



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년12월27일
(11) 등록번호 10-2060010
(24) 등록일자 2019년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 35/14 (2006.01) H01L 35/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 35/14 (2013.01)
H01L 35/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0153896
(22) 출원일자 2017년11월17일
심사청구일자 2017년11월17일
(65) 공개번호 10-2019-0056688
(43) 공개일자 2019년05월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR101438434 B1*
KR1020120110657 A*
KR1020140133742 A*
KR1020170011156 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국에너지기술연구원
대전광역시 유성구 가정로 152(장동)
(72) 발명자
이욱현
대전광역시 대덕구 송촌동 선비마을 507동 902호
최종원
대전광역시 유성구 반석동로 33 반석마을5단지아파트 507동 1305호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
신일균

전체 청구항 수 : 총 12 항

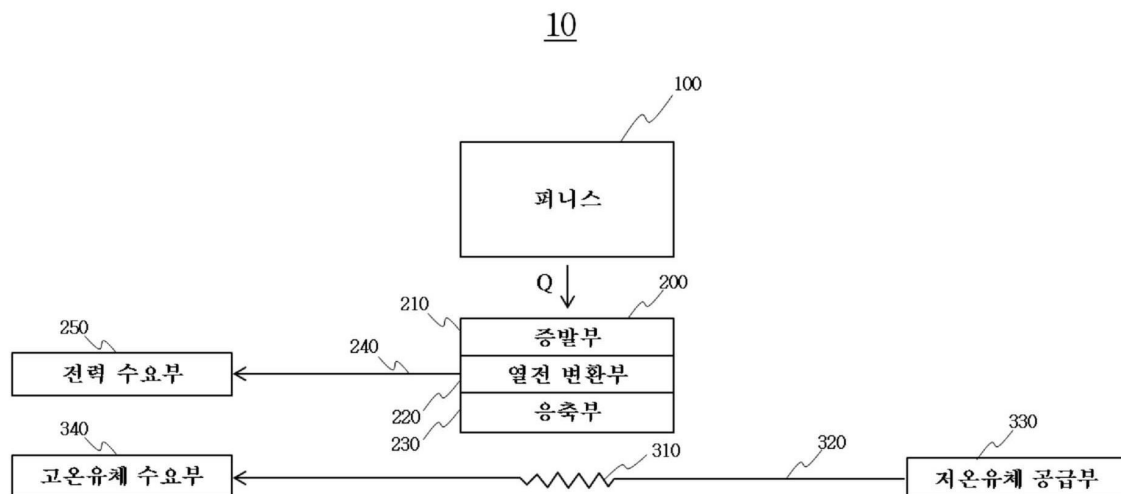
심사관 : 고재현

(54) 발명의 명칭 발전 장치

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따르면, 발전 장치는 외부로 열에너지를 방출하는 퍼니스(furnace); 상기 퍼니스의 외부에 위치하며, 상기 퍼니스에서 방출되는 열에너지에 의한 금속 유체의 순환을 통해 전기 에너지를 발생시키는 알칼리 금속 열전 변환 장치; 및 상기 퍼니스 및 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치 중 적어도 하나와 열교환하여 열 (뒷면에 계속)

대표도



에너지를 회수하는 열에너지 회수 장치;를 포함하여 구성하되, 상기 열에너지 회수 장치는, 일단부가 저온 유체 공급부와 연통되며 타단부가 고온 유체 수요부와 연통되는 열에너지 회수 라인을 포함하고, 상기 열에너지 회수 라인은, 상기 저온 유체 공급부로부터 저온 유체를 공급받고, 상기 저온 유체가 내부를 유동하며 금속 유체와의 열교환을 통해 고온 유체로 전환되면 상기 고온 유체 수요부로 상기 고온 유체를 공급하며, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는, 상기 퍼니스에서 방출되는 열에너지를 공급받아 내부의 금속 유체를 증기로 변환시키는 증발부; 상기 증발부와 연통되어 상기 금속 유체를 유입시키며, 상기 금속 유체를 전하 운반체로 사용하여 전기 에너지를 발생시키고, 상기 금속 유체를 배출시키는 열전 변환부; 및 상기 열전 변환부와 연통되어 상기 열전 변환부에서 배출된 금속 유체를 포집하여 응축시키는 응축부;를 포함하여 구성되고, 상기 열전 변환부는, 상기 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부와, 상기 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 평판형 구조체가 적층되어 구성되는 적어도 하나의 열전 변환 모듈을 포함하며, 상기 평판형 구조체는, 평판형 전해질 구조체와, 상기 평판형 전해질 구조체의 일면에 형성되는 음극(anode)과, 상기 평판형 전해질 구조체의 타면에 형성되는 양극(cathode)으로 구성되는 것을 특징으로 한다.

(72) 발명자

서민수

대전광역시 유성구 가정로 152 한국에너지기술연구원

김정근

대전광역시 유성구 지족로 240 노은해랑숲마을 50
4동 1001호

이계중

세종특별자치시 보람로 15 도렴마을 903동 1303호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP20106-0049-01

부처명 에너지절약실

연구관리전문기관 -

연구사업명 주요사업

연구과제명 AMTECD용 요소기술 및 시스템 기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국에너지기술연구원

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

외부로 열에너지를 방출하는 퍼니스(furnace);

상기 퍼니스의 외부에 위치하며, 상기 퍼니스에서 방출되는 열에너지에 의한 금속 유체의 순환을 통해 전기 에너지를 발생시키는 알칼리 금속 열전 변환 장치; 및

상기 퍼니스 및 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치 중 적어도 하나와 열교환하여 열에너지를 회수하는 열에너지 회수 장치;를 포함하여 구성하되,

상기 열에너지 회수 장치는,

일단부가 저온 유체 공급부와 연통되며 타단부가 고온 유체 수요부와 연통되는 열에너지 회수 라인을 포함하고,

상기 열에너지 회수 라인은,

상기 저온 유체 공급부로부터 저온 유체를 공급받고, 상기 저온 유체가 내부를 유동하며 금속 유체와의 열교환을 통해 고온 유체로 전환되면 상기 고온 유체 수요부로 상기 고온 유체를 공급하며,

상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는,

상기 퍼니스에서 방출되는 열에너지를 공급받아 내부의 금속 유체를 증기로 변환시키는 증발부;

상기 증발부와 연통되어 상기 금속 유체를 유입시키며, 상기 금속 유체를 전하 운반체로 사용하여 전기 에너지를 발생시키고, 상기 금속 유체를 배출시키는 열전 변환부; 및

상기 열전 변환부와 연통되어 상기 열전 변환부에서 배출된 금속 유체를 포집하여 응축시키는 응축부; 를 포함하여 구성되고,

상기 열전 변환부는,

상기 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부와, 상기 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 평판형 구조체가 적층되어 구성되는 적어도 하나의 열전 변환 모듈을 포함하며,

상기 평판형 구조체는,

평판형 전해질 구조체와, 상기 평판형 전해질 구조체의 일면에 형성되는 음극(anode)과, 상기 평판형 전해질 구조체의 타면에 형성되는 양극(cathode)으로 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는

상기 퍼니스의 외면 중 적어도 일부 영역을 감싸도록 구성되되,

상기 증발부의 일면은 상기 퍼니스를 향하도록 구성되고, 상기 응축부의 타면은 상기 퍼니스의 반대 방향을 향하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 응축부는
상기 열전 변환부에서 배출된 금속 유체를 냉각하여 응축시키는 냉각부; 및
상기 응축된 금속 유체를 상기 증발부로 순환시키는 순환부;
를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 냉각부는 상기 열전 변환부와 분리되어 구성되며,
상기 순환부는 상기 열전 변환부로부터 배출되는 금속 유체가 상기 냉각부를 경유하여 상기 증발부로 순환되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 열에너지 회수 장치는
상기 냉각부 내부를 유동하는 금속 유체와의 열교환을 통해 열에너지를 회수하는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 열에너지 회수 장치 및 냉각부는
상기 증발부 및 열전 변환부의 하부에 위치하는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 열에너지 회수 장치는
상기 퍼니스와 1차 열교환하고, 이후 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치와 2차 열교환하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 열에너지 회수 장치는
상기 알칼리 금속 열전 변환 장치와 1차 열교환하고, 상기 퍼니스와 2차 열교환하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 열에너지 회수 장치는

상기 알칼리 금속 열전 변환 장치와의 열교환을 통해 열에너지를 회수하는 제1 열에너지 회수 장치; 및

상기 제1 열에너지 회수 장치와 열교환을 통해 열에너지를 회수하는 제2 열에너지 회수 장치;를 포함하는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는

다면체 구조로 형성되며, 상기 퍼니스의 외면과 접하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는

중공의 원통형 구조로 형성되며, 상기 퍼니스의 외면을 감싸도록 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

청구항 16

제4항에 있어서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는

중공의 원통형 구조로 형성되며, 상기 퍼니스의 외면을 감싸도록 구성되며,

상기 열전 변환부는

상기 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부와, 상기 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 롤형 구조체가 구성되는 적어도 하나의 열전 변환 모듈을 포함하며,

상기 롤형 구조체는

롤형 전해질 구조체와, 상기 롤형 전해질 구조체의 내면에 형성되는 음극(anode)과, 상기 롤형 전해질 구조체의 외면에 형성되는 양극(cathode)으로 구성되는 것을 특징으로 하는 발전 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 발전 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 알칼리 금속 유체를 작동 유체로 하여 발전할 수 있는 알칼리 금속 열전 변환 장치(AMTEC, ALKALI METAL THERMOELECTRIC CONVERTER)를 구비한 발전 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 알칼리 금속을 작동 유체로 하여 발전하는 알칼리 금속 열전 변환 장치(AMTEC)는 열 에너지를 전기에너지로 변환시키는 발전 장치로, 미국 포드사에 의해 제안된 이래 초기에는 전기자동차의 전원공급장치로 연구되었고, 이후에는 우주용 발전장치로 각광받아 미국 NASA에 의해서 개발이 주도되었다.

[0003] AMTEC은 터빈이나 모터와 같은 구동부 없이 전기를 생산할 수 있는 발전 장치로서, 단위 셀들을 직렬 또는 병렬로 연결하는 경우 수kW에서 수백MW 규모의 대용량 발전이 가능함에 따라 미래지향적인 신발전기술로 평가받고 있다.

[0004] AMTEC의 기본적인 동작 원리는 다음과 같다. 우선, Na 증기가 열원에 의해 고온 고압 영역인 증발부에서 증기상

태로 변하며 Na⁺ 이온이 베타" 알루미나 고체전해질(Beta"-Alumina Solid Electrolyte: BASE)로 통과한다. 즉, 이온전도성을 갖는 베타" 알루미나 고체전해질(BASE)의 양단에 온도차(ΔT)를 주면 AMTEC 셀 내부에 충전된 액체 Na의 증기압 차가 추진력이 되어 느슨하게 결합하고 있는 격자산소 틈새 층으로 Na⁺ 이온의 이동이 일어나게 된다. 여기에서, 자유전자들은 음극(anode)으로부터 전기부하로 통과하여 양극(cathode)으로 돌아와, 저온 저압 영역의 베타" 알루미나 고체전해질(BASE)의 표면에서 나오는 Na⁺ 이온과 재결합하여 중성화(Neutralization)되며, 이러한 과정에서 전기를 발생하게 된다.

[0005] AMTEC에 있어서 전기를 발생시키는 에너지원 또는 원동력(driving force)은 AMTEC 내부의 Na 증기압이 가장 크게 작용하고, 또한 작용유체의 농도 차이, 온도 차이로 인해 Na이 고체전해질을 통과하는 과정에서 발생하는 자유전자들을 전극을 통해 집전함으로써 발전이 가능하게 된다. 이때 출력은 저전압, 대전류의 특성이 나타나며, 단위셀들을 모듈화하여 연결하는 경우 대용량 발전이 가능하다. 또한, AMTEC은 고온(약 600℃ 이상)의 열원에 적용될 수 있어, 고온의 폐열이 발생될 수 있는 산업 시설, 원자력 발전, 태양열 발전, 자동차, 보일러 등에 적용이 가능하고, 수집된 전력은 분산형 발전 장치로 활용이 가능하다.

[0006] 도 1은 종래의 AMTEC 장치(10)를 설명하기 위한 설명도이다. 도 1을 참조하면, 종래AMTEC 기술은 대부분 튜브형(tubular) 구조를 가지며, Na 증기가 열원(1)에 의해 고압영역인 증발부에서 증기상태로 변하여 Na⁺ 이온이 튜브형 단위 셀에 형성된 베타" 알루미나 고체전해질(2)을 통과하게 된다. 이때, 자유전자들은 음극(4)으로부터 집전되어 집전선로(7)를 따라 외부로 나가 전기부하에 따른 일을 한 후 양극(3)으로 돌아와서 저압영역의 BASE 표면에서 나오는 Na⁺ 이온과 재결합함으로써 전기를 발생하게 된다. 중성의 Na 증기는 저압영역의 응축부(5)에서 응축되며 응축된 Na는 모세관벽(6)에 의해 증발부로 귀환하여 사이클을 완료하게 된다.

[0007] 종래 AMTEC의 경우, 단위 셀이 튜브형 구조를 가짐에 따라 도 1에 도시된 바와 같이 AMTEC의 하부 방향에 열원이 위치하여야 하며, 이에 열원과의 결합하는데 있어 구조적 제약이 따른다. 또한, 종래 AMTEC의 경우, 체적에 비하여 단위 셀들의 집적도가 낮아 단위면적당 출력에 한계가 있으며, 금속 유체의 순환이 원활하게 이루어지지 않아 전체 출력에 한계가 있어, 열전 소자를 이용한 열전발전 장치를 대체하는데 어려움이 있다. 이러한 문제점으로 인하여 AMTEC은 상용화 및 응용 기술 분야의 적용에 어려움이 있으며, 타 열전 발전 장치와 비교하여 전세계적으로 연구가 활발하지 못한 실정이다.

[0008] 현재, 다양한 열원과 결합 가능한 AMTEC의 설계 구조 및 열효율을 극대화할 수 있는 열병합 발전 시스템의 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제1,584,617호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 열효율을 대폭으로 향상시킬 수 있는 알칼리 금속 열전 변환 장치를 구비한 발전 장치를 제공하고자 한다.

[0011] 또한, 본 발명은 다양한 열원과 유연하게 결합할 수 있는 알칼리 금속 열전 변환 장치의 구조 및 이를 구비하는 발전 장치를 제공하고자 한다.

[0012] 또한, 본 발명은 단위 체적 및 단위 면적당 출력 효율을 향상시킬 수 있는 알칼리 금속 열전 변환 장치의 구조 및 이를 구비하는 발전 장치를 제공하고자 한다.

[0013] 본 발명의 다른 목적들은 이하에 서술되는 바람직한 실시예들을 통하여 보다 명확해질 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일 측면에 따르면, 발전 장치는 외부로 열에너지를 방출하는 퍼니스(furnace); 및 상기 퍼니스의 외부에 위치하며, 상기 퍼니스에서 방출되는 열에너지에 의한 금속 유체의 순환을 통해 전기 에너지를 발생시키는

알칼리 금속 열전 변환 장치;를 포함한다.

- [0015] 일 실시예에서, 상기 발전 장치는 상기 퍼니스 및 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치 중 적어도 하나와 열교환하여 열에너지를 회수하는 열에너지 회수 장치;를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는 상기 퍼니스에서 방출되는 열에너지를 공급받아 내부의 금속 유체를 증기로 변환시키는 증발부; 상기 증발부와 연통되어 상기 금속 유체를 유입시키며, 상기 금속 유체를 전하 운반체로 사용하여 전기 에너지를 발생시키고, 상기 금속 유체를 배출시키는 열전 변환부; 및 상기 열전 변환부와 연통되어 상기 열전 변환부에서 배출된 금속 유체를 포집하여 응축시키는 응축부;를 포함할 수 있다.
- [0017] 일 실시예에서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는 상기 퍼니스의 외면 중 적어도 일부 영역을 감싸도록 구성되며, 상기 증발부의 일면은 상기 퍼니스를 향하도록 구성되고, 상기 응축부의 타면은 상기 퍼니스의 반대 방향을 향하도록 구성될 수 있다.
- [0018] 일 실시예에서, 상기 응축부는 상기 열전 변환부에서 배출된 금속 유체를 냉각하여 응축시키는 냉각부; 및 상기 응축된 금속 유체를 상기 증발부로 순환시키는 순환부;를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0019] 일 실시예에서, 상기 냉각부는 상기 열전 변환부와 분리되어 구성되며, 상기 순환부는 상기 열전 변환부로부터 배출되는 금속 유체가 상기 냉각부를 경유하여 상기 증발부로 순환되도록 구성될 수 있다.
- [0020] 일 실시예에서, 상기 열에너지 회수 장치는 상기 냉각부 내부를 유동하는 금속 유체와의 열교환을 통해 열에너지를 회수할 수 있다.
- [0021] 일 실시예에서, 상기 열에너지 회수 장치 및 냉각부는 상기 증발부 및 열전 변환부의 하부에 위치할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에서, 상기 열에너지 회수 장치는 일단부가 저온 유체 공급부와 연통되며 타단부가 고온 유체 수요부와 연통되는 열에너지 회수 라인을 포함하며, 상기 열에너지 회수 라인, 상기 저온 유체 공급부로부터 저온 유체를 공급받고, 상기 저온 유체가 내부를 유동하며 금속 유체와의 열교환을 통해 고온 유체로 전환되면 상기 고온 유체 수요부로 상기 고온 유체를 공급할 수 있다.
- [0023] 일 실시예에서, 상기 열에너지 회수 장치는 상기 퍼니스와 1차 열교환하고, 이후 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치와 2차 열교환하도록 구성될 수 있다.
- [0024] 일 실시예에서, 상기 열에너지 회수 장치는 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치와 1차 열교환하고, 상기 퍼니스와 2차 열교환하도록 구성될 수 있다.
- [0025] 일 실시예에서, 상기 열에너지 회수 장치는 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치와의 열교환을 통해 열에너지를 회수하는 제1 열에너지 회수 장치; 및 상기 제1 열에너지 회수 장치와 열교환을 통해 열에너지를 회수하는 제2 열에너지 회수 장치;를 포함할 수 있다.
- [0026] 일 실시예에서, 상기 열전 변환부는 상기 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부와, 상기 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 평판형 구조체가 적층되어 구성되는 적어도 하나의 열전 변환 모듈을 포함하며, 상기 평판형 구조체는 평판형 전해질 구조체와, 상기 평판형 전해질 구조체의 일면에 형성되는 음극(anode)과, 상기 평판형 전해질 구조체의 타면에 형성되는 양극(cathode)으로 구성될 수 있다.
- [0027] 일 실시예에서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는 다면체 구조로 형성되며, 상기 퍼니스의 외면과 접하도록 구성될 수 있다.
- [0028] 일 실시예에서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는 중공의 원통형 구조로 형성되며, 상기 퍼니스의 외면을 감싸도록 구성될 수 있다.
- [0029] 일 실시예에서, 상기 알칼리 금속 열전 변환 장치는 중공의 원통형 구조로 형성되며, 상기 퍼니스의 외면을 감싸도록 구성되며, 상기 열전 변환부는 상기 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부와, 상기 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 롤형 구조체가 구성되는 적어도 하나의 열전 변환 모듈을 포함하며, 상기 롤형 구조체는 롤형 전해질 구조체와, 상기 롤형 전해질 구조체의 내면에 형성되는 음극(anode)과, 상기 롤형 전해질 구조체의 외면에 형성되는 양극(cathode)으로 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명은, 열에너지를 방출하는 퍼니스의 외부에 알칼리 금속 열전 변환 장치를 구성시키고, 퍼니스 및 알칼리

금속 열전 변환 장치 중 적어도 하나와 열교환하여 열에너지를 회수하는 열에너지 회수 장치를 구비함으로써, 발전 장치의 열효율을 대폭 향상시킬 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명은 알칼리 금속 열전 변환 장치를 구성하는 열전 변환 모듈(단위 셀)들 각각에 금속 유체를 순환시키기 위한 공간부를 형성시키고, 전해질 구조체 및 전극(음극 및 양극)을 평판형 또는 롤형으로 구성하며, 단위 셀들 각각을 순차적으로 적층시켜 전기적으로 연결될 수 있도록 구성함으로써, 다양한 열원과 유연하게 결합 가능함과 동시에, 단위 체적 및 단위 면적당 발전 효율을 대폭 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 종래 기술에 따른 튜브형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 동작을 설명하기 위한 참고도이다.
 도 2는 본 발명에 따른 발전 장치를 설명하기 위한 참고도이다.
 도 3 내지 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 발전 장치를 설명하기 위한 참고도이다.
 도 8 내지 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 퍼니스와 알칼리 금속 열전 변환 장치의 구조를 설명하기 위한 참고도이다.
 도 12 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 발전 장치를 포함한 발전 시스템을 설명하기 위한 참고도이다.
 도 18 내지 27은 본 발명의 일 실시예에 따른 알칼리 금속 열전 변환 장치의 구조를 설명하기 위한 참고도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0034] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0035] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0037] 본 발명은 상술한 종래 튜브형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 문제점을 해결하기 위한 발전 장치의 설계 기술에 관한 것이다.

[0038] 본 발명자들은 상기에서 설명한 종래 기술에 따른 문제점을 해결하고자 예의 노력한 결과, 열에너지를 방출하는 퍼니스의 외부에 알칼리 금속 열전 변환 장치를 구성시키고, 퍼니스 및 알칼리 금속 열전 변환 장치 중 적어도 하나와 열교환하여 열에너지를 회수하는 열에너지 회수 장치를 구성시키면, 발전 장치의 열효율을 대폭 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 또한, 본 발명자들은 알칼리 금속 열전 변환 장치를 구성하는 열전 변환 모듈(단위 셀)들 각각에 금속 유체를 순환시키기 위한 공간부를 형성시키고, 전해질 구조체 및 전극(음극 및 양극)을 평판형 또는 롤형으로 구성하며, 단위 셀들 각각을 순차적으로 적층시켜 전기적으로 연결될 수 있도록 구성하면, 다양한 열원과 유연하게 결합 가능함과 동시에, 단위 체적 및 단위 면적당 발전 효율을 대폭 향상시킬 수 있음을 확인하고, 본 발명을 완성하였다.

[0039] 이하, 본 발명에 따른 발전 장치와 본 발명의 다양한 실시예에 대하여 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명한다.

[0041] 도 2는 본 발명에 따른 발전 장치를 설명하기 위한 참고도이다. 도 2를 참조하면, 발전 장치(10)는 퍼니스(100) 및 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 포함한다.

[0042] 본 발명에서 퍼니스(노, furnace, 100)는 열에너지를 방출하는 장치에 해당하며, 용도, 명칭, 크기, 소재 등에

한정되지 않는다. 즉, 본 발명에 따른 퍼니스(100)는 사전적 의미인 [물질을 고온으로 가열하기 위한 장치]로 한정되지 않으며, 열에너지를 외부로 방출하는 장치라면 본 발명에 따른 퍼니스(100)로 해석되어야 할 것이다. 예를 들어, 퍼니스(100)는 연소로, 가열로, 공업로, 소각로, 원자로, 전기로 등 각종 가열 장치에 해당할 수 있다. 다른 예를 들어, 퍼니스(100)는 차량 배기가스 배출 장치, 보일러 장치 등의 각종 폐열 발생 장치에 해당할 수 있다. 한편, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 동작 온도(증발부 측)를 고려할 때, 본 발명에 따른 퍼니스(100)는 외부 온도가 약 600~ 1000K 수준인 열에너지 방출 장치에 해당하는 것이 바람직하다.

[0043] 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 퍼니스(100)의 외부에 위치하며, 퍼니스(100)에서 방출되는 열에너지를 통해 전기 에너지를 발생시키는 장치에 해당한다. 여기에서, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 내부에 알칼리 금속 유체(이하, 금속 유체)가 구성되고, 퍼니스(100)에서 방출되는 열에너지에 의하여 순환하는 알칼리 금속 유체를 작동 유체로 하여 전기 에너지를 발생시킬 수 있다.

[0044] 일 실시예에서, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 증발부(210), 열전 변환부(220) 및 응축부(230)를 포함할 수 있다.

[0045] 증발부(210)는 퍼니스(100)에서 방출되는 열에너지를 공급받아 내부의 금속 유체를 증기로 변환시킬 수 있다. 열전 변환부(220)는 증발부(210)와 연통되어 금속 유체를 유입시키며, 금속 유체를 전하 운반체로 사용하여 전기 에너지를 발생시키고, 금속 유체를 배출시킬 수 있다. 응축부(230)는 열전 변환부(220)와 연통되어 열전 변환부(220)에서 배출된 금속 유체를 포집하여 응축시킬 수 있다. 한편, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 발전 원리 및 동작에 관한 상세한 설명은 후술(도 18 내지 도 27 참조)한다.

[0046] 일 실시예에서, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 발생된 전기 에너지를 전기 선로(240)를 통해 전력 수요부(250)로 공급할 수 있다. 여기에서, 전력 수요부(250)는 전력을 요구하는 객체로, 예를 들어, 변전 설비, 집전 설비 등의 전력 계통, 또는 전력 저장 장치(배터리), 가전 제품 등의 전력 소비 장치를 포함할 수 있다.

[0047] 일 실시예에서, 발전 장치(10)는 열에너지 회수 장치를 포함할 수 있다. 여기에서, 열에너지 회수 장치는 퍼니스(100) 및 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)중 적어도 하나와 열교환하여 열에너지를 회수할 수 있다.

[0048] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치는 내부에 열에너지 교환 매체가 유동하며, 퍼니스(100) 및 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)중 적어도 하나와 열교환하는 열교환 장치(310)를 포함할 수 있다.

[0049] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치는 일단부가 저온 유체 공급부(330)와 연통되며 타단부가 고온 유체 수요부(340)와 연통되는 열에너지 회수 라인(320)을 포함할 수 있다. 여기에서, 열에너지 회수 라인(320)은 저온 유체 공급부(330)로부터 저온 유체(열에너지 교환 매체)를 공급받고, 저온 유체가 내부를 유동하며 금속 유체와 열교환하여 고온 유체로 전환되면, 고온 유체를 고온 유체 수요부(340)로 공급할 수 있다.

[0050] 일 실시예에서, 열에너지 교환 매체는 물, 금속 유체, 공기 및 가스 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 저온 유체 공급부(330)는 열에너지 교환 매체를 공급하는 장치로, 예를 들어 물, 금속 유체, 공기 또는 가스의 저장 탱크(또는 공급 장치)에 해당할 수 있다. 고온 유체 수요부(340)는 고온의 유체를 요구하는 객체로, 예를 들어, 난방수 공급 장치, 예열 가스 공급 장치에 해당할 수 있다.

[0051] 보다 구체적인 예를 들면, 본 발명에 따른 발전 장치(10)가 보일러 시스템에 포함되어 구성(발전 보일러)되는 경우, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)에 의하여 발생된 전력은 가정용 전력 계통(250)으로 전달되어 가정용 전력으로 활용될 수 있다. 공급수 탱크(330)에 저장된 물이 파이프(320)를 따라 열교환기(310)로 이송되어, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)와 열교환을 통해 고온수로 전환되면, 온수 공급 장치(340)로 이송되어 생활 온수 또는 난방용 온수로 활용될 수 있다. 한편, 이러한 예시는 본 발명의 권리범위를 한정하고자 하는 것이 아니며, 본 발명에 따른 발전 장치(10)는 다양한 열원에 적용될 수 있으며, 발전 장치(10)에 의하여 생산된 전력 및 고온 유체는 필요 목적에 따라 공급될 수 있음은 물론이다.

[0053] 이하에서는, 도 3 내지 7을 참조하여, 본 발명에 따른 발전 장치(10)의 열 에너지 회수 방식에 대한 다양한 실시예에 대하여 설명한다. 도 3 내지 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 발전 장치를 설명하기 위한 참고도이다.

[0054] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치는 퍼니스(100)와 1차 열교환하고, 이후 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)와 2차 열교환하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 3을 참조하면, 열에너지 회수 장치는 제1 및 제2 열교환 장치(311, 312)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기에서, 열에너지 회수 라인(320)을 통하여 공급되는 유체는 제1 열교환 장치(311)를 지나며 퍼니스(100)로부터 열 에너지를 회수하고, 이후 제2 열교환 장치(312)를 지나며 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)로부터 열 에너지를 회수한 후 고온 유체 수요부(340)로 이송될 수 있다.

- [0055] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치는 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)와 1차 열교환하고, 퍼니스(200)와 2차 열교환하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 4를 참조하면, 열에너지 회수 장치는 제3 및 제4 열교환 장치(313, 314)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기에서, 열에너지 회수 라인(320)을 통하여 공급되는 유체는 제3 열교환 장치(313)를 지나며 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)로부터 열 에너지를 회수하고, 이후 제4 열교환 장치(314)를 지나며 퍼니스(100)로부터 열 에너지를 회수한 후 고온 유체 수요부(340)로 이송될 수 있다.
- [0056] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치는 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)와 열교환한 후, 내부에 유동하는 유체를 퍼니스(100)로 공급하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 5를 참조하면, 열에너지 회수 장치는 제5 열교환 장치(315)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기에서, 열에너지 회수 라인(320)을 통하여 공급되는 유체는 제5 열교환 장치(315)를 지나며 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)로부터 열 에너지를 회수하고, 이후 퍼니스(100)로 공급될 수 있다. 본 실시예는 저온 유체 공급부(330)로부터 공급되는 유체가 퍼니스(100)의 공급 유체에 해당하는 경우에 적용될 수 있는 구조로, 본 실시예에 따르면, 공급 유체를 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 통해 예열한 후 퍼니스(100)로 공급하여 에너지 효율을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 퍼니스(100)가 스팀 생산용 퍼니스에 해당하는 경우, 에어 탱크(330)로부터 공급되는 에어는 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)에서 발생하는 폐열을 통해 예열되며, 예열된 에어가 퍼니스(100)로 전달되어 에너지 효율이 향상될 수 있다.
- [0057] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치는 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)와의 열교환을 통해 열에너지를 회수하는 제1 열에너지 회수 장치와, 제1 열에너지 회수 장치와 열교환을 통해 열에너지를 회수하는 제2 열에너지 회수 장치를 포함하여 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 6을 참조하면, 열에너지 회수 장치는 제1 열에너지 회수 장치(317, 321) 및 제2 열에너지 회수 장치(318, 322)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기에서, 제1 및 제2 열에너지 회수 장치는 각각 열 교환 장치(317, 318)와 열 에너지 회수 장치(321, 322)를 포함하여 구성될 수 있으며, 각각의 일단부는 제1 및 제2 저온 유체 공급부(331, 332)와 연통되고, 각각의 타단부는 제1 및 제2 고온 유체 수요부(341, 342)와 연통될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 저온 유체 공급부(331, 332)는 단일의 장치로 구현될 수 있다.
- [0058] 본 실시예에서, 제1 열에너지 회수 장치(317, 321)로부터 이송되는 고온 유체는, 제2 열에너지 회수 장치(318, 322)로부터 이송되는 고온 유체와 비교하여 상대적으로 고온에 해당한다. 예를 들어, 퍼니스(100)가 가정용 보일러용 연소로 해당하는 경우, 저온수 탱크(331, 332)로부터 공급되는 저온수는, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)와 열교환하는 제1 열 에너지 회수 장치를 경유하며 고온수로 전환될 수 있고, 제1 열 에너지 회수 장치와 열교환하는 제2 열 에너지 회수 장치를 경유하며 중온수로 전환될 수 있다. 이 때, 고온수는 난방용 온수로, 중온수는 생활용 온수로 활용될 수 있다.
- [0059] 일 실시예에서, 도 7을 참조하면, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)에 구성되는 응축부(230)는, 열전 변환부(220)에서 배출된 금속 유체를 냉각하여 응축시키는 냉각부(231)과, 응축된 금속 유체를 증발부(210)로 순환시키는 순환부(232)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0060] 일 실시예에서, 냉각부(231)는 열전 변환부(220)와 분리되어 구성되며, 순환부(232)는 열전 변환부(220)로부터 배출되는 금속 유체가 냉각부(231)를 경유하여 증발부(210)로 순환되도록 구성될 수 있다. 여기에서, 냉각부(231)는 열전 변환부(220)에서 배출된 금속 유체를 응축시키기 위한 구조체를 포함할 수 있고, 순환부(232)는 열전 변환부(220)로부터 배출되는 금속 유체가 냉각부(231)를 경유하여 증발부(210)로 순환시키기 위한 구조체를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치(316, 320)는 냉각부(231) 내부를 유동하는 금속 유체와의 열교환을 통해 열에너지를 회수할 수 있다.
- [0061] 한편, 도 7에 도시된 발전 장치(10)의 상세 구조, 동작 및 효과에 대하여는 후술한다.
- [0063] 이하에서는, 도 8 내지 11을 참조하여, 본 발명에 따른 퍼니스(100) 및 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 구조에 관한 다양한 실시예에 대하여 설명한다. 도 8 내지 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 퍼니스(100)와 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 구조를 설명하기 위한 참고도이다.
- [0064] 일 실시예에서, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 다면체 구조로 형성되며, 퍼니스(100)의 외면과 접하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 8을 참조하면, 퍼니스(100) 및 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 각각 육면체 구조로 형성되고, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 퍼니스(100)의 외면 중 적어도 일부의 영역과 접하여 구성될 수 있다.
- [0065] 일 실시예에서, 발전 장치(10)는 복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 포함하여 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 8을 참조하면, 발전 장치(10)는 복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 포함하여 구성될 수 있으며,

복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200) 각각은 퍼니스(100)의 외면 중 어느 하나의 면에 접하여 구성될 수 있다. 한편, 도 8은 2개의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 포함하는 발전 장치(10)를 도시하고 있으나, 이는 본 발명을 명확하게 설명하기 위한 예시로서 본 발명의 권리범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 즉, 발전 장치(10)는 4개의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 포함하여 구성되고, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200) 각각은 퍼니스(100)의 4면 각각에 접하여 구성될 수 있음은 물론이다.

[0066] 일 실시예에서, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 중공의 원통형 구조(도넛 구조)로 형성되며, 퍼니스(100)의 외면을 감싸도록 구성될 수 있다. 여기에서, 퍼니스(100)는 원통형 구조로 형성되고, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 내부에 형성된 중공 영역에 위치할 수 있다. 예를 들어, 도 9(A)를 참조(퍼니스 및 알칼리 금속 장치의 단면을 입체적으로 나타낸 참조도)하면, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 중공의 원통형 구조로 형성되며, 원통형 구조로 형성된 퍼니스(100)의 외면을 감싸도록 구성될 수 있다. 본 실시예에 따르면, 퍼니스에서 방출되는 열 에너지가 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)로 전달되는 효율이 향상될 수 있다.

[0067] 일 실시예에서, 발전 장치(10)는 분할된 도넛 구조로 형성되는 복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 포함하여 구성되며, 복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200) 각각은 퍼니스(100)의 외면 중 적어도 일부 영역을 감싸도록 구성될 수 있다. 여기에서, 퍼니스(100)는 원통형 구조로 형성되고, 복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 중심 측에 위치할 수 있다. 예를 들어, 도 9(B)를 참조(퍼니스 및 알칼리 금속 장치의 단면을 입체적으로 나타낸 참조도)하면, 복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 분할된 도넛 구조로 형성되며, 원통형 구조로 형성된 퍼니스(100)의 외면을 감싸도록 구성될 수 있다. 본 실시예에 따르면, 퍼니스에서 방출되는 열 에너지가 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)로 전달되는 효율이 향상됨과 동시에, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 제조 공정 효율이 향상될 수 있다. 후술할 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 평판형 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 구조는 도 9(A)에 도시된 중공의 원통형 구조로 제조하는데 공정상 어려움이 있다. 반면, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)를 도 9(B)에 도시된 바와 같이 분할된 도넛 구조를 가지도록 설계하는 경우, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)에 포함되는 구성들을 상대적으로 용이하게 제작 및 조립이 가능함에 따라 제조 공정 효율이 보다 향상될 수 있다.

[0068] 일 실시예에서, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 퍼니스(100)의 외면 중 적어도 일부 영역을 감싸도록 구성되며, 증발부(210)의 일면은 퍼니스(100)를 향하도록 구성되고, 응축부(230)의 타면은 퍼니스(100)의 반대 방향을 향하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 10(알칼리 금속 열전 변환 장치의 단면도)을 참조하면, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 증발부(210), 열전 변환부(220) 및 응축부(230)로 구성되며, 증발부(210)의 좌측에 퍼니스(100)가 위치하고, 응축부(230)는 퍼니스(100)와 반대 방향에 배치될 수 있다. 즉, 도 10은 도 8 또는 도 9(B)에 도시된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200) 중 우측에 배치된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 단면도에 해당할 수 있다. 또는, 도 10은 도 9(A)에 도시된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 우측 단면도에 해당할 수 있다.

[0069] 일 실시예에서, 열전 변환부(220)는 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부와, 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 평판형 구조체(211)가 적층되어 구성되는 적어도 하나의 열전 변환 모듈을 포함할 수 있다. 여기에서, 평판형 구조체는 평판형 전해질 구조체와, 평판형 전해질 구조체의 일면에 형성되는 음극(anode)과, 평판형 전해질 구조체의 타면에 형성되는 양극(cathode)으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 10을 참조하면, 열전 변환부(220)는 5개의 열전 변환 모듈이 적층되어 구성될 수 있으며, 열전 변환 모듈들 각각은 평판형 구조체(211)를 포함할 수 있다. 여기에서, 도 10이 도 8에 도시된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200) 중 우측에 배치된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 단면도에 해당하는 경우, 평판형 구조체(211)는 사각 평면 구조를 가질 수 있다. 도 10이 도 9(A)에 도시된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 우측 단면도에 해당하는 경우, 평판형 구조체(211)는 중공의 원판형 구조(평면 도넛 구조)를 가질 수 있다. 도 10이 도 9(B)에 도시된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200) 중 우측에 배치된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 단면도에 해당하는 경우, 평판형 구조체(211)는 분할된 중공의 원판형 구조(분할된 평면 도넛 구조)를 가질 수 있다.

[0070] 일 실시예에서, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)는 중공의 원통형 구조로 형성되며, 열전 변환 모듈(220)은 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부와, 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 물형 구조체(212)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기에서, 물형 구조체(212)는 물형 전해질 구조체와, 물형 전해질 구조체의 내면에 형성되는 음극(anode)과, 물형 전해질 구조체의 외면에 형성되는 양극(cathode)을 포함하여 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 11(도 9(A)에 도시된 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 우측 단면도)을 참조하면, 열전 변환부(220)는 5개의 열전 변환 모듈이 적층되어 구성될 수 있으며, 열전 변환 모듈들 각각은 물형 구조체(21

2)를 포함할 수 있다.

- [0071] 한편, 알칼리 금속 열전 변환 장치(200)의 구성요소 및 동작에 관한 상세한 설명은 후술한다.
- [0073] 이하에서는, 도 12 내지 17을 참조하여, 본 발명에 따른 발전 장치(10)가 구현된 시스템을 예시로서 설명한다. 도 12 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 발전 장치를 포함한 발전 시스템을 설명하기 위한 참고도이며, 보다 구체적으로, 본 발명에 따른 발전 장치를 포함한 열병합 발전 시스템을 나타내는 참고도면이다.
- [0074] 도 12 내지 17을 참조하면, 열병합 발전 시스템(1000)은 퍼니스(1100), 알칼리 금속 열전 변환 장치(1200), 열 에너지 회수 장치(1300)를 포함하며, 각 구성들을 내부에 수용하는 하우징을 포함할 수 있다. 본 발명에 따른 발전 장치의 경우 소형화 설계가 가능함에 따라, 열병합 발전 시스템(1000)은 약 400x250x650mm(폭x깊이x높이) 수준으로 제작이 가능하고, 이에 가정용 발전 보일러로 활용이 가능하다.
- [0075] 일 실시예에서, 퍼니스(1100, 연소부) 내부에는 연소기(1110)가 구비될 수 있다. 한편, 도 14 내지 17에는 연소기(1110)가 퍼니스(1100)의 내부 상면에 구성되는 것으로 도시되어 있으나, 연소기(1110)의 구성 위치, 종류, 크기 등은 필요에 따라 다양하게 설계가 가능하다. 예를 들어, 연소기(1110)는 메시형 평면 연소기에 해당할 수 있으며, 퍼니스(1100)의 내부 측면 각각에 배치되어, 알칼리 금속 열전 변환 장치(1200)에 균일하게 열 에너지를 전달하도록 구성될 수 있다.
- [0076] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치(1300)는 알칼리 금속 열전 변환 장치(1200)의 하부에 위치할 수 있다. 알칼리 금속 열전 변환 장치(1200)의 내부를 유동하는 금속 유체는 알칼리 금속 유체로, 열에너지 회수 장치(1300)의 내부를 유동하는 유체(예 : 물)와 접촉하는 경우 발전 시스템이 폭발될 수 있는 위험이 있다. 이에, 열에너지 회수 장치(1300)의 내부를 유동하는 유체가 유출되더라도 알칼리 금속 유체와의 접촉을 방지하기 위하여, 본 실시예와 같이 열에너지 회수 장치(1300)는 알칼리 금속 열전 변환 장치(1200)의 하부에 배치하는 것이 바람직하다.
- [0077] 한편, 도 12 내지 17에 도시된 도면은 본 발명에 따른 발전 장치(10)가 구현된 시스템을 설명하기 위한 예시로, 본 발명의 권리범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 상술한 바와 같이 퍼니스(1100) 및 알칼리 금속 열전 변환 장치(1200)는 육면체 구조 이외 원통형, 중공의 원통형 구조 등 다양한 형상을 가질 수 있으며, 열에너지 회수 장치, 저온 유체 공급부, 고온 유체 수요부, 전력 수요부는 필요에 따라 다양한 공지의 구성이 적용될 수 있음은 물론이다.
- [0078] 이하에서는, 도 18 내지 27을 참조하여, 본 발명에 따른 알칼리 금속 열전 변환 장치(200, 1200)의 구조에 관한 다양한 실시예에 대하여 설명한다. 도 18 내지 27은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 알칼리 금속 열전 변환 장치의 구조를 설명하기 위한 참고도로, 도 13에 도시된 복수의 알칼리 금속 열전 변환 장치(1200) 중 하나를 예시로 하여 세부 구성요소 및 각 구성요소의 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0079] 한편, 도 18 내지 27을 참조하여 육면체 형상의 적층형 구조를 가지는 알칼리 금속 열전 변환 장치를 예시로 설명하나, 본 발명의 권리범위를 한정하고자 하는 것은 아니며, 도 9에 도시된 바와 같이 알칼리 금속 열전 변환 장치는 중공의 원통형(도넛형) 또는 분할된 중공의 원통형(분할 도넛형)으로 구현이 가능함은 물론이다.
- [0081] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 외부 사시도이며, 도 19 내지 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 내부 사시도이다.
- [0082] 우선 도 18을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)는 내부에 증발부, 열전 변환부 및 응축부를 수용하는 하우징을 포함할 수 있다.
- [0083] 본 발명의 일 실시예에 따른 하우징은 증발부, 열전 변환부 및 응축부를 수용하는 구조체로, 일 실시예에서, 측면 구조체(2111), 상면 구조체(2112) 및 하면 구조체(2113)를 포함할 수 있다. 여기에서, 측면 구조체(2111), 상면 구조체(2112) 및 하면 구조체(2113)는 일체형으로 형성되거나, 각각 분리형으로 형성된 후 접합 또는 기밀하게 조립될 수 있다.
- [0084] 일 실시예에서, 상면 구조체(2112) 및 하면 구조체(2113)는 고정 구조체 및 체결 유닛을 통해 상호 견고하게 결합될 수 있다. 예를 들어, 도 18을 참조하면, 고정 구조체(2121)는 일정한 길이를 가지는 바(bar)로 형성되어 상면 구조체(2112) 및 하면 구조체(2113) 각각에 형성된 체결 홀에 삽입되며, 체결 유닛(2122)은 고정 구조체(2121)의 상단 및 하단에 나사 방식으로 결합됨으로써, 상면 구조체(2112) 및 하면 구조체(2113)가 상호 견고하게 결합될 수 있다.

- [0085] 일 실시예에서, 하우징에 구성되는 적어도 하나의 구성은 SUS 소재로 형성될 수 있다.
- [0086] 한편, 도 18은 본 발명에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 외부 구조를 설명하기 위한 참고도로서 본 발명의 권리범위를 한정하고자 하는 것은 아니며, 증발부, 열전 변환부 및 응축부를 수용하는 하우징은 공지와 다양한 구조로 형성될 수 있음은 물론이다.
- [0087] 일 실시예에서, 하우징은 내부에 수용된 열전 변환부(후술)와 전기적으로 연결되는 집전 선로가 구성될 수 있다. 보다 구체적으로, 열전 변환부(후술)는 알칼리 금속을 작동 유체로 하여 발전하며, 여기에서, 열전 변환부(후술)에서 발생된 전기를 외부의 전기적 장치와 연결하기 위한 집전 선로(예 : 와이어 리드선)가 하우징에 구성될 수 있다. 한편, 본 발명에 따른 집전 선로는 소재, 구조, 길이 등에 한정되지 않으며, 하우징의 구조에 따라 유연하게 설계될 수 있을 것이다.
- [0089] 도 19를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)는 증발부(2130), 열전 변환부(2140) 및 응축부(2150)를 포함한다.
- [0090] 증발부(2130)는 외부에서 열에너지를 공급받아 내부의 금속 유체를 증기로 변환시킨다. 열에너지를 공급하는 열원(약 1000K 이상)은 증발부(2130)의 일면 외부(예 : 도 18 내지 21에서 -y 방향)에 위치할 수 있으며, 증발부(2130)는 퍼니스(100)로부터 열에너지를 공급받아, 내부의 금속 유체를 증기 상태로 변환시킬 수 있다. 일 실시예에서, 증발부(2130)는 금속 유체를 내부에 수용할 수 있는 일정 체적의 공간을 가지는 구조체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 증발부(2130)는 도 19에 도시된 바와 같이, 내부에 금속 유체를 수용하는 공간이 형성되는 다면 구조체를 포함할 수 있다.
- [0091] 한편, 본 발명에 따른 금속 유체는 알칼리 금속 유체에 해당하며, Na, K 및 Li 중 어느 하나에 해당할 수 있다. 이하에서는 본 발명의 명확한 설명을 위하여 금속 유체가 NA에 해당하는 것을 예시로 설명하나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다.
- [0092] 열전 변환부(2140)는 증발부(2130)와 연통되어 금속 유체를 유입시키며, 금속 유체를 전하 운반체로 사용하여 전기 에너지를 발생시킨다. 여기에서, 열전 변환부(2140)는 음극(anode), 전해질 구조체 및 양극(cathode)을 포함하며, 증발부(2130)로부터 유입되는 금속 유체를 작동 유체로 하여 발전할 수 있다. 열전 변환부(2140)는 발전 사이클을 완료한 금속 유체를 응축부(2150)로 배출한다. 일 실시예에서, 열전 변환부(2140)는 금속 유체를 내부에 수용할 수 있는 일정 체적의 공간을 가지는 구조체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 열전 변환부(2140)는 도 19에 도시된 바와 같이, 내부에 금속 유체를 수용하는 공간이 형성되는 다면 구조체를 포함할 수 있다.
- [0093] 일 실시예에서, 열전 변환부(2140)는 적어도 하나의 열전 변환 모듈을 포함할 수 있다. 도 20 및 21은 총 20개의 열전 변환 모듈들이 5행 4열로 적층되어 구성된 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치를 도시한 것으로, 도 20 및 21에 도시된 바와 같이, 열전 변환부(2140)는 복수의 열전 변환 모듈들(2141, 2142, 2143, 2144, 2145 등)을 포함할 수 있다.
- [0094] 일 실시예에서, 열전 변환 모듈들(2141, 2142, 2143, 2144, 2145 등) 각각은, 내부에 음극(anode), 전해질 구조체 및 양극(cathode)을 포함하고, 증발부(2130)와 연통되어 금속 유체를 유입시키며, 금속 유체를 전하 운반체로 사용하여 전기 에너지를 발생시킬 수 있는 단위 셀에 해당할 수 있다. 여기에서, 복수의 열전 변환 모듈들은 전기적으로 연결될 수 있다. 한편, 열전 변환 모듈들의 전기적 연결 구조는 발전 시스템의 출력 조건에 따라 직렬 및 병렬 연결 방식을 선택 또는 조합하여 설계 가능하므로, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는 것으로 해석되어야 한다.
- [0095] 응축부(2150)는 열전 변환부(2140)와 연통되며, 열전 변환부(2140)로부터 배출된 금속 유체를 포집하여 응축시킨다. 응축부(2150)의 외측(도 18 내지 21에서 +y 방향)에는, 증발부(2130)에 열에너지를 공급하는 퍼니스(100)와 비교하여 상대적으로 저온 상태인 저온 매체(약 500K 이하)가 위치할 수 있으며, 응축부(2150)는 저온 매체와의 열교환을 통해 내부의 금속 유체를 응축시킬 수 있다.
- [0096] 일 실시예에서, 응축부(2150)는 열전 변환부(2140)에서 배출된 금속 유체를 냉각하여 응축시키는 냉각부와, 금속 유체를 증발부(2130)로 순환시키는 순환부를 포함할 수 있다. 여기에서, 냉각부는 열전 변환부(2140)에서 배출된 금속 유체를 응축시키기 위한 구조체를 포함할 수 있고, 순환부는 열전 변환부(2140)로부터 배출되는 금속 유체가 냉각부를 경유하여 증발부(2130)로 순환시키기 위한 구조체를 포함할 수 있다.
- [0097] 예를 들어, 도 20 및 21을 참조하면, 증발부(2130)는 열전 변환부(2140)의 일면과 접하여 구성되고, 응축부(2150)는 열전 변환부(2140)의 타면과 접하여 구성될 수 있다. 여기에서, 응축부(2150)의 냉각부는 열전 변환부

(2140)에서 배출된 금속 유체를 수용하는 일정 체적의 다면 구조체(2152)와, 다면 구조체의 일면에 접하여 구성되는 방열판(2153)을 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 응축부(2150)의 순환부는, 냉각부의 다면 구조체(2152) 하부에 응축되어 수집되는(고이는) 금속 유체를 증발부(2130)로 순환시키기 위한 적어도 하나의 워(wick, 2151)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0098] 한편, 도 20 및 21에서는 순환부의 워(2151)이 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 하부에 구성되는 것을 도시하고 있으나, 이는 본 발명을 명확하게 설명하기 위한 예시이며, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다. 즉, 본 발명에 따른 순환부는 냉각부에 의하여 응축된 금속 유체를 증발부(2130)로 순환시키는 구성으로서, 형상, 구조, 소재, 구성 위치 등에 한정되지 않는 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0099] 이상에서, 도 18 내지 21을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 구조에 대하여 설명하였다. 이하에서는 도 22 내지 27을 참조하여 본 발명의 다양한 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치에 대하여 보다 상세하게 설명한다.

[0101] 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치에 구성되는 열전 변환 모듈(2200)을 설명하기 위한 내부 사시도이다.

[0102] 도 22를 참조하면, 열전 변환 모듈(2200)은 금속 유체를 이송시키기 위한 일정 체적의 공간부(2210, 2220)와, 금속 유체의 투과에 의해 전기를 발생시키는 평판형 구조체(2230)를 포함할 수 있다.

[0103] 일 실시예에서, 공간부(2210, 2220)는 증발부(2130)로부터 유입되는 금속 유체를 수용하는 유입부(2210)와, 평판형 구조체(2230)를 투과한 금속 유체를 수용하여 응축부(2150)로 배출시키는 배출부(2220)를 포함할 수 있다. 여기에서, 유입부(2210) 및 배출부(2220)는 각각 분리된 구조체로 구성될 수 있다.

[0104] 일 실시예에서, 유입부(2210) 및 배출부(2220)는 전기 전도성 소재로 형성될 수 있으며, 예를 들어, 몰리브덴(Mo) 또는 네오디뮴(Nd)으로 형성될 수 있으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다.

[0105] 일 실시예에서, 유입부(2210)는 증발부(2130)와 연통되기 위한 적어도 하나의 유입 홀(2211)이 형성될 수 있고, 배출부(2220)는 응축부(2150)와 연통되기 위한 적어도 하나의 배출 홀(2221)이 형성될 수 있다. 여기에서, 증발부(2130) 및 응축부(2150)는 각각 유입 홀(2211) 및 배출 홀(2221)과 대면하는 영역에 관통 홀이 형성되어 유입부(2210) 및 배출부(2220) 각각과 연통될 수 있다.

[0106] 일 실시예에서, 평판형 구조체(2230)는 평판형 전해질 구조체(2232)와, 음극(anode, 2231) 및 양극(cathode, 2233)으로 구성되는 전극을 포함할 수 있다. 여기에서, 음극(2231)은 유입부(2210)와 대면하는 평판형 전해질 구조체(2232)의 일면에 형성되고, 양극(2233)은 배출부(2220)와 대면하는 평판형 전해질 구조체(2232)의 타면에 형성될 수 있다. 즉, 평판형 구조체(2230)는 음극(2231), 평판형 전해질 구조체(2232) 및 양극(2233)이 금속 유체가 이송되는 방향을 기준으로 순차적으로 적층된 구조를 가질 수 있다.

[0107] 본 발명에 따른 평판형 전해질 구조체(2232)는 베타-알루미나(β - Al_2O_3) 또는 나시콘(Na super-ionic conductor: NASICON)계의 고체 전해질로 구성될 수 있으며, 전극(양극 및 음극)은 PtW, RhW, TiC, TiN, SiN, RuO, Ru₂O, Rh₂W, 몰리브덴(Mo), 티타늄(Ti), 텅스텐(W), 구리(Cu), 니켈(Ni), 니켈-철 합금, 스테인리스, 철(Fe), 청동 중 적어도 하나의 소재로 형성될 수 있으나, 본 발명의 권리 범위는 평판형 구조체(2230)의 소재에 한정되지 않는 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0108] 일 실시예에서, 열전 변환 모듈(2200)은 금속 유체가 이송되는 방향을 기준으로, 유입부(2210), 평판형 구조체(2230) 및 배출부(2220)가 순차적으로 적층되어 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 22에 도시된 바와 같이, 유입부(2210) 및 배출부(2220)는 각각 분리된 구조체로 구성되며, 금속 유체가 이송되는 방향(도 27 참조, +z축 방향)을 기준으로 유입부(2210), 평판형 구조체(2230) 및 배출부(2220)가 순차적으로 적층되는 구조를 가질 수 있다.

[0109] 한편, 도 18 내지 도 27은 열전 변환 모듈(2200)에 구성되는 유입부(2210), 평판형 구조체(2230) 및 배출부(2220)가 수직 방향(+z축 방향)을 따라 순차적으로 적층되는 구조를 도시하고 있으나, 이는 본 발명을 명확하게 설명하기 위한 것으로 본 발명의 권리범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 다른 실시예에서 따르면, 열전 변환 모듈(2200)은 유입부(2210), 평판형 구조체(2230) 및 배출부(2220)가 수평 방향(+y축 방향)을 따라 순차적으로 적층되는 구조로 형성될 수도 있다. 이 경우, 증발부(2130)에서 유입되는 금속 유체 증기는 수평 방향(+y축 방향)을 따라 이송될 수 있을 것이다.

[0110] 일 실시예에서, 열전 변환 모듈(2200)은 유입부(2210), 평판형 구조체(2230) 및 배출부(2220)가 적층되는 영역에 기밀 구조로 결합하며, 유입부(2210) 및 배출부(2220)를 전기적으로 분리시키는 절연 구조체(2240)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기에서, 절연 구조체(2240)는 절연성 소재로 형성될 수 있으며, 예를 들어, 알파-알루미나($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)로 형성될 수 있으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다.

[0111] 도 22를 참조하면, 절연 구조체(2240)는 평판형 구조체(2230)의 평판형 전해질 구조체(2232)의 양 단부 각각에 접하여 구성되고, 평판형 전해질 구조체(2232)의 단부측 적어도 일부 영역과 절연 구조체(2240)는 유입부(2210) 및 배출부(2220) 사이에 적층될 수 있다. 여기에서, 절연 구조체(2240)는 유입부(2210) 및 배출부(2220)와 접합됨으로써 적층 영역을 기밀하게 감쌀 수 있다. 한편, 절연 구조체(240)는 유입부(210) 및 배출부(220)와 접합체를 통해 접합되거나, 브레이징 방식을 통해 접합될 수 있다.

[0112] 일 실시예에서, 배출부(2220)의 체적은 유입부(2210)의 체적보다 크게 형성될 수 있다. 본 실시예는 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 출력을 향상시키기 위한 구성으로서, 이하에서 보다 상세하게 설명한다.

[0113] 알칼리 금속 열전 변환 장치의 출력 전압은 하기의 수학적 식 1(Nernst eq.)에 따른다.

수학적 식 1

$$V_{oc} \approx \left(\frac{RT_b}{F} \right) \times \ln \left(\frac{P_h}{P_c} \right)$$

[0114]

[0115] V_{oc} : open-circuit voltage

[0116] R : 가스상수

[0117] T_b : 전해질 구조체 온도

[0118] F : Faraday수

[0119] P_h : anode pressure

[0120] P_c : cathode pressure

[0122] 상기 수학적 식 1에 따르면, 전해질 구조체 전후의 압력 차이(P_h 및 P_c 의 압력 차이)가 출력에 직접적인 영향을 미치며, 압력 차이가 클수록 출력 전압(V_{oc})이 높아질 수 있다.

[0123] 여기에서, 평판형 전해질 구조체(2232)의 전후 압력 차이를 크게 하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따라 배출부(2220)의 체적은 유입부(2210)의 체적보다 크게 형성될 수 있다. 본 실시예에 따르면, 유입부의(2210)의 체적이 상대적으로 작게 형성되어 음극(2231) 측의 압력(P_h)이 커지고, 배출부(2220)의 체적이 상대적으로 크게 형성되어 양극(2233) 측의 압력(P_c)이 작아지게 됨으로써, 열전 변환 모듈(2200)의 출력 전압(V_{oc})이 높아질 수 있다.

[0124] 다른 실시예에서, 배출부(2220)에 형성되는 배출 홀(2221)의 크기는 유입부(2210)에 형성되는 유입 홀(2211)의 크기보다 크게 형성될 수 있다. 본 실시예에 따르면, 유입 홀(2211)의 크기가 배출 홀(2221)의 크기와 비교하여 상대적으로 작게 형성되어, 음극(2231) 측의 압력(P_h)이 커지고 양극(2233) 측의 압력(P_c)이 작아지게 됨으로써, 열전 변환 모듈(2200)의 출력 전압(V_{oc})이 높아질 수 있다.

[0125] 일 실시예에서, 열전 변환 모듈(2200)은 공간부(2210, 2220)의 내부에 형성되며, 공간부(2210, 2220)와 전극을 전기적으로 연결하는 집전 구조체를 포함할 수 있다.

[0126] 일 실시예에서, 집전 구조체는 유입부(2210)의 내부에 형성되며 유입부(2210)와 음극(2231)을 전기적으로 연결하는 제1 집전 구조체(2212)를 포함할 수 있으며, 배출부(2220)의 내부에 형성되며 배출부(2220)와 양극(2233)을 전기적으로 연결하는 제2 집전 구조체(2222)를 포함할 수 있다. 여기에서, 제1 집전 구조체(2212)는 전기 전

도성 소재로 형성되는 유입부(2210)와 음극(2231)을 전기적으로 연결하여, 음극(2231)으로부터 전자를 수집하여 유입부(2210)로 전달할 수 있다. 또한, 제2 집전 구조체(2222)는 전기 전도성 소재로 형성되는 배출부(2220)와 양극(2233)을 전기적으로 연결하여, 배출부(2220)로부터 전달되는 전자를 양극(2233)에 공급할 수 있다.

- [0127] 본 실시예에 따르면, 복수의 열전 변환 모듈(2200)들이 적층 구조를 가지는 경우(도 20 및 21 참조), 상층의 열전 변환 모듈(예 : 2142)과 하층의 열전 변환 모듈(예 : 2141)은 전기적 연결을 위한 별도의 배선(예 : 와이어)을 구성하지 않고도 전기적으로 직렬 연결이 가능하며, 이에 전체 시스템의 구성이 단순해 지고 용이하게 제작될 수 있다.
- [0128] 일 실시예에서, 집전 구조체는 탄성체로 형성되어 공간부(2210, 2220)의 내부에 억지 끼움 방식으로 결합될 수 있다. 예를 들어, 도 22를 참조하면, 제1 집전 구조체(2212) 및 제2 집전 구조체(2222)는 탄성의 와이어로 형성되고, 각각 유입부(2210) 및 배출부(2220)의 내부에 억지 끼움 방식으로 결합될 수 있다. 여기에서, 유입부(2210)의 하면 및 배출부(2220)의 상면에는 제1 집전 구조체(2212) 및 제2 집전 구조체(2222)의 단부가 수용될 수 있는 고정 홈(미도시)이 형성될 수 있다.
- [0129] 본 실시예에 따르면, 열전 변환 모듈(2200)은 다음과 같이 제작될 수 있다. 우선, 유입부(2210)를 하층에 배치한 후 제1 집전 구조체(2212)를 구부려 양단부를 고정 홈에 끼우고, 이후 평판형 구조체(2230) 및 절연 구조체(2240)를 적층하여 제1 집전 구조체(2212)가 유입부(2210)의 내부에 억지 끼움 방식으로 결합되도록 한다. 다음으로, 제2 집전 구조체(2222)를 구부려 양단부를 배출부(2220)의 상면에 형성된 고정 홈에 끼우고, 이후 배출부(2220)를 평판형 구조체(2230) 및 절연 구조체(2240) 상부에 적층하여 제2 집전 구조체(2222)가 배출부(2220) 내부에 억지 끼움 방식으로 결합되도록 한다.
- [0130] 한편, 도 22는 제1 및 제2 집전 구조체(2212, 2222)가 분리된 포물형 와이어로 구성되는 것을 예시로 도시하고 있으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 제1 집전 구조체(2212) 또는 제2 집전 구조체(2222)는 분리된 원형, 연결된 원형(스프링형) 또는 메시형으로 형성될 수 있으며, 유입부(2210) 및 배출부(2220) 각각의 내부에는 제1 및 제2 집전 구조체(2212)의 단부와 대응되는 형상의 고정 홈이 형성될 수 있다.
- [0131] 일 실시예에서, 집전 구조체는 전도성 폼(form) 구조체로 형성될 수 있다. 여기에서, 집전 구조체는 공간부의 내면 중 적어도 일부의 표면과 전극을 각각 접촉하도록 구성될 수 있다.
- [0132] 예를 들어, 유입부(2210)의 내부에 형성되는 제1 집전 구조체는 유입부(2210)의 하면 중 적어도 일부의 표면과 음극(2231) 각각을 접촉하도록 구성되어, 유입부(2210) 및 음극(2231)을 전기적으로 연결시킬 수 있다. 다른 예를 들어, 배출부(2220)의 내부에 형성되는 제2 집전 구조체는 배출부(2220)의 상면 중 적어도 일부의 표면과 양극(2233) 각각을 접촉하도록 구성되어, 배출부(2220) 및 양극(2233)을 전기적으로 연결시킬 수 있다.
- [0133] 일 실시예에서, 제1 집전 구조체는 전도성 폼(form) 구조체로 형성되고, 제2 구조체는 전도성 탄성체로 형성될 수 있다. 상술한 바와 같이, 열전 변환 모듈(2200)의 출력 전압은 양극(2233) 측의 압력(P_c)이 음극(231) 측의 압력(P_h)보다 작을수록 높아지게 된다. 만약 제2 집전 구조체를 폼 구조체로 형성하는 경우 양극(2233) 측의 압력(P_c)이 상대적으로 높아지게 되므로, 열전 변환 모듈(2200)의 출력 전압이 낮아지게 된다. 이에, 본 실시예에 따라 제1 집전 구조체가 전도성 폼(form) 구조체로 형성되는 경우에는, 제2 구조체는 전도성 탄성체로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0135] 도 23 내지 25는 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 단면도이다. 보다 구체적으로, 도 23은 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000) 전체의 단면도이고, 도 24는 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 최상층 열전 변환 모듈을 포함하는 상부 단면도이며, 도 25는 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 최하층 열전 변환 모듈을 포함하는 하부 단면도이다.
- [0136] 일 실시예에서, 증발부(2130)는 내부에 금속 유체의 순환을 위한 다공 금속 구조체(2131)를 구성할 수 있다. 여기에서, 다공 금속 구조체(2131)는 금속 유체가 순환되는 방향을 따라 기공율이 점차 커지도록 형성될 수 있다.
- [0137] 도 23을 참조하면, 응축부(2150)에 형성되는 다면 구조체(2152)는 열전 변환 모듈의 배출부(2220)에서 배출되는 Na 증기를 수용하여 응축시킨다. 응축된 Na 액체는 다면 구조체(2152) 하부에 고일 수 있으며, 적층형 열전 변환 장치(2000)의 하부에 형성되는 워(2151)은 다면 구조체(2152) 하부에 고인 Na 액체를 증발부(2130)로 이송시킬 수 있다. 이 때, 증발부(2130)의 하부에 고이는 Na 액체는 외부의 열원(-y 방향에 위치)에 의하여 열을 공급받아 Na 증기로 변환되어 적층된 복수의 열전 변환 모듈들로 공급될 수 있다. 여기에서, 본 실시예에 따라, 금속 유체가 순환되는 방향(+z 방향)을 따라 기공율이 점차 커지도록 형성되는 다공 금속 구조체(2131)를 증발부

(2130)의 내부에 구성시키는 경우, 증발부(2130)의 하부에 고이는 Na 액체가 다공 금속 구조체(2131)를 따라 상부로 이송될 수 있다. 이에, 다공 금속 구조체(2131)에 수용된 Na 액체는 외부의 열원(-y 방향에 위치)으로부터 고르게 열 에너지를 전달받아 증기 상태로 변환되어, Na 증기는 상층부터 하층까지의 열전 변환 모듈들에 균일하게 공급될 수 있다.

[0138] 일 실시예에서, 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)는 금속 유체가 외부로 누출되지 않도록 열전 변환 모듈(2200)을 기밀하게 감싸며, 열전 변환 모듈과 증발부(2130) 및 응축부(2150) 각각을 전기적으로 분리시키는 밀폐 절연 구조체(2160)를 포함할 수 있다. 여기에서, 밀폐 절연 구조체(2160)는 절연성 소재로 형성될 수 있으며, 예를 들어, 알파-알루미나($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)로 형성될 수 있으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않는다.

[0139] 도 23 내지 25를 참조하면, 밀폐 절연 구조체(2160)는 열전 변환부(2140)에 포함되는 열전 변환 모듈들을 기밀하게 감싸도록 구성될 수 있다. 여기에서, 밀폐 절연 구조체(2160)는 절연성 소재로 형성되어 열전 변환 모듈과 증발부(2130) 및 응축부(2150) 각각을 전기적으로 분리시킬 수 있으며, 동시에 열전 변환 모듈들의 유입부(2210) 및 배출부(2220) 내부에서 이송되는 금속 유체가 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 외부로 누출되지 않도록 기능한다.

[0140] 일 실시예에서, 밀폐 절연 구조체(2160)는 열전 변환 모듈에 형성되는 유입 홀(2211) 및 배출 홀(2221) 각각과 대면하는 영역에 관통 홀이 형성되어, 열전 변환 모듈이 증발부(2130) 및 응축부(2150)와 연통되도록 할 수 있다.

[0141] 일 실시예에서, 하층에 위치하는 열전 변환 모듈의 배출부와, 상층에 위치하는 열전 변환 모듈의 유입부는 일체형 구조체로 형성될 수 있다. 여기에서, 열전 변환부는 최하층에 위치하는 열전 변환 모듈의 유입부가 배치되고, 그 위로 일체형 구조체가 순차적으로 적층되며, 그 위로 최상층에 위치하는 열전 변환 모듈의 배출부가 적층되는 구조를 가질 수 있다.

[0142] 본 실시예에 대하여 도 23을 참조하여 보다 상세하게 설명한다.

[0143] 도 23을 참조하면, 열전 변환부는 5층의 열전 변환 모듈(2200-1 ~ 2200-5)이 적층되어 구성될 수 있으며, 각 열전 변환 모듈들(2200-1 ~ 2200-5)은 각각 유입부(2210-1 ~ 2210-5) 및 배출부(2220-1 ~ 2220-5)를 포함할 수 있다. 여기에서, 하층에 위치하는 열전 변환 모듈(예 : 2200-4)의 배출부(예 : 2220-4)는 상층에 위치하는 열전 변환 모듈(예 : 2200-5)의 유입부(예 : 2200-5)와 일체형 구조체로 형성될 수 있다. 즉, 도 23에 도시된 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)는 총 4개의 일체형 구조체(2220-1 및 2210-2의 일체형 구조체, 2220-2 및 2210-3의 일체형 구조체, 2220-3 및 2210-4의 일체형 구조체, 2220-4 및 2210-5의 일체형 구조체)를 포함한다. 여기에서, 열전 변환부는 최하층에 위치하는 열전 변환 모듈(2200-1)의 유입부(2210-1)가 배치되고, 그 위로 일체형 구조체(2220-1 및 2210-2의 일체형 구조체, 2220-2 및 2210-3의 일체형 구조체, 2220-3 및 2210-4의 일체형 구조체, 2220-4 및 2210-5의 일체형 구조체)가 순차적으로 적층되며, 그 위로 최상층에 위치하는 열전 변환 모듈(2200-5)의 배출부(2220-5)가 적층되는 구조를 가질 수 있다.

[0144] 본 실시예에 따르면, 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 열전 변환부의 제작 공정은 다음과 같이 용이하게 수행될 수 있다. 우선, 증발부(2130) 및 응축부(2150) 사이에 열전 변환부(2140)가 형성되는 공간을 준비하고, 준비된 공간의 하단부에 최하층에 위치하는 열전 변환 모듈(2200-1)의 유입부(2210-1)를 배치한다. 이후, 배치된 유입부(2210-1)의 상부에 평판형 구조체 및 절연 구조체를 적층(및 접합)하고, 그 상부에 일체형 구조체(2220-1 및 2210-2의 일체형 구조체)를 적층(및 접합)한다. 그 이후, 동일한 방식으로 평판형 구조체 및 절연 구조체와 일체형 구조체(2220-2 및 2210-3의 일체형 구조체, 2220-3 및 2210-4의 일체형 구조체, 2220-4 및 2210-5의 일체형 구조체)를 순차적으로 적층(및 접합)한다. 그 이후, 최상층에 위치하는 열전 변환 모듈(2200-5)의 배출부(2220-5)를 적층(및 접합)한다. 즉, 본 실시예에 따르면, 열전 변환 모듈들(2200-1 ~ 2200-5) 각각에 구성되는 유입부(2210-1 ~ 2210-5) 및 배출부(2220-1 ~ 2220-5)를 별도로 형성시키지 않고, 하층에 위치하는 열전 변환 모듈의 배출부와 상층에 위치하는 열전 변환 모듈의 유입부는 일체형 구조체로 형성하여 순차적으로 적층시킴으로써, 제조 공정을 단순화시킬 수 있으며, 동시에 열전 변환 모듈들(2200-1 ~ 2200-5)은 전기적 연결을 위한 별도의 배선(예 : 와이어)을 구성하지 않고도 전기적으로 직렬 연결이 가능하게 된다.

[0146] 도 26은 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 동작을 설명하기 위한 참고도이다. 이하에서 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 동작 상태를 설명하나, 이하 설명은 본 발명의 동작을 명확하게 설명하기 위한 것으로 본 발명의 권리범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

[0147] 도 26을 참조하면, 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 증발부(2130)는 열전 변환부(2140)의 일면과 접

하여 구성되고, 응축부(2150)는 열전 변환부(2140)의 타면과 접하여 구성될 수 있다. 증발부(2130)는 외부에 위치(-y 방향)하는 퍼니스(100)으로부터 열에너지를 공급받아 내부의 금속 유체를 증기로 변환시킨다. 여기에서, 증발부(2130) 내부에 금속 유체가 순환되는 방향(+z 방향)을 따라 기공율이 점차 커지도록 형성되는 다공 금속 구조체(2131)가 구성되어, 증발부(2130)의 하부에 고이는 Na 액체가 다공 금속 구조체(2131)를 따라 상부로 이송될 수 있다. 이에, 다공 금속 구조체(2131)에 수용된 Na 액체는 외부의 열원으로부터 고르게 열 에너지를 전달받을 수 있으며, Na 증기가 상층부터 하층까지의 열전 변환 모듈들에 균일하게 공급될 수 있다.

- [0148] 열전 변환부(2140)에 포함되는 열전 변환 모듈들 각각은 유입 홀을 통해 유입부로 Na 증기를 유입시킬 수 있다. 유입된 Na 증기가 열전 변환 모듈들 각각에 포함된 평판형 구조체(음극, 평판형 전해질 구조체 및 양극)를 통과하는 과정에서 발전되며, 평판형 구조체를 통과한 Na 증기는 열전 변환 모듈들 각각에 포함되는 배출부로 이동되며, 이후 배출 홀을 통해 응축부(2150)로 이동될 수 있다.
- [0149] 응축부(2150)에 형성되는 다면 구조체(2152)는 배출부(2220)에서 배출되는 Na 증기를 수용하며, 응축부(2150)의 외측(+y 방향)에 위치하는 저온 매체와의 열교환을 통해 내부의 금속 유체를 응축시킬 수 있다. 응축된 Na 액체는 다면 구조체(2152) 하부에 고일 수 있으며, 적층형 열전 변환 장치(2000)의 하부에 형성되는 워(2151)은 다면 구조체(2152) 하부에 고인 Na 액체를 증발부(2130)로 이송시킬 수 있다.
- [0150] 증발부(2130)의 하부에 고이는 Na 액체는 다공 금속 구조체(2131)를 따라 상부로 이송되며 열 에너지를 전달받아 Na 증기로 변환되어 열전 변환 모듈들에 공급됨으로써, 발전 사이클을 순차적으로 반복할 수 있다.
- [0152] 도 27은 본 발명의 일 실시예에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치를 설명하기 위한 참고도이다.
- [0153] 도 27을 참조하면, 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 증발부(2130)는 열전 변환부(2140)의 일면과 접하여 구성되며, 응축부(2150)에 구성되는 냉각부(2155)는 열전 변환부(2140)와 분리되어 구성될 수 있다. 여기에서, 응축부(2150)에 구성되는 순환부(2154, 2156, 2157)는 열전 변환부(2140)로부터 배출되는 금속 유체가 냉각부(2155)를 경유하여 증발부(2130)로 순환되도록 구성될 수 있다. 즉, 본 실시예는 냉각부(2155)가 열전 변환부(2140)와 분리되는 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 구조로서, 도 23에 도시된 냉각부(2152, 2153)가 열전 변환부(2140)와 접하여 구성되는 구조와 대비된다.
- [0154] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치는 냉각부(2152, 2153) 내부를 유동하는 금속 유체와의 열교환을 통해 열에너지를 회수할 수 있다. 본 실시예에서, 열 에너지 회수 장치는 냉각부(2155)의 외부에 위치하거나 냉각부(2155)의 외부를 순환하도록 구성될 수 있으며, 냉각부(2155)는 저온 매체와의 열교환을 통해 내부의 Na 증기를 응축시킬 수 있다.
- [0155] 도 27(A)는 냉각부(2155)가 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 상부에 배치되는 구조를 도식화 것이며, 도 27(B)는 냉각부(2155)가 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 하부에 배치되는 구조를 도식화한 것이다.
- [0156] 우선, 도 27(A)를 참조하면, 냉각부(2155)가 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 상부에 배치되는 경우, 냉각부(2155)에서 응축된 Na 액체는 하부에 위치하는 증발부(2130)로 이송될 수 있다. 다만, 증발부(2130)의 압력(P1), 응축부(2150)의 압력(P2), 냉각부(2155)의 압력(P3) 및 냉각부(2155)의 일단부(증발부 측 단부)의 압력(P4)을 비교하면, $P1 >> P2 > P3 > P4$ 의 관계를 나타내게 되어, 냉각부(2155)에서 응축된 Na 액체는 증발부(2130)로 이송되지 않고 역류할 수 있다. 이러한 역류를 방지하기 위하여, 냉각부(2155)와 증발부(2130)의 접합 영역에 일정 길이의 역류 방지용 다공 구조체(2156)가 형성될 수 있다. (도 27(A)에서 순환부는 다면 구조체(2154) 및 역류 방지용 다공 구조체(2156)를 포함함)
- [0157] 여기에서, 역류 방지용 다공 구조체(2156)의 기공 크기 또는 기공율은, $P1 >> P2 > P3 > P4$ 일 때 최대 온도차에 의한 압력차가 발생하는 조건인 $dP(=P1-P4)$ 보다 다공체에서의 압력손실이 더 높도록 설계되는 것이 바람직하다.
- [0158] 다음으로, 도 27(B)를 참조하면, 냉각부(2155)가 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치의 하부에 배치되는 경우, 냉각부(2155)에서 응축된 Na 액체는 상부에 위치하는 증발부(2130)로 이송될 수 있다. 다만, 증발부(2130)의 압력(P1)은 냉각부(2155)의 일단부(증발부 측 단부)의 압력(P4)보다 크며($P1 >> P4$) Na 액체에 중력이 작용함에 따라, 냉각부(2155)에서 응축된 Na 액체는 증발부(2130)로 이송되지 않을 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 냉각부(2155)와 증발부(2130)의 접합 영역에 일정 길이의 모세관 워(2157)이 형성될 수 있다. (도 27(B)에서 순환부는 다면 구조체(2154) 및 모세관 워(2157)을 포함함)
- [0159] 일 실시예에서, 열에너지 회수 장치 및 냉각부(2155)는 증발부(2130) 및 열전 변환부(2140)의 하부에 위치할 수 있다. 알칼리 금속 열전 변환 장치(2000)의 내부를 유동하는 금속 유체는 알칼리 금속 유체로, 열에너지 회수

장치의 내부를 유동하는 유체(예 : 물)와 접촉하는 경우 발전 시스템이 폭발될 수 있는 위험이 있다. 이에, 열 에너지 회수 장치의 내부를 유동하는 유체가 유출되더라도 알칼리 금속 유체와의 접촉을 방지하기 위하여, 본 실시예와 같이 열에너지 회수 장치 및 냉각부(2155)는 증발부(2130) 및 열전 변환부(2140)의 하부에 배치되는 것이 바람직하다.

[0161] 상기에서, 본 발명에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치에 대한 다양한 실시예에 대하여 설명하였다. 다만, 도 18 내지 도 27에 도시된 다면체 구조의 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치는 본 발명의 일 실시예에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상은 다면체 이외의 다양한 구조로 구현이 가능하다.

[0162] 즉, 본 발명에 따른 적층형 알칼리 금속 열전 변환 장치 및 각 구성요소의 형상은 열원의 형태, 종류, 크기 등 다양한 조건에 대응하여 설계될 수 있으므로, 본 발명의 권리범위는 본 발명의 도면에 도시된 형상으로 한정 해석되어서는 안된다.

[0164] 상기한 본 발명의 실시예들은 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대해 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

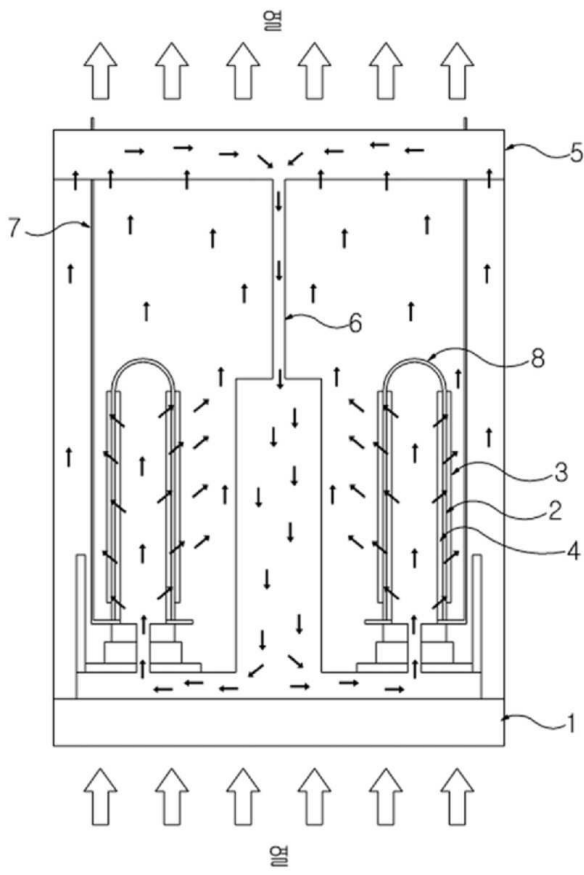
부호의 설명

- [0166] 10 : 발전 장치
- 100 : 퍼니스
- 200 : 알칼리 금속 열전 변환 장치
- 210 : 증발부
- 211 : 평판형 구조체
- 220 : 열전 변환부
- 230 : 응축부
- 231 : 냉각부
- 232 : 순환부
- 240 : 전기 선로
- 250 : 전력 수요부
- 310 ~ 316 : 열교환 장치
- 320 ~ 322 : 열에너지 회수라인
- 330 ~ 332 : 저온 유체 공급부
- 340 ~ 342: 고온 유체 수요부
- 1000 : 열병합 발전 시스템
- 1100 : 퍼니스
- 1110 : 연소기
- 1200 : 알칼리 금속 열전 변환 장치
- 1300 : 열에너지 회수 장치
- 2000 : 알칼리 금속 열전 변환 장치
- 2111 : 측면 구조체
- 2112 : 상면 구조체
- 2113 : 하면 구조체

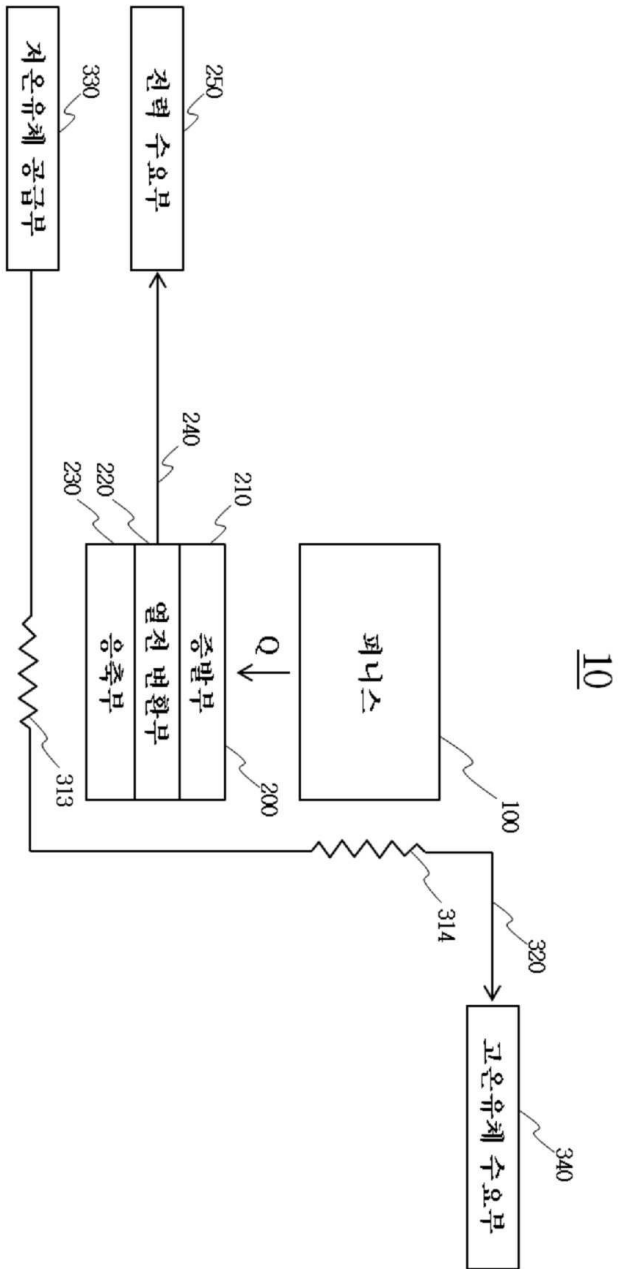
- 2121 : 고정 구조체
- 2122 : 체결 유닛
- 2130 : 증발부
- 2131 : 다공 금속 구조체
- 2140 : 열전 변환부
- 2141 ~ 2145 : 열전 변환 모듈
- 2150 : 응축부
- 2151 : 워
- 2152 : 다면 구조체
- 2153 : 방열판
- 2154 : 다면 구조체
- 2155 : 냉각부
- 2156 : 역류 방지용 다공 구조체
- 2157 : 모세관 워
- 2160 : 밀폐 절연 구조체
- 2200 : 열전 변환 모듈
- 2210 : 유입부
- 2211 : 유입홀
- 2212 : 제1 집전 구조체
- 2220 : 배출부
- 2221 : 배출홀
- 2222 : 제2 집전 구조체
- 2230 : 평판형 구조체
- 2231 : 음극
- 2232 : 평판형 전해질 구조체
- 2233 : 양극
- 2240 : 절연 구조체

도면

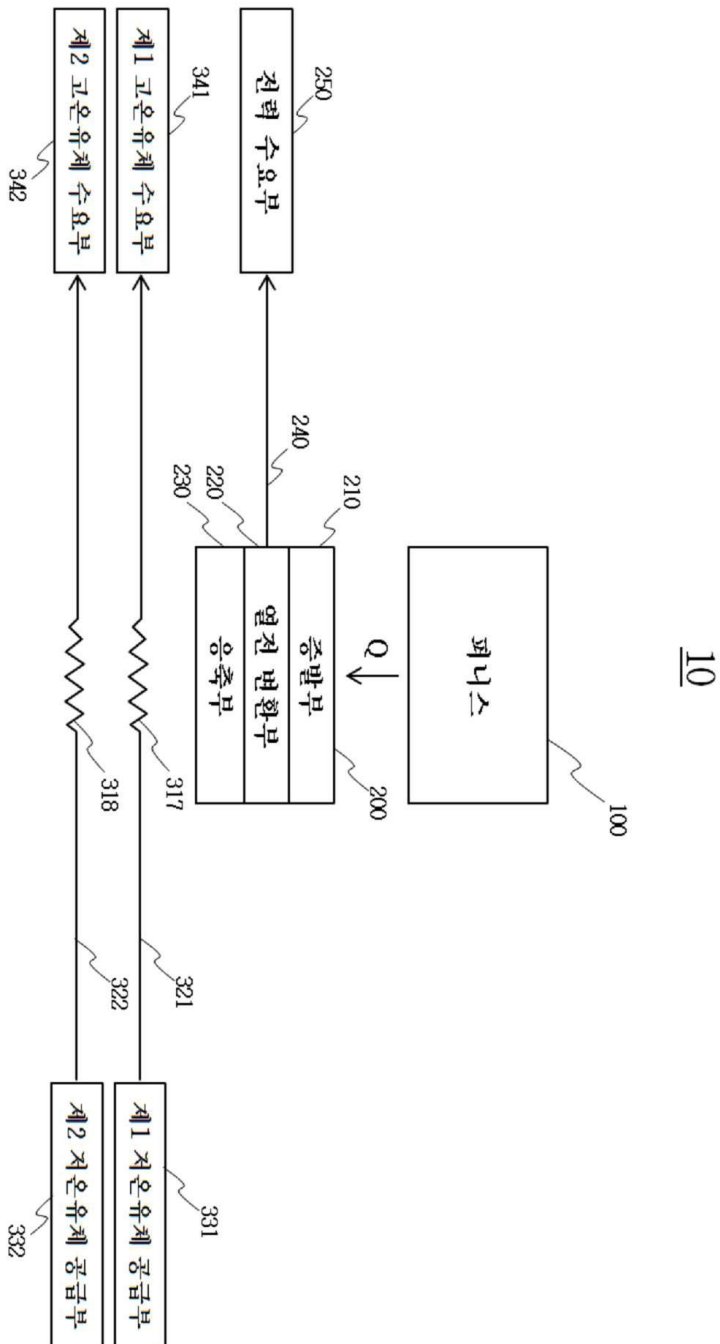
도면1



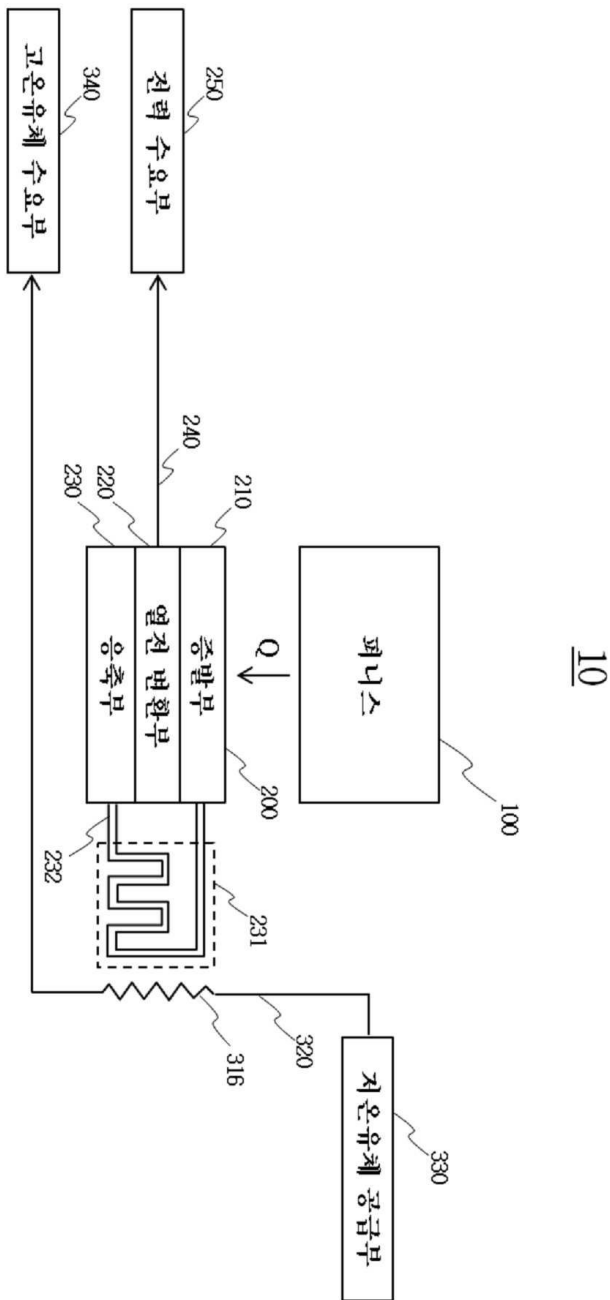
도면4



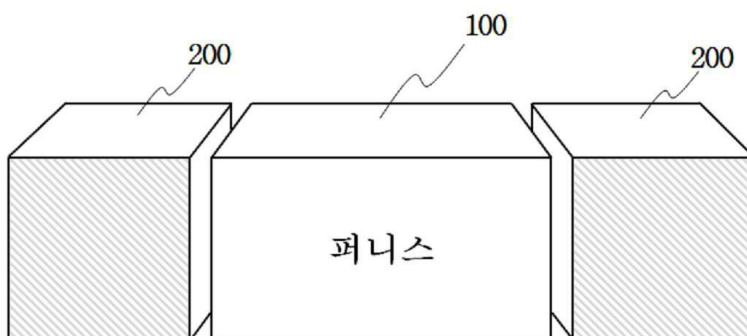
도면6



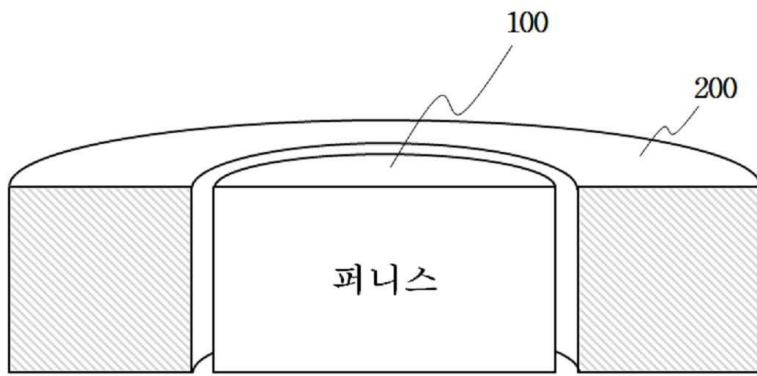
도면7



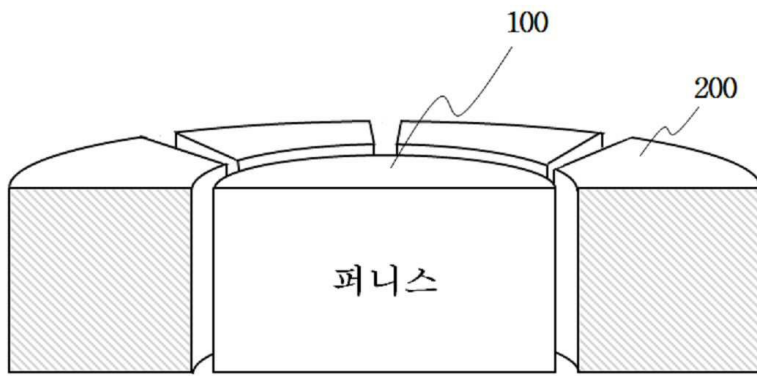
도면8



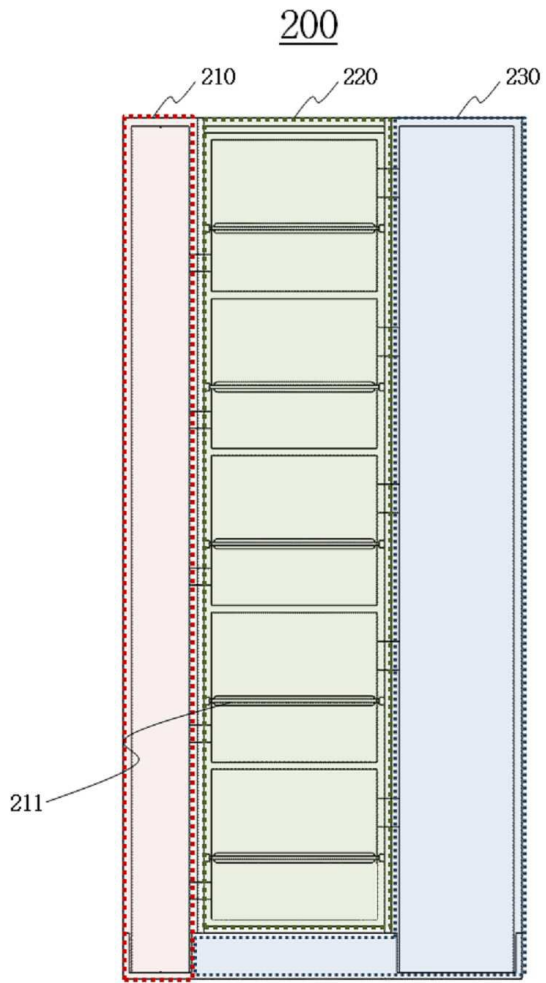
도면9



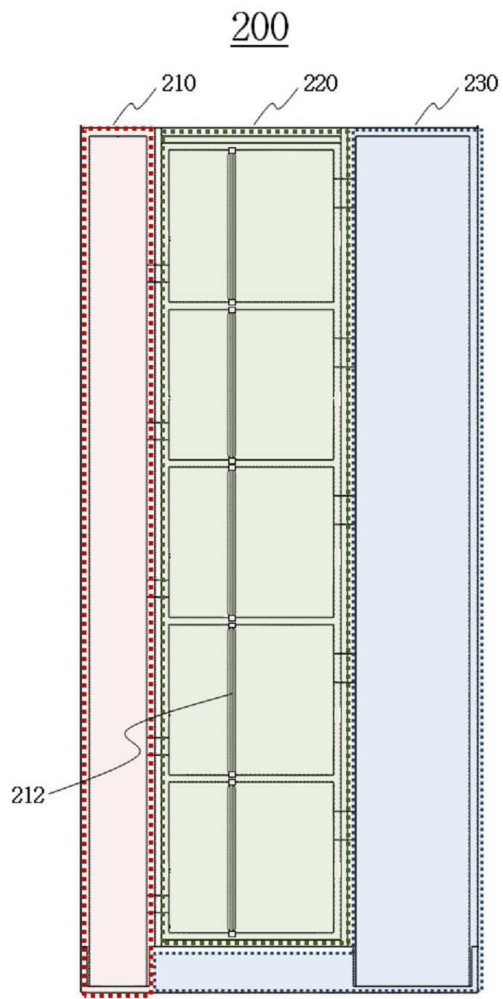
(A)



도면10

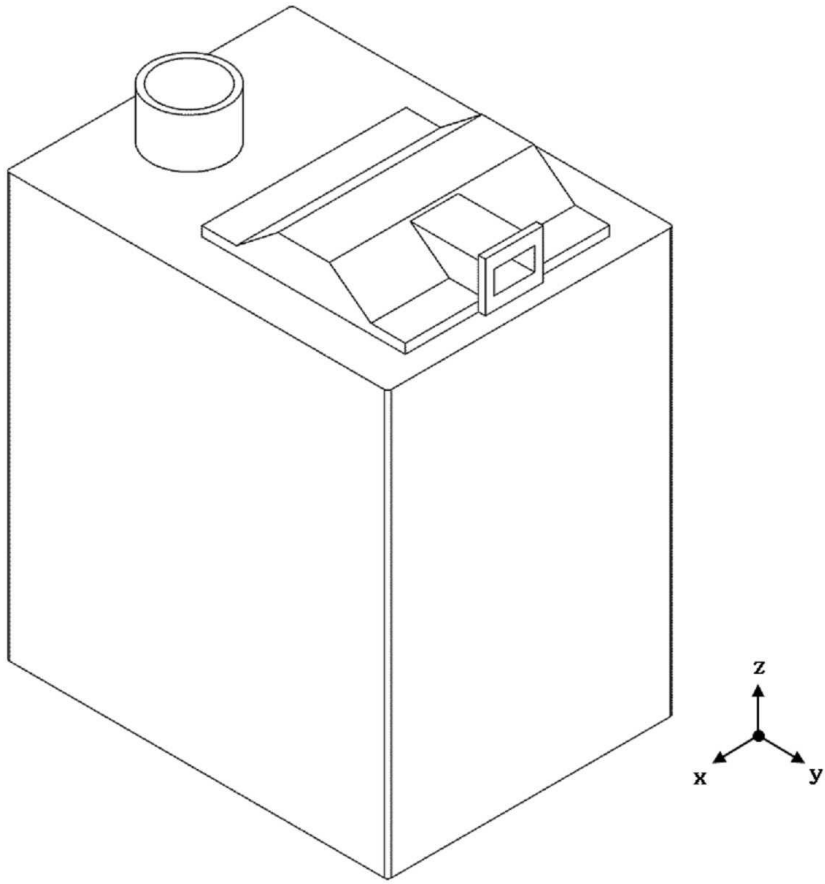


도면11

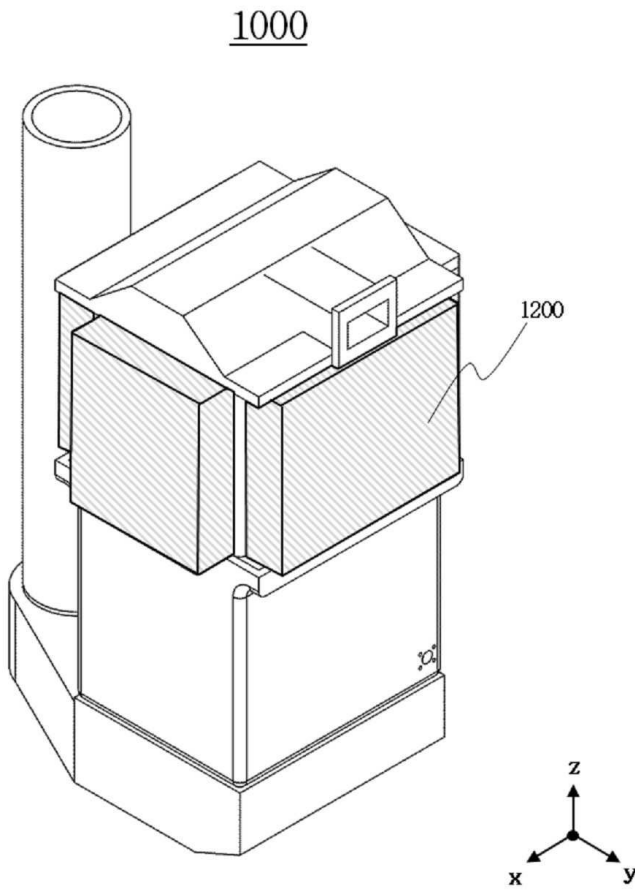


도면12

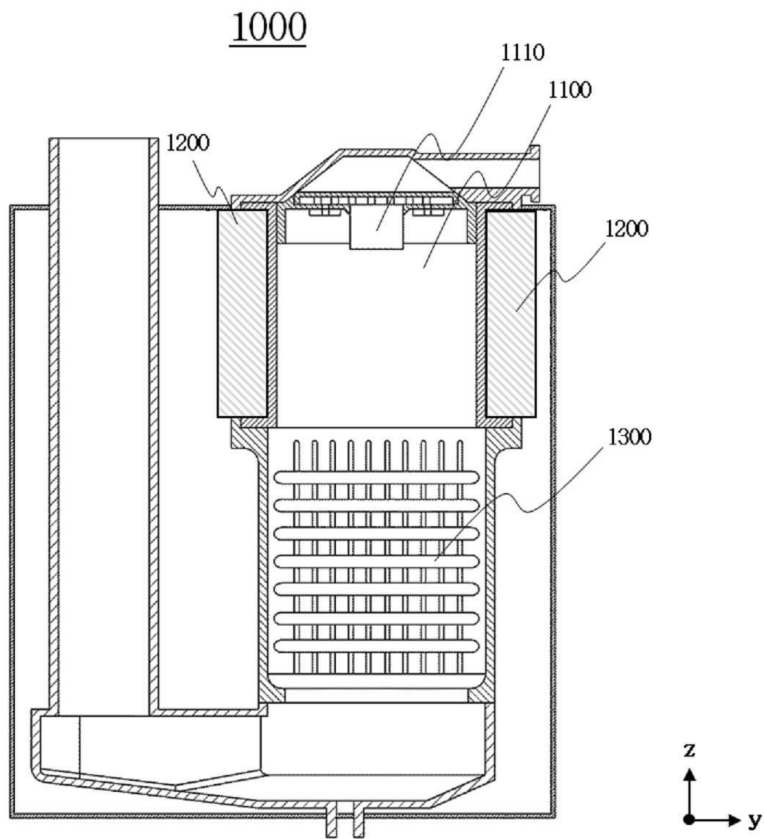
1000



도면13

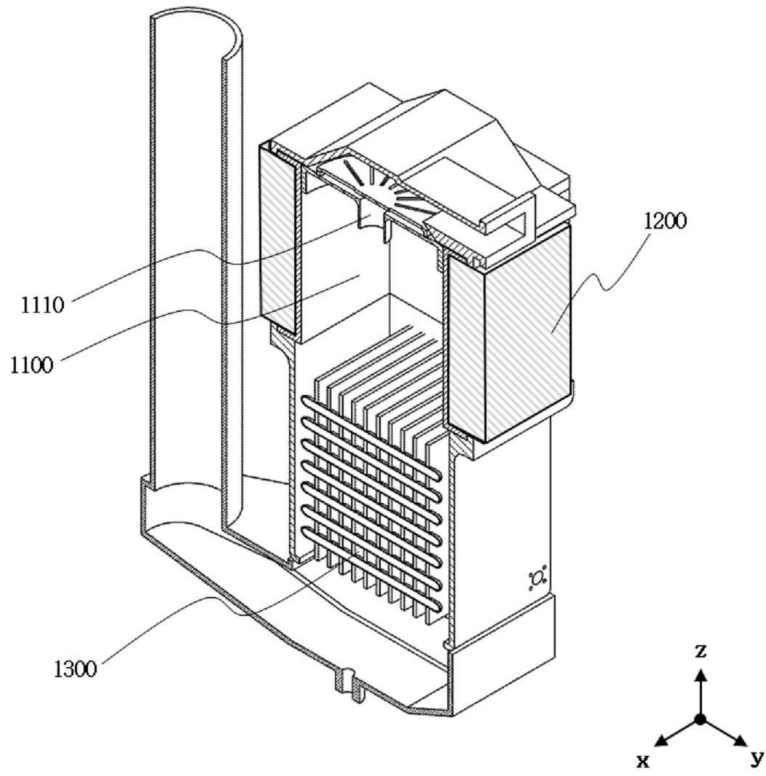


도면14

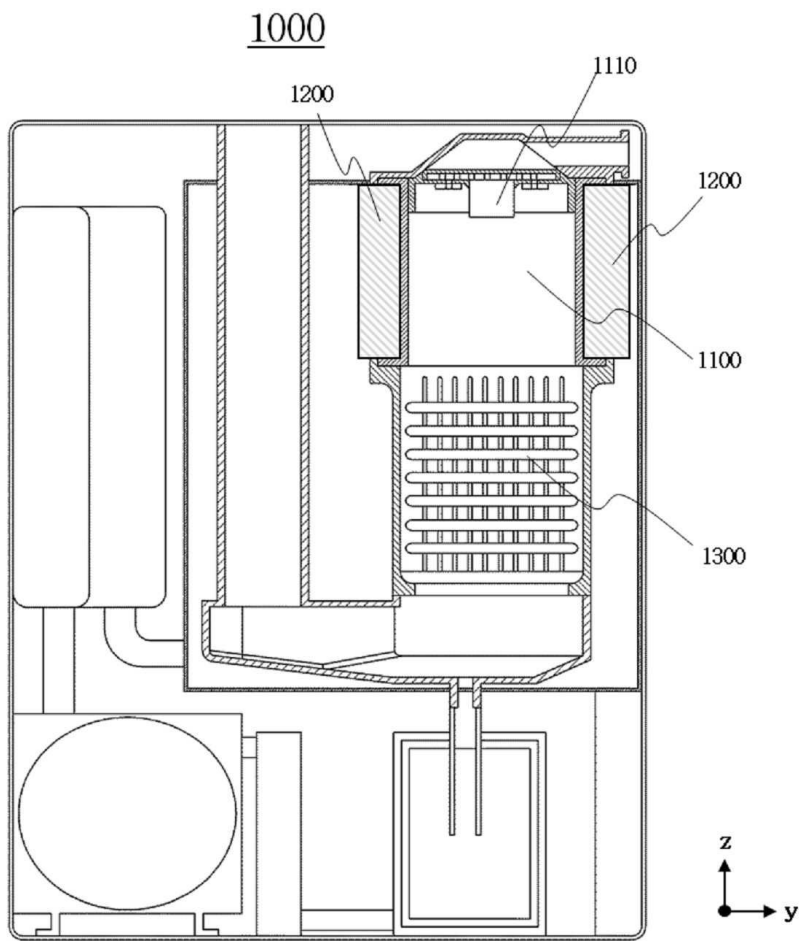


도면15

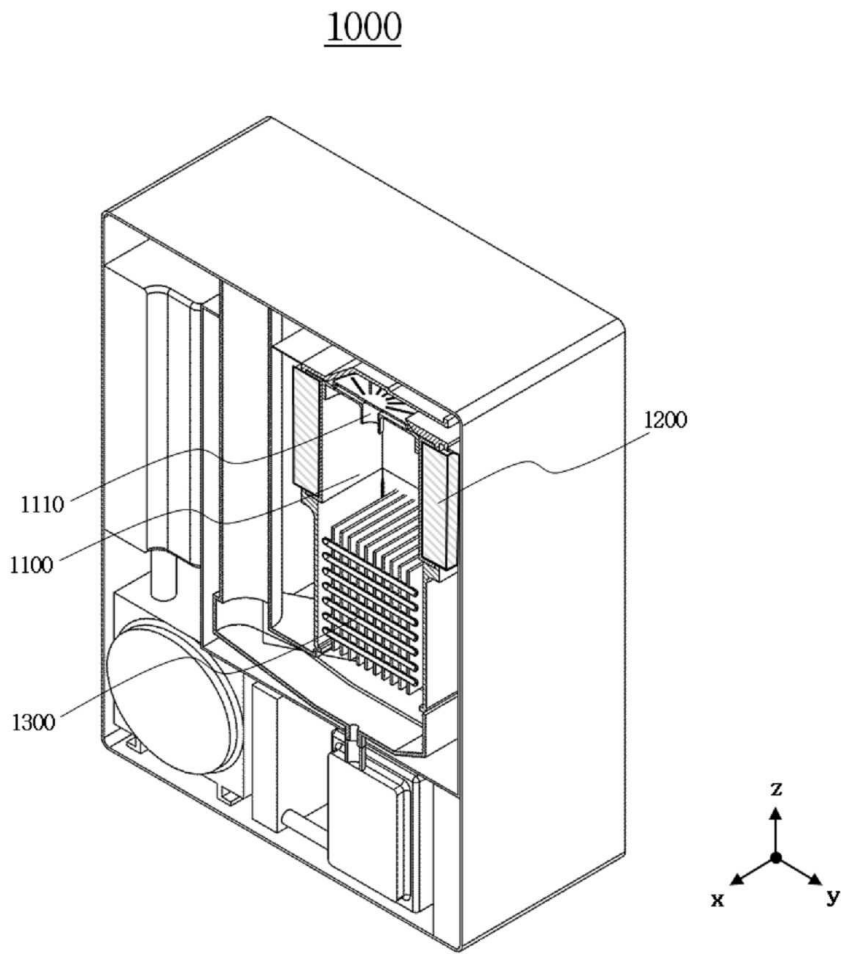
1000



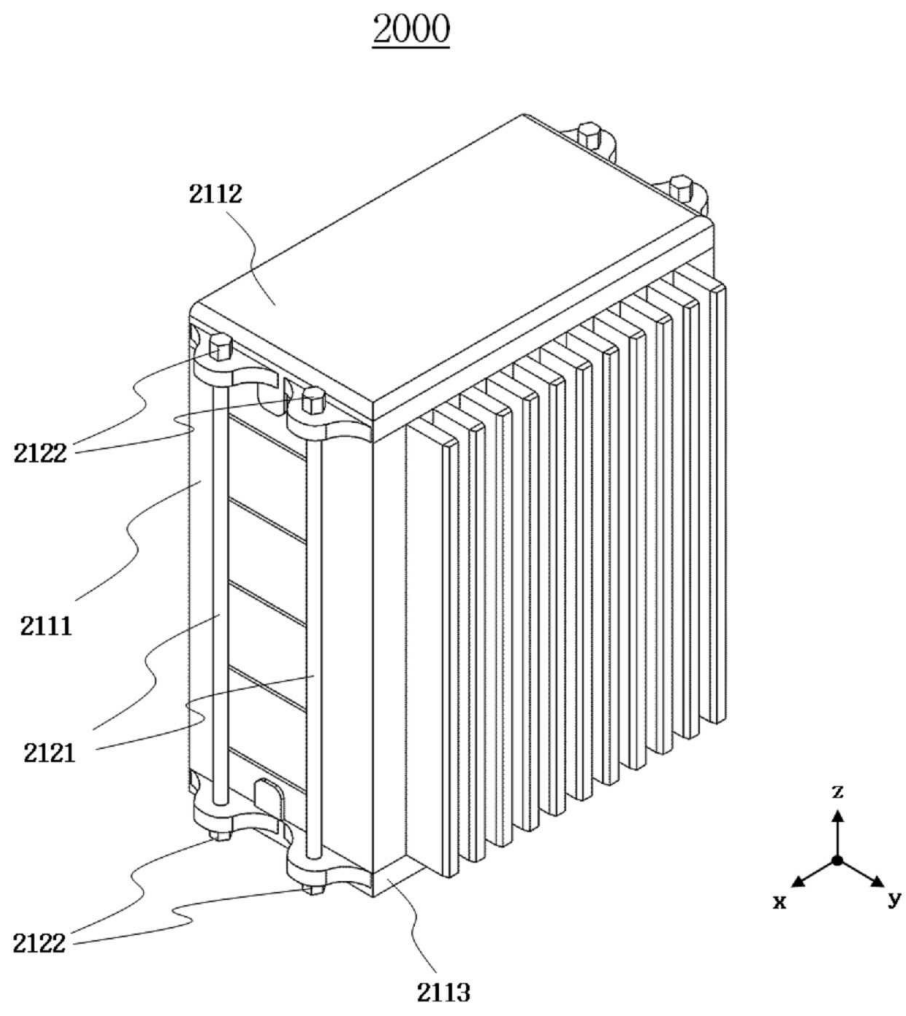
도면16



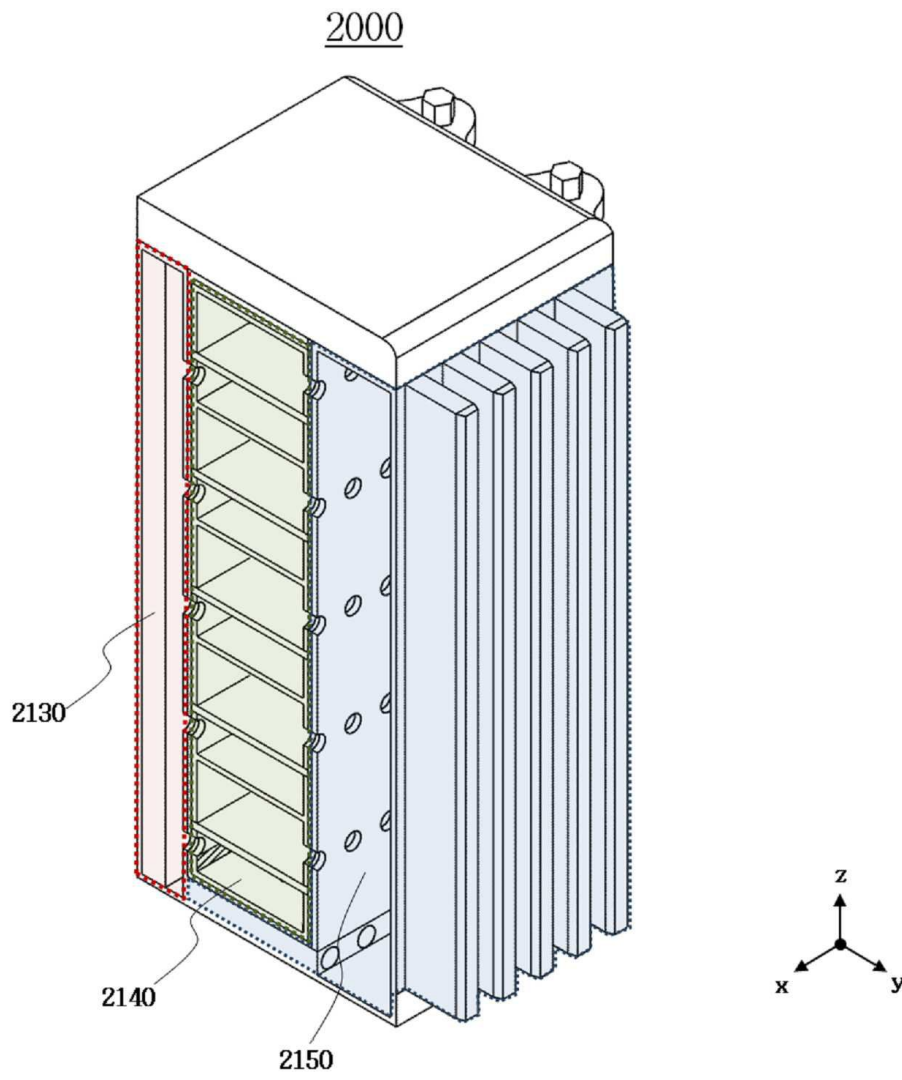
도면17



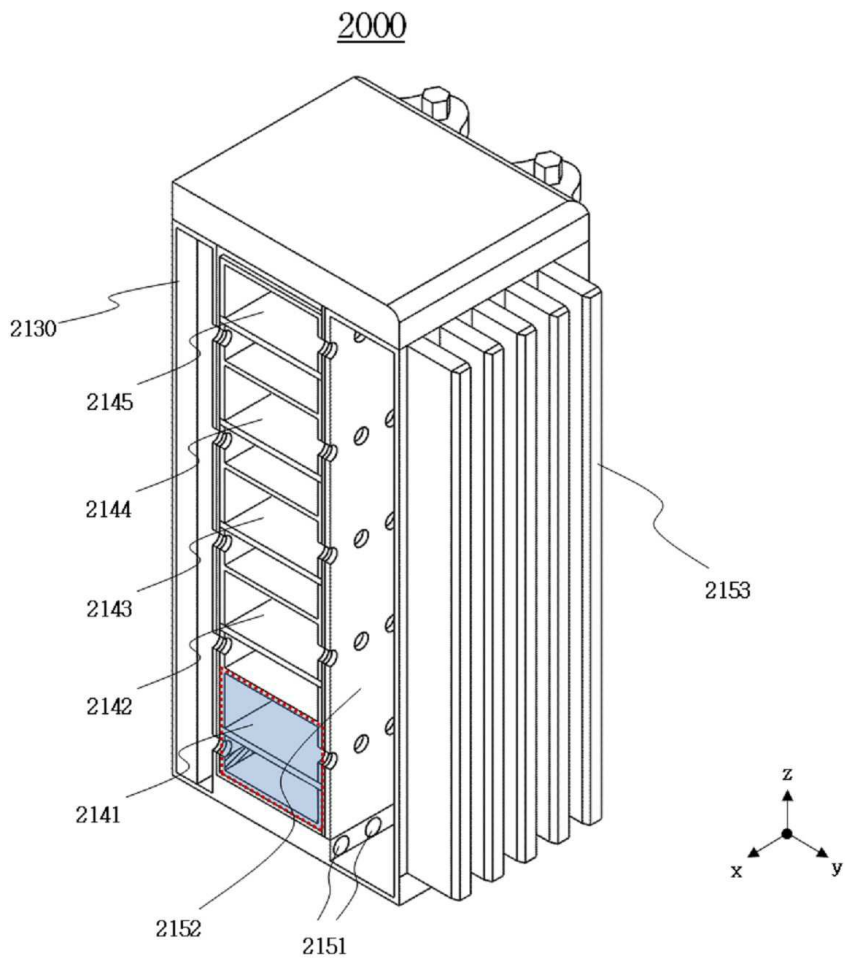
도면18



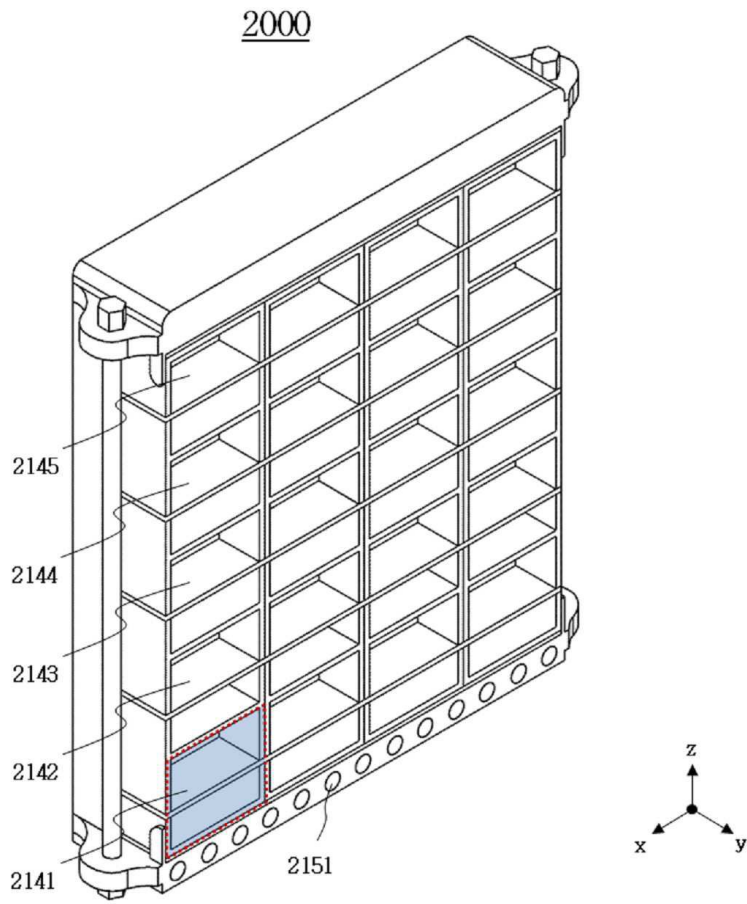
도면19



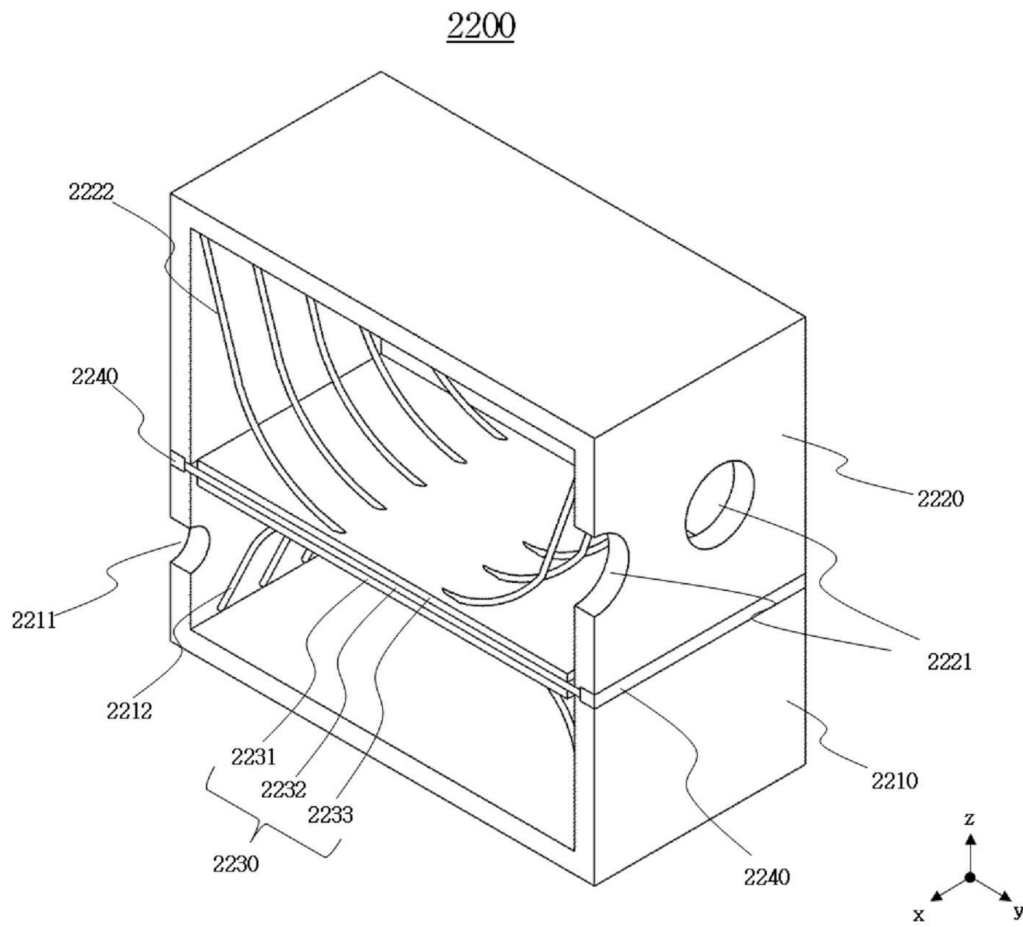
도면20



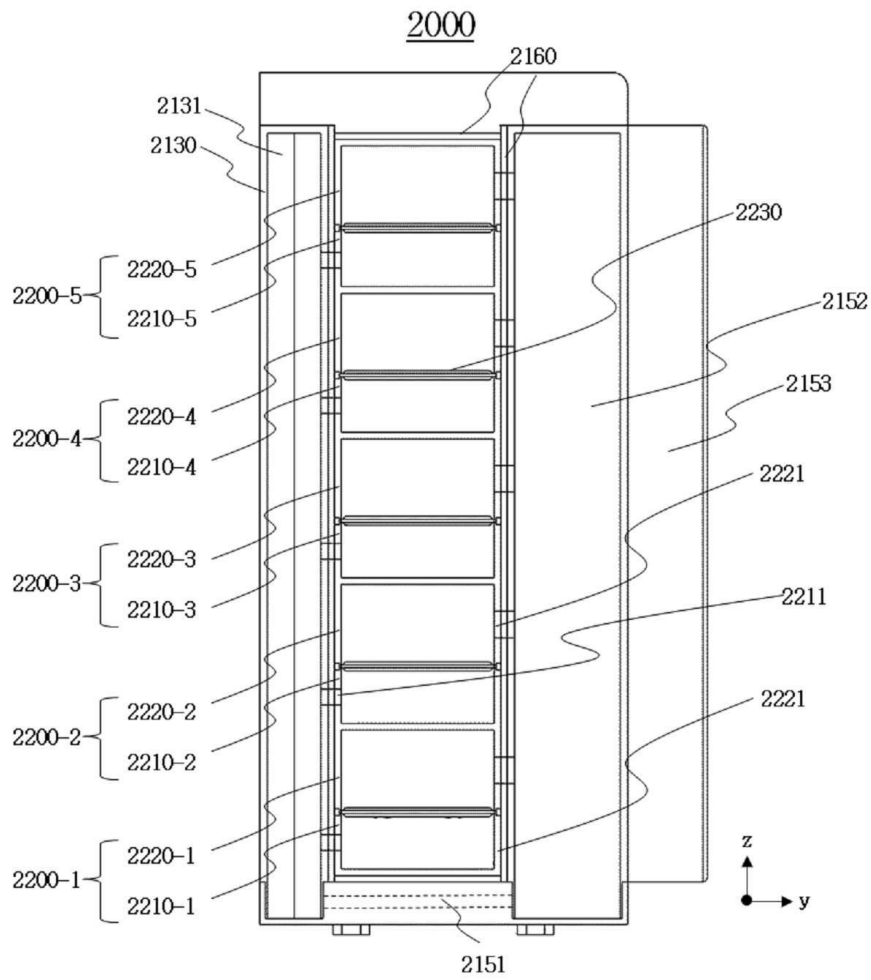
도면21



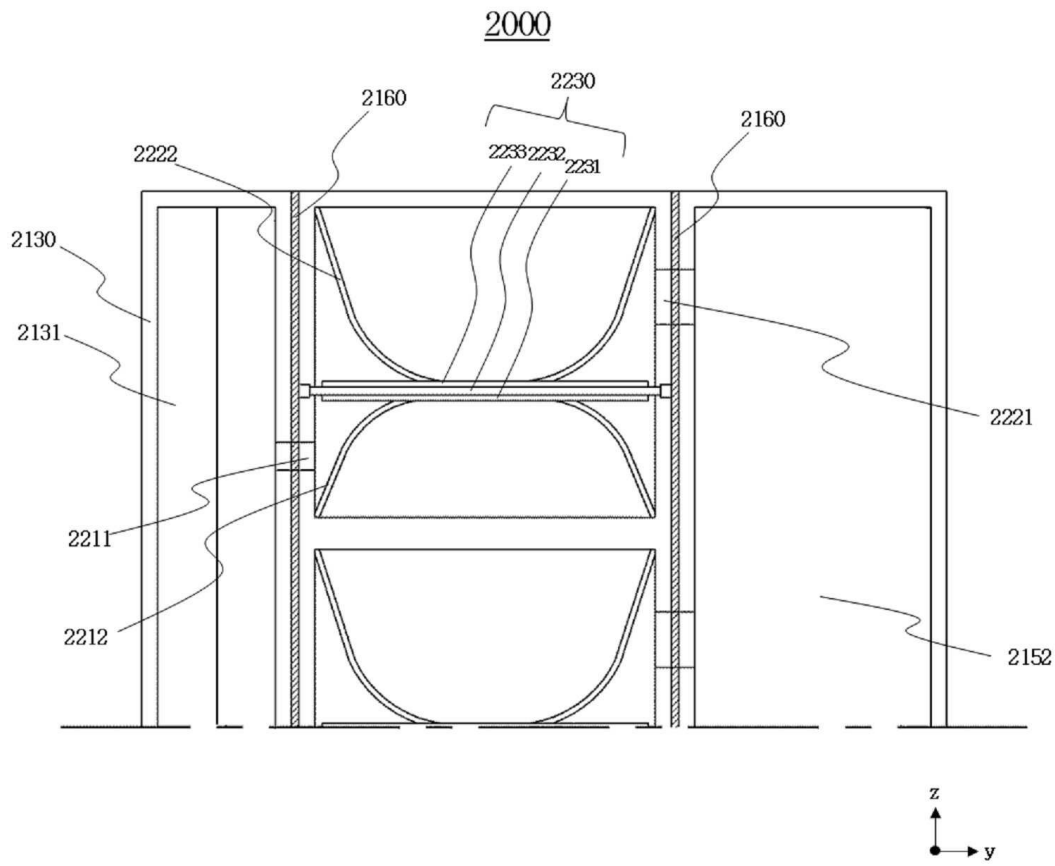
도면22



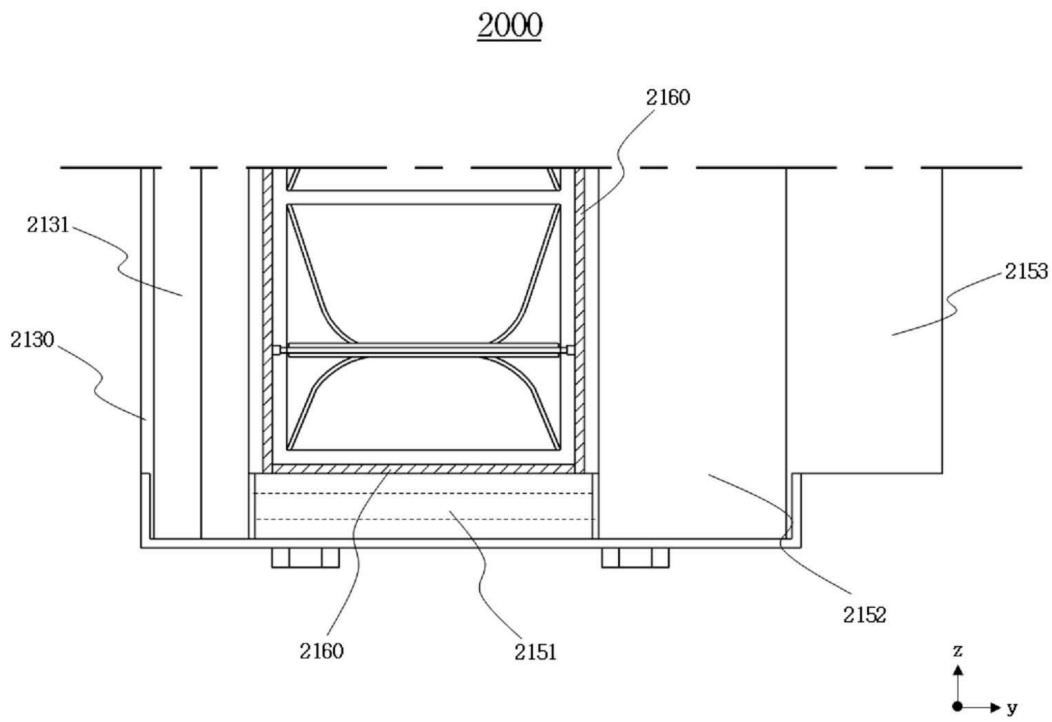
도면23



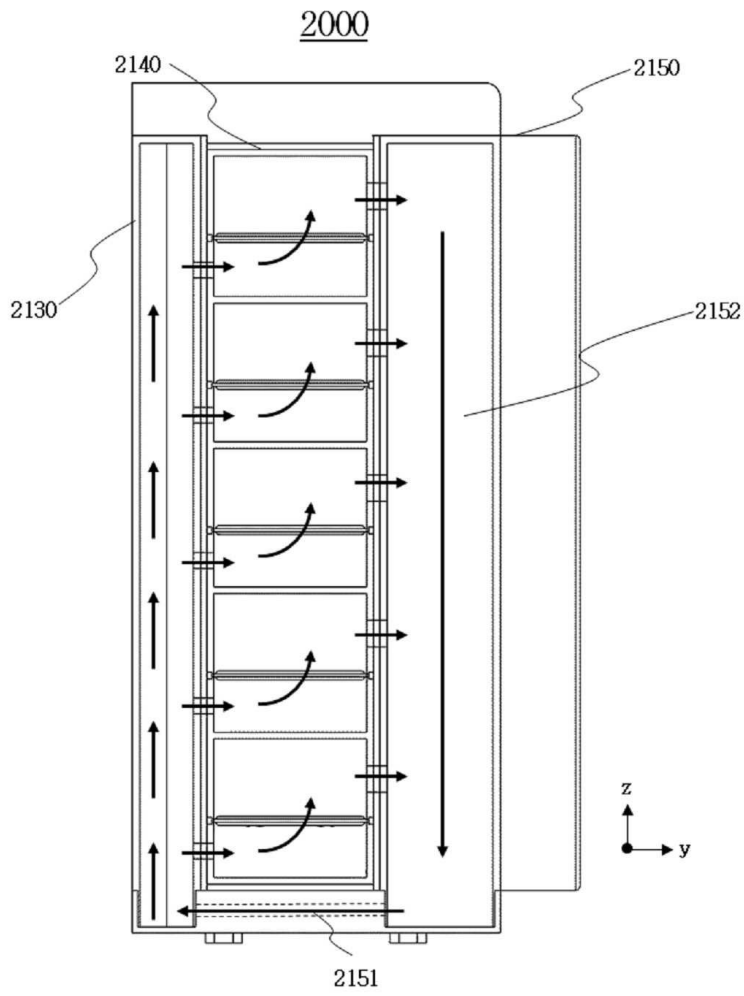
도면24



도면25



도면26



도면27

