



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I771964 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：110111122

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 03 月 26 日

(51)Int. Cl. : A61N5/10 (2006.01)

A61B6/00 (2006.01)

G21K1/08 (2006.01)

(30)優先權：2020/03/30 日本

2020-060893

(71)申請人：日商住友重機械工業股份有限公司(日本) SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.

(JP)

日本

(72)發明人：佐佐井健藏 SASAI, KENZO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201536373A

CN 102917755A

審查人員：賴冠宇

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：8 共 40 頁

(54)名稱

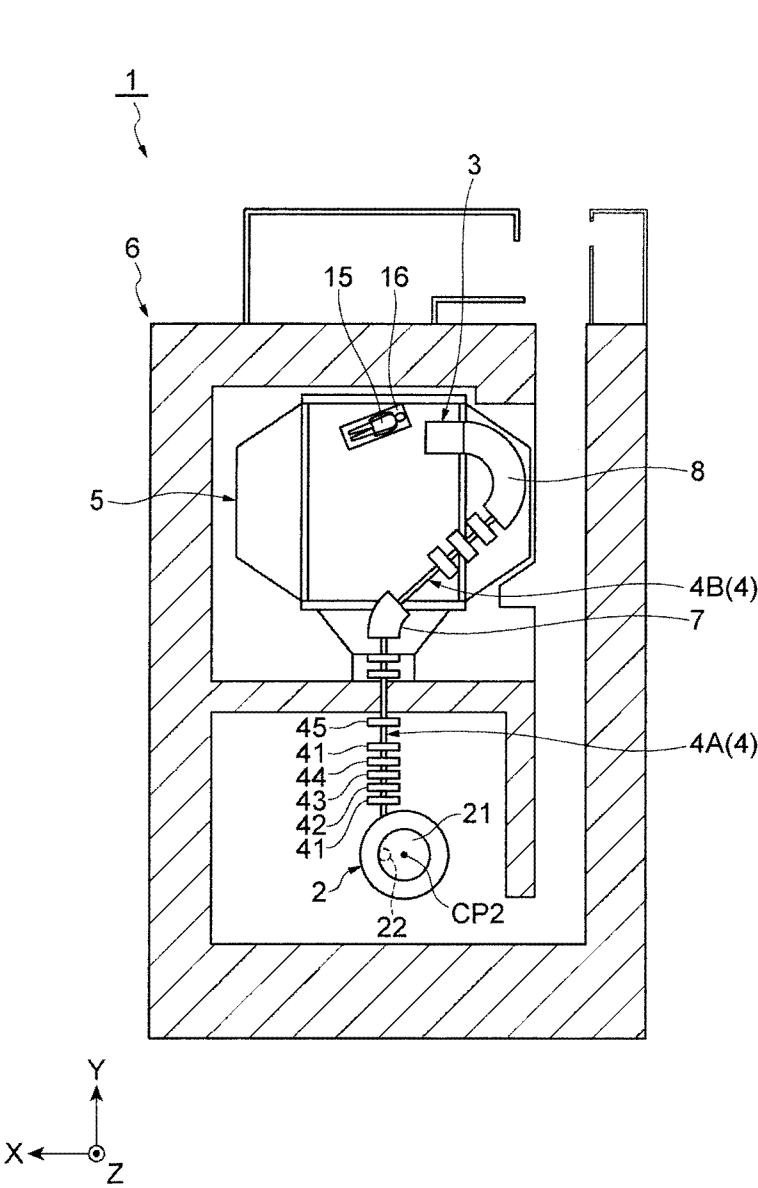
帶電粒子線照射裝置

(57)摘要

[課題]本發明的課題為提供一種能夠縮短帶電粒子線的照射時間之帶電粒子線照射裝置。

[解決手段]一種帶電粒子線照射裝置(1)，係照射帶電粒子線(B)，前述帶電粒子線照射裝置(1)具備：加速器(2)，係對帶電粒子進行加速而生成帶電粒子線(B)；照射部(3)，係具有能夠圍繞旋轉軸線進行旋轉之機架(5)，並且照射由加速器(2)生成之帶電粒子線(B)；及輸送部(4)，係具有設置於照射部(3)的外部並減小由加速器(2)生成之帶電粒子線(B)的能量之能量衰减器(43)，並且向照射部(3)輸送由加速器(2)生成之帶電粒子線(B)，輸送部(4)維持藉由能量衰减器(43)而能量減小之帶電粒子線(B)的能量分布而將該帶電粒子線(B)輸送到照射部(3)。

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 1:帶電粒子線照射裝置
 - 2:加速器
 - 3:照射部
 - 4:輸送部
 - 4A:外部路徑
 - 4B:內部路徑
 - 5:機架
 - 6:建築物
 - 7:偏向電磁體
 - 8:偏向電磁體
 - 15:患者
 - 16:治療台
 - 21:真空容器
 - 22:偏轉器
 - 41:四極電磁體
 - 42:轉向電磁體
 - 43:能量衰減器
 - 44:準直器
 - 45:射束阻擋器
 - CP2:中心點

【圖 1】



公告本

I771964

【發明摘要】

【中文發明名稱】

帶電粒子線照射裝置

【中文】

[課題]本發明的課題為提供一種能夠縮短帶電粒子線的照射時間之帶電粒子線照射裝置。

[解決手段]一種帶電粒子線照射裝置(1)，係照射帶電粒子線(B)，前述帶電粒子線照射裝置(1)具備：加速器(2)，係對帶電粒子進行加速而生成帶電粒子線(B)；照射部(3)，係具有能夠圍繞旋轉軸線進行旋轉之機架(5)，並且照射由加速器(2)生成之帶電粒子線(B)；及輸送部(4)，係具有設置於照射部(3)的外部並減小由加速器(2)生成之帶電粒子線(B)的能量之能量衰減器(43)，並且向照射部(3)輸送由加速器(2)生成之帶電粒子線(B)，輸送部(4)維持藉由能量衰減器(43)而能量減小之帶電粒子線(B)的能量分布而將該帶電粒子線(B)輸送到照射部(3)。

【指定代表圖】第(1)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1:帶電粒子線照射裝置

2:加速器

3:照射部

4:輸送部

4A:外部路徑

4B:內部路徑

5:機架

6:建築物

7:偏向電磁體

8:偏向電磁體

15:患者

16:治療台

21:真空容器

22:偏轉器

41:四極電磁體

42:轉向電磁體

43:能量衰減器

44:準直器

45:射束阻擋器

CP2:中心點

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

帶電粒子線照射裝置

【技術領域】

【0001】本發明係關於一種帶電粒子線照射裝置。

【先前技術】

【0002】作為帶電粒子線照射裝置，例如已知有專利文獻1所示者。帶電粒子線照射裝置具備：對帶電粒子進行加速而生成帶電粒子線之加速器；具有能夠圍繞旋轉軸線進行旋轉之旋轉部，並且照射由加速器生成之帶電粒子線之照射部；及從加速器向照射部輸送帶電粒子線之輸送部。專利文獻1的圖4所示之帶電粒子線照射裝置在照射部的上部具備選擇帶電粒子線的能量之選擇部(ESS：Energy Selection System)。專利文獻1的選擇部具有：減小帶電粒子線的能量之衰減器；用以限制帶電粒子線的運動量寬度之一對偏向電磁體及狹縫；以及準直器。

[先前技術文獻]

【0003】

[專利文獻1]日本特開2015-163229號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0004】在此，在專利文獻1的圖4所示之構成中，帶電粒子線的布拉格峰因狹縫而變細。因此，擴大布拉格峰的形成中所需要之帶電粒子線的能量之數量增加，切換帶電粒子線的能量之次數增多，而有帶電粒子線的照射時間變長之問題。

【0005】因此，本發明的目的為提供一種能夠縮短帶電粒子線的照射時間之帶電粒子線照射裝置。

[解決問題之技術手段]

【0006】本發明之帶電粒子線照射裝置係照射帶電粒子線之帶電粒子線照射裝置，其具備：加速器，係對帶電粒子進行加速而生成帶電粒子線；照射部，具有能夠圍繞旋轉軸線進行旋轉之旋轉部，並且照射由加速器生成之帶電粒子線；及輸送部，係具有設置於照射部的外部並減小由加速器生成之帶電粒子線的能量之衰減器，並且向照射部輸送由加速器生成之帶電粒子線，輸送部維持藉由衰減器而能量減小之帶電粒子線的能量分布而將該帶電粒子線輸送到照射部。

【0007】本發明之帶電粒子線照射裝置在照射部的外側的輸送部上配置有減小帶電粒子線的能量之衰減器。輸送部維持藉由衰減器而能量減小之帶電粒子線的能量分布而將該帶電粒子線輸送到照射部。藉此，輸送部無需設置從帶電粒子線的能量中選擇特定範圍的能量之選擇部，便能夠將該帶電粒子線從衰減器輸送到照射部。因此，與

設置選擇部之情況相比，帶電粒子線的布拉格峰變粗，擴大布拉格峰的形成中所需要之帶電粒子線的能量數量減少，且切換帶電粒子線的能量之次數減少。根據以上，能夠縮短帶電粒子線的照射時間。

【0008】在本發明之帶電粒子線照射裝置中，輸送部可以具有準直器，該準直器設置於衰減器與照射部之間並調整帶電粒子線的形狀、大小及發散。在該情況下，準直器能夠調整通過了衰減器之帶電粒子線的形狀及發散，並能夠在維持帶電粒子線的能量分布之狀態下將帶電粒子線從衰減器輸送至照射部。

【0009】在本發明之帶電粒子線照射裝置中，輸送部可以具有能夠使藉由衰減器而能量減小之帶電粒子線通過之口徑。在該情況下，輸送部無需針對帶電粒子線選擇特定範圍的能量，便能夠在維持帶電粒子線的能量分布之狀態下將帶電粒子線從衰減器輸送至照射部。

【0010】在本發明之帶電粒子線照射裝置中，衰減器可以減小由加速器生成之帶電粒子線的能量，以使帶電粒子線的運動量分散(dispersion)小於6%。藉由衰減器愈減小帶電粒子線的能量，帶電粒子線的能量分布就愈大幅離散。衰減器藉由使帶電粒子線的運動量分散小於6%來抑制帶電粒子線的能量分布的離勢。此時，輸送部無需針對帶電粒子線選擇特定範圍的能量，便能夠在維持帶電粒子線的能量分布之狀態下將帶電粒子線從衰減器輸送至照射部。

【0011】在本發明之帶電粒子線照射裝置中，照射部可以進一步具有掃描帶電粒子線之掃描電磁體、被掃描電磁體掃描之供帶電粒子線通過之導管、檢測通過了導管之帶電粒子線之監視器，導管的內部可以被曝露於大氣中。在該情況下，從掃描電磁體朝向監視器而通過導管內之帶電粒子線的射束因導管內部的大氣(空氣)而發生散射。藉此，能夠抑制帶電粒子線的射束的橫截面形狀的對稱性被破壞。因此，照射部能夠將帶電粒子線的射束照射到適當的範圍。

【0012】在本發明之帶電粒子線照射裝置中，輸送部可以具有使帶電粒子線聚光來調整帶電粒子線的運動量分散之六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵。在該情況下，輸送部能夠根據所通過之帶電粒子線的能量分布來修整帶電粒子線的形狀，並能夠將帶電粒子線從加速器適當輸送至照射部。

[發明之效果]

【0013】依本發明，能夠提供一種能夠縮短帶電粒子線的照射時間之帶電粒子線照射裝置。

【圖式簡單說明】

【0014】

[圖1]係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的俯視觀察下之配置圖。

[圖2]係圖1的帶電粒子線照射裝置的照射部附近的概略構成圖。

[圖3]係表示對腫瘤設定之層之圖。

[圖4]係用以對照射部的基軸進行說明之概略圖。

[圖5]係表示在本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置中生成之帶電粒子線的能量分布之圖表。

[圖6]的(a)係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的輸送部中之帶有六極成分之凸狀的偏向磁鐵的概略構成圖。圖6的(b)係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的輸送部中之帶有六極成分之凹狀的偏向磁鐵的概略構成圖。圖6的(c)係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的輸送部中之具有輔助線圈之帶有六極成分之偏向磁鐵的概略構成圖。

[圖7]係表示設置於比較例1之帶電粒子線照射裝置的輸送部之選擇部的構成之放大圖。

[圖8]的(a)係表示藉由本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置射出之帶電粒子線的布拉格峰之圖表。圖8的(b)係表示藉由比較例1之帶電粒子線照射裝置射出之帶電粒子線的布拉格峰之圖表。

【實施方式】

【0015】以下，參閱圖式對本發明之帶電粒子線照射裝置的較佳實施形態進行說明。另外，在圖式說明中，對相同的要素標註相同的符號，並省略重複說明。在本實施

形態中，對將帶電粒子線照射裝置設為帶電粒子線治療裝置之情況進行說明。帶電粒子線治療裝置係例如適用於癌症治療者，係對患者體內的腫瘤(照射目標物)照射質子束等帶電粒子線之裝置。

【0016】對本實施形態的帶電粒子線照射裝置的概略構成進行說明。圖1係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的俯視觀察下之配置圖。如圖1所示，帶電粒子線照射裝置1具備：生成帶電粒子線之加速器2；從任意的方向對治療台16上的患者15照射帶電粒子線之旋轉自如的照射部3；及向照射部3輸送由加速器2生成之帶電粒子線之輸送部4。又，帶電粒子線照射裝置1的各設備例如設置於單層建築物6的房間中。

【0017】照射部3安裝於以包圍治療台16之方式設置之機架5(旋轉部的一例)上。照射部3能夠藉由機架5而圍繞治療台16進行旋轉。機架5能夠圍繞旋轉軸線進行旋轉。輸送部4具有：從加速器2向機架5輸送帶電粒子線之外部路徑4A；及在機架5內將帶電粒子線輸送至照射部3之內部路徑4B。外部路徑4A從機架5的後端側進入機架5內。而且，在內部路徑4B中，利用偏向電磁體7向外周側變更帶電粒子線的軌道之後，利用偏向電磁體8(六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵的一例)使帶電粒子線的軌道大幅彎曲而從外周側進入照射部3。

【0018】圖2係圖1的帶電粒子線照射裝置的照射部附近的概略構成圖。另外，在以下的說明中，使用術語“X

軸方向”、“Y軸方向”、“Z軸方向”進行說明。“X軸方向”係沿著照射部3的基軸AX之方向，係帶電粒子線B的照射深度方向。另外，關於“基軸AX”的詳細內容，待留後述。在圖2中，示出沿著基軸AX照射帶電粒子線B之狀態。“Y軸方向”係與X軸方向正交之平面內之一個方向。“Z軸方向”係在與X軸方向正交之平面內與Y軸方向正交之方向。

【0019】參閱圖1及圖2對本實施形態之帶電粒子線照射裝置1的詳細構成進行說明。帶電粒子線照射裝置1係與掃描法有關之照射裝置。另外，掃描方式沒有特別限定，可以採用線掃描、光柵掃描、點掃描等。帶電粒子線照射裝置1除了具備加速器2、照射部3及輸送部4以外，還具備控制部80及治療計劃裝置90。

【0020】加速器2係對帶電粒子進行加速而生成預先設定之能量的帶電粒子線B之裝置。由加速器2生成之帶電粒子線B通過由輸送部4形成之軌道而被誘導至照射部3。作為加速器2，例如可以舉出迴旋加速器、同步迴旋加速器、線性加速器(Linac)等。作為本實施形態中之加速器2，採用射出預先規定之能量的帶電粒子線B之迴旋加速器。加速器2具備：在內部一邊使離子(帶電粒子)在加速平面上環繞，一邊使其加速之真空容器21；及向真空容器21內供給離子之離子源(未圖示)。真空容器21與輸送部4的外部路徑4A連接。在真空容器21內環繞之帶電粒子線B被偏轉器22從環繞軌道取出並供給到輸送部4的外部路徑

4A。另外，加速器2的加速平面沿水平方向(X軸方向及Y軸方向)擴展。將加速平面的中心設為中心點CP2(參閱圖1)。沿真空容器21的Z軸方向延伸之中心線通過中心點CP2。加速器2連接於控制部80，被控制所供給之電流。

【0021】如圖1所示，輸送部4具有設置於照射部3的外部並減小由加速器2生成之帶電粒子線B的能量之能量衰減器43(衰減器的一例)，並且向照射部3輸送由加速器2生成之帶電粒子線B。又，輸送部4具有設置於能量衰減器43與照射部3之間並調整帶電粒子線B的形狀、大小及發散之準直器44。輸送部4的外部路徑4A從上游側依序具備四極電磁體41、轉向電磁體42、能量衰減器43、準直器44、四極電磁體41及射束阻擋器45。四極電磁體41係用以使帶電粒子線B聚光而修整帶電粒子線的形狀之電磁體。轉向電磁體42係用以修正帶電粒子線的軌道之電磁體。能量衰減器43係在整體上減小帶電粒子線的能量而調整射程之機構。準直器44對帶電粒子線的形狀進行成形以調整帶電粒子線的大小(尺寸)來調整帶電粒子線的發散。射束阻擋器45係在帶電粒子線的射出與停止之間進行切換之機構。如上所述，輸送部4的內部路徑4B具有偏向電磁體7、8。

【0022】照射部3照射由加速器2生成之帶電粒子線B。具體而言，如圖2所示，照射部3係對患者15體內的腫瘤(被照射體)14照射帶電粒子線B者。帶電粒子線B係將帶有電荷之粒子加速為高速而成者，例如可以舉出質子束、重粒子(重離子)束、電子束等。具體而言，照射部3係向

腫瘤14照射從對由離子源(未圖示)生成之帶電粒子進行加速之加速器2射出並由輸送部4輸送之帶電粒子線B之裝置。照射部3具備掃描電磁體10、導管11、劑量監視器12(監視器的一例)、位置監視器13a、13b(監視器的一例)、準直器17及照射筒衰減器(snout degrader)30。掃描電磁體10、導管11、各監視器12、13a、13b、準直器17及照射筒衰減器30收容於作為收容體之照射噴嘴9中。如此，藉由在照射噴嘴9中收容各主構成要素而構成照射部3。另外，除了設置上述要素以外，還可以在掃描電磁體10的上游側設置六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵及輪廓監視器(profile monitor)。又，可以省略劑量監視器12及位置監視器13a、13b。

【0023】掃描電磁體10包括Y軸方向掃描電磁體10a及Z軸方向掃描電磁體10b。Y軸方向掃描電磁體10a及Z軸方向掃描電磁體10b分別由一對電磁體構成，使一對電磁體之間的磁場與從控制部80供給之電流對應地發生變化，並掃描通過該電磁體之間之帶電粒子線B。藉由掃描電磁體10，Y軸方向掃描電磁體10a沿Y軸方向掃描帶電粒子線B，Z軸方向掃描電磁體10b沿Z軸方向掃描帶電粒子線B。該等掃描電磁體10依序配置於基軸AX上且比加速器2更靠帶電粒子線B的下游側的位置。另外，掃描電磁體10以在治療計劃裝置90中預先計劃之掃描路徑上照射帶電粒子線B之方式掃描帶電粒子線B。

【0024】導管11配置於基軸AX上且相對於掃描電磁

體 10 之下游側。導管 11 將被掃描電磁體 10 掃描之帶電粒子線 B 誘導到配置於相對於導管 11 之下游之劑量監視器 12。導管 11 例如呈從基軸 AX 的上游朝向下游擴展之圓錐台形。導管 11 沿著基軸 AX 而貫通。導管 11 的內部被曝露於大氣中。亦即，導管 11 在其內部包含大氣(空氣)。大氣(空氣)例如包含氮及氧。導管 11 例如其內部被曝露於大氣中。此時，照射噴嘴 9 的整個內部可以被曝露於大氣中，亦可以構成為僅有導管 11 的內部被曝露於大氣中。

【0025】劑量監視器 12 配置於基軸 AX 上且相對於導管 11 之下游側。位置監視器 13a、13b 檢測並監視帶電粒子線 B 的射束形狀及位置。位置監視器 13a、13b 配置於基軸 AX 上且比劑量監視器 12 更靠帶電粒子線 B 的下游側的位置。各監視器 12、13a、13b 將所檢測到之檢測結果輸出到控制部 80。

【0026】照射筒衰減器 30 降低所通過之帶電粒子線 B 的能量來進行該帶電粒子線 B 的射程的位移。在本實施形態中，照射筒衰減器 30 設置於照射噴嘴 9 的前端部 9a。另外，照射噴嘴 9 的前端部 9a 係帶電粒子線 B 的下游側的端部。照射筒衰減器 30 的例如水當量厚度為約 10cm。

【0027】準直器 17 係設置於至少比掃描電磁體 10 更靠帶電粒子線 B 的下游側，並且遮蔽帶電粒子線 B 的一部分並使一部分通過之構件。在此，準直器 17 設置於位置監視器 13a、13b 的下游側。準直器 17 連接於使該準直器 17 移動之準直器驅動部 18。

【0028】控制部80例如由CPU、ROM及RAM等構成。該控制部80根據從各監視器12、13a、13b輸出之檢測結果來控制加速器2、掃描電磁體10及準直器驅動部18。

【0029】又，帶電粒子線照射裝置1的控制部80與進行帶電粒子線治療的治療計劃之治療計劃裝置90連接。治療計劃裝置90係在治療前藉由CT等測定患者15的腫瘤14，並計劃腫瘤14的各位置處之劑量分布(應照射之帶電粒子線的劑量分布)。具體而言，治療計劃裝置90針對腫瘤14製作治療計劃圖。治療計劃裝置90向控制部80發送所製作之治療計劃圖。在由治療計劃裝置90製作出的治療計劃圖中，計劃了帶電粒子線B描繪什麼樣的掃描路徑。

【0030】當進行基於掃描方式之帶電粒子線B的照射時，將腫瘤14沿X軸方向虛擬地分割為複數個層，在一個層中以沿在治療計劃中所規定之掃描路徑之方式掃描並照射帶電粒子線。然後，在完成該一個層中之帶電粒子線B的照射之後，進行鄰接之下一個層中之帶電粒子線B的照射。

【0031】當進行基於掃描方式之帶電粒子線的照射時，首先從加速器2射出帶電粒子線B。所射出之帶電粒子線B藉由掃描電磁體10的控制而以沿著在治療計劃中所規定之掃描路徑之方式被掃描。藉此，帶電粒子線B在沿Z軸方向設定之一個層中之照射範圍內被掃描之同時照射到腫瘤14。若完成對一個層之照射，則向下一個層照射帶電粒子線B。

【0032】參閱圖3的(a)及(b)對與控制部80的控制相對應之掃描電磁體10的帶電粒子線照射圖像進行說明。圖3係表示對腫瘤設定之層之圖。圖3的(a)示出在深度方向上被虛擬地切割成複數個層之被照射體，圖3的(b)示出從深度方向觀察之一個層中之帶電粒子線的掃描圖像。

【0033】如圖3的(a)所示，被照射體在照射深度方向上被虛擬地切割為複數個層，在本例中，從較深(帶電粒子線B的射程長)的層依序被虛擬地切割為層 L_1 、層 L_2 、…層 L_{n-1} 、層 L_n 、層 L_{n+1} 、…層 L_{N-1} 、層 L_N 那樣的N個層。又，如圖3的(b)所示，當帶電粒子線B一邊描繪出沿掃描路徑TL之射束軌道一邊連續照射(線掃描或光柵掃描)時，沿著層 L_n 的掃描路徑TL連續被照射，當點掃描時，對層 L_n 的複數個照射點照射。帶電粒子線B沿著沿Z軸方向延伸之掃描路徑TL1而被照射，沿著掃描路徑TL2在Y軸方向稍微位移，並且沿著相鄰之掃描路徑TL1而被照射。如此，從被控制部80控制之照射部3射出之帶電粒子線B在掃描路徑TL上移動。

【0034】圖4係用以對照射部的基軸進行說明之概略圖。參閱圖4對照射部3的“基軸AX”進行說明。基軸AX係照射部3進行帶電粒子線B的照射時成為基準之虛擬的基準線。在治療計劃裝置90進行治療計劃時製作掃描圖案時，亦以基軸AX作為基準進行治療計劃。例如，當設定圖3的(a)所示之層時，各層設為與基軸AX垂直之面。又，在設定沿Y軸方向之移動量及沿Z軸方向之移動量時，亦

以基軸 AX 的位置作為基準。如圖 4 的 (a) 所示，基軸 AX 與機架 5 的中心線 CL 正交且通過中心線 CL。基軸 AX 通過機架 5 的中心線 CL 上的等中心點 (isocenter) AC。如圖 4 的 (b) 所示，當使機架 5 旋轉而使照射部 3 圍繞等中心點 AC 進行旋轉時，基軸 AX 與照射部 3 的位置無關地通過機架 5 上的等中心點 AC。另外，XYZ 座標系係根據基軸 AX 的朝向而變化之相對座標系。在圖 4 中示出基軸 AX 沿鉛垂方向延伸之狀態下之 XYZ 座標系。又，在前述的圖 1 中，為了示出照射部 3 的狀態而示出基軸 AX 沿水平方向延伸之狀態。因此，在圖 1 中示出與該狀態相對應之 XYZ 座標系。

【0035】接著，參閱圖 5 對在本實施形態之帶電粒子線照射裝置 1 中照射之帶電粒子線 B 的能量分布進行說明。

【0036】圖 5 係表示在本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置中生成之帶電粒子線的能量分布之圖表。圖 5 所示之圖表的縱軸表示存在機率，橫軸表示運動量的大小。帶電粒子線 B 中的在加速器 2 中生成之帶電粒子線 B₁ 例如為 230MeV 左右。在帶電粒子線 B₁ 的能量分布中，運動量的離勢小。亦即，具有從帶電粒子線 B₁ 的運動量的平均值偏離之運動量之帶電粒子線 B₁ 的存在機率明顯小於帶電粒子線 B₁ 的運動量的平均值附近的帶電粒子線 B₁ 的存在機率。其中，運動量的離勢大係表示運動量的平均值下之存在機率小，具有各種運動量之帶電粒子線的存在機率大。在本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 中，帶電粒子線 B 當中，將從加速器 2 射出之帶電粒子線 B₁ 藉由能量衰減器 43

減小能量而成之帶電粒子線 B_2 ，由於能量減小而與帶電粒子線 B_1 相比運動量的離勢變得更大。作為帶電粒子線 B_2 的運動量的離勢，例如帶電粒子線 B_2 的運動量分散小於 6%。又，帶電粒子線 B_2 的運動量分散可以為 5% 以下，亦可以為 4% 以下、3% 以下或 2% 以下。此時，帶電粒子線 B_2 例如為 110MeV。另外，運動量分散係與帶電粒子線 B 的能量相對應之運動量的分散的值。

【0037】輸送部 4 維持藉由能量衰減器 43 而能量減小之帶電粒子線 B_2 的能量分布而將該帶電粒子線 B_2 輸送到照射部 3。具體而言，在輸送部 4 的外部路徑 4A 及內部路徑 4B 的任何部位均未設置有像運動量分析狹縫 (例如，圖 7 所示之運動量分析狹縫 157) 等那樣調整能量分布之構件。另外，帶電粒子線 B_2 在通過能量衰減器 43 之後在照射部 3 內的照射筒衰減器 30 中首次受到對能量分布之影響。因此，在照射部 3 內的比照射筒衰減器 30 更靠上游側的路徑上亦未設置像運動量分析狹縫等那樣對能量分布產生影響之構件。另外，當輸送部 4 具有複數階段的能量衰減器 43 時，輸送部 4 維持通過了配置於最下游側之能量衰減器 43 之帶電粒子線 B_2 的能量分布。

【0038】帶電粒子線 B 的運動量的離勢變得愈大 (能量變得愈小)，通過輸送部 4 之帶電粒子線 B 的射束直徑就變得愈大。因此，帶電粒子線 B_2 的射束直徑大於帶電粒子線 B_1 的射束直徑。輸送部 4 具有能夠使藉由能量衰減器 43 而能量減小之帶電粒子線 B_2 通過之口徑。輸送部 4 至少在能

量衰減器43的下游具有能夠使帶電粒子線 B_2 通過之口徑。藉此，輸送部4無需進行帶電粒子線 B_2 的能量的選擇，便能夠從加速器2朝向機架5輸送帶電粒子線 B_2 。此時，帶電粒子線照射裝置1例如能夠使輸送部4的外部路徑4A從加速器2朝向機架5以直線狀延伸。

【0039】由於輸送部4內之帶電粒子線 B_2 的運動量的離勢大於帶電粒子線 B_1 的運動量的離勢及根據運動量而軌道稍微不同，因此帶電粒子線 B_2 的射束的橫截面形狀可能會變得不對稱。為了確保帶電粒子線 B_2 的射束的橫截面形狀中的對稱性，輸送部4除了具有調整帶電粒子線 B_2 的形狀、大小及發散之準直器44以外，還具有使帶電粒子線 B_2 聚光而修整帶電粒子線 B_2 的形狀之六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵。例如，設置於輸送部4的內部路徑4B上之偏向電磁體8係帶有六極成分之偏向磁鐵。

【0040】如圖6所示，為了產生六極成分，偏向電磁體8能夠採用各種形狀。圖6的(a)、圖6的(b)及圖6的(c)係與帶電粒子線 B_2 的路徑正交之截面中之概略剖面圖。圖6的(a)係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的輸送部中之帶有六極成分之凸狀的偏向磁鐵的概略構成圖。如圖6的(a)所示，偏向電磁體8例如具有朝向帶電粒子線 B_2 所通過之空間以凸狀膨出之形狀。圖6的(b)係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的輸送部中之帶有六極成分之凹狀的偏向磁鐵的概略構成圖。如圖6的(b)所示，偏向電磁體8例如可以具有向帶電粒子線 B_2 所通過之空間以凹

狀凹陷之形狀。圖 6 的 (c) 係本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置的輸送部中之具有輔助線圈之帶有六極成分之偏向磁鐵的概略構成圖。如圖 6 的 (c) 所示，偏向電磁體 8 例如可以在帶電粒子線 B_2 所通過之空間中具有輔助線圈 8a。

【0041】如上所述，藉由偏向電磁體 8 為帶有六極成分之偏向磁鐵，能夠校正根據運動量而不同之軌道，從而能夠確保帶電粒子線 B_2 的射束的橫截面形狀的對稱性。輸送部 4 能夠根據所通過之帶電粒子線 B_2 的能量分布來修整帶電粒子線 B_2 的形狀，並能夠將帶電粒子線 B_2 從加速器 2 適當輸送至照射部 3。在輸送部 4 中，偏向電磁體 7 亦可以係六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵。

【0042】從輸送部 4 到達照射部 3 之帶電粒子線 B_2 藉由通過被曝露於大氣(內部包含空氣)中之導管 11 而發生散射。與導管的內部為真空狀態或被稀有氣體填充之狀態且不包含空氣之狀態相比，藉由導管 11 被曝露於大氣(包含空氣)中而帶電粒子線 B_2 進一步發生散射，可確保帶電粒子線 B_2 的射束的橫截面形狀的對稱性。

【0043】接著，對於本實施形態之帶電粒子線照射裝置 1 的作用效果，一邊與比較例 1 之帶電粒子線照射裝置 100 比較一邊進行說明。在比較例 1 中，名稱相同而僅有符號不同之裝置的功能與實施形態相同。

【0044】圖 7 係表示設置於比較例 1 之帶電粒子線照射裝置的輸送部之選擇部的構成之放大圖。選擇部 150 係被

稱為ESS(Energy Selection System)之機構。例如，不同於在照射部103的上側搭載ESS的一部分那樣之構成，選擇部150的所有構成要素隔著室內遮蔽壁而配置於配置有加速器102之空間。選擇部150的構成要素並沒有配置於配置有照射部103及機架105之空間。

【0045】對設置於輸送部104之選擇部150的詳細構成進行說明。另外，選擇部150的各構成要素設置於構成輸送部104之輸送管145。設置於第1直線部141之選擇部150從上游側依序具備四極電磁體151、轉向電磁體152、能量衰減器153、四極電磁體151、準直器154及射束阻擋器155。四極電磁體151係用以使帶電粒子線聚光而修整帶電粒子線的形狀之電磁體。轉向電磁體152係用以修正帶電粒子線的軌道之電磁體。能量衰減器153係在整體上減小帶電粒子線的能量而調整射程之機構。能量衰減器153例如將從加速器102射出之帶電粒子線 B_1 設為減小至70MeV之帶電粒子線 B_3 (參閱圖5)。此時，帶電粒子線 B_3 由於能量減小而與帶電粒子線 B_1 及帶電粒子線 B_2 相比運動量的離勢變得更大。作為帶電粒子線 B_3 的運動量的離勢，例如帶電粒子線 B_3 的運動量分散成為6%以上。準直器154調整帶電粒子線的形狀、大小及發散。準直器154對帶電粒子線的形狀進行成形以調整帶電粒子線的大小(尺寸)來調整帶電粒子線的發散。射束阻擋器155係在帶電粒子線的射出與停止之間進行切換之機構。

【0046】設置於曲部143之選擇部150從上游側依序具

備偏向電磁體 156A、四極電磁體 151、運動量分析狹縫 157、四極電磁體 151及偏向電磁體 156B。在運動量分析狹縫 157的前後可以分別設置複數個四極電磁體 151。偏向電磁體 156A係使從第1直線部 141輸送之帶電粒子線的軌道彎曲之電磁體。帶電粒子線的彎曲程度根據能量而不同。因此，利用偏向電磁體 156A使帶電粒子線彎曲並使其通過運動量分析狹縫 157，藉此能夠選擇所期望之能量的帶電粒子線。在輸送部 104的比能量衰減器 153更靠下游的位置，被輸送至運動量分析狹縫 157之帶電粒子線 B_3 藉由運動量分析狹縫 157而成為帶電粒子線 B_3 的能量分布當中峰值附近的區域(參閱圖5的區域 E_1)以外的能量被削去之狀態。亦即，帶電粒子線 B_3 通過運動量分析狹縫 157而成為在能量分布當中區域 E_1 的範圍的帶電粒子線(以下，稱為帶電粒子線 B_4)，並被輸送到下游。

【0047】然後，偏向電磁體 156B使軌道彎曲，以使所選擇之能量的帶電粒子線 B_4 朝向第2直線部 142。曲部 143僅具有兩組偏向電磁體 156A、156B，在偏向電磁體 156A、156B之間不具有其他組的偏向電磁體。另外，當偏向電磁體連續配置時，視為一組偏向電磁體。亦即，當偏向電磁體 156A被分割為連續之複數個偏向電磁體時，視為一組偏向電磁體。曲部 143中的偏向電磁體 156A、156B之間的區域成為以直線狀延伸之直線部，但該直線部短於第1直線部 141。

【0048】設置於第2直線部 142之選擇部 150從上游側

依序具備四極電磁體 151 及轉向電磁體 152。另外，在第 2 直線部 142 中的埋設於室內遮蔽壁中之部分未設置有選擇部 150 的構成要素。在比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 中，導管的內部為真空，照射筒衰減器的水當量厚度為約 4cm。根據以上，在比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 中，由加速器 102 生成之帶電粒子線 B_1 藉由能量衰減器 153 而能量減小從而成為帶電粒子線 B_3 。在比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 中，帶電粒子線 B_3 藉由運動量分析狹縫 157 而成為能量分布被限定在區域 E_1 的範圍之帶電粒子線 B_4 。在比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 中，帶電粒子線 B_4 被輸送至照射筒衰減器。

【0049】在比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 中，為了選擇所期望之能量的帶電粒子線，輸送部 104 需具有曲部 143。由於輸送部 104 大幅繞行，因此在比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 中，產生用以配置加速器 102、照射部 103 及輸送部 104 之設備的設置面積變大之問題。與此相反，本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 無需在輸送部 4 中設置選擇部 150，因此能夠自如地改變成與配置輸送部 4 之環境相對應之形狀，例如能夠將輸送部 4 設為直線狀。藉此，與比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 相比，本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 更能夠適當減小設置面積。帶電粒子線照射裝置 1 能夠將整個裝置小型化並能夠減小設置面積。

【0050】接著，使用圖 8 對縮短照射時間之情況進行

說明。圖 8 的 (a) 係表示藉由本發明的一實施形態之帶電粒子線照射裝置射出之帶電粒子線的布拉格峰之圖表。圖 8 的 (b) 係表示藉由比較例 1 之帶電粒子線照射裝置射出之帶電粒子線的布拉格峰之圖表。亦即，圖 8 的 (b) 係表示能量小於藉由本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 射出之帶電粒子線的能量之帶電粒子線的布拉格峰之圖表。圖 8 的 (a) 及圖 8 的 (b) 的各圖表的縱軸為劑量，橫軸為體內深度。如圖 8 的 (a) 及圖 8 的 (b) 所示，被照射體 (腫瘤 14) 位於患者 15 體內的一部分。在本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 及變形例的帶電粒子線照射裝置中，藉由照射顯示出在各種體內深度處具有峰值之布拉格峰之複數個帶電粒子線 B 來形成擴大布拉格峰。在此，布拉格峰係在與入射能量相對應之特定深度處釋放最大的輻射劑量之後停止之帶電粒子線的特性，擴大布拉格峰表示將與複數個不同能量相對應之布拉格峰沿被照射體的深度方向重疊而調整為賦予被照射體所期望之劑量者。

【0051】與比較例 1 的帶電粒子線 B₄ 相比，本實施形態的帶電粒子線 B₂ 的每 1 次的帶電粒子線 B 的運動量分散更大 (能量寬度更大)，因此本實施形態的帶電粒子線 B₂ 的布拉格峰變得比比較例 1 的帶電粒子線 B₄ 的布拉格峰更粗。因此，與比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 相比，本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 更能夠減少形成相同之擴大布拉格峰所需要之具有布拉格峰之帶電粒子線 B 的能量的數量。藉此，與比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 的控制

部相比，帶電粒子線照射裝置1的控制部80切换帶電粒子線B的能量之次數更減少。與比較例1的帶電粒子線照射裝置100相比，帶電粒子線照射裝置1更能夠縮短帶電粒子線B的照射時間。

【0052】在此，在比較例1的帶電粒子線照射裝置100中，考慮如下情況：將通過能量衰減器153之後的帶電粒子線設為與本實施形態的帶電粒子線照射裝置1中之帶電粒子線B₂相同之能量的帶電粒子線而非帶電粒子線B₃。將該帶電粒子線照射裝置作為比較例2的帶電粒子線照射裝置，並適當變更照射筒衰減器的水當量厚度。在該情況下，通過比較例2的能量衰減器之後的帶電粒子線B₂藉由運動量分析狹縫而成為能量分布限定在區域E₁的範圍的帶電粒子線B₅。因此，與照射部中之帶電粒子線B₅相比，本實施形態的帶電粒子線照射裝置1的照射部3中之帶電粒子線B₂的運動量的離勢更大。與比較例2的帶電粒子線照射裝置中之帶電粒子線B₅的布拉格峰相比，本實施形態的帶電粒子線照射裝置1中之帶電粒子線B₂的布拉格峰變得更粗。因此，與比較例2的帶電粒子線照射裝置相比，未設置運動量分析狹縫157之本實施形態的帶電粒子線照射裝置1更能夠縮短帶電粒子線B的照射時間。

【0053】如上所述，本實施形態之帶電粒子線照射裝置1的輸送部4無需設置從帶電粒子線B₂的能量中選擇特定範圍的能量之運動量分析狹縫，便能夠將該帶電粒子線B₂從能量衰減器43輸送到照射部3。因此，尤其與設置了運

動量分析狹縫時(比較例1、2)之帶電粒子線 B_4 、 B_5 相比，本實施形態的帶電粒子線 B_2 的布拉格峰變得更粗。因此，在帶電粒子線照射裝置1中，擴大布拉格峰的形成中所需要之帶電粒子線 B 的能量的數量減少，且切換帶電粒子線 B 的能量之次數減少。根據以上，帶電粒子線照射裝置1能夠縮短帶電粒子線 B 的照射時間。

【0054】又，本實施形態之帶電粒子線照射裝置1不像專利文獻1那樣，在機架5內設置有運動量分析狹縫。當運動量分析狹縫收納於機架內時，會從在運動量分析狹縫中停止之質子束產生不必要的中子束，因此料想照射到患者之不必要的中子劑量增加。然而，本實施形態的帶電粒子線照射裝置1不具有運動量分析狹縫，因此能夠抑制產生不必要的中子束。

【0055】又，在本實施形態之帶電粒子線照射裝置1中，準直器44能夠調整通過了能量衰減器43之帶電粒子線 B 的形狀、大小及發散，並能夠在維持帶電粒子線 B 的能量分布之狀態下將帶電粒子線 B 從能量衰減器43輸送至照射部3。此時，藉由準直器44調整帶電粒子線 B 的形狀、大小及發散，因此帶電粒子線 B 不會與例如比準直器44更靠下游的照射部3的導管11接觸，便能夠通過導管11的內部。

【0056】又，在本實施形態之帶電粒子線照射裝置1中，輸送部4具有能夠使帶電粒子線 B_2 通過之口徑，因此輸送部4無需針對帶電粒子線 B_2 選擇特定範圍的能量，便

能夠在維持帶電粒子線 B_2 的能量分布之狀態下將帶電粒子線 B_2 從能量衰減器 43 輸送至照射部 3。

【0057】與比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 的照射筒衰減器相比，本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 的照射筒衰減器 30 的水當量厚度更大。這是因為，與帶電粒子線 B_4 相比，帶電粒子線 B_2 的能量更大，因此為了使其能夠照射到位於患者 15 的淺部位之腫瘤 14 (被照射體)。

【0058】本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 的能量衰減器 43 藉由使帶電粒子線 B_2 的運動量分散小於 6%，與帶電粒子線 B_3 相比，更能夠抑制帶電粒子線 B_2 的能量分布的離勢。在此，在本實施形態的帶電粒子線照射裝置 1 中，考慮如下情況：將照射部 3 的帶電粒子線設為與比較例 1 的帶電粒子線照射裝置 100 中之運動量分析狹縫 157 的上游的帶電粒子線 B_3 相同之能量的帶電粒子線而非帶電粒子線 B_2 。將該帶電粒子線照射裝置作為變形例 (本發明的另一實施形態) 的帶電粒子線照射裝置，並適當變更照射筒衰減器的水當量厚度。如上所述，帶電粒子線 B_3 的運動量分散為 6% 以上。在該情況下，與帶電粒子線 B_2 相比運動量的離勢更大的帶電粒子線 B_3 ，亦即，與帶電粒子線 B_2 相比射束直徑更大的帶電粒子線 B_3 通過輸送部內。因此，在採用帶電粒子線 B_3 之情況下，需要比帶電粒子線 B_2 的情況更增大輸送部的口徑。又，在與帶電粒子線 B_2 相比射束直徑更大的帶電粒子線 B_3 與輸送部的下游的偏向電磁體或照射部的導管接觸而消失之情況下，變形例的帶電粒子線

照射裝置有可能輻射化或有可能使不必要的輻射劑量增加。在採用了帶電粒子線 B_3 之情況下，為了抑制該可能性，需要比帶電粒子線 B_2 的情況更充分增大變形例的帶電粒子線照射裝置的導管及偏向電磁體等。

【0059】根據以上，在本實施形態的帶電粒子線照射裝置1中，藉由將能量衰減器43的下游的帶電粒子線 B 設為運動量分散小於6%的帶電粒子線 B_2 ，與變形例的帶電粒子線照射裝置相比，更能夠抑制設備的巨大化，能夠適當減小設置面積。又，與變形例的帶電粒子線照射裝置相比，本實施形態的帶電粒子線照射裝置1更能夠抑制設備的巨大化之同時抑制設備的輻射化及不必要的輻射劑量。

【0060】另外，在變形例的帶電粒子線照射裝置中，無需在輸送部設置選擇部150，因此與比較例1的帶電粒子線照射裝置100相比，更能夠自如地改變與配置輸送部4之環境相對應之形狀。例如，在變形例的帶電粒子線照射裝置中，亦能夠將輸送部4設為直線狀。藉此，與比較例1的帶電粒子線照射裝置100相比，變形例的帶電粒子線照射裝置更能夠適當減小設置面積。又，變形例的帶電粒子線照射裝置的照射部中之帶電粒子線 B_3 的布拉格峰變得粗於比較例1的照射部中之帶電粒子線 B_4 的布拉格峰。藉此，與比較例1的帶電粒子線照射裝置100相比，變形例的帶電粒子線照射裝置更能夠縮短帶電粒子線 B 的照射時間。

【0061】在此，作為例示，關於各能量的帶電粒子線 B (質子束) 的射程進行了總結。60MeV的帶電粒子線 B 的射

程為3cm，70MeV的帶電粒子線B的射程為4cm，110MeV的帶電粒子線B的射程為9cm。在朝向水射出帶電粒子線B之情況下，例示出水深4cm處之各能量的帶電粒子線B(質子束)的射束直徑。60MeV的帶電粒子線B達不到水深4cm。70MeV的帶電粒子線B在水深4cm處之射束直徑為10mm。在將照射筒衰減器30的水當量厚度設定為5cm時，110MeV的帶電粒子線B在水深4cm處之射束直徑為7mm。

【0062】接著，在朝向水射出帶電粒子線B之情況下，例示出水深2cm處之各能量的帶電粒子線B(質子束)的射束直徑。在將照射筒衰減器的水當量厚度設定為1cm時，60MeV的帶電粒子線B在水深2cm處之射束直徑可為11mm。在將照射筒衰減器的水當量厚度設定為2cm時，70MeV的帶電粒子線B在水深2cm處之射束直徑為10mm。在將照射筒衰減器30的水當量厚度設定為7cm時，110MeV的帶電粒子線B在水深2cm處之射束直徑為7mm。藉由將照射筒衰減器30的厚度按帶電粒子線B的能量的每個大小進行變更，能夠統一相對於帶電粒子線B之水深。

【0063】根據以上結果，在具有複數個不同能量之帶電粒子線B中，在對110MeV的帶電粒子線B適當設定了照射筒衰減器30的水當量厚度時，相同水深處之射束尺寸變得最小。藉此，當帶電粒子線B₂的射出對象位於淺區域時，與比帶電粒子線B₂低的能量的帶電粒子線B(例如70MeV)相比，在對具有80MeV以上且150MeV以下的能量之帶電粒子線B₂組合了照射筒衰減器30之條件下射出之射

束直徑變得更小。因此，當患者15的腫瘤14(被照射體)位於淺區域時，帶電粒子線照射裝置1能夠根據該腫瘤14的位置、大小或形狀來照射例如具有80MeV以上且150MeV以下的能量的帶電粒子線B₂。另外，當腫瘤14(被照射體)位於淺區域時，帶電粒子線照射裝置1例如亦可以照射90MeV以上且150MeV以下的帶電粒子線B₂，亦可以照射100MeV以上且150MeV以下的帶電粒子線B₂，亦可以照射110MeV以上且150MeV以下的帶電粒子線B₂。又，在腫瘤14(被照射體)位於深區域等情況下，帶電粒子線照射裝置1例如亦可以照射150MeV以上的帶電粒子線B₂。

【0064】又，與在變形例的輸送部中將能量從帶電粒子線B₁降低至帶電粒子線B₃之情況相比，在本實施形態的輸送部4中將能量從帶電粒子線B₁降低至帶電粒子線B₂之比例更小。因此，在本實施形態中，與變形例的能量的輸送效率相比，從加速器2至照射部3為止的輸送部4中之帶電粒子線B的輸送過程中之能量的輸送效率變得更高。在本實施形態中，與變形例的等中心點處之射束電流相比，機架5內的等中心點AC處之射束電流更上升，因此能夠縮短對患者15的腫瘤14(被照射體)之照射時間。

【0065】本實施形態的帶電粒子線照射裝置1的帶電粒子線B₂不像比較例1的帶電粒子線B₄及比較例2的帶電粒子線B₅那樣，在運動量分析狹縫157中進行能量的選擇，因此有可能無法在照射部3內確保射束的橫截面形狀的對稱性。然而，帶電粒子線B₂在通過照射部3的導管11內時

因導管11內部的大氣(空氣)而發生散射。藉此，即使在帶電粒子線照射裝置1不具有運動量分析狹縫(選擇部)之情況下，亦可確保帶電粒子線 B_2 的射束的橫截面形狀的對稱性。因此，照射部3能夠將帶電粒子線 B_2 的射束照射到適當的範圍。

【0066】輸送部4的內部路徑4B具有使帶電粒子線 B_2 聚光而修整帶電粒子線 B_2 的形狀之帶有六極成分之偏向磁鐵(偏向電磁體8)。因此，在輸送部4的內部路徑4B中能夠根據所通過之帶電粒子線 B_2 的能量分布來修整帶電粒子線 B_2 的形狀，並能夠將帶電粒子線 B_2 從加速器2適當輸送至照射部3。

【0067】本發明並不僅限於上述實施形態。

【0068】例如，能量衰減器43可以減小由加速器生成之帶電粒子線B的能量，以使帶電粒子線B的運動量分散成為6%以上。此時，輸送部4的各部位具有能夠使帶電粒子線B通過之口徑。準直器44可以不設置於能量衰減器43與照射部3之間。此時，輸送部4的各部位具有能夠使帶電粒子線B通過之口徑。導管11的內部亦可以為真空，亦可以在導管11的內部填充有稀有氣體。稀有氣體例如為氬氣。位於輸送部4的內部路徑4B上之偏向電磁體8可以不是六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵。

【0069】又，建築物6的結構、各構成要素的佈局可以在不脫離本發明的趣旨之範圍內適當進行變更。

【符號說明】

【0070】

1:帶電粒子線照射裝置

2:加速器

3:照射部

4:輸送部

5:機架(旋轉部的一例)

8:偏向電磁體(六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵的一例)

10:掃描電磁體

11:導管

12:劑量監視器(監視器的一例)

13a,13b:位置監視器(監視器的一例)

43:能量衰減器(衰減器的一例)

44:準直器

B,B₁,B₂,B₃,B₄,B₅:帶電粒子線

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種帶電粒子線照射裝置，係照射帶電粒子線，前述帶電粒子線照射裝置具備：

加速器，係對帶電粒子進行加速而生成前述帶電粒子線；

照射部，係照射由前述加速器生成之前述帶電粒子線；及

輸送部，係具有設置於前述照射部的外部並減小由前述加速器生成之前述帶電粒子線的能量之衰減器，並且向前述照射部輸送由前述加速器生成之前述帶電粒子線，

前述輸送部將具有藉由前述衰減器而能量減小之前述帶電粒子線的能量分布之該帶電粒子線輸送到前述照射部。

【請求項2】如請求項1所述之帶電粒子線照射裝置，其中

前述輸送部具有準直器，前述準直器設置於前述衰減器與前述照射部之間並調整前述帶電粒子線的形狀、大小及發散。

【請求項3】如請求項1或請求項2所述之帶電粒子線照射裝置，其中

前述輸送部具有能夠使藉由前述衰減器而能量減小之前述帶電粒子線通過之口徑。

【請求項4】如請求項1或請求項2所述之帶電粒子線照射裝置，其中

前述衰減器減小由前述加速器生成之前述帶電粒子線的能量，以使前述帶電粒子線的運動量分散小於6%。

【請求項5】如請求項1或請求項2所述之帶電粒子線照射裝置，其中

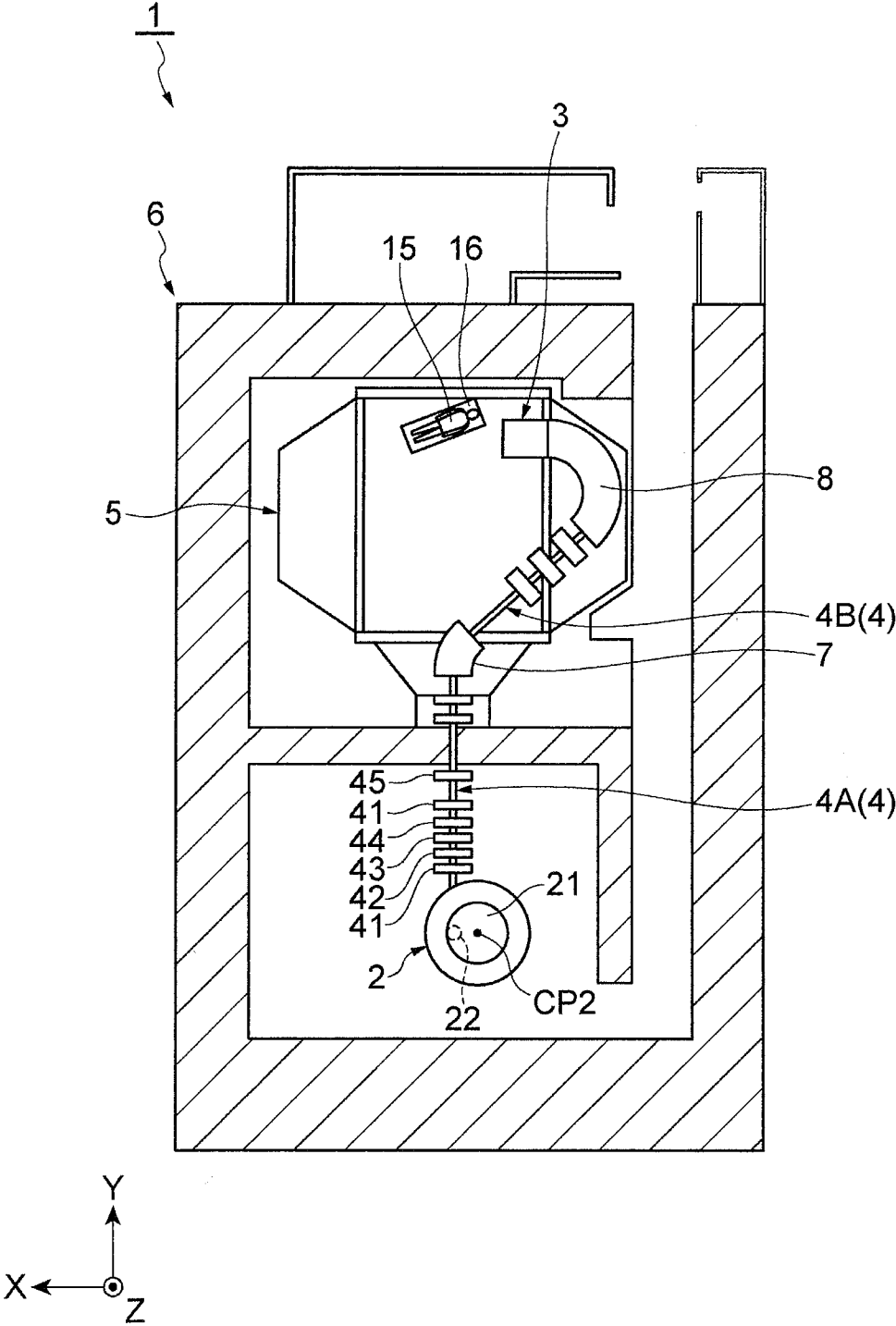
前述照射部進一步具有：掃描前述帶電粒子線之掃描電磁體、供藉由前述掃描電磁體而被掃描之前述帶電粒子線通過之導管、檢測通過了前述導管之前述帶電粒子線之監視器，

前述導管的內部被曝露於大氣中。

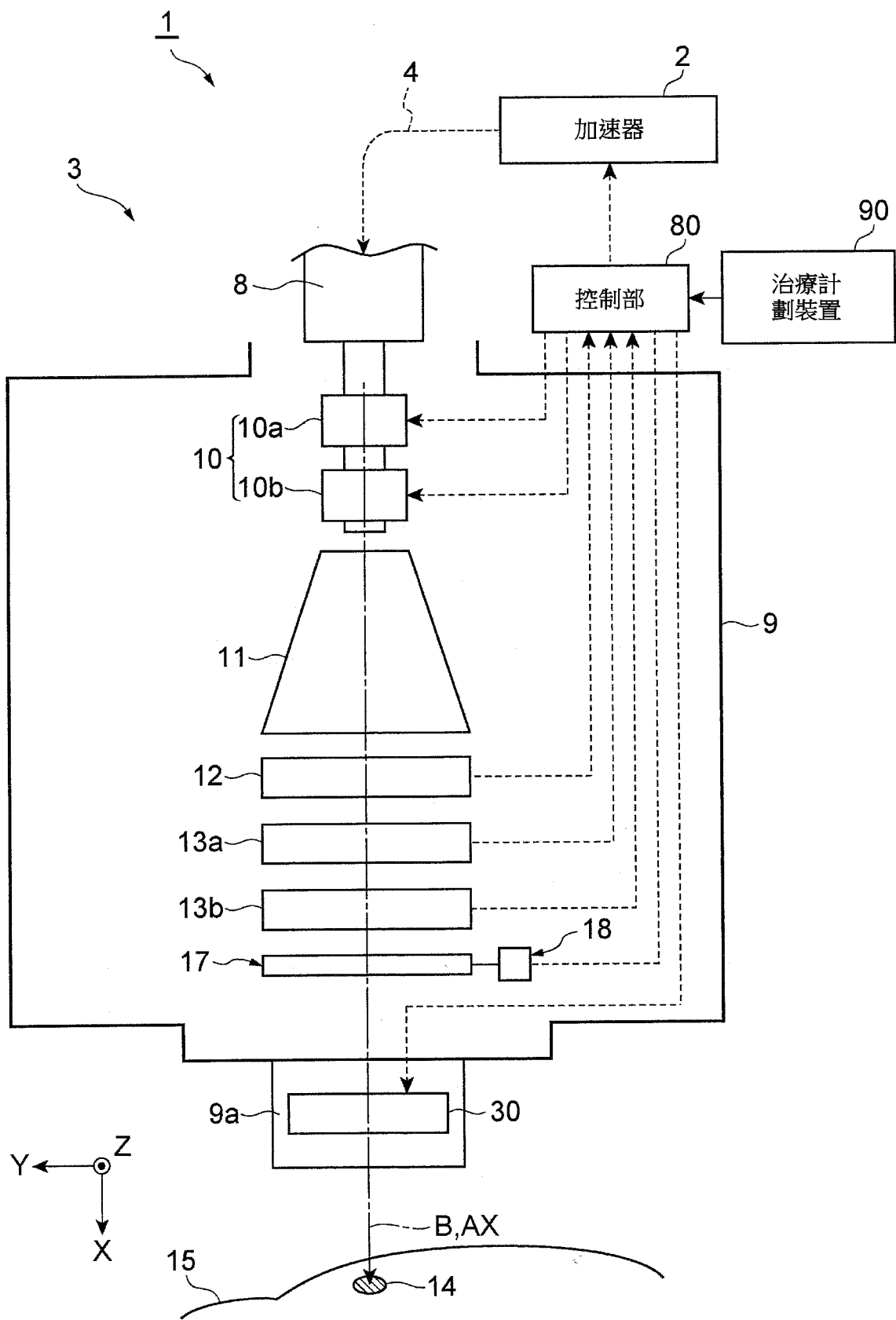
【請求項6】如請求項1或請求項2所述之帶電粒子線照射裝置，其中

前述輸送部具有使前述帶電粒子線聚光而修整前述帶電粒子線的形狀之六極磁鐵或帶有六極成分之偏向磁鐵。

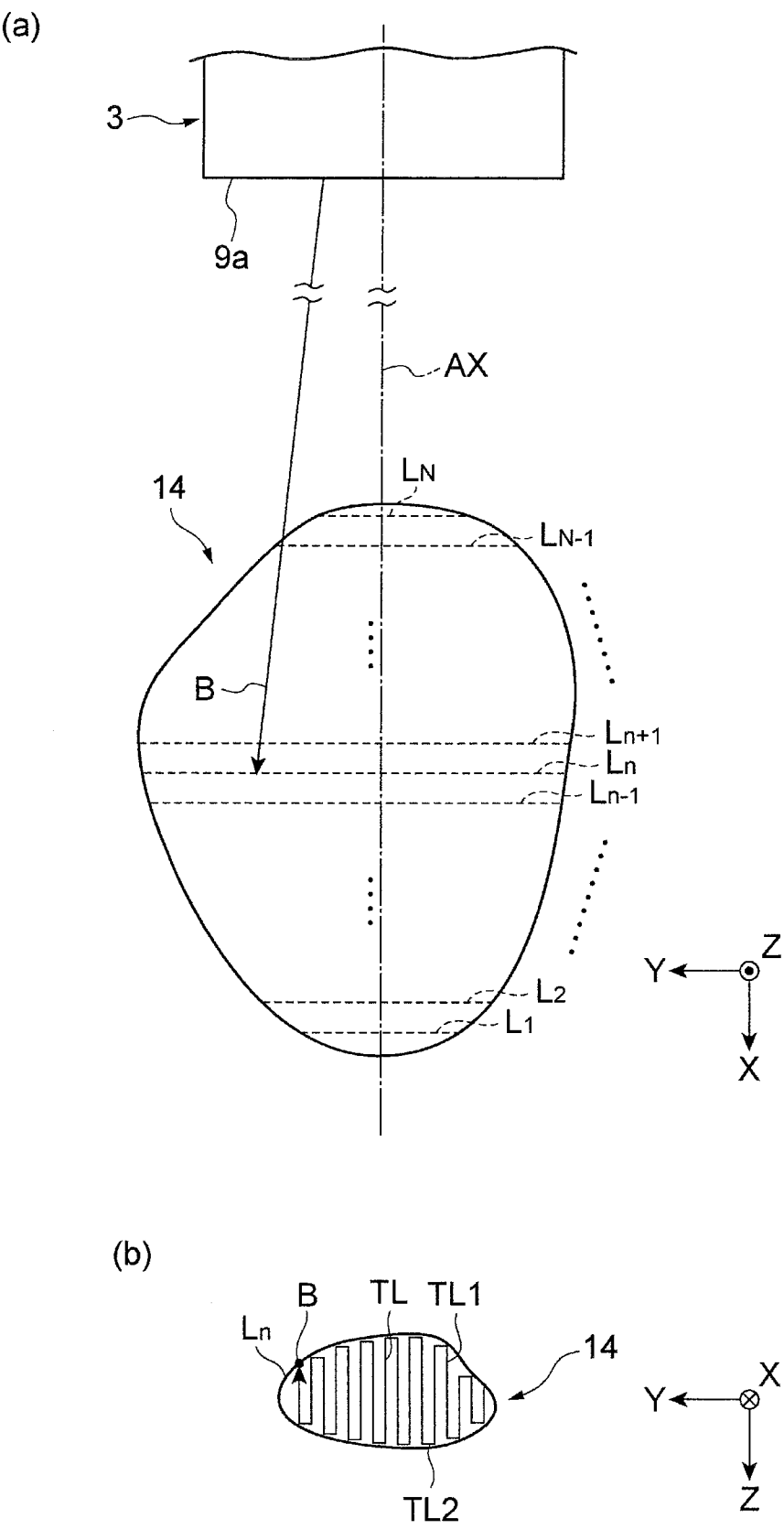
【發明圖式】



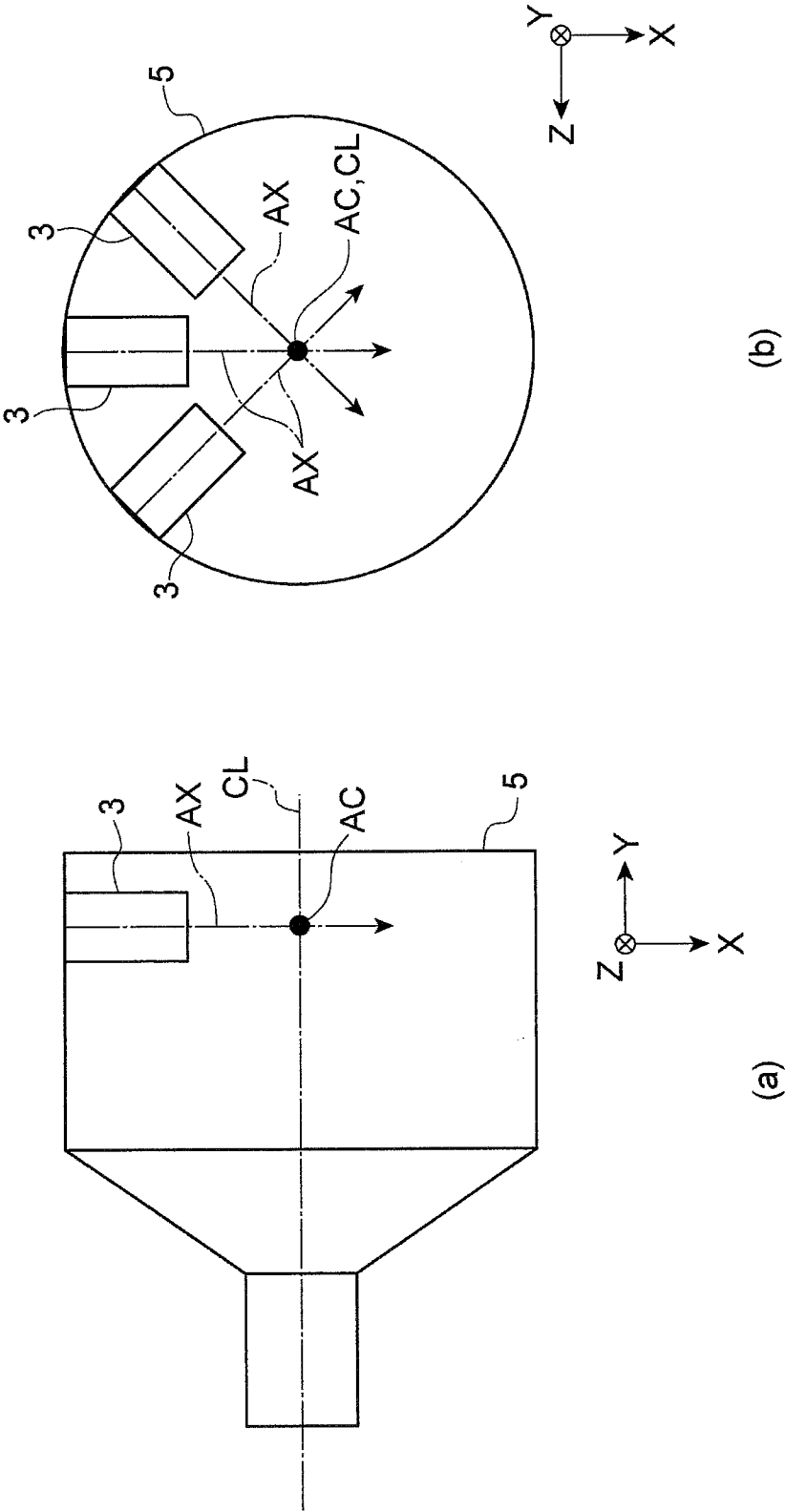
【圖 1】



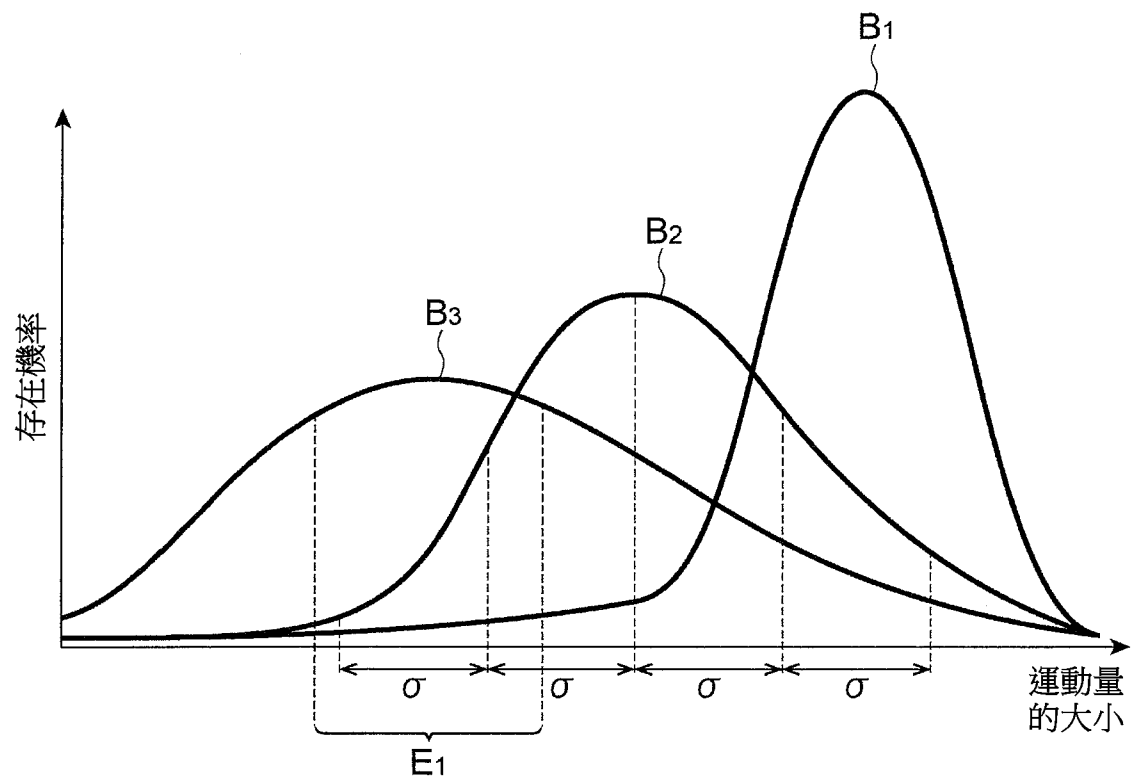
【圖 2】



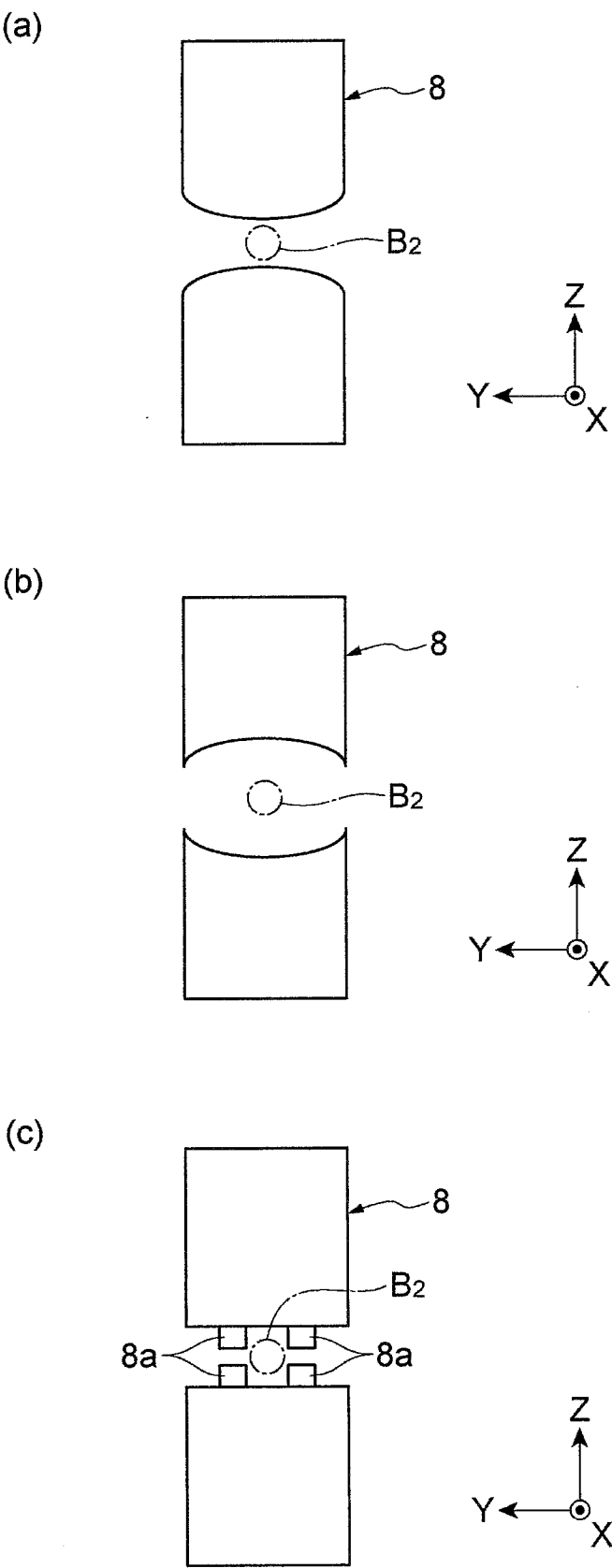
【圖 3】



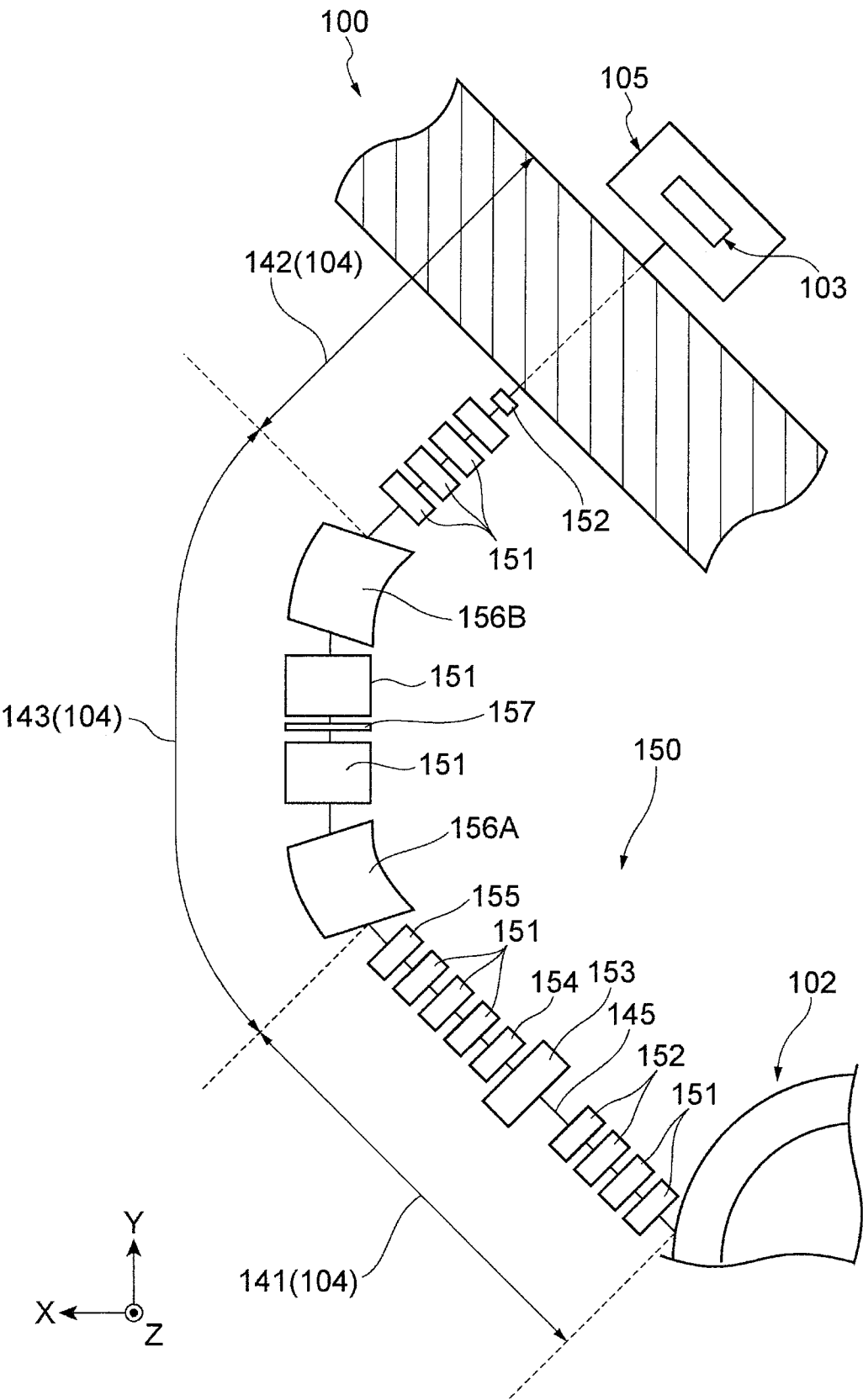
【圖 4】



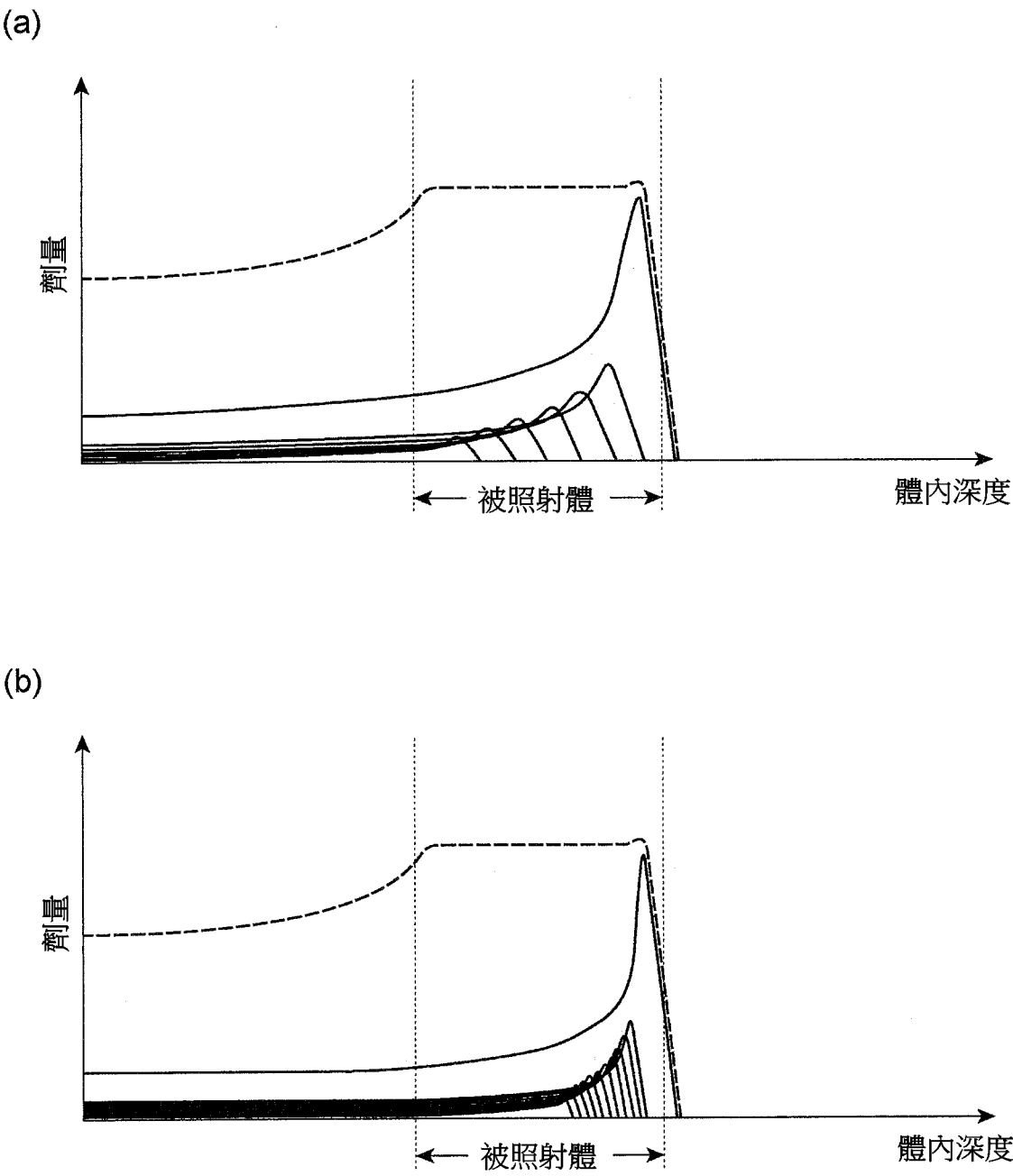
【圖 5】



【圖 6】



【圖 7】



【圖 8】