

(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2012-147903

(P2012-147903A)

(43) 公開日 平成24年8月9日(2012.8.9)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 N 5/10 (2006.01) A 6 1 N 5/10 N 4 C 0 8 2
 A 6 1 N 5/10 T

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2011-8209 (P2011-8209)
 (22) 出願日 平成23年1月18日 (2011.1.18)

(71) 出願人 000002107
 住友重機械工業株式会社
 東京都品川区大崎二丁目1番1号
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹
 (72) 発明者 佐々井 健蔵
 愛媛県新居浜市忽開町5番2号 住友重機
 械工業株式会社愛媛製造所内
 Fターム(参考) 4C082 AA01 AC05 AE02 AG03 AG42
 AL01 AP01

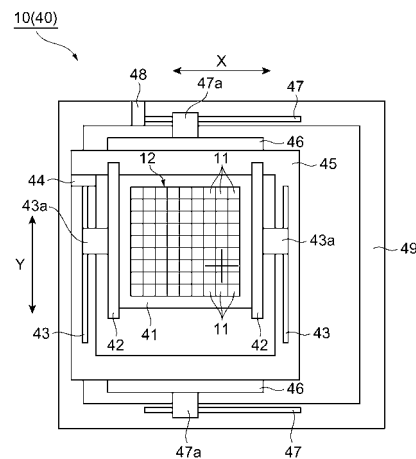
(54) 【発明の名称】 エネルギーデグレーダ、及びそれを備えた荷電粒子照射システム

(57) 【要約】

【課題】装置の小型化を図ることが可能なエネルギーデグレーダ、及びそれを備えた荷電粒子照射システムを提供すること。

【解決手段】エネルギーを減衰させる減衰部12として、段階的又は連続的に厚さが異なる部分11を、荷電粒子の進行方向と交差する面において2次元的に配置する。そして、エネルギーデグレーダ10は、2次元座標系で交差する第1の軸方向X及び第2の軸方向Yに減衰部12を並進駆動する駆動手段40を備える構成とする。2次元的に配置された減衰部を活用することで、減衰部の最大外形を小さくすることができる。これにより、装置の小型化を図ることができる。また、同時に2軸方向に、減衰部を移動させることで、移動時間を短縮し、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射した荷電粒子のエネルギーを減衰させる減衰部を備えたエネルギーデグレーダであって、

荷電粒子の進行方向と交差する面内の 2 次元座標系における交差する 2 軸の方向を第 1 の軸方向及び第 2 の軸方向とし、

前記 2 次元座標系の位置に応じて、段階的又は連続的に厚さが異なる減衰部と、

前記減衰部を、前記第 1 の軸方向及び前記第 2 の軸方向に並進駆動する駆動手段と、を備えることを特徴とするエネルギーデグレーダ。

【請求項 2】

10

前記 2 次元座標系における直交する 2 軸の方向を前記第 1 の軸方向及び前記第 2 の軸方向とし、

前記減衰部は、厚さが異なる複数のピースから成る集合体であり、

前記集合体は、前記第 1 の軸方向に沿って順々に厚さが異なるように複数の前記ピースが配置されたピース列を備え、

前記ピース列は、隣り合う列同士で逆向きで順々に厚さが異なるように前記複数のピースが配置されていることを特徴とする請求項 1 記載のエネルギーデグレーダ。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のエネルギーデグレーダを備え、前記荷電粒子を照射する荷電粒子照射システム。

20

【請求項 4】

前記エネルギーデグレーダの前段に配置され、前記荷電粒子を加速する加速器と、

前記エネルギーデグレーダの後段に配置され、前記エネルギーデグレーダを通過した前記荷電粒子のうち所望のエネルギー幅の荷電粒子を選択的に取り出すエネルギー選択部と、

前記エネルギー選択部の後段に配置され、前記エネルギー選択部によって取り出された前記所望のエネルギー幅の荷電粒子を、照射する照射装置と、を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の荷電粒子照射システム。

【請求項 5】

入射した荷電粒子のエネルギーを減衰させる減衰部を備えたエネルギーデグレーダにおいて、

30

荷電粒子の進行方向と交差する面内の 2 次元座標系の位置に応じて、段階的に厚さが異なる減衰部と、

前記減衰部を、前記進行方向に延在する回転軸回りに回転駆動すると共に、前記回転軸を軸心とする円周の径方向に駆動する駆動手段と、

を備えることを特徴とするエネルギーデグレーダ。

【請求項 6】

前記減衰部は、厚さが異なる複数のピースから成る集合体であり、

前記集合体は、前記円周の周方向に沿って順々に厚さが異なるように複数の前記ピースが配置されたピース列を備え、

40

前記ピース列は、前記回転軸を軸心とするらせん状に配置され、前記径方向に複数列形成されていることを特徴とする請求項 5 記載のエネルギーデグレーダ。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載のエネルギーデグレーダを備え、前記荷電粒子を照射する荷電粒子照射システム。

【請求項 8】

前記エネルギーデグレーダの前段に配置され、前記荷電粒子を加速する加速器と、

前記エネルギーデグレーダの後段に配置され、前記エネルギーデグレーダを通過した前記荷電粒子のうち所望のエネルギー幅の荷電粒子を選択的に取り出すエネルギー選択部と、

50

前記エネルギー選択部の後段に配置され、前記エネルギー選択部によって取り出された前記所望のエネルギー幅の荷電粒子を、照射する照射装置と、
を備えることを特徴とする請求項7に記載の荷電粒子照射システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子のエネルギーを減衰させるエネルギーデグレーダ、及びそれを備えた荷電粒子照射システムに関する。

【背景技術】

【0002】

陽子ビームなどの荷電粒子を患者に照射してがん治療を行う設備が知られている。この種の設備は、イオン源により生成されたイオン（荷電粒子）を加速させるサイクロトロン、サイクロトロンで加速された荷電粒子を輸送する輸送ライン、及び患者に対して任意の方向から荷電粒子を照射する回転自在の照射装置（回転ガントリ）を備えている。

【0003】

下記特許文献1に記載の粒子線照射装置は、シンクロトロン（加速器）で加速された荷電粒子ビームのエネルギーを、レンジシフタを用いて減衰させることで、被照射体の内部に到達する荷電粒子ビームの深さ位置を制御している。このレンジシフタは、階段状に厚さが異なるように形成され、階段状に構成された各段のうちの何れの段の位置で荷電粒子ビームを通過させるかによって、深さ方向の位置を制御している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-34582号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載の技術では、レンジシフタを1軸方向に駆動することで、荷電粒子ビームが通過する位置を変更し、エネルギーの減衰量を変化させている。特許文献1に記載されているようなシンクロトロンでは、加速された荷電粒子のエネルギーを変更することが可能な構成であるが、サイクロトロン自体では取り出す荷電粒子のエネルギーの調整が非常に困難である。サイクロトロンにおいて、取り出す荷電粒子のエネルギーを調整する場合には、サイクロトロン内に設けられた電磁石によって生じさせる磁場の大きさを変化させる必要がある。しかしながら、磁場の大きさを変化させると、サイクロトロン内の他の機器（例えばディー電極へ供給する電流の周波数）の調整を精密に行わなければ所望のエネルギーの荷電粒子を取り出すことができないため、非常に手間と時間がかかり、現実的ではないという問題がある。

【0006】

そして、上述した1軸方向に駆動する方式を、サイクロトロンで加速された荷電粒子を減衰させる装置に適用しようとする、レンジシフタが1軸方向に長くなり、装置の大型化につながることになる。そこで、装置の小型化を図ることが可能なエネルギーデグレーダが求められている。

【0007】

本発明は、以上の課題を解決することを目的としており、装置の小型化を図ることが可能なエネルギーデグレーダ、及びそれを備えた荷電粒子照射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】

【0008】

本発明は、入射した荷電粒子のエネルギーを減衰させる減衰部を備えたエネルギーデグレーダであって、荷電粒子の進行方向と交差する面内の2次元座標系における交差する2

10

20

30

40

50

軸の方向を第1の軸方向及び第2の軸方向とし、2次元座標系の位置に応じて、段階的又は連続的に厚さが異なる減衰部と、当該減衰部を、第1の軸方向及び第2の軸方向に並進駆動する駆動手段と、を備えることを特徴とする。

【0009】

本発明に係るエネルギーデグレーダでは、段階的又は連続的に厚さが異なる減衰部が、荷電粒子の進行方向と交差する面において2次元的に配置されている。そして、エネルギーデグレーダは、2次元座標系で交差する第1の軸方向及び第2の軸方向に減衰部を並進駆動する駆動手段を備える構成であるため、厚さが異なる部分が2次元的に配置された減衰部を活用することができ、一つの軸方向に減衰部を駆動させる方式と比較して減衰部の最大外形を小さくすることができる。これにより、装置の小型化を図ることができる。また、同時に2軸方向に、減衰部を移動させることで、移動時間を短縮し、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。

10

【0010】

ここで、2次元座標系における直交する2軸の方向を第1の軸方向及び第2の軸方向とし、減衰部は、厚さが異なる複数のピースから成る集合体であり、集合体は、第1の軸方向に沿って順々に厚さが異なるように複数のピースが配置されたピース列を備え、当該ピース列は、隣り合う列同士で逆向きで順々に厚さが異なるように前記複数のピースが配置されている構成が好ましい。これにより、複数のピースが、順々に厚さが異なるように配置されているため、減衰部の移動距離を短くすることで、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。

20

【0011】

また、本発明の荷電粒子照射システムは、上記のエネルギーデグレーダを備え、荷電粒子を照射することを特徴としている。また、本発明の荷電粒子照射システムは、エネルギーデグレーダを備え、荷電粒子を照射する荷電粒子照射システムであって、エネルギーデグレーダの前段に配置され、荷電粒子を加速する加速器と、エネルギーデグレーダの後段に配置され、エネルギーデグレーダを通過した荷電粒子のうち所望のエネルギー幅の荷電粒子を選択的に取り出すエネルギー選択部と、エネルギー選択部の後段に配置され、エネルギー選択部によって取り出された前記所望のエネルギー幅の荷電粒子を、照射する照射装置と、を備えることを特徴としている。

【0012】

本発明に係る荷電粒子照射システムは、段階的又は連続的に厚さが異なる減衰部が、荷電粒子の進行方向と交差する面において2次元的に配置されたエネルギーデグレーダを備えている。そして、エネルギーデグレーダは、2次元座標系で交差する第1の軸方向及び第2の軸方向に減衰部を並進駆動する駆動手段を備える構成であるため、一つの軸方向に減衰部を駆動させる方式と比較して、減衰部の最大外形を小さくすることができる。これにより、装置の小型化を図ることができる。また、同時に2軸方向に、減衰部を移動させることで、移動時間を短縮し、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。

30

【0013】

また、本発明は、入射した荷電粒子のエネルギーを減衰させる減衰部を備えたエネルギーデグレーダにおいて、荷電粒子の進行方向と交差する面内の2次元座標系の位置に応じて、段階的に厚さが異なる減衰部と、当該減衰部を、進行方向に延在する回転軸回りに回転駆動すると共に、回転軸を軸心とする円周の径方向に駆動する駆動手段と、を備えることを特徴とする。

40

【0014】

本発明に係るエネルギーデグレーダでは、段階的に厚さが異なる減衰部が、荷電粒子の進行方向と交差する面において2次元的に配置されている。そして、エネルギーデグレーダは、減衰部を、荷電粒子の進行方向に延在する回転軸回りに回転駆動すると共に、回転軸を軸心とする円周の径方向に駆動する駆動手段を備える構成であるため、厚さが異なる部分が2次元的に配置された減衰部を活用することができ、一つの軸方向に減衰部を駆動させる方式と比較して、減衰部の最大外形を小さくすることができる。これにより、装置の小

50

型化を図ることができる。

【0015】

ここで、減衰部は、厚さが異なる複数のピースから成る集合体であり、当該集合体は、円周の周方向に沿って順々に厚さが異なるように複数のピースが配置されたピース列を備え、当該ピース列は、回転軸を軸心とするらせん状に配置され、径方向に複数列形成されている構成が好適である。これにより、複数のピースが、順々に厚さが異なるように配置されているため、減衰部の移動距離を短くすることで、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。

【0016】

また、本発明の荷電粒子照射システムは、上記のエネルギーデグレダを備え、荷電粒子を照射することを特徴としている。また、本発明の荷電粒子照射システムは、エネルギーデグレダを備え、荷電粒子を照射する荷電粒子照射システムであって、エネルギーデグレダの前段に配置され、荷電粒子を加速する加速器と、エネルギーデグレダの後段に配置され、エネルギーデグレダを通過した荷電粒子のうち所望のエネルギー幅の荷電粒子を選択的に取り出すエネルギー選択部と、エネルギー選択部の後段に配置され、エネルギー選択部によって取り出された所望のエネルギー幅の荷電粒子を、照射する照射装置と、を備えることを特徴としている。

10

【0017】

本発明に係る荷電粒子照射システムは、段階的に厚さが異なる減衰部が、荷電粒子の進行方向と交差する面において2次元的に配置されたエネルギーデグレダを備えている。そして、エネルギーデグレダは、荷電粒子の進行方向に延在する回転軸回りに回転駆動する共に、回転軸を軸心とする円周の径方向に駆動する駆動手段を備える構成であるため、一つの軸方向に減衰部を駆動させる方式と比較して、減衰部の最大外形を小さくことができる。これにより、装置の小型化を図ることができる。

20

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、2次元的に減衰材を配置することで小型化が図られたエネルギーデグレダ、及びそれを備えた荷電粒子照射システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

30

【図1】本発明の実施形態に係る粒子線治療システムの配置図である。

【図2】本発明の実施形態に係るエネルギーデグレダを示す概略図である。

【図3】減衰材ピースの配列方向を示す概略図である。

【図4】減衰部の厚み方向の形状を示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明に係るエネルギーデグレダ、及びそれを備えた荷電粒子照射システムの好適な実施形態について図面を参照しながら説明する。本実施形態では、荷電粒子照射システムを粒子線治療システムとした場合について説明する。

【0021】

40

(荷電粒子照射システム)

粒子線治療システムは、例えばがん治療に適用されるものであり、患者の体内の腫瘍(照射目標物)に対して、陽子ビーム(荷電粒子)を照射する装置である。

【0022】

図1に示すように、粒子線治療システム1は、イオン源(図示せず)にて生成されたイオン(水素の陰イオン)を加速させた後に陰イオンから電子を剥ぎ取ることで陽子ビームを生成するサイクロトロン(粒子加速器)2、患者に対して任意の方向から陽子ビームを照射する回転自在の回転ガントリ(照射装置)3、サイクロトロン2で生成された陽子ビーム(サイクロトロンで加速された荷電粒子ビーム)を回転ガントリ3まで輸送する輸送ライン4を備えている。

50

【0023】

サイクロトロン2で加速された陽子ビームは、輸送ライン4に沿って経路が変更され、回転ガントリ3に輸送される。輸送ライン4には、陽子ビームの経路を変更させるための偏向磁石が設けられている。また、輸送ライン4には、荷電粒子のエネルギーを減衰させるエネルギーデグレーダ10が設けられている（詳しくは後述する）。

【0024】

更に、輸送ライン4には、エネルギーデグレーダ10の後段（下流）に、ESS（エネルギー選択システム）30が設けられている。このESS30は、輸送されてきた所定のエネルギー分布を有する陽子ビームから所望のエネルギー幅の陽子ビームを選択的に取り出すものである。ESS30では、陽子ビームのエネルギー幅が、所望の範囲となるように選択される。

10

【0025】

回転ガントリ3は、患者が横たわる治療台、患者に向けて陽子ビームを照射する照射部を備えている。エネルギーデグレーダ10によってエネルギーが減衰された荷電粒子は、照射部から出射され、患者の対象部位に照射される。

【0026】

（エネルギーデグレーダ）

図2は、本発明の実施形態に係るエネルギーデグレーダを示す概略図である。図2では、エネルギーデグレーダ10を陽子ビームBの進行方向から示している。図2に示すエネルギーデグレーダ10は、陽子ビームBの経路上に設けられ、陽子ビームBのエネルギーを減衰させるものである。エネルギーデグレーダ10は、透過する陽子ビームBのエネルギーを減衰させる複数の減衰材ピース11を備えている。減衰材ピース11の材質としては、例えば、炭素（C）、ベリリウム（Be）などが挙げられる。

20

【0027】

ここで、複数の減衰材ピース11は、互いに異なる厚さを有し、陽子ビームBと交差する面内において2次元的に配置されている。この2次元的に配置された複数の減衰材ピース11は、例えば、第1の軸方向X（図示左右方向）に9個配置され、第2の軸方向Y（図示上下方向）に9個配置されている。これらの複数の減衰材ピース11から成る集合体は、直交する第1の軸X及び第2の軸Yを有する2次元座標系の位置に応じて異なる厚さの減衰部12を形成している。なお、第1の軸方向Xおよび第2の軸方向Yは、互いに交差していればよく、直交していなくてもよい。

30

【0028】

また、複数の減衰材ピース11は、第1の軸方向Xに沿って、順々に厚さが異なるように（図4参照）配列されたピース群（ピース列）13を形成している。本実施形態の減衰部12では、第1の軸方向Xに配列されたピース群13が、第2の軸方向Yに複数列形成されている。そして、第2の軸方向Yに隣接するピース群13は、互いに逆向きに、厚さが減少（または増加）するように、減衰材ピース11が配置されている。

【0029】

減衰材ピース11の各位置は、2次元座標系（ x, y ）を用いて表現することができる。例えば、図3に示す左上の減衰材ピース11を基準（ x, y ）=（1, 1）とし、第1の軸方向Xに1つ移動するごとに、（2, 1）、（3, 1）、...、（9, 1）と表現し、基準（1, 1）から第2の軸方向Yに1つ移動するごとに、（1, 2）、（1, 3）、...、（1, 9）と表現する。本実施形態の減衰部12では、座標（1, 1）、（2, 1）、...、（9, 1）、（9, 2）、（8, 2）、...、（1, 2）、（1, 3）、...、（9, 9）と移動するごとに、順々に厚さが減少するように、減衰材ピース11が各々配置されている。なお、順々に厚さが増加するように減衰材ピース11が配置されていてもよく、不規則に厚さが増加又は減少するように減衰材ピース11が配置されていてもよい。順々に厚さが変化するとは、一定の変化量で厚さが増加又は減少することをいう。

40

【0030】

また、本実施形態の減衰材ピース11は、正面視（陽子ビームの進行方向から見て）に

50

において、正方形を成している。そして、減衰材ピース 11 の集合体である減衰部 12 も正面視において、正方形を成している。なお、減衰材ピース 11 及び減衰部 12 の正面視における形状は、その他の形状（三角形、台形、ひし形、円形など）でもよい。

【0031】

（駆動機構）

エネルギーデグレーダ 10 は、図 2 に示すように、減衰部を第 1 の軸方向 X 及び第 2 の軸方向 Y に並進駆動する駆動機構（駆動手段）40 を備えている。この駆動機構 40 は、減衰部を固定する固定用フレーム 41、この固定用フレーム 41 を第 1 の軸方向 X の両側から支持する一対の第 1 リニアガイド 42、第 1 リニアガイド 42 を第 2 の軸方向 Y に駆動するためのボールねじ 43、このボールねじ 43 を回転駆動するための駆動モータ 44、この駆動モータ 44 及びボールねじ 43 と共に駆動される駆動用フレーム 45、この駆動用フレーム 45 を第 2 の軸方向 Y の両側から支持する一対の第 2 リニアガイド 46、第 2 リニアガイド 46 を第 1 の軸方向 X に駆動するためのボールねじ 47、このボールねじ 47 を回転駆動するための駆動モータ 48、この駆動モータ 48 及びボールねじ 47 が固定される土台フレーム 49 を備えている。

10

【0032】

固定用フレーム 41 は、例えば矩形の枠体であり、複数の減衰材ピース 11 を外面側から固定するものである。第 1 リニアガイド 42 は、第 2 の軸方向 Y に延在し、第 1 の軸方向 X の両側から固定用フレーム 41 を支持している。また、第 1 のリニアガイド 42 には、ボールねじ 43 を挿通するナット 43 a が連結されている。そして、駆動モータ 44 の回転軸に、一対のボールねじ 43 の一方が連結されている。

20

【0033】

駆動用フレーム 45 は、例えば矩形の枠体であり、一対のボールねじ 43 及び駆動モータ 44 を支持している。駆動用フレーム 45 の第 2 の軸方向 Y に延在するフレーム部分に、一対のボールねじ 43 が固定されて第 2 の軸方向 Y に延在している。第 2 リニアガイド 46 は、第 1 の軸方向 X に延在し、第 2 の軸方向 Y の両側から駆動用フレーム 45 を支持している。また、第 2 のリニアガイド 46 には、ボールねじ 47 を挿通するナット 47 a が連結されている。そして、駆動モータ 48 の回転軸に、一対のボールねじ 47 の一方が連結されている。

30

【0034】

土台フレーム 49 は、例えば矩形の枠体であり、一対のボールねじ 47 及び駆動モータ 48 を支持している。土台フレーム 49 の第 1 の軸方向 X に延在するフレーム部分に、一対のボールねじ 47 が固定されて第 1 の軸方向 X に延在している。

【0035】

（駆動機構の制御部）

エネルギーデグレーダ 10 は、駆動機構 40 の動作を制御する制御部（不図示）を備えている。駆動機構 40 の制御部は、例えば、粒子線治療システム 1 の動作を制御する陽子線治療装置制御端末（不図示）に組み込まれている。この陽子線治療装置端末は、演算処理を行う CPU、記憶部となる ROM 及び RAM、入力信号回路、出力信号回路、電源回路などにより構成されている。

40

【0036】

駆動機構 40 の制御部には、駆動モータ 44、48 が電氣的に接続されている。駆動モータ 44、48 は、制御部からの指令信号に従って作動する。駆動モータ 48 は、駆動用フレーム 45 を第 1 の軸方向 X に駆動する。駆動モータ 44 は、固定用フレーム 41 を第 2 の軸方向 Y に駆動する。すなわち、駆動モータ 48 及びボールねじ 47 によって、駆動用フレーム 45 が第 1 の軸方向 X に駆動され、駆動用フレーム 45 に固定された駆動モータ 44 及びボールねじ 43 によって、固定用フレーム 41 が第 2 の軸方向 Y に駆動される。これにより、固定用フレーム 41 に支持された減衰部（複数の減衰材ピース 11）12 が、第 1 の軸方向 X 及び第 2 の軸方向 Y に並進駆動される。

【0037】

50

(エネルギーデグレダ及粒子線治療システムの作用)

粒子線治療システム1では、サイクロトロン2によって陽子ビームBが加速され、加速された陽子ビームB(例えば230MeV±数MeVのエネルギー範囲を有する)は、エネルギーデグレダ10に導入される。エネルギーデグレダ10では、駆動機構40によって減衰部12が第1の軸方向X及び第2の軸方向Yに並進駆動され、陽子ビームBの経路上に、所望の減衰材ピース11が配置されている。そして、この減衰材ピース11を通過した陽子ビームBは、減衰材ピース11によって減速されて、エネルギーが減衰させられる(例えば200MeV±十数MeV)。ここで、減衰材ピース11を通過した陽子ビームBは、減衰材ピース11を通過する際に僅かながらエネルギー幅が拡大される。

【0038】

エネルギーデグレダ10を通過した陽子ビームBは、ESS30に導入される。ESS30では、導入された陽子ビームBうち、所望のエネルギー範囲の陽子ビームBが選択的に取り出される(例えば200MeV±1MeV)。エネルギー幅が選択された陽子ビームBは、輸送ライン4によって輸送されて回転ガントリ3に導入されて、被照射体に照射される。これにより、被照射体の内部の所定の深さ位置に到達するように陽子ビームBが照射される。

【0039】

このような本実施形態のエネルギーデグレダ及びそれを備えた粒子線治療システムによれば、段階的又は連続的(直線的、曲線的)に厚さが異なる減衰部が、荷電粒子の進行方向と交差する面において2次元的に配置されている。そして、エネルギーデグレダは、2次元座標系で交差する第1の軸方向及び第2の軸方向に減衰部を並進駆動する駆動手段を備える構成であるため、一つの軸方向に減衰部を駆動させる方式と比較して、減衰部の最大外形を小さくすることができる。これにより、装置の小型化を図ることができる。また、同時に2軸方向に、減衰部を移動させることで、移動時間を短縮し、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。

【0040】

また、本実施形態のエネルギーデグレダ10の減衰部12では、第1の軸方向に沿って順々に厚さが異なるように複数の減衰材ピース11が配置されたピース群13を備え、当該ピース群13は、第2の軸方向Yに複数列形成され、第2の軸方向Yに隣接するピース群13同士は、逆向きに厚さが減少するように配置されている。例えば奇数列のピース群13では、図示右方向へ移動するごとに、厚さが減少し、偶数列のピース群13では、図示左方向へ移動するごとに、厚さが減少するように、減衰材ピース11が配列されている。このように複数の減衰材ピース11が、順々に厚さが異なるように配置しているため、減衰部12の移動距離を短く抑えることができ、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。

【0041】

また、本実施形態の粒子線治療システムでは、サイクロトロン2と、ESS30との間にエネルギーデグレダ10が配置されているため、エネルギーデグレダ10を通過することで陽子ビームBから、ESS30によって所望のエネルギー幅を有する陽子ビームBが選択的に取り出される。陽子ビームBはエネルギーデグレダ10を通過する際にエネルギー幅が拡大されるが、その後ESS30によって所望のエネルギー範囲の陽子ビームBが選択的に取り出されるため、回転ガントリ3へ輸送する陽子ビームBのエネルギー幅を精度良く調整することができる。なお、エネルギーデグレダ10は、ESS30の後段に設けられていてもよい。

【0042】

以上、本発明をその実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。図3は、減衰材ピースの配列方向を示す概略図である。上記実施形態では、図3(a)の矢印A1に示されるように、減衰材ピース11の厚さが減少するように減衰部12が構成されているが、その他の方向に沿って、厚さが減少するように減衰材ピース11が配置されていてもよい。例えば、図3(a)の矢印A2に示す斜め方

10

20

30

40

50

向に、順々に厚さが減少又は増加するように、減衰材ピース 1 1 が配置されている構成でもよい。また、図 3 (b) の矢印 A 3 に示すように、減衰部 1 2 の中央を基点として、旋回するように、らせん状に、順々に厚さが減少又は増加するように減衰材ピース 1 1 が配置されている構成でもよい。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、減衰部の厚み方向の形状を示す側面図である。上記実施形態では、図 4 (a) に示されるように、段階的に厚さが変化するように減衰部 1 2 が構成されているが、図 4 (b) に示されるように、例えば、第 1 の軸方向 X の位置に応じて、直線的 (連続的) に、厚さが変化する減衰部 1 2 としてもよい。また、曲線的に、厚さが変化する減衰部としてもよい。例えば、厚さの増減率は、一定でなくてもよい。

10

【 0 0 4 4 】

また、上記の減衰部 1 2 は、複数の減衰材ピース 1 1 の集合体から形成されているが、一体として形成され、位置に応じて厚さが異なるように形成された減衰部 1 2 でもよい。また、例えば、第 1 の軸方向 X に延在する部分ごとに、一体的に形成されている減衰部 1 2 でもよい。

【 0 0 4 5 】

また、エネルギーデグレーダ 1 0 は、入射した荷電粒子のエネルギーを減衰させる減衰部を備えたエネルギーデグレーダにおいて、荷電粒子の進行方向と交差する面内の 2 次元座標系の位置に応じて、段階的に厚さが異なる減衰部と、減衰部を、進行方向に延在する回転軸回りに回転駆動すると共に、回転軸を軸心とする円周の径方向に駆動する駆動手段と、を備える構成でもよい。これにより、一つの軸方向に減衰部を駆動させる方式と比較して、減衰部の最大外形を小さくことができ、装置の小型化を図ることができる。このような場合には、回転軸を所定の方向に移動させることで、減衰部を径方向に移動させる駆動手段を構成することができる。

20

【 0 0 4 6 】

ここで、減衰部 1 2 は、厚さが異なる複数の減衰材ピース 1 1 から成る集合体であり、当該集合体は、円周の周方向に沿って順々に厚さが異なるように複数の減衰材ピース 1 1 が配置されたピース列を備え、当該ピース列は、回転軸を軸心とするらせん状に配置され、径方向に複数列形成されている構成が好適である。これにより、複数の減衰材ピース 1 1 が、順々に厚さが異なるように配置されているため、減衰部 1 2 の移動距離を短くすることで、エネルギー減衰量の調整時間を短縮することができる。そして、このようなエネルギーデグレーダを備える荷電粒子照射システムを構成してもよい。

30

【 0 0 4 7 】

また、荷電粒子は、水素を用いた陽子線に限定されず、他の荷電粒子 (例えば炭素を用いた重粒子線) でもよい。

【 0 0 4 8 】

また、加速器は、サイクロトロンに限定されず、他の加速器 (例えばシンクロサイクロトロンやシンクロトロン) でもよい。

【 0 0 4 9 】

また、エネルギーデグレーダは、サイクロトロンと E S S との間に配置される構成に限定されず、他の箇所 (例えば、回転ガントリに設けられた照射ノズルの内部など) に配置されたものでもよい。

40

【 0 0 5 0 】

また、荷電粒子照射システムは、エネルギー選択部を備えていない構成でもよい。荷電粒子照射システムは、エネルギーデグレーダを備え、当該エネルギーデグレーダによってエネルギーが減衰された荷電粒子を照射可能な構成であればよい。

【 符号の説明 】

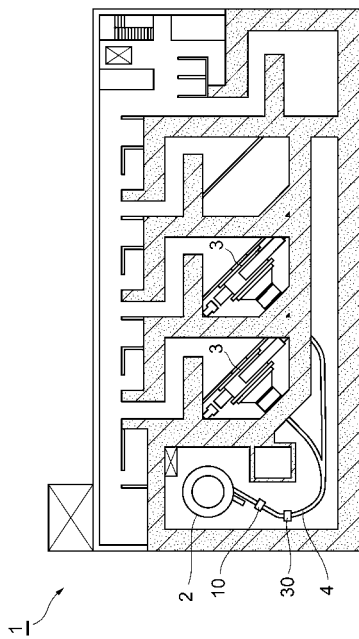
【 0 0 5 1 】

1 ... 粒子線治療システム (荷電粒子照射システム) 、 2 ... サイクロトロン (粒子加速器) 、 3 ... 回転ガントリ、 4 ... 輸送ライン、 1 0 ... エネルギーデグレーダ、 1 1 ... 減衰材ピ

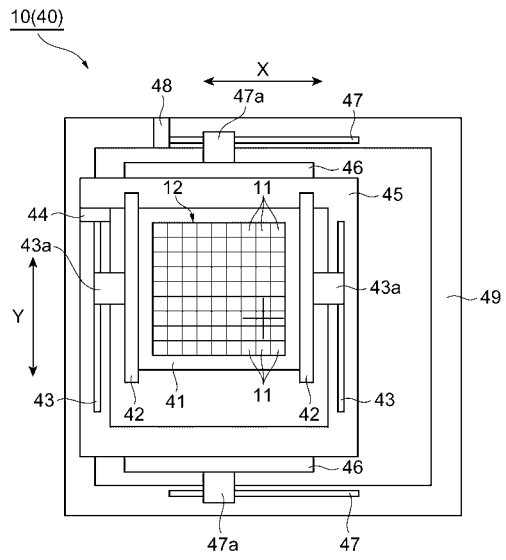
50

ース、12...減衰部、13...ピース群（ピース列）、30...ESS（エネルギー選択部）、40...駆動機構（駆動手段）40。

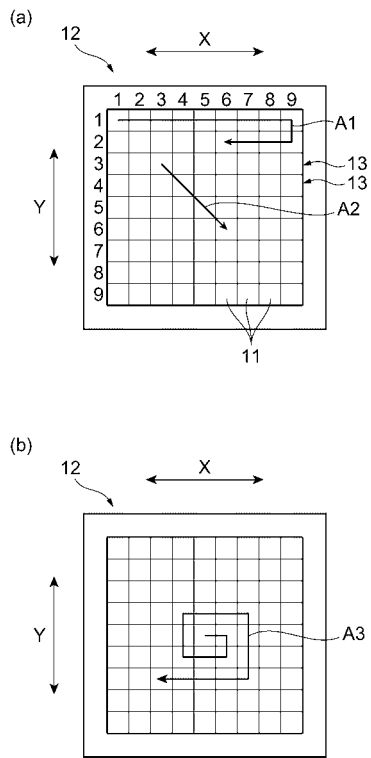
【図1】



【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】

