(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0139419
(43) 공개일자 2020년12월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0065911
(22) 출원일자 2019년06월04일
심사청구일자 2019년06월04일

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
나정효
대전광역시 유성구 죽동로 321, 101동 1703호
김민제
세종특별자치시 전동면 소죽골길 79-2
(74) 대리인
특허법인아주

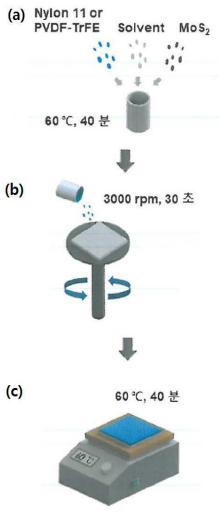
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **마찰발전소자 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법은 (a) 제1 ITO/PTE 필름 표면에 Nylon 11/MoS_2 합성층을 형성하여 양의 대전체를 제조하는 단계; (b) 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층과 마주하게 제2 ITO/PTE 필름 표면에 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층을 형성하여 음의 대전체를 제조하는 단계; 및 (c) 상기 양의 대전체 및 음의 대전체를 소정간격만큼 이격 배치시키는 단계;를 포함하여, 각 마찰표면의 표면 전하를 최대화할 수 있고, 표면 전하에 따라 증가하는 출력 전류의 특성에 의해 최대화된 표면 전하로 큰 출력 전류를 획득할 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 NRF-2019R1A2C1010384
부처명 과기정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중견연구 지원사업
연구과제명 마찰표면 대전도 및 유전체 분극 조절기술에 의한 에너지 수확 소자 성능 향상 및 응용 센서 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 충남대학교 산학협력단
연구기간 2019.03.01 ~ 2024.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 NRF-2017R1A4A1015744
부처명 과기정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 기초연구실 지원사업
연구과제명 Industry 4.0 산업용 무선 시스템 구축을 위한 기초 연구실
기 여 율 1/3
과제수행기관명 충남대학교 산학협력단
연구기간 2017.06.01 ~ 2020.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R18XA06-04
부처명 한국전력공사
과제관리(전문)기관명 전력연구원
연구사업명 사외공모기초연구사업
연구과제명 독립형 센서의 전원공급을 위한 마찰대전 효과 기반의 압전-마찰 듀얼모드 동작 가능한 동적에너지 하베스팅용 유연 발전소자 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 충남대학교 산학협력단
연구기간 2018.05.01 ~ 2021.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 제1 ITO/PTE 필름 표면에 Nylon 11/MoS_2 합성층을 형성하여 양의 대전체를 제조하는 단계;

(b) 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층과 마주하게 제2 ITO/PTE 필름 표면에 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층을 형성하여 음의 대전체를 제조하는 단계; 및

(c) 상기 양의 대전체 및 음의 대전체를 소정간격만큼 이격 배치시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 마찰발전소자 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 (a)단계는

(a-1) Nylon 11과 MoS_2을 혼합하는 단계;

(a-2) 상기 Nylon 11과 MoS_2의 혼합물에 용매를 혼합하는 단계;

(a-3) 상기 Nylon 11, MoS_2, 및 용매 혼합물을 합성하여 합성물을 제조하는 단계;

(a-4) 상기 합성물을 상기 제1 ITO/PET 필름표면에 코팅하여 Nylon 11/ MoS_2 합성층을 형성하는 단계;

(a-5) 표면에 상기 Nylon 11/ MoS_2 합성층이 형성된 상기 제1 ITO/PET 필름을 큐어링(curing)하는 단계; 및

(a-6) 폴링 기법으로 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층 내부의 다이폴을 재배치하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 마찰발전소자 제조방법.

청구항 3

제 3항에 있어서,

상기 (a-2)단계에서 혼합되는 용매는 포름산과 디클로로메탄이 1:6 비율의 용매인 것을 특징으로 하는 마찰발전소자 제조방법.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 (b)단계는

(b-1) PVDF-TrFE/MoS_2와 MoS_2(이황화몰리브덴)을 혼합하는 단계;

(b-2) 상기 PVDF-TrFE/MoS_2와 MoS_2의 혼합물에 용매를 혼합하는 단계;

(b-3) 상기 PVDF-TrFE/MoS_2, MoS_2, 및 용매 혼합물을 합성하여 합성물을 제조하는 단계;

(b-4) 상기 합성물을 상기 제2 ITO/PET 필름표면에 코팅하여 PVDF-TrFE/MoS_2/MoS_2 합성층을 형성하는 단계;

(b-5) 표면에 상기 PVDF-TrFE/MoS_2/MoS_2 합성층이 형성된 상기 제2 ITO/PET 필름을 큐어링(curing)하는 단계; 및

(b-6) 폴링 기법으로 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층 내부의 다이폴을 재배치하는 단계;를 포함하는 마찰발전소자 제조방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 (b-2)단계에서 혼합되는 용매는 아세톤과, N-Dimethylformamide(DMF)가 1:1의 비율의 용매인 것을 특징으로 하는 마찰발전소자 제조방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 (a-3) 및 (b-3)단계에서

상기 Nylon 11, MoS_2, 및 용매의 혼합물과, 상기 PVDF-TrFE/MoS_2, MoS_2, 및 용매의 혼합물은 60℃에서 40분간 합성되는 것을 특징으로 하는 마찰발전소자 제조방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 (a-4) 및 (b-4)단계에서

상기 Nylon 11, MoS_2, 및 용매의 합성물과 상기 PVDF-TrFE/MoS_2, MoS_2, 및 용매의 합성물을 각각 스핀코팅 방식으로 상기 제1 및 제2 ITO/PET 필름표면에 코팅하는 것을 특징으로 하는 마찰발전소자 제조방법.

청구항 8

제1 ITO/PTE 필름표면에 Nylon 11/ MoS_2 합성층이 형성된 양의 대전체;

상기 양의 대전체와 소정간격만큼 이격 배치되고, 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층과 마주하게 제2 ITO/PTE 필름 표면에 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층이 형성된 음의 대전체;를 포함하는 것을 특징으로 하는 마찰발전소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마찰발전소자에 관한 것으로써, 더욱 상세하게는 양과 음의 마찰층을 강유전 중합체로 구성하여 이황화몰리브덴(MoS_2) 합성층을 제작하고, 이황화몰리브덴(MoS_2)을 이용하여 마찰 표면의 표면 전하가 증가한 각각(양과 음)의 합성층을 폴링 기법을 통해 내부 다이폴을 재배치함으로써 표면 전하가 재차 높은 출력 전류를 가지도록하는 마찰발전소자에 관한 것이다.

[0002]

배 경 기 술

[0003] 전 세계적으로 각광받고 있는 IoT(Internet of Things) 환경은 다수의 무선센서의 네트워크를 기반으로 하는 환

경이다. 이에 따라 다수의 저전력 무선 센서에 대한 전력공급 문제가 대두 되고 있다.

[0004] 이 문제를 해결하기 위해 자가발전형식의 센서가 제시가 되었고 그들 중 기존에 발명되었던 태양광, 열전방식에 비해 비교적 날씨에 영향을 받지 않고 주변 환경에 존재하는 진동, 소음, 물리적 움직임 등의 에너지원을 하베스팅 할 수 있는 마찰에너지 하베스팅 방식이 주목받고 있다.

[0005] 이로 인해 마찰발전소의 출력을 향상시키기 위한 노력이 현재까지 진행되고 있지만 큰 출력전압에 비해 표면 전하에만 영향을 받는 출력 전류는 여전히 작으며 증가 또한 쉽지 않은 문제점이 있다.

[0006] 현재까지, 마찰 전기 나노 발전기(TENG)의 출력 성능을 향상시키기 위한 많은 노력이 있어 왔다.

[0007] 사실 유전체 유전율 변조, 표면 패터닝, 화학적 기능화, 및 복합 구조 등의 다양한 방법이 TENG의 출력 성능을 향상시키기 위해 채택되었다.

[0008] 이러한 노력을 통해 출력 밀도가 크게 향상되었다. 그러나 출력전압에 비해 상대적으로 낮은 출력 전류밀도로 인해 더 많은 향상이 제안되어왔다.

[0009] TENG의 전류밀도는 마찰면의 마찰전기 표면 전하에만 의존하기 때문에 출력 전류밀도를 더 높이는 것은 어렵다.

[0010] 이 문제를 해결하기 위해, 전하 주입, 임베디드 폴리머 층, 및 접지 층과 같은 다양한 방법이 TENG의 표면 전하 밀도를 효과적으로 증가시키기 위해 널리 연구되었다.

[0011] 이러한 시도 중 TENG의 출력 전류밀도의 향상은 최근 단층 MoS_2의 조각 및 폴리이미드 (PI)로 이루어진 복합층을 사용하여 입증되었다.

[0012] 여기서, 상기 단층 MoS_2의 조각은 전자 수용체로서 역할을 하는 PI에 매립되어 있다. 이로써 명백한 출력 전류 향상이 달성되었다.

[0013] 그러나 이것은 마찰 표면 마찰에 대해서만 효과적 일 수 있으며, 그 출력은 TENG의 실제 적용에는 여전히 충분하지 않다.

[0014] 따라서, TENG의 출력 밀도를 높이기 위한 기술 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1788733호(2017.10.16)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 상술한 문제점을 해결하고 필요를 충족시키기 위해 본 발명은 양과 음의 마찰층을 강유전 중합체로 구성하여 이황화몰리브덴(MoS_2) 합성층을 제작하고, 이황화몰리브덴(MoS_2)을 이용하여 마찰 표면의 표면 전하가 증가한 각각(양과 음)의 합성층을 폴링 기법을 통해 내부 다이폴을 재배치함으로써 표면 전하가 재차 높은 출력 전류를 가지도록 하는 마찰발전소자를 제공하는 데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0019] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법은 (a) 제1 ITO/PTE 필름 표면에 Nylon 11/MoS_2 합성층을 형성하여 양의 대전체를 제조하는 단계; (b) 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층과 마주하게 제2 ITO/PTE 필름 표면에 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층을 형성하여 음의 대전체를 제조하는 단계; 및 (c) 상기 양의 대전체 및 음의 대전체를 소정간격만큼 이격 배치시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법의 (a)단계는 (a-1) Nylon 11과 MoS_2을 혼합하는 단계; (a-2) 상기 Nylon 11과 MoS_2의 혼합물에 용매를 혼합하는 단계; (a-3) 상기 Nylon 11, MoS_2, 및 용매 혼합물을 합성하여 합성물을 제조하는 단계; (a-4) 상기 합성물을 상기 제1 ITO/PET 필름표면에 코팅하여 Nylon 11/ MoS_2 합성층을 형성하는 단계; (a-5) 표면에 상기 Nylon 11/ MoS_2 합성층이 형성된 상기 제1 ITO/PET 필름을 큐어링(curing)하는 단계; 및 (a-6) 폴링 기법으로 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층 내부의 다이폴을 재배치하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법의 (a-2)단계에서 혼합되는 용매는 포름산과 디클로로메탄이 1:6 비율의 용매인 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법의 (b)단계는 (b-1) PVDF-TrFE/MoS_2와 MoS_2(이황화몰리브덴)을 혼합하는 단계; (b-2) 상기 PVDF-TrFE/MoS_2와 MoS_2의 혼합물에 용매를 혼합하는 단계; (b-3) 상기 PVDF-TrFE/MoS_2, MoS_2, 및 용매 혼합물을 합성하여 합성물을 제조하는 단계; (b-4) 상기 합성물을 상기 제2 ITO/PET 필름표면에 코팅하여 PVDF-TrFE/MoS_2/MoS_2 합성층을 형성하는 단계; (b-5) 표면에 상기 PVDF-TrFE/MoS_2/MoS_2 합성층이 형성된 상기 제2 ITO/PET 필름을 큐어링(curing)하는 단계; 및 (b-6) 폴링 기법으로 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층 내부의 다이폴을 재배치하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법의 (b-2)단계에서 혼합되는 용매는 아세톤과 N-Dimethylformamide(DMF)가 1:1의 비율의 용매인 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법의 (a-3) 및 (b-3)단계에서 상기 Nylon 11, MoS_2, 및 용매의 혼합물과, 상기 PVDF-TrFE/MoS_2, MoS_2, 및 용매의 혼합물은 60℃에서 40분간 합성되는 것을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자 제조방법의 (a-4) 및 (b-4)단계에서 상기 Nylon 11, MoS_2, 및 용매의 합성물과 상기 PVDF-TrFE/MoS_2, MoS_2, 및 용매의 합성물을 각각 스핀코팅 방식으로 상기 제1 및 제2 ITO/PET 필름표면에 코팅하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 다른 실시예로써, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰발전소자는 제1 ITO/PTE 필름표면에 Nylon 11/MoS_2 합성층이 형성된 양의 대전체; 상기 양의 대전체와 소정간격만큼 이격 배치되고, 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층과 마주하게 제2 ITO/PTE 필름 표면에 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층이 형성된 음의 대전체;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 마찰발전소자는 각 마찰표면의 표면 전하를 최대화할 수 있고, 표면 전하에 따라 증가하는 출력 전류의 특성에 의해 최대화된 표면 전하로 큰 출력 전류를 획득할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명에 따른 마찰발전소자의 개략적인 구조도 이다.

도 2는 본 발명에 따른 마찰발전소자를 구성하는 이황화몰리브덴(MoS_2) 합성층을 제조하는 것을 보여주는 도면이다.

도 3은 상술한 바와 같이 제작된 이황화몰리브덴(MoS_2) 합성층을 이용한 폴링기법을 도시한 도면이다.

도 4는 Poling 공정 전후의 Nylon-11, PVDF-TrFE 및 이들과 MoS_2의 복합체 표면 전위측정 결과 그래프 도면이다.

도 5a의 4개의 다른 편광 쌍의 개략도이다.

도 5b는 각 편광 쌍에 대한 TENG의 peak-to-peak 전압을 도시한 그래프이다.

도 5c는 폴링되지 않은 Nylon-11 및 폴링된 Nylon-11의 P-E 곡선 그래프 도면이다.

도 5d는 폴링되지 않은 PVDF-TrFE 및 폴링된 PVDF-TrFE의 P-E 곡선 그래프 도면이다.

도 5e, 5f, 및 5g는 마찰면의 분극 전(흑색 라인)후(적색 라인)의 출력전압, 전류밀도, 및 전하밀도의 향상을 도시한 도면이다.

도 6a는 각 강유전성 중합체와 혼합된 벌크 MoS_2 박편의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지 도면이다.

도 6b는 폴링되지 않은 Nylon 11/MoS_2 합성층과 폴링된 Nylon 11/MoS_2 합성층의 P-E 곡선 그래프 도면이다.

도 6c는 폴링되지 않은 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층 및 폴링된 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층의 P-E 곡선 그래프 도면이다.

도 6e, 6f, 및 6g는 Nylon와 PVDF-TrFE 쌍, Nylon 11/MoS_2와 Nylon 11/MoS_2 복합층 쌍, 그리고 폴링된 Nylon 11/MoS_2와 Nylon 11/MoS_2 복합층 쌍에 대한 출력전압, 전류밀도, 및 전하밀도의 비교 그래프 도면이다.

도 7a는 외부 연결 부하 저항에 대한 TENG의 출력 전압 및 전류 밀도의 의존성을 나타낸 그래프 도면이다.

도 7b는 외부 연결 부하 저항에 대한 TENG의 전력 밀도를 비교한 그래프 도면이다.

도 7c는 주파수 6.5 Hz에서 12,000회 마찰 접촉에 대해 측정된 TENG의 출력 전압 그래프 도면이다.

도 7d는 분극된 Nylon 11/MoS_2 합성층과 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층으로 구성된 TENG와 순수 TENG에 의한 콘덴서(0.47 μF)의 충전상태를 나타낸 그래프 도면이다.

도 7e는 TENG의 정류된 출력에 의해 청색 LED가 켜진 것을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면을 참조하여 상세하게 설명하도록 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0032] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0033] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급될 때에는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0034] 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.

[0035] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적

인 의미로 해석되지 않는다.

[0036] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 마찰발전소자에 대해 설명한다.

[0038] 도 1은 본 발명에 따른 마찰발전소자의 개략적인 구조도이다.

[0039] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 마찰발전소자는 양의 대전체(100) 및 음의 대전체(200)를 포함한다.

[0040] 상기 양의 대전체(100)는 제1 ITO/PTE 필름(110) 표면에 Nylon 11/MoS_2 합성층(120)이 형성되어 구성된다.

[0041] 상기 음의 대전체(200)는 제2 ITO/PTE 필름(210) 표면에 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층(220)이 형성되어 구성된다.

[0042] 도 2는 본 발명에 따른 마찰발전소자를 구성하는 MoS_2(이황화몰리브덴) 합성층을 제조하는 것을 보여주는 도면이다.

[0043] 도 2a에 도시된 바와 같이, 상기 양의 대전체(100)와 상기 음의 대전체(200)는 양의 대전체를 구성하는 Nylon 11과 음의 대전체를 구성하는 PVDF-TrFE에 상기 MoS_2(이황화몰리브덴)를 혼합하고, 여기에 각각 상이한 용매(Solvent)를 첨가한 후, 합성하여 형성하였다.

[0044] 상기 양의 대전체(100)인 상기 Nylon 11과 MoS_2(이황화몰리브덴) 합성층에는 용매로 포름산과 디클로로메탄이 1:6의 비율로 사용되었다.

[0045] 반면, 음의 대전체(200)인 PVDF-TrFE와 MoS_2(이황화몰리브덴) 합성층에는 용매로 아세톤과 N, N-Dimethylformamide(DMF)가 1:1의 비율로 사용되었다.

[0046] 상술한 바와 같은 비율의 용매가 사용되어 상기 Nylon 11과 MoS_2(이황화몰리브덴), 및 상기 PVDF-TrFE와 이황화몰리브덴(MoS_2)이 60℃에서 40분간 합성되었다.

[0047] 합성 후, 도 2b에 도시된 바와 같이 스핀코팅 방식으로 ITO/PET 필름표면은 위를 3000rpm으로 30초간 Nylon 11과 MoS_2(이황화몰리브덴)의 합성층, 및 PVDF-TrFE와 MoS_2(이황화몰리브덴)의 합성층으로 코팅하였다.

[0048] 각각의 합성층으로 코팅된 상기 ITO/PET 필름들은 도 2c에 도시된 바와 같이 60℃에서 40분간 큐어링(curing)된다.

[0049] 도 3은 상술한 바와 같이 제작된 이황화몰리브덴(MoS_2) 합성층을 이용한 폴링기법을 도시한 도면이다.

[0050] 상기 Nylon 11과 PVDF-TrFE는 모두 강유전 특성을 가지고 있기 때문에 폴링기법을 통해 내부 다이폴을 재배치함으로써 추가적인 출력을 향상시킬 수 있다.

[0051] 상기 Nylon 11과 MoS_2(이황화몰리브덴)의 합성층은 다이폴의 양의 방향이 표면에 위치하고, 상기 VDF-TrFE와 MoS_2(이황화몰리브덴)의 합성층은 내부 다이폴의 음의 방향이 표면에 위치하도록 폴링기법을 사용하였다.

[0052] 상기 Nylon 11과 VDF-TrFE은 모두 강유전체 물질이기 때문에 상술한 전기적인 폴링기법을 통해 도 3에 도시된 바와 같이 표면 전하의 밀도를 더 높일 수 있다.

[0053] MoS_2- 고분자 복합체의 형성과 분극화의 역할을 명확히 나타내기 위해 각 기판의 표면 전위는 도 4에 도시된 바와 같이 25μm^2 영역에 걸쳐 비접촉 모드로 측정하였다.

[0054] 본 발명에 따른 마찰발전소자의 MoS_2(이황화몰리브덴) 합성층과 폴링기법 사용 후의 표면전위를 측정한 결과그래프가 도 4에 도시된 바와 같다.

[0055] 도 4에 도시된 바와 같이 양의 대전체인 Nylon-11은 사용된 기법에 따라 양의 방향으로 표면 전위가 증가하였고, 최종적으로 400mV에서 733mV로 대략 2배 증가하였다.

[0056] 반면에 음의 대전체인 PVDF-TrFE는 사용된 기법에 따라 음의 방향으로 표면 전위가 증가하였고, 최종적으로

-300mV에서 -726mV로 2배 이상 증가하였다.

[0057] 상술한 바와 같이 상기 ITO/PTE 필름(100)에 형성된 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층(200) 및 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층(300)으로 구성된 본 발명에 따른 마찰발전소자의 출력을 0.15 MPa의 압력을 사용하여 측정한 결과 이황화몰리브덴(MoS_2)과 폴링기법이 사용된 마찰발전소자는 사용되지 않은 마찰발전소자보다 전압은 75V에서 140V로 대략 2배 증가하였고, 전류는 68uA/㎠로 전하는 4.2nC/㎠에서 20.2nC/㎠로 각각 5배 증가하였다.

[0058] 한편, 유전체 상수는 폴링, 도핑 또는 이들의 조합 처리와 유사한 개선 경향을 나타낸다. 폴링(poling)의 경우, 이러한 개선 경향은 간단히 하기에서 논의되는 바람직한 편광 방향에 기인한다.

[0059] Nylon 11 및 PVDF-TrFE 접촉쌍을 갖는 TENG의 바람직한 편광 방향을 결정하기 위해, 도 5a에 도시된 바와 같은 상이한 조합의 편광쌍에 대해 살펴본다.

[0060] 도 5b는 각 편광쌍에 대한 TENG의 peak-to-peak 전압을 도시한 그래프이다.

[0061] 역 극성 PVDF-TrFE와 순방향으로 편광된 Nylon 11(도 5a-3)의 접촉쌍이 있는 장치로부터 270V의 최대 피크-피크 출력전압이 달성되어 마찰 전기 표면 전하밀도가 최대가 될 수 있음을 나타낸다.

[0062] 폴링효과는 마찰층의 P-E 곡선 측정으로도 확인할 수 있는데, Nylon 11과 PVDF-TrFE 각각에 대해 잔류 편광(Pr)은 도 5c에 도시된 바와 같이 0.19~0.93 μC/cm^2에서 도 5d에 도시된 바와 같이 0.23~1.16 μC/cm^2로 증가함을 알 수 있다.

[0063] 마찰층의 강유전성 특성을 증명하는 두 접촉면 모두를 폴링한 후 Pr이 약 5 배 향상되었다.

[0064] 결과적으로, 강유전성 두 개의 중합체층을 분극화시킴으로써, 피크-투-피크 출력전압, 전류밀도 및 전하밀도는 각각, 도 5e, 도 5f, 및 도 5g에 도시된 바와 같이 120에서 220V, 130에서 280 μA/cm^2, 및 4.2에서 7.8nC/cm^2로 증가함을 알 수 있다.

[0065] 상술한 바와 같이 바람직한 분극방향을 결정한 후, 벌크 MoS_2 박편을 각 중합체와 혼합하여 표면 전하밀도를 추가로 증가시켰다.

[0066] 보다 구체적으로, 도 6a는 각 강유전성 중합체와 혼합된 벌크 MoS_2 박편의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지를 도시한다.

[0067] 도 6a의 삽입된 라만 분광법은 또한 MoS_2의 단일층보다는 MoS_2의 벌크 성질을 나타낸다. 벌크 MoS_2의 경우 라만 쉬프트 값의 차이는 25cm^{-1}에서 얻을 수 있다.

[0068] 상기 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층(220)의 경우 일부 MoS_2도 표면에 나타납니다. 그 후에, 복합층은 도 5a-3에 도시된 바와 같이 양호한 분극 방향으로 분극화된다.

[0069] 폴링공정은 상기 Nylon 11/MoS_2 합성층(120) 및 상기 PVDF-TrFE/MoS_2 합성층(220)에 대해 잔류 분극(Pr)을 각각, 도 6b에 도시된 바와 같이 0.51에서 1.56 μC/cm^2로 향상시키고, 도 6c에 도시된 바와 같이 0.58에서 1.8 μC/cm^2로 향상시켰다.

[0070] 또한, 도 5c, 및 도 5d에 표시된 결과와 비교할 때 대량의 MoS_2 박편으로 합성한 후에 히스테리 시스 루프의 영역이 확장된다는 사실을 분명히 알 수 있다.

[0071] 이러한 결과는 MoS_2 박편으로 합성함으로써 폴링효과가 더 향상될 수 있음을 의미한다.

[0072] 그러나, 복합체 내의 MoS_2 박편의 함량이 1중량 %를 초과하면, 복합층의 P-E 곡선은 전형적인 손실 유전체의 P-E 곡선이 된다.

[0073] 도 6d 내지 도 6f는 극성 복합 마찰층이 있는 TENG의 출력 특성을 보여준다.

[0074] MoS_2- 고분자 복합층을 사용한 TENG의 출력전압(Vpp)은 MoS_2- 고분자 복합층이 없는 TENG의 출력전압(Vpp)과 비교하여 2배 이상 높은값을 보여준다.

[0075] 폴링공정 후 출력전압은 도 6d에 도시된 바와 같이 240에서 270Vpp로 추가로 증가했다. 전류밀도에 대해서는 보다 현저하게 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

[0076] 복합체 형성에 따라 도 6e에 도시된 바와 같이 피크-투-피크 출력전류는 130 μA/cm^2에서 323 μA/cm^2로 증가했고, 도 6f에 도시된 바와 같이 전하밀도는 4.2nC/cm^2에서 11.8nC/cm^2로 증가했다

[0077] 쌍극자의 분극화 후 상기 출력전류 및 전하밀도는 각각 645 μA/cm^2와 20.2 nC/cm^2로 더 증가 되었다.

[0078] 따라서, 출력전류 및 전하밀도는 5배 증가하였다. 결과적으로, MoS_2의 도핑 및 쌍극자의 폴링은 TENG의 출력 성능을 수직적으로 향상시켰다.

[0079] 마지막으로, TENG의 출력수행에 대한 추가조사가 이루어졌다.

[0080] 도 7a는 부하 저항의 함수로서 출력전압과 전류밀도를 보여줍니다. 부하저항이 증가함에 따라 전압은 비례적으로 증가하고 전류밀도는 반비례로 감소한다.

[0081] 결과적으로 최대 출력밀도는 10MΩ의 부하 저항을 연결하여 최대 50mW/cm^2를 얻을 수 있었으며 이는 비슷한 접근법을 사용하는 다른 TENG와 비교하여 상당한 출력 성능을 보였다.

[0082] 최대 출력밀도는 도 7b에 도시된 바와 같이 벌크 MoS_2 박편의 도핑 효과와 다이폴의 분극효과의 결합에 의해 약 8배 증가했다. 상기 도 7b에서 별표는 편광된 샘플을 나타낸다.

[0083] 상기 TENG의 안정성을 검사하기 위해 출력 전압을 6.5Hz의 작동 주파수에서 12,000 사이클 동안 반복적으로 측정했다.

[0084] 도 7c에 도시된 바와 같이 실제로 전체 측정주기 동안 일관된 출력 전압이 측정되었다.

[0085] 1cm^2의 접촉 면적을 갖는 2개의 다른 TENG의 출력을 사용하여 0.47 μF의 커패시터는 도 7d에 도시된 바와 같이 전파 브리지 정류기(full-wave bridge rectifier)로 출력을 정류함으로써 충전되었다.

[0086] 편광 합성층으로 제작된 TENG는 커패시터를 빠르게 충전할 수 있으며 10초 이내에 6.6V에 도달했다.

[0087] MoS_2로 도핑되고 폴링처리된 TENG의 충전 성능은 그렇지 않은 순수한 폴리머 쌍으로 만들어진 TENG보다 더 탁월할 것을 예측할 수 있다.

[0088] 도 7e에 도시된 바와 같이 고성능 TENG를 사용하여 100개의 청색 발광 다이오드(LED)를 충전 저장장치 없이 TENG의 출력에 직접 연결하여 순간적으로 켤 수 있다.

[0089] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 사람이라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 실행된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0090] 100 : 양의 대전체

110 : 제1 ITO/PTE 필름

120 : Nylon 11/MoS_2 합성층

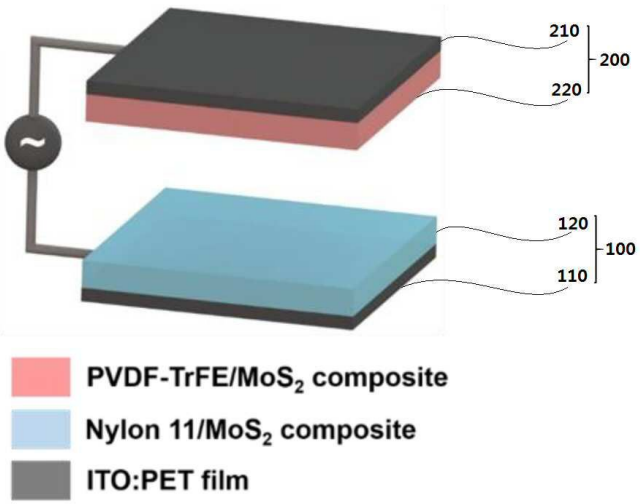
200 : 음의 대전체

210 : 제2 ITO/PTE 필름

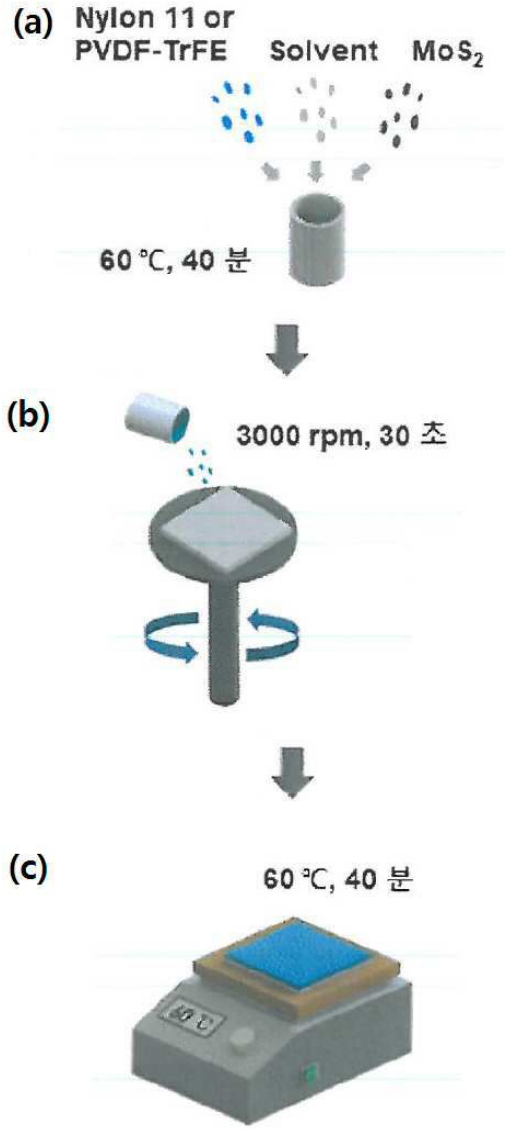
220 : PVDF-TrFE/MoS_2 합성층

도면

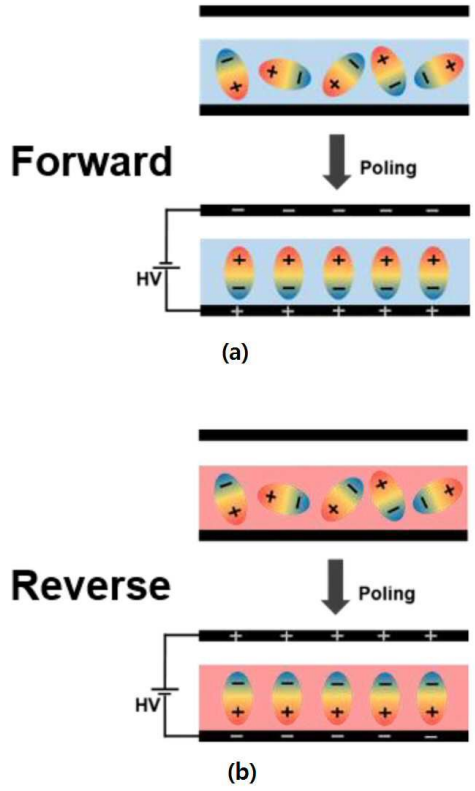
도면1


210
200
220
120
100
110
PVDF-TrFE/MoS2 composite
Nylon 11/MoS2 composite
ITO:PET film

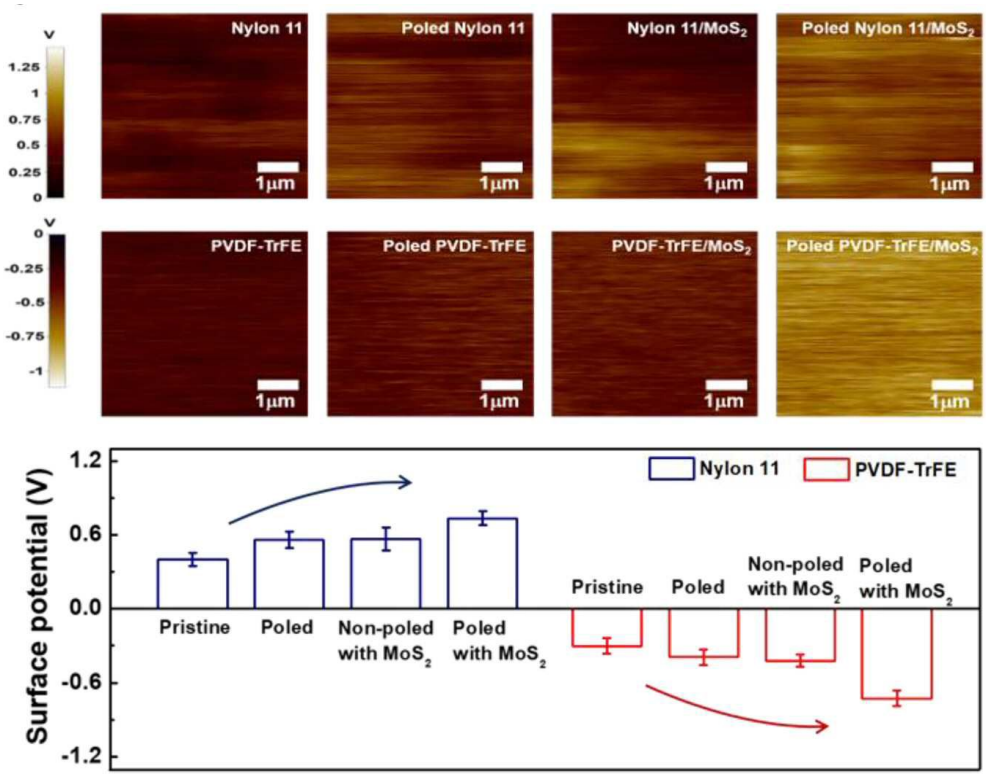
도면2


(a)
Nylon 11 or
PVDF-TrFE
Solvent
MoS_2
60 ℃, 40 분
(b)
3000 rpm, 30 초
(c)
60 ℃, 40 분

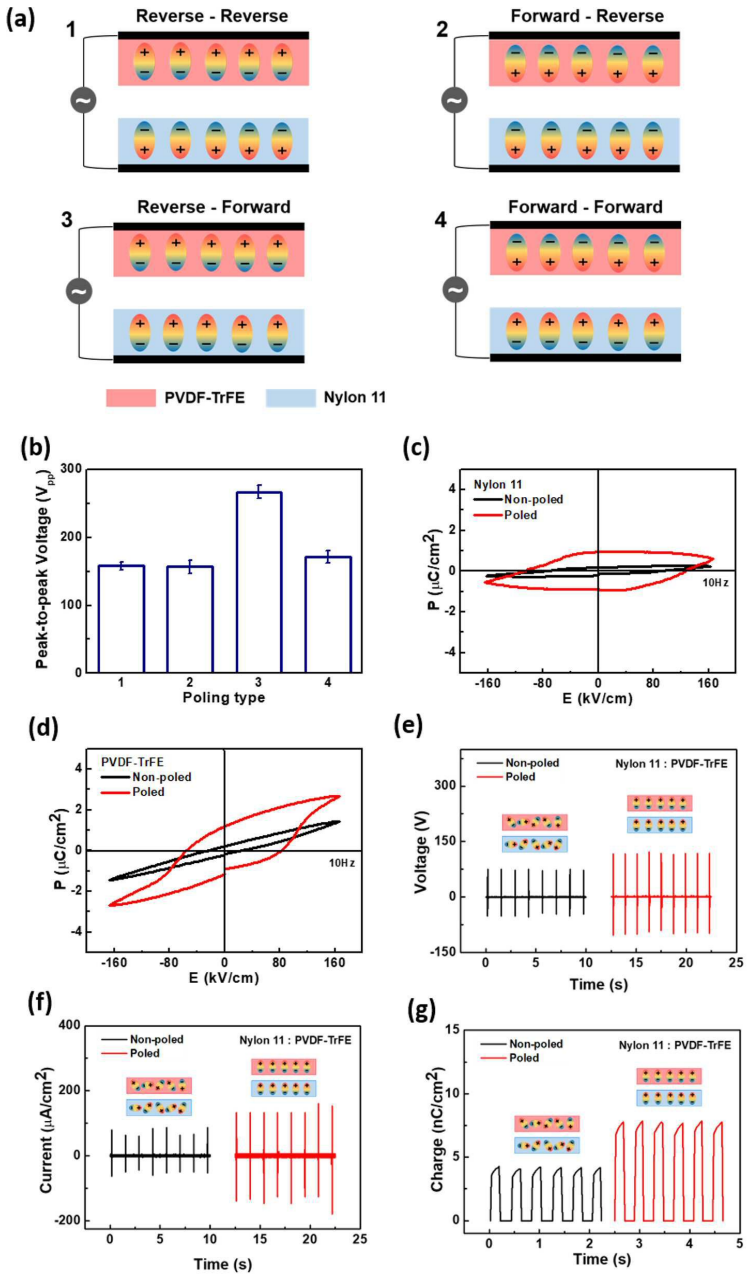
도면3


Forward
Poling
HV
(a)
Reverse
Poling
HV
(b)

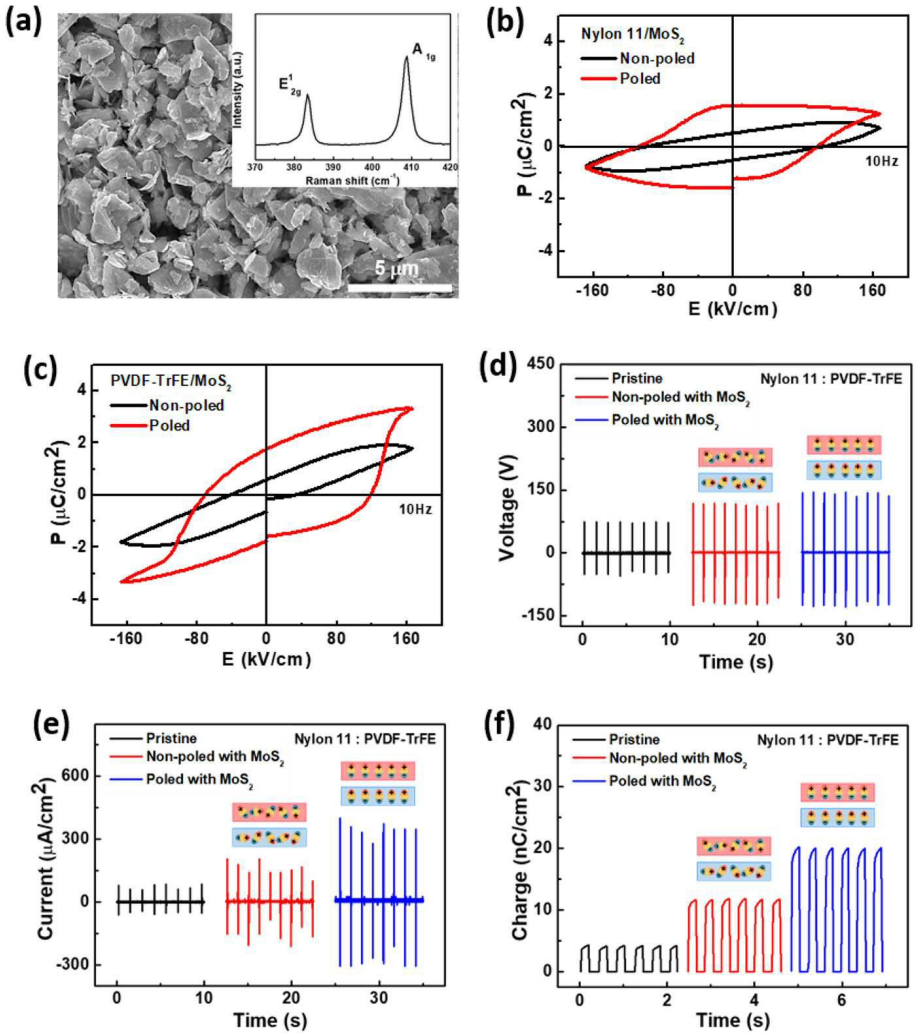
도면4


Nylon 11
Poled Nylon 11
Nylon 11/MoS2
Poled Nylon 11/MoS2
PVDF-TrFE
Poled PVDF-TrFE
PVDF-TrFE/MoS2
Poled PVDF-TrFE/MoS2
1μm
Surface potential (V)
Nylon 11
PVDF-TrFE
Pristine
Poled
Non-poled with MoS2
Poled with MoS2

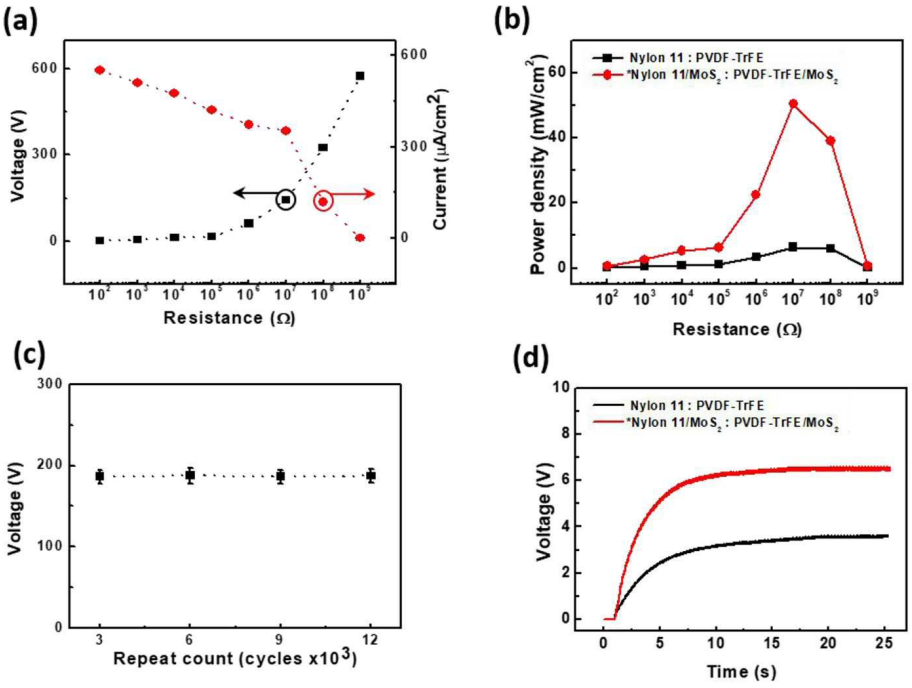
도면5


(a)
1
Reverse - Reverse
2
Forward - Reverse
3
Reverse - Forward
4
Forward - Forward
PVDF-TrFE
Nylon 11
(b)
Peak-to-peak Voltage (Vpp)
Poling type
(c)
Nylon 11
Non-poled
Poled
P (μC/cm2)
E (kV/cm)
10Hz
(d)
PVDF-TrFE
Non-poled
Poled
P (μC/cm2)
E (kV/cm)
10Hz
(e)
Non-poled
Poled
Nylon 11 : PVDF-TrFE
Voltage (V)
Time (s)
(f)
Non-poled
Poled
Nylon 11 : PVDF-TrFE
Current (μA/cm2)
Time (s)
(g)
Non-poled
Poled
Nylon 11 : PVDF-TrFE
Charge (nC/cm2)
Time (s)

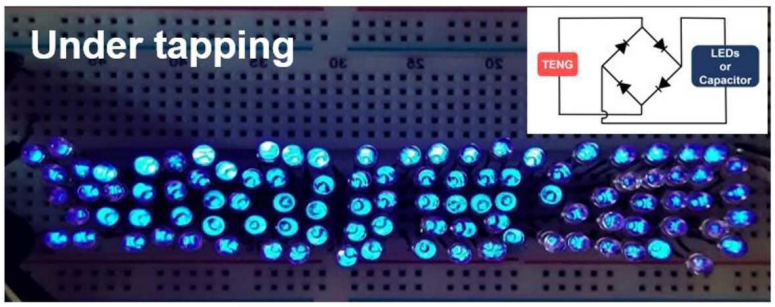
도면6


(a)
Intensity (a.u.)
E^1_{2g}
A_{1g}
370 380 390 400 410 420
Raman shift (cm^{-1})
5 μm
(b)
Nylon 11/MoS_2
Non-poled
Poled
10Hz
P (μC/cm^2)
E (kV/cm)
(c)
PVDF-TrFE/MoS_2
Non-poled
Poled
10Hz
P (μC/cm^2)
E (kV/cm)
(d)
Pristine
Non-poled with MoS_2
Poled with MoS_2
Nylon 11 : PVDF-TrFE
Voltage (V)
Time (s)
(e)
Pristine
Non-poled with MoS_2
Poled with MoS_2
Nylon 11 : PVDF-TrFE
Current (μA/cm^2)
Time (s)
(f)
Pristine
Non-poled with MoS_2
Poled with MoS_2
Nylon 11 : PVDF-TrFE
Charge (nC/cm^2)
Time (s)

도면7


(a)
Voltage (V)
Current (μA/cm²)
Resistance (Ω)
(b)
Nylon 11 : PVDF-TrFE
*Nylon 11/MoS₂ : PVDF-TrFE/MoS₂
Power density (mW/cm²)
Resistance (Ω)
(c)
Voltage (V)
Repeat count (cycles x10³)
(d)
Nylon 11 : PVDF-TrFE
*Nylon 11/MoS₂ : PVDF-TrFE/MoS₂
Voltage (V)
Time (s)

(e)


Under tapping
TENG
LEDs
or
Capacitor