



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. (11) 공개번호 10-2007-0066469
H01L 31/042 (2006.01) (43) 공개일자 2007년06월27일

(21) 출원번호 10-2005-0127679
(22) 출원일자 2005년12월22일
심사청구일자 2005년12월22일

(71) 출원인 고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자 김동환
서울 성북구 안암동5가 1번지 고려대학교 신소재공학과
강운목
서울 성북구 안암동5가 1번지 고려대학교 신소재공학과
김성진
서울 성북구 안암동5가 1번지 고려대학교 신소재공학과
강민구
서울 성북구 안암동5가 1번지 고려대학교 신소재공학과

(74) 대리인 현종철

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 동축형 태양전지 및 그 제조방법

(57) 요약

동축형 태양전지 및 그 제조방법이 개시된다.

본 발명은 도전성을 가진 와이어부재로 마련되는 제1전극부와, 상기 와이어부재의 외주면을 따라 형성되고, 태양광을 받아 여기된 전자를 방출하도록 구비되는 제1반도체층과, 상기 제1반도체층의 상부에 형성되고, 상기 제1반도체층으로부터 발생된 전자를 전도할 수 있도록 마련되는 제2반도체층과, 상기 제2반도체층 상에 적층되어 전자 또는 정공이 통전되도록 마련되는 제2전극부와, 상기 제1전극부의 적어도 일 단부에 구비되어 외부의 회로나 부하에 전기를 공급하도록 하는 제1 단자부 및 상기 제2전극부의 일 단부에 배치되어 상기 제1 단자부와 짝을 이루어 전원의 역할을 하도록 구비되는 제2 단자부를 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지 및 그 제조방법으로서, 계절이나 하루의 태양의 고도에 따른 태양광의 입사량에 의한 영향을 받지 않아 광변환 효율이 우수하고 장시간 사용시 안정적 특성을 갖는 특징이 있다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

도전성을 가진 와이어부재로 마련되는 제1전극부;

상기 와이어부재의 외주면을 따라 형성되고, 태양광을 받아 여기된 전자를 방출하도록 구비되는 제1반도체층;

상기 제1반도체층의 상부에 형성되고, 상기 제1반도체로부터 발생된 전자를 전도할 수 있도록 마련되는 제2반도체층;

상기 제2반도체층 상에 적층되어 전자 또는 정공이 통전되도록 마련되는 제2전극부;

상기 제1전극부의 적어도 일 단부에 구비되어 외부의 회로나 부하에 전기를 공급하도록 하는 제1단자부 및;

상기 제2전극부의 일 단부에 배치되어 상기 제1도전부와 짝을 이루어 전원의 역할을 하도록 구비되는 제2단자부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 제1반도체층은 p형반도체이며 상기 제2반도체층은 n형반도체인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 p형반도체는 CuInSe_2 이고, 상기 n형반도체는 CuInSe_2 또는 CdS 인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 와이어부재는 몰리브덴(Mo)인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 와이어부재는 그 단면의 형상이 원 또는 다각형인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 제2전극부는 알루미늄, 니켈 및 백금 중 선택된 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 제2전극부의 하부에는 투명전도성막을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 8.

제 7항에 있어서,

상기 투명전도성막은 ZnO, TiO₂, SnO₂, ITO 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지.

청구항 9.

(a) CuInSe₂를 전해증착하기 위하여 CIS수용액을 형성하고 와이어부재를 함침하여 CuInSe₂이 증착된 CIS전극을 형성하는 단계;

(b) CdS를 전해증착하기 위하여 산성분위기에서 CdS수용액을 형성하고 상기 CIS전극을 함침하여 CdS가 증착된 CdS전극을 형성하는 단계; 및

(c) 상기 CuInSe₂, CdS가 순차적으로 적층된 상기 와이어부재를 고온에서 진공으로 진공어닐링하는 단계; 및

(d) 상기 진공어닐링된 와이어부재에 외부의 회로나 부하에 연결되도록 제1단자부 및 제2단자부를 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 CIS수용액은 0.0005 내지 0.002몰의 CuSO₄, 0.002 내지 0.006몰의 In₂(SO₄)₃ 및 0.002 내지 0.006몰의 H₂SeO₃를 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법.

청구항 11.

제 9 항에 있어서,

상기 와이어부재는 몰리브덴(Mo)인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법.

청구항 12.

제 9 항에 있어서,

상기 CdS수용액은 0.1 내지 0.3 몰(M)의 CdSO₄ 및 0.005 내지 0.02몰(M)의 Na₂S₂O₃를 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법.

청구항 13.

제 9 항에 있어서,

상기 고온은 500℃ 내지 600℃인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법.

청구항 14.

제 9 항에 있어서,

상기 산성분위기는 pH 2 내지 pH 3인 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법.

청구항 15.

제 9 항에 있어서,

상기 제1단자부 및 제2단자부를 형성하는 단계에는 투명전도성막을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 동축형 태양전지 및 그 제조방법으로서, 더욱 상세하게는 계절이나 하루의 태양의 고도에 따른 태양광의 입사량에 의한 영향을 받지 않아 광변환 효율이 우수하고 장시간 사용시 안정적 특성을 갖는 동축형 태양전지 및 그 제조방법에 관한 것이다.

태양전지는 반도체의 광 기전력 효과를 이용한 것으로서, p형 반도체와 n형 반도체를 조합하여 만든다. p형 반도체와 n형 반도체가 접한 부분(pn 접합부)에 빛이 들어오면, 빛 에너지에 의하여 반도체 내부에서 마이너스의 전하(전자)와 플러스의 전하(정공)가 발생한다.

일반적으로 반도체에 밴드 갭 에너지 이하의 빛이 들어가면 반도체내의 전자들과 약하게 상호작용하고, 밴드 갭이상의 빛이 들어가면 공유결합내의 전자를 여기시켜 캐리어(carrier)(전자 또는 정공)를 생성한다.

빛에 의하여 형성된 캐리어들은 재결합과정을 통하여 정상상태로 돌아온다. 빛에너지에 의해 발생된 전자와 정공은 내부의 전계에 의하여 각각 n형 반도체측과 p형 반도체측으로 이동하여 양쪽의 전극부에 모아진다. 이러한 두 개의 전극을 도선으로 연결하면 전류가 흐르고 외부의 회로나 부하에서 전력으로 이용할 수 있게 된다.

한편, 태양전지의 효율을 감소시키는 요소로는 저항성분, 재결합 및 광학적 손실을 들 수 있고, 광학적인 손실은 태양전지 표면에서 빛의 반사에 의한 손실로 기인되는 바, 태양광의 진행경로를 연장시켜 주는 구조인 텍스처링(Texturing) 및 태양광의 반사를 방지하는 AR(Anti-Reflection) 코팅을 이용하여 개선하며, 전기적 손실요소인 재결합 성분은, 에미터 및 기판에서의 재결합, 금속접합에서의 재결합 등으로 나눌 수 있다.

따라서, 태양전지의 효율을 향상시키기 위해서는 태양전지 구조의 적당한 설계에 의하여 각 손실성분들은 최소화해야 한다. 특히, 태양전지 표면의 금속전극은 표면에서의 빛의 반사 및 직렬저항 성분에 큰 영향을 준다.

따라서, 전면의 금속전극은 광에 의해 생성된 광전류를 흐를 수 있게 충분한 단면적을 가져야 하며, 전류를 잘 수집하기 위해서는 반도체와 금속 간에 전류의 흐름을 방해하지 않는 저항성 접촉(Ohmic Contact)이 이루어져야 한다.

그리고, 광전류를 외부의 부하로 전달하기 위해서는 광 생성전류가 금속전극을 따라 흐를 때, 금속전극 물질은 전기전도도가 충분히 높아 금속전극의 자체 저항 성분으로 인한 손실을 최소화되어야 한다. 이러한 특성을 고려하여 대한민국 공개공보 제1998-0072419호 등 다수의 발명은 텍스처링된 실리콘기판상에 도전성 전극을 복수개 설치하여 태양광의 반사손실과 직렬저항 특성을 향상시키고 있으나, 평면 기판을 사용하고 있어서, 계절이나 하루의 태양의 고도에 따른 태양광의 입사량에 의한 영향을 여전히 받고 있는 문제가 있다.

한편, 미국 등록특허 5,192,400호는 복수개의 반구 형상으로 된 전극이 그 내부는 p-형 반도체로 마련되고, 그 외부를 둘러싸는 n-형 반도체를 구비하고 있는 발명을 공개하고 있다. 상기 p-형 반도체와 n-형 반도체는 전도성을 가진 알루미늄 포일과 전기적으로 접촉하고 있다. 상기 알루미늄 포일은 서로 절연되어 있고, 유연한 성질을 가진다. 그러나 상기 발명은 반구형상의 표면에 n-형 반도체가 둘러싸고 있어서 어느 한 부분은 p-형 반도체가 노출되어야 전류가 외부로 흐를 수 있기 때문에 23% 정도는 금속과 접촉을 이루어야 한다. 따라서, 이 부분은 광을 투과시키지 못하므로 광변환 효율이 감소되는 문제가 있다.

한편, 기존의 실리콘을 사용하는 태양전지와는 달리 $10\mu\text{m}$ 이하의 두께로 제작 가능하고 장시간 사용 시 안정적인 특성을 가지고 있는 CuInSe_2 의 삼원계 박막은 최근 활발히 연구되고 있는 화합물 반도체 중의 하나이다. 또한, 실험적으로 최고 변환 효율이 19.5%로 다른 태양전지에 비해 월등히 뛰어나 실리콘을 대체할 수 있는 저가 고효율의 태양전지로 상업화 가능성이 아주 높다. 이러한 특성을 고려하여 대한민국 특허공개 제 2002-0007777호는 이원화합물의 진공증발 증착에 의한 CuInSe_2 박막, 일본특허공보 제 2004-342678호에서는 높은 효율을 가지는 태양전지와 CuInGaSe_2 의 제조방법을 제시하고 있으나, 상기 박막의 구조가 평면형 기판상에 n과 p형 반도체를 적층하는 구조를 가지고 있어서, 계절이나 하루 중 태양의 고도에 따른 태양광의 입사량에 의한 영향을 여전히 받고 있는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째의 기술적 과제는 계절이나 하루의 태양의 고도에 따른 태양광의 입사량에 의한 영향을 받지 않아 광 변환 효율이 우수하고 장시간 사용 시 안정적 특성을 갖는 동축형 태양전지를 제공한다.

또한, 본 발명이 이루고자 하는 두 번째의 기술적 과제는 계절이나 하루의 태양의 고도에 따른 태양광의 입사량에 의한 영향을 받지않아 광 변환 효율이 우수하고 장시간 사용 시 안정적 특성을 갖는 동축형 태양전지의 제조방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성

본 발명은 상기 첫 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여,

도전성을 가진 와이어부재로 마련되는 제1전극부;

상기 와이어부재의 외주면을 따라 형성되고, 태양광을 받아 여기된 전자를 방출하도록 구비되는 제1반도체층;

상기 제1반도체층의 상부에 형성되고, 상기 제1반도체로부터 발생된 전자를 전도할 수 있도록 마련되는 제2반도체층;

상기 제2반도체층 상에 적층되어 전자 또는 정공이 통전되도록 마련되는 제2전극부; 상기 제1전극부의 적어도 일 단부에 구비되어 외부의 회로나 부하에 전기를 공급하도록 하는 제1단자부; 및

상기 제2전극부의 일 단부에 배치되어 상기 제1단자부와 짝을 이루어 전원의 역할을 하도록 구비되는 제2단자부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지를 제공한다.

또한, 상기 제1반도체층은 p형반도체이며 상기 제2반도체층은 n형반도체일 수 있으며, 상기 p형반도체는 CuInSe_2 이고, 상기 n형반도체는 CuInSe_2 또는 CdS 인 것일 수 있다.

아울러, 상기 와이어부재는 몰리브덴(Mo)일 수 있으며, 상기 와이어부재는 그 단면적의 형상이 원 또는 다각형일 수 있다.

또한, 상기 제2전극부는 알루미늄, 니켈 및 백금 중 선택된 적어도 하나일 수 있으며, 상기 제2전극부의 하부에는 투명전도성막을 더 구비할 수 있다. 여기서, 상기 투명전도성막은 ZnO, TiO₂, SnO₂ 및 ITO 중 선택된 어느 하나일 수 있다.

한편, 본 발명은 상기 두번째 기술적 과제를 달성하기 위하여,

(a) CuInSe₂를 전해증착하기 위하여 CuInSe₂의 각 구성성분을 포함하는 수용액(이하 CIS수용액이라 함)을 형성하고 와이어부재를 함침하여 CuInSe₂이 증착된 CIS전극을 형성하는 단계;

(b) CdS를 전해증착하기 위하여 산성분위기에서 CdS수용액을 형성하고 상기 CIS전극을 함침하여 CdS가 증착된 CdS전극을 형성하는 단계;

(c) 상기 CuInSe₂, CdS가 순차적으로 적층된 상기 와이어부재를 고온에서 진공으로 진공어닐링하는 단계; 및

(d) 상기 진공어닐링된 와이어부재에 외부의 회로나 부하에 연결되도록 제1단자부 및 제2단자부를 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 동축형 태양전지의 제조방법을 제공한다.

또한, 상기 CIS수용액은 0.0005 내지 0.002몰의 CuSO₄, 0.002 내지 0.006몰의 In₂(SO₄)₃ 및 0.002 내지 0.006몰의 H₂SeO₃를 포함하는 것 일 수 있다.

아울러, 상기 와이어부재는 몰리브덴(Mo)일 수 있다.

또한, 상기 CdS수용액은 0.1 내지 0.3 몰의 CdSO₄ 및 0.005몰 내지 0.02몰의 Na₂S₂O₃를 포함하는 것일 수 있다.

또한, 상기 고온은 500℃ 내지 600℃일 수 있고, 상기 산성분위기는 pH 2 내지 pH 3일 수 있다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면에 의거하여 상세히 설명하기로 한다.

그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되어지는 것이다. 도면에서 막 또는 영역들의 크기 또는 두께는 명세서의 명확성을 위하여 과장되어진 것이다.

도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지를 나타내는 (a) 내부절개정면도와 (b) 측단면도이다.

본 발명에 따르는 동축형 태양전지는 도전성을 가진 와이어부재로 마련되는 제1전극부와, 상기 와이어부재의 외주면을 따라 형성되고, 태양광을 받아 여기된 전자를 방출하도록 구비되는 제1반도체층과, 상기 제1반도체층의 상부에 형성되고, 상기 제1반도체층으로부터 발생된 전자를 전도할 수 있도록 마련되는 제2반도체층과, 상기 제2반도체층 상에 적층되어 전자 또는 정공이 통전되도록 마련되는 제2전극부와, 상기 제1전극부의 적어도 일 단부에 구비되어 외부의 회로나 부하에 전기를 공급하도록 하는 제1단자부 및 상기 제2전극부의 일 단부에 배치되어 상기 제1단자부와 짝을 이루어 전원의 역할을 하도록 구비되는 제2단자부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

도 1을 참조하면, 본 발명에 따르는 동축형 태양전지(100)는 내부에 순차적으로 제1전극부(110), 제1반도체층(140), 제2반도체층(150), 투명도전성막(160) 및 제2전극부(170)가 적층되어 있다.

상기 제1전극부(110)는 몰리브덴(Mo)을 이용하여 형성한다. 상기 몰리브덴(Mo)은 일함수가 크고 접촉저항이 낮고 특히 셀레늄(Se)과 결합시 내구성이 우수하다.

또한, 상기 제1전극부(110)는 도전성이 있는 와이어부재로 형성되는데, 도면에서는 단면적의 형상이 원형으로 도시되고 있으나 이에 한정하는 것은 아니며 후술한 다양한 각도에서 입사되는 태양광이 입사각과는 무관하게 투과되어 질 수 있는 범위내에서 다각형의 형상으로 구비될 수 있다.

한편, 제1전극부(110)의 외주면에는 제1반도체층(140)이 구비되어 후술한 제2반도체층(150)과 함께 태양광을 전기에너지로 변환하게 된다. 상기 제1반도체층(140)은 p형반도체로 구성되는 것이 바람직한데, 특히 CuInSe_2 일 수 있다. 상기 CuInSe_2 는 구리가 인듐보다 풍부하면 p형반도체 성질을 가지며, 구조적으로 안정한 특성이 내구성이 우수하다. 여기서, 상기 제1전극부(110)의 외주면에 형성되는 제1반도체층(140)은 스퍼터링(sputtering), 화학기상증착(CVD), 증기증착(evaporation), 열산화(thermal oxidation), 전기화학적 증착(electrochemical anodization(deposition)) 중의 어느 한 방법에 의해 형성할 수 있으나, 특히 전해증착방법(electrodeposition)이 바람직하다. 상기 전해증착방법은 본 발명에 따른 와이어 부재의 제1전극부를 형성하는데 효과적인 적층방법이다.

또한, 상술한 제1반도체층(140)의 상부에는 제2반도체층(150)이 형성된다. 상기 제2반도체층(150)은 n형반도체로 형성될 수 있으며, 특히 CuInSe_2 이나 CdS 인 것이 바람직한데, CuInSe_2 에서 인듐이 구리보다 풍부하면 n형 반도체의 성질을 갖고, 표면전위를 잘 형성시키고 태양광을 받아 전자를 여기시켜서 정공과의 분리를 시키는데 우수한 특성을 가지고 있으며 특히 상온공정이 가능하다. 여기서, 상기 제1반도체층(140)의 상부에 적층되는 제2반도체층(150)은 스퍼터링(sputtering), 화학기상증착(CVD), 증기증착(evaporation), 열산화(thermal oxidation), 전기화학적 증착(electrochemical anodization(deposition)) 중의 어느 한 방법에 의해 형성할 수 있으나, 특히 전해증착방법(electrodeposition)이 바람직하다. 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.

한편, 상기 제2반도체층(150)과 제2전극부(170)의 사이에는 투명도전성막(160)이 더 구비될 수 있다. 이는 입사하는 태양광이 투과되어야 하는 특성상, 박막(thin film)으로 형성될 수 있고 또한, 제2반도체층(150)과 제2전극부(170)와의 부착력 향상 및 전기적 특성을 고려하여 구비될 수 있는 것이다. 상기 투명도전성막(160)으로 사용될 수 있는 재료로는 인듐틴 옥사이드(ITO), 인듐진크옥사이드(IZO), 산화인듐(In_2O_3), 이산화주석, 플로린 도핑된 인듐틴옥사이드(FTO) 등을 들 수 있는데, 특히 산화아연(ZnO)이 바람직하다. 상기 산화아연은 n 반도체인 CdS 와 결합력이 우수하고 제조원가가 낮은 특징을 갖는다. 이러한 투명도전성막(160)은 스퍼터링(sputtering), 화학기상증착(CVD), 증기증착(evaporation), 열산화(thermal oxidation), 전해증착, 전기화학적 증착(electrochemical anodization(deposition)) 중의 어느 한 방법에 의해 형성할 수 있으며, 일 예로는 스퍼터링 방법에 의해 상온 내지 400°C 의 온도에서 다양한 두께로 형성할 수 있다. 또한, 도 1에는 상기 투명도전성막(160)이 상기 제2반도체층의 상부 전면에 적층된 구조를 나타내고 있으나 이에 한정하는 것은 아니며 후술할 제2전극부(170)의 형상에 대응되게 구비될 수 있음은 물론이다.

또한, 상기 제2반도체층(150)의 상부에는 제2전극부(170)가 구비된다. 도면상에는 굵은 선으로 표시하여 돌출된 층으로 되어 있다. 상기 제2전극부(170)는 전술한 제1전극부(110)와 쌍을 이루어 외부의 회로나 부하에 전원으로서 역할을 하게 된다. 상기 제2전극부(170)는 금속재로 구비되는데, 예를 들면 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 스트론튬(Sr), 아연(Zn), 인듐(In), 이리듐(Yr), 란타늄(La), 바나듐(V), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 금(Au), 백금(Pt), 주석(Sn), 니오비움(Nb), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 스칸듐(Sc), 갈륨(Ga), 인듐(In) 및 SrTi 중에서 하나 또는 둘 이상의 복합물로 이루어질 수도 있고, 알루미늄, 니켈 및 백금(Pt) 중 선택된 적어도 하나 또는 귀금속 물질을 이용할 수 있는데, 반사도가 높을수록 동축형 태양전지의 내부로 투과된 태양광의 광경로가 길어져 광변환 효율이 우수하므로 반사율이 높은 백금(Pt)이 선호된다. 또한, 상기 제2전극부(170)의 형상이 그물로 되어 있으나, 상기 제2전극부(170)는 광변환된 전류가 저항손실을 최소화시킬 수 있는 범위내에서 제2반도체층상에 적층되는 것이므로, 상기 그물의 형상에 한정되는 것은 아니며 빗살 형상, 메쉬(mesh) 형상, 스트라이프(stripe) 형상 등 저항손실을 최소화시킬 수 있는 범위내에서 다양한 변형이 가능함은 당연하다 할 것이다. 또한, 본 발명에 따른 동축형 태양전지가 외부의 회로나 부하에 연결되어 전원으로서 이용되기 위해 외부와 연결될 수 있는 제1,2단자부(미도시)가 구비되는데, 이에 대하여는 후술한다.

한편, 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 동축형 태양전지의 (a) 정면도와 (b) 측단면도인데, 설명의 편의를 위하여 도 1에서 설명된 내용과 중복되는 부분은 생략하기로 한다.

도 2를 참조하면, 본 발명에 따르는 동축형 태양전지(200)는 내부에 순차적으로 제1전극부(210), 제1반도체층(240), 제2반도체층(250), 투명도전성막(260) 및 제2전극부(230)가 적층되어 있는 외에 제1단자부(210')와 제2단자부(220)가 도시되어 있다.

상기 제1전극부(210)는 통전이 될 수 있는 범위내에서 특별히 제한할 필요는 없는데, 예를 들면 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 스트론튬(Sr), 아연(Zn), 인듐(In), 이리듐(Yr), 란타늄(La), 바나듐(V), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 주석(Sn), 니오비움

(Nb), 마그네슘(Mg), 금(Au), 백금(Pt), 알루미늄(Al), 스칸듐(Sc), 갈륨(Ga), 인듐(In) 및 SrTi 중에서 하나 또는 둘 이상의 복합물로 이루어질 수 있으며, 특히 몰리브덴(Mo)이 바람직하다. 상기 제1전극부(210)에 대한 기타의 설명은 상술한 바와 같아 생략한다.

한편, 상기 제1전극부(210)의 외주면에는 제1반도체층(240)이 구비되어 후술할 제2반도체층(250)과 함께 태양광을 전기 에너지로 변환하게 된다. 상기 제1반도체층(240)에 대한 기타의 설명은 상술한 바와 같아 생략한다.

또한, 상술한 제1반도체층(240)의 상부에는 제2반도체층(250)이 형성된다. 상기 제2반도체층(250)은 n형반도체로 형성될 수 있는데, 특히 CuInSe₂ 이나 CdS인 것이 바람직하다. 상기 제2반도체층(250)에 대한 기타의 설명은 상술한 바와 같아 생략한다.

한편, 상기 제2반도체층(250)과 제2전극부(230)의 사이에는 투명도전성막(260)이 더 구비될 수 있다. 상기 투명도전성막(260)에 대한 기타의 설명은 상술한 바와 같아 생략한다.

또한, 상기 제2반도체층(250)의 상부에는 제2전극부(230)가 구비된다. 도면상에는 제2전극부(230)가 굵은 선으로 표시되어 돌출된 구조임을 알 수 있다. 상기 제2전극부(230)는 전술한 제1전극부(210)와 쌍을 이루어 외부의 회로나 부하에 전원으로서 역할을 하게 된다. 상기 제2전극부(230)에 대한 기타의 설명은 생략하는데, 다만 도 1의 제2전극부(170)의 형상이 그물로 되어 있으나, 본 실시예에서는 스트라이프 형상으로 패턴되어 있다. 이는 광변환된 전류가 저항손실을 최소화시킬 수 있는 범위내에서 제2반도체층상에 적층되는 것이므로, 다양한 형상으로 구비될 수 있는 예를 보여주는 것이다.

한편, 제1전극부(210)의 일 단부에는 제1단자부(210')가 구비되어 있는데, 별도의 층을 두지 않고 제1전극부(210)의 일단부를 그대로 이용할 수 있다. 상기 제1단자부(210')는 외부의 회로나 부하에 연결되기 위한 부분으로서, 도전 테이프, 접착 테이프나 접착 페이스트를 이용할 수 있으며, 금속선 도금, 금속선 증착 방법과 같은 미세한(Fine) 공정으로 형성할 수도 있다.

또한, 상기 제2전극부(230)의 일단부에는 제2단자부(220)가 형성되어 있다. 여기서 제2단자부(220)은 별도의 층으로 형성하지 아니하고 상기 제2전극부(230)과 동일한 층으로 연장하여 구비될 수 있음은 물론이다. 이는 상기 제1단자부(210')와 짝을 이루어 외부의 회로나 부하에 연결되기 위한 부분으로서 도전 테이프, 접착 테이프나 접착 페이스트를 이용할 수 있으며, 금속선 도금, 금속선 증착 방법과 같은 미세한(Fine) 공정으로 형성할 수도 있다.

도 3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지로 도 3a는 오전에, 도 3b는 정오에, 도 3c는 오후에 태양광이 입사되고 있는 도면이다.

도 3을 참조하면, 본 발명에 따르는 동축형 태양전지(300)는 내부에 순차적으로 제1전극부(310), 제1반도체층(340), 제2반도체층(350), 투명도전성막(360) 및 도면에서는 미도시되지만 제2전극부 및 제1,2단자부가 구비된다. 본 실시예에서도 상술한 실시예와 동일 또는 유사한 설명은 생략한다.

도 3을 참조하면, 도 3a는 오전에 비스듬하게 태양광이 입사되고, 도 3c 역시 오후에 비스듬하게 태양광이 입사되고 있는데, 도 3b는 정오에 수직하게 입사되는 경우와 동축형 태양전지에 흐를 수 있는 광변환 전류는 차이가 없게 된다. 즉, 입사된 태양광이 오전, 정오 또는 오후이든지 무관하게 동축형 태양전지에 동일하게 투과됨을 알 수 있다. 이는 태양광의 입사각도로 환언할 수 있는데, 도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지의 태양광의 입사각도에 따른 흡수도 변화를 나타낸 그래프이다. 도면에서는 태양광의 입사각도에 따라 평면형 태양전지는 흡수도가 크게 변함을 알 수 있다. 그러나 본 발명의 동축형 태양전지는 태양광의 입사각도와 무관하게 흡수도가 일정함을 나타내고 있다.

한편, 상기 제1전극부(310)는 와이어부재로 이루어져 있고, 상기 와이어부재의 단면이 원형의 형상을 하고 있으나, 본 발명에서는 다각형의 형상도 가능하다. 이는 태양광의 입사각도가 오전, 오후에 따라 변하는 것을 고려한 것으로서, 도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지의 와이어부재의 단면이 (a) 6각형 (b) 10각형 (c) 14각형인 것을 보여주는 단면도이다. 그러나, 상술한 다각형만으로 한정할 필요는 없으며 시간 변화에 따른 태양광의 입사가 일정하거나 거의 차이가 없는 단면 형상인 한도 내에서 다양한 다각형이 가능하할 것이다.

한편, 도 6은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르는 동축형 태양전지의 제조방법을 제조순서에 따라 나타내는 순서도이다.

도면을 참조하면, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르는 동축형 태양전지의 제조방법은 CIS 전해증착단계(S1단계), CdS 전해증착단계(S2단계), 진공어닐링단계(S3단계) 및 제1,2단자부 형성단계(S4단계)를 포함하여 이루어짐을 알 수 있다.

먼저 S1단계를 보면, CuInSe_2 를 전해증착하기 위하여 CIS수용액을 형성하고 와이어부재를 함침하여 CuInSe_2 이 증착된 CIS전극을 형성하는 단계인데, 증착되는 CuInSe_2 는 구리(Cu), 인듐(In) 및 셀레늄(Se)은 표준 3전극시스템을 사용하는 전해증착에 의하여 동시에 증착된다. 상기 전해증착은 전극전위를 일정하게 유지하며 진행되는 특징이 있다.

한편, 상기 와이어부재는 금속재로서 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 스트론튬(Sr), 아연(Zn), 인듐(In), 이리듐(Yr), 란타늄(La), 바나듐(V), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 주석(Sn), 니오비움(Nb), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 금(Au), 백금(Pt), 스칸듐(Sc), 갈륨(Ga), 인듐(In) 및 SrTi 중에서 하나 또는 둘 이상의 복합물로 이루어질 수 있으며, 특히 몰리브덴(Mo)이 바람직하다.

상기 CIS수용액은 CuInSe_2 를 상기 와이어부재의 표면에 전해증착하기 위하여 준비되는 CuSO_4 , $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$ 및 H_2SeO_3 를 포함하는 수용액을 말한다. 이들은 각각 0.0005 내지 0.002몰(M)의 CuSO_4 , 0.002 내지 0.006몰(M)의 $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$ 및 0.002 내지 0.006몰(M)의 H_2SeO_3 를 포함하는 것을 특징으로 한다. 여기서, 상기 CuSO_4 가 0.0005몰 미만이면 Cu가 부족한 박막이 형성되는 문제가 생기며, 0.002몰을 초과하면 Cu가 과포화된 박막이 형성되는 문제가 있고, 상기 $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$ 가 0.002몰 미만이면 In이 부족한 박막이 형성되는 문제가 생기고, 0.006몰을 초과하면 In이 과포화된 박막이 형성되는 문제가 있고, 상기 H_2SeO_3 가 0.002몰 미만이면 Se이 부족한 박막이 형성되는 문제가 있으며, 0.006몰을 초과하면 Se이 과포화 박막이 형성되는 문제가 생긴다.

다음으로 S2단계를 보면, CdS를 전해증착하기 위하여 산성분위기에서 CdS수용액을 형성하고 상기 CIS전극을 함침하여 CdS가 증착된 CdS전극을 형성하는 단계인데, 여기서 CdS수용액이란 CdSO_4 및 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 를 포함하는 수용액을 말한다.

또한, 상기 S2단계는 S1단계에서 와이어부재에 상기 CuInSe_2 를 전해증착한 후에 CuInSe_2 로 형성된 층(layer)의 상부에 CdS로 이루어진 층을 형성하는 단계이다. 또한, 상기 CdSO_4 는 0.1 내지 0.3 M일 수 있고, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 는 0.005 내지 0.02 M일 수 있는데, 상기 CdSO_4 가 0.1 M 미만이면 Cd 부족으로 CdS의 1:1 화학식량이 맞지 않고 S가 많은 박막이 되는 문제가 있고, 0.3 M을 초과하면 Cd가 너무 많아져서 CdS의 1:1 화학식량이 맞지 않고 금속 Cd 입자들이 생성되어 결함으로 작용하는 문제가 있으며, 상기 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 가 0.005 M 미만이면 Cd가 많은 경은 문제가 있고, 0.02 M을 초과하면 Cd가 부족한 경우와 같은 문제가 있다. 또한, S2단계는 산성분위기에서 수행되는데, 그 이유는 산화물의 생성을 억제하고 CdSO_4 및 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 의 산소와 결합하여 Cd와 S 이온들로 분리하고 이를 통해 CdS 박막이 형성되기 때문이다.

상기 산성분위기는 pH 2 내지 pH 3인 것을 특징으로 할 수 있는데, pH 2 미만이면 전극의 부식이 일어날 수 있는 문제가 있고, pH 3을 초과하면 전기 도금중에 박막에 CuO 같은 산화물이 형성되는 문제가 있기 때문이다.

다음으로 S3단계를 보면, 상기 CuInSe_2 , CdS가 순차적으로 적층된 상기 와이어부재를 고온에서 진공으로 진공어닐링하는 단계인데, 상기 와이어부재에 적층된 CuInSe_2 , CdS를 결정화시키는 것이다. 여기서, 상기 고온은 500℃ 내지 600℃일 수 있는데, 500℃ 미만이면 CuInSe_2 와 CdS 박막의 재결정화율이 낮아져서 결정이 큰 다결정 박막을 얻기 어려운 문제가 있고, 600℃를 초과하면 CuInSe_2 와 CdS 접합부에서 Cd가 CuInSe_2 박막으로 확산해 들어가 결함을 형성하는 문제가 생긴다.

또한, 상기 진공 상태는 특별히 제한할 것은 아니며, 통상의 진공 공정에서 사용될 수 있는 범위에 있다.

한편, 진공 상태에서 어닐링하는 시간은 8분 내지 12분을 필요로 하는데, 8분 미만이면 CuInSe_2 와 CdS 박막의 재결정화율이 낮아져서 결정이 큰 다결정 박막을 얻기 어렵다는 문제가 있고, 12분을 초과하면 CuInSe_2 와 CdS 접합부에서 Cd가 CuInSe_2 박막으로 확산해 들어가 결함을 형성하는 문제가 있기 때문이다.

마지막으로 S4단계를 보면, S3단계에서의 진공어닐링되어 CuInSe_2 , CdS 가 순차적으로 결정화된 상기 와이어부재에 외부의 회로나 부하에 연결되어 전원으로 사용될 수 있도록 단자부를 형성하는 단계이다.

상기 와이어부재의 일 단부를 향한 일부를 제1단자부로 두는데, 이는 외부의 회로나 부하에 연결되기 위한 부분으로서, 도전 테이프, 접착 테이프나 접착 페이스트를 이용하여 연결할 수 있으며, 금속선 도금, 금속선 증착 방법과 같은 미세한(Fine) 공정으로 형성할 수도 있다.

한편, 결정화된 CdS 의 상부의 적어도 일부에는 전기적으로 통전이 가능한 도전재를 적층하여 제2단자부를 두는데, 외부의 회로나 부하에 전원으로 일 전극을 형성하는 것이다. 또한, 상기 제2단자부에는 상술한 바와 같이 도전 테이프, 접착 테이프나 접착 페이스트를 이용하여 연결할 수 있으며, 금속선 도금, 금속선 증착 방법과 같은 미세한(Fine) 공정으로 형성할 수도 있다.

또한, 상기 S4단계에는 투명전도성막을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있는데, 이는 상기 제2단자부와 CdS 로 결정화된 층간의 부착력 향상 및 전기적 특성의 향상을 위한 것이고, 또한 입사하는 태양광이 투과되어야 하는 특성상, 박막(thin film)으로 형성될 수 있다. 이러한 투명전도성막은 스퍼터링(sputtering), 화학기상증착(CVD), 증기증착(evaporation), 열산화(thermal oxidation), 전해증착, 전기화학적 증착(electrochemical anodization(deposition)) 중의 어느 한 방법에 의해 형성할 수 있다.

실시예1

직경과 길이는 $250\mu\text{m}$, 5cm인 몰리브덴와이어를 그 단부에서 5mm 정도를 뜨게하여 CuInSe_2 를 전해증착하기 위해 0.001몰의 CuSO_4 , 0.004몰의 $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$ 과 0.004몰의 H_2SeO_3 을 포함하는 수용액에 침시켰다. 상기 수용액은 표준 3전극계를 이용하는 전해증착법으로 동시에 또한 등전위를 유지하며 진행되었다. 상기 표준 3전극계는 포화된 Ag/AgCl 표준전극, 백금전극 및 몰리브덴 와이어가 각각 표준전극, 대향전극, 일전극으로 구성되었다. 다음으로, 전해증착이 완료된 후에 진공챔버에서 진공상태를 유지하며 증착된 CuInSe_2 의 결정화를 위하여 진공어닐링을 실시하였는데, 온도는 550°C 를 유지하였고 그 유지시간은 10분 동안 이루어졌다. 여기서, CuInSe_2 는 그 내부에 구리가 인듐보다 풍부한 p형반도체층이 형성되고 외부에는 인듐이 구리보다 풍부한 n형반도체층이 형성되었다. 다음으로, 결정화된 CuInSe_2 의 표면에 징크옥사이드(ZnO)를 스퍼터링의 방법으로 증착하였다. 다음에 상기 징크옥사이드가 증착된 상부에 스트라이프 형상으로 알루미늄을 스퍼터링하여 전극부와 단자부를 동시에 형성하였다. 이어서, 도전테이프를 이용하여 상기 단자부와 몰리브덴와이어의 단부에서 5mm 되는 영역에 까지 외부의 회로에 콘택 될 수 있도록 연결하였다.

실시예2

직경과 길이는 $250\mu\text{m}$, 5cm인 몰리브덴와이어를 그 단부에서 5mm 정도를 뜨게하여 CuInSe_2 를 전해증착하기 위해 0.001몰의 CuSO_4 , 0.004몰의 $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$ 과 0.004몰의 H_2SeO_3 을 포함하는 수용액에 침시켰다. 상기 수용액은 표준 3전극계를 이용하는 전해증착법으로 동시에 또한 등전위를 유지하며 진행되었다. 상기 표준 3전극계는 포화된 Ag/AgCl 표준전극, 백금전극 및 몰리브덴 와이어가 각각 표준전극, 대향전극, 일전극으로 구성되었다. 다음으로, CuInSe_2 이 증착된 몰리브덴와이어에 pH 2.5인 산성분위기를 유지하며 0.2몰의 CdSO_4 및 0.01몰의 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 의 수용액에서 케소드로 CdS 를 증착하였다. 상기 산성분위기는 포화된 HCl 을 첨가함으로써 조절하였다. 다음으로, 전해증착이 완료된 후에 진공챔버에서 진공상태를 유지하며 증착된 CuInSe_2 의 결정화를 위하여 진공어닐링을 실시하였는데, 온도는 550°C 를 유지하였고 그 유지시간은 10분동안 이루어 졌다. 다음으로, 결정화된 CuInSe_2 의 표면에 징크옥사이드(ZnO)를 스퍼터링의 방법으로 증착하였다. 다음에 상기 징크옥사이드가 증착된 상부에 스트라이프 형상으로 알루미늄을 스퍼터링하여 전극부와 단자부를 동시에 형성하였다. 다음으로, 도전테이프를 이용하여 상기 단자부와 몰리브덴와이어의 단부에서 5mm 되는 영역에 까지 외부의 회로에 콘택될 수 있도록 연결하였다.

시험예1

실시예1에 의하여 제조된 동축형 태양전지의 표면상태를 분석하기 위하여 전자현미경으로 사진을 찍었다. 도 9는 실시예 1에 의하여 제조된 CuInSe_2 의 표면사진이다. 상기 CuInSe_2 의 표면이 조도가 균일하고 촘촘하여 구조적으로 안정함을 알 수 있다.

또한, 도 8은 실시예 1에서 제조된 동축형 태양전지의 두께에 따른 구리와 인듐의 상대적 조성비를 보여주는 그래프인데, 좌측끝은 태양전지의 외각을 나타내고 우측끝은 태양전지에 내입된 몰리브덴의 표면을 나타낸다. 도 8에 의할 때, $1.5\mu\text{m}$ 정도의 두께를 갖는 박막으로 구리가 약 26%이고, 인듐이 약 23% 그리고 셀레늄이 약 51% 정도 임을 알 수 있다. 따라서, p형 반도체층이 형성되어 있음을 알 수 있다.

한편, 도 7은 실시예1과 실시예2에 따른 동축형 태양전지의 XRD 그래프이다. 도 7을 참조하면, 실시예1에서 CuInSe_2 의 2 θ 회절 피크값이 (26.3)°, (43.6)°이고, 이는 각각 (111), (220) 면에 대응되는 값이다. 또한 실시예2에서의 CdS에 대하여도 (111), (200) 및 (311) 면에 대응되는 피크값을 확인할 수 있다.

도 10은 실시예1에서 제조된 동축형 태양전지의 전압-전류 특성 그래프이고, 도 11은 실시예2에서 제조된 동축형 태양전지의 전압-전류 특성 그래프이다.

도 10 및 도 11에서 특성값들을 하기 표 1에서 정리해보면,

[표 1]

	단락전류밀도 (mA/cm^2)	개방전압 (V)	충밀도 (%)	광변환효율 (%)
실시예1	16.83	0.46	52.87	4.09
실시예2	24.85	0.538	51.06	6.828

실시예 1과 실시예2에서 볼 수 있는 바와 같이 본 발명에 따르는 동축형 태양전지의 단락전류밀도, 개방전압, 충밀도 및 광변환효율이 우수함을 알 수 있다.

발명의 효과

본 발명에 따른 동축형 태양전지 및 그 제조방법은 다음과 같은 효과를 가진다.

매년 계절이나 하루의 태양의 고도에 따른 태양광의 입사량에 의한 영향을 받지않아 광변환 효율이 우수하고 장시간 사용시 안정적 특성을 갖는다.

본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지를 나타내는 (a) 내부절개정면도와 (b) 측단면도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 동축형 태양전지의 (a) 정면도와 (b) 측단면도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지로 도 3a는 오전에, 도 3b는 정오에, 도 3c는 오후에 태양광이 입사되고 있는 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지의 태양광의 입사각도에 따른 흡수도변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 동축형 태양전지의 와이어부재의 단면이 (a) 6각형 (b) 10각형 (c) 14각형인 것을 보여주는 단면도이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르는 동축형 태양전지의 제조방법을 제조순서에 따라 나타내는 순서도이다.

도 7은 실시예1과 실시예2에 따른 동축형 태양전지의 XRD 그래프이다.

도 8은 실시예 1에서 제조된 동축형 태양전지의 두께에 따른 구리와 인듐의 상대적 조성비를 보여주는 그래프이다.

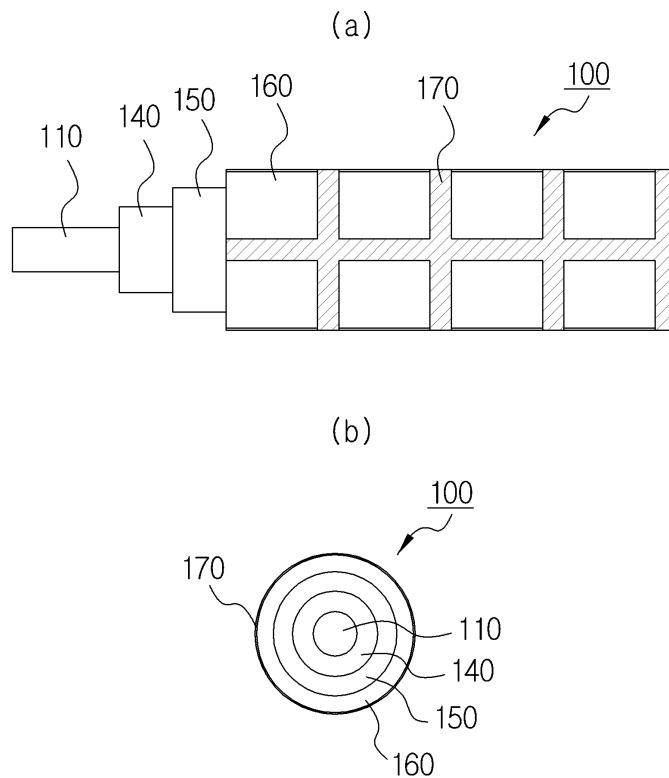
도 9는 실시예1에 의하여 제조된 동축형 태양전지의 CuInSe_2 의 표면사진이다.

도 10은 실시예1에서 제조된 동축형 태양전지의 전압-전류 특성 그래프이다.

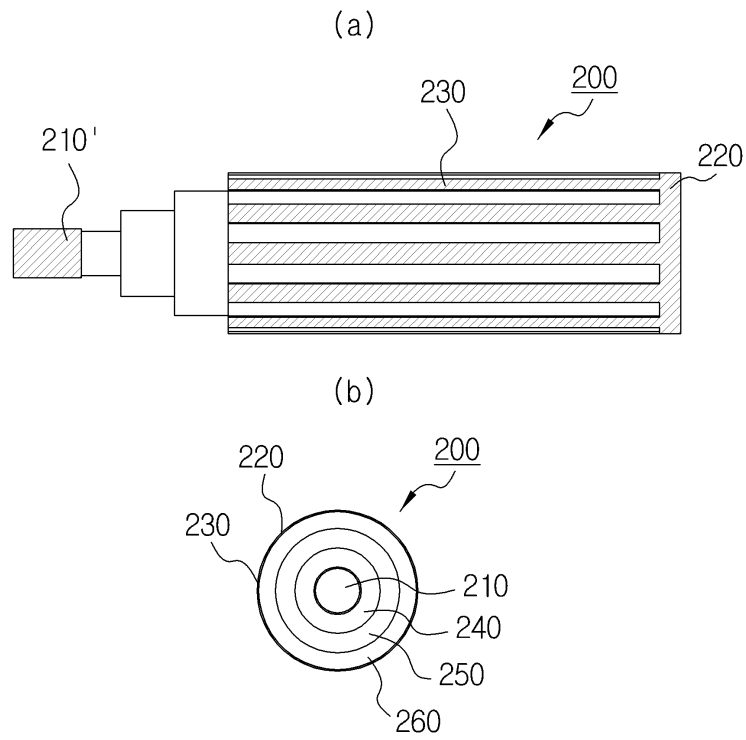
도 11은 실시예2에서 제조된 동축형 태양전지의 전압-전류 특성 그래프이다.

도면

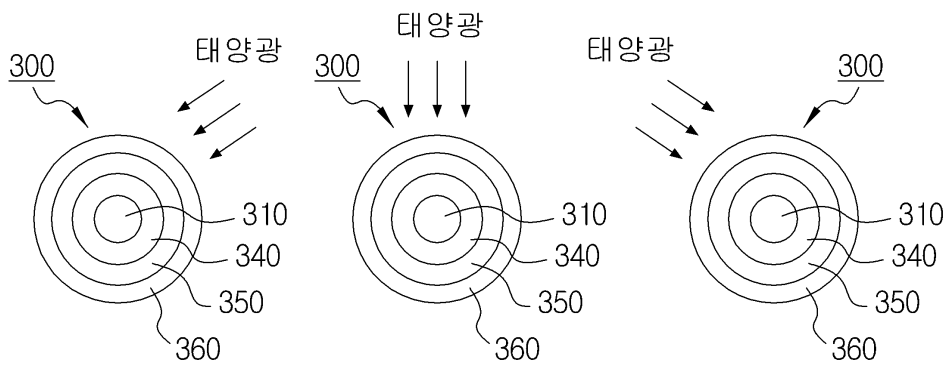
도면1



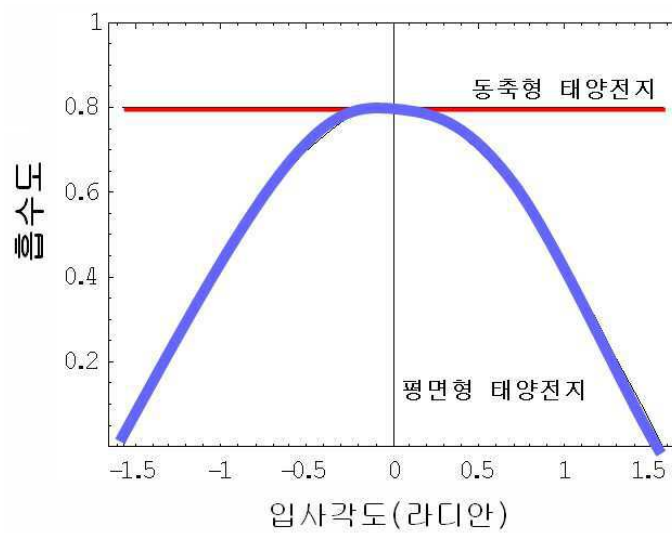
도면2



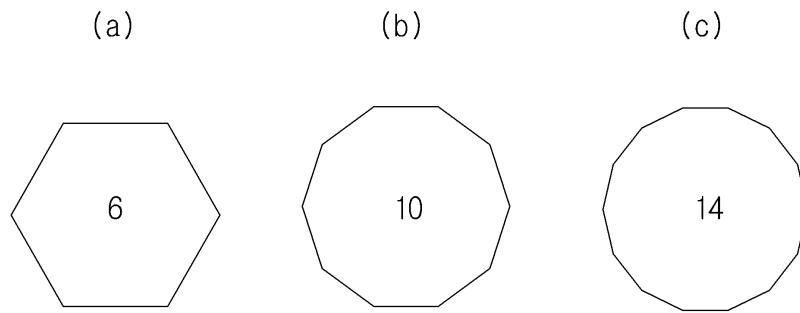
도면3



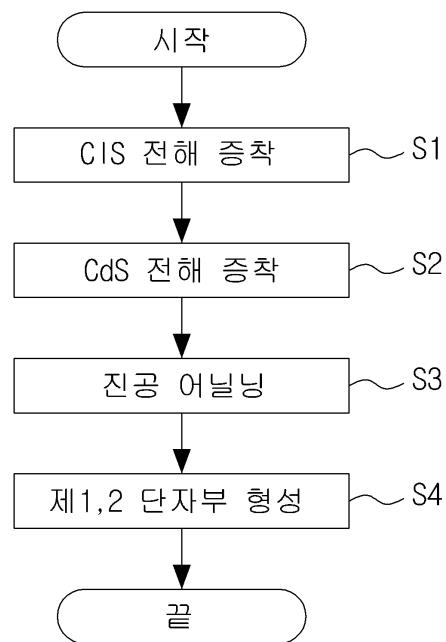
도면4



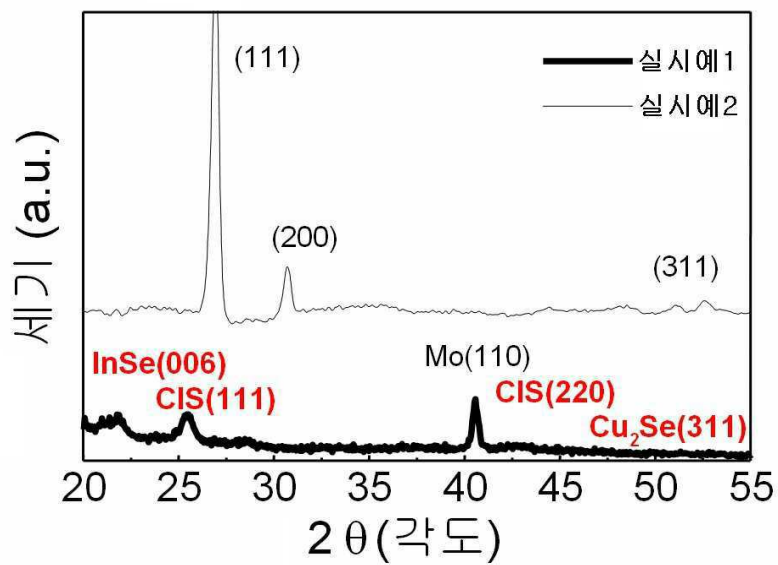
도면5



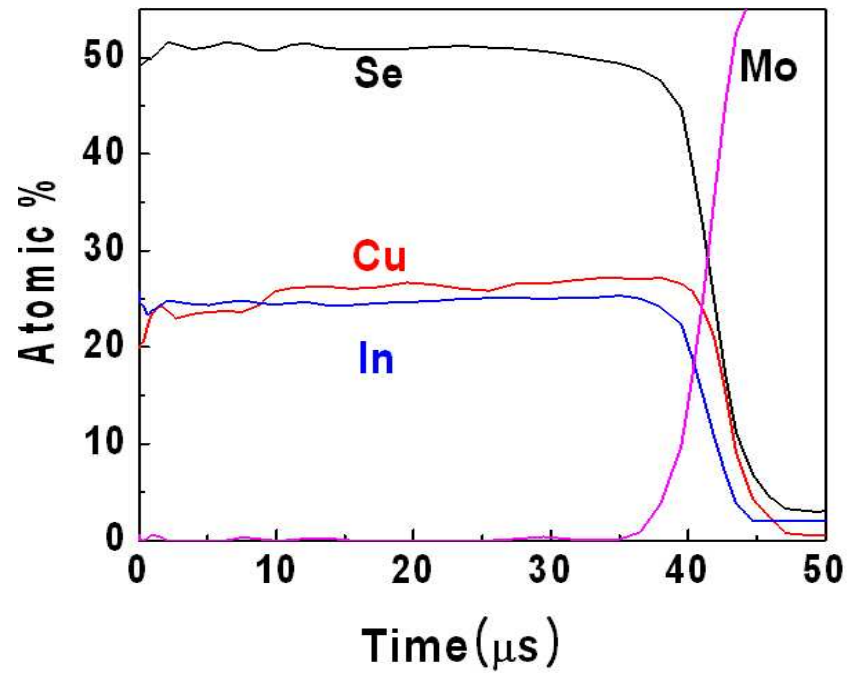
도면6



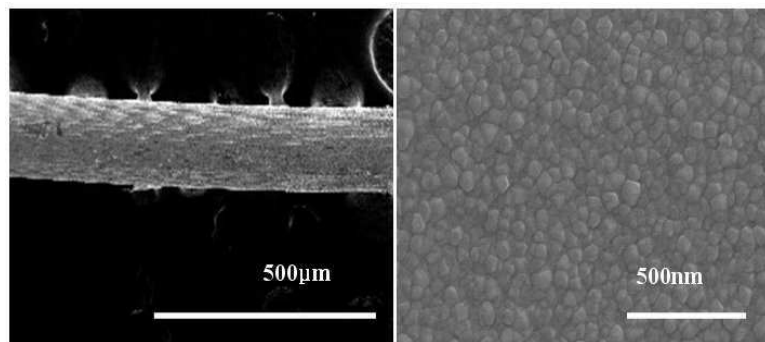
도면7



도면8

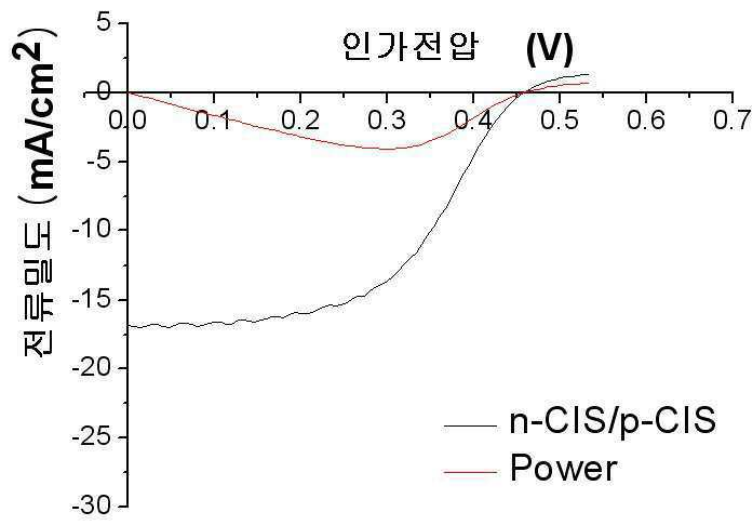


도면9



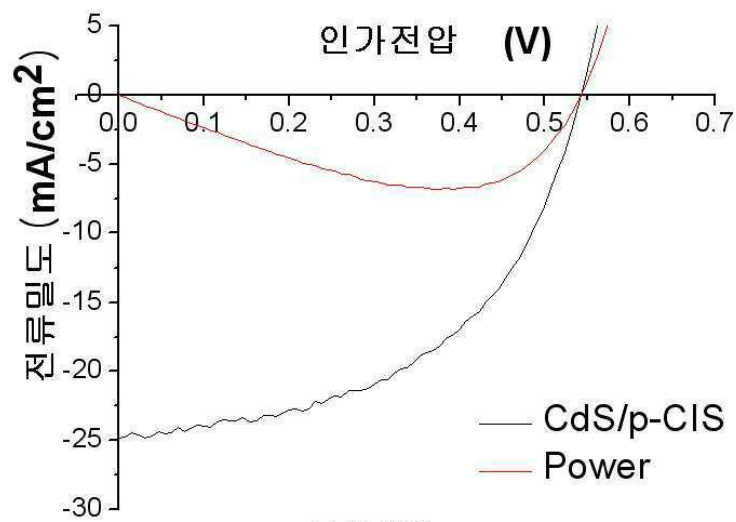
실시예 1

도면10



실시예1

도면11



실시예2