



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0062641
(43) 공개일자 2017년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 41/113 (2006.01) H01L 41/047 (2006.01)
H01L 41/083 (2006.01) H01L 41/187 (2006.01)
H01L 41/193 (2006.01) H01L 41/27 (2013.01)

(52) CPC특허분류
H01L 41/113 (2013.01)
H01L 41/047 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0167801
(22) 출원일자 2015년11월27일
심사청구일자 2015년11월27일

(71) 출원인
건국대학교 산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 120, 건국대학교내 (화양동)

(72) 발명자
문두경
서울특별시 서초구 효령로49길 57, 203동 802호
이의진
경기도 성남시 분당구 운중동 A3-1 804-203
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
이은철

전체 청구항 수 : 총 10 항

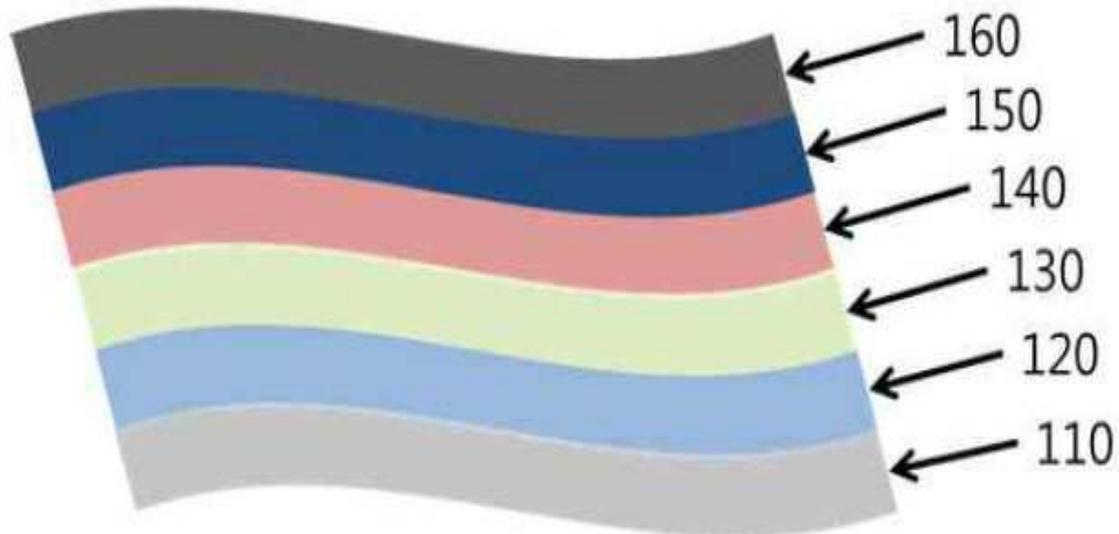
(54) 발명의 명칭 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자 구조 및 제조방법

(57) 요약

본 발명은 나노 전력 발전소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF) 고분자와 무기화합물 반도체, 고분자 반도체 소재를 이용한 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



본 발명에 따른 압전 나노 전력 발전소자는, 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF)를 압전 고분자 재료 및 기판 소재로 사용하여, 무기 반도체 소재와 고분자 반도체 소재를 적층한 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자로 제조되었고, 기존의 PVDF를 이용한 압전 나노 전력 발전소자에 비해 전압, 전류 출력이 각각 72%, 60% 향상된 효과를 보인다.

또한 본 발명에 따른 압전 나노 전력 발전소자의 제조방법에 따르면, 기계적, 화학적으로 안정하고 유연한 압전 나노 전력 발전소자 제조가 가능하다. 추가로, 유연기판을 이용하고 용액공정을 통해 물-투-물 공정으로 소자 제조가 가능하기 때문에 대면적의 압전 나노 전력 발전소자를 경제적인 생산비용으로 생산할 수 있는 효과가 있다.

제조된 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자는 높은 전력 출력 특성, 유연성 등의 특성으로 인해, 웨어러블 전자기기, 휴대용 전원장치의 전원 공급원으로 적용될 수 있다.

(52) CPC특허분류

- H01L 41/083* (2013.01)
- H01L 41/187* (2013.01)
- H01L 41/193* (2013.01)
- H01L 41/27* (2013.01)
- H02N 11/002* (2013.01)

고의진

서울특별시 동대문구 사가정로 245-3 101동 1306호
(장안동, 한신아파트)

(72) 발명자

유준영

서울특별시 도봉구 해등로26길 20 금호1차아파트
3동 1205호

한용운

경기도 하남시 하남대로887번길 25 108동 301호 (덕풍동, 하남한솔솔파크)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2014A0110043
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	도로교통 미활용에너지 이용을 위한 압전 에너지 하베스터 개발 및 실증
기여율	1/1
주관기관	건국대학교 산학협력단
연구기간	2014.12.01 ~ 2015.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

압전 고분자 기관;

상기 압전 고분자 기관 하부에 배치된 전극을 포함하는 제1전극;

상기 압전 고분자 기관 상부에 배치된 무기 반도체층;

상기 무기 반도체층 상부에 배치된 고분자 반도체층;

상기 고분자 반도체층 상부에 배치된 전하수송층; 및

상기 전하수송층 상부에 배치된 제2전극;을 포함하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 압전 고분자 기관은 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리(비닐리덴 플루오라이드-트리플루오로에틸렌) 공중합체 (Poly(vinylidene fluoridetrifluoroethylene) Copolymer, P(VDF-TrFE)), 폴리디메틸실록세인 (Polydimethylsiloxane, PDMS) 및 PDMS-압전 반도체 복합막으로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 무기 반도체층은 아연 산화물 (ZnO), 티탄 산화물 (TiO_x), 바륨티탄 산화물 (BaTiO₃)로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

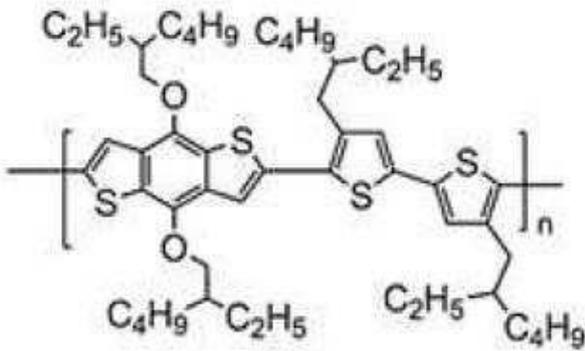
상기 고분자 반도체층은 공액 고분자로 이루어지며, 50 내지 200nm 두께인 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 공액 고분자는 하기 화학식 1로 표시되는 폴리[[4,8-디-(2-에틸헥실옥시)벤조[1,2-비:4,5-비']디티오펜-2,6-디일]-에일트-(5,5'-일-4,4'-비스(2-에틸헥실)-2,2'-바이티오펜)] ([Poly[(4,8-di-(2-ethylhexyloxy)benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl)-alt-(5,5'-yl-4,4'-bis(2-ethylhexyl)-2,2'-bithiophene)], PBDTbTh(2EH)]인 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

[화학식 1]



상기 화학식 1에서 n은 1 내지 100,000의 정수이다.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 전하수송층은 금속산화물 반도체 물질 또는 전도성 고분자 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제1전극 및 상기 제2전극은, 알루미늄 (Al), 금 (Au) 및 은 (Ag)으로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 금속으로 이루어진 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제1전극 및 상기 제2전극은, indium-tin oxide (ITO), indium-zinc-tin oxide (IZTO), aluminum doped zinc oxide (AZO)로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 투명 전도성 금속 산화물로 이루어진 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자.

청구항 9

- (1) 압전 고분자 기판을 준비하는 단계;
- (2) 상기 압전 고분자 기판의 상부에 무기 반도체층을 형성하는 단계;
- (3) 상기 무기 반도체층의 상부에 고분자 반도체층을 형성하는 단계; 및
- (4) 상기 고분자 반도체층 상부에 전하수송층을 형성하는 단계;를 포함하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 제조방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 압전 고분자 기관을 준비하는 것은, 자외선으로 발생시킨 오존 또는 플라즈마에 의해 생성된 산소 라디칼로 상기 압전 고분자 기관의 표면을 개질하는 것을 특징으로 하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 나노 전력 발전소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF) 고분자와 무기화합물 반도체, 고분자 반도체 소재를 이용한 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 압전(Piezoelectric) 나노 전력 발전소자는 주변에서 흔히 발생하지만 버려지는 기계적 에너지를 전기에너지로 전환하는 장치로, 전자기기의 발전과 보급으로 인해 증가하는 전력 수요를 충족할 수 있는 기기로 각광받고 있다. 압전 나노 전력 발전소자는 기계적 에너지를 전기에너지로 변환하는 압전 소재와 전극으로 이루어지며, 압전 소재는 고분자 압전 재료, 압전 복합재료, 무기 나노 구조체 등이 대표적이다. 이 중, 고분자 압전 재료는 열적, 화학적 안정성이 우수하고, 낮은 단가와 재료의 유연성으로 인해 경제적이면서도 유연한 소자 제조가 가능하다.

[0003] 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF)는 굽히거나 잡아당기면 전기를 발생시키는 대표적인 고분자 압전 재료이다. PVDF는 고분자 재료 중 가장 큰 유연성을 나타내는 물질이다.

[0004] 기존의 비특허문헌 1은 PVDF 용액을 이용하여 PVDF 나노 섬유를 형성, 나노 발전 소자를 제조하고 평가하였으며, 비특허문헌 2는 P(VDF-TrFE) 고분자와 그래핀, 탄소나노튜브를 이용한 압전 나노 발전 소자를 보고하였다. 두 가지 사례 모두 고분자 기관이 별도로 필요한 소자 구조를 보이고 있으며 단위소자에 낮은 출력의 문제를 보이는 한계가 있었다.

[0005] 이에 따라 본 발명자들은, 기존 PVDF 기관에 더해서, 추가로 무기 반도체층과 고분자 반도체층을 도입한 압전 나노 전력 발전소자를 완성하였고, 이러한 구조의 압전 나노 전력 발전소자의 최대 전압 및 전류가 이를 도입하지 않은 나노 전력 발전소자에 비해 현저하게 향상된 것을 확인하여 발명을 완성하였다.

선행기술문헌

[0006] (비특허문헌 0001) Direct-Write Piezoelectric Polymeric Nanogenerator with High Energy Conversion Efficiency, Chieh Chang, Van H. Tran, Junbo Wang, Yiin-Kuen Fuh, Liwei Lin, Nano Lett., 2010, Vol. 10 Issue 2, pp. 726-731.

[0007] (비특허문헌 0002) Highly Stretchable Piezoelectric-Pyroelectric Hybrid Nanogenerator, Ju-Hyuck Lee, Keun Young Lee, Manoj Kumar Gupta, Tae Yun Kim, Dae-Yeong Lee, Junho Oh, Changkook Ryu, Won Jong Yoo, Chong-Yun Kang, Seok-Jin Yoon, Ji-Beom Yoo, Sang-Woo Kim, Adv. Mater. 2014, Vol. 26, pp. 765-769

발명의 내용

해결하려는 과제

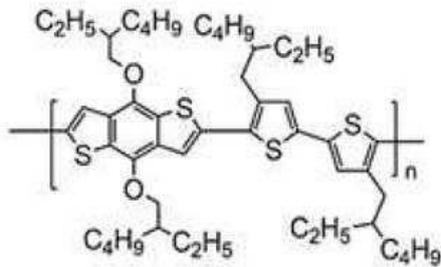
[0008] 본 발명의 목적은 상술한 바와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF)를 압전 고분자 재료 및 기관 소재로 사용한 압전 나노 전력 발전소자의 전압, 전류 출력 등 성능을 향상시키고자 하는 것이다. 이를 위해 무기 반도체 또는 고분자 반도체 소재를 적용하여, 문제점이 개선된 압전 나노 전력 발전소자를 제공하는데 있다.

[0009] 또한 본 발명의 다른 목적은 PVDF에 무기 반도체 또는 고분자 반도체 소재 등을 적용하여 유-무기 하이브리드

압전 나노 전력 발전소자를 만드는 제조방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 압전 고분자 기관;과 상기 압전 고분자 기관 하부에 배치된 전극을 포함하는 제1전극;과 상기 압전 고분자 기관 상부에 배치된 무기 반도체층;과 상기 무기 반도체층 상부에 배치된 고분자 반도체층;과 상기 고분자 반도체층 상부에 배치된 전하수송층; 및 상기 전하수송층 상부에 배치된 제2전극;을 포함하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자를 제공한다.
- [0011] 상기 압전 고분자 기관은 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리(비닐리덴 플루오라이드-트리플루오로에틸렌) (Poly (vinylidene fluoridetrifluoroethylene) Copolymer, P(VDF-TrFE)), 폴리디메틸실록세인 (Polydimethylsiloxane, PDMS) 및 PDMS-압전 반도체 복합막으로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0012] 상기 무기 반도체층은 아연 산화물 (ZnO), 티탄 산화물 (TiOx), 바륨티탄 산화물 (BaTiO₃)로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 고분자 반도체층은 공액 고분자로 이루어지며, 50 내지 200nm 두께인 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 공액 고분자는 하기 화학식 1로 표시되는 폴리[(4,8-디-(2-에틸헥실옥시)벤조[1,2-비:4,5-비'] 디티오펜-2,6-디일)-에일트-(5,5' -일-4,4' -비스(2-에틸헥실)-2,2' -바이티오펜)] ([Poly[(4,8-di-(2-ethylhexyloxy)benzo[1,2-b:4,5-b'] dithiophene-2,6-diyl)-alt-(5,5' -yl-4,4' -bis(2-ethylhexyl)-2,2' -bithiophene)], PBDTBiTh(2EH)]인 것을 특징으로 한다.
- [0015] [화학식 1]



- [0016]
- [0017] 상기 화학식 1에서 n은 1 내지 100,000의 정수이다.
- [0018] 상기 전하수송층은 금속산화물 반도체 물질 또는 전도성 고분자 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0019] 상기 제1전극 및 상기 제2전극은, 알루미늄 (Al), 금 (Au) 및 은 (Ag)으로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 금속으로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 제1전극 및 상기 제2전극은, indium-tin oxide (ITO), indium-zinc-tin oxide (IZTO), aluminum doped zinc oxide (AZO)로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 투명 전도성 금속 산화물로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 본 발명은 (1) 압전 고분자 기관을 준비하는 단계; (2) 상기 압전 고분자 기관의 상부에 무기 반도체층을 형성하는 단계; (3) 상기 무기 반도체층의 상부에 고분자 반도체층을 형성하는 단계; 및 (4) 상기 고분자 반도체층 상부에 전하수송층을 형성하는 단계;를 포함하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 제조방법을 제공한다.
- [0022] 상기 압전 고분자 기관을 준비하는 것은, 자외선으로 발생시킨 오존 또는 플라즈마에 의해 생성된 산소 라디칼로 상기 압전 고분자 기관의 표면을 개질하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명에 따른 압전 나노 전력 발전소자는, 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF)를 압전 고분자 재료 및 기관 소재로 사용하여, 무기 반도체 소재와 고분자 반도체 소재를 적층한 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자로 제조되었고, 기존의 PVDF를 이용한 압전 나노 전력 발전소자에 비해 전압, 전류 출력이 각각 72%, 60% 향상된 효과를 보인다.
- [0024] 또한 본 발명에 따른 압전 나노 전력 발전소자의 제조방법에 따르면, 기계적, 화학적으로 안정하고 유연한 압전 나노 전력 발전소자 제조가 가능하다. 추가로, 유연기관을 이용하고 용액공정을 통해 롤-투-롤 공정으로 소자 제조가 가능하기 때문에 대면적의 압전 나노 전력 발전소자를 경제적인 생산비용으로 생산할 수 있는 효과가 있다.
- [0025] 제조된 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자는 높은 전력 출력 특성, 유연성 등의 특성으로 인해, 웨어러블 전자기기, 휴대용 전원장치의 전원 공급원으로 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1 은 본 발명에 따른 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 단면도이다.
 도 2 는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 물리적 힘에 따른 구동 형태를 설명하기 위한 사시도이다.
 도 3 은 본 발명에 따른 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 전압, 전류 출력 특성을 나타낸 그래프이다.
 도 4 는 PVDF 단일층 나노 전력 발전소자의 전압, 전류 출력 특성을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0028] 본 발명은 압전 고분자 기관;과 상기 압전 고분자 기관 하부에 배치된 전극을 포함하는 제1전극;과 상기 압전 고분자 기관 상부에 배치된 무기 반도체층;과 상기 무기 반도체층 상부에 배치된 고분자 반도체층;과 상기 고분자 반도체층 상부에 배치된 전하수송층; 및 상기 전하수송층 상부에 배치된 제2전극;을 포함하는 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자를 제공한다.
- [0029] 또한, 본 발명은 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자 제조방법을 제공한다. 한편, 상기 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 구체적인 공정을 살펴보면, (1) 압전 고분자 기관을 준비하는 단계; (2) 상기 압전 고분자 기관의 상부에 무기 반도체층을 형성하는 단계; (3) 상기 무기 반도체층의 상부에 고분자 반도체층을 형성하는 단계; 및 (4) 상기 고분자 반도체층 상부에 전하수송층을 형성하는 단계;를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0030] 상기 압전 고분자 기관을 준비하는 것은, 자외선으로 발생시킨 오존 또는 플라즈마에 의해 생성된 산소 라디칼로 상기 압전 고분자 기관의 표면을 개질하는 것이 될 수 있다.
- [0031] 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 따라 제조된 유-무기 하이브리드 압전 전력 발전소자의 개략적인 구조를 나타낸 (도 1)에서 알 수 있듯이, 하부로부터 제1전극(110), 압전 고분자 기관(120), 무기 반도체층(130), 고분자 반도체층(140), 전하수송층(150) 및 제2전극(160)이 적층된 구조를 갖는다.
- [0032] 본 발명에서, 유-무기 하이브리드 압전 전력 발전소자 제조에 사용되는 압전 고분자 기관(120)은 폴리비닐리덴 플루오라이드 (Polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리(비닐리덴 플루오라이드-트리플루오로에틸렌) (Poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene) Copolymer, P(VDF-TrFE)), 폴리디메틸실록세인 (Polydimethylsiloxane, PDMS), PDMS-압전 반도체 복합막 등을 포함하는 압전 고분자 및 복합체와 같은 유연한 물질로 제조될 수 있으며, 본 발명에 있어서 기관은 PVDF 압전 고분자 기관을 사용하였다.
- [0033] 한편, 상기 압전 고분자 기관(120) 표면을 친수성으로 개질하여 전처리를 하면 무기 반도체층(130)의 형성이 용이해지고, 박막의 품질이 향상시킬 수 있다. 이를 위한 기술로는 i) 진공상태에서 자외선을 이용하여 생성된 오존을 통해 표면을 개질하는 방법 ii) 플라즈마에 의해 생성된 산소 라디칼을 이용하여 표면을 개질하는 방법 등이 있으며, 기관의 상태에 따라 상기 방법 중 한 가지를 선택하여 적용할 수 있다. 본 발명에서는 자외선을

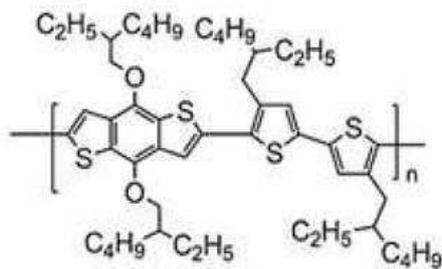
이용하여 생성된 오존을 통해 표면을 개질하는 방법을 사용하였으며, 본 발명에 있어서 압전 고분자 기관(120) 표면의 개질방법은 특별히 한정시킬 필요는 없으며 기관을 산화시키는 방법이면 어떠한 방법도 무관하다.

[0034] 상기 무기 반도체층(130)은 스퍼터링, E-Beam, 스핀코팅, 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅, 닥터 블레이드 또는 그라비아 프린팅법을 사용하여 무기 반도체 물질을 상기 기관의 일면에 도포하거나 필름형태로 코팅함으로써 형성된다. 무기 반도체층(130)은 주로 n-type의 물질로, 고분자 반도체층(140)과 p-n 접합을 형성할 수 있는 ZnO, TiOx, BaTiO₃ 등이 있다. 본 발명에 있어서 무기 반도체층(130)은 용액공정을 통한 ZnO 나노 입자를 적용하였다.

[0035] 또한, 상기 제조된 무기 반도체층(130) 형성 시, ZnO 나노 입자 용액을 스핀 코팅 후 상온 내지 80 °C로 가열하는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 80 °C로 가열하는 것이다. 한편, 상기 스핀코팅 및 열처리하는 대기 조건 또는 질소 분위기에서 실시하는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 대기 조건에서 하는 것이다.

[0036] 본 발명의 고분자 반도체층(140) 물질로는 공액 고분자인 폴리[(4,8-디-(2-에틸헥실옥시)벤조[1,2-비:4,5-비']디티오펜-2,6-디일)-알트-(5,5'-일-4,4'-비스(2-에틸헥실)-2,2'-바이티오펜)] ([Poly[(4,8-di-(2-ethylhexyloxy)benzo[1,2-b:4,5-b'] dithiophene-2,6-diyl)-alt-(5,5'-yl-4,4'-bis(2-ethylhexyl)-2,2'-bithiophene)], PBDTBTiTh(2EH)] (하기 화학식 1로 표시됨, 본 발명자에 의한 합성물질임)을 사용하였다. 고분자 반도체층(140) 공액 고분자 물질들은 유기용매에 용해시키는데 유기용매에 용해시킨 용액을 스핀코팅 등의 방법으로 50 내지 200nm, 바람직하게는 80 내지 150nm 두께로 고분자 반도체층(140)을 도입한다. 이때, 고분자 반도체층(140) 형성을 위해 딥코팅, 스크린 프린팅, 스프레이 코팅, 닥터블레이드, 브러쉬 페인팅 등의 방법을 응용할 수 있다.

[0037] [화학식 1]



[0038]

[0039] 화학식 1에서 n은 1 내지 100,000의 정수이다.

[0040] 전하수송층(150)은 고분자 반도체층으로부터 제2전극으로의 전하의 이동을 원활하게 하기 위해 도입된다. 전하수송층(150) 물질로는 MoO₃, WO₃ 등의 금속 산화물 반도체 물질과 Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS)와 같은 전도성 고분자가 적용될 수 있다.

[0041] 제1전극(110)과 제2전극(160)은 압전 고분자 기관에 물리적 힘이 가해질 때 발생하는 전기에너지, 전류 및 전압을 전달하는 역할을 한다. 제1전극(110)과 제2전극(160)은 Al, Au, Ag 등의 금속 물질 또는 indium-tin oxide (ITO), indium-zinc-tin oxide (IZTO), aluminum doped zinc oxide (AZO) 등의 투명 전도성 금속 산화물로 이루어질 수 있다.

[0042] 상기와 같은 구조로 제조된 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자는 (도 1)과 같은 단면 구조를 가지게 되며, 외부의 물리적 힘 또는 압력을 받으면, (도 2)와 같은 형태로 변형이 일어나게 되고, 이러한 변형이 진행됨에 따라 구동하게 되고 전력을 발생시키게 된다.

[0043] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0044] **실시예 1. 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자 제조**

- [0045] PVDF 압전 고분자 기관(120)을 이용한 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자를 제조하기 위해, 무기 반도체층(130), 고분자 반도체층(140), 전하수송층(150), 제1전극(110) 및 제2전극(160)의 두께 및 제조 공정을 최적화하였다.
- [0046] 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자는 Al(100 nm)/PVDF/ZnO(100 nm)/PBDBiTh(2EH)(80 nm)/MoO₃(10 nm)/Ag(100 nm)의 구조로 제조하였다.
- [0047] 구체적으로, 자외선을 이용하여 생성된 오존을 통해 PVDF 기관(120)의 표면을 개질하고, 그 위에 zinc nitrate hexahydrate, sodium hydroxide, ammonia, 초순수 등으로 제조한 ZnO 나노 입자 용액을 스펀코팅하고 80 °C에서 열처리하여 ZnO 무기 반도체층(130)을 형성하였다.
- [0048] 무기 반도체층(130) 위에, 클로로벤젠에 10 mg/ml의 농도로 용해한 PBDBiTh(2EH) 공액 고분자 용액을 스펀코팅 후 80 °C로 열처리하였다. 고분자 반도체층은(140) 80 nm의 두께로 형성되었다.
- [0049] 전하수송층(150), 제1전극(110) 및 제2전극(160)은 열증착기의 고진공 챔버(1×10⁻⁶ torr 이하)로 이송하여, 전하수송층인 MoO₃(0.3Å/s, 10nm)와 제1전극인 Al(5Å/s, 100nm), 제2전극인 Ag(2Å/s, 100nm)을 각각 열증착하여 형성하였다.
- [0050] 이러한 제조방법은, 유연기관을 이용하고 용액공정을 통해 롤-투-롤 공정으로 소자 제조가 가능한 방법이기 때문에 대면적의 압전 나노 전력 발전소자를 경제적인 생산비용으로 생산할 수 있게 된다.

[0051] **비교예 1. PVDF 단일 소재 압전 나노 전력 발전소자 제조**

[0052] PVDF 압전 고분자 기관(120)에 전하수송층(150), 제1전극(110) 및 제2전극(160)만으로 형성된 압전 나노 전력 발전소자를 비교예로 제조하였으며, 상기 실시예 1.의 전하수송층, 제1전극 및 제2전극 형성 방법과 동일하게 하여 제조하였다.

[0053] **실험예 1. 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자의 특성 평가**

[0054] 상기 실시예 1 과 비교예 1에서 제조한 압전 나노 전력 발전소자의 전기적 특성을 측정하기 위해 키슬리 DMM7510(Keithley DMM7510, Keithley, 미국)과 밴딩 테스터(사이언스 타운, 한국)을 사용하여 각각의 특성을 평가하였다.

[표 1]

	최대 전압(V)	최대 전류(μA)
실시예 1	5.5	0.56
비교예 1	3.2	0.35

- [0055]
- [0056] 실시예 1과 비교예 1을 비교하는 것은, ZnO 무기 반도체층과 PBDBiTh(2EH) 고분자 반도체층 도입에 따른 특성을 비교한 것으로, (도 3)과 (도 4)에 시간-전압, 시간-전류 그래프를 각각 나타내었다. (도 3)은 실시예 1의 시간-전압, 시간-전류 그래프이며, (도 4)는 비교예 1의 시간-전압, 시간-전류 그래프이다. (도 3)과 (도 4)로부터 실시예 1과 비교예 1의 최대전압, 최대전류를 구하여 (표 1)에 나타내었다. (표 1)에서도 알 수 있듯이, ZnO와 PBDBiTh(2EH)를 도입하여 사용한 유-무기 하이브리드 압전 나노 전력 발전소자(실시예 1)의 최대 전압 및 전류가 이를 도입하지 않은 소자(비교예 1)에 비해 각각 72%, 60% 향상된 것을 알 수 있었다. 이는 ZnO 무기 반도체와 PBDBiTh(2EH) 고분자 반도체의 p-n 접합에 의해 PVDF 기관에서 생성된 전하의 포집 및 이동이 향상되었기 때문이며, 실시예 1 압전 나노 전력 발전소자의 우수성을 보여주는 것이다.
- [0057] 이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

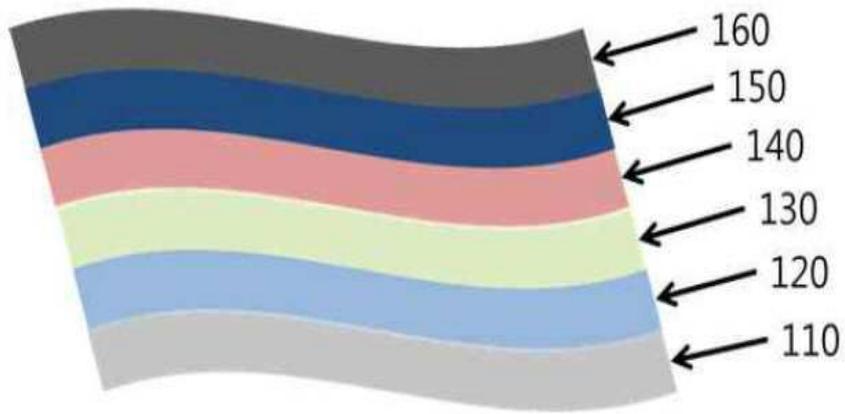
부호의 설명

[0058]

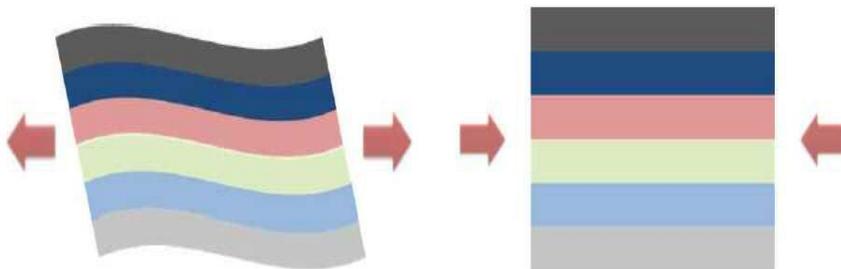
- 110 : 제1전극
- 120 : 압전 고분자 기판
- 130 : 무기 반도체층
- 140 : 고분자 반도체층
- 150 : 전하수송층
- 160 : 제2전극

도면

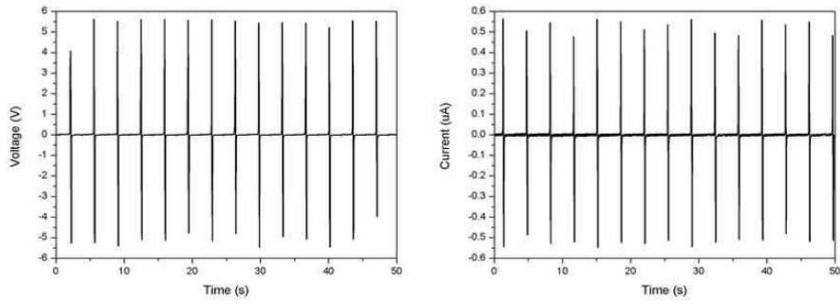
도면1



도면2



도면3



도면4

