(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0094824
(43) 공개일자 2015년08월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 3/02 (2006.01) *B01J 19/18* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0014909
(22) 출원일자 2014년02월10일
심사청구일자 2014년02월10일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
서태범
인천 연수구 해돋이로 107, 1동 5802호 (송도동, 더샵퍼스트월드)
이진규
대전광역시 동구 소호동 109번지
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 8 항

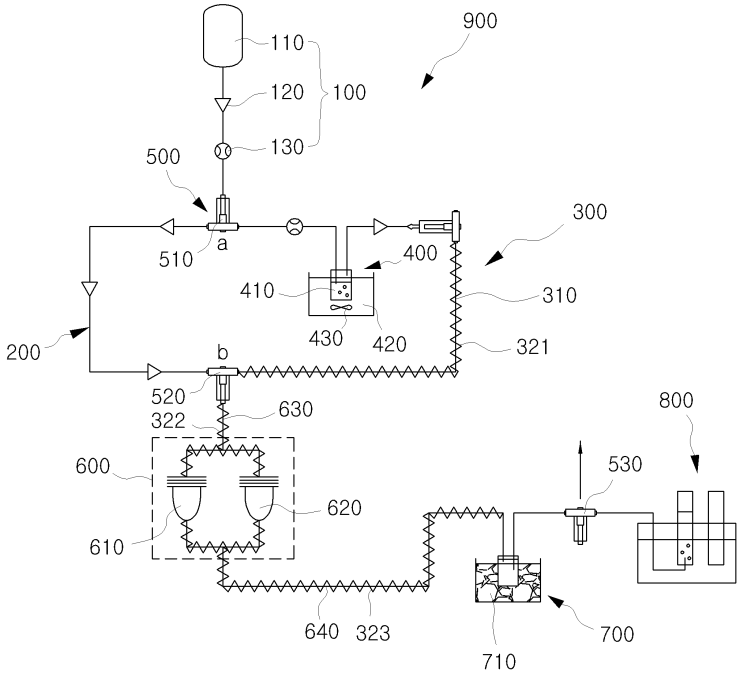
(54) 발명의 명칭 **태양열 열화학 수소생산장치**

(57) 요 약

본 발명은, 비활성기체공급라인과, 열적산화(T-R)반응에 대응하기 위한 열적산화라인과, 물분해(W-D)반응에 대응하기 위한 물분해라인과, 수증기공급부과, 전환밸브와, 반응기를 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치에 있어서, 반응기는 금속산화물이 담지 된 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제1내부공간과 후방의 제2내부공간

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



으로 구획되는 제1반응기와, 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제3내부공간과 후방의 제4내부공간으로 구획되는 제2반응기를 포함하여, 열적산화반응과 상기 물분해반응을 상기 제1반응기와 상기 제2반응기를 통하여 동시에 교번하면서 수행하며, 공급라인은, 제1반응기와 제2반응기 중 열적산화반응을 수행하는 제1반응기 또는 제2반응기로 비활성기체를 선택적으로 공급하는 제1공급라인과, 제1반응기와 제2반응기 중 물분해반응을 수행하는 제1반응기 또는 제2반응기로 수증기를 선택적으로 공급하되, 수증기를 열적산화반응을 하는 제2반응기 또는 제1반응기를 거쳐 열교환시킨 후 열교환 된 수증기를 공급하는 제2공급라인을 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치를 제공한다.

따라서, 설정된 시간 내에 두 배의 사이클을 수행할 수 있어 수소생산량을 향상시킬 수 있으며, 열적산화반응을 수행하는 반응기의 열을 이용하여 공급되는 가스의 온도를 상승시킴으로써 에너지효율과 반응성을 향상시킬 수 있다.

(72) 발명자

김철숙

인천 서구 청라커낼로 163, 495동 202호 (경서동, 청라호반베르디움)

이창민

대구 서구 달구벌대로377길 47-42, (내당동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	48084-1
부처명	교육인적자원부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	핵심연구(개인)
연구과제명	40kWth급 고온 태양열 시스템을 이용한 수소연료 생산기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2013.06.01 ~ 2014.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

비활성기체를 공급하는 비활성기체공급라인과, 상기 비활성기체공급라인으로부터 분기되어 열적산화(T-R)반응에 대응하기 위한 열적산화라인과, 상기 열적산화라인의 제1분기점으로부터 분기된 후 상기 열적산화라인의 제2분기점에서 다시 만나며, 물분해(W-D)반응에 대응하기 위한 물분해라인과, 상기 물분해라인과 연결되어 수증기를 공급하는 수증기공급부과, 상기 제1분기점과 상기 제2분기점에 각각 구비되어 상기 열적산화라인과 상기 물분해라인을 선택적으로 전환하는 전환밸브와, 상기 제2분기점에 연결된 공급라인을 통하여 상기 비활성기체와 상기 수증기가 유입되고 태양복사 에너지를 이용하여 수소를 발생시키는 반응기를 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치에 있어서,

상기 반응기는,

금속산화물이 담지 된 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제1내부공간과 후방의 제2내부공간으로 구획되는 제1반응기와, 상기 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제3내부공간과 후방의 제4내부공간으로 구획되는 제2반응기를 포함하여, 상기 열적산화반응과 상기 물분해반응을 상기 제1반응기와 상기 제2반응기를 통하여 동시에 교번하면서 수행하며,

상기 공급라인은,

상기 제1반응기와 상기 제2반응기 중 상기 열적산화반응을 수행하는 상기 제1반응기 또는 상기 제2반응기로 상기 비활성기체를 선택적으로 공급하는 제1공급라인과,

상기 제1반응기와 상기 제2반응기 중 상기 물분해반응을 수행하는 상기 제1반응기 또는 상기 제2반응기로 상기 수증기를 선택적으로 공급하되, 상기 수증기를 상기 열적산화반응을 하는 상기 제2반응기 또는 상기 제1반응기를 거쳐 열교환시킨 후 열교환 된 상기 수증기를 공급하는 제2공급라인을 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1공급라인은 상기 제1내부공간 또는 상기 제3내부공간과 연통되게 연결되고,

상기 제2공급라인은 상기 제2내부공간 또는 상기 제4내부공간과 연통하는 주입라인과, 상기 제2내부공간과 상기 제4내부공간에서 열교환 된 상기 수증기를 상기 제1내부공간과 상기 제3내부공간으로 재공급하는 열교환라인을 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1반응기와 상기 제2반응기는,

각각 전방이 개방되고, 상기 다공성물질에 의하여 전방으로 상기 제1내부공간 또는 상기 제3내부공간이 위치하고 후방으로 상기 제2내부공간 또는 상기 제4내부공간이 각각 위치하는 본체와, 상기 본체의 전방에 결합하고 상기 제1내부공간으로 태양광이 입사되도록 투명한 재질로 형성된 윈도우를 포함하고,

상기 제1반응기와 상기 제2반응기 중 상기 열적산화반응을 수행하는 상기 제1반응기와 상기 제2반응기의 상기 윈도의 측면에 선택적으로 구비되어, 상기 윈도우로 태양광을 집광하는 접시 형상의 집광기; 및

상기 집광기의 위치에 대응하여 상기 제1반응기 또는 상기 제2반응기를 이동시키는 이동수단을 포함하는 태양열

열화학 수소생산장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 이동수단은,

LM가이드와,

모터를 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1반응기와 상기 제2반응기는 각각 외측에 단열부재(Insulation) 더 구비하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 비활성기체는 질소(N2)인 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 금속산화물은,

세리아계(CeO2) 또는 페라이트계(Fe3O4) 물질인 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1반응기와 상기 제2반응기에 형성된 배출구와 연통되게 연결되어 상기 제1반응기와 상기 제2반응기로부터 배출되는 수증기를 물로 변환시켜 포집하는 워터트랩; 및

상기 워터트랩으로부터 배출되는 가스 중 수소를 포집 또는 저장하는 수소발생부를 더 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 태양열 열화학 수소생산장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 수소생산량을 향상시킬 수 있는 태양열 열화학 수소생산장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 미래의 신재생 에너지로 각광받는 수소의 생산방법으로는 화석연료의 개질, 물의 전기분해, 생물학

적 방법, 열화학사이클 이용, 천연가스의 열분해 등을 열거할 수 있다.

[0003] 그런데 위와 같은 방법들은 대체로 화석연료를 변화하거나 화석연료를 연소시키며 생산된 전기를 사용, 또는 고온의 열원을 필요로 하는 등의 2차적인 문제점을 가지고 있다. 즉, 청정 수소에너지 생산을 위하여 연소 후 CO2나 공기 오염물질의 배출을 유발하거나 이미 고급 청정에너지인 전기를 사용한다는 것은 진정한 청정 지속 가능 에너지로서의 수소의 생산과 일치하지 않고 있다. 특히, 기존 화석연료들은 지구상의 매장량 개념에서는 채집수명이 제시되어 있다는 한계를 가진다.

[0004] 한편, 금속산화물과 태양열을 이용하여 2단계의 열화학반응에 의해 수소를 생산하는 장치가 개발되고 있으며, 이때의 2단계의 열화학반응은 다음과 같이 정의되는 2단계의 열화학사이클 반응식으로 표현된다.

[0005] 열적산화단계(T-R Step)

[0006] Fe3O4 = 3FeO + 1/2O2

[0007] 이러한 열적산화단계에서는, 태양열 등을 이용하여 페라이트(Fe3O4)에 고온의 열(대략 1500℃ 이상)을 가하면 페라이트는 환원, 즉 산소를 잃게 된다. 이 과정이 첫 번째 단계로써 열적환원단계(High-Temperature Thermal Reduction of metal Oxide; T-R Step)이다.

[0008] 물분해단계(W-D Step)

[0009] 3FeO + H2O(수증기) = Fe3O4 + H2(; W-D Step)

[0010] 위와 같은 물분해단계에서, 환원된 페라이트는 불안정한 상태로서 주위에 있는 산소를 끌어드려 원래의 안정적인 상태(Fe3O4)로 돌아가려는 성질이 있다. 이때 수증기를 공급하게 되면 수증기의 산소를 받아들여 Fe3O4로 산화되고 산소를 잃은 수증기는 수소로 배출하게 된다. 이러한 과정이 두 번째 단계로써 물의 분해단계(Low-Temperature Water Decomposition with Reduced metal Oxide ;W-D Step)이다. 한편, 상기한 기술의 예로 대한민국 공개특허 제10-2011-0037327호에 2단계 열화학 물분해 반응을 이용한 수소생산용 시험장치가 개시된 바 있다.

[0011] 그런데, 상기한 태양열 열화학 수소생산장치는, 반응기가 하나인 단일 반응기로 되어 있기 때문에, 열적산화단계와 물분해단계를 교대로 수행하다보면 하루에 수 사이클(Cycle)밖에 수행하지 못하여 수소생산량이 제한되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은, 설정된 시간 내에 두 배의 사이클을 수행할 수 있어 수소생산량을 향상시킬 수 있는 태양열 열화학 수소생산장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은, 비활성기체를 공급하는 비활성기체공급라인과, 상기 비활성기체공급라인으로부터 분기되어 열적산화(T-R)반응에 대응하기 위한 열적산화라인과, 상기 열적산화라인의 제1분기점으로부터 분기된 후 상기 열적산화라인의 제2분기점에서 다시 만나며, 물분해(W-D)반응에 대응하기 위한 물분해라인과, 상기 물분해라인과 연결되어 수증기를 공급하는 수증기공급부과, 상기 제1분기점과 상기 제2분기점에 각각 구비되어 상기 열적산화라인과 상기 물분해라인을 선택적으로 전환하는 전환밸브와, 상기 제2분기점에 연결된 공급라인을 통하여 상기 비활성기체와 상기 수증기가 유입되고 태양복사 에너지를 이용하여 수소를 발생시키는 반응기를 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치에 있어서, 상기 반응기는, 금속산화물이 담지 된 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제1내부공간과 후방의 제2내부공간으로 구획되는 제1반응기와, 상기 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제3내부공간과 후방의 제4내부공간으로 구획되는 제2반응기를 포함하여, 상기 열적산화반응과 상기 물분해반응을 상기 제1반응기와 상기 제2반응기를 통하여 동시에 교번하면서 수행하며, 상기 공급라인은,

[0014] 상기 제1반응기와 상기 제2반응기 중 상기 열적산화반응을 수행하는 상기 제1반응기 또는 상기 제2반응기로 상기 비활성기체를 선택적으로 공급하는 제1공급라인과, 상기 제1반응기와 상기 제2반응기 중 상기 물분해반응을

수행하는 상기 제1반응기 또는 상기 제2반응기로 상기 수증기를 선택적으로 공급하되, 상기 수증기를 상기 열적산화반응을 하는 상기 제2반응기 또는 상기 제1반응기를 거쳐 열교환시킨 후 열교환 된 상기 수증기를 공급하는 제2공급라인을 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치를 제공한다.

[0015] 여기서, 상기 제1반응기와 상기 제2반응기는, 각각 금속산화물이 담지 된 다공성물질에 의하여 내부가 제1내부공간과, 상기 수증기가 열교환을 수행하는 제2내부공간으로 구획되며, 상기 제1공급라인은 상기 제1내부공간과 연통되게 연결되고, 상기 제2공급라인은 상기 제2내부공간과 연통하는 주입라인과, 상기 제2내부공간과 상기 제1내부공간 각각에 연통하여 상기 제2내부공간에서 열교한 된 상기 수증기를 상기 제1내부공간으로 재공급하는 열교환라인을 포함하는 한다.

[0016] 또한, 상기 제1반응기와 상기 제2반응기는, 각각 전방이 개방되고, 상기 다공성물질에 의하여 전방으로 상기 제1내부공간이 위치하고 후방으로 상기 제2내부공간이 각각 위치하는 본체와, 상기 본체의 전방에 결합하고 상기 제1내부공간으로 태양광이 입사되도록 투명한 재질로 형성된 윈도우를 포함하고, 상기 제1반응기와 상기 제2반응기 중 상기 열적산화반응을 수행하는 상기 제1반응기와 상기 제2반응기의 상기 윈도의 측면에 선택적으로 구비되어, 상기 윈도우로 태양광을 집광하는 접시 형상의 집광기; 및 상기 집광기의 위치에 대응하여 상기 제1반응기 또는 상기 제2반응기를 이동시키는 이동수단을 포함하며, 이때 상기 이동수단은, LM가이드와, 모터를 포함한다.

[0017] 또한, 상기 제1반응기와 상기 제2반응기는 각각 외측에 단열부재(Insulation) 더 구비하는 것이 바람직하다.

[0018] 또한, 상기 비활성기체는 질소(N2)인 것이 바람직하며, 상기 금속산화물은, 세리아계(CeO2) 또는 페라이트계(Fe3O4) 물질인 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 제1반응기와 상기 제2반응기에 형성된 배출구와 연통되게 연결되어 상기 제1반응기와 상기 제2반응기로부터 배출되는 수증기를 물로 변환시켜 포집하는 워터트랩; 및 상기 워터트랩으로부터 배출되는 가스 중 수소를 포집 또는 저장하는 수소발생부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 태양열 열화학 수소생산장치는 다음과 같은 효과를 제공한다.

[0021] 첫째, 설정된 시간 내에 두 배의 사이클을 수행할 수 있어 수소생산량을 향상시킬 수 있다.

[0022] 둘째, 열적산화반응을 수행하는 반응기의 열을 이용하여 공급되는 가스의 온도를 상승시킴으로써 에너지효율을 향상시킬 수 있다.

[0023] 셋째, 물분해반응을 수행하기 위한 가스의 온도를 미리 상승시킴으로써 반응성을 향상시켜 수소생산량을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 태양열 열화학 수소생산장치를 나타낸 구성도이다.

도 2는 금속산화물과 태양열을 이용하여 2단계 열화학반응에 의하여 수소가 생산되는 개념을 나타낸 참고도이다.

도 3은 도 2의 제1반응기에 집광기가 설치된 경우 반응기의 작동을 나타낸 단면도이다.

도 4는 도 2의 제2반응기에 집광기가 설치된 경우 반응기의 작동을 나타낸 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 먼저, 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 태양열 열화학 수소생산장치(900; 이하 '수소생산장치'라 한다)는, 비활성기체공급라인(100)과, 열적산화라인(200)과, 물분해라인(300)과, 수증기공급부(400)와, 전환밸브

(500)와, 반응기(600)와, 워터트랩(700)과, 수소발생부(800)를 포함한다. 여기서 각 라인은 관로, 유량계, 유량제어밸브 등을 포함할 수 있으나, 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0027] 상기 비활성기체공급라인(100)은, 저장탱크(110)에 저장된 비활성기체를 공급하는 역할을 한다. 이때, 상기 비활성기체는, 질소(N2)를 사용하는 것이 바람직하며, 상기 비활성기체는 열적산화단계에서 생성된 산소(O2)의 배출, 물분해반응을 위한 수증기(Steam)의 공급, 미 반응된 수증기 및 생성된 수소(H2)를 원활하게 배출하기 위한 압력 제공의 역할을 수행한다. 여기서, 미설명부호 120, 130은 각각 배관과 유량계를 나타낸다.

[0028] 상기 열적산화라인(200)은, 상기 비활성기체공급라인(100)으로부터 분기되어 열적산화(T-R)반응에 대응하며, 상기 열적산화라인(200)의 제1분기점(a)으로부터 분기된 후 상기 열적산화라인(200)의 제2분기점(b)에서 다시 만나며, 물분해(W-D)반응에 대응한다.

[0029] 상기 물분해라인(300)은, 상기 비활성기체공급라인(100)으로부터 분기되어 물분해(W-D)반응에 대응하며, 상기 제1분기점(a)에 연통되어 상기 비활성기체가 유입되고 상기 제2분기점(b)에 연통되어 있으며, 상기 수증기공급부(400)가 연결되어 상기 반응기(600)로 수증기를 공급할 수 있다.

[0030] 한편, 상기 물분해라인(300)은 비활성기체와 상기 수증기공급부(400)에서 공급된 수증기가 유동하는 유동관(310)과, 고온의 수증기가 손실하는 열을 보충하기 위하여 열을 공급할 수 있도록 상기 유동관(310)의 외부를 감싸는 케이블히터(321;Cable heater)를 포함한다.

[0031] 나아가, 상기 제2분기점(b)과 연결된 후술되는 공급라인(630)과 상기 반응기(600)와 상기워터트랩(700)의 연결라인(640)의 외부에도 상기 케이블히터(322,323)를 감싸는 것이 바람직하다.

[0032] 상기 수증기공급부(400)는, 상기 물분해라인(300) 상에 구비되어 물분해단계에서 상기 물분해라인(300)으로 고온의 수증기를 상기 반응기(600)로 공급하는 역할을 한다. 여기서, 상기 수증기공급부(400)는, 증류수저장부(420)와, 실리콘오일(Silicon oil)이 충진되어 있고 열을 받아 공급 가열되는 가열부(410)와, 상기 실리콘오일을 교반하는 교반기(430)를 포함할 수 있으나, 이에 한정하지는 않는다.

[0033] 상기 전환밸브(500,510,520)는, 상기 제1분기점(a)과 상기 제2분기점(b)에 각각 구비되어 상기 열적산화라인(200)과 상기 물분해라인(300)을 선택적으로 전환한다. 즉, 상기 전환밸브(500,510,520)는 열전산화단계에서는 상기 열적산화라인(200)이 개방되도록 하고 상기 물분해라인(300)은 폐쇄되도록 전환하며, 반면 물분해단계에서는 상기 열적산화라인(200)은 폐쇄하고 상기 물분해라인(300)은 개방되도록 전환한다. 한편, 상기 전환밸브(500)는 열적산화단계에서 발생된 산소는 외부로 배출하고, 물분해단계에서 생성된 수소는 상기 수소발생부(800)로 보내는 역할도 한다.

[0034] 상기 반응기(600)는, 내부에 금속산화물을 담지한 다공성물질(601;도 3참조)을 구비하고, 상기 제2분기점(b)에 연결된 공급라인(630)을 통하여 상기 비활성기체와 상기 수증기가 유입되고 태양복사 에너지를 이용하여 2단계 열화학 반응을 하여 수소를 발생시킨다.

[0035] 여기서, 상기 금속산화물은, 물분해반응에서 비교적 저온(400℃ 내지 600℃)에서도 반응을 유도할 수 있는 세리아계(CeO2)물질을 적용하는 것이 바람직하나, 이는 바람직한 실시예로 상기한 목적을 달성할 수 있다면 상기한 물질 외 페라이트계(Fe3O4) 물질 등 다양한 물질이 적용 가능함은 물론이다. 한편, 상기 반응기(600)에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.

[0036] 상기 워터트랩(700)은, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)에 형성된 배출구와 연통되게 연결되어 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)로부터 배출되는 수증기를 물로 변환시켜 포집하고 수소는 방출하며, 수증기를 냉각시켜 액화되도록 얼음(710)이 충진된 포집관 등을 적용하는 것이 바람직하다.

[0037] 상기 수소발생부(800)는, 상기 워터트랩(700)으로부터 배출되는 가스 중 수소를 포집 또는 저장하는 역할을 한다.

[0038] 한편, 상기 수소생산장치(900)는, 집광기(602)와, 이동수단(미도시)을 포함한다. 상기 집광기(602)는, 접시형상으로 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620) 중 상기 열적산화반응을 수행하는 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)의 상기 윈도의 측면에 선택적으로 구비되어, 상기 윈도우(614,624)로 태양광을 집광하는 역할을 한다.

[0039] 상기 이동수단(미도시)은, 상기 집광기(602)의 위치에 대응하여 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)를 이동시키는 역할을 한다. 한편, 상기 이동수단은, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)가 설치되어 이를

이동시키는 공지의 LM가이드와, 모터를 포함하는 구성을 적용할 수 있으며, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다. 그리고 상기 이동수단은 상기한 구성 외 상기한 목적을 달성할 수 있다면 다양한 구성이 적용될 수 있음은 물론이다.

[0040] 또한, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)는 각각 외측에 단열부재(603;Insulation) 더 구비하여, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)로의 열손실 등을 방지할 수 있다.

[0041] 이하에서는 도 3 및 도 4를 참조하여, 상기 반응기(600)에 대하여 상세하게 살펴보기로 한다. 도면을 참조하면, 상기 반응기(600)는, 제1반응기(610)와, 제2반응기(620)를 포함한 듀얼반응기 구조로서, 상기 열적산화반응과 상기 물분해반응을 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)를 통하여 동시에 교번하면서 수행하도록 되어 있다.

[0042] 여기서, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)는, 서로 동일한 구조로서 각각 전방이 개방되고, 상기 다공성물질(601)에 의하여 전방으로 제1내부공간(611)과 제3내부공간(521)이 위치하고 후방으로 제2내부공간(612)과 제4내부공간(622)이 각각 위치하는 본체(613,623)와, 상기 본체(613,623)의 전방에 결합하고 내부로 태양광이 입사되도록 투명한 재질로 형성된 윈도우(614,624)를 포함한다.

[0043] 이하, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)에 대하여 상세하게 살펴보기로 한다.

[0044] 먼저, 상기 제1반응기(610)는, 금속산화물이 담지 된 다공성물질(601)에 의하여 내부가 전방의 제1내부공간(611)과 후방에 위치하고 수증기를 포함하는 가스가 열교환하는 제2내부공간(612)으로 구획되어 있다.

[0045] 마찬가지로, 상기 제2반응기(620)는, 상기 제1반응기(610)의 구조와 동일하며, 상기 다공성물질(601)에 의하여 내부가 전방의 제3내부공간(621)과 후방에 위치하고 수증기를 포함하는 가스가 열교환하는 제4내부공간(622)으로 구획되어 있다.

[0046] 상기 공급라인(630)은, 제1공급라인(631)과, 제2공급라인(632)을 포함한다. 상기 제1공급라인(631)은, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620) 중 열적산화반응을 수행하는 상기 제1반응기(610) 또는 상기 제2반응기(620)로 상기 비활성기체를 선택적으로 공급하며, 상기 제1내부공간(611) 또는 상기 제3내부공간(621)에 선택적으로 연통되게 연결된다.

[0047] 상기 제2공급라인(632)은, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620) 중 물분해반응을 수행하는 상기 제1반응기(610) 또는 상기 제2반응기(620)로 상기 수증기를 선택적으로 공급하되, 상기 수증기를 상기 열적산화반응을 하는 상기 제2반응기(620) 또는 상기 제1반응기(610)를 거쳐 열교환시킨 후 열교환 된 상기 수증기를 공급한다.

[0048] 상세하게, 상기 제2공급라인(632)은, 상기 제2내부공간(612) 또는 상기 제4내부공간(622)과 연통하는 주입라인(632a)과, 상기 주입라인(632a)과 연통되게 연결되며 상기 제2내부공간(612)과 상기 제4내부공간(622)에서 열교환 된 상기 수증기를 상기 제1내부공간(611)과 상기 제3내부공간(621)으로 재공급하는 열교환라인(632b)을 포함한다. 여기서, 상기 열교환라인(632b)은 공지의 코일형식의 열교환기 등을 적용하여, 상기 제2내부공간(612)과 상기 제4내부공간(622)의 유체와 유동하는 가스와 서로 열교환되게 한다.

[0049] 한편, 상기 열적산화반응과 상기 물분해반응에 따른 금속산화물의 2단계 열화학반응에 대한 설명은 동출원인이 출원한 대한민국 공개특허 제10-2011-0037327호의 내용과 대응되므로 생략하기로 하며, 이하에서는 상기한 열적산화반응과 물분해반응에 따른 반응기(600)의 작동에 대하여 살펴보기로 한다.

[0050] 우선, 상기 반응기(600)에서 열적산화반응에서의 온도는 1500℃ 내외의 고온이 필요하지만, 물분해반응의 경우에는 이보다 상대적으로 낮은 400℃ 내지 1000℃의 온도를 필요로 한다. 특히 상기 다공성물질(601)의 금속산화물이 세리아계인 경우에는 그보다 낮은 400℃ 내지 600℃에서도 물분해반응을 수행하는데 어려움이 없으며, 이는 물분해반응의 경우 열적산화반응만큼 온도가 높지 않아도 수소발생에는 큰 영향을 끼치지 않는다.

[0051] 때문에, 상기 수소생산장치(900)는 상기한 점을 고려하여, 상기 반응기(600)를 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)로 각각 두 대를 설치하고, 각각의 반응기(610,620)에 대해서는 동시에 열적산화반응과 물분해반응을 각각 수행하되, 상기 열적산화반응을 수행하는 반응기(610)에서 나온 열을 회수하여 가스의 온도를 상승시키고, 이렇게 온도가 상승된 가스를 물분해반응을 수행하는 반응기(620)에 주입시켜 열효율 향상은 물론 반응성을 향상시킬 수 있다.

[0052] 그리고 상기 수소생산장치(900)는, 상기 집광기(602)에 의한 태양광 촛점이 선택적으로 맞춰지도록 상기 이동수단을 이용하여 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)를 이동시킨다. 이때, 상기 집광기(602)의 초점부위

에 위치하는 반응기(610,620)는 열적산화반응을 수행하며 나머지 반응기(600)는 물분해반응을 수행한다. 즉, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)에 의하여 동시에 열적산화반응과 물분해반응을 수행할 수 있으며, 이는 기존의 단일 반응기 보다 두 배의 사이클(Cycle)을 수행할 수 있어 생산할 수 있는 수소량을 증가시킬 수 있다.

[0053] 즉, 도 3의 경우 상기 반응기(600) 중 상기 제1반응기(610)는 집광기(602)가 설치되어 열적산화반응을 수행하고 있으며, 상기 제2반응기(620)는 물분해반응을 수행하고 있다. 그러면, 상기 제1반응기(610)는 상기 제1내부공간(611)으로 비활성기체가 유입되어 열적산화반응이 일어나고, 후방의 상기 제2내부공간(612)으로는 주입라인(632a)으로부터 비활성기체와 수증기가 유입되어 열교환된다.

[0054] 그리고 상기 제2반응기(620)는 제2내부공간(612)으로 상기 열교환라인(632b)을 통하여 상기 제1반응기(610)에서 열교환된 비활성기체와 수증기를 공급받아 물분해반응을 수행하여 수소를 발생시킨다. 여기서, 상기 열교환라인(632b)은 상기 제2내부공간(612)에서 코일 형태의 열교환기 구조로 이루어져, 상기 제2내부공간(612)의 고온의 유체와 상기 열교환라인(632b)을 따라 유동하는 가스를 서로 열교환시킬 수 있다.

[0055] 그런 다음, 일정 사이클 후에는 도 4에 나타난 바와 같이, 상기 반응기(600)를 이동시켜 상기 제2반응기(620)에 상기 집광기(602)가 설치되도록 한다. 그러면, 전 과정에서 열적산화반응을 수행하였던 상기 제1반응기(610)는 물분해반응을 수행하여 수소를 생산하고, 전 과정에서 물분해반응을 수행하였던 상기 제2반응기(620)는 열적산화반응을 수행한다.

[0056] 이에 맞추어, 상기 제2반응기(620)는 상기 제3내부공간(621)으로 비활성기체가 유입되어 열적산화반응이 일어나고, 후방의 상기 제4내부공간(622)으로는 주입라인(632a)으로부터 비활성기체와 수증기가 유입되어 열교환된다. 그리고 상기 제1반응기(610)는 제1내부공간(611)으로 상기 열교환라인(632b)을 통하여 상기 제2반응기(620)에서 열교환된 비활성기체와 수증기를 공급받아 물분해반응을 수행하여 수소를 발생시킨다.

[0057] 상기한 바와 같이, 상기 수소생산장치(900)는, 제1반응기(610)와 제2반응기(620)를 구비하여, 두 배의 사이클을 수행함으로써 단위기간 당 수소 생산량을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라, 열적산화반응을 수행하는 반응기(600)의 열을 이용하기 때문에 에너지효율을 향상시킬 수 있다.

[0058] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0059] 100... 비활성기체공급라인 200... 열적산화라인

300... 물분해라인 400... 수증기공급부

500... 전환밸브 600... 반응기

601... 다공성물질 602... 집광기

603... 단열부재 610... 제1반응기

611... 제1내부공간 612... 제2내부공간

613... 본체 620... 제2반응기

621... 제3내부공간 622... 제4내부공간

623... 본체 631... 제1공급라인

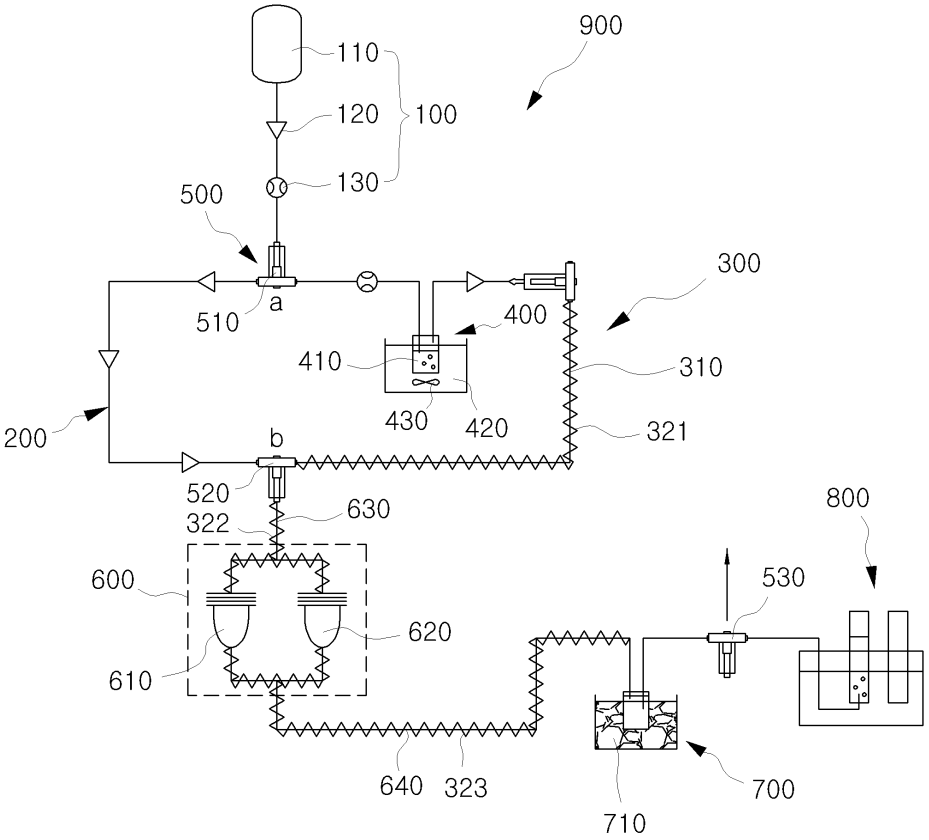
632... 제2공급라인 632a... 주입라인

632b... 열교환라인 700... 워터트랩

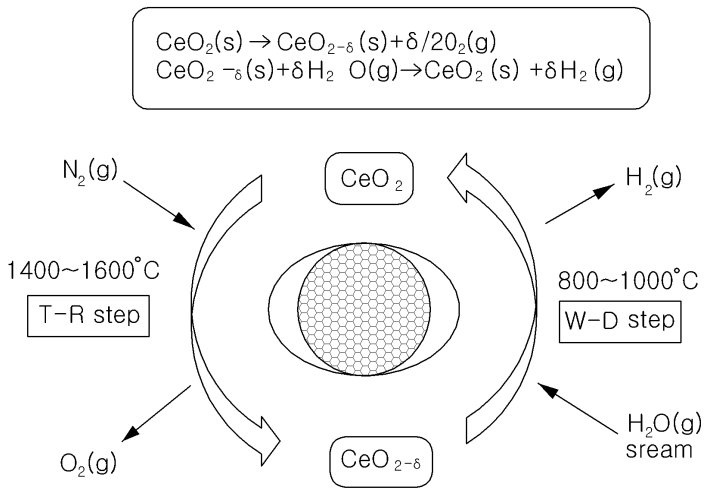
800... 수소발생부 900... 수소생산장치

도면

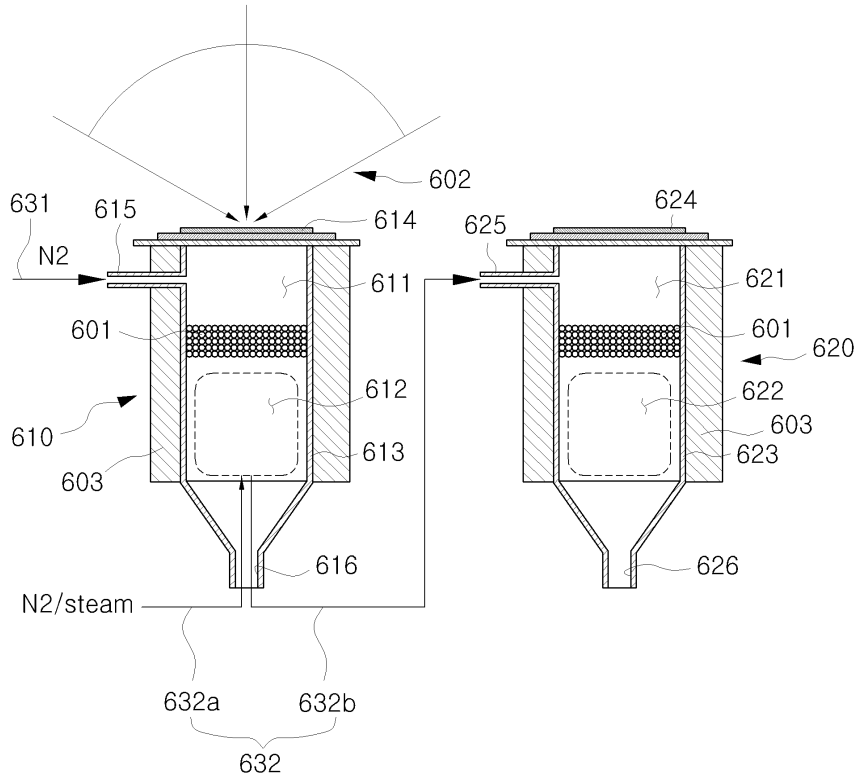
도면1


900
110
120
100
130
500
510
a
300
400
410
310
430
420
321
200
b
520
630
322
800
530
600
620
610
640
323
700
710

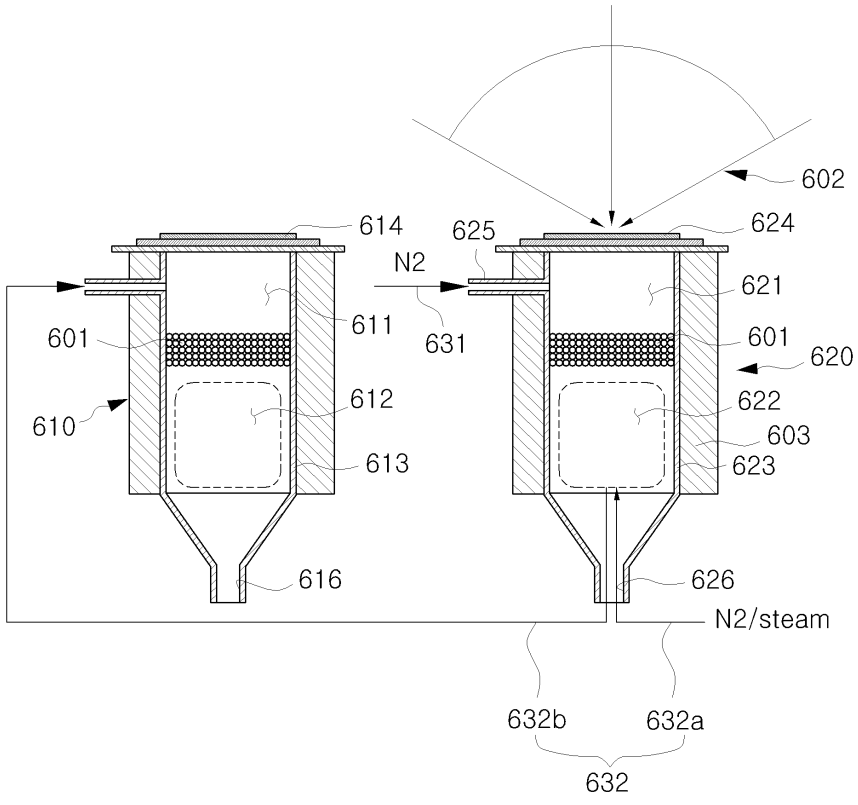
도면2


CeO2(s) → CeO2-δ(s)+δ/202(g)
CeO2 -δ(s)+δH2 O(g)→CeO2 (s) +δH2 (g)
N2(g)
CeO 2
H2(g)
1400~1600°C
T-R step
800~1000°C
W-D step
H2O(g)
sream
O2(g)
CeO 2-δ

도면3


602
631
615
614
625
624
N2
611
621
601
601
620
612
622
610
603
613
623
603
616
626
N2/steam
632a
632b
632

도면4


602
614
625
624
N2
621
611
631
601
601
620
612
622
610
603
613
623
616
626
N2/steam
632b
632a
632