



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0102737
(43) 공개일자 2016년08월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01G 9/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01G 9/2022 (2013.01)

Y02E 10/542 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0025191

(22) 출원일자 2015년02월23일

심사청구일자 2015년02월23일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자

김동하

서울특별시 마포구 서강로9길 45 (창전동)

장윤희

경기도 의정부시 장곡로596번길 18, 111동 1104호 (신곡동, 드림밸리아파트)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

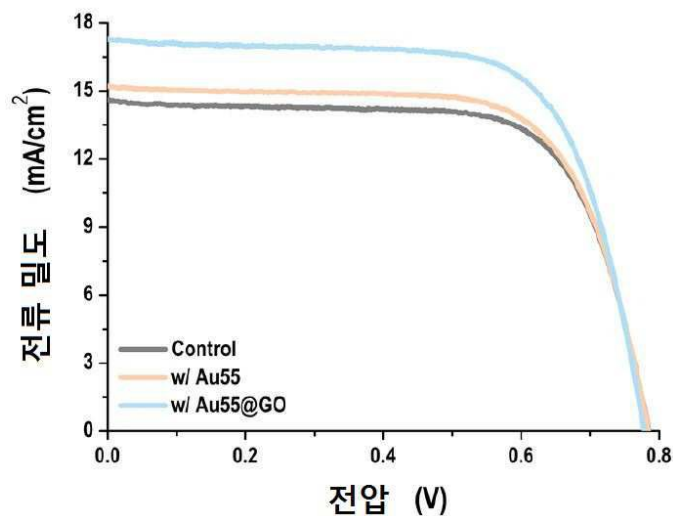
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체, 이의 제조 방법, 이를 포함하는 염료감응형 태양전지용 광전극

(57) 요약

플라즈모닉 코어-셸 나노구조체, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 포함하는 염료감응 태양전지용 광전극, 및 상기 염료감응 태양전지용 광전극을 포함하는 염료감응형 태양전지에 관한 것이다.

대표도 - 도6a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711015106

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)(2014)-중견연구자지원사업-도약연구지원사업(도전)(융합)

연구과제명 플라즈모닉 결합효과 극대화 발현 하이브리드 나노구조체 도출에 의한 광전환 효율 향상
연구

기 여 율 1/1

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2014.05.01 ~ 2017.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

제 1 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어; 및
상기 코어 상에 형성된 산화 그래핀 셸
을 포함하는, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 플라즈모닉 코어는 상기 제 1 금속 나노입자 상에 형성된 제 2 금속 셸을 추가 포함하는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 제 1 금속 나노입자는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속을 포함하는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
상기 제 2 금속 셸은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속을 포함하는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 입자(particle) 형상인 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 15 nm 내지 70 nm의 직경을 가지는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체.

청구항 7

제 1 항에 있어서

상기 산화 그래핀 셀은 5 nm 이하의 두께를 가지는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 따른 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 포함하는,

염료감응형 태양전지용 광전극.

청구항 9

제 8 항에 따른 염료감응형 태양전지용 광전극, 상대전극, 및 전해질을 포함하며,

제 1 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어의 표면 플라즈몬 공명 현상 및 산화 그래핀 셀의 플라즈몬 시너지 효과에 의해 태양전지의 광전변환효율이 상승되는 것인,

염료감응형 태양전지.

청구항 10

제 1 금속 전구체 혼합 용액을 형성하는 단계;

상기 제 1 금속 전구체 혼합 용액으로부터 제 1 금속 코어를 생성하는 단계; 및

상기 제 1 금속 코어를 포함하는 용액을 산화 그래핀 용액에 분산시켜 상기 제 1 금속 코어 상에 산화 그래핀 셀을 형성하는 단계

를 포함하는, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 금속 코어를 포함하는 용액에 제 2 금속 전구체를 첨가하여 상기 제 1 금속 코어 상에 제 2 금속 셸을 형성하는 단계를 추가 포함하는, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 금속 전구체는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 금속으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 제 2 금속 전구체는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 금속으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 입자 형상을 가지는 것인, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 포함하는 염료감응형 태양전지용 광전극, 및 상기 염료감응형 태양전지용 광전극을 포함하는 염료감응형 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양전지는 공해가 없다는 장점 때문에 지구환경 보전의 관점으로 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. 상기 태양전지들 중 현재 상용화된 비정질 실리콘을 이용한 태양전지는 높은 제조 단가 및 설치 비용으로 적극적인 활용이 이루어지지 못하고 있다. 비정질 실리콘 태양전지를 대체할 수 있는, 제조 단가가 저렴한 염료감응형 태양전지가 1900 년대에 스위스의 그라첼 그룹에 의해 보고된 이래로, 상기 염료감응 태양전지의 광전변환효율을 향상시키기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[0003] 다기능성 코어-셸 구조체는 여러 가지 방법들에 의해 제조되고 있으며 이러한 구조체는 광센싱, 전기, 촉매, 바이오 센싱, 또는 태양전지 등에 이용 가능하다. 특히, 귀금속인 금 나노입자는 특이적인 표면 플라즈몬 공명 (surface plasmon resonance; SPR) 현상을 나타내며 나노 크기 귀금속 표면 전자의 집단적인 진동 운동이 가지는 고유의 파수 벡터와 외부에서 입사하는 빛의 파수 벡터가 일치하는 조건에서 공명이 일어남으로써 증폭된 장 (field)이 유도되는 현상으로서, 기존의 귀금속 소재가 갖지 않는 독특한 물리적, 화학적 및 광학적 성질을 발현하며 특히 태양전지와 관련된 분야에서 넓은 응용 가능성을 내포하고 있다.

[0004] 이러한 표면 플라즈몬 공명 현상을 이용하여 태양전지의 광전변환효율을 상승시키기 위한 연구가 폭넓게 이루어지고 있으며, 대한민국 공개특허 제10-2014-0066853호는 "코어-셸 나노구조체 및 이를 포함하는 태양전지용 광전극"에 대하여 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본원은, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 포함하는 염료감응 태양전지용 광전극, 및 상기 염료감응 태양전지용 광전극을 포함하는 염료감응형 태양전지를 제공하고자 한다.

[0006] 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

[0007] 본원의 일 측면은, 제 1 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어; 및 상기 코어 상에 형성된 산화 그래핀 셸을 포함하는, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 제공한다.

[0008] 본원의 다른 일 측면은, 상기 본원의 일 측면에 따른 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 포함하는, 염료감응형 태양전지용 광전극을 제공한다.

[0009] 본원의 또 다른 일 측면은, 상기 본원의 다른 일 측면에 따른 염료감응형 태양전지용 광전극, 상대전극, 및 전

해질을 포함하며, 제 1 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어의 표면 플라즈몬 공명 현상 및 산화 그래핀 셀의 플라즈몬 시너지 효과에 의해 태양전지의 광전변환효율이 상승되는 것인, 염료감응형 태양전지를 제공한다.

[0010] 본원의 또 다른 일 측면은, 제 1 금속 전구체 혼합 용액을 형성하는 단계; 상기 제 1 금속 전구체 혼합 용액으로부터 제 1 금속 코어를 생성하는 단계; 및 상기 제 1 금속 코어를 포함하는 용액을 산화 그래핀 용액에 분산시켜 상기 제 1 금속 코어 상에 산화 그래핀 셀을 형성하는 단계를 포함하는, 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체의 제조 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0011] 본원의 일 구현예에 의하면, 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어 및 산화 그래핀 셀을 포함하는 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체, 상기 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체를 포함하는 염료감응형 태양전지용 광전극, 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응형 태양전지를 제공할 수 있으며, 상기 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체는 상기 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어의 표면 플라즈몬 공명 현상 및 상기 산화 그래핀 셀의 플라즈몬 시너지 효과에 의해 태양전지의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.

[0012] 본원의 일 구현예에 의하면, 상기 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체의 플라즈모닉 코어의 크기(직경)가 클수록 산란현상에 의한 태양전지의 광전변환효율이 향상될 수 있다.

[0013] 본원의 일 구현예에 따른 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체를 포함하는 광전극은 태양광 스펙트럼에서 많은 부분을 차지하는 가시광 및 근적외선 영역의 빛을 효과적으로 활용하여 염료감응형 태양전지의 광 수확(light harvesting) 효율을 향상시킬 수 있다.

[0014] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체는 산화 그래핀 형성을 통해 열적 안정성 및 화학적 안정성이 확보되고 동시에 광대역 파장대의 빛을 효과적으로 흡수하여 염료감응형 태양전지의 효율 향상을 유도할 수 있다.

[0015] 본원의 일 구현예에 따른 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체는 에너지 저장 및 변환 소자의 전극 재료, 광학 소자의 설계 및 합성에 광범위하게 적용 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1a 내지 도 1c는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 표면 음전하를 가지는 산화 그래핀 및 표면 양전하를 가지는 산화 그래핀의 X-선 광전자 분광법을 나타낸 스펙트럼이고, 도 1d는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 상기 두 산화 그래핀 용액의 pH에 따른 제타(zeta) 전위를 나타낸 그래프이다.

도 2a 및 도 2b는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 금 플라즈모닉 코어-산화 그래핀 셀 나노구조체(Au55@GO)의 TEM 및 흡광 스펙트럼을 나타내며, 도 2c 및 도 2d는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 금 코어-은 셀 나노구조체(Au55@Ag) 및 금-은 플라즈모닉 코어-산화 그래핀 셀 나노구조체(Au55@Ag@GO)의 TEM 및 흡광 스펙트럼을 나타낸다.

도 3은, 본원의 일 실시예에 있어서, 산화 그래핀(GO), 금 나노입자(Au55), 금 플라즈모닉 코어-산화 그래핀 셀 나노구조체(Au55@GO), 및 금-은 플라즈모닉 코어-산화 그래핀 셀 나노구조체(Au55@Ag@GO)의 라만 스펙트럼을 비교한 것이다.

도 4는, 본원의 일 실시예에 있어서, 금@산화 그래핀 플라즈모닉 코어-셀 나노구조체를 이용한 염료감응형 태양전지용 광전극 제조 방법의 모식도이다.

도 5a 및 도 5b는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 상이한 침지 시간의 조건에서의 비교예에 따른 광전극 및 본원의 일 실시예에 따른 광전극의 전류-전압 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 6a 및 도 6b는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 30 분간 침지하여 제조된 비교예에 따른 광전극 및 본원의 일 실시예에 따른 광전극들을 비교한 전류-전압 곡선 및 단락전류 향상 그래프이다.

도 7은, 본원의 일 실시예에 있어서, 30 분간 침지하여 제조된 비교예에 따른 광전극 및 본원의 일 실시예에 따른 광전극의 입사광자의 전류변환효율을 비교하여 나타낸 그래프이다.

도 8a 내지 도 8c는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 상이한 침지 시간의 조건에서의 비교예에 따른 광전극

및 본원의 일 실시예에 따른 광전극들의 전류-전압 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 9a 및 도 9b는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 30분간 침지하여 제조된 비교예에 따른 광전극 및 본원의 일 실시예에 따른 광전극들을 입사광자의 전류변환효율을 비교하여 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다. 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.
- [0018] 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.
- [0019] 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.
- [0020] 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.
- [0021] 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.
- [0022] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “~ 하는 단계” 또는 “~의 단계”는 “~를 위한 단계”를 의미하지 않는다.
- [0023] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합(들)"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.
- [0024] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는 A 및 B"를 의미한다.
- [0025] 본원 명세서 전체에서, "그래핀"이라는 용어는 복수개의 탄소 원자들이 서로 공유 결합으로 연결되어 폴리시클릭 방향족 분자를 형성한 것을 의미하는 것으로서, 상기 공유 결합으로 연결된 탄소 원자들은 기본 반복 단위로써 6 원환을 형성하나, 5 원환 및/또는 7 원환을 더 포함하는 것도 가능하다. 따라서, 상기 그래핀이 형성하는 시트는 서로 공유 결합된 탄소 원자들의 단일층으로서 보일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 그래핀이 형성하는 시트는 다양한 구조를 가질 수 있으며, 이와 같은 구조는 그래핀 내에 포함될 수 있는 5 원환 및/또는 7 원환의 함량에 따라 달라질 수 있다. 또한, 상기 그래핀이 형성하는 시트가 단일층으로 이루어진 경우, 이들이 서로 적층되어 복수층을 형성할 수 있으며, 상기 그래핀 시트의 측면 말단부는 수소 원자로 포화될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 본원 명세서 전체에서, "산화 그래핀"이라는 용어는 그래핀 산화물, 그래핀 옥사이드(graphene oxide)라고도 불리우고, "GO"로 약칭될 수 있다. 단일층 그래핀 상에 카르복실기, 히드록시기, 또는 에폭시기 등의 산소를 함유하는 작용기가 결합된 구조를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 본원 명세서 전체에서, "A@B"의 기재는, "A 코어-B 셸 나노구조체"를 의미하며, "A@B@C"의 기재는, "A@B 코어-C 셸 나노구조체"를 의미한다. 상기 A@B 코어-C 셸 나노구조체는 A 코어-B 셸 나노구조체를 코어로서 사용하는 코어-셸 나노구조체를 의미하는 것이다.
- [0028] 이하, 본원의 구현예를 상세히 설명하였으나, 본원이 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0029] 본원의 일 측면은, 제 1 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어; 및 상기 코어 상에 형성된 산화 그래핀 셸을 포함하는, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 제공한다.

- [0030] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어는 상기 제 1 금속 나노입자 상에 형성된 제 2 금속 셸을 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 1 금속 나노입자는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0032] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속 셸은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0033] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어는 표면 플라즈몬 공명현상을 일으키는 것이다. 표면 플라즈몬 공명이란, 금속의 종류와 입자의 크기에 따라 특정한 파장의 빛이 조사되는 경우 입사하는 빛과의 상호작용의 결과, 금속 나노입자 내부의 전도대 전자들의 집단적인 진동에 의해 입사하는 빛 보다 증강된 크기를 갖는 공명 현상을 칭하는 것이다. 즉, 표면 플라즈몬 공명은 금속 나노입자에 조사되는 빛과 그 나노입자 간의 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 있다.
- [0034] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 입자(particle) 형상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0035] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 약 15 nm 내지 약 70 nm의 직경을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 직경은 약 15 nm 내지 약 70 nm, 약 15 nm 내지 약 60 nm, 약 15 nm 내지 약 50 nm, 약 15 nm 내지 약 40 nm, 약 15 nm 내지 약 30 nm, 약 15 nm 내지 약 20 nm, 약 25 nm 내지 약 70 nm, 약 35 nm 내지 약 70 nm, 약 45 nm 내지 약 70 nm, 약 55 nm 내지 약 70 nm, 또는 약 65 nm 내지 약 70 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화 그래핀은 표면 양전하를 가지는 산화 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화 그래핀 셸은 약 5 nm 이하의 두께를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 산화 그래핀 셸의 두께는 약 5 nm 이하, 약 4 nm 이하, 약 3 nm 이하, 약 2 nm 이하, 약 1 nm 이하일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0038] 본원의 다른 일 측면은, 상기 본원의 일 측면에 따른 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 포함하는, 염료감응형 태양전지용 광전극을 제공한다. 본원의 다른 일 측면에 따른 염료감응형 태양전지용 광전극은, 상기 본원의 일 측면의 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체에 대하여 기술된 내용을 모두 적용할 수 있다.
- [0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 제 1 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어 및 상기 코어 상에 형성된 산화 그래핀 셸을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어는 상기 제 1 금속 나노입자 상에 형성된 제 2 금속 셸을 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 1 금속 나노입자는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0042] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속 셸은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

는 것은 아니다.

- [0043] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어는 표면 플라즈몬 공명현상을 일으키는 것이다. 표면 플라즈몬 공명이란, 금속의 종류와 입자의 크기에 따라 특정한 파장의 빛이 조사되는 경우 입사하는 빛과의 상호작용의 결과, 금속 나노입자 내부의 전도대 전자들의 집단적인 진동에 의해 입사하는 빛보다 증강된 크기를 갖는 공명 현상을 칭하는 것이다. 즉, 표면 플라즈몬 공명은 금속 나노입자에 조사되는 빛과 그 나노입자 간의 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 있다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 입자(particle) 형상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0045] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화 그래핀은 표면 양전하를 가지는 산화 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0046] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화 그래핀 셸은 약 5 nm 이하의 두께를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 산화 그래핀 셸의 두께는 약 5 nm 이하, 약 4 nm 이하, 약 3 nm 이하, 약 2 nm 이하, 약 1 nm 이하일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0047] 본원의 또 다른 일 측면은, 상기 본원의 다른 일 측면에 따른 염료감응형 태양전지용 광전극, 상대전극, 및 전해질을 포함하며, 제 1 금속 나노입자를 함유하는 플라즈모닉 코어의 표면 플라즈몬 공명 현상 및 산화 그래핀 셸의 플라즈몬 시너지 효과에 의해 태양전지의 광전변환효율이 상승되는 것인, 염료감응형 태양전지를 제공한다. 본원의 또 다른 일 측면에 따른 염료감응형 태양전지는, 상기 본원의 일 측면들에 대하여 기술된 내용을 모두 적용할 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 상기 염료감응 태양전지용 광전극에 포함된 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체가 표면 플라즈몬 공명 현상 및 플라즈몬 시너지 효과를 일으켜 상기 태양전지의 광전극에 포함된 염료로부터 많은 양의 전자를 생성시킴으로써 태양전지의 광전변환효율을 상승시키는 것일 수 있다.
- [0049] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 상대전극은 상기 광전극에 대향되게 배치되는 것일 수 있으며, 상기 상대전극은 통상적으로 염료감응형 태양전지 상대전극을 구성하는 것이라면 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 백금(Pt), 금(Au), 루테튬(Ru), 팔라듐(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os), 탄소(C), WO₃, 또는 TiO₂ 등이 포함된 것일 수 있다.
- [0050] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전해질을 상기 광전극과 상기 상대전극 사이에 주입되어 있는 것일 수 있다. 상기 전해질은, 예를 들어, 요오드화물(iodide)을 포함하며, 산화·환원에 의해 상대전극으로부터 전자를 받아 전자를 잃었던 염료 분자에게 받은 전자를 전달하는 역할을 수행할 수 있는 물질이라면 특별한 제한 없이 사용할 수 있다. 상기 전해질은 전해액으로 이루어질 수 있으며, 상기 전해액은 요오드화물(iodide)/삼요오드화물(triiodide) 쌍으로서 산화·환원에 의해 상대전극으로부터 전자를 받아 염료분자에게 전달하는 역할을 수행하는 물질을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 전해질로서는 요오드(Iodine, I₂)를 아세토니트릴(ACN)에 용해시킨 용액 등을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니며, 홀 전도 기능이 있는 것이라면 특별히 제한 없이 사용할 수 있다.
- [0051] 본원의 또 다른 일 측면은, 제 1 금속 전구체 혼합 용액을 형성하는 단계; 상기 제 1 금속 전구체 혼합 용액으로부터 제 1 금속 코어를 생성하는 단계; 및 상기 제 1 금속 코어를 포함하는 용액을 산화 그래핀 용액에 분산시켜 상기 제 1 금속 코어 상에 산화 그래핀 셸을 형성하는 단계를 포함하는, 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법을 제공한다. 본원의 또 다른 일 측면에 따른 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 제조 방법은, 상기 본원의 일 측면들에 대하여 기술된 내용을 모두 적용할 수 있다.
- [0052] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 1 금속 코어를 포함하는 용액에 제 2 금속 전구체를 첨가하여 상기 제 1 금속 코어 상에 제 2 금속 셸을 형성하는 단계를 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0053] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 1 금속 전구체는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 금속으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0054] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속 전구체는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co), 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 및 이들의 조합들로 이루어진 금속으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0055] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 입자 형상을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0056] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체는 약 15 nm 내지 약 70 nm의 직경을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 직경은 약 15 nm 내지 약 70 nm, 약 15 nm 내지 약 60 nm, 약 15 nm 내지 약 50 nm, 약 15 nm 내지 약 40 nm, 약 15 nm 내지 약 30 nm, 약 15 nm 내지 약 20 nm, 약 25 nm 내지 약 70 nm, 약 35 nm 내지 약 70 nm, 약 45 nm 내지 약 70 nm, 약 55 nm 내지 약 70 nm, 또는 약 65 nm 내지 약 70 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0057] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화 그래핀은 표면 양전하를 가지는 산화 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0058] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화 그래핀 셸은 약 5 nm 이하의 두께를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 산화 그래핀 셸의 두께는 약 5 nm 이하, 약 4 nm 이하, 약 3 nm 이하, 약 2 nm 이하, 약 1 nm 이하일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0059] 이하, 실시예를 참조하여 본원을 좀더 자세히 설명하지만, 본원은 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0060] **[실시예]**
- [0061] **[실시예 1]**
- [0062] **1. 산화 그래핀의 합성**
- [0063] Hummers 방법을 이용하여 표면에 음전하를 갖는 산화 그래핀(-)을 합성한 후 초음파 처리하였다. 상기 표면 전하를 음전하에서 양전하로 전환하기 위해 50 mL의 상기 산화 그래핀 분산액과 500 mg의 N-(3-디메틸아미노프로필)-N'-에틸카보디이미드 하이드로클로라이드[N-(3-Dimethylaminopropyl)-N'-ethylcarbodiimide hydrochloride; EDC], 5 mL의 에틸아민(ethylamine), 및 1 mL의 트리에틸아민(triethyl amine) 혼합 용액을 4 시간 동안 교반하여 표면에 양전하를 갖는 산화 그래핀을 합성하였다. 상기 교반 후 반응하지 않은 반응물은 투석(dialysis)에 의하여 제거시켰다.
- [0064] 상기 제조된 산화 그래핀의 특성 분석 결과를 도 1a 내지 도 1d, 및 도 3의 (a)에 나타내었다. 구체적으로, 도 1a 및 도 1b는 각각 Al X-선 소스를 이용하여 상기 표면에 음전하를 갖는 산화 그래핀 및 상기 표면에 양전하를 갖는 산화 그래핀의 X-선 광전자 분광법(X-ray photoelectron spectroscopy, XPS; K-alpha, Thermo VG, U.K.)을 나타낸 스펙트럼이며, 도 1c는 상기 표면에 음전하를 갖는 산화 그래핀 및 상기 표면에 양전하를 갖는 산화 그래핀의 N1s를 비교한 X-선 광전자 분광법을 나타낸 스펙트럼이다. 도 1d는 상기 두 산화 그래핀 용액의 pH에 따른 제타 전위를 비교한 그래프이며, 도 1d의 삽입도는 상기 두 산화 그래핀 용액을 비교한 사진이다. 또한, 도 3의 (a)는 상기 표면에 양전하를 갖는 산화 그래핀의 라만 스펙트럼을 나타내었다.
- [0065] **2. 금 나노입자(Au55)의 합성**
- [0066] 200 mL의 HAuCl₄ 수용액 (0.01 wt%)을 둥근 바닥 플라스크에 넣고, 상온부터 130℃까지 가열하였다. 130℃까지 가열된 상기 용액에 1.4 mL의 구연산 나트륨(sodium citrate, 1 wt%)를 첨가한 후 130℃의 온도를 유지하면서 30 분 동안 반응시켜 55 nm 크기의 금 나노입자(nano particle; NP)를 수득하였다. 상기 구연산 나트륨은 환원제의 역할을 하였으며, 상기 반응이 진행됨에 따라 상기 용액의 색 변화를 관찰할 수 있었고, 최종 수득된 55

nm 크기의 금 나노입자는 진분홍색을 띠었다.

[0067] 도 3의 (b)는 상기 금 나노입자(Au55)의 라만 스펙트럼을 나타낸다.

[0068] **3. 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@GO)의 합성**

[0069] 상기 제조된 금 나노입자를 원심분리법을 통해 침전시켜 상층액을 제거한 후, 상기 제조된 산화 그래핀 용액에 분산시켜 24 시간 동안 반응시켰다. 상기 반응 후, 상기 용액에서 원심분리법을 통해 반응하지 않은 산화 그래핀(+)를 제거하여 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@GO)를 수득하였다.

[0070] 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의(Au55@GO) 구조 분석을 위해 도 2a에서는 TEM 이미지를 나타내었고, 도 2b에서는 흡광 스펙트럼을 나타냈다. 도 2b의 삽입도는 상기 제조된 금 나노입자(Au55) 용액 및 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@GO) 용액을 비교하여 나타낸 사진이다. 또한, 도 3의 (c)는 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의(Au55@GO) 라만 스펙트럼을 나타내었다.

[0071] **4. 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조**

[0072] 상업적으로 사용 가능한 TiO₂ 페이스트(paste)를 닥터 블레이드(doctor blade) 방법을 이용하여 투명전극(FTO) 상에 TiO₂ 필름을 제조하였고, 550℃에서 2 시간 동안 열처리하였다. 상기 제조된 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@GO)를 상기 TiO₂ 필름 상에 결합시키기 위한 상기 TiO₂ 필름의 표면 처리 과정으로서 10 부피%의 3-아미노프로필트리에톡시실란(3-aminopropyltriethoxysilane; APTES)과 에탄올 용액에 상기 TiO₂ 필름을 20 분 동안 침지시켰다. 상기 APTES로 표면 처리된 TiO₂ 필름을 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@GO) 용액에 일정 시간 침지하여 상기 TiO₂ 필름 표면에 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@GO)를 결합시켜 염료감응형 태양전지용 광전극을 제조하였다(도 4).

[0073] 상기 광전극의 성능을 확인하기 위해 상기 제조된 광전극을 사용하여 단위 셀로 염료감응형 태양전지를 제조하여 전류-전압 곡선 측정을 수행하였다. 상기 APTES로 표면 처리된 TiO₂ 필름의 각각 상이한 침지 시간에 따른 전류-전압 곡선(J-V 곡선)을 도 5b에 나타내었으며, 해당 데이터들을 하기 표 1에 나타내었다.

[0074] **[비교예 1]**

[0075] 본 비교예 1에서는 본원 실시예들에 대한 대조군(control group)으로서 플라즈모닉 코어(Au 또는 Au@GO)를 사용하지 않은 염료감응형 태양전지를 제조하였다.

[0076] TiO₂ 페이스트(paste)를 닥터 블레이드(doctor blade) 방법을 이용하여 투명전극(FTO) 상에 TiO₂ 필름을 제조하였고, 550℃에서 2 시간 동안 열처리하였다. 10 부피%의 APTES/에탄올 용액에 상기 TiO₂ 필름을 20 분 동안 침지시켜 표면 처리된 TiO₂ 필름을 수득하였다. 상기 표면 처리된 TiO₂ 필름을 광전극으로서 사용하여 염료감응형 태양전지를 제조하여 전류-전압 곡선 측정을 수행하였다. 상기 측정 결과는 도 5a, 도 5b, 및 하기 표 1에 나타내었다.

[0077] **[비교예 2]**

[0078] 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 대체 물질로써 상기 실시예 1에서 제조된 55 nm의 금 나노입자를 이용하여 상기 실시예 1의 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조 방법과 동일한 방법으로 광전극을 제조하였다.

[0079] 상기 광전극을 사용하여 단위 셀로 염료감응형 태양전지를 제조하여 전류-전압 곡선 측정을 수행하였다. 상기 침지 시간에 따른 전류-전압 곡선(J-V 곡선)을 도 5a에 나타내었으며, 해당 데이터들을 하기 표 1에 나타내었다.

[0080] 하기 표 1은 실시예 1, 비교예 1, 및 비교예 2 각각에 있어서, 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조 시 상기 APTES로 표면 처리된 TiO₂ 필름의 각각 상이한 침지 시간에 따라 제조된 광전극의 성능을 측정한 데이터들을 비

교하여 나타낸 것이며, 도 5a 및 도 5b에서 이를 도시하였다.

[표 1]

	비교예 2				실시예 1			
	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	효율 (%)	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	효율 (%)
비교예 1	14.05	0.794	0.665	7.42	14.47	0.787	0.682	7.77
30 분	15.20	0.788	0.664	7.96	17.19	0.780	0.676	9.07
60 분	14.27	0.788	0.663	7.46	16.23	0.776	0.676	8.51
180 분	14.25	0.796	0.662	7.51	15.94	0.767	0.661	8.08

하기 표 2에서는 상기 표 1에서 가장 우수한 성능을 나타낸 물질들을 비교하였으며, 도 6a 및 도 6b에서 이를 도시하였으며, 도 7는 상기 물질들의 입사광자의 전류변환효율(incident photon-to-current efficiency; IPCE)을 비교하여 도시하였다.

[표 2]

	J_{sc} (mA/cm ²)	J_{sc} 증가율 (%)	V_{oc} (V)	FF	효율 (%)
비교예 2 (30 분)	15.20	8.20	0.788	0.664	7.96
실시예 1 (30 분)	17.19	18.80	0.780	0.676	9.07

[실시예 2]

1. 산화 그래핀 및 금 나노입자의 합성

상기 실시예 1의 산화 그래핀 및 금 나노입자의 합성 방법과 동일한 방법으로 표면에 양전하를 갖는 산화 그래핀 및 55 nm 크기의 금 나노입자를 합성하여 제조하였다.

2. 금 코어-은 셸 나노입자(Au55@Ag)의 합성

상기 제조된 20 mL의 금 나노입자 용액에, 0.4 mL의 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone; PVP) (10 mM, MW 50,000), 0.08 mL의 구연산 나트륨 (10 mM), 0.2 mL의 AgNO₃ (20 mM), 0.112 mL의 NaOH (1 M), 및 0.8 mL의 아스코르브산(ascorbic acid) (0.1 M)을 첨가한 후, 아이스-배스(ice-bath)에서 4 시간 동안 반응시켜 금 코어-은 셸 나노입자(Au55@Ag)를 수득하였다. 상기 금 코어-은 셸 구조체를 합성 시, 상기 금 나노입자 용액의 양을 조절함으로써 은 셸의 두께를 조절할 수 있었다.

상기 금 코어-은 셸 나노구조체(Au55@Ag)의 구조 분석을 위해 도 2c의 (a)에서는 TEM 이미지를 나타내었고, 도 2d에서는 흡광 스펙트럼을 나타냈다.

3. 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@Ag@GO)의 합성

플라즈모닉 코어으로써 상기 제조된 금 코어-은 셸 나노입자(Au55@Ag)를 이용하여 상기 실시예 1의 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 합성 방법과 동일한 방법으로 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@Ag@GO)를 합성하여 제조하였다.

상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@Ag@GO)의 구조 분석을 위해 도 2c의 (b)에서는 TEM 이미지를 나타내었고, 도 2d에서는 흡광 스펙트럼을 나타냈으며, 도 2d의 삽입도는 상기 제조된 금 나노입자(Au55@Ag) 용액 및 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@Ag@GO) 용액을 비교하여 나타낸 사진이다. 또한, 도 3의 (d)는 상기 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@Ag@GO) 라만 스펙트럼을 나타낸다.

4. 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조

상기 제조된 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au55@Ag@GO)를 이용하여 상기 실시예 1의 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조 방법과 동일한 방법으로 광전극을 제조하였다.

- [0097] **[실시예 3]**
- [0098] **1. 산화 그래핀의 합성**
- [0099] 상기 실시예 1의 산화 그래핀 합성 방법과 동일한 방법으로 산화 그래핀을 합성하여 제조하였다.
- [0100] **2. 금 나노입자(Au15)의 합성**
- [0101] 148.5 mL의 증류수와 1.5 mL의 HAuCl_4 (10 mg/mL)를 혼합한 후 상온에서부터 130°C 까지 끓여 주었다. 130°C 까지 가열된 상기 혼합 용액에 0.9 mL의 구연산나트륨(sodium citrate, 50 mg/mL)을 첨가한 후 130°C 의 온도를 유지하면서 20 분간 반응시켜 15 nm 크기의 금 나노입자(Au15 NP)를 수득하였다. 상기 구연산 나트륨은 환원제의 역할을 하였으며, 상기 반응이 진행됨에 따라 상기 용액의 색 변화를 관찰할 수 있었고, 최종 수득된 15 nm 크기의 금 나노입자는 붉은 주황색을 띠었다.
- [0102] **3. 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au15@GO)의 합성**
- [0103] 플라즈모닉 코어로써 상기 제조된 15 nm의 금 나노입자(Au15)를 이용하여 상기 실시예 1의 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 합성 방법과 동일한 방법으로 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au15@GO)를 합성하여 제조하였다.
- [0104] **4. 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조**
- [0105] 상기 제조된 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au15@GO)를 이용하여 상기 실시예 1의 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조 방법과 동일한 방법으로 광전극을 제조하였다.
- [0106] 상기 광전극의 성능을 확인하기 위해 상기 제조된 광전극을 사용하여 단위 셀로 염료감응형 태양전지를 제조하여 전류-전압 곡선 측정을 수행하였다. 상기 APTES로 표면 처리된 TiO_2 필름의 각각 상이한 침지 시간에 따른 전류-전압 곡선(J-V 곡선)을 도 8b에 나타내었으며, 해당 데이터들을 하기 표 3에 나타내었다.
- [0107] **[실시예 4]**
- [0108] **1. 산화 그래핀(GO) 및 금 나노입자(Au15)의 합성**
- [0109] 상기 실시예 1의 산화 그래핀 및 실시예 3의 금 나노입자의 합성 방법과 동일한 방법으로 표면에 양전하를 갖는 산화 그래핀 및 15 nm의 금 나노입자(Au15)를 합성하여 제조하였다.
- [0110] **2. 금 코어-은 셸 나노입자(Au15@Ag)의 합성**
- [0111] 금 나노입자로써 상기 제조된 15 nm의 금 나노입자를 이용하여 상기 실시예 2의 금 코어-은 셸 나노입자의 합성 방법과 동일한 방법으로 금 코어-은 셸 나노입자(Au15@Ag)를 합성하여 제조하였다.
- [0112] **3. 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au15@Ag@GO)의 합성**
- [0113] 플라즈모닉 코어로써 상기 제조된 금 코어-은 셸 나노입자(Au15@Ag)를 이용하여 상기 실시예 1의 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 합성 방법과 동일한 방법으로 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au15@Ag@GO)를 합성하여 제조하였다.
- [0114] **4. 염료감응 태양전지용 광전극의 제조**
- [0115] 상기 제조된 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체(Au15@Ag@GO)를 이용하여 상기 실시예 1의 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법과 동일한 방법으로 광전극을 제조하였다.
- [0116] 상기 광전극의 성능을 확인하기 위해 상기 제조된 광전극을 사용하여 단위 셀로 염료감응 태양전지를 제조하여 전류-전압 곡선 측정을 수행하였다. 상기 APTES로 표면 처리된 TiO_2 필름의 각각 상이한 침지 시간에 따른 전류-전압 곡선(J-V 곡선)을 도 8c에 나타내었으며, 해당 데이터들을 하기 표 3에 나타내었다.
- [0117] **[비교예 3]**
- [0118] 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체의 대체 물질로써 상기 실시예 3에서 제조된 15 nm의 금 나노입자를 이용하여 상기 실시예 1의 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조 방법과 동일한 방법으로 광전극을 제조하였다.

[0119] 상기 광전극을 사용하여 단위 셀로 염료감응형 태양전지를 제조하여 전류-전압 곡선 측정을 수행하였다. 상기 침지 시간에 따른 전류-전압 곡선(J-V 곡선)을 도 8a에 나타내었으며, 해당 데이터들을 하기 표 3에 나타내었다.

[0120] 하기 표 3은 실시예 3, 실시예 4, 비교예 1, 및 비교예 3 각각에 있어서, 염료감응형 태양전지용 광전극의 제조 시 상기 APTES로 표면 처리된 TiO₂ 필름의 각각 상이한 침지 시간에 따라 제조된 광전극의 성능을 측정한 데이터들을 비교하여 나타낸 것이며, 도 8a 내지 도 8c에서 이를 도시하였다.

[0121] [표 3]

	비교예 3			
	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF	효율 (%)
비교예 1	12.60	0.794	0.671	6.71
5 분	12.56	0.792	0.672	6.68
15 분	12.74	0.791	0.671	6.76
30 분	12.93	0.793	0.669	6.86
60 분	12.83	0.797	0.673	6.88
	실시예 3			
	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF	효율 (%)
비교예 1	12.60	0.794	0.671	6.71
5 분	13.33	0.784	0.660	6.89
15 분	13.41	0.776	0.665	6.91
30 분	13.22	0.783	0.656	6.79
60 분	12.99	0.785	0.662	6.75
	실시예 4			
	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF	효율 (%)
비교예 1	12.60	0.794	0.671	6.71
5 분	13.17	0.785	0.658	6.80
15 분	13.18	0.789	0.658	6.84
30 분	13.57	0.782	0.666	7.07
60 분	13.52	0.787	0.652	6.93

[0122]

[0123] 하기 표 4에서는 상기 표 3에서 가장 우수한 성능을 나타낸 물질들을 비교하였으며, 도 9a 및 도 9b에서 이를 도시하였다.

[0124] [표 4]

	J _{sc} (mA/cm ²)	J _{sc} 증가율 (%)	V _{oc} (V)	FF	효율 (%)
비교예 3 (30 분)	12.93	2.62	0.793	0.669	6.86
실시예 3 (30 분)	13.22	4.92	0.783	0.656	6.79
실시예 4 (30 분)	13.57	7.70	0.782	0.666	7.07

[0125]

[0126] 상기 측정 결과들을 통해 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체가 산화 그래핀 쉘의 형성에 의하여 근적외선 영역을 포함하는 광대역 파장대에서의 흡수 증가를 유도하였다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 본원의 실시예들에 따른 플라즈모닉 코어-셸 나노구조체를 포함하는 광전극의 염료감응형 태양전지가 금 나노입자를 포함하는 광전극의 염료감응형 태양전지에 비해 효율이 크게 향상됨을 확인하였다.

[0127] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을

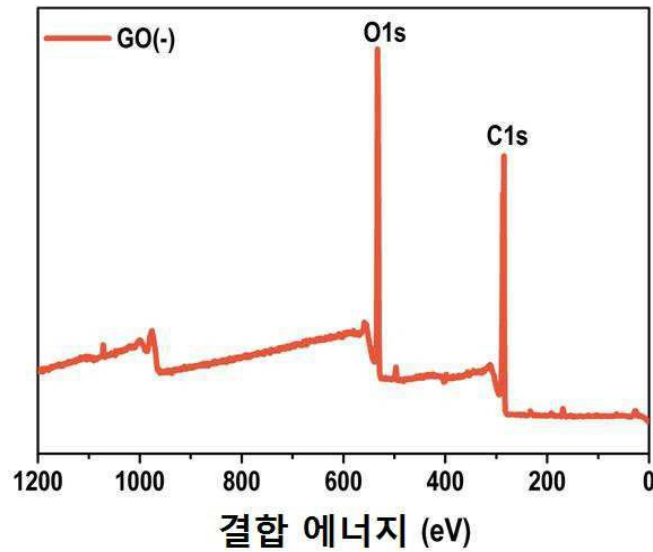
것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수도 있다.

[0128]

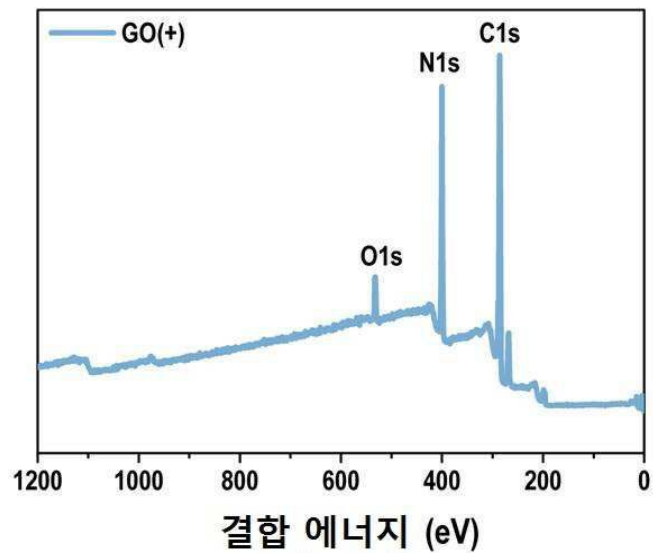
본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위, 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

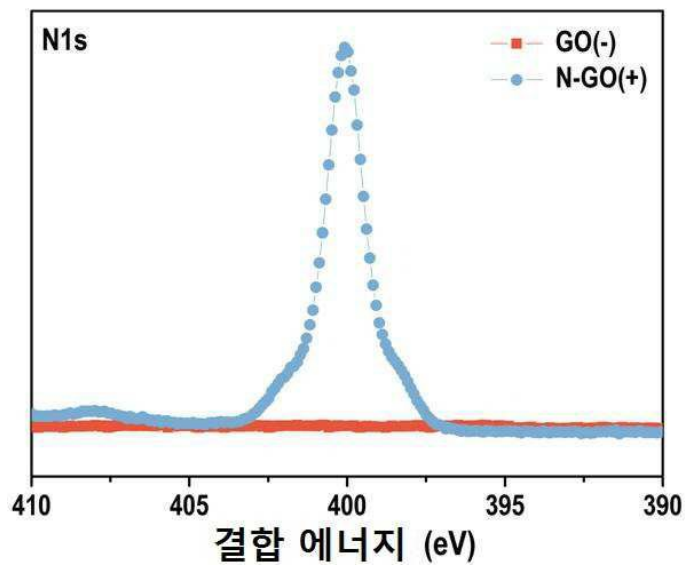
도면1a



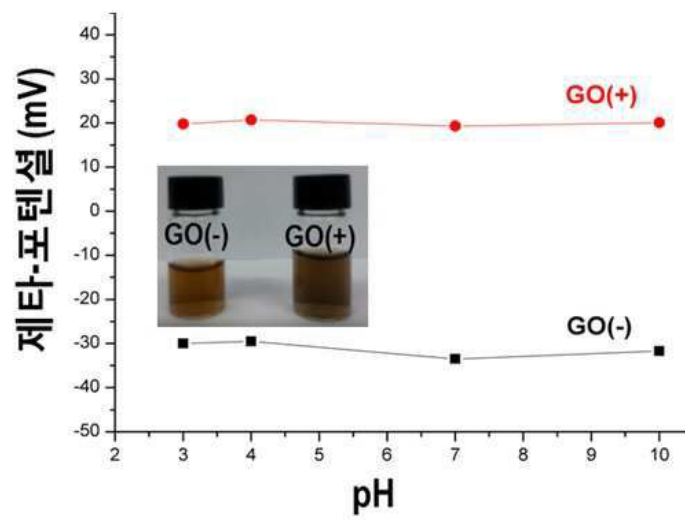
도면1b



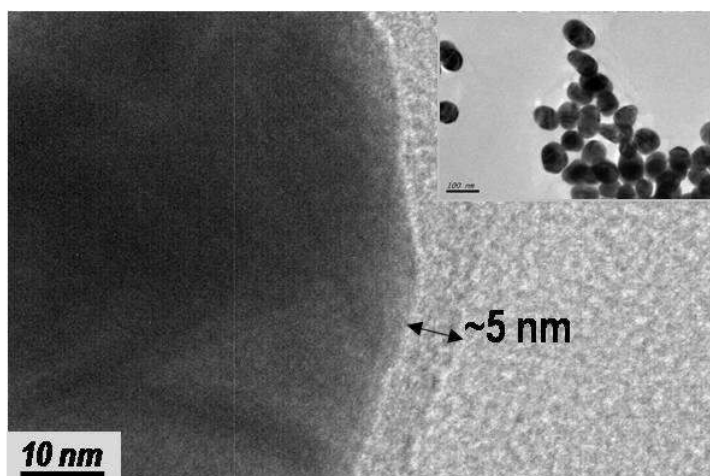
도면1c



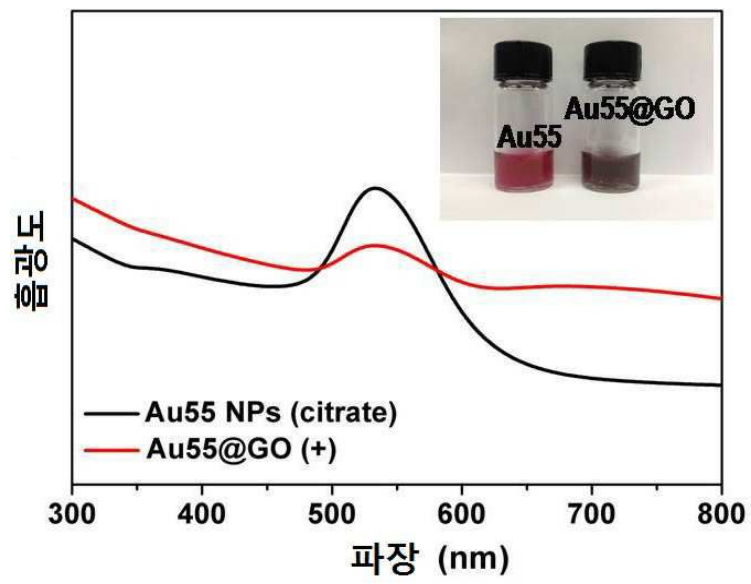
도면1d



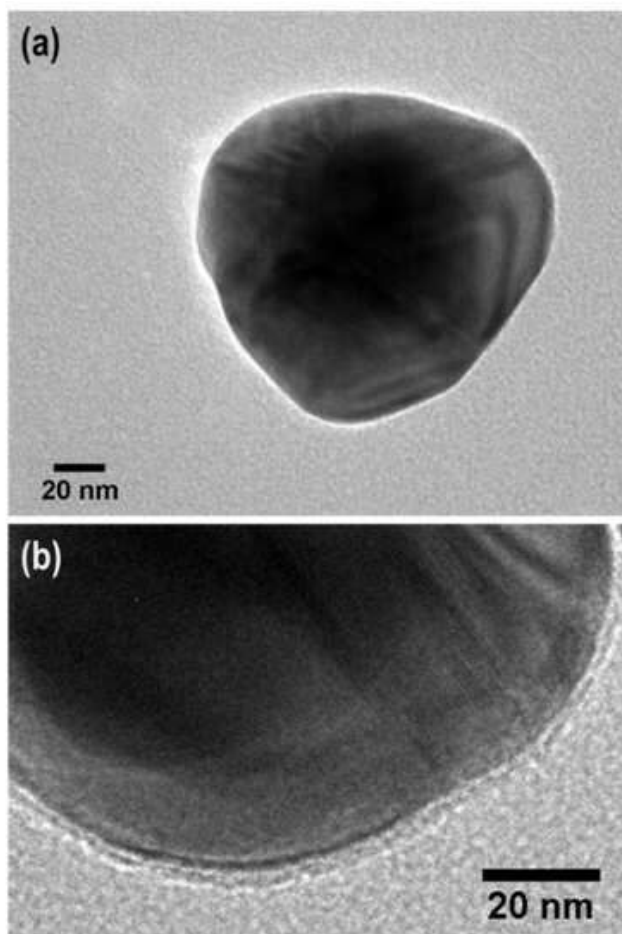
도면2a



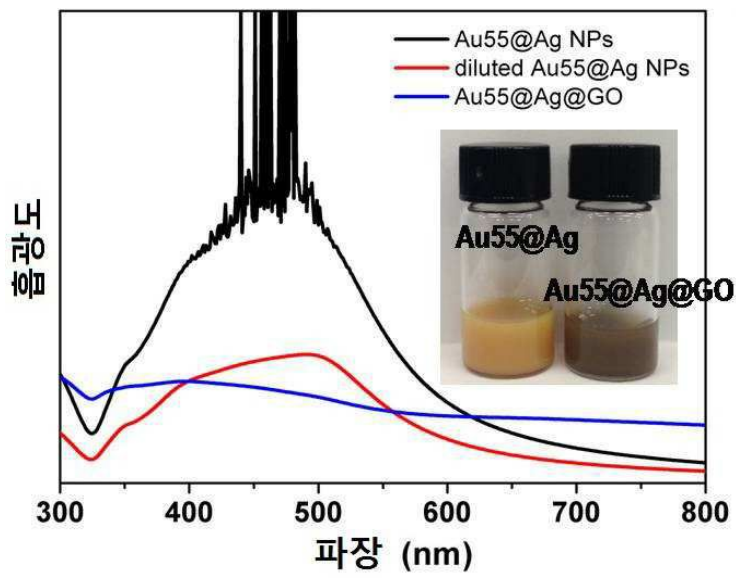
도면2b



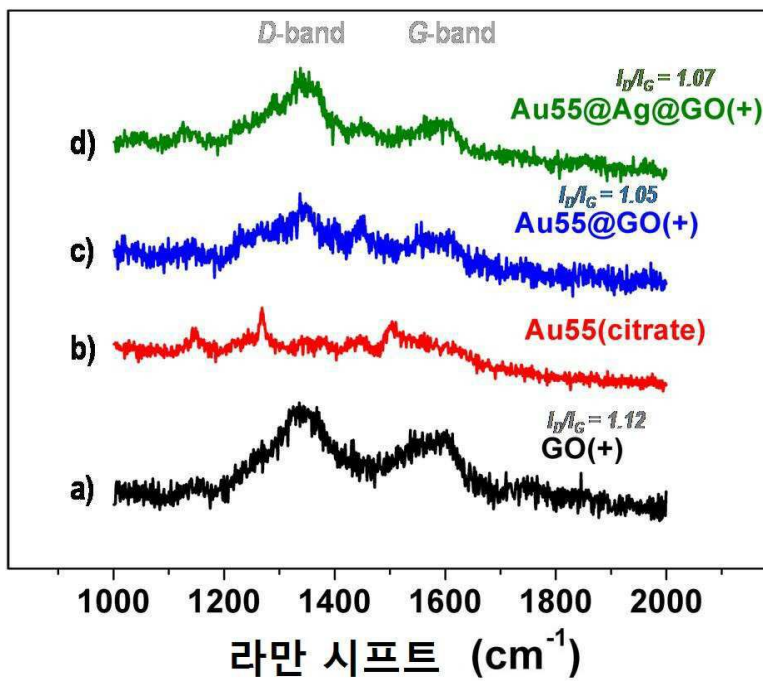
도면2c



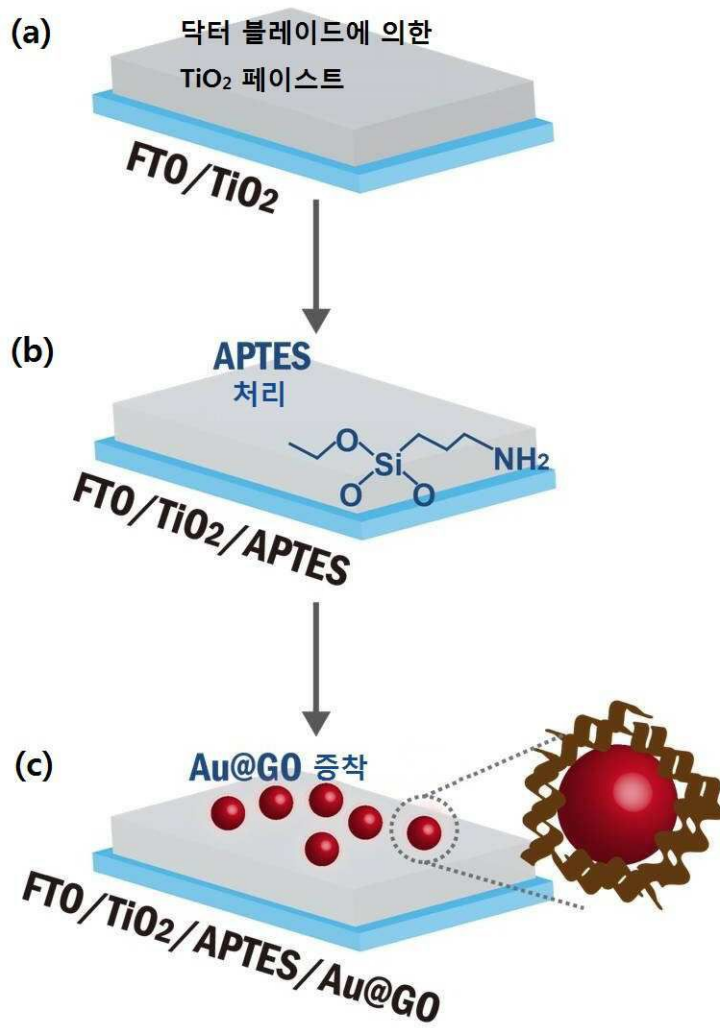
도면2d



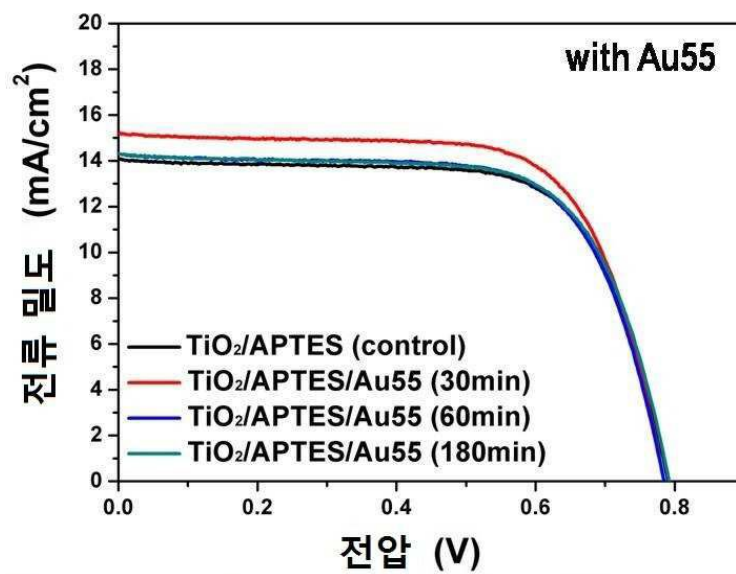
도면3



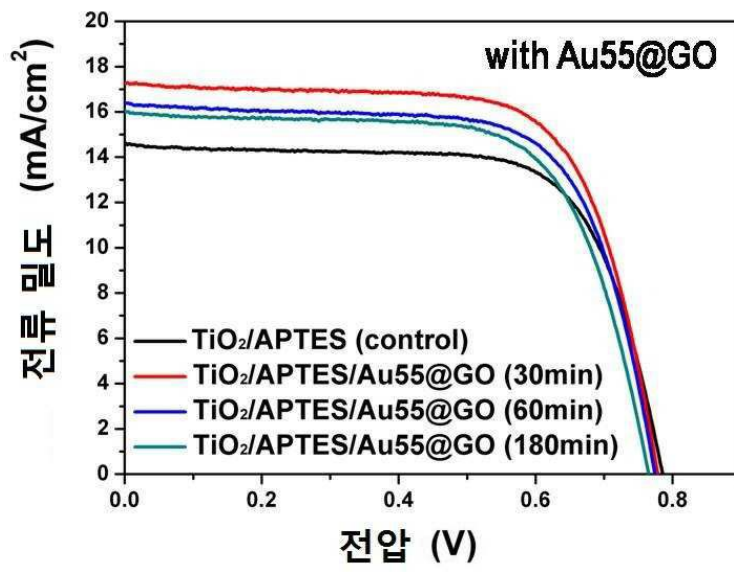
도면4



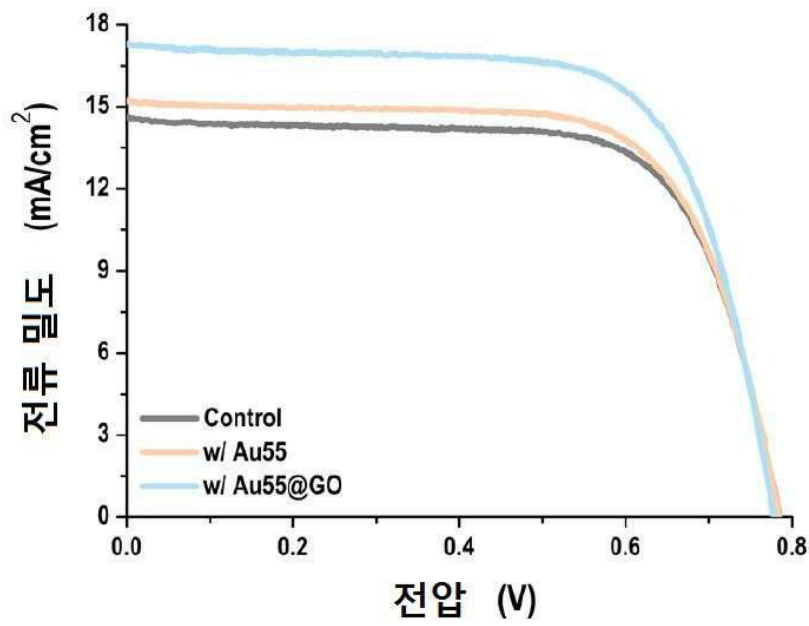
도면5a



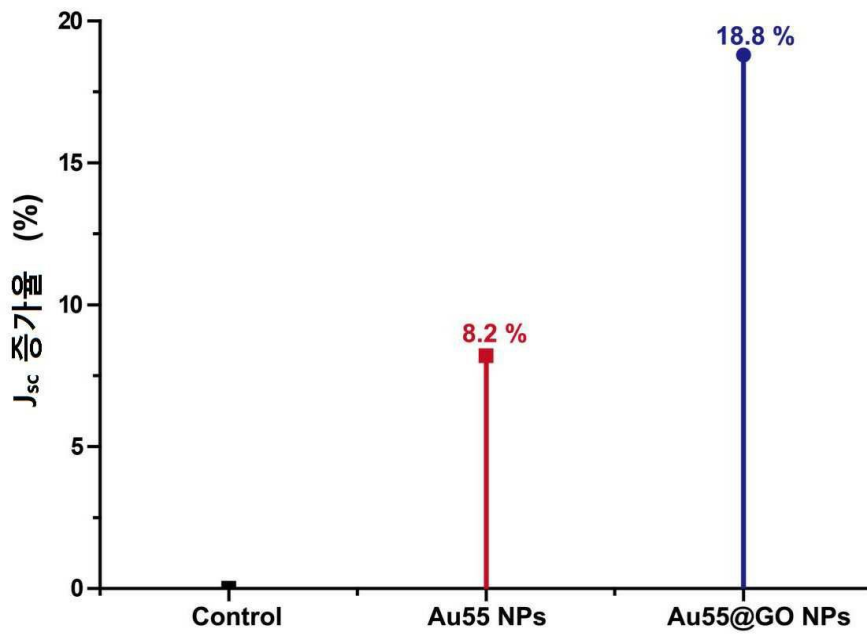
도면5b



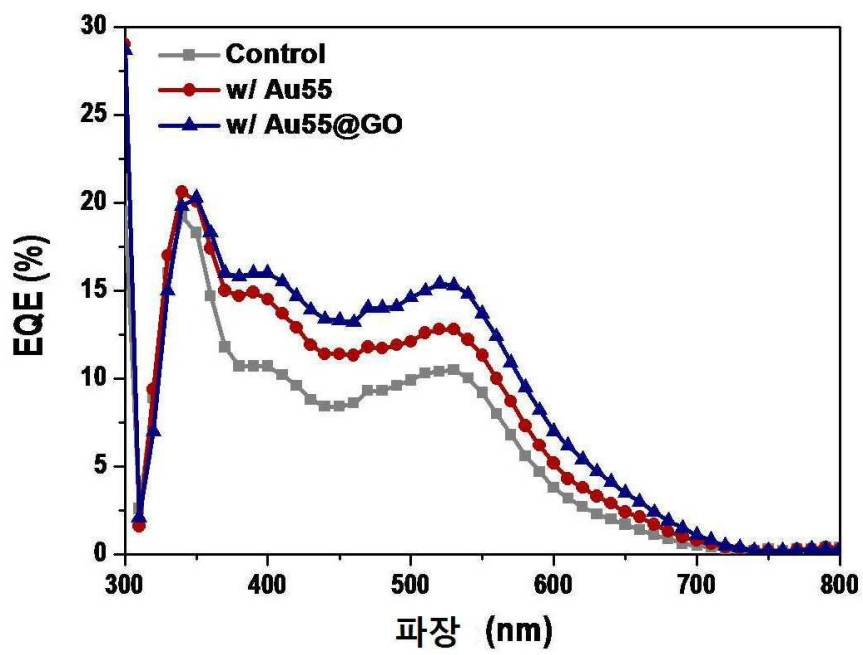
도면6a



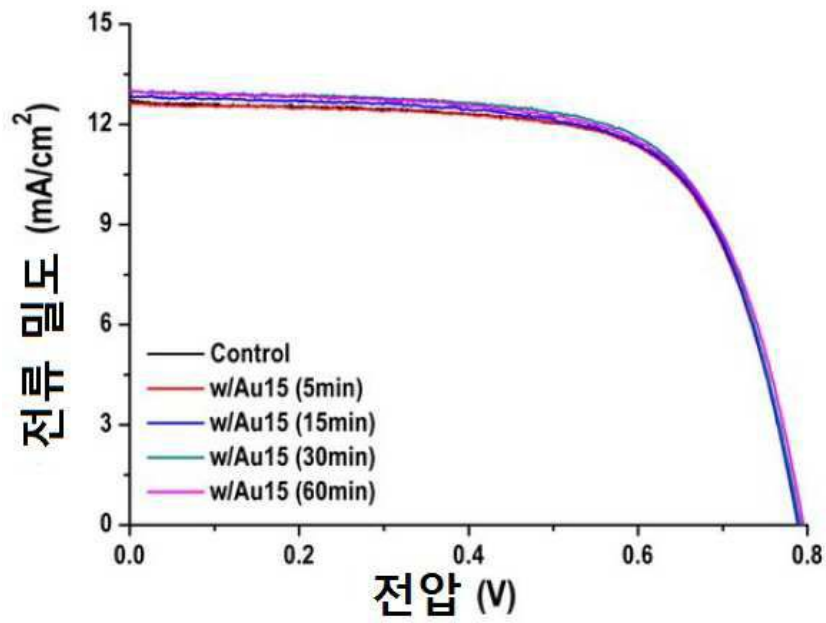
도면6b



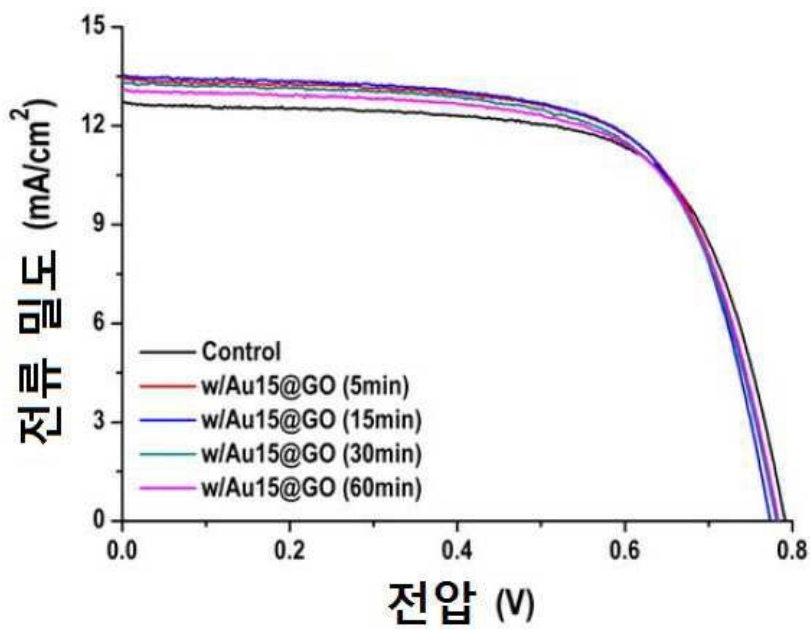
도면7



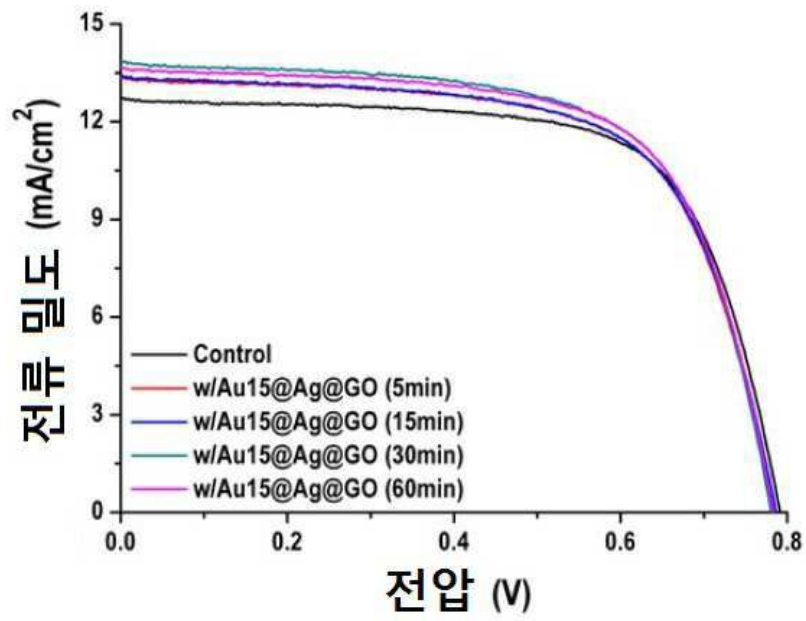
도면8a



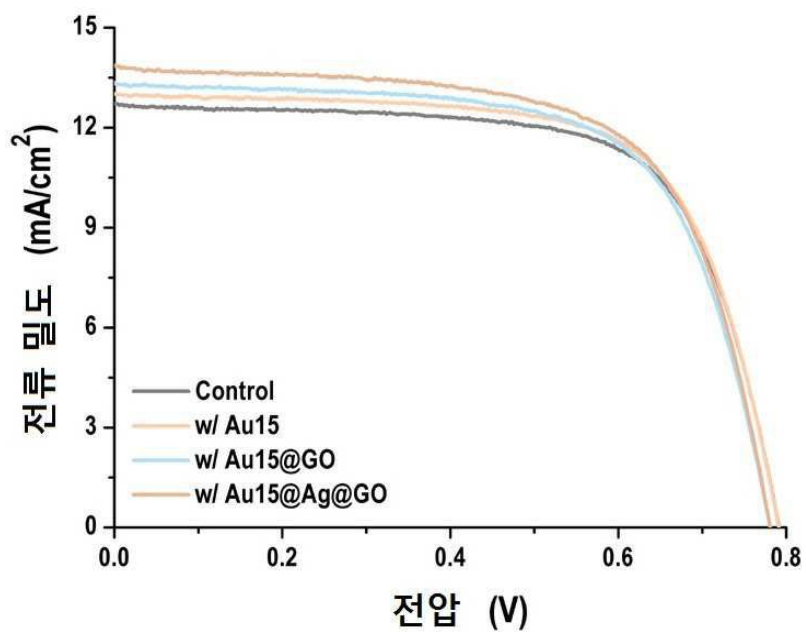
도면8b



도면8c



도면9a



도면9b

