

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年12月7日(07.12.2023)

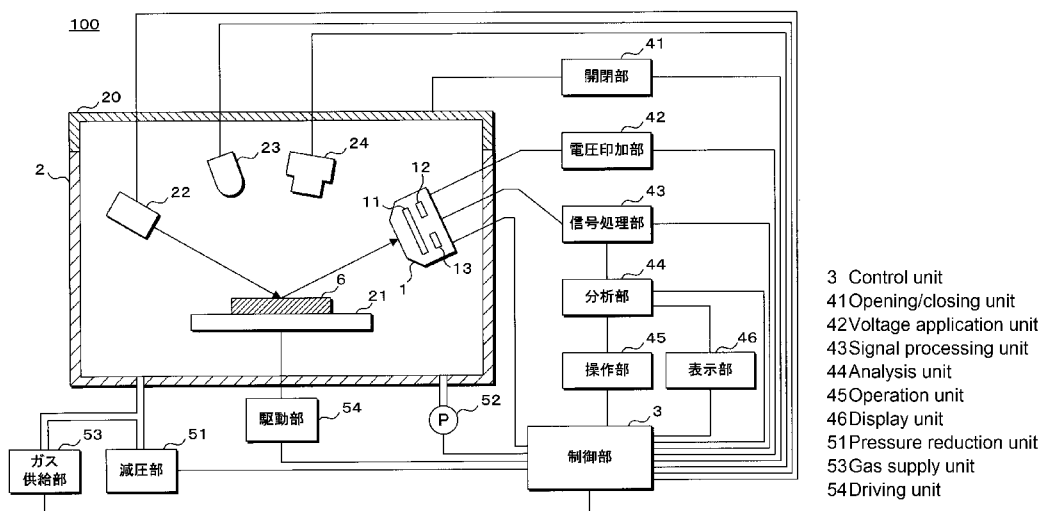


(10) 国際公開番号
WO 2023/234153 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/17 (2006.01) *G01N 23/223* (2006.01)
G01T 1/24 (2006.01) *G01N 23/2252* (2018.01)
G01T 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/019416
- (22) 国際出願日: 2023年5月25日(25.05.2023)
- (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 2022-088954 2022年5月31日(31.05.2022) JP
- (71) 出願人: 株式会社堀場製作所(HORIBA, LTD.)
[JP/JP]; 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 松永 大輔(MATSUNAGA, Daisuke);
〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP).
青山 朋樹(AOYAMA, Tomoki); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 河野 英仁, 外(KOHNO, Hideto et al.);
〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目4番3号 河野特許事務所 Osaka (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,

(54) Title: RADIATION DETECTION DEVICE, CONTROL METHOD, AND COMPUTER PROGRAM

(54) 発明の名称: 放射線検出装置、制御方法及びコンピュータプログラム



(57) Abstract: Provided are a radiation detection device, a control method, and a computer program which make it possible to suppress failure of a radiation detector. This radiation detection device comprises: a sample chamber which can be opened and closed and inside of which a sample is to be disposed; a radiation detector which is disposed inside the sample chamber and which detects radiation generated from the sample; an atmosphere adjustment unit which makes atmosphere adjustment for reducing the pressure inside the sample chamber in a closed state or filling the inside with a specific gas

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))

and which introduces air outside the sample chamber into the inside of the sample chamber in a state where atmosphere adjustment has been made; and a control unit. The radiation detector has: a radiation detection element; a temperature adjustment unit for adjusting the temperature of the radiation detection element; and a temperature sensor for measuring the temperature of the inside of the radiation detector. The control unit, on the basis of the temperature measured by the temperature sensor, controls the atmosphere adjustment unit so as to adjust a timing for introducing air outside the sample chamber into the inside of the sample chamber.

(57) 要約：放射線検出器の不具合を抑制することができる放射線検出装置、制御方法及びコンピュータプログラムを提供する。放射線検出装置は、内部に試料が配置される開閉可能な試料室と、前記試料室の内部に配置されており、前記試料から発生する放射線を検出する放射線検出器と、閉鎖した状態の前記試料室の内部を減圧するか又は特定のガスで充填する雰囲気調整を行い、雰囲気調整が行われた状態の前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する雰囲気調整部と、制御部とを備える。前記放射線検出器は、放射線検出素子と、前記放射線検出素子の温度を調整する温度調整部と、前記放射線検出器の内部の温度を測定する温度センサとを有する。前記制御部は、前記温度センサが測定した温度に基づいて、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入するタイミングを調整するように、前記雰囲気調整部を制御する。

明 細 書

発明の名称：

放射線検出装置、制御方法及びコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、放射線を検出するための放射線検出装置、制御方法及びコンピュータプログラムに関する。

背景技術

[0002] X線等の放射線を検出する放射線検出器には、半導体を用いた放射線検出素子を備えたものがある。放射線の検出感度を高めるために、放射線検出素子は、冷却された状態で使用されることが多い。冷却された放射線検出素子が空気に曝された場合は、放射線検出器内の部品にガス又は水分が吸着し、放射線検出器に故障等の不具合が発生することがある。従来の放射線検出器は、放射線が透過する窓材でなる窓で封じられたハウジングの中に、放射線検出素子を収容している。ハウジングの内側は減圧されており、放射線検出素子が空気に曝されることがなく、ガス又は水分が吸着して放射線検出器に不具合が発生することが防止される。特許文献1には、放射線検出器のハウジングの内側を減圧した状態にするための技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-308632号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 放射線検出器には、窓を設けていないものがある。このような放射線検出器では、ハウジングの内側に空気が侵入し、放射線検出器内の部品にガス又は水分が吸着し、放射線検出器に不具合が発生する可能性がある。

[0005] 本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、放射線検出器の不具合を抑制することができる放射線検出装置、制

御方法及びコンピュータプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、内部に試料が配置される開閉可能な試料室と、前記試料室の内部に配置されており、前記試料から発生する放射線を検出する放射線検出器と、閉鎖した状態の前記試料室の内部を減圧するか又は特定のガスで充填する雰囲気調整を行い、雰囲気調整が行われた状態の前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する雰囲気調整部と、制御部とを備え、前記放射線検出器は、放射線検出素子と、前記放射線検出器の内部の温度を測定する温度センサとを有し、前記制御部は、前記温度センサが測定した温度に基づいて、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入するタイミングを調整するように、前記雰囲気調整部を制御することを特徴とする。
- [0007] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、放射線検出器の内部の温度を測定し、測定した温度に基づいて、試料室の内部へ外部の空気を導入するタイミングを制御する。試料室の内部に配置された放射線検出素子が冷却されている状態で試料室の内部へ外部の空気が導入された場合は、放射線検出素子にガス又は水分が吸着する。放射線検出素子が冷却されている場合には試料室の内部へ外部の空気を導入しないように、空気を導入するタイミングを制御することにより、放射線検出素子へガス又は水分が吸着することが抑制される。
- [0008] 本発明の一形態に係る放射線検出装置では、前記制御部は、前記温度センサが測定した温度が所定の温度閾値を超過した場合に、前記雰囲気調整部に、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入させることを特徴とする。
- [0009] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、放射線検出器の内部の温度が高い場合に、試料室の内部へ外部の空気を導入する。放射線検出器の内部の温度が高くなった状態では、放射線検出素子の温度も高くなっており、放射線検出素子へのガス又は水分の吸着は発生し難い。

- [0010] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、前記放射線検出素子の温度を調整する温度調整部と、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入することを指示する導入指示を受け付ける導入指示受付部とを更に備え、前記制御部は、前記導入指示受付部が前記導入指示を受け付けた場合に、前記温度調整部に、前記放射線検出素子を加熱させることを特徴とする。
- [0011] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、試料室の内部へ外部の空気を導入することを指示する導入指示を受け付けた場合に、放射線検出素子を加熱する。放射線検出素子を加熱することにより、放射線検出素子の温度を素早く上昇させ、試料室の内部へ外部の空気を導入するまでの時間を短縮することができる。
- [0012] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、前記試料室の開放を待機することを指示する待機指示を出力する出力部を更に備え、前記制御部は、前記雰囲気調整部が前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する前の期間に、前記出力部に前記待機指示を出力させることを特徴とする。
- [0013] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、試料室の内部へ外部の空気を導入する前の期間に、試料室の開放を待機することを指示する待機指示を出力する。待機指示が出力されることにより、使用者が試料室を無理に開放することが抑止される。
- [0014] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、前記放射線検出素子の温度を調整する温度調整部と、前記試料室の内部のガス圧を測定するガス圧センサとを更に備え、前記制御部は、前記雰囲気調整部が雰囲気調整を開始し、前記ガス圧センサが測定したガス圧が所定の圧力閾値以下になった場合に、前記温度調整部に、前記放射線検出素子の冷却を開始させることを特徴とする。
- [0015] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、試料室内のガス圧が所定の圧力閾値以下になった場合に、放射線検出素子の冷却を開始する。試料室が減圧された状態では、冷却された放射線検出素子にはガス又は水分が吸着し難く、放射線検出素子に特定のガスが吸着したとしても、不具合は発生し難い。このため、放射線検出器の不具合の発生が抑制される。

- [0016] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、前記放射線検出素子の温度を調整する温度調整部を更に備え、前記制御部は、前記雰囲気調整部が雰囲気調整を開始し、前記試料室の内部へ前記特定のガスを所定時間供給した場合に、前記温度調整部に、前記放射線検出素子の冷却を開始させることを特徴とする。
- [0017] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、試料室の内部へ特定のガスを所定時間供給した場合に、放射線検出素子の冷却を開始する。不活性ガス等の特定のガスが十分に試料室に供給された状態では、冷却された放射線検出素子には水分が吸着し難く、放射線検出素子に特定のガスが吸着したとしても、不具合は発生し難い。このため、放射線検出器の不具合の発生が抑制される。
- [0018] 本発明の一形態に係る放射線検出装置では、前記放射線検出器は、前記放射線検出素子を内部に收容するハウジングを更に有し、前記ハウジングは、塞がれていない開口部を有することを特徴とする。
- [0019] 本発明の一形態においては、放射線検出素子はハウジングに收容されており、ハウジングには窓材で塞がれていない開口部が設けられている。開口部を通過した放射線が放射線検出素子へ入射し、検出される。放射線検出装置は、エネルギーが低いために窓材を透過することができない放射線を検出することができる。
- [0020] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、前記試料へ放射線を照射する照射部と、前記放射線検出器が検出した放射線のスペクトルを生成するスペクトル生成部と、前記スペクトル生成部が生成したスペクトルを表示する表示部とを更に備えることを特徴とする。
- [0021] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、試料へ放射線を照射し、試料から発生する放射線のスペクトルを生成し、生成したスペクトルを表示部に表示する。使用者は、試料から発生した放射線のスペクトルを確認することができる。
- [0022] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、前記試料を照明するために点灯

する照明部と、前記放射線検出素子に電圧を印加する電圧印加部とを更に備え、前記制御部は、前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を停止させた後に、前記照明部を点灯させ、前記照明部を消灯させた後に、前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を開始させることを特徴とする。

[0023] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、放射線検出素子への電圧印加を停止した後に、照明部を点灯する。照明光が放射線検出素子へ入射したとしても、放射線検出素子は動作しておらず、電流信号は出力されない。また、放射線検出装置は、照明部を消灯した後に、放射線検出素子への電圧印加を開始する。放射線を検出することが可能な状態になった放射線検出素子には、照明光は入射しない。従って、放射線検出素子へ照明光が入射することを原因として放射線検出素子からの電流信号が増加することはなく、電流信号の増加によって不具合が発生することはない。

[0024] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、放射線の検出を開始することを指示する開始指示を受け付ける開始指示受付部を更に備え、前記制御部は、前記開始指示受付部が前記開始指示を受け付けた場合に、前記照明部を消灯させ、前記照明部が消灯した後に、前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を開始させることを特徴とする。

[0025] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、放射線検出の開始指示を受け付けた場合に、照明部を消灯し、放射線検出素子への電圧印加を開始する。使用者が開始指示を入力しただけで、放射線検出素子への照明光の入射を防止しながら、放射線検出が自動で行われる。

[0026] 本発明の一形態に係る放射線検出装置では、前記制御部は、前記放射線検出素子を用いた放射線の検出を行った後に、前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を停止させ、前記放射線検出素子への電圧印加が停止した後に、前記照明部を点灯させることを特徴とする。

[0027] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、放射線検出を行った後に、放射線検出素子への電圧印加を停止し、照明部を点灯する。放射線検出が

行われた後は、動作している放射線検出素子への照明光の入射を防止しながら、試料の観察が可能となる。

[0028] 本発明の一形態に係る放射線検出装置では、前記制御部は、前記放射線検出素子への電圧印加が停止してから、所定の待機時間が経過した後に、前記照明部を点灯させることを特徴とする。

[0029] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、放射線検出素子への電圧印加を停止してから所定の待機時間が経過した後に、照明部を点灯する。待機時間は、電圧を安定させるためのキャパシタが放電し、キャパシタから放射線検出素子へ印加される電圧が放射線検出器が動作しない電圧にまで変わる時間である。照明光が放射線検出素子へ入射したとしても、放射線検出素子は放射線検出のための動作を行っておらず、照明光による悪影響は生じない。

[0030] 本発明の一形態に係る制御方法は、内部に試料が配置される開閉可能な試料室と、前記試料室の内部に配置されており、前記試料から発生する放射線を検出する放射線検出器と、閉鎖した状態の前記試料室の内部を減圧するか又は特定のガスで充填する雰囲気調整を行い、雰囲気調整が行われた状態の前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する雰囲気調整部とを備え、前記放射線検出器は、放射線検出素子と、前記放射線検出器の内部の温度を測定する温度センサとを有する放射線検出装置を制御する方法であって、前記温度センサが測定した温度を取得し、取得した前記温度が所定の閾値を超過した場合に、前記雰囲気調整部に、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入させることを特徴とする。

[0031] 本発明の一形態に係るコンピュータプログラムは、内部に試料が配置される開閉可能な試料室と、前記試料室の内部に配置されており、前記試料から発生する放射線を検出する放射線検出器と、閉鎖した状態の前記試料室の内部を減圧するか又は特定のガスで充填する雰囲気調整を行い、雰囲気調整が行われた状態の前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する雰囲気調整部とを備え、前記放射線検出器は、放射線検出素子と、前記放射線検

出器の内部の温度を測定する温度センサとを有する放射線検出装置を制御するコンピュータに、前記温度センサが測定した温度を取得し、取得した前記温度が所定の閾値を超過した場合に、前記雰囲気調整部により、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する処理を実行させることを特徴とする。

[0032] 本発明の一形態においては、放射線検出器の内部の温度が取得され、放射線検出器の内部の温度が高い場合に、試料室の内部へ外部の空気が導入される。放射線検出器の内部の温度が高くなった状態では、放射線検出素子の温度も高くなっており、放射線検出素子へのガス又は水分の吸着は発生し難い。放射線検出素子が冷却されている状態では試料室の内部へ外部の空気を導入しないようになり、放射線検出素子へガス又は水分が吸着することが抑制される。

発明の効果

[0033] 本発明にあつては、放射線検出素子にガス又は水分が吸着することを原因とした放射線検出器の不具合が抑制される。このため、安定的に放射線検出を行うことができるようになる等、本発明は優れた効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]放射線検出装置の機能構成例を示すブロック図である。
[図2]放射線検出器の構成を示す模式的断面図である。
[図3]放射線検出素子及びコリメータを示す模式的断面図である。
[図4]制御部の内部の構成例を示すブロック図である。
[図5]制御部が実行する処理の手順の例を示すフローチャートである。
[図6]制御部が実行する処理の手順の例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0035] 以下本発明をその実施の形態を示す図面に基づき具体的に説明する。

図1は、放射線検出装置100の機能構成例を示すブロック図である。放射線検出装置100は、例えば蛍光X線分析装置である。放射線検出装置100は、試料6が載置される試料台21と、試料6に電子線又はX線等の放

射線を照射する照射部 22 と、試料 6 を照明する照明部 23 と、試料 6 を撮影する撮影部 24 と、放射線検出器 1 とを備えている。照明部 23 は、LED (light-emitting diode) 等の光源を有し、光源の点灯及び消灯を行うことが可能である。光源が点灯することによって、照明部 23 は、試料台 21 に載置された試料 6 を照明する。撮影部 24 は、照明部 23 によって照明された試料 6 を撮影する。例えば、撮影部 24 は、光学系と撮像素子とを有する。照射部 22 から試料 6 へ放射線が照射され、試料 6 では蛍光 X 線等の特性 X 線が発生し、放射線検出器 1 は試料 6 から発生した特性 X 線を検出する。図中には、放射線及び特性 X 線を矢印で示している。なお、放射線検出装置 100 は、試料台 21 に載置させる方法以外の方法で試料 6 を保持する形態であってもよい。

[0036] 放射線検出装置 100 は、試料室 2 を備えている。試料室 2 は、箱状であり、開閉可能な蓋部 20 を有する。蓋部 20 が閉鎖されることにより、試料室 2 は密閉される。蓋部 20 には、蓋部 20 を開閉駆動させる開閉部 41 が連結されている。試料室 2 の内部には、試料台 21 と、照射部 22 と、照明部 23 の少なくとも光源と、撮影部 24 と、放射線検出器 1 とが配置されている。試料台 21 に試料 6 が載置されることによって、試料室 2 の内部に試料 6 が配置される。照射部 22 は、試料室 2 の外部から、試料室 2 の内部に配置された試料 6 へ放射線を照射する形態であってもよい。照明部 23 は、試料室 2 の外部から、試料室 2 の内部に配置された試料 6 を照明する形態であってもよい。撮影部 24 は、試料室 2 の外部から、試料室 2 の内部に配置された試料 6 を撮影する形態であってもよい。

[0037] 放射線検出器 1 には、放射線検出素子 11、プリアンプ 12 及び温度センサ 13 が含まれている。プリアンプ 12 は、一部が放射線検出器 1 の内部に含まれ他の部分が放射線検出器 1 の外部に配置されていてもよい。温度センサ 13 は、放射線検出器 1 の内部の温度を測定する。例えば、温度センサ 13 はサーミスタ又は熱電対を用いて構成されている。放射線検出器 1 には、放射線検出素子 11 に放射線検出のために必要な電圧を印加する電圧印加部

4 2 と、信号処理部 4 3 とが接続されている。また、電圧印加部 4 2 は、プリアンプ 1 2 が動作するために必要な電圧を、プリアンプ 1 2 に印加する。信号処理部 4 3 には、分析部 4 4 が接続されている。分析部 4 4 はコンピュータを用いて構成されている。

[0038] 放射線検出装置 1 0 0 は、制御部 3 を備えている。制御部 3 には、照射部 2 2、照明部 2 3、撮影部 2 4、放射線検出器 1、開閉部 4 1、電圧印加部 4 2、信号処理部 4 3 及び分析部 4 4 が接続されている。制御部 3 は、照射部 2 2、照明部 2 3、撮影部 2 4、放射線検出器 1、開閉部 4 1、電圧印加部 4 2、信号処理部 4 3 及び分析部 4 4 の動作を制御する。制御部 3 及び分析部 4 4 には、操作部 4 5 及び表示部 4 6 が接続されている。操作部 4 5 は、使用者からの操作を受け付けることにより、テキスト等の情報の入力を受け付ける。操作部 4 5 は、例えばタッチパネル、キーボード又はポインティングデバイスである。表示部 4 6 は、画像を表示する。表示部 4 6 は、例えば、液晶ディスプレイ又は EL ディスプレイ (Electroluminescent Display) である。

[0039] 試料台 2 1 には、試料台 2 1 を駆動させる駆動部 5 4 が連結されている。駆動部 5 4 は、例えばステッピングモータを用いて構成されている。駆動部 5 4 が試料台 2 1 を駆動させることによって、試料台 2 1 は移動する。例えば、試料台 2 1 は、水平方向に移動する。試料台 2 1 が移動することにより、試料台 2 1 に載置された試料 6 は移動する。なお、放射線検出装置 1 0 0 は、駆動部 5 4 を備えていない形態であってもよい。

[0040] 試料室 2 には、試料室 2 の内部を減圧する減圧部 5 1 と、試料室 2 の内部へガスを供給するガス供給部 5 3 とが連結されている。また、放射線検出装置 1 0 0 は、試料室 2 の内部にあるガスの圧力 (ガス圧) を測定するガス圧センサ 5 2 を備えている。減圧部 5 1 は、蓋部 2 0 が閉鎖した状態で、試料室 2 の内部を減圧する。また、減圧部 5 1 は、試料室 2 の外部の空気を試料室 2 の内部へ導入することによって、試料室 2 の内部のガス圧を試料室 2 の外部と同等のガス圧へ戻すことができる。減圧部 5 1 は、例えば、真空ポン

プ及びリークバルブを用いて構成されている。

[0041] ガス供給部53は、減圧された試料室2の内部へ不活性ガス又は乾燥空気を供給する。これにより、試料室2の内部に不活性ガス又は乾燥空気が充填される。不活性ガス又は乾燥空気は特定のガスに対応する。例えば、不活性ガスはヘリウムである。ガス供給部53は、例えば、不活性ガス又は乾燥空気が貯留されたガスタンクと、電磁弁とを用いて構成されている。減圧部51、ガス供給部53及びガス圧センサ52は、制御部3に接続されている。制御部3は、減圧部51及びガス供給部53の動作を制御する。

[0042] 減圧部51及びガス供給部53は、雰囲気調整部に対応する。減圧部51及びガス供給部53は、試料室2の内部に不活性ガス又は乾燥空気を充填することによって、試料室2の内部の雰囲気を調整する雰囲気調整を行う。なお、放射線検出装置100は、ガス供給部53を用いない形態であってもよい。この形態では、放射線検出装置100は、ガス供給部53を備えていなくてもよい。この形態では、減圧部51は、雰囲気調整部に対応し、試料室2の内部を減圧することによって、雰囲気調整を行う。或いは、放射線検出装置100は、減圧部51を用いない形態であってもよい。この形態では、放射線検出装置100は、減圧部51を備えていなくてもよい。この形態では、ガス供給部53は、不活性ガス又は乾燥空気を供給することによって、試料室2の内部にある空気を押し出して排出させ、試料室2の内部に不活性ガス又は乾燥空気を充填する。このようにして、この形態のガス供給部53は雰囲気調整を行う。

[0043] 図2は、放射線検出器1の構成を示す模式的断面図である。放射線検出器1は、SDD (Silicon Drift Detector) である。放射線検出器1は、円筒の一端に切頭錐体が連結した形状のハウジング17を備えている。ハウジング17は、板状の底板部にキャップ状のカバーが被さって構成されている。ハウジング17の先端には、開口部171が形成されている。開口部171には窓材を有する窓は設けられておらず、開口部171は塞がれていない。ハウジング17の内側には、放射線検出素子11、コリメータ14、回路基

板 15、温度調整部 16 及びコールドフィンガ 18 が配置されている。ハウジング 17 は、放射線検出素子 11、コリメータ 14、回路基板 15 及び温度調整部 16 を收容している。温度調整部 16 は、放射線検出素子 11 の冷却及び加熱を行う。温度調整部 16 は、例えば、ペルチェ素子を用いて構成されている。

[0044] 放射線検出素子 11 は、回路基板 15 の表面に実装されており、開口部 171 に対向する位置に配置されている。コリメータ 14 は、両端が開口した筒状であり、放射線を遮蔽する材料で構成されている。コリメータ 14 は、放射線検出素子 11 と開口部 171 との間に配置されている。コリメータ 14 の一端は開口部 171 に対向しており、他端は放射線検出素子 11 の表面に対向している。主に開口部 171 を通過して放射線がハウジング 17 の内側へ入射し、コリメータ 14 は、放射線の一部を遮蔽する。放射線検出素子 11 は、コリメータ 14 で遮蔽されずに入射した放射線を検出する。

[0045] 回路基板 15 には、回路が形成されており、プリアンプ 12 及び温度センサ 13 が実装されている。図 2 では、プリアンプ 12 及び温度センサ 13 を省略している。温度センサ 13 は放射線検出素子 11 の温度を測定してもよい。回路基板 15 の裏面は、直接に又は介在物を介して、温度調整部 16 の一端に熱的に接触している。温度調整部 16 の他端はコールドフィンガ 18 に熱的に接触している。コールドフィンガ 18 は、温度調整部 16 が熱的に接触する平板状の部分と、ハウジング 17 の底板部を貫通している部分とを有している。温度調整部 16 が放射線検出素子 11 を冷却する場合は、放射線検出素子 11 の熱は、回路基板 15 を通じて温度調整部 16 に吸熱され、温度調整部 16 からコールドフィンガ 18 へ伝わり、コールドフィンガ 18 を通じて放射線検出器 1 の外部へ放熱される。

[0046] 放射線検出器 1 は、ハウジング 17 の底板部を貫通した複数のリードピン 19 を備えている。リードピン 19 は、ワイヤボンディング等の方法で回路基板 15 に接続されている。電圧印加部 42 による放射線検出素子 11 への電圧の印加と、プリアンプ 12 からの信号の出力とはリードピン 19 を通じ

て行われる。温度センサ13は、リードピン19を介して制御部3に接続されている。なお、放射線検出器1は、その他の構成物を更に備えていてもよい。

[0047] 図3は、放射線検出素子11及びコリメータ14を示す模式的断面図である。放射線検出素子11は、シリコンドリフト型放射線検出素子である。放射線検出素子11は、全体的に平板状である。放射線検出素子11は、Si（シリコン）からなる板状の半導体部112を備えている。半導体部112の成分はn型のSiである。放射線検出素子11は、検出対象の放射線が入射する入射側に位置する入射面111と、入射面111の裏側に位置する電極面116とを有する。入射面111の一部は、コリメータ14で覆われている。放射線検出素子11は、電極面116が回路基板15に対向し、入射面111が開口部171に対向するように、配置されている。

[0048] 半導体部112の入射面111側にある部分には、電極層113が設けられている。電極層113は、Siを半導体部112の成分とは異なる型の半導体にするドーパントがドーピングされている。電極層113の成分は、ホウ素等の特定のドーパントがSiにドーピングされたp型のSiであり、例えば、p+Siである。電極層113は、平面視で入射面111の中央に対応する部分を含む、入射面111に沿った大半の領域に形成されている。例えば、電極層113の形状は平面視で円状である。入射面111の中でコリメータ14で覆われていない部分に対応する領域には全て電極層113が形成されている。入射面111に沿った領域の周縁には、電極層113が形成されていない部分が存在する。

[0049] 半導体部112の電極面116側にある部分には、放射線検出時に信号を出力する電極である信号出力電極115が設けられている。信号出力電極115の成分は、半導体部112と同じ型のSiである。例えば、信号出力電極115の成分は、リン等の特定のドーパントがSiにドーピングされたn+Siである。また、半導体部112の電極面116側にある部分には、平面視で多重の環状になった複数の曲線状電極114が設けられている。曲線状電

極 1 1 4 の成分は、半導体部 1 1 2 とは異なる型の半導体であり、ホウ素等の特定のドーパントが Si にドーブされた p 型の Si である。例えば、曲線状電極 1 1 4 の成分は、 $p + Si$ である。複数の曲線状電極 1 1 4 はほぼ同心であり、複数の曲線状電極 1 1 4 のほぼ中心に信号出力電極 1 1 5 が位置している。即ち、複数の曲線状電極 1 1 4 は信号出力電極 1 1 5 を囲んでおり、信号出力電極 1 1 5 と夫々の曲線状電極 1 1 4 との間の距離は異なる。

[0050] 図 3 には四つの曲線状電極 1 1 4 を示しているが、実際にはより多くの曲線状電極 1 1 4 が設けられている。なお、曲線状電極 1 1 4 の形状は円環以外の環であってもよく、多重の曲線状電極 1 1 4 は同心でなくともよい。曲線状電極 1 1 4 の形状は環の一部が欠けた形状であってもよい。信号出力電極 1 1 5 は、多重の曲線状電極 1 1 4 の中心以外の位置に配置されていてもよい。放射線検出素子 1 1 は、信号出力電極 1 1 5、複数の曲線状電極 1 1 4 及び電極層 1 1 3 の組を複数有する形態であってもよい。

[0051] 最も内側の曲線状電極 1 1 4 と、最も外側の曲線状電極 1 1 4 とは、電圧印加部 4 2 に接続されている。複数の曲線状電極 1 1 4 は、最も内側の曲線状電極 1 1 4 の電位が最も高く、最も外側の曲線状電極 1 1 4 の電位が最も低くなるように、電圧印加部 4 2 から電圧を印加される。また、放射線検出素子 1 1 は、信号出力電極 1 1 5 からの距離が互いに異なり隣接する曲線状電極 1 1 4 の間に、所定の電気抵抗が発生するように構成されている。例えば、隣接する曲線状電極 1 1 4 の間に位置する部分の成分を調整することで、二つの曲線状電極 1 1 4 が接続される電気抵抗チャンネルが形成されている。即ち、複数の曲線状電極 1 1 4 は、電気抵抗を介して数珠つなぎに接続されている。電圧が印加されることによって、夫々の曲線状電極 1 1 4 は、外側の曲線状電極 1 1 4 から内側の曲線状電極 1 1 4 に向けて順々に単調に増加する電位を有する。即ち、曲線状電極 1 1 4 の電位は、信号出力電極 1 1 5 に遠い曲線状電極 1 1 4 から信号出力電極 1 1 5 に近い曲線状電極 1 1 4 へ向けて順々に増加する。なお、複数の曲線状電極 1 1 4 の中に、電位が同じ隣接する一对の曲線状電極 1 1 4 が含まれていてもよい。

- [0052] 複数の曲線状電極 1 1 4 の電位によって、半導体部 1 1 2 内には、段階的に信号出力電極 1 1 5 に近いほど電位が高く信号出力電極 1 1 5 から遠いほど電位が低くなる電界（電位勾配）が生成される。また、電極層 1 1 3 は、電圧印加部 4 2 に接続されている。電極層 1 1 3 は、電極層 1 1 3 の電位が最も内側の曲線状電極 1 1 4 と最も外側の曲線状電極 1 1 4 との間の電位になるように、電圧印加部 4 2 から電圧が印加される。このように、半導体部 1 1 2 の内部には、信号出力電極 1 1 5 に近づくほど電位が高くなる電界が生成される。
- [0053] 照射部 2 2 から試料 6 へ放射線が照射され、試料 6 では蛍光 X 線等の特性 X 線が発生し、放射線検出器 1 へ入射する。特性 X 線からなる放射線は、主に開口部 1 7 1 を通過し、放射線検出器 1 の内部へ入射する。放射線検出器 1 の内部へ入射した放射線の一部は、コリメータ 1 4 で遮蔽される。コリメータ 1 4 で遮蔽されなかった放射線は、放射線検出素子 1 1 へ入射する。放射線検出素子 1 1 へ入射した放射線は、半導体部 1 1 2 へ入射する。
- [0054] 半導体部 1 1 2 へ入射した放射線は、半導体部 1 1 2 内で吸収され、吸収された放射線のエネルギーに応じた量の電荷が、半導体部 1 1 2 内に発生する。発生する電荷は電子及び正孔である。発生した電荷は、半導体部 1 1 2 の内部の電界によって移動し、一方の種類の電荷は、信号出力電極 1 1 5 へ集中して流入する。本実施形態では、放射線の入射によって発生した電子が移動し、信号出力電極 1 1 5 へ流入する。信号出力電極 1 1 5 へ流入した電荷は電流信号となって出力される。
- [0055] 信号出力電極 1 1 5 はプリアンプ 1 2 に接続されている。信号出力電極 1 1 5 が出力した信号はプリアンプ 1 2 へ入力される。プリアンプ 1 2 は、電流信号を電圧信号へ変換する。プリアンプ 1 2 は、放射線のエネルギーに応じた強度の信号を出力する。プリアンプ 1 2 は信号処理部 4 3 に接続されている。プリアンプ 1 2 が信号を出力することにより、放射線検出器 1 は、放射線のエネルギーに応じた強度の信号を信号処理部 4 3 へ出力する。
- [0056] 放射線検出器 1 は、電圧印加部 4 2 からプリアンプ 1 2 への電圧印加を制

御する制御基板を含んでいてもよい。この制御基板は、プリアンプ12が出力する信号の強度が所定の閾値を超過した場合に、電圧印加部42からプリアンプ12への電圧印加を停止する処理を行う。制御基板は、電圧印加を停止することによって、プリアンプ12の動作を停止させる。照明光が放射線検出素子11へ入射し、放射線検出素子11からプリアンプ12を経由して出力される電流信号の強度が大きく上昇した場合に、故障等の不具合が発生することがある。制御基板は、出力される電流信号が大きすぎる場合にプリアンプ12の動作を停止させることによって、プリアンプ12の故障等の不具合の発生を防止する。制御基板は、放射線検出器1の外側に配置されてもよい。

[0057] 信号処理部43は、放射線検出器1が出力した信号を受け付け、信号の強度を検出することにより、放射線検出器1が検出した放射線のエネルギーに対応する信号値を検出する。信号処理部43は、信号値別に信号をカウントし、信号値とカウント数との関係を示すデータを分析部44へ出力する。

[0058] 分析部44は、信号処理部43が出力した信号値とカウント数との関係を示すデータを受け付ける。分析部44は、信号処理部43からのデータに基づいて、放射線検出器1へ入射した放射線のスペクトルを生成する。信号値は放射線のエネルギーに対応し、カウント数は放射線を検出した回数に対応するので、信号値とカウント数との関係から、放射線のスペクトルが得られる。スペクトルは、放射線のエネルギーと強度との関係を示す。放射線検出器1が出力した信号を信号値別にカウントする処理は、信号処理部43ではなく分析部44で行ってもよい。放射線のスペクトルの生成は信号処理部43で行われてもよい。分析部44は、放射線のスペクトルを表したスペクトルデータを記憶する。信号処理部43及び分析部44は、スペクトル生成部に対応する。表示部46は、放射線のスペクトルを表示する。使用者は、試料6から発生した特性X線のスペクトルを確認することができる。分析部44は、更に、放射線のスペクトルに基づいた情報処理を行ってもよい。例えば、分析部44は、試料6からの特性X線のスペクトルに基づいて、試料6

に含まれる元素の定性分析又は定量分析を行う。

[0059] 図4は、制御部3の内部の構成例を示すブロック図である。制御部3は、パーソナルコンピュータ等のコンピュータを用いて構成されている。制御部3は、演算部31と、メモリ32と、読取部33と、記憶部34と、インタフェース部35とを備えている。演算部31は、例えばCPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、又はマルチコアCPUを用いて構成されている。演算部31は、量子コンピュータを用いて構成されていてもよい。メモリ32は、演算に伴って発生する一時的なデータを記憶する。メモリ32は、例えばRAM (Random Access Memory) である。読取部33は、光ディスク又は可搬型メモリ等の記録媒体30から情報を読み取る。記憶部34は、不揮発性であり、例えばハードディスク又は不揮発性半導体メモリである。

[0060] 演算部31は、記録媒体30に記録されたコンピュータプログラム341を読取部33に読み取らせ、読み取ったコンピュータプログラム341を記憶部34に記憶させる。演算部31は、コンピュータプログラム341に従って、制御部3に必要な処理を実行する。なお、コンピュータプログラム341は、制御部3の外部からダウンロードされてもよい。又は、コンピュータプログラム341は、記憶部34に予め記憶されていてもよい。これらの場合は、制御部3は読取部33を備えていなくてもよい。なお、制御部3は、複数のコンピュータで構成されていてもよい。或いは、制御部3及び分析部44は同一のコンピュータで構成されていてもよい。

[0061] 制御部3には、操作部45及び表示部46が接続されている。放射線検出装置100の他の部分は、インタフェース部35に接続されている。使用者は、操作部45を操作することにより、測定開始の指示等の各種の指示を制御部3へ入力する。制御部3は、操作部45を用いて入力された指示を受け付ける。表示部46は画像を表示する。制御部3は、情報を含む画像を表示部46に表示することにより、放射線検出に必要な情報を出力する。制御部3は、インタフェース部35を通じて、放射線検出装置100の各部から信

号を受け付けることにより、制御に必要な情報を受け付ける。制御部3は、インタフェース部35を通じて、放射線検出装置100の各部へ制御信号を送信することにより、各部の動作を制御する。

[0062] 放射線検出装置100では、開口部171は窓材で塞がれておらず、開口部171を通過した放射線が検出される。検出される放射線は窓材を透過する必要が無いので、放射線検出装置100は、低エネルギーの放射線を検出する感度が高い。一方で、試料6の交換等の作業を行うために、試料室2を開放し、試料室2の内部へ外部の空気を導入する必要がある。試料室2の内部へ外部の空気を導入した際には、開口部171を通過して放射線検出器1の内部へ空気が侵入し、放射線検出素子11にガス又は水分が吸着し、不具合が発生し得る。制御部3は、不具合の発生を抑制するように放射線検出装置100を制御する制御方法を実行する。

[0063] 図5及び図6は、制御部3が実行する処理の手順の例を示すフローチャートである。以下、ステップをSと略す。演算部31がコンピュータプログラム341に従って情報処理を実行することにより、制御部3は以下の処理を実行する。試料台21に試料6が載置され、蓋部20が閉じて試料室2が閉鎖された状態で、制御部3は、雰囲気調整の指示を受け付ける(S1)。S1では、演算部31は、雰囲気調整の指示を受け付けるための受付画像を表示部46に表示し、使用者が操作部45を操作することにより、雰囲気調整の指示を受け付ける。例えば、雰囲気調整を指示するためのボタンを含む画像が表示され、使用者が操作部45を操作して、画像上でボタンを指定することにより、雰囲気調整の指示が入力される。雰囲気調整を指示するためのボタンとして、「減圧」、「真空引き」又は「ガス置換」等の、雰囲気調整の内容を示すボタンが表示されてもよい。なお、放射線検出装置100は、押下ボタン等の雰囲気調整の指示を受け付けるためのハードウェアを備えていてもよい。

[0064] 制御部3は、次に、試料室2の内部の雰囲気調整を開始する(S2)。ガス供給部53を用いない形態では、S2で、演算部31は、インタフェース

部 3 5 を通じて、減圧部 5 1 へ制御信号を送信することにより、雰囲気調整を開始するように、減圧部 5 1 を制御する。制御部 3 は、試料室 2 の内部のガス圧が所定の目標値になるまで試料室 2 の内部を減圧させることによって、雰囲気調整を行う。

[0065] ガス供給部 5 3 を用いる形態では、S 2 で、演算部 3 1 は、インタフェース部 3 5 を通じて、減圧部 5 1 及びガス供給部 5 3 へ制御信号を送信することにより、雰囲気調整を開始するように、減圧部 5 1 及びガス供給部 5 3 を制御する。雰囲気調整では、制御部 3 は、減圧部 5 1 に、試料室 2 の内部のガス圧が所定の目標圧力になるまで試料室 2 の内部を減圧させ、次に、ガス供給部 5 3 に、試料室 2 の内部へ不活性ガス又は乾燥空気を供給させる。試料室 2 の内部の減圧を行わずに、ガス供給部 5 3 から不活性ガス又は乾燥空気の供給を行ってもよい。不活性ガス又は乾燥空気の供給により、試料室 2 の内部は不活性ガス又は乾燥空気で充填される。

[0066] ガス圧センサ 5 2 は試料室 2 の内部のガス圧を測定し、制御部 3 は、ガス圧センサ 5 2 が測定したガス圧を取得する。ガス圧センサ 5 2 は、測定したガス圧を示す信号を出力し、制御部 3 は、ガス圧センサ 5 2 からの信号をインタフェース部 3 5 で受信することにより、ガス圧を取得する。

[0067] 制御部 3 は、次に、ガス圧センサ 5 2 が測定したガス圧が所定の圧力閾値以下であるか否か、又は、試料室 2 の内部へ不活性ガス若しくは乾燥空気の供給を開始してから所定の目標時間が経過したか否かを判定する (S 3)。ガス供給部 5 3 を用いない形態では、S 3 で、演算部 3 1 は、ガス圧が圧力閾値以下であるか否かを判定する。圧力閾値は、大気圧よりも低く、目標圧力以上の値である。圧力閾値は、予め記憶部 3 4 に記憶されているか、又はコンピュータプログラム 3 4 1 に含まれている。圧力閾値は例えば 200 Pa である。ガス圧が圧力閾値以下であることは、試料室 2 の内部が既に減圧されていることを意味する。

[0068] ガス供給部 5 3 を用いる形態では、演算部 3 1 は、不活性ガス又は乾燥空気を試料室 2 の内部へ供給し始めてから経過した時間を計測する。S 3 では

、演算部 3 1 は、不活性ガス又は乾燥空気の供給を開始してからの経過時間が所定の目標時間に達したか否かを判定する。目標時間の値は、予め記憶部 3 4 に記憶されているか、又はコンピュータプログラム 3 4 1 に含まれている。不活性ガス又は乾燥空気の供給を開始してから目標時間が経過したことは、ある程度の量の不活性ガス又は乾燥空気が試料室 2 の内部に充填されていることを意味する。

[0069] ガス圧センサ 5 2 が測定したガス圧が圧力閾値を超過する場合、又は、試料室 2 の内部へ不活性ガス若しくは乾燥空気の供給を開始してから経過した時間が目標時間未満である場合は (S 3 : N O)、制御部 3 は、S 3 の処理を繰り返す。ガス供給部 5 3 を用いない形態では、演算部 3 1 は、ガス圧が圧力閾値を超過する場合に、S 3 の処理を繰り返す。ガス供給部 5 3 を用いる形態では、演算部 3 1 は、不活性ガス又は乾燥空気の供給を開始してからの経過時間が目標時間未満である場合に、S 3 の処理を繰り返す。なお、放射線検出装置 1 0 0 は、S 3 で、ガス圧センサ 5 2 が測定したガス圧が圧力閾値未満であるか否か、又は、不活性ガス又は乾燥空気の供給を開始してからの経過時間が目標時間を超過するか否かを判定する形態であってもよい。

[0070] ガス圧センサ 5 2 が測定したガス圧が圧力閾値以下である場合、又は、試料室 2 の内部へ不活性ガス若しくは乾燥空気の供給を開始してから目標時間が経過した場合は (S 3 : Y E S)、制御部 3 は、放射線検出素子 1 1 の冷却を開始する (S 4)。ガス供給部 5 3 を用いない形態では、演算部 3 1 は、ガス圧が圧力閾値以下である場合に、温度調整部 1 6 に放射線検出素子 1 1 の冷却を開始させる。ガス供給部 5 3 を用いる形態では、演算部 3 1 は、不活性ガス又は乾燥空気の供給を開始してから目標時間が経過した場合に、温度調整部 1 6 に放射線検出素子 1 1 の冷却を開始させる。S 4 では、例えば、演算部 3 1 は、インタフェース部 3 5 を通じて、放射線検出器 1 へ制御信号を送信することにより、温度調整部 1 6 に含まれるペルチェ素子に放射線検出素子 1 1 を冷却するための電圧を印加するように、温度調整部 1 6 を制御する。

[0071] ガス供給部53を用いない形態では、放射線検出素子11の冷却が開始されたときには、試料室2の内部は既に減圧されている。減圧によって試料室2の内部に存在する水蒸気等のガスが希薄になっているので、冷却された放射線検出素子11にはガス又は水分が吸着し難い。ガス供給部53を用いる形態では、放射線検出素子11の冷却が開始されたときには、試料室2の内部に不活性ガス若しくは乾燥空気が充填されている。試料室2の内部に存在する水蒸気は希薄になっているので、冷却された放射線検出素子11には水分が吸着し難い。冷却された放射線検出素子11に不活性ガス又は乾燥空気が吸着したとしても、不活性ガス及び乾燥空気は、放射線検出素子11に不具合を引き起こし難い。このため、冷却された放射線検出素子11にガス又は水分が吸着することによる放射線検出器1の不具合の発生が、抑制される。

[0072] 制御部3は、次に、試料室2の内部の雰囲気調整が完了したか否かを判定する(S5)。ガス供給部53を用いない形態では、演算部31は、S5で、ガス圧センサ52が測定したガス圧を取得し、ガス圧が目標値まで低下した場合に、雰囲気調整が完了したと判定する。また、演算部31は、ガス圧が目標値を上回る場合に、まだ雰囲気調整が完了していないと判定する。ガス供給部53を用いる形態では、演算部31は、S5で、試料室2の内部へ不活性ガス若しくは乾燥空気の供給を開始してからの経過時間が所定の基準時間に達した場合に、雰囲気調整が完了したと判定する。また、演算部31は、経過時間が基準時間未満である場合に、まだ雰囲気調整が完了していないと判定する。基準時間は目標時間以上の時間である。雰囲気調整では、試料室2の内部の不活性ガス若しくは乾燥空気の圧力が一気圧以上になることが望ましい。圧力が一気圧以上であることによって、試料室2の外部の空気の進入が抑制される。基準時間は、供給された不活性ガス若しくは乾燥空気の圧力が試料室2内で一気圧以上になるように、予め定められている。雰囲気調整が完了していない場合は(S5:NO)、制御部3は、S5の処理を繰り返す。なお、制御部3は、S5の処理を省略してもよい。

[0073] 雰囲気調整が完了した場合は（S5：YES）、制御部3は、照明部23を点灯させる（S6）。S6では、演算部31は、インタフェース部35を通じて、照明部23へ制御信号を送信することにより、照明部23に含まれる光源へ点灯に必要な電流を供給するように、照明部23を制御する。なお、制御部3は、雰囲気調整が完了したことを表示部46に表示してもよい。放射線検出装置100は、雰囲気調整が完了した場合に点灯するランプ等、雰囲気調整が完了したことを報知するためのハードウェアを備えていてもよい。

[0074] 照明部23が点灯することにより、試料6は照明される。S6の段階では、放射線を検出するために必要な放射線検出素子11への電圧の印加は行われていない。電圧が印加されておらず放射線検出素子11は動作していないので、照明光が放射線検出素子11へ入射したとしても、放射線検出素子11からの電流信号が増加することはなく、悪影響は生じない。

[0075] 制御部3は、次に、試料6の撮影を行う（S7）。S7では、演算部31は、インタフェース部35を通じて、撮影部24へ制御信号を送信することにより、撮影部24に試料6を撮影させる。撮影部24は、照明された試料6を撮影し、撮影画像を表した撮影データを制御部3へ送信する。制御部3は、インタフェース部35で撮影データを受け付け、演算部31は、撮影画像を表示部46に表示させる。使用者は、表示された観察画像を視認することにより、試料6を観察することができる。

[0076] 制御部3は、次に、放射線検出の準備を行う（S8）。S8では、制御部3は、駆動部54を制御して、試料6を放射線が照射される位置まで移動させる。例えば、試料台21には複数の試料6が載置されており、放射線が照射される位置にいずれか一つの試料6が配置される。例えば、試料6が移動することによって、試料6の中の放射線が照射される部分に変更される。また、制御部3は、照射部22を制御して、照射部22が照射する放射線のフォーカスを調整する。例えば、試料6の撮影画像を視認した使用者が操作部45を操作することによって、制御指示が制御部3へ入力され、制御部3は

、制御指示に従って、試料 6 の移動及び放射線のフォーカスの調整を行う。制御部 3 は、S 8 で、放射線の検出を準備するためのその他の制御を行ってもよい。

[0077] なお、S 6～S 8 の少なくとも一部の処理は、雰囲気調整の処理と並行して行われてもよい。ガス供給部 5 3 を用いない形態では、試料室 2 の内部の減圧と並行して S 6 の処理が行われ、S 3 又は S 5 の処理が終了した後に、S 7 及び S 8 の処理が実行されてもよい。ガス供給部 5 3 を用いる形態では、試料室 2 の内部への不活性ガス又は乾燥空気への供給と並行して、S 6～S 8 の処理が実行されてもよい。

[0078] 制御部 3 は、次に、放射線検出素子 1 1 が十分に冷却されたか否かを判定する (S 9)。S 9 では、演算部 3 1 は、温度センサ 1 3 が測定した温度を取得し、取得した温度に基づいて判定を行う。温度センサ 1 3 は、測定した温度を示す信号を出力し、制御部 3 は、温度センサ 1 3 からの信号をインタフェース部 3 5 で受信することにより、温度を取得する。演算部 3 1 は、取得した温度が基準温度以下である場合に、放射線検出素子 1 1 は十分に冷却されていると判定し、取得した温度が所定の基準温度を超過している場合に、放射線検出素子 1 1 はまだ十分に冷却されていないと判定する。基準温度は、予め記憶部 3 4 に記憶されているか、又はコンピュータプログラム 3 4 1 に含まれている。演算部 3 1 は、取得した温度が基準温度未満であるか否かに基づいて判定を行ってもよい。

[0079] 放射線検出素子 1 1 がまだ十分に冷却されていない場合は (S 9 : NO)、制御部 3 は、S 9 の処理を繰り返す。放射線検出素子 1 1 がまだ十分に冷却されていない状態では、制御部 3 は、放射線の検出の開始を禁止している。制御部 3 は、放射線検出素子 1 1 が冷却中であること又は放射線の検出が開始できないことを報知してもよい。例えば、制御部 3 は、「冷却中」という文字列を含んだ画像を表示部 4 6 に表示する。放射線検出装置 1 0 0 は、放射線検出素子 1 1 が冷却中であること又は放射線の検出が開始できないことを報知するための専用のハードウェアを備えていてもよい。

[0080] 放射線検出素子 11 が十分に冷却されている場合は (S9: YES)、制御部 3 は、放射線の検出を開始することを指示する開始指示を受け付ける (S10)。このとき、制御部 3 は、放射線検出素子 11 が冷却中であること又は放射線の検出が開始できないことの放置を終了する。S10 では、使用者が操作部 45 を操作することにより、制御部 3 は、開始指示を受け付ける。S10 の処理は、開始指示受付部に対応する。なお、放射線検出装置 100 は、押下ボタン等の開始指示を受け付けるためのハードウェアを備えていてもよい。

[0081] 制御部 3 は、次に、照明部 23 を消灯させる (S11)。S11 では、演算部 31 は、インタフェース部 35 を通じて、照明部 23 へ制御信号を送信することにより、光源へ供給する電流を停止するように、照明部 23 を制御する。照明部 23 が消灯した後に、制御部 3 は、電圧印加部 42 に、放射線検出素子 11 への電圧印加を開始させる (S12)。S12 では、演算部 31 は、インタフェース部 35 を通じて、電圧印加部 42 へ制御信号を送信することにより、放射線検出素子 11 に電圧を印加するように、電圧印加部 42 を制御する。電圧印加部 42 は、前述したように、電極層 113 と、最も内側の曲線状電極 114 と、最も外側の曲線状電極 114 との間に、電圧を印加する。

[0082] 放射線検出素子 11 に電圧が印加されることにより、放射線検出素子 11 は、放射線を検出することが可能な状態となる。照明部 23 が消灯した後に電圧印加が開始されるので、放射線を検出することが可能な状態になった放射線検出素子 11 には、照明部 23 からの照明光は入射しない。照明光を原因として放射線検出素子 11 からの電流信号が増加することはなく、照明光による悪影響は生じない。

[0083] 制御部 3 は、次に、放射線の検出を行う (S13)。S13 では、制御部 3 は、インタフェース部 35 を通じて、照射部 22 へ制御信号を送信することにより、放射線を照射するように、照射部 22 を制御する。照射部 22 は試料 6 へ放射線を照射し、試料 6 からは特性 X 線が発生する。特性 X 線から

なる放射線は放射線検出器 1 内の放射線検出素子 1 1 へ入射し、放射線検出素子 1 1 は放射線に応じた電流信号を出力する。前述したように、プリアンプ 1 2 は電流信号を電圧信号へ変換し、信号処理部 4 3 は放射線のエネルギーに対応する信号値別に信号をカウントし、分析部 4 4 は放射線のスペクトルを生成する。このようにして、試料 6 から発生した特性 X 線が検出され、特性 X 線のスペクトルが生成される。S 1 0 ~ S 1 3 の処理により、使用者が開始指示を入力しただけで、放射線検出素子 1 1 への照明光の入射を防止しながら、放射線検出が自動で行われる。

[0084] 制御部 3 は、次に、放射線検出素子 1 1 への電圧印加を停止させる (S 1 4)。S 1 4 では、演算部 3 1 は、インタフェース部 3 5 を通じて、電圧印加部 4 2 へ制御信号を送信することにより、電圧の印加を停止するように、電圧印加部 4 2 を制御する。電圧印加部 4 2 は、電圧の印加を停止する。電圧の印加が停止されることにより、放射線検出素子 1 1 は、放射線を検出できない状態となる。

[0085] 放射線検出素子 1 1 への電圧印加が停止してから、所定の待機時間が経過した後に、制御部 3 は、照明部 2 3 を点灯させる (S 1 5)。S 1 5 では、電圧印加部 4 2 から放射線検出素子 1 1 への電圧印加が停止した後、演算部 3 1 は、所定の待機時間の間、待機する。待機時間の値は、予め記憶部 3 4 に記憶されているか、又はコンピュータプログラム 3 4 1 に含まれている。待機時間が経過した後に、演算部 3 1 は、インタフェース部 3 5 を通じて、照明部 2 3 へ制御信号を送信することにより、点灯に必要な電流を光源へ供給するように、照明部 2 3 を制御する。照明部 2 3 が点灯することにより、試料 6 は照明される。放射線検出素子 1 1 への電圧印加が停止した後に、照明部 2 3 が点灯するので、照明光が放射線検出素子 1 1 へ入射したとしても、放射線検出素子 1 1 は放射線検出のための動作を行わない。このため、照明光を原因として放射線検出素子 1 1 からの電流信号が増加することはなく、悪影響は生じない。

[0086] 電圧印加部 4 2 は、放射線検出素子 1 1 へ印加する電圧に含まれるノイズ

を除去し、電圧を安定させるために、キャパシタを含んでいる。キャパシタは、電圧印加部42と放射線検出素子11との間に配置されていてもよい。電圧印加部42から放射線検出素子11への電圧印加を停止した場合、キャパシタの放電にはある程度時間がかかり、キャパシタの電圧はすぐには変わらないので、放射線検出素子11に印加される電圧もすぐには変わらない。このため、電圧印加部42から放射線検出素子11への電圧印加を停止した直後に照明部23を点灯させた場合は、動作した状態の放射線検出素子11へ照明光が入射し、照明光を原因として放射線検出素子11からの電流信号が増加する虞がある。

[0087] そこで、制御部3は、電圧印加部42から放射線検出素子11への電圧印加が停止した後に、所定の待機時間の間、照明部23の点灯を待機する。待機時間は、キャパシタが放電し、放射線検出素子へ印加される電圧が放射線検出器が動作しない電圧にまで変わる時間である。例えば、待機時間は2～3秒である。待機時間が経過した後には、放射線検出素子11は放射線検出のための動作を行わない。待機時間が経過した後に、制御部3は、照明部23を点灯させる。照明光が放射線検出素子11へ入射したとしても、放射線検出素子11は放射線検出のための動作を行っていないので、照明光を原因として放射線検出素子11からの電流信号が増加することはなく、照明光による悪影響は生じない。

[0088] S15で照明部23が点灯した後は、撮影部24が試料6を撮影し、表示部46が撮影画像を表示することができる。使用者は、撮影画像を視認することにより、放射線検出が行われた後の試料6を観察することができる。このように、放射線検出が行われた後に、動作している放射線検出素子11への照明光の入射を防止しながら、試料6の観察が可能となる。

[0089] 制御部3は、次に、放射線検出を終了するか否かを判定する(S16)。S16では、例えば、演算部31は、使用者が操作部45を操作することにより、検出終了の指示を受け付けた場合に、放射線検出を終了すると判定する。例えば、演算部31は、予め定められている回数の放射線検出が行われ

た場合に、放射線検出を終了すると判定する。例えば、演算部31は、放射線検出を開始してから所定の時間が経過した場合に、放射線検出を終了すると判定する。放射線検出を終了しない場合は（S16：NO）、演算部31は、S7へ戻し、放射線を検出するための処理を繰り返す。

[0090] 放射線検出を終了する場合（S16：YES）、制御部3は、試料室2の内部へ試料室2の外部の空気を導入することを指示する導入指示を受け付ける（S17）。S17では、使用者が操作部45を操作することにより、制御部3は、導入指示を受け付ける。S17の処理は、導入指示受付部に対応する。なお、放射線検出装置100は、押下ボタン等の導入指示を受け付けるためのハードウェアを備えていてもよい。

[0091] 制御部3は、次に、試料室2の開放を待機することを指示する待機指示を出力する（S18）。S18では、演算部31は、待機指示を含む画像を表示部46に表示することにより、待機指示を出力する。例えば、演算部31は、試料室2の開放を待機することを文章で示した画像を表示部46に表示する。なお、放射線検出装置100は、試料室2の開放を待機することを文章で示した画像を表示するための専用のディスプレイ等、待機指示を出力するためのハードウェアを備えていてもよい。

[0092] 導入指示が受け付けられた直後は、試料室2の内部は減圧された状態であり、試料室2を開放することは困難である。また、放射線検出素子11は冷却された状態であり、試料室2が開放された場合は、試料室2の外部の空気が放射線検出器1内へ侵入し、放射線検出素子11にガス又は水分が吸着する。待機指示が出力されることにより、使用者が試料室2を無理に開放することが抑止される。S18の処理は出力部に対応する。

[0093] 制御部3は、次に、温度調整部16に、放射線検出素子11を加熱させる（S19）。S19では、演算部31は、インタフェース部35を通じて、放射線検出器1へ制御信号を送信することにより、温度調整部16に含まれるペルチェ素子に放射線検出素子11を加熱するための電圧を印加するように、温度調整部16を制御する。放射線検出素子11を加熱することにより

、放射線検出素子 11 の温度を素早く上昇させ、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入するまでの時間を短縮することができる。

[0094] 温度センサ 13 は、放射線検出器 1 の内部の温度を測定し、制御部 3 は、温度センサ 13 が測定した温度を取得する (S20)。温度センサ 13 は、測定した温度を示す信号を出力し、制御部 3 は、温度センサ 13 からの信号をインタフェース部 35 で受信することにより、温度を取得する。

[0095] 制御部 3 は、次に、取得した温度が所定の温度閾値を超過したか否かを判定する (S21)。S21 では、制御部 3 は、温度センサ 13 が測定した温度と温度閾値とを比較して判定を行う。温度閾値は、0℃よりも高い温度である。温度閾値は、予め記憶部 34 に記憶されているか、又はコンピュータプログラム 341 に含まれている。温度閾値は、例えば 20℃である。温度センサ 13 が測定した温度が温度閾値を超過することは、放射線検出素子 11 へのガスの吸着又は水分の吸着が発生し難くなるほど、放射線検出素子 11 の温度が十分に高くなったことを意味する。なお、放射線検出装置 100 は、S21 で、温度が温度閾値以上であるか否かを判定する形態であってもよい。

[0096] 取得した温度が温度閾値以下である場合は (S21: NO)、制御部 3 は、処理を S20 へ戻す。取得した温度が温度閾値を超過する場合は (S21: YES)、制御部 3 は、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入する (S22)。ガス供給部 53 を用いない形態では、演算部 31 は、S22 で、インタフェース部 35 を通じて、減圧部 51 へ制御信号を送信することにより、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入するように、減圧部 51 を制御する。減圧部 51 は、減圧を停止し、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入して、試料室 2 の内部のガス圧を外部と同等のガス圧へ戻す。例えば、減圧部 51 は、真空ポンプを停止し、リークバルブを開放することにより、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入する。

[0097] ガス供給部 53 を用いる形態では、演算部 31 は、S22 で、インタフェース部 35 を通じて、減圧部 51 及びガス供給部 53 へ制御信号を送信する

ことにより、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入するように、減圧部 5 1 及びガス供給部 5 3 を制御する。ガス供給部 5 3 は、不活性ガス又は乾燥空気の供給を停止し、減圧部 5 1 は、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入して、試料室 2 の内部のガス圧を外部と同等のガス圧へ戻す。例えば、減圧部 5 1 は、ガス供給部 5 3 が不活性ガス又は乾燥空気の供給を停止し、真空ポンプが停止した状態で、リークバルブを開放することにより、試料室 2 の内部へ外部の空気を導入する。

[0098] 試料室 2 の内部へ外部の空気を導入した後、制御部 3 は、待機指示の出力を終了する (S 2 3)。S 2 3 では、例えば、演算部 3 1 は、表示部 4 6 に待機指示を含む画像の表示を終了させる。制御部 3 は、次に、蓋部 2 0 を開放する (S 2 4)。S 2 4 では、演算部 3 1 は、インタフェース部 3 5 を通じて、開閉部 4 1 へ制御信号を送信することにより、蓋部 2 0 を開放するように、開閉部 4 1 を制御する。開閉部 4 1 が蓋部 2 0 を開放することにより、試料室 2 は開放状態になる。S 2 4 では、自動で蓋部 2 0 を開放するのではなく、使用者が手で蓋部 2 0 を開けることができるようにする処理が行われてもよい。試料室 2 が開放された状態で、試料 6 の取り出し又は入れ替え等の作業が行われる。S 2 4 が終了した後、制御部 3 は処理を終了する。

[0099] 蓋部 2 0 が開放されている間、又は減圧部 5 1 のリークバルブを通して外部の空気が導入されている間は、試料室 2 の内部へ外部の空気が導入される。外部の空気の温度が低い場合は、空気によって放射線検出素子 1 1 が冷却される虞がある。制御部 3 は、蓋部 2 0 が開放されている間、又は試料室 2 の内部へ外部の空気が導入されている間は、温度センサ 1 3 が測定する温度が温度閾値以上になるように、温度調整部 1 6 を制御する。例えば、制御部 3 は、温度センサ 1 3 が測定する温度が温度閾値以下になった場合に、温度調整部 1 6 に放射線検出素子 1 1 を加熱させ、温度が温度閾値を超過した場合に、温度調整部 1 6 に加熱を停止させる。外部の空気によって放射線検出素子 1 1 が冷却されることが防止され、放射線検出素子 1 1 にガス又は水分が吸着することが防止される。

[0100] 以上詳述した如く、本実施形態においては、放射線検出装置100は、放射線検出器1の内部の温度を測定し、放射線検出器1の内部の温度に基づいて、試料室2の内部へ外部の空気を導入するタイミングを制御する。具体的には、放射線検出装置100は、放射線検出器1の内部の温度が低い場合には、試料室2の内部へ外部の空気を導入せず、放射線検出器1の内部の温度が高い場合に、試料室2の内部へ外部の空気を導入する。

[0101] 本実施形態では、放射線検出器1のハウジング17には窓材で塞がれていない開口部171が設けられており、開口部171を通過した放射線が検出される。検出される放射線は窓材を透過する必要が無いので、放射線検出装置100は、エネルギーが低いために窓材を透過することができない放射線を検出することができる。従って、放射線検出装置100は、低エネルギーの放射線を検出する感度が向上する。一方で、開口部171を通過して放射線検出器1の内部へガスが侵入する。放射線検出のために放射線検出素子11が冷却されている状態で放射線検出器1の内部へ空気が侵入した場合は、放射線検出素子11にガス又は水分が吸着する。放射線検出時には、試料室2は減圧された状態又は不活性ガス若しくは乾燥空気が充填された状態であるので、放射線検出素子11にガス又は水分が吸着する不具合の発生は抑制される。しかし、放射線検出素子11が冷却されている状態で試料室2の内部へ外部の空気が導入された場合は、放射線検出素子11にガス又は水分が吸着し、不具合が発生し得る。

[0102] 本実施形態では、放射線検出装置100は、放射線検出器1の内部の温度が低い場合には試料室2の内部へ外部の空気を導入せずに待機し、放射線検出器1の内部の温度が高くなってから、試料室2の内部へ外部の空気を導入し、試料室2を開放する。放射線検出器1の内部の温度が高くなった状態では、放射線検出素子11の温度も高くなっており、放射線検出素子11へのガス又は水分の吸着は発生し難い。このため、放射線検出素子11にガス又は水分が吸着することを原因として、放射線検出器1に故障等の不具合が発生することは、起こり難い。従って、放射線検出器1の不具合が抑制され、

放射線検出装置 100 は、安定的に放射線検出を行うことができる。

[0103] また、本実施形態では、放射線検出装置 100 は、試料 6 を照明するための照明部 23 の点灯と、放射線検出のために必要な放射線検出素子 11 への電圧印加とのタイミングを制御する。具体的には、放射線検出装置 100 は、放射線検出素子 11 への電圧印加を停止した後に、照明部 23 を点灯し、照明部 23 を消灯した後に、放射線検出素子 11 への電圧印加を開始する。

[0104] 放射線を検出すべく放射線検出素子 11 が動作している状態で放射線検出素子 11 へ光が入射した場合は、放射線検出素子 11 が出力する電流信号が増加し、放射線検出の精度の悪化又は放射線検出装置の故障の発生等、不具合が発生することがある。照明部 23 からの照明光は、開口部 171 を通過し、放射線検出素子 11 へ入射し得る。

[0105] 本実施形態では、照明部 23 が消灯した後に放射線検出素子 11 への電圧印加が開始されるので、放射線を検出することが可能な状態になった放射線検出素子 11 には、照明光は入射しない。更に、放射線検出素子 11 への電圧印加が停止した後に、照明部 23 が点灯するので、照明光が放射線検出素子 11 へ入射したとしても、放射線検出素子 11 は動作しておらず、電流信号は出力されない。このため、放射線検出素子 11 へ照明部 23 からの照明光が入射することを原因として放射線検出素子 11 からの電流信号が増加することはなく、電流信号の増加によって不具合が発生することはない。従って、放射線検出装置 100 の不具合が抑制される。放射線検出装置 100 は、安定的に放射線検出を行うことができる。

[0106] 放射線検出装置 100 は、電圧印加部 42 からプリアンプ 12 への電圧印加を、放射線検出素子 11 への電圧印加と同様に制御してもよい。即ち、制御部 3 は、放射線検出素子 11 への電圧印加の開始と同じタイミングで、電圧印加部 42 にプリアンプ 12 への電圧印加を開始させる。また、制御部 3 は、放射線検出素子 11 への電圧印加の停止と同じタイミングで、電圧印加部 42 に、プリアンプ 12 への電圧印加を停止させる。これにより、照明光を原因としてプリアンプ 12 に不具合が発生することが防止される。なお、

電圧印加部 42 からプリアンプ 12 への電圧印加は、放射線検出装置 100 が動作している間は常時行われていてもよい。

[0107] 放射線検出装置 100 は、温度調整部 16 がヒータを有する形態であってもよい。この形態では、S19 の処理において、温度調整部 16 は、ヒータにより放射線検出素子 11 を加熱する。ヒータを用いることにより、放射線検出素子 11 の温度をより素早く上昇させることができる。温度調整部 16 は、ペルチェ素子又はヒータ以外の温度を調整するための機構を有していてもよい。或いは、放射線検出装置 100 は、温度調整部 16 が冷却を行うのみで加熱を行わない形態であってもよい。この形態では、S19 での加熱は行われず、冷却が終了され、放射線検出素子 11 の温度は自然に上昇する。

[0108] 本実施形態においては、放射線検出素子 11 を構成する半導体が Si である形態を示したが、放射線検出素子 11 は Si 以外の半導体で構成された形態であってもよい。本実施形態においては、半導体部 112 が n 型の半導体からなり、電極層 113 及び曲線状電極 114 が p 型の半導体からなる形態を示したが、放射線検出素子 11 は、半導体部 112 が p 型の半導体からなり、電極層 113 及び曲線状電極 114 が n 型の半導体からなる形態であってもよい。本実施形態においては、放射線検出素子 11 がシリコンドリフト型放射線検出素子である形態を示したが、放射線検出素子 11 は、シリコンドリフト型放射線検出素子以外の半導体製の素子であってもよい。このため、放射線検出器 1 は、SDD 以外の放射線検出器であってもよい。

[0109] 本実施形態においては、放射線検出器 1 がコリメータ 14 を備える形態を示したが、放射線検出器 1 はコリメータ 14 を備えていない形態であってもよい。放射線検出器 1 は、開口部 171 が設けられておらず、窓材を有する窓を備え、窓を透過した放射線を検出する形態であってもよい。本実施形態においては、放射線検出素子 11 がハウジング 17 に収容されている形態を示したが、放射線検出器 1 は、ハウジング 17 を備えていない形態であってもよい。本実施形態においては、放射線検出装置 100 が照射部 22 を備えている形態を示したが、放射線検出装置 100 は、照射部 22 を備えていな

い形態であってもよい。本実施形態においては、放射線として試料6からの特性X線を検出する形態を示したが、放射線検出装置100は、X線以外の放射線を検出する形態であってもよい。又は、放射線検出装置100は、半導体製の素子以外の放射線検出素子11を用いる形態であってもよい。例えば、放射線検出装置100は、放射線検出素子11として光電子増倍管を用いた形態であってもよい。

[0110] 本発明は上述した実施の形態の内容に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。即ち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

[0111] 各実施形態に記載した事項は相互に組み合わせることが可能である。また、請求の範囲に記載した独立請求項及び従属請求項は、引用形式に関わらず全てのあらゆる組み合わせにおいて、相互に組み合わせることが可能である。さらに、請求の範囲には他の2以上のクレームを引用するクレームを記載する形式（マルチクレーム形式）を用いているが、これに限るものではない。マルチクレームを少なくとも一つ引用するマルチクレーム（マルチマルチクレーム）を記載する形式を用いて記載してもよい。

符号の説明

- [0112] 100 放射線検出装置
- 1 放射線検出器
 - 11 放射線検出素子
 - 13 温度センサ
 - 16 温度調整部
 - 17 ハウジング
 - 171 開口部
 - 2 試料室
 - 20 蓋部
 - 22 照射部

- 2 3 照明部
- 2 4 撮影部
- 3 制御部
 - 3 4 1 コンピュータプログラム
- 4 6 表示部
- 5 1 減圧部（雰囲気調整部）
- 5 2 ガス圧センサ
- 5 3 ガス供給部（雰囲気調整部）
- 6 試料

請求の範囲

- [請求項1] 内部に試料が配置される開閉可能な試料室と、
前記試料室の内部に配置されており、前記試料から発生する放射線を検出する放射線検出器と、
閉鎖した状態の前記試料室の内部を減圧するか又は特定のガスで充填する雰囲気調整を行い、雰囲気調整が行われた状態の前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する雰囲気調整部と、
制御部とを備え、
前記放射線検出器は、
放射線検出素子と、
前記放射線検出器の内部の温度を測定する温度センサとを有し、
前記制御部は、
前記温度センサが測定した温度に基づいて、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入するタイミングを調整するように、前記雰囲気調整部を制御することを特徴とする放射線検出装置。
- [請求項2] 前記制御部は、
前記温度センサが測定した温度が所定の温度閾値を超過した場合に、前記雰囲気調整部に、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入させることを特徴とする請求項1に記載の放射線検出装置。
- [請求項3] 前記放射線検出素子の温度を調整する温度調整部と、
前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入することを指示する導入指示を受け付ける導入指示受付部とを更に備え、
前記制御部は、
前記導入指示受付部が前記導入指示を受け付けた場合に、前記温度調整部に、前記放射線検出素子を加熱させることを特徴とする請求項2に記載の放射線検出装置。

- [請求項4] 前記試料室の開放を待機することを指示する待機指示を出力する出力部を更に備え、
前記制御部は、
前記雰囲気調整部が前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する前の期間に、前記出力部に前記待機指示を出力させる
ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一つに記載の放射線検出装置。
- [請求項5] 前記放射線検出素子の温度を調整する温度調整部と、
前記試料室の内部のガス圧を測定するガス圧センサとを更に備え、
前記制御部は、
前記雰囲気調整部が雰囲気調整を開始し、前記ガス圧センサが測定したガス圧が所定の圧力閾値以下になった場合に、前記温度調整部に、前記放射線検出素子の冷却を開始させる
ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一つに記載の放射線検出装置。
- [請求項6] 前記放射線検出素子の温度を調整する温度調整部を更に備え、
前記制御部は、
前記雰囲気調整部が雰囲気調整を開始し、前記試料室の内部へ前記特定のガスを所定時間供給した場合に、前記温度調整部に、前記放射線検出素子の冷却を開始させる
ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一つに記載の放射線検出装置。
- [請求項7] 前記放射線検出器は、前記放射線検出素子を内部に収容するハウジングを更に有し、
前記ハウジングは、塞がれていない開口部を有する
ことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一つに記載の放射線検出装置。
- [請求項8] 前記試料へ放射線を照射する照射部と、

前記放射線検出器が検出した放射線のスペクトルを生成するスペクトル生成部と、

前記スペクトル生成部が生成したスペクトルを表示する表示部とを更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一つに記載の放射線検出装置。

[請求項9]

前記試料を照明するために点灯する照明部と、

前記放射線検出素子に電圧を印加する電圧印加部とを更に備え、前記制御部は、

前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を停止させた後に、前記照明部を点灯させ、

前記照明部を消灯させた後に、前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を開始させる

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一つに記載の放射線検出装置。

[請求項10]

放射線の検出を開始することを指示する開始指示を受け付ける開始指示受付部を更に備え、

前記制御部は、

前記開始指示受付部が前記開始指示を受け付けた場合に、前記照明部を消灯させ、

前記照明部が消灯した後に、前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を開始させる

ことを特徴とする請求項 9 に記載の放射線検出装置。

[請求項11]

前記制御部は、

前記放射線検出素子を用いた放射線の検出を行った後に、前記電圧印加部に前記放射線検出素子への電圧印加を停止させ、

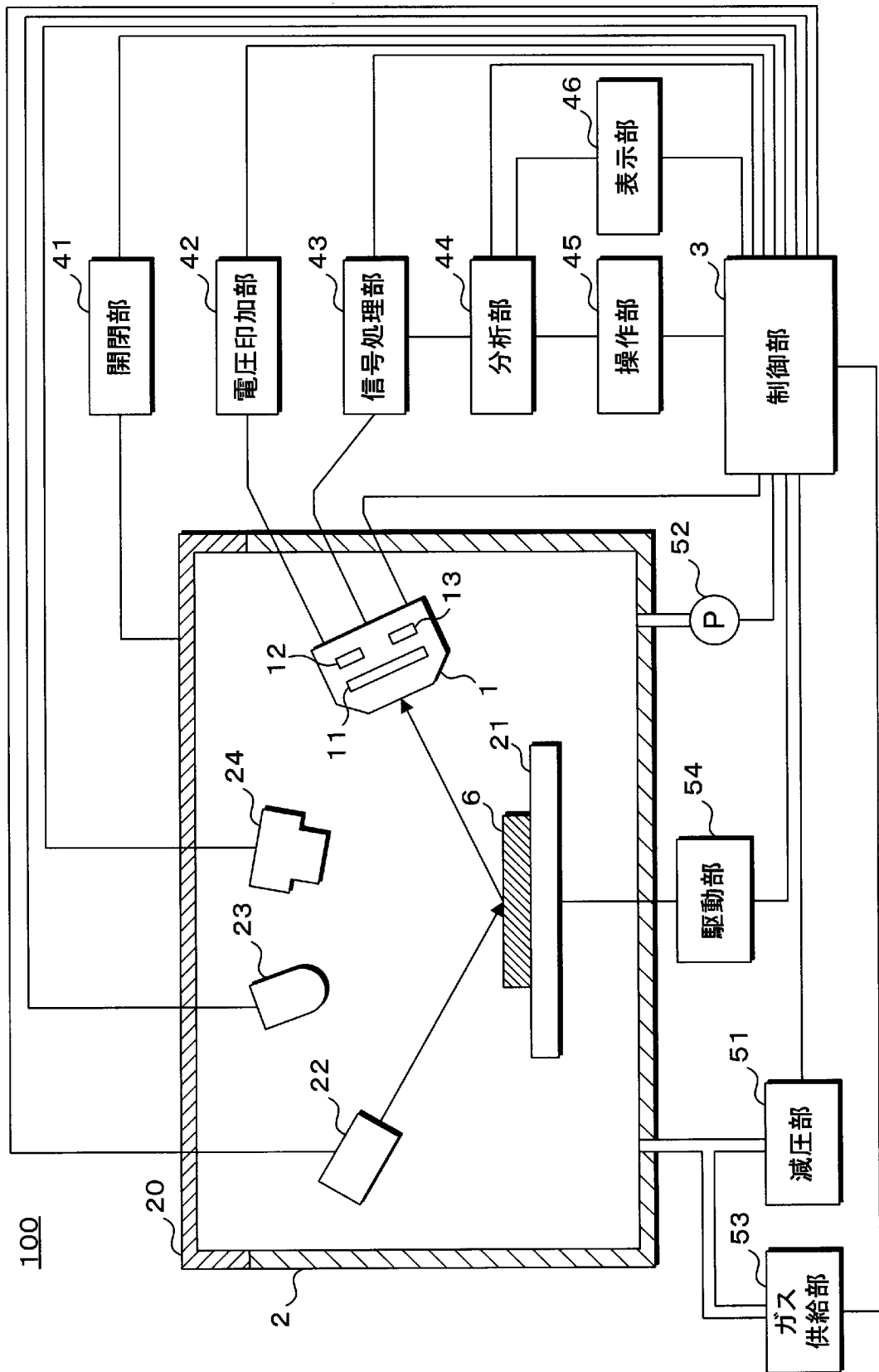
前記放射線検出素子への電圧印加が停止した後に、前記照明部を点灯させる

ことを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の放射線検出装置。

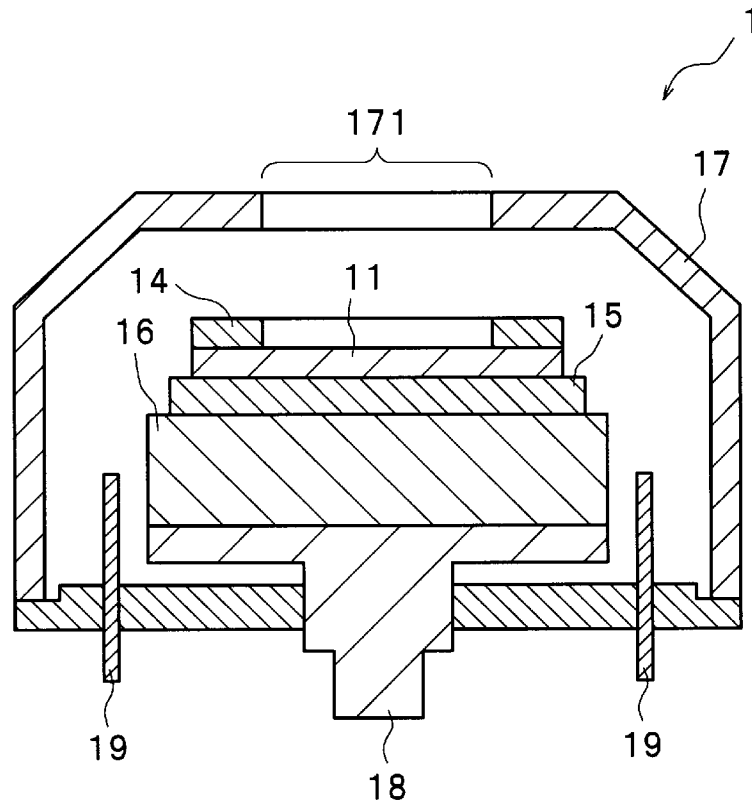
- [請求項12] 前記制御部は、
前記放射線検出素子への電圧印加が停止してから、所定の待機時間が経過した後に、前記照明部を点灯させる
ことを特徴とする請求項9乃至11のいずれか一つに記載の放射線検出装置。
- [請求項13] 内部に試料が配置される開閉可能な試料室と、前記試料室の内部に配置されており、前記試料から発生する放射線を検出する放射線検出器と、閉鎖した状態の前記試料室の内部を減圧するか又は特定のガスで充填する雰囲気調整を行い、雰囲気調整が行われた状態の前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する雰囲気調整部とを備え、前記放射線検出器は、放射線検出素子と、前記放射線検出器の内部の温度を測定する温度センサとを有する放射線検出装置を制御する方法であって、
前記温度センサが測定した温度を取得し、
取得した前記温度が所定の閾値を超過した場合に、前記雰囲気調整部に、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入させる
ことを特徴とする制御方法。
- [請求項14] 内部に試料が配置される開閉可能な試料室と、前記試料室の内部に配置されており、前記試料から発生する放射線を検出する放射線検出器と、閉鎖した状態の前記試料室の内部を減圧するか又は特定のガスで充填する雰囲気調整を行い、雰囲気調整が行われた状態の前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する雰囲気調整部とを備え、前記放射線検出器は、放射線検出素子と、前記放射線検出器の内部の温度を測定する温度センサとを有する放射線検出装置を制御するコンピュータに、
前記温度センサが測定した温度を取得し、
取得した前記温度が所定の閾値を超過した場合に、前記雰囲気調整部により、前記試料室の内部へ前記試料室の外部の空気を導入する

処理を実行させることを特徴とするコンピュータプログラム。

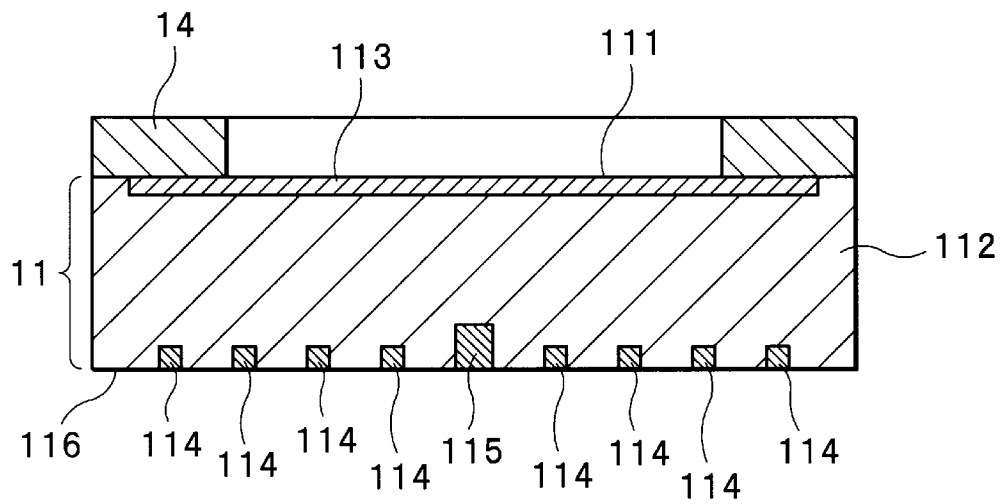
[図1]



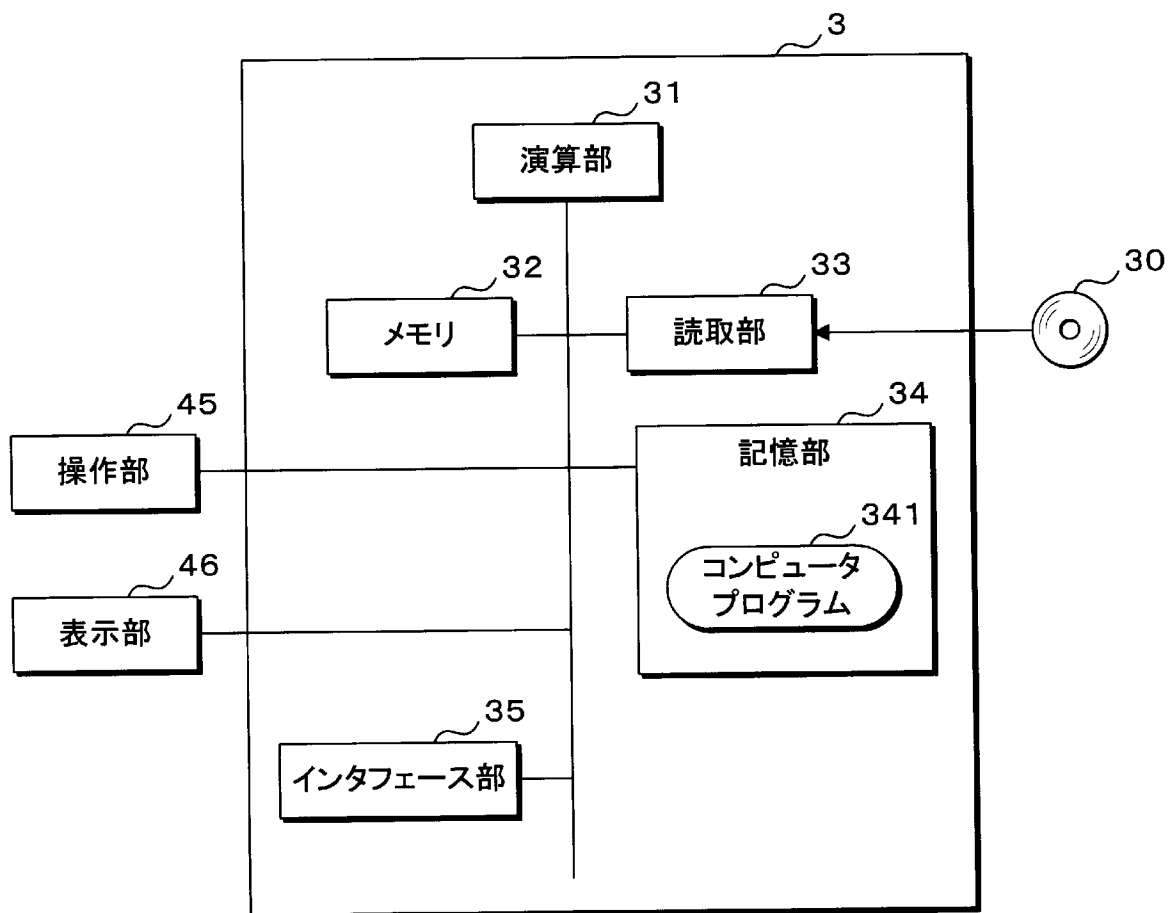
[図2]



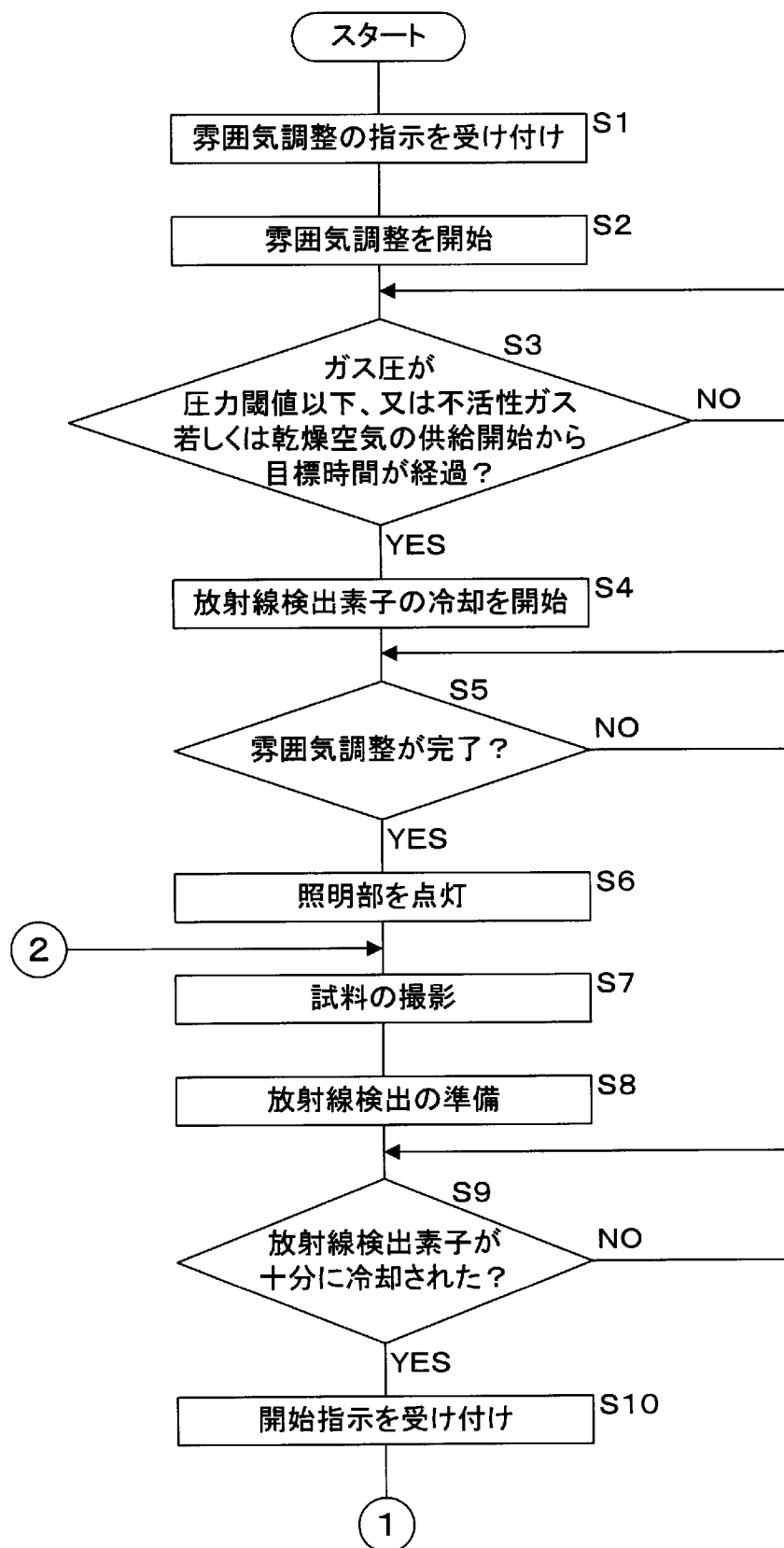
[図3]



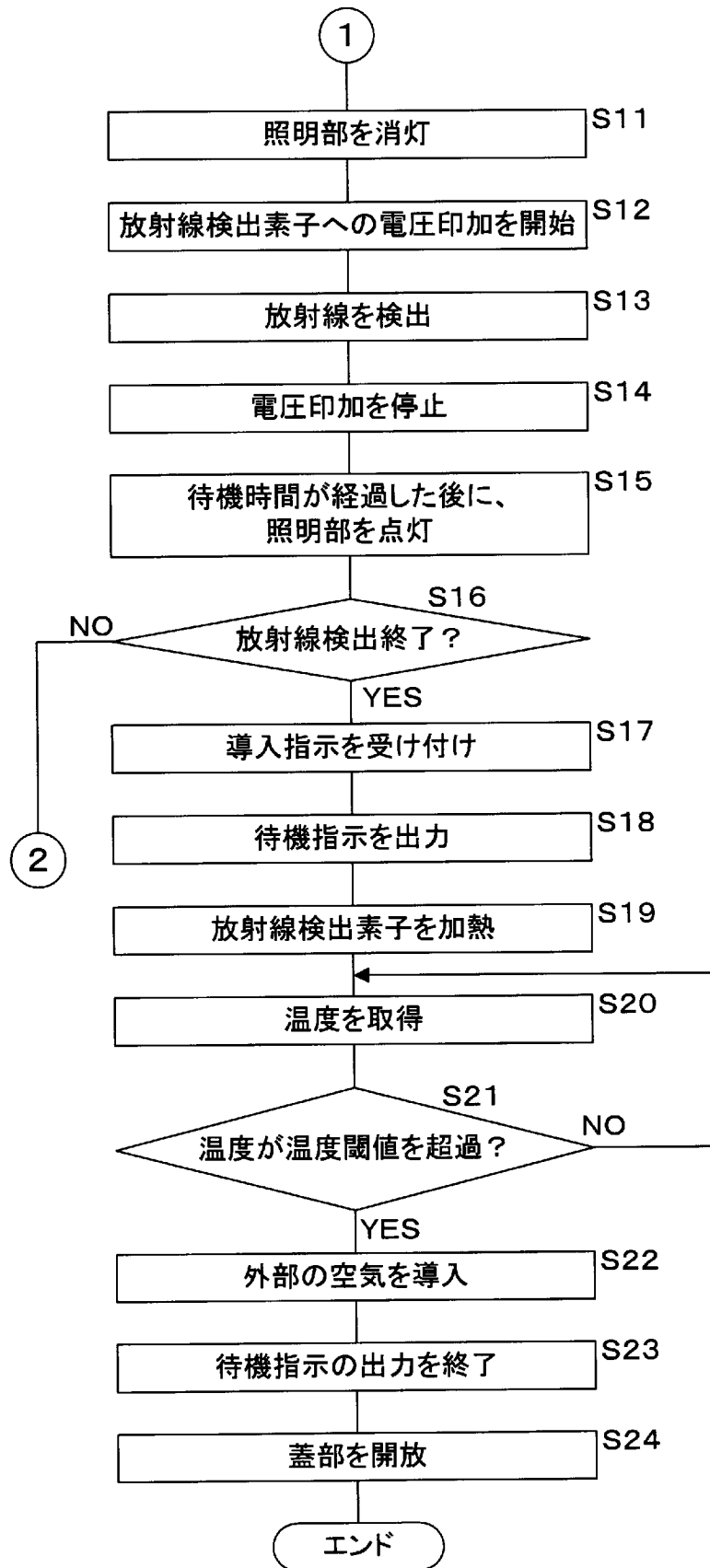
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/019416

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01T 1/17</i> (2006.01)i; <i>G01T 1/24</i> (2006.01)i; <i>G01T 7/00</i> (2006.01)i; <i>G01N 23/223</i> (2006.01)i; <i>G01N 23/2252</i> (2018.01)i FI: G01T1/17 G; G01N23/223; G01N23/2252; G01T7/00 A; G01T1/24		
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) G01T1/17; G01T1/24; G01T7/00; G01N23/223; G01N23/2252		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 116877/1983 (Laid-open No. 025985/1985) (JEOL LTD.) 21 February 1985 (1985-02-21), specification, page 1, line 15 to page 6, line 3, fig. 2	1-14
Y	JP 10-311879 A (HORIBA, LTD.) 24 November 1998 (1998-11-24) paragraphs [0007], [0013], [0018], fig. 1	1-14
Y A	JP 64-054387 A (LINK ANALYTICAL LTD.) 01 March 1989 (1989-03-01) specification, page 3, upper left column, line 14 to lower right column, line 15, fig. 1-2	3-4, 7 1-2, 5-6, 8-14
Y A	JP 61-091548 A (HITACHI, LTD.) 09 May 1986 (1986-05-09) specification, page 3, upper right column, lines 13-20	6 1-5, 7-14
Y A	JP 2019-133787 A (JEOL LTD.) 08 August 2019 (2019-08-08) paragraphs [0006]-[0011], [0045], fig. 5	9-12 1-8, 13-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 10 July 2023		Date of mailing of the international search report 01 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

International application No.

PCT/JP2023/019416

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 08-069772 A (NIKON CORP.) 12 March 1996 (1996-03-12) paragraphs [0014]-[0019], [0026], fig. 1	9-12
A		1-8, 13-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/019416

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 60-025985 U1	21 February 1985	(Family: none)	
JP 10-311879 A	24 November 1998	(Family: none)	
JP 64-054387 A	01 March 1989	US 4931650 A column 2, line 33 to column 3, line 45, fig. 1-2 GB 2208431 A EP 302716 A1 DE 3866054 A	
JP 61-091548 A	09 May 1986	(Family: none)	
JP 2019-133787 A	08 August 2019	(Family: none)	
JP 08-069772 A	12 March 1996	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01T 1/17(2006.01)i; G01T 1/24(2006.01)i; G01T 7/00(2006.01)i; G01N 23/223(2006.01)i; G01N 23/2252(2018.01)i FI: G01T1/17 G; G01N23/223; G01N23/2252; G01T7/00 A; G01T1/24		
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）） G01T1/17; G01T1/24; G01T7/00; G01N23/223; G01N23/2252 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	日本国実用新案登録出願58-116877号(日本国実用新案登録出願公開60-025985号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（日本電子株式会社）21.02.1985（1985-02-21）明細書第1頁第15行目-第6頁第3行目，第2図	1-14
Y	JP 10-311879 A（株式会社堀場製作所）24.11.1998（1998-11-24）[0007]，[0013]，[0018]，図1	1-14
Y	JP 64-054387 A（リンク アナリティカル リミテッド）01.03.1989（1989-03-01）明細書第3頁左上欄第14行目-右下欄第15行目，図1-2	3-4, 7
A		1-2, 5-6, 8-14
Y	JP 61-091548 A（株式会社日立製作所）09.05.1986（1986-05-09）明細書第3頁右上欄第13-20行目	6
A		1-5, 7-14
Y	JP 2019-133787 A（日本電子株式会社）08.08.2019（2019-08-08）[0006]-[0011]，[0045]，図5	9-12
A		1-8, 13-14
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 10.07.2023	国際調査報告の発送日 01.08.2023	
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） 中尾 太郎 2G 1765 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 08-069772 A (株式会社ニコン) 12.03.1996 (1996 - 03 - 12) [0014]-[0019], [0026], 図1	9-12
A		1-8, 13-14

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/019416

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 60-025985 U1	21.02.1985	(ファミリーなし)	
JP 10-311879 A	24.11.1998	(ファミリーなし)	
JP 64-054387 A	01.03.1989	US 4931650 A col. 2 ll. 33- col. 3 ll. 45, Figs. 1-2 GB 2208431 A EP 302716 A1 DE 3866054 A	
JP 61-091548 A	09.05.1986	(ファミリーなし)	
JP 2019-133787 A	08.08.2019	(ファミリーなし)	
JP 08-069772 A	12.03.1996	(ファミリーなし)	