



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월04일

(11) 등록번호 10-2701848

(24) 등록일자 2024년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H10K 39/32 (2023.01) H10K 30/81 (2023.01)

H10K 71/12 (2023.01) H10K 71/40 (2023.01)

H10K 71/60 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H10K 39/32 (2023.02)

H10K 30/81 (2023.02)

(21) 출원번호 10-2023-0093157

(22) 출원일자 2023년07월18일

심사청구일자 2023년07월18일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020230049507 A*

T. Jiang et al., RSC Adv., Vol. 8, 5897-5901 (2018. 2. 6.)*

KR1020220023548 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

강성준

서울특별시 서초구 반포대로 275, 115동 2601호 (반포동, 래미안퍼스티지아파트)

하현지

경기도 수원시 영통구 청명로 10, 1007호 (영통동, 마크타워)

(74) 대리인

김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 김진우

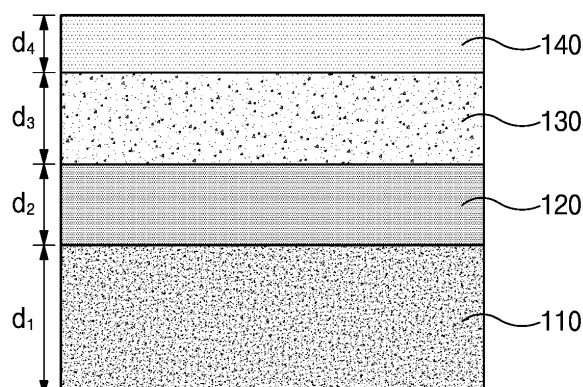
(54) 발명의 명칭 포토다이오드 및 그 제조방법, 이를 포함하는 센서 디바이스

(57) 요약

본 발명은 유기고분자 물질의 농도 조절을 통해 자외선 파장 대역의 감지 및 가시광 영역의 반응성은 억제하는 포토 다이오드를 제안한다. 본 발명의 포토 다이오드는, 표면 처리된 ITO 글래스; 상기 ITO 글래스 상에 증착된 유기 고분자층; 상기 유기 고분자층 상에 증착된 금속 산화물층; 및 상기 금속 산화물층 상에 증착된 금속 전극층을 포함하는 이중 접합 구조이다. 여기서 상기 유기 고분자층은 폴리티리아릴아민(Polytriarylamine, PTAA)이고, 상기 금속 산화물층은 산화아연 나노 입자(ZnO Nanoparticle)이다. 이러한 포토 다이오드는, 유기 고분자층의 농도 변화에 따라 자외선 영역의 반응성은 증가하고 가시광 영역의 반응성을 감소하는 것을 특징을 갖는다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

H10K 71/12 (2023.02)

H10K 71/40 (2023.02)

H10K 71/60 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345350438
과제번호	2020R1A6A1A03048004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	미래형 친환경 디스플레이 기술 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2020.06.01 ~ 2029.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711182347
과제번호	2021R1A2C1009442
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	고정밀 전자구조 제어를 통한 저에너지 광 감지용 고투명광센서 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2021.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

표면 처리된 ITO 글래스;
 상기 ITO 글래스 상에 증착된 유기 고분자층;
 상기 유기 고분자층 상에 증착된 금속 산화물층; 및
 상기 금속 산화물층 상에 증착된 금속 전극층을 포함하며,
 상기 유기 고분자층의 농도 변화에 따라 자외선 영역의 반응성은 증가하고 가시광 영역의 반응성은 감소하며,
 상기 유기 고분자층과 금속 산화물층은 광 흡수층으로 사용하는 것을 특징으로 하는, 반도체 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 유기 고분자층은 폴리티리아릴아민(Polytriarylamine, PTAA)이고,
 상기 금속 산화물층은 산화아연 나노 입자(ZnO Nanoparticle)인, 반도체 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 유기 고분자층의 농도는 10mg/mL 내지 25mg/mL인, 반도체 소자.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 유기 고분자층의 농도는 자외선 반응성이 최대인 20mg/mL인, 반도체 소자.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 광 흡수층의 가시광 영역에서의 투과도는 90% 이상인, 반도체 소자.

청구항 7

ITO 글래스를 클리닝하는 단계;
 상기 ITO 글래스 상에 유기 고분자층을 증착하는 제1 증착단계;
 상기 유기 고분자층 상에 금속 산화물층을 증착하는 제2 증착 단계; 및
 상기 금속 산화물층 상에 금속 전극층을 증착하는 제3 증착 단계를 포함하여 제조하며,
 상기 유기 고분자층의 농도 조절을 통해 자외선 영역과 가시광 영역의 반응성을 조절하며,
 상기 유기 고분자층은 광 흡수층으로 사용하는 것을 특징으로 하는, 반도체 소자의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 유기 고분자층의 농도 증가에 따라 자외선 영역의 반응성은 증가하고, 가시광 영역의 반응성은 감소하는, 반도체 소자의 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 유기 고분자층은 폴리트리아릴아민(Polytriarylamine, PTAA)이고,

상기 금속 산화물층은 산화아연 나노입자(ZnO Nanoparticle)인, 반도체 소자의 제조방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 광흡수층의 가시광 영역에서의 투과도는 90% 이상인, 반도체 소자의 제조방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 제1 증착 단계 및 제2 증착 단계는,

스핀코팅 방법으로 용액을 증착한 후 100℃에서 열처리하는 열처리 공정을 더 포함하는, 반도체 소자의 제조방법.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 유기 고분자층의 농도가 20mg/mL일 때 자외선 반응성이 최대인, 반도체 소자의 제조방법.

청구항 13

표면 처리된 ITO 글래스, 상기 ITO 글래스 상에 증착된 유기 고분자층, 상기 유기 고분자층 상에 증착된 금속 산화물층; 및 상기 금속 산화물층 상에 증착된 금속 전극층을 포함하며, 상기 유기 고분자층의 농도 변화에 따라 자외선 영역의 반응성은 증가하고 가시광 영역의 반응성은 감소하며, 상기 유기 고분자층과 금속 산화물층은 광 흡수층으로 사용하도록 구성된 반도체 소자가 구비되는 것을 특징으로 하는 투명 센서.

청구항 14

표면 처리된 ITO 글래스, 상기 ITO 글래스 상에 증착된 유기 고분자층, 상기 유기 고분자층 상에 증착된 금속 산화물층; 및 상기 금속 산화물층 상에 증착된 금속 전극층을 포함하며, 상기 유기 고분자층의 농도 변화에 따라 자외선 영역의 반응성은 증가하고 가시광 영역의 반응성은 감소하며, 상기 유기 고분자층과 금속 산화물층은 광 흡수층으로 사용하도록 구성된 반도체 소자가 구비되어 제조된 투명 센서를 포함하여 자외선 피폭량을 실시간 모니터링하는 것을 특징으로 하는, 디바이스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기고분자 물질의 농도 조절을 통해 자외선 파장 대역의 감지 및 가시광 영역의 반응성은 억제하는 포토다이오드 및 그 제조방법, 센서 디바이스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체소자들은 점점 더 다양한 애플리케이션들에 사용되고 있다. 근래 자외선을 실시간으로 측정하기 위한 웨어러블 차세대 광전소자에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다. 자외선 측정을 위하여 반도체 소자인 포토다이오드와 같은 투명 전도성 소재가 많이 사용된다.

[0003] 그러나 현재 투명 전도성 소재로 사용되는 금속 산화물은 높은 공정온도를 요구하고 있어 공정 자체가 번거롭고 용이하지 않다. 또 투명 전도성 소재로 가장 많이 사용되는 재질은 산화아연(ZnO)일 수 있는데, 산화아연은 산소 탈착 및 흡수 과정에 의해 반응속도가 느린 문제가 있다. 뿐만 아니라 산화아연은 UVA(320-400 nm) 영역대의 흡수율이 낮아 일부만 흡수할 수 있다. 이러한 이유로 산화아연을 기반으로 하는 광 센서는 센서로서 요구되는 기능을 충분히 제공하지 못하고 있다.

[0004] 다른 방안으로 상기 산화아연을 이용한 단일 레이어 소자 대신 이종접합을 활용하여 광 센서를 제조하기도 한다. 하지만 기존에 둘 이상의 소자를 이종접합 하여 제조된 센서는 투명성이 떨어지는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-2017717(2019. 08. 28, 웨어러블 투명 양자점 광센서 및 그 제조방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 이종접합구조를 통해서도 산소 탈착 및 흡수를 억제하여 빠른 반응 속도를 가지는 반도체 소자 및 제조방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명은 유기고분자 물질의 농도 조절을 통해 전체적인 자외선 파장 영역대를 흡수하고, 가시광 영역에서의 반응성은 억제하는 반도체 소자 및 제조방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명은 종래보다 상대적으로 낮은 공정온도에서 반도체 소자를 제조할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명은 이종접합에 의해서도 반도체 소자의 투명성을 향상시키는 방안을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명은 제조된 반도체 소자를 센서 등의 다양한 기술분야에 쉽게 적용할 수 있게 하여, 사업화 및 부가가치 창출을 향상시키는 방안을 제안하는 것이다.

[0011] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 반도체 소자는, 표면 처리된 ITO 글래스; 상기 ITO 글래스 상에 증착된 유기 고분자층; 상기 유기 고분자층 상에 증착된 금속 산화물층; 및 상기 금속 산화물층 상에 증착된 금속 전극층을 포함하며, 상기 유기 고분자층의 농도 변화에 따라 자외선 영역의 반응성은 증가하고 가시광 영역의 반응성을 감소하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 유기 고분자층은 폴리티리아릴아민(Polytriarylamine, PTAA)이고, 상기 금속 산화물층은 산화아연 나노 입자(ZnO Nanoparticle)이다.

[0014] 상기 유기 고분자층의 농도는 10mg/mL 내지 25mg/mL이고, 바람직하게는 자외선 반응성이 최대인 20mg/mL가 되도록 설계한다.

[0015] 상기 유기 고분자층과 금속 산화물층은 광 흡수층으로 사용한다.

[0016] 여기서 상기 광 흡수층의 가시광 영역에서의 투과도는 90% 이상이다.

[0017] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 반도체 소자의 제조방법은, ITO 글래스를 클리닝하는 단계; 상기 ITO 글래스 상에 유기 고분자층을 증착하는 제1 증착단계; 상기 유기 고분자층 상에 금속 산화물층을 증착하는 제2 증착단계; 및 상기 금속 산화물층 상에 금속 전극층을 증착하는 제3 증착 단계를 포함하여 제조하며, 상기 유기 고분자층의 농도 조절을 통해 자외선 영역과 가시광 영역의 반응성을 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 유기 고분자층의 농도 증가에 따라 자외선 영역의 반응성은 증가하고, 가시광 영역의 반응성은 감소한다.

- [0019] 상기 유기 고분자층은 폴리티리아릴아민(Polytriarylamine, PTAA)이다.
- [0020] 상기 유기 고분자층은 광흡수층으로 사용되고, 상기 광흡수층의 가시광 영역에서의 투과도는 90% 이상이다.
- [0021] 상기 금속 산화물층은 산화아연 나노입자(ZnO Nanoparticle)이다.
- [0022] 상기 제1 증착 단계 및 제2 증착 단계는, 스핀코팅 방법으로 용액을 증착한 후 100℃에서 열처리하는 열처리 공정을 더 포함한다.
- [0023] 상기 유기 고분자층의 농도가 20mg/mL일 때 자외선 반응성이 최대이다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 디바이스는, 상기한 포토 다이오드가 구비되어 자외선을 흡수하는 자외선 센서일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 디바이스는, 상기한 포토 다이오드가 구비되어 실시간으로 자외선 피폭량을 모니터링 하는 장치일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 디바이스는, 상기한 포토 다이오드가 형성된 렌즈나 스마트기구, 헬스케어 기구일 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 이와 같은 본 발명에 따르면, 유기 고분자(PTAA)와 금속산화물(ZnO)의 이중 접합구조에 따라 산소 탈착 및 재흡수를 억제하여 빠른 반응 속도를 가지는 반도체 소자를 제공할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 이중접합구조의 반도체 소자는 종래에 정공 수송층으로만 사용되던 유기 고분자를 광흡수층으로 사용하고 있어 자외선 파장 영역대의 흡수가 가능하며, 유기 고분자의 농도 조절을 통해 가시광 영역의 흡수를 억제할 수 있는 효과가 있다.
- [0029] 본 발명에 따르면, 기존의 이중접합 구조의 소자보다 투명성이 향상되는 효과가 있다. 이러한 고투명성에 의해 반도체 소자를 각종 센서, 예를 들어 웨어러블 자외선 모니터링 시스템용 센서, 스마트 글래스용 투명센서, 차량용 투명 센서, 스마트 윈도우용 투명센서, 스마트 렌즈용 투명 센서 등에 적용할 수 있어, 부가가치 창출을 기대할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 포토 다이오드 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 포토 다이오드의 제조공정을 설명하는 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 포토 다이오드의 자외선-가시광선(UV-Vis) 분광기의 측정결과를 보인 그래프이다.
- 도 4는 PTAA 농도 변화에 따른 포토 다이오드의 성능을 설명하는 그래프이다.
- 도 5는 PTAA 농도에 따른 $I_{\text{photo}}/I_{\text{dark}}$ 관계를 보인 그래프이다.
- 도 6은 PTAA의 흡광도 그래프이다.
- 도 7은 본 발명 포토 다이오드 소자의 반응성 그래프이다.
- 도 8은 광원 세기에 따른 포토 커런트의 정도를 설명하는 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 포토 다이오드 소자를 이용하여 실시간 자외선 모니터링 결과를 보여준 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0032] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의

해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

- [0033] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 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.
- [0034] 공간적으로 상대적인 용어인 아래(below, beneath, lower), 위(above, upper) 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관 관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 아래(below, beneath)로 기술된 소자는 다른 소자의 위(above, upper)에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 아래는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0035] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.
- [0037] 이하에서는 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 포토 다이오드 단면도이다.
- [0040] 도 1을 참조하면 반도체 소자로서 포토 다이오드(100)는 4개 층이 적층되어 형성되는 유/무기 이중접합 구조이며, 도면을 기준으로 하측부터 상측 방향으로 Glass/ITO 층(110), 유기 고분자층(120), 금속 산화물층(130), 금속 전극 층(140)을 포함한다.
- [0041] 여기서 상기 층들의 두께(d1 ~ d4)는 모두 상이할 수 있고, 본 실시 예는 Glass/ITO 층(110)이 가장 두껍고 금속 산화물층(130), 유기 고분자층(120), 금속 전극층(140)의 순서대로 두께가 얇게 형성될 수 있다. 본 실시 예에 따르면 Glass/ITO 층(110)은 50nm, 금속 산화물층(130)과 유기 고분자층(120)은 35~40nm의 두께를 가질 수 있는데, 바람직하게는 금속 산화물층(130)의 두께는 35.4nm, 유기 고분자층(120)은 30.5nm의 두께를 가질 수 있다.
- [0042] 본 실시 예에서 유기 고분자층(120)은 P-타입 PTAA(Polytriarylamine)이며, 금속 산화물층(130)은 N-타입 산화아연(ZnO) 소재가 사용된다. 즉 P/N타입 이중접합으로 반도체 소자(100)를 제조하는 것이다. 그리고 대표적인 정공수송층으로 사용했던 PTAA 재질의 유기 고분자층(120)은 광흡수층으로 사용하게 되며, 이에 따라 본 발명의 반도체 소자(100)는 유기 고분자층(120)과 금속 산화물층(130)을 모두 광 흡수층으로 사용하게 된다.
- [0043] 또한 유기 고분자층(120)은 농도를 조절하여 가시광 영역에서 반응성을 억제하는 역할을 수행할 수 있다. 한편 본 발명에 따르면 PTAA 용액의 농도는 용매에 대해 5, 10, 15, 20, 30mg/mL로 제조하였고 실험결과에 따르면 PTAA 용액의 농도가 20mg/mL일 때 자외선 반응성이 최대로 증가함을 확인할 수 있었다. 실험 결과는 후술하여 살펴볼 것이다.
- [0044] 이와 같은 구조에 따라 PTAA와 산화아연의 적층 구조를 통해 자외선 영역에서의 높은 흡수율과 가시광 영역에서의 높은 투과율을 달성할 수 있게 된다. 본 실시 예에서 투과도는 약 90% 이상일 수 있다.
- [0046] 도 2는 본 발명의 포토 다이오드의 제조공정을 설명하는 흐름도이다.
- [0047] 첫 번째로 기판 클리닝 공정이 수행된다(S100). 기판 클리닝 공정은 패턴화된 Glass/ITO(100) 층 상에 원하지 않는 유기물이나 메탈 불순물을 제거하는 공정으로, 알려진 ITO 투명 도전막의 요구 성능에 맞게 수행될 수 있다. 실시 예에 따르면 DI(De-ionized) water, 아세톤, IPA 용액에 각각 15분 동안 초음파 처리한다. 클리닝 순서는 아세톤을 이용한 유기물질 제거, IPA 용액을 이용한 유/무기물질 제거, 이후 DI water를 이용한 rinse 순서대로 진행할 수 있다.
- [0048] 그런 다음 Glass/ITO 층(110) 상에 남은 불순물 제거와 기판을 친수성으로 처리하기 위해 약 15분 동안 UV-ozone treatment를 수행한다.
- [0050] 두 번째로 상기 Glass/ITO 층(110) 상에 유기 고분자층(120)인 PTAA를 증착하는 공정이다(S200).

- [0051] 여기서 PTAA는 Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine] (PTAA) 분말 전구체와 톨루엔 (Toluene) 또는 클로로벤젠 (Chlorobenzene)을 포함하는 용액일 수 있고, 이를 스핀코터(Spin coater)에서 2000rpm 속도로 약 30초 정도 증착한다. 그리고 Hot 플레이트 위에서 100℃로 10분동안 어닐링(annealing) 공정을 수행하여 PTAA의 증착 공정을 완료한다. 여기서 PTAA 분말 전구체의 분자량은 47kDa에서 110kDa로 할 수 있다.
- [0053] 세 번째로 상기 유기 고분자층(120) 상에 금속 산화물층(130)인 산화아연 나노입자를 증착하는 공정이다(S300). 이 공정은 산화아연 나노 입자를 스핀코터에서 2000rpm 속도로 60초 정도 증착하고, 다시 Hot 플레이트 위에서 100℃로 10분동안 어닐링을 수행하여 산화아연 나노입자의 증착공정을 완료한 것일 수 있다.
- [0055] 네 번째로 금속 산화물층(130) 위에 금속 전극층(140)을 위해 Al을 증착하는 공정이다(S400). Al을 이용한 금속 전극층(140)은 열 증착(Thermal Evaporator) 장비를 이용하며, 3Å/s 속도에서 130nm 증착한다.
- [0057] 이와 같은 공정순서에 따라 포토 다이오드를 완성할 수 있다. 그리고 위에서 설명한 포토 다이오드의 제조공정을 보면, 유기 고분자층(120)과 금속 산화물층(130) 모두 용액공정을 통해 100℃ 이하의 저온에서 제조 공정이 수행됨을 알 수 있다. 종래 제조공정과 비교하면 상대적으로 저온에서 제조를 할 수 있어, 높은 공정 온도로 인한 제조 공정의 어려움을 해소할 수 있다.
- [0059] 다음에는 포토 다이오드의 각종 특성에 대해 살펴본다.
- [0060] 도 3은 본 발명의 포토 다이오드의 자외선-가시광선(UV-Vis) 분광기의 측정결과를 보인 그래프이다.
- [0061] 본 발명의 포토 다이오드는, (a)의 파장 영역 대비 흡광도(absorbance)를 나타낸 그래프와 같이 PTAA의 농도가 증가할수록 자외선 영역(~ 400nm)의 흡광도는 증가하고(PTAA25>PTAA20>PTAA15>PTAA10), 반대로 가시광 영역(400nm 이상)의 흡광도는 감소함을 알 수 있다. 또 (b)의 파장 영역 대비 투과율(transmittance)를 나타낸 그래프와 같이 PTAA와 산화아연의 이중 접합 구조에서도 가시광 영역(400nm)이 매우 투명함을 확인할 수 있다. 그래프를 보면 투과율이 거의 95% 임을 알 수 있을 것이다.
- [0063] 도 4는 PTAA 농도 변화에 따른 포토 다이오드의 성능을 설명하는 그래프이다.
- [0064] 도 4를 보면, PTAA 농도는 (a) 5mg/mL, (b) 10mg/mL, (c) 15mg/mL, (d) 20mg/mL, (e) 25mg/mL, (f) 30mg/mL일 때의 결과를 나타내는데, 이를 보면 (a) 5mg/mL 및 (f) 30mg/mL일 때는 다이오드 특성이 전혀 나타나지 않고 있다. 그리고 (b)의 10mg/mL부터 포토 다이오드 특성이 나타나기 시작하면서 (e)의 25mg/mL로 농도 값이 증가하면 포토 다이오드 특성이 좋아지며, 다크 커런트(dark current)가 떨어지고 빛 반응성이 증가하는 형태임을 확인할 수 있었다.
- [0066] 도 5는 PTAA 농도에 따른 $I_{\text{photo}}/I_{\text{dark}}$ 관계를 보인 그래프이다.
- [0067] 이를 보면 PTAA 농도는 약 20mg/mL일 때 400nm 자외선 영역대의 반응성이 최대로 증가함을 알 수 있다.
- [0068] 따라서 포토 다이오드의 PTAA 농도를 적절하게 적용하여 제조한다면, 포토 다이오드의 성능을 최적화할 수 있을 것이다.
- [0070] 이와 같이 본 발명에 의하면 PTAA 농도가 20mg/mL일 때 포토 다이오드의 성능이 가장 최적화되었다고 볼 수 있고, 아래에는 최적화된 포토 다이오드의 성능을 비교 분석한 결과를 설명하였다.
- [0071] 도 6은 PTAA의 흡광도 그래프, 도 7은 본 발명 포토 다이오드 소자의 반응성 그래프이다.
- [0072] 도 6과 도 7을 보면, 본 발명의 반응성 그래프는 PTAA의 흡광 특성과 매우 유사한 형태임을 알 수 있었고, 이러한 결과는 본 발명의 포토 다이오드의 PTAA가 광흡수층으로 사용되는 것을 의미한다.
- [0073] 종래의 PTAA와 산화아연의 이중접합 구조의 경우 산화아연에서 빛을 흡수하고 반응을 하는데, 위의 그래프를 보면 PTAA가 주 광흡수층으로 사용됨을 명확하게 알 수 있다.
- [0074] 또한 그래프를 보면 가시광 영역에서는 거의 반응하지 않는 특성을 제공한다.
- [0076] 도 8은 광원 세기에 따른 포토 커런트의 정도를 설명하는 그래프이다.
- [0077] 도 8의 (a) 및 (b)를 보면 광원 세기에 따라 발생하는 포토 커런트의 양이 비례해서 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 따라서 자외선의 세기가 커질수록 더 많은 포토 커런트를 배출한다.
- [0078] 이를 통해 본 발명의 포토 다이오드는 실시간으로 자외선 피폭량을 모니터링하는 용도로도 사용할 수 있음을 확

인할 수 있다.

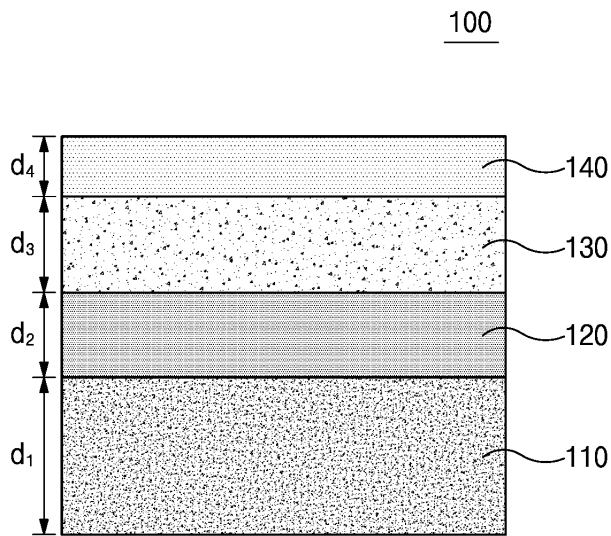
- [0080] 도 9는 본 발명의 포토 다이오드 소자를 이용하여 실시간 자외선 모니터링 결과를 보여준 그래프이다.
- [0081] 도 9는 총 6개의 그래프를 보여주며, 위의 3개 그래프는 맑은 날(sunny day)의 모니터링 결과, 아래의 3개 그래프는 상대적으로 비가 오거나 구름이 많은 날(cloudy day)의 모니터링 결과이다.
- [0082] 도 9의 (a) 및 (a')는 UV 세기에 따른 포토 커런트의 변화량, (b) 및 (b')는 시간에 따른 포토 커런트의 변화량, (c) 및 (c')는 시간에 따른 UV 인덱스의 변화량을 각각 나타내고 있다.
- [0083] 도 9의 (a) 및 (a')을 보면 본 발명의 소자(빨간 색상)가 상용 포토 다이오드(검정 색상)보다 선형적으로 증가하는 특성이 우수함을 확인할 수 있다. 일반적으로 센서의 경우 리니어 특성이 매우 중요한 요소인데, 도 9의 (a) 및 (a')와 같이 날씨에 상관없이 자외선 세기에 따른 선형적 증가 특성이 상용소자보다 우수하기 때문에, 센서로서의 성능 개선을 기대할 수 있다.
- [0084] 도 9의 (b) 및 (b')을 보면, 본 발명의 소자와 상용 포토다이오드의 개형이 비슷하지만 본 발명의 소자가 극명하게 차이가 있음을 나타내고 있다.
- [0085] 도 9의 (c) 및 (c')을 보면, 기상청에서 공시한 UV 인덱스 값의 변화와 거의 유사하게 변화하는 것을 알 수 있다.
- [0086] 이에 따라 본 발명의 포토 다이오드를 각종 스마트 기기의 어플리케이션과 연동할 경우 실시간으로 UV 세기를 모니터링하는 디바이스로 활용할 수 있을 것이다.
- [0087] 한편 본 발명의 포토 다이오드는 기존의 이중접합 구조의 소자보다도 투과율이 높기 때문에, 포토 다이오드를 각종 센서, 예를 들어 웨어러블 자외선 모니터링 시스템용 센서, 스마트 글래스용 투명센서, 차량용 투명 센서, 스마트 윈도우용 투명센서, 스마트 렌즈용 투명 센서 등에 적용할 수 있다. 따라서 본 발명은 포토 다이오드가 접목된 각종 센서로도 충분히 활용할 수 있고, 이에 대한 권리 범위도 포함할 수 있다.
- [0089] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

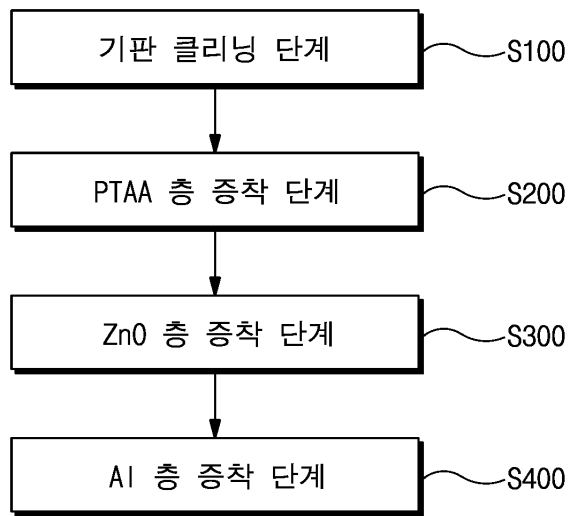
- [0091] 110: Glass/ITO 층
- 120: 유기 고분자층(PTAA)
- 130: 금속 산화물층(ZnO)
- 140: 금속 전극 층(Al)

도면

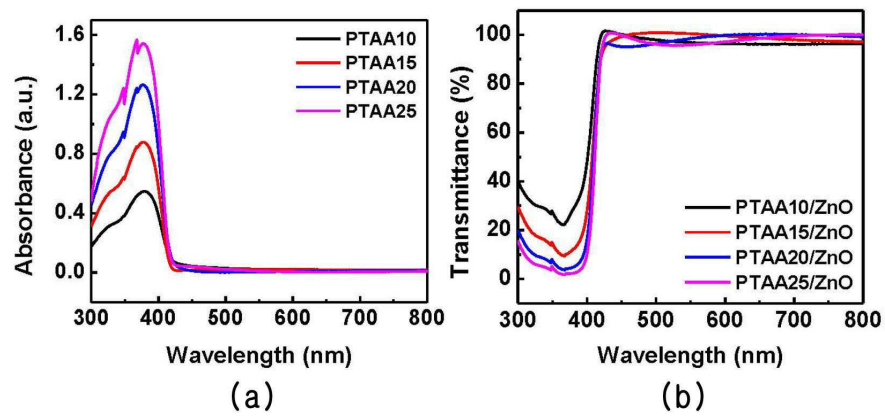
도면1



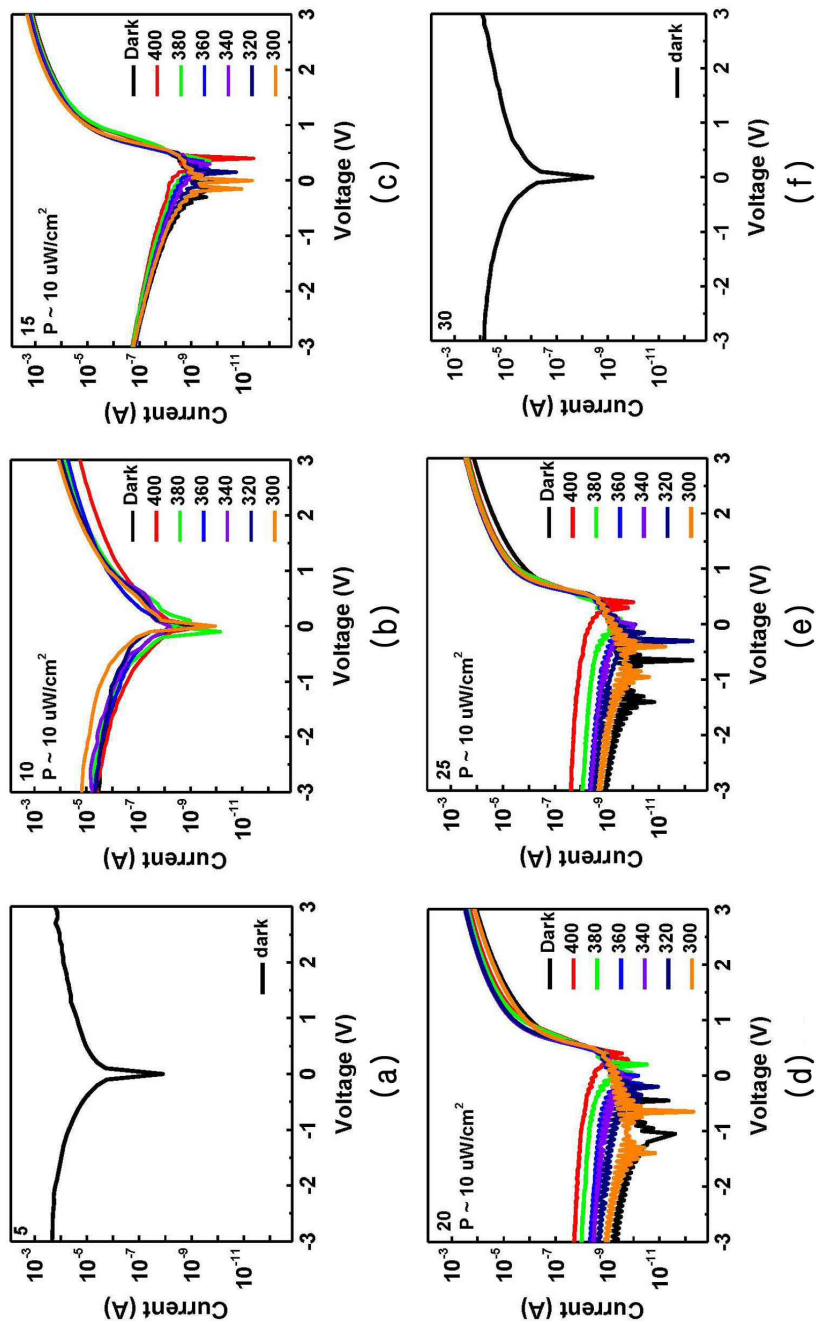
도면2



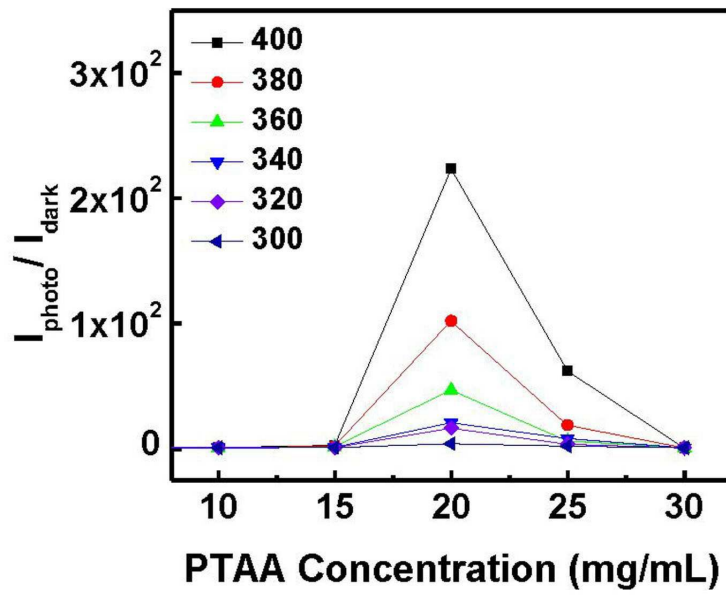
도면3



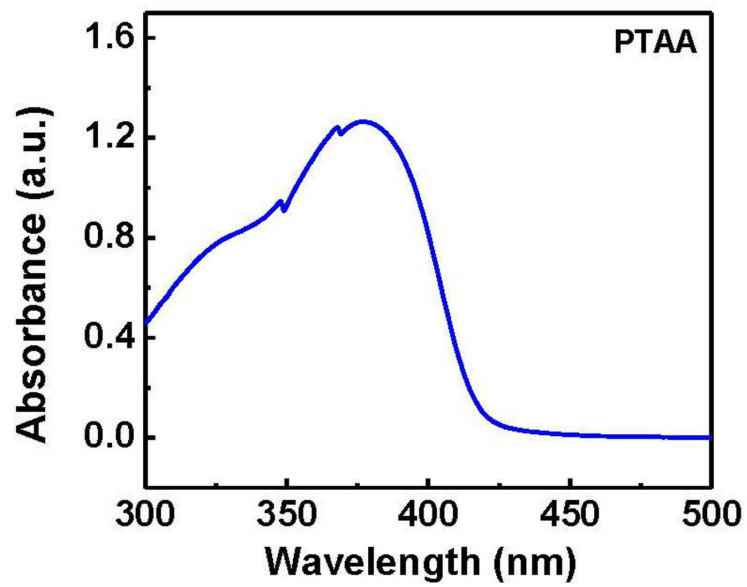
도면4



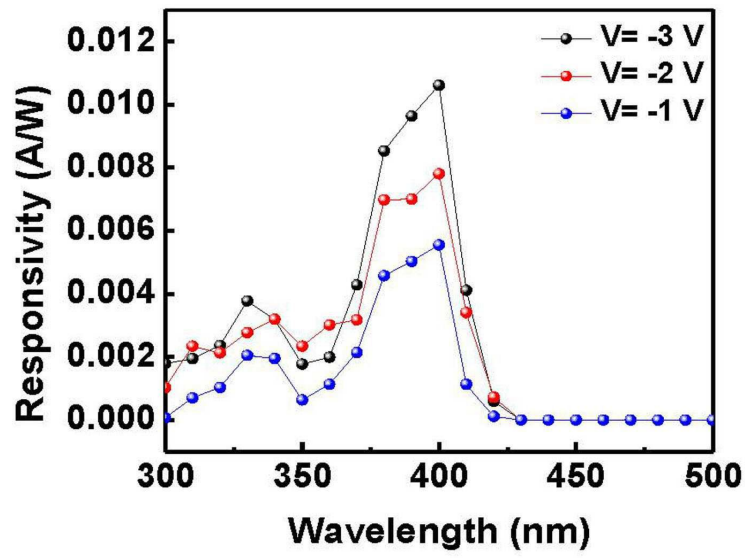
도면5



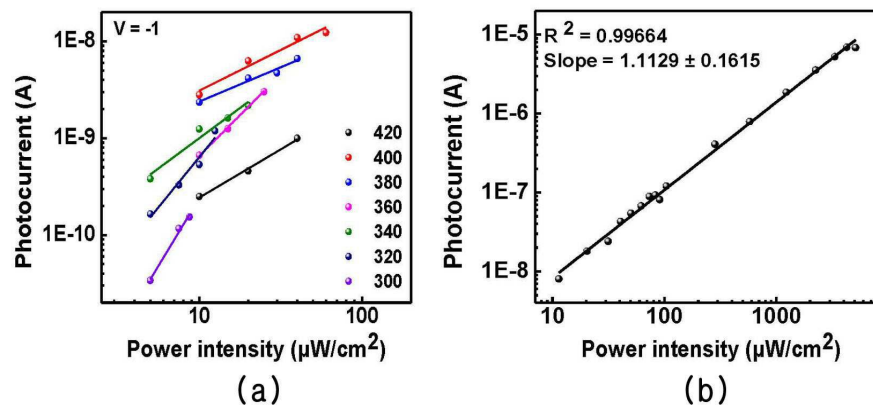
도면6



도면7



도면8



도면9

