

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2010-49965
(P2010-49965A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05H 13/04 (2006.01)	H05H 13/04 E	2G085
H05H 7/04 (2006.01)	H05H 7/04	4C082
A61N 5/10 (2006.01)	A61N 5/10 H	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2008-213793 (P2008-213793) 平成20年8月22日 (2008.8.22)	(71) 出願人 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 (74) 代理人 100094916 弁理士 村上 啓吾 (74) 代理人 100073759 弁理士 大岩 増雄 (74) 代理人 100093562 弁理士 児玉 俊英 (74) 代理人 100088199 弁理士 竹中 孝生 (72) 発明者 小畑 順 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 三菱電機エンジニアリング株式会社内
		最終頁に続く

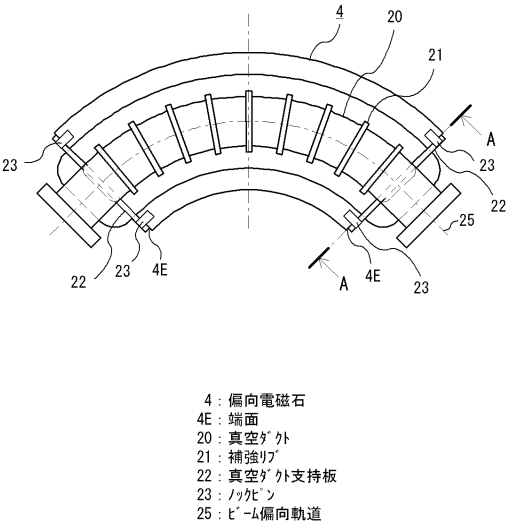
(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム加速器およびその加速器を用いた粒子線照射医療システム

(57) 【要約】

【課題】シンクロトロン等の荷電粒子ビーム加速器において、荷電粒子ビーム軌道に偏向電磁石と真空容器のアライメント回数を少なくすることが可能な電磁石構造を提供する。

【解決手段】偏向電磁石4の磁極ギャップ間に設置の真空ダクト20を偏向電磁石4の端面4Eで、真空ダクト20と一体化された支持板22を位置決め部材23で所定位置に固定保持することにより、真空ダクト20が偏向電磁石4にアライメントされることにより、サイトにおける荷電粒子ビーム加速器のアライメント回数が低減される。

【選択図】図2



4 : 偏向電磁石
4E : 端面
20 : 真空ダクト
21 : 補強リブ
22 : 真空ダクト支持板
23 : ノックピン
25 : ビーム偏向軌道

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子ビームを加速する荷電粒子ビーム加速器において、該荷電粒子ビーム加速器には、偏向電磁石と該偏向電磁石の磁極ギャップ間に配置された真空ダクトが設けられており、前記荷電粒子ビームを入射、出射する前記偏向電磁石の端面で、該偏向電磁石が前記真空ダクトの支持板を位置決め部材を介して、前記真空ダクトを所定の位置に固定、保持していることを特徴とする荷電粒子ビーム加速器。

【請求項 2】

前記偏向電磁石の磁極面に設けられた穴に、前記真空ダクトに設けられた支持棒が挿入されて、前記偏向電磁石が前記真空ダクトを所定の位置に固定保持していることを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子ビーム加速器。

10

【請求項 3】

前記偏向電磁石の側ヨークに設けられた溝内に、前記真空ダクトに設けられた補強リブが挿入されて、前記偏向電磁石が前記真空ダクトを所定の位置に固定保持していることを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子ビーム加速器。

【請求項 4】

前記真空ダクトは非磁性材のベローズ製あるいは非磁性材薄板構造であることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の荷電粒子ビーム加速器。

【請求項 5】

前記真空ダクトの支持棒は、長手方向で磁性部材と非磁性部材とが接続されたものであり、前記磁性部材が前記磁極面に設けられた穴に挿入されていることを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子ビーム加速器。

20

【請求項 6】

前記請求項 1 ～ 請求項 5 のいずれか 1 項の荷電粒子ビーム加速器を用いたことを特徴とする粒子線照射医療システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、荷電粒子ビーム加速器およびその加速器を用いた粒子線照射医療システムに関するものであり、特に真空ダクトを固着した偏向電磁石を備えた荷電粒子ビーム加速器およびその加速器を用いた粒子線医療システムに係るものである。

30

【背景技術】

【0002】

荷電粒子ビーム加速器は物理研究実験用や癌などの悪性腫瘍の治療や診断、さらにはシンクロトロン放射光装置（SOR 装置）等利用されている。前記 SOR 装置として、ライナックで加速された電子を蓄積リングに入射し、この入射された電子ビームを、閉ループ状の真空ダクト内で偏向電磁石により随時曲げながら繰り返し周回させる技術が示されている。そして、前記真空ダクトの位置を調整する真空ダクトのサポート構造として、架台上に第 1 の位置調整機構を介して第 1 のステージが設け、この第 1 のステージ上にさらに第 2 のステージを載せ、第 2 の位置機構により前後、左右に真空ダクトを位置調整する構造が示され、この構造は閉ループ状の真空ダクトに適用してもよいことが記載されている（例えば、特許文献 1）。

40

【0003】

【特許文献 1】特開平 07 - 211499 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら前記特許文献 1 に示された構造によって、真空ダクトを偏向電磁石の磁極中心の所定の位置に精度良く設置するアライメント作業は、偏向電磁石のアライメントと、真空ダクトのアライメントを別個に実施、行わねばならない構造であり、アライメント

50

作業が２度手間を要するという問題点がある。またこのアライメント作業は、複雑な機構の操作、すなわち上下位置調整機構のボルト４本、前後、左右調整機構のボルト６本、計１０本のボルトの締め、または緩め作業が必要であり、また所定位置の設定には、ボルトの締め、緩め作業後に位置確認（光学機器等使用の）作業が必要で、熟練した作業者による高度な技術を必要とし、現地サイトにおける加速器システムの据付調整作業に長時間を要し、その結果、コスト高の要因となるという問題点も有している。

【０００５】

この発明は前記のような課題を解決するためになされたものであって、真空ダクトを工場内製造過程において所定位置に固定、装着した偏向電磁石を備えることにより、現地サイトにおいて偏向電磁石のアライメントを実施することのみで、真空ダクトは自動的に所定の位置にアライメントされ、アライメント作業が容易かつアライメント回数の低減化した荷電粒子ビーム加速器と、その加速器を用いた粒子線照射医療システムを提供するものである。

10

【課題を解決するための手段】

【０００６】

この発明に係る荷電粒子ビーム加速器は、偏向電磁石と該偏向電磁石の磁極ギャップ間に配置された真空ダクトが設けられており、荷電粒子ビームを入射、出射する偏向電磁石の端面で、該偏向電磁石が真空ダクトの支持板を位置決め部材を介して、真空ダクトを所定の位置に固定、保持しているものである。

20

【発明の効果】

【０００７】

この発明に係る荷電粒子ビーム加速器には、偏向電磁石と該偏向電磁石の磁極ギャップ間に配置された真空ダクトが設けられており、荷電粒子ビームを入射、出射する偏向電磁石の端面で、該偏向電磁石が真空ダクトの支持板を位置決め部材を介して、真空ダクトを所定の位置に固定、保持しているので、現地サイトにおける荷電粒子ビーム加速器の据付調整工事において、偏向電磁石のアライメントを行うことのみによって真空ダクトのアライメントが自動的に完了するので、アライメント作業回数が減り、据付調整工事期間の短縮、ひいてはコスト低減が可能となるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００８】

実施の形態１．

30

以下、この発明の実施の形態１を図に基づいて説明する。

図１は、荷電粒子ビーム加速器２００と、この荷電粒子ビーム加速器２００を用いた場合の粒子線照射医療システム５００とを示す図である。この粒子線照射医療システム５００は、入射系１００、荷電粒子ビーム加速器２００、ビーム輸送系３００、照射系４００によって構成される。荷電粒子ビーム加速器２００は、入射セプタム３、偏向電磁石４、四極電磁石５、高周波加速装置６、六極電磁石７および高周波発生装置であるＲＦＫＯ機器８、出射四極電磁石９、出射セプタム１０、真空ダクト２０によって構成されており、ＲＦＫＯ機器８や出射四極電磁石９は出射制御部３０で制御される。この荷電粒子ビーム加速器２００は、その前段には低エネルギービームの入射系１００が設けられている。この入射系１００はイオン源１、線形加速器２によって構成されている。また、荷電粒子ビーム加速器２００の出射セプタム１０から出射された出射ビームは、ビーム輸送系３００を通り、医療室に設けられた照射系４００の照射装置１４および線量モニタ１５を通して照射対象体１６、例えば患者の腹部に照射される。前記ビーム輸送系３００は、偏向電磁石１１、スピンモニタ１２、照射路偏向電磁石１３が設けられており、照射系４００は照射装置１４、線量モニタ１５と照射対象体１６とよりなる。

40

これら入射系１００、荷電粒子ビーム加速器２００、ビーム輸送系３００、照射系４００は、それぞれの系内において、各構成要素の機器が、例えば±０．５ｍｍ以下の精度でアライメントされている。

【０００９】

50

次に、荷電粒子ビーム加速器 200 を構成する偏向電磁石 4 および真空ダクト 20 の詳細構造を図 2、図 3 に基づいて説明する。

この実施の形態 1 では、偏向電磁石 4 は代表的な H 型電磁石であり、上、下 2 分割のヨーク構造のものを示し、図 3 は上部ヨーク部分を分解して、下部ヨーク部 4 L とした場合を上部から見た図を示し、図 2 の A - A 矢視断面図を示す。図において、偏向電磁石 4 はケイ素鋼板で積層されており、荷電粒子ビーム偏向軌道 25 に対する外側ヨーク 4 A、内側ヨーク 4 B、これらを継ぐ下側ヨーク 4 C を有し、この下側ヨーク 4 C には磁極面 4 F を備える磁極 4 D を有している。また、コイル 24 が磁極 4 F を囲むよう設けられている。上、下ヨークの磁極 4 D によって形成される磁極ギャップ間には、荷電粒子ビーム偏向軌道 25 を沿って囲む真空ダクト 20 が配置されており、偏向電磁石 4 の生成するパルス磁場による渦電流発生を抑制するため非磁性材の薄板構造であり、適宜個所に設けた複数の補強リブ 21 によって剛性を高めている。

10

偏向電磁石 4 に荷電粒子ビームが入射および出射する端面 4 E には、真空ダクト 20 と一体化構成された真空ダクト支持板 22 が図示省略のボルト等で取り付けられるとともに、位置決め部材であるロックピン 23 で、所定の位置つまり真空ダクト 20 の開口断面における横軸中心線 X - X と、開口断面における縦軸中心線 Y - Y とが、偏向電磁石 4 の磁極ギャップの中心線 X - X と、磁極 4 D の中心線 Y - Y とが一致するように固定される。

このように真空ダクト 20 は、工場内製造過程において、偏向電磁石 4 に所定の位置にアライメント配置後に、ロックピン 23 でその位置を固定されている。その状態を図 3 に示す。

20

【0010】

なお、図 2、図 3 の偏向電磁石 4 は H 型電磁石で、外側ヨーク 4 A、内側ヨーク 4 B の端面 4 C で真空ダクト支持板 22 をロックピン 23 で固定する例を示したが、偏向電磁石 4 が必ずしも H 型に限定されることなく、C 型であってもよい。また、外側ヨーク 4 A、内側ヨーク 4 B の両端面 4 C で真空ダクト支持板 22 を固定する例を示したが、外、内側ヨーク 4 A、4 B のいずれか一方の両端面 4 E であってもよい。また、真空ダクト 20 の断面形状をレーストラック型を図示したが、角型、楕円形、または円形であってもよく、また、非磁性薄板構造とは限らず、非磁性ベローズ製であってもよい。

【0011】

このように偏向電磁石 4 の磁極ギャップ間に真空ダクト 20 が設置されるとともに、真空ダクト 20 と一体化構成された真空ダクト支持板 22 が偏向電磁石 4 の端面 4 E にてロックピン 23 で位置固定されていることで真空ダクト 20 が偏向電磁石 4 の所定位置に精度良くアライメントされており、現地サイトにおける荷電粒子ビーム加速器 200 としてのアライメント作業が、従来では偏向電磁石 4 のアライメント後に真空ダクト 20 のアライメントと 2 度にわたって必要とするものが、この実施の形態 1 では偏向電磁石 4 のアライメントを行うことのみで真空ダクト 20 のアライメントは自動的に、かつ精度良く行われることになり、現地サイトにおける荷電粒子ビーム加速器 200 の据付調整が容易になるとともにその調整期間が短縮できる効果がある。

30

【0012】

なお、この実施の形態 1 では、荷電粒子ビーム加速器 200 を構成する偏向電磁石 4 とその真空ダクト 20 の例で示したが、図 1 に示した粒子線照射医療システム 500 に用いられている他の偏向電磁石、例えば、ビーム輸送系の偏向電磁石 11 や照射系 400 の照射偏向電磁石 13 に用いてもよく、この実施の形態 1 のような真空ダクトを所定位置に固着した偏向電磁石を採用することにより、前記のような効果を奏する。

40

【0013】

実施の形態 2 .

次に実施の形態 2 を図 4 ~ 図 6 に基づいて説明する。

図 4 は、図 2 と同様に、下部ヨーク 4 L を上部から見た図を示し、図 5 は図 4 の A - A 断面を示す。この実施の形態 2 による真空ダクト 20 の偏向電磁石 4 への取付は、実施の形態 1 による図 2 に示した真空ダクト支持板 22 とロックピン 23 に代替して、真空ダク

50

ト 20 に一体化して真空ダクト 20 の開口断面における縦横軸中心線 Y - Y、X - X 軸に取り付けた支持棒 26 が、偏向電磁石 4 の磁極 4 F の荷電粒子ビーム周回軌道中心すなわち磁極 4 F の幅の中心に設けられたリーマ穴 4 H に挿入されていることによって所定の位置にアライメントされて取り付けられる。なお、図 4 ではリーマ穴 4 H は 2 カ所の例を示したが、3 カ所以上であってもよい。また、偏向電磁石 4 への真空ダクト 20 の支持が、前記支持棒 26 で強度、剛性上充分でない場合には、別途真空ダクト 20 を支持する部材を用いて偏向電磁石 4 の端面 4 E にボルトで締め付け保持してもよい。この場合にも、真空ダクト 20 の所定の位置へのアライメントは、支持棒 26 によってなされる。図 6 に支持棒 26 がリーマ穴 4 H に挿入された断面図を示す。支持棒 26 の真空ダクト 20 側は非磁性材 26 A で、リーマ穴 4 H に挿入される側は磁性材 26 B が用いられ、これら非磁性材 26 A と磁性材 26 B はろう付けや溶接によって一体化され、非磁性材 26 A 側が真空ダクト 20 側に一体化されているものである。磁性材 26 B を用いているのは、磁極 4 F 表面にリーマ穴 4 H が開口されることによる磁極 4 F の表面における磁性体を補填することにより、磁場の一様性を損なうことのないような構造としているからである。なお、この磁場一様性を損なうことのない場合には、非磁性材のみの支持棒 26 であってもよい。

このようにこの実施の形態 2 による偏向電磁石 4 と真空ダクト 20 の構成は、前記実施の形態 1 と同様の効果を奏する。

【 0 0 1 4 】

実施の形態 3 .

次に実施の形態 3 を図 7 ~ 図 8 に基づいて説明する。

図 7 は図 2 と同様に、下部ヨーク 4 L を上部から見た図を示し、図 8 は図 7 の A - A 断面を示す。この実施の形態 3 による真空ダクト 20 の偏向電磁石 4 への取り付けは、真空ダクト 20 に一体化して取り付けられた最も外側の補強リブ 21 A が、偏向電磁石 4 の下部ヨーク 4 L の外側ヨーク 4 A、内側ヨーク 4 B に設けられた溝 4 S 内に挿入されることによって、偏向電磁石 4 に真空ダクト 20 がアライメントされて取り付けられている。なお、真空ダクト 20 の補強リブ 21 A が下部ヨーク 4 L の外側ヨーク 4 A、内側ヨーク 4 B の溝 4 S に挿入される例を示したが、外、内側ヨーク 4 A、4 B のいずれか一方であってもよく、さらには下部ヨーク 4 L に加えて図示省略した上部ヨークの外側ヨーク 4 A、4 B の溝あるいはその一方の溝にも挿入する構成であってもよい。

さらには、最も外側の補強リブ 21 A が溝 4 S に挿入されているが、複数の補強リブ 21 の内の任意のものであってもよい。このような実施の形態 3 による偏向電磁石 4 と真空ダクト 20 の構成は、前記実施の形態 1 と同様の効果を奏する。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 1 5 】

この発明は、シンクロトロン等の荷電粒子ビーム加速器システムや粒子線照射医療システム等に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】実施の形態 1 の粒子線照射医療システムを示す図である。

【図 2】実施の形態 1 の偏向電磁石に真空ダクトを取り付けた状態を示す図である。

【図 3】図 2 の A - A 矢視断面を示す図である。

【図 4】実施の形態 2 の偏向電磁石に真空ダクトを取り付けた状態を示す図である。

【図 5】図 4 の A - A 矢視断面を示す図である。

【図 6】実施の形態 2 の真空ダクト支持棒を拡大した図である。

【図 7】実施の形態 3 の偏向電磁石に真空ダクトを取り付けた状態を示す図である。

【図 8】図 7 の A - A 矢視断面を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 1 7 】

4 偏向電磁石、4 A 外側ヨーク、4 B 内側ヨーク、4 D 磁極、4 E 端面、4 F 磁極面、4 H リーマ穴、4 S 溝、20 真空ダクト、

10

20

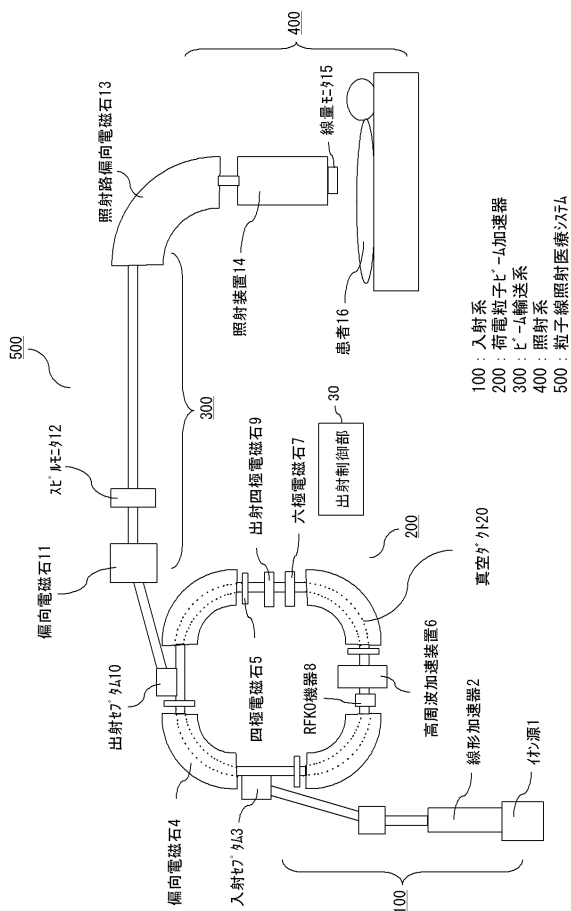
30

40

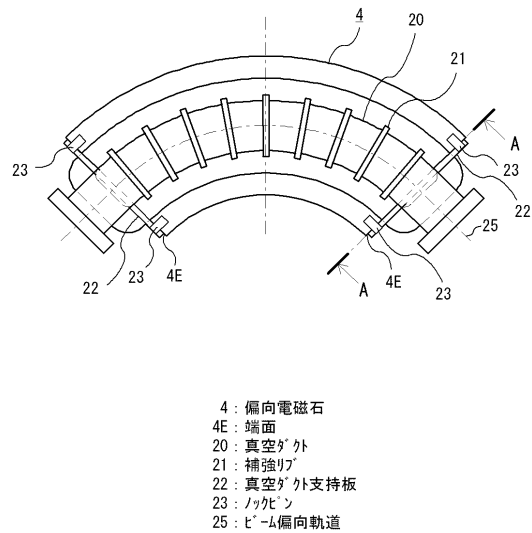
50

21, 21A 補強リブ、22 真空ダクト支持板、23 ノックピン、26 支持棒、
200 荷電粒子ビーム加速器、500 粒子線照射医療システム。

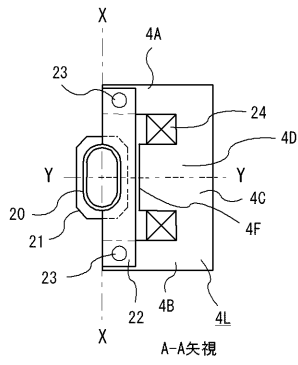
【図1】



【図2】

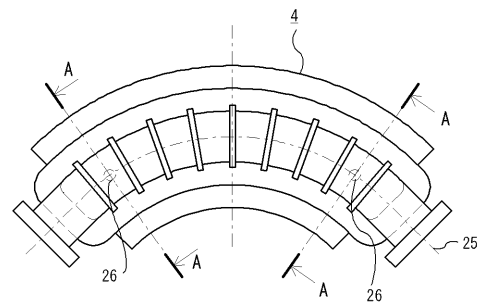


【図 3】

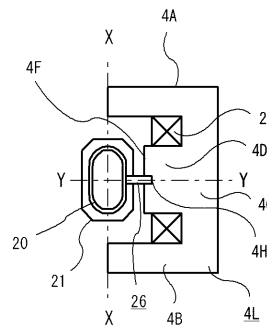


4A : 外側ヨーク
 4B : 内側ヨーク
 4C : 下側ヨーク
 4D : 磁極
 4F : 磁極面
 4L : 下部ヨーク
 24 : コイル
 X-X : 横軸
 Y-Y : 縦軸

【図 4】

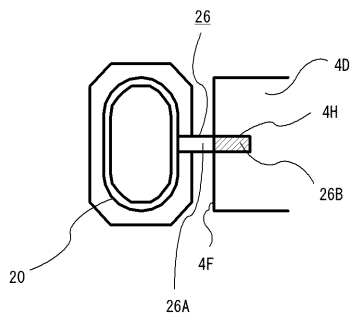


【図 5】



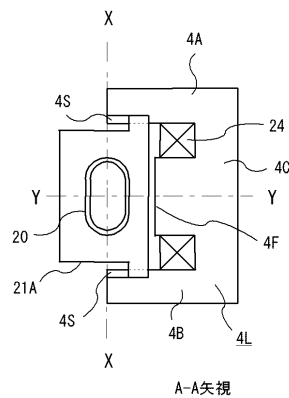
4H : リーマ穴
 26 : 支持棒

【図 6】



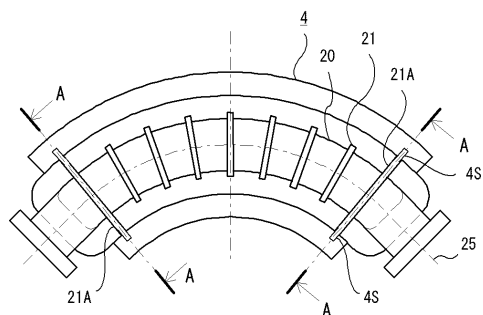
26A : 非磁性部材
 26B : 磁性部材

【図 8】



4S : 溝
 21A : 補強リブ

【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 来島 裕子

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 2G085 AA13 BA14 BA16 BC02 BC03 BC05 BC06 BD02 BE06 EA04

EA07

4C082 AA01 AC04 AE02 AG12