(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월02일
(11) 등록번호 10-2737473
(24) 등록일자 2024년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0468 (2014.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
H01L 31/072 (2006.01) *H01Q 1/38* (2015.01)
H04B 10/40 (2013.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/0468 (2015.01)
H01L 31/022425 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0122814
(22) 출원일자 2023년09월15일
심사청구일자 2023년09월15일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150070216 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 6 항

(73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)
(72) 발명자
김준동
인천광역시 연수구 컨벤시아대로252번길 50 송도더샵퍼스트파크 1403동 1203호
이준식
인천광역시 남동구 경인로653번길 9 리페2차 805호
(74) 대리인
강정빈, 심찬

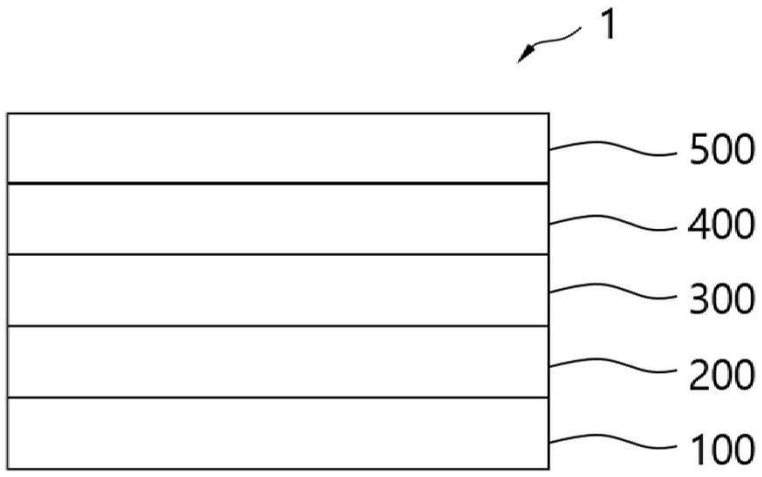
심사관 : 전병식

(54) 발명의 명칭 **전방향 안테나용 투명 광전소자**

(57) 요 약

본 발명은 전방향 안테나용 투명 광전소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 모든 입사각에서 입사되는 조명에 대해 광반응도를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현하고, 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하는 SnS 기반 2차원반도체를 통해, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 전력변환효율, 및 광학적 투명성을 가지는, 전방향 안테나용 투명 광전소자에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 31/022466 (2013.01)
H01L 31/072 (2013.01)
H01Q 1/38 (2018.05)
H04B 10/40 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
JP2019515246 A
KR1020200110849 A
KR1020200047091 A
KR102408206 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711161972
과제번호 2020R1A2C1009480
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중견연구자 지원사업
연구과제명 고체형 반도체 투명 태양광 프레임 개발: 다기능 2D 활성층을 이용한 신개념 투명 태양전지 및 응용 기술
기 여 율 1/1
과제수행기관명 인천대학교
연구기간 2020.03.01 ~ 2023.05.31

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

전방향 안테나용 투명 광전소자로서,

기판층;

상기 기판층 위에 배치되는 제1투명전극층;

상기 제1투명전극층 위에 배치되는 금속산화물층;

상기 금속산화물층 위에 배치되고 SnS를 포함하는 2차원반도체층; 및

상기 2차원반도체층 위에 배치되는 제2투명전극층;을 포함하고,

상기 2차원반도체층은 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하고,

상기 금속산화물층 및 2차원반도체층은 p/n 이종 접합을 형성하고,

0 내지 90도의 입사각으로 입사되는 조명 하에서 1 내지 500mA/W의 광반응도를 가지고, 300 내지 900nm의 파장범위의 조명 하에서 1 내지 50㎂의 광전류를 가지고,

상기 광반응도 및 광전류를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현하고,

마이크로 컨트롤러 및 라이트소스을 포함하는 트랜스미터;를 더 포함하고,

트랜스미터에 의하여 모스 부호 송수신이 가능한, 투명 광전소자.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 2차원반도체층은 1 내지 50nm의 두께를 가지는, 투명 광전소자.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 2차원반도체층은 0.01 내지 1nm의 d-스페이싱을 포함하는, 투명 광전소자.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 투명 광전소자는,

300 내지 400nm의 파장범위, 및 1 내지 50mW/cm^2의 광강도범위에서, 1 내지 2000mV의 광전압, 0.1 내지 10mA/cm^2의 광전류밀도값, 1 내지 80%의 충진율, 및 1 내지 20%의 전력변환효율을 나타내는, 투명 광전소자.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 기판층은 유리를 포함하고, 상기 제1투명전극층은 FTO, ITO 등을 포함하고, 상기 금속산화물층은 Ga_2O_3를 포함하고, 상기 제2투명전극층은 AgNW를 포함하는, 투명 광전소자.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 투명 광전소자는,

380 내지 780㎚의 파장범위에서 40 내지 90%의 투과율을 가지는, 투명 광전소자.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전방향 안테나용 투명 광전소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 모든 입사각에서 입사되는 조명에 대해 광반응도를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현하고, 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하는 SnS 기반 2차원반도체를 통해, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 전력변환효율, 및 광학적 투명성을 가지는, 전방향 안테나용 투명 광전소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 최근, 한 연구에 의해 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하는 2차원반도체의 광전지, 광검출기 및 스위칭 소자에서의 활용도가 입증되면서 관련 연구가 활발해졌다. 상기 2차원반도체의 원자 단위의 얇은 두께, 부동태화 및 무결합 특성은 안정적인 고체 소자 설계 및 광전자공학의 발전 가능성을 높여준다. 이러한 맥락에서 상기 2차원반도체 중 하나인 SnS 기반 2차원반도체는 학계에서 높은 관심을 받고 있다. 하지만 종래에 보고된 바에 의하면, 상기 SnS 기반의 2차원반도체는 500° C 이상의 고온에서 화학적 성장을 필요로 한다. 이 때문에 상기 SnS 기반의 2차원반도체를 광전소자 등 광전자공학 분야에 적용하는데 있어 심각한 문제가 있으며, 이 때문에 종래에는 SnS 기반 2차원반도체의 활용처를 주로 광검출기 분야로 한정하여 연구해 왔다. 하지만, 상기 SnS 기반 2차원반도체에 저온 성장을 적용할 수 있다면 상술한 광검출기 분야 이외에도 다양한 광전자공학 분야에 적용할 수 있으며, 이는 광전자공학의 큰 발전을 야기할 것이다. 즉, 저온 성장법을 적용한 SnS 2차원반도체 기반 광전소자의 개발이 시급한 실정이다.

[0004] 또한, 종래에 보고된 바에 의하면 무선 통신 분야에서 2차원반도체는 아직 연구되지 않았으며 더 많은 연구가 필요한 실정이다. 최근 무선 주파수(RF) 기술이 직면한 한계를 극복하기 위해 무선 기술 분야의 연구가 점점 더 활발해지고 있으나, 적용가능한 파장범위의 제한으로 인하여 증가하는 통신 기술 수요를 유지하기 위한 적절한 대안이 필요하다. 보다 상세하게는 공유 RF 매체에서 스펙트럼 크런칭은 RF 간섭 및 채널 경합 문제를 야기하여 네트워크 성능을 크게 저하시킨다. 따라서 RF 솔루션과 경쟁하면서 경제적이고 실용적인 이점을 제공할 수 있는 균형 잡힌 기술의 개발이 요구되는 상황이다. 여기서 광통신 시스템은 다른 전자기 매체에 비해 상당한 이점을 가지고 있어 무선 통신의 새로운 매체로서 주목받고 있다. 광통신은 제로에 가까운 에너지 소비를 달성할 수 있으며, 내장형 보안, RF 및 마이크로파 간섭에 대한 내성, 무선 제한 지역에서의 데이터 송수신, 기가비트 수준의 데이터 전송 능력, 넓은 대역폭, 및 규제되지 않는 스펙트럼 등 RF 통신보다 여러 가지 장점을 가진다.

[0005] 이때 상기 광통신 시스템은 데이터 신호를 수신하는 안테나로써, 광전소자를 사용하기 때문에, 상기 광통신 시스템에 적용하기 위해 우수한 광전 특성을 가지고, 전방향에서 높은 광반응도를 가지는 광전소자의 개발이 요구되는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 모든 입사각에서 입사되는 조명에 대해 광반응도를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현하고, 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하는 SnS 기반 2차원반도체를 통해, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 전력변환효율, 및 광학적 투명성을 가지는, 전방향 안테나용 투명 광전소자를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에서는, 전방향 안테나용 투명 광전소자로서, 기판층; 상기 기판층 위에 배치되는 제1투명전극층; 상기 제1투명전극층 위에 배치되는 금속산화물층; 상기 금속산화물층 위에 배치되고 SnS를 포함하는 2차원반도체층; 및 상기 2차원반도체층 위에 배치되는 제2투명전극층;을 포함하고, 상기 2차원반도체층은 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하고, 상기 금속산화물층 및 2차원반도체층은 p/n 이종 접합을 형성하는 투명 광전소자를 제공한다.

[0010] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 2차원반도체층은 1 내지 50nm의 두께를 가질 수 있다.

[0011] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 2차원반도체층은 0.01 내지 1nm의 d-스페이싱을 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 투명 광전소자는, 300 내지 400nm의 파장범위, 및 1 내지 50mW/cm^2의 광강도 범위에서, 1 내지 2000mV의 광전압, 0.1 내지 10mA/cm^2의 광전류밀도값, 1 내지 80%의 충진율, 및 1 내지 20%의 전력변환효율을 나타낼 수 있다.

[0013] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 기판층은 유리를 포함하고, 상기 제1투명전극층은 FTO, ITO 등을 포함하고, 상기 금속산화물층은 Ga_2O_3를 포함하고, 상기 제2투명전극층은 AgNW를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 투명 광전소자는, 380 내지 780nm의 파장범위에서 40 내지 90%의 투과율을 가질 수 있다.

[0015] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 투명 광전소자는, 0 내지 90도의 입사각으로 입사되는 조명 하에서 1 내지 500mA/W의 광반응도를 가지고, 상기 광반응도를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현할 수 있다.

[0016] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 투명 광전소자는, 마이크로 컨트롤러와 결합되고, 상기 마이크로 컨트롤러와의 결합을 통해 모스 부호 송수신이 가능한 전방향 광통신 시스템을 구현할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 모든 입사각에서 입사되는 조명에 대해 광반응도를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현하고, 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하는 SnS 기반 2차원반도체를 통해, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 전력변환효율, 및 광학적 투명성을 가지는, 전방향 안테나용 투명 광전소자를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 Glass/FTO/Ga_2O_3/SnS/AgNW의 층상구조를 포함하고 있어, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 충진율, 및 개선된 전력변환효율을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 전체적으로 투명한 재료로 구성되어 있어, 가시광선 영역에서 우수한 투과율을 가지고, 광학적으로 투명성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 우수한 광전 특성 및 광학적 투명성을 가짐으로써, 모든 방향에서 입사되는 조명에 대해 우수한 광반응도를 가지고, 전방향 안테나를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 마이크로 컨트롤러와의 결합을 통해 전방향에서 송신되는 모스 부호를 수신하고 디스플레이에 도시할 수 있는 전방향 광통신 시스템을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자의 개략적인 층상구조에 대한 사항을 도시한다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자로 구현한 전방향 광통신 시스템의 개략적인 구성에 대한 사항을 도시한다.

도 3 내지 도 7는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자 및 구성요소의 성분 분석에 대한 사항을 도시한다.

도 8 내지 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자의 광전 특성에 대한 사항을 도시한다.

도 12 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자의 광학적 특성에 대한 사항을 도시한다.

도 18 내지 도 24는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자의 전방향성에 대한 사항을 도시한다.

도 25는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자로 구현한 광통신 시스템의 실시예 및 세부적인 구성에 대한 사항을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서는, 다양한 실시예들 및/또는 양상들이 이제 도면들을 참조하여 개시된다. 하기 설명에서는 설명을 목적으로, 하나 이상의 양상들의 전반적 이해를 돕기 위해 다수의 구체적인 세부사항들이 개시된다. 그러나, 이러한 양상(들)은 이러한 구체적인 세부사항들 없이도 실행될 수 있다는 점 또한 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 인식될 수 있을 것이다. 이후의 기재 및 첨부된 도면들은 하나 이상의 양상들의 특정한 예시적인 양상들을 상세하게 기술한다. 하지만, 이러한 양상들은 예시적인 것이고 다양한 양상들의 원리들에서의 다양한 방법들 중 일부가 이용될 수 있으며, 기술되는 설명들은 그러한 양상들 및 그들의 균등물들을 모두 포함하고자 하는 의도이다.

[0026] 또한, 다양한 양상들 및 특징들이 다수의 디바이스들, 컴포넌트들 및/또는 모듈들 등을 포함할 수 있는 시스템에 의하여 제시될 것이다. 다양한 시스템들이, 추가적인 장치들, 컴포넌트들 및/또는 모듈들 등을 포함할 수 있다는 점 그리고/또는 도면들과 관련하여 논의된 장치들, 컴포넌트들, 모듈들 등 전부를 포함하지 않을 수도 있다는 점 또한 이해되고 인식되어야 한다.

[0027] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "양상", "예시" 등은 기술되는 임의의 양상 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되지 않을 수도 있다.

[0028] 또한, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 해당 특징 및/또는 구성요소가 존재함을 의미하지만, 하나 이상의 다른 특징, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0029] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0030] 또한, 본 발명의 실시예들에서, 별도로 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 이때 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 발명의 실시예에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0032] 종래에 보고된 바에 의하면 일반적인 광통신 시스템에 사용되는 광검출기는 제한된 파장범위에서 광반응도 및 전방향성을 나타낸다. 한 연구에 의하면, 1 내지 110mA/W의 광반응도를 가지는 $CsPbBr_3$ 페로브스카이트 기반 광검출기가 보고된 바 있지만 전방향성을 충족하지 못했고, 다른 한 연구에 의하면, 이진 신호 기반 데이터 전송이 가능한 할로겐화물-페로브스카이트 기반 광검출기가 보고된 바 있지만 전방향성을 충족하지 못하고 반응도를 가지는 파장범위가 제한적이다. 반면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 넓은 파장범위에서 광반응도 및 전방향성을 가지며, 광학적 투명성을 나타내고, 전방향 광통신 시스템을 위한 전방향 안테나를 구현할 수 있는 투명 광전소자(1)를 제공할 수 있다. 이하에서 도면을 통해 상기 투명 광전소자(1)에 대해 상세히 서술한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)의 개략적인 층상구조에 대한 사항을 도시한다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 전방향 안테나용 투명 광전소자(1)로서, 기판층(100); 상기 기판층(100) 위에 배치되는 제1투명전극층(200); 상기 제1투명전극층(200) 위에 배치되는 금속산화물층(300); 상기 금속산화물층(300) 위에 배치되고 SnS를 포함하는 2차원반도체층(400); 및 상기 2차원반도체층(400) 위에 배치되는 제2투명전극층(500);을 포함하고, 상기 2차원반도체층(400)은 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하고, 상기 금속산화물층(300) 및 2차원반도체층(400)은 p/n 이종 접합을 형성할 수 있다.

[0038] 상기 기판층(100)은 상기 투명 광전소자(1)의 기판에 해당하는 구성으로 상측으로 복수의 박막층이 증착될 수 있다. 바람직하게는 상기 기판층(100)은 유리를 포함한다.

[0040] 상기 제1투명전극층(200)은 상기 투명 광전소자(1)의 후면전극에 해당하는 구성으로 양극단자에 연결될 수 있으

며, 상기 기판층(100)이 전도성을 띠게한다. 바람직하게는 상기 제1투명전극층(200)은 FTO(F:SnO_2, 이하 FTO), ITO(Indium tin oxide) 등을 포함한다. 더욱 바람직하게는 상기 제1투명전극층(200)은 FTO를 포함한다.

[0042] 상기 금속산화물층(300)은 상기 투명 광전소자(1)의 n형반도체에 해당하는 구성으로, 상기 2차원반도체층(400)과 p/n 이종 접합을 형성한다. 바람직하게는 상기 금속산화물층(300)은 Ga_2O_3를 포함한다.

[0044] 상기 2차원반도체층(400)은 상기 투명 광전소자(1)의 p형반도체에 해당하는 구성으로, 상기 금속산화물층(300)과 p/n 이종 접합을 형성한다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 2차원반도체층(400)은 SnS를 포함한다.

[0045] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원반도체층(400)은 1 내지 50nm의 두께 및 0.01 내지 1nm의 d-스페이싱을 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 2차원반도체층(400)은 1 내지 20nm의 두께 및 0.01 내지 0.5nm의 d-스페이싱을 포함하고, 더욱 바람직하게는 상기 2차원반도체층(400)은 15nm의 두께 및 0.286nm의 d-스페이싱을 포함한다.

[0047] 상기 제2투명전극층(500)은 상기 투명 광전소자(1)의 전면전극에 해당하는 구성으로, 음극단자에 연결될 수 있다. 바람직하게는 상기 제2투명전극층(500)은 AgNW를 포함한다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원반도체층(400)은 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함할 수 있다.

[0050] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속산화물층(300) 및 2차원반도체층(400)은 p/n 이종 접합을 형성할 수 있다.

[0052] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 모든 입사각에서 입사되는 조명에 대해 광반응도를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현하고, 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하는 SnS 기반 2차원반도체를 통해, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 전력변환효율, 및 광학적 투명성을 가지는, 전방향 안테나용 투명 광전소자(1)를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0054] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자로 구현한 전방향 광통신 시스템의 개략적인 구성에 대한 사항을 도시한다.

[0055] 도 2에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 모스 부호 송수신이 가능한 광통신 시스템의 전방향 안테나를 구현할 수 있다.

[0057] 도 3 내지 도 7는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1) 및 구성요소의 성분 분석에 대한 사항을 도시한다.

[0059] 도 3a에 도시된 바와 같이 상기 2차원반도체층(400)은 SnS_2를 통해 얻은 2차원구조의 SnS를 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원반도체층(400)은, 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함할 수 있다. 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 Glass/FTO/Ga_2O_3/SnS/AgNW의 층상구조를 포함할 수 있다. 도 3c에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 Ga, O, Sn, S, 및 AG 원소를 포함할 수 있다.

[0060] 도 4에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 Ga_2O_3/SnS 이종 접합을 포함할 수 있다.

[0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원반도체층(400)은, 도 5에 도시된 바와 같이, 0.01 내지 1nm의 d-스페이싱을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 상기 2차원반도체층(400)은 0.1 내지 0.5nm의 d-스페이싱을 포함하고, 더욱 바람직하게는 상기 2차원반도체층(400)은 0.286nm의 d-스페이싱을 포함한다.

[0062] 도 6에 도시된 바와 같이 상기 금속산화물층(300)은 (400), (113), (603) 및 (512) 결정면을 포함할 수 있다.

[0063] 도 7에 도시된 바와 같이 상기 2차원반도체층(400)은 라만 스펙트럼에서 94 cm^{-1}, 174 cm^{-1} 및 226cm^{-1}의 파수에서 피크값을 가질 수 있다.

[0065] 도 8 내지 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)의 광전 특성에 대한 사항을 도시한다.

[0067] 도 8에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는, 조명 아래에서 광전 특성을 나타낼 수 있다.

[0068] 도 9에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 10^2 내지 10^4의 암전류대비광전류 값을 가지고 있어, 우수한 광반응도를 나타낸다.

[0070] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 도 9 내지 도 11에 도시된 바와 같이, 300 내지 400nm의 파장

범위, 및 1 내지 50mW/cm^2의 광강도범위에서, 1 내지 2000mV의 광전압, 0.1 내지 10mA/cm^2의 광전류밀도값, 1 내지 80%의 충진율, 및 1 내지 20%의 전력변환효율을 나타낼 수 있다. 바람직하게는 상기 투명 광전소자(1)는, 300 내지 400nm의 파장범위, 및 1 내지 50mW/cm^2의 광강도범위에서, 1 내지 1000mV의 광전압, 1 내지 5mA/cm^2의 광전류밀도값, 50 내지 80%의 충진율, 및 1 내지 10%의 전력변환효율을 나타내고, 보다 바람직하게는 상기 투명 광전소자(1)는, 365nm의 파장대, 및 10mW/cm^2의 광강도에서, 545mV의 광전압, 1.28mA/cm^2의 광전류밀도값, 58%의 충진율, 및 4.05%의 전력변환효율을 나타낸다.

[0072] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, Glass/FTO/Ga_2O_3/SnS/AgNW의 층상구조를 포함하고 있어, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 충진율, 및 개선된 전력변환효율을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0074] 한편, 상기 투명 광전소자(1)를 통해 광통신 시스템을 구현하기 위해선, 상기 투명 광전소자(1)는 우수한 광학적 투명성을 가질 수 있어야 한다. 이하에서는 도면을 통해 상기 투명 광전소자(1)의 광학적 특성에 대해 상세히 서술한다.

[0076] 도 12 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)의 광학적 특성에 대한 사항을 도시한다.

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 도 12에 도시된 바와 같이, 380 내지 780nm의 파장범위에서 40 내지 90%의 투과율을 가질 수 있다. 바람직하게는 상기 투명 광전소자(1)는, 380 내지 780nm의 파장범위에서 40 내지 80%의 투과율을 가진다. 더욱 바람직하게는 상기 투명 광전소자(1)는 380 내지 780nm의 파장범위에서 40 내지 70%의 투과율을 가진다.

[0079] 즉, 바람직하게는 상기 투명 광전소자(1)는 380 내지 780nm의 파장범위에서 56%의 평균 투과율을 가질 수 있고, 이는 이하의 식을 통해 산출하였다.

[0080]
$$AVT = \frac{\int_{380\,nm}^{780\,nm} T(\lambda)P(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{\int_{380\,nm}^{780\,nm} P(\lambda)S(\lambda)d\lambda}, \qquad (1)$$

[0081] 여기서 ë는 파장을, T는 투과율을, P는 사람의 눈의 광학적 반응을, S는 태양 광자 플럭스(AM 1.5G)를 나타낸다.

[0083] 한편, 상기 투명 광전소자(1)의 투명도와 색 중립성을 분석하기 위해 국제조명위원회(CIE) 기준을 통한 분석을 수행하였다. 이하에서는 CIE 1931 색좌표를 통해 확인할 수 있는 상기 투명 광전소자(1)의 광학적 특성에 대해 서술한다.

[0085] 도 13 내지 도 15에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는, CIE 1931 색좌표 상에서 (0.381, 0.377)의 좌표를 가진다. 이때, 상기 투명 광전소자(1)는 CIE 1931 색좌표 상 흑체 궤적 위에 위치하며, 이를 통해 상기 투명 광전소자(1)가 밝은 갈색을 띠는 것을 확인할 수 있다.

[0087] 도 16 및 도 17에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는, 야외 환경에서 소자 뒤편의 건물을 육안으로 확인할 수 있을 정도의 광학적 투명성을 가질 수 있다.

[0089] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 전체적으로 투명한 재료로 구성되어 있어, 가시광선 영역에서 우수한 투과율을 가지고, 광학적으로 투명성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0091] 한편, 상기 투명 광전소자(1)는 전방향에서 입사되는 빛에 대해 광반응도를 가지고 있어, 전방향 안테나를 구현할 수 있고, 마이크로 컨트롤러와의 결합을 통해 전방향 광통신 시스템을 구현할 수 있다. 이하에서는 상기 투명 광전소자(1)의 전방향성에 대해 도면을 통해 상세히 서술한다.

[0093] 도 18 내지 도 24는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)의 전방향성에 대한 사항을 도시한다.

[0095] 도 18a에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)의 전방향성을 확인하기 위한 실험 환경을 구축하였다. 이때, 조명 장치는 상기 투명 광전소자(1)에 대하여 (r, ϕ, Θ)의 극좌표를 가지며, 각각 상기 투명 광전소자(1)와의 거리, x-y 평면 위에서 이루는 각도, 및 x-z평면 위에서 이루는 각도를 의미한다. 이하에서, 상기 r값은 변하지 않는다.

[0096] 도 18b 및 도 18c에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 300 내지 400nm 파장범위 및 1 내지 500㎼W/cm^2의 광강도범위를 가지고, 0도로 고정된 ϕ 및 0 내지 180도의 Θ범위의 극좌표에 위치한 조명 하에서, 1 내지 50㎂의 광전류를 나타내고, 도 18d 및 도 18e에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 300 내지 400nm 파장범위 및 1 내지 500㎼W/cm^2의 광강도범위를 가지고, 0도로 고정된 Θ 및 0 내지 180도의 ϕ범위의 극좌표에 위치한 조명 하에서, 1 내지 50㎂의 광전류를 나타낸다.

[0097] 또한 도 18f 및 도 18g에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는 광신호 형태로 송신된 모스 부호에 대해서 우수한 광반응도를 가진다.

[0099] 한편, 도 19를 통해 상기 투명 광전소자(1)의 특정 극좌표값에 대한 광전류를 확인할 수 있다.

[0101] 도 20 및 도 21에 도시된 바와 같이 상기 투명 광전소자(1)는, 각각 500 내지 600nm의 파장범위 및 800 내지 900nm의 파장범위의 조명 하에서도 상술한 바와 같은 전방향성을 나타낸다.

[0103] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 도 22 내지 도 24에 도시된 바와 같이, 0 내지 90도의 입사각으로 입사되는 조명 하에서 1 내지 500mA/W의 광반응도를 가질 수 있다. 바람직하게는, 상기 투명 광전소자(1)는 0 내지 90도의 입사각으로 조명되는 조명 하에서 1 내지 200mA/W의 광반응도를 가지고, 더욱 바람직하게는 상기 투명 광전소자(1)는 0 내지 90도의 입사각으로 입사되는 조명 하에서 17 내지 138mA/W의 광반응도를 가진다.

[0105] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 우수한 광전 특성 및 광학적 투명성을 가짐으로써, 모든 방향에서 입사되는 조명에 대해 우수한 광반응도를 가지고, 전방향 안테나를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0107] 도 25는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)로 구현한 광통신 시스템의 실시예 및 세부적인 구성에 대한 사항을 도시한다.

[0109] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 도 25에 도시된 바와 같이, 마이크로 컨트롤러와 결합되고, 상기 마이크로 컨트롤러와의 결합을 통해 모스 부호 송수신이 가능한 전방향 광통신 시스템을 구현할 수 있다.

[0111] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)는, 마이크로 컨트롤러와의 결합을 통해 전방향에서 송신되는 모스 부호를 수신하고 디스플레이에 도시할 수 있는 전방향 광통신 시스템을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0113] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)의 제조방법에 대하여 상세히 서술한다.

[0115] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 광전소자(1)의 제조방법으로서, 기판층(100)을 배치하는 단계; 상기 기판층(100) 위에 제1투명전극층(200)을 배치하는 단계; 상기 제1투명전극층(200) 위에 금속산화물층(300)을 배치하는 단계; 상기 금속산화물층(300) 위에 SnS를 포함하는 2차원반도체층(400)을 배치하는 단계; 및 상기 2차원반도체층(400) 위에 제2투명전극층(500)을 배치하는 단계를 포함하고, 상기 2차원반도체층(400)은 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하고, 상기 금속산화물층(300) 및 2차원반도체층(400)은 p/n 이종 접합을 형성하는, 투명 광전소자(1)의 제조방법을 포함할 수 있다.

[0117] 상기 금속산화물층(300)을 배치하는 단계는, 상온에서, 1 내지 500W의 RF 파워, 1 내지 10mTorr의 작동 압력, 및 1 내지 100sccm의 Ar유량 하에서 1 내지 120분 동안 스퍼터링공정을 수행함으로써 상기 금속산화물층(300)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 금속산화물층(300)은 Ga_2O_3를 포함한다.

[0119] 상기 2차원반도체층(400)을 배치하는 단계는, 1 내지 500℃의 온도에서, 1 내지 100W의 RF 파워, 1 내지 10mTorr의 작동압력, 및 1 내지 100sccm의 Ar유량 하에서 1 내지 200초 동안 스퍼터링공정을 수행함으로써 상기 2차원반도체층(400)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원반도체층(400)은 SnS를 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원반도체층(400)은 1 내지 50nm의 두께 및 0.01 내지 1nm의 d-스페이싱을 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 2차원반도체층(400)은 1 내지 20nm의 두께 및 0.01 내지 0.5nm의 d-스페이싱을 포함하고, 더욱 바람직하게는 상기 2차원반도체층(400)은 15nm의 두께 및 0.286nm의 d-스페이싱을 포함한다.

[0121] 상기 제2투명전극층(500)을 배치하는 단계는, 스핀코팅을 수행함으로써 상기 제2투명전극층(500)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 제2투명전극층(500)은 AgNW를 포함한다.

[0123] 즉 본 발명은 상기와 같은 단계를 통해 전방향 안테나용 투명 광전소자(1)를 제조할 수 있고, 상기 투명 광전소자(1)는 우수한 광전 특성을 가지고, 광학적으로 투명하고, 및 모든 입사각에서 입사되는 조명에 대해 향상된 광반응도를 나타내는 투명 광전소자(1)를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0125] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 모든 입사각에서 입사되는 조명에 대해 광반응도를 가짐으로써 전방향 안테나를 구현하고, 반데르발스힘에 의한 결합구조를 포함하는 SnS 기반 2차원반도체를 통해, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 전력변환효율, 및 광학적 투명성을 가지는, 전방향 안테나용 투명 광전소자를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0126] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 Glass/FTO/Ga_2O_3/SnS/AgNW의 층상구조를 포함하고 있어, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도, 높은 충진율, 및 개선된 전력변환효율을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0127] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 전체적으로 투명한 재료로 구성되어 있어, 가시광선 영역에서 우수한 투과율을 가지고, 광학적으로 투명성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0128] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 우수한 광전 특성 및 광학적 투명성을 가짐으로써, 모든 방향에서 입사되는 조명에 대해 우수한 광반응도를 가지고, 전방향 안테나를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0129] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명 광전소자는 마이크로 컨트롤러와의 결합을 통해 전방향에서 송신되는 모스 부호를 수신하고 디스플레이에 도시할 수 있는 전방향 광통신 시스템을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0131] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0133] 1: 투명 광전소자

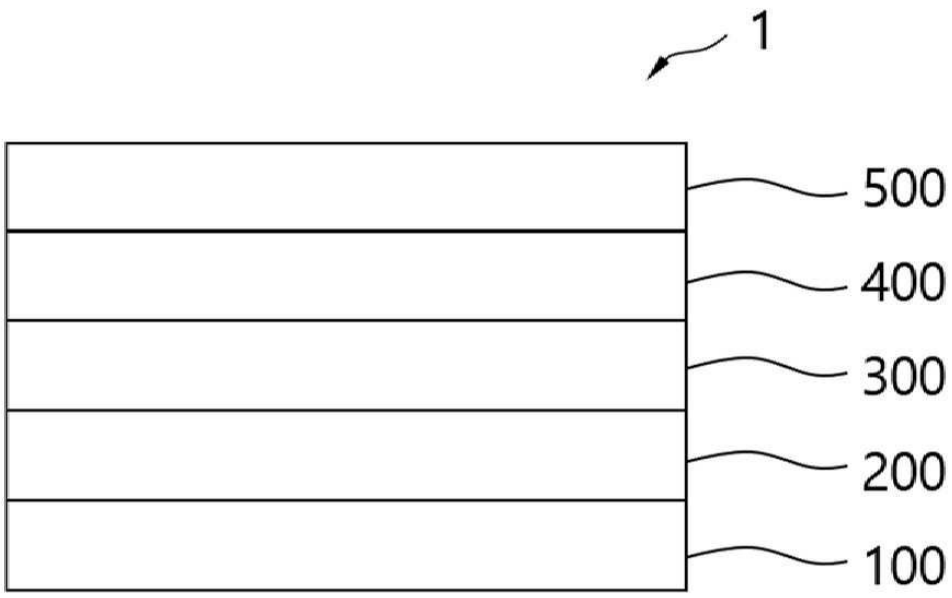
100: 기판층 200: 제1투명전극층

300: 금속산화물층 400: 2차원반도체층

500: 제2투명전극층

도면

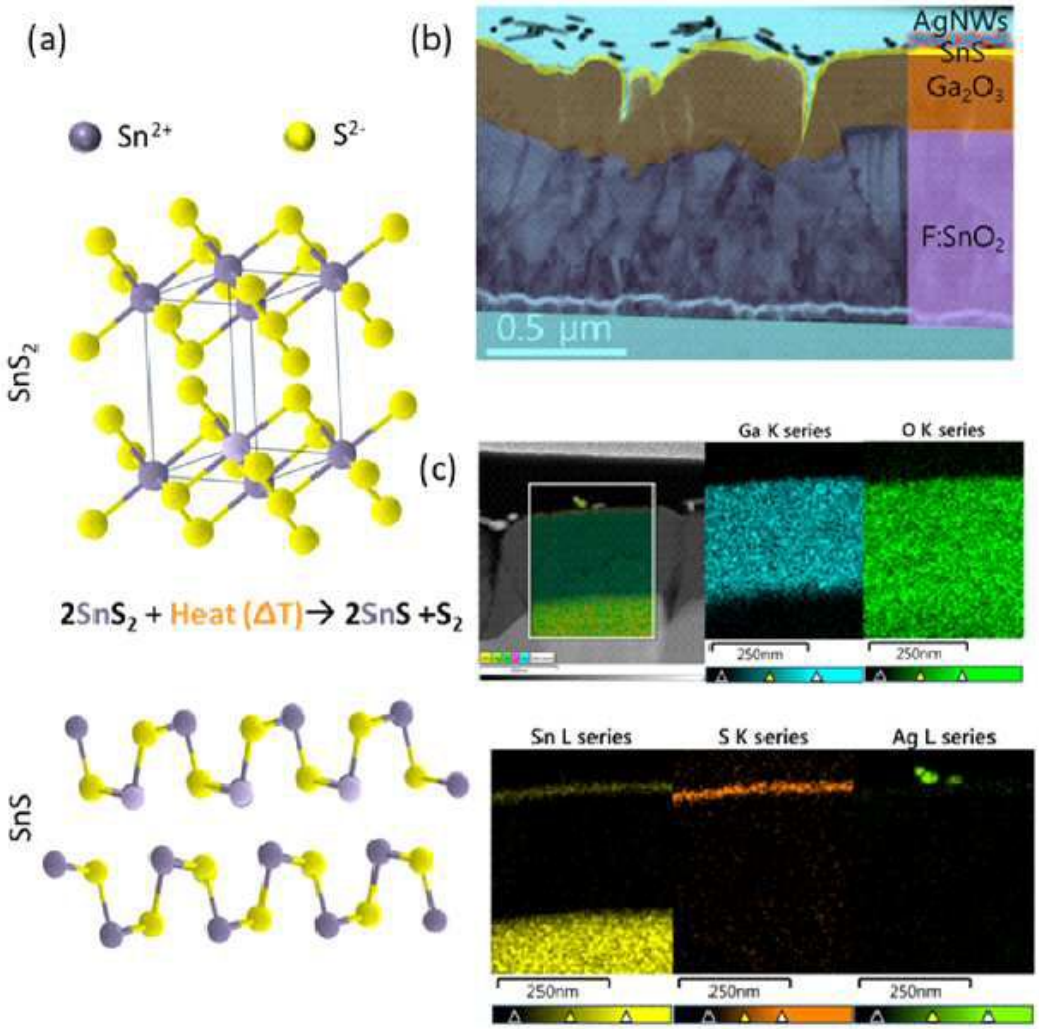
도면1


1
500
400
300
200
100

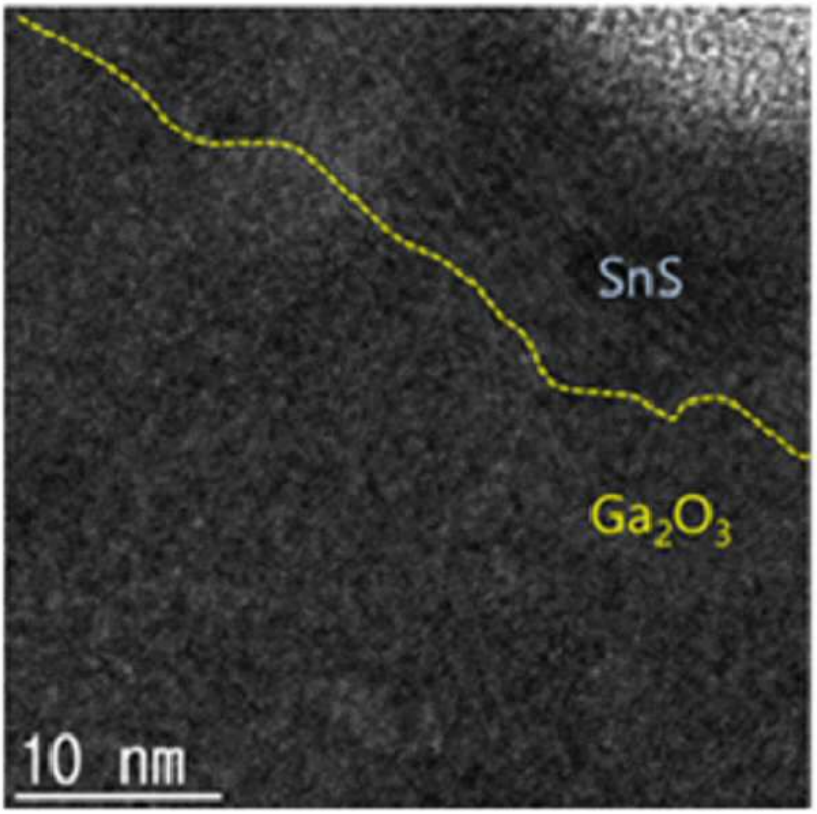
도면2


TPRA
Light source
Transmitter-1
Transmitter-2
INU 인천대학교
INCHEON NATIONAL UNIVERSITY
photocommunication
"SOS"
Mobile phone

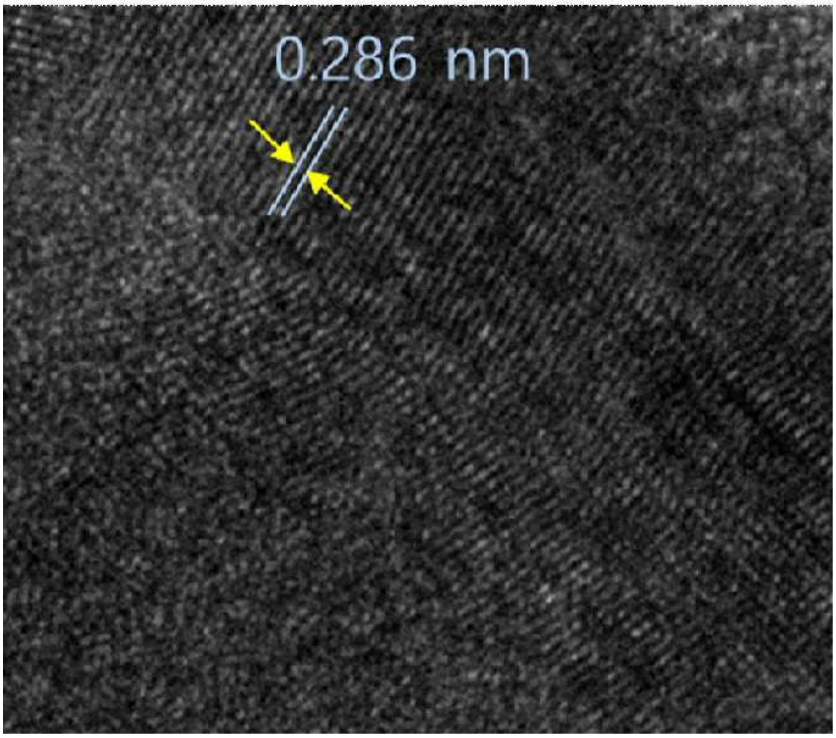
도면3


(a)
(b)
Sn^{2+}
S^{2-}
SnS_2
AgNWs
SnS
Ga_2O_3
$F:SnO_2$
0.5 μm
(c)
Ga K series
O K series
250nm
250nm
$2SnS_2 + Heat\ (\Delta T) \rightarrow 2SnS + S_2$
SnS
Sn L series
S K series
Ag L series
250nm
250nm
250nm

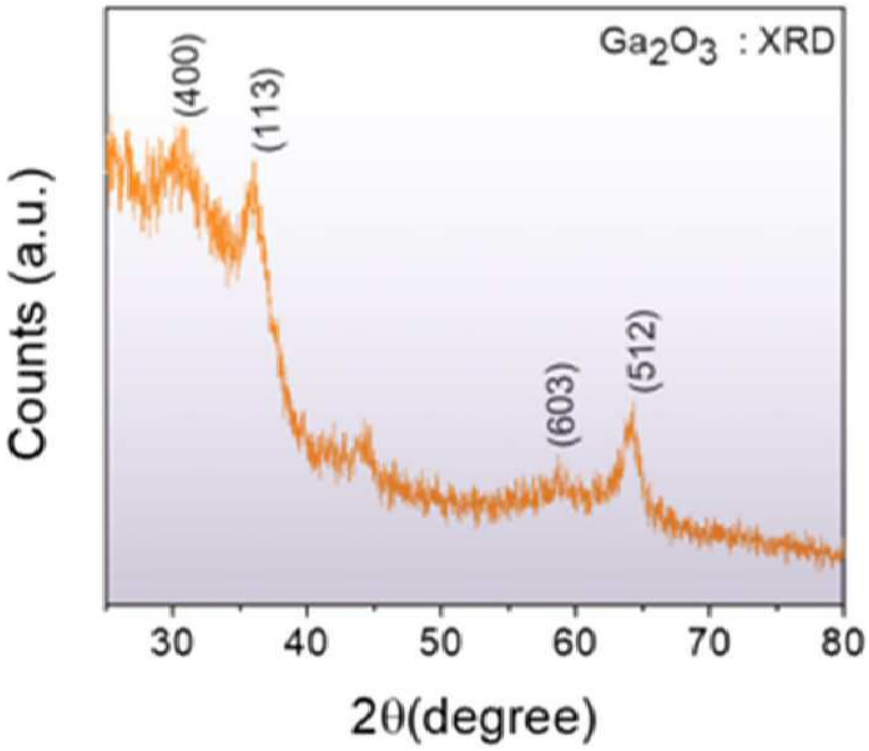
도면4



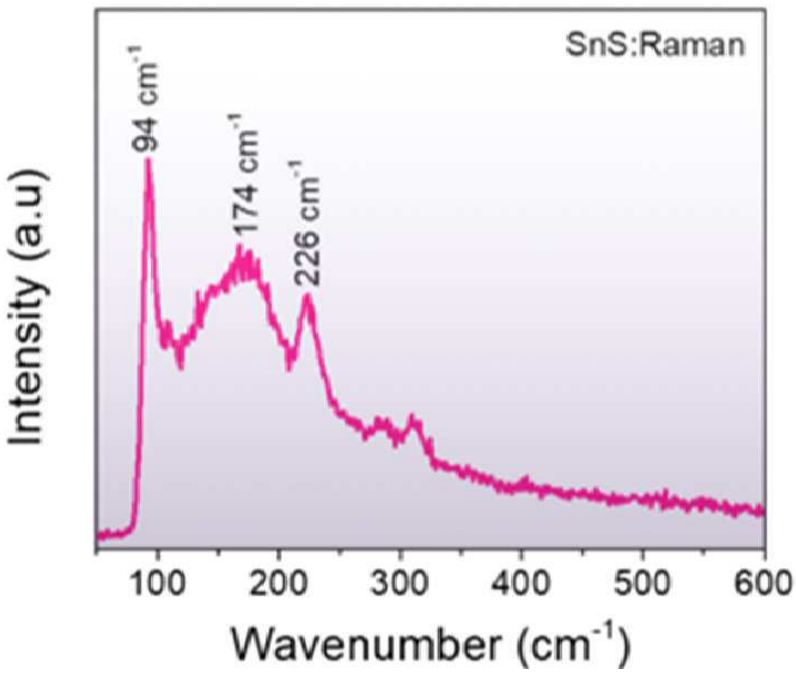
도면5



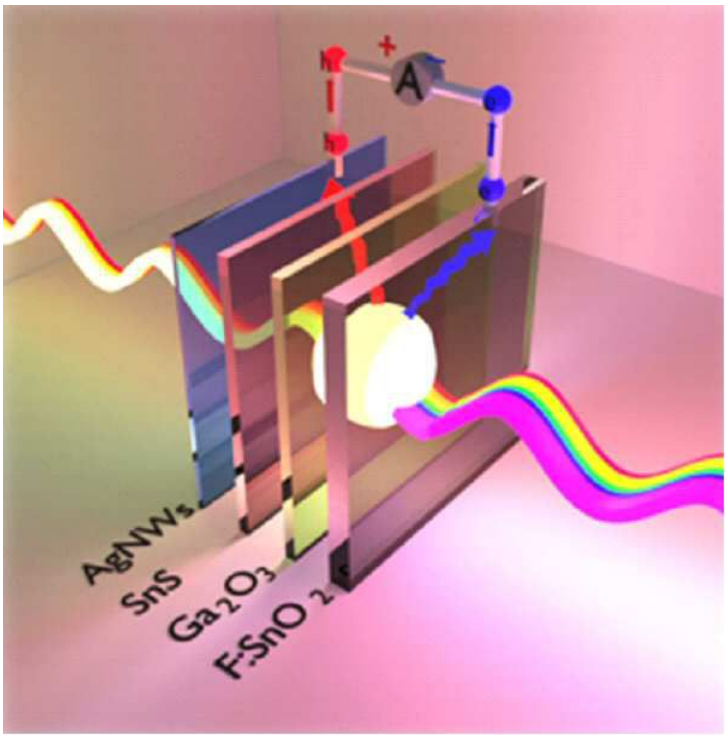
도면6


Ga2O3 : XRD
(400)
(113)
(603)
(512)
Counts (a.u.)
30
40
50
60
70
80
2θ(degree)

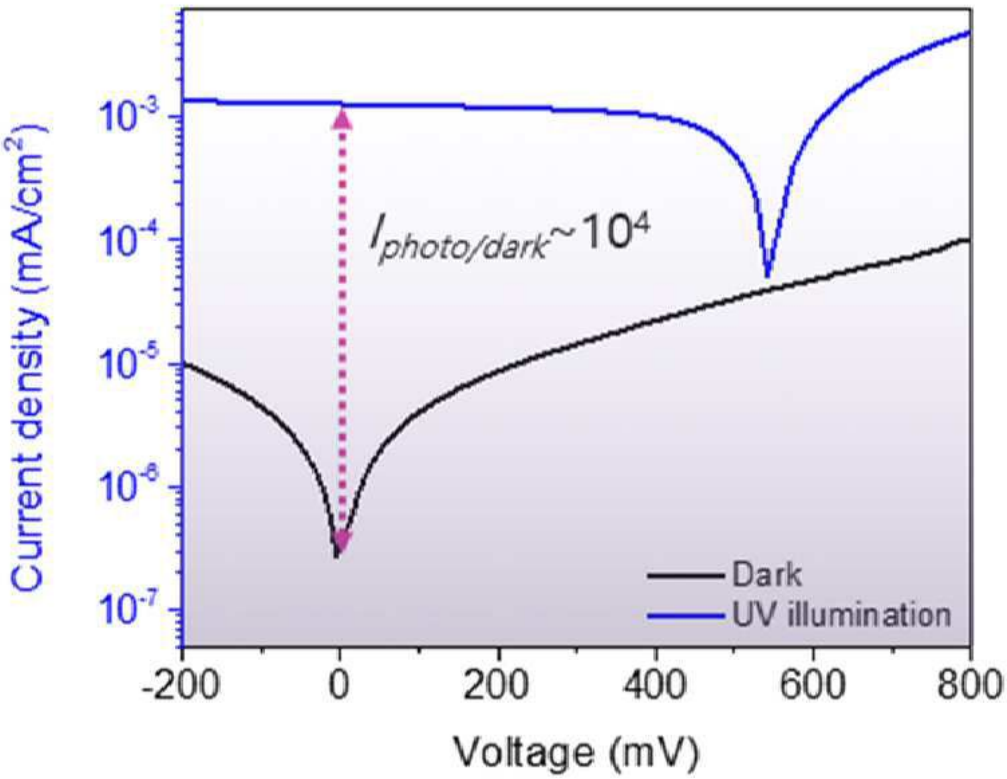
도면7


SnS:Raman
94 cm-1
174 cm-1
226 cm-1
Intensity (a.u)
100
200
300
400
500
600
Wavenumber (cm-1)

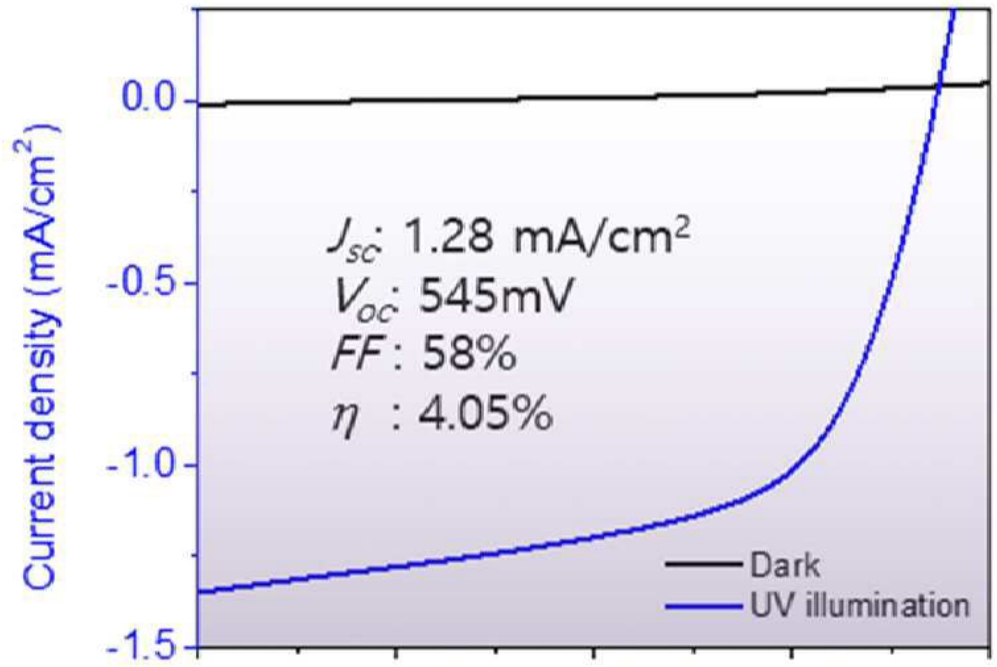
도면8


A
AgNWs
SnS
Ga2O3
F-SnO2

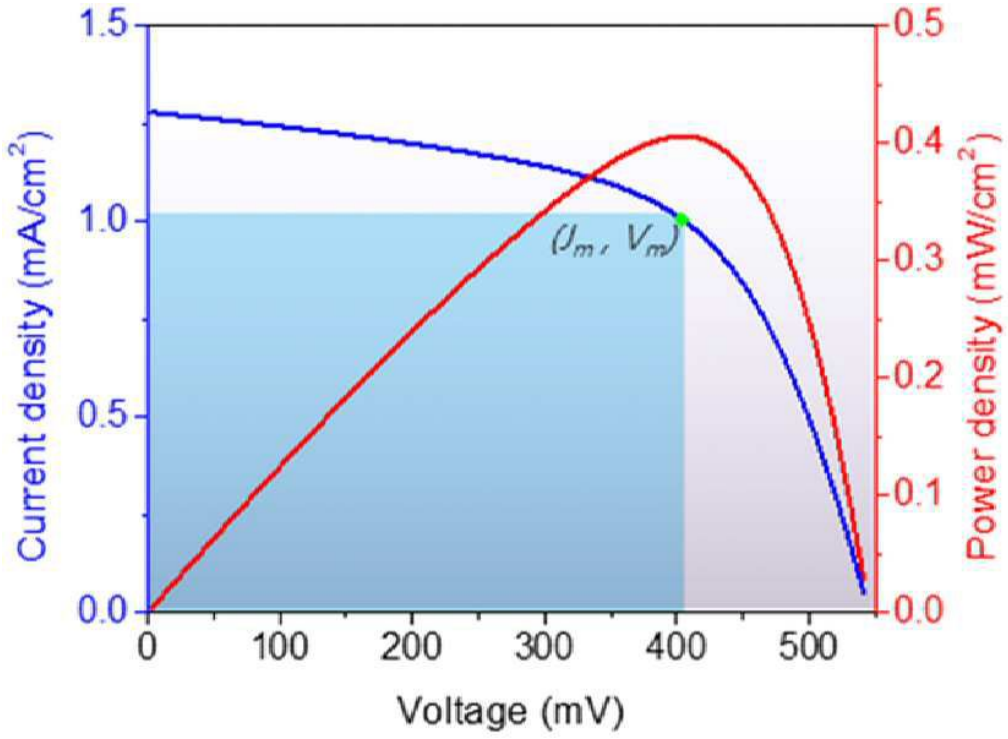
도면9


Current density (mA/cm2)
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
Iphoto/dark~104
Dark
UV illumination
-200
0
200
400
600
800
Voltage (mV)

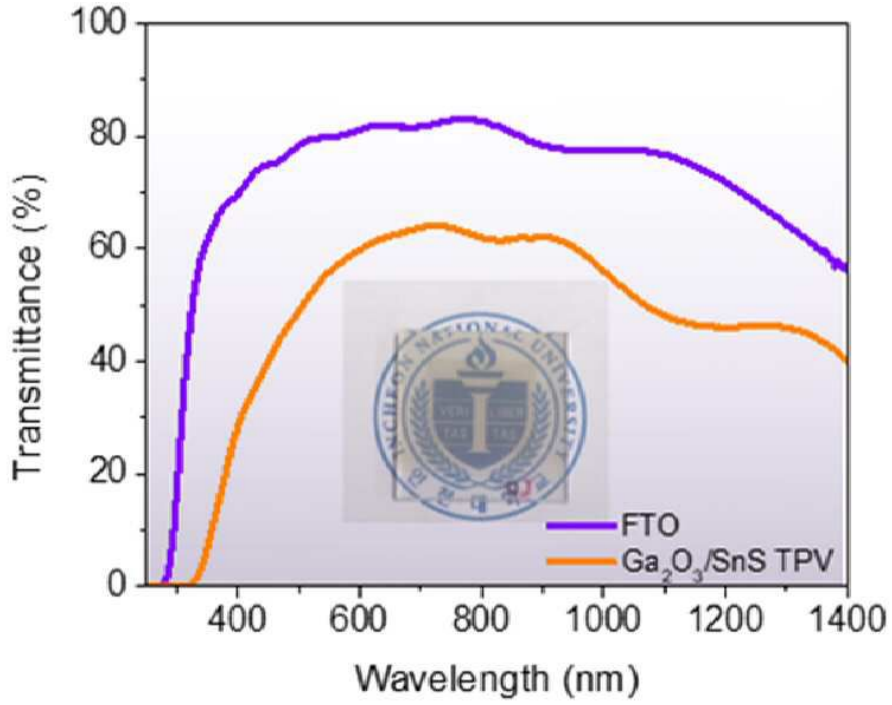
도면10


0.0
-0.5
-1.0
-1.5
Current density (mA/cm²)
Jsc: 1.28 mA/cm²
Voc: 545mV
FF: 58%
η : 4.05%
Dark
UV illumination

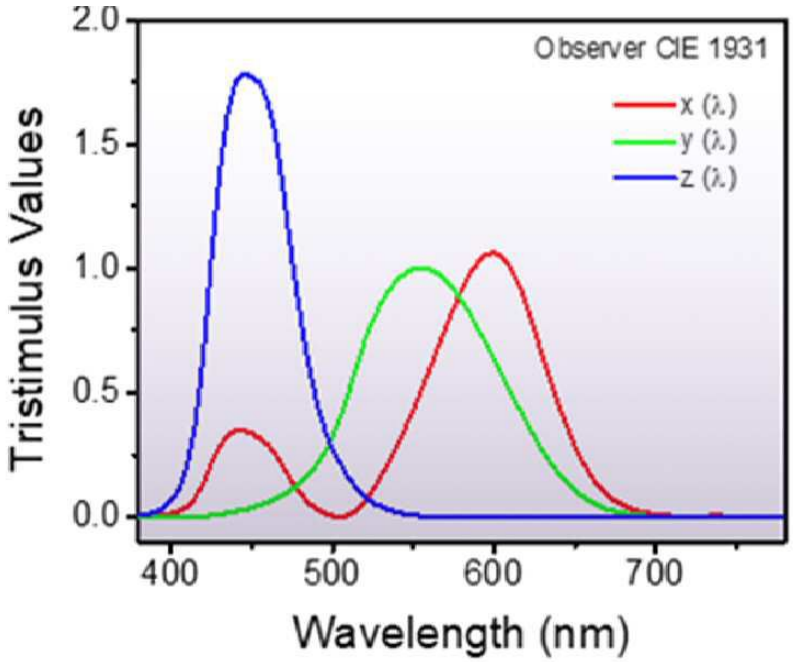
도면11


1.5
1.0
0.5
0.0
Current density (mA/cm²)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Power density (mW/cm²)
(Jm , Vm)
0
100
200
300
400
500
Voltage (mV)

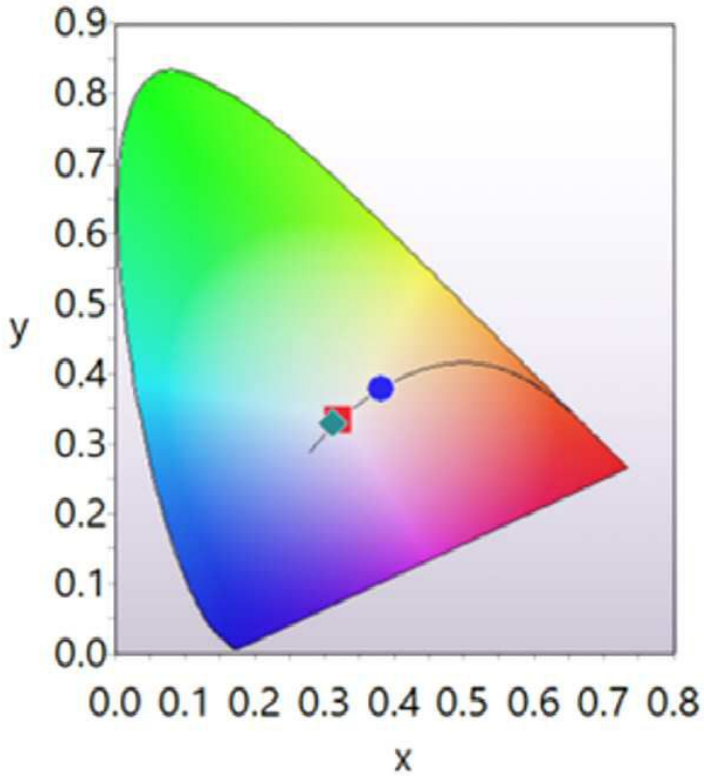
도면12


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
FTO
Ga2O3/SnS TPV

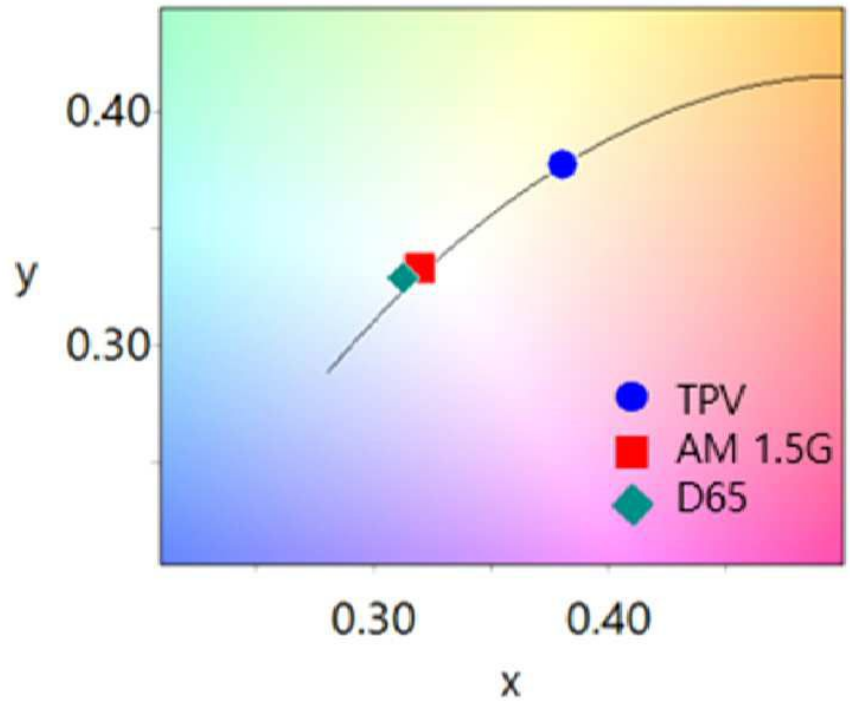
도면13


Tristimulus Values
Wavelength (nm)
Observer CIE 1931
x (λ)
y (λ)
z (λ)

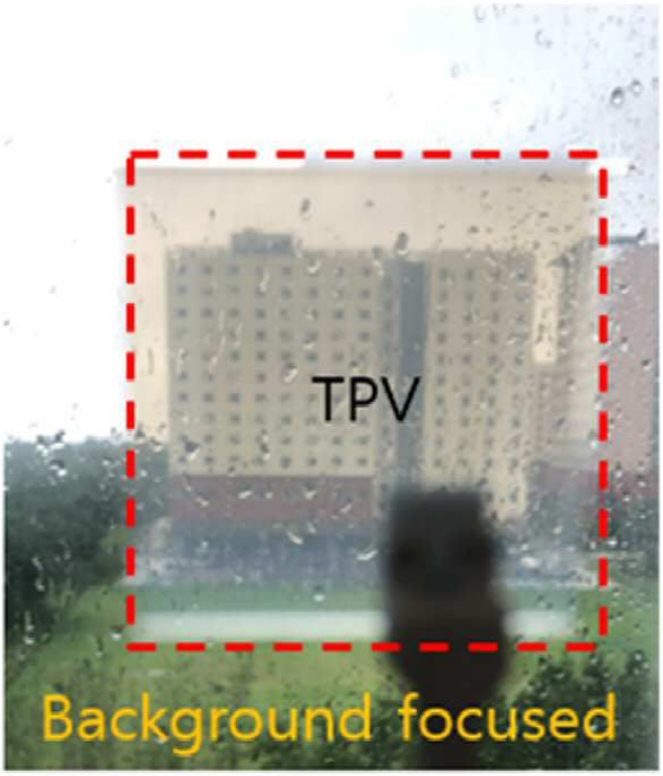
도면14


0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
y
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8
x

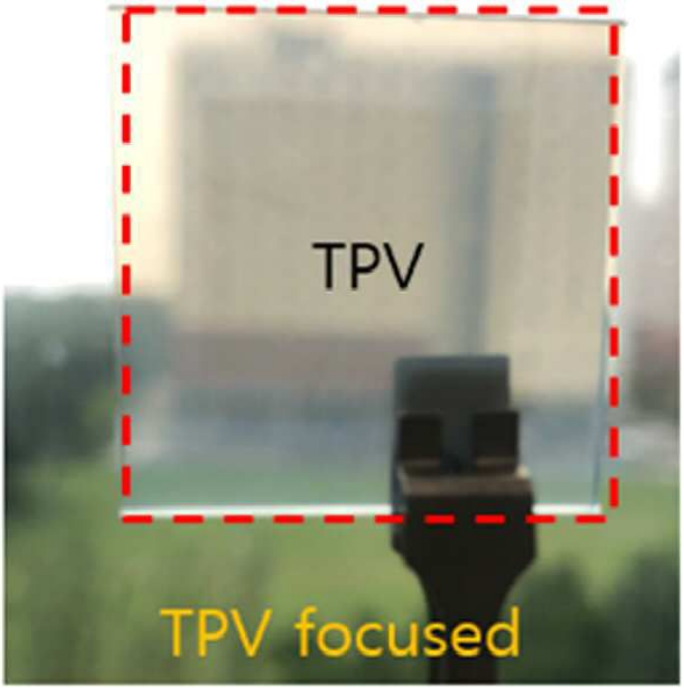
도면15


0.40
0.30
y
TPV
AM 1.5G
D65
0.30
0.40
x

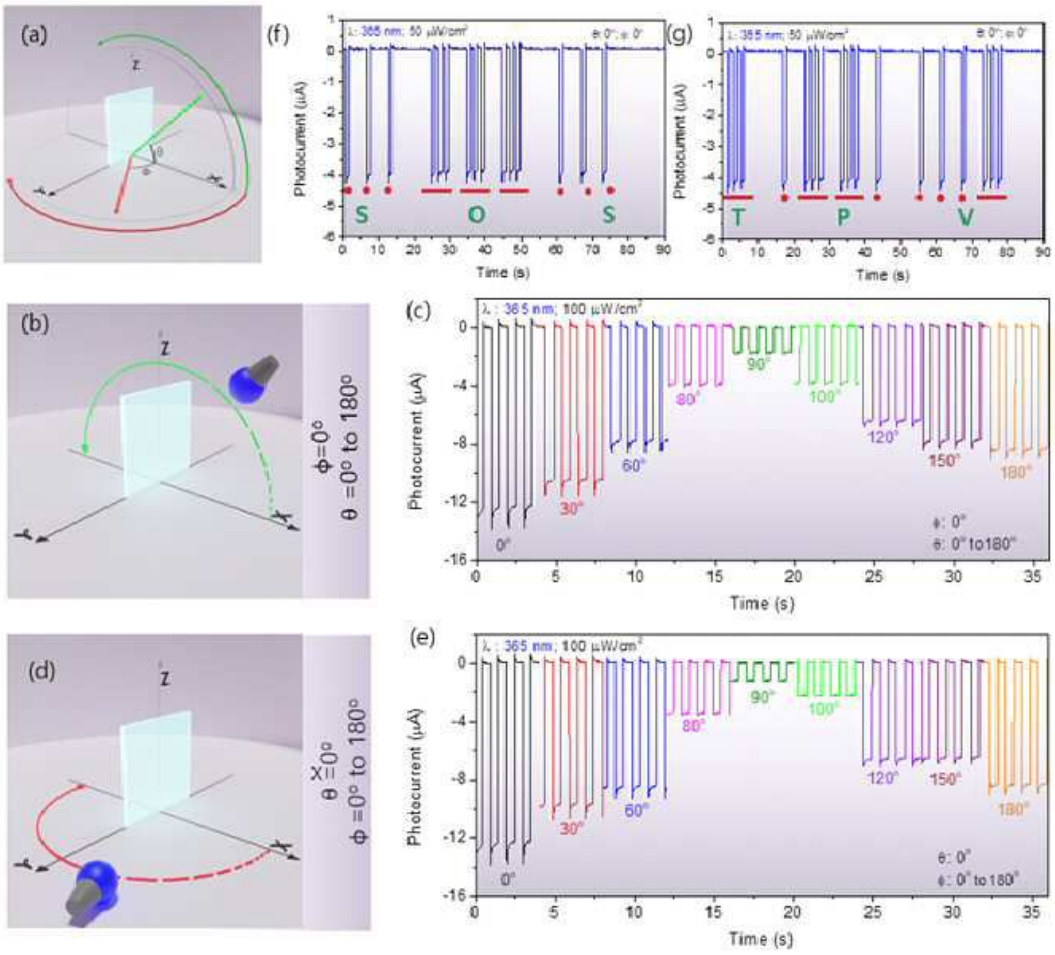
도면16



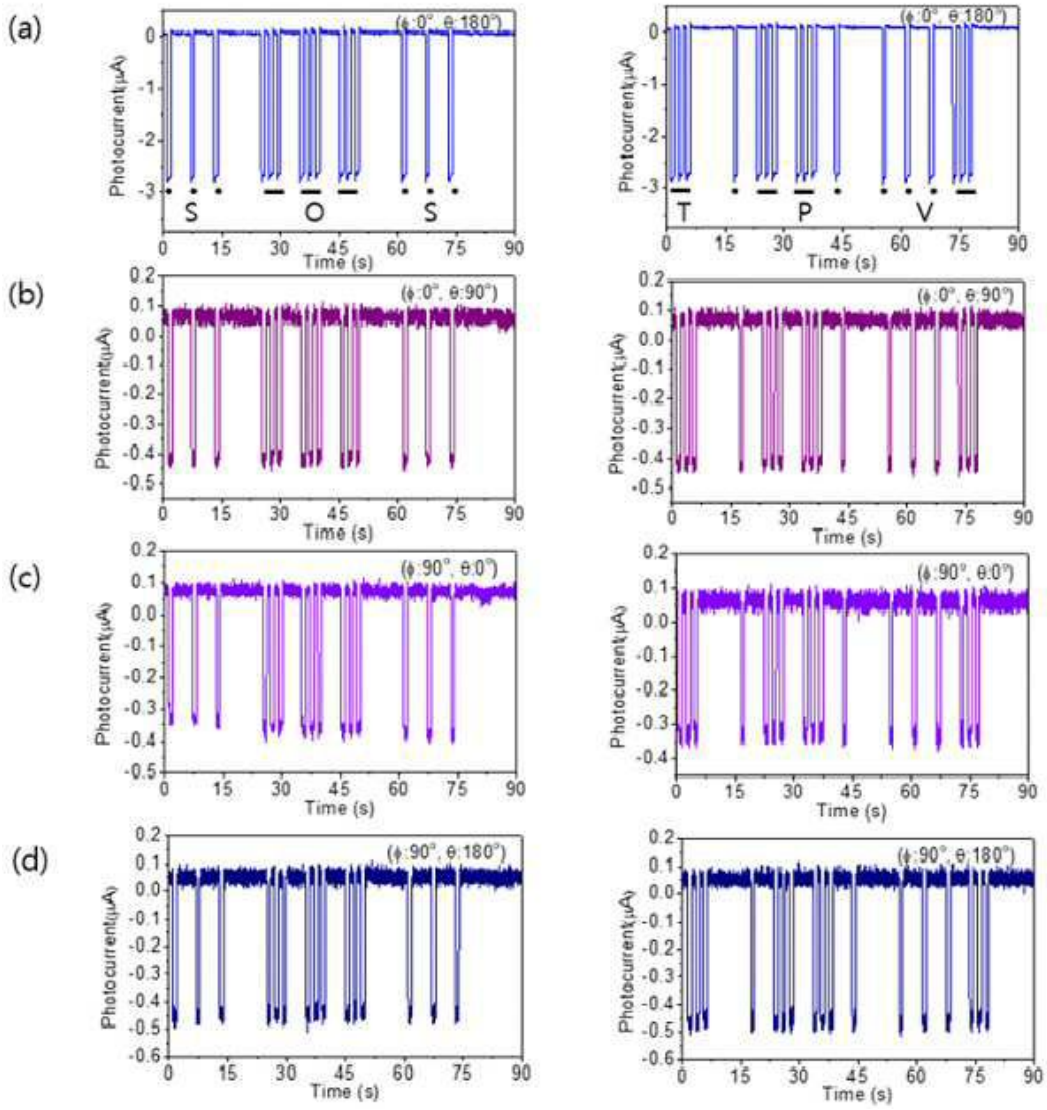
도면17



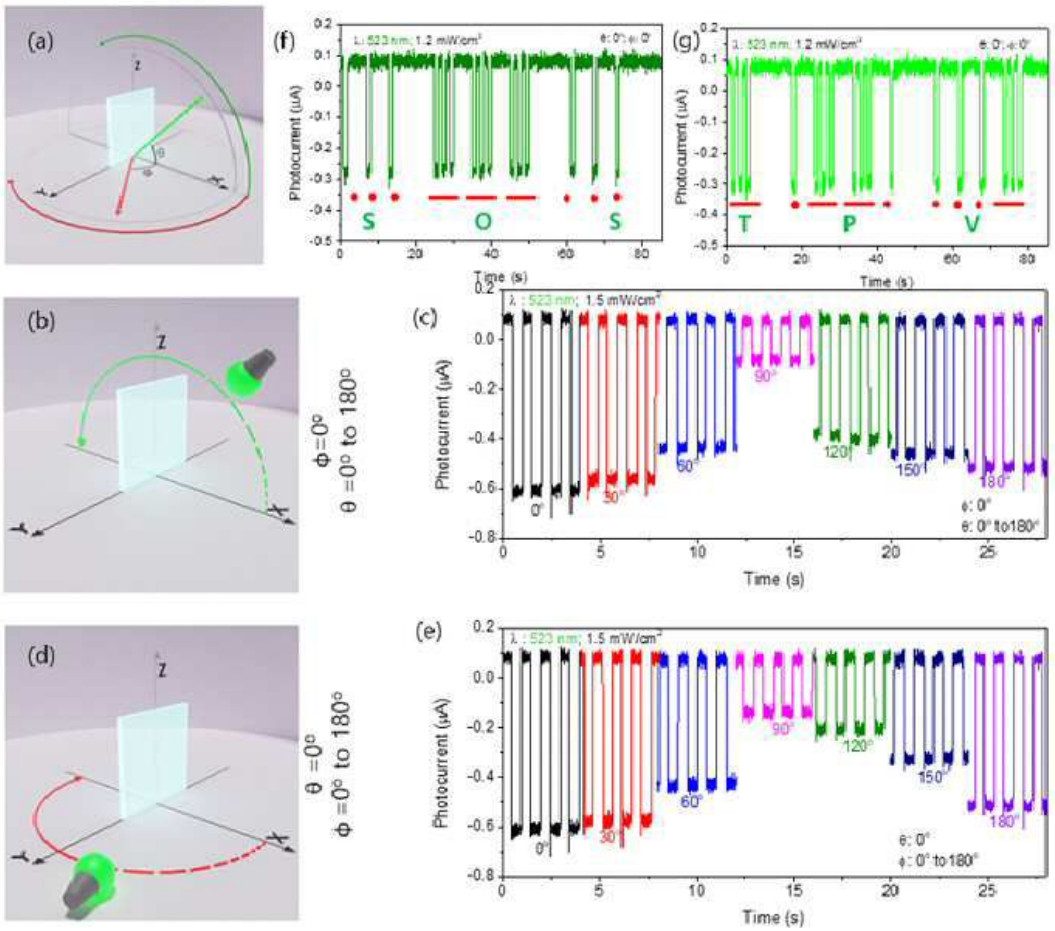
도면18


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
Photocurrent (μA)
Time (s)
S O S
T P V
ϕ=0° θ =0° to 180°
θ=0° ϕ =0° to 180°
0° 30° 60° 80° 90° 100° 120° 150° 180°

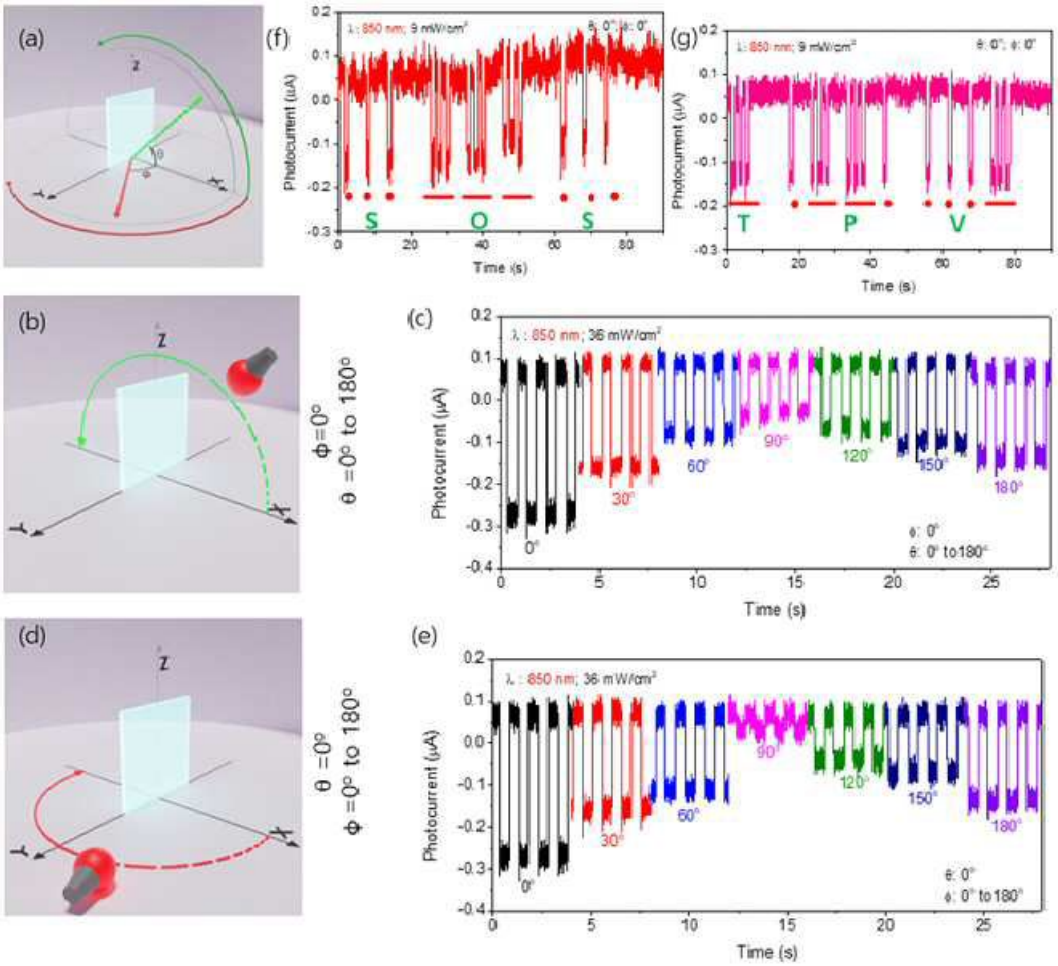
도면19


(a)
(b)
(c)
(d)
Photocurrent(μA)
Time (s)
(ϕ:0°, θ:180°)
(ϕ:0°, θ:90°)
(ϕ:90°, θ:0°)
(ϕ:90°, θ:180°)
S
O
S
T
P
V

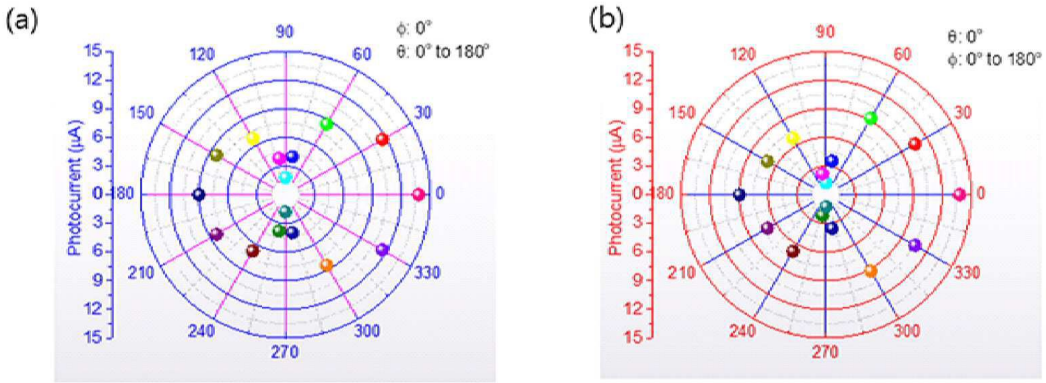
도면20


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
Photocurrent (μA)
Time (s)
S
O
S
T
P
V
Φ=0°
θ =0° to 180°
θ =0°
Φ =0° to 180°
0°
30°
60°
90°
120°
150°
180°
ϕ: 0°
θ: 0° to180°
θ: 0°
ϕ: 0° to180°

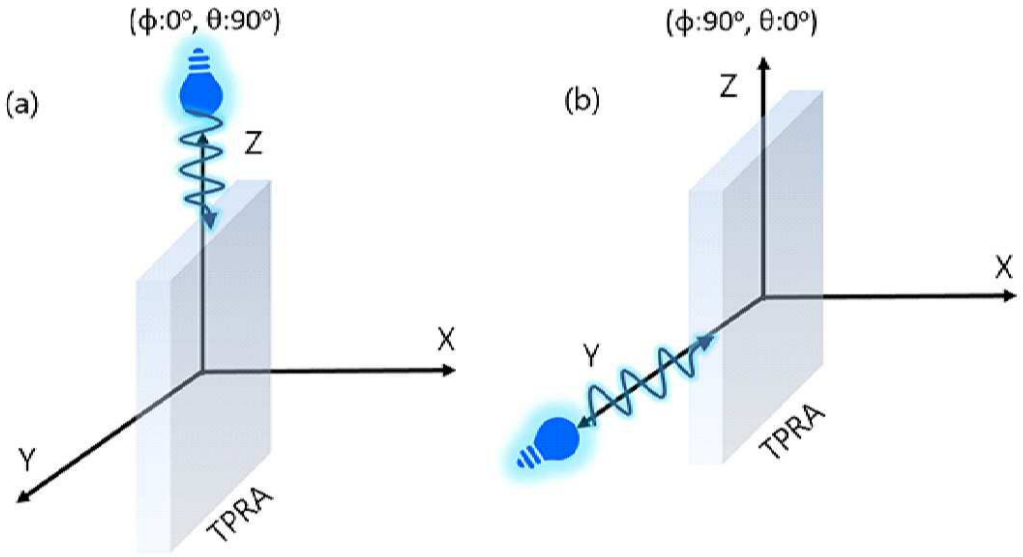
도면21


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
Photocurrent (μA)
Time (s)
S O S
T P V
Φ=0°
θ =0° to 180°
θ =0°
Φ =0° to 180°
λ : 850 nm; 36 mW/cm²
ϕ: 0°
θ: 0° to180°
θ: 0°
ϕ: 0° to 180°

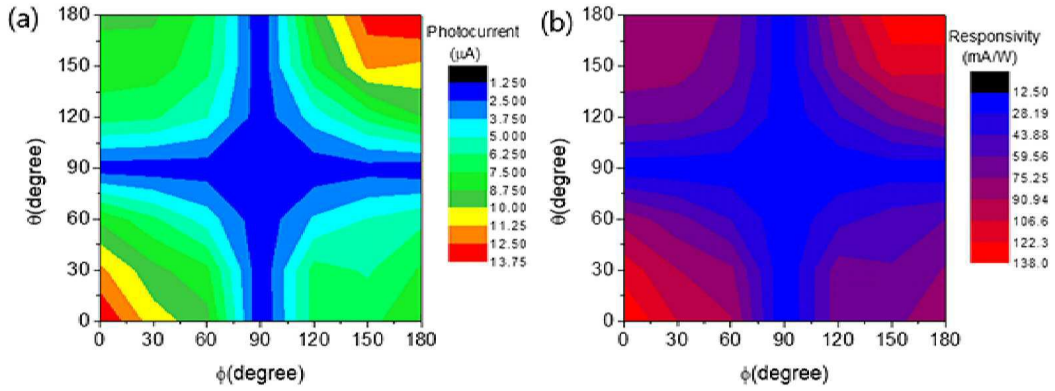
도면22


(a)
(b)
ϕ: 0°
θ: 0° to 180°
θ: 0°
ϕ: 0° to 180°
Photocurrent (μA)

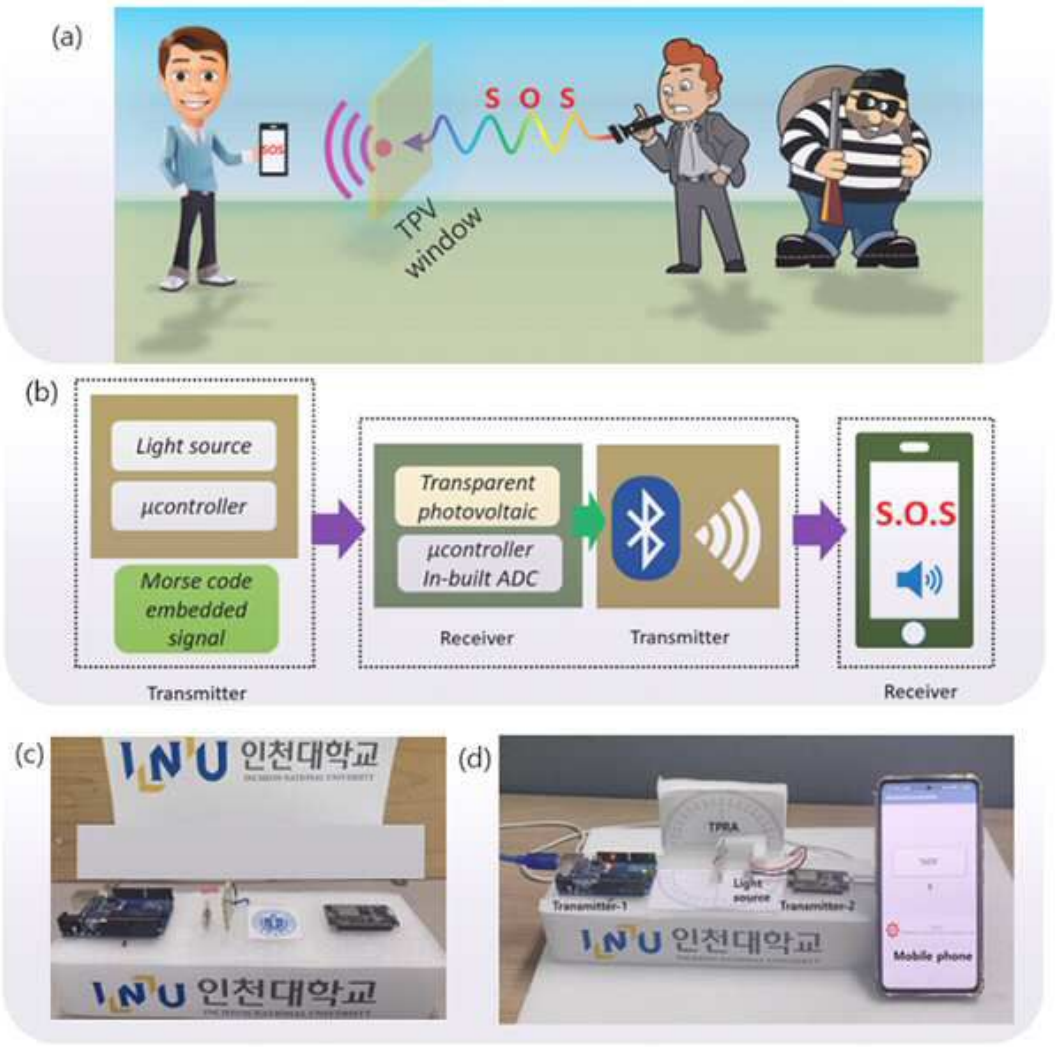
도면23


(ϕ:0°, θ:90°)
(a)
Z
X
Y
TPRA
(ϕ:90°, θ:0°)
(b)
Z
X
Y
TPRA

도면24


(a)
θ(degree)
ϕ(degree)
Photocurrent
(μA)
1.250
2.500
3.750
5.000
6.250
7.500
8.750
10.00
11.25
12.50
13.75
(b)
θ(degree)
ϕ(degree)
Responsivity
(mA/W)
12.50
28.19
43.88
59.56
75.25
90.94
106.6
122.3
138.0

도면25


(a)
S O S
TPV window
(b)
Light source
µcontroller
Morse code embedded signal
Transmitter
Transparent photovoltaic
µcontroller In-built ADC
Receiver
Transmitter
S.O.S
Receiver
(c)
INU 인천대학교
INU 인천대학교
(d)
TPRA
Light source
Transmitter-1
Transmitter-2
INU 인천대학교
Mobile phone