



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0045208
(43) 공개일자 2024년04월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28D 20/00 (2018.01) F28D 20/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F28D 20/0056 (2013.01)
F28D 20/021 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7002924
(22) 출원일자(국제) 2022년08월04일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년01월24일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/071888
(87) 국제공개번호 WO 2023/012250
국제공개일자 2023년02월09일
(30) 우선권주장
21190201.0 2021년08월06일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
헬 인터내셔널 리써취 마트샤피지 비.브이.
네덜란드왕국 엔엘-2596 에이치알 더 헤이그 카렐
반 바일란트플란 30
(72) 발명자
크라위예르 알프레트 아르놀트
네덜란드 2288 지케이 레이스베이크 랑허 클레이
베호 40
페르비스트 하위 로더 마흐다 마리아
네덜란드 1031 에이치더블유 암스테르담 흐라스베
호 31
(74) 대리인
특허법인코리아나

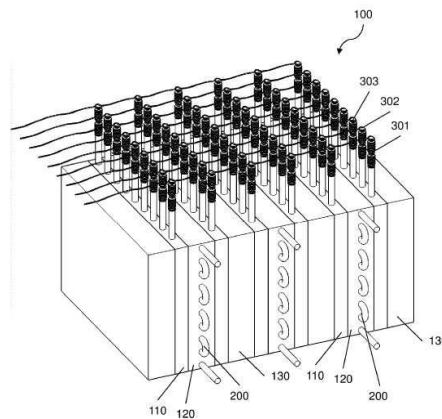
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 에너지 저장 장치 및 열전달 유체 가열 방법

(57) 요약

본 발명은 분말 베드(110), 적어도 2개의 전극(301, 302, 303), 및 적어도 하나의 전열관(200)을 포함하는 열에너지 저장 장치(100)를 제공한다. 분말 베드(110)는 500 내지 50,000 Ωm 범위의 전기 저항률을 갖는다. 적어도 2개의 전극(301, 302, 303)은 분말 베드(110)에 내장되고, 전극(301, 302, 303) 사이에 전압을 제공함으로써 분말 베드(110)를 가열하도록 배치된다. 적어도 하나의 전열관(200)은 열전달 유체를 포함하도록 배치되고, 열에너지 소비자(30)에 연결 가능한 입구(210) 및 출구(220)를 갖는다. 전열관(200)과 분말 베드(110)는 전기 절연 재료를 통해 열적으로 결합된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

Y02E 60/14 (2020.08)

Y02E 70/30 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

열에너지 저장 장치로서,

- 500 Ωm 내지 50,000 Ωm 범위의 전기 저항률을 갖는 분말 베드;
- 상기 분말 베드에 내장되고, 전극 사이에 전류를 제공함으로써 상기 분말 베드를 가열하도록 배치된 적어도 2개의 전극; 및
- 열전달 유체를 포함하도록 배치된 적어도 하나의 전열관(전열관은 열에너지 소비자에 연결 가능한 입구 및 출구를 가지며, 전열관 및 분말 베드는 전기 절연 재료를 통해 열적으로 결합됨)을 포함하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 분말 베드는 반도체 재료를 포함하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 반도체 재료는 질소, 인, 베릴륨, 붕소, 알루미늄 또는 갈륨으로 도핑되지 않거나 도핑된 탄화규소 매트릭스를 포함하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 전극은 상기 분말 베드와 직접 접촉하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전극은 흑연 또는 소결 탄화규소를 포함하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기 절연 재료는 탄화규소, 모래, 석영, 철광석과 같은 벌크 재료의 전기 절연층이고, 상기 전열관은 상기 벌크 재료에 내장되는, 열에너지 저장 장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 복수의 열적으로 결합된 모듈을 포함하고, 각각의 모듈은,

- 상기 분말 베드 및 상기 적어도 2개의 전극을 포함하는 발열층; 및
- 상기 전열관 및 상기 전기 절연 재료를 포함하는 열 방출층

을 포함하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 분말 베드에 열적으로 결합되고 적어도 상기 분말 베드에 의해 상기 전열관으로부터 분리되는, 버퍼층을 추가로 포함하는 열에너지 저장 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 버퍼층은 상변화 물질을 포함하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서, 복수의 열적으로 결합된 모듈을 포함하고, 각각의 모듈은,

- 상기 분말 베드 및 상기 적어도 2개의 전극을 포함하는 제1 발열층;
- 상기 전열관 및 상기 전기 절연 재료를 포함하는 열 방출층;
- 상기 분말 베드 및 상기 적어도 2개의 전극을 포함하는 제2 발열층; 및
- 상기 버퍼층

을 포함하는, 열에너지 저장 장치.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 상기 분말 베드, 상기 전열관 및 상기 전기 절연 재료를 지지하는 단일 바닥층을 추가로 포함하는 열에너지 저장 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 단일 바닥층에 내장되어 상기 전열관에 연결되는 냉각관을 추가로 포함하는 열에너지 저장 장치.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 적어도 2개의 전극은 전압이 1,000 볼트를 초과하는 고전압원에 직접 연결되는, 열에너지 저장 장치.

청구항 14

열전달 유체를 가열하는 방법으로서,

- 분말 베드, 적어도 2개의 전극, 전기 절연 재료를 통해 상기 분말 베드에 열적으로 결합된 적어도 하나의 전열관을 포함하는, 제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 정의된 바와 같은 열에너지 저장 장치를 제공하는 단계;
- 상기 적어도 2개의 전극 사이에 전류를 통과시켜 상기 분말 베드에서 열을 발생시키고 상기 전기 절연 재료를 가열하는 단계;
- 상기 적어도 하나의 전열관을 통해 상기 열전달 유체를 통과시켜 상기 전기 절연 재료로부터의 열을 이용하여 상기 열전달 유체를 가열하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 전류는 시간에 따라 변동하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 열에너지 저장 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 수십 년 동안, 환경에 대한 고려와 인간이 생성하는 CO₂를 줄이려는 욕구로 인해 풍력 및 태양광 발전과 같은 재생 가능한 공급원으로부터 전기를 생산하는 기술 개발이 촉진되었다. 이러한 재생 가능한 에너지 공급원의 사용과 연관된 하나의 문제는 간헐적이고 때로는 예측할 수 없는 가용성이다. 풍속은 하루 종일 달라지며 장기간에 걸쳐 매우 낮을 수 있다. 태양광 패널에 관하여 태양의 위치는 매우 예측 가능하지만, 지역적인 날씨 변화로 인해 포착되어 전기로 변환되는 태양 에너지의 양이 크게 달라진다.

[0003] 에너지 생산뿐만 아니라 에너지 수요도 시간이 지남에 따라 가변적이다. 에너지 생산과 에너지 수요의 가변성은 일치하지 않기 때문에, 에너지가 풍부할 때 에너지를 저장하고 필요할 때 저장된 에너지를 소비자가 회수할

수 있도록 하는 기술 솔루션이 필요하다. 전기 생산을 위한 재생 가능한 에너지원의 사용이 증가함에 따라, 현재 다양한 새로운 에너지 저장 솔루션이 개발되고 있다. 상이한 사용 시나리오에는 상이한 솔루션이 필요하다. 나중에 사용하기 위해 사용 가능한 에너지를 임시로 저장하는 방법을 결정할 때, 저장 용량, 공간 제약, 휴대성, 비용, 충전 속도, 내구성, 및 다른 많은 관련 인자가 고려된다.

[0004] 대규모 산업 응용 분야의 경우, 시간 경과에 따른 에너지 수요의 균형을 맞추기 위해 열에너지 저장이 사용될 수 있다. 열에너지 저장을 사용하면, 사용 가능한 전기 에너지가 과잉일 때 일부 매체가 전기로 가열된다. 수요가 공급을 초과하는 경우, 저장된 열은 자체적으로 동력원으로 사용되거나 증기 터빈 발전기를 사용하여 전기로 변환될 수 있는 증기를 생성하는 데 사용될 수 있다. 열에너지를 저장하는 데 사용되는 재료는 저렴하고 안전한 것이 바람직하다. 가장 저렴하고 가장 일반적으로 사용되는 옵션 중 하나는 물 탱크이지만, 용융염, 모래, 또는 금속과 같은 재료는 더 높은 온도로 가열될 수 있으므로 더 높은 저장 용량 또는 더 높은 수준의 유용한 에너지를 제공한다.

[0005] 현재 사용 가능한 많은 열에너지 저장 시스템의 일반적인 단점은, 예를 들어, 풍력 터빈이나 태양 전지판에 의해 생산된 전기 에너지를 저장 매체에 저장된 열에너지로 변환하기 위해 일부 형태의 시스템이 필요하다는 것이다. 예를 들어, 국제 특허 출원 WO 2020/254001 A1은 축열 매체를 가열하기 위한 전기 가열 장치의 사용을 기술하고 있다. 저장 매체는 10^{-4} Ωm 내지 1 Ωm의 낮은 전기 저항률을 갖는 전기 전도성 매체이다. 일 구현예에 따르면, 전기 가열 장치는 유도 코일을 사용하여 전기 에너지를 열의 형태로 저장한다. 다른 구현예에서, 전기 가열 장치는 접촉 전극을 사용하여 재료 내에 전류를 생성하고 이에 의해 열에너지 저장 매체를 가열한다. 접촉 전극과 직접 접촉함으로써 열 저장 매체를 가열하는 경우에도, WO 2020/254001 A1의 가열 장치는 재생 가능한 에너지원으로부터 전기에 의해 공급되는 배전 그리드의 고전압을 낮은 전기 저항률을 갖는 전기 전도성 매체를 가열하기 위해 사용될 수 있는 훨씬 더 낮은 전압으로 먼저 변환하기 위해 여전히 크고 값비싼 변압기를 필요로 한다.

[0006] 본 발명의 목적은 알려진 열에너지 저장 시스템의 단점 중 적어도 일부를 극복하는 것이다.

발명의 내용

[0007] 본 발명의 일 양태에 따르면, 다음을 포함하는 열에너지 저장 장치가 제공된다:

[0008] - 500 Ωm 내지 50,000 Ωm 범위의 전기 저항률을 갖는 분말 베드;

[0009] - 분말 베드에 내장되고, 전극 사이에 전류를 제공함으로써 분말 베드를 가열하도록 배치된 적어도 2개의 전극;

[0010] - 열전달 유체를 포함하도록 배치된 적어도 하나의 전열관(전열관은 열에너지 소비자에 연결 가능한 입구 및 출구를 가지며, 전열관 및 분말 베드는 전기 절연 재료를 통해 열적으로 결합됨).

[0011] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 다음을 포함하는 열전달 유체를 가열하는 방법이 제공된다:

[0012] - 적어도 하나의 분말 베드, 적어도 2개의 전극, 전기 절연 재료, 및 전기 절연 재료를 통해 분말 베드에 열적으로 결합된 적어도 하나의 전열관을 포함하는, 상기와 같은 열에너지 저장 장치를 제공하는 단계;

[0013] - 적어도 2개의 전극 사이에 전류를 통과시켜 분말 베드에서 열을 발생시키고 이에 의해 상기 전기 절연 재료를 가열하는 단계;

[0014] - 적어도 하나의 전열관을 통해 열전달 유체를 통과시켜 전기 절연 재료로부터의 열을 이용하여 열전달 유체를 가열하는 단계.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 풍력발전단지, 태양광발전단지, 및 열에너지 저장 장치를 개략적으로 도시한다.

도 2는 도 1의 열에너지 저장 장치의 구현예의 사시도를 개략적으로 도시한다.

도 3은 도 2의 열에너지 저장 장치에 사용하기 위한 전열관의 예를 개략적으로 도시한다.

도 4는 추가된 단열을 갖는 도 2의 열에너지 저장 장치를 개략적으로 도시한다.

도 5는 도 1의 열에너지 저장 장치의 상이한 구현예의 사시도를 개략적으로 도시한다.

도 6은 더 추가된 단열을 갖는 도 5의 열에너지 저장 장치를 개략적으로 도시한다.

도 7은 도 1의 열에너지 저장 장치의 대안적인 구현예의 사시도를 개략적으로 도시한다.

도 8은 외부 단열층이 제거된 도 7의 열에너지 저장 장치의 일부의 확대도를 개략적으로 도시한다.

이들 도면은 제한이 아니라 단지 예로서 본 교시에 따른 하나 이상의 구현을 묘사한다. 도면에서 유사한 도면 부호는 동일하거나 유사한 요소를 지칭한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 분말 베드, 적어도 2개의 전극, 및 적어도 하나의 전열관을 포함하는, 열에너지 저장 장치가 본 명세서에 기술되어 있다. 분말 베드는 500 내지 50,000 Ωm 범위의 전기 저항률을 갖는다. 적어도 2개의 전극은 분말 베드에 내장되고, 전극 사이에 전류를 제공함으로써 분말 베드를 가열하도록 배치된다. 적어도 하나의 전열관은 열 전달 유체를 포함하도록 배치되고, 열에너지 소비자에 연결 가능한 입구 및 출구를 갖는다. 전열관과 분말 베드는 전기 절연 재료를 통해 열적으로 결합된다.
- [0017] 분말 베드의 전기 저항률은 전기 에너지 공급 장치의 고전압을 전극 사이의 전기 전도성 매체를 가열하기 위해 사용될 수 있는 훨씬 더 낮은 전압으로 먼저 변환하기 위해 임의의 변압기의 사용을 필요로 하지 않는 열에너지 저장 장치가 전기 에너지 공급 장치에 직접 연결될 수 있도록 유리하게 선택될 수 있다. 전기 에너지원에 대한 이러한 직접적인 연결은 분말 베드가 에너지 변환 및 에너지 저장의 기능을 동시에 수행할 수 있게 한다. 이는 상당한 비용 절감뿐만 아니라 국지적 최고 온도에 대한 더 양호한 제어도 야기함으로써, 시스템의 내구성과 수명을 증가시킨다.
- [0018] 전극의 가열력은 분말 베드의 저항과 전류의 제공에 비례한다. 옴의 법칙에 따르면, 이는 전압을 제공하고 전기 저항으로 나눈 값에 비례하여 표현될 수도 있다. 분말 베드에 의해 제공되는 전기 저항은 분말 베드 재료의 저항률과 전극 분리에 비례한다. 상기 언급된 바람직한 저항률이 500 Ωm 내지 50,000 Ωm 범위인 경우, 예를 들어, 50 cm 내지 200 cm의 실제 전극 분리는 적합한 가열 전력을 얻고 분말 베드를 적합한 온도로 가열하기 위해 사용될 수 있다.
- [0019] 바람직하게는, 반도체 입자가 분말 베드에 사용된다. 분말 형태의 반도체 재료의 사용은 가열 공정 동안 전극과 분말 베드의 자유로운 열팽창을 가능하게 한다. 냉각하는 동안 전극이 수축하면, 분말 베드는 자체 무게의 영향으로 자가 치유될 수 있다. 따라서, 많은 반복 에너지 저장 및 방출 사이클 동안 전극과 반도체 재료 사이의 양호한 접촉이 보장된다.
- [0020] 본 발명의 예시적인 구현예에서, 분말 베드의 반도체 재료는 탄화규소 매트릭스를 포함한다. 탄화규소 매트릭스는 도핑되지 않거나 도핑될 수 있다. 바람직하게는, 탄화규소 매트릭스는 질소, 인, 베릴륨, 붕소, 알루미늄, 또는 갈륨, 또는 이들의 조합으로 도핑될 수 있다. 탄화규소 입자 사용의 장점은 소결과 같은 임의의 후처리 단계를 필요로 하지 않고 분말 형태로 사용될 수 있는 쉽게 이용 가능한 벌크 재료라는 것이다. 도핑된 탄화규소는, 예를 들어, 약 1,000 Ωm 의 매우 적합한 전기 저항률을 가질 수 있다. 분말 베드의 저항률은 사용된 입자의 재료뿐만 아니라, 예를 들어, 입자 크기, 입자 형상, 및 입자 사이의 간격에 따라 달라진다는 점에 유의해야 한다.
- [0021] 바람직하게는, 전극은 효율적이고 효과적인 열전달을 보장하기 위해 분말 베드와 직접 접촉한다.
- [0022] 예시적인 구현예에서, 전극은 양호한 전도성 및 수명을 제공하는 흑연 또는 소결 탄화규소를 포함한다.
- [0023] 전기 절연 재료의 전기 저항률은 분말 베드의 전기 저항률보다 높다. 바람직한 구현예에서, 전기 절연 재료는 벌크 재료의 전기 절연층이다. 적합한 벌크 재료는 선택된 등급의 탄화규소(바람직하게는 도핑되지 않음), 모래, 석영, 및 절광석을 포함한다. 전열관은 벌크 재료에 내장될 수 있다. 쉽게 이용 가능하고 상대적으로 저렴한 것 외에도, 이러한 벌크 재료는 절연 재료가 전열관과의 직접 접촉을 잃지 않으면서, 온도가 변화할 때 전열관이 자유롭게 팽창하고 수축하게 하는 이점을 제공한다. 이를 통해 전기 절연층과 전열관 사이의 효율적이고 효과적인 열전달이 반복적이고 장기적인 사용을 위해 보장된다. 미립자 벌크 재료를 사용하는 것이 바람직하지만, 대안적인 교체이고, 가능한 다공성 재료가 대안으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 콘크리트는 비용, 전기 절연성, 및 열전도성 측면에서 적합한 재료일 수 있다.
- [0024] 예시적인 구현예에서, 열에너지 저장 장치는 복수의 열적으로 결합된 모듈을 포함하며, 각각의 모듈은 다음을 포함한다:

- [0025] - 분말 베드 및 적어도 2개의 전극을 포함하는 발열층, 및
- [0026] - 전열관 및 전기 절연 재료를 포함하는 열 방출층.
- [0027] 상기에서 기술된 예시적인 열에너지 저장 장치 중 일부는 분말 베드에 열적으로 결합되고 적어도 분말 베드에 의해 전열관으로부터 분리된 버퍼를 추가로 포함할 수 있다. 이러한 버퍼는 열에너지 저장 장치의 총 저장 용량을 추가로 증가시킬 수 있으며 발열 분말 베드의 최대 온도를 제어하는 것을 도울 수 있다. 버퍼는 현열의 형태, 잠열의 형태, 또는 이 둘의 조합으로 에너지를 저장하는 재료를 포함할 수 있다.
- [0028] 예를 들어, 열에너지 저장 장치는 복수의 열적으로 결합된 모듈을 포함할 수 있으며, 각각의 모듈은 다음을 포함한다:
- [0029] - 분말 베드 및 적어도 2개의 전극을 포함하는 제1 발열층,
- [0030] - 전열관 및 전기 절연 재료를 포함하는 열 방출층,
- [0031] - 분말 베드 및 적어도 2개의 전극을 포함하는 제2 발열층, 및
- [0032] - 버퍼층.
- [0033] 각각 단 하나의 발열층을 갖는 열적으로 결합된 모듈과 같은 다른 배치도 예상된다.
- [0034] 바람직한 열에너지 저장 장치는 적어도 분말 베드, 전열관, 및 전기 절연 재료를 지지하는 단열 바닥층을 추가로 포함할 수 있다. 바닥 단열층은 열에너지 저장 장치가 배치되는 토양으로의 열 손실을 방지하는 것을 돕는다. 유사하게, 열에너지 저장 장치 위의 공기로의 열 손실을 방지하기 위해 상단 단열층이 추가될 수 있다. 열에너지 저장 장치의 하나 이상의 면에 추가 단열이 제공될 수 있다. 모든 단열층은 임의의 적합한 단열 재료로 제조될 수 있다. 바람직하게는, 예를 들어 상기에 이미 논의된 벌크 재료 중 하나와 같은, 저렴한 벌크 재료인 미네랄 울이 사용된다. 가능한 재료는 미네랄 울, 세라믹 폼, 진공 패널, 또는 모래, 석영, 경석 또는 화산재와 같은 입상 단열 재료의 베드가 포함되지만 이에 제한되지는 않는다.
- [0035] 바람직한 구현예에서, 상단 및/또는 하단 단열층은 단열 하단층에 내장된 냉각관을 추가로 포함할 수 있다. 냉각관은 물과 같은 냉각 유체로 채워져, 그렇지 않으면 열에너지 저장 장치 아래의 토양을 가온했을 열의 일부를 흡수할 수 있다. 냉각관은 차가운 냉각 유체의 연속적인 공급을 제공하기 위해 펌프에 연결된다. 냉각관은 열 전달 유체를 예열하는 데 사용될 수 있도록, 전열관의 입구에 추가로 연결될 수 있다.
- [0036] 본 명세서에서 상기에 기술된 열에너지 저장 장치는 열전달 유체를 가열하는 방법에 사용될 수 있으며, 적어도 2개의 전극 사이에 전류를 통과시켜 분말 베드에서 열을 발생시키고 이에 의해 상기 전기 절연 재료를 가열하고, 적어도 하나의 전열관을 통해 열전달 유체를 통과시켜 전기 절연 재료로부터의 열을 이용하여 열전달 유체를 가열한다. 태양광 및/또는 풍력 발전원 같은 재생 가능한 공급원으로부터 전류가 파생되는 경우가 빈번한 것과 같이, 전류는 시간이 지남에 따라 변동될 수 있다. 전기 절연 재료와 선택적 버퍼층은, 장치로부터 추출되는 열을 보충할 수 있는 전력이 없거나 불충분할 때, 전류의 차단 동안 특정 시간 동안 열전달 유체를 계속 가열하는 열 버퍼로 역할을 한다.
- [0037] 도 1은 풍력발전단지(10), 태양광발전단지(20), 및 열에너지 저장 장치(100)를 개략적으로 도시한다. 열에너지 저장 장치(100)의 하나 이상의 상세한 예는 하기에 더 상세히 기술될 것이다. 적합한 바람의 양이 있을 때, 풍력발전단지(10)의 풍력 터빈(11)의 회전하는 로터 블레이드는 전기를 생산하는 발전기를 구동한다. 유사하게, 낮 동안, 태양광발전단지(20)의 태양광 패널(21)이 태양(50)으로부터 빛을 흡수하여 전기도 발생시킨다. 풍력발전단지(10)와 태양광발전단지(20)는 모두 열에너지 저장 장치(100)에 전기적으로 연결된다. 열에너지 저장 장치(100)의 목적은 풍력발전단지(10)와 태양광발전단지(20)에 의해 발생된 전기에너지를 저장 매체를 가열하여 저장하는 것이다. 저장된 에너지는 필요할 때 열전달 유체를 가열함으로써 방출된다. 통상적으로 증기 형태의 물인 가열된 열전달 유체는 하나 이상의 파이프(35)를 통해 여기에서 공장(30)으로 상징되는 열에너지 소비자로 인도될 수 있다. 예를 들어, 소비자는 일부 산업 공정에서 증기를 직접 사용할 수 있거나, 증기를 산업 공정에 공급하기 전에 먼저 증기를 전력으로 변환하기 위해 증기 터빈 발전기를 사용할 수 있거나, 대안으로 증기 응축기를 사용할 수도 있다. 열전달 유체의 복귀 유동(적어도 이의 일부)은 열을 추가로 추출하기 위해 열에너지 저장 장치(100)로 다시 순환될 수 있다.
- [0038] 도 2는 열에너지 저장 장치(100)의 구현예의 사시도를 도시한다. 열에너지 저장 장치(100)는 상이한 기능, 재료, 및 다른 특징을 갖는 일련의 교번층(110, 120, 130)으로 구성된다. 층은 수직으로 연장되고/되거나 기둥을

형성할 수 있다. 상이한 층에 사용될 수 있는 일부 재료와 특징을 더 상세히 기술하기 전에, 본 출원인들은 먼저 축열 장치가 에너지를 저장하고 방출하기 위해 사용될 수 있는 방법에 대한 간략한 설명을 제공할 것이다.

[0039] 전극층(110)을 통과하는 전류는 열에너지로 변환되어 이 층(110)의 재료가, 예를 들어, 800℃를 초과할 수 있는 온도까지 가열하게 한다. 인접한 열 방출층(120)에는, 열전달 액체, 예를 들어 물이 저장된 에너지의 일부를 수용하고, 예를 들어, 증기 형태의 가열된 유체가 되도록 유도될 수 있는 관 구조물(200)이 제공된다. 단일 전극층(110)과 단일 열 방출층(120)의 조합은 작동하는 열에너지 장치(100)를 얻기에 충분하지만, 더 큰 저장 용량과 국지적 최고 온도에 대한 개선된 제어, 및 에너지 저장 및 방출 프로세스는 교번 패턴의 복수의 이러한 층을 제공함으로써 얻어진다. 열에너지 저장 장치(100)의 총 저장 용량을 더욱 증가시키고 열에너지 저장 장치의 최대 온도 및 방출 듀티 변화를 제어하기 위해 선택적인 버퍼층(130)이 추가될 수 있다.

[0040] 이 구현예에서, 전극층(110)은 분말 베드에 500 내지 50,000 Ωm 범위의 전기 저항률을 제공하는 반도체 재료의 분말 베드를 포함한다. 적어도 2개의 전극이 분말 베드에 내장되고, 전극 사이에 전압을 제공함으로써 분말 베드를 가열하도록 배치된다. 반도체 재료는, 예를 들어, 원하는 전기 저항률을 얻기 위해 적합한 양의 질소, 인, 베릴륨, 붕소, 알루미늄, 또는 갈륨으로 선택적으로 도핑된 탄화규소(SiC)를 포함할 수 있다. 도핑된 탄화규소는 열에너지 저장 장치(100)의 전극층(110)에 사용하기 위한 (전도도 및 저장 용량 측면에서) 우수한 전기적 및 열적 특성을 갖는다. 이러한 도핑된 탄화규소는, 예를 들어, 중간 전송 그리드 공급 전압과 함께 사용하기 위해 약 1,000 Ωm의 전기 저항률을 가질 수 있다. 탄화규소의 대량 생산에서의 불순물로 인해, 도핑되지 않은 탄화규소는 분말 베드의 주성분으로도 사용하기에 적합할 수 있다. 예를 들어, 최대 50,000 Ωm의 저항률을 갖는 도핑되지 않은 탄화규소는 높은 전송 그리드 공급 전압과 함께 사용될 수 있다.

[0041] 분말 베드의 저항률은 사용된 분말 베드 입자의 재료뿐만 아니라, 예를 들어, 입자 크기, 입자 형상, 및 입자 사이의 간격에 따라 달라진다. 분말 베드의 전기 저항률은 전기 에너지 공급 장치의 고전압을 전극 사이의 전기 전도성 매체를 가열하기 위해 사용될 수 있는 훨씬 더 낮은 전압으로 먼저 변환하기 위해 임의의 변압기의 사용을 필요로 하지 않는, 열에너지 저장 장치(100)가 풍력발전단지(10) 또는 태양열발전단지(20)와 같은 전기 에너지 공급장치에 직접 연결될 수 있는 방식으로 바람직하게 선택된다. 전기 에너지원에 대한 이러한 직접적인 연결은 선택된 반도체 재료가 에너지 변환 및 에너지 저장의 기능을 동시에 수행할 수 있게 한다. 이는 상당한 비용 절감으로 이어진다.

[0042] 탄화규소 사용의 추가 장점은 소결과 같은 임의의 후처리 단계를 필요로 하지 않고 분말 형태로 사용될 수 있는 쉽게 이용 가능한 벌크 재료라는 것이다. 또한, 분말 형태의 반도체 재료의 사용은 가열 공정 동안 전극의 자유로운 열팽창을 가능하게 한다. 냉각하는 동안 전극이 수축하면, 분말 베드는 자체 무게의 영향으로 자가 치유될 수 있다. 따라서, 많은 반복 에너지 저장 및 방출 사이클 동안 전극과 반도체 재료 사이의 양호한 접촉이 보장된다. 고온에 장기간 노출되어 시간이 지남에 따른 탄화규소의 전기적 특성의 저하는 발열층의 최고 온도를 제어함으로써, 예를 들어 최고 온도를 약 800℃로 제한함으로써 최소화될 수 있다. 분말 베드 재료의 저하를 제한하는 다른 방법은 입자 크기의 선택과 보호 퍼지 가스(예를 들어, 질소, 아르곤 또는 이산화탄소)의 주기적 주입을 포함한다.

[0043] 전극(301, 302, 303)용 재료의 바람직한 선택은 흑연 또는 소결 탄화규소이다. 흑연 전극과 소결 탄화규소 전극 둘 모두는 양호한 전기 전도성 및 수명을 갖는다. 상기에서 논의된 바와 같이, 전극(301, 302, 303)은 고전압 전원에 직접 연결될 수 있다. 이러한 고전압 전원의 전압은 1 kV(1,000 볼트), 5 kV 또는 10 kV를 초과할 수 있다. 예를 들어, 풍력발전단지(10) 및/또는 태양광발전단지(20)는 3상 교류를 이용하여 33 kV 전압을 제공할 수 있다. 이 예에서, 상호 연결된 제1 전극(301)의 제1 라인은 제1 상에 연결될 수 있고, 상호 연결된 제2 전극(302)의 제2 라인은 제2 상에 연결될 수 있고, 상호 연결된 제3 전극(303)의 제3 라인은 제3 상에 연결될 수 있다. 이 패턴은 상호 연결된 전극의 제4, 제5, 제6 및 후속 라인에 대해 반복될 수 있다. 다른 구현예에서, 더 낮거나 더 높은 전압(예를 들어, 6 kV, 11 kV, 22 kV, 66 kV), 2상 교류, 또는 심지어 직류가 인가될 수 있다.

[0044] 전극(301, 302, 303)에 전압을 인가하는 것은 전류가 반도체 재료를 통해 직접 연결되지 않은 2개의 인접한 전극 사이에 흐르게 한다. 반도체 재료의 전기 저항률로 인해, 전극층(110)은 이의 옴 저항의 결과로 가열될 것이다. 가장 높은 가열(따라서 가능한 한 최대 800℃ 이상의 온도)이 전극(301, 302, 303) 근처에서 발생할 것으로 예상된다. 반도체 재료의 전기 및 열 전도 특성과 열 저장 용량은 생성된 열이 전극층(110)을 통해 추가로 분배되는 것을 결정할 것이다.

[0045] 열 방출층(120)은 전극층(110)에 인접하게 제공되고, 전극층(110) 및 열 방출층(120)과 상이한 재료를 포함할

수 있는 중간 버퍼층과 직접 접촉하거나 접촉한다. 이러한 열 방출층에 사용되는 재료의 열전도율 및 열 저장 특성은 전극층(110)에서 발생된 열이 효과적으로 전열관(200)으로 전달되도록 한다는 것이다. 열 방출층(120)의 하나의 기능은 소비자에게 허용 가능한 열 공급 변화를 제공하기 위해 재생 가능한 에너지 공급의 일별 또는 시간별 간헐성을 완화한다는 것이다. 열에너지 저장 장치(100)의 기능을 위해, 전열관(200)이 방열층(120)과 밀착되어 효율적으로 열을 교환할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 전열관(200)이 온도 변화의 영향 하에서 수축 및 팽창하는 재료로 이루어진 경우, 열 방출층(120)에 사용되는 재료는 이러한 변화를 수용할 수 있는 것이 바람직하다. 따라서, 전극층(110)은, 분말 등의 느슨한 입자로 구성된 벌크 재료의 사용이 바람직하다.

[0046] 열 방출층(120)에 사용될 수 있는 적합한 재료는 (비전도성) 탄화규소, 모래, 석영, 또는 철광석과 같은 벌크 재료를 포함한다. 전열관(200)이 금속과 같은 전기 전도성 재료로 제조되는 경우, 열 방출층(120)에 사용되는 재료는, 예를 들어, 전열관(200)을 전기적으로 절연하고 이를 통해 흐르는 바람직하지 않은 전류를 방지하기 위해 바람직하게는 전기 전도성이 아니다. 대안적으로, 열 방출층(120)은 전극층(110)에 사용된 것과 동일한 반도체 재료, 또는 다른 전기 전도성 또는 반전도성 재료를 포함할 수 있다. 그러한 경우, 전열관을 통해 흐르는 바람직하지 않은 전류를 방지하기 위해 절연층이 전열관(200)에 적용될 수 있다. 그러나, 이러한 전기 절연층이 열에너지 저장 장치(100)와 관(200)을 통해 흐르는 열전달 유체 사이의 열교환을 크게 방해하지 않는 것이 중요하다. 다른 구현예에서, 전극층(110)과 열 방출층(120) 사이에 전기 절연층이 제공되어 열 방출층(120)에 전기 전도성 재료를 사용할 수 있는 기회를 생성할 수 있다.

[0047] 선택적으로, 열에너지 저장 장치(100)의 총 저장 용량을 더욱 증가시키고 최대 온도를 제어하기 위해 추가적인 버퍼층(130)이 제공된다. 이를 위해, 재료는, 예를 들어, 비용, 열전도율, 및 열 저장 용량을 기반으로 선택된다. 이 버퍼층에 사용하기에 적합한 재료는 (비전도성) 탄화규소, 모래, 석영, 철광석과 같은 벌크 재료, 또는 혼화성 겔 합금(MGA)과 같은 현열과 결합하여 잠열을 저장할 수 있는 재료, 녹지 않는 다공성 또는 벌크 고체와 혼합된 것으로 추정되는 천일염 또는 저융점 금속을 포함한다. 버퍼층(130)은 도 2에서와 같이 2개의 전극층(110) 사이에 끼워질 수 있지만, 인접한 전극층(110) 중 하나 또는 2개를 생략하거나 더 많은 전기 절연층을 추가하는 대안적인 배치도 가능하다.

[0048] 모든 층은 층에서 및/또는 전극(301, 302, 303) 또는 전열관(200) 주위에서 바람직한 특성의 저하 또는 습기 축적을 방지하기 위해, 예를 들어, 질소, 아르곤, 또는 이산화탄소를 사용하여 주기적으로 또는 연속적으로 퍼지될 수 있다.

[0049] 도 3은 도 2의 열에너지 저장 장치에 사용하기 위한 전열관(200)의 예를 도시한다. 전열관(200)은 상호 연결 섹션(240)에 의해 서로 연결되는 복수의 실질적으로 평행한 직선 섹션(230)을 포함한다. 상호 연결 섹션(240)은, 예를 들어, 곡선형, 플랜지형일 수 있거나, 크로스 피팅으로 실행될 수 있다. 사용 시, 예를 들어 물(W)은 입구(210)에서 전열관(200)으로 들어가고, 열교환층(130)으로부터 열을 흡수하면서 관(200) 아래로 유동하며(도 1 참조), 최종적으로 증기(들)로 출구(220)에서 관(200)을 떠난다. 물의 사용이 바람직하지만, 대안적인 열전달 유체가 사용될 수도 있다. 입구(210)로 물을 펌핑하기 위해 펌프(미도시)가 제공될 수 있다. 출구(220)를 떠난 후, 통상적으로 약 350°C 온도의 증기는 하나 이상의 소비자에게 유도될 수 있다. 예를 들어, 소비자는 일부 산업 공정에서 증기를 직접적으로 사용할 수도 있거나, 먼저 증기를 전력으로 변환하기 위해 증기 터빈 발전기를 사용할 수 있다. 선택적으로, 전열관(200)과 소비자는 폐회로를 형성하며, 사용된 증기는 물로 응축되어 전열관(200)의 입구(210)로 다시 펌핑된다.

[0050] 하나 초과인 전열관(200)을 갖는 열에너지 저장 장치(100)에서, 각각의 입구(210)는 그 자신의 열전달 유체 공급부에 연결될 수 있고 열전달 유체는 모든 입구(210)에서 유사한 온도를 가질 수 있다. 대안적으로, 2개 이상의 전열관(200)은 제1 전열관(200)의 출구(220)가 제2 전열관(200)의 입구(210)에 연결되고, 열전달 유체가 열에너지 저장 장치(100)를 떠나 소비자에게 전달되기 전에 2개 이상의 전열관을 통과하도록 상호 연결될 수 있다.

[0051] 전열관(200)은 스테인리스강과 같은 금속으로 제조될 수 있다. 전열관(200)에 사용되는 재료의 중요한 특성은 외부의 열 방출층(120)과 내부의 열전달 유체 사이의 효율적인 열교환을 가능하게 한다는 것이다. 전열관(200)과 열 방출층(120) 사이의 영구적인 접촉은 관에 대해 자유롭게 팽창하거나 수축하는 입상 재료를 사용함으로써 촉진될 수 있다. 상기에 이미 설명된 바와 같이, 관 재료가 전기 전도성이면, 전극(301, 302, 303)으로부터 전열관(200)을 절연하기 위해 일부 형태의 전기 절연이 제공되는 것이 중요하다. 또한, 전열관의 접지 및 접합이 제공될 수 있다.

[0052] 바람직하게는, 전열관(200)의 상호 연결 섹션(240) 중 하나 이상은 직선 섹션(230)으로부터 쉽게 분리될 수 있

고 이에 재장착될 수 있다. 도 2의 구현예에서와 같이, 상호 연결 섹션(240)이 열에너지 저장 장치(100)의 본체로부터 돌출되는 경우, 상호 연결 섹션(240)을 분리하는 것은 전열관(200)의 수평으로 배치된 직선 섹션(230)에 대한 유지 보수 및 검사 접근을 가능하게 한다.

[0053] 도 4는 추가 단열을 갖는 도 2의 열에너지 저장 장치(100)를 도시한다. 바닥 단열층(410)은 열에너지 저장 장치(100)가 배치되는 토양으로의 열 손실을 방지하는 것을 돕는다. 바닥 단열층(410)은 임의의 적합한 단열 재료로 제조될 수 있다. 바람직하게는, 양호한 단열 및 하중 지지 특성을 갖는 저렴한 벌크 재료가 사용된다. 가능한 재료는 모래, 석영, 경석, 또는 화산재가 포함되지만, 이에 제한되지 않는다. 바닥 단열층(410)은, 물과 같은 냉각 유체로 채워져, 그렇지 않으면 열에너지 저장 장치(100) 아래의 토양을 가온했을 열의 일부를 흡수할 수 있는 냉각관(412)을 포함할 수 있다. 냉각관(412)은 전열관(200)과 유사한 재료로 제조될 수 있다. 바람직하게는, 냉각관(412)은 차가운 냉각 유체의 연속적인 공급을 제공하기 위해 펌프에 연결된다. 냉각관(412)은 열전달 유체를 예열하는 데 사용될 수 있도록, 전열관(200)의 입구(210)에 연결될 수 있다.

[0054] 직접적인 환경으로의 과도한 열 손실을 방지하기 위해, 열에너지 저장 장치(100)의 상단에 유사한 상단 단열층(420)이 제공될 수 있다. 상단 단열층(420)은 하단 단열층(410)과 동일하거나 유사한 재료를 포함할 수 있다.

[0055] 도 5는 열에너지 저장 장치(100)의 상이한 구현예의 사시도를 도시한다. 도 4에 도시된 열에너지 저장 장치(100)와의 주요 차이는 임의의 버퍼층(130)을 포함하지 않지만, 전극층(110)과 열 방출층(120)이 교번하는 반복 패턴을 포함한다는 것이다.

[0056] 도 6은 더 추가된 단열을 갖는 도 5의 열에너지 저장 장치(100)를 도시한다. 열에너지 저장 장치(100)의 모든 측면에 단열 슬리브(500)가 적용된다. 이러한 단열 슬리브(500)에 쉽게 이용 가능한 많은 단열 재료가 사용될 수 있다. 예를 들어, 고온에 대한 적합성 때문에 필라이트가 사용될 수 있다. 이러한 단열 슬리브(500)를 추가하는 가능성은 도 5의 구현예에 제한되지 않지만, 도 2 및 도 4의 구현예와 같은 다른 구현예에서도 유리할 수 있다. 열에너지 저장 장치(100)의 면은 벌크 재료의 자연적인 안식각에 따라, 수직 벽을 가질 수 있거나, 벽에 둘러싸이지 않을 수 있다.

[0057] 도 7은 열에너지 저장 장치(100)의 대안적인 구현예의 사시도를 도시한다. 도 8은 외부 단열층(410, 420, 430)이 제거된 도 7의 열에너지 저장 장치(100)의 일부의 확대도를 도시한다. 이 구현예의 많은 특징은 도 2 내지 도 6을 참조하여 상기에 기술된 구현예의 상응하는 특징과 유사하고 동일한 기능을 수행한다. 따라서, 동일한 도면부호는 이러한 상응하는 특징에 대해 사용된다.

[0058] 도 8에서 명확하게 볼 수 있는 바와 같이, 전술된 구현예와의 하나의 중요한 차이는 상이한 층(110, 120, 130, 140)이 실질적으로 수평 배향을 갖는다는 것이다. 이러한 층상 구성의 사용은 성능 및/또는 구성의 용이성 때문에 유리할 수 있지만, 본 발명은 이러한 구성에 제한되지 않는다는 점에 유의해야 한다. 또한, 층이 사용되는 경우, 이들의 배향은 도면에 도시된 실질적으로 수직 또는 수평 배향과 상이할 수 있다. 아마도, 층은 다양한 두께와 상이한 형상을 가질 수 있다. 예를 들어, 상이한 층이 동심원 링으로 제공되는 원통형 열에너지 저장 장치가 제공될 수 있다.

[0059] 도 7 및 도 8의 구현예에서, 제1, 제2 및 제3 전극(301, 302, 303)은, 예를 들어, 상기에 기술된 전기 절연 벌크 재료 중 하나로 채워진, 2개의 실질적으로 수평인 전기 절연층(140) 사이에 샌드위치된 실질적으로 수평인 전극층(110)에서 평행하게 정렬된다. 이러한 전기 절연층(140)의 중요한 기능은 후속 버퍼층(130) 및 열 방출층(120)에 대한 전기 전도성 재료의 사용을 가능하게 한다는 것이다. 버퍼층(130) 및/또는 열 방출층(120)은 동일하거나 상이한 재료로 구성될 수 있다. 도 2 내지 도 6에 설명된 구현예에서 상응하는 층(120, 130)에 대해 상기에 언급된 모든 재료가 이 구현예에서도 사용될 수 있다.

[0060] 열에너지 저장 장치의 설치 공간을 줄이기 위해, 입방미터당 더 큰 열 유속이 바람직하다. 통상적인 비제한적 예에서, 발열 전극층(110)에서 낮과 밤 사이의 최대 온도 변동은 약 100°C(예를 들어, 700°C와 800°C 사이의 순환)이다. 열 방출층(120)의 1차 기능은 소비자에 대한 듀티 출력의 주야간 변화를 완화하는 것이다. 이는 발열 전극층(110)의 온도 변동을 감소시킴으로써 달성될 수 있다.

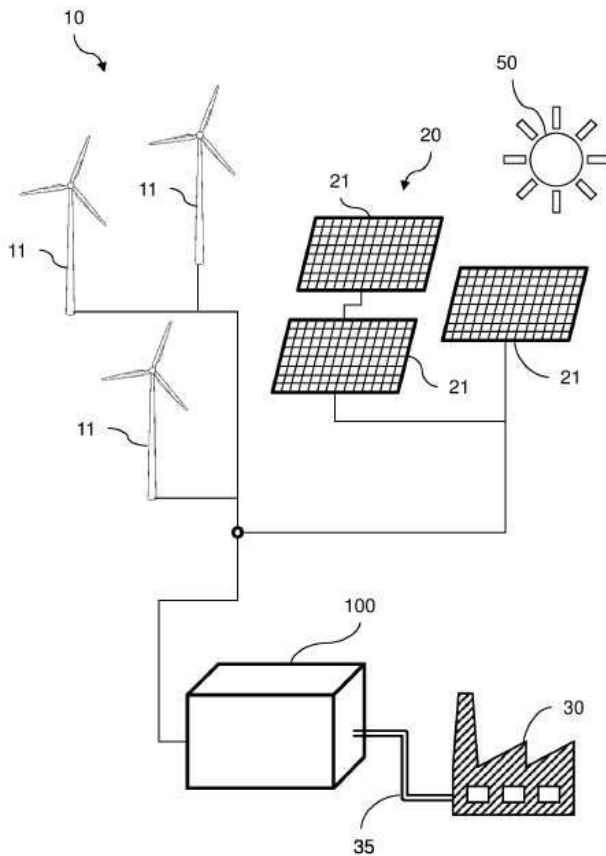
[0061] 이러한 출력 듀티 변동을 더 감소시키거나, 낮과 밤 사이의 발열 전극층(110)의 최대 온도 변동, 예를 들어, 400°C를 더 증가시키기 위해, 하나의 층(120, 130) 또는 둘 모두는 잠열의 형태로 에너지를 저장할 수 있는 상 변화 물질을 포함할 수 있다. 층 구성이 이의 일부가 상을 변화시키는 것과 같은 경우, 예를 들어 가열 사이클 동안 용융시키고 재생 가능한 에너지가 덜 생산되고 층이 냉각될 때 응고시킴으로써, 보다 일정한 온도 버퍼가 얻어진다. 이는 소비자 수요가 적은 기간 동안 증기관의 과열을 방지하는 것을 돕는다.

[0062] 상변화 물질을 사용하는 경우, 상변화 물질은 용융 상태일 때 층(120) 내부에 고정적으로 유지되는 것이 중요하다. 이는, 예를 들어, 저융점 입상을 비용해 벌크 재료(즉, 열에너지 저장 장치(100)의 정상적인 사용 중에 용융을 피할 만큼 충분히 높은 융점을 갖는 벌크 재료)와 혼합함으로써 달성될 수 있다. 가능한 조합은 마그네슘(650℃에서 상변화)과 철(1538℃에서 상변화), 또는 아연(420℃에서 상변화)과 흑연(3600℃에서 상변화), 또는 알루미늄 마그네슘 공융 및 모래, 탄화규소, 철광석 또는 흑연의 순수 또는 혼합물의 50%-50% 혼합물이다. 비용해 성분에 의한 완전한 캡슐화가 달성되거나, 비용해 입자가 제련성 재료의 용융 및 응고 단계 전반에 걸쳐 서로 하중 지지 접촉을 유지하고 저융점 상이 불투수층에 의해 모든 면 상에서 둘러싸이는 경우, 다른 층으로의 누출은 방지된다. 금속을 포함하는 상변화 물질은 전기 전도성이면서, 전극층(110)과 증기관(200) 사이의 전기적 절연을 위해 전기 절연층(140)이 제공된다.

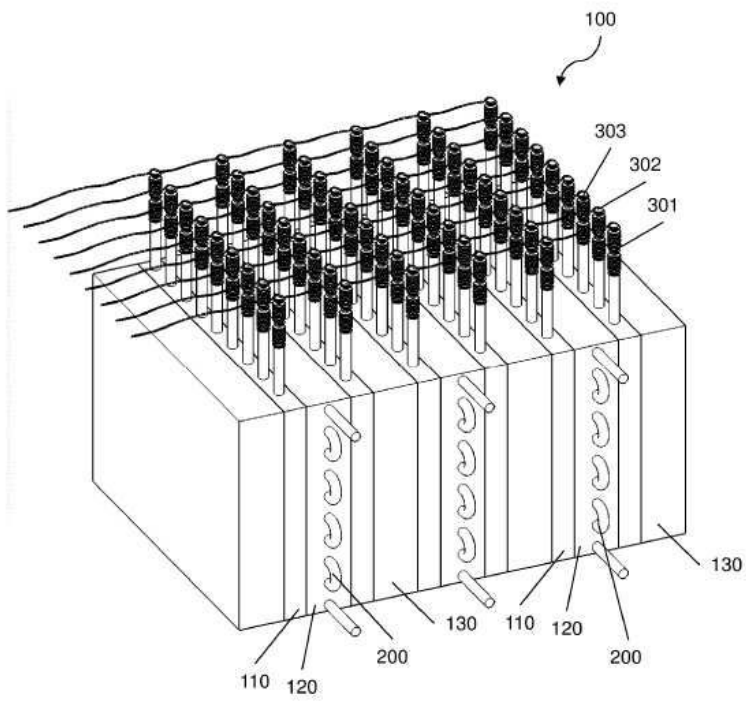
[0063] 당업자는 본 발명의 상세한 설명이 하나 이상의 구현예를 참조하여 예시되었지만, 각각은 특징 및 조치의 특정 조합을 갖고, 이러한 특징 및 조치 중 다수는 동등하거나 유사하게 다른 구현예 또는 조합에 독립적으로 적용될 수 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다. 또한, 당업자는 본 발명 및 이의 교시가 첨부된 청구범위의 범위를 벗어나지 않고 다양한 방식으로 수행될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

도면

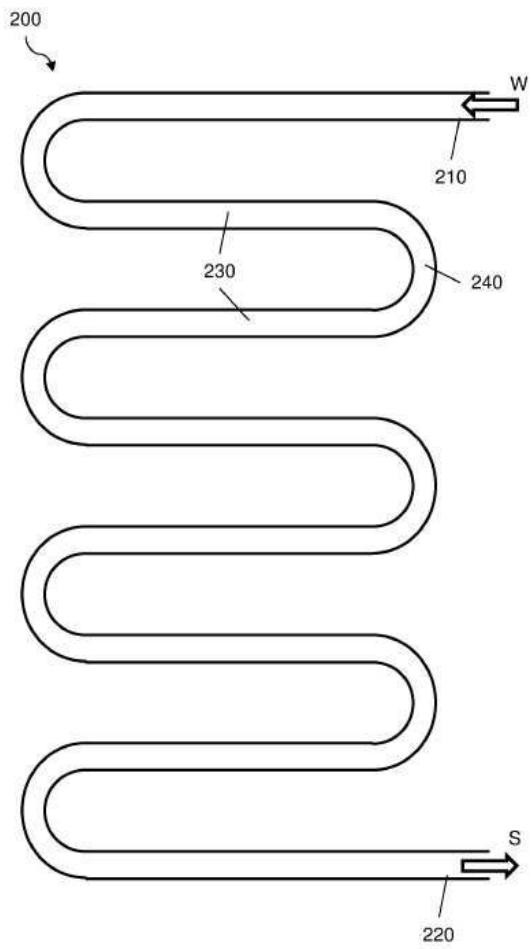
도면1



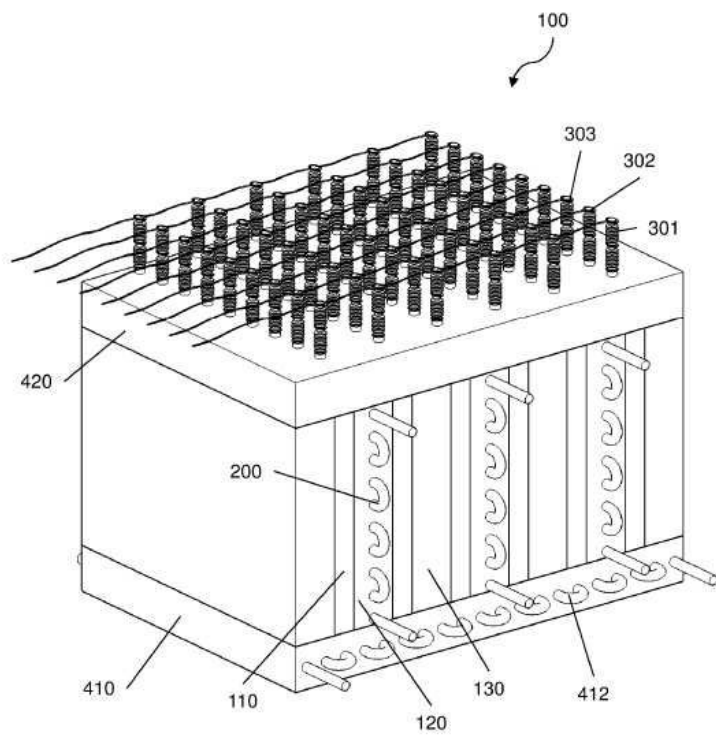
도면2



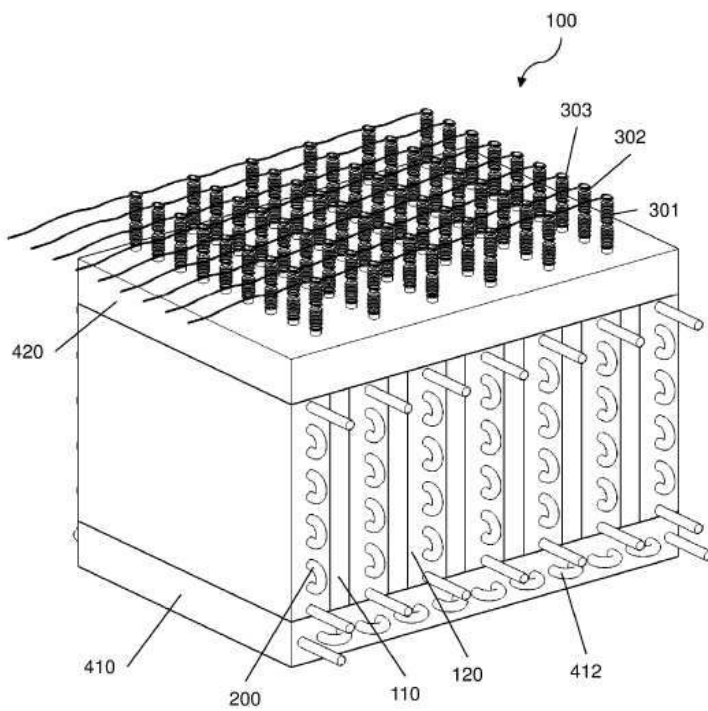
도면3



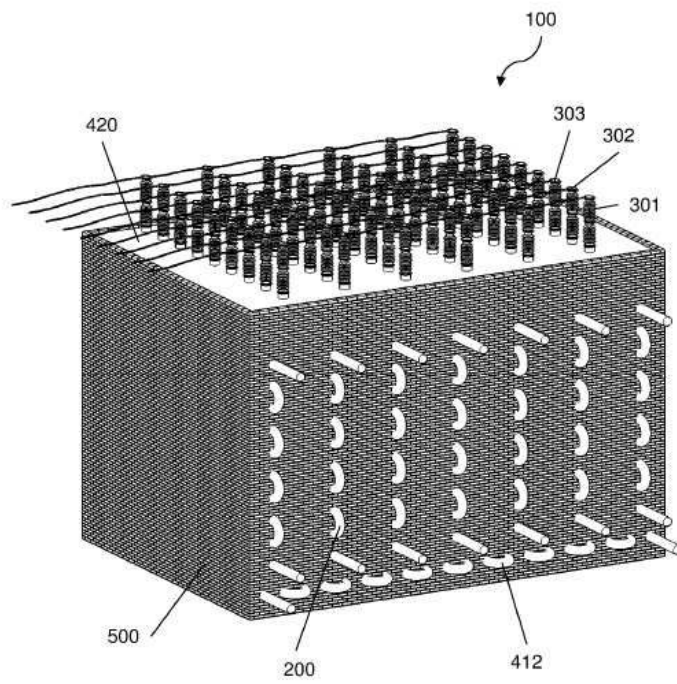
도면4



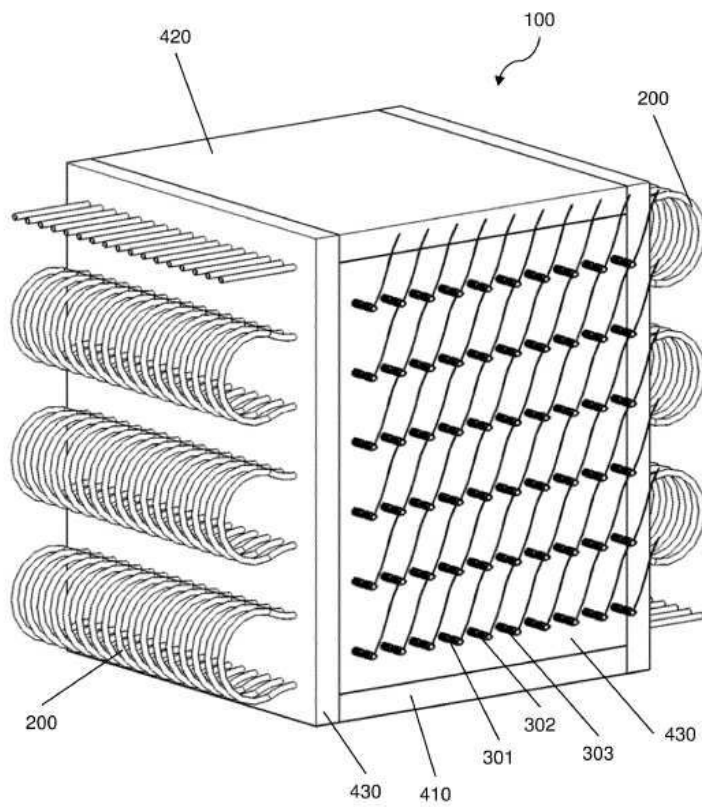
도면5



도면6



도면7



도면8

