

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 9 月 18 日(18.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/142108 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/16 (2006.01) G01T 1/169 (2006.01)
G01T 1/167 (2006.01) G01T 1/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/056284
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 11 日(11.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-049529 2013 年 3 月 12 日(12.03.2013) JP
- (71) 出願人: 独立行政法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 永宗 靖(NAGAMUNE Yasushi); 〒3058568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

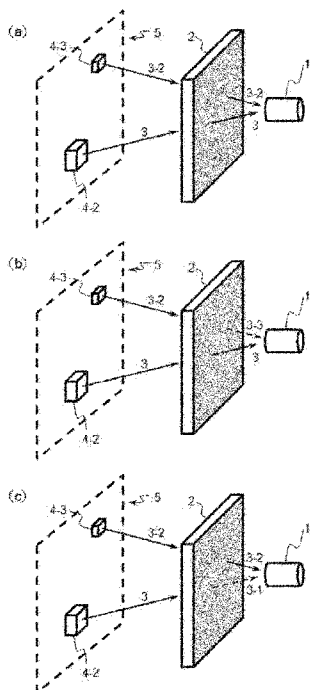
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DOSE DISTRIBUTION MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 線量分布測定装置



(57) Abstract: The present invention measures the dose distribution of radiation emitted from a measurement region. A dose distribution measuring device comprises a radiation detecting unit and a radiation varying unit disposed between the radiation detecting unit and a measurement region. A dose at the location of the radiation detecting unit is measured by the radiation detecting unit in a state in which the direction from which the radiation, which is to be measured by being varied by the radiation varying unit, is emitted from the measurement region onto the radiation detecting unit, is predetermined. The angular distribution of the radiation dose emitted on the radiation detecting unit from the measurement region is measured by identifying the direction and angle from which the radiation arrives from the measurement region to the radiation detecting unit and calculating the dose of the arriving radiation before varying with the radiation varying unit.

(57) 要約: 測定対象領域から放射される放射線の線量分布を測定する。放射線検出部および、前記放射線検出部と測定対象領域の間に配置される放射線可変部を備え、前記放射線可変部によって前記測定対象領域のどの方から前記放射線検出部に飛来する放射線を変化させて測定するのかを予め決めた状態で、前記放射線検出部により前記放射線検出部の位置における線量を測定し、前記測定対象領域から前記放射線検出部の位置に飛来する放射線の飛来する方向または飛来する角度を特定して前記飛来する放射線の前記放射線可変部により変化する前の線量を算出することにより前記測定対象領域から前記放射線検出部に放射される放射線の線量角度分布を測定する。

明 細 書

発明の名称：線量分布測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、対象物または測定対象領域から放射される放射線の線量分布を測定する線量分布測定装置などに関する。

背景技術

[0002] 線量分布測定装置は、対象物または測定対象領域から放射される放射線の線量の分布若しくはそこに含まれる放射性物質の分布、あるいは、ある特定位置における線量いわゆる空間線量の線量角度分布を測定するための装置である。

[0003] ここで言う線量とは、一般に、放射線の種類、エネルギー、計測数、あるいは、人体に与える影響などを考慮して算出される放射線量、あるいは、放射性物質の放射能または含有量のことを意味し、C P M (Count Per Minute)、C P S (Count Per Second)、C P H (Count Per Hour)、C i (キュリー)、B q (ベクレル)、G y (グレイ)、r a d (ラド)、r e m (レム)、S v (シーベルト)、R m (レントゲン)などの単位で表される。

[0004] また、放射線に対する有効なレンズまたはミラーが存在しないことから、従来から、対象物または測定対象領域から放射される放射線の線量分布を測定するためには、ピンホール、コーデッドマスクまたはコリメータを備えた線量分布測定装置が用いられてきた（特許文献1、2および3参照。）。

[0005] しかしながら、ピンホール、コーデッドマスクまたはコリメータは、線量分布の有効なコントラストを確保するため、鉛など非常に比重の高い金属から成る分厚い金属板に開いた小さな穴により形成され、更に、線量分布を測定する放射線検出2次元アレイが、ピンホール、コーデッドマスクまたはコリメータをその一部として備える放射線遮蔽箱に内蔵された構成であるため、装置全体が非常に重く、移動や設置、操作などが困難であるなどの問題があった。

[0006] また、かかる分厚い金属板に開いた小さな穴を通過したわずかな量の放射線を検出しなければならないため、S N比の高い検出信号を得るためには、長時間に渡って検出信号を積分して測定しなければならないという問題があった。

[0007] 更に、放射線検出２次元アレイが放射線遮蔽箱の内部に設置された構造になっているため、測定位置における空間線量を知るためには、別途、空間線量測定装置を用いて測定しなければならないという問題があった。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献１：特開２００１－３０５２３３号公報

特許文献２：特表２００８－５２３４０５号公報

特許文献３：特開平１０－３１９１２２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、従来装置と比較して装置全体が格段に軽く、持ち運びや設置、操作などが容易である線量分布測定装置を提供することを課題の一つとする。

[0010] また、本発明は、従来装置と比較して高感度測定が可能で、短時間でS N比の高い検出信号を得ることの出来る線量分布測定装置を提供することを課題の一つとする。

[0011] 更に、本発明は、別途、空間線量測定装置を用いて空間線量を測定する必要の無い線量分布測定装置を提供することを課題の一つとする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記の目的を果たすために、本発明の一側面として、放射線検出部および、前記放射線検出部と測定対象領域の間に配置される放射線可変部を備え、前記放射線可変部によって前記測定対象領域のどの方から前記放射線検出部に飛来する放射線を変化させて測定するのかを予め決めた状態で、前記放射

線検出部により前記放射線検出部の位置における線量を測定し、前記測定対象領域から前記放射線検出部の位置に飛来する放射線の飛来する方向または飛来する角度を特定して前記飛来する放射線の前記放射線可変部により変化する前の線量を算出することにより前記測定対象領域から前記放射線検出部に放射される放射線の線量角度分布を測定することを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0013] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記放射線可変部は、第2放射線可変部および、前記第2放射線可変部を2次元的に移動させる移動手段を備え、前記移動手段は前記第2放射線可変部を2次元的に移動させることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0014] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記放射線可変部は、第2放射線可変部および、前記第2放射線可変部を1次元的に移動させる移動手段を備え、前記放射線検出部は線状に配置された複数の放射線検出器から成る放射線検出1次元アレイを備え、前記移動手段は前記第2放射線可変部を1次元的に移動させることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0015] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記放射線可変部は第2放射線可変部および固定部を備え、前記放射線検出部は面状に配置された複数の放射線検出器から成る放射線検出2次元アレイを備え、前記固定部は前記第2放射線可変部を固定することを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0016] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記放射線可変部は面状に配置された複数の空間変調器から成る空間変調2次元アレイを備え、前記空間変調2次元アレイにより前記放射線検出部により検出される放射線の線量を変化させることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0017] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記放射線可変部は線状に配置された複数の空間変調器から成る空間変調1次元ア

レイを備え、前記放射線検出部は放射線検出 1 次元アレイを備え、前記空間変調 1 次元アレイにより前記放射線検出 1 次元アレイにより検出される放射線の線量を変化させることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0018] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記放射線可変部の有効サイズおよび形状が、前記放射線検出部の前記第 2 放射線可変部側に面する側面のサイズおよび形状と一致または近似していることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0019] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記第 2 放射線可変部の有効サイズおよび形状が、前記放射線検出器の第 2 放射線可変部側に面する側面の前記放射線検出 2 次元アレイを構成する各放射線検出器のサイズおよび形状と一致または近似していることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0020] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、前記第 2 放射線可変部の有効サイズおよび形状が、前記放射線検出器の第 2 放射線可変部側に面する側面のサイズおよび形状と一致または近似していることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0021] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、放射線遮断部を備え、前記第 2 放射線検出部の前記第 2 放射線可変部側に面する側面以外が前記放射線遮断部に覆われることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

[0022] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、放射線遮断部を備え、前記放射線検出器の前記第 2 放射線可変部側に面する側面以外が前記放射線遮断部に覆われることを特徴とする記載の線量分布測定装置を開示する。

[0023] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、放射線遮断部を備え、前記放射線検出器の前記第 2 放射線可変部側に面する側面以外が前記放射線遮断部に覆われることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

- [0024] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、放射線遮断部を備え、前記放射線検出部の空間変調２次元アレイ側に面する側面以外が放射線遮断部に覆われることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。
- [0025] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、放射線遮断部を備え、前記放射線検出１次元アレイを構成する各検出器の空間変調１次元アレイ側に面する側面以外が放射線遮断部に覆われることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。
- [0026] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、可視光線カメラおよび赤外線カメラのいずれか一または両方を備え、前記測定対象領域の可視光線画像および赤外線画像のいずれか一または両方を撮影することを特徴とする線量分布測定装置を開示する。
- [0027] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、距離計を備え、前記放射線検出部と前記測定対象領域との距離を計測し、前記測定対象領域の各位置から放射される放射線の線量を算出して前記測定対象領域の線量分布を得ることを特徴とする線量分布測定装置を開示する。
- [0028] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、放射線スペクトル分析部を備え、前記測定対象領域の各位置に含まれる放射性物質を特定することを特徴とする記載の線量分布測定装置を開示する。
- [0029] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、表示部を備え、前記表示部は、前記線量分布並びに前記可視光線画像および前記赤外線画像のいずれか一または両方を合成して合成画像を表示することを特徴とする線量分布測定装置を開示する。
- [0030] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、放射線スペクトル分析部を備え、前記測定対象領域の各位置に含まれる放射性物質を特定し、前記合成画像上に前記特定された放射性物質名を表示することを特徴とする線量分布測定装置を開示する。
- [0031] また、本発明の別の側面として、上記のいずれかの側面において、GPS

を備え、測定位置を計測することを特徴とする線量分布測定装置を開示する。

発明の効果

[0032] 本発明による線量分布測定装置は、従来装置と比較して格段に軽く、持ち運びや設置、操作などが容易であるため、本発明による線量分布測定装置を用いれば、対象物または測定対象領域から放射される放射線の線量分布の測定を容易かつ正確に行うことが出来る。

[0033] また、本発明による線量分布測定装置は、従来装置と比較して非常に高感度であるため、短時間でS/N比の高い検出信号ないしは線量分布を測定することが出来る。

[0034] 更に、本発明による線量分布測定装置を用いれば、別途、空間線量測定装置を用いて空間線量を測定する必要が無い。

更に、本発明は、別途、空間線量測定装置を用いて空間線量を測定する必要の無い線量分布測定装置を提供することを課題の一つとする。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明の一実施形態に係る線量分布測定装置の構成の概要図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る線量分布測定装置の構成の概要図である。

[図3]本発明の一実施形態において得られる信号量分布の一例図である。

[図4]本発明の実施例1の構成の概要図である。

[図5]本発明の一実施形態に係る測定方法の一例図である。

[図6]本発明の一実施形態において得られる信号量分布の一例図である。

[図7]本発明の実施例2の構成の概要図である。

[図8]本発明の一実施形態において得られる信号量分布の一例図である。

[図9]本発明の実施例3の構成の別の概要図である。

[図10]本発明の一実施形態において得られる信号量分布の一例図である。

[図11]本発明の実施例4の構成の概要図である。

[図12]本発明の実施例5の構成の概要図である。

[図13]本発明の実施例6の構成の概要図である。

[図14]本発明の実施例7の構成の概要図である。

[図15]本発明の実施例8の構成の概要図である。

[図16]本発明の実施例9の構成の概要図である。

[図17]本発明の実施例10の構成の概要図である。

[図18]本発明の実施例11の構成の概要図である。

[図19]本発明の一実施形態に係る分解能を説明する図である。

[図20]本発明の一実施形態に係る実験例1による測定データである。

[図21]本発明の一実施形態に係る実験例2による測定データである。

発明を実施するための形態

[0036] 本発明に関する実施形態及び例を、図面を参照して、以下に説明する。但し、本発明は以下に説明される内容には限定されない。また、繰り返し説明をしない場合がある。

[0037] (本発明の概要)

本発明の概要について説明を行う。

[0038] 本発明の一実施形態に係る線量分布測定装置は、放射線検出部および、放射線検出部と測定対象領域の間に配置される放射線可変部を備え、放射線可変部によって測定対象領域のどの方から放射線検出部に飛来する放射線を変化させて測定するのかを予め決めた状態で、放射線検出部により放射線検出部の位置における線量を測定し、測定対象領域から放射線検出部の位置に飛来する放射線の飛来する方向または飛来する角度を特定して飛来する放射線の放射線可変部により変化する前の線量を算出することにより測定対象領域から放射線検出部に放射される放射線の線量角度分布を測定する。

[0039] ここで、放射線検出部は、放射性物質から放射されるアルファ線、ベータ線、エックス線またはガンマ線などを検出する素子から成り、電離箱方式、比例計数管方式またはガイガーミュラー計数管方式のもの、半導体方式のもの、シンチレーション方式のものなど放射線を検出することが好ましい。

また、放射線可変部は、放射線可変部に入射する放射線に対して、異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を所定の方角に出射することが好まし

い。

[0040] なお、異なる状態の放射線とは、放射線可変部に入射する放射線に対して、異なる線量の放射線、異なる種類の放射線または異なるエネルギーの放射線、若しくは、異なるパワーの電磁波、異なる種類の電磁波または異なるエネルギーの電磁波などであり、放射線可変部は、放射線可変部に入射する放射線に対して、異なる線量の放射線、異なる種類の放射線または異なるエネルギーの放射線、若しくは、異なるパワーの電磁波、異なる種類の電磁波または異なるエネルギーの電磁波などを所定の方向に出射することが好ましい。

[0041] なお、放射線可変部は、放射線散乱物質、放射線吸収物質などで構成されることが好ましい。

[0042] なお、放射線散乱物質としては、鉛など原子量が大きく比重の高い金属などを含む物質が好ましい。また、放射線吸収物質としては、水など原子量の小さい水素などを含む物質が好ましい。また、放射線散乱物質または放射線吸収物質としては、シンチレーション物質などが好ましい。

[0043] なお、放射線と物質との相互作用の種類は極めて多く、更に、エネルギー依存性が大きいので、放射線の散乱と吸収の両方の相互作用がある割合で起こるとみなすことが出来る。ここで、かかる放射線の散乱と吸収は、主に、光電効果、コンプトン散乱または電子対生成により起こる。

[0044] したがって、それらの相互作用のエネルギー依存性の表、いわゆる、質量減衰係数の表などを用いて、入射する放射線に対して異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を所定の方向に効率よく出射する部材を、放射線可変部を構成する部材として選択することが好ましい。

[0045] 例えば、ガンマ線の場合、放射線可変部に入射するガンマ線に対して、放射線可変部から出射するガンマ線として、透過ガンマ線、一回前方透過ガンマ線、多重回前方散乱ガンマ線、一回後方散乱ガンマ線、多重回後方散乱ガンマ線などが存在するが、その内、所定の方向に出射するものとして、透過ガンマ線を用いるのが好ましい。

[0046] したがって、入射するガンマ線に対して線量が異なるように、例えば、出来るだけ線量が小さくなるように、透過ガンマ線を出射する部材を選択してその厚さを設定し、放射線可変部を構成することが好ましい。

[0047] なお、入射するガンマ線の入射方向に沿った放射線可変部の長さを長くすれば容易に入射するガンマ線に対して透過ガンマ線の線量を小さくすることが出来る。また、長さの異なる放射線可変部を用意しそれらを交換することで透過ガンマ線の線量を変化させて放射線の検出感度や検出のダイナミックレンジを適宜調整することも出来る。

[0048] 図1(a)、(b)、(c)は、本発明の一実施形態に係る線量分布測定装置の構成を示す。図1(a)、(b)、(c)に示すように、放射線検出部1と測定対象領域5の間に放射線可変部2が配置された構成となっている。ここで、測定対象領域5内に、放射線を放射する対象物4-2および対象物4-3が位置しているとする。

[0049] まず、図1(a)に示すように、対象物4-2が放射線検出部1に向かって放射する放射線3および対象物4-3が放射線検出部1に向かって放射する放射線3-2をそのまま透過させるように、放射線可変部2を設定し、放射線検出部1が放射線検出部1の位置における線量を計測する。

[0050] 次に、図1(b)に示すように、放射線3はそのまま透過させ、放射線3-2に対しては、放射線3-2と比較して異なる線量の放射線など放射線3-2と比較して異なる状態の放射線3-3を放射線3-2と同一方向に放射させるように、放射線可変部2を設定し、放射線検出部1が放射線検出部1の位置における線量を計測する。

[0051] 更に、図1(c)に示すように、放射線3-2はそのまま透過させ、放射線3に対しては、放射線3と比較して異なる線量の放射線など放射線3と比較して異なる状態の放射線3-1を放射線3と同一方向に放射させるように、放射線可変部2を設定し、放射線検出部1が放射線検出部1の位置における線量を計測する。

[0052] 以上のように、図1(a)、(b)、(c)それぞれが示すような放射線

可変部 2 の異なる設定状態に対応して、放射線検出部 1 は、放射線検出部 1 の位置における線量を測定する。換言すれば、放射線可変部 2 の設定状態によってどの方から飛来する放射線を変化させて測定するのかを予め決めた状態で、放射線検出部 1 の位置における線量を放射線検出部 1 は測定することが出来る。

[0053] このことは、放射線検出部 1 の位置に飛来する放射線の飛来する方向または飛来する角度を特定して当該放射線検出部 1 の位置に飛来する放射線の、放射線可変部 2 により変化する前の、線量を算出することが出来ることを意味する。すなわち、測定対象領域から放射線検出部に放射される放射線の線量角度分布を測定することが出来る（算出方法の詳細は、後述する段落 0062 の記載等参照。）。

[0054] なお、対象物 4 - 2 および対象物 4 - 3 はあらゆる方向に放射線を放射するが、ここでは、簡単化のため、一部の放射線のみを描いている。

[0055] また、図 1（a）に示す状態の場合、放射線検出部 1 はあらゆる方向からの放射線をそのまま検出する状態にあるので、図 1（a）に示す状態の場合、放射線検出部 1 は、放射線検出部 1 の位置における空間線量を検出していることになる。

[0056] このように、本発明による線量分布測定装置により、測定対象領域から放射線検出部に放射される放射線の線量角度分布を測定することが出来る。

[0057] 図 2（a）、（b）は、本発明の一実施形態に係る線量分布測定装置の構成を示す。図 2（a）、（b）に示すように、放射線検出部 1 と放射線 3 を放射する対象物 4 の間に、第 2 放射線可変部 2 - 1 および移動手段 6 を備えた放射線可変部 2 が配置された構成となっている。

[0058] ここで、図 2（a）に示すように、第 2 放射線可変部 2 - 1 が、放射線検出部 1 と放射線 3 を放射する対象物 4 を結ぶ軸上に配置された場合、対象物 4 が放射線検出部 1 に向かって放射する放射線 3 に対して、異なる線量の放射線など放射線 3 と比較して異なる状態に変化させられた放射線 3 - 1 を、放射線検出部 1 は検出するように設定する。なお、対象物 4 はあらゆる方向

に放射線を放射するが、ここでは、簡単化のため、一部の放射線のみを描いている。また、簡単化のため、対象物から放射される放射線を同一の番号で表示しているが、以下も同様な方式で表示をする場合がある。

[0059] 一方、図2(b)に示すような、第2放射線可変部2-1が対象物4と放射線検出部1を結ぶ軸上から外に移動した場合、対象物4が放射線検出部1に向かって放射する放射線3を、放射線検出部1はそのまま検出して検出信号を出力するように設定する。なお、簡単化のため、図2(b)では、図2(a)の放射線3の内、対象物4が放射線検出部1に向かって放射する放射線のみを描いている。

[0060] したがって、第2放射線可変部2-1が放射線検出部1と対象物4を結ぶ軸上を通過するように、第2放射線可変部2-1を所定の線に沿って上方から下方に向かって移動させた場合、放射線検出部1による放射線の検出度合いにより、図3(a)に示すような信号を放射線検出部1は出力する。なお、当該所定の線は、直線でも曲線でもよい。

[0061] ここで、図3(a)の信号曲線におけるディップ構造ないしは谷状の曲線の深さが、対象物4が放射線検出部1の位置に放射する放射線3の線量の内、第2放射線可変部2-1によって変化させられた放射線の線量に対応する。

[0062] したがって、第2放射線可変部2-1がない場合に放射線検出部1が出力する信号強度から図3(a)の曲線が表す信号強度を引いて、更に、第2放射線可変部2-1によって変化させられた線量の比率の逆数を掛けて得られる図3(b)の曲線のピーク構造(山状の曲線)の高さが、対象物4が放射線検出部1の位置に放射する線量を示す。ここで、図3(b)の曲線は、1次元的な測定対象領域から放射線検出部1の位置に放射される放射線の線量を第2放射線可変部2-1の位置の関数として表している。

[0063] なお、図3(b)の曲線が表す信号強度に、対象物4が無い場合の放射線検出部1の位置におけるバックグラウンド的な線量を加算して図3(c)のように表しても良いし、信号強度は線形で表しても対数で表してもよいし、

その他、様々な表示方法が考えられる。

[0064] なお、放射線検出部 1 に入射する放射線の方向に沿った第 2 放射線可変部 2-1 の長さを長くすれば、容易に放射線 3-1 の線量を小さくすることが出来、例えば、図 3 (a) の 3-1 の値をゼロに近付けることも出来るので、容易にコントラストの高い信号を得ることが出来る。

[0065] また、更に、放射線検出部 1 と 1 次元的な測定対象領域上のそれぞれの位置との距離を測定し、線源からの距離の二乗に反比例して線量が小さくなることを考慮して、当該 1 次元的な測定対象領域上のそれぞれの位置から放射される線量を算出し、当該 1 次元的な測定対象領域の線量分布曲線を作成することも出来る。

[0066] 例えば、1 次元的な測定対象領域が直線状で、放射線可変部を、当該直線と放射線検出部を結ぶ線の中点で当該直線に平行な直線に沿って移動させた場合、図 3 (b) の横軸を 2 倍して表した曲線が当該 1 次元的な測定対象領域の各位置から放射される放射線の線量分布曲線を表す。

[0067] 更に、第 2 放射線可変部 2-1 が放射線検出部 1 と対象物 4 または 2 次元的な測定対象領域を結ぶ軸上を通過するように、第 2 放射線可変部 2-1 を当該軸と交わる所定の面に沿って 2 次元的に移動させて放射線検出部 1 による放射線の検出度合いを測定した場合（図 4 参照。）、同様に、対象物または 2 次元的な測定対象領域から放射線検出部 1 の位置に放射される放射線の線量分布曲線群（図 6 (b) 参照。）、さらには、線量分布図（図 20 参照。）を作成することが出来る。なお、当該所定の面は、平面でも曲面でもよい。

[0068] [実施例 1]

図 4 は、本発明による線量分布測定装置の実施例 1 を示す。図 4 に示すように、放射線可変部 2 は、放射線検出部 1 と、対象物 4-2 および対象物 4-3 あるいは測定対象領域 5 との間に設置されている。また、放射線可変部 2 において、第 2 放射線可変部 2-1 はくびれ部 2-1-1 とストッパ 2-1-2 を備え、くびれ部 2-1-1 が水平移動部 6-1 により移動可能な保

持部 6-1-1 のスリットと鉛直移動部 6-2 により移動可能な保持部 6-2-1 のスリットの両方に入り込んだ構成になっている。つまり、水平移動部 6-1 による保持部 6-1-1 の移動と鉛直移動部 6-2 による保持部 6-2-1 の移動により、放射線検出部 1 と測定対象領域 5 との間で、第 2 放射線可変部 2-1 を面に沿って 2 次元的に移動させることが出来る。なお、簡単化のため、図 4 では、一部の放射線のみを描いている。

[0069] なお、第 2 放射線可変部 2-1 の 2 次元的な移動は、例えば、図 5 の破線のように移動ないしはスキャンさせることにより繰り返し測定することができるが、通常モニタの表示等に用いられる、いわゆる、ラスタスキャンなどでもよいし、特定領域を詳細に測定する必要がある場合などには電子線描画等に用いられる、いわゆる、ベクトルスキャンなどでも良い。なお、繰り返し測定して信号を積分すれば、より S/N 比の高い信号が得られる。

[0070] また、図 4 における保持部 6-1-1 および保持部 6-2-1 は、放射線を出るだけ変化させない部材であることが好ましい。

[0071] 図 6 (a) は、図 4 において、第 2 放射線可変部 2-1 を水平方向に連続して移動させ、鉛直方向に断続的に移動させるラスタスキャンを行った時に、放射線検出部 1 が検出する放射線の信号強度例を示す。ここで、図 4 の対象物 4-2 と対象物 4-3 が放射する放射線にそれぞれ対応するディップ構造が見られる。また、図 6 (b) は、第 2 放射線可変部 2-1 がない場合に放射線検出部 1 が出力する信号強度から図 6 (a) の各曲線が表す信号強度を引いて、更に、第 2 放射線可変部 2-1 によって変化させられた線量の比率の逆数を掛けて得られる曲線のそれぞれを示す。ここでは、図 4 の対象物 4-2 と対象物 4-3 が放射する放射線にそれぞれ対応するピーク構造が見られる。

[0072] ここで、図 6 (b) は、放射線検出部 1 の位置に放射される放射線の線量の変化を第 2 放射線可変部 2-1 の位置の関数として表している。更に、図 6 (b) の 2 つの横軸を測定対象領域 5 上のそれぞれの位置に対応するよう変換することにより、測定対象領域 5 の線量分布を表すことが出来る。なお

、バックグラウンド的な放射線量を加算して表示してもよい。

[0073] なお、図4において、第2放射線可変部2-1がない場合に放射線検出部1が検出する放射線の信号強度は、測定位置における空間線量に対応する。

[0074] このように、本発明による線量分布測定装置の実施例1により、測定対象領域の線量分布を測定することが出来る。なお、第2放射線可変部および放射線検出部を小さくし、また、放射線検出部に対する第2放射線可変部の移動角を大きくすることで、測定範囲を広くすることあるいは線量分布の空間分解能を上げることが出来る。また、放射線可変部および第2放射線可変部並びに放射線検出部を小さくすれば、装置を小型化することが出来る。

[0075] なお、図4は、放射線検出部1を固定し第2放射線可変部2-1を所定の面に沿って移動させる場合の例であるが、第2放射線可変部2-1を固定し放射線検出部1を所定の面に沿って移動させてもよいし、第2放射線可変部2-1と放射線検出部1の両方をそれぞれ所定の面に沿って移動させてもよい。

[0076] [実施例2]

図7(a)、(b)は、本発明による線量分布測定装置の実施例2を示す。図7(a)、(b)に示すように、複数の放射線検出部(第1から7放射線検出部)が鉛直方向に線状に配置された放射線検出1次元アレイ1-2と対象物4-2および対象物4-3あるいは測定対象領域5との間に、放射線可変部2が設置されている。また、放射線可変部2において、第2放射線可変部2-1が水平移動部6-1により水平方向に移動可能な保持部6-1-2により支えられた構成になっている。

[0077] つまり、第2放射線可変部2-1は、放射線検出1次元アレイ1-2と対象物または測定対象領域との間で、放射線検出1次元アレイ1-2に垂直な方向に移動させることが出来る。なお、簡単化のため、図7(a)、(b)では、一部の放射線のみを描いている。

[0078] なお、保持部6-1-2は、放射線を出来るだけ変化させない部材であることが好ましい。

[0079] 図8(a)の各曲線は、放射線検出1次元アレイ1-2を構成する複数の放射線検出部(第1から7放射線検出部)それぞれが検出する放射線の信号強度を、第2放射線可変部2-1の水平位置の関数として、それぞれプロットした例を示す。また、図8(b)の各曲線は、第2放射線可変部2-1がない場合に放射線検出1次元アレイ1-2を構成する複数の放射線検出部それぞれが検出する放射線の信号強度から、図8(a)の各曲線が表すそれぞれの信号強度を引いて、更に、第2放射線可変部2-1によって変化させられた線量の比率の逆数を掛けて得られる曲線のそれぞれを示す。ここで、図8(b)は、測定対象領域5から放射線検出部1の位置に放射される放射線の線量分布を第2放射線可変部2-1の位置の関数として表した線量分布を表す。更に、横軸を測定対象領域5上のそれぞれの位置に対応するよう変換することにより、測定対象領域5の線量分布を表すことが出来る。

[0080] なお、図7(a)、(b)において、第2放射線可変部2-1がない場合に放射線検出1次元アレイ1-2を成す放射線検出部のそれぞれが検出する放射線の信号強度は、それぞれの放射線検出部の測定位置における空間線量に対応する。

[0081] このように、本発明による線量分布測定装置の実施例2により、測定対象領域の線量分布を測定することが出来る。なお、放射線可変部および第2放射線可変部並びに放射線検出部を小さくし、また、放射線検出部の数を増やし、放射線検出1次元アレイに対する第2放射線可変部の移動角を大きくすることで、測定範囲を広くすることあるいは線量分布の空間分解能を上げることが出来る。更に、放射線可変部および第2放射線可変部並びに放射線検出部を小さくすれば、装置を小型化することが出来る。

[0082] なお、図7(a)、(b)は、放射線検出1次元アレイ1-2を固定し第2放射線可変部2-1を所定の線に沿って移動させる場合の例であるが、第2放射線可変部2-1を固定し放射線検出1次元アレイ1-2を所定の線に沿って移動させてもよいし、第2放射線可変部2-1と放射線検出1次元アレイ1-2の両方をそれぞれ所定の面に沿って移動させてもよい。

[0083] [実施例3]

図9は、本発明による線量分布測定装置の実施例3を示す。図9に示すように、複数の放射線検出部が面状に配置された放射線検出2次元アレイ1-3と対象物4-2および対象物4-3あるいは測定対象領域5との間に、放射線可変部2が設置されている。また、放射線可変部2において、第2放射線可変部2-1が保持部6-3-1により保持された構成となっている。なお、第2放射線可変部2-1は放射線検出2次元アレイ1-3に対して所定の位置に固定してもよい。なお、簡単化のため、図9では、一部の放射線のみを描いている。なお、保持部6-3-1は、放射線を出来るだけ変化させない部材であることが好ましい。

[0084] 図10(a)の棒グラフは、放射線検出2次元アレイ1-3を構成する複数の放射線検出部それぞれから出力される信号例を示す。また、図10(b)の棒グラフは、第2放射線可変部2-1がない場合に2次元アレイ1-3を構成する複数の放射線検出部それぞれが出力する信号強度から、図10(a)の棒グラフが表すそれぞれの信号強度を引いて、更に、第2放射線可変部2-1によって変化させられた線量の比率の逆数を掛けて得られる棒グラフのそれぞれを示す。

[0085] ここで、棒グラフを表す各棒の位置は放射線検出2次元アレイ1-3を構成する複数の放射線検出部それぞれの位置に対応している。すなわち、図10(b)の棒グラフは、放射線検出2次元アレイ1-3を構成する複数の放射線検出部それぞれの位置の関数として表した線量分布を表す。更に、2つの横軸を測定対象領域5上のそれぞれの位置に対応するよう変換することにより、図10(b)の棒グラフを測定対象領域5の線量分布に対応させることが出来る。

[0086] なお、図9において、第2放射線可変部2-1がない場合に放射線検出2次元アレイ1-3を成す放射線検出部のそれぞれが検出する放射線の信号強度は、それぞれの放射線検出部の測定位置における空間線量に対応する。

[0087] このように、本発明による線量分布測定装置の実施例3により、測定対象

領域の線量分布を測定することが出来る。なお、放射線可変部および第2放射線可変部2-1並びに放射線検出部を小さくすることで、測定範囲を広くすることあるいは線量分布の空間分解能を上げることが出来る。更に、放射線可変部および第2放射線可変部2-1並びに放射線検出部を小さくすれば、装置を小型化することが出来る。

[0088] なお、図4において、放射線検出部1に指向性がある場合、当該指向性のデータを用いて線量分布を補正すれば、より正確な線量分布を得ることが出来る。放射線検出部の指向性は、所定の放射線源を所定の面に沿って移動させることにより得ることが出来る。例えば、第2放射線可変部2-1の放射線検出部1側に所定の放射線源を固定して、強い放射線を照射する対象物が近くにない低線量または一様線量の場所において、第2放射線可変部2-1と共に所定の放射線源を所定の面に沿って移動させることで、放射線検出部1の指向性を測定することが出来る。なお、図7(a)、(b)における放射線検出1次元アレイ1-2を成す放射線検出部のそれぞれ、並びに、図9における放射線検出2次元アレイ1-3を成す放射線検出部のそれぞれに指向性がある場合も同様である。

[0089] [実施例4]

図11は、本発明による線量分布測定装置の実施例4を示す。図11に示すように、放射線検出部1と対象物4-2および対象物4-3あるいは測定対象領域5との間に、空間変調2次元アレイ2-2を備える放射線可変部が設置されている。ここで、空間変調2次元アレイ2-2は複数の空間変調器を備え、各空間変調器は、各空間変調器に入射する放射線に対して、同じ線量の放射線を所定の方向に出射する場合と異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を所定の方向に出射する場合を切り替えることが出来る。

[0090] なお、各空間変調器による当該切り替えは、鉛窓の開閉などにより実現することが出来る。また、各空間変調器は、各空間変調器に入射する放射線に対して、異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を所定の方向に出射する場合と、当該異なる線量の放射線とさらに異なる線量の放射線などさらに

異なる状態の放射線を所定の方向に出射する場合を切り替えてもよい。

[0091] さて、図 1 1 は、空間変調 2 次元アレイ 2 - 2 を形成する 7×7 行列の空間変調器の (5, 3) の位置における空間変調器以外の空間変調器は、入射放射線 3 または入射放射線 3 - 2 に対して、同一の線量の放射線をそれぞれの入射方向と同一の方向に出射するが、(5, 3) の位置の空間変調器は、入射放射線に対して、異なる線量の放射線など異なる状態の放射線、図では放射線 3 - 2 に対しては放射線 3 - 3 を、入射方向と同一の方向に出射するように設定された場合を示す。

[0092] したがって、この場合は、全ての空間変調器が、同一の線量の放射線をそれぞれの入射方向と同一の方向に出射するように設定された場合に放射線検出部 1 が検出する線量と、図 1 1 に示すように設定された場合に放射線検出部 1 が検出する線量との差を、得ることが出来る。つまり、空間変調 2 次元アレイ 2 - 2 の設定状態によってどの方から飛来する放射線を所定の変化量で変化させて測定するのか、を予め決めた状態で、放射線検出部 1 の位置における線量を放射線検出部 1 は測定することが出来る。

[0093] そのため、放射線検出部 1 の位置に飛来する放射線の飛来する方向または飛来する角度を特定して当該放射線検出部 1 の位置に飛来する放射線の、空間変調 2 次元アレイ 2 - 2 により変化する前の、線量を算出することが出来る。すなわち、入射放射線に対して、異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を入射方向と同一の方向に出射するように設定された空間変調器を次々と切り替えることによって、測定対象領域から放射線検出部 1 に放射される放射線の線量角度分布を測定することが出来る。

[0094] [実施例 5]

図 1 2 は、本発明による線量分布測定装置の実施例 5 を示す。図 1 2 に示すように、放射線検出 1 次元アレイ 1 - 2 と対象物 4 - 2 および対象物 4 - 3 あるいは測定対象領域 5 との間に、空間変調 1 次元アレイ 2 - 3 が設置されている。ここで、空間変調 1 次元アレイ 2 - 3 は複数の空間変調器を備え、各空間変調器は、各空間変調器に入射する放射線に対して、同じ線量の放

射線を所定の方向に出射する場合と異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を所定の方向に出射する場合を切り替えることが出来る。

[0095] なお、各空間変調器による当該切り替えは、鉛窓の開閉などにより実現することが出来る。また、各空間変調器は、各空間変調器に入射する放射線に対して、異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を所定の方向に出射する場合と、当該異なる線量の放射線とさらに異なる線量の放射線などさらに異なる状態の放射線を所定の方向に出射する場合を切り替えてもよい。

[0096] さて、図 12 では、空間変調 1 次元アレイ 2-3 を形成する 7 行の空間変調器の (3) の位置における空間変調器以外の空間変調器は、入射放射線 3 または入射放射線 3-2 に対して、同一の線量の放射線をそれぞれの入射方向と同一の方向に出射するが、(3) の位置の空間変調器は、入射放射線に対して、異なる線量の放射線など異なる状態の放射線 3-1 を入射方向と同一の方向に出射するよう設定された場合が示されている。

[0097] したがって、この場合は、全ての空間変調器が、同一の線量の放射線をそれぞれの入射方向と同一の方向に出射するよう設定された場合に放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各放射線検出部が検出する線量と、図 12 に示すように設定された場合に放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各放射線検出部が検出する線量との差を、得ることが出来る。つまり、空間変調 1 次元アレイ 2-3 の設定状態によってどの方向から放射線検出 1 次元アレイ 1-2 どの放射線検出部に飛来する放射線を所定の変化量で変化させて測定するのか、を予め決めた状態で、放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各放射線検出部の位置における線量を放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各放射線検出部は測定することが出来る。

[0098] そのため、放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各検出器の位置に飛来する放射線の飛来する方向または飛来する角度を特定して当該放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各放射線検出器の位置に飛来する放射線の、空間変調 1 次元アレイ 2-3 により変化する前の、線量を算出することが出来る。すなわち、入射放射線に対して異なる線量の放射線など異なる状態の放射線を入射方向

と同一の方向に出射するよう設定された空間変調器を次々と切り替えることによって、測定対象領域から放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各放射線検出器に放射される放射線の線量角度分布を測定することが出来る。

[0099] なお、実施例 1 の図 4 において、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズおよび形状が、放射線検出部 1 の第 2 放射線可変部 2-1 側に面する側面のサイズおよび形状と一致または近似していることが好ましい。

[0100] また、実施例 2 の図 7 において、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズおよび形状が、放射線検出 1 次元アレイ 1-2 を構成する複数の放射線検出器それぞれの第 2 放射線可変部 2-1 側に面する側面のサイズおよび形状と、一致または近似していることが好ましい。

[0101] また、実施例 3 の図 9 において、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズおよび形状が、放射線検出 2 次元アレイ 1-3 を構成する複数の放射線検出器それぞれの第 2 放射線可変部 2-1 側に面する側面のサイズおよび形状と、一致または近似していることが好ましい。

[0102] なお、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズおよび形状とは、第 2 放射線可変部 2-1 と放射線検出部 1 とを結ぶ線に垂直な第 2 放射線可変部 2-1 の断面のサイズおよび形状のことを意味する。

[0103] なお、実施例 4 の図 11 において、空間変調 2 次元アレイ 2-2 を形成する各空間変調器の有効サイズおよび形状が、放射線検出部 1 の空間変調 2 次元アレイ 2-2 側に面する側面のサイズおよび形状と一致または近似していることが好ましい。

[0104] なお、空間変調 2 次元アレイ 2-2 を形成する各空間変調器の有効サイズおよび形状とは、空間変調 2 次元アレイ 2-2 を形成する各空間変調器と放射線検出部 1 とを結ぶ線に垂直な空間変調 2 次元アレイ 2-2 を形成する各空間変調器の断面のサイズおよび形状のことを意味する。

[0105] なお、実施例 5 の図 12 において、空間変調 1 次元アレイ 2-3 を形成する各空間変調器の有効サイズおよび形状が、放射線検出 1 次元アレイ 1-2 を構成する角放射線検出器それぞれの空間変調 1 次元アレイ 2-3 側に面す

る側面のサイズおよび形状と一致または近似していることが好ましい。

[0106] なお、空間変調 1 次元アレイ 2-3 を形成する各空間変調器の有効サイズおよび形状とは、空間変調 1 次元アレイ 2-3 を形成する各空間変調器と放射線検出 1 次元アレイ 1-2 の各検出器とを結ぶ線に垂直な空間変調 1 次元アレイ 2-3 を形成する各空間変調器の断面のサイズおよび形状のことを意味する。

[0107] また、実施例 1 の図 4 において、放射線検出部 1 の第 2 放射線可変部 2-1 側に面する側面以外が放射線遮断部に覆われることが好ましい。

[0108] また、実施例 2 の図 7 において、放射線検出 1 次元アレイ 1-2 を構成する各放射線検出器それぞれの第 2 放射線可変部 2-1 側に面する側面以外が放射線遮断部材に覆われることが好ましい。

[0109] また、実施例 3 の図 9 において、放射線検出 2 次元アレイ 1-3 を構成する各放射線検出器それぞれの第 2 放射線可変部 2-1 側に面する側面以外が放射線遮断部材に覆われることが好ましい。

[0110] また、実施例 4 の図 11 において、放射線検出部 1 の空間変調 2 次元アレイ 2-2 側に面する側面以外が放射線遮断部に覆われることが好ましい。

[0111] また、実施例 5 の図 12 において、放射線検出 1 次元アレイ 1-2 を構成する各放射線検出器の空間変調 1 次元アレイ 2-3 側に面する側面以外が放射線遮断部に覆われることが好ましい。

[0112] なお、放射線遮断部材がある場合の放射線検出部の検出感度と放射線遮断部材がない場合の放射線検出部の検出感度の比を予め測定しておけば、放射線遮断部材がある場合においても、放射線検出部が出力する信号を、当該測定を元に、換算することで、放射線遮断部材がない場合の空間線量を求めることが出来る。つまり、本発明による線量分布測定装置を用いれば、別途、空間線量測定装置を用いて空間線量を測定する必要が無い。

[0113] なお、可視光線カメラおよび赤外線カメラのいずれか一または両方を備え、測定対象領域の可視光線画像および赤外線画像のいずれか一または両方を撮影することが好ましい。

[0114] なお、距離計を備え、放射線検出部と測定対象領域との距離を計測し、測定対象領域の各位置から放射される放射線の線量を算出して測定対象領域の線量分布を得ることが好ましい。

[0115] なお、放射線スペクトル分析部を備え、測定対象領域の各位置に含まれる放射性物質を特定することが好ましい。

[0116] なお、表示部を備え、表示部は、線量分布並びに可視光線画像および赤外線画像のいずれか一または両方を合成して合成画像を表示することが好ましい。

[0117] なお、放射線スペクトル分析部を備え、測定対象領域の各位置に含まれる放射性物質を特定し、合成画像上に特定された放射性物質名を表示することが好ましい。

[0118] なお、GPSを備え、測定位置を計測することが好ましい。

[0119] [実施例6]

図13は、本発明による線量分布測定装置の実施例6を示す。ここで、放射線可変部は、第2放射線可変部2-1および旋回台7を備え、第2放射線可変部2-1は、旋回台7のアーム7-1に押え部7-1-1を介して固定され、水平回転機構7-2および鉛直回転機構7-3により、架台8および放射線検出部1に対して所定の面に沿って移動させることが出来る。

[0120] なお、第2放射線可変部2-1は、光電子増倍管1-5の前部にシンチレータ1-4が設置された放射線検出部1と、当該図の右上方向にある測定対象領域との間に設置されている。

[0121] また、放射線検出部1は、保持梁11により架台8に固定されており、放射線検出部1の出力端子10から放射線検出信号が出力される。なお、放射線検出部1の内部の配線等は省略している。また、簡単化のため、一部の放射線のみを描いている。

[0122] なお、アーム7-1および押え部7-1-1は、放射線を出来るだけ変化させない部材であることが好ましい。

[0123] [実施例7]

図 1 4 は、本発明による線量分布測定装置の実施例 7 を示す。なお、図 1 4 は図 1 3 と類似しているが、放射線検出部 1 の放射線可変部ないしは第 2 放射線可変部 2 - 1 に面する側面および出力端子 1 0 周辺以外が、放射線遮断部材 1 2 に覆われた構成例を示している。また、第 2 放射線可変部 2 - 1 の形状が球の場合を示している。

[0124] この場合は、放射線 3 - 2 など測定対象領域以外からの放射線を放射線検出部 1 に対して遮断することが出来るので、よりコントラストの高い線量分布を得ることが出来る。なお、簡単化のため、図 1 4 では、説明のために必要な一部の放射線のみを描いている。

[0125] なお、放射線遮断部材は、放射線検出部の放射線可変部ないしは第 2 放射線可変部 2 - 1 に面する側面以外を完全に覆う形状として測定対象領域の方向のみに感度または指向性を持たせることが好ましいが、図 1 4 のように、出力端子 1 0 周辺を放射線遮断部材で覆わない構成にしてもよい。

[0126] [実施例 8]

図 1 5 は、本発明による線量分布測定装置の実施例 8 を示す。図 1 5 は、第 2 放射線可変部 2 - 1 と放射線検出部 1 を構成するシンチレータ 1 - 4 と光電子増倍管 1 - 5 が 1 つのケース 9 - 1 に内蔵された例を示している。ここで、ケース 9 - 1 は、シンチレータ 1 - 4 を内蔵する位置において、旋回台 7 の鉛直回転機構 7 - 3 の一端に固定されており、水平回転機構 7 - 2 および鉛直回転機構 7 - 3 により、架台 8 に対して、第 2 放射線可変部 2 - 1 を所定の曲面に沿って移動させることが出来る。なお、簡単化のため、図 1 5 では、一部の放射線のみを描いている。

[0127] なお、ケース 9 - 1 は、放射線を遮断しない部材であることが好ましい。

[0128] なお、第 2 放射線可変部 2 - 1 の移動量と比較して、旋回台 7 の移動中心に設置されたシンチレータ 1 - 4 の回転は十分小さいので、指向性の補正は必ずしも必要ないが、指向性の補正をすることが好ましい。

[0129] なお、第 2 放射線可変部 2 - 1 の形状は、図 1 3 のような立方体や直方体などの方形状であってもよいし、図 1 4 のような球状であってもよいし、図

１５のような円柱状であってもよい。

[0130] [実施例 ９]

図 １ ６ は、本発明による線量分布測定装置の実施例 ９ を示す。なお、図 １ ６ では、図 １ ５ と異なり、シンチレータ １－４ の位置が旋回台 ７ の移動中心から離れて設置された構成になっている。したがって、この場合は、第 ２ 放射線可変部 ２－１ の所定の面に沿っての移動に伴って放射線検出部 １ の位置も別の所定の面に沿って移動する。なお、放射線検出部 １ に指向性が無い場合または測定対象領域が遠方にある場合は、指向性の補正は必ずしも必要ないが、指向性の補正をすることが好ましい。なお、簡単化のため、図 １ ６ では、一部の放射線のみを描いている。

[0131] なお、ケース ９－１ の鉛直回転機構 ７－３ による保持位置を、第 ２ 放射線可変部 ２－１ および放射線検出部 １ を含むケース ９ の重心位置に設定すれば、より安定してまたは旋回台 ７ に大きな負荷を掛けずにケース ９－１ を移動させることが出来る。

[0132] [実施例 １ ０]

図 １ ７ は、本発明による線量分布測定装置の実施例 １ ０ を示す。図 １ ７ が示すように、カメラ １ ３ を備えており、測定対象領域の可視光線画像を撮影することができる。なお、カメラ １ ３ は、可視光線カメラ、赤外線カメラまたは可視光線および赤外線の両方の波長領域に感度を有するカメラでもよい。そして、それにより、放射線の線量分布と可視光線画像または赤外線画像の比較、更には、合成をすることが可能となる。

[0133] なお、カメラ １ ３ は、放射線検出部 １ のシンチレータ １－４ の近傍に設置することが好ましいが、図 １ ７ のように第 ２ 放射線可変部 ２－１ の近傍に設置しても構わない。また、簡単化のため、図 １ ７ では、放射線を省略して描いている。

[0134] また、図 １ ７ が示すように、距離計 １ ４ を備えることが好ましい。この場合、放射線検出部 １ のシンチレータ １－４ から測定対象領域までの距離を計測することが出来るので、測定対象領域の放射する線量を計算することが出

来る。なお、距離計にはレーザ距離計や超音波距離計などがある。また、距離計 14 は、図 17 のように第 2 放射線可変部 2-1 の近傍に設置しても構わない。

[0135] [実施例 11]

図 18 は、本発明による線量分布測定装置の実施例 11 を示す。図 18 が示すように、放射線検出部を形成するシンチレータ 1-4 が、概ね、放射線遮断部材 12 に覆われているが、シンチレータ 1-4 の放射線可変部ないしは第 2 放射線可変部 2-1 に面する側面 1-6 は、放射線遮断部材 12 に覆われていない構成となっている。

[0136] なお、放射線検出部を形成するシンチレータ 1-4 および光電子増倍管 1-5 の全体が放射線遮断部材 12 に覆われることが好ましいが、図 18 のようにシンチレータ 1-4 が概ね放射線遮断部材 12 に覆われていてもよい。

[0137] ここで、地上の放射線分布を空中あるいは上空から測定する場合、側面 1-6 に面する面の逆方向、すなわち、空中あるいは上空からシンチレータ 1-4 に飛来する放射線の量は、地上から飛来する放射線の量と比較して小さいので、図 18 のような構成でも、信号のコントラストが下がることはない。なお、図 18 では、簡単化のため、一部の放射線のみを描いている。

[0138] また、図 18 が示すように、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズおよび形状が、側面 1-6 のサイズおよび形状に一致または近似していることが好ましい。なぜなら、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズが側面 1-6 のサイズよりあまり大きいと、得られる線量分布の空間分解能が下がるからである。

[0139] なお、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズおよび形状とは、第 2 放射線可変部 2-1 と放射線検出部 1 とを結ぶ線に垂直な第 2 放射線可変部 2-1 の断面のサイズおよび形状のことを意味する。

[0140] 一方、第 2 放射線可変部 2-1 の有効サイズが側面 1-6 のサイズよりあまり小さいと、空間分解能は上がるが、放射線を放射する対象物からの放射線を可変し難くなるので、線量分布のコントラストが下がる、特に、遠方の

測定対象に対して線量分布のコントラストの低下は著しい。

[0141] なお、側面 1－6 の形状、若しくは、第 2 放射線可変部 2－1 の有効形状、すなわち、第 2 放射線可変部 2－1 と側面 1－6 とを結ぶ線に垂直な第 2 放射線可変部 2－1 の断面形状は、円状でも方形状でも多角形状でもよい。

[0142] 図 19 は、空間分解能を説明する図である。ここでは、第 2 放射線可変部 2－1 の有効サイズおよび形状が、放射線検出部 1 の側面 1－6 のサイズおよび形状に近似している場合を示している。なお、第 2 放射線可変部 2－1 の有効サイズおよび形状、放射線検出部 1 の側面 1－6 のサイズおよび形状、並びに、それらの幾何学的配置により、両端矢印付きの一点鎖線が示すような、測定対象領域における測定信号の空間分解能が決まる。

[0143] [実験例 1]

図 20 は、本発明による線量分布測定装置による実験例 1 を示す。ここで、図 20 は、図 4 に示すような、第 2 放射線可変部が、放射線検出部と対象物または測定対象領域との間に設置されている場合における測定結果であり、放射線の線量 ($\mu\text{Sv}/\text{hr}$) を等高線表示で表している。

[0144] また、得られる線量分布の元の有効画素数が 5×7 となるよう第 2 放射線可変部を移動させて測定し、有効画素間に補間画素を挿入し、合せて 9×13 画素表示となるように図 20 を表示している。

[0145] なお、放射線検出部と測定対象領域との距離は約 200 mm であり、第 2 放射線可変部と測定対象領域との距離は約 100 mm であった。また、測定対象領域の横幅は約 280 mm であり縦幅は約 200 mm であった。

[0146] ここで、略中央右上の他の場所と比較して最も放射線量の高い部分が放射線を放射する対象物を示しており、図 20 は、測定対象領域から放射される放射線の線量分布を表していることが分かる。なお、ここで放射線を放射する対象物はトリウム 232 である。

[0147] なお、放射線検出部の位置における線量として、当該最も放射線量の高い部分は約 $0.09 \mu\text{Sv}/\text{hr}$ であり、その他の領域は $0.06 \mu\text{Sv}/\text{hr}$ であった。

[0148] [実験例 2]

図 2 1 は、本発明による線量分布測定装置による実験例 2 を示す。ここで、図 2 1 は、放射線を放射する対象物であるトリウム 2 3 2 とセシウム 1 3 7 をそれぞれ測定した結果であり、それぞれのエネルギースペクトルが測定出来ているのが分かる。

産業上の利用可能性

[0149] 本発明は、測定対象領域から放射される放射線の線量分布やエネルギースペクトルを測定することが出来る。

符号の説明

- [0150] 1 放射線検出部
- 1 - 2 放射線検出 1 次元アレイ
- 1 - 3 放射線検出 2 次元アレイ
- 1 - 4 シンチレータ
- 1 - 5 光電子増倍管
- 1 - 6 側面
- 2 放射線可変部
- 2 - 1 第 2 放射線可変部
- 2 - 2 空間変調 2 次元アレイ
- 2 - 3 空間変調 1 次元アレイ
- 3 放射線
- 3 - 1 放射線
- 3 - 2 放射線
- 3 - 3 放射線
- 4 対象物
- 4 - 2 対象物
- 4 - 3 対象物
- 5 測定対象領域
- 6 移動手段

- 6－1 水平方向移動部
- 6－1－1 水平方向移動ガイド
- 6－1－2 保持部
- 6－2 鉛直方向移動部
- 6－2－1 鉛直方向移動ガイド
- 6－3－1 保持部
- 7 旋回台
- 7－1 アーム
- 7－1－1 押え部
- 7－2 水平回転機構
- 7－3 鉛直回転機構
- 8 架台
- 9 ケース
- 9－1 ケース
- 10 出力端子
- 11 保持梁
- 12 放射線遮断部材
- 13 カメラ
- 14 距離計

請求の範囲

- [請求項1] 放射線検出部および、前記放射線検出部と測定対象領域の間に配置される放射線可変部を備え、
- 前記放射線可変部によって前記測定対象領域のどの方から前記放射線検出部に飛来する放射線を変化させて測定するのかを予め決めた状態で、前記放射線検出部により前記放射線検出部の位置における線量を測定し、前記測定対象領域から前記放射線検出部の位置に飛来する放射線の飛来する方向または飛来する角度を特定して前記飛来する放射線の前記放射線可変部により変化する前の線量を算出することにより前記測定対象領域から前記放射線検出部に放射される放射線の線量角度分布を測定することを特徴とする線量分布測定装置。
- [請求項2] 前記放射線可変部は、第2放射線可変部および、前記第2放射線可変部を2次元的に移動させる移動手段を備え、
- 前記移動手段により前記第2放射線可変部を2次元的に移動させることを特徴とする請求項1に記載の線量分布測定装置。
- [請求項3] 前記放射線可変部は、第2放射線可変部および、前記第2放射線可変部を1次元的に移動させる移動手段を備え、
- 前記放射線検出部は線状に配置された複数の放射線検出器から成る放射線検出1次元アレイを備え、
- 前記移動手段により前記第2放射線可変部を1次元的に移動させることを特徴とする請求項1に記載の線量分布測定装置。
- [請求項4] 前記放射線可変部は第2放射線可変部および固定部を備え、
- 前記放射線検出部は面状に配置された複数の放射線検出器から成る放射線検出2次元アレイを備え、
- 前記固定部は前記第2放射線可変部を固定することを特徴とする請求項1に記載の線量分布測定装置。
- [請求項5] 前記放射線可変部は面状に配置された複数の空間変調器から成る空間変調2次元アレイを備え、

前記空間変調 2 次元アレイにより前記放射線検出部により検出される放射線の線量を変化させることを特徴とする請求項 1 に記載の線量分布測定装置。

[請求項6] 前記放射線可変部は線状に配置された複数の空間変調器から成る空間変調 1 次元アレイを備え、

前記放射線検出部は放射線検出 1 次元アレイを備え、

前記空間変調 1 次元アレイにより前記放射線検出 1 次元アレイにより検出される放射線の線量を変化させることを特徴とする請求項 1 に記載の線量分布測定装置。

[請求項7] 前記第 2 放射線可変部の有効サイズおよび形状が、前記放射線検出部の前記第 2 放射線可変部側に面する側面のサイズおよび形状と一致または近似していることを特徴とする請求項 2 に記載の線量分布測定装置。

[請求項8] 前記第 2 放射線可変部の有効サイズおよび形状が、前記放射線検出器の第 2 放射線可変部側に面する側面のサイズおよび形状と一致または近似していることを特徴とする請求項 3 に記載の線量分布測定装置。

[請求項9] 前記第 2 放射線可変部の有効サイズおよび形状が、前記放射線検出器の第 2 放射線可変部側に面する側面の前記放射線検出 2 次元アレイを構成する各放射線検出器のサイズおよび形状と一致または近似していることを特徴とする請求項 4 に記載の線量分布測定装置。

[請求項10] 放射線遮断部を備え、
前記放射線検出部の前記第 2 放射線可変部側に面する側面以外が前記放射線遮断部に覆われることを特徴とする請求項 2 または 7 に記載の線量分布測定装置。

[請求項11] 放射線遮断部を備え、
前記放射線検出器の前記第 2 放射線可変部側に面する側面以外が前記放射線遮断部に覆われることを特徴とする請求項 3 または 8 に記載

の線量分布測定装置。

[請求項12]

放射線遮断部を備え、

前記放射線検出器の前記第2放射線可変部側に面する側面以外が前記放射線遮断部に覆われることを特徴とする請求項4または9に記載の線量分布測定装置。

[請求項13]

放射線遮断部を備え、

前記放射線検出部の空間変調2次元アレイ側に面する側面以外が放射線遮断部に覆われることを特徴とする請求項5に記載の線量分布測定装置。

[請求項14]

放射線遮断部を備え、

前記放射線検出1次元アレイを構成する各検出器の空間変調1次元アレイ側に面する側面以外が放射線遮断部に覆われることを特徴とする請求項6に記載の線量分布測定装置。

[請求項15]

可視光線カメラおよび赤外線カメラのいずれか一または両方を備え、

前記測定対象領域の可視光線画像および赤外線画像のいずれか一または両方を撮影することを特徴とする請求項1から14のいずれか1項に記載の線量分布測定装置。

[請求項16]

距離計を備え、

前記放射線検出部と前記測定対象領域との距離を計測し、前記測定対象領域の各位置から放射される放射線の線量を算出して前記測定対象領域の線量分布を得ることを特徴とする請求項1から15のいずれか1項に記載の線量分布測定装置。

[請求項17]

放射線スペクトル分析部を備え、

前記測定対象領域の各位置に含まれる放射性物質を特定することを特徴とする請求項1から16のいずれか1項に記載の線量分布測定装置。

[請求項18]

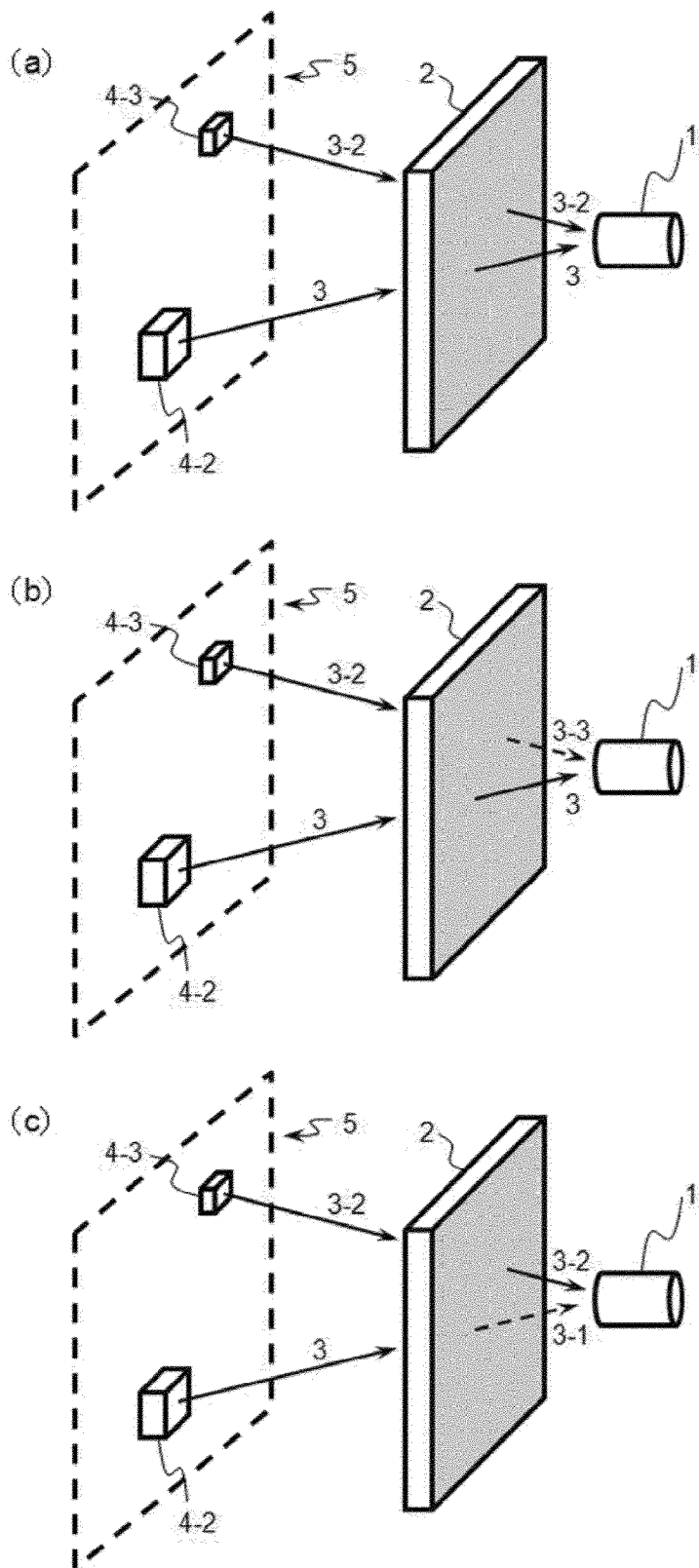
表示部を備え、

前記表示部は、前記線量分布並びに前記可視光線画像および前記赤外線画像のいずれか一または両方を合成して合成画像を表示することを特徴とする請求項 16 に記載の線量分布測定装置。

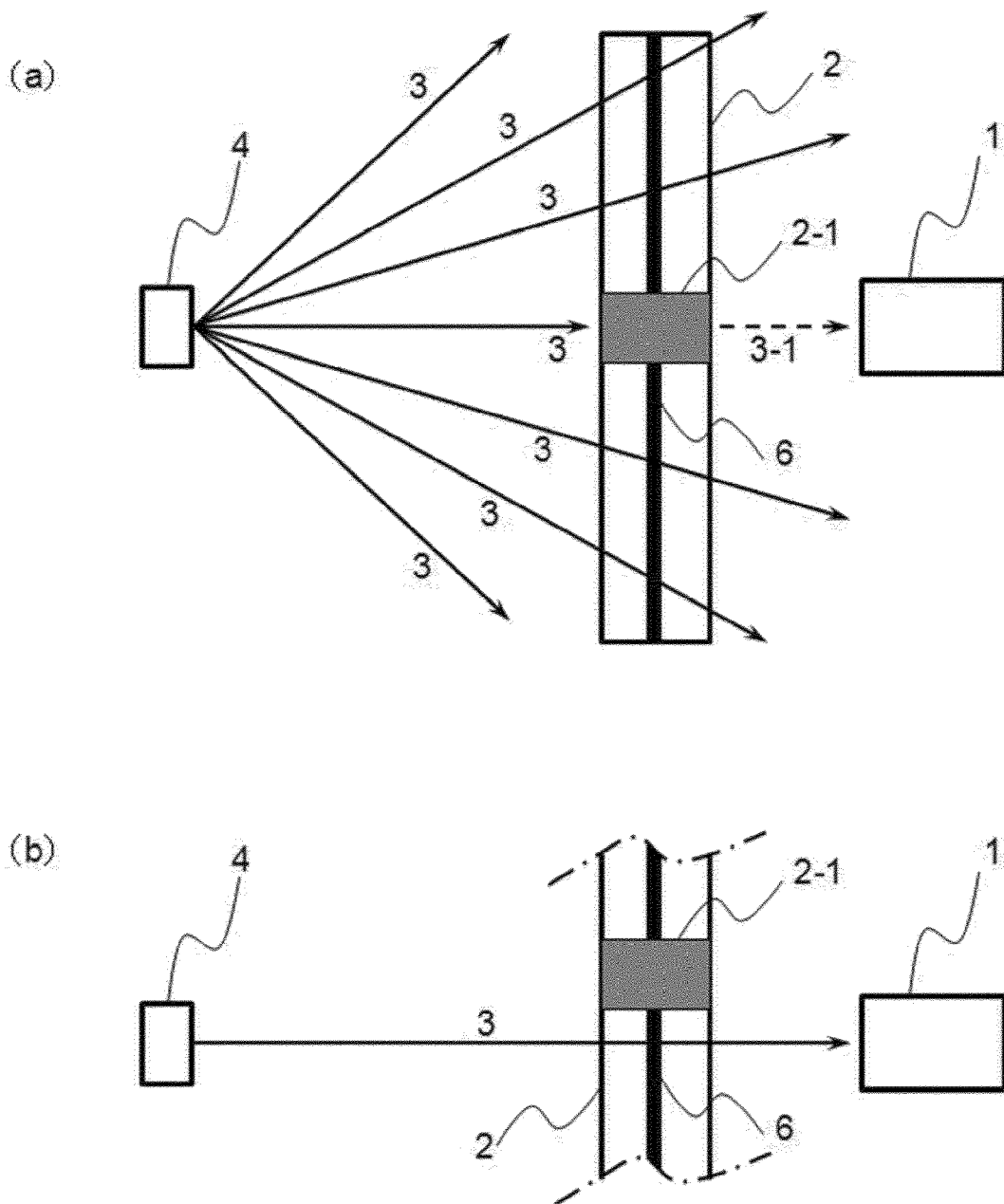
[請求項19] 放射線スペクトル分析部を備え、
前記測定対象領域の各位置に含まれる放射性物質を特定し、
前記合成画像上に前記特定された放射性物質名を表示することを特徴とする請求項 18 に記載の線量分布測定装置。

[請求項20] GPS を備え、
測定位置を計測することを特徴とする請求項 1 から 19 のいずれか 1 項に記載の線量分布測定装置。

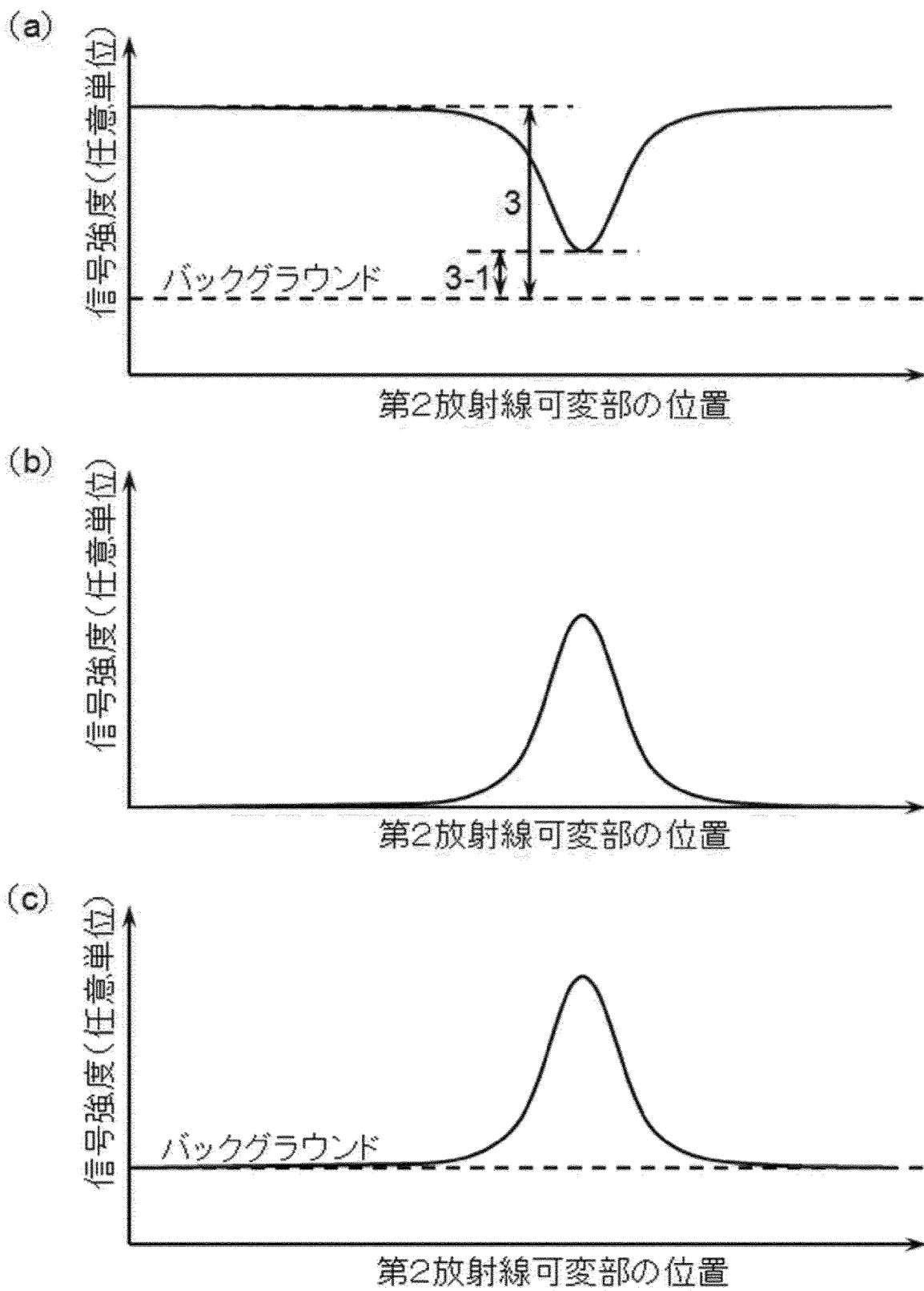
[図1]



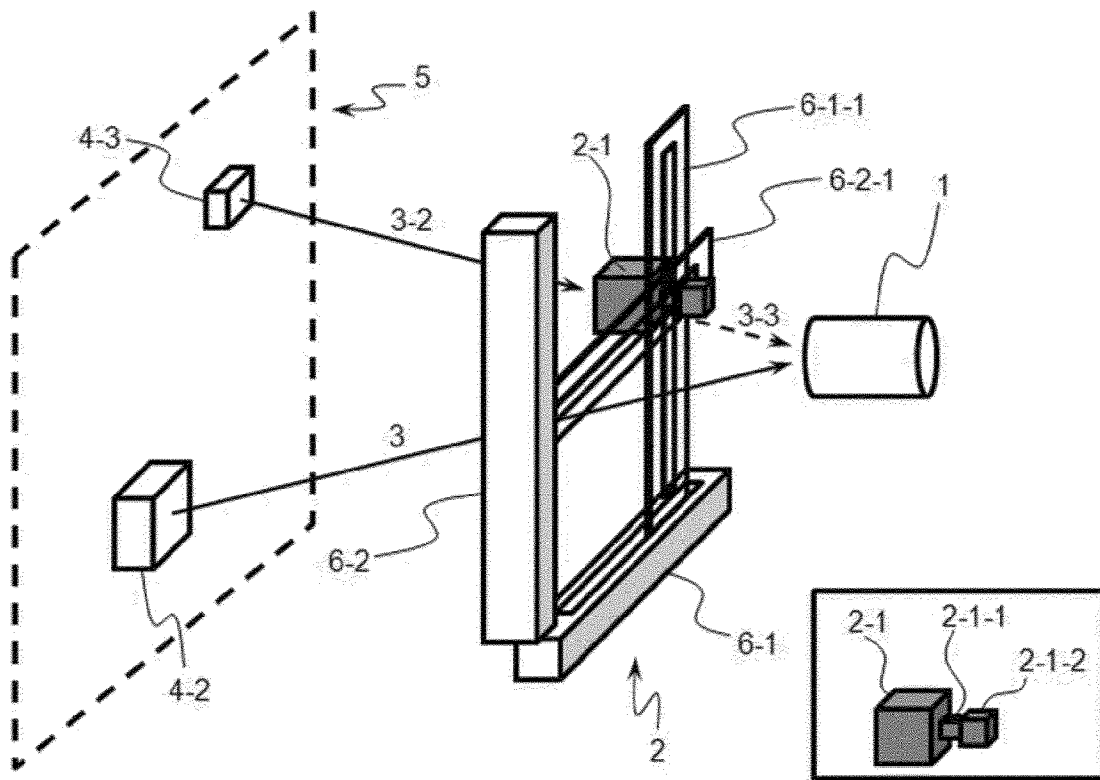
[図2]



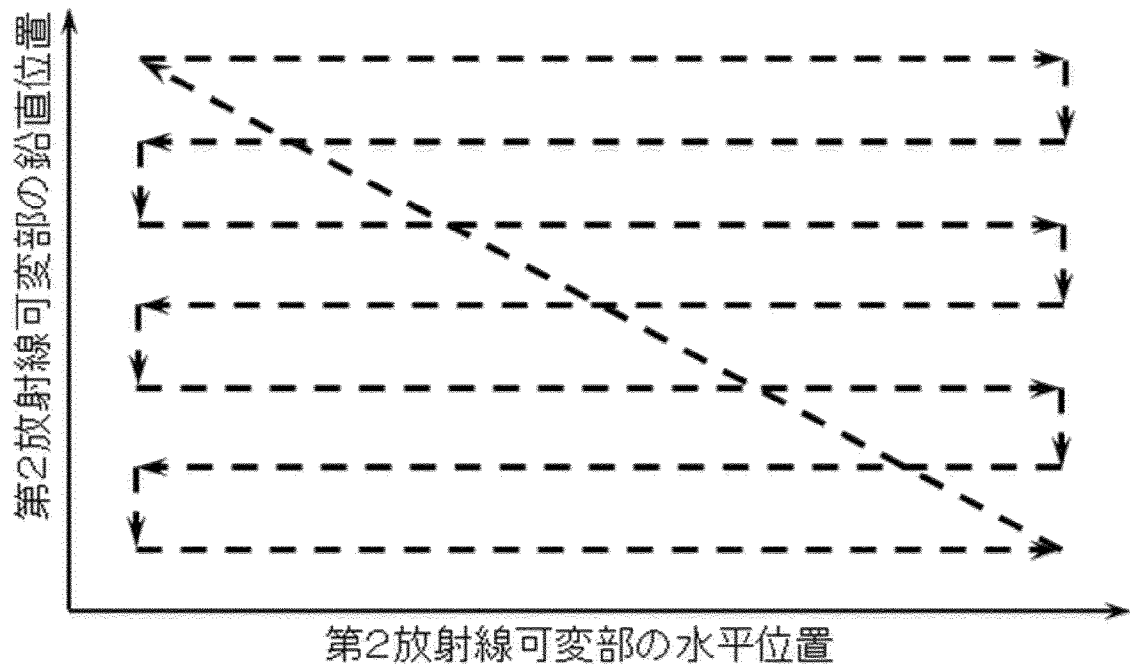
[図3]



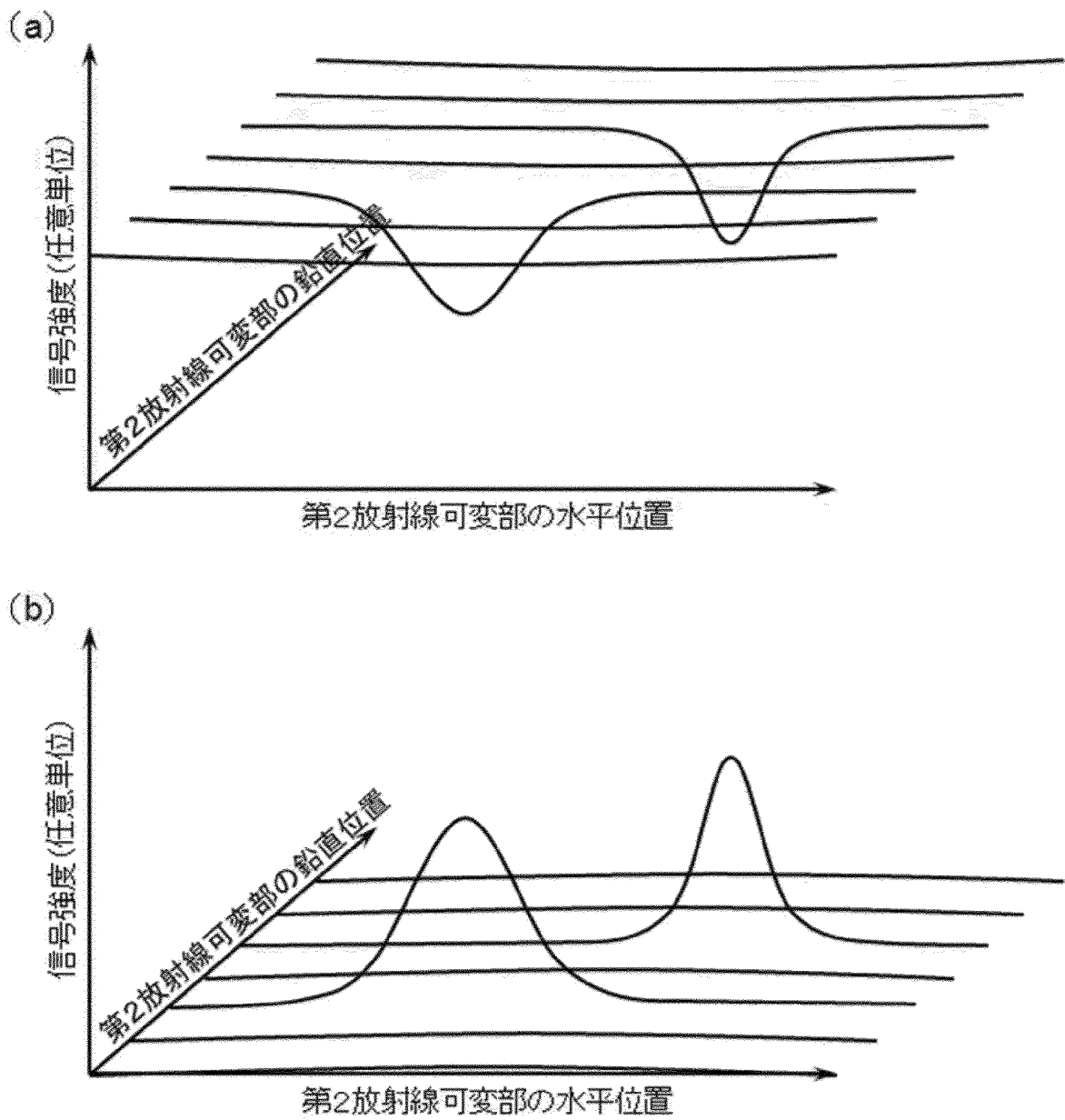
[図4]



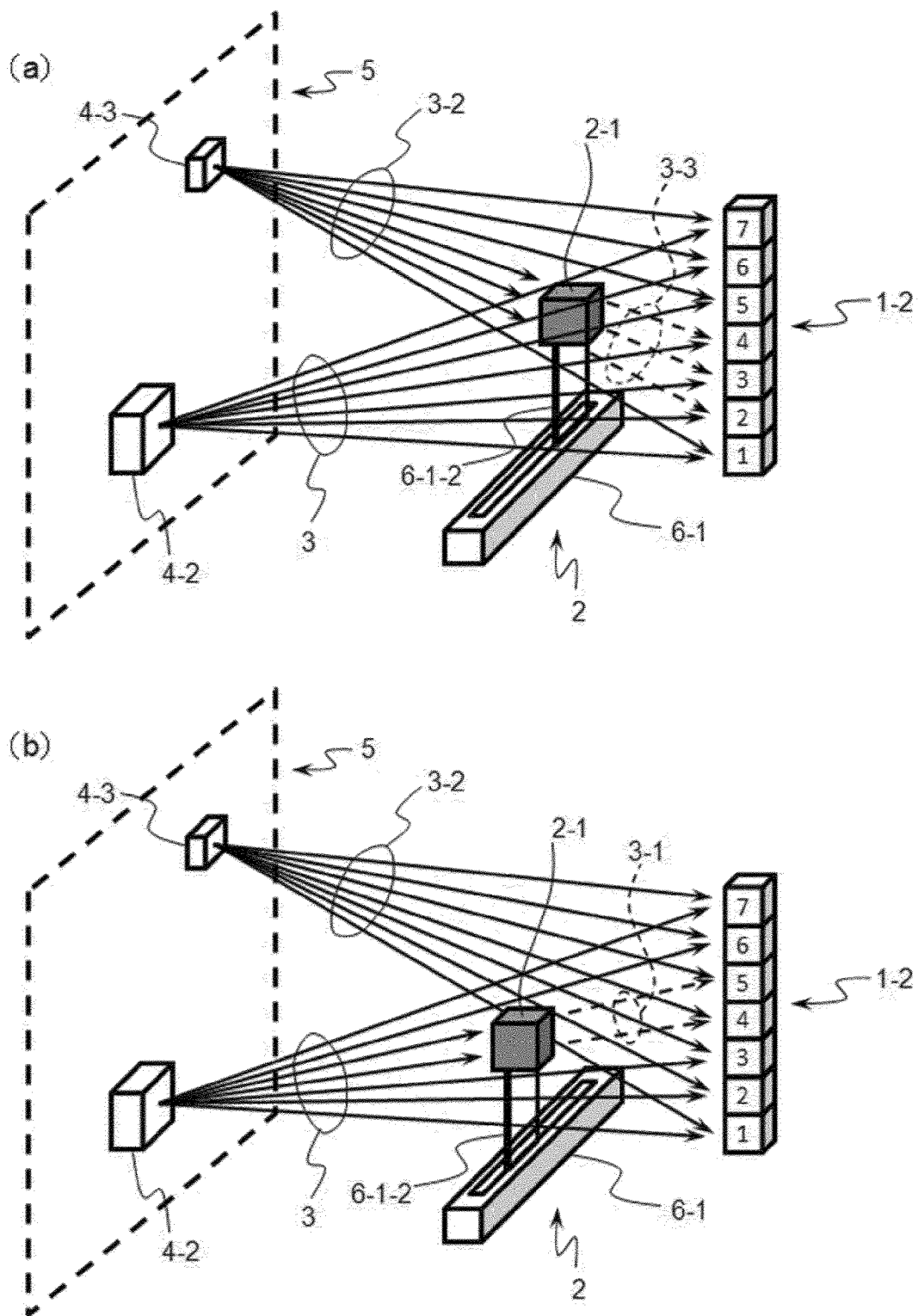
[図5]



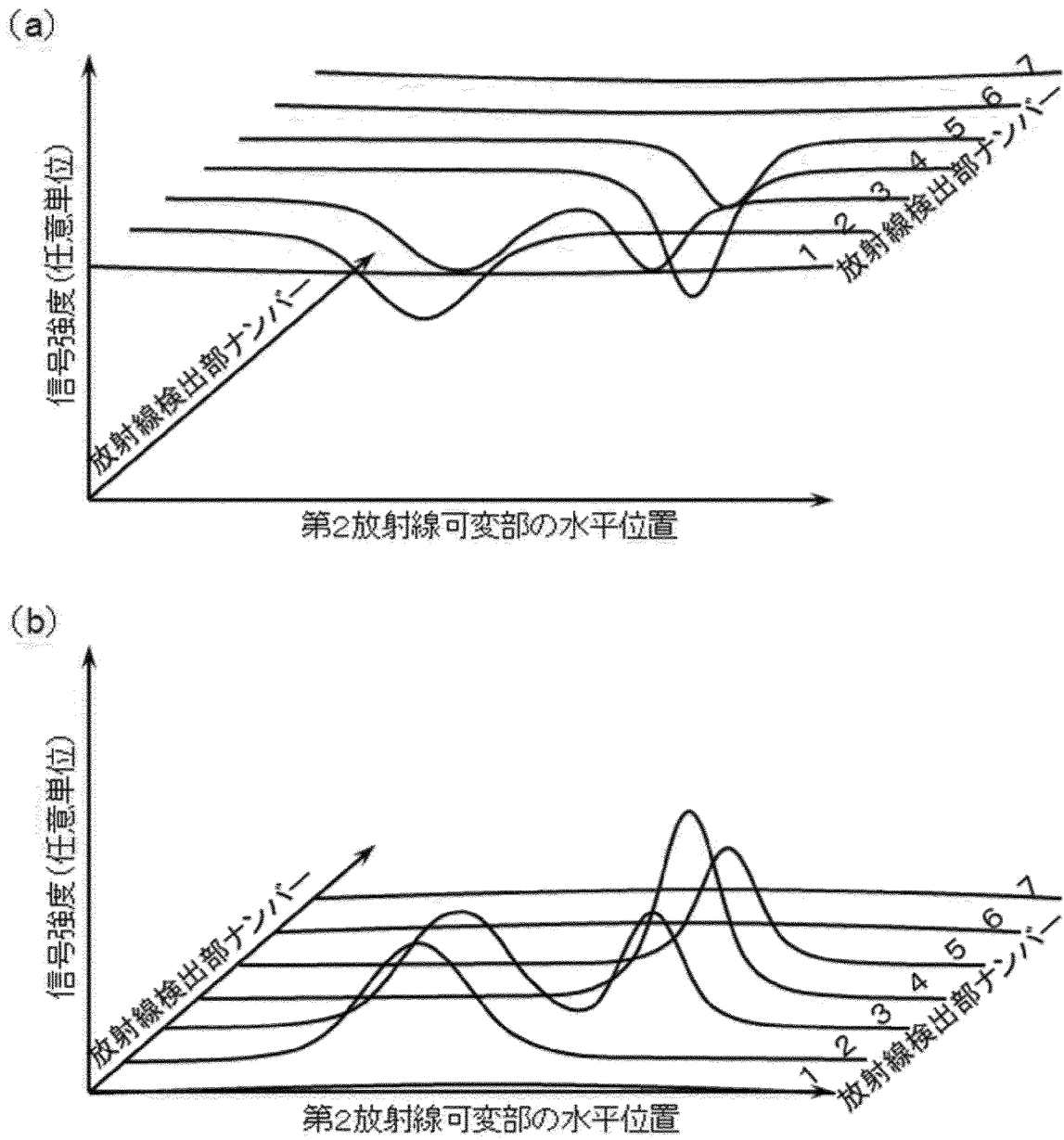
[図6]



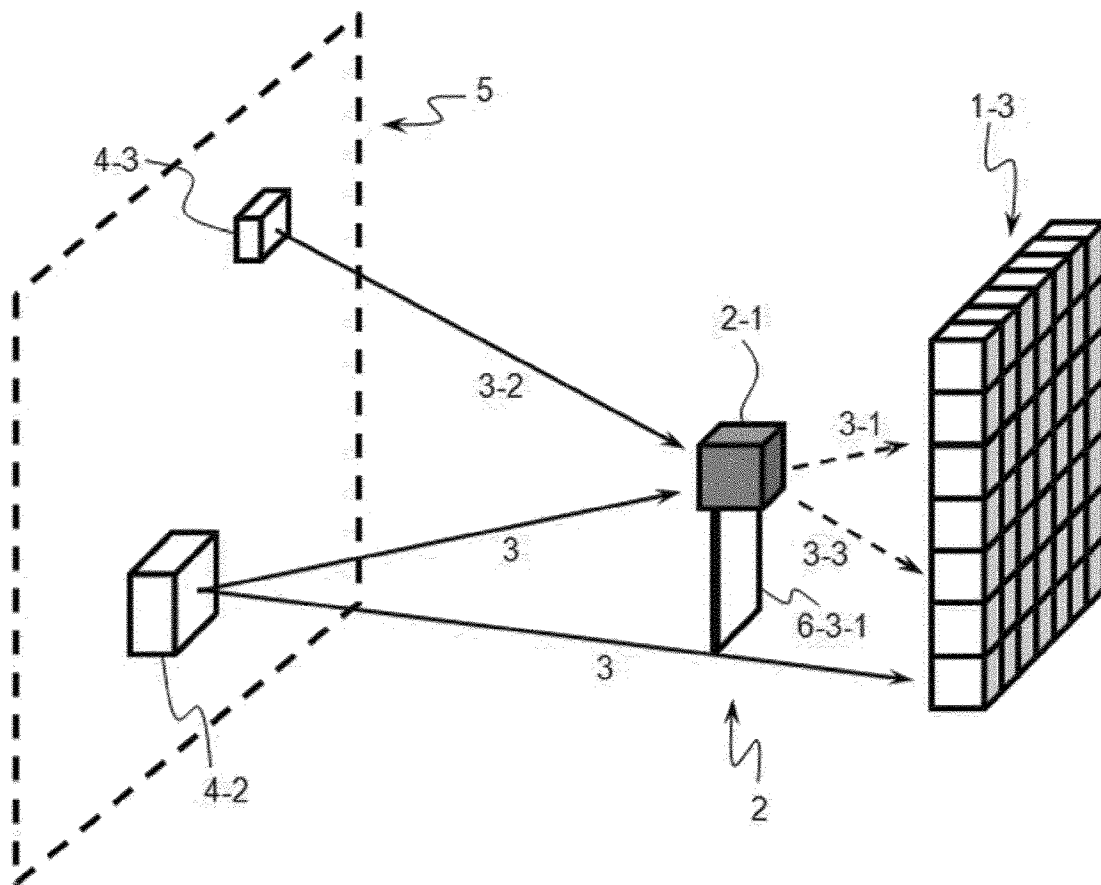
[図7]



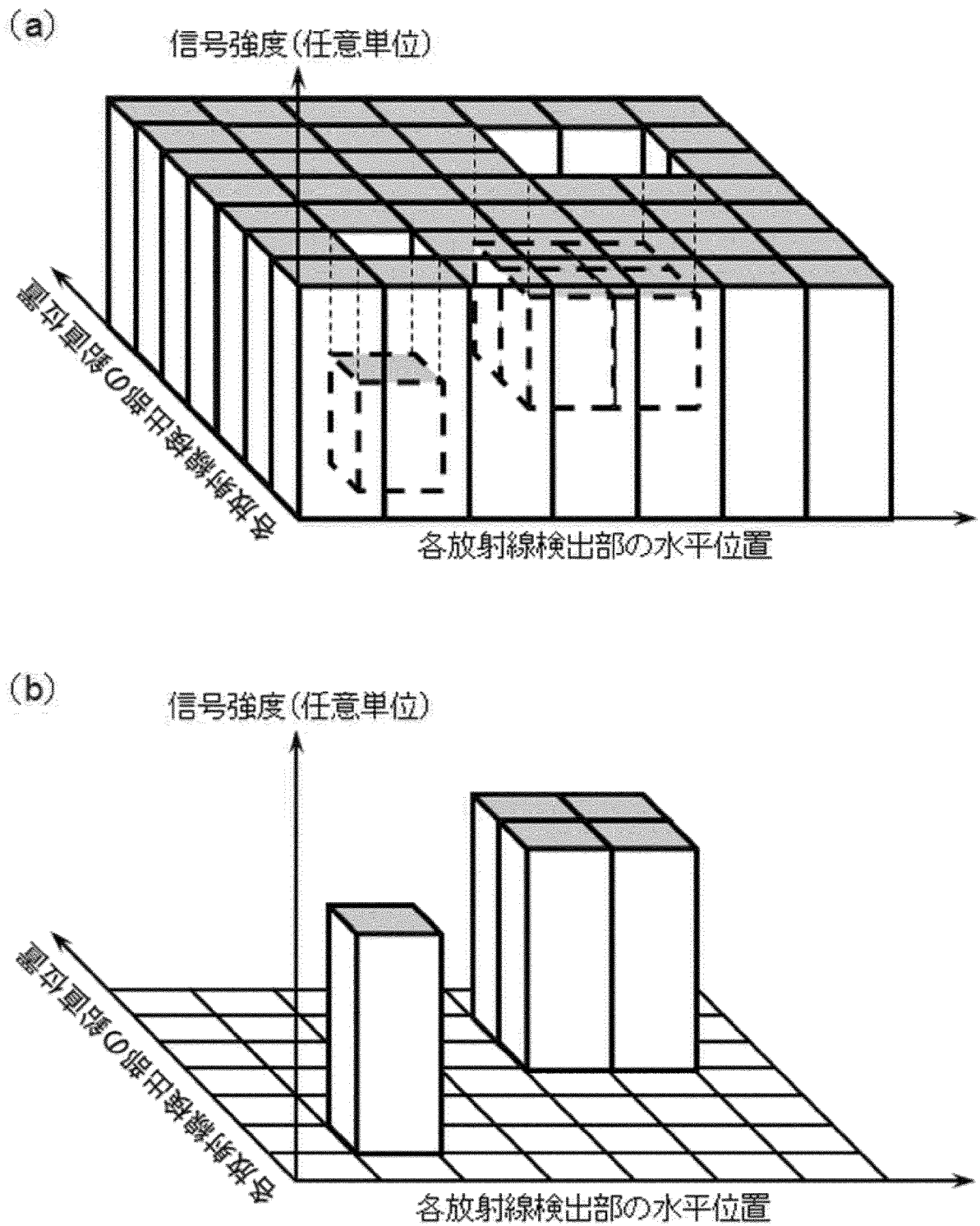
[図8]



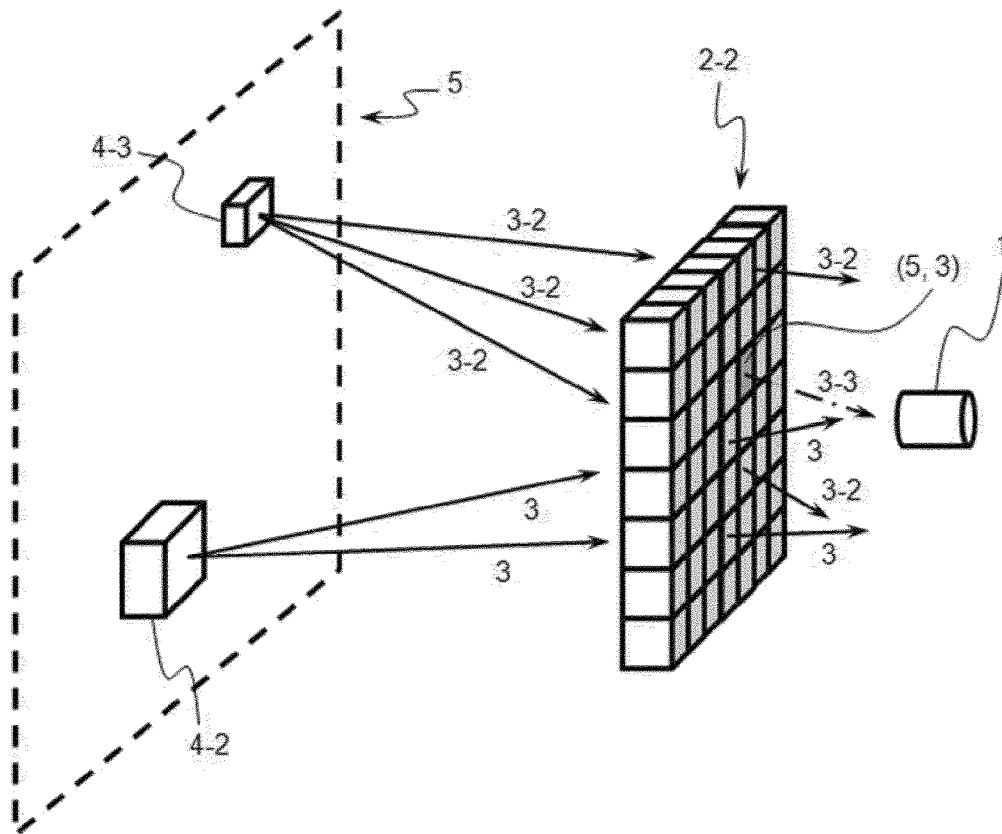
[図9]



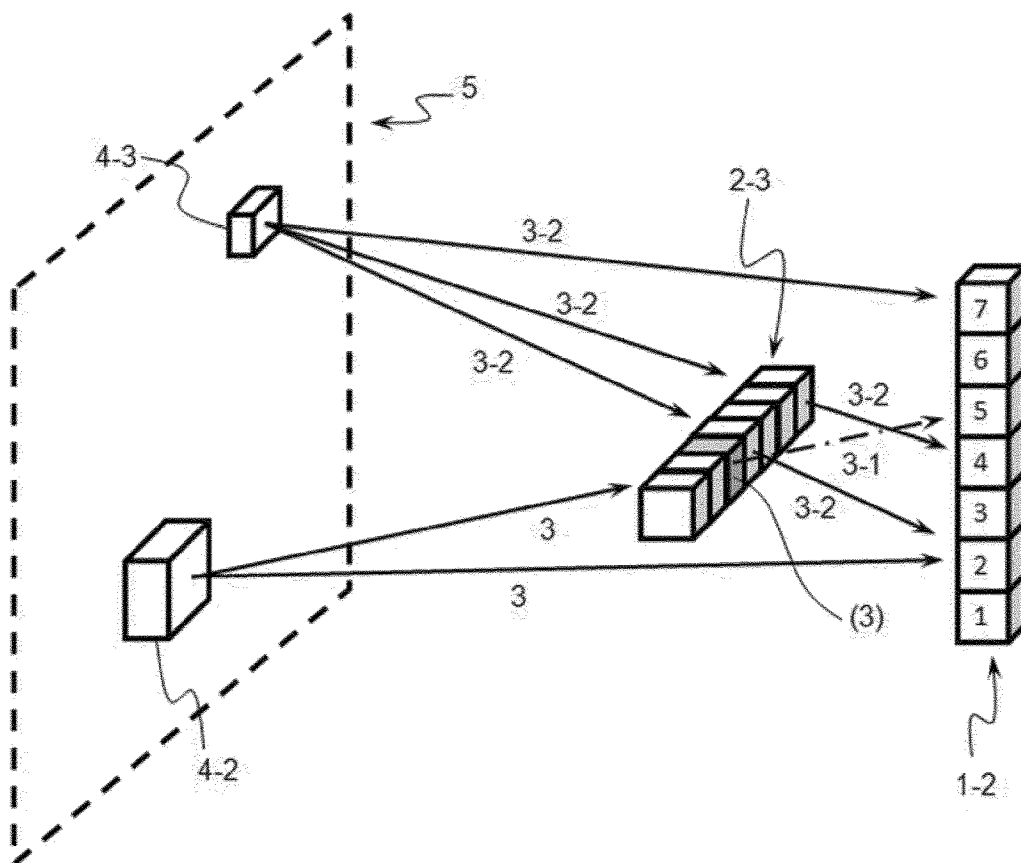
[図10]



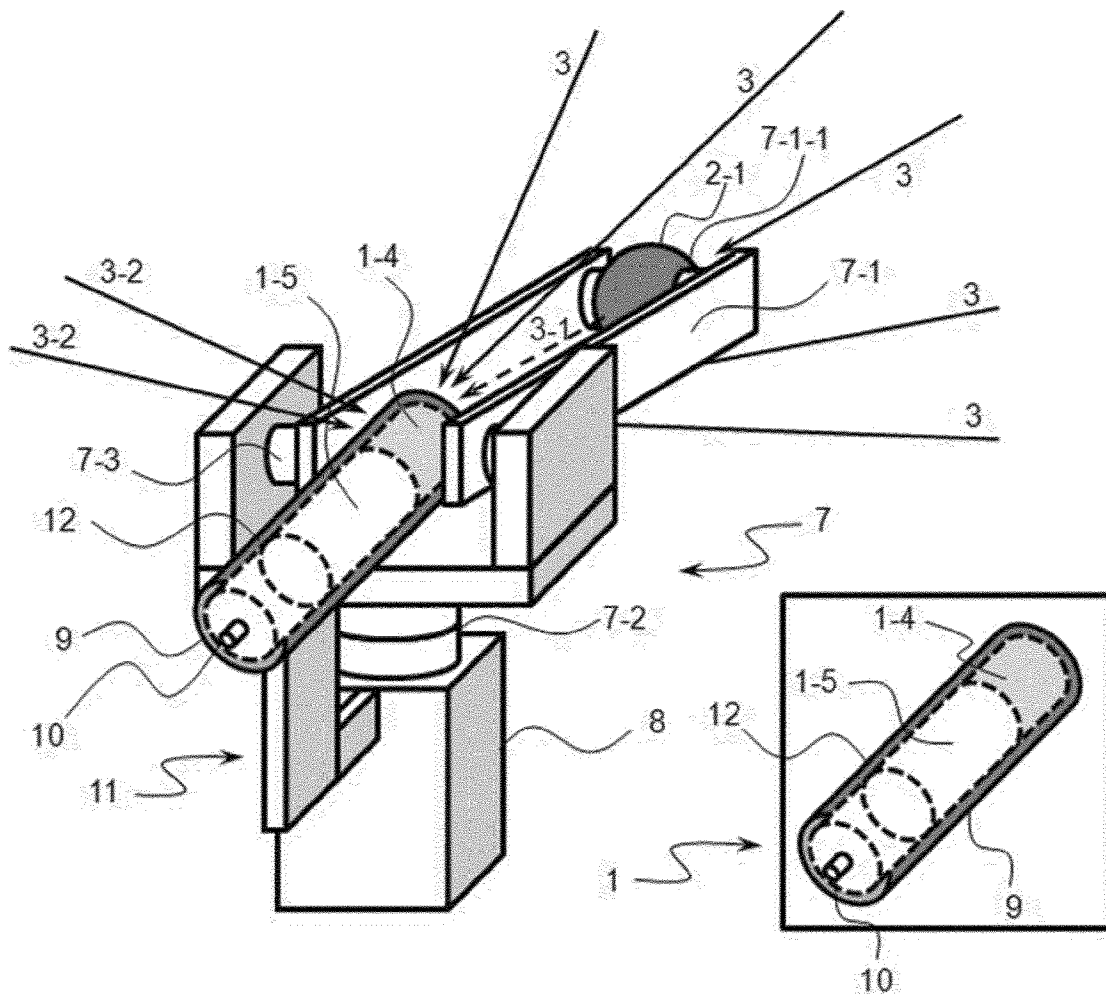
[図11]



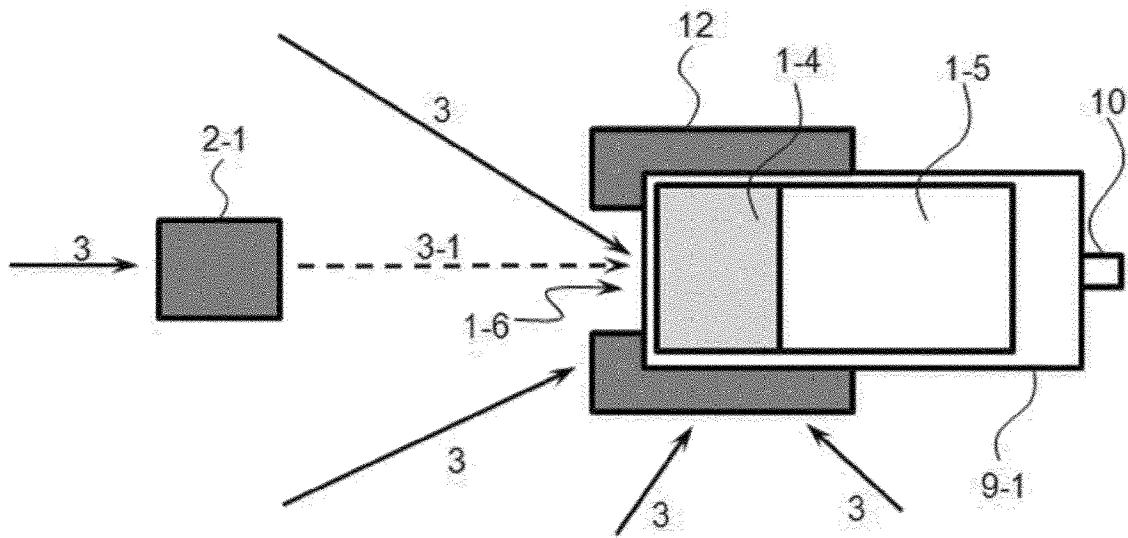
[図12]



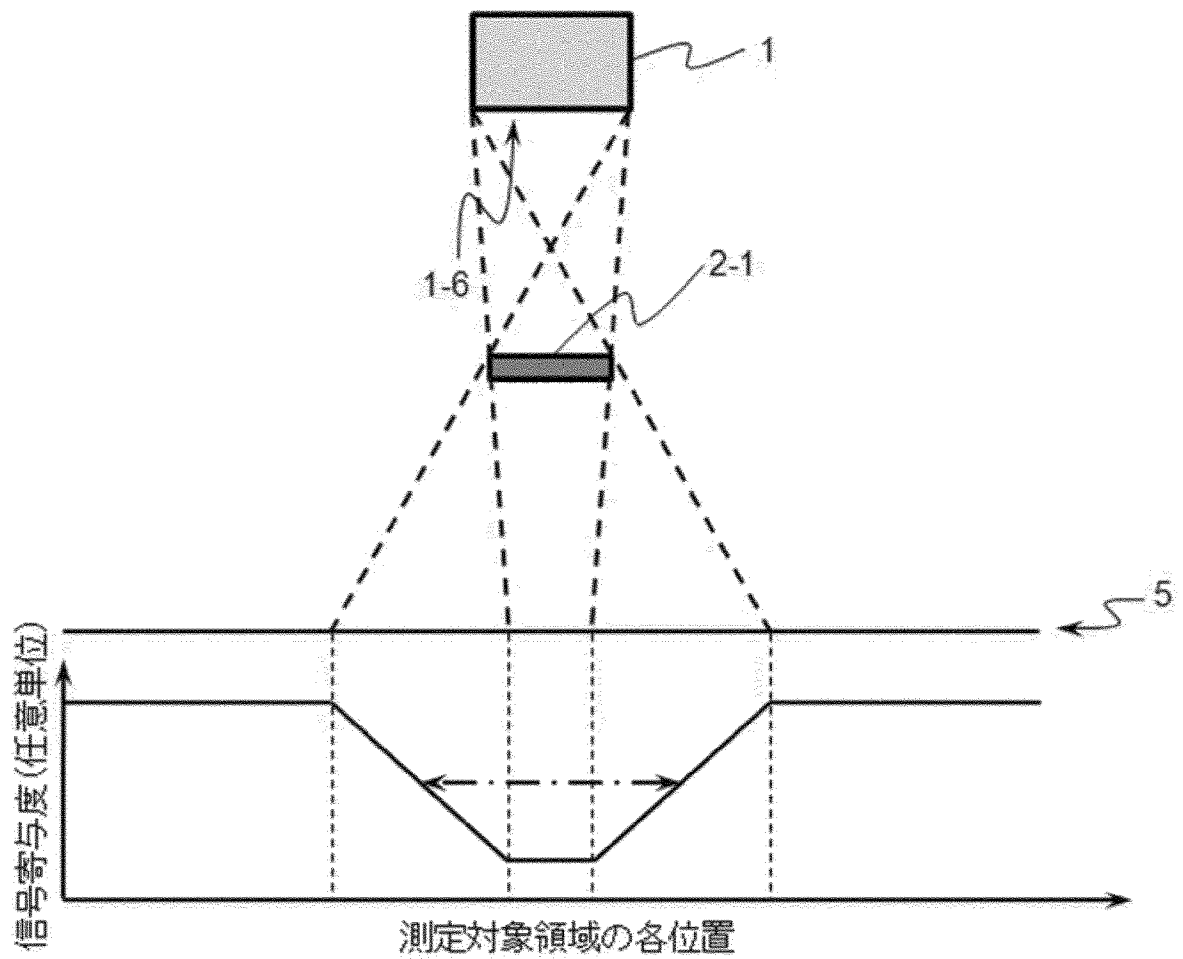
[図14]



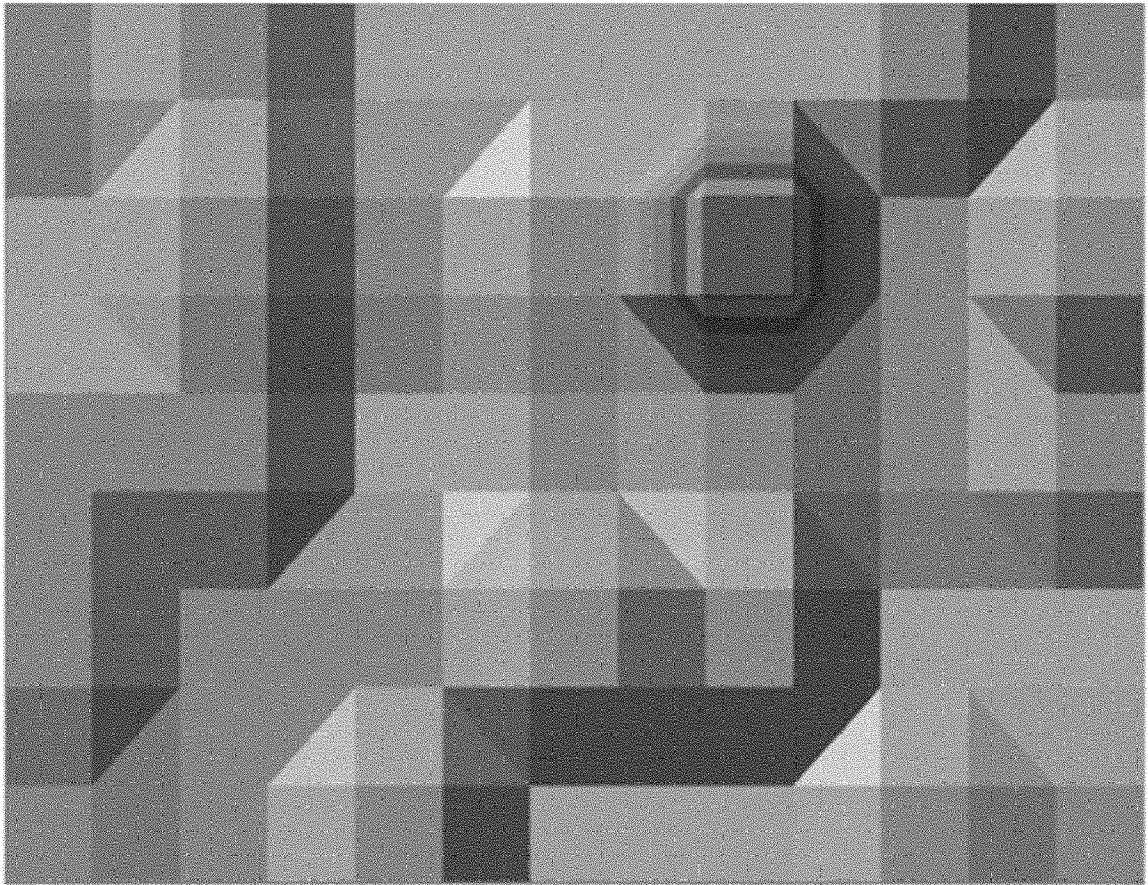
[図18]



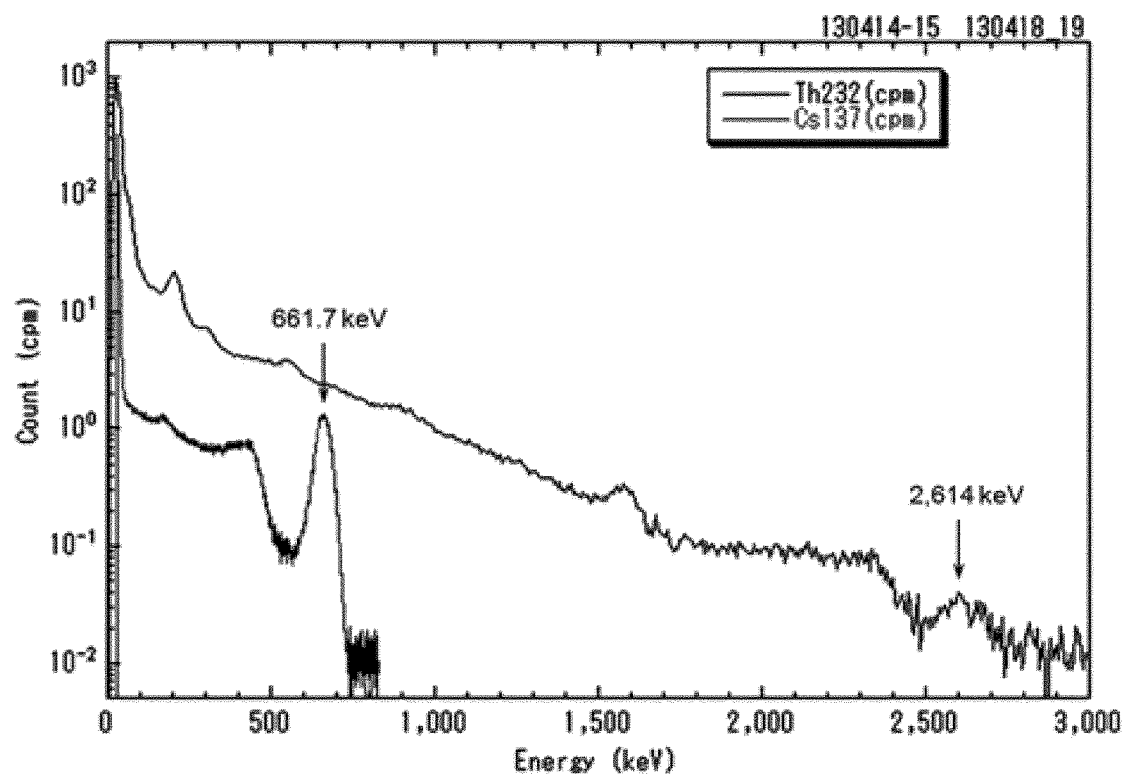
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/056284

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/16(2006.01)i, G01T1/167(2006.01)i, G01T1/169(2006.01)i, G01T1/36(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01T1/16, G01T1/167, G01T1/169, G01T1/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/001610 A1 (Hitachi, Ltd.), 06 January 2011 (06.01.2011),	1-4, 6-9, 15, 17
Y	paragraphs [0001], [0004] to [0008], [0014], [0015], [0024] to [0039], [0042], [0050],	10-14, 16, 18-20
A	[0051], [0054] to [0056], [0096] to [0100], [0106]; fig. 1 to 3, 8, 9 & JP 5246335 B & US 2012/0112087 A1	5
Y	WO 2009/37781 A1 (National Institute of Radiological Sciences), 26 March 2009 (26.03.2009), paragraphs [0001], [0007], [0010], [0060] to [0063]; fig. 3, 9 & US 2010/0308225 A1 & EP 2196825 A1	10-14

☒ 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
16 May, 2014 (16.05.14)

Date of mailing of the international search report
17 June, 2014 (17.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/056284

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 61-91180 Y2 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 13 June 1986 (13.06.1986), entire text; all drawings (Family: none)	16
Y	JP 2013-36984 A (Techno X Co., Ltd.), 21 February 2013 (21.02.2013), paragraphs [0001], [0027] to [0033], [0043], [0044]; fig. 3 (Family: none)	17-19
Y	JP 2010-266304 A (Genden Information System Co., Ltd.), 25 November 2010 (25.11.2010), paragraphs [0001], [0023] to [0030] (Family: none)	20
A	JP 61-274285 A (Nippon Atomic Industry Group Co., Ltd.), 04 December 1986 (04.12.1986), entire text; all drawings (Family: none)	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/16(2006.01)i, G01T1/167(2006.01)i, G01T1/169(2006.01)i, G01T1/36(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/16, G01T1/167, G01T1/169, G01T1/36

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	WO 2011/001610 A1（株式会社日立製作所）2011.01.06, 段落【0 0 0 1】、【0 0 0 4】～【0 0 0 8】、【0 0 1 4】、【0 0 1 5】、【0 0 2 4】～【0 0 3 9】、【0 0 4 2】、【0 0 5 0】、【0 0 5 1】、【0 0 5 4】～【0 0 5 6】、【0 0 9 6】～【0 1 0 0】、【0 1 0 6】、	1-4, 6-9, 15, 17
Y	図 1 ～ 3、8、9 & JP 5246335 B & US 2012/0112087 A1	10-14, 16, 18-20
A		5

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

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 6 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

林 靖

2 I

3 4 8 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2009/37781 A1 (独立行政法人放射線医学総合研究所) 2009.03.26, 段落【0001】、【0007】、【0010】、【0060】～【0063】、図3、9 & US 2010/0308225 A1 & EP 2196825 A1	10-14
Y	JP 61-91180 Y2 (三菱重工業株式会社) 1986.06.13, 全文、全図 (ファミリーなし)	16
Y	JP 2013-36984 A (株式会社テクノエックス) 2013.02.21, 段落【0001】、【0027】～【0033】、【0043】、【0044】、図3 (ファミリーなし)	17-19
Y	JP 2010-266304 A (原電情報システム株式会社) 2010.11.25, 段落【0001】、【0023】～【0030】 (ファミリーなし)	20
A	JP 61-274285 A (日本原子力事業株式会社) 1986.12.04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-20