(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0061882
(43) 공개일자 2025년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/08 (2006.01) *H02N 1/04* (2006.01)
H02N 2/00 (2006.01) *H10N 30/30* (2023.01)
H10N 30/80 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/08 (2013.01)
H02N 1/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0146224
(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
장순민
경기도 수원시 영통구 반달로 74 102호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

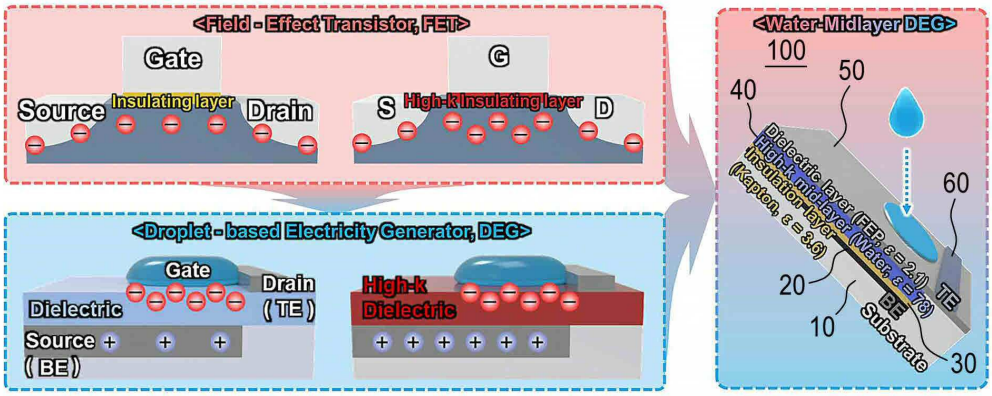
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법**

(57) 요 약

본 발명은 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기판; 상기 기판 상에 구비되는 하부전극층; 상기 하부전극층과 특정간격 이격되어 배치되는 유전층; 상기 유전층 일측에 구비되는 상부전극; 및 상기 유전층과 상기 하부전극층 사이에 게재되는 고유전율 중간층을 포함하고, 공급되는 액적이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H02N 2/22 (2013.01)
H10N 30/30 (2023.02)
H10N 30/80 (2025.05)

(72) 발명자
소반알리샤
파키스탄 24420, 카이베르 파크툰크와, 차르사다 디스트릭트 엔드 테실, 푸랑, 코즈 사퍼크헬

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

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

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판;

상기 기판 상에 구비되는 하부전극층;

상기 하부전극층과 특정간격 이격되어 배치되는 유전층;

상기 유전층 일측에 구비되는 상부전극; 및

상기 유전층과 상기 하부전극층 사이에 게재되는 고유전율 중간층을 포함하고, 공급되는 액적이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 중간층의 유전율은 10 이상인 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 중간층은 물로 구성되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 하부전극층 상에 구비되는 절연층;을 더 포함하고,

상기 유전층은 상기 절연층과 특정간격 이격되어 위치되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 유전층은 -전하로 대전되어 있고, 상기 유전층은 소수성인 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 물의 내부 쌍극자는 소수성 유전체층에 형성된 전하에 따라 배열되고, 상기 하부전극에 전하가 유도되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 기판은 PLA, 상기 유전층은 FEP로 구성되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 하부전극층과 상기 상부전극층은 알루미늄으로 구성되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터.

청구항 9

액적 기반 에너지 하베스터의 제작방법으로서,

기판을 제작하고, 기판 상에 하부전극층을 제조하는 단계;

상기 하부전극층 상에 절연층을 구비하는 단계;

상기 절연층과 특정간격 이격되도록 유전층을 배치하는 단계;

상기 유전층 일측에 상부전극을 구비하는 단계; 및

상기 유전층과 상기 절연층 사이에 고유전율 중간층을 충진하는 단계;포함하고, 공급되는 액적이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 제작방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 고유전율 중간층은 물인 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 제작방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 유전층은 -전하로 대전되어 있고, 상기 유전층은 소수성이며, 상기 물의 내부 쌍극자는 소수성 유전체층에 형성된 전하에 따라 배열되고, 상기 하부전극에 전하가 유도되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 제작방법.

청구항 12

제 9항에 있어서,

상기 기판은 PLA, 상기 유전층은 FEP이며, 상기 하부전극층과 상기 상부전극층은 알루미늄로 구성되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 제작방법.

청구항 13

액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법으로서,

제 4항에 따른 에너지 하베스터를 제작하는 단계;

유전층과 절연층의 사이공간에 고유전율 액체를 충진하여 고유전율 중간층을 형성하는 단계; 및

액적이 유전층 상에 떨어져 흐르며, 상기 액적이 상기 상부전극에 충돌하며 에너지를 하베스팅하는 단계;을 포함하는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 액체는 물인 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법.

청구항 15

제 13항에 있어서,

상기 유전층은 소수성 유전층인 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 유전층은 -전하로 대전되어 있고, 상기 물의 내부 쌍극자는 소수성 유전체층에 형성된 전하에 따라 배열되고, 상기 하부전극층에 전하가 유도되는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법.

청구항 17

제 16항에 있어서,

상기 액적이 상부전극에 접촉되면 상기 하부전극층의 양전하가 상부전극으로 흐르는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 에너지 위기와 함께 에너지 하베스팅 플랫폼에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 낭비되는 에너지 수확과 관련된 다양한 접근 방식이 존재한다.

[0003] 낭비되는 에너지원 중 물에너지는 유망에너지로 꼽힌다. 지구의 70%가 물로 구성되어 있다. 물 에너지 수확을 위해 새로운 에너지 하베스팅 플랫폼이 제안되고 있다. 압전, 수력발전, 마찰전기 등이 그 예이다.

[0004] 최근 액적 기반 전기 발생기(DEG, droplet-based electricity generator)는 장점으로 인해 액적 에너지 하베스팅 플랫폼으로 각광받고 있다. 이는 i) 간단한 체계적 구성(하부 전극, 유전체 접촉층, 상부 전극) ii) 높은 전기 출력(액적과 전극 사이의 벌크 효과)의 장점을 갖는다.

[0005] 따라서 실용화를 위해 전기적 출력을 향상시키기 위한 다양한 전략이 연구되어 왔다. 최근 연구는 실용적인 측면에서 전류 출력의 진폭을 향상시키는 데 중점을 두고 있다. 그러나 전류 출력은 전송된 전하와 전송 시간을 좌우하기 때문에 전송된 전하량에 초점을 맞추는 것이 전기 출력보다 더 중요할 수 있다.

[0006] 전송된 전하 향상을 위한 전략이 출력 향상을 위한 기존 전략과 성공적으로 혼합될 수 있다면 전송된 전하도 더욱 향상시킬 수 있다.

[0007] DEG가 FET(Field EffectTransistor)와 구조적으로 유사하다는 점을 고려하면 기존의 FET 강화 전략 가능성이 DEG에 효과적일 수 있다.

[0008] High-k(고유전율) 층은 FET 성능 향상을 위한 유망한 방법이 될 수 있다(즉, i) 소스와 드레인 사이의 전하 유도를 강화, ii) 전하 누출 방지)

[0009] DEG에서 high-k 재료의 기대되는 역할은 i) 전극의 전하 유도 강화(원래 전극에는 아주 적은 양의 전하만 유도될 수 있다) ii) 접촉층에서 생성된 전하를 최대한 활용 iii) 전하 이동 시간 연장이 될 수 있다.

[0010] High-k 재료 임베딩 전략은 DEG의 에너지 수확 능력을 향상시키는 데 도움이 될 수 있다.

[0011] 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 시스템의 구조는 전계방출 트랜지스터(FET)와 흡사한 구조를 가지고 있기 때문에, FET에 유도되는 전하량을 높이기 위하여 사용되는 고유전율 층 도입 전략을 차용했을 때 액적 기반 에너지 하베스터의 작동 간 이동하는 전하량 또한 향상될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1893217호

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-1958872호

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-2163962호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 기존 액적 기반 에너지 하베스터에 고유전율 중간층을 도입하여 액적 기반 에너지 하베스터의 작동 간에 이동하는 전하량과 이의 이동에 걸리는 시간을 향상시킬 수 있어, 액적 하나에서 수확할 수 있는 에너지의 양을 비약적으로 증가시켜 에너지 수확 효율을 증대시킬 수 있는, 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따르면, 떨어지는 액적을 소수성 유전체와 아래 전극 사이에 포획하여 고유전율 중간층을 형성하고, 액적의 충돌은 액적 기반 에너지 하베스터의 작동에 필수적이며, 이는 매우 높은 유전율을 가지기 때문에, 이를 포획한다면 추가적인 공정 없이 고유전율 중간층을 형성할 수 있고, 이렇게 형성된 고유전율 중간층 덕분에, 아래 전극에 유도되는 전하량이 더 많아지게 되고, 이와 동시에 전하의 이동 속도가 길어져, 액적 하나가 출력할 수 있는 전기적 출력이 향상되고, 이에 따라 얻을 수 있는 에너지의 변환 효율 또한 높아질 수 있는, 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0015] 그리고 본 발명의 실시예에 따르면, 제작된 물 유전층 기반 액적 에너지 하베스터는 축전지 등의 에너지 저장 소자를 효과적으로 충전하여, 전자기기 등을 구동하는 데 적용될 수 있으며, 기존에 액적 에너지 하베스터 연구에서 시도하지 않은 고유전율 중간층의 도입을 통한 에너지 출력 효율의 향상을 가능하며, 더 나아가 이는 액적 기반 에너지 하베스터의 필수 요소들을 변경없이 중간층의 도입에 의한 결과기 때문에, 기존에 액적 기반 에너지 하베스터의 출력 증대를 위하여 도입되었던 전략들과 통합이 가능하여, 추가적인 출력 증대를 기대할 수 있는, 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0016] 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 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 제1목적은 기판; 상기 기판 상에 구비되는 하부전극층; 상기 하부전극층과 특정간격 이격되어 배치되는 유전층; 상기 유전층 일측에 구비되는 상부전극; 및 상기 유전층과 상기 하부전극층 사이에 게재되는 고유전율 중간층을 포함하고, 공급되는 액적이 상기 상부전극을 흐르면서 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터로서 달성될 수 있다.

[0018] 그리고 상기 중간층의 유전율은 10 이상인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 또한 상기 중간층은 물로 구성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 그리고 상기 하부전극층 상에 구비되는 절연층;을 더 포함하고, 상기 유전층은 상기 절연층과 특정간격 이격되어 위치되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 또한 상기 유전층은 -전하로 대전되어 있고, 상기 유전층은 소수성인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 그리고 상기 물의 내부 쌍극자는 소수성 유전체층에 형성된 전하에 따라 배열되고, 상기 하부전극에 전하가 유도되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0023] 또한 상기 기판은 PLA, 상기 유전층은 FEP로 구성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 그리고 상기 하부전극층과 상기 상부전극층은 알루미늄으로 구성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0025] 본 발명의 제2목적은, 액적 기반 에너지 하베스터의 제작방법으로서, 기판을 제작하고, 기판 상에 하부전극층을 제조하는 단계; 상기 하부전극층 상에 절연층을 구비하는 단계; 상기 절연층과 특정간격 이격되도록 유전층을 배치하는 단계; 상기 유전층 일측에 상부전극을 구비하는 단계; 및 상기 유전층과 상기 절연층 사이에 고유전율 중간층을 충진하는 단계;포함하고, 공급되는 액적이 상기 상부전극을 흐르면서 에너지를 하베스팅하는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 제작방법으로서 달성될 수 있다.

[0026] 제2목적에 있어서, 상기 고유전율 중간층은 물인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0027] 그리고 제2목적에 있어서, 상기 유전층은 -전하로 대전되어 있고, 상기 유전층은 소수성이며, 상기 물의 내부 쌍극자는 소수성 유전체층에 형성된 전하에 따라 배열되고, 상기 하부전극에 전하가 유도되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0028] 또한 제2목적에 있어서, 기판은 PLA, 상기 유전층은 FEP이며, 하부전극층과 상부전극층은 알루미늄되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0029] 본 발명의 제3목적은, 액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법으로서, 앞서 언급한 제1목적에 따른 에너지 하베스터를 제작하는 단계; 유전층과 절연층의 사이공간에 고유전율 액체를 충진하여 고유전율 중간층을 형성하는 단계; 및 액적이 유전층 상에 떨어져 흐르며, 상기 액적이 상기 상부전극을 흐르면서 에너지를 하베스팅하는 단계;을 포함하는 것을 특징으로 하는 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동방법으로서 달성될 수 있다.

[0030] 제3목적에 있어서, 상기 액체는 물인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0031] 그리고 제3목적에 있어서, 상기 유전층은 소수성 유전층인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0032] 또한 제3목적에 있어서, 상기 유전층은 -전하로 대전되어 있고, 상기 물의 내부 쌍극자는 소수성 유전체층에 형성된 전하에 따라 배열되고, 상기 하부전극층에 전하가 유도되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0033] 그리고 제3목적에 있어서, 상기 액적이 상부전극에 접촉되면 상기 하부전극층의 양전하가 상부전극으로 흐르는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0034] 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 기존

액적 기반 에너지 하베스터에 고유전율 중간층을 도입하여 액적 기반 에너지 하베스터의 작동 간에 이동하는 전하량과 이의 이동에 걸리는 시간을 향상시킬 수 있어, 액적 하나에서 수확할 수 있는 에너지의 양을 비약적으로 증가시켜 에너지 수확 효율을 증대시킬 수 있는 효과를 갖는다.

[0035] 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 떨어지는 액적을 소수성 유전체와 아래 전극 사이에 포획하여 고유전율 중간층을 형성하고, 액적의 충돌은 액적 기반 에너지 하베스터의 작동에 필수적이며, 이는 매우 높은 유전율을 가지기 때문에, 이를 포획한다면 추가적인 공정 없이 고유전율 중간층을 형성할 수 있고, 이렇게 형성된 고유전율 중간층 덕분에, 아래 전극에 유도되는 전하량이 더 많아지게 되고, 이와 동시에 전하의 이동 속도가 길어져, 액적 하나가 출력할 수 있는 전기적 출력이 향상되고, 이에 따라 얻을 수 있는 에너지의 변환 효율 또한 높아질 수 있는 효과를 갖는다.

[0036] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터 및 그 작동방법에 따르면, 제작된 물 유전층 기반 액적 에너지 하베스터는 축전지 등의 에너지 저장 소자를 효과적으로 충전하여, 전자기기 등을 구동하는 데 적용될 수 있으며, 기존에 액적 에너지 하베스터 연구에서 시도하지 않은 고유전율 중간층의 도입을 통한 에너지 출력 효율의 향상을 가능하며, 더 나아가 이는 액적 기반 에너지 하베스터의 필수 요소들을 변경없이 중간층의 도입에 의한 결과기 때문에, 기존에 액적 기반 에너지 하베스터의 출력 증대를 위하여 도입되었던 전략들과 통합이 가능하여, 추가적인 출력 증대를 기대할 수 있는 효과를 갖는다.

[0037] 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

[0038] 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 해석 되어서는 아니 된다.

도 1은 DEG에 FET 구조를 착안한 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 모식도,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 물 중간층을 형성하는 과정의 흐름도,

도 3은 도 2의 물의 충전양에 따른 출력변화 그래프,

도 4a는 종래 FEP 중간층을 갖는 DEG의 작동원리,

도 4b 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동원리,

도 5a 내지 도 5b는 기존 액적기반 에너지 하베스터(비교예)와 본 발명의 실시예에따른 물 유전체 기반 액적 에너지 하베스터의 a) 출력전류 b) 이동한 전하량 c) 전하이동시간 비교 그래프,

도 6a는 비교예와 본 발명의 실시예에 따른 내부 정전용량(Capacitance) 비교 그래프,

도 6b는 비교예와 본 발명의 실시예에 따른 회부 저항 변화에 따른 출력 비교그래프,

도 6c 및 도 6d는 비교예와 본 발명의 실시예에서 시간에 따른 LED on 시간 별 사진,

도 7은 비교예와, 본 발명의 실시예에 따른 a) 중간층의 두께에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간(노란색 : FEP, 파란색 : Water) b) 물방울(액적)을 떨어트리는 높이에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간 c) 물방울이 떨어지는 입사각에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간 d) 물방울의 부피에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간 그래프,

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 a) b) c) d) 도 7에서 출력 전류값이 비슷한 H =10cm, Θ = 15° 두 케이스에서 출력, 전하 이동시간, 전압 그래프를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 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 구체화

될 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.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0045] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 구성, 기능 및 작동 원리에 대해 설명하도록 한다.

[0046] 도 1은 DEG에 FET 구조를 착안한 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 모식도를 도시한 것이다.

[0047] 도 1에 도시된 바와 같이, DEG는 FET와 비슷한 구조로 형성되어 있으며, 이로 인하여 FET에서 이의 효율 증대를 위하여 사용되는 전략 중 “고유전율 중간층”을 DEG에 도입하면 contact layer의 표면에 유도된 charge가 전극에 더 많이 유도될 수 있다. 이에 따라, 이동하는 charge의 양이 증대될 수 있다.

[0048] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 물 중간층을 형성하는 과정의 흐름도를 도시한 것이다. 그리고 도 3은 도 2의 물의 충전양에 따른 출력변화 그래프,

[0049] 그리고 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 내부에 물로 차들어감에 따라 출력이 커짐을 알 수 있다.

[0051] 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터(100)의 구성은, 기판(10), 하부전극층(20), 절연층(30), 유전층(50), 상부전극(60), 고유전율 중간층(40) 등을 포함하여 구성될 수 있다.

[0052] 기판(10)은 PLA로 구성될 수 있으며, 전체적으로 ㄴ 자 형태의 단면으로 구성될 수 있다. 그리고 하부전극층(20)은 이러한 기판(10) 상에 구비된다. 하부전극층(20)(BE)은 알루미늄으로 구성될 수 있다.

[0053] 또한 절연층(30)은 하부전극층(20) 상에 구비된다, 그리고 절연층(30)은 캡톤필름(ε =3.6)으로 구성될 수 있다.

[0054] 그리고 유전층(50)은 절연층(30)과 특정간격 이격되어 위치되게 된다. 이러한 유전층(50)은 예를 들어 FEP(ε =2.1)로 구성될 수 있다.

[0055] 또한 상부전극(60)은 유전층(50) 상부 일측에 구비된다. 이러한 상부전층(60)(TE)은 알루미늄으로 구성될 수 있

다.

[0056] 그리고 본 발명의 실시예에서는 절연층(30)과 유전층(50) 사이에 게재되는 고유전율 중간층(40)을 포함하여 구성된다.

[0057] 따라서 공급되는 액적이 상부전극(60)을 흐르면서 에너지를 하베스팅하게 된다.

[0058] 본 발명의 실시예에 따른 중간층(40)은 액체로 구성될 수 있으며, 유전율은 10 이상이다.

[0059] 본 발명의 구체적 실시예에서 중간층(40)은 물일 수 있다.

[0060] 또한 유전층(50)은 -전하로 대전되어 있고, 이러한 유전층(50)은 소수성 유전층으로 구성된다.

[0061] 따라서 물의 내부 쌍극자는 소수성 유전체층에 형성된 전하에 따라 배열되고, 하부전극층(20)에 전하가 유도되게 된다.

[0062] 도 4a는 종래 FEP 중간층을 갖는 DEG의 작동원리, 도 4b 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터의 작동원리를 도시한 것이다.

[0063] 도 5a 내지 도 5b는 기존 액적기반 에너지 하베스터(비교예)와 본 발명의 실시예에따른 물 유전체 기반 액적 에너지 하베스터의 a) 출력전류 b) 이동한 전하량 c) 전하이동시간 비교 그래프를 도시한 것이다.

[0064] 즉, 일반적인 액적 기반 에너지 하베스터(1)는 두 상이한 크기의 전극 사이에 소수성 유전체 층이 위치한 구조를 가진다. 그러나, 물 유전층 기반 액적 에너지 하베스터(100)는 물 유전층의 형성을 위하여 소수성 유전체 층(50)과 하부전극층(20) 사이에 공간을 두어, 액적이 떨어짐에 따라 자연스럽게 물 유전층(40)을 형성할 수 있도록 구성된다.

[0065] 이렇게 형성된 물 유전층(40)의 내부 쌍극자는 소수성 유전체 층(50)에 형성된 전하에 따라 배열되며, 이에 따라 하부전극층(20)에 전하가 유도된다.

[0066] 이때, 물 유전층(40)에서의 쌍극자 배열이 기존에 사용하던 유전체 보다 잘 일어나기 때문에 더 많은 양의 전하가 전극에 유도되고, 이에 따라 높은 출력을 얻을 수 있다.

[0067] 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 중간층으로 FEP가 사용되었을 때의 비교예와, 본 발명의 실시예에 따라 중간층(40)으로 Water가 사용되었을 때의 작동원리를 비교해 보면, Water가 사용되었을 때, 중간층(40)의 polarization이 더 잘 일어나기 때문에, Contact layer로 사용된 FEP 표면에 유도된 전하가 더 많이 전극 부분에 유도되게 되어, 더 많은 전하들이 이동하게 됨을 알 수 있다.

[0068] 중간층이 FEP일 때와 Water 일 때 액적(물방울) 하나로 출력되는 전류 그래프를 도시한 도 5을 보면, τ는 전류 출력이 피크에서 0으로 떨어지는데 걸리는 시간(RC 회로의 방전에 걸리는 시간 t ∝ R*C)이고, Qt는 이동하는 전하의 양이는 전류 그래프를 적분한 값을 계산한 결과이다(전류의 정의 = 단위 시간동안 이동한 전하의 양 이기 때문에).

[0069] 도 5에 도시된 바와 같이, 이동되는 전하의 양과, τ 값이 FEP와 대비하여 물 중간층(40)을 도입하였을 때, 현저히 증가됨을 알 수 있다.

[0070] 도 6a는 비교예와 본 발명의 실시예에 따른 내부 정전용량(Capacitance) 비교 그래프, 도 6b는 비교예와 본 발명의 실시예에 따른 회부 저항 변화에 따른 출력 비교그래프, 도 6c 및 도 6d는 비교예와 본 발명의 실시예에서 시간에 따른 LED on 시간 별 사진을 나타낸 것이다.

[0071] 즉, 도 6a은 도 5c에 도시된 “τ ∝ R*C” 를 실증하기 위한 DEG 시스템의 내부 Capacitance를 계측한 그래프 DEG 시스템의 내부 저항을 계측한 그래프이다. 도 6a에 도시된 바와 같이, FEP와 대비하여 물 중간층(40)을 도입하였을 때, 정전용량이 현저히 증가됨을 알 수 있다.

[0072] 도 6b는 DEG의 내부 저항은 외부 저항을 변화시키며 계측한 Voltage의 peak 값을 기반으로 계산한 Peak Power가 최대인 지점이다.

[0073] 도 6c,d는 계측 장비에서 계측된 τ의 변화에 따른 효과의 검증을 위하여 물방울 하나로 LED를 켰을 때 LED가 켜져있는 시간을 계측한 결과를 나타낸 것이다. 도 6c,d에 도시된 바와 같이, LED의 유지되는 시간이 FEP와 대비하여 물 중간층(40)을 도입하였을 때, 현저히 증가됨을 알 수 있다.

[0074] 도 7은 비교예와, 본 발명의 실시예에 따른 a) 중간층의 두께에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간(노란

색 : FEP, 파란색 : Water) b) 물방울(액적)을 떨어트리는 높이에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간 c) 물방울이 떨어지는 입사각에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간 d) 물방울의 부피에 따른 전류, 이동 전하양, 전하 이동 시간 그래프를 도시한 것이다.

[0075] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 a) b) c) d) 도 7에서 출력 전류값이 비슷한 H =10cm, Θ = 15° 두 케이스에서 출력, 전하 이동시간, 전압 그래프를 도시한 것이다.

[0076] 즉, 도 8a,b,c는 도 7의 Parametric 실험예 중 출력 전류값이 비슷한 H =10cm, Θ = 15° 두 케이스에서 출력되는 전류, 이동하는 전하양, 그리고 전하 이동 시간을 나타낸 그래프이다. 도 8a,b,c에 도시된 바와 같이, 출력되는 전류는 같지만, 각 case에서 이동하는 전하의 양과 전하가 이동하는 데 걸리는 시간이 매우 상이한 것을 알 수 있다. 또한 도 8d에 도시된 바와 같이, 두 case의 환경에서 capacitor를 충전하였을 때, 이동하는 전하량이 매우 상이하기 때문에 이동하는 전하량이 더 많은 H = 10cm 케이스에서 capacitor가 더 높게 charging 됨을 알 수 있다.

[0078] 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

[0079] 1:종래 액적 기반 에너지 하베스터

10:기판

20:하부전극층

30:절연층

40:고유전율 중간층, 물 유전층

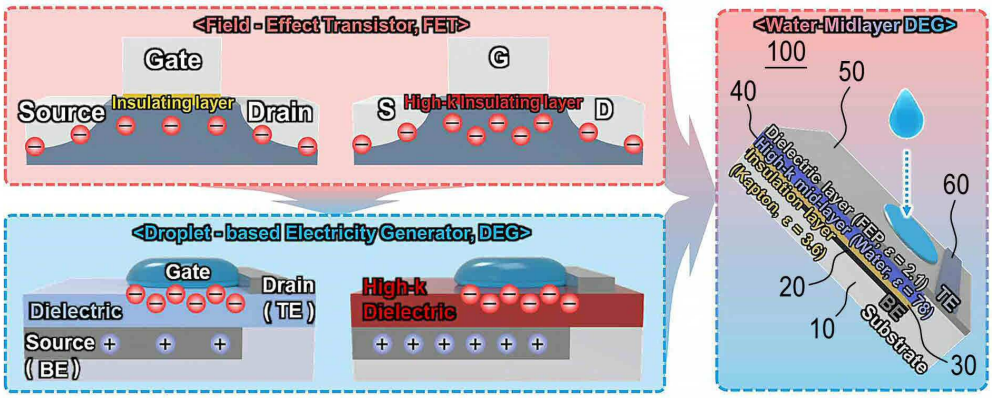
50:유전층, 소수성 유전층

60:상부전극

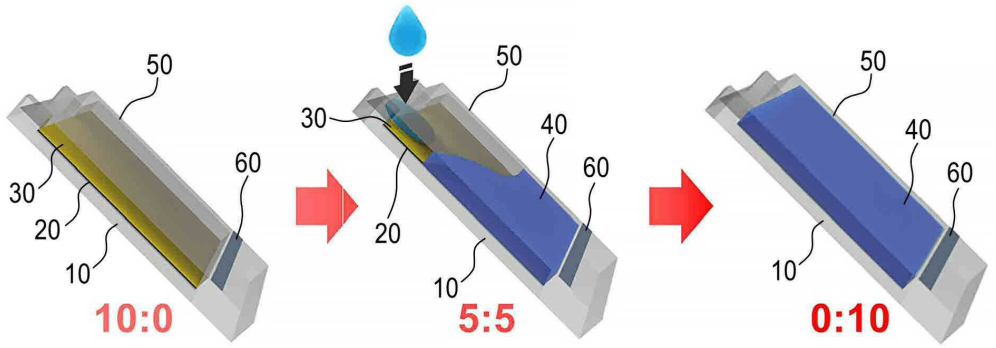
100:고유전율 중간층을 갖는 액적 기반 에너지 하베스터

도면

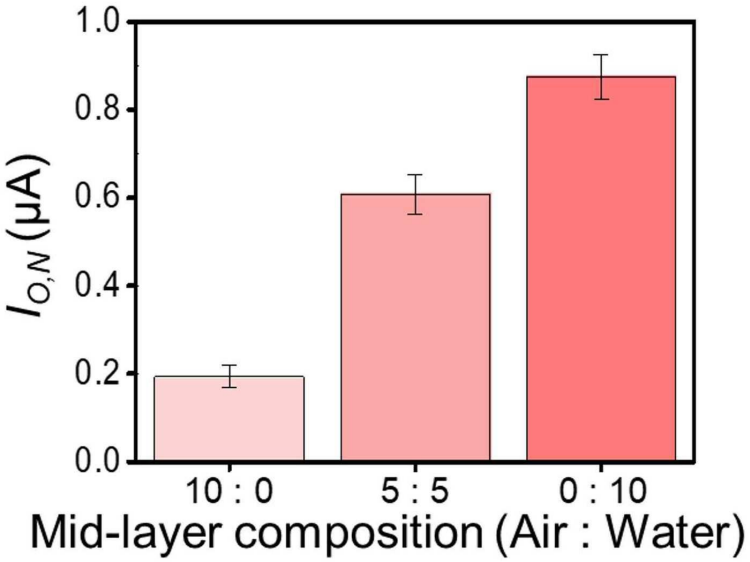
도면1



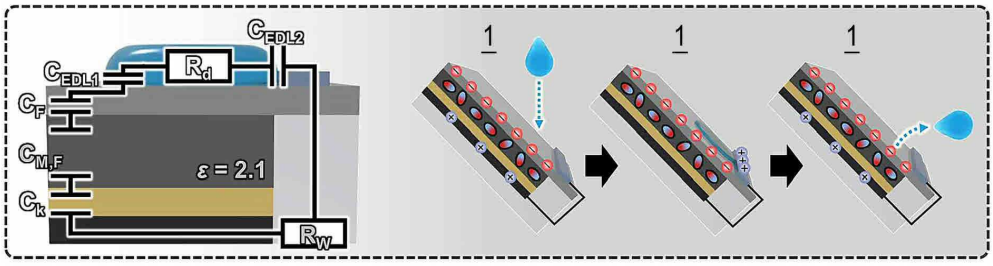
도면2



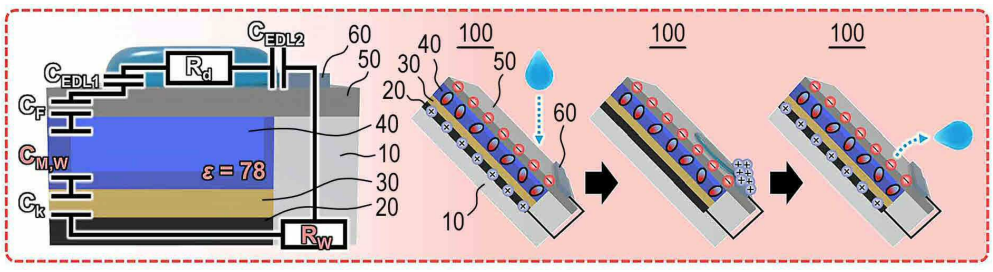
도면3



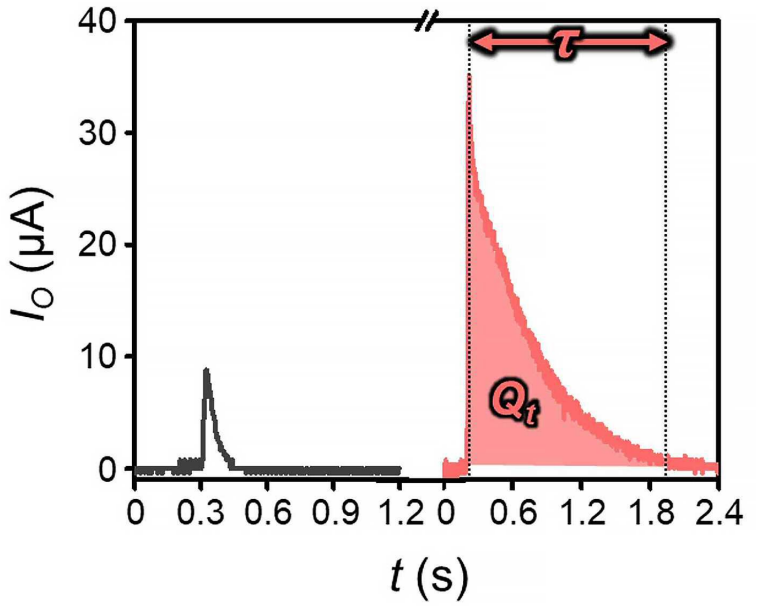
도면4a



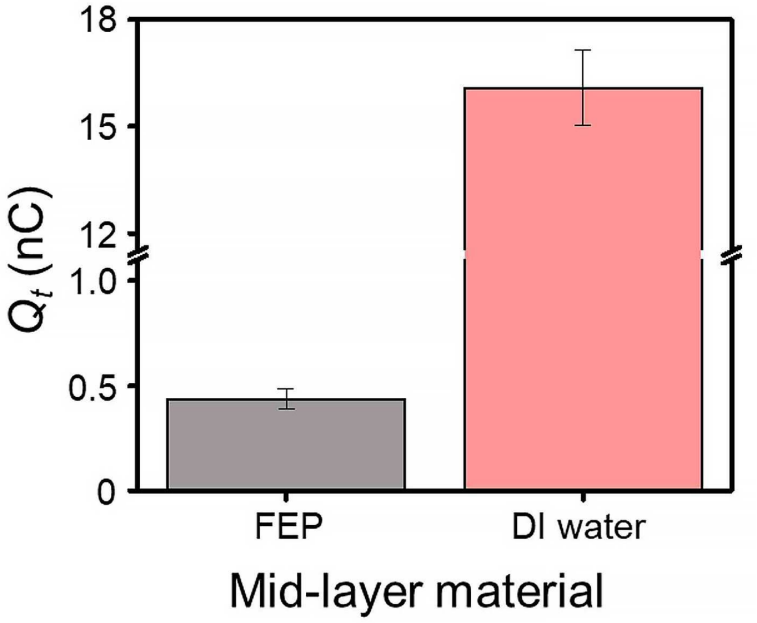
도면4b



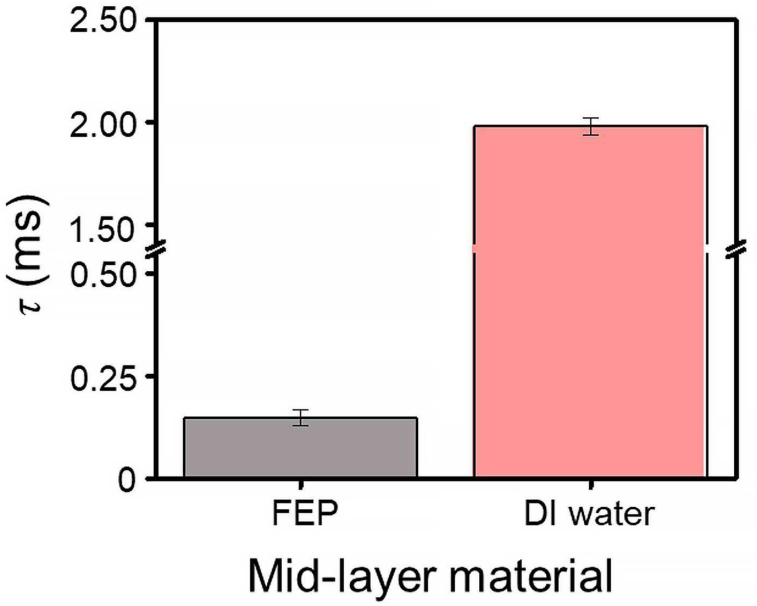
도면5a


40
30
20
10
0
I_O (μA)
τ
Q_t
0 0.3 0.6 0.9 1.2 0 0.6 1.2 1.8 2.4
t (s)

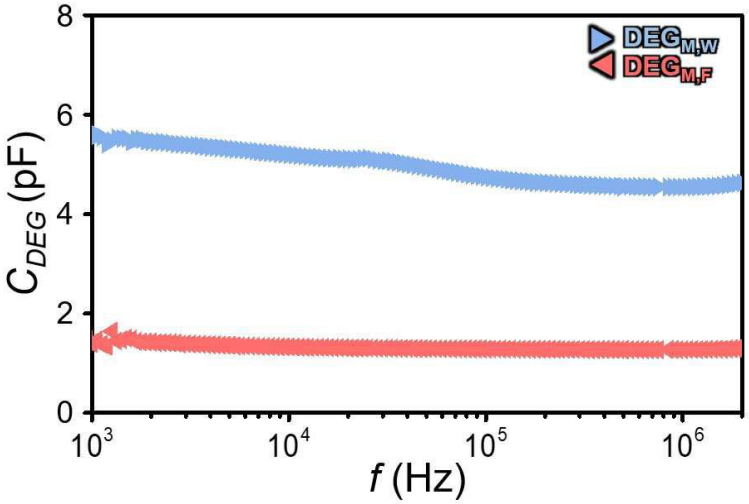
도면5b


18
15
12
1.0
0.5
0
Q_t (nC)
FEP
DI water
Mid-layer material

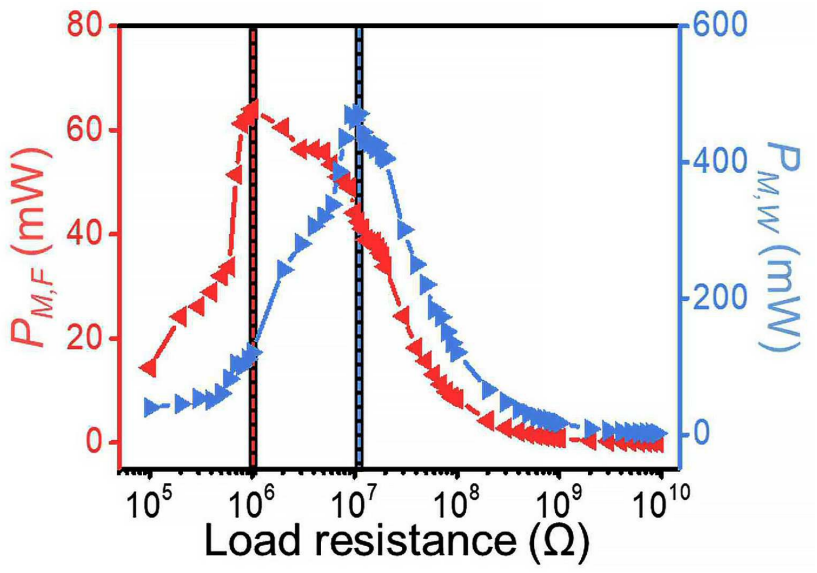
도면5c


2.50
2.00
1.50
0.50
0.25
0
τ (ms)
FEP
DI water
Mid-layer material

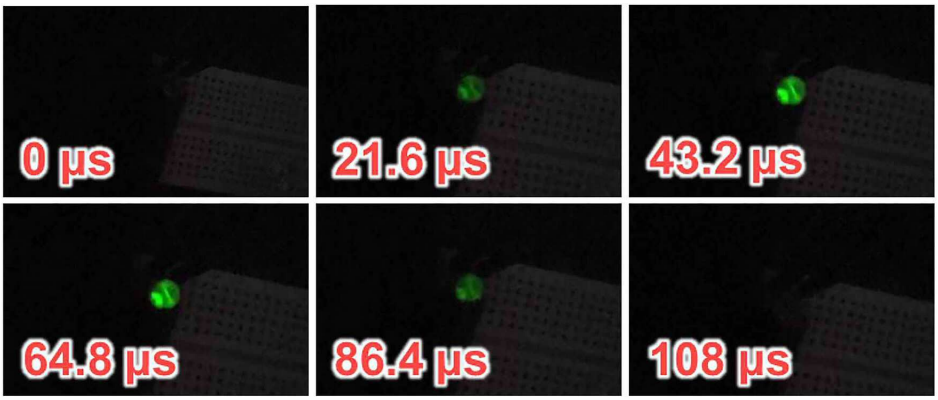
도면6a


8
6
4
2
0
C_{DEG} (pF)
10^3
10^4
10^5
10^6
f (Hz)
$DEG_{M,W}$
$DEG_{M,F}$

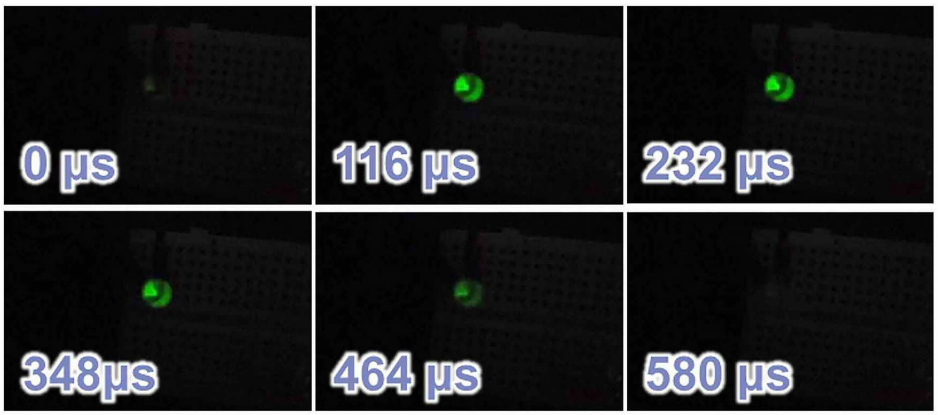
도면6b



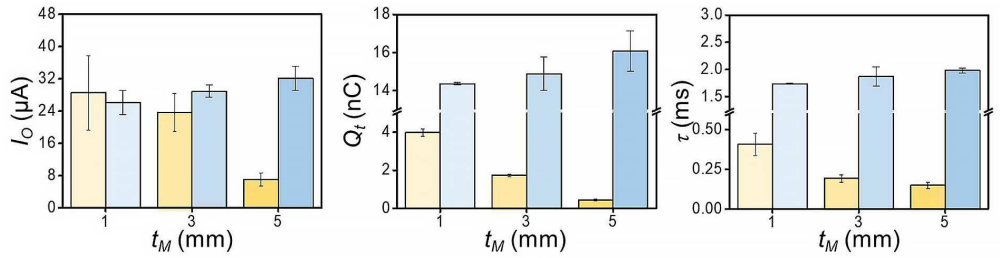
도면6c



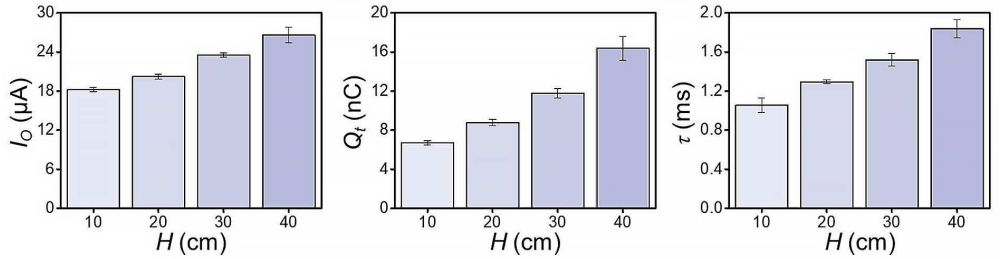
도면6d



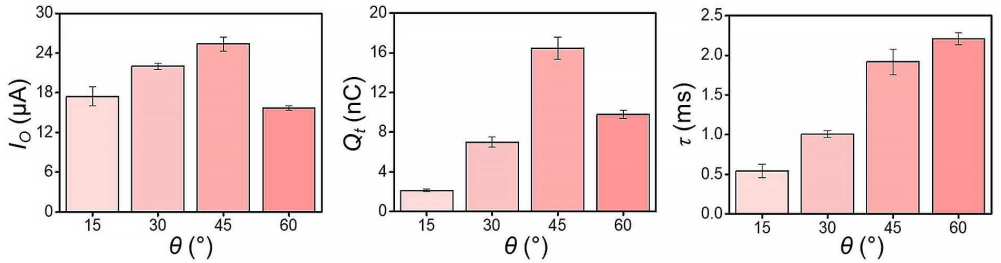
도면7a



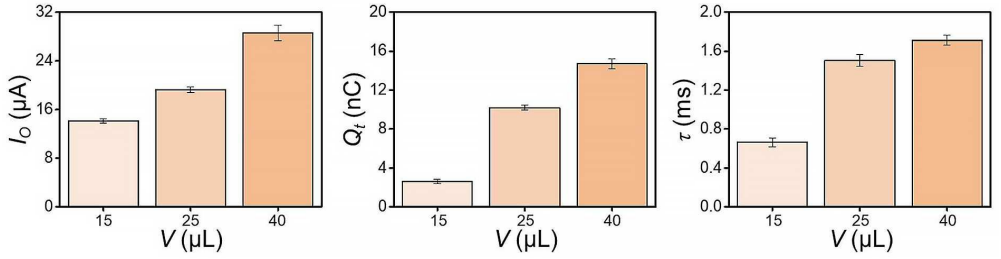
도면7b



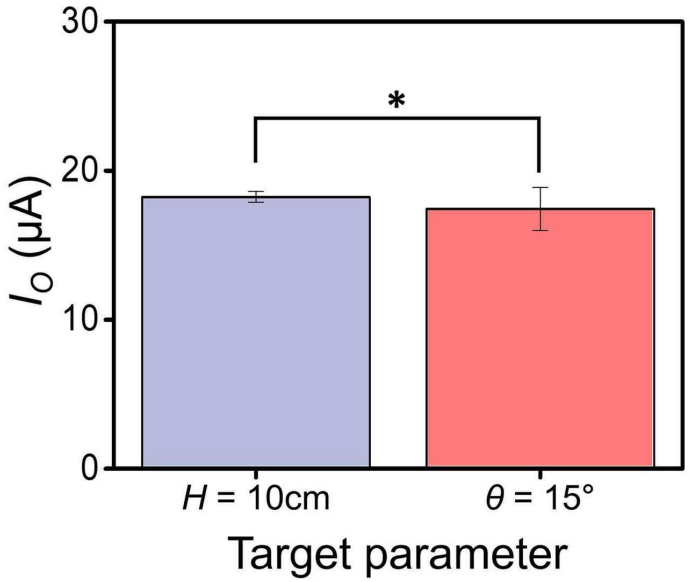
도면7c



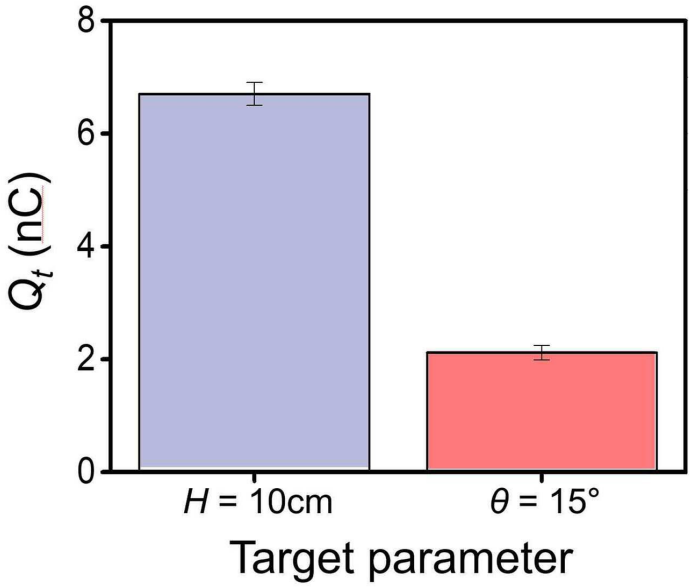
도면7d



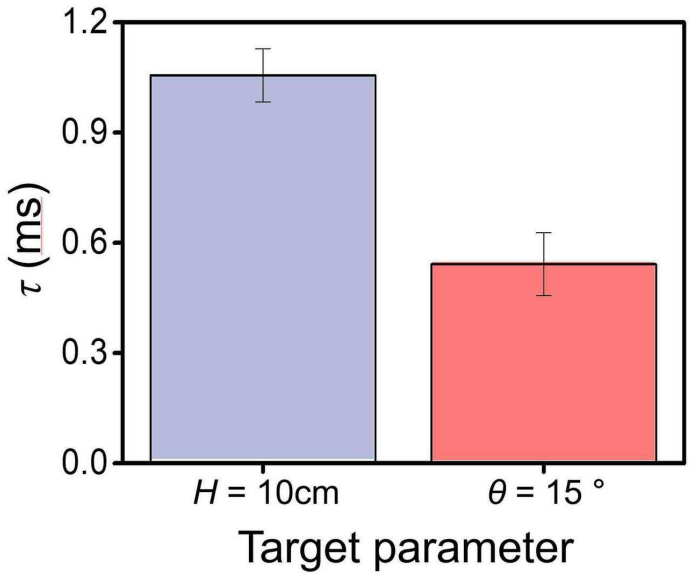
도면8a


30
20
10
0
*
I_O (μA)
H = 10cm
θ = 15°
Target parameter

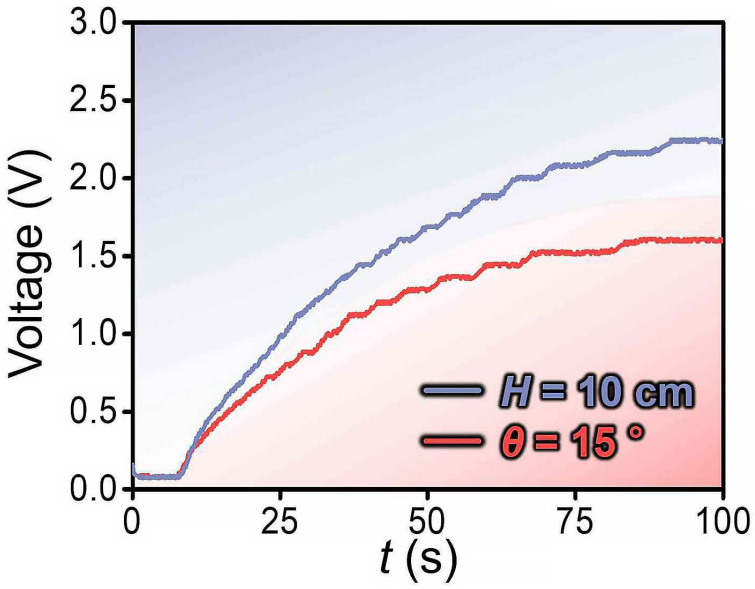
도면8b


8
6
4
2
0
Q_t (nC)
H = 10cm
θ = 15°
Target parameter

도면8c


1.2
0.9
0.6
0.3
0.0
τ (ms)
H = 10cm
θ = 15 °
Target parameter

도면8d


3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Voltage (V)
0
25
50
75
100
t (s)
H = 10 cm
θ = 15 °