

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6352897号
(P6352897)

(45) 発行日 平成30年7月4日 (2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日 (2018.6.15)

(51) Int. Cl.

F I

G 2 1 K 5/08 (2006.01)

G 2 1 K 5/08 R

H 0 5 H 6/00 (2006.01)

H 0 5 H 6/00

G 2 1 K 5/00 (2006.01)

G 2 1 K 5/00 W

G 2 1 K 5/08 C

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2015-503213 (P2015-503213)
 (86) (22) 出願日 平成25年2月26日 (2013.2.26)
 (65) 公表番号 特表2015-512517 (P2015-512517A)
 (43) 公表日 平成27年4月27日 (2015.4.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/027709
 (87) 国際公開番号 W02013/172909
 (87) 国際公開日 平成25年11月21日 (2013.11.21)
 審査請求日 平成28年2月24日 (2016.2.24)
 (31) 優先権主張番号 13/436,222
 (32) 優先日 平成24年3月30日 (2012.3.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタデイ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターゲットウィンドウ、ターゲットシステム及びアイソトープ製造システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アイソトープ製造システムのためのターゲットウィンドウであって、

前記ターゲットウィンドウは、金属材料から形成される第1の膜部材と、第2の膜部材とを含む複数の膜部材を備え、該複数の膜部材は、第1の膜部材と第2の膜部材の対応する側部が互いに係合するか又は第1の膜部材と第2の膜部材の対応する側部が前記複数の膜部材のうち少なくとも一つの他の膜部材と係合するようにスタック構造で構成され、前記第2の膜部材は、前記第2の膜部材の前記対応する側部の一つが、前記アイソトープ製造システムの動作中にターゲット液体にさらされるように構成され、前記第2の膜部材は、帯電粒子ビームが前記複数の膜部材に入射した時に、前記第1の膜部材から前記ターゲット液体への長寿命アイソトープの移動を妨げる、ターゲットウィンドウ。

【請求項 2】

前記第1の膜部材は、粒子ビームが前記第1の膜部材に、前記複数の膜部材のうちの他の膜部材よりも前に入射するように構成される、請求項1に記載のターゲットウィンドウ。

【請求項 3】

前記第1の膜部材が、少なくとも1000MPaの引張強度を有する、請求項1又は2に記載のターゲットウィンドウ。

【請求項 4】

前記第1の膜部材は、コバルトベース合金で形成される、請求項1に記載のターゲット

10

20

ウィンドウ。

【請求項 5】

アイソトープ製造システムのためのターゲットシステムであって、前記ターゲットシステムは、ターゲット液体を入れるよう構成され、帯電粒子ビームのための経路を有する本体と、前記本体の帯電粒子進入側および前記ターゲット液体を有するよう構成されたキャビティの間のターゲットウィンドウとを備え、前記ターゲットウィンドウは、金属材料から形成される第 1 の膜部材と、第 2 の膜部材とを含む複数の膜部材を備え、該複数の膜部材は、第 1 の膜部材と第 2 の膜部材の対応する側部が互いに係合するか又は第 1 の膜部材と第 2 の膜部材の対応する側部が前記複数の膜部材のうち少なくとも一つの他の膜部材と係合するようにスタック構造で構成され、前記第 2 の膜部材は、前記第 2 の膜部材の前記対応する側部の一つが、前記アイソトープ製造システムの動作中にターゲット液体にさらされるように構成され、前記第 2 の膜部材は、帯電粒子ビームが前記複数の膜部材及び前記ターゲット液体に入射した時に、前記第 1 の膜部材から前記ターゲット液体への長寿命アイソトープの移動を妨げる、ターゲットシステム。

10

【請求項 6】

前記膜部材は、粒子ビームが前記第 1 の膜部材に、前記複数の膜部材のうちの他の膜部材よりも前に入射するように構成される、請求項 5 に記載のターゲットシステム。

【請求項 7】

前記複数の膜部材は、第 3 の膜部材をさらに備え、該第 3 の膜部材は、前記第 1 の膜部材と前記第 2 の膜部材の間に位置する、請求項 5 又は 6 に記載のターゲットシステム。

20

【請求項 8】

アイソトープ製造システムであって、加速チャンバを備える加速器と、前記加速チャンバ内に、前記加速チャンバに隣接して、または前記加速チャンバから離れて設置されたターゲットシステムとを備え、前記加速器は、帯電粒子ビームを、前記加速チャンバから前記ターゲットシステムに誘導するよう構成され、前記ターゲットシステムは、ターゲット液体を保持するよう構成された本体と、帯電粒子進入側とターゲット液体との間の前記本体にターゲットウィンドウを有し、前記ターゲットウィンドウは、金属材料から形成される第 1 の膜部材と、第 2 の膜部材とを含む複数の膜部材を備え、該複数の膜部材は、第 1 の膜部材と第 2 の膜部材の対応する側部が互いに係合するか又は第 1 の膜部材と第 2 の膜部材の対応する側部が前記複数の膜部材のうち少なくとも一つの他の膜部材と係合するようにスタック構造で構成され、前記第 2 の膜部材は、前記第 2 の膜部材の前記対応する側部の一つが、前記アイソトープ製造システムの動作中にターゲット液体にさらされるように構成され、前記第 2 の膜部材は、帯電粒子ビームが前記複数の膜部材及び前記ターゲット液体に入射した時に、前記第 1 の膜部材から前記ターゲット液体への長寿命アイソトープの移動を妨げる、アイソトープ製造システム。

30

【請求項 9】

前記第 1 の膜部材は、前記帯電粒子進入側に位置し、前記第2の膜部材は、前記アイソトープ製造システムの動作中に前記ターゲット液体と係合し、前記複数の膜部材において、圧力が前記ターゲット液体から前記加速器の方向に向かって働く、請求項 8 に記載のアイソトープ製造システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示する発明の主題は、一般に、アイソトープ製造システムに関し、より詳しくは、アイソトープ製造システムのためのターゲットウィンドウに関する。

【背景技術】

【0002】

ラジオアイソトープ（放射性核種とも呼ばれる）は、医薬療法、撮像、ならびに研究に適用され、および医学とは関係ない他の用途に適用される。ラジオアイソトープを製造す

50

るシステムは、典型的に、加速チャンバを取り囲むマグネットヨークを有する、サイクロトロンなどの粒子加速器を備える。電界および磁界が加速チャンバ内に生成され、極間のスパイラル状軌道に沿って帯電粒子を加速および誘導することができる。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、帯電粒子のビームを形成し、粒子ビームを加速チャンバの外に、ターゲット物質（出発物質と称されることもある）を有するターゲットシステムに向かって誘導する。粒子ビームは、ターゲット物質に入射し、それにより、ラジオアイソトープを生成する。

【0003】

ポジトロン放射断層撮影法（PET）サイクロトロンなどのこれらのアイソトープ製造システムでは、ターゲットウィンドウが、高エネルギー粒子進入側と、ターゲットシステムのターゲット物質側との間に設けられる。ターゲットウィンドウは、高圧および高温の状況下で破壊に耐えることが可能である必要がある。従来のシステムは、典型的に、ハーバー膜を用いて、このウィンドウを形成する。しかしながら、ハーバー膜は、長寿命ラジオアイソトープで活性化する。あるターゲットタイプ、特に、水ターゲットの場合、ターゲット媒体は、膜と直接接触し、長寿命ラジオアイソトープは、ターゲット媒体に移る。ターゲット媒体は、アイソトープを除去する患者に注入する前に正常に処理されるが、いくつかの用途において、アイソトープは、患者に注入され、患者にとって害となる可能性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際特許出願公開2007/016783A1号明細書

【発明の概要】

【0005】

さまざまな実施形態によれば、アイソトープ製造システムのためのターゲットウィンドウは、スタック構造の複数の膜部材を備えて提供される。膜部材は側部を有し、少なくとも1つの膜部材の側部は、少なくとも1つの他の膜部材の側部と係合する。さらに、少なくとも2つの膜部材が、異なる材料で形成される。

【0006】

他のさまざまな実施形態によれば、アイソトープ製造システムのためのターゲットは、ターゲット物質を入れるよう構成され、帯電粒子ビームのための経路を有する本体を含んで提供される。ターゲットはまた、高エネルギー粒子進入側と、ターゲット物質側との間に、ターゲットウィンドウを備える。ターゲットウィンドウは、スタック構造の複数の膜部材を有し、複数の膜部材のそれぞれの側部が、互いに係合する。さらに、複数の膜部材のうち少なくとも2つが、異なる材料特性を有する。

【0007】

さらに他の実施形態によれば、アイソトープ製造システムは、マグネットヨークを備え、加速チャンバを有する加速器を備えて提供される。アイソトープ製造システムはまた、加速チャンバに隣接するか、または加速チャンバから離れて設置されるターゲットシステムを備え、サイクロトロンは、加速チャンバからターゲットシステムに粒子ビームを誘導するよう構成される。ターゲットシステムは、ターゲット物質を保持するよう構成された本体、および高エネルギー粒子進入側と、ターゲット物質側との間で本体内にターゲットウィンドウを有する。ターゲットウィンドウは、スタック構造の複数の膜部材を有し、複数の膜部材のそれぞれの側部が、互いに係合し、複数の膜部材の少なくとも2つが、異なる材質特性を有する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】さまざまな実施形態により形成されたターゲットウィンドウを示すブロック図である。

【図2】一実施形態により形成されたターゲットウィンドウの図である。

【図 3】さまざまな実施形態による、ターゲットウィンドウを形成する方法のフローチャートである。

【図 4】さまざまな実施形態により形成されたターゲット膜の異なる特性での変化を示すグラフである。

【図 5】さまざまな実施形態により形成されたターゲットウィンドウを実現することができるアイソトープ製造システムのブロック図である。

【図 6】さまざまな実施形態により形成されたターゲットシステムのためのターゲット本体の透視図である。

【図 7】図 6 のターゲット本体の他の透視図である。

【図 8】図 6 のターゲット本体の構成部品を示す分解図である。

【図 9】図 6 のターゲット本体の構成部品を示す他の分解図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

上記の概要、およびある実施形態に関する以下の詳細な説明は、添付図面とともに読むことにより、よりよく理解されるであろう。図面は、さまざまな実施形態のブロック図を示す限り、ブロックは、ハードウェア間の区分を必ずしも示さない。したがって、例えば、1つまたは複数のブロックが、単一のハードウェアまたは複数のハードウェアで実装される可能性がある。さまざまな実施形態は、図に示した構成および手段に限定されないことを理解すべきである。

【0010】

本明細書で使用する場合、単数形で書かれた要素またはステップおよび単語「a」もしくは「an」が前に付く要素またはステップは、例外であることが明示されない限り、前記要素またはステップが複数である可能性を除外しないことを理解すべきである。さらに、「一実施形態」という言及は、記載した特徴を含む追加の実施形態の存在を除外すると解釈されるべきではない。さらに、明示的に反対のことが言及されない限り、特定の特性を有する一要素または複数の要素を「備える」または「有する」実施形態は、その特性を有さない、そのような追加の要素を含む可能性がある。

【0011】

さまざまな実施形態が、医療撮像（例えば、ポジトロン放射断層撮影法（PET）撮像）のために使用されるアイソトープを生成するなどのための、アイソトープ製造システムのための複数部材ターゲットウィンドウを提供する。さまざまな実施形態が、サイクロトロンまたはリニア加速器などの異なる種類の粒子加速器で使用される可能性があることに留意されたい。さらに、さまざまな実施形態が、医療用途でアイソトープを生成するためのアイソトープ製造システム以外の、異なる種類の放射性アクチュエータシステムで使用される可能性がある。さまざまな実施形態を実施することにより、ターゲット媒体（例えば、水）内で生成された長寿命アイソトープの量が減少するか、またはなくなる。長寿命アイソトープは、一般に、非常に長い半減期を有する、すなわち、長期間、放射性であるラジオアイソトープであることに留意されたい。いくつかの実施形態において、長寿命アイソトープは、数ヶ月以上の半減期を有するアイソトープである。他の実施形態において、長寿命アイソトープは、数年以上の半減期を有するアイソトープである。しかしながら、半減期が比較的短いか、または比較的長い長寿命アイソトープがもたらされる可能性もある。

【0012】

いくつかの実施形態によれば、ターゲットウィンドウ構成は、複数の膜（例えば、2以上の膜）を備えて提供される。さまざまな実施形態における膜は、異なる特性または性質を有する。より詳しくは、図 1 に示すように、アイソトープ製造システムのためなどのターゲットウィンドウ 20 を、複数部材のウィンドウ構造 22 を備えて提供することができる。例えば、一実施形態において、複数部材のウィンドウ構造 22 は、2つの膜部材 24 および 26 から形成され、二重膜ターゲットウィンドウを規定する。しかしながら、追加部材を、必要に応じて設けてもよい。さらに、膜部材 24 および 26 の相対的なサイズ、

10

20

30

40

50

厚さ、および材料は、本明細書でより詳細に説明するように、必要に応じて変えることができる。

【0013】

さまざまな実施形態における膜部材24および26は、本明細書でより詳細に説明するように、接合配置で並べられた別々の膜または部材である。したがって、膜部材24および26は、別々に形成されるか、またはさまざまな実施形態において、スタック構造で構成された別々の構成部品もしくは要素である。例えば、膜部材24および26は、別々の層であると定義することができ、膜部材24および26の一方の一表面（例えば、平坦面）または側部25は、スタック構造または接合配置で膜部材24および26の他方の一表面または側部27と係合する。

10

【0014】

図示した実施形態において、膜部材24は、アイソトープ製造システムの高エネルギー粒子進入側28（例えば、高エネルギー粒子または他の粒子が、この側でターゲットウィンドウ20に進入する）に位置づけられ、膜部材26は、さまざまな実施形態においてターゲットであるアイソトープ製造システムのターゲット物質側30に位置づけられる。明らかなように、高エネルギー粒子進入側28での真空力と、ターゲット物質側30での圧力とに起因する、（P矢印で図示した）ターゲット物質側30から高エネルギー粒子進入側28への圧力が存在する。例えば、一実施形態において、ターゲット物質側30での圧力は、高エネルギー粒子進入側28での力の5から30倍である。高エネルギー粒子進入側28は、さまざまなシステムで異なる構成としてもよいことに留意されたい。例えば、高エネルギー粒子進入側28の構成は、他の構成では、真空側、または真空ならびにヘリウム側としてもよい。

20

【0015】

さまざまな実施形態において膜部材24および26を形成する材料は、所望のまたは必要とされる特性または性質に基づいて選択される。例えば、いくつかの実施形態において、膜部材24は、ハーバーなどの熱処理コバルトベース合金で形成された合金ディスクなどの、高圧および高温状態に耐えるのに必要な強度をもたらし材料で形成される。例えば、一実施形態において、膜部材24は、少なくとも1000MPa（メガパスカル）の引張強度を有する。いくつかの実施形態において、膜部材26は、長寿命ラジオアイソトープのターゲット媒体への移動を最小にするなどの特定の性質を有するか、またはニオブ材料などのターゲット媒体と接する化学的不活性物質を含む材料から形成される。しかしながら、例えば、チタンまたはタンタルなどの他の材料を使用してもよい。したがって、一実施形態において、一方の膜部材、すなわち、膜部材24は、複数部材のウィンドウ構造22が真空力に耐えるための強度をもたらし、他方の膜部材、すなわち、膜部材26は、長寿命アイソトープの生成を減らす。この実施形態において、膜部材24は、高エネルギー粒子進入側28に向けて、または高エネルギー粒子進入側28上に位置づけられ、膜部材26は、ターゲット物質側30に向けて、またはターゲット物質側30上に位置づけられる。

30

【0016】

追加の膜部材を含むことができる、特定の特性または性質に基づいて、異なる材料を使用または選択してもよいことに留意されたい。例えば、熱放散または熱輸送をもたらすために、部材24および26の一方、または追加の部材は、アルミニウム、または銅などの他の熱放散または熱輸送材料で形成される。アルミニウム部材（または、他の放散もしくは熱輸送部材）を追加してもよく、ハーバーおよびニオブ部材の間などの、一実施形態における第1および第2の部材24および26の間に位置づけることができる。しかしながら、他の実施形態において、膜部材は、異なるようにスタックされてもよい。異なる部材を配置またはスタックして、部材の特定の特性または性質に基づいて所望のまたは必要な全体的な特性を取得してもよいことにも留意すべきである。したがって、一実施形態において、ハーバー材料は強度をもたらし、ニオブ材料は化学的な不活性特性をもたらし、アルミニウム材料から形成されるオプション部材は、熱放散などの熱特性をもたらし。しか

40

50

しながら、他の実施形態において、高強度材料として、ハーバーでもよいが、ハーバーと同様の特性を有する材料またはハーバーとは異なる特性を有する材料を使用する。さらに他の実施形態では、強度がより強い膜部材を設けない。例えば、一実施形態では、ハーバー膜部材を設けない。使用した材料に加えて、システムのエネルギーまたは他のパラメータなどに基づいて、部材の厚さを変えてもよい。

【0017】

さまざまな実施形態において、特定の関心パラメータに基づいて、異なる膜部材を形成または構成する。例えば、以下のいくつかの特性を含むことができる。

【0018】

熱伝導性；
引張強度；
化学反応性（不活性）；
材料が対象のエネルギー劣化特性；
放射性活性化；および/または
融点。

10

【0019】

したがって、さまざまな部材を異なる順序で形成またはスタックして、異なる特性または性質を取得することができる。

【0020】

膜部材24および26は、異なる形状またはサイズを有するよう構成してもよい。例えば、膜部材24および26は、オプション部材38、例えば、アルミニウム部材も図示する図2に示すようなスタック構造で並べられた膜ディスクとしてもよい。膜部材24および26は、一般に、スタック構造またはサンドウィッチ構造で並べられ、高エネルギー粒子進入側28およびターゲット物質側30の間の圧力差によってフレーム32などに対して、定位置に保持される。一般に、フレームは、膜部材24および26とともにターゲットウィンドウ20を規定する貫通開口34を備える。したがって、図1に膜部材26として示した高压側膜は、図1に膜部材24として示した低压側膜に対して押しつけられ、結果として、フレーム32に対して、フレーム32のサポート領域36（例えば、リム）などに押しつけられる。それに応じて、膜部材24は、膜部材26に対して、バックサポート構造を提供する。

20

30

【0021】

膜部材24および26、および部材38は、厚さが異なってもよい。例えば、一実施形態において、膜部材24は、ハーバーで形成され、厚さは約5から200マイクロメートル（ミクロン）（例えば、25から50ミクロン）であり、膜部材26は、ニオブで形成され、厚さは約5から200ミクロン（例えば、10ミクロンなどの、5から20ミクロン）である。オプション部材38を設けた場合、一実施形態において、部材38は、アルミニウムで形成され、厚さは約50から300ミクロンである。しかしながら、厚さは、必要に応じて、例えば、システムによって生成されるエネルギーにより、変えることができる。例えば、いくつかの実施形態において、さまざまな膜部材の厚さは、例えば、必要となるシステムのエネルギーに応じて、約5ミクロンから約300ミクロンとなる。しかしながら、膜部材は、例えば、400ミクロン以上の、より大きな、またはより小さな厚さとしてもよい。膜部材はまた、同じか、または異なる厚さとしてもよい。

40

【0022】

さらに、さまざまな部材、例えば、膜部材24および26の材料組成を変えてもよい。例えば、膜部材24および26は、ある種の特性または性質をもたらす複合材料および異なる合金などの材料の組合せから構成してもよい。他の例として、膜部材24および26は、異なる粒度を有する材料から形成してもよい。さらに、2つ以上の部材を同じ材料で形成してもよく、単一の部材を、同じか、または異なる材料による異なる副部材で形成してもよい。

【0023】

50

さまざまな実施形態による、ターゲットウィンドウを形成する方法 50 を、図 3 に示す。例えば、ターゲットウィンドウは、1 つまたは複数のラジオアイソトープ、例えば、 ^{13}N アンモニアを生成するために使われる粒子加速器を有するアイソトープ製造システムで使うことができる。方法 50 は、52 で、第 1 のターゲット膜をもたらすことを備える。第 1 のターゲット膜は、特定の引張強度および融点などの、1 つまたは複数の特性または性質をもたらす。例えば、一実施形態において、ハーバーなどのコバルトベース合金膜を使用してもよい。さまざまな実施形態における第 1 のターゲット膜は、少なくとも 1000 MPa の引張強度と、少なくとも 1200 の融点を有する。しかしながら、他の実施形態において、より高いか、またはより低い引張強度または融点を持つ材料を使用してもよい。

10

【0024】

方法 50 はまた、54 で、1 つまたは複数のターゲット膜をもたらすことを備える。追加のターゲット膜の少なくとも 1 つは、異なる関心特性などの、第 1 のターゲット膜とは異なる特性または性質を有する。例えば、一実施形態において、第 2 のターゲット膜は、ニオブなどの、化学的に不活性な材料から形成される。熱放散特性を有する膜、例えば、アルミニウム膜などの追加のターゲット膜も設けることができる。

【0025】

それぞれの膜の厚さは、アイソトープ製造システムのエネルギーまたは全体的に所望される特性などの異なるパラメータに基づいて決定することができる。さらに、部材が合金または複合材から構成される場合、それぞれの材料の量はまた、変えてもよい。さまざまな実施形態において、各膜のための材料は、本明細書でより詳細に説明するような異なる関心パラメータに基づいて決定または選択することができる。

20

【0026】

さらに、方法 50 は、56 で、決められた順序でターゲット膜を並べるか、またはスタックすることを備える。例えば、本明細書でより詳細に説明するように、膜は、特定のアイソトープ製造システムと関連して使用するための、個別の、または全体的な特性をもたらすようスタックしてもよい。図 4 のグラフ 60 および 66 に示すように、グラフ 60 内の曲線 62 および 64 によって示すような材料の厚さ、およびグラフ 66 内の曲線 68 および 70 によって示すような材料の厚さは、膜の 1 つまたは複数の特性に影響する可能性がある。さらに、膜をスタックする場合、グラフ 72 に示すような全体的な特性は、曲線 74 によって示すような各膜を形成する複合材の厚さによって影響を受ける可能性がある。したがって、グラフ 60、66、および 72 を使用して、各膜に対する所望の厚さを決定してもよい。膜部材に対して、異なる材料および異なる厚さの組合せを用いて、特定の特性を規定してもよい。さらに、さまざまな組合せを用いて、一実施形態において、ターゲット物質（例えば、水）内で長寿命アイソトープのほぼ全体的な低減をもたらしながら、アイソトープ製造システムで用いる引張強度を有するターゲットウィンドウなどの、少なくとも 1 つの予期せぬ全体的な特性がもたらされる。いくつかの特性または材料に対して、各特性に対するグラフの異なる組を使用して、所望の、または必要とする特性を提供するが、全体的な特性のグラフは使用しないことに留意されたい。

30

【0027】

次いで、方法 50 は、58 で、アイソトープ製造システムにおいて複数膜ターゲットウィンドウを位置づけるか、または方向づけることを備える。例えば、本明細書でより詳細に説明するように、一方の膜を高エネルギー粒子進入側に向けて位置づけることができ、他方の膜をターゲット物質側に向けて位置づけることができる。

40

【0028】

さまざまな実施形態により形成されたターゲットウィンドウは、異なる種類および構成のアイソトープ製造システムで使うことができる。例えば、図 5 は、複数膜ターゲットウィンドウを設けることができる、さまざまな実施形態により形成されたアイソトープ製造システム 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、および真空システム 110 を含むいくつかの

50

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 を使用している間、帯電粒子は、イオン源システム 104 よりサイクロトロン 102 内に配置されるか、またはサイクロトロン 102 内に注入される。磁界システム 108 および電界システム 106 は、帯電粒子の粒子ビーム 112 を生成する際に互いに協働するそれぞれの場を生成する。

【0029】

また、図 5 に示すように、システム 100 は、抽出システム 115 と、ターゲット物質 116 (例えば、水) を備える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 の加速チャンバ内に位置するか、加速チャンバに隣接するか、または加速チャンバから離れて配置することができる。アイソトープを生成するために、粒子ビーム 112 が、ビーム搬送パス、すなわち、ビーム経路 117 に沿って抽出システム 115 を通ってサイクロトロン 102 によって、ターゲットシステム 114 に誘導され、その結果、粒子ビーム 112 は、対応するターゲット位置 120 に設置されたターゲット物質 116 に入射する。ターゲット物質 116 は、粒子ビーム 112 で照射されると、(図 1 に示す) ターゲットウィンドウ 20 を通過する放射線およびガンマ線からの放射を生成することができる。

【0030】

いくつかの実施形態において、サイクロトロン 102 およびターゲットシステム 114 は、スペース、すなわち、ギャップで分離されず(例えば、間隔を空けて分離されず)、および/または別々の部品ではないことに留意されたい。したがって、これらの実施形態では、サイクロトロン 102 およびターゲットシステム 114 は、単一の構成要素、すなわち、部品で形成してもよく、構成要素、すなわち、部品間のビーム経路 117 を設けない。

【0031】

システム 100 は、1 つまたは複数のポート、例えば、1 つから 10 個、またはそれ以上のポートを有してもよい。特に、システム 100 は、1 つまたは複数のターゲット物質 116 が設置される場合に、1 つまたは複数のターゲット位置 120 を備える(ターゲット物質 116 が 1 つの場合の 1 つの位置 120 を図 5 に示す)。複数の位置 120 を設ける場合、シフティングデバイスまたはシステム(図示せず)を使用して、粒子ビーム 112 に対してターゲット物質をシフトすることができ、その結果、粒子ビーム 112 は、異なるターゲット物質 116 に入射する。シフティング処理の間もまた、真空を維持することができる。あるいは、サイクロトロン 102 および抽出システム 115 は、粒子ビーム 112 をただ 1 つの経路に沿って誘導しない可能性があるが、粒子ビーム 112 を、各さまざまなターゲット位置 120 (設けられた場合) に対する固有経路に沿って誘導することができる。さらに、ビーム経路 117 は、実質的に、サイクロトロン 102 からターゲット位置 120 に向けて直線とすることができ、あるいは、ビーム経路 117 は、1 つまたは複数の点に沿って曲がる可能性がある。例えば、ビーム経路 117 の側に沿って配置された磁石を、別の経路に沿って粒子ビーム 112 を方向転換するよう構成することができる。さまざまな実施形態を、比較的小さいエネルギーまたはビーム電流を使用して比較的小さなサイクロトロンと関連して説明したが、さまざまな実施形態は、比較的大きなエネルギーまたはビーム電流を有する比較的大きなサイクロトロンと関連して実現することができることに留意されたい。

【0032】

1 つまたは複数のサブシステムを有するアイソトープ製造システムおよび/またはサイクロトロンの例は、米国特許第 6,392,246 号、米国特許第 6,417,634 号、米国特許第 6,433,495 号、ならびに米国特許第 7,122,966 号、および米国特許出願第 2005/0283199 号に記載される。さらなる例もまた、米国特許第 5,521,469 号、米国特許第 6,057,655 号、米国特許第 7,466,085 号、および米国特許第 7,476,883 号で提供される。さらに、本明細書で説明する実施形態で用いることができるアイソトープ製造システムおよび/またはサイクロト

10

20

30

40

50

ロンもまた、同時係属米国特許出願第 1 2 / 4 9 2 , 2 0 0 号、同時係属米国特許出願第 1 2 / 4 3 5 , 9 0 3 号、同時係属米国特許出願第 1 2 / 4 3 5 , 9 4 9 号、および同時係属米国特許出願第 1 2 / 4 3 5 , 9 3 1 号に記載される。

【 0 0 3 3 】

システム 1 0 0 は、医療撮像、研究、および治療で 사용할 ことができるが、科学的 研究または分析などの医療関連ではない他の用途にも使用することができる、ラジオアイソトープ（放射性核種とも呼ばれる）を生成するよう構成される。核医学（NM）撮像または PET 撮像などの医療目的で使用する 場合、ラジオアイソトープはまた、トレーサーと呼ばれる可能性がある。例えば、システム 1 0 0 は、陽子を生成して、異なるアイソトープを作り出すことができる。さらに、システム 1 0 0 はまた、陽子または重陽子を生成して、例えば、さまざまなガスや標識水を生成することができる。

10

【 0 0 3 4 】

さまざまな実施形態を、必要に応じて任意のエネルギーレベルの粒子を有するシステムと関連して実施することができることに留意されたい。例えば、さまざまな実施形態は、加速するために非常に重く、特別な原子を使用する加速器を有するシステムなどと関連して、任意の種類の高エネルギー粒子を有するシステムで実施することができる。

【 0 0 3 5 】

いくつかの実施形態において、システム 1 0 0 は、 $^1\text{H}^-$ 技術を使用して、帯電粒子を、約 1 から 2 0 0 μA のビーム電流で低エネルギー（例えば、約 1 6 . 5 MeV）にもたらす。そのような実施形態において、負の水素イオンは加速され、サイクロトロン 1 0 2 を通って抽出システム 1 1 5 に誘導される。次いで、負の水素イオンは、抽出システム 1 1 5 のストリッピング膜（図 4 では図示せず）に当たり、それにより、電子のペアを除去し、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、代替実施形態において、帯電粒子は、 $^1\text{H}^+$ 、 $^2\text{H}^+$ 、および $^3\text{He}^+$ などの正イオンとしてもよい。そのような代替実施形態では、抽出システム 1 1 5 は、粒子ビームをターゲット物質 1 1 6 に誘導する電界を作り出す静電偏向器を備えることができる。さまざまな実施形態は、エネルギーが比較的低いシステムでの使用に限定されず、エネルギーが比較的高いシステム、例えば、2 5 MeV まで、およびより高いエネルギーやビーム電流で使用する ことができることに留意されたい。例えば、ビーム電流は、約 5 μA から約 2 0 0 μA 超としてもよい。

20

【 0 0 3 6 】

システム 1 0 0 は、冷却ならびに作動流体を、異なるシステムのさまざまな構成部品に移し、各構成部品により生成された熱を吸収する冷却システム 1 2 2 を備えることができる。システム 1 0 0 はまた、技術者がさまざまなシステムおよび構成部品の動作を制御するために使用することができる制御システム 1 1 8 を備えることができる。制御システム 1 1 8 は、サイクロトロン 1 0 2 およびターゲットシステム 1 1 4 の近くに位置づけられるか、または離れて位置づけられる、1 つまたは複数のユーザインターフェースを備えることができる。図 5 には図示しないが、システム 1 0 0 はまた、以下により詳細に説明するような、サイクロトロン 1 0 2 およびターゲットシステム 1 1 4 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備えてもよい。

30

【 0 0 3 7 】

システム 1 0 0 は、医療撮像または治療で使用するための個々の投与量などの、所定の量または単位でアイソトープを生成することができる。したがって、異なるレベルの活動度を有するアイソトープをもたらすことができる。しかしながら、アイソトープは、異なる量、および異なる方法で生成してもよい。例えば、さまざまな実施形態により、バルクアイソトープ製造を提供することができ、より多くの量のアイソトープが生成され、次いで、特定の量または個々の投与量に分配される。

40

【 0 0 3 8 】

システム 1 0 0 は、帯電粒子を所定のエネルギーレベルに加速するよう構成することができる。例えば、本明細書で説明するいくつかの実施形態では、約 1 8 MeV 以下のエネルギーに帯電粒子を加速する。他の実施形態では、システム 1 0 0 は、約 1 6 . 5 MeV

50

以下のエネルギーに帯電粒子を加速する。特定の実施形態では、システム 100 は、約 9 . 6 MeV 以下のエネルギーに帯電粒子を加速する。より特定の実施形態では、システム 100 は、約 8 MeV 以下のエネルギーに帯電粒子を加速する。他の実施形態では、帯電粒子を、約 18 MeV 以上、例えば、20 MeV または 25 MeV のエネルギーに加速する。さらに他の実施形態では、帯電粒子を、25 MeV より大きいエネルギーに加速することができる。

【0039】

ターゲットシステム 114 は、図 6 から図 9 に図示するように、ターゲット本体 300 内に複数膜ターゲットウィンドウを備える。図 6 および図 7 で組立体を示す（および、図 8 および図 9 に分解図を示す）ターゲット本体 300 は、ターゲット本体 300 の外部構造を規定する（3つの構成部品として示した）いくつかの構成部品から形成される。特に、本体 300 の外部構造は、ハウジング部分 302（例えば、前部ハウジング部分またはフランジ）、ハウジング部分 304（例えば、冷却ハウジング部分またはフランジ）、およびハウジング部分 306（例えば、後部ハウジング部分またはフランジ組立体）から形成される。例えば、ハウジング部分 302、304、および 306 は、それぞれが対応するワッシャー 310 を有する複数のネジ 308 として図示した、任意の適切な締め具を使用して、共に固定された組立体とすることができる。ハウジング部分 302 および 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 は、中間ハウジング部分とすることができる。ハウジング部分 302、304、および 306 は、ハウジング部分 306 の前面上に複数の部品 312 を有するシールされたターゲット本体 300 を形成し、図示した実施形態において、ヘリウムおよび水供給部（図示せず）に接続することができるヘリウムおよび水流入口および流出口として動作する。さらに、追加のポート、すなわち、開口 314 を、ターゲット本体 300 の上部および底部に設けることができる。開口 314 は、取付具、またはそのポートの他の部分を受けるように設けてもよい。

【0040】

以下に記載するように、帯電粒子の経路は、ターゲット本体 300 内に設けられ、例えば、図 8 の矢印 P で図示するような、ターゲット本体に入ることができる陽子ビームのための経路である。帯電粒子は、粒子経路の入口の役目を果たす管状開口 319 から、帯電粒子の最終目的地であるキャビティ 318（図 8 に示す）まで、ターゲット本体 300 を通って移動する。さまざまな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（ml）の水で満たされ、それにより、照射水（ $H_2^{18}O$ ）のための場所を提供する。他の実施形態において、約 4 ミリリットルの $H_2^{16}O$ を用いる。キャビティ 318 は、例えば、1つの面に開口を有するキャビティ 322 を有するニオブ材料から形成される本体 320 内に画定される。本体 320 は、例えば、上部および底部開口 314 を備え、そこで取付具を受ける。

【0041】

さまざまな実施形態において、キャビティ 318 は、異なる液体で、またはガスで満たされることに留意されたい。さらに他の実施形態において、キャビティ 318 は、固体ターゲットで満たしてもよく、照射材料は、例えば、ある種のアイソトープを生成するために適切な材料の、固体の板状物体である。しかしながら、固体ターゲットまたはガスターゲットを使用する場合、異なる構造または設計が必要となることに留意されたい。

【0042】

本体 320 は、ハウジング部分 306 とハウジング部分 304 との間にあって、さらにハウジング部分 306 に隣接するシーリングリング 326（例えば、O-リング）と複数膜部材 328 との間にあり、複数膜部材 328 は、ターゲットウィンドウ 20（図 1 および図 2 に示す）、例えば、ハーバーなどの熱処理コバルトベース合金から形成された1つの膜部材と、ニオブなどの化学的不活性物質から形成された他の膜部材とを有し、ハウジング部分 304 に隣接するディスクである。ハウジング部分 306 はまた、その中で、シーリングリング 326 および本体 320 の一部を受けるよう整形およびサイズ調整されたキャビティ 330 を備えることに留意されたい。さらに、ハウジング部分 306 は、その

中で、複数膜部材 3 2 8 の一部を受けるようサイズ調整および整形されたキャビティ 3 3 2 を備える。複数膜部材 3 2 8 は、本体 3 2 0 のキャビティ 3 2 2 内に適合するよう構成されたシーリング境界 3 3 6 (例えば、Helicoflex 境界)を備えることができ、複数膜部材 3 2 8 はまた、開口 3 3 8 を介して、ハウジング部分 3 0 4 を貫通する経路と並ぶ。

【0043】

他の膜部材 3 4 0 は、任意選択的に、ハウジング部分 3 0 4 と、ハウジング部分 3 0 2 との間に設けることができる。膜部材 3 4 0 は、複数膜部材 3 2 8 と同様のディスクとすることができ、または、いくつかの実施形態では、単一膜部材のみとしてもよい。膜部材 3 4 0 は、その周りに輪型リム 3 4 2 を有する、ハウジング部分 3 0 4 の開口 3 3 8 と整列する。シール 3 4 4 と、ハウジング部分 3 0 2 の開口 3 4 8 と整列するシーリングリング 3 4 6 と、ハウジング部分 3 0 2 のリム 3 5 2 上に適合するシーリングリング 3 5 0 とは、膜部材 3 4 0 およびハウジング部分 3 0 2 の間に設けられる。これより多いか、またはこれより少ない膜部材が設けられる可能性があることに留意されたい。例えば、いくつかの実施形態において、膜部材 3 2 8 のみが備わり、膜部材 3 4 0 は配置されない。したがって、さまざまな実施形態により、異なる膜構成が考えられる。

10

【0044】

膜部材 3 2 8 および 3 4 0 は、ディスクまたは円形状に限定されず、異なる形状、構成、および配置で提供してもよいことに留意されたい。例えば、1つまたは複数の膜部材 3 2 8 および 3 4 0、または追加の膜部材は、四角形、長方形、または卵形などとしてもよい。また、膜部材 3 2 8 および 3 4 0 は、本明細書で説明するような特定の材料から形成されることに限定されない。

20

【0045】

明らかなように、複数のピン 3 5 4 を、ハウジング部分 3 0 2、3 0 4、および 3 0 6 のそれぞれにある開口 3 5 6 で受け、ターゲット本体 3 0 0 を組み立てる場合にこれらの構成部品を位置合わせする。さらに、複数のシーリングリング 3 5 8 は、ハウジング部分 3 0 4 の開口 3 6 0 と合わさり、ハウジング部分 3 0 2 のボア 3 6 2 (例えば、ねじ穴)で固定するネジ 3 0 8 が貫通するようにして受ける。

【0046】

動作中、陽子ビームがターゲット本体 3 0 0 を通ってハウジング部分 3 0 2 からキャビティ 3 1 8 に通ると、膜部材 3 2 8 および 3 4 0 は、重度に活性化される(例えば、その中で放射性活性誘発される)可能性がある。特に、例えば、薄い(例えば、5 から 400 ミクロン)の膜合金ディスクとすることができる膜部材 3 2 8 および 3 4 0 は、キャビティ 3 2 2 内の水から加速器、特に、加速チャンバ内部で真空を分離する。膜部材 3 2 8 および 3 4 0 はまた、冷却ヘリウムを通過させる、および/または膜部材 3 2 8 および 3 4 0 の間を通すことができる。膜部材 3 2 8 および 3 4 0 は、さまざまな実施形態において、陽子ビームが貫通することが可能な厚さを有し、高度に放射されて、活性化したままの膜部材 3 2 8 および 3 4 0 をもたらすことに留意されたい。

30

【0047】

ハウジング部分 3 0 2、3 0 4、および 3 0 6 は、同じ材料、異なる材料、または異なる量もしくは組合せの同じか、もしくは異なる材料から形成してもよいことに留意されたい。

40

【0048】

本明細書で説明した実施形態は、医療用途のためのラジオアイソトープの生成に限定することを意図しておらず、他のアイソトープの生成および他のターゲット材料の使用もまた可能である。また、さまざまな実施形態は、異なる向き(例えば、垂直または水平方向)を有する異なる種類のサイクロトロン、およびスパイラル加速器の代わりにリニア加速器またはレーザ誘起加速器などの異なる加速器と関連して実施することができる。さらに、本明細書で説明した実施形態は、上記のようなアイソトープ製造システム、ターゲットシステム、およびサイクロトロンを製造する方法を含む。

50

【 0 0 4 9 】

上記の説明は例示的なものであり、制限するものではないことが理解されよう。例えば、上記の実施形態（および／またはその態様）は、互いに組み合わせて使用してもよい。さらに、本発明の範囲から逸脱することなく、特定の状況または材料を本発明の教示に適合させるために、多くの変形を行うことができる。本明細書で説明した材料の寸法および種類は、さまざまな実施形態のパラメータを定義することを意図するが、さまざまな実施形態は、限定するものではなく、例示的な実施形態である。他の多くの実施形態が、上記説明を検討することにより、当業者に明らかになるであろう。したがって、さまざまな実施形態の範囲が、添付の特許請求の範囲、およびそのような特許請求の範囲による等価物の全範囲を参照して判断される。添付の特許請求の範囲において、「including」および「in which」という用語は、それぞれ「comprising」および「wherein」という用語のブレーンイングリッシュ的同等語として使用される。さらに、添付の特許請求の範囲において、「第1」「第2」および「第3」などの用語は、単なる符号として使用され、それらの物体について、数的要件を課すことを意図しない。さらに、添付の特許請求の範囲の限定は、そのような特許請求の範囲が、フレーズ「ための手段（means for）」と、その後続くさらなる構造の機能的空所の文を明示的に使用しない限り、および使用するまで、ミーンズ・プラス・ファンクションのフォーマットで記載されず、35 U.S.C. § 112 の第6パラグラフに基づいて解釈されることを意図しない。

10

【 0 0 5 0 】

20

本明細書は最良の形態を含むさまざまな実施形態を開示するため、および、あらゆるデバイスまたはシステムを製作し、ならびに使用し、およびあらゆる組込方法を実行することを含む任意の当業者がさまざまな実施形態を実施することを可能にするための例を用いる。さまざまな実施形態の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が想到するその他の実施例を含むことができる。そのような他の例は、その例が特許請求の範囲の文言と異なる構造的な要素を有する場合、またはその例が特許請求の範囲の文言とわずかに異なる同等の構造的な要素を含む場合、特許請求の範囲内にあることを意図する。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 1 】

30

- 2 0 ターゲットウィンドウ
- 2 2 複数部材のウィンドウ構造
- 2 4 膜部材
- 2 5 側部
- 2 6 膜部材
- 2 7 側部
- 2 8 高エネルギー粒子進入側
- 3 0 ターゲット物質側
- 3 2 フレーム
- 3 4 貫通開口
- 3 6 サポート領域
- 3 8 オプション部材
- 1 0 0 アイソトープ製造システム
- 1 0 2 サイクロトロン
- 1 0 4 イオン源システム
- 1 0 6 電界システム
- 1 0 8 磁界システム
- 1 1 0 真空システム
- 1 1 2 粒子ビーム
- 1 1 4 ターゲットシステム

40

50

1 1 5	抽出システム	
1 1 6	ターゲット物質	
1 1 7	ビーム経路	
1 1 8	制御システム	
1 2 0	ターゲット位置	
1 2 2	冷却システム	
3 0 0	ターゲット本体	
3 0 2	ハウジング部分	
3 0 4	ハウジング部分	
3 0 6	ハウジング部分	10
3 0 8	ネジ	
3 1 0	ワッシャー	
3 1 2	部品	
3 1 4	開口	
3 1 8	キャビティ	
3 1 9	管状開口	
3 2 0	本体	
3 2 2	キャビティ	
3 2 6	シーリングリング	
3 2 8	膜部材	20
3 3 0	キャビティ	
3 3 2	キャビティ	
3 3 6	シーリング境界	
3 3 8	開口	
3 4 0	膜部材	
3 4 2	輪型リム	
3 4 4	シール	
3 4 6	シーリングリング	
3 5 0	シーリングリング	
3 5 2	リム	30
3 5 4	ピン	
3 5 6	開口	
3 5 8	シーリングリング	
3 6 2	ボア	

【図 1】

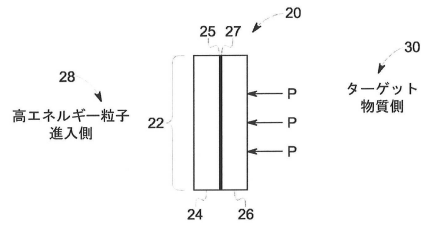


FIG. 1

【図 2】

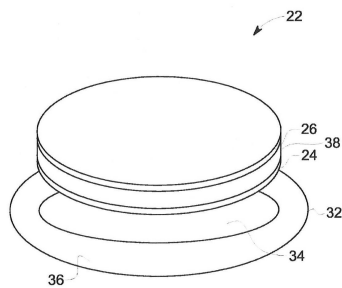


FIG. 2

【図 3】

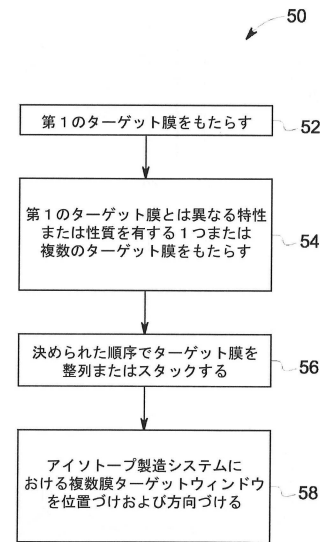


FIG. 3

【図 4】

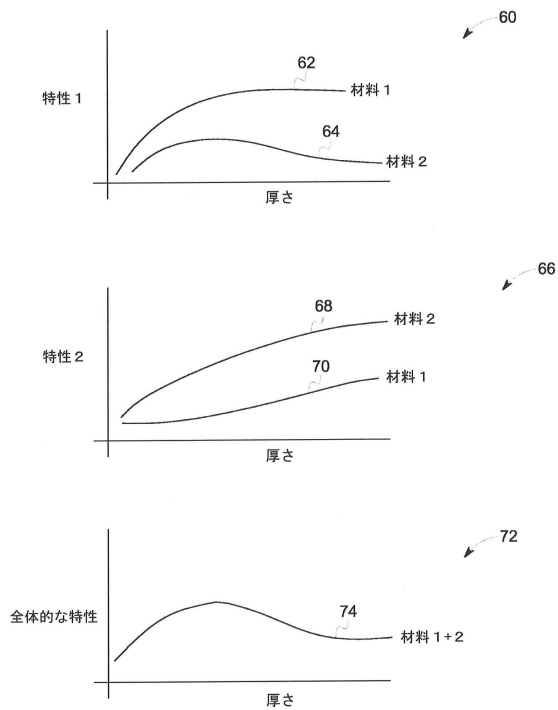


FIG. 4

【図 5】

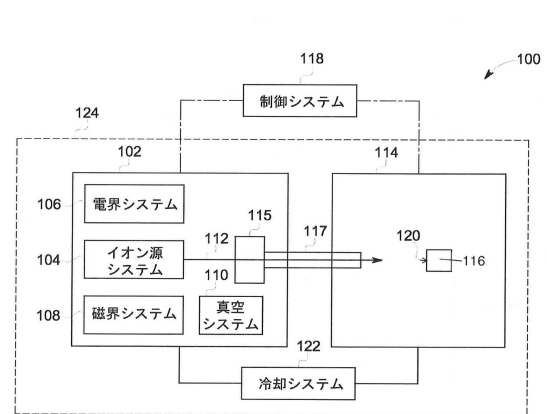


FIG. 5

【図 6】

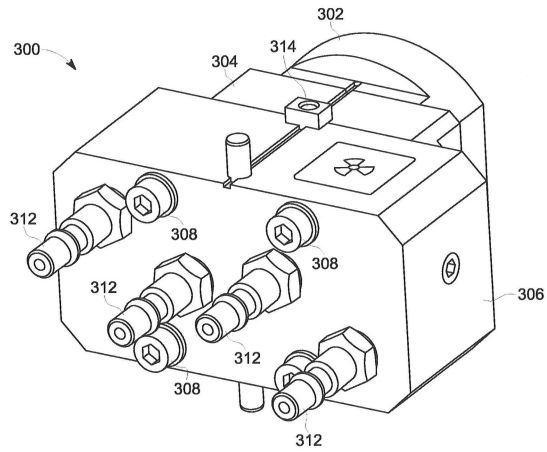


FIG. 6

【図 7】

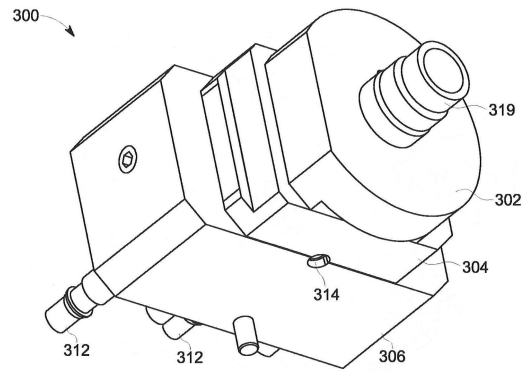


FIG. 7

【図 8】

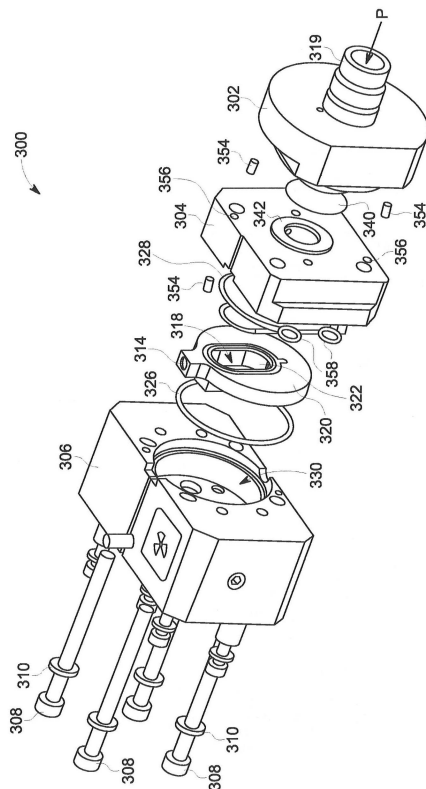


FIG. 8

【図 9】

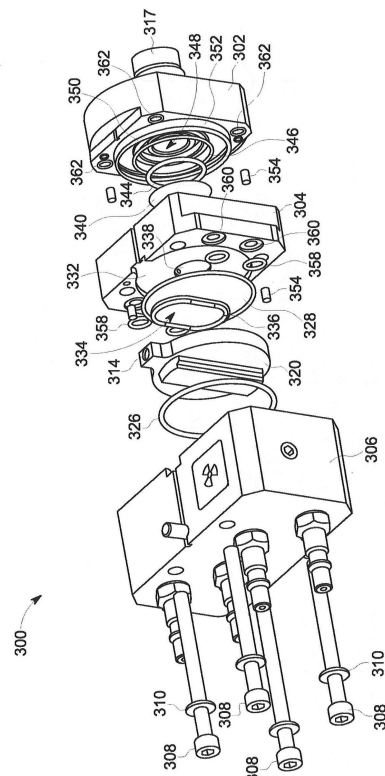


FIG. 9

フロントページの続き

- (72)発明者 ノーリング, ジョナス・オーヴ
スウェーデン、エス - 7 5 0 1 5 ・ウプサラ、ボックス 1 5 0 2 4
- (72)発明者 グラナス, カリン
スウェーデン、エス - 7 5 0 1 5 ・ウプサラ、ハスビイボルグ

審査官 藤本 加代子

- (56)参考文献 実開昭57 - 147799 (JP, U)
実開昭57 - 151600 (JP, U)
米国特許出願公開第2009 / 0090875 (US, A1)
実開昭58 - 117100 (JP, U)
国際公開第2007 / 016783 (WO, A1)
特開2007 - 101193 (JP, A)
国際公開第2009 / 000076 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|---------|
| G 2 1 K | 5 / 0 0 |
| G 2 1 K | 5 / 0 8 |
| H 0 5 H | 6 / 0 0 |