



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0078190
(43) 공개일자 2025년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H10K 30/60 (2023.01) H10K 30/15 (2023.01)
H10K 30/81 (2023.01) H10K 30/85 (2023.01)
H10K 30/86 (2023.01) H10K 85/50 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H10K 30/60 (2023.02)
H10K 30/15 (2023.02)

(21) 출원번호 10-2023-0166037

(22) 출원일자 2023년11월24일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

임상혁

경기도 화성시 동탄순환대로21길 53, 1314동 301호(청계동, 롯데캐슬 알바트로스)

허진혁

서울특별시 성북구

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

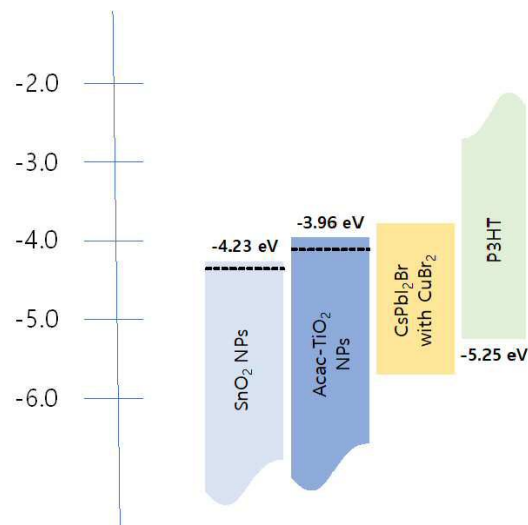
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 페로브스카이트 광검출 소자와 페로브스카이트 X-선 검출 소자 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 페로브스카이트 광검출 소자와 페로브스카이트 X-선 검출 소자 및 이의 제조방법을 개시한다. 본 발명은 기관 상에 형성되는 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 형성되는 전자 전달층; 상기 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체; 상기 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층; 및 상기 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극;을 포함하고, 상기 페로브스카이트 감응체에 금속 유기 할라이드 염 첨가제가 포함되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10K 30/81 (2023.02)

H10K 30/85 (2023.02)

H10K 30/86 (2023.02)

H10K 85/50 (2023.02)

홍석영

경기도 안양시 동안구 경수대로 947, 101동 1501호(비산동)

(72) 발명자

이형준

경기도 용인시 수지구 수풍로 13, 103동 1204호(풍덕천동, 삼성래미안1차아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711183915
과제번호 2022R1A2C3004964
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 페로브스카이트 광전소자 한계효율 극복 연구
기 여 율 1/4
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711188936
과제번호 2022M3H4A1A03074093
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 나노소재기술개발
연구과제명 1.4 eV 이하 저 밴드갭 페로브스카이트 광흡수층을 이용한 초고효율 태양전지 소자
및 대면적 모듈 개발

기 여 율 1/4
과제수행기관명 한국과학기술원
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711182278
과제번호 2022R1C1C2008126
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 실내 인공광을 이용하는 친환경 광 발전/저장 융합 소자 개발
기 여 율 1/4
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415186664
과제번호 20227410100040
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 공공에너지선도투자및신산업창출지원사업
연구과제명 고성능 무기 페로브스카이트를 이용한 패치형 플렉서블 개인선량계 및 실시간 원격

모니터링 시스템 개발

기 여 율 1/4
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2023.01.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

기관 상에 형성되는 하부 전극;

상기 하부 전극 상에 형성되는 전자 전달층;

상기 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체;

상기 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층; 및

상기 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극;

을 포함하고,

상기 페로브스카이트 감응체에 금속 유기 할라이드 염 첨가제가 포함되는 것을 특징으로 하는 페로브스카이트 광검출 소자.

청구항 2

기관 상에 형성되는 하부 전극;

상기 하부 전극 상에 형성되는 전자 전달층;

상기 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체;

상기 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층; 및

상기 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극;

을 포함하고,

상기 페로브스카이트 감응체에 금속 유기 할라이드 염 첨가제가 포함되는 것을 특징으로 하는 페로브스카이트 X-선 검출 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자가발전형 페로브스카이트 광전 소자를 활용한 페로브스카이트 광검출 소자와 페로브스카이트 X-선 검출 소자 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 본 발명은 금속 할라이드 염이 첨가된 페로브스카이트 화합물을 포함하여 고검출능 및 넓은 선형 동적 범위 구현이 가능한 페로브스카이트 광검출 소자와 페로브스카이트 X-선 검출 소자 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 페로브스카이트는 뛰어난 광전기적 특성을 가져 최근 차세대 반도체 소재로서 각광을 받고 있으며, 태양전지, 자가발광소자, 검출기 등의 다양한 광전기적 소자에 적용되고 있다.

[0004] 이 중 광전 효과를 기반으로 한 검출기 소자는 이미지 센싱, 커뮤니케이션, 환경 모니터링, 화학적/생물학적 검출, 의료 진단을 포함하는 다양한 응용 분야에서 활용될 수 있다.

[0005] 특히, 금속 할라이드 페로브스카이트는 높은 가시광선 및 X-선 흡수 계수, 편리한 밴드갭 조절성, 긴 전하 확산 거리를 가져 광전 효과를 통해 가시광선과 X-선에 대해 반응하여 검출기 소자의 감응체로서 적합하며, 간편한 용액 공정성을 바탕으로 저비용, 대량생산과 플렉서블 소자 개발에 유리한 광검출기와 X-선 검출기 소자를 제작

할 수 있다.

[0006] 페로브스카이트 광 다이오드 검출기 소자는 확산 전위를 통해 전류가 흐르게 되어 외부 전원 없이 무전원으로 광 또는 X-선 검출이 가능하나 고성능 달성과 신뢰성 향상을 위해 분해능과 선형 동적 범위 개선이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 실시예는 페로브스카이트 전구체에 금속 할라이드 염을 첨가를 통해 전하 분리와 수송이 향상된 페로브스카이트 감응체 박막과 이를 이용한 페로브스카이트 감응 소자(예; 페로브스카이트 광검출 소자, 페로브스카이트 X-선 검출 소자)의 제조 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 본 발명의 실시예는 금속 할라이드 염을 첨가한 페로브스카이트 박막은 외부 신호에 대한 감응도가 개선되어 검출능 향상과 선형 동적 범위가 확장된 페로브스카이트 광검출 소자와 저선량 X-선 신호를 선형적으로 감응할 수 있는 페로브스카이트 X-선 검출 소자 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자는 기관 상에 형성되는 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 형성되는 전자 전달층; 상기 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체; 상기 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층; 및 상기 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극;을 포함하고, 상기 페로브스카이트 감응체에 금속 유기 할라이드 염 첨가제가 포함된다.

[0012] 상기 페로브스카이트 광검출 소자의 광검출능은 10^{10} jones 내지 10^{20} jones 일 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자는 기관 상에 형성되는 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 형성되는 전자 전달층; 상기 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체; 상기 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층; 및 상기 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극;을 포함하고, 상기 페로브스카이트 감응체에 금속 유기 할라이드 염 첨가제가 포함된다.

[0014] 상기 페로브스카이트 X-선 검출 소자가 감응하는 X-선 빔의 파장은 1 keV 내지 150 keV일 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예에 따르면, 페로브스카이트 전구체에 금속 할라이드 염을 첨가를 통해 전하 분리와 수송이 향상된 페로브스카이트 감응체 박막과 이를 이용한 페로브스카이트 감응 소자(예; 페로브스카이트 광검출 소자, 페로브스카이트 X-선 검출 소자)의 제조 방법을 제공할 수 있다.

[0017] 본 발명의 실시예에 따르면, 금속 할라이드 염을 첨가한 페로브스카이트 박막은 외부 신호에 대한 감응도가 개선되어 검출능 향상과 선형 동적 범위가 확장된 페로브스카이트 광검출 소자와 저선량 X-선 신호를 선형적으로 감응할 수 있는 페로브스카이트 X-선 검출 소자 및 이의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 에너지 준위를 도시한 모식도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 J-V 측정 결과를 도시한 그래프이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 파장에 따른 외부 양자 효율을 도시한 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 파장에 따른 감응도를 도시한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 파장에 따른 검출능을 도시한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 광 조도에 따른 전류밀도를 도시한 그래프이다.

도 7은모사 태양광 조사 하의 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 광전 성능을 도시한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자의 전류 신호를 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자의 전하 생성량을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0021] 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, 단계는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0022] 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.
- [0023] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0024] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0025] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 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] 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.
- [0028] 한편, 본 발명의 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.
- [0030] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 에너지 준위를 도시한 모식도이다.
- [0031] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자는 기관 상에 형성되는 하부 전극, 하부 전극 상에 형성되는 전자 전달층, 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체, 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층 및 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극을 포함하고, 페로브스카이트 감응체에 금속 유기 할라이드 염 첨가제가 포함된다.

- [0032] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 광검출능은 10^{10} jones 내지 10^{20} jones 일 수 있다.
- [0033] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자는 기관 상에 형성되는 하부 전극, 하부 전극 상에 형성되는 제1 전자 전달층, 제1 전자 전달층 상에 형성되는 제2 전자 전달층, 제2 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체, 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층 및 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극을 포함할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자는 이미지 센서, 광 커뮤니케이션, 환경 모니터링, 화학적/생물학적 검출 등의 요소 기술로 활용될 수 있으며, 카메라, 사물 인터넷, 웨어러블 디바이스의 센서 등에 적용될 수 있다.
- [0035] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자는 이미지 센서, 광 커뮤니케이션, 환경 모니터링, 화학적/생물학적 검출 등의 요소 기술로 활용될 수 있으며, 카메라, 사물 인터넷, 웨어러블 디바이스의 센서 등에 적용될 수 있다.
- [0036] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 제조 방법은 기관 상에 하부 전극을 형성하는 단계, 하부 전극 상에 전자 전달층을 형성하는 단계, 전자 전달층 상에 페로브스카이트 감응체를 형성하는 단계, 페로브스카이트 감응체 상에 정공 전달층을 형성하는 단계 및 정공 전달층 상에 상부 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0037] 기관 상에 하부 전극을 형성하는 단계는 하부 전극을 세척한 후 오존 처리를 진행하여 습윤성을 향상시킬 수 있다.
- [0038] 전자 전달층 상에 페로브스카이트 감응체를 형성하는 단계는 페로브스카이트 감응체 전구체 용액에 금속 할라이드 염을 첨가할 수 있다.
- [0039] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자는 기관 상에 하부 전극을 형성하는 단계, 하부 전극 상에 제1 전자 전달층을 형성하는 단계, 제1 전자 전달층 상에 제2 전자 전달층을 형성하는 단계, 제2 전자 전달층 상에 페로브스카이트 감응체를 형성하는 단계, 페로브스카이트 감응체 상에 정공 전달층을 형성하는 단계 및 정공 전달층 상에 상부 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자는 기관 상에 형성되는 하부 전극, 하부 전극 상에 형성되는 전자 전달층, 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체, 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층 및 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극을 포함하고, 페로브스카이트 감응체에 금속 유기 할라이드 염 첨가제가 포함된다.
- [0042] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자가 감응하는 X-선 빔의 파장은 1 keV 내지 150 keV일 수 있다.
- [0043] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자는 기관 상에 형성되는 하부 전극, 하부 전극 상에 형성되는 제1 전자 전달층, 제1 전자 전달층 상에 형성되는 제2 전자 전달층, 제2 전자 전달층 상에 형성되는 페로브스카이트 감응체, 페로브스카이트 감응체 상에 형성되는 정공 전달층 및 정공 전달층 상에 형성되는 상부 전극을 포함할 수 있다.
- [0044] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자는 X-선 이미징, X-선 측정 등의 요소 기술로 활용될 수 있으며, X-선 투과 이미지 센싱이나 치료 및 진단 분야, X-선 선량계 제품에 적용될 수 있다.
- [0045] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자는 X-선 이미징, X-선 선량계 등의 요소 기술로 활용될 수 있으며, X-선 투과 이미지 센싱이나 치료 및 진단 분야, X-선 노출 산업계 분야에 기술이 적용될 수 있다.
- [0046] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자의 제조 방법은 기관 상에 하부 전극을 형성하는 단계, 하부 전극 상에 전자 전달층을 형성하는 단계, 전자 전달층 상에 페로브스카이트 감응체를 형성하는 단계, 페로브스카이트 감응체 상에 정공 전달층을 형성하는 단계 및 정공 전달층 상에 상부 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0047] 기관 상에 하부 전극을 형성하는 단계는 하부 전극을 세척한 후 오존 처리를 진행하여 습윤성을 향상시킬 수 있다.

- [0048] 전자 전달층 상에 페로브스카이트 감응체를 형성하는 단계는 페로브스카이트 감응체 전구체 용액에 금속 할라이드 염을 첨가할 수 있다.
- [0049] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자는 기판 상에 하부 전극을 형성하는 단계, 하부 전극 상에 제1 전자 전달층을 형성하는 단계, 제1 전자 전달층 상에 제2 전자 전달층을 형성하는 단계, 제2 전자 전달층 상에 페로브스카이트 감응체를 형성하는 단계, 페로브스카이트 감응체 상에 정공 전달층을 형성하는 단계 및 정공 전달층 상에 상부 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0051] **비교예 1: 금속 할라이드 염이 첨가되지 않은 페로브스카이트 광검출 소자**
- [0052] 패터화된 ITO가 코팅된 유리기판을 물, 세제, 에탄올 및 아세톤으로 15분동안 초음파 처리한다. 이 후 건조 후 15분 동안 UV-오존 처리했다.
- [0053] SnO_2 나노 입자 용액을 희석하여 ITO 유리 기판에 스핀 코팅한 후 150°C 로 30분 열처리했다.
- [0054] 이 후 TiO_2 나노 입자 용액을 SnO_2 상에 스핀 코팅하여 100°C 로 10분 열처리했다.
- [0055] 페로브스카이트 감응체 전구체 용액은 CsBr 과 PbI_2 를 1:1 몰 비율로 다이메틸 설펡 사이드 용매에 녹여 제작하였다.
- [0056] 페로브스카이트 감응체는 TiO_2 상에 페로브스카이트 감응체 전구체 용액을 스핀 코팅하여 200°C 로 10분 열처리했다.
- [0057] 폴리(3-헥실 티오펜) 용액 (클로로벤젠 중 10 mg/mL)을 페로브스카이트 감응체 상 스핀 코팅했다.
- [0058] 이 후, 50 nm 두께의 Au 금속 전극을 열증착하여 폴리(3-헥실 티오펜) 상에 형성했다.
- [0060] **실시예 1: $7.5 \mu\text{mol CuBr}_2$ 금속 할라이드 염이 첨가된 페로브스카이트 광검출 소자**
- [0061] 패터화된 ITO가 코팅된 유리기판을 물, 세제, 에탄올 및 아세톤으로 15분동안 초음파 처리한다. 이 후 건조 후 15분 동안 UV-오존 처리했다.
- [0062] SnO_2 나노 입자 용액을 희석하여 ITO 유리 기판에 스핀 코팅한 후 150°C 로 30분 열처리했다.
- [0063] 이 후 TiO_2 나노 입자 용액을 SnO_2 상에 스핀 코팅하여 100°C 로 10분 열처리했다.
- [0064] 페로브스카이트 감응체 전구체 용액은 CsBr 과 PbI_2 를 1:1 몰 비율과 CuBr_2 (용매 중 $7.5 \mu\text{mol/mL}$)를 다이메틸 설펡사이드 용매에 녹여 제작하였다.
- [0065] 페로브스카이트 감응체는 TiO_2 상에 페로브스카이트 감응체 전구체 용액을 스핀 코팅하여 200°C 로 10분 열처리했다.
- [0066] 폴리(3-헥실 티오펜) 용액 (클로로벤젠 중 10 mg/mL)을 페로브스카이트 감응체 상 스핀 코팅했다.
- [0067] 이 후, 50 nm 두께의 Au 금속 전극을 열증착하여 폴리(3-헥실 티오펜) 상에 형성했다.
- [0069] **실시예 2: $15.0 \mu\text{mol CuBr}_2$ 금속 할라이드 염이 첨가된 페로브스카이트 광검출 소자**
- [0070] 패터화된 ITO가 코팅된 유리기판을 물, 세제, 에탄올 및 아세톤으로 15분동안 초음파 처리한다. 이 후 건조 후 15분 동안 UV-오존 처리했다.
- [0071] SnO_2 나노 입자 용액을 희석하여 ITO 유리 기판에 스핀 코팅한 후 150°C 로 30분 열처리했다.
- [0072] 이 후 TiO_2 나노 입자 용액을 SnO_2 상에 스핀 코팅하여 100°C 로 10분 열처리했다.
- [0073] 페로브스카이트 감응체 전구체 용액은 CsBr 과 PbI_2 를 1:1 몰 비율과 CuBr_2 (용매 중 $15.0 \mu\text{mol/mL}$)를 다이메틸

섀플록사이드 용매에 녹여 제작하였다.

[0074] 페로브스카이트 감응체는 TiO_2 상에 페로브스카이트 감응체 전구체 용액을 스핀 코팅하여 200°C 로 10분 열처리했다.

[0075] 폴리(3-헥실 티오펜) 용액 (클로로벤젠 중 10 mg/mL)을 페로브스카이트 감응체 상 스핀 코팅했다.

[0076] 이 후, 50 nm 두께의 Au 금속 전극을 열증착하여 폴리(3-헥실 티오펜) 상에 형성했다.

[0078] **실시예 3: $22.5 \text{ } \mu\text{mol CuBr}_2$ 금속 할라이드 염이 첨가된 페로브스카이트 광검출 소자**

[0079] 패터화된 ITO가 코팅된 유리기판을 물, 세제, 에탄올 및 아세톤으로 15분동안 초음파 처리한다. 이 후 건조 후 15분 동안 UV-오존 처리했다.

[0080] SnO_2 나노 입자 용액을 희석하여 ITO 유리 기판에 스핀 코팅한 후 150°C 로 30분 열처리했다.

[0081] 이 후 TiO_2 나노 입자 용액을 SnO_2 상에 스핀 코팅하여 100°C 로 10분 열처리했다.

[0082] 페로브스카이트 감응체 전구체 용액은 CsBr과 PbI_2 를 1:1 몰 비율과 CuBr_2 (용매 중 $22.5 \text{ } \mu\text{mol/mL}$)를 다이메틸 섀플록사이드 용매에 녹여 제작하였다.

[0083] 페로브스카이트 감응체는 TiO_2 상에 페로브스카이트 감응체 전구체 용액을 스핀 코팅하여 200°C 로 10분 열처리했다.

[0084] 폴리(3-헥실 티오펜) 용액 (클로로벤젠 중 10 mg/mL)을 페로브스카이트 감응체 상 스핀 코팅했다.

[0085] 이 후, 50 nm 두께의 Au 금속 전극을 열증착하여 폴리(3-헥실 티오펜) 상에 형성했다.

[0087] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 J-V 측정 결과를 도시한 그래프이다.

[0088] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 파장에 따른 외부 양자 효율을 도시한 그래프이다.

[0089] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 파장에 따른 감응도를 도시한 그래프이다.

[0090] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 파장에 따른 검출능을 도시한 그래프이다.

[0091] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 광 조도에 따른 전류밀도를 도시한 그래프이다.

[0092] 도 7은모사 태양광 조사 하의 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 광전 성능을 도시한 그래프이다.

[0093] 도 2 내지 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 광검출 소자의 광학적 전기적 특성이 우수한 것을 알 수 있다.

[0095] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자의 전류 신호를 도시한 그래프이다.

[0096] 도 8은 X-선 조사 하에서 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 검출기 소자의 전류 신호를 측정하였다.

[0097] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자의 전하 생성량을 도시한 그래프이다.

[0098] 도 9는 X-선 조사 하에서 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 검출기 소자의 전하 생성량을 측정하였다.

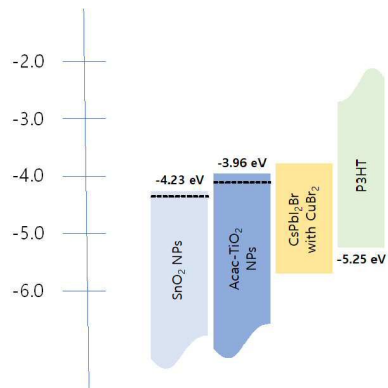
[0099] 도 8 및 도 9를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 X-선 검출 소자의 광학적 전기적 특성이 우수한 것을 알 수 있다.

[0101] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는

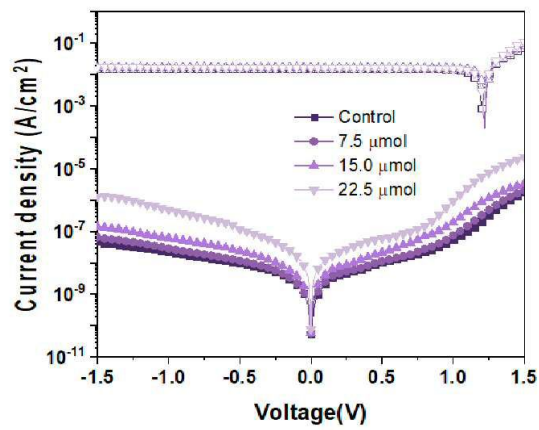
것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

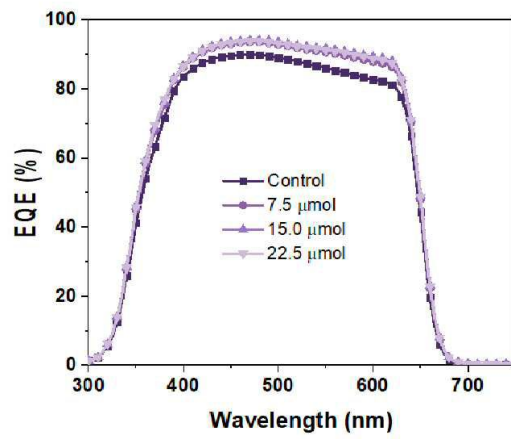
도면1



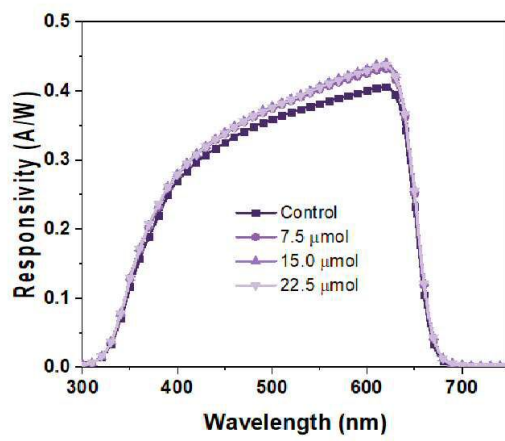
도면2



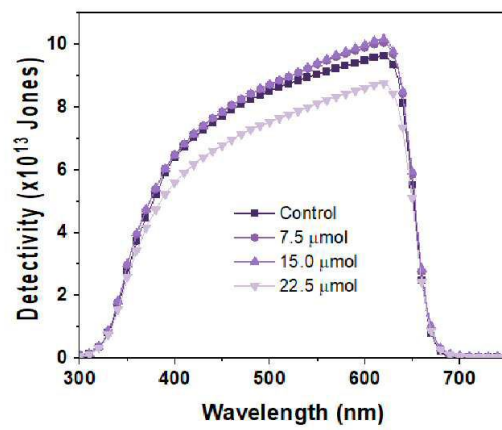
도면3



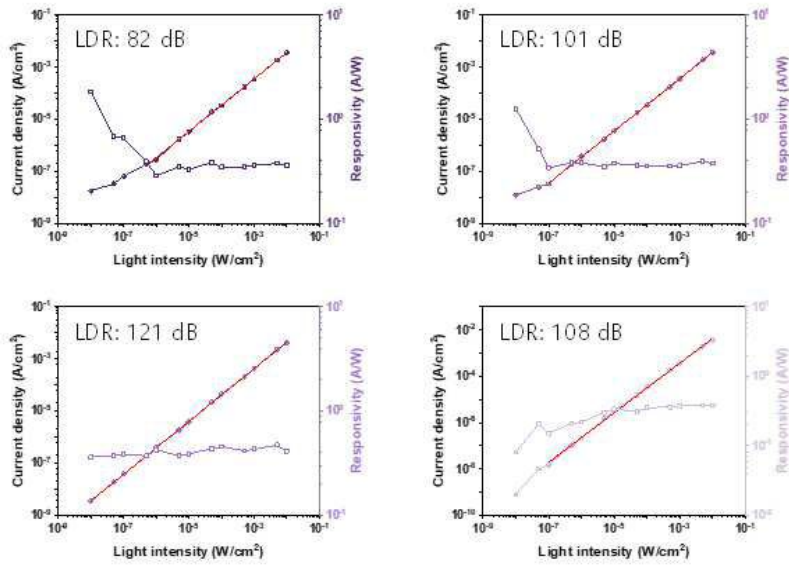
도면4



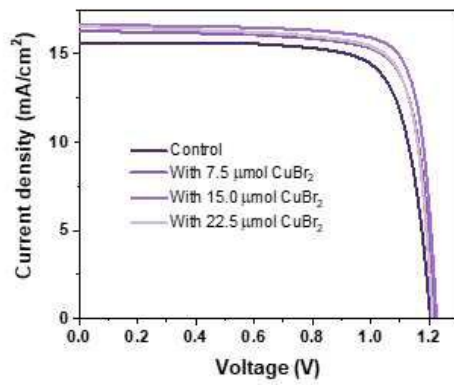
도면5



도면6

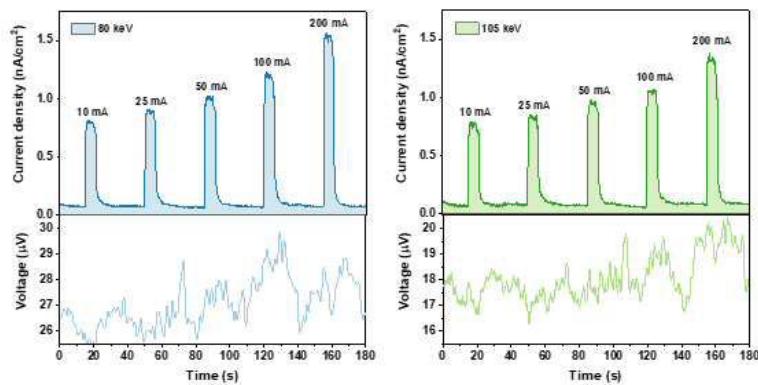


도면7



Sample	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm²)	FF (%)	PCE (%)
Control	1.2	15.61	77.04	14.43
7.5 μ mol	1.21	16.30	79.13	15.61
15.0 μ mol	1.22	16.66	80.99	16.46
22.5 μ mol	1.21	16.54	78.47	15.70

도면8



도면9

