

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6276745号  
(P6276745)

(45) 発行日 平成30年2月7日(2018.2.7)

(24) 登録日 平成30年1月19日(2018.1.19)

(51) Int.Cl.	F I
<b>G 2 1 K 5/08 (2006.01)</b>	G 2 1 K 5/08 B
<b>H 0 5 H 6/00 (2006.01)</b>	H 0 5 H 6/00
<b>H 0 5 H 13/00 (2006.01)</b>	H 0 5 H 13/00
<b>G 2 1 G 1/10 (2006.01)</b>	G 2 1 G 1/10
	G 2 1 K 5/08 R

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-245775 (P2015-245775)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成27年12月17日(2015.12.17)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(62) 分割の表示	特願2013-506159 (P2013-506159) の分割		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123 45、スケネクタディ、リバーロード、1 番
原出願日	平成23年3月23日(2011.3.23)	(74) 代理人	100137545
(65) 公開番号	特開2016-35478 (P2016-35478A)		弁理士 荒川 聡志
(43) 公開日	平成28年3月17日(2016.3.17)	(74) 代理人	100105588
審査請求日	平成27年12月17日(2015.12.17)		弁理士 小倉 博
(31) 優先権主張番号	12/763,049	(74) 代理人	100129779
(32) 優先日	平成22年4月19日(2010.4.19)		弁理士 黒川 俊久
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アイソトープ生成システム用の自己シールドターゲット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アイソトープ生成システムのためのターゲットであって、  
荷電粒子ビームをその内部の通路に受け入れる、アルミニウムの密度値よりも高い密度値を有するシールド材料で形成されたフロントハウジング(302)と、  
前記フロントハウジング(302)の通路に整列する通路を有し、アルミニウムの密度値よりも高い密度値を有するシールド材料で形成された中間ハウジング(304)と、  
前記中間ハウジング(304)の通路に整列する通路を有し、アルミニウムの密度値よりも高い密度値を有するシールド材料で形成されたリアハウジング(306)と、  
前記フロントハウジング(302)と前記中間ハウジング(304)の間に配置され、且つ前記荷電粒子ビームが通過することにより放射線を発生させる第1の箔(340)と、  
前記中間ハウジング(304)と前記リアハウジング(306)の間に配置され、且つ前記荷電粒子ビームが通過することにより放射線を発生させる第2の箔(328)と、  
その少なくとも一部が前記リアハウジング(306)内に配置され、ターゲット物質を保持し、前記第1及び第2の箔(340、328)を通過した前記荷電粒子ビームから荷電粒子を受け取るキャビティ(318)と、  
前記フロントハウジング(302)と前記中間ハウジング(304)の間に配置され、且つ前記フロントハウジング(302)と前記中間ハウジング(304)とを整列させる第1の整列部材と、  
前記中間ハウジング(304)と前記リアハウジング(306)の間に配置され、且つ前

10

20

記中間ハウジング(304)と前記リアハウジング(306)とを整列させる第2の整列部材と、

前記フロントハウジング(302)と前記中間ハウジング(304)と前記リアハウジング(306)とを連結するファスナ(308)と、

を備える、ターゲット。

【請求項2】

前記ファスナが複数のスクリューを含み、

前記中間ハウジング(304)と前記リアハウジング(306)のそれぞれが前記複数の複数のスクリューを受ける複数の開口(360)を有し、

前記フロントハウジング(302)が複数のボア(362)を有し、

前記複数のスクリューの先端が複数のボア(362)に固定され、

さらに、前記複数のスクリューを受け入れ、前記中間ハウジング(304)と前記リアハウジング(306)の間に配置される複数のシールリング(358)と、

前記キャピティ(318)と複数の開口(314)とを有するターゲット本体(320)と、

を備える、請求項1に記載のターゲット。

【請求項3】

アイソトープ生成システムであって、

磁石ヨークを含み且つ加速室を有する加速器を備えるサイクロトロンと、

前記加速室に隣接し又は前記加速室からある距離で配置された請求項1または2に記載のターゲットと、

を備え、

前記サイクロトロンが、粒子ビームを前記加速室から前記ターゲットに配向するよう構成されている、アイソトープ生成システム。

【請求項4】

複数の前記ターゲットを備えるターゲットシステムを含む、請求項3に記載のアイソトープ生成システム。

【請求項5】

前記サイクロトロン及び前記ターゲットの動作を制御する制御システムと、

前記サイクロトロン及び前記ターゲットへ作動流体を輸送し、前記サイクロトロン及び前記ターゲットの熱を吸収する冷却システムとを含む、請求項3または4に記載のアイソトープ生成システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示される主題は、全体的に、アイソトープ生成システムに関し、より詳細には、アイソトープ生成システムのターゲットのシールド(遮蔽)に関する。

【背景技術】

【0002】

ラジオアイソトープ(放射性同位体、放射性核種とも呼ぶ)は、医学的治療、イメージング及び研究における幾つかの用途、並びに医療関連以外の他の用途を有する。放射性同位体を生成するシステムは、典型的には、サイクロトロンのような粒子加速器を含み、この粒子加速器は、加速室を囲む磁石ヨークを有する。加速室は、互いに離間して配置された対向する磁極頂部を含むことができる。磁極間で螺旋状の軌道に沿って荷電粒子を加速し誘導するために、加速室内に電場及び磁場を発生させることができる。ラジオアイソトープを生成するために、サイクロトロンは、荷電粒子のビームを形成して該粒子ビームを加速室から外部に放出し、ターゲット材料(出発材料とも呼ぶ)を有するターゲットシステムに向けて配向する。粒子ビームは、ターゲット材料上に入射し、これによりラジオアイソトープが生成される。

10

20

30

40

50

## 【0003】

アイソトープ生成システムの作動中、典型的には大量の放射線（すなわち、近隣の人々にとって健康に害のあるレベルの放射線）がターゲットシステム内、及びこれとは別にサイクロトロン内で生成される。例えば、ターゲットシステムにおいて、ビームがターゲット材料に入射したときに中性子及びガンマ線からの放射線が発生する可能性がある。サイクロトロンでは、加速室内のイオンが内部のガス粒子と衝突し、加速室内の電場及び磁場の影響をもはや受けられない中性粒子になることができる。次いで、これらの中性粒子は、加速室の壁にも衝突し、2次ガンマ線を生成する可能性がある。

## 【0004】

従って、陽電子放出断層撮影（PET）応用などのラジオアイソトープの生成中、出発材料（ターゲットシステム内に閉じ込められている）は通常、高エネルギー粒子で照射される。従って、ターゲットシステム並びに該ターゲットシステムを構築するのに使用される材料もまた、高エネルギー粒子に曝されて高放射能のものとなる。ターゲットシステムの高放射化は、許容可能な放射線レベルに低下するまで待機する必要があり、少なくとも24時間を要する可能性がある。機器の保守整備及び取り扱いに多大な時間及びコストがかかる。この時間期間を経た後でも、法律によって放射線被曝レベルが厳密に規定されているので、システムの適用時に予防措置が必要となる。すなわち、保守要員がすぐに年間最大限度に達する可能性がある。この種の機器の保守整備は困難である。従って、一人当たりの放射線量負荷を低減するために、比較的多数の人々にこの放射線量を適切なレベルまで分担させることが必要となる可能性がある。

## 【0005】

近隣の人々（例えば、病院の職員又は患者）を放射線から保護するために、アイソトープ生成システムは、シールド材を用いて放射線を減衰又は遮断することができる。従来のアイソトープ生成システムにおいて、放射線（例えば、放射線漏れ）のシールドは、サイクロトロン及びターゲットシステムの両方を囲む大量のシールドを追加することによって対処されていた。しかしながら、大量のシールド材は、コストがかかり、アイソトープ生成システムが設置されることになる部屋には過度の重量となる場合がある。大量のシールド材に対する代替として、又はこれに加えて、アイソトープ生成システムは、特別に設計された1又は複数の部屋に設置することができる。例えば、サイクロトロン及びターゲットシステムは、別個の部屋にあるか、両方を隔てる大きな壁を有することができる。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開2009052628A1明細書

## 【発明の概要】

## 【0007】

種々の実施形態によれば、アイソトープ生成システム用の自己シールドターゲットが提供される。ターゲットは、ターゲット材料を包むように構成され且つ荷電粒子ビームの通路を有する本体と、本体内にある構成要素とを含み、荷電粒子ビームが構成要素内に放射線を誘導する。加えて、本体の少なくとも一部が、構成要素をシールドするためにアルミニウムの密度値よりも大きな密度値を有する材料から形成される。

## 【0008】

別の種々の実施形態によれば、加速器を含むアイソトープ生成システムが提供される。加速器は、磁石ヨークを含み、また、加速室を有する。アイソトープ生成システムは更に、加速室に隣接し又は加速室からある距離で配置されたターゲットシステムを含む。サイクロトロンは、粒子ビームを加速室からターゲットシステムに配向するよう構成される。ターゲットシステムは、ターゲット材料を保持するよう構成され且つターゲットシステム内で1つ又はそれ以上の放射化部品からの放射線を減衰するよう自己シールドされており、ターゲットシステムは更に、ターゲット材料を包む1つ又はそれ以上のハウジング部分を含み、ハウジング部分の少なくとも1つが、放射化部品と整列され且つアルミニウムよ

10

20

30

40

50

りも大きな密度を有する材料から形成されている。

【0009】

更に別の種々の実施形態によれば、アイソトープ生成システムのためのシールドされたターゲットを生成する方法は、ターゲットハウジングの1つ又はそれ以上の部分を  $5 \text{ g/cm}^3$  よりも大きな密度値を有する材料から形成するステップを含む。本方法は更に、ターゲットハウジングの部分の少なくとも1つで放射性活性構成要素を包むステップを含む。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】種々の実施形態に従って形成された自己シールドターゲットシステムを有するアイソトープ生成システムのブロック図。

10

【図2】種々の実施形態に従って形成されたターゲットシステムのターゲット本体の斜視図。

【図3】図2のターゲット本体の別の斜視図。

【図4】内部の構成要素を示す、図2のターゲット本体の分解図。

【図5】内部の構成要素を示す、図2のターゲット本体の別の分解図。

【図6】種々の実施形態に従って形成された、自己シールドターゲット構成の簡易ブロック図。

【図7】種々の実施形態による、アイソトープ生成システムにおいて自己シールドターゲットを提供する方法のフローチャート。

20

【発明を実施するための形態】

【0011】

上述の概要並びに特定の実施形態に関する以下の詳細な説明は、添付図面を参照しながら読むとより理解されるであろう。各図が種々の実施形態のブロック図を例示している範囲では、これらのブロックは、必ずしもハードウェア間の分割を示す訳ではない。従って、例えば、これらのブロックの1つ又はそれ以上は、単一部品のハードウェア又は複数部品のハードウェアで実施することができる。種々の実施形態は、図面に示された構成及び手段に限定されるものではない。

【0012】

本明細書で使用する場合に、前に数詞のない要素又はステップの表現は、そうではないことを明確に述べていない限り複数のそのような要素又はステップの存在を排除するものではないものと理解されたい。更に、本発明の「1つの実施形態」という表現は、記載された特徴要素を組み込む追加の実施形態の存在を排除するものとして解釈されることを意図するものではない。その上、そうではないことを明記しない限り、特定の特性を有する1つ又は複数の要素を「備える」、「含む」又は「有する」実施形態は、その特性を有しないそのような追加的な要素を含むことができる。

30

【0013】

種々の実施形態は、ターゲットシステムの一部、詳細には、高放射化の影響を受けやすい構成要素が入った部分を形成するためより高密度の材料を用いて、アイソトープ生成システムに自己シールドターゲットシステムを提供する。高密度材料は、高いガンマ放射線減衰をもたらし、職員などに対するガンマ放射線被曝のレベルを低減する。種々の実施形態において、放射化部品（例えば、高度に放射化された部品）の周りの支持構造体（例えば、ハウジングの一部）は、ターゲットシステムの外部の放射線レベル/線量率が低減されるように高密度/高減衰材料から構成される。従って、アイソトープ生成システムにおけるターゲットシステム用のアクティブシールドが提供される。ターゲットシステムの放射化部品は、作動中だけでなく、ターゲットシステムの輸送時、整備時、及び保管時もシールドされる。

40

【0014】

種々の実施形態に従って形成された自己シールドターゲットシステムは、アイソトープ生成システムの異なるタイプ及び構成で使用することができる。例えば、図1は、自己シ

50

ールドターゲットシステムを提供できる種々の実施形態に従って形成されたアイソトープ生成システム100のブロック図である。システム100は、イオン源システム104、電界システム106、磁界システム108、及び真空システム110を含む、幾つかのサブシステムを有するサイクロトロン102を備える。サイクロトロン102の使用時、荷電粒子は、サイクロトロン102内に配置されるか、或いは、イオン源システム104を通じてサイクロトロン102に注入される。磁界システム108及び電界システム106は、それぞれの場を生成し、これらは、荷電粒子の粒子ビーム112を生成する際に互いに協働する。

#### 【0015】

また、図1に示すように、システム100は、抽出システム115と、ターゲット材料116を含むターゲットシステム114とを有する。ターゲットシステム114は、サイクロトロン102に隣接して位置付けることができ、本明細書でより詳細に説明される自己シールドである。アイソトープを生成するために、粒子ビーム112は、サイクロトロン102により抽出システム115を介してビーム輸送経路又はビーム通路117に沿ってターゲットシステム114内に配向され、粒子ビーム112は、対応するターゲット位置120に配置されたターゲット材料116上に入射するようになる。ターゲット材料116に粒子ビーム112を照射すると、中性子及びガンマ線からの放射線が発生することができ、これらは、ターゲットシステム114の箔部分などのターゲットシステム114の一部を放射化することができる。

#### 【0016】

一部の実施形態において、サイクロトロン102及びターゲットシステム114は、スペース又はギャップによって離隔されて（例えば、ある距離だけ離隔されて）おらず、及び/又は別部品ではない点に留意されたい。従って、これらの実施形態において、サイクロトロン102及びターゲットシステム114は、構成要素又は部品間にビーム通路117が提供されないように、単一の構成要素又は部品を形成することができる。

#### 【0017】

システム100は、別個のターゲット材料116A-Cが配置される複数のターゲット位置120A-Cを有することができる。シフト装置又はシステム（図示せず）を用いて、粒子ビーム112に対してターゲット位置120A-Cをシフトさせ、粒子ビーム112が異なるターゲット材料116上に入射するようにすることができる。シフトプロセス中にも真空を維持することができる。代替として、サイクロトロン102及び抽出システム115は、1つの経路のみに沿って粒子ビーム112を配向することはできないが、異なるターゲット位置120A-C各々に対して固有の経路に沿って粒子ビーム112を配向することができる。更に、ビーム通路117は、サイクロトロン102からターゲット位置120まで実質的に線形とすることができ、又は代替的に、ビーム通路117は、1つ又はそれ以上の点において湾曲又は転回することができる。例えば、ビーム通路117と平行して位置付けられる磁石は、粒子ビーム112を異なる経路に沿って方向転換するよう構成することができる。

#### 【0018】

サブシステムの1つ又はそれ以上を有するアイソトープ生成システム及び/又はサイクロトロンの実施例は、米国特許第6,392,246号、第6,417,634号、第6,433,495号、及び第7,122,966号、及び/又は米国特許出願公開第2005/0283199号において記載されている。また、追加の実施例は、米国特許第5,521,469号、第6,057,655号、第7,466,085号、及び7,476,883号において提供されている。更に、本明細書で説明される実施形態と共に用いることができるアイソトープ生成システム及び/又はサイクロトロンはまた、同時係属の米国特許出願第12/492,200号、第12/435,903号、第12/435,949号、及び12/435,931号に記載されている。

#### 【0019】

システム100は、医用イメージング、研究、及び治療だけでなく、科学的研究又は解

10

20

30

40

50

析などの医療以外に関連する他の用途で用いることができるラジオアイソトープを生成するよう構成される。核医学（NM）イメージング又は陽電子放出断層撮影（PET）イメージングなどの医療目的で使用される場合には、ラジオアイソトープは、トレーサとも呼ぶことができる。例証として、システム100は、陽子を生成し、異なるアイソトープを作ることもできる。加えて、システム100はまた、陽子又は重陽子を生成し、例えば、異なる気体又は標識水を生成するようにしてもよい。

#### 【0020】

一部の実施形態において、システム100は、 $^1\text{H}^-$ 技術を用いて、荷電粒子を約10～30  $\mu\text{A}$ のビーム電流を有する低エネルギー（例えば、約8 eV）にする。このような実施形態において、水素負イオンは、サイクロトロン102を通して加速されて抽出システム115に誘導される。次いで、水素負イオンは、抽出システム115のストリッピング箔（図1には図示せず）に衝突し、これにより電子対を除去し、粒子を正イオン $^1\text{H}^+$ にすることができる。しかしながら、代替の実施形態において、荷電粒子は、 $1\text{H}^+$ 、 $2\text{H}^+$ 及び $3\text{He}^+$ などの正イオンであってもよい。このような代替の実施形態において、抽出システム115は、粒子ビームをターゲット材料116に向けて誘導する電場を生成する静電偏向器を含むことができる。種々の実施形態は、低エネルギーシステムで使用することに限定されず、例えば、25 MeVまで及びそれよりも高いビーム電流の高エネルギーシステムで使用してもよい点に留意されたい。

#### 【0021】

システム100は、冷却又は作動流体を異なるシステムの種々の構成要素に輸送し、それぞれの構成要素によって発生する熱を吸収するようにする冷却システム122を含むことができる。システム100はまた、種々のシステム及び構成要素の動作を制御するために検査技師が用いることができる制御システム118を含むことができる。制御システム118は、サイクロトロン102及びターゲットシステム114に近接又は遠隔に位置する1つ又はそれ以上のユーザインタフェースを含むことができる。図1に示していないが、システム100はまた、以下でより詳細に記載されるように、サイクロトロン102及びターゲットシステム114用の1つ又はそれ以上の放射線及び/又は磁気シールドを含むことができる。

#### 【0022】

システム100は、医療イメージング又は治療で使用するための個人線量のような、所定の量又はバッチでアイソトープを生成することができる。従って、異なるレベルの放射能を有するアイソトープを提供することができる。

#### 【0023】

システム100は、荷電粒子を所定エネルギーレベルまで加速するよう構成することができる。例えば、本明細書に記載される一部の実施形態は、荷電粒子を約18 MeV又はそれ未満のエネルギーまで加速する。他の実施形態では、システム100は、荷電粒子を約16.5 MeV又はそれ未満のエネルギーまで加速する。特定の実施形態において、システム100は、荷電粒子を約9.6 MeV又はそれ未満のエネルギーまで加速する。更に特定の実施形態において、システム100は、荷電粒子を約8 MeV又はそれ未満のエネルギーまで加速する。他の実施形態では、荷電粒子を約18 MeV又はそれ以上、例えば、20 MeV又は25 MeVのエネルギーまで加速する。

#### 【0024】

ターゲットシステム114は、図2～5に例示するような自己シールドターゲット本体300を有する自己シールドターゲットを含む。図2及び3で組み立てられて（図4及び5では分解されて）示された自己シールドターゲット本体300は、自己シールドターゲット本体300の外側構造を定める3つの構成要素から形成される。詳細には、自己シールドターゲット本体300の外側構造は、ハウジング部分302（例えば、フロントハウジング部分又はフランジ）、ハウジング部分304（例えば、冷却ハウジング部分又はフランジ）及びハウジング部分306（例えば、リアハウジング部分又はフランジ組立体）から形成される。ハウジング部分302、304及び306は、例えば、各々が

10

20

30

40

50

対応するワッシャ310を有する複数のスクリー308として例示された何らかの好適なファスナーを用いて共に固定されるサブ組立体とすることができる。ハウジング部分302及び306は、末端ハウジング部分とすることができ、ハウジング部分304が中間ハウジング部分である。ハウジング部分302、304及び306は、ハウジング部分306の前面上に複数のポート312を有するシールターゲット本体300を形成し、図示の実施形態では、複数のポートは、ヘリウム及び水供給源（図示せず）に接続することができるヘリウム及び水入口及び出口として動作する。加えて、ターゲット本体300の上部及び底部に追加のポート又は開口314を設けることができる。開口314は、取付具又はポートの他の部分を内部に受けるために設けることができる。

#### 【0025】

以下で説明するように、例えば、図4において矢印Pで示されるように、ターゲット本体内部に入ることができる陽子ビーム用の経路など、ターゲット本体300内に荷電粒子用の通路が設けられる。荷電粒子は、粒子経路入口として機能する管状開口319からターゲット本体300を通り、変化した粒子の最終点であるキャビティ318（図6に示す）まで移動する。

種々の実施形態におけるキャビティ318は、水（例えば、約2.5ミリリットルの水）が充填されており、これにより照射水（ $H_2^{18}O$ ）に対する場所を提供する。キャビティ318は、例えば、1つの面上に1つの開口を備えたキャビティ322を有するニオブ材料から形成された本体320により定められる。本体320は、例えば、取付具を内部に受けるための上部及び下部開口314を含む。

#### 【0026】

種々の実施形態において、キャビティ318は、異なる液体又は気体で充填される点に留意されたい。更に別の実施形態において、キャビティ318は、固体ターゲットで充填することができ、ここで照射される材料は、例えば、特定のアイソトープの生成に好適な材料の固体めっき本体である。

#### 【0027】

本体320は、ハウジング部分306とハウジング部分304の間で、ハウジング部分306に隣接するシールリング326（例えば、Oリング）と、ハウジング部分304に隣接する金属箔部材（Havarのような熱処理コバルト基合金から形成された合金ディスク）のような箔部材328との間で整列される。ハウジング部分306はまた、シールリング326及び本体320の一部を内部に受けるような形状及びサイズにされたキャビティ330を含む点に留意されたい。加えて、ハウジング部分306は、箔部材328の一部を内部に受けるようなサイズ及び形状にされたキャビティ332を含む。箔部材328は、本体320のキャビティ322内に収まるように構成されたシールボード336（例えば、Helicoflexボード）を含むことができ、箔部材328はまた、ハウジング部分304を通る通路に対する開口338と整列される。

#### 【0028】

別の箔部材340は、任意選択的に、ハウジング部分304とハウジング部分302との間に設けることができる。箔部材340は、同様に、箔部材328に類似した合金ディスクとすることができる。箔部材340は、ハウジング部分304の開口338と整列し、該ハウジング部分304は、開口の周りに環状リム342を有する。箔部材340とハウジング部分302との間に、シール344、ハウジング部分302の開口348と整列したシールリング346、及びハウジング部分302のリム352上に取り付けられたシールリング350が設けられる。箔部材など、より多くの又はより少ない箔部材を設けてもよい点に留意されたい。例えば、一部の実施形態において、箔部材328だけが含まれ、箔部材340は含まれていない。従って、種々の実施形態によって、単一の箔部材又は複数の箔部材構成が企図される。

#### 【0029】

箔部材328及び340は、ディスク又は円形形状に限定されず、異なる形状、構成及び配置で設けることもできる点に留意されたい。例えば、1つ又はそれ以上の箔部材32

10

20

30

40

50

8及び340、或いは追加の箔部材は、とりわけ、方形、矩形、又は楕円形状であってもよい。また、箔部材328及び340は、特定の材料から形成されることに限定されず、種々の実施形態において、本明細書でより詳細に説明されるように、放射能を誘導させることができる中程度又は高度の放射化材料のような、放射化材料から形成される点に留意されたい。一部の実施形態において、箔部材328及び340は金属であり、1つ又はそれ以上の金属から形成される。

#### 【0030】

図示のように、複数のピン354が、ハウジング部分302、304及び306の各々の開口356内に受けられ、ターゲット本体300が組み立てられたときにこれらの構成要素を整列させるようにする。加えて、複数のシールリング358が、ハウジング部分302のボア362（例えば、ネジ付きボア）内に固定されるスクリュー308を受けるため、ハウジング部分304の開口360と整列する。

10

#### 【0031】

作動中、陽子ビームがハウジング部分302からターゲット本体300を通過してキャビティ318に入ると、箔部材328及び340を高度に放射化することができる（例えば、放射能が誘導される）。詳細には、例えば、薄い（例えば、5～50マイクロメートル又はミクロン（ $\mu\text{m}$ ））箔ディスクとすることができる箔部材328及び340は、加速器、詳細には加速室内に真空を隔離し、更にキャビティ322内の水から真空を隔離する。また、箔部材328及び340により、冷却ヘリウムが箔部材328及び340を貫通して及び/又はこれらの間を通過できるようになる。箔部材328及び340は、陽子ビームが貫通できる厚みを有し、これにより箔部材328及び340が高度に放射化されるようになり、放射化された状態のままとなる点に留意されたい。

20

#### 【0032】

一部の実施形態では、ターゲット本体300の自己シールドが設けられ、これは、ターゲット本体300を能動的にシールドし、放射化された箔部材328及び340からの放射線がターゲット本体300から出るのをシールド及び/又は防ぐ。従って、箔部材328及び340は、能動的放射線シールドにより密閉される。具体的には、ハウジング部分302、304及び306の少なくとも1つ、及び一部の実施形態ではこれらの全てが、ターゲット本体300内、及び詳細には箔部材328及び340からの放射線を減衰する材料から形成される。ハウジング部分302、304及び306は、同じ材料、異なる材料、或いは、同じかもしくは異なる材料の異なる量又は化合物から形成することができる点に留意されたい。例えば、ハウジング部分302及び304は、アルミニウムなどの同じ材料から形成することができ、ハウジング部分306は、アルミニウム及びタングステンの化合物から形成することができる。

30

#### 【0033】

種々の実施形態において、ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306の1つ又はそれ以上、或いはこれらの一部は、アルミニウムよりも高密度の材料から形成される。一部の実施形態において、ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306の少なくとも1つを形成する材料は、室温付近で $2.70\text{ g/cm}^3$ の密度を有するアルミニウムよりも大きな密度値を有する。例えば、ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306の1つ又はそれ以上は、約 $5\text{ g/cm}^3$ の密度値のような、アルミニウムよりも大きな密度を有する金属又は合金などの材料から形成することができる。他の実施形態において、ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306の1つ又はそれ以上は、 $5\text{ g/cm}^3$ よりも大きな密度値、例えば、約 $10\text{ g/cm}^3$ の密度値を有する金属又は合金などの材料から形成することができる。これらの実施形態において、例えば、材料は、一般に、鋼鉄（室温付近で約 $8\text{ g/cm}^3$ の密度を有する）よりも大きな密度値を有する。他の実施形態において、密度値は、例えば、 $10\text{ g/cm}^3$ よりも大きい。しかしながら、タングステン（室温付近で $19.25\text{ g/cm}^3$ の密度を有する）又はタングステン単独よりも低い密度値を有するタングステン合金など、より大きな又はより小

40

50

さな密度値を有する他の材料を用いてもよい点に留意されたい。例えば、一部の実施形態において、タングステン合金は、 $19.25 \text{ g/cm}^3$ よりも小さい密度値を有し、とりわけ、ニッケル、銅、又は鉄などの他の材料を含む。他の実施形態において、例えば、鉛合金を用いることができる。また、本明細書では特定の密度値、又は特定の密度値よりも大きな密度値について言及しているが、一部の実施形態において、密度値は、特定の密度値に等しいか又は僅かに小さくてもよい点に留意されたい。

#### 【0034】

従って、種々の実施形態において、ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306の1つ又はそれ以上、或いはその一部は、アルミニウムを含むことができ、アルミニウムよりも高い密度値を有する1つ又はそれ以上の材料から形成される。例えば、一部の実施形態において、タングステンと、マグネシウム、銅、及び/又は鉄の1つ又はそれ以上からなる組み合わせとを含有する合金を提供することができる。

10

#### 【0035】

ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306は、各々の厚み、詳細には箔部材328及び340とターゲット本体300の外部との間の厚みが、放出される放射線を低減するためのシールドを提供するように形成される。ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306は、アルミニウムよりも大きな密度値を有する何らかの材料から形成することができる点に留意されたい。また、ハウジング部分302、ハウジング部分304及び/又はハウジング部分306の各々は、本明細書でより詳細に説明されるように、異なる材料又はこれらの材料の化合物から形成することができる。

20

#### 【0036】

従って、ハウジング部分302、ハウジング部分304及びハウジング部分306の少なくとも1つ、又はこれらの一部は、箔部材328及び340を包み又は囲み、箔部材328及び340に放射能が誘導されたときなどにシールドを提供する。例えば、ハウジング部分302、ハウジング部分304及びハウジング部分306の何れか1つ内の凹部は、箔部材328及び340の一方の一部を内部に受けることができる。

#### 【0037】

ターゲット本体300は、様々な構成で設けることができ、図2から図5に示した構成要素及び配置に限定されない点に留意されたい。従って、ハウジング部分又は構成要素の1つ又はそれ以上を高密度材料、詳細にはアルミニウムよりも高密度の材料から形成し、例えば、ターゲット本体内の放射化された構成要素の放射線からターゲットの外部をシールドすることにより、あらゆるタイプ又は構成のターゲットに関して種々の実施形態を実施することができる。従って、図6に示すように、ターゲット400に関して種々の実施形態を実施することができ、ここで、アイソトープ生成システムの作動中に放射線によって高度に放射化することができる構成要素のような放射性活性構成要素402（従って、放射能誘導を受けやすい構成要素）は、例えば、アルミニウムよりも大きな密度値のような高い密度値を有する材料から形成されたケーシング404（又はその一部）内でシールドされる。ケーシング404は、ターゲットハウジングの一部を形成することができる。

30

40

#### 【0038】

種々の実施形態はまた、図7に示すように、アイソトープ生成システムの自己シールドターゲットを提供する方法550を含む。本方法は、502において、放射線シールドとして機能するようターゲット本体の1つ又はそれ以上の部分を提供するステップを含む。ターゲット本体の一部は、本明細書でより詳細に説明されるように、アルミニウムよりも大きな密度を有する材料のような、あらゆる好適なタイプの放射線シールド材料から形成することができる。その後、504において、アイソトープ生成システムの作動中に放射化される放射性活性構成要素、例えば、箔部材は、シールド部分によって包まれる。例えば、放射性活性構成要素を含むターゲット本体の一部は、シールド部分と整列される。本明細書で使用される放射性活性構成要素は一般に、放射線によって放射化することができ

50

る構成要素、又は構成要素内で放射能を誘導することができる構成要素を指す点に留意されたい。

【0039】

次いで、506において、ターゲット本体が組み立てられ、能動的自己シールドターゲットシステムが提供される。能動的シールドは、アイソトープ生成システムの作動中、並びにターゲットの保守整備、輸送、及び保管中にガンマ放射線の減衰を提供する。

【0040】

本明細書で記載される実施形態は、医療用途のラジオアイソトープの生成に限定されるものではなく、他のアイソトープを生成し、他のターゲット材料を用いることもできる。また、種々の実施形態は、異なる向き（例えば、垂直方向又は水平方向に向けられた）、並びに螺旋加速器ではなく線形加速器又はレーザー誘導加速器のような異なる加速器を有する異なる種類のサイクロトロンに関して実施することができる。更に、本明細書で記載される実施形態は、上述のようなアイソトープ生成システム、ターゲットシステム、及びサイクロトロンを製造する方法を含む。

【0041】

上記の説明は例証を意図するものであり、限定ではない点を理解されたい。例えば、上述の実施形態（及び/又はその態様）は、互いに組み合わせて用いることができる。加えて、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、特定の状況又は物的事項を本発明の教示に適合するように多くの修正を行うことができる。本明細書で説明される寸法及び材料のタイプは、本発明の種々の実施形態のパラメータを定義する目的のものであり、これらの実施形態は、限定を意味するものではなく、例示的な実施形態である。上記の説明を精査すると、多くの他の実施形態があることが当業者には明らかであろう。従って、本発明の種々の実施形態の範囲は、添付の請求項並びに請求項が権利を与えられる完全な範囲の均等物を基準として定められるべきである。添付の請求項において、用語“を含む”及び“であって”は、それぞれ用語「備える」及び「において」の平易な相当語として使用されている。その上、添付の請求項において、「第1の」、「第2の」、「第3の」等の用語は、単なる標識として用いられ、これの対象に数値的条件を課すものではない。更に、添付の請求項の限定は、ミーンズ・プラス・ファンクションの形式で記載されておらず、かかる請求項の限定が語句「～するための手段」に続けて他の構造を含まない機能の表明を記載したものでない限り、米国特許法第112条第6項に基づいて解釈されるべきではない。

【0042】

本明細書は最良の形態を含む実施例を使用して、本発明の様々な実施形態を開示し、また当業者が、あらゆる装置又はシステムを製作し且つ使用しまたあらゆる組込み方法を実行することを含む本発明の実施を行うことを可能にもする。本発明の特許保護される範囲は、請求項によって定義され、当業者であれば想起される他の実施例を含むことができる。このような他の実施例は、請求項の文言と差違のない構造要素を有する場合、或いは、請求項の文言と僅かな差違を有する均等な構造要素を含む場合には、本発明の範囲内にあるものとする。

【符号の説明】

【0043】

- 300 自己シールドターゲット本体
- 302 ハウジング部分
- 304 ハウジング部分
- 306 ハウジング部分
- 308 複数のスクリー
- 310 ワッシャ
- 312 複数のポート
- 314 追加のポート又は開口
- 318 キャピティ

10

20

30

40

50

- 3 1 9 管状開口
- 3 2 0 本体
- 3 2 2 キャビティ
- 3 2 6 シールリング
- 3 2 8 箔部材
- 3 3 0 キャビティ
- 3 3 2 キャビティ
- 3 3 6 シールボータ
- 3 3 8 開口
- 3 4 0 別の箔部材
- 3 4 2 環状リム
- 3 4 4 シール
- 3 4 6 シールリング
- 3 4 8 開口
- 3 5 0 シールリング
- 3 5 2 リム
- 3 5 4 複数のピン
- 3 5 6 開口
- 3 5 8 複数のシールリング
- 3 6 0 開口
- 3 6 2 ポア

10

20

【 図 1 】

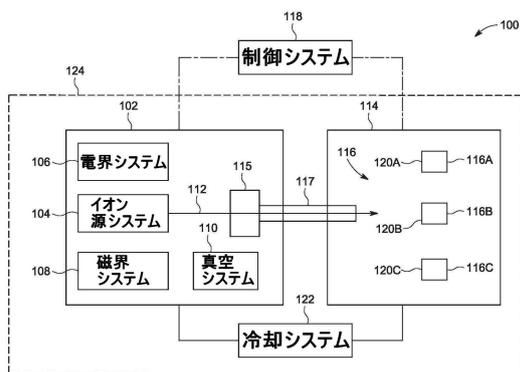


FIG. 1

【 図 2 】

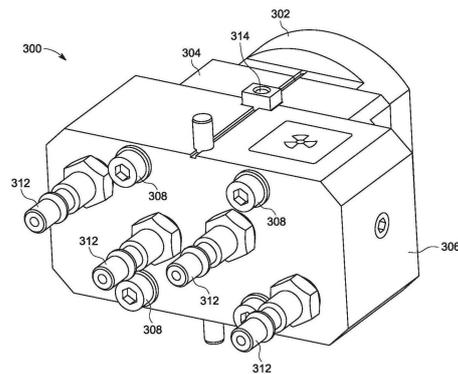


FIG. 2

【 図 3 】

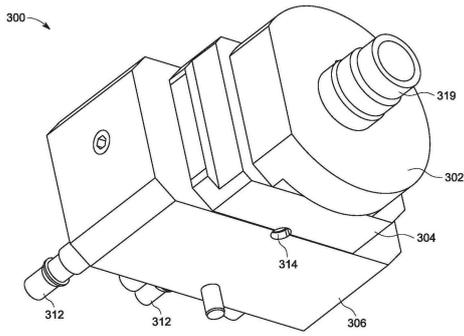


FIG. 3

【 図 5 】

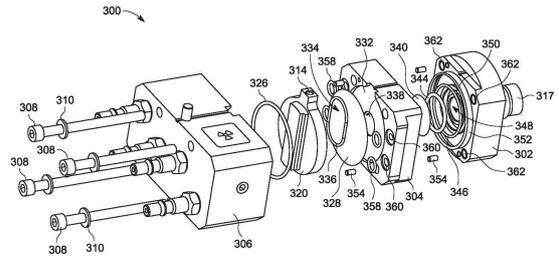


FIG. 5

【 図 4 】

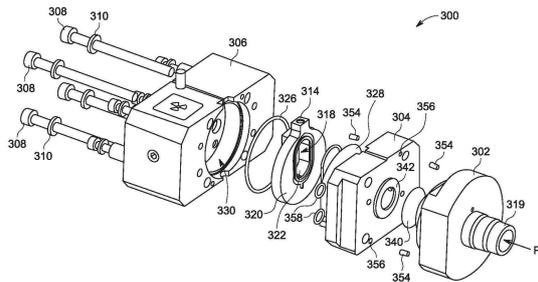


FIG. 4

【 図 6 】

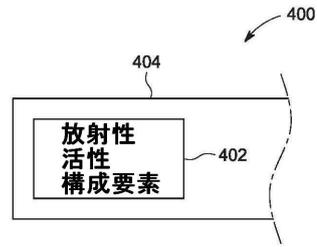


FIG. 6

【 図 7 】

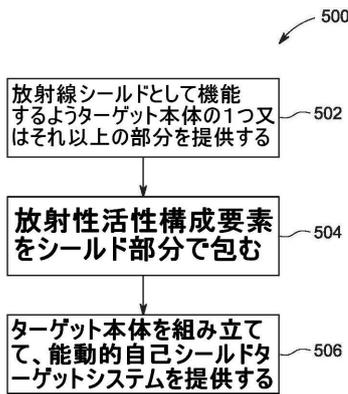


FIG. 7

## フロントページの続き

- (72)発明者 トーマス・エリクソン  
スウェーデン、ウプサラ・エス 75015、ピーオーボックス・15024
- (72)発明者 ジョナ・オーヴ・ノーリン  
スウェーデン、ウプサラ・エス 75015、ピーオーボックス・15024

審査官 藤本 加代子

- (56)参考文献 特開2005-285448(JP,A)  
特表2004-508343(JP,A)  
特開2007-047096(JP,A)  
特開平06-222150(JP,A)  
特開2000-105300(JP,A)  
米国特許出願公開第2005/0061994(US,A1)  
特開2006-133138(JP,A)  
特開2004-294300(JP,A)  
特開2007-095553(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21K 5/08  
G21G 1/10  
H05H 6/00  
H05H 13/00