



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0044697
(43) 공개일자 2013년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 19/08 (2006.01) H01L 31/042 (2006.01)
B01J 23/70 (2006.01) B01J 23/46 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0108891
(22) 출원일자 2011년10월24일
심사청구일자 없음
(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
윤경병
서울특별시 종로구 평창3길 26-6 (평창동)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

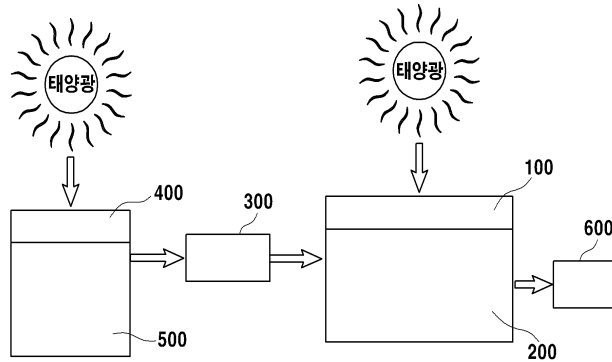
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 태양광을 이용한 이산화탄소의 환원 장치 및 환원 방법

(57) 요약

본원은 광촉매가 로딩(loading)되어 있고, 반응물 공급부와 연결되어 있는 광반응기; 및 상기 반응물 공급부와 연결되어 있고, 태양전지를 포함하는 물 분해용 반응기를 포함하고, 이산화탄소 기체 및 상기 물 분해용 반응기에서 물의 분해에 의해 생성된 수소 기체가 상기 반응물 공급부를 통해 상기 광반응기 내로 주입되어 상기 광반응기 내에서 태양광 조사(irradiation) 하에 상기 이산화탄소 기체와 상기 수소 기체가 반응되는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0030278

부처명 교육과학기술부

연구사업명 기후변화대응기술개발사업

연구과제명 인공광합성 구현과 실용화를 위한 기초과학 확보 및 원천기술 개발

주관기관 서강대학교산학협력단

연구기간 2009.09.30 ~ 2019.09.29

특허청구의 범위

청구항 1

광촉매가 로딩(loading)되어 있고, 반응물 공급부와 연결되어 있는 광반응기; 및
 상기 반응물 공급부와 연결되어 있고, 태양전지를 포함하는 물 분해용 반응기를 포함하고,
 이산화탄소 기체 및 상기 물 분해용 반응기에서 물의 분해에 의해 생성된 수소 기체가 상기 반응물 공급부를 통해 상기 광반응기 내로 주입되어 상기 광반응기 내에서 태양광 조사(irradiation) 하에 상기 이산화탄소 기체와 상기 수소 기체가 반응되는 것인,
 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 수소 기체는 상기 물 분해용 반응기 내에서 태양광 조사 하에 상기 태양전지에 의한 물의 전기분해에 의해 생성되는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 물 분해용 반응기는 해수를 담수로 전환시키는 전환기와 연결되어 있는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 전환기에서 전환된 담수가 상기 물 분해용 반응기로 주입되는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 광반응기 내로 물이 추가로 주입되는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
 상기 물의 함량은 상기 수소 기체와 상기 이산화탄소 기체의 총 부피를 기준으로 0 ppm 초과 내지 100 ppm 이하인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,
 상기 물은, 상기 광반응기 내로 물을 분사시켜 주입되거나 또는 수증기 형태로 주입되는 것인, 이산화탄소의 환

원 반응 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 광촉매는 금속화합물을 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 금속화합물은 금속산화물, 금속카바이드, 금속옥시카바이드 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 금속산화물은 전이금속, 비전이금속 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상의 금속을 함유하는 산화물을 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 금속산화물은 비금속 원소, 알칼리 금속, 알칼리토 금속 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것에 의하여 도핑된 금속산화물을 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 금속산화물은 TiO_2 , ZnO , Ta_2O_5 , ZrO_2 , WO_3 , 철산화물, 망간산화물, 구리산화물, 코발트산화물, 니켈산화물, 크롬산화물, 몰리브덴산화물, 바나듐산화물, 인듐산화물, 납산화물, $ZnCrO_4$, $ZnFe_2O_4$, $MnTiO_3$, $CaTiO_3$, $BaTiO_3$, $SrTiO_3$, $BiVO_4$, Pb_4Ti_3 , $CdIn_2O_4$, Fe_2TiO_5 , $CrNbO_4$, $Cr_2Ti_2O_7$; 상기 금속 산화물이 N, P, As, C, Y, V, Mo, Cr, Cu, Al, Ta, B, Ru, Mn, Fe, Li, Nb, In, Pb, Ge, C, N, S, Sb 또는 이들의 조합으로 도핑된 것; 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 금속카바이드는 SiC 또는 전이금속의 카바이드를 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 금속옥시카바이드는 SiO_2 , 또는 전이금속의 옥시카바이드를 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 15

제 8 항에 있어서,

상기 광촉매는 금속 입자를 추가 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 금속 입자는 나노미터 단위의 크기를 가지는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 금속 입자는 Fe, Ru, Rh, Co, Ir, Os, Pt, Pd, Ni, Au, Ag, Cu, Co, Zn, Ti, V, Mn, Sn, In, Pb, Cd, Ga 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 이산화탄소의 환원 반응 장치.

청구항 18

반응물 공급부를 포함하는 광반응기 내부에 광촉매를 로딩(loading)하는 단계;

태양전지를 포함하고, 상기 반응물 공급부에 연결되어 있는 물 분해용 반응기에서 물을 수소 기체 및 산소 기체로 분리하는 단계; 및

상기 수소 기체 및 이산화탄소 기체를 상기 반응물 공급부를 통해 상기 광반응기 내로 주입하여 태양광 조사 하에서 상기 수소 기체와 상기 이산화탄소 기체를 반응시키는 단계

를 포함하는, 이산화탄소의 환원 방법.

명세서

기술분야

본원은, 태양광을 이용한 이산화탄소의 환원 장치 및 환원 방법에 관한 것이다.

배경기술

광합성은 태양광을 에너지로 사용하여 이산화탄소와 물을 산소와 녹말로 전환하는 반응이다. 이러한 광합성은 녹색식물과 광합성 박테리아 내에서 활발하게 일어나고 있다. 이러한 자연계의 광합성에 대응하여, 태양광을 에너지로 사용하여 이산화탄소와 물을 산소와 액체연료 등으로 전환시키는 반응을 인공광합성이라고 한다.

화학적 측면에서 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)은 위치 에너지가 매우 낮은 물질이고 연료와 산소는 위치 에너지가 상대적으로 높은 물질이다. 자연계의 식물들은 태양에너지(Solar energy)를 이용하여 광합성 작용을 통해 이산화탄소와 물을 보다 위치 에너지가 높은 물질인 탄수화물과 산소(O_2)로 전환시킨다. 전환된 탄수화물과 산소를 다시 반응시키면 이는 다시 이산화탄소와 물로 전환되고 두 반응물질의 위치에너지 차이만큼 열이 외부로 방출된다.

- [0004] 한편, 인류는 화석연료의 연소를 통하여, 즉 화석연료를 산소와 반응시켜 이산화탄소와 물을 생성하는 반응을 통해 에너지를 얻고 있다. 이로 인하여 대기 중에 이산화탄소의 농도는 나날이 증가하고 있으며 지구온난화의 주된 원인으로 여겨지고 있다. 현재 급속도로 진행되고 있는 이러한 지구온난화는 지구 환경 문제의 중요한 원인들 중 하나로 인식되고 있다. 따라서 화석연료 대신에 태양에너지, 수력, 풍력, 조력, 지열, 바이오 연료 등의 재생에너지의 활용도를 높이기 위한 노력이 전세계적으로 진행되고 있다. 이중 가장 유망한 재생에너지는 태양에너지이다.
- [0005] 종래 개발된 태양에너지 활용 방법은 태양열과 태양광을 전기에너지로 전환하는 방법이 있다. 그러나, 전 세계에서 생산되는 전력 중에서 태양에너지를 이용하여 생산되는 전력량은 무시할 수 있을 정도로 적다. 더욱이 태양전지의 효율은 이미 거의 한계에 다다랐으며 태양전지 생산단가는 증가추세에 있다. 따라서 태양광과 물과 이산화탄소를 이용하여 유용한 물질을 생산하는 인공광합성의 구현에 대한 필요성이 점점 증가하고 있다.
- [0006] 그러나, 이러한 인공광합성은 지난 세기 내내 수 많은 과학자들이 많은 노력을 하였음에도 불구하고 아직도 인공광합성은 실험실 수준에서조차 구현되지 못하고 있다. 예를 들어, 일본 공개특허 제 2009-034654 호는 철족 전이원소의 존재 하에 일산화탄소, 이산화탄소, 또는 이들의 혼합가스를 수소 gas와 반응시켜 메탄가스를 제조하는 방법에 대해 기재하고 있으나, 메탄가스의 수율이 떨어지는 단점이 있고, 또한 상기 일본 공개특허는 인공광합성을 구현하기 위한 구체적 장치 등에 대해서는 인식하지 못하고 있다. 따라서, 인공광합성을 구현하기 위한 장치에 대한 연구의 성공은 지구환경의 개선 및 과학기술 발전에 현저한 기여를 할 것으로 예상된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 태양전지를 이용하여 물을 산소 및 수소 기체로 분해하고, 상기 태양광 조사(irradiation) 하에 광촉매를 이용하여 이산화탄소 기체와 상기 분해된 수소 기체를 반응시켜 이산화탄소를 환원시키기 위한 이산화탄소의 환원 반응 장치 및 이산화탄소의 환원 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 제 1 측면에 따른 이산화탄소의 환원 반응 장치는, 광촉매가 로딩(loading)되어 있고, 반응물 공급부와 연결되어 있는 광반응기; 및 상기 반응물 공급부와 연결되어 있고, 태양전지를 포함하는 물 분해용 반응기를 포함하고, 이산화탄소 기체 및 상기 물 분해용 반응기에서 물의 분해에 의해 생성된 수소 기체가 상기 반응물 공급부를 통해 상기 광반응기 내로 주입되어 상기 광반응기 내에서 태양광 조사(irradiation) 하에 상기 이산화탄소 기체와 상기 수소 기체가 반응되는 것이다.
- [0010] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 수소 기체는 상기 물 분해용 반응기 내에서 태양광 조사 하에 상기 태양전지에 의한 물의 전기분해에 의해 생성되는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0011] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 물 분해용 반응기는 해수를 담수로 전환시키는 전환기와 연결되어 있는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0012] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 전환기에서 전환된 담수가 상기 물 분해용 반응기로 주입되는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0013] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 광반응기 내로 물이 추가로 주입되는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0014] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 물의 함량은 상기 수소 기체와 상기 이산화탄소 기체의 총 부피를 기준으로 0 ppm 초과 내지 100 ppm 이하일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0015] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 물은, 상기 광반응기 내로 물을 분사시켜 주입되거나 또는 수증기 형태로 주

입되는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0016] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 광촉매는 금속화합물을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0017] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속화합물은 금속산화물, 금속카바이드, 금속옥시카바이드 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0018] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속산화물은 전이금속, 비전이금속 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상의 금속을 함유하는 산화물을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0019] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속산화물은 비금속 원소, 알칼리 금속, 알칼리토 금속 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것에 의하여 도핑된 금속산화물을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0020] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속산화물은 TiO_2 , ZnO , Ta_2O_5 , ZrO_2 , WO_3 , 철산화물, 망간산화물, 구리산화물, 코발트산화물, 니켈산화물, 크롬산화물, 몰리브덴산화물, 바나듐산화물, 인듐산화물, 납산화물, $ZnCrO_4$, $ZnFe_2O_4$, $MnTiO_3$, $CaTiO_3$, $BaTiO_3$, $SrTiO_3$, $BiVO_4$, Pb_4Ti_3 , $CdIn_2O_4$, Fe_2TiO_5 , $CrNbO_4$, $Cr_2Ti_2O_7$; 상기 금속 산화물이 N, P, As, C, Y, V, Mo, Cr, Cu, Al, Ta, B, Ru, Mn, Fe, Li, Nb, In, Pb, Ge, C, N, S, Sb 또는 이들의 조합으로 도핑된 것; 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0021] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속카바이드는 SiC 또는 전이금속의 카바이드를 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0022] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속옥시카바이드는 SiOC, 또는 전이금속의 옥시카바이드를 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0023] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 광촉매는 금속 입자를 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0024] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속 입자는 나노미터 단위의 크기를 가지는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0025] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금속 입자는 Fe, Ru, Rh, Co, Ir, Os, Pt, Pd, Ni, Au, Ag, Cu, Co, Zn, Ti, V, Mn, Sn, In, Pb, Cd, Ga 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0026] 본원의 제 2 측면에 따른 이산화탄소의 환원 방법은, 반응물 공급부를 포함하는 광반응기 내부에 광촉매를 로딩 (loading)하는 단계; 태양전지를 포함하고, 상기 반응물 공급부에 연결되어 있는 물 분해용 반응기에서 물을 수소 기체 및 산소 기체로 분리하는 단계; 및 상기 수소 기체 및 이산화탄소 기체를 상기 반응물 공급부를 통해 상기 광반응기 내로 주입하여 태양광 조사 하에서 상기 수소 기체와 상기 이산화탄소 기체를 반응시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0027] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 광촉매를 이용함으로써 이산화탄소를 용이하게 환원시킬 수 있고, 상기 이산화탄소의 환원에 의해 CO, 탄화수소, 케톤류, 알데히드류, 알코올류 등의 액체 연료를 효율적으로 제조할 수 있다. 특히 이산화탄소를 환원 시키기 위한 수소를 태양전지에 의한 물의 분해에 의해 생성하기 때문에 환경 오염에 대한 염려가 없으며, 이산화탄소의 환원 과정에서 물을 추가로 첨가함으로써 상기 이산화탄소의 환원을 더욱 향상시킬 수 있다. 이에 따라, 본원에 따른 태양광을 이용한 이산화탄소의 환원 반응 장치를 이용하여 이산화탄소의 환원을 통한 연료 물질의 생산 공정의 효율을 향상시키고 실용화에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1 은 본원의 일 실시예에 따른 이산화탄소 환원 반응 장치의 개략도이다.

도 2 는 본원의 일 실시예에 따른 이산화탄소 환원 반응 장치의 개략도이다.

도 3 은 본원의 일 실시예에 따른 이산화탄소 환원 반응 장치의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0030] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0031] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0032] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0033] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 “이들의 조합”의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0034] 도 1 내지 도 3을 참조하여 본원의 일 실시예에 따른 이산화탄소의 환원 반응 장치 및 이산화탄소의 환원 방법을 구체적으로 설명한다.
- [0035] 본원의 일 실시예에 따른 이산화탄소의 환원 반응 장치는, 광촉매(100)가 로딩되어 있는 광반응기(200)가 반응물 공급부(300)와 연결되어 있으며, 태양전지(400)를 포함하는 물 분해용 반응기(500)가 상기 반응물 공급부(300)와 연결되어 있을 수 있으며, 생성물 배출부(600)를 추가 포함할 수 있다 (도 1 참조).
- [0036] 상기 물 분해용 반응기(500)에는 물이 포함되어 있다. 태양광 입사에 의해 상기 물 분해용 반응기(500)에 포함된 태양전지(400)가 작동하게 되고, 상기 태양전지(400)에 의해 발생한 전류에 의해 물이 수소 기체 및 산소 기체로 분리된다. 상기 분리된 수소 기체는 상기 반응물 공급부(300)를 통해 상기 광반응기(200)으로 주입되고, 이와 함께 상기 반응물 공급부(300)에 의해 이산화탄소 기체가 상기 광반응기(200)으로 주입된다. 상기 광반응기(200) 내부에 로딩되어 있는 상기 광촉매(100)의 존재 하에 상기 수소 기체 및 이산화탄소 기체가 반응하고, 상기 이산화탄소 기체가 환원되어 CO, 탄화수소, 케톤류, 알데히드류, 알코올류 등의 액체 연료가 생성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 생성된 액체 연료는 상기 생성물 배출부(600)를 통하여 배출될 수 있다. 상기 광반응기(200) 내의 반응은, 예를 들어, 하기의 반응식 1 및 반응식 2와 같이 표현될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0037] [반응식 1]
- [0038] $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- [0039] [반응식 2]
- [0040] $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ (제 1 반응)
- [0041] $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ (제 2 촉매 반응)
- [0042] 상기 태양전지(400)는 제 1 전극(410) 및 제 2 전극(420)과 연결되어 있을 수 있고, 상기 제 1 전극(410) 및 상기 제 2 전극(420)은 물(510)에 연결되어 상기 물(510)을 수소 기체 및 산소 기체로 분리할 수 있다 (도 2

참조). 구체적으로, 상기 물 분해용 반응 장치(500)의 상기 태양전지(400)에 태양광이 조사되어 상기 태양전지(400)로부터 광기전력이 발생한다. 상기 발생한 광기전력이 상기 제 1 전극(410) 및 제 2 전극(420)에 의해 상기 물(510)에 인가되고, 이로 인해 상기 물(510)이 수소 이온(H^+)과 산소 이온(O^{2-})으로 분해된다. 동시에 상기 산소 이온은 상기 제 2 전극(420) 표면에서 산화되어 산소 기체(O_2)가 발생한다. 상기 발생한 산소 기체는 의해 대기 중으로 배출되거나, 다른 용도로 사용되기 위해 별도로 수집될 수 있다. 상기 수소 이온은 상기 제 1 전극(410)으로 이동하고, 상기 제 1 전극(410)의 표면에서 상기 수소 이온이 환원되어 수소 기체가 발생한다. 상기 태양전지(400)는 제한되지 않으며, 예를 들어, 실리콘 태양전지, 염료감응 태양전지, 화합물 반도체 태양전지, 유기분자접합 태양전지 등일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0043] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 물 분해용 반응기(500)는 해수를 담수로 전환시키는 전환기(미도시)와 연결되어 있을 수 있으며, 상기 물(510)은 상기 전환기(미도시)에서 전환된 담수일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 전환기(미도시)는 역삼투압법 또는 증발법에 의해 해수를 담수화할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 전환기(미도시)는 해수를 기화시키는 증발부, 증발된 수증기를 액화시키는 응축부, 태양열 집열부, 태양열을 저장하는 축열조를 포함할 수 있다. 상기 전환기(미도시) 내에서, 상기 해수는 태양열 집열부에 의해 흡수된 태양 에너지에 의해 가열된 축열조 내부를 순환하면서 가열된다. 상기 가열된 해수는 상기 증발부에서 증발되어 수증기를 형성하며, 상기 수증기는 상기 응축부에서 액화되어 담수로 전환될 수 있다.

[0044] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 반응물 공급부(300)는 이산화탄소 기체 공급부(310) 및 물 공급부(320)를 추가 포함할 수 있다 (도 3 참조). 상기 이산화탄소 기체 공급부에 의해 이산화탄소 기체가 상기 광반응기(200)에 주입되어, 상기 광촉매(100) 하에 수소 기체와 반응할 수 있다. 상기 물 공급부(320)에 의해 상기 광반응기(200)에 물이 추가로 공급됨으로써, 상기 수소 기체 및 상기 이산화탄소 기체가 더욱 용이하게 반응할 수 있다. 추가로 공급되는 상기 물의 함량은, 상기 광반응기(200)에 공급되는 상기 수소 기체와 상기 이산화탄소 기체의 총 부피를 기준으로 약 0 ppm 초과 내지 약 100 ppm 이하일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 추가로 공급되는 상기 물은 상기 광반응기(200) 내로 분사되거나 수증기 형태로 공급될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0045] 상기 광촉매(100)는 광촉매로서 당업계에 공지된 것 및 빛 조사 하에서 이산화탄소의 환원 활성을 가지는 촉매 물질들을 특별히 제한없이 사용할 수 있다. 상기 광촉매(100)는, 예를 들어, 금속 화합물을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0046] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 금속화합물은, 예를 들어, 금속산화물, 금속카바이드, 금속옥시카바이드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 금속산화물은 전이금속, 비전이금속, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 금속을 함유하는 산화물을 포함하는 것일 수 있으며, 비금속 원소, 알칼리 금속, 알칼리토 금속, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것에 의해 도핑되어 있을 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금속산화물은 TiO_2 , ZnO , Ta_2O_5 , ZrO_2 , WO_3 , 철산화물, 망간산화물, 구리산화물, 코발트산화물, 니켈산화물, 크롬산화물, 몰리브덴산화물, 바나듐산화물, 인듐산화물, 납산화물, $ZnCrO_4$, $ZnFe_2O_4$, $MnTiO_3$, $CaTiO_3$, $BaTiO_3$, $SrTiO_3$, $BiVO_4$, Pb_4Ti_3 , $CdIn_2O_4$, Fe_2TiO_5 , $CrNbO_4$, $Cr_2Ti_2O_7$; 상기 금속 산화물이 N, P, As, C, Y, V, Mo, Cr, Cu, Al, Ta, B, Ru, Mn, Fe, Li, Nb, In, Pb, Ge, C, N, S, Sb 또는 이들의 조합으로 도핑된 것; 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0047] 상기 금속카바이드는 SiC 또는 전이금속의 카바이드를 포함하는 것일 수 있고, 상기 금속옥시카바이드는 SiOC 또는 전이금속의 옥시카바이드를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0048] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 광촉매(100)는 금속 입자를 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 금속 입자는 나노미터 단위의 크기를 가지는 것일 수 있고, 상기 금속 입자는, 예를 들어, Fe, Ru, Rh, Co, Ir, Os, Pt, Pd, Ni, Au, Ag, Cu, Zn, Ti, V, Mn, Sn, In, Pb, Cd, Ga 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0049]

[0050] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을

것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

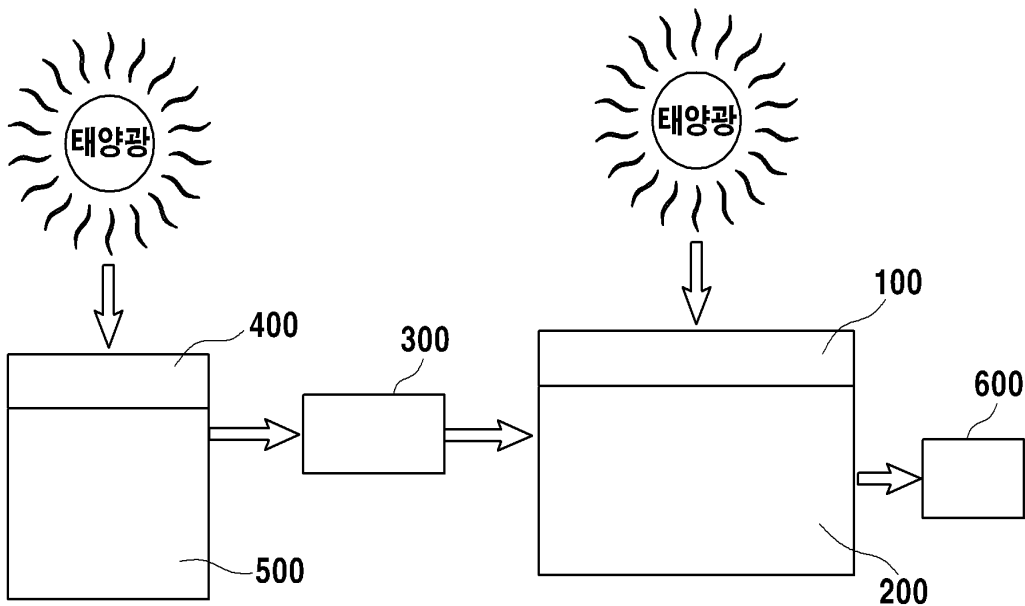
[0051] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

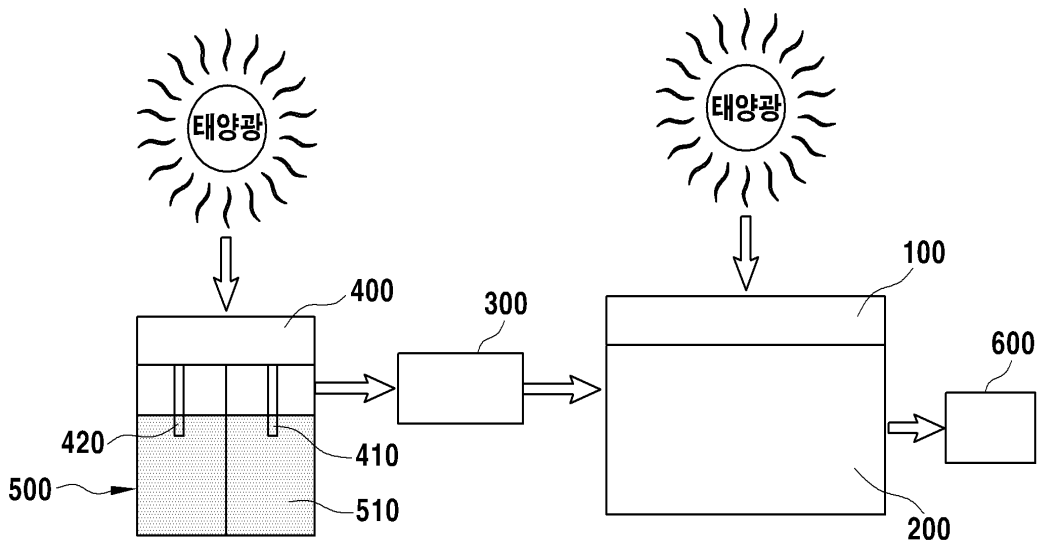
[0052]	100: 광촉매	200: 광반응기
	300: 반응물 공급부	310: 이산화탄소 기체 공급부
	320: 물 공급부	400: 태양전지
	410: 제 1 전극	420: 제 2 전극
	500: 물 분해용 반응기	510: 물
	600: 생성물 배출부	

도면

도면1



도면2



도면3

