

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-538926

(P2017-538926A)

(43) 公表日 平成29年12月28日 (2017. 12. 28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 2 1 K 5/08 (2006. 01)	G 2 1 K 5/08 R	
G 2 1 G 1/10 (2006. 01)	G 2 1 G 1/10	
G 2 1 G 4/08 (2006. 01)	G 2 1 K 5/08 C	
	G 2 1 G 4/08 G	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-526660 (P2017-526660)	(71) 出願人	390041542
(86) (22) 出願日	平成27年9月18日 (2015. 9. 18)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(85) 翻訳文提出日	平成29年7月12日 (2017. 7. 12)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/050853		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(87) 国際公開番号	W02016/081056		番
(87) 国際公開日	平成28年5月26日 (2016. 5. 26)	(74) 代理人	100137545
(31) 優先権主張番号	14/547, 898		弁理士 荒川 聡志
(32) 優先日	平成26年11月19日 (2014. 11. 19)	(74) 代理人	100105588
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人
		(74) 代理人	100115462
			弁理士 小島 猛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同位体生成システムのためのターゲット本体およびその使用方法

(57) 【要約】

例示的な一実施形態によれば、同位体生成システムのためのターゲットシステムのターゲット本体が開示される。ターゲット本体は、第1の表面積を有する第1のチャンバと、第1の表面積より大きい第2の表面積を有する第2のチャンバと、を有するターゲットチャンバを含む。第1のチャンバは、荷電粒子ビームによるボンバードメントのための液体ターゲット媒体を保持するように構成される。構成要素は、ターゲット本体に結合され、放射能を生成するように構成される。

【選択図】 図1

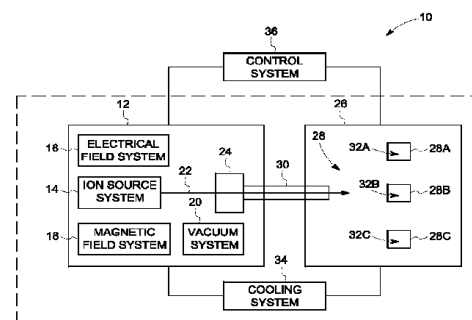


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

同位体生成システム（１０）のためのターゲットシステム（２６）のターゲット本体（２８）であって、

第１の表面積（９１、１１３）を有する第１のチャンバ（９０、１１４）と、前記第１の表面積（９１、１１３）より大きな第２の表面積（９３）を有する第２のチャンバ（９２、１１６）と、を備えるターゲットチャンバ（３２Ａ、３２Ｂ、３２Ｃ）を含み、前記第１のチャンバ（９０、１１４）は、荷電粒子ビームによるボンバードメントのための液体ターゲット媒体（９４）を保持するように構成される、ターゲット本体（２８）。

【請求項 2】

前記第１のチャンバ（９０、１１４）は、第１の容積を有し、前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、前記第１の容積より大きな第２の容積を有する、請求項 1 に記載のターゲット本体（２８）。

【請求項 3】

前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、扇形の断面を有する、請求項 1 に記載のターゲット本体（２８）。

【請求項 4】

前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、蒸発したターゲット媒体を凝縮させるための複数の凝縮バー（１１８）をさらに含む、請求項 1 に記載のターゲット本体（２８）。

【請求項 5】

前記複数の凝縮バー（１１８）は、円形の断面を有する、請求項 4 に記載のターゲット本体（２８）。

【請求項 6】

前記複数の凝縮バー（１１８）および前記ターゲット本体（２８）は、同じ材料で作製される、請求項 4 に記載のターゲット本体（２８）。

【請求項 7】

前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、蒸発したターゲット媒体を凝縮させるための複数の微細構造（１２２）を含む、請求項 1 に記載のターゲット本体（２８）。

【請求項 8】

後壁面に結合された複数の冷却剤マイクロチャネル（１３４）を含むヒートシンク（１３２）をさらに含む、請求項 1 に記載のターゲット本体（２８）。

【請求項 9】

同位体生成システム（１０）であって、
加速器（１２）と、

前記加速器に近接して配置されたターゲットシステム（２６）と、を含み、前記ターゲットシステム（２６）は、

前記加速器に近接して配置されたターゲット本体（２８）であって、

第１の表面積（９１、１１３）を有する第１のチャンバ（９０、１１４）と、前記第１の表面積（９１、１１３）より大きな第２の表面積（９３）を有する第２のチャンバ（９２、１１６）と、を備えるターゲットチャンバ（３２Ａ、３２Ｂ、３２Ｃ）を含み、前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、荷電粒子ビームによるボンバードメントのための液体ターゲット媒体（９４）を保持するように構成される、ターゲット本体（２８）と、

前記ターゲット本体（２８）に結合され、放射能を生成するように構成された構成要素と、を含む、同位体生成システム（１０）。

【請求項 10】

前記第１のチャンバ（９０、１１４）は、第１の容積を有し、前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、前記第１の容積より大きな第２の容積を有する、請求項 9 に記載の同位体生成システム（１０）。

【請求項 11】

前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、扇形の断面を有する、請求項 9 に記載の同位

10

20

30

40

50

体生成システム（１０）。

【請求項１２】

前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、蒸発したターゲット媒体を凝縮させるための複数の凝縮バー（１１８）を含む、請求項９に記載の同位体生成システム（１０）。

【請求項１３】

前記複数の凝縮バー（１１８）は、円形の断面を有する、請求項１２に記載の同位体生成システム（１０）。

【請求項１４】

前記複数の凝縮バー（１１８）および前記ターゲット本体（２８）は、同じ材料で作製される、請求項１２に記載の同位体生成システム（１０）。

【請求項１５】

前記第２のチャンバ（９２、１１６）は、蒸発したターゲット媒体を凝縮させるための複数の微細構造（１２２）を含む、請求項９に記載の同位体生成システム（１０）。

【請求項１６】

前記ターゲット本体（２８）は、後壁面に結合された複数の冷却剤マイクロチャネル（１３４）を含むヒートシンク（１３２）をさらに含む、請求項９に記載の同位体生成システム（１０）。

【請求項１７】

同位体生成システム（１０）を動作させるための方法であって、

荷電粒子ビームを加速器からターゲットシステム（２６）のターゲット本体（２８）内に形成されたターゲットチャンバ（３２Ａ、３２Ｂ、３２Ｃ）に導くステップと、

前記ターゲット本体（２８）に結合された構成要素を介して放射能を生成するステップと、

前記荷電粒子ビームを前記ターゲットチャンバ（３２Ａ、３２Ｂ、３２Ｃ）の第１のチャンバ（９０、１１４）内に保持された液体ターゲット媒体（９４）に集束させるステップと、

前記荷電粒子ビームの集束に応答して前記液体ターゲット媒体（９４）を蒸発させるステップと、

蒸発したターゲット媒体を前記ターゲットチャンバ（３２Ａ、３２Ｂ、３２Ｃ）の第２のチャンバ（９２、１１６）内で凝縮させるステップであって、前記第１のチャンバ（９０、１１４）は第１の表面積（９１、１１３）を有し、前記第２のチャンバ（９２、１１６）は前記第１の表面積（９１、１１３）よりも大きい第２の表面積（９３、１１５）を有する、ステップと、

凝縮されたターゲット媒体を前記第１のチャンバ（９０、１１４）に導くステップと、を含む方法。

【請求項１８】

蒸発したターゲット媒体を凝縮させるステップは、前記凝縮されたターゲット媒体の複数の液滴を形成するステップを含む、請求項１７に記載の方法。

【請求項１９】

蒸発したターゲット媒体を凝縮させるステップは、前記蒸気チャンバ内に設けられた複数の凝縮バー（１１８）を介して前記凝縮されたターゲット媒体の複数の液滴を形成するステップを含む、請求項１７に記載の方法。

【請求項２０】

蒸発したターゲット媒体を凝縮させるステップは、前記蒸気チャンバ内の複数の微細構造（１２２）を介して前記凝縮されたターゲット媒体の複数の液滴を形成するステップを含む、請求項１７に記載の方法。

【請求項２１】

前記ターゲット本体（２８）の後壁面に結合されたヒートシンク（１３２）の複数のマイクロチャネルを介して冷却剤を循環させるステップをさらに含む、請求項１７に記載の方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に開示する主題は、一般に、同位体生成システムに関し、より詳細には、同位体生成システムのターゲット本体に関する。

【背景技術】

【0002】

放射性同位元素（「放射性核種」とも呼ばれる）は、医学的な治療、撮像、および研究、ならびに医学に関連しない他の用途において、いくつかの用途を有する。放射性同位元素を生成するシステムは、通常、粒子ビームを生成する粒子加速器を含む。粒子加速器は、ターゲットチャンバ内のターゲット材料に向けてビームを導く。場合によっては、ターゲット材料は、富化された水などの液体（「開始液体」とも呼ばれる）である。放射性同位体は、粒子ビームがターゲットチャンバ内の開始液体に入射すると、核反応によって生成される。

【0003】

フッ素-18（ ^{18}F ）は、医療用途、たとえば、陽電子放射断層撮影（PET）に使用される基本的な生成物である。 ^{18}F に対する需要が増加しており、 ^{18}F の生成量を増やすためにはより高いビーム電流が必要である。より高いビーム電流の使用に関連する1つの制限は、ターゲット本体における熱伝達が不十分であることである。換言すれば、 ^{18}F の生成を増加させる問題は、既存の水ターゲットが不十分な熱伝達によってより高いビーム電流を受け取ることができないことである。具体的には、キロワットのビーム出力が水ターゲットのより小さな体積（数ミリリットル）に投棄される。富化された水の量を増加させると、ターゲットのサイズが増加し、富化された水のコストが増加する。

【0004】

同位体生成システムのための強化されたターゲット本体が必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許出願公開第2014/362964号明細書

【発明の概要】

【0006】

例示的な一実施形態によれば、同位体生成システムのためのターゲットシステムのターゲット本体が開示される。ターゲット本体は、第1の表面積を有する第1のチャンバと、第1の表面積より大きい第2の表面積を有する第2のチャンバと、を有するターゲットチャンバを含む。第1のチャンバは、荷電粒子ビームによるボンバードメントのための液体ターゲット媒体を保持するように構成される。構成要素は、ターゲット本体に結合され、放射能を生成するように構成される。

【0007】

別の例示的な実施形態によれば、同位体生成システムが開示される。同位体生成システムは、加速器と、加速器に近接して配置されたターゲットシステムと、を含む。ターゲットシステムは、第1の表面積を有する第1のチャンバと、第1の表面積より大きい第2の表面積を有する第2のチャンバと、を含むターゲットチャンバを有するターゲット本体を含む。第1のチャンバは、荷電粒子ビームによるボンバードメントのための液体ターゲット媒体を保持するように構成される。構成要素は、ターゲット本体に結合され、放射能を生成するように構成される。

【0008】

別の例示的な実施形態によれば、同位体生成システムを動作させるための方法が開示される。本方法は、加速器から荷電粒子ビームをターゲットシステムのターゲット本体に形成されたターゲットチャンバに導くステップと、ターゲット本体に結合された構成要素を介して放射能を生成するステップと、を含む。本方法は、荷電粒子ビームをターゲットチ

チャンバの第 1 のチャンバ内に保持された液体ターゲット媒体に集束させるステップと、荷電粒子ビームの集束に応答して液体ターゲット媒体を蒸発させるステップと、をさらに含む。本方法はまた、蒸発したターゲット媒体をターゲットチャンバの第 2 のチャンバ内で凝縮させるステップと、凝縮されたターゲット媒体を第 1 のチャンバに導くステップと、を含む。第 1 のチャンバは第 1 の表面積を有し、第 2 のチャンバは第 1 の表面積よりも大きい第 2 の表面積を有する。

【0009】

本発明のこれらの、ならびに他の特徴、態様および利点は、添付の図面を参照しつつ以下の詳細な説明を読めば、よりよく理解されよう。添付の図面では、図面の全体にわたって、類似する符号は類似する部分を表す。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】例示的な実施形態による同位体生成システムのブロック図である。

【図 2】例示的な実施形態によるターゲットシステムの分解斜視図である。

【図 3】例示的な実施形態によるターゲットシステムの側面図である。

【図 4】例示的な実施形態によるターゲット本体の正面斜視図である。

【図 5】別の例示的な実施形態によるターゲット本体の斜視図である。

【図 6】別の例示的な実施形態による第 2 のチャンバの一部の概略図である。

【図 7】別の例示的な実施形態による第 2 のチャンバの一部の概略図である。

【図 8】図 4 の実施形態によるヒートシンクの斜視図である。

【図 9】例示的な実施形態によるビーム電流対蒸気体積比の変化のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の特定の実施形態によれば、同位体生成システムのためのターゲットシステムのターゲット本体が開示される。ターゲット本体は、第 1 の表面積を有する第 1 のチャンバと、第 1 の表面積より大きな第 2 の表面積を有する第 2 のチャンバと、を含むターゲットチャンバを含む。第 1 のチャンバは、荷電粒子ビームによるボンバードメントのための液体ターゲット媒体を保持するように構成される。ターゲット本体は、ターゲット本体に結合され、放射能を生成するように構成された構成要素をさらに含む。特定の実施形態によれば、例示的なターゲット本体を有する同位体生成システムが開示される。別の特定の実施形態によれば、同位体生成システムを動作させるための方法が開示される。

【0012】

例示的なターゲットチャンバは、凝縮面積の拡大および滴状凝縮によって、蒸発したターゲット媒体の凝縮冷却を増加させる。熱伝達率が向上し、ビーム電流が増加し、その結果、フッ素 18 (18F) の生成量が増加する。

【0013】

図 1 は、例示的な一実施形態による、イオン源システム 14 と、電界システム 16 と、磁界システム 18 と、真空システム 20 と、を含む粒子加速器 12 (たとえば、アイソクロナスサイクロトロン) を有する同位体生成システム 10 のブロック図である。磁界システム 18 および電界システム 16 は、荷電粒子の粒子ビーム 22 を生成するために相互作用するそれぞれの場を生成する。一実施形態では、粒子加速器 12 はサイクロトロンであってもよいが、他の実施形態は、荷電粒子ビームを生成するために異なるタイプの粒子加速器を使用してもよい。

【0014】

同位体生成システム 10 は、抽出システム 24 と、それぞれのターゲット媒体 (図示せず) を有する 1 つまたは複数のターゲット本体 28 を含むターゲットシステム 26 と、をさらに含む。ターゲットシステム 26 は、粒子加速器 12 に近接して配置される。粒子ビーム 22 は、粒子加速器 12 から抽出システム 24 を通り、ビーム輸送経路 30 に沿ってターゲットシステム 26 に導かれる。ターゲット媒体に粒子ビーム 22 が照射されると、ターゲット媒体は核反応によって放射性同位元素を生成する。さらに、1 つまたは複数の

10

20

30

40

50

ターゲット本体 28 内に熱エネルギーを生成することもできる。

【0015】

図示する実施形態では、同位体生成システム 10 は、ターゲット媒体が配置されるそれぞれのターゲットチャンバ 32 A、32 B、32 C を有する複数のターゲット本体 28 A、28 B、28 C を含む。シフト装置またはシステム（図示せず）を使用して、粒子ビーム 22 が異なる生成セッションのために異なるターゲット媒体に入射するように、粒子ビーム 22 に対してターゲットチャンバ 32 A、32 B、32 C をシフトすることができる。別の実施形態では、粒子加速器 12 および抽出システム 24 は、粒子ビーム 22 をただ 1 つの経路に沿って導くだけでなく、ターゲットチャンバ 32 A、32 B、32 C ごとの固有の経路に沿って粒子ビーム 22 を導くことができる。さらに、ビーム輸送経路 30 は、粒子加速器 12 からターゲットチャンバ 32 A、32 B、32 C まで実質的に直線状であってもよいし、あるいはビーム輸送経路 30 は、粒子加速器 12 からターゲットチャンバ 32 A、32 B、32 C まで実質的に直線状であってもよい。たとえば、ビーム輸送経路 30 に沿って配置された磁石（図示せず）は、異なる経路に沿って粒子ビーム 22 を方向転換するように構成することができる。

10

【0016】

同位体生成システム 10 は、医学的な撮像、研究、および治療に使用できる放射性同位元素（「放射性核種」とも呼ばれる）を生成するように構成されているが、科学的な研究または分析などの医学に関連しない他の用途にも使用できる。核医学（NM）撮像または陽電子放出断層撮影（PET）撮像用途などの医療目的で使用される場合には、放射性同位体は「トレーサ」と呼ばれることがある。例として、同位体生成システム 10 は、 ^{18}F 同位体などの液体形態の同位体を形成するためのプロトンを生成することができる。別の例では、同位体生成システムを用いて ^{13}N 同位体を生成することができる。そのような同位体を生成するために使用されるターゲット媒体は、富化した ^{18}O の水または ^{16}O の水であってもよい。

20

【0017】

いくつかの実施形態では、負の水素イオンが加速され、粒子加速器 12 を通って抽出システム 24 に導かれる。次いで、負の水素イオンは、抽出システム 24 のストリップングフォイル（図 1 には示さず）に当たって、それによって一対の電子を除去し、正イオンの粒子 1H^+ を生成することができる。代替的な実施形態では、荷電粒子は、 1H^+ 、 2H^+ 、および 3He^+ などの正イオンであってもよい。このような別の実施形態では、抽出システム 24 は、粒子ビームをターゲットチャンバ 32 A、32 B、32 C に導く電界を生成する静電偏向器を含むことができる。

30

【0018】

同位体生成システム 10 はまた、荷電粒子を所定のエネルギーレベルまで加速するように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、荷電粒子は、約 18MeV 以下のエネルギーに加速される。他の実施形態では、同位体生成システム 10 は、荷電粒子を約 16.5MeV 以下のエネルギーに加速する。いくつかの他の実施形態では、荷電粒子は、 100MeV 、 500MeV またはそれ以上のエネルギーまで加速される。同位体生成システム 10 は、同位体を、医用撮像または治療に使用するための個々の用量などの、おおよその量またはバッチで生成することができる。

40

【0019】

図示する実施形態では、同位体生成システム 10 は、それぞれの構成要素によって生成された熱を吸収するために、冷却流体を様々な構成要素に輸送する冷却システム 34 をさらに含む。同位体生成システム 10 は様々な構成要素の動作を制御するために技術者によって使用され得る制御システム 36 をさらに含む。制御システム 36 は、粒子加速器 12 およびターゲットシステム 26 に近接して位置する 1 つまたは複数のユーザインターフェースを含むことができる。同位体生成システム 10 はまた、粒子加速器 12 およびターゲットシステム 26 のための 1 つまたは複数の放射および／または磁気シールドを含むことができる。

50

【0020】

図2は、例示的な実施形態による、共に組み立てられ得る様々な構成要素を示すターゲットシステム26の分解斜視図である。しかしながら、本明細書に示され記述された構成要素は例示的なものにすぎず、ターゲットシステム26は他の構成に従って構成されてもよい。ターゲットシステム26は、ビーム導管38と、ビーム導管38に結合されるように構成されたターゲットハウジング40と、を含む。ビーム導管38は、ビーム輸送経路30（図1に示す）を取り囲んでいる。ターゲットハウジング40は、複数のハウジング部分42、28、44を含む。ハウジング部分42は、ビーム導管38に結合されるように構成された先導ハウジング部分と呼ばれる。ハウジング部分28は、ターゲット本体とも呼ばれ、ハウジング部分44は、トレーリングハウジング部分と呼ばれる。図示していないが、ターゲットシステム26は、放射性同位元素を含む液体ターゲット媒体を送達して除去する流体システムに結合される。

10

【0021】

ターゲットシステム26は、2つの取り付け部材46、48およびカバープレート50をさらに含む。ハウジング部分42、28、44、取り付け部材46、48、およびカバープレート50は、同じ材料で作製されてもよく、あるいは異なる材料で製造されてもよい。たとえば、ハウジング部分42、28、44、取り付け部材46、48、およびカバープレート50は、アルミニウム、鋼、タングステン、ニッケル、銅、鉄、ニオブなどを含む金属または合金で作製されてもよい。いくつかの実施形態では、様々な構成要素の材料は、材料の熱伝導率および／または放射線を遮蔽する材料の能力に基づいて選択することができる。様々な構成要素は、様々な開口部、凹部、通路、またはキャビティなどの本明細書に開示される動作機構を含むように、成形、ダイカスト、および／または機械加工されてもよい。いくつかの実施形態では、様々な構成要素は、積層造形法によって作製されてもよい。

20

【0022】

図示する実施形態では、ハウジング部分43、28、44および取り付け部材46、48は、それぞれの構成要素を通して延在する通路52、54、56、58、60、62、64、66を含む。取り付け部材46を通して延在する通路は図示していない。キャビティ68は、ターゲット本体28の厚さ全体を貫通して延在してもよい。他の実施形態では、キャビティ68は、限定された深さだけターゲット本体28内に延在する。窓70はキャビティ68へのアクセスを提供する。ターゲットシステム26は、通路52、66のそれぞれの開口部76、78に挿入されるように構成されたノズルまたはバルブ72、74を含む。さらに、ノズルまたはバルブ80、82は、ターゲット本体28のそれぞれの開口部に挿入されるように構成されている。

30

【0023】

ターゲットシステム26は、複数のシール部材84および留め具86をさらに含む。シール部材84は、構成要素間の界面を封止するように構成され、ターゲットシステム26内の所定の圧力（たとえば、通路52、54、56、58、60、62、64、66によって形成された流体回路）を維持し、周囲環境からの汚染を防止し、かつ／または流体が周囲環境に漏出するのを防止する。留め具86は、様々な構成要素を互いに固定する。さらに、ターゲットシステム26は、少なくとも1つのフォイル構成要素88を含むことができる。粒子ビームは、フォイル部材88に入射して放射能を生成するように構成される。

40

【0024】

図3は、例示的な実施形態によるターゲットシステム26の側面図である。ターゲットシステム26が完全に構築されると、ターゲット本体28は、ハウジング部分42、44の間に挟まれ、ターゲットキャビティ68（図2に示す）が閉じられてターゲットチャンバ（図3には図示せず）を形成する。ビーム導管38は、ハウジング部分42に結合されており、粒子ビームを受け取り、粒子ビームをターゲットチャンバに送るよう構成される。ターゲットハウジング40が構成されると、通路52、54、56、58、60、6

50

2、64、66（図2に示す）は、作動流体（たとえば、水などの冷却流体）をターゲットハウジング40を通して導き、熱エネルギーを吸収し、熱エネルギーをターゲットハウジング40から移動させる。流入する流体は、ノズル72を通して流入し、ノズル74を通して流出する。

【0025】

図4を参照すると、例示的な実施形態によるターゲット本体28の正面斜視図が示されている。図示する実施形態では、ターゲット本体28の1つのターゲットチャンバ32Aが示されている。ターゲットチャンバ32Aは、第1の表面積91を有する第1のチャンバ90と、第1の表面積91より大きい第2の表面積93を有する第2のチャンバ92と、を含む。第1のチャンバ90は、荷電粒子ビーム22（図1に示す）によるボンバードメントのための液体ターゲット媒体94を保持するように構成される。第1のチャンバ90は、荷電粒子ビームを液体ターゲット媒体94に通過させながら、液体ターゲット媒体94を加速器内の真空から隔離するための窓96をさらに有する。

【0026】

図示する実施形態では、第2のチャンバ92は、扇形の断面を有する。具体的には、第1のチャンバ90は第1の容積を有し、第2のチャンバ92は第1の容積より大きな第2の容積を有する。一実施形態では、第1のチャンバ90は22%の体積分率を有し、第2のチャンバ92は78%の体積分率を有する。例示的な実施形態によれば、荷電粒子ビームは加速器から第1のチャンバ90に導かれる。放射能は、ターゲット本体28に結合されたフォイル構成要素を介して生成される。荷電粒子ビームは、第1のチャンバ90に保持された液体ターゲット媒体94に集束され、荷電粒子ビームの集束に応答して液体ターゲット媒体94を蒸発させる。その後、蒸発したターゲット媒体98は、冷却剤を用いた冷却によってターゲットチャンバ32Aの第2のチャンバ92内で凝縮され、次に凝縮されたターゲット媒体100が第1のチャンバ90に導かれる。他の実施形態では、第2のチャンバ92の形状は、用途に応じて変化してもよい。

【0027】

前述したように、より高いビーム電流の使用に関連する1つの制限は、従来のターゲット本体における熱伝達が不十分であることである。換言すれば、18Fの生成を増加させる問題は、従来の水ターゲットが不十分な熱伝達によってより高いビーム電流を受け取ることができないことである。本発明の実施形態によれば、第2のチャンバ92は、より高い凝縮接触面積を提供して、蒸気対液体比の増加をもたらすように設計される。ここで注目すべきは、第2のチャンバ92の凝縮接触面積の増大に伴い、ターゲット本体28の冷却能力が増大することである。

【0028】

図5を参照すると、別の例示的な実施形態によるターゲット本体110の斜視図が示されている。図示する実施形態では、ターゲット本体110は、実質的に楕円形の断面を有するターゲットチャンバ112を含む。ターゲットチャンバ112は、第1の表面積113を有する第1のチャンバ114と、第1の表面積113より大きい第2の表面積115を有する第2のチャンバ116と、を含む。第2のチャンバ116は、具体的には、蒸発したターゲット媒体の凝縮を促進するための複数の凝縮バー118を含む。図示する実施形態では、複数の凝縮バー118は、円形の断面を有する。他の実施形態では、凝縮バー118の数、凝縮バー118間の間隔、凝縮バー118の寸法および形状は、用途に応じて変化してもよい。一実施形態では、複数の凝縮バー118およびターゲット本体110は、同じ材料で作られる。別の実施形態では、複数の凝縮バー118およびターゲット本体は、異なる材料で作られる。

【0029】

荷電粒子ビームは、第1のチャンバ114内の液体ターゲット媒体に集束され、荷電粒子ビームの集束に応答して液体ターゲット媒体が蒸発する。その後、蒸発したターゲット媒体がターゲットチャンバ112の第2のチャンバ116内で凝縮され、次に凝縮されたターゲット媒体が第1のチャンバ114に導かれる。

【0030】

本発明の実施形態によれば、第2のチャンバ116には、より高い蒸気凝縮接触面積を提供する複数の凝縮バー118が設けられ、蒸気対液体比の増加をもたらす。ここで注目すべきは、第2のチャンバ116の凝縮接触面積の増大に伴い、ターゲット本体110の冷却能力が増大することである。

【0031】

図6を参照すると、別の例示的な実施形態による第2のチャンバの一部120の概略図が示されている。第2のチャンバの一部120は、内面124上に形成された複数の微細構造122を含む。図示する実施形態では、複数の微細構造122は、蒸発したターゲット媒体の凝縮を促進するための複数の微細突起を含む。微細突起の数、形状、配向間隔、および寸法は、用途に応じて変化してもよい。複数の微細構造122は、レーザ微細加工またはリソグラフィによって形成することができる。

10

【0032】

本発明の実施形態によれば、微細構造122の提供は、熱伝達係数を高め、それによって蒸発したターゲット媒体の滴状凝縮が生じる。一実施形態では、微細構造122は、10～20マイクロメートル程度であってもよい。微細構造122がない従来のシステムでは、蒸発したターゲット媒体の膜状凝縮が生じる。

【0033】

図7を参照すると、別の例示的な実施形態による第2のチャンバの一部126の概略図が示されている。第2のチャンバの一部126は、内面130上に形成された複数の微細構造128を含む。図示する実施形態では、複数の微細構造128は、蒸発したターゲット媒体の凝縮を促進するための複数の微細溝を含む。微細溝の数、形状、配向間隔、および寸法は、用途に応じて変化してもよい。複数の微細構造128は、レーザ微細加工またはリソグラフィによって形成することができる。

20

【0034】

図8は、図4の実施形態によるヒートシンク132の斜視図を示す。ヒートシンク132は、ターゲット本体28の後壁面136に結合された複数の冷却剤マイクロチャネル134を含む。冷却剤138は、第2のチャンバ92の凝縮冷却を助けるために、ヒートシンク132の複数のマイクロチャネル134を介して循環される。

【0035】

図9は、例示的な実施形態による、ビーム電流（Y軸で示す）対蒸気体積比（X軸で示す）の変化のグラフである。ここで、蒸気体積比は、第1のチャンバの体積分率に対する第2のチャンバの体積分率と呼ばれることに留意されたい。曲線140は、ターゲットチャンバの壁温度40℃での蒸気体積比に対するビーム電流の変化を示す。曲線142は、ターゲットチャンバの壁温度60℃での蒸気体積比に対するビーム電流の変化を示す。曲線144は、ターゲットチャンバの壁温度100℃での蒸気体積比に対するビーム電流の変化を示す。曲線140、142、144を参照すると、ビーム電流は、蒸気体積比の増加およびターゲットチャンバの壁温度の減少と共に増加することに留意されたい。

30

【0036】

本明細書で説明する実施形態によれば、凝縮冷却は、第2のチャンバの凝縮面積を拡大し、蒸発したターゲット媒体を滴状凝縮させることによって強化される。凝縮面積は、第2のチャンバの表面積、容積を増加させることによって、および／または第2のチャンバ内に複数の凝縮バーを設けることによって増加する。熱伝達係数は、第2のチャンバ内に微細構造を設けることによって向上する。蒸発したターゲット媒体の凝縮冷却の強化により、より高いビーム電流が容易になり、18Fの生成量が増加する。

40

【0037】

本発明の特定の特徴だけを本明細書に図示し記載しているが、多くの改変および変形が当業者に想到されるであろう。したがって、添付した特許請求の範囲は、本発明の真の要旨に含まれるこのようなすべての改変および変形を包含することを意図していると理解すべきである。

50

【符号の説明】

【0038】

10	同位体生成システム	
12	粒子加速器	
14	イオン源システム	
16	電界システム	
18	磁界システム	
20	真空システム	
22	荷電粒子ビーム	
24	抽出システム	10
26	ターゲットシステム	
28	ハウジング部分／ターゲットチャンバ	
28A	ターゲット本体	
28B	ターゲット本体	
28C	ターゲット本体	
30	ビーム輸送経路／ビーム通路	
32A	ターゲットチャンバ	
32B	ターゲットチャンバ	
32C	ターゲットチャンバ	
34	冷却システム	20
36	制御システム	
38	ビーム導管	
40	ターゲットハウジング	
42	ハウジング部分	
43	ハウジング部分	
44	ハウジング部分	
46	取り付け部材	
48	取り付け部材	
50	カバープレート	
52	通路	30
54	通路	
56	通路	
58	通路	
60	通路	
62	通路	
64	通路	
66	通路	
68	キャビティ	
70	窓	
72	ノズル／バルブ	40
74	ノズル／バルブ	
76	開口部	
78	開口部	
80	バルブ	
82	バルブ	
84	シール部材	
86	留め具	
88	フォイル構成要素／フォイル部材	
90	第1のチャンバ	
91	第1の表面積	50

- | | |
|-------|-------------|
| 9 2 | 第 2 のチャンバ |
| 9 3 | 第 2 の表面積 |
| 9 4 | 液体ターゲット媒体 |
| 9 6 | 窓 |
| 9 8 | ターゲット媒体 |
| 1 0 0 | ターゲット媒体 |
| 1 1 0 | ターゲット本体 |
| 1 1 2 | ターゲットチャンバ |
| 1 1 3 | 第 1 の表面積 |
| 1 1 4 | 第 1 のチャンバ |
| 1 1 5 | 第 2 の表面積 |
| 1 1 6 | 第 2 のチャンバ |
| 1 1 8 | 凝縮バー |
| 1 2 0 | 一部 |
| 1 2 2 | 微細構造 |
| 1 2 4 | 内面 |
| 1 2 6 | 一部 |
| 1 2 8 | 微細構造 |
| 1 3 0 | 内面 |
| 1 3 2 | ヒートシンク |
| 1 3 4 | 冷却剤マイクロチャネル |
| 1 3 6 | 後壁面 |
| 1 3 8 | 冷却剤 |

10

20

【图 1】

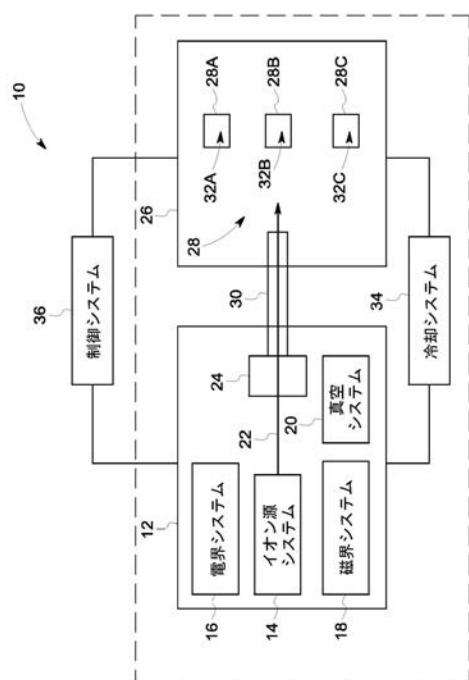


FIG. 1

【图 2】

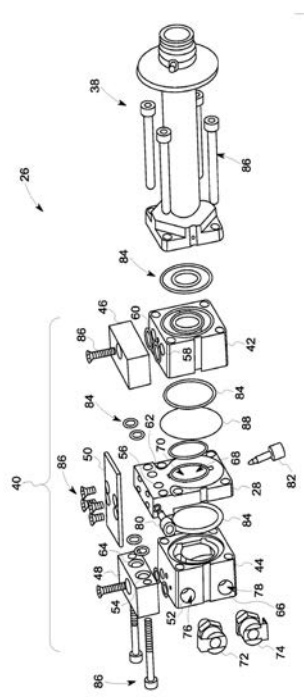


FIG. 2

【図 3】

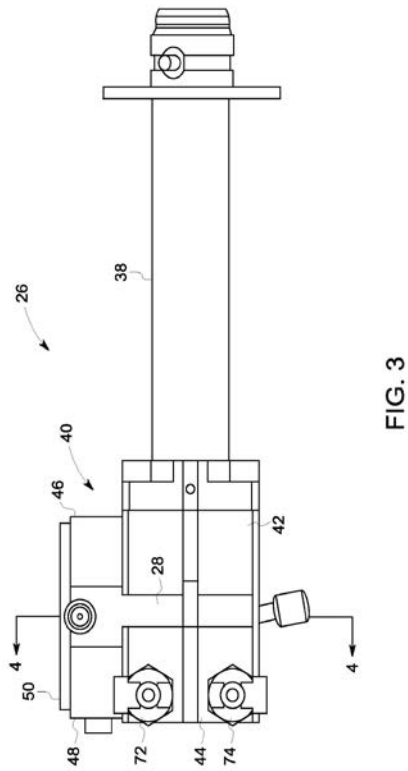


FIG. 3

【図 4】

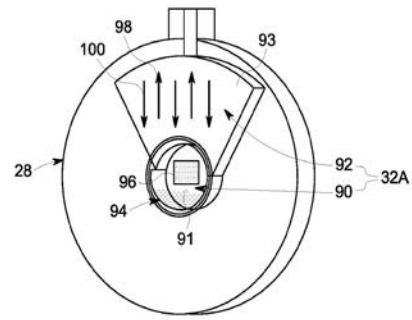


FIG. 4

【図 5】

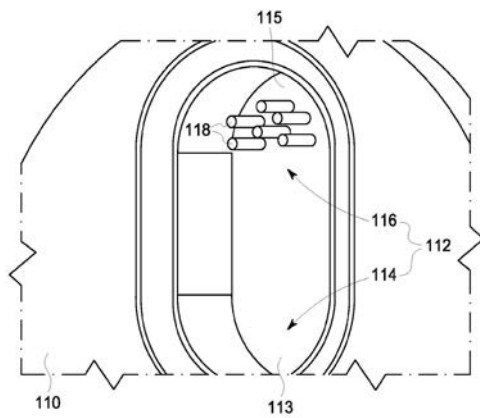


FIG. 5

【図 6】

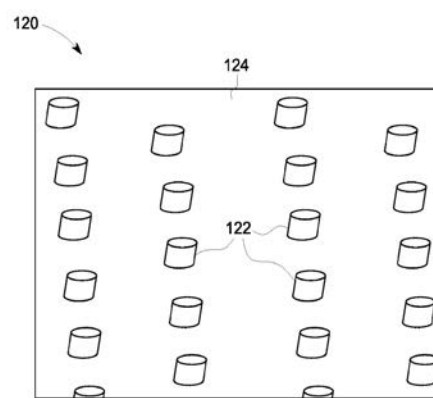


FIG. 6

【図 7】

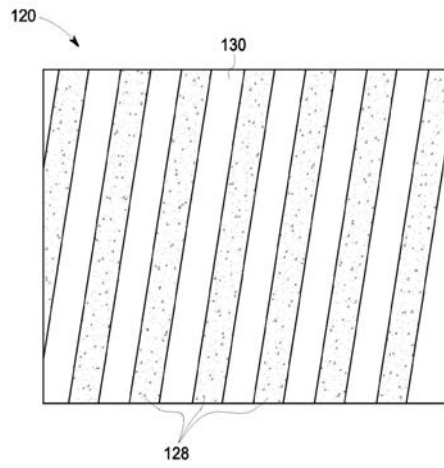


FIG. 7

【図 8】

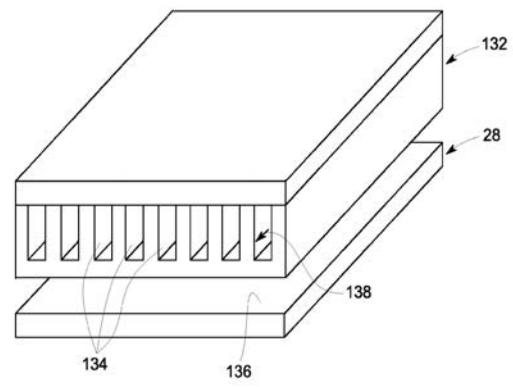


FIG. 8

【図 9】

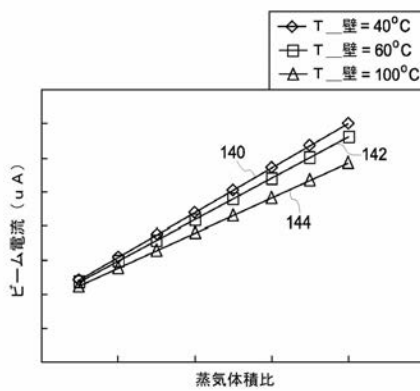


FIG. 9

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2015/050853

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H05H6/00 G21G1/10
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05H G21G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	US 2014/362964 A1 (NORLING JONAS [SE] ET AL) 11 December 2014 (2014-12-11) paragraphs [0018], [0020], [0022], [0029], [0035] - [0036], [0045], [0058] -----	1-3, 9-11,17, 18
X	US 7 127 023 B2 (WIELAND BRUCE W [US]) 24 October 2006 (2006-10-24) column 4, lines 13-67; figures 1,4 column 5, lines 58-60 column 10, line 9 - column 11, line 11 -----	1-3, 8-11, 16-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier application or patent but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 December 2015

Date of mailing of the international search report

14/12/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Ruijter-Noordman

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/050853

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2014362964	A1	11-12-2014	CN	103621189 A		05-03-2014
			US	2012321026 A1		20-12-2012
			US	2014362964 A1		11-12-2014
			WO	2013003039 A1		03-01-2013

US 7127023	B2	24-10-2006	AT	409945 T		15-10-2008
			AT	409946 T		15-10-2008
			AU	2003239509 A1		12-12-2003
			AU	2003241512 A1		12-12-2003
			CA	2486604 A1		04-12-2003
			CA	2486722 A1		04-12-2003
			EP	1509925 A2		02-03-2005
			EP	1575488 A2		21-09-2005
			US	2004000637 A1		01-01-2004
			US	2004013219 A1		22-01-2004
			US	2007036259 A1		15-02-2007
			US	2007217561 A1		20-09-2007
			WO	03099208 A2		04-12-2003
			WO	03099374 A2		04-12-2003

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100151286

弁理士 澤木 亮一

(72)発明者 ツァン, シー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケー1-3エー59、リサーチサークル、1、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー、グローバル・リサーチ

(72)発明者 フロンテラ, マーク・アラン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケー1-3エー59、リサーチサークル、1、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー、グローバル・リサーチ

(72)発明者 ザボドスキー, ピーター・アンドラス

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケー1-3エー59、リサーチサークル、1、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー、グローバル・リサーチ

(72)発明者 エリクソン, トーマス・エイク

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケー1-3エー59、リサーチサークル、1、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー、グローバル・リサーチ