



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0147451
(43) 공개일자 2023년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/18 (2015.01) H01L 31/02 (2006.01)
H01L 31/0224 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01M 8/188 (2013.01)
H01L 31/02008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0046496
(22) 출원일자 2022년04월14일
심사청구일자 2022년04월14일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
권태혁
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
한현규
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
윤소연
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

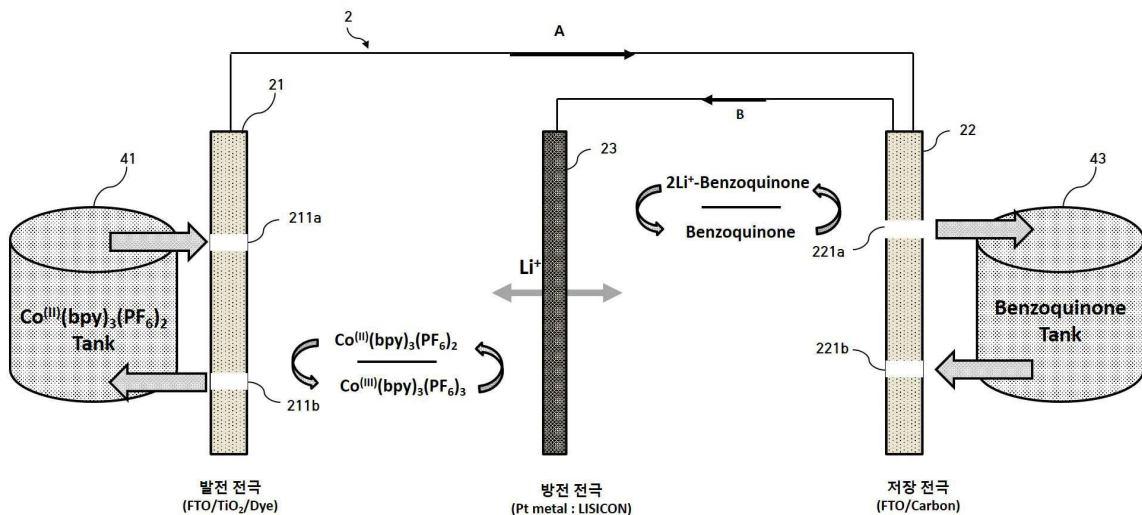
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법

(57) 요약

태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법이 제공된다. 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템은 나노 구조체가 투명 전극의 일 측에 코팅되고, 상기 나노 구조체를 이용하여 태양광 발전을 수행하며, 상기 나노 구조체는 TiO_2 반도체 및 유기염료가 혼합되어 형성되고 제1전해질의 산화-환원 반응에 관여하는 발전 전극; 상기 발전 전극과 연결되어 상기 발전 전극에서 상기 태양광 발전을 통해 생성된 제1전자를 전달 받아 제2 전해질의 환원을 통해 에너지를 저장하고, 상기 환원된 상기 제2전해질의 산화를 통해 에너지를 방출하는 저장 전극; 및 상기 저장 전극과 연결되어 상기 저장 전극에서 저장된 상기 제2전해질의 산화 과정에서 생성되는 제2 전자를 전달 받아 방전을 수행하며, 멤브레인을 포함하여 상기 발전 전극과 상기 저장 전극 사이의 전하 균형을 유지하는 방전 전극;을 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 31/02021 (2013.01)

H01L 31/022466 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

나노 구조체가 투명 전극의 일 측에 코팅되고, 상기 나노 구조체를 이용하여 태양광 발전을 수행하며, 상기 나노 구조체는 TiO_2 반도체 및 유기염료가 혼합되어 형성되고 제1전해질의 산화-환원 반응에 관여하는 발전 전극;

상기 발전 전극과 연결되어 상기 발전 전극에서 상기 태양광 발전을 통해 생성된 제1전자를 전달 받아 제2전해질의 환원을 통해 에너지를 저장하고, 상기 환원된 상기 제2전해질의 산화를 통해 에너지를 방출하는 저장 전극; 및

상기 저장 전극과 연결되어 상기 저장 전극에서 저장된 상기 제2전해질의 산화 과정에서 생성되는 제2전자를 전달 받아 방전을 수행하며, 멤브레인을 포함하여 상기 발전 전극과 상기 저장 전극 사이의 전하 균형을 유지하는 방전 전극;을 포함하는 태양-흐름 전지 일체형 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 발전 전극은,

상기 유기염료에서 상기 태양광 발전을 통해 생성되는 상기 제1전자가 상기 TiO_2 반도체를 통해 상기 투명 전극으로 전달되고, 상기 태양광 발전을 통해 산화된 상기 유기염료가 상기 제1전해질을 이용하여 환원되며 상기 제1전해질을 산화하는 태양-흐름 전지 일체형 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 제1전해질은 $\text{Co}^{(II)}(\text{bpy})_3(\text{PF}_6)_2$ 인 태양-흐름 전지 일체형 시스템.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제2전해질은 Benzoquinone 전해질이며, 환원되어 2Li-Benzoquinone 전해질로 변환되어 상기 에너지를 저장하는 태양-흐름 전지 일체형 시스템.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 방전 전극은,

산화된 상기 제1전해질을 상기 제2전자를 이용하여 환원시켜 상기 방전을 수행하는 태양-흐름 전지 일체형 시스템.

청구항 6

제 1항 내지 제 5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1전해질 및 상기 발전 전극을 내포하는 제1전해질보관부; 및

상기 제2전해질 및 상기 저장 전극을 내포하는 제2전해질보관부;를 포함하며,

상기 방전 전극은,

상기 제1전해질보관부 및 상기 제2전해질보관부 사이에 구비되어 상기 제1전해질보관부 및 상기 제2전해질보관

부에 상기 멤브레인을 통해 Li 이온의 이동을 유도하여 전하 밸런스를 유지하도록 형성되는 태양-흐름 전지 일체형 시스템.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 멤브레인은 LISICON 멤브레인인 태양-흐름 전지 일체형 시스템.

청구항 8

제 1항 내지 제 5항의 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 제조 방법에서,

상기 발전 전극은,

상기 투명 전극에 두 개의 관통홀을 생성하는 단계;

상기 투명 전극에 상기 TiO_2 반도체를 코팅하는 단계; 및

상기 유기염료를 상기 TiO_2 반도체에 흡착시키는 단계;를 이용하여 제조되는 태양-흐름 전지 일체형 시스템 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 특히, 염료감응 광 전극을 이용하여 태양광 발전 및 저장이 가능한 태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 흐름전지(Flow battery)는 리튬이온전지와 마찬가지로 전기에너지를 화학에너지 형태로 바꿔 저장하는 2차전지이다. 에너지가 저장되는 전해질이 배터리 내 저장 탱크에 보관되고, 전기 출력을 담당하는 스택으로 이동, 순환하여 산화-환원 반응이 일어나며 이 과정에서 전기에너지가 화학에너지로 변환되며 충전과 방전이 수행된다. 이러한 흐름전지(Flow battery)의 스택 구조의 예가 도1에 도시되고 있다.

[0003] 태양전지(Solar cells)와 흐름전지(Flow battery)를 결합하여, 기존 흐름전지 충전에 필요한 에너지원으로 친환경 태양광 에너지를 활용하는 것을 목표로 하는 연구는 활발하게 진행되고 있으며, 다양한 태양전지의 도입과 산화-환원 전해질을 사용하는 결과들이 보고되고 있다. 이러한 결과들은 대부분 종래의 흐름전지 구조를 그대로 활용하여 태양전지를 연결하는 방법이며, 장점과 함께 다양한 단점이 나타나고 있다.

[0004] 일 예로, 종래의 흐름 전지에 전선을 이용하여 태양전지를 직접 연결하는 외부 연결형 태양-흐름 전지 일체형 시스템은 단순히 전선을 연결하여 제작 및 유지보수가 용이하다는 장점이 존재한다. 하지만, 이에 따른 전력손실, 과전압 및 과전류 조절 등의 안정성을 보장할 수 있는 구성이 존재하지 않을뿐더러, 시스템 자체의 부피가 증가하여 설치의 곤란성이 증가한다는 문제점이 존재한다.

[0005] 또, 다른 예로, 태양전지가 시스템 내에서 구조적으로 통합되는 일체형 방식의 일체형 태양-흐름 전지 일체형 시스템이 존재한다. 이러한 구조를 이용하면 외부 연결형에서 발생하는 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있지만, 주로 사용되는 태양전지가 고효율 무기 태양전지 계열이며, 이들은 자체적으로 흐름전지의 구동에 필수적으로 요구되는 과정인 산화-환원 작용을 유도할 수 없다는 문제점이 존재한다.

[0006] 따라서, 상술한 두 가지 예의 문제점을 모두 보완할 수 있는 산화-환원 반응을 유도하고 반응을 안정시키는 방식을 이용하는 시스템이 존재한다. 하지만, 이 역시 필수적으로 3단계 이상의 추가 공정을 거쳐 산화-환원 반응을 유도하고 반응을 안정시키는 적층 구조가 추가 설계되어야 한다. 따라서, 이러한 정밀 적층 공정은 차후 모듈화 또는 대규모 소자 제작 과정에서의 고비용 문제 및 특수 공정에 따른 가공 난이도 향상의 문제점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2118656호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명의 일 실시예는 산화-환원 반응이 종래보다 우수한 태양전지를 활용하며 간소화 된 제작 공정을 이용하여 보다 경제적인 태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 측면에 따르면, 태양-흐름 전지 일체형 시스템이 제공된다. 상기 태양-흐름 전지 일체형 시스템은, 나노 구조체가 투명 전극의 일 측에 코팅되고, 상기 나노 구조체를 이용하여 태양광 발전을 수행하며, 상기 나노 구조체는 TiO_2 반도체 및 유기염료가 혼합되어 형성되고 제1전해질의 산화-환원 반응에 관여하는 발전 전극; 상기 발전 전극과 연결되어 상기 발전 전극에서 상기 태양광 발전을 통해 생성된 제1전자를 전달 받아 제2전해질의 환원을 통해 에너지를 저장하고, 상기 환원된 상기 제2전해질의 산화를 통해 에너지를 방출하는 저장 전극; 및 상기 저장 전극과 연결되어 상기 저장 전극에서 저장된 상기 제2전해질의 산화 과정에서 생성되는 제2전자를 전달 받아 방전을 수행하며, 멤브레인을 포함하여 상기 발전 전극과 상기 저장 전극 사이의 전하 균형을 유지하는 방전 전극;을 포함한다.

[0010] 상기 발전 전극은, 상기 유기염료에서 상기 태양광 발전을 통해 생성되는 상기 제1전자가 상기 TiO_2 반도체를 통해 상기 투명 전극으로 전달되고, 상기 태양광 발전을 통해 산화된 상기 유기염료가 상기 제1전해질을 이용하여 환원되며 상기 제1전해질을 산화할 수 있다.

[0011] 상기 제1전해질은 $Co^{(II)}(bpy)_3(PF_6)_2$ 일 수 있다.

[0012] 상기 제2전해질은 Benzoquinone 전해질이며, 환원되어 2Li-Benzoquinone 전해질로 변환되어 상기 에너지를 저장할 수 있다.

[0013] 상기 방전 전극은, 산화된 상기 제1전해질을 상기 제2전자를 이용하여 환원시켜 상기 방전을 수행할 수 있다.

[0014] 상기 제1전해질 및 상기 발전 전극을 내포하는 제1전해질보관부; 및 상기 제2전해질 및 상기 저장 전극을 내포하는 제2전해질보관부;를 포함하며, 상기 방전 전극은, 상기 제1전해질보관부 및 상기 제2전해질보관부 사이에 구비되어 상기 제1전해질보관부 및 상기 제2전해질보관부에 상기 멤브레인을 통해 Li 이온의 이동을 유도하여 전하 밸런스를 유지하도록 형성될 수 있다.

[0015] 상기 멤브레인은 LISICON 멤브레인일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 측면에 따르면, 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 제조 방법이 제공된다. 상기 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 제조 방법 중 상기 발전 전극은, 상기 투명 전극에 두 개의 관통홀을 생성하는 단계; 상기 투명 전극에 상기 TiO_2 반도체를 코팅하는 단계; 및 상기 유기염료를 상기 TiO_2 반도체에 흡착시키는 단계;를 이용하여 제조된다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법은, 비용 및 공정의 이득을 가지는 태양-흐름 전지 일체형 시스템을 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0018] 또, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법은, 산화-환원 반응이 유효한 광 전극을 사용하여 추가 공정 없이 간소화 된 제작 공정을 통해 일체형 시스템을 제작할 수 있는 효과가 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템 및 그 제조 방법은, 태양광 조사 하에, 외부 전원 공급 없이 자체적인 충전-방전 성능을 확인할 수 있으며, 구동 과정에서 광 전극의 부식 또는 탈착과 같은

문제 없이 안정적인 구동이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 종래의 흐름 전지의 스택 구조를 나타낸 도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 전체 동작 구조를 간단히 나타낸 도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 전체 형태 구조를 간단히 나타낸 도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 발전 전극의 구성을 간단히 나타낸 도이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 제조 방법 중 발전 전극의 제조 방법을 간단히 나타낸 순서도이다.
- 도 6은 본 발명의 모의 실험을 위한 (a) 발전 전극의 제조 공정, (b) 단계 S37의 세부 공정 및 (c) 저장 전극의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 7은 본 발명의 모의 실험을 통한 (a) 충전 및 (b) 방전 그래프를 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.
- [0022] 본 발명은 하기와 같은 기초연구과제를 통해 상술한 문제점의 해결을 위한 연구를 진행하였다.
- [0023] [과제 고유 번호] 221022201
- [0024] [과제 번호] R20X002-3
- [0025] [부처명] 한국전력공사
- [0026] [과제관리기관명] 한국전력공사 전력연구원
- [0027] [연구사업명] 정부출연기관자재연구사업(R&D)(수익사업)
- [0028] [연구과제명] 7.6% 이상의 효율을 갖는 태양전지-흐름전지 일체형 시스템 개발
- [0029] [기여율] 1/1
- [0030] [과제수행기관명] 울산과학기술원
- [0031] [연구기간] 2021.03.01. - 2022.02.28.
- [0033] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 전체 동작 구조를 간단히 나타낸 도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 전체 형태 구조를 간단히 나타낸 도이며, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 발전 전극의 구성을 간단히 나타낸 도이다. 이하에서는 도 2 내지 도 4를 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템에 대해 상세히 설명하도록 한다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템(2)은 태양 전지를 이용하여 발전 전극(21)에서 발전을 수행하고, 저장 전극(22)을 통해 에너지를 저장하며, 방전 전극(23)을 이용하여 에너지를 방전시키도록 형성된다.
- [0035] 도 2에는 이러한 태양-흐름 전지 일체형 시스템(2)을 구성하는 전극들의 연결 구조 및 동작 구조가 도시되고 있다. 도 2를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발전 전극(21)은 저장 전극(22)과 연결되며, 저장 전극(22)은 방전 전극(23)과 연결되도록 형성된다.
- [0036] 발전 전극(21)은 제1전해질(41)의 산화 반응에 관여하고 제1전자를 획득하며, 저장 전극(22)은 2전해질(43)의 산화-환원 반응을 이용하여 에너지의 저장 및 방출을 수행하며, 방전 전극(23)은 저장 전극(22)으로부터 제2전자를 획득하여 제1전해질(41)의 환원 반응에 관여하여 에너지를 방출하며, 제1전해질(41) 및 제2전해질(43)의

전하 균형을 유지하도록 형성된다.

- [0037] 보다 상세히 설명하면, 발전 전극(21)은 도 4에 도시된 바와 같이 나노 구조체(213)가 투명 전극(211)의 일 측에 코팅되고, 나노 구조체(213)를 이용하여 태양광 발전을 수행하여 제1전해질(41)의 산화-환원 반응에 관여하도록 형성된다. 여기서, 나노 구조체(213)는 도 4에 도시된 바와 같이 TiO_2 반도체(213a)와 유기염료(213b)가 혼합되어 형성될 수 있다.
- [0038] 발전 전극(21)은 유기염료(213b)에서 태양광 발전을 통해 제1전자를 생성하면, 제1전자는 TiO_2 반도체(213a)를 통해 투명 전극(211)으로 전달된다. 제1전자는 투명 전극(211)과 연결된 A 전선을 통해 저장 전극(22)으로 이동하게 된다. 이때, 산화된 유기염료(213b)는 주변에 존재하는 제1전해질(41)로부터 전자를 공급받아 환원되고, 이 과정에서 전자를 제공한 제1전해질(41)은 산화될 수 있다.
- [0039] 본 발명에서 제1전해질(43)은 코발트 계열의 전해질로 바람직하게는 $\text{Co}^{(II)}(\text{bpy})_3(\text{PF}_6)_2$ 일 수 있다.
- [0040] 저장 전극(22)은 발전 전극(21)과 A 전선을 통해 연결되고, 발전 전극(21)의 유기염료(213b)의 산화를 통해 생성된 제1전자를 전달 받아 제2전해질(43)의 환원을 수행하여 에너지를 저장하도록 형성된다. 또, 저장 전극(22)은 환원된 제2전해질(43)의 산화 과정을 통해 생성되는 제2전자를 전달 받아 방전 전극(23)으로 전달함으로써 저장된 에너지를 방출하도록 형성될 수 있다.
- [0041] 여기서, 제2전해질(43)은 벤조퀴논(Benzoquinone) 전해질일 수 있으며, 제1전자를 전달 받아 환원되는 경우 2Li-벤조퀴논(2Li-Benzoquinone) 전해질로 변화되어 에너지를 저장할 수 있다.
- [0042] 방전 전극(23)은 저장 전극(22)과 B 전선을 이용하여 연결되며, 저장 전극(22)에서 저장된 제2전해질(43)의 산화 과정에서 생성되는 제2전자를 전달 받아 방전을 수행하며, 멤브레인을 포함하여 형성되어 발전 전극(21)과 저장 전극(22) 사이의 전하 균형을 유지하도록 형성된다. 이때, 방전 전극(23)은 제2전자가 발전 전극(21)에서 산화된 제1전해질(41)과 결합하도록 함으로써 산화된 제1전해질(41)의 환원 반응을 유도하여 방전을 수행할 수 있다.
- [0043] 한편, 도 3에는 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 전체 형태 구조가 나타나고 있다. 상술한 도 2의 발전 전극(21), 저장 전극(22) 및 방전 전극(23)은 제1 및 제2전해질의 산화-환원 반응을 유도하기 위해 제1 및 제2전해질과 최소 일부가 접하도록 형성되어야 한다. 따라서, 도 3과 같은 구조가 요구된다.
- [0044] 도 3을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발전 전극(21) 및 제1전해질(41)은 제1전해질보관부(31)에 내포되도록 설치될 수 있다. 제1전해질보관부(31)는 내부에 제1전해질(41)을 보관할 수 있도록 형성되며, 발전 전극(21)은 제1전해질(41)에 최소 일부가 삽입되어 제1전해질(41)과 접하며, 이를 통해 제1전해질(41)의 산화 반응을 유도할 수 있다.
- [0045] 또, 저장 전극(22) 및 제2전해질(43)은 제2전해질보관부(33)에 내포되도록 설치될 수 있다. 제2전해질보관부(33)는 내부에 제2전해질(43)을 보관할 수 있도록 형성되며, 저장 전극(22)은 제2전해질(43)에 최소 일부가 삽입되어 제2전해질(43)과 접하며, 이를 통해 제2전해질(43)의 산화-환원 반응을 유도할 수 있다.
- [0046] 한편, 도 3의 일 실시예에서, 제1전해질보관부(31)와 제2전해질보관부(33)는 서로 일부가 접하도록 형성된다. 이때, 접하는 부분에는 본 발명의 방전 전극(23)이 형성될 수 있다. 방전 전극(23)은 제1전해질보관부(31)와 제2전해질보관부(33) 사이에 구비되어 제1전해질보관부(41)와 제2전해질보관부(33)에 멤브레인을 이용하여 리튬(Li) 이온의 이동을 유도하여 두 전해질 사이의 전하 밸런스를 유지하도록 형성된다. 여기서, 멤브레인은 LISICON 멤브레인일 수 있다.
- [0047] 정리하면, 본 발명의 제1전해질(41)은 제1전해질보관부(31) 내부에서 발전 전극(21) 근처에서 산화되어 $\text{Co}^{(II)}(\text{bpy})_3(\text{PF}_6)_2(\text{TFSI})$ 로 변환된 후, 방전 전극에서 환원되어 $\text{Co}^{(II)}(\text{bpy})_3(\text{PF}_6)_2$ 로 변환될 수 있다. 또, 제2전해질(43)은 저장 전극(22) 근처에서 환원되어 벤조퀴논으로 변환된 후 방전 전극(23) 근처에서 산화되어 2Li^+ -벤조퀴논으로 변환될 수 있다.
- [0048] 도 2 및 도 3을 보다 상세히 살펴보면, 충전 전극(21)과 저장 전극(22)은 두 개의 홀(211a, 211b)이 기판에 더 구비될 수 있다. 두 개의 홀(211a, 211b)은 전해질의 이동을 위해 생성된다. 즉 충전 전극(21)에 구비되는 두 개의 홀(211a)은 제1전해질(41)의 이동을 위해 사용되며 저장 전극(22)에 구비되는 두 개의 홀(221a, 221b)은 제2전해질(43)의 이동을 위해 사용될 수 있다. 이를 통해 본 발명의 전극(21, 22)에서는 각각 제1전해질(41) 및

제2전해질(43)의 이동을 두 개의 홀(211a, 211b, 221a, 221b)을 이용하여 수행되도록 할 수 있다.

- [0049] 한편, 도 5에는 본 발명의 실시예에 따른 태양-흐름 전지 일체형 시스템의 제조 방법 중 발전 전극의 제조 방법을 간단히 나타낸 순서도가 도시되고 있다. 본 발명의 핵심 특징 중 하나는 태양 전지와 흐름 전지를 일체화 하기 위해 발전 전극의 구성을 변경한 것이다.
- [0050] 본 발명의 발전 전극은 도 5에 도시된 바와 같이 투명 전극에 전해질 통로를 생성하고(단계 S21), 전해질 통로가 생성된 투명 전극의 일 면에 TiO_2 반도체를 코팅하며(단계 S23), 코팅된 TiO_2 반도체에 유기염료를 흡착시켜(단계 S25) 투명 전극(211)에 나노융합체(213)가 코팅되어 유기염료가 태양광을 이용하여 산화되도록 할 수 있다.
- [0051] 이를 통해 상술한 종래의 일체형 시스템과 달리 본 발명은 그 제조 공정 및 비용의 난이도가 낮으면서도 산화-환원 반응을 유도할 수 있는 전극을 제공할 수 있다.
- [0052] 이하에서는 상술한 본 발명의 태양-흐름 전지 일체형 시스템에 대한 성능을 평가하기 위해 모의 실험을 수행한 결과를 설명하도록 한다. 먼저, 본 모의실험은 도 6의 전극 제조 방법을 이용하여 전극을 제조하였으며, 도 7의 충전 및 방전 실험 결과를 나타내었다.
- [0053] 본 모의실험은 양극 용액으로는 아세토니트릴 용액을 사용하였고, 음극 용액으로는 폴리카보네이트 용액을 사용하였다. 보다 상세히는 양극 용액은 $0.25\text{M Co}^{(\text{II})}(\text{bpy})_3(\text{PF}_6)_2$, $0.05\text{M Co}^{(\text{III})}(\text{bpy})_3(\text{PF}_6)_3$, 0.1M Li-TFSI 및 $0.5\text{M 4-tert-butylpyridine}$ 혼합 용액을 사용하였다. 또, 음극 용액은 $0.2\text{M para-benzoquinone}$ 및 0.2M Li-TFSI 의 혼합 용액을 사용하였다. 나아가, 각 전극 간격은 1mm 로 실리콘 러버를 사용하였다. 본 모의실험에서 충전 및 방전을 측정하기 위하여 광 충전의 경우 충전 전극과 저장 전극을 연결하고 $1\text{SUN}(100\text{mW}/\text{cm}^2)$ 의 조건 하에 1000 초 충전을 수행하였으며, 방전은 저장 전극과 방전 전극을 연결하고 $20\mu\text{A}$ 의 정전류를 측정하였다. 이때 흐름비(Flow rate)는 $30\mu\text{l}/\text{min}$ 으로 설정하였다.
- [0054] 도 6a는 본 모의실험에서 사용된 발전 전극을 제조하는 공정을 나타낸 순서도이다. 본 모의실험을 위해 발전 전극은 기관에 관통홀을 생성하는 단계(S31), 기관 표면을 세척하는 단계(S33), 디핑 공정을 수행하는 단계(S35) 및 TiO_2 에 스크린 프린팅을 수행하는 단계(S37)를 통해 제조되었다.
- [0055] 기관에 관통홀을 생성하는 단계(S31)는 상술한 바와 같이 전해질의 이동을 위해 기관에 두 개의 관통홀을 생성하는 단계이다. 이때, 관통홀에는 추가적으로 전해질의 이동을 위한 파이프가 설치될 수도 있지만, 파이프가 존재하지 않는 상태에서 전해질이 자연스럽게 이동하도록 파이프가 설치되지 않을 수도 있다.
- [0056] 기관 표면을 세척하는 단계(S33)는 FTO기관을 세척하는 단계이다. 본 모의실험을 위해 사용된 FTO기관은 $2.5 \times 3.0\text{cm}^2$ 의 크기이며, 단계 S31에서는 보다 상세히는 FTO 기관을 아세톤, 에탄올 및 증류수에 각각 15분씩 초음파 세척을 수행하였고, 이후 FTO 기관을 20분간 UV 표면 세척하였다.
- [0057] 다음으로, 디핑 공정을 수행하였다(단계 S35). 모의실험을 위해 UV 표면 세척이 완료된 FTO 기관에, 40mM TiCl_4 in H_2O 에서 70°C 의 조건으로 30분동안 디핑 공정을 수행한 후 에탄올-증류수 순서로 표면을 다시 한번 세척하였다.
- [0058] 이후, 본 모의실험에서는 FTO 기관에 TiO_2 에 스크린 프린팅을 수행하는 단계(S37)를 수행하여 발전 전극을 제조하였다. 여기서 스크린 프린팅 공정은 $1.0 \times 0.7\text{cm}^2$ 로 수행되었다. 단계 S37은 도 6b에 도시된 바와 같이 단계 S371 내지 단계 S375로 세분화 되어 공정이 진행되었다.
- [0059] 먼저, 세척한 FTO 기관에 30NR-D(Greatcellsolar materials) 코팅을 수행하였다(단계 S371). 단계 S371에서는 30NR-D 코팅을 1회 수행한 후 125°C 에서 5분 소결하고, 30NR-D 코팅을 추가 1회 코팅한 후 다시 125°C 에서 5분 소결하여 30NR-D 코팅을 수행한다.
- [0060] 이후, WER2-0(Greatcellsolar materials) 코팅을 1회 수행하고(단계 S372), 소결 공정을 수행한다(단계 S373). 단계 S373은 총 5회차의 소결 과정을 거치며, 각각의 회차에서 소결 과정의 조건은 아래와 같다.
- [0061] 1회차: 150°C , 10분, 램핑: $15^\circ\text{C}/\text{min}$
- [0062] 2회차: 325°C , 5분, 램핑: $12^\circ\text{C}/\text{min}$

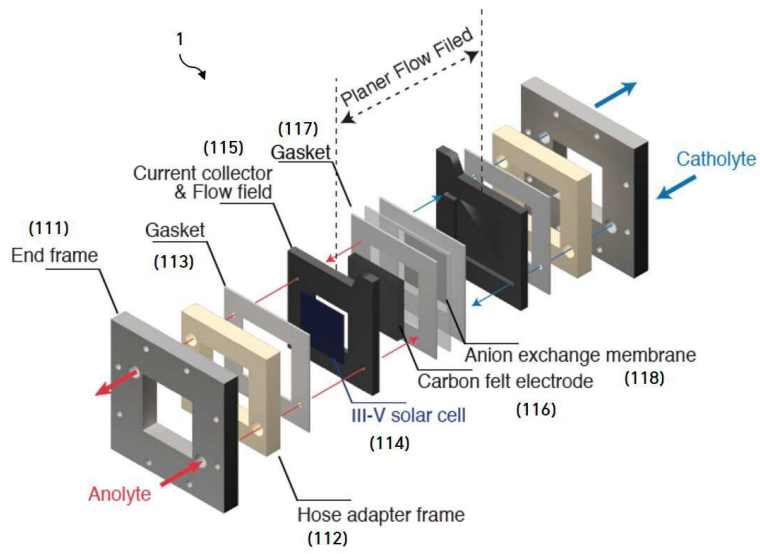
- [0063] 3회차: 375℃, 5분, 램핑: 10℃/min
- [0064] 4회차: 450℃, 15분, 램핑: 11℃/min
- [0065] 5회차: 500℃, 30분, 램핑: 10℃/min
- [0066] 단계 S373의 소결 과정을 거친 FTO 기판에는 디핑 공정이 수행된다(단계 S374). 단계 S374의 디핑 공정은 40mM TiCl_4 in H_2O 에 70℃의 조건으로 30분간 이루어지며, 이후 에탄올-증류수 순서로 표면 세척이 수행되고, 500℃에서 30분동안 소결된다.
- [0067] 마지막으로, 본 모의실험에서 FTO 기판에는 담금 염색 공정이 수행된다(단계 S375). 단계 S375에서는 담금 염색 공정을 위해 0.1 mM Y123 (Greatcellsolar materials) in [삼차 뷰틸 알코올 : 아세토니트릴 =1:1 v/v%] 용액을 이용하며, 6시간 동안 해당 공정을 수행하여 본 모의실험에 사용할 발전 전극을 완성한다.
- [0068] 한편, 본 모의실험에 사용되는 저장 전극은 도 6c의 과정을 통해 제조될 수 있다. 도 6c를 참고하면 본 저장 전극은 기판 표면을 세척하는 단계(S41), 코팅 공정을 수행하는 단계(S43) 및 소결 공정을 수행하는 단계(S45)를 통해 제조된다.
- [0069] 단계 S41에서는 $2.5 \times 3.0 \text{ cm}^2$ 크기의 FTO 기판을 세척하며, 바람직하게는 상술한 발전 전극을 세척하는 과정과 동일한 과정(단계 S31)을 수행하여 FTO 기판을 세척할 수 있다.
- [0070] 단계 S43에서는 FTO 기판에 $1.0 \times 1.0 \text{ cm}^2$ 크기로 카본 블랙(solaronix) 코팅을 수행하며, 이후 단계 S45에서 70℃로 60분동안 소결하여 본 모의실험에 사용되는 저장 전극을 제조할 수 있다.
- [0071] 상술한 조건 및 제조 방법을 통해 구현되는 태양-흐름 전지 일체형 시스템에 대한 충전 및 방전 결과는 도 7a 및 도 7b에 각각 도시되고 있다. 도 7a를 참고하면, 충전 시작 후 400초 이내에 195.92mC의 충전량을 나타낸 이후 충전 전류가 0.1mA까지 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는, 초반 충전량이 충분하게 발생하여 충전이 이루어진 것을 의미하고, 400초 이후에는 약 0.1mA로 거의 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.
- [0072] 또, 도 7b의 방전 실험 결과를 확인하면, 100mC까지는 전압이 약 0.4V로 일정하게 유지되고, 이후 109.70mC의 방전이 이루어질때까지 전압이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 이를 통해 방전시에도 전압이 안정적으로 유지되는 것을 확인할 수 있다.
- [0073] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

부호의 설명

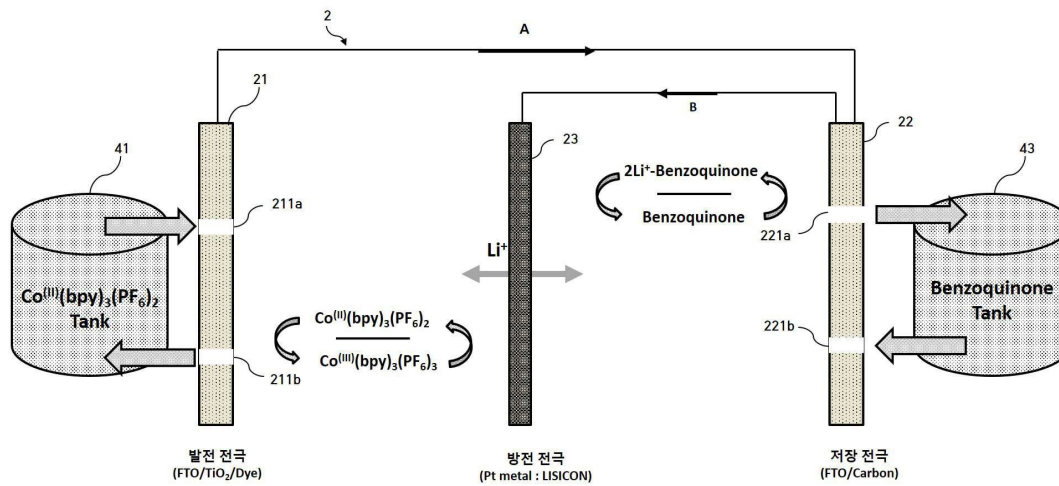
- [0074] 2: 태양-흐름 전지 일체형 시스템
- 21: 발전 전극 22: 저장 전극
- 23: 방전 전극 31: 제1전해질보관부
- 33: 제2전해질보관부 41: 제1전해질
- 43: 제2전해질 211: 투명 전극
- 211a: 유입구 211b: 토출구
- 213: 나노 구조체 213a: TiO_2 반도체
- 213b: 유기염료

도면

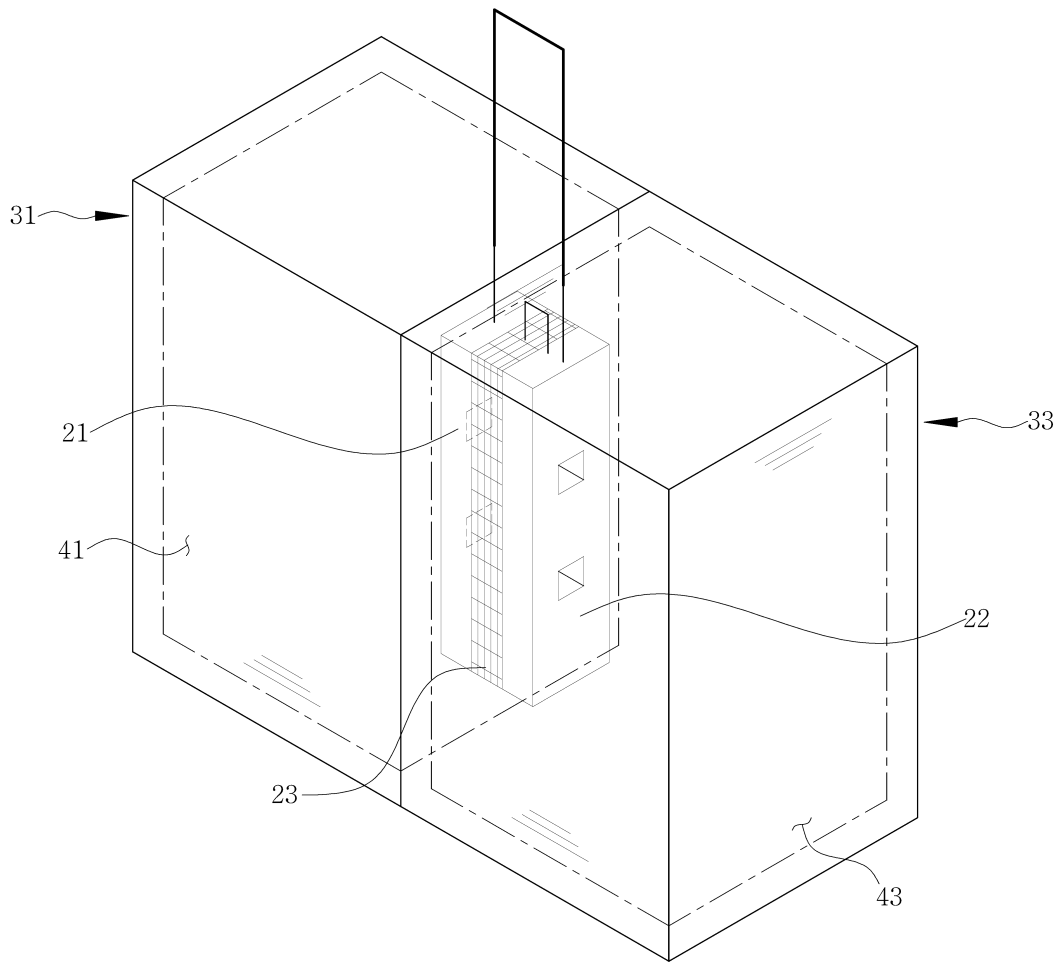
도면1



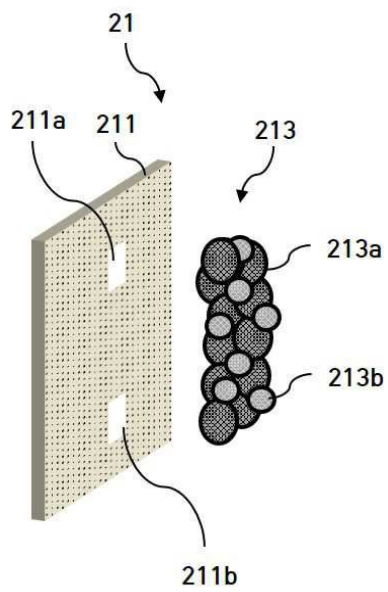
도면2



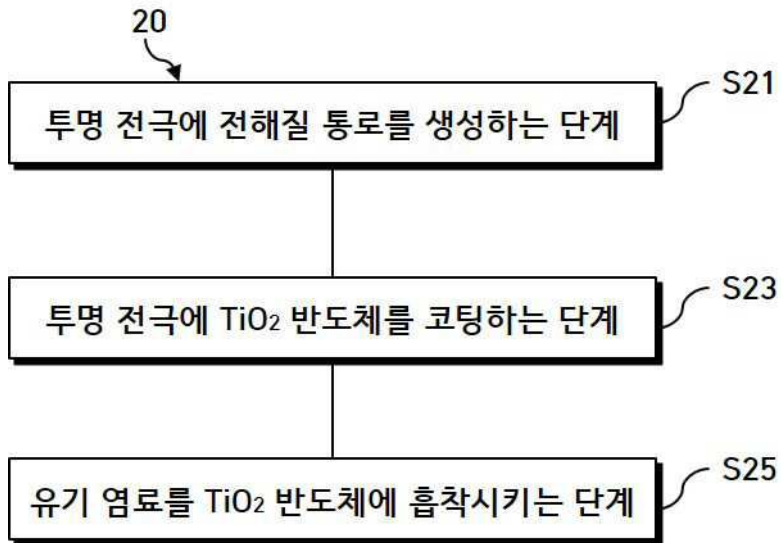
도면3



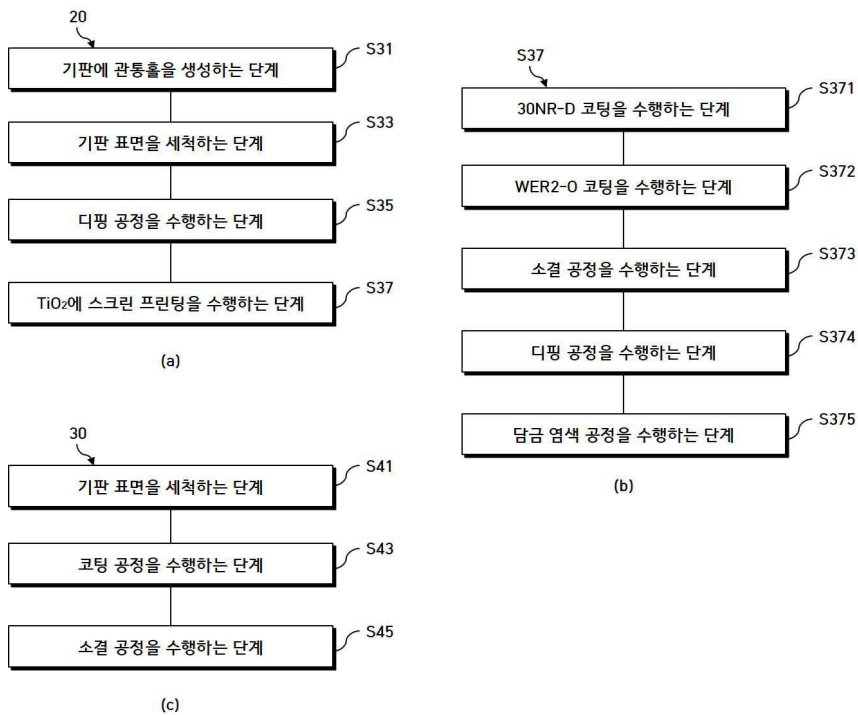
도면4



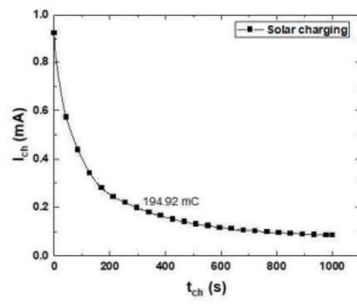
도면5



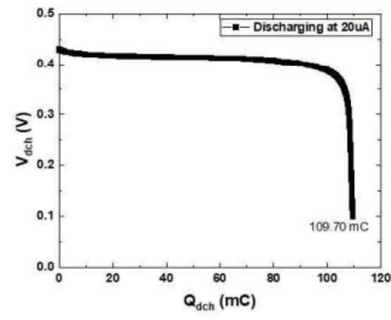
도면6



도면7



(a)



(b)