



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0136070
(43) 공개일자 2024년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 19/12 (2006.01) *B01J 19/00* (2018.01)
H02N 11/00 (2006.01) *H02N 3/00* (2006.01)
 (52) CPC특허분류
B01J 19/127 (2013.01)
B01J 19/0086 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2023-0029270
 (22) 출원일자 2023년03월06일
 심사청구일자 2023년03월06일

(71) 출원인
 국방과학연구소
 대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)
 한국과학기술원
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
 (72) 발명자
 김일두
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
 배제형
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 리엔목특허법인

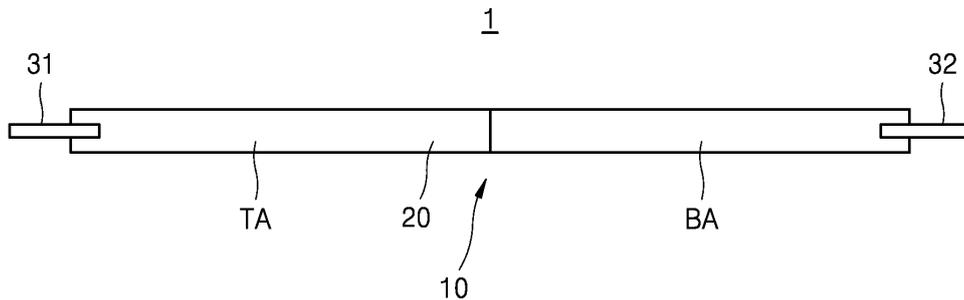
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 에너지 수확 장치

(57) 요약

본 발명은 투과영역 및 상기 투과영역과 접하는 차광영역을 포함하는, 하우징과, 상기 하우징 내에 배치되고, 광이 조사될 시 pH가 변경되는, 광반응 용액을 포함하는, 에너지 수확 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02N 11/002 (2013.01)

H02N 3/00 (2013.01)

B01J 2219/00045 (2013.01)

B01J 2219/00047 (2013.01)

Y02E 10/50 (2020.08)

(72) 발명자

임해성

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

한동수

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

김민수

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

명세서

청구범위

청구항 1

투과영역 및 상기 투과영역과 접하는 차광영역을 포함하는, 하우징; 및
상기 하우징 내에 배치되고, 광이 조사될 시 pH가 변경되는, 광반응 용액;을 포함하는, 에너지 수확 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 하우징에 광이 조사될 시, 상기 투과영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 일부는 pH가 변경되고, 상기 차광영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 다른 일부는 pH가 변경되지 않는, 에너지 수확 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 하우징에 상기 광의 조사가 중단될 시, 상기 투과영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 일부의 pH는 상기 차광영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 다른 일부의 pH와 동일하도록 변경되는, 에너지 수확 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 하우징에 광이 조사될 시, 상기 투과영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 일부는 pH가 감소하는, 에너지 수확 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 하우징은 고투과율 물질을 포함하고,
상기 차광영역의 표면에는 차광층이 배치되는, 에너지 수확 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 투과영역 내부에 배치되는 상기 광반응 용액의 일부와 접하는 제1전극; 및
상기 차광영역 내부에 배치되는 상기 광반응 용액의 다른 일부와 접하는 제2전극;을 더 포함하는, 에너지 수확 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 광반응 용액은 HF, LiF, NaF, KF, RbF, HCl, LiCl, NaCl, KCl, RbCl, BeCl₂, MgCl₂, CaCl₂, SrCl₂, BaCl₂, HBr, LiBr, NaBr, KBr 및 RbBr 중 적어도 하나를 포함하는, 에너지 수확 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들을 에너지 수확 장치에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 광산성 용액을 기반으로 하는 에너지 수확 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 인간의 삶에 필수적인 에너지는 그 소비량이 꾸준히 증가하였으며, 최근에는 162GWh의 수준에 이르렀다. 그러나, 주요 에너지원인 화석 연료는 매장량이 계속해서 줄어들고 있으며, 화석 연료의 고갈이 염려되고 있다. 뿐만 아니라, 화석 연료의 사용은 대기 오염과 지구 온난화의 주요 원인이며, 이는 인류의 삶은 물론 지구 전체를 위협하게 하고 있다. 따라서, 기존의 에너지원인 화석 연료로 인한 문제점을 해결 위해, 광이나 열과 같은 외부 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 방법에 대한 연구가 활발하게 이루어 지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 그러나 종래의 외부 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 방법은 안정성, 내구성 및 적절한 전기적 특성을 위해 대부분 고체상 디바이스로 한정되었다. 고체상 디바이스는 제조, 유지 또는 보수 등에 고비용이 요구되며, 타 전자제품과의 호환성이 떨어진다.
- [0004] 본 발명의 실시예들은, 광산성 용액을 기반으로 하는 에너지 수확 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 이러한 에너지 수확 장치는 주변에 풍부하게 존재하는 광을 에너지원으로 사용하므로, 에너지원이 고갈될 우려가 없으며 지속가능한 구동이 가능하다. 또한 이러한 에너지 수확 장치는 액체상 디바이스이므로 제조, 유지 또는 보수 등을 위한 비용을 절감할 수 있다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

- [0005] 본 발명의 일 관점에 따르면, 투과영역 및 상기 투과영역과 접하는 차광영역을 포함하는, 하우징과, 상기 하우징 내에 배치되고, 광이 조사될 시 pH가 변경되는, 광반응 용액을 포함하는, 에너지 수확 장치가 제공된다.
- [0006] 상기 하우징에 광이 조사될 시, 상기 투과영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 일부는 pH가 변경되고, 상기 차광영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 다른 일부는 pH가 변경되지 않을 수 있다.
- [0007] 상기 하우징에 상기 광의 조사가 중단될 시, 상기 투과영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 일부의 pH는 상기 차광영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 다른 일부의 pH와 동일하도록 변경될 수 있다.
- [0008] 상기 하우징에 광이 조사될 시, 상기 투과영역 내부에 배치된 상기 광반응 용액의 일부는 pH가 감소할 수 있다.
- [0009] 상기 하우징은 고투과율 물질을 포함하고, 상기 차광영역의 표면에는 차광층이 배치될 수 있다.
- [0010] 상기 에너지 수확 장치는, 상기 투과영역 내부에 배치되는 상기 광반응 용액의 일부와 접하는 제1전극과, 상기 차광영역 내부에 배치되는 상기 광반응 용액의 다른 일부와 접하는 제2전극을 더 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 광반응 용액은 HF, LiF, NaF, KF, RbF, HCl, LiCl, NaCl, KCl, RbCl, BeCl₂, MgCl₂, CaCl₂, SrCl₂, BaCl₂, HBr, LiBr, NaBr, KBr 및 RbBr 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0012] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점은 이하의 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용, 청구범위 및 도면으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [0013] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 광산성 용액을 기반으로 하는 에너지 에너지 수확 장치를 제공할 수 있다. 이러한 에너지 수확 장치는 주변에 풍부하게 존재하는 광을 에너지원으로 사용하므로, 에너지원이 고갈될 우려가 없으며 지속 가능한 구동이 가능하다. 또한 이러한 에너지 수확 장치는 액체상 디바이스이므로 제조, 유지 또는 보수 등을 위한 비용을 절감할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.

- 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치의 일부를 개략적으로 도시하는 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치에서 전기 에너지가 발생하는 원리를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 광 조사에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 광 조사에 따른 광산성 발생제가 용해된 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 광산성 용액의 농도에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 광산성 용액의 농도에 따른 에너지 수확 장치의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 광산성 용액의 농도에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH에 따른 에너지 수확 장치의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 12는 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 13은 광산성 용액의 온도에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 14는 광산성 용액의 온도에 따른 에너지 수확 장치의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 15는 광산성 용액의 온도에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 16은 광산성 용액에 조사되는 광의 세기에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 17은 광산성 용액에 조사되는 광의 세기에 따른 에너지 수확 장치의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 18은 광산성 용액에 조사되는 광의 세기에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0017] 설명의 편의를 위하여 도면에서는 구성요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.
- [0018] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0019] 이하의 실시예에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.
- [0020] 본 명세서에서 "A 및/또는 B"는 A이거나, B이거나, A와 B인 경우를 나타낸다. 그리고, "A 및 B 중 적어도 하나"는 A이거나, B이거나, A와 B인 경우를 나타낸다.
- [0021] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되

는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0022] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치(1)를 개략적으로 도시하는 단면도이다. 도 1에 도시된 것과 같이, 에너지 수확 장치(1)는 하우징(10), 광반응 용액(20), 제1전극(31) 및 제2전극(32)를 포함할 수 있다.
- [0024] 하우징(10)은 내부에 광반응 용액(20)을 수용할 수 있다. 구체적으로 하우징(10)은 기체 또는 액체 등의 물질을 수용할 수 있는 수용부를 포함할 수 있다. 예컨대, 하우징(10)은 원형의 단면을 가지며, 일 방향을 따라 연장될 수 있다. 이러한 하우징(10)의 일 단과 이러한 일 단과 마주보는 타 단은 밀봉될 수 있다. 이에 따라, 하우징(10)은 내부에 액체인 광반응 용액(20)을 수용할 수 있다.
- [0025] 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 하우징(10)은 직사각형, 정사각형 또는 삼각형의 단면을 가지는 튜브 형상일 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여 하우징(10)이 일 방향을 따라 연장된 원통의 형상을 가지는 경우를 중심으로 상세히 설명하기로 한다.
- [0026] 하우징(10)은 투과영역(TA)과 투과영역(TA)에 접하도록 배치되는 차광영역(BA)을 포함할 수 있다. 투과영역(TA)은 외부 광이 하우징(10)의 내부로 투과되는 영역일 수 있다. 즉, 외부 광을 에너지 수확 장치(1)에 조사하는 경우, 외부 광은 하우징(10)의 투과영역(TA)의 내부로 투과될 수 있다. 이에 따라, 투과영역(TA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)에 외부 광이 조사될 수 있다.
- [0027] 일 실시예에서, 하우징(10)은 고투과율 물질을 포함할 수 있다. 예컨대, 하우징(10)은 석영 (quartz), 아크릴 (acrylic), 폴리카보네이트 (PC, polycarbonate), Thermoplastic polyurethane (TPU), Polydimethylsiloxane (PDMS), Polyimide (PI), PE (Polyethylene) 및 PP (Polypropylene) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 즉, 하우징(10)은 고투과율 물질을 포함하므로, 외부 광은 하우징(10)의 투과영역(TA) 내부로 투과될 수 있다.
- [0028] 차광영역(BA)은 외부 광이 하우징(10)의 내부로 투과되는 않는 영역일 수 있다. 즉, 외부 광을 에너지 수확 장치(1)에 조사하는 경우, 외부 광은 하우징(10)의 차광영역(BA)의 내부로 투과되지 않을 수 있다. 이를 위해, 하우징(10)의 차광영역(BA)의 표면 상에는 차광층이 배치될 수 있다. 차광층은 차광물질을 포함할 수 있다. 차광물질은 흑색 안료, 흑색 염료 및 흑색의 입자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예컨대, 차광물질을 포함하는 테이프가 차광영역(BA)의 표면에 배치될 수 있다. 이에 따라, 외부 광은 하우징(10)의 차광영역(BA)의 내부로 투과되지 않을 수 있다. 구체적으로, 하우징(10)은 일 방향을 따라 연장된 원통의 형상을 가지되, 표면에 차광층이 배치되지 않은 하우징(10)의 일부가 투과영역(TA)이고 표면에 차광층이 배치된 하우징(10)의 다른 일부가 차광영역(BA)일 수 있다.
- [0029] 광반응 용액(20)은 하우징(10)의 내부에 배치될 수 있다. 구체적으로, 광반응 용액(20)은 하우징(10)의 수용부에 수용될 수 있다. 바꾸어 말하면, 광반응 용액(20)은 하우징(10)의 수용부를 채울 수 있다. 전술한 바와 같이, 하우징(10)은 투과영역(TA) 및 차광영역(BA)을 포함하므로, 광반응 용액(20)의 일부는 투과영역(TA)의 내부에 배치되며, 광반응 용액(20)의 다른 일부는 차광영역(BA)의 내부에 배치될 수 있다. 이에 따라, 투과영역(TA)의 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 일부에는 외부 광이 조사될 수 있으며, 차광영역(BA)의 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 다른 일부에는 외부 광이 조사되지 않을 수 있다.
- [0030] 광반응 용액(20)은 광이 조사될 시 pH가 변하는 용액일 수 있다. 이에 따라, 하우징(10)에 광이 조사될 시, 투과영역(TA)의 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 일부는 pH가 변하며, 차광영역(BA)의 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 다른 일부는 pH가 변하지 않을 수 있다. 한편, 투과영역(TA)과 차광영역(BA)은 표면의 차광층이 배치되었는지 여부가 상이할 뿐, 투과영역(TA)의 내부와 차광영역(BA)의 내부는 연결된다. 따라서, 투과영역(TA)의 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 일부와 차광영역(BA)의 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 다른 일부는 상호 교환이 가능할 수 있다. 그러나, 하우징(10)에 광이 조사되어 시간은 매우 짧으므로, 광이 조사되는 시간동안 pH가 변한 광반응 용액(20)의 일부의 유의미한 확산은 발생하지 않을 수 있다.
- [0031] 일 실시예에서, 광반응 용액(20)은 광산성 용액일 수 있다. 구체적으로, 광산성 용액은 광이 조사될 시 pH가 감소하는 용액일 수 있다. 다만 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 광반응 용액(20)은 광이 조사될 시 pH가 증가하는 광염기성 용액일 수 있다. 또는, 광반응 용액(20)은 광산성 용액과 광염기성 용액이 혼합된 복합용액일 수 있다. 이하에서는, 설명의 편의를 위해, 광반응 용액(20)이 광산성 용액인 경우를 중심으로 상세

히 설명하기로 한다.

- [0032] 광산성 용액은 광산성 물질(photoacid, PA)과 용매를 포함할 수 있다. 즉, 광산성 용액은 광산성 물질(PA)을 용매에 용해시켜 제조될 수 있다. 바꾸어 말하면, 광이 조사될 시, 광산성 용액에 포함된 광산성 물질(PA)이 수소이온(H⁺)을 해리함으로써, 광산성 용액의 수소이온농도([H⁺])가 증가할 수 있다. 이에 따라, 광산성 용액의 pH가 감소할 수 있다.
- [0033] 광산성 물질(PA)은 인돌류 및 벤조싸이아졸류 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예컨대, 광산성 물질(PA)는 2-[2-(2-hydroxyphenyl)ethenyl]-3,3-dimethyl-1-(3-sulfonatopropyl)-3H-indolium 및 2-[2-(1H-indazol-7-yl)ethenyl]-3-(3-sulfonatopropyl)-benzothiazolium 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 광산성 물질(PA)을 용해시키는 용매는 물(H₂O), 이소프로판올(isopropanol), 아세토나이트릴(acetonitrile), 메탄올(methanol), 에탄올(ethanol), 에틸렌 글리콜(ethylene glycol, EG), 디메틸포름아마이드(dimethylformamide, DMF), 아세톤(acetone) 및 디메틸 설폭사이드(dimethyl sulfoxide, DMSO) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 광산성 용액은 0.00001mM 이상 10000M 이하의 농도를 가질 수 있다.
- [0034] 한편, 광반응 용액(20)은 HF, LiF, NaF, KF, RbF, HCl, LiCl, NaCl, KCl, RbCl, BeCl₂, MgCl₂, CaCl₂, SrCl₂, BaCl₂, HBr, LiBr, NaBr, KBr 및 RbBr 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이러한 산 및/또는 염을 포함함에 따라, 광반응 용액(20)은 원하는 pH를 가질 수 있다. 즉, 광반응 용액(20)에 이러한 산 및/또는 염을 첨가함으로써, 광반응 용액(20)의 pH를 적절히 조절할 수 있다. 광반응 용액(20)에 대한 자세한 설명은 후술한다.
- [0035] 제1전극(31)은 투과영역(TA) 방향의 하우징(10)의 일 단에 배치될 수 있다. 제2전극(32)은 차광영역(BA) 방향의 하우징(10)의 타 단에 배치될 수 있다. 제1전극(31)은 투과영역(TA)에 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 일부와 접하고, 제2전극(32)은 차광영역(BA)의 내부에 배치된 광반응 용액(20)의 일부와 접할 수 있다. 바꾸어 말하면, 제1전극(31)의 적어도 일부는 투과영역(TA)의 내부에 배치되고, 제2전극(32)의 적어도 일부는 차광영역(BA)의 내부에 배치될 수 있다. 전술한 바와 같이, 하우징(10)의 일 단과 이러한 일 단과 마주보는 타 단은 밀봉되는바, 이러한 하우징(10)의 양 단 각각에 제1전극(31) 및 제2전극(32)이 각각 설치될 수 있다.
- [0036] 제1전극(31) 및 제2전극(32)은 금속 재료의 전극일 수 있다. 예컨대, 제1전극(31) 및 제2전극(32)은 붕소(B), 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 인듐(In), 티타늄(Ti), 질소(N), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi), 산소(O), 황(S), 셀레늄(Se), 텔루르(Te), 폴로늄(Po), 불소(F), 염소(Cl), 브롬(Br), 요오드(I), 아스타틴(At), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 니켈(Ni), 납(Pd), 백금(Pt), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 망간(Mn), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba) 및 라듐(Ra) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0037] 또는, 제1전극(31) 및 제2전극(32)은 붕소(B), 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 인듐(In), 티타늄(Ti), 질소(N), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi), 산소(O), 황(S), 셀레늄(Se), 텔루르(Te), 폴로늄(Po), 불소(F), 염소(Cl), 브롬(Br), 요오드(I), 아스타틴(At), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 니켈(Ni), 납(Pd), 백금(Pt), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 망간(Mn), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba) 및 라듐(Ra) 중 적어도 하나 이상으로 도핑될 수 있다.
- [0038] 도시되지는 않았으나, 제1전극(31)과 제2전극(32)은 외부회로(미도시)를 통해 전기적으로 연결될 수 있다. 이러한 외부회로를 통해 제1전극(31)과 제2전극(32) 사이에 전류가 흐를 수 있다.
- [0039] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치(1)에서 전기 에너지가 발생하는 원리를 설명하기 위한 도면이다. 에너지 수확 장치(1)에 광이 조사되는 경우, 투과영역(TA) 내부에 배치되는 광반응 용액(20)의 일부와 차광영역(BA) 내부에 배치되는 광반응 용액(20)의 다른 일부 사이에 pH 차이가 발생하며, 이러한 pH 차이에 의해 발생된 네른스트 전위(Nernst potential)를 이용하여 전기 에너지를 발생시킬 수 있다.
- [0040] 도 2에 도시된 것과 같이, 에너지 수확 장치(1)에 광이 조사되기 전 하우징(10) 내부에 배치된 광산성 용액은 평형 상태를 유지할 수 있다. 에너지 수확 장치(1)에 광이 조사되는 경우, 투과영역(TA) 내부에 배치됨으로써 광이 조사되는 광산성 물질(PA)의 일부는 수소이온을 해리할 수 있고, 차광영역(BA) 내부에 배치됨으로써 광이 조사되지 않는 광산성 물질(PA)의 다른 일부는 수소이온을 해리하지 않을 수 있다. 즉, 투과영역(TA) 내부에 배치되는 광산성 용액의 일부와 차광영역(BA) 내부에 배치되는 광산성 용액의 다른 일부 사이에 pH 차이가 발생할 수 있다.

[0041] 광 조사에 의해 수소이온이 광산성 물질(HA)로부터 해리되는 경우, 양극(예컨대, 제1전극(31)) 주위에는 과잉의 양성자(예컨대, 수소이온)가 축적될 수 있다. 이에 따라, 양극의 네른스트 전위는 증가할 수 있다.

[0042] 열역학적 평형에서 에너지 수확 장치(1)의 네른스트 전위는 하기 식과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{\text{양극}} - E_{\text{음극}} \\ &= \frac{2.303RT}{F} (pH_{\text{양극}} - pH_{\text{음극}}) \end{aligned}$$

[0043] $E_{\text{양극}}$ 은 양극의 네른스트 전위를 의미하고, $E_{\text{음극}}$ 은 음극의 네른스트 전위를 의미한다. $pH_{\text{양극}}$ 은 양극이 접하는 물질의 pH값을 의미하고, $pH_{\text{음극}}$ 은 음극이 접하는 물질의 pH 값을 의미한다. 한편, R은 기체 상수, T는 온도, F는 패러데이 상수를 각각 의미한다.

[0044] 이러한 양극과 음극의 네른스트 전위차에 의해 전류가 흐를 수 있다. 구체적으로, 양극(예컨대, 제1전극(31)) 및 음극(예컨대, 제2전극(32))과 광산성 용액 사이의 전하 균형을 평형화(equilibrate)하기 위해 양극과 음극을 연결하는 외부회로를 통해 비패러데이 용량성 전류(non-Faradaic capacitive current)가 양극으로부터 음극으로 흐를 수 있다. 바꾸어 말하면, 광반응 용액(20)이 광산성 용액인 경우, 제1전극(31)과 제2전극(32)을 연결하는 외부회로를 통해 비패러데이 용량성 전류가 양극인 제1전극(31)으로부터 음극인 제2전극(32)으로 흐를 수 있다. 즉, 광이 조사된 광산성 용액의 일부와 광이 조사되지 않은 광산성 용액의 다른 일부 사이에 pH 농도구배가 형성되며, 이러한 pH 농도구배에 의해 발생된 네른스트 전위에 의해 전기 에너지가 발생된다.

[0045] 한편, 광산성 용액의 pH 변화는 가역적일 수 있다. 광 조사에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프인 도 3에 도시된 바와 같이, 광산성 용액에 광이 조사됨으로써 광산성 용액의 pH가 변하더라도, 광산성 용액에 광이 지속적으로 조사되지 않는다면, 광산성 용액의 pH는 광산성 용액에 광이 조사되기 전 상태로 돌아갈 수 있다. 바꾸어 말하면, 광산성 물질(PA)의 수소이온의 해리는 가역적일 수 있다. 구체적으로, 광산성 용액에 광 조사가 중단되는 경우, 광산성 물질(PA)의 짝염기는 해리된 수소이온(H^+)과 재결합(recombination)할 수 있다. 이에 따라, 광산성 용액에 광의 조사와 중단을 반복함으로써, 광산성 용액의 pH 변화를 반복하여 발생시킬 수 있다.

[0046] 도 3에서는 약 0초 내지 약 100초 및 약 400초 내지 약 500초의 구간들에서 광산성 용액에 광이 조사되었으며, 약 100초 내지 약 400초 및 약 500초 내지 약 800초의 구간들에서는 광산성 용액에 광이 조사되지 않았다. 광산성 용액에 광이 조사되지 않는 상태에서 광산성 용액은 약 pH 5.5를 갖는다. 광산성 용액에 광이 조사되는 경우, 광산성 용액의 pH는 급격히 감소하여 광산성 용액은 약 pH 4를 갖는다. 약 100초 이후에 광이 더 이상 조사되지 않는 경우, 광산성 용액의 pH는 서서히 증가하여 광산성 용액은 약 pH 5.5를 갖는다. 약 400초 이후에 광산성 용액에 광이 조사되는 경우, 광산성 용액의 pH는 급격히 감소하여 광산성 용액은 약 pH 4를 갖는다. 약 500초 이후에 광이 더 이상 조사되지 않는 경우, 광산성 용액의 pH는 서서히 증가하여 광산성 용액은 약 pH 5.5를 갖는다. 즉, 광산성 용액의 pH 변화는 가역적이다.

[0047] 이러한 광산성 물질(PA)과 광산성 용액의 특성은, 종래의 광산성 발생제(photoacid generator, PAG)와 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 특성과 상이할 수 있다.

[0048] 구체적으로, 광 조사에 따른 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 pH 변화를 설명하기 위한 도면인 도 3에 도시된 바와 같이, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액도 광이 조사될 시, 광산성 발생제(PAG)가 수소이온(H^+)을 해리함으로써, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 수소이온농도($[H^+]$)가 증가할 수 있다. 이에 따라, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 pH가 증가할 수 있다. 그러나, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액에 광 조사가 중단되더라도, 광산성 발생제(PAG)의 짝염기는 수소이온(H^+)과 결합하지 않는다. 즉, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액은 광이 조사될 시 pH가 감소하되, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액에 광이 지속적으로 조사되지 않더라도, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액은 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액에 광이 조사되기 전 상태의 pH를 가지지 않는다. 바꾸어 말하면, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 pH 변화는 비가역적일 수 있다.

[0049] 도 4는 광 조사에 따른 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이다. 도 4에서는 약 0초 내지 약 350초의 구간에서 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액에 광이 조사되었으며, 약 350초 내지 약 800초의 구간에서 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액에 광이 조사되지 않았다. 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액에

광이 조사되지 않는 상태에서 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액은 약 pH 7을 갖는다. 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액에 광이 조사되는 경우, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 pH는 급격히 감소하여 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액은 약 pH 4를 갖는다. 약 350초 이후에 광이 더 이상 조사되지 않더라도, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액은 약 pH 4를 갖는다. 즉, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액의 pH 변화는 비가역적이다. 이에 따라, 광산성 발생제(PAG)가 용해된 용액은 한번 광이 조사되어 pH가 변화하였다면, 이후 다시 광을 조사하더라도 pH 변화를 발생시킬 수 없다.

[0052] 하우스(10) 내부에 배치된 광반응 용액(20)은 pH가 가역적으로 변할 수 있다. 예컨대, 광반응 용액(20)이 광산성 용액인 경우, 하우스(10)에 광이 조사될 시, 투과영역(TA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 일부는 차광영역(BA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 다른 일부보다 pH가 낮을 수 있다. 이러한 pH 차이에 의해 외부회로를 통해 전류가 제1전극(31)과 제2전극(32) 사이에서 흐를 수 있다. 하우스(10)에 광의 조사가 중단될 시, 투과영역(TA) 내부에 수용된 광반응 용액의 일부의 pH는 차광영역(BA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 다른 일부의 pH와 동일하도록 변경될 수 있다. 바꾸어 말하면, 하우스(10)에 광의 조사가 중단될 시, 투과영역(TA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 일부의 pH는 광이 조사되지 않은 상태의 광반응 용액(20)의 pH로 돌아갈 수 있다. 이에 따라, 광반응 용액(20)에 광의 조사와 중단을 반복함으로써, 광반응 용액(20)의 pH 변화를 반복하여 발생시킬 수 있다.

[0053] 한편, 광반응 용액(20)이 광염기성 용액인 경우, 하우스(10)에 광이 조사될 시, 투과영역(TA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 일부는 차광영역(BA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 다른 일부보다 pH가 높을 수 있다. 이러한 pH 차이에 의해 외부회로를 통해 전류가 제1전극(31)과 제2전극(32) 사이에서 흐를 수 있다. 또는, 광반응 용액(20)이 광산성 용액과 광염기성 용액이 혼합된 복합용액인 경우, 하우스(10)에 광이 조사될 시, 투과영역(TA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 일부는 차광영역(BA) 내부에 수용된 광반응 용액(20)의 다른 일부와 pH가 상이할 수 있다. 이러한 pH 차이에 의해 외부회로를 통해 전류가 제1전극(31)과 제2전극(32) 사이에서 흐를 수 있다.

[0054] 이하에서는 본 발명의 실시예를 좀 더 상세하게 설명한다. 실시예는 단지 본 발명을 설명하기 위한 것이며, 본 발명이 하기 실시예에 제한되는 것은 아니다.

[0056] <실시예1: 광산성 용액을 포함하는 에너지 수확 장치>

[0057] 광산성 용액을 포함하는 에너지 수확 장치를 제조하였다. 먼저, 광산성 물질(PA)인 2-[2-(2-hydroxyphenyl)ethenyl]-3,3-dimethyl-1-(3-sulfonatopropyl)-3H-indolium을 용매인 DI(Deionized water)에 용해시켜서 0.20mM 농도의 광산성 용액을 제조하였다. 광산성 물질(PA)의 용해를 돕기 위하여, DI에 약 1vol%의 디메틸설폭사이드(DMSO)가 혼합된 용매를 사용하는 것도 가능하다. 이어, 석영관을 적절한 크기로 자른 후, 석영관의 일단을 PDMS(polydimethylsiloxane) 캡과 결합시켰다. 제조된 광산성 용액을 주사기로 석영관에 주입하고, 캡과 결합된 석영관의 일단과 마주보는 타단을 다른 PDMS 캡으로 밀봉하였다. 석영관의 일단과 이러한 일단과 마주보는 타단에는 Pt 전극이 설치되었다. 이어, 비대칭적인 광 조사를 위하여, 석영관의 절반의 표면에 검은색 테이프를 부착하였다.

[0059] <실시예2 내지 실시예5: 상이한 농도의 광산성 용액들을 포함하는 에너지 수확 장치들>

[0060] 광산성 용액의 농도에 따른 에너지 수확 장치의 특성 변화를 평가하기 위하여, 실시예2 내지 실시예5를 제조하였다. 실시예2 내지 실시예5는 실시예1과 광산성 용액의 농도만 상이할 뿐이며, 광산성 용액의 농도 이외의 다른 구성들은 동일하다. 구체적으로, 실시예2는 0.04mM 농도의 광산성 용액을 포함하며, 실시예3는 0.08mM 농도의 광산성 용액을 포함하며, 실시예4는 0.12mM 농도의 광산성 용액을 포함하며, 실시예5는 0.16mM 농도의 광산성 용액을 포함한다. 따라서, 실시예2 내지 실시예5의 제조과정은 실시예1의 제조과정과 동일하거나 유사하므로, 이와 관련하여 중복되는 내용은 생략한다.

[0062] <실시예6 내지 실시예11: 광 조사되지 않은 상태에서의 pH가 상이한 광산성 용액들을 포함하는 에너지 수확 장치들>

[0063] 광 조사되지 않은 상태에서의 pH에 따른 에너지 수확 장치의 특성 변화를 평가하기 위하여, 실시예6 내지 실시

예10을 제조하였다. 실시예6 내지 실시예10은 실시예1과 광산성 용액의 광 조사되지 않은 상태에서의 pH만 상이할 뿐이며, 광산성 용액의 광 조사되지 않은 상태에서의 pH 이외의 다른 구성들은 동일하다. 구체적으로, 광이 조사되지 않은 상태에서 실시예6의 광산성 용액의 pH는 약 3이며, 광이 조사되지 않은 상태에서 실시예7의 광산성 용액의 pH는 약 4이며, 광이 조사되지 않은 상태에서 실시예8의 광산성 용액의 pH는 약 5이다. 광이 조사되지 않은 상태에서 실시예9의 광산성 용액의 pH는 약 7이며, 광이 조사되지 않은 상태에서 실시예10의 광산성 용액의 pH는 약 8이다. 한편, 광이 조사되지 않은 상태에서 실시예1의 광산성 용액의 pH는 약 6이다.

[0064] 광이 조사되지 않은 상태에서 실시예6 내지 실시예10의 광산성 용액들이 실시예1의 광산성 용액과 상이한 pH를 갖도록 하기 위하여, 실시예6 내지 실시예10의 광산성 용액들에는 HCl 또는 NaHCO₃가 첨가되었다. HCl 또는 NaHCO₃의 첨가량을 적절히 조절함으로써, 실시예6 내지 실시예10의 광산성 용액들의 광이 조사되지 않은 상태에서의 pH를 조절하였다. 따라서, 실시예6 내지 실시예10의 제조과정은 실시예1의 제조과정과 동일하거나 유사하므로, 이와 관련하여 중복되는 내용은 생략한다.

[0066] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 구체적으로, 도 5는 실시예1의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 6은 실시예1의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 실시예1에는 420nm의 파장 및 650lx의 세기를 가지는 광이 조사되었다. 구체적으로, 약 0초 내지 약 100초, 약 400초 내지 약 500초 및 약 800초 내지 약 900초의 구간들에서 실시예1에 광이 조사되었다. 약 100초 내지 약 400초, 약 500초 내지 약 800초 및 약 900초 내지 약 1200초의 구간들에서 실시예1에 광이 조사되지 않았다.

[0067] 도 5에 도시된 것과 같이, 실시예1에 의해 최대 82 mV의 전압이 발생되었다. 실시예1에 광이 조사될 시 실시예1이 충전되었으며, 실시예1에 광이 조사되지 않을 시 실시예1이 방전되었다. 도 6에 도시된 것과 같이, 실시예1에 의해 최대 48nA의 전류가 발생되었다. 도 6에 도시된 실시예1의 전류 발생 결과는 I_{cap}, I_{con} 및 I_{cap, r}을 나타낸다. 캐패시터와 유사하게 충전 초기에 I_{cap}이 발생하였다. 광산성 용액 내부의 전압차에 의해 I_{con}이 발생하였으며, 방전에 의해 전류가 반대방향으로 흐름에 따라 I_{cap, r}이 발생하였다.

[0068] 도 7은 광산성 용액의 농도에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이고, 도 8은 광산성 용액의 농도에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 9는 광산성 용액의 농도에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 도 7, 도 8 및 도 9에서, 0.04mM, 0.08mM, 0.12mM, 0.16mM, 0.20mM은 각각 실시예2, 실시예3, 실시예4, 실시예5 및 실시예1을 나타낸다. 실시예2, 실시예3, 실시예4, 실시예5 및 실시예1에는 420nm의 파장 및 650lx의 세기를 가지는 광이 조사되었다. 구체적으로, 약 0초 내지 약 100초 구간에서 실시예2, 실시예3, 실시예4, 실시예5 및 실시예1에 광이 조사되었으며, 약 100초 이후에는 실시예2, 실시예3, 실시예4, 실시예5 및 실시예1에 광이 조사되지 않았다.

[0069] 도 7에 도시된 것과 같이, 광산성 용액의 농도가 높을수록 광이 조사될 시 광산성 용액의 pH 변화량이 증가하였다. 한편, 도 8 및 도 9에 도시된 것과 같이, 광산성 용액의 농도가 높을수록 에너지 수확 장치(1)는 더 큰 크기의 전압을 발생시켰으며, 광산성 용액의 농도가 높을수록 에너지 수확 장치(1)는 더 큰 크기의 전류를 발생시켰다.

[0070] 도 10은 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이고, 도 11은 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 12는 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 도 10, 도 11 및 도 12에서, pH 3, pH 4, pH 5, pH 7, pH 8 및 pH 6은 각각 실시예6, 실시예7, 실시예8, 실시예9, 실시예10 및 실시예1을 나타낸다. 실시예6, 실시예7, 실시예8, 실시예9, 실시예10 및 실시예1에는 420nm의 파장 및 650lx의 세기를 가지는 광이 조사되었다.

[0071] 구체적으로, 도 10에서 약 0초 내지 약 100초, 약 400초 내지 약 500초 및 약 800초 내지 약 900초 구간들에서 실시예6, 실시예7, 실시예8, 실시예9, 실시예10 및 실시예1에 광이 조사되었으며, 약 100초 내지 약 400초, 약 500초 내지 약 800초 및 약 900초 내지 약 1200초의 구간들에서는 실시예6, 실시예7, 실시예8, 실시예9, 실시예10 및 실시예1에 광이 조사되지 않았다. 도 11 및 도 12에서는 약 0초 내지 약 100초 구간에서 실시예6, 실시예7, 실시예8, 실시예9, 실시예10 및 실시예1에 광이 조사되었으며, 약 100초 이후에는 실시예6, 실시예7, 실시예8, 실시예9, 실시예10 및 실시예1에 광이 조사되지 않았다.

- [0072] 도 10에 도시된 것과 같이, 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액이 약 6의 pH를 갖는 경우, 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH와 광 이 조사된 상태에서의 광산성 용액의 pH 차이가 가장 크게 나타났다. 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액이 약 6의 pH를 갖는 경우, 광 조사된 상태에서의 광산성 용액은 약 4의 pH를 가졌다. 한편, 도 11에 도시된 것과 같이, 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액이 약 6의 pH를 갖는 경우, 에너지 수확 장치(1)는 가장 큰 전압을 발생시켰다. 도 12에 도시된 것과 같이, 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액이 약 6의 pH를 갖는 경우, 에너지 수확 장치(1)는 가장 큰 전류를 발생시켰다.
- [0073] 즉, 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH에 따라, 에너지 수확 장치(1)가 발생시키는 전기 에너지가 달라질 수 있다. 따라서, 광산성 용액에 HF, LiF, NaF, KF, RbF, HCl, LiCl, NaCl, KCl, RbCl, BeCl₂, MgCl₂, CaCl₂, SrCl₂, BaCl₂, HBr, LiBr, NaBr, KBr 및 RbBr 중 적어도 하나를 첨가함으로써 광 조사되지 않은 상태에서의 광산성 용액의 pH를 적절히 조절하고, 이에 따라, 에너지 수확 장치(1)가 발생시키는 전기 에너지를 증가시킬 수 있다.
- [0074] 도 13은 광산성 용액의 온도에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이고, 도 14는 광산성 용액의 온도에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 15는 광산성 용액의 온도에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 도 13에서는 광산성 용액의 온도가 26℃, 36℃, 46℃, 56℃ 또는 66℃인 경우, 실시예1의 광산성 용액의 pH 변화를 나타내었다. 실시예1에는 420nm의 파장 및 650lx의 세기를 가지는 광이 조사되었다.
- [0075] 구체적으로, 도 13에서는 약 0초 내지 약 50초 구간에서 실시예1에 광이 조사되었으며, 약 50초 이후에는 실시예1에 광이 조사되지 않았다. 도 14에서는 광산성 용액의 온도가 26℃, 36℃, 46℃, 56℃ 또는 66℃인 경우, 실시예1이 발생시키는 전압을 나타내었으며, 도 15에서는 광산성 용액의 온도가 26℃, 36℃, 46℃, 56℃ 및 66℃인 경우 실시예1이 발생시키는 전류를 나타내었다. 실시예1에는 420nm의 파장 및 650lx의 세기를 가지는 광이 조사되었다. 구체적으로, 도 14 및 도 15에서는 약 0초 내지 약 100초 구간에서 실시예1에 광이 조사되었으며, 약 100초 이후에는 실시예1에 광이 조사되지 않았다.
- [0076] 도 13에 도시된 것과 같이, 광산성 용액의 온도가 높을수록 광이 조사될 시 광산성 용액의 pH 변화량이 감소하였다. 광산성 용액의 온도가 높을수록 광이 조사되지 않을 시 광산성 물질(PA)과 해리된 수소이온이 재결합하는 속도가 증가하였다. 한편, 도 14에 도시된 것과 같이, 광산성 용액의 온도가 높을수록 에너지 수확 장치(1)는 더 작은 크기의 전압을 발생시켰으며, 광이 조사되지 않을 시 더 빠르게 기저 전압으로 회복하였다. 즉, 광산성 용액의 온도가 높을수록 에너지 수확 장치(1)가 발생시키는 전압이 감소하였으며, 광이 조사되지 않을 시 기저 전압으로 회복하는 시간이 감소하였다. 도 15에 도시된 것과 같이, 광산성 용액의 온도가 높을수록 에너지 수확 장치(1)는 더 작은 크기의 전류를 발생시켰으며, 광이 조사되지 않을 시 더 빠르게 기저 전류로 회복하였다. 즉, 광산성 용액의 온도가 높을수록 I_{cap} 이 감소하고, $I_{cap, r}$ 이 증가하였다.
- [0077] 도 16은 광산성 용액에 조사되는 광의 세기에 따른 광산성 용액의 pH 변화를 나타내는 그래프이고, 도 17은 광산성 용액에 조사되는 광의 세기에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 18은 광산성 용액에 조사되는 광의 세기에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 도 16에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6lx, 95lx, 216lx, 604lx, 1213lx, 1818lx, 2385lx, 2990lx 및 3800lx인 경우, 실시예1의 광산성 용액의 pH 변화를 나타내었다. 실시예1에는 420nm의 파장을 가지는 광이 조사되었다.
- [0078] 구체적으로, 도 16에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 604lx인 경우, 약 0초 내지 약 100초 구간에서 실시예1에 광이 조사되었으며, 약 100초 이후에는 실시예1에 광이 조사되지 않았다. 도 16에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 604lx를 초과하는 경우, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 604lx인 경우보다 짧은 시간 동안 실시예1에 광이 조사되었다. 도 16에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 216lx또는 95lx인 경우, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 604lx인 경우보다 긴 시간 동안 실시예1에 광이 조사되었다.
- [0079] 도 17에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6lx, 95lx, 216lx, 604lx, 1213lx, 1818lx, 2385lx, 2990lx 및 3800lx인 경우, 실시예1이 발생시키는 전압을 나타내었으며, 도 18에서는 도 16에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6lx, 95lx, 216lx, 604lx, 1213lx, 1818lx, 2385lx, 2990lx 및 3800lx인 경우, 실시예1이 발생시키는 전류를 나타내었다. 실시예1에는 420nm의 파장을 가지는 광이 조사되었다. 구체적으로, 도 17 및 도 18에서는 약 0초 내지 약 100초 구간에서 실시예1에 광이 조사되었으며, 약 100초 이후에는 실시예1에 광이 조사되지 않았다.

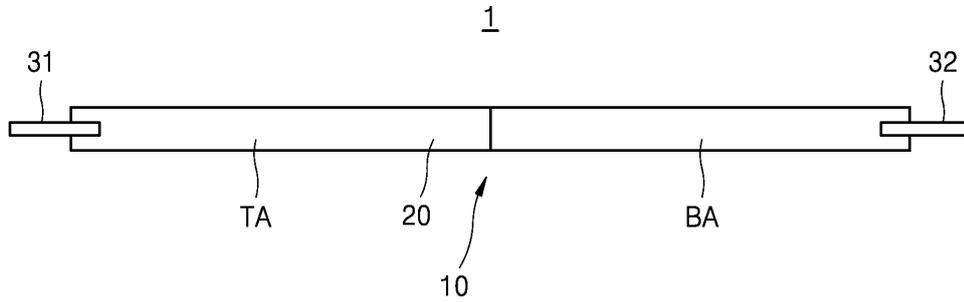
- [0080] 도 16에 도시된 것과 같이, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 미만인 경우, 광산성 용액의 pH 변화는 미비하였다. 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 이상인 경우, 광산성 용액의 pH는 빠르게 최대 pH 변화로 도달하는 거동을 보였다. 즉, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 이하에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 클수록 최대 pH 변화에 도달하는 속도가 증가하였다.
- [0081] 도 17에 도시된 것과 같이, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 미만인 경우, 에너지 수확 장치(1)가 발생시키는 전압의 변화가 느렸다. 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 이상인 경우, 에너지 수확 장치(1)가 발생시키는 전압은 빠르게 최대 전압에 도달하는 거동을 보였다. 즉, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 이하에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 클수록 전압 발생 속도가 증가하였다. 도 18에 도시된 것과 같이, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 미만인 경우, 에너지 수확 장치(1)가 발생시키는 전류의 변화가 느렸다. 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 이상인 경우, 에너지 수확 장치(1)가 발생시키는 전류는 빠르게 최대 전류에 도달하는 거동을 보였다. 즉, 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 6041x 이하에서는 광산성 용액에 조사되는 광의 세기가 클수록 I_{cap} 이 증가하였다.
- [0082] 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치(1)의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 수확 장치의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 구체적으로, 도 19는 실시예1의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프이며, 도 20은 실시예1의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프이다. 다만, 도 5 내지 도 18에서는 실시예들에 인위적으로 발생된 광이 조사되었으나, 도 19 및 도 20에서는 자연광인 태양광이 실시예1에 조사되었다. 구체적으로, 약 0초 내지 약 50초의 구간에서 실시예1에 태양광이 조사되었으며, 약 50초 이후에는 실시예1에 태양광이 조사되지 않았다.
- [0083] 도 19에 도시된 것과 같이, 태양광이 조사되는 경우 실시예1에 의해 최대 70 mV의 전압이 발생되었다. 도 19의 태양광이 조사된 경우의 실시예1의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프는 도 5의 인위적으로 발생된 광이 조사된 경우의 실시예1의 전압 발생 결과를 나타내는 그래프와 유사한 형상을 갖는다. 한편, 도 20에 도시된 것과 같이, 태양광이 조사되는 경우 실시예1에 의해 최대 250nA의 전류가 발생되었다. 도 20의 태양광이 조사된 경우의 실시예1의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프는 도 6의 인위적으로 발생된 광이 조사된 경우의 실시예1의 전류 발생 결과를 나타내는 그래프와 유사한 형상을 갖는다. 따라서, 에너지 수확 장치(1)는 자연광을 이용하여 전기 에너지를 발생시킬 수 있다.
- [0084] 이와 같이 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

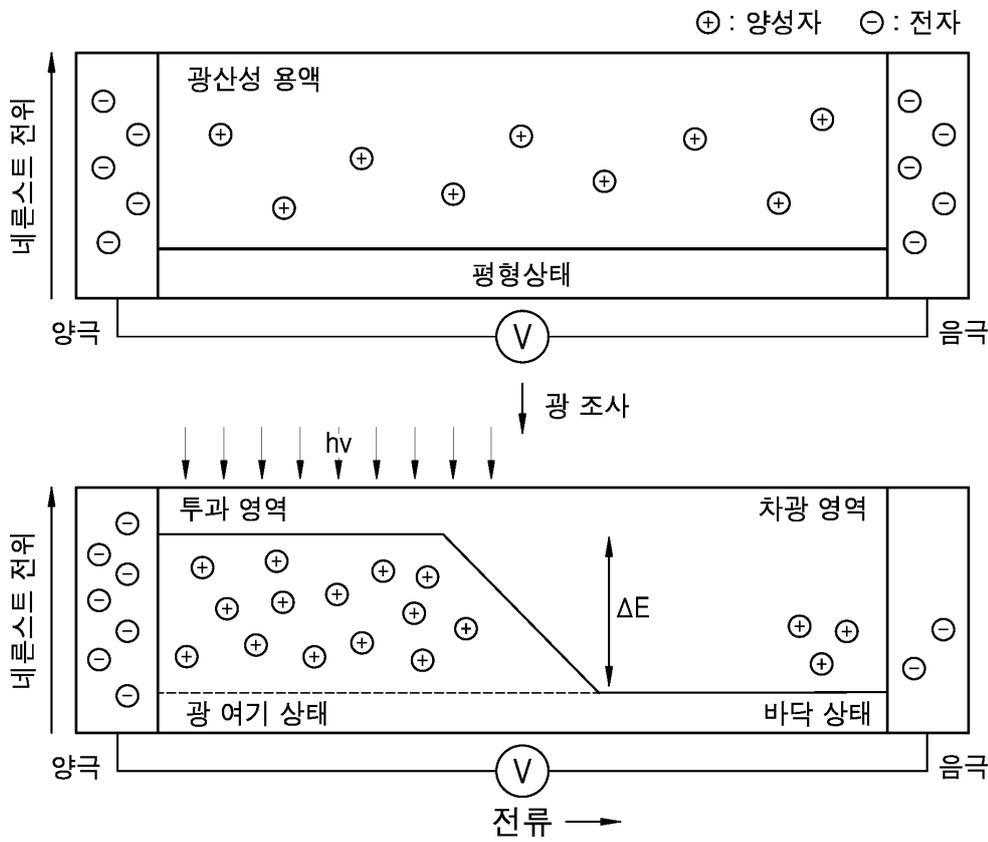
- [0085] 1: 에너지 수확 장치
- 10: 하우징
- 20: 광반응 용액
- TA: 투과영역
- BA: 차광영역
- 31: 제1전극
- 32: 제2전극

도면

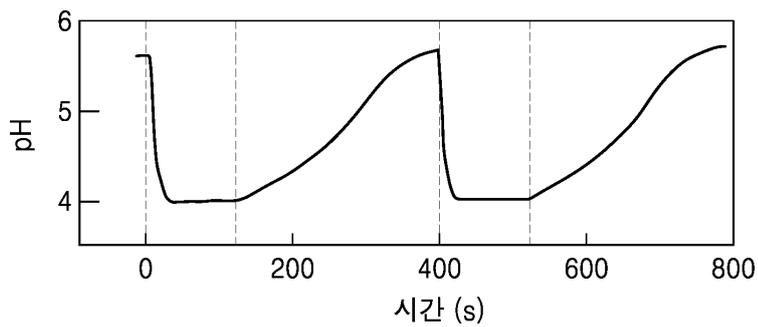
도면1



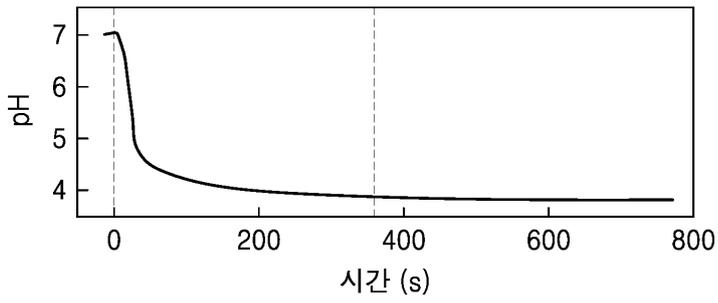
도면2



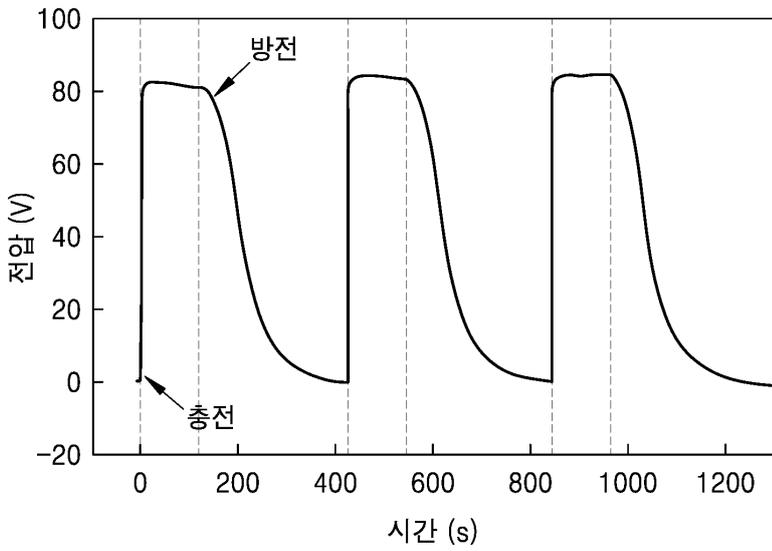
도면3



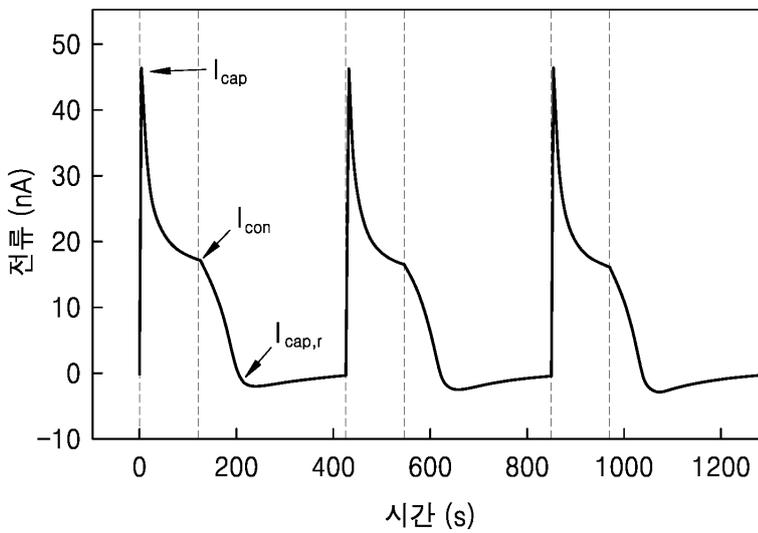
도면4



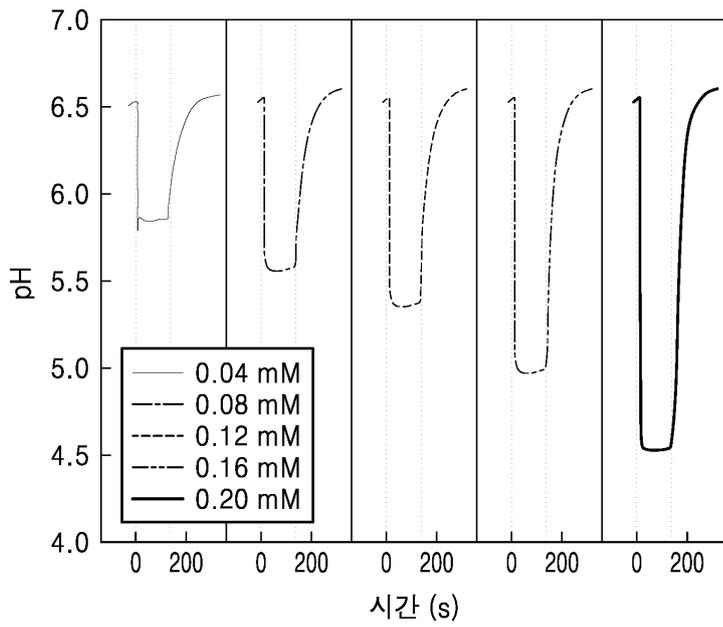
도면5



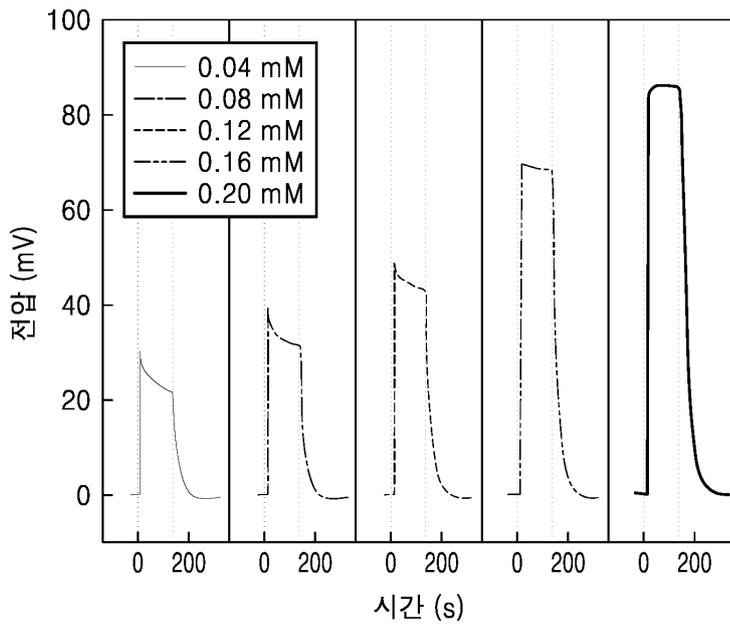
도면6



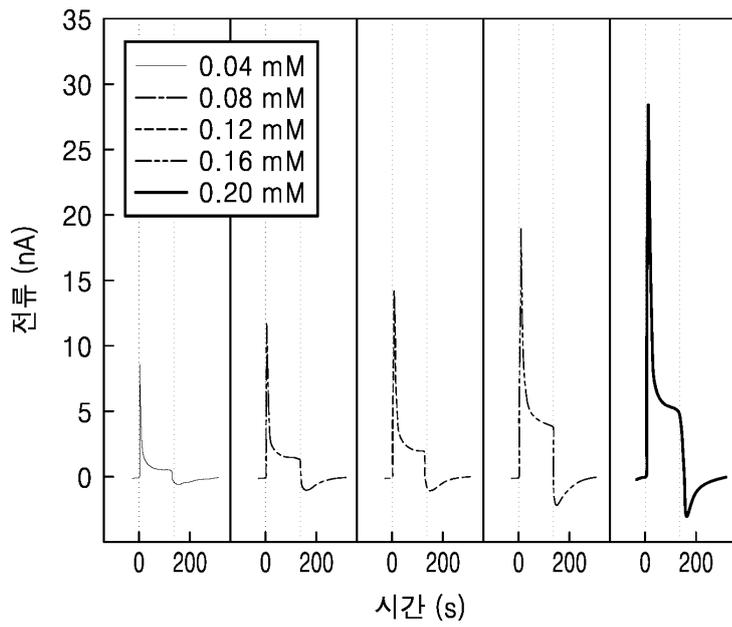
도면7



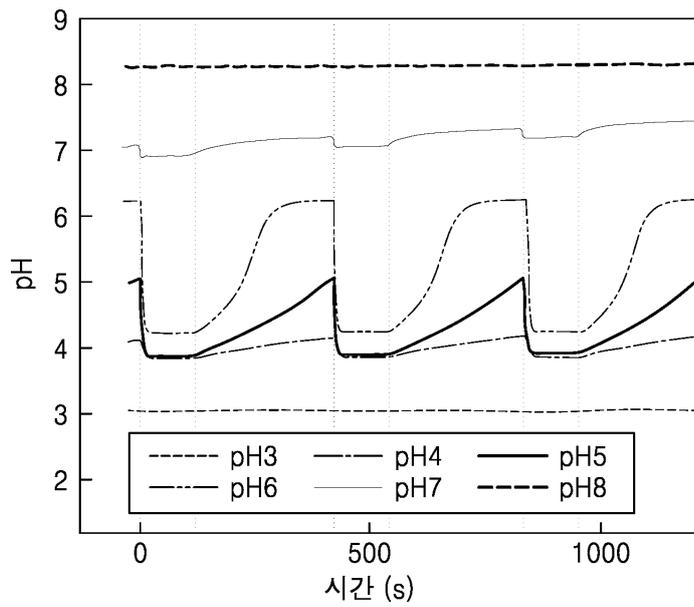
도면8



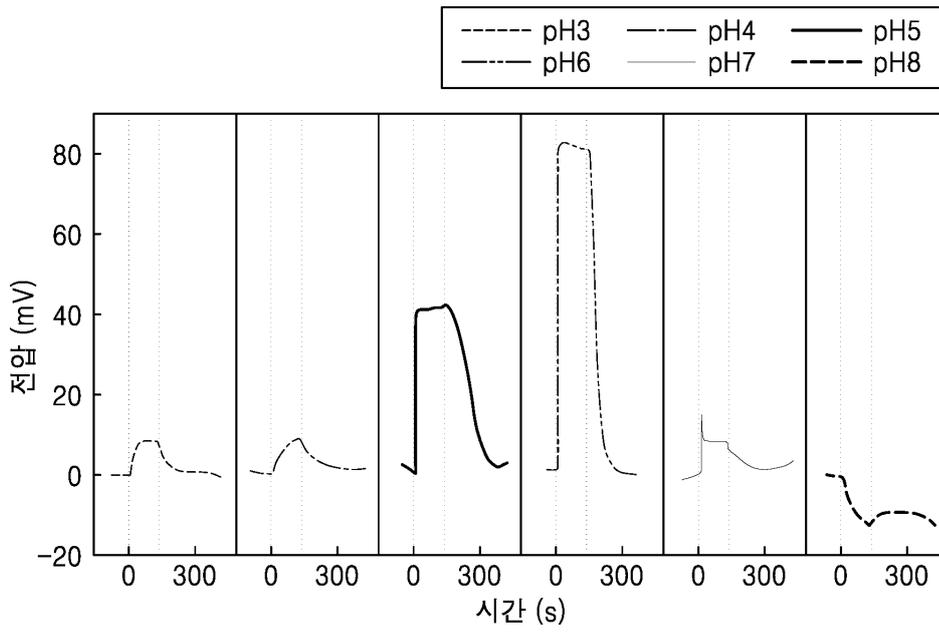
도면9



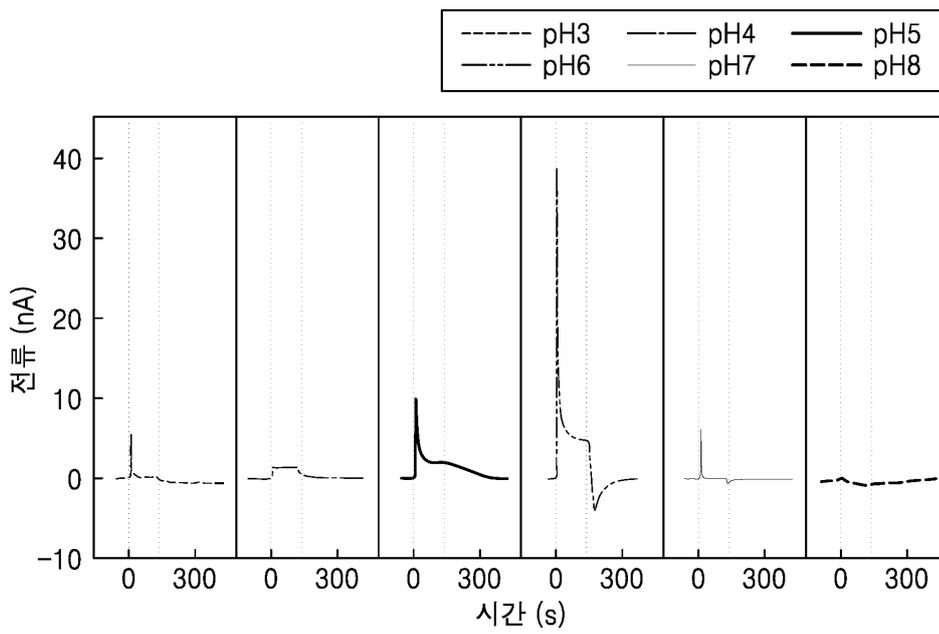
도면10



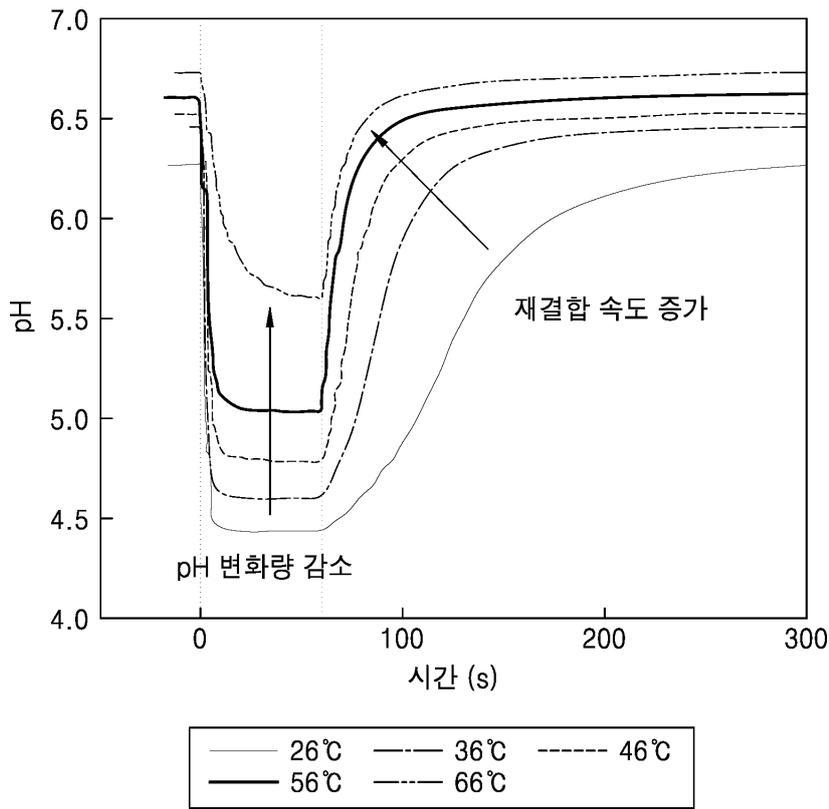
도면11



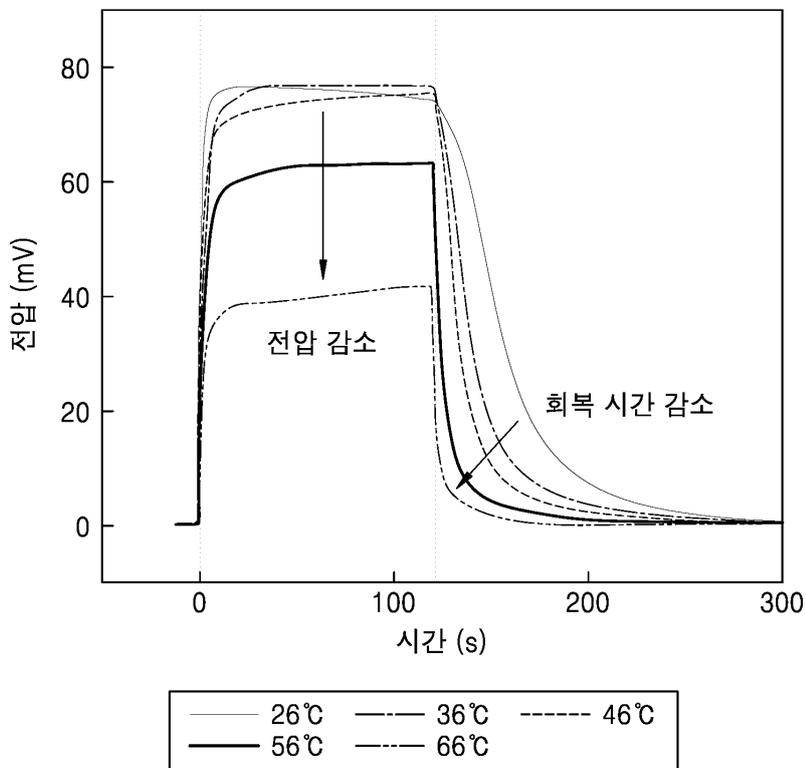
도면12



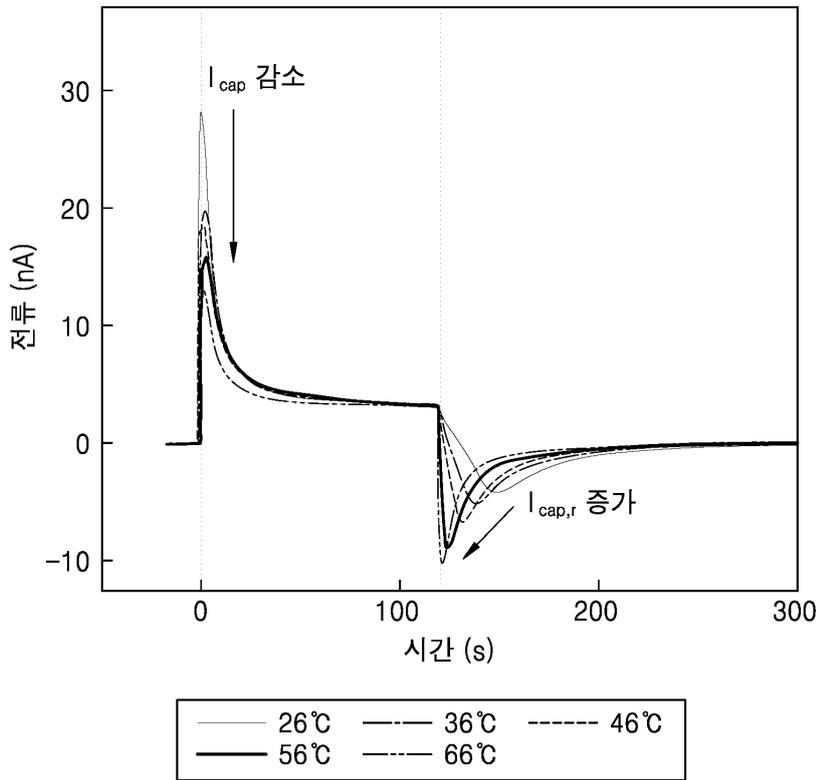
도면13



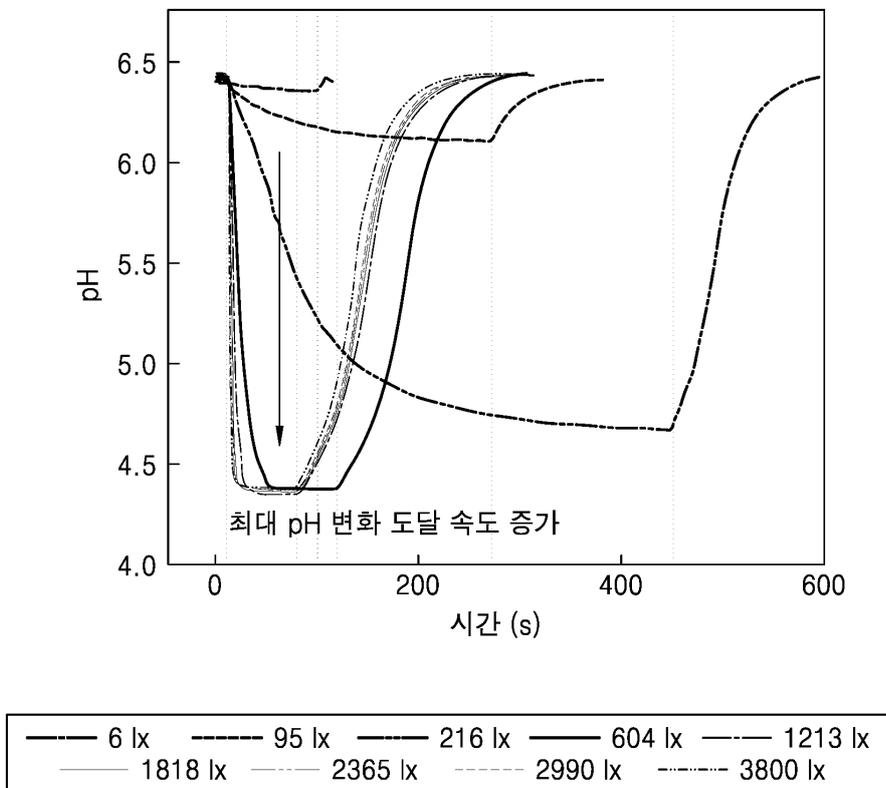
도면14



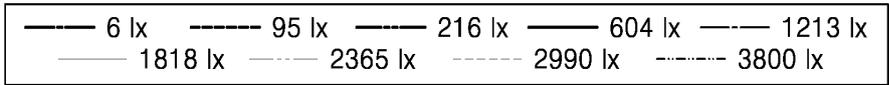
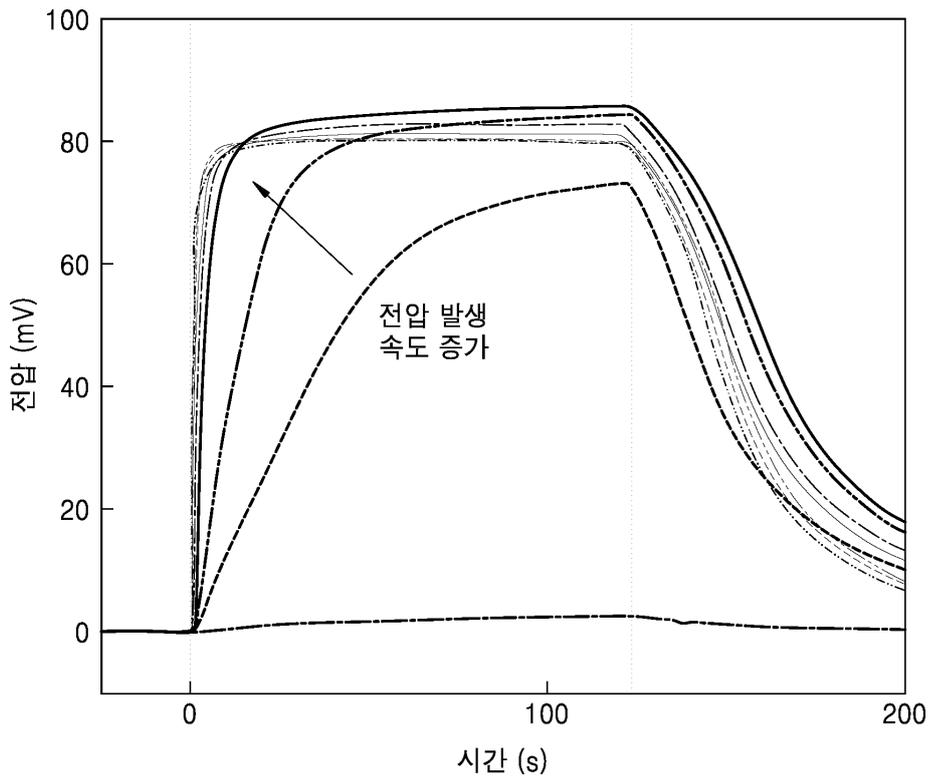
도면15



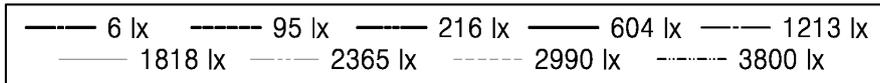
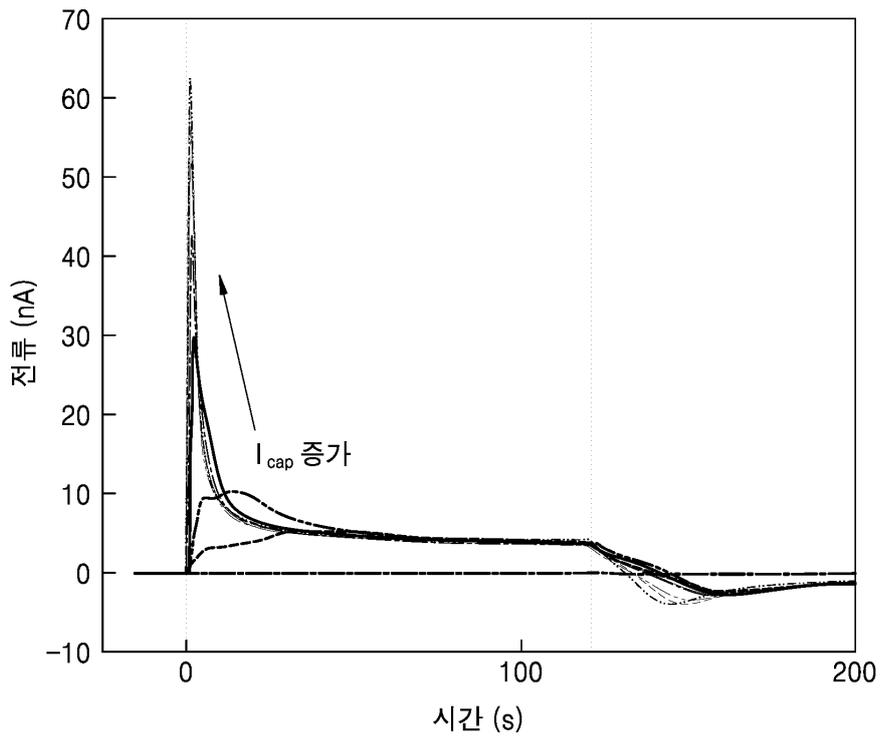
도면16



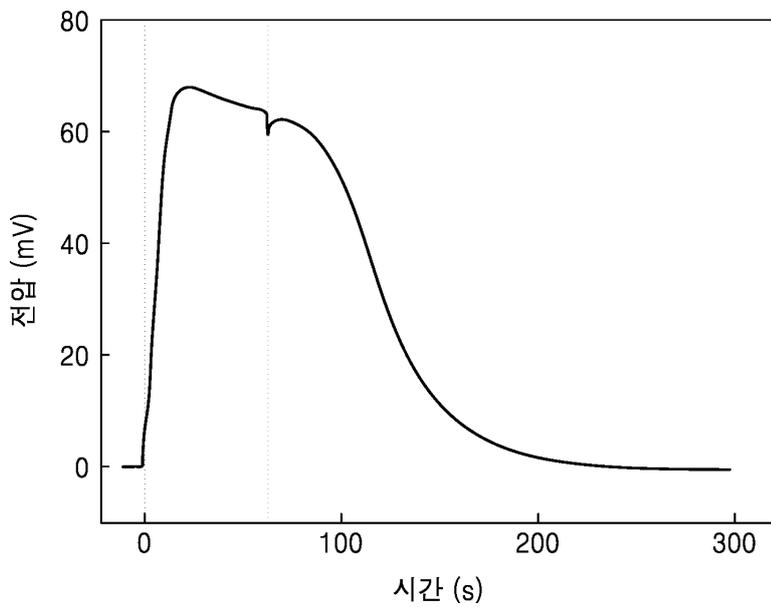
도면17



도면18



도면19



도면20

