



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0061884
(43) 공개일자 2025년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01) H02N 11/00 (2006.01)
H02S 10/10 (2014.01) B82Y 30/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
H02N 11/002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0146226
(22) 출원일자 2023년10월30일
심사청구일자 2023년10월30일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
최동휘
경기 화성시 동탄대로1길 66 2844동 1803호
소반알리샤
파키스탄 24420, 카이베르 파크툽크와, 차르사다 디스트릭트 엔드 테실, 푸랑, 코즈 사퍼크헬
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

전체 청구항 수 : 총 16 항

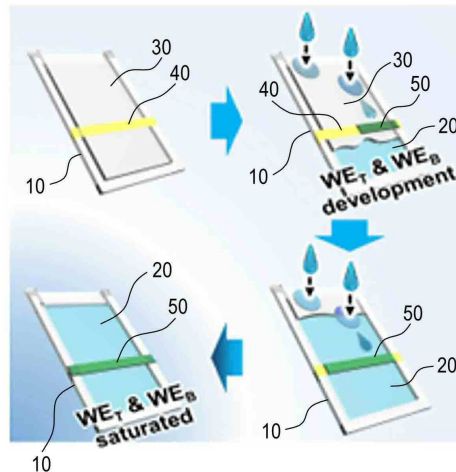
(54) 발명의 명칭 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법

(57) 요약

본 발명은 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기관; 상기 기관에 특정간격 이격되어 구비되는 유전체층; 상기 기관과 상기 유전체층 사이에 충전되는 액체로 구성된 하부 액체전극; 및 상기 유전체층 상 일측에 구비되며 액체가 흡수된 상부전극;을 포함하여, 공급되는 액적이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터에 관한 것이다.

대표도 - 도2

100



(52) CPC특허분류

H02S 10/10 (2015.01)

B82Y 30/00 (2013.01)

Y02E 10/50 (2020.08)

Y02E 70/30 (2013.01)

(72) 발명자

장순민

경기도 수원시 영통구 반달로 74 102호

조수민

경기 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교국제캠퍼스) 우정원 B126호

감동익

경기도 용인시 기흥구 관곡로 16 507동 303호(신갈동 갈현마을 현대홈타운)

라윤상

경기도 수원시 영통구 영일로6번길 49 904호(영통동, 인화빌딩)

이동한

경기도 용인시 기흥구 서그대로15번길 13-9 202호(서천동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711158999

과제번호 2022R1C1C1008831

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 우수신진연구

연구과제명 적응형 하이브리드 바람 에너지 하베스팅 기술 기반 에너지 자립형 원격 환경 모니터링 시스템 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 경희대학교(국제캠퍼스)

연구기간 2022.03.01 ~ 2026.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관에 특정간격 이격되어 구비되는 유전체층;

상기 기관과 상기 유전체층 사이에 충전되는 액체로 구성된 하부 액체전극; 및

상기 유전체층 상 일측에 구비되며 액체가 흡수된 상부전극;을 포함하여, 공급되는 액적이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터.

청구항 2

제 1항에 있어서,

액체전극 기반 액적 에너지 하베스터는 투명하고 플렉서블하며, 신축성이 있는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 액체는 물인 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 기관과 상기 유전체층을 이격시키기 위한 스페이서를 포함하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 스페이서에 의해 형성된 기관과 상기 유전체층 사이에 물이 충전되는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 유전체층은 소수성 유전체층인 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터.

청구항 7

제 6항에 있어서

상기 상부전극은, 상기 유전체층 일측에 구비되는 친수성 유전체층에 상기 물이 흡수된 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 8

제 7항에 있어서

상기 친수성 유전체층은 플라즈마 처리된 APTES인 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 소수성 유전체층은 FEP, PDMS인 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터.

청구항 10

액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 제작방법으로서,

스페이서를 통해 기판과 특정간격 이격되도록 유전체층을 구비하는 단계;

상기 유전체층 상부 일측에 친수성 유전체층을 구비하는 단계;

액적의 공급에 따라 상기 기판과 상기 유전체층 사이에 액체가 충전되어 하부 액체전극이 구비되는 단계;

상기 액적을 상기 친수성 유전체층이 흡수하여 상부전극이 형성되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 제작방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 액적, 액체는 물인 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 제작방법.

청구항 12

제 11항에 있어서

상기 유전체층은 소수성 유전체층인 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 제작방법.

청구항 13

제 10항에 있어서

상기 친수성 유전체층은 소수성 유전체층 FEP에 O₂ plasma 처리를 한 후에 APTES(3-Aminopropyltriethoxysilane)를 스핀코팅 후, 한번 더 플라즈마 처리하여 제작되는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 14

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동방법으로서,

물방울의 공급에 따라 기관과 유전체층 사이에 물이 충전되어 하부 액체전극이 형성되는 단계;

상기 물방울을 친수성 유전체층이 흡수하여 상부전극이 형성되는 단계; 및

공급되는 물방울이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동방법.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 하베스팅하는 단계는, 물방울이 접촉됨에 따라, 물방울 내부에 분극이 일어나게 되고, 이러한 과정에서 전위차가 생겨, 전류가 흐르게 되는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동방법.

청구항 16

제 15항에 있어서,

소수성 유전체층은 음전하로 대전되고, 하부액체전극은 양전하로 대전되는 단계;

물방울이 유전체층에 접촉되어 물방울 내부에 분극이 일어나게 되고 전류는 하부액체전극에서 상부전극으로 흐르는 단계; 및

상기 물방울이 상부전극에 접촉된 후 떨어지면 전류는 상부전극에서 하부전극으로 흐르는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액체전극 기반 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 물전극 기반 액적 에너지 하베스터, 및 그 작동방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 화석 연료의 고갈 및 이로 인한 환경 공해 때문에 전 세계적으로 탈탄소 움직임 이 대두되고 있다. 따라서 버려지는 에너지를 하베스팅하는 친환경 에너지 하베스팅 방법 대한 관심 높아지고 있다.

[0003] 버려지는 에너지원들 중, 특히 물 에너지는 파도, 빗방울, 강 등등 다양한 에너지 원으로 부터 버려지고 있으며, 이에 따라 이를 하베스팅 하려는 노력들이 많다.

[0004] 기존에는 사용 가능한 재료의 폭이 넓고, 구조가 간단하여 제작이 쉬워 에너지를 쉽게 변환 가능하다는 장점 덕분에 물방울과 고체 표면의 계면에서 일어나는 접촉대전 현상에 의하여 에너지를 수확하는 접촉대전 나노발전기에 대한 연구들이 넓은 범위에서 이루어져 왔다.

[0005] 이러한 장점에도 불구하고 액적 impact의 momentum이 매우 적으며, 높은 임피던스를 가지기 때문에 하베스팅 되는 에너지의 양이 매우 적다는 단점을 가지고 있다. 액적 기반 접촉대전 나노발전기 기술은 이의 실용화에 매우 큰 장애물을 가지고 있다.

[0006] 이런 낮은 에너지 출력량의 개선을 위하여 출력 enlargement를 위한 다양한 시도들이(소재 개선 혹은 소자 설계 등등) 있었다. 그러던 중 2020년도에 zuankai wang 연구실에서 새로운 시스템으로 제안된 DEG가 간단한 구조와 높은 출력량의 장점으로 인하여 주목받는 중이다.

[0007] 높은 출력량을 출력 가능한 DEG(droplet-based electricity generator)를 이용하여, 액적을 이용하여 하베스팅 한 에너지로 스마트폰을 충전하거나, 전기장에 의하여 동작하는 편광유리 등을 동작시키는 시도들이 있었다.

[0008] 다시말해, 기존의 DEG 연구의 방향은 DEG의 operation mechanism 검증 및 발생하는 출력의 증대와 이에 따른

application 구동에 집중되어 있었으며, DEG 자체에 기능성을 부여하는 연구들은 아직 이루어지지 않고 있다.

[0009] 만약 DEG에 high transparent, flexibility, stretchability 등의 기능성이 부여된다면, 다른 energy harvesting platform 과의 통합 가능성이 생겨, 다양한 분야에 적용이 더 쉽게 이루어 질 수 있기 때문에, DEG 연구의 다음 단계로 넘어가기 위해서는 해당 연구들이 필수적으로 이루어져야 한다.

[0010] 즉, 기존의 액적 기반 에너지 하베스터 (DEG) 는 소수성 유전체 층을 사이에 두고 금속으로 이루어진 전극 한 쌍이 위치하는 구조를 가지고 있다. 이 두 전극 중 유전체 층 상단에 위치한 전극에 액적이 충돌하게 되면서, 액적이 가지는 위치에너지를 전기에너지로 변환하는 플랫폼이다. 이러한 에너지 하베스터 플랫폼은 타 액적 에너지 하베스팅 플랫폼들에 비하여 높은 전기적 출력을 얻을 수 있다는 장점을 가지나, 금속 전극의 물리적 특성 때문에 다양한 기능성을 가지지 못 한다는 단점을 가진다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-1893217
(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 10-1958872
(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 10-2163962

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 기존 액적 기반 에너지 하베스터를 구성하는 금속 전극을 몰로 대체하여 이에 기능성을 부여한, 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따르면, 기존에 금속 전극을 사용한 액적 기반 에너지 하베스터가 가지는 장점 중 하나인 고출력을 가지면서, 물을 전극으로 사용하였을 때 얻을 수 있는 고투명성, 고신축성 등의 기능성 또한 부여 가능하여, 액적 기반 에너지 하베스터의 사용처를 확대할 수 있는, 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따르면, 떨어지는 액적을 포획하여 전극으로서 사용하며, 액적 기반 에너지 하베스터의 작동을 위해서는 지속적인 액적의 충돌이 필요하며, 이 때문에 추가적인 전극 형성 과정 없이 고투명, 고신축성 전극을 얻을 수 있고, 또한, 액적 기반 에너지 하베스터의 내부 저항이 매우 높기 때문에, 기존 금속 전극과 비교하였을 때 출력의 저하가 거의 일어나지 않는, 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0015] 그리고 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 금속 전극을 이용한 시스템과 비교하여, 적용될 수 있는 기관의 범위가 매우 넓고, 특히 고투명성 특징을 가지기 때문에, 이는 창문과 같은 투명기관에도 적용되어 빗방울이 충돌할 때 에너지를 수확하거나, 태양광 패널 상단에 적용되어 전천후 에너지 하베스터를 제작하는데 사용될 수 있으며, 고신축성 특징 때문에 다양한 곡면 상에서도 액적 충돌에 의해 에너지 수확이 가능하여, 일상에서 주로 존재하는 다양한 종류의 표면에도 적용할 수 있는, 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0016] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 기존에 액적 에너지 하베스터 연구에서 부족했던 기능성에 대한 부분을 보완하여, 일상에서 찾을 수 있는 다양한 표면등에 이를 부착하여 효과적으로 빗방울 에너지 하베스팅이 가능하며, 더 나아가 이를 태양광 패널에 적용한다면, 특히 고투명성 덕분에 태양광 패널에서 출력되는 전력 손실이 없는 하이브리드 에너지 하베스터 제작이 가능할 것으로 예상되며, 이러한 하이브리드 전략은 태양광 에너지가 가지는 에너지 공백을 효과적으로 메울 수 있어, 매우 효율적일 수 있는, 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0017] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에

게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 제1목적은 기관; 상기 기관에 특정간격 이격되어 구비되는 유전체층; 상기 기관과 상기 유전체층 사이에 충전되는 액체로 구성된 하부 액체전극; 및 상기 유전체층 상 일측에 구비되며 액체가 흡수된 상부전극;을 포함하여, 공급되는 액적이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터로서 달성될 수 있다.
- [0019] 그리고 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터는 투명하고 플렉서블하며, 신축성이 있는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 또한 상기 액체는 물인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 그리고 상기 기관과 상기 유전체층을 이격시키기 위한 스페이서를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 또한 상기 스페이서에 의해 형성된 기관과 상기 유전체층 사이에 물이 충전되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0023] 그리고 상기 유전체층은 소수성 유전체층인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0024] 또한 상기 상부전극은, 상기 유전체층 일측에 구비되는 친수성 유전체층에 상기 물이 흡수된 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0025] 그리고 상기 친수성 유전체층은 플라즈마 처리된 APTES인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0026] 또한 상기 소수성 유전체층은 FEP, PDMS인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 제2목적은, 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 제작방법으로서, 스페이서를 통해 기관과 특정간격 이격되도록 유전체층을 구비하는 단계; 상기 유전체층 상부 일측에 친수성 유전체층을 구비하는 단계; 액적의 공급에 따라 상기 기관과 상기 유전체층 사이에 액체가 충전되어 하부 액체전극이 구비되는 단계; 상기 액적을 상기 친수성 유전체층이 흡수하여 상부전극이 형성되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 제작방법으로서 달성될 수 있다.
- [0028] 제2목적에 있어서, 상기 액적, 액체는 물인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0029] 또한 제2목적에 있어서, 상기 유전체층은 소수성 유전체층인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0030] 그리고 제2목적에 있어서, 상기 친수성 유전체층은 소수성 유전체층인 FEP에 O₂ plasma 처리를 한 후에 APTES(3-Aminopropyltriethoxysilane)를 스핀코팅 후, 한번 더 플라즈마 처리하여 제작되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 제3목적은, 앞서 언급한 제1목적에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동방법으로서, 물방울의 공급에 따라 기관과 유전체층 사이에 물이 충전되어 하부 액체전극이 형성되는 단계; 상기 물방울을 친수성 유전체층이 흡수하여 상부전극이 형성되는 단계; 및 공급되는 물방울이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동방법으로서 달성될 수 있다.
- [0032] 그리고 상기 하베스팅하는 단계는, 물방울이 접촉됨에 따라, 물방울 내부에 분극이 일어나게 되고, 이러한 과정에서 전위차가 생겨, 전류가 흐르게 되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0033] 또한 소수성 유전체층은 음전하로 대전되고, 하부액체전극은 양전하로 대전되는 단계; 물방울이 유전체층에 접촉되어 물방울 내부에 분극이 일어나게 되고 전류는 하부액체전극에서 상부전극으로 흐르는 단계; 및 상기 물방울이 상부전극에 접촉된 후 떨어지면 전류는 상부전극에서 하부전극으로 흐르는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0034] 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 기존 액적 기반 에너지 하베스터를 구성하는 금속 전극을 물로 대체하여 이에 기능성을 부여한 효과를 갖는다.
- [0035] 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 기존에 금속 전극을 사용한 액적 기반 에너지 하베스터가 가지는 장점 중 하나인 고출력을 가지면서, 물을 전극으로 사용하였을 때 얻을 수 있는 고투명성, 고신축성 등의 기능성 또한 부여 가능하여, 액적 기반 에너지 하베스터의 사용처를 확

대할 수 있는 장점이 있다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 떨어지는 액적을 포획하여 전극으로서 사용하며, 액적 기반 에너지 하베스터의 작동을 위해서는 지속적인 액적의 충돌이 필요하며, 이 때문에 추가적인 전극 형성 과정 없이 고 투명, 고 신축성 전극을 얻을 수 있고, 또한, 액적 기반 에너지 하베스터의 내부 저항이 매우 높기 때문에, 기존 금속 전극과 비교하였을 때 출력의 저하가 거의 일어나지 않는 장점이 있다.

[0037] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 기존의 금속 전극을 이용한 시스템과 비교하여, 적용될 수 있는 기관의 범위가 매우 넓고, 특히 고 투명성 특징을 가지기 때문에, 이는 창문과 같은 투명기관에도 적용되어 빗방울이 충돌할 때 에너지를 수확하거나, 태양광 패널 상단에 적용되어 전천후 에너지 하베스터를 제작하는데 사용될 수 있으며, 고 신축성 특징 때문에 다양한 곡면 상에서도 액적 충돌에 의해 에너지 수확이 가능하며, 일상에서 주로 존재하는 다양한 종류의 표면에도 적용할 수 있는 장점이 있다.

[0038] 또한 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 기존에 액적 에너지 하베스터 연구에서 부족했던 기능성에 대한 부분을 보완하여, 일상에서 찾을 수 있는 다양한 표면등에 이를 부착하여 효과적으로 빗방울 에너지 하베스팅이 가능하며, 더 나아가 이를 태양광 패널에 적용한다면, 특히 고투명성 덕분에 태양광 패널에서 출력되는 전력 손실이 없는 하이브리드 에너지 하베스터 제작이 가능할 것으로 예상되며, 이러한 하이브리드 전략은 태양광 에너지가 가지는 에너지 공백을 효과적으로 메울 수 있어, 매우 효율적인 장점이 있다.

[0039] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0040] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터(DEG)의 단면도,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 물전극층(하부액체전극), 상부전극을 형성하는 과정을 표현한 도면,

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 친수성 유전체층에 물방울이 접촉했을 때 상부전극을 형성하는 과정을 표현한 도면,

도 4는 유전체층으로 사용되는 FEP와, Plasma 처리된 APTES 층(친수성 유전체층)의 contact angle 차이를 보여주는 도면,

도 5a는 친수성 유전체층의 안정성을 표현한 그래프,

도 5b는 기존 금속전극을 이용한 DEG와, 본 발명의 실시예에 따른 DEG의 전압출력차이,

도 6a 및 도 6c는 본 발명의 실시예에 따른 투명성, 유연성, 신축성을 나타낸 도면,

도 7a는 본 발명의 실시예에 따른 물 전극 형성에 따른 출력 변화 그래프,

도 7b는 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동원리 도면,

도 7c는 도 7b의 작동원리를 전기회로로 표현한 도면,

도 8a는 본 발명의 실험예에서의 각 파라미터를 표현한 도면,

도 8b는 상부전극 두께에 따른 전압 출력 비교 그래프,

도 8c는 하부액체전극의 두께에 따른 전압출력 비교그래프,

도 8d는 물방울의 성분(NaCl 농도)에 따른 전압 출력 비교그래프,

도 8e는 물방울의 성분 (pH 농도)에 따른 전압 출력 비교그래프,
 도 8f는 물방울이 떨어지는 높이에 따른 전압 출력 비교그래프,
 도 8g는 물방울이 떨어지는 입사각에 따른 전압 출력 비교그래프,
 도 8h는 외부 저항에 따른 전압 출력 및 피크 전력 출력 비교그래프,
 도 8i는 물 전극 DEG로 용량 별 capacitor를 충전한 결과그래프,
 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 실시예에 따른 물 전극 DEG의 투명성을 보여주기 위한 사진,
 도 9c는 UV-vis spectrometer를 이용하여 물 전극 DEG(100)의 투과도를 측정한 결과 그래프,
 도 9d는 본 발명의 실시예에 따른 물 전극 DE(100)G의 bendability를 보여주기 위한 실험 setup,
 도 9e는 Bending 했을 때 물 전극의 저항 변화를 측정한 그래프, 도 9f는 Bending 했을 때 물 전극 DEG에서 출력되는 전압,
 도 9g는 신축성이 있는(Stretchable) sample의 제작 과정을 표현한 그림,
 도 9h는 Strain이 가해진 상태에서 출력되는 output을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.
- [0042] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0043] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.
- [0044] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0045] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.
- [0047] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터(DEG)의 구성 및 작동원리에 대해 설명하도록 한다.

- [0048] 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터(DEG)는, 높은 광선투과율과, 높은 유동성을 가지는 water를 DEG의 전극 부분에 적용하여, 고 투명성(transparent), 고 유연성(flexible), 고 신축성(stretchable)의 성질을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0049] 본 발명의 실시예에 따른 DEG의 작동을 위해서는 액적의 constant한 접촉 및 분리가 필요하며, 떨어지는 액적을 포집하여 전극을 형성할 수 있다면, 추가적인 공정 없이 계속하여 전극을 형성 가능할 것이다.
- [0050] 이를 위하여 본 발명의 실시예에서는, 유전체층 아래에는 이격공간을 두고, 유전체층 위에는 선택적인 친수성 유전체층을 두어, 액적이 떨어지며 상부전극을 형성할 수 있도록 DEG를 설계하고, 액적이 유전체층 아래의 이격공간에 차들어가 자발적으로 하부액체전극을 형성될 수 있도록 구성된다.
- [0051] 하부액체전극이 형성된 후에는, 액적이 떨어지며 저절로 유전체층 위의 친수성 유전체층에 puddle을 형성하여, 자발적으로 상부전극이 형성된다. 물전극은 금속전극 보다는 상대적으로 높은 전기적 저항을 가지고 있으나, DEG 구동에 충분한 conductivity를 가지고 있으며, 선행 연구들에 따르면 매우 transparent하다는 장점을 가진다.
- [0052] 또한, water가 유체형태 출력의 degradation 없이 고투명 DEG를 얻을 수 있다. 때문에, 이를 electrode로 사용하면 기존의 transparent electrode와 비교하여 높은 flexibility를 가질 수 있다.
- [0053] 추가적으로, water는 매우 높은 deformability를 가지고 있기 때문에 이를 stretching 하는 등의 상대적인 harsh한 상황에서도 전극의 역할을 할 수 있기 때문에, 기존의 electrode material과 비교하여 DEG의 contact layer로 사용되는 재료의 특성을 fully 사용할 수 있다는 장점을 가지게 된다.
- [0054] 또한, high transparency 덕분에 태양전지와 같은 투명도가 중요한 energy harvester에 이를 통합하였을 때, solar energy harvesting에 방해없이 raindrop energy harvesting이 가능하다. 서로 상반된 환경에서의 두 에너지를 한 모듈에서 harvesting 가능하기 때문에, 기존에 각 에너지 하베스터가 가지는 단점 중 에너지 공백 부분을 효과적으로 극복 가능하다.
- [0056] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터(DEG)의 단면도를 도시한 것이다.
- [0057] 기관(10)과, 이러한 기관(10)에 특정간격 이격되어 구비되는 유전체층(30), 하부액체전극(20), 상부전극(50)을 포함하여 구성된다.
- [0058] 하부액체전극(20)은, 기관(10)과 유전체층(30) 사이에 충전되는 액체로 구성된다.
- [0059] 또한 상부전극(50)은 유전체층(30) 상 일측에 구비되며 액체가 흡수된 형태를 갖는다.
- [0060] 이러한 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터(100)는 투명하고 플렉서블하며 신축성을 갖는다. 본 발명의 실시예에 따른 액체는 물일 수 있다.
- [0061] 또한 스페이서를 통해 기관(10)과 유전체층(30)을 이격시키도록 구성될 수 있다. 따라서 스페이서에 의해 형성된 기관(10)과 유전체층(30) 사이에 물이 충전되어 하부액체전극(20)을 형성하게 된다.
- [0062] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 유전체층(30)은 소수성 유전체층이고, 상부전극(50)은, 유전체층(30) 일측에 구비되는 친수성 유전체층(40)에 물이 흡수된 형태일 수 있다.
- [0063] 본 발명의 실시예에서, 소수성 유전체층(40)은 플라즈마 처리된 APTES일 수 있으며, 소수성 유전체층(30)은 FEP일 수 있다.
- [0064] 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터(100)의 제작방법은, 스페이서를 통해 기관(10)과 특정간격 이격되도록 유전체층(30)을 구비하고, 유전체층(30) 상부 일측에 친수성 유전체층(40)을 구비하게 된다. 앞서 언급한 바와 같이, 유전체층(30)은 소수성 유전체층이며, FEP로 구성될 수 있고, 친수성 유전체층(40)은 플라즈마 처리된 APTES일 수 있다.
- [0065] 그리고 물방울(액적)의 공급에 따라 기관(10)과 유전체층(30) 사이에 물이 충전되어 하부액체전극(20)이 형성하게 된다.

- [0066] 그리고 물방울을 친수성 유전체층(40)이 흡수하여 상부전극(50)이 형성되게 된다.
- [0068] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 물전극층(하부액체전극), 상부전극을 형성하는 과정을 표현한 도면이다. 그리고 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 친수성 유전체층에 물방울이 접촉했을 때 상부전극을 형성하는 과정을 표현한 도면이다. 도 4는 유전체층으로 사용되는 FEP와, Plasma 처리된 APTES 층(친수성 유전체층)의 contact angle 차이를 보여주는 도면이다. 본 발명의 실시예에 따른 소수성 유전체층 FEP에 O₂ plasma 처리를 한 후에 APTES(3-Aminopropyltriethoxysilane)를 스핀코팅 후 한번 더 플라즈마 처리하여 제작된다.
- [0069] 큰 접촉각 차이때문에 물방울이 친수성 유전체층에 갇힐 수 있게 된다.
- [0070] 도 5a는 친수성 유전체층의 안정성을 표현한 그래프를 도시한 것이다. 약 한달간 접촉각을 측정해본 결과, 큰 변화가 없는 것을 알 수 있다.
- [0071] 도 5b는 기존 금속전극을 이용한 DEG와, 본 발명의 실시예에 따른 DEG의 전압출력차이를 도시한 것이다. 두 출력 사이에 통계적인 차이가 없음을 알 수 있다.
- [0072] 도 6a 내지 도 6c는 본 발명의 실시예에 따른 투명성, 유연성, 신축성을 나타낸 도면이다. 도 6a 내지 도 6c에 도시된 바와 같이, 물 전극이 가지는 물리적 특성(고 투명성, 고 변형성 등)에 따라, 물 전극을 액적 에너지 하베스터에 적용하였을 때 고 투명성, 고 변형성(유연성), 고 신축성과 같은 기능성들의 부여가 가능함을 알 수 있다.
- [0074] 도 7a는 본 발명의 실시예에 따른 물 전극 형성에 따른 출력 변화 그래프를 도시한 것이다. 그리고 도 7b는 본 발명의 실시예에 따른 액체전극 기반 액적 에너지 하베스터의 작동원리 도면, 도 7c는 도 7b의 작동원리를 전기 회로로 표현한 도면을 도시한 것이다.
- [0075] 도 7a에 도시된 바와 같이, 물전극이 완전히 형성되기 전에는 전압이 출력되지 않지만, 물전극이 완전히 형성된 후에는 약 80V 가량의 전압이 출력됨을 알 수 있다.
- [0076] 도 7b 및 도 7c에 도시된 바와 같이, 물방울이 접촉됨에 따라, 물방울 내부에 분극이 일어나게 되고, 이러한 과정에서 전위차가 생겨, 전류가 흐르게 됨을 알 수 있다.
- [0077] 즉, 물전극이 형성된 후, 유전체층은 음전하로 대전되면, 하부액체전극은 양전하로 대전되게 된다. 그리고 물방울이 유전체층에 접촉되게 되면 물방울 내부에 분극이 일어나게 되고 전류는 하부액체전극에서 상부전극으로 흐르고, 이러한 물방울이 상부전극에 접촉된 후 떨어지면 전류는 상부전극에서 하부전극으로 흐르게 된다.
- [0078] 도 8a는 본 발명의 실험예에서의 각 파라미터를 표현한 도면이다. 도 8b는 상부전극 두께에 따른 전압 출력 비교 그래프를 도시한 것이다. 그리고 도 8c는 하부액체전극의 두께에 따른 전압출력 비교그래프를 도시한 것이다.
- [0079] 도 8d는 물방울의 성분(NaCl 농도)에 따른 전압 출력 비교그래프를 도시한 것이다. 또한 도 8e는 물방울의 성분(pH 농도)에 따른 전압 출력 비교그래프를 도시한 것이다.
- [0080] 도 8f는 물방울이 떨어지는 높이에 따른 전압 출력 비교그래프를 도시한 것이다. 도 8g는 물방울이 떨어지는 입사각에 따른 전압 출력 비교그래프를 도시한 것이다.
- [0081] 도 8h는 외부 저항에 따른 전압 출력 및 피크 전력 출력 비교그래프를 도시한 것이다. 도 8h에 도시된 바와 같이, 10 MΩ에서 최대 피크 전력이 출력되기 때문에, 물 전극 DEG는 10 MΩ의 내부저항을 가지는 것을 알 수 있다.
- [0082] 도 8i는 물 전극 DEG로 용량 별 capacitor를 충전한 결과그래프를 도시한 것이다.
- [0084] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 실시예에 따른 물 전극 DEG(100)의 투명성을 보여주기 위한 사진이다. 도 9c는 UV-vis spectrometer를 이용하여 물 전극 DEG(100)의 투과도를 측정한 결과 그래프를 도시한 것이다. 도 9c에 도시된 바와 같이, 물전극을 형성한 후 투과도가 더 증가되었음을 알 수 있다.
- [0085] 도 9d는 본 발명의 실시예에 따른 물 전극 DEG(100)의 bendability를 보여주기 위한 실험 setup, 도 9e는

Bending 했을 때 물 전극의 저항 변화를 측정한 그래프, 도 9f는 Bending 했을 때 물 전극 DEG에서 출력되는 전압을 나타낸 것이다.

[0086] 도 9e 및 도 9f에 도시된 바와 같이, Bending이 되었음에도 불구하고 출력 변화가 없는 것을 인할 수 있다.

[0087] 도 9g는 신축성이 있는(Stretchable) sample의 제작 과정을 표현한 그림, 도 9g의 실험예에서는, stretchable 특성을 확인하기 위해 유전체층(30)을 PDMS로 변경하였다.

[0088] PDMS에 prestrain을 가해진 후에, 아랫부분에 하부전극 형성을 위한 PDMS Supporting을 부착하고, 유전체층 윗부분에 APTES를 이용하여 친수성 층을 코팅해주었다. 이후에 prestrain을 제거해 준 후에 다시 strain을 가해주어도, APTES 층 위에 형성된 물 전극이 유실되지 않고 그대로 존재하는 것을 알 수 있다. 도 9h는 Strain이 가해진 상태에서 출력되는 output을 도시한 것이다.

[0089]

[0090] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

부호의 설명

[0091]

10:기관

20:하부액체전극

30:유전체층

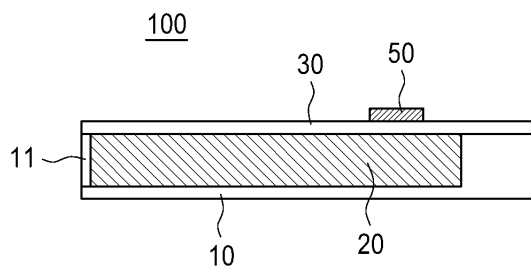
40:친수성 유전체층

50:상부전극

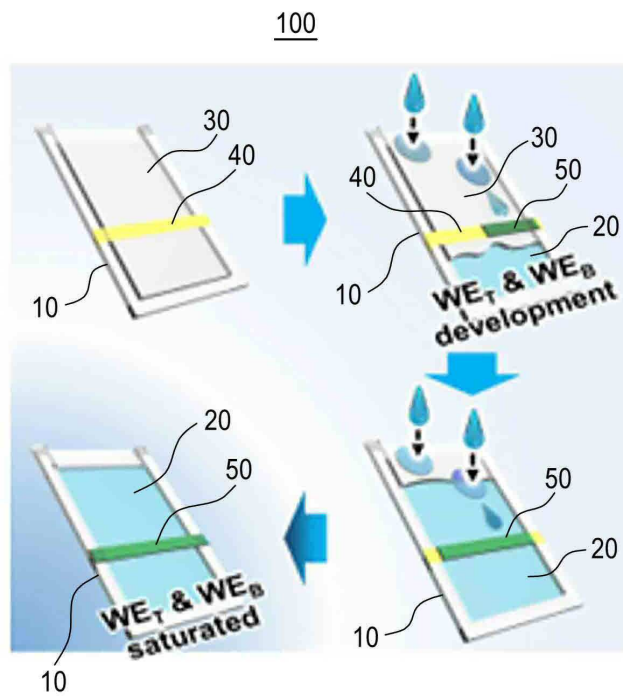
100:액체전극 기반 액적 에너지 하베스터(물 전극 DEG)

도면

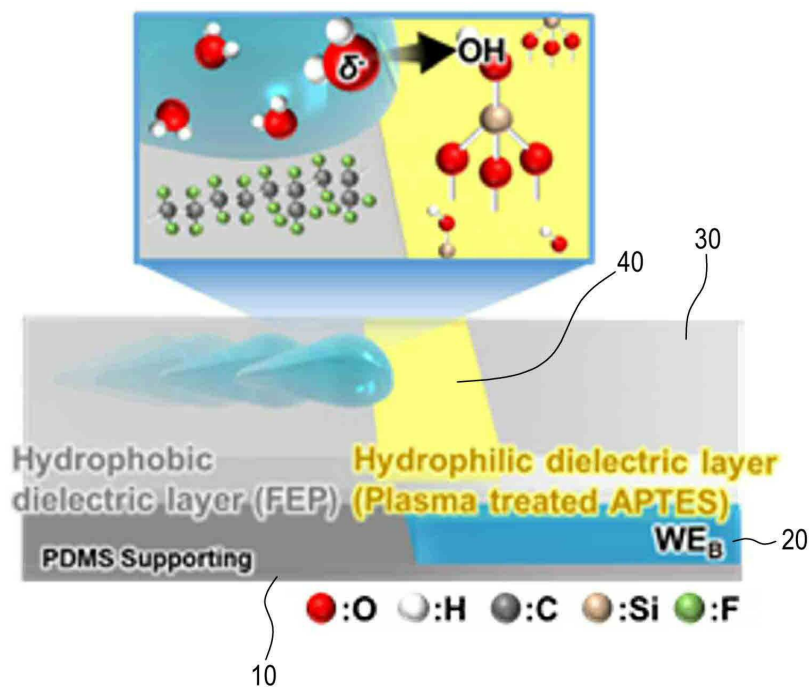
도면1



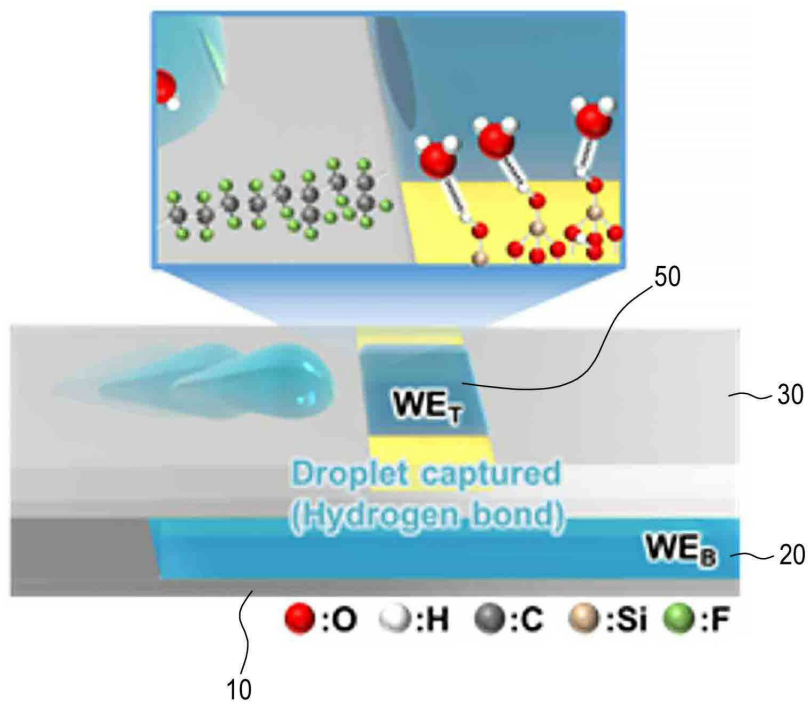
도면2



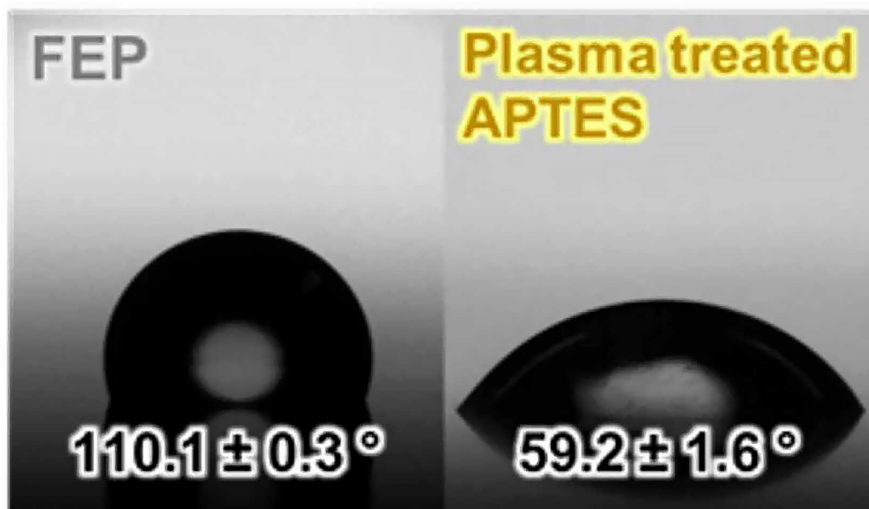
도면3a



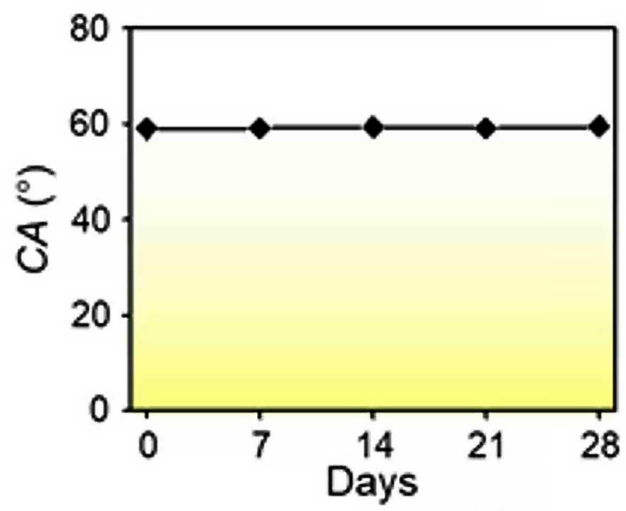
도면3b



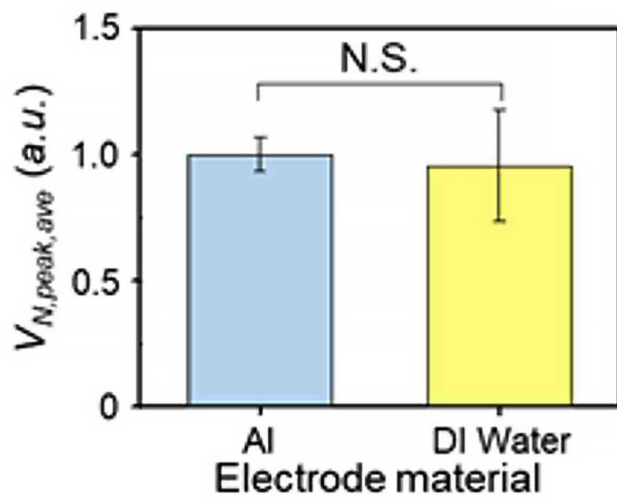
도면4



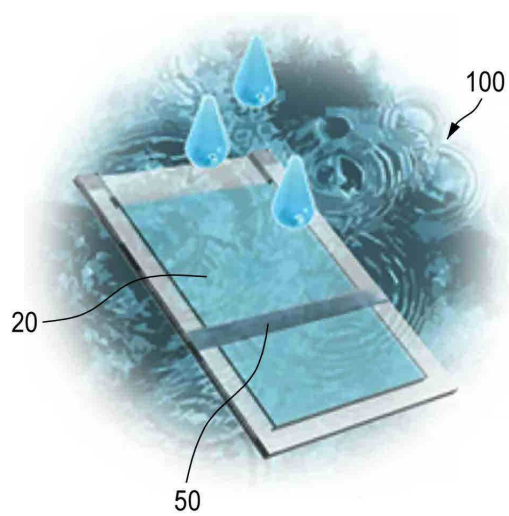
도면5a



도면5b



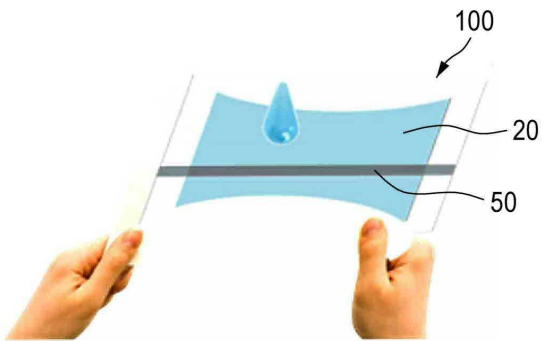
도면6a



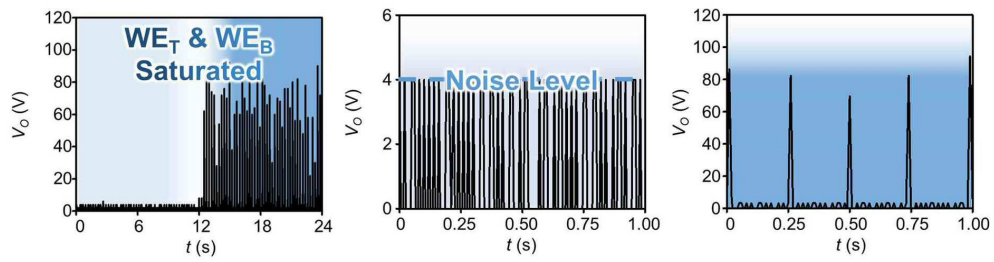
도면6b



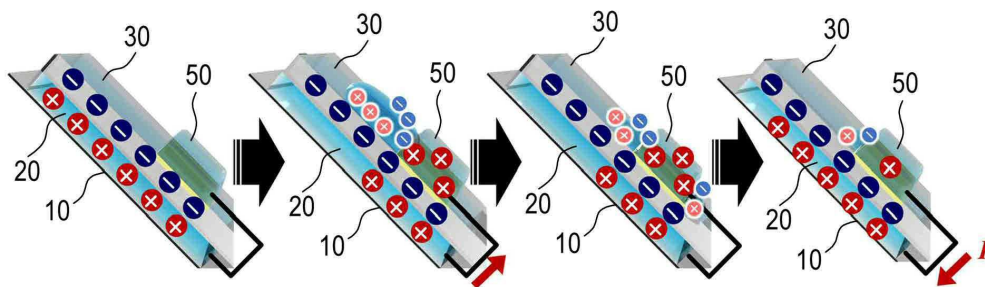
도면6c



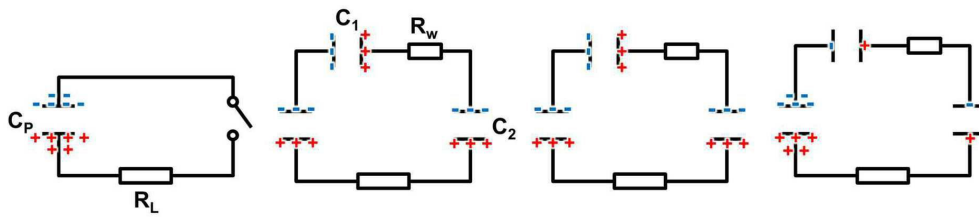
도면7a



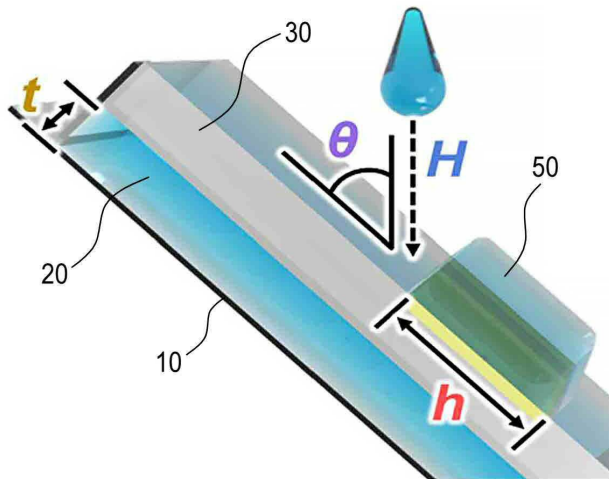
도면7b



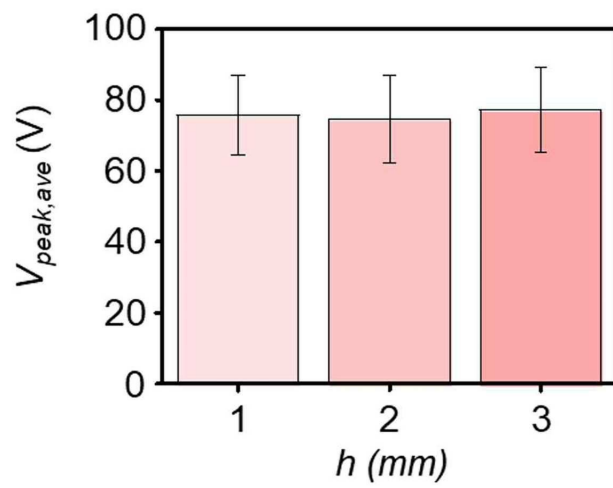
도면7c



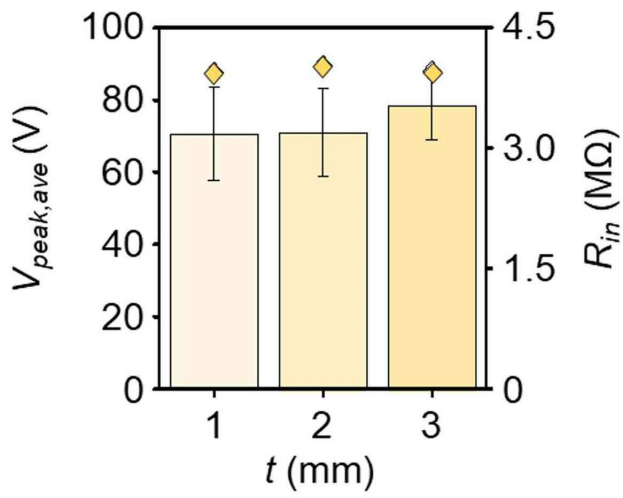
도면8a



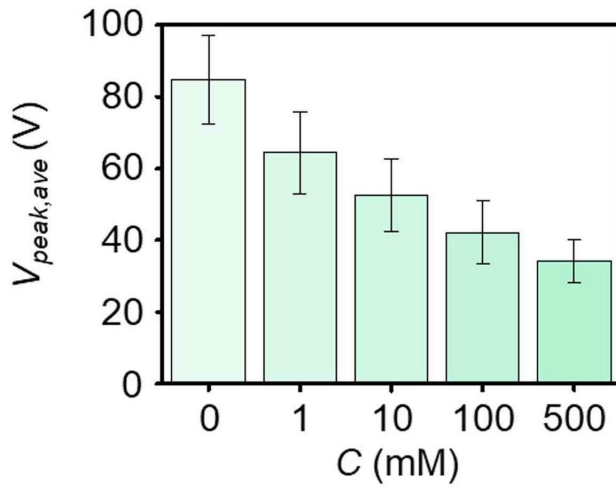
도면8b



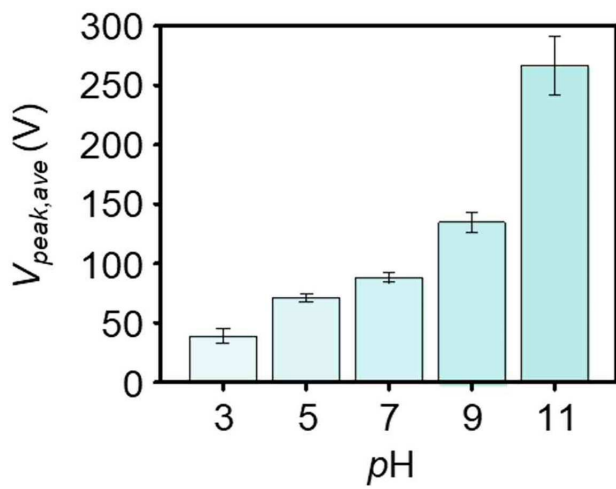
도면8c



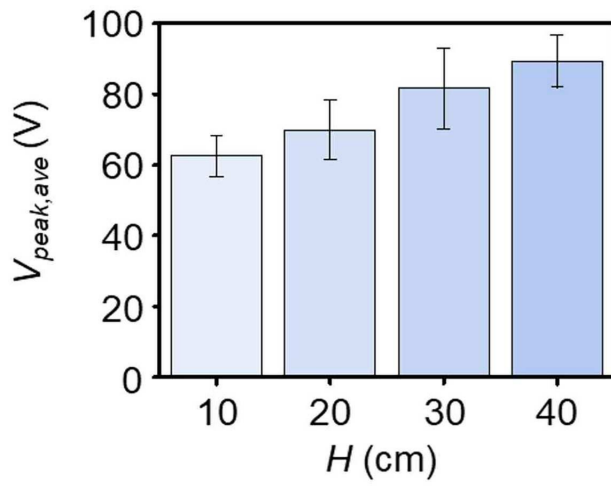
도면8d



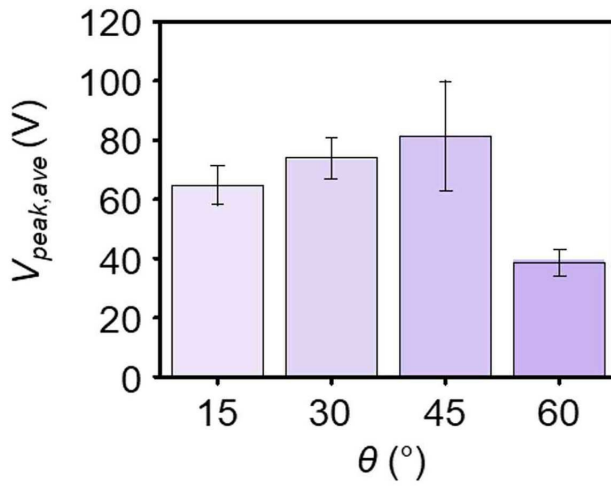
도면8e



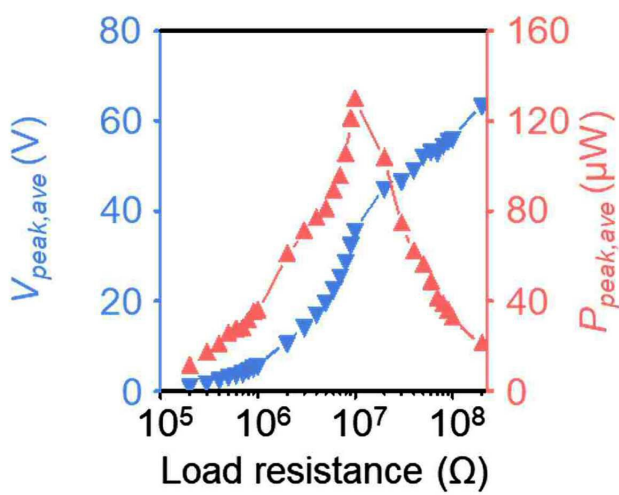
도면8f



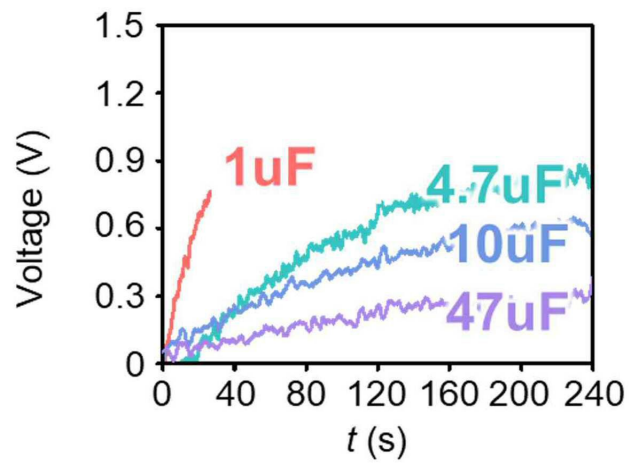
도면8g



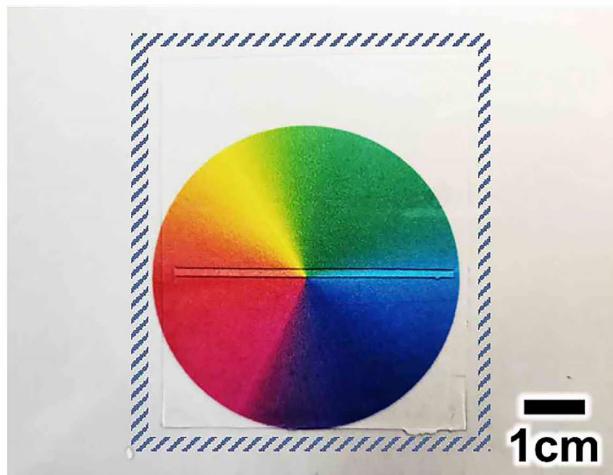
도면8h



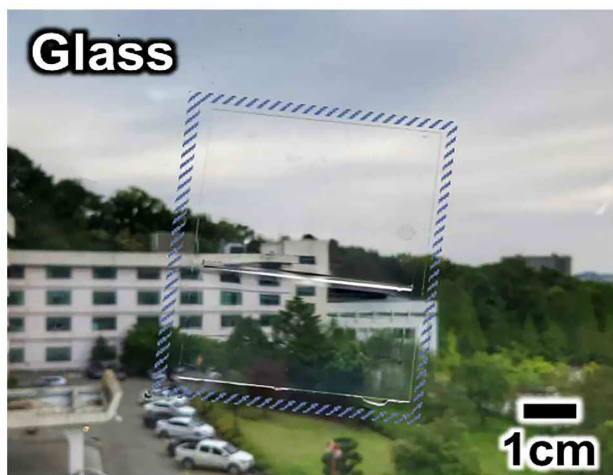
도면8i



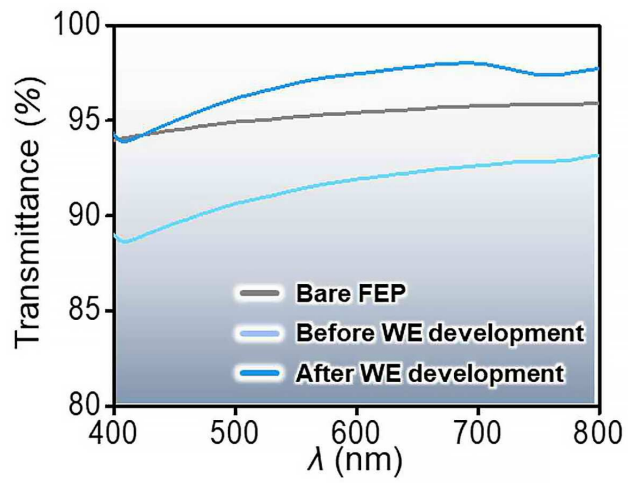
도면9a



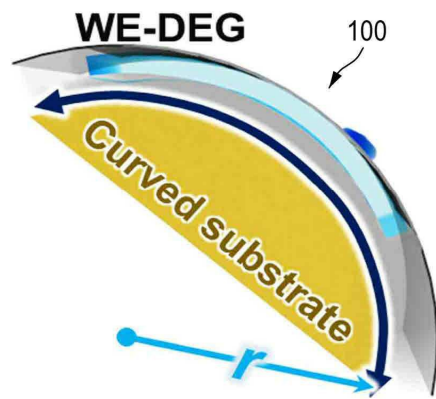
도면9b



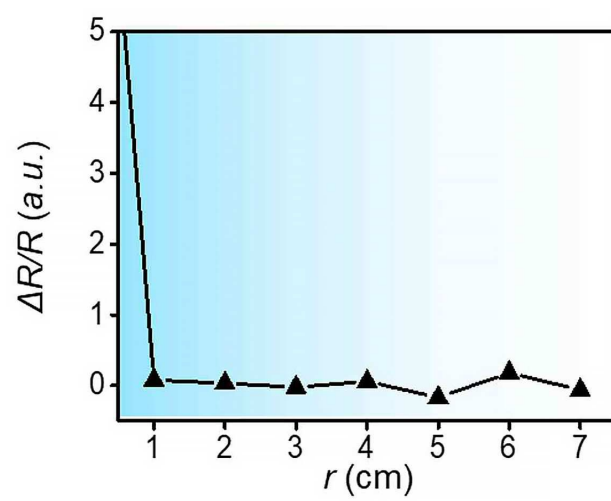
도면9c



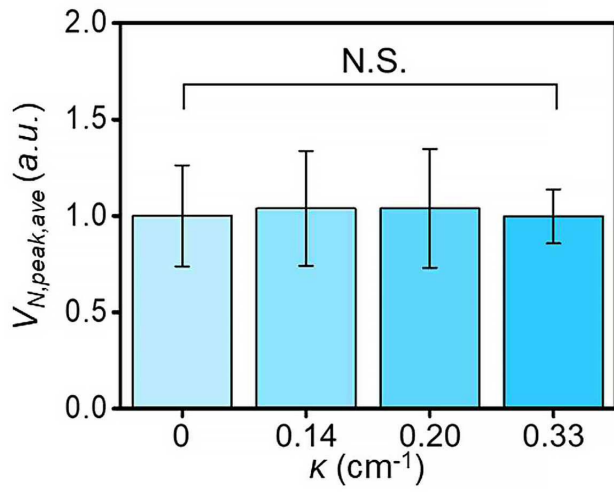
도면9d



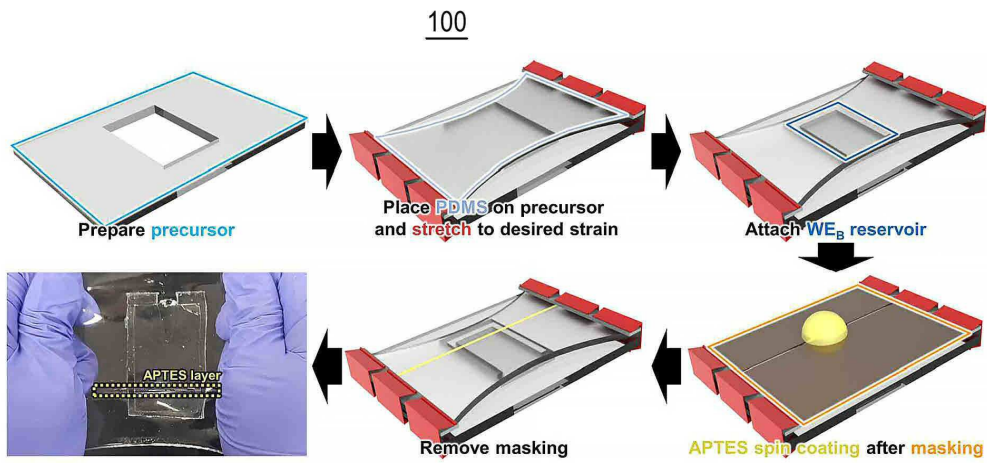
도면9e



도면9f



도면9g



도면9h

