



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월06일
(11) 등록번호 10-2484997
(24) 등록일자 2023년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 1/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02N 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0146746

(22) 출원일자 2020년11월05일

심사청구일자 2020년11월05일

(65) 공개번호 10-2022-0060774

(43) 공개일자 2022년05월12일

(56) 선행기술조사문헌

Charge-trapping-blocking layer for enhanced triboelectric nanogenerators, Hongxue Jiang 외9, Nano Energy (2020.05.30. 공개)*

KR101355813 B1*

Work function of gold surfaces modified using substituted benzenethiols: Reaction time dependence and thermal stability, Yasutaka Kuzumoto 외1, Applied Physics Express (2014.02.17. 공개)*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

세종대학교 산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

최덕현

경기도 성남시 분당구 정자로76번길 10, 203동 805호(정자동, 상록마을라이프2단지아파트)

임유승

서울특별시 송파구 양재대로 1218, 236동 602호(방이동, 올림픽선수기자촌아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 장성진

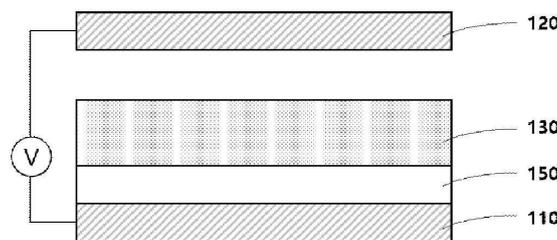
(54) 발명의 명칭 자기조립 단일층이 도입된 마찰전기 발전소자

(57) 요약

본 발명은 자기조립 단일층(SAM)을 도입한 마찰전기 발전소자에 관한 것으로, 쌍극자 모멘트 제어에 따른 전기적 특성 변화를 통하여 마찰대전을 통한 발전출력을 향상시킨 발전소자에 관한 것이다.

대표도 - 도1

100



(72) 발명자

박준희

서울특별시 광진구 능동로 209, 층무관 308호 (군자동)

김욱

충청남도 당진시 신평면 밭골길 9

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

하부 전극;

상기 하부 전극과 전기적으로 연결되며 소정 간격으로 이격배치되는 상부 전극;

상기 하부 전극과 상기 상부 전극 사이에 배치되며, 상기 상부 전극과 전기음성도 차이를 가지는 제1 마찰층; 및

상기 제1 마찰층과 상기 하부 전극 사이에 배치되는 자가조립 단일층(SAM)을 포함하고,

상기 상부 전극과 상기 제1 마찰층 사이에 배치되며, 상기 제1 마찰층과 소정 간격으로 이격배치되며, 상기 제1 마찰층과 전기음성도 차이를 가지는 제2 마찰층을 더 포함하며,

상기 제1 마찰층이 음전하 대전체로 작용하는 경우, 상기 자가조립 단일층은 $-CH_3$ 또는 $-NH_2$ 작용기를 포함하고,

상기 제1 마찰층이 양전하 대전체로 작용하는 경우, 상기 자가조립 단일층은 $-F$ 또는 $-Cl$ 작용기를 포함하는 마찰전기 발전소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 하부 전극 및 상기 상부 전극은 금속 재질인 것인 마찰전기 발전소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1 마찰층은 PDMS, PTFE, FEP, PAN, PVC 중 어느 하나인 마찰전기 발전소자.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 자가조립 단일층은 BT, ABT, MBT, MOBT 및 PEIE로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상인 것인 마찰전기 발전소자.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제2 마찰층은 PDMS, PTFE, FEP, PAN, PVC 중 어느 하나인 마찰전기 발전소자.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 자가조립 단일층은 PFBT, FOTS 및 HDFS로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상인 것인 마찰전기 발전소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자기조립 단일층(SAM)을 도입한 마찰전기 발전소자에 관한 것으로, 쌍극자 모멘트 제어에 따른 전기적 특성 변화를 통하여 마찰대전을 통한 발전출력을 향상시킨 발전소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 마찰전기 발전은 마찰에 의해 전기를 생성하는 것으로, 기존의 태양전지, 수력, 풍력 등과 같은 친환경 에너지와 달리 주변에서 발생하는 미세한 진동이나 운동시 발생하는 소모성 기계적 에너지를 전기 에너지로 추출할 수 있다.

[0004] 마찰식 나노 발전기는 마찰 대전 특성이 서로 다른 두 물체 사이의 상호 접촉과 분리를 이용하여 발전하는 것으로, 대부분의 마찰식 나노 발전기는 두 개의 전극층을 반드시 필요로 한다. 그리고 하나의 전극층과 마찰하는 박막 재료의 표면에 도전성 금속을 부착한 다음 두 개의 전극층이 접촉과 분리를 통해 전력을 출력하게 된다. 따라서 마찰식 나노발전기(마찰 전기 나노 발전기)는 가벼운 무게, 휴대 가능하다는 점, 환경 친화성, 저비용 등의 바람직한 특성으로 인해 촉망받는 차세대 에너지 발생장치로 평가받고 있으며, 마찰식 나노발전기와 관련된 다수의 기술이 제안되어 있다.

[0005] 기존 자가 조립 단분자막은 전극 소재 일함수 제어, 태양전지 내 전자/정공의 흐름 제어 등에 활용되었으며, 정전 발전기 분야에서는 주로 대전체의 표면에너지 준위 제어를 위해 활용되었음. 정전 발전기의 계면제어 용도로 활용한 예는 없다.

[0006] 종래 특허(등록번호 KR 10-2117925)는 산소 결함(oxygen vacancy)의 자유 전자 포획(free electron trapping)에 기반을 두고 있는 것으로, 금속 산화물 내 산소 결함의 전극 자유 전자 이동을 억제하고 고유전율 기반으로 분극을 향상시키는 것이나, 금속산화물층의 특성 제어를 위한 공정 및 소요 시간의 제어가 용이하지 않으며, 금속산화물 적층을 위한 별도의 설비가 요구되는 문제점이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 자기조립 단일분자층을 도입함으로써, 정전 발전기의 발전 성능 향상을 도모하고, 기존 계면제어 기술과 대비하여 적용의 유연성이 높은 기술, 표면 제어 기술과 결합 가능한 마찰전기 발전소자를 제공함에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 해결하고자 하는 과제의 달성을 위하여, 본 발명의 일 형태에 따른 마찰전기 발전소자는 하부 전극; 상기 하부 전극과 전기적으로 연결되며 소정 간격으로 이격배치되는 상부 전극; 상기 하부 전극과 상기 상부 전극 사이에 배치되며, 상기 상부 전극과 전기음성도 차이를 가지는 제1 마찰층; 및 상기 제1 마찰층과 상기 하부 전극 사이에 배치되는 자가조립 단일층(SAM)을 포함한다.

[0011] 상기 하부 전극 및 상기 상부 전극은 금속 재질일 수 있다.

- [0012] 상기 제1 마찰층은 PDMS, PTFE, FEP, PAN, PVC 중 어느 하나일 수 있다.
- [0013] 상기 자기조립 단일층은 $-CH_3$ 또는 $-NH_2$ 작용기를 포함하는 것일 수 있으며, 상기 자기조립 단일층은 BT, ABT, MBT, MOBT 및 PEIE로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있다.
- [0014] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 마찰전지 발전소자는 상기 상부 전극과 상기 제1 마찰층 사이에 배치되며, 상기 제1 마찰층과 소정 간격으로 이격배치되며, 상기 제1 마찰층과 전기음성도 차이를 가지는 제2 마찰층을 더 한다.
- [0015] 상기 제2 마찰층은 PDMS, PTFE, FEP, PAN, PVC 중 어느 하나일 수 있다.
- [0016] 상기 자기조립 단일층은 $-F$ 또는 $-Cl$ 원소를 갖는 작용기를 포함하는 것일 수 있으며, 상기 자기조립 단일층은 PFBT, FOTS 및 HDFS로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명의 자기조립 단일분자층(SAM)을 도입함으로써, 정전 발전기의 출력 및 발전 안정성을 제공하는 효과가 있다.
- [0019] 또한, 대전체와 전극 사이 계면에 분극 제어가 가능한 소재를 배치함으로써 계면 제어 및 출력을 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자의 구조도를 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자에서 상부 전극과 제1 마찰층의 접촉에 따른 전하대전을 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자의 구조도를 도시한 것이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자에서 제1 마찰층과 제2 마찰층의 접촉에 따른 전하대전을 도시한 것이다.
- 도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 실시예 및 비교예의 마찰전기 발전소자의 구성예를 도시한 것이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자의 하부전극인 금(Au) 전극의 표면을 촬영한 이미지를 도시한 것이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자에 출력특성 측정 결과를 도시한 것이다.
- 도 8a 및 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자의 쌍극자 모멘트 방향을 도시한 것이다.
- 도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자에 출력특성 측정 결과를 도시한 것이다.
- 도 10a 내지 도 10e는 본 발명의 실시예 및 비교예의 마찰전기 발전소자의 구성예를 도시한 것이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자에 출력특성 측정 결과를 도시한 것이다.
- 도 12a 및 12b는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자의 쌍극자 모멘트 방향을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0023] 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 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0024] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.

- [0025] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적으로 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.
- [0026] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.
- [0027] 한편, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의하여 한정되지 않는다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0028] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우 뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0029] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0030] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0032] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 발전소자의 구조도를 도시한 것이다.
- [0033] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 형태에 따른 마찰전기 발전소자(100)는 하부 전극(110); 하부 전극(110)과 전기적으로 연결되며 소정 간격으로 이격배치되는 상부 전극(120); 하부 전극(110)과 상부 전극(120) 사이에 배치되며, 상부 전극(120)과 전기음성도 차이를 가지는 제1 마찰층(130); 및 제1 마찰층(130)과 하부 전극(110) 사이에 배치되는 자가조립 단일층(SAM)(150)을 포함한다.
- [0035] 하부 전극(110)은 플레이트(plate) 형상을 가지는 것일 수 있으며, 전기 전도성 소재일 수 있다. 하부 전극(110)은 금속 재질일 수 있으며, 일례로서, 알루미늄(Al), 구리(Cu), 은(Ag) 및 금(Au)으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0037] 상부 전극(120)은 플레이트(plate) 형상을 가지는 것일 수 있으며, 전기 전도성 소재일 수 있다. 하부 전극(120)은 금속 재질일 수 있으며, 일례로서, 알루미늄(Al), 구리(Cu), 은(Ag) 및 금(Au)으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.
- [0039] 하부 전극(110)과 상부 전극(120)은 전기가 흐를 수 있는 전선 등의 와이어에 의하여 전기적으로 연결될 수 있으며, 하부 전극(110)과 상부 전극(120)은 서로 같은 금속으로 형성될 수 있으며, 서로 다른 금속으로 형성될 수 있다. 일례로서, 하부 전극(110)이 금(Au)인 경우, 상부 전극(120)은 알루미늄(Al)일 수 있다.
- [0041] 상부 전극(120)이 마찰층(130)과 접촉 및 분리되는 경우 상기 와이어에 전기가 흐를 수 있다.
- [0042] 상부 전극(120)은 후술하는 바와 같이, 제1 마찰층(130)과 소정의 간격으로 이격되어 배치될 수 있으며, 상부 전극(120)이 제1 마찰층(130)과 이격되어 배치될 수 있는 이격 수단이 구비될 수 있다. 이때, 이격 수단은 종래의 기술에 따라 다양하게 구현될 수 있으며, 다른 구성의 기능 내지 효과에는 영향을 미치지 않는 것일 수 있으며, 바람직하게는 상기 이격 수단은 하부 전극(110)과 상부 전극(120)의 각각의 양단을 통하여 연결되는 PET(polyethylene terephthalate) 소재의 스페이서(spacer)일 수 있으며, 또는 상기 이격 수단은 상부 전극(120)(또는 제2 마찰층(140))과 제1 마찰층(130) 사이에 배치되는 압축 스프링 또는 스펀지와 같은 탄성을 갖는 스페이서일 수 있다.
- [0044] 제1 마찰층(130)은 플레이트(plate) 형상일 수 있으며, 하부 전극(110) 상에 배치되며, 상부 전극(120)과 선택적으로 접촉될 수 있도록 배치될 수 있다.

- [0046] 도 2는 본 발명의 일 형태에 따른 마찰전기 발전소자(100)에서 상부 전극(120)과 제1 마찰층(130)의 접촉에 따른 전하대전을 도시한 것으로, 도 2를 참조하면, 제1 마찰층(130)은 상부 전극(120) 보다 전기음성도가 더 큰 재질일 수 있으며, 이로 인하여 상부 전극(120)과 제1 마찰층(130)이 서로 접촉되면 전기음성도가 더 큰 제1 마찰층(130)은 음전하로 대전되며, 상부 전극(120)은 양전하로 대전될 수 있다.
- [0047] 제1 마찰층(130)은 합성 수지 물질일 수 있으며, 일례로서 PDMS(polydimethylsiloxane), PTFE(Polytetrafluoroethylene), FEP(Fluoro ethylene propylene), PAN(Polyacrylonitrile), PVC(Polyvinyl chloride), 불소고무(fluoroelastomer rubber), 아세탈(acetal), 셀룰로오스(cellulose), 폴리우레탄(polyurethane), 아크릴로나이트릴 부타디엔 스타이렌(acrylonitrile butadiene styrene), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리스타이렌(polystyrene), 폴리에테리미드(polyetherimide), 폴리에스테르(polyester), Easy to machine electrical insulating garolite, 실리콘 고무(silicon rubber), 폴리이미드(polyimide), PVDF(polyvinylidene fluoride), PEEK(polyetherether ketone), 폴리에틸렌(polyethylene) 중 어느 하나일 수 있으며, 바람직하게는 PDMS일 수 있다.
- [0048] 제1 마찰층(130)의 두께는 70 내지 140 μm 일 수 있다.
- [0050] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 마찰전기 발전소자의 구조도를 도시한 것이다.
- [0051] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 형태에 따른 마찰전기 발전소자(100)는 상부 전극(120)과 제1 마찰층(130) 사이에 배치되며, 제1 마찰층(130)과 이격되어 배치되며, 제1 마찰층(130)과 전기음성도 차이를 가지는 제2 마찰층(140)을 더 포함할 수 있다.
- [0052] 도 4는 본 발명의 일 형태에 따른 마찰전기 발전소자(100)에서 제1 마찰층(130)과 제2 마찰층(140)의 접촉에 따른 전하대전을 도시한 것으로, 도 4를 참조하면, 제2 마찰층(140)은 제1 마찰층(130) 보다 전기음성도가 더 큰 재질일 수 있으며, 이로 인하여 제1 마찰층(130)과 제2 마찰층(140)이 서로 접촉되면 전기음성도가 더 큰 제2 마찰층(140)은 음전하로 대전되며, 제1 마찰층(130)은 양전하로 대전될 수 있다.
- [0053] 제2 마찰층(140)은 합성 수지 물질일 수 있으며, 일례로서 PDMS(Polydimethyl siloxane), PTFE(Polytetrafluoroethylene), FEP(Fluoro ethylene propylene), PAN(Polyacrylonitrile), PVC(Polyvinyl chloride), 불소고무(fluoroelastomer rubber), 아세탈(acetal), 셀룰로오스(cellulose), 폴리우레탄(polyurethane), 아크릴로나이트릴 부타디엔 스타이렌(acrylonitrile butadiene styrene), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리스타이렌(polystyrene), 폴리에테리미드(polyetherimide), 폴리에스테르(polyester), Easy to machine electrical insulating garolite, 실리콘 고무(silicon rubber), 폴리이미드(polyimide), PVDF(polyvinylidene fluoride), PEEK(polyetherether ketone), 폴리에틸렌(polyethylene) 중 어느 하나일 수 있으며, 바람직하게는 PTFE일 수 있다.
- [0055] 자가조립 단일층(self-assembled monolayer; SAM)(150)은 하부 전극(110)과 제1 마찰층(130) 사이에 배치되며, 하부 전극(110)과 제1 마찰층(130) 사이 계면의 분극 제어를 가능하게 하는 소재일 수 있다. 자가조립 단일층(SAM)(150)을 도입함으로써 기존의 출력향상을 위하여 대전체(마찰층에 대응) 자체의 유전 특성 향상을 위한 마찰체의 경우 표면 특성 자체가 변화하므로 대전 특성이 저하는 문제점을 해소할 수 있다.
- [0056] 자가조립 단일층(SAM)(150)은 유효성 여부는 쌍극자 방향(dipole direction)과 대전체의 표면전하 형성 후 분극 방향의 일치 여부에 따라 결정될 수 있다. 자가조립 단일층(SAM)(150)의 쌍극자 모멘트(dipole moment)와 이에 따른 제1 마찰층(130)의 초기 쌍극자 방향 및 커패시턴스 제어를 기반으로 하여 마찰전기 발전소자(100) 성능을 제어할 수 있다.
- [0057] 자가조립 단일층(SAM)(150)은 하부 전극(110) 상에 침지(dipping) 또는 스핀 코팅(spin coating)에 의하여 형성되는 것일 수 있으며, 바람직하게는 침지 공정에 의하여 형성됨으로써 공정 제어의 유연성을 높일 수 있다.
- [0058] 제1 마찰층(130)이 음전하 대전체로 작용하는 경우, 자가조립 단일층(SAM)(150)은 $-\text{CH}_3$ 또는 $-\text{NH}_2$ 작용기를 포함하는 것일 수 있다. 작용기로서 $-\text{CH}_3$ 또는 $-\text{NH}_2$ 를 포함하는 자가조립 단일층의 경우 음전하 대전체인 제1 마찰층(130)의 이상적인 분극 방향과 일치하여 분극향상 및 이를 통한 출력 증가가 가능하다. 보다 구체적으로, 자기조립 단일층(SAM)(150)은 BT(Benzenethiol), ABT(4-aminothiophenol), MBT(2-mercaptobenzothiazole), MOBT(4-Methoxybenzenthio) 및 PEIE(Polyethylenimine ethoxylated)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있다.

[0060] 제1 마찰층(130)이 양전하 대전체로 작용하는 경우, 자가조립 자가조립 단일층(SAM)(150) 전자친화도(electron affinity) 또는 전기음성도(electronegativity)가 큰 원소로 구성되는 작용기를 포함하는 것일 수 있으며, 바람직하게는, 작용기로서 -F 또는 -Cl를 포함하는 것일 수 있다. 작용기로서 -F 또는 -Cl 등과 같은 전자친화도(electron affinity) 또는 전기음성도(electronegativity)가 큰 원소로 구성되는 작용기를 포함하는 자가조립 단일층의 경우 양전하 대전체인 제1 마찰층(130)의 이상적인 분극 방향과 일치하여 분극향상 및 이를 통한 출력 증가가 가능하다. 보다 구체적으로, 자가조립 단일층(SAM)(150)은 PFBT(2,3,4,5,6-pentafluorobenzenethiol), FOTS(Fluoro-octyltrichlorosilane) 및 HDFS((HEPTADEC AFLUORO-1,1,2,2-TETRAHYDRODECYL)TRICHLOROSILANE)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있다.

[0062] 이하, 실시예를 통하여 본 발명은 상세히 설명한다. 이하의 실시예는 본 발명의 예시에 지나지 않으며, 이를 통하여 본 발명을 제한하는 것은 아니다.

[0064] **실시예 1.**

[0065] 하부 전극으로 금(Au) 전극을 준비하며, 금(Au) 전극을 ABT 용액에 침지하여 금(Au) 기판 상에 자가조립 단일층(SAM)으로서 ABT를 형성한다. ABT의 자가조립 단일층(SAM) 상에 제1 마찰층으로 PDMS를 70 μm의 두께로 형성하며, PDMS 층과 4 mm의 이격거리를 갖도록 알루미늄(Al) 전극층을 형성하며, 금(Au) 전극과 알루미늄(Al) 전극을 와이어를 통하여 전기적으로 연결하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0067] **실시예 2.**

[0068] 실시예 1과 동일하게 수행하되, ABT 대신 BT를 이용하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0070] **실시예 3.**

[0071] 실시예 1과 동일하게 수행하되, ABT 대신 PFBT를 이용하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0073] **실시예 4.**

[0074] 실시예 1과 동일하게 수행하되, ABT 대신 PEIE를 스핀코팅하여 자가조립 단일층(SAM)을 형성하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0076] **비교예 1.**

[0077] 하부 전극으로 금(Au) 전극을 준비하며, 금(Au) 전극을 ABT 용액에 침지하여 금(Au) 기판 상에 제1 마찰층으로 PDMS를 70 μm의 두께로 형성하며, PDMS 층과 4 mm의 이격거리를 갖도록 알루미늄(Al) 전극층을 형성하며, 금(Au) 전극과 알루미늄(Al) 전극을 와이어를 통하여 전기적으로 연결하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0079] 상기 실시예 1 내지 4, 비교예 1의 마찰전기 발전소자 구조의 각각의 구성은 하기 표 1에 정리하였다. 표 1에 따른 실시예 1 내지 4, 비교예 1의 마찰전기 발전소자의 구성도를 도 5a 내지 도 5e에 도시하였다.

표 1

	비교예 1	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4
상부 전극	알루미늄(Al)	알루미늄(Al)	알루미늄(Al)	알루미늄(Al)	알루미늄(Al)
제1 마찰층	PDMS(70 μm)				
SMA층	-	ABT	BT	PFBT	PEIE
하부전극	금(Au)	금(Au)	금(Au)	금(Au)	금(Au)

[0082] **실험예 1. 금(Au) 기판의 접촉각 측정**

[0083] 상기 실시예 1 내지 4, 비교예 1에 따른 마찰전기 발전소자의 하부전극인 금(Au) 전극의 접촉각을 측정하여 하기 표 2에 정리하였다. 표 2의 접촉각은 5 μl 부피의 액적을 금(Au) 전극 상에 위치하였을 때의 접촉각을 측정한 것이다.

표 2

	비교예 1	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4
접촉각(°)	73.43±3.80	61.2±0.40	54.1±0.86	90.09±0.84	6.85±2.12

[0085] 표 2에 따른 접촉각의 변화로부터 실시예 1 내지 4의 경우 자가조립 단일층(SAM)이 금(Au) 전극 상에 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0087] **실험예 2. 일함수 측정**

[0088] 상기 실시예 1 내지 4, 비교예 1에 따른 마찰전기 발전소자의 하부전극인 금(Au) 전극의 일함수(work function)를 측정하여 하기 표 3에 정리하였다. 상기 실시예 1 내지 4, 비교예 1에 따른 마찰전기 발전소자의 하부전극인 금(Au) 전극의 표면을 KFM(Kelvin probe force microscopy)로 촬영한 이미지를 도 6에 도시하였다.

표 3

	비교예 1	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4
Work function (eV)	4.63	4.54	4.38	5.06	4.04

[0090] 표 3에 따른 일함수 결과로부터, 자가조립 단일층(SAM)의 형성으로 인하여 금(Au) 전극의 전기적 특성의 변화되는 것을 확인할 수 있으며, 자가조립 단일층(SAM) 물질의 종류에 따라 전극의 출력을 변화할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0092] **실험예 3. 음전하 대전체(PDMS)로서의 마찰전기 발전특성 측정**

[0093] 상기 실시예1 내지 4, 비교예 1에 따른 마찰전기 발전소자에 대하여 상부 전극인 알루미늄(Al) 전극에 대한 접촉면적(contact area) 225 mm², 접촉주기(contact frequency) 2.5 Hz, 접촉하중(contact load) 5N으로 하여, 전압(voltage) 특성, 전류(current) 특성, 전하밀도(charge density)를 측정하여 각각 도 7의 (a), (b), (c)에 도시하였으며(Au: 비교예 1, ABT: 실시예 1, BT: 실시예 2, PFBT: 실시예 3, PEIE: 실시예 4) 비교예 1, 실시예 1 및 실시예 3의 마찰전기 발전소자에 대한 CPD(contact potential difference)변화를 도 7의 (d)(Au: 비교예 1, ABT: 실시예 1, PFBT: 실시예 3)에 도시하였다.

[0094] 도 8a는 실시예 1에 따른 마찰전기 발전소자의 쌍극자 모멘트 방향을 도시한 것이며, 도 8b는 실시예 3에 따른 마찰전기 발전소자의 쌍극자 모멘트 방향을 도시한 것이다.

[0095] 도 8a를 참조하면, 실시예 1에 따른 자가조립 단일층(SAM)으로 ABT를 이용하고 PDMS가 음전하 대전체로 적용되는 경우, PDMS에서 쌍극자 모멘트(dipole moment)의 방향이 상부 '+'에서 하부 '-'로 형성된다. ABT의 경우 음전하 대전체(PDMS)에서 요구되는 쌍극자의 방향과 ABT의 쌍극자 방향이 일치하게 되어 분극을 활성화하고, PDMS에 대하여 음전하 수집에 용이한 표면을 형성하는 이점에 된다. 또한, 실시예 2(BT), 실시예 4(PEIE)의 경우에도 실시예 1과 동일하게 PDMS의 쌍극자 방향과 각각의 자가조립 단일층(SAM)의 방향이 일치하게 되어, 분극을 활성화하고, 음전하 수집에 용이하게 된다. 이로 인하여, 도 7의 (a) 내지 (c)에서와 같이 실시예 1, 2 및 4의 경우 출력 특성이 향상되는 것을 확인할 수 있으며, 도 7의 (d)를 통하여 실시예 1의 경우 Δ CPD의 차이가 큰 '-'값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0096] 한편, 도 8b를 참조하면, 실시예 3에 따른 자가조립 단일층(SAM)으로 PFBT를 이용하고 PDMS가 음전하 대전체로 적용되는 경우, PDMS에서 쌍극자 모멘트의 방향이 상부 '+'에서 하부 '-'로 형성되나, PFBT의 경우, PDMS와는 반대 방향의 쌍극자 모멘트가 발생되어 PDMS의 분극을 저해하고 음전하 수집에 불리한 표면을 형성한다. 이로 인하여, 도 7의 (a) 내지 (c)에서와 같이, PFBT는 PDMS에 대하여 반발력을 제공하므로, 출력 및 표면 전하의 양이 감소함을 확인할 수 있으며, 도 7의 (d)에서 실시예 3의 경우 Δ CPD의 차이가 작은 '-'값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0098] **실시예 5.**

[0099] 실시예 1과 동일하게 수행하되, PDMS의 두께를 140 μ m로 하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0101] **실시예 6.**

[0102] 실시예 2와 동일하게 수행하되, PDMS의 두께를 140 μ m로 하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0104] **실시예 7.**

- [0105] 실시예 3과 동일하게 수행하되, PDMS의 두께를 140 μm 로 하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.
- [0107] 실시예 8.
- [0108] 실시예 4와 동일하게 수행하되, PDMS의 두께를 140 μm 로 하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.
- [0110] 비교예 2.
- [0111] 비교예 1과 동일하게 수행하되, PDMS의 두께를 140 μm 로 하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.
- [0113] 상기 실시예 5 내지 8, 비교예 2의 마찰전기 발전소자 구조의 각각의 구성은 하기 표 4에 정리하였다.

표 4

[0115]	비교예 2	실시예 5	실시예 6	실시예 7	실시예 8
상부 전극	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)
제1 마찰층	PDMS(140 μm)				
SMA층	-	ABT	BT	PFBT	PEIE
하부전극	금(Au)	금(Au)	금(Au)	금(Au)	금(Au)

[0117] **실험예 4. 음전하 대전체(PDMS)로서의 마찰전기 발전특성 측정**

[0118] 상기 실시예 5 내지 8, 비교예 2에 따른 마찰전기 발전소자에 대하여 상부 전극인 알루미늄(A1) 전극에 대한 접촉면적(contact area) 225 mm², 접촉주기(contact frequency) 2.5 Hz, 접촉하중(contact load) 5N으로 하여, 전압(voltage) 특성, 전류(current) 특성을 측정하여 도 9(Bare: 비교예 2, ABT: 실시예 5, BT: 실시예 6, PFBT: 실시예 7, PEIE: 실시예 8)에 도시하였다.

[0120] **실시예 9.**

[0121] 하부 전극으로 금(Au) 전극을 준비하며, 금(Au) 전극을 ABT 용액에 침지하여 금(Au) 기판 상에 자기조립 단일층(SAM)으로서 ABT를 형성한다. ABT의 자가조립 단일층(SAM) 상에 제1 마찰층으로 PDMS를 70 μm 의 두께로 형성하며, PDMS 층과 4 mm의 이격거리를 갖도록 제2 마찰층으로 PTFE를 형성하며, PTFE 상에 알루미늄(A1) 전극층을 형성하며, 금(Au) 전극과 알루미늄(A1) 전극을 와이어를 통하여 전기적으로 연결하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0123] **실시예 10.**

[0124] 실시예 9와 동일하게 수행하되, ABT 대신 BT를 이용하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0126] **실시예 11.**

[0127] 실시예 9와 동일하게 수행하되, ABT 대신 PFBT를 이용하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0129] **실시예 12.**

[0130] 실시예 9와 동일하게 수행하되, ABT 대신 PEIE를 스핀코팅하여 자가조립 단일층(SAM)을 형성하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0132] **비교예 3.**

[0133] 하부 전극으로 금(Au) 전극을 준비하며, 금(Au) 전극을 ABT 용액에 침지하여 금(Au) 기판 상에 제1 마찰층으로 PDMS를 70 μm 의 두께로 형성하며, PDMS 층과 4 mm의 이격거리를 갖도록 제2 마찰층으로 PTFE를 형성하며, PTFE 상에 알루미늄(A1) 전극층을 형성하며, 금(Au) 전극과 알루미늄(A1) 전극을 와이어를 통하여 전기적으로 연결하여 마찰전기 발전소자를 제작한다.

[0135] 상기 실시예 9 내지 12, 비교예 3의 마찰전기 발전소자 구조의 각각의 구성은 하기 표 5에 정리하였다. 표 3에 따른 실시예 9 내지 12, 비교예 3의 마찰전기 발전소자의 구성도를 도 10a 내지 도 10e에 도시하였다.

표 5

	비교예 3	실시예 9	실시예 10	실시예 11	실시예 12
상부 전극	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)	알루미늄(A1)
제2 마찰층	PTFE	PTFE	PTFE	PTFE	PTFE
제1 마찰층	PDMS(70 μm)				
SMA층	-	ABT	BT	PFBT	PEIE
하부전극	금(Au)	금(Au)	금(Au)	금(Au)	금(Au)

실험예 5. 양전하 대전체(PDMS)로서의 마찰전기 발전특성 측정

상기 실시예 9 내지 12, 비교예 3에 따른 마찰전기 발전소자에 대하여 상부 전극인 알루미늄(A1) 전극에 대한 접촉면적(contact area) 225 mm², 접촉주기(contact frequency) 2.5 Hz, 접촉하중(contact load) 5N으로 하여, 전압(voltage) 특성, 전류(current) 특성, 전하밀도(charge density)를 측정하여 각각 도 10의 (a), (b), (c)에 도시하였으며(Au: 비교예 3, ABT: 실시예 9, BT: 실시예 10, PFBT: 실시예 11, PEIE: 실시예 12), 비교예 3, 실시예 9 및 실시예 11의 마찰전기 발전소자에 대한 CPD(contact potential difference)변화를 도 10의 (d)(Au: 비교예 3, ABT: 실시예 9, PFBT: 실시예 11)에 도시하였다.

도 12a는 실시예 9에 따른 마찰전기 발전소자의 쌍극자 모멘트 방향을 도시한 것이며, 도 12b는 실시예 11에 따른 마찰전기 발전소자의 쌍극자 모멘트 방향을 도시한 것이다.

도 12a를 참조하면, 실시예 9에 따른 자가조립 단일층(SAM)으로 ABT를 이용하고 PDMS가 양전하 대전체로 적용되는 경우, PDMS에서 쌍극자 모멘트(dipole moment)의 방향이 상부 '-'에서 하부 '+'로 형성된다. ABT의 경우 양전하 대전체(PDMS)에서 요구되는 쌍극자의 방향과 ABT의 쌍극자 방향이 반대 방향으로 형성하게 되어 분극을 활성화를 저해하고, PDMS에 대하여 양전하 수집에 불리한 표면을 형성한다. 이로 인하여, 도 11의 (a) 내지 (c)에서와 같이 실시예 9의 경우 출력 특성이 저해되는 것을 확인할 수 있으며, 도 11의 (d)를 통하여 실시예 1의 경우 ΔCPD의 차이가 작은 '+'값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

한편, 도 12b를 참조하면, 실시예 11에 따른 자가조립 단일층(SAM)으로 PFBT를 이용하고 PDMS가 양전하 대전체로 적용되는 경우, PDMS에서 쌍극자 모멘트의 방향이 상부 '-'에서 하부 '+'로 형성된다. PFBT의 경우, 양전하 대전체(PDMS)에서 요구되는 쌍극자의 방향과 PFBT의 쌍극자 방향이 동일한 방향으로 형성하게 되어 분극을 활성화하고, PDMS에 대하여 양전하 수집에 유리한 표면을 형성한다. 이로 인하여, 도 11의 (a) 내지 (c)에서와 같이, PFBT는 PDMS에 대하여 동일방향의 쌍극자 모멘트를 형성하므로, 출력 및 표면 전하의 양이 향상됨 확인할 수 있으며, 도 11의 (d)에서 실시예 3의 경우 ΔCPD의 차이가 큰 '+'값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

한편, 도 11의 (a) 내지 (c)를 참조하면, 실시예 11(PFBT)의 경우, 비교예 3(Au), 실시예 10(BT)의 경우보다 낮은 출력 특성을 보이고 있으며, 이는 일함수의 증가에 따라 동일한 쌍극자 방향에도 불구하고 순수한 금(Au) 전극(비교예 3), BT 처리된 금(Au) 전극(실시예 10) 보다 낮은 출력특성을 보인다.

한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

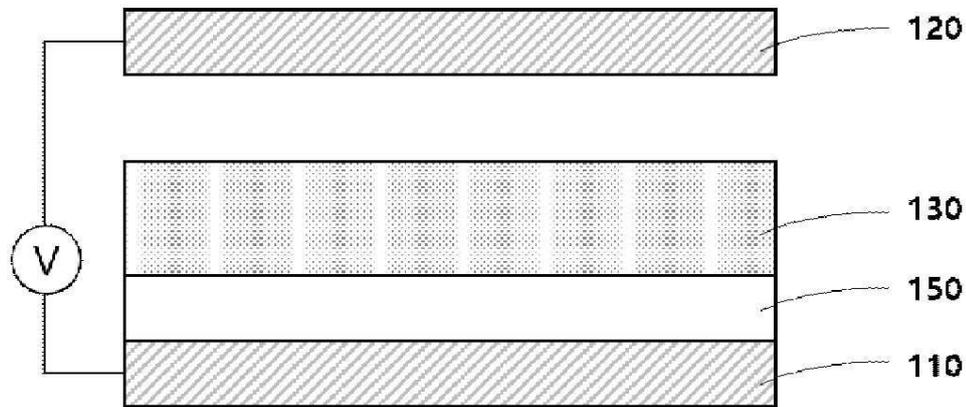
부호의 설명

- [0149] 100: 마찰전기 발전소자
- 110: 하부전극
- 120: 상부전극
- 130: 제1 마찰층
- 140: 제2 마찰층
- 150: 자가조립 단일층(SAM)

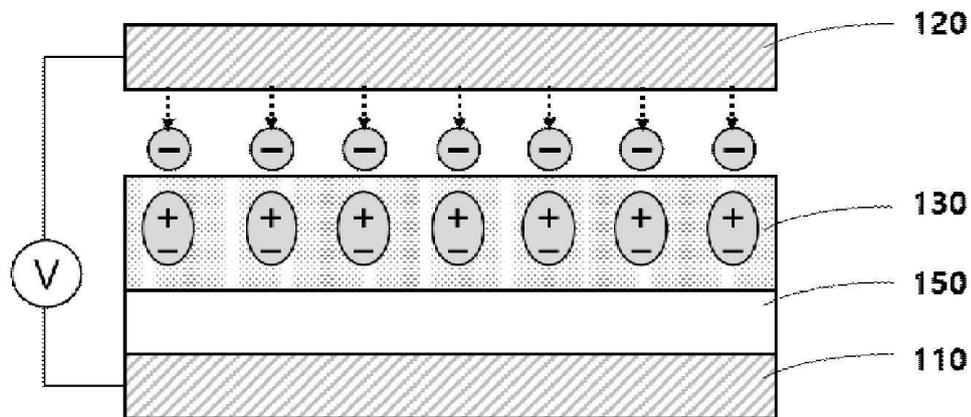
도면

도면1

100



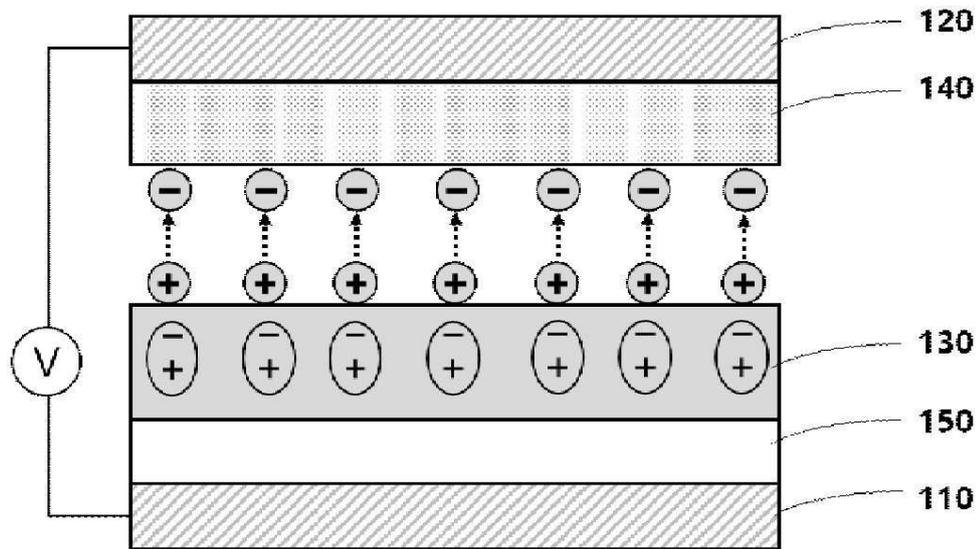
도면2



도면3

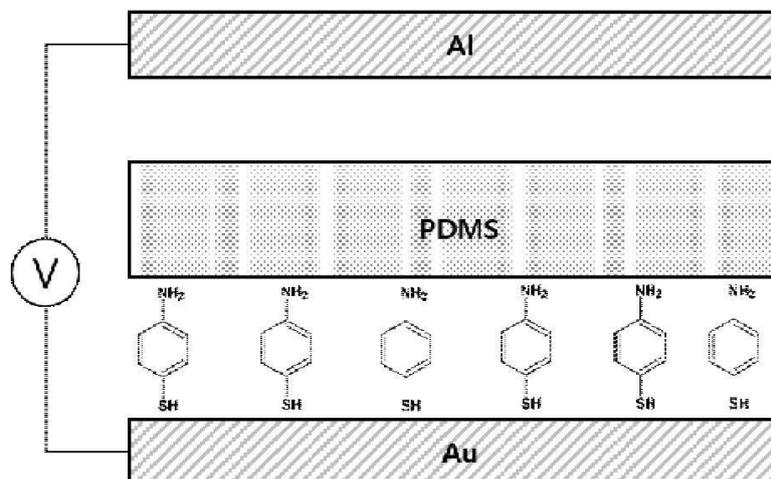


도면4



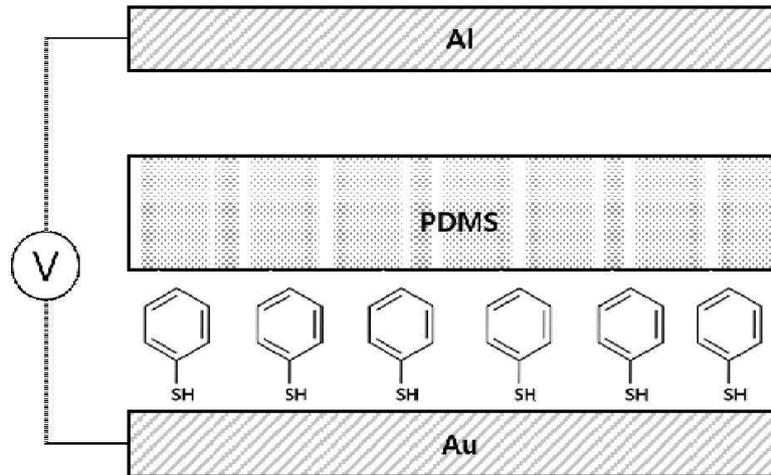
도면5a

실시예 1



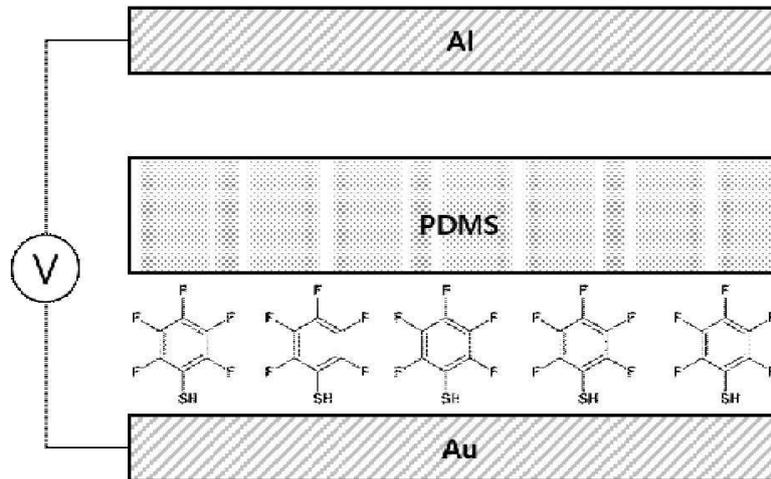
도면5b

실시예 2



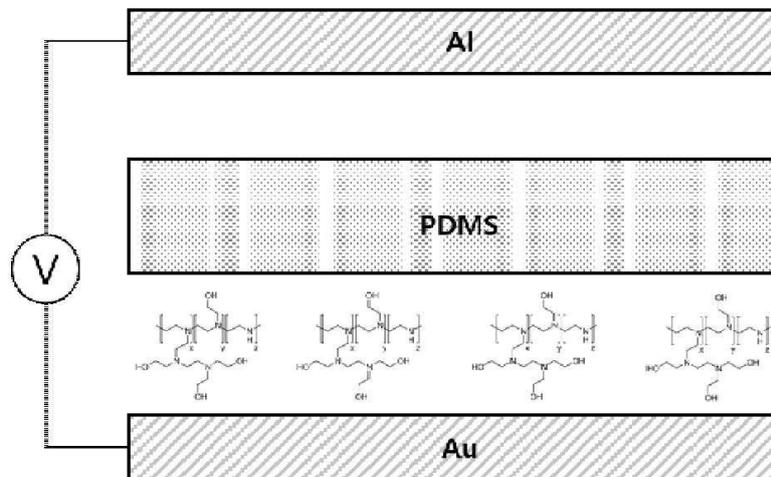
도면5c

실시예 3

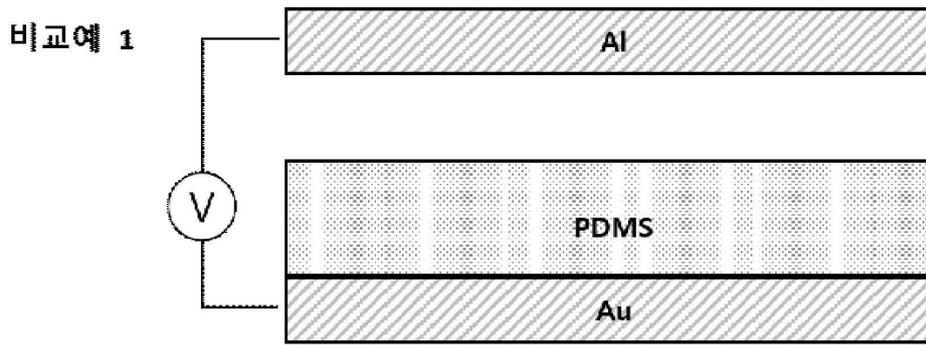


도면5d

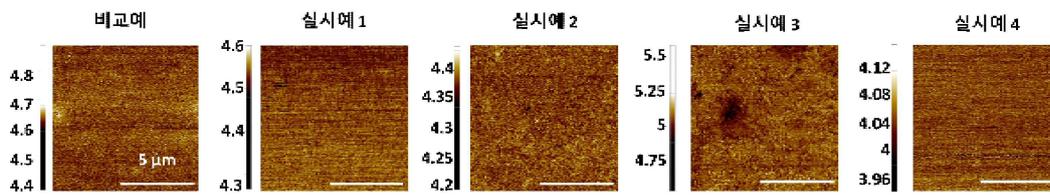
실시예 4



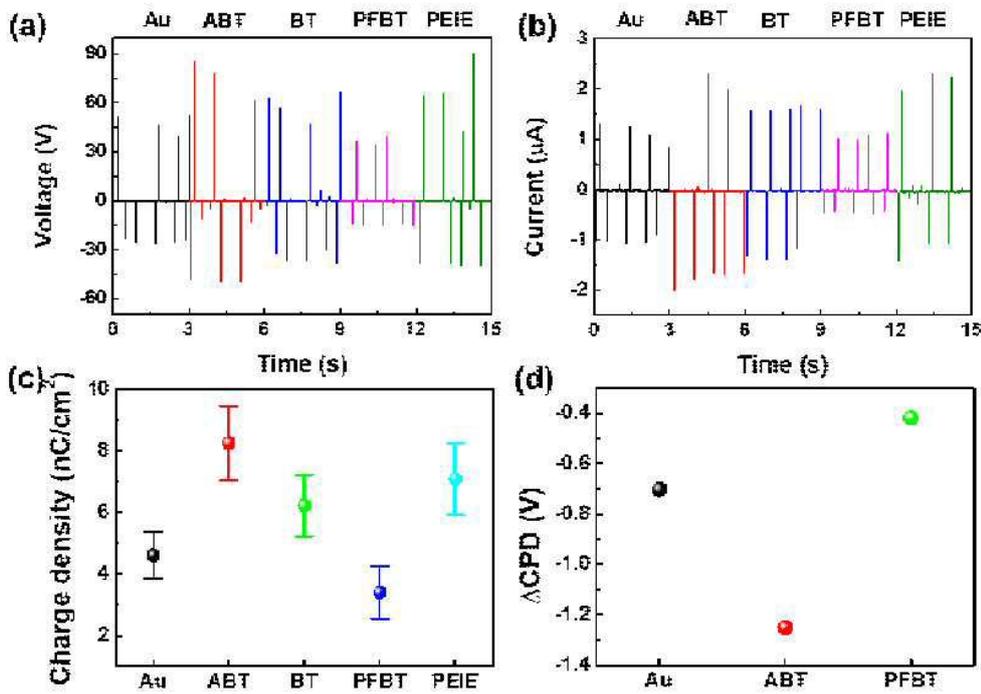
도면5e



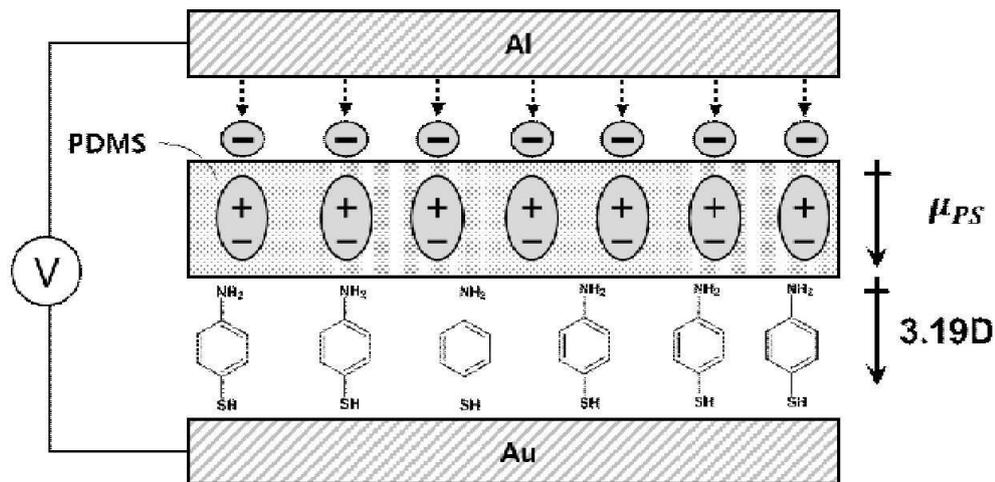
도면6



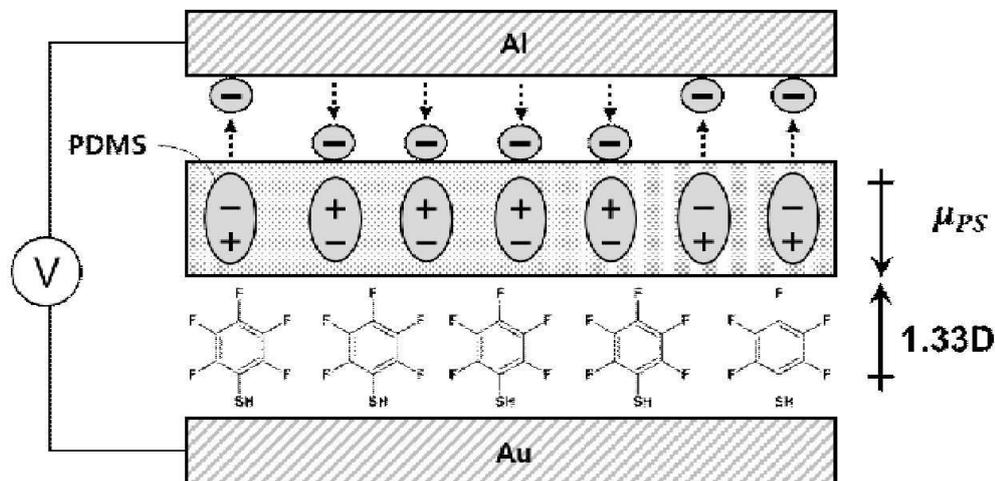
도면7



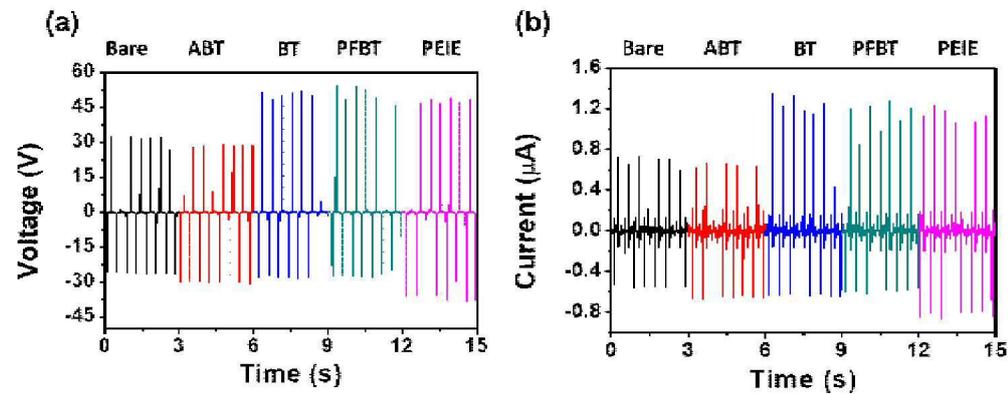
도면8a



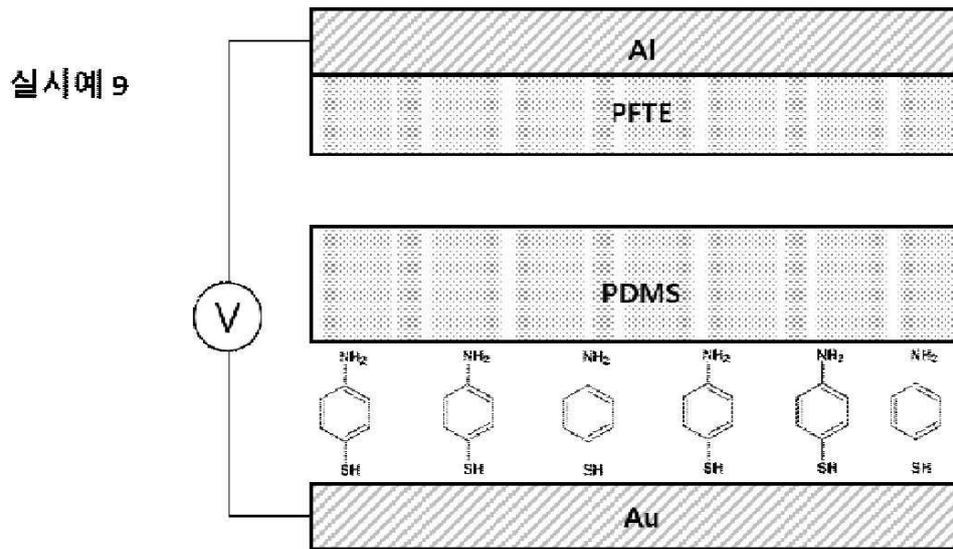
도면8b



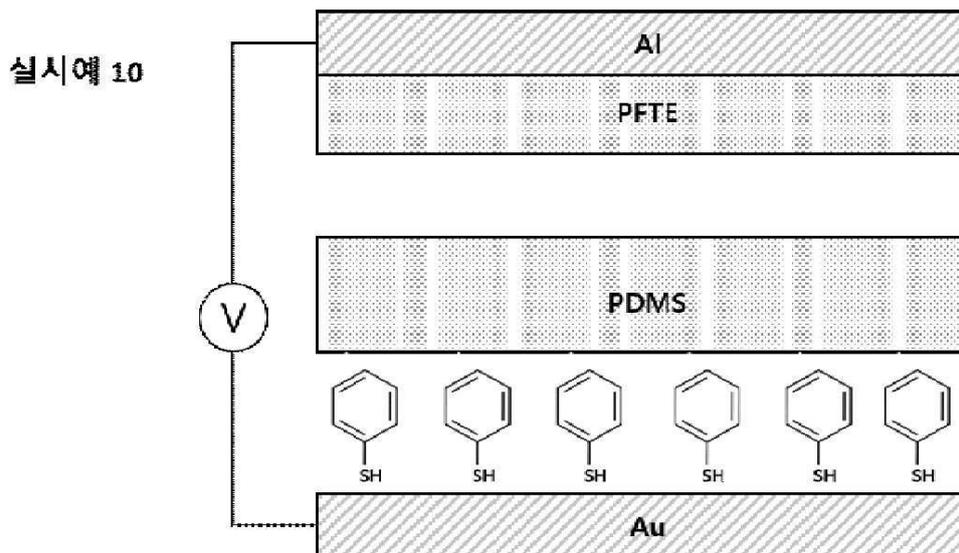
도면9



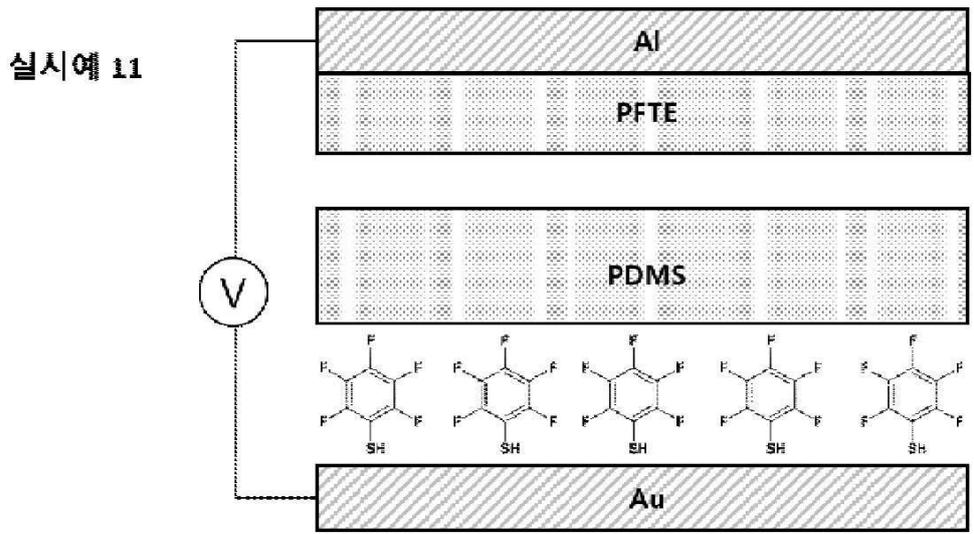
도면10a



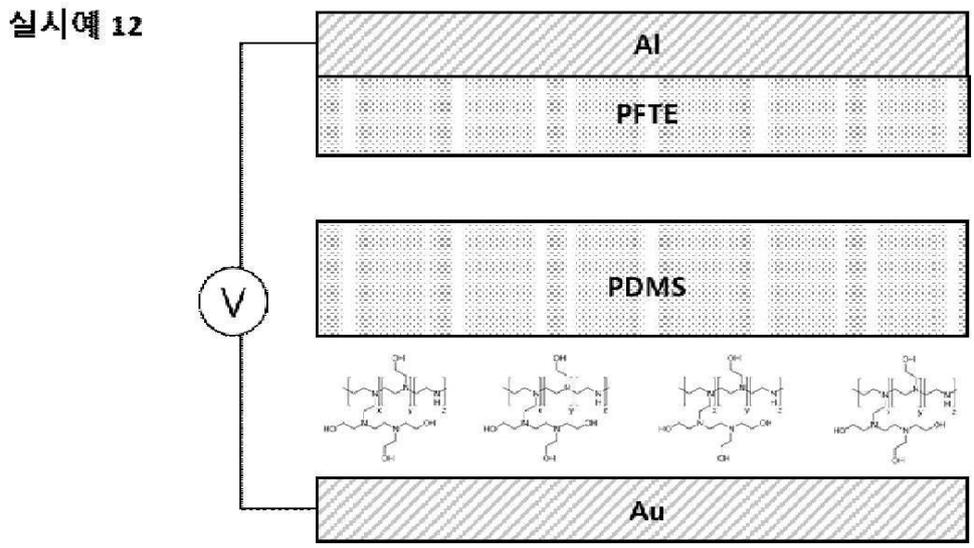
도면10b



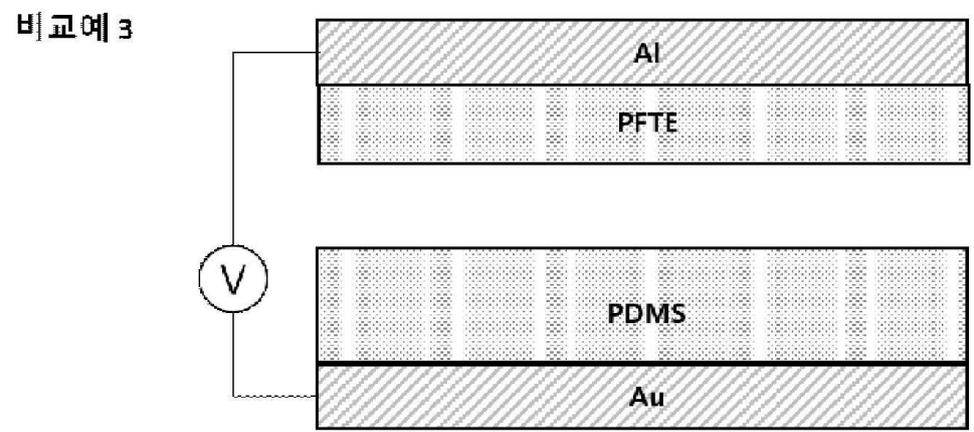
도면10c



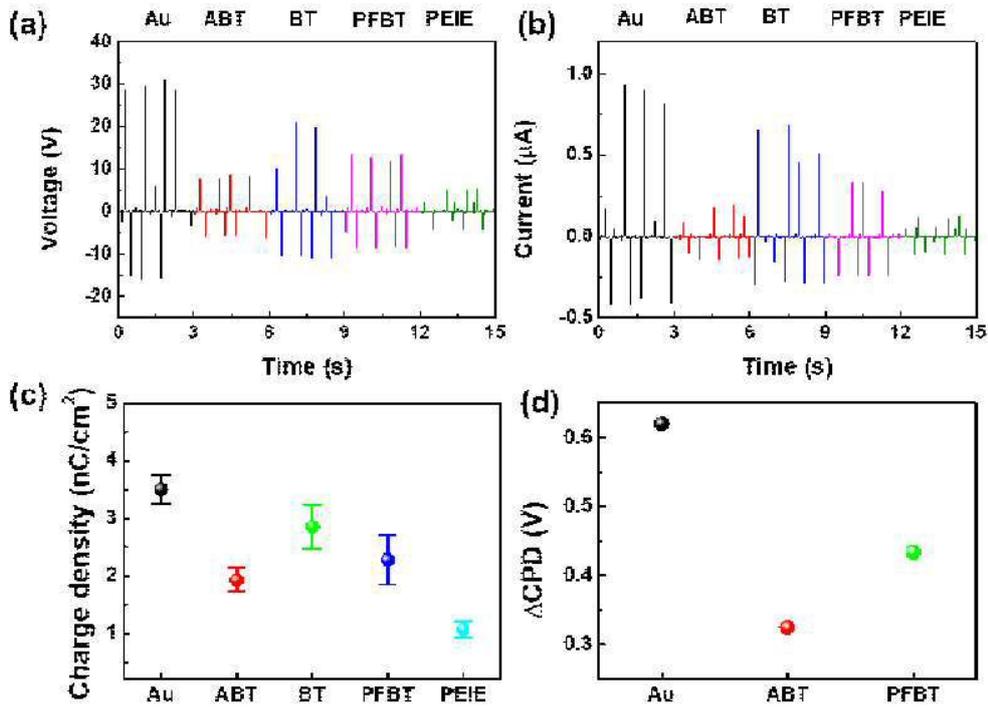
도면10d



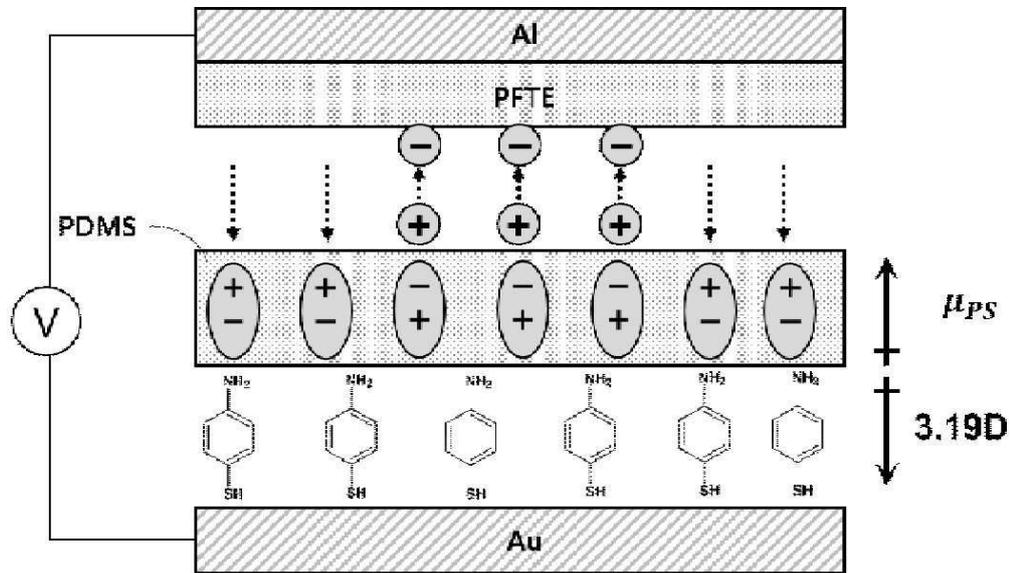
도면10e



도면11



도면12a



도면12b

