

(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
2025年6月5日(05.06.2025)



(10) 国際公開番号

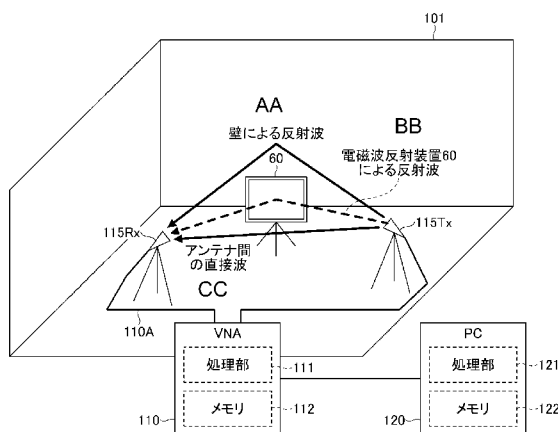
WO 2025/115482 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 29/08 (2006.01) H01Q 15/14 (2006.01)
G01R 11/00 (2006.01) H04B 17/15 (2015.01)
G01R 29/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/038228
- (22) 国際出願日: 2024年10月25日(25.10.2024)
- (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 2023-203013 2023年11月30日(30.11.2023) 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 (JP).
- (72) 発明者: 神原 久美子 (KAMBARA, Kumiko);
〒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 (JP).
- (74) 代理人: 家入 健 (IEIRI Takeshi); 〒2210835 神
奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目33
番8 アーバンセンター横浜ウエスト5
階 響国際特許事務所 (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,

(54) Title: RECEPTION POWER MEASUREMENT METHOD, POWER REFLECTION EFFICIENCY CALCULATION METHOD, RECEPTION POWER MEASUREMENT PROGRAM, AND POWER REFLECTION EFFICIENCY CALCULATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 受信電力の測定方法、電力反射効率の計算方法、受信電力の測定プログラム、及び、電力反射効率の計算プログラム

【図6】



111, 121 Processing unit
112, 122 Memory
AA Reflected wave from wall
BB Reflected wave from electromagnetic
wave reflection device 60
CC Direct wave between antennas

(57) Abstract: Provide is a reception power measurement method capable of appropriately measuring reception power of an electromagnetic wave reflection device having a metasurface or a regular reflection surface. In this reception power measurement method: a radio wave of a prescribed band selected from a frequency band of 1 MHz to 300 GHz is transmitted from a transmission antenna in a radio wave dark room where a VNA, which is connected to transmission and reception antennas in which the relative position thereof is fixed, is disposed, whereby said radio wave is incident on an electromagnetic wave reflection device at a first designated incident angle; a reflected wave is received by the re-

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, 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))

ception antenna disposed in the direction of a first designated reflection angle with respect to the electromagnetic wave reflection device, whereby a first reception power in a designated frequency range is measured by the VNA; the radio wave of the prescribed band is transmitted from the transmission antenna in the radio wave dark room so as to be incident on a reflection plate, which has a metal reflection surface, at a second designated incident angle; and a reflected wave is received by the reception antenna disposed in the direction of a second designated reflection angle with respect to the reflection plate having the metal reflection surface, whereby a second reception power in the designated frequency range is measured by the VNA.

(57) 要約: メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置の受信電力を適切に測定可能な受信電力の測定方法を提供する。受信電力の測定方法は、相対位置が固定された送信及び受信アンテナに接続されたVNAが配置された電波暗室内で1MHz以上300GHz以下の周波数帯から選択される所定帯域の電波を送信アンテナから送信させて電磁波反射装置に第1指定入射角で入射させ、電磁波反射装置に対して第1指定反射角の方向に配置された受信アンテナで反射波を受信しVNAで指定周波数範囲における第1受信電力を測定し、電波暗室内で送信アンテナから所定帯域の電波を送信させて金属反射面を有する反射板に第2指定入射角で入射させ、金属反射面を有する反射板に対して第2指定反射角の方向に配置された受信アンテナで反射波を受信しVNAで指定周波数範囲における第2受信電力を測定する。

明 細 書

発明の名称：

受信電力の測定方法、電力反射効率の計算方法、受信電力の測定プログラム、及び、電力反射効率の計算プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、受信電力の測定方法、電力反射効率の計算方法、受信電力の測定プログラム、及び、電力反射効率の計算プログラムに関する。

背景技術

[0002] 第5世代（以下、「5G」と呼ぶ）移動通信規格では、高速大容量の通信が期待される一方で、直進性の強い電波を使用するため、電波の届きにくい場所が発生し得る。工場内のように金属機械が多く存在する場所や、ビル街のように壁面や街路樹での反射が多い場所では、目的の端末装置や無線機器に電波を届けるための手段が必要である。医療現場、イベント会場、大型商業施設など、基地局アンテナを見通せない（NLOS：Non-Line-of-Sight）スポットが発生する場所にも同様の要求がある。次世代の第6世代でも、テラヘルツ帯、又はサブテラヘルツ帯の使用が見込まれており、同様の要求がある。

[0003] 近年、「メタサーフェス」と呼ばれる人工的な表面を持つ反射面が開発されている。メタサーフェスは、波長よりも細かい周期的な構造物又はパターンで形成され、所望の方向に電波を反射するように設計されている（例えば、非特許文献1参照）。メタサーフェスは、平面的な配置構成を維持しながら所望の反射角度を実現できるため、反射パネルを多数設置する空間的な余裕がない環境でも、リフレクタとして有効に機能する。工場やプラントの生産ラインに、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置を含む無線伝達システムを導入する構成が提案されている（例えば、特許文献1、及び2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2021/199503号

特許文献2：国際公開第2021/199504号

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Diaz-Rubio et al., Sci. Adv. 2017: 3: e1602714 1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、従来のような無線伝達システムを導入する際には、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置の電力反射効率に基づいて、電磁波反射装置や基地局の配置等を設計することになるため、電力反射効率を適切に評価する必要がある。また、従来のような無線伝達システムを導入する場合に限らず、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置を配置する場合には、電力反射効率を適切に評価する必要がある。

[0007] しかしながら、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置の電力反射効率の適切な評価方法は、確立されていない。また、電力反射効率を評価するには、電磁波反射装置における受信電力を適切に評価する必要がある。

[0008] そこで、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置における受信電力を適切に測定可能な受信電力の測定方法、及び、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置における電力反射効率を適切に計算可能な電力反射効率の計算方法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

[0009] 本開示の実施形態の受信電力の測定方法は、相対位置が固定された送信アンテナ及び受信アンテナに接続されたベクトルネットワークアナライザが配置された電波暗室の内部において、1 MHz 以上 300 GHz 以下の周波数帯から選択される所定帯域の電波を前記送信アンテナから送信させて、電磁波反射装置に対して第1指定入射角で入射させる第1工程と、前記電磁波反

射装置に対して第1指定反射角の方向に配置された前記受信アンテナで、前記第1工程において前記電磁波反射装置に入射した前記電波の反射波を受信し、前記ベクトルネットワークアナライザで指定周波数範囲における第1受信電力を測定する第2工程と、前記電波暗室の内部において、前記送信アンテナから前記所定帯域の電波を送信させて、金属反射面を有する反射板に対して第2指定入射角で入射させる第3工程と、前記金属反射面を有する反射板に対して第2指定反射角の方向に配置された前記受信アンテナで、前記第3工程において前記金属反射面に入射した前記電波の反射波を受信し、前記ベクトルネットワークアナライザで前記指定周波数範囲における第2受信電力を測定する第4工程とを含む。

発明の効果

[0010] メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置における受信電力を適切に測定可能な受信電力の測定方法、及び、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置における電力反射効率を適切に計算可能な電力反射効率の計算方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施形態の反射パネル10を用いた電磁波反射装置60の構成の一例を示す図である。

[図2]電磁波反射装置60-1、60-2、及び60-3を連結した電磁波反射フェンス100の構成の一例を示す図である。

[図3]反射パネル10の層構造の一例を示す図である。

[図4]反射パネル10Aの層構造の一例を示す図である。

[図5]中空パターン151で構成される導電パターン15の単位セル20の構成の一例を示す図である。

[図6]電波暗室101に配置した測定機器の一例を示す図である。

[図7A]実施形態の電力反射効率の計算方法の一例を説明する図である。

[図7B]実施形態の電力反射効率の計算方法の一例を説明する図である。

[図8]実施形態の受信電力の測定方法、及び、電力反射効率の計算方法の処理

の一例を示すフローチャートである。

[図9A]電磁波反射装置60Aについて、補正值が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Aまでの距離と、反射波の経路上における電磁波反射装置60Aから受信アンテナ115Rxまでの距離との測定結果の一例を示す図である。

[図9B]電磁波反射装置60Aについて、補正值が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Aまでの距離と、反射波の経路上における電磁波反射装置60Aから受信アンテナ115Rxまでの距離との測定結果の一例を示す図である。

[図9C]電磁波反射装置60Aの反射面の構成の一例を示す図である。

[図10]図9Aの結果に二次曲線を当て嵌めた結果の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の受信電力の測定方法、電力反射効率の計算方法、受信電力の測定プログラム、及び、電力反射効率の計算プログラムを適用した実施形態について説明する。以下では、同一の要素に同一の符号を付して、重複する説明を省略する場合がある。

[0013] 以下では、本開示の受信電力の測定方法、電力反射効率の計算方法、受信電力の測定プログラム、及び、電力反射効率の計算プログラムを説明する前に、屋外又は屋内で利用され得る無線伝達システムに含まれる、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置の構成について説明する。無線伝達システムは、このような電磁波反射装置に加えて、基地局を含み、屋外又は屋内の施設において、無線通信エリアを構築する。

[0014] 以下では、XYZ座標系を定義して説明する。X軸に平行な方向（X方向）、Y軸に平行な方向（Y方向）、Z軸に平行な方向（Z方向）は、互いに直交する。また、以下では、説明の便宜上、-Z方向側を下側又は下、+Z方向側を上側又は上と称す場合がある。また、平面視とはXY面視すること

をいう。また、以下では構成が分かりやすくなるように各部の長さ、太さ、厚さ等を誇張して示す場合がある。また、平行、直角、直交、水平、垂直、上下等の文言は、実施形態の効果を損なわない程度のずれを許容するものとする。

[0015] 実施形態では、屋内外で用いられる無線伝達システムで、電磁波反射装置を用いて不感地帯を低減する。この明細書で「不感地帯」とは、遮蔽物の影響により、遮蔽のない周囲の受信環境と比較して10dB以上受信電力が低下する地帯をいう。一般的に3THz以下の電磁波は電波と呼ばれるが、この明細書では、基地局から送信される通信波を「電波」と呼び、電磁波一般については「電磁波」と呼ぶ。

[0016] 不感地帯は、2次元的な領域だけではなく3次元空間も含む。無線通信機能を備えた生産機器、センサ、又は移動通信端末等が不感地帯に位置すると、基地局との間で信号の送受信が困難になる。そこで、電磁波反射装置を導入して不感地帯を低減し、電波環境を改善する。

[0017] <実施形態>

図1は、実施形態の反射パネル10を用いた電磁波反射装置60の構成の一例を示す図である。電磁波反射装置60は、反射パネル10と、反射パネル10を保持するフレーム50を有する。図1の座標系で、電磁波反射装置60が設置された状態で、反射パネル10の幅または横方向をX方向、高さまたは縦方向をY方向、厚さ方向をZ方向とする。反射パネル10は、マイクロ波、ミリ波、サブミリ波など、ギガヘルツ帯からテラヘルツ帯にかけての電磁波を反射し、例えば、1MHz以上300GHz以下の電磁波を反射する。

[0018] 電磁波反射装置60を含む無線伝達システムで基地局が送受信する電波は、一例として、第五世代移動通信システム(5G)等のSub-6の周波数帯やミリ波帯を含む1MHz~300GHzの周波数帯域の電波であると好適である。現在は、Sub-6の周波数帯と、ミリ波帯に含まれる28GHz帯とが利用されており、次世代の6G移動通信規格では、サブテラヘルツ

帯への拡張が見込まれている。このような高周波の帯域を用いることで、通信帯域幅が大幅に拡張され、大量のデータ通信を低遅延で行うことができる。

[0019] また、基地局が送受信する電波は、LTE (Long Term Evolution)、LTE-A (LTE-Advanced)、UMB (Ultra Mobile Broadband)、又はCBRS (Citizens Broadband Radio Service)であってもよい。また、基地局が送受信する電波は、IEEE 802.11 (Wi-Fi (登録商標))、IEEE 802.16 (WiMAX (登録商標))、IEEE 802.20、UWB (Ultra-Wideband)、Bluetooth (登録商標)、又はLPWA (Low Power Wide Area) 等であってもよい。

[0020] 反射パネル10は、電磁波の入射角と出射角が等しい鏡面反射面を有していてもよく、反射方向が制御されたメタサーフェスを有していてもよい。反射パネル10は、鏡面反射面とメタサーフェスを組合せた構成であってもよい。メタサーフェスは、入射電磁波を入射角と異なる方向に反射する非鏡面反射面を提供するだけでなく、電磁波の拡散状態を制御するように設計されていてもよい。

[0021] 反射パネル10のメタサーフェスは、水平偏波と垂直偏波の両方を制御された方向に反射する。水平偏波とは、地面と平行な方向、または伝搬方向に対して横方向に振動する偏波である。垂直偏波とは、地面に対して垂直な方向、または伝搬方向に対して縦方向に振動する偏波である。メタサーフェスを構成する導体パターンを中空の四角形で形成することで、水平偏波と垂直偏波の両方を、制御された方向に反射することができる。

[0022] フレーム50は、反射パネル10を設置したときの高さ方向に沿った2辺を保持する。フレーム50の他に、反射パネル10の上端を保持するトップフレーム57と、下端を保持するボトムフレーム58を設けてもよい。この場合、フレーム50と、トップフレーム57と、ボトムフレーム58とで、反射パネル10の全周を保持するフレームが構成される。フレーム50は、トップフレーム57とボトムフレーム58に対する位置関係で、「サイドフ

レーム」と呼んでもよい。フレーム50を支持する脚部56を設けてもよい。図1のように、電磁波反射装置60を設置面に自立させるときは脚部56を設けるのが望ましいが、脚部56は必須ではない。脚部56にキャスターを設けて移動式にしてもよいし、脚部56を設けずに反射パネル10を壁面に設置する、または、天井から吊るしてもよい。

[0023] 図2は、電磁波反射装置60-1、60-2、及び60-3を連結した電磁波反射フェンス100の構成の一例を示す図である。図2では、3つの電磁波反射装置60-1、60-2、及び60-3（以下、適宜「電磁波反射装置60」と総称する場合がある）を連結して電磁波反射フェンス100を構成しているが、連結される電磁波反射装置60の数に、特に制限はない。

[0024] 電磁波反射装置60-1、60-2、及び60-3は、それぞれ反射パネル10-1、10-2、及び10-3を有する。隣接する反射パネル同士をフレーム50で保持することで、X方向に連結された電磁波反射フェンス100が得られる。反射パネル10-1、10-2、及び10-3（以下で適宜「反射パネル10」と総称する場合がある）のそれぞれは、少なくともその一部に、中空の四角形の導電パターンで形成される反射面を有する。これにより、水平偏波と垂直偏波の両方の電波を制御された方向に反射する。

[0025] <反射パネル10の層構造>

図3は、反射パネル10の層構造の一例を示す図である。図3に示す層構造は、反射パネル10のXZ断面における層構造であり、積層方向が反射パネル10の厚さ方向（Z方向）となる。図3には、一例として反射パネル10を下側（-Y方向側）から見た断面を示す。

[0026] 反射パネル10は、誘電体層11と、誘電体層11の一方の表面11Aに設けられる周期的な導電パターン15と、誘電体層11の他方の表面11Bに設けられるグラウンド層12とを有する。導電パターン15は、反射パネル10の反射面を形成し、1MHz以上300GHz以下の電磁波を所定の方向に反射する。

[0027] 導電パターン15は、複数の中空パターン151の周期的な配列を含む。

中空パターン１５１の具体的な形状については、図５を参照して後述する。中空パターンは、一例として、Ａｇ、Ｃｕ、Ｎｉ、Ａｌ等の良導体で形成されており、厚さは、一例として、０．０１ｍｍ以上０．０５ｍｍ以下である。０．０１ｍｍ未満だと、表面抵抗率が高くなって反射効率を高く維持するのが困難になる。０．０５ｍｍよりも厚くなると、反射面の平坦性を維持するのが困難になる。導電パターン１５の表面を、誘電体層１１と同等の誘電率と誘電正接を有する透明フィルムで保護してもよい。

[0028] 中空パターン１５１は、一例として、接着層１３により誘電体層１１に接合されている。接着層１３は、一例として、誘電体層１１の全面に塗布されているのではなく、中空パターン１５１を安定的に担持するのに必要な量が用いられている。誘電体層１１の誘電率に対する接着層１３の影響を最小にするためである。接着層１３が占める面積は、導電パターン１５が占める面積と完全に同じである必要はなく、中空パターン１５１を安定して誘電体層１１に接着できる範囲で、多少のずれがあってもよい。例えば、誘電体層１１に対する導電パターン１５の面積占有率が１０．０％以上４５．０％以下であるとする、誘電体層１１に対する接着層１３の面積占有率は、９．０％以上５０．０％以下である。

[0029] 導電パターン１５の面積占有率が１０．０％未満だと、所望の反射特性と反射効率を実現することが困難になる。導電パターン１５の面積占有率が４５．０％を超えると、反射パネル１０の透明性を維持するのが困難になるが、透明性を必要としない用途では、導電パターン１５の面積占有率を４５．０％よりも大きくして、反射効率を優先してもよい。

[0030] 接着層１３は、導電パターン１５を誘電体層１１に接合できる材料であり、例えば、酢酸ビニル樹脂、アクリル樹脂、セルロース樹脂、シリコーン樹脂等の熱可塑性樹脂を用いてもよい。接着層１３の厚さは、導電パターン１５を安定して誘電体層１１に接合できる厚さであり、例えば、０．００２ｍｍ以上０．０５０ｍｍ以下である。接着力を確保する観点から、０．０１０ｍｍ以上０．０５０ｍｍ以下であることが望ましい。

- [0031] 誘電体層 11 は、ポリカーボネート、シクロオレフィンポリマー（COP）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、フッ素樹脂等、絶縁性のポリマーフィルムであり、厚さは 0.3 mm から 1.0 mm 程度である。誘電体層 11 は、目標の反射特性を実現するのに適した比誘電率と誘電正接を持つ材料であればよい。
- [0032] グランド層 12 は、導電パターン 15 と同じ材料で形成されていてもよいし、異なる導電材料で形成されていてもよい。グラウンド層 12 は、導電パターン 15 との間に所定の寄生容量を形成する。導電パターン 15 とグラウンド層 12 の間に形成される寄生容量により位相の遅延量が決まる。
- [0033] 図 4 は、反射パネル 10A の層構造の一例を示す図である。この層構造は、図 3 の層構造を、2 枚の誘電体基板 21 と 22 の間に挟み込んだ構成を有する。誘電体基板 21 は、接着層 23 により、グラウンド層 12 に接合されている。誘電体基板 22 は、接着層 24 により、誘電体層 11 の導電パターン 15 の側に接合されている。誘電体基板 21 と 22 は、ギガヘルツ帯からテラヘルツ帯にかけての電磁波、具体的には 1 MHz 以上 3 THz 以下、例えば 1 MHz 以上 300 GHz 以下の電磁波に対して透明である。誘電体基板 21 と 22 は、反射パネル 10A の最外層として、耐衝撃性、耐久性、透明度に優れた材料で形成されていることが望ましい。誘電体基板 21 及び 22 として、ポリカーボネート、アクリル樹脂、PET などを用いることができる。誘電体基板 21 と 22 の厚さは、例えば 1.0 mm から 10.0 mm の間で、設置場所に応じて適宜選択可能である。誘電体基板 21 と 22 の厚さは同じであっても、異なってもよい。
- [0034] 接着層 23 は、グラウンド層 12 の表面を保護するとともに、誘電体基板 21 を接着保持する。接着層 24 は、導電パターン 15 の表面を保護するとともに、誘電体基板 22 を接着保持する。接着層 23 と 24 は耐久性と耐湿性を有することが望ましく、例えばエチレン・酢酸ビニル（EVA: ethylene-vinyl acetate）共重合体やシクロオレフィンポリマー（COP）を用いることができる。接着層 23 と 24 の厚さは誘電体基板 21 と 22 を接合できる

ように、 $10\mu\text{m}$ から $400\mu\text{m}$ の範囲で適宜決定される。

[0035] 導電パターン15を接着層24で覆って誘電体基板22を接合することで、導電パターン15の表面への水分や空気の侵入が抑制され、反射面の劣化が抑制される。グラウンド層12を接着層23で覆って誘電体基板21を接合することで、グラウンド層12の表面への水分や空気の侵入が抑制され、グラウンド層12の表面劣化が抑制される。これにより、グラウンド層12と導電パターン15の間のキャパシタンスが一定に維持され、設計された位相遅れの大きさを維持することができる。すなわち、設計された方向への電波の反射効率を維持することができる。

[0036] <中空パターンの構成例>

図5は、中空パターン151で構成される導電パターン15の単位セル20の構成の一例を示す図である。

[0037] 図5に示す例では、単位セル20は、6個の中空パターン151a、151b、151c、151d、151e、及び151fを有する。中空パターン151aから151fの幅W1の方向と長さLの方向は、図2Aの反射パネル10の幅(X)方向と高さ(Z)方向にそれぞれ対応する。中空パターン151aから151fは、幅W1が等しく、長さLはそれぞれ異なるが、長さの中心軸が揃っている(中心軸のY座標位置が一定)。X方向のピッチ又は間隔Gは一定である。中空パターン151aから151fの形状とサイズで反射の位相を制御し、反射波の重ね合わせにより所望の方向に反射ビームを形成する。この例で、単位セル20は、垂直入射(入射角 0°)した電磁波の反射波のビームを垂線から 50° の方向に反射するように設計されている。

[0038] 中空パターン151a、151b、151c、151d、151e、及び151f(以下、「中空パターン151」と総称する場合がある)は、幅W2で中抜けされている。中空パターンは、XZ面視で矩形環状の形状を有する。各中空パターン151の外周の幅W1と内周の幅W2の差の $1/2$ が、縦方向の線分の幅である。同様に、中抜けの面積に応じて、中空パターン1

51の横方向の線分の太さが決まる。中空パターン151の縦方向の線分と横方向の線分により、垂直偏波と水平偏波の両方の電波を反射可能となる。

[0039] 中空パターン151の外縁の角部は、曲率をつけずに直角であってもよいし、曲率半径R1で湾曲していてもよい。直角の場合は曲率半径 $R1 = 0$ mmである。中空パターン151の内周の角部は、曲率半径R2で湾曲している。曲率半径R1は、R2と同じか又はR2よりも小さい。中空パターン151の角部、特に内縁側の角部を所定の曲率半径で丸くすることで電流の集中を防止して反射効率を維持する。具体的には、中空パターン151の内縁側の角部に、幅W1の $1/10$ 以上 $1/2$ 以下の曲率半径R2で丸みをつけることで、電流の集中を抑制しつつ、垂直偏波と水平偏波の双方に応答可能にする。

[0040] 導電パターン15は、単位セル20をX方向とZ方向に繰り返し配置した周期的なパターンである。反射パネル10の少なくとも一部に導電パターン15で形成される反射面を設けることで、入射する水平偏波と垂直偏波の両方の電磁波を制御された方向に反射可能になる。

[0041] <実施形態の受信電力の測定方法、及び、電力反射効率の計算方法>

ここでは、まず図6を用いて、電磁波反射装置60の受信電力を測定する測定機器の一例について説明する。

[0042] <測定機器>

図6は、電波暗室101に配置した測定機器の一例を示す図である。ここでは、測定機器としてVNA(Vector Network Analyzer)110を用いる。VNA110には、ケーブル110Aを介して、送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxが接続されている。また、送信アンテナ115Txは、電磁波反射装置60に向けられており、電磁波反射装置60の反射方向には、受信アンテナ115Rxが配置されている。

[0043] また、VNA110には、PC(Personal Computer)120が接続されている。なお、PC120は、電波暗室101の内部にあってもよいが、図6では、一例として電波暗室101の外部に配置されている。

[0044] 一例として、電磁波反射装置 60、送信アンテナ 115Tx、及び受信アンテナ 115Rxは、三脚等で電波暗室 101内の床面上の所定の高さ位置の場所に配置されている。測定を行う際には、送信アンテナ 115Tx及び受信アンテナ 115Rxの相対位置は、固定される。また、送信アンテナ 115Tx及び受信アンテナ 115Rxに対する電磁波反射装置 60の位置も固定される。

[0045] なお、電磁波反射装置 60が非鏡面反射を行うメタサーフェスであるか、又は、鏡面反射を行う反射装置であるかによって、送信アンテナ 115Tx及び受信アンテナ 115Rxに対する電磁波反射装置 60の角度を変更する場合には、送信アンテナ 115Tx及び受信アンテナ 115Rxを固定して電磁波反射装置 60の角度を変更してもよいし、電磁波反射装置 60の角度を固定して、送信アンテナ 115Tx及び受信アンテナ 115Rxの位置（向き）を変更してもよい。また、電磁波反射装置 60と、送信アンテナ 115Tx及び受信アンテナ 115Rxとの両方の位置（向き）を変更してもよい。

[0046] <VNA 110>

VNA 110は、送信アンテナ 115Txに送信信号を送信する送信回路部、及び、受信アンテナ 115Rxで受信した受信信号の電力（受信電力）を測定する受信回路部の他に、処理部 111及びメモリ 112を有する。図 6では、VNA 110の送信回路部及び受信回路部を省略する。

[0047] なお、ここでは、1つのVNA 110に送信アンテナ 115Tx及び受信アンテナ 115Rxが接続される形態について説明するが、VNA 110は、送信アンテナ 115Txに接続されるVNAと、受信アンテナ 115Rxに接続されるVNAとに分離されていて、2つのVNAが光ケーブル等で接続されることで、協働して動作する構成であってもよい。

[0048] VNA 110は、処理部 111及びメモリ 112を実現するコンピュータシステムを内蔵している。コンピュータシステムは、CPU(Central Processing Unit)、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、

入出力インターフェース、及び内部バス等を含むコンピュータによって実現される。処理部 111 は、VNA 110 のコンピュータシステムが実行するプログラムの機能を機能ブロックとして示したものである。また、メモリ 112 は、VNA 110 のコンピュータシステムのメモリを機能的に表したものである。

[0049] <処理部 111>

処理部 111 は、VNA 110 の送信回路部及び受信回路部を制御して、送信アンテナ 115 Tx に電波を放射させる処理、及び、受信アンテナ 115 Rx によって受信された電波の受信電力を測定する処理を行う。これは、実施形態の受信電力の測定方法によって実現される処理である。

[0050] 処理部 111 は、送信アンテナ 115 Tx に電波を放射させる処理において、送信回路部を制御して、1 MHz 以上 300 GHz 以下の周波数帯から選択される所定帯域の電波を送信アンテナ 115 Tx から送信させる。所定帯域の選択は、PC 120 の操作者が PC 120 に所望の帯域を入力し、PC 120 が VNA 110 に所定帯域を表すデータを伝送することによって行われる。なお、所定帯域の選択は、PC 120 を介さずに、VNA 110 に対して直接行われてもよい。

[0051] 処理部 111 は、受信電力を測定する処理において、受信回路部を制御して、指定周波数範囲内で受信電力の周波数をスキャンし、電磁波反射装置 60 における受信電力を測定する。処理部 111 は、タイムドメイン機能を利用することで、電磁波反射装置 60 での反射波と、電波暗室 101 の内壁での反射波と、直接波とを判別可能である。

[0052] 電磁波反射装置 60 での反射波は、送信アンテナ 115 Tx から送信され、電磁波反射装置 60 で反射されて受信アンテナ 115 Rx に到達する電波である。電波暗室 101 の内壁での反射波は、送信アンテナ 115 Tx から送信され、電波暗室 101 の内壁で反射されて受信アンテナ 115 Rx に到達する電波である。直接波は、送信アンテナ 115 Tx から送信され、受信アンテナ 115 Rx に直接到達する電波である。

[0053] また、実施形態の電力反射効率の計算方法では、受信電力に基づいて電力反射係数を計算するが、この処理は、VNA 110の処理部111、又は、PC 120の処理部121のいずれが行ってもよいし、処理部111及び121が分担して行ってもよい。ここでは、一例として、VNA 110の処理部111が受信電力に基づいて電力反射係数を計算する形態について説明する。すなわち、ここでは、一例として、VNA 110の処理部111が電力反射効率の計算方法による計算処理を実行する形態について説明する。なお、電力反射効率の計算方法の詳細については、図6乃至図8を用いて後述する。

[0054] <メモリ112>

メモリ112は、VNA 110の処理部111が電力反射効率の計算方法による計算処理を実行するために必要なプログラムやデータ等を格納する。

[0055] <PC 120>

PC 120は、処理部121及びメモリ122を実現するコンピュータシステムを内蔵している。コンピュータシステムは、CPU、RAM、ROM、入出力インターフェース、及び内部バス等を含むコンピュータによって実現される。処理部121は、PC 120のコンピュータシステムが実行するプログラムの機能を機能ブロックとして示したものである。また、メモリ122は、PC 120のコンピュータシステムのメモリを機能的に表したものである。

[0056] 上述したように、本実施形態では、VNA 110の処理部111が電力反射効率の計算方法による計算処理を実行する形態について説明するが、PC 120の処理部121が電力反射効率の計算方法による計算処理を実行してもよく、処理部111及び121が分担して、電力反射効率の計算方法による計算処理を実行してもよい。メモリ122は、処理部121が処理を実行するために必要なプログラムやデータ等を格納する。

[0057] <実施形態の電力反射効率の計算方法>

図7A及び図7Bは、実施形態の電力反射効率の計算方法の一例を説明す

る図である。図 7 A 及び図 7 B には、図 1 乃至図 5 と共通の X Y Z 座標を示す。

[0058] 図 7 A 及び図 7 B には、送信アンテナ 1 1 5 T x、受信アンテナ 1 1 5 R x、及び電磁波反射装置 6 0 の位置関係を二次元平面内で簡略化して示す。以下では、メタサーフェスを有する電磁波反射装置 6 0 を電磁波反射装置 6 0 A と称し、正規反射面を有する電磁波反射装置 6 0 を電磁波反射装置 6 0 B と称す場合がある。電磁波反射装置 6 0 A 及び 6 0 B を特に区別しない場合には、単に電磁波反射装置 6 0 と称す。

[0059] また、電磁波反射装置 6 0 A 及び 6 0 B の反射効率を計算する際には、完全導体で構成される電磁波反射装置 6 0 で測定した受信電力から求めた反射係数を用いる。以下では、完全導体で構成される電磁波反射装置 6 0 を電磁波反射装置 6 0 C と称す。電磁波反射装置 6 0 C は、金属反射面を有する反射板の一例である。電磁波反射装置 6 0 C は、反射面が平坦な金属表面であればよく、一例としてアルミニウム製の金属板を電磁波反射装置 6 0 C として利用可能である。なお、反射面が平坦な金属表面であればよいため、樹脂基板等にアルミニウム箔を貼り付けた反射板を電磁波反射装置 6 0 C として用いてもよい。

[0060] 図 7 A には、メタサーフェスを有する電磁波反射装置 6 0 A を示し、図 7 B には正規反射面を有する電磁波反射装置 6 0 B を示す。また、完全導体で構成される電磁波反射装置 6 0 C は、電磁波反射装置 6 0 B と同様に鏡面反射を行うため、図 7 B には、電磁波反射装置 6 0 B (6 0) 又は 6 0 C と記す。

[0061] <実施形態の電力反射効率の計算方法の詳細>

図 7 A に示すように、電磁波反射装置 6 0 A の場合には、一例として、電磁波反射装置 6 0 A に入射角が 0 度の方向に送信アンテナ 1 1 5 T x が位置し、入射角が 0 度で電波が入射したときの反射角が θ 度の方向に受信アンテナ 1 1 5 R x が位置するように、予め電磁波反射装置 6 0 A、送信アンテナ 1 1 5 T x、及び受信アンテナ 1 1 5 R x の角度と距離を設定しておく。角

度 θ は、電磁波反射装置60Aに対して送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxがなす角度である。図7Aには反射面の法線を一点鎖線で示す。入射波の経路上における電磁波反射装置60A及び送信アンテナ115Txの間の距離と、反射波の経路上における電磁波反射装置60A及び受信アンテナ115Rxの間の距離とは等しい。一例として、図7Aでは、電磁波反射装置60Aの反射面の法線は、水平方向を向いている。なお、入射角は0度ではなくてもよい。電磁波反射装置60Aは、入射角に対して θ 度だけずれた方向に電波を反射する。

[0062] また、電磁波反射装置60Aと同一の反射条件で電磁波反射装置60Cの受信電力を測定する際には、図7Bに示すように、送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxの位置を変えずに、電磁波反射装置60Cの角度を調整して、電磁波反射装置60Cの反射面の法線の方が、図7Aにおける角度 θ の中心を通るようにする。これにより、電磁波反射装置60Cは、入射角及び反射角が ϕ 度であり、 $\theta = 2\phi$ が成り立つ。角度 2ϕ は、電磁波反射装置60Cに対して送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxがなす角度である。入射波の経路上における電磁波反射装置60A及び送信アンテナ115Txの間の距離と、反射波の経路上における電磁波反射装置60A及び受信アンテナ115Rxの間の距離とは等しい。

[0063] 同一の反射条件とは、このように、図7Aにおける角度 θ と、図7Bにおける入射角 ϕ 及び反射角 ϕ の合計(2ϕ)とが同一で、かつ、図7Aにおける電磁波反射装置60Aと、送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxとの間の距離と、図7Bにおける電磁波反射装置60Cと、送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxとの間の距離とが等しいことをいう。

[0064] このように、同一の反射条件において、電磁波反射装置60Aで反射された反射波の受信電力 P_1 と、電磁波反射装置60Cで反射された反射波の受信電力 P_2 とを測定し、受信電力 P_1 から電力反射係数 Γ_1 を計算するとともに、受信電力 P_2 から電力反射係数 Γ_2 を計算する。

[0065] そして、同一の反射条件において電磁波反射装置 60A 及び 60C について計算した電力反射係数 Γ_1 及び Γ_2 を用いて、電力反射係数 Γ_1 を電力反射係数 Γ_2 で除算することで、電磁波反射装置 60A の電力反射効率 H を計算する。このようにして、電磁波反射装置 60A の電力反射係数 Γ_1 を完全導体で構成される電磁波反射装置 60C の電力反射係数 Γ_2 で規格化することで、電磁波反射装置 60A の電力反射効率 H を計算する。

[0066] 完全導体で構成される電磁波反射装置 60C は、鏡面反射を行うため、入射角と反射角が等しいが、メタサーフェスを有する電磁波反射装置 60A は、入射角と反射角が異なることから、同一の反射条件において電磁波反射装置 60A 及び 60C について計算した電力反射係数 Γ_1 及び Γ_2 から計算した電力反射効率 $H (= \Gamma_1 / \Gamma_2)$ を補正する必要がある。メタサーフェスを有する電磁波反射装置 60A の電力反射効率 H は、 Γ_1 / Γ_2 を補正值で除算した値とする。

[0067] 反射損失のない理想的なメタサーフェスでの反射電界を E_{MR} 、完全導体で構成される反射面での反射電界を E_{PEC} とすると、補正值 ε_p は $|E_{MR} / E_{PEC}|^2$ で表すことができる。

[0068] $|E_{MR} / E_{PEC}|$ は、次式 (1) 又は次式 (2) で表される。

[0069] [数1]

$$\left| \frac{E_{MR}}{E_{PEC}} \right| = \frac{\sqrt{|\cos \theta|}}{|\cos \varphi|} \quad (1)$$

[0070] [数2]

$$\left| \frac{E_{MR}}{E_{PEC}} \right| = \frac{\sqrt{|\cos \theta_i \cdot \cos \theta_r|}}{|\cos \varphi|} \quad (2)$$

[0071] ここで、 θ はメタサーフェスへの入射角、 ϕ は相当する正規反射の場合の

反射角である。メタサーフェスの反射角を $\theta = 50^\circ$ 、あるいは $\theta_r = 50^\circ$ 、入射角を $\theta_i = 0^\circ$ 、正規反射の反射角 $\phi = 25^\circ$ とすると、補正值 ε_p は0.7826である。

[0072] なお、ここでは、図7A及び図7Bを用いて、メタサーフェスを有する電磁波反射装置60Aの電力反射効率Hの求め方について説明した。正規反射面を有する電磁波反射装置60Bの場合には、受信電力の測定と、受信電力に基づく電力反射係数 Γ_2 の計算とを図7Bのように、入射角と反射角がともに ϕ の反射条件で行うことになる。このため、メタサーフェスを有する電磁波反射装置60Aのようにレーダ断面積の違いに基づく補正は不要になる。

[0073] 同一の反射条件において、電磁波反射装置60Bで反射された反射波の受信電力 P_1 と、電磁波反射装置60Cで反射された反射波の受信電力 P_2 とを測定し、受信電力 P_1 から電力反射係数 Γ_1 を計算するとともに、受信電力 P_2 から電力反射係数 Γ_2 を計算する。そして、同一の反射条件において電磁波反射装置60A及び60Cについて計算した電力反射係数 Γ_1 及び Γ_2 を用いて、電力反射係数 Γ_1 を電力反射係数 Γ_2 で除算することで、電磁波反射装置60Bの電力反射効率 $H (= \Gamma_1 / \Gamma_2)$ を計算することができる。

[0074] <フローチャート>

図8は、実施形態の受信電力の測定方法、及び、電力反射効率の計算方法の処理の一例を示すフローチャートである。ここでは、一例として、VNA110の処理部111が図8に示す処理を実行する。図8に示す処理は、処理部111が、受信電力の測定方法及び電力反射効率の計算方法を実現する受信電力の測定プログラム及び電力反射効率の計算プログラムを実行することによって実行される。

[0075] 処理部111は、送信回路部を制御して1MHz以上300GHz以下の周波数帯から選択される所定帯域の電波を送信アンテナ115Txから送信させて、電磁波反射装置60（60A又は60B）に対して第1指定入射角

で入射させる（ステップS1）。第1指定入射角は、電磁波反射装置60Aの場合は、一例として0度であり、電磁波反射装置60Bの場合は、送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxとの位置関係によって決まる入射角（ ϕ ）である。送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxとの位置関係によって決まる入射角は、電磁波反射装置60Bの設計によって指定された角度である。ステップS1は、工程1の一例である。

[0076] 電磁波反射装置60（60A又は60B）に対して第1指定反射角の方向に配置された受信アンテナ115Rxで、第1工程において電磁波反射装置60（60A又は60B）に入射した電波の反射波を受信し、処理部111は、指定周波数範囲における受信電力P1を測定する（ステップS2）。ステップS2は、工程2の一例である。受信電力P1は、第1受信電力の一例である。第1指定反射角は、電磁波反射装置60Aの場合は、電磁波反射装置60Aの設計によって指定された反射角 θ であり、電磁波反射装置60Bの場合は、ステップS1における入射角と等しい角度である。指定周波数範囲は、タイムドメイン機能による複数の測定ポイントを含む周波数帯であり、VNA110に設定可能である。一例として、1MHz以上300GHz以下の周波数帯から選択される所定帯域が28GHzである場合には、指定周波数範囲は22GHz～40GHzであり、複数の測定ポイントは、22GHzから40GHzまでの範囲内で10MHz毎に設定される複数の周波数である。

[0077] 処理部111は、送信回路部を制御して送信アンテナ115TxからステップS1と同一の所定帯域の電波を送信させて、電磁波反射装置60Cに対して第2指定入射角で入射させる（ステップS3）。第2指定入射角は、ステップS1で電磁波反射装置60Aを用いた場合は、電磁波反射装置60Aの設計によって指定された反射角 θ の半分の角度であり、ステップS1で電磁波反射装置60Bを用いた場合は、ステップS1での電磁波反射装置60Bについての第1指定入射角と等しい角度である。ステップS3は、工程1の一例である。

[0078] 電磁波反射装置 60C に対して第 2 指定反射角の方向に配置された受信アンテナ 115Rx で、第 3 工程において電磁波反射装置 60C に入射した電波の反射波を受信し、処理部 111 は、指定周波数範囲における受信電力 P2 を測定する（ステップ S4）。ステップ S4 は、工程 4 の一例である。受信電力 P2 は、第 2 受信電力の一例である。第 2 指定反射角は、ステップ S2 で電磁波反射装置 60A を用いた場合は、電磁波反射装置 60A の反射角 θ の半分の角度であり、ステップ S2 で電磁波反射装置 60B を用いた場合は、ステップ S2 での電磁波反射装置 60B についての第 1 指定反射角と等しい角度である。

[0079] なお、ステップ S1～S4 の処理については、ステップ S3 及び S4 の処理を実行してから、ステップ S1 及び S2 の処理を実行してもよい。

[0080] 送信アンテナ 115Tx 及び受信アンテナ 115Rx に対するステップ S1 及び S2 における電磁波反射装置 60（60A 又は 60B）の位置と、送信アンテナ 115Tx 及び受信アンテナ 115Rx に対するステップ S3 及び S4 における電磁波反射装置 60C の位置とは、等しい。なお、ステップ S1 及び S2 における電磁波反射装置 60A 及び 60B の位置は、一例として、電磁波反射装置 60A 及び 60B の重心位置である。

[0081] 処理部 111 は、受信電力 P1 及び P2 に基づいて、電磁波反射装置 60（60A 又は 60B）の電力反射係数 Γ_1 、及び、電磁波反射装置 60C の電力反射係数 Γ_2 をそれぞれ計算する（ステップ S5）。電力反射係数 Γ_1 は、受信電力 P1 に基づいて S パラメータの反射係数として計算され、電力反射係数 Γ_2 は、受信電力 P2 に基づいて S パラメータの反射係数として計算される。ステップ S5 は、第 5 工程の一例である。電力反射係数 Γ_1 は、第 1 電力反射係数の一例であり、電力反射係数 Γ_2 は、第 2 電力反射係数の一例である。

[0082] 処理部 111 は、電力反射係数 Γ_1 を電力反射係数 Γ_2 で除算することで、電磁波反射装置 60（60A 又は 60B）の電力反射効率 H を計算する（ステップ S6）。ステップ S6 は、第 6 工程の一例である。ステップ S6 で

は、電力反射効率 H は、 Γ_1 / Γ_2 として求まる。

[0083] 電磁波反射装置60Bの場合は、正規反射で入射角と反射角が等しいので補正を行う必要はないため、ステップS6で計算された電力反射効率 H ($= \Gamma_1 / \Gamma_2$) が、電磁波反射装置60Bの電力反射効率である。

[0084] 電磁波反射装置60Bの場合は、補正が必要であるため、処理部111は、ステップS7を実行する。

[0085] 処理部111は、電磁波反射装置60AについてステップS6で計算した電力反射効率 H ($= \Gamma_1 / \Gamma_2$) を補正值 $|EMR / EPEC|^2$ で除算することで、電磁波反射装置60Aの電力反射効率 H ($= \Gamma_1 / \Gamma_2$) を補正する (ステップS7)。ステップS7は、第7工程の一例である。

[0086] 以上で、処理部111は、一連の処理を終了する (エンド)。

[0087] <実験結果 (パート1)>

ここでは、実験結果 (パート1) として、例1から例7について説明する。

[0088] <例1>

例1は、実施例1である。長さ5.0m、幅5.0m、及び高さ3.0mの電波暗室101と、電波暗室101の内部においてVNA110から22.0GHz~40.0GHzの指定周波数での高周波信号を出力し、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により、完全導体で構成される電磁波反射装置60Cとしての厚さ5.0mmのアルミプレートに対して+25°の角度より入射し、-25°の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アンテナ115Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0GHzでの受信電力 P_2 を測定した。アルミプレートのサイズ (X方向の長さ×Y方向の長さ) を0.2m×0.2mとし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txからアルミプレートまでの距離を1.5m、反射波の経路上におけるアルミプレートから受信アンテナ115Rxまでの距離を1.5mとした。受信電力 P_2 は-29.7dBとなり、電力反射係数 Γ_2 は0.00108となった。

[0089] 次に、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により厚さ5.0mmの正規反射面を有する電磁波反射装置60Bに、 $+25^\circ$ の角度より入射し、 -25° の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アンテナ115Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0GHzでの受信電力P1を測定した。電磁波反射装置60Bのサイズ（X方向の長さ×Y方向の長さ）を0.2m×0.2mとし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Bまでの距離を1.5m、反射波の経路上における電磁波反射装置60Bから受信アンテナ115Rxまでの距離を1.5mとした。受信電力P1は -29.8 dBとなり、電力反射係数 Γ_1 は0.00105となった。 Γ_1/Γ_2 の比率は98.1%となった。これは事前に行った電磁界解析の結果と一致した。

[0090] <例2>

例2は、実施例2である。長さ5.0m、幅5.0m、及び高さ3.0mの電波暗室101と、電波暗室101の内部においてVNA110から22.0GHz～40.0GHzの指定周波数での高周波信号を出力し、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により、完全導体で構成される電磁波反射装置60Cとしての厚さ5.0mmのアルミプレートに対して $+25^\circ$ の角度より入射し、 -25° の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アンテナ115Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0GHzでの受信電力P2を測定した。アルミプレートのサイズ（X方向の長さ×Y方向の長さ）を0.2m×0.2mとし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txからアルミプレートまでの距離を1.5m、反射波の経路上におけるアルミプレートから受信アンテナ115Rxまでの距離を1.5mとした。受信電力P2は -29.7 dBとなり、電力反射係数 Γ_2 は0.00108となった。

[0091] 次に、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により厚さ5.0mmのメタサーフェスを有する電磁波反射装置60Aに、入射角 0° で電波を入射させ、 $+50^\circ$ の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アン

テナ115 Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0 GHzでの受信電力を測定した。電磁波反射装置60Aのサイズ（X方向の長さ×Y方向の長さ）を0.2 m×0.2 mとし、入射波の経路上における送信アンテナ115 Txから電磁波反射装置までの距離を1.5 m、反射波の経路上における電磁波反射装置から受信アンテナ115 Rxまでの距離を1.5 mとした。受信電力P1は−30.8 dBとなり、電力反射係数 Γ_1 は0.00082になった。 Γ_1/Γ_2 の比率は75.9%となった。補正值は0.96となるため、補正後の電力反射効率79.1%となった。これは事前に行った電磁界解析の結果と一致した。

[0092] <例3>

例3は、実施例3である。長さ5.0 m、幅5.0 m、及び高さ3.0 mの電波暗室101と、電波暗室101の内部においてVNA110から22.0 GHz〜40.0 GHzの指定周波数での高周波信号を出力し、送信アンテナ115 Txを経て空間伝搬により、完全導体で構成される電磁波反射装置60Cとしての厚さ5.0 mmのアルミプレートに対して+15°の角度より入射し、−15°の方向で反射波を受信アンテナ115 Rxで受信し、受信アンテナ115 Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0 GHzでの受信電力P2を測定した。アルミプレートのサイズ（X方向の長さ×Y方向の長さ）を0.3 m×0.3 mとし、入射波の経路上における送信アンテナ115 Txからアルミプレートまでの距離を3.0 m、反射波の経路上におけるアルミプレートから受信アンテナ115 Rxまでの距離を3.0 mとした。受信電力P2は−29.7 dBとなり、電力反射係数 Γ_2 は0.00108となった。

[0093] 次に、送信アンテナ115 Txを経て空間伝搬により厚さ5.0 mmのメタサーフェスを有する電磁波反射装置60Aに、入射角0°で電波を入射させ、+30°の方向で反射波を受信アンテナ115 Rxで受信し、受信アンテナ115 Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0 GHzでの受信電力P1を測定した。電磁波反射装置60Aのサイズ（X方向の長さ×Y

方向の長さ)を $0.3\text{ m} \times 0.3\text{ m}$ とし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Aまでの距離を 1.5 m 、反射波の経路上における電磁波反射装置60Aから受信アンテナ115Rxまでの距離を 1.5 m とした。受信電力 P_1 は -30.2 dB となり、電力反射係数 Γ_1 は 0.00095 となった。 Γ_1/Γ_2 の比率は 88.0% となった。補正値は 0.98 となるため、補正後の電力反射効率は 89.8% となった。これは事前に行った電磁界解析の結果と一致した。

[0094] <例4>

例4は、実施例4である。長さ 5.0 m 、幅 5.0 m 、及び高さ 3.0 m の電波暗室101と、電波暗室101の内部においてVNA110から $22.0\text{ GHz} \sim 40.0\text{ GHz}$ の指定周波数での高周波信号を出力し、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により、完全導体で構成される電磁波反射装置60Cとしての厚さ 5.0 mm のアルミプレートに対して $+15^\circ$ の角度より入射し、 -15° の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アンテナ115Rxに接続されたVNA110の端子にて 28.0 GHz での受信電力を測定した。アルミプレートのサイズ(X方向の長さ $\times$ Y方向の長さ)を $0.5\text{ m} \times 0.2\text{ m}$ とし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txからアルミプレートまでの距離を 8.0 m 、反射波の経路上におけるアルミプレートから受信アンテナ115Rxまでの距離を 8.0 m とした。受信電力 P_2 は -29.7 dB となり、電力反射係数 Γ_2 は 0.00108 となった。

[0095] 次に、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により厚さ 5.0 mm のメタサーフェスを有する電磁波反射装置60Aに、入射角 0° で電波を入射させ、 $+45^\circ$ の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アンテナ115Rxに接続されたVNA110の端子にて 28.0 GHz での受信電力を測定した。電磁波反射装置60Aのサイズ(X方向の長さ $\times$ Y方向の長さ)を $0.2\text{ m} \times 0.2\text{ m}$ とし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Aまでの距離を 1.5 m 、反射波の経路

上における電磁波反射装置 60A から受信アンテナ 115Rx までの距離を 1.5m とした。受信電力 P_1 は -30.5 dB となり、電力反射係数 Γ_1 は 0.00089 となった。 Γ_1 / Γ_2 の比率は 82.4% となったが、補正値は 0.99 となるため、補正後の電力反射効率は 83.2% となった。これは事前に行った電磁界解析の結果と一致した。

[0096] <例 5>

例 5 は、比較例 1 である。長さ 5.0m、幅 5.0m、及び高さ 3.0m の電波暗室 101 と、電波暗室 101 の内部において VNA 110 から 22.0GHz ~ 40.0GHz の指定周波数での高周波信号を出力し、送信アンテナ 115Tx を経て空間伝搬により、完全導体で構成される電磁波反射装置 60C としての厚さ 5.0mm のアルミプレートに対して $+25.0^\circ$ の角度より入射し、 -25.0° の方向で反射波を受信アンテナ 115Rx で受信し、受信アンテナ 115Rx に接続された VNA 110 の端子にて 28.0GHz での受信電力を測定した。アルミプレートのサイズ（X 方向の長さ $\times$ Y 方向の長さ）を 0.3m $\times$ 0.3m とし、入射波の経路上における送信アンテナ 115Tx からアルミプレートまでの距離を 1.0m、反射波の経路上におけるアルミプレートから受信アンテナ 115Rx までの距離を 1.0m とした。受信電力は -29.5 dB となり、電力反射係数 Γ_2 は 0.00112 となった。

[0097] 次に、送信アンテナ 115Tx を経て空間伝搬により厚さ 5.0mm のメタサーフェスを有する電磁波反射装置 60A に、入射角 0° で電波を入射させ、 $+50^\circ$ の方向で反射波を受信アンテナ 115Rx で受信し、受信アンテナ 115Rx に接続された VNA 110 の端子にて 28.0GHz での受信電力を測定した。電磁波反射装置のサイズ（X 方向の長さ $\times$ Y 方向の長さ）を 0.3m $\times$ 0.3m とし、入射波の経路上における送信アンテナ 115Tx から電磁波反射装置までの距離を 0.3m、反射波の経路上における電磁波反射装置から受信アンテナ 115Rx までの距離を 0.3m とした。受信電力は -30.5 dB となり、電力反射係数は 0.00089 (Γ_2) と

なった。 Γ_1 / Γ_2 の比率は63.4%となったが、補正値は2.12となり、1を超えてしまうため、補正することができない。また、事前に行った電磁界解析の結果と一致しなかった。

[0098] <例6>

例6は、比較例2である。長さ5.0m、幅5.0m、及び高さ3.0mの電波暗室101と、電波暗室101の内部においてVNA110から22.0GHz~40.0GHzの指定周波数での高周波信号を出力し、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により、完全導体で構成される電磁波反射装置60Cとしての厚さ5.0mmのアルミプレートに対して+25°の角度より入射し、-25°の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アンテナ115Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0GHzでの受信電力を測定した。アルミプレートのサイズ(X方向の長さ×Y方向の長さ)を0.5m×0.2mとし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txからアルミプレートまでの距離を2.9m、反射波の経路上におけるアルミプレートから受信アンテナ115Rxまでの距離を2.9mとした。受信電力は-29.5dBとなり、電力反射係数 Γ_2 は0.00112となった。

[0099] 次に、送信アンテナ115Txを経て空間伝搬により厚さ5.0mmのメタサーフェスを有する電磁波反射装置60Aに、入射角0°で電波を入射させ、+50°の方向で反射波を受信アンテナ115Rxで受信し、受信アンテナ115Rxに接続されたVNA110の端子にて28.0GHzでの受信電力を測定した。電磁波反射装置60Aのサイズ(X方向の長さ×Y方向の長さ)を0.3m×0.3mとし、入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Aまでの距離を0.3m、反射波の経路上における電磁波反射装置60Aから受信アンテナ115Rxまでの距離を0.3mとした。受信電力P1は-30.9dBとなり、電力反射係数 Γ_1 は0.00081となった。 Γ_1 / Γ_2 の比率は72.3%となり、補正値は2.12となるため、補正値が1を超えてしまい、補正できなかった。ま

た、事前に行った電磁界解析の結果と一致しなかった。

[0100] <例 7>

例 7 は、比較例 3 である。長さ 5.0 m、幅 5.0 m、及び高さ 3.0 m の電波暗室 101 と、電波暗室 101 の内部において VNA 110 から 22.0 GHz ~ 40.0 GHz の指定周波数での高周波信号を出力し、送信アンテナ 115 Tx を経て空間伝搬により、完全導体で構成される電磁波反射装置 60C としての厚さ 5.0 mm のアルミプレートに対して +30° の角度より入射し、-30° の方向で反射波を受信アンテナ 115 Rx で受信し、受信アンテナ 115 Rx に接続された VNA 110 の端子にて 28.0 GHz での受信電力を測定した。アルミプレートのサイズ（X 方向の長さ×Y 方向の長さ）を 0.5 m×0.2 m とし、入射波の経路上における送信アンテナ 115 Tx からアルミプレートまでの距離を 2.0 m、反射波の経路上におけるアルミプレートから受信アンテナ 115 Rx までの距離を 2.0 m とした。受信電力 P2 は -29.5 dB となり、電力反射係数 Γ_2 は 0.00112 となった。

[0101] 次に、送信アンテナ 115 Tx を経て空間伝搬により厚さ 5.0 mm のメタサーフェスを有する電磁波反射装置 60A に、入射角 0° で電波を入射させ、+60° の方向で反射波を受信アンテナ 115 Rx で受信し、受信アンテナ 115 Rx に接続された VNA 110 の端子にて 28.0 GHz での受信電力を測定した。電磁波反射装置 60A のサイズ（X 方向の長さ×Y 方向の長さ）を 0.5 m×0.2 m とし、入射波の経路上における送信アンテナ 115 Tx から電磁波反射装置 60A までの距離を 0.3 m、反射波の経路上における電磁波反射装置 60A から受信アンテナ 115 Rx までの距離を 0.3 m とした。受信電力は -30.5 dB となり、電力反射係数 Γ_1 は 0.00089 となった。 Γ_1 / Γ_2 の比率は 63.4 % となり、補正値は 2.02 となるため、補正値が 1 を超えてしまい、補正できなかった。また、事前に行った電磁界解析の結果と一致しなかった。

[0102] <実験結果（パート 2）>

例2から例7とは別に、メタサーフェスを有する電磁波反射装置60Aについて、様々なサイズ（X方向の長さ×Y方向の長さ）に設定して、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の入射波の経路上における送信アンテナ115Tx及び電磁波反射装置60Aの間の距離と、反射波の経路上における電磁波反射装置60A及び受信アンテナ115Rxの間の距離とを測定したところ、図9A及び図9Bに示す結果を得た。

[0103] 図9A及び図9Bは、電磁波反射装置60Aについて、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Aまでの距離と、反射波の経路上における電磁波反射装置60Aから受信アンテナ115Rxまでの距離との測定結果の一例を示す図である。大きな変化となることはなかったとは、測定距離のずれが電力反射効率を計算するのに実用上の支障が生じない程度であったことを意味する。図9Cは、電磁波反射装置60Aの反射面の構成の一例を示す図である。電磁波反射装置60Aの四角形の反射面は、X方向の長さ（幅）がX（m）であり、Y方向の長さがY（m）である。図9Cでは、電磁波反射装置60Aに対して、入射角が0度の方向に送信アンテナ115Txが位置し、入射角が0度で電波が入射したときの反射角が θ 度の方向に受信アンテナ115Rxが位置する。反射角 θ は、一例として、図9Cに矢印で示す方向が正の値を取り、反対側が負の値を取る。

[0104] 図9Aには、電磁波反射装置60Aについて、X方向及びY方向の長さを同一にして、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の電磁波反射装置60Aと送信アンテナ115Tx及び受信アンテナ115Rxとの間の距離L（図9C参照）の測定結果の一例を示す。距離Lは、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の入射波の経路上における送信アンテナ115Txから電磁波反射装置60Aまでの距離と、反射波の経

路上における電磁波反射装置 60 A から受信アンテナ 115 Rx までの距離との測定結果である。

[0105] 電磁波反射装置 60 A の X 方向及び Y 方向の長さが 0.3 m の場合には、距離 L は、2.85 m 以上であった。すなわち、電磁波反射装置 60 A の X 方向及び Y 方向の長さが 0.3 m の場合には、距離 L が 2.85 m 未満であれば、補正値が 1 より大きく、アンテナやサンプルの設置や角度の精度を考慮して少しでも測定距離がずれば実際の適切な補正値より非常に小さくなることがあったが、距離 L が 2.85 m 以上であれば、補正値が 1 以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった。

[0106] 電磁波反射装置 60 A の X 方向及び Y 方向の長さを 0.3 m から 1.0 m まで増大すると、距離 L は、2.85 m から 31.5 m まで増大した。すなわち、電磁波反射装置 60 A の X 方向及び Y 方向の長さが 1.0 m の場合には、距離 L が 31.5 m 未満であれば、補正値が 1 より大きく、少しでも測定距離がずれば実際の適切な補正値より非常に小さくなることがあったが、距離 L が 31.5 m 以上であれば、補正値が 1 以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった。

[0107] 図 9 B には、電磁波反射装置 60 A について、X 方向及び Y 方向の長さを同一又は非同ーにして、補正値が 1 以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の電磁波反射装置 60 A と送信アンテナ 115 Tx 及び受信アンテナ 115 Rx との間の距離 L の測定結果の一例を示す。

[0108] 電磁波反射装置 60 A の X 方向の長さが 0.2 m で Y 方向の長さが 0.4 m の場合には、補正値が 1 以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった場合の電磁波反射装置 60 A と送信アンテナ 115 Tx 及び受信アンテナ 115 Rx との間の距離 L は、1.3 m であった。すなわち、電磁波反射装置 60 A の X 方向の長さが 0.2 m で Y 方向の長さが 0.4 m の場合には、距離 L が 1.30 m 未満であれば、補正値が 1 より大きく、少しでも測定距離がずれば実際の適切な補正値より非常に小

くなることがあったが、距離 L が1.30 m以上であれば、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった。

[0109] 電磁波反射装置60 AのX方向の長さが0.4 mでY方向の長さが0.2 mの場合には、距離 L が5.00 m未満であれば、補正値が1より大きく、距離 L が5.00 m以上であれば、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった。この場合の距離 L は、電磁波反射装置60 AのX方向の長さが0.2 mでY方向の長さが0.4 mの場合の距離 L よりも約4倍長かった。

[0110] また、電磁波反射装置60 AのX方向の長さが0.2 mでY方向の長さが0.2 mの場合には、距離 L が1.30 m未満であれば、補正値が1より大きく、少しでも測定距離がずれば実際の適切な補正値より非常に小さくなることがあったが、距離 L が1.30 m以上であれば、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった。この場合の距離 L は、電磁波反射装置60 AのX方向の長さが0.2 mでY方向の長さが0.4 mの場合の距離 L と同一であった。

[0111] また、電磁波反射装置60 AのX方向の長さが0.4 mでY方向の長さが0.4 mの場合には、距離 L が5.00 m未満であれば、補正値が1より大きく、少しでも測定距離がずれば実際の適切な補正値より非常に小さくなることがあったが、距離 L が5.00 m以上であれば、補正値が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかった。この場合の距離 L は、電磁波反射装置60 AのX方向の長さが0.4 mでY方向の長さが0.2 mの場合の距離 L と同一であった。

[0112] 図9 Bの結果から、距離 L が長くなることにより大きく影響するのは、電磁波反射装置60 AのY方向の長さよりも、X方向の長さであることが分かった。

[0113] 図10は、図9 Aの結果に二次曲線を当て嵌めた結果の一例を示す図である。図10において、横軸は、電磁波反射装置60 AのX方向及びY方向の長さ(m)を示す。ここでは、電磁波反射装置60 AのX方向及びY方向の

長さは等しい ($X=Y$)。また、縦軸は、距離 L を示す。

[0114] 当て嵌めた二次曲線は、次式 (3) で表わすことができた。

[0115] [数3]

$$L=31.0X^2+0.69X-0.20(m) \quad (3)$$

[0116] 電磁波反射装置 60A の X 方向及び Y 方向の長さが等しく、ともに X (m) である場合に、距離 L が式 (3) で表される距離 L 以上であれば、補正値が 1 以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなかったため、電磁波反射装置 60A の X 方向及び Y 方向の長さ (m) と、距離 L との間に次式 (4) の関係が成り立てばよい。

[0117] [数4]

$$L \geq 31.0X^2+0.69X-0.20(m) \quad (4)$$

[0118] すなわち、電磁波反射装置 60A の X 方向及び Y 方向の長さが等しい ($X=Y$) 場合には、距離 L が式 (4) の関係が満たすように、電磁波反射装置 60A と送信アンテナ 115Tx 及び受信アンテナ 115Rx との間の距離 L を設定すれば、実験結果 (パート 1) の例 2 から例 4 の結果と同様に、電磁波反射装置 60A について求めた電力反射効率 H ($=\Gamma 1 / \Gamma 2$) を補正することができる。

[0119] また、図 9B の結果から、距離 L が長くなることにより大きく影響するのは、電磁波反射装置 60A の X 方向の長さであったことから、式 (4) については、次のように考えることができる。すなわち、図 9C に示すように、電磁波反射装置 60A の四角形の反射面の X 方向の長さ (幅) が X (m) である場合に、距離 L が式 (4) の関係が満たすように、電磁波反射装置 60A と送信アンテナ 115Tx 及び受信アンテナ 115Rx との間の距離 L を設定すれば、実験結果 (パート 1) の例 2 から例 4 の結果と同様に、電磁波

反射装置 60A について求めた電力反射効率 $H (= \Gamma_1 / \Gamma_2)$ を補正できる。

[0120] <効果>

受信電力の測定方法は、相対位置が固定された送信アンテナ 115Tx 及び受信アンテナ 115Rx に接続された VNA 110 が配置された電波暗室 101 の内部において、1MHz 以上 300GHz 以下の周波数帯から選択される所定帯域の電波を送信アンテナ 115Tx から送信させて、電磁波反射装置 60 (60A 又は 60B) に対して第 1 指定入射角で入射させる第 1 工程 (ステップ S1) と、電磁波反射装置 60 (60A 又は 60B) に対して第 1 指定反射角の方向に配置された受信アンテナ 115Rx で、第 1 工程において電磁波反射装置 60 (60A 又は 60B) に入射した電波の反射波を受信し、VNA 110 で指定周波数範囲における第 1 受信電力を測定する第 2 工程 (ステップ S2) と、電波暗室 101 の内部において、送信アンテナ 115Tx から所定帯域の電波を送信させて、完全導体で構成される電磁波反射装置 60C に対して第 2 指定入射角で入射させる第 3 工程 (ステップ S3) と、完全導体で構成される電磁波反射装置 60C に対して第 2 指定反射角の方向に配置された受信アンテナ 115Rx で、第 3 工程において電磁波反射装置 60C に入射した電波の反射波を受信し、VNA 110 で指定周波数範囲における第 2 受信電力を測定する第 4 工程 (ステップ S4) とを含む。このため、VNA 110 を用いて、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置 60 (60A 又は 60B) と、完全導体で構成される電磁波反射装置 60C とについて、同一の反射条件で受信電力を測定できる。

[0121] したがって、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置 60 における受信電力を適切に測定可能な受信電力の測定方法を提供できる。また、メタサーフェス又は正規反射面を有する電磁波反射装置 60 における受信電力を適切に測定可能な受信電力の測定プログラムを提供できる。

[0122] また、第 1 工程 (ステップ S1) 及び第 2 工程 (ステップ S2) における電磁波反射装置 60 (60A 又は 60B) に対して送信アンテナ 115Tx

及び受信アンテナ 115 Rx がなす角度と、第 3 工程（ステップ S 3）及び第 4 工程（ステップ S 4）における完全導体で構成される電磁波反射装置 60 C に対して送信アンテナ 115 Tx 及び受信アンテナ 115 Rx がなす角度とは、等しくてもよい。このため、VNA 110 を用いて、同一の反射条件でより確実に受信電力を測定できる。

[0123] 電力反射効率の計算方法は、上記いずれかの受信電力の測定方法と、第 1 受信電力 P_1 、及び、第 2 受信電力 P_2 に基づいて、電磁波反射装置 60（60 A 又は 60 B）の第 1 電力反射係数 Γ_1 、及び、前記完全導体で構成される電磁波反射装置 60 C の第 2 電力反射係数 Γ_2 をそれぞれ計算する第 5 工程（ステップ S 5）と、第 1 電力反射係数 Γ_1 を第 2 電力反射係数 Γ_2 で除算することで、電磁波反射装置 60（60 A 又は 60 B）の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を計算する第 6 工程（ステップ S 6）とを含む。このため、VNA 110 を用いて、電磁波反射装置 60（60 A 又は 60 B）の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を計算可能である。また、電力反射効率の計算プログラムを実行することで、VNA 110 を用いて、電磁波反射装置 60（60 A 又は 60 B）の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を計算可能である。

[0124] また、電磁波反射装置 60 は、鏡面反射を行う電磁波反射装置 60 B であり、第 1 指定入射角、第 1 指定反射角、第 2 指定入射角、及び第 2 指定反射角は、すべて等しくてもよい。このため、VNA 110 を用いて、同一の反射条件でより確実に電磁波反射装置 60（60 A 又は 60 B）の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を計算可能である。

[0125] また、電磁波反射装置 60 は、非鏡面反射を行う電磁波反射装置 60 A であり、第 1 指定入射角及び第 1 指定反射角の和と、第 2 指定入射角及び第 2 指定反射角の和とは、互いに等しくてもよい。このため、VNA 110 を用いて、同一の反射条件でより確実に電磁波反射装置 60 A の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を計算可能である。

[0126] また、反射損失のない理想的なメタサーフェスでの反射電界 E_{MR} と、完全導体で構成される反射面での反射電界 E_{PEC} とに基づいて求まる補正值

$|EMR/EP|$ を用いて、非鏡面反射を行う電磁波反射装置60Aの電力反射効率 Γ_1/Γ_2 を補正值 $|EMR/EP|$ で除算することで、非鏡面反射を行う電磁波反射装置60Aの電力反射効率 Γ_1/Γ_2 を補正する第7工程（ステップS7）をさらに含んでもよい。このため、VNA110を用いて、入射角と反射角が異なる電磁波反射装置60Aの電力反射効率 Γ_1/Γ_2 を適切に補正可能である。

[0127] また、非鏡面反射を行う電磁波反射装置60Aの反射面は、幅がX（m）の四角形であり、非鏡面反射を行う電磁波反射装置60A及び送信アンテナ115Txの間の入射波の経路上における距離と、非鏡面反射を行う電磁波反射装置60A及び受信アンテナ115Rxの間の反射波の経路上における距離とは等しく、ともにL（m）であり、補正值が1以下になる場合の距離Lの条件は、次式（5）で表されてもよい。

[0128] [数5]

$$L \geq 31.0X^2 + 0.69X - 0.20 \text{ (m)} \quad (5)$$

[0129] 式（5）を満たすように、非鏡面反射を行う電磁波反射装置60Aの反射面の長さX（m）と、距離Lとを設定することで、補正值が1以下になり、かつ、少し測定距離がずれても大きな変化となることはなく、電磁波反射装置60Aについて求めた電力反射効率H（= Γ_1/Γ_2 ）を補正することができる。

[0130] 以上、本開示の例示的な受信電力の測定方法、及び、電力反射効率の計算方法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。

[0131] なお、本国際出願は、2023年11月30日に出願した日本国特許出願2023-203013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

- [0132] 10、10-1、10-2、10A 反射パネル
- 15 導電パターン
- 60、60-1、60-2、60-3 電磁波反射装置
- 60A 電磁波反射装置
- 60B 電磁波反射装置
- 60C 電磁波反射装置
- 100 電磁波反射フェンス
- 101 電波暗室
- 110 VNA
- 111 処理部
- 112 メモリ
- 115Tx 送信アンテナ
- 115Rx 受信アンテナ
- 120 PC
- 121 処理部
- 122 メモリ

請求の範囲

[請求項1] 相対位置が固定された送信アンテナ及び受信アンテナに接続されたベクトルネットワークアナライザが配置された電波暗室の内部において、 1 MHz 以上 300 GHz 以下の周波数帯から選択される所定帯域の電波を前記送信アンテナから送信させて、電磁波反射装置に対して第1指定入射角で入射させる第1工程と、

前記電磁波反射装置に対して第1指定反射角の方向に配置された前記受信アンテナで、前記第1工程において前記電磁波反射装置に入射した前記電波の反射波を受信し、前記ベクトルネットワークアナライザで指定周波数範囲における第1受信電力を測定する第2工程と、

前記電波暗室の内部において、前記送信アンテナから前記所定帯域の電波を送信させて、金属反射面を有する反射板に対して第2指定入射角で入射させる第3工程と、

前記金属反射面を有する反射板に対して第2指定反射角の方向に配置された前記受信アンテナで、前記第3工程において前記金属反射面に入射した前記電波の反射波を受信し、前記ベクトルネットワークアナライザで前記指定周波数範囲における第2受信電力を測定する第4工程と

を含む、受信電力の測定方法。

[請求項2] 前記第1工程及び前記第2工程における電磁波反射装置に対して前記送信アンテナ及び前記受信アンテナがなす角度と、前記第3工程及び前記第4工程における前記金属反射面を有する反射板に対して前記送信アンテナ及び前記受信アンテナがなす角度とは等しい、請求項1に記載の受信電力の測定方法。

[請求項3] 請求項1又は2に記載の受信電力の測定方法と、

前記第1受信電力A、及び、前記第2受信電力Bに基づいて、前記電磁波反射装置の第1電力反射係数 Γ_1 、及び、前記金属反射面を有する反射板の第2電力反射係数 Γ_2 をそれぞれ計算する第5工程と、

前記第 1 電力反射係数 Γ_1 を前記第 2 電力反射係数 Γ_2 で除算することで、前記電磁波反射装置の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を計算する第 6 工程と

を含む、電力反射効率の計算方法。

[請求項4] 前記電磁波反射装置は、鏡面反射を行う反射装置であり、
前記第 1 指定入射角、前記第 1 指定反射角、前記第 2 指定入射角、及び前記第 2 指定反射角は、すべて等しい、請求項 3 に記載の電力反射効率の計算方法。

[請求項5] 前記電磁波反射装置は、非鏡面反射を行う反射装置であり、
前記第 1 指定入射角及び前記第 1 指定反射角の和と、前記第 2 指定入射角及び前記第 2 指定反射角の和とは、互いに等しい、請求項 3 に記載の電力反射効率の計算方法。

[請求項6] 反射損失のない理想的なメタサーフェスでの反射電界 E_{MR} と、完全導体で構成される反射面での反射電界 E_{PEC} とに基づいて求まる補正值 $|E_{MR} / E_{PEC}|^2$ を用いて、非鏡面反射を行う前記電磁波反射装置の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を前記補正值 $|E_{MR} / E_{PEC}|^2$ で除算することで、非鏡面反射を行う前記電磁波反射装置の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を補正する第 7 工程をさらに含む、請求項 5 に記載の電力反射効率の計算方法。

[請求項7] 非鏡面反射を行う前記電磁波反射装置の反射面は、幅が X (m) の四角形であり、

非鏡面反射を行う前記電磁波反射装置及び送信アンテナの間の入射波の経路上における距離と、非鏡面反射を行う前記電磁波反射装置及び受信アンテナの間の反射波の経路上における距離とは等しく、ともに L (m) であり、

前記補正值が 1 以下になる場合の前記距離 L の条件は、次式 (1) で表される、請求項 6 に記載の電力反射効率の計算方法。

[数1]

$$L \geq 31.0X^2 + 0.69X - 0.20(\text{m}) \quad (1)$$

[請求項8]

相対位置が固定された送信アンテナ及び受信アンテナに接続されたベクトルネットワークアナライザが配置された電波暗室の内部において、1 MHz 以上 300 GHz 以下の周波数帯から選択される所定帯域の電波を前記送信アンテナから送信させて、電磁波反射装置に対して第1指定入射角で入射させる第1工程と、

前記電磁波反射装置に対して第1指定反射角の方向に配置された前記受信アンテナで、前記第1工程において前記電磁波反射装置に入射した前記電波の反射波を受信し、前記ベクトルネットワークアナライザで指定周波数範囲における第1受信電力を測定する第2工程と、

前記電波暗室の内部において、前記送信アンテナから前記所定帯域の電波を送信させて、金属反射面を有する反射板に対して第2指定入射角で入射させる第3工程と、

前記金属反射面を有する反射板に対して第2指定反射角の方向に配置された前記受信アンテナで、前記第3工程において前記金属反射面に入射した前記電波の反射波を受信し、前記ベクトルネットワークアナライザで前記指定周波数範囲における第2受信電力を測定する第4工程と

をコンピュータが実行する、受信電力の測定プログラム。

[請求項9]

請求項8に記載の受信電力の測定プログラムと、

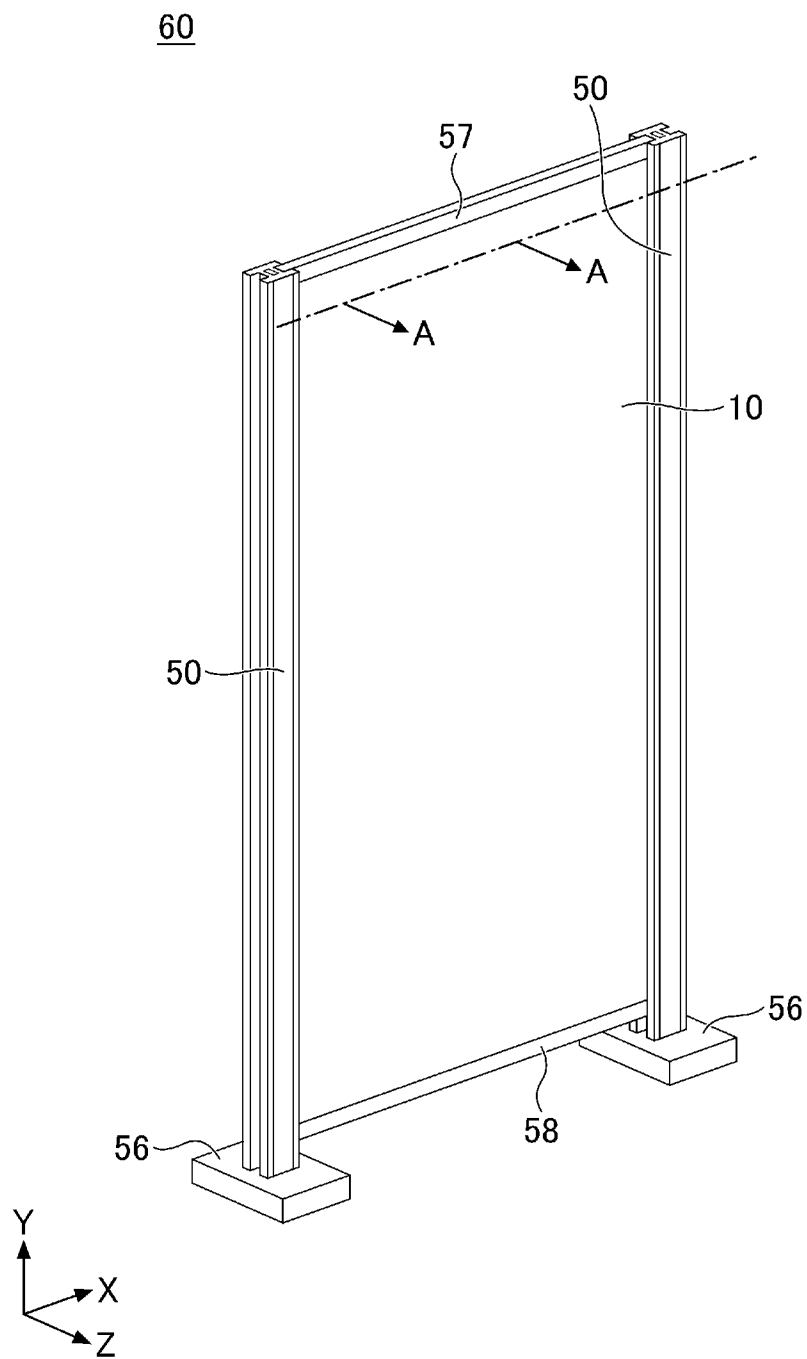
前記第1受信電力A、及び、前記第2受信電力Bに基づいて、前記電磁波反射装置の第1電力反射係数 Γ_1 、及び、前記金属反射面を有する反射板の第2電力反射係数 Γ_2 をそれぞれ計算する第5工程と、

前記第1電力反射係数 Γ_1 を前記第2電力反射係数 Γ_2 で除算することで、前記電磁波反射装置の電力反射効率 Γ_1 / Γ_2 を計算する第

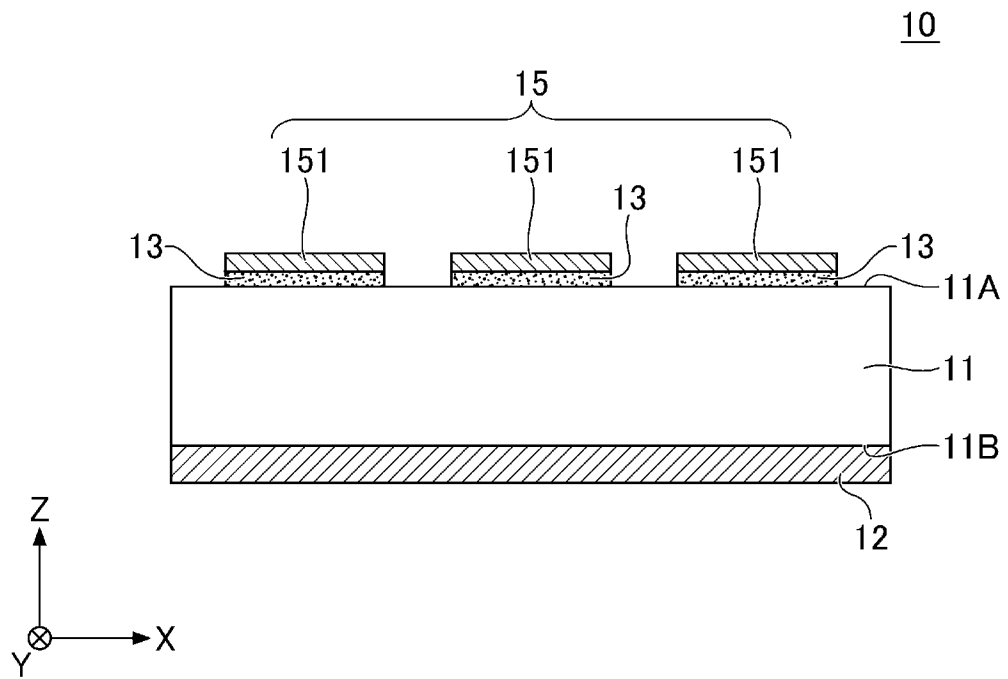
6 工程と

をコンピュータが実行する、電力反射効率の計算プログラム。

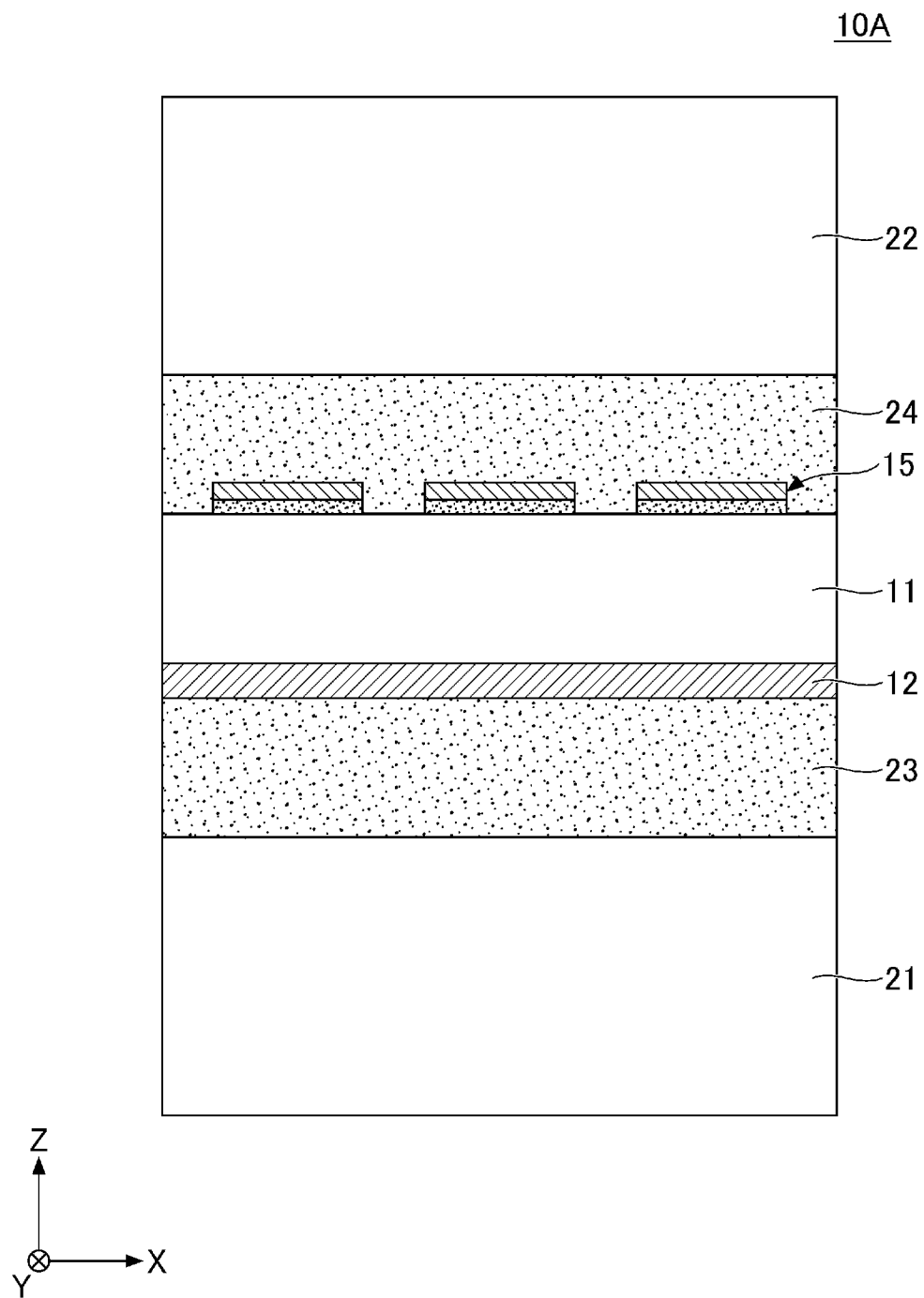
[図1]



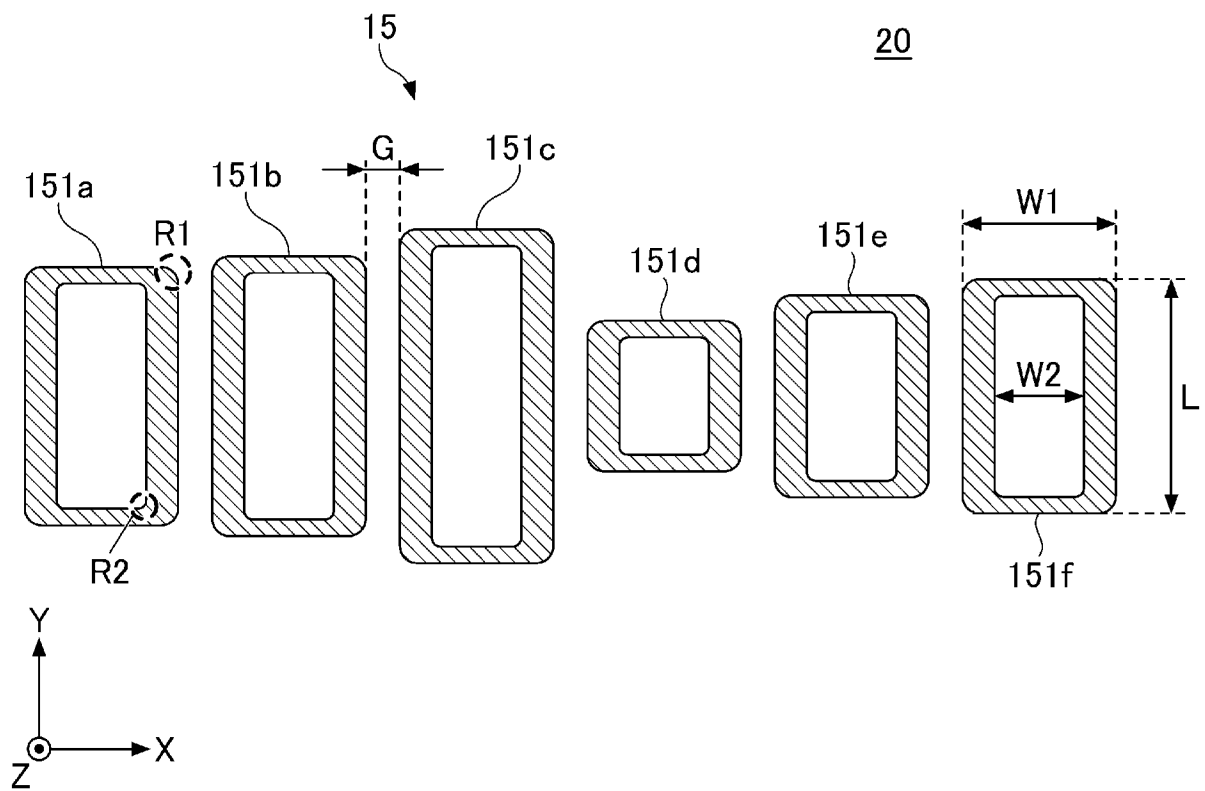
[図3]



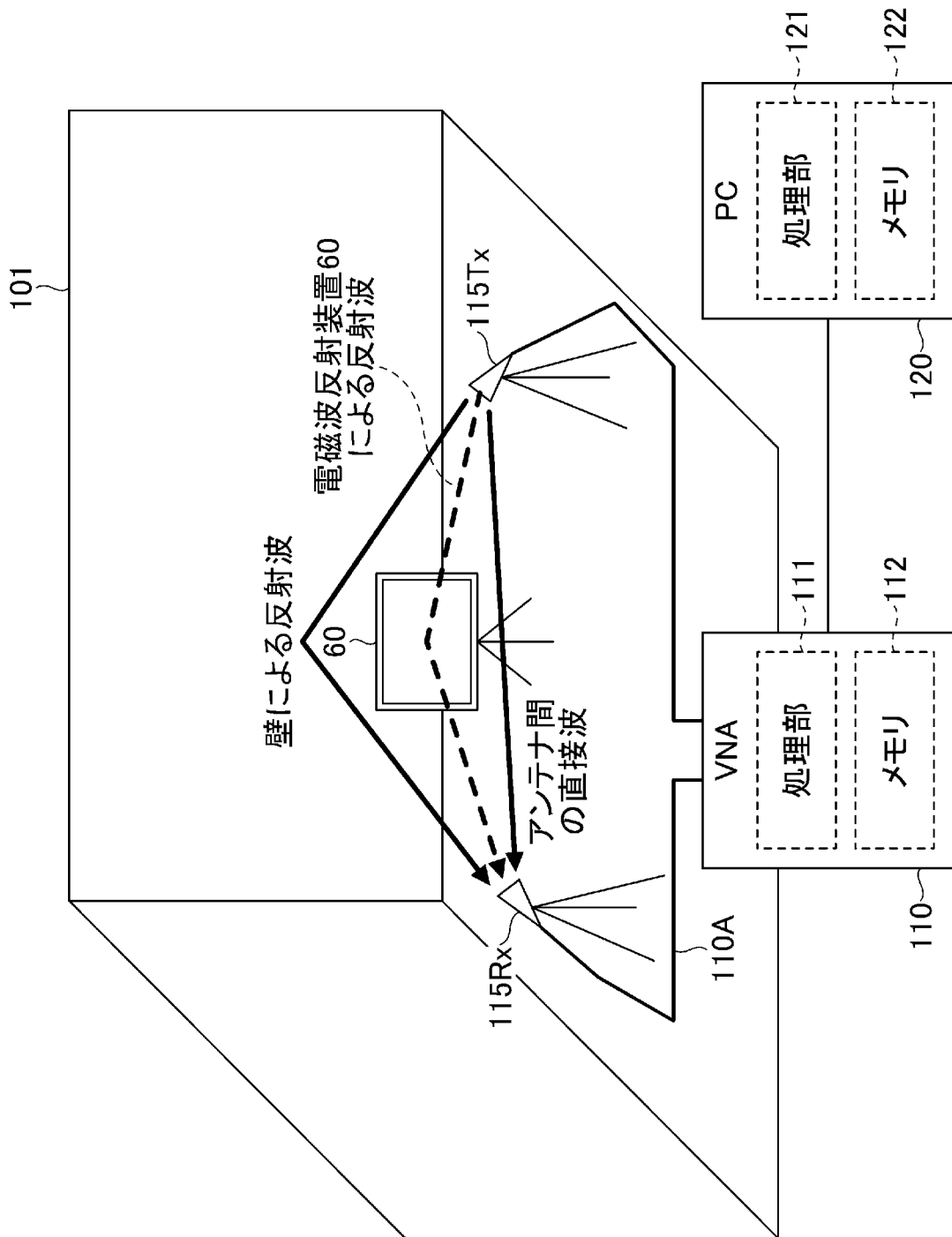
[図4]



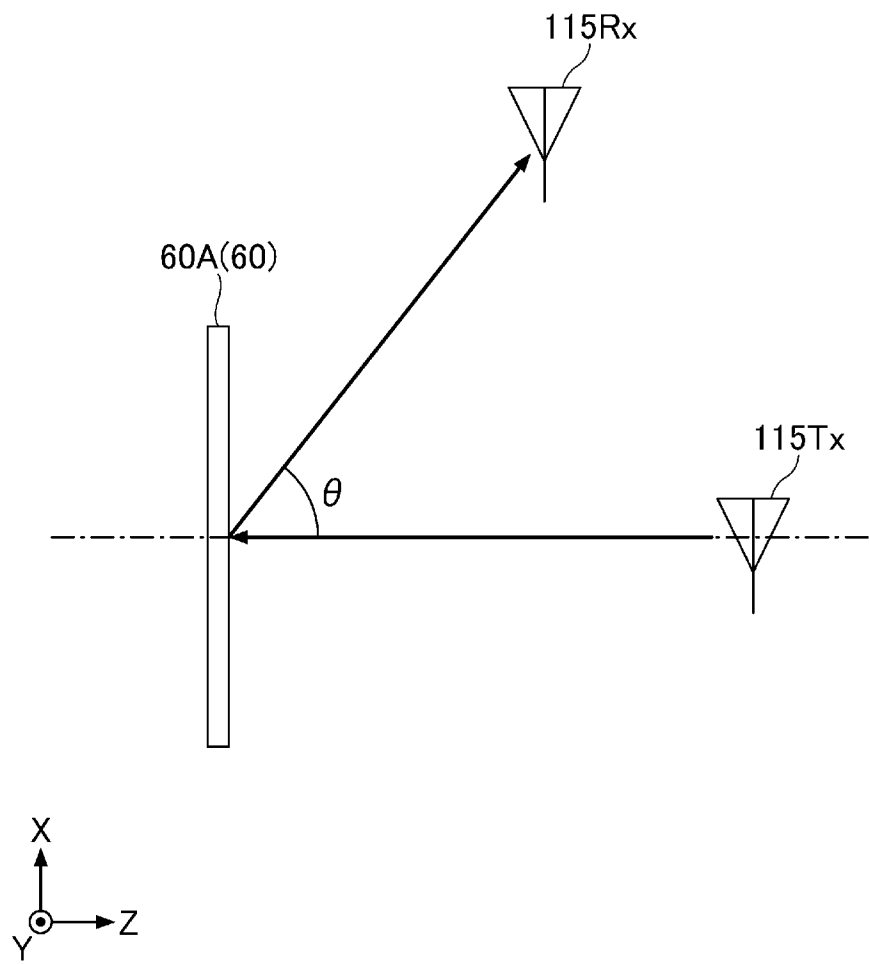
[図5]



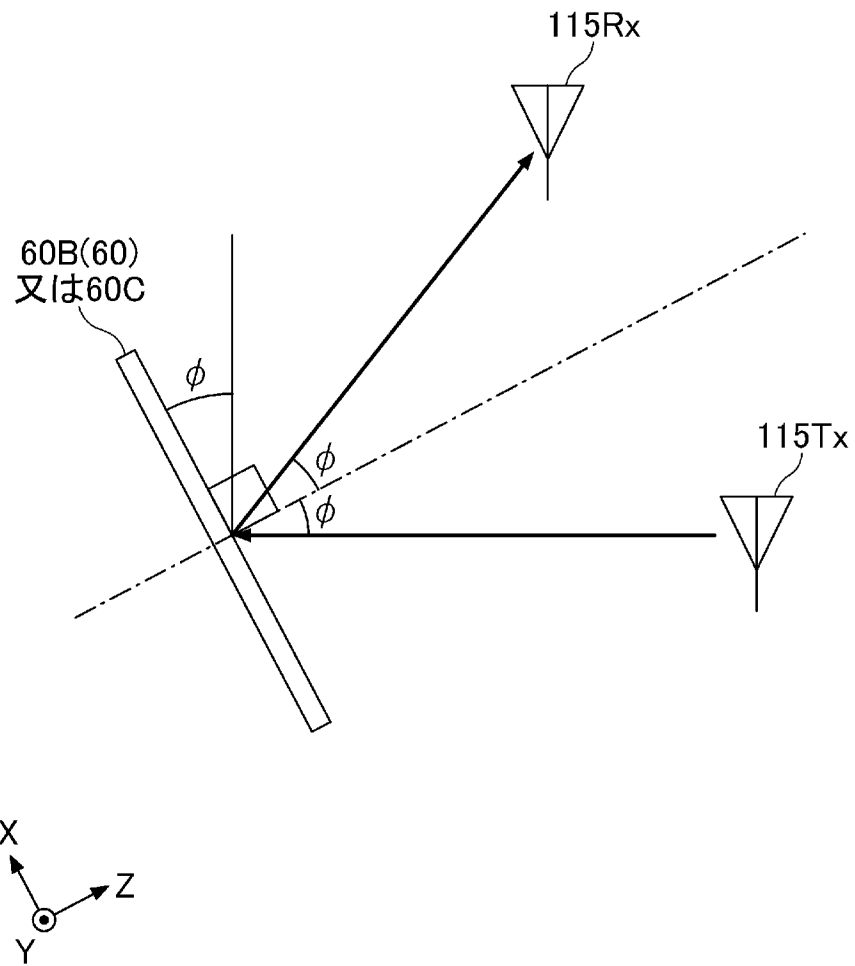
[図6]



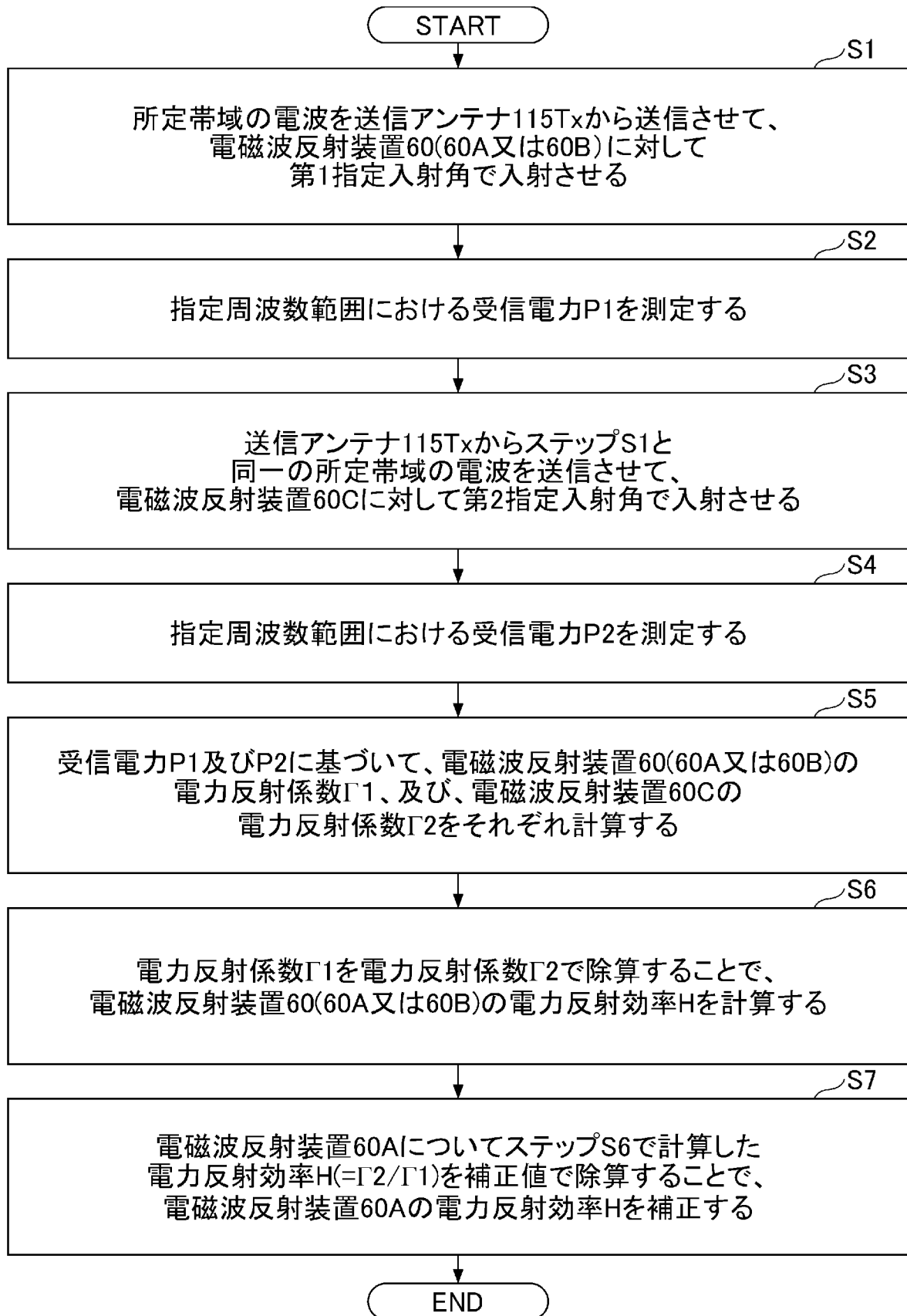
[図7A]



[図7B]



[図8]



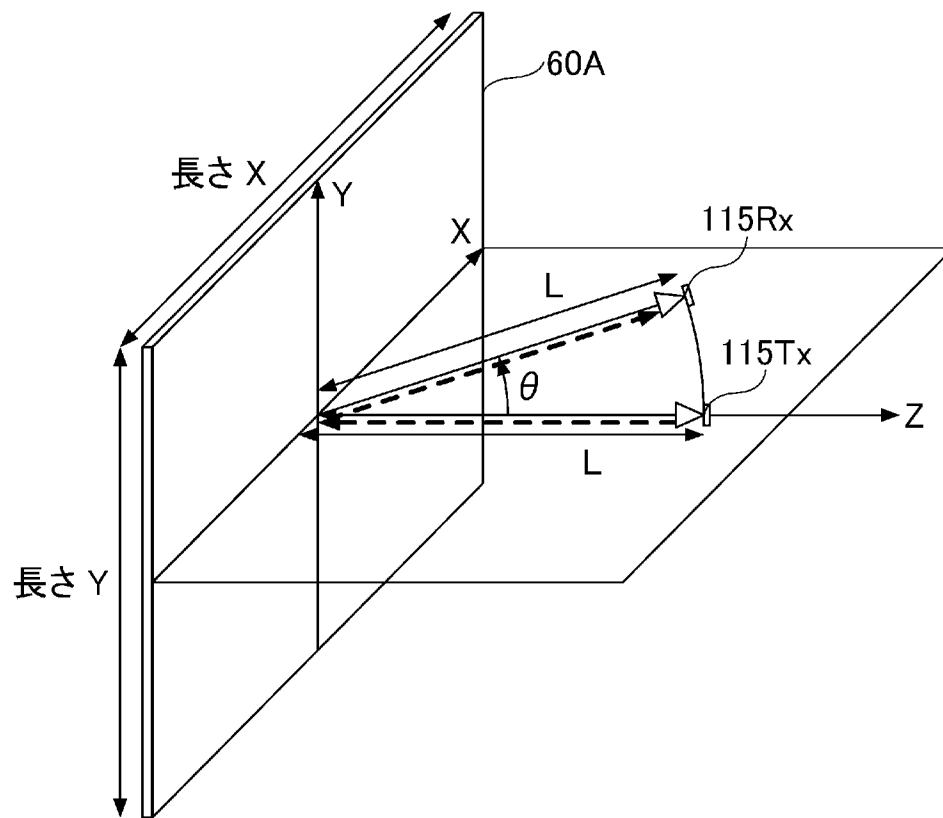
[図9A]

X方向の長さ (m)	Y方向の長さ (m)	補正値が1以下になり、かつ、 少し測定距離がずれても大きな変化 となることはなかった距離L(m)
0.3 m	0.3 m	≥ 2.85 m
0.4 m	0.4 m	≥ 5.00 m
0.5 m	0.5 m	≥ 7.75 m
0.6 m	0.6 m	≥ 11.5 m
0.7 m	0.7 m	≥ 15.5 m
1.0 m	1.0 m	≥ 31.5 m

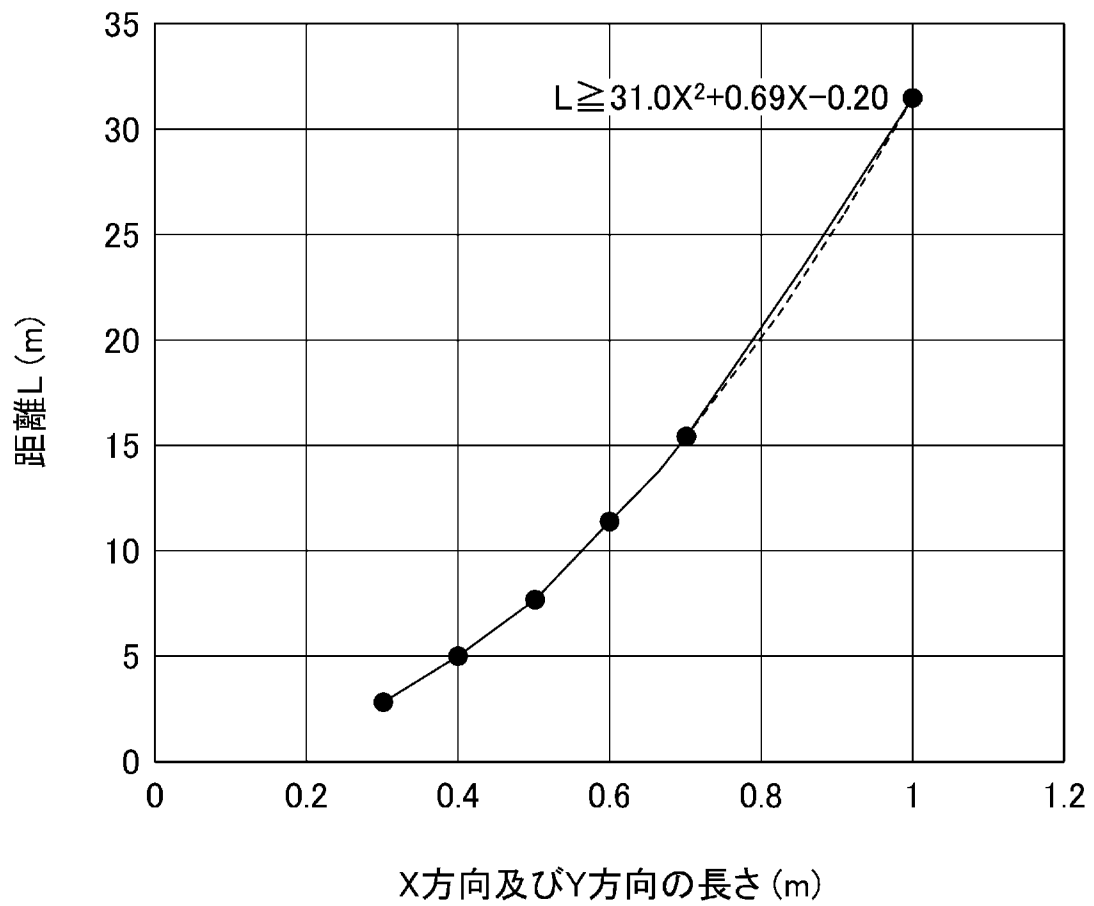
[図9B]

X方向の長さ (m)	Y方向の長さ (m)	補正値が1以下になり、かつ、 少し測定距離がずれても大きな変化 となることはなかった距離L(m)
0.2 m	0.4 m	≥ 1.30 m
0.4 m	0.2 m	≥ 5.00 m
0.2 m	0.2 m	≥ 1.30 m
0.4 m	0.4 m	≥ 5.00 m

[図9C]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/038228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 29/08(2006.01)i; **G01R 11/00**(2006.01)i; **G01R 29/10**(2006.01)i; **H01Q 15/14**(2006.01)i; **H04B 17/15**(2015.01)i
FI: G01R29/08 A; G01R29/10 E; H04B17/15; H01Q15/14; G01R11/00 Z

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)

G01R29/08; G01R11/00; G01R29/10; H01Q15/14; H04B17/15

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2023/139846 A1 (KONICA MINOLTA, INC.) 27 July 2023 (2023-07-27) paragraphs [0062]-[0063], [0074]-[0086], fig. 3-4	1,8 2-7, 9
Y	US 2021/0270880 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 02 September 2021 (2021-09-02) paragraphs [0074]-[0076], fig. 4B	1,8
A	JP 4-121669 A (UCHIYUU TSUUSHIN KISO GIJIYUTSU KENKIYUUSHIYO KK) 22 April 1992 (1992-04-22) entire text, all drawings	1-9
A	WO 2022/163813 A1 (SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.) 04 August 2022 (2022-08-04) entire text, all drawings	1-9
A	WO 2011/071020 A1 (NTT DOCOMO INC.) 16 June 2011 (2011-06-16) entire text, all drawings	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

11 December 2024

Date of mailing of the international search report

24 December 2024

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/JP2024/038228

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2023/139846	A1	27 July 2023	(Family: none)	
US	2021/0270880	A1	02 September 2021	WO 2020/009524 A1 paragraphs [0077]-[0081], fig. 4B	
				KR 10-2020-0005157 A	
JP	4-121669	A	22 April 1992	(Family: none)	
WO	2022/163813	A1	04 August 2022	US 2024/0088570 A1 entire text, all drawings	
				JP 2023-84147 A	
				EP 4287405 A1	
				CN 116670927 A	
				CA 3206140 A1	
				KR 10-2023-0135095 A	
WO	2011/071020	A1	16 June 2011	US 2012/0302177 A1 entire text, all drawings	
				EP 2511718 A1	
				CN 102648419 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G01R 29/08(2006.01)i; G01R 11/00(2006.01)i; G01R 29/10(2006.01)i; H01Q 15/14(2006.01)i; H04B 17/15(2015.01)i
FI: G01R29/08 A; G01R29/10 E; H04B17/15; H01Q15/14; G01R11/00 Z

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））

G01R29/08; G01R11/00; G01R29/10; H01Q15/14; H04B17/15

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 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2023/139846 A1（コニカミノルタ株式会社）27.07.2023（2023-07-27） 段落0062-0063, 0074-0086, 図3-4	1,8
A		2-7,9
Y	US 2021/0270880 A1（SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.）02.09.2021（2021-09-02） 段落0074-0076, Fig. 4B	1,8
A	JP 4-121669 A（株式会社宇宙通信基礎技術研究所）22.04.1992（1992-04-22） 全文, 全図	1-9
A	WO 2022/163813 A1（積水化学工業株式会社）04.08.2022（2022-08-04） 全文, 全図	1-9
A	WO 2011/071020 A1（株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ）16.06.2011（2011-06-16） 全文, 全図	1-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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
11.12.2024

国際調査報告の発送日
24.12.2024

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）
島▲崎▼ 純一 2S 9107
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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/JP2024/038228

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2023/139846	A1	27.07.2023	(ファミリーなし)	
US	2021/0270880	A1	02.09.2021	WO 2020/009524 A1	
				段落 7 7 - 8 1, 図 4 B	
				KR 10-2020-0005157 A	
JP	4-121669	A	22.04.1992	(ファミリーなし)	
WO	2022/163813	A1	04.08.2022	US 2024/0088570 A1	
				全文, 全図	
				JP 2023-84147 A	
				EP 4287405 A1	
				CN 116670927 A	
				CA 3206140 A1	
				KR 10-2023-0135095 A	
WO	2011/071020	A1	16.06.2011	US 2012/0302177 A1	
				全文, 全図	
				EP 2511718 A1	
				CN 102648419 A	