(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6607804号
(P6607804)

(45)発行日　令和1年11月20日(2019.11.20)　(24)登録日　令和1年11月1日(2019.11.1)

(51)Int.Cl.		F I		
G21K 5/00	(2006.01)	G21K	5/00	A
G21K 5/02	(2006.01)	G21K	5/02	X
G21K 5/04	(2006.01)	G21K	5/04	W
		G21K	5/00	S

請求項の数 7　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2016-25804(P2016-25804)
(22)出願日　平成28年2月15日(2016.2.15)
(65)公開番号　特開2017-146109(P2017-146109A)
(43)公開日　平成29年8月24日(2017.8.24)
審査請求日　平成30年9月27日(2018.9.27)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　110000350
ポレール特許業務法人
(72)発明者　飯田　哲
東京都千代田区外神田四丁目１４番１号
株式会社日立メディコ内
(72)発明者　佐藤　健拓
東京都千代田区外神田四丁目１４番１号
株式会社日立メディコ内

審査官　藤原　伸二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】放射線照射装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
放射線照射装置であって、
テーブル部に置かれる試料用のトレイと、前記トレイを間にし、対面して配置される第一、第二の放射線管装置と、放射線量を計測する線量計と、前記第一、第二の放射線管装置と前記線量計を制御する制御装置とを備え、
前記制御装置は、二方向照射時に前記トレイ上の試料に照射される放射線量を前記線量計で測定するモードと、一方向照射時に前記試料の透過線量を前記線量計で測定するモードとを切り替えるよう制御し、
前記テーブル部は、前記一方向照射時に、前記第一、第二の放射線管装置の何れか一方に近づけた位置に前記トレイを設置可能である、
ことを特徴とする放射線照射装置。
【請求項２】
請求項１に記載の放射線照射装置であって、
前記テーブル部は、前記トレイを反転する反転機構を備える、
ことを特徴とする放射線照射装置。
【請求項３】
請求項１に記載の放射線照射装置であって、
前記線量計は線量計プローブを備え、
一方向照射による透過線量の測定の際、前記線量計プローブの位置を照射野周辺から照射

野中心に移動可能である、
ことを特徴とする放射線照射装置。
【請求項４】
請求項１に記載の放射線照射装置であって、
操作者が、一方向照射による透過線量の測定を選択した場合、
前記制御装置は、前記一方向照射時に前記試料の透過線量を前記線量計で測定するモードで測定するよう制御する、
ことを特徴とする放射線照射装置。
【請求項５】
請求項１に記載の放射線照射装置であって、
前記制御装置は、前記二方向照射時に前記第一、第二の放射線管装置の一方が故障した場合、自動で前記線量計の計測を一方向照射による透過線量の測定に変更可能である、
ことを特徴とする放射線照射装置。
【請求項６】
請求項５に記載の放射線照射装置であって、
前記制御装置は、
前記二方向照射時の前記線量計の積算線量と、故障していない前記第一、第二の放射線管装置と前記テーブル部との距離に基づき、前記線量計の設定線量を算出して再設定する、
ことを特徴とする放射線照射装置。
【請求項７】
請求項１に記載の放射線照射装置であって、
前記テーブル部は、前記一方向照射時に、前記第一、第二の放射線管装置の何れか一方に近づけた位置に前記トレイが設置されたことを検出するスイッチを備え、
故障していない前記第一、第二の放射線管装置近傍の前記スイッチのオンが検出されないと、放射線が照射されないようにインターロックされる、
ことを特徴とする放射線照射装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、放射線照射装置に係り、特に、輸血用血液製剤に照射する放射線照射技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
輸血後ＧＶＨＤ（Ｇｒａｆｔ　Ｖｅｒｓｕｓ　Ｈｏｓｔ　Ｄｉｓｅａｓｅ）と呼ばれる輸血による副作用がある。これを予防するため、放射線を照射し、輸血用血液製剤の内のリンパ球を不活性化する技術が知られており、用いられる放射線には、放射線同位元素１３７Ｃｅ（セシウム)を利用したγ線とX線とがある。
【０００３】
輸血用血液製剤の放射線照射を行う放射線照射装置は、X線管装置と、X線管装置に対面して配置されるトレイと、これらを収容しかつX線を遮蔽する防護ボックスとを具備していて、輸血用血液などの試料をトレイに載せ、X線を試料に照射することによって、ＧＶＨＤの予防を行うことができる。
【０００４】
このような放射線照射装置として、特許文献１に二方向X線照射装置が記載されている。このX線照射装置では、第一のX線管装置と、該X線管装置に対面して配置された試料面と、これらが組み込まれたX線を遮蔽する防護室とを具備しているX線照射装置において、第二のX線管装置が試料皿を中間にして第一のX線管装置と対面して防護室に組み込まれ、第二のX線管装置の陰極及び陽極が第一のX線管装置のそれらと互いに逆に配置されているようにすることにより、両方のX線管装置によって試料の両面からX線の照射をして、試料皿を回転させることなく、従来の装置よりも、少ない時間で均一な照射をなすことができ

るようにさせ、しかも大きな線量を必要とするときにも、入手しやすい小形のX線管によって、必要とする照射量を得ることができるようにさせたものである。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】実公平7-43679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、上述した従来の二方向X線照射装置では、第一、第二いずれかのX線管装置が故障した場合、装置は使用できなかった。また、X線管装置から試料皿までの距離は固定の為、輸血用血液製剤に緊急照射を行う際には照射に時間がかかるという課題があった。
【０００７】
本発明の目的は、上記の課題を解決し、一方のX線管装置が故障しても使用可能であり、更に照射時間の短縮が可能な放射線照射装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記の目的を達成するため、本発明においては、放射線照射装置であって、テーブル部に置かれる試料用のトレイと、トレイを間にし、対面して配置される第一、第二の放射線管装置と、放射線量を計測する線量計と、第一、第二の放射線管装置と線量計を制御する制御装置とを備え、制御装置は、二方向照射時にトレイ上の試料に照射される放射線量を線量計で測定するモードと、一方向照射時に試料の透過線量を線量計で測定するモードとを切り替えるよう制御する放射線照射装置を提供する。
【発明の効果】
【０００９】
本発明によれば、搭載している２つのX線管装置のうち片方が故障しても、装置を使用することができ、更に試料皿をX線管装置に近づけることで照射時間を短縮させ緊急照射時にも対応することを可能とする。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】実施例１に係る、放射線照射装置における二方向照射時の概略構成を説明するための図である。
【図２】実施例１に係る、放射線照射装置における一方向照射時の概略構成を説明するための図である。
【図３】実施例１に係る、放射線照射装置における二方向照射時の動作フローを説明するための図である。
【図４】実施例２に係る、放射線照射装置における一方向照射時の動作フローを説明するための図である。
【図５】各実施例に係る、放射線照射装置のタッチパネル表示画面の一例を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
以下、図面を参照して本発明の好適な実施の形態を順次説明する。
【実施例１】
【００１２】
図１は実施例１に係る放射線照射装置、及び当該装置における二方向照射時の概略構成を説明するための図である。本実施例の二方向Ｘ線照射装置は、輸血用血液製剤を内装し、テーブル２０に置かれたトレイ１６に上下からＸ線を照射するために、上部Ｘ線管装置３および下部Ｘ線管装置５が配置されている。上部Ｘ線管装置３とトレイ１６の間にはＸ

線フィルター１７が、下部Ｘ線管装置５とトレイ１６の間にはＸ線フィルター１８が配置されている。上部Ｘ線管装置３は高電圧発生ユニット７の高電圧発生装置８により独立して高電圧が印加され、下部Ｘ線管装置５は高電圧発生ユニット７の高電圧発生装置９により独立して高電圧が印加される。

【００１３】

また、冷却装置１０により冷却油を上部Ｘ線管装置３および下部Ｘ線管装置５に供給し、それぞれのＸ線管装置が持つ陽極を冷却している。上部Ｘ線管装置３および下部Ｘ線管装置５によって温められた冷却油は冷却装置１０に戻り、循環式冷却装置もしくは水道水１５から供給される冷却水によって冷却されている。トレイ１６の近傍には線量計１２と接続された線量計プローブ１３が線量計プローブ固定部１９上に配置され、トレイ１６に照射されるX線量が計測できるようになっている。

【００１４】

上部Ｘ線管装置３、下部Ｘ線管装置５、線量計プローブ１３、トレイ１６、Ｘ線フィルター１７、１８、線量計プローブ固定部１９、テーブル２０はＸ線が外部に漏れないように防護ボックス１内の遮へい体２で覆われている。

【００１５】

制御装置１１、線量計１２、タッチパネルなどの操作盤１４は、防護ボックス内に配置されている。制御装置１１は高電圧発生ユニット７、冷却装置１０、線量計１２、タッチパネルなどの操作盤１４、循環式冷却装置もしくは水道水１５を制御している。線量計１２は、線量計プローブ１３に照射されるX線量をトレイ１６に照射されるX線量として計測する。

【００１６】

また、二方向Ｘ線照射装置の操作はタッチパネルなどの操作盤１４によって行う。線量計プローブ固定部１９は、照射野の中心方向へ移動する機構を持ち、所定の位置に移動後、遮へい体２の内部に固定され、線量計プローブ１３をトレイ１６の近傍の位置に固定することができる。テーブル２０は、遮へい体２の内部に固定され、トレイ１６が上部X線線束４、下部X線線束６の内側に入るように配置することができる。このテーブル２０は、X線吸収が少なく、一定以上の強度を持つカーボンファイバ等の材質で形成する。

【００１７】

図２は本実施例の放射線照射装置における一方向照射時の概略構成を説明するための図である。ただし、本実施例の一方向照射時の装置本体の構成において、テーブル２０の代わりに用いる補助テーブル２１、２２を除く他の構成は、前述の二方向照射装置と同様の構成である。従って、以下の説明では、補助テーブル２１、２２について説明する。なお、この補助テーブル２１、２２は、一つの補助テーブルの設置可能な位置を示しているものであり、二つの補助テーブルを用意する必要はない。なお、本明細書において、テーブル２０、補助テーブル２１、２２を総称してテーブル部と総称する場合がある。すなわち、テーブル部は、二方向照射時と一方向照射時に応じた、複数のトレイの設置位置を有する。そして、テーブル部の補助テーブル２１、２２は、一方向照射時に、第一、第二の放射線装置の何れか一方に近づけた位置にトレイを設置可能である。例えば、X線管装置５が故障した場合には、X線管装置３に近い位置の補助テーブル２１を利用する。

【００１８】

線量計プローブ固定部１９は、先に説明したように照射野の中心方向へ移動する機構を持ち、二方向照射時にあっては所定の位置に移動後、遮へい体２内部に固定され、線量計プローブ１３をトレイ１６の近傍であって、X線管装置３、５から等距離の位置に固定する。このように、二方向照射装置の場合は、線量計プローブ１３をトレイ１６の近傍に配置し、上下二方向からの照射線量をモニター、測定するモードであったのに対し、一方向照射装置に切り替えた場合、線量計プローブ１３はX線管装置と補助テーブル２１、２２の中心を結ぶ延長線上まで移動し、X線の透過線量をモニター、測定するモードに切り替わる。この線量計プローブ１３の移動は、制御装置１１の制御により自動で、或いは手動で行うことができる。また、本実施例の補助テーブル２１、２２は反転機構を有し、試料

の表裏両面からＸ線を照射することで線量分布の均一性を図ることができる。また、補助テーブル２１、２２はケースと蓋で構成され、蓋はX線吸収が少なく、一定以上の強度を持つカーボンファイバ等の材質で形成される。

【００１９】

続いて、図３の動作フローチャートと、図５の操作画面例を用いて、本実施例の放射線照射装置の動作について説明する。なお、図３のフローチャート中、操作者の選択ステップ以外の動作は、制御装置１１のプログラム実行処理で実現される。

【００２０】

まず、遮へい体２内に輸血用血液製剤を入れたトレイ１６をテーブル２０にセットする（ステップ１０１、以下Ｓ１０１と略す）。続いて、タッチパネルなどの操作盤１４で設定線量を選択（Ｓ１０２）し、図５の表示画面３１の設定ボタン３４を押す。制御装置１１から線量計１２に選択された設定線量の信号を送信する（Ｓ１０３）。設定線量は、例えば、１５～２５グレイ（Gy）に設定する。

【００２１】

続いて、操作盤１４で、二方向照射を行うか一方向照射を行うかを選択する（Ｓ１０４）。二方向照射選択が否（No）の場合は、一方向照射へ（Ｓ１０６）移り、操作盤１４の表示画面３１には、一方向照射選択３３がハイライト表示され、二方向照射が可（Yes）の場合は、二方向照射選択中表示（Ｓ１０５）に移り、二方向照射選択３２がハイライト表示され、照射準備完了となり（Ｓ１０７）、操作盤１４に放射線照射開始のスイッチが表示される。二方向照射が選択された場合、トレイ１６はテーブル２０にセットされるため、線量計プローブ１３は線量計プローブ固定部１９に固定され、一方向照射に切り替わる場合、トレイ１６は補助テーブル２１、２２の何れか一方に搭載され、線量計プローブ１３はX線管装置と補助テーブル２１、２２の中心を結ぶ延長線上まで移動し、X線の透過線量をモニター、測定する。

【００２２】

操作盤１４の放射線照射開始のスイッチが押されると、放射線照射ONとなる（Ｓ１０８）。放射線照射中は制御装置１１が常時X線系エラーを監視する（Ｓ１０９）。この監視は、例えば制御装置１１が、装置の動作中に過電圧、不足電圧、過電流等の状態になった時に、高電圧発生ユニット７内のインバータ基板から出力される信号を検出して、エラー発生と判断することによって行われる。このインバータ基板は、高電圧発生ユニット内の高電圧発生装置８、９内にそれぞれ内蔵されており、制御装置１１は、２つの信号を監視することにより、X線管装置３、５の何れがエラーであるかを判断できる。本実施例の装置においては、X線系エラー有（Yes）の場合はエラー解除後、一方向照射へ切り替わる（Ｓ１０６）。X線系エラー無（No）の場合は、放射線照射を継続する。制御装置１１が線量計１２から先に設定した設定線量到達信号を検出（Ｓ１１０）した場合（Yes）、放射線照射OFF（Ｓ１１１）し、照射完了となる（Ｓ１１２）。

【００２３】

以上説明したように、本実施例の放射線照射装置の構成によれば、一つのX線管球が壊れた状態を制御装置が自動検出して二方向照射から一方向照射に切り替え、また計測モードを照射線量測定モードから透過線量測定モードに切り替え、更にこれに合わせて線量計プローブを照射野周辺から照射野中心まで移動させることにより、搭載している２つのX線管装置のうち片方が故障しても、装置を使用することができ、緊急時などに使い勝手良い装置を提供することができる。

【実施例２】

【００２４】

実施例２は、X線系エラー検出後、一方向照射に切り替わった際の設定線量の制御を確実に行うことが可能な放射線照射装置の実施例である。実施例２の放射線照射装置の動作について図４の動作フローを用いて説明する。本動作フローも図３と同様、原則制御装置１１のプログラム実行によって実現できる。

【００２５】

上述したように、図１の放射線照射装置の動作中に、過電圧、不足電圧、過電流等の状態になった時に高電圧発生ユニット７のインバータ基板から信号が出力される（Ｓ２０１）。制御装置１１がX線系エラーを検出した時（Ｓ２０２）、制御装置１１が線量計１２から、途中まで照射した積算線量の値を取得する（Ｓ２０３）。二方向照射時にＸ線系エラーを検出する（Ｓ２０２）、もしくは、ユーザが操作盤１４で一方向照射が選択した時（Ｓ２０４）に一方向照射に切り替わり（Ｓ２０５）、操作盤１４の表示画面３１に一方向照射選択３３がハイライト表示される（Ｓ２０６）。

【００２６】

図２に示すように、輸血用血液製剤の反転機構を有した補助テーブル２１、２２の内の正常なX線管装置側の補助テーブルに輸血用血液製剤を搭載し（Ｓ２０７）、上部下部いずれか使用するX線管装置近傍の所定の位置に取り付ける。各補助用テーブル装着位置にはそれぞれスイッチを設け、正常なＸ線管装置近傍のスイッチのONが検出されないとＸ線が照射されないようにインターロックを入れる。正確な位置に補助テーブル２１、２２の内何れか一方が取り付けられたことを制御装置１１が検出（Ｓ２０８）した後に、線量計プローブ固定部１９がX線管装置３、５と補助テーブル２１、２２の中心を結ぶ延長線上まで移動する（Ｓ２０９）よう、制御装置１１が制御する。

【００２７】

図１に示した二方向照射では線量計プローブ１３はトレイ２０近傍に配置され上下二方向からの照射線量をモニター、測定する方式だが、図２に示した一方向照射では、輸血用血液製剤を透過した線量、すなわち透過線量をモニター、測定する方式に変わる為、輸血用血液製剤の表面・裏面それぞれに照射する設定線量を制御装置１１で計算する。線量計プローブ固定部１９がX線照射野の中心まで移動した後、制御装置１１から線量計１２に輸血用血液製剤の表面に照射する設定線量を送信する（Ｓ２１０）。設定線量の送信が完了すると照射準備完了となり、操作盤１４に放射線照射開始のスイッチが表示される。放射線照射開始のスイッチが押されると放射線照射ONとなる（Ｓ２１１）。

【００２８】

モニター、測定の結果、線量計１２が設定線量に到達すると、表面の照射が完了となり（Ｓ２１２）、反転機能付き補助テーブル２１、２２が表裏の反転動作を行う（Ｓ２１３）。反転動作が完了すると、制御装置１１から線量計１２に輸血用血液製剤の裏面に照射する設定線量を送信する（２１４）。表面同様、設定線量の送信が完了すると放射線照射ONとなる（Ｓ２１５）。線量計１２が設定線量に到達すると、裏面の照射が完了となる（Ｓ２１６）。輸血用血液製剤の表裏両面からX線を照射することで線量分布の均一性を図ることができる。

【００２９】

表裏すべての照射が終了した後、操作盤１４に照射不足の血液製剤の有無を確認させる画面を表示し、照射不足の血液製剤が有る（Yes)場合は、当該輸血用血液製剤を補助テーブル２１、２２の何れか一方に搭載して（Ｓ２０７）同様のルーチン（Ｓ２０７～Ｓ２１７）で照射を行う。照射不足の血液製剤が無い（No）場合は照射完了となる（Ｓ２１８）。

【００３０】

ここで、X線系エラー検出（Ｓ２０２）により、装置がそれまでの二方向照射から一方向照射へ切替える（Ｓ２０５）場合の線量制御について説明する。二方向照射を行っている場合、線量計１２に送る設定線量はトレイ１６上の血液バッグに当てる照射線量であるのに対し、途中でいずれかのＸ線管装置が故障して一方向照射に切り替わった場合、設定線量がそのままで線量計プローブ１３の位置のみ変えた場合、血液バッグに必要以上の線量が当たってしまう。そこで、制御装置１１は、一方向照射に切り替える時点で、透過線量をモニターする方式の設定線量を改めて算出して、線量計に送信する（Ｓ２１０、Ｓ２１４）ことが必要になる。

【００３１】

制御装置１１は、この際の設定線量を例えば、次のように算出して再設定することがで

きる。
（先の設定線量）－（途中までの積算線量）＝（血液バッグに当てる残りの線量）
（血液バッグに当てる残りの線量）／２＝（表面、裏面の片面に当てる線量）
透過線量用の設定線量＝（片面に当てる線量）/（血液および血液バッグの吸収係数）/（補助テーブルから線量計プローブまでの距離の２乗）
これは、二方向照射装置の場合、積算線量が設定線量に到達した時には線量計プローブ１３によるモニター位置よりも線量が高いトレイ１６の血液バッグは設定線量以上の線量が当たっているため、制御装置１１は、設定線量は血液バッグに当てる線量を設定するのに対し、一方向照射装置の場合、透過線量なので血液および血液バッグのＸ線吸収と補助テーブルから線量計プローブまでの距離の２乗に反比例したＸ線の減衰から設定線量を算出する必要があるからである。

【００３２】
以上説明した実施例２によれば、一つのX線管装置を用いた一方向照射の場合であっても、照射時間を短縮させ緊急照射時にも対応することが可能な装置を提供することができる。また、二方向照射の途中でいずれかのＸ線管装置が故障した場合、設定線量がそのままで線量計によるモニター位置を変えることにより、血液バッグに必要以上の放射線量が当たってしまうことを防止することができる。

【００３３】
なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。上記した実施例は本発明のより良い理解のために詳細に説明したのであり、必ずしも説明の全ての構成を備えるものに限定されものではない。例えば、テーブル部としてテーブルに代えて補助テーブルを用いる場合を説明したが、テーブル部を構成するテーブルを補助テーブルの位置に移動する構成をとることができ、その場合、テーブルに反転機能を付けても良い。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることが可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【００３４】
更に、上述した各構成、機能、制御装置等は、それらの一部又は全部を実現するプログラムを作成する例を説明したが、それらの一部又は全部を例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現しても良いことは言うまでもない。すなわち、制御装置の全部または一部の機能は、プログラム実行に代え、例えば、ＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）、ＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙ）などの集積回路などにより実現してもよい。

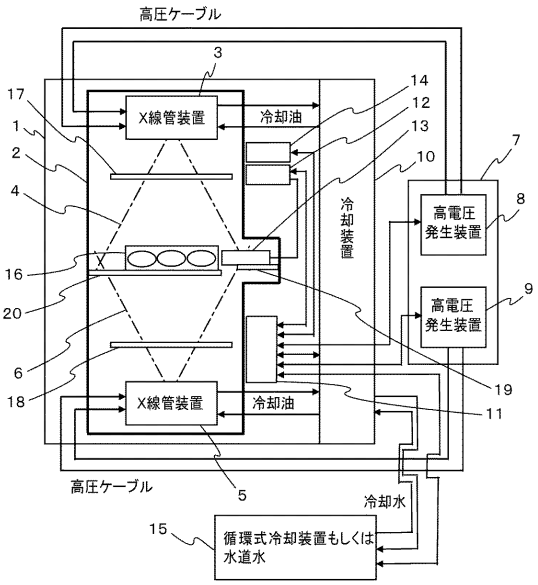
【符号の説明】

【００３５】
１　防護ボックス
２　遮へい体
３　上部X線管装置
４　上部X線線束
５　下部X線管装置
６　下部X線線束
７　高電圧発生ユニット
８、９　高電圧発生装置
１０　冷却装置
１１　制御装置
１２　線量計
１３　線量計プローブ
１４　操作盤
１５　循環式冷却装置もしくは水道水

１６　トレイ
１７、１８　X線フィルター
１９　線量計プローブ固定部
２０　テーブル
２１、２２　補助テーブル
３１　表示画面
３２　二方向照射選択ボタン
３３　一方向照射選択ボタン
３４　設定ボタン

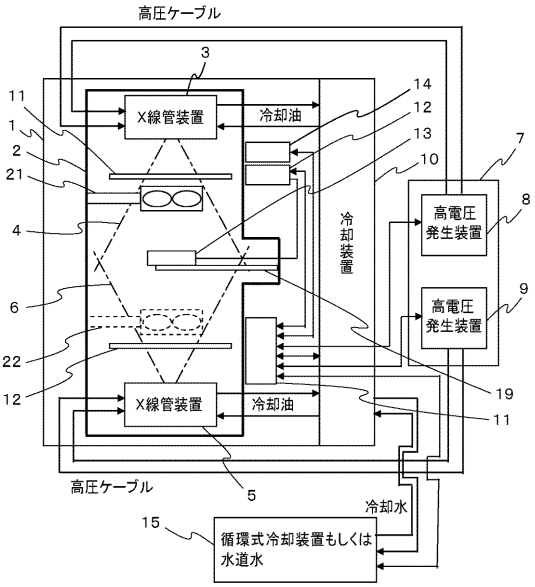
【図１】

図1



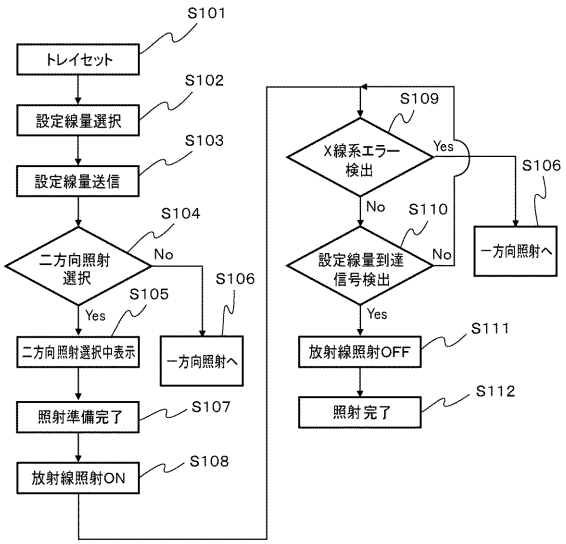
【図２】

図2



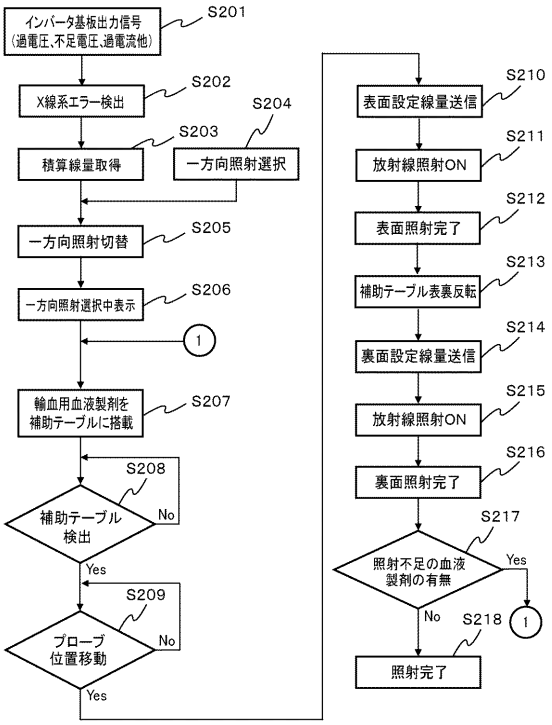
【図３】

図3



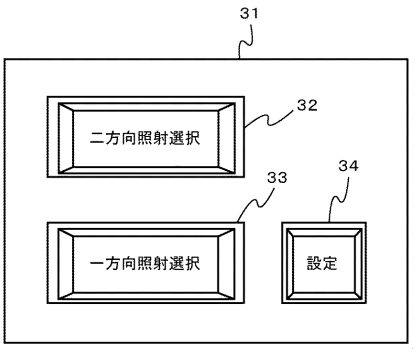
【図４】

図4



【図５】

図5



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０１０－０１７２０２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１２３２９９（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１３６５７７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２７４６９９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１５８４７９（ＪＰ，Ａ）
米国特許第４１８４９５６（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ２１Ｋ　　５／０２
Ｇ２１Ｋ　　５／００
Ｇ２１Ｋ　　５／０４
Ａ６１Ｌ　　２／０８
Ａ６１Ｍ　　１／０２