

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3685194号
(P3685194)

(45) 発行日 平成17年8月17日(2005.8.17)

(24) 登録日 平成17年6月10日(2005.6.10)

(51) Int. Cl.⁷

A61N 5/10

F I

A61N 5/10

N

請求項の数 9 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-317656 (P2003-317656)</p> <p>(22) 出願日 平成15年9月10日 (2003.9.10)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-80945 (P2005-80945A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年3月31日 (2005.3.31)</p> <p>審査請求日 平成16年6月25日 (2004.6.25)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(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</p> <p>(74) 代理人 100075096 弁理士 作田 康夫</p> <p>(72) 発明者 柳澤 正樹 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 所 原子力事業部内</p> <p>(72) 発明者 秋山 浩 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 所 原子力事業部内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) 【発明の名称】 粒子線治療装置、レンジモジュレーション回転装置及びレンジモジュレーション回転装置の取り付け方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子ビームを発生する荷電粒子ビーム発生装置と、荷電粒子ビーム照射装置とを備え、

前記荷電粒子ビーム照射装置が、ケーシングと、前記ケーシング内に設けられ、荷電粒子ビーム発生装置から出射された荷電粒子ビームが通過するレンジモジュレーション回転装置と、前記レンジモジュレーション回転装置の出し入れが可能で、前記レンジモジュレーション回転装置を保持する保持部材と、第1回転軸を有するレンジモジュレーション回転体駆動装置とを有し、

前記レンジモジュレーション回転装置は、前記第1回転軸と接触される第2回転軸を有し、前記荷電粒子ビームが通過するレンジモジュレーション回転体と、前記レンジモジュレーション回転体が内部に配置されて回転可能に取り付けられ、前記レンジモジュレーション回転体の前記荷電粒子ビーム照射装置内での位置決めを前記ケーシングまたは前記保持部材との接触によって行う筐体とを有することを特徴とする粒子線治療装置。

【請求項2】

前記荷電粒子ビーム照射装置は、前記レンジモジュレーション回転装置を前記保持部材に着脱可能に押し付ける押し付け装置を有する請求項1記載の粒子線治療装置。

【請求項3】

前記レンジモジュレーション回転装置を識別する識別情報が付与された識別装置を、前記筐体に設置しており、更に、前記識別情報を入力して前記レンジモジュレーション回転

10

20

装置の誤装着を判定する誤装着判定装置を備えた請求項 1 または請求項 2 に記載の粒子線治療装置。

【請求項 4】

前記レンジモジュレーション回転体は前記荷電粒子の進行方向における厚みが階段状に異なる翼部を有する請求項 1 記載の粒子線治療装置。

【請求項 5】

前記レンジモジュレーション回転体は、複数の前記翼部を有し、周方向に隣接する前記翼部間に開口部を有する請求項 4 記載の粒子線治療装置。

【請求項 6】

回転軸を有し、荷電粒子ビームが通過するレンジモジュレーション回転体と、及び前記レンジモジュレーション回転体が内部に配置されて回転可能に取り付けられ、前記レンジモジュレーション回転体の前記回転軸の荷電粒子ビーム照射装置内での位置決めを前記荷電粒子ビーム照射装置のケーシングまたは前記ケーシング内に設けられたレンジモジュレーション回転装置保持部材との接触によって行う筐体とを備え、

10

前記レンジモジュレーション回転体は前記荷電粒子の進行方向における厚みが階段状に異なる翼部を有することを特徴とするレンジモジュレーション回転装置。

【請求項 7】

前記筐体は識別装置を設置している請求項 6 記載のレンジモジュレーション回転装置。

【請求項 8】

筐体、及び前記筐体内に配置されて前記筐体に回転可能に取り付けられてレンジモジュレーション回転体を有するレンジモジュレーション回転装置を、荷電粒子ビーム照射装置のケーシング内に設けられた保持部材内に挿入し、前記レンジモジュレーション回転装置を、前記筐体を前記ケーシングまたは前記保持部材に接触させることによって、荷電粒子ビーム照射装置内で位置決めして、前記レンジモジュレーション回転体の第 2 回転軸を、前記荷電粒子ビーム照射装置に設けられたレンジモジュレーション回転体駆動装置の第 1 回転軸の位置に合せ、前記筐体を押し付け部材によって保持部材に向かって押し付けることを特徴とするレンジモジュレーション回転装置の取り付け方法。

20

【請求項 9】

前記筐体に付した識別情報に基づいて誤装着判定装置がレンジモジュレーション回転装置の誤装着を判定する請求項 8 記載のレンジモジュレーション回転装置の取り付け方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粒子線治療装置に係り、特に、レンジモジュレーションホイール（以下、RMW という）を有し、陽子線及び炭素イオンビーム等の荷電粒子ビームを患部に照射して治療する粒子線治療装置に関する。

【背景技術】

【0002】

40

従来の粒子線治療装置は、荷電粒子ビーム発生装置、イオンビーム輸送系及び回転式の照射装置を備える。荷電粒子ビーム発生装置は、加速器としてシンクロトロン（またはサイクロトロン）を含んでいる。シンクロトロンで設定エネルギーまで加速された荷電粒子ビームは、イオンビーム輸送系（第 1 イオンビーム輸送系）を経て回転型照射装置に達する。回転型照射装置は、照射装置イオンビーム輸送系（第 2 イオンビーム輸送系）、照射野形成装置、及び第 2 イオンビーム輸送系及び照射野形成装置を一体で回転させる回転装置（回転ガントリー）を有する。イオンビームは第 2 イオンビーム輸送系を通過して照射野形成装置から患者の癌の患部に照射される。

【0003】

照射野形成装置は、荷電粒子ビーム発生装置からのイオンビームを、照射目標である患

50

部の立体形状に合わせて整形し照射野を形成するとともに、照射野内の照射線量を調整する装置である。このように所望の照射線量を照射対象形状に合わせて照射する方法として、散乱体を通じた後のイオンビームの照射線量分布がほぼ正規分布になることを利用し、イオンビームの軸方向に距離をおいて配置した2種類の散乱体を用いて照射線量を一樣化する二重散乱体法が知られている(例えば、非特許文献1の2081頁図36参照)。また、他の照射方法として、2つの走査用電磁石を用いてイオンビームの照射線量を一樣化するウォブラー法が知られている(例えば、非特許文献1の2084頁図41参照)。

【0004】

これらの照射方法では、患者の患部の深さ方向(イオンビームの照射方向)においてイオンビームの照射量を一樣にするため、ブラックピーク拡大装置(SOBP装置)を用いる。SOBP装置としては、リッジフィルタ(非特許文献1の2078頁図31及び2084頁図41参照)及びRMW(非特許文献1の2077頁図30参照)がある。

10

【0005】

RMWは、照射野形成装置内でイオンビームの経路に回転可能に設置される。RMWは回転軸から半径方向に伸びる複数の翼(ブレード)を有し、翼の端部を円筒部材で連結している。円筒部材は回転軸と同心円となっている。各翼は、厚みの異なる多数段の段差部をRMWの周方向に配置した構成を有する。厚みの異なる段差部は、回転軸から円筒部材に向かって延びている。照射野形成装置内を通過するイオンビームは、回転しているRMWを通過する際、段差部を通過する。このため、RMWを通過したイオンビームは、通過する段差部の厚みに応じて複数のエネルギー成分を有し、患者の患部の深さ方向における照射線量を一樣にする。

20

【0006】

【非特許文献1】レビュー オブ サイエントフィック インストルメンツ 64巻8号(1993年8月)の第2074~2086頁(REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS VOLUME 64 NUMBER 8 (AUGUST 1993) P 2074 - 2086)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

RMWは、患者に応じて照射野形成装置に取り付けられる。その際には、RMWの回転軸を、照射野形成装置に設けられたRMW駆動装置の回転軸に合せる必要がある。しかしながら、RMWの回転軸をRMW駆動装置の回転軸に位置決めすることは放射線技師が行っている。このRMWの位置決めは非常に困難であり、RMWの照射野形成装置への装着に時間がかかってしまう。

30

【0008】

本発明の目的は、治療人数を増加できる粒子線治療装置、レンジモジュレーション回転装置及びレンジモジュレーション回転装置の取り付け方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記した目的を達成する第1発明の特徴は、荷電粒子ビーム照射装置に設けられたレンジモジュレーション回転装置が、レンジモジュレーション回転体駆動装置の第1回転軸に接触される第2回転軸を有し、荷電粒子ビームが通過するレンジモジュレーション回転体と、レンジモジュレーション回転体が内部に配置されて回転可能に取り付けられ、レンジモジュレーション回転体の荷電粒子ビーム照射装置内での位置決めを行う筐体とを有することにある。

40

【0010】

第1発明は、レンジモジュレーション回転装置が位置決めを行う筐体を有しているため、この筐体を荷電粒子ビーム照射装置の構成部材に接触させることができる。このため、レンジモジュレーション回転体の第2回転軸を、レンジモジュレーション回転体駆動装置の第1回転軸への位置決めを短時間に行うことができる。これは、患者1人当りの治療に要する時間を短縮することができ、治療人数を増大できる。

50

【0011】

上記した目的を達成する第2発明の特徴は、回転軸を有し、荷電粒子ビームが通過するレンジモジュレーション回転体と、及び前記レンジモジュレーション回転体が内部に配置されて回転可能に取り付けられ、前記レンジモジュレーション回転体の前記回転軸の荷電粒子ビーム照射装置内での位置決めを行う筐体とを備えたレンジモジュレーション回転装置にある。

【0012】

筐体を有するため、第2発明も第1発明で生じる効果を得ることができる。

【0013】

上記した目的を達成する第3発明の特徴は、筐体、及び前記筐体内に配置されて前記筐体に回転可能に取り付けられてレンジモジュレーション回転体を有するレンジモジュレーション回転装置を、荷電粒子ビーム照射装置に設けられた保持部材内に挿入し、レンジモジュレーション回転体を筐体によって荷電粒子ビーム照射装置内で位置決めして、レンジモジュレーション回転体の第2回転軸を、荷電粒子ビーム照射装置に設けられたレンジモジュレーション回転体駆動装置の第1回転軸の位置に合せ、筐体を押し付け部材によって保持部材に向かって押し付けるレンジモジュレーション回転装置の取り付け方法にある。

10

【0014】

筐体を有するため、第3発明も第1発明で生じる効果を得ることができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、治療に要する時間を短縮でき、治療人数を増大できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施例を図面を用いて詳細に説明する。

【実施例1】

【0017】

本発明の好適な一実施例である粒子線治療装置を、図2を用いて説明する。本実施例の粒子線治療装置1は、荷電粒子ビーム発生装置2及び照射野形成装置(荷電粒子ビーム照射装置)13を備える。荷電粒子ビーム発生装置2は、イオン源(図示せず)、前段加速器3及びシンクロトロン4を有する。イオン源で発生したイオン(例えば、陽子(または炭素イオン))は前段加速器(例えば直線加速器)3で加速される。前段加速器3から出射されたイオンビーム(荷電粒子ビーム)はシンクロトロン4に入射される。このイオンビームは、シンクロトロン4で、高周波加速空洞5から印加される高周波電力によってエネルギーを与えられて加速される。シンクロトロン4内を周回するイオンビームのエネルギーが設定されたエネルギーまでに高められた後、出射用の高周波印加装置6から高周波が周回しているイオンビームに印加される。安定限界内で周回しているイオンビームは、この高周波の印加によって安定限界外に移行し、出射用デフレクタ7を通過してシンクロトロン4から出射される。イオンビームの出射の際には、シンクロトロン4に設けられた四極電磁石8及び偏向電磁石9等の電磁石に導かれる電流が設定値に保持され、安定限界もほぼ一定に保持されている。高周波印加装置6への高周波電力の印加を停止することによって、シンクロトロン4からのイオンビームの出射が停止される。

30

40

【0018】

シンクロトロン4から出射されたイオンビームは、イオンビーム輸送系10を経て照射装置である照射野形成装置13に達する。イオンビーム輸送系10の一部である逆U字部11及び照射野形成装置13は、回転可能な回転ガントリー(図示せず)に設置される。照射野形成装置13から治療台(ベッド)14に乗っている患者15の患部Kに照射される。

【0019】

粒子線治療装置1に用いられる照射野形成装置13の詳細構成を図1に基づいて説明する。

50

【 0 0 2 0 】

照射野形成装置 1 3 は、逆 U 字部 1 1 に取り付けられるケーシング 1 6 を有し、イオンビーム進行方向の上流側より順次、第 1 散乱体 1 7 , R M W 装置 (レンジモジュレーション回転装置) 2 0 , 第 2 散乱体装置 4 0 , 飛程調整装置 (例えば、レンジシフタ) 4 5 , ボーラス 4 7 , コリメータ 4 8 を、ケーシング 1 6 内のイオンビーム経路 (ビーム軸) m 上に配置している。第 1 散乱体 1 7 は、ケーシング 1 6 の内面に取り付けられる支持部材 1 8 に設置される。第 2 散乱体装置 4 0 は、複数の第 2 散乱体 5 0 , 回転テーブル 4 1 及びモーター 4 3 を有する。モーター 4 3 は、ケーシング 1 6 内面に取り付けられる支持部材 4 4 に設置される。回転テーブル 4 1 はモーター 4 3 の回転軸 (図示せず) に連結される回転軸 4 2 に設けられる。複数の第 2 散乱体 5 0 が回転テーブル 4 1 に周方向に並んで設置される。飛程調整装置 4 5 は、厚みの異なる複数の吸収体 5 1、及び各吸収体 5 1 ごとに設けられた吸収体操作装置 4 6 を有する。吸収体操作装置 4 6 は、図示されていないが、内部に圧縮空気が供給されるシリンダ、及びシリンダ内を摺動するピストンを備える。吸収体 5 1 はピストンに設けられたピストンロッド 5 2 に連結される。ボーラス 4 7 及びコリメータ 4 8 がケーシング 1 6 に設置される。

10

【 0 0 2 1 】

第 1 散乱体 1 7 は、ビーム軸 m と直交する方向に、通過するイオンビームを散乱により広げる機能を有する。この第 1 散乱体 1 7 は、散乱量に対するイオンビームのエネルギー損失量の少ない鉛及びタングステン等の原子番号の大きな元素を含む材料で作られる。第 2 散乱体 5 0 は、第 1 散乱体 1 7 で上記直交方向に正規分布状に広げられたイオンビームを、その直交方向で線量分布が一様になるようにするためのものである。治療を受ける患者 1 5 , 吸収体 5 1 は患者の体内におけるイオンビームの飛程を調節する機能を有する。

20

【 0 0 2 2 】

R M W 装置 2 0 の詳細構成を、図 3 , 図 4 を用いて説明する。R M W 装置 2 0 は、R M W (レンジモジュレーション回転体) 2 1 及び筐体 2 7 を有する。R M W 2 1 は回転軸 2 2 及び円筒部材 2 3 が同心円に配置される。回転軸 2 2 に取り付けられた複数の翼 (本実施例では 3 枚) 2 4 が R M W 2 1 の半径方向に伸びている。これらの翼 2 4 の外側の端部は円筒部材 2 3 に取り付けられる。翼 2 4 の周方向における幅は、円筒部材 2 3 側の端部で回転軸 2 2 側の端部よりも広がっている。R M W 2 1 の周方向における翼 2 4 間には、それぞれ開口 2 6 が形成される。それらの翼 2 4 は、円筒部材 2 3 側の端部での周方向における幅が回転軸 2 2 側の端部でのそれよりも広がっている。各翼 2 4 は、R M W 2 1 の周方向において階段状に配置された複数の平面領域 2 5 を有しており、ビーム軸 m の方向における R M W 2 1 の底面から各平面領域 2 5 までの各厚みが異なっている (R M W 2 1 の底面から各平面領域 2 5 までのレベルが異なる) 。 1 つの平面領域 2 5 の部分におけるその厚みを、平面領域部分の厚みという。すなわち、翼 2 4 は、周方向で翼 2 4 の両側に位置する開口 2 6 から、ビーム軸 m の方向において最も厚みの厚い翼頂部 2 4 A に位置する平面領域 2 5 に向かって、各平面領域部分の厚みが増加している。平面領域 2 5 は、例えば階段において足を乗せる平面に相当する。各平面領域 2 5 は、回転軸 2 2 から円筒部材 2 3 に向かって延びている。各平面領域 2 5 の R M W 2 1 の周方向における幅も、回転軸 2 2 側の端部よりも円筒部材 2 3 側の端部で広がっている。1 つの R M W 2 1 において、3 枚の翼 2 4 の相互間に位置する開口 2 6 は 3 つ存在する。

30

40

【 0 0 2 3 】

R M W 2 1 は筐体 2 7 内に配置され、回転軸 2 2 が筐体 2 7 に回転可能に取り付けられている。筐体 2 7 は、R M W 2 1 を挟んで配置されて二等辺三角形状をしている 2 枚の筐体部材 5 3 , 5 4、筐体部材 5 3 と筐体部材 5 4 を 3 つの角部で連結する 3 つの連結部材を有する。これらの 3 つの連結部材の 1 つである連結部材 5 5 は筐体部材 5 3 , 5 4 の直角の角部でこれらを連結している。他の 1 つである連結部材 5 6 は二等辺三角形の長辺の 1 つの角部で筐体部材 5 3 と筐体部材 5 4 を連結する。残りの連結部材 (図示せず) はその長辺の他の角部で筐体部材 5 3 と筐体部材 5 4 を連結している。回転軸 2 2 が筐体部材 5 3 , 5 4 それぞれに回転可能に取り付けられる。筐体部材 5 3 の方から R M W 2 1 を見

50

た場合、R M W 2 1 のほぼ半分が筐体 2 7 の外側に突出している。この突出した部分で、イオンビームが R M W 2 1 を通過する。筐体部材 5 3 , 5 4 はイオンビーム経路をさえぎっていない。ハンドル 2 8 A 及び R M W 2 0 を識別する識別子 (例えば、バーコード) 2 9 が連結部材 5 5 に取り付けられる。ハンドル 2 8 B が連結部材 5 6 に取り付けられる。

【 0 0 2 4 】

R M W 装置 2 0 を保持する R M W 保持部材 1 9 (図 1) がケーシング 1 6 の内面に取り付けられる。R M W 保持部材 1 9 はビーム軸 m の方向に対向する保持部 1 9 A , 1 9 B (図 5) を有する。保持部 1 9 A , 1 9 B はイオンビーム経路をさえぎらない。R M W 装置 2 0 は保持部 1 9 A , 1 9 B の間に挿入されて保持される。R M W 2 1 を回転させるモーター 3 8 がケーシング 1 6 内面に固定される保持部材 3 9 に取り付けられる。回転軸 3 5 が保持部 1 9 B 及び保持部材 3 9 に回転可能に取り付けられる。モーター 3 8 に連結される回転軸 3 7 (図 5) と回転軸 3 5 にタイミングベルト 3 6 が係合され、モーター 3 8 の回転力が回転軸 3 5 に伝わるように構成される。モーター 3 8 , 回転軸 3 7 , 回転軸 3 5 及びタイミングベルト 3 6 は、R M W 駆動装置 (レンジモジュレーション回転体駆動装置) 7 0 を構成する。

【 0 0 2 5 】

R M W 保持部材 1 9 付近の構成を、図 5 を用いて詳細に説明する。保持部 1 9 B の保持部 1 9 A 側の面に押え用板バネ 3 4 が設けられる。回転軸 3 5 の 1 つの先端部が保持部 1 9 B の上方に突出している。保持部 1 9 A 側には押し付け部材 3 0 が配置され、押し付け部材 3 0 の保持部 1 9 B 側の面に押え用板バネ 3 3 が設けられる。回転軸 3 5 と軸心が一致する補助回転軸 3 1 が、押し付け部材 3 0 に回転可能に取り付けられ、保持部 1 9 A を貫通している。ビーム軸 m の方向に延びる 2 本の移動軸 3 2 A , 3 2 B が保持部 1 9 A を貫通して押し付け部材 3 0 に取り付けられる。移動軸 3 2 A , 3 2 B は、駆動用の圧縮空気が供給されるシリンダ及びシリンダ内に配置されたピストンを有する移動軸操作装置 (図示せず) によって、ビーム軸 m の方向に移動される。移動軸 3 2 A , 3 2 B はそのピストンに連結される。移動軸操作装置は、ケーシング 1 6 内に設置される。移動軸操作装置、移動軸 3 2 A , 3 2 B 及び押し付け部材 3 0 は、R M W 押し付け装置 (押し付け装置) 7 1 を構成している。

【 0 0 2 6 】

R M W 装置 2 0 の照射野形成装置 1 3 のケーシング 1 6 内への設置方法を、図 5 , 図 6 を用いて説明する。R M W 装置 2 0 は筐体 2 7 を有するので、図 7 に示すように、保管棚 4 9 内に整理良く並べて保管することができる。このため、より多くの R M W 装置 2 0 を保管棚 4 9 に保管することができる。治療する患者に対するイオンビームの照射条件にマッチングした R M W 装置 2 0 は、保管棚 4 9 より取り出して、ケーシング 1 6 の側壁に設けられた開閉可能な開口 (図示せず) からケーシング 1 6 内に挿入される。このとき、R M W 保持部材 1 9 内の押し付け部材 3 0 が、移動軸 3 2 A , 3 2 B によって持ち上げられ、図 5 に示すように、保持部 1 9 A に接近した位置に位置する。R M W 装置 2 0 は、押し付け部材 3 0 と保持部 1 9 B との間に挿入される。この R M W 装置 2 0 の挿入はハンドル 2 8 A , 2 8 B を持った放射線技師 (または作業員) によって行われる。挿入された R M W 装置 2 0 は、図 9 に示すように、R M W 保持部材 1 9 に着脱自在に固定される。回転軸 2 2 の軸心が回転軸 3 5 の軸心と一致し、回転軸 3 5 の先端部が回転軸 2 2 と接触する。

【 0 0 2 7 】

次に、移動軸操作装置のシリンダに圧縮空気が供給され、移動軸 3 2 A , 3 2 B が下方に移動する。これにより、押し付け部材 3 0 が下降し、押え用板バネ 3 3 が筐体 2 7 の筐体部材 5 3 と接触する。更に、移動軸 3 2 A , 3 2 B が下方に移動すると、押え用板バネ 3 3 , 3 4 が圧縮され、筐体 2 7 が押し付け部材 3 0 と保持部 1 9 B との間に、具体的には押え用板バネ 3 3 と押え用板バネ 3 4 との間に動かないように保持される。この状態で、回転軸 2 2 が回転軸 3 5 と補助回転軸 3 1 に挟まれており、回転軸 3 5 及び補助回転軸

10

20

30

40

50

31の先端部が回転軸22と嵌合している。回転軸22、回転軸35及び補助回転軸31の回転軸は一致している。回転軸35及び補助回転軸31の先端部が回転軸22と嵌合した状態で、移動軸32A、32Bの下方への移動は停止される。しかしながら、補助回転軸31は、移動軸操作装置に供給される圧縮空気によって回転軸22への押し付け力を受ける。この状態で、回転軸22は回転軸35及び補助回転軸31によって支持されている。以上の操作により、RMW装置20がケーシング16内に設置される。RMW装置20がケーシング16内に設置された後、放射線技師は、回転軸22が回転軸35及び補助回転軸31と嵌合していることを確認して前述の開閉扉を閉じる。開閉扉は、RMW装置20をRMW保持部材19内に挿入した段階で閉じてもよい。その開閉扉の開閉は、放射線技師による遠隔操作で行われる。

10

【0028】

説明が前後するが、粒子線治療装置1で治療を受ける患者15に対して、事前にX線CTにより患部Kを含む断層像情報を得ておく。この断層像情報に基づいて治療計画が行われ、その患者15に対する、患部Kの位置、照射野サイズ、イオンビームの入射方向、入射エネルギー及び飛程、及びブラッグピーク幅(SOBP幅)等が特定される。治療計画で得られたこれらの情報(治療計画情報という)を用いて、照射野形成装置13内の各要素の設定が行われる。上記したケーシング16内へのRMW装置20の設置も、放射線技師が治療計画情報に基づいて保管棚49から該当する患者15に対応するRMW装置20を取り出すことにより行われる。すなわち、RMW装置20の選択は、治療計画情報のうち入射エネルギー及びSOBP幅に基づいて行われる。SOBP幅については後で詳細に説明する。第1散乱体17は治療計画情報のうち照射野サイズ及び入射エネルギーに基づいて選択されて設置される。第1散乱体17は、第2散乱体50と同様に回転テーブル上に設置して回転テーブルを回転させることによって該当する第1散乱体をビーム軸m上に位置させてもよい。治療計画情報のうち照射野サイズ及び入射エネルギーに基づいて選択された第2散乱体50は、モーター43の駆動によって回転テーブル41が回転され、ビーム軸m上に位置される。治療計画情報のうち飛程に基づいて選択された吸収体51が、該当する吸収体操作装置46によりビーム軸m上に移動され、ビーム軸m上に配置される。ポラス47及びコリメータ48は、患者15に対応して選定されてケーシング16に取り付けられる。

20

【0029】

前述したようにシンクロトロン4から出射されたイオンビームは、照射野形成装置13内でビーム軸m上に位置している第1散乱体17、RMW装置20、第2散乱体50、吸収体51、ポラス47及びコリメータ48を通して患者15の患部Kに照射される。

30

【0030】

イオンビームが照射されている間、RMW装置20のRMW21は回転している。RMW21の回転は次のように行われる。モーター38の回転力が、タイミングベルト36を介して回転軸35に伝えられる。回転軸35に嵌合している回転軸22は回転軸35と共に矢印B(図3)の方向に回転する。回転軸22と接触している補助回転軸31も一緒に回転する。このとき、RMW21が矢印Bの方向に回転するが、イオンビームは、RMW装置20において、筐体27の外側に位置する、ビーム軸mと一致するA点(図3)を常に通過する。ビーム軸mの位置では、RMW21の開口26、ある翼24の、開口26側から翼頂部24Aに向かって位置する各平面領域25、その翼24の翼頂部24Aから次の開口26に向かって位置する各平面領域25、及び次の開口26が、順次、通過する。他の2つの翼24においても同様に各平面領域25が通過する。このため、イオンビームは、開口26、更に、翼24において、肉厚が最も薄い部分(RMW21の底面を基準にして最も低い位置に存在する平面領域25の部分)から肉厚の最も厚い部分(翼頂部24Aの部分)までの、厚みが異なる複数の平面領域部分(翼頂部24Aに向かって平面領域部分の厚みが順次増加)、及び翼頂部24Aの部分から次の開口26に向かって位置する、厚みが異なる複数の平面領域部分(次の開口26に向かって平面領域部分の厚みが順次減少)を、順次通過する。これは、他の2つの翼24においても同様である。

40

50

【 0 0 3 1 】

このように、イオンビームは厚みの異なる多数の平面領域部分を通過するため、R M W 装置 2 0 を通過したイオンビームは複数のエネルギーを有する。エネルギーが異なるそれぞれのイオンビームは、患部 K 内で到達する位置が異なる。エネルギーが大きいイオンビームほど患部 K 内で深い位置に到達する。このため、患部 K の深さ方向において、図 8 に示すように、線量分布が均一化される。この線量分布が均一化された部分が S O B P 幅である。

【 0 0 3 2 】

本実施例において、R M W 装置 2 0 の誤装着を防止するため、筐体 2 7 に設けた識別子 2 9 をモニタする。このモニタは、R M W 装置 2 0 をケーシング 1 6 内に挿入するとき 10
に開ける、ケーシング 1 6 に設けられた開閉扉（前述）に設置されたバーコードリーダ（図示せず）を用いて行われる。すなわち、開閉扉が閉じたときに、バーコードリーダが識別子 2 9 に付与されたバーコードを読み取る。バーコードリーダが読み取ったバーコード情報は、コンピュータ（図示せず）に伝えられる。コンピュータ（誤装着判定装置）は治療を受ける患者 1 5 に対応した所定の R M W 装置 2 0 であるかをバーコード情報と治療計画情報に基づいて判断し、その判断結果の情報を表示装置（図示せず）に表示する。表示装置に装着した R M W 装置 2 0 が「誤装着」であると表示された場合には、放射線技師は、開閉扉を開けて誤装着されている R M W 装置 2 0 をケーシング 1 6 から取り出し、正しい R M W 装置 2 0 をケーシング 1 6 内に装着する。正しい R M W 装置 2 0 が装着された状態で、粒子線治療装置 1 の運転が開始される。この状態で、荷電粒子ビーム発生装置 2 から 20
出射されたイオンビームが照射野形成装置 1 3 より治療台 1 4 上の患者 1 5 の患部 K に照射される。

【 0 0 3 3 】

上記した R M W 装置 2 0 の誤装着を監視する方法では、開閉扉を閉じた後でないとその誤装着を確認できないが、ケーシング 1 6 の、開閉扉が取り付けられた側壁と直交する他の側壁にバーコードリーダを取り付け、その側壁に対向する識別子 2 9 の面にバーコードを付してもよい。この場合には、押し付け部材 3 0 で R M W 装置 2 0 を押し付ける前で R M W 装置 2 0 を R M W 保持部材 1 9 内挿入したときに、識別子 2 9 のバーコードをバーコードリーダで読み取ることができる。このため、R M W 装置 2 0 の誤装着を開閉扉を閉める前に知ることができる。したがって、前述した開閉扉にバーコードリーダを取り付けた場合において、誤装着の R M W 装置 2 0 を取り出すために必要な、押し付け部材 3 0 による押し付け操作及びその押し付けを解除する操作、及び開閉扉の開閉操作を行う必要がない。 30

【 0 0 3 4 】

R M W 装置 2 0 の誤装着の確認は、放射線技師が確認できる識別情報を付した識別子を放射線技師が見ることによって行ってもよい。また、バーコード以外に、識別子の背面を電氣的に短絡するように構成し、b i t パターンで識別子の番号を電氣的に検出するように構成してもよい。また、識別子を複数のリミットスイッチで構成し、これらのリミットスイッチを押すリミットスイッチドックをケーシングに設けてもよい。

【 0 0 3 5 】

本実施例は、R M W 2 1 を筐体 2 7 に取り付けているため、筐体 2 7 をケーシング 1 6 またはケーシング 1 6 に設けられた保持部材（例えば R M W 保持部材 1 9 ）に接触させることにより、R M W 装置 2 0 の回転中心（回転軸 2 2 ）への位置決めを簡単に行うことができる。このため、R M W 2 1 の回転軸 2 2 の軸心を駆動側の回転軸 3 5 の軸心に簡単にかつ短時間に合わせることができる。駆動側の回転軸に合わせた R M W 2 1 の装着が短時間にできる。これは、患者 1 5 に合わせた、照射野形成装置 1 3 内の各構成要素（第 1 散乱体 1 7 , R M W 2 1 及び第 2 散乱体 5 0 等）の設定に要する時間が短縮され、患者 1 人当りの治療時間を短縮することにつながる。この治療時間は、それらの構成要素の設定から患者 1 5 に対するイオンビームの照射完了までの治療に要する時間である。R M W 装置 2 0 を有する粒子線治療装置 1 における治療時間の短縮は、治療人数を増大させる。 40
50

【 0 0 3 6 】

R MW装置 2 0 は、筐体 2 7 を有するため、筐体 2 7 を保管棚 4 9 内に直接置くことができる。このため、R MW装置 2 0 は倒れず整理された状態で保管することができ（図 7 参照）、保管スペースにより多くのR MW装置 2 0 を保管できる。保管するR MW装置 2 0 の個数が決まっている場合には、その保管スペースを低減できる。また、R MW 2 1 が筐体 2 7 内に設置されて保護されているため、R MW 2 1 をケーシング 1 6 内に挿入する際におけるR MW 2 1 の取り扱い時（保管棚 4 9 からの搬送時も含む）、及びそれをケーシングから取り外す際におけるR MW 2 1 の取り扱い時（保管棚 4 9 への搬送時も含む）において、R MW 2 1、特に翼 2 4 の破損の危険性を低減できる。また、本実施例は、R MW押し付け装置 7 1 の操作により、R MW装置 2 0 を簡単にケーシング 1 6 内に固定でき、R MW駆動装置 7 0 の回転軸 3 5 をR MW 2 1 の回転軸 2 2 に嵌合できる。R MW装置 2 0 をケーシング 1 6 から取り出しても、R MW押し付け装置を逆方向に操作することによって簡単にできる。R MW装置 2 0 をケーシング 1 6 内に挿入するとき、逆にR MW装置 2 0 をケーシング 1 6 から取り出すとき、放射線技師はR MW装置 2 0 のハンドル 2 8 A、2 8 B を持つため、R MW 2 1 を直接接触することがない。このため、R MW装置 2 0 を扱う放射線技師の被ばく線量を低減できる。さらに、R MW装置 2 0 は、回転しない筐体 2 7 に識別子 2 9 を設置しているので、識別子 2 9 に付された、R MW装置 2 0 の識別情報を簡単に読み取ることができ、R MW装置 2 0 の誤挿入（または誤装着）を容易に判定できる。

10

【 実施例 2 】

20

【 0 0 3 7 】

本発明の他の実施例である粒子線治療装置を以下に説明する。本実施例の粒子線治療装置は、実施例 1 の粒子線治療装置 1 とR MW装置の構成が異なっているだけである。すなわち、本実施例の粒子線治療装置は、R MW装置を除いて粒子線治療装置 1 と同じ構成を有する。本実施例に用いられるR MW装置 2 0 A は、図 9 に示すように、R MW装置 2 0 の連結部材 5 5 等に相当する平板上の連結部材 6 4 を有し、連結部材 6 0 で一对の筐体部材 6 4 を連結する構成を有する。一对の筐体部材 6 4 が対向して配置され、これらの筐体部材 6 4 の間にR MW 2 1 が配置される。R MW 2 1 の回転軸 2 2 の両端部は一对の筐体部材 6 4 に回転可能に取り付けられる。一对の筐体部材 6 4 にはそれぞれハンドル 2 8 が取り付けられる。一对の筐体部材 6 4 は連結部材 6 0 に直角になるように取り付けられている。筐体 2 7 A は連結部材 6 0 及び一对の筐体部材 6 4 を備える。

30

【 0 0 3 8 】

R MW装置 2 0 A は、図 5 において、右から左に向かってR MW保持部材 1 9 の保持部 1 9 A と保持部 1 9 B との間に挿入される。このとき、押し付け部材 3 0 は図 5 に示す位置にある。本実施例では、実施例 1 と違って、開閉扉が図 5 において右側に位置する、ケーシング 1 6 の側壁に設けられる。本実施例では、この開閉扉を開けてR MW装置 2 0 A がケーシング 1 6 内に挿入される。保持部 1 9 A と保持部 1 9 B との間に挿入されたR MW装置 2 0 A の連結部材 6 0 がR MW保持部材 1 9 の縦に伸びる垂直部 1 9 C（図 5、図 9 参照）に当たったとき、R MW装置 2 0 A の押し込みを停止する。その後、R MW装置 2 0 A を水平方向で矢印 6 5 の方向に動かし、連結部材 6 0 の一端をR MW挿入溝 6 2 内に挿入する。R MW挿入溝 6 2 は、垂直部 1 9 C に取り付けられる押え部材 6 1 と垂直部 1 9 C との間に形成される。押え部材 6 1 及びR MW挿入溝 6 2 は、垂直方向に伸びている。R MW挿入溝 6 2 内に挿入された連結部材 6 0 の一端が押え部材 6 1 に当たったとき、ケーシング 1 6 の側壁（図 9 には図示せず）及び垂直部 1 9 C 内に設けられたストッパ 6 3 が押し出される。ストッパ 6 3 は連結部材 6 0 の反対側の端面に接触し、連結部材 6 0 がR MW挿入溝 6 2 から抜けるのを防止する。このようにして、R MW装置 2 0 A は、R MW保持部材 1 9 に係合される。その後、実施例 1 と同様に押し付け部材 3 0 が下降してR MW装置 2 0 A を押える。本実施例も、実施例 1 で生じるのと同様な効果を得ることができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

50

【 0 0 3 9 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施例の粒子線治療装置に備えられる照射野形成装置の詳細構成を表す縦断面図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 実施例の粒子線治療装置の全体概略構成を表す図である。

【 図 3 】 図 1 における R M W 装置の斜視図である。

【 図 4 】 図 3 における R M W の斜視図である。

【 図 5 】 図 1 の R M W 保持部材付近の詳細構造を示し、R M W 装置が R M W 保持部材内に挿入されたときの状態を示す説明図である。

【 図 6 】 図 1 の R M W 保持部材付近の詳細構造を示し、R M W 装置が R M W 保持部材内に装着された状態を示す説明図である。

【 図 7 】 R M W 装置を保管棚に保管している状態を示す説明図である。

【 図 8 】 R M W 装置によってもたらされる S O B P 幅を示す説明図である。

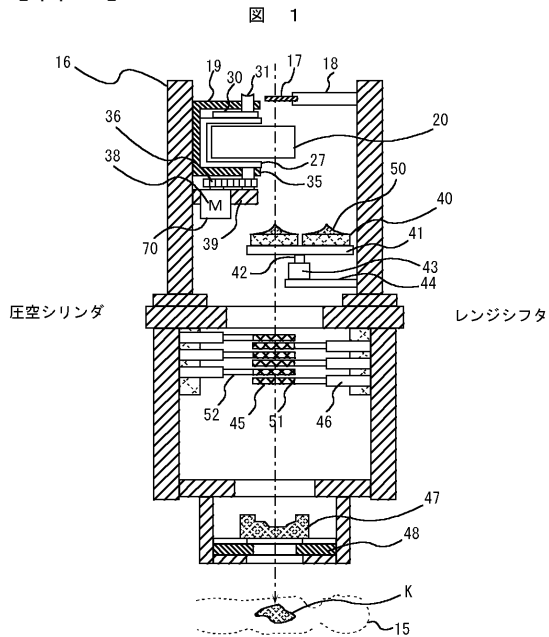
【 図 9 】 R M W 装置の他の実施例の側面図を示し、(A) は R M W 装置を R M W 保持部材に装着前の状態を示す説明図、(B) は R M W 装置を R M W 保持部材に装着した後の状態を示す説明図である。

【 符号の説明 】

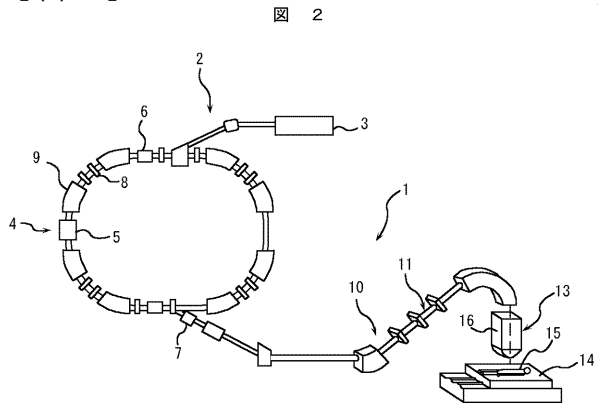
【 0 0 4 0 】

1 ... 粒子線治療装置、2 ... 荷電粒子ビーム発生装置、4 ... シンクロトロン、13 ... 照射野形成装置、16 ... ケーシング、17 ... 第 1 散乱体、19 ... R M W 保持部材、20, 20A ... R M W 装置、21 ... R M W、22, 35 ... 回転軸、23 ... 円筒部材、24 ... 翼、26 ... 開口、27, 27A ... 筐体、31 ... 補助回転軸、40 ... 第 2 散乱体装置、45 ... 飛程調整装置、46 ... 吸収体操作装置、50 ... 第 2 散乱体、51 ... 吸収体、70 ... R M W 駆動装置、71 ... R M W 押し付け装置。

【 図 1 】

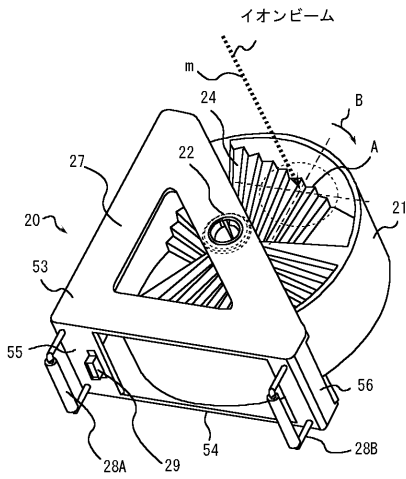


【 図 2 】



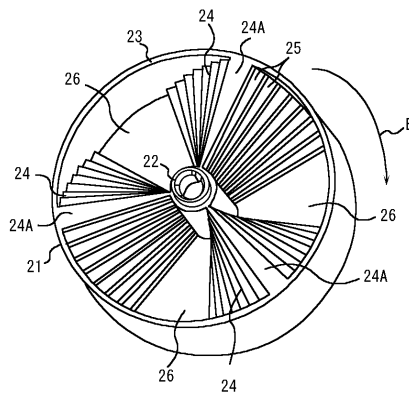
【図3】

図 3



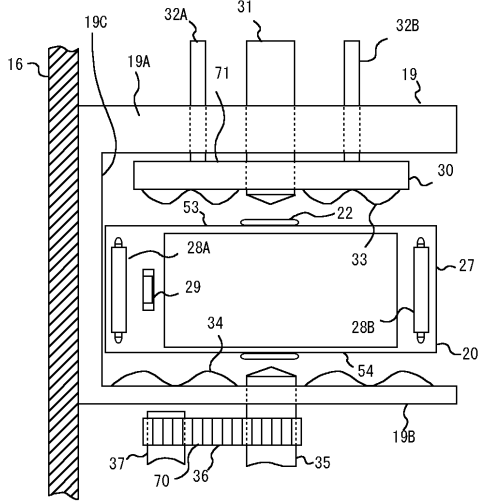
【図4】

図 4



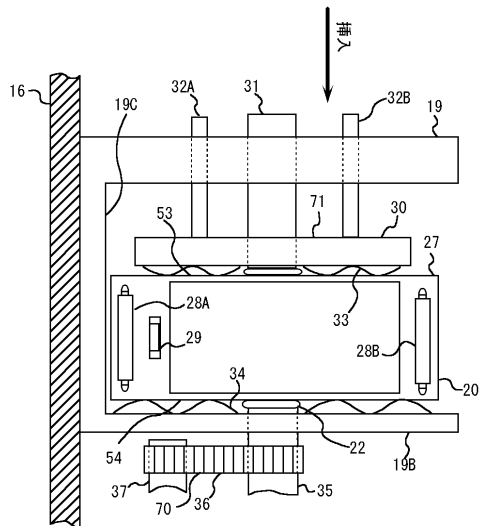
【図5】

図 5



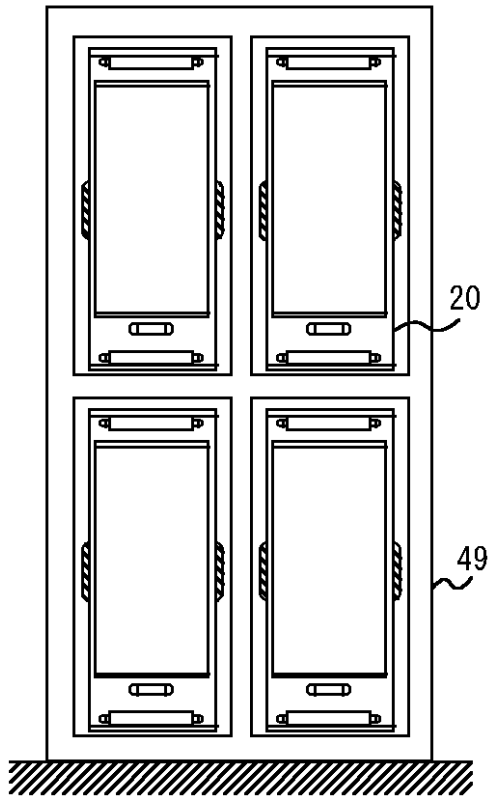
【図6】

図 6



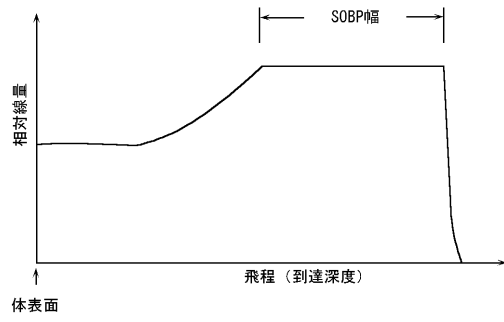
【 図 7 】

図 7



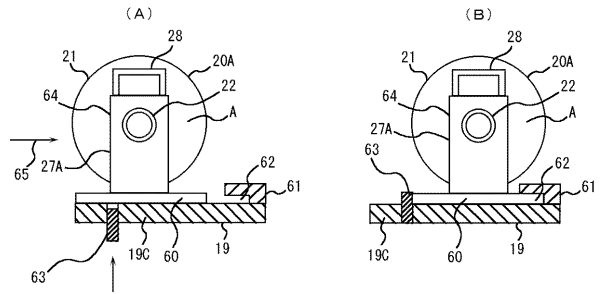
【 図 8 】

図 8



【 図 9 】

図 9



フロントページの続き

- (72)発明者 松田 浩二
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
機開発研究所内
株式会社 日立製作所 電力・電
- (72)発明者 藤巻 寿隆
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
機開発研究所内
株式会社 日立製作所 電力・電

審査官 西山 智宏

- (56)参考文献 特開2001-194499(JP,A)
特開平6-242854(JP,A)
特開平9-24055(JP,A)
特開平6-87255(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
A61N5/00-5/10
G21K1/00-5/10