



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월30일
(11) 등록번호 10-2005667
(24) 등록일자 2019년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 67/00 (2006.01) B01D 69/10 (2006.01)
G01R 19/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 67/0093 (2013.01)
B01D 69/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0011959
(22) 출원일자 2018년01월31일
심사청구일자 2018년01월31일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008501808 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
한창수
서울특별시 성북구 안암로 145 (안암동5가)
전경용
서울특별시 성북구 안암로 145 (안암동5가)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 15 항

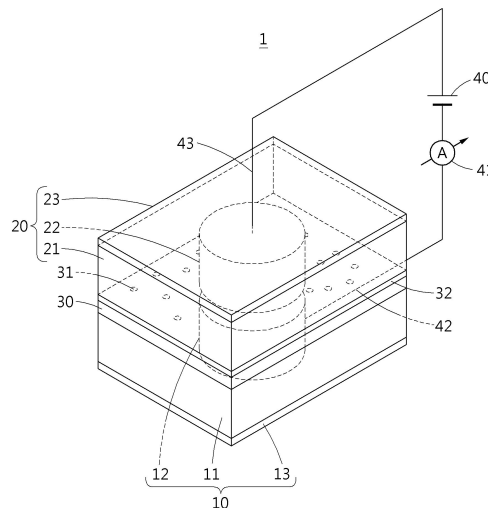
심사관 : 한상현

(54) 발명의 명칭 광 활성 이온채널장치 및 이의 제조방법

(57) 요약

개시된 본 발명에 의한 광 활성 이온채널장치는, 제1전해질을 지지하는 제1지지부, 제1지지부에 적층되며 제2전해질을 지지하는 제2지지부, 제1 및 제2지지부 사이에 마련되며 복수의 기공(stomata)이 형성되는 멤브레인부 및 제1 및 제2전해질 사이에 전압을 인가하여 전류를 측정하는 전원부를 포함하며, 멤브레인부는 빛에 의해 유도 가능한 아조(AZO)계 폴리머로 형성된다. 이러한 구성에 의하면, 실온에서도 저전력으로 빛에 의한 빠른 응답성을 가질 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01R 19/0061 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020170106753 A*
KR101597936 B1
JP4806401 B2
JP05142035 A
Chengqun Qin et al., 'A supramolecular assembly of cross-linked azobenzene/polymers for a high-performance light-driven actuator', Journal of Materials Chemistry A 2015, Vol.3, pp.16363-16876(2015.5.1)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1A2A1A01005931
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 도약연구지원사업(도전)
연구과제명 기계적수용기와 이온채널이 결합된 생체감각기관의 공학적 모사 연구
기 여 율 1/2
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2015.05.01 ~ 2018.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1A2A2A01004751
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 핵심개인연구
연구과제명 생체모사 하이브리드 이온채널 멤브레인 광센서 개발
기 여 율 1/2
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2015.05.01 ~ 2018.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

비수용성 전해질을 포함하는 제1전해질 및 제2전해질을 각각 지지하는 제1 및 제2지지부;

상기 제1 및 제2지지부 사이에 마련되며 복수의 기공(stomata)이 형성되는 멤브레인부; 및

상기 제1 및 제2전해질 사이에 전압을 인가하여 전류를 측정하는 전원부;

를 포함하며,

상기 멤브레인부는 빛에 의해 유도 가능한 아조(AZO)계 폴리머에 의해 코팅된 코팅층이 마련되어, 빛에 의해 상기 기공의 지름을 수축 및 팽창시키며,

상기 제1 및 제2전해질의 위치와 마주하는 위치에 상기 제1 및 제2전해질과 대응되는 면적을 가지고 관통된 홀이 형성된 한 쌍의 테프론(Teflon) 구조물의 사이에 상기 멤브레인부에 위치시킨 후, 상기 아조계 폴리머를 포함하는 코팅액을 상기 홀을 통해 상기 멤브레인부로 도포함으로써, 상기 코팅층은 상기 제1 및 제2전해질과 마주하는 위치에 상기 제1 및 제2전해질과 대응되는 면적을 가지고 상기 빛과 마주하는 상기 멤브레인부의 일면에 적층되어 마련되는 광 활성 이온채널장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 아조계 폴리머는 4-아미노(amino)-1, 1'-아조벤젠(azobenzene)-3 및 4'-디술포산 일나트륨 염(disulfonic acid monosodium salt) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 아조(AZO)와 PDDA(Poly diallyldimethylammonium chloride)가 혼합된 복합 재료를 포함하는 광 활성 이온채널장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1지지부는,

이온성 액체가 저장되며, 상기 제1 및 제2지지부의 적층 방향으로 관통되어 상기 제1전해질이 수용되는 제1저장홀이 마련되는 제1저장체; 및

상기 제1저장체를 사이에 두고 상기 멤브레인부와 마주하도록 적층되어, 상기 멤브레인부에 대해 상기 제1저장체를 지지시키는 제1지지체;

를 포함하는 광 활성 이온채널장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제2지지부는,

상기 이온성 액체가 저장되며, 상기 제1 및 제2지지부의 적층 방향으로 관통되어 상기 제2전해질이 수용되는 제2저장홀이 마련되는 제2저장체; 및

상기 제2저장체를 사이에 두고 상기 멤브레인부와 마주하도록 적층되어, 상기 멤브레인부에 대해 상기 제2저장체를 지지시키는 제2지지체;

를 포함하는 광 활성 이온채널장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 멤브레인부는 폴리 카보네이트 트랙 에치드(Poly Carbonate Track Etched: PCTE)를 포함하는 광 활성 이온 채널장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 코팅층은 상기 멤브레인부의 적어도 일면에 적어도 1회 이상 상기 아조계 폴리머가 도포되어 건조된 후, 동결 건조(Freeze drying)되어 마련되는 광 활성 이온채널장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 멤브레인부는 6 μ m 내지 11 μ m의 두께를 가지며,

상기 기공의 지름은 10 nm 내지 1 μ m인 광 활성 이온채널장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 아조계 폴리머는 아조(AZO)와 PDDA(Poly diallyldimethylammonium chloride)가 1:3, 1:4.4 내지 1:5의 중량비로 혼합된 후 농축된 복합 재료를 포함하는 광 활성 이온채널장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 아조계 폴리머는 상기 제2지지부와 마주하는 상기 멤브레인부의 일면에 적어도 2회 이상 도포되어 건조된 후, 동결 건조(Freeze drying)되어 상기 코팅층을 형성시키는 광 활성 이온채널장치.

청구항 10

비수용성 전해질을 포함하는 제1전해질이 수용된 제1지지부를 마련하는 단계;

복수의 기공을 가지며 아조계 폴리머에 의해 빛이 유입되는 일면이 코팅되어 상기 제1지지부의 상부에 적층되는 멤브레인부를 마련하는 단계;

상기 멤브레인부의 상부에 적층되며, 상기 제1전해질과 마주하도록 상기 비수용성 전해질을 포함하는 제2전해질이 수용된 제2지지부를 마련하는 단계; 및

상기 제1 및 제2전해질에 전압을 인가시켜 전류를 측정하는 단계;

를 포함하며,

상기 멤브레인부 마련단계는,

중심에 홀이 형성된 한 쌍의 테프론(Teflon) 구조물의 사이에 상기 멤브레인부에 위치시키는 단계;

상기 아조계 폴리머를 포함하는 코팅액이 상기 홀을 통해 상기 멤브레인부에 도포되어 건조되는 단계; 및

상기 코팅액이 도포되어 건조된 상기 멤브레인부를 동결 건조(Freeze drying)시켜 코팅층을 형성시키는 단계;

를 포함하되,

상기 한 쌍의 테프론 구조물에 형성된 홀은 상기 제1 및 제2전해질의 위치와 마주하는 위치에 상기 제1 및 제2 전해질과 대응되는 면적을 가지고 관통 형성되는 광 활성 이온채널장치의 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1지지부 마련단계는,
제1지지체를 마련하는 단계; 및
상기 제1전해질이 저장된 제1저장체를 상기 제1지지체의 상부에 적층시키는 단계;
를 포함하는 광 활성 이온채널장치의 제조방법.

청구항 12

제10항에 있어서,
상기 제2지지부 마련단계는,
상기 멤브레인부의 상부에 상기 제2전해질이 저장된 제2저장체를 적층시키는 단계; 및
상기 제2저장체의 상부에 제2지지체를 적층시키는 단계;
를 포함하는 광 활성 이온채널장치의 제조방법.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제10항에 있어서,
상기 도포 및 건조단계는 적어도 2회 이상 반복되는 광 활성 이온채널장치의 제조방법.

청구항 16

제10항에 있어서,
상기 멤브레인부는 6 μ m 내지 11 μ m의 두께를 가지는 폴리 카보네이트 트랙 에치드(Poly Carbonate Track Etched: PCTE)를 포함하며,
상기 기공의 지름은 10 nm 내지 1 μ m인 광 활성 이온채널장치의 제조방법.

청구항 17

제10항에 있어서,
상기 아조계 폴리머는 4-아미노(amino)-1, 1'-아조벤젠(azobenzene)-3 및 4'-디술포산 일나트륨 염(disulfonic acid monosodium salt) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 아조(AZO)와 PDDA(Poly diallyldimethylammonium chloride)가 1:3, 1:4.4 내지 1:5의 중량비로 혼합된 후 농축된 복합 재료를 포함하는 광 활성 이온채널장치의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 활성 이온채널장치 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 아조계 폴리머에 의해 코팅된 멤브레인을 구비하여 빛에 대한 빠른 응답성을 가지는 광 활성 이온채널장치 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 식물의 성장을 위해서는 잎 표면에 수십 마이크로 크기의 작은 구멍인 기공(Stomata)이 필수적이다. 기공은 식물과 대기 사이의 가스 교환을 제어하고, 물의 증발을 최소화하는 일종의 멀티 센서 밸브로써, 식물의 중요한

생리적 기능을 제공한다.

[0003] 한편, 식물의 광합성은 엽록소가 태양으로부터 받아들이는 빛에너지를 전자에너지로 변환하여 일으키는 현상이다. 엽록소는 태양의 빛 중에서 청색광 및 적색광은 흡수하고, 녹색광은 반사한다. 또한, 광합성을 위해서는 물과 이산화탄소(CO₂)가 필요하며, 물은 식물의 뿌리털의 세포를 통해 흡수되고 이산화탄소는 기공을 통해 대기 중에서 끌어들이진다.

[0004] 기공을 모방한 이전의 연구들은 하이드로겔에 근거한 온도, 빛 또는 습도에 반응하는 펌프, 밸브 및 채널의 개발에 초점을 맞추었다. 여기서, 외부 자극을 감지하는 생물학적 이온 채널은 기본적으로 수용기(receptors)와 나노포어(nanopores)로 구성된다. 수용기는 외부 자극에 의해 기계적으로 트리거(Trigger)되고, 나노포어는 이온 전달을 위한 경로를 제공하는 기능을 전기화학적으로 수행하며, 수용기와 나노포어는 서로 분리 가능하다.

[0005] 한편, 이온 채널은 에너지 소모를 염려하지 않고, 나노스케일 또는 마이크로 스케일 차원에서 매우 빠른 속도로 이온을 수송할 수 있다. 그로 인해, 이온 채널은 가속도, 온도, 음파, 유체공학 또는 압력을 포함한 물리적 변수를 모니터링함에 있어 센서로서 사용될 수 있다. 이에 따라, 근래에는 기공을 활용한 이온 채널을 다양한 적용 범위에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 추세이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1487575호(등록일: 2015년 1월 22일)

(특허문헌 0002) 미국 공개특허공보 제23015/0321149호(공개일: 2015년 11월 12일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 기공을 가지는 멤브레인부를 아조계 폴리머로 코팅함으로써, 저전력으로 실온에서 빛에 대한 빠른 응답성을 가지는 광 활성 이온채널장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 빛에 의한 빠른 응답성을 가지는 광 활성 이온채널장치의 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 광 활성 이온채널장치는, 제1전해질 및 제2전해질을 각각 지지하는 제1 및 제2지지부, 상기 제1 및 제2지지부 사이에 마련되며 복수의 기공(stomata)이 형성되는 멤브레인부 및 상기 제1 및 제2전해질 사이에 전압을 인가하여 전류를 측정하는 전원부를 포함하며, 상기 멤브레인부는 빛에 의해 유도 가능한 아조(AZO)계 폴리머에 의해 코팅된 코팅층이 마련되어 빛에 의해 상기 기공의 지름을 수축 및 팽창시킨다.

[0010] 일측에 의하면, 상기 멤브레인부는 빛에 의해 유도 가능한 아조(AZO)계 폴리머에 의해 코팅된 코팅층이 마련되어, 빛에 의해 상기 기공의 지름을 수축 및 팽창시킬 수 있다.

[0011] 일측에 의하면, 상기 아조계 폴리머는 4-아미노(amino)-1, 1'-아조벤젠(azobenzene)-3 및 4'-디술폰산 일나트륨염(disulfonic acid monosodium salt) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 아조(AZO)와 PDDA(Poly diallyldimethylammonium chloride)가 혼합된 복합 재료를 포함할 수 있다.

[0012] 일측에 의하면, 상기 제1지지부는, 이온성 액체가 저장되며, 상기 제1 및 제2지지부의 적층 방향으로 관통되어 상기 제1전해질이 수용되는 제1저장홀이 마련되는 제1저장체 및, 상기 제1저장체를 사이에 두고 상기 멤브레인부와 마주하도록 적층되어, 상기 멤브레인부에 대해 상기 제1저장체를 지지시키는 제1지지체를 포함할 수 있다.

[0013] 일측에 의하면, 상기 제2지지부는, 상기 이온성 액체가 저장되며, 상기 제1 및 제2지지부의 적층 방향으로 관통되어 상기 제2전해질이 수용되는 제2저장홀이 마련되는 제2저장체 및 상기 제2저장체를 사이에 두고 상기 멤브

레인부와 마주하도록 적층되어, 상기 멤브레인부에 대해 상기 제2저장체를 지지시키는 제2지지체를 포함할 수 있다.

- [0014] 일측에 의하면, 상기 멤브레인부는 폴리 카보네이트 트랙 에치드(Poly Carbonate Track Etched: PCTE)를 포함할 수 있다.
- [0015] 일측에 의하면, 상기 코팅층은 상기 멤브레인부의 적어도 일면에 적어도 1회 이상 상기 아조계 폴리머가 도포되어 건조된 후, 동결 건조(Freeze drying)되어 마련될 수 있다.
- [0016] 일측에 의하면, 상기 멤브레인부는 6 μ m 내지 11 μ m의 두께를 가지며, 상기 기공의 지름은 10 nm 내지 1 μ m일 수 있다.
- [0017] 일측에 의하면, 상기 아조계 폴리머는 아조(AZO)와 PDDA(Poly diallyldimethylammonium chloride)가 1:3, 1:4.4 내지 1:5의 중량비로 혼합된 후 농축된 복합 재료를 포함할 수 있다.
- [0018] 일측에 의하면, 상기 아조계 폴리머는 상기 제2지지부와 마주하는 상기 멤브레인부의 일면에 적어도 2회 이상 도포되어 건조된 후, 동결 건조(Freeze drying)되어 상기 코팅층을 형성시킬 수 있다.
- [0019] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 광 활성 이온채널장치의 제조방법은, 제1전해질이 수용된 제1지지부를 마련하는 단계, 복수의 기공을 가지며 아조계 폴리머에 의해 적어도 일면이 코팅되어 상기 제1지지부의 상부에 적층되는 멤브레인부를 마련하는 단계, 상기 멤브레인부의 상부에 적층되며, 제2전해질이 수용된 제2지지부를 마련하는 단계 및 상기 제1 및 제2전해질에 전압을 인가시켜 전류를 측정하는 단계를 포함한다.
- [0020] 일측에 의하면, 상기 제1지지부 마련단계는, 제1지지체를 마련하는 단계 및 상기 제1전해질이 저장된 제1저장체를 상기 제1지지체의 상부에 적층시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 일측에 의하면, 상기 제2지지부 마련단계는, 상기 멤브레인부의 상부에 상기 제2전해질이 저장된 제2저장체를 적층시키는 단계 및 상기 제2저장체의 상부에 제2지지체를 적층시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 일측에 의하면, 상기 제1 및 제2전해질은 비수용성 전해질을 포함하며, 상기 멤브레인부를 사이에 두고 상호 마주할 수 있다.
- [0023] 일측에 의하면, 상기 멤브레인부 마련단계는, 중심에 홀이 형성된 한 쌍의 테프론(Teflon) 구조물의 사이에 상기 멤브레인부에 위치시키는 단계, 상기 아조계 폴리머를 포함하는 코팅액이 상기 홀을 통해 상기 멤브레인부에 도포되어 건조되는 단계 및 상기 코팅액이 도포되어 건조된 상기 멤브레인부를 동결 건조(Freeze drying)시켜 코팅층을 형성시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0024] 일측에 의하면, 상기 아조계 폴리머는 4-아미노(amino)-1, 1'-아조벤젠(azobenzene)-3 및 4'-디술포산 일나트륨염(disulfonic acid monosodium salt) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 아조(AZO)와 PDDA(Poly diallyldimethylammonium chloride)가 1:3, 1:4.4 내지 1:5의 중량비로 혼합된 후 농축된 복합 재료를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 첫째, 기공을 가지는 멤브레인부를 아조계 폴리머로 코팅함으로써, 저전력으로도 빛에 대한 빠른 응답성을 가질 수 있게 된다.
- [0026] 둘째, 코팅층에 의해 기공의 지름을 줄어더라도 기공을 통한 전류 특성이 변형되지 않음에 따라, 안정적이면서도 정확한 전류 측정이 가능하다.
- [0027] 셋째, 습도에 민감하지 않고 실온에서도 빠른 광 활성 효율을 기대할 수 있어, 다양한 분야에서 광센서로써 적용 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 광 활성 이온채널장치를 개략적으로 도시한 사시도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 일 실시예에 의한 광 활성 이온채널장치를 개략적으로 분해 도시한 분해 사시도이다.
- 도 3은 도 1에 도시된 멤브레인부를 제조하기 위한 제조방법을 순차적으로 개략적으로 도시한 도면들이다.
- 도 4는 도 1에 도시된 일 실시예에 의한 광 활성 이온채널장치의 빛의 파장에 따른 전류 변화를 개략적으로 도

시한 도면이다.

도 5는 도 1에 도시된 일 실시예에 의한 광 활성 이온채널장치의 빛 유무에 따른 분자의 부피 수축 및 팽창을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 6은 아조(AZO), PDDA 및 아조-PDDA의 파동수에 따른 투과율을 개략적으로 비교한 그래프이다.

도 7은 아조(AZO), PDDA 및 아조-PDDA의 파장에 따른 흡광율을 개략적으로 비교한 그래프이다.

도 8은 도 1에 도시된 일 실시예에 의한 광 활성 이온채널장치의 빛의 유무에 따른 수축 및 팽창 상태를 개략적으로 도시한 도면들이다.

도 9는 도 1에 도시된 멤브레인부의 기공 지름과 전류의 관계를 설명하기 위한 그래프들이다.

도 10은 주사전자현미경으로 도 1에 도시된 멤브레인부의 표면을 촬영하여 종래와 비교한 이미지들이다.

도 11은 도 1에 도시된 광 활성 이온채널장치의 동적인 빛 응답을 설명하기 위한 그래프들이다.

도 12는 도 1에 도시된 광 활성 이온채널장치의 파장에 따른 전류 변화를 비교한 그래프들이다.

도 13은 도 1에 도시된 광 활성 이온채널장치의 전류-전압 특성을 나타내는 그래프들이다.

도 14는 종래와 본 발명에 의한 멤브레인부의 빛의 유무에 따른 전압 변화를 비교한 그래프들이다.

도 15는 도 1에 도시된 광 활성 이온채널장치가 연료 감응형 태양 전지에 적용된 상태에서의 전류를 비교한 그래프이다. 그리고,

도 16은 도 1에 도시된 광 활성 이온채널장치의 동작 상태를 설명하기 위해 기공의 상태를 개략적으로 도시한 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 본 발명의 바람직한 일 실시예를 첨부된 도면을 참고하여 설명한다. 다만, 본 발명의 사상이 그와 같은 실시예에 제한되지 않고, 본 발명의 사상은 실시예를 이루는 구성요소의 부가, 변경 및 삭제 등에 의해서 다르게 제안될 수 있을 것이나, 이 또한 발명의 사상에 포함되는 것이다.
- [0030] 도 1 및 도 2를 참고하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 광 활성 이온채널장치(1)는 제1지지부(10), 제2지지부(20), 멤브레인부(30) 및 전원부(40)를 포함한다.
- [0031] 제1지지부(10)는 제1전해질(12)을 지지한다. 이러한 제1지지부(10)는 제1전해질(12)이 저장되는 제1저장체(11)와 제1저장체(11)를 지지시키는 제1지지체(13)를 포함한다.
- [0032] 제1저장체(11)는 이온성 액체가 저장되며, 제1 및 제2지지부(10)(20)의 적층 방향으로 관통되어 제1전해질(12)이 수용되는 제1저장홀(12a)이 관통 형성된다. 이러한 제1저장체(11)는 두께를 가지는 플레이트 형상을 가지며, 실리콘계 필름, 도전성 카본 필름 중 어느 하나일 수 있다. 보다 구체적으로, 제1저장체(11)는 투명하고 분자 필름일 수 있으며, 대략 수 μm 내지 수백 μm 의 두께를 가질 수 있다.
- [0033] 제1저장홀(12a)에 수용되는 제1전해질(12)은 전도성을 지니는 일반 액상, 졸-겔상 또는 고체상의 재료 중 어느 하나를 포함할 수 있으며, 본 실시예에서는 비수용성 전해질을 포함하는 액상인 것으로 예시한다.
- [0034] 제1지지체(13)는 제1저장체(11)를 사이에 두고 후술할 멤브레인부(30)와 마주하도록 적층되어, 멤브레인부(30)에 대해 제1저장체(11)를 지지시킨다. 여기서, 제1지지체(13)는 제1저장체(11)의 하면에 적층되는 폴리머 필름을 포함하여, 제1저장체(11)의 제1저장홀(12a)에 수용된 제1전해질(12)을 밀폐시켜 안정적인 지지를 도모한다.
- [0035] 이때, 제1저장체(11)의 상면은 후술할 멤브레인부(30)가 적층됨으로써, 제1저장홀(12a)에 수용된 제1전해질(12)이 밀폐될 수 있게 된다. 즉, 제1저장체(11)가 하부는 제1지지체(13)에 의해 커버되고 상부는 멤브레인부(30)에 의해 커버됨으로써, 제1저장홀(12a)에 수용된 제1전해질(12)이 보호될 수 있는 것이다.
- [0036] 제2지지부(20)는 제1지지부(10)의 상부에 적층되며, 제2전해질(22)을 지지한다. 이러한 제2지지부(20)는 이온성 액체가 저장되며 제2전해질(22)이 수용되는 제2저장체(21)와, 제2저장체(21)를 지지하는 제2지지체(23)를 포

함한다.

- [0037] 제2저장체(21)는 제2전해질(22)이 수용되기 위한 제2저장홀(22a)이 제1 및 제2지지부(10)(20)의 적층 방향으로 관통되어 형성된다. 이러한 제2저장체(21)는 멤브레인부(30)를 사이에 두고 제1지지부(10)의 상부에 적층된다. 이때, 제2저장체(21)에 저장된 제2전해질(22)은 제1지지부(10)의 제1전해질(12)과 마주한다.
- [0038] 제2지지체(23)는 제2저장체(21)를 사이에 두고 멤브레인부(30)와 마주하도록 적층되어, 멤브레인부(30)에 대해 제2저장체(21)를 지지시킨다. 이러한 제2지지체(23)는 제1지지체(13)와 마찬가지로 폴리머 필름을 포함하여 제2저장홀(22a)에 수용된 제2전해질(22)을 밀폐시켜 안정적으로 지지시킬 수 있다.
- [0039] 이러한 제2저장체(21)와 제2지지체(23)를 포함하는 제2지지부(20)의 구성은 상술한 제1지지부(10)의 구성과 유사하므로, 자세한 설명은 생략한다.
- [0040] 멤브레인부(30)는 제1 및 제2지지부(10)(20)의 사이에 마련되며, 이온(ion)이 통과 가능한 복수의 기공(stomata)(31)이 형성된다. 이러한 멤브레인부(30)는 폴리 카보네이트 트랙 에치드(Poly Carbonate Track Etched: PCTE)를 포함할 수 있다. 또한, 멤브레인부(30)에 관통 형성되는 복수의 기공(31)의 지름은 10 nm 내지 1 μ m일 수 있으며, 멤브레인부(30)의 두께는 대략 6 μ m 내지 11 μ m일 수 있다.
- [0041] 한편, 멤브레인부(30)는 도 2의 도시와 같이, 빛에 의해 유도 가능한 아조(AZO)계 폴리머로 형성된 코팅액에 의해 코팅된 코팅층(32)이 마련된다. 이때, 코팅층(32)은 멤브레인부(30)와 제2지지부(20)의 사이 즉, 멤브레인부(30)의 상면에 마련되는 것으로 도시 및 예시한다. 그러나, 코팅층(32)의 위치는 도시된 예로만 한정되지 않으며 제1지지부(10)와의 사이인 멤브레인부(30)의 하면에도 아조계 폴리머에 의해 코팅될 수도 있음은 당연하다.
- [0042] 참고로, 본 실시예에서는 코팅층(32)을 형성하는 아조계 폴리머는 4-아미노(amino)-1, 1'-아조벤젠(azobenzene)-3 및 4'-디술포산 일나트륨 염(disulfonic acid monosodium salt)을 포함하는 아조(AZO)와 PDDA(Poly diallyldimethylammonium chloride)가 혼합된 복합 재료(이하, 아조-PDDA로 지칭함)를 포함하는 것으로 예시한다. 여기서, 아조는 탈이온수에 용해되어 탈이온수에 교반된 PDDA 용액에 천천히 첨가됨으로써 아조-PDDA로 마련될 수 있다.
- [0043] 이때, 아조와 PDDA는 대략 1:3, 1:4.4 내지 1:5의 중량비로 혼합될 수 있으며, 본 실시예에서는 1:4.4의 중량비로 혼합된 것으로 예시한다. 또한, 혼합된 아조-PDDA 용액에 존재하는 NaCl은 투석을 통해 제거될 수 있으며, 대략 80℃의 온도로 가열함으로써 대략 10%의 부피로 농축되어 제공됨이 좋다.
- [0044] 이상과 같은 코팅층(32)이 마련된 멤브레인부(30)는 외부 자극인 빛에 의해 트리거(trigger) 가능한 수용기(receptor)로써 기능을 가질 수 있다.
- [0045] 전원부(40)는 제1 및 제2지지부(10)(20)에 저장된 제1 및 제2전해질(12)(22) 사이에 전압을 인가한다. 전원부(40)는 외부로부터 조사되는 빛에 의해 제1 및 제2전해질(12)(22)이 멤브레인부(30)의 복수의 기공(31)을 통해 투과하여 이동함에 따라, 전원부(40)를 통하는 전류 측정이 가능하다. 이때, 전원부(40)를 통하는 전류의 측정은 전류계(41)를 통해 가능하며, 전류는 빛의 조사에 따라 선형적 또는 비선형적으로 변형될 수 있다. 여기서, 전원부(40)는 제1 및 제2전해질(12)(22)에 전압을 인가하기 위해 제1 및 제2전해질(12)(22)과 각각 연결되는 제1 및 제2전극(42)(43)을 구비한다.
- [0046]
- [0047] 이상과 같은 본 발명의 일 실시예에 의한 광 활성 이온채널장치(1)의 제조방법을 도 2를 참고하여 하기와 같이 설명한다.
- [0048] 우선, 제1저장홀(12a)이 관통 형성되어 제1전해질(12)이 저장된 제1저장체(11)를 제1지지체(13)에 적층시켜 제1지지부(10)를 마련한다. 그 후, 제1저장체(11)의 상부에 멤브레인부(30)를 적층시킨다. 이때, 멤브레인부(30)에는 복수의 기공(31)이 관통 형성되며, 코팅층(32)이 코팅되어 마련된다. 이러한 멤브레인부(30)의 제조단계는 도 3을 참고하여 보다 자세히 후술한다.
- [0049] 멤브레인부(30)가 제1지지부(10)에 적층되면, 제2지지부(20)의 제2저장체(21)가 제2전해질(22)을 저장한 상태로 멤브레인부(30)의 상부에 적층된다. 멤브레인부(30)에 적층된 제2저장체(21)의 상부에는 제2지지체(23)가 적층됨으로써, 제2저장체(21)에 수납된 제2전해질(22)이 격리되어 지지된다. 또한, 제1 및 제2전해질(12)(22)은 멤브레인부(30)를 사이에 두고 상호 마주하도록 위치하게 된다.

- [0050] 참고로, 상기 제1지지부(10), 멤브레인부(30) 및 제2지지부(20)가 순차적으로 적층됨에 있어, 접착제가 사용될 수도 있다.
- [0051] 도 3을 참고하여, 멤브레인부(30)의 제조방법을 설명한다.
- [0052] 도 3의 (a)와 같이, 중심영역에 홀(H)이 관통 형성된 테프론(Teflon) 구조물(S)에 멤브레인부(30)가 놓여진 후, 도 3의 (b)와 같이 홀(H)을 구비하는 또 다른 테프론 구조물(S)이 적층된다. 즉, 한 쌍의 테프론 구조물(S)의 사이에 멤브레인부(30)를 위치시킴으로써, 멤브레인부(30)를 안정적으로 지지한다. 여기서, 테프론 구조물(S)의 홀(H) 위치는 제1 및 제2전해질(12)(22)의 위치와 마주하는 위치일 수 있다.
- [0053] 그 후, 도 3의 (c)와 같이, 아조계 폴리머로 형성된 코팅액(S)이 테프론 구조물(S)의 홀(H)을 통해 멤브레인부(30)로 공급하며, 공급된 코팅액(C)은 도 3의 (d)와 같이 부드러운 브러쉬(B)에 의해 멤브레인부(30)에 골고루 도포되어 코팅되게 된다. 이때, 브러쉬(B)는 테프론 구조물(S)의 홀(H)을 통해 진입함으로써, 홀(H)에 대응되는 영역만큼 멤브레인부(30)에 코팅액(C)이 도포되게 된다.
- [0054] 브러쉬(B)에 의해 멤브레인부(30)에 골고루 도포된 후, 코팅된 코팅액(C)은 건조된다. 건조된 코팅액(C)에 도 3의 (e)와 같이 또 다시 코팅액(C)이 공급된다. 재 공급된 코팅액(C)은 도 3의 (f)와 같이 브러쉬(B)에 의해 골고루 도포된 후, 건조된다. 이렇게 2단계로 코팅공정이 진행된 멤브레인부(30)는 도 3의 (g)와 같이 동결 건조기(D)를 통해 대략 6시간 가량 동결 건조(Freeze drying)되어, 도 3의 (h)와 같이 코팅층(32)이 형성된 멤브레인부(30)로 최종 제조되게 된다.
- [0055] 참고로, 도 3의 도시에서는 코팅공정이 2회 이루어지는 것으로 도시 및 예시하나, 꼭 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 코팅 조건에 따라 1회 또는 3회 이상으로 코팅액(C)이 멤브레인부(30)에 도포되어 코팅층(32)을 형성할 수도 있음은 당연하다.
- [0056] 상기와 같이 아조계 폴리머에 의해 코팅층(32)이 형성된 멤브레인부(30)는 도 4의 도시와 같이, 빛의 파장에 따라 전류(Current)가 변화한다. 이러한 빛의 파장에 따른 전류 변화는 도 5와 같은 멤브레인부(30)의 코팅층(32)의 변화를 야기한다. 즉, 도 5와 같이, 광 활성 이온채널장치(1)에 350 μ m 파장대의 빛이 조사되면 아조계 폴리머로 형성된 코팅층(32) 분자의 부피 수축(Cis-AZO)이 야기되며, 반대로 빛이 제거되면 수축된 분자의 부피가 다시 팽창(Trans-AZO)되게 된다.
- [0057] 도 6은 아조(AZO), PDDA 및 아조-PDDA의 파동수에 따른 투과율을 비교한 그래프이고, 도 7은 아조(AZO), PDDA 및 아조-PDDA의 파장에 따른 흡광율을 비교한 그래프이다.
- [0058] 도 6과 같이, 코팅층(32)을 형성하는 아조계 폴리머인 아조-PDDA 복합 물질은 아조와 PDDA의 정전 상호작용에 의해 아조와 PDDA의 피크(peak) 특성을 가진다. 또한, 도 7과 같이, 360 내지 600nm 파장대의 자외선(UV)이 PDDA, 아조 및 아조-PDDA에 조사될 경우, 아조-PDDA는 아조와 마찬가지로 360 내지 450nm에서 피크(Peak)를 보임이 확인된다. 이러한 아조-PDDA의 특성으로 인해, 멤브레인부(30)의 기공(31) 지름 변화가 빛에 의해 조절될 수 있게 된다.
- [0059] 보다 구체적으로, 도 8의 도시와 같이, 대략 365nm 파장의 빛이 본 실시예에 의한 코팅층(32)을 구비하는 멤브레인부(30)에 조사되면, 시간의 흐름에 따라 점차 수축됨을 확인할 수 있다. 아울러, 빛이 제거되면, 코팅층(32)을 구비하는 멤브레인부(30)가 점차 부피 팽창되어 초기 상태로 원복된다.
- [0060] 도 9를 참고하면, 멤브레인부(30)의 기공(31)의 지름 변화에 따른 전류 변화를 개략적으로 도시한 그래프이다.
- [0061] 도 9의 (a)는 10nm, 50nm, 100nm, 600nm 및 1 μ m의 지름을 가지는 다양한 기공(31)에 42 mW/cm²의 강도를 가지는 365nm의 파장의 자외선(UV)이 조사되었을 경우, 시간에 따른 상대 전류 변화를 나타낸다. 도 9의 (b)는 빛이 조사됨에 따른 기공(31)의 지름에 따른 시간에 따른 응답율을 비교한 그래프로써, 좌측은 초기 응답율이며 우측은 최종 응답율을 지칭한다. 도 9의 (b)와 같이, 빛이 조사됨에 즉각적으로 반응하여, 좌측의 R영역에서 기공(31)의 지름이 상대적으로 좁음을 알 수 있다.
- [0062] 참고로, 도 9의 (b)에 코팅층(32)이 마련된 멤브레인부(30)를 두께방향으로 절단하여 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 이미지가 함께 도시된다. 도 9의 (b)에 도시된 이미지와 같이 기공(31)이 코팅층(32)이 형성되더라도 기공(31)의 막힘이 없음을 확인할 수 있다.

- [0063] 도 9의 (c)는 조사되는 365nm의 파장을 가지는 자외선(UV)의 강도(intensity)에 따른 전류의 변화가 그래프로 도시되며, 도 9의 (d)는 빛의 강도에 따른 시간에 따른 응답을 변화를 비교한 그래프가 도시된다. 도 9의 (c)에서는 빛의 강도가 증가함에 따라 전류도 증가됨을 확인할 수 있으며, 이때 전류의 변화는 정적 형태와 유사하며, 코세는 광보다 높은 강도로 매우 안정된 형태임을 알 수 있다. 도 9의 (d)의 그래프는 초기 응답율이 빛의 강도 증가에 따라 개선됨을 나타낸다.
- [0064] 도 9의 (d)에는 코팅층(32)이 마련된 멤브레인부(30)를 표면을 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 이미지가 함께 도시된다. 이때, 촬영된 멤브레인부(30)의 기공(31)의 지름은 대략 100nm이며, 코팅층(32)에 의해 코팅된 이후의 기공 직공은 대략 80nm일 수 있다.
- [0065] 도 10을 참고하면, 주사전자현미경(SEM)으로 멤브레인부(30)의 표면을 촬영한 이미지들이 도시된다. 도 10의 (a) 및 (b)는 100nm 이하의 기공 지름을 가지는 종래의 멤브레인부 즉, 코팅층(32)을 구비하지 않은 멤브레인부의 상면과 하면을 각각 촬영한 이미지들이다. 또한, 도 10의 (c) 및 (d)는 본 발명에 의한 코팅층(32)을 구비하는 멤브레인부(30)의 상면과 하면을 각각 촬영한 이미지이다.
- [0066] 도 10의 (a) 및 (b)는 종래의 멤브레인부가 코팅층을 구비하지 않음으로써 상면과 하면에서 촬영한 기공의 지름이 상호 유사하다. 반면에, 도 10의 (c)의 (d)와 같이 코팅층(32)이 마련된 멤브레인부(30)의 상면과 하면에서 촬영된 기공(31)의 지름은 상호 차이를 가진다.
- [0067] 구체적으로, 코팅층(32)이 마련된 멤브레인부(30)의 상면은 대략 25nm 이하의 기공(31) 지름을 가지는 반면에, 코팅층(32)이 마련되지 않은 멤브레인부(30)의 하면은 대략 100nm 이하의 기공(31) 지름을 가진다. 즉, 코팅층(32)에 의해 멤브레인부(30)의 상면에서 하면으로 갈수록 기공(31)의 지름이 점차 넓어지는 대략 원뿔 형상을 가진다.
- [0068] 도 11은 본 발명에 의한 광 활성 이온채널장치(1)의 동적인 빛 응답을 설명하기 위한 그래프들이다. 도 11의 (a)는 80nm, 68nm, 50nm, 38nm 및 25nm의 기공(31) 지름을 가지는 코팅층(32)이 마련된 멤브레인부(30)에 대략 365nm 파장의 빛이 조사되었을 경우의 전류 변화를 비교한 그래프들이다. 도 11의 (a)를 참고하면, 코팅층(32)으로 인해 기공(31)의 지름이 감소됨으로써, 빛에 대한 활성도 및 특성도 감소됨을 알 수 있다. 이러한 코팅층(32)으로 인한 기공(31)의 지름 감소는 멤브레인부(30)를 통한 이온의 투과성을 저하시켜 전류를 감소시키게 된다. 이에 따라, 코팅층(32)의 두께 조절을 통해 기공(31)의 지름을 조절하여, 다양한 조건의 멤브레인부(30)를 제공할 수도 있게 된다.
- [0069] 도 11의 (b)는 종횡비(aspect ratio)에 따른 전류 변화를 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 이미지들과 함께 도시한 그래프이다. 또한, 도 11의 (c)는 0.1V 내지 0.9V의 바이어스(Bias)에서 광 활성 이온채널장치(1)의 전류를 도시한 그래프로써, 0.5V 단위로 반복 테스트한 결과를 도시한다. 도 11의 (c) 그래프를 참고하면, 코팅층(32)을 구비하는 멤브레인부(30)의 안정적이면서도 다양한 형태의 전류 변화를 확인할 수 있다.
- [0070] 또한, 도 12의 (a)는 3개의 파장(365nm, 450nm 및 560nm)에 의한 광 활성 이온채널장치(1)의 선택적인 전류 변화를 도시한 그래프이다. 도 12의 (b)는 $30 \sim 150 \text{ mW/cm}^2$ 의 강도를 가지는 크세논(xenon) 빛의 10 ~ 50%에서의 광 활성 이온채널장치(1)의 선택적인 전류 변화를 도시한 그래프이다.
- [0071] 도 12의 (a)의 그래프를 참고하면, 365nm에서 가장 높은 전류가 관측되었으며, 450nm에서 전류가 낮아지나 560nm에서는 전류의 변화가 없음을 확인할 수 있다. 도 12의 (b)의 그래프에서도 빛의 강도에 전류도 비례함을 알 수 있다.
- [0072] 도 13의 (a) 및 (b)는 전류-전압 특성을 나타내는 그래프로써, 도 13의 (a)는 키슬리(Keithley) 2400 소스미터를 포함하는 전류계로 측정된 값이며, 도 13의 (b)는 0V 내지 1V 범위의 전위 가변기(potentiostat)로 측정된 값이다. 도 13과 같이, 태양 전지의 전형적인 광전 곡선은 관찰되지 않음을 알 수 있다.
- [0073] 도 14의 빛의 유무(on/off)에 따른 전압 변화를 비교한 그래프이다. 여기서, 도 14의 (a)는 코팅층(32)을 구비하지 않는 종래의 멤브레인부의 빛 유무에 따른 전압 변화를 나타낸 그래프이고, 도 14의 (b)는 코팅층(32)이 마련된 본 발명에 의한 멤브레인부(30)의 빛 유무에 따른 전압 변화를 나타낸 그래프이다. 도 14의 (a) 및 (b)의 비교와 같이, 코팅층(32)의 유무에 상관 없이 전압 변화는 상호 유사함을 알 수 있다.
- [0074] 도 15의 (a)에는 본 발명에 의한 광 활성 이온채널장치(1)가 연료 감응형 태양 전지에 적용된 일 예가 도시된다. 도 15의 (a)에서와 같이 멤브레인부(30)의 양측에 제1 및 제2지지부(10)(20)가 마련되며, 제1 및 제2지지부(10)(20)의 외측에는 태양 전지와 유사한 ITO와 Al 전극을 인가하여 전류계(41)로 측정한 결과값이 도

15의 (b) 및 (c)에 도시된다. 여기서, 도 15의 (b)는 코팅층(32)을 구비하지 않는 종래의 멤브레인부를 구비하는 경우의 전류 측정값이며, 도 15의 (c)는 코팅층(32)을 구비하는 본 발명에 의한 멤브레인부(30)를 구비하는 경우의 전류 측정값이다.

[0075] 도 15의 (b) 및 (c)의 그래프를 상호 비교해보면, 빛의 유무에 따른 전류 변화가 상호 유사함을 알 수 있음에 따라, 코팅층(32)을 구비하여도 전류 변화에 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있다.

[0076]

[0077] 도 16은 본 발명에 의한 광 활성 이온채널장치(1)의 동작 상태를 개략적으로 도시한 도면들이다.

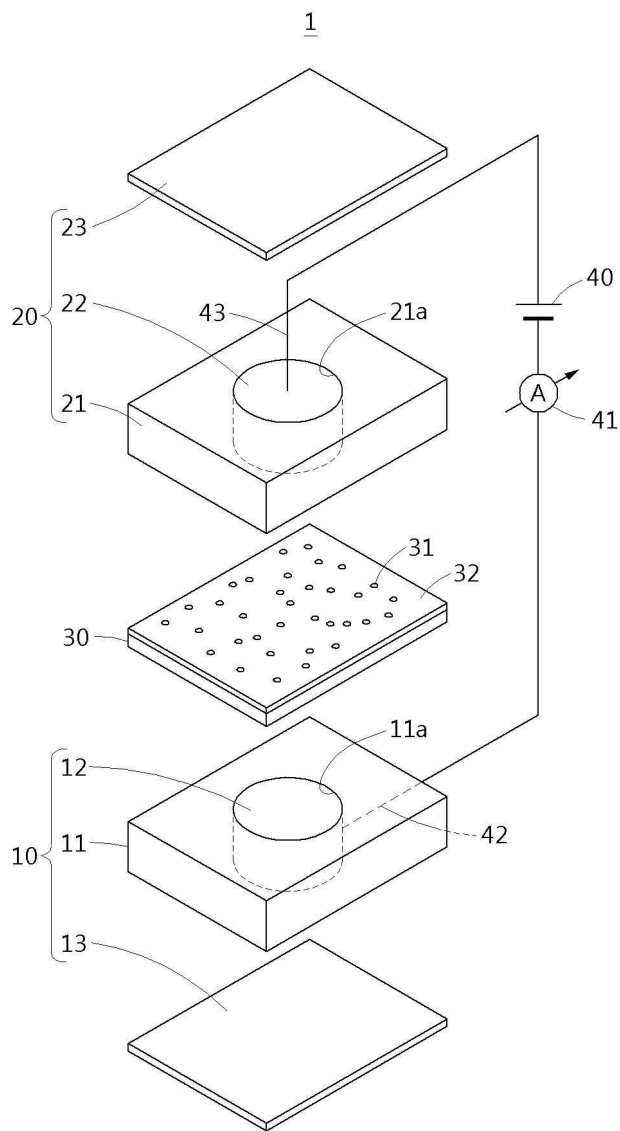
[0078] 도 16의 (a)와 같은 상태를 가지는 기공(31)은 빛 즉, 자외선이 조사되면, 도 16의 (b) 및 (c)와 같이 기공(31)의 지름이 팽창된다. 이 후, 빛의 조사가 차단되면, 도 16의 (d)와 같이 기공(31)의 지름이 다시 수축하게 된다. 이러한 빛의 유무에 따라 기공(31)의 지름이 팽창 또는 수축됨으로써, 기공(31)을 통해 투과되는 제1 및 제2전해질(12)(22) 사이의 이온으로 인해 측정되는 전류로 빛에 따른 전류 변화를 측정할 수 있게 된다. 그로 인해, 광 활성 이온채널장치(1)가 실온에서도 저전력으로도 신속 및 정확하게 동작할 수 있게 된다.

[0079] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

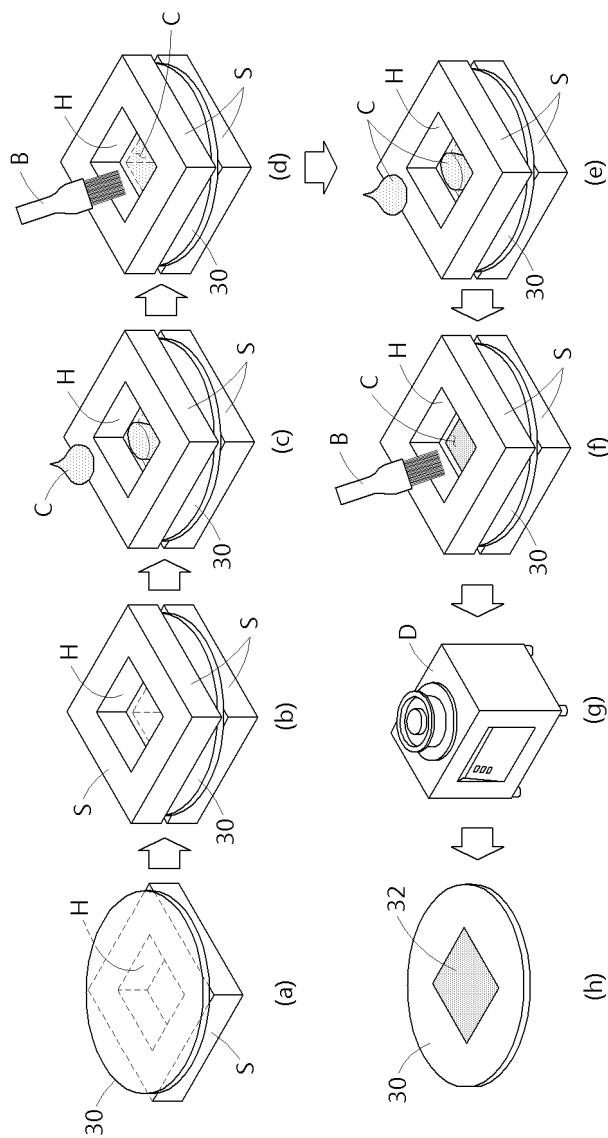
부호의 설명

[0080]	1: 광 활성 이온채널장치	10: 제1지지부
	11: 제1저장체	12: 제1전해질
	13: 제1지지체	20: 제2지지부
	21: 제2저장체	22: 제2전해질
	23: 제2지지체	30: 멤브레인부
	31: 기공	32: 코팅층
	40: 전원부	

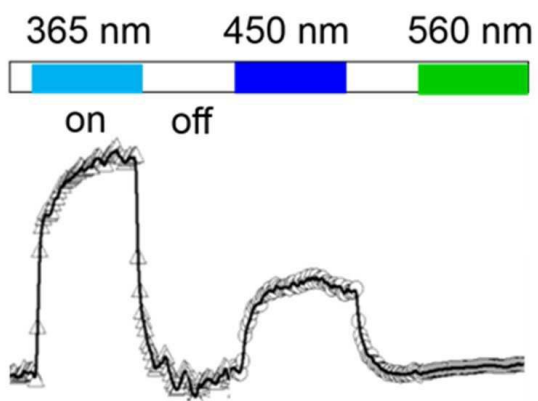
도면2



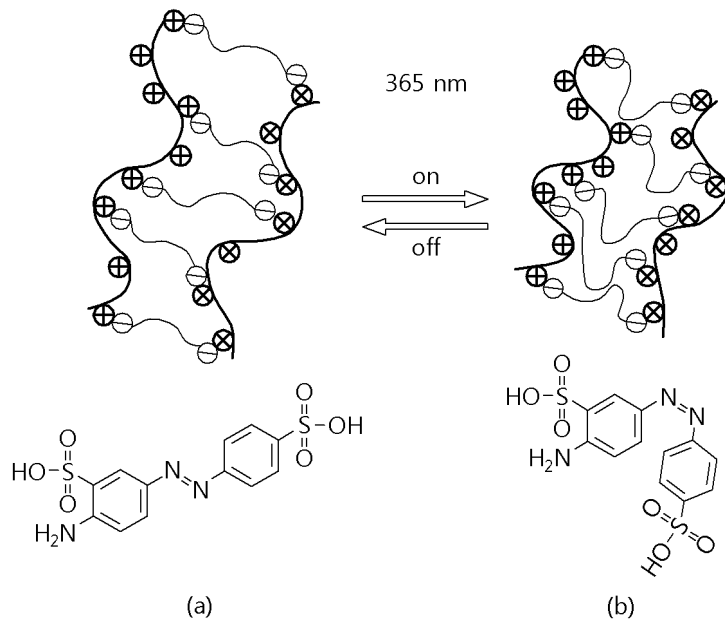
도면3



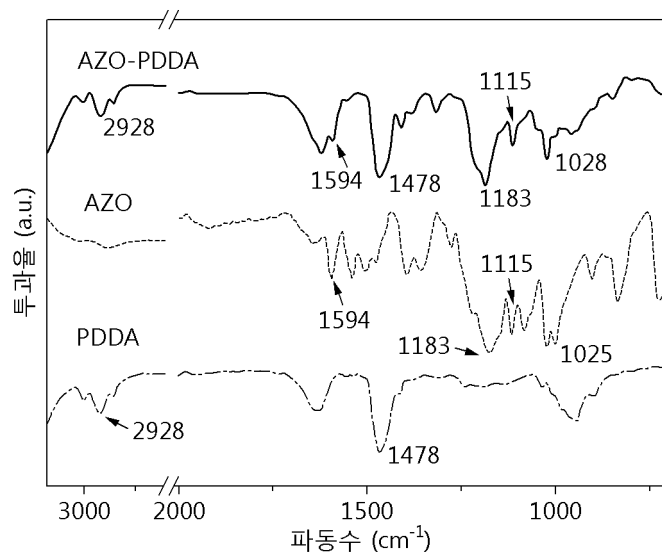
도면4



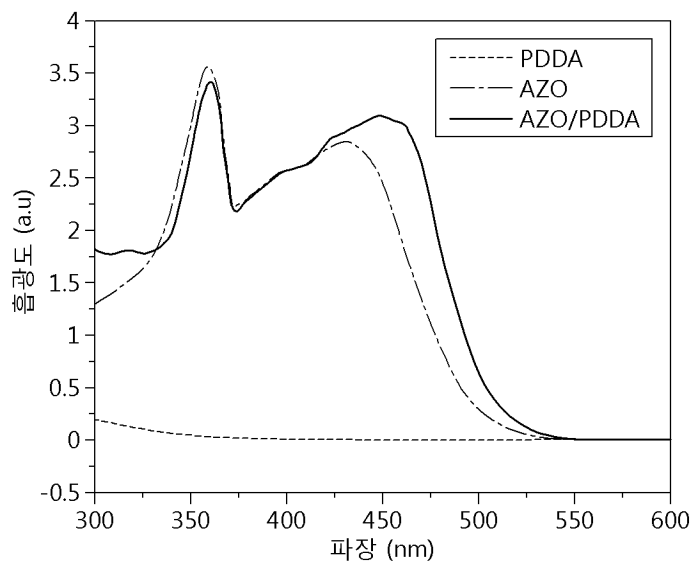
도면5



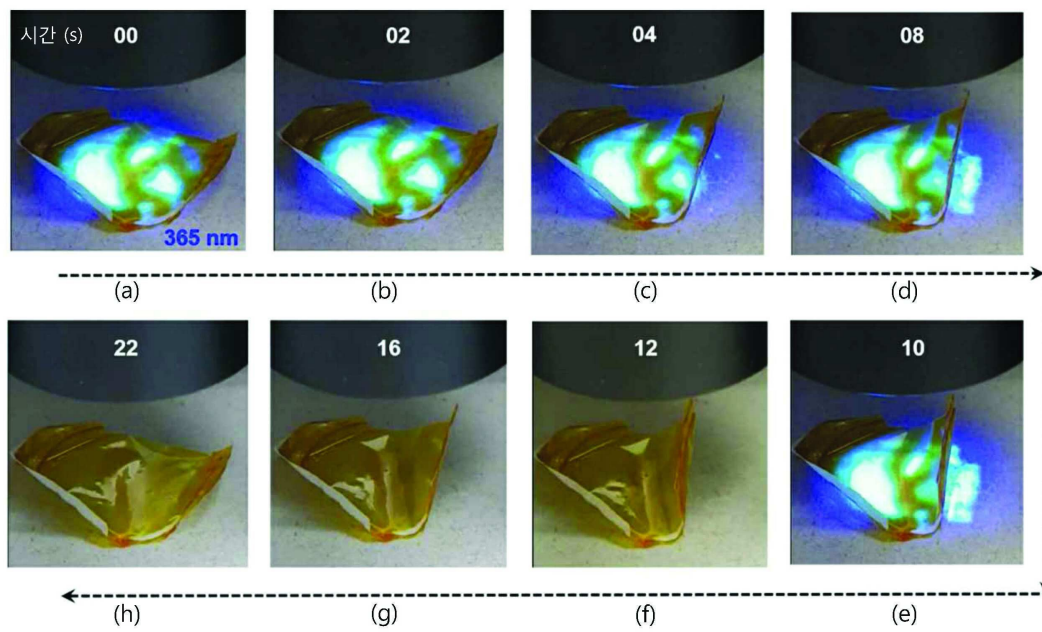
도면6



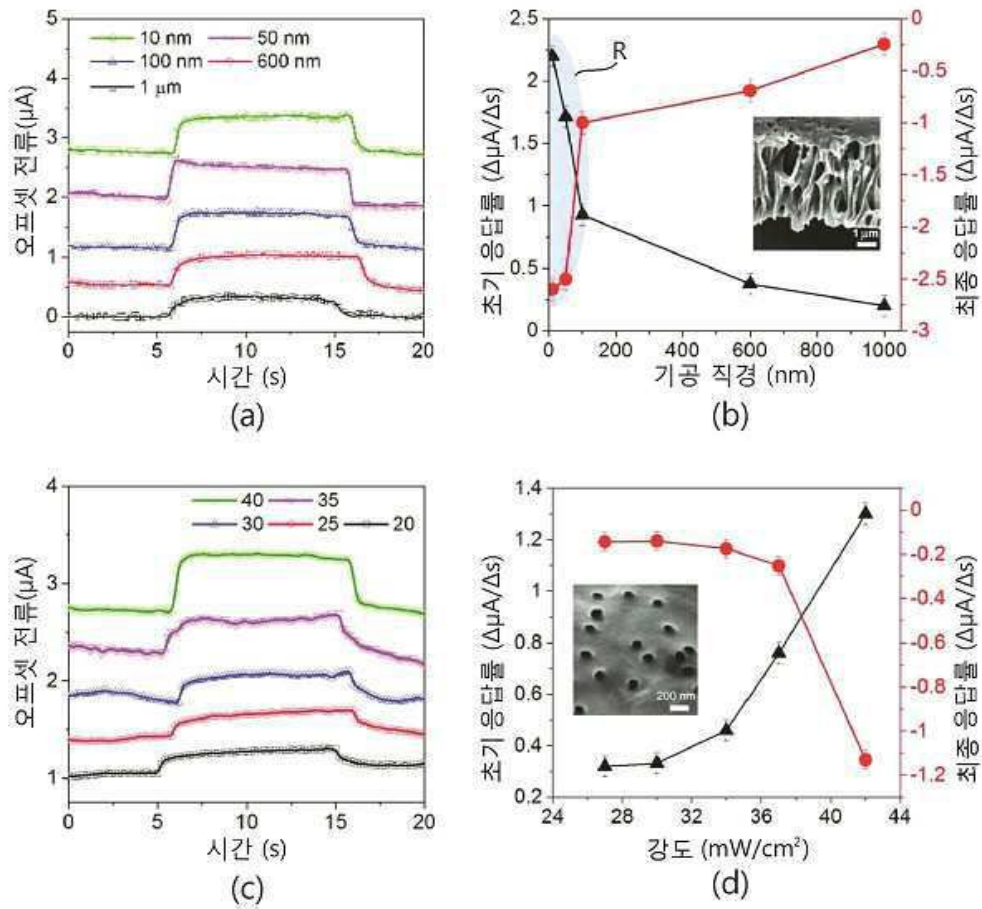
도면7



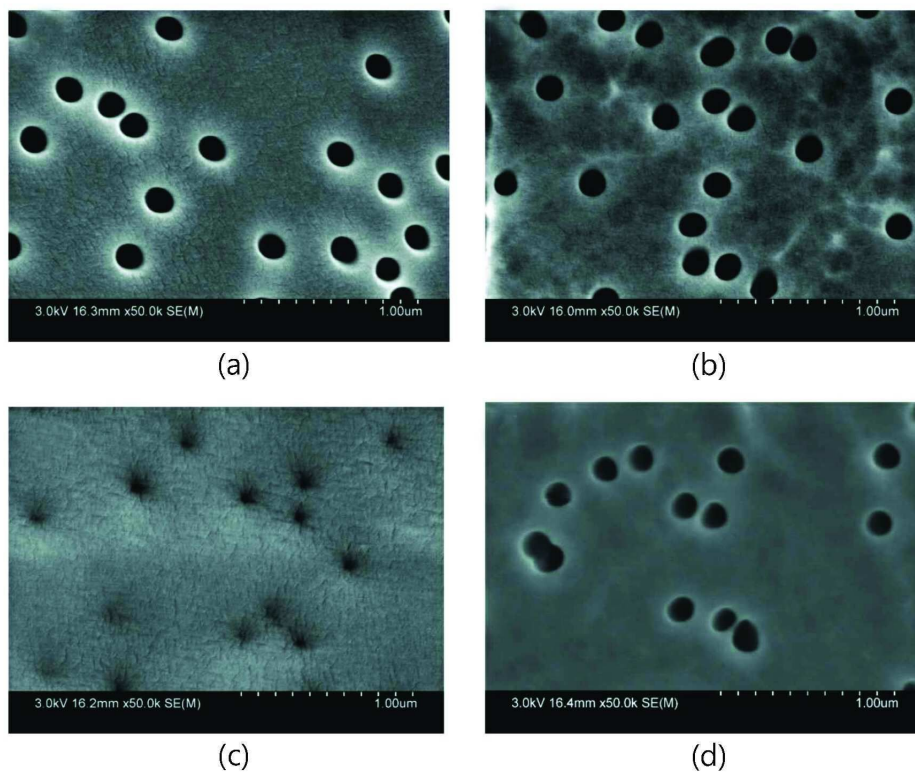
도면8



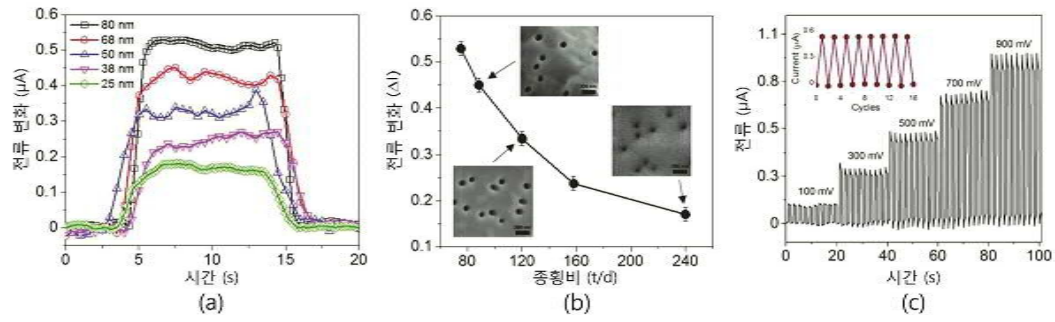
도면9



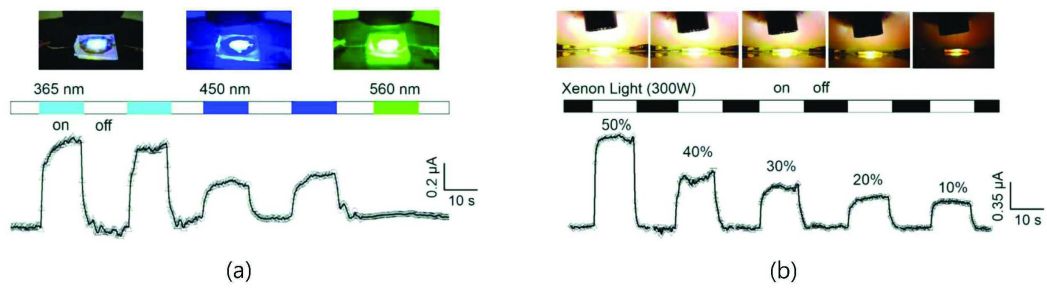
도면10



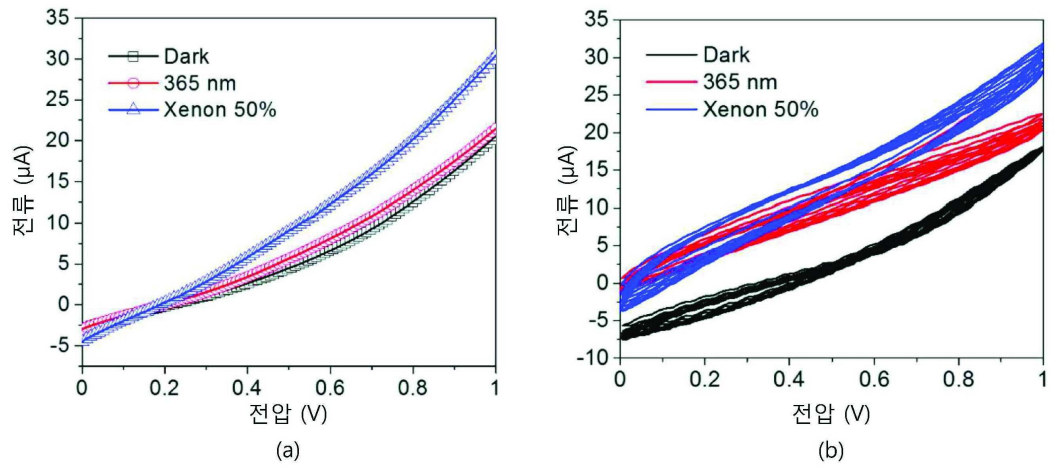
도면11



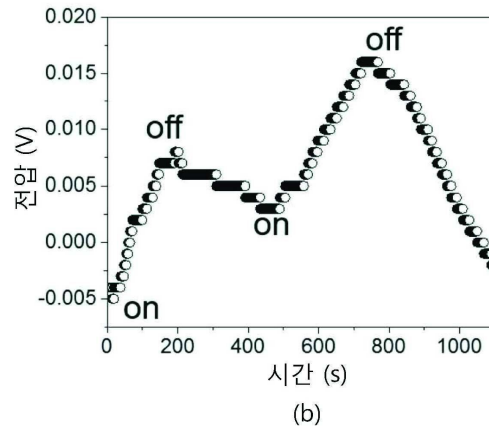
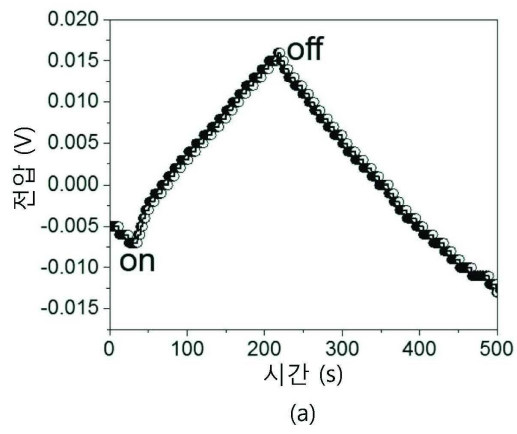
도면12



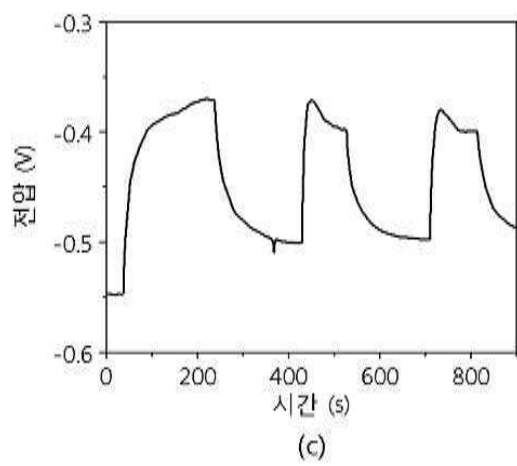
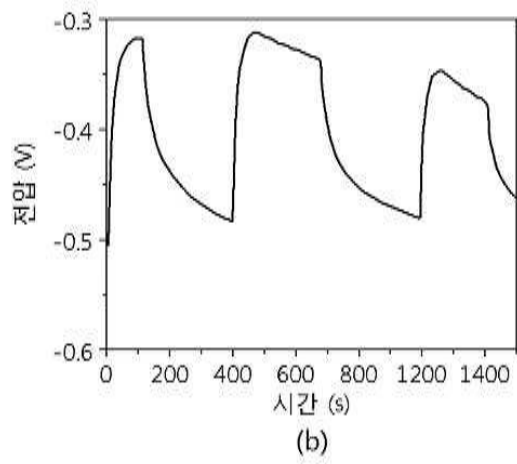
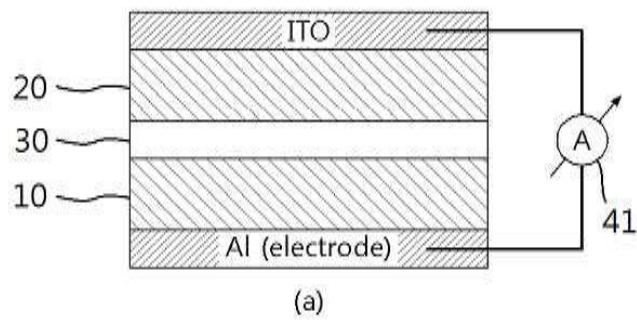
도면13



도면14



도면15



도면16

