



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0032649
(43) 공개일자 2021년03월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/18 (2006.01) H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/0236 (2006.01) H01L 31/0368 (2006.01)
H01L 31/0376 (2006.01) H01L 31/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/1888 (2013.01)
H01L 31/022441 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0113931
(22) 출원일자 2019년09월17일
심사청구일자 2019년09월17일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
최경진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
강성범
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박원진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

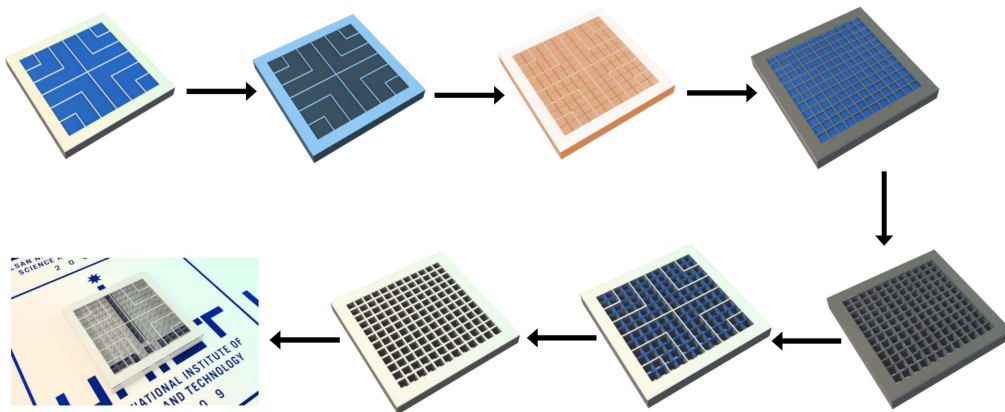
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 공극을 포함하는 투명 태양전지 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 공극을 포함하는 투명 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 측면은, 실리콘계 태양전지를 준비하는 단계; 상기 실리콘계 태양전지의 전면에 피막층을 형성하는 단계; 상기 피막층 상에, 포토리소그래피 공정으로 패턴층을 형성하는 단계; 상기 패턴층이 형성된 피막층 상에, 식각 영역만 노출되도록 금속층을 형성하는 단계; 상기 노출된 영역을 건식 식각법으로 식각하여, 공극을 형성하는 단계; 상기 형성된 금속층을 제거하는 단계; 및 상기 공극이 형성된 실리콘계 태양전지의 후면에 전극을 증착하는 단계;를 포함하는, 투명 태양전지의 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 31/022466 (2013.01)
H01L 31/02366 (2013.01)
H01L 31/0368 (2013.01)
H01L 31/0376 (2013.01)
H01L 31/182 (2013.01)
H01L 31/202 (2013.01)
Y02E 10/546 (2020.08)
Y02E 10/547 (2020.08)
Y02E 10/548 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711084203
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	양방향 투명태양전지 기반 자가발전식 실내 IoT 센서 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘계 태양전지를 준비하는 단계;
상기 실리콘계 태양전지의 전면에 피막층을 형성하는 단계;
상기 피막층 상에, 포토리소그래피 공정으로 패턴층을 형성하는 단계;
상기 패턴층이 형성된 피막층 상에, 식각 영역만 노출되도록 금속층을 형성하는 단계;
상기 노출된 영역을 건식 식각법으로 식각하여, 공극을 형성하는 단계;
상기 형성된 금속층을 제거하는 단계; 및
상기 공극이 형성된 실리콘계 태양전지의 후면에 전극을 증착하는 단계;를 포함하는,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 실리콘계 태양전지는,
단결정 실리콘 태양전지, 다결정 실리콘 태양전지 및 비정질 실리콘 태양전지 중 어느 하나인 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 피막층을 형성하는 단계는,
실리콘 나이트라이드, 실리콘 옥사이드 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나를 증착하여 형성하는 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 패턴층은,
식각 영역이 양각을 이루도록 형성되는 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 패턴층의 패턴은,
상기 태양전지의 전면전극 형태가 보존되도록 형성되는 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 패턴층의 패턴은,
격자무늬를 포함하는 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 금속층을 형성하는 단계는,
금속을 도포한 후, 리프트 오프 공정에 의해 식각 영역 상의 금속이 제거되도록 하는 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 금속은, 크롬(Cr), 니켈(Ni) 및 스테인리스 스틸(SUS)로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,
상기 건식 식각법은,
딥 반응성 이온 식각법(Dep Reactive Ion etching, DRIE), 스퍼터 식각법 또는 증기상 식각법인 것인,
투명 태양전지의 제조방법.

청구항 10

공극을 포함하는 실리콘계 태양전지를 포함하는,
투명 태양전지.

청구항 11

제10항에 있어서,
상기 투명 태양전지의 투과율은,

50 % 내지 70 %인 것인,
투명 태양전지.

청구항 12

제10항에 있어서,
상기 투명 태양전지의 공극율은,
50 % 내지 80 % 인 것인,
투명 태양전지.

청구항 13

제10항에 있어서,
상기 공극의 형상은,
삼각형, 사각형, 원형, 타원형 및 다각형으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것인,
투명 태양전지.

청구항 14

제10항에 있어서,
상기 공극의 형상은 사각형이고,
상기 사각형의 한 변의 길이는 50 μm 내지 200 μm 인 것인,
투명 태양전지.

청구항 15

제10항에 있어서,
상기 공극의 중심 간의 거리는,
10 μm 내지 1,000 μm 인 것인,
투명 태양전지.

청구항 16

제10항에 있어서,
상기 투명 태양전지의 활성 영역은,
100 mm^2 내지 300 mm^2 인 것인,
투명 태양전지.

청구항 17

제10항에 있어서,
중성 색상의 구현이 가능한 것인,
투명 태양전지.

청구항 18

제10항에 있어서,
상기 투명 태양전지는,
제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 제조방법에 의해 제조된 것인,
투명 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 공극을 포함하는 투명 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 공극을 포함하는 실리콘계 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 투명 태양전지는 입사되는 빛의 일부를 흡수하여 전력을 생산하고, 가시광선의 일부는 투과하는 광전변환 소자로 건물일체형 태양광 발전 시스템(Building Integrated Photovoltaic System, BIPV) 기술에 접목되어 일반 건축물의 창호, 온실의 외장재로서 활용이 가능하다.

[0004] 일반적인 태양전지와 비교할 때, 투명 태양전지는 변환 효율이 낮고 가격이 비싸서 아직까지 널리 보급되고 있지 않으나, 투명 태양전지를 건축물에 적용하면 전기 발전에 의한 에너지 공급이 가능하고, 외관을 미려하게 하는 심미적 효과 및 태양열 차단에 따른 냉방 에너지 절약 효과를 얻을 수 있기 때문에 발전 가능성이 매우 높게 평가되고 있다.

[0005] 특히, 최근 제로에너지 건물 의무화, 건물 부문에서의 기후 변화 대응 필요성이 증가함에 따라, BIPV 보급 필요성이 높아지고 있어, 이와 관련된 연구들이 더욱 활발해질 것으로 예상된다.

[0006] BIPV 투명 창으로 적용가능한 종래의 태양전지 소자는, 크게 실리콘 기반의 태양전지와 염료감응형 태양전지로 나뉘며, 두 종류의 태양전지 모두 제품이 출시되었으나 아직까지 변환 효율, 신뢰성 등의 성능이 만족스러운 수준에 도달되지 않아 널리 사용되고 있지 않다.

[0007] 염료감응형 태양전지는, TiO_2 등의 나노입자에 흡착된 염료 내의 전자가 빛 에너지에 의해서 여기되고 전해질로 둘러싸인 나노입자 네트워크를 통해 흐름으로써 전기라 발생하는 원리를 이용한다. 염료감응형 태양전지는 가볍고 구성재료가 저가이며 스크린 프린팅 등의 간편한 공정으로 제조될 수 있는 장점이 있으나, 액체 전해질의 화학적 안정성 문제, 변환 효율의 열화 문제 등이 극복되어야 할 난제로 알려져있다.

[0008] 실리콘 기반 투명 태양전지는, 실리콘 박막 기반의 태양전지와 비정질 실리콘 기반의 투명 태양전지가 있고, 비정질 실리콘 기반의 투명 태양전지로는 투명기관, 투명전극 상에 적층된 불투명한 흡수층과 후면전극의 일부를 개방하여 가시광선 투과율을 확보하는 개방형 태양전지와 투명기관, 투명 전면전극, 비정질 실리콘 흡수층, 투명 후면 전극으로 구성된 투과형 태양전지가 있다.

[0009] 그러나, 실리콘 기반의 투명 태양전지 역시, 활성영역이 매우 작고, 빛의 일부를 흡수하여 특정 색깔이 나타나며, 투과율이 충분하지 않아 건물일체형 태양광 발전 시스템(Building Integrated Photovoltaic System, BIPV)에 적용되기에 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 활성 영역이 증가되고, 중성 색깔의 구현이 가능하며, 적정 수준의 투과율을 나타내어 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용되기에 적합한 투명 태양전지 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0012] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 측면은, 실리콘계 태양전지를 준비하는 단계; 상기 실리콘계 태양전지의 전면에 피막층을 형성하는 단계; 상기 피막층 상에, 포토리소그래피 공정으로 패턴층을 형성하는 단계; 상기 패턴층이 형성된 피막층 상에, 식각 영역만 노출되도록 금속층을 형성하는 단계; 상기 노출된 영역을 건식 식각법으로 식각하여, 공극을 형성하는 단계; 상기 형성된 금속층을 제거하는 단계; 및 상기 공극이 형성된 실리콘계 태양전지의 후면에 전극을 증착하는 단계;를 포함하는, 투명 태양전지의 제조방법을 제공한다.
- [0015] 일 실시형태에 따르면, 상기 실리콘계 태양전지는, 단결정 실리콘 태양전지, 다결정 실리콘 태양전지 및 비정질 실리콘 태양전지 중 어느 하나일 수 있다.
- [0016] 일 실시형태에 따르면, 상기 피막층을 형성하는 단계는, 실리콘 나이트라이드, 실리콘 옥사이드 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나를 증착하여 형성하는 것일 수 있다.
- [0017] 일 실시형태에 따르면, 상기 패턴층은, 식각 영역이 양각을 이루도록 형성되는 것일 수 있다.
- [0018] 일 실시형태에 따르면, 상기 패턴층의 패턴은, 상기 태양전지의 전면전극 형태가 보존되도록 형성되는 것일 수 있다.
- [0019] 일 실시형태에 따르면, 상기 패턴층의 패턴은, 격자무늬를 포함하는 것일 수 있다.
- [0020] 일 실시형태에 따르면, 상기 금속층을 형성하는 단계는, 금속을 도포한 후, 리프트 오프 공정에 의해 식각 영역상의 금속이 제거되도록 하는 것일 수 있다.
- [0021] 일 실시형태에 따르면, 상기 금속은, 크롬(Cr), 니켈(Ni) 및 스테인리스 스틸(SUS)로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0022] 일 실시형태에 따르면, 상기 건식 식각법은, 딥 반응성 이온 식각법(Deep Reactive Ion etching, DRIE), 스퍼터 식각법 또는 증기상 식각법인 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 측면은, 공극을 포함하는 실리콘계 태양전지를 포함하는, 투명 태양전지를 제공한다.
- [0024] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지의 투과율은, 50 % 내지 70 %인 것일 수 있다.
- [0025] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지의 공극율은, 50 % 내지 80 %인 것일 수 있다.
- [0026] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극의 형상은, 삼각형, 사각형, 원형, 타원형 및 다각형으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0027] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극의 형상은 사각형이고, 상기 사각형의 한 변의 길이는 50 μm 내지 200 μm 인 것일 수 있다.
- [0028] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극의 중심 간의 거리는, 10 μm 내지 1,000 μm 인 것일 수 있다.
- [0029] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지의 활성 영역은, 100 mm^2 내지 300 mm^2 인 것일 수 있다.
- [0030] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지는, 중성 색깔의 구현이 가능한 것일 수 있다.

[0031] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지는, 상기 제조방법에 의해 제조된 것일 수 있다.

발명의 효과

[0033] 본 발명에 따른 투명 태양전지의 제조방법은, 종래의 실리콘계 태양전지를 그대로 활용하여 건식 식각을 통해 공극을 형성시킴으로써, 투명 태양전지의 활성 영역 및 투과율을 증가시키고, 중성 색상의 구현이 가능한 효과가 있다.

[0034] 또한, 본 발명에 따른 투명 태양전지는, 공극을 통해 투명성을 구현하므로, 중성 색상의 구현이 가능하고 두께의 제한을 받지 않으며, 활성 영역 및 투과율이 증가되어, 특히, 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용되기에 적합한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 태양전지의 제조과정을 간략히 나타낸 모식도이다.

도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 태양전지의 제조과정에서, 크롬층 제거단계 이후의 태양전지의 SEM 이미지이다.

도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 태양전지의 제조과정에서, 크롬층 제거단계 이후의 태양전지의 SEM 이미지이다.

도 4는, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 태양전지의 제조과정에서, 크롬층 제거단계 이후의 태양전지의 SEM 이미지이다.

도 5는, 실시예 1 및 실시예 2 투명 태양전지의 각 공극의 형상 및 활성 영역을 나타낸 것이다.

도 6은, 실시예 1 및 실시예 2에 따른 투명 태양전지의 파장 별 투과율을 측정한 결과이다.

도 7은, 실시예 1 및 실시예 2에 의해 제조된 투명 태양전지의 전류-전압 곡선을 나타낸 것이다.

도 8은, 상기 실시예 1에서 제조된 투명 태양전지와, 염료 감응형 태양전지, 페로브스카이트 태양전지의 CIE 1931 색 좌표 값을 나타낸 것이다.

도 9는, 상기 실시예 1에서 제조된 투명 태양전지와, 염료 감응형 태양전지, 페로브스카이트 태양전지의 CIE 1931 색도 분포표를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

[0038] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0039] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 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 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0040] 또한, 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0041] 이하, 본 발명의 투명 태양전지의 제조 방법에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.
- [0043] 본 발명의 일 측면은, 실리콘계 태양전지를 준비하는 단계; 상기 실리콘계 태양전지의 전면에 피막층을 형성하는 단계; 상기 피막층 상에, 포토리소그래피 공정으로 패턴층을 형성하는 단계; 상기 패턴층이 형성된 피막층 상에, 식각 영역만 노출되도록 금속층을 형성하는 단계; 상기 노출된 영역을 건식 식각법으로 식각하여, 공극을 형성하는 단계; 상기 형성된 금속층을 제거하는 단계; 및 상기 공극이 형성된 실리콘계 태양전지의 후면에 전극을 증착하는 단계;를 포함하는, 투명 태양전지의 제조방법을 제공한다.
- [0044] 본 발명에 따른 투명 태양전지의 제조방법은, 실리콘계 태양전지의 전면 전극을 그대로 보존하면서 공극을 형성하여, 투명 태양전지의 활성 영역을 증가시키고, 중성 색상이 구현 가능하며, 적정 수준의 투과율을 확보할 수 있는 특징이 있다.
- [0045] 이하, 본 발명의 일 측에 따른 투명 태양 전지의 제조방법을 단계별로 상세히 설명한다.
- [0047] 본 발명의 일 측에 따른 투명 태양 전지의 제조방법의 첫번째 단계는 실리콘계 태양전지를 준비하는 단계이다.
- [0048] 상기 실리콘계 태양전지는, 실리콘을 기반으로 하여 제조된 태양전지를 의미할 수 있다.
- [0049] 일 실시형태에 따르면, 상기 실리콘계 태양전지는, 단결정 실리콘 태양전지, 다결정 실리콘 태양전지 및 비정질 실리콘 태양전지 중 어느 하나일 수 있다.
- [0050] 상기 실리콘계 태양전지를 준비하는 단계에 있어서, 공지된 모든 종류의 실리콘계 태양전지를 그대로 이용할 수 있고, 박막 형태가 아닌 벌크형 실리콘계 태양전지도 그대로 이용할 수 있다.
- [0051] 따라서, 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용되기 위해 별도의 재료나 공정 방법을 도입할 필요가 없으며, 두께의 제한을 받지 않는 장점이 있다.
- [0053] 다음 단계는, 상기 실리콘계 태양전지의 전면에 피막층을 형성하는 단계이다.
- [0054] 일 실시형태에 따르면, 상기 피막층을 형성하는 단계는, 실리콘 나이트라이드, 실리콘 옥사이드 및 실리콘 카바이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나를 증착 하여 형성하는 것일 수 있다.
- [0055] 여기서, 상기 피막층은, 상기 실리콘계 태양전지의 전면 전극 또는 탭 전극과 에미터 상에 형성되어, 전극 보호 및 전극이 덮여 있지 않은 부분의 패시베이션(passivation)역할을 한다.
- [0056] 일 실시형태에 따르면, 상기 피막층을 형성하는 단계는, 실리콘 나이트라이드인 Si_3N_4 를 증착하여 형성하는 것일 수 있다.
- [0058] 이어지는 단계는, 상기 피막층 상에, 포토리소그래피 공정으로 패턴층을 형성하는 단계이다.
- [0059] 일 실시형태에 따르면, 상기 포토리소그래피 공정은, 상기 피막층 상에 포토레지스트를 코팅 후, 마스크와 노광 장치를 이용하여 패턴을 형성시키는 공정을 의미할 수 있다.
- [0060] 구체적인 일례로, 상기 피막층 상에, 포토레지스트를 도포 후, 마스크를 씌운 상태에서 노광 장치로 광을 조사하여, 격자무늬의 패턴이 형성된 패턴층을 형성시킬 수 있다.
- [0061] 여기서, 상기 격자무늬의 패턴은, 베이스 소재인 실리콘계 태양전지의 전면 전극의 형태가 그대로 유지되도록 형성될 수 있다.
- [0063] 일 실시형태에 따르면, 상기 패턴층은, 식각 영역이 양각을 이루도록 형성되는 것일 수 있다.
- [0064] 일 실시형태에 따르면, 상기 식각 영역은, 투명 태양전지의 공극을 형성하는 영역일 수 있다. 따라서, 상기 식

각 영역의 형태는, 형성하고자 하는 공극의 형태와 동일할 수 있다.

- [0065] 일 실시형태에 따르면, 상기 패턴층의 패턴은, 상기 태양전지의 전면전극 형태가 보존되도록 형성되는 것일 수 있다.
- [0066] 즉, 베이스 소재로 사용된 실리콘계 태양전지의 전면 전극 또는 탭 전극의 형태가 그대로 유지되도록 패턴을 형성할 수 있고, 전극 부위에 공극이 형성되지 않도록 식각 영역을 설계하여 패턴을 형성할 수 있다.
- [0067] 일 실시형태에 따르면, 상기 패턴층의 패턴은, 격자무늬를 포함하는 것일 수 있다.
- [0068] 상기 격자무늬는, 사각형의 공극이 다수 존재하는 형태로, 공극의 크기는 균일하거나 불균일하게 형성될 수 있고, 공극 간의 간격이 균일하거나 불균일하게 형성될 수 있다.
- [0070] 다음 단계는, 상기 패턴층이 형성된 피막층 상에, 식각 영역만 노출되도록 금속층을 형성하는 단계이다.
- [0071] 상기 금속층은, 이후 진행되는 건식 식각 공정에서, 식각되지 않는 부분을 보호하는 역할, 즉, 식각 마스크로 작용할 수 있다.
- [0072] 일 실시형태에 따르면, 상기 금속층을 형성하는 단계는, 금속을 도포한 후, 리프트 오프 공정에 의해 식각 영역 상의 금속이 제거되도록 하는 것일 수 있다.
- [0073] 구체적으로, 식각 영역이 양각으로 형성된 패턴층 상에 금속을 도포한 뒤, 식각 영역 상에 있는 금속만을 제거하여, 식각되지 않는 영역이 금속에 의해 보호될 수 있도록 금속층을 형성할 수 있다.
- [0074] 일례로, 상기 패턴층은 포토레지스트로 형성될 수 있고, 상기 패턴층 상에 금속을 도포한 뒤 포토레지스트를 제거하면, 포토레지스트로 형성된 패턴의 역상으로 금속층이 남게 된다.
- [0075] 일 실시형태에 따르면, 상기 금속은, 크롬(Cr), 니켈(Ni) 및 스테인리스 스틸(SUS)로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있고, 바람직하게는 크롬(Cr)을 포함할 수 있다.
- [0077] 이어지는 단계는, 상기 노출된 영역을 건식 식각법으로 식각하여, 공극을 형성하는 단계이다.
- [0078] 일 실시형태에 따르면, 상기 건식 식각법은, 딥 반응성 이온 식각법(Dep Reactive Ion etching, DRIE), 스퍼터 식각법 또는 증기상 식각법인 것일 수 있다.
- [0079] 바람직하게는, 상기 건식 식각법은, 딥 반응성 이온 식각법(Dep Reactive Ion etching, DRIE)일 수 있으며, 딥 반응성 이온 식각법에 의할 경우 수 마이크로 미터 범위에서 정밀한 식각이 가능하다.
- [0081] 다음 단계는, 상기 형성된 금속층을 제거하는 단계이다.
- [0082] 상기 금속층은 식각 시, 식각되지 않는 영역의 보호층 역할을 하는 것으로, 불투명한 성질을 나타내기 때문에, 빛이 들어오는 전지의 전면에 투명성 확보를 위해 제거될 필요가 있다.
- [0084] 마지막 단계는, 상기 공극이 형성된 실리콘계 태양전지의 후면에 전극을 증착하는 단계이다.
- [0085] 후면 전극으로는 태양전지의 전극 물질로 사용될 수 있는 물질을 제한 없이 사용할 수 있고, 바람직하게는 은(Ag)을 사용할 수 있다.
- [0087] 본 발명의 다른 측면은, 공극을 포함하는 실리콘계 태양전지를 포함하는, 투명 태양전지를 제공한다.
- [0089] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지의 투과율은, 50 % 내지 70 %인 것일 수 있다.
- [0090] 만일, 상기 투명 태양전지의 투과율이, 50 % 미만일 경우 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용 시 건물 내 빛이 충분히 들어오지 않아 난방을 위한 에너지 사용이 증가될 수 있고, 투과율이 70 %를 초과할 경우, 건물

일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용 시 건물 내 빛이 너무 많이 들어와 건물의 냉방을 위한 에너지 사용이 증가될 수 있다.

[0091] 따라서, 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용되기 위해서는, 빛의 투과율을 50 % 내지 70 %로 유지하는 것이 바람직하다.

[0093] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지의 공극율은, 50 % 내지 80 % 인 것일 수 있다.

[0094] 만일, 상기 공극율이 50% 미만일 경우, 투과율이 낮아져 투명성이 저하되고, 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용 시 건물의 난방을 위한 에너지 사용이 증가될 수 있으며, 상기 공극율이 80 %를 초과할 경우, 투과율이 너무 높아져 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)에 적용 시 건물의 냉방을 위한 에너지 사용이 증가될 수 있다.

[0096] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극의 형상은, 삼각형, 사각형, 원형, 타원형 및 다각형으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0097] 상기 공극의 형상은 균일하거나 불균일하게 형성될 수 있고, 상기 공극의 크기 및 분포가 균일하거나 불균일하게 형성될 수 있다.

[0098] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극의 형상, 크기, 분포, 공극 간의 간격 등의 특성을 조절하여, 투명 태양전지의 투명도, 투과율, 활성 영역 등의 특성을 조절할 수 있다.

[0100] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극의 형상은 사각형이고, 상기 사각형의 한 변의 길이는 50 μm 내지 200 μm 인 것일 수 있다.

[0101] 일 실시형태에 따르면, 상기 사각형은 정사각형일 수 있고, 균일한 크기를 가질 수 있으며, 균일한 간격으로 분포될 수 있다.

[0102] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극은 다수의 사각형으로 구성되어, 전체적으로 격자무늬의 패턴을 이루는 것일 수 있다.

[0104] 일 실시형태에 따르면, 상기 공극의 중심 간의 거리는, 10 μm 내지 1,000 μm 인 것일 수 있다.

[0105] 만일, 상기 공극의 중심 간의 거리가 10 μm 미만일 경우, 베이스 소재인 실리콘계 태양전지의 전면 전극이 보존되기 어려울 수 있고, 1,000 μm 를 초과할 경우, 공극율이 저하될 수 있다.

[0107] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지의 활성 영역은, 100 mm^2 내지 300 mm^2 인 것일 수 있다.

[0108] 본 발명의 일 측에 따른 투명 태양전지는, 종래의 투명 태양전지가 30 mm^2 미만의 활성 영역을 갖는 것과 비교하여 활성 영역을 현저히 증가시켜, 태양 전지의 면적 당 효율을 증가시킨 특징이 있다.

[0110] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지는, 중성 색상의 구현이 가능한 것일 수 있다.

[0111] 일 실시형태에 따르면, 상기 중성 색상은 회색을 의미할 수 있다.

[0112] 일 실시형태에 따르면, 상기 중성 색상은, 흰색, 회색과 같은 무채색을 포함할 수 있다.

[0113] 본 발명의 일 측에 따른 투명 태양전지는, 중성 색상의 구현이 가능하여, 건물일체형 태양광 시스템에 적용되기에 적합한 장점을 갖는다.

- [0115] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지는, 상기 제조방법에 의해 제조된 것일 수 있다.
- [0116] 일 실시형태에 따르면, 상기 투명 태양전지는, 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)용 인 것일 수 있다.
- [0118] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.
- [0119] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0121] <실시예 1>
- [0122] 먼저, 실리콘 태양전지를 준비하고, 실리콘 태양전지의 top 전극 및 에미터가 형성된 전면에 Si_3N_4 를 증착하였다.
- [0123] Si_3N_4 가 증착된 상태에서, 태양전지의 전면에 포토레지스트(AZ5214, Nlof)를 이용한 포토리소그래피 공정으로 패터닝을 형성하였다.
- [0124] 이때, 형성된 패터닝층은, 식각 하고자 하는 영역이 양각을 이루도록 형성되었으며, 패터닝은 전면 전극의 모양이 보존되도록 격자무늬 형태로 형성되었다.
- [0125] 패터닝된 태양전지의 전면에 크롬을 올린 뒤, 리프트 오프하여 식각된 영역만 노출되도록 하였다.
- [0126] 이후, 딥 반응성 이온 식각(DRIE) 방법을 이용하여, 노출된 부분을 전부 식각하고, 덮여 있던 크롬층을 제거해주었다.
- [0127] 크롬층이 제거된 상태의 태양전지의 후면에 Ag 전극을 증착시켜, 공극이 형성된 투명 태양전지를 제조하였다.
- [0128] 제조된 투명 태양전지는, 한 변의 길이가 200 μm 인 정사각형의 공극이 격자무늬 형태로 배열되었다.
- [0130] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 태양전지의 제조과정을 간략히 나타낸 모식도이다.
- [0131] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 태양전지의 제조과정이, 실리콘계 태양전지의 준비단계, 실리콘 나이트라이드 증착단계, 포토리소그래피 공정에 의한 패터닝 단계, 크롬층 형성 단계, 건식 식각 단계, 크롬층 제거단계, 후면 전극 부착단계의 순으로 진행되는 것을 확인할 수 있다.
- [0132] 도 2 내지 4는, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 태양전지의 제조과정에서, 크롬층 제거단계 이후의 태양전지의 SEM 이미지이다.
- [0133] 도 2 내지 4를 참조하면, 전극을 교묘히 피해서 마이크로홀이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0135] <실시예 2>
- [0136] 상기 실시예 1과 동일한 방법에 의하여, 한 변의 길이가 80 μm 인 정사각형의 공극이 격자무늬 형태로 배열된 투명 태양전지를 제조하였다.
- [0138] <실험예 1> 투명 태양전지의 투과율 및 활성 영역(ACTIVE AREA) 측정
- [0139] 상기 실시예 1 및 실시예 2에 의해 제조된 투명 태양전지의 투과율 및 활성 영역을 측정하였다.
- [0140] 활성 영역 측정 시, 바깥쪽 전극 테두리까지를 활성 영역으로 정의하였으며, 해당 크기를 노광 공정으로 정의하였다.
- [0142] 도 5는, 실시예 1 및 실시예 2 투명 태양전지의 각 공극의 형상 및 활성 영역을 나타낸 것이다.
- [0143] 도 5의 (a)를 참조하면, 실시예 1의 투명 태양전지는 공극율이 약 80 %이고, 활성 영역이 250 mm^2 인 것을 확인

할 수 있다.

[0144] 도 5의 (b)를 참조하면, 실시예 2의 투명 태양전지는 공극율이 약 55 %이고, 활성 영역이 250 mm^2 인 것을 확인할 수 있다.

[0146] 도 6은, 실시예 1 및 실시예 2에 따른 투명 태양전지의 파장 별 투과율을 측정한 결과이다.

[0147] 도 6을 참조하면, 실시예 1의 투명 태양전지는 가시광선 영역에서 60 %의 투과율을 보이고, 실시예 2의 투명 태양전지는 가시광선 영역에서 45 %의 투과율을 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0148] 이는, 건물일체형 태양광 발전 시스템(Building Integrated Photovoltaic System, BIPV)에 적용되기에 가장 적합한 50 % 내지 70 %의 투과율 범위 내에 해당함을 알 수 있다.

[0149] 또한, 공극의 크기 및 형상과 같은 구성을 변화시킴으로써, 투과율을 조절할 수 있음을 알 수 있다.

[0151] <실험예 2> 투명 태양전지의 에너지 전환 효율(power conversion efficiency, PCE) 측정

[0152] 상기 실시예 1 및 실시예 2에 의해 제조된 투명 태양전지의 에너지 전환 효율을 측정하였다.

[0154] 표 1은, 실시예 1 및 실시예 2의 단락전류(J_{sc}), 개방전압(V_{oc}), 채움 인자(fill factor, FF) 및 전환효율(PCE)를 나타낸 것이다.

표 1

	J_{sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (mV)	FF (%)	PCE (%)
실시예 1	6.5	542	62.3	2.19
실시예 2	13.5	545	67.4	4.96

[0156] 도 7은, 실시예 1 및 실시예 2에 의해 제조된 투명 태양전지의 전류-전압 곡선을 나타낸 것이다.

[0157] 표 1 및 도 7을 참조하면, 실시예 1 및 실시예 2의 에너지 변환 효율은 각각 2.19 및 4.96으로, 종래의 투명 태양전지와 유사한 정도의 에너지 변환 효율을 나타냄을 알 수 있다.

[0159] <실험예 3> 투명 태양전지의 중성 색상 구현 효과 확인

[0160] 상기 실시예 1에서 제조된 투명 태양전지와, 염료 감응형 태양전지, 페로브스카이트 태양전지의 구현되는 색상을 확인하였다.

[0161] 1 sun이 투과된 후 색좌표가 측정될 수 있도록, 1 sun과 비슷한 할로겐 램프 앞에 투명 태양전지를 필터처럼 두고 색좌표를 측정하였다.

[0163] 도 8은, 상기 실시예 1에서 제조된 투명 태양전지와, 염료 감응형 태양전지, 페로브스카이트 태양전지의 CIE 1931 색 좌표 값을 나타낸 것이다.

[0164] 도 9는, 상기 실시예 1에서 제조된 투명 태양전지와, 염료 감응형 태양전지, 페로브스카이트 태양전지의 CIE 1931 색도 분포표를 나타낸 것이다.

[0166] 도 8 및 도 9를 참조하면, 염료 감응형 태양전지, 페로브스카이트 태양전지와 달리 본 발명에 따른 실시예 1의 태양전지는 회색의 중성 색상이 나타나는 것을 확인할 수 있다.

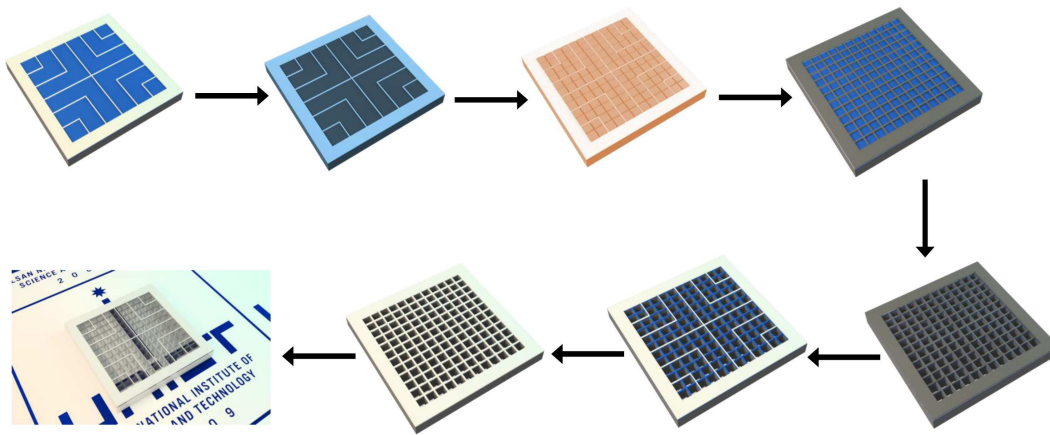
[0167] 이를 통해, 본 발명에 따른 투명 태양전지는 중성 색상의 구현이 가능하며, 특히 건물일체형 태양광 발전 시스

템(Building Integrated Photovoltaic System, BIPV)에 적용되기에 적합함을 알 수 있다.

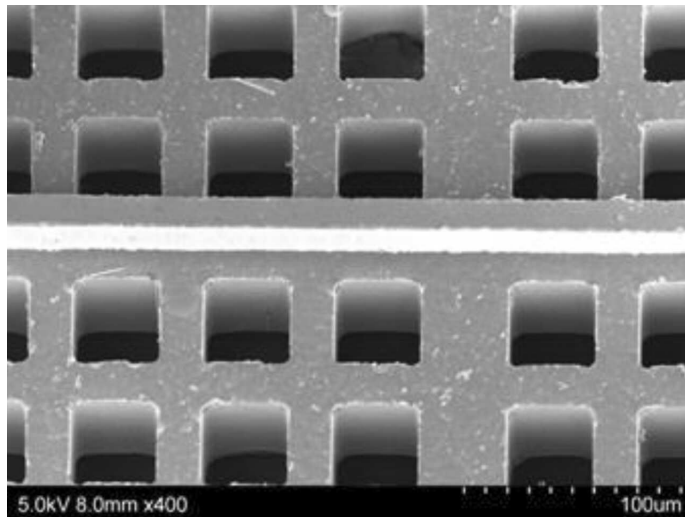
[0169] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

도면

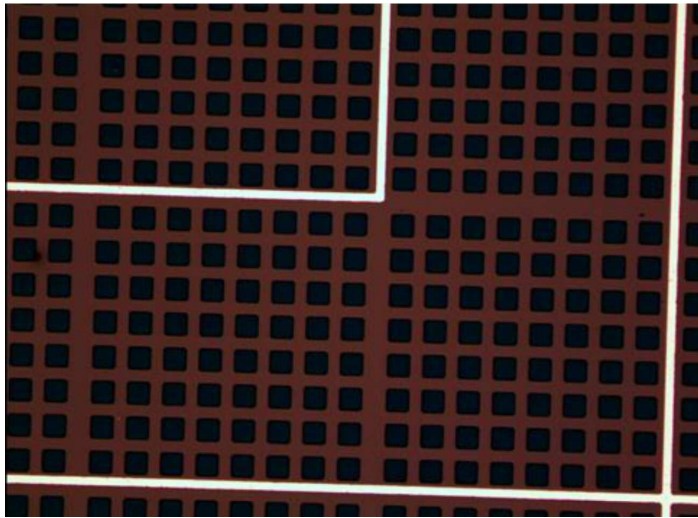
도면1



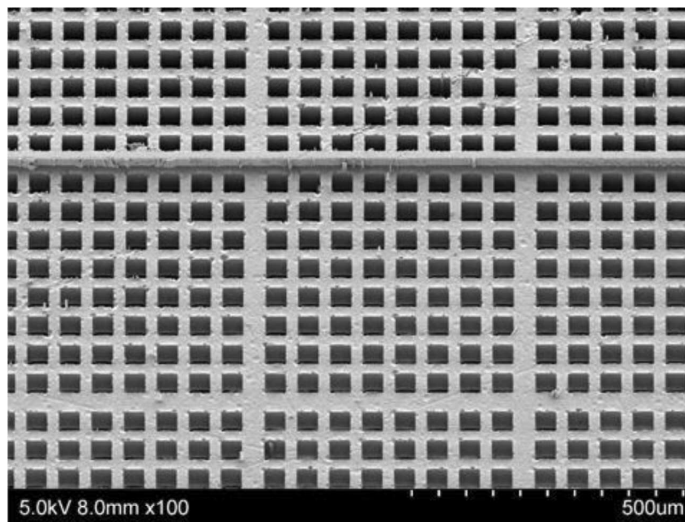
도면2



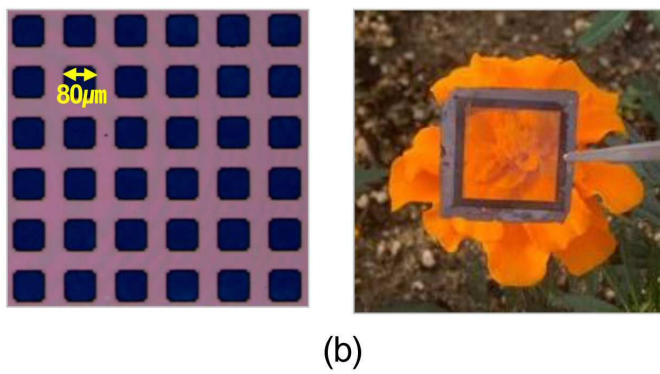
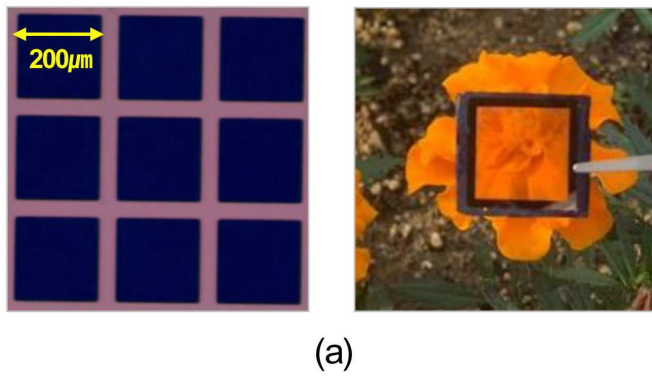
도면3



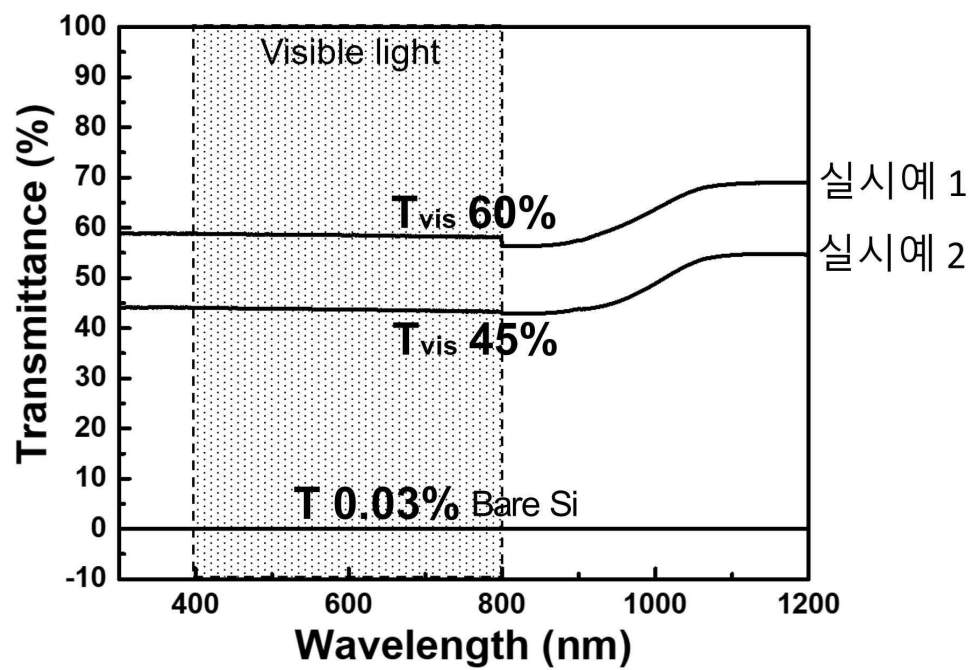
도면4



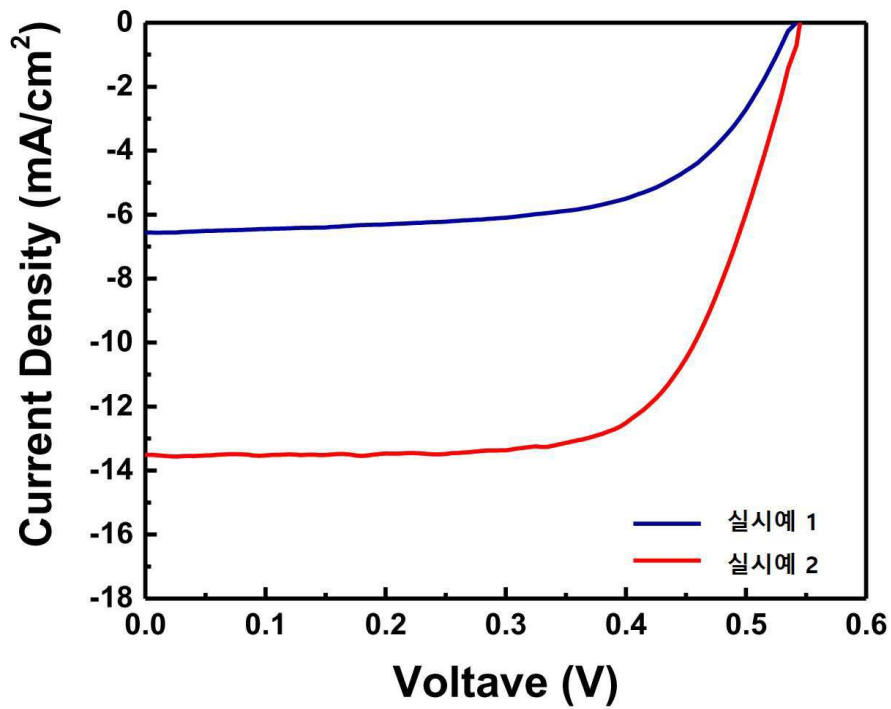
도면5



도면6



도면7



도면8

Materials		Color	CIE 1931	
			x	y
Dye	HSQ5	Green	0.68	0.19
	TMCB	Blue	0.21	0.20
	1,4- H ₂ bda	Blue	0.19	0.21
	Zn(3-q c) ₂ I _n	Blue	0.19	0.17
Perovskites	MAPb(I _{0.05} Br _{0.95}) ₃	Brown	0.53	0.42
	MAPb(I _{0.28} Br _{0.72}) ₃	Brown	0.47	0.40
	MAPb(I _{0.41} Br _{0.59}) ₃	Yellow	0.46	0.47
실시예 1		Gray (neutral)	0.36	0.35

도면9

