



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0129374
(43) 공개일자 2011년12월01일

(51) Int. Cl.

C01G 23/047 (2006.01) *C01B 31/02* (2006.01)
H01G 9/20 (2006.01) *H01L 51/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7016105

(22) 출원일자(국제출원일자) 2010년01월12일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년07월12일

(86) 국제출원번호 PCT/IN2010/000023

(87) 국제공개번호 WO 2010/079516

국제공개일자 2010년07월15일

(30) 우선권주장

48/DEL/2009 2009년01월12일 인도(IN)

(71) 출원인

카운실 오브 사이언티픽 앤드 인더스트리얼 리서치

인도, 뉴델리 110 001, 라피 마그, 아누산단 바반 2

(72) 발명자

무두리, 수바스, 쿠마

인도 마하라슈트라, 푸네-411 008, 닥터. 호미 바바 로드, 내셔널 케미칼 라보레터리

다스, 비렉, 비슈누

인도 마하라슈트라, 푸네-411 008, 닥터. 호미 바바 로드, 내셔널 케미칼 라보레터리

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인세림

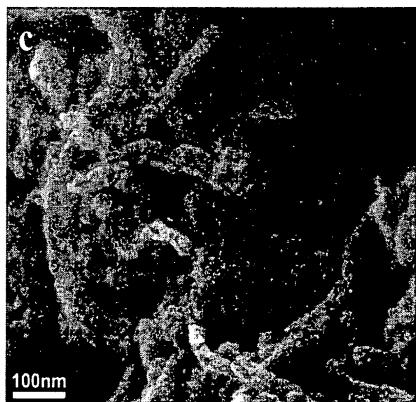
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 이산화티탄-다중벽 탄소 나노 튜브를 이용한 효율 높은 염료 감응 태양전지 나노복합체

(57) 요약

본 발명은 TiO₂ 탄소 나노 튜브(MWCNT) 나노복합체를 이용한 효율 높은 염료 감응(dye sensitized) 태양전지를 제공한다. 특히, 본 발명은 높은 효율의 염료 감응 태양전지를 형성하는 수열반응경로(hydrothermal route)에 의해 제조된 TiO₂-MWCNT 나노복합체를 제공한다.

대 표 도 - 도1c



(72) 발명자

히사무딘, 사르프라

인도 마하라슈트라, 푸네-411 008, 닥터. 호미 바
바 로드, 내셔널 케미칼 라보레터리

무자바르

인도 마하라슈트라, 푸네-411 008, 닥터. 호미 바
바 로드, 내셔널 케미칼 라보레터리

오가레, 사티쉬찬드라, 발크리쉬나

인도 마하라슈트라, 푸네-411 008, 닥터. 호미 바
바 로드, 내셔널 케미칼 라보레터리

특허청구의 범위

청구항 1

이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체를 제조하는 수열반응방법(hydrothermal process)으로서,

상기 방법은 다음 단계를 포함하는 수열반응방법:

- (a) 물에서 티타늄 화합물 전구체(Titanium compound precursor)를 가수분해하고;
- (b) MWCNTs과 함께 단계 (a)의 가수분해된 전구체를 초음파 처리하며;
- (c) H₂SO₄와 함께 단계 (b)의 생성물을 오토클레이브 용기(autoclave vessel)로 옮기고 12~24시간 동안 150~200 °C로 유지하고;
- (d) 물로 단계 (c)의 생성물을 세척하며;
- (e) TiO₂-CNT 나노복합체를 얻기 위하여 방진 환경(dust proof environment)에서 약 50~60°C에서 단계 (d)의 생성물을 건조시킨다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 티타늄 전구체/화합물을 실온, 바람직하게 20~30°C에서 가수분해될 수 있고, 상기 티타늄 전구체/화합물을 바람직하게 티타늄 이소프로포사이드(titanium isopropoxide) 또는 티타늄 클로라이드(titanium chloride)인 수열반응방법.

청구항 3

제1항에 따른 수열반응방법에 의해 제조된 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체로서,

이용된 나노복합체에서 TiO₂에 대한 CNT의 중량%는 0.01~0.5중량%인, 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브 나노 복합체.

청구항 4

제1항에 따른 수열반응방법에 의해 제조된 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체로서,

상기 나노복합체 필름의 두께는 1~15 미크론인, 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브 나노 복합체.

청구항 5

제1항 내지 제4항에 따른 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체를 이용하여 태양전지를 제조하는 방법으로서,

상기 방법은 다음 단계를 포함하는, 태양전지를 제조하는 방법:

- (g) 청구항 1의 단계 (e)에서 얻은 200밀리리터의 TiO₂-CNT 나노복합체 냉울을 FTO(Fluorine doped Tin Oxide) 전도성 및 가수분해된 유리 기질에 붙고;
- (h) 0.5 미크론-두께의 스카치 테이프로 필름의 두께를 제어하고; 닥터-블레이딩 방법(doctor-blading process)에 의하여 필름을 형성하며;
- (i) 1시간 동안 450°C의 온도에서 단계 (h)에서 얻은 필름을 가열 처리하고;

- (j) 염료 감응 TiO_2 -CNT 나노복합 필름을 얻기 위하여 루테늄-기반 N3-염료(ruthenium-based N3-dye)로 단계(i)에서 얻은 TiO_2 -CNT 나노복합 필름을 감응시키며;
- (k) 단계(j)에서 얻은 염료 감응 TiO_2 -CNT 나노복합 필름을 이용하여 전극을 제조하고;
- (1) 단계(k)에서 얻은 전극, 상대 전극(counter electrode) 및 액체 전해질(liquid electrolyte)을 이용하여 염료 감응 TiO_2 -CNT 나노복합 태양전지를 제조한다.

청구항 6

제5항에 있어서,

이용된 상대 전극은 백금으로 코팅된 FTO(Pt-FTO) 기질인, 태양전지를 제조하는 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 액체 전해질은 아세토니트릴(acetonitrile)에 0.1M의 리튬 요오드화물(lithium iodide), 0.05M의 요오드(iodine)로 이루어지는, 태양전지를 제조하는 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 태양전지의 개선된 효율은 5~15%인, 태양전지를 제조하는 방법.

청구항 9

태양전지의 효율은 5% 이상인 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 방법의 사용.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 TiO_2 -탄소 나노 튜브(MWCNT) 나노복합체를 이용한 효율 높은 염료 감응(dye sensitized) 태양전지에 관한 것이다.

[0002]

특히, 본 발명은 염료 감응(dye sensitized) 태양전지의 효율을 높이는 수열반응경로(hydrothermal route)에 의해 제조된 TiO_2 -MWCNT 나노복합체에 관한 것이다.

배경기술

[0003]

광에 의해 생성된 전하(photo-generated charge)를 전극으로 이동하는 효율이 낮으면 염료 감응(dye sensitized) 태양전지 또는 하이브리드 태양전지의 태양전지 성능이 불리하게 영향을 받는다. CNT는 그런 광에 의해 생성된 전하(photo-generated charge)를 위한 직접적이고 효율적인 경로를 제공할 수 있어서, 금속 산화물과의 CNT의 복합체가 제시되고 있다. TiO_2 -MWCNT 나노복합체를 합성하는 콜-겔 및 전기 이동법(Sol-gel and electrophoresis method)이 시도되었지만, 이런 경우 TiO_2 나노파티클(nanoparticle)과 CNT 사이 물리적 및 전자적 부착이 충분히 강하지 않아서, 이는 광에 의해 생성된 전하(photo-generated charge)의 재조합(recombination)을 강하게 방지할 수 있다.

[0004]

논문 "ZnO:_CNT 및 TiO_2 :CNT 복합체의 수열 반응 제조 및 그들의 광촉매 적용(Hydrothermal preparation of ZnO:_CNT and TiO_2 :CNT composites and their photocatalytic applications)" (by K. Byrappa, A. S. Dayananda et.al., published in Journal of Material Science (2008) 43:2348-2355, DOI 10.1007/s10853-007-1989-8 dated 21st February 2008)은 자생 압력(autogenous pressure)에서 마일드한 수열 반응 조건(hydrothermal condition) ($T=150\sim240^\circ C$) 하에서 제조된 (다중벽 탄소 나노튜브(multi walled carbon nanotube; MWCNT)를 가지는) ZnO:_CNT 및 TiO_2 :CNT 복합체를 개시한다. 인디고 카라마인 염료(indigo carmine

dye)를 이용하여 UV 광뿐 아니라 햇빛에 대한 복합체의 광촉매(photocatalytic) 적용이 조사되었다.

[0005] 논문 "TiO₂ 나노튜브와 결합한 새로운 광촉매 MWCNT의 제조 및 특징(Preparation and characterization of new photocatalyst combined MWCNTs with TiO₂ nanotubes)" (by ZHU Zhi-ping et. al., published on 10th September 2007 Trans. Nonferrous Met. Soc. China 17(2007) s1117-1121)은 TiO₂-유래 나노튜브와 다중 탄소 나노튜브(multi-walled carbon nanotube; MWCNTs)가 결합하여 제조된 새로운 유형의 광촉매(photocatalyst) MWCNTs/TiO₂-NTs 나노복합체가 변형된 수열반응방법에 의해 합성된 것을 개시한다.

[0006] 다른 논문 "광총매 활성을 위한 나노로드/나노파티클 TiO₂의 수열반응합성 및 염료감응 태양전지 적용 (Hydrothermal Synthesis of Nanorods/Nanoparticles TiO₂ for Photocatalytic Activity and Dyesensitized Solar Cell Applications)" (by Sorapong Pavasupree et.al., published in Materials Research Society)은 20 시간 동안 150℃에서 수열반응방법으로 합성된 메조다공성(mesoporous) 구조를 가진 나노로드/나노파티클 TiO₂를 개시한다. 메조다공성(mesoporous) 구조를 가진 나노로드/나노파티클 TiO₂를 이용하는 전지의 태양 에너지 변환 효율은 약 7.12%이었다.

[0007] 고체 박막(Thin Solid Films), 2007 (Vol 515), 5131 페이지에서 Lee T.Y 등은 0.1중량%의 MWCNT을 가지고 졸-겔 방법으로, 10~15미크론의 두께를 가지며, 그 효율이 4.97%인, TiO₂로 코팅된 다중벽 탄소 나노튜브(MWCNT)를 사용한 염료 감응 태양전지의 제조방법을 개시한다.

[0008] 따라서 기술분야에서 태양전지 효율을 향상시키는, 효율적인 전자 이동 과정을 가지는 금속 산화물-CNT 복합체의 조성물 및 상기 복합체의 합성 과정을 제공할 필요가 있다. 본 발명자들은 TiO₂-CNT 나노복합체를 합성하는 수열반응경로(hydrothermal route)가 태양전지의 성능을 향상시키고 이런 개선된 발명이 기술분야에 아직 보고되지 않음을 알아내었다.

발명의 내용

[0009] 그러므로, 본 발명은 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체를 제조하는 수열반응방법을 제공하며, 상기 방법은 다음 단계를 포함한다:

[0010] (a) 물에서 티타늄 화합물 전구체(Titanium compound precursor)를 가수분해하고;

[0011] (b) MWCNTs과 함께 단계 (a)의 가수분해된 전구체를 초음파 처리하며;

[0012] (c) H₂SO₄와 함께 단계 (b)의 생성물을 오토클레이브 용기(autoclave vessel)로 옮기고 12~24시간 동안 150~200 ℃로 유지하고;

[0013] (d) 물로 단계 (c)의 생성물을 세척하며;

[0014] (e) TiO₂-CNT 나노복합체를 얻기 위하여 방진 환경(dust proof environment)에서 약 50~60℃에서 단계 (d)의 생성물을 건조시킨다.

[0015] 일 구체예에서, 본 발명은 실온, 바람직하게 20~30℃에서 가수분해될 수 있는 티타늄 전구체/화합물, 바람직하게 티타늄 이소프로록사이드(titanium isopropoxide) 또는 티타늄 클로라이드(titanium chloride)를 제공한다.

[0016] 다른 구체예에서, 본 발명은 수열반응방법에 의해 제조된 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체를 제공하며, 이용된 나노복합체에서 TiO₂에 대한 CNT의 중량%는 0.01~0.5중량%이다.

[0017] 또 다른 구체예에서, 본 발명은 수열반응방법에 의해 제조된 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체를 제공하며, 상기 나노복합체 필름의 두께는 1~15 미크론이다.

[0018] 또 다른 구체예에서, 본 발명은 이산화티탄-다중벽 탄소 나노튜브(Titanium dioxide-Multi-walled carbon nanotube; TiO₂-MWCNT) 나노복합체를 이용하여 태양전지를 제조하는 방법을 제공하며, 상기 방법은 다음 단계를

포함한다:

- [0019] (g) 청구항 1의 단계 (e)에서 얻은 200밀리리터의 TiO_2 -CNT 나노복합체 방울을 FTO(Fluorine doped Tin Oxide) 전도성 및 가수분해된 유리 기질에 붓고;
- [0020] (h) 0.5 미크론-두께의 스카치 테이프로 필름의 두께를 제어하고; 닉터-블레이딩 방법(doctor-blading process)에 의하여 필름을 형성하며;
- [0021] (i) 1시간 동안 450°C의 온도에서 단계 (h)에서 얻은 필름을 가열 처리하고;
- [0022] (j) 염료 감응 TiO_2 -CNT 나노복합 필름을 얻기 위하여 루테늄-기반 N3-염료(ruthenium-based N3-dye)로 단계 (i)에서 얻은 TiO_2 -CNT 나노복합 필름을 감응시키며;
- [0023] (k) 단계 (j)에서 얻은 염료 감응 TiO_2 -CNT 나노복합 필름을 이용하여 전극을 제조하고;
- [0024] (l) 단계 (k)에서 얻은 전극, 상대 전극(counter electrode) 및 액체 전해질(liquid electrolyte)을 이용하여 염료 감응 TiO_2 -CNT 나노복합 태양전지를 제조한다.
- [0025] 본 발명의 다른 구체예에서, 이용된 상대 전극은 백금으로 코팅된 FTO(Pt-FTO) 기질이다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 구체예에서, 액체 전해질은 아세토니트릴(acetonitrile)에 0.1M의 리튬 요오드화물(lithium iodide), 0.05M의 요오드(iodine)로 이루어진다.
- [0027] 본 발명의 또 다른 구체예에서, 태양전지의 개선된 효율은 5~15%이다.
- [0028] 본 발명의 또 다른 구체예에서, 태양전지의 효율은 5% 이상이다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1: 수열반응과정에 의해 제조된 본 발명의 이산화티탄 및 MWCNT 나노 복합체의 TEM(Transmission Electron Microscopy) 및 FE-SEM(Field-Emission Scanning Electron Microscope, Hitachi S-4200) 이미지. 도 1a는 MWCNT이 삽입되지 않은 수열반응과정에 의해 합성된 TiO_2 나노파티클의 TEM(Transmission Electron Microscopy) 이미지를 나타낸다. 평균 입자 크기는 약 8~10nm이며, 파티클은 수열반응과정에서 양호한 결정성을 제안하는 작은 면을 가진다(faceted). 도 1b는 실험에서 사용된 치수(지름 ~20~40nm 및 길이 ~5~15μm)를 나타내는 MWCNTs의 TEM 이미지를 보여준다. 도 1c에 나타난 FE-SEM(Field-Emission Scanning Electron Microscope) 데이터에서 MWCNT 및 TiO_2 사이의 접합을 알 수 있다. 우수한 TiO_2 NPs 적용으로 균일하게 성장한 것을 명확하게 볼 수 있다.
- 도 2: 수열반응과정에 의해 제조된 본 발명의 이산화티탄 및 MWCNT 나노 복합체의 FT-IR 스펙트럼. 도 2a는 (a) 초기 MWCNTs, (b) TiO_2 나노파티클, (c) 수열반응으로 처리된 MWCNTs 및 (d) TiO_2 -MWCNTs 나노복합체의 FTIR 데이터를 나타낸다. 500cm^{-1} 근처의 특징부에서 Ti-O 사이의 결합이 명확하게 나타난다. TiO_2 의 경우 약 520cm^{-1} 에서 TiO_2 -MWCNT 복합체의 경우 612cm^{-1} 로 이 영역에서 특징부의 평균 위치가 이동한 것을 흑색 및 적색 화살표로 표시하였다. 이것은 두 경우에 다른 크기 분포 및 가능한 스트레인(strain)의 레벨에 기인할 수 있다. MWCNT를 포함하는 수열반응처리된 샘플의 경우(즉, MWCNT 및 TiO_2 -MWCNT), 본 출원인은 1143cm^{-1} 및 1735cm^{-1} 근처에 중심을 가지는 명확한 특징부를 주목한다. 지문 영역(fingerprint region)에 있어서 1143cm^{-1} 근처의 특징부만 유일하게 부여하기 어렵다. 그러나, 3400cm^{-1} 주위의 영역(OH 스트레치(strech), 다른 표시와 겹친다)과 함께 1735cm^{-1} 근처의 특징부(원으로 표시한 부분 참조)가 발생하는 것은 MWCNT를 포함하여 수열반응으로 처리된 경우에만 -COOH 기가 존재함을 나타낸다. 도 2b에서, TiO_2 -MWCNT 나노복합체(nanocomposite)에서 동일한 특징부가 1745cm^{-1} 로 약간 이동한 것으로 나타나며, 이는 변형된 MWCNT 표면에 TiO_2 가 접합(conjugation)한 효과를 나타낸다. 1380cm^{-1} 근처의 가파른 특징부를 포함하는 다른 특성 밴드는 수열반응과정에서 이용된 다른 광화제(mineralizer) 잔류물 때문에 생성된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 그러므로, 본 발명은 수열반응과정에 의해 제조된 이산화티탄 및 탄소 나노튜브(CNT)의 나노복합체를 포함하는 조성물을 제공한다. 본 발명의 TiO₂-CNT 나노복합체는 수열반응경로(hydrothermal route)에 의해 제조된다. 수열반응경로에 의해 제조된 본 발명의 TiO₂-CNT 나노복합체는 태양전지의 효율을 5% 이상 향상시키는데 이용된다.
- [0031] 본 발명의 조성물 제조의 수열반응과정은 Ti 화합물/전구체를 포함한다. Ti 화합물/전구체는 바람직하게 티타늄 이소프로포사이드(titanium isopropoxide) 또는 티타늄 클로라이드(titanium chloride)이고, 이들은 실온, 특히 20~30°C에서 가수분해가능(hydrolysable)하다. 본 발명의 CNT는 바람직하게 다중벽이다(multi-walled).
- [0032] 본 발명의 TiO₂-CNT 나노복합체는 다음을 포함하는 수열반응과정에 의하여 제조된다:
- [0033] (a) 물에서 Ti 화합물/전구체를 가수분해하고;
- [0034] (b) CNTs와 함께 단계 (a)의 전구체(presourcer) 초음파 처리하며;
- [0035] (c) H₂SO₄와 함께 단계 (b)의 생성물을 오토클레이브 용기(autoclave vessel)로 옮기고 12~24시간 동안 150~200°C로 유지하며;
- [0036] (d) 물로 단계 (c)의 생성물을 세척하며;
- [0037] (e) 방진 환경(dust proof environment)에서 약 50~60°C에서 단계 (d)의 생성물을 건조시킨다.
- [0038] TiO₂에 대한 CNT의 중량%는 0.01-0.5중량%이다. 황산은 2~5mℓ의 범위로 추가된다. 오토클레이브 용기(autoclave vessel)는 바람직하게 텤플론으로 코팅되며 과정은 12-24 시간 동안 150-200°C에서 실행된다. 그리고 얻은 생성물을 50-60°C에서 건조한다.
- [0039] 본 발명의 CNT는 선택적으로 산 처리, 염기 처리, 유기물 부착, 유기 금속 부착 등에서 선택되는 화학 처리 및 기계적 처리, 열 처리, 플라스마 처리, 방사선 처리 등에서 선택된 물리적 처리에 의해 변경된다.
- [0040] 본 발명의 TiO₂-CNT 나노복합체는 TEM(Transmission Electron Microscopy), FE-SEM(Field-Emission Scanning Electron Microscope) 및 FT-IR 분광법에 의해 특징화된다. FTIR 데이터는 수열반응조건 하에서 -COOH기가 MWCNT의 표면에서 열리고 복합체를 생성하기 위해 Ti 전구체와 접합(conjugation)한다는 것을 제시한다. 이 완전한 접합(conjugation)은 전하 이동 과정에서 효과적이다. TiO₂에서 MWCNT로 효율적으로 전자가 이동하고 후자에 의해 효율적으로 전자를 수송하는 것은 태양전지의 효율을 5% 이상 개선하여, 태양전지의 성능을 개선하는 본 발명의 목적을 달성할 수 있다.
- [0041] 수열반응 단계에서 의해 제조된 본 발명의 나노복합체는 여기서 예시한 것처럼 태양전지의 효율이 5% 이상 향상시킨다. 졸-겔 법으로 제조된 TiO₂-CNT 나노복합체의 최대 태양전지 효율이 4.97%인 Lee 등의 논문 및 메조다공성(mesoporous) 구조를 가진 TiO₂의 나노로드 및 나노파티클이 7.12%의 효율을 나타내는 Pavaupree 등의 논문과 비교하면, 본 발명의 수열반응과정에 의해 제조된 TiO₂-CNT 나노복합체는 5-15% 범위의 개선된 태양전지 효율을 나타낸다. 여기서 예시된 것처럼 태양전지에서 본 발명의 나노복합체의 두께는 1-20 미크론이고 효율은 5-15%를 가진다.
- [0042] 실시예
- [0043] 본 발명을 다음의 실시예에 의해 더 상세히 설명할 것이다. 그러나, 본 발명의 범위는 하기의 실시예의 범위로 제한되지 않는다.
- [0044] 실시예 1: TiO₂-MWCNTs 나노복합체의 제조
- [0045] TiO₂-MWCNTs 나노복합체를 수열반응방법을 이용해서 제조하였다. 충분한 양의 이온이 제거된 물을 추가하여 티

타늄 이소프로포사이드(titanium isopropoxide)(2㎖)를 가수분해하고 나서, 상기 용액에 5mg의 MWCNTs를 추가하고 5분 동안 초음파로 처리하였다. 3㎖의 H₂SO₄(1M)와 함께 용액을 테플론으로 코팅된 오토클레이브 용기(autoclave vessel)로 옮겼다. 이 오토클레이브 용기(autoclave vessel)를 24 시간 동안 175℃로 유지하였다. 결과 생성물을 이온이 제거된 물로 철저히 세척하고 회색이 도는 분말인 TiO₂-MWCNTs 나노복합체를 생성하기 위해 일으키기 위하여 방진 환경(dust proof environment) 하에 50℃에서 건조하였다.

[0046] 실시예 2 TiO₂-CNT 나노복합체 염료 감응 태양전지의 제조

TiO₂-CNT 나노복합체 염료 감응 태양전지를 제조하기 위하여, 전도성 유리 기질을 먼저 30분 동안 끓는 증류수에서 가수분해시키고 공기로 건조하였다. 필름의 두께를 제어하기 위해 각 기질의 평행한 가장자리를 0.5 미크론-두께의 스카치 테이프로 덮었다. TiO₂-CNT 나노복합체 몇 방울을 FTO(Flourine doped tin oxide) 기질에 떨어뜨리고 닉터-블레이딩 과정(doctor-blading process)으로 필름을 형성하였다. 그리고 나서 1 시간 동안 450℃의 온도에서 필름을 즉시 열처리하였다. 태양전지 테스트 전에, TiO₂-CNT 나노복합 필름을 표준 루테늄-기반 N3-염료(standard ruthenium-based N3-dye)로 감응시켰다. 필름을 24시간 동안 에탄올에서 0.3mM의 농도의 표준 표준 루테늄-기반 N3-염료(standard ruthenium-based N3-dye)에 침지시켰다. 표면에 과도한 염료를 제거하기 위해 샘플을 에탄올로 행구고 실온에서 공기로 건조시켰다. 스페이서(spacer)를 TiO₂-CNT 나노복합 필름 전극의 각 가장자리에 두고 각 FTO 기질의 Pt 코팅면이 TiO₂-CNT 나노복합 필름 전극을 향하도록 백금으로 코팅된 FTO(Pt-FTO) 기질을 포함하는 상대 전극(counter electrode)을 TiO₂-CNT 나노복합 필름 전극의 상부에 놓았다. 두 개의 금속 클립으로 두 전극을 붙였다.

[0048] 아세토니트릴에 0.1M 리튬 요오드화물, 0.05M의 요오드로 이루어진 요드화물-기반 용액이 액체 전해질로 이용되었다. 분석 전에, 전극 샌드위치의 한 가장자리에 액체 전해질 몇 방울을 떨어뜨리고, 액체 전해질을 두 전극 사이에서 펴뜨렸다. 각 태양전지 장치 옆에 광원을 두어서, ~100mW/cm²의 일정 광원 세기로 FTO 후면을 통해 TiO₂-CNT 나노복합 필름 전극에 빛을 관통시켰다. 개방회로 전압(open-circuit voltage)(Voc) 및 단락-회로 전류밀도(short-circuit current density)(J_{sc})를 얻기 위해 암기에서 전지의 전류-전압 곡선을 입사광 세기의 함수로서 이용하였다. 모든 측정에서 0.28cm²의 스팟(spot) 크기를 사용하고 각 태양전지 샘플의 활성 영역으로서 삼았다. 개방회로 전압(open-circuit voltage)(Voc) 및 단락-회로 전류밀도(short-circuit current density)(J_{sc})를 얻기 위해 입사광 세기의 함수로서 I-V 특성을 이용하였다. 필 팩터(fill factor; FF)를 위한 값, 각 태양전지를 위한 전반적인 전력 변환 효율(η)을 얻기 위해 I-V 곡선에서 알아낸 값을 이용하였다.

[0049] 실시예 3

[0050] 두께가 약 2μm이고, 0.12중량%의 다중벽 탄소 나노튜브를 가지는 실시예 2에서 기술된 나노복합체로 제조된 태양 전지는 5.6%의 효율을 나타내었다.

[0051] 실시예 4

[0052] 두께가 약 2μm이고, 0.25중량%의 다중벽 탄소 나노튜브를 가지는 실시예 2에서 기술된 나노복합체로 제조된 태양 전지는 5.16%의 효율을 나타내었다.

[0053] 실시예 5

[0054] 두께가 10~12μm이고, 0.12중량%의 다중벽 탄소 나노튜브를 가지는 실시예 2에서 기술된 나노복합체로 제조된 태양 전지는 7.60%의 효율을 나타내었다.

[0055] 실시예 6

[0056] 두께가 10~12 μm 이고, 0.25중량%의 다중벽 탄소 나노튜브를 가지는 실시예 2에서 기술된 나노복합체로 제조된 태양 전지는 7.37%의 효율을 나타내었다.

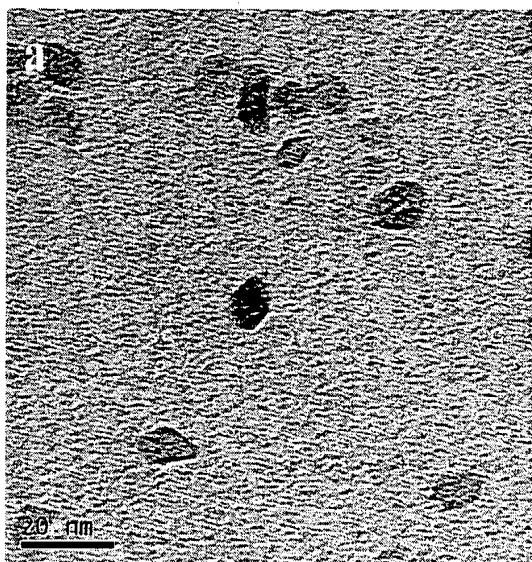
[0057] 본 발명의 이점

1. 본 발명의 주요 장점은 태양전지에 수열 반응으로 합성된 TiO₂-CNT 나노복합체를 사용하는 것이다.

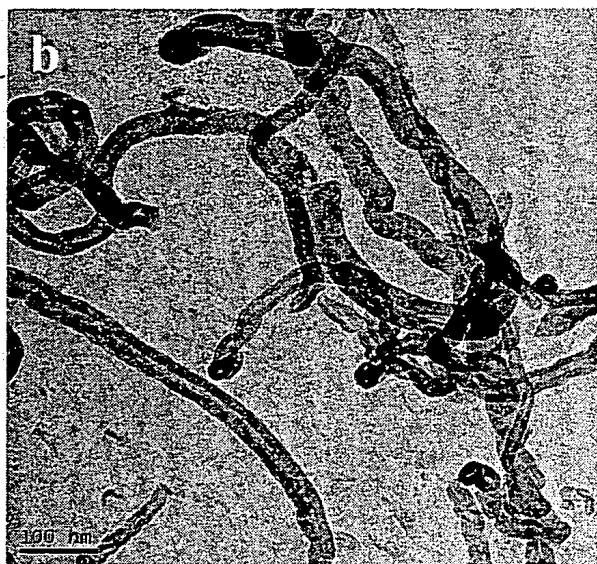
2. 본 발명의 다른 장점은 CNT의 함량량 및 산화물층의 두께의 상호작용 및 최대 변환 효율을 7.6%까지 이를 수 있도록 그들을 최적화를 제공하는 것이다.

도면

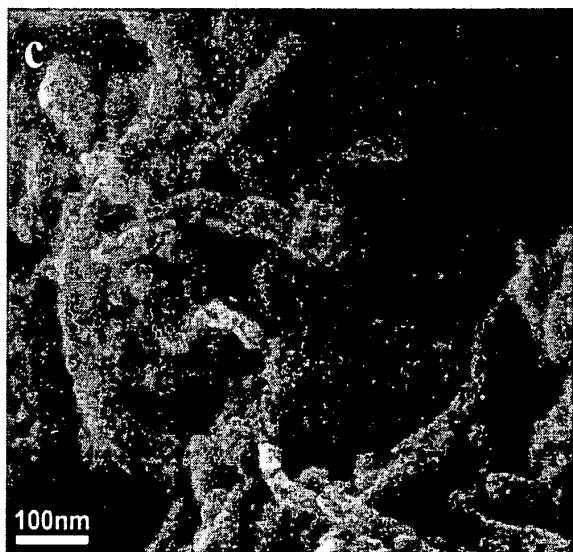
도면1a



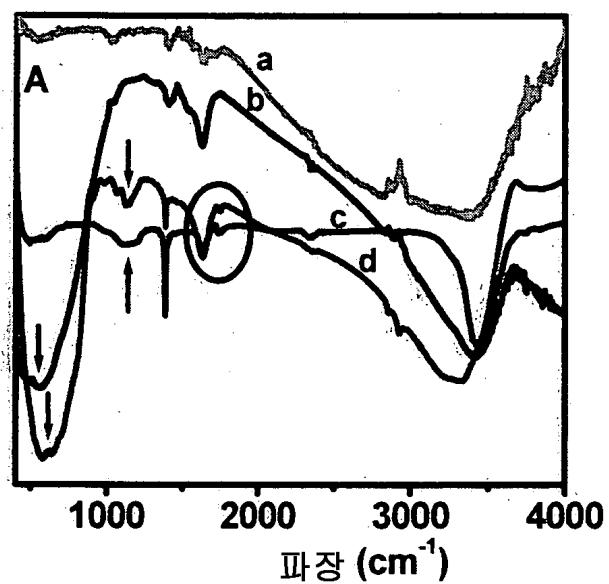
도면1b



도면1c



도면2a



도면2b

