（ポリメチルメタクリレート等）、シクロオレフィン系樹脂、ポリカーボネート系樹脂などが挙げられる。このとき、電波集束体 3 を窓ガラスとして用いるために、更に他の部材を積層してもよい。以下、このことについて、図 3 A および図 3 B を用いて詳細に説明する。

[0025] 図 3 A は、電波集束体 3 を含む窓ガラス 51 の断面の一例を示す図である。窓ガラス 51 は、互いに対向する第 1 主面 401 と第 2 主面 402 とを有する樹脂で構成される基体 40 と、第 1 主面 401 に設けられた電波集束部 2 と、接着層 42 を介して第 2 主面 402 側に接着されたガラス板 43 とを有する。

[0026] 図 3 B は、電波集束体 3 を含む窓ガラス 52 の断面の一例を示す図である。窓ガラス 52 は、互いに対向する第 1 主面 401 と第 2 主面 402 とを有する樹脂で構成される基体 40 と、第 1 主面 401 に設けられた電波集束部 2 と、接着層 42 を介して第 1 主面 401 側に接着されたガラス板 43 とを有する。

[0027] 接着層 42 は、樹脂板 41 とガラス板 43 とを接着することのできる任意の接着材料で形成される。なお、接着層 42 の厚みは、電波集束部 2 の厚み以上であれば特に限定されない。

[0028] ガラス板 43 は、ガラスで構成される。ガラスは、一般に入手可能なガラスでよく、ソーダ石灰ガラス、無アルカリガラス、パイレックス（登録商標）ガラス、石英ガラスなどであってもよい。

[0029] なお、接着層 42 およびガラス板 43 は、基体 40 と同様、電波制御システム 1 の動作周波数の電磁波に対して透明である。

[0030] [電波集束部]

電波集束部 2 は、複数の導体領域を含む。

[0031] 導体領域は、基体 40 に適用する観点から、酸化亜鉛（ ZnO ）、酸化スズ（ SnO_2 ）、スズドープ酸化インジウム（ ITO ）、酸化インジウム・酸

化スズ（I Z O）などの透明導電膜、窒化チタン（T i N）や窒化クロム（C r N）などの金属窒化膜、L o w - e（L o w e m i s s i v i t y）ガラス用のL o w - e膜、銅（C u）、銀（A g）、アルミニウム（A l）、クロム（C r）、ニッケル（N i）、金（A u）、白金（P t）、錫（S n）、鉄（F e）などの金属薄膜から選択される少なくとも1つを含むことが好ましい。

[0032] 導体領域の厚みは、0.1 μm 以上が好ましく、1 μm 以上がより好ましく、5 μm 以上が更に好ましく、8 μm 以上が特に好ましい。導体領域の厚みが0.1 μm 以上であれば、導体領域のシート抵抗値を小さくすることができる。

[0033] 導体領域の厚みは、50 μm 以下が好ましく、40 μm 以下がより好ましく、30 μm 以下が更に好ましく、20 μm 以下がより更に好ましく、15 μm 以下が特に好ましい

導体領域のシート抵抗値は、5 Ω/sq 以下が好ましく、1 Ω/sq 以下がより好ましく、0.5 Ω/sq 以下が更に好ましい。

[0034] 導体領域は、上述の金属材料を当該領域全面に形成して得られるもの（いわゆる全面に形成された金属膜）であってよく、上述の金属材料で構成される金属細線を当該領域全面にメッシュ状に形成して得られるものであってもよい。メッシュ状である場合、導体領域は、目視では確認が難しいほど可視光の透過性を高めることができ、視認性に優れる。

[0035] 上記金属細線の線幅は1 μm ～10 μm が好ましく、1 μm ～5 μm がより好ましく、1 μm ～3 μm が更に好ましい。また、金属細線同士の間隔は、300 μm ～500 μm が好ましい。なお、アスペクト比（金属細線の厚さ／金属細線の線幅）が1以下であれば、強度および製造面の観点から好ましい。

[0036] メッシュ状の導体領域において、その開口部の形状は、方形または菱形であってよく、方形の場合は、意匠性の観点から正方形が好ましい。また、開口部は、自己組織化法によって得られるランダム形状であってもよく、この

場合モアレを抑制することができる。

[0037] メッシュ状の導体領域において、メッシュ全体に対する開口部の開口率は 80%以上が好ましく、90%以上がより好ましい。開口率を大きくするほど、導体領域の可視光の透過率を高くすることができる。

[0038] また、導体領域はメタサーフェスで構成されていてもよい。ここで、「メタサーフェス」とは、入射電磁波の透過特性や反射特性を制御する人工表面を意味する。第3実施形態で後述する第3領域に入射する電磁波の位相と振幅の少なくとも一方を制御することで、自然界に存在しない電波特性を実現することも可能である。

[0039] 以下、電波集束部2が含む複数の導体領域について、3つの実施形態を用いてより詳細に説明する。なお、以下の3つの実施形態では、電磁波が第2主面402から入射した場合について説明するが、電磁波が第1主面401から入射した場合も同様に説明することができる。

[0040] (第1実施形態)

図4Aは、第1実施形態に係る電波集束部21の一例を模式的に示す図である。図4Aに示すように、電波集束部21は、 n 個(n は2以上の自然数)の導体領域、すなわち、互いに所定の間隔で整列する導体領域21-1～導体領域21- n (以下、導体領域21-1～導体領域21- n のうちのいずれか1つを、単に「第1領域」ともいう。)により形成された、フレネルレンズ状のパタンである。ただし、図4Aにおいては、一般的なフレネルレンズとは異なり、第1領域の形状は円環状ではなく、直線で画定された帯状である。図4Aに示すように、 $+Z$ 軸方向に沿って第1領域の線幅は細くなり、隣接する第1領域同士の間隔は狭くなる。

[0041] 図4Bは、電波集束部21を有する電波集束体31の動作原理を説明する図である。図4Bでは、一例として、第2主面402側にある電磁波の発生源Sから、第2主面402に対し電磁波(平面波)が放射された場合を考える。発生源Sから放射される電磁波が球面波の場合は、電波集束体31に入射する際の入射位相の分布を考慮すれば、同様に設計可能である。

[0042] 図4 A、Bの場合、電波集束部21に入射した電磁波を、第1主面401から+Y軸方向に距離 f_1 だけ離れた、X軸方向に延びる集束領域 F_1 に集束させることができる。以下、このときの条件について説明する。

[0043] 図4 Aに示すように、導体領域21-nの下辺と集束領域 F_1 とのZ軸方向の距離を D_{2n-1} 、導体領域21-nの上辺と集束領域 F_1 とのZ軸方向の距離を D_{2n} とし、入射電磁波の波長を λ とすると、下記(1)式の関係が成り立つ。下辺は第1辺の一例であり、上辺は第2辺の一例である。

$$[0044] \quad D_n^2 = n f_1 \lambda \quad \cdots (1)$$

[0045] なお、上記(1)式は n が小さい値であるときの近似式であって、 n が十分に大きい値であるときは、下記(2)式を用いた方が精度は高くなる。

$$[0046] \quad D_n^2 = n f_1 \lambda + (n \lambda / 2)^2 \quad \cdots (2)$$

[0047] 図4 A、Bに示すように、集束領域 F_1 は、導体領域21-1よりも下方(-Z軸方向)に形成されるが、その位置は特に限定されず、電波集束体31のLOS内であっても、LOS外であってもよい。

[0048] なお、図4 Aには、第1領域の形状が直線で画定された帯状である場合について説明したが、上記の条件を満たす限り、その形状は限定されない。例えば、図4 Cのように、第1領域の形状が曲線で画定された帯状であってもよい。この場合、集束領域 F_1 は、当該曲線で画定された帯状と同一の形状となり、X軸の任意の位置におけるYZ平面(例えば、図4 C中の点線部)において、第1領域と集束領域 F_1 とのZ軸方向の距離 D_n は、上記(1)式または(2)式を満たす。

[0049] また、X軸方向において帯状の第1領域のZ方向の幅を式(1)または式(2)を満たしながら変えることによって、距離 f_1 がX軸方向において異なる構成であってもよい。この場合、集束領域 F_1 のY軸方向の位置がX軸方向において異なることになる。

[0050] (第2実施形態)

図5 Aは、第2実施形態に係る電波集束部22の一例を模式的に示す図である。電波集束部22は、 n 個(n は2以上の自然数)の導体領域、すなわ

ち、互いに所定の間隔で整列する導体領域 22-1～導体領域 22-n（以下、導体領域 22-1～導体領域 22-n のうちのいずれか 1 つを、単に「第 2 領域」ともいう。）により形成された、回折格子状のパターンである。第 2 領域の線幅はそれぞれ同一であり、隣接する第 2 領域同士の間隔もそれぞれ同一である。

[0051] 図 5 B は、電波集束部 22 を有する電波集束体 32 の動作原理を説明する図である。図 5 B では、一例として、第 2 主面 402 側にある電磁波の発生源 S から、第 2 主面 402 に対し電磁波（平面波）が放射された場合を考える。

[0052] 図 5 A、B の場合、電波集束部 22 に入射した電磁波を、電波集束体 32 の LOS 外にある、X 軸方向に延びる線分 A₂ に届けることができる。また、これと同時に、第 2 主面 402 に入射した電磁波を、電波集束体 32 の LOS 内かつ電波集束部 22 の LOS 外であって、第 1 主面 401 から +Y 軸方向に距離 f₂ だけ離れた、X 軸方向に延びる集束領域 F₂ に集束させることができる。以下、このときの条件について説明する。

[0053] 図 5 A、B に示すように、隣接する第 2 領域の中心同士の Z 軸方向の間隔（格子定数）を d、第 1 主面 401 と線分 A₂ とのなす角を θ とし、入射電磁波の波長を λ、自然数を s、t とすると、以下の（3）式および（4）式の関係が成り立つ。

$$[0054] \quad d \sin \theta = s \lambda \quad \cdots (3)$$

$$f_2 / \cos \theta - f_2 = t \lambda \quad \cdots (4)$$

[0055] 上記（3）式は、電波集束部 22 に形成された回折格子により、電波集束部 22 を透過した電磁波同士が強め合うときの条件式である。上記（4）式は、電波集束部 22 を透過した電磁波と、電波集束部 22 を透過せず単に基体 40 を透過した電磁波とが強め合うときの条件式である。

[0056] このようにして、電波集束部 22 に入射した電磁波は、回折格子により θ 方向にある線分 A₂ に向けて屈折すると同時に、単に基体 40 を透過した電磁波と強め合い、集束領域 F₂ を形成する。

[0057] なお、集束領域 F_2 の位置は特に限定されず、電波集束体32のLOS内であっても、LOS外であってもよい。

[0058] なお、図5Aには、第2領域の形状が直線で画定された帯状である場合について説明したが、格子定数が一定である限り、限定されない。例えば、図5Cのように、第2領域の形状が曲線で画定された帯状であってもよい。この場合、X軸の任意の位置におけるYZ平面（例えば、図5C中の点線部）において、それぞれの第2領域の間隔（格子定数 d ）は全て同一であり、集束領域 F_2 は、当該曲線で画定された帯状と同一の形状となる。

[0059] （第3実施形態）

図6Aは、第3実施形態に係る電波集束部23を模式的に示す図である。電波集束部23は、 n 個（ n は2以上の自然数）の帯状領域、すなわち、互いに隙間なく整列する帯状領域 $23-1 \sim$ 帯状領域 $23-n$ （以下、帯状領域 $23-1 \sim$ 帯状領域 $23-n$ のうちのいずれか1つを、単に「第3領域」ともいう。）が隙間なく並ぶことにより形成される。第3領域のZ軸方向の幅は、それぞれ同一である。

[0060] 第3領域は、単位セルパタン23unitにより形成される導体領域、または、金属膜を含まない領域（以下、「金属膜非含有領域」ともいう。）である。ただし、電波集束部23において、金属膜非含有領域の個数は、0または1である。

[0061] 第3領域が単位セルパタン23unitにより形成される導体領域である場合、当該導体領域はメタサーフェスとなる。ここで、「メタサーフェス」とは、入射電磁波の透過特性や反射特性を制御する人工表面を意味する。第3領域に入射する電磁波の位相と振幅の少なくとも一方を制御することで、自然界に存在しない電波特性を実現することも可能である。第3領域によって、入射電磁波を所望の方向に透過、反射、または集束できる。

[0062] 具体的には、例えば、Lunit、単位セルパタン23unitの形状、単位セルパタン23unitを構成する上述の金属材料の種類など適宜調整することにより、当該導体領域を透過する電磁波の位相を変化させることができる。これ

により、帯状領域 $23-1 \sim 23-n$ を透過した電磁波が、それぞれ異なる位相を有するようにすることができる。

[0063] 図6Bは、第3領域に含まれる単位セルパタン 23unit の一例を示す図である。第3領域は、 $L\text{unit}$ のサイズを有する単位セルパタン 23unit を同じ向きで繰り返し配置することにより形成されている。すなわち、単位セルパタン 23unit の中心Cの繰り返し周期は $L\text{unit}$ である。

[0064] 単位セルパタン 23unit の形状は、図6Bでは円環状であるが、これに限定されず、例えば十字形状、カギ十字状、矩形リング状、多角形のリング状、楕円リング状、パッチ形状等などであってもよい。

[0065] 単位セルパタン 23unit は、上述の金属材料で構成される金属膜であってよく、または上述の金属材料で構成される金属細線をメッシュ状に形成して得られるものであってよい。

[0066] それぞれの単位セルパタン 23unit は、Y軸方向に2つ重ねられてもよい。それぞれの単位セルパタン 23unit を2つ重ねることで、当該導体領域を透過する電磁波の位相の変化量（当該導体領域を透過する前の電磁波の位相と、透過した後の電磁波の位相との差の絶対値）を $\pi/2$ 超にすることが可能となる。

[0067] 図6Cは、電波集束部 23 を有する電波集束体 33 の動作原理を説明する図である。図6Cでは、一例として、第2主面 402 側にある電磁波の発生源Sから、第2主面 402 に対し電磁波（平面波）が放射された場合を考える。アンテナから放射される電磁波が球面波の場合は、入射時の位相を考慮すれば同様に設計可能である。

[0068] 図6A～Cの場合、電波集束部 23 に入射した電磁波を、電波集束体 33 のLOS外にある、X軸方向に延びる線分 A_3 に届けることができる。また、これと同時に、第2主面 402 に入射した電磁波を、電波集束体 33 のLOS内かつ電波集束部 23 のLOS外であって、第1主面 401 から+Y軸方向に距離 f_3 だけ離れた、X軸方向に延びる集束領域 F_3 に集束させることができる。以下、このときの条件について説明する。なお、電波集束体 33 の

L O S 外であっても、電波の強度は向上する効果は得られることを後の実施例で示す。

[0069] 図 6 A において、帯状領域 2 3 - n を透過した電磁波の位相が $\phi + 2 \pi n / m$ (ϕ : 任意の基準位相、 m : n 以上の任意の自然数) となるように、第 3 領域に単位セルパタン 2 3 unit を配置する。このとき、上記の位相の条件を満たす限り、第 3 領域のうちの 1 つが金属膜非含有領域であってもよい。

[0070] このとき、図 6 A、B に示すように、第 3 領域の Z 軸方向の幅を W、第 1 主面 4 0 1 と線分 A₃ とのなす角を θ とし、入射電磁波の波長を λ 、自然数を s、t とすると、下記 (5) 式および (6) 式の関係が成り立つ。

$$[0071] \quad m W s \sin \theta = \lambda \quad \cdots (5)$$

$$f_3 / \cos \theta - f_3 = t \lambda \quad \cdots (6)$$

[0072] 上記 (5) 式は、電波集束部 2 3 を透過した電磁波が、ホイヘンスの原理により θ 方向に屈折するときの条件式である。上記 (6) 式は、電波集束部 2 3 を透過した電磁波と、電波集束部 2 3 を透過せず単に基体 4 0 を透過した電磁波とが強め合うときの条件式である。

[0073] このようにして、電波集束部 2 3 に入射した電磁波は、回折格子により θ 方向にある線分 A₃ に向けて屈折すると同時に、単に基体 4 0 を透過した電磁波と強め合い、集束領域 F₃ を形成する。

[0074] なお、図 6 A では、n 個の帯状領域から形成された電波集束部 2 3 について説明したが、このような電波集束部 2 3 を、複数個隙間なく並べて用いてもよい。このとき、各電波集束部 2 3 における n および m の値は、それぞれ異なってもよい。

[0075] <実施例>

本発明者らは、シミュレーションにより、上述の第 1 ~ 第 3 実施形態を検証した。以下の例 1 ~ 例 4 にその結果を示す。

[0076] (例 1)

図 7 は、例 1 のシミュレーションのモデルを説明する図である。図 7 に示すように、例 1 のモデルでは、電波集束部 2 1、または電波集束部 2 1 の下

方（ $-Z$ 軸方向）に接続された壁70に対し、これらの $-Y$ 軸方向側に設置された電波の発生源Sから電波（平面波）を放射した。このようにして、電波集束部21（または壁70）から $+Y$ 軸方向に距離 f_1 だけ離れた、 X 軸方向に無限に延びる集束領域 F_1 における、電波の電界強度を観察した。

[0077] 例1のモデルは、3通りのモデルを含む。具体的には、電波集束部21のみを有するモデル（モデルA）、電波集束部21と壁70とを有する（モデルB）、および電波集束部21を有さず壁70のみを有するモデル（モデルC）を含む。これらのモデルにおいて、電波集束部21および壁70の厚みは仮想的にゼロであるとし、電波集束部21は X 軸方向に無限に延びており、壁70は $-Z$ 軸方向に無限に延びているものとする。

[0078] 例1のシミュレーションにおいては、 f_1 は150mm、波長 λ は61.2mm（周波数4.9GHz）とした。

[0079] また、電波集束部21は、図4Aの n が11であるものとした。すなわち、導体領域21-1～導体領域21-11（第1領域）により形成され、 $+Z$ 軸方向に沿って第1領域の線幅は細くなり、隣接する第1領域同士の間隔は狭くなるものとした。ここで、 $D_1 \sim D_{22}$ は、(2)式に従って設定した。例えば、 D_1 は100.6mm、 D_{22} は809.2mmであった。電波集束部21の Z 軸方向の幅は、708.6mm（ $D_{22} - D_1$ ）とした。なお、導体領域は、完全電気導体（電気抵抗がゼロである金属）を当該領域全面に形成して得られるものであった。

[0080] 図8は、例1のシミュレーション結果である電界強度分布を示す図である。なお、図8では、横軸は、電波集束部21（または壁70）の表面の Y 座標をゼロとしたときの集束領域 F_1 の Y 軸方向における位置（ Y 座標）を表す。縦軸は、集束領域 F_1 の位置における電界強度を示す。

[0081] 図8から明らかなように、電波集束部21を有するモデルAおよびモデルBでは、集束領域 F_1 の位置で最も電界強度が強くなっていた。モデルAとモデルBとでは、壁70を有さないモデルAのほうがより電界強度が強かった。一方で、電波集束部を有さないモデルCでは、集束領域 F_1 の位置での電界

強度の変化が見られなかった。

[0082] このように、電波集束部 21 を用いることで、電波集束部 21 に入射した Sub-6 帯の電波を、電波集束部 21 よりも下方（-Z 軸方向）に存在する集束領域 F_1 に集束させることが可能であることが示された。

[0083] （例 2）

例 2 では、波長 λ を 10.7 mm（周波数 28 GHz）とし、これに伴って電波集束部 21 の第 1 領域の線幅および間隔を変更した、すなわち、 $D_1 \sim D_{22}$ を（2）式に従って設定し直したこと以外は、例 1 と同様にしてシミュレーションを実施した。このとき、電波集束部 21 において、例えば D_1 は 40.4 mm、 D_{22} は 221.8 mm であり、電波集束部 21 の Z 軸方向の幅は 181.4 mm（ $D_{22} - D_1$ ）とした。

[0084] 図 9 は、例 2 のシミュレーション結果である電界強度分布を示す図である。なお、図 9 では、図 8 と同様、電波集束部 21（または壁 70）の表面の Y 座標をゼロとしたときの、集束領域 F_1 と同じ高さにおける電界強度分布を示している。

[0085] 図 9 から明らかなように、電波集束部 21 を有するモデル A およびモデル B では、集束領域 F_1 の位置で最も電界強度が強くなっていた。モデル A とモデル B とでは、壁 70 を有さないモデル A のほうがより電界強度が強かった。一方で、電波集束部を有さないモデル C では、集束領域 F_1 の位置での電界強度の変化が見られなかった。

[0086] このように、電波集束部 21 を用いることで、電波集束部 21 に入射したミリ波帯の電波を、電波集束部 21 よりも下方（-Z 軸方向）に存在する集束領域 F_1 に集束させることが可能であることが示された。

[0087] （例 3）

図 10 は、例 3 のシミュレーションのモデルを説明する図である。図 10 に示すように、例 3 のモデルでは、電波集束部 22 に対し、その -Y 軸方向側に設置された電波の発生源 S から電波（平面波）を放射した。このようにして、電波集束部 22 からの +Y 軸方向の距離ごとの、電波の電界強度を観

察した。なお、例3のモデルにおいて、電波集束部22の厚みは仮想的にゼロであり、電波集束部22はX軸方向に無限に延びているものとする。

[0088] 例3のシミュレーションにおいては、波長 λ は10.7 mm（周波数28 GHz）とした。

[0089] また、電波集束部22は、図5Aのnが6であるものとした。すなわち、導体領域22-1～導体領域22-6（第2領域）により形成され、それぞれの第2領域のZ軸方向の幅は11.1 mm、格子定数dは21.42 mmであるものとした。従って、電波集束部22のZ軸方向の幅は118.2 mmであった。なお、導体領域は、完全電気導体を当該領域全面に形成して得られるものであった。

[0090] 図11Aは、例3のシミュレーション結果（パート1）である電界強度分布を示す図である。なお、図11Aでは、図中の点線の位置、すなわち、電波集束部22の表面のY座標をゼロとしたときの、電波集束部22から40.4 mmだけ下方（-Z軸方向）に離れた高さにおける電界強度分布を示している。

[0091] 図11Aから明らかなように、電波集束部22を有する例3のモデルでは、電波集束部22から40.4 mmだけ下方に離れた高さにおいて、電波集束部22に入射して回折格子により屈折した電波と、電波集束部22に入射せずに単に直進した電波とが、上記（3）式および（4）式に従って、複数のY座標において強め合い、電界強度が強くなっていた。

[0092] このように、電波集束部22を用いることで、電波集束部22に入射したミリ波帯の電波の電界強度を、電波集束部22よりも下方（-Z軸方向）の位置において強めることが可能であることが示された。

[0093] 図11Bは、例3のシミュレーション結果（パート2）を示す図であり、電界強度分布を示す。例3のシミュレーション結果（パート2）は、モデルA、B、及びCについて計算した結果である。モデルAは、図5Bに示すように、基体40の第1主面401に電波集束部22を設けたモデルであり、基体40は壁70（図7参照）の窓に設けられている。基体40は+Y軸方

向側から見た平面視で電波集束部 2 2 よりも大きいため、X 軸方向及び Z 軸方向における電波集束部 2 2 の両側には、基体 4 0 のみが存在する部分がある。基体 4 0 のみが存在する部分は、図 1 における LOS 1 のうちの LOS 2 を除いた部分のように、直線見通し内である。

[0094] モデル B は、基体 4 0 の第 1 主面 4 0 1 に電波集束部 2 2 を設けたモデルであり、基体 4 0 は壁 7 0 の窓に設けられている。電波集束部 2 2 の + Y 軸方向側から見た平面視でのサイズはモデル A の電波集束部 2 2 のサイズと等しく、かつ、モデル B の基体 4 0 の + Y 軸方向側から見た平面視でのサイズは、電波集束部 2 2 のサイズと等しい。モデル B の壁 7 0 の窓の平面視におけるサイズは、基体 4 0 のサイズと等しい。モデル B では、基体 4 0 及び窓がモデル A よりも小さくなっており、基体 4 0 及び窓が小さくなった部分は、壁 7 0 が覆っている。モデル B では、基体 4 0 及び窓が小さくなった分だけ、壁 7 0 が大きくなっている。

[0095] モデル C は、モデル B から電波集束部 2 2 を取り除いたモデルである。なお、電波強度は、図 1 に示す集束領域 F' を示す位置における値である。この位置は、モデル A では直線見通し内（LOS 内）であるが、モデル B 及び C では、大きくなった壁 7 0 があるため、直線見通し外（LOS 外）である。

[0096] モデル A についての結果は、図 1 1 A に示す結果と同一である。図 1 1 B は、図 1 1 A と縦軸のスケールが異なる。

[0097] 図 1 1 B において、モデル C は電界強度が非常に低いが、モデル B は、 f_1 （150 mm）の位置の前後において、電界強度が増大する傾向を示した。このことから、回折格子としての電波集束部 2 2 を用いて、電波集束部 2 2 を透過していない電波との強め合いがない場合においても、LOS 外において電波の電界強度が増大することを確認できた。

[0098] （例 4）

例 4 では、電波集束部 2 2 の代わりに電波集束部 2 3 を用いたこと以外は、例 3 と同様にしてシミュレーションを実施した。

[0099] ここで、電波集束部 2 3 は、図 1 2 A に示すものであった。すなわち、図

6 A の n が 4 であるもの（以下、「電波集束部 2 3 1」ともいう。）を 3 つ隙間なく並べたものとした。電波集束部 2 3 1 は、帯状領域 2 3 - 1 ~ 帯状領域 2 3 - 4（第 3 領域）により形成され、それぞれの第 3 領域の Z 軸方向の幅 W は 8. 0 3 mm であった。また、帯状領域 2 3 - 4 は金属膜非含有領域であり、帯状領域 2 3 - 1 ~ 帯状領域 2 3 - 3 は、円環状でありサイズ L_{unit} が 2. 6 8 mm である単位セルパタン 2 3 unit を、それぞれ Y 軸方向に 2 つ重ねたものであった。すなわち、+ Y 軸方向から第 1 主面 4 0 1 と正対する方向から見た平面視で同一形状を有する単位セルパタン 2 3 unit を基体 4 0 の第 1 主面 4 0 1 及び第 2 主面 4 0 2 に有し、+ Y 軸方向から見て両面の単位セルパタン 2 3 unit は重なっている。

[0100] また、帯状領域 2 3 - n （ n : 1 ~ 4 の整数）を透過した電波の位相が $\phi + 2\pi n / 4$ （ ϕ : 0° ）を満たすように、円環状である単位セルパタン 2 3 unit の外径および内径は、帯状領域 2 3 - 1 においては外径 1. 2 mm、内径 1. 1 mm、帯状領域 2 3 - 2 においては外径 1 mm、内径 0. 9 mm、帯状領域 2 3 - 3 においては外径 0. 7 4 mm、内径 0. 6 4 mm とした。なお、単位セルパタン 2 3 unit は、完全電気導体を当該円環状に形成して得られるものであった。

[0101] 図 1 2 B は、例 4 のシミュレーション結果（パート 1）である電界強度分布を示す図である。

[0102] 図 1 2 B から明らかなように、電波集束部 2 3 を有する例 4 のモデルでは、電波集束部 2 3 から 4 0. 4 mm だけ下方に離れた高さにおいて、電波集束部 2 3 に入射してホイヘンスの原理により屈折した電波と、電波集束部 2 3 に入射せずに単に直進した電波とが、上記（5）式および（6）式に従って、複数の Y 座標において強め合い、電界強度が強くなっていた。

[0103] このように、電波集束部 2 3 を用いることで、電波集束部 2 3 を透過する Sub - 6 の電波の電界強度を、電波集束部 2 3 よりも下方（- Z 軸方向）の位置において強めることが可能であることが示された。

[0104] 図 1 2 C は、例 4 のシミュレーション結果（パート 2）を示す図であり、

電界強度分布を示す。例4のシミュレーション結果（パート2）は、モデルA、B、及びCについて計算した結果である。モデルA～Cは、図11Bのシミュレーション結果を得るために用いたモデルA～Cと同一である。

[0105] 図12CにおけるモデルAについての結果は、図12Bに示す結果と同一である。図12Cは、図12Bと縦軸のスケールが異なる。

[0106] 図12Cにおいて、モデルCは電界強度が非常に低いが、モデルBは、モデルCに比べて全体的に電界強度が増大する傾向を示した。このことから、回折格子としての電波集束部23を用いて、電波集束部23を透過していない電波との強め合いがない場合においても、LOS外において電波の電界強度が増大することを確認できた。

[0107] 以上、本開示の例示的な実施形態の電波集束体および窓ガラスについて説明したが、本開示は、具体的に開示された実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

[0108] なお、本国際出願は、2022年1月6日に出願した日本国特許出願2022-000999に基づく優先権を主張するものであり、その全内容は本国際出願にここでの参照により援用されるものとする。

符号の説明

- [0109] 1 電波制御システム
- 2 電波集束部
- 3 電波集束体
- 40 基体
- 401 第1主面
- 402 第2主面
- 41 樹脂板
- 42 接着層
- 43 ガラス板
- 51, 52 窓ガラス

2 1, 2 2, 2 3 電波集束部

2 1 - n, 2 2 - n 導体領域

2 3 - n 帯状領域

2 3 unit 単位セルパターン

請求の範囲

- [請求項1] 互いに対向する第1主面と第2主面とを有する基体と、
前記第1主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、
前記電波集束部は複数の導体領域を含み、
前記複数の導体領域は互いに所定の間隔で整列し、
前記導体領域は所定の幅を持つ帯状の形状を有し、
前記電波集束体は、前記第2主面から入射した電磁波を、前記第1主面側へ透過させるとともに前記第1主面側に形成される集束領域に集束させ、
前記集束領域は、前記第1主面と正対する方向から見た平面視で、前記電波集束部がある領域よりも外側に形成されたものである、電波集束体。
- [請求項2] 互いに対向する第1主面と第2主面とを有する基体と、
前記第1主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、
前記電波集束部は複数の導体領域を含み、
前記複数の導体領域は互いに所定の間隔で整列し、
前記導体領域は所定の幅を持つ帯状の形状を有し、
前記電波集束体は、前記第1主面から入射した電磁波を、前記第2主面側へ透過させるとともに前記第2主面側に形成される集束領域に集束させ、
前記集束領域は、前記第2主面と正対する方向から見た平面視で、前記電波集束部がある領域よりも外側に形成されたものである、電波集束体。
- [請求項3] 前記複数の導体領域は、前記幅が次第に増大または減少するように整列する、請求項1または2に記載の電波集束体。
- [請求項4] 前記複数の導体領域は互いに同一の間隔で整列し、前記幅は同一で

ある、請求項 1 または 2 に記載の電波集束体。

[請求項5] 前記複数の導体領域は、前記幅が前記複数の導体領域の延在方向において異なる形状を有する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の電波集束体。

[請求項6] 互いに対向する第 1 主面と第 2 主面とを有する基体と、
前記第 1 主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、

前記電波集束部は互いに隙間なく整列した複数の帯状領域を含み、

前記複数の帯状領域は同一の幅を有し、

前記複数の帯状領域の全部または一部は導体領域であり、

前記導体領域は所定の周期で繰り返される単位セルパターンにより形成され、

前記電波集束体は、前記第 2 主面から入射した電磁波を、前記第 1 主面側へ透過させるとともに前記第 1 主面側に形成される集束領域に集束させ、

前記集束領域は、前記第 1 主面と正対する方向から見た平面視で、前記電波集束部がある領域よりも外側に形成されたものであり、

2 以上の自然数を n 、 n 以上の自然数を m 、任意の基準位相を ϕ としたとき、前記互いに隙間なく整列した複数の帯状領域のうちの n 番目の帯状領域を透過する前記電磁波の位相が $\phi + 2\pi n/m$ である、電波集束体。

[請求項7] 互いに対向する第 1 主面と第 2 主面とを有する基体と、
前記第 1 主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、

前記電波集束部は互いに隙間なく整列した複数の帯状領域を含み、

前記複数の帯状領域は同一の幅を有し、

前記複数の帯状領域の全部または一部は導体領域であり、

前記導体領域は所定の周期で繰り返される単位セルパターンにより形

成され、

前記電波集束体は、前記第1主面から入射した電磁波を、前記第2主面側へ透過させるとともに前記第2主面側に形成される集束領域に集束させ、

前記集束領域は、前記第2主面と正対する方向から見た平面視で、前記電波集束部がある領域よりも外側に形成されたものであり、

2以上の自然数を n 、 n 以上の自然数を m 、任意の基準位相を ϕ としたとき、前記互いに隙間なく整列した複数の帯状領域のうちの n 番目の帯状領域を透過する前記電磁波の位相が $\phi + 2\pi n/m$ である、電波集束体。

[請求項8] 前記電波集束部は、前記第1主面に加えて、前記第2主面にも設けられている、請求項6又は7に記載の電波集束体。

[請求項9] 互いに対向する第1主面と第2主面とを有する基体と、
前記第1主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であって、

前記電波集束部は整列した複数の帯状領域を含み、

前記複数の帯状領域は導体領域であり、

前記電波集束体は、前記第1主面から入射した電磁波を、前記第2主面側へ透過させるとともに前記第2主面側に形成される集束領域に集束させ、

前記複数の帯状領域の第1辺（下辺）と前記集束領域との距離を D_{2n-1} 、前記複数の帯状領域の第2辺（上辺）と集束領域 F_1 とのZ軸方向の距離を D_{2n} とし、入射電磁波の波長を λ とすると、下記（1）式又は下記（2）式の関係が成り立つ、電波集束体。

$$D_n^2 = n f_1 \lambda \quad \cdots (1)$$

$$D_n^2 = n f_1 \lambda + (n \lambda / 2)^2 \quad \cdots (2)$$

[請求項10] 互いに対向する第1主面と第2主面とを有する基体と、
前記第1主面に設けられた電波集束部と、を有する電波集束体であ

って、

前記電波集束部は整列した複数の帯状領域を含み、

前記複数の帯状領域は同一の幅を有し、

前記複数の帯状領域は導体領域であり、

前記電波集束体は、前記第1主面から入射した電磁波を、前記第2主面側へ透過させるとともに前記第2主面側に形成される集束領域に集束させ、

前記複数の帯状領域のうちの隣接する帯状領域の中心同士のZ軸方向の間隔を d 、前記複数の帯状領域によって電磁波が屈折する方向を θ 、入射電磁波の波長を λ 、自然数を s とすると、下記の(3)式の関係が成り立つ、電波集束体。

$$d \sin \theta = s \lambda \quad \cdots (3)$$

[請求項11] 前記導体領域は、酸化亜鉛 (ZnO)、酸化スズ (SnO_2)、スズドープ酸化インジウム (ITO)、酸化インジウム・酸化スズ (IZO)、窒化チタン (TiN)、窒化クロム (CrN)、銅 (Cu)、銀 (Ag)、アルミニウム (Al)、クロム (Cr)、ニッケル (Ni)、金 (Au)、白金 (Pt)、錫 (Sn) および鉄 (Fe) で構成される群から選択される少なくとも1つを含む、請求項1～10のいずれか1項に記載の電波集束体。

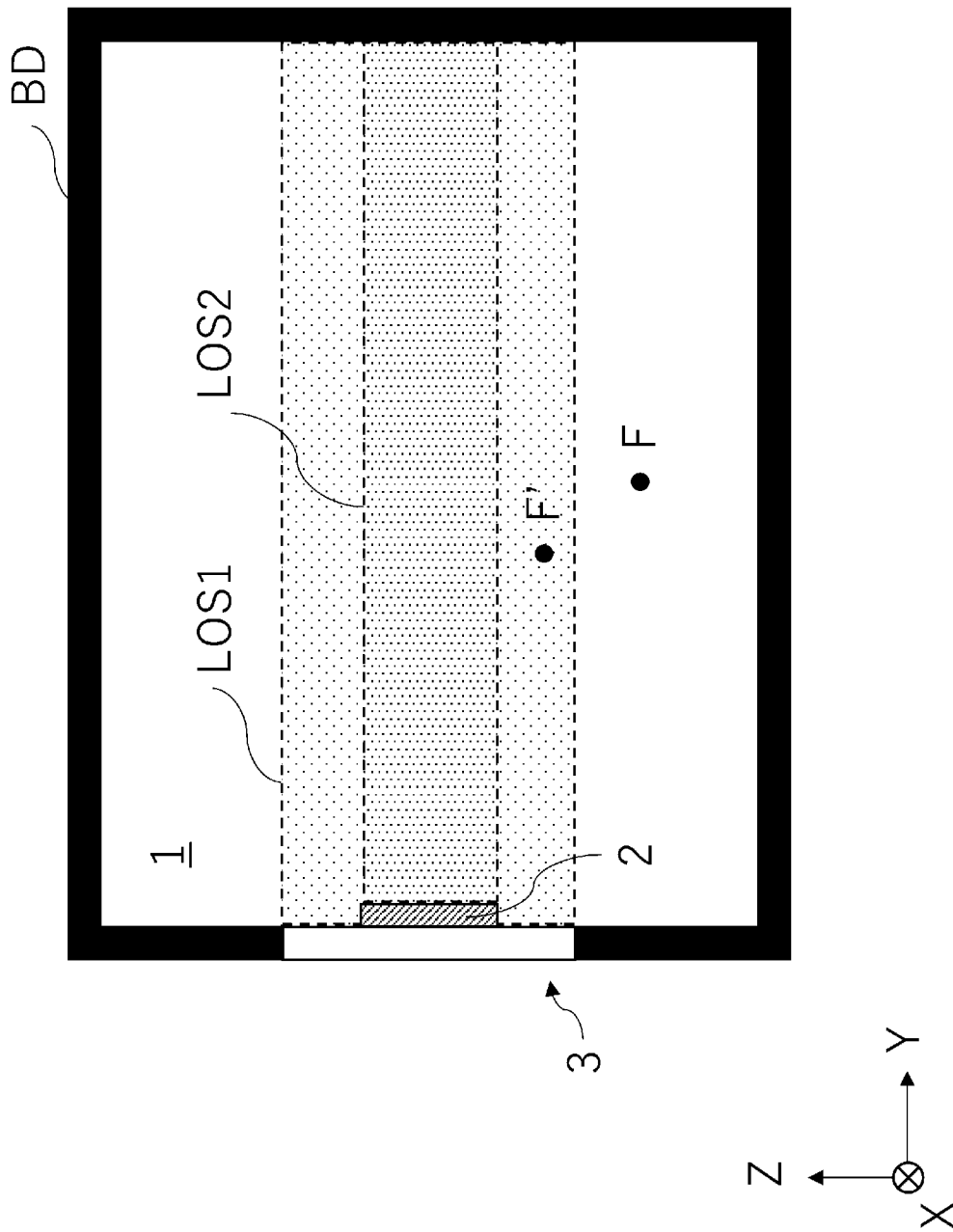
[請求項12] 前記電磁波は $0.3\text{GHz} \sim 300\text{GHz}$ の周波数を有する、請求項1～11のいずれか1項に記載の電波集束体。

[請求項13] 前記基体がガラスである請求項1～12のいずれか1項に記載の電波集束体を有する、窓ガラス。

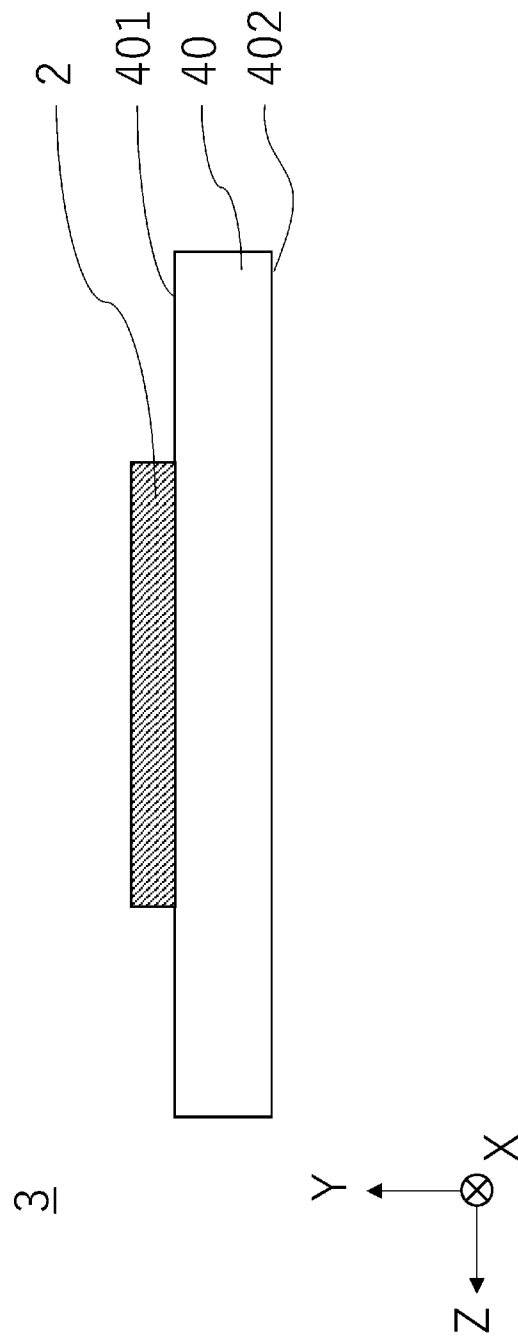
[請求項14] 前記基体が樹脂である請求項1～12のいずれか1項に記載の電波集束体と、

樹脂層を介して前記第1主面側または前記第2主面側に接着されたガラス板とを有する、窓ガラス。

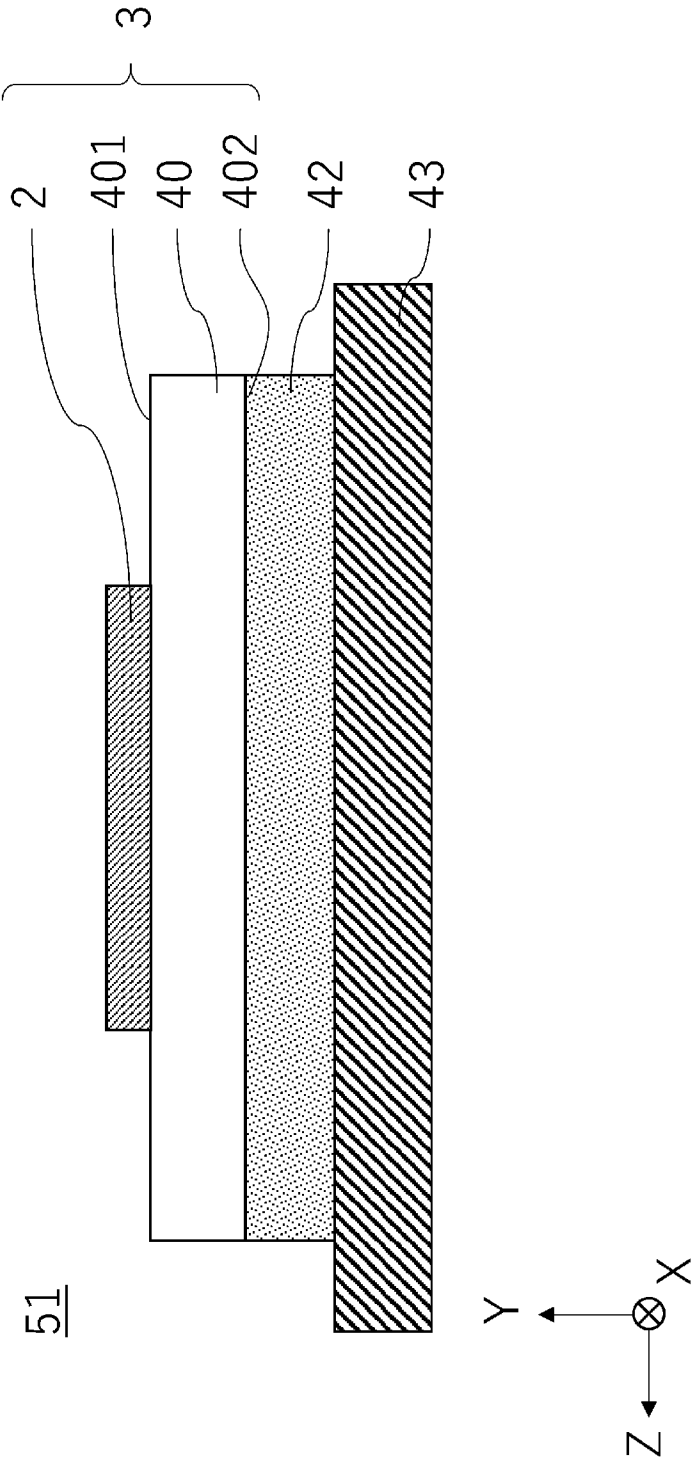
[図1]



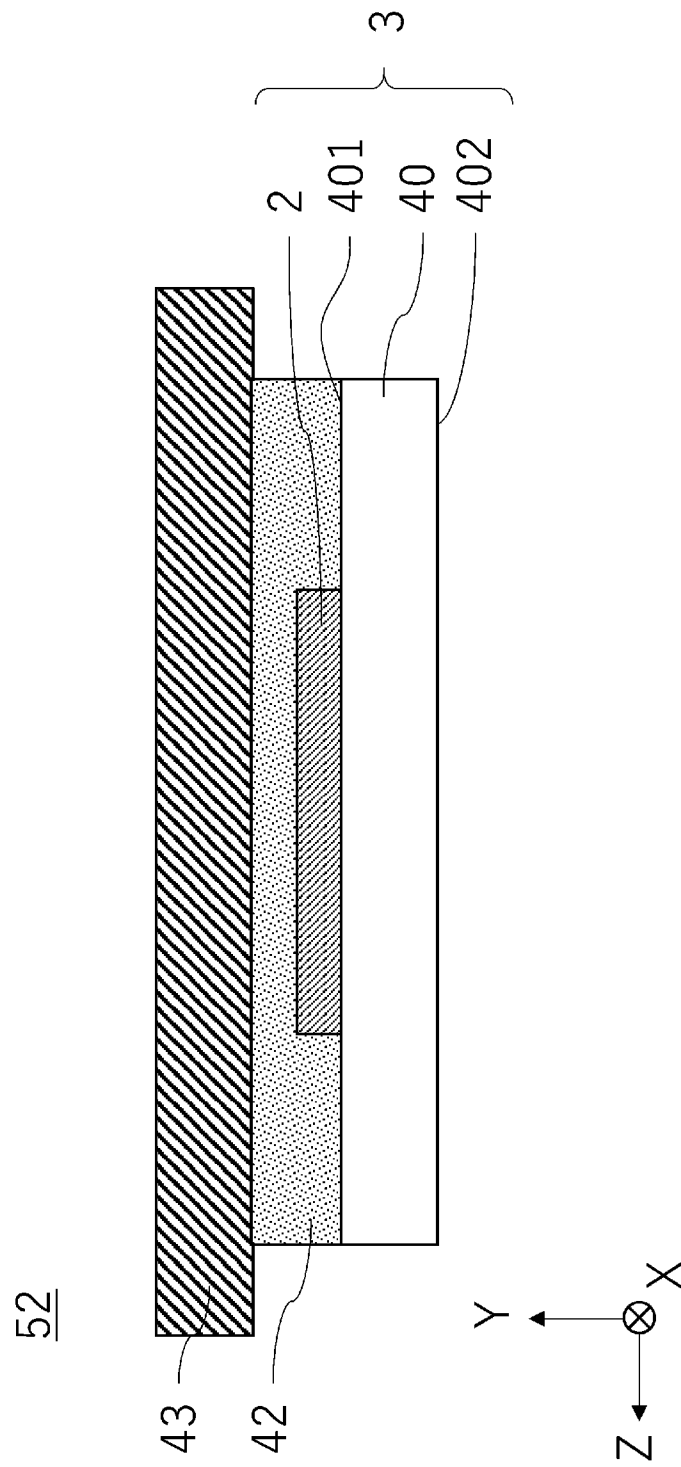
[図2]



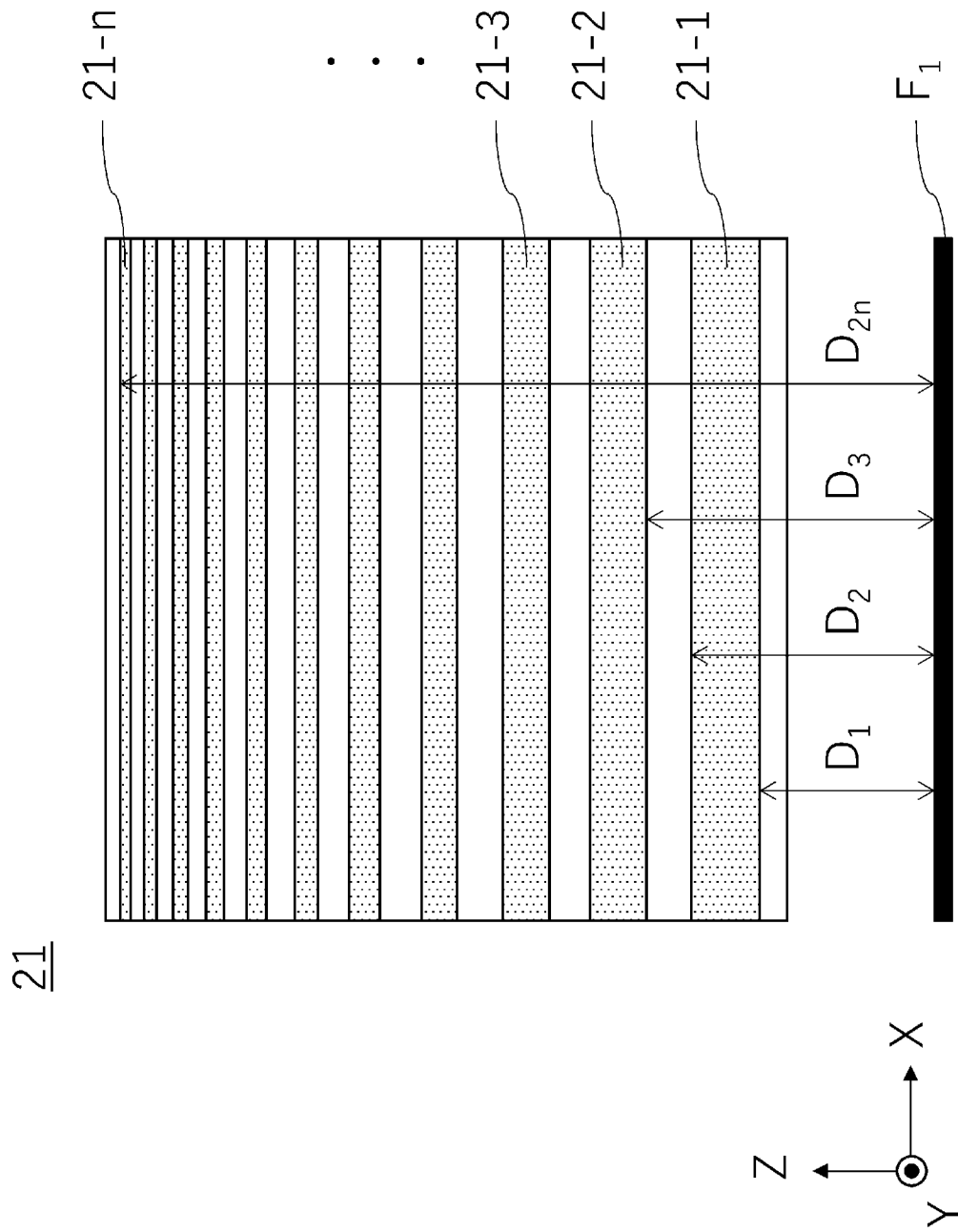
[図3A]



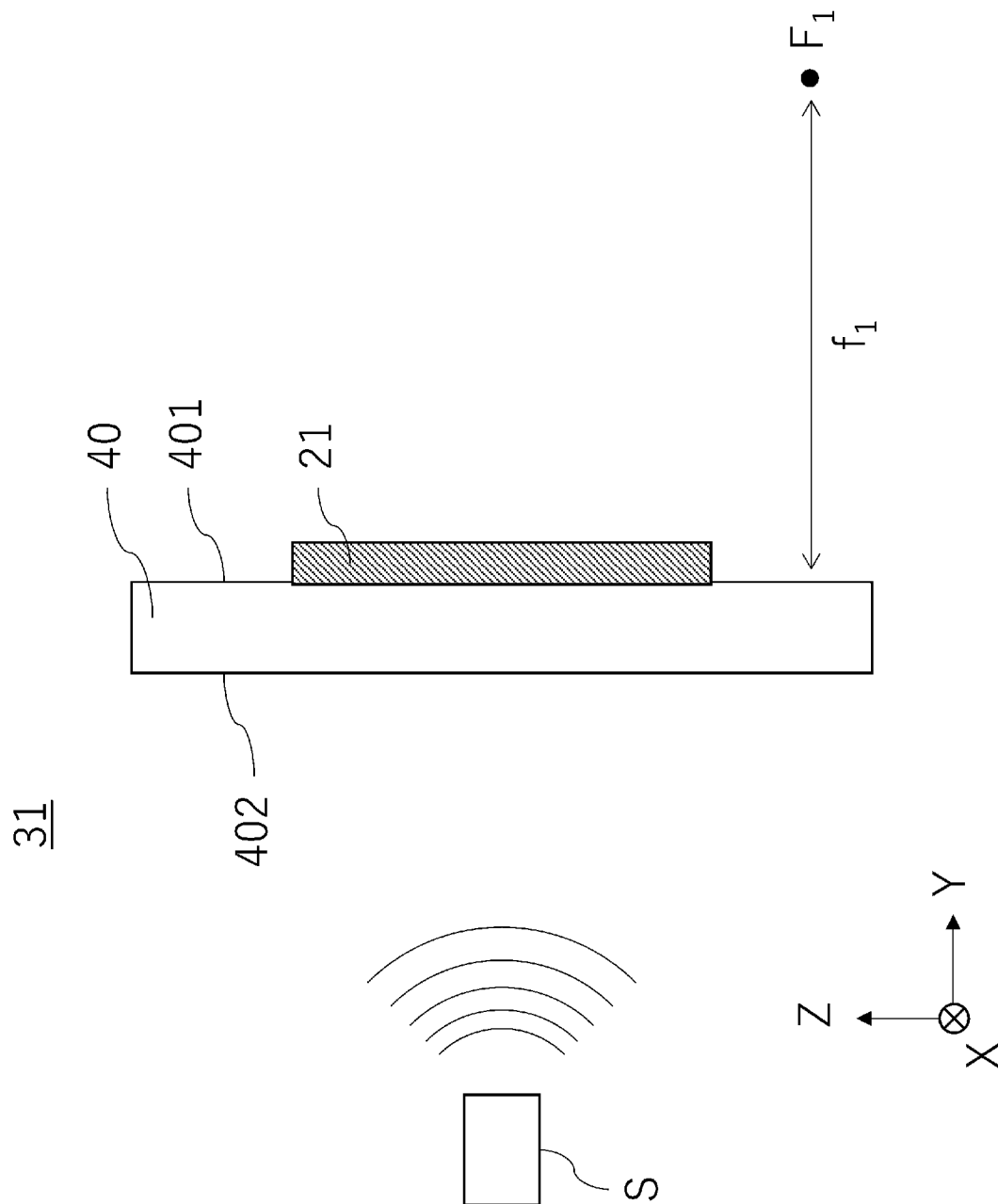
[図3B]



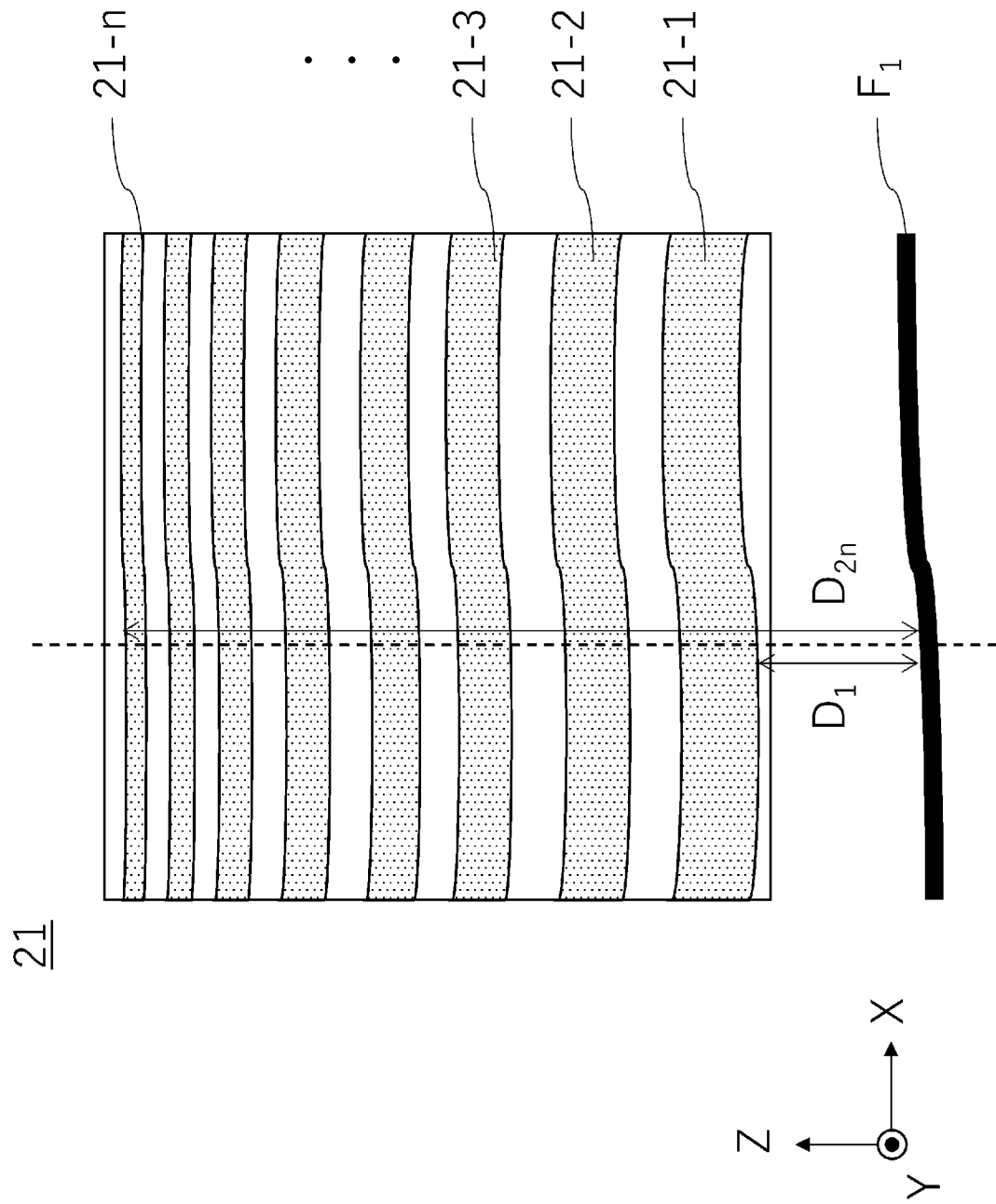
[図4A]



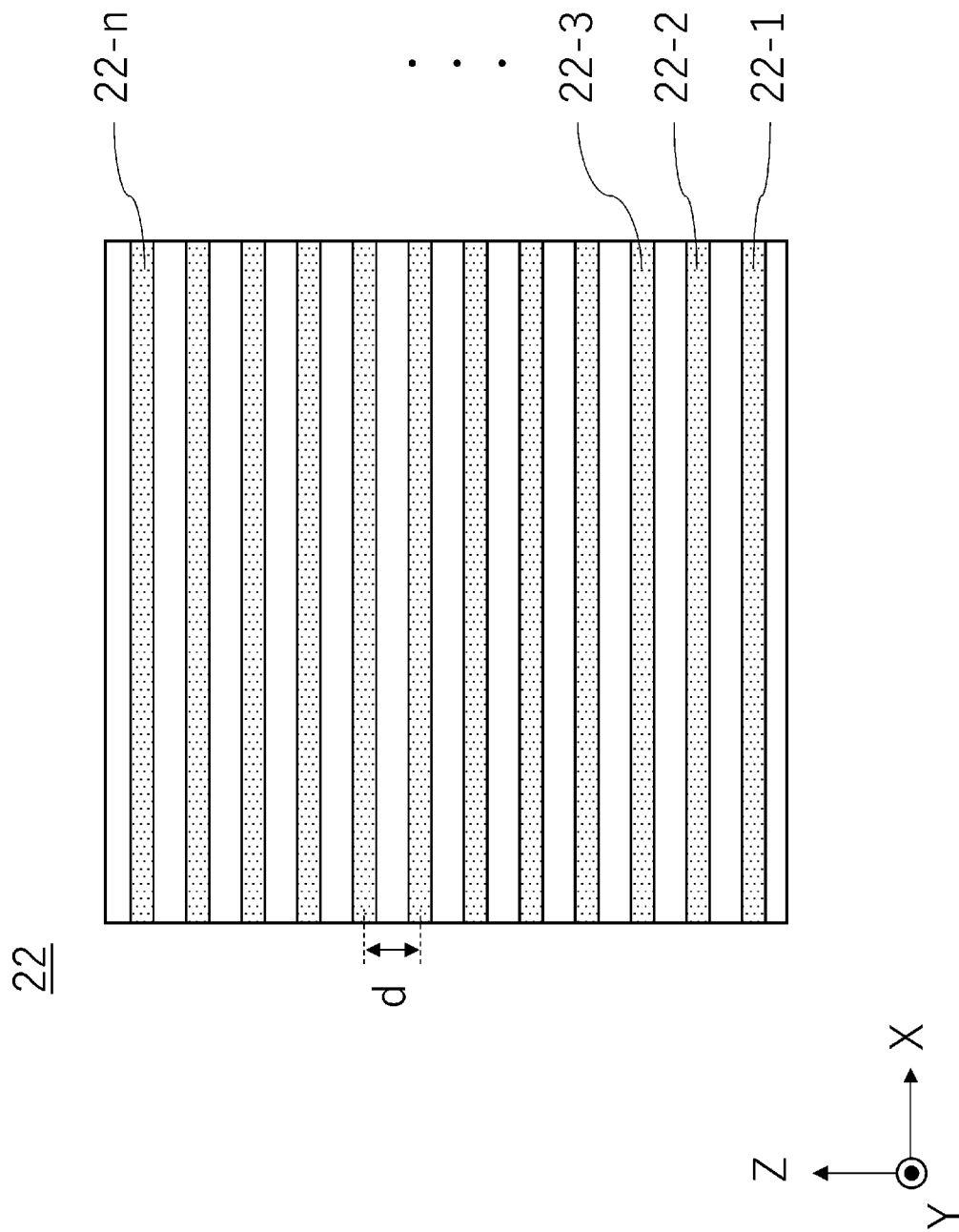
[図4B]



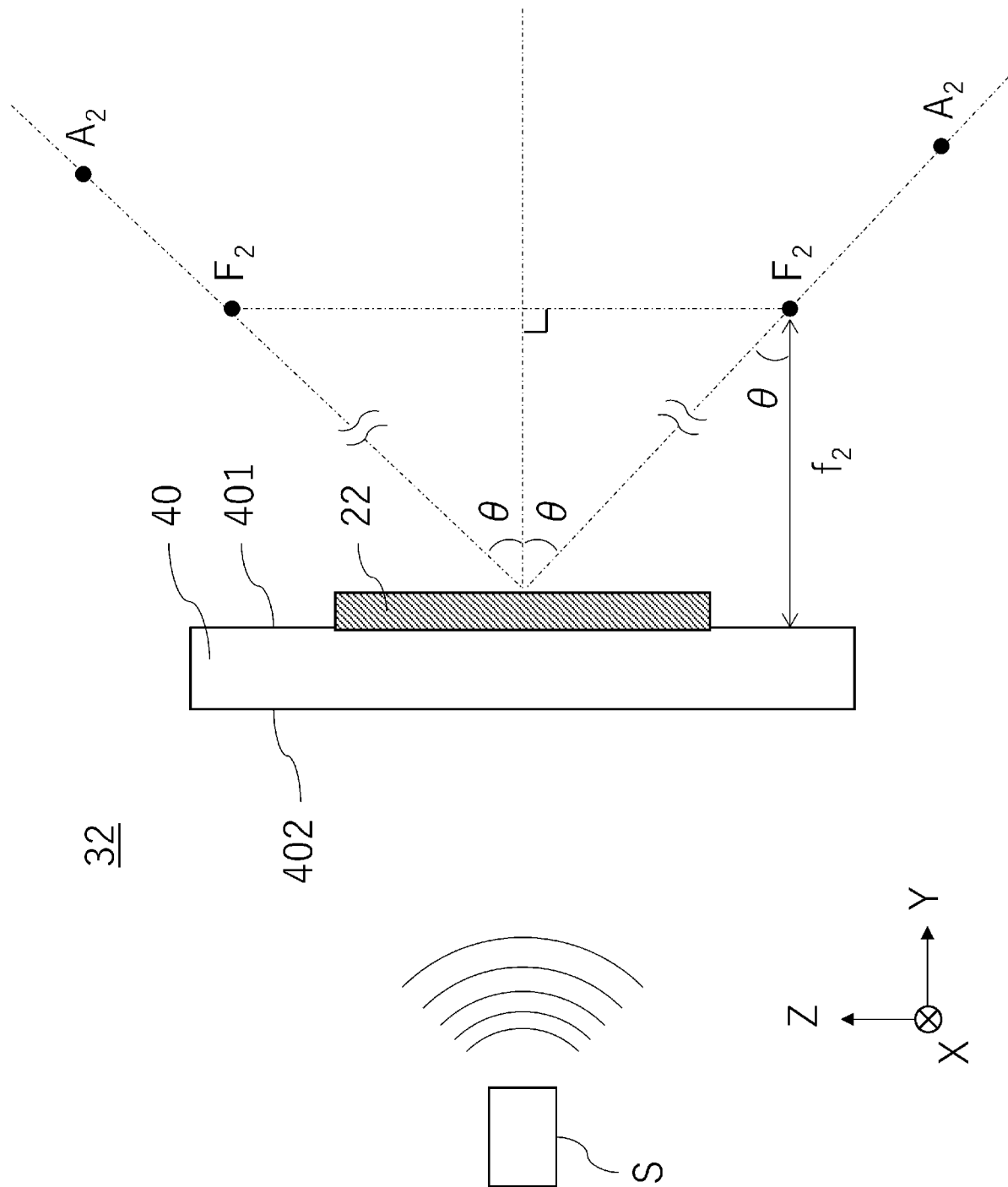
[図4C]



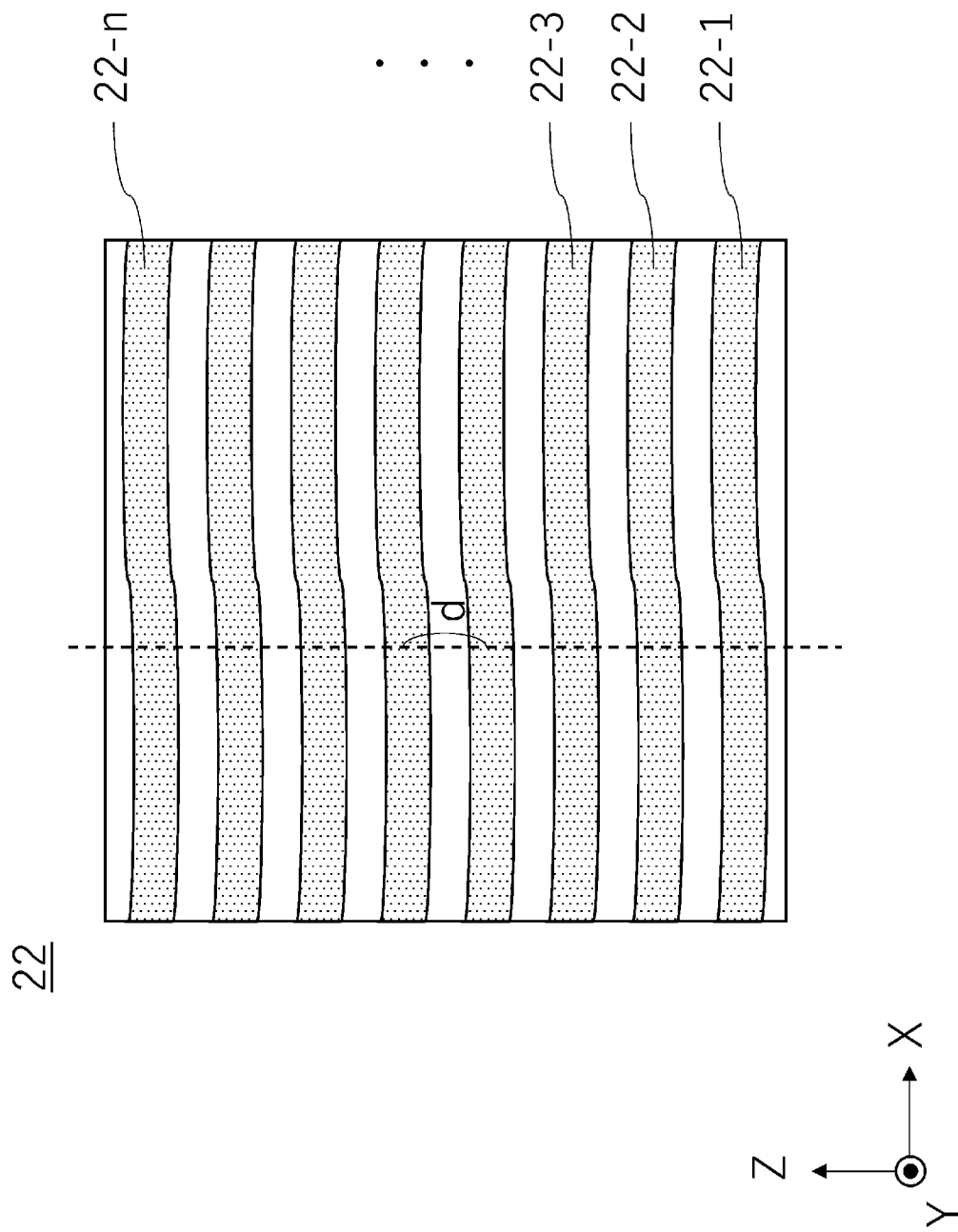
[図5A]



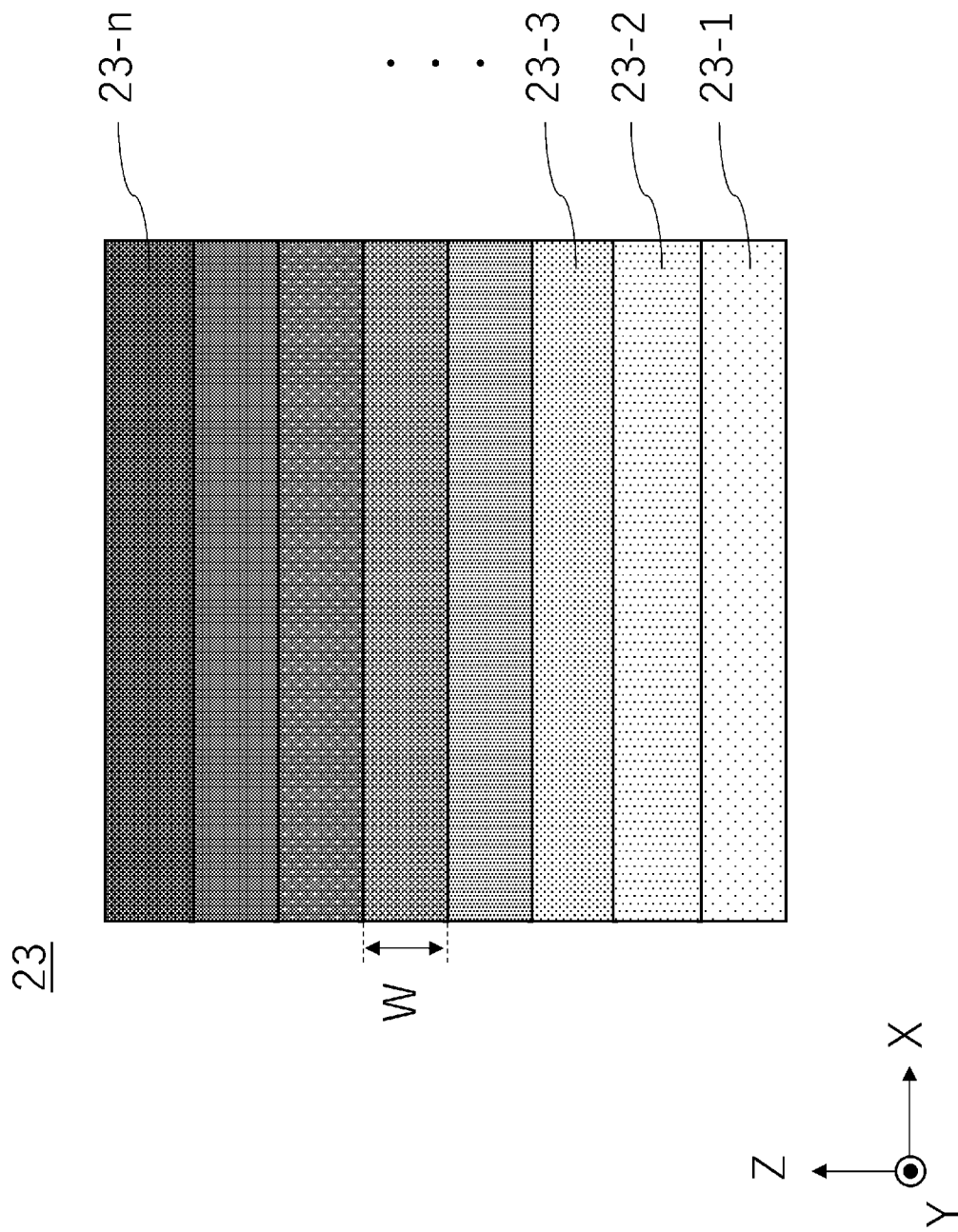
[図5B]



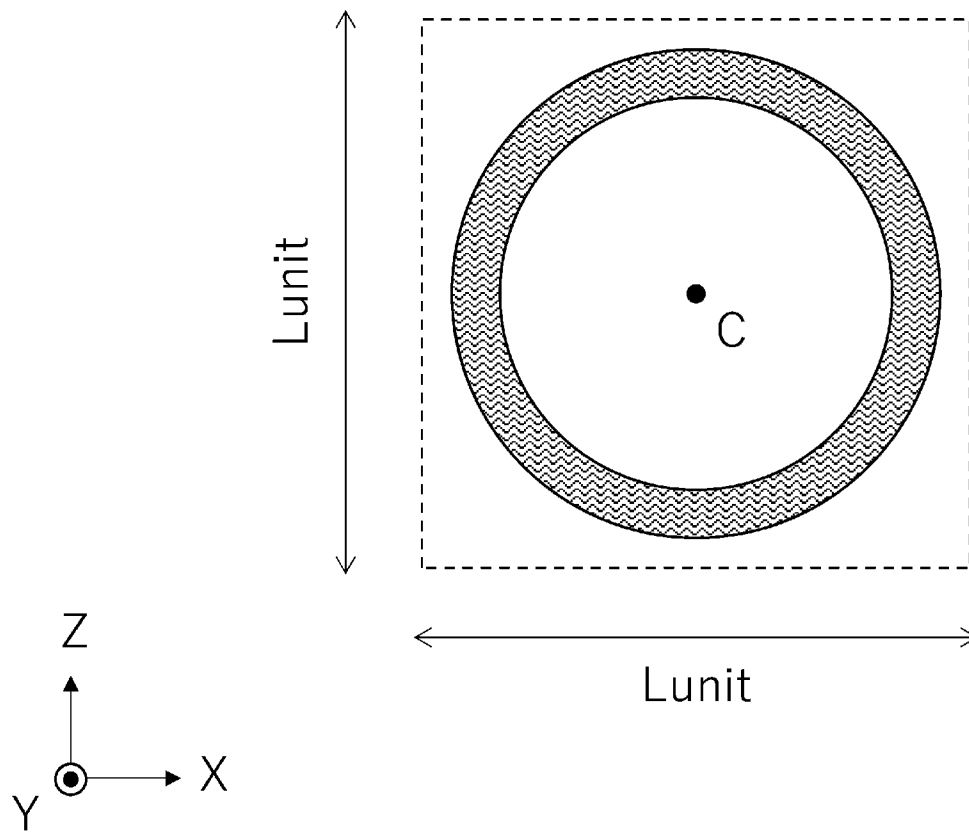
[図5C]



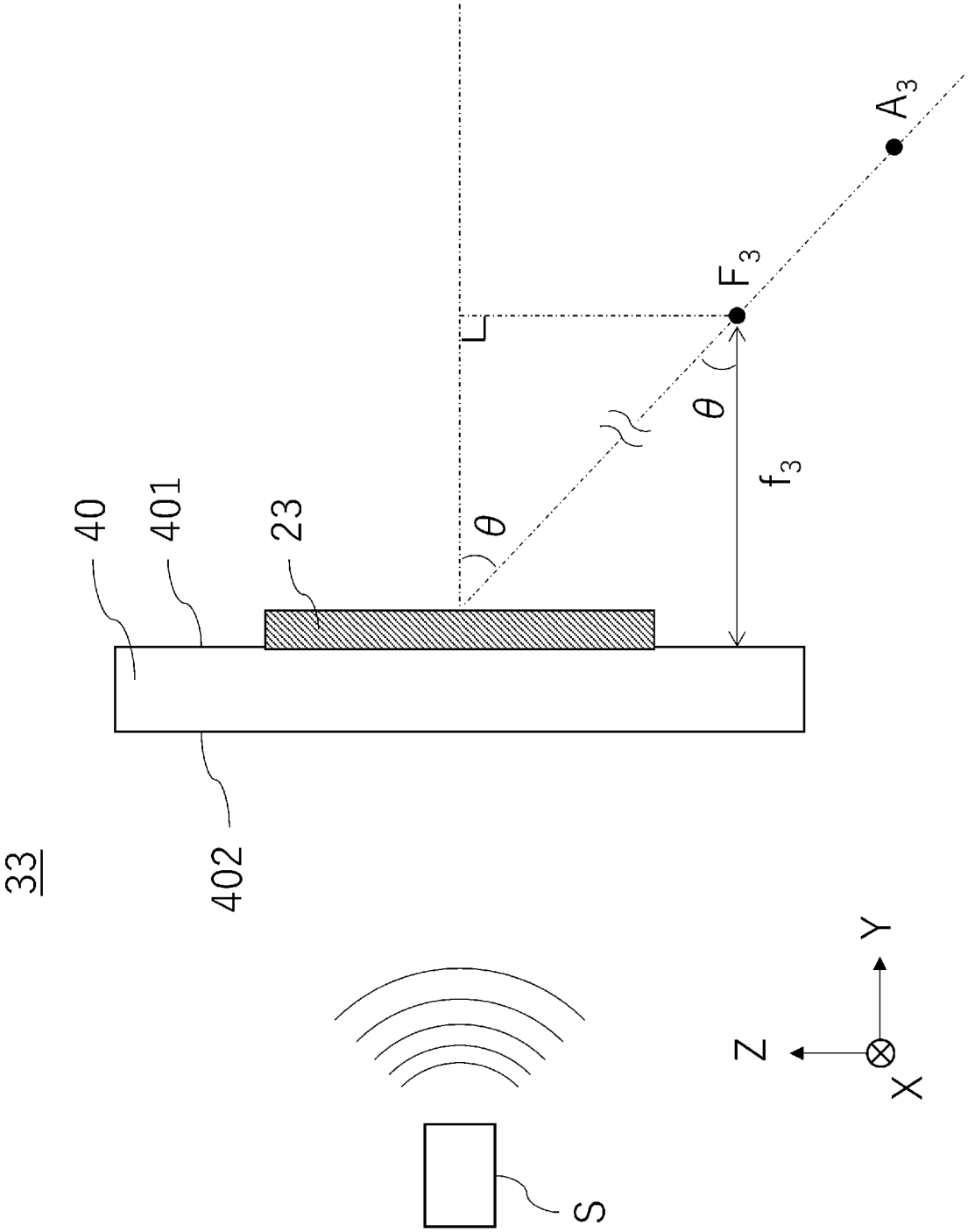
[図6A]



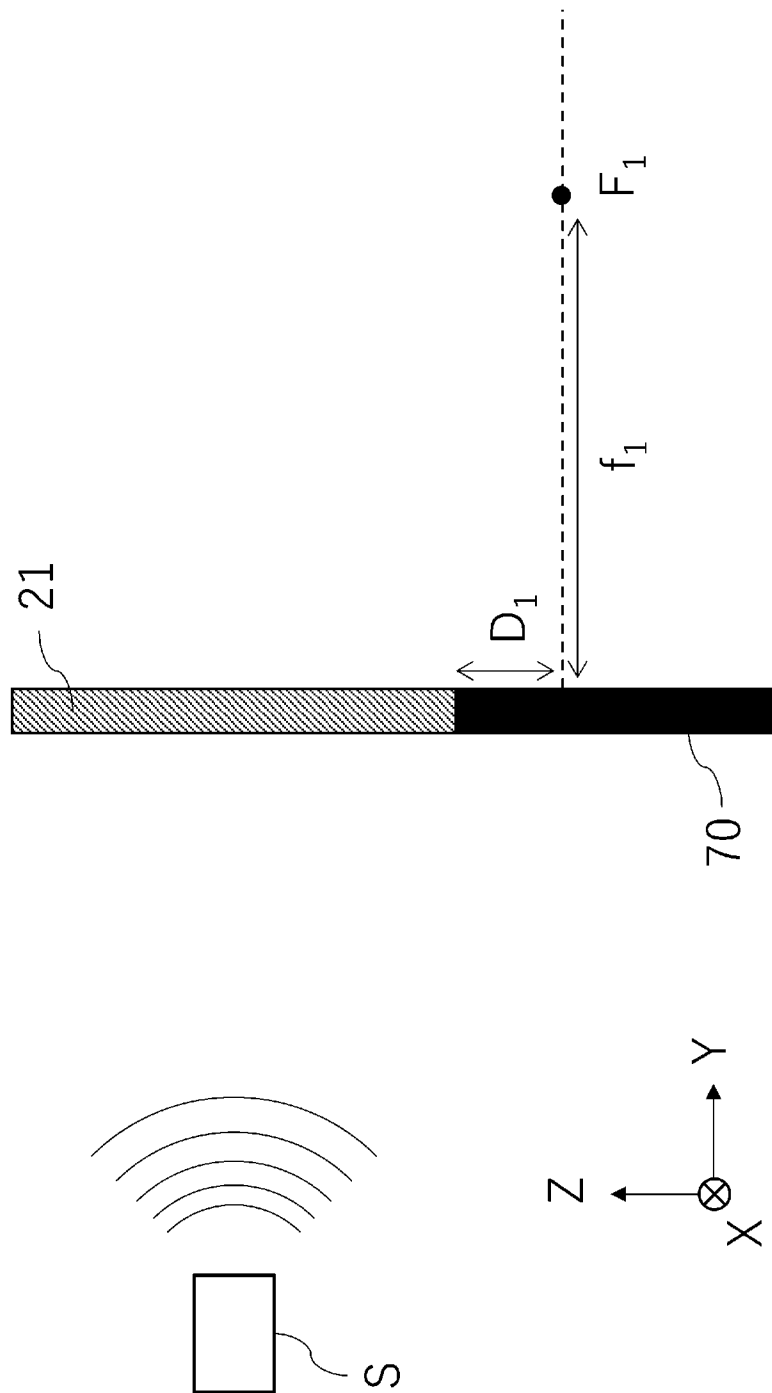
[図6B]

23unit

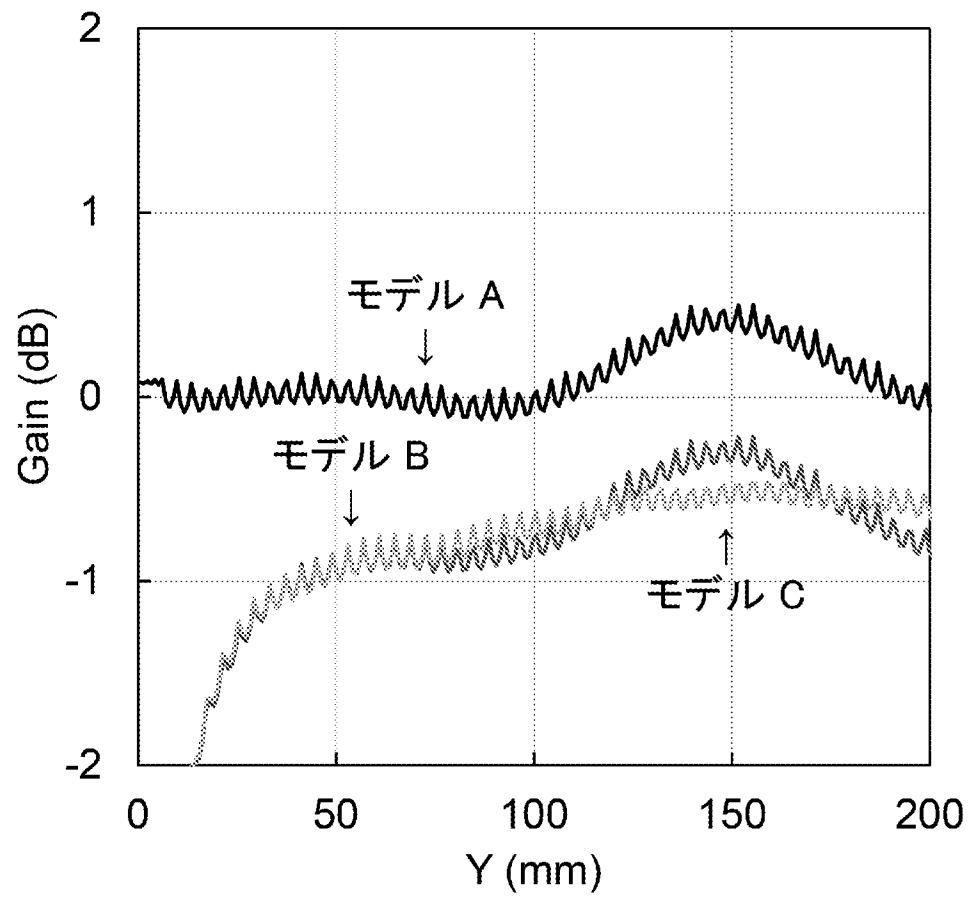
[図6C]



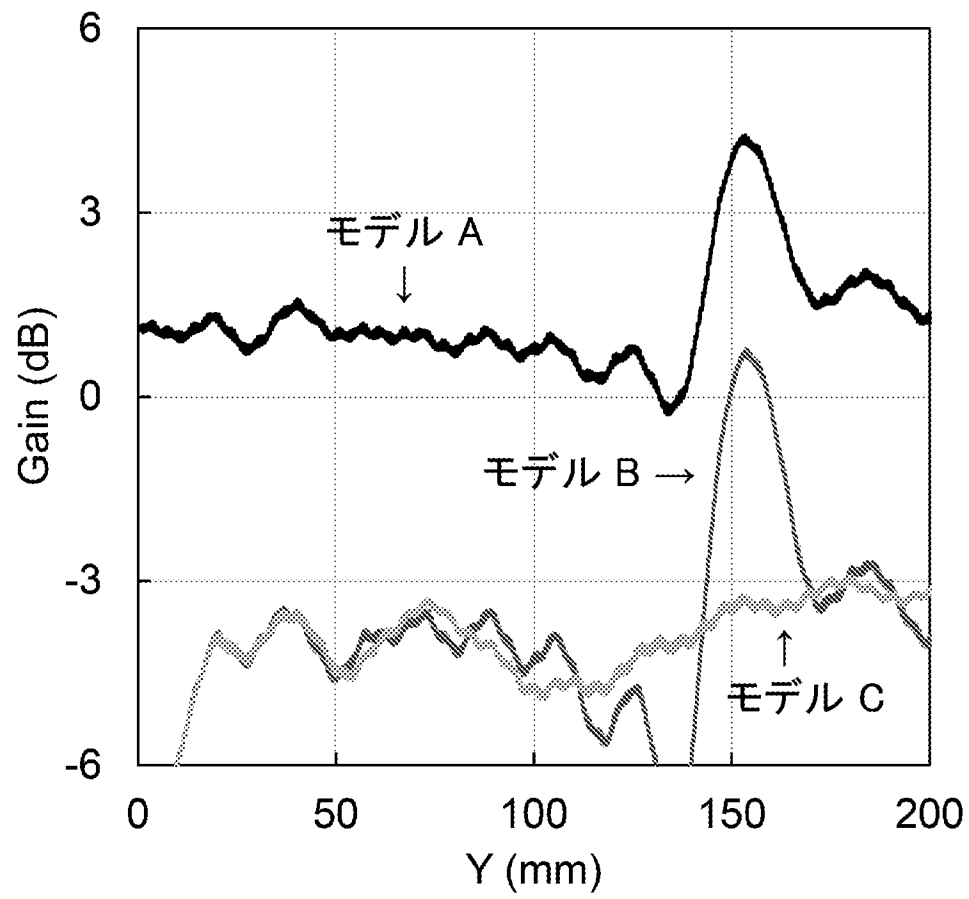
[図7]



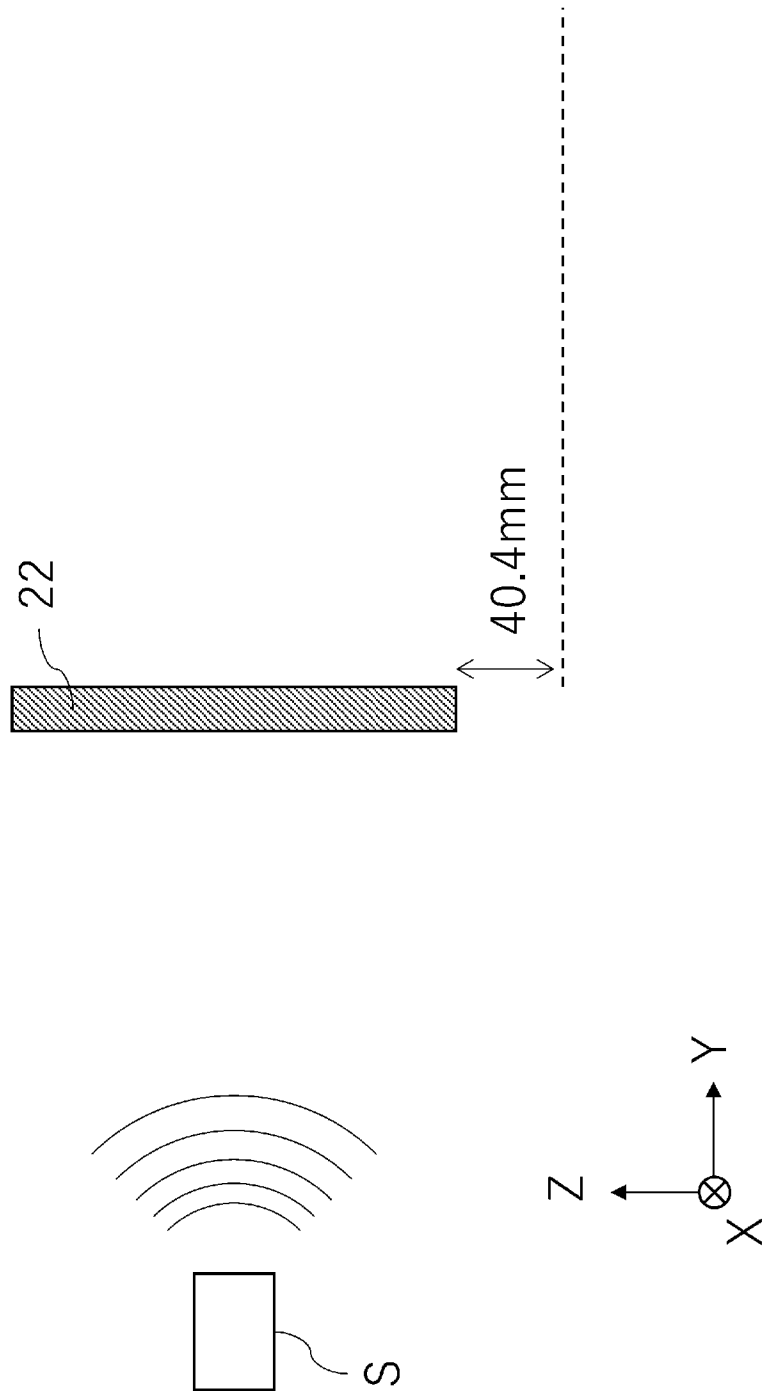
[図8]



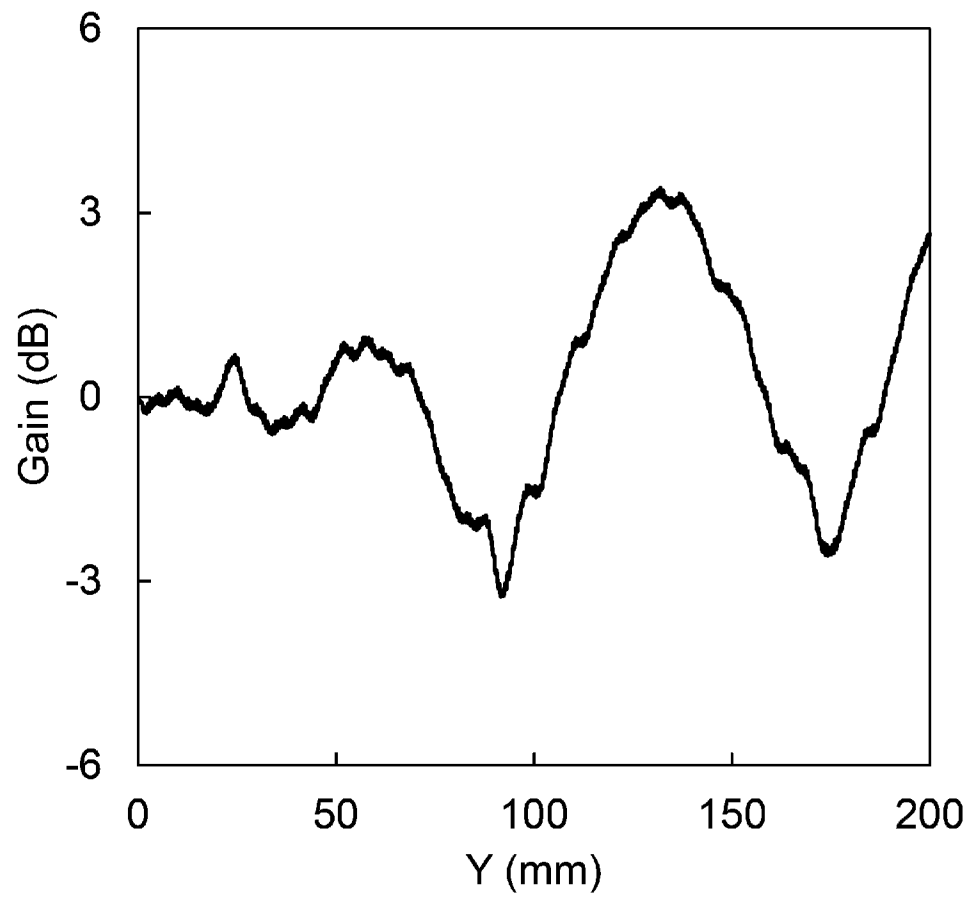
[図9]



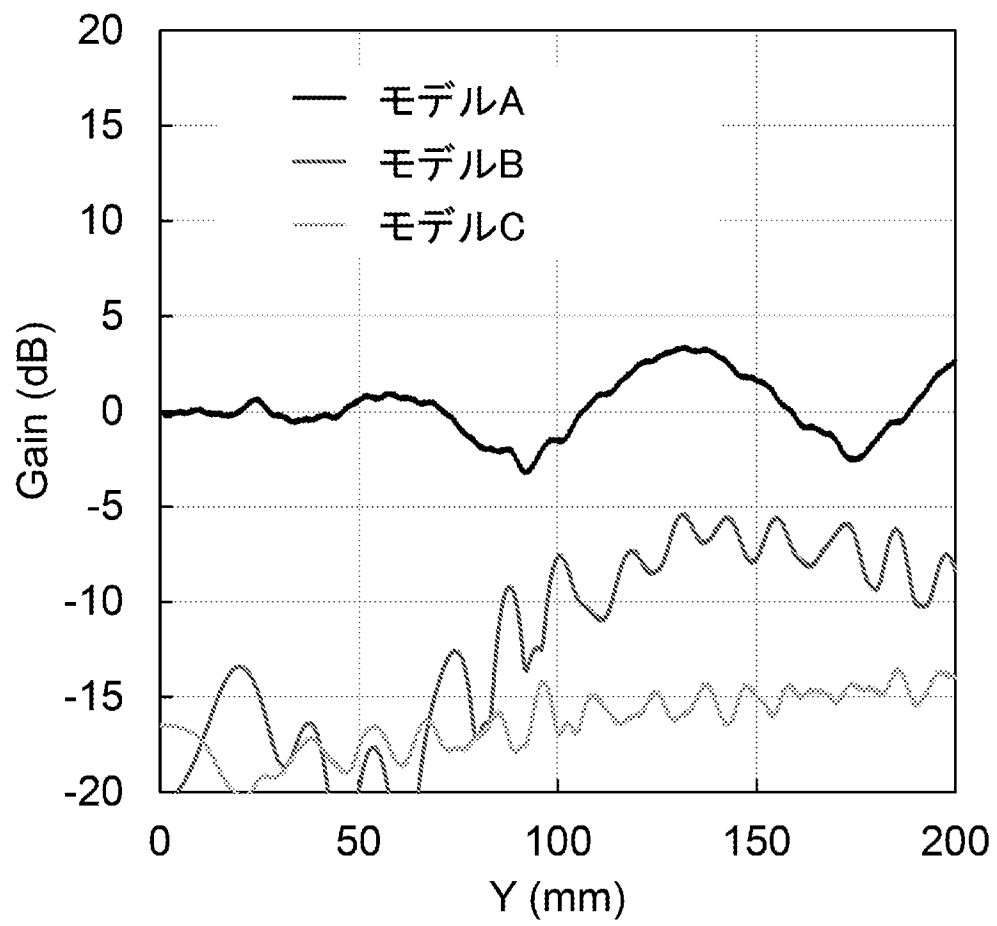
[図10]



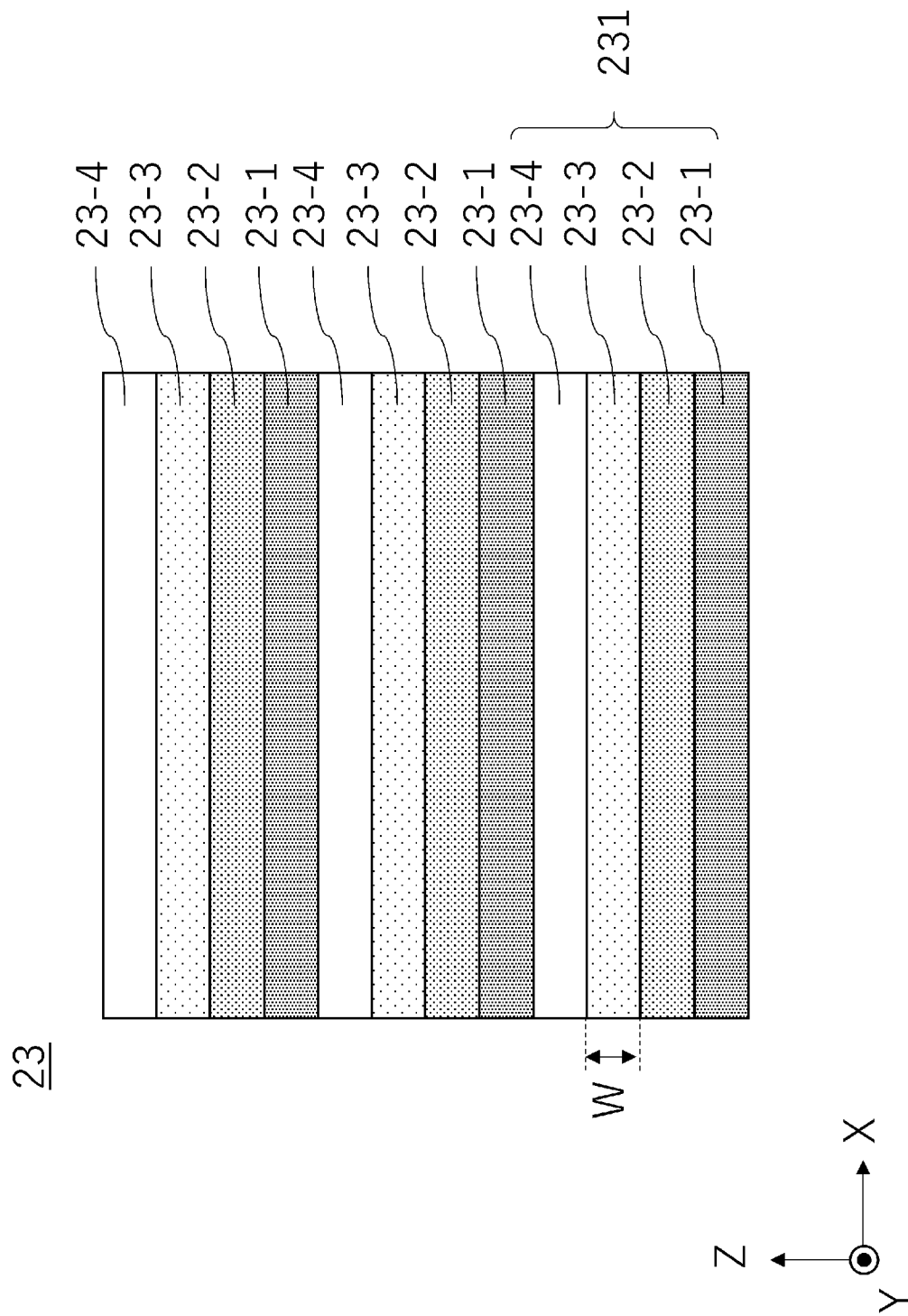
[図11A]



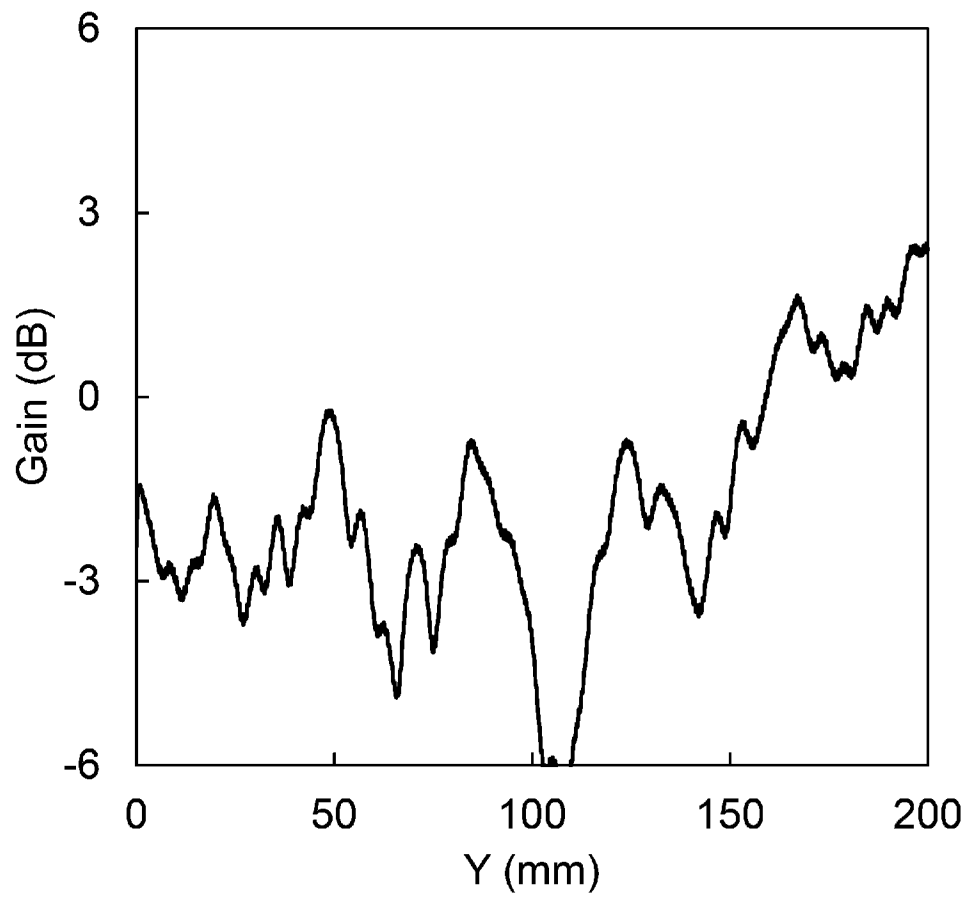
[図11B]



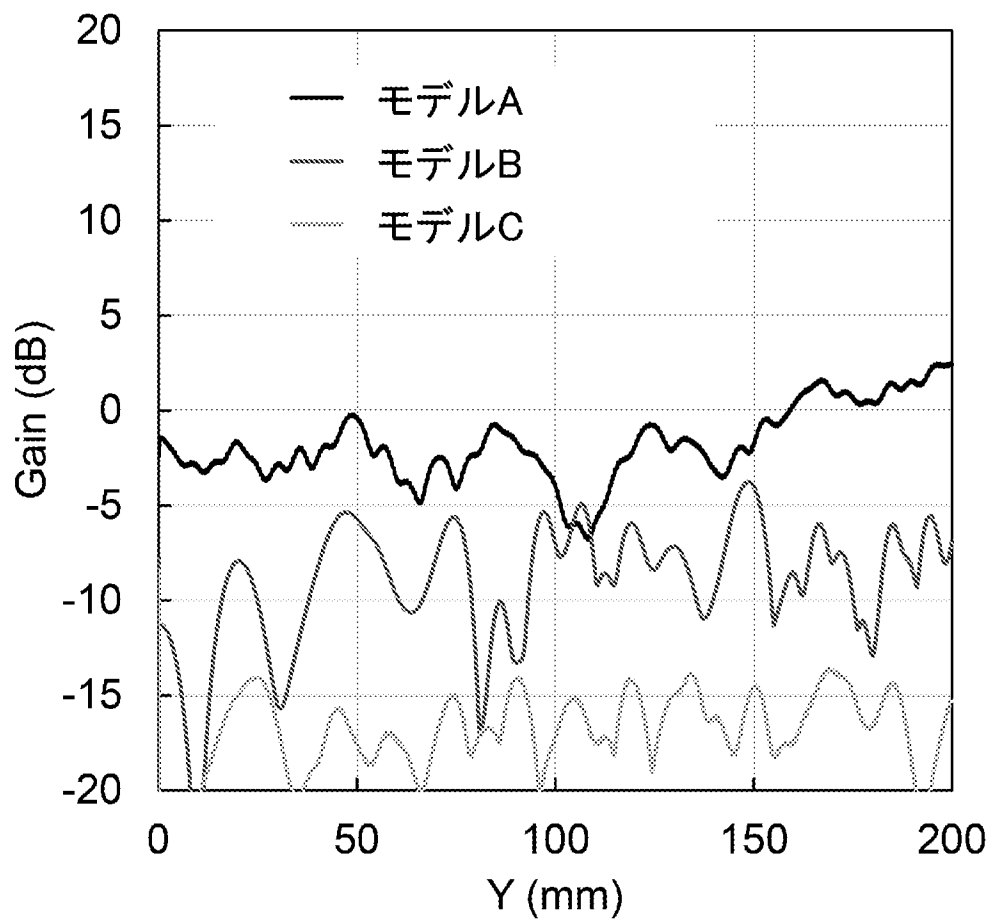
[図12A]



[図12B]



[図12C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/047596

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01Q 15/10**(2006.01)i

FI: H01Q15/10

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)

H01Q15/10

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-191982 A (KOBELSTEEL LTD) 14 July 2005 (2005-07-14) paragraphs [0019], [0024], fig. 1-2, 4	1-14
Y	JP 2002-164735 A (KOBELSTEEL LTD) 07 June 2002 (2002-06-07) paragraphs [0024]-[0026], fig. 2(c), 7	1-14
Y	JP 51-12755 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 31 January 1976 (1976-01-31) p. 3, upper left column, lines 10-14, fig. 5	8
Y	JP 4-134909 A (ARIMURA GIKEN KK) 08 May 1992 (1992-05-08) p. 5, upper right column, lines 2-9, fig. 1	13-14
A	WO 2019/198702 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 17 October 2019 (2019-10-17) paragraph [0078], fig. 14	1-14



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

07 February 2023

Date of mailing of the international search report

21 February 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

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/JP2022/047596

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2005-191982	A	14 July 2005	(Family: none)	
JP	2002-164735	A	07 June 2002	(Family: none)	
JP	51-12755	A	31 January 1976	(Family: none)	
JP	4-134909	A	08 May 1992	(Family: none)	
WO	2019/198702	A1	17 October 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01Q 15/10(2006.01)i FI: H01Q15/10										
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）） H01Q15/10 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 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023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 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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								
Y	JP 2005-191982 A（株式会社神戸製鋼所）14.07.2005（2005 - 07 - 14） 段落[0019], [0024], 図1-2, 4	1-14								
Y	JP 2002-164735 A（株式会社神戸製鋼所）07.06.2002（2002 - 06 - 07） 段落[0024]-[0026], 図2(c), 7	1-14								
Y	JP 51-12755 A（三菱電機株式会社）31.01.1976（1976 - 01 - 31） 第3ページ左上欄第10-14行, 図5	8								
Y	JP 4-134909 A（アリムラ技研株式会社）08.05.1992（1992 - 05 - 08） 第5ページ右上欄第2-9行, 図1	13-14								
A	WO 2019/198702 A1（株式会社村田製作所）17.10.2019（2019 - 10 - 17） 段落[0078], 図14	1-14								
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 “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 07.02.2023		国際調査報告の発送日 21.02.2023								
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） 鈴木 肇 5K 9847 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/JP2022/047596

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2005-191982	A	14.07.2005	(ファミリーなし)	
JP	2002-164735	A	07.06.2002	(ファミリーなし)	
JP	51-12755	A	31.01.1976	(ファミリーなし)	
JP	4-134909	A	08.05.1992	(ファミリーなし)	
WO	2019/198702	A1	17.10.2019	(ファミリーなし)	