

(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2月29日(29.02.2024)



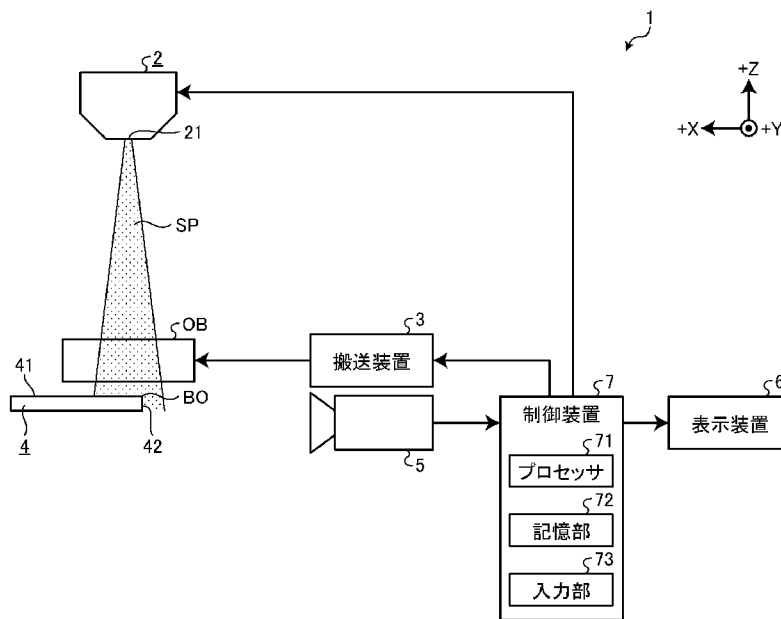
(10) 国際公開番号

WO 2024/043034 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/20 (2006.01) G01N 23/04 (2018.01)
G21K 5/02 (2006.01) G01N 23/18 (2018.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/028447
- (22) 国際出願日: 2023年8月3日(03.08.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-132549 2022年8月23日(23.08.2022) JP
- (71) 出願人: 東レ株式会社 (TORAY INDUSTRIES, INC.) [JP/JP]; 〒1038666 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山村 歩輝 (YAMAMURA, Ayuki); 〒5208558 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP). 林 将平 (HAYASHI, Shohei); 〒5208558 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP). 佐久間 敦士 (SAKUMA, Atsushi); 〒5208558 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (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 虎の門三井ビルディング 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,

(54) Title: X-RAY INSPECTING DEVICE AND X-RAY INSPECTING METHOD

(54) 発明の名称: X線検査装置及びX線検査方法



- 3 Conveying device
- 6 Display device
- 7 Control device
- 71 Processor
- 72 Storage unit
- 73 Input unit

(57) Abstract: An X-ray inspecting device 1 comprises: an X-ray radiating device 2 for radiating X-rays toward a measurement target object OB; a scintillator 4 for converting incident X-rays that have passed through the measurement target object OB into visible light; and an imaging device 5 for generating an X-ray image by imaging the visible light from the scintillator 4. The scintillator 4 is disposed such that a boundary BO between an incident surface 41 on which the X-rays are incident and a first side surface 42 intersecting the incident surface 41 is positioned within a radiation range SP of the X-rays. If the entire area of the first side surface 42 is divided into two areas, namely a first area Ar1 including the boundary BO and a second area Ar2 excluding the first area Ar1, the imaging device 5 is disposed facing the first side



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.

- (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))

surface 42 and images the visible light emitted from the first area Ar1 among the entire area of the first side surface 42.

(57) 要約: X線検査装置1は、測定対象OBに向けてX線を放射するX線放射装置2と、測定対象OBを介して入射したX線を可視光に変換するシンチレータ4と、シンチレータ4からの可視光を撮像してX線画像を生成する撮像装置5とを備える。シンチレータ4は、X線が入射する入射面41と入射面41に交差する第1の側面42との境界BOがX線の放射範囲SP内に位置するように配置される。撮像装置5は、第1の側面42の全領域を、境界BOを含む第1の領域Ar1と、第1の領域Ar1を除く第2の領域Ar2との2つの領域に区画した場合に、第1の側面42に対向するように配置されるとともに、第1の側面42の全領域のうち第1の領域Ar1から出射される可視光を撮像する。

明 細 書

発明の名称： X線検査装置及びX線検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、X線検査装置及びX線検査方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、測定対象にX線を放射し、当該測定対象を介したX線をシンチレータにて可視光に変換（当該X線により蛍光発光して可視光を出射）し、当該可視光を撮像装置にて撮像してX線画像を生成するX線検査装置が知られている（例えば、特許文献1，2参照）。

特許文献1に記載のX線検査装置は、所謂、透過撮像型のX線検査装置である。具体的に、当該透過撮像型のX線検査装置は、シンチレータにおけるX線が入射する入射面と表裏をなす面から出射された可視光を撮像してX線画像を生成する。

特許文献2に記載のX線検査装置は、所謂、反射撮像型のX線検査装置である。具体的に、当該反射撮像型のX線検査装置は、シンチレータにおけるX線が入射する入射面から出射された可視光を撮像してX線画像を生成する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平1-262451号公報

特許文献2：特開2020-160079号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に記載の透過撮像型のX線検査装置では、X線がシンチレータに入射されると、当該シンチレータにて変換された可視光は、当該シンチレータの内部を進行するため、当該内部で吸収される。このため、入射面と表裏をなす面から出射される可視光の輝度が低いものとなり、

X線画像が暗い画像となってしまう。また、粒子型のシンチレータを採用した場合には、当該シンチレータの内部を進行する可視光は、当該内部で散乱し易い。このため、X線画像は、不鮮明な画像となってしまう。

すなわち、特許文献1に記載の透過撮像型のX線検査装置では、X線画像が暗い画像や不鮮明な画像となってしまう、検査に適したX線画像を得ることが難しい、という問題がある。

[0005] また、特許文献2に記載の反射撮像型のX線検査装置では、シンチレータにおけるX線が入射する入射面から出射された可視光を撮像装置に向けて進行させる必要があるため、当該シンチレータを測定対象に対して傾ける必要がある。このため、測定対象とシンチレータとの間の距離が比較的に大きくなる。その結果、X線画像に生じるボケ（半影）が大きくなり、当該X線画像は、不鮮明な画像となってしまう。

すなわち、特許文献2に記載の反射撮像型のX線検査装置では、X線画像が不鮮明な画像となってしまう、検査に適したX線画像を得ることが難しい、という問題がある。

そこで、検査に適したX線画像を得ることができる技術が要望されている。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、検査に適したX線画像を得ることができるX線検査装置及びX線検査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

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るX線検査装置は、測定対象に向けてX線を放射するX線放射装置と、前記測定対象を介して入射した前記X線を可視光に変換するシンチレータと、前記シンチレータからの前記可視光を撮像してX線画像を生成する撮像装置とを備え、前記シンチレータは、前記X線が入射する入射面と前記入射面に交差する第1の側面との境界が前記X線の放射範囲内に位置するように配置され、前記撮像装置は、前記第1の側面の全領域を、前記境界を含む第1の領域と、前記第

1の領域を除く第2の領域との2つの領域に区画した場合に、前記第1の側面に対向するように配置されるとともに、前記第1の側面の全領域のうち前記第1の領域から出射される前記可視光を撮像する。

[0008] また、本発明に係るX線検査装置では、上記発明において、前記入射面の全領域を、前記境界を含む第3の領域と、前記第3の領域を除く第4の領域との2つの領域に区画した場合に、前記測定対象と前記シンチレータとの間に配置されるとともに、前記入射面の全領域のうち前記第4の領域に入射する前記X線を遮蔽するX線遮蔽部材をさらに備える。

[0009] また、本発明に係るX線検査装置では、上記発明において、前記シンチレータは、前記第1の側面と表裏をなす第2の側面と前記第1の側面との間の寸法が $30\mu\text{m}$ 以上、 $500\mu\text{m}$ 以下に設定されている。

[0010] また、本発明に係るX線検査装置では、上記発明において、前記X線画像を解析する画像解析装置をさらに備え、前記画像解析装置は、前記X線画像における前記X線の入射方向に沿う前記可視光の輝度分布に基づいて、前記測定対象に存在する異常箇所の特徴量を推定する。

[0011] また、本発明に係るX線検査装置では、上記発明において、前記X線放射装置及び前記シンチレータは、前記X線放射装置のX線焦点から前記測定対象までの距離を $L1[\text{mm}]$ 、前記X線焦点から前記シンチレータまでの距離を $L2[\text{mm}]$ 、及び前記X線焦点の直径を $R[\mu\text{m}]$ とした場合に、 $(L2 - L1) \times R / L1$ で示される半影の幅が $30\mu\text{m}$ 以下となるように設置されている。

[0012] また、本発明に係るX線検査装置では、上記発明において、前記測定対象を前記第1の側面の略垂直方向に、前記X線放射装置、前記シンチレータ、及び前記撮像装置に対して相対的に移動させる、または当該相対的な移動と停止とを繰り返す搬送装置をさらに備える。

[0013] また、本発明に係るX線検査方法は、シンチレータにおけるX線が入射する入射面と前記入射面に交差する第1の側面との境界がX線の放射範囲内に位置するように前記シンチレータを配置するシンチレータ配置工程と、前記

第1の側面に対向するように撮像装置を配置する撮像装置配置工程と、X放射装置から測定対象に向けて前記X線を放射するX線放射工程と、前記測定対象を介した前記X線が前記シンチレータに入射し、前記シンチレータにて変換された可視光を前記撮像装置にて撮像してX線画像を生成する撮像工程とを備え、前記撮像工程では、前記第1の側面の全領域を、前記境界を含む第1の領域と、前記第1の領域を除く第2の領域との2つの領域に区画した場合に、前記第1の側面の全領域のうち前記第1の領域から出射される前記可視光を前記撮像装置にて撮像する。

[0014] また、本発明に係るX線検査方法では、上記発明において、前記入射面の全領域を、前記境界を含む第3の領域と、前記第3の領域を除く第4の領域との2つの領域に区画した場合に、前記第4の領域に入射する前記X線を遮蔽するために、前記測定対象と前記シンチレータとの間に前記X線を遮蔽するX線遮蔽部材を配置するX線遮蔽部材配置工程をさらに備える。

[0015] また、本発明に係るX線検査方法では、上記発明において、前記X線画像を解析する画像解析工程をさらに備え、前記画像解析工程では、前記X線画像における前記X線の入射方向に沿う前記可視光の輝度分布に基づいて、前記測定対象に存在する異常箇所の特徴量を推定する。

[0016] また、本発明に係るX線検査方法では、上記発明において、前記X線放射装置と前記シンチレータとの位置関係を調整する位置関係調整工程をさらに備え、前記位置関係調整工程では、前記X線放射装置のX線焦点から前記測定対象までの距離を L_1 [mm]、前記X線焦点から前記シンチレータまでの距離を L_2 [mm]、及び前記X線焦点の直径を R [μ m]とした場合に、 $(L_2 - L_1) \times R / L_1$ で示される半影の幅が前記測定対象に対して検出すべき欠点の径の $1/6$ 以下となるように前記X線放射装置と前記シンチレータとの位置関係を調整する。

[0017] また、本発明に係るX線検査方法では、上記発明において、前記測定対象を前記第1の側面の略垂直方向に、前記X線放射装置、前記シンチレータ、及び前記撮像装置に対して相対的に移動させる、または当該相対的な移動と

停止とを繰り返す搬送工程をさらに備える。

発明の効果

[0018] 本発明に係るX線検査装置及びX線検査方法によれば、検査に適したX線画像を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、実施の形態1に係るX線検査装置を示す図である。

[図2]図2は、X線検査方法を示すフローチャートである。

[図3]図3は、ステップS1を説明する図である。

[図4]図4は、ステップS5を説明する図である。

[図5]図5は、実施の形態2に係るX線検査装置を示す図である。

[図6]図6は、実施の形態2の効果の説明する図である。

[図7]図7は、実施の形態3に係るX線検査装置を示す図である。

[図8]図8は、実施の形態3の効果の説明する図である。

[図9]図9は、実施の形態1～3の変形例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下に、図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、実施の形態）について説明する。なお、以下に説明する実施の形態によって本発明が限定されるものではない。さらに、図面の記載において、同一の部分には同一の符号を付している。

[0021] （実施の形態1）

〔X線検査装置の構成〕

図1は、実施の形態1に係るX線検査装置1を示す図である。

X線検査装置1は、フィルムや繊維等の測定対象OB（図1）にX線を放射し、当該測定対象OBを透過したX線を可視光に変換し、当該可視光を撮像してX線画像を生成する。そして、X線検査装置1は、当該X線画像を解析することにより、測定対象OBに混入している金属異物等の欠点DE（図3参照）の特徴量を推定する。

なお、測定対象OBとしては、フィルムや繊維に限らず、紙、樹脂、及び

集積回路等を採用しても構わない。

[0022] このX線検査装置1は、図1に示すように、X線放射装置2と、搬送装置3と、シンチレータ4と、撮像装置5と、表示装置6と、制御装置7とを備える。

なお、以下では、X線検査装置1の構成を説明するにあたって、鉛直方向に沿う軸をZ軸とし、当該Z軸に直交する2つの軸をX軸及びY軸とする。図1では、Z軸は、上下方向に沿う軸である。また、X軸は、左右方向に沿う軸である。さらに、Y軸は、図1の紙面に直交する軸である。

[0023] X線放射装置2は、制御装置7による制御の下、X線焦点21（図1）から測定対象OBに向けて円錐状のX線ビーム（コーンビーム）を放射する。図1では、当該円錐状のX線ビームの放射範囲SPをドットで表現している。本実施の形態1では、X線放射装置2からのX線の放射方向は、-Z軸方向（図1中、下方向）である。

なお、X線放射装置2としては、密閉型でも開放型でもよく、また、ミリフォーカス型でもマイクロフォーカス型でも構わない。

[0024] 搬送装置3は、搬送ローラやベルトコンベア等を有し、制御装置7による制御の下、測定対象OBを保持しつつ、当該測定対象OBを搬送する。本実施の形態1では、測定対象OBの搬送方向は、-X軸方向（図1中、右方向）である。当該-X軸方向は、後述する第1の側面42の略垂直方向である。

[0025] シンチレータ4は、図1に示すように、平面視矩形状の板体で構成され、板面がXY平面に略平行な姿勢で測定対象OBに対して-Z軸側に配置されている。そして、シンチレータ4は、測定対象OBを透過した後に入射したX線を可視光に変換（当該X線により蛍光発光）する。

ここで、シンチレータ4において、+Z軸側（図1中、上方側）の板面は、測定対象OBを透過したX線が入射し、本発明に係る入射面41（図1）に相当する。また、シンチレータ4において、-X軸側の側面は、入射面41に交差し、本発明に係る第1の側面42（図1）に相当する。

なお、シンチレータ4としては、粒子型でも単結晶型でも構わない。

[0026] 撮像装置5は、入射した光を受光して電気信号に変換するCCD (Charge Coupled Device) またはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子を含み、シンチレータ4からの可視光を撮像してX線画像を生成するカメラである。そして、撮像装置5は、生成したX線画像のデータを制御装置7に出力する。

なお、撮像装置5としては、ラインセンサカメラでも、エリアセンサカメラでも、時間遅延積分型カメラでも構わない。

[0027] 表示装置6は、液晶または有機EL (Electro Luminescence) 等を用いた表示ディスプレイで構成され、制御装置7による制御の下、X線画像等の各種の画像を表示する。

[0028] 制御装置7は、X線検査装置1全体の動作を統括的に制御する。この制御装置7は、図1に示すように、プロセッサ71と、記憶部72と、入力部73とを備える。

プロセッサ71は、CPU (Central Processing Unit) やMPU (Micro Processing Unit) 等のコントローラによって、記憶部72に記憶された各種のプログラムが実行されることにより実現され、X線検査装置1全体の動作を制御する。

なお、プロセッサ71としては、CPUやMPUに限らず、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) やFPGA (Field-Programmable Gate Array) 等の集積回路によって構成されても構わない。当該プロセッサ71の機能については、後述する「X線検査方法」において説明する。

[0029] 記憶部72は、プロセッサ71が実行する各種のプログラムの他、当該プロセッサ71が処理を行うときに必要なデータ等を記憶する。

入力部73は、作業者によるユーザ操作を受け付けるボタン、スイッチ、タッチパネル等で構成され、当該ユーザ操作に応じた操作信号をプロセッサ71に出力する。なお、入力部73の機能の一部または全部がタッチパネルとして表示装置6の表示画面に配置されても構わない。

[0030] [X線検査方法]

次に、上述したX線検査装置1を用いたX線検査方法について説明する。

図2は、X線検査方法を示すフローチャートである。

まず、作業者は、X線検査装置1の初期設定を行う（ステップS1）。

図3は、ステップS1を説明する図である。具体的に、図3は、X線放射装置2、測定対象OB、及びシンチレータ4の位置関係を示す図である。図3において、符号「R」は、X線焦点21の直径[μm]である。また、符号「L1」は、X線焦点21から測定対象OBまでの距離[mm]である。さらに、符号「L2」は、X線焦点21からシンチレータ4までの距離[mm]である。また、符号「r」は、半影（ボケ）SHの幅[μm]である。

[0031] ここで、X線検査における半影SHについて説明する。

X線検査において、測定対象OBからシンチレータ4までの距離（ $L2 - L1$ ）を大きくし、放射されたX線による当該測定対象OBに混入している金属異物等の欠点DEの影を幾何学的に大きくした場合には、微小な欠点DEの検出感が低くなってしまう。

具体的に、X線焦点21は、有限の直径R[μm]を有している。このため、本来、欠点DEの影となるべき領域にX線が入り込んでしまい、半影SH（図3）が生じる。すなわち、本来、欠点DEの影となる部分に半影SHが生じることにより、当該欠点DEを高精度に検出することが難しくなる。

[0032] ところで、半影SHは、欠点DEの両端部で発生する。このため、欠点DEの影は、本来よりも $2 \times r$ 分だけ小さくなる。ここで、半影SHの幅rは、 $(L2 - L1) \times R / L1$ で示される。

本願の発明者は、鋭意検討を進めた結果、安定的に欠点DEを検出するためには、半影SHの幅rを欠点DEの径の $1/6$ 以下にすることが必要であることを見出した。本実施の形態1において、欠点DEの径は、 $30\mu\text{m}$ 以上、 $200\mu\text{m}$ 以下である。

そして、作業者は、ステップS1において、測定対象OBに対して検出すべき欠点DEの径を $180\mu\text{m}$ 程度とし、距離L1、L2を調整することに

より、半影SHの幅rが当該180 μ mの1/6(30 μ m)以下となるように設定する。

[0033] また、作業者は、ステップS1において、シンチレータ4における入射面41と第1の側面42との境界BO(図1)がX線の放射範囲SP内に位置するように当該シンチレータ4を配置する。

さらに、作業者は、ステップS1において、第1の側面42に対向するように撮像装置5を配置する。

以上のように、ステップS1は、本発明に係る位置関係調整工程、シンチレータ配置工程、及び撮像装置配置工程に相当する。

[0034] ステップS1の後、作業者は、入力部73に対して、X線検査を開始する操作を行う。これにより、プロセッサ71は、以下に示す処理を実行する。

まず、プロセッサ71は、搬送装置3を動作させ、測定対象OBを所定の速度で搬送する(ステップS2:搬送工程)。

ステップS2の後、プロセッサ71は、X線放射装置2を動作させる。そして、X線放射装置2は、測定対象OBに向けてX線を放射する(ステップS3:X線放射工程)。

[0035] ステップS3の後、プロセッサ71は、撮像装置5を動作させる。そして、撮像装置5は、測定対象OBを介したX線がシンチレータ4に入射し、当該シンチレータ4にて変換された可視光を撮像してX線画像を生成する(ステップS4:撮像工程)。また、撮像装置5は、当該生成したX線画像のデータを制御装置7に出力する。

ここで、第1の側面42の全領域を、境界BOを含む第1の領域Ar1(図4参照)と、当該第1の領域Ar1を除く第2の領域Ar2(図4参照)との2つの領域に区画した場合を想定する。この場合には、ステップS4では、第1の側面42の全領域のうち第1の領域Ar1から出射される可視光を撮像装置5にて撮像する。すなわち、ステップS4では、第1の側面42の全領域のうち、境界BO近傍の領域(第1の領域Ar1)から出射される可視光を撮像装置5にて撮像する。

[0036] ステップS4の後、プロセッサ71は、ステップS4にて生成されたX線画像のデータを撮像装置5から取得し、当該X線画像を解析する（ステップS5：画像解析工程）。この後、プロセッサ71は、ステップS2に戻る。

図4は、ステップS5を説明する図である。具体的に、図4の(a)は、測定対象OBに混入している欠点DEの厚みが大きい場合または当該欠点DEの密度が高い場合でのX線画像F1を示している。図4の(b)は、測定対象OBに混入している欠点DEの厚みが小さい場合または当該欠点DEの密度が低い場合でのX線画像F2を示している。なお、図4では、X線による欠点DEの影となる領域ArS1, ArS2内において、当該X線が変換された可視光の輝度が低いほど、ドットの密度を高くしている。また、図4では、説明の便宜上、第1の側面42において、領域ArS1, ArS2以外の領域については、当該ドットを付していない。

[0037] ところで、欠点DEが混入している場合には、図4に示すように、当該欠点DEによってX線が吸収され、当該欠点DEの影となる領域ArS1, ArS2が生じる。当該領域ArS1, ArS2において、入射面41に近い領域では、欠点DEによるX線の吸収により、当該X線が変換された可視光の輝度は、低いものとなる。そして、当該領域ArS1, ArS2において、-Z方向に向かうにしたがって、当該領域ArS1, ArS2以外の領域からの可視光の影響により、徐々に可視光の輝度が高くなり、最終的に、当該領域ArS1, ArS2以外の領域の可視光の輝度と略同一となる。

[0038] ここで、図4の(a)と図4の(b)とを比較して分かるように、欠点DEの厚みや密度が異なる場合には、領域ArS1, ArS2のZ軸方向の長さ等のZ軸方向に沿う可視光の輝度分布が異なるものとなる。具体的に、領域ArS1のZ軸方向の長さは、領域ArS2のZ軸方向の長さよりも長い。すなわち、欠点DEの厚みや密度等の特徴量と、X線画像におけるZ軸方向（X線の入射方向）に沿う可視光の輝度分布とは、相関関係がある。そして、記憶部72には、当該相関関係を示す相関情報が記憶されている。

なお、このZ軸方向に沿う可視光の輝度分布は、欠点DEのY軸方向の長

さにも依存する。このため、記憶部72に記憶される相関情報を構成する特徴量に、欠点DEの厚みや密度の他、当該欠点DEのY軸方向の長さを含めても構わない。

[0039] ステップS5では、プロセッサ71は、ステップS4にて生成されたX線画像から、Z軸方向に沿う可視光の輝度分布（受光量プロファイル）を取得し、記憶部72に記憶された相関情報を参照し、当該輝度分布に対応する特徴量を推定する。すなわち、制御装置7は、本発明に係る画像解析装置に相当する。

[0040] ここで、シンチレータ4におけるZ軸方向（図4中、上下方向）の長さ寸法は、ステップS5において、受光量プロファイルを取得するために、200 μ m以上であることが好ましい。また、シンチレータ4におけるY軸方向（図4中、左右方向）の長さ寸法は、60～100mm程度である。

[0041] 以上説明した本実施の形態1によれば、以下の効果を奏する。

本実施の形態1に係るX線検査装置1では、シンチレータ4は、境界BOをX線の放射範囲SP内に位置するように配置されている。また、撮像装置5は、第1の側面42に対向するように配置されるとともに、当該第1の側面42の全領域のうち境界BOを含む第1の領域Ar1から出射される可視光を撮像する。

すなわち、撮像装置5は、特許文献1に記載の透過撮像型のX線検査装置のようにシンチレータを透過した可視光を撮像するのではなく、第1の側面42における第1の領域Ar1から出射された可視光を撮像する。言い換えれば、撮像装置5は、シンチレータ4の内部での吸収や散乱の影響が少ない可視光を撮像する。このため、明るく、かつ、鮮明なX線画像を生成することができる。

また、特許文献2に記載の反射撮像型のX線検査装置のようにシンチレータを測定対象に対して傾ける必要がないため、シンチレータ4を測定対象OBに近付けることができる。このため、X線画像に生じる半影SHの幅rを小さくすることができ、鮮明なX線画像を生成することができる。

以上のことから、本実施の形態 1 に係る X 線検査装置 1 によれば、検査に適した X 線画像を得ることができる。

[0042] ところで、特許文献 2 に記載の反射撮像型の X 線検査装置では、撮像装置は、シンチレータの入射面を撮像する必要がある。このため、撮像装置の撮像視野に測定対象が入り、当該測定対象によりシンチレータの入射面が遮られ易く、当該撮像装置の設置位置の設定が難しいものとなる。

これに対して、本実施の形態 1 に係る X 線検査装置 1 では、撮像装置 5 は、第 1 の側面 4 2 に対向するように配置され、当該第 1 の側面 4 2 における第 1 の領域 A r 1 から出射される可視光を撮像する。このため、測定対象により当該第 1 の領域 A r 1 が遮られることがなく、撮像装置 5 を容易に設置することができる。また、撮像装置 5 を第 1 の側面 4 2 に対向するように設置することで、当該撮像装置 5 は、X 線による被ばくがない状態となる。このため、撮像装置 5 の長寿命化を図ることができる。

[0043] また、本実施の形態 1 に係る X 線検査装置 1 では、X 線放射装置 2 及びシンチレータ 4 は、半影 S H の幅 r が測定対象 O B に対して検出すべき欠点 D E の径である $180\ \mu\text{m}$ の $1/6$ ($30\ \mu\text{m}$) 以下となるように設置されている。

このため、安定的に欠点 D E を検出することができる。

[0044] また、本実施の形態 1 に係る X 線検査装置 1 では、プロセッサ 7 1 は、X 線画像 F 1, F 2 における X 線の入射方向に沿う可視光の輝度分布（受光量プロファイル）に基づいて、測定対象 O B に存在する欠点 D E の特徴量を推定する。

このため、簡単な処理で容易に欠点 D E の特徴量（厚さや密度）を推定することができる。

[0045] （実施の形態 2）

次に、本実施の形態 2 について説明する。

以下の説明では、上述した実施の形態 1 と同様の構成には同一符号を付し、その詳細な説明は省略または簡略化する。

図5は、図1に対応した図であって、実施の形態2に係るX線検査装置1Aを示す図である。なお、図5では、説明の便宜上、搬送装置3、撮像装置5、表示装置6、及び制御装置7の図示を省略している。

本実施の形態2に係るX線検査装置1Aでは、図5に示すように、上述した実施の形態1において説明したX線検査装置1に対して、X線遮蔽部材8が追加されている。

[0046] X線遮蔽部材8は、例えばアルミニウムや鉄等によって構成され、X線を遮蔽する板体である。そして、X線遮蔽部材8は、図5に示すように、測定対象OBとシンチレータ4との間に配置され、入射面41の全領域のうち、一部の領域に入射するX線を遮蔽する。

[0047] 本実施の形態2に係るX線検査方法では、上述した実施の形態1において説明したX線検査方法に対して、ステップS1でX線遮蔽部材8を配置する。

ここで、入射面41の全領域を、境界BOを含む第3の領域Ar3（図5）と、当該第3の領域Ar3を除く第4の領域Ar4（図5）との2つの領域に区画した場合を想定する。この場合には、作業者は、ステップS1において、第4の領域Ar4に入射するX線を遮蔽するために、測定対象OBとシンチレータ4との間にX線遮蔽部材8を配置する。

すなわち、ステップS1は、本発明に係る位置関係調整工程、シンチレータ配置工程、及び撮像装置配置工程の他、X線遮蔽部材配置工程に相当する。

[0048] 第3の領域Ar3におけるX軸方向（図5中、左右方向）の長さ寸法は、欠点DEの径を考慮し、30 μ m以上、500 μ m以下とすることが好ましい。

[0049] 以上説明した本実施の形態2によれば、上述した実施の形態1と同様の効果の他、以下の効果を奏する。

図6は、実施の形態2の効果を説明する図である。具体的に、図6は、X線遮蔽部材8と、シンチレータ4と、撮像装置5との位置関係を示している

。なお、図6において、符号「VL」によって指し示す円は、シンチレータ4でX線が変換された可視光を表現したものである。

[0050] 例えば、上述した領域ArS1, ArS2の可視光として、欠点DEを透過したX線がシンチレータ4にて変換された可視光VL（図6では実線の円で表現）の他、当該欠点DEを透過していないX線が当該シンチレータ4にて変換された可視光VL'（図6では一点鎖線の円で表現）を含む場合を想定する。この場合には、可視光VLの輝度が可視光VL'の輝度により埋もれてしまい、欠点DEの特徴量を高精度に推定することが難しい。

そこで、本実施の形態2に係るX線検査装置1Aは、入射面41の全領域のうち第4の領域Ar4に入射するX線を遮蔽するX線遮蔽部材8をさらに備える。すなわち、X線遮蔽部材8を配置することで上述した可視光VL'の発生を防止する。このため、欠点DEの特徴量を高精度に推定することができる。

[0051]（実施の形態3）

次に、本実施の形態3について説明する。

以下の説明では、上述した実施の形態1と同様の構成には同一符号を付し、その詳細な説明は省略または簡略化する。

図7は、図1に対応した図であって、実施の形態3に係るX線検査装置1Bを示す図である。なお、図7では、説明の便宜上、搬送装置3、撮像装置5、表示装置6、及び制御装置7の図示を省略している。

本実施の形態3に係るX線検査装置1Bでは、図6に示すように、上述した実施の形態1において説明したX線検査装置1に対して、シンチレータ4とは異なる形状のシンチレータ4Bが採用されている。

[0052] シンチレータ4Bは、図7に示すように、平面視矩形状の板体で構成され、板面がXZ平面に略平行な姿勢で測定対象OBに対して-Z軸側に配置されている。

ここで、シンチレータ4Bにおいて、+Z軸側（図7中、上方側）の端面は、測定対象OBを透過したX線が入射し、本発明に係る入射面41Bに相

当する。また、シンチレータ4 Bにおいて、 $-X$ 軸側（図7中、右側）の板面は、入射面4 1 Bに交差し、本発明に係る第1の側面4 2 Bに相当する。さらに、シンチレータ4 Bにおいて、 $+X$ 軸側（図7中、左側）の板面は、第1の側面4 2 Bと表裏をなし、本発明に係る第2の側面4 3 Bに相当する。

[0053] 本実施の形態3に係るX線検査方法は、上述した実施の形態1において説明したX線検査方法と同様である。

すなわち、ステップS 1では、作業者は、上述した実施の形態1において説明したように、シンチレータ4 Bにおける入射面4 1 Bと第1の側面4 2 Bとの境界BO（図7）がX線の放射範囲SP（図7）内に位置するように当該シンチレータ4 Bを配置する。

[0054] ここで、シンチレータ4 Bにおける第1，第2の側面4 2 B，4 3 B間の厚み寸法は、欠点DEの径を考慮し、 $30\mu\text{m}$ 以上、 $500\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。また、シンチレータ4 BにおけるZ軸方向（図7中、上下方向）の長さ寸法は、ステップS 5において、受光量プロファイルを取得するために、 $200\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。さらに、シンチレータ4 BにおけるY軸方向（図7の紙面に直交する方向）の長さ寸法は、 $60\sim 100\text{mm}$ 程度である。

[0055] 以上説明した本実施の形態3によれば、上述した実施の形態1と同様の効果の他、以下の効果を奏する。

図8は、実施の形態3の効果を説明する図である。具体的に、図8は、シンチレータ4 Bと、撮像装置5との位置関係を示している。なお、図8において、符号「VL」によって指し示す円は、図6と同様に、シンチレータ4 BでX線が変換された可視光を表現したものである。

[0056] 本実施の形態3に係るX線検査装置1 Bでは、シンチレータ4 Bは、第1，第2の側面4 2 B，4 3 B間の厚み寸法が $30\mu\text{m}$ 以上、 $500\mu\text{m}$ 以下に設定されている。

このため、欠点DEを透過していないX線がシンチレータ4 Bにて変換さ

れた可視光VL'（図8では一点鎖線の円で表現）の発生を防止し、上述した領域ArS1, ArS2の可視光を、当該欠点DEを透過したX線が当該シンチレータ4Bにて変換された可視光VL（図8では実線の円で表現）によって構成することができる。このため、上述した実施の形態2と同様に、欠点DEの特徴量を高精度に推定することができる。

[0057]（その他の実施形態）

ここまで、本発明を実施するための形態を説明してきたが、本発明は上述した実施の形態1～3によってのみ限定されるべきものではない。

上述した実施の形態1～3では、測定対象OBを搬送しながら撮像装置5にて撮像を行っていたが、これに限らない。搬送装置3は、搬送工程S2において、撮像装置5にて撮像を行う際にのみ、一旦、測定対象OBの搬送を停止しても構わない。

また、上述した実施の形態1～3では、搬送装置3は、搬送工程S2において、測定対象OBを搬送（移動）させていたが、これに限らない。搬送装置3は、搬送工程S2において、測定対象OBを第1の側面42の略垂直方向に、X線放射装置2、シンチレータ4（4B）、及び撮像装置5に対して相対的に移動させればよく、当該測定対象OBは移動させずに、当該X線放射装置2、シンチレータ4（4B）、及び撮像装置5を移動させても構わない。

[0058] 図9は、実施の形態1～3の変形例を説明する図である。

上述した実施の形態1～3では、シンチレータ4（4B）では、図9の（a）に示すように、入射面41と第1の側面42とが直交するように交差していたが、これに限らない。例えば、図9の（b）に示すように、入射面41と第1の側面42とが鈍角で交差しても構わない。また、例えば、図9の（c）に示すように、入射面41と第1の側面42との角部分をC面取りしても構わない。さらに、例えば、図9の（d）に示すように、入射面41と第1の側面42との角部分をR面取りしても構わない。

符号の説明

- [0059] 1, 1 A, 1 B X線検査装置
- 2 X線放射装置
- 3 搬送装置
- 4, 4 B シンチレータ
- 5 撮像装置
- 6 表示装置
- 7 制御装置
- 8 X線遮蔽部材
- 2 1 X線焦点
- 4 1, 4 1 B 入射面
- 4 2, 4 2 B 第1の側面
- 4 3 B 第2の側面
- 7 1 プロセッサ
- 7 2 記憶部
- 7 3 入力部
- A r 1 第1の領域
- A r 2 第2の領域
- A r 3 第3の領域
- A r 4 第4の領域
- A r S 1, A r S 2 領域
- B O 境界
- D E 欠点
- F 1, F 2 X線画像
- L 1, L 2 距離
- O B 測定対象
- r 幅
- S H 半影
- S P 放射範囲

VL, VL' 可視光

請求の範囲

- [請求項1] 測定対象に向けてX線を放射するX線放射装置と、
前記測定対象を介して入射した前記X線を可視光に変換するシンチレータと、
前記シンチレータからの前記可視光を撮像してX線画像を生成する撮像装置とを備え、
前記シンチレータは、
前記X線が入射する入射面と前記入射面に交差する第1の側面との境界が前記X線の放射範囲内に位置するように配置され、
前記撮像装置は、
前記第1の側面の全領域を、前記境界を含む第1の領域と、前記第1の領域を除く第2の領域との2つの領域に区画した場合に、前記第1の側面に対向するように配置されるとともに、前記第1の側面の全領域のうち前記第1の領域から出射される前記可視光を撮像するX線検査装置。
- [請求項2] 前記入射面の全領域を、前記境界を含む第3の領域と、前記第3の領域を除く第4の領域との2つの領域に区画した場合に、前記測定対象と前記シンチレータとの間に配置されるとともに、前記入射面の全領域のうち前記第4の領域に入射する前記X線を遮蔽するX線遮蔽部材をさらに備える請求項1に記載のX線検査装置。
- [請求項3] 前記シンチレータは、
前記第1の側面と表裏をなす第2の側面と前記第1の側面との間の寸法が $30\mu\text{m}$ 以上、 $500\mu\text{m}$ 以下に設定されている請求項1に記載のX線検査装置。
- [請求項4] 前記X線画像を解析する画像解析装置をさらに備え、
前記画像解析装置は、
前記X線画像における前記X線の入射方向に沿う前記可視光の輝度分布に基づいて、前記測定対象に存在する異常箇所の特徴量を推定す

る請求項1に記載のX線検査装置。

[請求項5]

前記X線放射装置及び前記シンチレータは、

前記X線放射装置のX線焦点から前記測定対象までの距離を L_1 [mm]、前記X線焦点から前記シンチレータまでの距離を L_2 [mm]、及び前記X線焦点の直径を R [μm]とした場合に、 $(L_2 - L_1) \times R / L_1$ で示される半影の幅が $30 \mu\text{m}$ 以下となるように設置されている請求項1に記載のX線検査装置。

[請求項6]

前記測定対象を前記第1の側面の略垂直方向に、前記X線放射装置、前記シンチレータ、及び前記撮像装置に対して相対的に移動させる、または当該相対的な移動と停止とを繰り返す搬送装置をさらに備える請求項1に記載のX線検査装置。

[請求項7]

シンチレータにおけるX線が入射する入射面と前記入射面に交差する第1の側面との境界がX線の放射範囲内に位置するように前記シンチレータを配置するシンチレータ配置工程と、

前記第1の側面に対向するように撮像装置を配置する撮像装置配置工程と、

X線放射装置から測定対象に向けて前記X線を放射するX線放射工程と、

前記測定対象を介した前記X線が前記シンチレータに入射し、前記シンチレータにて変換された可視光を前記撮像装置にて撮像してX線画像を生成する撮像工程とを備え、

前記撮像工程では、

前記第1の側面の全領域を、前記境界を含む第1の領域と、前記第1の領域を除く第2の領域との2つの領域に区画した場合に、前記第1の側面の全領域のうち前記第1の領域から出射される前記可視光を前記撮像装置にて撮像するX線検査方法。

[請求項8]

前記入射面の全領域を、前記境界を含む第3の領域と、前記第3の領域を除く第4の領域との2つの領域に区画した場合に、前記第4の

領域に入射する前記X線を遮蔽するために、前記測定対象と前記シンチレータとの間に前記X線を遮蔽するX線遮蔽部材を配置するX線遮蔽部材配置工程をさらに備える請求項7に記載のX線検査方法。

[請求項9]

前記X線画像を解析する画像解析工程をさらに備え、
前記画像解析工程では、

前記X線画像における前記X線の入射方向に沿う前記可視光の輝度分布に基づいて、前記測定対象に存在する異常箇所の特徴量を推定する請求項7に記載のX線検査方法。

[請求項10]

前記X線放射装置と前記シンチレータとの位置関係を調整する位置関係調整工程をさらに備え、

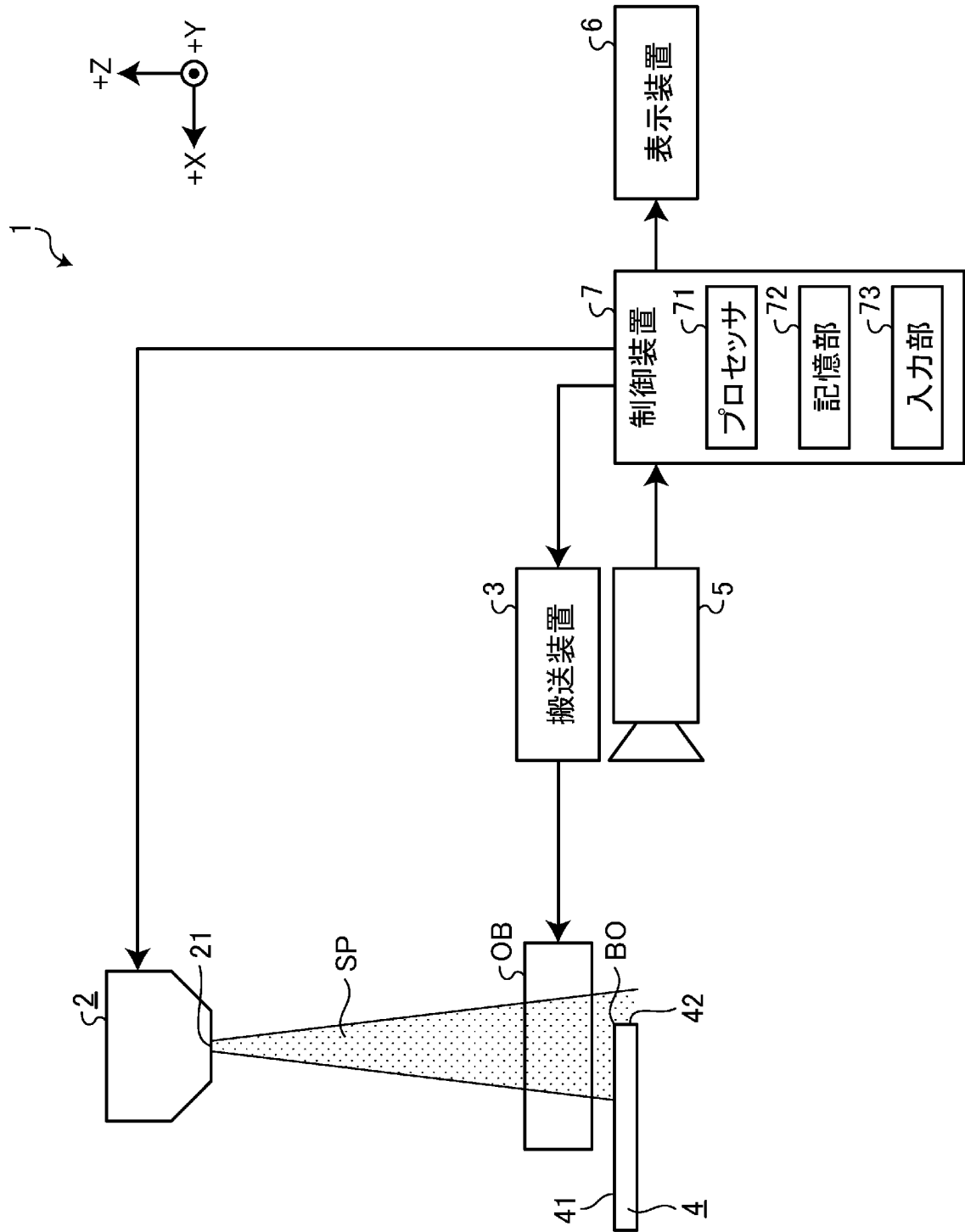
前記位置関係調整工程では、

前記X線放射装置のX線焦点から前記測定対象までの距離を L_1 [mm]、前記X線焦点から前記シンチレータまでの距離を L_2 [mm]、及び前記X線焦点の直径を R [μm]とした場合に、 $(L_2 - L_1) \times R / L_1$ で示される半影の幅が前記測定対象に対して検出すべき欠点の径の $1/6$ 以下となるように前記X線放射装置と前記シンチレータとの位置関係を調整する請求項7に記載のX線検査方法。

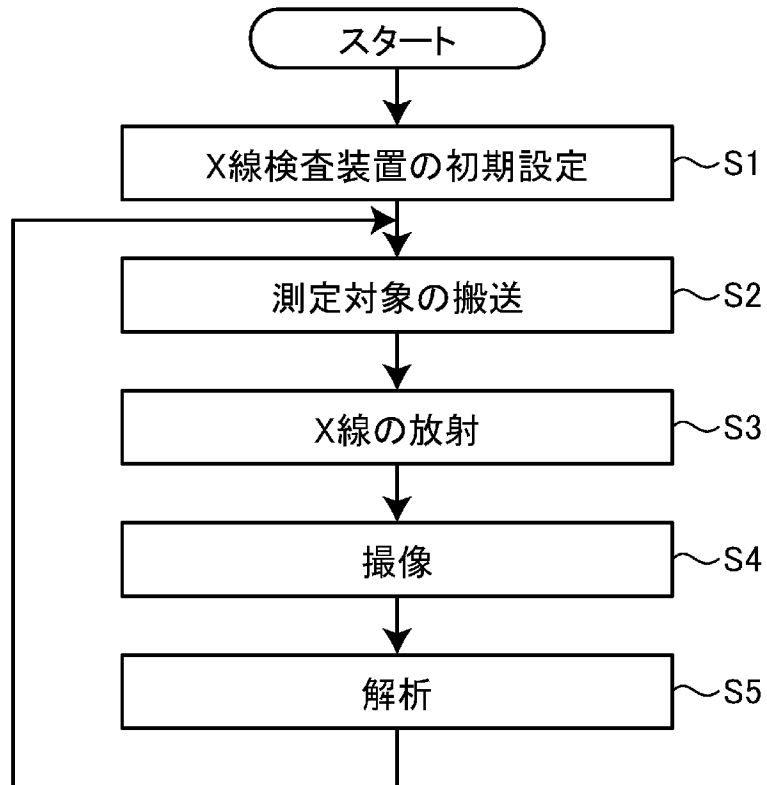
[請求項11]

前記測定対象を前記第1の側面の略垂直方向に、前記X線放射装置、前記シンチレータ、及び前記撮像装置に対して相対的に移動させる、または当該相対的な移動と停止とを繰り返す搬送工程をさらに備える請求項7に記載のX線検査方法。

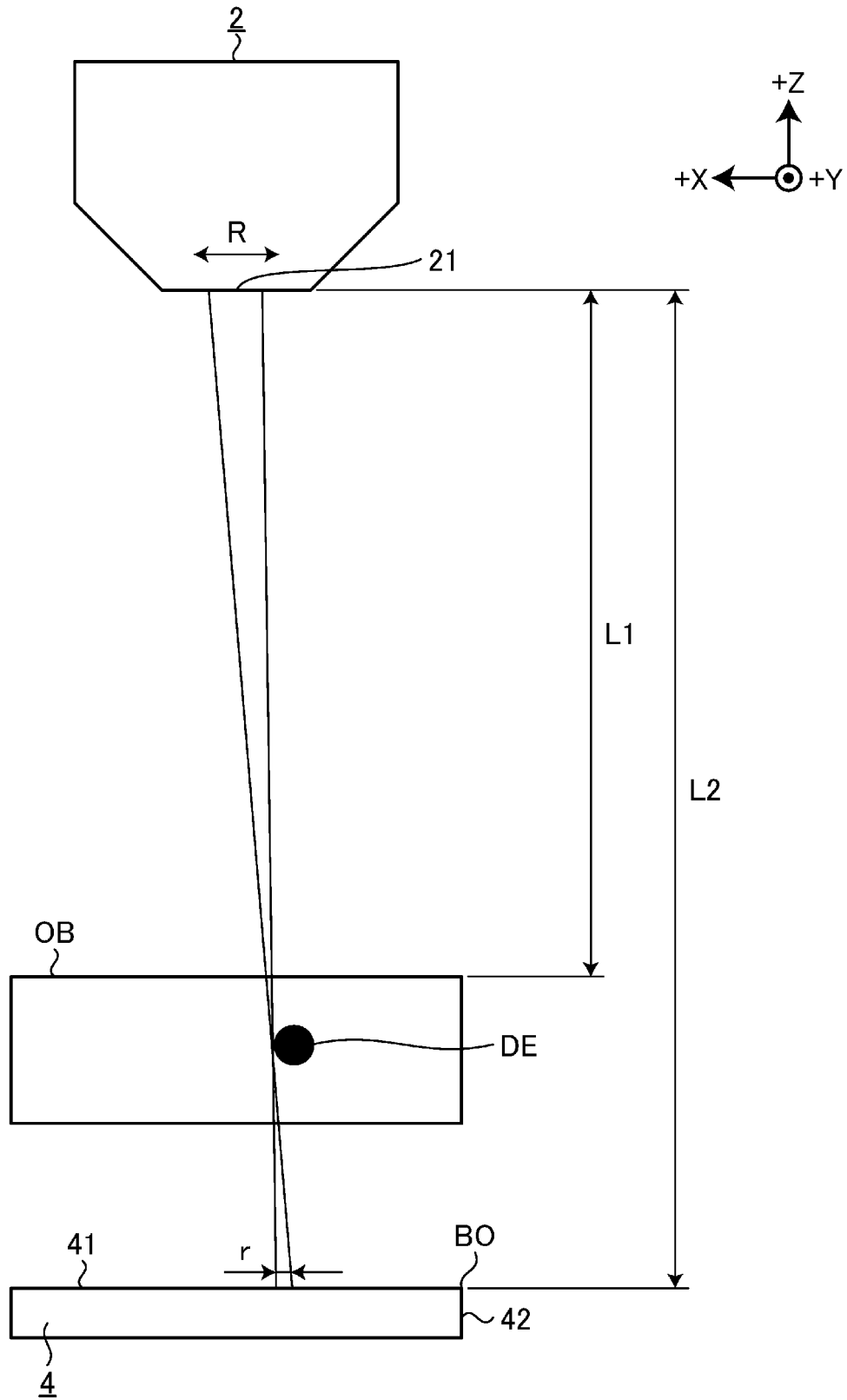
[図1]



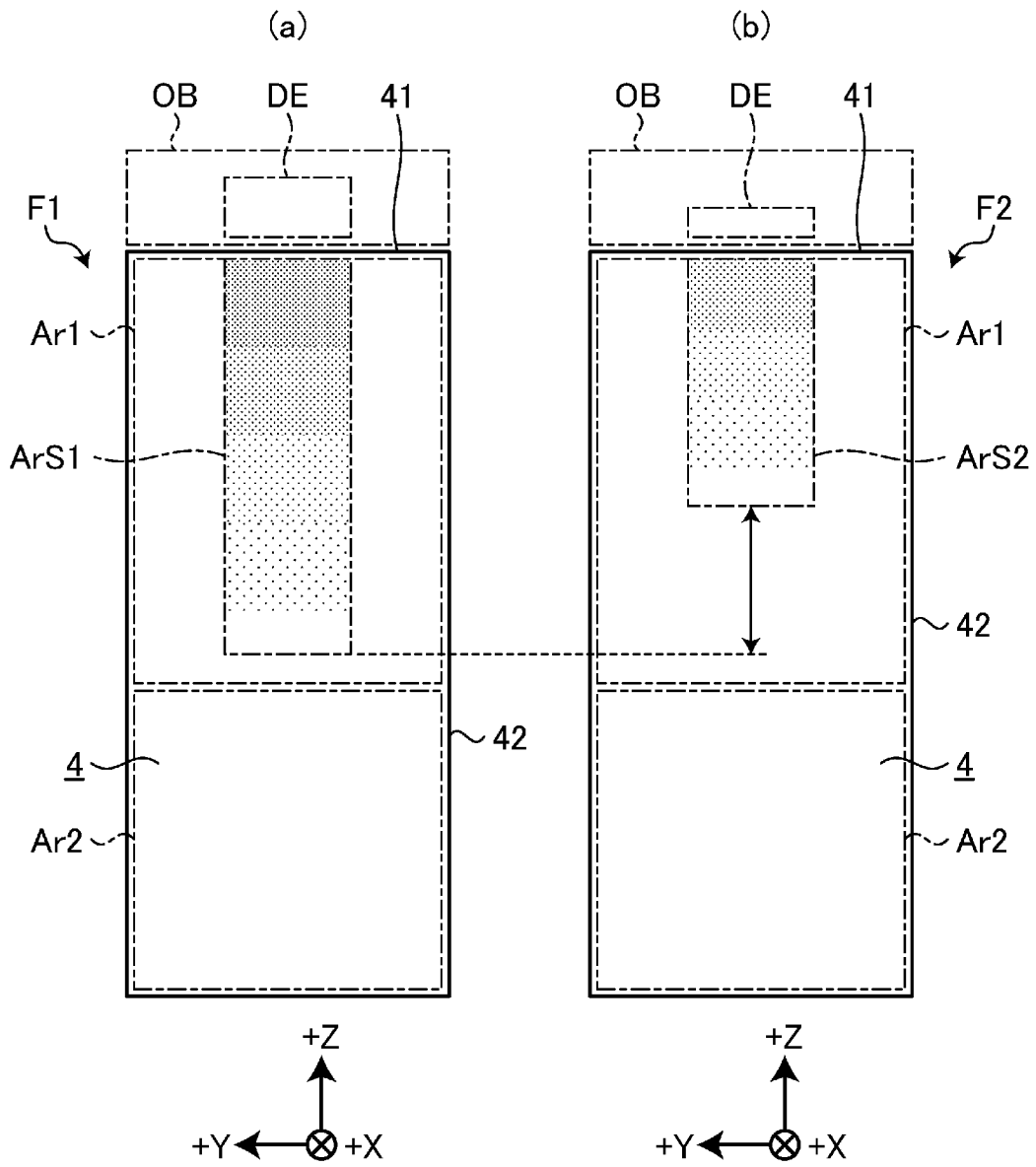
[図2]



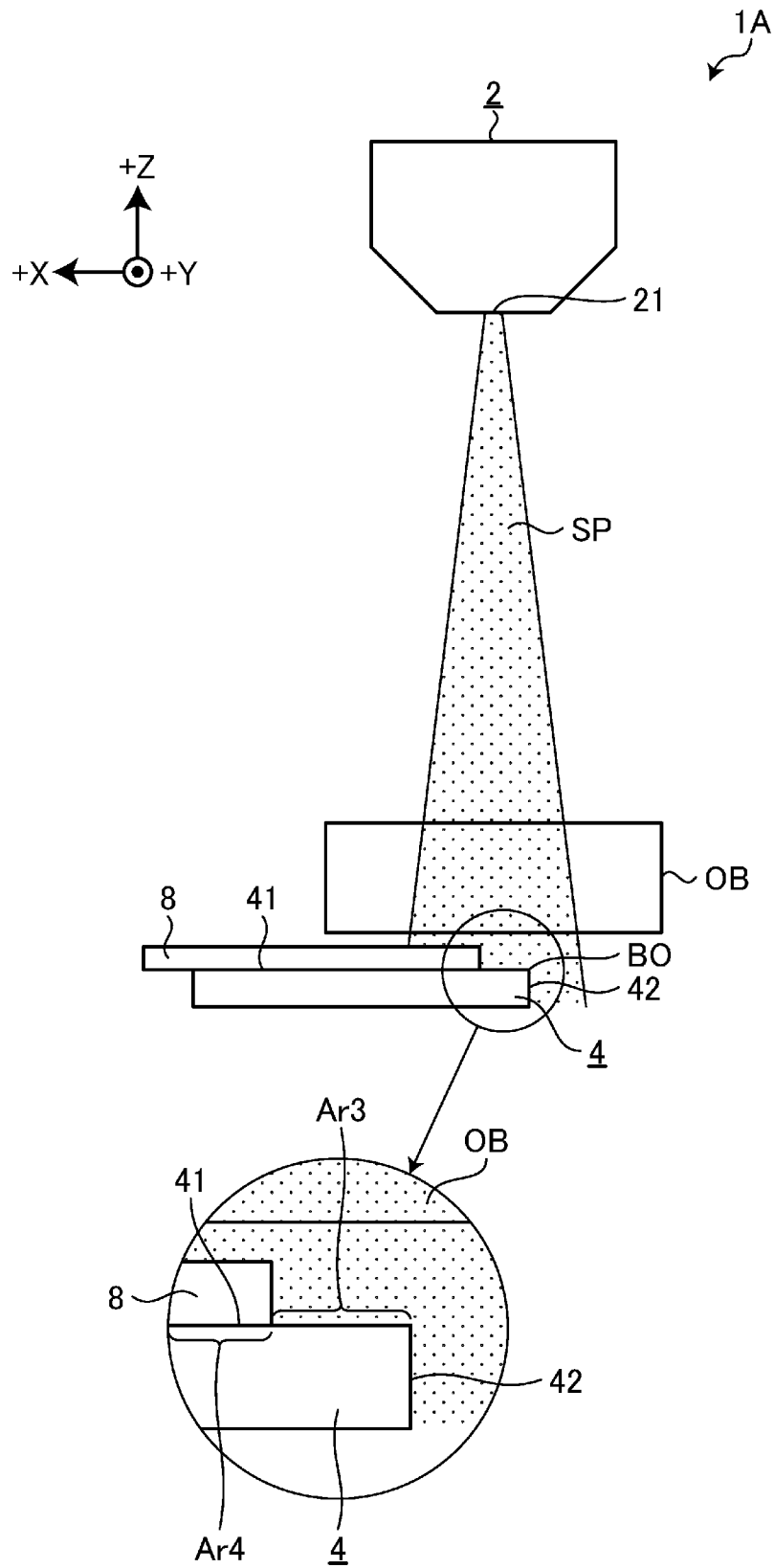
[図3]



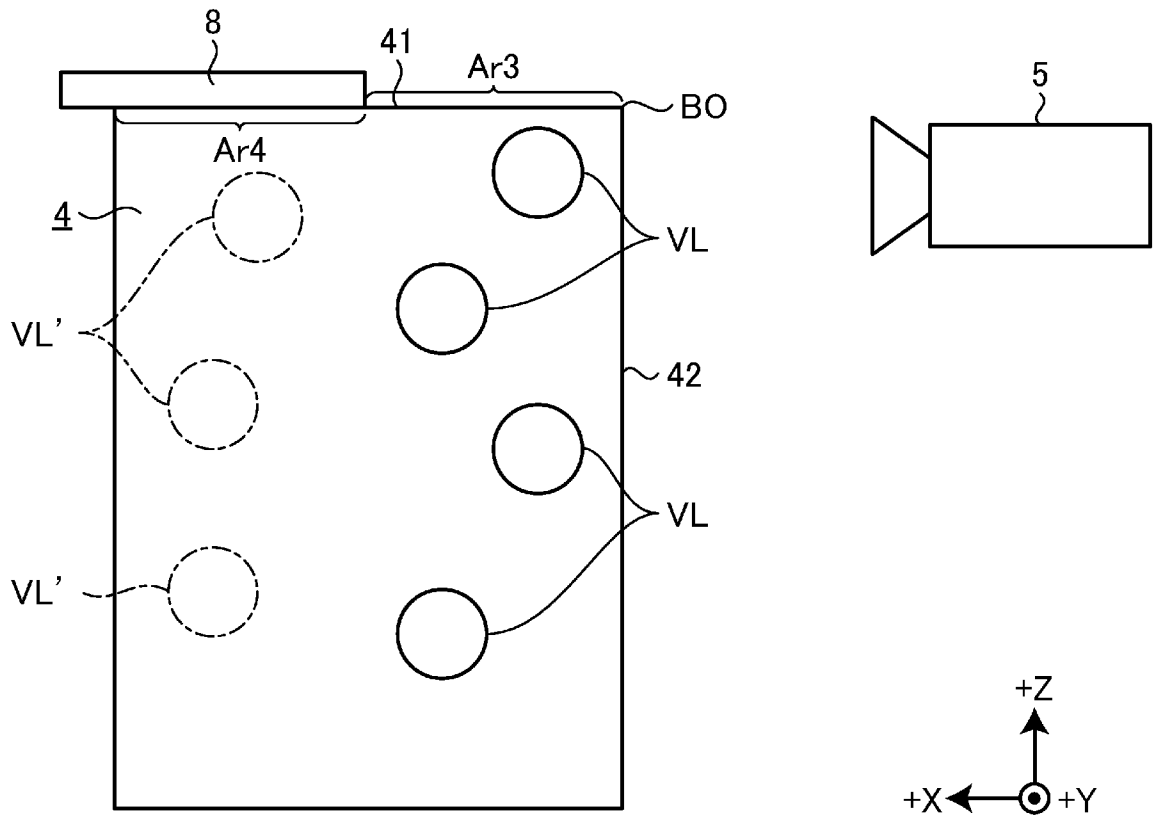
[図4]



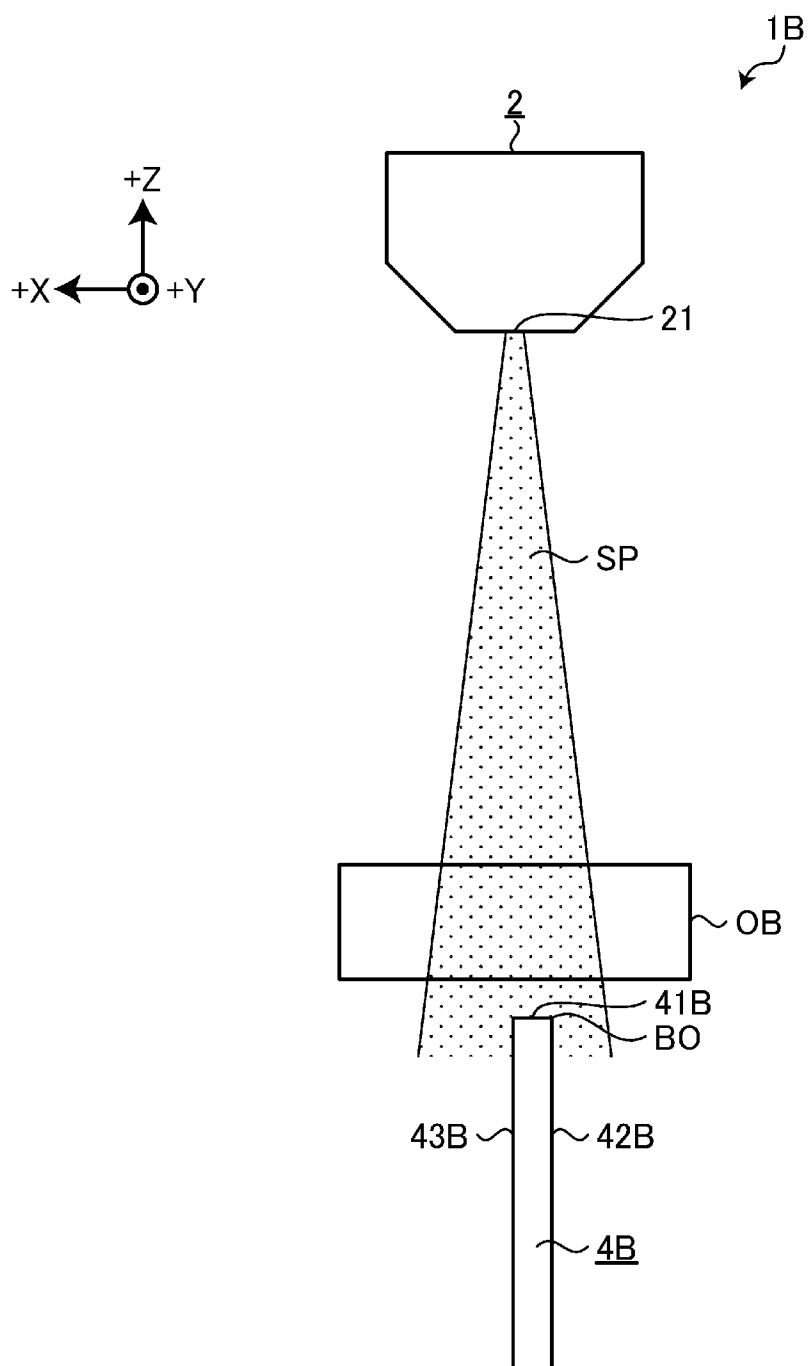
[図5]



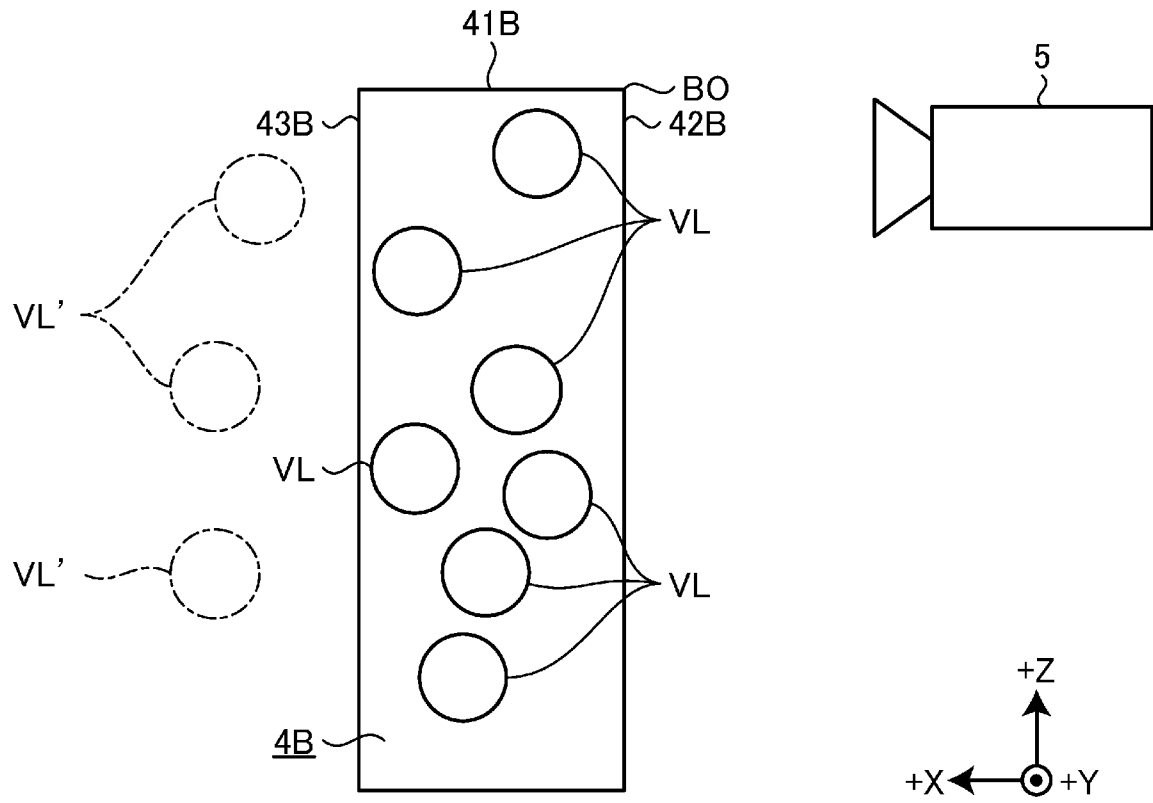
[図6]



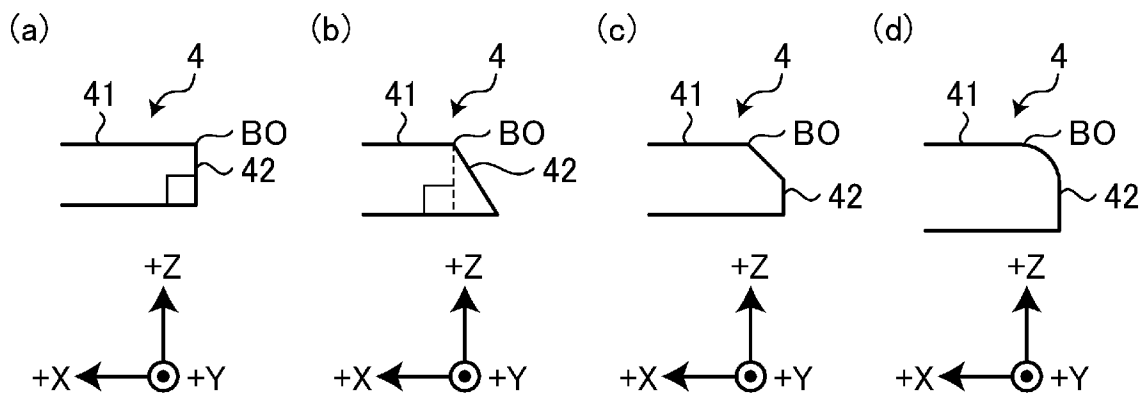
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/028447

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01T 1/20</i> (2006.01)i; <i>G21K 5/02</i> (2006.01)i; <i>G01N 23/04</i> (2018.01)i; <i>G01N 23/18</i> (2018.01)i FI: G01N23/04; G01N23/18; G21K5/02 X; G01T1/20 A		
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) G01N23/00-G01N23/2276,G01B15/00-G01B15/08,A61B6/00-A61B6/14,G01T1/00-G01T7/12		
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) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-178242 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 09 September 2013 (2013-09-09)	1-11
A	JP 2007-155653 A (OLYMPUS CORP.) 21 June 2007 (2007-06-21)	1-11
A	JP 2018-13369 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 25 January 2018 (2018-01-25)	1-11
<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 18 August 2023		Date of mailing of the international search report 29 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/JP2023/028447

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2013-178242 A	09 September 2013	US 2014/0328459 A1 WO 2013/118386 A1 EP 2813841 A1	
JP 2007-155653 A	21 June 2007	(Family: none)	
JP 2018-13369 A	25 January 2018	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01T 1/20(2006.01)i; G21K 5/02(2006.01)i; G01N 23/04(2018.01)i; G01N 23/18(2018.01)i FI: G01N23/04; G01N23/18; G21K5/02 X; G01T1/20 A</p>										
<p>B. 調査を行った分野</p>										
<p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01N23/00-G01N23/2276, G01B15/00-G01B15/08, A61B6/00-A61B6/14, G01T1/00-G01T7/12</p>										
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
<p>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） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)</p>										
<p>C. 関連すると認められる文献</p>										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 2013-178242 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 09.09.2013 (2013 - 09 - 09)	1-11								
A	JP 2007-155653 A (オリンパス株式会社) 21.06.2007 (2007 - 06 - 21)	1-11								
A	JP 2018-13369 A (三菱電機株式会社) 25.01.2018 (2018 - 01 - 25)	1-11								
<p><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。</p>										
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>										
国際調査を完了した日	18.08.2023	国際調査報告の発送日 29.08.2023								
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） 比嘉 翔一 2W 4005 電話番号 03-3581-1101 内線 3258									

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/028447

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 2013-178242 A	09.09.2013	US 2014/0328459 A1 WO 2013/118386 A1 EP 2813841 A1	
JP 2007-155653 A	21.06.2007	(ファミリーなし)	
JP 2018-13369 A	25.01.2018	(ファミリーなし)	