



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0173126
(43) 공개일자 2023년12월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 19/12 (2006.01) B01J 35/00 (2006.01)
C01B 13/02 (2006.01) C01B 3/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 19/127 (2013.01)
B01J 35/004 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7038159
(22) 출원일자(국제) 2022년04월05일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년11월06일
(86) 국제출원번호 PCT/AU2022/050300
(87) 국제공개번호 WO 2022/213145
국제공개일자 2022년10월13일
(30) 우선권주장
2021900997 2021년04월06일 오스트레일리아(AU)

(71) 출원인
더 유니버시티 오브 아델라이드
오스트레일리아 5005 사우스 오스트레일리아 아델라이드 노스 테라스
플린더스 유니버시티
오스트레일리아 5042 사우스 오스트레일리아 베드포드 파크 스타트 로드
(72) 발명자
메타, 그레고리
오스트레일리아 5005 사우스 오스트레일리아 아델라이드 노스 테라스 더 유니버시티 오브 아델라이드
알비노, 제이슨
오스트레일리아 5005 사우스 오스트레일리아 아델라이드 노스 테라스 더 유니버시티 오브 아델라이드
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이처영, 장제환

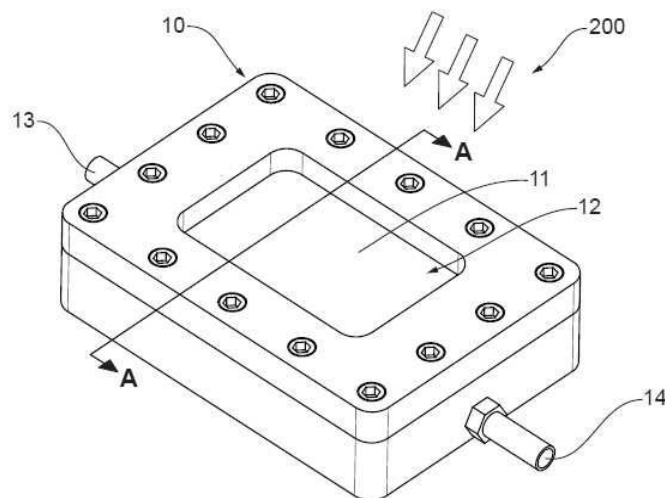
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 광촉매 장치

(57) 요약

본 발명은 고에너지 성분(예: 가시광선을 포함하는 자외선 또는 UV) 및 저에너지 성분(예: 가시광선을 포함하는 적외선 또는 IR)의 스펙트럼을 모두 포함하는 방사선원을 사용하여 액체 또는 기체 형태의 수소 및 산소를 생산하기 위해 광촉매로 H₂O를 분해하는 장치 및 방법에 관한 것이다. 즉, 상기 장치와 방법은 모두 H₂O를 분해하기 위해 방사선원의 전체 또는 전체 스펙트럼을 활용하거나 포함한다. 상기 장치와 방법 모두 광촉매로 H₂O를 분해하기 위해 창(window)을 통해 방사선원에서 광촉매로 방사선을 향하도록 배열 및 구성된 적어도 하나의 광학 소자를 포함하는 방사선 농축기 어셈블리(radiation concentrator assembly)를 활용한다. 생성된 수소와 산소는 이후 저장되어 연료원(fuel source)으로 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C01B 13/0207 (2013.01)

C01B 3/042 (2013.01)

B01J 2219/00094 (2013.01)

B01J 2219/00162 (2013.01)

B01J 2219/0871 (2013.01)

B01J 2219/0875 (2013.01)

B01J 2219/0877 (2013.01)

B01J 2219/0884 (2013.01)

B01J 2219/0892 (2013.01)

(72) 발명자

앤더슨, 군터

오스트레일리아 5005 사우스 오스트레일리아 아델
라이드 노스 테라스 더 유니버시티 오브 아델라이
드

오즈본, 디.제이.

오스트레일리아 5005 사우스 오스트레일리아 아델
라이드 노스 테라스 더 유니버시티 오브 아델라이
드

명세서

청구범위

청구항 1

방사선원(radiation source)을 사용하여 H_2O 를 광촉매로 분해하는 장치로,

상기 장치는 광촉매로 분해될 H_2O 를 수용하기 위한 반응 용기 및 방사선 농축기 어셈블리(concentrator assembly)를 포함하고,

상기 반응 용기는

상기 방사선원으로부터 상기 반응 용기로 방사선을 수용하기 위한 창(window);

상기 반응 용기로 H_2O 를 수용하기 위한 주입구;

방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치되어, 사용 시 방사선 흡수 입자가 방사선을 흡수하고 H_2O 를 수소 및 산소로 광촉매적으로 분해시키는 광촉매; 및

상기 반응 용기로부터 수소 및 산소를 배출하기 위한 배출구를 포함하며,

상기 방사선 농축기 어셈블리는

방사선을 상기 창으로 향하도록 배열 및 구성된 적어도 하나의 광학 소자를 포함하는, 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매로 분해하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 창은 길쭉하고(elongate), 길쭉한 방향은 상기 주입구에서 상기 배출구까지 H_2O 의 유동 경로에 수직(perpendicular)인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 광촉매는 길쭉한 창과 동일한 방향으로 길고, 상기 방사선 농축기 어셈블리는 창의 길쭉한 방향과 평행(parallel)하고, H_2O 유동 경로에 수직인 세로(longitudinal) 방향으로 연장되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 H_2O 및 광촉매적으로 분해된 수소와 산소는 광촉매에 의해 상기 창으로부터 분리되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 사용 시, 상기 H_2O 는 광촉매적으로 분해된 수소와 산소가 상기 창을 통해 광촉매에 의해 흡수된 방사선을 방해(impede)하지 않도록 상기 반응 용기를 통해 전달되는(directed) 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 창은 반응 용기의 하부에 위치하고, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 반응 용기의 하부에서 창으로 방사선을 방출하도록 배열되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 창은 적외선(IR) 반사 코팅으로 코팅된 외부 표면을 포함하고, 사용 시, 상기 적외선(IR) 반사 코팅은 반응 용기 내의 온도를 낮추는 역할을 하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 창은 업컨버전(upconversion) 코팅으로 코팅된 외부 표면을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 업컨버전 코팅은 지향된 방사선의 장파장을 단파장으로 변환하도록 작용하는 것으로 하는 장치.

청구항 10

제7항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 용기는 반응 용기의 후방 또는 측면으로부터 바깥쪽으로 연장되는 하나 이상의 핀을 추가로 포함하고, 사용 시, 하나 이상의 핀과 적외선(IR) 반사 코팅은 반응 용기 내의 온도를 낮추는 역할을 하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방사선원은 고에너지 성분 및 저에너지 성분 모두로 구성된 스펙트럼을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 방사선원은 태양 복사(solar radiation)이고, 상기 스펙트럼은 가시광선을 포함하는 자외선(UV) 성분 및 적외선(IR) 성분 모두의 전체 태양 스펙트럼을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 적외선(IR) 성분은 태양 스펙트럼의 적어도 부분적으로 가시광선을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 창은 고에너지 성분 및 저에너지 성분 모두의 스펙트럼을 포함하는 방사선원으로부터 반응 용기 내로 방사선을 수용하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제14항에 있어서, 사용 시, 상기 방사선 흡수 입자는 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위한 스펙트럼의 고에너지 성분을 흡수하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제14항 또는 제15항에 있어서, 사용 시, 상기 스펙트럼의 저에너지 성분은 광촉매적으로 분해되는 H_2O 의 온도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

제14항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서, 사용 시, 스펙트럼의 저에너지 성분은 H_2O 가 방사선 흡수 입자에 의해 광촉매적으로 분해되는 속도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방사선 농축기 어셈블리는 복수의 광학 소자를 포함하고, 각각의 광학 소자는 방사선원으로부터의 방사선을 반사하고 집중시키기 위한 하나 이상의 반사기(reflectors)를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 하나 이상의 반사기는 방사선원의 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두를 반사하고 집중시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서, 상기 광학 소자는 선형 프레넬 반사기(Linear Fresnel Reflectors, LFR)인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 창은 길쭉하고, 상기 LFR은 창을 길쭉한 길이를 따라 방사선원으로부터의 방사선을 지향하는(direct) 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 22

제18항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 소자는 포물선형 트로프(parabolic troughs)이고, 상기 창은 길쭉하며, 상기 포물선형 트로프는 상기 창을 길쭉한 길이를 따라 방사선원으로부터 방사선을 지향시키기 위한 오목한 형상으로 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 23

제18항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 소자는 방사선원을 추적하도록 위치 지정 및 조정 가능하며, 사용 시 방사선 농축기 어셈블리의 광학 소자는 창으로 향하는 고에너지 및 저에너지 성분을 모두 포함하

는 방사선원 및 스펙트럼의 방사선을 최대화하도록 배치 및 조정되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 24

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 각각의 광학 소자는 방사선원으로부터의 방사선을 굴절시키고 집중시키기 위하여 하나 이상의 굴절기(refractors)를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 하나 이상의 굴절기는 방사선원의 고에너지 및 저에너지 성분 모두를 굴절시키고 집중시키는 하나 이상의 수렴(converging) 렌즈인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 26

제1항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 용기는 재킷에 의해 둘러싸여 있고, 상기 재킷은 냉각 유체가 재킷을 통해 흘러 반응 용기를 냉각시킬 수 있도록 하나 이상의 주입 포트와 하나 이상의 대응하는 배출 포트를 포함하며, 사용 시, 상기 냉각 유체는 반응 용기에 의해 가열되고 가열된 유체 부산물로 사용하기 위해 하나 이상의 배출 포트의 하류로 향하게 되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 27

방사선원(radiation source)을 사용하여 H_2O 를 광촉매로 분해하는 장치로,

상기 장치는 광촉매로 분해될 H_2O 를 수용하기 위한 반응 용기 및 방사선 농축기 어셈블리(concentrator assembly)를 포함하고,

상기 반응 용기는

상기 방사선원으로부터 상기 반응 용기로 방사선을 수용하기 위한 창으로, 상기 반응 용기의 하부에 위치하는 창;

반응 용기로 H_2O 를 수용하기 위한 주입구;

방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치되어, 사용 시 방사선 흡수 입자가 방사선을 흡수하고 H_2O 를 수소 및 산소로 광촉매적으로 분해시키는 광촉매; 및

반응 용기로부터 수소 및 산소를 배출하기 위한 배출구를 포함하며,

상기 방사선 농축기 어셈블리는

방사선을 창으로 향하게 하도록 배열 및 구성된 적어도 하나의 광학 소자를 포함하고,

사용 시, 상기 H_2O 는 광촉매적으로 분해된 수소와 산소가 창을 통해 광촉매에 의해 흡수된 방사선을 방해(impede)하지 않도록 반응 용기를 통해 전달되는(directed) 것을 특징으로 하는, 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매로 분해하는 장치.

청구항 28

방사선원(radiation source)을 사용하여 H_2O 를 광촉매로 분해하는 장치로,

상기 장치는 반응 용기 및 방사선 농축기 어셈블리(concentrator assembly)를 포함하고,

상기 반응 용기는

반응 용기로 H_2O 를 수용하기 위한 주입구;

방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치되어, 사용 시 방사선 흡수 입자가 방사선을 흡수하고 H_2O 를 수소 및 산소로 광촉매적으로 분해시키는 광촉매; 및

반응 용기로부터 수소 및 산소를 배출하기 위한 배출구;

주입구에서 배출구까지 H_2O 의 유동 경로에 수직 방향으로 길쭉한 창으로, 방사선원으로부터 반응 용기 내로 방사선을 수용하는 길쭉한 창을 포함하며,

상기 방사선 농축기 어셈블리는 창의 길쭉한 방향과 평행한 길이 방향으로 연장되고,

방사선을 길쭉한 창 위로 향하게 하도록 배열 및 구성된 적어도 하나의 광학 소자를 포함하는, 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매로 분해하는 장치.

청구항 29

하기 단계를 포함하는, 방사선원(radiation source)을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하는 방법:

(a) 반응 용기 내에 배치된 방사선 흡수 입자를 포함하는 광촉매를 포함하는 반응 용기의 주입구를 통해 H_2O 가 유입되는 단계;

(b) 방사선 농축기 어셈블리를 사용하여 방사선원으로부터 고에너지 성분과 저에너지 성분을 포함하는 스펙트럼을 포함하는 방사선을 집중시키고, 반응 용기에서 H_2O 의 흐름 경로에 수직인 방향으로 연장되는 길쭉한 창 위로 집중된 방사선을 지향시키는 단계;

(c) 방사선 흡수 입자가 스펙트럼의 고에너지 성분을 흡수하여 H_2O 를 수소와 산소로 광촉매적으로 분해하고, 스펙트럼의 저에너지 성분이 반응 용기 내 H_2O 의 온도를 증가시키는 길쭉한 창을 통해 H_2O 와 광촉매를 모두 집중된 방사선에 노출시키는 단계; 및

(d) 반응 용기의 배출구를 통해 생성된 수소와 산소를 배출하는 단계.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원

[0002] 본 출원은 "광촉매 장치"라는 명칭으로 2021년 4월 6일에 출원된 호주 가특허 출원번호 제2021900997호에 대한 우선권을 주장하며, 그 내용은 그 전체가 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 발명은 광촉매를 이용한 수소 생산 분야에 관한 것이다. 특정 실시예에서, 본 발명은 방사선원(radiation source)을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해함으로써 수소를 생산하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 현재, 전 세계 에너지(예: 산업 에너지 및 운송 에너지)의 약 90%가 화석 연료 에너지원에서 파생되는데, 그 이유는 화석 연료 에너지원이 경제적인 경제성과 가용성을 제공하기 때문이다. 그러나 에너지 수요 증가, 인구 증가 및 환경에 대한 관심 증가로 인해 세계 경제는 고갈되는 화석 연료 에너지원과 현재의 화석 연료 수요를 대체하기 위해 재생 가능한 에너지원으로서의 변화의 필요성을 인식하였다.

[0006] 많은 연구자들과 혁신자들의 초점은 에너지 생산을 위한 대체 방법(예: 수력 발전, 풍력 발전, 지열 및 태양열 발전)을 설계하는 것이었지만, 이러한 대체 방법 중 일부는 종종 효율성과 적용 가능성을 감소시키는 많은 실제

적인 한계를 가지고 있다(예: 생산된 에너지의 개발, 유지 관리 및 저장과 관련된 높은 비용).

[0007] 대체 에너지원인 태양 에너지는 화석 연료를 대체할 수 있는 가장 유망한 후보로 종종 간주된다. 물(H_2O)을 광촉매적으로 분해하기 위해 태양 에너지를 사용하는 것은 깨끗하고 저장 가능한 방식으로 연료로 사용할 수소를 생산하는 유망하고 간단한 전략이다. 현재 이용 가능한 광촉매 H_2O 분해 기술에서는 수소(H_2)와 산소(O_2) 발생 반응이 광촉매를 통해 일어나고 H_2 연료가 배출구에 포집되거나 저장된다. 그러나 이러한 기존 기술은 태양광의 낮은 에너지 밀도로 인해 태양광에서 수소로의 출력(STH)이 낮을 뿐만 아니라 확장성 측면에서도 어려움을 겪고 있다. 따라서, 위에서 언급한 이와 관련된 문제를 극복하고 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위해 태양 에너지를 사용할 수 있는 장치 및 방법을 제공할 필요가 있다.

[0008] 본 발명은 이러한 배경과 그에 관련된 문제점 및 어려움을 고려하여 개발되었다.

발명의 내용

[0009] 본 발명의 실시예는 액체 또는 기체 형태의 H_2O 를 광촉매적으로 분해하여 고에너지 성분과 저에너지 성분을 모두 포함하는 스펙트럼을 포함하는 방사선원을 사용하여 수소와 산소를 생성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0010] 본 발명의 제1 측면에 따르면, 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위한 장치가 제공되며, 이 장치는 광촉매적으로 분해될 H_2O 를 수용하는 반응 용기 및 방사선 농축기 어셈블리를 포함한다. 상기 반응 용기는 방사선원으로부터 반응 용기로 방사선을 수용하기 위한 창, 반응 용기로 H_2O 를 수용하기 위한 주입구, 방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치된 광촉매로, 사용 시 방사선 흡수 입자가 방사선을 흡수하고 H_2O 를 수소 및 산소로 광촉매적으로 분해시키는 광촉매; 반응 용기로부터 수소 및 산소를 배출하기 위한 배출구를 포함하며; 및 상기 방사선 농축기 어셈블리는 방사선을 창으로 향하도록 배열 및 구성된 적어도 하나의 광학 소자를 포함한다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 창은 길쭉하고(elongate), 길쭉한 방향은 주입구에서 배출구까지 H_2O 의 유동 경로에 수직(perpendicular)이다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 창은 길쭉한 길이는 주입구에서 배출구까지의 길이보다 길다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 광촉매는 길쭉한 창과 동일한 방향으로 길고, 방사선 농축기 어셈블리는 창은 길쭉한 방향과 평행(parallel)하고, H_2O 유동 경로에 수직인 세로(longitudinal) 방향으로 연장된다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 H_2O 와 광촉매적으로 분리된 수소와 산소는 광촉매에 의해 창으로부터 분리된다.

[0015] 일 실시예에서, 사용 시, 상기 H_2O 는 광촉매적으로 분리된 수소와 산소가 창을 통해 광촉매에 의해 흡수되는 방사선을 방해하지 않도록 반응 용기를 통해 전달된다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 창은 반응 용기의 하부에 위치하고, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 반응 용기의 하부에서 창으로 방사선을 방출하도록 배열된다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 반응 용기는 창과 광촉매 사이에 채널을 추가로 포함하며, 여기서 채널은 창과 광촉매 사이에 H_2O 를 함유하도록 크기 및 형상이 지정된다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 채널의 두께는 창과 광촉매 사이에서 1 mm 미만이다. 대안적인 실시예에서, 채널의 두께는 창과 광촉매 사이에서 1 mm보다 더 크다.

[0019] 일 실시예에서, 상기 창은 적외선(IR) 반사재로 코팅된 외부 표면을 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 창은 업컨버전(upconversion) 코팅으로 코팅된 외부 표면을 포함한다.

[0020] 일 실시예에서, 상기 업컨버전 코팅은 지향된 방사선으로부터 장파장을 단파장으로 변환하도록 작용하고, 적외선(IR) 반사 코팅은 반응 용기 내의 온도를 감소시키도록 작용한다.

[0021] 일 실시예에서, 상기 반응 용기는 반응 용기의 후방 또는 측면으로부터 바깥쪽으로 연장되는 하나 이상의 핀을 추가로 포함하며, 사용 시, 하나 이상의 핀과 적외선(IR) 반사 코팅은 반응 용기 내의 온도를 감소시키도록 작용한다.

- [0022] 일 실시예에서, 상기 방사선원은 태양 복사, 열 복사 또는 전자기 복사 중 하나 이상이다.
- [0023] 일 실시예에서, 상기 방사선원은 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두를 포함하는 스펙트럼을 포함한다.
- [0024] 일 실시예에서, 상기 고에너지 성분은 가시광선을 포함하는 자외선(UV) 성분이고, 저에너지 성분은 가시광선을 포함하는 적외선(IR) 성분이다.
- [0025] 일 실시예에서, 상기 방사선원은 태양 방사선이고, 스펙트럼은 가시광선을 포함하는 자외선(UV) 성분과 가시광선을 포함하는 적외선(IR) 성분 모두의 전체 태양 스펙트럼을 포함한다.
- [0026] 일 실시예에서, 상기 창은 고에너지 성분 및 저에너지 성분 모두의 스펙트럼을 포함하는 방사선원으로부터 반응 용기 내로 방사선을 수용하도록 구성된다.
- [0027] 일 실시예에서, 사용 시, 상기 방사선 흡수 입자는 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위한 스펙트럼의 고에너지 성분을 흡수한다.
- [0028] 일 실시예에서, 사용 시, 상기 스펙트럼의 낮은 에너지 성분은 광촉매적으로 분해되는 H_2O 의 온도를 증가시킨다.
- [0029] 일 실시예에서, 사용 시, 상기 스펙트럼의 저에너지 성분은 H_2O 가 방사선 흡수 입자에 의해 광촉매적으로 분해되는 속도를 증가시킨다.
- [0030] 일 실시예에서, 상기 방사선 농축기 어셈블리는 복수의 광학 소자를 포함하고, 각각의 광학 소자는 방사선원으로부터의 방사선을 반사하고 집중시키기 위한 하나 이상의 반사기(reflectors)를 포함한다. 대안적인 실시예에서, 방사선 농축기 어셈블리는 복수의 광학 소자를 포함하며, 각각의 광학 소자는 방사선원으로부터의 방사선을 굴절시키고 집중시키는 하나 이상의 굴절기(refractors)를 포함한다.
- [0031] 일 실시예에서, 상기 하나 이상의 반사기는 방사선원의 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두를 반사하고 집중시킨다. 대안적인 실시예에서, 하나 이상의 굴절기는 방사선원의 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두를 굴절시키고 집중시킨다.
- [0032] 일 실시예에서, 상기 하나 이상의 굴절기는 하나 이상의 수렴 렌즈이다.
- [0033] 일 실시예에서, 상기 광학 소자는 선형 프레넬 반사기(Linear Fresnel Reflectors, LFR)이다.
- [0034] 일 실시예에서, 상기 창은 길쭉하고, LFR은 창이 길쭉한 길이를 따라 방사선원으로부터 방사선의 선형 빔(linear beam)을 지향시킨다.
- [0035] 일 실시예에서, 상기 광학 소자는 포물선형 트로프(parabolic troughs)이고, 창은 길쭉하며, 상기 포물선형 트로프는 창이 길쭉한 길이를 따라 방사선원으로부터 방사선의 선형 빔을 지향시키기 위한 오목 형상을 포함한다.
- [0036] 일 실시예에서, 상기 광학 소자는 방사선원을 추적하도록 위치 지정 및 조정 가능하며, 사용 시 방사선 농축기 어셈블리의 광학 소자는 창으로 향하는 고에너지 및 저에너지 성분을 모두 포함하는 방사선원 및 스펙트럼의 방사선을 최대화하도록 배치 및 조정된다.
- [0037] 일 실시예에서, 상기 방사선원은 태양이다.
- [0038] 일 실시예에서, 상기 방사선 농축기 어셈블리는 반응 용기 내에서 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위해 창이 고에너지 및 저에너지 성분 모두의 전체 태양 스펙트럼을 수용하도록 태양으로부터의 방사선을 반사하고 집중시킨다.
- [0039] 일 실시예에서, 상기 방사선 농축기 어셈블리는 사용 중에 창에 의해 수신된 반사 스펙트럼이 하나의 태양보다 큰 고에너지 성분과 저에너지 성분을 모두 포함하도록 태양으로부터의 복사선을 증폭시킨다.
- [0040] 일 실시예에서, 상기 장치는 산소로부터 수소를 분리하기 위한 분리기(separator)를 추가로 포함한다.
- [0041] 일 실시예에서, 상기 분리기는 반응 용기의 배출구와 유체 연통한다.
- [0042] 일 실시예에서, 상기 H_2O 는 액체상, 기체상, 또는 둘 다이다.
- [0043] 일 실시예에서, 상기 방사선 흡수 입자는 방사선을 흡수하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해할 수 있는 미세 입자, 나노 입자 또는 피코 입자 중 하나 이상을 포함한다.

- [0044] 일 실시예에서, 상기 방사선 흡수 입자는 반도체이다.
- [0045] 일 실시예에서, 상기 방사선 흡수 입자는 방사선 흡수 재료이다.
- [0046] 일 실시예에서, 상기 상기 반응 용기는 재킷에 의해 둘러싸여 있고, 상기 재킷은 냉각 유체가 재킷을 통해 흘러 반응 용기를 냉각시킬 수 있도록 하나 이상의 주입 포트와 하나 이상의 대응하는 배출 포트를 포함하며, 사용 시, 상기 냉각 유체는 반응 용기에 의해 가열되고, 가열된 유체 부산물로 사용하기 위해 하나 이상의 배출 포트의 하류로 향하게 된다.
- [0047] 일 실시예에서, 상기 반응 용기는 가압된다.
- [0048] 본 발명의 제2 측면에 따르면, 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위한 장치가 제공되며, 이 장치는 광촉매적으로 분해될 H_2O 를 수용하는 반응 용기 및 방사선 농축기 어셈블리를 포함한다. 상기 반응 용기는 방사선원으로부터 반응 용기로 방사선을 수용하기 위한 창으로, 상기 반응 용기의 하부에 위치하는 창; 반응 용기로 H_2O 를 수용하기 위한 주입구; 방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치된 광촉매로, 사용 시 방사선 흡수 입자가 방사선을 흡수하고 H_2O 를 수소 및 산소로 광촉매적으로 분해시키는 광촉매; 반응 용기로부터 수소 및 산소를 배출하기 위한 배출구를 포함하며, 상기 방사선 농축기 어셈블리는 방사선을 창으로 향하게 하도록 배열 및 구성된 적어도 하나의 광학 소자를 포함하고, 및 사용 시, 상기 H_2O 는 광촉매적으로 분리된 수소와 산소가 창을 통해 광촉매에 의해 흡수된 방사선을 방해(impede)하지 않도록 반응 용기를 통해 전달(directed)된다.
- [0049] 본 발명의 추가 측면에 따르면, 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위한 장치가 제공되며, 이 장치는 반응 용기 및 방사선 농축기 어셈블리를 포함한다. 상기 반응 용기는 반응 용기로 H_2O 를 수용하기 위한 주입구; 방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치된 광촉매로, 사용 시 방사선 흡수 입자가 방사선을 흡수하고 H_2O 를 수소 및 산소로 광촉매적으로 분해시키는 광촉매; 반응 용기로부터 수소 및 산소를 배출하기 위한 배출구; 주입구에서 배출구까지 H_2O 의 유동 경로에 수직 방향으로 길쭉한 창으로, 방사선원으로부터 반응 용기 내로 방사선을 수용하는 길쭉한 창을 포함하며, 및 상기 방사선 농축기 어셈블리는 창의 길쭉한 방향과 평행한 길이 방향으로 연장되고, 방사선을 길쭉한 창 위로 향하게 하도록 배열 및 구성된 적어도 하나의 광학 소자를 포함한다.
- [0050] 본 발명의 또 하나의 측면에 따르면, 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하는 방법이 제공되며, 상기 방법은 (a) 방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치된 광촉매를 포함하는 반응 용기의 주입구를 통해 H_2O 가 유입되는 단계; (b) 방사선 농축기 어셈블리를 사용하여 방사선원으로부터 고에너지 성분과 저에너지 성분을 포함하는 스펙트럼을 포함하는 방사선을 집중시키고, 반응 용기에서 H_2O 의 흐름 경로에 수직인 방향으로 연장되는 길쭉한 창 위로 집중된 방사선을 지향시키는 단계; (c) 방사선 흡수 입자가 스펙트럼의 고에너지 성분을 흡수하여 H_2O 를 수소와 산소로 광촉매적으로 분해하고, 스펙트럼의 저에너지 성분이 반응 용기 내 H_2O 의 온도를 증가시키는 길쭉한 창을 통해 H_2O 와 광촉매를 모두 집중된 방사선에 노출시키는 단계; 및 (d) 반응 용기의 배출구를 통해 생성된 수소와 산소를 배출하는 단계를 포함한다.
- [0051] 일 실시예에서, 상기 배출구에서 배출된 수소와 산소는 후속적으로 배출구와 유체 연통하는 분리기에서 분리된다.
- [0052] 일 실시예에서, 상기 방사선원은 태양이고, 방사선은 태양 조사(irradiation)이고, 스펙트럼은 태양 스펙트럼이다.
- [0053] 일 실시예에서, 상기 고에너지 성분은 가시광선을 포함하는 자외선(UV)이고, 저에너지 성분은 가시광선을 포함하는 적외선(IR)이다.
- [0054] 일 실시예에서, 상기 방사선 농축기 어셈블리는 사용 시, 창에 의해 수신된 반사 스펙트럼이 하나의 태양보다 큰 고에너지 성분과 저에너지 성분을 모두 포함하도록 태양으로부터의 태양 복사선을 증폭시킨다.
- [0055] 본 발명의 추가적인 측면에 따르면, 수소 및 산소를 생산하는 방법을 제공하며, 상기 방법은 방사선 흡수 입자를 포함하는 반응 용기 내에 배치된 광촉매를 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해시키는 단계, 및 광촉매 반응에

서 방사선원에서 방출되는 고에너지 및 저에너지 성분을 모두 활용하기 위해 방사선 농축기 어셈블리를 사용하여 방사선원을 광촉매와 H_2O 모두에 농축시키는 단계를 포함한다.

[0056] 본 발명의 추가적인 측면에 따르면, H_2O 로부터 수소 및 산소를 생산하는 방법을 제공하며, 상기 방법은 방사선 흡수 입자의 광촉매를 포함하는 반응 용기를 통해 H_2O 가 유입되는(flowing) 단계, 및 방사선 농축기 어셈블리를 사용하여 소스(source)로부터 고에너지 및 저에너지 성분의 스펙트럼을 포함하는 방사선을 반응 용기의 창 및 그에 따른 광촉매 및 H_2O 에 집중시키는 단계를 포함하며, 여기서 방사선 흡수 입자는 스펙트럼의 고에너지 성분을 흡수하여 H_2O 를 광촉매적으로 수소 및 산소로 분해하고, 스펙트럼의 저에너지 성분은 반응 용기 내 H_2O 의 온도를 증가시킨다.

[0057] 일 실시예에서, 상기 H_2O 는 폐수 또는 다른 공정의 물 부산물과 같은 더러운 물이다.

[0058] 일 실시예에서, H_2O 는 증류되고, 정제되어, 스펙트럼의 저에너지 성분 때문에 증가된 온도에 의해 기상으로 존재하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0059] 본 발명의 실시예는 첨부 도면을 참조하여 논의될 것이다.

도 1은 방사선원을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위한 장치의 개략적인 사시도이다.

도 2는 복수의 냉각 핀의 개략적인 사시도이다.

도 3은 도 1 및 도 2의 장치와 함께 사용하기 위한 압력 조절기 및 유디오미터(eudiometer)의 측면도이다.

도 4는 소스(source)로부터의 지향된 방사선에 대해 반응 용기가 연장되는 장치 및 방향을 예시하는 도 1의 대안적인 개략 사시도이다.

도 5는 H_2O 소스에 연결된 복수의 선형 프레넬 반사기(Linear Fresnel Reflector) 시스템과 함께 사용되는 도 1 내지 도 4의 복수의 장치의 예이다.

도 6은 상기 도면 중 어느 하나의 장치에 대한 방사선원(source)으로서 사용될 수 있는 태양 스펙트럼의 스펙트럼 부분(즉, 성분)을 도시하는 그래프이다.

도 7은 도 1 및 도 4 중 어느 하나의 장치를 사용하여 증가하는 온도에서 H_2 (가스) 생성 속도를 예시하는 그래프이다.

도 8은 도 1 및 도 4 중 어느 하나의 장치를 사용하여 증가하는 온도에서 H_2 및 O_2 발생 속도를 예시하는 그래프이다.

도 9는 선형 관계가 존재한다는 가정하에 아레니우스 관계(Arrhenius Relationship)에 따라 증가하는 온도에서 H_2 가스 발생 속도를 예시하는 그래프이다.

도 10은 장치가 반응 용기의 아래쪽에 배치된 창을 포함하는 장치의 대안적인 실시예이다.

도 11은 도 1의 A-A 선을 따른 장치의 단면도이다.

도 12는 (위의 도면 중 어느 하나의) 광촉매의 반응이 방사선원으로부터의 증가된 방사선에 대해 선형인 것을 예시하는 그래프이다.

도 13A는 도 10의 한 쌍의 장치를 포함하는 수신기 어셈블리를 도시하는 개략도이며, 각 장치는 복수의 광학 소자를 포함하는 방사선 농축기 어셈블리가 배열되는 수평에 대해 각도를 이루고 있다.

도 13B는 도 13A의 수신기의 상세한 개략도이다.

도 14는 도 1 및 도 4 중 어느 하나의 장치를 이용하여 시간 단위로 측정된 광자속(photon flux)에 대한 H_2 가스 발생률을 도시한 그래프이다.

다음의 설명에서, 동일한 참조 부호는 도면 전반에 걸쳐 동일하거나 대응하는 부분을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0060] 도면 중 어느 하나를 참조하면, 고에너지 성분(예: 가시광선을 포함하는 자외선 또는 UV)과 저에너지 성분(예: 가시광선을 포함하는 적외선 또는 IR) 모두의 스펙트럼을 포함하는 방사선원을 이용하여 액체 또는 기체 형태의 물(이하 " H_2O "로 상호 교환적으로 지칭함)을 광촉매적으로 분해하여 수소(이하 " H_2 "로 상호 교환적으로 지칭함) 및 산소(이하 " O_2 "로 상호 교환적으로 지칭함)를 생성하는 장치 및 방법이 개시되어 있다. 생성된 H_2 및 O_2 는 이후 저장되거나 에너지 생산 방법을 위해 사용될 수 있는 화학 연료로 간주될 수 있다는 것이 아래 개시 내용으로부터 명백해질 것이다. 또한, 아래 개시 내용의 실시 형태 중 어느 하나에서, 물을 광촉매적으로 분해하기 위한 장치 및 방법이 방사선원의 전체 또는 전체 스펙트럼을 이용하거나 포함한다는 것이 명백할 것이다. 또한, 아래 개시 내용의 실시 형태 중 어느 하나에서, 장치 및 방법이 화학 연료로서 활용될 수 있는 수소 및 산소를 생성하기 위해 연속적으로 광촉매적으로 물을 토출하는 데 특히 적용 가능하다는 것이 추가로 명백할 것이다.
- [0061] 특히, 본 발명은 방사선원(200)을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하는 장치(100)에 관한 것이다. 상기 장치(100)는 광촉매적으로 분리될 H_2O 를 수용하는 반응 용기(10) 및 방사선 농축기 어셈블리(20)를 포함한다.
- [0062] 또한, 본 발명은 반응 용기(10) 내에 방사선 흡수 입자를 포함하는 광촉매(11)를 이용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하고, 광촉매 반응에서 방사선원으로 부터 방출된 고에너지 성분과 저에너지 성분을 모두 활용하기 위해 방사선 집중기 어셈블리(20)를 사용하여 방사선원(200)을 광촉매(11)와 H_2O 모두에 농축함으로써 H_2 를 생산하는 방법에 관한 것이다.
- [0063] 또한, 본 명세서에 논의된 방사선원의 스펙트럼의 고에너지 성분은 대안적으로 광자 여기(photon excitation) 성분으로 간주될 수 있으며, 스펙트럼 내에 적어도 부분적으로 가시광선을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 스펙트럼의 고에너지 성분은 광촉매(11)에 의해 활용되어 H_2O 가 광촉매적으로 분해되도록 광자를 여기시킨다. 유사하게, 본 명세서에 논의된 방사선원의 스펙트럼의 저에너지 성분은 또한 반응 용기(10) 내의 온도를 증가시키기 위해 스펙트럼 내에 적어도 부분적으로 가시광선을 포함할 수 있다. 따라서, 스펙트럼의 고에너지 성분과 저에너지 성분은 둘 다 적어도 부분적으로 스펙트럼 내의 가시광선을 포함하므로 중첩될 수 있다고 가정할 수 있다.
- [0064] 도 1 내지 5, 10 및 11 중 어느 하나를 참조하면, 일 실시예에서 반응 용기(10)는 방사선원(200)으로부터 반응 용기(10) 내로 방사선을 수용하기 위한 창(12), 반응 용기(10)에 H_2O 를 수용하기 위한 주입구(13), 반응 용기(10) 내에 위치한 광촉매(11), 및 반응 용기(10)로부터 H_2 와 O_2 를 배출하기 위한 배출구(14)를 포함한다. 사용시, 광촉매(11)의 방사선 흡수 입자는 방사선을 흡수하고 H_2O 를 광촉매적으로 H_2 와 O_2 로 분리한다. 방사선 농축기 어셈블리(20)는 방사선을 반응 용기(10)의 창(12)으로 향하게 하도록 배열되고 구성된 적어도 하나의 광학 소자(21)를 포함한다. 본 실시예에서, 상기 광촉매(11)는 시트이며 반응 용기(10) 내에 고정된다.
- [0065] 본 명세서에 논의된 방사선원(200)은 태양 복사, 열 복사 또는 전자기 복사 중 하나 이상일 수 있다. 방사선원(200)은 재생 가능한 방식으로 H_2O 를 광촉매 분해하여 H_2 와 O_2 를 생성하도록, 즉 깨끗하고 환경 친화적인 화학 연료를 생성하는 방법이 되도록 선택되도록 의도되었다. 방사선원(200)은 또한 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두의 스펙트럼을 포함하도록 선택된다. 본 개시의 실시예 중 어느 하나의 장치(100) 또는 방법을 위한 이상적인 방사선원(200) 중 하나는 스펙트럼이 고에너지 성분으로서 가시광선을 적어도 부분적으로 포함하는 자외선(UV) 및 저에너지 성분으로서 가시광선을 적어도 부분적으로 포함하는 적외선(IR)의 전체 태양 스펙트럼을 포함하는 태양 방사선이다.
- [0066] 방사선원(200)으로서 태양 복사를 이용하는 것은 H_2 와 O_2 를 생성하기 위해 광촉매적으로 분해된 H_2O 에 대해 재생 가능하고 깨끗하며 환경적으로 이용 가능한 소스가 있음을 보장한다. 전통적으로 태양 스펙트럼의 UV(즉, 고에너지) 성분만이 H_2 생산을 위해 H_2O 를 광촉매적으로 분해하는 데 활용되었다. 이러한 전통적인 기술에서는 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위해 태양 스펙트럼의 UV 성분만을 활용하는 것은 문제가 된다. 태양 스펙트럼의 UV 성분은 전체 태양 스펙트럼의 약 8%에 불과하기 때문이다. 태양 스펙트럼의 저에너지 성분(IR)은 스펙트럼의 대부분을 차지하며 전통적으로 H_2 를 생성하는 기존 기술에 활용되지 않았거나 문제가 있었습니다(예: IR 방사선은 반도체의 밴드갭을 통해 전자를 여기시킬 만큼 에너지가 충분하지 않는다). 도 6은 UV와 가시광선(VIS)인 태양 스펙트럼의 비율을 그래프로 보여주며, 상단 x축을 따라 '고에너지' 및 UVA/UVB로 표시된 그래프 섹션으로 표시

되며, IR(적어도 부분적으로는 가시광선(VIS)을 포함하는 것으로 나타남)은 상단 x축을 따라 '낮은 에너지' 및 IR-A/IR-B/IR-C로 표시된 그래프 섹션으로 표시된다. 본 발명의 목적은 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위해 전체/전체 태양 스펙트럼을 활용하여 고에너지 성분(가시광선을 포함하는 UV)이 H_2O 를 H_2 와 O_2 로 광촉매적으로 분해하는 반면, 저에너지 성분(적어도 부분적으로 가시광선을 포함하는 IR)은 광촉매적으로 분해되는 H_2O 의 온도를 증가시키는 것이다.

[0067] 도 1 내지 도 5 중 어느 하나를 참조하면, 장치(100)의 일 실시예에서, 반응 용기(10)는 창(12)과 광촉매(11) 사이에 채널(미도시)을 포함한다. 상기 채널은 창(12)과 광촉매(11) 사이에 H_2O 를 포함하도록 크기와 모양이 지정된다. H_2O 가 주입구(13)로부터 유도되어 광촉매(11)에 노출되도록 반응 용기(10)의 주입구(13)와 배출구(14) 사이에 걸쳐 있는 채널에 의해 광촉매(11)의 방사선 흡수 입자 광촉매(11)는 H_2O 를 광촉매적으로 H_2 와 O_2 로 분리한 다음 배출구(14)로 향하게 한다.

[0068] 상기 실시예에서, 채널은 창(12)과 광촉매(11) 사이의 두께가 1 mm 미만일 수 있다. 대안적으로, 창(12)과 광촉매(11) 사이의 두께는 1 mm보다 클 수 있다. 즉, 채널은 창(12)과 광촉매(11) 사이에 H_2O 를 포함할 수 있도록 크기와 모양이 형성되며, 채널 내의 H_2O 층의 두께는 1 mm보다 두껍다. 채널의 두께가 1 mm보다 큰 대안으로, 채널 내의 H_2O 층은 채널의 두께가 1 mm 미만인 실시예보다 더 무거울 것이다.

[0069] 상기에 대한 대안적인 일 실시예에서, 반응 용기(10)는 H_2O 및 그로부터 광촉매적으로 분리된 후속 수소 및 산소가 창(12) 및 광촉매(11)로부터 분리되도록 하는 수단을 포함한다. 즉, 이 대체 실시예에서 H_2O 는 반응 용기(10)를 통해 주입구(13)에서 배출구(14)로 유도되어 광촉매적으로 분리된 수소와 산소가 창(12)을 통해 수신된 광촉매(11)에 의해 흡수된 방사선을 방해하지 않는다. 이러한 대체 실시예에서, 상기 수단은 H_2O 를 물리적으로 분리하고, 광촉매적으로 분리된 수소와 산소는 광촉매(11)에 의해 수용되는 창(12)을 통해 지향된 방사선을 방해/차단/반사/감소시키는 것으로 이해될 것이다. 이러한 대체 실시예의 장점은 광촉매(11)에 도달하는 지향성 방사선을 방해하는 수단을 통해 H_2O , 수소 및 산소를 물리적으로 분리함으로써 사용 중인 반응 용기(10)가 배출구(14)에서 더 높은 수소 및 산소 수율을 유리하게 달성한다는 점에 있다.

[0070] 추가적으로, 이러한 대안적인 실시예에서, 창(12)과 광촉매(11) 둘 다 바람직하게는 평면 설계, 형상 또는 구성을 사용한다는 것이 이해될 것이다. 이에 의해 창(12) 및 광촉매(11)의 평면 설계, 형상 또는 구성은 반응 용기(10)가 광촉매(11)에 도달하는 지향성 방사선을 방해하는 H_2O , 수소 및 물을 물리적으로 분리하는 수단을 보다 쉽게 가질 수 있게 한다.

[0071] 또한, H_2O , 수소 및 산소는 액체, 증기 또는 기체 상태일 수 있으며, 상기 수단은 광촉매(11)에 도달하는 지향성 방사선을 방해하는 것으로부터 이들 상태 중 어느 하나를 물리적으로 분리할 수 있다는 것이 이해될 것이다. H_2O , 수소 및 산소가 물리적으로 분리되지 않고 광촉매(11)가 지향성 방사선을 받는 것을 방해하는 경우, 이들의 액체, 증기 또는 기체 상태는 지향된 방사선이 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위해 광촉매(11)에 미치는 영향을 반영하거나 감소시킬 수 있다는 것도 이해될 것이다.

[0072] 도 1 내지 5, 도 10 또는 도 11 중 어느 하나를 참조하면, 일 실시예에서, 창(12)은 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두의 스펙트럼을 포함하는 방사선원(200)으로부터 반응 용기(10)로 방사선을 수용하도록 구성된다. 즉, 창(12)은 방사선원 스펙트럼의 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두를 투과시킬 수 있는 유리와 같은 반투명 또는 투명 재료로 이루어질 수 있다. 창(12)을 제조하는 재료는 바람직하게는 광촉매(11)가 지향된 방사선을 최대한 많이 흡수할 수 있도록 하는 재료이다. 특히, 창(12)을 제조하는 재료는 고에너지 성분(가시광선을 포함하는 UV)과 저에너지 성분(IR)을 최대한 많이 광촉매(11)에 허용하는 재료를 선택한다. 저에너지 성분은 창(12)을 통해 반응 용기(10)에 의해 수용되지 않을 수 있으며, 저에너지 성분은 반응 용기(10) 내에서 H_2O 의 온도를 증가시키기 위해 용기(10)에 직접 적용될 수 있음이 이해될 것이다.

[0073] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 사용 중인 장치(100)는 창(12)을 통해 방사선원(200)으로부터 방사선을 반응 용기(10) 내로 수용하여 방사선 흡수 입자가 방사선원(200)의 스펙트럼으로부터 고에너지 성분을 흡수하여 반응 용기(10) 내에서 H_2O 를 광촉매적으로 분해하도록 한다. 즉, 사용 시 H_2O 는 반응 용기(10)의 주입구(13)에

유입되거나 주입되고 방사선원(200)의 방사선은 방사선원(200)의 스펙트럼 고에너지 성분이 H₂O를 광촉매적으로 분해하는 데 활용되도록 창(12)으로 향하게 된다.

[0074] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 사용 중인 장치(100)는 창(12)을 통해 방사선원(200)으로부터 방사선을 반응 용기(10) 내로 수용하여 방사선원(200) 스펙트럼의 저에너지 성분이 광촉매적으로 분해되는 H₂O의 온도를 증가시킨다. 즉, 사용시, 반응 용기(10)의 주입구(13)에 H₂O를 수용 또는 주입하고, 방사선원(200)의 방사선은 방사선원(200)의 스펙트럼 저에너지 성분을 H₂O에 전달하여 온도를 높일 수 있다. 상기 창(12)은 스펙트럼의 저에너지 성분을 반응 용기(10) 내의 H₂O로 전달 또는 전송할 수 있도록 선택된다는 것이 이해될 것이다. 대안적으로, 방사선원(200) 스펙트럼의 저에너지 성분은 반응 용기(10)에 직접 적용될 수 있으며, 이로써 용기(10)는 반응 용기(10) 내 H₂O의 온도를 증가시키기 위하여 스펙트럼의 저에너지 성분을 전달 또는 전송할 수 있다.

[0075] 또한, 이 실시예에서, 사용 시, 방사선원(200) 스펙트럼의 저에너지 성분은 H₂O가 방사선 흡수 입자에 의해 광촉매적으로 분해되는 속도를 유리하게 증가시킨다. 즉, 방사선원(200) 스펙트럼의 고에너지 성분과 저에너지 성분 모두의 전체 스펙트럼을 활용함으로써, 장치(100)는 고에너지 성분을 활용하여 H₂O를 광촉매적으로 분해하고, 저에너지 성분을 활용하여 H₂O가 분해되는 속도를 유리하게 증가시킬 수 있다. 이러한 방식으로, 전체 스펙트럼이 사용되며 유리하게는 광촉매 반응 속도가 증가하여 상기 장치(100)는 방사선원(200) 스펙트럼의 낮은 에너지 성분을 활용하여 H₂ 및 O₂ 생성을 증가시킬 수 있다.

[0076] 일 실시예에서, 이제 도 8, 9 및 12를 참조하면, 장치(100)에 의해 광촉매적으로 분해되는 H₂O의 온도를 증가시키는 효과가 그래프로 도시되어 있다. 먼저 도 8을 참조하면 온도 증가에 따른 H₂ 및 O₂ 가스 발생 속도를 그래프로 보여준다. 실험실 테스트 및 실험 데이터에 기초하여, 상기 장치(100)는 생성된 화학 연료(가스)가 대략 2:1 H₂:O₂임을 입증하였다. 도 8은 H₂ 및 O₂ 생산 속도(가스 발생 속도, $\mu\text{mole/hr}$)를 온도의 함수(즉, 총 가스 생산량 대 온도의 구배)로 보여준다. 도 2에 도시된 바와 같이 상기 장치(100)의 실험실 테스트는 90°C에서 H₂ 발생(즉, 장치(100)의 H₂ 생산 속도)이 23°C에서 보다 약 3배 더 크다는 것을 보여준다. 즉, 스펙트럼의 저에너지 성분을 활용하고 광촉매적으로 분리되는 H₂O의 온도를 증가시킴으로써 장치(100)는 유리하게 H₂ 생산을 증가시킬 수 있다. 도 9를 참조하면, 150°C 및 200°C로 표시된 데이터 포인트는 외삽에 의해 표시된 선형 관계가 존재함을 보여주는 장치(100) 실험 데이터의 외삽이다.

[0077] 도 8 및 9에서, $\mu\text{mole/hr}$ 단위의 H₂ 발생 속도는 1000/온도(켈빈)의 함수로 플롯되어 온도 증가에 따라 눈에 띄는 감소 없이 온도에 대한 H₂ 발생의 선형 의존성을 설명한다. 예를 들어 화학 반응 속도의 온도 의존성은 다음과 같은 Arrhenius 방정식을 따를 수 있다.

[0078]
$$k = A e^{-E_a/RT}$$

[0079] 도 11 및 도 12는 k 대 $1000/T$ 의 플롯팅이 $-E_a/R$ 과 동일한 기울기를 갖는 직선을 제공한다는 것을 예시한다. 여기서, k 는 속도 상수, A 는 지수 이전 인자, E_a 는 활성화 에너지, R 은 보편적 기체 상수($8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), T 는 켈빈 단위의 절대 온도이다. 특히 도 9를 참조하면 Arrhenius 거동이 유지된다고 가정하면 온도 증가에서 H₂ 생성을 예측할 수 있다. 도 9는 일정한 기울기에서 선형 선을 투영하면 23°C의 H₂ 생성에 비해 150°C에서 6배, 200°C에서 9배 더 많은 H₂ 생성이 발생함을 보여준다.

[0080] 도 12에서, 수소(H₂) 발생 속도는 장치(100)에 의해 광촉매적으로 분해되는 H₂O의 결과인 태양 농도의 함수로서 그래프로 표현된다. 실험실 테스트 및 실험 데이터에 기초하여, 상기 장치(100)는 증가된 지향성 방사선(200)(즉, 도 12의 태양 농도)에 대한 광촉매(11)의 반응이 유리하게는 선형 관계를 제공한다는 것을 입증하였다. 도 14에서 수소(Y축에 'Vol Gas Production'로 표시됨) 생산 속도는 분 단위의 시간 함수로 표시되어 광자 플럭스(또는 지향성 방사선 강도) 증가의 효과를 그래프로 보여준다. 이 도면에는 본 명세서에 설명된 실시 형태 중 어느 하나의 광촉매(11)가 나타나 있으며, 실험실 테스트 및 실험 데이터에 기초하여 광촉매(11)가 증가된 방사선 강도와 함께 증가하는 부피의 수소를 생성한다는 것이 입증되었다.

[0081] 일 실시예에서, 상기 도면 중 어느 하나를 참조하면, 광촉매(11)의 방사선 흡수 입자는 열 방사선을 흡수하여

H₂O를 광촉매적으로 분해할 수 있는 미세 입자, 나노 입자 또는 피코 입자 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 대안적인 실시예에서, 광촉매(11)의 방사선 흡수 입자는 알루미늄 도핑된 SrTiO₃ 광촉매일 수 있다. 이러한 대체 실시예의 일 예에서, 광촉매(11)는 반도체일 수 있다. 이러한 대체 실시예의 또 다른 예에서, 광촉매(11)는 방사선 흡수 재료일 수 있다. 이 광촉매는 365 nm에서 약 50%의 겔보기 양자 수율을 갖고, 태양 복사가 방사선원(200)일 때 이 광촉매는 ~0.4%의 전체 태양 대 수소("STH")를 갖는다. 특히 도 7을 참조하면, 방사선원(200)으로서 50% UV-ATA LED와 함께 사용되는 장치(100)가 그래프로 도시되어 있다. 이 도면에서 50% UV-ATA LED는 최대 출력 55 mW/cm²에서 365 nm이며, 이는 최대 11개의 태양에 해당하고(즉, 태양의 고에너지 성분인 경우 UV 출력의 11배, 저에너지 성분인 경우 IR 출력의 11배), 주입구(13)에서 주입되거나 공급되는 H₂O는 액체 상태이다. 도 7은 반응 용기(10) 내의 온도 변화(온도는 반응 용기가 위치한 오븐의 온도를 증가시켜 변화함)에서 시간(반응 시간)에 따라 생성된 총 H₂ 및 O₂(가스 부피)를 도시한다. 상기 도면에서 반응 용기(10) 내 온도가 증가함에 따라 시간당 H₂ 생성이 증가하고, 따라서 방사선원(200) 스펙트럼의 저에너지 성분을 활용함으로써 H₂ 생성이 증가한다는 것이 주목할 만하다. 광촉매(11)(광촉매로서)의 방사선 흡수 입자는 본 발명의 초점이 아니고, 다양한 온도 조건에서 작동할 수 있으면서 H₂O를 H₂와 O₂로 광촉매적으로 분리할 수 있는 광촉매로서 본 명세서에서 논의되지 않은 대체 광촉매일 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0082] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 특히 도 1 및 4를 참조하면, 반응 용기(10)의 창(12)은 길쭉하고, 화살표(80)로 표시된 길쭉한 방향은 주입구(13)에서 배출구(14)까지의 H₂O의 유체 경로에 수직이다. 길쭉한 창(12)은 H₂O의 유체 경로 길이보다 긴 신장 길이를 가지므로, H₂O의 유체 경로의 길이는 주입구(13)에서 배출구(14)까지이다.

[0083] 이러한 특정 배열에서, 상기 광촉매(11)는 또한 길쭉하고 길쭉한 창(12)과 동일한 방향으로 연장될 수 있다. 이러한 배열은 창(12)과 광촉매(11) 모두의 표면적을 최대화하여 거기에 지향성 방사선을 허용하는 동시에 H₂O가 주입구(13)에서 배출구(14)로 흐를 때 겪는 온도 증가를 최소화한다. 즉, H₂O 유체 경로의 길이에 대한 길쭉한 창(12)의 크기는 H₂O가 주입구(13)에서 배출구(14)로 흐를 때 겪는 온도 상승을 최소화하도록 설계된다.

[0084] 또한, 방사선 농축기 어셈블리(20)는 창(12) 및 광촉매(11) 모두의 길쭉한 방향과 평행한 길이 방향으로 연장된다. 따라서, 방사선 농축기 어셈블리(20)가 연장되는 길이방향은 H₂O 유체 경로와 수직이다.

[0085] H₂O가 주입구(13)에서 배출구(14)로 흐를 때 겪는 온도 증가는 H₂O가 반응 용기(10)를 통해 전달되어 광촉매적으로 분리된 수소와 산소가 창(12)을 통해 광촉매(11)에 의해 흡수되는 방사선을 방해하지 않는다.

[0086] 본 발명자들은 놀랍게도 H₂O의 유체 경로 길이보다 긴 신장 길이를 갖는 길쭉한 창(12)을 갖는 반응 용기(10)를 구성하고, 방사선 농축기 어셈블리(20)를 창(12)의 연장 방향과 평행한 길이 방향으로 연장되도록 배열함으로써, H₂O가 주입구(14)에서 배출구(14)로 흐를 때 겪는 온도 증가를 최소화하기 위해 H₂O를 광촉매적으로 수소와 산소로 분리하는 제시된 공정이 특히 유리하다는 것을 발견하였다.

[0087] 이제 도 5를 참조하면, 일 실시예에서 방사선 농축기 어셈블리(20)는 복수의 광학 소자(21)를 포함하며, 여기서 각각의 광학 소자(21)는 방사선원(200)으로부터 방사선을 반사하고 집중시키기 위한 하나 이상의 반사기를 포함한다. 즉, 하나 이상의 반사기는

[0088] 방사선원(200)의 저에너지 성분(적어도 부분적으로 가시광선을 포함하는 IR)과 고에너지 성분(가시광선을 포함하는 UV) 모두를 반사하고 집중시킬 수 있으며, 반응 용기(10)의 창(12)을 통해 H₂O를 광촉매(11)를 통해 광촉매적으로 분리하고 동시에 H₂O 온도를 증가시킨다. 이 실시예에서, 광학 소자(21)는 방사선원(200)을 추적할 수 있도록 위치 지정 가능하고 조정 가능하다. 방사선원(200)이 태양인 경우, 광학 소자(21)는 반응 용기(10)의 창(12)으로 향하는 태양 복사를 최대화/유지/제어하기 위해 낮 시간 동안 태양을 추적할 수 있도록 위치 지정 가능하고 조정 가능하며, 광촉매적으로 H₂O를 분해한다.

[0089] 상기에 대한 대안적인 실시예에서, 방사선 농축기 어셈블리(20)는 복수의 광학 소자(21)를 포함할 수 있으며, 여기서 각각의 광학 소자(21)는 방사선원(200)으로부터 방사선을 굴절시키고 집중시키는 하나 이상의 굴절기(미도시)를 포함한다. 즉, 이 대안적인 실시예에서, 하나 이상의 굴절기는 방사선원의 고에너지 및 저에너지 성분

모두를 굴절시키고 집중시킨다. 추가적으로, 이 대안적인 실시예에서, 하나 이상의 굴절기는 하나 이상의 수렴(converging) 렌즈이다. 도면에는 도시되지 않았지만, 복수의 광학 소자(21)는 방사선원(200)으로부터의 방사선을 반사시키고 굴절시키기 위한 반사기와 굴절기 모두를 포함할 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0090] 도 5를 계속 참조하면, 방사선 농축기 어셈블리(20)의 일 실시예에서, 광학 소자(21)는 태양 복사(이 경우 태양이 방사선원(200)이 되기 때문)를 집중시키고 지향시키는 데 사용되는 것으로 알려진 선형 프레넬 반사기(LFR)이다. 도면에 도시된 바와 같이, LFR은 도 8에 가장 잘 도시된 태양(200)으로부터의 태양 복사를 집중시키고 지향시킬 수 있는 전형적으로 포물선형 트로프(parabolic troughs)인 광학 소자(21)의 어레이를 포함한다. 대안적으로, 도시되지 않은 LFR은 태양(200)으로부터 태양 복사를 집중시키고 지향시킬 수 있는 평면(선형) 거울인 광학 소자의 어레이를 포함할 수 있다. 어느 실시예에서나, 반응 용기(10)의 창(12)은 길쭉하며, LFR은 창(17)의 길쭉한 길이를 따라 방사선원(200)으로부터 방사선을 유도한다. 길쭉한 창(12)과 광학 소자(21)는 창(17)의 길쭉한 길이를 따라 방사선원으로부터의 방사선을 지향시키기 위해 오목한 형상을 포함하거나 평평한(선형) 형상(미도시)일 수 있다. LFR의 광학 소자(21)는 특히 방사선원(200)의 고에너지 및 저에너지 성분 모두를 포함하는 전체 스펙트럼을 길쭉한 창(17)으로 지향시키고 전송할 수 있다는 것이 인식될 것이다. 가시광선을 포함하는 고에너지 성분은 H_2O 를 광촉매적으로 분해하는데 사용되고, 저에너지 성분은 광촉매적으로 분해되는 H_2O 의 온도를 높이는 데 사용된다.

[0091] 상기 실시예에서, 방사선 농축기 어셈블리(20)는 선형 프레넬 반사기(LFR)이고, 태양이 방사선원(200)인 경우 반응 용기(10)의 창(12)이 필요하지 않다는 장점이 있음이 이해될 것이다. 그러나 오히려 하늘을 가로질러 태양인 방사선원(200)을 추적하는 것은 LFR이다. 이러한 방식으로, 반응 용기(10)의 주입구(13) 및 배출구(14)는 유리하게 고정될 수 있는데, 이는 용기(10)가 LFR로부터 지향성 방사선을 수신할 때 정지 상태로 유지되기 때문이다.

[0092] 상기 실시예에서, 방사선 농축기 어셈블리(20)의 LFR 광학 소자(21)는 방사선원(200)의 방사선 및 반응 용기(10)의 창(12) 쪽으로 지향하는 고에너지 및 저에너지 성분을 모두 포함하는 스펙트럼을 최대화하도록 위치 설정되고 조정된다. 반응 용기(10)는 도 5에 가장 잘 도시된, 방사선 농축기 어셈블리(20)의 LFR 광학 소자(21) 배열 위에 위치할 수 있으며, 광학 소자(21)는 방사선이 방사선원(200)은 창(12) 쪽으로 지향하도록 위치 및 조정된다. 이 실시예에서, 반응 용기(10)는 방사선원(200)으로부터의 방사선이 지향되는 사다리꼴 공동 내에 위치한 창(12)을 갖는 사다리꼴 공동 수신기(미도시)를 갖는 본체를 포함할 수 있다.

[0093] 이제 도 13A 및 도 13B를 참조하면, 복수의 광학 소자(21)를 포함하는 방사선 농축기 어셈블리(20)의 대안적인 실시예가 도시되어 있으며, 상기 방사선 농축기 어셈블리(20)는 수평 표면(평평한 수평 풍경일 수 있음)에 배열되어 있다. 이러한 대안적인 실시예에서, 하나 이상의 반응 용기(10)는 결합되어 수용기(receiver, 300)를 형성할 수 있으며, 이에 의해 하나 이상의 반응 용기(10)는 수평면에 평행하지 않고 수평면에 대해 각도를 이루고 있다. 도 13B에 도시된 바와 같이, 2개의 반응 용기(10)는 각 용기(10)의 길쭉한 창(12)과 수용기(300)의 표면(310) 사이에 삼각형 프리즘을 형성하기 위해 수평 표면에 대해 각도를 이룬다. 수신기(300)의 표면(310)은 방사선 농축기 어셈블리(20)로부터의 지향된 방사선이 이를 통과하여 각 용기(10)의 각 길쭉한 창(12) 상으로 통과할 수 있도록 특별히 설계되었다. 이 배열에서, 표면(310)과 수용부(300)는 길쭉하고, 이에 따라 길쭉한 방향은 이전 실시예에서 설명한 길쭉한 창(12)과 동일한 방향이다. 길쭉한 창(12)과 표면(310) 사이에 형성된 삼각기둥 내부에는 공기 공간(air cavity)이 존재한다. 이 대체 실시예에서, 수평에 대해 비스듬하게 배치함으로써 H_2O 가 각 반응 용기(10)에서 광촉매적으로 수소와 산소로 분리될 때 생성된 수소와 산소 가스가 각 광촉매(11)로부터 각 배출구(14)로 빠르게 흘러가는 것이 유리하다.

[0094] 도 5를 다시 참조하면, 태양을 방사선원(200)으로 사용하여 H_2O 를 분리하기 위하여 각 반응 용기(10)에 대한 대응 방사선 농축기 어셈블리(20)로서 LFR 광학 소자(21)를 활용하는 분야의 복수 장치(100)의 예가 도시되어 있다. 이 실시예에서, H_2O 는 저장소(30)로부터 소스로서 공급되고 펌프(40)를 통해 각 장치(100)의 주입구(13)로 펌핑되어 화학 연료인 H_2 와 O_2 로 광촉매적으로 분해되어 해당 배출구(14)에서 배출되고 해당 H_2 및 O_2 저장 시설(50) 내에 저장된다. 저장 시설(50) 내에 저장된 H_2 및 O_2 는 이후 필요에 따라 에너지 생산을 위한 화학 연료로 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 장치(100)는 H_2O 를 H_2 와 O_2 로 광촉매적으로 분해하여 같은 시설(50) 내에서 쉽게 포획 및 저장되는 화학 연료로 만들 수 있으며, 도 5에 도시된 바와 같이 유리하게 확장 가능하여 화학 연료를 생성하기 위해 전체 스펙트럼을 활용하여 방사선원의 사용을 최대화할 수 있다. 도 5의 이 실시예에서, 방사선원(200)은 이상적으로는 태양이고, IR(적어도 부분적으로 가시광을 포함할 수 있음) 및 UV(가시광을 포함)

모두 포함하는 전체 태양 스펙트럼은 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위해 장치(100)에 의해 활용된다는 것이 이해될 것이다.

[0095] 방사선 농축기 어셈블리(20)의 광학 소자(21)로서 LFR을 채용하는 상기 실시예 중 어느 하나에서, 방사선원(200)이 태양인 시나리오에서, 복사선 농축기 어셈블리(20)는 반응 용기(10) 내에서 H_2O 를 광촉매적으로 분해하기 위해 창(12)이 고에너지와 저에너지의 전체 태양 스펙트럼을 수신하도록 태양으로부터의 태양 복사를 반사하고 집중시킨다. 이 실시예에서 방사선 농축기 어셈블리(20)의 장점은 창(12)에 의해 수신된 반사된(또는 지향된) 태양 스펙트럼이 하나의 태양보다 큰(즉, 태양 스펙트럼의 UV 및 IR 성분이 창에 직접 닿는 태양의 구성 요소보다 더 크게 증폭됨) 고에너지(가시광선을 포함하는 UV) 및 저에너지(적어도 부분적으로 가시광선을 포함할 수 있는 IR) 성분 모두를 포함하도록 태양으로부터의 태양 복사를 증폭시키는 능력이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 명세서에 개시된 장치(100)는 태양 복사를 집중시키기 위해 도시된 것과 같은 기존 LFR 시스템에 유리하게 통합될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0096] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 장치(100)는 O_2 로부터 H_2 를 분리하기 위한 분리기(60)를 추가로 포함할 수 있다. 상기 분리기(60)는 반응 용기(10)의 배출구(14) 하류에 위치하며 도관(61)을 통해 연결되어 있다. 분리기(60)는 반응 용기(14)의 배출구(14)와 유체 연통하고, H_2 배출구(미도시) 및 O_2 배출구(미도시)를 포함할 수 있으며, 이로써 각각의 H_2 및 O_2 배출구는 각각의 H_2 또는 O_2 저장 시설(50)과 유체 연통된다.

[0097] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 반응 용기(10)는 가압될 수 있다. 즉, 반응 용기(10)의 주입구(13)에 유입된 H_2O 를 가압하여 주입구(13)에서 H_2O 가 흘러나오도록 함으로써, 창(12)을 통해 수신된 방사선원(200)의 고에너지 및 저에너지 성분 모두에 노출되는 광촉매(11)의 방사선 흡수 입자에 의해 H_2O 가 광촉매적으로 분리되도록 하고, 이어서 H_2 및 O_2 화학 연료는 반응 용기(10)의 배출구(14)를 통해 배출되도록 한다. 이 실시예에서, 도 3을 참조하면, 반응 용기는 반응 용기(10)의 주입구(13)와 유체 연통하는 배압 조절기(back-pressure regulator, 70)에 의해 가압될 수 있다.

[0098] 상기 실시예에서, 반응 용기는 또한 도 3에 도시된 유디오미터(eudiometer, 80)를 포함할 수 있다. 이로써 상기 유디오미터(80)는 배출구(14)에서 H_2/O_2 혼합물의 부피 변화를 측정함으로써 반응 용기의 배출구(14)에서 생성된 H_2 및 O_2 부피를 측정하는 데 사용된다. 이러한 방식으로, 반응 용기(10)의 배출구(14)와 유체 연통하는 유디오미터(80)는 생성된 H_2 대 O_2 의 비율을 모니터링할 수 있다.

[0099] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 반응 용기(10) 또는 장치(100)의 주입구(13)에 주입되거나 수용된 H_2O 는 액체상 또는 기체상, 또는 둘 다이다. 이상적으로는 광촉매적으로 분해되기 위해 주입구(13)에 주입되거나 수용된 H_2O 는 깨끗한 물이지만, 대안적인 실시예에서는 "더러운 물"(예: 폐수 또는 다른 공정의 물 부산물)은 H_2 를 생성하는 상기 실시예 중 어느 하나의 장치(100) 또는 방법에 의해 활용될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 이 대안적인 실시예에서, "더러운 물"은 주입구(13)에서 주입되거나 수용된 H_2O 가 액체상이나 기체상, 또는 둘 다일 수 있기 때문에 그 자리에서 사용된다. 또한 이 대안적인 실시예에서, "더러운 물"이 기체상인 경우, 기체상이 되기 위해 증류되었을 수 있다. 추가적으로, "더러운 물"의 증류는 방사선원(200)의 저에너지 성분에 노출되는 동안 장치(100) 내에서 수행될 수 있다. "더러운 물"의 증류는 실제로 물을 정화하고 생성된 H_2 및 O_2 로부터 임의의 불순물을 분리한다는 것이 이해될 것이다.

[0100] 장치(100) 또는 방법이 이상적으로 태양 에너지를 방사선원(200)으로 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하여 H_2 를 생성하는 것을 개시하는 상기 실시예 중 어느 하나로부터 명백해져야 한다. 태양 에너지는 현재와 미래의 에너지 수요를 충족하는 데 도움이 될 수 있는 자유롭고 끝없이 이용 가능한 청정 에너지원이다. 따라서, 상기 실시예 중 어느 하나에 개시된 장치(100) 및 방법의 주요 장점은 화학 연료의 형태로 사용 가능하고 저장 가능한 수소(H_2)를 생성하기 위해 H_2O 를 광촉매적으로 분해함으로써 이 에너지를 활용한다는 것이다. 상기 실시예 중 어느 하나에 개시된 장치(100) 및 방법의 추가적인 이점은 O_2 (즉, 산소)가 H_2O 의 광촉매 분해에 의해 생성된다는 점이며, 이는 다른 에너지 또는 화학 생산 요구를 위한 화학 연료로도 사용될 수 있다.

[0101] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 장치(100)가 H_2O 를 광촉매적으로 분해함으로써 H_2 와 O_2 를 공동 생산하고,

H₂와 O₂ 모두 발열 반응하여 에너지를 방출한다는 것이 명백할 것이다. H₂와 O₂의 2:1 화학양론적 혼합물의 자동 점화 온도는 570℃이며, 이는 H₂O를 광촉매적으로 분해하기 위해 장치(100)가 작동하는 "최대 온도"로 인식될 것이며, H₂O의 온도가 자동 발화 온도인 570℃ 보다 낮도록 방사선원 스펙트럼의 저에너지(IR) 성분이 반응 창에 적용되는 상한선이다. H₂O가 반응 용기(10) 내에서 기체 또는 기상인 시나리오에서, 반응 용기(10) 내에 H₂와 O₂의 혼합물이 존재하며, 이는 자동 점화 온도가 570℃ 이상으로 증가시킨다. 즉, 유리하게는 반응 용기(10) 내의 H₂ 및 O₂의 존재는 자동 점화 과정을 효과적으로 억제한다.

[0102] 상기 실시예 중 가장 잘 예시된 도 10에 있어서, 창(12)은 적외선(IR) 반사 코팅 또는 업컨버전(upconversion) 코팅과 같은 하나 이상의 코팅(19)으로 코팅될 수 있는 외부 표면을 포함한다. 창(12)의 외부 표면에 있는 하나 이상의 코팅은 지향성 방사선으로부터의 고온으로부터 창(12)을 보호하는 데 도움이 되고, 비산 방지 특성을 갖는 창(12)을 제공하는 데 도움을 주거나, 지향성 방사선을 증폭 또는 개선하는 데 도움이 되는 특성을 창(12)에 제공하는 데 도움이 되는 단열층을 제공하는 것(이에 국한되지 않음)과 같은 다양한 목적을 수행할 수 있다.

[0103] 창(12)의 외부 표면이 적외선(IR) 반사 코팅(19)을 포함하는 일 실시예에서, 상기 IR 반사 코팅은 절연층이 되어 반응 용기(10) 내의 온도를 낮추는 역할을 한다. 상기 실시예에서, IR 반사 코팅은 창(12), 광촉매(11) 및 지향성 방사선에 의해 부여된 고온으로 인해 마모될 수 있는 반응 용기(10)의 기타 구성요소의 수명을 증가시키는 데 추가로 도움을 줄 수 있다. 또한, 상기 예에서 IR 반사 코팅의 사용은 반응 용기(10) 내부 온도를 H₂ 및 O₂의 자동 점화 온도인 570℃ 미만으로 유지하는 데 도움이 되는 동시에 방사선원(200)으로부터의 고에너지 성분(가시광선을 포함하는 UV)의 사용을 허용하는 것일 수 있다.

[0104] 창(12)의 외부 표면이 업컨버전 코팅(19)을 포함하는 또 다른 실시예에서, 업컨버전 코팅은 방사선이 창(12) 위로 향할 때 지향된 방사선의 장파장을 단파장으로 변환하도록 작용한다. 상기 예에서, 업컨버전 코팅은 지향된 방사선의 장파장을 단파장으로 변환함으로써 H₂O를 수소와 산소로 광촉매적으로 분해하는 능력에서 광촉매(11)의 효율을 유리하게 향상시킨다. 또한 이 예에서 업컨버전 코팅은 가시 광자를 추가로 자외선(UV) 광자로 변환시킨다.

[0105] 일 실시예에서, 도 2를 참조하면, 반응 용기(10) 내부 및 광촉매(11)의 온도를 H₂ 및 O₂ 화학 연료 생성물의 자동 점화 온도인 570℃ 미만으로 유지하는 데 도움을 주기 위해, 반응 용기(10)는 반응 용기(10)의 후방(16) 또는 측면(미도시)으로부터 바깥쪽으로 연장되는 하나 이상의 냉각 핀(15)을 추가로 포함할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 하나 이상의 냉각 핀(15)은 반응 용기(10)의 후방(16)으로부터 수직 및 외측으로 연장될 수 있으며, 반응 용기(10) 내부의 온도를 분산시키기 위해 인접한 냉각 핀(15)과 이격되어 배치될 수 있다. 유리하게는, 하나 이상의 냉각 핀(15)을 포함하면 반응 용기(10) 내의 온도를 낮추는 역할을 하여, 방사선원(200)으로부터의 저에너지(IR) 성분은 반응 용기(10) 내의 온도가 H₂와 O₂의 자동 점화 온도인 570℃에 도달하지 않고도 더 높아질 수 있는 반명, 방사선원(200)으로부터 더 높은 고에너지 성분(가시광선을 포함하는 UV)의 사용을 허용하도록 한다. 반응 용기(10) 내의 온도를 낮추기 위해 하나 이상의 냉각 핀(15)을 사용하는 것은 반응 용기(10)에 대한 수동 냉각 기능이라는 것이 이해될 것이다. 예시되지 않은 이 실시예에서, 하나 이상의 냉각 핀(15)과 창(12)의 표면에 도포된 적외선(IR) 코팅이 결합하여 반응 용기(10) 내의 온도를 더욱 높이도록 작용할 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0106] 도면에 도시되지 않은 다른 실시예에서, 반응 용기(10)는 재킷(미도시)에 의해 둘러싸일 수 있으며, 여기서 재킷은 하나 이상의 주입 포트와 하나 이상의 대응하는 방출 포트를 포함하여 냉각 유체가 재킷을 통해 흘러 반응 용기(10)를 냉각할 수 있도록 한다. 이러한 방식으로, 상기 재킷은 반응 용기(10) 내의 온도를 능동적으로 낮추도록 작용한다. 상기 실시예 및 예와 유사하게, 상기 재킷은 반응 용기(10) 내부 온도를 H₂ 및 O₂의 자동 점화 온도인 570℃ 미만으로 유지하는 동시에 방사선원(200)으로부터 더 높은 고에너지 성분(가시광선을 포함하는 UV)의 사용을 허용하는 데 도움이 된다. 재킷이 사용 중일 때 냉각 유체는 반응 용기(10)에 의해 가열되고, 하나 이상의 분출 포트의 하류로 향하고 이어서 가열된 유체 부산물로 사용될 수 있다(예: 스팀 엔진의 경우 에너지 생성을 위해 가열된 유체를 활용하거나 단순히 공장에서 필요한 가열된 유체로 사용하는 기타 프로세스). 이러한 방식으로, 하나 이상의 분출 포트 하류의 가열된 냉각 유체는 장치(100)의 결과물인 추가 연료로서 역할을 할 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0107] 도 10에 가장 잘 예시된 대안적인 실시예에서, 창(12)은 반응 용기(10)의 아래쪽에 위치한다. 이러한 배열에서,

방사선 농축기 어셈블리(20)의 적어도 하나의 광학 소자(21)는 반응 용기(10)의 하부로부터 창(12) 상으로 방사선을 지향시키도록 구성된다. 이 실시예에서, 반응 용기(10)는 창(12)의 밑면 위치에 의해 정의되고 동일한 밑면으로부터 지향된 방사선을 수용받는 반전되거나 거꾸로(up-side-down) 된 용기(10)로 간주될 수 있다. 도 10에 도시된 이 실시예에서, 광촉매(11)는 창(12)에 인접하여 H_2O 와 그로부터 광촉매적으로 분리되는 후속 수소 및 산소가 광촉매(11)에 의해 창(12)으로부터 물리적으로 분리된다. 이 실시예에서, 유리하게는, H_2O , 수소 또는 산소는 창(12)을 통해 광촉매(11)에 의해 흡수되는 방사선을 방해하지 않는다. 따라서, 이 실시예에서, 임의의 액체, 증기 또는 기체상은 광촉매(11)로 지향된 방사선을 반사/편향/방해/감소시키지 않는다. 본 실시예에서, 창(12)의 외부 표면은 반응 용기(10)의 하부에 있고, 적외선(IR) 반사 코팅 또는 업컨버전 코팅(19) 중 하나 이상으로 코팅될 수 있다.

- [0108] 상기 실시예 중 어느 하나에 있어서, 반응 용기(10)는 창(12)과 반응 용기의 본체 사이에 배치된 밀봉부(22)를 추가로 포함할 수 있다. 상기 밀봉부(22)는 반응 용기(10)로부터 H_2O , 수소 또는 산소의 손실을 방지하도록 특별히 설계되었다. 밀봉부(22)는 O-링 밀봉일 수도 있고, H_2O , 수소 또는 산소의 손실을 방지할 수 있는 다른 탄성 밀봉부일 수도 있다. 상기 밀봉부(22)는 또한 반응 용기(10) 내의 온도(또는 온도 구배)를 함유하거나 유지하는 특성을 포함할 수 있다.
- [0109] 상기 실시예 중 어느 하나에서 논의된 장치(100)에 추가하여, 방사선원(200)을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하는 예시적인 방법은 다음 단계를 포함할 수 있다.
- [0110] (a) 반응 용기(10)의 주입구(13) 및 배출구(14) 사이에 위치한 방사선 흡수 입자를 포함하는 광촉매(11)를 포함하는, 상기 실시예 중 어느 하나의 반응 용기(10)의 주입구(13)를 통해 H_2O 가 유입되는 단계;
- [0111] (b) 상기 실시예 중 어느 하나의 방사선 농축기 어셈블리(20)를 사용하여, 방사선원(200)으로부터 고에너지(가시광선을 포함하는 UV) 성분 및 저에너지(적어도 부분적으로 가시광선을 포함할 수 있는 IR) 성분을 포함하는 스펙트럼을 포함하는 방사선을 집중시키고, 반응 용기(10)에서 H_2O 의 흐름 경로에 수직인 방향으로 연장되는 길쭉한 창 위로 집중된 방사선을 지향시키는 단계;
- [0112] (c) 방사선 흡수 입자가 스펙트럼의 고에너지(가시광선을 포함하는 UV) 성분을 흡수하여 H_2O 를 수소와 산소로 광촉매적으로 분해하고, 스펙트럼의 저에너지(적어도 부분적으로 가시광선을 포함하는 IR) 성분이 반응 용기(10) 내 H_2O 의 온도를 증가시키는 길쭉한 창(12)을 통해 H_2O 와 광촉매(11)를 모두 집중된 방사선에 노출시키는 단계; 및
- [0113] d) 반응 용기의 배출구(14)를 통해 생성된 수소와 산소를 배출하는 단계; 및
- [0114] e) 이어서, 배출구(14)와 유체 연통되는 분리기(60)에서 배출된 H_2 와 O_2 를 분리하고, H_2 와 O_2 를 각각의 저장 시설(50)에 저장하는 단계.
- [0115] 상기 방법에서, 이상적으로 이용되는 방사선원(200)은 태양이고, 방사선은 태양 방사선이고, 스펙트럼은 가시광선과 IR 성분을 포함하는 UV를 모두 포함하는 태양 스펙트럼이라는 것이 이해될 것이다. 또한 이 방법에서, 방사선 농축기 어셈블리(20)는 사용 시 창(12)에 의해 수신된 반사 스펙트럼이 태양(또는 하나의 태양)보다 더 큰 고에너지(가시광선을 포함하는 UV) 성분 및 저에너지(IR) 성분 모두를 포함하도록 태양으로부터의 태양 복사를 증폭시킨다. 상기 방법 및 장치(100)의 실시예로부터 태양 스펙트럼의 고에너지(가시광선을 포함하는 UV) 및 저에너지(적어도 부분적으로 가시광선을 포함할 수 있는 IR) 성분 모두를 활용함으로써, H_2O 를 H_2 및 O_2 화학 연료로 광촉매적으로 분해함으로써 확장 가능하고 저장 가능하며 재생 가능한 에너지 솔루션이 제공된다는 것이 이해될 것이다. 개시된 방법 및 장치(100)의 주요 이점은 H_2 및 O_2 생성을 위해 H_2O 를 광촉매적으로 분해하는 다른 부산물이 없다는 점이다.
- [0116] 상기 장치(100) 또는 방법의 실시예 중 어느 하나에 있어서, 본 발명은 방사선원(200)을 사용하여 H_2O 를 광촉매적으로 분해하여 연속 방식으로 수소와 산소를 생성한다는 것이 이해될 것이다. 즉, 일반적으로 '배치 생산' 방법인 기존의 수소 생산 방식과 달리, 본 발명은 주입구(13)를 통해 반응 용기(10) 내로 H_2O 의 연속적인 흐름과 후속적으로 배출구(14)를 통해 생성물인 H_2 및 O_2 의 배출을 허용한다. 단, 방사선원(200)은 반응 용기(10)의 창(12) 위로 향하고 집중될 수 있어야 한다. 이러한 방식으로, 본 발명은 H_2 및 O_2 화학 연료를 생산하기 위한 확

장 가능하고 저장 가능한 재생 에너지 솔루션인 장치(100) 및 방법을 제공한다.

[0117] 본 명세서에서 임의의 선행 기술에 대한 언급은 그러한 선행 기술이 일반적인 일반 지식의 일부를 형성한다는 것을 인정하거나 암시하는 형태가 아니며 그렇게 받아들여서는 안된다.

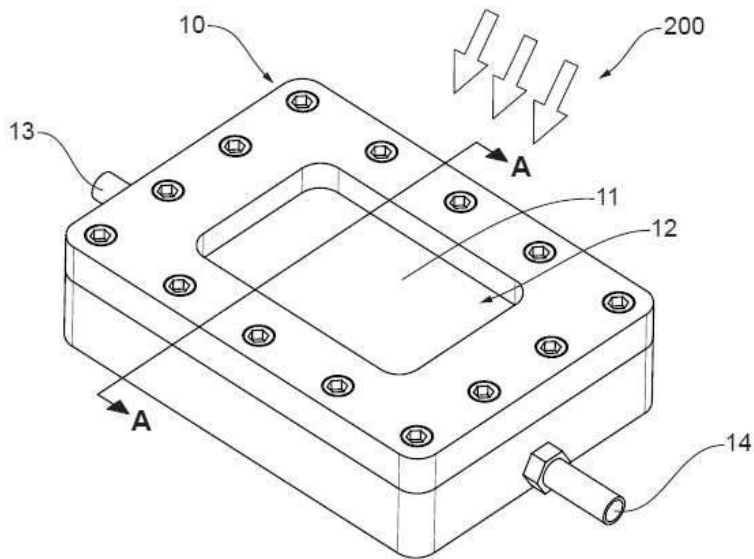
[0118] 본 명세서 및 다음의 청구범위에 사용된 용어 "함유하다" 및 "포함하다" 및 이들의 파생어 중 임의의 것(예를 들어, 함유하다, 함유하는, 포함하다, 포함하는)은 다음과 같은 것으로 간주되어야 한다는 것이 이해될 것이다. 이 용어는 해당 용어가 지칭하는 기능을 포함하며 달리 명시되거나 암시되지 않는 한 추가 기능의 존재를 배제하는 것을 의미하지 않는다.

[0119] 일부 경우에, 단일 실시예는 간결함을 위해 및/또는 개시 내용의 범위를 이해하는 데 도움을 주기 위해 여러 특징을 결합할 수 있다. 이러한 경우, 이들 다수의 특징은 개별적으로(별도의 실시예에서) 또는 임의의 다른 적절한 조합으로 제공될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 대안적으로, 별도의 특징이 별도의 실시예에서 설명되는 경우, 이러한 별도의 특징은 달리 언급되거나 암시되지 않는 한 단일 실시예로 결합될 수 있다. 이는 임의의 조합으로 재결합될 수 있는 청구항에도 적용된다. 즉, 다른 청구항에 정의된 특징을 포함하도록 청구항이 수정될 수 있다. 또한 항목 목록 중 "적어도 하나"를 나타내는 문구는 단일 구성원을 포함하여 해당 항목의 모든 조합을 나타낸다. 예를 들어, "a, b 또는 c 중 적어도 하나"는 a, b, c, a-b, a-c, b-c 및 a-b-c를 포함하도록 의도되었다.

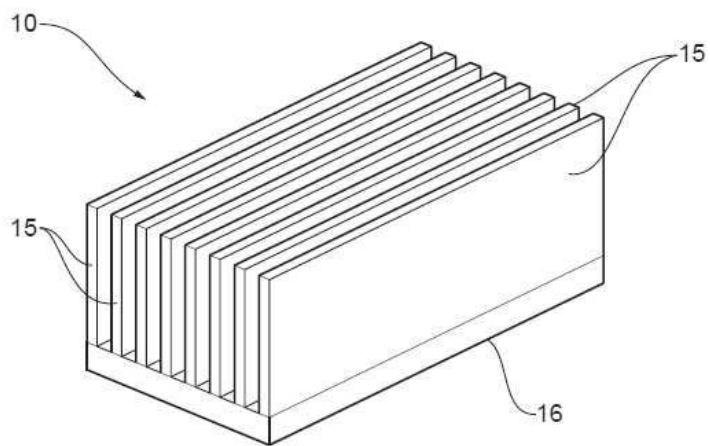
[0120] 당업자는 본 개시 내용이 특정 애플리케이션 또는 설명된 애플리케이션에 대한 사용으로 제한되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 본 개시 내용은 본 명세서에 설명되거나 도시된 특정 요소 및/또는 특징에 관한 바람직한 실시예로 제한되지도 않는다. 본 개시 내용은 개시된 실시예 또는 실시예들에 제한되지 않고, 다음의 청구범위에 의해 설명되고 정의된 범위를 벗어나지 않고 수많은 재배치, 수정 및 대체가 가능하다는 것이 이해될 것이다.

도면

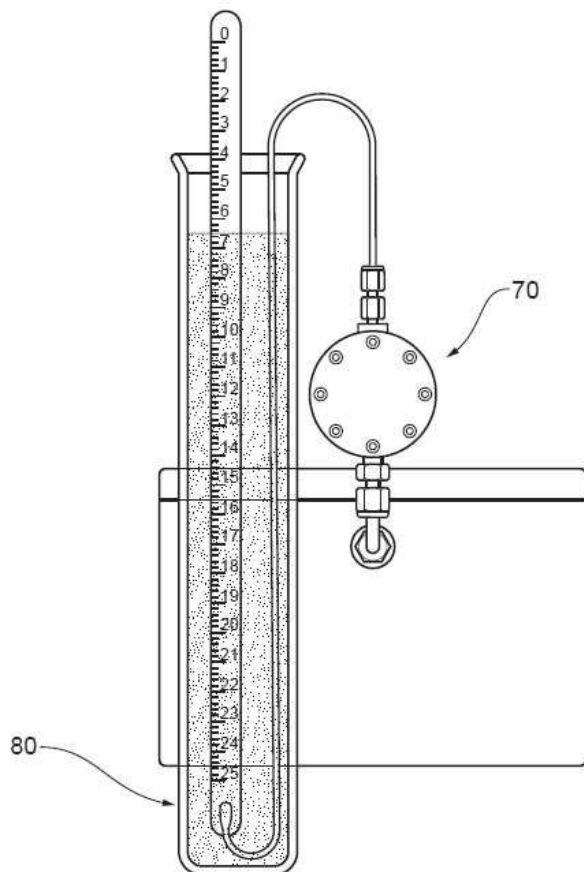
도면1



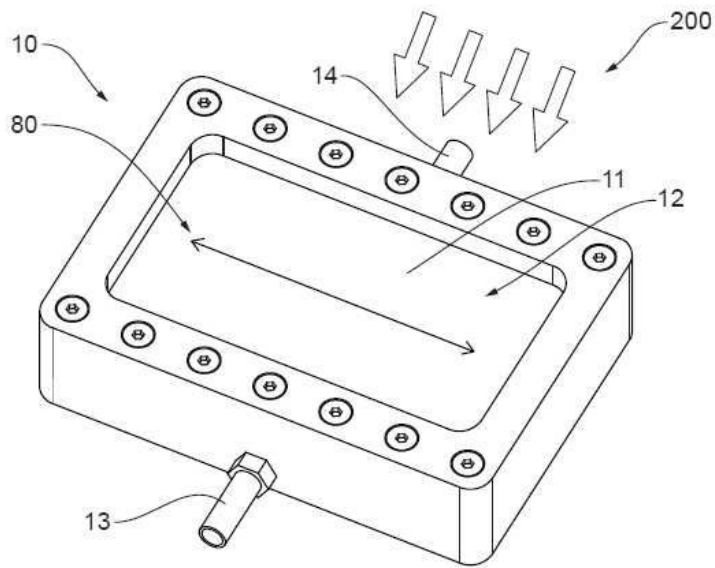
도면2



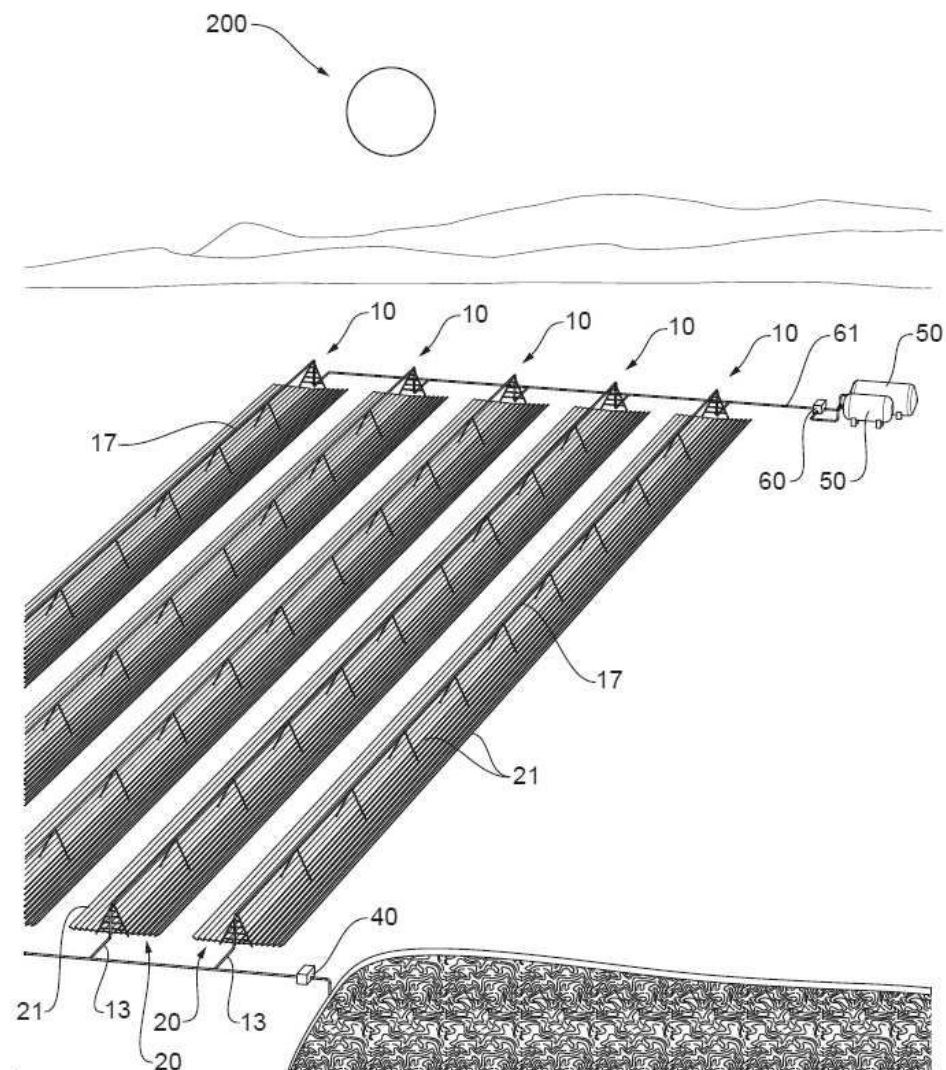
도면3



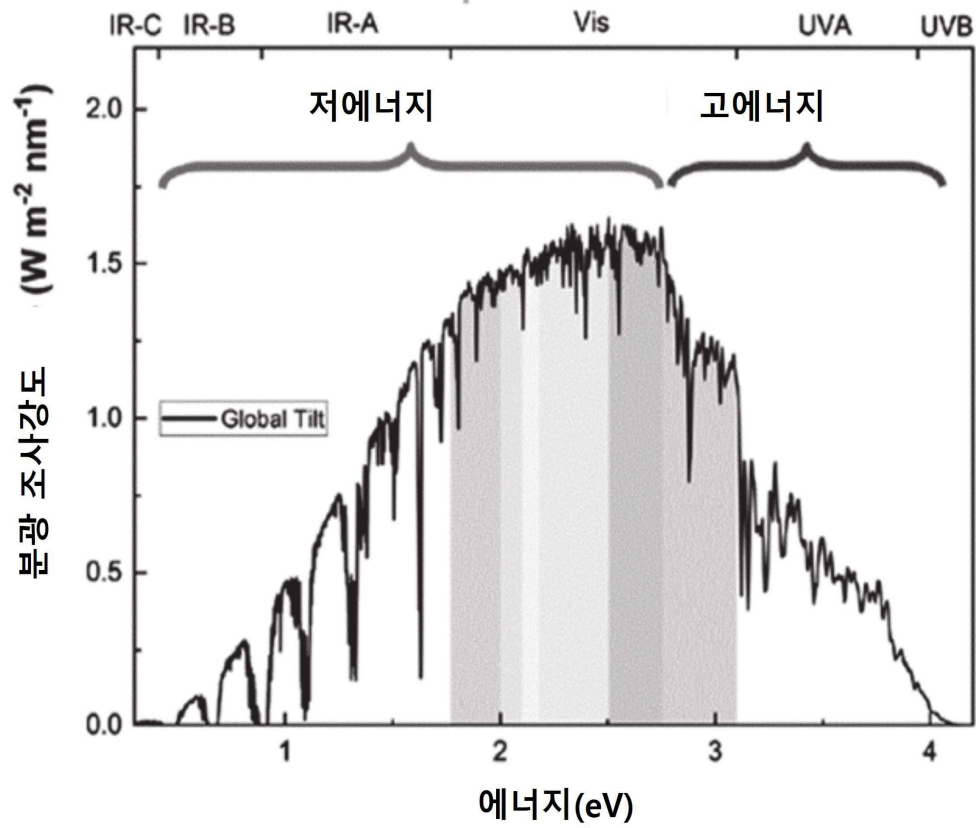
도면4



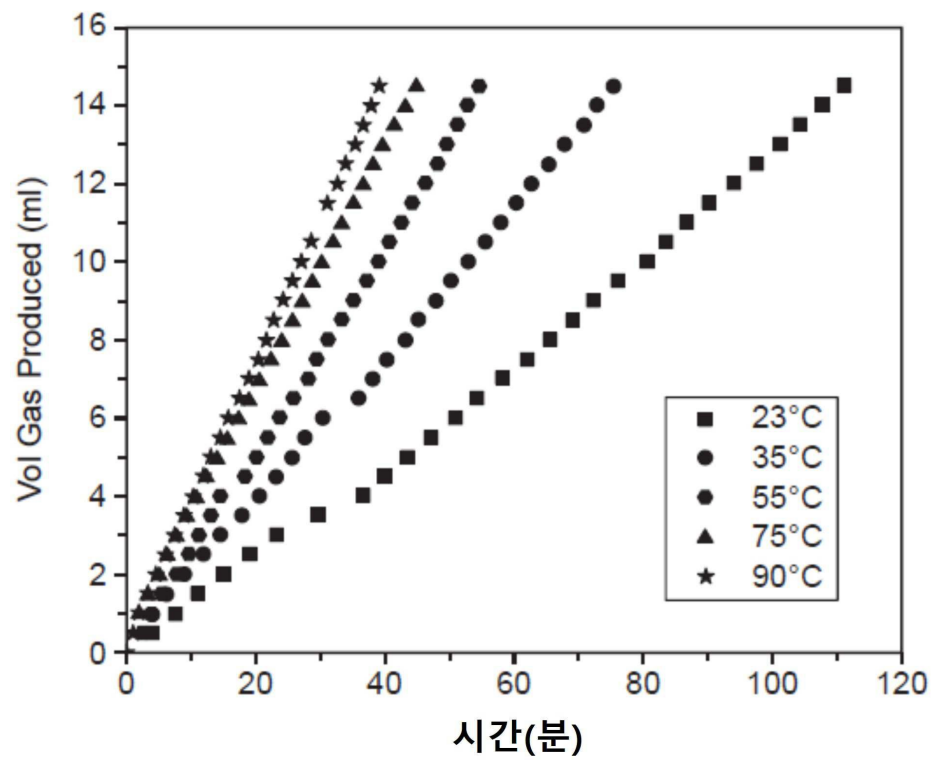
도면5



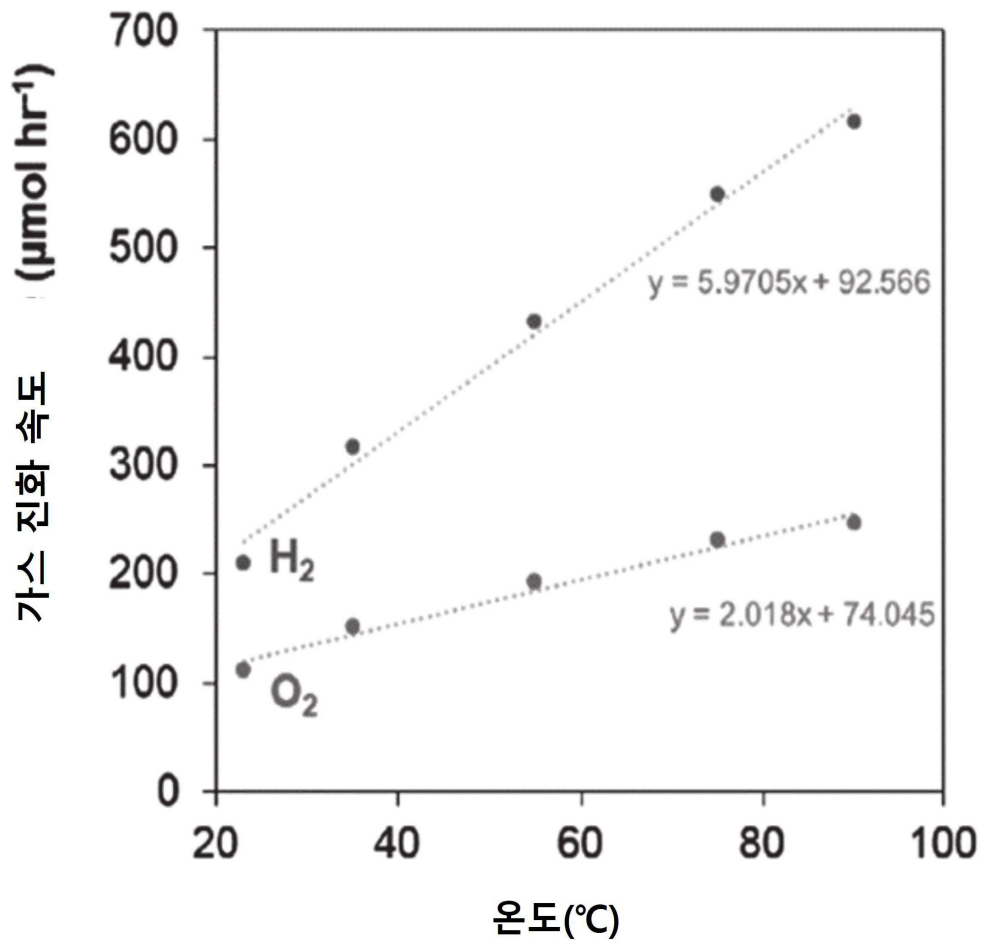
도면6



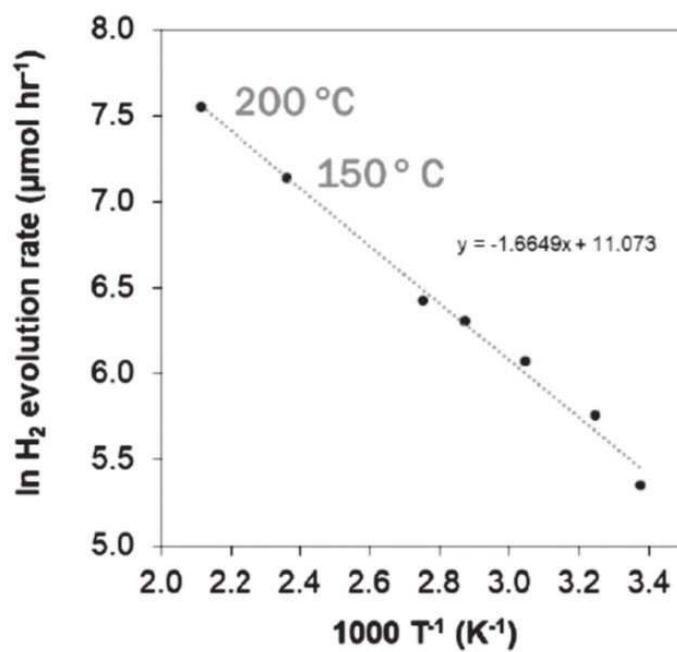
도면7



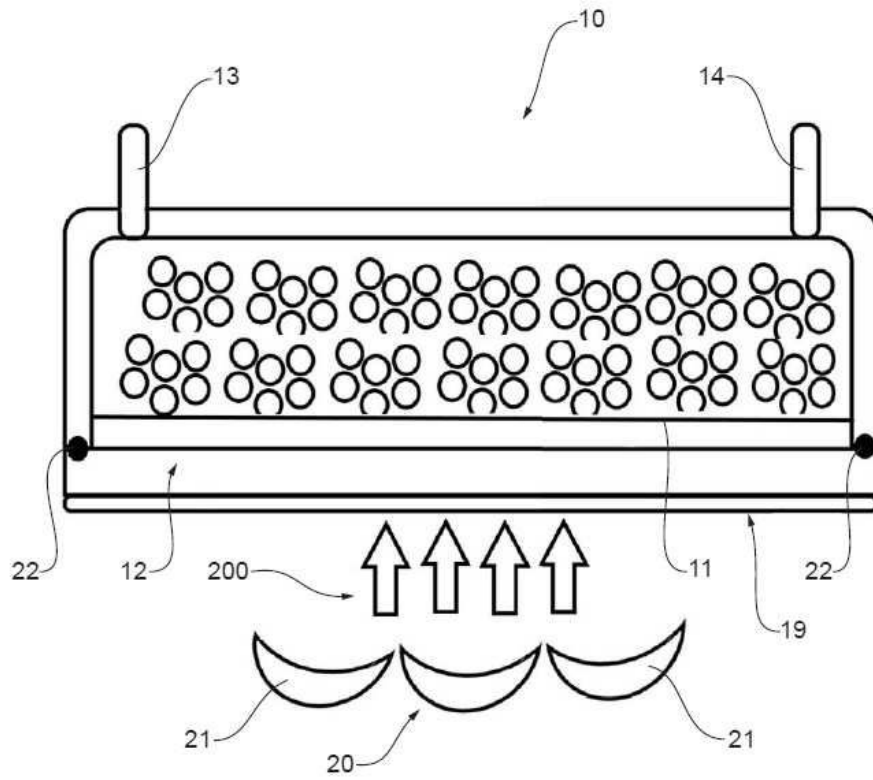
도면8



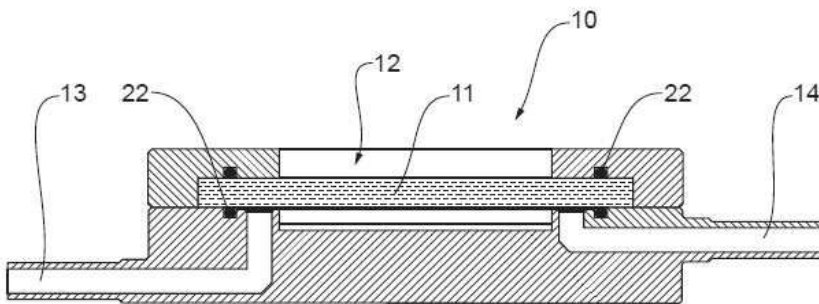
도면9



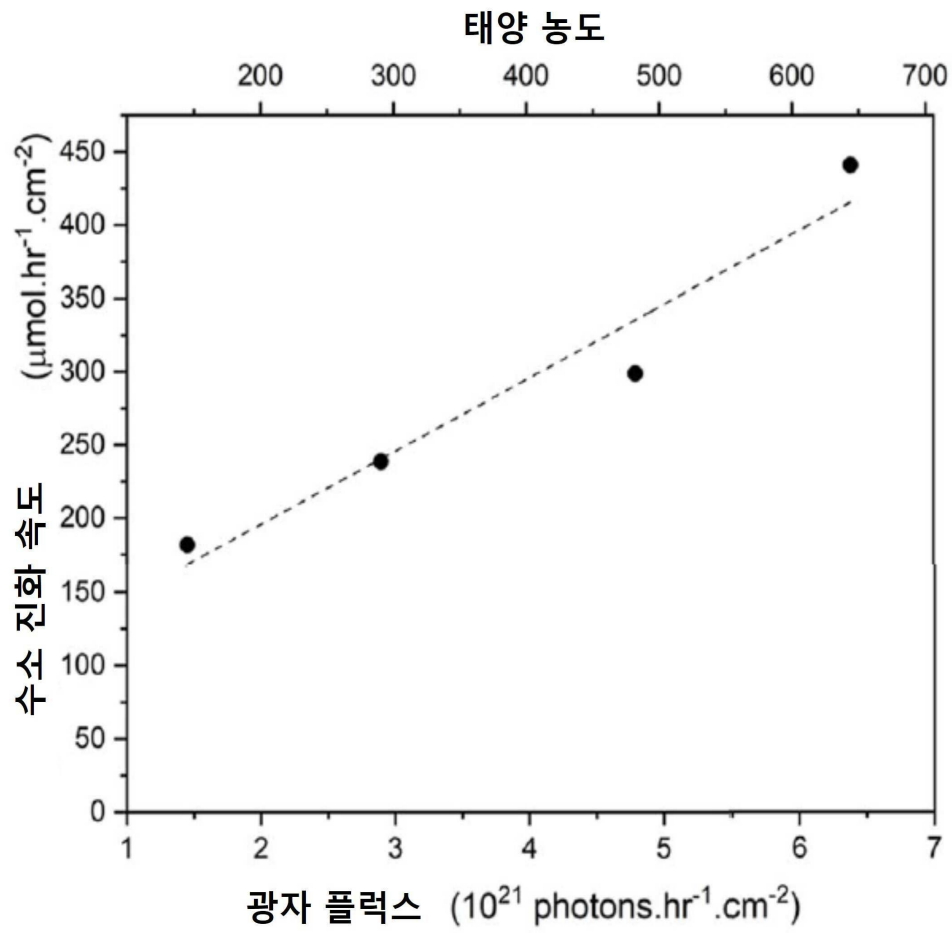
도면10



도면11

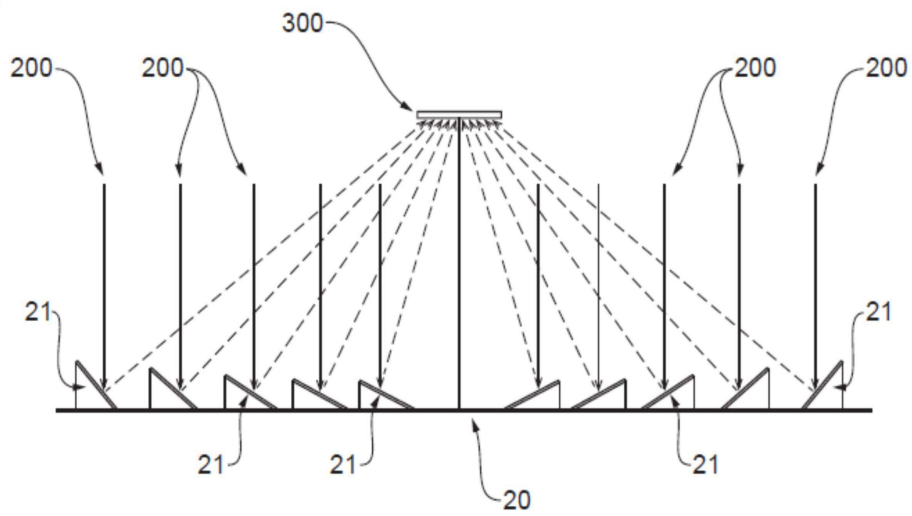


도면12

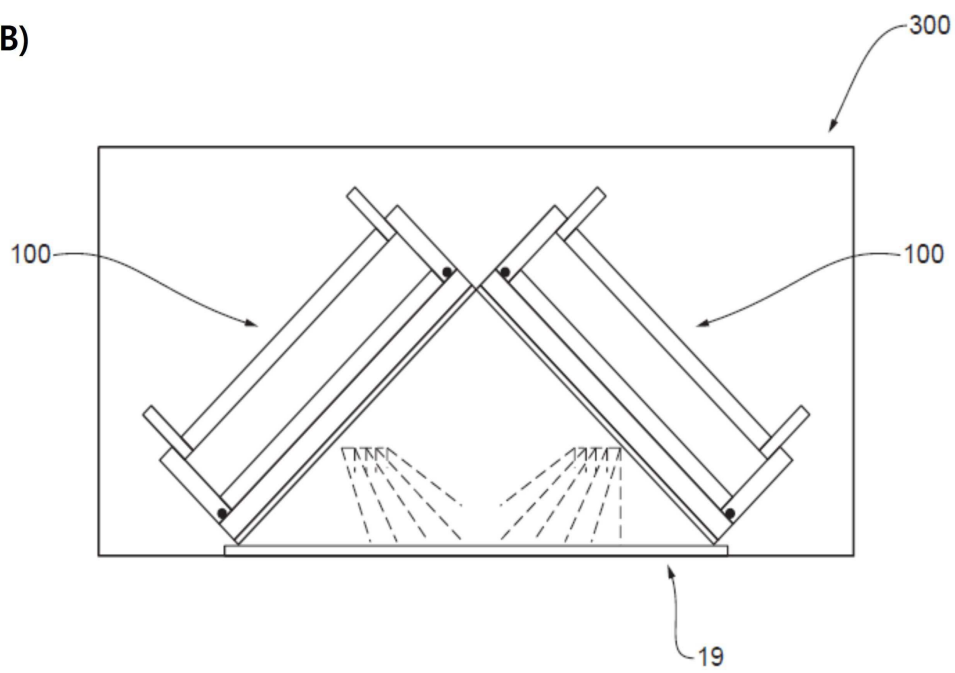


도면13

A)



B)



도면14

