(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0064549
(43) 공개일자 2022년05월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0224 (2006.01) *H01L 31/18* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/022425 (2013.01)
H01L 31/18 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2020-0150722
(22) 출원일자 2020년11월12일
심사청구일자 2020년11월12일

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
송명관
울산광역시 울주군 언양읍 동부4길 1 (언양창조아파트)
최진우
서울특별시 성북구 아리랑로19가길 20
(74) 대리인
특허법인이지

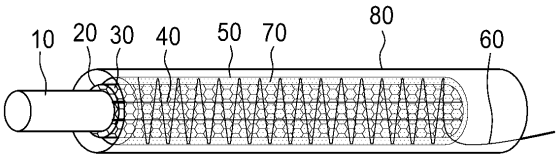
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **고체 전해질을 포함하는 섬유형 전지 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 리튬비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드(LiTFSI) 및 카보네이트계 용매를 포함하며, 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 고체 필름형인 제1 전해질층을 포함하는, 섬유형 전지, 이를 이용하는 섬유형 태양전지, 및 섬유형 태양전지의 제조방법에 관한 것이다. 상기 구성에 의하면, 광전효율이 높고 누수 우려가 없고 디바이스 안정성을 구비하고, 디자인 다양성을 추구할 수 있는 이점이 있다.

대 표 도 - 도1a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711120151
과제번호	PNK6670
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	국가과학기술연구회
연구사업명	재료연구소 운영비지원사업
연구과제명	유무기 화합물 기반 저차원 태양전지 소재 및 소자 개발(3/5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

리튬비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드(LiTFSI) 및 카보네이트계 용매를 포함하며, 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 고체 필름형인 제1 전해질층을 포함하는, 섬유형 전지.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 LiTFSI는 제1 전해질층 전체 중량에 대해 60 중량% 이상으로 포함하는, 섬유형 전지.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 카보네이트계 용매는 디메틸 카보네이트(DMC), 디에틸 카보네이트(DEC), 디프로필 카보네이트(DPC), 메틸프로필 카보네이트(MPC), 에틸프로필 카보네이트(EPC), 메틸에틸 카보네이트(MEC), 에틸렌 카보네이트(EC), 프로필렌 카보네이트(PC), 및 부틸렌 카보네이트(BC)에서 선택되는 1종 이상인, 섬유형 전지.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 전해질층은 점도가 25℃에서 500 내지 800 cP인, 섬유형 전지.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 전해질층 상에 형성된 4- 히드록시-2,2,6,6-테트라메틸피페리딘 -1-옥실(4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl, TEMPOL) 유도체를 포함하는 제2 전해질층을 더 포함하는, 섬유형 전지.

청구항 6

제5항에 있어서,

TEMPOL 유도체는 TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)인, 섬유형 전지.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 전해질층의 전도도는 1×10^{-3} S/cm 이상인, 섬유형 전지.

청구항 8

제1항에 있어서,

섬유형 내부 코어;

상기 섬유형 내부 코어의 표면에 형성된 광도전층;

상기 광도전층의 표면에 형성된 광전물질층;

상기 광전물질층의 표면에 형성된 상기 고체 필름형 제1 전해질층; 및

상기 고체 필름형 제1 전해질층의 표면에 형성된 전극층;을 포함하고, 태양전지인, 섬유형 전지.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 광전물질층 및 고체전해질층 사이에 형성되는 염료층을 더 포함하고, 연료감응형 태양전지인, 섬유형 전지.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 전극층 상에 제2 전해질층을 더 포함하는, 섬유형 전지.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제2 전해질층 상에 보호층을 더 포함하는 연료감응형 태양전지인, 섬유형 전지.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 기재된 섬유형 전지를 포함하는, 물품.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 물품은, 의류 또는 휴대용 전지인, 물품.

청구항 14

1) 섬유형 내부 코어를 준비하는 단계;

2) 상기 섬유형 내부 코어의 표면에 광도전층을 형성하는 단계;

3) 상기 광도전층의 표면에 광전물질층을 형성하는 단계;

4) 상기 광전물질층의 표면에 고체 필름형 제1 전해질층을 형성하는 단계; 및

5) 상기 고체 필름형 제1 전해질층의 표면에 전극층을 형성하는 단계;를 포함하고,

제1 전해질층은 LiTFSI를 카보네이트계 용매에 용해한 후 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 필름형으로 제조된 것인, 섬유형 태양전지 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

단계 4)에서 상기 제1 전해질층은 LiTFSI가 전체 중량에 대해 60 중량% 이상으로 포함하는, 섬유형 태양전지 제조 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 광전물질층 및 고체전해질층 사이에 염료층을 형성하는 단계를 더 포함하는, 섬유형 태양전지 제조 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 전극층 상에 제2 전해질층을 형성하는 단계를 더 포함하는, 섬유형 태양전지 제조 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제2 전해질층 상에 보호층을 형성하는 단계를 더 포함하는, 섬유형 태양전지 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고체 전해질을 포함하는 섬유형 전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 태양 에너지와 같은 무공해 청정에너지를 석탄, 석유 등의 화학 연료 대신 새로운 에너지원으로 이용하려는 연구는 전세계적으로 활발히 진행되고 있다.

[0004] 최근 각광받고 있는 태양전지로서, 저가, 환경친화적, 용이한 제조 공정, 안정성 등의 장점을 갖는 습식 태양전지가 있다.

[0005] 습식 태양전지는 반도체 전극과 전해액으로 구성되어 있는데 통상적인 습식 태양전지의 예로써, n형 반도체인 단결정 TiO_2 전극과 Pt 전극의 조합형 태양전지가 있다. 상기 습식 태양전지의 단결정 TiO_2 표면에 빛을 조사하면 전자가 여기되어 전도대로 옮겨간 다음, 리드선을 통하여 백금 전극에 도달하면 프로톤과 반응하여 수소를 발생시킨다. 통상적인 습식 태양전지의 원리에 따르면, 가전자대의 정공은 TiO_2 표면에서 물 분자로부터 전자를 빼앗아 소멸되면서 산소를 발생한다. 이 때 물을 분해하는 대신에 외부 회로의 저항을 매개로 하면 전기 에너지를 발생시킬 수 있게 되는 것이다.

[0006] 종래의 습식 태양전지가 광 이용효율이 낮은 문제점을 해결하기 위해, 가시광을 흡수하는 임의의 색소(dye)를 반도체 표면에 흡착시킨 후, 상기 색소가 흡수 가능한 파장의 빛을 조사하여 반도체의 캐리어를 증가시키는 형태의 습식 태양전지가 개발되었다. 이러한 형태의 습식 태양전지를 색소-감광형 태양전지(dye-sensitized solar cell), 또는 그라첼 전지(Gratzell cell)라고 한다.

[0007] 그러나 상기의 색소-감광형 태양전지는 액상 전해질을 사용해야 하기 때문에 스페이서 등으로 간격이 조절된 유리 또는 플라스틱 기판 사이에 공간을 만들고 밀봉해야 하므로 제조상의 불편함뿐만 아니라 고비용을 초래할 수 있다. 또한, 액상 전해질이 누수되는 문제점이 있었다. 이를 해결하기 위해, 준고체 전해질을 사용하는 태양전지가 개발되고 있으나, 액상 전해질을 사용하는 경우에 비해 광전효율이 낮고, 디바이스의 안정성에 문제점이 있었다.

[0008] 상기와 같이, 액체 전해질 및 젤 형태의 준고체 전해질을 사용하는 태양전지의 경우, 누수, 고비용, 및 디바이스의 안정성 등의 문제점이 있었다.

[0010] 따라서, 광전효율이 높고 누수 우려가 없고 디바이스 안정성을 구비한 태양전지에 대한 요구가 있었다.

[0012] 한편, 최근 스마트 전자 기기인 웨어러블 일렉트로닉스(wearable electronics) 시대의 도래에 따라, 웨어러블(wearable) 및 전자 섬유(E-Textile) 디바이스(device)에 직접 도입될 수 있는 전원 기술의 중요성이 부각되고 있는 상황이다.

[0013] 그러나, 현재 상용화된 전지의 형태는 판형, 원통형, 각형, 파우치형 등의 형태로 정형화되어 있어 상기 웨어러블 등 스마트 전자 기기에 직접 도입될 수 있는 디자인의 다양성을 추구하기에는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0015] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-1799889호(2017.11.22.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명의 목적은 광전효율이 높고 누수 우려가 없고 디바이스 안정성을 구비한 고체전해질을 포함하는 섬유형 전지를 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명의 다른 목적은 광전효율이 높고 누수 우려가 없고 디바이스 안정성을 구비하고, 디자인 다양성을 추구할 수 있는 섬유형 태양전지를 제공하는 것이다.

[0018] 본 발명의 또 다른 목적은 광전효율이 높고 누수 우려가 없고 디바이스 안정성을 구비하고, 디자인 다양성을 추구할 수 있는 섬유형 태양전지를 효율적으로 제조할 수 있는 섬유형 태양전지 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0020] 일 측면에 따르면, 리튬비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드(LiTFSI) 및 카보네이트계 용매를 포함하며, 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 고체 필름형인 제1 전해질층을 포함하는, 섬유형 전지가 제공된다.

[0021] 일 실시예에 따르면, 상기 LiTFSI는 제1 전해질층 전체 중량에 대해 60 중량% 이상으로 포함할 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따르면, 상기 카보네이트계 용매는 디메틸 카보네이트(DMC), 디에틸 카보네이트(DEC), 디프로필 카보네이트(DPC), 메틸프로필 카보네이트(MPC), 에틸프로필 카보네이트(EPC), 메틸에틸 카보네이트(MEC), 에틸렌 카보네이트(EC), 프로필렌 카보네이트(PC), 및 부틸렌 카보네이트(BC)에서 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0023] 일 실시예에 따르면, 상기 제1 전해질층은 점도가 25℃에서 500 내지 800 cP일 수 있다.

[0024] 일 실시예에 따르면, 상기 제1 전해질층 상에 형성된 4-히드록시-2,2,6,6-테트라메틸피페리딘-1-옥실(4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl, TEMPOL) 유도체를 포함하는 제2 전해질층을 더 포함할 수 있다.

[0025] 일 실시예에 따르면, TEMPOL 유도체는 TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)일 수 있다.

[0026] 일 실시예에 따르면, 상기 제1 전해질층의 전도도는 1×10^{-3} S/cm 이상일 수 있다.

[0027] 일 실시예에 따르면, 섬유형 내부 코어; 상기 섬유형 내부 코어의 표면에 형성된 광도전층; 상기 광도전층의 표면에 형성된 광전물질층; 상기 광전물질층의 표면에 형성된 상기 고체 필름형 제1 전해질층; 및 상기 고체 필름형 제1 전해질층의 표면에 형성된 전극층;을 포함하고, 태양전지일 수 있다.

[0028] 일 실시예에 따르면, 상기 광전물질층 및 고체전해질층 사이에 형성되는 염료층을 더 포함하고, 연료감응형 태양전지일 수 있다.

[0029] 일 실시예에 따르면, 상기 전극층 상에 제2 전해질층을 더 포함할 수 있다.

[0030] 일 실시예에 따르면, 상기 제2 전해질층 상에 보호층을 더 포함할 수 있다.

[0032] 다른 측면에 따르면, 본원의 섬유형 전지를 포함하는, 물품이 제공된다.

[0033] 일 실시예에 따르면, 상기 물품은, 의류 또는 휴대용 전지일 수 있다.

[0035] 또 다른 측면에 따르면, 1) 섬유형 내부 코어를 준비하는 단계; 2) 상기 섬유형 내부 코어의 표면에 광도전층을 형성하는 단계; 3) 상기 광도전층의 표면에 광전물질층을 형성하는 단계; 4) 상기 광전물질층의 표면에 고체 필름형 제1 전해질층을 형성하는 단계; 및 5) 상기 고체 필름형 제1 전해질층의 표면에 전극층을 형성하는 단계; 를 포함하고, 제1 전해질층은 LiTFSI를 카보네이트계 용매에 용해한 후 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 필름형

으로 제조된 것인, 섬유형 태양전지 제조 방법이 제공된다.

[0036] 일 실시예에 따르면, 단계 4)에서 상기 제1 전해질층은 LiTFSI가 전체 중량에 대해 60 중량% 이상으로 포함할 수 있다.

[0037] 일 실시예에 따르면, 상기 광전물질층 및 고체전해질층 사이에 염료층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0038] 일 실시예에 따르면, 상기 전극층 상에 제2 전해질층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0039] 일 실시예에 따르면, 상기 제2 전해질층 상에 보호층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0041] 일 실시예에 의하면, 본원의 고체 필름형 전해질을 포함하는 섬유형 전지는 광전효율이 향상되며 누수 우려가 없고 디바이스 안정성이 개선될 수 있다.

[0042] 일 실시시예에 의하면, 본원의 섬유형 태양전지는 광전효율이 향상되며 누수 우려가 없고 디바이스 안정성이 개선되는 동시에 다양한 디자인 적용이 가능하여, 웨어러블 등 스마트 전자 기기에 유용하게 활용될 수 있다.

[0043] 일 실시예에 의하면, 대면적의 롤투롤 공정으로 대량 생산이 가능한 고체 전해질을 이용하여, 광전효율이 높고 누수 우려가 없고 디바이스 안정성을 구비하고, 디자인 다양성을 추구할 수 있는 섬유형 태양전지를 효율적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0046] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질을 포함하는 섬유형 태양전지를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질을 포함하는 섬유형 태양전지의 SEM 이미지 및 사진이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질을 포함하는 섬유형 태양전지를 제조하는 방법을 개략적으로 보여주는 도면이다.

도 3은 섬유형 고체/준고체 전해질 기반 태양전지 효율을 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질의 LiTFSI 양에 따른 점성도 변화를 나타내는 도면이다.

도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질의 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 전도도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질의 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 흡광도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 6a는 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 태양전지의 전류밀도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 6b는 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 태양전지의 EQE 스펙트럼 및 integrated current를 나타내는 그래프이다.

도 6c는 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 태양전지의 효율을 나타내는 그래프이다.

도 7은 TEMPOL-SS-FDSSCs 장치의 실험실 및 외부 태양전지의 특성을 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 세탁성 테스트를 나타내는 사진이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 벤딩 테스트를 나타내는 사진이다.

도 10a는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 굽힘 테스트 후 광전효율 변화를 나타내는 그래프이다.

도 10b는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 반지름 사이즈에 따른 광전효율 변화를 나타내는 그래

프이다.

도 10c는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 직렬 연결한 후 전기 변색 장치 구동 모습을 나타내는 그래프이다.

도 10d는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 세탁 테스트 후 광전효율 변화를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0047] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 그리고, 명세서 전체에서, "상에"라 함은 대상 부분의 위 또는 아래에 위치함을 의미하는 것이며, 반드시 중력 방향을 기준으로 상 측에 위치하는 것을 의미하는 것이 아니다.

[0048] 또한, 결합이라 함은, 각 구성 요소 간의 접촉 관계에 있어, 각 구성 요소 간에 물리적으로 직접 접촉되는 경우만을 뜻하는 것이 아니라, 다른 구성이 각 구성 요소 사이에 개재되어, 그 다른 구성에 구성 요소가 각각 접촉되어 있는 경우까지 포괄하는 개념으로 사용하도록 한다.

[0049] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0050] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0051] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면 번호에 상관없이 동일한 수단에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하기로 한다.

[0052] 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0053] 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0055] **섬유형 전지**

[0056] 일 측면에 따르면, 리튬비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드(LiTFSI) 및 카보네이트계 용매를 포함하며, 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 고체 필름형인 제1 전해질층을 포함하는, 섬유형 전지가 제공된다.

[0057] 본원의 섬유형 전지에 포함하는 제1 전해질층은 고체 필름형인 것을 특징으로 한다. 따라서, 본원의 섬유형 전지의 경우, 액체 또는 겔과 같은 반고체 전해질을 포함하는 경우 발생하는 누수 우려가 없고 디바이스 안정성을 구비할 수 있다.

[0058] 나아가, 리튬비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드(LiTFSI) 및 카보네이트계 용매를 포함하여 고체 필름형으로 제조되지만 광전효율이 우수하다. 도 3에 나타난 바와 같이 본원의 고체 필름형 제1 전해질에 기반한 태양전지는 광전효율이 6.71%로 나타났다. 이는 현재 알려진 고체 전해질 기반의 태양전지의 최고 광전효율 5% 보다 현저하게 개선된 것일 뿐만 아니나, 준고체 기반의 태양전지의 최고 광전효율 6.23% 보다 높은 것이다.

[0060] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 고체 필름형 제1 전해질층의 점도는 25℃에서 브룩필드 점도계를 이용하여 측정된 점도가 400 cP 이상으로 액체전해질의 점도 0 내지 1, 준고체전해질의 점도 3 내지 50 보다 현저하게 높

은 것이다.

[0061] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 고체 필름형 제1 전해질층의 점도는 25℃에서 브룩필드 점도계를 이용하여 측정된 점도가 500 내지 800 cP가 가공성 및 경제성 면에서 적합할 수 있다.

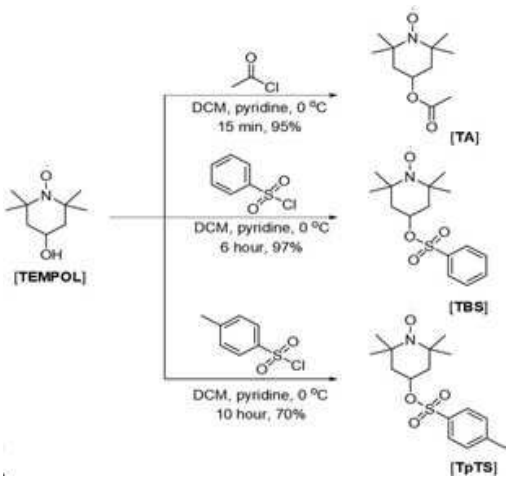
[0063] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 LiTFSI는 제1 전해질층 전체 중량에 대해 60 중량% 이상으로 포함하는 것이, 고체 필름형 제1 전해질층을 형성 시 가공성 및 경제성 면에서 적합할 수 있고, 60 내지 70 중량%가 더 적합할 수 있다(도 4 참조).

[0065] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 카보네이트계 용매는 디메틸 카보네이트(DMC), 디에틸 카보네이트(DEC), 디프로필 카보네이트(DPC), 메틸프로필 카보네이트(MPC), 에틸프로필 카보네이트(EPC), 메틸에틸 카보네이트(MEC), 에틸렌 카보네이트(EC), 프로필렌 카보네이트(PC), 및 부틸렌 카보네이트(BC)에서 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0067] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 제1 전해질은 LiTFSI를 카보네이트계 용매에 용해한 후 주조, 블레이드 코팅, 또는 딥코팅 등 공지의 필름 형성 공정으로 제조할 수 있다. 또한, 대면적의 롤투롤 공정에 의해 대량 생산이 가능하며, 대면적 고체 전해질을 제조 후 소정의 크기로 절단하여 섬유형 전지 등에 랩핑하여 용이하게 제1 전해질층을 형성할 수 있다.

[0069] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 제1 전해질층 상에 형성된 4-히드록시-2,2,6,6-테트라메틸피페리딘-1-옥실(4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl, TEMPOL) 유도체를 포함하는 제2 전해질층을 더 포함할 수 있다. 상기 제2 전해질층을 포함하면, 섬유형 전지의 전도도를 개선할 수 있다.

[0071] 이에 한정되는 것은 아니나, TEMPOL 유도체는 하기 식에 나타난 TEMPOL 아세테이트(TA), TEMPOL 벤조설포네이트(TBS), 및 TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)일 수 있고, TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)가 전도도 향상 면에서 가장 적합할 수 있다.

[0072] 

[0074] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 제1 전해질층의 전도도는 1×10^{-4} S/cm 일 수 있고, TEMPOL 유도체를 처리 시 전도도가 1×10^{-3} S/cm 이상으로 증가할 수 있다. 도 5에 나타난 바와 같이, TA를 처리했을 때 전도도가 4×10^{-4}S/cm이었고, TBS 를 처리했을 때 전도도가 8.9×10^{-4}S/cm이었고, TpTS를 처리했을 때 4.3×10^{-3}S/cm로 나타났다.

[0076] 본원의 섬유형 전지는 섬유와 같은 형태를 갖춘 전지를 의미하며, 단면이 구형 또는 변형된 구형인 타원형일 수 있고 전지의 길이는 제조 방법 또는 사용 용도에 따라 다양할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니지만, 섬유형 전지는 리튬 이차 전지, 슈퍼 커패시터, 연료 감응형 연료 전지, 플렉서블(flexible) 전지, 또는 연료감응형 태양전지일 수 있고, 연료감응형 태양전지가 적합할 수 있다.

[0078] **섬유형 태양전지**

[0079] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질을 포함하는 섬유형 태양전지를 개략적으로 나타낸 도면이고, 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질을 포함하는 섬유형 태양전지의 SEM 이미지 및 사진이다.

[0080] 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 일 실시예에 의한 염료감응형 섬유형 태양전지는 섬유형 내부 코어(10); 상기 섬유형 내부 코어(10)의 표면에 형성된 광도전층(20); 상기 광도전층(20)의 표면에 형성된 광전물질층(30); 상기 광전물질층(30) 상에 형성되는 염료층(40); 상기 염료층(40)의 표면에 형성된 상기 고체 필름형 제1 전해질층(50); 및 상기 고체 필름형 제1 전해질층(50)의 표면에 형성된 전극층(60);을 포함할 수 있다.

[0081] 상기 섬유형 내부 코어(10)는 워킹전극으로, 이에 한정되는 것은 아니나 Ti 와이어일 수 있다.

[0082] 상기 광도전층(20)은 TiO_2 일 수 있으며, Ti 와이어를 세척한 후 Ti 와이어 양단을 전원공급장치에 물리고 전류를 인가함으로써 미소 TiO_2 층 (compact TiO_2 layer)으로 형성시킬 수 있다. 광도전층(20)은 태양 광선을 흡수한 감광성 색소에 의하여 흡수된 광자에 의하여 여기된 전자를 전극에 전달하는 역할을 한다.

[0083] 상기 광전물질층(30)은 이에 한정되는 것은 아니나, 메조포러스 TiO_2 층일 수 있다. 상기 메조포러스 TiO_2 층은 미소 TiO_2 층 (compact TiO_2 layer)으로 형성된 와이어를 TiO_2 용액에 딥 코팅한 후 열처리하여 형성할 수 있다.

[0084] 상기 염료층(40)은 감광성 색소를 포함하여 태양 광선을 효과적으로 흡수하여 광기전력을 발생시킬 수 있는 루테늄-함유 착물, 오스뮴-함유 착물 또는 철 착물 또는 2 또는 3 개의 전이금속을 함유하는 초거대분자 착물인 것이 바람직하다. 본 발명의 감광성 색소에 함유된 리간드는 2 자리 킬레이트, 3 자리 킬레이트 또는 다중 킬레이트 폴리피리딜 화합물일 수 있으며, 상기 폴리피리딜 화합물 중 하나 이상은 시아노 그룹을 함유할 수 있다. 본원의 일 실시예에서는 감광성 색소의 구체적인 예로 루테늄 계열의 N719을 사용하였으나 이에 한정되지 않는다.

[0085] 상기 제1 전해질층(50)은 상술한 고체 필름형으로 상기 염료층(40)을 랩핑하여 형성할 수 있다. 상기 제1 전해질층(50)은 리튬비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드(LiTFSI) 및 카보네이트계 용매를 포함하며, 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 것을 특징으로 한다.

[0086] 상기 전극층(60)은 상대전극으로, Pt 와이어로 형성될 수 있다. Pt 와이어로 상기 제1 전해질층(50)을 감아 제1 전해질층(50)이 풀리지 않도록 고정할 수 있다.

[0088] 일 실시예에 따르면, 상기 전극층(60) 상에 제2 전해질층(70)을 더 포함할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 제2 전해질층(70)은 TEMPOL 유도체로 형성되어, 전도도를 개선할 수 있다. 상기 TEMPOL 유도체는 TEMPOL 아세테이트(TA), TEMPOL 벤조설포네이트(TBS), 및 TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)일 수 있고, TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)가 전도도 향상 면에서 가장 적합할 수 있다.

[0090] 일 실시예에 따르면, 상기 제2 전해질층(70) 상에 보호층(80)을 더 포함할 수 있다. 상기 보호층(80)은 투명 테프론 튜브에 넣고 밀봉하여 형성할 수 있다.

[0092] 본원의 섬유형 전지를 포함하는, 물품이 제공된다.

[0093] 상기 물품은, 의류 또는 휴대용 전지일 수 있다.

[0094] 플렉서블하고 웨어러블한 태양전지를 제작하고자 하는 연구가 활발히 진행되면서 딱딱하고 평평한 기판형태의 태양전지는 플렉서블한 기판으로 대체되었다. 플렉서블한 태양전지를 휴대하는 기술을 뛰어넘어 섬유 자체를 에너지 생산 소자로 만들려는 시도로 말미암아 섬유 한 가닥 가닥을 태양전지로 구현하는 기술이 개발되고 있다. 이렇듯 섬유형 태양전지는 의복 제작에 사용되는 섬유 한 가닥에 태양전지 디바이스를 구현하여 에너지를 생산 저장하는 기술이다.

[0096] **섬유형 태양전지의 제조방법**

[0097] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질을 포함하는 섬유형 태양전지를 제조하는 방법을 개략적으로 보여주는 도면이다.

[0098] 도 2를 참조하면, 본원의 섬유형 태양전지 제조 방법은 하기 단계로 이루어진다:

[0099] 1) 섬유형 내부 코어(10)를 준비하는 단계(S10);

[0100] 2) 상기 섬유형 내부 코어(10)의 표면에 광도전층(20)을 형성하는 단계(S20);

[0101] 3) 상기 광도전층(20)의 표면에 광전물질층(30)을 형성하는 단계(S30);

[0102] 4) 상기 광전물질층(30)의 표면에 염료층(40)을 형성하는 단계(S40);

[0103] 5) 상기 염료층(40)의 표면에 고체 필름형 제1 전해질층(50)을 형성하는 단계(S50);

[0104] 6) 상기 고체 필름형 제1 전해질층(50)의 표면에 전극층(60)을 형성하는 단계(60);

[0105] 7) 상기 전극층(60)에 제2 전해질층(70)을 형성하는 단계; 및

[0106] 8) 상기 제2 전해질층(70)의 표면에 보호층(80)을 형성하는 단계.

[0107] 상기 제1 전해질층(50)은 LiTFSI를 카보네이트계 용매에 용해한 후 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 필름형으로 제조된다.

[0109] 단계 1)에서 상기 섬유형 내부 코어(10)는 워킹전극으로, 이에 한정되는 것은 아니나 Ti 와이어로 형성될 수 있다.

[0110] 단계 2)에서 상기 광도전층(20)은 TiO_2 일 수 있으며, Ti 와이어를 세척한 후 Ti 와이어 양단을 전원공급장치에 물리고 전류를 인가함으로써 미소 TiO_2 층 (compact TiO_2 layer)으로 형성시킬 수 있다.

[0111] 단계 3)에서 상기 광전물질층(30)은 이에 한정되는 것은 아니나, 메조포러스 TiO_2 층일 수 있다. 상기 메조포러스 TiO_2 층은 미소 TiO_2 층 (compact TiO_2 layer)으로 형성된 와이어를 TiO_2 용액에 딥 코팅한 후 열처리하여 형성할 수 있다.

[0112] 단계 4)에서 상기 염료층(40)은 감광성 색소를 포함하여 태양 광선을 효과적으로 흡수하여 광기전력을 발생시킬 수 있는 루테늄-함유 착물, 오스뮴-함유 착물 또는 철 착물 또는 2 또는 3 개의 전이금속을 함유하는 초거대분자 착물인 것이 바람직하다. 본 발명의 감광성 색소에 함유된 리간드는 2 자리 킬레이트, 3 자리 킬레이트 또는 다중 킬레이트 폴리피리딜 화합물일 수 있으며, 상기 폴리피리딜 화합물 중 하나 이상은 시아노 그룹을 함유할 수 있다. 본원의 일 실시예에서는 감광성 색소의 구체적인 예로 루테늄 계열의 N719을 사용하였으나 이에 한정되지 않는다.

[0113] 단계 5)에서 상기 제1 전해질층(50)은 상술한 고체 필름형으로 상기 염료층(40)을 랩핑하여 형성할 수 있다. 상기 제1 전해질층(50)은 리튬비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드(LiTFSI) 및 카보네이트계 용매를 혼합하여 주조, 블레이드코팅, 또는 딥코팅으로 제조되며, 점도가 25℃에서 400 cP 이상인 것을 특징으로 한다. 제1 전해질층(50)은 LiTFSI가 전체 중량에 대해 60 중량% 이상으로 포함할 수 있다.

[0114] 단계 6)에서 상기 전극층(60)은 상대전극으로, Pt 와이어로 형성될 수 있다. Pt 와이어로 상기 제1 전해질층

(50)을 감아 제1 전해질층(50)이 풀리지 않도록 고정할 수 있다.

[0115] 단계 7)에서 제2 전해질층(70)은 TEMPOL 유도체로 형성되어, 전도도를 개선할 수 있다. 상기 제2 전해질층(70)은 TEMPOL 유도체에 딥핑하여 형성할 수 있다. 상기 TEMPOL 유도체는 TEMPOL 아세테이트(TA), TEMPOL 벤조설포네이트(TBS), 및 TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)일 수 있고, TEMPOL p-톨루엔설포네이트(TpTS)가 전도도 향상 면에서 가장 적합할 수 있다.

[0116] 단계 8)에서 보호층(80)은 투명 테프론 튜브에 넣고 밀봉하여 형성할 수 있다.

[0118] **[실시예]**

[0119] 이하, 본 발명은 실시예를 통해 보다 구체적으로 설명된다.

[0121] **고체 필름형 제1 전해질의 제조**

[0122] LiTFSI 솔트를 프로필렌 카보네이트 (propylene carbonate) 용액에 3 중량퍼센트 (weight percent, wt%) 첨가하여 녹였다. LiTFSI 필름 제작을 위한 주조 (casting) 공정 진행 시, 상기 준비된 용액은 넓고 평평한 용기에 거품이 발생하지 않도록 유의하면서 천천히 부어준 후 건조시켰다. 넓고 평평하게 펼쳐진 용액에 자외선 램프를 조사하여 경화 과정을 거쳐 LiTFSI 필름을 제조하였다.

[0123]

[0124] **제2 전해질의 제조**

[0125] TEMPOL 유도체층을 코팅하기 위해 TpTS 파우더 제작하였다. 먼저, p-toluenesulfonyl chloride 용액을 TEMPOL 용액에 드롭와이즈 (dropwise) 방식으로 용해시킨 후 피리딘이 첨가된 0 ℃의 디클로로메탄(dichloromethane)에 건조시켰다. 혼합물을 린스한 후 20 ℃에서 10 시간 동안 섞어주었다. 3번에 반복 공정 후, 10 %의 염산을 혼합물에 첨가시키고 디클로로메탄과 함께 추출하였다. 황산마그네슘과 함께 건조시킨 후 기화시켰다. 제조된 원물질을 칼럼 크로마토그래피 (column chromatography)를 통해 정제시키고 진공에서 건조 공정을 통해 결정화된 TpTS를 얻었다.

[0126]

[0127] **섬유형 태양전지의 제조방법**

[0128] 단위셀 형태의 섬유형 태양전지를 제작하기 위해 워킹전극으로 사용하는 Ti 와이어를 80 mm 길이로 잘랐다. Ti 와이어를 아세톤, 아이소프로필 알코올 (IPA)에 순차적으로 담가 초음파 세척기에서 10분씩 세척을 진행하였다. Ti 와이어 양단을 전원공급장치에 물리고 1.6 A의 전류를 인가함으로써 미소 TiO_2 층 (compact TiO_2 layer)을 형성시킨다. 미소 TiO_2 층은 인가된 전류에 의해 공기 중의 산소가 Ti 와이어와 반응하여 Ti가 산화되면서 형성되었다.

[0129] 메조포러스 TiO_2 층을 코팅하기 위해, TiO_2 페이스트와 에탄올을 1:1 wt% 비율로 희석시킨 TiO_2 용액을 제작하였다. 미소 TiO_2가 형성된 와이어를 제작된 TiO_2 용액에 딥 코딩한 후 120℃에서 3분 열처리를 하였다. 상기 딥 코팅과 열처리 공정을 총 5회 반복하였다. TiO_2 층이 5회 코팅된 와이어는 노(furnace)에서 8시간 동안 열처리되어 메조포러스 TiO_2 층을 형성하였다.

[0130] 이렇게 완성된 광전극 와이어는 N719 염료 용액에 15시간 동안 담가 메조포러스 TiO_2 층에 N719 염료층을 흡착시켰다.

[0131] 다음, 고체 필름형 LiTFSI를 염료층이 흡착된 광전극 와이어에 감아 제1 전해질층을 형성시켰다.

[0132] LiTFSI 고체 필름이 감겨져 있는 곳에 상대전극인 Pt 와이어를 감아 LiTFSI 필름이 풀리지 않도록 형상을 유지시켰다.

[0133] TEMPOL 유도체층을 흡착시키기 위해, TpTS 파우더를 아세토나이트릴 용액에 5 wt%로 용해시켰다. LiTFSI 고체 필름과 Pt 와이어가 감겨진 염료층이 흡착된 광전극 와이어를 상기 TpTS 용액에 30분 동안 담가 제2 전해질층을

흡착시킨 후 상온에서 건조시켰다.

[0134] 제작된 섬유형 태양전지를 투명 테프론 튜브에 넣고 양단에 광학 본드를 이용하여 밀봉시켰다.

[0136] **결과**

[0137] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질의 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 전도도 변화를 나타내는 그래프이다. TEMPOL 유도체 중 TpTs 파우더를 첨가한 경우, 전도도가 향상된 것을 확인할 수 있으며, 이와 같은 전해질층을 포함하면, 섬유형 전지의 전도도를 개선할 수 있다.

[0139] 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 필름형 전해질의 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 흡광도 변화를 나타내는 그래프이다. 기존 고체 필름형 전해질과 비교하여 TEMPOL 유도체를 첨가한 경우, 전해질층의 흡광도가 저감되는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 이와 같은 전해질층을 포함하면, 외부에서 입사된 광의 대부분을 광촉매인 TiO_2와 염료가 흡수할 수 있게 되어 섬유형 전지의 흡광특성을 개선할 수 있다. 상기 기존 고체 필름형 전해질인 레퍼런스는 요오드계 고체 전해질을 Li-TFSI 필름에 흡착시킨 것이다. 본원의 전해질 필름은 대략 460nm에서 가운데 흡수피크를 가지며 350~600nm에서 넓은 흡수영역을 지녔다. TEMPOL 유도체들은 레프런스에 비해서 낮은 흡수도를 가지며 반면에 높은 투과도를 가진다. 따라서 고체 섬유형 태양전지에서 높은 전류밀도를 가지는 것은 향상된 입사각이 dye 안으로 충분한 엑시톤 흡수결과이다. 게다가, 고체전해질의 이온 전도도 측정은 임피던스 측정에 의해 결정되었다.

$$\sigma(\omega) = \frac{1}{\sqrt{Z(\omega)^2 + Z'(\omega)^2}} \times \frac{L}{A} \quad (1)$$

[0140]

[0141] 주로 주파수 의존적인 AC 전도도는 위 식과 같다.

[0142] 임피던스의 실제 파트는 Z(w) 이며, Z’(w)는 임피던스의 상상 파트이고, L 은 셀의 두께, 그리고 A는 유효면적이다.

[0144] 도 5a에서, tpTs 전해질의 높은 이온 전도도는 염료에서 백금전극으로 충분한 전하 추출로 인해 Jsc (전류밀도) 값이 증가하는 고성능의 고체 섬유형 태양전지를 보여준다. TEMPOL의 p(파라)-toluenesulfonate 그룹은 아세틸 또는 벤젠설포네이트 그룹보다 이온 전도도에 더욱 효과적이다. TpTS의 아로마틱 링그룹에 메틸그룹의 도입은 전자 도네이팅 효과로 인하여 이온 전도도가 향상되며, 벤젠링을 활성화하는데 도움을 준다.

[0146] 기본적인 고체 섬유형 태양전지에서 4가지 중요한 파라미터에 의해 광전특성이 결정된다. 개방전압 (Voc), 단락전류 (Jsc), 충전율 (FF), 광전효율 (PCE)이다. 고체 섬유형 태양전지의 유효 면적은 20㎜ 마스크를 이용하여 고정된 상태에서 일 전극의 직경과 길이를 곱함으로써 계산되어졌다. AM 1.5 하에서의 전류밀도-전압 곡선은 도 6a에 나타내었다.

[0148] 즉, 도 6a는 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 태양전지의 전류밀도 변화를 나타내는 그래프이다. TEMPOL 유도체가 첨가된 소자에서 소자의 흡광특성과 전도특성이 증대되어 전류밀도가 개선된 것을 확인할 수 있다.

[0149] 도 6b는 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 태양전지의 EQE 스펙트럼 및 integrated current를 나타내는 그래프이다. TEMPOL 유도체가 첨가된 소자에서 소자의 흡광특성과 전도특성이 증대되어 전류밀도가 개선된 것을 확인할 수 있다.

[0150] 도 6c는 TEMPOL 유도체의 종류에 따른 태양전지의 효율을 나타내는 그래프이다. TEMPOL 유도체 중 TpTs를 첨가한 경우, 4% 수준의 효율이 6%로 향상된 것을 볼 수 있다.

[0151] TEMPOL 유도체들을 이용하여 제작된 고체 섬유형 태양전지는 레프런스 태양전지보다 높은 전류밀도를 가졌다. 측정된 전류밀도는 레프런스 (8.59mA/)㎠, TA (9.88), TBS (11.37mA/㎠), TpTs (12.09 mA/㎠) 였다. 증가된 이

온 전도도 및 전해질의 높은 투과도와 관련이 있다. TpTs 를 이용한 고체 섬유형 태양전지가 가장 높은 효율인 6.16%를 나타내었다. 히스테리시스를 최소화하기 위해 150mS 시간을 가지고 스캔하였다. 정방향 스캔에서의 광전효율이 6.16%이고 역방향 스캔에서의 광전효율이 6.02% 였으며 오차범위는 2% 정도였다. 고체전해질인 TpTS는 메틸그룹이 있는 벤젠고리와 설포네이트기를 가지는 다기능성을 가진다. TpTS 의 설포네이트는 전자받게 그룹이다. TpTS의 아로마틱 링에 메틸 그룹은 벤젠링 활성화와 전자주게 역할을 함으로써 전도도를 증가시킨다.

[0153] 표 1은 섬유형 태양전지의 광전특성을 나타낸 표이다.

표 1

Device	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA cm^{-2})	FF (%)	E_{ff} (%) (Champion)	R_s ($\Omega \cdot$ cm^2)	R_{sh} ($\Omega \cdot$ cm^2)
Reference	0.66	8.59	72.37	4.01 ± 0.20 (4.21)	8.93	1.06×10^5
TA-SS-FDSSCs	0.67	9.88	72.92	4.47 ± 0.35 (4.82)	8.05	5.88×10^5
TBS-SS-FDSSCs	0.66	11.37	73.85	5.24 ± 0.29 (5.53)	6.23	1.86×10^6
TpTS-SS-FDSSCs	0.66	12.28	76.09	5.78± 0.32 (6.16)	4.88	9.01×10^6

[0154]

[0156] 도 7은 TEMPOL-SS-FDSSCs 장치의 실험실 및 외부 태양전지의 특성을 나타내는 그래프이다. 이는, 섬유형 태양전지가 실제 외부환경 및 실내 환경에서 동작이 가능함을 보인다. 보다 구체적으로 살펴보면, 도 7의 a는 0.2~1Sun 에서의 고체 섬유태양전지 효율을 나타낸다. 실외 환경에서 다양한 조도와 일조량을 조사하였으며 도 7의 b처럼 최대 파워 (P_{max})로 나타낼 수 있다. 따라서 최대파워는 전류밀도X개방전압X충전율로서 나타낼 수 있다. 오전 9시 30분에서 자정까지 50,000W/㎡ 에서 60,000W/㎡ 으로 증가를 하였다. 그 이후 오후 3시 30분이 될 경우 10,000W/㎡ 로 급격히 감소하였다. 이러한 현상은 태양전지에서의 최대 파워값과 거의 유사한 경향을 띠었다. 피팅된 직렬 저항의 값은 레프런스가 124.6Ω, TA는 76.2Ω, TBS는 74.4Ω, TpTS는 64.8Ω으로 나타났다. 내부저항인 Rs 는 TpTS 기반의 섬유형 태양전지가 가장 낮았다. 반면에, R_{CE}와 R_{WE}는 레프런스가 289.8Ω, 1318Ω이며, TA는 215.7Ω 및 806Ω이며, TBS는 85.5Ω과 411Ω 이며 TpTS는 68.8Ω 및 299Ω으로 나타났다. TBS 및 TpTS 고체 섬유형 태양전지의 작은 R_{CE}및 R_{WE}는 도 7의 a의 분자 구조에서 보여진 것처럼, 설포네이트 그룹과 활성화되어진 물질에서 높은 전기적 전도성으로부터 빠른 전하-수송 과정의 결과이기도 하다. 게다가, TpTS의 꼬리부분에 연결되어진 메틸 그룹은 TBS 보다 더 좋은 이온 전도도를 보여주었다. 템폴 유도체들로 만든 고체 섬유형 태양전지의 충전율 (FF)에서의 증가는 실온 하에서 dark 커브를 측정하여 설명을 추가하였다. 정류상태에서의 비율은 레프런스, TA, TBS, TpTS 태양전지가 1.06×10^5, 5.88×10^5, 1.86×10^6, 및 9.01×10^6 과 같은 값을 가졌다. 따라서, 충분하게 향상된 셩트 저항 (R_{sh})와 감소한 시리즈 저항 (R_s)은 수송 효율과 전하 추출에서 향상과 누수 전류에서의 감소를 보였다.

[0158] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 세탁성 테스트를 나타내는 사진이고, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 벤딩 테스트를 나타내는 사진이다.

[0160] 본원의 고체형 섬유형 태양전지는 직경 250㎛이며 높은 유연성 때문에 쉽게 굽힘이 가능하다. 도 10a는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 굽힘 테스트 후 광전효율 변화를 나타내는 그래프이다. 도 10a에 나타난 바와 같이, 500회 이상의 굽힌 테스트 후에도 광전효율의 변화가 크지 않다.

[0161] 도 10b는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 반지름 사이즈에 따른 광전효율 변화를 나타내는 그래프이다. 도 10b에 나타난 바와 같이, 5㎜에서 1㎜ 까지 굽힘하였을 때도 광전효율의 변화가 크지 않다. 나아가,

굽힘 동안 수축 및 연장으로 인한 스트레스와 높은 장력하에 할지라도 초기 효율의 92%를 유지를 하였다.

[0162] 도 10c는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 직렬 연결한 후 전기 변색 장치 구동 모습을 나타내는 그래프이다. 웨어러벌 디바이스의 목적을 실현하기 위해서, 제작된 고체 섬유형 태양전지들을 직렬연결하여 도 10c처럼 옷안으로 바느질을 하였다. 대략적으로 직렬 연결하였을 때 2.4V의 개방전압을 가졌으며, 충분히 액정 디바이스를 작동할 수 있었다. 도 7의 a처럼, 저조도하에서 고체형 섬유 태양전지의 안정한 개방전압의 특성들은 성공적으로 부가적 광전원 없이 사무실에서 LCD 디바이스를 구동하였다.

[0163] 도 10d는 본 발명의 일 실시예에 의한 섬유형 태양전지의 세탁 테스트 후 광전효율 변화를 나타내는 그래프이다. 섬유형 태양전지는 세탁 후에도 안정적인 광전효율을 나타낸다.

[0165] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

부호의 설명

[0167] 10: 섬유형 내부 코어

20: 광도전층

30: 광전물질층

40: 염료층

50: 제1 전해질층

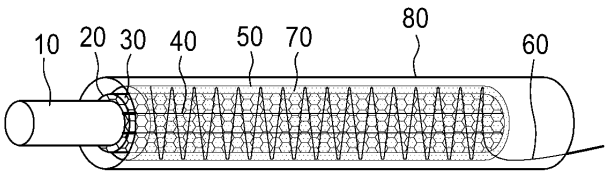
60: 전극층

70: 제2 전해질층

80: 보호층

도면

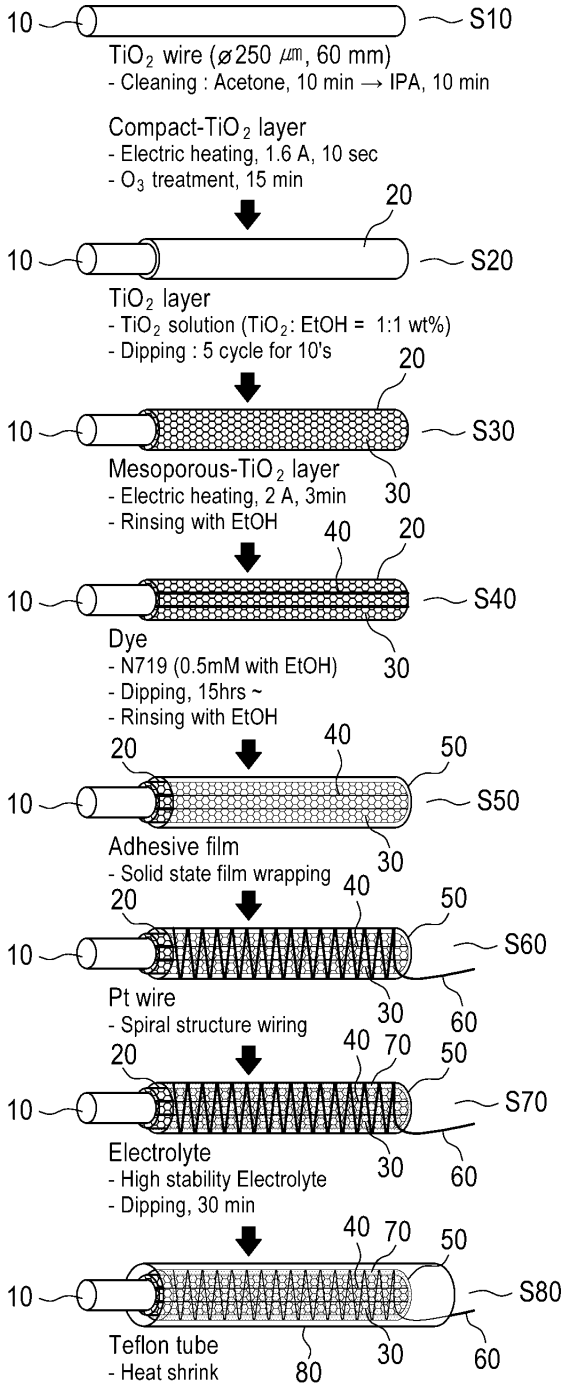
도면1a



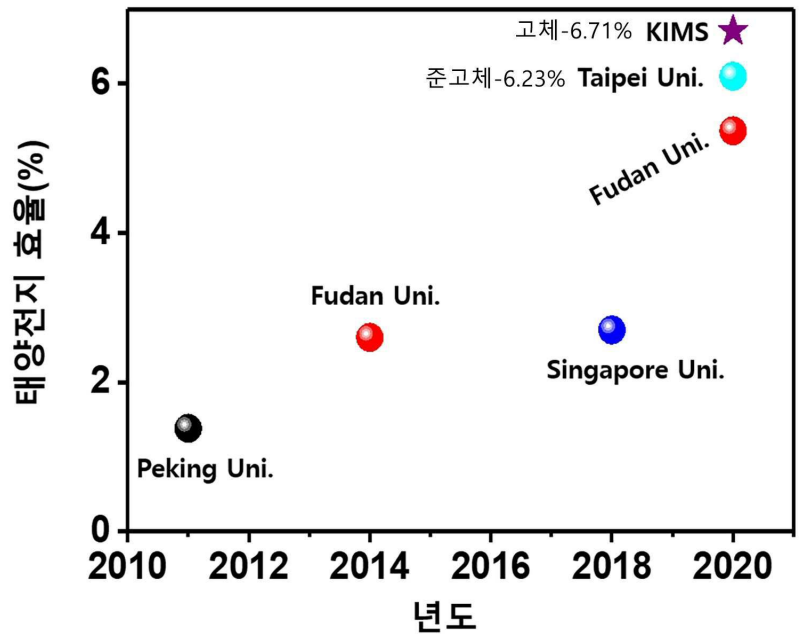
도면1b



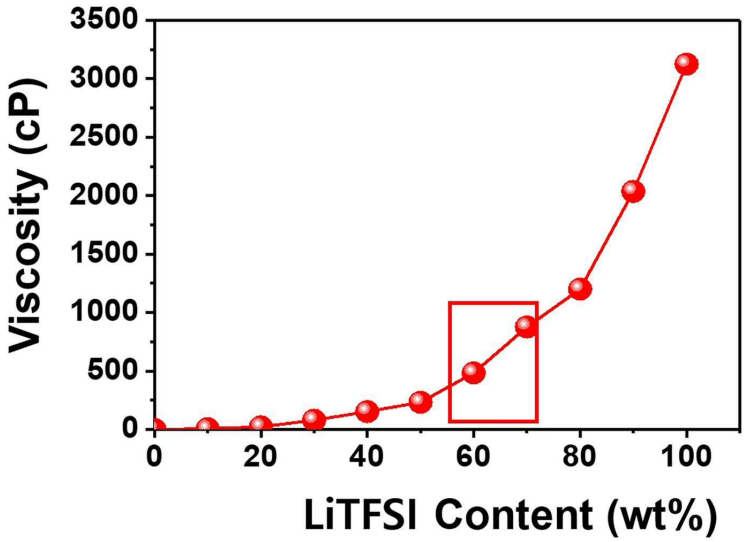
도면2


10
S10
TiO2 wire (⌀250 ㎛, 60 mm)
- Cleaning : Acetone, 10 min → IPA, 10 min
Compact-TiO2 layer
- Electric heating, 1.6 A, 10 sec
- O3 treatment, 15 min
20
S20
TiO2 layer
- TiO2 solution (TiO2 : EtOH = 1:1 wt%)
- Dipping : 5 cycle for 10's
S30
Mesoporous-TiO2 layer
- Electric heating, 2 A, 3min
- Rinsing with EtOH
30
40
S40
Dye
- N719 (0.5mM with EtOH)
- Dipping, 15hrs ~
- Rinsing with EtOH
50
S50
Adhesive film
- Solid state film wrapping
S60
Pt wire
- Spiral structure wiring
60
70
S70
Electrolyte
- High stability Electrolyte
- Dipping, 30 min
S80
Teflon tube
- Heat shrink
80

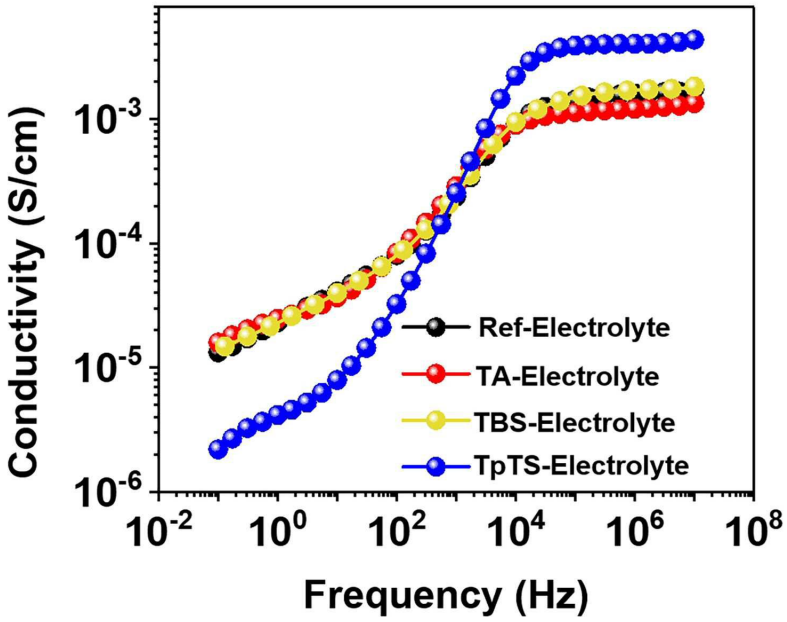
도면3


고체-6.71% KIMS
준고체-6.23% Taipei Uni.
Fudan Uni.
Fudan Uni.
Singapore Uni.
Peking Uni.
태양전지 효율(%)
0
2
4
6
2010
2012
2014
2016
2018
2020
년도

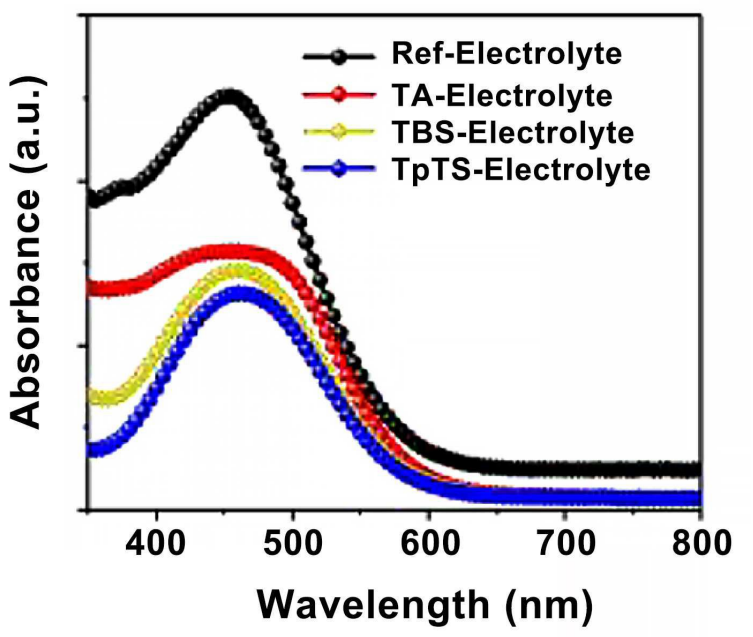
도면4


Viscosity (cP)
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
0
20
40
60
80
100
LiTFSI Content (wt%)

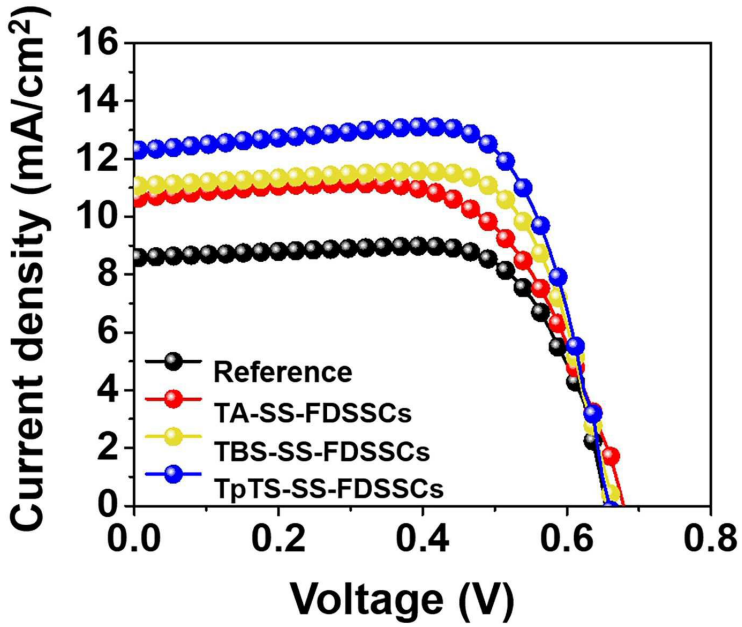
도면5a


Conductivity (S/cm)
10-3
10-4
10-5
10-6
10-2
100
102
104
106
108
Frequency (Hz)
Ref-Electrolyte
TA-Electrolyte
TBS-Electrolyte
TpTS-Electrolyte

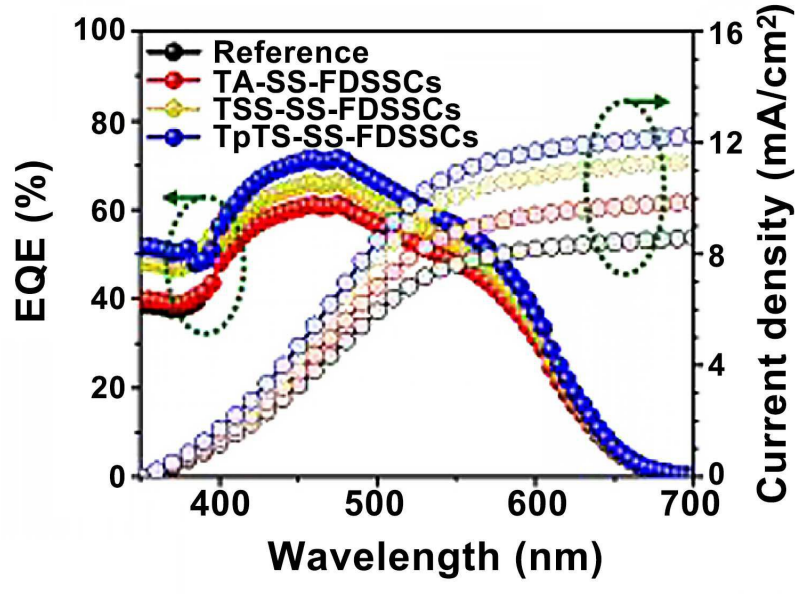
도면5b


Absorbance (a.u.)
400
500
600
700
800
Wavelength (nm)
Ref-Electrolyte
TA-Electrolyte
TBS-Electrolyte
TpTS-Electrolyte

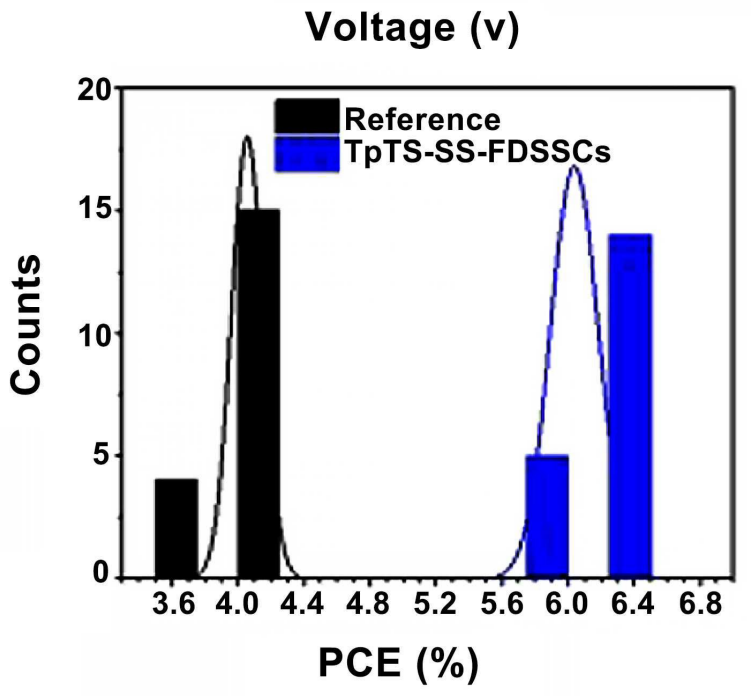
도면6a


Current density (mA/cm²)
Voltage (V)
Reference
TA-SS-FDSSCs
TBS-SS-FDSSCs
TpTS-SS-FDSSCs

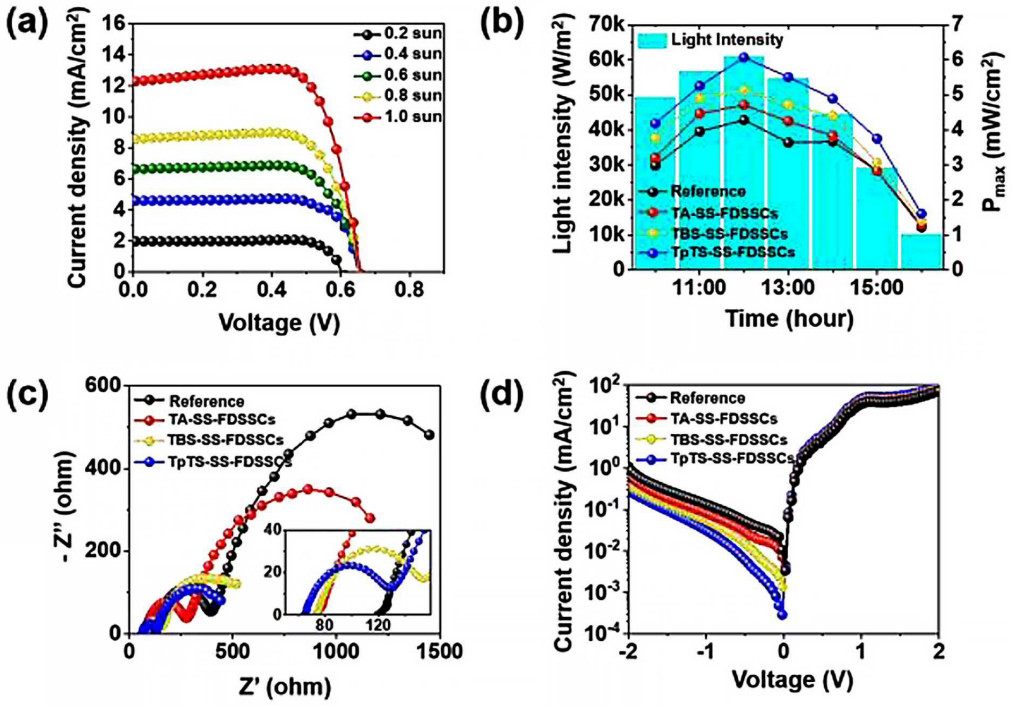
도면6b


EQE (%)
Current density (mA/cm²)
Wavelength (nm)
Reference
TA-SS-FDSSCs
TSS-SS-FDSSCs
TpTS-SS-FDSSCs

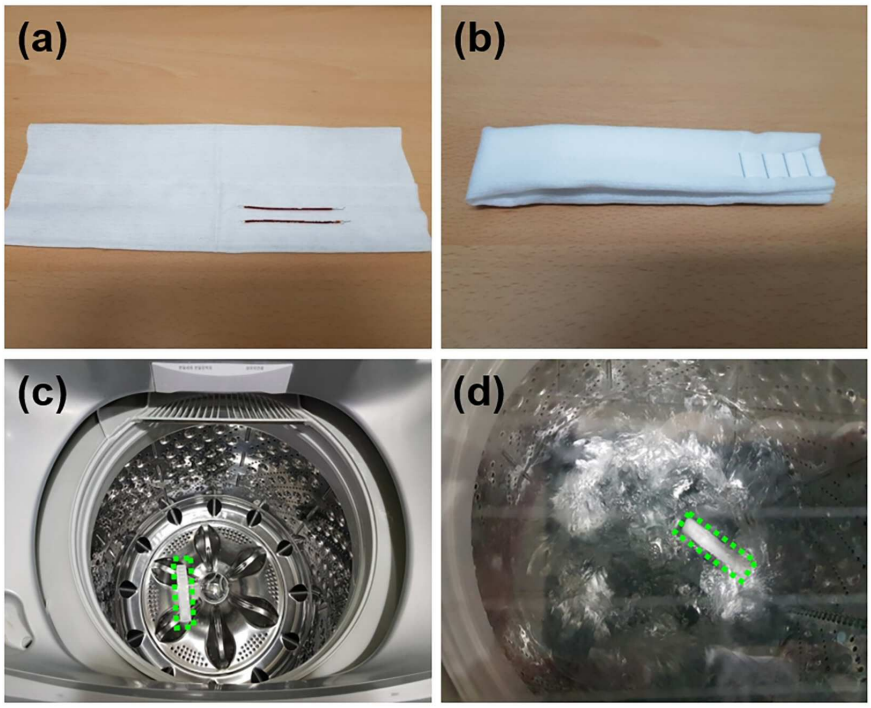
도면6c


Voltage (v)
Reference
TpTS-SS-FDSSCs
Counts
PCE (%)

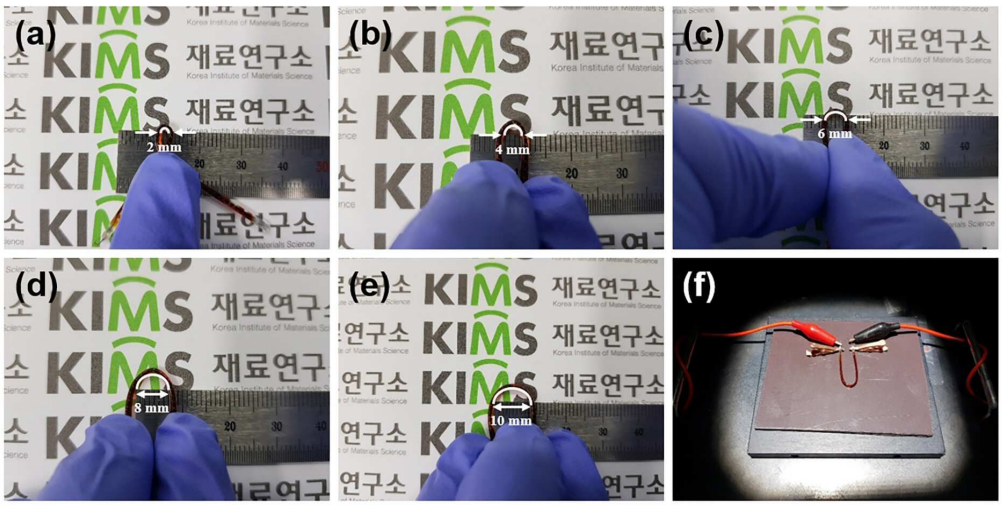
도면7


(a)
Current density (mA/cm²)
Voltage (V)
0.2 sun
0.4 sun
0.6 sun
0.8 sun
1.0 sun
(b)
Light intensity (W/m²)
P_max (mW/cm²)
Time (hour)
Light Intensity
Reference
TA-SS-FDSSCs
TBS-SS-FDSSCs
TpTS-SS-FDSSCs
(c)
-Z'' (ohm)
Z' (ohm)
(d)
Current density (mA/cm²)
Voltage (V)

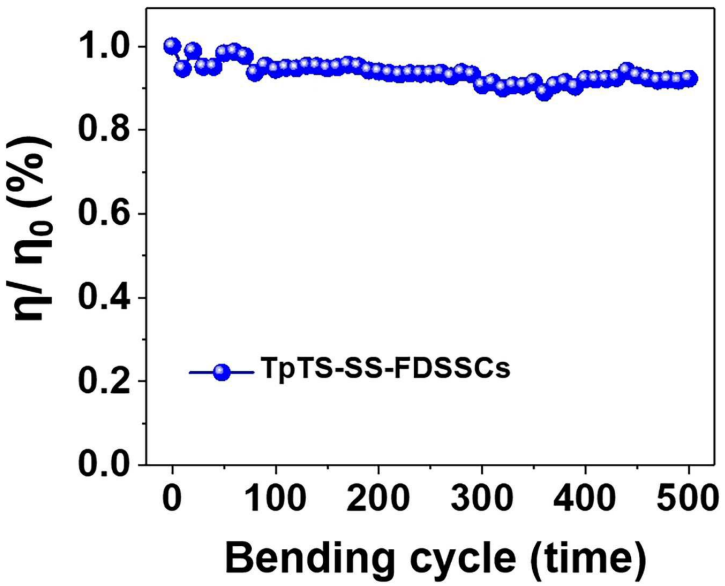
도면8



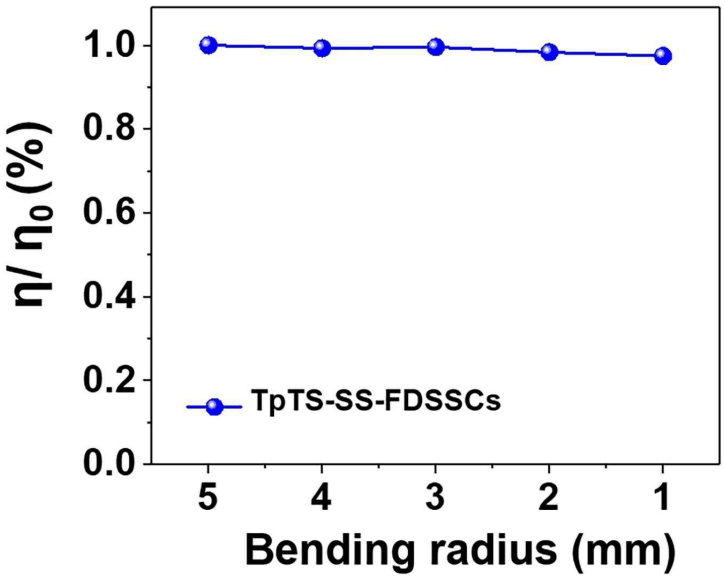
도면9



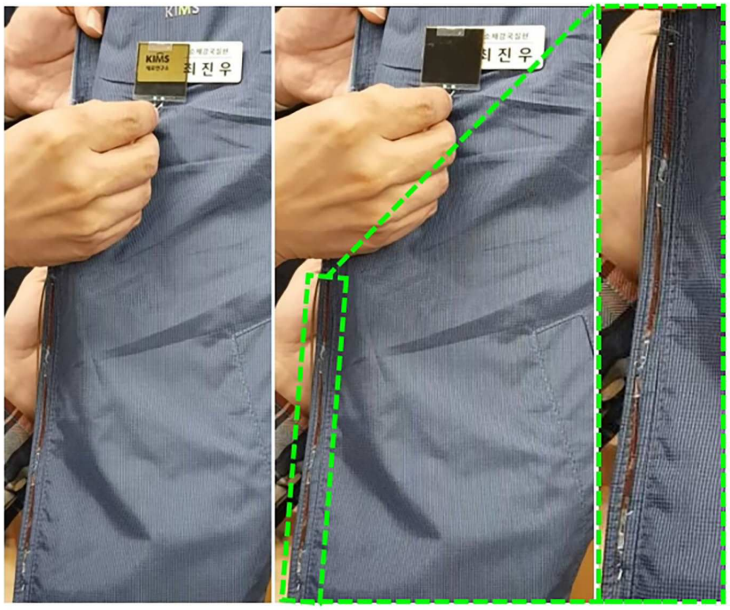
도면10a


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
η/ η0 (%)
TpTS-SS-FDSSCs
0
100
200
300
400
500
Bending cycle (time)

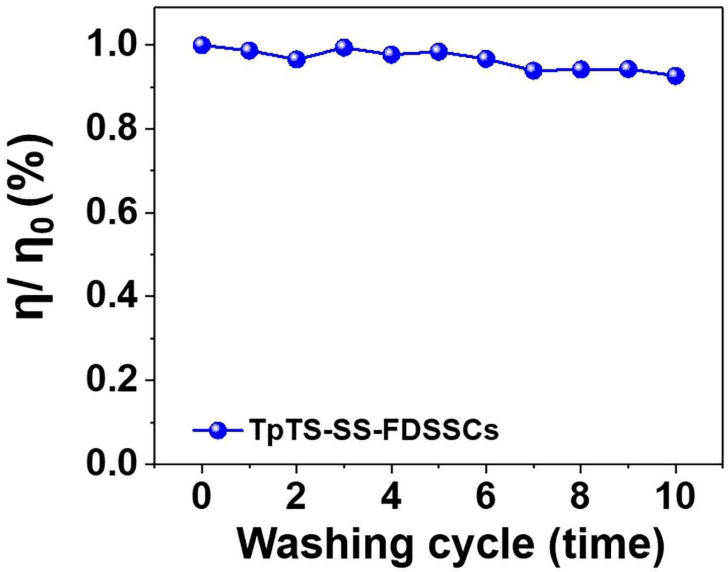
도면10b


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
η/ η0 (%)
TpTS-SS-FDSSCs
5
4
3
2
1
Bending radius (mm)

도면10c



도면10d


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
η/ η0 (%)
TpTS-SS-FDSSCs
0
2
4
6
8
10
Washing cycle (time)