



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0086959
(43) 공개일자 2018년08월01일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>B32B 7/02</i> (2006.01) <i>B32B 15/04</i> (2006.01)
 <i>B32B 37/24</i> (2006.01) <i>H01L 31/0224</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>B32B 7/02</i> (2013.01)
 <i>B32B 15/04</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-0011062
 (22) 출원일자 2017년01월24일
 심사청구일자 2017년01월24일</p> | <p>(71) 출원인
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
 백정민
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 김희준
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(74) 대리인
 특허법인태백</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 17 항

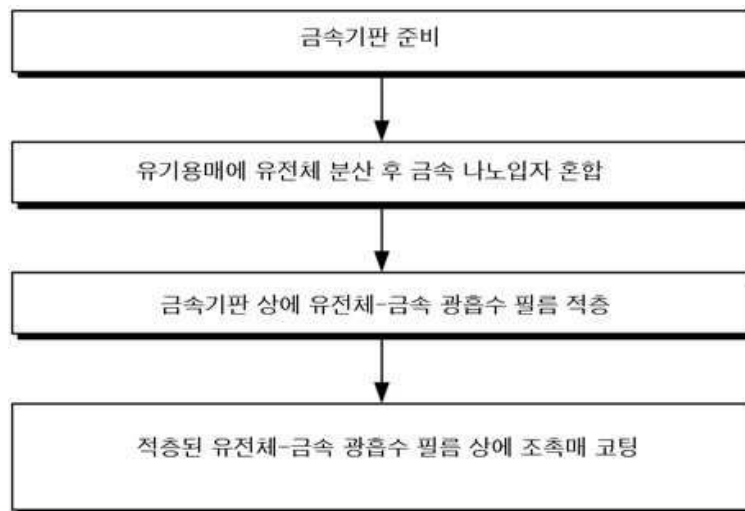
(54) 발명의 명칭 **유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 물분해 광전극**

(57) 요약

본 발명은 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 물분해 광전극에 관한 것으로, 보다 상세하게는 금속기관; 상기 금속기관 상에 증착된 유전체 및 금속 나노입자로 이루어진 광 흡수 필름; 및 상기 광흡수 필름 상에 증착된 조촉매 층;을 포함하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제공한다.

본 발명에 따른 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체는 유전체와 금속 나노입자의 분율 조절을 통해 광특성 및 광전류 특성을 조절할 수 있는 장점이 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 31/0224 (2013.01)

B32B 2037/243 (2013.01)

B32B 2307/40 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711037793

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 STEAM연구

연구과제명 3차원 형상의 플라즈모닉 메타구조 기반 광전극 제조

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

금속기판;

상기 금속기판 상에 증착된 유전체 및 금속 나노입자로 이루어진 광흡수 필름; 및

상기 광흡수 필름 상에 증착된 조촉매 층;

을 포함하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 광흡수 필름은,

평균 두께가 450 내지 550 nm인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 광흡수 필름은,

이산화 티타늄(TiO_2) 및 금 나노입자(Au NPs)로 이루어진 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 조촉매 층은,

평균 두께가 200 내지 500 nm인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 조촉매 층은,

코발트포스페이트(Cobalt phosphate, CoPi), 코발트카보네이트(Cobalt carbonate, CoCi), 코발트보레이트(Cobalt borate, CoBi), 및 NiOOH/FeOOH 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5에 따른 광 흡수체를 포함하는, 물분해 광전극.

청구항 7

금속기판을 준비하는 단계;

유기용매에 유전체를 분산시킨 후 금속 나노입자(Metal NPs)를 혼합하여 나노 이멀전을 준비하는 단계;

상기 나노 이멀전을 금속기판 상에 코팅한 후 열처리 하여 유전체 및 금속 나노입자로 이루어진 광흡수 필름을 적층하는 단계; 및

상기 적층된 광흡수 필름 상에 조촉매 층을 코팅하는 단계;를 포함하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하

는 광 흡수체 제조방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 금속기판은,

ITO 기판, FTO 기판, 및 스테인리스 스틸 기판으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 유기용매는,

이소프로필알코올(IPA) 및 헥산(Hexane)을 1 : (1 ~ 9)의 중량비로 혼합한 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 10

청구항 7에 있어서,

상기 유전체는,

이산화 규소(SiO_2), 또는 이산화 티타늄(TiO_2) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 11

청구항 7에 있어서,

상기 유전체는,

평균 직경이 10 내지 100 nm인 나노입자인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 12

청구항 7에 있어서,

상기 금속 나노입자는,

구리(Cu) 나노입자, 철(Fe) 나노입자, 금(Au) 나노입자, 알루미늄(Al) 나노입자, 및 은(Ag) 나노입자로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 13

청구항 7에 있어서,

상기 금속 나노입자는,

평균 직경이 5 내지 20 nm인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 14

청구항 7에 있어서,

상기 나노 이멀전을 준비하는 단계는,

유기용매에 95.0 내지 99.9995 중량%의 유전체를 분산시킨 후 0.0005 내지 5.0 중량%의 금속 나노입자를 혼합하

는 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 15

청구항 7에 있어서,

상기 광흡수 필름을 적층하는 단계는,

40 내지 80 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 의 나노 이멀전을 금속기판 상에 드랍(drop)하여 2 내지 4회 코팅한 후 열처리 하는 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 16

청구항 7에 있어서,

상기 광흡수 필름을 적층하는 단계는,

나노 이멀전을 금속기판 상에 코팅한 후 450 내지 550℃에서 2 내지 4분 동안 열처리 하는 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

청구항 17

청구항 7에 있어서,

상기 조촉매 층은,

코발트포스페이트(Cobalt phosphate, CoPi), 코발트카보네이트(Cobalt carbonate, CoCi), 코발트보레이트(Cobalt borate, CoBi), 및 NiOOH/FeOOH로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유전체에 금속 나노입자를 혼합한 나노 이멀전을 금속기판에 코팅함으로써 흡수도 및 광전류를 개선할 수 있는 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 물분해 광전극에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 수소는 다양한 에너지원과 기술을 통하여 생산할 수 있는데, 기존의 화석연료나 재생에너지, 원자력, 바이오매스, 인공광합성광촉매를 이용하여 이산화탄소 배출 없이 물분해를 통해 생산할 수 있다.

[0003] 이산화 티타늄(TiO_2)을 기반으로 개발된 인공광합성에 이용되는 광 흡수체는 대부분이 자외선에 반응하는 것으로 태양광선의 경우 자외선은 약 4%이므로 태양광선 중 약 43%를 차지하는 가시광선에 반응하는 고효율의 광 흡수체의 개발이 중요하다.

[0004] 종래 가시광에서 작동하는 광 흡수체로 Fe_2O_3 , BiVO_4 , CdSe 등을 이용하였으나, 태양광을 조사할 경우 광전화학 작용으로 인해 광 흡수체가 부식되는 특성이 있어, 수명 및 신뢰성에 문제점이 지적되고 있다.

[0005] 상기 문제점으로 인하여 가시광선에서 물 분해나 고효율의 활성이 실현되고 있지만 아쉽게도 현 단계에서는 수명의 문제로 인해 아직 실용화 단계에 이르지 못하고 있다.

[0006] 신뢰성을 가지는 물질로는 대표적으로 TiO_2 가 있지만 가시광을 거의 흡수하지 않아 태양광에서 낮은 효율을 가져, Fe_2O_3 , BiVO_4 , ZnO , 및 WO_3 등과 복합구조를 이뤄 사용하여 가시광에서 동작하는 광전극 제조에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, p-n 접합형 다이오드 구조 등 복합광촉매를 이용하여 전자/정공 쌍을 효율적으로 분리하고 재결합함으로써 광촉매 활성을 얻는 연구 결과가 주목받고 있으나 아직 가시광선 영역에서의 빛의 흡수율이 낮아 solar-to-hydrogen 변환 효율이 낮으며 대체적으로 2% 내외의 효율을 보여주고 있는 문제점이 있다.

[0007] 최근 TiO_2 소재에 금속 나노입자를 결합한 형태로 플라즈몬 효과를 유도하여 낮은 포톤 에너지에서도 전자/정공이 생성이 될 수 있는 플라즈모닉 광전극에 대한 연구가 진행되고 있으며, 플라즈모닉 효과에 대한 실험적 증명 결과를 보여주고 있기 때문에 고효율 광 흡수체 제조에 있어 필수적으로 고려되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2014-0119314호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 넓은 밴드 갭을 가지고 가시광 영역에서 동작하지 않는 유전체에, 금속 나노입자를 혼합하여 얻어진 나노 이멀전을 이용하여 플라즈모닉 현상을 유도하고 흡수된 빛으로 여기된 전자를 효율적으로 광 흡수체에 전달함으로써 태양광선 영역 뿐만 아니라 가시광선 영역의 빛을 통해 수소 및 산소를 생산할 수 있는 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 물분해 광전극을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 금속기관; 상기 금속기관 상에 증착된 유전체 및 금속 나노입자로 이루어진 광흡수 필름; 및 상기 광흡수 필름 상에 증착된 조촉매 층;을 포함하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제공한다.

[0011] 또한 본 발명은 상기 광 흡수체를 포함하는, 물분해 광전극을 제공한다.

[0012] 또한 본 발명은 금속기관을 준비하는 단계; 유기용매에 유전체를 분산시킨 후 금속 나노입자(Metal NPs)를 혼합하여 나노 이멀전을 준비하는 단계; 상기 나노 이멀전을 금속기관 상에 코팅한 후 열처리 하여 유전체 및 금속 나노입자로 이루어진 광흡수 필름을 적층하는 단계; 및 상기 적층된 광흡수 필름 상에 조촉매 층을 코팅하는 단계;를 포함하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따른 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체는 유전체와 금속 나노입자의 분율 조절을 통해 광특성 및 광전류 특성을 조절할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명인 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법을 나타낸 순서도이고;
 도 2는 본 발명인 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법을 나타낸 모식도이며;
 도 3은 유전체와 금속 나노입자의 중량비에 따라 제조된 나노 이멀전을 나타낸 도면이고;
 도 4는 나노 이멀전을 금속기관 상에 코팅한 후 열처리 하여 유전체-금속 광흡수 필름을 적층하는 단계를 개략적으로 나타낸 모식도이며;
 도 5는 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1에 따라 제조된 광 흡수체의 흡수도를 나타낸 도면이고;
 도 6은 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1에 따라 제조된 광 흡수체의 광전류를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 발명인 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 물분해 광전극을 보다 상세하게 설명한다.

[0016] 본 발명의 발명자들은 유전체에 금속 나노입자를 혼합함으로써 얻어진 유전체-금속 광흡수 필름을 광 흡수체에

포함할 경우, 종래 광 흡수체에 비해 광흡수가 증가되고, 광전류 특성을 향상시킬 수 있음을 밝혀내어 본 발명을 완성하였다.

- [0017] 본 발명은 금속기판; 상기 금속기판 상에 증착된 유전체 및 금속 나노입자로 이루어진 광흡수 필름; 및 상기 광 흡수 필름 상에 증착된 조촉매 층;을 포함하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제공한다.
- [0018] 상기 광흡수 필름은 평균 두께가 450 내지 550 nm일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0019] 상기 광흡수 필름은 이산화 티타늄(TiO_2) 및 금 나노입자(Au NPs)로 이루어진 것일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0020] 상기 조촉매 층은 평균 두께가 200 내지 500 nm일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0021] 상기 조촉매 층은 코발트포스페이트(Cobalt phosphate, CoPi), 코발트카보네이트(Cobalt carbonate, CoCi), 코발트보레이트(Cobalt borate, CoBi), 및 NiOOH/FeOOH 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0022] 또한 본 발명은 상기 광 흡수체를 포함하는, 물분해 광전극을 제공한다.
- [0023] 또한 본 발명은 금속기판을 준비하는 단계; 유기용매에 유전체를 분산시킨 후 금속 나노입자(Metal NPs)를 혼합하여 나노 이멀전을 준비하는 단계; 상기 나노 이멀전을 금속기판 상에 코팅한 후 열처리 하여 유전체 및 금속 나노입자로 이루어진 광흡수 필름을 적층하는 단계; 및 상기 적층된 광흡수 필름 상에 조촉매 층을 코팅하는 단계;를 포함하는, 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체 제조방법을 제공한다.
- [0024] 상기 금속기판은 ITO 기판, FTO 기판, 및 스테인리스 스틸 기판으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0025] 상기 유기용매는 이소프로필알코올(IPA) 및 헥산(Hexane)을 1 : (1 ~ 9)의 중량비로 혼합한 것 일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 상기 유전체는 이산화 규소(SiO_2), 또는 이산화 티타늄(TiO_2) 중 어느 하나일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 상기 유전체는 평균 직경이 10 내지 100 nm인 나노입자일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0028] 상기 금속 나노입자는 구리(Cu) 나노입자, 철(Fe) 나노입자, 금(Au) 나노입자, 알루미늄(Al) 나노입자, 및 은(Ag) 나노입자로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0029] 상기 금속 나노입자는 평균 직경이 5 내지 20 nm일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 상기 나노 이멀전을 준비하는 단계는 유기용매에 95.0 내지 99.9995 중량%의 유전체를 분산시킨 후 0.0005 내지 5.0 중량%의 금속 나노입자를 혼합할 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 상기 광흡수 필름을 적층하는 단계는 40 내지 80 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 의 나노 이멀전을 금속기판 상에 드랍(drop)하여 2 내지 4회 코팅한 후 열처리 할 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0032] 상기 광흡수 필름을 적층하는 단계는 나노 이멀전을 금속기판 상에 코팅한 후 450 내지 550℃에서 2 내지 4분 동안 열처리 할 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0033] 상기 조촉매 층은 코발트포스페이트(Cobalt phosphate, CoPi), 코발트카보네이트(Cobalt carbonate, CoCi), 코발트보레이트(Cobalt borate, CoBi), 및 NiOOH/FeOOH 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0034] 이하, 하기 실시예에 의해 본 발명인 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 물분해 광전극을 보다 상세하게 설명한다. 다만, 이러한 실시예에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니다.
- [0035] <실시예 1> 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체의 제조
- [0036] 1. 스테인리스 스틸(Stainless still) 기판의 준비

- [0037] 스티엔리스 스틸 기판을 아세톤, 이소프로필알코올(IPA), 및 증류수(DI water) 순으로 세척하여 준비하였다.
- [0038] 2. 이산화 티타늄(TiO₂)-금(Au) 나노 이멀전 준비
- [0039] 이소프로필알코올(IPA) : 헥산(Hexane)을 1 : 6의 중량비로 혼합한 유기용매에 20 nm의 일정한 크기로 합성한 이산화 티타늄 나노입자(TiO₂ NPs, 99.9995 중량%) 25 mM을 분산시킨 후, 염화금산(HAuCl₄)의 구연산염 환원법(citrate reduction)을 이용하여 준비한 5 nm 크기의 금 나노입자(Au NPs, 0.0005 중량%)를 혼합하여 TiO₂-Au 나노 이멀전을 준비하였다.
- [0040] 3. 스티엔리스 스틸 기판 상에 TiO₂ 및 Au 나노입자로 이루어진 광흡수 필름의 적층
- [0041] 60 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 에 해당하는 양의 TiO₂-Au 나노 이멀전을 드랍한 후, 아르곤(Ar) 분위기에서 건조시켜 스티엔리스 스틸 기판 상에 TiO₂ 및 Au 나노입자로 이루어진 광흡수 필름을 코팅하였고, 상기 코팅 과정을 3번 반복한 후 500 °C의 Vacuum RTA 조건에서 3분 동안 열처리 하여 평균 두께가 500 nm의 광흡수 필름을 스티엔리스 스틸 기판 상에 적층하였다.
- [0042] 4. 광흡수 필름 상에 NiOOH/FeOOH 층 코팅
- [0043] 0.7 V(vs Ag/AgCl) 조건하에서, TiO₂ 및 Au 나노입자로 이루어진 광흡수 필름을 0.1 M Fe₂(SO₄)₃(iron(III) sulfate hydrate) 용액에 15분 동안 전착시켰다. 이후, 0.45 V(vs Ag/AgCl) 조건하에서, 0.1 M 황산니켈·6수화물 용액(Nickel sulfate hexahydrate)에 8분 동안 전착하여 광흡수 필름 상에 NiOOH/FeOOH 층을 코팅시켜 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제조하였다.
- [0044] **<실시예 2> 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체의 제조**
- [0045] 이산화 티타늄 나노입자(TiO₂ NPs, 99.995 중량%) 및 금 나노입자(Au NPs, 0.005 중량%)를 이용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제조하였다.
- [0046] **<실시예 3> 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체의 제조**
- [0047] 이산화 티타늄 나노입자(TiO₂ NPs, 99.5 중량%) 및 금 나노입자(Au NPs, 0.5 중량%)를 이용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제조하였다.
- [0048] **<실시예 4> 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체의 제조**
- [0049] 이산화 티타늄 나노입자(TiO₂ NPs, 95 중량%) 및 금 나노입자(Au NPs, 5 중량%)를 이용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제조하였다.
- [0050] **<비교예 1> 유전체를 포함하는 광 흡수체의 제조**
- [0051] 금 나노입자를 포함하지 않고, 100 중량%의 이산화 티타늄 나노입자를 이용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 유전체-금속 나노입자 복합체를 포함하는 광 흡수체를 제조하였다.
- [0052] **<실험예 1> 광 흡수도 분석**
- [0053] 도 5는 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1에 따라 제조된 광 흡수체의 흡수도를 나타낸 도면이다.
- [0054] 도면을 참조하면, 가시광 효율은 실시예 1에 따라 제조된 광 흡수체가 가장 높지만 태양광에서 가장 높은 효율을 보이는 것은 실시예 2에 따라 제조된 광 흡수체임을 알 수 있으며, 더 많은 태양광을 흡수할 수록 더 높은 효율로 광전극의 구동이 가능해진다.
- [0055] 구체적으로, Au NPs에서 생성된 플라즈몬(Plasmon)이 플라즈몬 공명 에너지 전이 메카니즘(Plasmon Resonance Energy Transfer mechanism; 이하 'PRET 메카니즘')에 의해 Au NPs가 TiO₂에 광전하를 생성할 에너지를 건내 주기 때문이다.
- [0056] 먼저 Au NPs의 함량 비율이 증가할수록, 즉 실시예 1에서 실시예 4로 변화할 수록 태양광, 및 가시광에서의 광전류 값이 모두 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 이는 트랩사이트 소멸현상(trap site quenching)에 의해, Au NPs가 TiO₂ 또는 다른 Au NPs에서 생성된 광전하를 소멸시키는 역할을 수행하므로 태양광, 및 가시광에서의 빛

을 효과적으로 흡수할 수 없다.

[0057] 광흡수도에서 볼 수 있듯이 진공 열처리에 의해 TiO_2 에는 가시광에 해당하는 에너지를 받아들일 donor level이 생성된 것을 기반으로, 비교예 1에 따라 제조된 광 흡수체는 흡수도가 393nm에서, 실시예 1 내지 실시예 4에 따라 제조된 광 흡수체는 400 nm이상에서 x축과 만남을 알 수 있다.

[0058] <실험예 2> 광전류 분석

[0059] 도 6은 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1에 따라 제조된 광 흡수체의 광전류를 나타낸 도면이다.

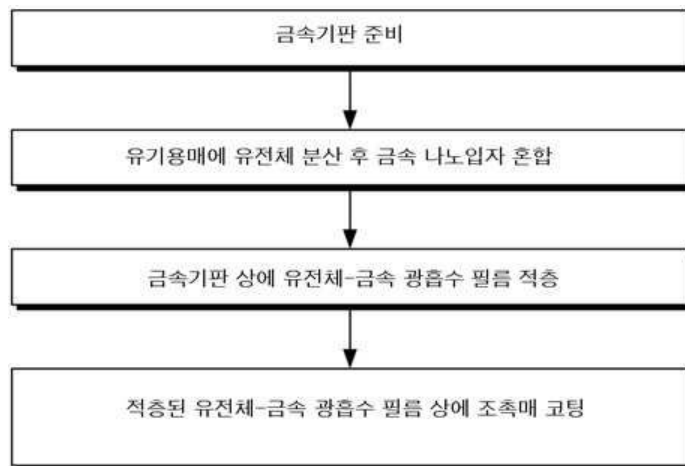
[0060] 도면을 참조하면, 실시예 1에 따라 제조된 광 흡수체는 Au NPs의 함량이 적어 Au NPs에 의해 생성된 플라즈몬이 Au NPs 주위의 TiO_2 를 충분히 여기시키지 못하는 것으로 판단할 수 있다. 이러한 결과는 태양광 영역의 흡수도가 실시예 1 내지 실시예 3 및 비교예 1에 따라 제조된 광 흡수체에 비해 가장 작은 값을 나타냈음을 통해 뒷받침된다.

[0061] 실시예 2에 따라 제조된 광 흡수체는 가시광 영역의 광전류는 감소하였으나, 이는 앞서 설명한 trap site의 증가와 동시에 더 많은 양의 광전하를 TiO_2 내부에 여기시킬 수 있기 때문이다. 이에 따라 Au NPs 주변에 얼마나 많은 TiO_2 가 존재하는지 여부가 효율적인 광전극을 제작하는데 중요한 요인이 됨을 확인하였고, 상기 실험예들을 통해 실시예 1 및 실시예 2 사이의 TiO_2 와 Au NPs의 분율 조건에서 가장 높은 광전극 효율을 얻을 수 있음을 확인하였다.

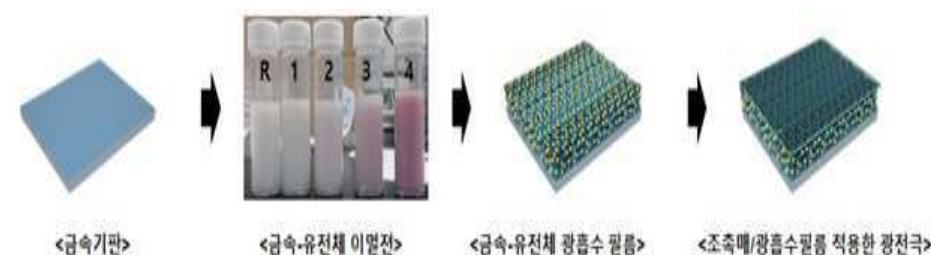
[0062] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면

도면1



도면2



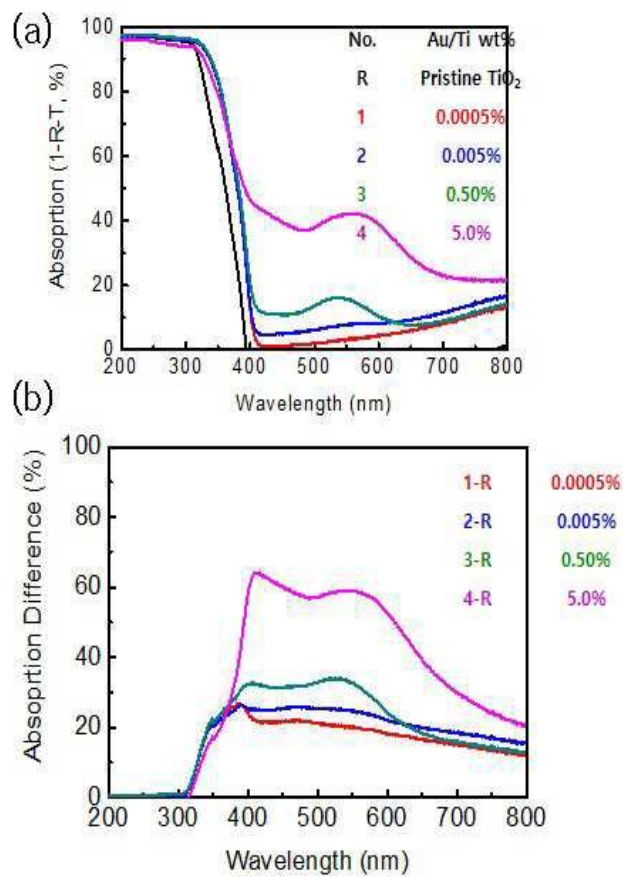
도면3



도면4



도면5



도면6

