



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월07일
(11) 등록번호 10-1986642
(24) 등록일자 2019년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C25B 1/04 (2006.01) C25B 15/08 (2006.01)
C25B 9/06 (2006.01) H01M 16/00 (2006.01)
H01M 8/0612 (2016.01) H01M 8/0656 (2016.01)
H01M 8/0662 (2016.01) H01M 8/0668 (2016.01)
(52) CPC특허분류
C25B 1/04 (2013.01)
C25B 15/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0100493
(22) 출원일자 2018년08월27일
심사청구일자 2018년08월27일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011528407 A*
JP2013044032 A*
KR1020140084640 A*
임한권. News&information for chemical
engineers. 2011., vol.29, no.3, pp.389~392*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김건태
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김창민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김정원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 8 항

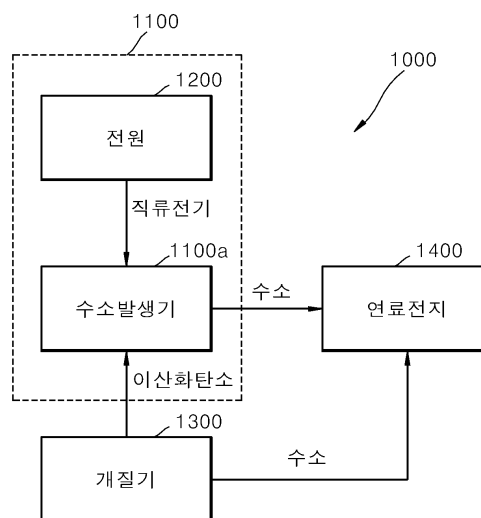
심사관 : 김대영

(54) 발명의 명칭 이산화탄소를 이용한 수소 발생장치를 구비하는 연료전지 시스템

(57) 요약

본 발명에 의하면, 반응 공간에 수용되는 수계 전해질과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 환원 전극과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 산화 전극을 구비하는 수소 발생기; 및 상기 수소 발생기에 직류 전기를 인가하고 상기 환원 전극과 전기적으로 연결되는 음극과 상기 산화 전극과 전기적으로 연결되는 양극을 구비하는 전원을 포함하며, 상기 전원에 의해 상기 수소 발생기에 직류 전기가 인가되고 이산화탄소 기체가 상기 수계 전해질로 유입되어서, 상기 수계 전해질의 물과 상기 이산화탄소 기체의 반응에 의해 수소이온과 중탄산이온이 생성되고, 상기 수소이온과 상기 환원 전극의 전자가 결합되어서 수소 기체가 발생하는 수소 발생장치 및 상기 수소 발생장치에서 생산된 수소를 연료로 이용하는 연료전지 시스템이 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C25B 9/06 (2013.01)
H01M 16/003 (2013.01)
H01M 8/0618 (2013.01)
H01M 8/0656 (2013.01)
H01M 8/0668 (2013.01)
H01M 8/0681 (2013.01)
H01M 2300/0002 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711059907

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(미래부)

연구과제명 친환경 에너지 변환을 위한 프로톤 전도성 고체산화물 연료전지 전극 소재의 개발 및 공정

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2017.11.01 ~ 2018.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

수소함유 연료로부터 수소가 풍부한 개질가스를 생산하고 부산물로 이산화탄소를 발생시키는 개질기;

상기 개질기에서 발생된 이산화탄소를 원료로 수소를 발생시키는 수소 발생장치; 및

상기 수소 발생장치에서 발생된 수소와 상기 개질기에서 생산된 개질가스를 연료로 공급받는 연료전지를 포함하며,

상기 수소 발생장치는,

반응 공간에 수용되며 수산화칼륨 또는 수산화나트륨을 포함하는 알칼리성 용액인 수계 전해질과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 환원 전극과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 산화 전극을 구비하는 수소 발생기; 및

상기 수소 발생기에 직류 전기를 인가하고 상기 환원 전극과 전기적으로 연결되는 음극과 상기 산화 전극과 전기적으로 연결되는 양극을 구비하는 전원을 포함하며,

상기 전원에 의해 상기 수소 발생기에 직류 전기가 인가되고 상기 개질기에서 발생한 이산화탄소 기체가 상기 수계 전해질로 유입되어서, 상기 수계 전해질의 물과 상기 이산화탄소 기체의 반응에 의해 수소이온과 중탄산이온이 생성되고, 상기 수소이온과 상기 환원 전극의 전자가 결합되어서 수소 기체가 발생하며,

상기 전원은 태양전지이며,

낮에는 상기 개질기에서 생산된 수소가 상기 연료전지의 연료로 공급되며 상기 수소 발생장치에서 생산된 수소는 저장되고 상기 개질기에서 발생한 이산화탄소가 상기 수소 발생기로 공급되며,

밤에는 상기 개질기는 작동하지 않고 상기 낮에 저장된 수소가 상기 연료전지로 공급되는 연료전지 시스템.

청구항 2

수소함유 연료로부터 수소가 풍부한 개질가스를 생산하고 부산물로 이산화탄소를 발생시키는 개질기;

상기 개질기에서 발생된 이산화탄소를 원료로 수소를 발생시키는 수소 발생장치; 및

상기 수소 발생장치에서 발생된 수소와 상기 개질기에서 생산된 개질가스를 연료로 공급받는 연료전지를 포함하며,

상기 수소 발생장치는,

반응 공간과, 상기 반응 공간과 연통되는 수용 공간과, 상기 반응 공간 및 상기 수용 공간 모두에 수용되며 수산화칼륨 또는 수산화나트륨을 포함하는 알칼리성 용액인 수계 전해질과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 환원 전극과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 산화 전극과, 상기 수용 공간의 상기 수계 전해질로 유입되는 이산화탄소 기체 중 이온화되지 않은 이산화탄소 기체를 상기 수계 전해질로부터 분리하여 상기 반응 공간으로 공급되지 않도록 하는 이산화탄소 처리부를 구비하는 수소 발생기; 및

상기 수소 발생기에 직류 전기를 인가하고 상기 환원 전극과 전기적으로 연결되는 음극과 상기 산화 전극과 전기적으로 연결되는 양극을 구비하는 전원을 포함하며,

상기 전원에 의해 상기 수소 발생기에 직류 전기가 인가되고 상기 개질기에서 발생한 이산화탄소 기체가 상기 수용 공간의 수계 전해질로 유입되어서, 상기 반응 공간에서 수계 전해질의 물과 상기 이산화탄소 기체의 반응에 의해 수소이온과 중탄산이온이 생성되고, 상기 수소이온과 상기 환원 전극의 전자가 결합되어서 수소 기체가 발생하며,

상기 이산화탄소 처리부는 상기 수용 공간의 상기 수계 전해질로 유입되는 이산화탄소 기체 중 이온화되지 않은

이산화탄소 기체를 상기 수계 전해질로부터 분리하여 상기 반응 공간으로 공급되지 않도록 하며,

상기 전원은 태양전지이며,

낮에는 상기 개질기에서 생산된 수소가 상기 연료전지의 연료로 공급되며 상기 수소 발생장치에서 생산된 수소는 저장되고 상기 개질기에서 발생한 이산화탄소가 상기 수소 발생기로 공급되며,

밤에는 상기 개질기는 작동하지 않고 상기 낮에 저장된 수소가 상기 연료전지로 공급되는 연료전지 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 이산화탄소 처리부는,

상기 이온화되지 않은 이산화탄소 기체를 상기 수계 전해질과의 비중 차이를 이용하여 분리하는 연료전지 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 이산화탄소 처리부는,

상기 이온화되지 않은 이산화탄소 기체를 상기 수용 공간의 상기 수계 전해질의 수면 상부에서 수집하는 연료전지 시스템.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 이산화탄소 처리부에는 상기 수용 공간의 상기 수계 전해질의 수면보다 아래에 위치하고 이산화탄소 기체가 유입되는 유입구가 형성되며,

상기 수용 공간에서 상기 반응 공간과 연통되도록 형성된 연통구는 상기 유입구보다 아래에 위치하는 연료전지 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 반응 공간에는 발생한 수소 기체가 배출되도록 상기 반응 공간에 수용되는 상기 수계 전해질의 수면보다 위에 위치하는 제1 배출구가 형성되는 연료전지 시스템.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 이산화탄소 처리부에는 상기 이온화되지 않은 이산화탄소 기체가 배출되도록 상기 수용 공간의 상기 수계 전해질의 수면보다 위에 위치하는 제2 배출구가 형성되는 연료전지 시스템.

청구항 8

청구항 2에 있어서,

상기 수소 발생기는 상기 이산화탄소 처리부에서 상기 수계 전해질로부터 분리된 상기 이온화되지 않은 이산화탄소 기체를 상기 수용 공간의 상기 수계 전해질로 공급하는 이산화탄소 순환 공급부를 더 구비하는 연료전지 시스템.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수소 발생장치 및 이를 구비하는 연료전지 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 이산화탄소를 이용하는 수소 발생장치 및 이를 구비하는 연료전지 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 산업화와 더불어 온실가스의 배출이 지속적으로 증가하고 있으며, 온실가스 중 이산화탄소가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 산업 유형별 이산화탄소 배출량은 발전소 등 에너지 공급원에서 가장 많고, 발전을 포함한 시멘트/철강/정제 산업 등에서 발생하는 이산화탄소가 전 세계 발생량의 절반을 차지하고 있다. 이산화탄소 전환/활용 분야는 크게 화학적 전환, 생물학적 전환, 직접 활용으로 구분할 수 있으며, 기술적 범주로는 촉매, 전기화학, 바이오공정, 광활용, 무기(탄산)화, 폴리머 등으로 구분지을 수 있다. 이산화탄소는 다양한 산업 및 공정에서 발생되고, 하나의 기술로 이산화탄소 저감을 달성할 수 없기 때문에 이산화탄소 저감을 위한 다양한 접근 방식이 필요하다.

[0003] 현재 미국 에너지성 DOE(Department Of Energy)는 이산화탄소를 저감하기 위한 기술로 CCS(Carbon Capture & Storage)와 CCU(CC & Utilization)이 포함된 CCUS 기술에 관심을 두고 다각적 기술 개발을 추진 중이다. CCUS 기술은 효과적인 온실가스 감축 방안으로 인정받고 있으나, 고 투자 비용, 유해 포집제의 대기 방출 가능성, 낮은 기술 성숙도의 문제에 직면하고 있다. 또한, 에너지 및 기후 정책적 관점에서 CCUS는 온실가스 배출량을 실질적으로 감축하는 수단을 제공하지만 기술의 실현에는 보완 사항이 많다. 따라서, 보다 효율적으로 이산화탄소 포집, 저장 및 활용하는 새로운 개념의 한계돌파형(breakthrough) 기술 개발이 요구되고 있다.

[0004] 본 발명의 기술분야와 관련된 선행 특허문헌으로서, 등록특허공보 제10-1451630호에는 이산화탄소를 전기화학적으로 환원하여 수소를 생산하는 기술이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1451630호 (2014.10.23.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 온실 가스인 이산화탄소를 원료로 수소를 생산하는 수소 발생장치 및 이를 구비하는 연료전지 시스템을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 태양전지와 같은 신재생에너지를 이용하여 수소를 생산하는 수소 발생장치 및 이를 구비하는 연료전지 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 측면에 따르면, 반응 공간에 수용되는 수계 전해질과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 환원 전극과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 산화 전극을 구비하는 수소 발생기; 및 상기 수소 발생기에 직류 전기를 인가하고 상기 환원 전극과 전기적으로 연결되는 음극과 상기 산화 전극과 전기적으로 연결되는 양극을 구비하는 전원을 포함하며, 상기 전원에 의해 상기 수소 발생기에 직류 전기가 인가되고 이산화탄소 기체가 상기 수계 전해질로 유입되어서, 상기 수계 전해질의 물과 상기 이산화탄소 기체의 반응에 의해 수소이온과 중탄산이온이 생성되고, 상기 수소이온과 상기 환원 전극의 전자가 결합되어서 수소 기체가 발생하는 수소 발생장치가 제공된다.

[0009] 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 반응 공간에 수용되는 수계 전해질과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 환원 전극과, 상기 반응 공간에서 상기 수계 전해질에 적어도 일부가 잠기는 산화 전극과, 상기 반응 공간과 연통되는 수용 공간에 수용되는 상기 수계 전해질을 구비하는 수소 발생기; 및 상기 수소 발생기에 직류 전기를 인가하고 상기 환원 전극과 전기적으로 연결되는 음극과 상기 산화 전극과 전기적으로 연결되는 양극을 구비하는 전원을 포함하며, 상기 전원에 의해 상기 수소 발생기에 직류 전기가 인가되고 이산화탄소 기체가 상기 수용 공간의 수계 전해질로 유입되어서, 상기 반응 공간에서 수계 전해질의 물과 상기 이산화탄소 기체의 반응에 의해 수소이온과 중탄산이온이 생성되고, 상기 수소이온과 상기 환원 전극의 전자가 결합되어서 수소 기체가 발생하며, 상기 이산화탄소 처리부는 상기 수용 공간의 상기 수계 전해질로 유입되는 이산화탄소 기체 중 이온화되지 않은 이산화탄소 기체를 상기 수계 전해질로부터 분리하여 상기 반응 공간으로 공급되지 않도록 하는 수소 발생장치가 제공된다.

[0010] 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 이산화탄소를 원료로 전기에너지를 이용하여 수소를 발생시키는 상기 수소 발생장치; 및 상기 수소 발생장치에서 발생된 수소를 연료로 공급받는 연료전지를 포함하는 연료전지 시스템이 제공된다.

[0011] 상기 연료전지 시스템은 수소 함유 연료로부터 수소가 풍부한 개질가스를 생산하고 부산물로 이산화탄소를 발생시키는 개질기를 더 포함하고, 상기 전원은 태양전지이며, 낮에는 상기 개질기에서 발생한 이산화탄소가 상기 수소 발생기로 공급되고, 상기 개질가스는 상기 연료전지로 공급되며, 상기 수소 발생장치에 의해 생산된 수소가 저장되고, 밤에는 상기 저장된 수소가 상기 연료전지로 공급될 수 있다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 의하면 앞서서 기재한 본 발명의 목적을 모두 달성할 수 있다. 구체적으로는, 이산화탄소 가스를 원료로 하고 태양전지와 같은 신재생에너지를 이용하여 수소를 발생시키므로, 이산화탄소의 제거와 함께 연료전지 시스템에 효율적으로 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.

도 2는 도 1에 도시된 수소 발생장치의 일 실시예로서 수소가 발생하는 과정을 도시한 모식도이다.

도 3은 도 2에 도시된 수소 발생기의 다른 실시예로서 수소가 발생하는 과정을 도시한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예의 구성 및 작용을 상세하게 설명한다.

[0015] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지 시스템의 개략적인 구성이 블록도로서 도시되어 있다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지 시스템(1000)은 이산화탄소(CO₂)를 제거하면서 수소(H₂)를 발생시키는 수소 발생장치(1100)과, 수소 함유 연료로부터 수소가 풍부한 개질가스를 생산하고 부가적으로 이산화탄소 가스를 발생시키는 개질기(1300)와, 수소 발생장치(1100)와 개질기(1300)로부터 수소를 연료로 공급받아서 전기를 생산하는 연료전지(1400)를 포함한다.

[0016] 수소 발생장치(1100)는 이산화탄소 가스를 원료로 전기에너지를 이용하여 수소 가스를 발생시킨다. 수소 발생장

치(1100)는 수소 발생기(1100a)와, 수소 발생기(1100a)로 직류 전기를 제공하는 전원(1200)을 구비한다. 도 2에는 수소 발생장치(1100)의 일 실시예의 구성이 도시되어 있다.

[0017] 도 2를 참조하면, 수소 발생기(1100a)는 내부에 반응 공간(1111)을 제공하는 반응 용기(1110)와, 반응 공간(1111)에 담긴 수계 전해질(1115)과, 반응 공간(1111)에서 수계 전해질(1115)에 적어도 일부가 잠기는 환원 전극(1118)과, 반응 공간(1111)에서 수계 전해질(1115)에 적어도 일부가 잠기는 산화 전극(1158)을 구비한다. 수소 발생기(1100a)는 전원(1200)으로부터 공급되는 직류 전기를 이용하여 이산화탄소를 원료로 수소 가스를 발생시킨다. 본 실시예에서는 수소 발생기(1100a)로 공급되는 이산화탄소가 개질기(1300)에서 부가적으로 발생하는 이산화탄소 가스인 것으로 설명하는데, 본 발명은 이에 제한되는 것은 아니다.

[0018] 반응 용기(1110)는 내부에 수계 전해질(1115)이 담기고 환원 전극(1118)과 산화 전극(1158)이 수용되는 반응 공간(1111)을 제공한다. 반응 용기(1110)에는 반응 공간(1111)과 연통되는 제1 유입구(1112)와 제1 배출구(1113)가 형성된다. 제1 유입구(1112)는 수계 전해질(1115)의 수면보다 아래에 위치하도록 반응 공간(1111)의 하부에 위치한다. 제1 배출구(1113)는 수계 전해질(1115)의 수면보다 위에 위치하도록 반응 공간(1111)의 상부에 위치한다. 제1 유입구(1112)를 통해 원료인 이산화탄소 가스가 반응 공간(1111)으로 유입되는데, 필요 시 수계 전해질(1115)도 유입될 수 있다. 제1 배출구(1113)를 통해서 발생하는 수소 가스가 배출된다. 반응 공간(1111)에서는 이산화탄소 용리 반응이 일어난다.

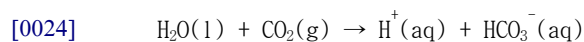
[0019] 수계 전해질(1115)은 반응 공간(1111)에 담기며, 수계 전해질(1115)에 환원 전극(1118)의 적어도 일부와 산화 전극(1158)의 적어도 일부가 잠긴다. 본 실시예에서 수계 전해질(1115)로 수산화칼륨(KOH) 또는 수산화나트륨(NaOH)를 포함하는 알칼리성 용액이 사용되는 것으로 설명하는데, 이와는 달리 해수와 같은 준중성 용액이 사용될 수도 있으며, 이 또한 본 발명에 속하는 것이다.

[0020] 환원 전극(1118)은 반응 공간(1111)에서 수계 전해질(1115)에 적어도 일부가 잠긴다. 환원 전극(1118)은 전원(1200)의 음극과 전기적으로 연결되어서 전원(1200)으로부터 전자를 공급받는다. 환원 전극(1118)은 탄소 페이퍼, 탄소 섬유, 탄소 펠트, 탄소 천, 금속 폼, 금속박막, 또는 이들의 조합일 수 있으며, 백금 촉매도 사용될 수 있다. 촉매의 경우, 백금 촉매 외에 탄소 계열 촉매, 탄소-금속 계열 복합 촉매, 페로브스카이트 산화물 촉매 등 일반적으로 산소발생반응(HER) 촉매로 사용될 수 있는 다른 모든 촉매도 포함한다. 환원 전극(1118)에서는 환원 반응이 일어나며, 그에 따라 수소가 발생하게 된다.

[0021] 산화 전극(1158)은 반응 공간(1111)에서 수계 전해질(1115)에 적어도 일부가 잠긴다. 산화 전극(1158)은 전원(1200)의 양극과 전기적으로 연결되어서 전원(1200)으로 전자를 공급한다. 본 실시예에서 산화 전극(1158)은 바나듐(V), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), 구리(Cu), 알루미늄(Al) 또는 아연(Zn)이 사용되는 것으로 설명한다. 산화 전극(1158)에서는 산화 반응이 일어나게 된다.

[0022] 이제, 수소 발생기(1100a)에서 수소가 발생하는 과정을 설명한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 제1 유입구(1112)를 통해 수계 전해질(1115)로 이산화탄소 가스가 주입되며, 반응 공간(1111)에서는 다음 [반응식 1]과 같은 이산화탄소의 화학적 용리 반응이 이루어진다.

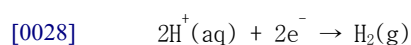
[0023] [반응식 1]



[0025] 즉, 반응 공간(1111)으로 공급된 이산화탄소(CO_2)가 수계 전해질(1115)의 물(H_2O)과 자발적인 화학반응을 통해 수소 양이온(H^+)과 중탄산염(HCO_3^-)이 생성된다.

[0026] 또한, 환원 전극(1118)에서는 다음 [반응식 2]와 같은 전기적 반응이 이루어진다.

[0027] [반응식 2]



[0029] 즉, 환원 전극(1118)의 주변에서 수소 양이온(H^+)은 환원 전극(1118)로부터 전자(e^-)를 받아서 수소(H_2) 기체가 발생하게 된다. 발생한 수소(H_2) 기체는 제1 배출구(1113)를 통해서 외부로 배출된다.

[0030] 아울러, 환원 전극(1118)의 주변에서는 다음 [반응식 3]과 같은 복합 수소발생 반응이 이루어진다.

- [0031] [반응식 3]
- [0032] $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{HCO}_3^-(\text{aq})$
- [0033] 그리고, 산화 전극(1158)이 아연(Zn)인 경우에 산화 전극(1158)에서는 다음 [반응식 4]과 같은 산화 반응이 이루어진다.
- [0034] [반응식 4]
- [0035] $\text{Zn} + 4\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e}^- \quad (E^0 = -1.25 \text{ V})$
- [0036] $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} \rightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$
- [0037] 결국, 산화 전극(1158)이 아연(Zn)인 경우에 전체 반응식은 다음 [반응식 5]과 같다.
- [0038] [반응식 5]
- [0039] $\text{Zn} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{ZnO} + 2\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad (E^0 = 1.25 \text{ V})$
- [0040] 만일, 산화 전극(1158)이 알루미늄(Al)인 경우에 산화 전극(1158)에서는 다음 [반응식 6]과 같은 산화 반응이 이루어진다.
- [0041] [반응식 6]
- [0042] $\text{Al} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{e}^- \quad (E^0 = -2.31 \text{ V})$
- [0043] 결국, 산화 전극(1158)이 알루미늄(Al)인 경우에 이루어지는 전체 반응식은 다음 [반응식 7]과 같다.
- [0044] [반응식 7]
- [0045] $2\text{Al} + 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 6\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad (E^0 = 2.31 \text{ V})$
- [0046] 결과적으로, [반응식 5]과 [반응식 7]를 통해 알 수 있는 바와 같이, 방전 시 수계 전해질(115)에서 용리된 이산화탄소에 의해 생성된 수소 이온이 환원 전극(1118)로부터 전자를 받아서 수소 기체로 환원되어서, 제1 배출구(1113)를 통해 배출되고, 산화 전극(1158)은 산화물의 형태로 변하게 된다. 제1 배출구(1113)를 통해 배출된 수소 기체는 연료전지(1400)로 공급된다. 수소 발생기(1100a)는 이산화탄소 용해를 통해 얻어지는 pH 감소로 수소 발생반응에 유리한 환경을 이용하며, 지속적인 수소발생은 pH의 상승을 일으키게 되고 추가적인 이산화탄소 용해를 가능하게 한다.
- [0047] 전원(1200)은 수소 발생기(1100a)로 직류 전기를 제공한다. 전원(1200)의 양극은 수소 발생기(1100a)의 산화 전극(1158)과 전기적으로 연결되고 전원(1200)의 음극은 수소 발생기(1100a)의 환원 전극(1118)과 전기적으로 연결된다. 본 실시예에서는 전원(1200)으로 태양전지가 사용되는 것으로 설명하는데, 본 발명은 이에 제한되는 것은 아니며, 태양전지 외에 풍력발전 등의 신재생 에너지가 사용될 수 있으며, 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것이다.
- [0048] 도 3에는 도 2에 도시된 수소 발생기(1100a)를 대체하는 다른 실시예에 따른 수소 발생기(1100b)가 도시되어 있다. 도 3을 참조하면, 수소 발생기(1100b)는 내부에 반응 공간(1111)을 제공하는 반응 용기(1110)와, 반응 공간(1111)에 담긴 수계 전해질(1115)과, 반응 공간(1111)에서 수계 전해질(1115)에 적어도 일부가 잠기는 환원 전극(1118)과, 반응 공간(1111)에서 수계 전해질(1115)에 적어도 일부가 잠기는 산화 전극(1158)과, 이산화탄소 처리부(1120)와, 이산화탄소 순환 공급부(1130)와, 반응 공간(1111)과 이산화탄소 처리부(1120)를 연결하는 연결관(1140)을 포함한다. 반응 용기(1110), 수계 전해질(1115), 환원 전극(1118) 및 산화 전극(1158)은 도 2에 도시된 실시예에서 설명된 것과 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0049] 이산화탄소 처리부(1120)는 수용 공간(1121)에 수용되고 반응 공간(1111)에 담긴 수계 전해질(1115)과 동일한 수용액인 수계 전해질(1115)을 구비한다. 이산화탄소 처리부(1120)에는 수용 공간(1121)으로 이산화탄소가 유입되는 제2 유입구(1122)와, 연결관(1140)이 연결되는 연통구(1123)와, 수용 공간(1121)의 상부에 위치하는 제2 배출구(1124)가 형성된다.

- [0050] 제2 유입구(1122)는 수용 공간(1121)에서 연통구(1123)보다 위에 위치하고, 제2 배출구(1124) 및 수계 전해질(1115)의 수면보다 아래에 위치한다. 제2 유입구(1122)를 통해 수소 발생 과정에서 원료로 사용되는 이산화탄소 기체가 수용 공간(1121)으로 유입된다. 제2 유입구(1122)를 통해 필요에 따라 수계 전해질(1115)도 공급될 수 있다.
- [0051] 연통구(1123)는 수용 공간(1121)에서 제2 유입구(1122)보다 아래에 위치하며, 연통구(1123)에는 연결관(1140)이 연결된다. 연통구(1123)를 통해 수용 공간(1121)은 반응 공간(1111)과 연통된다.
- [0052] 제2 배출구(1124)는 수용 공간(1121)에서 제2 유입구(1122) 및 수계 전해질(1115)의 수면보다 위에 위치한다. 제2 배출구(1124)를 통해 수용 공간(1121)에서 수계 전해질(1115)에 용해되지 않아서 이온화되지 않은 이산화탄소 기체가 외부로 배출된다. 제2 배출구(1124)를 통해 배출된 이산화탄소 가스는 이산화탄소 순환 공급부(1130)를 통해 제2 유입구(1122)로 공급된다.
- [0053] 이산화탄소 순환 공급부(1130)는 제2 배출구(1124)를 통해 배출되는 이산화탄소 가스를 제2 유입구(1122)로 순환시켜서 재공급한다.
- [0054] 연결관(1140)은 반응 공간(1111)의 제1 유입구(1112)와 수용 공간(1121)의 연통구(1123)를 연결한다. 연결관(1140)의 내부에 형성되는 연결 통로(1141)를 통해 반응 공간(1111)과 수용 공간(1121)이 연통된다.
- [0055] 제2 유입구(1122)를 통해 이산화탄소 처리부(1120)의 수용 공간(1121)으로 유입된 이산화탄소 중 수계 전해질(1115)에 용해되지 않아서 이온화되지 않은 이산화탄소 기체는 반응 공간(1111)으로 이동하지 못하고 상승하여 수용 공간(1121) 내 수계 전해질(1115)의 수면 위 공간에 모인 후 제2 배출구(1124)를 통해 배출되고 제2 배출구(1124)를 통해 배출된 이산화탄소 기체는 이산화탄소 순환 공급부(1130)에 의해 제2 유입구(1122)를 통해 수용 공간(1121)으로 공급되어서 재활용된다. 또한, 이산화탄소 처리부(1120)의 수용 공간(1121)으로 유입된 이산화탄소 중 수계 전해질(1115)에 용해되지 않아서 이온화되지 않은 이산화탄소 기체는 반응 공간(1111)으로 이동하지 못하므로, 제1 배출구(1113)를 통해서 이산화탄소가 섞이지 않은 고순도의 수소가 배출될 수 있다.
- [0056] 다시 도 1을 참조하면, 개질기(1300)는 수소함유 연료로부터 수소가 풍부한 개질가스를 생산하고 부가적으로 이산화탄소 가스를 발생시킨다. 개질기(1300)에서 생산된 개질가스는 연료전지(1400)로 공급되고, 개질기(1300)에서 부가적으로 발생된 이산화탄소 가스는 수소 발생기(1100a)로 공급된다. 이를 위하여, 본 실시예에서는 개질기(1300)가 메탄(CH_4)과 수증기(H_2O)의 개질 반응에 의해 수소(H_2)를 생산하는 메탄-수증기 개질기인 것으로 설명한다.
- [0057] 메탄-수증기 개질기는 공정 가격이 저렴하고 대량 생산이 가능한 장점들 때문에 수소 생산 공정 중 상당히 많은 부분을 차지하고 있다. 다음의 [반응식 8]는 메탄-수증기 개질기(300)의 개질 반응에 관한 것이다.
- [0058] [반응식 8]
- [0059] $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$
- [0060] $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- [0061] 즉 메탄과 수증기의 화학반응에 의해 일산화탄소(CO)와 수소가 생성되며, 연속적으로 일산화탄소와 수증기의 화학반응에 의해 최종적으로 수소가 생산될 수 있다.
- [0062] 그런데 상기 메탄-수증기 개질기(300)는 상술한 많은 장점을 갖고 있지만, 상기 [반응식 8]에서 알 수 있는 바와 같이 그 공정의 운영을 위해 외부에서 수증기를 공급해줘야 하며, 수소 생산의 부산물로서 지구 온난화 환경 문제의 주원인이 되는 이산화탄소가 발생될 수 밖에 없다는 문제점이 있다. 하지만 본 발명의 경우, 메탄-수증기 개질기에서 발생하는 이산화탄소는 대기 중으로 방출되거나 별도의 이산화탄소 포집, 저장 공정으로 전달되는 대신, 수소 발생기(1100a)에 수소 발생을 위한 원료로 전달됨으로써 메탄-수증기 개질기의 운영에 있어 필요악인 이산화탄소 발생 문제까지 해결될 수 있다. 메탄-수증기 개질기는 공지된 기술이므로, 여기서 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0063] 연료전지(1400)는 수소와 산소의 화학반응에 의해 물이 생성됨과 아울러 전기에너지를 발생시키는 것이다. 연료전지(1400)는 수소 발생기(1100a)에서 발생한 수소 및 개질기(1300)에서 생산된 수소를 연료로 공급받는다.
- [0064] 전원이 태양전지인 경우에, 태양전지가 작동하는 낮에는 수소 발생기(1100a)가 개질기에서 발생한 이산화탄소를 원료로 수소를 생산하여 저장해 두고, 연료전지(1400)는 개질기에서 생산된 수소를 공급받아서 전기를

생산하며, 태양전지가 작동하지 않는 밤에는 개질기는 작동시키지 않고 낮에 저장된 수소 발생기(1100a)에 의해 생산된 수소가 연료전지(1400)로 공급되어서 전기가 생산되도록 연료전지 시스템(1000)이 작동함으로써, 연료전지 시스템(1000)의 전체 효율이 향상될 수 있다.

[0065]

이상 실시예를 통해 본 발명을 설명하였으나, 본 발명은 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 실시예는 본 발명의 취지 및 범위를 벗어나지 않고 수정되거나 변경될 수 있으며, 본 기술분야의 통상의 기술자는 이러한 수정과 변경도 본 발명에 속하는 것임을 알 수 있을 것이다.

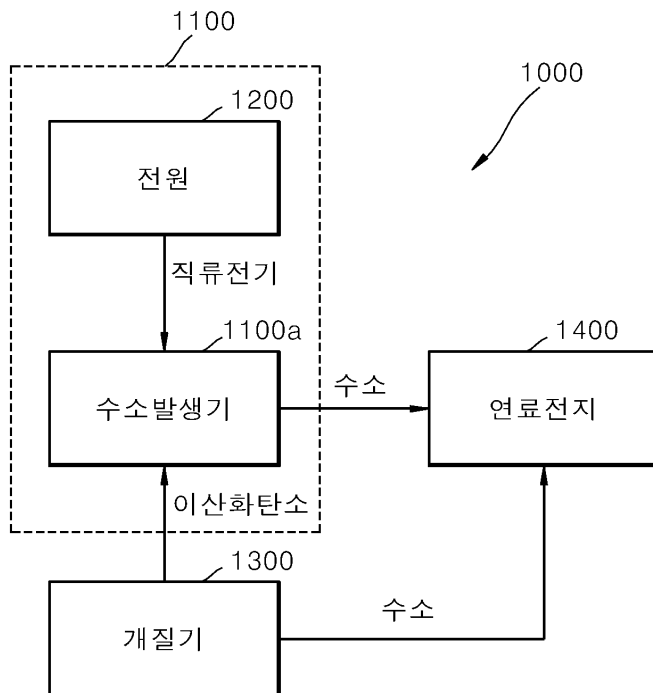
부호의 설명

[0066]

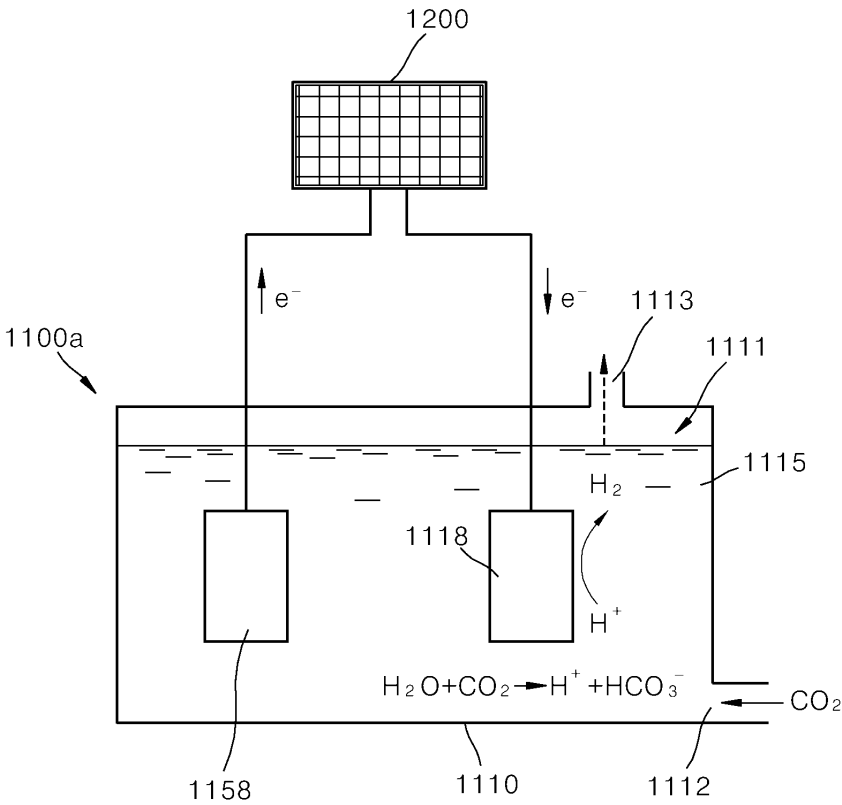
1000 : 연료전지 시스템	1100 : 수소 발생 장치
1100a, 1100b : 수소 발생기	1110 : 반응 용기
1111 : 반응 공간	1112 : 제1 유입구
1113 : 제1 배출구	1115 : 수계 전해질
1118 : 환원 전극	1120 : 이산화탄소 처리부
1121 : 수용 공간	122 : 제2 유입구
1123 : 연통구	1124 : 제2 배출구
1130 : 이산화탄소 순환 공급부	1140 : 연결관
1158 : 산화 전극	1200 : 전원
1300 : 개질기	1400 : 연료전지

도면

도면1



도면2



도면3

