

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0139050

(43) 공개일자 2022년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C25B 5/00 (2021.01) C25B 1/30 (2006.01)
C25B 13/02 (2021.01) C25B 15/08 (2006.01)
C25B 9/21 (2021.01) H01M 10/36 (2006.01)
H01M 12/08 (2015.01)

(52) CPC특허분류

C25B 5/00 (2021.01)
C25B 1/30 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2021-0045197

(22) 출원일자 2021년04월07일

심사청구일자 2021년04월07일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김건태

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김정원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

특허법인(유한)아이시스

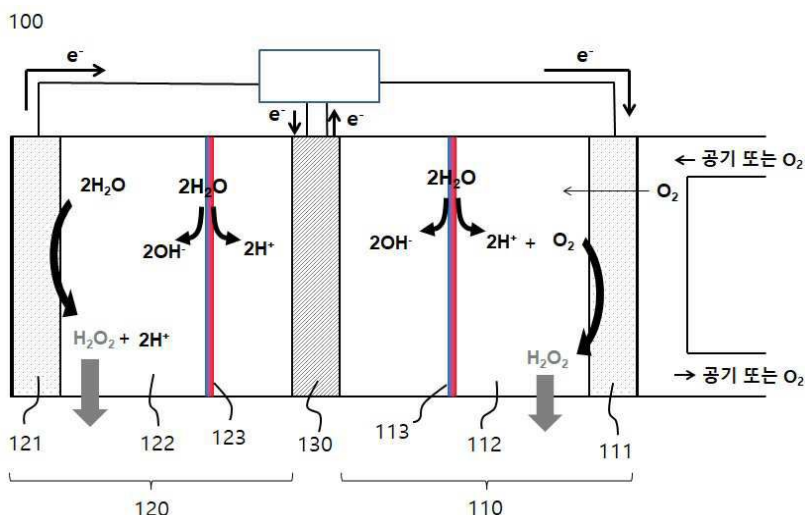
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **충방전 사이클을 이용하는 과산화수소 생산 시스템**

(57) 요약

본 발명은 산소가 공급되는 캐소드(111) 및 제1 전해질(112)을 포함하는 제1 챔버(110); 애노드(121) 및 제2 전해질(122)을 포함하는 제2 챔버(120); 및 상기 제1 챔버(110)와 상기 제2 챔버(120) 사이에 배치되고 상기 캐소드(111) 및 상기 애노드(121)와 대향하는 금속 전극(130)을 포함하고, 방전 사이클 동안 상기 제1 챔버(110)에서 산소 환원 반응에 의해 과산화수소를 발생하고, 충전 사이클 동안 상기 제2 챔버(120)에서 물의 산화 반응에 의해 과산화수소를 발생하는, 과산화수소 생산 시스템(100)을 제공한다. 본 발명에 따른 과산화수소 생산 시스템은 외부 전력을 이용하지 않고 자발적으로 과산화수소를 생산할 수 있으며, 과산화수소가 충전, 방전 사이클 모두에서 생산 가능하므로 과산화수소의 생산 효율이 높다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C25B 13/02 (2021.01)

C25B 15/08 (2022.01)

C25B 9/21 (2021.01)

H01M 10/36 (2013.01)

H01M 12/08 (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711111121
과제번호	2018R1A2A1A05077532
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	친환경 에너지 변환을 위한 프로톤 전도성 고체산화물 전기화학적 에너지 저장 및
변환 장치용 촉매 소재의 개발 및 공정	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

산소가 공급되는 캐소드 및 제1 전해질을 포함하는 제1 챔버;

애노드 및 제2 전해질을 포함하는 제2 챔버; 및

상기 제1 챔버와 상기 제2 챔버 사이에 배치되고 상기 캐소드 및 상기 애노드와 대향하는 금속 전극을 포함하고,

방전 사이클 동안 상기 제1 챔버에서 산소 환원 반응에 의해 과산화수소를 발생하고,

충전 사이클 동안 상기 제2 챔버에서 물의 산화 반응에 의해 과산화수소를 발생하는, 과산화수소 생산 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 챔버는 상기 캐소드와 상기 금속 전극 사이에 제1 바이폴라(bipolar) 멤브레인을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제2 챔버는 상기 애노드와 상기 금속 전극 사이에 제2 바이폴라 멤브레인을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 캐소드는 일측이 상기 제1 전해질과 접촉하고 타측이 공기 또는 산소 기체와 직접 접촉하도록 노출되어 있는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제1 챔버는 상기 제1 전해질에 공기 또는 산소 기체를 주입하는 기체 주입부를 더 포함하고, 상기 기체 주입부는 상기 캐소드에 인접하여 배치되어 상기 캐소드로 산소가 공급되는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 캐소드는 산소와 물을 산소 환원 반응시켜 과산화수소를 발생하는 산소 환원 촉매를 포함하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 산소 환원 촉매는 Pt-Hg 합금, Pd-Hg 합금, 및 Ag-Hg 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 금속 합금; 금(Au), 백금(Pt), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 금속으로서 원자 단위로 분산된 금속; 카르복실(-COOH) 작용기 및/또는 에테르(-C-O-C-) 작용기를 포함하는 탄소 화합물; 및 헤테로 원자가 치환된 탄소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종인 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 애노드는 물을 산화반응시켜 과산화수소를 발생하는 금속 산화물 촉매를 포함하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 금속 산화물 촉매는 ZnO, MnO_x, TiO₂, BiVO₄, WO₃, SnO₂, Co₃O₄, Al₂O₃, 및 CaSnO₃ 로 이루

어진 군에서 선택되는 적어도 1종인 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서, 방전 사이클 동안에 상기 금속 전극은 애노드가 되고 상기 금속 전극의 금속이 산화되어 금속 산화물을 형성하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 충전 사이클은 상기 시스템에 전위를 인가하여 실시되고 상기 충전 사이클 동안에 상기 금속 전극은 캐소드가 되는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 방전 사이클과 상기 충전 사이클이 서로 순차적으로 반복되어, 과산화수소가 연속적으로 생성되는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 방전 사이클 동안에 금속 전극의 금속으로부터 형성된 금속 산화물은 상기 충전 사이클 동안에 환원되어 금속을 형성하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 금속 전극은 아연(Zn), 바나듐(V) 크롬(Cr) 망간(Mn) 철(Fe) 코발트(Co) 니켈(Ni) 구리(Cu) 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 및 칼슘(Ca)으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종을 포함하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 제1 전해질 및 상기 제2 전해질은 물을 함유하는 수계 전해질인 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 16

제2항에 있어서, 상기 제1 바이폴라 멤브레인은 방전 사이클 동안에 물을 양성자(H^+)와 수산화 이온(OH^-)으로 분해하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 17

제3항에 있어서, 상기 제2 바이폴라 멤브레인은 충전 사이클 동안에 물을 양성자(H^+)와 수산화 이온(OH^-)으로 분해하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 제1 바이폴라 멤브레인에서 형성된 양성자는 상기 캐소드 쪽의 제1 전해질로 이동하고, 상기 수산화 이온은 상기 금속 전극 쪽의 제1 전해질로 이동하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 제2 바이폴라 멤브레인에서 형성된 양성자는 상기 금속 전극 쪽의 제2 전해질로 이동하고, 상기 수산화 이온은 상기 애노드 쪽의 제2 전해질로 이동하는 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

청구항 20

제2항 또는 제3항에 있어서, 상기 제1 바이폴라 멤브레인 또는 상기 제2 바이폴라 멤브레인은 음이온 교환성 고분자막과 양이온 교환성 고분자막을 접합하여 제조된 것을 특징으로 하는 과산화수소 생산 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 과산화수소 생산 시스템, 구체적으로는 충전 사이클과 방전 사이클을 이용하여 과산화수소를 연속적으로 생산할 수 있는 과산화수소 생산 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 과산화수소는 표백제 및 소독제로 화학 및 의료 산업에서 널리 사용되는 친환경 산화제이다. 또한 산업적으로는 프로필렌옥사이드(화장품, 자동차 내장재 등에 필요한 원료)를 생산하는 데에도 사용되고 있으며, 고순도 과산화수소의 경우에는 반도체 공정의 세정제로 불화수소(HF) 보다 100배 이상 많이 쓰인다. 더욱이 전기차에 사용되는 수소연료전지에서 수소 대신 쓰일 가능성도 있어 앞으로 수요가 급증할 것으로 예상된다.

[0003] 과산화수소의 생산은 고온, 고압의 안트라퀴논 공정에 크게 의존하고 있다. 이는 안트라퀴논 유기물과 값비싼 팔라듐 촉매로 고온 고압의 수소 기체를 이용하여 반응시키는 과정으로, 많은 시설 및 비용을 필요로 한다. 또한 고순도의 과산화수소를 얻기 위해서 많은 비용이 발생하는데, 그 이유는 안트라퀴논이 분산된 유기계 용매로부터 과산화수소 생산물을 정제하여 추출하는 과정이 필수적으로 수반되기 때문이다.

[0004] 이를 대체하고자 많은 연구들이 진행되고 있는데, 그 중에 (1) 직접 합성법, (2) 광촉매 이용 방법 그리고 (3) 전기화학적 과산화수소 생산 등이 연구되고 있다.

[0005] 직접 합성법의 경우는 고농도의 수소, 산소 가스를 이용하여 고온에서 촉매 물질을 가지고 합성하는 방식인데, 가연성 및 폭발의 위험성이 있다. 이 기술은 아직까지 과산화수소의 생산성이 산업적인 요구를 따라오지 못하고, 현재 팔라듐계 촉매들만이 높은 활성을 보여주어 상용화에는 많은 제약이 따른다. 광촉매를 이용하는 경우도 앞선 기술과 같이 산업적인 요구에 비하면 생산성이 떨어지지만, 보다 친환경적인 방식으로 접근되고 있다.

[0006] 앞선 기술과 다르게, 과산화수소의 전기화학적 생산법은 수전해 및 염소화 공정과 더불어 일종의 전기분해 방식으로 합성이 되기에, 기존의 해수를 이용한 염소화 공정을 진행하던 시스템을 그대로 적용할 수 있다는 점에서 현재 많은 기업들도 현 산업 모델에서 가장 관심을 가지고 접근하고 있다. 산소는 각각 전자 2개 혹은 4개와 반응하여 과산화수소 또는 물로 전기화학적으로 환원될 수 있으므로, 상기 전기화학적 과산화수소 생산법은 산소 환원 반응을 이용하고 있다. 그러나, 이러한 반응은 외부 전원의 공급이 필수적인 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 목적은, 외부 전원의 공급없이 자발적으로 과산화수소를 생산할 수 있으며, 나아가, 방전 사이클 뿐만 아니라 충전 사이클 동안에도 과산화수소가 연속적으로 생성될 수 있어서 과산화수소의 생산 효율을 향상시킬 수 있는 과산화수소 생산 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 양태에 따르면, 산소가 공급되는 캐소드(111) 및 제1 전해질(112)을 포함하는 제1 챔버(110); 애노드(121) 및 제2 전해질(122)을 포함하는 제2 챔버(120); 및 상기 제1 챔버(110)와 상기 제2 챔버(120) 사이에 배치되고 상기 캐소드(111) 및 상기 애노드(121)와 대항하는 금속 전극(130)을 포함하고, 방전 사이클 동안 상기 제1 챔버(110)에서 산소 환원 반응에 의해 과산화수소를 발생하고, 충전 사이클 동안 상기 제2 챔버(120)에서 물의 산화 반응에 의해 과산화수소를 발생하는, 과산화수소 생산 시스템(100)이 제공된다.

[0009] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 제1 챔버(110)는 상기 캐소드(111)와 상기 금속 전극(130) 사이에 제1 바이폴라(bipolar) 멤브레인(113)을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0010] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제2 챔버(120)는 상기 애노드(121)와 상기 금속 전극(130) 사이에 제2 바이폴라 멤브레인(123)을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 캐소드(111)는 일측이 상기 제1 전해질(112)과 접촉하고 타측이 공기 또는 산소 기체와 직접 접촉하도록 노출되어 있는 것일 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제1 챔버(110)는 상기 제1 전해질(112)에 공기 또는 산소 기체를 주입하는 기체 주입부(미도시)를 더 포함하고, 상기 기체 주입부는 상기 캐소드(111)에 인접하여 배치되어 상기

캐소드(111)로 산소가 공급되는 것일 수 있다.

- [0013] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 캐소드(111)는 산소와 물을 산소 환원 반응시켜 과산화수소를 발생시키는 산소 환원 촉매를 포함하는 것일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 산소 환원 촉매는 Pt-Hg 합금, Pd-Hg 합금, 및 Ag-Hg 합금로 이루어진 군에서 선택되는 금속 합금; 금(Au), 백금(Pt), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 금속으로서 원자 단위로 분산된 금속; 카르복실(-COOH) 작용기 및/또는 에테르(-C-O-C-) 작용기를 포함하는 탄소 화합물; 및 헤테로 원자가 치환된 탄소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 애노드(121)는 물을 산화반응시켜 과산화수소를 발생시키는 금속 산화물 촉매를 포함하는 것일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 금속 산화물 촉매는 ZnO, MnO_x, TiO₂, BiVO₄, WO₃, SnO₂, Co₃O₄, Al₂O₃, 및 CaSnO₃ 로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 방전 사이클 동안에 상기 금속 전극(130)은 애노드가 되고 상기 금속 전극(130)의 금속이 산화되어 금속 산화물을 형성하는 것일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 충전 사이클은 상기 시스템에 전위를 인가하여 실시되고 상기 충전 과정 동안에 상기 금속 전극은 캐소드가 되는 것일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 방전 사이클과 상기 충전 사이클이 서로 순차적으로 반복되어, 과산화수소가 연속적으로 생성될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 방전 사이클 동안에 금속 전극(130)의 금속으로부터 형성된 금속 산화물은 상기 충전 사이클 동안에 환원되어 금속을 형성할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 금속 전극(130)은 아연(Zn), 바나듐(V) 크롬(Cr) 망간(Mn) 철(Fe) 코발트(Co) 니켈(Ni) 구리(Cu) 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 및 칼슘(Ca)으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종을 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제1 전해질(112) 및 상기 제2 전해질(122)은 물을 함유하는 수계 전해질일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제1 바이폴라 멤브레인(113)은 방전 사이클 동안에 물을 양성자(H⁺)와 수산화 이온(OH⁻)으로 분해하는 것일 수 있다.
- [0024] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제2 바이폴라 멤브레인(123)은 충전 사이클 동안에 물을 양성자(H⁺)와 수산화 이온(OH⁻)으로 분해하는 것일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제1 바이폴라 멤브레인(113)에서 형성된 양성자는 상기 캐소드(111) 쪽의 제1 전해질로 이동하고, 상기 수산화 이온은 상기 금속 전극(130) 쪽의 제1 전해질로 이동하는 것일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제2 바이폴라 멤브레인(123)에서 형성된 양성자는 상기 금속 전극(130) 쪽의 제2 전해질로 이동하고, 상기 수산화 이온은 상기 애노드(121) 쪽의 제2 전해질로 이동하는 것일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 제1 바이폴라 멤브레인(113) 또는 상기 제2 바이폴라 멤브레인(123)은 음이온 교환성 고분자막과 양이온 교환성 고분자막을 접합하여 제조된 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명에 따른 과산화수소 생산 시스템은 외부 전력을 이용하지 않고 과산화수소를 연속적으로 생산할 수 있다. 구체적으로, 본 발명에 따른 과산화수소 생산 시스템은 시스템 방전 사이클 동안의 산소 환원 반응에 추가하여 시스템 충전 사이클 동안의 물의 산화 반응을 통해서도 과산화수소가 이중으로 생성될 수 있어서 과산화

수소의 생산 효율이 탁월하다. 아울러, 산소 환원 촉매와 물 산화 촉매를 이용함으로써 금속 전극이 소모되지 않고 반영구적으로 사용될 수 있으므로, 시스템에서 금속 전극의 교체에 따른 비용과 효율 문제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 과산화수소 생산 시스템을 도시하는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

[0031] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 구현예를 설명하기 위해 사용된 것으로서 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.

[0032] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다, "함유"한다, "가지다"라고 할 때, 이는 특별히 달리 정의되지 않는 한, 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0033] 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 전술한 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0034] 층, 막 등의 어떤 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 또는 "바로 상에" 있어서 어떤 부분과 다른 부분이 서로 접해 있는 경우 뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 존재하는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 또는 "바로 상에" 있다고 할 때는 중간에 다른 부분이 없는 것을 의미한다.

[0036] 이하에서는 도 1을 참조하여 본 발명에 따른 과산화수소 생산 시스템(100)에 대해 구체적으로 설명한다.

[0037] 도 1을 참조하면, 먼저, 본 발명의 일 구현예에 따른 과산화수소 생산 시스템(100)은 캐소드(111), 제1 전해질(112), 및 제1 바이폴라 멤브레인(113)을 포함하는 제1 챔버(110); 애노드(121), 제2 전해질(122), 및 제2 바이폴라 멤브레인(123)을 포함하는 제2 챔버(120); 및 상기 제1 챔버(110)와 상기 제2 챔버(120) 사이에 배치되는 금속 전극(130)을 포함한다.

[0038] 캐소드(111)는 일측이 상기 제1 전해질(112)과 접촉하고 타측이 공기 또는 산소 기체와 직접 접촉하도록 노출될 수 있다. 여기서 산소가 과산화수소를 생산하기 위한 원료물질이다. 상기 산소의 공급은 다양한 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 캐소드(111)로 공급되는 상기 산소는 캐소드(111)와 직접 접촉하는 상기 공기 또는 상기 산소 기체에 의해 제공될 수 있다. 또한, 캐소드(111)로 공급되는 상기 산소는 제1 전해질(112)에 포함된 잔류 산소를 이용하여 제공될 수 있다.

[0039] 대안적으로, 비록 도면에 도시하지는 않았으나, 상기 제1 챔버(110)는 기체 주입부(미도시)를 더 포함하고, 상기 기체 주입부로부터 상기 제1 전해질(112)에 공기 또는 산소 기체가 주입되어 과산화수소의 생산 원료물질로서 산소가 캐소드(111)로 공급될 수 있다. 상기 캐소드(111)로의 산소 공급을 효율적으로 하기 위해서는 상기 기체 주입부는 상기 캐소드(111)에 인접하여 배치되는 것이 바람직하다. 상기 기체 주입부를 이용할 경우, 상기 캐소드(111)는 일측이 제1 전해질(112)에 접촉하는 배치를 가져도 되지만, 이와 달리 상기 캐소드(111)의 일부 또는 전부가 상기 제1 전해질(112) 내에 침지되어 있을 수도 있다.

[0040] 캐소드(111)는 산소 환원 촉매를 포함할 수 있다. 상기 산소 환원 촉매로는 산소와 물을 산소 환원 반응시켜 과산화수소를 발생할 수 있는 촉매라면 특별히 제한되지는 않으나, 구체적으로는 금속, 금속 합금, 탄소 화합물, 산화물 촉매, 및 페로브스카이트 물질 중 적어도 어느 하나일 수 있다. 상기 산소 환원 촉매는, 예를 들어 Pt-Hg 합금, Pd-Hg 합금, 및 Ag-Hg 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 금속 합금; 금(Au), 백금(Pt), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 금속으로서 원자 단위로 분산된 금속; 카르복실(-COOH) 작용기 및/또는 에테르(-C-O-C-) 작용기를 포함하는 탄소 화합물; 및 헤테로 원자가 치환된 탄소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종일 수 있다.

[0041] 애노드(121)는 산화 촉매를 포함할 수 있다. 상기 산화 촉매는 물을 산화반응시켜 과산화수소를 발생할 수 있

는 촉매라면 특별히 제한되지는 않으나, 구체적으로는 금속 산화물 촉매일 수 있다. 상기 금속 산화물 촉매는, 예를 들어 ZnO , MnO_x , TiO_2 , $BiVO_4$, WO_3 , SnO_2 , Co_3O_4 , Al_2O_3 , 및 $CaSnO_3$ 로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종일 수 있다. 또는, 상기 산화 촉매는 전술한 금속 산화물 촉매와 금속을 함께 사용하여도 된다. 예를 들어, 상기 산화 촉매는 $BiVO_4$, $WO_3/BiVO_4$, $WO_3/BiVO_4/Al_2O_3$, Co_3O_4/TiO_2 , $Mo-BiVO_4$ 등일 수 있다. 상기 애노드(121)는 도 1에 도시된 바와 같이 일측이 제2 전해질(122)과 접촉하여 있을 수도 있으나, 이와 달리 상기 애노드(121)의 일부 또는 전부가 제2 전해질(122) 내에 침지되어 있어도 된다.

[0042] 금속 전극(130)은 상기 제1 챔버(110)와 상기 제2 챔버(120) 사이에 배치되고, 일측으로는 상기 캐소드(111)와 대향하며, 타측으로는 상기 애노드(121)와 대향한다. 또한, 상기 금속 전극(130)은 일측이 상기 제1 챔버(110) 내의 상기 제1 전해질(112)에 접촉하고, 타측이 상기 제2 챔버(120) 내의 상기 제2 전해질(122)에 접촉한다. 방전 사이클 동안에 상기 금속 전극(130)은 상기 캐소드(111)에 대해 애노드의 역할을 하고, 충전 사이클 동안에는 상기 금속 전극(130)은 상기 애노드(121)에 대해 캐소드의 역할을 한다. 이에 따라, 상기 금속 전극(130)은 방전 사이클 동안에는 산화되어 금속 산화물을 형성하지만 충전 사이클 동안에는 상기 금속 산화물이 금속으로 환원되므로 원칙적으로는 충전-방전 사이클 사이에 소모되지 않고 유지될 수 있다. 상기 금속 전극(130)에서 금속은 아연(Zn), 바나듐(V) 크롬(Cr) 망간(Mn) 철(Fe) 코발트(Co) 니켈(Ni) 구리(Cu) 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 및 칼슘(Ca)으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종일 수 있다.

[0043] 제1 전해질(112)은 물을 함유하는 수계 전해질일 수 있다. 상기 제1 전해질(112)은 물 이외에도 산성 전해 물질 또는 염기성 전해 물질을 더 함유할 수 있다. 상기 산성 전해 물질과 염기성 전해 물질의 종류는 특별히 제한되지는 않는다. 다만, 환원 반응의 경우에는 전해질이 염기성을 가지는 경우에 비하여 산성을 가지는 경우에 상온에서 과산화수소의 합성 효율이 더 높을 수 있고, 이 경우, 상기 제1 전해질은 물에 추가하여, 산성 전해 물질로서 $HClO_4$ 혹은 H_2SO_4 를 더 함유할 수 있다. 만약 염기성 또는 중성 상태를 목적하는 경우라면 예를 들어, 상기 제1 전해질은 염기성 전해 물질로서 1M 내지 6M의 KOH를 더 함유할 수 있고, 중성 전해 물질로서 $KHCO_3$ 를 더 함유할 수 있다. 한편, 본 발명의 일 구현예에 따르면, 후술하는 바와 같이 제1 바이폴라 멤브레인(113)이 방전 사이클 동안에 캐소드(111)와 금속 전극(130) 사이에 인가되는 전압으로 인하여 물을 양성자와 수산화 이온으로 분해하여 양성자를 상기 캐소드(111) 쪽으로 이동시킬 수 있고, 이에 의하면 상기 캐소드(111) 쪽의 제1 전해질(112)은 양성자가 풍부하여 과산화수소의 합성 효율이 향상될 수 있다.

[0044] 제2 전해질(122)은 물을 함유하는 수계 전해질일 수 있다. 상기 제2 전해질(122)은 물 이외에도 산성 전해 물질 또는 염기성 전해 물질을 더 함유할 수 있다. 상기 산성 전해 물질과 염기성 전해 물질의 종류는 전술한 제1 전해질(112)에서 설명한 바를 참고한다. 산화 반응의 경우에는 전해질이 중성을 가지는 경우에 산화 전극(애노드)이 더욱 잘 구동되는 경향이 있다. 이에 따라, 상기 제2 전해질(122)은 물에 추가하여, 중성 전해 물질로서 예를 들어 $KHCO_3$ 를 더 함유할 수 있다. 이와 달리 상기 제2 전해질(122)은 물 이외에 전술한 추가의 전해 물질을 함유하지 않아도 된다. 한편, 본 발명의 일 구현예에 따르면, 후술하는 바와 같이 제2 바이폴라 멤브레인(123)이 충전 사이클 동안에 애노드(121)와 금속 전극(130) 사이에 인가되는 전압으로 인하여 물을 양성자와 수산화 이온으로 분해하고 수산화 이온을 상기 애노드(121) 쪽으로 이동시킬 수 있다.

[0045] 바이폴라 멤브레인은 통상적으로 음이온 교환막과 양이온 교환막이 접합된 형태의 이온 교환막으로서, 일정 전압 이상이 인가될 경우 물을 양성자(H^+)와 수산화 이온(OH^-)으로 분해시킬 수 있다. 상기 음이온 교환막은 음이온에 대해 실질적으로 투과성이고 양이온에 대해 실질적으로 비투과성인 이온 교환 재료를 포함하고, 상기 양이온 교환막은 양이온에 대해 실질적으로 투과성이고 음이온에 대해 실질적으로 비투과성인 이온 교환 재료를 포함한다. 본 발명에 사용될 수 있는 (제1 또는 제2) 바이폴라 멤브레인으로서 예를 들어 Fumasep FBM (FuelcellStore 제품)을 들 수 있다.

[0046] 상기 음이온 교환막과 상기 양이온 교환막은 음이온 교환성 고분자막과 양이온 교환성 고분자막일 수 있다. 상기 음이온 교환성 고분자막 또는 양이온 교환성 고분자막은 기공을 포함하는 다공성 지지체 및 상기 기공의 내부에 충전된 이온 교환성 고분자를 포함하는 형태이거나 또는 다공성 지지체의 일면 또는 양면에 이온 교환성 고분자층을 더 포함하는 형태일 수 있다. 또한, 상기 음이온 또는 양이온 교환성 고분자막은 다공성 지지체를 고분자 용액에 침지시켜 다공성 지지체의 내부 기공에 고분자를 충전시킨 후 이온 교환기를 도입하여 제조된 것이어도 되고, 또는 다공성 지지체에 이온교환기를 가지는 모노머를 침투시킨 후 중합하여 제조된 것이어도 된다.

[0047] 상기 음이온 또는 양이온 교환성 고분자막에 사용되는 고분자로는, 이온교환 능력을 가지는 공지의 고분자라면

특별히 제한되지는 않는다. 음이온 교환성 고분자의 예로는 스티렌계 모노머(예를 들어 스티렌)와 비닐벤젠계 모노머(예를 들어 디비닐벤젠)를 중합한 후 음이온 교환기(예를 들어 4급 암모늄기)를 도입하여 제조한 것을 들 수 있다. 또한, 양이온 교환성 고분자의 예로는 폴리설펜 또는 폴리에테르에테르케톤 등과 같은 고분자를 사용하고 여기에 양이온 교환기(예를 들어 술폰산기)를 도입하여 제조한 것일 수 있다.

[0048] 한편, 물 분해 효율을 높이기 위해 상기 바이폴라 멤브레인(113)에 촉매층을 추가하여 사용하기도 하는데, 이 때 상기 바이폴라 멤브레인(113)은 음이온 교환층, 촉매층, 및 양이온 교환층을 적층한 형태이거나 또는 촉매층을 음이온 교환층과 양이온 교환층 각각의 양면에 형성시켜서 적층하여 사용하기도 한다.

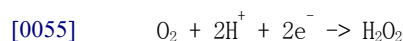
[0049] 제1 바이폴라 멤브레인(113)은 상기 제1 챔버(110) 내에서 상기 캐소드(111)와 상기 금속 전극(130) 사이에 배치된다. 제2 바이폴라 멤브레인(123)은 상기 제2 챔버(120) 내에서 상기 애노드(121)와 상기 금속 전극(130) 사이에 배치된다. 상기 제1 바이폴라 멤브레인(113)과 상기 제2 바이폴라 멤브레인(123)은 동일하거나 또는 상이한 재료로 구성된 것일 수 있으며, 상기 제1 바이폴라 멤브레인(113)과 상기 제2 바이폴라 멤브레인(123)에 대한 구체적 구현에는 전술한 바이폴라 멤브레인(113)에 대한 설명을 참조한다.

[0051] 이하에서는, 과산화수소 생산 시스템(100)에서의 과산화수소 생성 반응에 대하여 설명하기로 한다.

[0052] 본 발명에 따른 과산화수소 생산 시스템(100)은 방전 사이클 동안에 상기 제1 챔버(110)에서 산소 환원 반응에 의해 과산화수소가 생산되며, 충전 사이클 동안 상기 제2 챔버(120)에서 물의 산화 반응에 의해 과산화수소가 생산된다.

[0053] 방전 사이클 동안에 상기 제1 챔버(110)에서 상기 캐소드(111)와 상기 금속 전극(130) 사이에 전위차가 발생하여 제1 바이폴라 멤브레인(113)에서 물 (H_2O)이 양성자 (H^+)와 수산화 이온 (OH^-)으로 분해된다. 상기 제1 바이폴라 멤브레인(113)에서 상기 양성자 (H^+)는 상기 캐소드(111) 쪽의 제1 전해질(112)로 이동하고 상기 수산화 이온 (OH^-)은 상기 금속 전극(130) 쪽의 제1 전해질(112)로 이동한다. 상기 바이폴라 멤브레인(113)으로부터 이동한 양성자는 상기 캐소드(111)에서 산소의 환원 반응에 참여하여 과산화수소를 생성하며, 그 반응식은 하기 반응식 1에서와 같을 수 있다. 또한, 상기 바이폴라 멤브레인(113)으로부터 이동한 수산화이온은 금속 전극(130)에서 금속과 반응하여 금속 산화물, 물, 및 전자를 형성한다. 예를 들어, 상기 금속 전극(130)의 금속이 아연(Zn)인 경우에는 아연산화물(ZnO)을 형성할 수 있으며 그 반응식은 다음의 반응식 2에서와 같을 수 있다. 상기 발생한 전자($2e^-$)는 배선(180)을 거쳐 캐소드(120)에 공급된다.

[0054] [반응식 1]



[0056] [반응식 2]

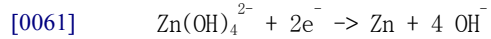


[0058] 이와 같이 과산화수소 생성 시스템(100)은 금속과 산소의 반응을 이용하여 전력을 생성할 수 있다. 과산화수소 생성 시스템(100)은 상기 과산화수소를 생산할 때에 금속 전극(130)으로부터 캐소드(111)로 전자가 이동하고, 이에 따라 전력을 발생시킬 수 있다. 금속 전극(130)이 아연인 경우에는 자발적으로 발생하는 기전력은 1.27V가 된다. 이러한 전력 생성의 장점은 자연계에 무한히 존재하는 산소를 활물질로 이용하며, 다른 이차전지에 비하여 매우 높은 이론 에너지 밀도를 가지고, 또한 친환경적인 특성을 보유했을 수 있다. 또한, 과산화수소 생산 시스템(100)은 내부에 화학 산화제를 포함하지 않으므로 폭발이나 화재의 우려가 없으며 무게를 크게 감소시킬 수 있다. 또한, 수소나 알코올을 사용하는 연료 전지에 비하여 매우 경제적이고 안정성이 우수하고 낮은 온도에서의 작동능력도 우수할 수 있다.

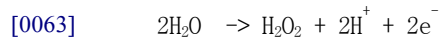
[0059] 또한, 충전 사이클 동안에 상기 제2 챔버(120)에서 외부 전력에 의해 상기 애노드(121)와 상기 금속 전극(130) 사이에 전압이 인가되면 제2 바이폴라 멤브레인(123)에서 물 (H_2O)이 양성자 (H^+)와 수산화 이온 (OH^-)으로 분해된다. 상기 제2 바이폴라 멤브레인(123)에서 상기 양성자 (H^+)는 상기 금속 전극(130) 쪽의 제2 전해질(122)로

이동하고 상기 수산화 이온 (OH^-)은 상기 애노드(121) 쪽의 제2 전해질(122)로 이동한다. 상기 방전 사이클 동안에 금속 산화물로 소비된 금속 전극(130)의 금속 물질은 제2 전해질(122)로부터 보충할 수 있으며, 그 반응식은 예를 들어 금속이 아연일 경우 다음의 반응식 3과 같을 수 있다. 또한, 상기 애노드(121)에서는 물이 산화되어 과산화수소를 생성할 수 있으며, 그 반응식은 예를 들어 다음의 반응식 4와 같을 수 있다.

[0060] [반응식 3]



[0062] [반응식 4]



[0064] 이와 같이 본 발명에 따른 과산화수소 생산 시스템(100)은 충전 사이클 동안에 금속 전극(130)의 금속 물질을 보충할 수 있을 뿐만 아니라 애노드(121)로부터 물의 산화 반응에 의해 과산화수소를 생산할 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 과산화수소 생산 시스템(100)은 상기 방전 사이클과 상기 충전 사이클 모두에서 과산화수소를 생산할 수 있다. 이에 따라 본 발명의 일 구현예에 따르면 상기 방전 사이클과 상기 충전 사이클을 서로 순차적으로 반복함으로써 과산화수소를 연속적으로 생산할 수 있다.

[0066] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

- [0067] 100 : 과산화수소 생산 시스템
 110 : 제1 챔버
 111 : 캐소드 112 : 제1 전해질
 113 : 제1 바이폴라 멤브레인
 120 : 제2 챔버
 121 : 애노드 122 : 제2 전해질
 123 : 제2 바이폴라 멤브레인
 130 : 금속 전극

도면

도면1

