

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2025-0040153
(43) 공개일자 2025년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02S 40/44 (2025.01) H02S 20/22 (2014.01)

H10F 10/17 (2025.01) H10F 77/20 (2025.01)

(52) CPC특허분류

H02S 40/44 (2025.01)

H02S 20/22 (2015.01)

(21) 출원번호 10-2023-0122815

(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

말케시쿠마 파텔

인천광역시 연수구 송도국제대로 261 송도더샵센트럴시티 202동 502호

(74) 대리인

강정빈, 심찬

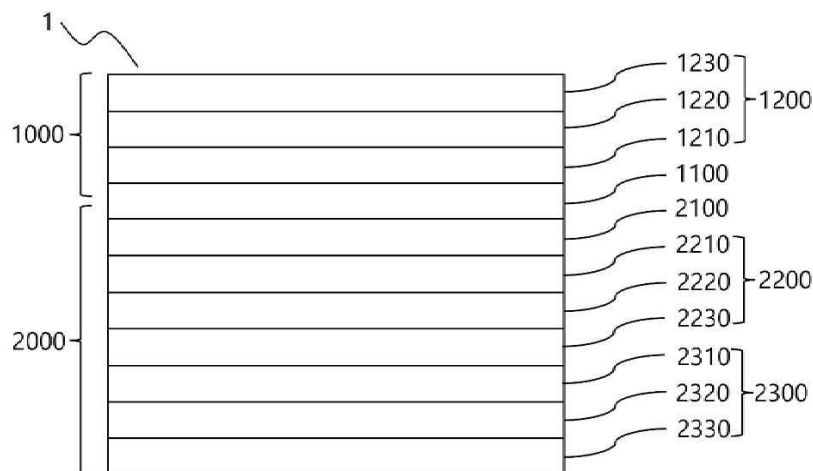
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 전계유도투명전극을 적용한 창호형 태양발전 시스템

(57) 요약

본 발명은 전계유도투명전극을 적용한 창호형 태양발전 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 전계유도투명전극층을 포함하고 있어, 우수한 전력당 발열효율을 가지는 투명히터부 및 우수한 광전 특성을 가지는 태양전지부를 구현하고, 전체적으로 뛰어난 투명도, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도값, 높은 충진율 및 기후 저항성을 가진 창호형 태양발전 시스템을 제공하는, 전계유도투명전극을 적용한 창호형 태양발전 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10F 10/17 (2025.01)

H10F 77/211 (2025.01)

H10F 77/244 (2025.01)

Y02E 10/50 (2020.08)

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	1/3
과제수행기관명	인천대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2023.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345354253
과제번호	2022R1I1A1A01054397
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	창의도전연구기반지원사업
연구과제명	투명 태양전지 기반의 바이오일렉트로닉스 및 뉴로모픽 플랫폼
기 여 율	1/3
과제수행기관명	인천대학교
연구기간	2022.06.01 ~ 2025.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415187963
과제번호	20026183
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	지식서비스산업기술개발
연구과제명	지속 가능한 도심형 투명 에너지 생산 시스템
기 여 율	1/3
과제수행기관명	인천대학교
연구기간	2023.06.01 ~ 2024.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

창호형 태양발전 시스템으로서,
투명히터부; 및
상기 투명히터부와 전기적으로 연결되는 태양전지부;를 포함하고,
상기 태양전지부는 상기 투명히터부측으로 전력을 인가하고,
상기 투명히터부는 상기 태양전지부로부터 인가된 전력을 통해 열을 발생시키는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 투명히터부는,
양면기판층; 및
상기 양면기판층 위에 배치되는 제1전계유도투명전극층;을 포함하고,
1 내지 10V의 전압 하에서, 50 내지 100℃의 온도를 나타낼 수 있는 열을 발생시키고,
상기 창호형 태양발전 시스템의 상측에 배치됨으로써, 상기 창호형 태양발전 시스템 표면에 제빙효과를 발생시키는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
상기 제1전계유도투명전극층은,
AZO를 포함하는 제1금속산화물층;
상기 제1금속산화물층 위에 배치되고 AgNW를 포함하는 제1금속와이어층; 및
상기 제1금속와이어층 위에 배치되고 ZnO를 포함하는 제2금속산화물층;을 포함하는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
상기 태양전지부는,
양면기판층;
상기 양면기판층 아래에 배치되는 기판전극층;
상기 기판전극층 아래에 배치되는 복합실리콘층; 및
상기 복합실리콘층 아래에 배치되는 제2전계유도투명전극층;을 포함하고,
상기 복합실리콘층은 p-i-n 접합을 포함하고,
상기 복합실리콘층이 p-i-n 접합을 포함함으로써 광전특성을 나타내는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제2전계유도투명전극층은,

AZO를 포함하는 제3금속산화물층;

상기 제3금속산화물층 아래에 배치되고 AgNW를 포함하는 제2금속와이어층; 및

상기 제2금속와이어층 아래에 배치되고 ZnO를 포함하는 제4금속산화물층;을 포함하는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 복합실리콘층은,

p-Si를 포함하는 제1실리콘층;

상기 제1실리콘층 아래에 배치되고 i-Si를 포함하는 제2실리콘층; 및

상기 제2실리콘층 아래에 배치되고 n-Si를 포함하는 제3실리콘층;을 포함하고,

상기 제1실리콘층, 제2실리콘층, 및 제3실리콘층은 p-i-n 접합을 형성하는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 7

청구항 2, 및 4에 있어서,

상기 제1전계유도투명전극층은,

상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 500mA의 전류를 가지고,

상기 제2전계유도투명전극층은,

상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 500mA의 전류를 가지는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 태양전지부는,

280 내지 4000nm의 파장범위 및 1 내지 500mW/cm²의 광강도를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서, 1 내지 50mA/cm²의 광전류밀도값, 1 내지 2000mV의 광전압, 10 내지 90%의 충전율, 및 1 내지 10%의 전력변환효율을 가지는, 창호형 태양발전 시스템.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 창호형 태양발전 시스템은,

380 내지 780nm의 파장범위에서 30 내지 99%의 투과율을 가지는, 창호형 태양발전 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 전계유도투명전극을 적용한 창호형 태양발전 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 전계유도투명전극층을 포함하고 있어, 우수한 전력당 발열효율을 가지는 투명히터부 및 우수한 광전 특성을 가지는 태양전지부를 구현하고, 전체적으로 뛰어난 투명도, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도값, 높은 충전율 및 기후 저항성을 가진 창호형 태양발전 시스템을 제공하는, 전계유도투명전극을 적용한 창호형 태양발전 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 태양전지 분야 발전으로 인해, 일상 생활에 사용되는 각종 장치에 투명 태양전지가 적용되는 사례가 증가하면서, 일상 생활이 변화하고 있다. 이러한 발전을 가능하게 한 것은 우수한 투명전극의 개발에서 기인하며, 이러한 투명 태양전지에서 중요하게 사용되고 있는 투명전극은 태양전지 분야만이 아니라 정전기 방지 코팅, 터치 디스플레이, 평판 디스플레이, 히터, 제상기, 광학 코팅 등 하이테크 및 로우테크 전 분야에서 사용된다.

[0004] 이때 투명전극의 재료로서, 전도성 산화물, 금속 나노와이어(NW), 탄소 나노튜브, 그래핀, 유기 하이브리드, 산화물 등이 안정적인 투명성, 전자 전도성 및 제조 시 확장성으로 인해 선호된다. 이에 대한 요약 정보를 표 1에 표시한다.

표 1

Energy window prototypes	Components	Transparent	Feature	Remarks	비고
Dynamic photovoltaic building envelop	PV panel, pneumatic control module, 2-axis soft actuator.	Partially transparent	Increase 50% electricity gains	Complex and dynamic operation. No thermal control.	
Radiative cooling and solar heating	PI film, Cu-Cu/Zn for heating function, Ag/PDMS for cooling function	No	Thermal control for low and cold climate	Complex and dynamic operation.	
Droplet-based electric window	Glass, ITO, AgNW, PTFE, Pt, Electronic circuit	No	Power generation with high voltage	Rain is needed. power output depends on raindrop velocity. No thermal control.	
Triboelectric nanogenerator-based electric window	Silicon rubber ball, Cu electrode, PLA matrix, TENG-structure, electronic circuit	No	Power generation with high voltage and density	Mechanical energy needed as input energy. No thermal control.	
Luminescent solar concentrator solar window	Carbon dots, Ag particle, Ag/SiO ₂ core-shell particle, mirror, high-performance PV cell array	Yes	Onsite power with color control.	Complex assembly, bulky module. No thermal control.	
Selective Solar Harvesting Windows	Transparent photovoltaic, ventilation, PV cells, transparent solar absorber, E-glass frame	Yes	Electricity and thermal control with ventilation	Complex system, ventilation for thermal control, heavy structure.	
Active energy window	AgNW, ZnO, AZO, AgNW, a-Si, glass, Cu wire	Yes	UV blocking, Onsite power, Thermal-visual comfort, Deicing	Easy-function, available as building materials, power density 3mW/cm ²	본 발명

[0005]

[0006] 한편, 투명 태양전지는 창문 등의 형태로 건물 인프라에 통합되어 건물 통합형 태양발전 시스템으로서 에너지 문제와 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 방안 중 하나로서 주목받고 있다. 종래에 공지된 바에 의하면 상기 건물 통합형 태양발전 시스템으로서, 페로브스카이트-MAPbI₃-xCl_x, 구리 인듐 갈륨 셀레나이드 등의 소재를 적용한 몇 실시예가 있으나, 소재의 환경 오염 가능성 및 낮은 투명성이라는 한계를 가진다. 따라서, 이를 보완한 투명 태양전지의 개발이 필요한 실정이다.

[0007] 또한, 건물 통합형 태양발전 시스템은 기후에 대한 저항성도 요구된다. 태양광 발전 장치에 있어서 장치 표면에 쌓이는 눈에 의한 표면 투명성 감소는 치명적이다. 눈이 쌓임으로써 장치 표면의 투명성이 떨어지면, 장치 내부 광전 소자까지 도달하는 광강도가 크게 감소하여 장치의 발전효율이 떨어진다. 즉 이를 보완하여 기후 저항성을 가진 건물 통합형 태양발전 시스템의 개발이 시급한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 전계유도투명전극층을 포함하고 있어, 우수한 전력당 발열효율을 가지는 투명히터부 및 우수한 광전 특성을 가지는 태양전지부를 구현하고, 전체적으로 뛰어난 투명도, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도값, 높은 충진율 및 기후 저항성을 가진 창호형 태양발전 시스템을 제공하는, 전계유도투명전극을 적용한 창호형 태양발전 시스템을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에서는, 창호형 태양발전 시스템으로서, 투명히터부; 및 상기 투명히터부와 전기적으로 연결되는 태양전지부;를 포함하고, 상기 태양전지부는 상기 투명히터부측으로 전력을 인가하고, 상기 투명히터부는 상기 태양전지부로부터 인가된 전력을 통해 열을 발생시키는 창호형 태양발전 시스템을 제공한다.

[0012] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 투명히터부는, 양면기판층; 및 상기 양면기판층 위에 배치되는 제1전계유도투명전극층;을 포함하고, 1 내지 10V의 전압 하에서, 50 내지 100℃의 온도를 나타낼 수 있는 열을 발생시키고, 상기 창호형 태양발전 시스템의 상측에 배치됨으로써, 상기 창호형 태양발전 시스템 표면에 제빙효과를 발생시킬 수 있다.

[0013] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 제1전계유도투명전극층은, AZO를 포함하는 제1금속산화물층; 상기 제1금속산화물층 위에 배치되고 AgNW를 포함하는 제1금속와이어층; 및 상기 제1금속와이어층 위에 배치되고 ZnO를 포함하는 제2금속산화물층;을 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 태양전지부는, 양면기판층; 상기 양면기판층 아래에 배치되는 기판전극층; 상기 기판전극층 아래에 배치되는 복합실리콘층; 및 상기 복합실리콘층 아래에 배치되는 제2전계유도투명전극층;을 포함하고, 상기 복합실리콘층은 p-i-n 접합을 포함하고, 상기 복합실리콘층이 p-i-n 접합을 포함함으로써 광전특성을 나타낼 수 있다.

[0015] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 제2전계유도투명전극층은, AZO를 포함하는 제3금속산화물층; 상기 제3금속산화물층 아래에 배치되고 AgNW를 포함하는 제2금속와이어층; 및 상기 제2금속와이어층 아래에 배치되고 ZnO를 포함하는 제4금속산화물층;을 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 복합실리콘층은, p-Si를 포함하는 제1실리콘층; 상기 제1실리콘층 아래에 배치되고 i-Si를 포함하는 제2실리콘층; 및 상기 제2실리콘층 아래에 배치되고 n-Si를 포함하는 제3실리콘층;을 포함하고, 상기 제1실리콘층, 제2실리콘층, 및 제3실리콘층은 p-i-n 접합을 형성할 수 있다.

[0017] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 제1전계유도투명전극층은, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 500mA의 전류를 가지고, 상기 제2전계유도투명전극층은, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 500mA의 전류를 가질 수 있다.

[0018] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 태양전지부는, 280 내지 4000nm의 파장범위 및 1 내지 500mW/cm²의 광강도를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서, 1 내지 50mA/cm²의 광전류밀도값, 1 내지 2000mV의 광전압, 10 내지 90%의 충진율, 및 1 내지 10%의 전력변환효율을 가질 수 있다.

[0019] 본 발명의 몇 실시예에서는, 상기 창호형 태양발전 시스템은, 380 내지 780nm의 파장범위에서 30 내지 99%의 투과율을 가질 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전계유도투명전극층을 포함하고 있어, 우수한 전력당 발열효율을 가지는 투명히터부 및 우수한 광전 특성을 가지는 태양전지부를 구현하고, 전체적으로 뛰어난 투명도, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도값, 높은 충진율 및 기후 저항성을 가진 창호형 태양발전 시스템을 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1전계유도투명전극층 및 제2전계유도투명전극층은, AZO/AgNW/ZnO의 층상구조를 포함함으로써 유발되는 전계유도 효과로 인해 향상된 전기적 특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 태양전지부는, 제2전계유도투명전극층에 의해 향상된 안정성을 나타냄으로써, 투명히터부와 결합되고, 고온 환경 하에서도 일정한 광전특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은, 상측에 투명히터부를 포함하고 있어, 능동적으로 표면의 쌓이는 눈을 제거함으로써, 장치의 투명도를 일정하게 유지하여, 기후 저항성을 가지고 강설 상황에도 발전 성능을 유지하는 창호형 태양발전 시스템을 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은, p-i-n 접합을 통해, 안정적인 광전 특성을 나타내는 태양발전 시스템을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은, 우수한 열 안정성을 가진 복합실리콘층을 포함하고 있어, 다양한 온도 조건에서 안정적인 광전 특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은 자외선 영역에서 우수한 흡광도를 나타냄으로써, 자외선 차단재를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템의 개략적인 구조에 대한 사향을 도시한다.
- 도 2 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도투명전극층 및 제2전계유도투명전극층에 대한 사향을 도시한다.
- 도 6 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도투명전극층 및 제2전계유도투명전극층의 구조 분석에 대한 사향을 도시한다.
- 도 11 내지 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지부의 특성 분석에 대한 사향을 도시한다.
- 도 16 내지 도 21은 본발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템 및 투명히터부의 기후 저항성에 사향을 도시한다.
- 도 22 내지 도 24는 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템의 온도 및 조도 조건에 따른 동작에 대한 사향을 도시한다.
- 도 25 내지 도 29는 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템의 광학적 특성에 대한 사향을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 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.
- [0031] 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.
- [0032] 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.
- [0033] 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.
- [0034] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구

성요소들은 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/또는이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0035] 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.

[0037] 이하에서는 도면을 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)에 대해 상세히 설명한다.

[0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)의 개략적인 구조에 대한 사황을 도시한다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)은, 투명히터부(1000); 및 상기 투명히터부(1000)와 전기적으로 연결되는 태양전지부(2000);를 포함하고, 상기 태양전지부(2000)는 상기 투명히터부(1000)측으로 전력을 인가하고, 상기 투명히터부(1000)는 상기 태양전지부(2000)로부터 인가된 전력을 통해 열을 발생시킬 수 있다.

[0043] 상기 투명히터부(1000)는 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 표면 제빙을 수행하는 구성으로서, 양면기관층(1100); 및 상기 양면기관층(1100) 위에 배치되는 제1전계유도투명전극층(1200);을 포함하고, 1 내지 10V의 전압 하에서, 50 내지 100℃의 온도를 나타낼 수 있는 열을 발생시키고, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 상측에 배치됨으로써, 상기 창호형 태양발전 시스템(1) 표면에 제빙효과를 발생시킬 수 있다.

[0044] 상기 양면기관층(1100)은 상기 창호형 태양발전 시스템의 기관에 해당하는 구성으로서, 상측 및 하측으로 복수의 박막층이 중첩될 수 있다. 바람직하게는, 상기 양면기관층(1100)은 유리를 포함한다.

[0045] 상기 제1전계유도투명전극층(1200)은 상기 투명히터부(1000)에 발열을 일으키는 구성으로서, AZO를 포함하는 제1금속산화물층(1210); 상기 제1금속산화물층(1210) 위에 배치되고 AgNW를 포함하는 제1금속와이어층(1220); 및 상기 제1금속와이어층(1220) 위에 배치되고 ZnO를 포함하는 제2금속산화물층(1230);을 포함할 수 있다.

[0047] 상기 태양전지부(2000)는 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 전원부 및 태양발전부에 해당하는 구성으로서, 양면기관층(1100); 상기 양면기관층(1100) 아래에 배치되는 기관전극층(2100); 상기 기관전극층(2100) 아래에 배치되는 복합실리콘층(2200); 및 상기 복합실리콘층(2200) 아래에 배치되는 제2전계유도투명전극층(2300);을 포함하고, 상기 복합실리콘층(2200)은 p-i-n 접합을 포함하고, 상기 복합실리콘층(2200)이 p-i-n 접합을 포함함으로써 광전특성을 나타낼 수 있다.

[0048] 이때, 상기 태양전지부(2000)는, 280 내지 4000nm의 파장범위 및 1 내지 500mW/cm²의 광강도를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서, 1 내지 50mA/cm²의 광전류밀도값, 1 내지 2000mV의 광전압, 10 내지 90%의 충전율, 및 1 내지 10%의 전력변환효율을 가질 수 있다.

[0049] 상기 기관전극층(2100)은, 상기 태양전지부의 전면 전극에 해당하는 구성으로서, 상기 양면기관층(1100)을 전도성을 띠게 한다. 바람직하게는, 상기 기관전극층(2100)은 FTO를 포함한다.

[0050] 상기 복합실리콘층(2200)은 상기 태양전지부(2000)를 광전 특성을 가지게 하는 구성으로서, p-Si를 포함하는 제1실리콘층(2210); 상기 제1실리콘층(2210) 아래에 배치되고 i-Si를 포함하는 제2실리콘층(2220); 및 상기 제2실리콘층(2220) 아래에 배치되고 n-Si를 포함하는 제3실리콘층(2230);을 포함하고, 상기 제1실리콘층(2210), 제2실리콘층(2220), 및 제3실리콘층(2230)은 p-i-n 접합을 형성할 수 있다.

[0051] 상기 제2전계유도투명전극층(2300)은 상기 태양전지부(2000)의 후면전극에 해당하는 구성으로서, AZO를 포함하

는 제3금속산화물층(2310); 상기 제3금속산화물층(2310) 아래에 배치되고 AgNW를 포함하는 제2금속와이어층(2320); 및 상기 제2금속와이어층(2320) 아래에 배치되고 ZnO를 포함하는 제4금속산화물층(2330);을 포함할 수 있다.

[0053] 이상의 구성성분으로 구성되는 상기 상호형 태양발전 시스템(1)은, 380 내지 780nm의 파장범위에서 30 내지 99%의 투과율을 가질 수 있다.

[0054] 또한, 상기 상호형 태양발전 시스템(1)은, 280 내지 4000nm의 파장범위 및 1 내지 $500\text{mW}/\text{cm}^2$ 의 광강도를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서, 1 내지 $50\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 광전류밀도값, 1 내지 2000mV의 광전압, 10 내지 90%의 충전율, 및 1 내지 10%의 전력변환효율을 가질 수 있다.

[0056] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 상호형 태양발전 시스템(1)은, 전계유도투명전극층을 포함하고 있어, 우수한 전력당 발열효율을 가지는 투명히터부(1000) 및 우수한 광전 특성을 가지는 태양전지부(2000)를 구현하고, 전체적으로 뛰어난 투명도, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도값, 높은 충전율 및 기후 저항성을 가진 상호형 태양발전 시스템(1)을 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0058] 도 2 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)에 대한 사항을 도시한다.

[0059] 보다 상세하게는, 도 2 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도전극층, 제2전계유도전극층 및 AZO를 포함하지 않는 비교예에 대한 사항을 도시한다.

[0061] 도 2a에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 코팅 공정을 통해 형성될 수 있다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300) 광범위한 파장범위에서 우수한 투과율을 가진다. 도 2c에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 1 내지 50nm의 두께범위를 가진 ZnO를 포함하는 경우에 1 내지 40 $\Omega/\square$ 의 표면저항을 가지고, 380 내지 780nm의 파장범위에서 70 내지 90%의 평균투과율을 가진다. 도 2d에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 1 내지 10nm의 두께범위를 가진 ZnO를 포함하는 경우에 전도 특성을 가지고, 15nm를 초과하는 두께를 가진 ZnO를 포함하는 경우에 절연 특성을 가진다. 이때, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)의 전기적 특성은 도 3에 도시된 바와 같이 측정하였다.

[0062] 반면 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 비교예는 5 내지 30nm의 두께범위의 ZnO를 포함하는 경우 전도 특성을 보이고, 45nm를 초과하는 두께를 가진 ZnO를 포함하는 경우에 불안정한 절연 특성을 가진다.

[0063] 이는, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)이 포함하고 있는 AZO/AgNW/ZnO 구조에서 AZO-ZnO의 전계유도 효과에 기인한다.

[0065] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은, AZO/AgNW/ZnO의 층상구조를 포함함으로써 유발되는 전계유도 효과로 인해 향상된 전기적 특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0067] 도 6 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)의 구조 분석에 대한 사항을 도시한다.

[0069] 도 6a에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 명확한

AZO/AgNW/ZnO의 구조를 포함하고 있다. 이때 ZnO를 포함하는 상기 제2금속산화물층(1230) 및 제4금속산화물층(2330)은 1 내지 10nm의 두께를 가지는 것을 확인할 수 있다. 도 6b에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)이 포함하고 있는 ZnO/AgNW 구조는 (010), (002), (011), 및 (012)의 hkl지수를 가지고, AgNW는 (111) 평면을 가진다. 도 6c 및 도 6d에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 1 내지 10nm의 두께를 가진 ZnO를 포함하는 경우에 낮은 저항값을 가지고, 우수한 전하이동도를 가진다. 보다 상세하게는 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 5 내지 10nm의 두께를 가진 ZnO를 포함하는 경우 1 내지 100Ω의 저항 및 1 내지 100cm²/Vs의 전하 이동도를 가진다. 이때 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)의 전기적 특성의 측정은 도 7에 도시된 바와 같이 설정하여 측정하였다.

이때, 금속 전극의 표면 전도도는 전위거리와 장벽폭에 따라 변화한다. 이하의 식을 통해 ZnO의 두께에 따른 전자 투과 계수(T)를 산출할 수 있다.

$$T = T_0 \exp(-2\alpha L) \quad (1)$$

$$T_0 = \frac{16(V_0 - E)}{V_0^2} \quad (2)$$

여기서 a 는 유한 양자 우물에서 양자화된 에너지이고, V₀는 전위 에너지 장벽이며, E는 전자의 운동 에너지이다. 또한, 도 6e 및 도 8을 통해 상기 AZO/AgNW/ZnO의 에너지 밴드 구조를 확인할 수 있다. 도 6f에 도시된 바와 같이, 상기 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 ZnO/AZO, AZO/AgNW 및 ZnO/AgNW 계면 모두에서 전계유도 효과가 발생한다.

한편, 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은 급격한 온도 변화 상황에서도 전기적 특성을 유지할 수 있어야 한다.

도 6g, 도 9, 및 도 10은 상기 제1전계유도투명전극층(1200), 제2전계유도투명전극층(2300) 및 AgNW만을 포함하는 투명전극(이하 "비교예")의 온도에 따른 전기적 특성에 대한 사항을 도시한다.

본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도투명전극층(1200)은, 도 6f 및 도 10에 도시된 바와 같이, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 500mA의 전류를 가지고, 본 발명의 일 실시예에 따른 제2전계유도투명전극층(2300)은, 도 6g 및 도 10에 도시된 바와 같이, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 500mA의 전류를 가질 수 있다. 바람직하게는, 상기 제1전계유도투명전극층(1200)은, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 200mA의 전류를 가지고, 상기 제2전계유도투명전극층(2300)은, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 1 내지 200mA의 전류를 가질 수 있다. 더욱 바람직하게는, 상기 제1전계유도투명전극층(1200)은, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 50 내지 75mA의 전류를 가지고, 상기 제2전계유도투명전극층(2300)은, 상온 내지 250℃의 온도범위에서, 50 내지 75mA의 전류를 가질 수 있다.

반면, 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 비교예는 고온 환경에서 형태에 변화가 발생하여 전기적 특성을 유지하지 못한다.

즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 제1전계유도투명전극층(1200) 및 제2전계유도투명전극층(2300)은, AZO/AgNW/ZnO의 층상구조를 통해 고온 환경에서도 안정적인 전기적 특성을 유지하는 투명전극을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

도 11 내지 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지부(2000)의 특성 분석에 대한 사항을 도시한다.

도 11a 내지 도 11c에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 제2전계유도투명전극층(2300) 및 복합실리콘층(2200)을 포함하는 층상구조를 포함하고, Zn, O, Ag, 및 Al을 구성원소로서 포함할 수 있다.

도 11d 내지 도 11f는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지부(2000)의 광전 특성에 대한 사항을 도시한다. 보

다 상세하게는, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지부(2000) 및 AZO 또는 ZnO를 포함하지 않는 비교예의 광전 특성에 대한 사항을 도시한다.

[0087] 도 11d에 도시된 바와 같이, 상기 태양전지부(2000)는 상기 비교예보다 우수한 광전 특성을 나타내며, 표 2를 통해 상세히 표시하였다.

표 2

Parameters	AgNW	ZnO/AgNW/ZnO	AZO/AgNW/ZnO
V_{OC} (mV)	797.34	804.89	890.2
J_{SC} (mA cm ⁻²)	2.89	2.847	6.21
FF (%)	52.3	53.47	55.56
Efficiency	1.21	1.23	3.07
R_s (Ω cm ⁻²)	25.9	22.7	18.2
R_{SH} (Ω cm ⁻²)	245.1	365.5	800.9
AVT (%)	40.2	43.5	43.2
LUE (%)	0.484	0.533	1.33

[0089]

[0090] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지부(2000)는, 표 2에 표시된 바와 같이, 280 내지 4000nm의 파장범위 및 1 내지 500mW/cm²의 광강도를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서, 1 내지 50mA/cm²의 광전류밀도값, 1 내지 2000mV의 광전압, 10 내지 90%의 충전율, 및 1 내지 10%의 전력변환효율을 가질 수 있다. 바람직하게는 상기 태양전지부(2000)는, 280 내지 4000nm의 파장범위 및 1 내지 500mW/cm²의 광강도를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서, 1 내지 10mA/cm²의 광전류밀도값, 1 내지 1000mV의 광전압, 30 내지 90%의 충전율, 및 1 내지 5%의 전력변환효율을 가지고, 더욱 바람직하게는 상기 태양전지부(2000)는, 6.21mA/cm²의 광전류밀도값, 890.2mV의 광전압, 55.56%의 충전율, 및 3.07%의 전력변환효율을 가질 수 있다.

[0091] 또한, 상기 투명 태양전지부(2000)는 380 내지 780nm의 파장범위에서 30 내지 50%의 투과율을 가지고, 1 내지 5%의 우수한 광이용효율(LUE)을 가진다. 반면, 상기 비교예는 280 내지 4000nm의 파장범위 및 1 내지 500mW/cm²의 광강도를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서 낮은 광전압, 낮은 광전류밀도값, 낮은 충전율, 및 낮은 LUE를 나타낸다.

[0092] 또한, 도 12에 도시된 바와 같이 상기 태양전지부(2000)는 1 내지 1.1의 양면비를 가지고, 양방향에서 입사되는 조명에 대해 서로 상응하는 광전 특성을 나타낼 수 있다.

[0093] 도 11e 및 도 13에 도시된 바와 같이, 상기 태양전지부(2000)는 300 내지 600nm의 파장범위에서 20 내지 60%의 외부 양자효율을 가지고, 280 내지 1400nm의 파장범위에서 1 내지 10mA/cm²의 통합광전류밀도값은 가진다. 이때 통합광전류밀도값은 이하의 식을 통해 산출한다.

[0094]

$$Integrated J_{SC} = q \times \int_{280 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} (EQE(\lambda) \times AM1.5G(\lambda)) d\lambda \quad (3)$$

[0095] 여기서 q와 l 는 각각 단위 전하와 파장이다. 이를 통해 산출한 통합전류밀도값은 상술한 광전류밀도값과 상응하는 값을 나타낸다.

- [0096] 또한, 도 14에 도시된 바와 같이, 상기 태양전지부(2000)는, 종래에 보고된 일반적인 실내 LED 조명의 파장범위에서 우수한 외부광자효율을 가진다. 보다 상세하게는, 1 내지 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 광강도를 가진 5800K의 조명 하에서 상기 태양전지부(2000)는 1 내지 1000mV의 광전압, 1 내지 $50\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 광전류밀도값을 나타낸다.
- [0097] 한편, 도 11f 및 도 15에 도시된 바와 같이, 상기 태양전지부(2000)는, 고온 환경에서도 안정적인 광발전효율을 나타낸다. 보다 상세하게는 상기 비교예는 250°C 를 초과하는 온도에서 0%의 광발전효율을 나타내는 반면, 상기 태양전지부(2000)는 50 내지 250°C 의 온도범위에서 1 내지 5%의 광발전효율을 나타낸다.
- [0099] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지부(2000)는, 제2전계유도투명전극층(2300)에 의해 향상된 안정성을 나타냄으로써, 투명히터부(1000)와 결합되고, 고온 환경 하에서도 일정한 광전특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0101] 도 16 내지 도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1) 및 투명히터부(1000)의 기후 저항성에 대한 사항을 도시한다.
- [0103] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명히터부(1000)는, 도 16a 및 도 16b에 도시된 바와 같이, 상기 태양전지부(2000)로부터 인가된 전력을 통해 열을 발생시킬 수 있다.
- [0104] 도 16c에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 종래의 건물 외장재를 대체하여 자체 전력 공급이 가능한 건물통합형 발전 시스템을 구현할 수 있다.
- [0105] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명히터부(1000)는, 도 16d 및 도 17에 도시된 바와 같이, 1 내지 10V의 전압 하에서, 50 내지 100°C 의 온도를 나타낼 수 있는 열을 발생시킬 수 있다.
- [0106] 도 16e에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 전체적으로 투명하여, 투과된 빛을 통해 전력을 생산할 수 있다. 도 18에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 투명히터부(1000)를 통해 전체적인 온도를 조절할 수 있다. 도 19, 도 20, 및 도 16f에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 25 내지 77°C 의 온도범위, 280 내지 4000nm의 파장범위, 및 1 내지 $200\text{mW}/\text{cm}^2$ 의 광강도 범위를 가진 AM1.5G 표준조명 하에서, 1 내지 50mA의 광전류, 0.1 내지 5V의 광전압을 가진다. 이때 상기 광전류(J_{sc}) 및 광전압(V_{oc})은 이하의 식을 통해 산출한다.
- $$V_{oc}(T) = \frac{kT}{q} \ln \left(1 - \frac{J_{sc}}{J_s} \right) \quad (4)$$
- [0107]
- [0108] 여기서 kT/q 와 J_s 는 각각 열전압과 암전류이다.
- [0109] 도 16g에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 고온조건에서 우수한 광발전효율을 유지할 수 있다.
- [0110] 한편, 도 21에 도시된 바와 같이, 태양발전 시스템에서 표면에 쌓이는 눈에 대한 대책은 매우 중요한 영향을 준다. 이를 위해, 도 16h 및 도 16i에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지부(2000)는 상기 투명히터부(1000)측으로 전력을 인가하고, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명히터부(1000)는 상기 태양전지부(2000)로부터 인가된 전력을 통해 열을 발생시키고, 및 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 상측에 배치됨으로써, 상기 창호형 태양발전 시스템(1) 표면에 제빙효과를 발생시킬 수 있다.
- [0112] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)은, 상측에 투명히터부(1000)를 포함하고 있어, 능동적으로 표면의 쌓이는 눈을 제거함으로써, 장치의 투명도를 일정하게 유지하여, 기후 저항성을 가지고 강설 상황에도 발전 성능을 유지하는 창호형 태양발전 시스템(1)을 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0114] 도 22 내지 도 24는 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)의 온도 및 조도 조건에 따른 동작에 대한 사항을 도시한다.

[0116] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양발전 시스템은 도 22a에 도시된 바와 같은 동작 구조를 가질 수 있다.

[0118] 종래에 보고된 바에 의하면, 일반적인 복합실리콘층(2200)을 포함하는 태양전지에서 복합실리콘층(2200)의 두께는 150-300nm이며, 이는 상기 복합실리콘층(2200)의 빛에 의한 준안정성 특성에 기여한다. 보다 상세하게는, 조명 하에서 복합실리콘층(2200)은 열화 효과를 나타낸다. 이때, 이 효과는 부동화되지 않은 덩글 결합의 증가를 유발한다. 이를 방지하기 위해서, 100nm 이하의 두께를 가진 복합실리콘층(2200)을 포함함으로써 열화 효과를 억제한 태양전지부(2000)가 요구된다. 또한 도 23에 도시된 바와 같이, 상기 복합실리콘층(2200)은 p-i-n 접합 구조로 인해 광전압은 복합실리콘층(2200)의 두께 및 전이 특성에 영향을 적게 받지만, 광전류는 광 생성 캐리어의 재결합을 촉진하는 덩글 결합 증가로 인해 소자의 특성에 영향을 크게 받는다.

[0120] 한편 도 22b에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 상기 복합실리콘층(2200)이 포함하고 있는 p-i-n 접합에 의해 1 내지 100mW/cm²의 광강도범위의 AM1.5G 표준조명 하에서, 0.1 내지 1V의 플랫밴드 전위를 가질 수 있다. 또한, 도 22c에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 상기 복합실리콘층(2200)이 포함하고 있는 덩글 결합에 의해 온도가 증가하면 내부의 유효전하농도가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0122] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)은, p-i-n 접합을 통해, 안정적인 광전 특성을 나타내는 태양발전 시스템을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0124] 한편 온도 및 조도 조건은 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 표면저항에 영향을 준다. 도 22d, 도 22e, 도 24에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 낮은 광강도 및 높은 온도 조건에서 낮은 광전압 및 높은 표면 저항을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0125] 도 22f 및 도 22g는 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 어두운 상태에서의 전기적 특성에 대한 사항을 도시한다.

[0126] 도 22f에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 25 내지 77℃의 온도범위에서 일관된 경향의 전압 대비 암전류를 나타낸다. 도 22g에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 25 내지 77℃의 온도범위에서 1 내지 20의 이상계수를 가진다. 이때 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 이상계수(n)는 이하의 식을 통해 산출하였다.

$$n = \left(\frac{q}{kT} \right) \left(\frac{dV}{d(\ln(J_d))} \right) \quad (5)$$

[0127] 여기서 kT/q는 열 전압이고 dV/d(Ln(Jd))는 도면 상 나타나는 기울기이다.

[0130] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)은, 우수한 열 안정성을 가진 복합실리콘층(2200)을 포함하고 있어, 다양한 온도 조건에서 안정적인 광전 특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.

[0132] 도 25 내지 도 29는 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)의 광학적 특성에 대한 사항을 도시한다.

[0134] 도 25에 도시된 바와 같이 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은, 건물의 외장재로서 적용될 수 있다.

[0135] 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)은, 도 25a 및 도 25b에 도시된 바와 같이, 380 내지 780nm의 파장범위에서 30 내지 99%의 투과율을 가진다. 바람직하게는, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 380 내지 780nm의 파장범위에서 30 내지 70%의 투과율을 가지고, 더욱 바람직하게는 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 380 내지 780nm의 파장범위에서 평균적으로 39%의 투과율을 가진다. 이때 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 평균적인 투과율(AVT)은 이하의 식을 통해 산출한다.

$$AVT(\%) = \frac{\int_{380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} T(\lambda) P(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_{380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} P(\lambda) S(\lambda) d\lambda} \quad (6)$$

[0136]

[0137] 또한, 도 25b 및 도 26에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 25 내지 90도의 각도범위에서 우수한 광반응도 및 향상된 흡광도를 나타낸다. 도 25c에 도시된 바와 같이 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 10 내지 90도의 각도범위에서, 30 내지 50%의 평균 투과율을 나타낸다.

[0139] 즉 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)은, 자외선 영역에서 우수한 흡광도를 나타냄으로써, 자외선 차단재를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0141] 한편, 도 25d에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 CIE 1976 색좌표상에서 (0.257, 0.538)의 좌표를 가진다. 이때, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 색좌표는 도 27에 도시된 바를 통해 확인할 수 있다. 또한, 도 28에 도시된 바와 같이, 표준 광원과 비교한 연색성 지수(CRI)를 통해 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 색상을 확인할 수 있다.

[0142] 종래에 보고된 바에 의하면, CIE 1976 색좌표에서 $L^*a^*b^*$ 을 통해 색상 인식을 정량적으로 도출할 수 있다. 여기서 L^* 은 지각 명도를, a^* 와 b^* 는 빨강, 녹색, 파랑, 노랑의 네 가지 고유한 인간 시각의 색을 나타낸다.

[0143] 도 25e 및 도 29에 도시된 바와 같이, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)은 5800K의 흑체 궤적과 일치하는 좌표를 나타내고, 1 내지 6의 색차를 나타낼 수 있다.

[0145] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)의 제조 방법에 대해 서술한다.

[0147] 본 발명의 일 실시예에 따른 창호형 태양발전 시스템(1)의 제조방법으로서, 투명히터부(1000)를 배치하는 단계; 상기 투명히터부(1000)와 전기적으로 연결되는 태양전지부(2000)를 배치하는 단계;를 포함하고 상기 태양전지부(2000)는 상기 투명히터부(1000)측으로 전력을 인가하고, 상기 투명히터부(1000)는 상기 태양전지부(2000)로부터 인가된 전력을 통해 열을 발생시키는 창호형 태양발전 시스템(1)의 제조방법을 포함한다.

[0149] 상기 투명히터부(1000)를 배치하는 단계는, 양면기관층(1100)을 배치하는 단계; 및 상기 양면기관층(1100) 위에 배치되는 제1전계유도투명전극층(1200)을 배치하는 단계;를 포함하고, 상기 투명히터부(1000)는, 1 내지 10V의 전압 하에서, 50 내지 100℃의 온도를 나타낼 수 있는 열을 발생시키고, 상기 창호형 태양발전 시스템(1)의 상측에 배치됨으로써, 상기 창호형 태양발전 시스템(1) 표면에 제빙효과를 발생시킬 수 있다.

[0151] 상기 제1전계유도투명전극층(1200)을 배치하는 단계는, AZO를 포함하는 제1금속산화물층(1210)을 배치하는 단계; 상기 제1금속산화물층(1210) 위에 AgNW를 포함하는 제1금속와이어층(1220)을 배치하는 단계; 및 상기 제1금속와이어층(1220) 위에 ZnO를 포함하는 제2금속산화물층(1230)을 배치하는 단계;를 포함 할 수 있다.

[0152] 상기 제1금속산화물층(1210)을 배치하는 단계는, 1 내지 300℃의 온도, 1 내지 500W의 RF 파워, 1 내지 10mTorr의 공정압력, 및 1 내지 100sccm의 Ar유량 하에서 1 내지 30분 동안 스퍼터링공정을 수행함으로써 상기 제1금속산화물층(1210)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0153] 상기 제1금속와이어층(1220)을 배치하는 단계는, 1 내지 4000rpm의 회전속도에서 1 내지 100mL의 AgNW 잉크를

분사하여 스핀코팅공정을 수행한 후 1 내지 300℃의 온도에서 1 내지 120초 동안 열처리를 수행함으로써 상기 제1금속와이어층(1220)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.

[0154] 상기 제2금속산화물층(1230)은 배치하는 단계는, 1 내지 10mTorr의 공정 압력, 1 내지 100W의 RF 파워, 1 내지 100sccm의 Ar유량 하에서 스퍼터링공정을 수행함으로써 제2금속산화물층(1230)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.

[0156] 상기 태양전지부(2000)를 배치하는 단계는, 양면기판층(1100)을 배치하는 단계; 상기 양면기판층(1100) 아래에 기판전극층(2100)을 배치하는 단계; 상기 기판전극층(2100) 아래에 복합실리콘층(2200)을 배치하는 단계; 및 상기 복합실리콘층(2200) 아래에 제2전계유도투명전극층(2300)을 배치하는 단계를 포함하고, 상기 복합실리콘층(2200)은 p-i-n 접합을 포함하고, 상기 복합실리콘층(2200)이 p-i-n 접합을 포함함으로써 광전특성을 나타낼 수 있다.

[0157] 상기 복합실리콘층(2200)을 배치하는 단계는, p-Si를 포함하는 제1실리콘층(2210)을 배치하는 단계; 상기 제1실리콘층(2210) 아래에 i-Si를 포함하는 제2실리콘층(2220)을 배치하는 단계; 및 상기 제2실리콘층(2220) 아래에 n-Si를 포함하는 제3실리콘층(2230)을 배치하는 단계;를 포함하고, 상기 제1실리콘층(2210), 상기 제2실리콘층(2220), 및 제3실리콘층(2230)은 p-i-n 접합을 형성할 수 있다.

[0158] 상기 제1실리콘층(2210)을 배치하는 단계는, 1 내지 20MHz의 주파수 및 1 내지 100mW/cm²의 전력밀도를 가진 RF 파워, 및 SiH₄/H₂/B₂H₆의 기체 분위기에서 플라즈마강화화학기상증착공정을 수행함으로써 상기 제1실리콘층(2210)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다. 이때 상기 제1실리콘층(2210)은 1 내지 50nm의 두께를 가지고, 바람직하게는 1 내지 25nm의 두께를 가지고, 더욱 바람직하게는 25nm의 두께를 가진다.

[0159] 상기 제2실리콘층(2220)을 배치하는 단계는, 1 내지 20MHz의 주파수 및 1 내지 100mW/cm²의 전력밀도를 가진 RF 파워, 및 SiH₄/H₂의 기체 분위기에서 플라즈마강화화학기상증착공정을 수행함으로써 상기 제2실리콘층(2220)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다. 이때 상기 제2실리콘층(2220)은 1 내지 50nm의 두께를 가지고, 바람직하게는 1 내지 20nm의 두께를 가지고, 더욱 바람직하게는 20nm의 두께를 가진다.

[0160] 상기 제3실리콘층(2230)을 배치하는 단계는, 1 내지 20MHz의 주파수 및 1 내지 100mW/cm²의 전력밀도를 가진 RF 파워, 및 SiH₄/H₂/PH₃의 기체 분위기에서 플라즈마강화화학기상증착공정을 수행함으로써 상기 제3실리콘층(2230)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다. 이때 상기 제3실리콘층(2230)은 1 내지 50nm의 두께를 가지고, 바람직하게는 1 내지 25nm의 두께를 가지고, 더욱 바람직하게는 25nm의 두께를 가진다.

[0161] 상기 제2전계유도투명전극층(2300)을 배치하는 단계는, AZO를 포함하는 제3금속산화물층(2310)을 배치하는 단계; 상기 제3금속산화물층(2310) 아래에 AgNW를 포함하는 제2금속와이어층(2320)을 배치하는 단계; 및 상기 제2금속와이어층(2320) 아래에 ZnO를 포함하는 제4금속산화물층(2330)을 배치하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0162] 상기 제3금속산화물층(2310)을 배치하는 단계는, 1 내지 300℃의 온도, 1 내지 500W의 RF 파워, 1 내지 10mTorr의 공정압력, 및 1 내지 100sccm의 Ar유량 하에서 1 내지 30분 동안 스퍼터링공정을 수행함으로써 상기 제3금속산화물층(2310)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0163] 상기 제2금속와이어층(2320)을 배치하는 단계는, 1 내지 4000rpm의 회전속도에서 1 내지 100mL의 AgNW 잉크를 분사하여 스핀코팅공정을 수행한 후 1 내지 300℃의 온도에서 1 내지 120초 동안 열처리를 수행함으로써 상기 제2금속와이어층(2320)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.

[0164] 상기 제4금속산화물층(2330)은 배치하는 단계는, 1 내지 10mTorr의 공정 압력, 1 내지 100W의 RF 파워, 1 내지 100sccm의 Ar유량 하에서 스퍼터링공정을 수행함으로써 제4금속산화물층(2330)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다.

[0166] 즉 본 발명은 상기와 같은 단계를 통해 상호형 태양발전 시스템(1)을 제조할 수 있고, 상기 상호형 태양발전 시스템(1)은 투명히터부(1000)와 태양전지부(2000)의 결합을 통해 기후 저항성을 가지고, 일정한 발전 효율을 유지할 수 있어 건물 외장재로 적용이 가능한 상호형 태양발전 시스템(1)을 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.

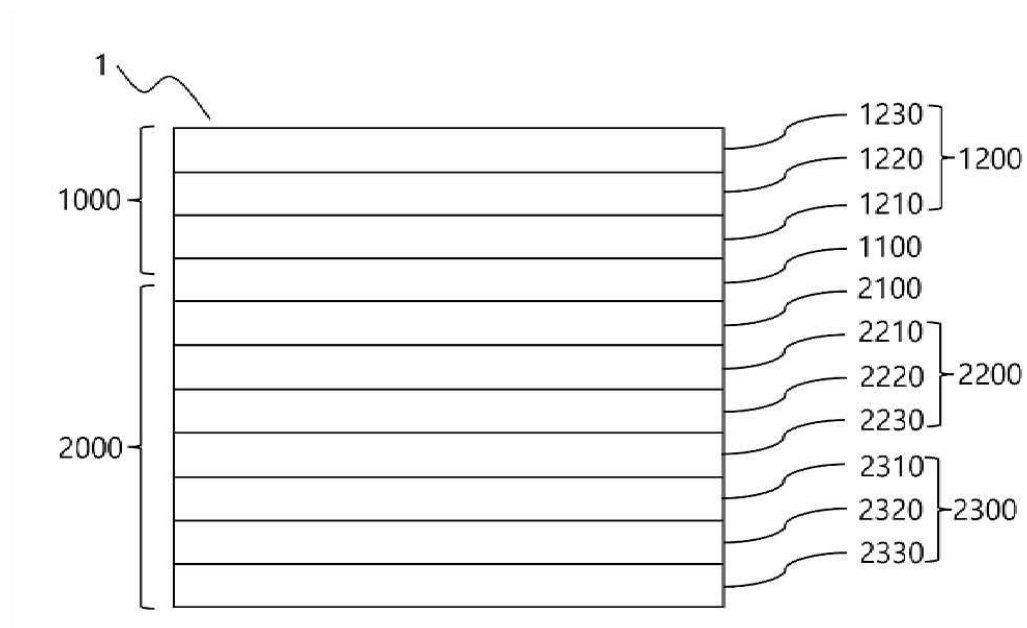
- [0168] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전계유도투명전극층을 포함하고 있어, 우수한 전력당 발열효율을 가지는 투명히터부 및 우수한 광전 특성을 가지는 태양전지부를 구현하고, 전체적으로 뛰어난 투명도, 우수한 광전압, 향상된 광전류밀도값, 높은 충진율 및 기후 저항성을 가진 창호형 태양발전 시스템을 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0169] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1전계유도투명전극층 및 제2전계유도투명전극층은, AZO/AgNW/ZnO의 층상구조를 포함함으로써 유발되는 전계유도 효과로 인해 향상된 전기적 특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0170] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 태양전지부는, 제2전계유도투명전극층에 의해 향상된 안정성을 나타냄으로써, 투명히터부와 결합되고, 고온 환경 하에서도 일정한 광전특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0171] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은, 상층에 투명히터부를 포함하고 있어, 능동적으로 표면의 쌓이는 눈을 제거함으로써, 장치의 투명도를 일정하게 유지하여, 기후 저항성을 가지고 강설 상황에도 발전 성능을 유지하는 창호형 태양발전 시스템을 제공하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0172] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은, p-i-n 접합을 통해, 안정적인 광전 특성을 나타내는 태양발전 시스템을 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0173] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은, 우수한 열 안정성을 가진 복합실리콘층을 포함하고 있어, 다양한 온도 조건에서 안정적인 광전 특성을 나타내는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0174] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 창호형 태양발전 시스템은 자외선 영역에서 우수한 흡광도를 나타냄으로써, 자외선 차단재를 구현하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0176] 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

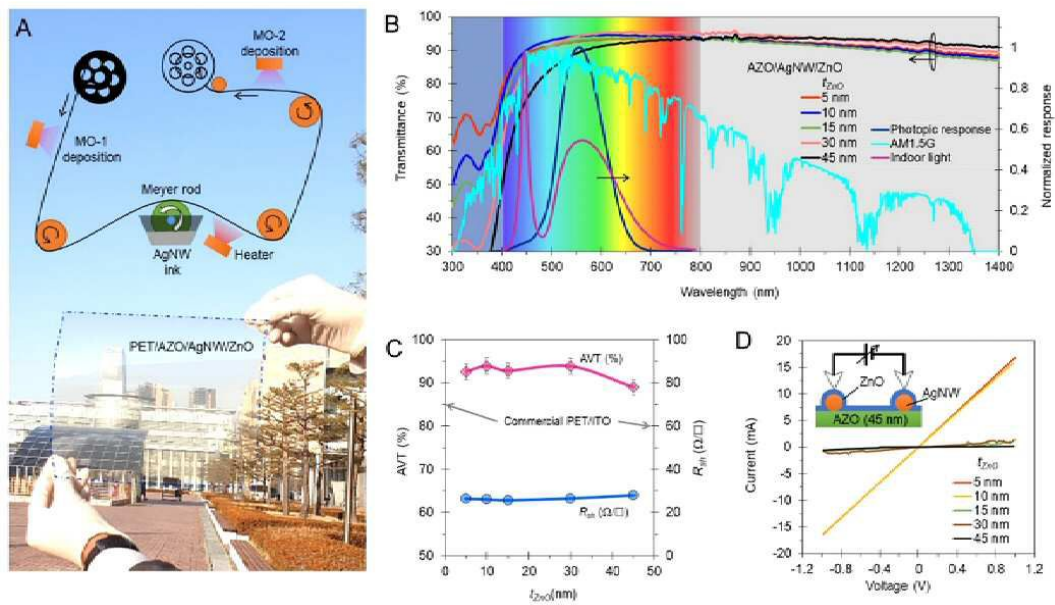
- [0178] 1: 창호형 태양발전 시스템
- 1000: 투명히터부
- 1100: 양면기관층 1200: 제1전계유도투명전극층
- 1210: 제1금속산화물층 1220: 제1금속와이어층
- 1230: 제2금속산화물층
- 2000: 태양전지부
- 2100: 기관전극층 2200: 복합실리콘층
- 2210: 제1실리콘층 2220: 제2실리콘층
- 2230: 제3실리콘층
- 2300: 제2전계유도투명전극층 2310: 제3금속산화물층
- 2320: 제2금속와이어층 2330: 제4금속산화물층

도면

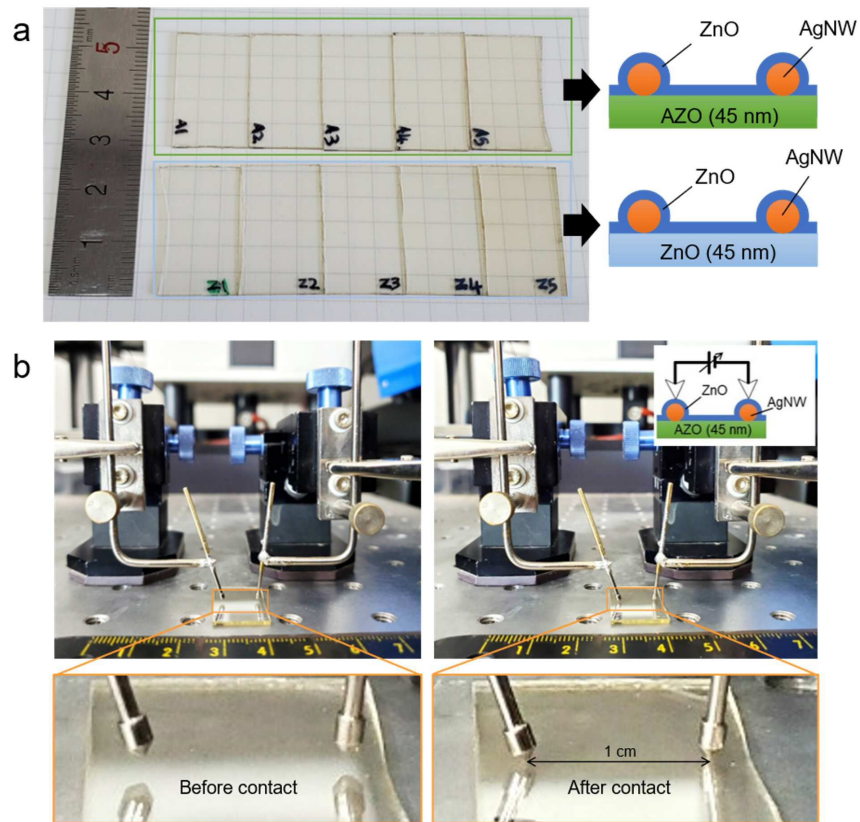
도면1



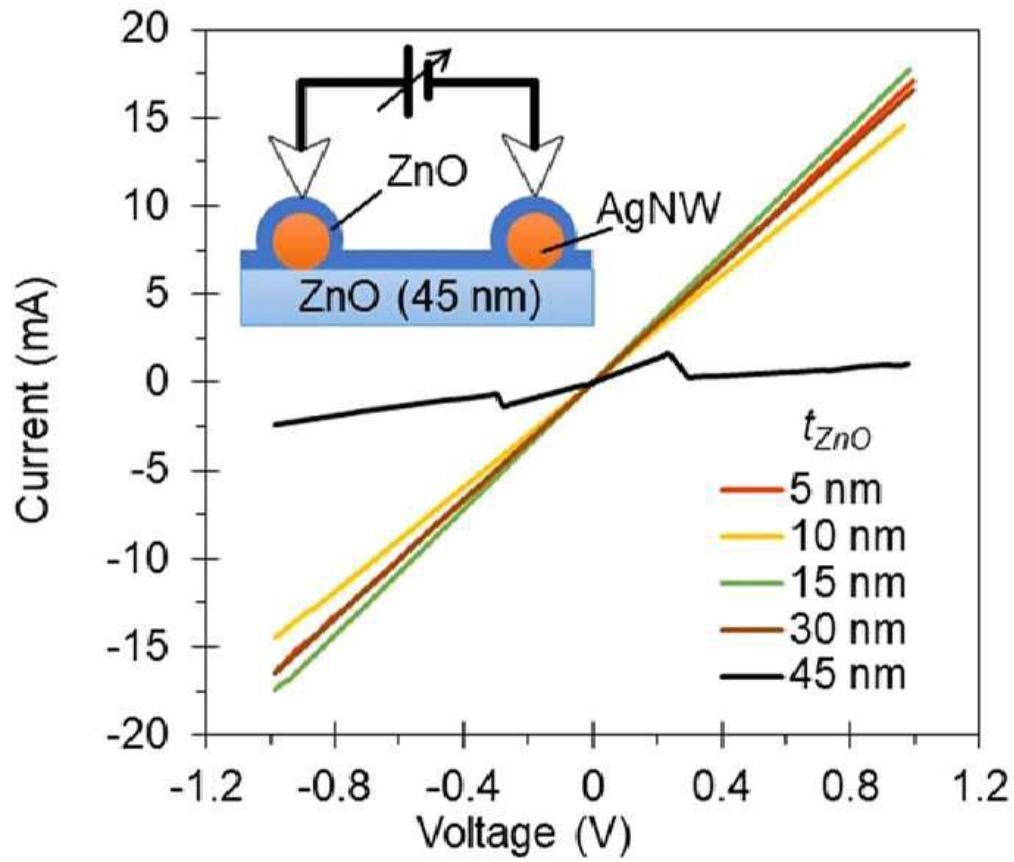
도면2



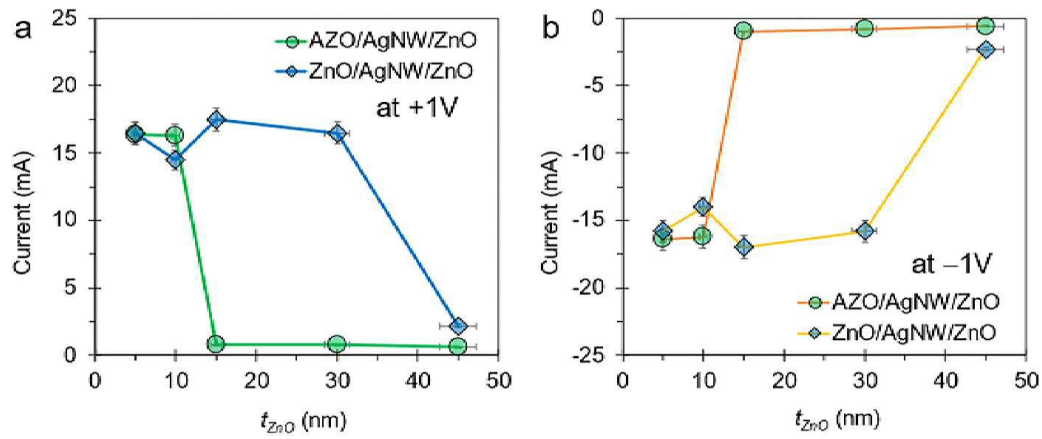
도면3



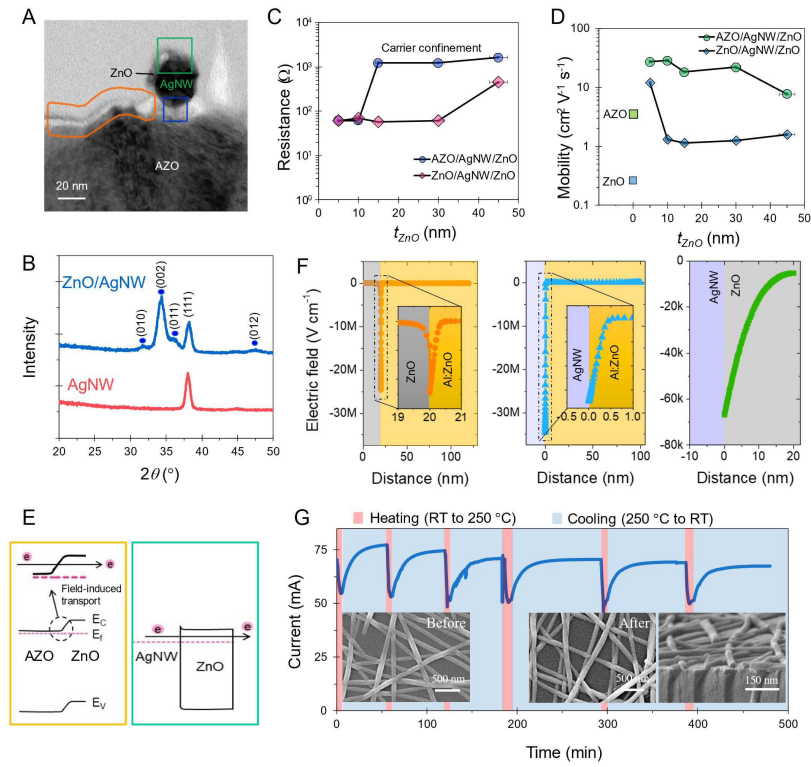
도면4



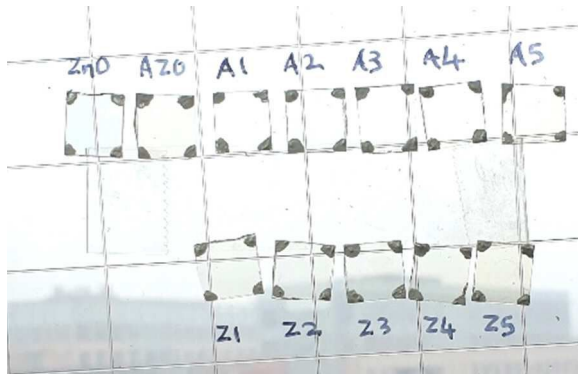
도면5



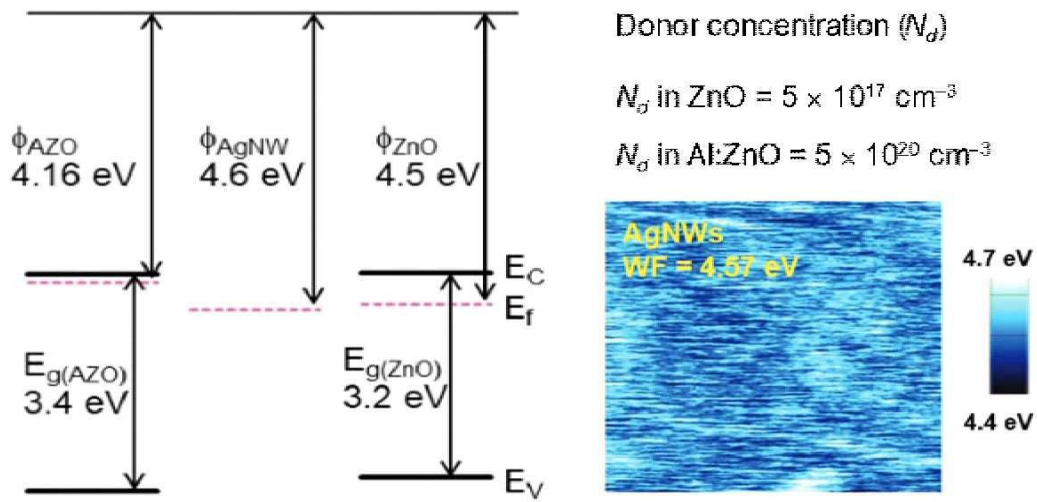
도면6



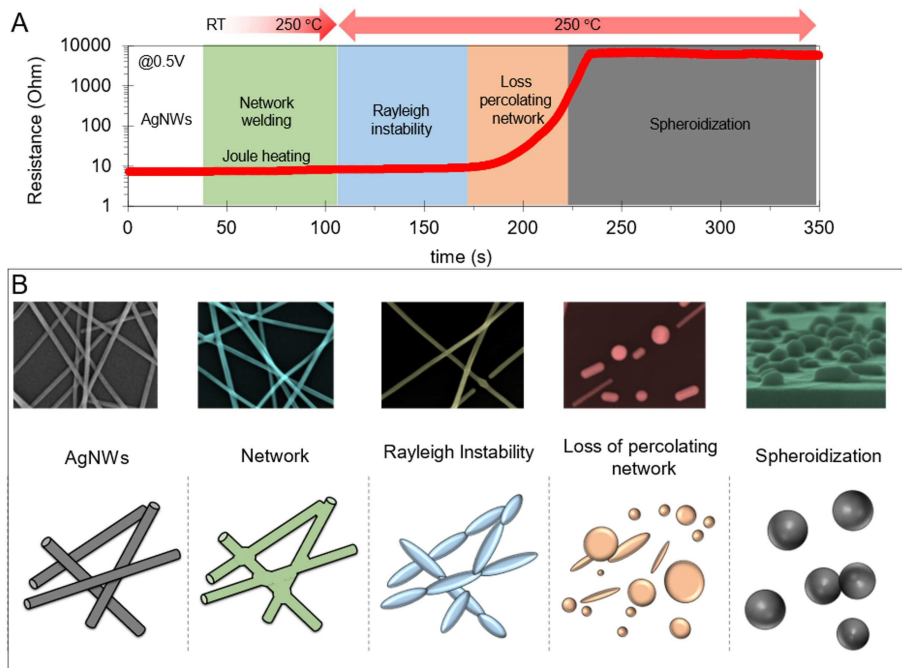
도면7



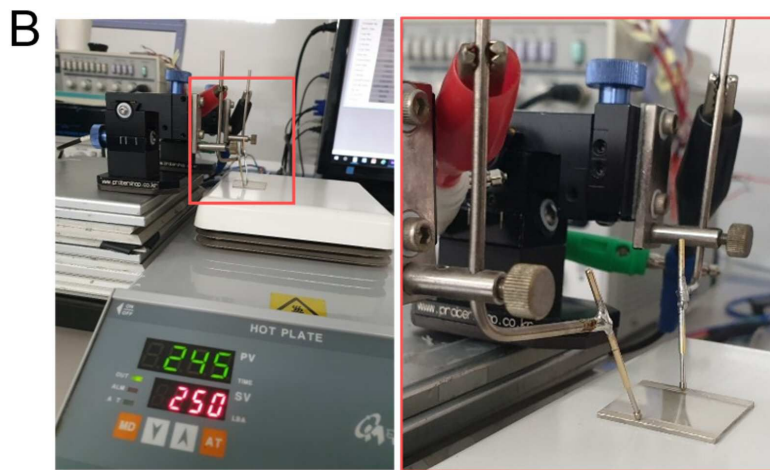
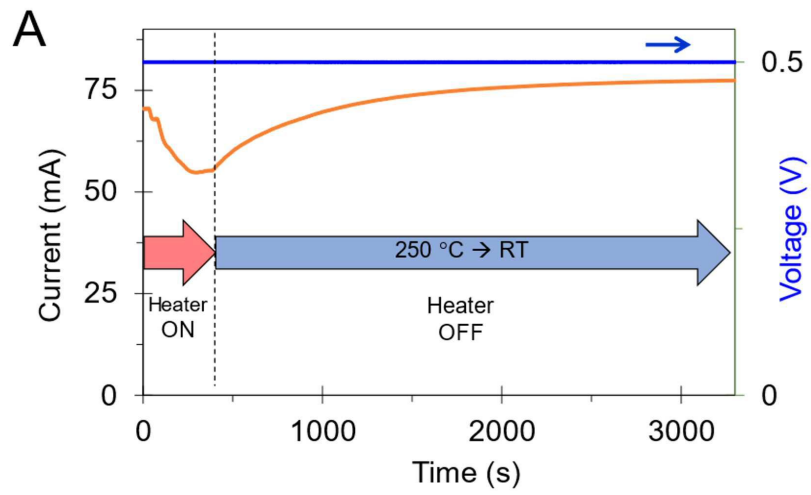
도면8



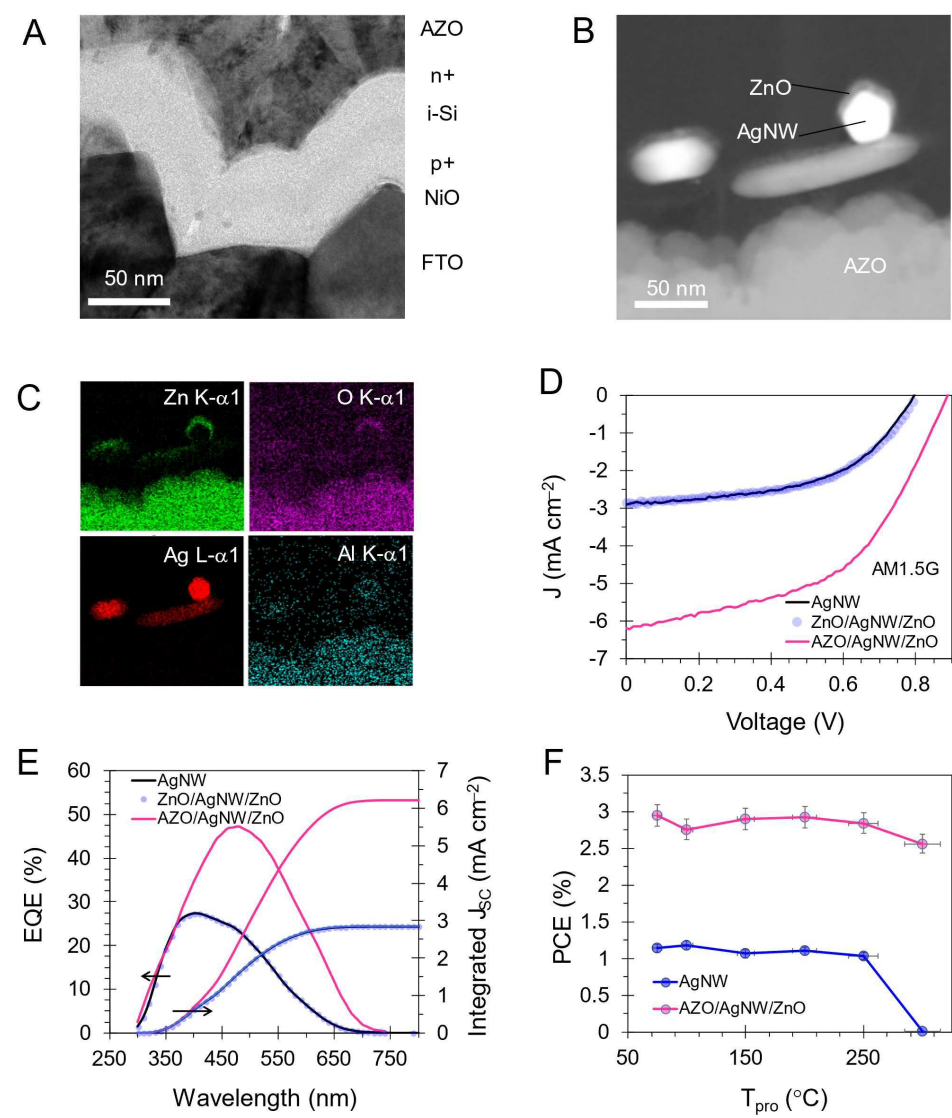
도면9



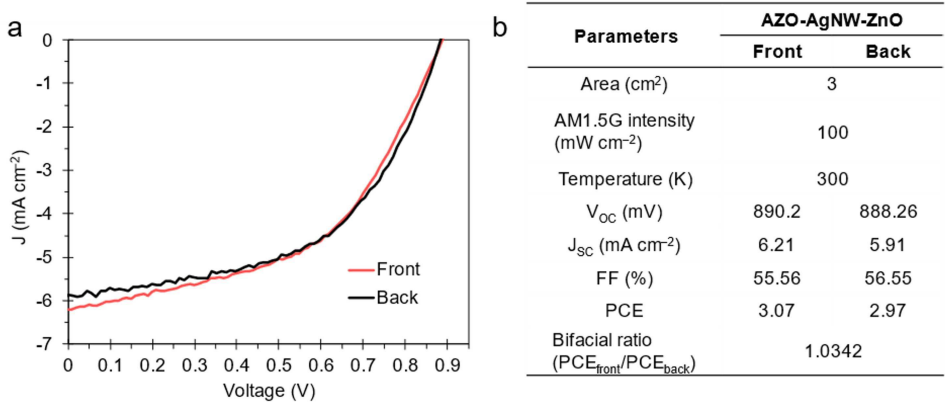
도면10



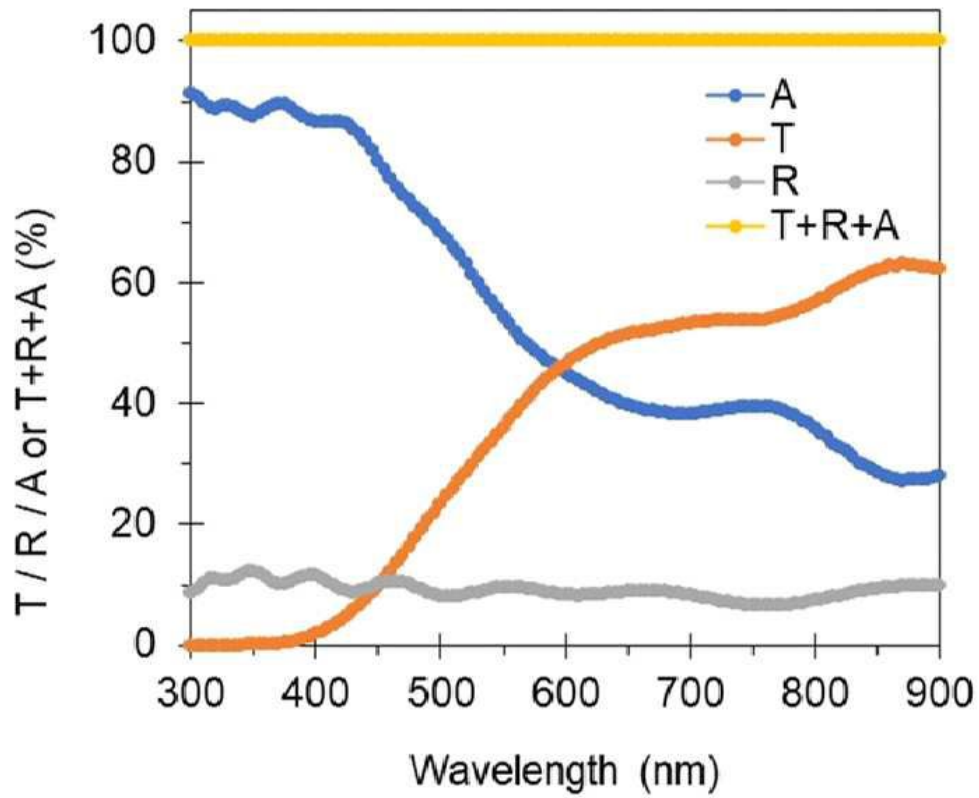
도면11



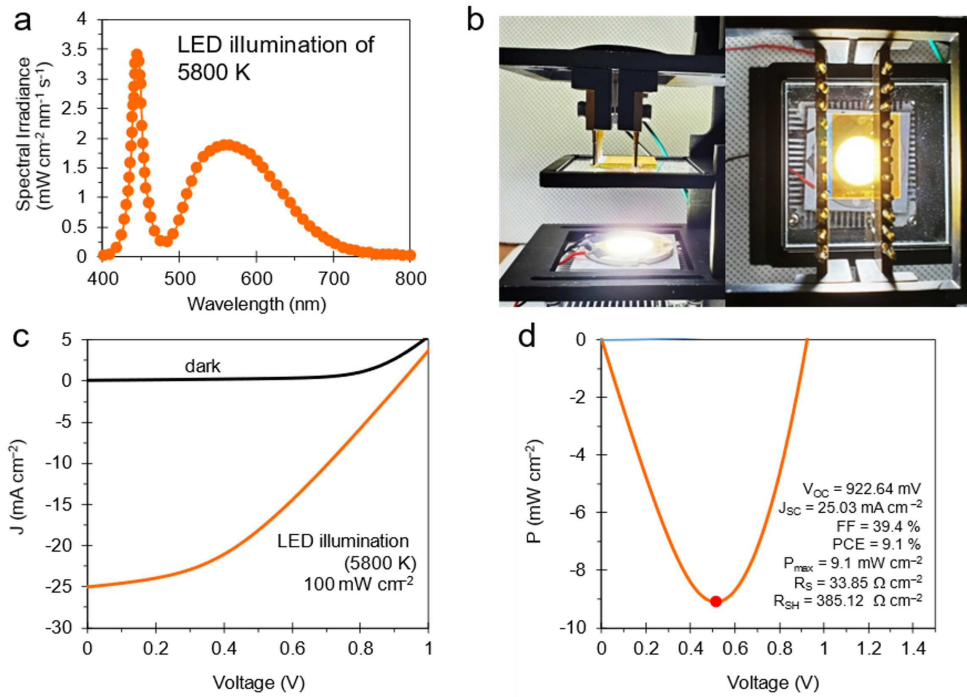
도면12



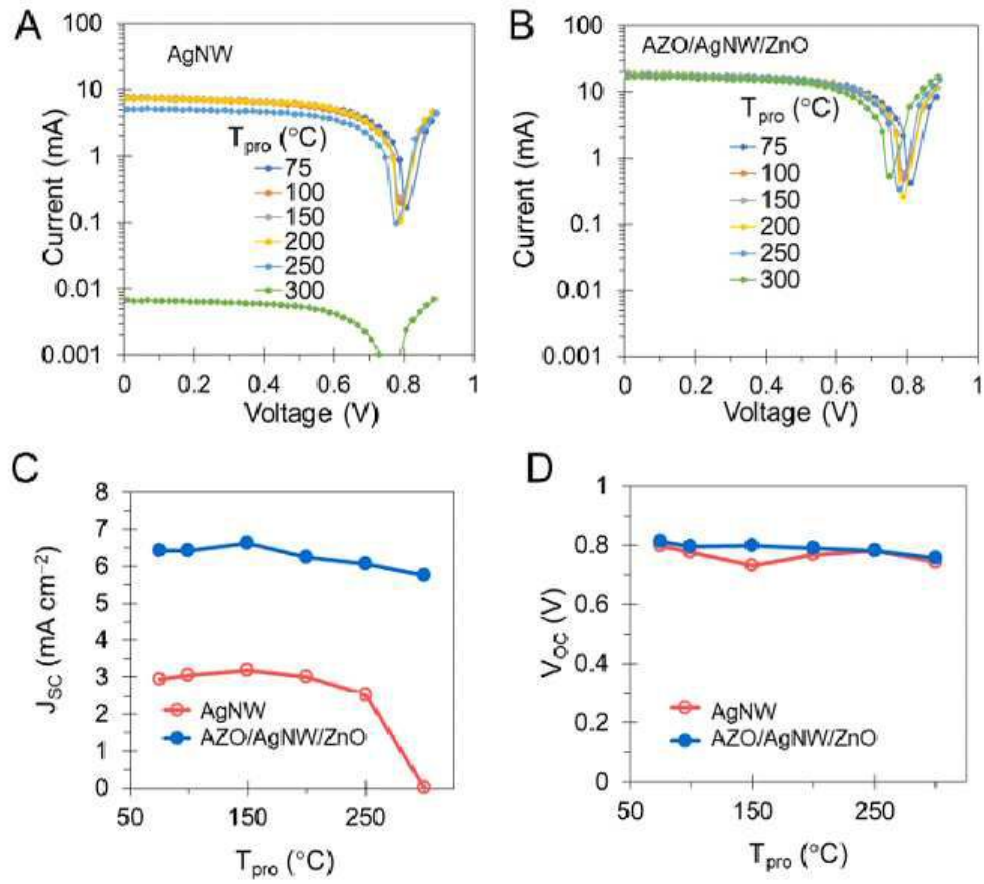
도면13



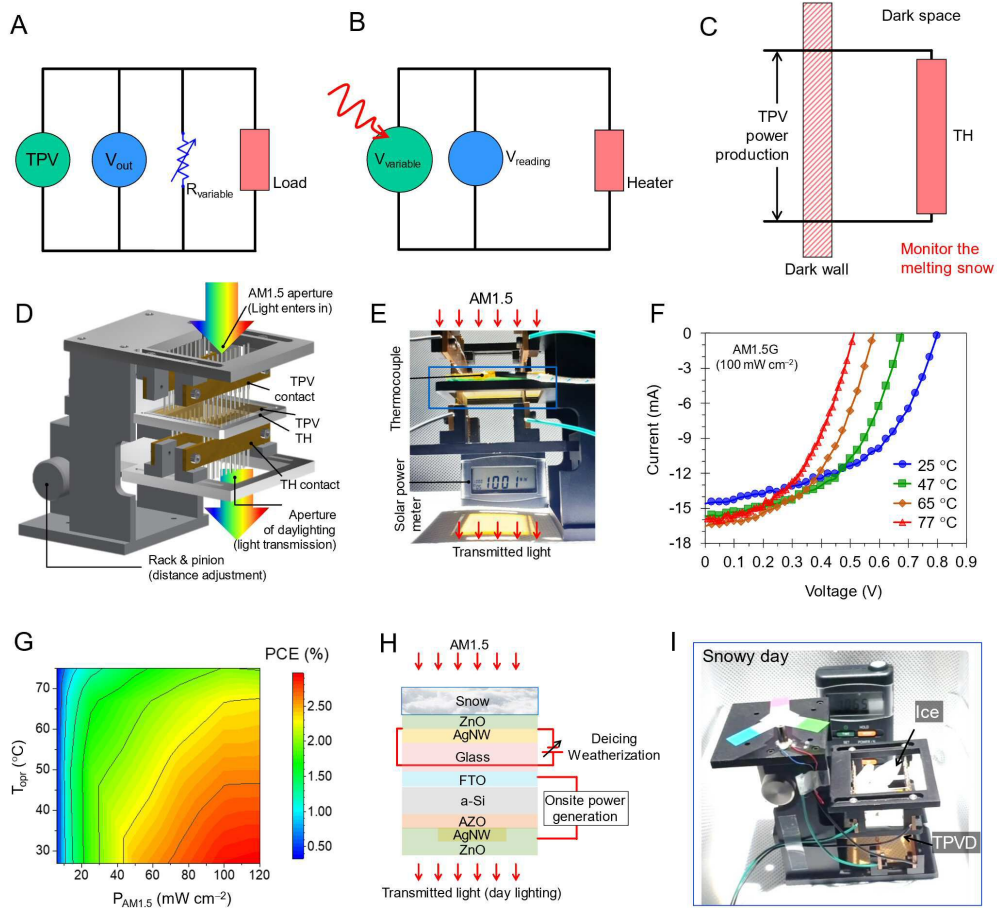
도면14



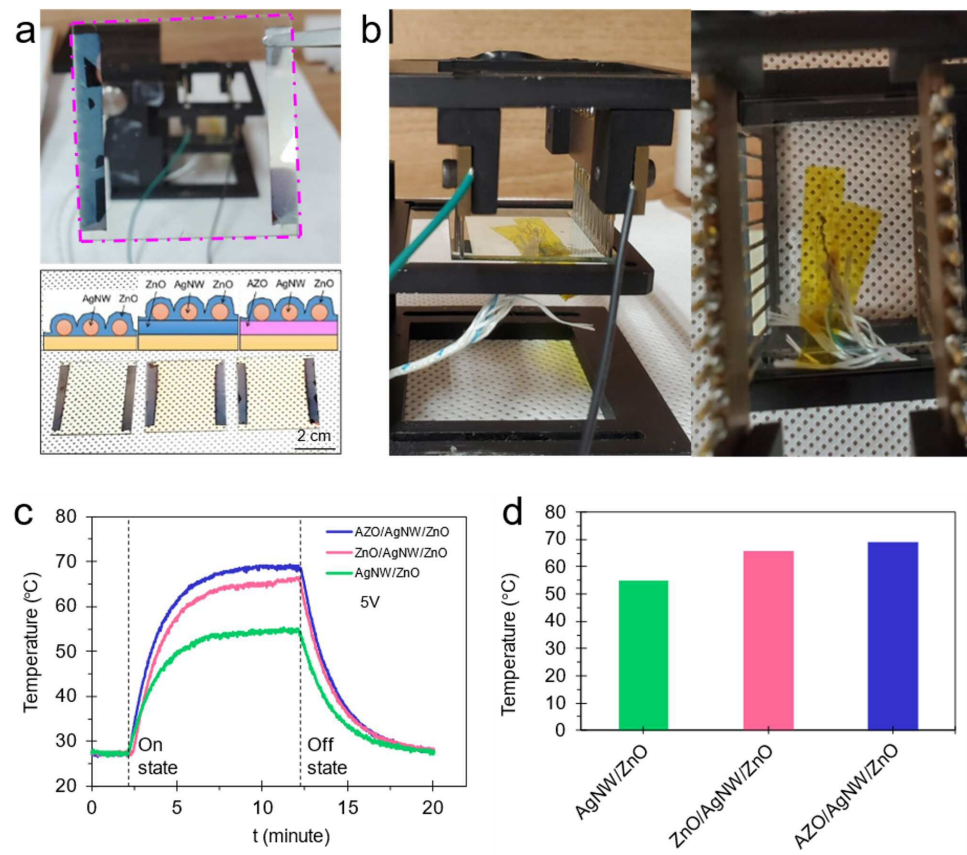
도면15



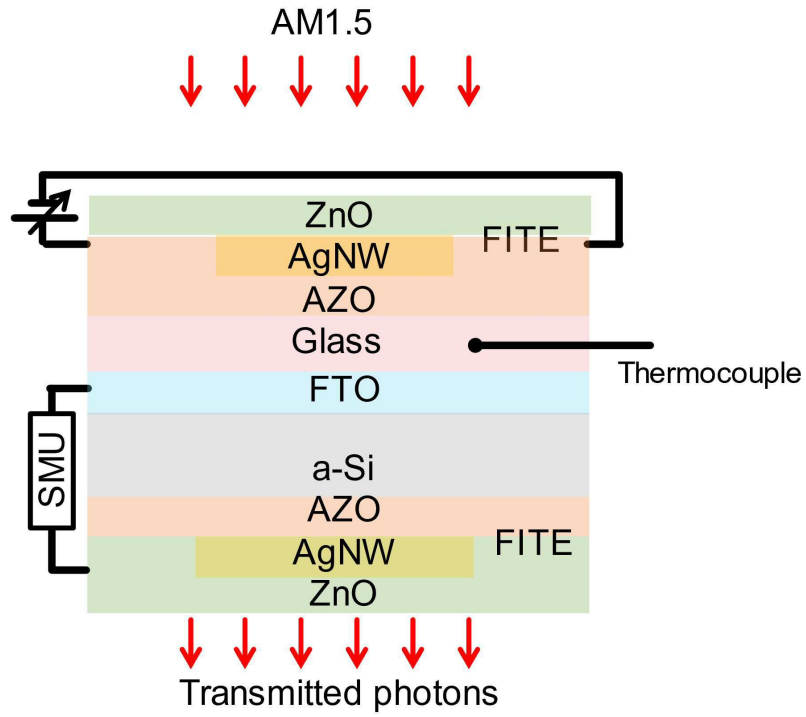
도면16



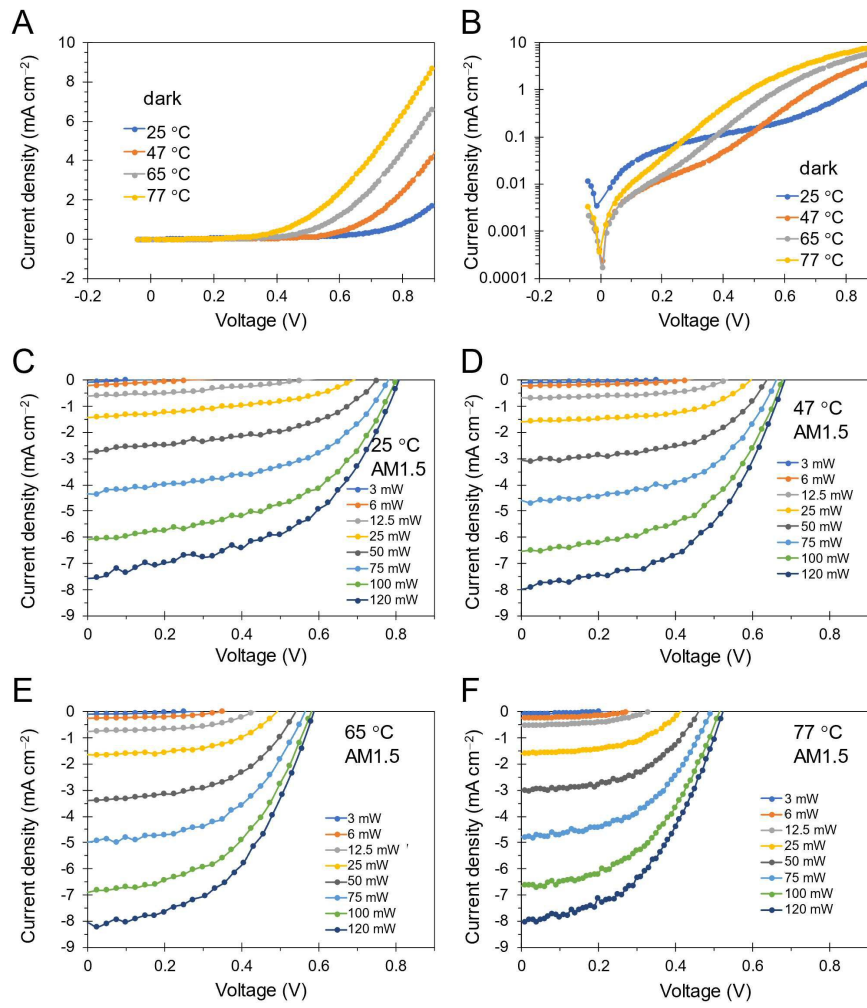
도면17



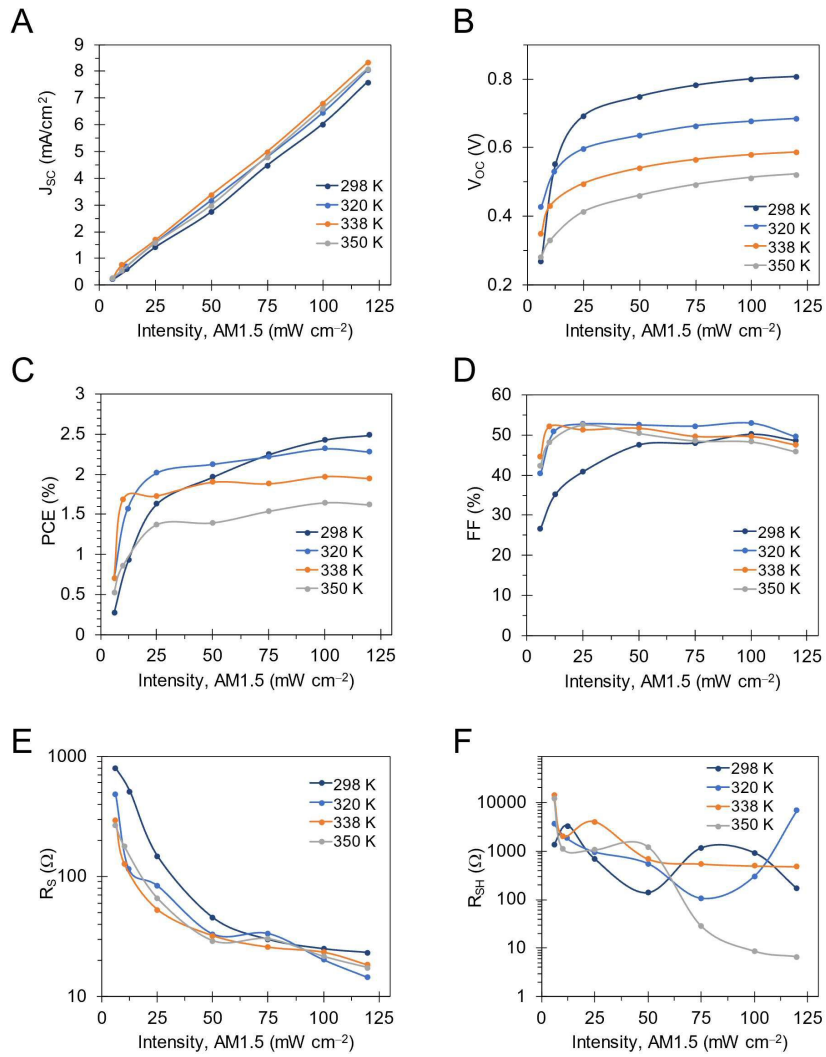
도면18



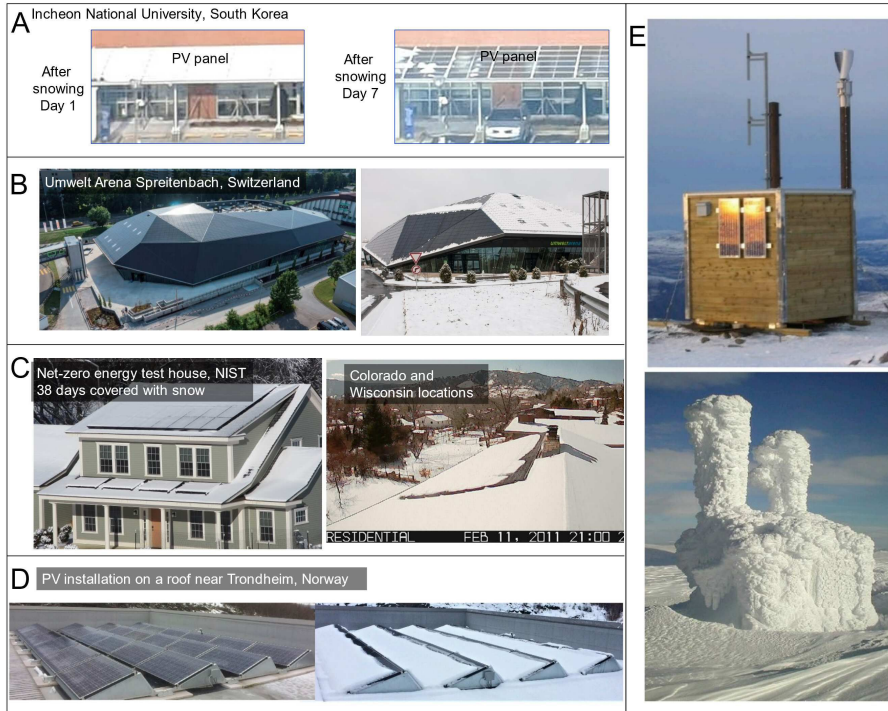
도면19



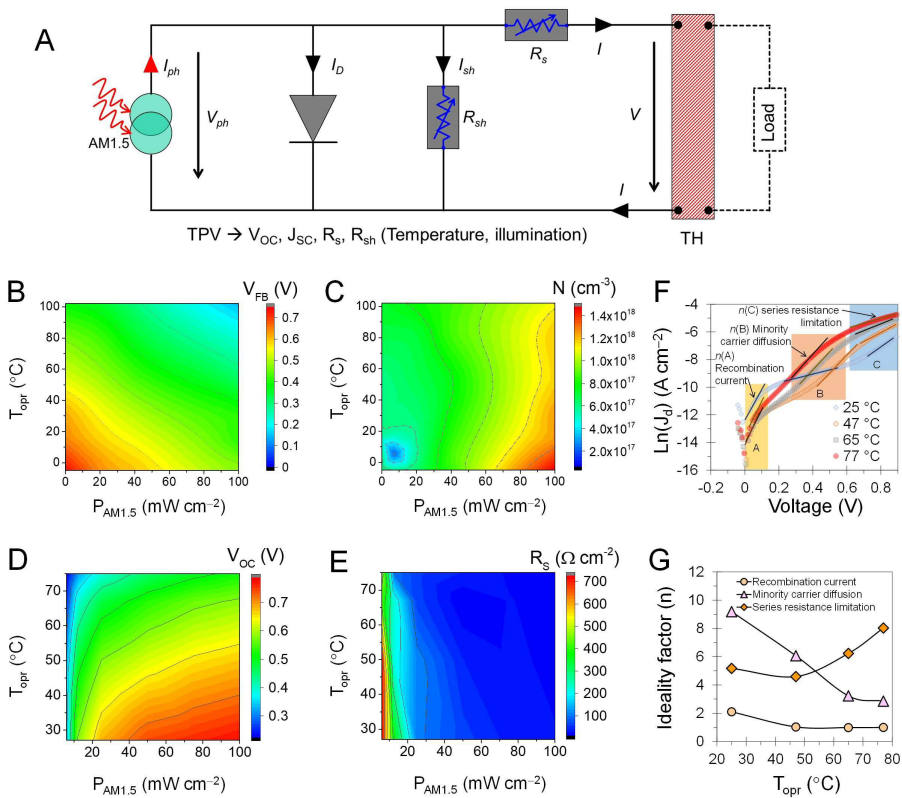
도면20



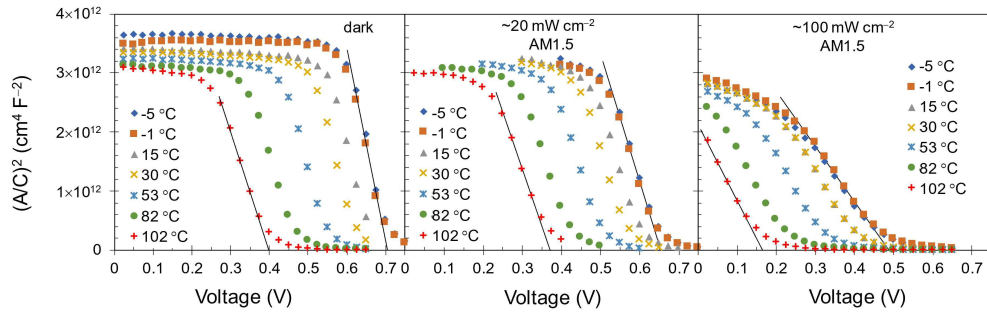
도면21



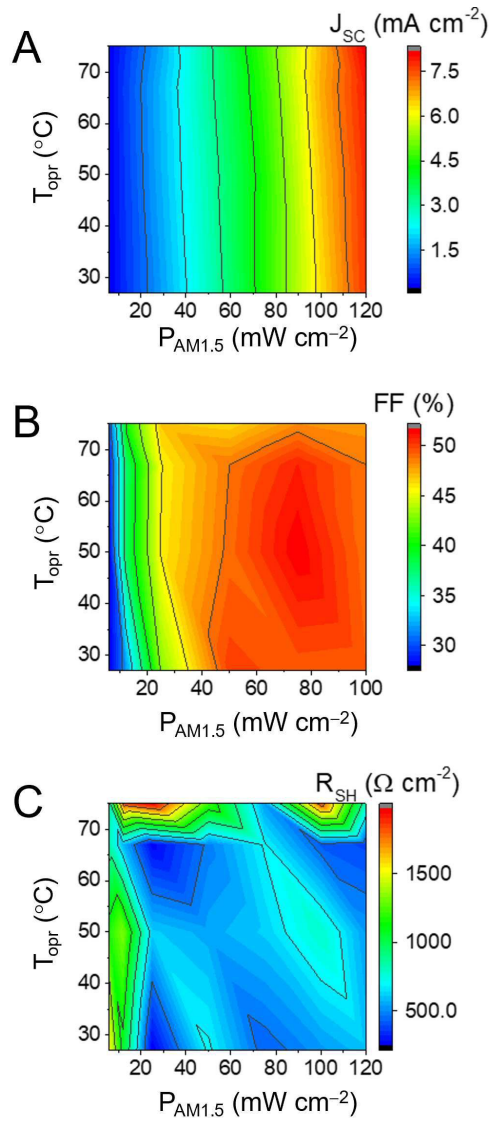
도면22



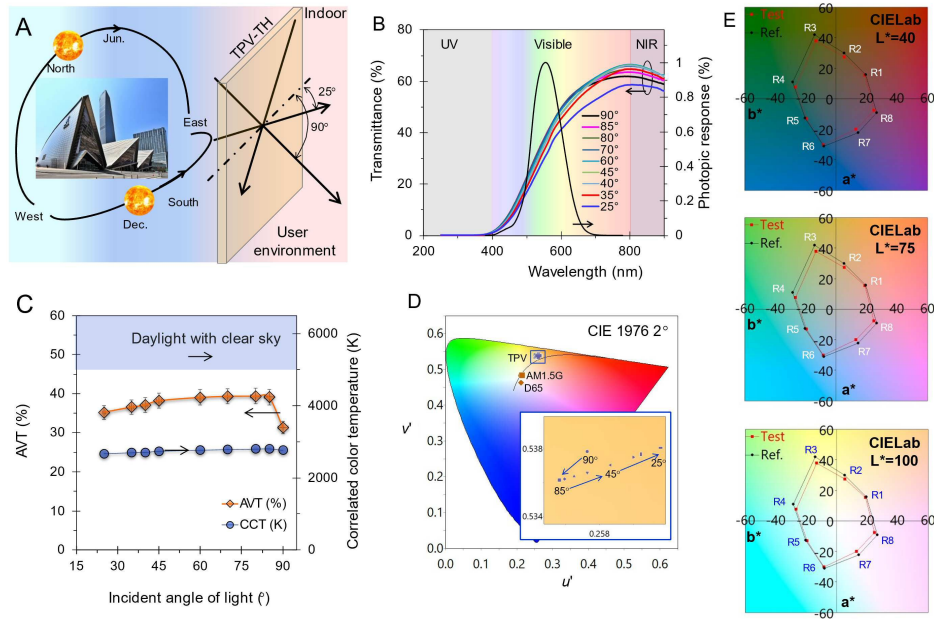
도면23



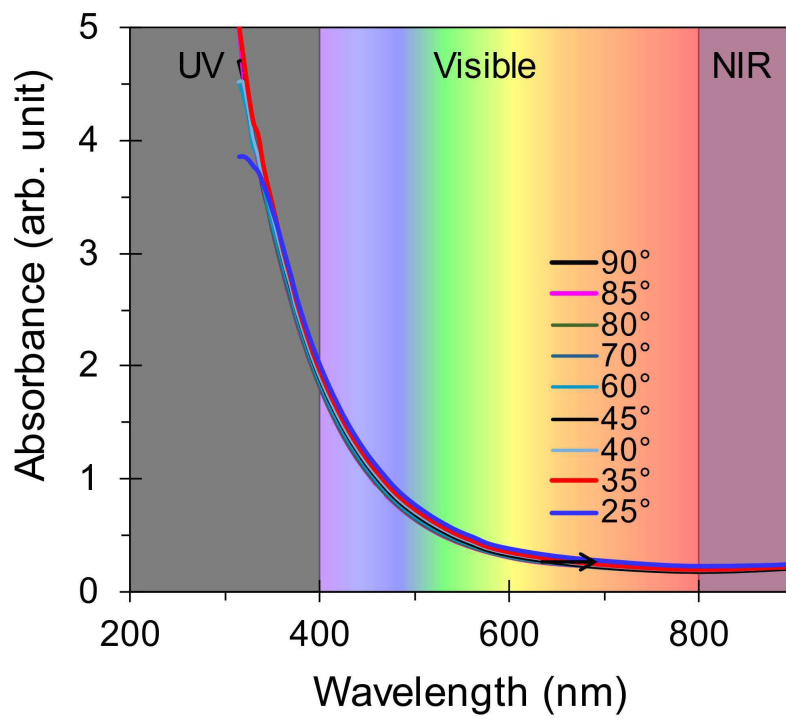
도면24



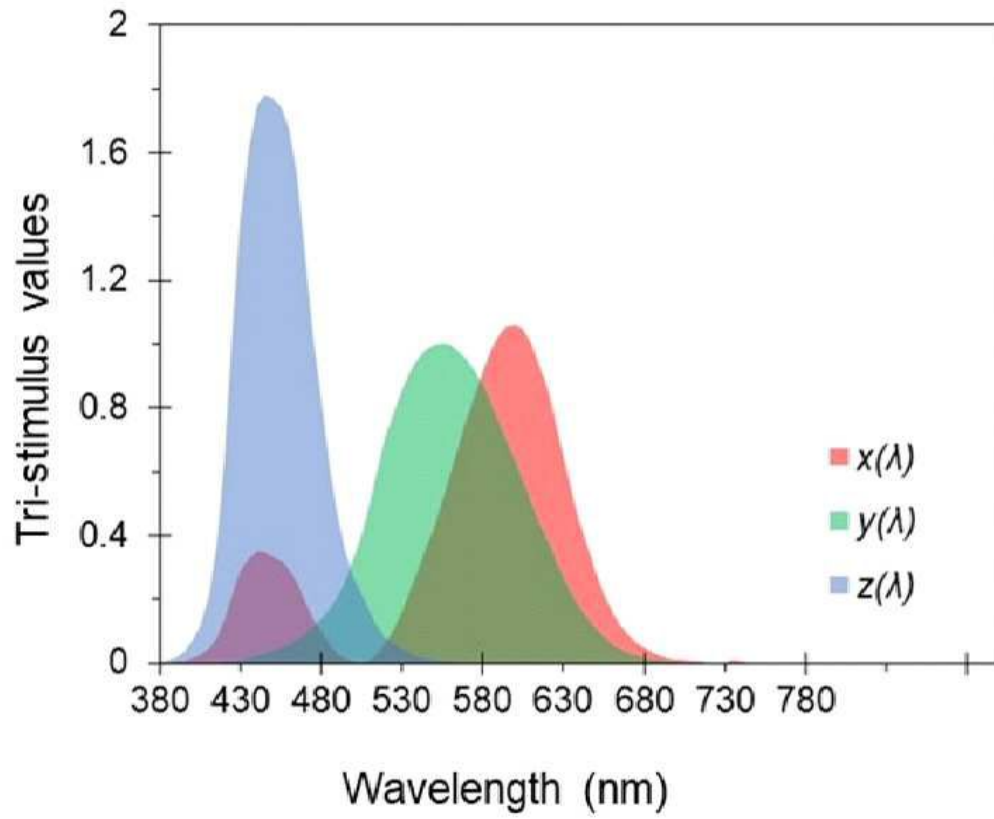
도면25



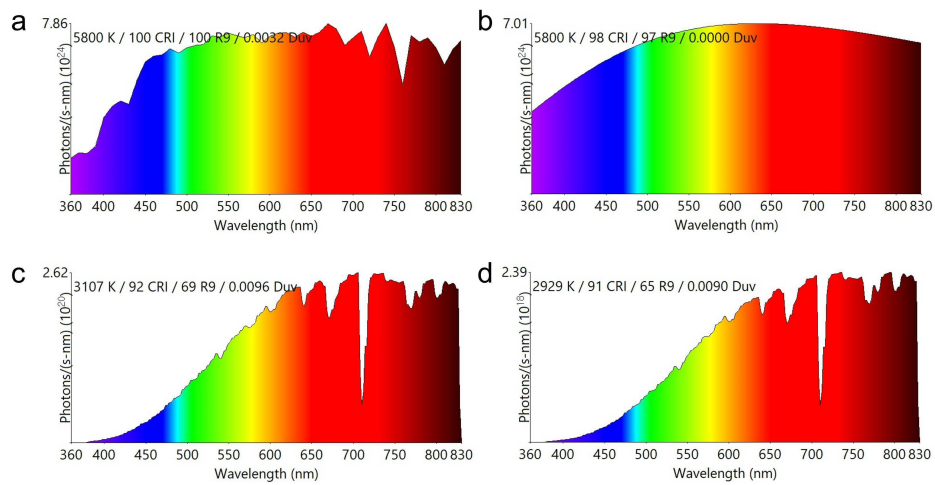
도면26



도면27



도면28



도면29

