



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0028337
(43) 공개일자 2023년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0216 (2014.01) H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/02168 (2013.01)
H01L 31/022425 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0017930(분할)
(22) 출원일자 2023년02월10일
심사청구일자 2023년02월10일
(62) 원출원 특허 10-2020-0036435
원출원일자 2020년03월25일
심사청구일자 2020년03월25일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
서관용
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이강민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
리엔목특허법인

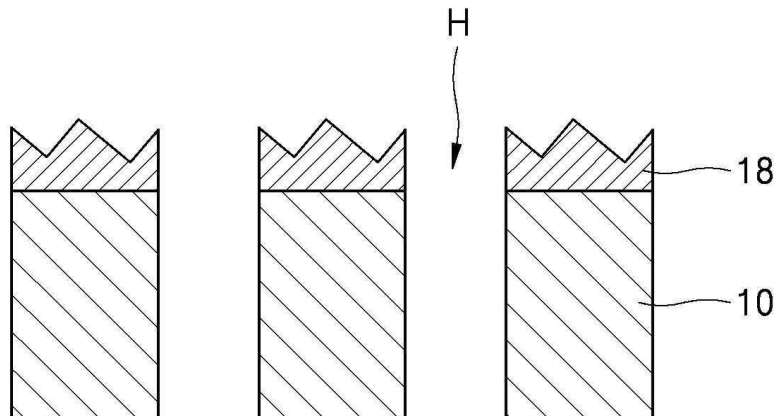
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 태양전지 및 태양전지의 제조방법

(57) 요약

복수의 홀을 포함하는 태양전지에 있어서, 상기 태양전지의 일 표면에 위치하는 광학 필름을 포함하고, 상기 복수의 홀은 상기 태양전지 및 광학필름을 동시에 관통하도록 연장되는 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 31/186 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415159395
과제번호	20183010013900
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발(R&D)
연구과제명	다양한 색 구현이 가능한 반투명 결정질 실리콘 태양전지 요소기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2018.06.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711111800
과제번호	2019R1A2C2086602
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구사업명	울산과학기술원
연구과제명	원자층 증착 기반의 산화막 형성을 통한 비도핑 결정질 실리콘 집합 형성 연구 및
이를 활용한 차세대 태양전지 응용 연구	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.09.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 홀을 포함하는 태양전지에 있어서, 상기 태양전지의 일 표면에 위치하는 광학 필름을 포함하고, 상기 복수의 홀은 상기 태양전지 및 광학필름을 동시에 관통하도록 연장되고, 상기 광학 필름은 상기 복수의 홀들 사이의 태양전지의 일 표면 전체를 덮도록 배치되고, 상기 광학 필름 표면에 점착방지 코팅층을 더 포함하는, 태양전지.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 복수의 홀들 각각의 크기는 $1\mu\text{m}$ 내지 1mm 인, 태양전지.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 광학 필름은 표면에 다각형의 구조체를 포함하는, 태양전지.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 광학 필름은 열경화성 수지를 포함한, 태양전지.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 광학 필름은 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 에틸렌바이닐아세테이트(EVA), 폴리이미드(PI), 광경화 폴리머(UV Curing Epoxy) 또는 이들의 조합을 포함하는, 태양전지.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 점착방지 코팅층은 자가-조립형 단층 코팅층을 포함하는, 태양전지.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 태양전지는
결정질 실리콘 기판;
상기 결정질 실리콘 기판의 제1 면 상에 위치하고, 상기 결정질 실리콘 기판과 P-N 접합을 이루는 제1 층;
상기 제1 층 상에 위치하고, 상기 제1 층과 접속된 제1 전극부;
상기 제1 면과 반대면인 상기 결정질 실리콘 기판의 제2 면 상에 위치하는 제2 층;
상기 제2 층 상에 위치하고, 상기 제2 층과 접속된 제2 전극부;를 포함하고,
상기 광학 필름은 제1 층 상에 위치하고,
상기 복수의 홀들은 상기 제1 층, 상기 제2 층, 상기 제2 전극부, 및 상기 광학 필름을 관통하도록 연장되는, 태양전지.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 층 상에 반사방지막을 더 포함하고,

상기 제1 전극부는 상기 반사방지막을 관통하여 상기 제1 층과 접속하는, 태양전지.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 반사방지막은 상기 복수의 홀들의 내측면들 상에 형성된, 태양전지.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 결정질 실리콘 기판은 제1 도전형을 가지고,

상기 제1층은 제1 도전형과 반대인 제2 도전형을 가지는 불순물이 도핑된 에미터층이고,

상기 제2층은 상기 제1 도전형을 가지는 불순물이 도핑된 후면 전계층인, 태양전지.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 제1층 및 제2층 중 어느 하나는 전자 수송 물질을 포함하는 전자 수송층이고, 상기 제1층 및 제2층 중 다른 하나는 정공 수송 물질을 포함하는 정공 수송층인, 태양전지.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 제1 전극부는 상기 복수의 홀들 사이에 위치하는 마이크로 그리드 패턴을 가지는, 태양전지

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 제1 전극부와 상기 제2 전극부는 투광성 전극층들인 태양전지.

청구항 14

복수의 홀을 포함하는 태양전지를 제공하는 단계;

상기 태양전지의 일 표면에 광학 필름을 제공하는 단계;

상기 복수의 홀 상에 위치하는 광학 필름을 제거하는 단계;를 포함하고,

상기 복수의 홀 상에 위치하는 광학 필름을 제거하는 단계는 진공 챔버에서 홀을 식선하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 홀들은 상기 태양전지 및 광학 필름을 동시에 관통하도록 연장되고,

상기 광학 필름은 700nm 이상의 파장 대역의 광을 흡수하는, 태양전지의 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 복수의 홀들 각각은 원기둥 형상을 가지며, 상기 복수의 홀들 각각의 지름은 1 μ m 내지 1mm로 형성되는 태양전지의 제조 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 태양전지 상에 광학 필름을 제공하는 단계는 태양전지의 일 표면에 열경화성 수지를 도포하는 단계를 포함하는, 태양전지의 제조 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 열경화성 수지의 표면을 textured mold로 프레스하여 표면 처리하는 단계를 더 포함하는, 태양전지의 제조 방법.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 복수의 홀을 포함하는 태양전지를 제공하는 단계는:

서로 반대면인 결정질 실리콘 반도체 기판의 제1 면과 제2 면에 각각 제1 층과 제2 층을 형성하는 단계;

상기 제1 층, 상기 결정질 실리콘 반도체 기판, 및 상기 제2 층을 관통하는 복수의 홀들을 형성하는 단계; 및

상기 제1 층 상에 상기 제1 층과 접촉하는 제1 전극부와, 상기 제2 층 상에 상기 제2 층과 접촉하는 제2 전극부를 형성하는 단계;를 포함하고,

상기 제1 층은 상기 결정질 실리콘 반도체 기판과 P-N 접합을 형성하며,

상기 복수의 홀들은 상기 제1 층, 상기 제2 층, 및 상기 제2 전극부를 동시에 관통하도록 연장되는, 태양전지의 제조 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 제1 전극부를 형성하기 전, 상기 제1 층 상에 반사방지막을 형성하는 단계를 더 포함하고,

상기 제1 전극부는 상기 반사방지막을 관통하여 상기 제1 층과 접촉하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 결정질 실리콘 반도체 기판은 제1 도전형을 가지고,

상기 제1 층은 상기 제1 도전형과 반대인 제2 도형을 가지는 불순물을 상기 결정질 실리콘 반도체 기판에 도핑하여 형성하고,

상기 제2 층은 상기 제1 도형을 가지는 불순물을 상기 결정질 실리콘 반도체 기판에 도핑하여 형성하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 21

제18항에 있어서,

상기 제1 전극부는 상기 복수의 홀들 사이에 위치하는 마이크로 그리드 패턴을 가지도록 형성되는 태양전지의 제조 방법.

청구항 22

제18항에 있어서,

상기 결정질 실리콘 반도체 기판은 N타입 반도체 기판이고,

상기 제1 층은 상기 제1 면 상에 정공 수송 물질을 증착하여 형성하고, 상기상기 제2 층은 상기 제2 면 상에 전자 수송 물질을 증착하여 형성하는 태양전지의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 태양전지 및 태양전지의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 석유나 석탄과 같은 기존 에너지 자원의 고갈이 예상되면서 이들을 대체할 대체 에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중에서도 태양전지는 반도체 소자를 이용하여 태양광 에너지를 직접 전기 에너지로 변화시키는 차세대 에너지 전환소자로서 각광받고 있다.

[0003] 현재 상용화에 성공한 태양전지는 결정질 실리콘 기판을 사용하며, 특히, 높은 효율을 얻기 위하여 150 μm 이상의 두께를 갖는 결정질 실리콘 기판이 사용된다. 결정질 실리콘계 태양전지는 본질적으로 불투명성을 갖는 결정질 실리콘을 사용하기 때문에 투명한 태양전지를 제작하기 어려운 한계점을 가지고 있다.

[0004] 한편, 투명 태양전지를 제작하기 위하여, 최근에는 염료감응형 태양전지, 유기 태양전지, 페로브스카이트 태양전지를 중심으로 연구가 진행되고 있다. 하지만, 낮은 광전변환 효율, 낮은 안정성 및 무색 반투명 구현의 어려움이 여전히 존재한다.

[0005] 따라서, 고효율의 투명 태양전지에 관한 요구가 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 일 측면에 따라 투광성 및 높은 광전변환 효율을 갖는 태양전지를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 측면에 따라, 복수의 홀을 포함하는 태양전지에 있어서, 상기 태양전지의 일 표면에 위치하는 광학 필름을 포함하고, 상기 복수의 홀은 상기 태양전지 및 광학필름을 동시에 관통하도록 연장되는 태양전지가 제공된다.

[0008] 일 구현예에 있어서, 상기 복수의 홀들 각각의 크기는 1 μm 내지 1mm일 수 있다. 복수의 홀 각각의 크기가 상기 범위를 만족함에 따라 가시광선 파장 영역을 갖는 광들이 홀들을 통과할 수 있으므로, 무색을 나타낼 수 있다.

[0009] 일 구현예에 있어서, 상기 광학 필름은 상기 복수의 홀들 사이의 태양전지의 일 표면 전체를 덮도록 배치될 수 있다. 광학 필름이 복수의 홀들을 실질적으로 막지 않음으로써 태양전지의 투광성을 유지할 수 있으며, 홀을 제외한 태양전지의 표면을 덮음으로써 태양전지의 적외선 영역, 예를 들어 700 nm 이상의 파장 대역의 광의 흡수율이 상승하고, 그 결과 태양전지의 광흡수율 및 광전효율이 향상될 수 있다.

[0010] 일 구현예에 있어서, 상기 광학 필름은 표면에 다각형의 구조체를 포함할 수 있다. 광학 필름 표면에 다각형의 구조체를 포함함에 의하여 광 반사율의 감소에 따른 광전효율 향상을 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 각도로 입사되는 입사광의 우수한 흡수율을 갖는다.

[0011] 일 구현예에 있어서, 상기 광학 필름은 열경화성 수지를 포함할 수 있다.

[0012] 일 구현예에 있어서, 상기 광학 필름은 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 에틸렌바이닐 아세테이트(EVA), 폴리이미드(PI), 광경화 폴리머 (UV Curing Epoxy) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0013] 일 구현예에 있어서, 상기 광학 필름은 표면에 점착방지 코팅층(anti-stiction coating)을 더 포함할 수 있다. 점착방지 코팅층에 의하여 외부 이물질의 부착에 따른 광흡수율 저하를 방지할 수 있다.

[0014] 일 구현예에 있어서, 상기 점착방지 코팅층은 자가-조립형 단층 코팅층을 포함할 수 있다.

[0015] 일 구현예에 있어서, 상기 복수의 홀을 포함하는 태양전지는, 결정질 실리콘 기판; 상기 결정질 실리콘 기판의 제1 면 상에 위치하고, 상기 결정질 실리콘 기판과 P-N 접합을 이루는 제1 층; 상기 제1 층 상에 위치하고, 상기 제1 층과 접촉된 제1 전극부; 상기 제1 면과 반대면인 상기 결정질 실리콘 기판의 제2 면 상에 위치하는 제2 층; 상기 제2 층 상에 위치하고, 상기 제2 층과 접촉된 제2 전극부;를 포함할 수 있고, 상기 광학 필름은 제1 층 상에 위치하고, 상기 복수의 홀들은 상기 제1 층, 상기 제2 층, 상기 제2 전극부, 및 상기 광학 필름을 관통

하도록 연장될 수 있다. 이러한 구조를 통해, 투명하고도 고효율의 태양전지의 제공이 가능하다.

- [0016] 일 구현예에 있어서, 상기 제1 층 상에 반사방지막을 더 포함할 수 있고, 상기 제1 전극부는 상기 반사방지막을 관통하여 상기 제1 층과 접촉한다.
- [0017] 일 구현예에 있어서, 상기 반사방지막은 상기 복수의 홀들의 내측면들 상에 형성될 수 있다.
- [0018] 일 구현예에 있어서, 상기 결정질 실리콘 기판은 제1 도전형을 가지고, 상기 제1층은 제1 도전형과 반대인 제2 도전형을 가지는 불순물이 도핑된 에미터층이고, 상기 제2층은 상기 제1 도전형을 가지는 불순물이 도핑된 후면 전계층일 수 있다.
- [0019] 일 구현예에 있어서, 상기 제1층 및 제2층 중 어느 하나는 전자 수송 물질을 포함하는 전자 수송층이고, 상기 제1층 및 제2층 중 다른 하나는 정공 수송 물질을 포함하는 정공 수송층일 수 있다.
- [0020] 일 구현예에 있어서, 상기 제1 전극부는 상기 복수의 홀들 사이에 위치하는 마이크로 그리드 패턴을 가질 수 있다.
- [0021] 일 구현예에 있어서, 상기 제1 전극부와 상기 제2 전극부는 투광성 전극층들일 수 있다.
- [0022] 다른 측면에 있어서, 복수의 홀을 포함하는 태양전지를 제공하는 단계; 상기 태양전지의 일 표면에 광학 필름을 제공하는 단계; 상기 복수의 홀 상에 위치하는 광학 필름을 제거하는 단계;를 포함하고, 상기 복수의 홀들은 상기 태양전지 및 광학 필름을 동시에 관통하도록 연장되는, 태양전지의 제조 방법이 제공된다.
- [0023] 일 구현예에 있어서, 상기 복수의 홀들 각각은 원기둥 형상을 가지며, 상기 복수의 홀들 각각의 지름은 $1\mu\text{m}$ 내지 1mm 로 형성될 수 있다.
- [0024] 일 구현예에 있어서, 상기 태양전지 상에 광학 필름을 제공하는 단계는 태양전지의 일 표면에 열경화성 수지를 도포하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 일 구현예에 있어서, 상기 열경화성 수지의 표면을 텍스처된 금형(textured mold)으로 프레스하여 표면 처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 일 구현예에 있어서, 상기 복수의 홀 상에 위치하는 광학 필름을 제거하는 단계는 진공 챔버에서 홀을 석션하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 일 구현예에 있어서, 상기 복수의 홀을 포함하는 태양전지를 제공하는 단계는: 서로 반대면인 결정질 실리콘 반도체 기판의 제1 면과 제2 면에 각각 제1 층과 제2 층을 형성하는 단계; 상기 제1 층, 상기 결정질 실리콘 반도체 기판, 및 상기 제2 층을 관통하는 복수의 홀들을 형성하는 단계; 및 상기 제1 층 상에 상기 제1 층과 접촉하는 제1 전극부와, 상기 제2 층 상에 상기 제2 층과 접촉하는 제2 전극부를 형성하는 단계;를 포함하고, 상기 제1 층은 상기 결정질 실리콘 반도체 기판과 P-N 접합을 형성하며, 상기 복수의 홀들은 상기 제1층, 상기 제2 층, 및 상기 제2 전극부를 동시에 관통하도록 연장될 수 있다.
- [0028] 일 구현예에 있어서, 상기 제1 전극부를 형성하기 전, 상기 제1 층 상에 반사방지막을 형성하는 단계를 더 포함하고, 상기 제1 전극부는 상기 반사방지막을 관통하여 상기 제1 층과 접촉할 수 있다.
- [0029] 일 구현예에 있어서, 상기 결정질 실리콘 반도체 기판은 제1 도전형을 가지고, 상기 제1 층은 상기 제1 도전형과 반대인 제2 도전형을 가지는 불순물을 상기 결정질 실리콘 반도체 기판에 도핑하여 형성하고, 상기 제2 층은 상기 제1 도전형을 가지는 불순물을 상기 결정질 실리콘 반도체 기판에 도핑하여 형성할 수 있다.
- [0030] 일 구현예에 있어서, 상기 제1 전극부는 상기 복수의 홀들 사이에 위치하는 마이크로 그리드 패턴을 가지도록 형성될 수 있다.
- [0031] 일 구현예에 있어서, 상기 결정질 실리콘 반도체 기판은 N타입 반도체 기판이고, 상기 제1 층은 상기 제1 면 상에 정공 수송 물질을 증착하여 형성하고, 상기상기 제2 층은 상기 제2 면 상에 전자 수송 물질을 증착하여 형성할 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 일 측면에 따라 제공된 태양전지는 가시광 영역의 모든 광을 투과시켜 특정 색이 발현되지 않으며, 결정질 실리콘을 사용함으로써 우수한 광전 변환 효율을 가질 수 있을 뿐만 아니라, 홀을 가로막지 않는 광학 필름을 표면에 배치함에 따라 홀 형성에 따라 감소된 광흡수율의 손실분을 보상함으로써, 투명성 및 고효율을 동시에 갖는

다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지를 개략적으로 도시한 평면도이다.
- 도 2는 도 1의 I-I' 단면을 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 3은 도 1의 태양전지의 저면을 개략적으로 도시한 저면도이다.
- 도 4는 태양전지의 수광면과 홀을 모두 막히도록 배치된 광학필름을 포함하는 태양전지(비교예 1)와, 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지(실시예 1)에 대하여 혼탁비율(haze ratio)을 측정한 그래프이다.
- 도 5는 광학 필름 유무에 따른 태양전지의 광 투과율을 측정한 그래프이다.
- 도 6(a)는 투과율이 20%로 동일한 태양전지 중 광학필름을 포함하지 않는 태양전지 및 광학필름을 포함하는 태양전지의 전류-전압 곡선이고, 도 6(b)는 과장 영역에 따른 광전변환효율 곡선을 보여주는 그래프이다.
- 도 7은 평면 결정질 실리콘계 태양전지, 투명 결정질 실리콘계 태양전지(광학 필름 無) 및 투명 결정질 실리콘계 태양전지(광학 필름 有)의 광 입사 각도에 따른 단락 전류 비율을 보여주는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 구현예에 따른 태양전지의 개략도이다.
- 도 9는 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지 중 점착방지 코팅층의 유무에 따른 표면의 소수성 차이를 보여주는 사진이다.
- 도 10은 도 2에서 광학 필름을 제외한 태양전지의 일 구현예를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 11은 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지의 제조 방법을 개략적으로 도시한 도면이다.
- 도 12 내지 도 15는 도 10의 태양전지의 제조 과정을 개략적으로 도시한 단면도들이다.
- 도 16은 도 2에서 광학 필름을 제외한 태양전지의 다른 구현예를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 17 내지 도 19는 도 16의 태양전지의 제조 과정을 개략적으로 도시한 단면도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0035] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0036] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한 각 도면에서, 구성요소는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었으며, 각 구성요소의 크기는 실제크기를 전적으로 반영하는 것은 아니다.
- [0037] 각 구성요소의 설명에 있어서, 상(on)에 또는 하(under)에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, 상(on)과 하(under)는 직접 또는 다른 구성요소를 개재하여 형성되는 것을 모두 포함하며, 상(on) 및 하(under)에 대한 기준은 도면을 기준으로 설명한다.
- [0038] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지를 개략적으로 도시한 평면도이고, 도 2는 도 1의 I-I' 단면을 개략적으로 도시한 단면도이고, 도 3은 도 1의 태양전지의 저면을 개략적으로 도시한 저면도이다.

- [0040] 먼저, 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지(10)는 복수의 홀(H)을 포함하고; 상기 태양전지의 일 표면, 예를 들어 수광면(A1)에 위치하는 광학필름(18)을 포함하고, 상기 복수의 홀(H)은 상기 태양전지(10) 및 광학필름(18)을 동시에 관통하도록 연장될 수 있다. 또한, 태양전지(10)의 수광면에는 제1전극(14)이 홀을 가리지 않도록 배치되고, 태양전지(10) 후면에는 제2전극(15)이 홀을 가리지 않도록 배치된다.
- [0041] 상기 복수의 홀(H)들 각각의 크기는 $1\mu\text{m}$ 내지 1mm 일 수 있다. 홀들의 직경이 상기 범위를 만족하는 경우에, 적어도 가시광 영역의 모든 광을 통과시키고, 포토리소그래피 공정으로 제작 가능하도록 $1\mu\text{m}$ 이상으로 형성될 수 있다. 여기서, 홀(H)의 크기는, 홀(H)이 다각 기둥인 경우, 다각 기둥의 밑면을 이루는 다각형에서 두 개의 꼭지점을 잇는 선분 중 가장 큰 값을 의미하고, 홀(H)이 원기둥인 경우는 원기둥의 밑면을 이루는 원의 지름을 의미한다. 한편, 홀(H)의 크기가 지나치게 크면 태양전지(10)의 수광 면적이 감소하므로, 태양전지(10)의 효율이 감소할 수 있으며, 홀(H)이 시각적으로 인식되지 않도록 홀(H)의 크기는 1mm 이하로 형성할 수 있다. 홀이 시각적으로 인식되지 않음으로써, 태양전지(10) 후면에 위치하는 대상물을 전체적으로 인식할 수 있다.
- [0042] 또한, 복수의 홀(H)이 태양전지(10) 및 광학 필름(18)을 동시에 관통하는 구조를 가짐으로써, 복수의 홀(H)로 입사하는 입사광의 굴절 또는 산란 현상이 발생하지 않는다. 따라서, 태양전지 후면에 위치하는 대상물을 명확히 인식할 수 있다.
- [0043] 이를 확인하기 위하여, 태양전지의 수광면과 홀을 모두 막히도록 배치된 광학필름을 포함하는 태양전지(비교예 1)와, 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지(실시예 1)에 대하여 혼탁비율(haze ratio)를 전체 투과율(total transmittance; T_t)에 대한 분산 투과율(diffuse transmittance; T_d)의 비율(T_d/T_t)을 측정하였으며, 그 결과로도 4에 나타내었다. 도 4를 참고하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지는 혼탁비율이 거의 0%로서, 광학필름이 홀(H) 내로 입사하는 광에 어떠한 영향을 미치지 않음을 알 수 있는 반면에, 태양전지의 수광면과 홀이 모두 막히도록 배치된 광학필름을 포함한 태양전지는 약 95% 이상의 혼탁률을 보였다. 따라서, 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지는 복수의 홀(H)이 태양전지(10) 및 광학필름(18)을 동시에 관통하는 구조를 가짐을 확인할 수 있다.
- [0044] 상기 광학 필름(18)은 상기 복수의 홀들 사이의 태양전지(10)의 일 표면 전체를 덮도록 배치될 수 있다. 태양전지(10) 표면에 광학 필름을 직접 형성하는 것에 의하여, 광학 필름이 태양전지(10)의 일 표면 전체를 덮도록 배치될 수 있다.
- [0045] 종래에는, 태양전지의 일 표면에 광학 필름을 부착하는 것에 의하여 광흡수율을 높일 수 있었으나, 복수의 홀을 포함하는 태양전지의 표면 전체에 광학 필름을 부착하는 것은 일부 홀이 막히거나, 홀의 존재로 인한 균일한 코팅의 어려움 등의 문제점이 있었다. 광학 필름을 복수의 홀을 포함하는 태양전지의 표면에 대응되도록 제작하여 부착시키는 방법이 예상될 수 있으나, 이러한 방법은 태양전지 표면의 홀들을 막지 않기 위하여 고도의 정밀도가 요구될 뿐만 아니라 외부 환경에 노출되는 경우 쉽게 분리되는 한계점이 존재하였다.
- [0046] 한편, 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지(10)는 복수의 홀(H)을 포함하는 태양전지(10) 표면(A1)에서 직접 광학 필름(18)이 형성되기 때문에 복수의 홀(H)들의 막힘이 방지될 뿐만 아니라, 태양전지(10)와 광학 필름(18)이 화학적 결합을 형성하여 부착되므로 외부 환경에 노출되어도 쉽게 분리되지 않는 우수한 내구성을 갖는다. 구체적인 제조방법에 대해서는 후술하기로 한다.
- [0047] 상기 광학 필름(18)은 표면에 다각형의 구조체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 다각형의 구조체는 원통형, 피라미드형, 사각기둥형 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 상기 다각형의 구조체를 표면에 포함함으로써, 태양전지(10), 예를 들어 태양전지에 입사하는 입사광의 반사율을 감소시키고, 다양한 각도로 입사되는 입사광의 흡수가 용이하여, 광흡수율이 증가하여 광전변환효율의 향상을 가져온다.
- [0048] 상기 광학 필름(18)은 700 nm 이상의 파장 대역의 광, 예를 들어 적외선 광을 흡수할 수 있다. 이에 의하여, 복수의 홀에 의하여 감소된 광 흡수율이 보상됨으로써, 종래의 결정질 실리콘계 태양전지의 광전변환효율을 유지하면서도 투광성을 가질 수 있다.
- [0049] 상기 광학 필름(18)은 열경화성 수지 또는 자외선 경화수지를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 광학 필름은 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 에틸렌바이닐아세테이트(EVA), 폴리이미드(PI), 광경화 폴리머(UV Curing Epoxy), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0050] 본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지는 복수의 홀이 태양전지 및 광학 필름을 동시에 관통하도록 연장됨으로써, 도 5에서 확인하는 바와 같이 광학 필름의 유무에 관계없이 모든 광 파장대역에서 일정한 광 투

과율을 보인다.

[0051] 또한, 광학 필름의 유무에 따른 태양전지의 광전변환효율의 차이를 평가하기 위하여 동일한 광 투과율, 예를 들어 20%의 광 투과율을 보이며, 광학 필름을 포함하는 태양전지 및 광학 필름을 포함하지 않는 태양전지를 각각 제작하였으며, 이들에 대하여 전압에 대한 전류밀도, 및 파장 영역에 따른 광전변환효율을 측정하여, 하기 표 1, 및 도 6(a) 및 도 6(b)에 나타내었다.

표 1

[0052]

투과율 20%의 태양전지	광학 필름 無	광학 필름 有
$V_{oc}(mV)$	587	588
$J_{sc}(mA/cm^2)$	29.0	31.1
Fill factor(%)	71.8	72.7
효율(%)	12.2	13.3

[0053]

상기 표 1, 도 6(a) 및 도 6(b)를 참고하면, 단락전류(J_{sc}), Fill factor 및 효율에 있어서, 광학 필름을 포함하는 경우에 포함하지 않는 경우에 비해 높게 나타났다. 이는 광학 필름이 입사광의 반사를 감소시킬 뿐만 아니라, 적외선 영역의 광 흡수율을 높이기 때문에 전체적인 광 흡수율이 상승한 결과이다. 또한, 광학 필름은 표면에 제공된 다각형의 구조체에 의하여 다양한 각도로 입사되는 광의 흡수율이 일정하게 유지될 수 있으며, 이러한 점은 도 7에서 보는 바와 같이, 평면 결정질 실리콘계 태양전지, 투명 결정질 실리콘계 태양전지(광학 필름 無) 및 투명 결정질 실리콘계 태양전지(광학 필름 有)의 광 입사 각도에 따른 단락 전류 비율을 계산함으로써 확인할 수 있다.

[0054]

도 8은 일 구현예에 따른 광학 필름(88)을 포함한 태양전지(80)의 개략도이다. 도 8을 참고하면, 상기 광학 필름(88)은 표면에 점착방지 코팅층(89)을 더 포함할 수 있다. 상기 점착방지 코팅층(89)은 외부 물질이 광학 필름(88)에 부착되는 것을 방지한다. 광학 필름에 외부 물질, 예를 들어 먼지가 부착되는 경우 흡광능이 저해될 수 있다.

[0055]

상기 점착방지 코팅층(89)은 자가-조립형 단층 코팅층을 포함할 수 있다. 자가-조립형 단층 코팅층은 표면에서 자발적으로 형성되는 단분자막을 의미한다. 자가-조립형 단층 코팅층은 수 nm 내지 수십 nm의 두께를 가질 수 있다. 이렇게 얇은 코팅층으로 인해 자가-조립형 단층 코팅층을 부가하여도 광흡수율이 낮아지지 않으며, 점착방지 코팅층에 의한 광흡수율 저하가 방지될 수 있다.

[0056]

일반적으로, 자가-조립형 단층 코팅층을 형성하는 분자는 기질 표면과 결합하는 반응기, 단층의 형성을 가능하게 하는 알칸 사슬, 및 코팅층의 물성을 결정하는 작용기로 구성된다. 이러한 자가-조립형 단층 코팅층은 반응기에 의하여 기질 표면과 직접적인 화학결합을 형성하여 매우 강건한 코팅층을 형성한다. 여기서, 반응기는 기질과의 상호작용에 따라 이온 결합, 전하-이동 복합물(charge-transfer complex), 또는 공유결합을 형성할 수 있다. 이온 결합을 형성하는 자가-조립형 분자는 예를 들어, 알칸산을 포함할 수 있다. 전하-이동 복합물을 형성하는 자가-조립형 분자는 예를 들어, 유기황을 포함할 수 있다. 공유결합을 형성하는 자가-조립형 분자는 예를 들어, 유기규소를 포함할 수 있다.

[0057]

자가-조립형 단층 코팅층은 유기규소계 분자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 유기규소계 자가-조립형 분자는 플루오로-옥틸-트리클로로-실란을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0058]

자가-조립형 단층 코팅층은 소수성일 수 있다. 이에 따라, 오염 물질에 대한 자가 세척 기능이 우수하다. 본 발명의 일 구현예에 따른 자가-조립형 단층 코팅층을 포함하는 태양전지 및 자가-조립형 단층 코팅층을 포함하지 않는 태양전지에 대한 물방울 접촉각을 측정하여 소수성을 판단하였다. 도 9를 참고하면, 자가-조립형 단층 코팅층은 물방울 접촉각이 110°로서, 높은 소수성을 가짐을 알 수 있다. 따라서, 자가-조립형 단층 코팅층은 광학 필름 표면에 오염물질이 부착되는 것을 방지할 뿐만 아니라, 소수성으로 인해 자가 세척 기능이 우수하다.

[0059]

도 10는 도 2에서 태양전지 부분을 더욱 구체화한 도면이다. 도 10를 참고하여, 본 발명의 일 구현예에 따른 복수의 홀을 포함하는 태양전지를 더욱 구체적으로 설명한다.

[0060]

본 발명의 일 구현예에 따른 태양전지(100)는 결정질 실리콘 기판(110); 상기 결정질 실리콘 기판의 제1 면(S1) 상에 위치하고, 상기 결정질 실리콘 기판과 P-N 접합을 이루는 제1 층(120); 상기 제1 층 상에 위치하고, 상기

제1 층과 접속된 제1 전극부(140); 상기 제1 면과 반대면인 상기 결정질 실리콘 기판의 제2 면(S2) 상에 위치하는 제2 층(130); 상기 제2 층 상에 위치하고, 상기 제2 층과 접속된 제2 전극부(150)를 포함할 수 있다. 또한, 태양전지(100)은 제1 층(120) 상에 위치하는 반사방지막(160), 보호막(170)을 더 포함할 수 있다. 더 나아가, 태양전지(100)은 제1 층(120) 상에 위치하는 광학 필름(180)을 더 포함할 수 있다. 또한, 도시하지는 않았으나, 상기 광학 필름(180) 상에 점착방지 코팅층을 더 포함할 수 있다.

[0061] 일 구현예에 따르면, 상기 광학필름(180)은 상기 제1 층(120) 상에 위치하며, 제1 전극부(140), 및 반사방지막(170)을 모두 커버하도록 배치될 수 있다.

[0062] 결정질 실리콘 기판(110)은 단결정 또는 다결정 실리콘으로 형성될 수 있으며, 제1 도전형을 가질 수 있다. 일 예로, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)에는 N형 불순물로서 5족 원소인 P, As, Sb 등이 도핑될 수 있다. 다른 예로, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)은 P형 불순물로서 3족 원소인 B, Ga, In 등이 도핑 되어 P형으로 구현될 수 있다.

[0063] 한편, 도면에 도시하지는 않았으나, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 수광면은 피라미드, 정사각형, 삼각형 등 다양한 형태의 요철구조(미도시)를 포함할 수 있다. 요철구조(미도시)는 결정질 실리콘 반도체 기판(110)으로 입사하는 광의 반사율을 감소시켜, 태양전지(100)의 광전변환효율이 향상될 수 있다.

[0064] 제1 층(120)은 결정질 실리콘 반도체 기판(110)과 P-N접합을 형성할 수 있다. 일 예로, 제1 층(120)은 결정질 실리콘 반도체 기판(110)에 제2 도전형을 가지는 불순물이 도핑되어 형성된 에미터층일 수 있다. 따라서, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 제1 면(S1)은 명확하게 구분되는 영역이 아니며, P-N접합이 이루어지는 영역으로 이해될 수 있다.

[0065] 예를 들어, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)이 N형 불순물로 도핑된 경우, 제1 층(120)은 P형 불순물로 도핑될 수 있으며, 반대로 결정질 실리콘 반도체 기판(110)이 P형 불순물로 도핑된 경우, 제1 층(120)은 N형 불순물로 도핑될 수 있다. 이와 같이 에미터층인 제1 층(120)과 결정질 실리콘 반도체 기판(110)이 서로 반대의 도전형을 가지면, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)과 제1 층(120)의 계면에 P-N접합(junction)이 형성되고, P-N접합에 광이 조사되면 광전효과에 의해 광기전력이 발생할 수 있다.

[0066] 제2 층(130)은 일 예로, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)에 제1 도전형을 가지는 불순물이 도핑되어 형성된 후면전계층(BSF)일 수 있다. 따라서, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 제2 면(S2)은 명확하게 구분되는 영역이 아니며, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)에서 후면전계층(BSF)을 구현하는 영역으로 이해될 수 있다.

[0067] 후면전계층(BSF)인 제2 층(130)은 캐리어가 결정질 실리콘 기판(110)의 배면으로 이동하여 재결합되는 것을 방지할 수 있으며, 이에 의해 태양전지(100)의 개방전압(Voc)이 상승하여 태양전지(100)의 효율이 향상될 수 있다.

[0068] 제1 전극부(140)와 제2 전극부(150)는 광의 조사에 의해 생성된 캐리어를 수집하며, 태양전지(100)와 전기적으로 연결된 외부의 전자장치로 캐리어가 이동하는 이동 경로가 된다.

[0069] 제1 전극부(140)는 태양전지(100)의 수광면에 위치할 수 있는데, 이때 제1 전극부(140)는 마이크로 그리드 패턴을 가질 수 있다. 일 예로, 마이크로 그리드 패턴의 선폭은 수 μm 내지 1mm일 수 있으며, 이에 의해 제1 전극부(140)의 개구율은 90%이상으로 형성될 수 있다. 따라서, 제1 전극부(140)에 의해 입사되는 광이 가려지는 현상을 최소화할 수 있다. 반면에, 제2 전극부(150)는 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 제2 면(S2)과 동일한 형상을 가지고, 태양전지(100)의 저면 전체에 형성될 수 있다.

[0070] 한편, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)은 제1 면(S1)에서부터 제2 면(S2)까지 결정질 실리콘 반도체 기판(110)을 관통하는 복수의 홀(H)들을 포함할 수 있다. 상기 복수의 홀(H)들은 적어도 제1 층(120), 제2 층(130), 및 제2 전극부(150)를 관통하도록 연장될 수 있다. 이때, 마이크로 그리드 패턴을 가지는 제1 전극부(140)는 복수의 홀(H)들 사이에 위치할 수 있다. 따라서, 태양전지(100)로 입사되는 광 중 일부는 복수의 홀(H)들을 통과하여 태양전지(100)는 투광성을 가질 수 있다.

[0071] 전술한 바와 같이, 홀 형성에 의한 실리콘 반도체 기판의 면적 감소에 따른 효율 감소분은 태양전지 표면에 배치된 광학 필름에 의하여 보상되어, 투광성 및 우수한 광전변환효율을 가질 수 있다.

[0072] 복수의 홀(H)들은 균일한 패턴을 가지도록 형성될 수 있다. 일 예로, 복수의 홀(H)들은 마이크로 그리드 패턴에 의해 복수의 그룹으로 나뉘며, 복수의 그룹에 속한 복수의 홀(H)들은 서로 일정간격 이격되어 배치될 수 있다. 따라서, 태양전지(100)는 전체적으로 균일한 광투광성 및 투명성을 가질 수 있다. 또한, 태양전지(100)는 결정

질 실리콘 반도체 기판(110)의 두께와 무관하게 투명하게 형성될 수 있는바, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 두께를 빛의 전파장 흡수가 가능하도록 200 μ m 이상으로 형성하여, 태양전지(100)의 효율을 극대화할 수 있다.

[0073] 다시 도 10을 참조하면, 태양전지(100)는 제1 층(120) 상에 위치하는 반사방지막(160)을 포함할 수 있다. 또한, 태양전지(100)는 반사방지막(160) 하부에 보호막(170)을 더 포함할 수 있다. 이때 제1 전극부(140)는 반사방지막(160)과 보호막(170)을 관통하여 제1 층(120)과 접촉할 수 있다.

[0074] 반사방지막(160)은 제1 층(120) 즉, 에미터층의 표면 또는 벌크 내에 존재하는 결함을 부동화하고 입사되는 태양광의 반사율을 감소시킬 수 있다. 에미터층에 존재하는 결함이 부동화되면, 소수 캐리어의 재결합 사이트가 제거되어 태양전지(100)의 개방전압(Voc)이 증가한다. 또한, 태양광의 반사율이 감소되면 P-N 접합까지 도달되는 광량이 증대되어 태양전지(100)의 단락전류(Isc)가 증가한다. 따라서, 태양전지(100)의 광전변환효율이 향상될 수 있다.

[0075] 반사방지막(160)은 예를 들면, 실리콘 질화막, 수소를 포함한 실리콘 질화막, 실리콘 산화막, 실리콘 산화 질화막, MgF₂, ZnS, TiO₂ 및 CeO₂로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 단일막 또는 2개 이상의 막이 조합된 다층막 구조를 가질 수 있다. 반사방지막(160)은 제1 층(120)의 상면뿐만 아니라, 복수의 홀(H)들의 내측면들을 덮도록 형성되어, 홀(H)을 통과하는 광의 반사를 감소시키고 태양전지(100)로의 흡수를 유도할 수 있다.

[0076] 반사 방지막(160)은 표면에 피라미드, 정사각형, 삼각형 등 다양한 요철 형태의 표면 구조체를 포함할 수 있다. 표면 구조체는 건식 식각 등과 같은 다양한 방법에 의해 반사 방지막(160)의 표면 거칠기를 증가시키는 방법 등에 의해 형성할 수 있으며, 반사 방지막(160)의 표면 구조체는 입사하는 광의 반사를 감소시켜, 태양전지(100)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.

[0077] 보호막(170)은 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 수광면에 형성되어, 태양광 입사에 의해 생성된 광 전하의 재결합을 방지하고, 반사방지막(160)이 직접 결정질 실리콘 반도체 기판(110) 상에 형성됨에 따른 격자 부정합에 의한 결함(Defect)을 감소시킬 수 있다. 이러한 보호막(170)은 a-Si, a-SiO_x 또는 a-SiC를 포함하여 형성될 수 있다. 특히, a-SiO_x와 a-SiC는 1.8eV 이상의 밴드갭 에너지를 가지므로, 광의 흡수 계수가 작은바, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)으로 입사하는 광량이 감소하는 것을 방지할 수 있다. 다만, 이에 한정되지 않으며, 보호막(170)은 Al₂O₃ 등의 무기막으로 형성될 수 있다. 보호막(170)은 반사방지막(160)과 마찬가지로 복수의 홀(H)들의 측면을 덮도록 형성될 수 있다.

[0078] 반사 방지막(160) 상에 광학 필름(180)이 배치될 수 있으며, 광학 필름에 관한 내용은 전술한 바를 참고한다.

[0079] 도 11은 도 1의 태양전지의 제조 과정을 개략적으로 도시한 도면이다.

[0080] 도 11을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 제조 방법은, 복수의 홀을 포함하는 태양전지를 제공하는 단계; 상기 태양전지의 일 표면에 광학 필름을 제공하는 단계; 및 상기 복수의 홀 상에 위치하는 광학 필름을 제거하는 단계;를 포함하고, 상기 복수의 홀들은 상기 태양전지 및 광학 필름을 동시에 관통하도록 연장될 수 있다.

[0081] 상기 광학 필름은 복수의 홀을 포함하는 태양전지의 일 표면에 광학 필름 형성용 재료, 예를 들어 열경화성 수지를 도포하는 것에 제공될 수 있다. 예를 들어, 상기 광학 필름 형성용 재료를 용매와 혼합한 조성물을 태양전지 표면에 직접 도포하는 직접 도포법, 상기 조성물을 복수의 홀을 포함하는 태양전지 표면에 분사하는 분무 코팅법, 상기 조성물 용액에 태양전지를 침지시키는 침지법 등 다양한 방법으로 복수의 홀을 포함하는 태양전지 표면에 직접 광학 필름을 형성할 수 있다. 이러한 방법 중, 복수의 홀을 포함하는 태양전지 일 표면에만 광학 필름을 일정 두께 이상으로 형성하기 위하여 직접 도포법이 이용될 수 있다.

[0082] 상기 복수의 홀을 포함하는 태양전지의 일 표면에 광학 필름을 제공하는 단계 이후, 상기 복수의 홀 상에 위치하는 광학 필름을 제거하는 단계 이전에, 선택적으로(optionally) 텍스처된 금형으로 상기 광학 필름을 프레스하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이를 통해, 상기 광학 필름 표면에 다양한 구조체를 형성할 수 있다.

[0083] 상기 복수의 홀 상에 위치하는 광학 필름을 제거하는 단계는 진공 챔버 내에서 복수의 홀을 석션하는 단계를 포함할 수 있다. 진공 챔버에서 복수의 홀에 진공을 걸어 석션함으로써, 복수의 홀 상에 배치된 광학 필름만을 선택적으로 제거할 수 있다. 그 결과 태양전지와 광학 필름을 동시에 관통하도록 연장하는 복수의 홀을 구비한 태양전지의 제작이 가능하다.

[0084] 여기서, 진공이란 매질이 실질적으로 존재하지 않는 공간을 의미하며, 대략 1/1000 mmHg 이하의 압력을 의미한

다.

- [0085] 복수의 홀을 포함하는 태양전지를 제공하는 단계는 이하에서 도 12 내지 15를 참고하여 구체적으로 설명한다.
- [0086] 이하에서는, 광학 필름을 형성하기 이전 단계로서, 본 발명의 일 구현예에 따른 복수의 홀을 포함하는 태양전지의 제조방법에 대하여 도 12 내지 15를 참고하여 설명한다.
- [0087] 도 12 내지 도 15를 참고하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 복수의 홀을 포함하는 태양전지는, 서로 반대면인 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 제1 면(S1)과 제2 면(S2)에 각각 제1 층(120)과 제2 층(130)을 형성하는 단계, 제1 층(120), 결정질 실리콘 반도체 기판(110), 및 제2 층(130)을 관통하는 복수의 홀(H)들을 형성하는 단계, 및 제1 층(120) 상에 제1 층(120)과 접촉하는 제1 전극부(140)와, 제2 층(130) 상에 제2 층(130)과 접촉하는 제2 전극부(150)를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 제1 전극부(140)를 형성하기 전에, 제1 층(120) 상에 보호막(170)과 반사방지막(160)을 순차적으로 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0088] 제1 층(120)은 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 도전형과 반대의 도전형을 가지는 불순물을 도핑하여 형성할 수 있고, 제2 층(130)은 결정질 실리콘 반도체 기판(110)과 동일한 도전형을 가지는 불순물을 도핑하여 형성할 수 있다.
- [0089] 일 예로, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)이 N형인 경우, 제1 층(120)은 P형의 불순물을 결정질 실리콘 반도체 기판(110)에 도핑하여 형성할 수 있으며, 제2 층(130)은 N형의 불순물을 결정질 실리콘 반도체 기판(110)에 도핑하여 형성할 수 있다. 따라서, 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 제1 면(S1)과 제2 면(S2)은 제1 층(120)과 제2 층(130)의 형성시에 나타나는 경계로써, 다양한 형상을 가질 수 있다. 제1 층(120)과 제2 층(130)을 형성하기 위한 불순물의 도핑은 확산법, 스프레이법, 또는 프린팅 공정법 등의 방법에 의할 수 있다.
- [0090] 복수의 홀(H)들은 제1 층(120)과 제2 층(130)이 형성된 결정질 실리콘 반도체 기판(110)의 어느 한 면에 마스크(미도시)를 위치시킨 후, 에칭 공정 등을 통해 형성할 수 있다.
- [0091] 복수의 홀(H)들은 마스크(미도시)에 형성된 개구의 형상에 의하여 다양한 형상을 가질 수 있으며, 복수의 홀(H)들 각각은 1 μ m 이상 1mm 이하로 형성될 수 있다. 또한, 태양전지(100)의 광전변환효율 및 광 투과성을 고려하여 복수의 홀(H)들의 전체 면적은 결정질 실리콘 반도체 기판(110) 면적의 5% 초과 60% 이하로 형성될 수 있다.
- [0092] 보호막(170)은, 스퍼터링(sputtering), 전자빔 증착법(e-beam evaporation), 화학적 기상 증착법(CVD; chemical vapor deposition), 물리적 기상 증착법(PVD; physical vapor deposition), 금속 유기 화학적 기상 증착법(MOCVD; metal-organic chemical vapor deposition), 분자빔 에피택시(MBE; molecular beam epitaxy), 및 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition) 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0093] 반사방지막(160)은 스퍼터링, 전자빔 증착법, 화학적 기상 증착법, 물리적 기상 증착법, 또는 원자층 증착법 등의 방법으로 형성할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0094] 한편, 보호막(170)과 반사방지막(160)은 제1 면(S1) 상에 형성될 뿐 아니라, 복수의 홀(H)들의 측면들을 덮도록 형성될 수 있다.
- [0095] 제1 전극부(140)는 일 예로, 제1 전극 형성용 페이스트를 스탬핑 또는 롤링하여 제1 전극부(140)가 형성될 위치에 제1 전극 형성용 페이스트를 인쇄한 후, 열처리 공정 등을 통해 형성할 수 있다. 따라서, 제1 전극부(140)는 수 μ m 내지 수십 μ m의 폭을 가지는 마이크로 그리드 패턴을 가지더라도 제1 전극부(140)의 얼라인을 용이하게 맞출 수 있으며, 열처리시 발생하는 파이어 스루(fire through) 현상에 의해 제1 전극부(140)는 반사방지막(160)과 보호막(170)을 관통하여 제1 층(120)과 접촉할 수 있다.
- [0096] 제2 전극부(150)는 일 예로, 제2 전극 형성용 페이스트를 제2 층(130) 상에 도포한 후, 이를 열처리 하여 형성할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 다양한 방법에 의해 형성할 수 있다.
- [0097] 한편, 이상에서는 복수의 홀(H)을 제1 층(120)과 제2 층(130)을 형성한 다음 형성하는 것으로 설명하였으나, 본 발명은 이에 한하는 것은 아니며, 복수의 홀(H)들은 태양전지(100)의 제조 단계 중 어느 단계에서 형성하더라도 무방하다. 예를 들어, 복수의 홀(H)은 제1 전극부(140)와 제2 전극부(150)를 형성한 다음, 반사방지막(160)에서부터 제2 전극부(150)를 관통하도록 형성할 수도 있다.
- [0098] 도 16는 본 발명의 다른 실시예에 따른 복수의 홀을 포함하는 태양전지를 개략적으로 도시한 단면도이다.

- [0099] 도 16를 참조하면, 본 발명에 따른 복수의 홀을 포함하는 태양전지(200)는, 결정질 실리콘 반도체 기판(210), 결정질 실리콘 반도체 기판(210)의 제1 면(S1) 상에 위치하는 제1 층(220), 제1 면(S1)과 반대면인 결정질 실리콘 반도체 기판(210)의 제2 면(S2) 상에 위치하는 제2 층(230), 제1 층(220) 상에 위치하고 제1 층(220)과 접속된 제1 전극부(240), 및 제2 층(230) 상에 위치하고 제2 층(230)과 접속된 제2 전극부(250)를 포함할 수 있다.
- [0100] 일 구현예에 따르면, 상기 광학 필름(280)은 제1 전극부(240) 상에 배치될 수 있다.
- [0101] 결정질 실리콘 반도체 기판(210)은 단결정 또는 다결정 실리콘으로 형성될 수 있으며, N형 또는 P형의 불순물이 도핑될 수 있다. 또한, 결정질 실리콘 반도체 기판(210)은 제1 면(S1)에서부터 제2 면(S2)까지 결정질 실리콘 반도체 기판(210)을 관통하는 복수의 홀(H)들을 포함할 수 있다. 복수의 홀(H)들은 적어도 제1 층(220), 제2 층(230) 및 제2 전극부(250)를 관통하도록 홀(H)의 길이 방향을 따라 연장될 수 있다. 복수의 홀(H)들은 가시광 영역의 모든 광들을 통과시킬 수 있고, 이에 따라 태양전지(200)는 특정 색이 발현되지 않아 무색 즉, 투명한 성질을 가질 수 있다.
- [0102] 한편, 태양전지(200)의 광전변환효율 및 광 투과성을 고려하여 복수의 홀(H)들 각각은 $1\mu\text{m}$ 이상 1mm 이하로 형성될 수 있으며, 복수의 홀(H)들의 전체 면적은 결정질 실리콘 반도체 기판(110) 면적의 5% 보다 크고, 60% 이하로 형성될 수 있다.
- [0103] 복수의 홀(H)들의 측면은 보호막(260)에 의해 덮혀 보호될 수 있다. 보호막(260)은 Al_2O_3 , a-Si, a-SiO_x 또는 a-SiC 등을 포함하여 형성될 수 있다. 또한, 도면에 도시하지는 않았으나, 태양전지(200)는 반사방지막을 더 포함할 수 있다.
- [0104] 제1 층(220)과 제2 층(230) 중 어느 하나는 전자 수송 물질을 포함하는 전자 수송층이고, 제1 층(220)과 제2 층(230) 중 다른 하나는 정공 수송 물질을 포함하는 정공 수송층일 수 있다. 예를 들어, 결정질 실리콘 반도체 기판(210)이 N타입 반도체 기판인 경우, 태양전지(200)의 수광면 측에 위치하는 제1 층(220)은 정공 수송층이고, 제2 층(230)은 전자 수송층일 수 있다. 이때, 정공 수송층인 제1 층(220)은 결정질 실리콘 반도체 기판(210)과 P-N접합을 형성하며, 전자 수송층인 제2 층(230)은 후면 전계층과 동일한 역할을 수행할 수 있다.
- [0105] 정공 수송층은 높은 일함수를 가진 전이금속 산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 정공 수송층은 Molybdenum oxide(MoO_x), Vanadium oxide(V₂O_x), Tungsten oxide(WO_x), Nickel oxide(NiO_x) 등을 포함할 수 있다.
- [0106] 전자 수송층은 낮은 일함수를 가진 알칼리 금속 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 전자 수송층은 Lithium fluoride(LiF), Cesium fluoride(CsF), Cesium oxide(Cs₂O), Calcium/Aluminium(Ca/Al) 등을 포함할 수 있다.
- [0107] 제1 전극부(240)와 제2 전극부(250)는 일 예로, 도 2에 도시된 제1 전극부(도 2의 140) 및 제2 전극부(도 2의 150)와 각각 동일한 구성을 가질 수 있다. 선택적 실시예로, 제1 전극부(240)와 제2 전극부(250)는 ITO, IZO(In-ZnO), GZO(Ga-ZnO), AZO(Al-ZnO), AGZO(Al-Ga ZnO), IGZO(In-Ga ZnO), IrO_x, RuO_x, RuO_x/ITO, Ni/IrO_x/Au 및 Ni/IrO_x/Au/ITO 중 적어도 하나를 포함하여 형성된 투광성 전극층들일 수 있다. 제1 전극부(240)와 제2 전극부(250)가 투광성 전극층인 경우, 복수의 홀(H)들은 제1 전극부(240)까지 포함하여 태양전지(200) 전체를 관통하는 형태를 가질 수 있으며, 태양전지는 양면 수광형으로 동작할 수 있다.
- [0108] 도 17 내지 19은 도 16의 태양전지의 제조 과정을 개략적으로 도시한 단면도들이다.
- [0109] 도 17 내지 도 19을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 복수의 홀을 포함하는 태양전지(200)의 제조 방법은, 결정질 실리콘 반도체 기판(210)에 복수의 홀(H)들을 형성하는 단계, 홀(H)들이 형성된 결정질 실리콘 반도체 기판(210)의 표면에 보호막(260)을 형성하는 단계, 결정질 실리콘 반도체 기판(210)의 제1 면(S1)과 제2 면(S2)을 노출시킨 후, 제1 면(S1)과 제2 면(S2)에 각각 제1 층(220)과 제2 층(230)을 형성하는 단계, 및 제1 층(220)과 접속하는 제1 전극부(240)와 제2 층(230)과 접속하는 제2 전극부(250)를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0110] 홀(H)을 형성하는 방법과 보호막(260)을 형성하는 방법은 도 11 내지 도 14에서 설명한 바와 동일한 방법에 의할 수 있으므로, 반복하여 설명하지 않는다.
- [0111] 제1 층(220)과 제2 층(230)은 결정질 실리콘 반도체 기판(210)의 제1 면(S1)과 제2 면(S2) 상에 형성된 보호막(260)을 제거하여 제1 면(S1)과 제2 면(S2)을 노출시킨 후, 증착물질을 증착하여 형성할 수 있다.
- [0112] 예를 들어, 결정질 실리콘 반도체 기판(210)이 N형인 경우, 제1 층(220)은 제1 면(S1) 상에 제1 층(220)은 정공

수송물질을 증착하여 형성할 수 있으며, 제2 층(230)은 전자 수송물질을 증착하여 형성할 수 있다. 정공 수송물질이 증착되어 형성된 제1 층(220)은 결정질 실리콘 반도체 기판(210)과 P-N접합을 형성하며, 전자 수송물질이 증착되어 형성된 제2 층(230)은 후면 전계층과 동일한 역할을 수행할 수 있다.

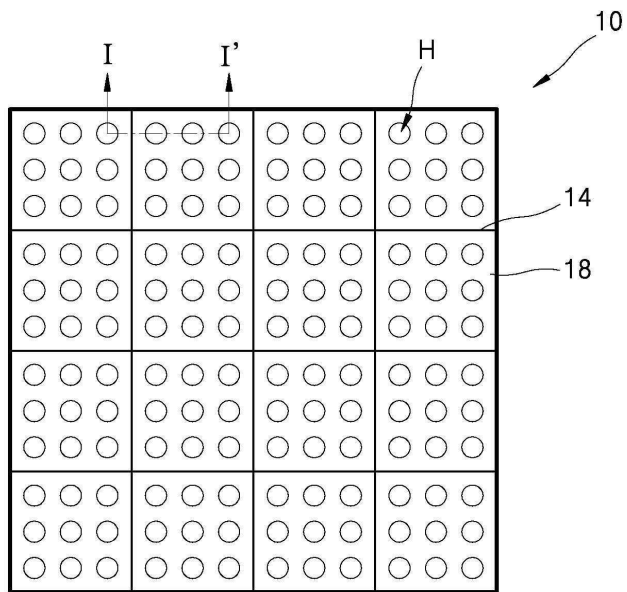
- [0113] 전자 수송물질과 정공 수송물질의 증착은, 스퍼터링, 전자빔 증착법, 화학적 기상 증착법, 물리적 기상 증착법, 금속 유기 화학적 기상 증착법, 분자빔 에피택시, 및 원자층 증착법 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0114] 즉, 본 발명에 의하면, 불순물의 도핑과정 없이 결정질 실리콘 반도체 기판(210)에 전자 수송물질과 정공 수송물질을 증착하는 것에 의하여 P-N접합의 형성이 가능한바, 태양전지(200)의 제조 공정이 단순화할 수 있다.
- [0115] 제1 전극부(240)와 제2 전극부(250)는 일 예로, 도 10에 도시된 제1 전극부(도 2의 140) 및 제2 전극부(도 2의 150)와 각각 동일하게 형성될 수 있다. 다른 예로, 제1 전극부(240)와 제2 전극부(250)는 ITO, IZO(In-ZnO), GZO(Ga-ZnO), AZO(Al-ZnO), AGZO(Al-Ga ZnO), IGZO(In-Ga ZnO), IrOx, RuOx, RuOx/ITO, Ni/IrOx/Au, Ni/IrOx/Au/ITO 등을 증착하여 형성할 수 있다.
- [0116] 한편, 이상에서는 복수의 홀(H)을 먼저 형성한 후, 제1 층(220)과 제2 층(230)을 형성하는 것으로 설명하였으나, 본 발명은 이에 한하는 것은 아니며, 복수의 홀(H)들은 태양전지(200)의 제조 단계 중 어느 단계에서 형성하더라도 무방하다. 예를 들어, 도 11 내지 도 14에서 설명한 방법, 즉 결정질 실리콘 반도체 기판(210)의 제1 면(S1)과 제2 면(S2)에 먼저 제1 층(220)과 제2 층(230)을 형성한 다음, 복수의 홀(H)들을 형성할 수 있다.
- [0117] 이상에서는 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술 분야에서 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.

부호의 설명

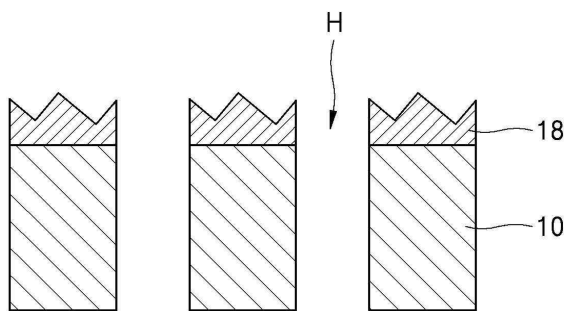
- [0118] 100, 200: 태양전지
- 110, 210: 결정질 실리콘 반도체 기판
- 120, 220: 제1 층
- 130, 230: 제2 층
- 140, 240: 제1 전극부
- 150, 250: 제2 전극부
- 180: 광학 필름

도면

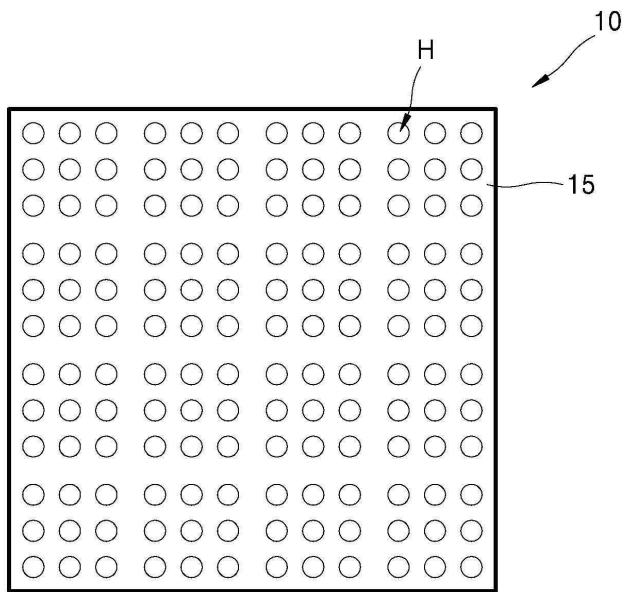
도면1



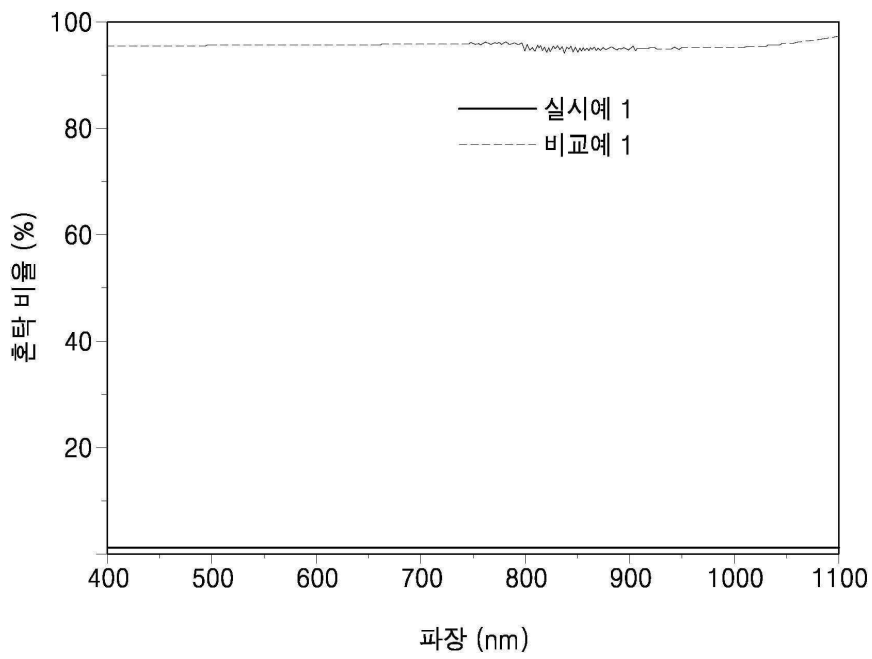
도면2



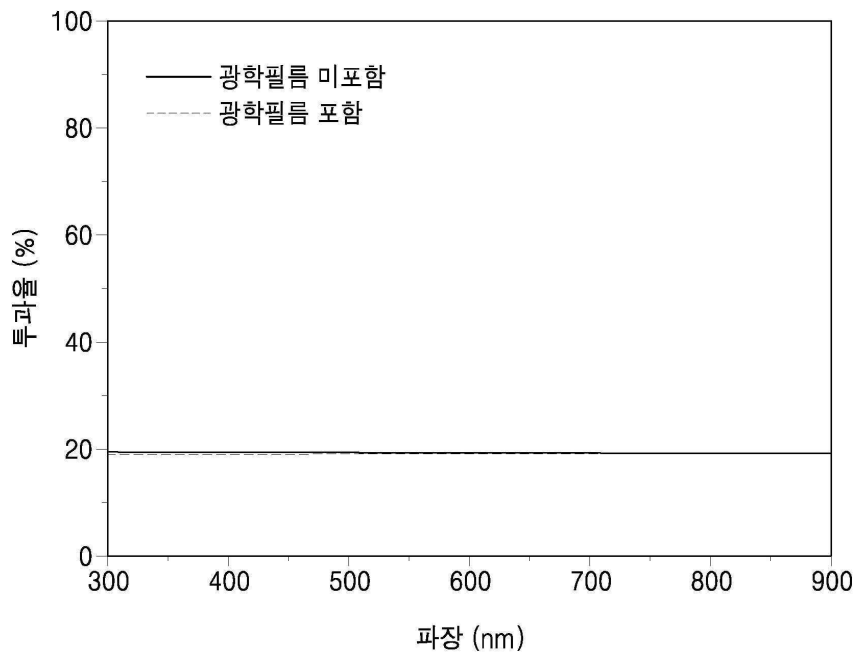
도면3



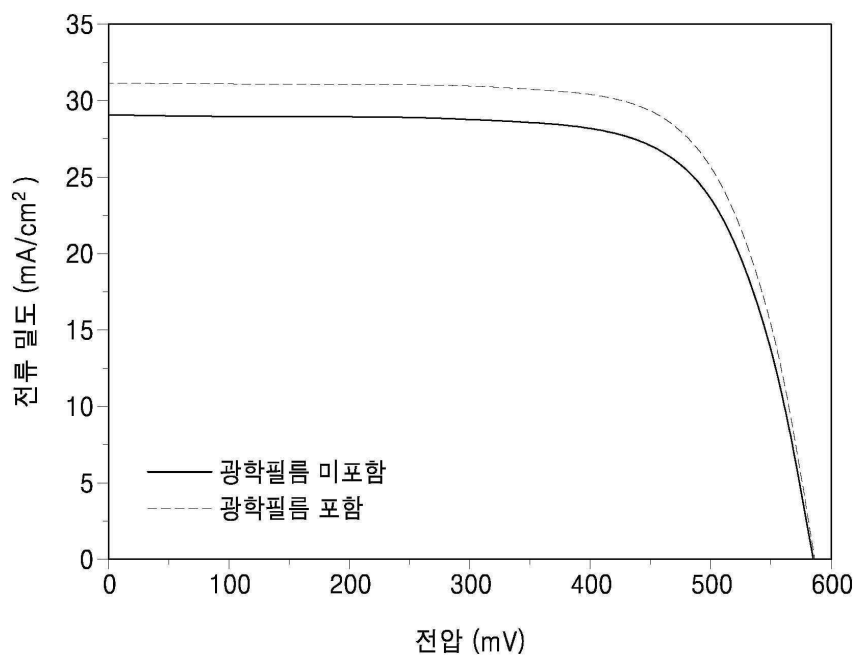
도면4



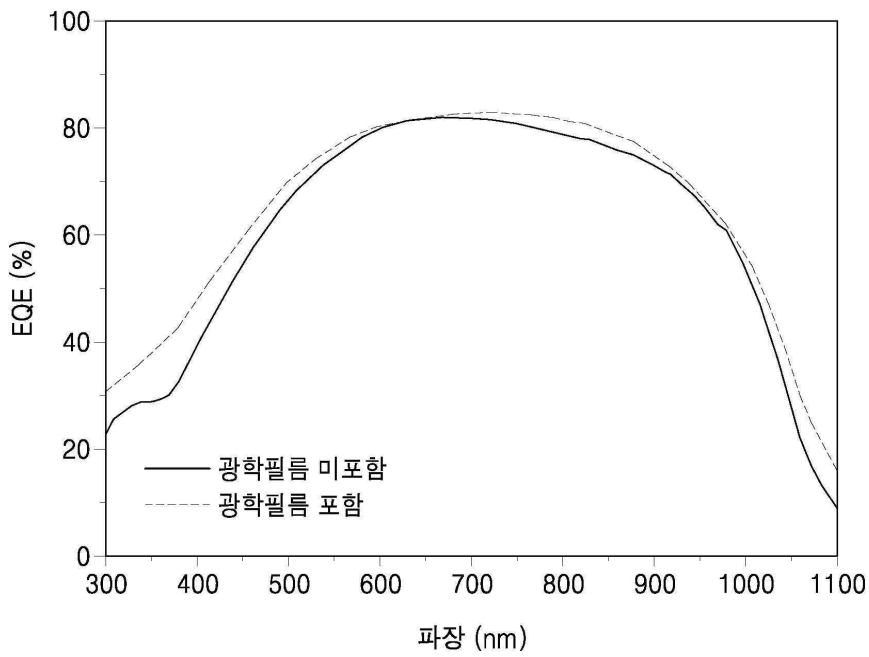
도면5



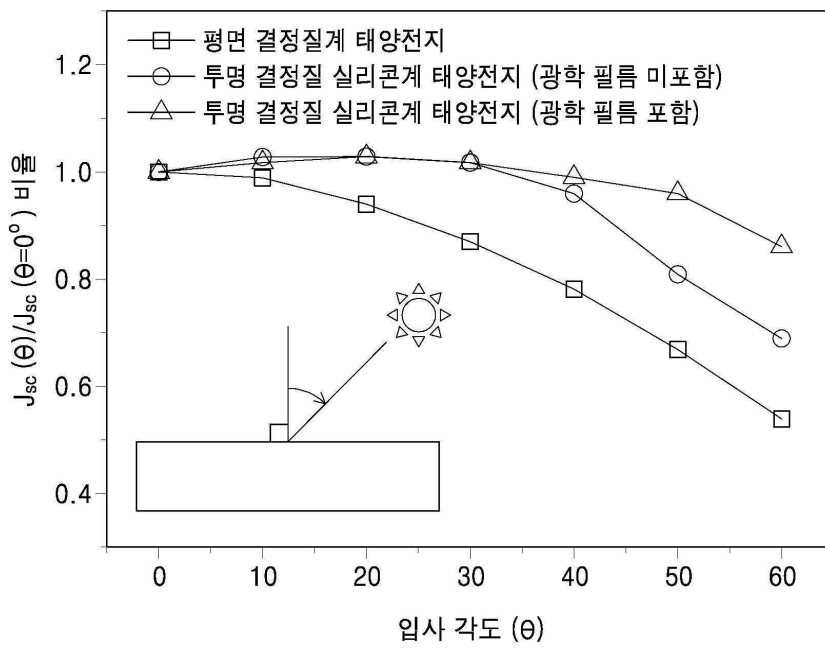
도면6a



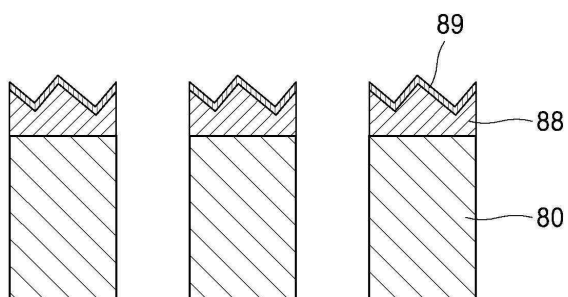
도면6b



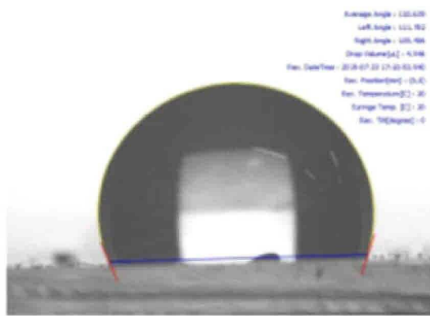
도면7



도면8



도면9

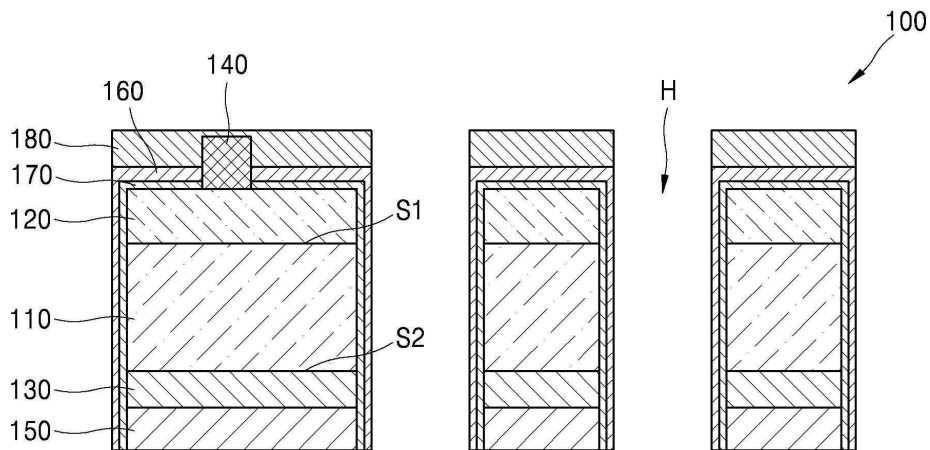


점착방지코팅층 포함

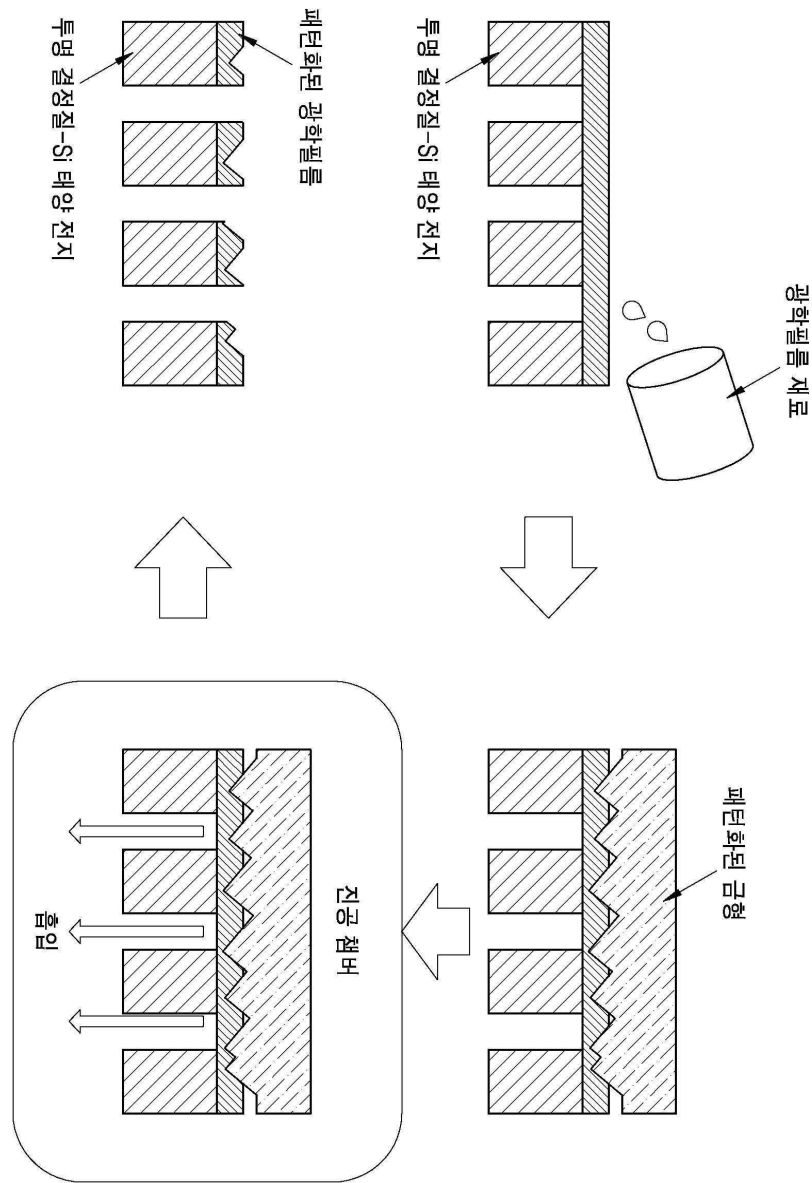


점착방지코팅층 미포함

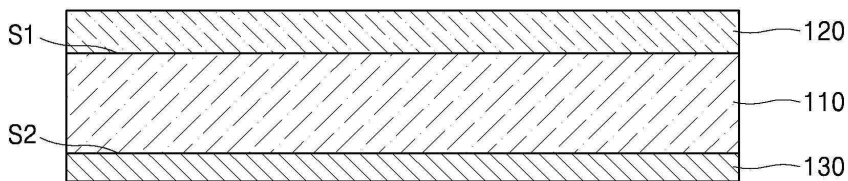
도면10



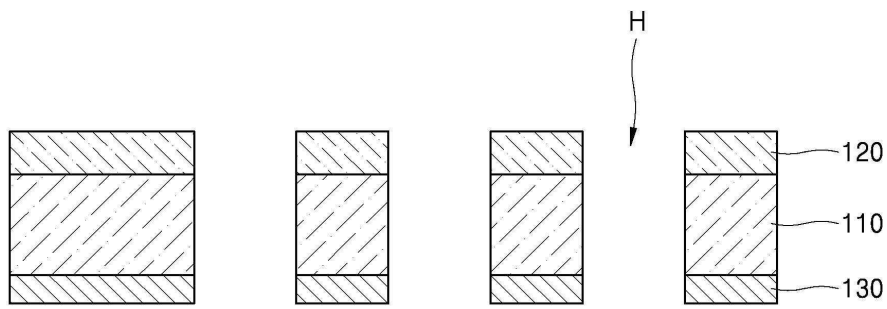
도면11



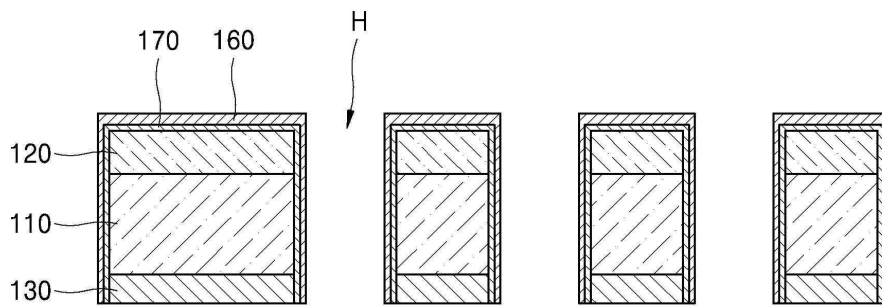
도면12



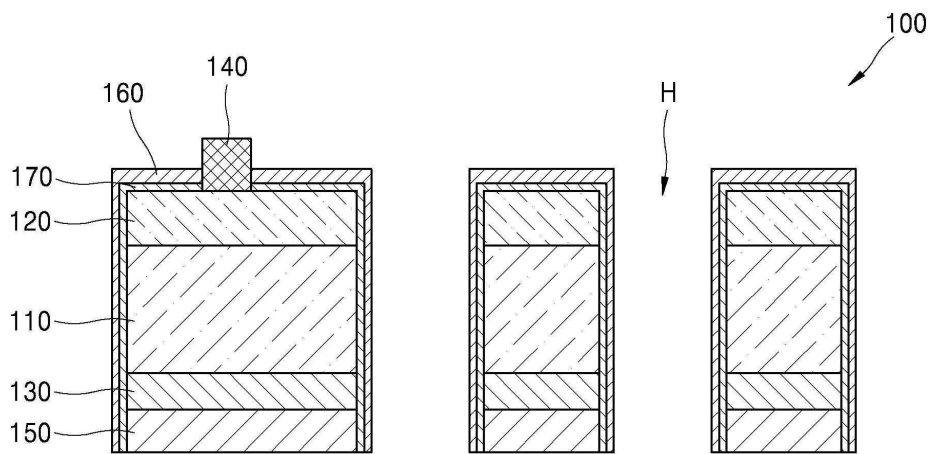
도면13



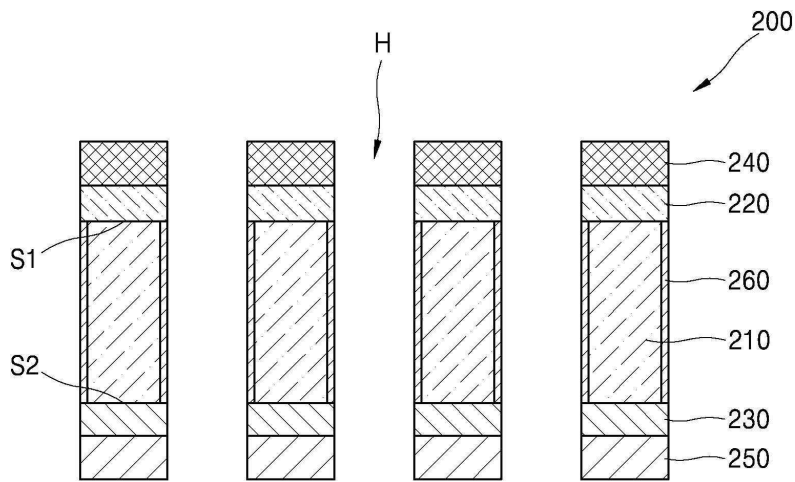
도면14



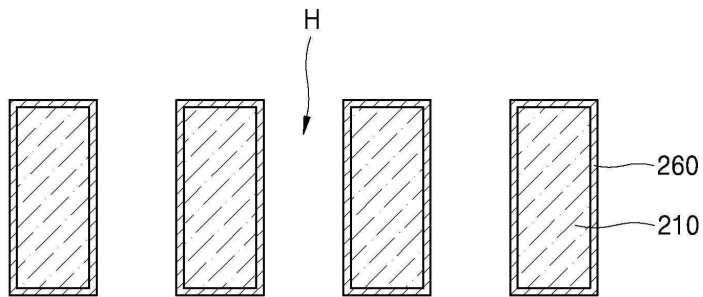
도면15



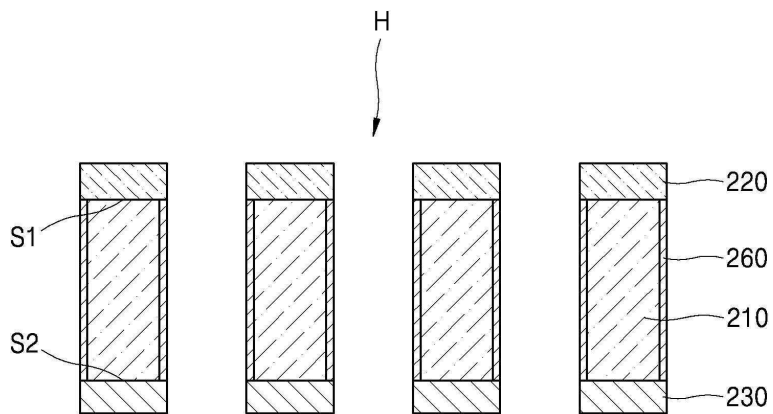
도면16



도면17



도면18



도면19

