

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7045920号
(P7045920)

(45)発行日 令和4年4月1日(2022.4.1)

(24)登録日 令和4年3月24日(2022.3.24)

(51)国際特許分類		F I		
G 2 1 K	1/093(2006.01)	G 2 1 K	1/093	S
A 6 1 N	5/10 (2006.01)	A 6 1 N	5/10	H
G 2 1 K	5/04 (2006.01)	G 2 1 K	5/04	A
G 2 1 K	5/00 (2006.01)	G 2 1 K	5/00	R

請求項の数 7 (全20頁)

(21)出願番号	特願2018-85006(P2018-85006)	(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
(22)出願日	平成30年4月26日(2018.4.26)	(74)代理人	110001829 特許業務法人開知国際特許事務所
(65)公開番号	特開2019-191031(P2019-191031 A)	(72)発明者	中島 裕人 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43)公開日	令和1年10月31日(2019.10.31)	(72)発明者	青木 孝道 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	令和3年2月2日(2021.2.2)	審査官	富士 健太

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 粒子線照射装置および粒子線治療システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

粒子線照射装置であって、

互いに直交する第1の方向または第2の方向にビームを走査する3台以上の走査電磁石を備え、

前記3台以上の走査電磁石は、第1走査電磁石、第2走査電磁石、第3走査電磁石、および第4走査電磁石を含み、これらの走査電磁石は、前記ビームの前進方向軸に沿ってアイソセンタに向けて直列に、前記第2走査電磁石が前記第1走査電磁石の後段に配置され、前記第3走査電磁石が前記第2走査電磁石の後段に配置され、前記第4走査電磁石が前記第3走査電磁石の後段に配置され、

前記第1走査電磁石および前記第2走査電磁石は第一方向に走査し、

前記第3走査電磁石および前記第4走査電磁石は第二方向に走査し、

前記第1走査電磁石、前記第2走査電磁石、前記第3走査電磁石、および前記第4走査電磁石のそれぞれの磁場印加領域の体積は、前記第1走査電磁石から前記第4走査電磁石までの順で増加する

ことを特徴とする粒子線照射装置。

【請求項2】

請求項1に記載の粒子線照射装置において、

前記3台以上の走査電磁石は、個々の走査電磁石内では磁極間ギャップおよび磁極幅のそれぞれの大きさが一定である

ことを特徴とする粒子線照射装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の粒子線照射装置において、

前記 3 台以上の走査電磁石のうちの 2 台の走査電磁石のうち、前記アイソセンタに最も近い 1 台の走査電磁石の磁極間ギャップおよび磁極幅の大きさは、これらの 2 台の走査電磁石のうちの他方の走査電磁石の磁極間ギャップおよび磁極幅の大きさよりも大きい

ことを特徴とする粒子線照射装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の粒子線照射装置において、

前記 3 台以上の走査電磁石は、個々の走査電磁石内では磁極間ギャップおよび磁極幅の大きさが一定であるものがある

10

ことを特徴とする粒子線照射装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の粒子線照射装置において、

前記 3 台以上の走査電磁石の励磁量を独立して制御する、前記走査電磁石に 1 対 1 で接続された電源を更に備えた

ことを特徴とする粒子線照射装置。

【請求項 6】

粒子線照射装置であって、

互いに直交する第 1 の方向または第 2 の方向にビームを走査する 3 台以上の走査電磁石を備え、

20

前記 3 台以上の走査電磁石は、第 1 走査電磁石、第 2 走査電磁石、第 3 走査電磁石、および第 4 走査電磁石を含み、これらの走査電磁石は、前記ビームの前進方向軸に沿ってアイソセンタに向けて直列に、前記第 2 走査電磁石が前記第 1 走査電磁石の後段に配置され、前記第 3 走査電磁石が前記第 2 走査電磁石の後段に配置され、前記第 4 走査電磁石が前記第 3 走査電磁石の後段に配置され、

前記第 1 走査電磁石および前記第 2 走査電磁石は第一方向に走査し、

前記第 3 走査電磁石および前記第 4 走査電磁石は第二方向に走査し、

前記第 1 走査電磁石、前記第 2 走査電磁石、前記第 3 走査電磁石、および前記第 4 走査電磁石のそれぞれの前記進行方向軸に垂直な面での磁場印加領域の断面積は、前記第 1 走査電磁石から前記第 4 走査電磁石までの順で増加する

30

ことを特徴とする粒子線照射装置。

【請求項 7】

請求項 1 または請求項 6 に記載の粒子線照射装置を備える

ことを特徴とする粒子線治療システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粒子線照射装置および粒子線治療システムに関する。特に、荷電粒子ビームを標的に照射する粒子線照射装置および粒子線治療システムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

大型化を抑制することができるとともに、十分な照射野を確保することのできる荷電粒子ビーム照射装置の一例として、特許文献 1 には、荷電粒子ビームが入射する第 1 方向に実質的に直交する第 2 方向に荷電粒子ビームを偏向する第 1 走査電磁石部と、第 1 方向および第 2 方向に実質的に直交する第 3 方向に荷電粒子ビームを偏向する第 2 走査電磁石部と、を備え、第 1 および第 2 走査電磁石部は、第 1 方向に対して並列に配置されることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 3 】

【文献】特開 2 0 1 6 - 8 3 3 4 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

がん治療法の一つである粒子線治療は、陽子や炭素イオンなどの荷電粒子ビームを患部に照射する。

【 0 0 0 5 】

このような粒子線治療に用いる粒子線治療システムでは、荷電粒子ビームのエネルギーや空間的な広がり进行调整し、患部形状に合わせた線量分布を形成する。

10

【 0 0 0 6 】

粒子線治療システムには加速器とビーム輸送系、照射装置が含まれる。

【 0 0 0 7 】

加速器は、治療に用いるエネルギーまで荷電粒子ビームを加速する装置であり、粒子線治療に用いられるものとして、シンクロトロンやサイクロトロン、シンクロサイクロトロンなどが挙げられる。

【 0 0 0 8 】

ビーム輸送系は、系中に設置した四重極磁石等を用いて粒子ビームのサイズを調整しながら治療室中のアイソセンタと呼ばれる標的位置まで輸送する。

【 0 0 0 9 】

照射装置は、輸送されたビームが標的の患部形状に合わせた線量分布となるように形成する装置である。

20

【 0 0 1 0 】

線量分布の形成方法には、ビームを散乱体に当ててビーム形状を患部形状に合わせる散乱体照射法と、細く絞ったビームを走査電磁石と呼ばれる電磁石を用いて患部形状に合わせて走査するスキャニング照射法がある。

【 0 0 1 1 】

後者のスキャニング照射法では、標的上の走査可能範囲である照射野が大きいほど、広範囲にわたる標的が照射可能となる。

【 0 0 1 2 】

スキャニング照射法で照射野を拡大するためには、走査電磁石の設置位置をアイソセンタから遠ざける、走査電磁石の磁極長を伸ばす、走査電磁石の発生磁場強度を増大する、等の方法がある。

30

【 0 0 1 3 】

しかし、設置位置を遠ざけることや磁極長を伸展することは、粒子線治療システム全体およびそれを含む建屋の大型化につながり、採用は困難である。

【 0 0 1 4 】

ここで、走査電磁石は、一般的に、ある一方向の走査とそれに直交する一方向の走査を行う二極電磁石を一つずつ備えている。特許文献 1 では、この二極電磁石の組を並列に設置することで大型化を抑制しつつ、十分な照射野を確保している。

40

【 0 0 1 5 】

また、スキャニング照射法では、標的上におけるビームの走査速度も重要となる。走査速度は、走査電磁石の発生磁場強度の時間変化速度に依存し、磁場強度の時間変化速度は励磁電流の時間変化速度で決まる。

【 0 0 1 6 】

このうち、励磁電流の時間変化速度はコイルのインダクタンスの影響を受ける。このため、インダクタンスを軽減することにより、走査速度の向上が達成される。

【 0 0 1 7 】

このように走査速度の向上には走査電磁石のインダクタンス低減が有効であるが、その低減には、コイル巻き数の低減、もしくは電磁石の磁場印加体積の低減が必要である。しか

50

しコイル巻き数の低減は起磁力の低下による照射野の縮小につながる。

【0018】

従って、磁場印加体積の低減には、磁極長、磁極幅・磁極間ギャップの低減が必要であるが、それぞれ、照射野の縮小、走査電磁石中のビーム通過可能領域の縮小につながるため、新たな構成によって対処する必要がある。

【0019】

本発明は、広照射野で、高走査速度であるとともに、小型な粒子線照射装置および粒子線治療システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明は、上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、粒子線照射装置であって、互いに直交する第1の方向または第2の方向にビームを走査する3台以上の走査電磁石を備え、前記3台以上の走査電磁石は、第1走査電磁石、第2走査電磁石、第3走査電磁石、および第4走査電磁石を含み、これらの走査電磁石は、前記ビームの前進方向軸に沿ってアイソセンタに向けて直列に、前記第2走査電磁石が前記第1走査電磁石の後段に配置され、前記第3走査電磁石が前記第2走査電磁石の後段に配置され、前記第4走査電磁石が前記第3走査電磁石の後段に配置され、前記第1走査電磁石および前記第2走査電磁石は第一方向に走査し、前記第3走査電磁石および前記第4走査電磁石は第二方向に走査し、前記第1走査電磁石、前記第2走査電磁石、前記第3走査電磁石、および前記第4走査電磁石のそれぞれの磁場印加領域の体積は、前記第1走査電磁石から前記第4走査電磁石までの順で増加することを特徴とする。

【0021】

また、他の一例をあげるならば、粒子線照射装置であって、互いに直交する第1の方向または第2の方向にビームを走査する3台以上の走査電磁石を備え、前記3台以上の走査電磁石は、第1走査電磁石、第2走査電磁石、第3走査電磁石、および第4走査電磁石を含み、これらの走査電磁石は、前記ビームの前進方向軸に沿ってアイソセンタに向けて直列に、前記第2走査電磁石が前記第1走査電磁石の後段に配置され、前記第3走査電磁石が前記第2走査電磁石の後段に配置され、前記第4走査電磁石が前記第3走査電磁石の後段に配置され、前記第1走査電磁石および前記第2走査電磁石は第一方向に走査し、前記第3走査電磁石および前記第4走査電磁石は第二方向に走査し、前記第1走査電磁石、前記第2走査電磁石、前記第3走査電磁石、および前記第4走査電磁石のそれぞれの前記進行方向軸に垂直な面での磁場印加領域の断面積は、前記第1走査電磁石から前記第4走査電磁石までの順で増加することを特徴とする。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、広照射野かつ高走査速度、かつ小型な粒子線照射装置および粒子線治療システムを提供することができる。上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の第1実施形態の粒子線照射装置の全体構成図である。

【図2】本発明の第1実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石のビーム進行方向軸に直交する平面の断面図である。

【図3】本発明の第1実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石磁極およびヨークの中心平面の断面の斜視図である。

【図4】本発明の第1実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石の中心平面の断面図である。

【図5】本発明の第1実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石のビーム進行方向軸を含み中心平面に直交する平面の断面図である。

【図6】本発明の第1実施形態の粒子線照射装置における垂直軸方向走査電磁石部の磁場

10

20

30

40

50

印加領域と垂直軸方向ビーム走査時のビーム軌道の概略図である。

【図 7】本発明の第 1 実施形態の粒子線照射装置における水平軸方向走査電磁石部の磁場印加領域と垂直軸方向ビーム走査時のビーム軌道の概略図である。

【図 8】本発明の第 1 実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石部の垂直軸とビーム進行方向軸を含む平面による断面図である。

【図 9】本発明の第 1 実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石部の水平軸とビーム進行方向軸を含む平面による断面図である。

【図 10】本発明の第 1 実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石の磁場印加領域の断面積を比較する図である。

【図 11】本発明の第 2 実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石部の垂直軸とビーム進行方向軸を含む平面による断面図である。

10

【図 12】本発明の第 2 実施形態の粒子線照射装置における走査電磁石部の水平軸とビーム進行方向軸を含む平面による断面図である。

【図 13】本発明の第 3 実施形態の粒子線治療システムの全体構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に本発明の粒子線照射装置および粒子線治療システムの実施形態を、図面を用いて説明する。

【0025】

例えば、以下に説明する各実施形態では、粒子線の照射方法について特に言及していないが、本発明は、加速器を用いて粒子線治療で使用する高エネルギー原子核ビームを生成して、粒子線照射装置に対して輸送し、粒子線照射装置において所定に位置にビームを走査するスキャンニング照射方式に適用される。

20

【0026】

スキャンニング照射方式は、標的内の各照射位置にスポットと呼ばれる細い線量分布を並べることで、標的形状に合致した線量分布を形成する方式である。大きく分けて、ディスクリットスポットスキャンニング法とラスタースキャンニング法とがある。

【0027】

ディスクリットスポットスキャンニング法は、粒子線の照射位置をあるスポットから次のスポットに移動させている間にビーム出射を停止させ、移動完了後にビーム出射を再開させる方法である。ラスタースキャンニング法は、同一スライスを走査する間はビーム出射が途切れることなく連続して照射する方法である。

30

【0028】

< 第 1 実施形態 >

本発明の粒子線照射装置の第 1 実施形態について図 1 乃至図 10 を用いて説明する。

【0029】

最初に、粒子線照射装置 1204 の構成について図 1 を用いて説明する。図 1 に、本実施形態の粒子線照射装置の概要を示す。

【0030】

図 1 において、本実施形態の粒子線照射装置 1204 は、例えば、ビームの進行方向軸 103 に沿って設置された走査電磁石部 100、ビーム位置モニタ 110、電源 111、ビーム位置モニタ信号処理装置 112、照射装置制御部 113 から成る。

40

【0031】

粒子線照射装置 1204 では、走査電磁石部 100 に入射した粒子ビームは、無走査時にはビームの進行方向軸 103 に沿って直進し、アイソセンタ 104 に到達する。本実施例では、アイソセンタ 104 を原点にもち、互いに直交する 2 軸を、水平軸 105 および垂直軸 106 と定義する。

【0032】

走査電磁石部 100 は、垂直軸 106 方向に粒子ビームを走査する垂直軸方向走査電磁石部 101 と、水平軸 105 方向に粒子ビームを走査する水平軸方向走査電磁石部 102 か

50

ら成る。

【0033】

垂直軸方向走査電磁石部101は、第1垂直走査電磁石101aと第2垂直走査電磁石101bとの2組の電磁石から構成される。

【0034】

水平軸方向走査電磁石部102も、同様に、第1水平走査電磁石102aと第2水平走査電磁石102bとの2組の電磁石から構成される。

【0035】

第1垂直走査電磁石101a、第2垂直走査電磁石101b、第1水平走査電磁石102a、第2水平走査電磁石102bの励磁量を独立して制御するために、各々の走査電磁石101a、101b、102a、102bに対して1対1で電源111a、111b、111c、111dがそれぞれ接続されている。

10

【0036】

垂直軸方向走査電磁石部101と水平軸方向走査電磁石部102に対して、走査電磁石電源111a、111b、111c、111dから独立して電流を供給することで、粒子ビームの軌道を走査軌道108に沿うように偏向し、アイソセンタ104を含む照射野107上の任意のビーム照射位置109に粒子ビームを照射する。

【0037】

ビーム位置モニタ信号処理装置112は、ビーム位置モニタ110で検出された電気信号を積算して粒子ビームの通過位置を演算し、演算結果を照射装置制御部113へ出力する。

20

【0038】

照射装置制御部113は、ビーム位置モニタ信号処理装置112でのビーム位置の演算結果に基づき、走査電磁石電源111の供給電流を制御することで、ビーム照射位置109を制御する。照射装置制御部113は1個または複数個のプロセッサ、CPU等で構成され、各機器の動作の制御は各種プログラムで実行される。このプログラムは記憶部113aに格納されており、CPUによって読み出され、実行される。

【0039】

次に、本実施形態の粒子線照射装置における第1垂直走査電磁石101aと第2垂直走査電磁石101b、第1水平走査電磁石102aと第2水平走査電磁石102bの構造について、第1垂直走査電磁石101aを代表して説明する。図2は、本実施形態の粒子線照射装置における第1垂直走査電磁石101aの進行方向軸103に直交する平面による断面図である。

30

【0040】

なお、第2垂直走査電磁石101bや第1水平走査電磁石102a、第2水平走査電磁石102bの構造は、各々の磁極の長さ(磁極幅302)や磁極201a、201b間の長さ(磁極間ギャップ203)が異なるのみであり、主な構造は第1垂直走査電磁石101aを同じであるため、詳細な説明は省略する。

【0041】

第1垂直走査電磁石101aは、磁極201a、201b、コイル202a、202b、ヨーク207で構成される。

40

【0042】

磁極201a、磁極201bは、中心平面206を挟んで互いに対向し、ある磁極間ギャップ203を確保するように離れた位置に配置される。

【0043】

第1垂直走査電磁石101aでは、コイル202aとコイル202bとによって、磁極間ギャップ203中に中心平面206に対して略直交するような向きを持つ磁場204を発生させる。

【0044】

このような磁場204の発生範囲である磁場印加領域205を通過した粒子ビームは、中心平面206と略平行な方向へ偏向される。

50

【 0 0 4 5 】

図 3 は、図 2 のうち、磁極 2 0 1 a、磁極 2 0 1 b およびヨーク 2 0 7 を中心平面 2 0 6 により切断した斜視図である。

【 0 0 4 6 】

磁場印加領域 2 0 5 は、コイル 2 0 2 a , 2 0 2 b に対して通電している間、中心平面 2 0 6 に略平行な磁極 2 0 1 a および磁極 2 0 1 b の面である 2 つの磁極面 3 0 1 に挟まれるように存在する。

【 0 0 4 7 】

図 2 に示すように、磁場印加領域 2 0 5 の体積は、磁極間ギャップ 2 0 3 の大きさ、磁極幅 3 0 2、磁極長 3 0 3 の積によって概ねの大きさが決まる。

10

【 0 0 4 8 】

図 4 は、図 2 の第 1 垂直走査電磁石 1 0 1 a の中心平面による断面図であり、図 5 は、図 2 の第 1 垂直走査電磁石 1 0 1 a のビーム進行方向軸を含み、中心平面に直交する平面による断面図である。

【 0 0 4 9 】

図 2 に示すように、第 1 垂直走査電磁石 1 0 1 a ではコイル 2 0 2 a , 2 0 2 b に電流を流すことで紙面垂直方向に磁場 2 0 4 が発生する。

【 0 0 5 0 】

以下、第 1 垂直走査電磁石 1 0 1 a のコイル 2 0 2 a に直流電流を流すことによって、図 4 および図 5 に示すように走査軌道 4 0 1 によって照射野 1 0 7 上のあるビーム位置に粒子ビームを照射する場合について説明する。

20

【 0 0 5 1 】

この場合において、図 4 に示すようなビーム位置とアイソセンタ 1 0 4 の距離（走査距離 4 0 2）が D であり、直流電流の大きさが I であるとする、D と I は概ね比例の関係となる。

【 0 0 5 2 】

次に、走査距離 4 0 2 が 0 から D まで変化する場合の走査距離の変化速度、即ち走査速度について説明する。このとき、直流電流は 0 から I に変化する。この電流の変化速度を $d I / d t$ とすれば、走査速度 v_{scan} は下記数式（1）のように求まる。

【 0 0 5 3 】

30

【数 1】

$$v_{scan} = \frac{D}{I} \frac{dI}{dt} \quad \dots (1)$$

【 0 0 5 4 】

一般には、コイル 2 0 2 a , 2 0 2 b のインダクタンスが存在するため、電流の変化速度は所望の走査速度に対して遅くなる。従って、コイル 2 0 2 a , 2 0 2 b にフォーシング電圧とよばれる電圧を印加することで、必要な走査速度を得ている。

40

【 0 0 5 5 】

ここで、コイル 2 0 2 a , 2 0 2 b を含む回路のインダクタンスを L、電源から回路に印加されるフォーシング電圧を V_{force} とすると、電流の変化速度 $d I / d t$ は下記数式（2）のように求まる。

【 0 0 5 6 】

【数 2】

50

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V_{\text{force}}}{L} \quad \dots (2)$$

【0057】

結果、数式(2)を数式(1)に代入することにより、走査速度 v_{scan} は下記数式(3)のように求まる。

【0058】

【数3】

$$v_{\text{scan}} = \frac{DV_{\text{force}}}{LI} \quad \dots (3)$$

【0059】

この数式(3)に示すように、インダクタンス L を小さくすることで走査速度を向上することができる。

【0060】

インダクタンス L は、走査電磁石中の磁気エネルギー W とコイル電流 I と数式(4)の関係にあることが知られている。

【0061】

【数4】

$$L = \frac{2W}{I^2} \quad \dots (4)$$

【0062】

また、磁気エネルギー W は数式(5)より求められることが知られている。

【0063】

【数5】

$$W = \frac{1}{2} \int_V \mathbf{H} \cdot \mathbf{B} d^3x \quad \dots (5)$$

【0064】

ここで、数式(5)中、 H は磁場、 B は磁束密度であり、積分範囲は磁場印加領域の体積 V である。

【0065】

数式(5)に示すように磁気エネルギー W は一般に磁場印加領域の体積 V が小さいほど小さくなり、数式(4)に示すように磁気エネルギー W が小さくなる、すなわち、磁場印加領域の体積 V が小さいほどインダクタンス L もそれに応じ小さくなることが分かる。

【0066】

ここで、上述のように、第1垂直走査電磁石101aや第2垂直走査電磁石101b、第

10

20

30

40

50

1 水平走査電磁石 1 0 2 a、第 2 水平走査電磁石 1 0 2 b の磁場印加領域 2 0 5 の体積は、磁極間ギャップ 2 0 3、磁極幅 3 0 2、磁極長 3 0 3 の積によって決まる。

【 0 0 6 7 】

また、磁極間ギャップ 2 0 3 および磁極幅 3 0 2 は、最大の走査距離、即ち照射野 1 0 7 端部までビームを走査する際のビーム通過領域によって決まる。更に、最大走査距離は、磁場 2 0 4 をビームの進行方向軸 1 0 3 上で磁極長 3 0 3 によって決まる範囲で積分した値 (B L 積) で決まる。

【 0 0 6 8 】

即ち、走査電磁石の構成が異なる場合でも、ビームが通過する電磁石の B L 積の総和が一定であれば最大走査距離の大きさは変わらないことになる。

10

【 0 0 6 9 】

従って、磁極長のみをある走査電磁石の半分にした走査電磁石を 2 台直列に設置した場合は、1 台あたりのインダクタンスを概ね半減することができつつ、最大走査距離は元の走査電磁石と概ね変わらないようにすることができることになる。

【 0 0 7 0 】

図 6 は、本実施形態の粒子線照射装置における垂直軸方向走査電磁石部 1 0 1 によるビーム走査の概略図である。

【 0 0 7 1 】

本実施例では、垂直軸方向走査電磁石部 1 0 1 および水平軸方向走査電磁石部 1 0 2 の磁場印加領域は、進行方向軸 1 0 3 上に直列に合計で 4 ヶ所存在する。

20

【 0 0 7 2 】

本実施例のように、垂直軸方向走査電磁石部 1 0 1 内において、磁場印加領域が第 1 垂直走査電磁石 1 0 1 a によるものと第 2 垂直走査電磁石 1 0 1 b によるものとの 2 つ存在する場合、図 6 に示すように、アイソセンタ 1 0 4 からみて進行方向軸 1 0 3 上流側からそれぞれ第 1 磁場印加領域 6 0 1、第 2 磁場印加領域 6 0 5 となる。

【 0 0 7 3 】

垂直軸方向走査電磁石部 1 0 1 では、2 台の走査電磁石 1 0 1 a、1 0 1 b へ各々独立して電流を供給し励磁することで、第 1 磁場印加領域 6 0 1 と第 2 磁場印加領域 6 0 5 に磁場が印加される。

【 0 0 7 4 】

この垂直軸方向走査電磁石部 1 0 1 での B L 積は、第 1 磁場印加領域 6 0 1 と第 2 磁場印加領域 6 0 5 の B L 積の和で表される。各走査電磁石への供給電流値は、電源 1 1 1 a、1 1 1 b が独立していることで任意に設定できるように構成されている。例えば、最大走査距離へビームを偏向する際に、走査電磁石電源 1 1 1 a、1 1 1 b から供給可能な範囲内で B L 積の和が最も高くなるように各々調整する。

30

【 0 0 7 5 】

第 1 磁場印加領域 6 0 1 および第 2 磁場印加領域 6 0 5 を通過した粒子ビームは、図 6 に示すように、それぞれ第 1 偏向角度 6 0 2 および第 2 偏向角度 6 0 6 だけ偏向される。

【 0 0 7 6 】

照射野 1 0 7 の端部へビームを照射する際、第 1 磁場印加領域 6 0 1 および第 2 磁場印加領域 6 0 5 の出口では、それぞれ進行方向軸から第 1 ビーム最大通過幅 6 0 3、第 2 ビーム最大通過幅 6 0 7 だけ離れた位置を通過する。

40

【 0 0 7 7 】

ここで、図 6 に示すように、ビーム最大通過幅は進行方向軸 1 0 3 の上流ほど狭いため、第 1 磁場印加幅 6 0 4 は第 2 磁場印加幅 6 0 8 よりも小さくすることができるため、第 1 磁場印加領域 6 0 1 を形成する第 1 垂直走査電磁石 1 0 1 a の磁極間ギャップ 2 0 3 を、第 2 磁場印加領域 6 0 5 を形成する第 2 垂直走査電磁石 1 0 1 b の磁極間ギャップ 2 0 3 よりも狭めることができる。

【 0 0 7 8 】

なお、本実施例においては、図 6 乃至図 9 に示すように、個々の走査電磁石 1 0 1 a、1

50

01b, 102a, 102b内では磁極間ギャップ203および磁極幅302の大きさを
変化させずに一定のままとする。

【0079】

図7は、本実施形態の粒子線照射装置における水平軸方向走査電磁石部102の磁場印加
領域と、垂直軸方向のみにビームを走査する際のビーム軌道の概略図である。

【0080】

以下、進行方向軸103上流に直列に設置された垂直軸方向走査電磁石部101によって
垂直軸方向に偏向された粒子ビームを水平軸方向走査電磁石部102によって偏向する場
合について説明する。

【0081】

図7に示すように、照射野107の端部へビームが照射される際、上述のように、ビーム
は、垂直軸方向走査電磁石部101によって第1偏向角度602と第2偏向角度606の
和700だけ偏向され、水平軸方向走査電磁石部102に入射してくる。

【0082】

そのため、第1磁場印加領域701および第2磁場印加領域704の出口では、それぞれ
進行方向軸から第1ビーム最大通過幅702、第2ビーム最大通過幅705だけ離れた位
置を通過する。

【0083】

従って、水平軸方向走査電磁石部102についても、上流側に位置する第1水平走査電磁
石102aによって形成される第1磁場印加領域701の水平軸方向の第1磁場印加幅7
03を、第2水平走査電磁石102bによって形成される第2磁場印加領域704の水平
軸方向の第2磁場印加幅706よりも小さくすることができる。

【0084】

また、水平軸方向走査電磁石部102の垂直軸方向についても、第1磁場印加領域701
を形成する第1水平走査電磁石102aの磁極間ギャップ203を、第2磁場印加領域7
04を形成する第2水平走査電磁石102bの磁極間ギャップ203よりも狭めることが
できる。

【0085】

図8は、本実施形態の粒子線照射装置1204における走査電磁石部100の垂直軸10
6と進行方向軸103を含む平面による断面図である。

【0086】

図8に示すように、走査電磁石部100内の第1垂直走査電磁石101a、第2垂直走査
電磁石101b、第1水平走査電磁石102a、第2水平走査電磁石102bによって形
成される各磁場印加領域が、進行方向軸103下流に向かうにつれて広がる垂直軸方向ビ
ーム通過最大領域801を含むように、各磁極間ギャップ203および各磁極幅302の
大きさが設計される。

【0087】

このとき、垂直軸方向走査電磁石部101が水平軸方向走査電磁石部102よりも、進行
方向軸103の上流側に設置されるため、第1垂直走査電磁石101aおよび第2垂直走
査電磁石101bの磁極幅302のみならず、第1水平走査電磁石102aおよび第2水
平走査電磁石102bの磁極間ギャップ203についても下流側よりも上流側のほうが狭
まる。

【0088】

磁極間ギャップ203の短縮により、同じ起磁力のもとでも磁場強度を向上できるため、
磁極長の和が同じ単一の走査電磁石とBL積の和は同等かそれ以上にできる。

【0089】

図9は、本実施形態の粒子線照射装置1204における走査電磁石部100の水平軸10
5と進行方向軸103を含む平面による断面図である。

【0090】

水平軸方向の磁場印加領域に関しても、図9に示すように、水平軸方向ビーム通過最大領

10

20

30

40

50

域 901 を含むように、第 1 垂直走査電磁石 101a、第 2 垂直走査電磁石 101b、第 1 水平走査電磁石 102a、第 2 水平走査電磁石 102b の各磁極間ギャップおよび各磁極幅の大きさを設計する。

【0091】

従って、磁極幅 302 は、下流側の第 2 水平走査電磁石 102b よりも上流側の第 1 水平走査電磁石 102a のほうが狭くなる。

【0092】

また、水平軸方向ビーム通過最大領域 901 の幅は、水平軸方向走査電磁石部 102 を通過するまでは一定のため、図 9 に示すように、第 1 垂直走査電磁石 101a および第 2 垂直走査電磁石 101b の水平軸方向の磁極間ギャップ 203 は両者とも同じ幅とする。

10

【0093】

ここで、各々の走査電磁石 101a、101b、102a、102b の垂直軸方向および水平軸方向の磁場印加領域の幅から各々の磁場印加領域の体積を考えると、進行方向軸 103 上でアイソセンタ 104 から遠ざかる位置、すなわち上流側の磁場印加領域の体積が下流側の磁場印加領域体積よりも小さくなる。

【0094】

即ち、垂直軸方向走査電磁石部 101 および水平軸方向走査電磁石部 102 に各々 2 つの走査電磁石を用い、各磁場印加領域の体積が下流よりも上流のほうが小さくなるように設計することで、ビーム通過領域を全て含むように設計することができる。

【0095】

このような場合、図 10 に示すように、進行方向軸 103 上でアイソセンタ 104 から遠ざかるほど進行方向軸 103 に垂直な面での磁場印加領域 205 の断面積が小さくなる。

20

【0096】

次に、本実施形態の効果について説明する。

【0097】

上述した本発明の第 1 実施形態の粒子線照射装置 1204 は、互いに直交する垂直方向または水平方向にビームを走査する 3 台以上の走査電磁石 101a、101b、102a、102b を備え、3 台以上の走査電磁石 101a、101b、102a、102b は、垂直方向または水平方向のうち同じ方向に走査する少なくとも 2 台以上の走査電磁石 101a、101b および走査電磁石 102a、102b がビームの進行方向軸 103 上に直列に配置され、かつ進行方向軸 103 上でアイソセンタ 104 から遠ざかる位置に設置された走査電磁石 101a、101b、102a、102b ほど磁場印加領域 205 の体積が小さい。また、進行方向軸 103 上でアイソセンタ 104 から遠ざかるほど進行方向軸 103 に垂直な面での磁場印加領域 205 の断面積が小さいものである。

30

【0098】

これによって、例えば上述した特許文献 1 のように設置する場合に比べ、ビーム通過領域に合わせて段階的に電磁石の磁極幅 302 や磁極間ギャップ 203 が広がるため、ヨーク 207 内側で他方向走査用のコイルや磁極に占有されていた空間がなくなる。特に、上流側の走査電磁石で磁極幅 302 や磁極間ギャップ 203 を狭めることができる。従って、BL 積の増大と走査電磁石 1 台あたりのインダクタンス低減を達成することができ、磁場強度の増大に伴う照射野の拡大と走査速度の増大を達成することができる。また、BL 積の増大によってビーム進行方向の長さを短くすることができ、粒子線照射装置 1204 の小型化を図ることができる。

40

【0099】

また、3 台以上の走査電磁石 101a、101b、102a、102b は、個々の走査電磁石 101a、101b、102a、102b 内では磁極間ギャップ 203 および磁極幅 302 の大きさが一定であるため、走査電磁石の製作が容易であり、粒子線照射装置 1204 の低コスト化を図ることができる。

【0100】

更に、3 台以上の走査電磁石 101a、101b、102a、102b の励磁量を独立し

50

て制御する、走査電磁石 101a, 101b, 102a, 102b に 1対1 で接続された電源 111a, 111b, 111c, 111d を更に備えたことで、各々の走査電磁石の仕様と求められる走査量に応じた電流を各走査電磁石に供給することができ、制御の自由度を向上させることができる。また、より容易に走査速度の増大をより容易に達成できるとともに、照射精度を担保することができる。

【0101】

なお、垂直軸方向走査電磁石部 101 の下流側に水平軸方向走査電磁石部 102 を設置する場合について説明したが、水平軸方向走査電磁石部を垂直軸方向走査電磁石部の上流側に設置することができる。

【0102】

すなわち、必要な照射野の大きさや走査速度に応じて、第 1 水平走査電磁石 102a、第 2 水平走査電磁石 102b、第 1 垂直走査電磁石 101a、第 2 垂直走査電磁石 101b の進行方向上流から下流に至る設置順序は任意である。しかしながら、同じ方向に走査する走査電磁石は必ず連続して設置し、異なる方向に走査する走査電磁石が間に挟まれないようにする。

【0103】

また、水平軸方向へ走査する走査電磁石や垂直軸方向へ走査する走査電磁石の各々の設置台数も 1 台以上であればよく、合計で 3 台以上であればよい。

【0104】

例えば、水平軸方向走査電磁石、もしくは垂直軸方向走査電磁石のどちらかを 1 台のみ、他方を 2 台以上備えてもよい。この場合は、磁極間ギャップをより狭められる効果が得られることから、水平軸方向と垂直軸方向のうち、下流側に設置される側の走査電磁石を 1 台とし、上流側に設置される側の走査電磁石を 2 台以上とすることが望ましい。

【0105】

また、本実施形態では、各走査電磁石には偏向用の磁場を発生するコイルがコイル 202a, 202b との一組のみの場合について記載したが、コイルは各電磁石中に複数組あってもよい。

【0106】

また、走査電磁石電源 111a, 111b, 111c, 111d からの供給電流は、同一方向走査電磁石に対しては同一の電源から直列もしくは並列に与えてもよい。例えば、第 1 垂直走査電磁石 101a 用の電源と第 2 垂直走査電磁石 101b 用の電源は共通化することができ、第 1 水平走査電磁石 102a 用の電源と第 2 水平走査電磁石 102b 用の電源は共通化することができる。なお、異なる方向の走査電磁石の電源は共通化しないことが望ましい。

【0107】

< 第 2 実施形態 >

本発明の第 2 実施形態の粒子線照射装置について図 11 および図 12 を用いて説明する。第 1 実施形態と同じ構成には同一の符号を示し、説明は省略する。以下の実施形態においても同様とする。

【0108】

図 11 は本実施形態における走査電磁石部の垂直軸とビーム進行方向軸を含む平面による断面図である。図 12 は本実施形態における走査電磁石部の水平軸とビーム進行方向軸を含む平面による断面図である。

【0109】

本実施形態の粒子線照射装置は、基本的には、図 1 に示す第 1 実施形態の粒子線照射装置 1204 と同等の要素で構成される。異なる点としては、走査電磁石部 100 の代わりに、走査電磁石部 100A を備えている点である。

【0110】

図 11 および図 12 に示すように、本実施形態の走査電磁石部 100A は、第 1 実施形態の走査電磁石部 100 と同様に、垂直軸方向走査電磁石部 101A と水平軸方向走査電磁

10

20

30

40

50

石部 102A から成る。

【0111】

垂直軸方向走査電磁石部 101A は第 1 垂直走査電磁石 101Aa および第 2 垂直走査電磁石 101Ab によって構成される。また、水平軸方向走査電磁石部 102A は第 1 水平走査電磁石 102Aa および第 2 水平走査電磁石 102Ab によって構成される。

【0112】

更に、図 11 に示すように、第 1 垂直走査電磁石 101Aa、第 2 垂直走査電磁石 101Ab、第 1 水平走査電磁石 102Aa、第 2 水平走査電磁石 102Ab は、各々の走査電磁石中のヨーク 207、磁極幅 302 および磁極間ギャップ 203 が、垂直軸方向ビーム通過最大領域 801A および水平軸方向ビーム通過最大領域 901A に合わせて、進行方向軸 103 の下流側に向かって直線状に広がる形状となっている。

10

【0113】

言い換えると、進行方向軸 103 上でアイソセンタ 104 から遠ざかるにつれて磁極間ギャップ 203 および磁極幅 302 の大きさが狭まようように設計されている。

【0114】

なお、水平軸方向ビーム通過最大領域 901A の幅は、水平軸方向走査電磁石部 102A を通過するまでは一定のため、図 12 に示すように、第 1 垂直走査電磁石 101Aa と第 2 垂直走査電磁石 101Ab との水平軸方向の磁極間ギャップ 203 は同じ幅とする。

【0115】

その他の構成・動作は前述した第 1 実施形態の粒子線照射装置と略同じ構成・動作であり、詳細は省略する。

20

【0116】

本発明の第 2 実施形態の粒子線照射装置においても、前述した第 1 実施形態の粒子線照射装置とほぼ同様な効果が得られる。

【0117】

また、各走査電磁石のうち、少なくとも 2 台以上は、個々の走査電磁石内において、進行方向軸 103 上でアイソセンタ 104 から遠ざかるにつれて磁極間ギャップ 203 および磁極幅 302 の大きさが狭まっていることにより、磁場印加領域の形状をビーム通過領域の形状により近い形状にすることができる。よって、より効果的に BL 積の増大と走査電磁石 1 台あたりのインダクタンス低減を達成することができ、照射野の拡大と走査速度の増大をより効果的に達成することができる。

30

【0118】

更に、個々の走査電磁石内では磁極間ギャップ 203 および磁極幅 302 の大きさが一定であるものがあることで、上流側の走査電磁石では下流側の走査電磁石で走査する方向のビーム通過領域の形状が変化しないことから、上流側の走査電磁石の磁場印加領域の形状をビーム通過領域の形状により合わせることができる。

【0119】

なお、本実施形態では、ヨーク、磁極幅、磁極間ギャップの広がり方は直線状であるとしたが、垂直軸方向ビーム通過最大領域 801 および水平軸方向ビーム通過最大領域 901 を含むようであれば、形状は曲線状または階段状とすることができる。

40

【0120】

また、ヨークの外周側の形状は進行方向軸 103 の下流側に向かって広がる場合に限られず、進行方向軸 103 に平行な形状とすることができる。

【0121】

さらに、本実施形態の走査電磁石の一部は、上述した第 1 実施形態の粒子線照射装置内に配置された走査電磁石を用いることができる。

【0122】

< 第 3 実施形態 >

本発明の第 3 実施形態の粒子線治療システムについて図 13 を用いて説明する。

【0123】

50

図 1 3 は本発明の第 3 実施形態の粒子線治療システムの全体構成図である。

【 0 1 2 4 】

図 1 3 に示すように、本実施形態の粒子線治療システム 1 0 0 0 は、ライナック 1 2 0 1、シンクロトロン 1 2 0 2、ビーム輸送系 1 2 0 3、第 1 実施形態で説明した粒子線照射装置 1 2 0 4、加速器ビーム輸送系制御部 1 2 0 5、粒子線治療システム制御部 1 2 0 6、データベース 1 2 0 7 から成る。

【 0 1 2 5 】

なお、第 1 実施形態で説明した粒子線照射装置 1 2 0 4 の代わりに第 2 実施形態で説明した粒子線照射装置を用いることができる。

【 0 1 2 6 】

シンクロトロン 1 2 0 2 にはライナック 1 2 0 1 および入射器 1 2 0 2 a が接続されており、ライナック 1 2 0 1 で生成された加速前のイオンが入射器 1 2 0 2 a から入射される。

【 0 1 2 7 】

入射されたイオンは四台の偏向電磁石 1 2 0 2 b が形作る略四角形の経路を四極電磁石 1 2 0 2 d 等の生成する磁場によって微調整されて周回しながら、加速空洞 1 2 0 2 c を通過するたびに加速される。所定のエネルギーまで加速されたビームは取り出し口 1 2 0 2 e からビーム輸送系 1 2 0 3 に導入される。

【 0 1 2 8 】

ビーム輸送系 1 2 0 3 は、複数の四極電磁石 1 2 0 3 a、偏向電磁石（図示省略）を備えており、シンクロトロン 1 2 0 2 と粒子線照射装置 1 2 0 4 に接続されている。シンクロトロン 1 2 0 2 から出射された粒子線は、ビーム輸送系 1 2 0 3 内を通過しながら四極電磁石 1 2 0 3 a によって収束され、偏向電磁石によって方向を変えて粒子線照射装置 1 2 0 4 に入射する。

【 0 1 2 9 】

ビーム輸送系 1 2 0 3 の一部と粒子線照射装置 1 2 0 4 は、治療室内の略筒状のガントリーに設置され、ガントリーと共に回転する構成とすることができるが、固定されているものとすることができる。

【 0 1 3 0 】

粒子線治療システム制御部 1 2 0 6 は、データベース 1 2 0 7 に記憶されている、患部の深さや形状などの情報を基に作成された照射データ（治療計画）を基に、加速器ビーム輸送系制御部 1 2 0 5 と照射装置制御部 1 1 3 に指令を送る。

【 0 1 3 1 】

加速器ビーム輸送系制御部 1 2 0 5 は、治療に好適なエネルギーまで粒子ビームを加速するようライナック 1 2 0 1 およびシンクロトロン 1 2 0 2 を構成する機器を制御する。また、所定エネルギーまで加速された粒子ビームを粒子線照射装置 1 2 0 4 まで輸送するようビーム輸送系 1 2 0 3 を構成する機器を制御する。

【 0 1 3 2 】

粒子線治療システム制御部 1 2 0 6 は照射装置制御部 1 1 3 を通じて走査電磁石電源 1 1 1 を制御することで、照射野 1 0 7 において治療に好適なビーム照射制御を行う。

【 0 1 3 3 】

これら粒子線治療システム制御部 1 2 0 6、加速器ビーム輸送系制御部 1 2 0 5、および照射装置制御部 1 1 3 は、1 または複数のプロセッサ、CPU 等で構成される。

【 0 1 3 4 】

各機器の動作の制御は各種プログラムで実行される。このプログラムはデータベース 1 2 0 7 や記憶部 1 1 3 a 等の内部記録媒体に格納されており、CPU によって読み出され、実行される。

【 0 1 3 5 】

なお、実行される動作の制御処理は、1 つのプログラムにまとめられていても、それぞれが複数のプログラムに別れていてもよく、それらの組み合わせでもよい。また、プログラムの一部または全ては専用ハードウェアで実現してもよく、モジュール化されていても良

10

20

30

40

50

い。更には、各種プログラムは、プログラム配布サーバや外部記憶メディアによって各計算機にインストールされてもよい。

【0136】

これら各制御部は、各々が独立した装置で有線或いは無線のネットワークで接続されたものであっても、2つ以上が一体化していてもよい。

【0137】

粒子線照射装置の構成・動作は前述した第1実施形態、または第2実施形態の粒子線照射装置と同じ構成・動作であり、詳細は省略する。

【0138】

本発明の第3実施形態の粒子線治療システムによれば、前述した第1実施形態の粒子線照射装置あるいは第2実施形態の粒子線照射装置を備えていることによって、走査速度の増大等と小型化の両立が実現される。

10

【0139】

なお、本実施形態では、加速器としてライナック1201とシンクロトロン1202を採用している場合について説明したが、加速器の種類は、サイクロトロンやシンクロサイクロトロンなどのほかの種類でも採用可能である。

【0140】

また、1台の加速器と1台の照射装置からなる治療システムについて説明したが、1台の加速器に対して照射装置が複数ある粒子線治療システムとすることができ、個々の照射装置に第1実施形態の粒子線照射装置1204あるいは第2実施形態の粒子線照射装置を適宜備えることができる。

20

【0141】

また、ビーム輸送系1203を用いる場合について説明したが、加速器から粒子線照射装置に直接粒子線を輸送することができる。

【0142】

また、治療に用いる粒子線には、炭素線、ヘリウム線等の重粒子線や陽子線とすることができる。

【0143】

<その他>

なお、本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。上記の実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

30

【0144】

また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

【符号の説明】

【0145】

100, 100A ... 走査電磁石部

101, 101A ... 垂直軸方向走査電磁石部

40

101a, 101Aa ... 第1垂直走査電磁石

101b, 101Ab ... 第2垂直走査電磁石

102, 102A ... 水平軸方向走査電磁石部

102a, 102Aa ... 第1水平走査電磁石

102b, 102Ab ... 第2水平走査電磁石

103 ... 進行方向軸

104 ... アイソセンタ

105 ... 水平軸

106 ... 垂直軸

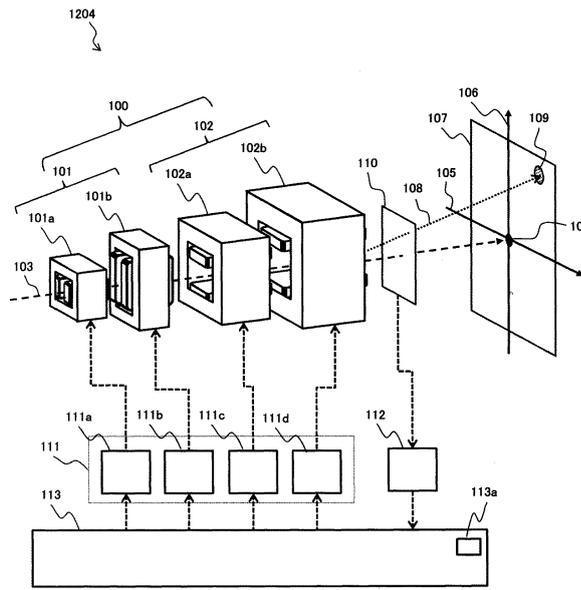
107 ... 照射野

50

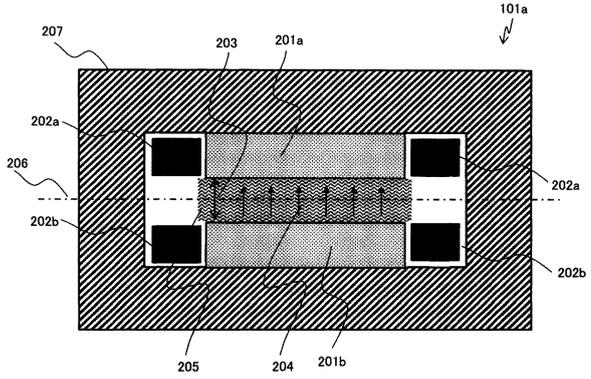
1 0 8 ... 走査軌道	
1 0 9 ... ビーム照射位置	
1 1 0 ... ビーム位置モニタ	
1 1 1 a , 1 1 1 b , 1 1 1 c , 1 1 1 d ... 走査電磁石電源	
1 1 2 ... ビーム位置モニタ信号処理装置	
1 1 3 ... 照射装置制御部	
1 1 3 a ... 記憶部	
2 0 1 a , 2 0 1 b ... 磁極	
2 0 2 a , 2 0 2 b ... コイル	
2 0 3 ... 磁極間ギャップ	10
2 0 4 ... 磁場	
2 0 5 ... 磁場印加領域	
2 0 6 ... 中心平面	
2 0 7 ... ヨーク	
3 0 1 ... 磁極面	
3 0 2 ... 磁極幅	
3 0 3 ... 磁極長	
3 0 4 ... ヨーク断面	
4 0 1 ... 走査軌道	
4 0 2 ... 走査距離	20
6 0 1 ... 第 1 磁場印加領域	
6 0 2 ... 第 1 偏向角度	
6 0 3 ... 第 1 ビーム最大通過幅	
6 0 4 ... 第 1 磁場印加幅	
6 0 5 ... 第 2 磁場印加領域	
6 0 6 ... 第 2 偏向角度	
6 0 7 ... 第 2 ビーム最大通過幅	
6 0 8 ... 第 2 磁場印加幅	
7 0 1 ... 第 1 磁場印加領域	
7 0 2 ... 第 1 ビーム最大通過幅	30
7 0 3 ... 第 1 磁場印加幅	
7 0 4 ... 第 2 磁場印加領域	
7 0 5 ... 第 2 ビーム最大通過幅	
7 0 6 ... 第 2 磁場印加幅	
8 0 1 , 8 0 1 A ... 垂直軸方向ビーム通過最大領域	
9 0 1 , 9 0 1 A ... 水平軸方向ビーム通過最大領域	
1 0 0 0 ... 粒子線治療システム	
1 2 0 4 ... 粒子線照射装置	40

【図面】

【図 1】



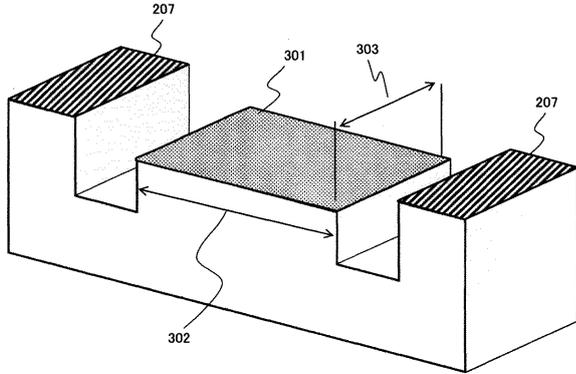
【図 2】



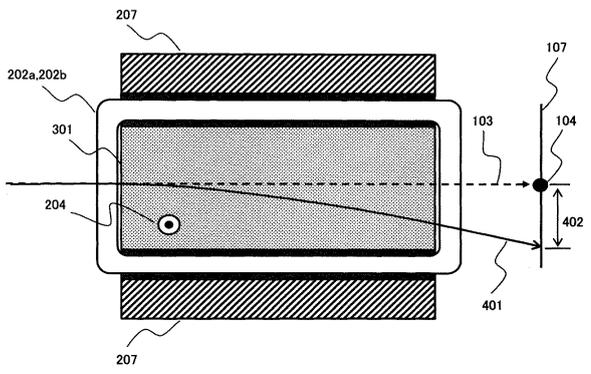
10

20

【図 3】



【図 4】

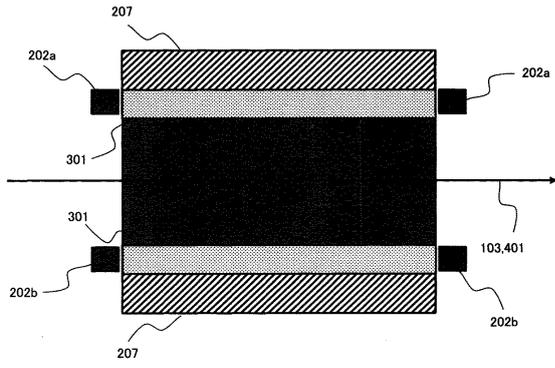


30

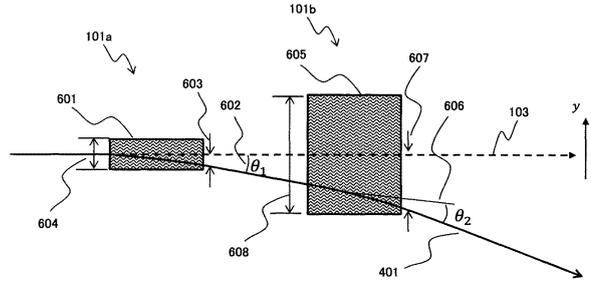
40

50

【図 5】

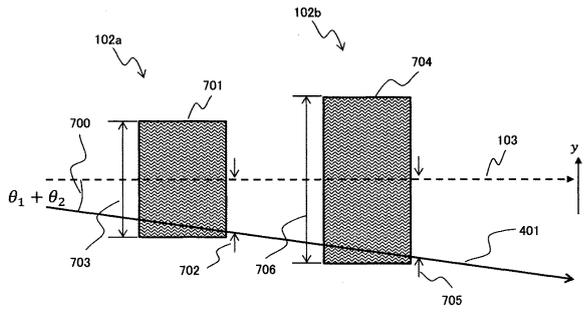


【図 6】

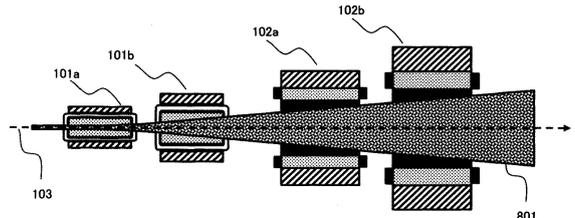


10

【図 7】

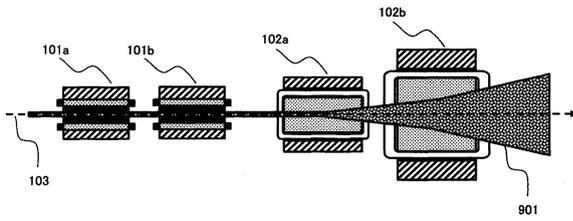


【図 8】

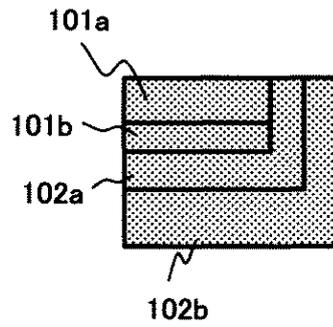


20

【図 9】



【図 10】

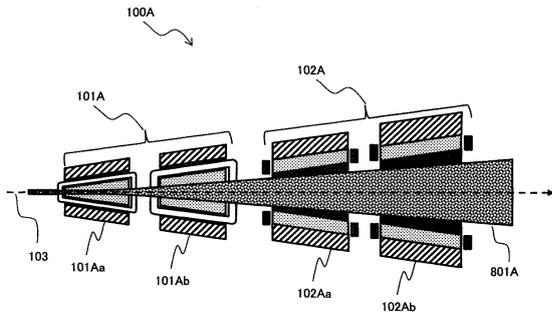


30

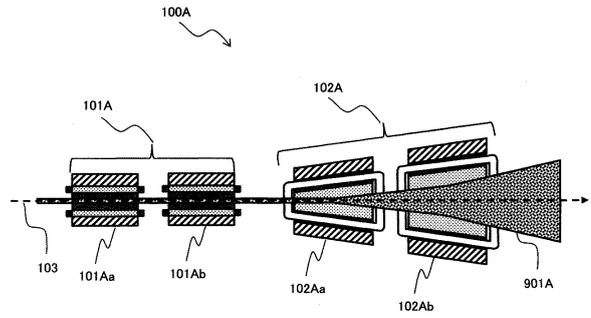
40

50

【 1 1 】

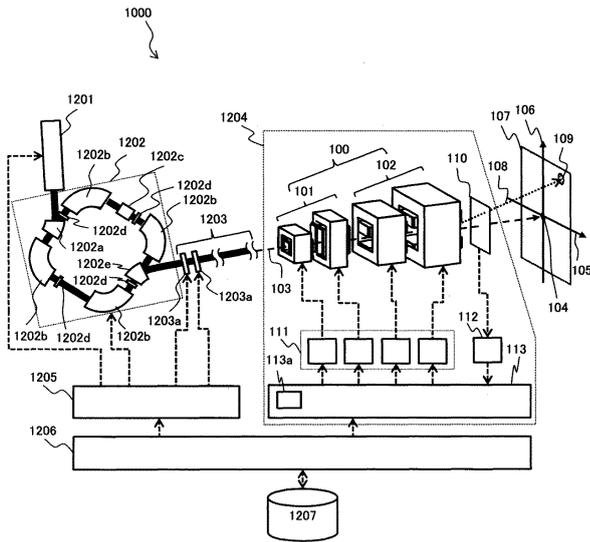


【 1 2 】



10

【 1 3 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2016-083344(JP,A)
特開平05-264797(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0001432(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- A61M 36/10 - 36/14
A61N 5/00 - 5/10
G21K 1/00 - 3/00
5/00 - 7/00