(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0010287
(43) 공개일자 2022년01월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/032 (2006.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
H01L 31/04 (2014.01) *H01L 31/18* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/0322 (2013.01)
H01L 31/022425 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0088980
(22) 출원일자 2020년07월17일
심사청구일자 2020년07월17일

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
장재형
광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원
김성태
광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원
윤주형
인천광역시 연수구 아카데미로 119 인천대학교
(74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **유연 태양전지 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

프렉서블 기판을 이용한 고품질 CIGS(copper indium gallium selenide) 광흡수층을 갖는 유연 태양전지가 개시된다. 상기 유연 태양전지는, 기판, 상기 기판의 상부면에 도핑원소를 이용하여 형성되는 도핑층, 상기 도핑층의 상부면에 형성되는 후면 전극층, 및 상기 후면 전극층의 상부면에 형성되는 광흡수층을 포함하는 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 도핑층 및 상기 후면 전극층은 2중층 후면 전극 구조인 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 31/04 (2013.01)
H01L 31/18 (2021.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판(110);

상기 기판(110)의 상부면에 도핑원소를 이용하여 형성되는 도핑층(120);

상기 도핑층(120)의 상부면에 형성되는 후면 전극층(130); 및

상기 후면 전극층(130)의 상부면에 형성되는 광흡수층(140);을 포함하며,

상기 도핑층(120) 및 후면 전극층(130)은 2중층 후면 전극 구조인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 도핑 원소는 Na를 도핑한 몰리브덴층(Mo:Na)인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 도핑층(120)은 스퍼터링 공정을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 유연 태양전지.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 후면 전극층(130)은 몰리브덴(Mo)을 증착하여 형성되는 것을 특징으로 하는 유연 태양전지.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 도핑 원소가 이온 상태로 상기 광흡수층(140)쪽으로 확산되도록 상기 광흡수층(140)은 540° 내지 560° 의 온도로 증착되는 것을 특징으로 하는 유연 태양전지.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 광흡수층(140)의 재질은 CIGS($Cu(InGa)Se_2$)인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 후면 전극층(130)의 두께는 0.5 ~ 1㎛이고, 상기 도핑층(120)의 두께는 500 ~ 600㎚인 것을 특징으로 하

는 유연 태양전지.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 후면 전극층(130)의 증착의 진공도는 1~2mtorr이고, 상기 도핑층(120)의 증착의 진공도는 5~6mtorr인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 기판(110)은 스테인레스 스틸 또는 폴리이미드인 것을 특징으로 하는 유연 태양 전지.

청구항 10

(a) 기판(110)이 준비되는 단계;

(b) 상기 기판(110)의 상부면에 도핑원소를 이용하여 도핑층(120)이 형성되는 단계;

(c) 상기 도핑층(120)의 상부면에 후면 전극층(130)이 형성되는 단계; 및

(d) 상기 후면 전극층(130)의 상부면에 광흡수층(140)이 형성되는 단계;를 포함하며,

상기 도핑층(120) 및 후면 전극층(130)은 2중층 후면 전극 구조인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 도핑 원소는 Na를 도핑한 몰리브덴층(Mo:Na)인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 도핑층(120)은 스퍼터링 공정을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 후면 전극층(130)은 몰리브덴(Mo)을 증착하여 형성되는 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 도핑 원소가 이온 상태로 상기 광흡수층(140)쪽으로 확산되도록 상기 광흡수층(140)은 540° 내지 560° 의 온도로 증착되는 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 광흡수층(140)의 재질은 CIGS(Cu(InGa)Se_2)인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 후면 전극층(130)의 두께는 0.5 ~ 1㎛이고, 상기 도핑층(120)의 두께는 500 ~ 600nm인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 후면 전극층(130)의 증착의 진공도는 1~2mtorr이고, 상기 도핑층(120)의 증착의 진공도는 5~6mtorr인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법.

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 기판(110)은 스테인레스 스틸 또는 폴리이미드인 것을 특징으로 하는 유연 태양 전지의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 태양전지에 대한 것으로서, 더 상세하게는 Na 확산을 통해 향상된 Ga 그레이딩의 유연 Cu(In,Ga)Se_2 태양전지 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래의 Cu(In,Ga)Se_2 태양전지는 Na가 자체적으로 포함되어있는 소다 석회 유리(Soda-lime glass) 기판을 기반으로 제작이 되며, 기판에 내재된 Na 이온은 고온(550°C)의 공정 단계에서 흡수층 쪽으로 확산되면서 태양전지 박막에 있어 전반적인 긍정적인 영향을 미친다.

[0003] 스테인레스 스틸(Stainless steel)과 폴리이미드(Polyimide)가 일반적으로 유연한 태양전지를 제작할 때 기판으로써 사용된다. 그런데 이들 각 기판들은 소다 석회 유리 기판을 대체하여 유연한 대신, 소다 석회 유리 내에 존재하는 Na의 부재로 인하여, 추가적인 알칼리 이온의 공급원을 도입해야 한다는 문제점이 있다.

[0004] 또한, Cu(In,Ga)Se_2 박막은 종래 고품질의 광흡수층으로 제작되기 위해서 동시진공 증발법으로 3단계 공정을 이용해 몰리브덴(Molybdenum) 후면전극 층 위에 증착이 된다. 해당 공정에서 Ga의 비율에 따라 원하는 에너지 밴드갭의 조절 및 밴드갭 그레이딩(grading) 구조를 형성할 수 있다. 주로 CIGS 광흡수층 내에서 표면과 후면 전극 측의 밴드갭을 증가시킨 V자형 이중 갈륨 그레이딩 구조는 태양전지의 개방전압 및 전자 이동도의 증가, 재결합 감소의 효과로 효율 향상에 기여한다.

[0005] 그런데, 프렉서블 기판을 이용한 고품질 IGS 광흡수층을 제조하기 위해 가장 필요한 기술중 하나는 CIGS 광흡수층에 알칼리 이온을 도핑할 필요가 있다. 일반적으로 소다석회 유리기판을 이용한 CIGS 광흡수층은, 고온 공정 중 유리기판에 포함된 충분한 양의 Na이 몰리브덴층을 통해 광흡수층으로 확산된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 1. 한국등록특허번호 제10-1406734호(등록일자: 2014년06월05일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 위 배경기술에 따른 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로서, 프렉서블 기판을 이용한 고품질 CIGS(copper indium gallium selenide) 광흡수층을 갖는 유연 태양전지 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 또한, 본 발명은 CIGS 광흡수층에 알카리 이온을 도핑할 수 있는 유연 태양전지 및 이의 제조 방법을 제공하는데 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 위에서 제시된 과제를 달성하기 위해, 프렉서블 기판을 이용한 고품질 CIGS(copper indium gallium selenide) 광흡수층을 갖는 유연 태양전지를 제공한다.

[0010] 상기 유연 태양전지는,

[0011] 기판;

[0012] 상기 기판의 상부면에 도핑원소를 이용하여 형성되는 도핑층;

[0013] 상기 도핑층의 상부면에 형성되는 후면 전극층; 및

[0014] 상기 후면 전극층의 상부면에 형성되는 광흡수층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 이때, 상기 도핑층 및 상기 후면 전극층은 2중층 후면 전극 구조인 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 도핑 원소는 Na를 도핑한 몰리브덴층(Mo:Na)인 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 도핑층은 스퍼터링 공정을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 후면 전극층은 몰리브덴(Mo)을 증착하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 도핑 원소가 이온 상태로 상기 광흡수층쪽으로 확산되도록 상기 광흡수층은 540° 내지 560° 의 온도로 증착되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 광흡수층의 재질은 CIGS($Cu(InGa)Se_2$)인 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 후면 전극층(130)의 두께는 0.5 ~ 1㎛이고, 상기 도핑층의 두께는 500 ~ 600nm인 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 후면 전극층의 증착의 진공도는 1~2mtorr이고, 상기 도핑층의 증착의 진공도는 5~6mtorr인 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 기판은 스테인레스 스틸 또는 폴리이미드인 것을 특징으로 한다.

[0024] 다른 한편으로, 본 발명의 다른 일실시예는, (a) 기판이 준비되는 단계; (b) 상기 기판의 상부면에 도핑원소를 이용하여 도핑층이 형성되는 단계; (c) 상기 도핑층의 상부면에 후면 전극층이 형성되는 단계; 및 (d) 상기 후면 전극층의 상부면에 광흡수층이 형성되는 단계;를 포함하며, 상기 도핑층 및 후면 전극층은 2중층 후면 전극 구조인 것을 특징으로 하는 유연 태양전지의 제조 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따르면, Na는 확산되어 CIGS(copper indium gallium selenide)층에서의 Ga 그레이딩이 좁고 깊게 변형하게끔 영향을 미칠 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 다른 효과로서는 개방전압, 단락전류, 근적외선 구간에서의 광반응성을 향상시키고 저항성분을

감소시켜 태양전지의 광전변환효율을 향상시키는데 기여할 수 있다는 점을 들 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 유연 태양전지의 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 유연 태양전지를 제조하는 공정을 보여주는 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 CIGS(copper indium gallium selenide) 흡수층의 표면에서 기판까지의 거리에 따른 Ga/(Ga+In) 비율을 나타내는 그래프이다.

도 4는 일반적인 CIGS의 밴드 다이어그램 모식도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 CIGS의 밴드 다이어그램 모식도이다.

도 6은 일반적인 CIGS1 및 본 발명에 따른 CIGS2 기반 태양전지의 전압에 대한 전류 밀도를 나타내는 그래프이다.

도 7은 일반적인 CIGS1 및 본 발명에 따른 CIGS2 기반 태양전지의 외부양자 효율을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0029] 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분 위에 "전체적"으로 형성되어 있다고 할 때에는 다른 부분의 전체 면(또는 전면)에 형성되어 있는 것뿐만 아니라 가장자리 일부에는 형성되지 않은 것을 뜻한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 유연 태양전지(100)의 단면도이다. 도 1을 참조하면, 유연 태양전지(100)는, 기판(110), 기판(110)의 상부면에 형성되는 도핑층(120), 도핑층(120)의 상부면에 형성되는 후면 전극층(130), 후면 전극층(130)의 상부면에 형성되는 광흡수층(140) 등을 포함하여 구성될 수 있다.

[0032] 기판(110)의 재질로는 스테인레스 스틸, 폴리이미드 등이 사용될 수 있다. 스테인리스 스틸(Stainless steel) 기판의 열팽창 계수는 약600℃이상에서 약 $10\sim11\times10^{-6}$/K으로 Fe, Ni, Cr이 확산되는 단점이 있지만 가격이 싸고 기판이 유연하여 여러 분야에 적용이 가능하다.스테인레스 스틸의 상위 개념인, 플렉서플 포일(Flexible foils), 폴리머(Polymer)가 기판 (110) 재질로 사용될 수 있다.

[0033] 도핑층(120)은 도핑원소를 증착법을 통해 증착함으로써 형성된다. 도핑원소는 알칼리 원소이다. 본 발명의 일실시예에서는 Na를 도핑한 몰리브덴층(Mo:Na)을 스퍼터링 공정을 통해 증착함으로써 형성된다.

[0034] 후면 전극층(130)은 몰리브덴을 증착하여 형성된다.

[0035] 도핑층(120)과 후면 전극층(130)은 2중층 후면 전극 구조(Mo/Mo:Na)로서, 도핑층(120)은 기판(110)과 후면 전극층(130)사이에 박리현상이 일어나지 않도록 하는 역할을 한다. 물론, 적절한 두께로 충전률(FF: Fill Factor)을 감소시키지 않게한다. 적절한 두께는 후면 전극층(130)의 경우, 약 0.5 ~ 1㎛이고, 도핑층(120)의 경우, 약 500 ~ 600nm이다. 또한, 증착의 진공도는 후면 전극층(130)의 경우, 약 1~2mtorr이고, 도핑층(120)의 경우, 약 5~6mtorr이다. 2중층 후면 전극 구조는 Mo:Na/Mo가 아닌, Mo/Mo:Na로 구성된다. 이는 2가지 요인으로, 표면저항(sheet resistance)과 표면 거칠기로 설명된다.

[0036] 동일한 유리 기판에 1㎛ 두께의 후면 전극층(130)(Mo)과, 600nm 두께의 도핑층(120)(Mo:Na)를 각각 증착한 뒤, 표면저항을 비교하였을 때, 628.4 mΩ/□와 101.5Ω/□의 표면저항을 나타내었으며, 도핑층(120)의 경우, 두께

가 두꺼워 질수록 표면저항 값이 급격하게 증가하는 문제점이 있어 광흡수층(140)과 접합하기에 적합하지 않다. 더불어 원자간력 현미경(AFM)으로 제곱평균제곱근 표면 거칠기(RMS roughness)를 측정하였을 때, 5.793nm 거칠기의 후면 전극층(130)(Mo)에 비해 낮은 2.125nm 거칠기의 도핑층(120)(Mo:Na)는 바로 위에 광흡수층(140)을 증착하기에 박리현상의 문제점이 있다.

[0037] 광흡수층(140)은 CIGS($Cu(InGa)Se_2$)의 4원소로 이루어진 칼코제나이드계 화합물을 후면 전극층(130)의 표면상에 증착함으로써 형성된다. 진공 증발 증착(evaporation), 스퍼터링 (sputtering) 공정이 있으며, 용액 공정으로도 다양한 조성비를 확보하며 제작할 수 있다.

[0038] 부연하면, 유연한 기판(110)위에 Mo/Mo:Na 이중층 구조의 도핑층(120) 및 후면 전극층(130)이 증착한다. 이 경우, 도핑층(Mo:Na)에 도핑되어 있는 Na 이온이 CIGS 광흡수층(140)을 증착하는 고온 공정(약 540° 내지 560°)에서 후면 전극층(130)을 통과하여 광흡수층(301)쪽으로 확산된다.

[0039] 광흡수층(140)은 후면 전극층(130) 위에 증착이 된다. 해당 공정에서 Ga의 비율에 따라 원하는 에너지 밴드갭의 조절 및 밴드갭 그레이딩(grading) 구조를 형성할 수 있다.

[0040] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 유연 태양전지(100)를 제조하는 공정을 보여주는 순서도이다. 도 2를 참조하면, 우선 기판(110)을 준비한다(단계 S210). 즉, 스테인레스 스틸, 폴리이미드 등을 미리 일정한 두께와 넓이로 잘라 준비한다.

[0041] 이후, 기판(110)의 상부면에 도핑원소를 이용하여 도핑층(120)을 형성한다(단계 S220).

[0042] 이후, 도핑층(120)의 상부면에 후면 전극층(130)을 형성한다(단계 S230).

[0043] 이후, 후면 전극층(130)의 상부면에 광흡수층(140)을 형성한다(단계 S240)

[0044] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 CIGS(copper indium gallium selenide) 광흡수층(140)의 표면에서 기판(110)까지의 거리에 따른 Ga/(Ga+In) 비율을 나타내는 그래프이다. 도 3을 참조하면, 이중층 후면전극 구조(200/201)를 통하여 확산되는 Na는, CIGS 광흡수층 내에서 표면과 후면 전극 측의 밴드갭을 증가시킨 V자형 이중 갈륨 그레이딩 구조에 영향을 미친다.

[0045] 도 3에 도시된 V자형 갈륨 그레이딩 구조에 있어, 이중층 후면 전극층에서 확산된 Na가 미치는 영향을 나타낸 것이다. 일반전인 V자형 갈륨 그레이딩 구조(310)는 본 발명의 일실시예에 따른 V자형 갈륨 그레이딩 구조(320)보다 폭이 넓고 깊이도 얇다. 즉, Na가 CIGS 광흡수층(140)에 확산됨에 따라, V자형 갈륨 그레이딩(311,312)이 더 좁아지고, 좀 더 표면 쪽으로 최소점이 아래쪽으로 이동하였으며 그 크기도 감소한다. 도 3에서 "Front"는 광흡수층(140)의 표면쪽이며, "Back"은 기판쪽이다.

[0046] Na의 확산이 CIGS 광흡수층의 표면에서 후면 전극층에서 까지에 있어, Ga의 축적을 방해하고 그레인 내부에 한정하며, CIGS 입자 경계에서 In 축적을 허용하여 Ga,In의 상호확산을 촉진한다. 더불어, 좁아진 V자형 갈륨 그레이딩으로 인해 CdS/CIGS의 접합 품질이 향상되며 캐리어 포집 효율이 또한 증가한다.

[0047] 도 4는 일반적인 CIGS의 밴드 다이어그램 모식도이고, 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 CIGS의 밴드 다이어그램 모식도이다. 도 4 및 도 5를 참조하면, 좁아지고 깊어진 V자형 갈륨 그레이딩은 역방향 정전위를 형성하여 전도대(E_C)의 최소점을 감소시키고, CdS/CIGS 사이 낮은 전도대 오프셋을 제공하여 해당 계면에서 도 5에 도시된 바와 같이 밴드정렬을 유도한다.

[0048] 더 낮아진 전도대 최소점은 전자들(e-)로 하여금 공핍층으로 더 잘 흐르게 하고, 재결합을 줄이면서 전하 포집 효율을 향상시킨다. 또한, 변형된 갈륨 그레이딩은 더 강한 전계를 형성하여 전자들의 이동을 향상시키고 근적외선 영역에 있어서 광반응성을 높인다. 도 4에서 E_c는 전도대역의 최소 에너지이고, E_f는 페르미 에너지이고, E_v는 가전자 대역의 최대 에너지이다.

[0049] Na가 도핑되지 않은 CIGS 소자(CIGS_1)와 Na 도핑된 몰브덴 2중층 구조가 적용된 CIGS 소자(CIGS_2)의 태양전지 퍼포먼스 파라미터를 보면 다음표과 같다.

표 1

[0050]

Parameters	CIGS_1	CIGS_2
Jsc(mA/cm^2)	21.12	28.25

Voc(mV)	583.2	592.1
PCE(%)	5.75	8.73
FF(%)	46.4	52.2
R_{sh}(Ω)	512.8	3134.7
R_s(Ω)	45.6	27.6

[0051] Mo/Na가 도핑된 Mo층으로 구성된 2중층 후면 전극 구조를 적용하여, Ga 그레이딩에서의 긍정적인 변화가 발생한 CIGS 소자(CIGS2)의 경우, Na가 첨가되지 않은 CIGS소자(CIGS1)보다 단락전류(Jsc)는 21.12에서 28.25mA/cm^2로 증가하였고, 개방전압(Voc)은 583.2에서 592.1mV로 증가, 충전률(FF:Fill Factor)는 46.4%에서 52.2%로 증가하였다. 단락전류, 개방전압, 에너지 전환 효율(PCE: Power Converstion Efficiency), 충전률 그리고 저항요소(R_{sh},R_s) 등의 긍정적인 변화로 인해 광전변환 효율은 5.75에서 8.73%로 향상되었다. 여기서, R_{sh}는 병렬 저항이고, R_s는 직렬 저항을 나타낸다.

[0052] 도 6은 일반적인 CIGS1 및 본 발명에 따른 CIGS2 기반 태양전지의 전압에 대한 전류 밀도를 나타내는 그래프이다. 도 6을 참조하면, 발생되는 전압과의 관계에서 CIGS1(610)보다 CIGS2(620)의 전류 밀도가 높다.

[0053] 도 7은 일반적인 CIGS1 및 본 발명에 따른 CIGS2 기반 태양전지의 외부양자 효율(External Quantum Efficiency)을 나타내는 그래프이다. 도 7을 참조하면, 파장과의 관계에서 CIGS1(710)보다 CIGS2(720)의 외부양자 효율이 크다.

부호의 설명

[0054] 100: 태양전지

110: 기판

120: 도핑층

130: 후면 전극층

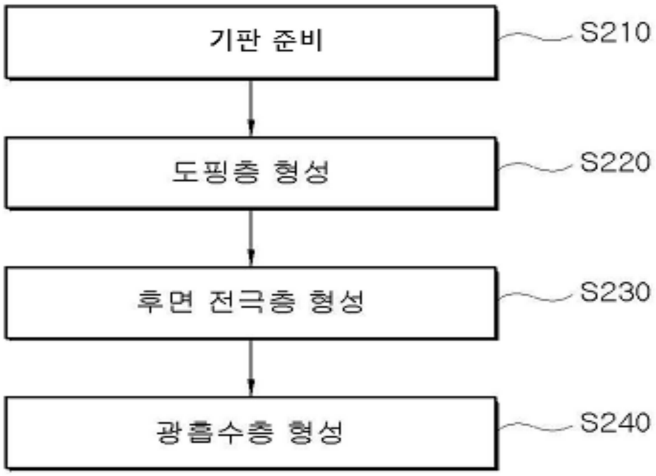
140: 광흡수층

도면

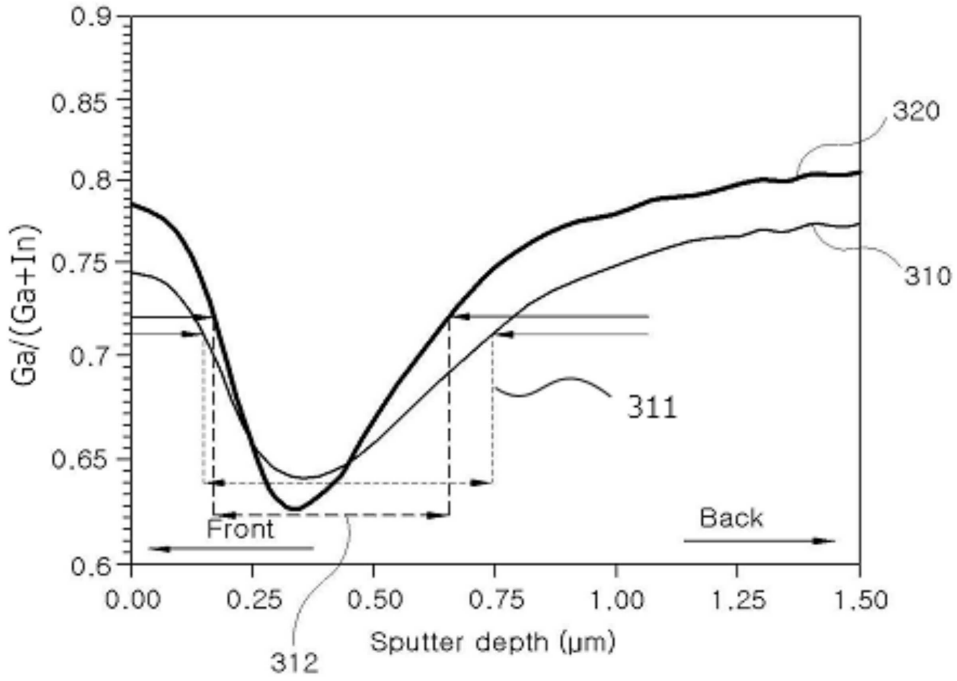
도면1



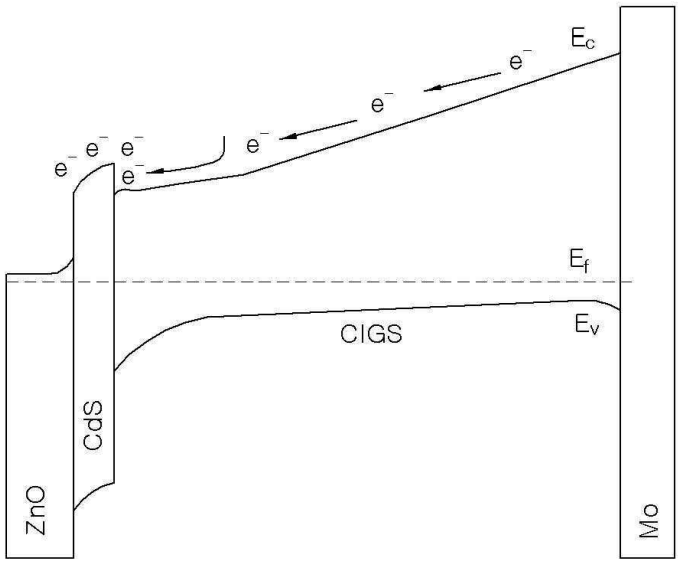
도면2


기판 준비
S210
도핑층 형성
S220
후면 전극층 형성
S230
광흡수층 형성
S240

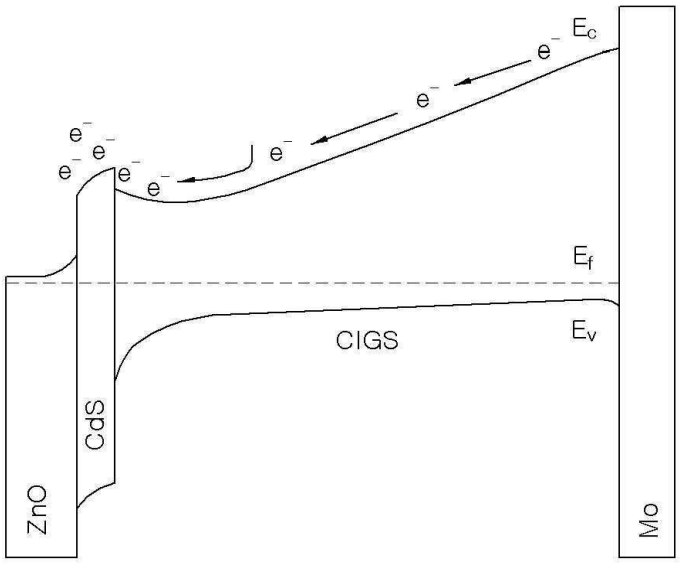
도면3


0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
Ga/(Ga+In)
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
Sputter depth (μm)
320
310
311
312
Front
Back

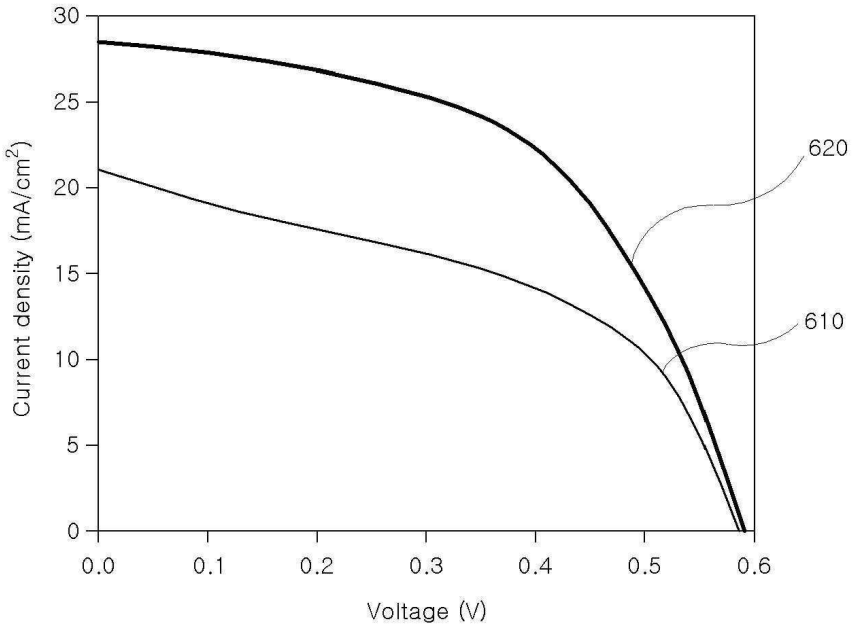
도면4


Ec
e⁻
e⁻
e⁻
e⁻ e⁻ e⁻
e⁻
Ef
Ev
CIGS
ZnO
CdS
Mo

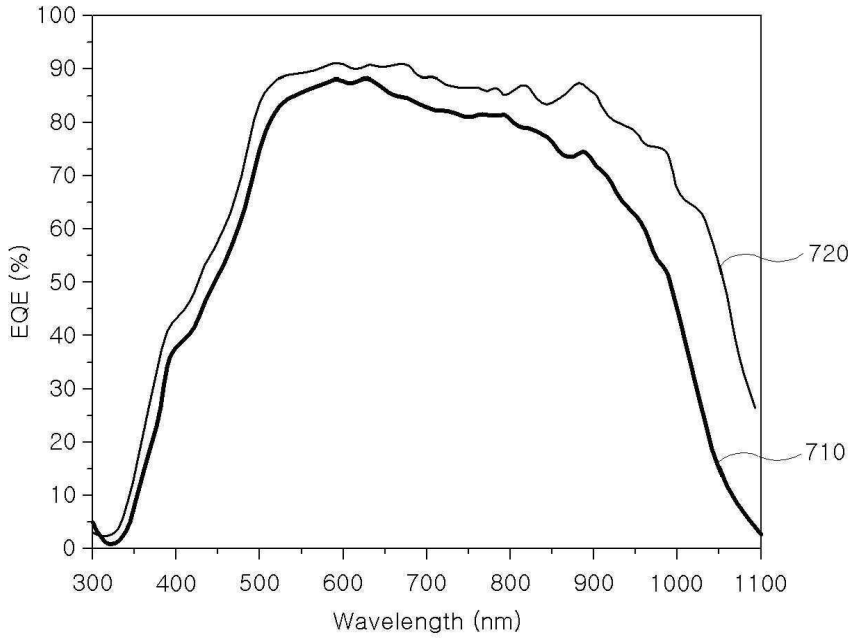
도면5


Ec
e⁻
e⁻
e⁻
e⁻ e⁻ e⁻
e⁻
Ef
Ev
CIGS
ZnO
CdS
Mo

도면6


Current density (mA/cm^2)
Voltage (V)
620
610

도면7


EQE (%)
Wavelength (nm)
720
710