



(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 I863115 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：112103962

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 04 日

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

H05H13/00 (2006.01)

(71)申請人：禾榮科技股份有限公司 (中華民國) HERON NEUTRON MEDICAL CORP. (TW)

新竹縣竹北市生醫五路 66-2 號

(72)發明人：林志中 LIN, CHIH-CHUNG (TW) ; 劉嘯青 LIOU, SIAO-CING (TW) ; 邱顯浩

CHIOU, SHAN-HAW (TW)

(74)代理人：洪澄文

(56)參考文獻：

TW 202204001A

TW 202204006A

CN 109876308A

WO 2018115022A1

審查人員：李聖賢

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：5 共 31 頁

(54)名稱

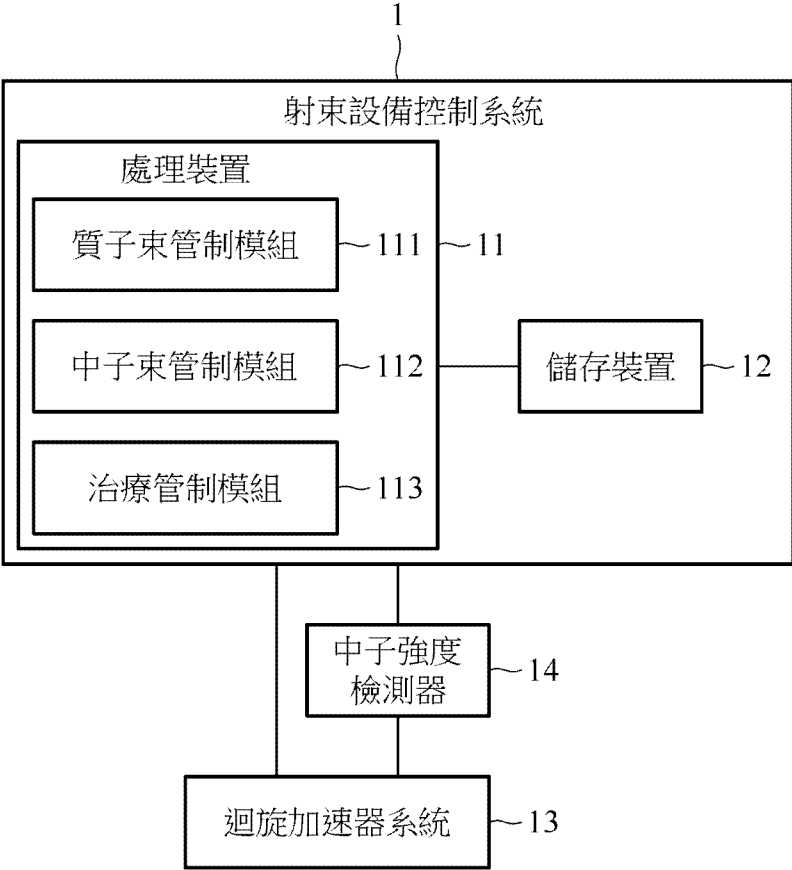
射束設備控制系統及射束設備控制方法

(57)摘要

射束設備控制系統用以控制迴旋加速器系統，包括處理器，執行：質子束管制步驟，包括：確認符合質子束產生條件後產生第一質子束；以及確認第一質子束滿足規格後標記質子束管制步驟已完成；中子束管制步驟，包括：確認質子束管制步驟已完成且符合中子束產生條件後產生第一中子束；檢查第一中子束滿足規格；以及關閉迴旋加速器系統後標記中子束管制步驟已完成；以及治療管制步驟，包括：確認中子束管制步驟已完成且符合治療射束產生條件後產生第二中子束；檢查第二中子束是否滿足治療需求；以及關閉迴旋加速器系統後標記治療管制步驟已完成。

A beam equipment controlling system for controlling a cyclotron system, including processor that execute: proton beam regulation steps, including: generating a first proton beam after confirming that the proton beam generation conditions are met; and marking that the proton beam regulation step has been completed after confirming that the first proton beam meets the specifications; neutron beam control steps, including: generating a first neutron beam after confirming that the proton beam control step has been completed and the neutron beam production conditions are met; confirming that the first neutron beam meets specifications; and marking that the neutron beam regulation step has been completed after shutting down the cyclotron system; and treatment regulatory steps, including: generating a second neutron beam after confirming that the neutron beam control step has been completed and meets the treatment beam generation conditions; confirming that the second neutron beam meets therapeutic needs; and marking that the treatment regulatory steps has been completed after shutting down the cyclotron system.

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 1:射束設備控制系統
 - 11:處理裝置
 - 111:質子束管制模組
 - 112:中子束管制模組
 - 113:治療管制模組
 - 12:儲存裝置
 - 13:迴旋加速器系統
 - 14:中子強度檢測器

第 1 圖



I863115

【發明摘要】

【中文發明名稱】射束設備控制系統及射束設備控制方法

【英文發明名稱】BEAM EQUIPMENT CONTROLLING
SYSTEM AND BEAM EQUIPMENT CONTROLLING
METHOD

【中文】

射束設備控制系統用以控制迴旋加速器系統，包括處理器，執行：質子束管制步驟，包括：確認符合質子束產生條件後產生第一質子束；以及確認第一質子束滿足規格後標記質子束管制步驟已完成；中子束管制步驟，包括：確認質子束管制步驟已完成且符合中子束產生條件後產生第一中子束；檢查第一中子束滿足規格；以及關閉迴旋加速器系統後標記中子束管制步驟已完成；以及治療管制步驟，包括：確認中子束管制步驟已完成且符合治療射束產生條件後產生第二中子束；檢查第二中子束是否滿足治療需求；以及關閉迴旋加速器系統後標記治療管制步驟已完成。

【英文】

A beam equipment controlling system for controlling a cyclotron system, including processor that execute: proton beam regulation steps, including: generating a first proton

beam after confirming that the proton beam generation conditions are met; and marking that the proton beam regulation step has been completed after confirming that the first proton beam meets the specifications; neutron beam control steps, including: generating a first neutron beam after confirming that the proton beam control step has been completed and the neutron beam production conditions are met; confirming that the first neutron beam meets specifications; and marking that the neutron beam regulation step has been completed after shutting down the cyclotron system; and treatment regulatory steps, including: generating a second neutron beam after confirming that the neutron beam control step has been completed and meets the treatment beam generation conditions; confirming that the second neutron beam meets therapeutic needs; and marking that the treatment regulatory steps has been completed after shutting down the cyclotron system.

【指定代表圖】 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

1:射束設備控制系統

11:處理裝置

第2頁，共3頁(發明摘要)

111:質子束管制模組

112:中子束管制模組

113:治療管制模組

12:儲存裝置

13:迴旋加速器系統

14:中子強度檢測器

【發明說明書】

【中文發明名稱】射束設備控制系統及射束設備控制方法

【英文發明名稱】BEAM EQUIPMENT CONTROLLING
SYSTEM AND BEAM EQUIPMENT CONTROLLING
METHOD

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於射束設備控制系統以及射束設備控制方法。

【先前技術】

【0002】 射束設備為產生具有能量之射束的設備，常用於醫療領域之中，例如用於硼中子捕獲治療(Boron Neutron Capture Therapy, BNCT)。由於射束具有穿透性而有一定危險性，故射束設備之使用需經過管制，以確保在安全的情況下進行使用。

【0003】 在進行使用射束的治療時，需要先後經過質子束與中子束之品質保證(Quality Assurance, QA)與品質管制(Quality Control)，以確保治療中子束之強度穩定且安全無虞。測試用質子束與測試用中子束皆完成QA/QC之後，才能產生治療用中子束進行照射治療。然而在目前的習知技術中，並無可以進行質子束與中子束之QA/QC程序控制的系統。因此在實務中，會有程序錯誤而發生危害的情況，例如造成安全風險、造成時間及能源之浪費，或者由

於程序錯誤導致機器容易故障等。

【0004】 有鑑於上述課題，本揭露提出一種射束設備控制系統及方法，可以一併管制質子束以及中子束之產生以確保各療程的程序正確，提高安全性並降低人員傷害與設備損害之風險。另外，透過本揭露的射束設備控制系統及方法，可以減少不必要之時間耗費、能源耗費並增加精準度。

【發明內容】

【0005】 本發明的一實施例為一種射束設備控制系統，用以控制一迴旋加速器系統，包括：一儲存裝置，用以儲存一治療控制應用程式；至少一處理器，用以執行該治療控制應用程式以執行以下模組：質子束管制模組，在執行時進行下列步驟：決定是否允許該迴旋加速器系統產生該第一質子束；以及確認該第一質子束滿足第一質子束規格後，標記質子束管制步驟已完成；中子束管制模組，在執行時進行下列步驟：確認該質子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合中子束產生條件後，允許該迴旋加速器系統產生第一中子束；檢查該第一中子束滿足第一中子束規格；以及關閉該迴旋加速器系統的該離子源後，標記中子束管制步驟已完成；以及治療管制模組，在執行時進行下列步驟：確認該中子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合治療射束產生條件後，命令該迴旋加速器系統產生第二中子束；檢查該第二中子束是否滿足治療需求；以及關閉該迴旋加速器系統的該離子源後，標記治療管制步驟已完成。

【0006】 另外，本發明的一實施例為一種射束設備控制方法，用以控制一迴旋加速器系統，包括：質子束管制步驟，包括：決定是否允許該迴旋加速器系統產生該第一質子束；以及確認該第一質子束滿足第一質子束規格後，標記該質子束管制步驟已完成；中子束管制步驟，包括：確認該質子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合中子束產生條件後，允許該迴旋加速器系統產生第一中子束；檢查該第一中子束滿足第一中子束規格；以及關閉該迴旋加速器系統的該離子源後，標記該中子束管制步驟已完成；以及治療管制步驟，包括：確認該中子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合治療射束產生條件後，命令該迴旋加速器系統產生第二中子束；檢查該第二中子束是否滿足治療需求；以及關閉該迴旋加速器系統的該離子源後，標記該治療管制步驟已完成。

【圖式簡單說明】

【0007】

第1圖為本發明實施例1之射束設備控制系統1的方塊圖。

第2圖為迴旋加速器系統13之構造示意圖。

第3圖為本發明實施例2之射束設備控制方法的質子束管制步驟之流程圖。

第4圖為本發明實施例2之射束設備控制方法的中子束管制步驟之流程圖。

第5圖為本發明實施例2之射束設備控制方法的治療管制步驟流程

圖。

【實施方式】

【0008】 以下，參照隨附圖式詳細說明根據本發明之實施例。所揭露的實施例僅為例示，本發明的範圍不限於此。

【0009】 參照第1圖說明本發明之實施例1。本發明的實施例1為射束設備控制系統1，可以藉由處理裝置11執行儲存於儲存裝置12中的射束設備控制程式，實現質子束管制模組111、中子束管制模組112以及治療管制模組113以進行迴旋加速器系統13之控制。

【0010】 處理裝置11例如為中央處理單元(Central Processing Unit，CPU)、數位訊號處理器(Digital Signal Processor，DSP)、特殊應用積體電路(Application Specific Integrated Circuit，ASIC)或現場可程式化邏輯閘陣列(Field Programmable Gate Array，FPGA)等硬體的邏輯運算裝置。或者，處理裝置11也可以藉由電子電路實現，例如由微控制器(Microcontroller Unit，MCU)、單晶片、單電路、複合電路、可程式化處理器、並列可程式化處理器、邏輯IC或閘陣列(Gate Array，GA)等實現。

【0011】 儲存裝置12為保管資料的裝置，具體例子為固態硬碟(Solid State Drive，SSD)、硬碟(Hard Disk Drive，HDD)、快閃記憶體等。儲存裝置12中儲存射束設備控制應用程式，由處理裝置11載入以實現質子束管制模組111、中子束管制模組112、治

療管制模組113。

【0012】 另外，射束設備控制應用程式也可以先從儲存裝置12中被載入到暫時儲存資料的記憶體(未圖示)，再由處理裝置11執行。記憶體的具體例子為靜態隨機存取記憶體(Static Random Access Memory，SRAM)或動態隨機存取記憶體(Dynamic Random Access Memory，DRAM)。

【0013】 為了產生安全且有效的治療用中子束，需要確保已經正確地產生測試用質子束以及測試用中子束。射束設備控制系統1先透過質子束管制模組111檢查迴旋加速器系統13產生的測試用質子束(第一質子束)滿足規格，再透過中子束管制模組112檢查迴旋加速器系統13產生的測試用中子束(第一中子束)滿足規格。依序檢查完成後才能透過治療管制模組113允許迴旋加速器系統13產生治療用的中子束(第二中子束)。以下詳細說明在質子束管制模組111、中子束管制模組112以及治療管制模組113中執行的步驟。

【0014】 首先說明質子束管制模組111執行的步驟。當迴旋加速器系統13對射束設備控制系統1發出產生第一質子束的請求時，射束設備控制系統1啟動質子束管制模組111。質子束管制模組111可以根據安全條件判斷是否可以允許產生第一質子束的請求。安全條件例如為使用者在確認環境安全後，透過連接處理裝置11的輸入裝置(未圖示)進行一輸入，例如透過鍵盤輸入特定參數，或者透過滑鼠點擊顯示器上的特定按鈕。或者，在迴旋加速器系統13具有複數照射室的情況下，安全條件可以為迴旋加速器系統13沒有被其他

照射室佔用。例如，當迴旋加速器系統13被其他治療療程佔用中時，質子束管制模組111拒絕迴旋加速器系統13產生第一質子束的請求。此時，迴旋加速器系統13等待質子束管制模組111允許產生第一質子束。

【0015】 當質子束管制模組111允許迴旋加速器系統13產生第一質子束後，迴旋加速器系統13確認當前狀態符合質子束產生條件，質子束產生條件為迴旋加速器系統13適合產生質子束的條件。亦即，迴旋加速器系統13被調整為可以產生質子束的狀態。以下說明本實施例的迴旋加速器系統13以及質子束產生條件。

【0016】 本實施例的迴旋加速器系統13之構造示意圖如第2圖所示。Q1X、Q1Y、Q2X、Q2Y為四極磁鐵，用於聚焦離子源ISIS產生之離子束。CWCT1、CWCT2為連續波電流互感器，用於監測電流曲線。射束輪廓監控儀BPM1、BPM2用以監測射束之輪廓。第一法拉第杯FC1的開關狀態決定迴旋加速器系統13是否能夠產生質子束。第一法拉第杯FC1與第二法拉第杯FC2的開關狀態決定迴旋加速器系統13之離子源ISIS產生的射束是否能夠通過並打中鈹靶Be而產生中子束。

【0017】 在本實施例中，質子束產生條件包括第一法拉第杯FC1開啟、第二法拉第杯FC2關閉。質子束產生條件不限於此。只要是使迴旋加速器系統13能夠產生質子束的條件，皆可以為質子束產生條件。

【0018】 當迴旋加速器系統13在一段時間內無法符合質子束

產生條件時，可以通知射束設備控制系統1，以進行迴旋加速器系統13的維護及調校(例如：射束設備控制系統1發出警告通知使用者系統異常)。當迴旋加速器系統13確認符合質子束產生條件，迴旋加速器系統13控制離子源ISIS注入電流，產生電流質子束作為測試用的第一質子束。

【0019】 接下來，迴旋加速器系統13確認第一質子束是否滿足第一質子束規格。在本實施例中，第一質子束規格包括連續波電流互感器CWCT1、CWCT2的數值達到設定值，以及射束輪廓監控儀BPM1、BPM2滿足規格。當迴旋加速器系統13在一段時間內第一質子束未滿足第一質子束規格時，可以通知射束設備控制系統1，以進行迴旋加速器系統13的維護及調校。當迴旋加速器系統13確認第一質子束滿足第一質子束規格時，回報表示已完成第一質子束之QA/QC的結果給射束設備控制系統1。

【0020】 質子束管制模組111在收到「已完成第一質子束之QA/QC」的結果後，使迴旋加速器系統13停止輸出第一質子束。接下來，質子束管制模組111標記質子束管制步驟已完成。標記步驟已完成的方式，例如可以在處理裝置11可讀取的記憶體中創建用於標記質子束管制步驟、中子束管制步驟以及治療步驟是否已完成的記憶體空間，並藉由數值0、1進行標記，將已完成的步驟標記為1，未完成的步驟標記為0，預設值為0。或者，也可以將上述標記儲存於儲存裝置12中。質子束管制模組111標記質子束管制步驟已完成後，取消允許迴旋加速器系統13產生第一質子束。

【0021】 接下來，說明中子束管制模組112執行的步驟。質子束管制模組111標記質子束管制步驟已完成後，射束設備控制系統1啟動中子束管制模組112。中子束管制模組112需先確認質子束管制步驟被標記為已完成。接下來，中子束管制模組112請求迴旋加速器系統13產生第一中子束。迴旋加速器系統13確認當前狀態符合中子束產生條件。中子束產生條件為迴旋加速器系統13適合產生中子束的條件。在本實施例中，中子束產生條件包括第一法拉第杯FC1開啟、第二法拉第杯FC2開啟。中子束產生條件不限於此。只要是使迴旋加速器系統13能夠產生中子束的條件，皆可以為中子束產生條件。

【0022】 當迴旋加速器系統13判斷一段時間內無法符合中子束產生條件時，會通知射束設備控制系統1，以進行迴旋加速器系統13的維護及調校。當迴旋加速器系統13確認符合中子束產生條件，迴旋加速器系統13控制離子源ISIS注入電流，產生作為測試用中子束的第一中子束。

【0023】 接下來，中子束管制模組112確認第一中子束是否滿足第一中子束規格。在本實施例中，第一中子束規格包括中子強度的規格。中子束管制模組112可以透過中子強度檢測器14確認第一中子束是否滿足中子強度。在本實施例中，中子強度檢測器14被配置為可以檢測到迴旋加速器系統13產生的中子束，並在檢測中子束的中子強度後，將檢測結果傳送給射束設備控制系統1，使中子束管制模組112以及治療管制模組113可以讀取檢測結果。

【0024】 當第一中子束在一段時間內未滿足第一中子束規格時，射束設備控制系統1將此異常狀態通知迴旋加速器系統13，以進行迴旋加速器系統13的維護及調校。當第一中子束滿足第一中子束規格，射束設備控制系統1將此結果通知迴旋加速器系統13，並使迴旋加速器系統13停止輸出第一中子束，結束中子束之測試。使迴旋加速器系統13停止輸出第一中子束時，舉例而言，射束設備控制系統1通知迴旋加速器系統13取消允許產生第一中子束，並關閉離子源ISIS、第一法拉第杯FC1以及第二法拉第杯FC2。離子源ISIS、第一法拉第杯FC1以及第二法拉第杯FC2關閉後，迴旋加速器系統13通知射束設備控制系統1，加速器系統13已關閉。中子束管制模組112標記中子束管制步驟已完成。

【0025】 接下來，說明治療管制模組113執行的步驟。中子束管制模組112標記中子管制步驟已完成後，射束設備控制系統1啟動治療管制模組113。治療管制模組113首先確認質子束管制步驟以及中子束管制步驟被標記為已完成，且迴旋加速器系統13的當前狀態符合治療射束產生條件。治療射束產生條件為迴旋加速器系統13待機且可以隨時開始進行中子束之照射治療的狀態。在本實施例中，治療射束產生條件為第一法拉第杯FC1開啟、第二法拉第杯FC2開啟，且迴旋加速器系統13處於待機狀態(亦即隨時可以控制離子源ISIS注入電流的狀態，以產生治療用中子束)。

【0026】 接下來，射束設備控制系統1等待治療啟動命令。治療啟動命令由使用者(例如醫療人員)輸入。例如，使用者輸入特定

參數，或按特定按鈕，以對射束設備控制系統1輸入治療啟動命令。另外，在等待治療啟動命令時，治療管制模組113也可以要求使用者輸入治療需求。治療需求為治療用中子束(第二中子束)的規格，根據醫師指示的治療計畫而決定。在本實施例中，治療管制模組113要求使用者輸入醫師指示之腫瘤處方劑量以及治療計畫作為治療需求，治療管制模組會依據使用者輸入之治療需求計算所需的治療時間。然而，由於在實務上照射時間可能會根據照射狀況而隨時調整，因此，本實施例的治療需求以及後述之判定是否符合治療需求的方式僅為一例，治療需求以及達成治療需求的方式可以依據實務需求而有不同設計。例如，也可以以醫師指示之正常組織處方劑量作為治療需求，並在後述之迴旋加速器系統13運轉的過程中，檢視參數並調整照射時間。

【0027】 當射束設備控制系統1接收到使用者下達治療啟動命令時，射束設備控制系統1將治療需求傳送給迴旋加速器系統13後，命令迴旋加速器系統13控制離子源ISIS注入電流，以產生治療用中子束(第二中子束)。

【0028】 迴旋加速器系統13運轉並開始產生第二中子束。若在一段時間內迴旋加速器系統13無法正常運轉，須通知射束設備控制系統1，並由使用者(例如醫療人員)依據所收到的訊息，決定是否停止治療(亦即使治療管制模組113中止執行)。迴旋加速器系統13正常運轉後，治療管制模組113持續檢查產生的第二中子束是否滿足治療需求。在一些實施例中，可藉由連續波電流互感器CWCT1、

CWCT2分別量測迴旋加速器系統13產生的質子數，獲得與質子數相應的第一電流值或第二電流值後，與作為是否滿足治療需求之標準的預設第一電流值或預設第二電流值進行比較。或者，可藉由中子強度檢測器量測迴旋加速器系統13產生的中子數，以獲得一中子計數率，並與作為是否滿足治療需求之標準的預設中子數量條件進行比較。在本文中，術語「中子計數率」指的是藉由諸如比例計數器等裝置所量測到的中子數。在一些實施例中，可根據比例計數器中所測得之脈衝數推得中子數。另外，在本文中，中子數量條件為可以推知中子數量的條件或數值。舉例而言，中子計數率與質子電流有關。當電流越大時，會產生越多中子。因此。觀察電流亦可以得知中子數多寡。在本文中，中子數量條件可以為中子計數率、下述之中子產率因子、中子通率，或任何與中子數有關的數值。在本實施例中，治療管制模組113在照射時間結束前，將中子計數率除以第一電流值以獲得第一中子產率因子，並比對第一中子產率因子與第一預設中子產率因子。當第一中子產率因子與第一預設中子產率因子之差大於等於第一中子產率因子臨界值時，則治療管制模組113會發出通知，由使用者(例如醫療人員)決定是否停止治療(亦即使治療管制模組113中止執行)。在一些實施例中，第一中子產率因子臨界值可為第一預設中子產率因子的5%，但本揭露不限於此。可替代地，可先將中子計數率轉換為中子通率，並將中子通率除以第一電流值以獲得第一中子產率。在本文中，術語「中子通率」是指單位時間內通過單位面積的中子數。在一些實施例中，「中子通

率」等於中子密度與其平均速度的乘積。接著，可比對第一中子產率與第一預設中子產率。當第一中子產率與第一預設中子產率之差大於等於第一中子產率臨界值時，則治療管制模組113會發出通知，由使用者(例如醫療人員)決定是否停止治療(亦即使治療管制模組113中止執行)。並透過中子強度檢測器檢查中子計數率是否滿足治療需求，以檢查第二中子束是否滿足治療需求。

【0029】 照射時間結束後，治療管制模組113命令迴旋加速器系統13停止輸出第二中子束，並偵測迴旋加速器系統13是否已停止輸出第二中子束。在迴旋加速器系統13停止輸出第二中子束後，治療管制模組113標記治療管制步驟已完成。

【0030】 以下說明本發明的實施例2。本發明的實施例2為射束設備控制方法，用以控制迴旋加速器系統，包括質子束管制步驟、中子束管制步驟以及治療管制步驟。上述步驟可以透過與迴旋加速器系統連接的射束設備控制系統實現。射束設備控制系統包括處理裝置，執行儲存於儲存裝置中的軟體。

【0031】 處理裝置例如為中央處理單元(CPU)、數位訊號處理器(DSP)、特殊應用積體電路(ASIC)或現場可程式化邏輯閘陣列(FPGA)等硬體的邏輯運算裝置。或者，處理裝置也可以藉由電子電路實現，例如由微控制器(MCU)、單晶片、單電路、複合電路、可程式化處理器、並列可程式化處理器、邏輯IC或閘陣列(GA)等實現。儲存裝置例如為固態硬碟(SSD)、硬碟(HDD)、快閃記憶體、靜態隨機存取記憶體(SRAM)或動態隨機存取記憶體(DRAM)等。

【0032】 以下，參照第3圖~第5圖詳細說明本發明的實施例2。

【0033】 參照第3圖說明本發明實施例2之質子束管制步驟。

【0034】 當迴旋加速器系統對射束設備控制系統發出產生第一質子束的請求時，射束設備控制系統允許迴旋加速器系統產生第一質子束(步驟S11)。其中，射束設備控制系統可以先檢查是否符合一安全條件，在符合安全條件時允許迴旋加速器系統產生第一質子束。安全條件例如為使用者在確認環境安全後，透過與射束設備控制系統連接的輸入裝置進行一輸入。或者，安全條件可以為迴旋加速器系統沒有被其他療程或其他照射室佔用。

【0035】 射束設備控制系統允許產生第一質子束後，迴旋加速器系統確認當前狀態符合質子束產生條件(步驟S12)。亦即，迴旋加速器系統確認目前為可以產生質子束的狀態。以第2圖所示的迴旋加速器系統為例，質子束產生條件包括第一法拉第杯FC1開啟、第二法拉第杯FC2關閉。另外，當迴旋加速器系統在一段時間內無法符合質子束產生條件時，可以通知射束設備控制系統，以進行迴旋加速器系統的維護及調校(步驟S17)。

【0036】 迴旋加速器系統確認當前狀態符合質子束產生條件後，迴旋加速器系統產生第一質子束(步驟S13)。迴旋加速器系統控制離子源注入電流，產生電流質子束作為測試用的第一質子束。

【0037】 接下來，迴旋加速器系統確認第一質子束是否滿足第一質子束規格(步驟S14)。在本實施例中，第一質子束規格包括連續波電流互感器的數值達到設定值，以及射束輪廓監控儀的數值

滿足規格。在一段時間內第一質子束未滿足第一質子束規格時，可以通知射束設備控制系統，以進行迴旋加速器系統的維護及調校(步驟S17)。

【0038】 當迴旋加速器系統確認第一質子束滿足第一質子束規格時，向射束設備控制系統回報已滿足第一質子束規格(步驟S15)。接下來，射束設備控制系統使迴旋加速器系統13停止輸出第一質子束(取消允許迴旋加速器系統產生第一質子束並關閉迴旋加速器系統)後，標記質子束管制步驟已完成(步驟S16)。標記步驟已完成的方式，例如可以在處理裝置可讀取的記憶體中創建用於標記質子束管制步驟、中子束管制步驟以及治療步驟是否已完成的記憶空間，並藉由數值0、1進行標記，將已完成的步驟標記為1，未完成的步驟標記為0，預設值為0。或者，也可以將上述標記儲存於儲存裝置12中。

【0039】 質子束管制步驟被標記為已完成後，進入中子束管制步驟，射束設備控制系統請求迴旋加速器系統產生第一中子束(步驟S21)。此時，迴旋加速器系統確認當前狀態符合中子束產生條件(步驟S22)。亦即，迴旋加速器系統確認目前為可以產生中子束的狀態。以第2圖所示的迴旋加速器系統為例，中子束產生條件包括第一法拉第杯FC1開啟、第二法拉第杯FC2開啟。

【0040】 當迴旋加速器系統在一段時間內無法符合中子束產生條件時，可以通知射束設備控制系統，以進行迴旋加速器系統的維護及調校(步驟S27)。當迴旋加速器系統確認符合中子束產生條

件時，迴旋加速器系統控制離子源ISIS注入電流，產生作為測試用中子束的第一中子束。

【0041】 接下來，射束設備控制系統確認第一中子束是否滿足第一中子束規格(步驟S24)。本實施例中，第一中子束規格包括中子強度，可以透過與射束設備控制系統連接的中子強度檢測器確認第一中子束是否滿足中子強度。

【0042】 當第一中子束在一段時間內未滿足第一中子束規格時，射束設備控制系統取消允許產生第一中子束並發出警告(步驟S28)。在本實施例中，於接收到警告之後，使用者可以根據中子強度檢測器的資訊來決定接下來要進行的步驟。當第一中子束滿足第一中子束規格，射束設備控制系統使迴旋加速器系統停止輸出第一中子束(射束設備控制系統取消允許產生第一中子束，並通知迴旋加速器系統關閉)(步驟S25)。離子源、第一法拉第杯以及第二法拉第杯關閉後，迴旋加速器系統通知射束設備控制系統已關閉，射束設備控制系統標記中子束管制步驟已完成(步驟S26)。

【0043】 質子束管制步驟以及中子束管制步驟被標記為已完成後，進入治療管制步驟。首先，確認質子束管制步驟以及中子束管制步驟被標記為已完成，且迴旋加速器系統的當前狀態符合治療射束產生條件(步驟S31)。

【0044】 接下來，射束設備控制系統等待來自使用者的治療啟動命令(步驟S32)。例如，等待使用者輸入特定參數，或按特定按鈕，以對射束設備控制系統輸入治療啟動命令。另外，在等待治

療啟動命令時，射束設備控制系統也可以要求使用者輸入治療需求。治療需求為治療用中子束(第二中子束)的規格，根據醫師指示的治療計畫而決定。在此實施例中，治療需求為醫師指示之腫瘤處方劑量以及治療計畫。另外，射束設備控制系統可以依據使用者輸入之治療需求計算所需的治療時間。

【0045】 當射束設備控制系統接收到使用者下達治療啟動命令時，射束設備控制系統命令迴旋加速器系統控制離子源ISIS注入電流，並將治療需求傳送給迴旋加速器系統，使迴旋加速器系統開始產生第二中子束(步驟S33)。此時，檢查迴旋加速器系統是否正常運轉(步驟S34)。若在一段時間內迴旋加速器系統無法正常運轉，迴旋加速器系統通知射束設備控制系統，並由使用者(例如醫療人員)依據所收到的訊息，決定是否停止治療。

【0046】 若迴旋加速器系統正常運轉，迴旋加速器系統檢查質子數與中子數是否匹配(步驟S35)。在一些實施例中，可藉由連續波電流互感器CWCT1、CWCT2分別量測質子數，以獲得第一電流值或第二電流值。亦可藉由中子強度檢測器量測中子數，以獲得一中子計數率。在一些實施例中，可根據比例計數器中所測得之脈衝數推得中子數。另外，射束設備控制系統在預設照射時間結束前，透過中子強度檢測器持續檢查產生的第二中子束是否滿足治療需求(步驟S36)。

【0047】 照射時間達到預設照射時間時，射束設備控制系統詢問使用者是否停止治療管制步驟(步驟S37)。使用者可以依據需

要延長照射時間，並回到步驟 S35。

【0048】 若使用者對射束設備控制系統下達停止治療的命令，射束設備控制系統命令迴旋加速器系統進入停止程序，停止輸出第二中子束(S38)。在本實施例中，停止程序包括偵測迴旋加速器系統是否已停止輸出第二中子束。另外，在迴旋加速器系統停止輸出第二中子束後，射束設備控制系統標記治療管制步驟已完成。

【0049】 停止程序可以有多種實現方式。例如，射束設備控制系統可以持續命令迴旋加速器系統停止，並偵測迴旋加速器系統是否已關閉。若在一段時間內(例如:2分鐘)，迴旋加速器系統並未關閉，則啟動緊急停止程序。停止程序不限於此，可以依據需要設計不同的停止程序。

【0050】 雖然分別說明了複數實施例，上述實施例也可以被組合實施。或者，也可以在複數實施例中，部分實施其中一者。或者，也可以部分地組合複數實施例。另外，可以依據需要部份地變更記載於上述複數實施例的構成以及步驟。

【0051】 以上說明之各實施型態，是為了使本發明容易理解而記載，上述記載並非用以限制本發明。因此，上述各實施型態所揭露之各元件，目的為包含屬於本發明之技術範圍內之所有設計變更或均等物。

【符號說明】

【0052】

第 112103962 號

修正日期:112.10.24

修正本

1:射束設備控制系統

11:處理裝置

111:質子束管制模組

112:中子束管制模組

113:治療管制模組

12:儲存裝置

13:迴旋加速器系統

14:中子強度檢測器

Be:鈹靶

BPM1、BPM2:射束輪廓監控儀

CWCT1、CWCT2:連續波電流互感器

FC1:第一法拉第杯

FC2:第二法拉第杯

ISIS:離子源

Q1X、Q1Y、Q2X、Q2Y:四極磁鐵

S11~S17:流程圖步驟

S21~S27:流程圖步驟

S31~S37:流程圖步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種射束設備控制系統，用以控制一迴旋加速器系統，包括：

一儲存裝置，用以儲存一治療控制應用程式；

至少一處理器，用以執行該治療控制應用程式以執行以下模組：

質子束管制模組，在執行時進行下列步驟：

決定是否允許該迴旋加速器系統產生一第一質子束；以及

確認該第一質子束滿足第一質子束規格後，使該迴旋加速器系統停止輸出該第一質子束後，標記質子束管制步驟已完成；

中子束管制模組，在執行時進行下列步驟：

確認該質子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合中子束產生條件後，允許該迴旋加速器系統產生第一中子束；

檢查該第一中子束滿足第一中子束規格；以及

使該迴旋加速器系統停止輸出該第一中子束後，標記中子束管制步驟已完成；以及

治療管制模組，在執行時進行下列步驟：

確認該中子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合治療射束產生條件後，命令該迴旋加速器系統產生第二中子束；

檢查該第二中子束是否滿足治療需求；以及

使該迴旋加速器系統停止輸出該第二中子束後，標記治療管制步驟已完成。

【請求項2】 如請求項1之射束設備控制系統，其中：

該迴旋加速器系統產生該第一質子束的一質子束產生條件包括：第一法拉第杯開啟，以及第二法拉第杯關閉；

該迴旋加速器系統產生該第一中子束的該中子束產生條件包括：第一法拉第杯開啟，以及第二法拉第杯開啟；以及

該迴旋加速器系統產生該第二中子束的該治療射束產生條件包括：第一法拉第杯開啟，以及第二法拉第杯開啟。

【請求項3】 如請求項1之射束設備控制系統，其中該質子束管制模組檢查該第一質子束是否滿足第一質子束規格的操作，包括檢查第一射束輪廓監控儀以及第二射束輪廓監控儀的測量結果是否符合該第一質子束規格。

【請求項4】 如請求項1之射束設備控制系統，其中該質子束管制模組檢查該第一質子束是否滿足第一質子束規格的操作，包括檢查第一連續波電流互感器電流值以及第二連續波電流互感器電流值是否符合該第一質子束規格。

【請求項5】 如請求項1之射束設備控制系統，其中該中子束管制模組檢查該第一中子束是否滿足第一中子束規格的操作，包括檢查一中子強度檢測器的測量結果是否符合該第一中子束規格。

【請求項6】 如請求項1之射束設備控制系統，其中該治療管制模組檢查該第二中子束是否滿足治療需求的操作，包括檢查該迴旋

加速器系統的中子計數率是否符合一預設中子數量條件。

【請求項7】 如請求項1至6中任一項之射束設備控制系統，其中該質子束管制模組，在該射束設備控制系統允許質子束產生前，確認是否滿足一安全條件。

【請求項8】 一種射束設備控制方法，用以控制一迴旋加速器系統，包括：

質子束管制步驟，包括：

決定是否允許該迴旋加速器系統產生一第一質子束；以及

確認該第一質子束滿足第一質子束規格後，使該迴旋加速器系統停止輸出該第一質子束後，標記該質子束管制步驟已完成；中子束管制步驟，包括：

確認該質子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合中子束產生條件後，允許該迴旋加速器系統產生第一中子束；

檢查該第一中子束滿足第一中子束規格；以及

使該迴旋加速器系統停止輸出該第一中子束後，標記該中子束管制步驟已完成；以及

治療管制步驟，包括：

確認該中子束管制步驟被標記為已完成且該迴旋加速器系統的狀態符合治療射束產生條件後，命令該迴旋加速器系統產生第二中子束；

檢查該第二中子束是否滿足治療需求；以及

使該迴旋加速器系統停止輸出該第二中子束後，標記該治療管制步驟已完成。

【請求項9】 如請求項8之射束設備控制方法，其中：

該迴旋加速器系統產生該第一質子束的一質子束產生條件包括：第一法拉第杯開啟，以及第二法拉第杯關閉；

該迴旋加速器系統產生該第一中子束的該中子束產生條件包括：第一法拉第杯開啟，以及第二法拉第杯開啟；以及

該迴旋加速器系統產生該第二中子束的該治療射束產生條件包括：第一法拉第杯開啟，以及第二法拉第杯開啟。

【請求項10】 如請求項8之射束設備控制方法，其中檢查該第一質子束是否滿足第一質子束規格的操作包括檢查第一射束輪廓監控儀以及第二射束輪廓監控儀的測量結果是否符合該第一質子束規格。

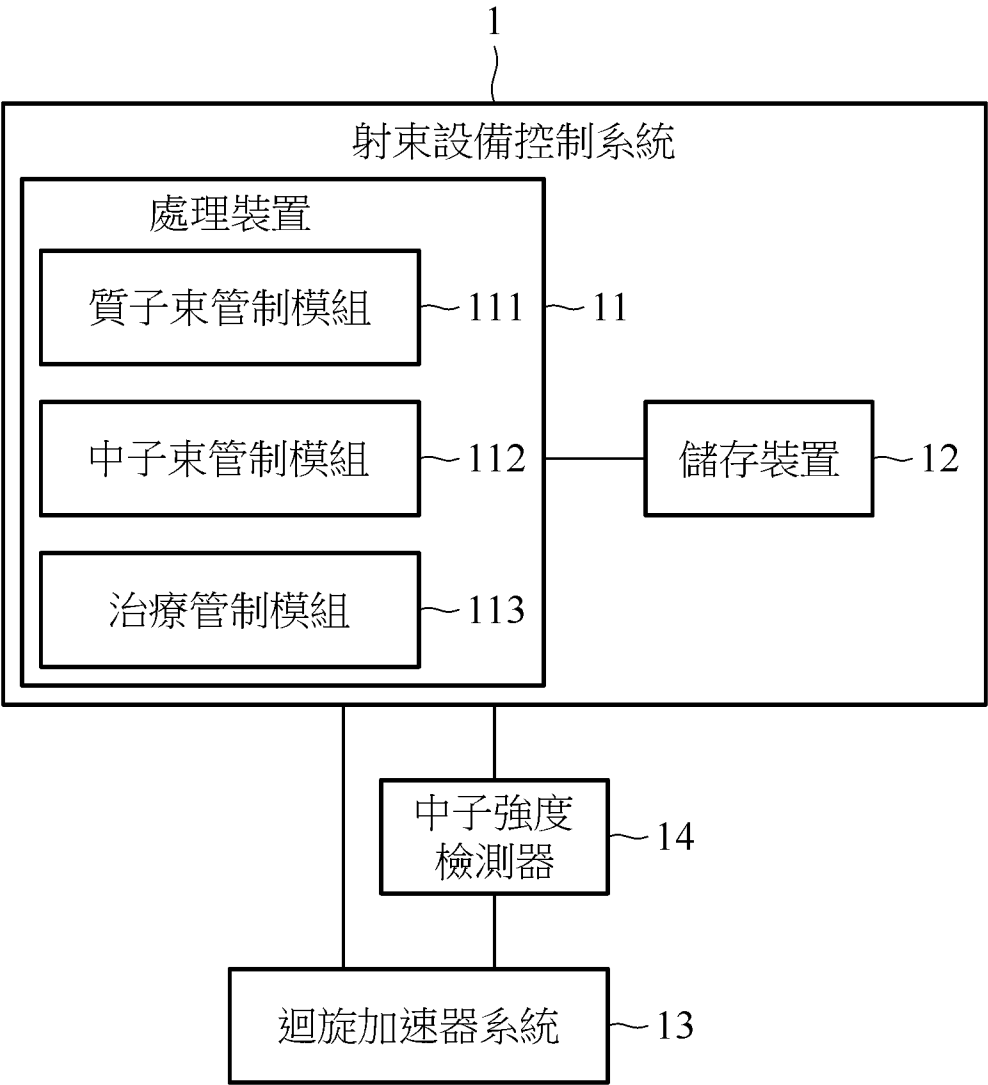
【請求項11】 如請求項8之射束設備控制方法，其中檢查該第一質子束是否滿足第一質子束規格的操作包括檢查第一連續波電流互感器電流值以及第二連續波電流互感器電流值是否符合該第一質子束規格。

【請求項12】 如請求項8之射束設備控制方法，其中檢查該第一中子束是否滿足第一中子束規格的操作，包括檢查一中子強度檢測器的測量結果是否符合該第一中子束規格。

【請求項13】 如請求項8之射束設備控制方法，其中檢查該第二中子束是否滿足治療需求的操作，包括檢查該迴旋加速器系統的中

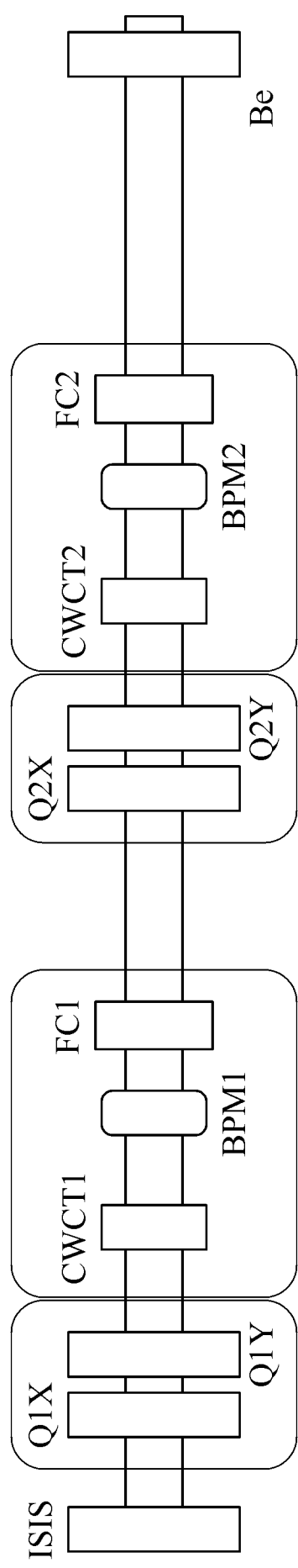
子計數率是否符合一預設中子數量條件。

【請求項14】 如請求項8至13中任一項之射束設備控制方法，在該質子束管制步驟中，在允許質子束產生前，確認是否滿足一安全條件。

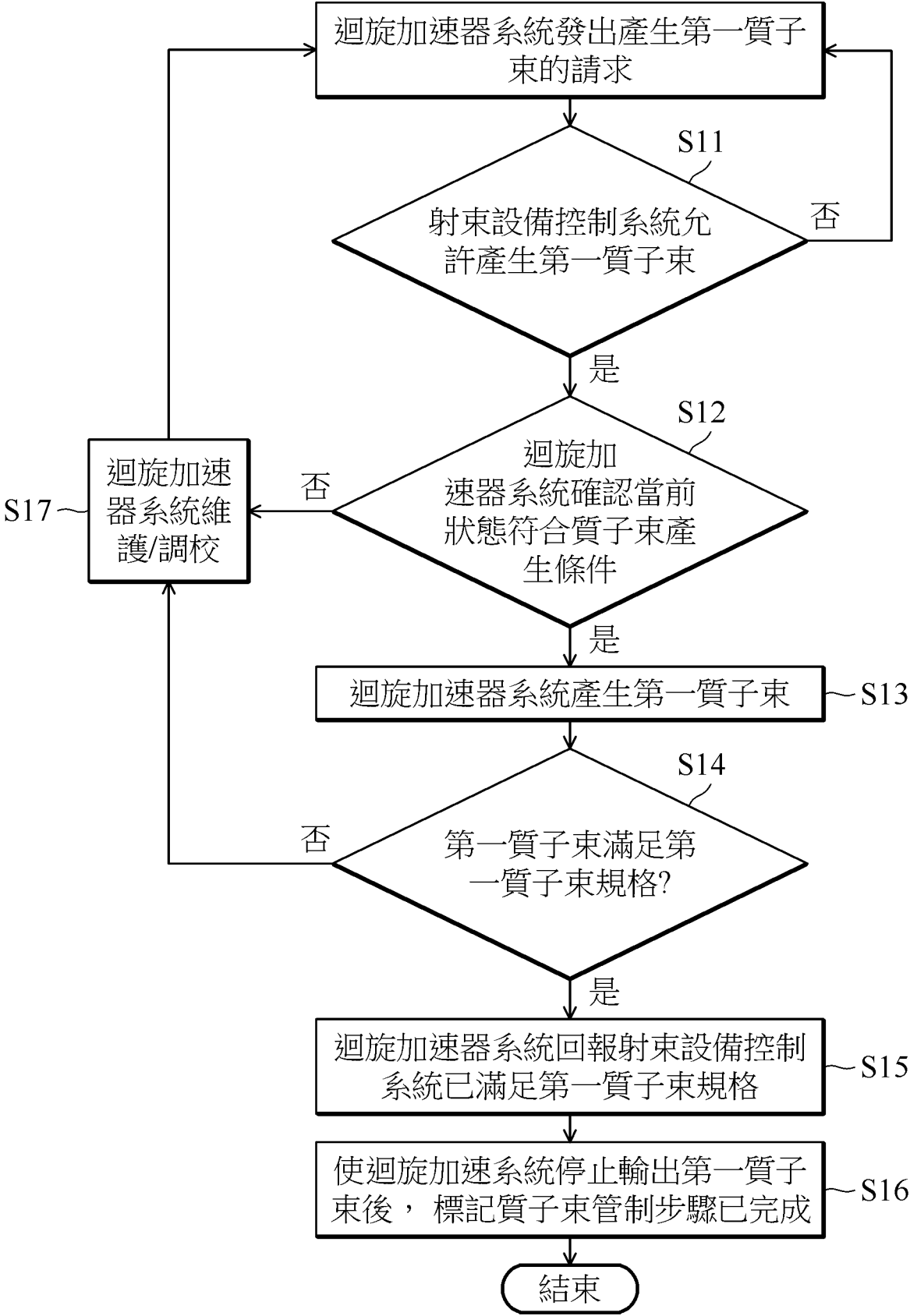


第 1 圖

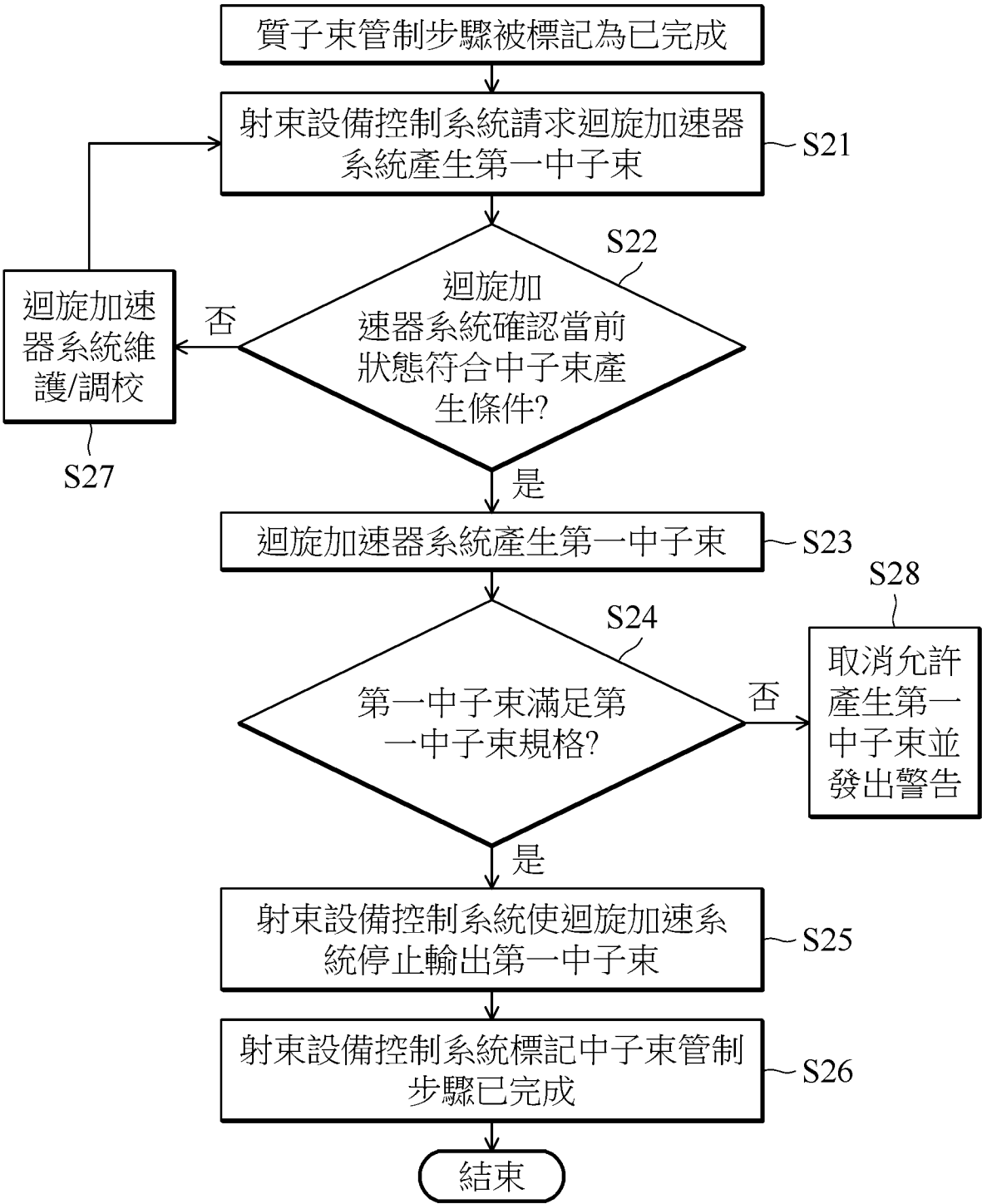
13 ↗



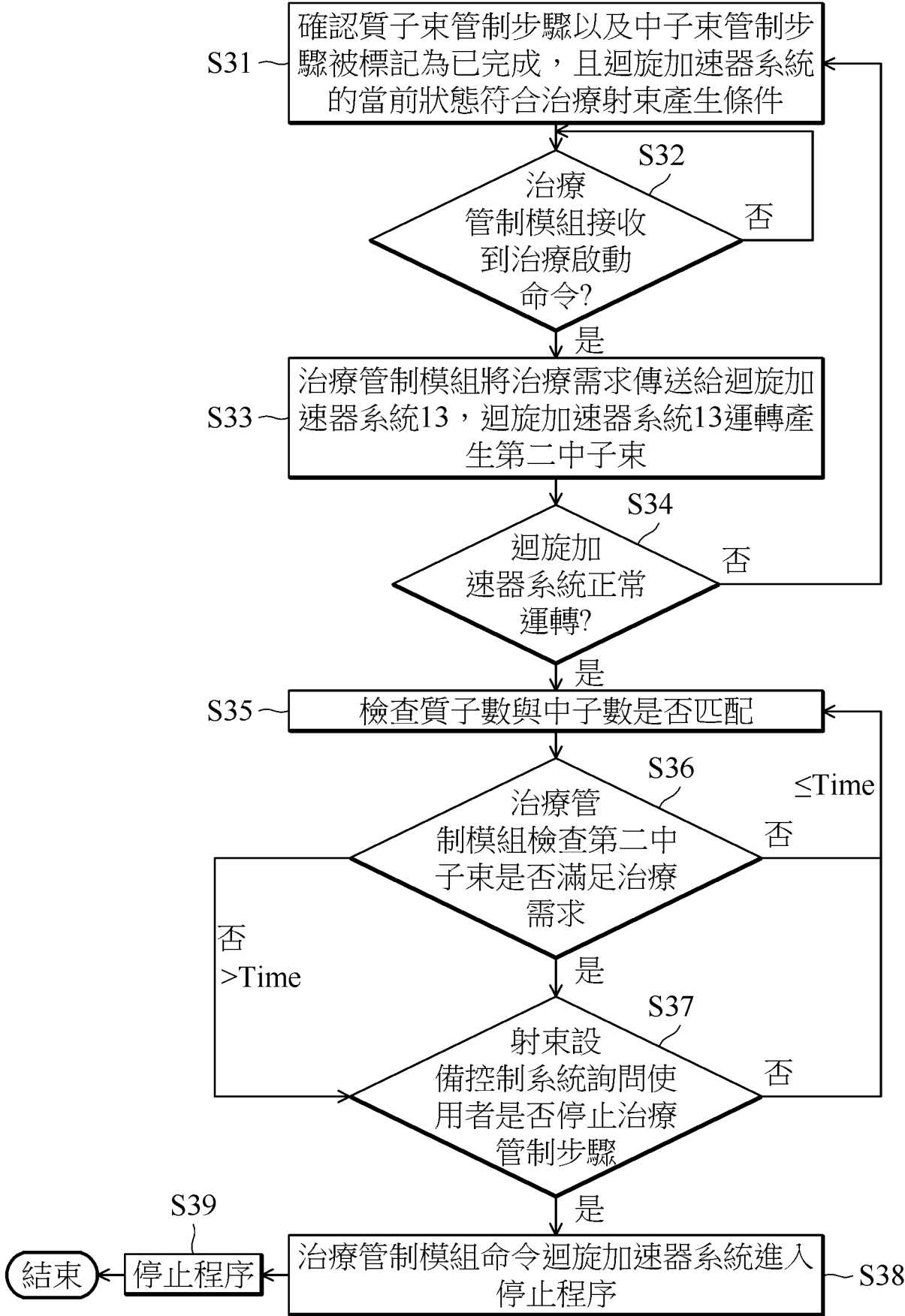
第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖