



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월05일
 (11) 등록번호 10-1743512
 (24) 등록일자 2017년05월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 31/18 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
 H01L 21/027 (2006.01) H01L 31/032 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 H01L 31/18 (2013.01)
 H01L 21/02636 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0094815
 (22) 출원일자 2016년07월26일
 심사청구일자 2016년07월26일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020140070459 A*
 JP2012221813 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한밭대학교 산학협력단
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 (72) 발명자
 정중희
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 (74) 대리인
 특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 12 항

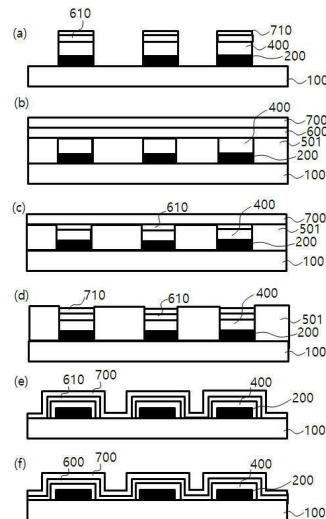
심사관 : 안지현

(54) 발명의 명칭 투명도가 조절된 화합물 반도체 태양전지의 제조방법

(57) 요약

본 발명에 따른 화합물 반도체 태양전지의 제조방법은 메쉬형 전극이 구비된 투명 기관 상 투명 절연층을 형성하는 단계; 상기 투명 절연층 상부에 네가티브 포토레지스트층을 형성하는 단계; 상기 메쉬형 전극을 광 마스크로 하고, 상기 메쉬형 전극이 구비된 투명 기관의 일 면의 대향면을 광 입사측으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층을 노광 및 현상하는 단계; 현상된 네가티브 포토레지스트를 에칭 마스크로, 투명 절연층을 에칭하는 단계; 및 현상된 네가티브 포토레지스트를 제거한 후, 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로, 화합물 반도체를 증착하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도8



(52) CPC특허분류

H01L 21/0274 (2013.01)

H01L 31/0322 (2013.01)

H01L 31/0324 (2013.01)

Y02E 10/50 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- a) 메쉬형 전극이 구비된 투명 기관 상 네가티브(negative) 포토레지스트층을 형성하는 단계;
 - b) 상기 메쉬형 전극을 광 마스크로 하고, 상기 메쉬형 전극이 구비된 투명 기관의 일 면의 대향면을 광 입사측으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층을 노광 및 현상하는 단계; 및
 - c) 현상된 네가티브 포토레지스트를 증착 마스크로, 구리 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코젠 화합물을 포함하는 화합물 반도체를 증착함으로써, 상기 투명 기관에서 상기 메쉬형 전극이 위치하는 영역인 차광영역에만 광흡수체인 상기 화합물 반도체를 형성하는 단계;
- 를 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

- a) 단계 전,
- 상기 메쉬형 전극 상부로 투명 절연층을 형성하는 단계;를 더 포함하며,
- 상기 a) 단계의 포토레지스트 층은 상기 투명 절연층 상부에 형성되는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

- b) 단계 후, 및 c) 단계 전,
- 상기 현상된 네가티브 포토레지스트를 에칭 마스크로, 상기 투명 절연층을 에칭하는 단계;를 더 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

- c) 단계 후, 상기 현상된 네가티브 포토레지스트를 증착 마스크로, 버퍼물질을 증착하는 단계;를 더 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

- 상기 버퍼 물질 증착 후, 상기 현상된 네가티브 포토레지스트를 증착 마스크로, 투명 전극 물질을 증착하는 단계;를 더 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 6

- 메쉬형 전극이 구비된 투명 기관 상 투명 절연층을 형성하는 단계;
- 상기 투명 절연층 상부에 네가티브 포토레지스트층을 형성하는 단계;
- 상기 메쉬형 전극을 광 마스크로 하고, 상기 메쉬형 전극이 구비된 투명 기관의 일 면의 대향면을 광 입사측으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층을 노광 및 현상하는 단계;
- 현상된 네가티브 포토레지스트를 에칭 마스크로, 투명 절연층을 에칭하는 단계; 및
- 현상된 네가티브 포토레지스트를 제거한 후, 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로, 구리 및 12족 내지 14족에서

하나 이상 선택되는 원소의 칼코젠 화합물을 포함하는 화합물 반도체를 증착함으로써, 상기 투명 기판에서 상기 메쉬형 전극이 위치하는 영역인 차광영역에만 광흡수체인 상기 화합물 반도체를 형성하는 단계;를 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 에칭된 투명 절연층을 제거한 후, 버퍼층 및 투명 전극층을 순차적으로 형성하는 단계를 더 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로, 버퍼 물질을 증착하는 단계를 더 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 투명 절연층의 에칭은 습식 또는 건식 에칭인 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 10

제 1항 내지 제 9항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

상기 메쉬형 전극은 다공 망 구조, 콤브(comb) 구조 또는 상호 맞물린(interdigitated) 구조를 갖는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 11

제 1항 내지 제 9항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 기판 상 전도성 와이어가 분산된 분산액을 도포하고 건조하는 메쉬형 전극형성 단계;를 더 포함하는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 12

제 1항 내지 제 9항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

상기 메쉬형 전극은 몰리브덴(Mo), 도핑 원소로 도핑된 몰리브덴, 칼코젠화 몰리브덴, 은, 구리, 알루미늄, 텅스텐, 아연, 니켈, 철 또는 이들의 합금인 화합물 반도체 태양전지의 제조방법.

청구항 13

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 화합물 반도체 태양전지의 제조방법에 관한 것으로, 상세하게, 저가의 간단한 공정으로, 투명도가 제어되며 신뢰성이 높고 고품질의 광흡수체의 형성이 가능한 화합물 반도체 태양전지의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 환경문제와 천연자원의 고갈에 대한 관심이 높아지면서, 환경오염에 대한 문제가 없으며 에너지 효율이 높은 대체 에너지로서의 태양전지에 대한 관심이 높아지고 있다. 태양전지는 구성성분에 따라 실리콘 반도체 태양전지, 화합물 반도체 태양전지, 적층형 태양전지 등으로 분류되며, CIGS로 대표되는 화합물 반도체 기반 태양전

지는 실리콘 반도체 태양전지에 버금가는 효율을 가질 뿐만 아니라, 전기 광학적으로 극히 안정하여, 실리콘 반도체 태양전지를 대체할 수 있는 차세대 태양전지로 각광받고 있다.

[0003] 그러나, 일반적인 CIGS 박막 태양전지의 경우, Mo와 같은 후면 전극과 광을 흡수하는 광흡수층 박막에 의해 광의 투과가 차단되어 불투명한 특성을 나타내며, 이에, 건물 창문, 자동차 유리등 투명성이 요구되는 산업분야에 응용이 제한되는 한계가 있다. 그러나, 대한민국 등록특허 제1382486호와 같이, 종래 주된 연구 방향은 태양전지의 효율을 향상하는 것에 주된 초점이 맞추어진 상태이므로, 채광성이 확보되면서도, 우수한 효율을 가지며, 장기간동안 안정적으로 동작할 수 있는 반투명한 박막 태양전지의 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제1382486호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 저 비용의 간단한 공정으로, 투명도가 조절되며, 소자 안정성이 우수하고, 고 품질의 광흡수체가 구비될 수 있는 화합물 반도체 태양전지의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 화합물 반도체 태양전지의 제조방법은 a) 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판 상 네가티브(negative) 포토레지스트층을 형성하는 단계; b) 상기 메쉬형 전극을 광 마스크로 하고, 상기 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판의 일 면의 대향면을 광 입사측으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층을 노광 및 현상하는 단계; 및 c) 현상된 네가티브 포토레지스트를 증착 마스크로, 화합물 반도체를 증착하는 단계;를 포함한다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은, a) 단계 전, 상기 메쉬형 전극 상부로 투명 절연층을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있으며, 상기 a) 단계의 포토레지스트 층은 상기 투명 절연층 상부에 형성될 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은, b) 단계 후, 및 c) 단계 전, 상기 현상된 네가티브 포토레지스트를 에칭 마스크로, 상기 투명 절연층을 에칭하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 c) 단계 후, 상기 현상된 네가티브 포토레지스트를 증착 마스크로, 버퍼물질을 증착하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 버퍼 물질 증착 후, 상기 현상된 네가티브 포토레지스트를 증착 마스크로, 투명 전극 물질을 증착하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판 상 투명 절연층을 형성하는 단계; 상기 투명 절연층 상부에 네가티브 포토레지스트층을 형성하는 단계; 상기 메쉬형 전극을 광 마스크로 하고, 상기 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판의 일 면의 대향면을 광 입사측으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층을 노광 및 현상하는 단계; 현상된 네가티브 포토레지스트를 에칭 마스크로, 투명 절연층을 에칭하는 단계; 및 현상된 네가티브 포토레지스트를 제거한 후, 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로, 화합물 반도체를 증착하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 상기 에칭된 투명 절연층을 제거한 후, 버퍼층 및 투명 전극층을 순차적으로 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 상기 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로, 버퍼 물질을 증착하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 상기 버퍼 물질의 증착 후, 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로, 투명 전극 물질을 증착하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 상기 버퍼 물질의 증착 후, 에칭된 투명 절연층을 제거한 후, 투명 전

극층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 있어, 투명 절연층의 에칭은 습식 또는 건식 에칭일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 있어, 상기 메쉬형 전극은 다공 망 구조, 콤브(comb) 구조 또는 상호 맞물린(interdigitated) 구조를 가질 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은, a) 단계 전, 상기 투명 기판 상 전도성 와이어가 분산된 분산액을 도포하고 건조하는 메쉬형 전극형성 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 있어, 상기 메쉬형 전극은 상기 메쉬형 전극은 몰리브덴(Mo), 도핑 원소로 도핑된 몰리브덴, 칼코젠화 몰리브덴, 은, 구리, 알루미늄, 텅스텐, 아연, 니켈, 철 또는 이들의 합금일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 있어, 상기 화합물 반도체는 화합물 반도체는 구리 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코젠 화합물을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 화합물 반도체 태양전지의 제조방법은 저가의 간단한 공정으로, 전극 및 광흡수체가 형성된 흡광 영역과, 전극 및 광흡수체가 미형성된 투광 영역이 균일하게 공존하여 투명성이 확보된 태양전지를 제조할 수 있으며, 고가의 광 마스크가 요구됨 없이, 광흡수체(화합물 반도체)가 메쉬형 전극 상부에만 선택적으로 형성될 수 있으며, 전기적 및 물리적 안정성이 우수한 태양전지를 제조할 수 있는 장점이 있으며, 고품질(고결정성을 가지며 조대한 그레인)의 광흡수체의 형성이 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 공정을 도시한 일 공정도이며,
- 도 2는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 일 공정도이며,
- 도 3은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 일 공정도이며,
- 도 4는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 일 공정도이며,
- 도 5는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 일 공정도이며,
- 도 6은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 일 공정도이며,
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 있어, 메쉬형 전극을 도시한 도면이며,
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 화합물 반도체 태양전지의 단면을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 화합물 반도체 태양전지의 제조방법을 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.
- [0024] 본 발명에 따른 화합물 반도체 태양전지의 제조방법은 a) 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판 상 네가티브(negative) 포토레지스트층을 형성하는 단계; b) 상기 메쉬형 전극을 광 마스크로 하고, 상기 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판의 일 면의 대향면을 광 입사측으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층을 노광 및 현상하는 단계; 및 c) 현상된 네가티브 포토레지스트를 증착 마스크로, 화합물 반도체를 증착하는 단계;를 포함한다.
- [0025] 메쉬형 전극 및 b) 내지 c) 단계를 통해 메쉬형 전극 상부에만 선택적으로 증착된 화합물 반도체는, 설계된 투명도(광 투과성)를 갖는 태양전지의 제조를 가능하게 한다. 상세하게, 전극(메쉬형 전극) 및 화합물 반도체인 광흡수체가 형성된 흡광 영역과, 전극 및 광흡수체가 미형성된 투광 영역이 균일하게 공존함으로써, 전지의 투

명성을 확보할 수 있으며, 흡광 영역 대비 투광 영역의 비를 조절함으로써, 설계된 투명도를 가질 수 있다. 이러한 조절된 투명도에 의해, 조사되는 광이 태양전지를 투과할 수 있어 건물 창문, 자동차 유리등, 투광성이 요구되는 응용분야에 적용 가능한 장점이 있다.

[0026] 또한, b)단계와 같이, 메쉬형 전극을 광 마스크로 노광이 이루어짐에 따라, 고가의 광마스크가 별도로 요구되지 않으며, 투명도등 전지의 설계에 따라 메쉬형 전극의 구조가 변경된다 하더라도 전극 자체가 광마스크로 작용함에 따라 기 구축된 공정을 그대로 이용 가능하여, 추가 공정 비용이 요구되지 않으며, 유연하고 넓은 설계 자유도를 가진다. 또한, c) 단계와 같이 현상된 포토레지스트를 증착 마스크로 화합물 반도체(광흡수체)가 증착됨에 따라, 메쉬형 전극 상부에만 선택적으로 화합물 반도체를 증착할 수 있어 정확하게 설계된 투명도로 태양전지를 제조할 수 있으며, 나아가, 고품질의 화합물 반도체의 형성이 가능하여 광전변환효율이 우수한 태양전지의 제조가 가능한 장점이 있다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법의 공정을 도시한 일 공정도이다. 도 1에 도시한 예와 같이, 메쉬형 전극(200)이 구비된 투명 기판(100) 상, 메쉬형 전극(200)이 위치하는 측으로, 네가티브 포토레지스트층(300)을 형성할 수 있다. 이후, 빛을 투과시키지 않는 차광능이 있는 메쉬형 전극(200)을 광 마스크로 하고, 메쉬형 전극(200)(또는 네가티브 포토레지스트층(300))이 형성된 투명 기판(100) 면의 대향면을 광의 입사측으로, 노광이 이루어질 수 있다. 메쉬형 전극(200)을 광 마스크로, 노광이 이루어짐에 따라, 별도로 고가의 광 마스크가 요구되지 않으며, 메쉬형 전극(200)이 고도로 복잡한 형상을 갖는다 하더라도, 메쉬형 전극(200)과 동일한(대응되는) 형상으로 노광이 이루어질 수 있다.

[0028] 노광 후 통상의 네가티브 포토레지스트의 현상용 용매를 이용하여 미노광된 포토레지스트 영역을 용해 제거하는 현상 단계가 수행될 수 있다. 이러한 노광 및 현상 단계에 의해, 차광 막과 같은 역할을 하는 메쉬형 전극(200) 상부에 위치한 포토레지스트가 제거되며 메쉬형 전극(200)의 상측이 표면으로 드러나게 되고, 투명 기판(100) 상 메쉬형 전극(200)이 위치하지 않는 투광 영역에는 네가티브 포토레지스트가 잔류하게 된다.

[0029] 즉, 투명 기판(100)에 메쉬형 전극(200)이 구비됨에 따라, 투명 기판(100)에서 전극(200)이 위치하는 영역은 광이 투과되지 않는 차광 영역으로 분류될 수 있고, 투명 기판(100)에서 전극(200)이 위치하지 않는 영역은 투광 영역으로 분류될 수 있다. 메쉬형 전극(200)을 광 마스크로 한 네가티브 포토레지스트층(300)의 노광이 수행됨에 따라, 현상 시 차광 영역에 위치하는 포토레지스트 영역(310)은 미노광되어 제거되며, 투광 영역에 위치하는 포토레지스트 영역(320)은 노광되어 잔류하게 된다.

[0030] b) 단계에 의해, 차광 영역에서는 포토레지스트가 제거되어 메쉬형 전극의 상측 표면이 노출되고, 투광 영역은 현상시 잔류하는 포토레지스트(330)에 의해 덮이게 된다. 이러한 현상된 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 화합물 반도체(400)를 증착하고, 증착 마스크로 작용하는 포토레지스트(330)를 제거함으로써, 투명 기판(100), 투명 기판 상 위치하는 메쉬형 전극(200) 상부에만 선택적으로 화합물 반도체를 형성할 수 있다. 이에 의해 태양전지가 엄밀하게 설계된 투명도를 가질 수 있고, 수 내지 수십 마이크로미터 오더의 크기로 투광영역과 차광영역이 균일하게 존재하도록, 메쉬형 전극이 고도로 미세하고 복잡한 구조를 갖는다 하더라도 극히 간단한 공정을 통해 메쉬형 전극과 대응되는 형태로 광흡수체를 형성할 수 있으며, 또한, 증착에 의해 형성된 화합물 반도체가 형성됨에 따라, 고결정성을 가지며 조대한 결정립으로 이루어진 화합물 반도체의 형성이 가능하며, 태양전지의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.

[0031] 광흡수체인 화합물 반도체는 구리 및 12족 내지 14족에서 하나 또는 둘 이상 선택된 원소의 칼코젠화합물일 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 $CuIn_xGa_{1-x}Se_2$ ($0 < x < 1$ 인 실수), $CuIn_xGa_{1-x}S_2$ ($0 < x < 1$ 인 실수), $CuIn_xGa_{1-x}(Se_yS_{1-y})_2$ ($0 < x < 1$ 인 실수, $0 < y < 1$ 인 실수), $Cu_2Zn_xSn_{1-x}Se_4$ ($0 < x < 1$ 인 실수), $Cu_2Zn_xSn_{1-x}S_4$ ($0 < x < 1$ 인 실수) 또는 $Cu_2Zn_xSn_{1-x}(Se_yS_{1-y})_4$ ($0 < x < 1$ 인 실수, $0 < y < 1$ 인 실수)일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 통상적인 화합물 반도체 기반 태양전지에서 사용되는 광흡수체로 사용되는 물질이면 족하다.

[0032] 광흡수체의 증착은 공지의 CIGS 또는 CZTS의 증착 방법을 이용할 수 있다. 예를 들어, 대한민국 특허 공개번호 제2009-0043245호, 미국 특허 등록번호 제7,547,569호, 미국 특허 등록번호 제6,258,620호, 미국 특허 등록번호 제5,981,868호 등에 공지된 광흡수층 성장 방법을 이용할 수 있다. 비 한정적인 일 예로, 광흡수체인 화합물 반도체의 증착은 동시증발법(Evaporation), 스퍼터링-셀렌화법(Sputtering + Selenization) 또는 스프레이 열분

해법등을 이용하여 제조될 수 있다.

- [0033] 현상된 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 화합물 반도체가 증착된 후, 현상된 포토레지스트(330)가 제거되고, 후속 공정이 이루어질 수 있다. 이때, 후속 공정은 버퍼층 또는 버퍼층과 투명전극층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0034] 이와 달리, 도 2에 도시한 일 예와 같이, 현상된 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 화합물 반도체의 증착이 수행된 후, 다시 현상된 포토레지스트(330)를 증착 마스크로 하여 버퍼물질(610) 및 투명 전극 물질(710)이 순차적으로 증착될 수 있다.
- [0035] 상세하게, 도 2에 도시한 일 공정도와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 메쉬형 전극(200)이 구비된 투명 기관(100) 상 네가티브 포토레지스트층(300)을 형성하는 단계; 메쉬형 전극(200)을 광 마스크로 하고, 메쉬형 전극(200)이 구비된 투명 기관(100)의 일 면의 대향면을 광 입사축으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층(300)을 노광 및 현상하는 단계; 현상된 네가티브 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 화합물 반도체를 증착하는 1차 증착 단계; 및 현상된 네가티브 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 버퍼 물질(610)을 증착하는 2차 증착 단계;를 포함할 수 있으며, 버퍼 물질이 증착되는 2차 증착이 수행된 후, 다시 현상된 네가티브 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 투명 전극 물질(710)을 증착하는 3차 증착 단계가 수행될 수 있다.
- [0036] 이에 따라, 네가티브 포토레지스트(330)인 동일한 증착 마스크를 이용하여, 광흡수체인 화합물 반도체와 버퍼 물질 그리고 투명전극 물질이 순차적으로 증착됨으로써, 버퍼 물질과 투명전극 물질 또한 화합물 반도체가 형성된 메쉬형 전극 상부에만 선택적으로 형성될 수 있다. 알려진 바와 같이, 버퍼 물질 또한 광의 투과를 저해함에 따라, 버퍼 물질을 메쉬형 전극 상부에만 선택적으로 형성하는 경우, 태양전지의 광 투과율을 보다 더 향상시킬 수 있으며, 설계치와 실질적으로 동일한 광투과율을 갖는 태양전지를 제조할 수 있다.
- [0037] 나아가, 버퍼 물질 및 투명 전극 물질이 투광 영역과 차광 영역 모두를 덮는 연속된 막 형상이 아닌, 차광 영역 상부에만 선택적으로 위치함에 따라, 버퍼 물질 (및 투명 전극 물질)과 메쉬형 전극의 접촉을 원천적으로 차단하여 전지의 안정성을 향상시킬 수 있다. 이때, 메쉬형 전극과 동일한 형상으로 적층되는 광흡수체, 버퍼물질 그리고 투명 전극 물질이 모두 메쉬형 전극과 동일한 형상으로 적층되며, 메쉬형 전극이 기본적으로 인 플레인 방향으로 연속적인 전류 이동 경로가 형성된 전도성 네트워크 형태임에 따라, 투명 전극 물질 또한 인 플레인 방향으로 연속적인 전류 이동 경로가 형성되어, 메쉬형의 투명 전극 층이 형성됨은 물론이다.
- [0038] 본 발명이 일 실시예에 따른 제조방법은 포토레지스트층을 형성하는 a) 단계 전, 메쉬형 전극 상부로 투명 절연층을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있으며, a) 단계의 포토레지스트 층은 상기 투명 절연층 상부에 형성될 수 있다. 이후, 도 1 및 도 2를 기반으로 상술한 바와 유사하게, 투명 절연층 상부에 위치하는 네가티브 포토레지스트층의 노광 및 현상이 수행된 후, 현상된 네가티브 포토레지스트를 에칭 마스크로, 상기 투명 절연층을 에칭하는 단계가 더 수행될 수 있다. 이를 통해, 투광 영역이 투명 절연물질(에칭 후 잔류하는 투명 절연층)로 채워지게 되어, 태양전지의 물리적 및 전기적 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0039] 도 3은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 제조방법의 공정을 도시한 일 공정도이다. 도 3에 도시한 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200)이 형성된 투명 기관(100)에서, 메쉬형 전극(200) 상부로 투명 절연층(500)을 형성하는 단계가 더 수행될 수 있다. 투명 절연층(500)은 적어도 광흡수체인 화합물 반도체에서 흡수하는 광을 투광하는 절연성 물질일 수 있으며, 구체적으로 가시광을 투광하는 절연성 물질일 수 있다. 구체적이며 실질적인 일 예로, 투명 절연층은 유리(glass)등을 포함하는 비정질 산화물 또는 실리콘 산화물(SiO_x)등과 같은 반도체 산화물이나 실리콘 질화물(SiN_x)등과 같은 반도체 질화물일 수 있다. 투명 절연층의 형성은 도포(코팅) 또는 증착 등을 이용하여 수행될 수 있으며, 일 예로, 물유리등을 이용한 도포 공정을 사용하는 것이 상업적 측면에서 보다 유리하나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0040] 도 3에 도시된 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200) 및 메쉬형 전극(200)을 덮는 투명 절연층(500)이 형성된 투명 기관(100) 상, 투명 절연층(500) 상부로 네가티브 포토레지스트층(300)이 형성될 수 있다. 이후, 도 1 내지 도 2를 기반으로 상술한 바와 같이, 네가티브 포토레지스트층(300)의 노광 및 현상이 수행되는 경우, 투명 기관(100) 상 메쉬형 전극(200)이 위치하지 않는 투광 영역에만 선택적으로 현상된 포토레지스트(330)가 잔류할 수 있다.
- [0041] 이후, 현상된 포토레지스트(330)를 에칭 마스크로, 투명 절연층(500)을 에칭하는 단계가 수행될 수 있다. 투명 절연층(500)의 에칭은 투명 절연층의 투명 절연 물질을 용해 제거하는 에칭액을 이용한 습식 에칭 또는 플라즈마 도움 에칭등을 포함하는 건식 에칭을 통해 수행될 수 있다. 에칭액 또는 건식 에칭의 에천트는 투명 절연 물

질에 따라 종래 잘 알려진 에칭액이나 에천트를 사용하면 무방하다. 구체적이며 비 한정적인 일 예로, 실리콘 산화물을 포함하는 산화물의 에칭액은 불화수소를 함유하거나, 또는 불화수소와 질산의 혼산을 함유하는 통상의 BOE(Buffered Oxide Etch) 액일 수 있다. 건식 에칭은 CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 등을 포함하는 플루오린계 플라즈마를 도 움 에칭일 수 있다. 도 3에 도시한 일 예와 같이, 투명 절연층(500)은 차광 영역에 존재하는 모든 투명 절연 물 질이 제거되며, 메쉬형 전극이 표면으로 드러나도록 에칭될 수 있다.

[0042] 투명 절연층(500)의 에칭이 수행된 후, 현상된 포토레지스트(330)를 다시 증착 마스크로 하여, 화합물 반도체 (400)를 증착하는 단계가 수행될 수 있다. 이에 따라, 도 3에 도시된 예와 같이, 하부면이 메쉬형 전극(200)의 표면이며, 그 측면이 에칭된 투명 절연층(501)의 에칭면에 의해 규정되는 공간에 화합물 반도체(400)가 선택적 으로 형성될 수 있다.

[0043] 이후, 화합물 반도체의 증착 마스크로 사용된 포토레지스트(330)가 제거되고, 버퍼층을 형성하는 단계 및 투명 전극층을 형성하는 단계가 더 수행될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0044] 일 예로, 도 4에 도시한 일 예와 같이, 화합물 반도체의 증착시 사용된 포토레지스트(330)를 제거하지 않고, 동 일한 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 버퍼 물질을 증착하는 단계가 더 수행될 수 있으며, 버퍼 물질의 증 착 이후 마스크로 사용된 포토레지스트(330)를 제거할 수 있다. 이때, 포토레지스트(330)의 제거 후 투명 전극 층을 형성하는 단계가 더 수행될 수 있음은 물론이다.

[0045] 또한, 도면에 도시하지 않았으나, 포토레지스트(330)를 증착 마스크로, 버퍼 물질을 증착하는 단계가 수행된 후, 다시 동일한 포토레지스트(330)를 증착 마스크로 투명 전극 물질을 형성하는 단계가 더 수행될 수 있음은 물론이다.

[0046] 도 3 및 도 4를 기반으로 상술한 일 예를 통해, 별도의 고가의 광 마스크를 사용하지 않고도, 투명 기관(100), 투명 기관상 위치하는 메쉬형 전극(200), 메쉬형 전극으로 덮이지 않은 투명 기관(100)의 빈 공간을 채우며 메 쉬형 전극(200)의 둘레를 감싸는, 에칭된 투명 절연층(501), 메쉬형 전극 상부에 선택적으로 증착된 화합물 반 도체(400)을 포함하는 태양전지를 제조할 수 있다. 메쉬형 전극(200)사이의 빈 공간, 및 메쉬형 전극(200) 상부 에 위치하는 화합물 반도체 사이의 빈 공간이 투명 절연성 물질에 의해 채워짐에 따라, 쇼트와 같은 전기적 결 함을 원천적으로 방지할 수 있으며, 투명도가 제어되면서도 물리적 안정성이 우수한 태양전지의 제조가 가능한 장점이 있다.

[0047] 에칭된 투명 절연층(501)의 에칭된 공간에 화합물 반도체(400)만이 증착되는 경우, 투명 절연층(500)의 두께는 메쉬형 전극(200)의 두께와 c) 단계에서 증착되는 화합물 반도체(400)의 두께를 합한 두께와 동일하거나 보다 클 수 있다. 상세하게, 투명 절연층(500)의 두께는 메쉬형 전극(200)의 두께와 c) 단계에서 증착되는 화합물 반 도체(400)의 두께를 합한 두께를 기준으로 1 내지 1.1의 두께일 수 있으며, 보다 좋게는 1 내지 1.05, 더욱 좋 게는 메쉬형 전극(200)의 두께와 c) 단계에서 증착되는 화합물 반도체(400)의 두께를 합한 두께와 동일한 두께 일 수 있다. 이러한 경우, 투명 절연층(500)에 의해 메쉬형 전극 상에 위치하는 화합물 반도체(400)와 투명 기 관(100) 간의 단차, 즉, 투광 영역과 차광 영역간의 단차가 상쇄되어, 후속되는 버퍼층 및/또는 투명전극 층이 용이하고 안정적으로 형성될 수 있다.

[0048] 이와 달리, 에칭된 투명 절연층(501)의 에칭된 공간에 화합물 반도체(400) 및 버퍼 물질(610)이 증착되는 경우, 투명 절연층(500)의 두께는 메쉬형 전극(200)의 두께, 증착되는 화합물 반도체(400)의 두께 및 증착되는 버퍼 물질(610)의 두께를 합한 두께와 동일하거나 보다 클 수 있다. 상세하게, 투명 절연층(500)의 두께는 메쉬형 전 극(200)의 두께, 증착되는 화합물 반도체(400)의 두께 및 증착되는 버퍼 물질(610)의 두께를 합한 두께를 기 준으로 1 내지 1.1의 두께일 수 있으며, 보다 좋게는 1 내지 1.05, 더욱 좋게는 메쉬형 전극(200)의 두께, 증착되 는 화합물 반도체(400)의 두께 및 증착되는 버퍼 물질(601)의 두께를 합한 두께와 동일한 두께일 수 있다.

[0049] 이와 달리, 에칭된 투명 절연층(501)의 에칭된 공간에 화합물 반도체(400), 버퍼 물질(610) 및 투명 전극 물질 이 증착되는 경우, 투명 절연층(500)의 두께는 메쉬형 전극(200)의 두께, 증착되는 화합물 반도체(400)의 두께, 증착되는 버퍼 물질(610)의 두께 및 증착되는 투명 전극 물질의 두께를 합한 두께와 동일하거나 보다 클 수 있 다. 상세하게, 투명 절연층(500)의 두께는 메쉬형 전극(200)의 두께, 증착되는 화합물 반도체(400)의 두께, 증 착되는 버퍼 물질(610)의 두께 및 증착되는 투명 전극 물질의 두께를 합한 두께를 기준으로 1 내지 1.1의 두께 일 수 있으며, 보다 좋게는 1 내지 1.05, 더욱 좋게는 메쉬형 전극(200)의 두께, 증착되는 화합물 반도체(400) 의 두께, 증착되는 버퍼 물질(610)의 두께 및 증착되는 투명 전극 물질의 두께를 합한 두께와 동일한 두께일 수 있다.

- [0050] 이러한 경우, 투명 절연층(500)에 의해 메쉬형 전극 상부에 위치하는 증착 물질들(화합물 반도체, 버퍼 물질 및 /또는 투명 전극 물질)과 투명 기판(100) 간의 단차, 즉, 투광 영역과 차광 영역간의 단차가 상쇄될 수 있어, 후속 공정이 보다 용이하고 안정적으로 수행될 수 있으며, 태양전지의 물리적 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0051] 도 1과 같이, 화합물 반도체(400)와 투명 기판(100)간 단차가 존재하는 경우, 과도한 단차에 의해 발생할 수 있는 공정상의 불리함과 투과하는 광의 난반사를 방지하는 측면에서 화합물 반도체(400)의 두께는 300 nm 내지 3,000 nm, 구체적으로는 500 nm 내지 2500 nm, 보다 구체적으로는 1000 nm 내지 2000 nm일 수 있다. 그러나, 도 3과 같이, 투명 절연층에 의해 화합물 반도체(400)와 투명 기판(100)간의 단차가 원천적으로 방지되는 경우, 전지 효율을 최대화할 수 있도록 화합물 반도체(광흡수체)(400)의 두께가 자유로이 조절될 수 있다. 구체적인 일 예로, 화합물 반도체(400)의 두께는 300 nm 내지 5,000 nm, 보다 구체적으로 1000 nm 내지 3000 nm일 수 있다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 화합물 반도체 태양전지의 제조방법은 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판 상 투명 절연층을 형성하는 단계; 상기 투명 절연층 상부에 네가티브 포토레지스트층을 형성하는 단계; 상기 메쉬형 전극을 광 마스크로 하고, 상기 메쉬형 전극이 구비된 투명 기판의 일 면의 대향면을 광 입사측으로, 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층을 노광 및 현상하는 단계; 현상된 네가티브 포토레지스트를 에칭 마스크로, 투명 절연층을 에칭하는 단계; 및 현상된 네가티브 포토레지스트를 제거한 후, 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로, 화합물 반도체를 증착하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0053] 즉, 도 1 내지 도 4를 기반으로 상술한 일 예는, 메쉬형 전극을 이용하여 노광되고 현상된 네가티브 포토레지스트를 물질의 증착시 증착 마스크로 사용하는 일 예이나, 이와 달리, 현상된 네가티브 포토레지스트를 이용하여 에칭된 투명 절연층을 물질의 증착시 증착 마스크로 사용 가능하다.
- [0054] 상세하게, 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법은 네가티브 포토레지스트를 투명 절연층의 에칭 마스크로 사용하고, 이후 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로 화합물 반도체를 포함하는 물질을 증착하는 것이다. 이러한 경우, 투명 절연층을 습식 에칭 함으로써, 등방 에칭되는 습식 에칭의 특성에 의해 메쉬형 전극의 전극 면 방향(in-plane)으로 일정한 빈 공간을 확보할 수 있으면서도, 증착이 이루어지지 않아야 하는 투광 영역은 잔류하는 투명 절연층에 의해 보호될 수 있다. 메쉬형 전극의 전극 면 방향으로의 공간 확보에 의해, 증착에 의해 메쉬형 전극을 감싸는 형태로 화합물 반도체를 형성시킬 수 있으며, 또한, 버퍼 물질 또한 화합물 반도체를 감싸는 형태로 형성시킬 수 있다. 이때, 습식 에칭은 메쉬형 전극과 인접하는 투명 기판의 상부면 일부가 표면으로 노출되도록 오버 에칭된 것일 수 있다. 이때, 적어도 에칭에 의해 표면으로 노출되는 투명 기판의 영역은 인접하는 메쉬형 전극의 가장자리를 기준으로 한 노출된 투명 기판 영역의 폭이 증착하고자 하는 물질의 증착 두께보다 크도록 오버 에칭될 수 있다.
- [0055] 상술한 바와 같이, 습식 에칭이 등방 에칭인 특성을 이용하여 메쉬형 전극을 덮는(상부 뿐만 아니라 측면까지 모든 표면을 감싸는) 형태로 화합물 반도체등의 물질을 증착할 수 있으며, 뿐만 아니라, 고온 어닐링이 가능하여 화합물 반도체 품질을 향상시키기 위한 알려진 열처리 공정등이 수행될 수 있어 보다 유리하다.
- [0056] 도 5는 습식 에칭을 이용하여 투명 절연층을 에칭하는 일 예를 도시한 공정도이다. 그러나, 본 발명에서 투명 절연층의 에칭이 습식 에칭으로 한정될 수 없음은 물론이며, 투명 절연층이 건식 에칭으로 에칭되는 경우 또한 포함함은 물론이다.
- [0057] 도 5에 도시한 일 예와 같이, 투명 절연층(500) 및 메쉬형 전극(200)이 구비된 투명 기판(100) 상 네가티브 포토레지스트층(300)을 형성하는 단계, 메쉬형 전극(200)을 광 마스크로 하고, 투명 기판(100)의 하부면을 통해 광을 조사하여, 네가티브 포토레지스트층(300)을 노광 및 현상하는 단계, 현상된 네가티브 포토레지스트(330)를 에칭 마스크로, 투명 절연층(500)을 습식 에칭하는 단계; 현상된 네가티브 포토레지스트(330)를 제거한 후, 에칭된 투명 절연층(501)을 증착 마스크로, 화합물 반도체(400)를 증착하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0058] 이때, 에칭된 투명 절연층(501)을 제거한 후, 후속 공정이 더 수행될 수 있다. 후속 공정은 버퍼층을 형성하는 단계를 포함할 수 있으며, 좋게는 버퍼층을 형성하는 단계 및 버퍼층 상부로 투명전극층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0059] 그러나, 이와 달리, 도 5에 도시된 일 예와 같이, 에칭된 투명 절연층(501)이 존재하는 상태에서, 에칭된 투명 절연층(501)을 증착 마스크로 버퍼물질(610)을 증착하는 단계가 더 수행될 수 있다. 이러한 경우, 도 5에 도시한 일 예와 같이, 화합물 반도체(400)는 메쉬형 전극(200)을 덮는 캡 형태로 형성될 수 있으며, 버퍼물질(610) 또한 화합물 반도체(400)를 덮는 캡 형태로 형성될 수 있다.

- [0060] 도 5에 도시된 일 예와 같이, 버퍼물질이 증착된 후, 에칭된 투명 절연층(501)을 제거하는 단계가 수행될 수 있으며, 이후 투광 영역과 차광 영역 모두를 덮는 층 형태로 투명전극층의 형성 단계가 수행될 수 있다.
- [0061] 그러나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 버퍼물질이 증착된 후, 에칭된 투명 절연층(501)을 다시 증착 마스크로 하여, 투명 전극물질을 증착한 후에 비로소 투명 절연층(501)을 제거하는 단계가 수행될 수 있음은 물론이다.
- [0062] 도 6은 에칭된 투명 절연층을 증착 마스크로 사용하는 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 있어, 투명 절연층이 2층 이상인 경우를 도시한 일 예이다.
- [0063] 상세하게, 메쉬형 전극(200)이 구비된 투명 기판(100)의 메쉬형 전극(200) 측으로, 서로 상이한 물질인 제1 투명절연층(510) 및 제2 투명절연층(520)을 형성한 후, 제2투명절연층(520) 상부로 네가티브 포토레지스트층(300)을 형성하는 단계가 수행될 수 있다.
- [0064] 이후, 상술한 바와 유사하게 메쉬형 전극(200)을 이용한 네가티브 포토레지스트층(300)의 노광 및 현상을 수행하여, 현상된 포토레지스트(330)를 제조한 후, 현상된 포토레지스트(330)로 제2 투명절연층(520)을 에칭하는 1차 에칭이 수행될 수 있으며, 에칭된 제2 투명절연층(521)을 에칭 마스크로 제1 투명절연층(510)을 에칭하여, 에칭된 제1 투명절연층(511)을 제조할 수 있다. 이때, 도 6에 도시한 일 예와 같이, 제1 투명절연층(510)의 에칭에 의해 제거되는 에칭 영역의 폭이, 그 하부의 제2 투명절연층(520)의 에칭 영역의 폭보다 좁도록 하여, 에칭된 투명절연층(521 및 511)을 증착 마스크로 한 물질(화합물 반도체; 또는 화합물 반도체와 버퍼 물질; 또는 화합물 반도체와 버퍼 물질과 투명 전극 물질)의 증착시, 설계된 두께 및 영역으로의 목적하는 물질의 증착이 이루어지는 증착 공정의 안정성 및 재현성을 향상시킬 수 있음은 물론이다.
- [0065] 도 1 내지 도 6을 기반으로 상술한 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 있어, 투명 기판(100)은 투명 기판(100)은 광의 투과를 저해하지 않으며, 지지체의 역할을 수행할 수 있는 기판이면 무방하다. 투명 기판(100)은 리지드 기판 또는 플렉시블 기판을 포함할 수 있다. 특히, 본 발명의 일 실시예에 있어, 전극 및 광흡수체(화합물 반도체)가 모두 다공 구조를 가짐에 따라, 물리적 유연성이 향상되어 플렉시블 특성을 가질 수 있다. 이에 따라, 투명 기판(100)은 소다라임 유리를 포함 하는 유리 기판, 알루미나와 같은 세라믹 기판의 리지드 기판 뿐만 아니라, 폴리이미드와 같은 플렉시블한 고분자 기판 또한 사용 가능하며, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양 전지는 플렉시블한 고분자 기판과 전극 및 광흡수체의 다공 구조에 의해 플렉시블한 특성을 가질 수 있다.
- [0066] 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법에 있어, 메쉬형 전극(200)은 투명 기판(100)의 상부에 위치할 수 있다. 도 7은 투명 기판(100) 상 위치하는 메쉬형 전극(200)을 도시한 일 도면이다. 도 7(a)에 도시한 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200)은 다공 망(mesh) 구조를 가질 수 있으며, 망의 눈(201)이 위치하는 기판 영역이 상술한 투광 영역에 해당하며, 망을 이루는 전도성 라인들이 위치하는 기판 영역이 상술한 흡광 영역에 해당할 수 있다. 도 7(a)의 일 예에서, 비록 망의 눈이 사각형인 일 예를 도시하였으나, 다공 망 구조의 전도성 네트워크에서, 망의 눈은 삼각, 사각, 오각, 육각 또는 팔각을 포함하는 다각형상이거나, 타원 또는 원의 형상일 수 있다. 이때, 균일한 전기적 특성을 위해서는 망을 이루는 전도성 라인들의 폭이 일정한 것이 바람직함에 따라, 일정한 폭(w)을 갖는 전도성 라인들로 망의 구현이 가능한 다각형상인 것이 보다 유리하다. 도 7(b)는 콤 구조의 메쉬형 전극(200)을 도시한 일 예이다. 도 7(b)에 도시한 일 예와 같이, 메쉬형 전극은 다공성 망이 아닌, 서로 이격 배열된 복수의 제1전도성 라인과 복수의 제2전도성 라인을 가로질러 연결하는 제2전도성 라인을 포함할 수 있다. 이때, 도 7(b)에 도시한 일 예와 같이, 복수의 제1전도성 라인은 서로 평행하게 이격 배열될 수 있으며, 제2전도성 라인이 제1전도성 라인의 중심을 가로질러, 서로 평행하게 이격 배열된 복수의 제1전도성 라인을 전기적으로 연결할 수 있다. 이와 달리, 복수의 제1전도성 라인이 서로 평행하게 이격 배열되되, 제2전도성 라인이 제1전도성 라인의 일 단을 가로지르며, 복수의 제1전도성 라인을 전기적으로 연결하는 구조일 수 있다. 또한, 서로 평행하게 이격 배열된 복수개의 제1전도성 라인 및 복수개의 제1전도성 라인을 가로질러 연결하는 제2전도성 라인으로 이루어진 구조를 일 단위체로 하여, 둘 이상의 단위체가 이격 배열된 구조를 가질 수 있다. 이러한 구조의 일 예로, 상호 맞물린(interdigitated)를 들 수 있다.
- [0067] 또한, 도 7(c)에 도시한 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200)이 불규칙한 임의의 형상을 가질 수 있음은 물론이다. 상세하게, 메쉬형 전극(200)은 전도성 와이어, 전도성 로드 및 전도성 플레이트에서 하나 또는 둘 이상 선택되는 전도성 구조체가 불규칙적으로 얽힌 구조를 가질 수 있다. 이러한 전도성 구조체는 나노 구조체가 아닌, 마이크로 구조체인 것이 보다 좋다. 이때, 마이크로 구조체는, 구조체가 와이어인 경우, 와이어의 직경이 수백 나노미터 이상, 실질적으로 0.5 μm 내지 5mm인 것을 의미하며, 구조체가 로드인 경우 그 폭이 수백 나노미터 이상, 실질적으로 0.5 μm 내지 5mm인 것을 의미하며, 구조체가 플레이트인 경우, 그 직경이 수백 나노미터

이상, 실질적으로 0.5 μm 내지 5mm인 것을 의미할 수 있다. 도 7(c)와 같이, 메쉬형 전극이 전도성 구조체들의 네트워크로 이루어지는 경우, 물리적, 전기적 안정성을 향상시키기 위해, 전도성 구조체들이 서로 불규칙적으로 얽혀(접촉을 포함함) 형성된 구조는, 전도성 구조체간의 결합에 의해 일체화된 것일 수 있다. 알려진 바와 같이, 전도성 구조체는 물리적 힘, 열 또는 펄스형 백색광을 포함하는 광 에너지의 인가에 의해, 전도성 구조체간 서로 접촉하는 접촉 영역이 용융되며 결합(융착)하여 일체화될 수 있다. 또한, 네트워크를 이루는 전도성 구조체가 와이어 형태인 경우, 전도성 구조체는 압착에 의해 투명 기관의 표면과 평행한 평면 영역이 형성되도록 물리적으로 변형된 것일 수 있다. 즉, 전도성 구조체의 네트워크는 물리적 변형에 의해 투명 기관의 표면과 평행한 평면형 표면을 갖는 전도성 구조체들의 네트워크일 수 있다. 이때, 압착은 네트워크 형성 전의 전도성 구조체 자체에 이루어질 수 있으며, 이와 독립적으로, 투명 기관 상 전도성 구조체에 의한 네트워크가 형성된 후 이루어질 수 있다. 이때, 물리적 압착과 동시에 열을 인가함으로써, 전도성 구조체들이 물리적으로 변형됨과 동시에 서로 결합하여 일체의 네트워크를 이룰 수 있다. 전도성 구조체의 물리적 변형은 와이어 형상을 기준, 변형된 와이어의 단면 상 투명 기관의 표면과 평행한 방향의 직경을 투명 기관의 표면과 수직인 방향의 직경으로 나눈 비인 변형량이 2 내지 50이 되도록 변형될 수 있다.

[0068] 도 7을 기반으로 상술한 메쉬형 전극(200)에서, 전도성 라인의 폭은 안정적으로 화합물 반도체가 형성되고, 안정적인 전류 이동 경로(낮은 면저항)가 형성될 수 있는 정도이면 무방하다. 구체적인 일 예로, 메쉬형 전극(200)에서, 전도성 라인의 폭은 0.1 μm 내지 5000 μm 일 수 있으며, 종계는 0.3 내지 1000 μm 일 수 있고, 보다 종계는 0.5 μm 내지 500 μm, 보다 더 종계는 0.5 μm 내지 50 μm 일 수 있다. 또한, 도 6(a)와 같이, 메쉬형 전극(200)이 다공성 망의 형상인 경우, 보다 균일한 투명성을 확보하면서도 투광 영역으로 투과하는 광의 난반사가 방지될 수 있도록, 망의 눈(단일한 눈)은 직경(망의 눈의 면적을 동일 면적의 원으로 환산한 직경)이 0.1 μm 내지 1000 μm, 종계는 0.5 μm 내지 50 μm 일 수 있다.

[0069] 다공성 네트워크 구조를 갖는 메쉬형 전극의 두께는 광을 투과하지 않으며 안정적인 전기 전도가 이루어질 수 있는 두께이면 무방하다. 구체적인 일 예로, 메쉬형 전극의 두께는 100 nm 내지 10000 nm, 보다 구체적으로 500 nm 내지 5000 nm, 보다 더 구체적으로 500 nm 내지 3000 nm 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0070] 메쉬형 전극은 화합물 반도체 태양전지의 투명도를 직접적으로 결정할 수 있는데, 투명 기관에서, 전도성 네트워크가 위치하는 일 표면의 표면적을 기준으로, 해당 일 표면의 10% 내지 95%에 해당하는 표면적이 메쉬형 전극에 의해 덮일 수 있다. 전도성 네트워크에 의해 덮이는 면적비(coverage)인 S_{nw1}/S_{sub} 가 0.95를 초과하는 경우, 실질적으로 광의 투과가 거의 발생하지 않을 위험이 있으며, S_{nw1}/S_{sub} 가 0.1 미만인 경우, 전지에 로딩되는 광흡수체의 양이 과도하게 줄어들어, 전지효율이 감소할 수 있다. 광흡수체 로딩량의 감소에 의한 전지 효율 저하를 방지하며, 창호에 적용 가능한 광투과율을 가질 수 있도록, 커버리지(S_{nw1}/S_{sub})가 0.25(약 75 % 투과) 내지 0.9(약 10 %투과)인 것이 좋고, 0.5(약 50 % 투과) 내지 0.8(약 20 % 투과)인 것이 보다 좋다. 이때, 광투과율은 가시광 영역의 투과율을 의미할 수 있으며, 가시광 영역의 파장은 400 nm 내지 700 nm 일 수 있다. 또한, 광투과율은 광투과도나 100으로 계산하여 백분율(%)로 표시될 수 있으며, 광투과도는 입사광 세기(I0)에 대한 투과광 세기(I)의 비(I/I0)를 의미할 수 있다.

[0071] 상술한 바와 같이, 투명 기관 상, 메쉬형 전극이 위치하는 영역인 흡광 영역과 메쉬형 전극이 존재하지 않는 영역인 투광 영역이 균일하게 분산 공존하여, 균일한 광투과율을 가질 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.

[0072] 메쉬형 전극은 통상의 칼코젠 화합물 반도체 기반 태양전지에서, 후면 전극으로 사용하는 물질일 수 있다. 구체적인 일 예로, 몰리브덴(Mo), 도핑 원소(나트륨(Na), 칼륨(K), 은(Ag), 안티모니(Sb), 알루미늄(Al) 및 구리(Cu) 등에서 하나 이상 선택되는 원소)로 도핑된 몰리브덴, 칼코젠화 몰리브덴($MoSe_2$, MoS_2 , $MoSe_{2-x}S_x$ ($0 \leq x \leq 2$ 인 실수)등), 은, 구리, 알루미늄, 텅스텐, 아연, 니켈, 철 또는 이들의 합금 등을 포함할 수 있다.

[0073] 메쉬형 전극은 투명 기관 상 전극 물질의 치밀 막인 전도성 막을 형성한 후, 설계된 형상을 갖는 에칭 마스크를 이용하여, 전도성 막을 부분적으로 식각하여 제조하는 방법, 투명 기관 상 설계된 형상을 갖는 증착 마스크를 이용하여 전극 물질을 증착하는 선택적 증착법등을 이용하여 수행될 수 있다. 이때, 증착은 스퍼터링(Sputtering), 진공증착(Evaporation), 화학기상증착법(CVD; Chemical Vapour Deposition), 스핀 코팅(spin coating), 또는 스프레이 코팅(spray coating)을 이용하여 수행될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0074] 이와 달리, 메쉬형 전극이 전도성 구조체에 기반한 다공망 구조인 경우, 투명 기관 상, 전도성 구조체가 분산된

분산액을 도포 및 건조하여 전도성 구조체의 네트워크를 형성할 수 있다.

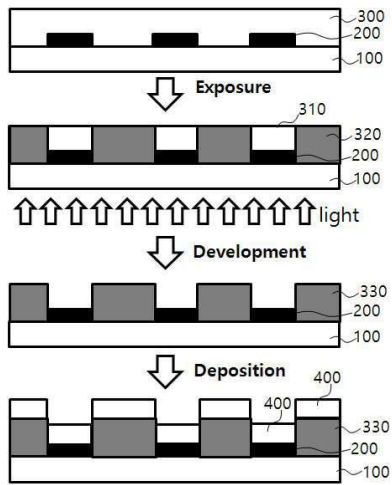
- [0075] 이때, 전도성 구조체가 분산된 분산액을 투명 기판 상 도포 및 건조 한 후, 전도성 구조체들이 서로 접하는 부분이 용융 결합되어 일체화될 수 있도록, 열 또는 광을 조사하는 단계가 더 수행될 수 있다. 열처리 온도나 광의 조사 조건등은 전도성 물질에 따라 적절히 조절될 수 있음은 물론이다. 구체적이며 비 한정적인 일 예로, 열처리 온도는 50 내지 250℃일 수 있으며, 광의 조사는, 제논 램프를 포함하는 백색 광원을 5 내지 50 J/cm²의 강도로 단펄스 또는 다펄스 조사하는 것일 수 있다.
- [0076] 또한, 전도성 구조체가 와이어인 경우, 분산 도포되기 전, 또는 제2금속의 전도성 구조체가 도포된 후, 제2금속의 전도성 구조체를 압착하여 물리적으로 변형시키는 단계가 더 수행될 수 있다. 또한, 변형 정도 및 전도성 물질의 종류에 따라, 변형을 위한 압축력이 적절히 조절될 수 있음은 물론이다. 구체적이며 비 한정적인 일 예로, 0.2 내지 100MPa의 압력으로 압착될 수 있다.
- [0077] 도 1 내지 6을 기반으로 상술한 바와 같이, 화합물 반도체의 증착이 수행된 후 증착 마스크로 사용된 포토레지스트나 투명 절연층을 제거하거나, 제거하지 않은 상태에서 버퍼 물질의 증착이 수행될 수 있다. 버퍼 물질의 증착이 수행된 후에도, 증착 마스크로 사용된 포토레지스트나 투명 절연층을 제거하거나, 제거하지 않은 상태에서 필요시, 후속 공정으로 투명 절연층을 형성하는 단계가 더 수행될 수 있다.
- [0078] 버퍼 물질의 증착(또는 버퍼층의 형성) 및/또는 투명전극 물질의 증착(또는 투명 전극층의 형성)은 서로 독립적으로, CBD법(chemical bath deposition, 화학조증착법), 전자빔 코팅법, 스퍼터링법 및 화학증착법을 포함하는 방법을 통해 형성될 수 있으나, 통상의 화합물 반도체 기반 태양전지에서 버퍼층 및 투명전극층을 형성하기 위해 사용되는 알려진 어떠한 방법을 이용할 수 있음은 물론이다.
- [0079] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법으로 제조되는 태양전지의 단면을 도시한 일 단면도이다. 도 8에 도시한 일 예와 같이, 버퍼 물질의 증착시 화합물 반도체 증착에 사용된 증착 마스크 제거 여부에 따라, 버퍼 물질(610)은 메쉬형 전극 및 화합물 반도체가 위치하지 않는 투광 영역과 메쉬형 전극 및 화합물 반도체가 형성된 차광 영역을 모두 덮는 막(치밀막, 600) 형상이거나, 차광 영역에만 선택적으로 형성되어 메쉬형 전극과 동일하거나 이와 대응되는 형상을 가질 수 있다.
- [0080] 버퍼 물질 상에 위치하는 투명 전극 물질(710) 또한, 투명 전극 물질의 증착시 버퍼 물질 증착에 사용된 증착 마스크 제거 여부에 따라, 메쉬형 전극, 화합물 반도체 및 버퍼 물질이 위치하지 않는 투광 영역과 메쉬형 전극, 화합물 반도체 및 버퍼 물질이 형성된 차광 영역을 모두 덮는 막(치밀막, 700) 형상이거나, 차광 영역에만 선택적으로 형성되어 메쉬형 전극과 동일하거나 이와 대응되는 형상을 가질 수 있다.
- [0081] 상세하게, 화합물 반도체 증착시 사용된 증착 마스크를 제거하지 않고 버퍼 물질 및 투명 전극 물질의 증착이 수행되는 경우, 도 8(a)에 도시된 일 예와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법으로 제조되는 태양전지는 메쉬형 전극(200), 메쉬형 전극 상부에 선택적으로 위치하는 화합물 반도체(400), 화합물 반도체(400) 상부에 선택적으로 위치하는 버퍼물질(610) 및 버퍼물질 상부에 선택적으로 위치하는 투명전극 물질(710)을 포함할 수 있다.
- [0082] 또한 투명절연층을 형성하는 공정을 포함하되, 화합물 반도체 증착시 사용된 증착 마스크를 제거한 후, 버퍼 물질 및 투명 전극 물질을 순차적으로 증착하는 경우, 도 8(b)에 도시된 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200); 메쉬형 전극 상부에 선택적으로 위치하는 화합물 반도체(400); 메쉬형 전극(200) 및 화합물 반도체(400)의 적층체와 접하여 적층체의 둘레를 감싸는 투명 절연층(에칭된 투명 절연층, 501); 투명 절연층(501)과 화합물 반도체(400)를 모두 덮는 버퍼층(600); 및 버퍼층 상부에 위치하는 투명전극층(700);을 포함할 수 있다.
- [0083] 또한 투명절연층을 형성하는 공정을 포함하되, 화합물 반도체 증착시 사용된 증착 마스크를 제거하지 않고 버퍼 물질의 증착이 수행되는 경우, 도 8(c)에 도시된 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200); 메쉬형 전극 상부에 선택적으로 위치하는 화합물 반도체(400); 화합물 반도체(400) 상부에 선택적으로 위치하는 버퍼물질(610); 메쉬형 전극(200), 화합물 반도체(400) 및 버퍼 물질(610)의 적층체와 접하여 적층체의 둘레를 감싸는 투명 절연층(에칭된 투명 절연층, 501); 및 투명 절연층(501)과 버퍼물질(610)을 모두 덮는 투명전극층(700);을 포함할 수 있다.
- [0084] 또한 투명절연층을 형성하는 공정을 포함하되, 화합물 반도체 증착시 사용된 증착 마스크를 제거하지 않고 버퍼 물질 및 투명 전극물질의 증착이 수행되는 경우, 도 8(d)에 도시된 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200); 메쉬형 전극 상부에 선택적으로 위치하는 화합물 반도체(400); 화합물 반도체(400) 상부에 선택적으로 위치하는 버퍼물질(610); 버퍼 물질(610) 상부에 선택적으로 위치하는 투명 전극물질(710); 및 메쉬형 전극(200), 화합물 반도체(400), 버퍼 물질(610) 및 투명 전극물질(710)의 적층체와 접하여 적층체의 둘레를 감싸는 투명 절연층(에칭된

투명 절연층, 501);을 포함할 수 있다.

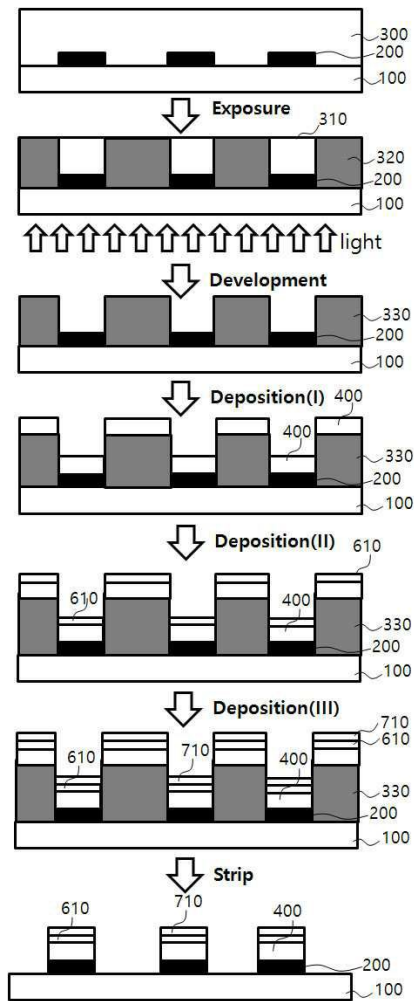
- [0085] 또한 투명절연층을 형성하는 공정을 포함하되, 습식 에칭된 투명절연층을 화합물 반도체 증착시 및 버퍼 물질의 증착시의 증착 마스크로 사용하는 경우, 도 8(e)에 도시된 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200), 메쉬형 전극과 대응되는 형상을 가지며 메쉬형 전극을 덮는 화합물 반도체(400), 메쉬형 전극과 대응되는 형상을 가지며 화합물 반도체를 덮는 버퍼물질(610) 및 투광영역과 차광영역을 모두 덮는 투명전극층(700)을 포함할 수 있다.
- [0086] 또한 투명절연층을 형성하는 공정을 포함하되, 습식 에칭된 투명절연층을 화합물 반도체 증착시의 증착 마스크로 사용하는 경우, 도 8(f)에 도시된 일 예와 같이, 메쉬형 전극(200), 메쉬형 전극과 대응되는 형상을 가지며 메쉬형 전극을 덮는 화합물 반도체(400), 화합물 반도체가 형성된 영역(차광영역)과 투명 기관의 표면이 노출된 영역(투광영역)을 모두 덮는 연속된 층 형태의 버퍼층(600) 및 버퍼층(600) 상부에 위치하며 마찬가지로 투광영역과 차광영역을 모두 덮는 투명전극층(700)을 포함할 수 있다.
- [0087] 또한 도면에 도시하지 않았으나, 또한 투명절연층을 형성하는 공정을 포함하되, 습식 에칭된 투명절연층을 화합물 반도체 증착, 버퍼 물질의 증착 및 투명 전극물질의 증착시의 증착 마스크로 사용하고 마스크로 사용된 투명 절연층을 제거하는 경우, 메쉬형 전극(200), 메쉬형 전극과 대응되는 형상을 가지며 메쉬형 전극을 덮는 화합물 반도체(400), 메쉬형 전극과 대응되는 형상을 가지며 화합물 반도체를 덮는 버퍼물질(610), 메쉬형 전극과 대응되는 형상을 가지며 버퍼 물질을 덮는 투명전극 물질을 포함할 수 있다.
- [0088] 도 8을 기반으로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조되는 태양전지의 구조들을 도시하였으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0089] 버퍼 물질(버퍼층)은 화합물 반도체(광흡수체)와 투명전극층 간의 밴드 갭차이를 줄이고, 광흡수체와 투명전극층 계면 사이에서 발생할 수 있는 전자와 정공의 재결합에 의한 소멸을 방지하기 위한 역할을 수행할 수 있다. 버퍼 물질(버퍼층)은 통상의 화합물 반도체 기반 태양전지, 구체적으로는 구리 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코젠 화합물 기반 태양전지에서 상술한 역할을 수행하기 위해 광흡수층과 투명전극층 사이에 위치하는 물질이면 무방하다. 구체적이며 비 한정적인 일 예로, 버퍼 물질(버퍼층)은 CdS, Zn(O,S), ZnSe, In₂S₃, ZnIn_xSe_y (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, x 및 y는 실수) 및 Zn_{1-x}Mg_xO (0 ≤ x ≤ 1, x는 실수)에서 하나 이상 선택되는 물질을 포함할 수 있다. 버퍼 물질(버퍼층)의 두께는 특별히 한정되지 않으나, 10 nm 내지 1000 nm, 구체적으로, 30 nm 내지 800 nm 일 수 있다.
- [0090] 투명전극 물질(투명전극층)은 입사광을 통과시키는 투명창으로서 뿐만 아니라 입사광에 의해 생성된 전자를 모으는 전극 역할을 수행할 수 있다. 투명전극 물질(투명전극층)은 통상의 화합물 반도체 기반 태양전지, 구체적으로는 구리 및 12족 내지 14족에서 하나 이상 선택되는 원소의 칼코젠 화합물 기반 태양전지에서 투명한 전면 전극으로 사용되는 물질이면 무방하다. 구체적이며 비 한정적인 일 예로, 투명전극 물질(투명전극층)은 ZnO, AZO(aluminum-doped zinc oxide), GZO(Ga-doped zinc oxide), BZO(boron-doped zinc oxide), ITO(indium tin oxide), FTO(fluorinedoped tin oxide), 그래핀, 금속 나노선, 금속 메쉬 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 투명전극 물질(투명전극층)의 두께는 특별히 한정되지 않으나, 50 nm 내지 2000 nm 일 수 있으며, 구체적으로는 50 nm 내지 800 nm 일 수 있고, 보다 구체적으로는 100 nm 내지 600 nm 일 수 있다.
- [0091] 또한, 도면에 도시하지 않았으나, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지는, 투명전극 물질(투명전극층) 상부에, 투명전극 물질(투명전극층)에 모인 광전류를 효과적으로 이송시키기 위한 금속 그리드 전극이 더 구비될 수 있음은 물론이다. 금속 그리드 전극이 더 구비되는 경우, 광이 입사되는 방향으로 투사(projection) 이미지 상, 금속 그리드 전극이 전도성 네트워크 내부에 위치하도록 형성되는 것이 좋다. 즉, 금속 그리드 전극은 투광 영역 상에는 형성되지 않고, 흡광 영역 상에 형성되는 것이 좋다.
- [0092] 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 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0093] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

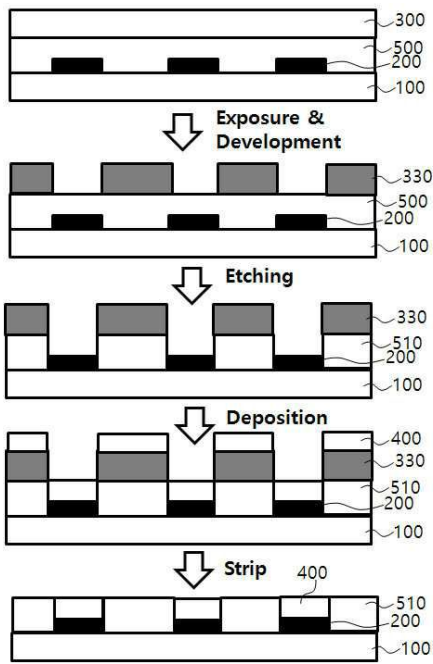
도면1



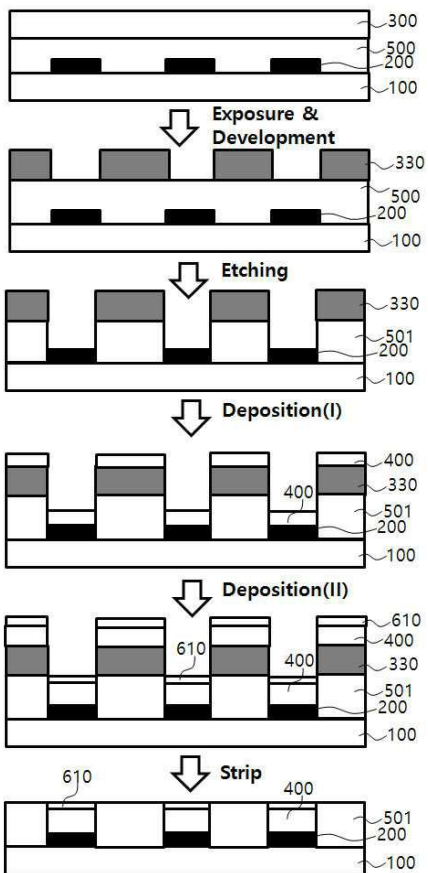
도면2



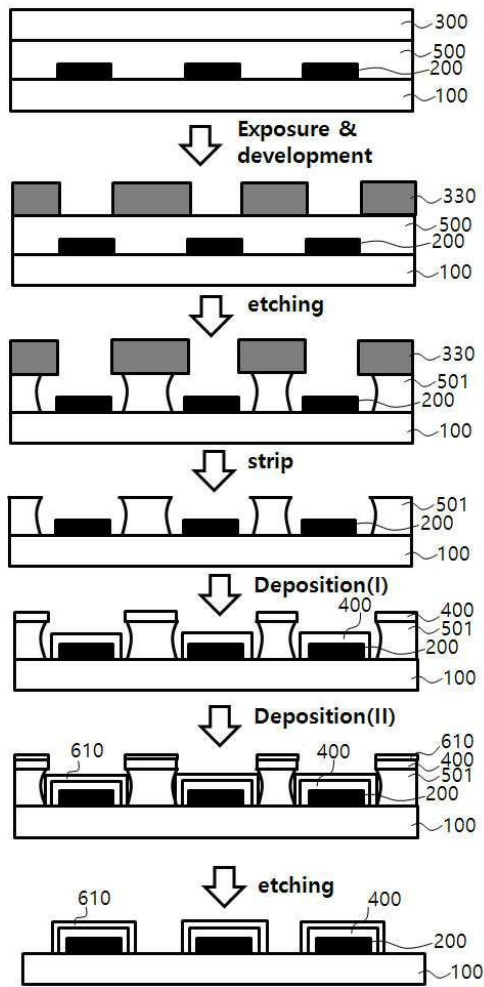
도면3



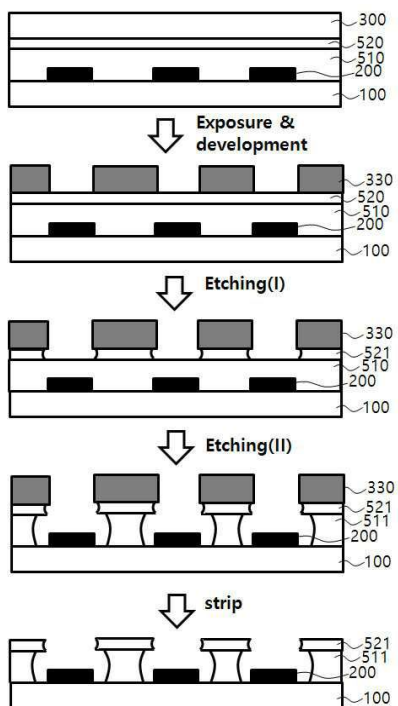
도면4



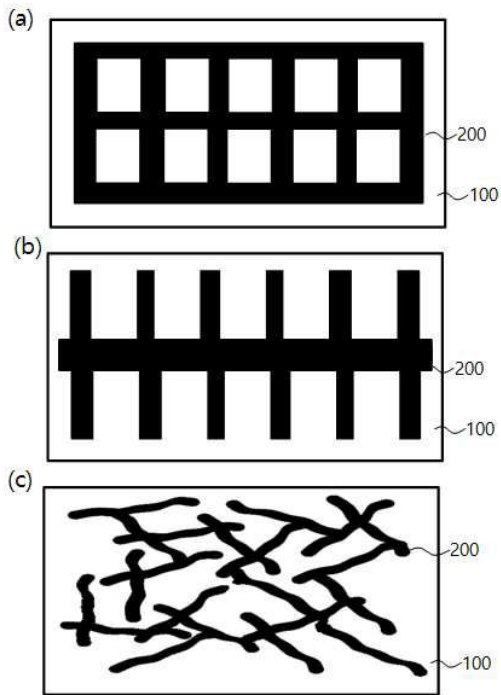
도면5



도면6



도면7



도면8

