

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2025-72256
(P2025-72256A)

(43)公開日 令和7年5月9日(2025.5.9)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 2 P 8/34 (2006.01)	H 0 2 P 8/34	2 G 0 0 1
G 0 1 N 23/207 (2018.01)	G 0 1 N 23/207	5 H 5 8 0
G 0 1 N 23/20008(2018.01)	G 0 1 N 23/20008	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全11頁)

(21)出願番号	特願2023-182868(P2023-182868)	(71)出願人	000250339 株式会社リガク 東京都昭島市松原町3丁目9番12号
(22)出願日	令和5年10月24日(2023.10.24)	(74)代理人	110004107 弁理士法人K i g h s
		(74)代理人	100125391 弁理士 白川 洋一
		(74)代理人	100208605 弁理士 早川 龍一
		(72)発明者	畑山 雄二 東京都昭島市松原町3丁目9番12号 株式会社リガク内
		(72)発明者	伊庭 義博 東京都昭島市松原町3丁目9番12号 株式会社リガク内

最終頁に続く

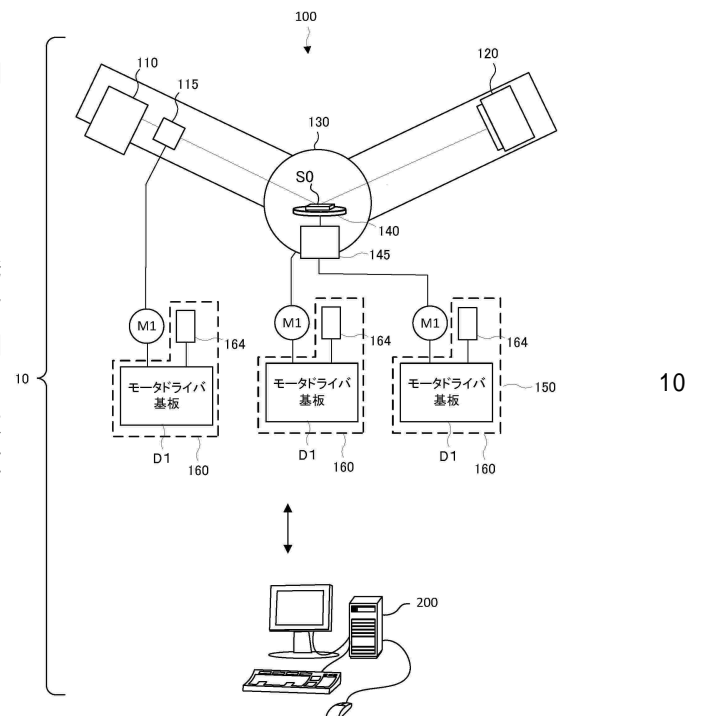
(54)【発明の名称】 監視モジュール、X線回折装置および監視システム

(57)【要約】

【課題】一定速度で駆動していることを保証でき、各測定トレーサビリティを維持できる監視モジュールおよび監視システムを提供する。

【解決手段】X線回折装置に用いられるステッピングモータの動作を監視する監視モジュールであって、ステッピングモータの特定の回転位置を検出し、検出信号を発生させる検出部164と、検出信号の時間間隔を計測する計測部165と、検出信号の時間間隔に相当する計測値が、ステッピングモータへの動作指示に基づいて決まる特定の回転位置間の回転時間に相当する基準値に一致するか否かを判定する判定部166と、計測値が基準値に一致しない場合には、外部に動作異常情報を伝達する情報伝達部167と、を備える。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線回折装置に用いられるステッピングモータの動作を監視する監視モジュールであって、

ステッピングモータの特定の回転位置を検出し、検出信号を発生させる検出部と、

前記検出信号の時間間隔を計測する計測部と、

前記検出信号の時間間隔に相当する計測値が、前記ステッピングモータへの動作指示に基づいて決まる前記特定の回転位置間の回転時間に相当する基準値に一致するか否かを判定する判定部と、

前記計測値が前記基準値に一致しない場合には、外部に動作異常情報を伝達する情報伝達部と、を備えることを特徴とする監視モジュール。 10

【請求項 2】

前記検出部は、前記ステッピングモータが1回転する度に前記検出信号を検知する回転センサであることを特徴とする請求項1記載の監視モジュール。

【請求項 3】

前記判定部は、前記計測値と前記基準値との差が所定範囲内であるか否かを判定することで、前記計測値が前記基準値に一致するか否かを判定することを特徴とする請求項1または請求項2記載の監視モジュール。

【請求項 4】

前記ステッピングモータは、ゴニオメータ、試料台、可変スリットまたは検出器の設置位置調整機構に用いられることを特徴とする請求項1または請求項2記載の監視モジュール。 20

【請求項 5】

前記検出信号の時間間隔に含まれる検出信号数を設定する監視条件設定部をさらに備えることを特徴とする請求項1または請求項2記載の監視モジュール。

【請求項 6】

前記ステッピングモータの動作が監視されたX線回折装置であって、

X線源、試料および検出器の位置を制御するゴニオメータと、

前記試料を支持する試料台の配置を調整する調整機構と、

請求項1または請求項2記載の監視モジュールと、を備え、 30

前記ステッピングモータは、ゴニオメータまたは前記調整機構の少なくとも一つを駆動することを特徴とするX線回折装置。

【請求項 7】

前記ステッピングモータの動作を監視する監視システムであって、

請求項6記載のX線回折装置と、

前記監視モジュールを制御する処理装置と、を備え、

前記処理装置は、前記伝達された動作異常情報の有無に基づいて動作保証または動作異常を表示することを特徴とする監視システム。

【請求項 8】

前記動作保証は、前記ステッピングモータの回転速度と前記基準値との関係に対する信頼性を示す数値情報であることを特徴とする請求項7記載の監視システム。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステッピングモータの動作を監視する監視モジュール、X線回折装置および監視システムに関する。

【背景技術】

【0002】

X線回折装置には、ゴニオメータや試料の移動のために、ステッピングモータを利用した様々な駆動機構が設けられている。基本的に、駆動時に必要なトルクに対して、十分余 50

裕を持ったステッピングモータを利用し、定期的に駆動機構のメンテナンスを行うことで、動作不良を防止するが、ステッピングモータの動作の監視も重要である。エンコーダ付きステッピングモータは、ステッピングモータへの指令パルスとエンコーダの現在位置の差からステッピングモータの動作異常を検出する。

【0003】

しかしながら、エンコーダ付きステッピングモータを使用する場合には、(1)モータ価格が高価であり、(2)モータサイズが大きく、機械干渉が発生しやすい。ステッピングモータの動作監視をしない場合では、駆動機構のグリス等の劣化により脱調が発生する場合があるが、その際の異常検知ができない。この時は、測定プロファイルの異常から脱調を推測する場合が多い。この場合では、いつ異常が発生したかの特定が難しく各測定プロファイルのトレーサビリティを保つことが難しくなる。

10

【0004】

これに対し、原点センサを用いてステッピングモータの脱調検出を行う技術が知られている(特許文献1参照)。特許文献1記載の装置は、モータ回転中の指令パルスをカウントし、原点位置センサの出力が出力される前に、カウンタの値がモータ1回転パルス数を超えたら脱調が発生したと判定することで、エンコーダ無しでモータの脱調を検出している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平9-93993号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1記載の装置は脱調を検出できるが、パルスモータコントローラの故障でパルス出力されない場合や、原点センサの故障等で1回転未満にも関わらずセンサ出力されてしまう場合の異常検知ができない。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、ステッピングモータが一定速度で駆動していることを保証でき、各測定のトレーサビリティを維持できる監視モジュールおよび監視システムを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1)上記の目的を達成するため、本発明の監視モジュールは、X線回折装置に用いられるステッピングモータの動作を監視する監視モジュールであって、ステッピングモータの特定の回転位置を検出し、検出信号を発生させる検出部と、前記検出信号の時間間隔を計測する計測部と、前記検出信号の時間間隔に相当する計測値が、前記ステッピングモータへの動作指示に基づいて決まる前記特定の回転位置間の回転時間に相当する基準値に一致するか否かを判定する判定部と、前記計測値が前記基準値に一致しない場合には、外部に動作異常情報を伝達する情報伝達部と、を備えることを特徴としている。

40

【0009】

(2)また、上記(1)記載の監視モジュールにおいて、前記検出部は、前記ステッピングモータが1回転する度に前記検出信号を検知する回転センサであることを特徴としている。

【0010】

(3)また、上記(1)または(2)記載の監視モジュールにおいて、前記判定部は、前記計測値と前記基準値との差が所定範囲内であるか否かを判定することで、前記計測値が前記基準値に一致するか否かを判定することを特徴としている。

【0011】

(4)また、上記(1)から(3)のいずれかに記載の監視モジュールにおいて、前記

50

ステップングモータは、ゴニオメータ、試料台、可変スリットまたは検出器の設置位置調整機構に用いられることを特徴としている。

【0012】

(5) また、上記(1)から(4)のいずれかに記載の監視モジュールにおいて、前記検出信号の時間間隔に含まれる検出信号数を設定する監視条件設定部をさらに備えることを特徴としている。

【0013】

(6) また、本発明のX線回折装置は、前記ステップングモータの動作が監視されたX線回折装置であって、X線源、試料および検出器の位置を制御するゴニオメータと、前記試料を支持する試料台の配置を調整する調整機構と、上記(1)～(5)記載の監視モジュールと、を備え、前記ステップングモータは、ゴニオメータまたは前記調整機構の少なくとも一つを駆動することを特徴としている。

10

【0014】

(7) また、本発明の監視システムは、ステップングモータの動作を監視する監視システムであって、上記(6)記載のX線回折装置と、前記監視モジュールを制御する処理装置と、を備え、前記処理装置は、前記伝達された動作異常情報の有無に基づいて動作保証または動作異常を表示することを特徴としている。

【0015】

(8) また、上記(7)記載の監視システムにおいて、前記動作保証は、前記ステップングモータの回転速度と前記基準値との関係に対する信頼性を示す数値情報であることを特徴としている。

20

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の監視システムの構成を示す概略図である。

【図2】本発明の監視モジュールの機能的構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の監視モジュールの構成一例を示す概略図である。

【図4】パルス信号と検出信号を示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

次に、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

30

【0018】

[原理]

従来、位置を基準とする動作監視では、回転センサの検出信号間のパルス信号数に異常が無いかを確認していた。この場合、回転速度に異常があっても位置に異常がなければ異常なしと判断されてしまう。しかし、X線回折装置100を用いた測定は、ゴニオメータ130や試料台140等が一定速度で駆動されていることで信頼性が保証されるという特有の事情がある。したがって、この分野でステップングモータの回転軸が一定角度回転する時間を監視する技術を常時監視に適用できれば有用性が高い。本発明は、このような事情を前提としており、位置の監視ではなく時間の監視という従来には無かった発想に基づいている。

40

【0019】

[監視システム]

図1は、監視システム10の構成を示す概略図である。監視システム10は、X線回折装置100および処理装置200を備える。X線回折装置100は、試料S0にX線を照射し、散乱されたX線を検出し、X線回折測定を可能にする。X線回折装置100は、ステップングモータM1で内部の各機構を駆動しており、ステップングモータM1が一定の回転速度で回転軸を回転させていることを監視モジュール160が監視している。

【0020】

50

[処理装置]

処理装置 200 は、X線回折装置 100 の動作を制御するとともに、監視モジュール 160 から伝達された情報を表示する。例えば、伝達された動作異常情報の有無に基づいて動作保証または動作異常を表示する。処理装置 200 は、CPU (Central Processing Unit / 中央演算処理装置)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、メモリをバスに接続してなるコンピュータによって構成されている。処理装置 200 は、PC 端末であってもよいし、クラウド上のサーバであってもよい。また、全体の装置だけでなく、一部の装置や装置内の一部の機能がクラウド上に設けられてもよい。

【 0021 】

[X線回折装置]

X線回折装置 100 は、X線源 110、可変スリット 115、検出器 120、ゴニオメータ 130、試料台 140、調整機構 145、ステッピングモータ M1、監視モジュール 160 を備えている。図 1 に示す例は単純化されているが、実際には X線回折装置 100 が試料の回転、揺動機構、検出器の設置位置調整機構、その他の駆動機構を備えていてもよい。

【 0022 】

X線源 110 は、X線を発生させ、その X線を試料に向けて照射する。可変スリット 115 は、開口の幅が可変なスリットである。検出器 120 は、試料 S0 で散乱した X線を検出する。ゴニオメータ 130 は、測定に応じて制御され、X線源 110、試料 S0 および検出器 120 の位置を制御する。ゴニオメータ 130 は、水平回転型、縦型または試料水平型のいずれの型式でもよい。ゴニオメータ 130 の走査軸は、1 軸、2 軸、あおり軸、面内回転軸の他にインプレーン (2 軸) を備えてもよい。試料台 140 は、試料 S0 を支持する。調整機構 145 は、試料 S0 を支持する試料台 140 の配置を調整する。配置には、位置だけでなく向きや姿勢も含まれる。

【 0023 】

ステッピングモータ M1 は、回転軸の回転力を、可変スリット 115、ゴニオメータ 130 および調整機構 145 に伝え、これらを駆動する。その他、試料の回転、揺動機構があれば、それらも駆動してもよい。なお、便宜上同じ符号で表示しているが、各機構を駆動するステッピングモータ M1 は独立に設けられている。

【 0024 】

監視モジュール 160 は、X線回折装置 100 に用いられるステッピングモータ M1 の動作を監視する。例えば、ゴニオメータ 130、試料台 140 またはスリットの可変機構、検出器の設置位置調整機構に用いられるステッピングモータ M1 を監視対象とすることができる。これにより、ゴニオメータによる測定のスキャン、試料台 140 による回転や揺動、可変スリット 115 による開口幅の調整、検出器の設置位置調整機構によるカメラ長の調整といった駆動に対するステッピングモータ M1 による回転軸の回転速度が一定であることを保証できる。

【 0025 】

[監視モジュールの構成]

図 2 は、監視モジュール 160 の機能的構成を示すブロック図である。監視モジュール 160 は、監視条件設定部 161、動作指示部 162、パルス信号出力部 163、検出部 164、計測部 165、判定部 166 および情報伝達部 167 を備えている。このうち、監視条件設定部 161、動作指示部 162、パルス信号出力部 163、計測部 165、判定部 166 および情報伝達部 167 は、パルスモータコントローラ内のモータドライバ基板 D1 の集積回路によって構成される。集積回路は、FPGA (Field Programmable Gate Array) であることが好ましい。基板を変えて、PLC (Programmable Logic Controller) などの制御装置で構成されてもよい。

【 0026 】

監視条件設定部 161 は、動作前に、検出信号の時間間隔等の監視条件を設定する。検

10

20

30

40

50

出信号の時間間隔とは、所定数の検出信号ごとの時間間隔である。1回ごとであってもよいし、2回ごとであってもよい。監視条件として、例えばモータの回転数を設定し、そのモータ回転数ごとの検出信号間の時間で監視ができる。また、測定された検出信号の時間間隔と基準値との差の閾値を設定することもできる。設定された閾値により差が所定範囲内か否かが判定され、動作異常か否かを判定できる。所定範囲は、測定に応じて適当な範囲が変わるため、処理装置200からの指示により設定されることが好ましい。

【0027】

動作指示部162は、ステッピングモータM1の動作による移動に必要なパルス信号数およびパルス信号速度を算出し、動作開始命令を出力する。パルス信号出力部163は、動作開始命令に従い、ステッピングモータM1のドライバにパルス信号を出力する。

10

【0028】

検出部164は、ステッピングモータM1の回転軸が特定の回転位置にあることを検出し、検出信号を発生させる。特定の回転位置とは、一定角度ごとの位置を指し、例えば60°ごとの60°、120°、180°・・・であってもよいし、360°ごとの360°、720°・・・であってもよい。

【0029】

検出部164は、ステッピングモータM1の回転軸が一定角度を回転する度に検出信号を出力する回転センサである。特に1回転を検出できる回転センサ(いわゆるINDEXセンサ)を用いるのが好ましい。これにより、エンコーダを用いる場合に比べて低コストの監視システムを構築できる。また、モータユニットのサイズが小さくなるため、アタ

20

【0030】

回転センサは、例えば、ステッピングモータM1の回転軸に取り付けられた切り欠き付きの円板と切り欠き位置で信号を発信するフォトセンサで構成できる。円板の中心軸と回転軸の中心軸を一致させ、円板に切り欠きを一か所形成することで、回転センサから1回転あたり1回の検出信号が得られる。その他にも、マーカー付きの円板や磁気センサ等を使用して、回転を検出させてもよい。

【0031】

回転センサは、回転軸が一定角度を回転する度に検出信号を出力するものであれば、必ずしも1回転に1回の信号を検出できる回転センサでなくてもよい。1/2回転に1回の信号を検出するものでもよく、1/3回転に1回の信号を検出するものでもよい。

30

【0032】

エンコーダを回転センサの一種として用いることも可能である。エンコーダは、円板の複数の箇所に被検出部が設けられ、センサで被検出部を検出した際に検出信号を出力する。従来は、位置の確認のために用いられている。本発明では、検出信号の時間間隔を計測することで、ステッピングモータM1の回転速度の保証が可能になる。

【0033】

計測部165は、検出部164から得られた検出信号の時間間隔を計測する。判定部166は、検出信号の時間間隔に相当する計測値が、ステッピングモータM1への動作指示に基づいて決まる特定の回転位置間の回転時間に相当する基準値であるか否かを判定する。なお、「計測値」は、測定値だけでなく測定値から算出された等価な数値も含む。計測値と基準値との差が所定範囲内であるか否かで、計測値が基準値に一致するか否かを判定することが好ましい。これにより、ステッピングモータM1の回転軸が特定の回転位置間を進む時間が一定でない場合に異常と判断できる。なお、基準値および計測値は、特定の回転位置間を回転軸が回転する時間そのものであってもよいし、それと等価な回転速度や1回転あたりの時間のような数値であってもよい。

40

【0034】

情報伝達部167は、計測値が基準値でない場合には、外部に動作異常情報を伝達する。これにより、X線回折装置100の部品を一定速度で駆動していることを保証でき、各

50

測定プロファイルのトレーサビリティを維持できる。なお、動作異常情報は、定期的な正常情報が送受信されないことで伝達されてもよい。

【0035】

[構成例]

図3は、監視モジュール160の構成の一例を示す概略図である。図3に示す構成例では、まず、HOST PC（処理装置）からの指令に基づいて、メインコントローラ（1）が各機構の駆動、測定動作による移動に必要なパルス信号数およびパルス信号速度を算出し、動作前に、動作の定速動作中（加減速時間は除く）の回転センサS1の反応時間等の監視条件をFPGA（5）に設定する。この設定により、例えばモータ100回転毎の検出信号間の時間を測定することもできる。また、例えば、20deg/minの測定時に、20deg/min±0.05%以内の速度範囲で動作していたことを保証できる。

10

【0036】

メインコントローラ（1）は、パルス信号数、パルス信号速度設定、動作開始命令をPMC（2）に設定する。そして、PMC（2）がステッピングモータドライバ（3）にパルス信号を出力する。なお、PMCは、Pulse Motor Controllerの省略表記である。なお、メインコントローラとFPGAは構成上一体と考えてもよい。

【0037】

モータドライバ基板D1のFPGA（5）は、入力パルス信号をカウントし、検出信号の時間間隔を計測する。ステッピングモータM1の1回転（分解能によるが例えば500pulse）するごとに、回転センサから検出信号が1回出力される。検出信号の時間間隔の計測結果をメインコントローラ（1）に送信する。

20

【0038】

この構成により、PMC周辺回路に異常があり、パルス信号が出力されていない場合、動作開始しているにも関わらず、パルス信号が出力されていないという異常検出が可能である。パルス信号が出力されているのに、検出信号がモータ1回転以上の時間になっても検出されない場合、モータ脱調または回転センサ（出力無し）の故障が起きていることを認識でき、異常を検出できる。

【0039】

ステッピングモータM1が1回転するごとに、回転センサからの検出信号が1回出力される。ステッピングモータM1の定速動作中（加減速時間は除く）の回転センサが反応する時間間隔は一定である。

30

【0040】

従来では、例えば20deg/min（または20mm/min）等の速度での測定中は、駆動機構が実際にその通りに動いているかわからないため、測定の信頼性を保証できなかった。FPGA（5）によって、検出信号の間隔を計測することで、測定中のモータ動作速度のバラつきを計測できる。これにより、測定を行った際のステッピングモータM1の動作保証ができる。測定範囲内の角度や位置ごとの駆動機構の動作保証も可能である。

【0041】

例えば、10～15degまでの回折角の範囲を20deg/minで測定したときに、以下のような信頼性を示す数値範囲も把握できる。

40

【表1】

10～11deg	20deg/min±0.03%
11～12deg	20deg/min±0.02%
12～13deg	20deg/min±0.01%
13～14deg	20deg/min±0.03%
14～15deg	20deg/min±0.02%

【0042】

50

ステッピングモータ M 1 は、測定中のゴニオメータの駆動だけでなく、入射および受光光学系のスリット調整軸、試料台の回転、揺動軸など様々な駆動機構に使用されている。X線回折の測定では、試料面上での照射幅が一定になるように回折角を変更させながら自動的に入射側のスリット幅を変更させながら測定することや、配向や粗大粒子の影響を低減させるために試料を一定速度で回転や揺動しながら測定することがある。上記の構成により、測定中の各軸の駆動機構に対し、ステッピングモータの動作保証ができる。また、移動時のモータ速度はメインコントローラ(1)で把握されるため、測定時だけではなく、単純な駆動機構による移動時の動作保証も可能である。例えば、測定開始前の軸移動の際に、モータが軸移動時の速度で動いたか監視しているので、可変スリットのスリット幅や試料台のXY座標位置、検出器のカメラ長が、設定値通りの位置まで正しく動いたかを保証できる。

10

【0043】

[監視モジュールの動作]

上記のように構成された監視モジュール160の動作例を説明する。図4は、パルス信号と検出信号を示すタイミングチャートである。パルス信号は、ステッピングモータM1を動作させるための信号であり、検出信号は、「INDEX」で表され、検出部164によって検出された信号を示している。

【0044】

X線回折装置100を用いた測定時に制御装置からステッピングモータM1に指示がなされると、指示に沿って監視条件が設定され、動作指示がなされる。そして、動作指示に従って回転速度で駆動されるようにパルス信号出力部163が一定間隔でパルス信号を出力する。このパルス信号によりステッピングモータM1は回転軸を回転する。

20

【0045】

一方で、検出部164は、ステッピングモータM1が一定角度を回転するごとに検出信号を出力する。計測部165は、一定角度回転するのにかかった時間の計測値として所定数の検出信号の間の時間間隔を計測する。

【0046】

判定部166は、動作指示に基づいて決まる特定の回転位置間の回転時間を基準値としたときに、計測値が基準値に一致しているか否かを判定する。例えば、検出信号あたりのパルス信号の数を検証すればステッピングモータM1の脱調の有無は確認できるが、回転速度が一定であることまでは確認できない。しかし、動作指示に沿って算出された特定の回転位置間にかかる時間とセンサで測定された検出信号の時間間隔を対比することで回転速度の保証が可能になる。情報伝達部167は、算出された回転速度が基準値に一致していない場合に、処理装置200に動作異常情報を伝達する。処理装置200は、アプリケーション上でモータ動作異常発生を通知することで、装置不具合を即時検出できる。このようにして、ステッピングモータM1の動作を監視できる。

30

【0047】

[信頼性の表示]

処理装置200により表示される動作保証は、ステッピングモータ回転速度と基準値との関係に対する信頼性を示す数値情報であることが好ましい。信頼性を示す数値は、例えば、基準値に対して検出されたステッピングモータ回転速度が入っている数値範囲 $\pm x\%$ である。これにより、ユーザはX線回折装置の使用時にその場で客観的な測定の信頼性を確認できる。

40

【符号の説明】

【0048】

- 10 監視システム
- 100 X線回折装置
- 110 X線源
- 115 可変スリット
- 120 検出器

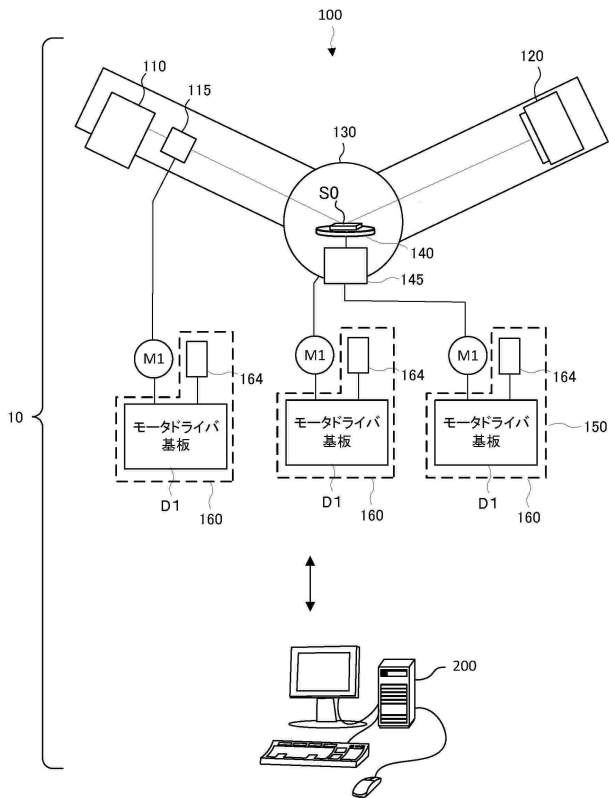
50

- 130 ゴニオメータ
- 140 試料台
- 145 調整機構
- 160 監視モジュール
- 161 監視条件設定部
- 162 動作指示部
- 163 パルス信号出力部
- 164 検出部
- 165 計測部
- 166 判定部
- 167 情報伝達部
- 200 処理装置
- D1 モータドライバ基板
- M1 ステッピングモータ
- S0 試料
- S1 回転センサ

10

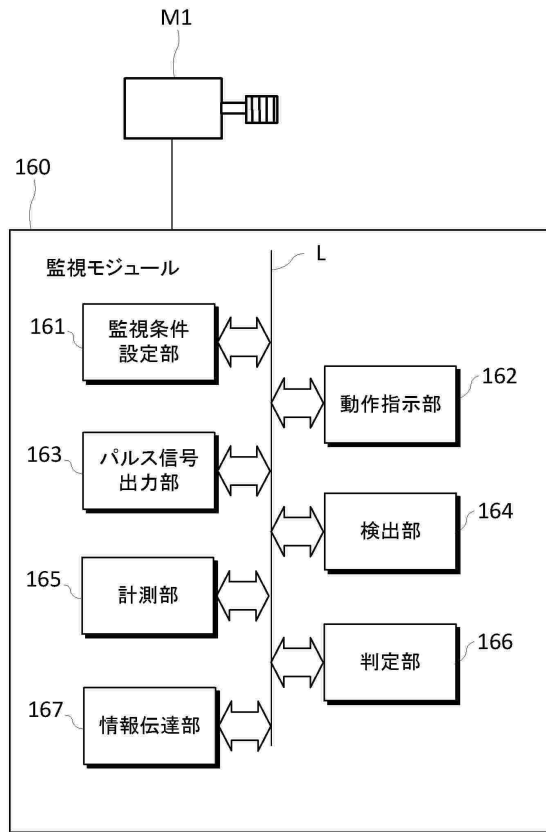
【図面】

【図1】



10

【図2】

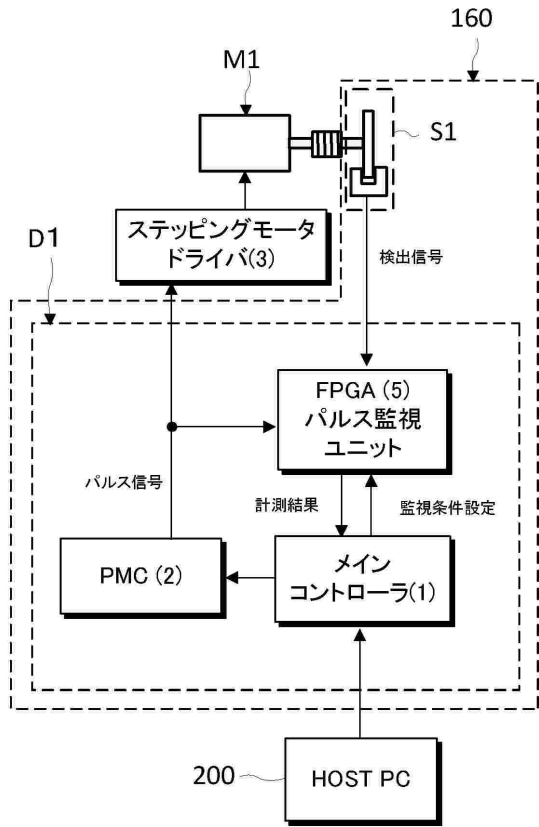


20

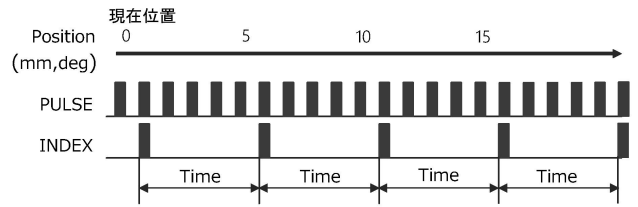
30

40

【 図 3 】



【 図 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 上田 智康

東京都昭島市松原町3丁目9番12号 株式会社リガク内

Fターム(参考) 2G001 AA01 BA18 CA01 JA19 SA07
5H580 HH02 HH40 JJ02 JJ09 JJ20