

(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
2024年12月19日(19.12.2024)



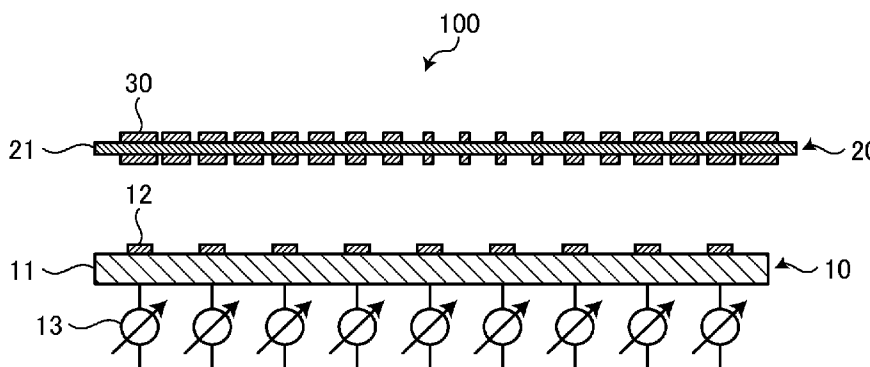
(10) 国際公開番号

WO 2024/257350 A1

- (51) 国際特許分類:
H01Q 3/46 (2006.01) *H01Q 21/08* (2006.01)
H01Q 19/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/022478
- (22) 国際出願日: 2023年6月16日(16.06.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 平松 信樹 (HIRAMATSU, Nobuki); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎ノ門ダイビルイースト 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, 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, MU, 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.

(54) Title: ANTENNA DEVICE AND RADIO WAVE CONTROL PLATE

(54) 発明の名称: アンテナ装置および電波制御板



(57) Abstract: This antenna device includes: a phased array antenna including a plurality of antenna elements; and a control unit that is provided in the transmission direction of a transmission radio wave transmitted by the phased array antenna, that is formed so that the transmission phase differs depending on the position where the transmission radio wave is incident, and that controls the transmission radio wave so as to form a prescribed beam pattern. The antenna elements are arranged at an interval wider than the half wavelength of the transmission radio wave.



WO 2024/257350 A1

(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, SC, 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))

(57) 要約: アンテナ装置は、複数のアンテナ素子を含むフェーズドアレイアンテナと、フェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の送信方向に設けられ、送信電波が入射した位置によって透過位相が異なるように形成され、所定のビームパターンが形成されるように送信電波を制御する制御部と、を含む。複数のアンテナ素子は、送信電波の半波長よりも広い間隔で配列されている。

明 細 書

発明の名称： アンテナ装置および電波制御板

技術分野

[0001] 本開示は、アンテナ装置および電波制御板に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1に記載されているように、複数のサブアレイを有するフェーズドアレイアンテナが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2019-503621号公報

発明の概要

[0004] 本開示のアンテナ装置は、複数のアンテナ素子を含むフェーズドアレイアンテナと、前記フェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の送信方向に設けられ、前記送信電波が入射した位置によって透過位相が異なるように形成され、所定のビームパターンが形成されるように前記送信電波を制御する制御部と、を含み、複数の前記アンテナ素子は、前記送信電波の半波長よりも広い間隔で配列されている。

[0005] 本開示の電波制御板は、複数のアンテナ素子を含むフェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の送信方向に設けられ、2次元状に配列された複数の単位構造を含み、複数の前記単位構造の位相は、前記送信電波の波長に応じた、前記送信電波を拡散させる透過位相の分布を有する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、フェーズドアレイアンテナの概要を説明するための図である。

[図2]図2は、フェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の信号レベルを説明するための図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係るフェーズドアレイアンテナの構成例を説明するための図である。

[図4]図4は、第1実施形態に係るフェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の信号レベルを説明するための図である。

[図5]図5は、第1実施形態に係るアンテナ装置の構成例を示す図である。

[図6]図6は、第1実施形態に係る電波制御板の構成例を示す図である。

[図7]図7は、比較例に係るフェーズドアレイアンテナの送信電波の送信方向を説明するための図である。

[図8]図8は、第1実施形態に係るアンテナ装置の送信電波の送信方向を説明するための図である。

[図9]図9は、第1実施形態に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。

[図10]図10は、第1実施形態に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。

[図11]図11は、第1実施形態に係る電波制御板の透過係数を算出する条件を説明するための図である。

[図12]図12は、第1実施形態の第1比較例に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。

[図13]図13は、第1実施形態の第1比較例に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果を示す図である。

[図14]図14は、第1実施形態の第2比較例に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。

[図15]図15は、第1実施形態の第2比較例に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果を示す図である。

[図16]図16は、第1実施形態に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。

[図17]図17は、第1実施形態に係る電波制御板の単位構造の位相分布を設定する方法を説明するための図である。

[図18]図18は、第1実施形態に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果を示す図である。

[図19]図19は、第2実施形態に係るアンテナ装置の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、添付図面を参照して、本発明に係る実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、以下の実施形態において、同一の部位には同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

[0008] 以下の説明においては、XYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部の位置関係について説明する。水平面内のX軸と平行な方向をX軸方向とし、X軸と直交する水平面内のY軸と平行な方向をY軸方向とし、水平面と直交するZ軸と平行な方向をZ軸方向とする。また、X軸およびY軸を含む平面を適宜XY平面と称し、X軸およびZ軸を含む平面を適宜XZ平面と称し、Y軸およびZ軸を含む平面を適宜YZ平面と称する。XY平面は、水平面と平行である。XY平面とXZ平面とYZ平面とは直交する。

[0009] [概要]

(フェーズドアレイアンテナ)

図1を用いて、フェーズドアレイアンテナの概要について説明する。図1は、フェーズドアレイアンテナの概要を説明するための図である。

[0010] 図1に示すように、フェーズドアレイアンテナ10aは、基板11と、複数のアンテナ素子12と、複数の移相器13と、を含む。

[0011] 基板11は、例えば、複数のアンテナ素子12が配置される誘電体基板である。

[0012] 複数のアンテナ素子12は、XY平面において、基板11上に等間隔で1次元または2次元のアレイ状に配置されている。複数のアンテナ素子12は、+Z軸方向の所定の方向に向かって送信電波を送信する。複数のアンテナ素子12は、+Z軸方向の所定の方向から到来する受信電波を受信する。アンテナ素子12間の間隔D1は、アンテナ素子12が送受信する電波の波長

を λ とすると $\lambda/2$ である。図1に示す例では、例えば、32個のアンテナ素子12がX軸方向に沿って $\lambda/2$ 間隔で1次元状に配列されている。

[0013] 複数の移相器13は、アンテナ素子12ごとに設けられている。複数の移相器13は、それぞれ、対応するアンテナ素子12の位相を制御する。複数の移相器13は、対応するアンテナ素子12の位相を制御することで、送受信する電波の指向性を変化させることができる。図1に示す例では、例えば、隣接するアンテナ素子12の位相差が 90° に制御されている。

[0014] 図2は、フェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の信号レベルを説明するための図である。図2は、横軸が送信電波を送信する方向(deg(度))を示し、縦軸が最大値で規格化したアレイファクタ(dB(デシベル))を示す。波形201は、図1に示すフェーズドアレイアンテナ10aが送信する送信電波の信号レベルを示す。図2に示す例では、波形201に示すように、フェーズドアレイアンテナ10aは、各アンテナ素子12の位相を調整し、 30° の方向に送信電波を送信するように制御されている。そのため、波形201は、 30° の方向にメインローブ201aを有する。

[0015] [第1実施形態]

図3を用いて、第1実施形態に係るフェーズドアレイアンテナの構成例について説明する。図3は、第1実施形態に係るフェーズドアレイアンテナの構成例を説明するための図である。

[0016] 図3に示すように、フェーズドアレイアンテナ10は、基板11と、複数のアンテナ素子12と、複数のRFICチップ14と、を含む。図3においては、複数の移相器13は省略されている。

[0017] フェーズドアレイアンテナ10が送受信する電波の周波数が高くなると、電波の半波長の物理的な長さは小さくなる。例えば、電波の周波数が300GHz(ギガヘルツ)である場合には、電波の半波長は0.5となる。そのため、アンテナ素子12の数が同じ数のフェーズドアレイアンテナを考えると、周波数が高くなるほど面積が小さくなる。

[0018] フェーズドアレイアンテナ10は、通常、アンテナ素子12が設けられて

いる反対の面にRFIC (Radio-Frequency Integrated Circuits) チップ14を備えている。RFICチップ14は、周波数が高くなっても波長に比例して小型化することは困難である。そのため、RFICチップ14のサイズに合わせて素子を配列すると、アンテナ素子12間の間隔は $\lambda/2$ を超えてしまう。図3に示す例では、アンテナ素子12間の間隔D2は、 λ である。具体的には、図3に示す例では、32個のアンテナ素子12がX軸方向に沿って λ 間隔で1次元状に配列され、隣接するアンテナ素子12の位相差が 180° に制御されている。

[0019] 図4は、第1実施形態に係るフェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の信号レベルを説明するための図である。図4は、横軸が送信電波を送信する方向(deg(度))を示し、縦軸が最大値で規格化したアレイファクタ(dB(デシベル))を示す。波形202は、図3に示すフェーズドアレイアンテナ10が送信する送信電波の信号レベルを示す。図4に示す例では、波形202に示すように、フェーズドアレイアンテナ10は、各アンテナ素子12の位相を調整し、 30° の方向に送信電波を送信するように制御されている。しかしながら、アンテナ素子12間の間隔が $\lambda/2$ を超えると、 30° の方向のメインローブ202aの他に -30° の方向にグレーティングローブ202bが発生してしまう。

[0020] そこで、本開示は、フェーズドアレイアンテナ10のアンテナ素子12間の間隔が、 $\lambda/2$ を超える場合であっても、良好な特性を有するフェーズドアレイアンテナを構成する。

[0021] [アンテナ装置]

図5を用いて、第1実施形態に係るアンテナ装置の構成例について説明する。図5は、第1実施形態に係るアンテナ装置の構成例を示す図である。

[0022] 図5に示すように、アンテナ装置100は、フェーズドアレイアンテナ10と、電波制御板20と、を含む。

[0023] 電波制御板20は、フェーズドアレイアンテナ10が送信する送信電波の送信方向に設けられている。電波制御板20は、フェーズドアレイアンテナ

10が送信する送信電波を所定の方向に屈折させるように構成されている。電波制御板20は、フェーズドアレイアンテナ10からの送信電波を屈折させる制御部の一種である。

[0024] 電波制御板20は、基板21と、複数の単位構造30とを備える。

[0025] [電波制御板]

図6を用いて、第1実施形態に係る電波制御板の構成例について説明する。図6は、第1実施形態に係る電波制御板の構成例を示す図である。

[0026] 電波制御板20は、フェーズドアレイアンテナ10が送信した送信電波を透過し、特定のビーム形成を可能にするよう構成された板状の部材である。電波制御板20は、例えば、フェーズドアレイアンテナ10が送信した送信電波を受けると、その送信電波を所定の角度に屈折させるように構成されている。電波制御板20は、例えば、入射波の位相を変化させる共振器を配列したメタサーフェスなどで構成され得る。

[0027] 図6に示すように、電波制御板20は、例えば、基板21と、単位構造30aと、単位構造30bと、単位構造30cと、単位構造30dとを含み得る。単位構造30aから単位構造30dを区別する必要のない場合には、単位構造30と総称する。

[0028] 単位構造30aと、単位構造30bと、単位構造30cと、単位構造30dとは、基板21上に形成され得る。基板21は、例えば、誘電体で形成された誘電体基板であり得る。基板21は、例えば、矩形形状を有し得るが、これに限定されない。単位構造30aと、単位構造30bと、単位構造30cと、単位構造30dとは、2次元状に配列され得る。

[0029] 電波制御板20には、例えば、1つの段には複数の単位構造30aがX軸方向に沿って配列されている。単位構造30aが配置されている段の上の段には、例えば、複数の単位構造30bがX軸方向に沿って配列されている。単位構造30bが配置されている段の上の段には、例えば、複数の単位構造30cがX軸方向に沿って配置されている。単位構造30cが設置されている段の上の段には、例えば、複数の単位構造30dがX軸方向に沿って配列

されている。図6に示す例では、単位構造30aと、単位構造30bと、単位構造30cと、単位構造30dとが、Y軸方向に沿って、周期的に配列されている。

[0030] 単位構造30aと、単位構造30bと、単位構造30cと、単位構造30dとは、それぞれ、サイズが異なる。図6に示す例では、単位構造30aのサイズが最も大きく、単位構造30b、単位構造30c、単位構造30dの順にサイズが小さい。すなわち、電波制御板20は、サイズの異なる複数の単位構造30が周期的に配列された構造を有する。

[0031] 単位構造30aから単位構造30dは、それぞれ、電波が通過する際の位相変化量が異なる。すなわち、単位構造30aから単位構造30dは、位相変化量に勾配を持つように周期的に配列されている。単位構造30aから単位構造30dは、それぞれ矩形形状を有しているが、これに限定されない。単位構造30aから単位構造30dの大きさおよび形状を変化させることで、透過する電波の位相変化量を調整することができる。言い換えれば、電波制御板20は、単位構造30aから単位構造30dの配列方法および大きさなどを変更することで、フェーズドアレイアンテナ10からの送信電波を所望の方向に屈折させたり所望のビーム形状を形成することができる。

[0032] 図7は、比較例に係るフェーズドアレイアンテナの送信電波の送信方向を説明するための図である。図7に示すように、フェーズドアレイアンテナ10は、各アンテナ素子12から、例えば、 30° の方向に送信電波40を送信する。アンテナ素子12間の間隔が λ である場合には、送信電波40の間隔D3は λ である。この場合、上述したように、送信電波40には、 -30° の方向には、グレーティングローブが発生してしまう。

[0033] 図8は、第1実施形態に係るアンテナ装置の送信電波の送信方向を説明するための図である。アンテナ装置100は、アンテナ素子12間の間隔が λ であるフェーズドアレイアンテナ10が送信した送信電波40を屈折させて、透過波50を 30° の方向に出射するように構成されている。この場合、フェーズドアレイアンテナ10は、電波制御板20の単位構造30の位相勾

配に基づいて、電波制御板 20 が透過波 50 を 30° の方向に出射するように、電波制御板 20 に対して送信電波 40 を送信する。言い換えれば、フェーズドアレイアンテナ 10 は、電波制御板 20 の単位構造 30 の位相勾配に応じて、送信電波 40 を送信する方向を制御する。図 8 に示す例では、透過波 50 の間隔 D_4 は $\lambda/2$ である。すなわち、アンテナ装置 100 は、電波制御板 20 を備えることで、フェーズドアレイアンテナ 10 のアンテナ素子 12 の間隔が $\lambda/2$ とみなせる、送信電波を送信することができる。これにより、アンテナ素子 12 の間隔が λ であってもグレーティングローブを抑圧することができる。

[0034] [シミュレーション]

(シミュレーション条件)

第 1 実施形態では、アンテナ装置 100 についてシミュレーションを実施して、特性を確認した。図 9 と、図 10 は、第 1 実施形態に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。

[0035] 図 9 と、図 10 とに示す例では、フェーズドアレイアンテナ 10 は、第 1 アンテナ素子 12_1 と、第 2 アンテナ素子 12_2 と、第 3 アンテナ素子 12_3 と、第 4 アンテナ素子 12_4 と、第 5 アンテナ素子 12_5 と、第 6 アンテナ素子 12_6 と、第 7 アンテナ素子 12_7 と、第 8 アンテナ素子 12_8 と、を備える。第 1 アンテナ素子 12_1 から第 8 アンテナ素子 12_8 を区別する必要のない場合には、アンテナ素子 12 と総称する。すなわち、フェーズドアレイアンテナ 10 は、アンテナ素子 12 を $M=8$ 個備える (M はフェーズドアレイアンテナの素子数)。各アンテナ素子 12 は、 X 軸方向に沿って等間隔に 1 次元状に配列されている。アンテナ素子 12 間の間隔 D は λ である。フェーズドアレイアンテナ 10 の中心の Y 座標を 0 としている。

[0036] 電波制御板 20 は、フェーズドアレイアンテナ 10 の送信電波の送信方向において、フェーズドアレイアンテナ 10 から z_m の位置に設けられている。 z_m は 10λ である。電波制御板 20 には、 $N=32 \times 32=1024$ 個の単位構造 30 が 2 次元状に等間隔で配列されている (N はメタサーフェスの素

子数)。単位構造30間の間隔は $\lambda/2$ である。電波制御板20のX座標およびY座標を0としている。

[0037] 受信点Pは、図10に示すように、アンテナ装置100が送信する送信電波の受信位置を示す。受信点Pは、ZX平面において、原点から距離 $d_{2,k}$ の円C上に設定される。 $d_{2,k}$ は100mである。

[0038] (計算条件)

アンテナ装置100の特性の計算条件について説明する。フェーズドアレイアンテナ10をポート1とする。受信点Pをポート2とする。原点と受信点Pを結ぶ直線と、Z軸とのなす角度を θ とする。このときの、電波制御板20の透過係数 $S_{21}(\theta)$ を以下の式(1)で計算し、 θ を変化させて放射パターンを計算する。

[0039] [数1]

$$S_{21}(\theta) = \sum_{i=1}^M \left(\sum_{k=1}^N S_{i,k} \right) \quad \dots(1)$$

[0040] ここで、 $s_{i,k}$ は、フェーズドアレイアンテナ10のi番目のアンテナ素子12から電波制御板20のk番目の単位構造30を通過して受信点Pに到達する経路の透過係数を表す。 $s_{i,k}$ を以下の式(2)で算出する。

[0041] [数2]

$$s_{i,k} = \sqrt{\frac{A \cos \varphi_{i,k}}{4\pi(d_{i,k})^2}} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d_{i,k}} \times e^{j\varphi_k} \times \sqrt{\frac{A \cos \varphi_{2,k}}{4\pi(d_{2,k})^2}} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d_{2,k}} \quad \dots(2)$$

[0042] 図11は、第1実施形態に係る電波制御板の透過係数を算出する条件を説明するための図である。送信点P1は、送信電波を送信するアンテナ素子12の位置を示す。受信点P2は、電波制御板20から出射する透過波の受信位置を示す。単位構造30は、1辺が \sqrt{A} の正方形としている。ここで、Aは単位構造30の面積である。 $\varphi_{i,k}$ はk番目の単位構造30_kからみたi番目のアンテナ素子12方向とZ軸とのなす角度である。 $\varphi_{2,k}$ は、k番目の単位構造30からみた受信点P2の方向とZ軸とのなす角度である。 $d_{i,k}$ は、k

番目の単位構造 30_k と i 番目のアンテナ素子 12_i との間の距離である。 $d_{2,k}$ は、 k 番目の単位構造 30_k と受信点 P との間の距離である。 Φ_k は、 k 番目の単位構造の位相変化を示す。 λ はフェーズドアレイアンテナ 10 が送信する送信電波の波長である。

[0043] (計算結果)

<第1比較例>

第1比較例に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果について説明する。図12は、第1実施形態の第1比較例に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。図13は、第1実施形態の第1比較例に係るアンテナ装置の $|S_{21}|$ の計算結果を示す図である。

[0044] 図12に示すように、アンテナ装置100Aは、フェーズドアレイアンテナ10Aと、電波制御板20Aと、を含む。

[0045] フェーズドアレイアンテナ10Aは、基板11と、第1アンテナ素子 12_1 から第8アンテナ素子 12_8 と、複数の移相器13と、を含む。第1アンテナ素子 12_1 から第8アンテナ素子 12_8 は、X軸方向に沿って等間隔に配列されている。第1アンテナ素子 12_1 から第8アンテナ素子 12_8 の隣接するアンテナ素子 12 間の間隔 D_5 は $\lambda/2$ である。各アンテナ素子 12 間の位相差は、 -90° である。複数の移相器13は、第1アンテナ素子 12_1 から第8アンテナ素子 12_8 ごとに設けられている。

[0046] 電波制御板20Aには、 $N = 32 \times 32 = 1024$ 個の単位構造30が2次元状に等間隔で配列されている。第1比較例では、電波制御板20Aに配置されている単位構造30の透過位相は全て等しい。そのため、電波制御板20Aには、実際には単位構造30が配列されているが、図12では省略して示している。

[0047] 図13は、横軸が送信電波を送信する方向 (deg) を示し、縦軸が式(1)で計算した S_{21} の振幅 (dB) を示す。波形211は、図12に示すアンテナ装置100Aが送信する送信電波の信号レベルを示す。図13に示す例では、波形211に示すように、アンテナ装置100Aは、各アンテナ

素子 1 2 の位相を調整し、 30° の方向に送信電波を送信するように制御されている。波形 2 1 1 が示すように、 30° 方向にメインローブ 2 1 1 a があるが、グレーティングローブは発生していない。

[0048] <第 2 比較例>

第 2 比較例に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果について説明する。図 1 4 は、第 1 実施形態の第 2 比較例に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。図 1 5 は、第 1 実施形態の第 2 比較例に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果を示す図である。

[0049] 図 1 4 に示すように、アンテナ装置 1 0 0 B は、フェーズドアレイアンテナ 1 0 B と、電波制御板 2 0 B と、を含む。

[0050] フェーズドアレイアンテナ 1 0 B は、第 1 アンテナ素子 1 2₁ から第 8 アンテナ素子 1 2₈ の隣接するアンテナ素子 1 2 間の間隔 D_6 が λ である点で、図 1 2 に示すフェーズドアレイアンテナ 1 0 A と異なる。また、フェーズドアレイアンテナ 1 0 B においては、各アンテナ素子 1 2 間の位相差は、 -180° である。電波制御板 2 0 B の構成は、図 1 2 に示す電波制御板 2 0 A と同じである。

[0051] 図 1 5 は、横軸が送信電波を送信する方向 (deg) を示し、縦軸が式 (1) で計算した S_{21} の振幅 (dB) を示す。波形 2 1 2 は、図 1 4 に示すアンテナ装置 1 0 0 B が送信する送信電波の信号レベルを示す。図 1 5 に示す例では、波形 2 1 2 に示すように、アンテナ装置 1 0 0 B は、各アンテナ素子 1 2 の位相を調整し、 30° の方向に送信電波を送信するように制御されている。波形 2 1 2 が示すように、 30° 方向にメインローブ 2 1 2 a があり、 -30° の方向にグレーティングローブ 2 1 2 b がある。

[0052] <第 1 実施形態>

第 1 実施形態に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果について説明する。図 1 6 は、第 1 実施形態に係るアンテナ装置のシミュレーション条件を説明するための図である。

[0053] 図16に示すように、アンテナ装置100Cは、フェーズドアレイアンテナ10Cと、電波制御板20Cと、を含む。フェーズドアレイアンテナ10Cの構成は、図14に示すフェーズドアレイアンテナ10Bと同じである。

[0054] 電波制御板20Cは、基板21と、複数の単位構造30と、を備える。電波制御板20Cにおいて、複数の単位構造30は、フェーズドアレイアンテナ10Cからの送信電波を拡散させる透過位相の分布を有する。具体的には、複数の単位構造30の透過位相の位相分布は、送信電波の波長に応じて設定されている。

[0055] 図17は、第1実施形態に係る電波制御板の単位構造の位相分布を設定する方法を説明するための図である。フェーズドアレイアンテナ10Cと、電波制御板20Cとの間の距離を z_m とする。このとき、焦点P3の位置を電波制御板20Cから $2z_m$ の位置に設定する。 z_m は、例えば、10mである。この場合、各単位構造30の位相分布は、以下の式(3)に従って設定されている。

[0056] [数3]

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\sqrt{x_m^2 + y_m^2 + z_m^2} - z_m \right) \quad \dots(3)$$

[0057] ここで、 x_m は、単位構造30のX座標である。 y_m は、単位構造30のY座標である。式(3)は、凹レンズとしての焦点が $-2z_m$ となる位相分布を設定するための式である。このような位相分布により、電波制御板20Cは、遠方からの電波をフェーズドアレイアンテナ10Cに向けて拡散することになり、逆にフェーズドアレイアンテナ10Cからの電波を所定の方にビームが形成されるように制御することができる。すなわち、電波制御板20Cが存在することにより、フェーズドアレイアンテナ10Cと、電波制御板20Cとを備えたアンテナ装置は、等価的に間隔の狭いフェーズドアレイアンテナと同様の動作をさせることができる。

[0058] 図18は、第1実施形態に係るアンテナ装置の送信電波のシミュレーション結果を示す図である。図18は、横軸が送信電波を送信する方向(deg

）を示し、縦軸が式（１）で計算した S_{21} の振幅（dB）を示す。波形213は、図17に示すアンテナ装置100Cが送信する送信電波の信号レベルを示す。図17に示す例では、波形213に示すように、アンテナ装置100Cは、各アンテナ素子12の位相を調整し、 30° の方向に送信電波を送信するように制御されている。波形213が示すように、 30° 方向にメインローブ213aがあるが、グレーティングローブは発生していない。すなわち、アンテナ装置100Cは、図15で発生していた、グレーティングローブ212bを抑圧することができる。

[0059] 上述のとおり、第1実施形態は、フェーズドアレイアンテナと、電波制御板とを組み合わせることで、フェーズドアレイアンテナのアンテナ素子の間隔が送信電波の半波長以上になったときに発生するグレーティングローブを抑圧することができる。

[0060] [第1実施形態の変形例]

第1実施形態の変形例について説明する。図5に示すように、第1実施形態では、アンテナ装置100は、フェーズドアレイアンテナ10が送信する送信電波を屈折させる電波制御板20を含むものとして説明したが、本開示はこれに限定されない。本開示は、電波制御板の代わりに、周囲に比べて中心付近の厚さが薄い凹型のレンズ形状を有する誘電体（誘電体レンズ）であってもよい。または誘電率に分布（周囲に比べて中心付近の誘電率が低い）を持たせた誘電体板であってもよい。第1実施形態の変形例では、このような凹型のレンズ形状の誘電体により、フェーズドアレイアンテナ10Cと、当該誘電体レンズとを備えたアンテナ装置は、上記第1実施形態と同様に、等価的に間隔の狭いフェーズドアレイアンテナと同様の動作をさせることができる。

[0061] これにより、第1実施形態の変形例では、フェーズドアレイアンテナのアンテナ素子の間隔が送信電波の半波長以上になったときに発生するグレーティングローブを抑制することができる。

[0062] [第2実施形態]

図19は、第2実施形態に係るアンテナ装置の構成例について説明する。

図19は、第2実施形態に係るアンテナ装置の構成例を示す図である。

[0063] 図19に示すように、アンテナ装置100Dは、フェーズドアレイアンテナ10Dと、電波制御板20Dと、基板60と、を含む。

[0064] 基板60は、例えば、誘電体基板である。基板60は、第1誘電体層61と、第2誘電体層62と、第3誘電体層63との3つの領域を有する。

[0065] フェーズドアレイアンテナ10Dは、複数のアンテナ素子12と、複数の移相器13と、第3誘電体層63と、を備える。第3誘電体層63は、複数のアンテナ素子12が配置される誘電体基板とみなせる。フェーズドアレイアンテナ10Dの構成は、図16に示すフェーズドアレイアンテナ10Cの構成と同じである。

[0066] 電波制御板20Dは、複数の単位構造30と、第1誘電体層61と、を備える。第1誘電体層61は、複数の単位構造30が配列される誘電体基板とみなせる。電波制御板20Dの構成は、図16に示す電波制御板20Cと同じである。

[0067] 第2誘電体層62は、第1誘電体層61と、第3誘電体層63との間に位置する。第1誘電体層61と、第2誘電体層62と、第3誘電体層63とは、一体に構成された誘電体基板とみなせる。

[0068] すなわち、アンテナ装置100Dは、フェーズドアレイアンテナ10Dと、電波制御板20Dとが一体に構成されている。フェーズドアレイアンテナ10Dと、電波制御板20Dとを一体に構成することで、フェーズドアレイアンテナ10Dと、電波制御板20Dとの間の距離が安定するので、グレーティングロブを適切に抑圧することができる。

[0069] 本開示の第1態様に係るアンテナ装置100は、複数のアンテナ素子12を含むフェーズドアレイアンテナ10と、フェーズドアレイアンテナ10が送信する送信電波の送信方向に設けられ、送信電波が入射した位置によって透過位相が異なるように形成され、所定のビームパターンが形成されるように送信電波を制御する制御部と、を含み、複数のアンテナ素子12は、送信

電波の半波長よりも広い間隔で配列されている。本開示によれば、フェーズドアレイアンテナ10の送信電波の送信方向に制御部を設けることで、グレーティングローブを抑圧することができる。

[0070] 本開示の第2態様に係るアンテナ装置100は、第1態様に係るアンテナ装置100であって、制御部は、2次元状に配列された複数の単位構造30を含む電波制御板20であり、複数の単位構造30は、送信電波を拡散させる透過位相の分布を有する。本開示によれば、グレーティングローブを適切に抑圧することができる。

[0071] 本開示の第3態様に係るアンテナ装置100は、第1態様または第2態様に係るアンテナ装置100であって、複数の単位構造30の透過位相の分布は、送信電波の波長に応じて設定されている。本開示によれば、グレーティングローブを適切に抑圧することができる。

[0072] 本開示の第4態様に係るアンテナ装置100は、制御部は、凹型のレンズ形状を有する誘電体である。本開示によれば、グレーティングローブを適切に抑圧することができる。

[0073] 本開示の第5態様に係るアンテナ装置100は、フェーズドアレイアンテナ10と、制御部とは、一体に構成されている。本開示によれば、アンテナ装置100を、1つの装置として構成することができる。

[0074] 本開示の第6態様に係る電波制御板20は、複数のアンテナ素子12を含むフェーズドアレイアンテナ10が送信する送信電波の送信方向に設けられ、2次元状に配列された複数の単位構造30を含み、複数の単位構造30の位相は、送信電波の波長に応じた、送信電波を拡散させる透過位相の分布を有する。本開示によれば、フェーズドアレイアンテナ10の送信電波に生じる、グレーティングローブを抑圧することができる。

[0075] 以上、本開示の実施形態を説明したが、これら実施形態の内容により本開示が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さ

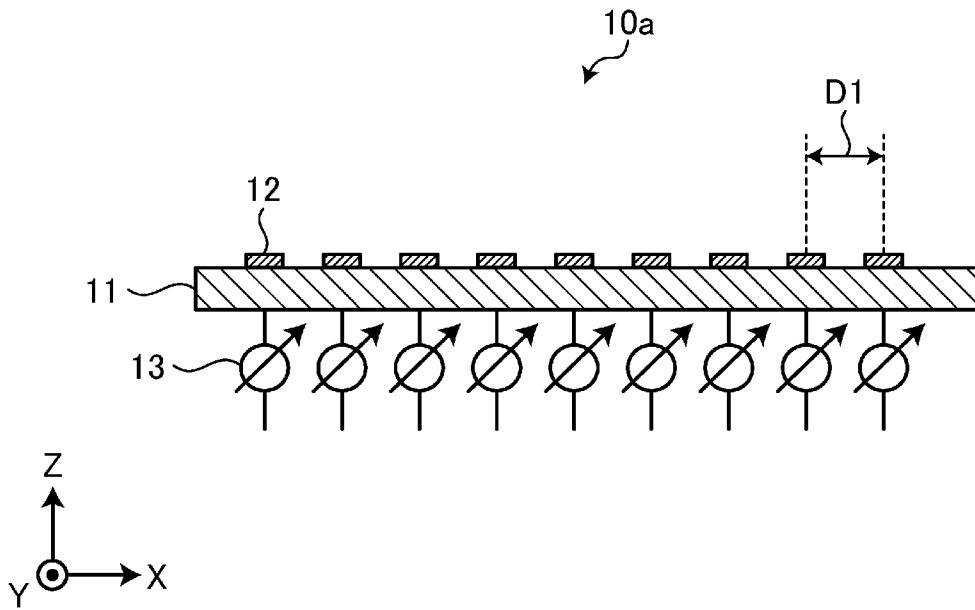
らに、前述した実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

- [0076] 10, 10a, 10A, 10B, 10C, 10D フェーズドアレイアンテナ
- 11, 21, 60 基板
 - 12 アンテナ素子
 - 13 移相器
 - 20, 20A, 20B, 20C, 20D 電波制御板
 - 30 単位構造
 - 40 送信電波
 - 50 透過波
 - 61 第1誘電体層
 - 62 第2誘電体層
 - 63 第3誘電体層
 - 100, 100A, 100B, 100C, 100D アンテナ装置

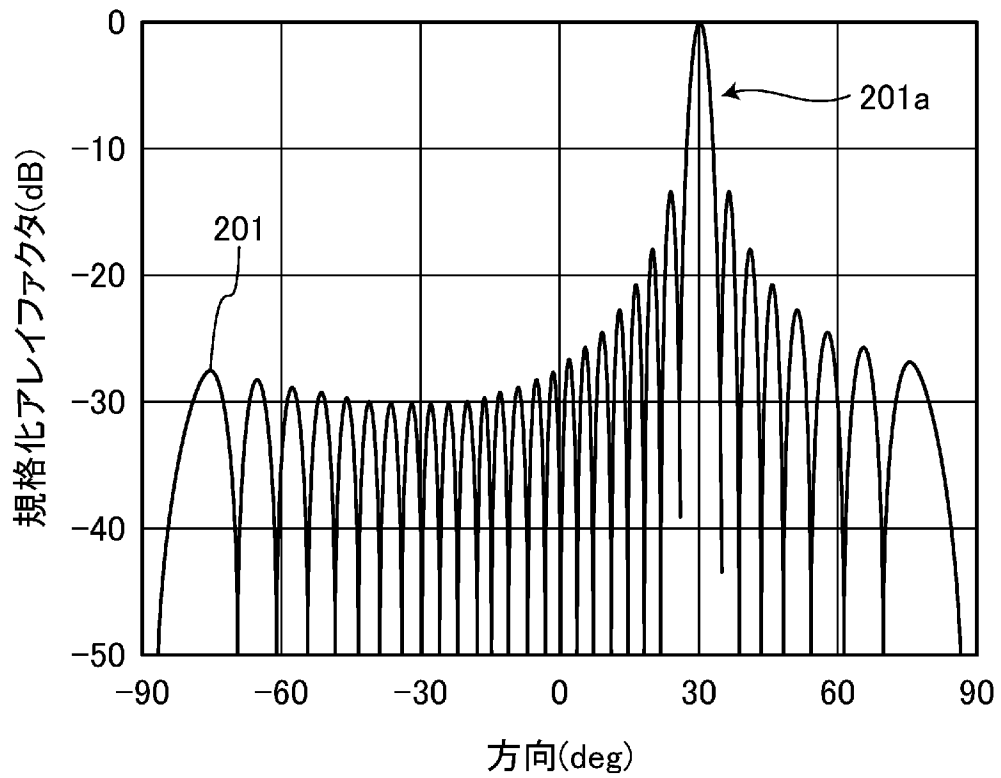
請求の範囲

- [請求項1] 複数のアンテナ素子を含むフェーズドアレイアンテナと、
前記フェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の送信方向に設けられ、前記送信電波が入射した位置によって透過位相が異なるように形成され、所定のビームパターンが形成されるように前記送信電波を制御する制御部と、を含み、
複数の前記アンテナ素子は、前記送信電波の半波長よりも広い間隔で配列されている、
アンテナ装置。
- [請求項2] 前記制御部は、2次元状に配列された複数の単位構造を含む電波制御板であり、
複数の前記単位構造は、前記送信電波を拡散させる透過位相の分布を有する、
請求項1に記載のアンテナ装置。
- [請求項3] 複数の単位構造の透過位相の分布は、前記送信電波の波長に応じて設定されている、
請求項2に記載のアンテナ装置。
- [請求項4] 前記制御部は、凹型のレンズ形状を有する誘電体である、
請求項1に記載のアンテナ装置。
- [請求項5] 前記フェーズドアレイアンテナと、前記制御部とは、一体に構成されている、
請求項1に記載のアンテナ装置。
- [請求項6] 複数のアンテナ素子を含むフェーズドアレイアンテナが送信する送信電波の送信方向に設けられ、2次元状に配列された複数の単位構造を含み、
複数の前記単位構造の位相は、前記送信電波の波長に応じた、前記送信電波を拡散させる透過位相の分布を有する、
電波制御板。

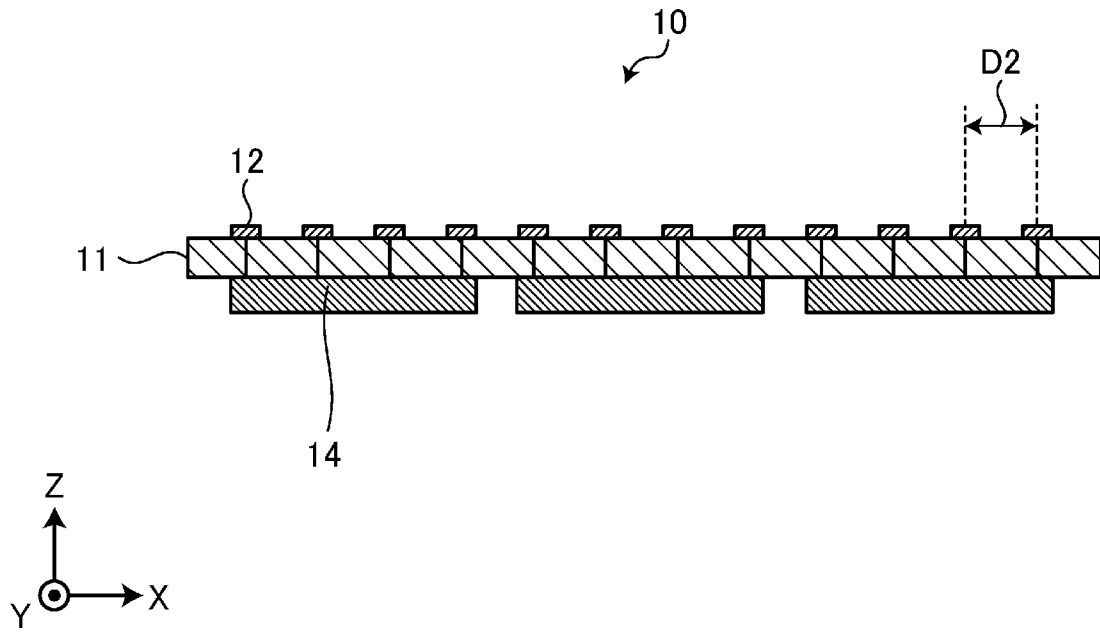
[図1]



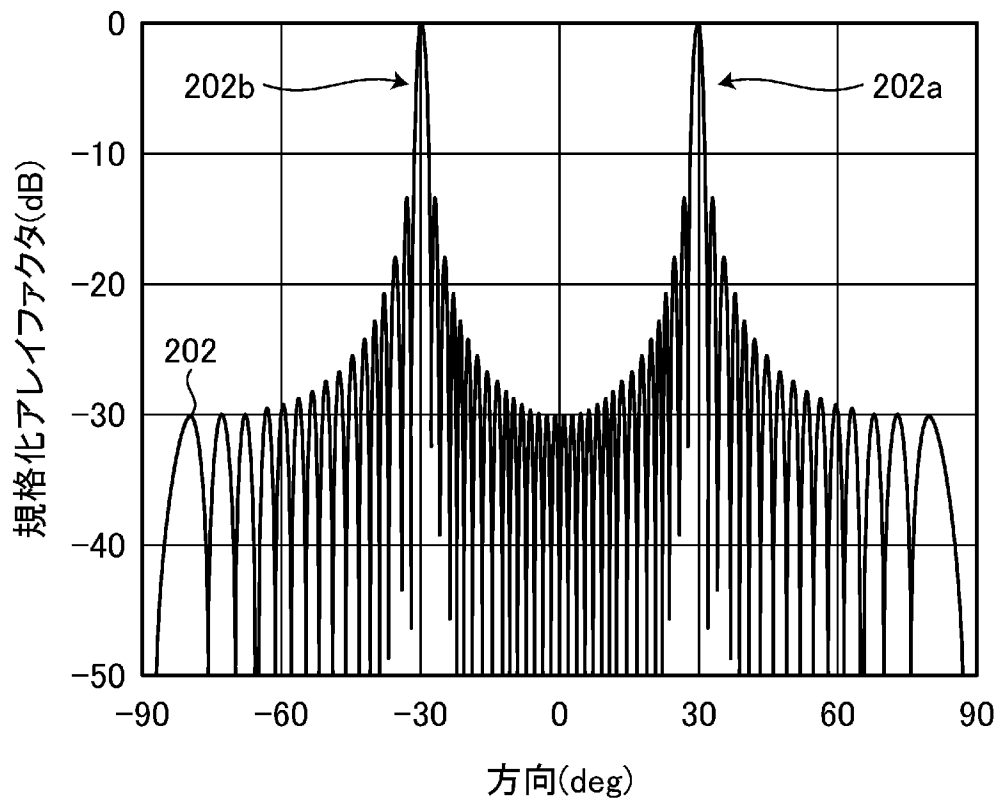
[図2]



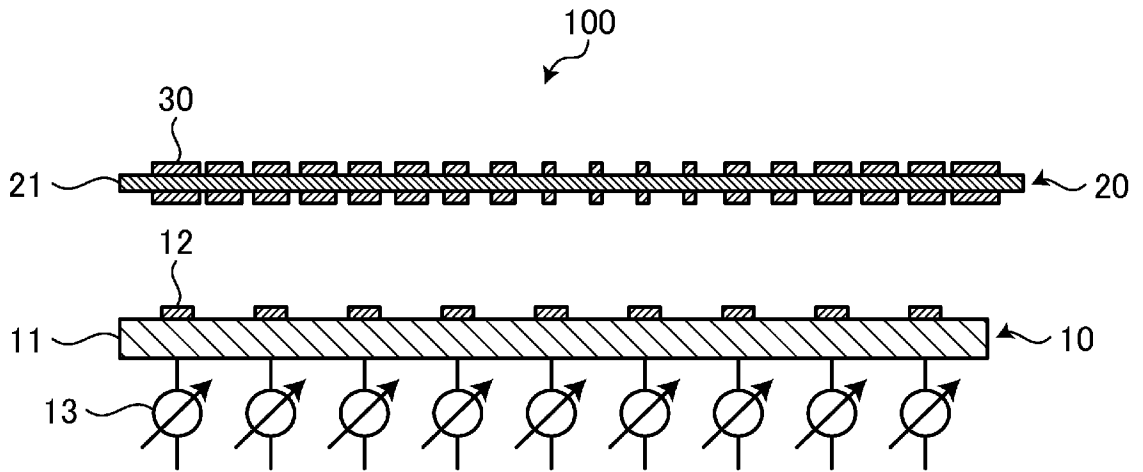
[図3]



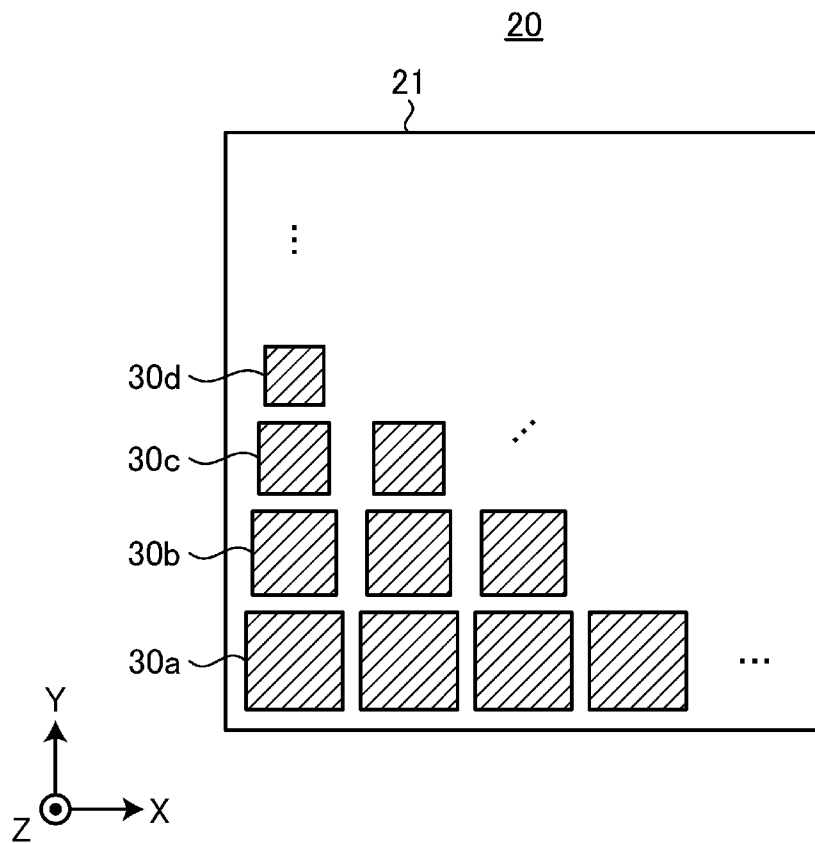
[図4]



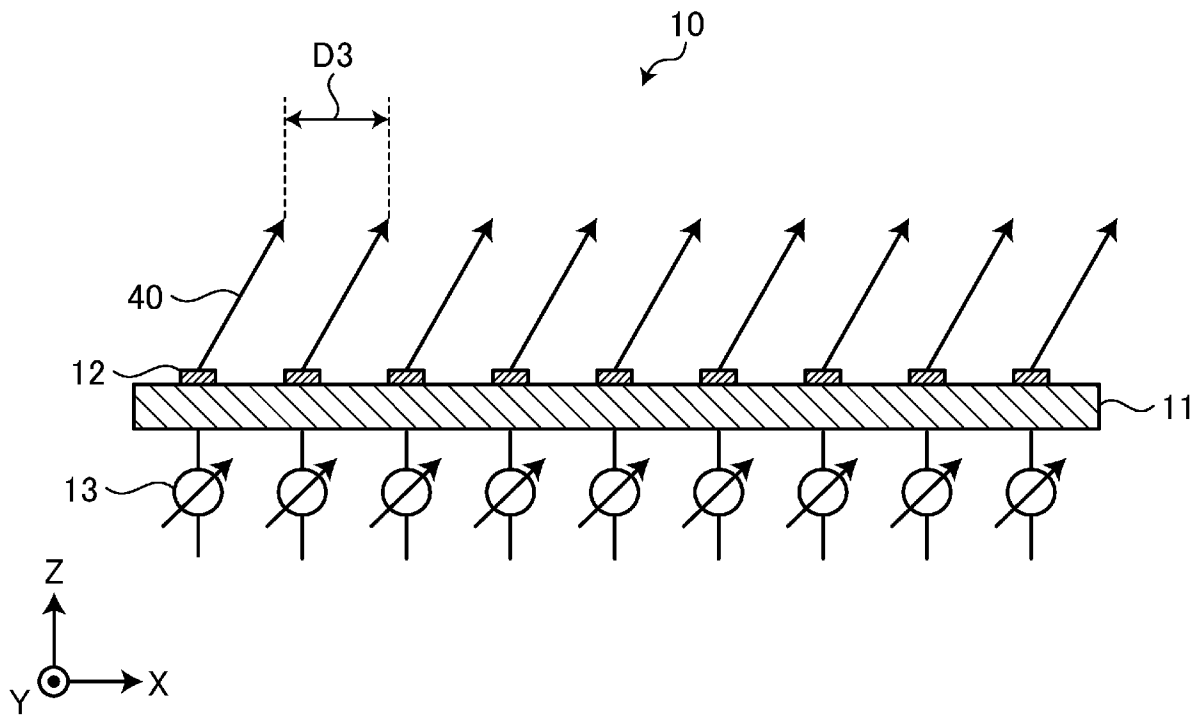
[図5]



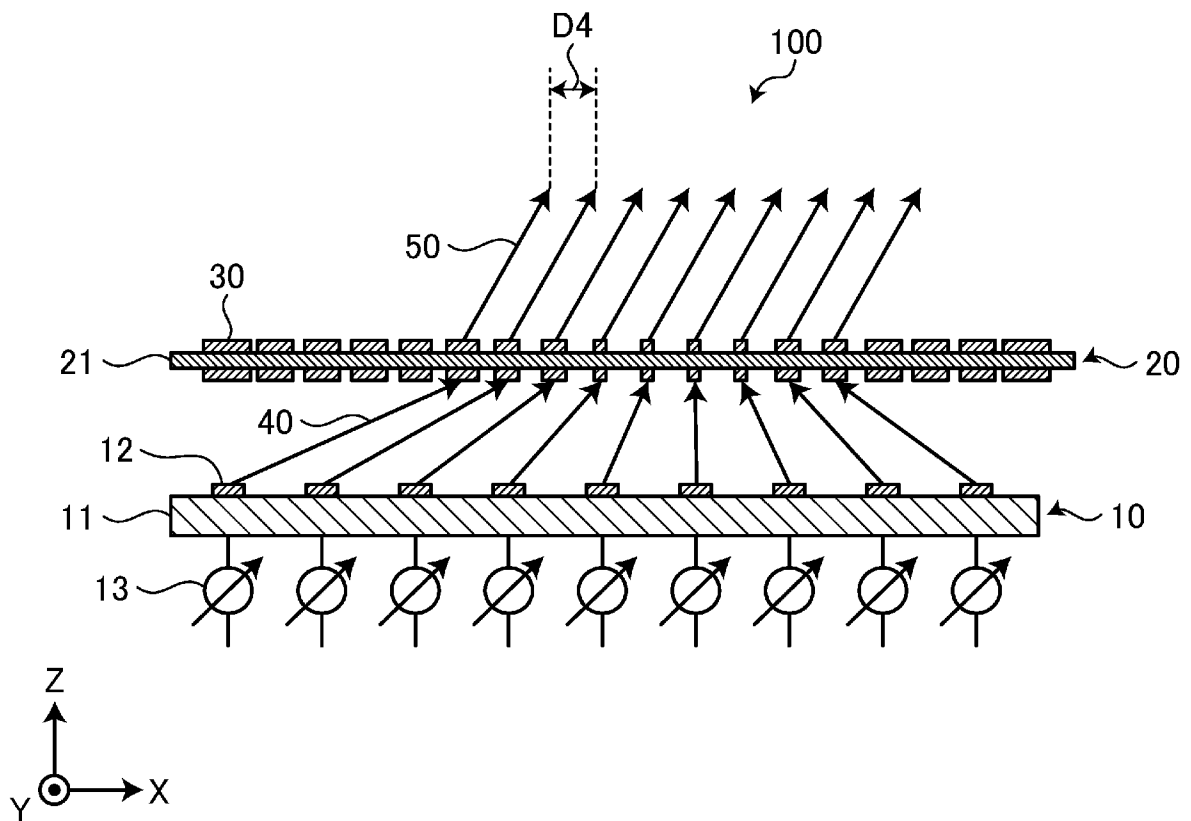
[図6]



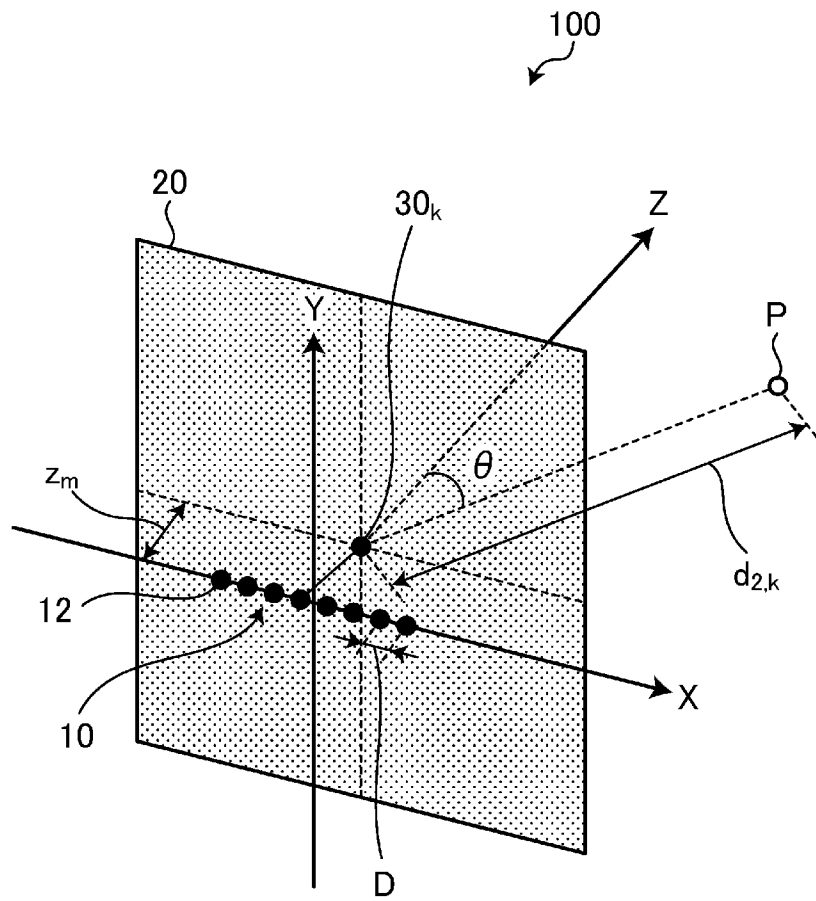
[図7]



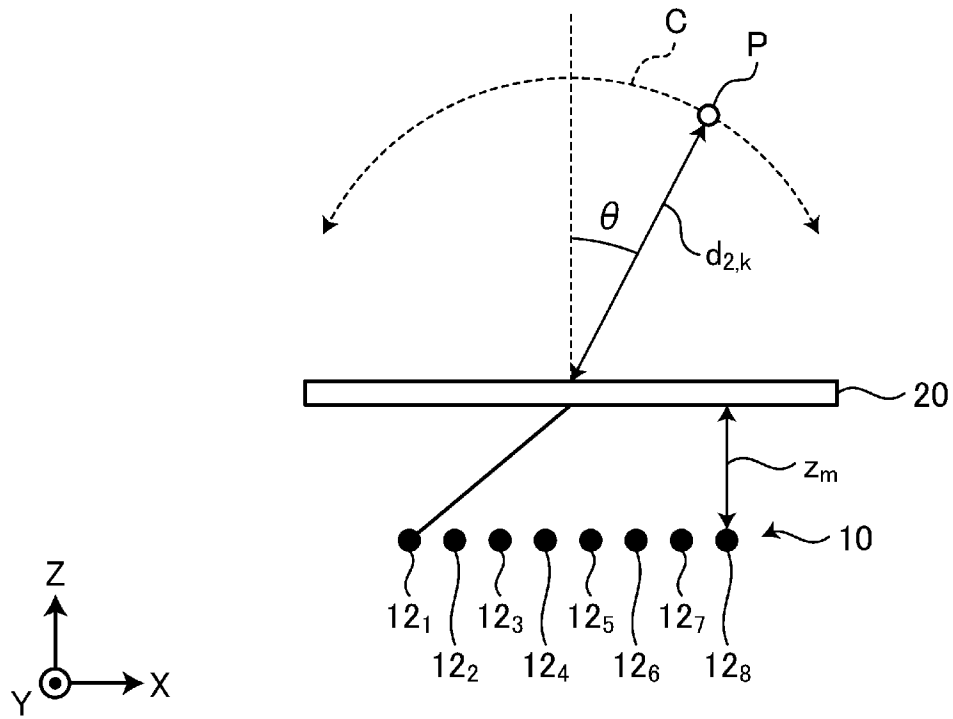
[図8]



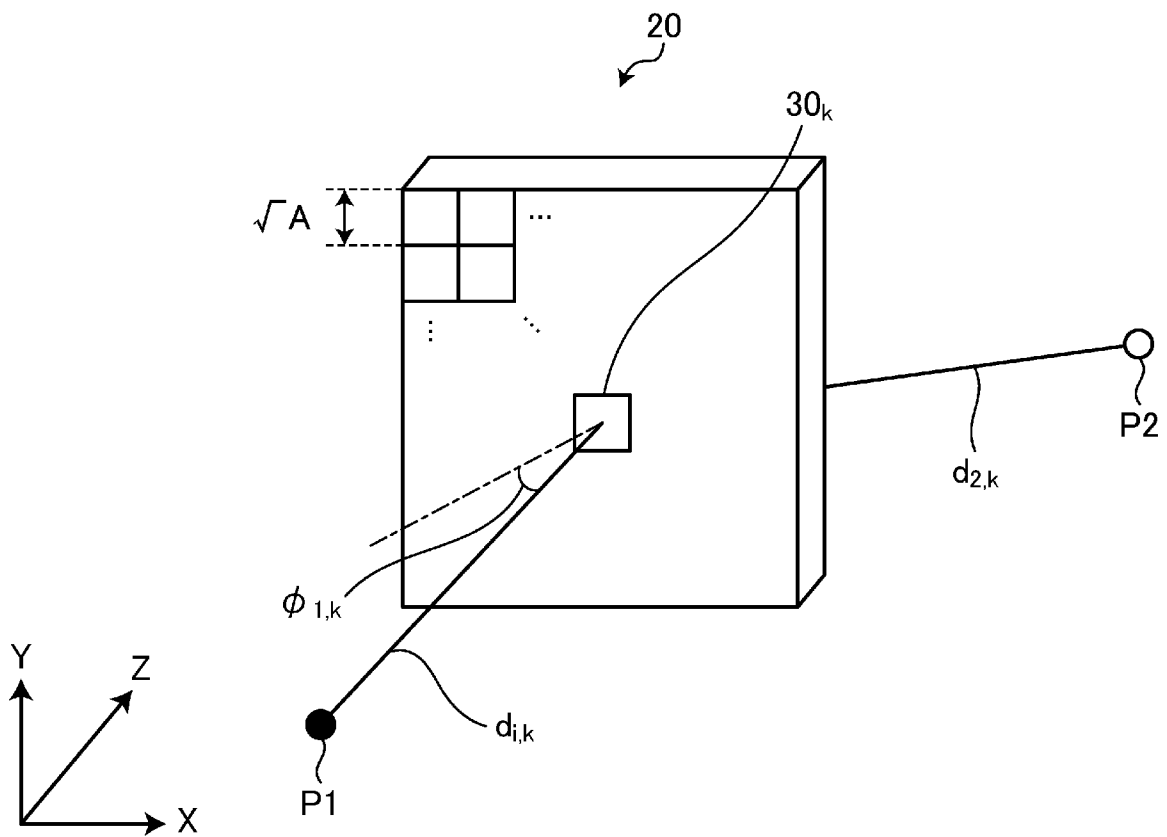
[図9]



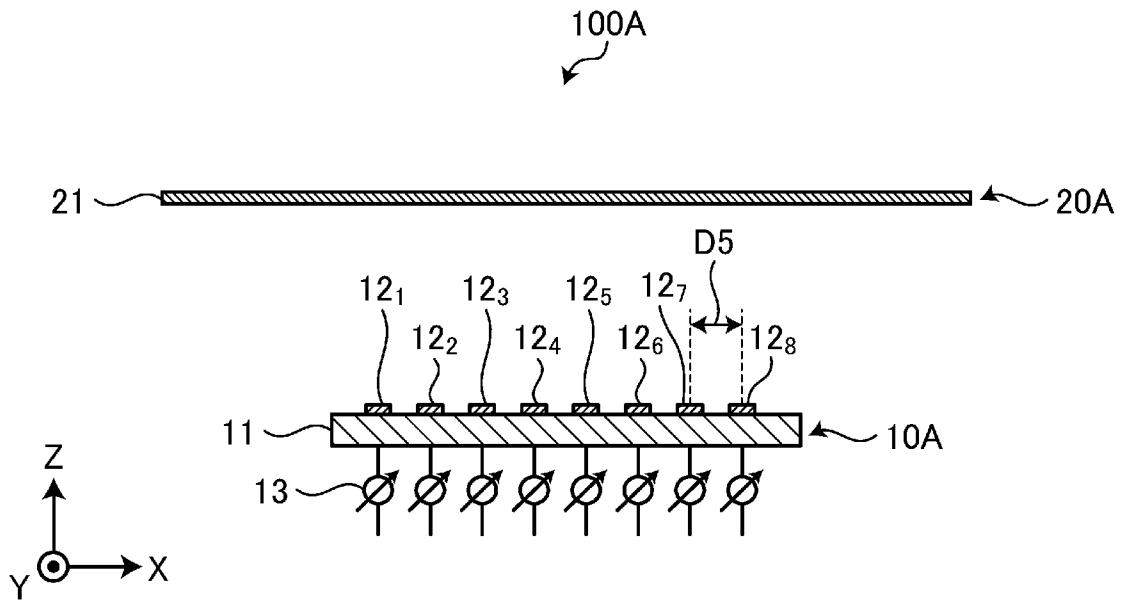
[図10]



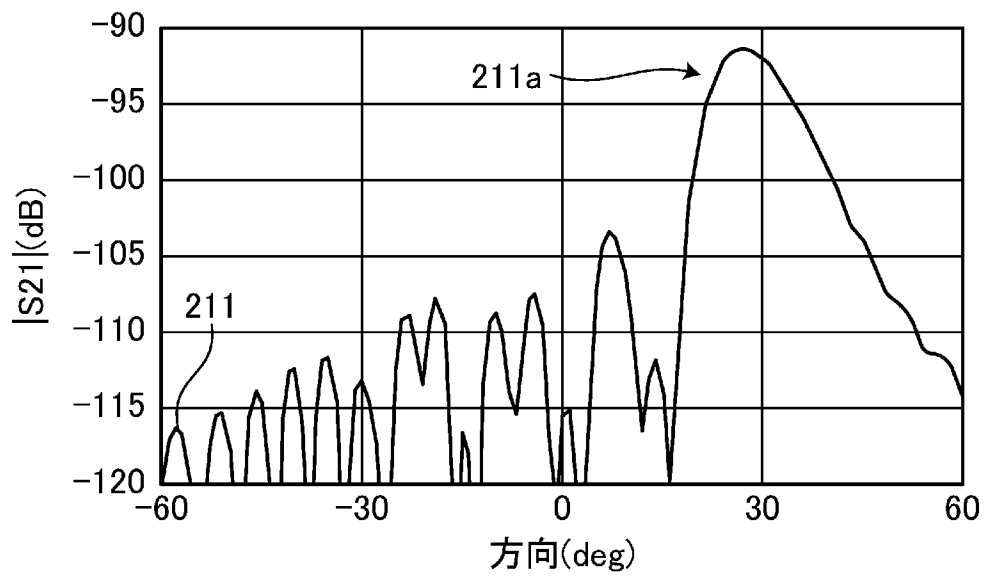
[図11]



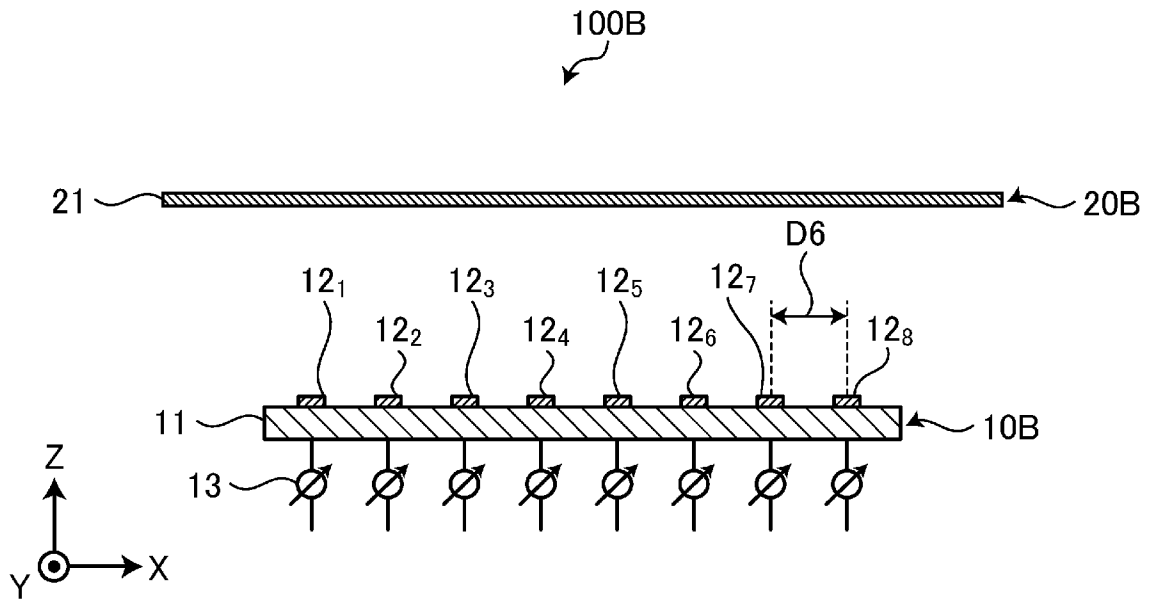
[图12]



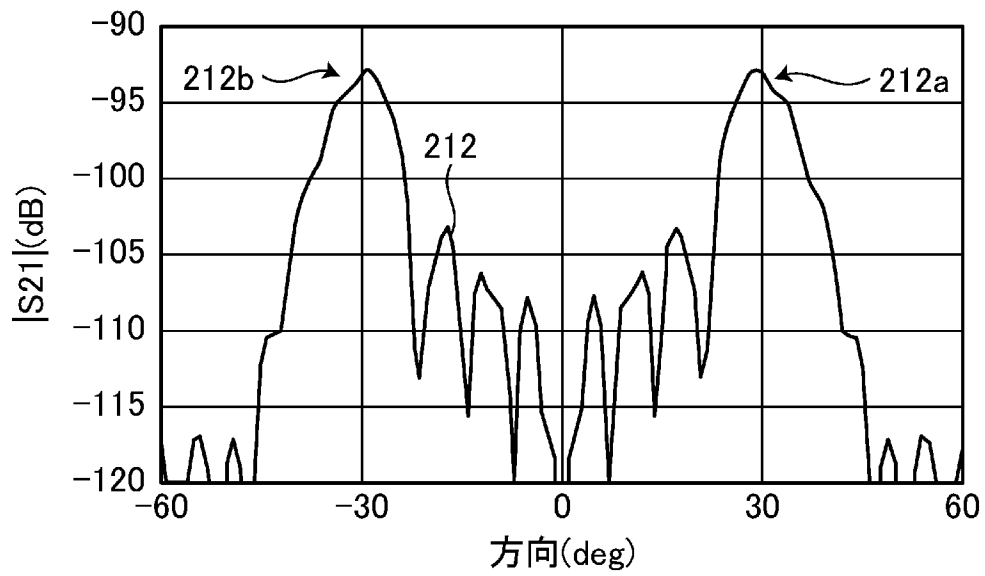
[图13]



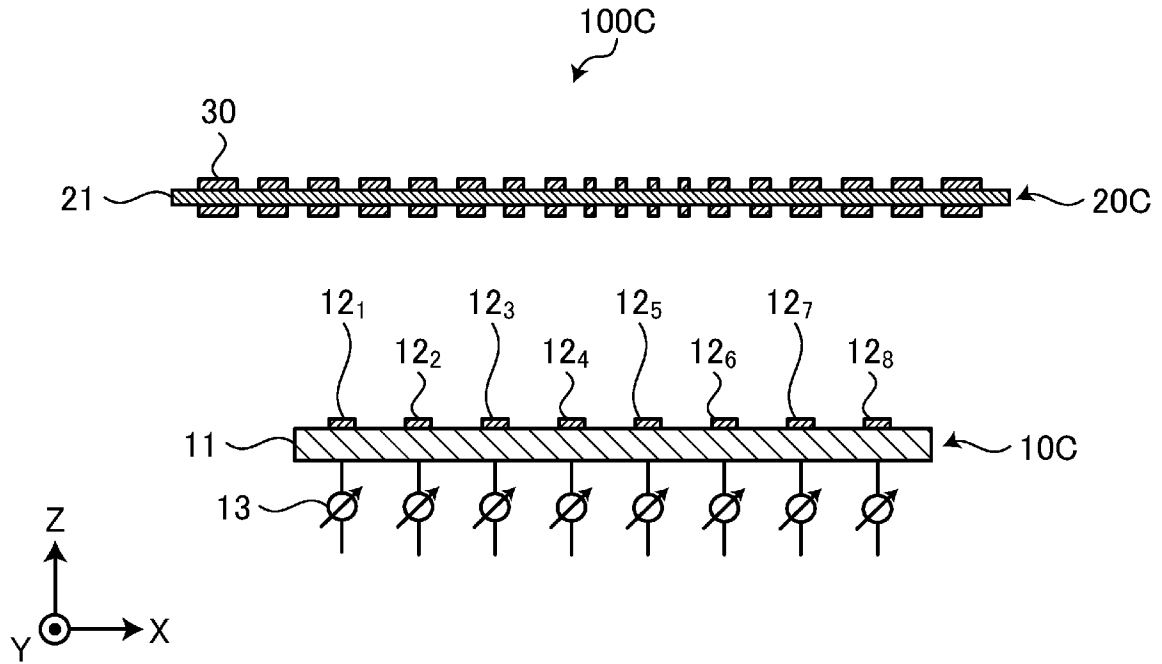
[图14]



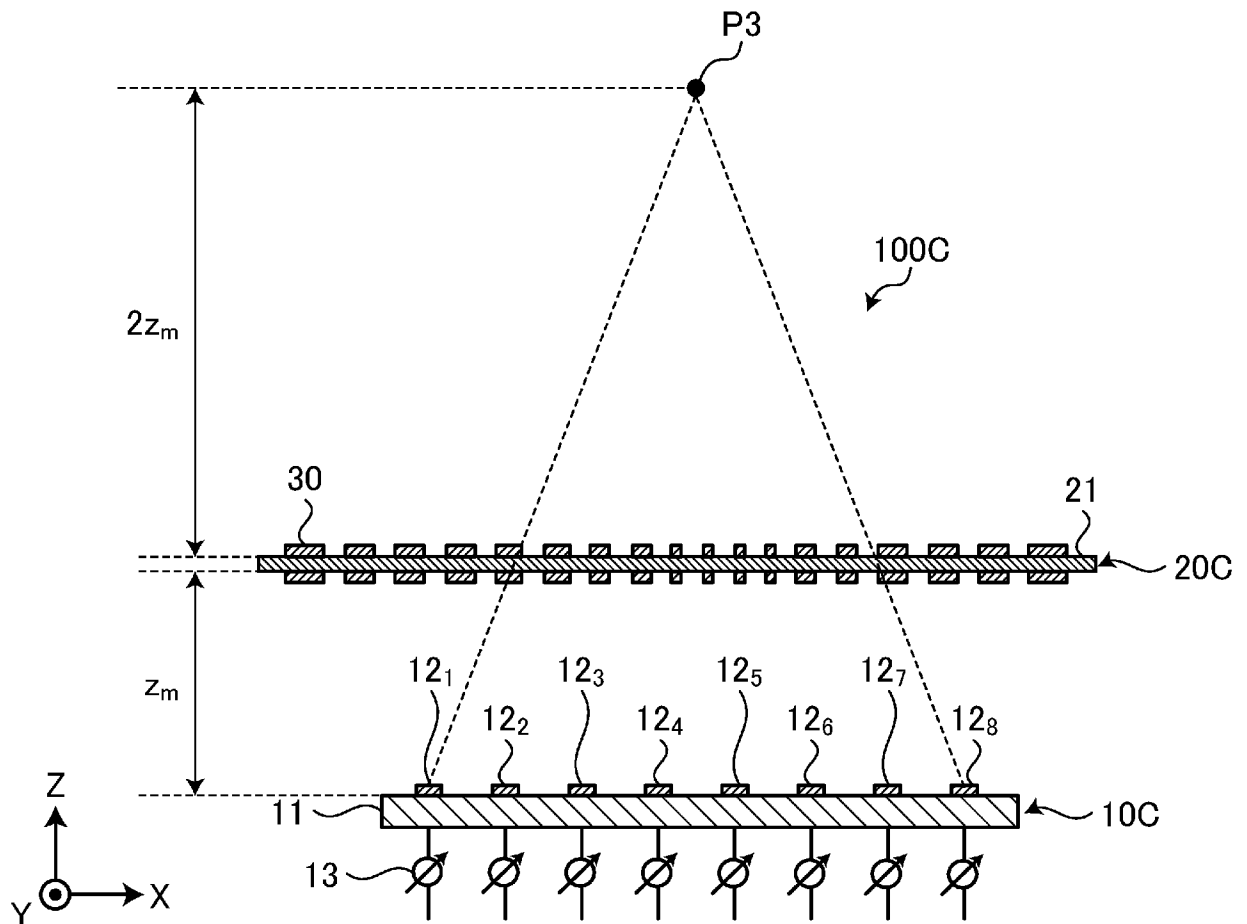
[图15]



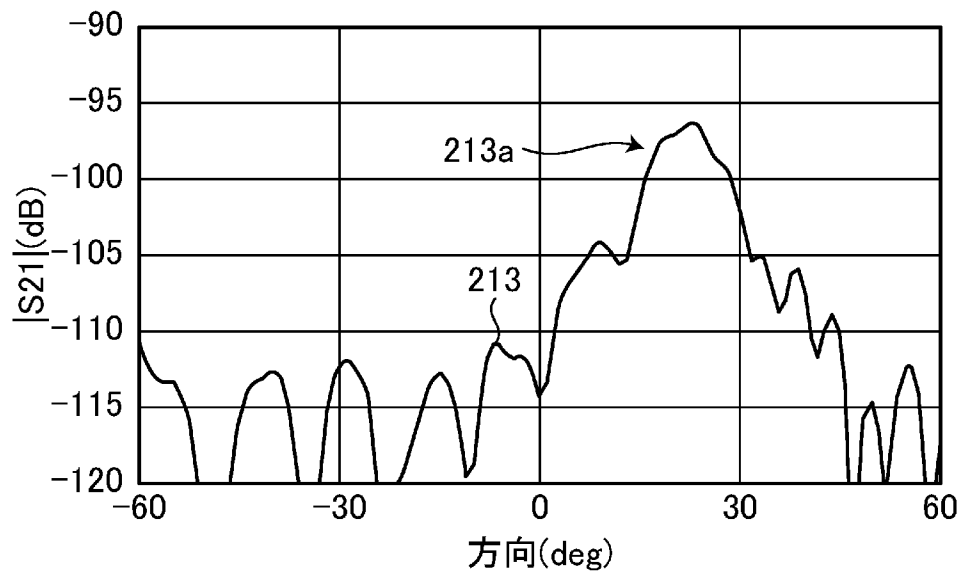
[図16]



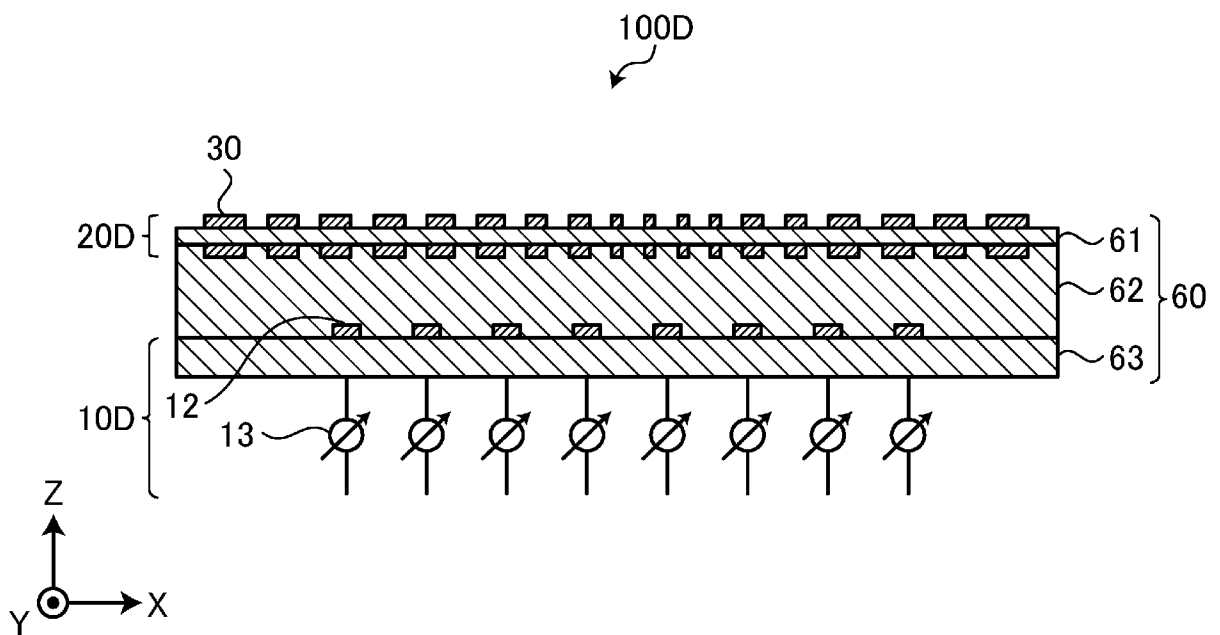
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/022478

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01Q 3/46</i> (2006.01)i; <i>H01Q 19/06</i> (2006.01)i; <i>H01Q 21/08</i> (2006.01)i FI: H01Q3/46; H01Q19/06; H01Q21/08		
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) H01Q3/46; H01Q19/06; H01Q21/08		
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.
X	JP 2018-157541 A (ISOTROPIC SYSTEMS LTD.) 04 October 2018 (2018-10-04) paragraphs [0043], [0050]-[0052], [0067]-[0068], [0070], [0073], [0081], fig. 1, 2, 4	1-6
A	JP 10-065439 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 06 March 1998 (1998-03-06) entire text, all drawings	1-6
A	JP 09-162638 A (DX ANTENNA) 20 June 1997 (1997-06-20) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2021-516005 A (UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS) 24 June 2021 (2021-06-24) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2023-509575 A (METAWAVE CORPORATION) 09 March 2023 (2023-03-09) entire text, all drawings	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 27 July 2023		Date of mailing of the international search report 08 August 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/JP2023/022478

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2018-157541	A	04 October 2018	US 2018/0269576 A1 paragraphs [0043], [0050]- [0052], [0066]-[0067], [0069], [0072], [0080], fig. 1, 2, 4 WO 2018/167717 A1 EP 3376595 A1 KR 10-2019-0127738 A CN 110582892 A	
JP	10-065439	A	06 March 1998	(Family: none)	
JP	09-162638	A	20 June 1997	(Family: none)	
JP	2021-516005	A	24 June 2021	US 2021/0013618 A1 entire text, all drawings WO 2019/164813 A1	
JP	2023-509575	A	09 March 2023	US 2022/0416422 A1 entire text, all drawings WO 2021/150384 A1 KR 10-2022-0119060 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01Q 3/46(2006.01)i; H01Q 19/06(2006.01)i; H01Q 21/08(2006.01)i FI: H01Q3/46; H01Q19/06; H01Q21/08		
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）） H01Q3/46; H01Q19/06; H01Q21/08 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 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		
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
X	JP 2018-157541 A (アイソトロピック システムズ リミテッド) 04.10.2018 (2018 - 10 - 04) 段落0043, 0050-0052, 0067-0068, 0070, 0073, 0081, 図1, 2, 4	1-6
A	JP 10-065439 A (三菱電機株式会社) 06.03.1998 (1998 - 03 - 06) 全文、全図	1-6
A	JP 09-162638 A (ダイエツクスアンテナ株式会社) 20.06.1997 (1997 - 06 - 20) 全文、全図	1-6
A	JP 2021-516005 A (ユニバーシティ オブ マサチューセッツ) 24.06.2021 (2021 - 06 - 24) 全文、全図	1-6
A	JP 2023-509575 A (メタウェーブ・コーポレーション) 09.03.2023 (2023 - 03 - 09) 全文、全図	1-6
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	国際調査報告の発送日	
27.07.2023	08.08.2023	
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） 原田 聖子 5K 3360 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/JP2023/022478

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-157541 A	04.10.2018	US 2018/0269576 A1 段落 0043, 0050-0052, 0066-0067, 0069, 0072, 0080, 図1, 2, 4 WO 2018/167717 A1 EP 3376595 A1 KR 10-2019-0127738 A CN 110582892 A	
JP 10-065439 A	06.03.1998	(ファミリーなし)	
JP 09-162638 A	20.06.1997	(ファミリーなし)	
JP 2021-516005 A	24.06.2021	US 2021/0013618 A1 全文、全図 WO 2019/164813 A1	
JP 2023-509575 A	09.03.2023	US 2022/0416422 A1 全文、全図 WO 2021/150384 A1 KR 10-2022-0119060 A	