(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0134261
(43) 공개일자 2013년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/042 (2006.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0057654
(22) 출원일자 2012년05월30일
심사청구일자 2012년05월30일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
김동하
서울특별시 마포구 연남동 246-1번지 노블레스아파트 501호
장윤희
경기도 의정부시 신곡2동 풍림아이원아파트 104동 1802호
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

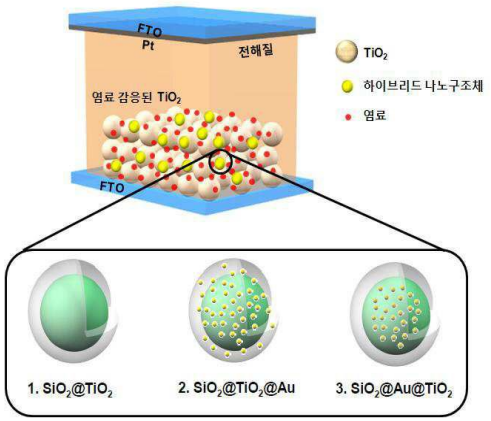
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **금 나노입자를 함유하는 하이브리드 나노구조체 및 이를 포함하는 태양전지용 광전극**

(57) 요 약

금 나노입자를 함유하는 하이브리드 나노구조체, 상기 하이브리드 나노구조체를 포함하는 태양전지용 광전극, 및 상기 광전극을 포함하는 태양전지에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20110030255
부처명 교육과학기술부
연구사업명 원천기술개발사업-나노소재기술개발사업
연구과제명 유도 자기조립에 의하여 제조한 계층적 이산화티타늄 구조체의 메조기공구조제어, 복합화를 통한 광전변환소재 개발
기 여 율 7/10
주관기관 이화여자대학교 산학협력단
연구기간 2011.09.01 ~ 2012.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2011K000630
부처명 교육과학기술부
연구사업명 원천기술개발사업-미래기반기술개발사업-신기술융합형 성장동력사업
연구과제명 하이브리드 플라즈모닉 나노구조체의 형광 특성 제어 연구
기 여 율 3/10
주관기관 이화여자대학교 산학협력단
연구기간 2011.07.01 ~ 2012.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

지지체 입자에 형성된 무기산화물 쉘 및 금 나노입자를 함유하는 하이브리드 나노구조체를 포함하는,

태양전지용 광전극.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 금 나노입자는 상기 무기산화물 쉘에 형성되는 것인, 태양전지용 광전극.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 금 나노입자는 상기 지지체 입자에 형성되는 것인, 태양전지용 광전극.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 무기산화물은 TiO_2, ZnO, Fe_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Ta_2O_5, MgO, BeO, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 태양전지용 광전극.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 지지체 입자는 SiO_2, TiO_2, 또는 폴리스티렌(polystyrene)을 포함하는 것인, 태양전지용 광전극.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 하이브리드 나노구조체는 0.1 wt% 내지 10 wt%의 비율로 광전극에 포함된 것인, 태양전지용 광전극.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 하이브리드 나노구조체는 100 nm 내지 400 nm의 직경을 가지는 것인, 태양전지용 광전극.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 금 나노입자의 표면 플라즈몬 공명 현상에 의해 상기 태양전지의 광전변환 효율이 상승되는 것인, 태양전

지용 광전극.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 따른 광전극, 상대전극, 및 전해질을 포함하는, 태양전지.

청구항 10

지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계; 및

상기 무기산화물 쉘에 금 나노입자를 형성하는 단계

를 포함하는,

하이브리드 나노구조체의 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는, 상기 지지체 입자의 표면에 아민기를 형성하는 단계 및 상기 아민기에 상기 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 하이브리드 나노구조체의 제조 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 무기산화물 쉘에 금 나노입자를 형성하는 단계는, 상기 무기산화물 쉘의 표면에 아민기를 형성하는 단계 및 상기 아민기에 상기 금 나노입자를 형성하는 단계를 포함하는 것인, 하이브리드 나노구조체의 제조 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 무기산화물은 TiO_2, ZnO, Fe_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Ta_2O_5, MgO, BeO 및 이들의 조합들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 하이브리드 나노구조체의 제조 방법.

청구항 14

지지체 입자에 금 나노입자를 형성하는 단계; 및

상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계

를 포함하는,

하이브리드 나노구조체의 제조방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 지지체 입자에 금 나노입자를 형성하는 단계는, 상기 지지체 입자의 표면에 아민기를 형성하는 단계 및 상

기 아민기에 금 나노입자를 형성하는 단계를 포함하는 것인, 하이브리드 나노구조체의 제조 방법.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는, 상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자 및 상기 금 나노입자에 아민기를 형성하는 단계 및 상기 아민기에 상기 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 하이브리드 나노구조체의 제조 방법.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 무기산화물은 TiO_2, ZnO, Fe_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Ta_2O_5, MgO, BeO, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 하이브리드 나노구조체의 제조 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본원은, 금 나노입자를 함유하는 하이브리드 나노구조체, 상기 하이브리드 나노구조체를 포함하는 태양전지용 광전극, 및 상기 광전극을 포함하는 태양전지에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 태양전지는 공해가 없다는 장점 때문에 지구환경 보전의 관점에서 재평가되고 있으며, 차세대 청정 에너지원으로서의 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 알려진 태양전지의 종류에는 비정질 실리콘을 이용한 박막형 태양전지, 화합물 반도체 태양전지, 유기고분자 태양전지, 및 염료감응형 태양전지 등이 있다. 통상적으로 태양전지는 기판 위에 구조물을 적층한 형태의 구조를 가지며, 빛을 수집하여 전기에너지로 변환하는 광전변환층 및 금속 전극을 구비하고 있다. 그러나 현재 상용화된 비정질 실리콘을 이용한 태양 전지는 높은 제조 단가 및 설치 비용으로 적극적인 활용이 이루어지지 못하고 있다.

[0003] 비정질 실리콘 태양전지를 대체할 수 있는, 제조 단가가 저렴한 염료감응 태양전지가 1900년대에 스위스의 그라첼 그룹에 의해 보고된 이래로, 상기 염료감응 태양전지의 광전변환효율을 향상시키기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[0004] 염료감응 태양전지가 작동되는 원리는 다음과 같다. n-형 나노입자 산화물 반도체에 흡착된 감광성 염료 분자가 햇빛을 받게 되면 전자가 여기되고, 여기된 전자는 산화물 반도체를 통하여 전도성 투명 기재로 전달된다. 전달된 전자가 외부 회로를 통해 상대 전극으로 전달됨으로써 전류가 흐르게 된다. 이때 감광성 염료 분자에 생긴 홀(hole)은 산화-환원 전해질에 의해서 다시 환원되고, 이 과정에서 산화된 전해질 성분은 상대 전극으로부터 전자를 받아서 환원된다.

[0005] 이러한 태양전지의 광전변환 효율을 상승시키기 위해 많은 연구가 행해지고 있는데, 이와 관련하여, 대한민국공개특허 제2012-0042825호 "태양전지 및 이의 제조방법" 등은 태양전지의 효율을 상승시키는 기술에 대하여 개시하고 있다. 그러나, 나노기술을 이용한 태양전지의 효율 개선에 관하여는 아직 두드러지는 성과는 제시되지 않고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본원은, 하이브리드 나노구조체를 포함하는, 광전변환효율이 상승된 광전극을 제공하며, 상기 광전극을 포함하는 태양전지, 및 상기 하이브리드 나노구조체의 제조 방법을 제공하고자 한다.

[0007] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본원의 제 1 측면은, 지지체 입자에 형성된 무기산화물 쉘 및 금 나노입자를 함유하는 하이브리드 나노구조체를 포함하는, 태양전지용 광전극을 제공한다.

[0009] 본원의 제 2 측면은, 본원의 제 1 측면에 따른 광전극을 포함하는 태양전지를 제공한다.

[0010] 본원의 제 3 측면은, 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계, 및 상기 무기산화물 쉘에 금 나노입자를 형성하는 단계를 포함하는, 나노구조체의 제조방법을 제공한다.

[0011] 본원의 제 4 측면은, 지지체 입자에 금 나노입자를 형성하는 단계, 및 상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함하는, 나노구조체의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0012] 본원에 의하여, 지지체 입자에 형성된 무기산화물 쉘 및 표면 플라즈몬 공명 효과를 발생시키는 금 나노입자를 포함하는 태양전지의 광전극을 제공할 수 있다. 본원에 따른 상기 태양전지의 광전극은, 상기 광전극 내에 포함된 금 나노입자에 의한 표면 플라즈몬 공명 효과에 의하여 광전변환효율이 상승되며, 상기 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하여 하이브리드 나노구조체를 형성하므로 고가의 무기산화물을 상대적으로 적게 사용하여 저비용, 고효율의 태양전지를 제조할 수 있다. 또한, 본원에 의하여 상기 광전극을 포함하는 고효율의 태양전지가 제공될 수 있다.

[0013] 본원에 의하여, 지지체 입자에 형성된 무기산화물 쉘과 상기 무기산화물 쉘에 형성된 금 나노입자를 가지는 하이브리드 나노구조체, 그리고 지지체 입자에 형성된 금 나노입자와 상기 금 나노입자에 형성된 무기산화물 쉘을 가지는 하이브리드 나노구조체의 제조 방법이 제공될 수 있다. 상기 하이브리드 나노구조체는 태양전지의 광전극에서 광전자의 발생을 촉진시켜 고효율의 태양전지를 제조할 수 있도록 하며 무기산화물 만으로 형성된 나노구조체보다 저비용으로 제작될 수 있다. 또한, 상기 하이브리드 나노구조체는 에너지 저장 및 변환 소자의 전극 재료, 광학 소자의 설계 및/또는 합성에 광범위하게 적용 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 하이브리드 나노구조체, 상기 하이브리드 나노구조체를 포함하는 광전극, 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지의 모식도이다.

도 2는 본원의 일 비교예에 따른 하이브리드 나노구조체 제조 과정의 모식도이다.

도 3은 본원의 일 구현예에 따른 하이브리드 나노구조체 제조 과정의 모식도이다.

도 4는 본원의 일 구현예에 따른 하이브리드 나노구조체 제조 과정의 모식도이다.

도 5는 본원의 일 실시예에 따른 하이브리드 나노구조체의 주사전자현미경 이미지이다.

도 6은 본원의 일 비교예에 따른 하이브리드 나노구조체의 투과전자현미경 이미지이다.

도 7은 본원의 일 실시예에 따른 하이브리드 나노구조체의 투과전자현미경 이미지이다.

도 8은 본원의 일 실시예에 따른 하이브리드 나노구조체의 투과전자현미경 이미지이다.

도 9는 본원의 일 실시예에 따른 하이브리드 나노구조체의 흡광 스펙트럼을 측정한 그래프이다.

도 10은 본원의 일 실험예에 따른 태양전지의 전류-전압을 측정한 그래프 및 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.

[0016] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0017] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0018] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0019] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0020] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 또한, 본원 명세서 전체에서, "~하는 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

[0021] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.

[0022] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A, B, 또는, A 및 B"를 의미한다.

[0023] 본원 명세서 전체에서, "A@B"의 기재는 A상에 B가 형성되어 있는 것을 의미한다. 또한, "A@B@C"의 기재는 A 상에 B가 형성되어 있는 동시에 B 상에 C가 형성되어 있는 것을 의미한다.

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.

[0025] 본원의 제 1 측면은, 지지체 입자에 형성된 무기산화물 쉘 및 금 나노입자를 함유하는 하이브리드 나노구조체를 포함하는, 태양전지용 광전극을 제공할 수 있다.

[0026] 이와 관련하여, 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 하이브리드 나노구조체를 포함하는 태양전지용 광전극 및 상기 광전극을 포함하는 태양전지의 모식도이다. 도 1을 참조하면, 상기 하이브리드 나노구조체는 태양전지의 광전극에 염료 및 TiO_2와 함께 포함되어 광전극의 광전변환효율 및 비용 효율성을 높일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0027] 예를 들어, 상기 하이브리드 나노구조체는 상기 광전극에서 표면 플라즈몬 공명현상을 일으키는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 표면 플라즈몬 공명이란, 금속의 종류와 입자의 크기에 따라 특정한 파장의 빛이 조사되는 경우 입사하는 빛과의 상호작용의 결과, 금속 나노 입자 내부의 전도대 전자들의 집단적인 진동에 의해 입사하는 빛보다 증강된 크기를 갖는 공명 현상을 칭하는 것이다. 즉, 표면 플라즈몬 공명은 금속 나노 입자에 조사되는 빛과 그 나노 입자간의 공명을 이용하여 특정 파장의 빛을 증폭시키는 것이다. 표면 플라즈몬 공명에 의해 증폭된 빛은 일반적으로 거리가 멀어짐에 따라서 급격히 그 세기가 감소하는 특성을 가진다. 따라서, 작은 금속 입자에 적절한 빛을 조사하는 경우 입자 주위에서만 빛의 세기가 증가하게 된다. 예를 들어, 증가되는 빛의 세기는 조사하는 빛의 편광 방향에 따라서 달라지는데 이를 이용하여 특정한 방향으로 빛의 세기가 증가하도록 제어할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0028] 예를 들어, 태양전지가 이용할 수 있는 태양광의 파장 영역은 매우 제한적인데, 상기 표면 플라즈몬 공명을 이용하여 흡수될 수 없는 파장 영역의 빛을 증폭시켜 태양전지의 광전극에 의하여 전기로 변환되게 하는 것을 포

함할 수 있다.

[0029] 예를 들어, 상기 광전극은 투명 전극을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 투명 전극은 ITO(Indium tin oxide), FTO(Fluorine-doped tin oxide), 그래핀(graphene), 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube; CNT)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0030] 예를 들어, 상기 하이브리드 나노구조체는 상기 광전극에 포함되는 산화티타늄(TiO_2) 페이스트, 또는 산화아연(ZnO) 페이스트에 포함되어 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0031] 예를 들어, 상기 하이브리드 나노구조체는 고가의 무기산화물만을 포함하는 것이 아니며, 그 내부에 상대적으로 가격이 저가인 지지체 입자 또한 함께 포함함으로써, 고가의 무기산화물을 상대적으로 적게 사용하여 저비용으로 제작될 수 있는 것을 포함하는 것이나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0032] 예를 들어, 상기 태양전지는 결정질 실리콘 태양전지, 비결정질 실리콘 태양전지, 화합물계 태양전지, 유기고분자 태양전지, 또는 염료감응형 태양전지를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 태양전지는 염료감응형 태양전지일 수 있으며, 상기 하이브리드 나노구조체가 표면 플라즈몬 공명 현상을 일으켜 상기 태양전지의 광전극에 포함된 염료로부터 많은 양의 전자를 생성시킴으로써 태양전지의 광전변환효율을 상승시키는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0033] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금 나노입자는 상기 무기산화물 쉘에 형성되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금 나노입자는 상기 무기산화물 쉘의 외부 표면에 형성된 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 금 나노입자는 상기 무기산화물 쉘에 형성됨으로써 향상된 표면 플라즈몬 공명 현상을 일으킬 수 있다. 예를 들어, 상기 금 나노입자의 크기는 약 5 nm 내지 약 30 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금 나노입자의 크기는 약 5 nm 내지 약 20 nm, 약 5 nm 내지 약 10 nm, 약 10 nm 내지 약 30 nm, 약 20 nm 내지 약 30 nm, 또는 약 10 nm 내지 약 20 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0034] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금 나노입자는 상기 지지체 입자에 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금 나노입자는 상기 지지체 입자와 상기 무기산화물 쉘 사이에 형성된 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 금 나노입자는 상기 지지체 입자와 상기 무기산화물 쉘 사이에 형성됨으로써 외부 환경에 대하여 더욱 안정적으로 존재할 수 있다.

[0035] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 무기산화물은 TiO_2, ZnO, Fe_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Ta_2O_5, MgO, BeO, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 무기산화물은 태양전지의 광전극에서 태양광에 의하여 염료로부터 여기된 전자를 받아들이는 음극물질로 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0036] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 지지체 입자는 SiO_2, TiO_2, 또는 폴리스티렌(polystyrene)을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0037] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 하이브리드 나노구조체는 약 0.1 wt% 내지 약 10 wt%의 비율로 광전극에 포함된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 하이브리드 나노구조체는 약 0.1 wt% 내지 약 10 wt%, 약 0.1 wt% 내지 약 5 wt%, 약 0.1 wt% 내지 약 3 wt%, 약 0.1 wt% 내지 약 1 wt%, 약 0.1 wt% 내지 약 0.5 wt%, 약 0.5 wt% 내지 약 10 wt%, 약 1 wt% 내지 약 10 wt%, 약 3 wt% 내지 약 10 wt%, 약 5 wt% 내지 약 10 wt%, 또는, 약 0.5 wt% 내지 약 3 wt%의 비율로 광전극에 포함된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0038] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 하이브리드 나노구조체는 약 100 nm 내지 약 400 nm의 직경을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 하이브리드 나노구조체는 약 100 nm 내지 약 400 nm, 약 100 nm 내지 약 300 nm, 약 100 nm 내지 약 200 nm, 약 200 nm 내지 약 400 nm, 약 300 nm 내지 약 400 nm, 또는 약 200 nm 내지 약 300 nm의 직경을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0039] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금 나노입자의 표면 플라즈몬 공명 현상에 의해 상기 태양전지의 광전변환 효율이 상승되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0040] 본원의 제 2 측면은, 본원의 제 1 측면의 광전극, 상대전극, 및 전해질을 포함하는 태양전지를 제공할 수 있다.

예를 들어, 상기 태양전지는 결정질 실리콘 태양전지, 비결정질 실리콘 태양전지, 화합물계 태양전지, 유기고분자 태양전지, 또는 염료감응형 태양전지를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 광전극은 투명전극일 수 있으며, 상기 투명전극은 ITO(Indium tin oxide), FTO(Fluorine-doped tin oxide), 그래핀(graphene), 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube; CNT)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 상대전극은 투명전극일 수 있으며, 상기 투명전극은 ITO(Indium tin oxide), FTO(Fluorine-doped tin oxide), 그래핀(graphene), 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube; CNT)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 상대전극은 백금 또는 탄소를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0041] 본원의 제 3 측면은, 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계 및 상기 무기산화물 쉘에 금 나노입자를 형성하는 단계를 포함하는, 하이브리드 나노구조체의 제조 방법을 제공할 수 있다.

[0042] 예를 들어, 상기 지지체 입자는 SiO_2를 포함할 수 있고, 상기 무기산화물 쉘은 TiO_2를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금 나노입자는 약 5 nm 내지 약 30 nm의 직경을 가지는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금 나노입자의 크기는 약 5 nm 내지 약 20 nm, 약 5 nm 내지 약 10 nm, 약 10 nm 내지 약 30 nm, 약 20 nm 내지 약 30 nm, 또는 약 10 nm 내지 약 20 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0043] 예를 들어, 상기 지지체 입자는 실리카 전구체로부터 SiO_2 입자를 형성하는 단계에 의하여 수득된 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 실리카 전구체는 TEOS(Tetraethylorthosilicate), 규산나트륨(sodium silicate), 또는 사염화실리콘(silicon tetrachloride; $SiCl_4$)을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0044] 예를 들어, 상기 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는 상기 지지체 입자에 형성된 연결 분자를 사용하여 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 상기 지지체 입자에 아민기를 형성시켜 상기 무기산화물 쉘의 형성을 용이하게 할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 (3-아미노프로필)트리메톡시실란 [(3-aminopropyl)trimethoxysilane; APTMS], (3-아미노프로필)트리에톡시실란 [(3-aminopropyl)triethoxysilane; APTES]등을 포함하는 다양한 아미노실란(aminosilane) 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0045] 예를 들어, 상기 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는 무기산화물의 전구체로부터 무기산화물 쉘을 형성하는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 무기산화물이 TiO_2인 경우, 상기 전구체는 티타늄 테트라이소프로폭사이드(titanium tetraisopropoxide; TTIP), 테트라부틸오소티타네이트(tetrabuthylorthotitanate; TBOT), 또는 사염화티탄(titanium tetrachloride; $TiCl_4$) 을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0046] 예를 들어, 상기 무기산화물 쉘에 금 나노입자를 형성하는 단계는 상기 무기산화물 쉘에 형성된 연결 분자를 이용하여 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 상기 무기산화물 쉘에 아민기를 형성하도록 하여 상기 금 나노입자의 형성을 용이하게 할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 (3-아미노프로필)트리메톡시실란 [(3-aminopropyl)trimethoxysilane; APTMS], (3-아미노프로필)트리에톡시실란 [(3-aminopropyl)triethoxysilane; APTES] 등을 포함하는 다양한 아미노실란(aminosilane) 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0047] 예를 들어, 상기 무기산화물 쉘에 금 나노입자를 형성하는 단계는 상기 지지체 입자에 형성된 무기산화물 쉘과 금 나노입자를 혼합하는 단계를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0048] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는, 상기 지지체 입자의 표면에 아민기를 형성하는 단계 및 상기 아민기에 상기 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본원의 일 구현예에 따르면 상기 무기산화물 쉘에 금 나노입자를 형성하는 단계는, 상기 무기산화물 쉘의 표면에 아민기를 형성하는 단계 및 상기 아민기에 상기 금 나노입자를 형성하는 단계를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 아민기는 (3-아미노프로필)트리메톡시실란 [(3-aminopropyl)trimethoxysilane; APTMS]을 상기 지지체 입자에 처리하여 형성되는 것일 수 있으

나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 APTMS는 물질의 표면에 아민기를 형성하여 상기 아민기에 원하는 물질을 반응시킴으로써 결합시킬 수 있는 연결 분자일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 APTMS는 상기 지지체 입자의 표면 또는 상기 무기산화물 쉘의 표면에 연결된 아민기를 형성하여 상기 지지체 입자에 연결된 아민기 상에 상기 무기산화물 쉘을 연결시키거나, 또는 상기 무기산화물 쉘에 연결된 아민기 상에 상기 금 나노입자를 형성시키는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0049] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 무기산화물은 TiO_2, ZnO, Fe_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Ta_2O_5, MgO, BeO, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0050] 본원의 제 4 측면은, 지지체 입자에 금 나노입자를 형성하는 단계 및 상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함하는, 하이브리드 나노구조체의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0051] 예를 들어, 상기 지지체 입자는 SiO_2를 포함할 수 있고, 상기 무기산화물 쉘은 TiO_2를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금 나노입자는 약 5 nm 내지 약 30 nm의 직경을 가지는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금 나노입자의 크기는 약 5 nm 내지 약 20 nm, 약 5 nm 내지 약 10 nm, 약 10 nm 내지 약 30 nm, 약 20 nm 내지 약 30 nm, 또는 약 10 nm 내지 약 20 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0052] 예를 들어, 상기 지지체 입자는 실리카 전구체로부터 SiO_2 입자를 형성하는 단계에 의하여 수득된 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 실리카 전구체는 TEOS(Tetraethylorthosilicate), 규산나트륨(sodium silicate), 또는 사염화실리콘(silicon tetrachloride; $SiCl_4$)을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0053] 예를 들어, 상기 지지체 입자에 금 나노입자를 형성하는 단계는 상기 지지체 입자에 형성된 연결 분자를 이용하여 금 나노입자를 형성하는 단계를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 상기 지지체 입자에 아민기를 형성하도록 하여 상기 금 나노입자의 형성을 용이하게 할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 (3-아미노프로필)트리메톡시실란 [(3-aminopropyl)trimethoxysilane; APTMS], (3-아미노프로필)트리에톡시실란 [(3-aminopropyl)triethoxysilane; APTES] 등을 포함하는 다양한 아미노실란(aminosilane) 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0054] 예를 들어, 상기 지지체 입자에 금 나노입자를 형성하는 단계는 상기 지지체 입자와 금 나노입자를 혼합하는 단계를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0055] 예를 들어, 상기 금 나노입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는 상기 금 나노입자에 형성된 연결 분자를 사용하여 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 상기 금 나노입자에 아민기를 형성시켜 상기 무기산화물 쉘의 형성을 용이하게 할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 연결 분자는 (3-아미노프로필)트리메톡시실란 [(3-aminopropyl)trimethoxysilane; APTMS], (3-아미노프로필)트리에톡시실란 [(3-aminopropyl)triethoxysilane; APTES] 등을 포함하는 다양한 아미노실란(aminosilane) 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0056] 예를 들어, 상기 금 나노입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는 무기산화물의 전구체로부터 무기산화물 쉘을 형성하는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 무기산화물이 TiO_2인 경우, 상기 전구체는 티타늄 테트라이소프로폭사이드(titanium tetraisopropoxide; TTIP), 테트라부틸오소티타네이트(tetrabuthylorthotitanate; TBOT), 또는 사염화티탄(titanium tetrachloride; $TiCl_4$)을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0057] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 지지체 입자에 금 나노입자를 형성하는 단계는, 상기 지지체 입자의 표면에 아민기를 형성하는 단계 및 상기 아민기에 금 나노입자를 형성하는 단계를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자에 무기산화물 쉘을 형성하는 단계는, 상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자 및 상기 금 나노입자에 아민기를 형성하는 단계 및 상기 아민기에 상기 무기산화물 쉘을 형성하는 단계를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은

아니다. 예를 들어, 상기 아민기는 (3-아미노프로필)트리메톡시실란[(3-aminopropyl)trimethoxysilane; APTM)]을 상기 지지체 입자에 처리하여 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 APTMS는 물질의 표면에 아민기를 형성하여 상기 아민기에 원하는 물질을 반응시킴으로써 결합시킬 수 있는 연결 분자일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 APTMS는 상기 지지체 입자 표면 또는 상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자 및 상기 금 나노입자에 연결된 아민기를 형성하여 상기 지지체 입자에 연결된 아민기 상에 상기 금 나노입자를 연결시키거나, 상기 금 나노입자가 형성된 지지체 입자 및 상기 금 나노입자에 연결된 아민기 상에 상기 무기산화물 쉘을 연결시키는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0058] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 무기산화물은 TiO_2, ZnO, Fe_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Ta_2O_5, MgO, BeO, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0059] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하고자 하나, 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것이며 본원의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

[0060] **[실시예]**

[0061] **[제조예 1]**

[0062] **금 나노입자의 합성**

[0063] 본 제조예에서는 148.5 ml의 증류수와 1.5 ml의 염화금산($HAuCl_4$, 10 mg/ml)을 혼합한 후 상온에서부터 130℃까지 가열하였다. 이후, 130℃까지 가열된 상기 혼합 용액에 0.9 ml의 구연산나트륨(sodium citrate, 50 mg/ml)을 첨가한 후 20분간 반응시켰다. 반응시키는 동안, 상기 혼합 용액의 온도는 120℃ 내지 130℃로 유지하였다. 상기 구연산나트륨은 환원제의 역할을 하였으며, 반응이 진행되면서 금 나노입자가 합성되어 상기 혼합 용액의 색이 붉은 주황색을 띠었다. 합성된 금 나노입자의 크기는 약 15 nm로 측정되었다.

[0064] **[제조예 2]**

[0065] **SiO_2 지지체 입자의 제조**

[0066] 실리카 전구체인 TEOS(Tetraethylorthosilicate; 98%) 5.6 ml과 증류수 10.8 ml, 에탄올 73.8 ml(94%), 그리고 암모니아수(NH_4OH; 25% 내지 28%) 9.8 ml을 혼합한 후 4 시간 동안 교반하여 약 300 nm 내지 400 nm의 크기를 가지는 SiO_2 지지체 입자를 제조하였다.

[0067] **[비교예]**

[0068] **SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체의 제조**

[0069] 제조예 2의 방법에 의해 제조된 SiO_2 지지체 입자의 표면에 APTMS 처리를 하기 위하여, 100 ㎕의 APTMS(97%)를 첨가한 후 4시간 동안 환류시켰다.

[0070] 상기 공정에 의해 APTMS 처리된 SiO_2 지지체 입자 25 mg을 에탄올 25 ml에 분산 시킨 후 TiO_2의 전구체인 TTIP(titanium tetraisopropoxide; 0.01 v/v%, 7.5 ml)를 첨가하고 30 분 동안 교반 한 후, 80℃에서 환류하여 SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체를 제조하였다. 이와 관련하여, 도 2는 SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체 제조 과정의 모식도를 나타낸 것이다. 또한, 도 5의 최상단의 이미지는 본 실시예의 방법에 의해 합성된 SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체의 주사전자현미경(SEM) 이미지이며, 도 6 은 본 실시예의 방법에 의해 합성된 SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체의 투과전자현미경(TEM) 이미지이다. 도 5의 제일 위의 주사전자현미경 이미지 및 도 6의 투과전자현미경 이미지를 통해, 본 실시예에 의해 합성된 SiO_2@TiO2 하이브리드 나노구조체가 SIO_2 지지체의 형상인 구형을 유지하고 있음을 확인할 수 있었으며, SiO_2 지지체의 표면이 거칠어진 것으로부터 TiO_2 쉘이 형성

되었음을 확인할 수 있었다. 또한 형성된 TiO_2 쉘은 약 10 nm 내지 15 nm 정도의 두께를 가지고 형성되었음을 확인 할 수 있었다. 추가적으로, 도 6의 투과전자현미경 이미지로부터 특정 격자를 관찰 할 수 없었기 때문에 형성된 TiO_2 쉘은 비결정성임을 확인할 수 있었다.

[0071] **[실시예 1]**

[0072] **SiO_2@Au@TiO_2 하이브리드 나노구조체의 제조**

[0073] 제조예 2의 방법에 의해 제조된 SiO_2 지지체 입자의 표면에 APTMS 처리를 하기 위하여, 100 ㎕의 APTMS(97%)를 첨가한 후 4 시간 동안 환류시켰다.

[0074] 상기 공정에 의해 APTMS 처리된 SiO_2 지지체 입자 25 mg에 제조예 1의 방법에 의해 제조된 금 나노입자 용액 150 ml을 혼합하고 4 시간 이상 교반 및 건조하여 SiO_2@Au 구조체를 제조하였다.

[0075] 상기 SiO_2@Au 구조체에 APTMS 처리를 하기 위하여, 상기 SiO_2@Au 구조체 25 mg을 에탄올 25 ml 에 분산시킨 후 10 ㎕의 APTMS (97 %)를 첨가하여 1 시간 동안 교반시켰다.

[0076] 상기 공정에 의해 APTMS 처리된 SiO_2@Au 구조체에 TiO_2의 전구체인 TTIP(titanium tetraisopropoxide) (0.01 v/v%, 7.5 ml)를 첨가하고 30 분 동안 교반한 후, 80℃에서 환류하여 SiO_2@Au@TiO_2 하이브리드 나노구조체를 제조하였다. 구형인 SiO_2 지지체의 표면에 형성된 TiO_2 쉘은 약 10 nm 내지 15 nm 두께로 형성 되었다. 이와 관련하여, 도 3은 SiO_2@Au@TiO_2 하이브리드 나노구조체 제조 과정의 모식도를 나타낸 것이다. 도 5의 가운데 이미지는 본 실시예의 방법에 의해 합성된 SiO_2@Au@TiO_2 하이브리드 나노구조체의 주사전자현미경(SEM) 이미지이며, 도 8은 본 실시예의 방법에 의해 합성된 SiO_2@Au@TiO_2 하이브리드 나노구조체의 투과전자현미경(TEM) 이미지이다. 상기 이미지에 따르면, 지지체 입자 상에 부착된 금 나노입자의 바깥에 TiO_2 쉘이 형성된 것을 관찰할 수 있었다.

[0077] **[실시예 2]**

[0078] **SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구조체의 제조**

[0079] 비교예의 방법에 의해 제조된 SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체에 (3-아미노프로필)트리메톡시실란[(3-aminopropyl)trimethoxysilane; APTMS] 처리를 하기 위하여, SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체 40 mg를 에탄올 40 ml에 분산시킨 후 16 ㎕의 APTMS를 첨가하여 1 시간 동안 교반 및 건조시켰다.

[0080] 상기 공정에 의해 APTMS 처리된 SiO_2@TiO_2 하이브리드 25 mg을 제조예 1의 방법에 의해 제조된 금 나노입자 용액 150 ml와 혼합하여 SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구조체를 제조하였다. 이와 관련하여, 도 4는 SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구조체 제조 과정의 모식도를 나타낸 것이다. 또한, 도 5의 최하단 이미지는 본 실시예의 방법에 의해 합성된 SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구조체의 주사전자현미경(SEM) 이미지이며, 도 7은 본 실시예의 방법에 의해 합성된 SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구조체의 투과전자현미경(TEM) 이미지이다. 상기 이미지에 따르면, 구형의 지지체 입자 상에 약 10 nm 내지 15 nm의 TiO_2 쉘이 형성된 것과 쉘 바깥에 부착된 금 나노입자를 관찰할 수 있었다.

[0081] **[실험예 1]**

[0082] **염료 감응형 태양전지의 제조**

[0083] 10:9:1의 비율의 P25 TiO_2, 폴리에틸렌글라이콜(polyethylene glycol), 및 폴리에틸렌 옥사이드(polyethylene oxide)를 에탄올 및 증류수(1:1)에 용해시키고, SiO_2@TiO_2, SiO_2@Au@TiO_2, 또는 SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구

조체를 0.1 % 내지 10 % 비율로 혼합하고 1 일 이상 교반하여 산화티타늄 페이스트를 제조하였다. 상기 폴리에틸렌 글라이콜 및 상기 폴리에틸렌 옥사이드는 페이스트의 점도를 높이기 위해 사용되었으며, 상기 에탄올 및 상기 증류수는 용매로 사용되었다.

[0084] 상기 페이스트를 FTO 투명전극상에 doctor blade 방법을 이용해 박막을 만들고 125℃, 320℃, 370℃, 450℃, 및 500℃에서 순차적으로 열처리하였다. 이후 상기 제조된 박막에 사염화티탄($TiCl_4$) 및 산소 플라즈마 처리를 한 후, 염료 용액에 24시간 동안 침지하여 염료를 흡착시켰다. 이후, 단위 셀을 제작하고 전류-전압 곡선을 측정하였다.

[0085] **[실험예 2]**

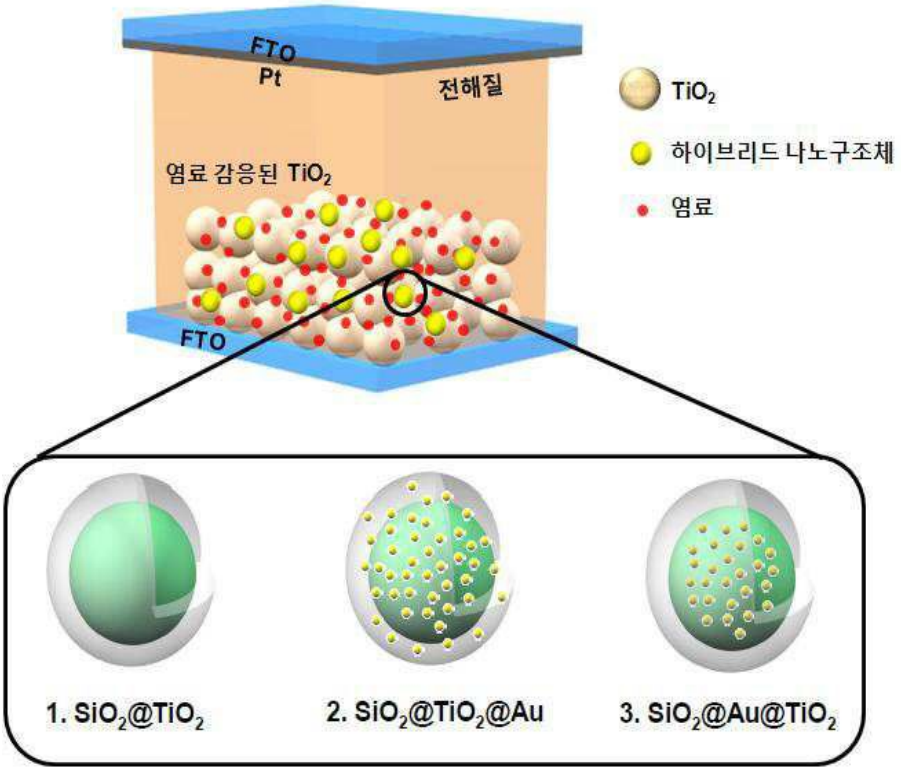
[0086] **제조된 하이브리드 나노구조체의 특성 분석**

[0087] 상기 비교예 및 실시예에 의해 제조된 하이브리드 나노구조체의 특성을 흡광 스펙트럼 측정(Sinco S-4100 spectrometer) 및 태양전지의 효율 측정(AM 1.5 G illumination intensity of 100 mW/cm^2, POLARONIX K3000 Solar Cell *I-V* Measurement System)을 통하여 분석하였다. 이와 관련하여, 도 9는 SiO_2@TiO_2, SiO_2@Au@TiO_2, 및 SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구조체의 흡광 스펙트럼으로서, SiO_2@TiO_2 하이브리드 나노구조체에 비하여 금 나노입자를 갖는 SiO_2@Au@TiO_2 및 SiO_2@TiO_2@Au 하이브리드 나노구조체가 넓은 파장에 걸쳐서 높은 흡광도를 나타내었으며, 표면 플라즈몬 공명의 피크를 나타내었다. 또한, 도 10은 하이브리드 나노구조체를 광전극에 포함하는 태양전지의 전류-전압 곡선을 측정한 것이다. 여기에서, SiO_2@Au@TiO_2 하이브리드 구조체를 1.0 wt% 함유한 광전극을 가진 태양전지의 전류밀도가 가장 높았으며, 다음으로 SiO_2@TiO_2@Au 1.0 wt%, SiO_2@$TiO_2$1.0 wt% 순서로 전류밀도가 높게 나타났다.

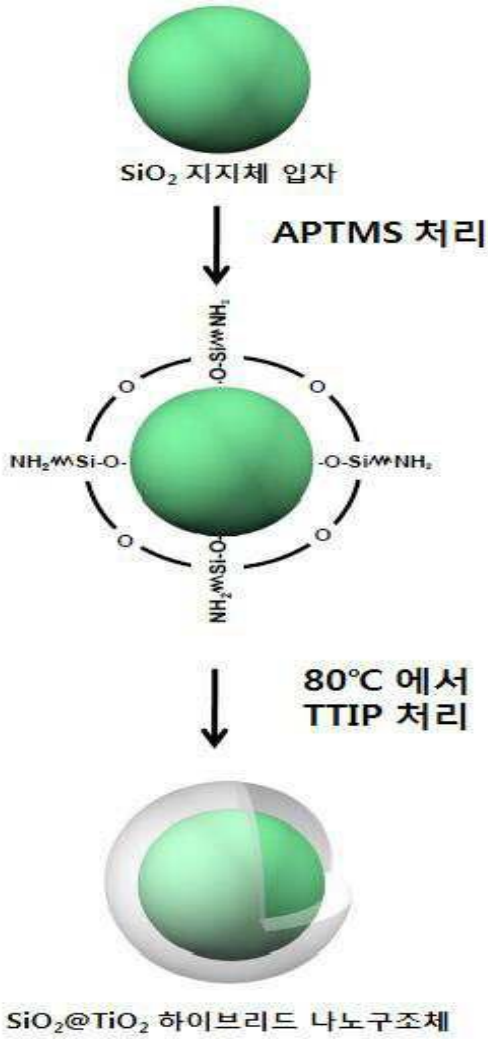
[0088] 이상, 구현예 및 실시예를 들어 본원을 상세하게 설명하였으나, 본원은 상기 구현예 및 실시예들에 한정되지 않으며, 여러 가지 다양한 형태로 변형될 수 있으며, 본원의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 많은 변형이 가능함이 명백하다.

도면

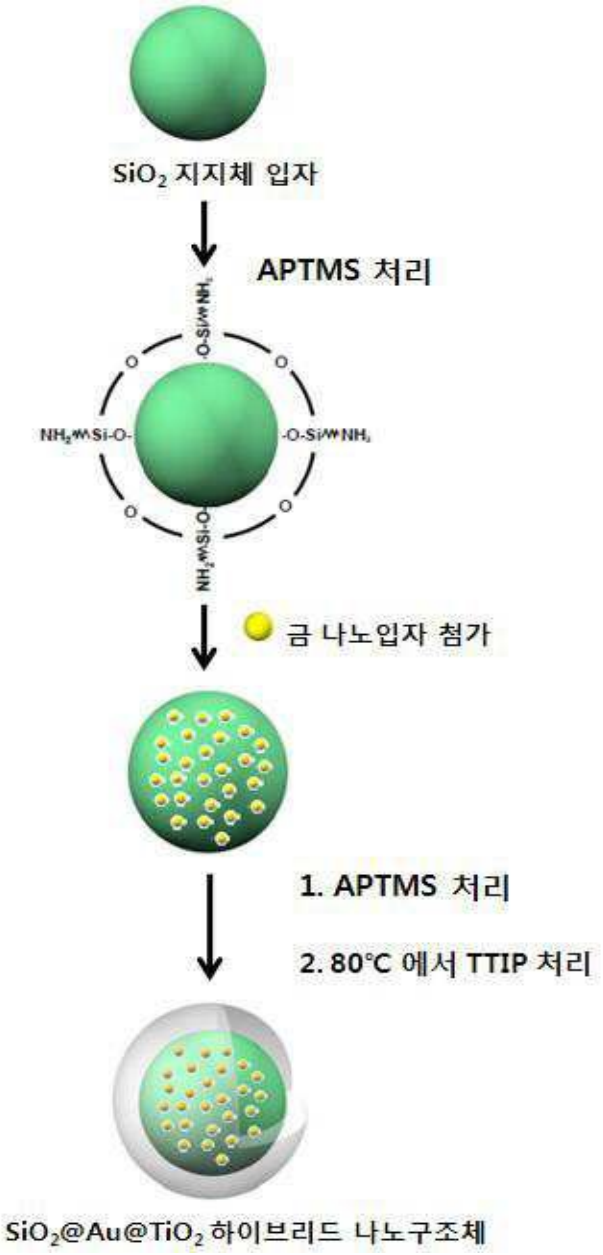
도면1


FTO
Pt
전해질
염료 감응된 TiO2
FTO
TiO2
하이브리드 나노구조체
염료
1. SiO2@TiO2
2. SiO2@TiO2@Au
3. SiO2@Au@TiO2

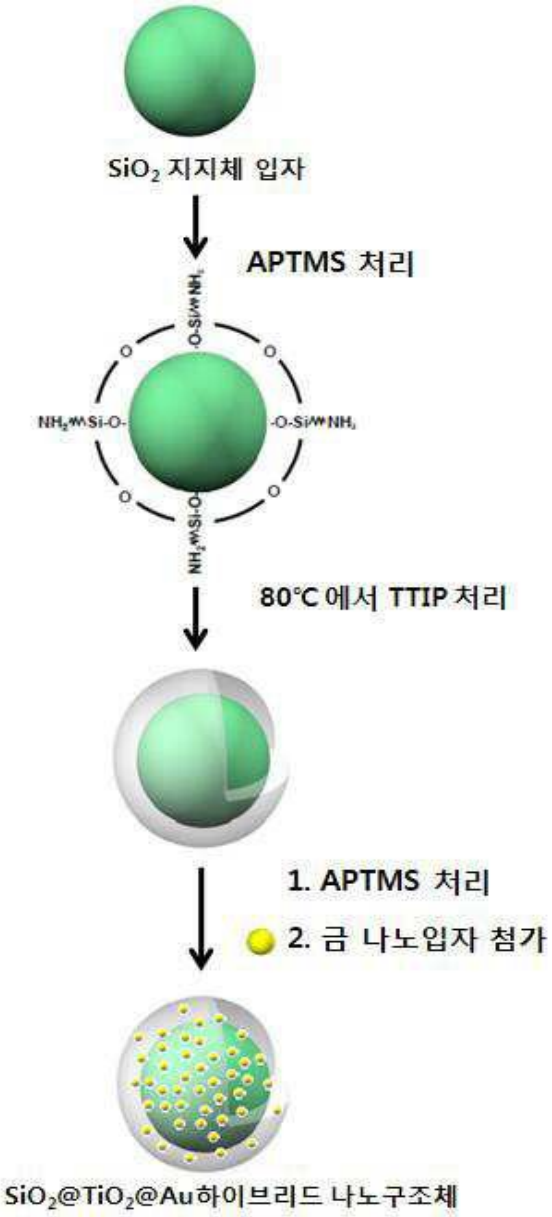
도면2



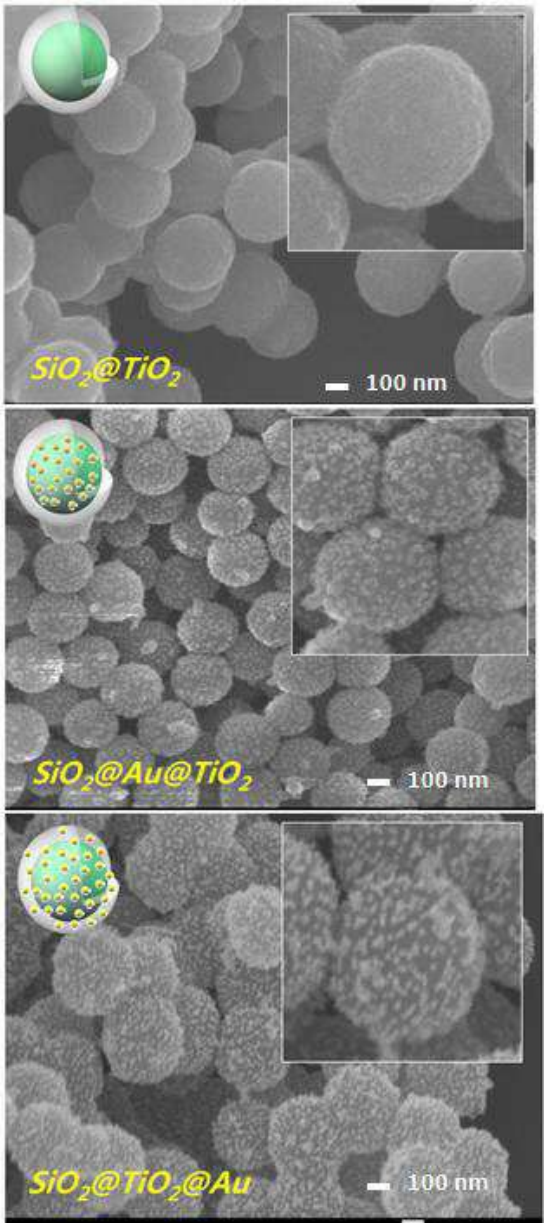
도면3


SiO_2 지지체 입자
APTMS 처리
금 나노입자 첨가
1. APTMS 처리
2. 80℃ 에서 TTIP 처리
SiO_2@Au@TiO_2 하이브리드 나노구조체

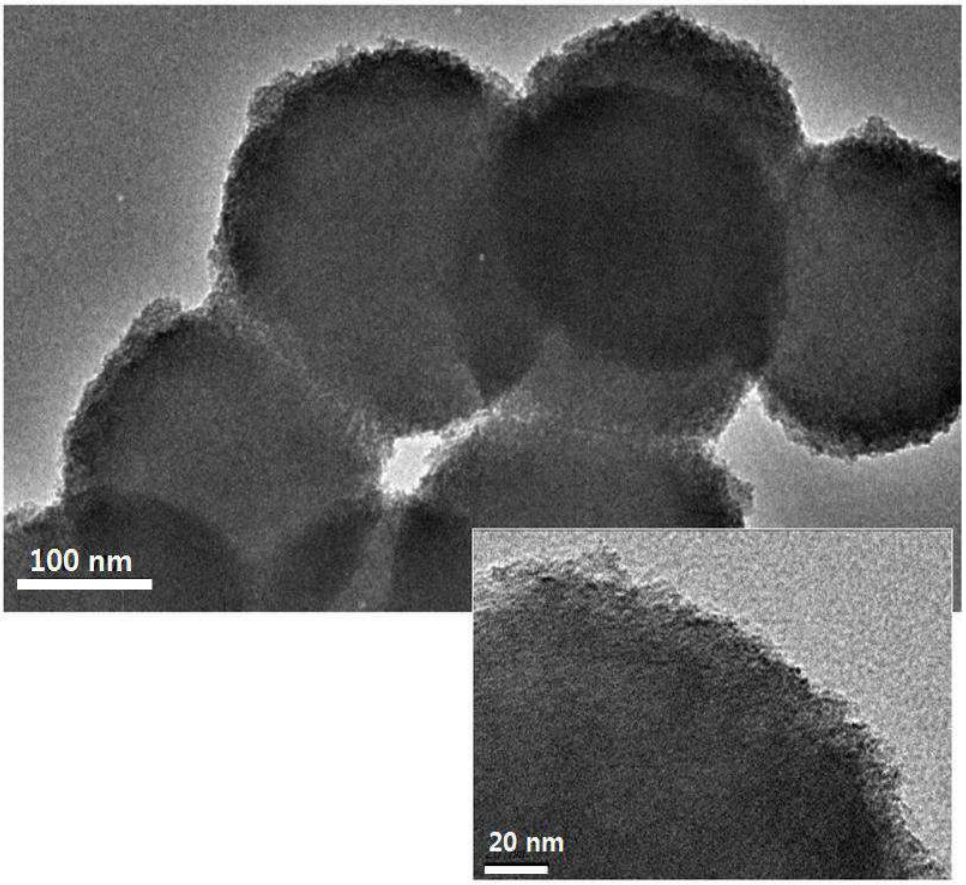
도면4


SiO2 지지체 입자
APTMS 처리
80℃에서 TTIP 처리
1. APTMS 처리
2. 금 나노입자 첨가
SiO2@TiO2@Au하이브리드 나노구조체

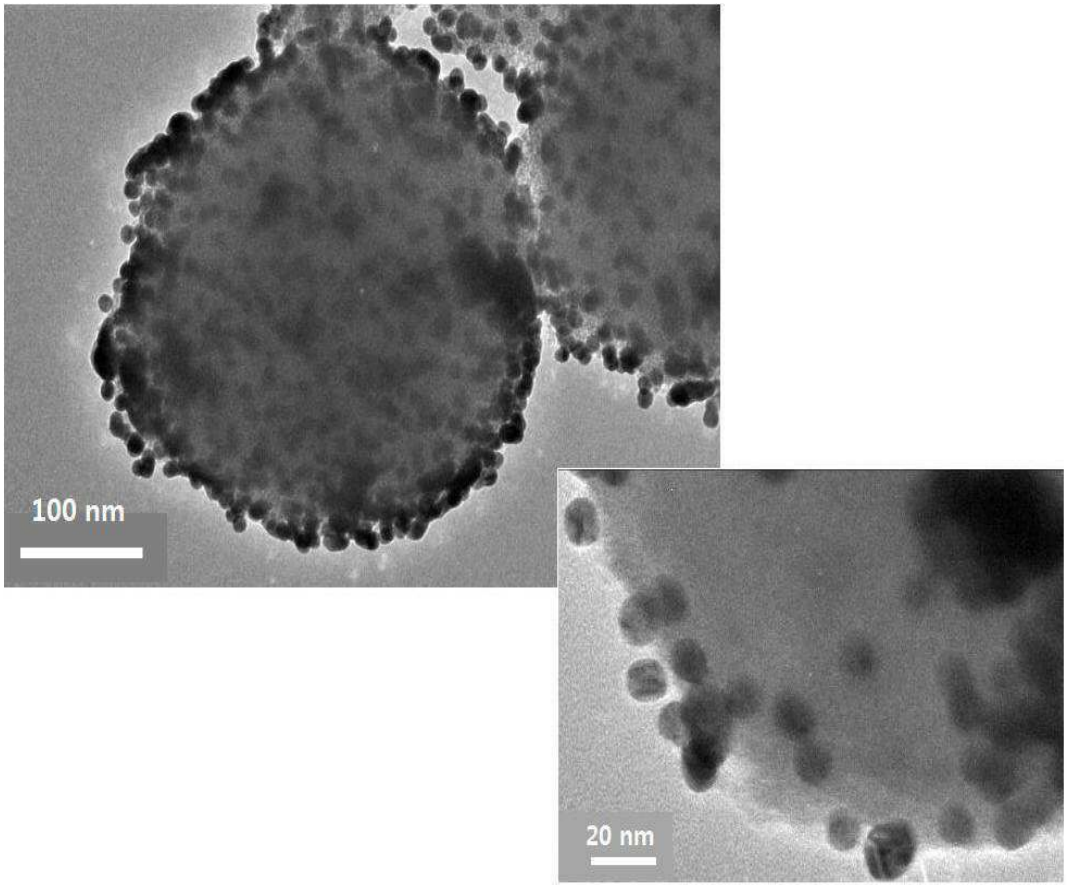
도면5



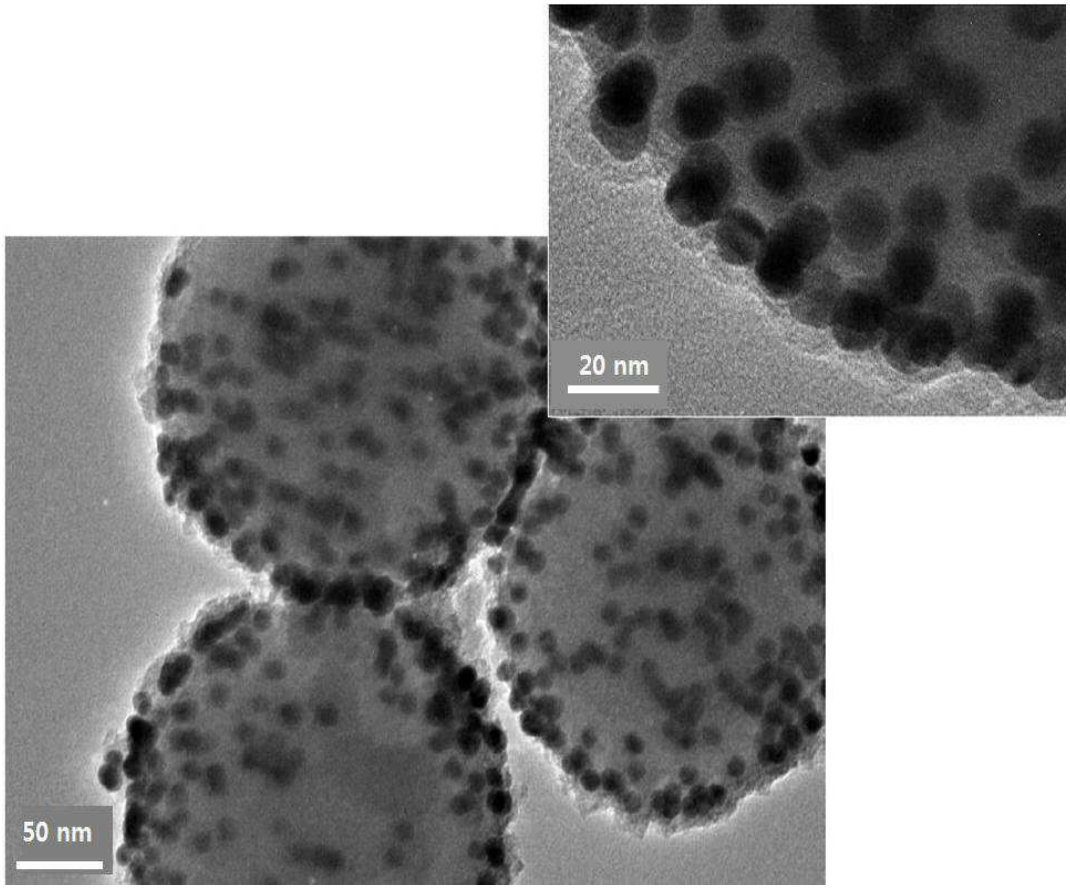
도면6



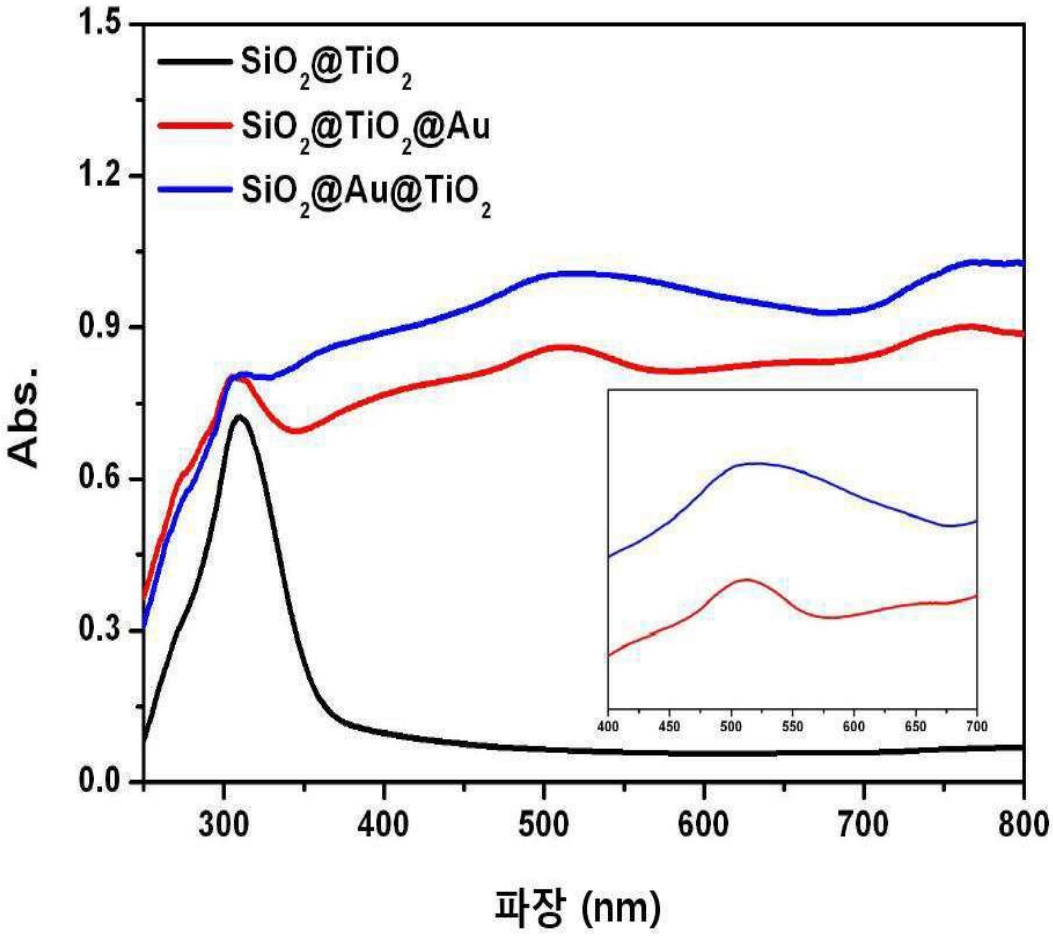
도면7



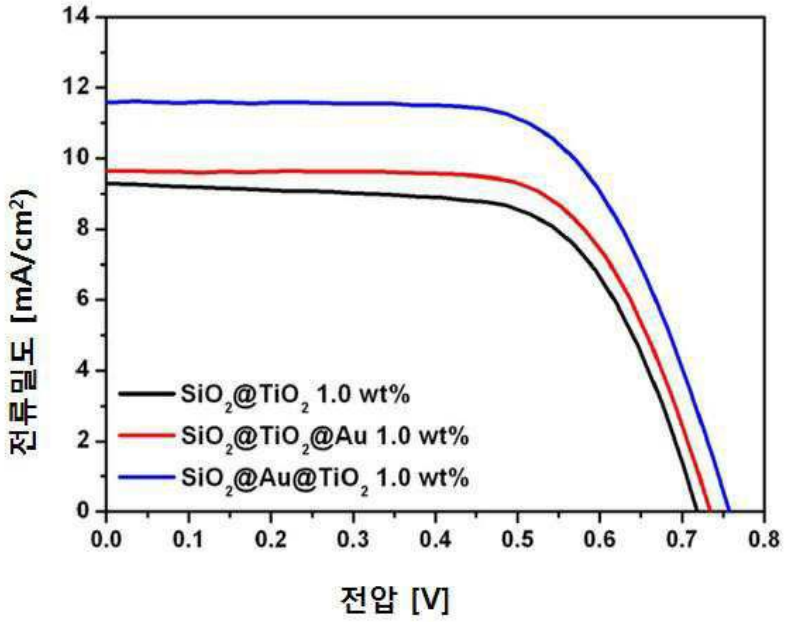
도면8



도면9


SiO2@TiO2
SiO2@TiO2@Au
SiO2@Au@TiO2
Abs.
파장 (nm)
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0.0
300
400
500
600
700
800
400
450
500
550
600
650
700

도면10



	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm²)	FF	PCE (η, %)
TiO_2 – SiO_2@TiO_2 1.0 wt%	0.72	9.30	0.66	4.39
TiO_2 – SiO_2@TiO_2@Au 1.0 wt%	0.73	9.64	0.68	4.78
TiO_2 – SiO_2@Au@TiO_2 1.0 wt%	0.76	11.60	.0.65	5.73