

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2010-0078673 (43) 공개일자 2010년07월08일
(51) Int. Cl. <i>H01L 31/042</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2008-0136996 (22) 출원일자 2008년12월30일 심사청구일자 2008년12월30일	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내 (72) 발명자 성윤모 경기 성남시 분당구 정자동 정든마을 한진아파트 604-2501 이정철 경기 안양시 동안구 부림동 공작아파트 502동 502호 (74) 대리인 특허법인대아	

전체 청구항 수 : 총 17 항

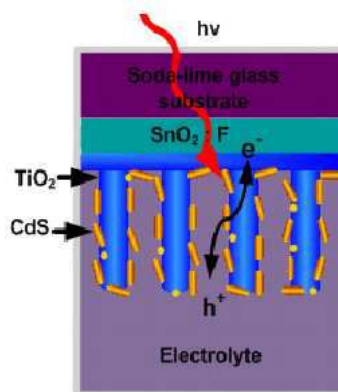
(54) 티타니아/카드뮴셀파이드 이중구조를 갖는 태양전지용 기판제조 방법, 이를 이용한 태양전지 제조 방법 및 그 방법으로 제조된 태양전지

(57) 요약

향상된 광 특성을 가지는 태양전지용 기판, 이를 이용한 태양전지 제조 방법 및 태양전지에 관하여 개시한다. 본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기판 제조 방법은 (a)플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2:\text{F}$) 유리 기판 상에 CVD 방법으로 530°C 의 온도에서 티타니아(TiO_2) 나노와이어를 형성하는 단계; 및 (b)상기 티타니아 나노와이어 표면에 CVD 방법으로 450°C 에서 카드뮴 셀파이드(CdS) 나노막대를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이중구조가 형성된 기판을 워킹전극으로 하는 태양전지는 표면적이 증대된 티타니아 나노와이어를 형성할 수 있으며, 태양전지 반응에 필요한 전자-정공 이동을 활발하게 할 수 있어서 광학적, 광촉매적 특성이 향상되는 효과가 있다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

태양전지용 기관 제조 방법에 있어서,

(a) 화학기상증착(CVD) 방법으로, 플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2:\text{F}$) 유리 기관 상에 티타니아 나노와이어(TiO_2 nano-wire)를 형성하는 단계; 및

(b) CVD 방법으로 상기 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 설파이드 나노막대(CdS nano-rod)를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기관 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 (a)단계는

550~500℃에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기관 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 (a)단계에서

티타니아의 소스로 TiCl_4 를 공급하는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기관 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 TiCl_4 는 버블링(Bubbling)된 상태로 공급되는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기관 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 (a)단계에서

분위기가스로서 20sccm의 수소 가스 및 100sccm의 아르곤 가스와 반응가스로서 0.3sccm의 산소 가스가 공급되는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기관 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 (a)단계에서

반응가스로서 20sccm의 수소 가스가 더 공급되는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기관 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 티타니아 나노와이어는

180~220nm의 길이 및 9~11nm의 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이중구조를 갖는 태양전지용 기관 제

조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 (b)단계는

450~500℃에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기판 제조 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 (b)단계에서

50~200nm의 평균입경을 갖는 CdS 파우더를 공급하는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기판 제조 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 (b)단계에서

분위기 가스로서 20sccm의 수소 가스 및 100sccm의 아르곤 가스가 공급되는 것을 특징으로 하는 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기판 제조 방법.

청구항 11

태양전지를 제조하는 방법에 있어서,

(a)태양전지 틀을 준비하는 단계;

(b)상기 태양전지 틀의 일면에, TiO_2 나노와이어/CdS 나노막대 이종구조가 형성된 플로린 도핑 틴옥사이드 유리 기판을 워킹전극으로 접착하는 단계;

(c)상기 태양전지 틀의 타면에, 백금을 코팅한 유리 기판을 카운터전극으로 접착하는 단계; 및

(d)상기 워킹전극 및 카운터전극 사이에 액체 전해질(liquid electrolyte)을 충전하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 (b)단계는

(b1)버블링된 TiCl_4 를 공급하여 500~550℃에서 CVD 방법으로 플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2:\text{F}$) 유리 기판 상에 티타니아 나노와이어를 형성하는 단계; 및

(b2)CdS 파우더를 공급하여 450~500℃에서 CVD 방법으로 상기 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 설��파이드 나노막대를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 티타니아 나노와이어는

180~220nm의 길이 및 9~11nm의 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 (b)단계에서

50~200nm의 평균입경을 갖는 CdS 파우더를 공급하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 태양전지 틀은

써린(Serine) 재질인 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 16

제11항에 있어서, 상기 액체 전해질은

0.70M 1-vinyl-3-methylimidazolium iodide, 0.10M LiI, 40mM iodine 및 0.125M 4-tert-butylpyridine이 첨가된 3-methoxypropionitrile로 구성된 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 17

제11항에 내지 제16항 중 어느 하나의 항에 기재된 태양전지 제조 방법으로 제조된 태양전지.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양전지에 관한 것으로, 보다 상세하게는 i)보다 낮은 공정온도에서 플로린 도핑된 티록사이드 유리 기판에 티타니아(titania, TiO_2) 나노와이어(nanowires)/카드뮴 설파이드(cadmium sulfide, CdS) 나노막대(nanorods)의 이종구조(hetero-structure)를 형성시키는 방법과 ii)이를 태양전지의 워킹전극(working electrode)으로 하여 태양전지를 제조하는 방법, 그리고 iii)상기의 방법으로 제조됨으로써, 종래의 티타니아 나노와이어만이 적용된 태양전지의 경우보다 향상된 광 특성을 가지는 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 티타니아(TiO_2)는 우수한 광학적 특성 및 화학적 불활성 등의 특성을 가지고 있다. 따라서, 티타니아(TiO_2)는 현재 반도체 광촉매, 가스 센서, 광소자, 태양전지 등에 폭넓게 사용되고 있다. 최근에는 나노급 사이즈(nano-scale)를 갖는 작은 크기의 티타니아가 제조되어 폐수처리 및 수소 제조용 광촉매, 태양전지 등에 사용되는 등 그 응용분야가 점차 확대되고 있다.

[0003] 작은 크기의 티타니아 나노구조(Titania nano-structure)의 큰 표면적은 티타니아 기반의 소자 구현에 장점을 가지고 있으며, 소자와 다른 재료 사이의 표면 접촉을 촉진하는 작용을 한다.

[0004] 한편, 태양전지 효율은 전자-정공 쌍(electron-hole pair)의 표면반응에 의해 재결합이 억제된 상태일 때 향상된다. 그러나, 3.0eV 정도의 루타일(rutile) 티타니아 나노구조의 큰 밴드 갭(Band gap)은 가시광선 영역에서 빛을 흡수하게 어렵게 만들기 때문에, 티타니아가 비록 다양한 분야에 응용되지만, 태양전지에서는 상대적으로 덜 사용되고 있다.

[0005] 이러한 태양전지에서 티타니아의 단점을 해결하기 위하여, 태양전지와 광촉매 특성의 조절 또는 향상을 목표로 가시광선 영역의 밴드 갭을 가지는 다른 반도체 재료나 이종(hetero)의 티타니아 나노 구조를 형성하기 위한 많은 연구가 진행 중에 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명의 하나의 목적은 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판 위에 CVD 방법으로 상대적으로 저온에서 티타니아 나노와이어 및 카드뮴 셀파이드 나노막대의 이종구조를 형성시킴으로써, 기존의 티타니아 나노와이어만을 이용한 태양전지의 경우보다 향상된 광 특성을 나타낼 수 있는 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기판을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 상기의 티타니아 나노와이어 및 카드뮴 셀파이드 나노막대의 이종구조가 형성된 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판을 워킹전극으로 이용하는 태양전지 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 또다른 목적은 상기의 태양전지 제조 방법에 의해 제조되어 광학적, 광촉매적 특성이 향상된 태양전지를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0009] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기판 제조 방법은 티타니아 나노와이어 형성 단계 및 카드뮴 셀파이드 나노막대 형성 단계를 포함하여 이루어진다.

[0010] 상기 티타니아 나노와이어 형성 단계에서는 플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2\cdot\text{F}$) 유리 기판 상에 티타니아 나노와이어(TiO_2 nano-wire)를 형성한다. 카드뮴 셀파이드 나노막대 형성 단계에서는 상기 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 셀파이드 나노막대(CdS nano-rod)를 형성한다. 이때, 상기의 각 단계는 화학기상증착(CVD) 방법에 의해 이루어질 수 있다.

[0011] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 태양전지 제조 방법은 태양전지 틀 준비 단계, 워킹전극(working electrode) 접착 단계, 카운터전극(counter electrode) 접착 단계 및 액체 전해질 충전 단계를 포함하여 이루어진다.

[0012] 태양전지 틀(Solar cell frame) 준비 단계에서는 써린(Serine) 등을 재질로 하는 태양전지 틀을 준비한다. 워킹전극 접착 단계에서는 상기 태양전지 틀의 일면에, TiO_2 나노와이어/ CdS 나노막대의 이종구조가 형성된 플로린 도핑 틴옥사이드 유리 기판을 접착한다. 카운터전극 접착 단계에서는 상기 태양전지 틀의 타면에, 백금을 코팅한 유리 기판을 접착한다. 그리고, 액체 전해질 충전 단계에서는 상기 워킹전극 및 카운터전극 사이에 액체 전해질을 충전하는데, 이때, 액체 전해질은 0.70M 1-vinyl-3-methylimidazolium iodide, 0.10M LiI, 40mM iodine 및 0.125M 4-tert-butylpyridine이 첨가된 3-methoxypropionitrile로 구성될 수 있다.

효 과

[0013] 본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기판 제조 방법은 CVD 공정으로 합성된 티타니아 나노와이어에, CVD 공정으로 카드뮴 셀파이드 나노막대를 쉽게 형성할 수 있는 효과가 있다. 또한, 티타니아 나노와이어 형성 및 카드뮴 셀파이드 나노막대를 500°C 를 전후한 낮은 온도분위에서 형성할 수 있어 생산원가를 절감할 수 있는 효과가 있다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기판 제조방법을 적용한 태양전지는 넓은 표면적을 가지고 또한 태양전지 반응에 필요한 전자-정공 이동을 활발하게 할 수 있어서 광학적, 광촉매적 특성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 티타니아/카드뮴설파이드(TiO_2/CdS) 이종구조를 갖는 태양전지용 기관 제조 방법, 이를 이용한 태양전지 제조 방법 및 그 방법으로 제조된 태양전지에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0016] 본 발명의 발명자들은 많은 연구를 수행한 결과, 티타니아(TiO_2)와 카드뮴 설파이드(CdS) 이종구조(hetero-structured)는 전자-정공 쌍의 재결합을 감소시키고, 발생된 광원의 전하를 전이시키는 점을 찾아내었다. 물론, 이전의 반도체-전해질 전하의 전이와 같이 이종구조의 티타니아와 카드뮴 설파이드 나노구조에서도 또한 전하의 전이가 나타난다. 이때, 전자(electron)는 카드뮴 설파이드에서 광전자가 발생되어 티타니아로 전이되고, 반면에 정공(hole)은 카드뮴 설파이드를 통하여 전해질로 공급된다.
- [0017] 도 1은 본 발명에 따른 티타니아/카드뮴 설파이드 나노이종구조의 전자-전공 형성 메커니즘을 도시한 것으로, 두 재료의 에너지 밴드 갭(energy band gap)으로 표현된다.
- [0018] 빛의 흡수로 인해 컨덕션(conduction) 밴드에는 전자(electron)가 형성되고, 밸런스(valence) 밴드에는 정공(hole)이 형성된다. 생성된 전자와 정공은 표면을 통해 이동된다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 카드뮴 설파이드 나노막대에서 발생된 전자는 티타니아 나노와이의 컨덕션(conduction) 밴드로 이동된다. 이때 티타니아 나노와이어의 전자는 정공과 재결합을 하지 않고 컨덕션 밴드에서 워킹전극으로 전자를 전달한다. 또한 발생된 정공은 카드뮴 설파이드 나노막대에서 액체 전해질로 이동하고 카운터전극에 전달된다.
- [0020] 상기와 같은 과정으로, 태양전지 반응에 필요한 전자-전공 이동은 티타니아 단일 재료에서보다 활발하게 진행될 수 있다.
- [0021] 도 2는 본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기관 제조방법을 나타내는 순서도이다.
- [0022] 도 2를 참조하면 본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기관 제조방법은 티타니아 나노와이어 형성 단계(S210) 및 카드뮴 설파이드 나노막대 형성 단계(S220)를 구비하여 이루어진다. 이때, 상기 각 공정들(S210, S220)은 화학기상증착(CVD) 방법을 이용하여 진행될 수 있다.
- [0023] 티타니아 나노와이어 형성 단계(S210)에서는 플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2:\text{F}$) 유리 기관 상에 티타니아 나노와이어(TiO_2 nano-wire)를 형성한다. 유리 기관은 일반적으로 이용되는 소다석회유리(Sodalime Glass)가 될 수 있다.
- [0024] 티타니아의 소스(source)로는 염화물 액체 소스인 TiCl_4 를 이용할 수 있으며, 버블링 시스템(Bubbling system)에 의해 버블링된 상태로 반응용기 내에 공급될 수 있다.
- [0025] 티타니아 나노와이어 형성 단계(S210)의 공정조건으로서, 550~500℃의 공정온도에서 대략 10분 동안 이루어질 수 있으며, 반응용기 내에는 분위기 가스로서 100sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute)의 아르곤 가스와 20sccm의 수소 가스, 그리고 반응 가스로서 0.3sccm의 산소 가스가 공급될 수 있다. 또한, 상기의 분위기 가스로서의 수소 가스 외에 TiCl_4 와 반응시키기 위한 반응가스로서의 20sccm의 수소 가스가 공급될 수 있다.
- [0026] 티타니아 나노와이어 형성 단계(S210) 결과 플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2:\text{F}$) 유리 기관 상에 형성되는 티타니아 나노와이어는 180~220nm의 길이 및 9~11nm의 직경을 갖는다.
- [0027] 도면에는 기재하지 않았으나, 본 티타니아 나노와이어 형성 단계(S210)나 카드뮴 설파이드 나노막대 형성 단계(S220) 이후 질소가스 등으로 반응용기 내를 퍼지(Purge)하는 단계 등을 더 수행할 수 있다.
- [0028] 카드뮴 설파이드 나노막대 형성 단계(S220)에서는 상기 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 설파이드 나노막대(CdS nano-rod)를 형성한다.
- [0029] 이를 위하여, 불필이 이루어져 50~200nm의 평균입경을 갖는 CdS 파우더를 반응용기 내에 공급될 수 있다.
- [0030] 카드뮴 설파이드 나노막대 형성 단계(S220)의 공정조건으로서, 450~500℃의 공정온도에서 대략 10분 동안 이루

어질 수 있으며, 분위기 가스로서 100sccm의 20sccm의 수소 가스 및 아르곤 가스가 반응용기 내로 공급될 수 있다.

- [0031] 도 3은 도 2에 도시된 태양전지용 기판 제조방법으로 제조된 티타니아/카드뮴 설파이드 나노이종구조가 형성된 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판을 도시한 것이다.
- [0032] 도 3을 참조하면, 플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2\text{:F}$) 유리 기판(Soda-lime glass substrate)기판 상에 티타니아(TiO_2) 나노와이어가 합성되어 있고, 합성된 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 설파이드(CdS) 나노막대가 붙어있는 구조를 볼 수 있다.
- [0033] 전술한 바와 같이, 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 설파이드 나노막대가 붙어있는 경우, 티타니아 나노와이어만이 형성된 경우보다 표면적을 증대시킬 수 있고, 태양전지 반응에 필요한 전자-정공 이동을 활발하게 할 수 있어서 태양전지의 광 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0034] 도 4는 본 발명에 따른 이종구조 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 XRD(X-ray diffraction) 그래프이다.
- [0035] 도 4의 상부 패턴은 비교군으로 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 티타니아 나노와이어(TiO_2 NW, NW: Nano Wire, 이하 같다)의 XRD로서 루타일 상의 티타니아(TiO_2)와 약간의 틴옥사이드(SnO_2) 상이 관찰된다. 이에 반해, 도 4의 하부 패턴은 본 발명에 따른 실험군으로 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 티타니아 나노와이어 - 카드뮴 설파이드 나노막대 이종구조(TiO_2 - CdS NW)에 대한 XRD로서, 도 4의 하부 패턴을 참조하면, 높은 결정성의 루타일 상의 티타니아(TiO_2)과 함께 wurtzite 상의 카드뮴 설파이드(CdS) 상이 관찰된다.
- [0036] 도 5a는 종래의 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 티타니아 나노와이어 top view FESEM 이미지를 도시한 도면이고, 도 5b는 종래의 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 티타니아 나노와이어 cross-section view FESEM 이미지를 도시한 도면이고, 도 5c 및 도 5d는 종래의 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 티타니아 나노와이어의 TEM 사진이다.
- [0037] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 티타니아 나노와이어의 길이가 $2\sim 10\mu\text{m}$ 이며 직경이 $30\sim 70\text{nm}$ 이고, 티타니아 나노와이어 표면이 매끄럽고 균일한 두께를 가지는 것을 볼 수 있다. 도 5c는 티타니아 나노와이어 단일의 TEM 사진과 SAED 패턴으로, 가운데의 티타니아 나노와이어의 직경이 약 70nm 정도이고, 도 5d의 티타니아 나노와이어의 고배율 이미지는 티타니아가 완벽한 단결정 구조를 구성하고 있음을 보여준다.
- [0038] 그러나, 이러한 티타니아 나노와이어 단독의 경우는, 전술한 바와 같이 3.0eV 정도의 루타일(rutile) 티타니아 나노구조의 큰 밴드 갭(Band gap)으로 인하여 가시광선 영역에서 빛을 흡수하게 어렵게 만드는 문제점이 있다.
- [0039] 도 6a는 본 발명의 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에서 형성된 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 FESEM 사진이고, 도 6b 및 도 6c는 본 발명의 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 TEM사진이다.
- [0040] 도 6a를 참조하면, 티타니아 나노막대의 길이가 200nm 정도이며, 직경이 10nm 정도이고 카드뮴 설파이드 나노막대는 티타니아 나노와이어 표면에 울퉁불퉁하게 붙어있음을 볼 수 있다. 또한, 티타니아 나노와이어 단독에서 보다 티타니아/카드뮴 설파이드에서 높은 밀도가 높게 나타났다. 이것은 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조에서 더 높은 표면적을 갖는다는 것을 나타낸다.
- [0041] 또한, 도 6b의 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조는 많은 양의 카드뮴 설파이드 나노크리스탈이 티타니아 나노와이어 표면에 분포하고 있음을 알 수 있고 SAED 패턴은 티타니아 나노와이어의 스팟 패턴과 카드뮴 설파이드 나노막대의 스팟 패턴이 함께 나타남을 보여준다. 또한, 도 6c의 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 고배율 이미지는 티타니아 단결정 구조와 카드뮴 설파이드 단결정 구조로 구성되어 있음을 알 수 있다.
- [0042] 도 7a는 본 발명에 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 UV-visible 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0043] 상기 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 UV-Visible 흡광 주 피크(peak)는 약 370nm 인 티타니아 나노와이어의 흡광 피크와 약 505nm 인 카드뮴 설파이드 나노막대의 흡광 피크임을 알 수 있다. 또한 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조에서 약 500 에서 800nm 의 범위에서 UV-Visible 흡광 피크는 증가한 형태로 관측되었고, 그것은 티

타니아 나노와이어의 표면에 붙여진 카드뮴 설파이드 나노막대에 의해 관측되는 것임을 알 수 있다.

[0044] 도 7b는 본 발명에 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 PL(Photoluminescence) 발광 특성을 나타낸 그래프이다. 도 7b를 참조하면, FTO glass, CdS NR(NR: Nano Rod, 이하 같다), TiO_2 NW(NW: Nano Wire, 이하 같다) 단독의 경우들보다 TiO_2 -CdS NW의 경우가 강도가 가장 높은데, 이는 CdS에서 차아지 재결합(charge recombination)이 있기 전에 차아지 분리가 먼저 있음을 의미한다.

[0045] 도 2에 도시된 공정들로 제조된 기판, 즉, 표면에 티타니아 나노와이어/카드뮴 설파이드 나노막대 이종구조가 형성된 플로린 도핑된 틴옥사이드($\text{SnO}_2:\text{F}$) 유리 기판은 태양전지의 전극, 특히 워킹전극으로 이용될 수 있다. 이하 이를 이용한 태양전지 제조방법에 대하여 설명하기로 한다.

[0046] 도 8은 본 발명에 따른 태양전지 제조 방법을 도시한 순서도이다.

[0047] 도 8을 참조하면, 본 발명에 따른 태양전지 제조 방법은 태양전지 틀 준비 단계(S810), 워킹전극 접착 단계(S820), 카운터전극 접착 단계(S830) 및 액체 전해질 충전 단계(S840)를 포함하여 이루어진다.

[0048] 태양전지 틀 준비 단계(S810)에서는 써린(Serine) 등을 재료로 하는 태양전지 틀을 준비한다.

[0049] 워킹전극 접착 단계(S820)에서는 준비된 태양전지 틀의 일면에, TiO_2/CdS 이종구조가 형성된 플로린 도핑 틴옥사이드 유리 기판을 워킹전극으로 하여 접착한다. 이때의 TiO_2/CdS 이종구조가 형성된 플로린 도핑 틴옥사이드 유리 기판은 도 2에 도시된 2단계의 공정(S210, S220), 즉 버블링된 TiCl_4 를 공급하여 500~550℃에서 CVD 방법으로 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판 상에 티타니아 나노와이어를 형성하고(S210), 카드뮴 설파이드(CdS) 파우더를 공급하여 450~500℃에서 CVD 방법으로 상기 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 설파이드 나노막대를 형성(S220)함으로써 이루어질 수 있다.

[0050] 카운터전극 접착 단계(S830)에서는 태양전지 틀의 타면에, 백금(Pt) 전극을 코팅한 유리 기판을 카운터전극으로 하여 접착한다.

[0051] 액체 전해질 충전 단계(S840)에서는 상기 접착된 워킹전극 및 카운터전극 사이에 액체 전해질을 충전한다.

[0052] 이때, 충전되는 액체 전해질은 0.70M(여기서, M은 몰농도를 의미한다) 1-vinyl-3-methylimidazolium iodide, 0.10M LiI, 40mM iodine 및 0.125M 4-tert-butylpyridine이 첨가된 3-methoxypropionitrile로 구성된 것일 수 있다.

[0053] 도 9 및 표 1은 본 발명에 따른 플로린도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 태양전지 효율 특성을 나타낸 그래프와 표이다.

[0054] [표 1]

	$J_{sc}[\text{mA}/\text{cm}^2]$	$V_{oc}[\text{V}]$	FF	$\eta[\%]$
$\text{TiO}_2\text{-CdS NW}$	4.85	0.74	0.42	1.51
$\text{TiO}_2 \text{ NW}$	0.93	0.62	0.36	0.21

[0056] 도 8 및 표 1을 참조하면, 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조의 태양전지의 경우가 전류밀도(J_{sc})가 훨씬 큰 것을 알 수 있으며, 표 1을 참조하면, 이외에도 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기판에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 설파이드 나노구조가 적용된 태양전지의 경우 V_{oc} (open circuit voltage) 및 FF(fill factor)가 더 높게 측정되었으며, 결정적으로, 에너지 변환효율(η)이 1.5%로 티타니아 나노와이어의 에너지 변환효율 0.2%보다 대략 7배 정도 높게 측정되었다.

[0057] 따라서, 상기의 방법으로 제조된 태양전지는 티타니아 나노와이어 표면에 카드뮴 설파이드(CdS) 나노막대가 형성되어 있어서, 표면적이 보다 증대된 티타니아 나노와이어를 형성할 수 있으며, 태양전지 반응에 필요한 전자-정공 이동을 활발하게 할 수 있어서 광학적, 광촉매적 특성이 향상될 수 있다.

[0058] 이상에서는 본 발명의 일 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수

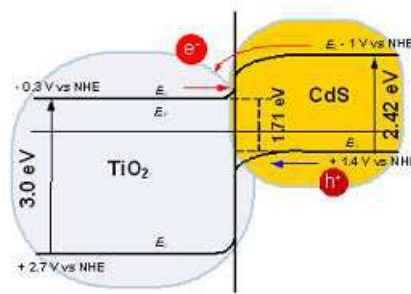
있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

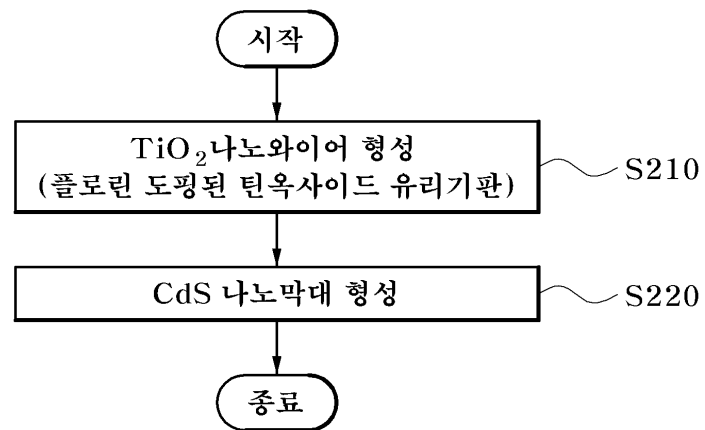
- [0059] 도 1은 본 발명에 따른 이종구조 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노구조의 태양전지 반응 메커니즘을 도시한 것이다.
- [0060] 도 2는 본 발명에 따른 TiO_2/CdS 이종구조를 갖는 태양전지용 기관 제조방법을 나타내는 순서도이다.
- [0061] 도 3은 도 2에 도시된 태양전지용 기관 제조방법으로 제조된 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노이종구조가 형성된 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관을 도시한 것이다.
- [0062] 도 4는 본 발명에 따른 이종구조 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노구조의 XRD그래프이다.
- [0063] 도 5a는 종래의 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관에 형성된 티타니아 나노와이어 top-view FESEM 사진을 도시한 것이다.
- [0064] 도 5b는 종래의 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관에 형성된 티타니아 나노와이어 cross-section view FESEM 사진을 도시한 도면이다.
- [0065] 도 5c 및 도 5d는 종래의 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관에 형성된 티타니아 나노와이어의 TEM 사진이다.
- [0066] 도 6a는 본 발명의 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관에서 형성된 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노구조의 FESEM 사진이다.
- [0067] 도 6b 및 도 6c는 본 발명의 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노구조의 TEM사진이다.
- [0068] 도 7a는 본 발명에 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노구조의 UV-visible 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0069] 도 7b는 본 발명에 따른 플로린 도핑된 틴옥사이드 유리 기관에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노구조의 PL 발광 특성을 나타낸 그래프.
- [0070] 도 8은 본 발명에 따른 태양전지 제조 방법을 도시한 순서도이다.
- [0071] 도 9는 본 발명에 따른 플로린도핑된 틴옥사이드 유리 기관에 형성된 이종구조 티타니아/카드뮴 셀파이드 나노구조의 태양전지 효율 특성을 나타낸 그래프이다.

도면

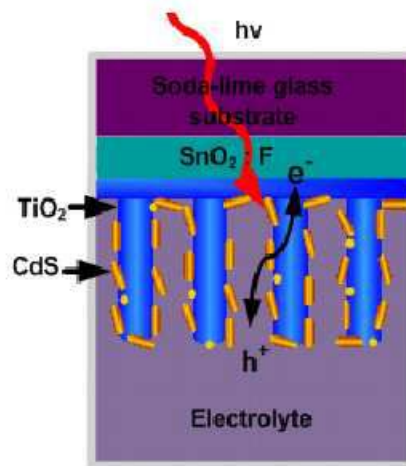
도면1



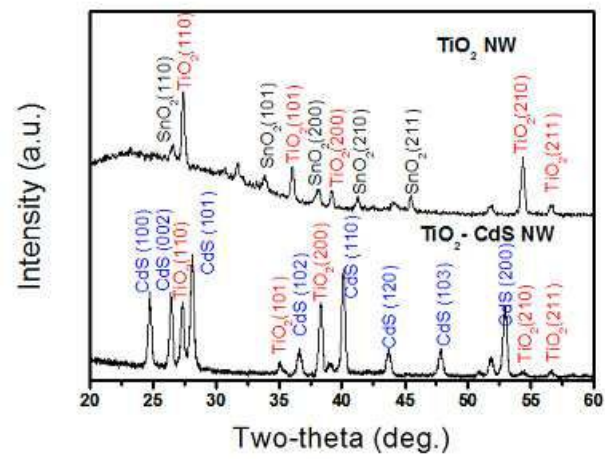
도면2



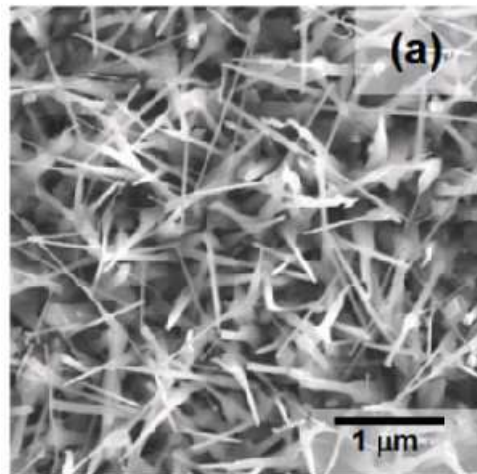
도면3



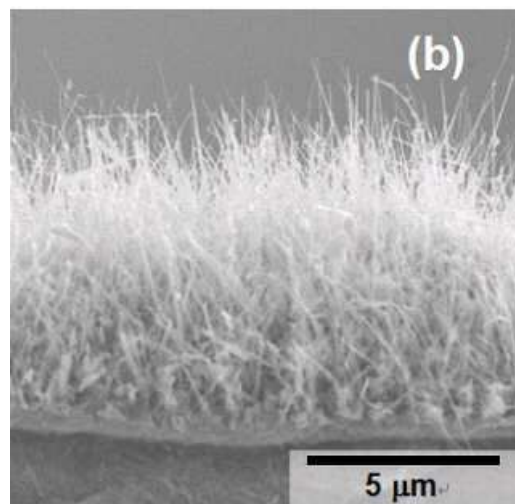
도면4



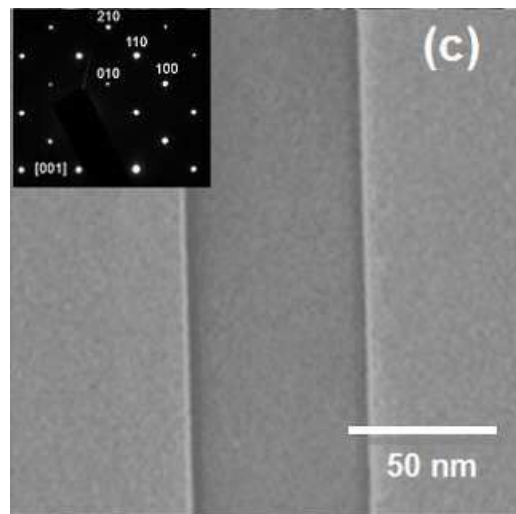
도면5a



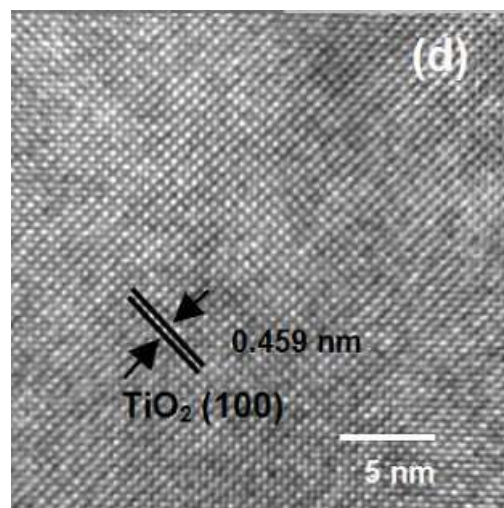
도면5b



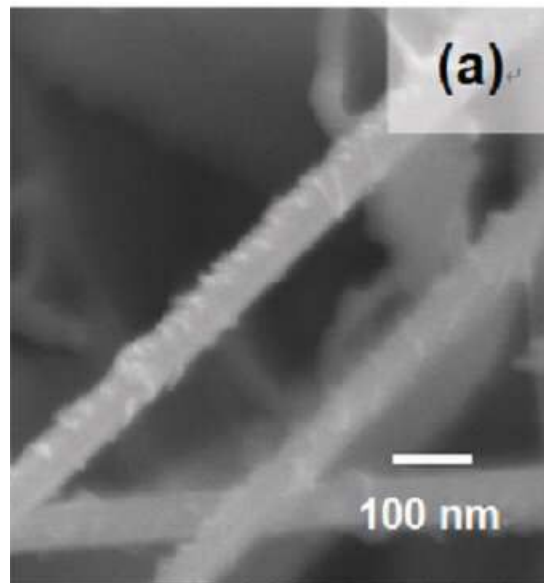
도면5c



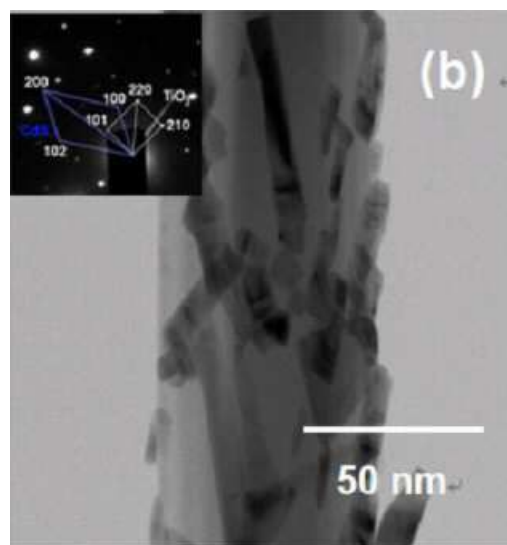
도면5d



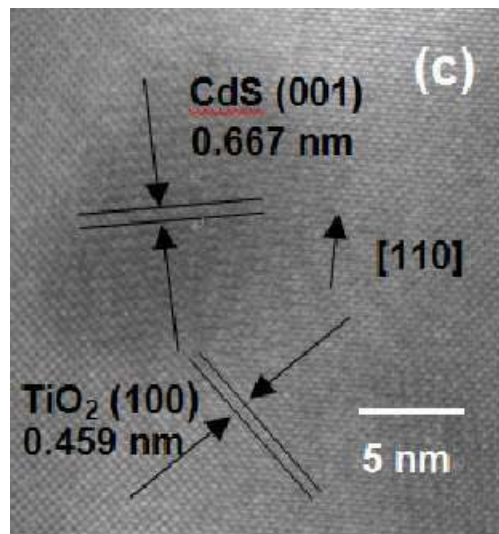
도면6a



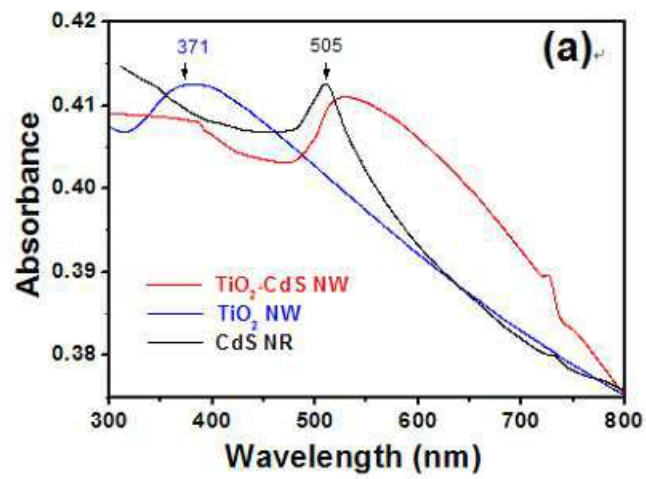
도면6b



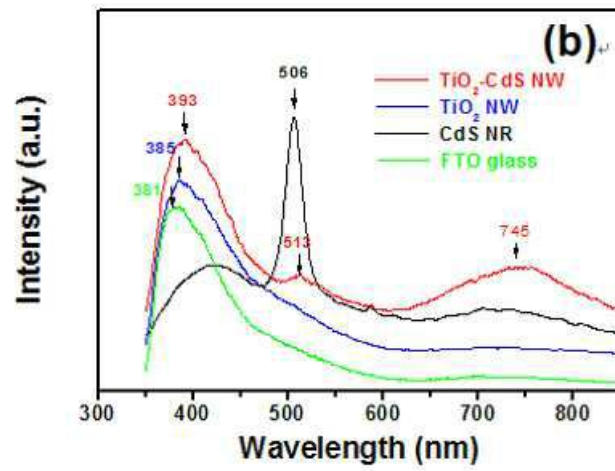
도면6c



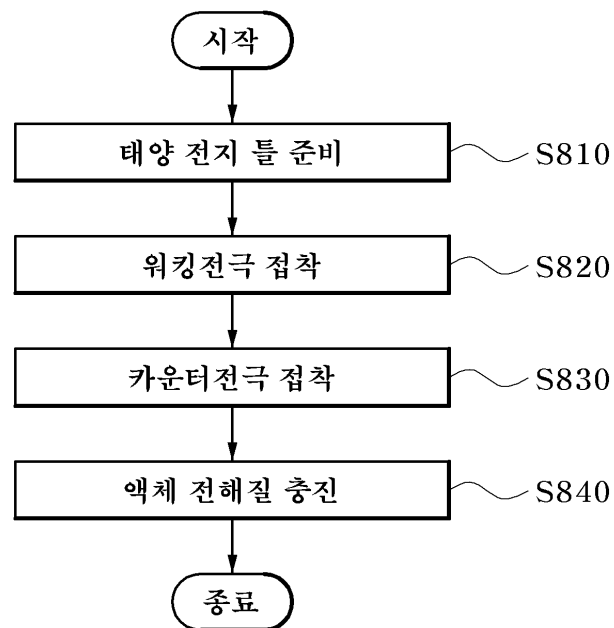
도면7a



도면7b



도면8



도면9

