



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월29일

(11) 등록번호 10-2233112

(24) 등록일자 2021년03월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21G 1/00 (2006.01) G21F 3/00 (2006.01)(52) CPC특허분류
G21G 1/001 (2013.01)
G21F 3/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0090463

(22) 출원일자 2019년07월25일

심사청구일자 2019년07월25일

(65) 공개번호 10-2021-0012547

(43) 공개일자 2021년02월03일

(56) 선행기술조사문헌

JP2017178865 A*

JP5145545 B2*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국원자력의학원

서울특별시 노원구 노원로 75 (공릉동)

(72) 발명자

오세영

서울특별시 노원구 공릉로46길 32, 108동 616호
(공릉동, 삼익아파트)

임상무

서울특별시 강남구 광평로19길 15, 108동 105호
(일원동, 목련타운아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

인비전 특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 윤연숙

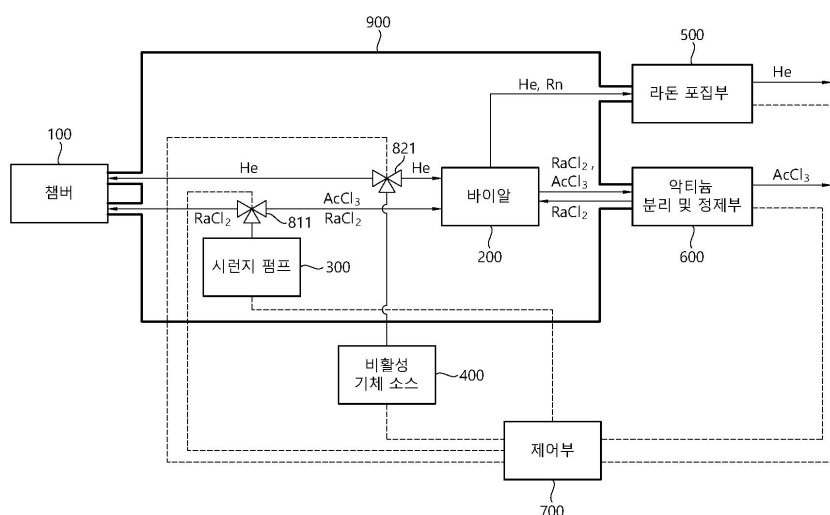
(54) 발명의 명칭 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치

(57) 요약

본 발명은, 액체 반응물이 수용될 수 있도록 구성되는 반응 공간이 구비된 챔버, 핵반응 이전 액체 반응물 및 핵반응 이후 액체 생성물이 일시적으로 수용되도록 구성되는 바이알, 핵반응 이전 바이알에 수용된 액체 물질을 흡입하며, 흡입한 액체 물질을 챔버로 공급할 수 있도록 구동되는 시린지 펌프, 바이알 내부의 방사성 가스가 배출될 수 있도록 구성되는 배기부 및 액체 생성물을 분리 및 정제할 수 있도록 구성되는 분리 정제부를 포함하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치가 제공될 수 있다.

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치는 액화 상태의 타겟을 이용하여 핵반응 시키고, 핵반응되지 않는 액화 타겟을 재사용하여 반응물의 양적 손실을 최소화 할 수 있으며, 발생하는 방사성 가스를 처리할 수 있으므로 안전성을 향상시킬 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

G21G 2001/0031 (2013.01)

G21G 2001/0089 (2013.01)

(72) 발명자

이교철

서울특별시 강남구 선릉로126길 22, 105동 1103호
(삼성동, 롯데캐슬프리미어아파트)

강주현

서울특별시 성북구 성북로4길 52, 214동 904호 (돈
암동, 한신한진아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093481
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국원자력의학원
연구사업명	한국원자력의학원연구운영비지원사업
연구과제명	방사성동위원소 응용연구 인프라 구축 및 운영
기 여 율	30/100
과제수행기관명	한국원자력의학원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093485
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국원자력의학원
연구사업명	한국원자력의학원연구운영비지원사업
연구과제명	국가 의료 RI 치료 혁신기술 개발
기 여 율	70/100
과제수행기관명	한국원자력의학원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

액체 반응물이 수용될 수 있도록 구성되는 반응 공간이 구비된 챔버;

핵반응 이전 상기 액체 반응물 및 상기 핵반응 이후 액체 생성물이 일시적으로 수용되도록 구성되는 바이알;

상기 핵반응 이전 상기 바이알에 수용된 액체 물질을 흡입하며, 흡입한 액체 물질을 상기 챔버로 공급할 수 있도록 구동되는 시린지 펌프; 및

상기 바이알 내부의 방사성 가스가 배출될 수 있도록 구성되는 배기부를 포함하며,

상기 바이알로부터 상기 방사성 가스가 유출되는 경우 외부로의 누출을 방지할 수 있도록 상기 바이알을 내부 공간에 수용하는 제1 차폐박스를 더 포함하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 액체 반응물은 액화 라듐(Ra-226)을 포함하며,

상기 액체 생성물은 액화 라듐(Ra-226) 및 액화 악티늄(Ac-225)을 포함하며,

상기 방사성 가스는 라돈(Rn)인 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 시린지 펌프 및 상기 제1 차폐박스를 내부 공간에 수용하며, 외부로 방사성 가스의 누출을 방지할 수 있도록 구성되는 제2 차폐박스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

끝단이 상기 챔버의 하측, 상기 바이알 및 상기 시린지 펌프와 각각 연결될 수 있도록 분지부를 포함하여 구성된 제1 유로; 및

상기 제1 유로의 분지부에 구비되며, 상기 제1 유로에서 유체의 이송경로를 선택할 수 있도록 구성되는 제1 3-way 밸브를 더 포함하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 액체 생성물을 이송시킬 수 있도록 비활성 기체를 공급하는 비활성 기체 소스를 더 포함하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

끝단이 상기 챔버의 상측, 상기 바이알 및 상기 비활성 기체 소스와 각각 연결될 수 있도록 분지부를 포함하여 구성되는 제2 유로; 및

상기 제2 유로의 분지부에 구비되며, 상기 제2 유로에서 유체의 이송경로를 선택할 수 있도록 구성되는 제2 3-way 밸브를 더 포함하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 제1 유로의 분지부, 상기 제1 3-way 밸브, 상기 제2 유로의 분지부 및 상기 제2 3-way 밸브는 상기 제2 차폐박스 내부에 배치되는 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 제1 유로 중 상기 제2 차폐박스와 상기 챔버 사이에 위치하는 부분을 차폐할 수 있도록 구성되는 제1 차폐파이프; 및

상기 제2 유로 중 상기 제2 차폐박스와 상기 챔버 사이에 위치하는 부분을 차폐할 수 있도록 구성되는 제2 차폐파이프를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 10

제7 항에 있어서,

상기 액체 반응물을 상기 챔버로 로딩시,

상기 제1 유로 중 상기 시린지 펌프와 상기 챔버의 하측이 통할 수 있도록 상기 제1 3-way 밸브의 개방방향을 조절하며,

상기 액체 반응물이 상기 챔버로 이송됨에 따라 상기 제1 유로, 상기 챔버 내부의 반응공간 및 상기 제2 유로 내부의 가스가 상기 바이알로 이동한 뒤 상기 배기부로 배출될 수 있도록 상기 제2 3-way 밸브의 개방방향을 조절하는 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 11

제7 항에 있어서,

상기 핵반응 이후 상기 액체 생성물의 연로딩시,

상기 비활성 기체 소스로부터 비활성 기체를 상기 챔버로 불러 넣을 수 있도록 상기 제2 3-way 밸브의 개방방향을 조절하며,

상기 액체 생성물이 상기 바이알로 이송됨에 따라 상기 바이알 내부의 기체가 상기 배기부로 배출되는 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 12

제2 항에 있어서,

상기 배기부는 배기된 가스로부터 라돈 가스를 포집하는 라돈 포집부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 13

제2 항에 있어서,

상기 배기부는 상기 라돈 가스를 저장하는 라돈 가스 저장부를 더 포함하며, 적어도 1 회의 반감기 동안 상기 라돈을 저장하도록 구성된 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

청구항 14

제2 항에 있어서,

상기 액체 생성물을 분리 및 정제할 수 있도록 구성되는 분리 정제부를 더 포함하며,

상기 분리 정제부로부터 분리된 순수 액화 라듐은 상기 바이알로 회수하여 핵반응에 재사용 할 수 있도록 구성된 것을 특징으로 하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치에 관한 것이며, 보다 상세하게는 액화 타겟을 이용한 핵종 생산 시 발생하는 방사성 가스를 처리할 수 있는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 치료용 방사성 의약품인 Actinium-225를 생산하기 위해서는 $^{226}\text{Ra}(p, 2n)^{225}\text{Ac}$ 의 핵반응으로 Radium-226 타겟 물질에 양성자를 가속시켜 충돌시키면 두 개의 중성자가 빠져나오면서 Ac-225가 생성된다. 이때 사용되는 Ra-226 물질은 일반적으로 고체 타겟 중에서도 파우더 형태의 타겟을 사용하게 된다. 양성자가 조사된 Ra-226파우더는 파우더에 포함되어 있는 핵반응되어 생성된 Ac-225를 분리시키기 위해 일련의 분리 및 정제 과정을 거치게 된다. 이를 위해 Ra-226은 액화된 형태로 녹이게 되고, 분리 및 정제 과정을 거친 후 다시 Ac-225를 생산하기 위한 재사용을 위해 파우더 형태로 만드는 과정을 거치게 된다. 이와같은 파우더 형태의 Ra-226을 이용하여 Ac-225를 생산하는 방법과 관련하여 미국등록특허 US 6,680,993가 개시되어 있다.

[0003] 그러나, 이러한 종래의 기술은 Ac-225의 생산을 위한 일련의 과정에서 파우더와 액화된 상태로 변화됨에 따라 Ra-226의 양적 손실을 보게 된다. 현재 Ra-226은 약 1600년의 긴 반감기를 가지고 있고, 붕괴 과정에서 불활성 가스인 라돈을 방출하는 문제점이 있으므로 처리 및 저장에 어려움이 있었으며, 그로인해 추가적인 생산이 중단된 상태이다. 따라서 세계적으로 얼마 남지 않은 Ra-226을 이용하여 Ac-225를 생산하는 과정에서 Ra-226의 손실을 최소화 하는 것이 바람직하다. 또한 Ra-226을 이용한 Ac-225의 생산시 Ra-226으로부터 발생하는 Radon 또한 방사성 물질이므로 이를 안전하게 처리해야 하는 필요성이 대두된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 미국 등록특허 US 6,680,993 (2004. 01. 20.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 종래의 Ra-226을 이용하여 핵반응으로 Ac-225를 생성하는 과정에서 발생할 수 있는 Ra-226의 손실을 최소화하며, Ra-226으로부터 발생하는 Radon을 안전하게 처리할 수 있는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치를 제공하는 것에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제의 해결 수단으로서, 액체 반응물이 수용될 수 있도록 구성되는 반응 공간이 구비된 챔버, 핵반응 이전 액체 반응물 및 핵반응 이후 액체 생성물이 일시적으로 수용되도록 구성되는 바이알, 핵반응 이전 바이알에 수용된 액체 물질을 흡입하며, 흡입한 액체 물질을 챔버로 공급할 수 있도록 구동되는 시린지 펌프, 바이알 내부의 방사성 가스가 배출될 수 있도록 구성되는 배기부를 포함하는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치가 제공될 수 있다.

[0007] 여기서, 액체 반응물은 액화 라듐(Ra-226)을 포함하며, 액체 생성물은 액화 라듐(Ra-226) 및 액화 악티늄(Ac-225)를 포함하며, 방사성 가스는 라돈(Rn)일 수 있다.

[0008] 한편, 바이알로부터 방사성 가스가 유출되는 경우 외부로의 누출을 방지할 수 있도록 바이알을 내부 공간에 수용하는 제1 차폐박스를 더 포함할 수 있다.

- [0009] 한편, 시린지 펌프 및 제1 차폐박스를 내부 공간에 수용하며, 외부로 방사성 가스의 누출을 방지할 수 있도록 구성되는 제2 차폐박스를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 또한, 끝단이 챔버의 하측, 바이알 및 시린지 펌프와 각각 연결될 수 있도록 분지부를 포함하여 구성된 제1 유로 및 제1 유로의 분지부에 구비되며, 제1 유로에서 유체의 이송경로를 선택할 수 있도록 구성되는 제1 3-way 밸브를 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0011] 한편, 액체 생성물을 이송시킬 수 있도록 비활성 기체를 공급하는 비활성 기체 소스를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 끝단이 챔버의 상측, 바이알 및 비활성 기체 소스와 각각 연결될 수 있도록 분지부를 포함하여 구성되는 제2 유로 및 제2 유로의 분지부에 구비되며, 제2 유로에서 유체의 이송경로를 선택할 수 있도록 구성되는 제2 3-way 밸브를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 나아가, 제1 유로의 분지부, 제1 3-way 밸브, 제2 유로의 분지부 및 제2 3-way 밸브는 제2 차폐박스 내부에 배치될 수 있다.
- [0014] 한편, 제1 유로 중 제2 차폐박스와 챔버 사이에 위치하는 부분을 차폐할 수 있도록 구성되는 제1 차폐 파이프 및 제2 유로 중 제2 차폐박스와 챔버 사이에 위치하는 부분을 차폐할 수 있도록 구성되는 제2 차폐 파이프를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 한편, 액체 반응물을 챔버로 로딩시, 제1 유로 중 시린지 펌프와 챔버의 하측이 통할 수 있도록 제1 3-way 밸브의 개방방향을 조절하며, 액체 반응물이 챔버로 이송됨에 따라 제1 유로, 챔버 내부의 반응공간 및 제2 유로 내부의 가스가 바이알로 이동한 뒤 배기부로 배출될 수 있도록 제2 3-way 밸브의 개방방향을 조절할 수 있다.
- [0016] 또한, 핵반응 이후 액체 생성물의 언로딩시, 비활성 기체 소스로부터 비활성 기체를 챔버로 불어 넣을 수 있도록 제2 3-way 밸브의 개방방향을 조절하며, 액체 생성물이 바이알로 이송됨에 따라 바이알 내부의 기체가 배기부로 배출될 수 있다.
- [0017] 또한, 배기부는 배기된 가스로부터 라돈 가스를 포집하는 라돈 포집부를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 한편, 배기부는 라돈 가스를 저장하는 라돈 가스 저장부를 더 포함하며, 적어도 1 회의 반감기 동안 라돈을 저장하도록 구성될 수 있다.
- [0019] 또한, 액체 생성물을 분리 및 정제할 수 있도록 구성되는 분리 정제부를 더 포함할 수 있으며, 분리 정제부로부터 분리된 순수 액화 라듐은 바이알로 회수하여 핵반응에 재사용 할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에 따른 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치는 액화 상태의 타겟을 이용하여 핵반응 시키고, 핵반응되지 않는 액화 타겟을 재사용하여 반응물의 양적 손실을 최소화 할 수 있으며, 발생하는 방사성 가스를 처리할 수 있으므로 안전성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명에 따른 일 실시예인 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치의 블록도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 일 실시예인 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치의 개념도이다.
- 도 3은 로딩 과정을 나타낸 개념도이다.
- 도 4는 로딩 과정을 나타낸 다른 개념도이다.
- 도 5는 핵반응 과정을 나타낸 개념도이다.
- 도 6은 언로딩 과정을 나타낸 개념도이다.
- 도 7은 언로딩 과정에서 라돈이 배출되는 과정을 나타낸 개념도이다.
- 도 8은 액티늄을 분리 및 정제하기 위해 생성물을 이동시키는 단계가 나타난 개념도이다.
- 도 9는 재적재 단계를 수행하기 전 액화 라듐을 유동시킨 모습이 도시되어 있다.
- 도 10은 도 2에서 제2 차폐박스를 폐기하기 위해 밀봉한 개념이 도시되어 있다.

도 11은 본 발명에 따른 일 실시예에서 제2 차폐박스과 그 내부의 구성을 나타낸 절개사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치에 대하여, 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 그리고 이하의 실시예의 설명에서 각각의 구성요소의 명칭은 당업계에서 다른 명칭으로 호칭될 수 있다. 그러나 이들의 기능적 유사성 및 동일성이 있다면 변형된 실시예를 채용하더라도 균등한 구성으로 볼 수 있다. 또한 각각의 구성요소에 부가된 부호는 설명의 편의를 위하여 기재된다. 그러나 이들 부호가 기재된 도면상의 도시 내용이 각각의 구성요소를 도면내의 범위로 한정하지 않는다. 마찬가지로 도면상의 구성을 일부 변형한 실시예가 채용되더라도 기능적 유사성 및 동일성이 있다면 균등한 구성으로 볼 수 있다. 또한 당해 기술 분야의 일반적인 기술자 수준에 비추어 보아, 당연히 포함되어야 할 구성요소로 인정되는 경우, 이에 대하여는 설명을 생략한다.
- [0023] 한편, 이하에서 액체 타겟은 액화 라듐이 될 수 있으며, 액화 라듐에 입자빔이 조사되면 액화상태의 Ra-226에서 $p, 2n$ 핵반응이 발생하게 되며, 액화 상태의 Ac-225가 생성됨을 전제로 설명하도록 한다. 또한 이하에서 생성물은 액체 상태의 Ra-226 과 Ac-225가 섞여 있는 상태임을 전제로 설명한다. 또한 방사성 가스는 Ra-226이 붕괴되어 지속적으로 발생하는 라돈 가스(Radon)임을 전제로 설명하도록 한다. 다만, 이에 한정하지 않고 본 발명은 핵반응 전, 핵반응 이후 또는 지속적으로 방사성 가스가 발생하는 핵종을 대상으로 할 수 있다. 또한 액화 라듐은 Radium Chloride($RaCl_2$), 액화 악티늄은 Actinium Chloride($AcCl_3$)을 예를 들어 설명하였으나 이는 일 예일 뿐, 다양한 유기액체를 이용하여 액화시킨 라듐이 이용될 수 있다.
- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 일 실시예인 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치의 블록도이다. 본 도면을 참조하여 본 발명에 따른 각 구성요소의 개념 및 연결관계에 대하여 설명하며, 동작에 대하여는 차후 도 2 내지 도 9를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0025] 도시된 바와 같이, 본 발명은 챔버(100), 바이알(200), 시린지 펌프(300), 헬륨 소스(400), 배기부, 악티늄 분리 및 정제부(600), 제어부(700) 및 방사성 가스 차폐부(900)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0026] 챔버(100)는 핵 반응이 일어날 수 있는 반응공간을 제공하도록 구성된다. 챔버(100)는 내측에 액체 타겟이 수용될 수 있는 반응공간이 구비되며, 액체 타겟의 유출입을 위한 유로가 형성될 수 있다. 또한 입자빔이 조사되는 일측에는 반응공간 내부의 환경이 외부와 격리될 수 있도록 포일(101)형태로 구성되는 윈도우(101)가 구비될 수 있다. 챔버(100)의 반응공간은 후술할 제1 유로(810) 및 제2 유로(820)와 각각 유체소통되도록 구성될 수 있으며, 액체 타겟이 출입할 수 있도록 구성되고, 또한 비활성 기체가 유출입될 수 있도록 구성된다.
- [0027] 한편, 이상에서 설명하지는 않았으나, 챔버(100)와 연결되는 빔라인은 진공상태로 유지될 수 있으며, 챔버(100) 내의 반응 공간(110)에는 빔라인과 독립적으로 액화된 타겟이 유동할 수 있도록 빔라인과 격리될 수 있다. 빔라인과의 격리는 입자빔(10)의 조사 경로상에 금속 재질로 구성되는 포일(101)이 구비되어 빔라인과 챔버(100)를 각각 밀봉하도록 구성될 수 있다. 한편, 포일(101)이 빔라인과 챔버(100)의 연결부분에서 각각의 개구부를 밀봉하는 경우, 입자빔(10)이 조사되는 경우에 열이 발생하므로, 이를 냉각하기 위한 별도의 냉각라인이 구비될 수 있다. 또한 액체 타겟이 수용된 반응공간에서 핵반응이 일어나는 동안 액체 타겟을 냉각하기 위한 수냉식 냉각라인이 구비될 수 있다. 그러나 이와 같은 냉각라인은 일반적인 액체타겟을 이용한 핵종 생산 장치에 널리 사용되고 있는 구성이므로 더 이상의 상세한 설명은 생략하도록 한다.
- [0028] 바이알(200)은 액화 타겟 및 핵반응 이후 생성물이 일시적으로 적재되는 공간이다. 액체 타겟은 바이알(200)로부터 시린지 펌프(300)를 거쳐 챔버(100)로 유동될 수 있다. 챔버(100)에서 핵반응이 이루어진 이후에는 생성물이 바이알(200)로 유동된다. 또한 바이알(200)은 생성물을 액화 라듐과 액화 악티늄으로 분리할 수 있도록 구성되는 분리 및 정제부와 유체소통되어 연결될 수 있다. 또한 바이알(200)은 액체 타겟의 로딩 및 언로딩시에 바이알 내부의 압력이 유지되면서 가스가 배출될 수 있도록 일측에 개구가 형성될 수 있다.
- [0029] 시린지 펌프(300)는 바이알(200) 내부에 수용되어 있는 액화 라듐을 미리 정해진 양만큼 흡입한 뒤 압출할 수 있도록 구성된다. 압출된 액화 라듐은 챔버(100)의 반응공간으로 이송될 수 있다.
- [0030] 비활성 기체 소스(400)는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치의 유체를 유동시킬 수 있는 driving force를 발생시킬 수 있도록 구성된다. 비활성 기체 소스(400)는 액체 타겟 또는 이로부터 발생되는 방사성 가스와 반응하지 않는 안정성이 높은 가스가 이용될 수 있다. 예를 들어 비활성 기체는 헬륨(He)이 될 수 있다. 헬륨 소스(400)는 헬륨을 유로상에 붙여넣어 액체를 이동시키거나 바이알(200) 내부의 가스를 외부로 배출하도록 구성될 수

있다.

- [0031] 배기부는 라듐으로부터 지속적으로 발생되는 라돈 가스를 배출할 수 있도록 구성된다. 배기부에는 별도의 유동을 위한 구성이 구비되지 않더라도, 액화 라듐 또는 액화 생성물을 유동시킴에 따라 압력 차이에 의해 가스가 배출될 수 있도록 구성된다. 배기부는 일측이 제1 차폐박스와 연결되며, 제2 차폐박스를 관통하여 구비되는 가스 배출 유로(830) 및 라돈 포집부(500)를 포함하여 구성될 수 있다. 또한 라돈 포집부(500)의 구성 대신 라돈 저장부가 구비될 수 있다.
- [0032] 라돈 포집부(500)는 포집된 라돈을 처리하기 위한 준비가 수행되도록 구성된다. 라돈 포집부(500)에는 바이알(200)에서부터 배출된 가스가 유입될 수 있도록 구성된다. 라돈 포집부(500)에서는 극저온의 환경에서 라돈 가스를 만을 응축시키고 나머지 가스는 통과하도록 구성된다. 응축된 라돈은 방사성 폐기물로 폐기할 수 있다. 한편, 라돈 포집부(500)와 달리 라돈 저장부가 구비된 경우 충분한 반감기를 거칠때까지 라돈 가스 저장부에 보관한 뒤 안정성이 확보된 이후 배출하거나, 충분한 양의 공기와 희석하여 외부로 배출할 수 있다.
- [0033] 악티늄 분리 및 정제부(600)는 액체 생성물로부터 악티늄을 분리하고 정제할 수 있도록 구성된다. 악티늄 분리 및 정제부(600)는 별도의 공간, 예를 들어 글로브 박스(Glove Box) 또는 핫셀(Hot-cell)와 같은 공간이 될 수 있으며, 사용자가 적절한 과정을 거쳐 악티늄을 분리 및 정제를 수행할 수 있다. 악티늄 분리 및 정제부(600)에서는 액체 생성물로부터 악티늄을 분리한 이후 순수 액화 라듐이 다시 회수되어 바이알(200)로 이송시킬 수 있도록 구성될 수 있다. 회수된 순수 액화 라듐은 정제과정을 거친 후 핵반응에 재사용될 수 있다.
- [0034] 제어부(700)는 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치의 전반적인 동작을 제어할 수 있도록 구성된다. 제어부(700)는 시린지 펌프(300), 헬륨 소스(400) 등을 입력에 따라 또는 사용자에게 의해 미리 설정된 값으로 동작시킬 수 있다. 또한 제어부(700)는 후술할 밸브의 동작을 제어할 수 있도록 제어입력을 발생시킬 수 있다. 또한 도시되지는 않았으나, 제어부(700)는 복수의 지점에 압력, 온도 등의 상태를 측정할 수 있는 센서와 연결되어 모니터링 할 수 있도록 구성될 수 있다. 다만, 이와 같은 제어부(700)의 구성은 다양하게 변형되어 적용될 수 있으므로 구성에 대한 상세한 설명은 생략하도록 한다.
- [0035] 방사성 가스 차폐부(900)는 액화 라듐이 이송되는 경로 및 라돈 가스가 유동하는 공간을 외부와 격리하도록 구성된다. 방사성 가스 차폐부(900)는 라돈 가스의 유동 공간으로부터 유출되더라도 외부 공간의 오염을 방지할 수 있도록 일정 영역을 격리한다. 방사성 가스 차폐부(900)는 제1 차폐박스(910), 제2 차폐박스(920), 제1 차폐 파이프(930) 및 제2 차폐 파이프(940)를 포함하여 구성될 수 있다. 한편 이와같은 방사성 가스 차폐부(900)의 상세한 구성에 대하여는 이하에서 도 2를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0036] 도 2는 본 발명에 따른 일 실시예인 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치의 개념도이다. 본 도면을 참조하여, 유로와 방사성 가스 차폐부(900)에 대하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0037] 먼저, 유로를 살펴보면, 제1 유로(810), 제2 유로(820), 가스 배출 유로(830) 및 생성물 이송 유로(840)가 구비될 수 있다.
- [0038] 제1 유로(810)는 바이알(200), 시린지 펌프(300) 및 챔버(100)의 하측을 연결할 수 있으며, 하나의 분지부가 구비되어 전술한 바이알(200), 시린지 펌프(300) 및 챔버(100)가 유체소통되도록 구성될 수 있다. 제1 유로(810)의 분지부에는 연결된 3개의 유로 중 유체의 이송경로를 선택적으로 개폐할 수 있도록 제1 3-way 밸브(811)가 구비될 수 있다.
- [0039] 제2 유로(820)는 바이알(200), 헬륨 소스(400) 및 챔버(100)의 상측과 연결될 수 있으며, 하나의 분지부가 구비되어 전술한 바이알(200), 헬륨 소스(400) 및 챔버(100)의 상측이 유체소통되도록 구성될 수 있다. 제2 유로(820)의 분지부에는 연결된 3개의 유로 중 유체의 이송경로를 선택적으로 개폐할 수 있도록 제2 3-way 밸브(821)가 구비될 수 있다.
- [0040] 가스 배출 유로(830)는 후술할 제1 차폐박스(910)의 일측과 라돈 포집부(500)를 연결하여 가스가 이송될 수 있도록 구성된다.
- [0041] 생성물 이송 유로(840)는 바이알(200)과 악티늄 분리 및 정제부를 연결하여 구성된다.
- [0042] 방사성 가스 차폐부(900)는 방사성 물질이 유출되더라도 생산시설 전체가 오염되는 것을 방지할 수 있도록 구성된다. 방사성 가스 차폐부(900)는 제1 차폐박스(910), 제2 차폐박스(920), 제1 차폐 파이프(930), 제2 차폐 파이프(940), 제3 차폐 파이프(950) 및 제4 차폐 파이프(960)를 포함하여 구성될 수 있다.

- [0043] 제1 차폐박스(910)는 바이알(200)의 외측에서 바이알(200)을 1차적으로 차폐하기 위한 제1 차폐박스(910)가 구비된다. 한편, 바이알(200)은 일측에 개구가 형성되어 차폐박스 내부의 공간과 바이알(200) 내부의 공간이 유체소통되도록 구성되며, 바이알(200) 내부의 압력이 높아지는 경우 자연스럽게 바이알(200) 내부에 수용되어 있던 가스가 바이알(200) 외부로 이동될 수 있도록 구성될 수 있다. 바이알(200)의 개구는 가스만이 외부로 유출될 수 있도록 상측에 형성되는 것이 바람직하다.
- [0044] 제2 차폐박스(920)는 상대적으로 라돈 가스의 유출위험이 높은 영역에 대하여 2중으로 차폐할 수 있도록 구성된다. 제2 차폐박스(920)는 제1 차폐박스(910), 시린지 펌프(300), 제1 3-way 밸브(811) 및 제2 3-way 밸브(821)를 내측에 수용할 수 있도록 구성된다.
- [0045] 진술한 제1 차폐박스(910) 및 제2 차폐박스(920)는 라돈 가스가 정상적인 유동경로로부터 유출되더라도 외부에 방사선이 도달하지 못하도록 충분한 차폐력을 갖는 재질로 구성될 수 있다.
- [0046] 한편, 제1 유로(810), 제2 유로(820), 가스 배출 유로(830) 및 생성물 이송 유로(840)는 제1 차폐박스(910) 및 제2 차폐박스(920)를 관통하여 차폐박스 내부와 외부의 구성요소를 연결할 수 있다. 각각의 유로가 차폐박스를 관통하는 부분은 완벽하게 실링되어 고정될 수 있다.
- [0047] 복수의 차폐 파이프(930, 940, 950, 960)는 차폐박스(910, 920) 외부에 배치되는 유로를 감싸면서 외부와 차폐될 수 있도록 구성된다. 제1 차폐 파이프(930)는 제2 차폐박스(920) 외부에 배치되는 제1 유로(810)의 일부분을 차폐할 수 있도록 구성된다. 제2 차폐 파이프(940)는 제2 차폐박스(920) 외부에 배치되는 제2 유로(820)의 일부분을 차폐할 수 있도록 구성된다. 제3 차폐 파이프(950)는 제2 차폐박스(920) 외부에 배치되는 가스 배출 유로(830)를 차폐할 수 있도록 구성된다. 제4 차폐 파이프(960)는 제2 차폐박스(920)의 외부에 배치되는 생성물 이송 유로(840)를 차폐할 수 있도록 구성된다.
- [0048] 이하에서는 도 3 내지 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 핵종 생산 장치의 작동에 대하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0049] 도 3 및 도 4는 로딩 과정을 나타낸 개념도이다.
- [0050] 도 3에 도시된 바와 같이, 로딩 시에는 바이알(200)에 수용되어 있는 액화 라듐(1)을 시린지 펌프(300)가 정량을 흡입하여 수용한다. 이때 시린지 펌프(300)에서 흡입하는 액화 라듐(1)의 양은 챔버(100) 내에 수용되는 양과 시린지 펌프(300)로부터 챔버(100)까지의 유로에 정체되는 액화 라듐(1)의 양을 고려하여 결정될 수 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 시린지 펌프(300)가 액화 라듐(1)을 압출하면 유로를 따라 이동한 뒤 챔버(100) 내에 적재된다. 또한 챔버(100) 내부에 액화 라듐(1)이 수용됨에 따라 라돈을 포함한 가스가 도면 4 상의 상측 유로를 통하여 바이알로 이동되며, 바이알의 일측에 구비되어 있는 유로를 통하여 배출되어 라돈 포집부(500)를 통과하게 된다.
- [0051] 도 5는 핵반응 과정을 나타낸 개념도이다. 준비 과정으로서 챔버(100)에 액화 라듐(1)이 적재된 경우 액화 라듐(1)의 유동을 방지하기 위하여 시린지 펌프(300)와 챔버(100) 사이의 밸브를 폐쇄할 수 있다. 또한 핵반응 도중 상승하는 압력에 의해 방사성 물질이 역류하는 것을 방지하기 위해 챔버(100)와 헬륨 소스(400) 사이의 밸브를 폐쇄할 수 있다. 이후 입자빔을 반응 공간(110)으로 조사하여 핵반응을 일으킨다. 한편 헬륨 소스(400)와 챔버(100) 사이의 밸브가 열려있는 경우에는 헬륨 소스가 작동하여 반응 공간(110) 내부의 압력이 유지될 수 있다.
- [0052] 도 6은 언로딩 과정을 나타낸 개념도이다.
- [0053] 언로딩시에는 반응 공간(110)으로부터 바이알(200)로 향하는 유로가 개방되도록 밸브를 조작하며, 헬륨 가스(4)를 반응 공간(110)의 내부로 불어넣어 생성물을 바이알(200)로 유동시킨다. 이때, 반응 공간(110) 및 반응 공간(110)으로부터 바이알(200)까지의 유로에 생성물이 잔존하지 않도록 충분한 양의 헬륨 불어넣는 것이 바람직하다. 한편, 헬륨 가스(4)는 반응 공간(110)의 상측과 연결되어 제2 유로(820)를 통하여 반응 공간(110)으로 유입되며, 액화 라듐(1)의 유로는 반응 공간(110)의 하측과 연결되어 있는 제1 유로(810)를 통하여 유동될 수 있다. 따라서 반응 공간(110) 내부에 헬륨 가스(4)를 불어 넣으면 자연스럽게 하측에서 액화 상태의 생성물이 챔버(100) 외부로 배출될 수 있다.
- [0054] 도 7은 언로딩 과정에서 라돈이 배출되는 과정을 나타낸 개념도이다.
- [0055] 도시된 바와 같이, 언로딩 단계의 수행 중 바이알 내부로 액화 생성물이 유입됨에 따라 바이알(200) 내부의 가스가 가스 배출 유로(830)를 따라 배출되어 라돈 포집부(500)를 통과하게 된다. 이후 라돈 포집부(500)에서는 헬륨 가스(4)와 라돈(3) 가스가 함께 섞여있는 기체로부터 라돈(3) 가스만을 포집하고 나머지 가스는 외부로 배

출하게 된다. 라돈이 포집되면 전술한 바와 같이, 액화된 상태에서 방사성 폐기물로 처리될 수 있다. 또한 도시되지는 않았으나, 라돈 포집부(500)가 구비되지 않은 경우 라돈을 소정 시간동안 저장하거나, 충분한 양의 공기와 희석하여 외부로 배출할 수 있다.

[0056] 도 8은 악티늄을 분리 및 정제하기 위해 액화 생성물을 이송시키는 단계가 나타난 개념도이다.

[0057] 도시된 바와 같이 악티늄의 분리 및 정제를 위해 바이알로부터 정제 및 분리를 위한 공간으로 액화 생성물을 이송시킨다. 구체적으로 바이알(200)로부터 악티늄 정제 및 분리부(600) 사이의 생성물 이송 유로(840)에 구비되어 있는 밸브를 개방하고, 바이알(200)에 헬륨 가스(4)를 불어넣어 생성물을 악티늄 정제 및 분리부(600)로 이송한다. 악티늄 정제 및 분리부(600)에서는 액화 라듐(1)과 액화 악티늄(2)이 서로 분리될 수 있다. 악티늄의 정제는 분리된 악티늄을 이송한 뒤 의료 목적으로 사용할 수 있도록 불순물을 제거하는 등 적절하게 정제하는 과정이 수행된다.

[0058] 도 9는 재적재 단계를 수행하기 전 액화 라듐을 유동시킨 모습이 도시되어 있다.

[0059] 액화 악티늄(2)이 분리된 잔여 액화 라듐(1)은 순수 액화 라듐이 될 수 있도록 정제과정을 거치게 되며, 악티늄과의 분리 과정에서 증가된 액체를 농축시켜 정량으로 만든 후 바이알(200)로 다시 이송된다. 이후 로딩 단계부터 생산공정이 시작되어 반복적으로 수행될 수 있다. 한편, 재적재 단계에서 순수 액화 라듐이 바이알로 적재되는 경우 로딩 단계 및 언로딩 단계와 유사하게 증가하는 압력에 따라 가스가 가스 배출 유로(830)를 따라 바이알의 외부로 배출되도록 구성될 수 있다. 따라서 재적재 과정에서도 자연스럽게 라돈을 포함한 가스의 배출이 이루어지게 된다. 한편, 재적재시에는 헬륨 가스를 이용하여 순수 액화 라듐을 바이알로 이송시킬 수 있다. 다만, 전술한 순수 액체 라듐의 이송 방법은 일 예일 뿐, 헬륨가스 이외의 다양한 방법으로 수행될 수 있다.

[0060] 이하에서는 방사성 액체 및 방사성 가스가 정상적인 유동 경로로부터 벗어나 제2 차폐박스 내부로 유출된 경우 제2 차폐박스를 폐기하는 개념에 대하여 설명하도록 한다. 핵종 생산 장치의 사용 중 유로 중 일부가 파손되거나, 제2 차폐박스 내부에 구비된 구성요소가 파손되는 경우 정상적인 유로로부터 액체 및 기체가 유출될 수 있다. 방사성 물질 중 특히 라듐의 경우 반감기가 1602년으로 밝혀져 있고, 완전 제염 또한 어려워 장치의 보수시 안정성을 확보하기 어렵다. 따라서 본 발명에서는 방사성 액체가 유출되더라도 제2 차폐박스를 통채로 밀봉하여 폐기하게 되므로 외부의 오염을 방지하면서 장치를 보수할 수 있게 된다.

[0061] 도 10은 도 2에서 제2 차폐박스를 폐기하기 위해 밀봉한 개념이 도시되어 있다.

[0062] 도시된 바와 같이, 제2 차폐박스(920) 내부에서 방사성 물질(라듐(2) 또는 라돈(3))의 유출이 발생한 경우 제2 차폐박스와 연결되어 모든 유로를 절단하고 밀봉하며, 제1 차폐 파이프(930), 제2 차폐 파이프(940), 제3 차폐 파이프(950) 및 제4 차폐 파이프(960)를 밀봉하고 절단한 후 제2 차폐박스(920) 내부에 구비된 구성과 함께 폐기할 수 있다. 결국, 방사성 물질이 유출되더라도 추가로 차폐할 수 있는 구성이 구비되어 오염 영역이 확장되는 것을 방지할 수 있다. 이후 오염된 제2 차폐박스(920)를 밀봉하여 폐기하고 새로운 제2 차폐박스(920)를 포함한 부품으로 교체할 수 있으며, 교체 작업시에도 작업자의 피폭을 방지할 수 있게 된다.

[0063] 한편, 제어부에서는 방사성 물질의 유출은 핵종 생산 장치에서 압력센서 값을 모니터링하여 압력이 일정 수준 이하로 낮아지고 회복되지 않는 경우 유출이 발생한 것으로 판단될 수 있다.

[0064] 도 11은 본 발명에 따른 일 실시예에서 제2 차폐박스와 그 내부의 구성을 나타낸 절개사시도이다.

[0065] 방사성 가스 차폐부(900)의 제1 차폐박스(910)와 제2 차폐박스(920)는 직육면체 형상으로 구성되며, 각각의 벽이 소정 두께를 갖도록 구성될 수 있다. 제2 차폐박스(920)의 내측 일면에는 다른 구성요소들이 고정될 수 있도록 구성된다. 도 11 내부에는 일측 내벽에 제1 차폐박스(910), 시린지 펌프(300), 제1 유로(810)의 일부, 제2 유로(820)의 일부, 제1 3-way 밸브(811) 및 제2 3-way 밸브(812)가 고정되어 있는 구성이 개시되어 있다.

[0066] 제1 차폐박스(910)는 내부에 바이알(200)이 구비될 수 있도록 구성되며, 전술한 바와 같이 제1 차폐박스(910)의 일측 벽을 관통하면서 제1 유로(810), 제2 유로(820) 및 생성물 이송유로(840)가 연결될 수 있다. 가스 배출유로(830)는 제1 차폐박스(910)의 일측에 연결되어 바이알(200)로부터 배출된 가스가 제1 차폐박스(910) 내부의 압력이 높아지면 자연스럽게 가스 배출 유로로 배출될 수 있도록 구성된다.

[0067] 본 발명에 따른 핵종 생산 장치의 사용 중 제1 차폐박스(910) 내부에서 방사성 가스가 유출된 경우, 구체적으로 방사성 가스의 유출이 발생하거나, 액상 방사성 물질이 유출되어 그로부터 방사성 가스가 발생하게 된 경우 외부로 방사성 가스가 확산되는 것을 방지할 수 있다. 방사성 가스가 유출된 경우 제2 차폐박스(920)와 연결되어

있는 다수의 차폐 파이프들을 밀봉하고 제2 차폐박스(920) 자체를 폐기할 수 있다.

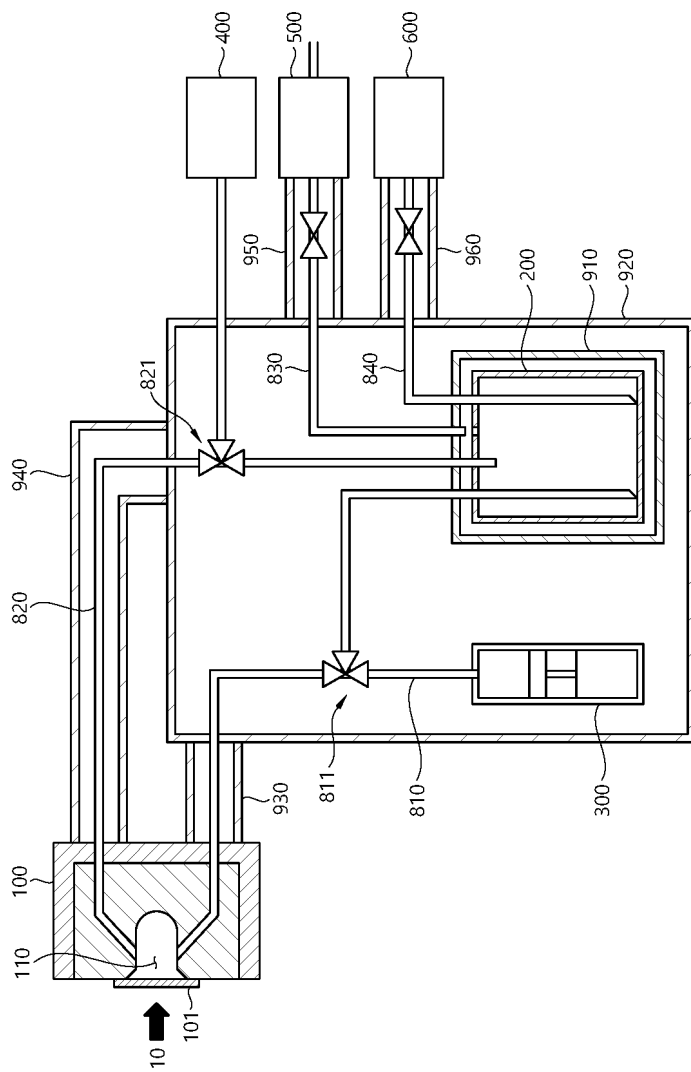
[0068] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 액체 타겟을 이용한 핵종 생산 장치는 액화 상태의 타겟을 이용하여 핵반응 시키고, 핵반응되지 않는 액화 타겟을 재사용하여 반응물의 손실을 최소화 할 수 있으며, 발생하는 방사성 가스를 처리할 수 있으므로 안전성을 향상시킬 수 있다.

부호의 설명

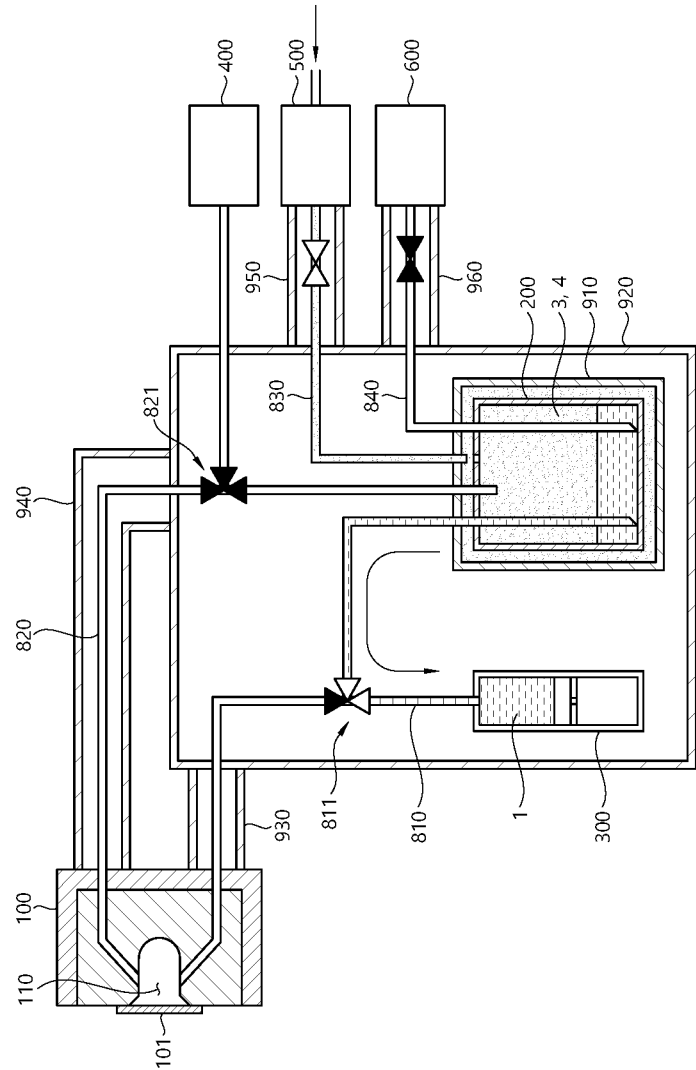
[0069]

- 1: 액화 라듐
- 2: 액화 악티늄
- 3: 라돈
- 4: 헬륨 가스
- 10: 입자빔
- 100: 챔버
- 101: 포일
- 110: 반응 공간
- 200: 바이알
- 300: 시린지 펌프
- 400: 헬륨 소스
- 500: 라돈 포집부
- 600: 악티늄 분리 및 정제부
- 700: 제어부
- 810: 제1 유로
- 811: 제1 3-way 밸브
- 820: 제2 유로
- 821: 제2 3-way 밸브
- 830: 가스 배출 유로
- 840: 생성물 이송 유로
- 900: 방사성 가스 차폐부
- 910: 제1 차폐박스
- 920: 제2 차폐박스
- 930: 제1 차폐 파이프
- 940: 제2 차폐 파이프
- 950: 제3 차폐 파이프
- 960: 제4 차폐 파이프

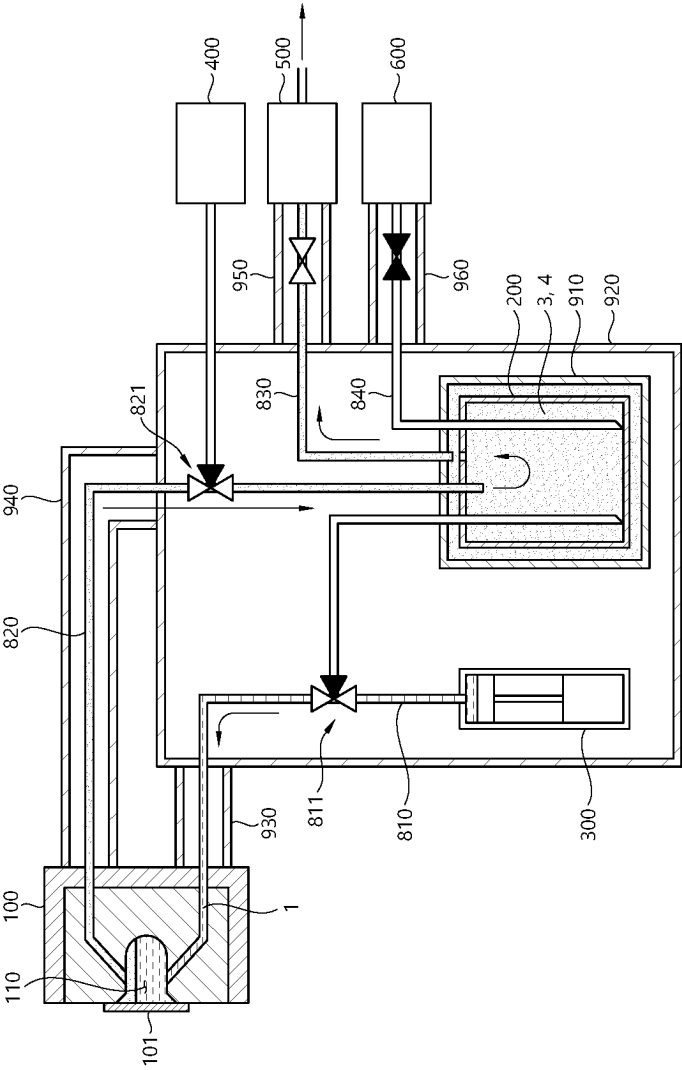
도면2



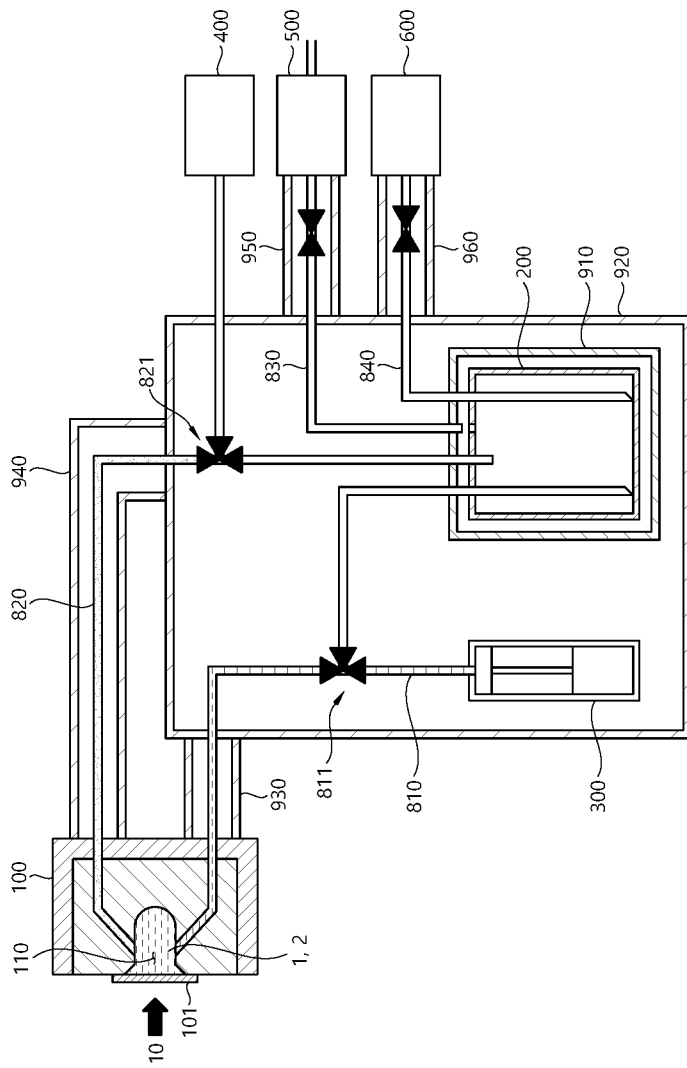
도면3



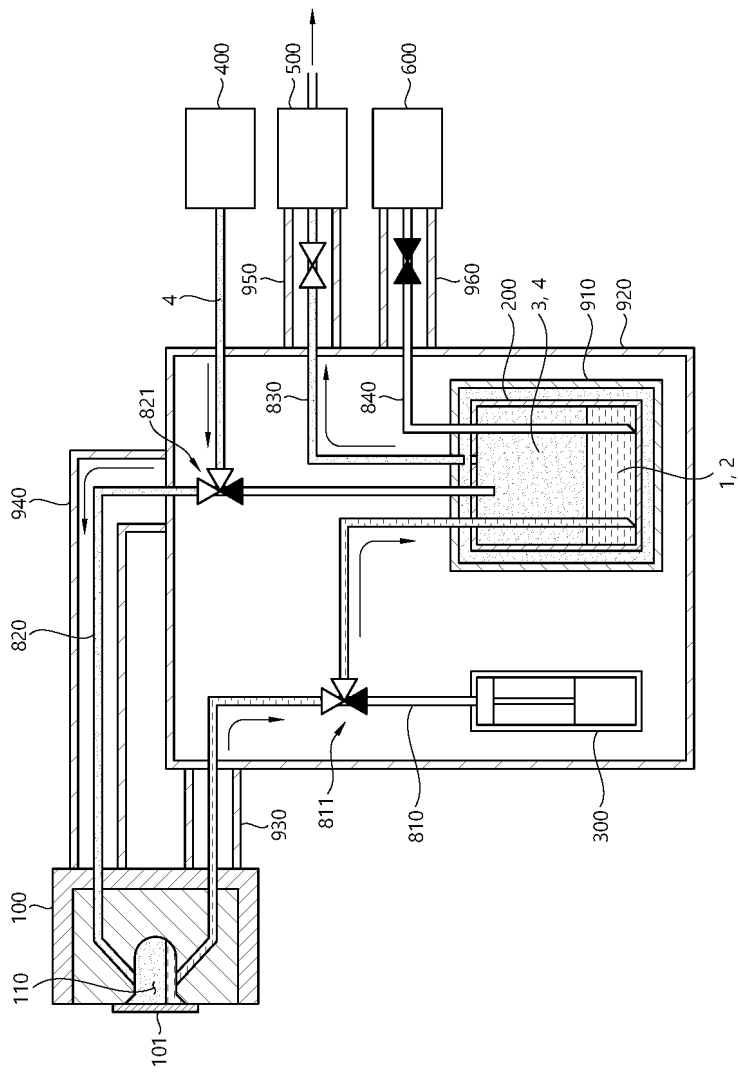
도면4



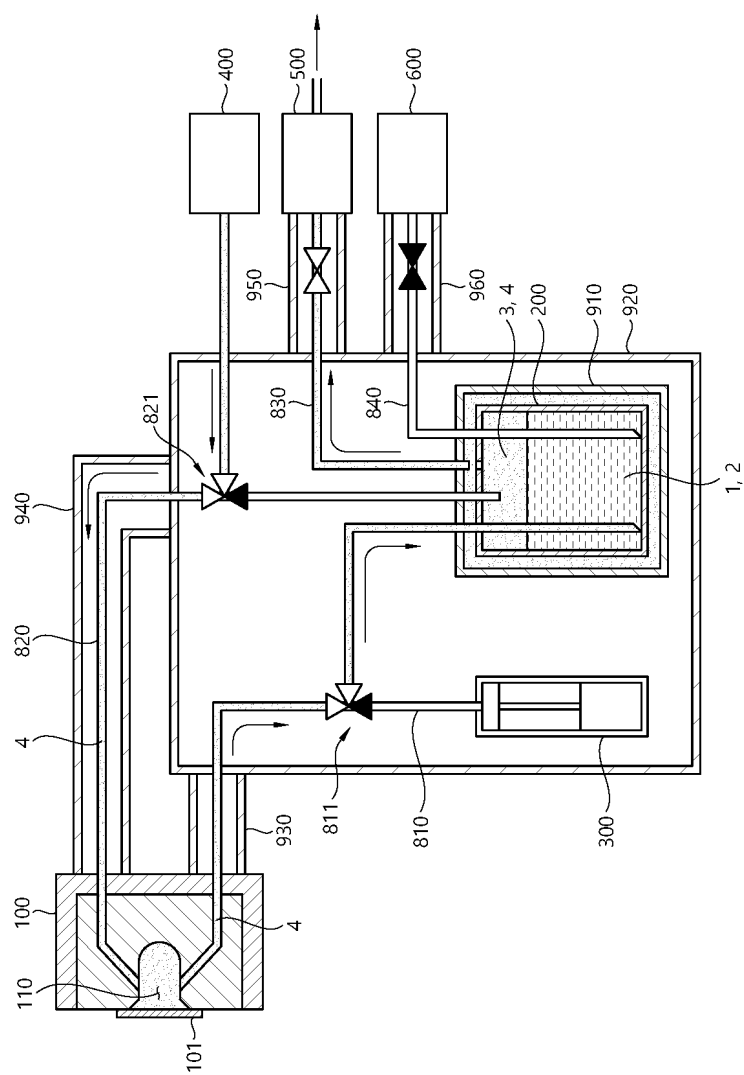
도면5



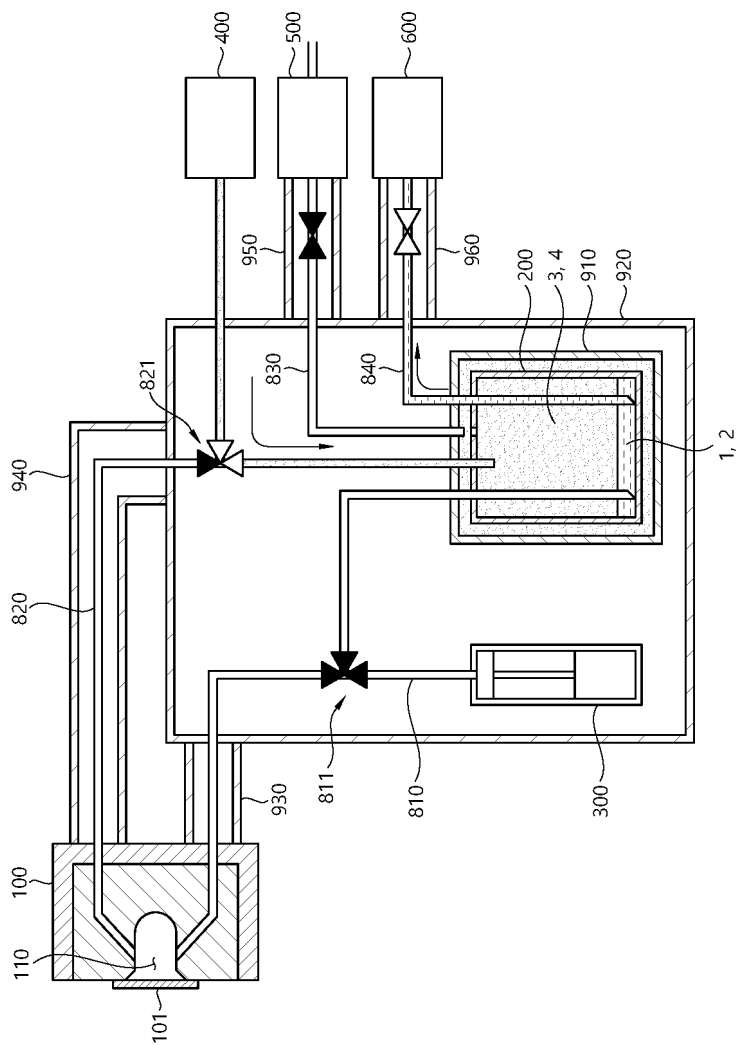
도면6



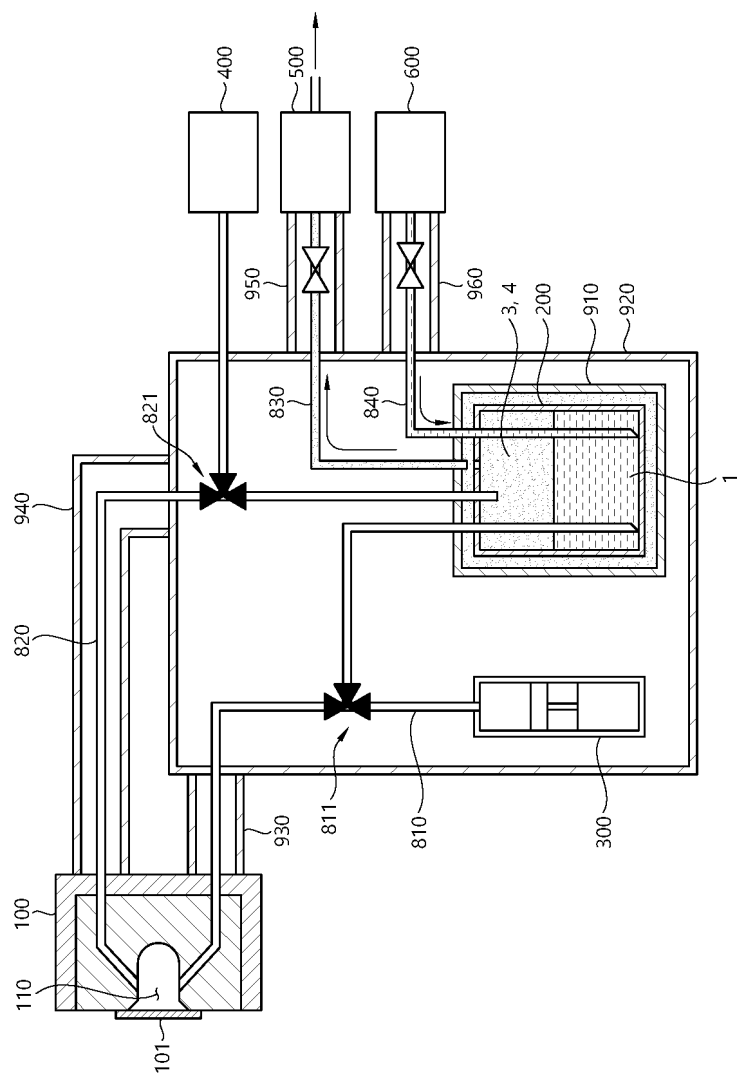
도면7



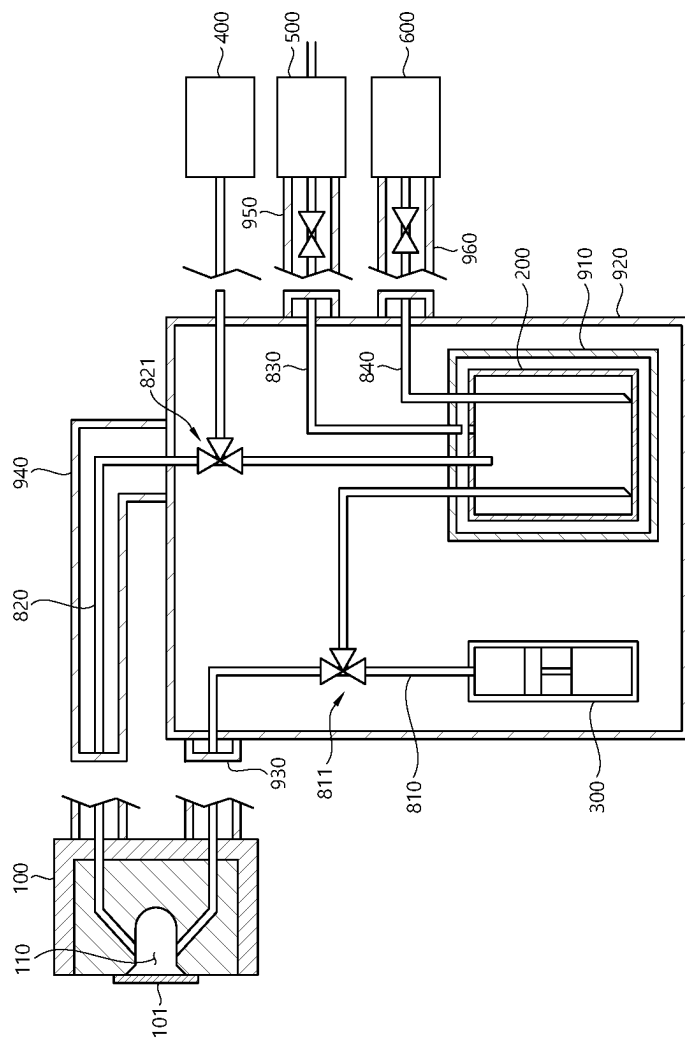
도면8



도면9



도면 10



도면11

