

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6450211号
(P6450211)

(45) 発行日 平成31年1月9日(2019.1.9)

(24) 登録日 平成30年12月14日(2018.12.14)

(51) Int.Cl.

F I

G 2 1 K	5/08	(2006.01)	G 2 1 K	5/08	R
G 2 1 K	5/04	(2006.01)	G 2 1 K	5/04	A
G 2 1 K	1/02	(2006.01)	G 2 1 K	5/08	C
G 2 1 G	1/10	(2006.01)	G 2 1 K	1/02	C
G 2 1 K	5/00	(2006.01)	G 2 1 G	1/10	

請求項の数 11 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-21963 (P2015-21963)
 (22) 出願日 平成27年2月6日(2015.2.6)
 (65) 公開番号 特開2016-145714 (P2016-145714A)
 (43) 公開日 平成28年8月12日(2016.8.12)
 審査請求日 平成30年1月25日(2018.1.25)

(73) 特許権者 301032942
 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
 (74) 代理人 110000855
 特許業務法人浅村特許事務所
 (72) 発明者 鈴木 寿
 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
 独立行政法人 放射線医学総合研究所内
 (72) 発明者 永津 弘太郎
 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
 独立行政法人 放射線医学総合研究所内
 (72) 発明者 張 明栄
 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
 独立行政法人 放射線医学総合研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動式放射性核種製造用照射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ビームポートを通して加速器からのビームをターゲットに照射して放射性核種を製造する照射装置であって、該照射装置は、

前記ビームポートと接続可能なビームの導入口と、
 前記ビームの形状を最適にするためのコリメータと、
 ターゲットを格納するためのターゲット容器と、
 該ターゲット容器を保持するためのターゲット容器ホルダーと、
 前記ターゲット容器を隔離するターゲットフォイルと
 前記ビームポートの真空を隔離する真空フォイルと

ビーム照射時に発生する熱を除去するための、前記ターゲット容器ホルダーを冷却するための冷却機構と、

ビーム照射時に発生する熱を除去するための、前記ターゲットフォイルと前記真空フォイルを冷却するための冷却機構と、

前記ビーム照射により製造された目的核種を含むターゲットを溶媒により溶液化するための溶解装置と、

放射線を遮蔽可能な容器であって、少なくとも前記ターゲット、前記ターゲット容器、前記コリメータ、前記ターゲットフォイル、前記真空フォイル、前記冷却機構、前記溶解装置を格納し、前記冷却機構と前溶解装置に配管を接続するためのコネクタが設けられた前記遮蔽容器と、

前記遮蔽容器の下部に設けられた、照射装置を床面上で移動させるための移動機構と、
を含み、

前記照射装置が、照射室内の待機位置から前記ビームポートに対応する位置まで前記移動機構により移動可能であり、

前記照射室と遮蔽壁で隔てられたホットセルへ、前記溶解装置から前記目的核種を含んだ溶液を遮蔽された配管で移送可能なようになっている

前記照射装置。

【請求項 2】

前記ターゲット容器ホルダーを冷却するための前記冷却機構に、冷却水を供給、回収するための冷却水装置を前記遮蔽容器内にさらに備えた、請求項 1 に記載の照射装置。

10

【請求項 3】

前記ターゲットフォイルと前記真空フォイルを冷却するための前記冷却機構に、冷却された He または空気を供給、回収するための He (空気) 冷却装置を前記遮蔽容器内にさらに備えた、請求項 1 または 2 に記載の照射装置。

【請求項 4】

前記照射装置内の、前記真空フォイルから前記ビームポート側の所定の空間を真空にするための真空発生装置を、前記遮蔽容器の内部または外部にさらに備えた、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の照射装置。

【請求項 5】

前記移動機構が、前記照射装置の下部に取付けられた車輪、及び該車輪がその上を移動する床面上に設けられたレールである、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の照射装置。

20

【請求項 6】

前記車輪を、前記ビームポートに対応する予め決められた位置に停止させるための位置決め機構が、前記レールにさらに設けられた、請求項 5 に記載の照射装置。

【請求項 7】

前記遮蔽容器と前記移動機構との間に、昇降機構がさらに設けられた、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の照射装置。

【請求項 8】

前記ビームポートが前記照射装置の上部に位置している、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の照射装置。

30

【請求項 9】

ビームポートを通して加速器からのビームをターゲットに照射して放射性核種を製造する方法であって、

照射装置を照射室内の所定の待機位置に準備する工程であって、前記照射装置は、前記ビームポートと接続可能なビームの導入口と、前記ビームの形状を最適にするためのコリメータと、ターゲットを格納するためのターゲット容器と、該ターゲット容器を保持するためのターゲット容器ホルダーと、前記ターゲット容器を隔離するターゲットフォイルと、前記ビームポートの真空を隔離する真空フォイルと、ビーム照射時に発生する熱を除去するための、前記ターゲット容器ホルダーを冷却するための冷却機構と、前記ターゲットフォイルと前記真空フォイルを冷却するための冷却機構と、前記冷却機構にそれぞれの冷却媒体を供給・回収するための随意に備えられた冷却装置と、前記照射装置の所定の空間を真空にするための随意に備えられた真空発生装置と、前記ビーム照射により製造された目的核種を含むターゲットを溶媒により溶液化するための溶解装置と、放射線を遮蔽可能な容器であって、少なくとも前記ターゲット、前記ターゲット容器、前記コリメータ、前記ターゲットフォイル、前記真空フォイル、前記冷却機構、前記溶解装置を格納した前記遮蔽容器と、前記遮蔽容器の下部に設けられた、照射装置を床面上で移動させるための移動機構とを含む、工程と、

40

前記ターゲット容器を前記ターゲット容器ホルダーにセットする工程と、

前記照射装置を、前記ビームポートに対応する位置まで前記移動機構により移動する工程と、

50

前記ビームポートと前記導入口とを接続する工程と、
 前記真空発生装置を起動して前記所定の空間を所定の真空度まで真空にする工程と、
 前記ビームポートの真空シャッターを開いてさらに高真空にする工程と、
 前記冷却装置と前記冷却機構を起動させ、所定の温度にする工程と、
 所定の条件のビーム照射を開始する工程と、
 前記ビーム照射を停止する工程と、
 前記溶解装置を始動して、前記ビーム照射により製造された前記目的核種を含むターゲットを溶媒に溶解させて溶液化した後、配管を介して溶解装置からホットセルへ移送する工程と、

前記冷却装置と前記冷却機構を停止する工程と、
 前記真空発生装置を停止し、前記所定の空間を大気圧へ戻す工程と、
 前記ビームポートと前記導入口との接続を解除する工程と、
 前記照射装置を、前記所定の待機位置まで移動する工程と、
 を含み、

前記各工程の内、前記ビーム照射を開始する工程から前記ビーム照射を停止する工程の間以外の工程は、作業者が前記照射室内で行うことができる、前記放射性核種を製造する方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の構成を有する複数台 (N 台) の照射装置照を、前記照射室内のそれぞれ異なる待機位置に準備する工程と、

その内の 1 つの照射装置について、前記ビームポートに対応する位置で前記ビーム照射を開始して停止する工程まで行った後に、別の照射装置において、前記ビーム照射を開始する工程より前に行う各工程の内実行可能な少なくとも 1 つの工程と、前記ビーム照射を停止する工程まで行った照射装置において、前記ビーム照射を停止する工程の後に行う各工程の内少なくとも 1 つの工程とを平行して行う、請求項 9 に記載の放射性核種を製造する方法。

【請求項 11】

N が 2 または 3 である、請求項 10 に記載の放射性核種を製造する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、様々な短中半減期核種製造を可能とする照射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

放射性核種は陽電子断層撮影法 (PET) や単光子放射断層撮影法 (SPECT) 等の画像診断の他、がん治療を目的とする内用療法等の分野で大きな役割を果たしており、その効率的な製造に関する研究の重要性が増している。特に近年では、上述の応用分野において、 α 線や消滅放射線を放出する短寿命核種 (^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等) だけではなく、 β 線や γ 線を放出する核種、並びに数日から 1 週間程度の比較的長期に渡って観察・治療を行うための中寿命核種の利用に対する要求が高まっている。

【0003】

加速器による放射性核種の製造では、ターゲットを格納した容器に対して、サイクロトロン等の加速器で加速された高速の粒子 (陽子、重陽子、 α 粒子等) のビームを照射し、核変換を行うことで目的の核種を得る。医療用小型加速器等を有し、核医学検査を院内製剤で賄う施設においては、主に短寿命核種の製造が行われており、上述の手段により核種製造が行われる。例えば、一日数種類の核種製造など、短時間のうちに異なる照射を計画した場合、照射はそれぞれのターゲットに対して行う必要があることから、何らかのターゲット選択機構が必要となる。特に、ターゲットを含む照射装置周辺は極めて高線量環境であり、作業者が容易に近寄れないことから、当該機構の遠隔化は必須である。従って、一般的な加速器・照射装置では、それぞれのターゲットが加速器へ固定され、加速器から

10

20

30

40

50

のビームが振り分けられるような構成が採られることが多い。その結果、作業者の被ばく問題を回避することが可能となっている。しかしその反面、製造できる核種の種類は限定されることになる。

【0004】

上述した、加速器からのビームを振り分ける構成の装置の例として、例えば特許文献1には、1台の加速器が出力する荷電粒子ビームの軌道に複数の放射性同位元素製造室を直列に配置し、それぞれに備えられたターゲット駆動機構により照射するターゲットを切り替え、各種用途の放射性同位元素を製造することが記載されている。

【0005】

また、上述した一つのビームポートに対して複数のターゲットを選択できる、いわゆるターゲットセレクターのような機構は既に存在し、実用化されている。例えば特許文献2には、回転可能な固定手段により着脱自在に保持された、複数のターゲット物質の容器のそれぞれに荷電粒子ビームを照射して放射性核種を製造し、この容器内の放射性核種を容器ごと回収手段へ移動させ、これを加熱して容器内の放射性核種を揮発させてこれを回収することができる機能を備えた放射線核種製造装置が記載されている。

10

【0006】

また、本発明の照射装置と同様に移動可能であるという特徴を有した照射装置の例としては特許文献3がある。この例では、放射性核種を必要な場所で製造するために、加速器としてサイクロトロンより軽量であるライナックを運搬車に搭載して移動可能とし、固定された、あるいは同様に運搬車に搭載され移動可能な遮蔽されたターゲット室とを接続させ、照射して放射性核種を製造する方法が開示されている。しかし、その他の特徴については、以下に説明する本発明とは大きく異なるものである。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007 95553号公報

【特許文献2】特開2011 153827号公報

【特許文献3】再表2003 / 81604号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】K. Nagatsu et al. "An alumina ceramic target vessel for the remote production of metallic radionuclides by in situ target dissolution", Nuclear Medicine and Biology, Vol. 39, (2012) pp.1281-1285.

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上述した特許文献1、2に開示されている照射装置では、多様な核種を遠隔的に製造出来る一方、照射容器の破損等、望まない事例が発生した場合、相互に汚染を生じる等、被害が拡大する可能性がある。特に揮発性物質による汚染等の場合は、照射室内全体にも及び甚大な汚染被害が起こり、施設稼働の停止にまで問題が発展する可能性がある。従って、1ターゲットが可能な限り独立化され、省空間で、かつ複数のターゲット選択が可能な照射装置が、安全かつ効率的な核種製造を考えた上で望ましいと考えられる。

40

【0010】

しかしながら、核医学検査用の短半減期核種の製造を目的としている施設においては、ターゲット容器ごとの遮蔽や周辺装置とのアイソレーションなど、照射装置の独立化がなされていない。そのために、1日に数種類の中半減期核種の製造を行う場合や、照射を分割して行う場合などに、作業員の被ばくやトラブル時の周辺環境の汚染などが問題となる。

本発明は短半減期核種を対象とした製造施設や、後半減期核種を連続して数種類製造す

50

る施設などでも安全に、より質の高い核種の製造が可能になる、移動式の照射装置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】

【0011】

本発明による放射性核種製造用照射装置は、
前記ビームポートと接続可能なビームの導入口と、
前記ビームの形状を最適にするためのコリメータと、
ターゲットを格納するためのターゲット容器と、
該ターゲット容器を保持するためのターゲット容器ホルダーと、
前記ターゲット容器を隔離するターゲットフォイルと、
前記ビームポートの真空を隔離する真空フォイルと、
ビーム照射時に発生する熱を除去するための、前記ターゲット容器ホルダーを冷却するための冷却機構と、

10

ビーム照射時に発生する熱を除去するための、前記ターゲットフォイルと前記真空フォイルを冷却するための冷却機構と、

前記ビーム照射により製造された目的核種を含むターゲットを溶媒により溶液化するための溶解装置と、

放射線を遮蔽可能な容器であって、少なくとも前記ターゲット、前記ターゲット容器、前記コリメータ、前記ターゲットフォイル、前記真空フォイル、前記冷却機構、前記溶解装置を格納し、前記冷却機構と前記溶解装置に配管を接続するためのコネクタが設けられた前記遮蔽容器と、

20

前記遮蔽容器の下部に設けられた、照射装置を床面上で移動させるための移動機構と、を含み、

前記照射装置が、照射室内の待機位置から前記ビームポートに対応する位置まで前記移動機構により移動可能であり、

前記照射室と遮蔽壁で隔てられたホットセルへ、前記溶解装置から前記目的核種を含んだ溶液を遮蔽された配管で移送可能なようになっていることを特徴とする。

【0012】

また、本発明の一態様では、前記ターゲット容器ホルダーを冷却するための前記冷却機構に、冷却水を供給、回収するための冷却水装置を前記遮蔽容器内にさらに備えている。

30

【0013】

また、本発明の一態様では、前記ターゲットフォイルと前記真空フォイルを冷却するための前記冷却機構に、冷却されたHeまたは空気を供給、回収するためのHe(空気)冷却装置を前記遮蔽容器内にさらに備えている。

【0014】

また、本発明の一態様では、前記照射装置内の前記真空フォイルから前記ビームポート側の所定の空間を真空にするための真空発生装置を、前記遮蔽容器の内側または外側にさらに備えている。

【0015】

また、本発明の一態様では、前記移動機構が、前記照射装置の下部に取付けられた車輪、及び該車輪がその上を移動する床面上に設けられたレールである。

40

【0016】

また、本発明の一態様では、前記車輪を、前記ビームポートに対応する予め決められた位置に停止させるための位置決め機構が、前記レールにさらに設けられている。

【0017】

また、本発明の一態様では、前記遮蔽容器と前記移動機構との間に、昇降機構がさらに設けられている。

【0018】

また、本発明の一態様では、前記ビームポートが前記照射装置の上部に位置している。

【0019】

50

さらに本発明は、当該照射装置を複数台用いた、製造時間を大幅に短縮させて製造可能な、異なる核種の製造方法も提供する。

【0020】

本発明の放射性核種を製造する方法は、

照射装置を照射室内の所定の待機位置に準備する工程であって、前記照射装置は、前記
 ビームポートと接続可能なビームの導入口と、前記ビームの形状を最適にするためのコリ
 メータと、ターゲットを格納するためのターゲット容器と、該ターゲット容器を保持する
 ためのターゲット容器ホルダーと、前記ターゲット容器を隔離するターゲットフィルムと
 、前記ビームポートの真空を隔離する真空フィルムと、ビーム照射時に発生する熱を除去
 するための、前記ターゲット容器ホルダーを冷却するための冷却機構と、前記ターゲット
 フィルムと前記真空フィルムを冷却するための冷却機構と、前記冷却機構にそれぞれの冷
 却媒体を供給・回収するための随意に備えられた冷却装置と、前記照射装置の所定の空間
 を真空にする随意に備えられた真空発生装置と、前記ビーム照射により製造された目的核
 種を含むターゲットを溶媒により溶液化するための溶解装置と、放射線を遮蔽可能な容器
 であって、少なくとも前記ターゲット、前記ターゲット容器、前記コリメータ、前記ター
 ゲットフィルム、前記真空フィルム、前記冷却機構、前記溶解装置を格納した前記遮蔽容
 器と、前記遮蔽容器の下部に設けられた、照射装置を床面上で移動させるための移動機構
 とを含む、工程と、

10

前記ターゲット容器を前記ターゲット容器ホルダーにセットする工程と、

前記照射装置を、前記ビームポートに対応する位置まで前記移動機構により移動する工
 程と、

20

前記ビームポートと前記導入口とを接続する工程と、

前記真空発生装置を起動して前記所定の空間を所定の真空度まで真空にする工程と、

前記ビームポートの真空シャッターを開いてさらに高真空にする工程と、

前記冷却装置と前記冷却機構を起動させ、所定の温度にする工程と、

所定の条件のビーム照射を開始する工程と、

前記ビーム照射を停止する工程と、

前記溶解装置を始動して、前記ビーム照射により製造された前記目的核種を含むターゲ
 ットを溶媒に溶解させて溶液化した後、配管を介して溶解装置からホットセルへ移送する
 工程と、

30

前記冷却装置と前記冷却機構を停止する工程と、

前記真空発生装置を停止し、前記所定の空間を大気圧へ戻す工程と、

前記ビームポートと前記導入口との接続を解除する工程と、

前記照射装置を、前記所定の待機位置まで移動する工程と、

を含み、

前記各工程の内、前記ビーム照射を開始する工程から前記ビーム照射を停止する工程以
 外の工程は、作業者が照射室内で行うことができることを特徴とする。

【0021】

また、本発明の一態様では、

同様の構成を有する複数台(N台)の照射装置照を、照射室内のそれぞれ異なる待機位
 置に準備する工程と、

40

その内の1つの照射装置について、前記ビームポートに対応する位置で前記ビーム照射
 を開始して停止する工程まで行った後に、別の照射装置において、前記ビーム照射を開始
 する工程より前に行う各工程の内実行可能な少なくとも1つの工程と、前記ビーム照射を
 停止する工程まで行った照射装置において、前記ビーム照射を停止する工程の後に行う各
 工程の内少なくとも1つの工程とを平行して行う、放射性核種を製造する方法である。

【0022】

また、本発明の一態様では、Nは2または3である。

【発明の効果】

【0023】

50

上述のように、照射装置を照射室内に複数台配置することにより、1つのビームポートを用いて多様な核種の製造が可能となる。製造準備のための交換に際しても、各照射装置が遮蔽体を有することから放射線に対する作業環境が改善され、さらに、レールを用いた移動機構により、重量の大きな遮蔽体を有する照射装置を安全かつ容易に選択・移動できる。さらに、核種毎に照射装置を隔離した構造を採用したことにより、故障により汚染事故等が発生した場合でも、汚染は当該装置内に限定することができる。従って、汚染等に対しても、それ以上の拡大を防ぎ、安全な製造環境を構築・維持できると同時に、除染作業等においても作業者の被ばくを大幅に低減することができる。さらに、照射装置内部に化学的処理を可能とする溶解装置を備えることから、部屋間を跨ぐ大掛かりな固体搬送装置などを不要にでき、また、移送時に発生する可能性がある放射性物質の汚染や揮発といった問題も解消される。

10

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明による移動式照射装置の概略的断面図である。

【図2】本発明の実施例による複数の照射装置の全体平面配置図である。

【図3】本発明の別の実施例による複数の照射装置の全体平面配置図である。

【図4】従来の照射装置の操作工程である。

【図5】本発明の照射装置の操作工程である。

【図6】従来の方法による複数の照射装置の操作工程である。

【図7】本発明の方法による複数の照射装置の操作工程である。

20

【図8】本発明の方法による複数の照射装置の別の操作工程である。

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【0025】

以下、図1を参照しながら本発明による照射装置100について説明する。なお、図面は見やすくするために模式的に示し、各構成要素の寸法や比率、左右の位置などは実際の形態とは適宜異ならせて示している。

【0026】

(実施例1)

図1は本発明の実施例による、照射装置の横断面図を示す。照射装置100は、例えば短寿命核種(^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等)を製造するための照射ターゲットを格納するターゲット容器10、これを保持するためのターゲットホルダー12、ビーム照射時に冷却水を通してターゲット容器10を冷却する冷却機構14、照射装置の最上部に設けられた、上方向からの照射ビームの導入口20、ビームが通る空間を真空に排気するための粗引き用の真空発生装置(ポンプ)22、ビーム形状を最適化するためのコリメータ30、前記ビームポートの真空から隔離する真空フィルム32、前記ターゲット容器10を隔離するターゲットフィルム42、ビーム照射時に発生する熱を除去するための、前記真空フィルム32及び前記ターゲットフィルム42を冷却するためのHe(空気)冷却機構40、及び前記ターゲット容器10を冷却するために冷却水を循環させるための冷却機構14、ターゲットにビームを照射後、製造した目的核種を溶媒により溶液化する化学処理を行うためのターゲット溶解装置50から構成され、これらの構成要素が前記導入口20以外、鉛を使用した遮蔽容器60の中に格納されている。

30

40

【0027】

また、この遮蔽容器60の側面には、冷却機構40にHeまたは空気を循環させるための入口コネクタ44、及び出口コネクタ46、冷却機構14に水を循環させるための入口コネクタ16、及び出口コネクタ18、そしてターゲット溶解装置50へ溶媒を供給するための入口コネクタ52、及び溶解した目的核種を外部へ取り出すための出口コネクタ54が設けられており、それぞれに配管またはチュービングが手動または自動で脱着される。さらに、これらの機構を動作させるための電気系コネクタ(図示せず)も設けられている。なお、これらのコネクタの設置位置は遮蔽容器60の側面には限定されず、それぞれ

50

任意好適な位置とすることができる。

【0028】

ビームポート90に対応する位置へ照射装置を固定した後は、真空シャッター94を閉じた状態で導入口20とビームポート先端のフランジ96を接続した後、導入口20からビームが通過するコリメータ30の中心部、及び真空フィルム32までの空間を、真空ポンプ22を用いて $\sim 10^{-3}$ Torr程度の真空まで粗引きする。ビームポート90は真空ポート92からターボ分子ポンプなどによって排気されており、真空シャッター94が開かれ、前記空間もより高真空化される。また真空フィルム32とターゲットフィルム42の間の空間48は、これらのフィルムの冷却のため、約1気圧の冷却されたHeまたは空気が循環している。

10

【0029】

ターゲット溶解装置50は、電磁弁、ガラス容器、フィルタ等から構成され、ビームが照射され製造された目的核種が入ったターゲット容器10に、溶解装置50から配管(チュービング)56を通して濃硝酸(あるいは濃塩酸)を送り、ターゲット容器10内で目的核種を溶解し、硝酸塩を含む溶液をチュービング58を通して溶解装置50へ回収して化学処理した後、出口コネクタ54より照射装置の外部へ取り出しホットセルへ移送される。ターゲット容器内でこのような強酸による溶解を行うには、ターゲット容器10はセラミック製であることが必須であり、これについては発明者等による非特許文献1に詳細に記載されている。溶液をホットセルへ移送する配管は放射線を遮蔽できる構造となっている。なお、この目的核種を移送する方法は、このような溶液化する方法には限定されず、これを加熱して気化させて照射装置からホットセルへ移送してもよい。

20

【0030】

遮蔽容器60の下部には、本照射装置100をビームポートに取り付ける時に、重量のある遮蔽容器を上下させるための昇降機構70がさらに設けられており、またそのさらに下部には、照射装置100をレール80で移動させるための車輪72が設けられている。レール80には、ビームポート直下、あるいはその他の所定の位置で照射装置100を停止、固定させるための簡易的な位置決め機構82を設けてもよい。なお、ビームポートは本実施例では天井から下方向へ向いていることを想定しているが、照射装置の容器の内部の上述の構成要素を横向きに配列すれば、壁面からの横方向のビームポートにも対応させることができる。照射装置100を移動させるための移動機構は上述の車輪、レールには限定されず、タイヤ、キャタピラ等を用いることもできる。

30

【0031】

上記実施例による照射装置100では、真空発生装置(ポンプ)22は遮蔽容器60の中に固定された構成としているが、照射装置の遮蔽容器の外側に固定してもよく、あるいは照射室内に設置し、使用時に真空ポート24に接続して用いてもよい。また上記実施例による照射装置では、冷水を供給・回収する冷却水装置、冷却されたHeまたは空気を供給・回収するHe(空気)冷却装置は照射室内に設置し、照射装置の使用時に配管、チュービングで照射装置に接続する構成としているが、両方またはいずれか一方を遮蔽容器60の中に設置してもよい。

(実施例2)

40

【0032】

図2は、照射室内に本発明の照射装置が複数台(3台)配置された場合の概略的平面図を示す。照射室200は厚い遮蔽壁250によりホットラボ260と仕切られている。ホットラボ260内には、遮蔽壁250に接して、製造した目的核種の溶液をさらに処理するためのホットセル261、262、263が配置されている。

【0033】

照射室内の床面上には、放射線ビームを天井から直下に照射するビームポート210を中心にして図2の上下方向、および左右方向にレール280が設置されており、照射装置201、202、203が、それぞれの待機位置(実線表示)とビーム照射位置(破線表示)との間を手動または自動で移動できるようになっている。照射室内には、さらに冷却

50

水装置 220 及び He (空気) 冷却装置 230 が設置されており、配管を照射装置に接続して、それぞれ冷却水、冷却された He または空気を供給・回収している。

【0034】

例えば照射装置 201 を用いて放射性核種を製造する場合、照射装置 201 の待機位置 (実線表示) において、ターゲット容器ホルダーの中に目的の核種を得るための物質が入ったターゲット容器 10 をセット (新規または交換) した後、ビームポートを接続する位置 210 まで照射装置 201 を移動させる。昇降機構 70 を上昇させて、照射装置 201 の照射ビームの導入口 20 のフランジとビームポート先端のフランジ 96 とを接続し、真空ポンプ 22 により粗引きした後、真空シャッター 94 を開いて高真空雰囲気とする。また、ターゲット foil 42 冷却用の入口コネクタ 44、出口コネクタ 46、ターゲット容器冷却用入口コネクタ 16、出口コネクタ 18 に冷却水装置 220 及び He (空気) 冷却装置 230 からの配管を手動または自動で接続する。また、ターゲット溶解装置 50 用の入口コネクタ 52、出口コネクタ 54 のそれぞれには配管 240 を接続する。そして照射装置 201 が所定の温度、真空度へ達した後、ビームを所定の時間照射して目的の放射性核種を製造する。ビーム照射が終了したら、各冷却系・真空系の動作の停止、各冷却系配管の接続解除、照射装置内のターゲット溶解装置 50 での目的核種の化学処理、配管 240 を用いての目的核種を含む溶液のホットセル 261 への移送、ビームポート 210 との接続解除、昇降機構 70 の下降、位置決め機構 82 の解除を行い、装置を待機位置 201 へ戻す。

(実施例 3)

【0035】

図 3 は、本発明の別の実施例による概略的平面図を示したものである。本実施例では各照射装置 301、302、303 が冷却水装置 321、322、323、He (空気) 冷却装置 331、332、333 をそれぞれ備えている。その他は図 2 の例と同様であるので説明は省略する。このような構成にすることによって配管を接続する時間をより短縮することができる。

(複数の照射装置を用いる操作工程)

【0036】

図 2 の実施例に戻ると、上述の作業を照射装置 202、照射装置 203 についても順次同様に行なえば、同じ核種または異なる種類の目的核種を順次製造することができる。しかし本発明では、以下に説明するように 2 台の照射装置の作業の一部を照射室内で平行して行うことができる。

【0037】

図 4 に従来の照射装置の操作工程を、図 5 に本発明の照射装置の操作工程を示す。主な工程は、(S-01) 照射室内の装置用待機位置で照射装置を待機させる工程、(S-02) 装置へターゲットをセットする工程、(S-03) 照射装置を照射室内のビームポート位置へ移動させる工程、(S-04) 照射装置のビームポートへの接続、(S-05) 真空系・冷却系の起動、(S-06) ビーム照射開始、(S-07) ビーム照射終了、(S-08) 真空系・冷却系の停止、(S-09) ビーム照射により目的核種を含むターゲットを照射装置内で溶液化処理する工程、(S-10) 照射装置からホットセルへ配管により溶液を移送する工程、(S-11) 照射装置のビームポートとの接続解除、(S-12) 照射装置を装置用待機位置へ移動させる工程である。なお (T-13) は操作工程ではないが、製造核種が自然崩壊により放射線を放出して減衰する期間を示す。

【0038】

照射装置が遮蔽容器に囲まれていない従来の照射装置では、図 4 の右欄に示すように、ビーム照射する前までの (S-05) までは、作業者は照射室へ立ち入ることができるが、(S-06) から (S-07) のビーム照射中、及び照射後の (S-08) 真空系・冷却系停止から (T-13) 製造核種の減衰の間も、製造した放射性核種から放射される放射線のため、製造核種が減衰して許容レベル以下になるまで照射室へ立ち入ることはできない。

10

20

30

40

50

【0039】

これに対して、図5の右欄に示すように、本発明の照射装置は、照射装置の構成要素の大部分が放射線を遮蔽する遮蔽容器60に格納されており、さらに、装置～ホットセル間の溶液の移送に用いる配管も遮蔽されているので、製造した放射性核種からの放射線は遮蔽されている。このため、本発明の照射装置では、ビーム照射の終了後、即ち(S-08)真空系・冷却系停止以降の各工程は、作業者が照射室へ入って行うことが可能となる。

【0040】

次に、従来の遮蔽容器を備えていない照射装置を複数台稼働させた場合について説明する。図6に示すように、照射装置1の上記工程(S-01)～(S-12)が完全に終了して(T-13)が所定の時間経過した後、照射装置2の工程を同様に行い、その終了後、照射装置3の工程(図示せず)を行う、というように作業を直列に行う必要がある。この場合、全製造時間は各装置の製造時間の和となる。

(実施例4)

【0041】

これに対して、本発明の照射装置を用いた工程を図7に示す。なお、2台同時に行うことができない工程は太線で囲ってある。照射装置1のビーム照射後の(S-08)から(S-12)装置用待機位置への移動の工程は、1人または複数の作業者が照射室内に入ることができるので、その間に、照射装置2の工程の内、(S-01)から(S-03)照射装置をビームポート位置へ移動させる工程を、照射装置1の工程と平行して行うことができる。同様にして、照射装置2のビーム照射後の(S-08)から(S-12)の工程は照射室内に入ることができるので、その間に照射装置3の工程の内、(S-01)から(S-03)の工程を照射装置2の工程と平行して行うことができる。このように本発明の照射装置を用いれば、複数の照射装置を操作させる場合でも、全体の製造時間を各装置の製造時間の和よりも大幅に短縮させることが可能となる。

(実施例5)

【0042】

図8は本発明による複数の照射装置を用いた操作の別の例を示す。本操作例は、実施例3とは(S-08)真空系・冷却系停止の後の工程が異なり、その次に(S-11)照射装置のビームポートからの接続解除を行い、(S-12)照射装置を装置用待機位置へ移動させる工程の後、(S-09)ビーム照射により目的核種を含むターゲットを照射装置内で溶液化処理する工程、引き続き、(S-10)照射装置からホットセルへ配管を用いて溶液を移送する工程を行う。このような順序で操作を行った場合は、照射装置1のビーム照射後の(S-08)真空系・冷却系の停止から(S-10)照射装置からホットセルへ配管を用いて溶液を移送する工程は、1人または複数の作業者が照射室内に入ることができるので、その間に、照射装置2の工程の内、(S-01)から(S-05)真空系・冷却系起動の工程を、照射装置1の工程と平行して行うことができる。これを照射装置3についても同様に行うことにより、製造時間を実施例4の例よりもさらに短縮することが可能となる。

【0043】

上述の実施例では説明の都合上、複数の照射装置を同じ順序の工程で操作させる例について述べたが、当然のことながら、異なる半減期の核種の製造計画・使用計画等に従って、必要に応じて、複数の照射装置をそれぞれ異なる順序の工程で操作してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明によれば、安全に、かつ従来より短時間で短中半減期核種が製造できるので、本発明は、短中半減期核種を用いる放射性検査薬などの開発のみならず、内用療法など核医学の分野にも適用できる。

【符号の説明】

【0045】

100、201、202、203、301、302、303 照射装置

10

20

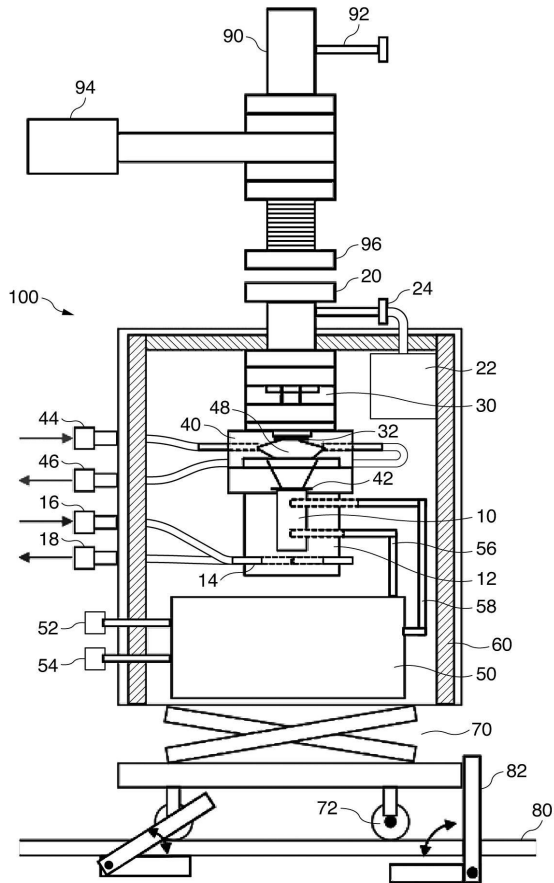
30

40

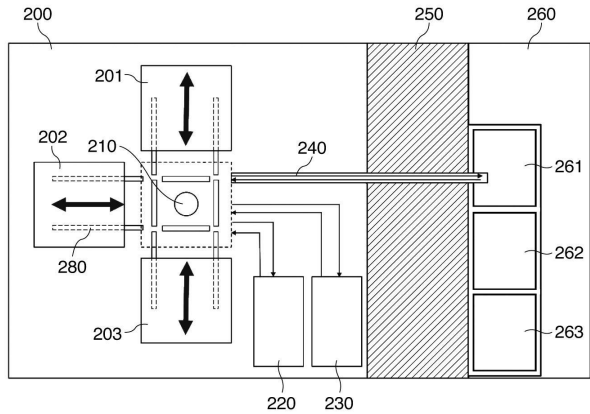
50

1 0	ターゲット容器	
1 2	ターゲットホルダー	
1 4	冷却機構	
1 6	冷却水用入口コネクタ	
1 8	冷却水用出口コネクタ	
2 0	ビーム導入口	
2 2	真空ポンプ	
3 0	コリメータ	
3 2	真空フォイル	
4 0	ターゲットフォイル冷却機構	10
4 2	ターゲットフォイル	
4 4	He (空気) 用入口コネクタ	
4 6	He (空気) 用出口コネクタ	
5 0	ターゲット溶解装置	
5 2	溶解装置用入口コネクタ	
5 4	溶解装置用出口コネクタ	
5 6、5 8	配管あるいはチュービング	
6 0	遮蔽容器	
7 0	昇降機構	
7 2	車輪	20
8 0、2 8 0、3 8 0	レール	
8 2	位置決め機構	
9 0	ビームポート	
9 2	真空ポート	
9 4	真空シャッター	
9 6	フランジ	
2 0 0、3 0 0	照射室	
2 1 0、3 1 0	ビームポート	
2 4 0、3 4 0	配管あるいはチュービング	
2 5 0、3 5 0	遮蔽壁	30
2 6 0、3 6 0	ホットラボ	
2 6 1、2 6 2、2 6 3、3 6 1、3 6 2、3 6 3	ホットセル	
2 2 0、3 2 1、3 2 2、3 2 3	冷却水装置	
2 3 0、3 3 1、3 3 2、3 3 3	He (空気) 冷却装置	

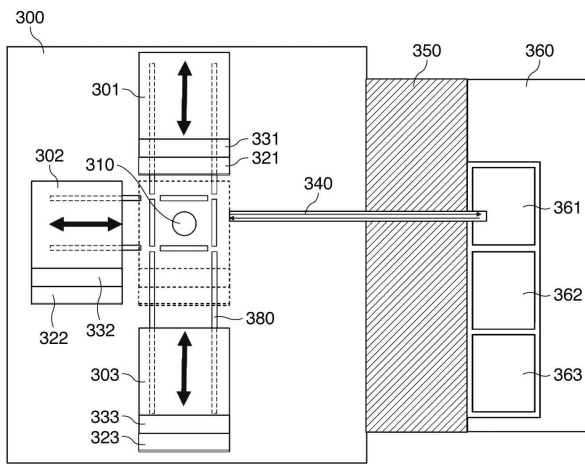
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

工程No	照射装置操作工程	照射室への立入り
S-01	照射室内の装置用待機位置で待機	可
S-02	装置へターゲットのセット	
S-03	装置を照射室内のビームポート位置へ移動	
S-04	装置をビームポートへ接続	
S-05	真空系・冷却系起動	不可
S-06	ビーム照射開始	
S-07	ビーム照射終了	
S-08	真空系・冷却系停止	
S-09	装置での照射後のターゲットの処理	
S-10	装置～ホットセル間の溶液の移送	
S-11	装置のビームポートとの接続解除	
S-12	装置を照射室内の待機位置へ移動	
T-13	製造核種の減衰	

【 図 5 】

工程No	照射装置操作工程	照射室への立入り
S-01	照射室内の装置用待機位置で待機	可
S-02	装置へターゲットのセット	
S-03	装置を照射室内のビームポート位置へ移動	
S-04	装置をビームポートへ接続	
S-05	真空系・冷却系起動	
S-06	ビーム照射開始	不可
S-07	ビーム照射終了	可
S-08	真空系・冷却系停止	
S-09	装置での照射後のターゲットの処理	
S-10	装置～ホットセル間の溶液の移送	
S-11	装置のビームポートとの接続解除	
S-12	装置を照射室内の待機位置へ移動	

【 図 6 】

照射装置1	照射装置2
S-01	
S-02	
S-03	
S-04	
S-05	
S-06	
S-07	
S-08	
S-09	
S-10	
S-11	
S-12	
T-13	

S-01
S-02
S-03
S-04
S-05
S-06
S-07
S-08
S-09
S-10
S-11
S-12
T-13

【 図 7 】

照射装置1	照射装置2	照射装置3
S-01		
S-02		
S-03		
S-04		
S-05		
S-06		
S-07		
S-08		
S-09		
S-10	S-01	
S-11	S-02	
S-12	S-03	
	S-04	
	S-05	
	S-06	
	S-07	
	S-08	
	S-09	
	S-10	S-01
	S-11	S-02
	S-12	S-03
		S-04
		S-05
		S-06
		S-07
		S-08
		S-09
		S-10
		S-11
		S-12

【 図 8 】

照射装置1	照射装置2	照射装置3
S-01		
S-02		
S-03		
S-04		
S-05		
S-06		
S-07		
S-08	S-01	
S-11	S-02	
S-12	S-03	
S-09	S-04	
S-10	S-05	
	S-06	
	S-07	
	S-08	S-01
	S-11	S-02
	S-12	S-03
	S-09	S-04
	S-10	S-05
		S-06
		S-07
		S-08
		S-11
		S-12
		S-09
		S-10

フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I		
G 2 1 K	5/10	(2006.01)	G 2 1 K	5/00	C
			G 2 1 K	5/10	Z
			G 2 1 K	5/10	F

審査官 右 高 孝幸

- (56) 参考文献 特開2004-198236 (J P , A)
特開2005-283137 (J P , A)
特開2007-95553 (J P , A)
特開2013-238515 (J P , A)
特開2012-181145 (J P , A)
国際公開第2003/081604 (WO , A 1)
国際公開第2012/039036 (WO , A 1)

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 2 1 K 5 / 0 8
G 2 1 G 1 / 1 0
G 2 1 K 1 / 0 2
G 2 1 K 5 / 0 0
G 2 1 K 5 / 0 4
G 2 1 K 5 / 1 0