

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0040151

(43) 공개일자 2025년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H10F 19/37 (2025.01) H10F 10/16 (2025.01)

H10F 77/20 (2025.01)

(52) CPC특허분류

H10F 19/37 (2025.01)

H10F 10/16 (2025.01)

(21) 출원번호 10-2023-0122811

(22) 출원일자 2023년09월15일

심사청구일자 2023년09월15일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)

(72) 발명자

김준동

인천광역시 연수구 컨벤시아대로252번길 50 송도더샵퍼스트파크 1403동 1203호

탄 타이 응우옌

인천광역시 연수구 인천타워대로132번길 9, 롯데몰 송도 캐슬파크 B동 1828호

(74) 대리인

강정빈, 심찬

전체 청구항 수 : 총 8 항

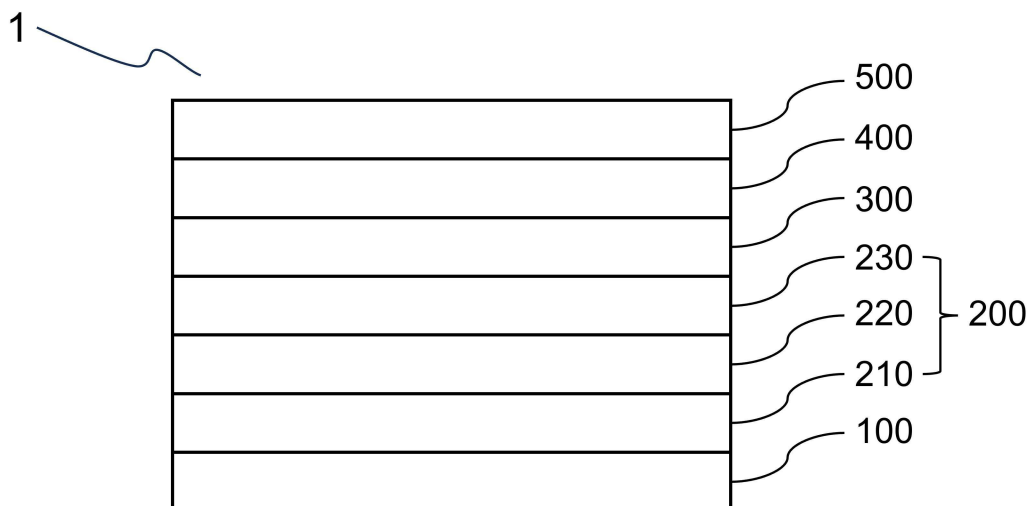
(54) 발명의 명칭 무기물 기반 투명태양전지

(57) 요약

본 발명은 무기물 기반 투명태양전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, AZO/Ag/Cu 층상구조로 이루어지는 제1투명전극층에 의하여 높은 광전류밀도값, 우수한 광전압, 향상된 광발전효율, 및 개선된 충진율을 가지고, 광학적으로 투명하고, 및 유연성을 가지는, 무기물 기반 투명태양전지에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



또한 본 발명은 하기 연구과제의 결과물에 해당하는 것이다.

[과제고유번호] 인천대학교 교내과제

[부처명] 인천대학교 교내과제

[연구관리전문기관] 인천대학교 교내과제

[연구사업명] High Risk, High Return

[연구과제명]태양에너지를 이용한 투명 태양전지 및 희소 광물 추출 및 수소에너지 포획 기술 개발

[기여율] 100%

[주관기관] 인천대학교

[연구기간] 2020-01-01 ~ 2022-12-31

(52) CPC특허분류

H10F 77/211 (2025.01)

H10F 77/244 (2025.01)

명세서

청구범위

청구항 1

무기물 기반 투명태양전지로서,
 기관층;
 상기 기관층 위에 배치되고 AZO/Ag/Cu 층상구조를 포함하는 제1투명전극층;
 상기 제1투명전극층 위에 배치되는 n형금속산화물층;
 상기 n형금속산화물층 위에 배치되는 p형금속산화물층; 및
 상기 p형금속산화물층 위에 배치되는 제2투명전극층;을 포함하고,
 상기 제1투명전극층은 플렉서블전도체층에 해당하는, 투명태양전지.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 제1투명전극층은,
 Cu를 포함하는 제1금속층;
 상기 제1금속층 위에 배치되고 Ag를 포함하는 제2금속층; 및
 상기 제2금속층 위에 배치되고 AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층;을 포함하고,
 상기 제1금속층, 제2금속층, 및 버퍼금속산화물층에 의하여 형성된 전극구조를 포함하는, 투명태양전지.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
 상기 n형금속산화물층 및 p형금속산화물층은 p/n 이종 접합을 형성하고,
 상기 버퍼금속산화물층은 상기 n형금속산화물층과 전기적으로 연결되고,
 상기 버퍼금속산화물과 n형금속산화물층이 전기적으로 연결됨으로써 상기 p/n 이종 접합을 포함하는 투명태양전지의 광전 특성을 향상시키는, 투명태양전지.

청구항 4

청구항 2에 있어서,
 상기 제2금속층은 1 내지 50nm의 두께를 가지고,
 상기 버퍼금속산화물층은 1 내지 100nm의 두께를 가지는, 투명태양전지.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
 상기 제1투명전극층은,
 400 내지 800nm의 파장범위에서 80 내지 99%의 투과율값을 가지고, 1 내지 100Ω/□의 표면저항값을 가지는, 투명태양전지.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 기판층은 PET를 포함하고, 상기 n형금속산화물층은 ZnO를 포함하고, 상기 p형금속산화물층은 NiO를 포함하고, 상기 제2투명전극층은 AgNW를 포함하는, 투명태양전지.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 투명태양전지는,

400 내지 800nm의 파장범위에서 40 내지 99%의 투과율을 가지는, 투명태양전지.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 투명태양전지는,

7.8 내지 9.8mW/cm²의 광강도를 가진 300 내지 400nm 파장범위의 조명 하에서 0.01 내지 1mA/cm²의 광전류밀도값, 0.01 내지 1V의 광전압, 1 내지 80%의 충전율, 및 0.01 내지 10%의 광발전효율을 가지는, 투명태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무기물 기반 투명태양전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, AZO/Ag/Cu 층상구조로 이루어지는 제1투명전극층에 의하여 높은 광전류밀도값, 우수한 광전압, 향상된 광발전효율, 및 개선된 충전율을 가지고, 광학적으로 투명하고, 및 유연성을 가지는, 무기물 기반 투명태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 플렉시블투명전도체층은, 태양전지, 전자 포획 검출기 및 디스플레이 분야에 필수적으로 요구되는 구성성분이다. 종래에는 상기 플렉시블투명전도체층으로서 인듐 주석 산화물(이하 "ITO")를 사용해왔다. 하지만 ITO는 높은 전도도를 구현하기 위해 300C 이상의 온도에서 열처리를 필요로 하기 때문에, 플렉시블 디바이스에 적용하기 어려운 한계가 있었다. 이를 보완하기 위해 ITO의 대체재로서 우수한 광학적 투명성 및 낮은 전기저항을 가지는 Ag 박막이 제시되었다.

[0004] 하지만 Ag 박막은 10nm 이하의 퍼콜레이션임계값을 가지고 연속적인 Ag 박막을 형성할 때 특성을 나타내는데, 일반적인 스퍼터링공정으로 증착한 Ag 박막은 낮은 기판 접착력으로 인해 퍼콜레이션임계값을 최소화하기 어려운 한계점이 있다.

[0005] 이를 보완하기 위해 Ag 박막이 최소한의 퍼콜레이션임계값을 가지게 하는 새로운 방법의 개발이 시급한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 AZO/Ag/Cu 층상구조로 이루어지는 제1투명전극층에 의하여 높은 광전류밀도값, 우수한 광전압, 향상된 광발전효율, 및 개선된 충전율을 가지고, 광학적으로 투명하고, 및 유연성을 가지는, 무기물 기반 투명태양전지를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예는, 무기물 기반 투명태양전지로서, 기관층; 상기 기관층 위에 배치되고 AZO/Ag/Cu 층상구조를 포함하는 제1투명전극층; 상기 제1투명전극층 위에 배치되는 n형금속산화물층; 상기 n형금속산화물층 위에 배치되는 p형금속산화물층; 및 상기 p형금속산화물층 위에 배치되는 제2투명전극층;을 포함하고, 상기 제1투명전극층은 플렉서블전도체층에 해당하는, 투명태양전지를 제공한다.
- [0010] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 제1투명전극층은, Cu를 포함하는 제1금속층; 상기 제1금속층 위에 배치되고 Ag를 포함하는 제2금속층; 및 상기 제2금속층 위에 배치되고 AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층;을 포함하고, 상기 제1금속층, 제2금속층, 및 버퍼금속산화물층에 의하여 형성된 전극구조를 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 n형금속산화물층 및 p형금속산화물층은 p/n 이종 접합을 형성하고, 상기 버퍼금속산화물층은 상기 n형금속산화물층과 전기적으로 연결되고, 상기 버퍼금속산화물층과 n형금속산화물층이 전기적으로 연결됨으로써 상기 p/n 이종 접합을 포함하는 투명태양전지의 광전 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0012] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 제2금속층은 1 내지 50nm의 두께를 가지고, 상기 버퍼금속산화물층은 1 내지 100nm의 두께를 가질 수 있다.
- [0013] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 제1투명전극층은, 400 내지 800nm의 파장범위에서 80 내지 99%의 투과율을 가지고, 1 내지 $100\Omega/\square$ 의 표면저항값을 가질 수 있다.
- [0014] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 기관층은 PET를 포함하고, 상기 n형금속산화물층은 ZnO를 포함하고, 상기 p형금속산화물층은 NiO를 포함하고, 상기 제2투명전극층은 AgNW를 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 투명태양전지는, 400 내지 800nm의 파장범위에서 40 내지 99%의 투과율을 가질 수 있다.
- [0016] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 투명태양전지는, 7.8 내지 $9.8\text{mW}/\text{cm}^2$ 의 광강도를 가진 300 내지 400nm 파장범위의 조명 하에서 0.01 내지 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 광전류밀도값, 0.01 내지 1V 의 광전압, 1 내지 80%의 충전율, 및 0.01 내지 10%의 광발전효율을 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 AZO/Ag/Cu 층상구조로 이루어지는 제1투명전극층에 의하여 높은 광전류밀도값, 광전압, 광발전효율, 및 충전율을 가지고, 광학적으로 투명한 투명태양전지를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 제1투명전극층에 제2금속층의 시드층으로서, Cu를 포함하는 제1금속층을 포함하고 있어 발생하는 제1금속층 및 제2금속층의 강한 계면 결합 및 제2금속층의 퍼콜레이션임계값 감소로 인해 우수한 표면특성, 낮은 표면저항, 얇은 두께, 높은 광학적 투명성, 및 낮은 반사율을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 얇은 두께의 버퍼금속산화물층을 포함하고 있어, 전체적으로 유연성을 가지고, 가시광선 영역에서 우수한 투과율을 통해 전체적으로 투명한 효과를 발휘할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 전체적으로 PET/Cu/Ag/AZO/ZnO/NiO/AgNW의 층상구조를 가짐에 따라, 태양광의 자외선만으로부터 전력을 생산하고, 가시광선-극외선영역에서 높은 투과율값을 가질 수 있어 광학적으로 우수한 투명도를 가지는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층을 포함하고 있어, 버퍼금속산화물층 및 n형금속산화물 계면에 에너지 밴드 벤딩을 유발하여 우수한 광전류밀도값, 향상된 충전율, 높은 광발전효율을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 개략적인 구조에 대한 사향을 도시한다.
- 도 2 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층, 제1금속층 및 제2금속층에 대한 사향을

도시한다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층 및 버퍼금속산화물층을 포함하지 않는 비교예의 파장에 따른 투과율에 사항을 도시한다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층 및 버퍼금속산화물층을 포함하지 않는 비교예의 표면저항에 대한 사항을 도시한다.

도 10 내지 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지에 대한 사항을 도시한다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 광전 특성에 대한 사항을 도시한다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 에너지 밴드 구조에 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] 이하에서는 도면을 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)에 대해 상세히 서술한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)의 개략적인 구조에 대한 사항을 도시한다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는, 기판층(100); 상기 기판층(100) 위에 배치되고 AZO/Ag/Cu 층상 구조를 포함하는 제1투명전극층(200); 상기 제1투명전극층(200) 위에 배치되는 n형금속산화물층(300); 상기 n형금속산화물층(300) 위에 배치되는 p형금속산화물층(400); 및 상기 p형금속산화물층(400) 위에 배치되는 제2투명전극층(500);을 포함하고, 상기 제1투명전극층(200)은 플렉서블전도체층에 해당할 수 있다.

- [0038] 상기 기관층(100)은 투명태양전지(1)의 기관에 해당하는 구성으로써, 상측으로 복수의 박막층이 증착될 수 있으며, 유연할 수 있다.
- [0039] 바람직하게는 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 기관층(100)은 PET(Polyethylene Terephthalate)를 포함할 수 있다.
- [0041] 상기 제1투명전극층(200)은 상기 기관층(100)의 상측에 배치되는 구성으로써, Cu를 포함하는 제1금속층(210); 상기 제1금속층(210) 위에 배치되고 Ag를 포함하는 제2금속층(220); 및 상기 제2금속층(220) 위에 배치되고 AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층(230);을 포함하고, 상기 제1금속층(210), 상기 제2금속층(220), 및 상기 버퍼금속산화물층(230)에 의하여 형성된 전극구조를 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 제2금속층(220)은 1 내지 50nm의 두께를 가지고, 상기 버퍼금속산화물층(230)은 1 내지 100nm의 두께를 가지고, 더욱 바람직하게는 상기 제2금속층(220)은 5 내지 7.5nm의 두께를 가지고, 상기 버퍼금속산화물층(230)은 22.5nm의 두께를 가진다. 이때 상기 제2금속층(220) 및 버퍼금속산화물층(230)의 두께는 상기 제1투명전극층(200) 혹은 상기 투명태양전지(1)가 유연성을 가지게 할 수 있는 두께이다.
- [0043] 상기 n형금속산화물층(300)은 상기 제1투명전극층(200)의 상측에 배치되는 구성으로서, 상기 p형금속산화물층(400)과 p/n 이종 접합을 이루어 광전 특성을 나타낼 수 있다. 바람직하게는 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 n형금속산화물층(300)은 ZnO를 포함할 수 있다.
- [0045] 상기 p형금속산화물층(400)은 상기 n형금속산화물층(300)의 상측에 배치되는 구성으로서, 상기 n형금속산화물층(300)과 p/n 이종 접합을 이루어 광전 특성을 나타낼 수 있다. 바람직하게는 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 p형금속산화물층(400)은 NiO를 포함할 수 있다.
- [0047] 상기 제2투명전극층(500)은 상기 p형금속산화물층(400)의 상측에 배치되는 구성으로서, 광학적으로 투명한 전극의 역할을 수행한다. 바람직하게는 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 제2투명전극층(500)은 AgNW를 포함할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는, 상기 버퍼금속산화물층(230)과 n형금속산화물층(300)이 전기적으로 연결됨으로써 향상된 광전 특성을 가질 수 있다.
- [0051] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는, AZO/Ag/Cu 층상구조로 이루어지는 제1투명전극층(200)에 의하여 높은 광전류밀도값, 광전압, 광발전효율, 및 충전율을 가지고 광학적으로 투명한 투명태양전지(1)를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0053] 이하에서는 도면을 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1), 그 구성성분 및 비교예의 특성에 대해 상세하게 서술한다.
- [0055] 도 2 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층, 제1금속층 및 제2금속층에 대한 사항을 도시한다.
- [0057] 도 2에 도시된 바와 같이 상기 제2금속층(220)은 기관층(100)에 직접 증착되는 경우 성장 초기 단계에서 불머-베버 메커니즘을 따르는 개별 나노클러스터를 형성하고 제2금속층(220)의 두께를 15nm이상으로 증가시켜야만 상

기 나노클러스터가 합쳐져 나노클러스터 어레이를 형성하고, 박막표면이 연속성을 가진다. 반면, 상기 제2금속층(220)이 상기 제1금속층(210) 위에 증착되는 경우에 상기 제1금속층(210) 및 상기 제2금속층(220)의 강한 계면 결합으로 인해 5nm의 얇은 두께에서 표면 연속성을 가지고, 이를 통해 제2금속층(220)의 퍼콜레이션임계값이 감소했음을 알 수 있다.

[0059] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층(200) 및 제1금속층(210)을 포함하지 않는 비교예의 표면저항에 대한 사항을 도시한다. 이때 상기 제1투명전극층(200) 및 상기 비교예는 상기 버퍼금속산화물층(230)을 포함하지 않으며, 도면상에서 상기 제1투명전극층(200)은 원을 이은 선으로 표시되고, 상기 비교예는 네모를 이은 선으로 표시된다.

[0060] 도 3에 도시된 바와 같이 상기 제1투명전극층(200)은 상기 비교예보다 현저히 낮은 표면저항값을 가진다.

[0061] 보다 상세하게는, 상기 제1투명전극층(200)은 1 내지 5nm의 상기 제2금속층(220) 두께에서 1 내지 100 $\Omega/\square$ 표면저항값을 가지는 반면, 상기 비교예는 1 내지 5nm의 상기 제2금속층(220) 두께에서 절연성을 나타냈다.

[0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)가 포함하는 제1투명전극층(200)은 1 내지 100 $\Omega/\square$ 의 표면저항값을 가진다. 이때 상기 제1투명전극층(200)은 1 내지 50nm 두께의 제2금속층(220) 및 1 내지 100nm 두께의 버퍼금속산화물층(230)을 포함한다.

[0064] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층(200) 및 제1금속층(210)을 포함하지 않는 비교예의 파장에 따른 반사율에 대한 사항을 도시한다. 이때 상기 제1투명전극층(200) 및 상기 비교예는 상기 버퍼금속산화물층(230)을 포함하지 않으며, 도면에서 상기 제1투명전극층(200)은 실선으로 표시되고, 상기 비교예는 점선으로 표시된다.

[0065] 도 4에 도시된 바와 같이 상기 비교예는 1 내지 5nm 두께의 상기 제2금속층(220)을 포함하는 경우 500 내지 600nm 파장범위에서 피크값을 나타냈고, 이는 상술한 바와 같이 나노클러스터로 인한 플라즈몬효과에서 기인한다. 반면, 상기 제1투명전극층(200)은 1 내지 5nm 두께의 상기 제2금속층(220) 포함하는 경우에 제1금속층(210)으로 인해 상기 제2금속층(220)이 얇은 두께에서도 표면연속성을 나타내 완만한 반사율 값을 가진다.

[0067] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)가 포함하는 상기 제2금속층(220)은, 1 내지 50nm의 두께를 가진다. 바람직하게는 1 내지 10nm의 두께를 가진다. 더욱 바람직하게는 5 내지 7.5nm의 두께를 가진다. 이때 상기 제2금속층(220)의 두께는 상기 투명태양전지(1)가 유연성을 가질 수 있는 두께에 해당한다.

[0069] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층(200) 및 제1금속층(210)을 포함하지 않는 비교예의 파장에 따른 투과율에 대한 사항을 도시한다. 이때 상기 제1투명전극층(200) 및 상기 비교예는 상기 버퍼금속산화물층(230)을 포함하지 않으며, 도면에서 상기 제1투명전극층(200)은 실선으로 표시되고, 상기 비교예는 점선으로 표시된다.

[0070] 도 5에 도시된 바와 같이 상기 제1투명전극층(200)은 상기 비교예보다 400 내지 800nm의 파장범위에서 더 높은 투과율값을 가진다. 보다 상세하게는, 상기 비교예는 상술한 불연속적인 나노클러스터로 인해 400 내지 800nm의 파장범위에서 빛의 산란현상이 발생하여 400 내지 800nm의 파장범위에서 낮은 투과율값을 가지는 반면, 상기 제1투명전극층(200)은 상기 제1금속층(210)으로 향상되는 제2금속층(220)의 표면연속성을 통해 더 높은 투과율값을 가진다.

[0072] 본 발명의 일 실시예에서 투명태양전지(1)는 400 내지 800nm의 파장범위에서 80 내지 99%의 투과율값을 가진다. 바람직하게는, 상기 투명태양전지(1)는 400 내지 800nm의 파장범위에서 80 내지 85%의 투과율값을 가진다. 더욱 바람직하게는, 상기 투명태양전지(1)는, 400 내지 800nm의 파장범위에서 83.1%의 투과율값을 가진다.

[0074] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는, 제1투명전극층(200)에 제2금속층(220)의 시드층

으로서, Cu를 포함하는 제1금속층(210)을 포함하고 있어 발생하는 제1금속층(210) 및 제2금속층(220)의 강한 계면 결합 및 제2금속층(220)의 퍼콜레이션임계값 감소로 인해 우수한 표면특성, 낮은 표면저항, 얇은 두께, 높은 광학적 투명성, 및 낮은 반사율을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

[0076] 도 6에 도시된 바와 같이 상기 제2금속층(220)은 10nm/min의 증착률을 가지고 형성된다.

[0078] 도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층(200) 및 버퍼금속산화물층(230)을 포함하지 않는 비교예의 파장에 따른 투과율에 사항을 도시한다. 이때 도면에서 상기 제1투명전극층(200)은 실선으로 표시하고 상기 비교예는 점선으로 표시한다.

[0079] 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이 400 내지 800nm의 파장범위에서 상기 제1투명전극층(200)은 상기 비교예보다 우수한 투과율값을 가진다. 보다 상세하게는, 상기 비교예는 1 내지 10nm 두께의 상기 제2금속층(220)을 포함하고 400 내지 800nm의 파장범위에서 30 내지 73.3%의 투과율값을 가지는 반면, 상기 제1투명전극층(200)은 1 내지 10nm 두께의 상기 제2금속층(220)을 포함하고 400 내지 800nm의 파장범위에서 40 내지 83.1%의 투과율값을 가진다.

[0081] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1투명전극층(200) 및 버퍼금속산화물층(230)을 포함하지 않는 비교예의 표면저항에 대한 사항을 도시한다. 이때 도면에서 상기 제1투명전극층(200)은 세모를 이은 선으로 표시하고 상기 비교예는 원을 이은 선으로 표시한다.

[0082] 도 9에 도시된 바와 같이 상기 제1투명전극층(200)은 상기 비교예 보다 낮거나 유사한 표면저항값을 가진다. 보다 상세하게는, 상기 제1투명전극층(200)은 1 내지 10nm 두께의 상기 제2금속층(220)을 포함한 상태에서 1 내지 18Ω/□의 표면저항값을 가지는 반면, 상기 비교예는 1 내지 10nm의 상기 제2금속층(220)을 포함한 상태에서 1 내지 20Ω/□의 표면저항값을 가진다.

[0084] 도 10 내지 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)에 대한 사항을 도시한다.

[0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는 도 10에 도시된 바와 같은 층상구조를 가진다.

[0087] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는 도 11에 도시된 바와 같이 우수한 광학적 투명성을 가진다.

[0089] 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는 400 내지 800nm의 파장범위에서 40 내지 99%의 투과율값을 가진다. 이때, 상기 투명태양전지(1)는 1 내지 100nm 두께의 상기 버퍼금속산화물층(230)을 포함한다. 바람직하게는 상기 투명태양전지는 400 내지 800nm의 파장범위에서 60 내지 99%의 투과율값을 가진다. 이때 상기 투명태양전지(1)는 22.5 내지 67.5nm 두께의 상기 버퍼금속산화물층(230)을 포함한다. 더욱 바람직하게는 상기 투명태양전지(1)는 400 내지 800nm의 파장범위에서 61.5%의 투과율값을 가진다. 이때 상기 투명태양전지(1)는 22.5nm 두께의 상기 버퍼금속산화물층(230)을 포함한다.

[0091] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)가 포함하는 상기 버퍼금속산화물층(230)은, 1 내지 100nm의 두께를 가진다. 바람직하게는 22.5 내지 67.5nm의 두께를 가진다. 더욱 바람직하게는 22.5nm의 두께를 가진다. 이때 상기 제2금속층(220)의 두께는 상기 투명태양전지(1)가 유연성을 가지게 하는 두께에 해당한다.

[0093] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는, 얇은 두께의 버퍼금속산화물층(230)을 포함하고 있어, 전체적으로 유연성을 가지고, 가시광선 영역에서 우수한 투과율을 통해 전체적으로 투명한 효과를 발휘할 수 있다.

[0095] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는 PET/Cu/Ag/AZO/ZnO/NiO/AgNW의 층상구조를 통해 자외선을 선택적으로 수확하여 전력을 생산하고, 가시광선-극외선영역에서 높은 투과율을 가지고 광학적으로 우수한 투명도를 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

[0097] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)의 광전 특성에 대한 사항을 도시한다.

[0098] 도 13에 도시된 바와 같이 상기 투명태양전지(1)는, 상기 버퍼금속산화물층(230)의 두께에 따라 상이한 광발전 능력을 가진다. 이에 대해 표 1을 통해 보다 상세하게 서술한다.

[0100] 표 1은 7.8 내지 9.8mW/cm²의 광강도를 가진 300 내지 400nm 파장범위의 조명 하에서 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1) 및 비교예의 버퍼금속산화물층(230)의 두께에 따른 광전 특성에 대한 사항을 표시한다. 이때 상기 비교예는 상기 버퍼금속산화물층(230)을 포함하지 않는다.

표 1

버퍼금속산화물층(230) 두께(nm)	광전류밀도(mA/cm ²)	광전압(V)	충진율(%)	광발전효율 (%)
0	0.35	0.14	25.1	0.14
22.5	0.55	0.43	41.5	1.12
45	0.36	0.35	31.2	0.45
67.5	0.26	0.14	27	0.1

[0102] 표 1에 표시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는 7.8 내지 9.8mW/cm²의 광강도를 가진 300 내지 400nm 파장범위의 조명 하에서 0.01 내지 1mA/cm²의 광전류밀도값, 0.01 내지 1V의 광전압, 1 내지 80%의 충진율, 및 0.01 내지 10%의 광발전효율을 가질 수 있다. 바람직하게는 상기 투명태양전지(1)는 8.8mW/cm²의 광강도를 가진 365nm 파장대의 조명 하에서 0.26 내지 0.55 mA/cm²의 광전류밀도값, 0.14 내지 0.43V의 광전압, 27 내지 41.5%의 충진율, 및 0.1 내지 1.12%의 광발전효율을 가질 수 있다. 더욱 바람직하게는 상기 투명태양전지(1)는 8.8mW/cm²의 광강도를 가진 365nm 파장대의 조명 하에서 0.55mA/cm²의 광전류밀도값, 0.43V의 광전압, 41.5%의 충진율, 및 1.12%의 광발전효율을 가질 수 있다.

[0103] 또한, 상기 투명태양전지(1)는 상기 비교예보다 200 내지 700% 높은 광발전효율을 가진다.

[0105] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)의 에너지 밴드 구조에 대한 사항을 도시한다.

[0106] 도 14에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는 상기 n형금속산화물층(300) 및 상기 p형금속산화물층(400)은 p/n 이종 접합을 형성하고, 상기 버퍼금속산화물층(230)은 상기 n형금속산화물층(300)과 전기적으로 연결될 수 있다. 이때 상기 n형금속산화물층(300)은 ZnO를 포함하고, 상기 p형금속산화물층(400)은 NiO를 포함한다.

[0108] 또한 상기 투명태양전지(1)는 상기 버퍼금속산화물과 n형금속산화물층(300)이 전기적으로 연결됨으로써 향상된 광전 특성을 가질 수 있다. 보다 상세하게는 상기 투명태양전지(1)는, AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층(230) 및 ZnO를 포함하는 n형금속산화물의 계면에서 추가적인 에너지 밴드 밴딩을 포함하고, 이로 인해 소자 내의 광생성 전자-정공쌍의 분리가 촉진되어 향상된 광전 특성을 가질 수 있다.

[0110] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)는, AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층(230)을 포함하

고 있어, 버퍼금속산화물층(230) 및 n형금속산화물 계면에 에너지 밴드 벤딩을 유발하여 우수한 광전류밀도값, 향상된 충진율, 높은 광발전효율을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

[0112] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지(1)의 제조방법에 대해 상세히 서술한다.

[0114] 본 발명의 일 실시예에 따른 무기물 기반 투명태양전지(1)의 제조방법으로서, 기판층(100)을 배치하는 단계; 상기 기판층(100) 위에 AZO/Ag/Cu 층상구조를 포함하는 제1투명전극층(200)을 배치하는 단계; 상기 제1투명전극층(200) 위에 n형금속산화물층(300)을 배치하는 단계; 상기 n형금속산화물층(300) 위에 p형금속산화물층(400)을 배치하는 단계; 상기 p형금속산화물층(400) 위에 제2투명전극층(500)을 배치하는 단계를 포함하고, 상기 제1투명전극층(200)은 플렉서블전도체층에 해당하는, 무기물 기반 투명태양전지(1)의 제조방법을 포함할 수 있다.

[0116] 상기 제1투명전극층(200)을 배치하는 단계는, Cu를 포함하는 제1금속층(210)을 배치하는 단계; 상기 제1금속층(210) 위에 Ag를 포함하는 제2금속층(220)을 배치하는 단계; 상기 제2금속층(220) 위에 AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층(230)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.

[0118] 상기 제1금속층(210)을 배치하는 단계는, 1 내지 100W의 DC 파워, 1 내지 100sccm의 Ar유량, 1 내지 50mTorr의 압력 하에서 스퍼터링공정을 수행함으로써 상기 제1금속층(210)을 형성할 수 있다.

[0120] 상기 제2금속층(220)을 배치하는 단계는, 1 내지 100W의 DC 파워, 1 내지 100sccm의 Ar유량 1 내지 50mTorr의 압력 하에서 스퍼터링공정을 수행함으로써 상기 제1금속층(210)을 형성할 수 있다. 이때 상기 제2금속층(220)은 1 내지 50nm의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

[0122] 상기 버퍼금속산화물층(230)을 배치하는 단계는, 1 내지 500W의 DC 파워, 1 내지 100sccm의 Ar유량, 1 내지 100mTorr의 압력 하에서 스퍼터링공정을 수행함으로써 상기 버퍼금속산화물층(230)을 형성할 수 있다. 이때 상기 버퍼금속산화물층(230)은 1 내지 100nm의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

[0124] 상기 제2투명전극층(500)을 배치하는 단계는, 스펀코팅을 수행함으로써 상기 제2투명전극층(500)을 형성할 수 있다. 이때 상기 제2투명전극층(500)은 AgNW를 포함하는 것이 바람직하다.

[0126] 즉 본 발명은 상기와 같은 단계를 통해 무기물 기반 투명태양전지(1)를 제조할 수 있고, 상기 투명태양전지(1)는 PET/Cu/Ag/AZO/ZnO/NiO/AgNW의 층상구조를 통해 우수한 성능을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0128] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 AZO/Ag/Cu 층상구조로 이루어지는 제1투명전극층에 의하여 높은 광전류밀도값, 광전압, 광발전효율, 및 충진율을 가지고, 광학적으로 투명한 투명태양전지를 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0129] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 제1투명전극층에 제2금속층의 시드층으로서, Cu를 포함하는 제1금속층을 포함하고 있어 발생하는 제1금속층 및 제2금속층의 강한 계면 결합 및 제2금속층의 퍼콜레이션임계값 감소로 인해 우수한 표면특성, 낮은 표면저항, 얇은 두께, 높은 광학적 투명성, 및 낮은 반사율을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

[0130] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 얇은 두께의 버퍼금속산화물층을 포함하고 있어, 전체적으로 유연성을 가지고, 가시광선 영역에서 우수한 투과율을 통해 전체적으로 투명한 효과를 발휘할 수 있다.

[0131] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 PET/Cu/Ag/AZO/ZnO/NiO/AgNW의 층상구조를 통해 자외선을 선택

적으로 수확하여 전력을 생산하고, 가시광선-극적외선영역에서 높은 투과율값을 가지고 광학적으로 우수한 투명도를 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

[0132] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지는 AZO를 포함하는 버퍼금속산화물층을 포함하고 있어, 버퍼금속산화물층 및 n형금속산화물 계면에 에너지 밴드 벤딩을 유발하여 우수한 광전류밀도값, 향상된 충진율, 높은 광발전효율을 가지는 효과를 발휘할 수 있다.

[0134] 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

[0136] 1: 투명태양전지

100: 기판층 200: 제1투명전극층

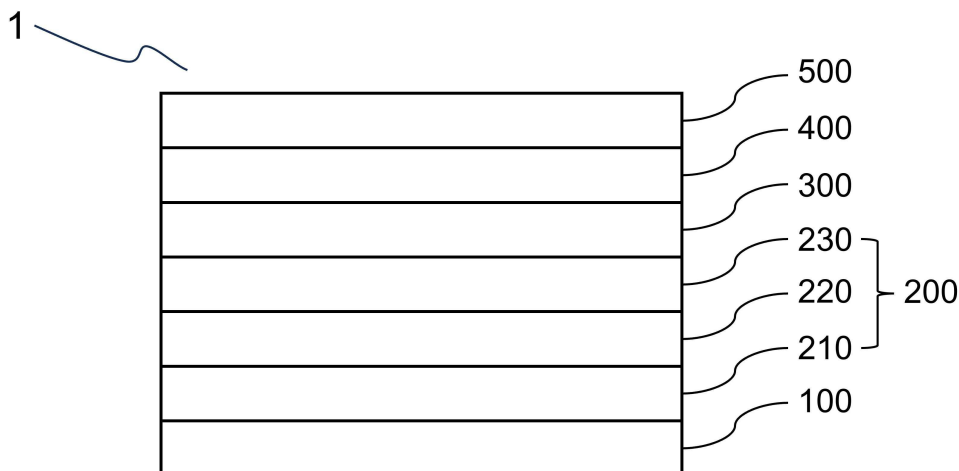
210: 제1금속층 220: 제2금속층

230: 버퍼금속산화물층 300: n형금속산화물층

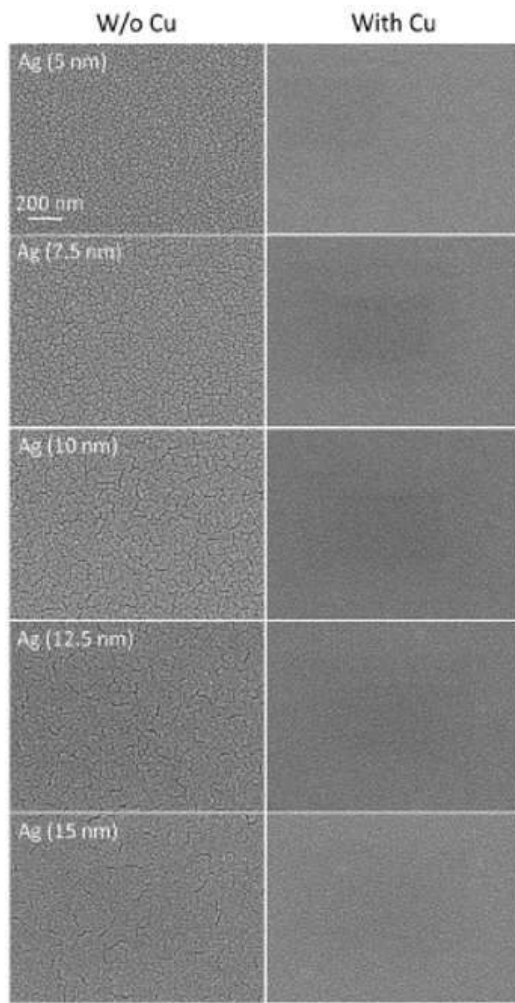
400: p형금속산화물층 500: 제2투명전극층

도면

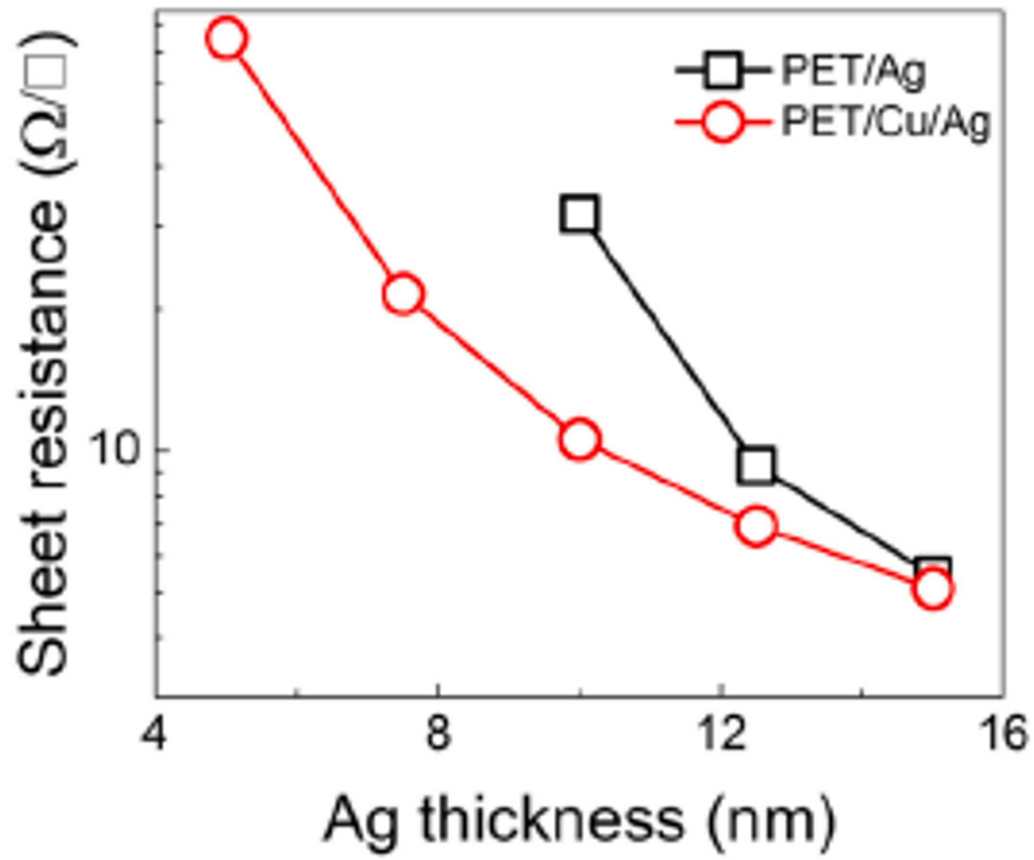
도면1



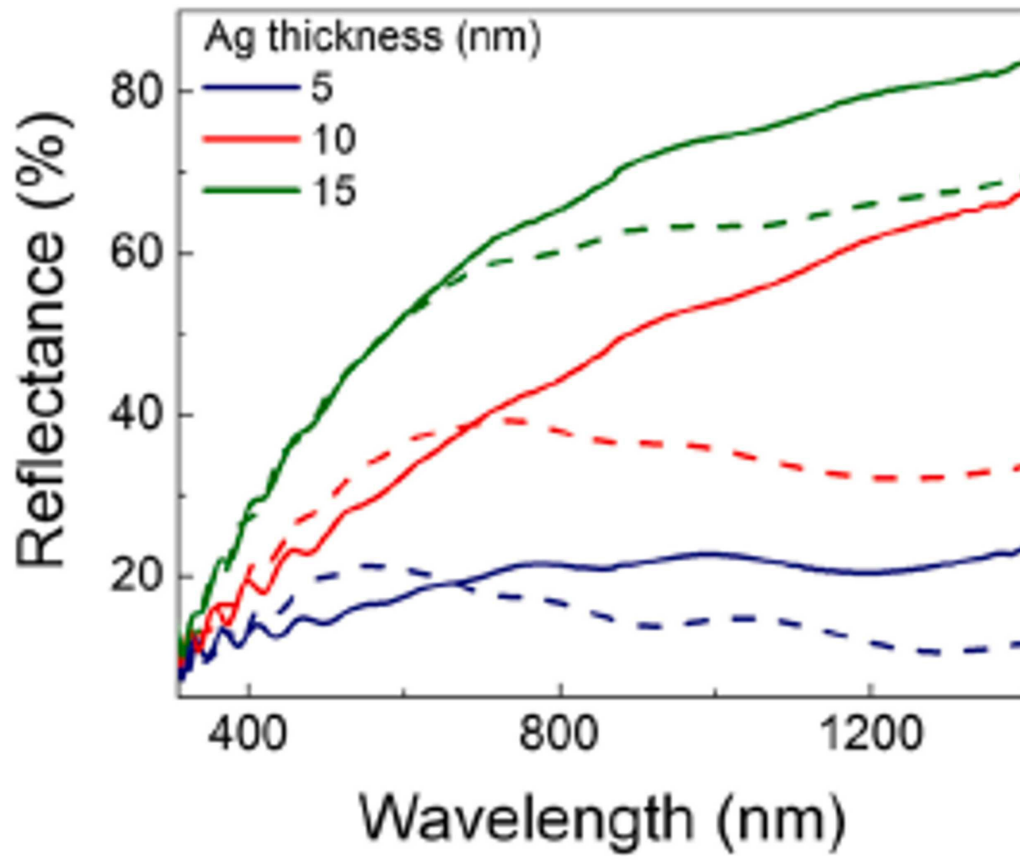
도면2



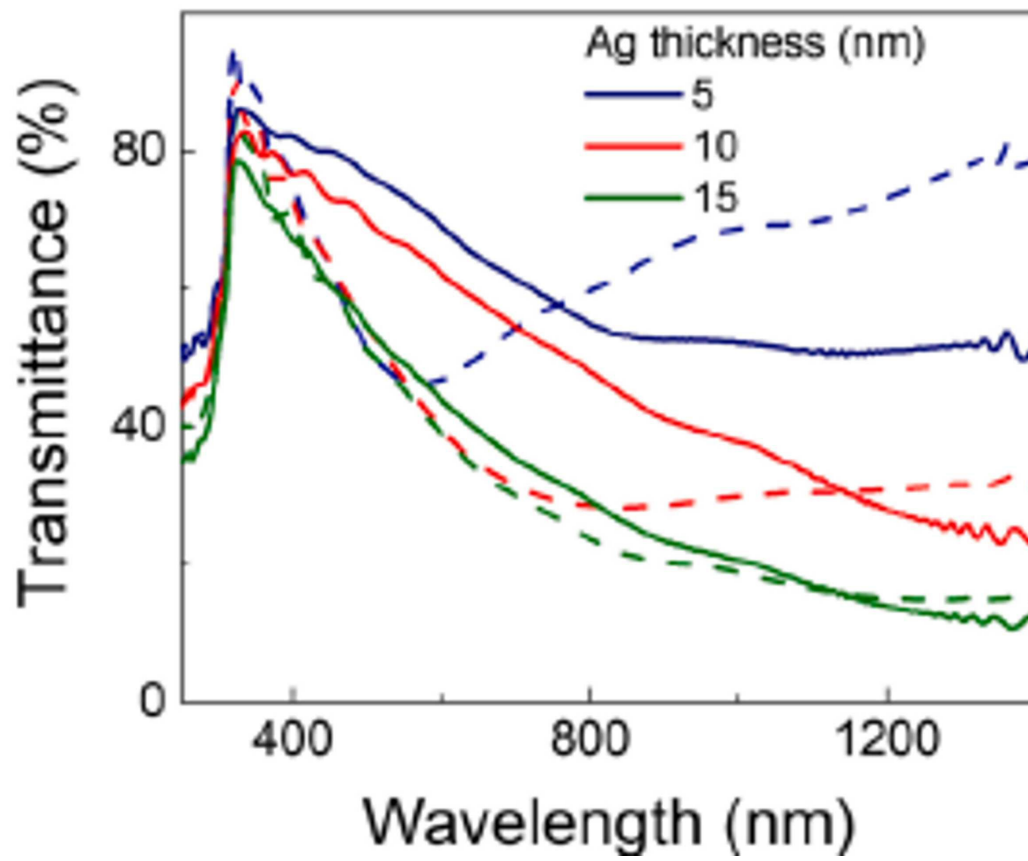
도면3



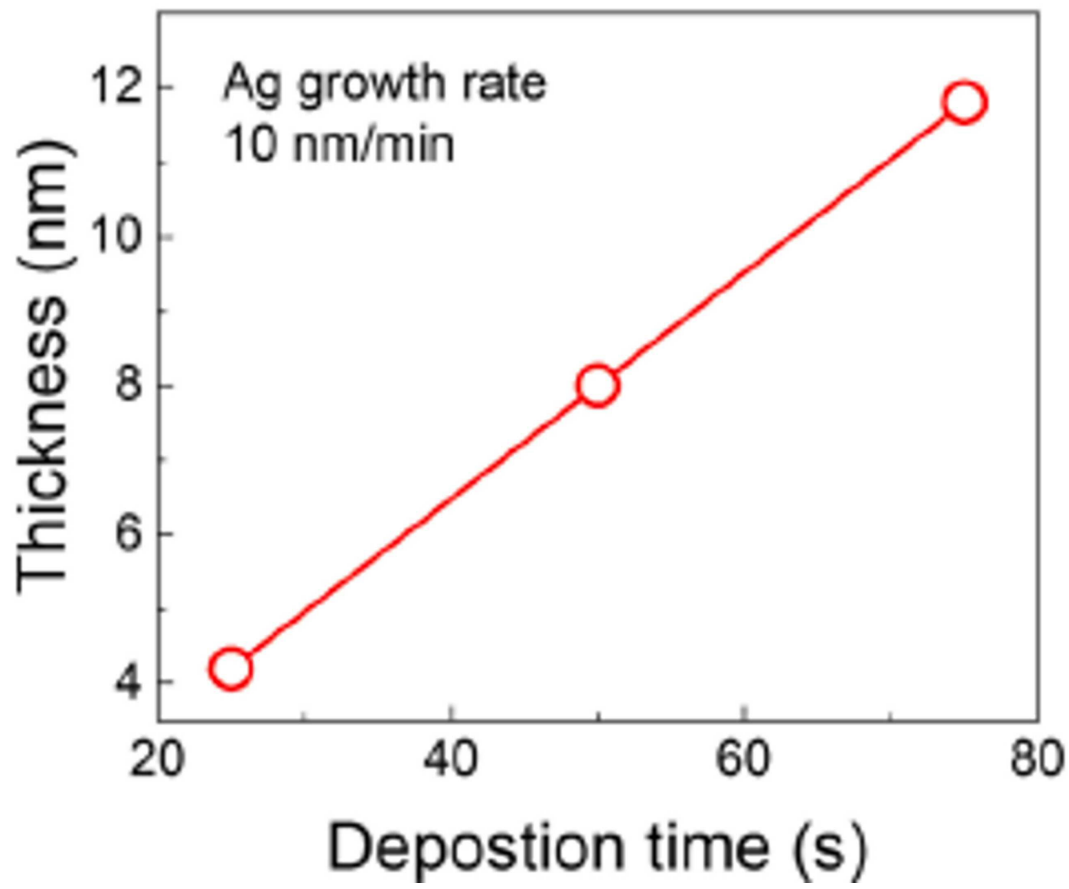
도면4



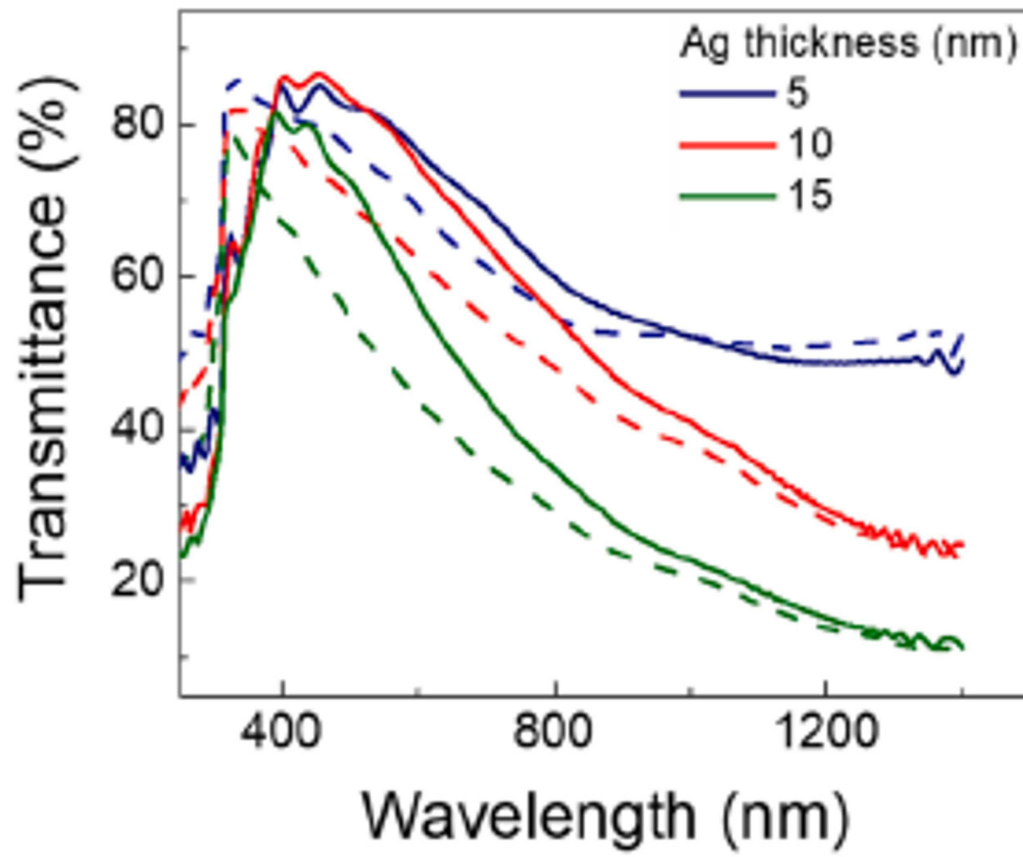
도면5



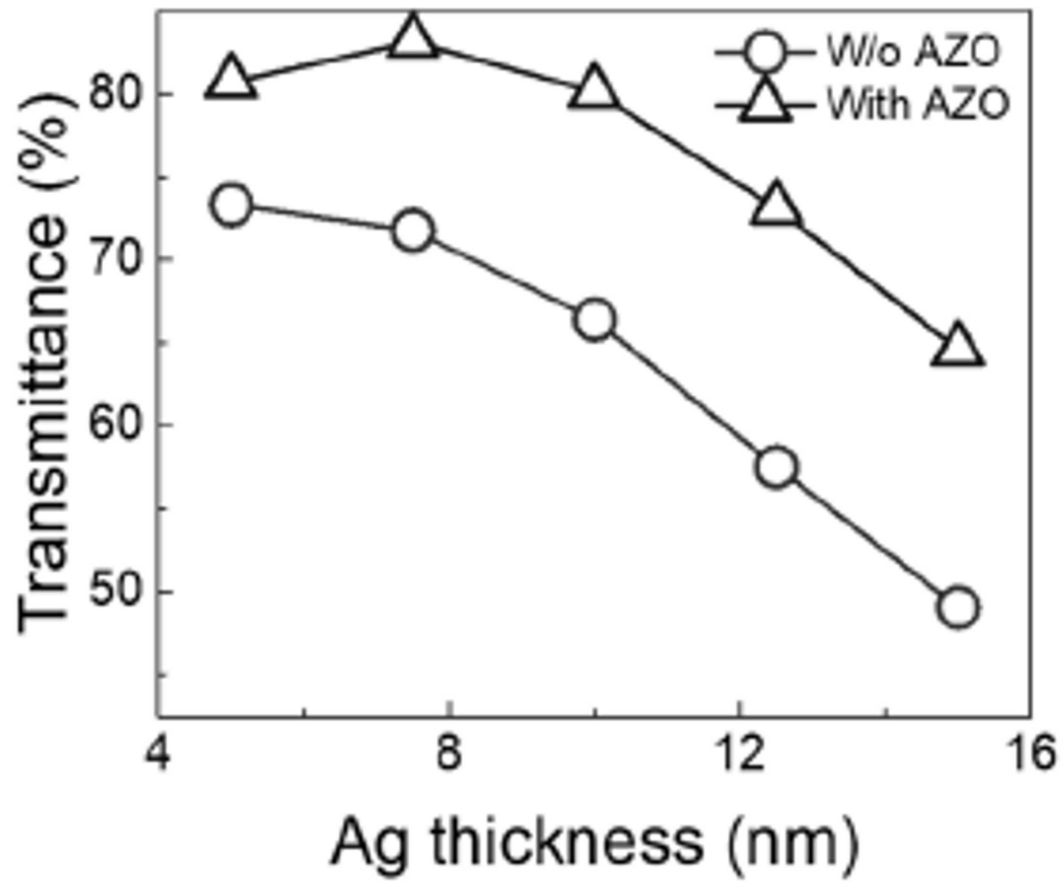
도면6



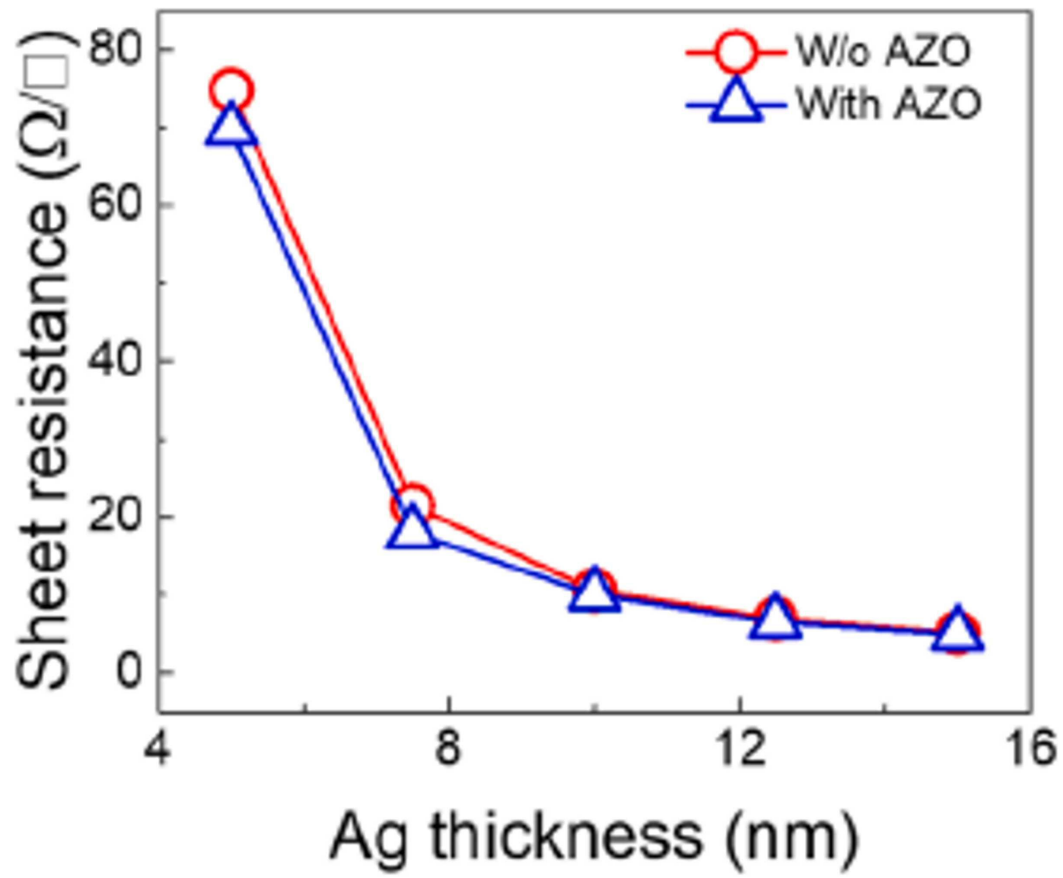
도면7



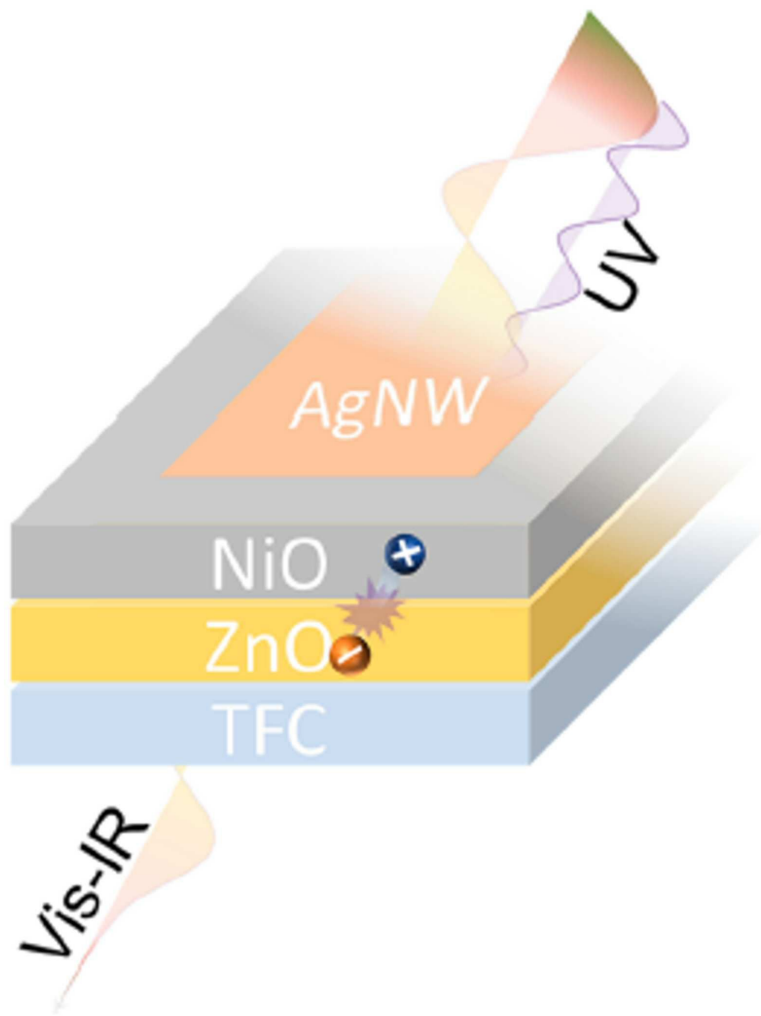
도면8



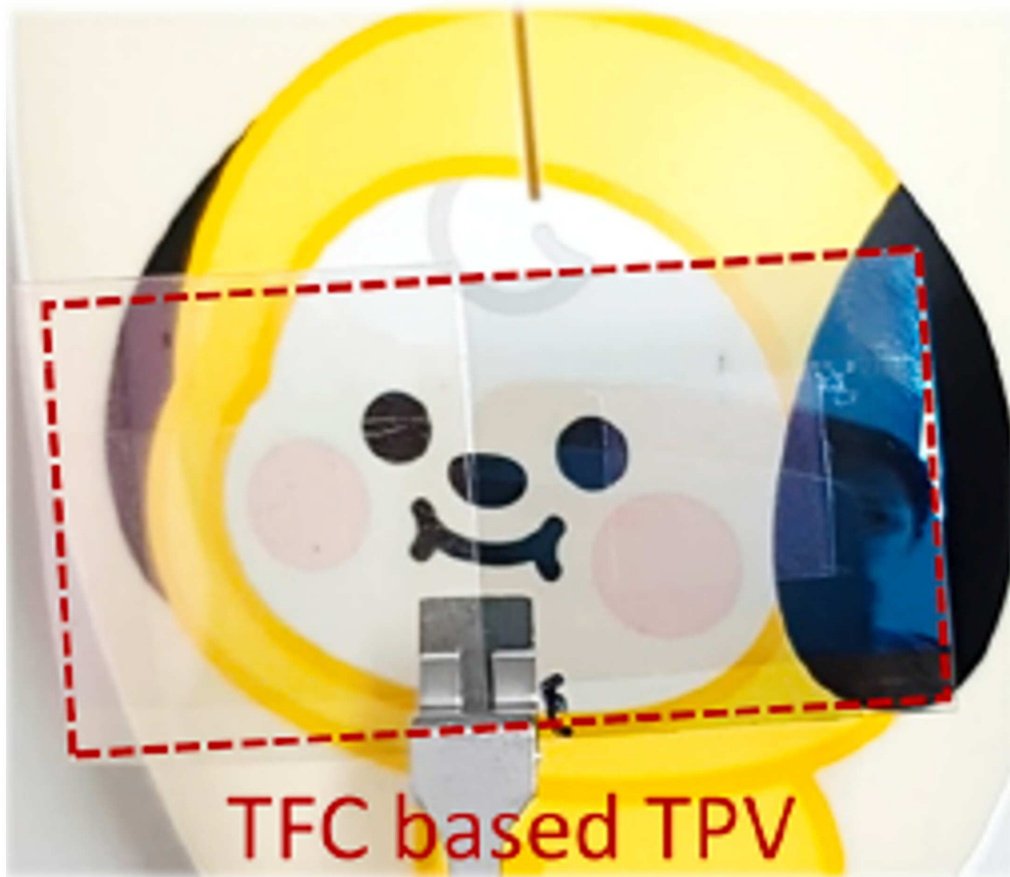
도면9



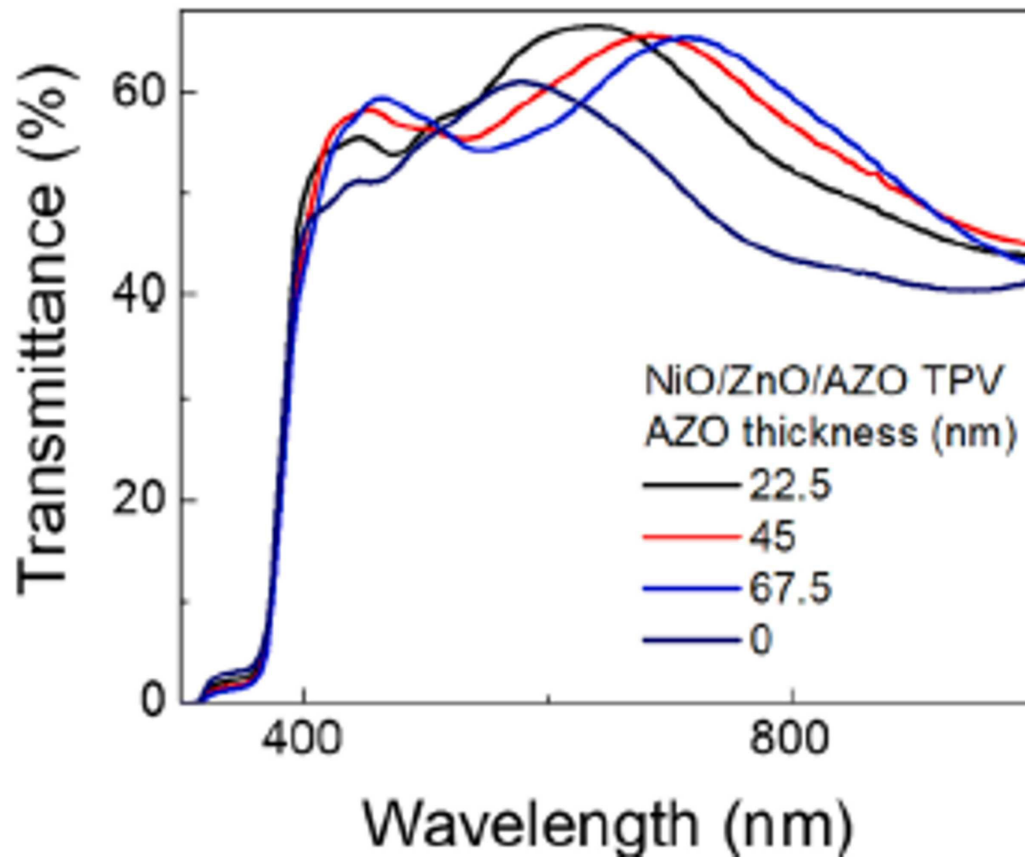
도면10



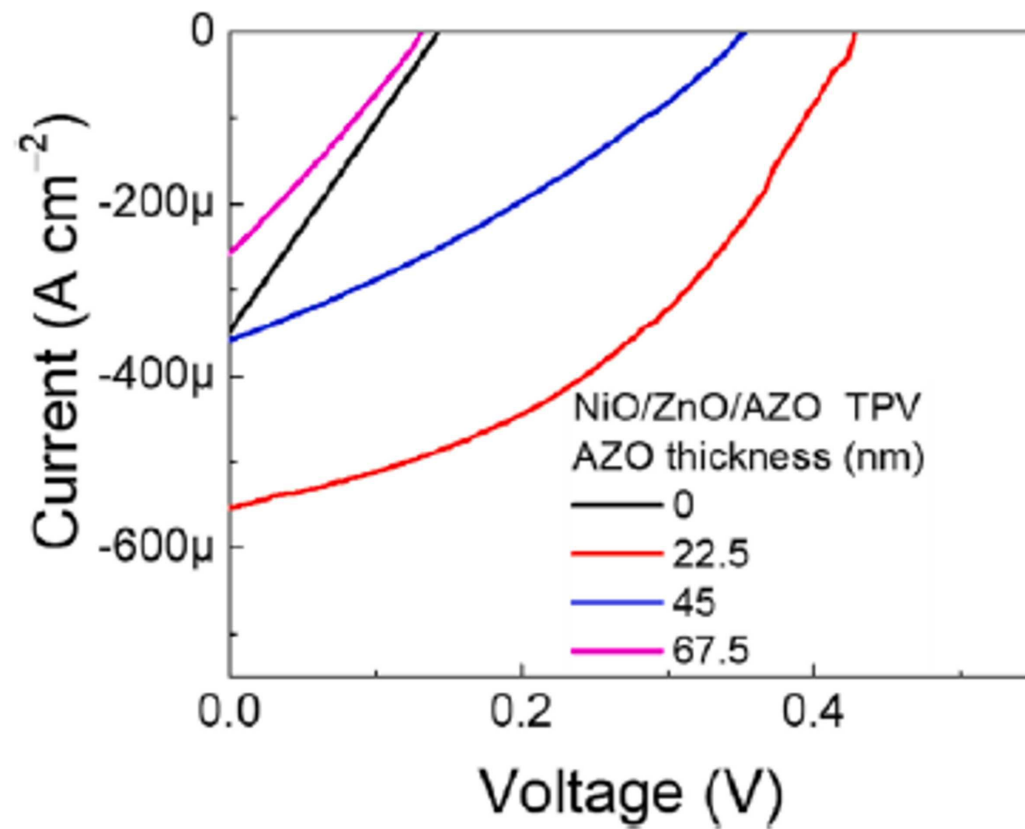
도면11



도면12



도면13



도면14

