



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월19일
(11) 등록번호 10-2770937
(24) 등록일자 2025년02월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10F 10/16 (2025.01) H04B 10/40 (2013.01)
H10F 19/37 (2025.01) H10F 77/169 (2025.01)
H10F 77/20 (2025.01)
- (52) CPC특허분류
H10F 10/16 (2025.01)
H04B 10/40 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-0122813
(22) 출원일자 2023년09월15일
심사청구일자 2023년09월15일
- (56) 선행기술조사문헌
Malkeshkumar Patel et al., "All-Metal Oxide Transparent Photovoltaic for High-Speed Binary UV Communication Window", ADV.ELECTRON.MATER.2021.7., 2021.08.08.*
Shibasaki, Soichiro et al. "Highly transparent Cu₂O absorbing layer for thin film solar cells." Applied Physics Letters 119.24 (2021), 2021.12.13.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)
- (72) 발명자
김준동
인천광역시 연수구 컨벤시아대로252번길 50 송도 더샵퍼스트파크 1403동 1203호
- (74) 대리인
강정빈, 심찬

전체 청구항 수 : 총 7 항

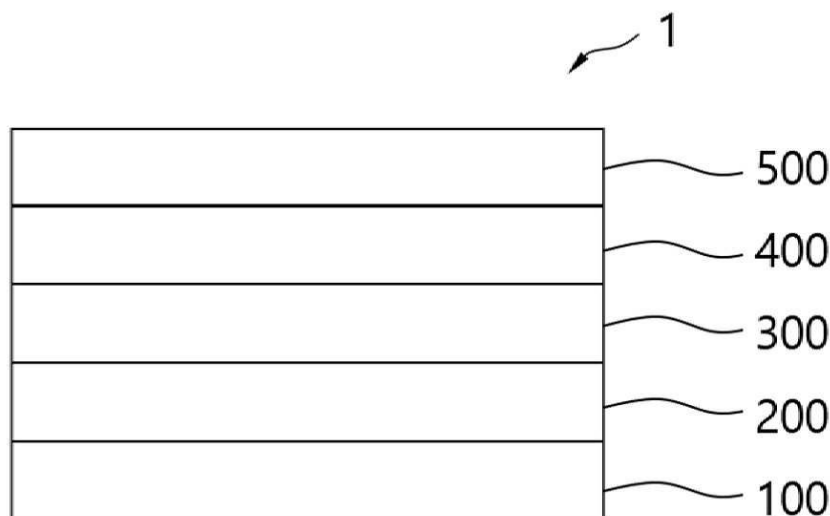
심사관 : 배준석

(54) 발명의 명칭 **창호형 광통신기용 플렉서블 투명 광전소자**

(57) 요약

본 발명은 창호형 광통신기용 플렉서블 투명 광전소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 창호형 광통신기를 구현할 수 있으며, Ga₂O₃/Cu₂O 이중 접합을 기반으로 높은 광전압, 향상된 광전류밀도, 우수한 광학적 투명성을 가지는 창호형 광통신기용 플렉서블 투명 광전소자에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10F 19/37 (2025.01)

H10F 77/1698 (2025.01)

H10F 77/211 (2025.01)

H10F 77/244 (2025.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711161972
과제번호	2020R1A2C100948011
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

명세서

청구범위

청구항 1

플렉서블 투명 광전소자로서,

PEN을 포함하는 유연기관층;

상기 유연기관층 위에 배치되는 제1투명전극층;

상기 제1투명전극층 위에 배치되고 Ga_2O_3 를 포함하는 n형금속산화물층;

상기 n형금속산화물층 위에 배치되고 Cu_2O 를 포함하는 p형금속산화물층;

상기 p형금속산화물층 위에 배치되는 제2투명전극층;을 포함하고,

상기 n형금속산화물층 및 상기 p형금속산화물층은 p/n 이종 접합을 형성하고,

상기 n형금속산화물층은 비정질상의 Ga_2O_3 를 포함하고, 상기 p형금속산화물층은 결정상의 Cu_2O 를 포함하고,

100 내지 380nm의 파장범위에서 80 내지 99%의 차단율을 가지는 플렉서블 투명 광전소자로서 1 내지 2000mV의 광전압 및 1 내지 $1000 \mu A/cm^2$ 의 광전류밀도값을 가지고,

상기 플렉서블 투명 광전소자는 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합될 수 있고,

상기 플렉서블 투명 광전소자가 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 창호형 광통신기를 구현하는, 플렉서블 투명 광전소자.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 플렉서블 투명 광전소자는,

380 내지 825nm의 파장범위에서 30 내지 99%의 투과율을 가지는, 플렉서블 투명 광전소자.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 플렉서블 투명 광전소자는,

380 내지 825nm의 파장범위에서 1 내지 2000mV의 광전압 및 1 내지 $1000 \mu A/cm^2$ 의 광전류밀도값을 가지는, 플렉서블 투명 광전소자.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 플렉서블 투명광전소자는,

100 내지 600nm의 파장범위에서 1 내지 1000mA/W의 광반응도, 10^{10} 내지 10^{12} Jones의 광검출도, 및 1 내지 50ms의 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현하는, 플렉서블 투명 광전소자.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1투명전극층은 ITO(Indium Tin Oxide)를 포함하고, 상기 제2투명전극층은 AgNW를 포함하는, 플렉서블 투

명 광전소자.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 플렉서블 투명 광전소자는,

365 내지 850nm의 파장범위의 조명 하에서 제1광전류값을 가지고,

365 내지 850nm의 파장범위의 조명 하에서, 1 내지 1000회의 굽힘실험을 수행한 이후에 제2광전류값을 가지고,

상기 제1광전류값 및 제2광전류값은 서로 동일한, 플렉서블 투명 광전소자.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 n형금속산화물층은 1 내지 10eV의 에너지밴드갭을 가지고,

상기 p형금속산화물층은 1 내지 5eV의 에너지밴드갭을 가지는, 플렉서블 투명 광전소자.

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 창호형 광통신기용 플렉서블 투명 광전소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 창호형 광통신기를 구현할 수 있으며, Ga_2O_3/Cu_2O 이중 접합을 기반으로 높은 광전압, 향상된 광전류밀도, 우수한 광학적 투명성을 가지는, 창호형 광통신기용 플렉서블 투명 광전소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근의 급격한 인구 증가와 산업의 글로벌화는 세계적인 에너지 소모량을 크게 증가시켜, 재생에너지 분야의 연구개발을 촉진시켰다. 재생에너지는 현재 전 세계 에너지 소모량의 17%를 생산하고 있고, 일반적인 건물의 에너지 소모량은 전체 에너지 소모량의 40% 이상을 차지하며, 그 중 건물의 창호는 건물내 에너지 손실의 약 60%를 차지한다. 이 때문에 글로벌 에너지 손실 및 CO_2 배출량을 최소화하기 위한 방안으로서, 스마트 빌딩과 제로 에너지 빌딩이 제시되었다.

[0004] 하지만 상기한 스마트 빌딩 및 제로 에너지 빌딩은 작동에 많은 전력이 필요한 IoT 시스템을 포함하고 있어 건물 통합형 태양광 발전 시스템을 요구한다. 이 건물 통합형 투명 태양광 발전 시스템에 적용하기 위해, 우수한 광학적 투명성 및 자체 전력 생산기능을 가진 장치의 개발이 시급한 실정이다.

[0005] 한편, 광통신과 그 응용은 최근 연구에서 큰 주목을 받고 있다. 광통신을 위해서는 신호의 수신기 역할을 할 수 있도록 빠른 광응답시간을 가진 광전소자가 요구된다. 광통신 시스템은 광원을 사용하여 데이터를 전송하고 광검출기를 수신 기로써 사용한다. 이때, 광검출기로서 투명 광전소자를 적용하면, 에너지 소비를 줄이고 투명성을 높이며 광범위한 주파수에서 우수한 광반응도를 가지는 광검출기를 제공할 수 있다. 즉 광검출기 및 광통신기에 적용할 수 있는 투명 광전소자의 개발이 필요한 상황이다.

[0006] 상기와 같은 과제를 해결하기 위해 종래에 연구된 바에 의하면, PVD 공법을 통해 ZnO/NiO 기반 투명 광전소자를 개발하여 창호형 광통신기의 실현 가능성을 검증한 사실이 있다. 또한 다른 한 연구에 의하면, 광통신기 적용을 위해 $CsPbI_xBr_{3-x}$ 페로브스카이트 기반 광검출기가 보고된 바 있다. 이 광검출기는 20 ns의 빠른 광응답시간을 가졌지만, 유연성 및 광학적 투명성이 떨어져, 상기와 같은 과제를 해결하기에 부적합하다. 이와 같이 플렉서블 투명 광전소자를 기반으로 한 광통신기 및 건물 통합형 태양광 발전 시스템을 개발하는 것은 여전히 어려운 과제가 남아있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 상호형 광통신기를 구현할 수 있으며, Ga_2O_3/Cu_2O 이중 접합을 기반으로 높은 광전압, 향상된 광전류밀도, 우수한 광학적 투명성을 가지는 상호형 광통신기용 플렉서블 투명 광전소자를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예는, 플렉서블 투명 광전소자로서, 유연기관층; 상기 유연기관층 위에 배치되는 제1투명전극층; 상기 제1투명전극층 위에 배치되고 Ga_2O_3 를 포함하는 n형금속산화물층; 상기 n형금속산화물층 위에 배치되고 Cu_2O 를 포함하는 p형금속산화물층; 상기 p형금속산화물층 위에 배치되는 제2투명전극층;을 포함하고, 상기 n형금속산화물층 및 상기 p형금속산화물층은 p/n 이중 접합을 형성하고, 상기 플렉서블 투명 광전소자는 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합될 수 있고, 상기 플렉서블 투명 광전소자가 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 상호형 광통신기를 구현하는, 플렉서블 투명 광전소자를 제공한다.
- [0011] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 플렉서블 투명 광전소자는, 380 내지 825nm의 파장범위에서 30 내지 99%의 투과율을 가질 수 있다.
- [0012] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 플렉서블 투명 광전소자는, 100 내지 380nm의 파장범위에서 1 내지 2000mV의 광전압 및 1 내지 $1000 \mu A/cm^2$ 의 광전류밀도값을 가지고, 380 내지 825nm의 파장범위에서 1 내지 2000mV의 광전압 및 1 내지 $1000 \mu A/cm^2$ 의 광전류밀도값을 가질 수 있다.
- [0013] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 플렉서블 투명 광전소자는, 100 내지 600nm의 파장범위에서 1 내지 1000mA/W의 광반응도, 10^{10} 내지 10^{12} Jones의 광검출도, 및 1 내지 50ms의 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 유연기관층은 PEN(Polyethylene Naphthalate)을 포함하고, 상기 제1투명전극층은 ITO(Indium Tin Oxide)를 포함하고, 상기 제2투명전극층은 AgNW를 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 플렉서블 투명 광전소자는, 365 내지 850nm의 파장범위의 조명 하에서 제1광전류값을 가지고, 365 내지 850nm의 파장범위의 조명 하에서, 1 내지 1000회의 굽힘실험을 수행한 이후에 제2광전류값을 가지고, 상기 제1광전류값 및 제2광전류값은 서로 상응할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 n형금속산화물층은 1 내지 10eV의 에너지밴드갭을 가지고, 상기 p형금속산화물층은 1 내지 5eV의 에너지밴드갭을 가질 수 있다.
- [0017] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 플렉서블 투명 광전소자는, 100 내지 380nm의 파장범위에서 80 내지 99%의 차단율을 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 상호형 광통신기를 구현할 수 있으며, Ga_2O_3/Cu_2O 이중 접합을 기반으로 높은 광전압, 향상된 광전류밀도, 우수한 광학적 투명성을 가지는 플렉서블 투명 광전소자를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 Ga_2O_3/Cu_2O 이중 접합을 포함함으로써 가지는 우수한 광전 특성을 통해, 향상된 광발전효율을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 가시광선 영역에서 높은 투과율을 가지는 재료들로 구성되어 있어, 우수한 광학적 투명성을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 PEN/ITO/ Ga_2O_3/Cu_2O /AgNW의 층상구조를 포함하고

있어, 넓은 파장범위에서 우수한 광반응도를 가지고, 광학적 투명성, 높은 광전압 및 짧은 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는, 전체적으로 유연한 재료들로 구성되어 있어, 굽어지거나 휘어져도 안정적으로 모스 부호의 송수신이 가능한 창호형 광통신기를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 우수한 자외선 차단 능력을 가지고 있어, 인체에 유해한 자외선으로부터 인체를 보호하는 기능을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자의 개략적인 구조에 대한 사향을 도시한다.

도 2 내지 도 4는 태양광 스펙트럼 및 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자의 층상구조에 대한 사향을 도시한다.

도 5 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 n형금속산화물층 및 p형금속산화물층의 특성 분석에 대한 사향을 도시한다.

도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 n형금속산화물층 및 p형금속산화물층의 성분 분석에 대한 사향을 도시한다

도 11 내지 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자의 광전 특성에 대한 사향을 도시한다.

도 15 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자의 광학적 특성에 대해 도시한다.

도 18 내지 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자를 통해 구현한 광검출기에 대한 사향을 도시한다.

도 23은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자의 에너지밴드 구조에 대한 사향을 도시한다.

도 24 내지 도 27은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자로 구현하는 창호형 광통신기에 대한 사향을 도시한다.

도 28 내지 도 31은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자의 자외선 차단율 및 자외선의 유해성에 대한 사향을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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.

[0031] 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 구성요

소로 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.

- [0032] 또한, 본 발명의 실시예들에서, 별도로 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 이 때 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.
- [0034] 종래에 보고된 광전소자는 광원에 대해 민감한 반응도를 나타내지만 부족한 유연성을 가지고, 광학적 불투명함으로 인해 최근의 산업에서 요구하는 투명 광통신기 혹은 광검출기 등을 구현하는데 적합하지 않은 문제점이 있었다.
- [0035] 이를 해결하기 위하여 본 발명에서는 Ga_2O_3/Cu_2O 이중 접합을 기반으로 플렉서블 투명 광전소자(1)를 제시한다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 우수한 광반응도, 빠른 광응답시간, 높은 광학적 투명도, 및 물리적으로 유연함을 가지고 있는 플렉서블 투명 광전소자(1)를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0036] 또한, 본 발명에서는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)를 통해, 모스 부호 송수신이 가능한 광통신기 및 광검출기가 구현될 수 있다.
- [0038] 이하에서는 도면을 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)에 대해 상세히 서술한다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)의 개략적인 구조에 대한 사황을 도시한다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 유연기관층(100); 상기 유연기관층(100) 위에 배치되는 제1투명전극층(200); 상기 제1투명전극층(200) 위에 배치되고 Ga_2O_3 를 포함하는 n형금속산화물층(300); 상기 n형금속산화물층(300) 위에 배치되고 Cu_2O 를 포함하는 p형금속산화물층(400); 상기 p형금속산화물층(400) 위에 배치되는 제2투명전극층(500);을 포함하고, 상기 n형금속산화물층(300) 및 상기 p형금속산화물층(400)은 p/n 이중 접합을 형성하고, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합될 수 있고, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)가 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 창호형 광통신기를 구현할 수 있다.
- [0044] 상기 유연기관층(100)은 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 유연기관에 해당하는 구성으로 상측으로 복수의 박막층이 증착될 수 있다. 바람직하게는 상기 유연기관층(100)은 PEN을 포함한다.
- [0046] 상기 제1투명전극층(200)은 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 후면전극에 해당하는 구성으로 양극단자에 연결될 수 있으며, 상기 유연기관층(100)이 전도성을 띠게 한다. 바람직하게는 상기 제1투명전극층(200)은 ITO를 포함한다.
- [0048] 상기 n형금속산화물층(300)은 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 n형반도체에 해당하는 구성으로, 상기 p형금속산화물층(400)과 p/n 이중 접합을 형성한다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 n형금속산화물층(300)은 Ga_2O_3 을 포함한다.
- [0050] 상기 p형금속산화물층(400)은 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 p형반도체에 해당하는 구성으로, 상기 n형금속산화물층(300)과 p/n 이중 접합을 형성한다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 p형금속산화물층(400)은 Cu_2O 를 포함한다.
- [0052] 상기 제2투명전극층(500)은 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 전면전극에 해당하는 구성으로 음극단자에 연결될 수 있다. 바람직하게는 상기 제2투명전극층(500)은 AgNW를 포함한다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합될 수 있다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)가 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 창호형 광통신기를 구현할 수 있다.
- [0057] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 창호형 광통신기를 구현할 수 있으며, Ga_2O_3/Cu_2O 이중

접합을 기반으로 높은 광전압, 향상된 광전류밀도, 우수한 광학적 투명성을 가지는 플렉서블 투명 광전소자(1)를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

- [0059] 도 2 내지 도 4는 태양광 스펙트럼 및 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)의 층상구조에 대한 사항을 도시한다.
- [0061] 도 2에 도시된 바와 같이 태양광 에너지는 자외선 영역에 집중되어 있다.
- [0062] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 PEN/ITO/Ga₂O₃/Cu₂O/AgNW의 층상구조를 통해 투명한 광전소자를 구현할 수 있다.
- [0064] 도 5 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 n형금속산화물층(300) 및 p형금속산화물층(400)의 특성 분석에 대한 사항을 도시한다.
- [0066] 도 5 내지 도 8에 도시된 바와 같이 상기 p형금속산화물층(400)은 (111) 구조상 및 0.01 내지 0.5nm의 d-스페이싱을 포함할 수 있고, 상기 n형금속산화물층(300)은 비정질상을 포함할 수 있고, 바람직하게는 상기 p형금속산화물층(400)은 0.01 내지 0.25nm의 d-스페이싱을 포함하고, 더욱 바람직하게는 상기 p형금속산화물층은 0.25nm의 d-스페이싱을 포함한다.
- [0068] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 n형금속산화물층(300) 및 p형금속산화물층(400)의 성분 분석에 대한 사항을 도시한다.
- [0070] 도 9a에 도시된 바와 같이 XPS 스펙트럼 상에서 상기 n형금속산화물층(300)은 1 내지 26.8eV의 피크 간 에너지 갭을 가진다. 도 9b에 도시된 바와 같이 상기 n형금속산화물층(300)은 20.7 eV에서 Ga-3d에 에너지 값에 해당하는 피크를 나타내고, 이를 통해 상기 n형금속산화물층(300)이 Ga-O 결합을 포함하고 있음을 확인할 수 있다. 도 9c에 도시된 바와 같이 상기 n형금속산화물층(300)은 OI(531.3 ± 0.2 eV), OII(532.2 ± 0.2 eV) 및 OIII(533.3 ± 0.2eV)로 분해되는 O-1s 피크를 나타낸다. 이 O-1s 피크는 각각 Ga에 결합된 산소, Ga₂O₃ 구조 내부의 산소 결핍, 표면의 화학결합 산소에 해당한다. 또한 상기 n형금속산화물층(300)이 나타내는 OII/(OI+OII+OIII)의 비율은 0.39이며, 이를 통해 상기 n형금속산화물층(300)이 비정질상을 가지는 것을 확인할 수 있다.
- [0072] 도 10a에 도시된 바와 같이 상기 p형금속산화물층(400)은 1 내지 19.8eV의 피크 간 에너지갭을 가진다. 도 10b에 도시된 바와 같이 상기 p형금속산화물층(400)은 OI (530.4 ± 0.2 eV), OII (531.1 ± 0.2 eV) 및 OIII (532.0 ± 0.2 eV)로 분해되는 O-1s 피크를 나타낸다. 이 피크는 각각 Cu에 결합된 산소, Cu₂O 구조 내부의 산소 결핍, 표면의 화학결합 산소에 해당한다. 또한 상기 p형금속산화물층(400)이 나타내는 OII/(OI+OII+OIII) 비율은 0.06이며, 이를 통해 상기 p형금속산화물층(400)이 우수한 결정상을 가지는 것을 확인할 수 있다.
- [0074] 도 11 내지 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)의 광전 특성에 대한 사항을 도시한다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는 도 11에 도시된 바와 같은 메커니즘으로 동작한다.
- [0077] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 도 12에 도시된 바와 같이, 100 내지 380nm의 파장 범위에서 1 내지 2000mV의 광전압 및 1 내지 1000 μA/cm²의 광전류밀도값을 가지고, 380 내지 825nm의 파장 범위에서 1 내지 2000mV의 광전압 및 1 내지 1000 μA/cm²의 광전류밀도값을 가진다. 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 100 내지 380nm의 파장범위에서 1 내지 1000mV의 광전압 및 1 내지 500 μA/cm²의 광전류밀도값을 가지고, 380 내지 825nm의 파장범위에서 1 내지 1000mV의 광전압 및 1 내지 500 μA/cm²의 광전류밀도값을 가진다. 더욱 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 365nm의 파장대에서 613mV의 광전압 및 393 μA/cm²의 광전류밀도값을 가지고, 523nm의 파장대에서 755mV의 광전압 및 340 μA/cm²의 광전류밀도값을 가진다.
- [0079] 도 13 및 도 14에 도시된 바와 같이, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 상기 n형금속산화물층(300) 및 상기 p형금속산화물층(400)의 이중 접합으로 인한 에너지밴드 정렬에 의해 종래에 보고된 플렉시블 광전소자에 비해 우수한 광전압을 가지고, 300 내지 850nm의 파장범위에서 1 내지 500 μW/cm²의 전력 밀도를 가진다. 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 300 내지 850nm의 파장범위에서 1 내지 200 μW/cm²의 전력 밀도를

가지고, 더욱 바람직하게는 300 내지 850nm의 파장범위에서 1 내지 $103 \mu W/cm^2$ 의 전력밀도를 가진다.

[0081] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, Ga_2O_3/Cu_2O 이중 접합을 포함함으로써 가지는 우수한 광전 특성을 통해, 향상된 광발전효율을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0083] 도 15 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)의 광학적 특성에 대해 도시한다.

[0085] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 도 15에 도시된 바와 같이, 380 내지 825nm의 파장범위에서 30 내지 99%의 투과율을 가진다. 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 380 내지 825nm의 파장범위에서 50 내지 80%의 투과율을 가지고, 더욱 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 380 내지 825nm의 파장범위에서 60 내지 70%의 투과율을 가진다. 또한, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 50 내지 70%의 평균 가시광 투과율을 가지고, 380 내지 825nm의 파장범위에서 1 내지 20%의 흡광도를 가질 수 있다. 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 50 내지 60%의 평균 가시광 투과율을 가지고, 380 내지 825nm의 파장범위에서 1 내지 10%의 흡광도를 가질 수 있다. 더욱 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 52.5%의 평균 가시광 투과율을 가지고, 380 내지 825nm의 파장범위에서 5 내지 10%의 흡광도를 가진다. 이때 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 평균 가시광 투과율(AVT)은 이하의 식을 통해 산출한다.

$$AVT = \frac{\int_{380nm}^{780nm} T(\lambda)P(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{\int_{380nm}^{780nm} P(\lambda)S(\lambda)d\lambda} \quad (1)$$

[0086] 여기서 λ 는 파장, T는 투과율, P는 사람 눈의 광반응, 및 S는 태양광자플럭스이다.

[0089] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 가시광선 영역에서 높은 투과율을 가지는 재료들로 구성되어 있어, 우수한 광학적 투명성을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

[0091] 한편, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 CIE 색좌표 상에서 본 발명의 플렉서블 투명 태양전지의 투명도와 색상 중립성을 조사하기 위해 CIE(International Commission on Illumination) 기준을 사용하여 색상 좌표를 계산하고 분석했다. CIE 1931 색도 지수는 색상 인식 및 중성을 평가하는 데 사용되는 것으로, 도 16을 통해, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 CIE 1931 X, Y 및 Z 표준 좌표를 확인할 수 있다. 이때 상기 CIE 1931 X, Y 및 Z 표준 좌표는 이하의 식을 통해 산출한다.

$$X = \frac{\int_{360nm}^{830nm} T(\lambda)P(\lambda)x(\lambda)d\lambda}{\int_{360nm}^{830nm} P(\lambda)y(\lambda)d\lambda}$$

$$Y = \frac{\int_{360nm}^{830nm} T(\lambda)P(\lambda)y(\lambda)d\lambda}{\int_{360nm}^{830nm} P(\lambda)y(\lambda)d\lambda}$$

$$Z = \frac{\int_{360nm}^{830nm} T(\lambda)P(\lambda)z(\lambda)d\lambda}{\int_{360nm}^{830nm} P(\lambda)y(\lambda)d\lambda}$$

[0095] 여기서 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ 및 $z(\lambda)$ 는 도 7에서와 같이 각각 빨강, 녹색 및 파랑 색상 감각을 나타내는 색상 일치 함수이다.

[0096] 또한, x 및 y 좌표는 X, Y 및 Z에서 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

[0100] 도 17a 및 도 17b를 통해 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 CIE 1931 색좌표상 좌표값을 확인할 수 있다. 보다 상세하게는, 도 17a 및 도 17b와 같이, OSRAM Sylvania, Inc.에서 제공하는 색상 계산기 도구를 사용하여 CIE 1931 색좌표 상의 표준 D65 백색광, AM 1.5G 조명, 플렉서블 투명 광전소자(1) 및 흑체 궤적(black-body locus)에 대한 사항을 도시하여 색 및 투과율 속성에 대한 추가 정보를 제공한다. 이때 상기 흑체 궤적은 플랑

키안 궤적으로서, 흑체 온도가 변할 때 특정 색 공간에서 백열 흑체가 따라가는 경로에 해당하고 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 (0.399, 0.394)의 좌표를 가진다.

[0102] 도 18 내지 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)를 통해 구현한 광검출기에 대한 사항을 도시한다.

[0104] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는 100 내지 600nm의 파장범위에서 1 내지 1000mA/W의 광반응도, 10^{10} 내지 10^{12} Jones의 광검출도, 및 1 내지 50ms의 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현할 수 있다. 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 100 내지 600nm의 파장범위에서 1 내지 500mA/W의 광반응도, 10^{10} 내지 5.4×10^{11} Jones의 광검출도, 및 1 내지 20ms의 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현할 수 있다. 더욱 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 365 내지 523nm의 파장범위에서 1 내지 200mA/W의 광반응도, 10^{11} 내지 5.4×10^{11} Jones의 광검출도, 및 7.9 내지 8.3ms의 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현할 수 있다.

[0105] 이때 상기 광검출기의 광반응도(R) 및 광검출도(D)는 이하의 식을 통해 산출한다.

[0106]
$$R = \frac{I_{Photo}}{P_{In}A} \quad (2)$$

[0107]
$$D = \frac{R}{\sqrt{2qI_d}} \quad (3)$$

[0108] 여기서 I_{Photo} , P_{In} , A, q, 및 I_d 는 각각 광전류, 조명강도, 전극면적, 전하, 암전류를 나타낸다.

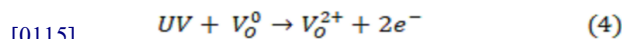
[0110] 도 18에 도시된 바와 같이 상기 광검출기를 구성하여 광검출기의 특성을 측정하였다.

[0111] 도 19 및 도 20에 도시된 바와 같이 상기 광검출기는 입사되는 조명의 파장이 증가할수록 낮은 광반응 특성을 가진다. 보다 상세하게는 상기 광검출기는 300 내지 400nm의 파장범위에서 100 내지 500mA/W의 광반응도를 가지지만 800 내지 900nm의 파장범위에서 0.1 내지 10nA/W의 광반응도를 가진다.

[0112] 이때, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 광반응 특성이 나타내는 경향성은 Ga_2O_3 를 포함하는 상기 n형금속산화물층(300)의 중간 결함 상태 및 Cu_2O 를 포함하는 상기 p형금속산화물층(400)과의 에너지밴드갭에서 기인할 수 있다.

[0113] 보다 상세하게는 상기 n형금속산화물층(300)은 자체 갇힌 엑시톤, O 정공에 의해 형성된 도너 상태, Ga 정공 및 O-Ga 정공 복합체에 의해 생성된 엑셉터 상태와 같은 여러 중간 결함 상태로 인해 300 내지 400nm의 파장범위에서의 높은 광반응 특성을 나타내게 하고, 한편, 상기 p형금속산화물층(400)은 좁은 에너지밴드갭으로 인한 트랩 효과를 통해 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)가 800 내지 900nm의 파장범위에서 광반응 특성을 가지도록 한다. 이때 조명의 파장이 증가함에 따라 광 캐리어를 생성하는 광자의 에너지가 감소하여 광전류가 감소하여, 상기 광검출기는 800 내지 900nm의 파장범위에서 저조한 광반응 특성을 가진다.

[0114] 또한 300 내지 400nm 파장범위에서의 높은 광검출도는 상기 광검출기에서 이중이온화산소공극(V_o^{2+})의 형성에서 기인할 수 있다. 자외선 조명하에서 V_o^{2+} 은 이하의 화학식을 통해 형성된다.



[0116] 상기과 같은 추가적인 생성 전자는 광전류를 향상시켜 소자의 응답성을 증가시킬 수 있다.

[0117] 한편, 도 21에 도시된 바와 같이 상기 광검출기는 300 내지 400nm의 파장범위에서 광강도가 증가함에 따라 감소하는 광반응도를 가지는 것을 확인할 수 있다. 이는, 높은 광강도 하에서 상기 n형금속산화물층(300) 및 상기 p형금속산화물층(400)이 형성하는 p/n 이종 접합의 계면의 트랩이 포화상태가 되어, 광생성 전자-정공쌍의 재결합이 촉진되는 것에서 기인할 수 있다.

[0119] 도 22에 도시된 바와 같이 상기 광검출기는 100 내지 600nm의 파장범위에서 1 내지 10ms의 광응답시간을 가진다.

[0121] 표 1은, 상술한 상기 광검출기의 광반응 특성을 종래의 광검출소자와 비교한 사항을 표시한다.

표 1

[0123]

구조	AVT (%)	플렉서블	조명	광전압 (mV)	적용가능 분야	비고
Cu ₂ O/TiO ₂	X	0	AM 1.5G	250	Solar cell	
Cu ₂ O/ZnO	X	X	AM 1.5G	240	Solar cell	
Cu ₂ O/ZnO	X	0	AM 1.5G	300	Solar cell	
Cu ₂ O/Si	X	X	AM 1.5G	436	Solar cell	
NiO/ZnO _{0.4} S _{0.6}	0(69.3)	X	AM 1.5G	450	Solar cell	
Cu ₂ O/SnO ₂	0	0(1000)	AM 1.5G	25	Solar cell	
NiO/ZnO	0(63.8)	X	AM 1.5G	525	Solar cell, Photocommunication	
NiO/TiO ₂	0(~60)	X	365nm	685	Solar cell	
Cu ₂ O/Ga ₂ O ₃	0(52.5)	0 (200)	AM 1.5G 365-850nm	613	Solar cell, Photocommunication, Photodetector	본 발명

[0124]

표 1에 표시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1) 및 이를 통해 구현한 광검출기는 종래에 보고된 대부분의 광전소자와는 달리 우수한 광학적 투명성, 유연성, 높은 광전압을 가질 수 있다.

[0126]

즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, PEN/ITO/Ga₂O₃/Cu₂O/AgNW의 층상구조를 포함하고 있어, 넓은 파장범위에서 우수한 광반응도를 가지고, 광학적 투명성, 높은 광전압 및 짧은 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0128]

도 23은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)의 에너지밴드 구조에 대한 사항을 도시한다. 보다 상세하게는 도 23a는 어두운 상태에서 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 에너지밴드 상태를 도시하고, 도 23b는 조명 아래에서 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 에너지밴드 상태를 도시한다.

[0130]

도 23에 도시된 바와 같이 Ga₂O₃를 포함하는 상기 n형금속산화물층(300) 및 Cu₂O를 포함하는 상기 p형금속산화물층(400)은 p/n 이종 접합을 형성하고, 이종 접합을 형성함으로써 페르미 레벨의 정렬에 의해 내부 전위가 발생한다. 상기한 내부 전위에 의해, 광생성 전자-정공쌍이 양전극으로 이동하고 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)가 광전 특성을 나타낸다.

[0132]

본 발명의 일 실시예에 따른 n형금속산화물층(300)은 1 내지 10eV의 에너지밴드갭을 가지고, 상기 p형금속산화물층(400)은 1 내지 5eV의 에너지밴드갭을 가질 수 있다.

[0134]

도 23에 도시된 바와 같이 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 상기 n형금속산화물층(300) 및 상기 p형금속산화물층(400)이 형성하는 p/n 이종 접합으로 인해 내부 전위가 형성되어, 조명 아래에서 광전 특성을 가진다.

[0136]

도 24 내지 도 27은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)로 구현하는 창호형 광통신기에 대한 사항을 도시한다.

[0138]

본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 도 24에 도시된 바와 같이, 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합될 수 있고, 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 창호형 광통신기를 구현할 수 있다.

[0140]

도 25에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)로 구현한 창호형 광통신기는 300 내지 900nm의 파장범위의 빛을 통해 모스 부호를 송수신하고, 디스플레이를 통해 도시할 수 있다.

[0142]

본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 도 25 내지 도 27에 도시된 바와 같이, 365 내지 850nm의 파장범위의 조명 하에서 제1광전류값을 가지고, 365 내지 850nm의 파장범위의 조명 하에서, 1 내지 1000회의 굽힘실험을 수행한 이후에 제2광전류값을 가지고, 상기 제1광전류값 및 제2광전류값은 서로 상응할 수

있다.

- [0144] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 전체적으로 유연한 재료들로 구성되어 있어, 굽어지거나 휘어져도 안정적으로 모스 부호의 송수신이 가능한 상호형 광통신기를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0146] 한편, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 유해 자외선의 차단제로서 기능할 수 있다. 종래에 보고된 바에 의하면 자외선은 UVA, UVB, 및 UVC의 세가지 대역으로 나뉘 수 있는데, UVC는 대기에 의하여 대부분 흡수되는 반면, UVA 및 UVB는 대기를 투과하여 피부암, 피부 노화, 눈 손상을 야기할 수 있다. 이에 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 자외선 차단기능을 포함할 수 있다. 이하에서 도면과 함께 상세히 서술한다.
- [0148] 도 28 내지 도 31은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)의 자외선 차단율 및 자외선의 유해성에 대한 사항을 도시한다.
- [0150] 도 28 및 도 29에 도시된 바와 같이 자외선은 사람의 피부에 심각한 피해를 줄 수 있다.
- [0152] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 태양전지는, 도 30에 도시된 바와 같이, 100 내지 380nm의 파장범위에서 80 내지 99%의 차단율을 가질 수 있다. 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 100 내지 380nm의 파장범위에서 90 내지 99%의 차단율을 가지고, 더욱 바람직하게는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 100 내지 380nm의 파장범위에서 95%의 차단율을 가진다.
- [0154] 도 31에 도시된 바와 같이 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 유해한 자외선으로부터 피부를 보호하는 자외선 차단제 역할을 수행할 수 있다.
- [0156] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)는, 우수한 자외선 차단 능력을 가지고 있어, 인체에 유해한 자외선으로부터 인체를 보호하는 기능을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0158] 이하에서는 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)의 제조방법에 대해 서술한다.
- [0160] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 투명 광전소자(1)의 제조방법으로서, 유연기관층(100)을 배치하는 단계; 상기 유연기관층(100) 위에 제1투명전극층(200)을 배치하는 단계; 상기 제1투명전극층(200) 위에 Ga_2O_3 을 포함하는 n형금속산화물층(300)을 배치하는 단계; 상기 n형금속산화물층(300) 위에 Cu_2O 를 포함하는 p형금속산화물층(400)을 배치하는 단계; 상기 p형금속산화물층(400) 위에 제2투명전극층(500)을 배치하는 단계를 포함하고, 상기 n형금속산화물층(300) 및 상기 p형금속산화물층(400)은 p/n 이종 접합을 형성하고, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합될 수 있고, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)가 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 상호형 광통신기를 구현하는, 플렉서블 투명 광전소자(1)의 제조방법을 포함할 수 있다.
- [0162] 상기 n형금속산화물층(300)을 배치하는 단계는, 1 내지 150W의 RF 파워, 1 내지 5mTorr의 작동압력 하에서 1시간 동안 스퍼터링공정을 수행함으로써 Ga_2O_3 을 포함하는 상기 n형금속산화물층(300)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0164] 상기 p형금속산화물층(400)을 배치하는 단계는, 1 내지 80W의 DC 파워, 1 내지 8mTorr의 작동압력, 1 내지 50sccm의 Ar유량, 및 1 내지 4sccm의 O_2 유량 하에서 1 내지 10분간 스퍼터링공정을 수행함으로써 Cu_2O 를 포함하는 상기 p형금속산화물층(400)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0166] 상기 제2투명전극층(500)을 배치하는 단계는 스핀코팅공정을 수행함으로써 상기 제2투명전극층(500)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다. 이때 상기 제2투명전극층(500)은 AgNW를 포함할 수 있다.
- [0168] 즉 본 발명은 상기와 같은 단계를 통해 상호형 광통신기를 구현할 수 있는 플렉서블 투명 광전소자(1)를 제조할 수 있고, 상기 플렉서블 투명 광전소자(1)는 우수한 광전 특성을 가지고, 광학적으로 투명하고, 및 유연한 플렉서블 투명 광전소자(1)를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0170] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 아날로그-디지털신호변환기 및 마이크로컨트롤러와 결합됨으로써 모스 부호 송수신이 가능한 상호형 광통신기를 구현할 수 있으며, Ga_2O_3/Cu_2O 이종 접합을 기반으로 높은 광전압, 향상된 광전류밀도, 우수한 광학적 투명성을 가지는 플렉서블 투명 광전소자를 제공하는 효과

를 발휘할 수 있다.

- [0171] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Cu}_2\text{O}$ 이중 접합을 포함함으로써 가지는 우수한 광전 특성을 통해, 향상된 광발전효율을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0172] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 가시광선 영역에서 높은 투과율을 가지는 재료들로 구성되어 있어, 우수한 광학적 투명성을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0173] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 $\text{PEN}/\text{ITO}/\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Cu}_2\text{O}/\text{AgNW}$ 의 층상구조를 포함하고 있어, 넓은 파장범위에서 우수한 광반응도를 가지고, 광학적 투명성, 높은 광전압 및 짧은 광응답시간을 가지는 광검출기를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0174] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는, 전체적으로 유연한 재료들로 구성되어 있어, 굽어지거나 휘어져도 안정적으로 모스 부호의 송수신이 가능한 상호형 광통신기를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0175] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플렉서블 투명 광전소자는 우수한 자외선 차단 능력을 가지고 있어, 인체에 유해한 자외선으로부터 인체를 보호하는 기능을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0177] 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

- [0179] 1: 플렉서블 투명 태양전지

100: 유연기판층

200: 제1투명전극층

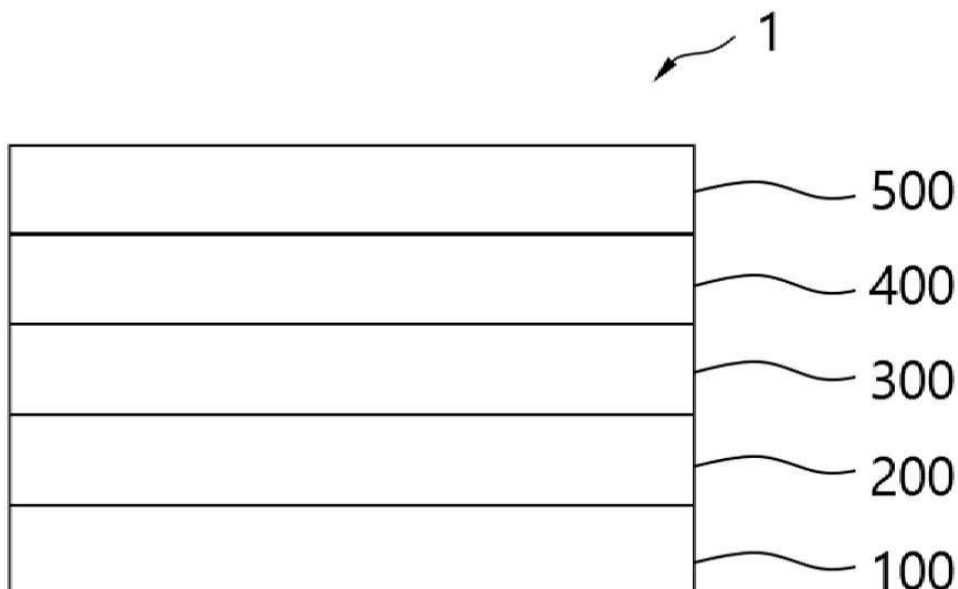
300: n형금속산화물층

400: p형금속산화물층

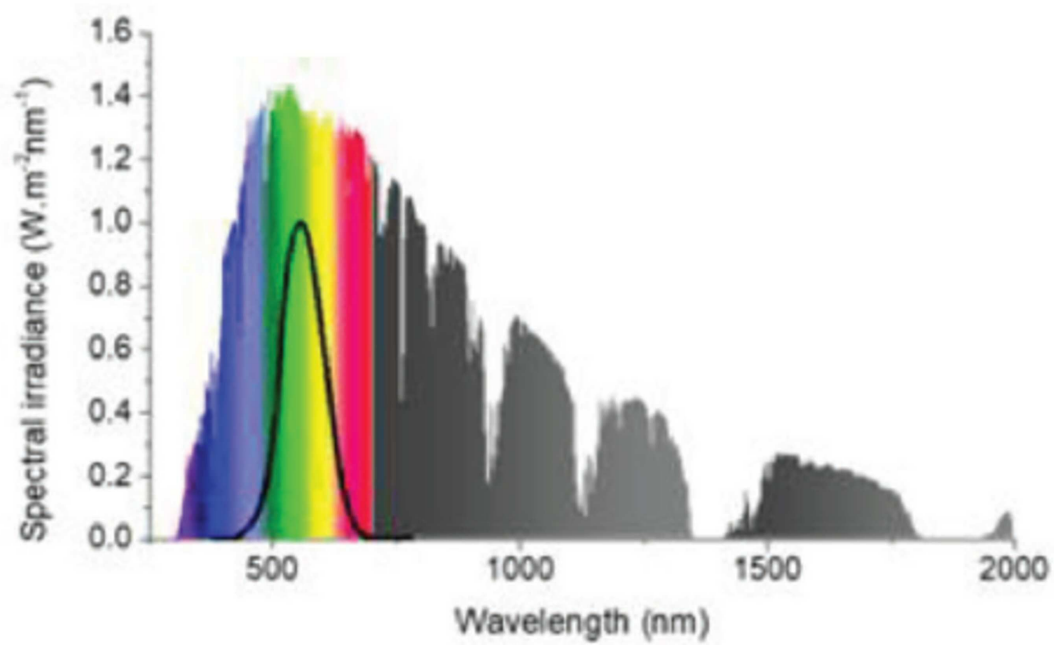
500: 제2투명전극층

도면

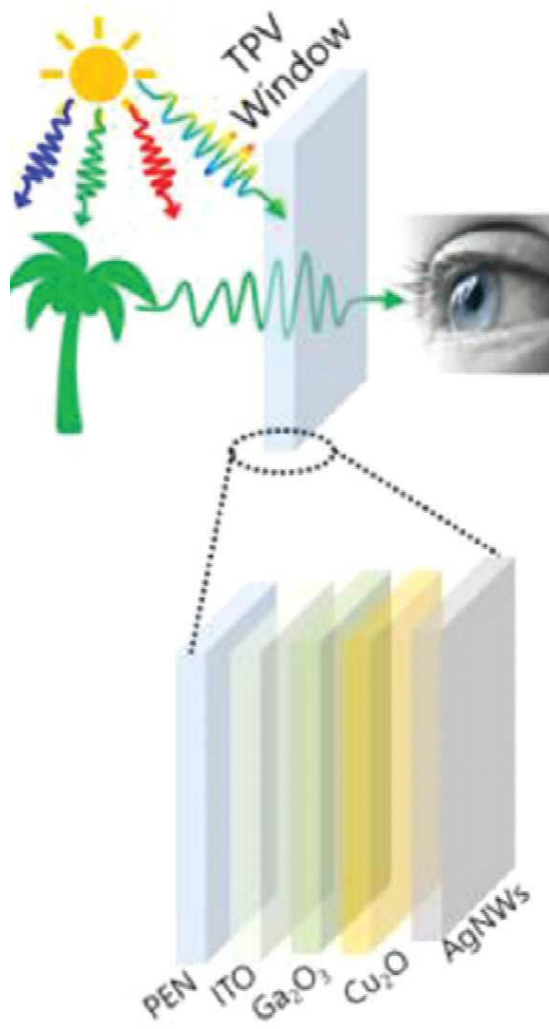
도면1



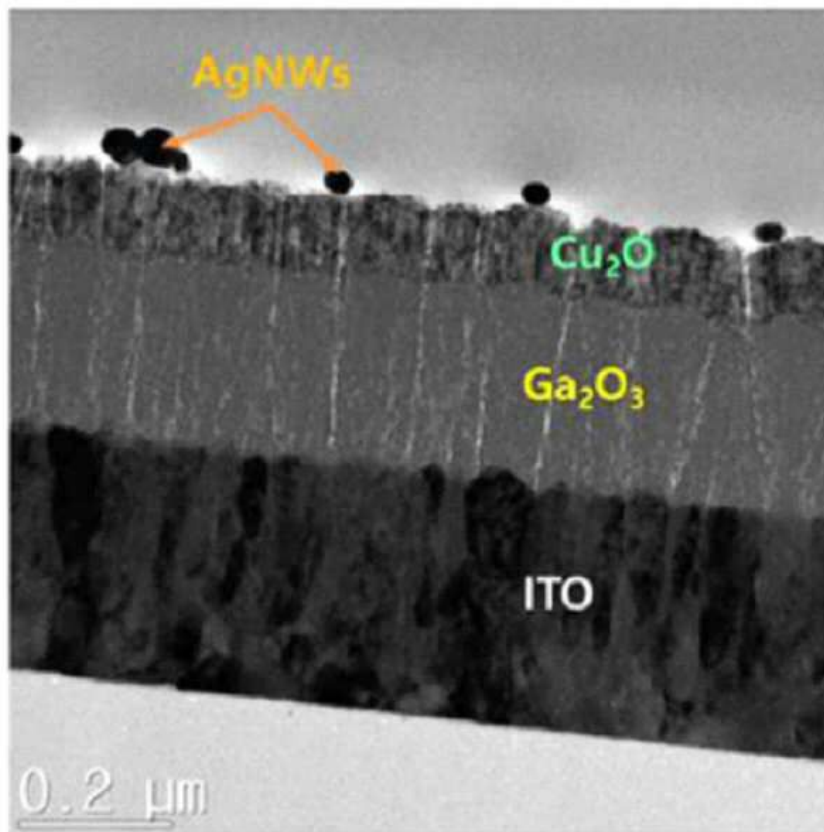
도면2



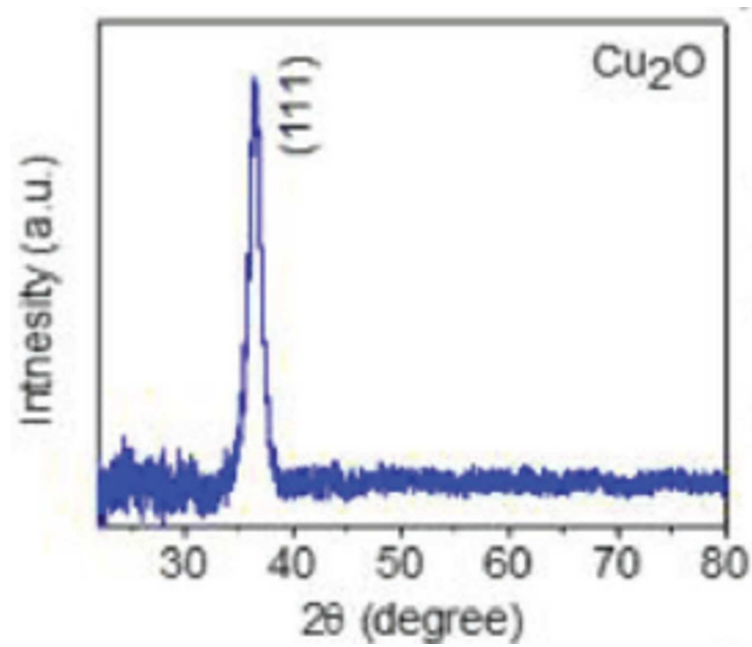
도면3



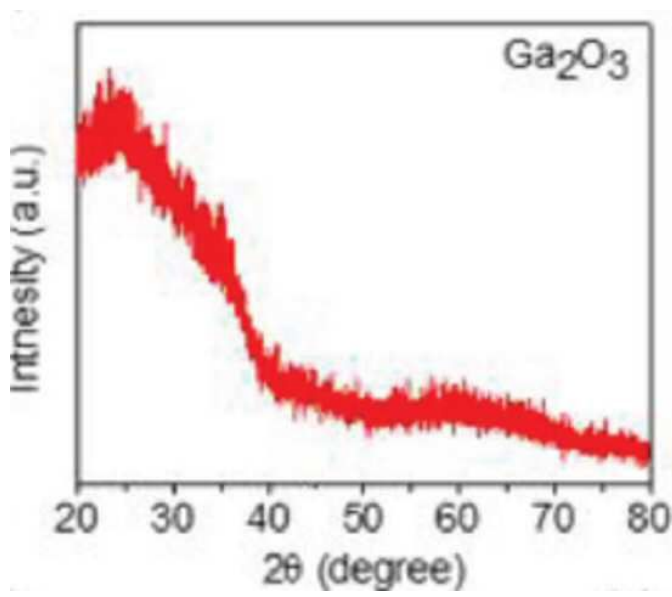
도면4



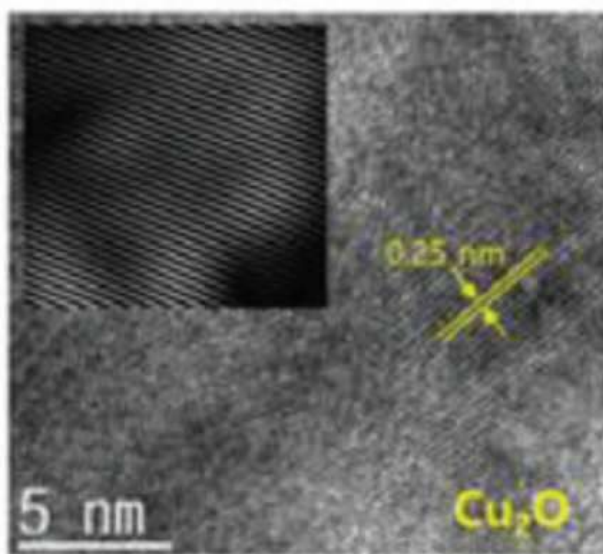
도면5



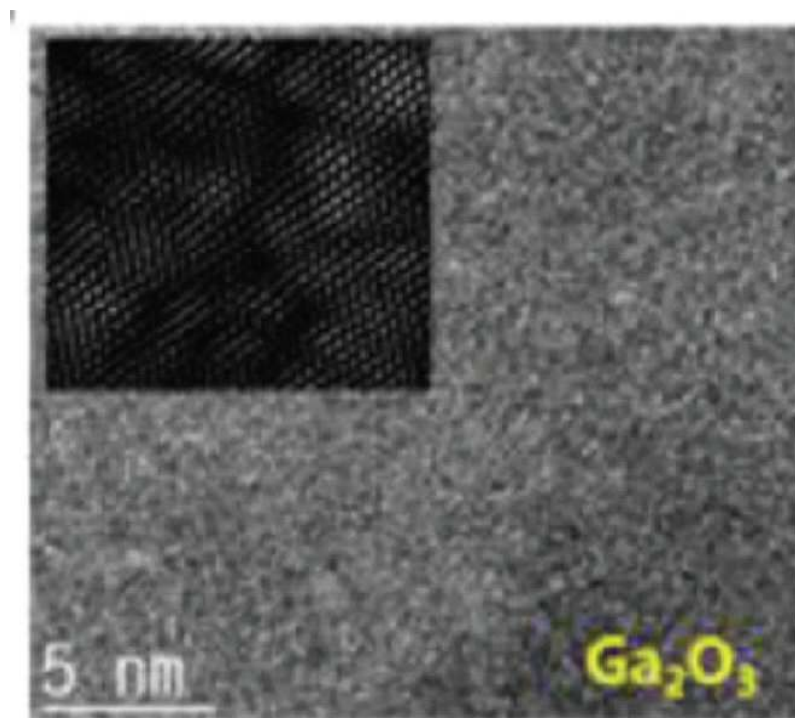
도면6



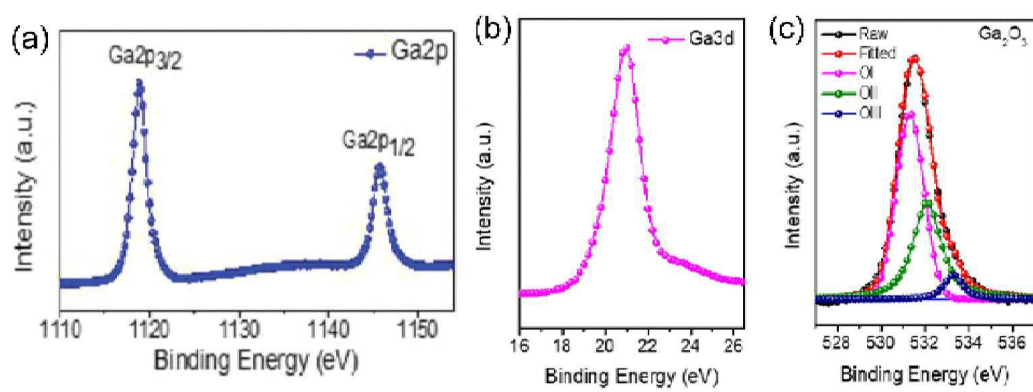
도면7



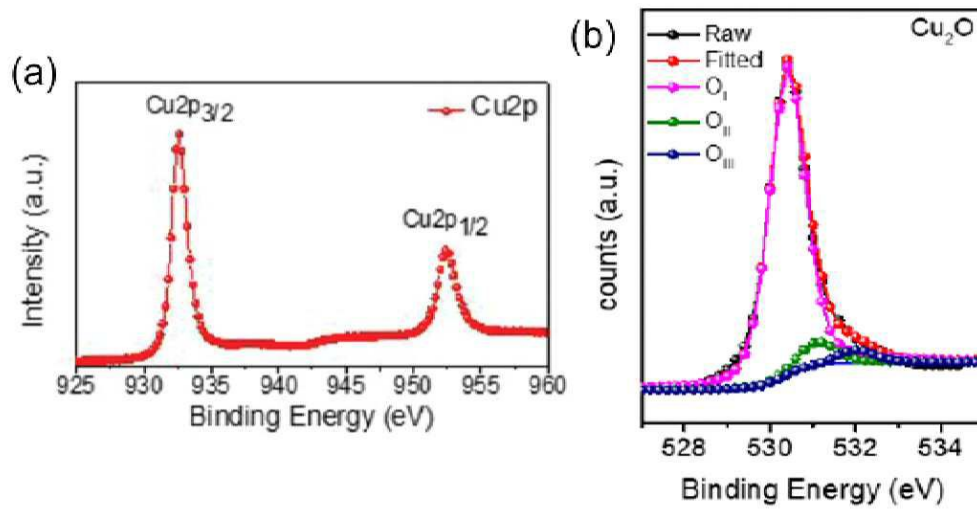
도면8



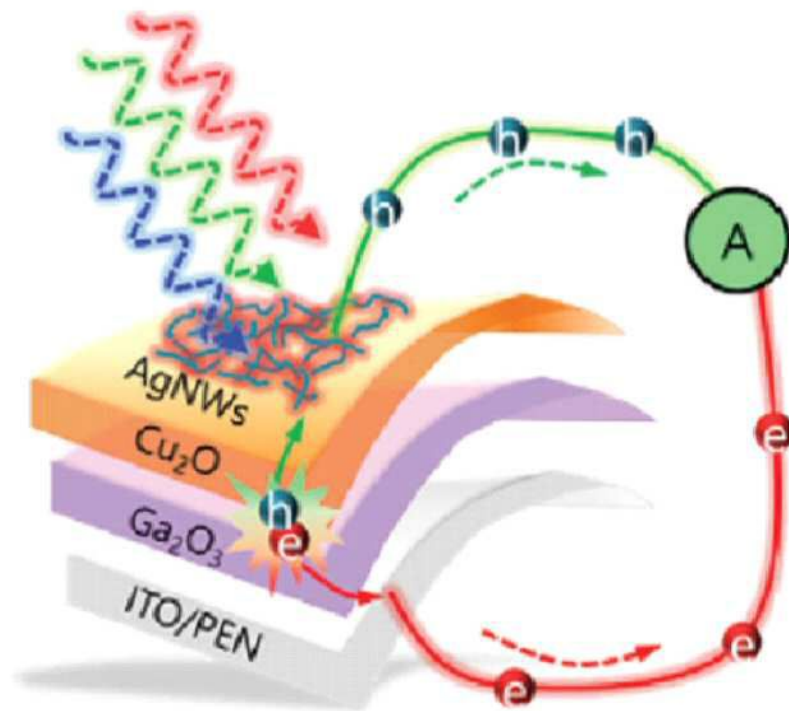
도면9



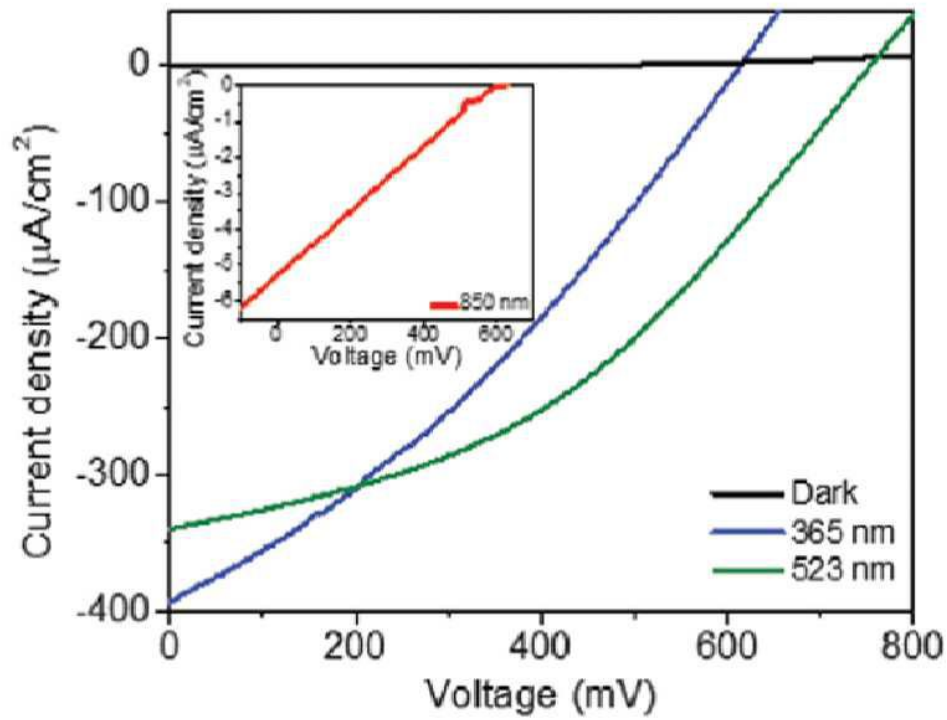
도면10



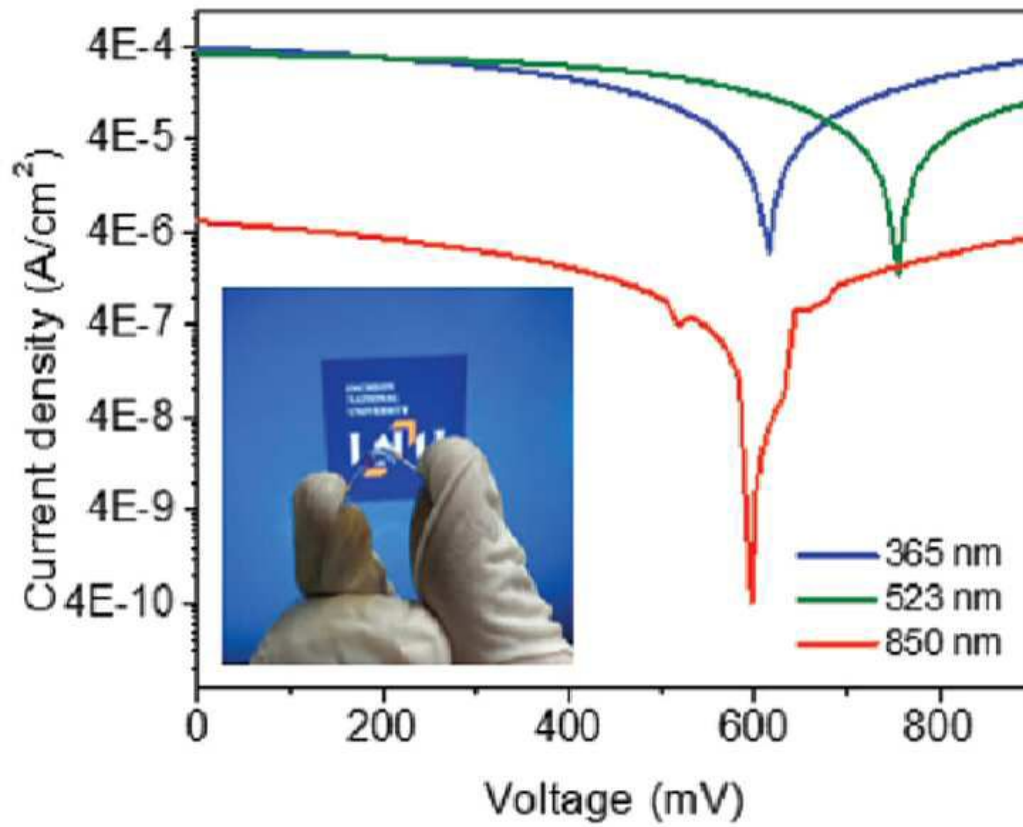
도면11



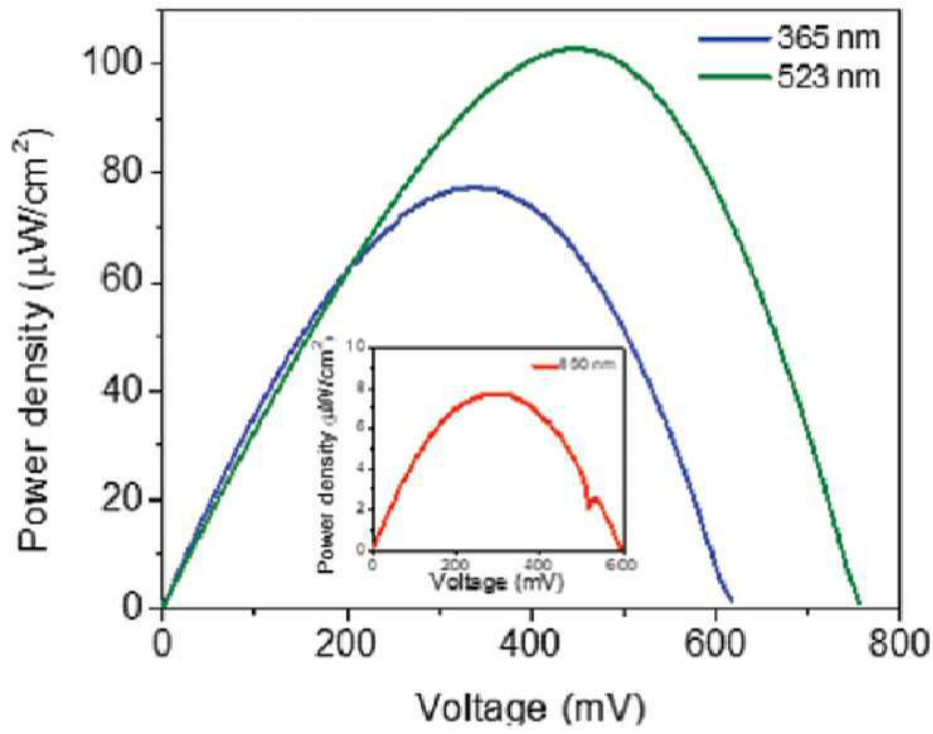
도면12



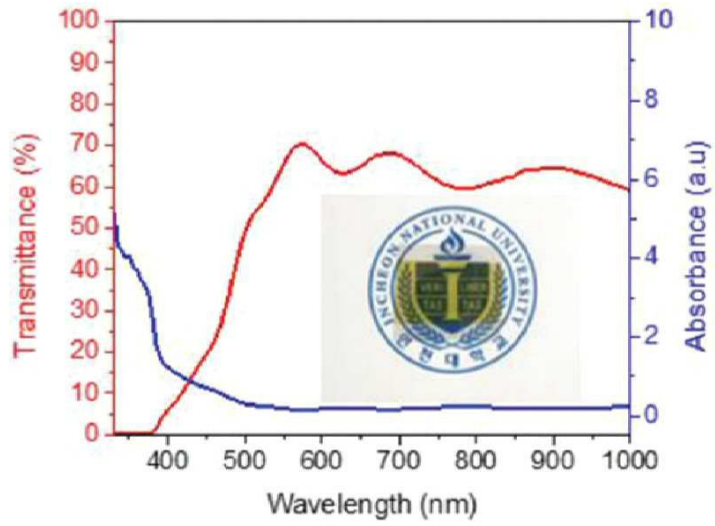
도면13



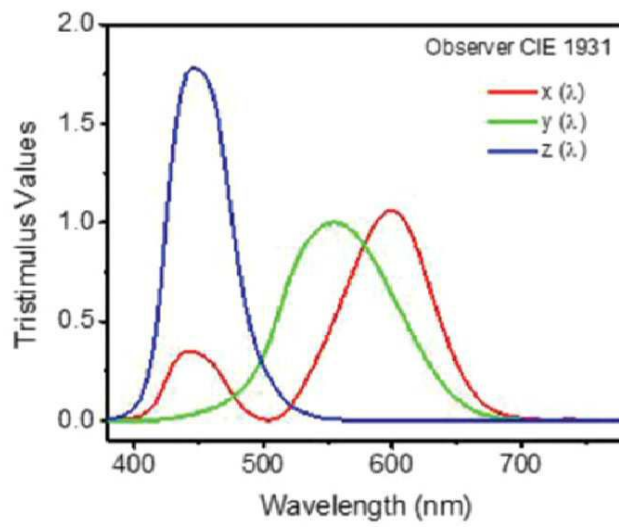
도면14



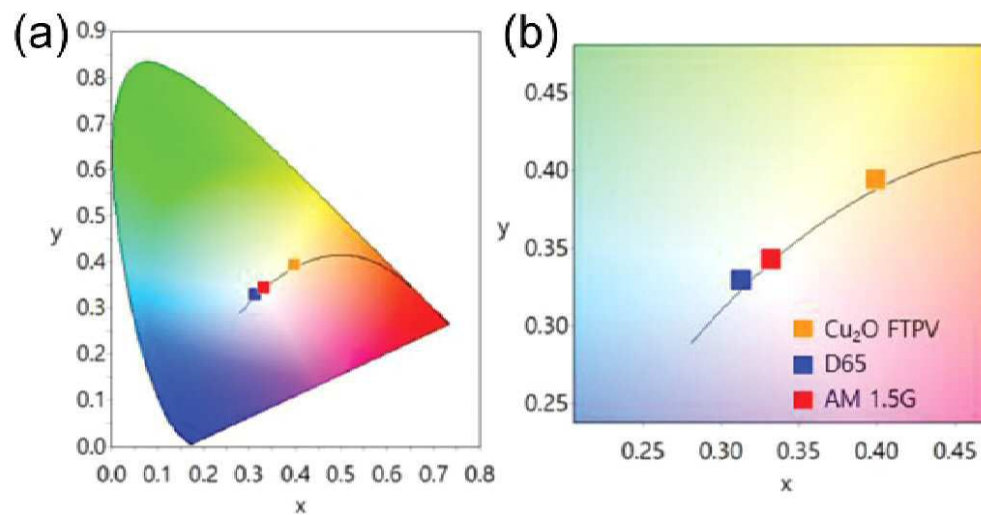
도면15



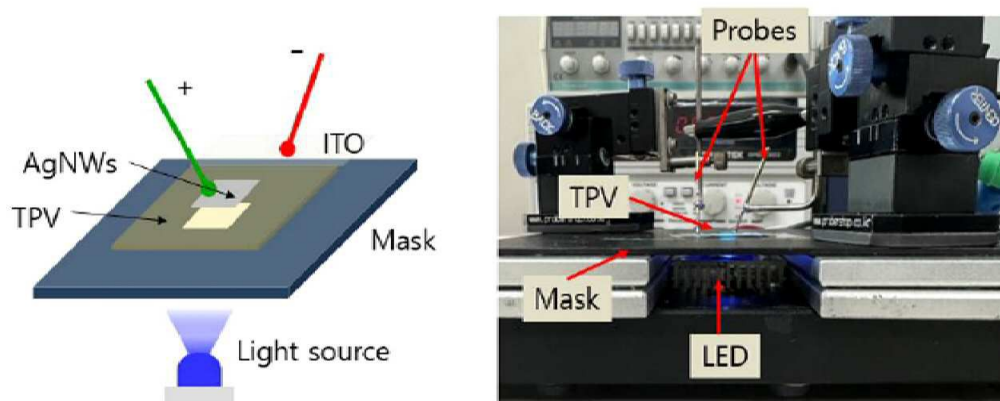
도면16



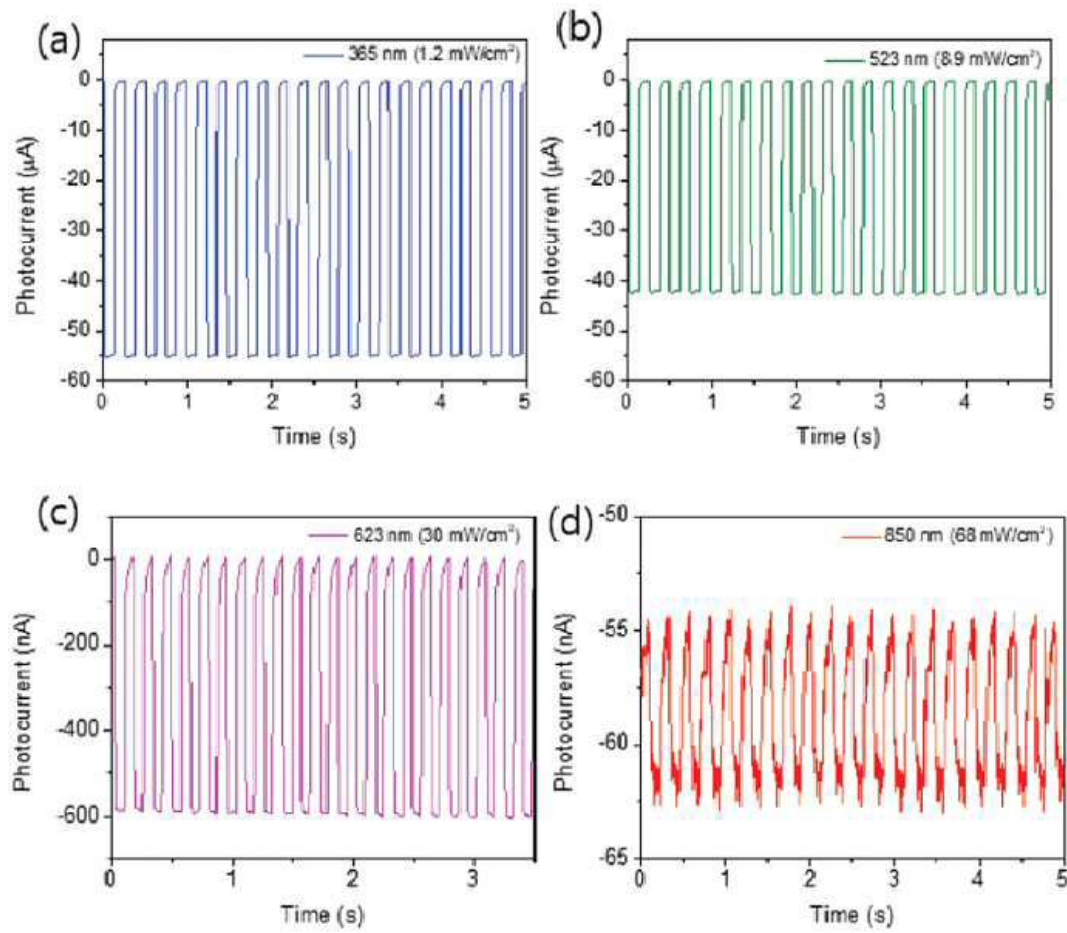
도면17



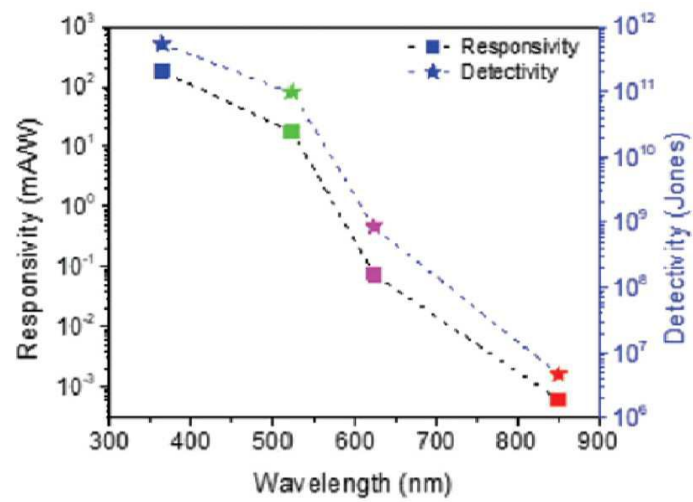
도면18



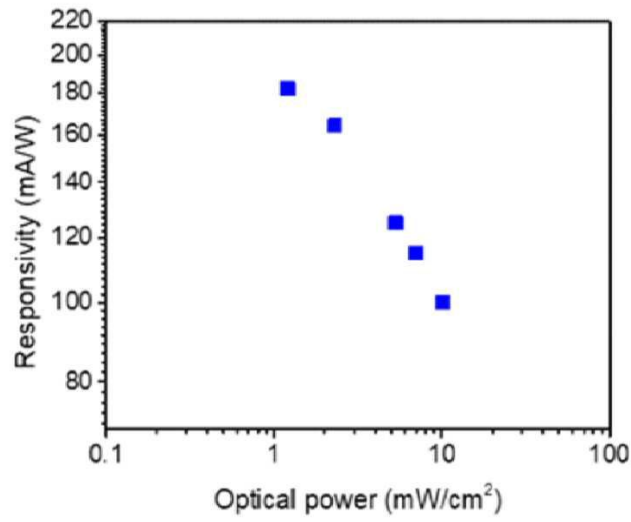
도면19



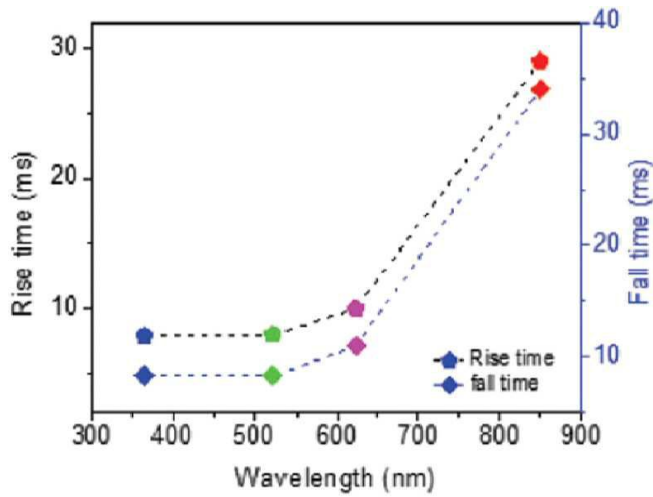
도면20



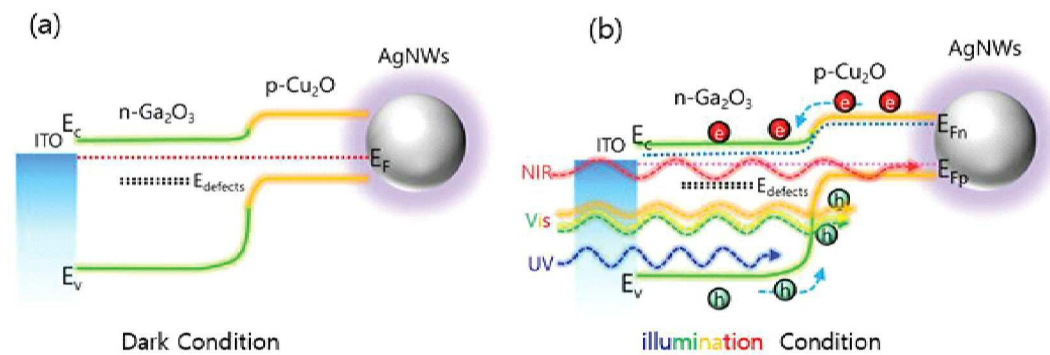
도면21



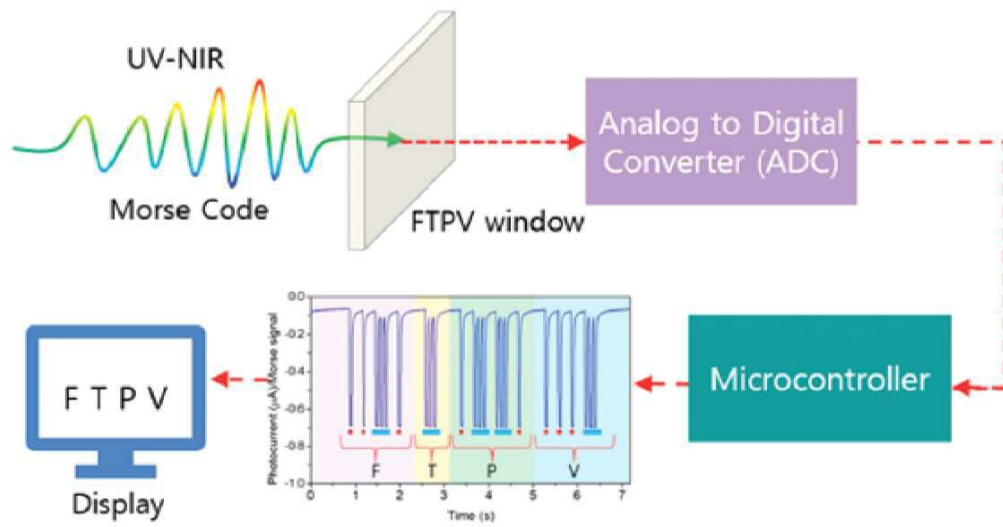
도면22



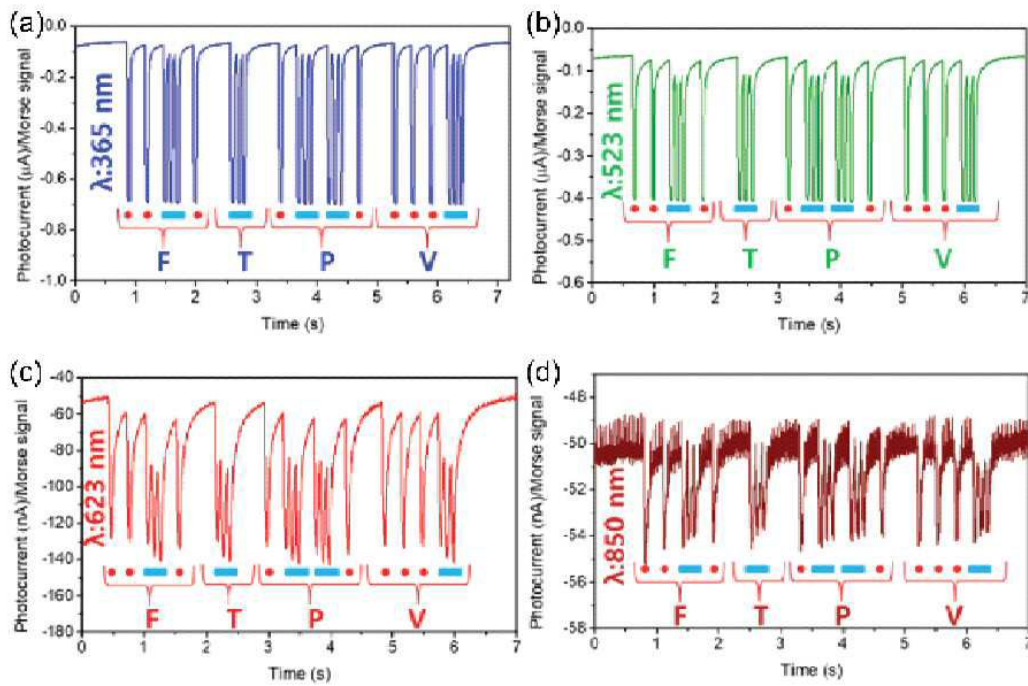
도면23



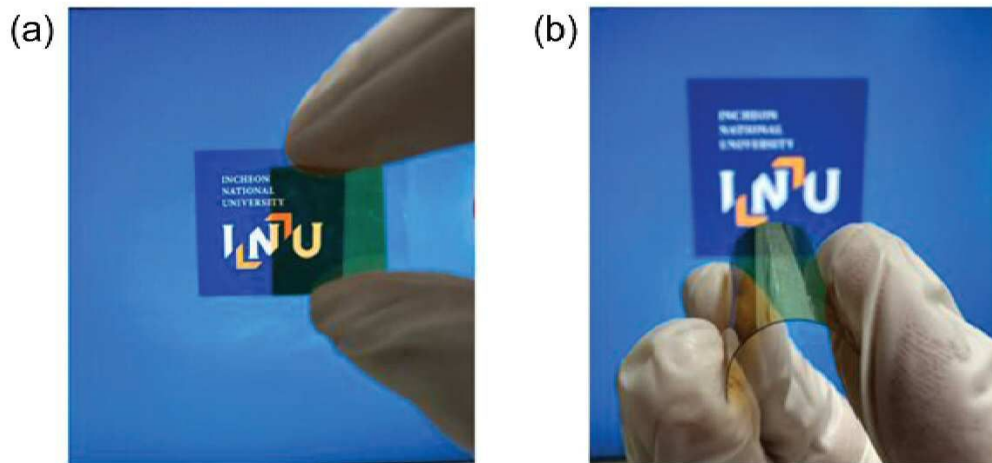
도면24



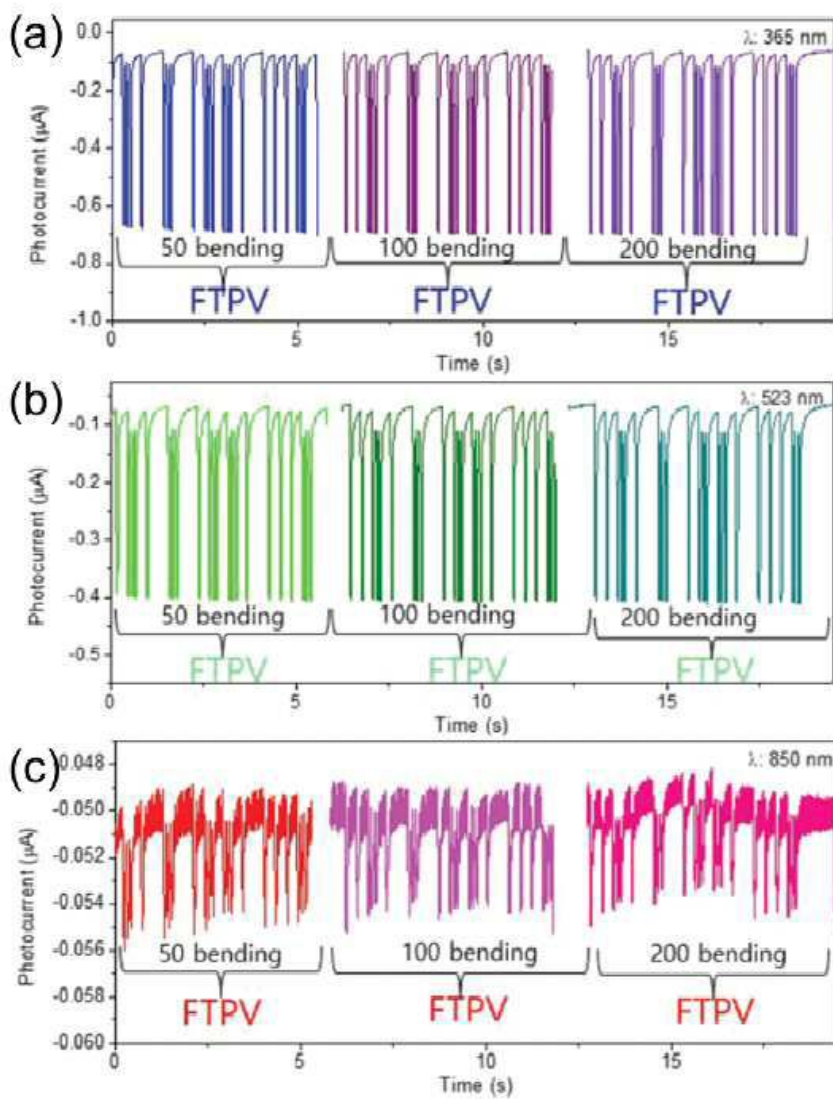
도면25



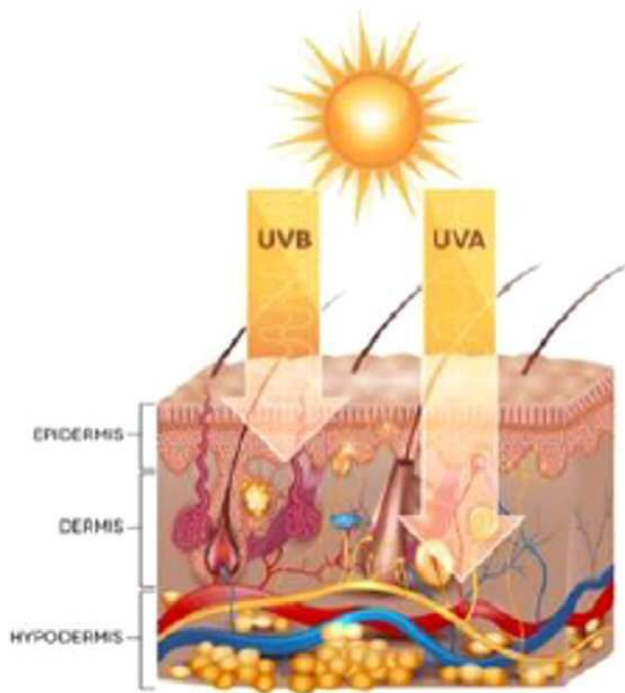
도면26



도면27



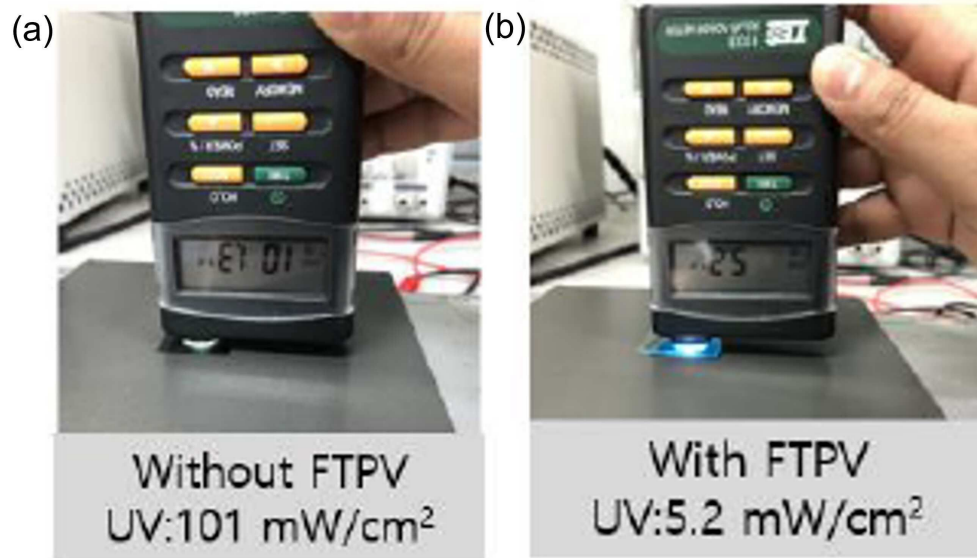
도면28



도면29



도면30



도면31

