



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년08월03일
(11) 등록번호 10-1644788
(24) 등록일자 2016년07월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0216 (2014.01) H01L 31/0224 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/02168 (2013.01)
H01L 31/022441 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0096409
(22) 출원일자 2015년07월07일
심사청구일자 2015년07월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP09172193 A
JP2010027662 A
W02010023860 A1
KR1020130023608 A

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
정중희
서울특별시 강동구 상암로27길 28-16 (천호동) 2층
홍기하
대전광역시 유성구 반석동로 33 반석마을5단지아파트 506-102
이도권
서울특별시 성북구 월곡로14길 26 월곡래미안루나밸리아파트 102-104
(74) 대리인
특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 전병식

(54) 발명의 명칭 반투명성 화합물 박막 태양전지

(57) 요약

본 발명은 반투명성 화합물 박막 태양전지에 관한 것으로, 상세하게, 메쉬 형의 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 메쉬 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함하는 반투명성 화합물 박막 태양전지에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 31/022466 (2013.01)

H01L 31/0445 (2015.01)

Y02E 10/50 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B5-2605

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국에너지기술연구원

연구사업명 미래첨단에너지 주체발굴 사업

연구과제명 R2R 공정 CIGS 태양전지를 위한 비진공 방식의 고신뢰성 투명전극

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교

연구기간 2015.01.01 ~ 2015.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

메쉬 형의 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 메쉬 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함하되,

상기 후면전극층과 광흡수층의 메쉬 형상에 의해 생성되는 빈 공간으로 기재를 통해 입사광이 투과하는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 2

서로 이격 배열된 복수의 제 1 전도성 스트립 및 상기 복수의 제 1 전도성 스트립을 가로질러 연결하는 제 2 전도성 스트립을 포함하는 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 콤(comb) 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함하되,

상기 후면전극층과 광흡수층의 콤(comb) 형상에 의해 생성되는 빈 공간으로 기재를 통해 입사광이 투과하는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 후면전극층은 상기 복수의 제 1 전도성 스트립 및 상기 제 2 전도성 스트립을 일 단위 전극으로 하여, 둘 이상의 단위 전극을 포함하며 서로 인접하는 두 단위 전극은 각 단위 전극에 속하는 전도성 스트립간 상호 맞물린(interdigitated) 구조를 갖는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 후면전극층 및 광흡수층은 하기 관계식 1을 만족하는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

(관계식 1)

$$0.1 \leq (S3 + S2)/S1 \leq 0.95$$

(관계식 1에서 S1은 후면전극층이 위치하는 기재 일 표면의 전체 표면적이며, S2는 후면전극층에 의해 덮이는 기재의 표면적이며, S3는 광흡수층에 의해 덮이는 기재의 표면적이다)

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 후면전극층의 하부에 위치하는 기재를 추가적으로 포함하는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 태양전지는 광흡수층 상부에 위치하는 버퍼층 및 투명전극층에서 하나 이상 선택되는 층으로부터 덮이는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 후면전극층은 규칙적인 메쉬 또는 랜덤한 메쉬 형상인 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 랜덤한 메쉬 형상은 와이어가 불규칙적으로 얹힌 그물망 구조를 포함하는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 9

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 후면전극층은 두께가 적층 방향으로 50 nm 내지 3000 nm 인 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 10

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 광흡수층은 두께가 적층 방향으로 300 nm 내지 3000 nm 인 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 11

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 광흡수층은 구리(Cu) 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코젠화합물을 포함하는 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 12

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 광흡수층은 광흡수체 용액을 이용한 전기도금법에 의해 상기 후면전극층에 대응되게 형성된 반투명성 화합물 박막 태양전지.

청구항 13

제 1항 있어서,

상기 광흡수층은 광흡수체 용액을 이용한 인쇄법에 의해 상기 후면전극층에 대응되게 형성된 반투명성 화합물 박막 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 화합물 반도체 박막 태양전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 반투명한 특성을 보이는 화합물 박막 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양에너지의 이용분야 중 태양전지는 오늘날 태양광 발전 시스템 또는 실내에서 활용되는 전자계산기 등의 분야에서 태양에너지를 전기에너지로 변환시켜 주는 반도체 소자로서 널리 보급되어 사용되고 있다.

[0003] 종래의 태양전지는 구성성분에 따라 실리콘 반도체 태양전지, 화합물 반도체 태양전지, 적층형 태양전지 등으로 분류되며, CIGS로 대표되는 화합물 반도체 기반 태양전지는 실리콘 반도체 태양전지에 버금가는 효율을 가질 뿐만 아니라, 전기 광학적으로 극히 안정하여, 실리콘 반도체 태양전지를 대체할 수 있는 차세대 태양전지로 각광 받고 있다.

[0004] 일반적인 CIGS 박막 태양전지의 구조는 $ZnO:Al/ZnO/CdS/CIGS/Mo$ 코팅된 소다석회 유리, 즉 불투명 기판형이라고 할 수 있다. 이러한 구조의 경우, 불투명한 폴리브덴(Mo) 층이 뒷면으로부터의 광의 투과를 차단하기 때문에 태양광은 태양전지를 투과할 수 없게 된다. 따라서, 투명성이 확보된 태양전지는 다양한 산업 분야에 응용할 수 있으며, 그 중에서 건물 창문, 자동차 유리, 휴대용 전자기기 등에 상기의 태양전지를 응용할 수 있으며, 향후 급속한 시장 성장이 예측되는 태양전지 분야이다.

[0005] 현재까지 건물 창문이나 자동차 유리 등에 응용 가능성이 있다고 판단되는 태양전지로는 염료감응형 태양전지(DSSC)가 있을 수 있다. DSSC는 n형 반도체 나노입자의 분산성 및 막두께 조절을 통하여 발전부의 투과율 조절이 가능하고, 색상이나 이미지를 도입할 수 있다는 점에서 창호용 산업 및 전자기기로의 응용에 적합하다고 할 수 있다. 하지만 DSSC는 태양전지가 갖추어야 하는 가장 기본적인 요구사항인 안정성 문제가 아직 해결되지 않아, 실제 적용까지는 많은 시간이 필요할 것으로 예상된다. 또한 DSSC에는 인체에 매우 유독한 액체 전해질이 사용되고 있어 파손 시 유독 물질의 누수로 인한 심각한 안전성 문제를 유발할 수도 있다.

[0006] 이에 반해, 투명성이 확보된 무기박막 태양전지를 구현할 수 있다면 채광성 확보뿐만 아니라 안전성 면에서도 월등한 창호용 태양전지를 제조할 수 있게 된다. 투명 유리 기판을 이용한 양면 CIGS 박막 태양전지는 이미 보고된 바가 있으나(대한민국 공개특허 제2012-0118195), 창호용 태양전지로 응용 가능할 정도의 광 투과 성질을 가지고 있는 박막 태양전지는 아직 보고된 바 없으며, 대부분의 연구가 CIGS 태양전지의 효율 증가에 초점이 맞추어진 상태이므로, 채광성이 확보되면서도 장기간동안 안정적으로 동작할 수 있는 반투명한 박막 태양전지의 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2012-0118195

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 본 발명의 목적은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 무기물 기반 반도체 태양전지의 구조를 제어하여, 투명성이 확보된 반투명성 화합물 박막 태양전지를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은, 박막형 태양전지의 광흡수층을 용이하게 변경하여, 광의 투과도 조절이 가능한 반투명성 화합물 박막 태양전지를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 또 다른 목적은, 건물 창문, 자동차 유리 및 휴대용 전자기기 등에 응용할 수 있는 반투명성 화합물 박막 태양전지를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 메쉬 형의

후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 메쉬 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함한다.

[0012] 또한 본 발명의 또 다른 양태에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 서로 이격 배열된 복수의 제 1 전도성 스트립 및 상기 복수의 제 1 전도성 스트립을 가로질러 연결하는 제 2 전도성 스트립을 포함하는 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 후면전극층은 상기 복수의 제 1 전도성 스트립 및 상기 제 2 전도성 스트립을 일 단위 전극으로 하여, 둘 이상의 단위 전극을 포함하며 서로 인접하는 두 단위 전극은 각 단위 전극에 속하는 전도성 스트립간 상호 맞물린(interdigitated) 구조를 가질 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 후면전극층 및 광흡수층은 하기 관계식 1을 만족할 수 있다.

[0015] (관계식 1)

[0016]
$$0.1 \leq (S3 + S2)/S1 \leq 0.95$$

[0017] 관계식 1에서 S1은 후면전극층이 위치하는 기재 일 표면의 전체 표면적이며, S2는 후면전극층에 의해 덮이는 기재의 표면적이며, S3는 광흡수층에 의해 덮이는 기재의 표면적이다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 후면전극층의 하부에 위치하는 기재를 추가적으로 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 태양전지는 광흡수층 상부에 위치하는 버퍼층 및 투명전극층에서 하나 이상 선택되는 층으로부터 덮일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 후면전극층은 규칙적인 메쉬 또는 랜덤한 메쉬 형상일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 랜덤한 메쉬 형상은 와이어가 불규칙적으로 얹힌 그물망 구조를 포함할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 후면전극층은 두께가 적층 방향으로 50 nm 내지 3000 nm 일 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 광흡수층은 두께가 적층 방향으로 300 nm 내지 3000 nm 일 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 광흡수층은 구리(Cu) 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코겐화합물을 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 광흡수층은 광흡수체 용액을 이용한 전기도금법에 의해 상기 후면전극층에 대응되게 형성될 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 광흡수층은 광흡수체 용액을 이용한 인쇄법에 의해 상기 후면전극층에 대응되게 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 메쉬 형태 또는 콤(comb) 형태의 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되며, 후면전극층을 덮는 형태의 광흡수층으로 구비될 때, 상기 태양전지에 조사되는 광이 태양전지를 투과할 수 있어 반투명한 특성을 가질 수 있으며, 건물 창문, 자동차 유리 및 휴대용 전자기기 등에 응용할 수 있는 장점이 있다.

[0028] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 제조방법은 전기도금법을 사용하여 광흡수층을 메쉬 형태 또는 콤(comb) 형태의 후면전극층에 대응되게 함으로써, 상기 태양전지에 반투명한 특성을 부여할 수 있으며, 광흡수층의 형상 제어 방법이 비교적 단순하여, 제조시 생산성을 향상시킬 수 있고, 공정 구축 비용의 절감이 가능하며, 다단계의 엄격한 공정제어가 불필요하다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 종래 불투명한 박막형 태양전지의 일 단면도를 도시한 도면이며,
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 일 단면도를 도시한 도면이며,
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재 및 후면전극층의 일 평면도를 도시한 도면이며,
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재, 후면전극층 및 광흡수층의 일 평면도를 도시한 도면이며,
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 기재 및 랜덤한 매쉬 형상의 후면전극층을 도시한 다른 평면도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재, 랜덤한 매쉬 형상의 후면전극층 및 광흡수층의 일부분을 도시한 평면도이며,
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재 및 콤 형상의 후면전극층의 일 평면도이며,
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재 및 콤 형상의 후면전극층의 다른 일 평면도이며,
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재, 후면전극층, 광흡수층 및 투명전극층의 일 단면도를 도시한 도면이며,
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재, 후면전극층 및 광흡수층의 일 단면도를 도시한 도면이며,
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재, 후면전극층, 광흡수층, 버퍼층, 투명전극층 및 전극그리드의 일 단면도를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 반투명성 화합물 박막 태양전지를 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있으며, 이하 제시되는 도면들은 본 발명의 사상을 명확히 하기 위해 과장되어 도시될 수 있다. 이때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.
- [0031] 본 발명에 있어, “반투명성”은 조사되는 빛이 매질을 통과하여 일부는 매질이 흡수되고 나머지 일부는 투과되는 의미일 수 있다. 예컨대 “반투명성 태양전지”는 가시광 영역의 투과율이 5 내지 90 %에 이르는 광투과 특성을 가지는 태양전지를 지칭할 수 있으며, 구체적으로 10 내지 75 %, 보다 구체적으로 20 내지 50 %에 이르는 광투과율을 갖는 태양전지를 의미할 수 있다. 이때, 상기 태양전지의 투과율을 측정하는 가시광 영역의 파장은 400 nm 내지 700 nm 일 수 있다.
- [0032] 본 발명에 있어, 특별히 한정하지 않는 한, 용어 “덮는” 또는 “덮이는”의 의미는 물건 따위가 드러나거나 보이지 않도록 보다 넓은 물건으로 씌운다는 뜻일 수 있으며, 예컨대 “후면전극층을 덮는 광흡수층에 있어”의 의미는 후면전극층의 상부 표면 및 측부 표면을 포함하는 모든 표면이 광흡수층으로 감싸인 구조를 의미할 수 있다.
- [0033] 본 발명에 있어, 용어 “스트립”은 그 단면이 정사각 내지 직사각, 타원 또는 원통형을 갖는 얇은 띠를 의미할 수 있다. 예컨대, 다수개의 후면전극 스트립의 조합(결합)에 의해, 매쉬 형태의 후면전극층을 형성할 수 있다.
- [0034] 본 발명에 있어, 특별히 한정하지 않는 한, 용어 “콤(comb) 형태”는 서로 이격 배열된 복수의 제 1 전도성 스트립 및 상기 복수의 제 1 전도성 스트립을 가로질러 연결하는 제 2 전도성 스트립을 포함하는 형태를 의미할 수 있다. 예컨대, 콤 형태의 후면전극층은 서로 이격 배열된 둘 이상의 제 1 전도성 스트립 및 상기 둘 이상의

제 1 전도성 스트립을 가로질러 연결하는 제 2 전도성 스트립을 포함하는 후면전극층을 의미할 수 있다.

- [0035] 본 발명에 있어, 화합물 박막 태양전지에서 용어 “화합물”은 구리 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코겐화합물을 포함하는 반도체 화합물을 의미 할 수 있다.
- [0037] 도 1은 기 알려진 화합물 박막 태양전지의 기본 구조를 도시한 도면으로, 도 1에 도시한 바와 같이, 상기 박막 태양전지는 기판(10)-Mo를 포함하는 후면전극(20)-반도체 화합물 광흡수층(30)-버퍼 및 투명전극층(40)-반사방지막(50)-그리드전극(60)의 적층 구조를 가진다. 이런 종래의 구조를 갖는 경우, 불투명한 Mo 층 및 광을 흡수하는 광흡수층에 의해, 광이 태양전지를 투과할 수 없어, 불투명한 특성을 가질 수밖에 없다.
- [0038] 그러나, 본 발명에서는 후면전극층을 막이나 필름의 형상이 아닌 메쉬 형상을 갖도록 하고, 메쉬 형의 후면전극층 상부에 광흡수층이 위치하며 동시에 광흡수층이 후면전극층과 대응되는 메쉬 형상을 갖도록 함으로써, 태양전지에 반투명한 특성을 부여할 수 있다. 또한, 상기 광흡수층의 형상 제어 방법이 비교적 단순하여, 제조시 생산성을 향상시킬 수 있고, 공정 구축 비용의 절감이 가능하며, 다단계의 엄격한 공정제어가 불필요하다는 장점이 있다.
- [0039] 본 발명의 제 1 양태에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 메쉬 형의 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 메쉬 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함한다.
- [0040] 이와 독립적으로, 본 발명의 제 2 양태에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 콤(comb) 형의 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 콤 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함한다.
- [0041] 이하 본 발명의 제 1 양태에 따른 태양전지를 상세히 설명한다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 단면을 도시한 도면으로, 도 2에 도시한 일 예와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 후면전극층(200) 및 후면전극층과 대응되는 메쉬 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층(300)을 포함할 수 있다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 태양전지에 있어, 태양전지의 광투과율은 메쉬 형상인 후면전극의 형태나 크기, 후면전극 상에 형성되는 광흡수층의 두께 등을 조절하여 설계될 수 있다.
- [0044] 상세하게, 본 발명에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 후면전극층 및 광흡수층의 형태 및 크기에 따라 5 내지 90 %에 이르는 광투과율 특성을 가질 수 있다. 이러한 광투과율은 무기반도체를 광흡수체로 사용하는 태양전지에서 보고 된 바 없는 광투과율이며, 채광이 담보되는 창호용 태양전지로 사용 가능한 광투과율이다. 상기 광투과율은 광투과도 $\times$ 100으로 계산하여 백분율(%)로 표시하며, 광투과도는 입사광 세기(I_0)에 대한 투과광 세기(I)의 비(I/I_0)를 나타낸다.
- [0045] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지는, 설계된 투과율을 가질 수 있는 장점이 있다. 즉, 후면전극층 및 광흡수층의 형태 및 크기를 조절하여 태양전지가 일정한(pre-determined) 투과율을 갖도록 설계할 수 있다. 이러한 투과율의 설계 및 조절은, 태양전지의 용도에 따라, 해당 용도에 적절한 투과율을 갖도록 조절 가능함을 의미하며, 이는 태양전지의 각종 산업에의 직접적 활용 가능성을 매우 크게 넓인 것이라 할 수 있다.
- [0046] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 하기 관계식 1로 정의되는 후면전극층 및 광흡수층에 의한 커버리지(coverage)에 따라 광투과율을 용이하게 조절할 수 있다.
- [0047] (관계식 1)
- [0048]
$$0.1 \leq (S3+S2)/S1 \leq 0.95$$
- [0049] 관계식 1에서 $S1$ 은 후면전극층이 위치하는 기재 일 표면의 전체 표면적이며, $S2$ 는 후면전극층에 의해 덮이는 기재의 표면적이며, $S3$ 는 광흡수층에 의해 덮이는 기재의 표면적이다.
- [0050] 즉, 후면전극층과 광흡수층은 기재의 일 표면과 접하여 위치할 수 있으며, 후면전극층과 광흡수층이 위치하는 기재의 일 표면을 기준으로, 일 표면의 10% 내지 95%에 해당하는 표면적이 후면전극층과 광흡수층에 의해 덮일 수 있다.
- [0051] 화합물 박막 태양전지의 후면전극은 몰리브덴과 같은 금속층을 사용함에 따라, 금속층이 광의 투과를 차단하게 된다. 따라서, 상기 후면전극층을 메쉬 형태 또는 콤 형태로 구비하고 후면전극층과 대응되는 메쉬 형태 또는 콤 형태의 광흡수층을 구비하는 경우, 입사광이 메쉬 형태 또는 콤 형태(후면전극 및 광흡수층)의 빈 공간으로 투과할 수 있게 되므로, 상기 화합물 박막 태양전지의 투과도를 확보할 수 있다.

[0052] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 상기 후면전극층과 광흡수층에 의한 커버리지(=(S3+S2)/S1)는 0.1 내지 0.95 일 수 있다. 후면전극층과 광흡수층에 의한 커버리지가 과도하게 높은 경우 광투과도의 저하를 야기하며, 후면전극층과 광흡수층에 의한 커버리지가 너무 작은 경우 태양전지에 구비되는 광흡수체의 양이 줄어들어, 전지효율이 감소할 수 있다. 즉, 최소 5 % 이상의 투과율을 가지면서도 광흡수체와 후면전극 간의 계면 면적 향상에 의한 전지효율 향상이 가능하고, 다량의 광흡수체가 전지에 형성될 수 있도록, 그 커버리지가 0.25(약 75 % 투과) 내지 0.9(약 10 % 투과)인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 0.5(약 50 % 투과) 내지 0.8(약 20 % 투과)이다.

[0054] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 기재(100)와 후면전극층(200)을 도시한 일 평면도이다. 도 3에 도시한 일 예와 같이, 후면전극층(200)은 기재(100) 상부에 위치하며, 제 2방향(x축)으로 형성된 후면전극 스트립(strip)(220)과 제 3방향(y축)으로 형성된 후면전극 스트립(230)이 일정한 패턴을 갖도록 예컨대 직교형식으로 배열된 메쉬 형태이다. 이때, 상기 제 2방향(x축)으로 형성된 후면전극 스트립(220)과 제 3방향(y축)으로 형성된 후면전극 스트립(230)은 상호 사교하게 배열될 수 있다.

[0055] 또한, 후면전극층(200)은 M0로 도시한 빈 공간을 가질 수 있으며, 이하 공극 형상이라 지칭한다. 상기 공극 형상은 M0와 같이 직사각형이 아닌, 다각형 또는 원형인 예를 들 수 있으며, 상기 공극 형상의 일 예 중에서 하나 이상의 형상으로 구성되는 규칙적인 메쉬 형태로 후면전극층이 형성될 수 있다.

[0056] 상기 후면전극층의 공극 형상의 구체적인 일 예로서, 후면전극층의 공극 형상이 직사각형인 경우, 후면전극층은 도 3a에서 도시한 후면전극층을 구성하는 최소 반복 단위로 표현할 수 있다. 즉, 상기 최소 반복 단위의 요소는 메쉬의 폭인 M2 와 M3, 메쉬의 간격인 SP2 와 SP3, 및 공극 형상의 면적인 M0s으로 도시될 수 있다.

[0057] 즉, 상술한 관계식 1에서 후면전극층이 덮는 기재의 표면적인 S2는 상기 최소 반복 단위의 요소에 의해 표현될 수 있으며, 하기 관계식 2로 정의 될 수가 있다.

[0058] (관계식 2)

$$S2 = n(SP2 \times SP3 - M0s)$$

[0059] , (단, n은 1 이상의 실수이며, 최소 반복 단위의 개수이다.)

[0060] 또한, 상기 빈 공간의 면적(M0s)는 하기 관계식 3으로 정의될 수 있다.

[0061] (관계식 3)

$$M0s = (SP2 - M2) \times (SP3 - M3)$$

[0062]

[0063] 즉, 후면전극층이 덮는 기재의 표면적인 S2는 상술한 최소 반복 단위의 요소인 M2, M3, SP2, SP3, 및 M0에서 하나 이상 선택되는 인자의 값을 변경함으로써 달라 질 수 있다. 구체적이고 비한정적인 일 예로, M2, M3는 각각 0.1 μm 내지 1000 μm 일 수 있으며, 바람직하게는 1 내지 100 μm 일 수 있고, 보다 바람직하게는 5 μm 내지 50 μm 일 수 있다. 또한, 상기 M2, M3는 같거나 상이할 수 있다. 또한, 상기 SP2, SP3는 각각 0.2 μm 내지 2000 μm 일 수 있으며, 바람직하게는 2 내지 200 μm 일 수 있고, 보다 바람직하게는 10 내지 100 μm 일 수 있다. 또한, SP2, SP3는 같거나 상이할 수 있다.

[0064] 구체적이고 비한정적인 후면전극층의 다른 일 예로, 도 10에 도시한 후면전극층(200)의 적층 방향의 두께(T1)는 종계는 적층 방향인 제 1방향으로 50 nm 내지 3000 nm, 보다 종계는 100 nm 내지 2000 nm, 보다 더 종계는 500 nm 내지 1000 nm 의 두께 일 수 있다.

[0065] 제조 방법적인 측면에서, 상술한 규칙적인 메쉬 형태의 후면전극층은 금속막을 부분적으로 식각하여 제조하는 방법, 새도우 마스크(shadow mask)를 이용하여 선택적으로 증착하는 방법, 또는 전도성 와이어 분산액을 도포하는 방법 등을 사용하여 제조될 수 있다.

[0066] 상세하게, 상기 후면전극층은 i-1) 기재 상부에 진공증착법으로 평판형(plate) 후면전극층을 형성한 후, ii-1) 상기 평판형 후면전극층을 선택적으로 식각하여 메쉬 형태의 후면전극층을 형성할 수 있다. 다른 제조 방법적으로는, i-2) 기재 상부에 마스크(mask)를 덮은 다음, ii-2) 메탈(metal)을 증착하여 상기 형상의 후면전극층을 구성할 수도 있다. 이때 i-1)의 증착 또는 ii-2)의 증착은 스퍼터링법(Sputtering), 진공증착법(Evaporation), 유기금속화학기상증착법(MOCVD; Metal Organic Chemical Vapour Deposition), 스핀 코팅(spin coating), 또는 스프레이 코팅(spray coating)을 이용하여 구성될 수 있다.

- [0067] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 기재(100), 후면전극층(200) 및 광 흡수층(300, 320, 330)을 도시한 일 평면도이다. 도 4에 도시한 일 예와 같이, 광흡수층(300)은 후면전극층(200)에 대응되는 메쉬 형상을 가지며, 후면전극층을 덮을 수 있다. 이때, 광흡수층이 후면전극층과 대응되는 메쉬형상을 가짐에 따라, 광흡수층이 형성된 후에도 후면전극층의 공극 형상과 유사한 형상의 빈 공간(P0)이 존재함은 물론이다. 또한, 점선으로 표시된 후면전극 스트립(220, 230)은 보이지 않는 면이며, 설명을 용이하게 하기 위하여 도시하였다.
- [0068] 상술한 후면전극층의 공극형상과 유사하게, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 광흡수층(300)의 공극 형상이 직사각형인 경우, 광흡수층은 도 4a에서 도시한 광흡수층을 구성하는 다른 형태의 최소 반복 단위로 표현할 수 있다. 상기 다른 형태의 최소 반복 단위의 요소는 후면전극층(200)의 메쉬의 폭인 M2 와 M3, 후면전극층의 메쉬의 간격인 SP2 와 SP3, 후면전극층의 공극 형상의 넓이 M0s 및 광흡수층의 수평방향 크기(W)를 포함할 수 있다.
- [0069] 즉, 상술한 관계식 1에서 후면전극층과 광흡수층이 덮는 기재의 표면적인 S3는 상기 다른 형태의 최소 반복 단위의 요소로 표현될 수 있으며, 하기 관계식 4로 정의 될 수가 있다.
- [0070] (관계식 4)
- [0071]
$$S3 = n(M0s - (SP2 - M2 - 2W) \times (SP3 - M3 - 2W))$$
, (단, n은 1 이상의 실수이며, 최소 반복 단위의 개수이다.)
- [0072] 즉, 광흡수층이 덮는 기재의 표면적인 S3는 상술한 최소 반복 단위의 요소인 M2, M3, SP2, SP3, M0s 및 W 에서 하나 이상 선택되는 인자의 값을 변경함으로써 달라 질 수 있다. M2, M3, SP2, SP3 및 M0s 는 도 3에서 상술한 크기와 동일하며, 구체적이고 비한정적인 일 예로, W 는 종계는 200 nm 내지 3,000 nm, 보다 종계는 500 nm 내지 2500 nm, 더욱 종계는 1000 nm 내지 2000 nm의 두께일 수 있다.
- [0073] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 상술한 커버리지(=(S3+S2)/S1)는 관계식 2 내지 4 및 하기 관계식 5로부터 하기 관계식 6으로 표현될 수 있다.
- [0074] (관계식 5)
- [0075]
$$S1 = n(SP2 \times SP3)$$
, (단, n은 1 이상의 실수이며, 최소 반복 단위의 개수이다.)
- [0076] (관계식 6)
- [0077]
$$\text{커버리지} = \frac{(M3 + 2W)SP2 + (M2 + 2W)SP3 + 4W^2 - 2W(M2 + M3) - M2M3}{SP2 \times SP3}$$
- [0078] 구체적이고 비한정적인 후면전극층 및 광흡수층의 일 예로, 메쉬의 폭(M2 = M3) = 50 μ m, SP2 = SP3 = 100 μ m, 광흡수층의 두께(W) = 2 μ m 이면 커버리지(=(S3+S2)/S1)) = 0.7916 이 되므로, 본 발명의 반투명성 화합물 박막 태양전지는 약 20%의 광투과율을 가질 수 있다.
- [0079] 상술한 바와 같이, 화합물 박막 태양전지의 광흡수체는 입사광을 흡수함에 따라, 광흡수층이 광의 투과를 차단하게 된다. 따라서, 상기 광흡수체를 후면전극층에 대응되는 규칙적인 메쉬 형태로 구비하는 경우, 메쉬 형태(후면전극층 및 광흡수층)의 빈 공간으로 광이 투과할 수 있게 되므로, 상기 화합물 박막 태양전지의 투과도를 확보할 수 있다.
- [0080] 또한, 태양전지의 광투과율은 메쉬 형상인 후면전극의 형태나 크기, 후면전극 상에 형성되는 광흡수체의 두께 등을 조절하여 설계될 수 있으며, 이는 상술한 관계식 1 또는 관계식 5의 커버리지에 의해 상기 광투과율을 예측하여 설계 할 수 있는 장점이 있다.
- [0081] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 도 10에 도시한 광흡수층 두께(T2)는 후면전극층의 상부면에서 광흡수층 상부면까지의 크기이며, 제 1방향(t축)의 두께로 도시할 수 있다.
- [0082] 상세하게, 광흡수층의 적층 방향 두께(T2)는 특별히 한정되지 않으나, 적층 방향으로 종계는 300 nm 내지 3,000 nm, 보다 종계는 500 nm 내지 2500 nm, 더욱 종계는 1000 nm 내지 2000 nm의 두께일 수 있다.
- [0083] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 광흡수층은 광흡수체 용액을 이용한 전기

도금법에 의해 상기 후면전극층의 형상에 대응되게 형성될 수 있다.

- [0084] 상세하게, 광흡수층을 후면전극층의 형상에 대응되게 형성함에 있어, 전기도금법은 전도성 소재위에만 코팅이 되는 원리이다. 상술한 도 4 및 도 10의 광흡수층에 있어서, 광흡수층의 빈 공간의 형상(P0), 광흡수층의 수평 방향 크기(W) 및 광흡수층의 적층 방향 두께(T2)는 상기 전기도금법을 사용하여 용이하게 형성할 수 있는 장점이 있다. 더불어, 광흡수층의 적층 방향의 두께(T2)는 수평 방향 두께(W)와 유사한 값을 가질 수 있다.
- [0085] 또한, 전기도금법을 사용하면 고순도의 광흡수층을 균일하게 형성할 수 있으며, 후면전극층과의 결합력이 우수하여 광흡수층의 수율이 향상된 공정을 실시할 수 있다. 더욱이, 전기도금법의 장치 또는 기기는 저가로 구성될 수 있으며 용이한 공정이므로 더욱 바람직하다.
- [0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 제조 방법적인 측면에 있어서, 광흡수층(300)은 i) 전해질 용액을 제작하는 단계, ii) 전기도금법으로 광흡수층을 후면전극층에 선택적으로 코팅하는 단계, iii) 상기 코팅된 광흡수층을 열처리하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0087] 첫 번째로, 상기 i) 전해질 용액을 제작하는 단계는 a) 금속 전구체 및 바인더(binder)에서 하나 이상을 용매에 용해시켜 전구체 혼합 용액을 제조하는 단계, b) 상기 전구체 혼합 용액에 산을 첨가하여 전해질 용액을 제조하는 단계, 및 c) 상기 전해질 용액을 분산 공정을 사용하여 균일한 전해질 용액을 제조하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0088] 상세하게, 상기 금속 전구체는 Cu 전구체, In 전구체, Ga 전구체에서 하나 이상 선택될 수 있다. 구체적이고 비한정적인 일 예로, Cu 전구체는 염화구리(I)(copper(I) chloride, CuCl), 아세트산구리(I)(Copper(I) acetate, CuCO_2CH_3), 황화구리(I)(Copper(I) sulfide, Cu_2S), 질산구리(II)(Copper(II) nitrate, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$), 질산구리(II) 수화물(Copper(II) nitrate hydrate, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), 질산구리(II) 헤미펜타하이드레이트(Copper(II) nitrate hemi(pentahydrate), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$), 아세트산구리(II)(Copper(II) acetate, $\text{Cu}(\text{CO}_2\text{CH}_3)_2$), 아세트산구리(II) 1수화물(Copper(II) acetate monohydrate, $\text{Cu}(\text{CO}_2\text{CH}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 아세트산구리(II) 수화물(Copper(II) acetate hydrate, $\text{Cu}(\text{CO}_2\text{CH}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), 구리 아세틸아세토네이트(II)(copper(II) acetylacetonate, $\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_2$), 염화구리(II)(Copper(II) chloride, CuCl_2), 염화구리(II) 2수화물(Copper(II) chloride dihydrate, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 황화구리(II)(Copper(II) sulfide, CuS), 수산화구리(II)(Copper(II) hydroxide, $\text{Cu}(\text{OH})_2$)에서 하나 이상 선택 될 수 있다.
- [0089] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 상기 In 전구체는 질산인듐(III)(Indium(III) nitrate, $\text{In}(\text{NO}_3)_3$), 질산인듐(III) 수산화물(Indium(III) nitrate hydrate, $\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), 아세트산인듐(III)(Indium(III) acetate, $\text{In}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$), 아세트산인듐(III) 수산화물(Indium(III) acetate hydrate, $(\text{CH}_3\text{CO}_2)_3\text{In} \cdot x\text{H}_2\text{O}$), 인듐 아세틸아세토네이트(III)(Indium(III) acetylacetonate, $\text{In}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_3$), 염화인듐(III)(indium(III) chloride, InCl_3), 염화인듐(III) 4수산화물(Indium(III) chloride tetrahydrate, $\text{InCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), 염화인듐(III) 수산화물(Indium(III) chloride hydrate, $\text{InCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) 및 수산화인듐(III)(Indium(III) hydroxide, $\text{In}(\text{OH})_3$)에서 하나 이상 선택 될 수 있다.
- [0090] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 상기 Ga 전구체는 질산갈륨(III)(Gallium (III) nitrate, GaN_3O_9), 질산갈륨(III) 수산화물(Gallium(III) nitrate hydrate, $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), 아세트산갈륨(III)(Gallium(III) acetate, $\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$), 아세트산갈륨(III) 수산화물(Gallium(III) acetate hydrate, $\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), 갈륨 아세틸아세토네이트(Gallium(III) acetylacetonate, $\text{Ga}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_3$), 염화갈륨(III)(Gallium(III) chloride, GaCl_3), 과염소산갈륨(III)(Gallium(III) perchlorate hydrate, $\text{Ga}(\text{ClO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)에서 하나 이상 선택 될 수 있다.
- [0091] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 바인더는 에틸 셀룰로스(Ethyl cellulose), 폴리비닐아세테이트(Poly(vinyl acetate), PVA), 팔미트산(Palmitic acid), 폴리에틸렌글리콜(Polyethylene glycol, PEG), 폴리프로필렌글리콜(Polypropylene glycol, PPG) 및 폴리프로필렌카보네이트(Polypropylene carbonate, PPC) 에서 하나 이상 선택 될 수 있다.
- [0092] 용매는 물, 에탄올, 메탄올, 알코올, 아세톤, 톨루엔, 벤젠, 헥산 및 테트라클로로에틸렌(Tetrachloroethylen

e)에서 하나 이상 선택되며, 상호 독립적으로 0.2 내지 0.4 몰을 포함할 수 있다.

- [0093] 상술한 금속 전구체의 총 함량은 용매 100 중량부 대비 20 내지 50 중량부인 것이 바람직하며, 30 내지 40 중량부인 것이 가장 바람직하다. 또한 상기 금속 전구체 간의 몰비는 Cu 전구체 : (In 전구체 + Ga 전구체) = 1 : 0.8 ~ 1.4 인 것이 바람직하고, 1 : 1 ~ 1.2 인 것이 가장 바람직하다.
- [0094] 또한, 상기 바인더는 i) 폴리비닐아세테이트로만 구성되거나, 또는 ii) 폴리비닐아세테이트 100 중량부 기준으로 에틸 셀룰로스, 팔미트산, 폴리에틸렌글리콜, 폴리프로필렌글리콜 및 폴리프로필렌카보네이트에서 하나 이상 선택되는 혼합물은 상호 독립적으로 0.1 내지 10 중량부를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0095] 또한, 황산, 질산, 염산 및 염소산에서 하나 이상 선택되는 산은 용매 100 중량부 대비 0.01 내지 10 중량부인 것이 바람직하며, 0.1 내지 1 중량부인 것이 더욱 바람직하다. 또한, pH는 1 내지 4 인 것이 바람직하며, 1.5 내지 3 인 것이 더욱 바람직하다.
- [0096] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지 있어, 상술한 분산 공정은 자석교반기(magnetic stirrer), 보르텍스 믹서(vortex mixer) 및 초음파세척기(ultrasonic cleaning)에서 하나 이상 선택 될 수 있으며, 상호 독립적으로 5 분 내지 60분 동안 분산될 수 있다.
- [0097] 두 번째로, 상기 ii) 전기도금법으로 광흡수층을 후면전극층에 선택적으로 코팅하는 단계는, 상기 제조된 균일한 전해질 용액을 정전류도금방식 또는 정전압도금방식을 사용하여 상술한 후면전극층 상부에 선택적으로 증착할 수 있다. 이때 작용전극(working electrode)은 상술한 후면전극층이며, 상대전극(counter electrode)은 Pt 판, 기준전극(reference electrode)으로는 Ag/AgCl 전극을 이용할 수 있다. 구체적이며 비한정적인 일 예로, 정전압도금방식에서 인가 전압은 종게는 -0.3 내지 -0.7 일 수 있으며, 보다 종게는 -0.4 내지 -0.6 일 수 있다. 또한, 상기 반응시 전해질 용액의 온도는 20 내지 70 °C 일 수 있다.
- [0098] 세 번째로, 상기 iii) 상기 코팅된 광흡수층을 열처리하는 단계는, 전기도금법으로 제조한 광흡수층을 건조하는 단계 및 열처리하는 단계를 포함할 수 있다. 상세하게 광흡수층을 건조하는 단계는 산화분위기, 중성분위기 또는 환원분위기에서 실시할 수 있다. 건조 온도는 종게는 50 내지 300 °C 일 수 있으며, 보다 종게는 100 내지 200 °C 일 수 있다. 건조 시간은 종게는 1 내지 100 일 수 있으며, 보다 종게는 1 내지 10시간 일 수 있다.
- [0099] 또한, 상기 건조한 광흡수층을 열처리하는 단계는 열처리 온도, 열처리 시간 및 열처리 분위기를 포함할 수 있다. 열처리 온도는 종게는 300 내지 700 °C 일 수 있으며, 보다 종게는 400 내지 600 °C 일 수 있다. 열처리 시간은 종게는 10 내지 300 분 일 수 있으며, 보다 종게는 20 내지 100분 일 수 있다. 열처리는 칼코젠 분위기에서 실시할 수 있으며, 칼코젠 분위기는 황(S), 황화수소(H₂S), 셀레늄(Se), 셀레늄화수소(H₂S), 질소(N₂) 및 아르곤(Ar)에서 하나 이상 선택되는 기체를 포함할 수 있다.
- [0101] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 후면전극층은 규칙적인 메쉬 또는 랜덤한 메쉬 형상일 수 있다. 이하 도 5에서부터 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층을 상술하되, 본 발명이 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층에 한정되지 않음은 물론이다.
- [0102] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층을 도시한 일 평면도이다. 도 5에 도시한 일 예와 같이, 후면전극층(250)은 기재(100) 상부에 위치하며, 개개의 와이어(251)가 불규칙적으로 얹힌 그물망 구조를 포함할 수 있다.
- [0103] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 상기 와이어의 직경은 5 내지 2000 nm 이며, 바람직하게는 10 내지 1000 nm 이며, 보다 바람직하게는 10 내지 500 nm 이다. 와이어의 길이는 0.1 내지 100 μm 이며, 바람직하게는 1 내지 20 μm 이며, 보다 바람직하게는 1 내지 10 μm이다.
- [0104] 제조 방법적인 측면에서, 상기 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층은 액상에 분산된 와이어를 스핀 코팅 또는 스프레이 코팅 방법을 이용하여 간단하게 그물망 형태의 후면전극층을 제조할 수 있다. 이는 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층의 형성을 위한 통상적인 형성 방법으로서 어디까지나 예시에 불과한 것이고, 본 발명을 구현 또는 제한하려는 당업자는 자유롭게 상기 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층의 형성방법을 선택할 수 있다.
- [0105] 도 6은 본 발명에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 일 예로서, 기재(100), 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층(250) 및 광흡수층(350)의 일부분을 도시한 평면도이다. 도 6에 도시한 일 예와 같이, 광흡수층(350)은 랜덤한 메쉬 형상의 후면전극층(250)에 대응되게 형성될 수 있거나, 후면전극층을 전체 또는 부분적으로 덮을 수 있다.

[0106] 또한, 광흡수체의 원주방향 두께(RW)는 개개의 와이어(251)의 최외각 표면에서 광흡수체(351)의 최외각 표면까지의 최단 거리를 의미 할 수 있다. 구체적이고 비한정적인 일 예로, 종계는 200 nm 내지 3,000 nm, 보다 종계는 500 nm 내지 2500 nm, 더욱 종계는 1000 nm 내지 2000 nm의 두께일 수 있다. 더불어, 광흡수체의 원주방향 두께(RW)는 상기 광흡수층(350)의 적층 방향 두께와 유사한 크기를 가질 수 있다.

[0107] 제조 방법적인 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 상기 광흡수층(350)은 광흡수체 용액을 이용한 인쇄법에 의해 랜덤한 메쉬 형태의 후면전극층에 대응되게 형성할 수 있다. 구체적이고 비한정적인 일 예로, 상기 인쇄법은 스크린 인쇄법, 롤대롤(roll-to-roll) 인쇄법 및 잉크젯 인쇄법에서 하나 이상 선택될 수 있다.

[0108] 또한, 관계식 1을 이용한 랜덤한 메쉬 형태의 후면전극층 및 광흡수층의 일 예로서, 반투명성 화합물 박막 태양전지의 광투과율을 예측할 수 있다. 즉, 상기 관계식 1은 하기 관계식 7로 표현될 수 있다.

[0109] (관계식 7)

$$\text{커버리지} = \frac{n(\text{와이어직경} + 2RW) \times (\text{와이어길이} + 2RW)}{S1}$$

[0110] , (단, n은 1 이상의 실수이며, n은 와이어의 개수이다.)

[0111] 구체적이고 비 한정적인 일 예로, 11 mm 크기의 기재 상부에 직경 2 μm 및 길이 20 μm 인 와이어가 5,000개로 형성된 후, 광흡수체가 2 μm 의 두께로 형성되면, 관계식 7의 커버리지는 0.72 으로 될 수 있다. 따라서 랜덤한 메쉬 형태의 후면전극층 및 광흡수층의 반투명성 화합물 박막 태양전지는 약 18% 광투과율을 가질 수 있다.

[0113] 본 발명의 제 2 양태에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 콤(comb) 형의 후면전극층과 상기 후면전극층에 대응되는 콤 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층을 포함한다.

[0114] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 콤 형태의 후면전극층(260)의 일 평면도를 도시한 도면으로, 도 7(a)는 기재 상부에 서로 이격 배열된 복수의 제 1 전도성 스트립(261) 및 상기 복수의 제 1 전도성 스트립(261)을 가로질러 연결하는 제 2 전도성 스트립(265)이 구비되며, 이때 제 2 전도성 스트립이 상기 금속선의 중앙부에 위치할 수 있는 일 예를 도시한 것이다. 도 7(b)는 도 7(a)와 동일한 요소로 구성되되, 제 2 전도성 스트립(266)이 제 1 전도성 스트립(261)의 일 끝단에 위치할 수 있는 일 예를 도시한 것이다.

[0115] 또한, 상기 제 1 전도성 스트립(261)은 제 2 전도성 스트립(265)에 직교하게 배열될 수 있거나, 사교하게 배열될 수 있다.

[0116] 구체적이고 비 한정적인 일 예로, 상기 제 1 전도성 스트립의 크기(M261)는 0.1 μm 내지 1000 μm 일 수 있으며, 바람직하게는 1 내지 100 μm 일 수 있고, 보다 바람직하게는 5 μm 내지 50 μm 일 수 있다. 또한, 상기 제 2 전도성 스트립의 크기(M265)는 제 1 전도성 스트립의 크기(M261)와 동일하거나 유사할 수 있다.

[0117] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 상기 콤(comb) 형태의 후면전극층은 상기 복수의 제 1 전도성 스트립 및 상기 제 2 전도성 스트립을 일 단위 전극으로 하여, 둘 이상의 단위 전극을 포함하며, 서로 인접하는 두 단위 전극은 각 단위 전극에 속하는 전도성 스트립간 상호 맞물린(interdigitated) 구조를 가질 수 있다.

[0118] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 스트립간 상호 맞물린 구조의 후면전극층(280)의 평면도이다. 도 8(a) 도시한 일 예와 같이, 상기 후면전극층(280)은 서로 인접하는 두 단위 전극(281, 282)을 포함할 수 있으며, 두 단위 전극은 각 단위 전극에 속하는 전도성 스트립, 즉, 제 1 전도성 스트립(261) 및 제 2전도성 스트립(265)을 포함 할 수 있으며, 상기 각 단위 전극에 속하는 전도성 스트립간에 소정의 간격(D1)으로 상호 맞물린(interdigitated) 구조를 포함할 수 있다.

[0119] 또한, 두 단위 전극(281, 282)를 구성하는 제 1 전도성 스트립(261) 및 제 2 전도성 스트립(265)의 크기는 도 7(a)에서 상술한 M261 과 동일 내지 유사할 수 있다.

[0120] 도 8(b)는 각 단위 전극에 속하는 제 2 전도성 스트립(266)이 제 1 전도성 스트립(261)의 일 끝단에 위치하여 후면전극층(290)을 형성하는 일 예를 도시한 평면도이다. 도 8(a)에서 상술한 바와 유사하게, 상기 후면전극층(290)은 서로 인접하는 두 단위 전극(291, 292)을 포함할 수 있으며, 두 단위 전극은 각 단위 전극에 속하는 전도성 스트립, 즉, 제 1 전도성 스트립(261) 및 제 2전도성 스트립(266)을 포함할 수 있으며, 상기 각 단위 전극

에 속하는 전도성 스트립간에 소정의 간격(D1)으로 상호 맞물린(interdigitated) 구조를 포함할 수 있다.

- [0121] 또한, 두 단위 전극(291, 292)를 구성하는 제 1 전도성 스트립(261) 및 제 2 전도성 스트립(266)의 크기는 도 7(b)에서 상술한 M261과 동일 내지 유사할 수 있다.
- [0122] 본 발명에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 일 예로, 광흡수층은 상술한 콤 형태의 후면전극층(260, 270, 280, 290)에 대응되는 콤 형상을 가지며, 상기 후면전극층을 덮는 구조를 포함할 수 있다.
- [0123] 더불어, 메쉬 형태의 후면전극층 및 광흡수층의 설명과 유사하게, 관계식 1을 이용한 콤(comb) 형태의 후면전극층 및 광흡수층의 일 예로서, 반투명성 화합물 박막 태양전지의 광투과율을 예측할 수 있다. 예컨대, 관계식 1의 S2는 상기 하나 이상의 금속 선과 전도성 라인을 포함하는 n(n은 정수) 개의 최소 반복 단위에 의해 덮이는 기재의 표면적으로 표현 될 수 있으며, S3는 n(n은 정수) 개의 최소 반복 단위를 덮는 광흡수체에 의해 덮이는 기재의 표면적으로 표현 될 수 있음은 물론이다.
- [0124] 제조 방법적인 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 상기 콤 형태의 후면전극층은 상술한 규칙적인 메쉬 형태의 후면전극층의 물질 및 제조 방법과 유사하거나 동일할 수 있다.
- [0125] 또한, 상기 콤 형태의 후면전극층을 덮는 광흡수층은 규칙적인 메쉬 형태의 후면전극층을 덮는 광흡수층의 물질 및 제조 방법과 동일 내지 유사할 수 있다.
- [0126] 지금까지, 반투명성 화합물 박막 태양전지를 규칙적인 메쉬 형상, 랜덤한 메쉬 형상, 또는 콤 형상의 후면전극층을 포함하는 구조로 상술하였으나, 이는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 이해를 돕기 위한 것으로, 본 발명에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 규칙적인 메쉬 형상, 랜덤한 메쉬 형상, 콤 형상의 후면전극층으로 한정될 수 없으며, 이들의 균등 내지 유사한 변형 구조 또한 포함함은 자명하다.
- [0128] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지의 단면을 도시한 도면으로, 도 9에 도시한 일 예와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지는 기재(100); 기재 상부에 위치하는 메쉬 형 또는 콤 형의 후면전극층(200); 후면전극층과 대응되는 메쉬 형상 또는 콤 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 광흡수층(300); 광흡수층을 덮는 버퍼층(400); 및 버퍼층 상부에 위치하는 투명전극층(500);을 포함할 수 있다.
- [0129] 기재(100)는 지지체의 역할을 수행할 수 있으며, 리지드 기재 또는 플렉시블 기재를 포함할 수 있다. 리지드 기재의 구체적인 일 예로 소다라임 유리를 포함하는 유리 기재, 알루미늄과 같은 세라믹 기재, 플렉시블 기재의 구체적인 일 예로, 폴리이미드와 같은 고분자 기재를 들 수 있으나 본 발명이 기재의 물질에 의해 한정될 수 없음은 물론이다.
- [0130] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 상기 후면전극층(200)의 하부에 위치하는 기재를 추가적으로 포함할 수 있다.
- [0131] 후면전극층(200)은 높은 전기전도도를 가지며, 화합물 반도체와 오믹 접합을 이룰 수 있으며, 칼코젠 분위기에서 안정한 물질이면 무방하며, 통상적인 화합물 반도체기반 태양전지에서 사용되는 물질이면 족하다. 구체적인 후면전극의 일 예로, 상기 후면전극층은 순수한 몰리브덴(Mo); 및 나트륨(Na), 알루미늄(Al) 및 구리(Cu)에서 하나 이상 선택되는 금속 및 몰리브덴(Mo);에서 하나 이상 선택되는 전극 물질이면 족하다. 또한, 상기 Na, Al, 또는 Cu 중 어느 하나 이상을 함유한 몰리브덴은 Na, K, Ag, Al, Ni, W, Co, Ti, Au, 또는 Cu 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0132] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 상기 광흡수층(300)은 버퍼층 및 투명전극층에서 하나 이상 선택되는 것으로부터 덮일 수 있다.
- [0133] 광흡수층(300)은 후면전극층과 대응되는 메쉬 형상 또는 콤 형상을 가지며, 후면전극층을 덮는 구조 일 수 있다. 광흡수층은 광흡수체에 의해 형성되는 층을 의미하며, 광흡수체는 광을 흡수하여 광전자-광정공 쌍(electron-hole pair)을 생성하는 물질을 의미할 수 있다.
- [0134] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 광흡수층은 구리 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코젠화합물을 포함하는 반도체 화합물을 의미할 수 있다. 구체적으로, 화합물 반도체는 구리-인듐-갈륨-칼코젠 화합물 또는 구리-아연-주석-칼코젠 화합물을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 화합물 반도체는 CIGS(Cu-In-Ga-Se 또는 Cu-In-Ga-S), CIGSS(Cu-In-Ga-Se-S), CZTS(Cu-Zn-Sn-Se 또는 Cu-Zn-

Sn-S) 또는 CZTSS(Cu-Zn-Sn-Se-S)일 수 있다. 보다 더 구체적으로, 화합물 반도체는 $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$ ($0 \leq x \leq 1$ 인 실수), $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 \leq x \leq 1$ 인 실수), $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}(\text{Se}_y\text{S}_{1-y})_2$ ($0 \leq x \leq 1$ 인 실수, $0 \leq y \leq 1$ 인 실수), $\text{Cu}_2\text{Zn}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}_4$ ($0 \leq x \leq 1$ 인 실수), $\text{Cu}_2\text{Zn}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 1$ 인 실수) 또는 $\text{Cu}_2\text{Zn}_x\text{Sn}_{1-x}(\text{Se}_y\text{S}_{1-y})_4$ ($0 \leq x \leq 1$ 인 실수, $0 \leq y \leq 1$ 인 실수)일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 통상적인 화합물 반도체기반 태양전지에서 사용되는 광흡수층으로 사용되는 물질이면 족하다.

[0135] 버퍼층(400)은 P형인 광흡수층(300)과 N형인 투명전극층(500) 간의 밴드 갭 차이를 줄이고, 광흡수층과 투명전극층 계면 사이에서 발생할 수 있는 전자와 정공의 재결합을 감소시키는 층으로, 전지 외부로의 전류 이동을 위한 단자의 역할을 수행할 수 있다. 상기 버퍼층은 CdS , Zn(O,S) , ZnSe , In_2S_3 , ZnIn_xSe_y ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, x 및 y 는 실수), 및 $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ ($0 \leq x \leq 1$, x 는 실수)에서 하나 이상 선택되는 물질을 포함할 수 있다.

[0136] 투명전극층(500)은 입사광을 통과시키는 투명창으로서 뿐만 아니라 입사광에 의해 생성된 전자를 모으는 전극 역할을 수행할 수 있다. 상기 투명전극층은 ZnO , AZO (aluminum-doped zinc oxide), BZO (boron-doped zinc oxide), ITO (indium tin oxide), FTO (fluorinedoped tin oxide), 그래핀, 금속나노선, 금속메쉬 또는 그 혼합물을 포함할 수 있다.

[0137] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 기재(100), 후면전극층(200) 및 광흡수층(300, 331, 332)을 도시한 다른 일 단면도이다. 도 10에 도시한 일 예와 같이, 후면전극층(200) 또는 후면전극 스트립(231, 232)의 적층방향 두께는 T1으로 도시 될 수 있으며, 광흡수층(300, 331, 332)의 적층 방향 두께는 T2으로 도시 될 수 있으며, 광흡수층(300, 331, 332)의 두께(수평 방향)는 W으로 도시 될 수 있다.

[0138] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에서, 기재(100), 후면전극층(200), 광흡수층(300), 버퍼층(400), 투명전극층(500) 및 전극그리드(600)를 도시한 일 단면도이다. 도 11에 도시한 일 예와 같이, 상기 버퍼층(400)은 상기 광흡수층(300)과 상기 기재(100) 상부에 위치하며, 버퍼층의 두께(T3)는 후면전극층(200)의 적층방향 두께(T1) 보다 작을 수 있으며, 상기 광흡수층(300)과 상기 기재(100) 상부에 연속적으로 덮을 수 있다.

[0139] 또한, 상기 투명전극층(500) 상부에 금속 그리드 전극(600)이 구비 될 수 있다. 즉, 전지 외부와의 보다 안정적인 전기적 접속을 형성하기 위해 투명전극층(500) 상에 금속 그리드 전극(600)이 구비될 수 있음을 도시하였다.

[0140] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 버퍼층의 두께(T3)는 추후 상술할 반도체 물질에 따라 어느 정도 가변될 수 있으나, 적층 방향으로(t축) 10 nm 내지 1000 nm 일 수 있으며, 바람직하게는 30 nm 내지 800 nm 일 수 있고, 보다 바람직하게는 50 nm 내지 100 nm 일 수 있다.

[0141] 제조 방법적인 측면에서, 버퍼층은 CBD법(chemical bath deposition, 화학조 증착법), 전자빔 코팅법, 스퍼터링법 및 화학증착법을 포함하는 방법을 통해 형성될 수 있는데, 이는 박막형 태양전지 버퍼층 형성을 위한 통상적인 조성 및 형성방법으로서 어디까지나 예시에 불과한 것이고, 본 발명을 구현 또는 재현하려는 당업자는 자유롭게 버퍼층의 조성 및 형성방법을 선택할 수 있으며, 본 발명은 이러한 버퍼층의 조성 및 형성방법에 의해 한정되지 아니하고, 기관 상에 상기 버퍼층이 미리 형성되어 있는 제품을 사용하여 상기 버퍼층 형성단계를 생략하는 것도 가능하며, 경우에 따라 상기 버퍼층을 제조하지 않는 것도 가능하다.

[0142] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 투명전극층(500)의 두께는 추후 상술할 물질에 따라 어느 정도 가변될 수 있으나, 제 1방향으로(t축) 50 nm 내지 2000 nm 일 수 있으며, 바람직하게는 50 nm 내지 800 nm 일 수 있고, 보다 바람직하게는 100 nm 내지 500 nm 일 수 있다.

[0143] 제조 방법적인 측면에서, 상기 투명전극층은 ZnO , AZO (aluminum-doped zinc oxide), BZO (boron-doped zinc oxide), ITO (indium tin oxide), FTO (fluorinedoped tin oxide), 그래핀, 금속나노선, 금속메쉬 또는 그 혼합물을 포함할 수 있고, CBD법(chemical bath deposition, 화학조 증착법), 전자빔 코팅법, 스퍼터링법 및 화학증착법을 포함하는 방법을 통해 형성될 수 있다.

[0144] 본 발명의 일 실시예에 따른 반투명성 화합물 박막 태양전지에 있어, 투명전극층 상부 일측에 금속 그리드 전극(600)을 형성할 수 있다. 금속 그리드 전극은 화합물 박막 반도체 태양전지에서 윈도우층 상부에 위치하여 광전류를 모으는 역할을 하며, 기 알려진 방법을 사용하여 물질 및 구조를 제조 가능함은 물론이다.

[0146] 이상과 같이 본 발명에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속

하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

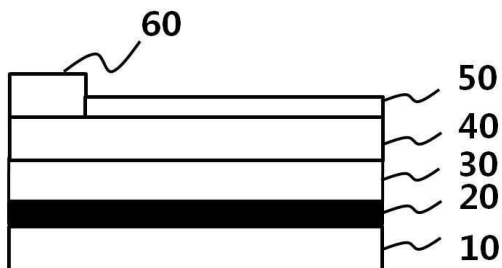
[0147] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0149] 10: 기판, 20: 후면전극, 30: 광흡수층, 40: 버퍼 및 투명전극층, 50: 반사방지막, 60: 그리드 전극
100 : 기재
200, 250, 260, 270, 280, 290: 후면전극층, 220, 230, 231, 232: 후면전극스트립
250: 후면전극층 , 251: 와이어
261: 제1전도성 스트립, 265, 266: 제2전도성 스트립
281, 282, 291, 292: 단위전극
300, 320, 330, 331, 332, 350: 광흡수층
400: 버퍼층
500: 투명전극층
600: 전극그리드

도면

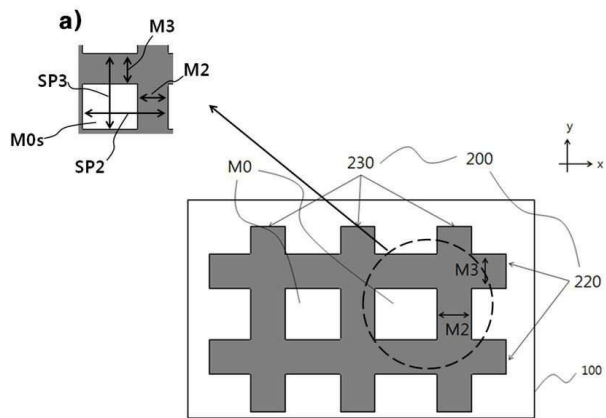
도면1



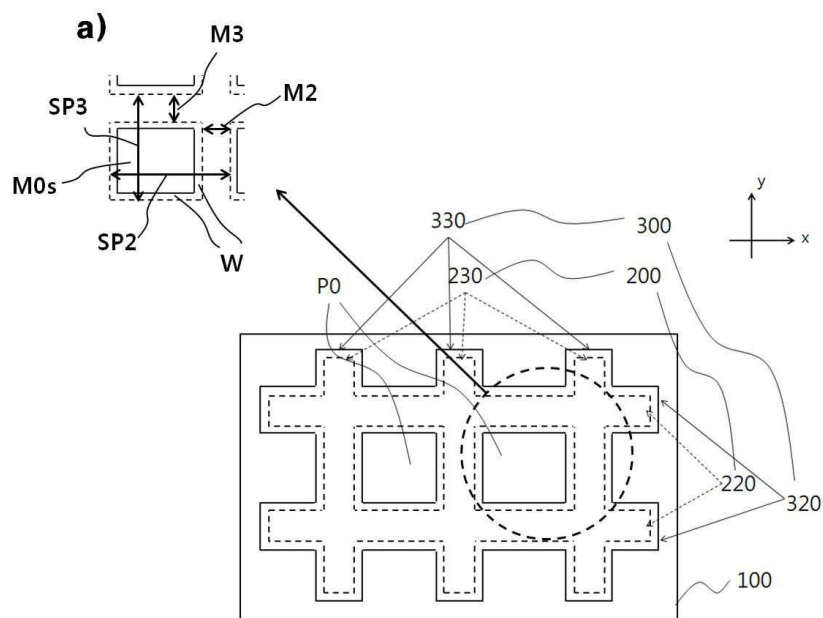
도면2



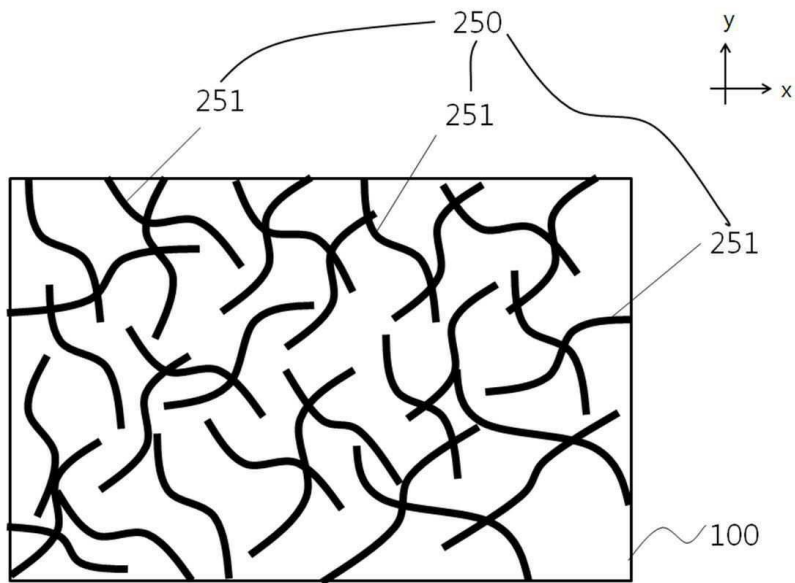
도면3



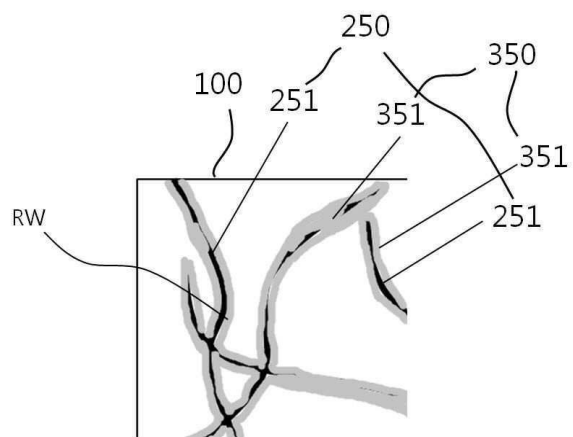
도면4



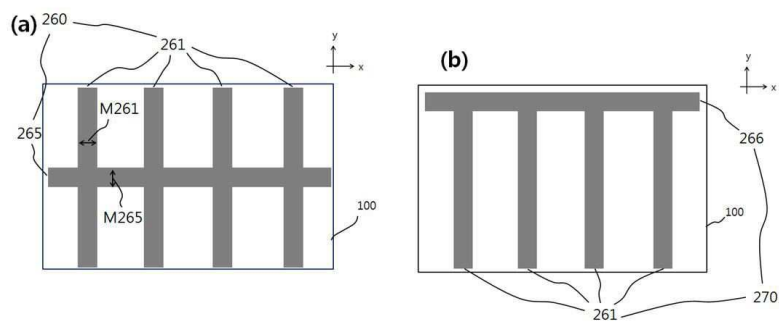
도면5



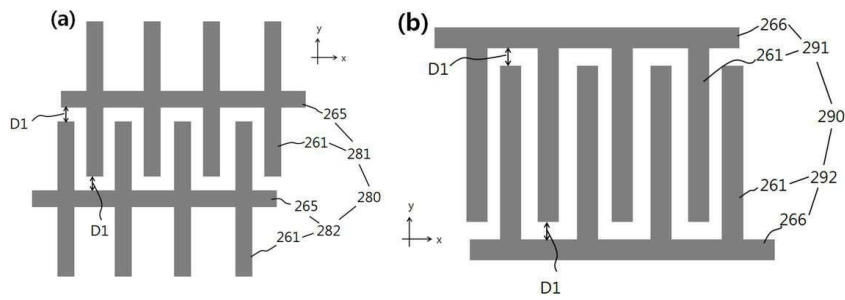
도면6



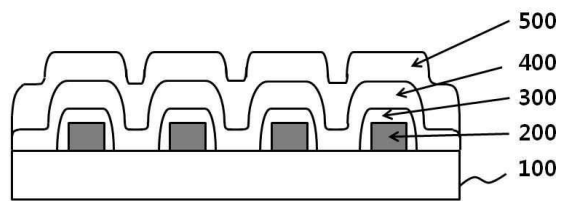
도면7



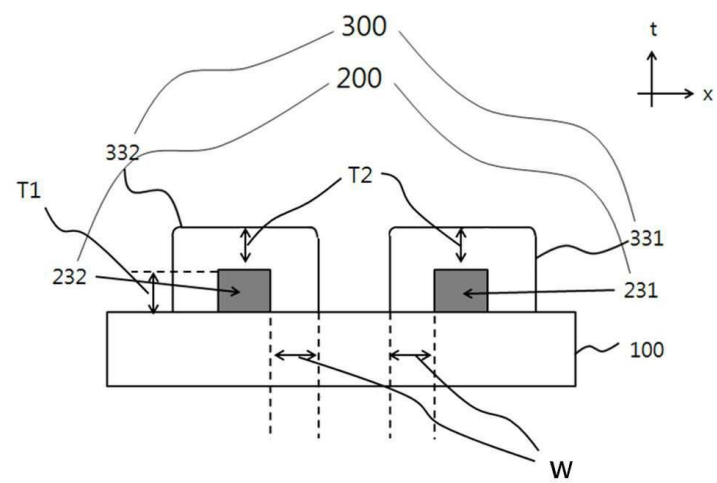
도면8



도면9



도면10



도면11

