(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0128379
(43) 공개일자 2024년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C25B 1/04 (2022.01) *C02F 1/46* (2006.01)
C02F 1/461 (2006.01) *C25B 11/051* (2021.01)
C25B 13/08 (2006.01) *C25B 15/02* (2021.01)
C25B 9/23 (2021.01)
(52) CPC특허분류
C25B 1/04 (2022.01)
C02F 1/4606 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0021493
(22) 출원일자 2023년02월17일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박종관
경상남도 창원시 성산구 외동반림로 156 105동 603호
이동현
경상남도 창원시 성산구 대암로 82 302동 902호
(74) 대리인
특허법인에스알비

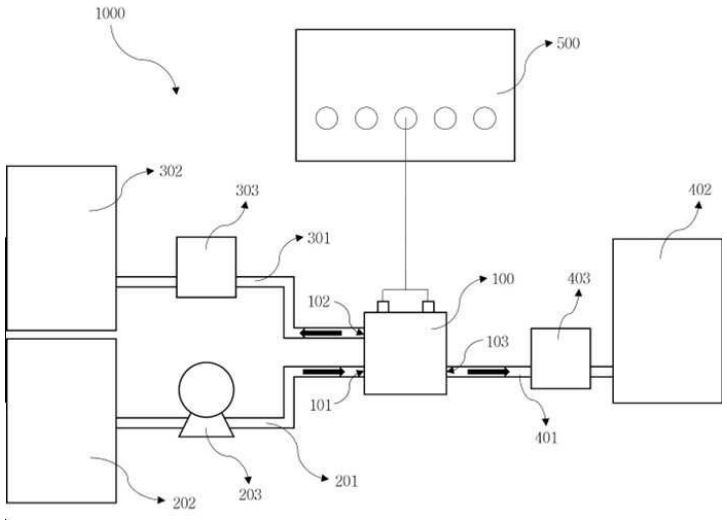
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **고분자 전해질막을 활용한 수소 생산 및 수처리 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 고분자 전해질막을 활용한 수소 생산 및 수처리 시스템, 및 이를 이용한 수소 생산 및 수처리 방법에 관한 것으로, 본 발명을 통해 고분자 전해질막을 포함하는 시스템에 대한 단회의 가압만으로도 수소 생산과 수처리를 동시에 수행할 수 있으며, 따라서 종래의 수소 생산 기술 또는 수처리 기술에 비해 더욱 경제적으로 수소 생산 및 수처리 공정을 수행할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C02F 1/46109 (2013.01)
C25B 11/051 (2022.01)
C25B 13/08 (2013.01)
C25B 15/02 (2022.01)
C25B 9/23 (2022.01)
C02F 2201/46115 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345356160
과제번호 LINC3.0-2022-65
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 산학연협력고도화지원
연구과제명 3단계산학연협력선도대학육성사업(LINC3.0)(0.5)
기 여 율 1/1
과제수행기관명 창원대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

고분자 전해질막 (polymer electrolyte membrane; PEM), 상기 고분자 전해질막의 일측에 배치되는 양극부, 상기 양극부에 유체가 유입되도록 하는 유입구, 상기 양극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제1유출구, 상기 고분자 전해질막의 타측에 배치되는 음극부, 및 상기 음극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제2유출구를 포함하는 전해전지 스택; 및

상기 전해전지 스택에 유입되거나 상기 전해전지 스택으로부터 유출되는 유체의 흐름을 조절하거나, 또는 상기 전해전지 스택에 인가되는 전압을 조절하는 제어부;

를 포함하고,

상기 양극부는 상기 고분자 전해질막의 일면에 접하도록 배치되는 양극 촉매층을 포함하는 양극을 포함하고,

상기 음극부는 상기 고분자 전해질막의 타면에 접하도록 배치되는 음극 촉매층을 포함하는 음극을 포함하는 것인,

수소 생산 및 수처리 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 양극은 상기 양극 촉매층에 접하도록 배치되는 양극 유체확산층을 더 포함하고,

상기 음극은 상기 음극 촉매층에 접하도록 배치되는 음극 유체확산층을 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 양극은 상기 양극 유체확산층에 연결되도록 배치되는 양극 분리판을 더 포함하고,

상기 음극은 상기 음극 유체확산층에 연결되도록 배치되는 음극 분리판을 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 시스템은 상기 전해전지 스택의 유입구와 연결되는 유입유로, 및 상기 유입유로와 연결되는 저장부를 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 시스템은 상기 유입유로에 배치되며 상기 유입구에 유입되는 유체의 흐름을 조절하는 유입펌프를 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 시스템은 상기 전해전지 스택의 제1유출구와 연결되는 제1유출유로, 및 상기 제1유출유로와 연결되는 제1수용부를 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 시스템은 상기 제1유출유로에 배치되며 상기 제1유출구로부터 유출되는 유체의 유량을 측정할 수 있는 제1측정부를 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 시스템은 상기 전해전지 스택의 제2유출구와 연결되는 제2유출유로, 및 상기 제2유출유로와 연결되는 제2수용부를 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 시스템은 상기 제2유출유로에 배치되며 상기 제2유출구로부터 유출되는 유체의 유량을 측정할 수 있는 제2측정부를 더 포함하는 것인, 시스템.

청구항 10

수소 생산 및 수처리 시스템을 제공하는 시스템 제공 단계;

불순물을 포함하는 수용액을 전해전지 스택의 양극부에 유입시키는 유입 단계;

전해전지 스택의 양극의 전위가 음극의 전위보다 높도록 전해전지 스택에 전압을 인가하는 전압 인가 단계;

전해전지 스택의 양극부에 유입된 수용액 내의 불순물을 분해하거나, 또는 전해전지 스택의 음극부에서 수소 기체를 발생시키는 반응 단계; 및

불순물이 분해된 수용액을 전해전지 스택의 양극부로부터 배출하거나, 또는 발생한 수소 기체를 전해전지 스택의 음극부로부터 배출하는 배출 단계;

를 포함하고,

상기 수소 생산 및 수처리 시스템은:

고분자 전해질막, 상기 고분자 전해질막의 일측에 배치되는 양극부, 상기 양극부에 유체가 유입되도록 하는 유입구, 상기 양극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제1유출구, 상기 고분자 전해질막의 타측에 배치되는 음극부, 및 상기 음극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제2유출구를 포함하는 전해전지 스택; 및

상기 전해전지 스택에 유입되거나 상기 전해전지 스택으로부터 유출되는 유체의 흐름을 조절하거나, 또는 상기 전해전지 스택에 인가되는 전압을 조절하는 제어부;

를 포함하고,

상기 양극부는 상기 고분자 전해질막의 일면에 접하도록 배치되는 양극 촉매층을 포함하는 양극을 포함하고,

상기 음극부는 상기 고분자 전해질막의 타면에 접하도록 배치되는 음극 촉매층을 포함하는 음극을 포함하는 것인,

수소 생산 및 수처리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 유입 단계는 제어부를 통해 전해전지 스택의 양극부에 유입되는 수용액의 유입량을 조절하는 유입량 조절 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 전압 인가 단계는 제어부를 통해 전해전지 스택에 인가되는 전압을 조절하는 전압 조절 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 반응 단계는 전해전지 스택의 양극부에서 산화제를 발생시키는 산화제 발생 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 14

제10항에 있어서, 상기 배출 단계는 제어부를 통해 양극부에서 배출되는 수용액의 배출량 또는 음극부에서 배출되는 수소 기체의 배출량을 조절하는 배출량 조절 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 배출 단계는 양극부로부터 양극부 부산물을 배출하거나, 또는 음극부로부터 음극부 부산물을 배출하는 부산물 배출 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고분자 전해질막을 활용한 수소 생산 및 수처리 시스템, 및 이를 이용한 수소 생산 및 수처리 방법에 관한 것으로, 구체적으로 본 발명의 수소 생산 및 수처리 시스템은 수소 생산 시 소모되는 전력을 수처리에도 활용함으로써 하나의 시스템만으로 수소 생산과 수처리가 동시에 수행될 수 있도록 한다.

배 경 기 술

[0002] 인류의 기술 발달과 함께 화석연료의 사용량이 대폭 증가되어 지구의 기온이 상승하는 기후변화가 발생하고 있으며, 이러한 문제를 막기 위해 세계적으로 기후변화 협약, 탄소중립 등이 채택되어 기후변화 문제에 대한 온실가스 감축 목표의 적극적인 대응이 이루어지고 있다. 이러한 대응의 일환으로, 화석연료의 대체에너지로서 신재생에너지 사용량이 증가되는 추세이며, 우리나라의 경우 에도 수소경제활성화 로드맵, 수소법 제정 등 수소 기술에 관련된 다양한 정책들이 논의 및 수립되고 있다.

[0003] 한편, 고분자 전해질막 (polymer electrolyte membrane; PEM)을 이용하는 수전해 기술은 고분자 전해질막을 수소이온 교환막으로서 이용하는 수전해 방식으로, 전기에너지에 의해 물 분자가 분해되어 산소와 수소이온으로 산화되고, 수소이온은 고분자 전해질막을 통과하여 음극 혹은 수소 전극으로 이동하고, 음극에 전달된 수소 이온은 전자를 만나 수소 분자로 환원되어 최종적으로 수소 전극에서는 수소 기체가 수득될 수 있다.

[0004] 이러한 기술은 양이온 교환막을 통해 수소 이온을 선택적으로 통과시킴으로써 수소를 생산하며, 높은 전류밀도를 통해 높은 에너지 효율을 확보할 수 있는 방법으로 평가받고 있으며, 장치의 크기도 작아 생산설비의 소형화가 가능하다는 장점도 가진다. 다만, 수소 이온들로 인해 양이온 교환막 내부가 산성화되어 촉매가 부식되는 등의 문제가 발생하기 때문에 이를 방지하기 위해 백금 (Pt), 이리듐 (Ir)과 같은 내산성의 귀금속 촉매를 사용해야 하며, 이로 인해 고분자 전해질막을 이용하는 수전해 시스템의 전반적인 경제성이 떨어지는 문제점이 야기된다.

[0005] 따라서, 이러한 경제적 문제를 경감하기 위해, 수전해를 통한 수소 생산 과정에 수처리 공정을 접목시키는 것과 같은 복합 수전해 기술 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이에, 본 발명자들은 고분자 전해질막 (polymer electrolyte membrane; PEM)을 이용하여 물을 전기분해하는 과정에 있어서 염화나트륨 등의 염을 첨가함으로써 산화제가 생산될 수 있으며, 이를 통해 수소 생산과 수처리가 동시에 진행될 수 있음을 확인하였다.

[0008] 이에, 본 발명의 목적은 수소 생산과 수처리가 동시에 수행될 수 있는 수소 생산 및 수처리 시스템을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 수소 생산 및 수처리 시스템을 이용하여 수소 생산과 수처리를 동시에 수행할 수 있는 수소 생산 및 수처리 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 고분자 전해질막을 활용한 수소 생산 및 수처리 시스템, 및 이를 이용한 수소 생산 및 수처리 방법에 관한 것으로, 본 발명을 통해 고분자 전해질막을 포함하는 시스템에 대한 단회의 가압만으로도 수소 생산과 수처리를 동시에 수행할 수 있다.

[0011] 이하, 본 발명을 더욱 자세히 설명하고자 한다.

[0013] 본 발명의 일 양태는, 고분자 전해질막, 고분자 전해질막의 일측에 배치되는 양극부, 양극부에 유체가 유입되도록 하는 유입구, 양극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제1유출구, 고분자 전해질막의 타측에 배치되는 음극부, 및 음극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제2유출구를 포함하는 전해전지 스택; 및 전해전지 스택에 유입되거나 전해전지 스택으로부터 유출되는 유체의 흐름을 조절하거나, 또는 전해전지 스택에 인가되는 전압을 조절하는 제어부;를 포함하고, 양극부는 고분자 전해질막의 일면에 접하도록 배치되는 양극 촉매층을 포함하는 양극을 포함하고, 음극부는 고분자 전해질막의 타면에 접하도록 배치되는 음극 촉매층을 포함하는 음극을 포함하는 것인, 수소 생산 및 수처리 시스템에 관한 것이다.

[0014] 본 발명의 일 구현예에서, 양극은 양극 촉매층에 접하도록 배치되는 양극 유체확산층을 더 포함하고, 음극은 음극 촉매층에 접하도록 배치되는 음극 유체확산층을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 구현예에서, 양극은 양극 유체확산층에 연결되도록 배치되는 양극 분리판을 더 포함하고, 음극은 음극 유체확산층에 연결되도록 배치되는 음극 분리판을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0016] 따라서, 본 발명의 전해전지 스택의 양극은 양극 촉매층, 또는 양극 촉매층 및 양극 유체확산층, 또는 양극 촉매층, 양극 유체확산층 및 양극 분리판을 포함하는 개념으로 이해될 수 있다.

[0017] 마찬가지로, 본 발명의 전해전지 스택의 음극은 음극 촉매층, 또는 음극 촉매층 및 음극 유체확산층, 또는 음극 촉매층, 음극 유체확산층 및 음극 분리판을 포함하는 개념으로 이해될 수 있다.

[0018] 한편, 고분자 전해질막과 양극 및 음극은 포괄적으로 "막 전극 접합체 (membrane electrode assembly; MEA)"로 지칭될 수 있으며, 고분자 전해질막과 양극 촉매층 및 음극 촉매층을 포괄하는 경우 3-레이어 MEA로 지칭되거나, 고분자 전해질막, 양극 촉매층과 양극 유체확산층, 및 음극 촉매층과 음극 유체확산층을 포괄하는 경우 5-레이어 MEA로 지칭될 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 구현예에서, 시스템은 전해전지 스택의 유입구와 연결되는 유입유로, 및 유입유로와 연결되는 저장부를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 구현예에서, 시스템은 유입유로에 배치되며 유입구에 유입되는 유체의 흐름을 조절하는 유입펌프를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 구현예에서, 시스템은 전해전지 스택의 제1유출구와 연결되는 제1유출유로, 및 제1유출유로와 연결되는 제1수용부를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 구현예에서, 시스템은 제1유출유로에 배치되며 제1유출구로부터 유출되는 유체의 유량을 측정할 수 있는 제1측정부를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 구현예에서, 시스템은 전해전지 스택의 제2유출구와 연결되는 제2유출유로, 및 상기 제2유출유로와 연결되는 제2수용부를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 구현예에서, 시스템은 제2유출유로에 배치되며 제2유출구로부터 유출되는 유체의 유량을 측정할 수 있는 제2측정부를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0025] 본 발명의 다른 양태는, 수소 생산 및 수처리 시스템을 제공하는 시스템 제공 단계; 불순물을 포함하는 수용액을 전해전지 스택의 양극부에 유입시키는 유입 단계; 전해전지 스택의 양극의 전위가 음극의 전위보다 높도록 전해전지 스택에 전압을 인가하는 전압 인가 단계; 전해전지 스택의 양극부에 유입된 수용액 내의 불순물을 분해하거나, 또는 전해전지 스택의 음극부에서 수소 기체를 발생시키는 반응 단계; 및 불순물이 분해된 수용액을 전해전지 스택의 양극부로부터 배출하거나, 또는 발생한 수소 기체를 전해전지 스택의 음극부로부터 배출하는 배출 단계;를 포함하고, 수소 생산 및 수처리 시스템은: 고분자 전해질막, 고분자 전해질막의 일측에 배치되는 양극부, 양극부에 유체가 유입되도록 하는 유입구, 양극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제1유출구, 고분자 전해질막의 타측에 배치되는 음극부, 및 음극부로부터 유체가 유출되도록 하는 제2유출구를 포함하는 전해전지 스택; 및 전해전지 스택에 유입되거나 전해전지 스택으로부터 유출되는 유체의 흐름을 조절하거나, 또는 전해전지 스택에 인가되는 전압을 조절하는 제어부;를 포함하고, 양극부는 고분자 전해질막의 일면에 접하도록 배치되는 양극 촉매층을 포함하는 양극을 포함하고, 음극부는 고분자 전해질막의 타면에 접하도록 배치되는 음극 촉매층을 포함하는 음극을 포함하는 것인, 수소 생산 및 수처리 방법에 관한 것이다.

[0026] 본 발명의 전해전지 스택에 전압을 인가함으로써 전해전지 스택에서 전기분해가 수행될 수 있도록 할 수 있다. 전기분해는 전기 에너지를 가하여 특정 물질을 산화시키거나 환원시키는 과정을 의미한다. 전기분해 시 양극에

서는 특정 물질이 전자를 상실하는 산화 반응이 일어나고, 음극에서는 특정 물질이 전자를 획득하는 환원 반응이 일어난다.

[0027] 본 발명의 전해전지 스택에서는 양극부에만 전해질이 공급되므로 양극성 전기분해 반응이 수행되고, 전해전지 스택의 고분자 전해질막을 통과한 수소이온은 음극에서 전자를 획득하여 수소기체가 될 수 있다.

[0028] 양극성 전기분해 반응의 일례로 양극에 접촉한 물분자가 전자를 상실하며 수소이온과 산소 기체를 발생시키는 반응이 있으며, 다른 예로 염화나트륨 수용액에서 이온화된 염소 이온이 양극과 접촉하여 전자를 상실하고 염소 기체가 되는 반응이 있다. 이때, 염소 이온의 전기분해를 통해 생성된 염소 기체는 다시 물에 용해되어 차아염소산 (HClO)을 발생시킬 수 있으며, 차아염소산은 차아염소산 이온과 화학 평형을 이루며 이온화되어 나트륨 이온과 결합함으로써 차아염소산 나트륨 (NaClO)을 형성할 수 있다.

[0029] 본 명세서 상의 용어 "불순물"은 일반적으로 사용되는 산업용수 또는 가정용수에 있어 포함될 수 있는 통상적인 종류의 물질 이외의 유기물 또는 무기물을 의미하는 것으로, 생체독성이 있는 유기 분자, 생체독성은 없으나 정수 과정에서 제거 대상이 되는 유기분자, 킬레이트 물질, 중금속 등이 포함될 수 있다.

[0030] 이러한 "불순물을 분해"한다는 것은 전기적 또는 화학적 방법으로 불순물에 반응을 일으켜 독성이 제거되거나 후속 정수 과정에 유리한 물질로 변화시키는 과정을 의미할 수 있으며, 수용액 내의 불순물을 분해하는 과정은 "수처리"로 지칭될 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 구현예에서, 유입 단계는 제어부를 통해 전해전지 스택의 양극부에 유입되는 수용액의 유입량을 조절하는 유입량 조절 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 구현예에서, 전압 인가 단계는 제어부를 통해 전해전지 스택에 인가되는 전압을 조절하는 전압 조절 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 구현예에서, 반응 단계는 전해전지 스택의 양극부에서 산화제를 발생시키는 산화제 발생 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0034] 본 명세서 상의 용어 “산화제”는 높은 산화력을 바탕으로 산화제와 접촉하는 다른 물질을 산화시킬 수 있는 물질을 의미한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템을 통해 수처리 공정을 진행하는 경우, 전해전지 스택의 양극에서 발생한 산화제를 이용하여 수용액에 포함된 다종의 불순물을 산화시킴으로써 불순물을 분해 또는 제거할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 구현예에서, 배출 단계는 제어부를 통해 양극부에서 배출되는 수용액의 배출량 또는 음극부에서 배출되는 수소 기체의 배출량을 조절하는 배출량 조절 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 구현예에서, 배출 단계는 양극부로부터 양극부 부산물을 배출하거나, 또는 음극부로부터 음극부 부산물을 배출하는 부산물 배출 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0037] 본 명세서 상의 용어 “부산물”은 본 발명의 전해전지 스택에 유입되는 수용액 내의 불순물을 비롯한 다종의 물질의 존재로 인하여 전해전지 스택의 양극 또는 음극에서 발생하는, 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템을 통해 얻고자 하는 물질 이외의 물질을 의미한다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템의 수소 발생 과정을 통해서는 음극에서의 수소 기체 발생 및 양극에서의 산소 기체의 발생이 예정되고, 수처리 과정을 통해서는 양극에서의 산화제 및 수처리된 물의 발생이 예정되는 것이며, 양극 또는 음극에서 발생이 예정되지 않은 일체의 물질을 부산물로 지칭할 수 있다. 예를 들어, 양극부 부산물로는 수용액 내 불순물이 분해된 분해 산물, 수용액 내 불순물과 양극의 직접 접촉으로 인한 변성물, 산화제 발생을 위해 수용액에 함께 용해된 양이온성 염 등이 존재할 수 있고, 음극부 부산물로는 고분자 전해질막으로부터 유출된 소량의 물 등이 존재할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 본 발명의 수소 생산 및 수처리 시스템은 고분자 전해질막을 이용한 수전해 방식에 수처리용 산화제 생산 공정을 부가함으로써 단회의 전압 인가만으로도 수소 생산과 수처리가 동시에 수행될 수 있도록 하는 것이므로, 본 발명을 통해 종래의 수소 생산 기술 또는 수처리 기술에 비해 더욱 경제적인 수소 생산과 수처리가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템의 개략도이다. 도 1에 표시된 굵은 화살표는

유체 흐름의 방향을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전해전지 스택의 분해사시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전해전지 스택의 막 전극 접합체의 정면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전해전지 스택의 막 전극 접합체의 측면도이다.

도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템을 이용하여 증류수를 전기분해하기 위한 최소 전압을 실측할 때의 시간에 따른 전압 변화를 나타낸 그래프이다. 도 5a에서 초록색 점선은 전류가 발생 및 증가하는 전압을 의미하고, 하늘색 점선은 수소 발생이 시작되는 전압을 의미한다.

도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템을 이용하여 증류수를 전기분해하기 위한 최소 전압을 실측할 때의 시간에 따른 수서 생산량 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5c는 실측된 최소 전압을 바탕으로 본 발명의 일 실시예에 다른 수소 생산 및 수처리 시스템을 이용하여 증류수를 전기분해할 때의 시간에 따른 전압 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5d는 실측된 최소 전압을 바탕으로 본 발명의 일 실시예에 다른 수소 생산 및 수처리 시스템을 이용하여 증류수를 전기분해할 때의 시간에 따른 수소 생산량 변화를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템에 염화나트륨 (NaCl) 수용액을 첨가했을 때 시간에 따른 차아염소산나트륨 (NaOCl) 생산량을 염화나트륨의 농도별로 나타낸 그래프이다.

도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템에 염화나트륨 및 메틸렌 블루를 포함하는 혼합용액을 첨가했을 때 시간에 따른 전압 변화를 염화나트륨의 농도별로 나타낸 그래프이다.

도 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템에 염화나트륨 및 메틸렌 블루를 포함하는 혼합용액을 첨가했을 때 시간에 따른 수소 생산량 변화를 염화나트륨의 농도별로 나타낸 그래프이다.

도 7c는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템에 염화나트륨 및 메틸렌 블루 (methylene blue)를 포함하는 혼합용액을 첨가했을 때 시간에 따른 염료 제거율을 염화나트륨의 농도별로 나타낸 그래프이다.

도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템에 염화나트륨, 및 메틸 레드 (methyl red) 또는 타아졸 옐로우 (thiazole yellow G)를 포함하는 혼합용액을 첨가했을 때 시간에 따른 전압 변화를 염료의 종류별로 나타낸 그래프를 도 7a의 그래프와 비교하여 도시한 도면이다.

도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템에 염화나트륨, 및 메틸 레드 (methyl red) 또는 타아졸 옐로우 (thiazole yellow G)를 포함하는 혼합용액을 첨가했을 때 시간에 따른 수소 생산량 변화를 염료의 종류별로 나타낸 그래프이다.

도 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템에 염화나트륨, 및 메틸 레드 (methyl red) 또는 타아졸 옐로우 (thiazole yellow G)를 포함하는 혼합용액을 첨가했을 때 시간에 따른 염료 제거율을 염료의 종류별로 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시 형태를 설명하고자 하는 것으로, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시 형태를 나타내고자 하는 것이 아니고, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다.

[0041] 또한, 몇몇의 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조는 생략될 수 있고, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.

[0042] 용어 "또는"은 배타적 "또는"이 아니라 내포적 "또는"을 의미하는 것으로 의도된다. 즉, 구성 간의 결합 또는 이용이 달리 특정되지 않거나 문맥상 명확하지 않은 경우, 즉, X가 A를 포함하거나; X가 B를 포함하거나; 또는 X가 A 및 B 모두를 포함하는 경우, "X는 A 또는 B를 포함한다"가 이들 경우들 어느 것으로도 적용될 수 있다.

[0043] 그리고, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없

는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미하며, 어떤 구성이 다른 구성과 "연결" 또는 "결합"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로" 연결 또는 결합되어 있는 경우뿐 아니라, "그 중간에 다른 구성을 사이에 두고" 연결 또는 결합되어 있는 경우도 포함한다.

[0044] 아울러, 어떤 구성이 다른 구성과 "접한다"거나 "부착된다"고 할 때, 이는 두 구성이 서로 직접 접촉하도록 배치되는 것을 의미한다.

[0045] 또한, 명세서에 기재된 "…부"의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 나아가, "일", "하나", 및 유사 관련어는 본 발명을 기술하는 문맥에 있어서 본 명세서에 달리 지시되거나 문맥에 의해 분명하게 반박되지 않는 한, 단수 및 복수 모두를 포함하는 의미로 사용될 수 있다.

[0047] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템의 개략도이다.

[0048] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산 및 수처리 시스템 (1000)은 전해전지 스택 (100)을 포함할 수 있다.

[0049] 전해전지 스택 (100)은 시스템 (1000)을 통한 수소 생산 및 수처리 공정의 핵심으로서 전해전지 스택 (100)에 인가된 전압을 통해 물의 전기분해 및 산화제의 생성, 그에 따른 수처리 공정이 수행될 수 있다.

[0050] 전해전지 스택 (100)에는 용액의 유입을 위한 유입구 (101)와 전해전지 스택 (100)의 양극에서 발생하는 물질의 배출을 위한 제1유출구 (102), 및 음극에서 발생하는 물질의 배출을 위한 제2유출구 (103)가 배치될 수 있다.

[0051] 전해전지 스택 (100)을 이용한 전기분해의 대상이 되는 하나 이상의 물질을 포함하는 용액은 유입구 (101)를 통해 전해전지 스택 (100)에 유입될 수 있다. 이때, 유입구 (101)는 전해전지 스택 (100)에 하나 이상 배치될 수 있으며, 예를 들어 한 개 또는 두 개의 유입구 (101)가 전해전지 스택 (100)에 배치될 수 있다. 한 개의 유입구 (101)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 전기분해 대상 물질이 모두 혼합된 하나의 용액이 하나의 유입구 (101)를 통해 전해전지 스택 (100)에7 유입될 수 있고, 두 개의 유입구 (101)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 전기분해 대상 물질을 포함하는 혼합용액과 증류수가 각각 다른 유입구 (101)를 통해 전해전지 스택 (100)에 유입될 수 있다.

[0052] 이러한 유입구 (101)의 개수는 시스템 (1000)의 운용 목적 및 운용 효율에 맞추어 적절하게 조절될 수 있다.

[0053] 전해전지 스택 (100)의 양극에서 발생하는 물질은 제1유출구 (102)를 통해 전해전지 스택 (100)에서 유출될 수 있다. 이때, 제1유출구 (102)는 전해전지 스택 (100)에 하나 이상 배치될 수 있으며, 예를 들어 한 개 또는 두 개의 제1유출구 (102)가 전해전지 스택 (100)에 배치될 수 있다. 한 개의 제1유출구 (102)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 양극성 전기분해의 결과로 발생하는 산소 기체와 산화제를 포함하는 용액이 하나의 제1유출구 (102)를 통해 전해전지 스택 (100)에서 유출될 수 있고, 두 개의 제1유출구 (102)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 산소 기체와 용액이 각각 다른 제1유출구 (102)를 통해 전해전지 스택 (100)에서 유출될 수 있다.

[0054] 전해전지 스택 (100)의 음극에서 발생하는 물질은 제2유출구 (103)를 통해 전해전지 스택 (100)에서 유출될 수 있다. 이때, 제2유출구 (103)는 전해전지 스택 (100)에 하나 이상 배치될 수 있으며, 예를 들어 한 개 또는 두 개의 제2유출구 (103)가 전해전지 스택 (100)에 배치될 수 있다. 한 개의 제2유출구 (103)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 전해전지 스택 (100)의 음극에서 발생하는 수소 기체와 전해전지 스택 (100)의 음극으로 이동한 소량의 물을 포함하는 용액이 하나의 제2유출구 (103)를 통해 전해전지 스택 (100)에서 유출될 수 있고, 두 개의 제2유출구 (103)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 수소 기체와 물이 각각 다른 제2유출구 (103)를 통해 전해전지 스택 (100)에서 유출될 수 있다.

[0055] 시스템 (1000)은 전해전지 스택의 유입구 (101)와 연결되는 유입유로 (201), 및 유입유로 (201)와 연결되는 저장부 (202)를 더 포함할 수 있다.

[0056] 유입유로 (201)는 전해전지 스택 (100)에 수용액이 유입되도록 하기 위한 임의의 적절한 형상을 취할 수 있으며, 예를 들어 유입유로 (201)는 원통형의 도관일 수 있다.

[0057] 유입유로 (201)에서의 유량은 유입유로 (201)의 단면적에 따라 결정될 수 있으며, 유입유로 (201)가 원통형의 도관일 경우 유입유로 (201)의 직경에 따라 유량이 결정될 수 있다. 유입유로 (201)를 통해 적절한 양의 수용액

이 전해전지 스택 (100)에 유입되도록 하기 위해, 유입유로 (201)의 직경은 5 ㎜, 5.25 ㎜, 5.5 ㎜, 5.75 ㎜, 6 ㎜, 6.25 ㎜, 6.5 ㎜, 6.75 ㎜ 또는 7 ㎜일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0058] 저장부 (202)에는 시스템 (1000)을 이용한 수소 발생 및 수처리의 대상이 되는 물질이 저장될 수 있다. 이때, 전해전지 스택 (100)에 배치되는 유입구 (101)의 개수에 맞추어 저장부 (202)의 수가 결정될 수 있으며, 예를 들어, 한 개의 유입구 (101)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 전기분해 대상 물질이 모두 혼합된 하나의 수용액이 하나의 저장부 (202)에 저장될 수 있고, 두 개의 유입구 (101)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 전기분해 대상 물질을 포함하는 혼합용액과 증류수가 각각 다른 저장부 (202)에 저장되었다가 각 유입유로 (201)를 통해 전해전지 스택 (100)에 유입되는 과정에서 서로 혼합될 수 있다.

[0059] 저장부 (202)에는 저장되는 물질의 지속적이거나 규칙적인 교반을 위한 별도의 교반 장치 (미도시)가 배치될 수 있다. 교반 장치를 통해 저장부 (202) 내의 수용액을 교반함으로써 균일한 조성의 수용액이 전해전지 스택 (100)에 유입되도록 할 수 있다.

[0060] 시스템 (1000)은 유입유로 (201)에 배치되는 유입펌프 (203)를 더 포함할 수 있다.

[0061] 전해전지 스택 (100)에 과량의 용액이 유입되거나 지나치게 적은 용액이 유입되는 경우 시스템 (100)을 이용한 수소 발생 및 수처리 효율이 저하될 수 있으며, 이를 방지하기 위해 유입펌프 (203)를 이용하여 전해전지 스택 (100)에 유입되는 유체의 유량을 조절할 수 있다. 따라서, 시스템 (100)을 이용한 수소 발생 및 수처리 효율의 최적화를 위해, 유입펌프 (203)를 통해 전해전지 스택 (100)에 유입되는 수용액의 유량을 5 내지 10 mL/min, 예를 들어 5 mL/min, 5.5 mL/min, 6 mL/min, 6.5 mL/min, 7 mL/min, 7.5 mL/min, 8 mL/min, 8.5 mL/min, 9 mL/min, 9.5 mL/min 또는 10 mL/min으로 조절할 수 있다.

[0062] 시스템 (1000)은 전해전지 스택의 제1유출구 (102)와 연결되는 제1유출유로 (301), 및 제1유출유로 (301)와 연결되는 제1수용부 (302)를 더 포함할 수 있다.

[0063] 제1유출유로 (301)는 전해전지 스택 (100)의 양극에서 유체가 유출되도록 하기 위한 임의의 적절한 형상을 취할 수 있으며, 예를 들어 제1유출유로 (301)는 원통형의 도관일 수 있다.

[0064] 제1유출유로 (301)에서의 유량은 제1유출유로 (301)의 단면적에 따라 결정될 수 있으며, 제1유출유로 (301)가 원통형의 도관일 경우 제1유출유로 (301)의 직경에 따라 유량이 결정될 수 있다. 제1유출유로 (301)를 통해 전해전지 스택 (100)의 양극에서 적절한 양의 유체가 유출되도록 하기 위해, 제1유출유로 (301)의 직경은 5 ㎜, 5.25 ㎜, 5.5 ㎜, 5.75 ㎜, 6 ㎜, 6.25 ㎜, 6.5 ㎜, 6.75 ㎜ 또는 7 ㎜일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0065] 제1수용부 (302)에는 전해전지 스택 (100)의 양극에서 발생한 물질이 수용될 수 있다. 이때, 전해전지 스택 (100)에 배치되는 제1유출구 (102)의 개수에 맞추어 제1수용부 (302)의 개수가 결정될 수 있으며, 예를 들어, 한 개의 제1유출구 (102)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 양극성 전기분해의 결과로 발생하는 산소 기체와 산화제를 포함하는 수용액이 하나의 제1수용부 (302)에 함께 수용될 수 있고, 두 개의 제1유출구 (102)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 산소 기체 및 수용액이 각각 다른 제1수용부 (302)에 수용될 수 있다.

[0066] 시스템 (1000)은 제1유출유로 (301)에 배치되는 제1측정부 (303)를 더 포함할 수 있다.

[0067] 제1측정부 (303)를 통해 제1유출유로 (301)에서 유동되는 액체 또는 기체의 유량을 측정할 수 있고, 측정 결과를 바탕으로 시스템 (1000)의 수소 발생 및 수처리 효율을 산출할 수 있다. 최종적으로, 산출된 시스템 효율을 기반으로 유입펌프 (202)의 동작이 조절될 수 있고, 제1유출유로 (301)에서 유동되는 유체의 유량 조절이 필요한 것으로 판단되는 경우 시스템 (1000)은 제1유출유로 (301)의 유량 조절이 가능한 별도의 밸브 (미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0068] 시스템 (1000)은 전해전지 스택의 제2유출구 (103)와 연결되는 제2유출유로 (401), 및 제2유출유로 (401)와 연결되는 제2수용부 (402)를 더 포함할 수 있다.

[0069] 제2유출유로 (401)는 전해전지 스택 (100)의 음극에서 유체가 유출되도록 하기 위한 임의의 적절한 형상을 취할 수 있으며, 예를 들어 제2유출유로 (401)는 원통형의 도관일 수 있다.

[0070] 제2유출유로 (401)에서의 유량은 제2유출유로 (401)의 단면적에 따라 결정될 수 있으며, 제2유출유로 (401)가 원통형의 도관일 경우 제2유출유로 (401)의 직경에 따라 유량이 결정될 수 있다. 제2유출유로 (401)를 통해 전해전지 스택 (100)의 음극에서 적절한 양의 유체가 유출되도록 하기 위해, 제2유출유로 (401)의 직경은 5 ㎜,

5.25 ㎜, 5.5 ㎜, 5.75 ㎜, 6 ㎜, 6.25 ㎜, 6.5 ㎜, 6.75 ㎜, 7 ㎜, 7.25 ㎜, 7.5 ㎜, 7.75 ㎜, 8 ㎜, 8.25㎜, 8.5 ㎜, 8.75 ㎜ 또는 9 ㎜일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0071] 제2수용부 (402)에는 전해전지 스택 (100)의 음극에서 발생한 물질이 수용될 수 있다. 이때, 전해전지 스택 (100)에 배치되는 제2유출구 (103)의 개수에 맞추어 제2수용부 (402)의 개수가 결정될 수 있으며, 예를 들어, 한 개의 제2유출구 (103)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 음극에서 발생하는 수소 기체와 전해전지 스택 (100)의 음극으로 이동한 소량의 물을 포함하는 용액이 하나의 제2수용부 (402)에 함께 수용될 수 있고, 두 개의 제2유출구 (103)가 전해전지 스택 (100)에 배치되는 경우, 수소 기체와 물이 각각 다른 제2수용부 (402)에 수용될 수 있다.

[0072] 시스템 (1000)은 제2유출유로 (401)에 배치되는 제2측정부 (403)를 더 포함할 수 있다.

[0073] 제2측정부 (403)를 통해 제2유출유로 (401)에서 유동되는 액체 또는 기체의 유량을 측정할 수 있고, 측정 결과를 바탕으로 시스템 (1000)의 수소 발생 및 수처리 효율을 산출할 수 있다. 최종적으로, 산출된 시스템 효율을 기반으로 유입펌프 (202)의 동작이 조절될 수 있고, 제2유출유로 (401)에서 유동되는 유체의 유량 조절이 필요한 것으로 판단되는 경우 시스템 (1000)은 제2유출유로 (401)의 유량 조절이 가능한 별도의 밸브 (미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0074] 시스템 (1000)은 전해전지 스택 (100)에 전압을 인가하기 위한 별도의 전원부 (500)를 더 포함할 수 있다. 전원부 (500)가 작동하면 전해전지 스택 (100)의 양극과 음극 간에 전위차가 발생하게 되고, 이에 따라 전류의 흐름이 결정되며 전해전지 스택 (100)을 통한 전기분해가 수행될 수 있다.

[0075] 시스템 (1000)은 전해전지 스택 (100)에 유입되거나 전해전지 스택 (100)으로부터 유출되는 유체의 흐름을 조절하거나, 또는 전해전지 스택 (100)에 인가되는 전압을 조절하기 위한 제어부 (미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0076] 제어부는 시스템 (1000)의 유입펌프 (203), 제1측정부 (303), 제2측정부 (403) 또는 전원부 (500)와 유선 또는 무선으로 연결되어 각 구성의 동작을 제어할 수 있다. 예를 들어, 유입펌프 (203), 제1측정부 (303), 제2측정부 (403) 및 전원부 (500)와 무선으로 연결되는 제어부는 제1측정부 (303) 및 제2측정부 (403)에서 측정된 유체 유량을 바탕으로 시스템 (1000)의 수소 발생 및 수처리 효율을 계산하고, 이를 바탕으로 유입펌프 (203) 및 전원부 (500)의 동작을 제어하여 전해전지 스택 (100)에 유입되는 유체의 유량 및 전해전지 스택 (100)에 인가되는 전압을 조절함으로써 실시간으로 최적의 시스템 효율이 달성되도록 할 수 있다.

[0077] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전해전지 스택의 분해사시도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전해전지 스택의 막 전극 접합체의 정면도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전해전지 스택의 막 전극 접합체의 측면도이다.

[0078] 도 2 내지 도 4를 참조하면, 전해전지 스택 (100)은 고분자 전해질막 (110), 양극부 (120) 및 음극부 (130)를 포함할 수 있다.

[0079] 고분자 전해질막 (110)은 전해전지 스택 (100)의 양극과 음극을 구분하며 선택적으로 이온을 투과시킬 수 있다. 이때 고분자 전해질막 (110)의 소재에 따라 투과되는 이온의 극성이 결정될 수 있으며, 예를 들어, 수소 발생에 필요한 양성자를 투과시키기 위해 고분자 전해질막 (110)은 과불화술폰산 (perfluorosulfonic acid; PFSA)과 같이 음성 작용기 (negative functional group)를 가지는 고분자 수지로 구성될 수 있다.

[0080] 전해전지 스택 (100)은 고분자 전해질막 (110)의 측면에 접하도록 배치되는 촉매층 (121, 131)을 포함할 수 있다.

[0081] 촉매층 (121, 131)은 고분자 전해질막 (110)에 인가되는 전압을 통해 진행되는 전기화학적 반응이 더욱 효율적으로 수행되도록 하기 위한 물질로 구성될 수 있다. 예를 들어, 양극 촉매층 (121)은 이리듐 (Ir), 루테늄 (Ru) 또는 이들의 산화물 (IrO_2, RuO_2)을 포함할 수 있고, 음극 촉매층 (131)은 백금 (Pt) 또는 탄소-지지 백금 (Pt/C)을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0082] 전해전지 스택 (100)은 촉매층 (121, 131)에 접하도록 배치되는 유체확산층 (122, 132)을 포함할 수 있다.

[0083] 유체확산층 (122, 132)은 시스템 (1000)을 통한 수소 발생 및 수처리 과정에 요구되거나 수반되는 전자, 열, 반응물 또는 생성물이 고분자 전해질막 (110) 및 촉매층 (121, 131)에 전달되거나 그로부터 배출될 때, 전류, 열 또는 유체의 손실을 최소화할 수 있다. 이를 위해 유체확산층 (122, 132)은 표면적이 극대화된 다공성 구조를 취할 수 있고, 전기 또는 열전도율이 높은 티타늄 (Ti)으로 구성될 수 있다.

[0084] 유체확산층 (122, 132)은 내부에서 기체가 확산되어 운반되는 경우 "기체확산층 (gas diffusion lager)"으로 지칭될 수 있고, 내부에서 액체가 확산되어 운반되는 경우 "액체확산층 (liquid diffusion layer)"으로 지칭될 수 있으며, 내부에서 기체 및 액체가 모두 운반되는 경우 "액체/기체확산층 (liquid/gas diffusion layer)"으로 지칭될 수 있다.

[0085] 고분자 전해질막 (110), 촉매층 (121, 131) 또는 유체확산층 (122, 132)은 전기분해가 수행되는 핵심 구성으로서 "막 전극 접합체"로 포괄되어 지칭될 수 있으며, 예를 들어, 고분자 전해질막 (110) 및 촉매층 (121, 131)이 일체로서 막 전극 접합체로 지칭되거나, 또는 고분자 전해질막 (110), 촉매층 (121, 131) 및 유체확산층 (122, 132)이 일체로서 막 전극 접합체로 지칭될 수 있다.

[0086] 막 전극 접합체에서는 인가된 전압에 따라 전기분해가 수행될 수 있다.

[0087] 막 전극 접합체의 양극 부분에서는 양극성 전기분해가 수행될 수 있고, 이에 따라 물 분자가 막 전극 접합체의 양극에서 양성자 (H^+)및 산소 기체 (O_2)로 분해되며, 수용액에 포함된 염으로부터 산화제가 생성될 수 있다.

[0088] 전기분해를 통해 생성된 양성자는 고분자 전해질막 (110)을 투과하여 막 전극 접합체의 음극 부분에 전달된 후 전자를 획득하여 수소 기체 (H_2)가 될 수 있으며, 막 전극 접합체의 양극 부분에서 생성된 산화제는 수용액 내에 함유된 유기물 또는 무기물을 산화시킴으로써 수처리 반응을 수행할 수 있다.

[0089] 전해전지 스택 (100)은 막 전극 접합체에 직접 또는 간접적으로 연결되도록 배치되는 가스켓 (123, 133), 분리판 (124, 134) 또는 단부판 (125, 135)을 더 포함할 수 있다.

[0090] 가스켓 (123, 133)은 막 전극 접합체와 분리판 (124, 134) 사이를 밀봉함으로써 전해전지 스택 (100)을 이용한 전기분해 과정에서 유체가 전해전지 스택 (100)으로부터 누출되지 않도록 할 수 있다.

[0091] 분리판 (124, 134)은 인가되는 전압에 의해 전해전지 스택 (100)에 전류가 흐를 수 있도록 하며, 전해전지 스택 (100) 내에서 유체가 유동할 수 있는 유로를 제공할 수 있다. 분리판 (124, 134)은 전해전지 스택 (100)에 흐르는 전류 손실을 최소화하기 위해 저항이 낮고 전기 전도율이 높은 티타늄으로 구성될 수 있으며, “양극판 (bipolar plate)”으로 지칭될 수 있다.

[0092] 단부판 (125, 135)은 전해전지 스택 (100)의 말단에 배치되며 전해전지 스택 (100)의 각 구성요소가 밀착되도록 할 수 있고, 전해전지 스택 (100)에 대한 구조적 지지를 제공함으로써 외력에 의한 전해전지 스택 (100)의 변형을 방지할 수 있다.

[0093] 전술한 전해전지 스택 (100)의 양극부 (120)는 전해전지 스택 (100)의 양극에 위치한 양극 촉매층 (121), 양극 유체확산층 (122), 양극 가스켓 (123), 양극 분리판 (124) 및 양극 단부판 (125)을 포함할 수 있고, 음극부 (130)는 전해전지 스택 (100)의 음극에 위치한 음극 촉매층 (131), 음극 유체확산층 (132), 음극 가스켓 (133), 음극 분리판 (134) 및 음극 단부판 (135)을 포함할 수 있다.

[0094] 이하, 본 발명을 하기의 예시에 의하여 더욱 상세히 설명한다. 그러나 이들 예시는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위가 이들 예시에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0096] **실시예 1. 수전해 시스템 구성**

[0097] 수소 발생 및 수처리를 동시 수행할 수 있는 시스템을 구성하였다.

[0098] 구체적으로, 시료를 전해전지 스택으로 유입시키기 위해 유입 펌프를 사용하여 10 ml/min의 유속으로 작동시켰으며, 수전해를 일으키기 위해 전해전지 스택에 전력 공급 장치를 연결하였다. 작업 전극, 상대 전극, 기준 전극, 작업 감지 전극 4개의 전극 케이블을 사용하여 2 전극법을 사용하였으며, 전해전지 스택의 양극에 상대 전극과 기준 전극, 음극에 작업 전극과 작업 감지전극을 연결하였다. 메소드는 Cycler 모드 - 1A 정전류로 작성하였다.

[0099] 수전해를 통해 발생하는 수소 가스는 Mass flow meter & controller를 통해 수소의 유량을 측정하였으며, 수소 가스와 같이 음극부로 배출되는 물은 Mass flow meter에 유입될 경우 수소 유량 측정을 방해하기 때문에 물이 유입되지 않도록 공간을 두었다. 수전해를 통해 처리된 방류수는 10분 간격으로 채취하여 흡광도를 측정하였다.

[0101] **실시예 2. 증류수 수전해 시험**

[0102] **2-1. 증류수 수전해를 위한 최소 전압 실측**

[0103] 실시예 1과 같이 구성된 시스템을 이용하여 증류수의 수전해를 위한 최소 전압을 실측하였다.

[0104] 구체적으로, 최소 전압 실측을 위해 선형주사전위법 (Linear Sweep Voltammetry) 분석법을 사용하였다. 이때, 선형주사전위법은 작업전극의 전위를 초기전위에서 양 또는 음의 방향으로 일정하게 변화시켜 전류-전위 곡선을 측정하는 방법이다.

[0105] 수전해를 일으키기 위한 이론적 최소 전압은 1.23V로 알려져 있기 때문에 초기전위는 1.2V로 설정하였고, 전압을 1 mV/sec로 변화시켜 반응이 시작되는 지점을 확인하였다. 전압 실측 결과를 도 5a 및 도 5b에 나타내었다

[0106] 실험 결과, 전류는 약 1.4 V에 도달하면서 증가하기 시작하였으며, 수소 발생은 약 1.5 V에서 생산되는 것을 확인하였다. 또한 수전해를 일으키기 위한 이론적인 전압 값과 비교하여 약 82%의 전압 효율이 나타나는 것을 확인하였다.

[0108] **2-2. 증류수 수전해에 따른 전압 변화 및 수소 생산량 측정**

[0109] 실시예 2-1을 통해 결정된 수전해 전압을 바탕으로 실시예 1과 같이 구성된 시스템을 이용하여 증류수 수전해 시 시간에 따른 전압 변화 및 수소 생산량을 측정하였다. 이때, 실험은 1A의 정전류 상태에서 진행되었으며, 실험 결과를 도 5c 및 도 5d에 나타내었다.

[0110] 전압 변화 및 수소 생산량 측정 결과, 전압은 약 1.56 ~ 1.58 V의 범위로 확인되었다. 또한 수소 생산량은 약 7.5 ml/min으로 일정하게 발생하였으며, 따라서 본 발명의 일 실시예에 따른 수전해 시스템은 1 A 전류에서 이론적인 수소 생산량 대비 약 98.7%의 수소 생산 효율을 나타내는 것으로 확인되었다.

[0112] **실시예 3. 산화제 발생 시험**

[0113] 실시예 1과 같이 구성된 시스템을 이용하여 물에 용해된 염 농도에 따른 산화제 (NaOCl)의 시간에 따른 생산량을 측정하였고, 그 결과를 도 6 및 표 1에 나타내었다.

표 1

[0114]

		경과 시간 (s)						
		0	600	1200	1800	2400	3000	3600
NaOCl 발생량 (UV abs)	NaCl 1 g/L	0	0.018	0.019	0.016	0.017	0.016	0.018
	NaCl 10 g/L	0	0.186	0.202	0.205	0.208	0.205	0.200

[0115] NaCl 1 g/L를 주입하였을 때, UV 측정량은 평균 0.017로 나타났으며, NaCl 10 g/L에서는 평균 0.201정도로 확인되었다.

[0117] **실시예 4. 염료 제거 시험**

[0118] **4-1. 메틸렌 블루 (methylene blue) 제거 시험**

[0119] 실시예 1과 같이 구성된 시스템을 이용하여 물에 함유된 불순물 (메틸렌 블루)의 염 농도별 분해 시험을 진행하며 시간에 따른 전압 변화, 수소 생산량 및 염료 제거율을 측정하였다.

[0120] 이때, 메틸렌 블루는 산화환원의 지표로 사용되는 염기성 염료이며, 670nm 파장의 빛을 최대로 흡수하기 때문에 시간별 흡광도를 측정하여 염료 제거율을 분석하였으며, 증류수를 이용한 실험 결과와 비교하기 위해 시료를 제외한 모든 실험 조건은 동일하게 설정하였다. 흡광도 측정 결과를 도 7a 내지 도 7c 및 표 2에 나타내었다.

표 2

[0121]

		경과 시간 (s)						
		0	600	1200	1800	2400	3000	3600
염료 제거율 (UV abs)	MB 4 mg/L + NaCl 0 g/L	0.508	0.486	0.488	0.491	0.495	0.495	0.497
	MB 4 mg/L + NaCl 1 g/L	0.696	0.435	0.419	0.409	0.404	0.403	0.398
	MB 4 mg/L + NaCl 10 g/L	0.584	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002

[0122] 실험 결과, 메틸렌 블루 4 mg/L만을 주입한 시료에서는 전압 1.58 V, 수소 생산량 7.5 mL/min, 염료 제거율 2%로 나타났다. 전압과 수소 생산량은 증류수를 이용한 실험결과와 차이가 거의 없으며, 염료의 경우 전극에서의 직접적인 산화만으로는 제거가 어려운 것을 확인하였다.

[0123] 메틸렌 블루 4 mg/L에 NaCl 1 g/L를 추가로 주입한 시료에서는 전압이 상승하여 2.4 V에 도달하였으며, 수소 생산량은 7.5 mL/min, 염료 제거율은 42%로 나타났다.

[0124] 위 실험에서 NaCl 주입량을 10배 증가시킨 10 g/L의 시료로 실험을 진행한 결과, 전압은 2.5 V, 수소 생산량은 7.5 mL/min, 염료 제거율은 99.7%로 나타났다.

[0125] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템의 수전해를 통한 수처리에서는 직접산화보다 산화제 형성을 통한 간접산화의 영향이 큰 것으로 나타났다.

[0127] **4-2. 메틸 레드 (methyl red) 및 티아졸 옐로우 (thizole yellow G) 제거 시험**

[0128] 실시예 1과 같이 구성된 시스템을 이용하여 물에 함유된 불순물 (메틸 레드 및 티아졸 엘로우)의 염료 종류별 분해 시험을 진행하며 시간에 따른 전압 변화, 수소 생산량 및 염료 제거율을 측정하였다.

[0129] 메틸렌 블루와는 다른 특성을 가진 염료인 메틸 레드 및 티아졸 옐로우를 사용하여 추가적인 실험을 진행하였다. 메틸 레드는 pH 지시약으로 사용되며, 수중 독성, 돌연변이 또는 발암성 오염물질을 함유하는 모노아조 염료로서 435 nm 파장의 빛을 최대로 흡수하고, 티아졸 옐로우는 염색 및 형광 지시약으로 사용되는 트리아젠 염료로 405 nm 파장의 빛을 최대로 흡수한다.

[0130] 실험 조건은 실시예 4-1의 메틸렌 블루 실험과 거의 동일하게 설정하였고, NaCl 10 g/L를 주입한 간접 산화의 영향만을 확인하였다. 각 염료에 대한 흡광도 측정 결과 도 8a 내지 도 8c 및 표 3에 나타내었다.

표 3

[0131]

		경과 시간 (s)						
		0	600	1200	1800	2400	3000	3600
염료 제거율 (UV abs)	MR 4 mg/L + NaCl 10 g/L	0.207	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004
	TYG 4 mg/L + NaCl 10 g/L	0.074	0.017	0.016	0.018	0.020	0.024	0.021

[0132] 실험 결과, 메틸 레드의 경우 전압은 2.5 ~ 2.6V. 수소 생산량은 7.4 ~ 7.5 ml/min으로 나타났으며, 염료 제거율은 98%로 나타났다.

[0133] 티아졸 옐로우의 경우 전압과 수소 생산량은 메틸 레드와 같은 2.5 ~ 2.6V. 7.4 ~ 7.5ml/min으로 나타났으며, 염료 제거율은 73%로 나타났다.

부호의 설명

[0134] 1000: 수소 생산 및 수처리 시스템 100: 전해전지 스택

110: 고분자 전해질막 120: 양극부

130: 음극부 201: 유입유로

202: 저장부 203: 유입펌프

301: 제1유출유로 302: 제1수용부

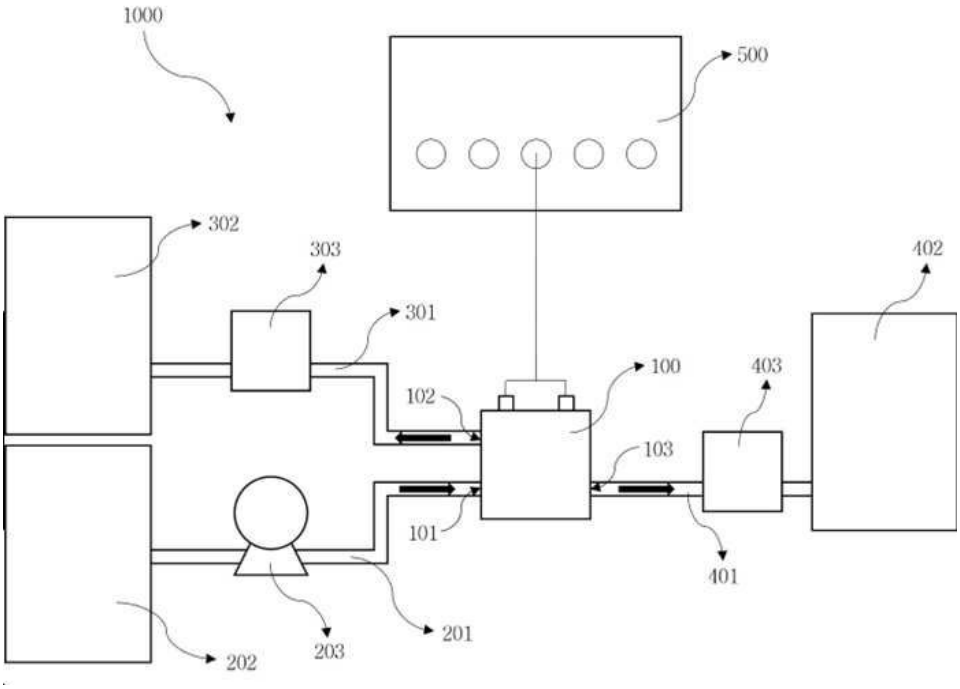
303: 제1측정부 401: 제2유출유로

402: 제2수용부 403: 제2측정부

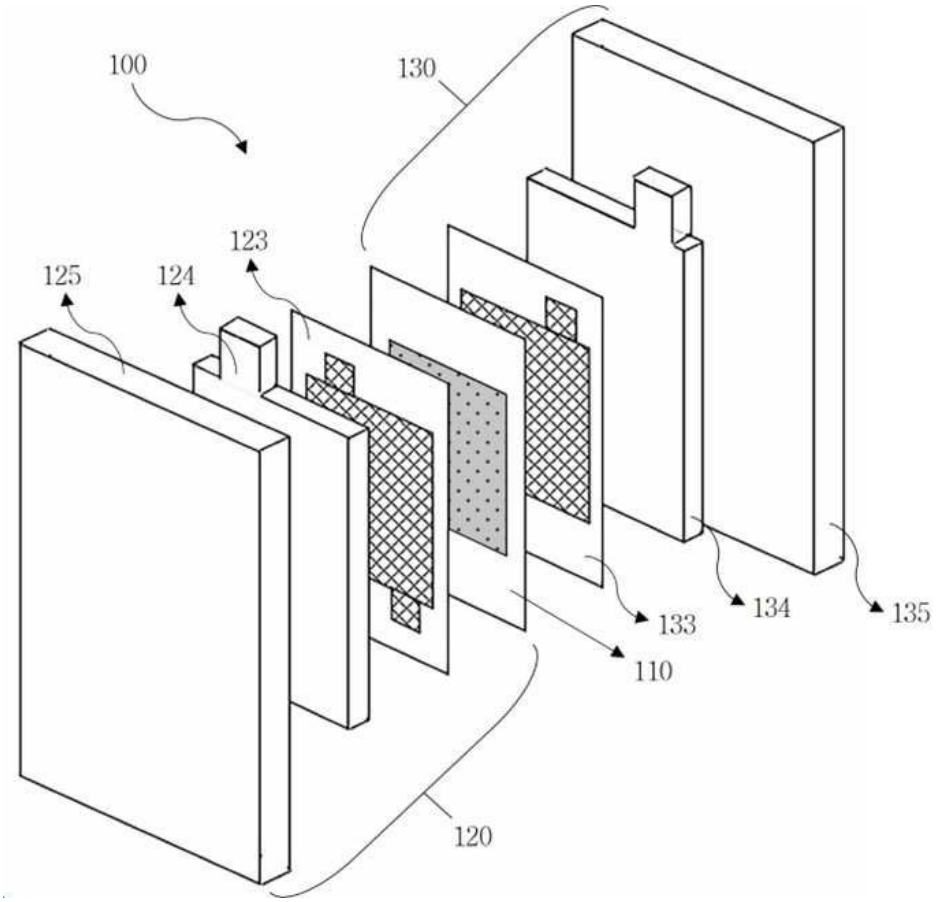
500: 전원부

도면

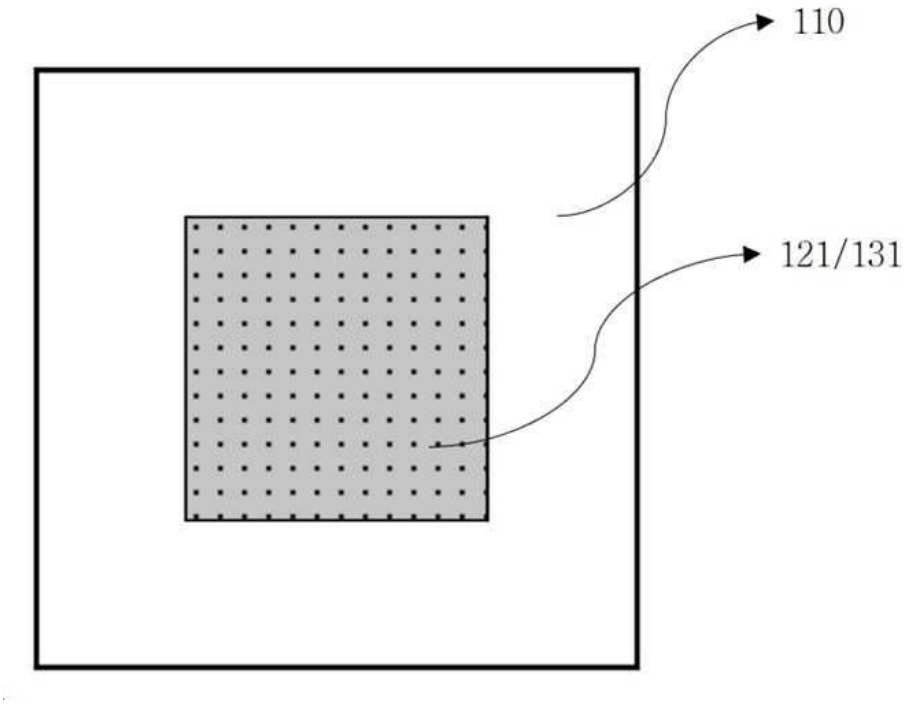
도면1



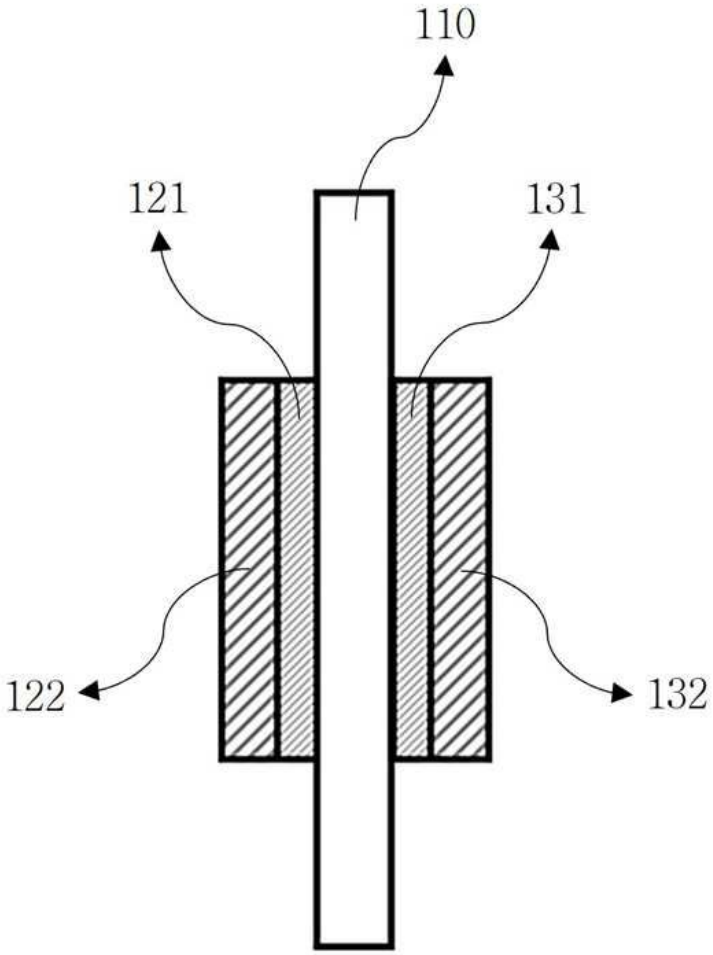
도면2



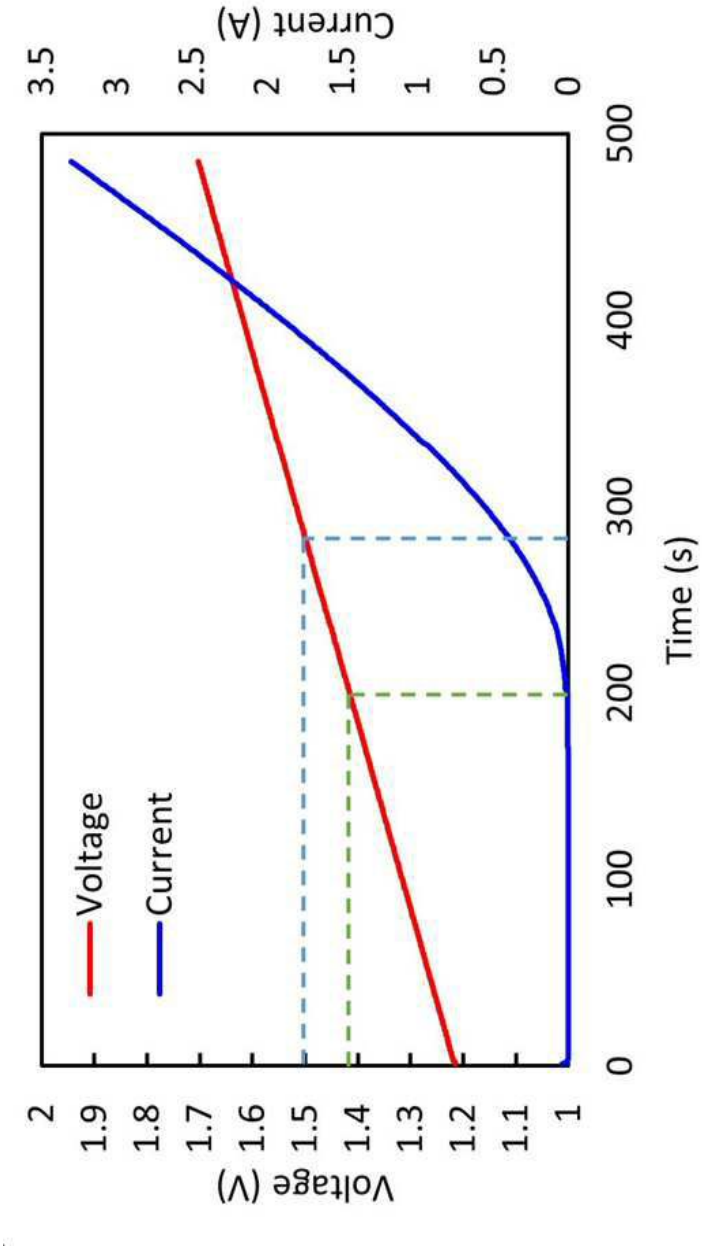
도면3



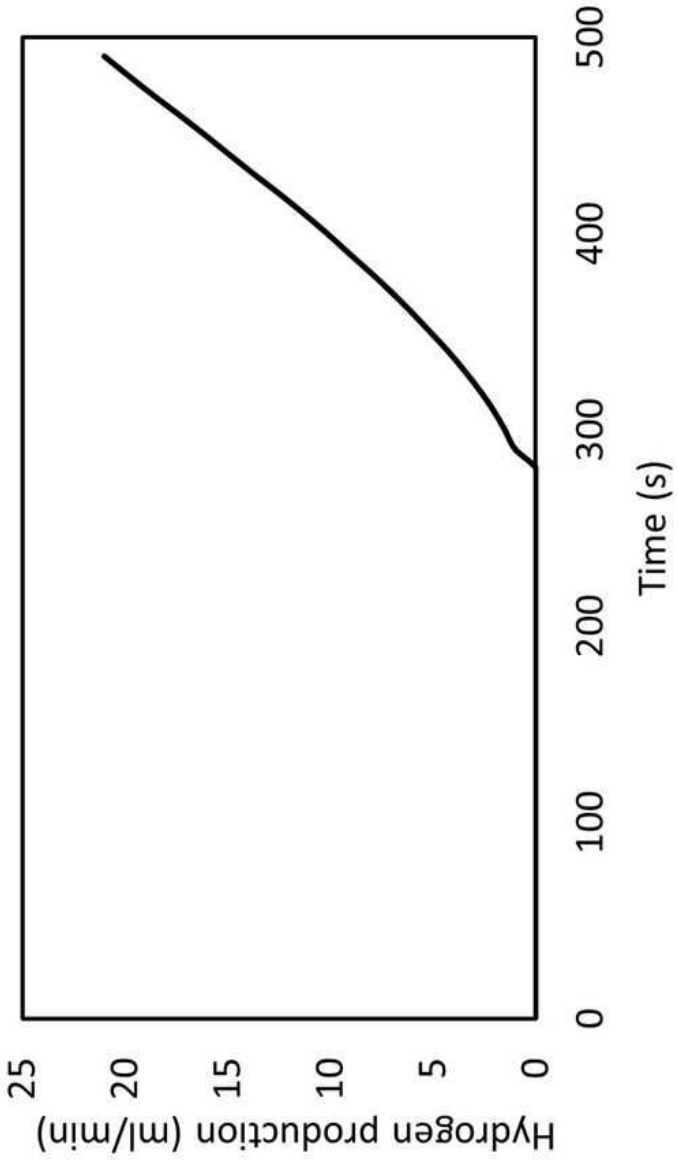
도면4



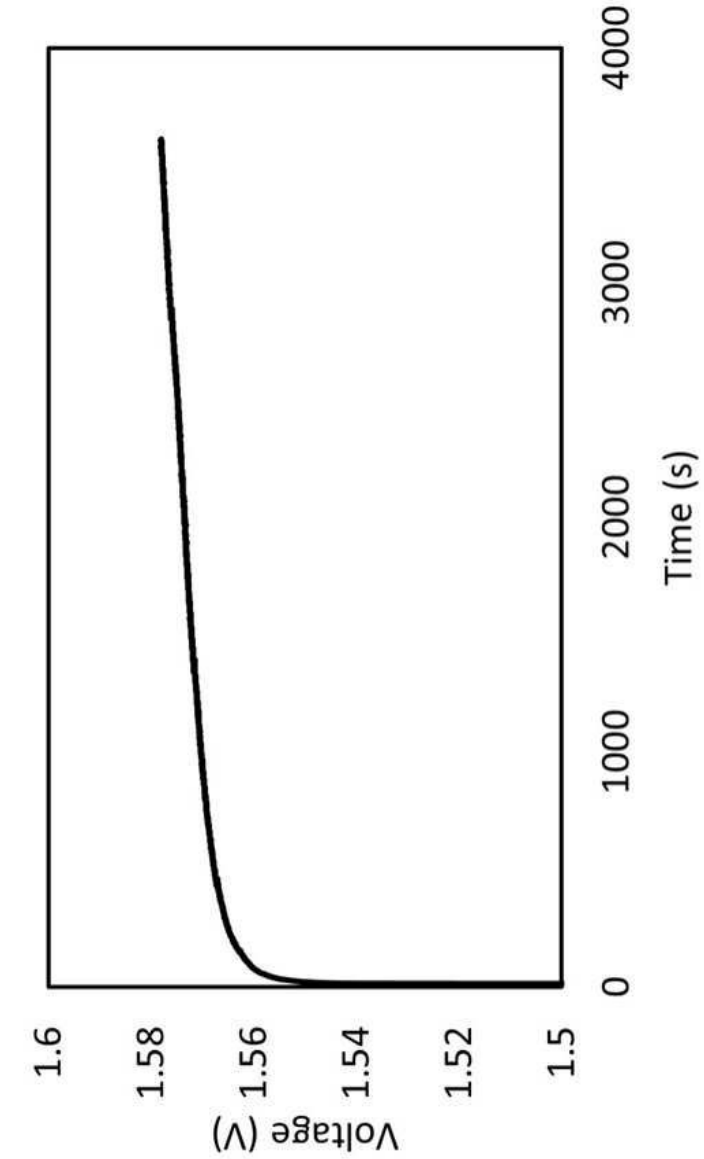
도면5a


Voltage (V)
Current (A)
Time (s)
Voltage
Current
2
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
100
200
300
400
500

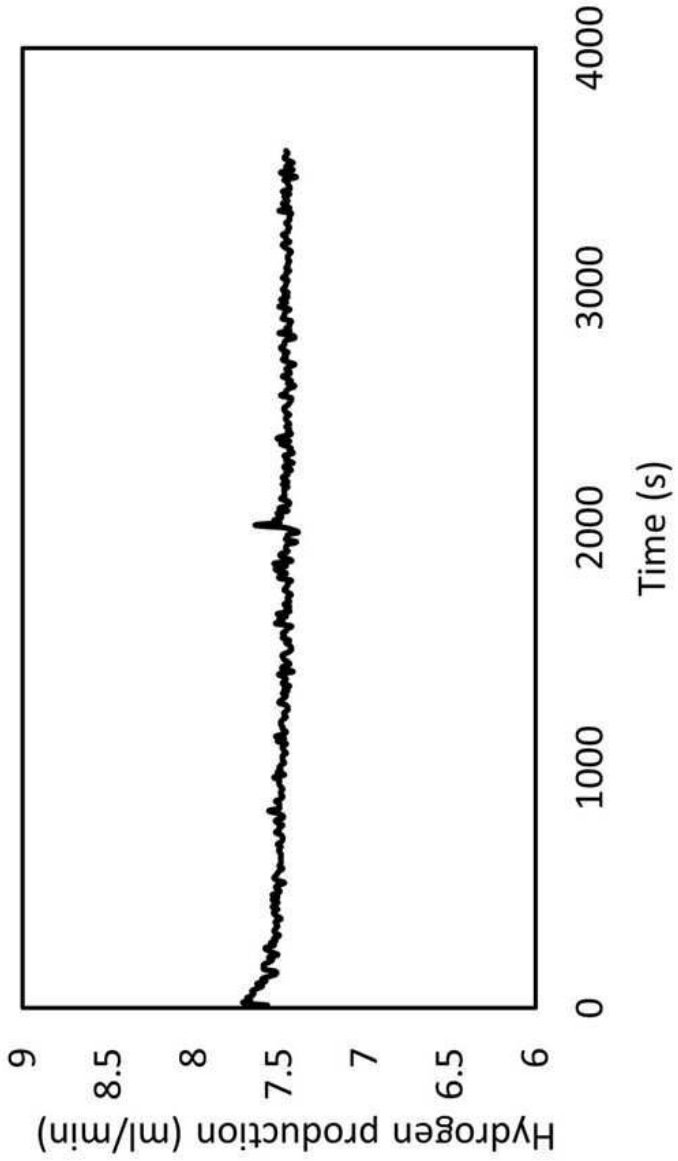
도면5b


Hydrogen production (ml/min)
0
5
10
15
20
25
Time (s)
0
100
200
300
400
500

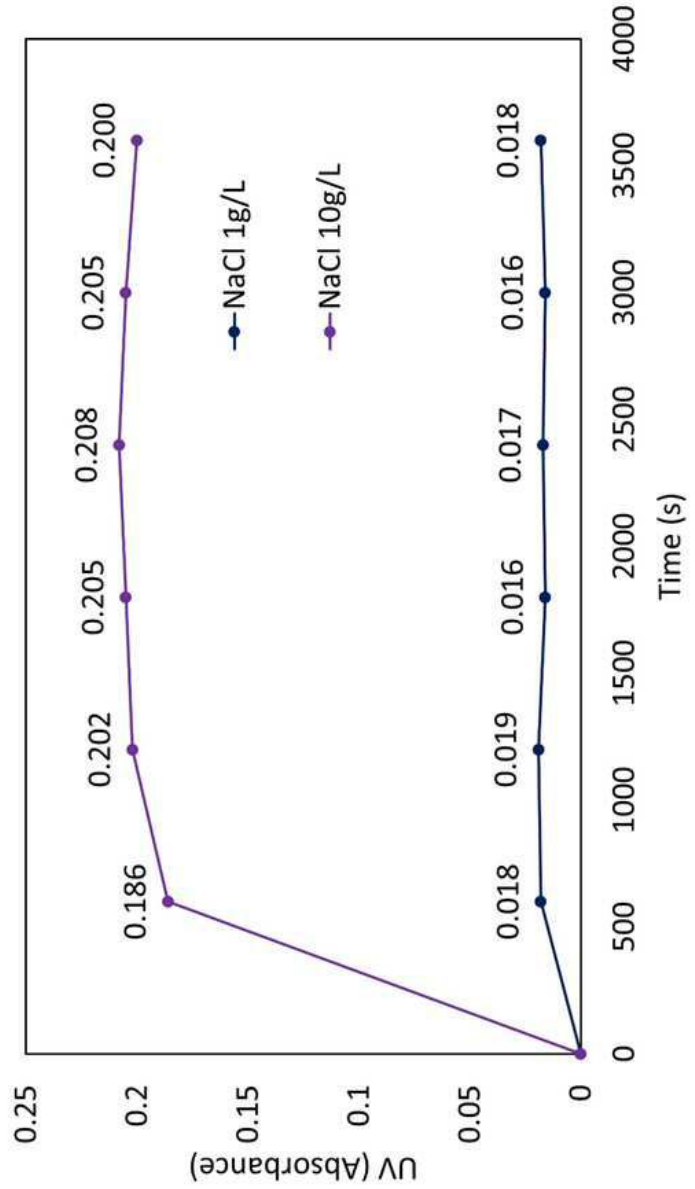
도면5c



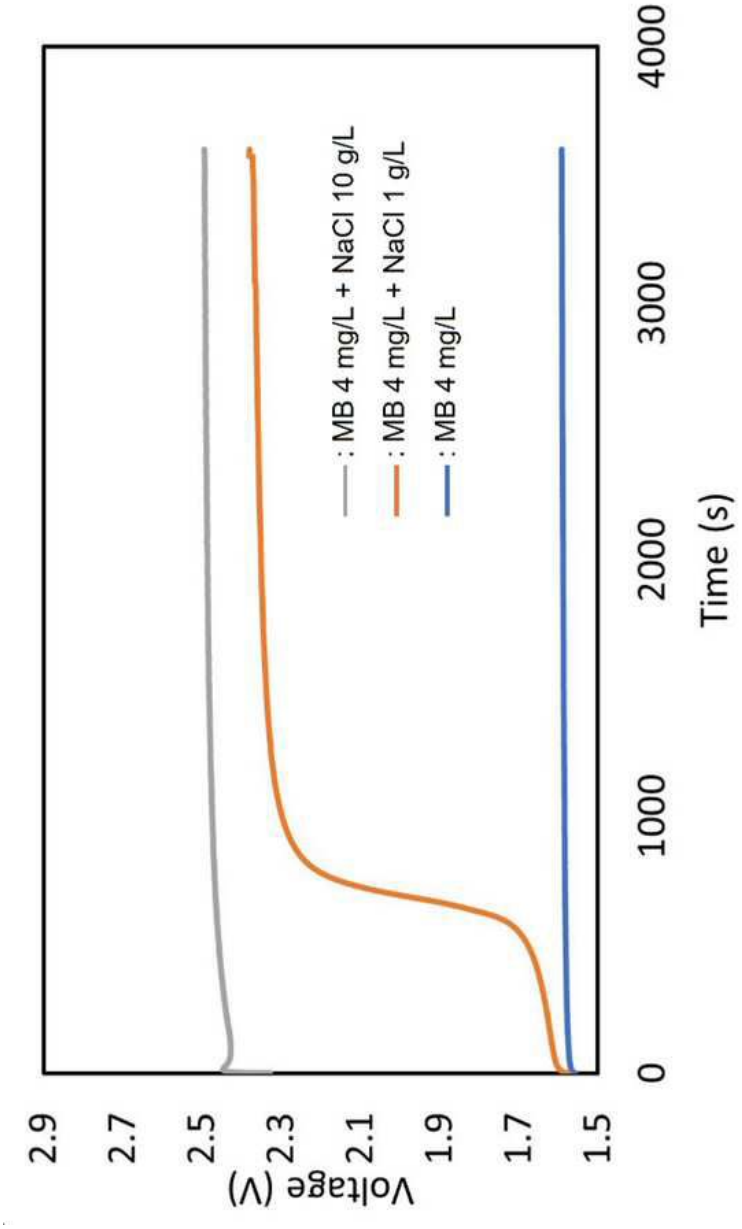
도면5d


Hydrogen production (ml/min)
9
8.5
8
7.5
7
6.5
6
0
1000
2000
3000
4000
Time (s)

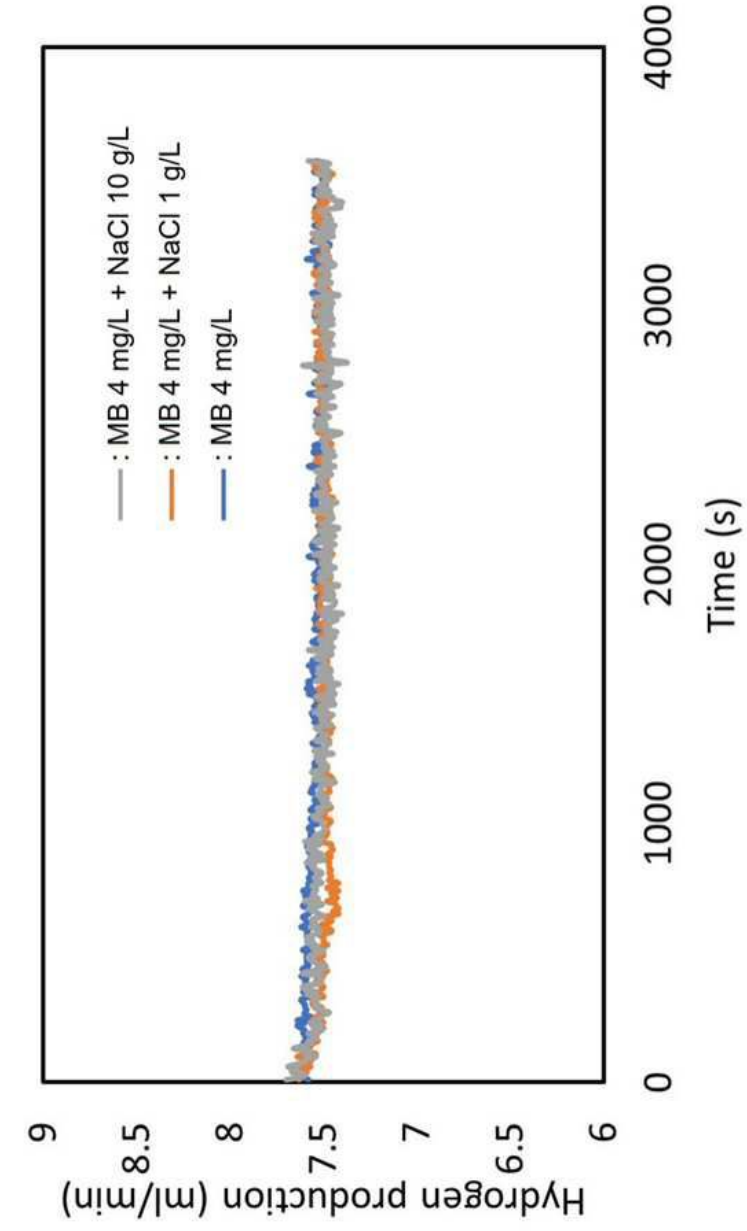
도면6


UV (Absorbance)
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
Time (s)
NaCl 1g/L
NaCl 10g/L
0.018
0.019
0.016
0.017
0.016
0.018
0.186
0.202
0.205
0.208
0.205
0.200

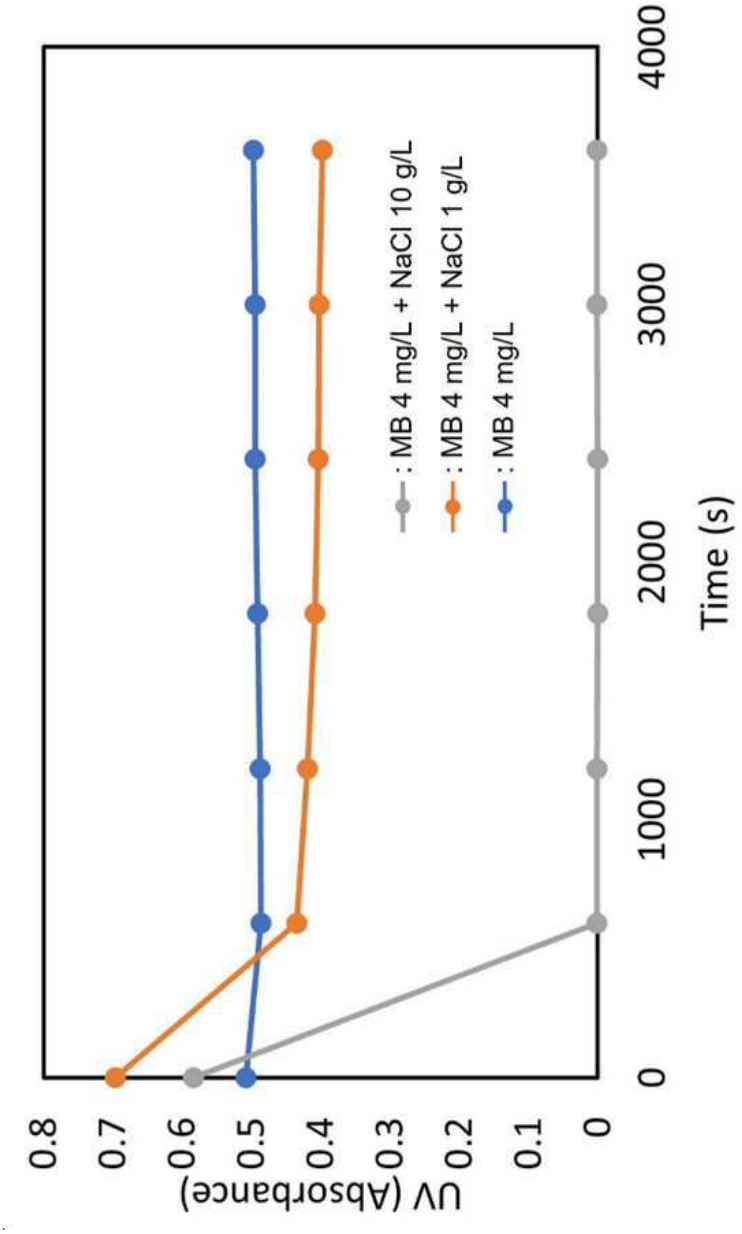
도면7a


Voltage (V)
2.9
2.7
2.5
2.3
2.1
1.9
1.7
1.5
0
1000
2000
3000
4000
Time (s)
: MB 4 mg/L + NaCl 10 g/L
: MB 4 mg/L + NaCl 1 g/L
: MB 4 mg/L

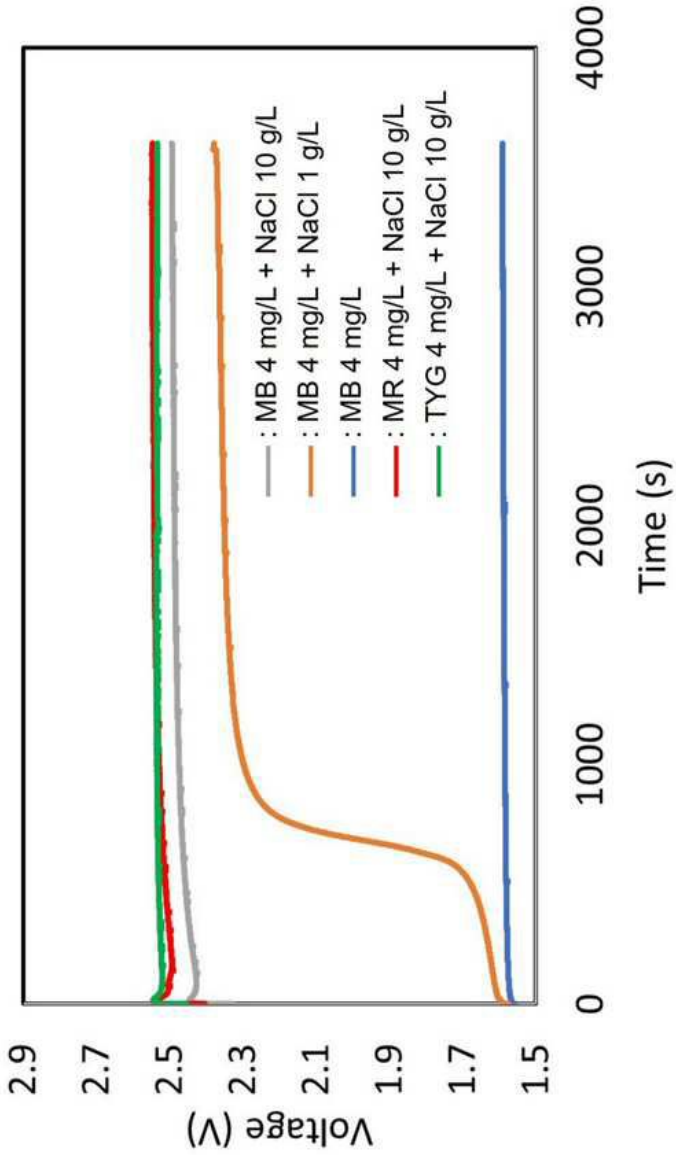
도면7b


Hydrogen production (ml/min)
9
8.5
8
7.5
7
6.5
6
0
1000
2000
3000
4000
Time (s)
: MB 4 mg/L + NaCl 10 g/L
: MB 4 mg/L + NaCl 1 g/L
: MB 4 mg/L

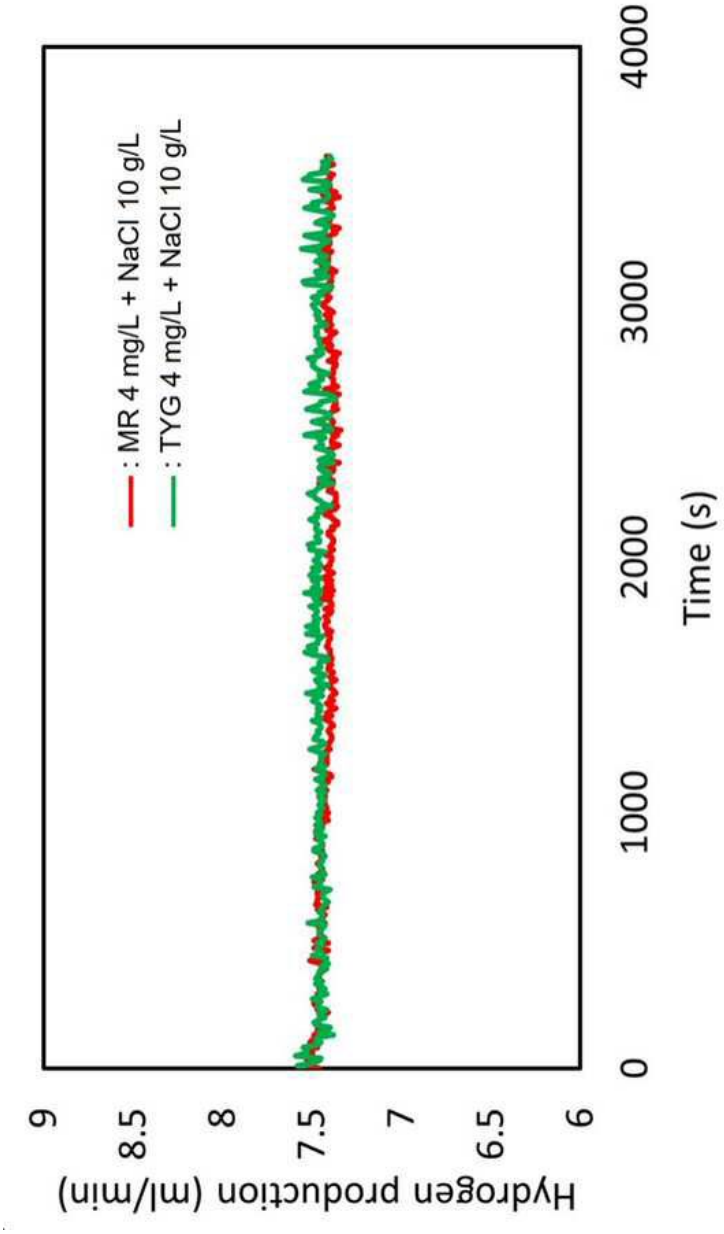
도면7c


UV (Absorbance)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
1000
2000
3000
4000
Time (s)
: MB 4 mg/L + NaCl 10 g/L
: MB 4 mg/L + NaCl 1 g/L
: MB 4 mg/L

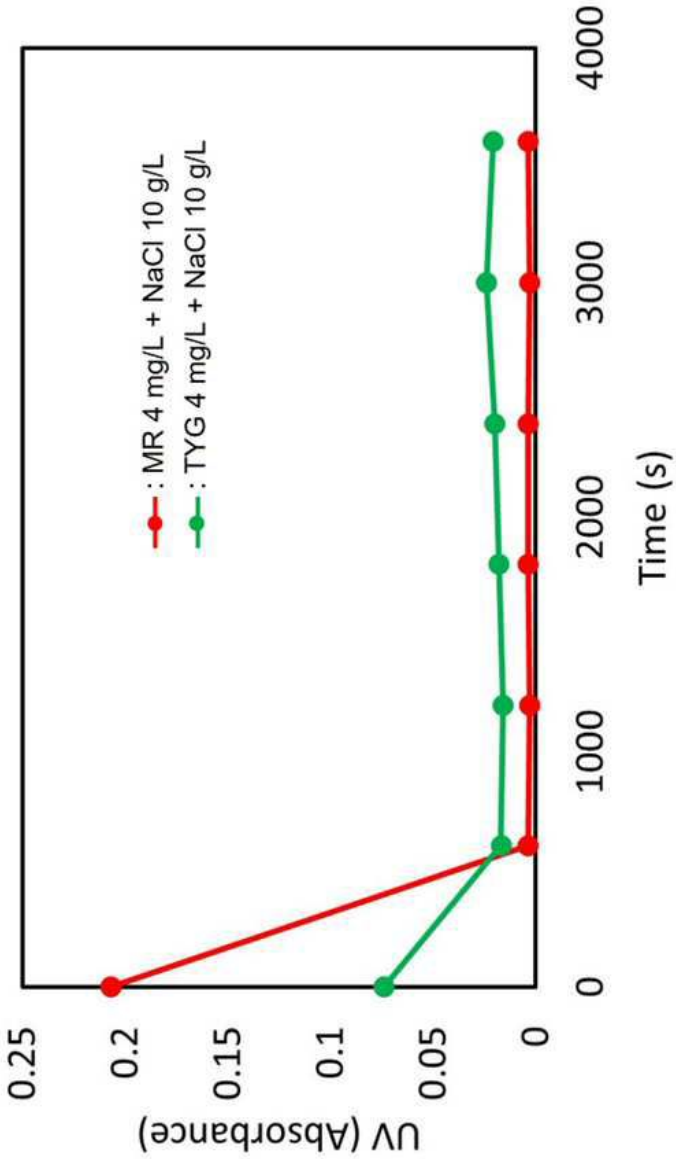
도면8a


Voltage (V)
2.9
2.7
2.5
2.3
2.1
1.9
1.7
1.5
0
1000
2000
3000
4000
Time (s)
: MB 4 mg/L + NaCl 10 g/L
: MB 4 mg/L + NaCl 1 g/L
: MB 4 mg/L
: MR 4 mg/L + NaCl 10 g/L
: TYG 4 mg/L + NaCl 10 g/L

도면8b


: MR 4 mg/L + NaCl 10 g/L
: TYG 4 mg/L + NaCl 10 g/L
Hydrogen production (ml/min)
9
8.5
8
7.5
7
6.5
6
0
1000
2000
3000
4000
Time (s)

도면8c


: MR 4 mg/L + NaCl 10 g/L
: TYG 4 mg/L + NaCl 10 g/L
UV (Absorbance)
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
1000
2000
3000
4000
Time (s)