



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0058043
(43) 공개일자 2021년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0352 (2006.01) H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/0687 (2012.01) H01L 31/0725 (2012.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/0352 (2013.01)
H01L 31/022466 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0144989
(22) 출원일자 2019년11월13일
심사청구일자 2019년11월13일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김동환
경기도 양평군 서종면 당목뿌리길 54
이해석
서울특별시 송파구 위례광장로 185, 102동 802호 (장지동, 위례신도시 송파푸르지오)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
백두진, 김정연, 유광철, 강일신

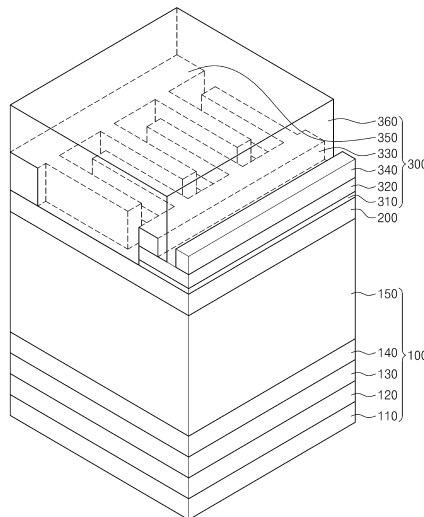
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈

(57) 요약

본 발명은 하부 셀; 상기 하부 셀 상에 배치된 기능층; 및 상기 기능층 상에 배치된 상부 셀; 을 포함하고, 상기 상부 셀은 상기 기능층 상면에 배치된 상부 패시베이션층, 상기 상부 패시베이션층 상면에 배치된 투명 전극, 상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층, 상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이웃하게 배치된 상부 전극, 상기 기능층 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이격되어 배치된 상부 제2전하수송층 및 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함하는 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈을 개시한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 31/0687 (2013.01)

H01L 31/0725 (2013.01)

(72) 발명자

강윤목

서울특별시 성북구 보문사길 111, 103동 505호(보문동6가, 보문파크뷰자이)

배수현

서울특별시 중랑구 면목로96길 34, B동 308호(상봉동, 대성쉐르빌)

이상원

경기도 의왕시 안양판교로 64, 3동 1304호

박현정

서울특별시 강서구 양천로30길 108, 1동 801호 (방화동경남아파트)

황재근

서울특별시 서대문구 연희로 38-20, 107동 1102호

이원규

서울특별시 강동구 상암로 251, 914동 1505호

현지연

서울특별시 동대문구 왕산로47길 56, 601호

이솔희

서울특별시 강서구 양천로 656, 101동 805호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20193091010490

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지기술개발사업

연구과제명 실리콘 태양전지의 이론 한계효율(30%)을 극복하는 슈퍼 태양전지

기 여 율 1/1

과제수행기관명 고려대학교 산학협력단

연구기간 2019.09.01 ~ 2021.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

하부 셀;

상기 하부 셀 상에 배치된 기능층; 및

상기 기능층 상에 배치된 상부 셀; 을 포함하고,

상기 상부 셀은

상기 기능층 상면에 배치된 상부 패시베이션층,

상기 상부 패시베이션층 상면에 배치된 투명 전극,

상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층,

상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이웃하게 배치된 상부 전극,

상기 기능층 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이격되어 배치된 상부 제2전하수송층 및

상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함하는 태양전지.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 상부 전극은 상기 상부 흡수층 외부로 노출되는 태양전지.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극은 상기 기능층 상에서 일측에 배치되고,

상기 상부 제2전하수송층은 상기 기능층 상에서 타측에 배치되는 태양전지.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 상부 패시베이션층, 투명 전극 및 상부 제1전하수송층 각각은

상기 기능층 상에서 일측에 배치된 본체부 및 상기 본체부에서 상기 타측으로 연장된 적어도 하나의 연장부를 포함하고,

상기 상부 제2전하수송층은 상기 기능층 상에서 타측에 배치된 본체부 및 상기 본체부에서 상기 일측으로 연장된 적어도 하나의 연장부를 포함하는 태양전지.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 상부 제1전하수송층의 본체부는 상기 상부 패시베이션층의 본체부와 제1방향에서의 길이가 상이하고,
상기 제1방향과 상기 제2방향은 상호 수직하고, 상기 기능층의 상면과 평행한 방향인 태양전지.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 상부 패시베이션층과 상기 상부 제2전하수송층이 이격된 영역에서 상기 기능층은 상기 상부 흡수층과 맞닿는 태양전지.

청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 상부 제2전하수송층은 재결합층인 태양전지.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 하부 셀은

하부 전극,

상기 하부 전극 상면에 배치된 반사층,

상기 반사층 상면에 배치된 하부 패시베이션층,

상기 하부 패시베이션층 상면에 배치된 하부 기능층 및

상기 하부 기능층 상면에 배치된 하부 흡수층을 포함하는 태양전지.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 하부 흡수층은 p형 반도체 또는 n형 반도체이고,

상기 기능층은 상기 하부 흡수층에 대응하여 n형 반도체 또는 p형 반도체인 태양전지.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 하부 흡수층이 실리콘 반도체이고,

상기 기능층은 p-n 접합층이고,

상기 하부 기능층은 전계 형성층(BSF)인 태양전지.

청구항 11

제 8항에 있어서,

상기 상부 흡수층은 중파장 및 단파장을 흡수하여, 전자-정공 쌍을 생성하고,
상기 하부 흡수층은 중파장 및 장파장을 흡수하여, 전자-정공 쌍을 생성하는 태양전지.

청구항 12

하부 셀;
상기 하부 셀 상에 배치된 중간 셀; 및
상기 중간 셀 상에 배치된 상부 셀; 을 포함하고,
상기 상부 셀은
상기 중간 셀 상면에 배치된 상부 패시베이션층,
상기 상부 패시베이션층 상면에 배치된 투명 전극,
상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층,
상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이웃하게 배치된 상부 전극,
상기 중간 셀 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이격되어 배치된 상부 제2전하수송층 및
상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함하는 태양전지.

청구항 13

제 12항에 있어서,
상기 하부 셀은
하부 전극,
상기 하부 전극 상면에 배치된 반사층,
상기 반사층 상면에 배치된 하부 패시베이션층,
상기 하부 패시베이션층 상면에 배치된 하부 기능층 및
상기 하부 기능층 상면에 배치된 하부 흡수층을 포함하는 태양전지.

청구항 14

제 13항에 있어서,
상기 중간 셀은
상기 하부 흡수층 상면에 배치된 중간 제1 전하수송층,
상기 중간 제1 전하수송층 상면에 배치된 중간 재결합층,
상기 중간 재결합층 상면에 배치된 중간 제2 전하수송층 및
상기 중간 제2 전하수송층 상면에 배치된 중간 흡수층을 포함하는 태양전지.

청구항 15

제1 태양전지; 및

상기 제1 태양전지 상에 전기적으로 연결된 제2 태양전지; 를 포함하고,

상기 제1 태양전지 및 상기 제2 태양전지 각각은,

하부 셀,

상기 하부 셀 상에 배치된 기능층, 및

상기 기능층 상에 배치된 상부 셀을 포함하고,

상기 상부 셀은

상기 기능층 상면에 배치된 상부 패시베이션층,

상기 상부 패시베이션층 상면에 배치된 투명 전극,

상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층,

상기 기능층 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이격되어 배치된 상부 제2전하수송층 및

상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함하는

태양전지 모듈.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 제2 태양전지의 상부 셀은,

상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이웃하게 배치된 상부 전극을 더 포함하는 태양전지 모듈.

청구항 17

제 15항에 있어서,

상기 제1 태양전지의 상부 셀의 상부 흡수층은 상기 제2 태양전지와 이격된 태양전지 모듈.

청구항 18

제 15항에 있어서,

상기 제1 태양전지의 상부 셀은,

상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이웃하게 배치된 상부 전극을 더 포함하는 태양전지 모듈.

청구항 19

제 15항에 있어서,

상기 제2 태양전지의 하부 흡수층 중 일부는 상기 제1 태양전지의 투명 전극 상에 직접 접촉된 태양전지 모듈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 세계적으로 지구온난화 문제가 심화되고 있다. 이를 극복하기 위해 2015년 세계는 지구의 평균 기온 상승을 2도 이내보다 낮은 수준으로 유지하기로 하는 파리기후변화협약을 체결하였다. 따라서, 지구온난화를 막기 위해 기존의 화석에너지의 사용을 줄이고 이를 대체할 수 있는 신재생에너지 개발이 필수적이다.
- [0003] 신재생에너지는 기존의 화석 연료를 재활용하거나 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 태양에너지, 지열 에너지, 해양 에너지, 바이오 에너지 등이 있다.
- [0004] 이 중 태양에너지, 태양광은 오염이 없고, 무한하며 지구 어느 곳에서도 이용이 가능하다는 장점이 있다. 태양전지는 이를 활용하기 위해 개발되었으며, 광기전력 효과를 이용하여 태양으로부터 생성된 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하는 소자이다.
- [0005] 유기, 무기, 유기 무기 하이브리드를 이용한 다양한 태양전지가 개발되었으나, 아직까지 전체 전력 생산량 중 태양전지를 이용하여 발전된 전력의 사용은 낮은 수준이다. 이는 태양전지의 발전단가가 화석 연료를 사용해 생산한 일반 전력비용에 비해 높기 때문이다. 태양전지 효율은 태양전지의 발전단가를 결정하는 중요한자로, 가격 경쟁력을 높이기 위해서는 태양전지 효율 향상이 중요하다.
- [0006] 최근 26% 이상의 실리콘 태양전지 개발에 성공하며 꾸준한 성장을 보이고 있으나, 현재 구조의 실리콘 태양전지를 이용하여 구현 가능한 이론적 효율은 29.4%로 효율 향상의 한계가 있다.
- [0007] 현재 상용화 되어 있는 태양전지 구조는 단일 접합 구조로 되어 있어, 태양으로부터 오는 빛을 전체적으로 이용하는 것에 한계가 있다. 이를 극복하기 위해서 특정 파장대를 흡수할 수 있는 밴드갭으로 이루어진 태양전지를 적층하여 태양광 스펙트럼을 보다 효율적으로 이용하는 다중접합 태양전지 구현이 필요하다. 이때 이론적 효율 한계는 최대 87%까지 증가된다.
- [0008] 한편, 페로브스카이트 태양전지는 2009년 일본의 미야사카 교수팀이 기존의 염료 감응 태양전지에 유기 무기 복합 소재인 메틸암모늄납요오드화물을 적용하면서 연구가 시작되었으며, 당시 3.8%에 불과하였던 효율이 빠른 속도로 성장하며 최근 25%이상의 효율을 기록하였다.
- [0009] 페로브스카이트 태양전지 개발 전까지 III-V족 태양전지를 제외하고 다중접합의 상부 셀로 적용 가능한 높은 밴드갭을 가진 고효율 태양전지가 없었으나, 고효율 페로브스카이트 태양전지가 개발되면서 기존에 개발된 태양전지와 이중접합한 구조인 탠덤 구조로 효율을 높이는 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [0010] 기존의 태양전지를 하부 셀로, 페로브스카이트 태양전지를 상부 셀로 이용한 탠덤 태양전지를 구현할 수 있다.
- [0011] 탠덤 태양전지의 경우 상부 셀과 하부 셀을 직렬 연결하여 하나의 태양전지를 구성하며, 각 셀의 특성을 효율적으로 이용하기 위해, 두 층이 연결되는 부분이 중요하다. 이는 상부에서 생성된 홀과 하부에서 생성된 전자, 혹은 상부에서 생성된 전자와 하부에서 생성된 전공이 재결합하는 층으로 재결합층으로 불리기도 한다.
- [0012] 상부에서 생성된 전자와 하부 셀의 홀은 외부회로와 연결된 전극을 통해 흘러 전류가 흐르게 된다. 직렬연결로 인하여 높은 전압특성을 갖는 태양전지를 구현할 수 있다.
- [0013] 또한, 탠덤 태양전지의 경우 높은 전압 특성을 갖는 것에 반하여, 상부 태양전지와 하부 태양전지의 직렬 연결로 인하여, 탠덤 태양전지의 전류가, 상, 하부 태양전지 중 전류가 낮은 쪽으로 수렴한다는 문제점이 있다.
- [0014] 따라서 상 하부 태양전지의 전류를 매칭하여 탠덤 태양전지의 전류를 향상시킬 구조의 제안이 필요하다.
- [0015] 탠덤 태양전지를 실생활에 적용하기 위해서는 모듈 구조의 구현이 필수적이며, 따라서 모듈 구조에 적합한 탠덤 태양전지 구조의 제안이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명은 상부 셀에서의 광 흡수를 최대화할 수 있고, 광흡수층이 아닌 다른 구성 층들이 빛을 흡수하는 기생 흡수를 최소화할 수 있고, 본 발명은 하부 셀; 상기 하부 셀 상에 배치된 기능층; 및 상기 기능층 상에 배치된 상부 셀; 을 포함하고, 상기 상부 셀은 상기 기능층 상면에 배치된 상부 패시베이션층, 상기 상부 패시베이션층

상면에 배치된 투명 전극, 상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층, 상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이웃하게 배치된 상부 전극, 상기 기능층 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이격되어 배치된 상부 제2전하수송층 및 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함하는 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈을 개시한다.

- [0017] 상부 셀의 광투과를 최대화하여 후면 태양전지의 광흡수를 최대화할 수 있으며, 상부 셀과 하부 셀의 광전류 매칭을 최적화 및 최대화할 수 있는 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0018] 또한, 본 발명은 다중접합 태양전지의 광전류 및 광전변환효율을 최대화할 수 있고, 태양전지 한편의 전극을 상부 태양전지의 최상단면이 아닌, 전극 구조를 변경함으로써, 단일 태양전지들을 전기적으로 상호 연결해야 하는 모듈 공정에 필수적인 200~300° C의 고온에 상부 셀을 노출시키지 않고 다중접합 태양전지 모듈을 제작할 수 있는 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0019] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지는 하부 셀; 상기 하부 셀 상에 배치된 기능층; 및 상기 기능층 상에 배치된 상부 셀; 을 포함하고, 상기 상부 셀은 상기 기능층 상면에 배치된 상부 패시베이션층, 상기 상부 패시베이션층 상면에 배치된 투명 전극, 상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층, 상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이웃하게 배치된 상부 전극, 상기 기능층 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이격되어 배치된 상부 제2전하수송층 및 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함한다.
- [0021] 또한, 상기 상부 전극은 상기 상부 흡수층 외부로 노출될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극은 상기 기능층 상에서 일측에 배치되고, 상기 상부 제2전하수송층은 상기 기능층 상에서 타측에 배치될 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극 및 상부 제1전하수송층 각각은 상기 기능층 상에서 일측에 배치된 본체부 및 상기 본체부에서 상기 타측으로 연장된 적어도 하나의 연장부를 포함하고, 상기 상부 제2전하수송층은 상기 기능층 상에서 타측에 배치된 본체부 및 상기 본체부에서 상기 일측으로 연장된 적어도 하나의 연장부를 포함할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극 및 상부 제1전하수송층 각각의 연장부는 제1방향 및 제2방향에서의 길이가 상호 동일하고, 상기 상부 패시베이션층 및 투명 전극 각각의 본체부는 상기 제1방향에서의 길이가 상호 동일하고, 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극 및 상부 제1전하수송층 각각의 본체부는 상기 제2방향에서의 길이가 상호 동일하고, 상기 상부 제1전하수송층의 본체부는 상기 상부 패시베이션층의 본체부와 제1방향에서의 길이가 상이하고, 상기 제1방향과 상기 제2방향은 상호 수직하고, 상기 기능층의 상면과 평행한 방향일 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 상부 패시베이션층과 상기 상부 제2전하수송층이 이격된 영역에서 상기 기능층은 상기 상부 흡수층과 맞닿을 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 상부 제2전하수송층은 재결합층일 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 하부 셀은 하부 전극, 상기 하부 전극 상면에 배치된 반사층, 상기 반사층 상면에 배치된 하부 패시베이션층, 상기 하부 패시베이션층 상면에 배치된 하부 기능층 및 상기 하부 기능층 상면에 배치된 하부 흡수층을 포함할 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 하부 흡수층은 p형 반도체 또는 n형 반도체이고, 상기 기능층은 상기 하부 흡수층에 대응하여 n형 반도체 또는 p형 반도체층 일 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 하부 흡수층이 실리콘 반도체이고, 상기 기능층은 p-n 접합층이고, 상기 하부 기능층은 전계 형성층(BSF)일 수 있다.

- [0030] 또한, 상기 상부 흡수층은 중과장 및 단과장을 흡수하여, 전자-정공 쌍을 생성하고, 상기 하부 흡수층은 중과장 및 장과장을 흡수하여, 전자-정공 쌍을 생성할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지는 하부 셀; 상기 하부 셀 상에 배치된 중간 셀; 및 상기 중간 셀 상에 배치된 상부 셀; 을 포함하고, 상기 상부 셀은 상기 중간 셀 상면에 배치된 상부 패시베이션층, 상기 상부 패시베이션층 상면에 배치된 투명 전극, 상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층, 상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이격되어 배치된 상부 전극, 상기 중간 셀 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이웃하게 배치된 상부 제2전하수송층 및 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함한다.
- [0033] 또한, 상기 하부 셀은 하부 전극, 상기 하부 전극 상면에 배치된 반사층, 상기 반사층 상면에 배치된 하부 패시베이션층, 상기 하부 패시베이션층 상면에 배치된 하부 기능층 및 상기 하부 기능층 상면에 배치된 하부 흡수층을 포함할 수 있다.
- [0034] 또한, 상기 중간 셀은 상기 하부 흡수층 상면에 배치된 중간 제1 전하수송층, 상기 중간 제1 전하수송층 상면에 배치된 중간 재결합층, 상기 중간 재결합층 상면에 배치된 중간 제2 전하수송층 및 상기 중간 제2 전하수송층 상면에 배치된 중간 흡수층을 포함할 수 있다.
- [0036] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지 모듈은 제1 태양전지; 및 상기 제1 태양전지 상에 전기적으로 연결된 제2 태양전지; 를 포함하고, 상기 제1 태양전지 및 상기 제2 태양전지 각각은, 하부 셀, 상기 하부 셀 상에 배치된 기능층, 및 상기 기능층 상에 배치된 상부 셀을 포함하고, 상기 상부 셀은 상기 기능층 상면에 배치된 상부 패시베이션층, 상기 상부 패시베이션층 상면에 배치된 투명 전극, 상기 투명 전극 상면에 배치된 상부 제1전하수송층, 상기 기능층 상면에서 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 전극과 이격되어 배치된 상부 제2전하수송층 및 상기 상부 패시베이션층, 투명 전극, 상부 제1전하수송층 및 상부 제2전하수송층 상에 배치된 상부 흡수층을 포함하고, 상기 제2 태양전지의 하부 흡수층 중 일부는 상기 제1 태양전지의 투명 전극 상에 직접 접촉될 수 있다.
- [0037] 또한, 상기 제2 태양전지의 상부 셀은, 상기 투명 전극 상면에서 상기 상부 제1전하수송층과 이격되어 배치된 상부 전극을 더 포함할 수 있다.
- [0038] 또한, 상기 제1 태양전지의 상부 셀의 상부 흡수층은 상기 제2 태양전지와 이격될 수 있다.

발명의 효과

- [0039] 본 발명의 실시예에 따르면, 상부 셀에서의 광 흡수를 최대화할 수 있고, 광흡수층이 아닌 다른 구성 층들이 빛을 흡수하는 기생흡수를 최소화할 수 있고, 상부 셀의 광투과를 최대화하여 후면 태양전지의 광흡수를 최대화할 수 있으며, 상부 셀과 하부 셀의 광전류 매칭을 최적화 및 최대화할 수 있다.
- [0040] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 다중접합 태양전지의 광전류 및 광전변환효율을 최대화할 수 있고, 태양전지 한편의 전극을 상부 태양전지의 최상단면이 아닌, 전극 구조를 변경함으로써, 단일 태양전지들을 전기적으로 상호 연결해야 하는 모듈 공정에 필수적인 200~300° C의 고온에 상부 셀을 노출시키지 않고 다중접합 태양전지 모듈을 제작할 수 있다.
- [0041] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0042] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 사시도이고,
 도 2는 도 1에서 상부 흡수층을 투명하게 표현한 사시도이고,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 분해 사시도이고,

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지에서 상부 흡수층을 제거한 상면도이고,
 도 5는 도 1의 A-A'선의 단면도이고,
 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지에서 전자와 정공의 이동 경로를 나타낸 예시도이고,
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지에서 파장에 따른 빛의 이동 경로를 나타낸 예시도이고,
 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이고,
 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지 모듈을 나타낸 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0043] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.
- [0044] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명 시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다.
- [0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 사시도이고, 도 2는 도 1에서 상부 흡수층을 투명하게 표현한 사시도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 분해 사시도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지에서 상부 흡수층을 제거한 상면도이고, 도 5는 도 1의 A-A'선의 단면도이고, 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지에서 전자와 정공의 이동 경로를 나타낸 예시도이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지에서 파장에 따른 빛의 이동 경로를 나타낸 예시도이다.
- [0046] 우선, 도 1 내지 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지는 하부 셀(100), 기능층(200) 및 상부 셀(300)을 포함할 수 있다.
- [0047] 여기서, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지는 상대적으로 밴드갭이 작은 흡수층을 포함하는 실리콘 태양전지 셀(100)과 상대적으로 큰 밴드갭을 갖는 흡수층을 포함하는 페로브스카이트 태양전지 셀(300)이 기능층(200)을 매개로 하여 직접적으로 터널 접합된 2-단자 텐덤 태양전지의 구조를 갖는다.
- [0048] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지로 입사된 광 중 단파장 영역의 광은 상부에 배치된 페로브스카이트 태양전지 셀(300)에 흡수되어 전하를 생성하며, 페로브스카이트 태양전지 셀(300)을 투과하는 장파장 영역의 광은 하부에 배치된 실리콘 태양전지 혹은 다른 유기물, 무기물 혹은 유기물과 무기물이 혼합된 태양전지에(100)에 흡수되어 전하를 생성하게 된다.
- [0049] 상술한 구조를 갖는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지는 상부에 배치된 페로브스카이트 태양전지 셀(300)에서 중파장 및 단파장 영역의 광을 흡수하여 발전하고, 하부에 배치된 실리콘 태양전지 셀(100)에서 중파장 및 장파장 영역의 광을 흡수하여 발전함으로써 문턱 파장(threshold wavelength)을 장파장 쪽으로 이동시킬 수 있으며, 결과적으로 전체 태양전지가 흡수하는 파장대를 넓힐 수 있다는 이점이 있다.
- [0050] 한편, 하부 셀(100)은 이종접합(heterojunction) 실리콘 태양전지 또는 동종접합(homojunction) 실리콘 태양전지 혹은 유기물, 무기물 혹은 유기물과 무기물이 혼합된 태양전지로 구현될 수 있다.
- [0051] 하부 셀(100)은 하부 전극(110), 반사층(120), 하부 패시베이션층(130), 하부 기능층(140) 및 하부 흡수층(150)을 포함할 수 있다.
- [0052] 한편, 도시하지 않았지만, 하부 전극(110), 반사층(120), 하부 패시베이션층(130), 하부 기능층(140) 및 하부 흡수층(150) 중 적어도 하나는 요철 구조를 가지는 텍스처가 형성될 수 있다.
- [0053] 하부 전극(110)은 금속, 또는 금속 합금일 수 있다. 하부 전극(110)은 몰리브덴(Mo), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu) 및 니켈(Ni), 탄소(C) 중에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다.
- [0054] 한편, 하부 전극(110)은 상부에 입사된 광이 외부로 빠져나가지 못하도록 반사하는 기능을 수행할 수 있다.

- [0055] 또한, 하부 전극(110)은 정공 또는 전자를 수집할 수 있다.
- [0056] 반사층(120)은 하부 전극(110) 상면에 직접 배치될 수 있고, 상부에 입사된 광이 경로를 증가시켜 광전 변환 효율을 증가시키는 역할을 한다.
- [0057] 하부 패시베이션층(130)은 투광성의 절연막으로 구성될 수 있으며, 산화막 및 질화막 계열의 절연성막이 사용될 수 있다.
- [0058] 하부 기능층(140)은 하부 흡수층(150)의 반도체 타입에 따라 특정 전하를 흡수층으로 돌려보내는 역할을 하거나 전자 수송층 또는 정공 수송층으로 기능할 수 있다.
- [0059] 하부 기능층(140)이 정공 수송층인 경우, 이러한 정공 수송층은 PEDOT:PSS(폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리(스티렌설포네이트)), 폴리티오펜비닐렌(polythiophenevinylene), 폴리비닐카바졸(polyvinylcarbazole), 폴리파라페닐렌비닐렌(poly-p-phenylenevinylene) 및 이들의 유도체일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태의 유기물이 사용될 수 있다. 또한, p-타입으로 도핑된 금속산화물 반도체인 몰리브덴 옥사이드, 바나듐 옥사이드 또는 텅스텐 옥사이드 등이 사용될 수 있다.
- [0060] 또한, 하부 기능층(140)이 전자 수송층인 경우, 이러한 전자 수송층은 풀러렌(C60, C70, C80) 또는 풀러렌 유도체인 PCBM([6,6]-phenyl-C61 butyric acid methyl ester)(PCBM(C60), PCBM(C70), PCBM(C80))일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태의 유기물이 사용될 수 있다. 또한, n-타입으로 도핑된 금속산화물 반도체인 타이타늄 옥사이드(TiO_x) 또는 아연 옥사이드(ZnO) 등이 사용될 수 있다.
- [0061] 한편, 하부 기능층(140)은 하부 셀(100)이 실리콘계 태양전지인 경우, 하부 흡수층(150)의 후면에 전기장을 형성하여 전하 수집확률을 높이는 전계 형성층(BSF, Back Surface Field)의 역할을 수행할 수 있다.
- [0062] 하부 흡수층(150)은 예를 들어, 비정질 실리콘, 미세결정 실리콘, 비정질 실리콘 게르마늄, 또는 미세결정 실리콘 게르마늄, 유기물, 유기물과 무기물의 혼합물 등을 포함할 수 있다.
- [0063] 하부 흡수층(150)은 상부 셀(300)의 상부 흡수층(360)보다 에너지 밴드갭이 작을 수 있으며, 중파장 및 장파장의 광을 흡수할 수 있다.
- [0064] 여기서, 중파장의 파장 대역은 500 nm ~ 900 nm 이고, 장파장의 파장 대역은 700 nm ~ 1,200 nm 일 수 있다.
- [0065] 하부 흡수층(150)은 태양전지에 조사된 장파장의 광을 흡수하며 여기 상태의 전자정공 쌍 즉, 엑시톤(exiton)을 형성할 수 있다.
- [0066] 기능층(200)은 하부 셀(100) 상에 배치되며, 하부 흡수층(150) 상면에 배치될 수 있다.
- [0067] 즉, 기능층(200)은 하부 셀(100)과 상부 셀(300) 사이에 배치될 수 있다.
- [0068] 기능층(200)은 하부 셀(100)이 실리콘계 태양전지인 경우, p-n 접합층의 역할을 수행할 수 있으며, 하부 셀(100)이 실리콘계 태양전지 외의 태양전지인 경우, 전하 수송층의 기능을 수행할 수 있다.
- [0069] 여기서, p-n 접합층은 하부 셀(100)에서 생성된 전자 정공쌍이 분리될 수 있게 해주는 역할을 하며, 계면 저항을 감소시키는 역할을 한다.
- [0070] p-n 접합층을 이루는 구성 물질은 금속산화물, 금속, 전도성 고분자, 유전체(dielectric) 물질 및 탄소화합물로 이루어진 군에서 1 또는 2 이상을 포함할 수 있다.
- [0071] 구체적으로 기능층(200)은 ZnO/PEDOT:PSS의 접합층을 형성할 수 있으며, n 형 또는 p형 물질을 도핑하여, 접합층을 형성할 수 있다.
- [0072] 상부 셀(300)은 기능층(200) 상에 배치되며, 페로브스카이트 태양전지 셀로 구현될 수 있다.
- [0073] 상부 셀(300)은 상부 패시베이션층(310), 투명 전극(320), 상부 제1전하수송층(330), 상부 전극(340), 상부 제2전하수송층(350) 및 상부 흡수층(360)을 포함할 수 있다.
- [0074] 상부 패시베이션층(310)은 기능층(200) 상에 배치되며, 투광성의 절연막으로 구성될 수 있으며, 산화막 및 질화막 계열의 절연성막이 사용될 수 있다.
- [0075] 상부 패시베이션층(310)은 기능층(200) 상에서 일측에 배치될 수 있다.
- [0076] 여기서, 기능층(200) 상의 일측은 상부 전극(340)이 배치되며, 상부 흡수층(360)이 배치되지 않아 상부 전극

(340)이 외부로 노출된 측일 수 있다.

- [0077] 상부 패시베이션층(310)은 기능층(200) 상에서 일측 단부에 배치된 본체부(311) 및 본체부(311)에서 타측으로 연장된 복수의 연장부(312)를 포함할 수 있다.
- [0078] 투명 전극(320)은 상부 패시베이션층(310)의 전면 상에 배치되는 것이 바람직하고, 기능층(200) 상부에서 일측 단부에 배치된 본체부(321) 및 본체부(321)에서 타측으로 연장된 복수의 연장부(322)를 포함할 수 있다.
- [0079] 여기서, 투명 전극(320)은 상부 패시베이션층(310)과 동일한 형상 및 넓이를 갖도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0080] 구체적으로 상부 패시베이션층(310)의 본체부(311)와 투명 전극(320)의 본체부(321)는 제1방향 및 제2방향에서 길이가 상호 동일하여, 동일한 형상 및 넓이를 갖도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0081] 여기서, 제1방향은 일측과 타측을 잇는 방향이고, 제2방향은 제1방향과 수직한 방향이며, 제1방향과 제2방향은 기능층(200)의 상면과 평행한 방향으로 정의될 수 있다.
- [0082] 또한, 상부 패시베이션층(310)의 연장부(312)와 투명 전극(320)의 연장부(322)는 제1방향 및 제2방향에서 길이가 상호 동일하여, 동일한 형상 및 넓이를 갖도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0083] 한편, 투명 전극(320)은 ZnO(Zinc Oxide), ITO(Indium Tin Oxide) 및 AZO(Aluminum-doped zinc oxide)와 같은 물질을 이용하여 투명 전도층으로 형성될 수 있다.
- [0084] 상부 제1전하수송층(330)은 상부 투명 전극(320)의 전면 상에 배치되는 것이 바람직하고, 기능층(200) 상부에서 일측 단부에 배치된 본체부(331) 및 본체부(331)에서 타측으로 연장된 복수의 연장부(332)를 포함할 수 있다.
- [0085] 여기서, 상부 제1전하수송층(330)은 상부 패시베이션층(310) 및 투명 전극(320)과 일부 상이한 형상 및 넓이를 갖도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0086] 구체적으로 상부 제1전하수송층(330)의 본체부(331)와 투명 전극(320)의 본체부(321)는 제1방향에서 길이가 상호 상이하며, 제2방향에서는 길이가 상호 동일할 수 있다.
- [0087] 한편, 상부 제1전하수송층(330)의 연장부(332)와 투명 전극(320)의 연장부(322)는 제1방향 및 제2방향에서 길이가 상호 동일하여, 동일한 형상 및 넓이를 갖도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0088] 여기서, 투명 전극(320)의 본체부(321) 상에서 상부 제1전하수송층(330)의 본체부(331)가 배치되지 않은 영역에는 상부 전극(340)이 배치될 수 있다.
- [0089] 상부 제1전하수송층(330)은 상부 흡수층(360)의 반도체 타입에 따라 전자 수송층 또는 정공 수송층으로 기능할 수 있다.
- [0090] 상부 제1전하수송층(330)이 정공 수송층인 경우, 이러한 정공 수송층은 PEDOT:PSS(폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리(스티렌설포네이트)), 폴리티오펜렌비닐렌(polyhiophenylenevinylene), 폴리비닐카바졸(polyvinylcarbazole), 폴리파라페닐렌비닐렌(poly-p-phenylenevinylene), Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT), Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine] (PTAA), 9,9'-[7,7'-tetramine (Spiro-MeOTAD) 및 이들의 유도체일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태의 유기물이 사용될 수 있다. 또한, p-타입으로 도핑된 금속산화물 반도체인 폴리브렌 옥사이드, 바나듐 옥사이드 또는 텅스텐 옥사이드 니켈 옥사이드 등이 사용될 수 있다.
- [0091] 또한, 상부 제1전하수송층(330)이 전자 수송층인 경우, 이러한 전자 수송층은 풀러렌(C60, C70, C80) 또는 풀러렌 유도체인 PCBM([6,6]-phenyl-C61 butyric acid methyl ester)(PCBM(C60), PCBM(C70), PCBM(C80))일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태의 유기물이 사용될 수 있다. 또한, n-타입으로 도핑된 금속산화물 반도체인 타이타늄 옥사이드(TiO_x) 또는 아연 옥사이드(ZnO), 주석 옥사이드(SnO_x) 등이 사용될 수 있다.
- [0092] 상술한 바와 같이, 상부 전극(340)은 투명 전극(320)의 본체부(321) 상에 배치되며, 투명 전극(320)의 본체부(321) 상에서 상부 제1전하수송층(330)과 이격되거나 이격되지 않도록 배치될 수 있다.
- [0093] 여기서, 상부 전극(340)은 상부 흡수층(360)에 덮이지 않으며, 외부로 노출되어 전기적 접속 경로를 제공할 수 있다.
- [0094] 즉, 상부 전극(340)을 상부 태양전지의 최상단면이 아닌, 태양전지 일측에 배치함으로써, 단일 태양전지들을 전

기적으로 상호 연결해야 하는 모듈 공정에 필수적인 200~300° C의 고온에 상부 셀을 노출시키지 않고 다중접합 태양전지 모듈을 제작할 수 있어, 상부 셀의 열손상을 방지할 수 있다.

- [0095] 상부 전극(340)은 금속, 또는 금속 합금일 수 있다. 상부 전극(340)은 몰리브덴(Mo), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 탄소(C) 및 니켈(Ni) 중에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다.
- [0096] 상부 제2전하수송층(350)은 기능층(200) 상에 배치되며, 기능층(200) 상에서 타측에 배치될 수 있다.
- [0097] 여기서, 기능층(200) 상의 타측은 제1방향에서 일측의 반대측으로 정의될 수 있다.
- [0098] 상부 제2전하수송층(350)은 기능층(200) 상에서 타측 단부에 배치된 본체부(351) 및 본체부(351)에서 일측으로 연장된 복수의 연장부(352)를 포함할 수 있다.
- [0099] 여기서, 상부 제2전하수송층(350)의 본체부(351)와 연장부(352)는 상부 패시베이션층(310), 투명 전극(320) 및 상부 제1전하수송층(330)과 이격될 수 있다.
- [0100] 상부 제2전하수송층(350)과 상부 패시베이션층(310), 투명 전극(320) 및 상부 제1전하수송층(330)이 이격된 영역에서는 기능층(200)이 상부 흡수층(360)과 직접 맞닿을 수 있다.
- [0101] 여기서, 상부 제2전하수송층(350)과 상부 패시베이션층(310), 투명 전극(320) 및 상부 제1전하수송층(330)이 이격된 영역을 통해, 장파장의 광이 반사, 기생흡수 또는 굴절 없이 하부 흡수층(150)으로 전달될 수 있어, 광전 변환효율을 최대화할 수 있다.
- [0102] 여기서, 도 5를 함께 참조하면, 제2방향에서 상부 제2전하수송층(350)의 연장부(352)는 상부 패시베이션층(310), 투명전극(320) 및 상부 제1전하수송층(330)의 연장부(312, 322, 332)와 교차로 배열될 수 있다.
- [0103] 상부 제2전하수송층(350)은 상부 흡수층(360)의 반도체 타입에 따라 전자 수송층 또는 정공 수송층으로 기능할 수 있다.
- [0104] 상부 제2전하수송층(350)이 정공 수송층인 경우, 이러한 정공 수송층은 PEDOT:PSS(폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리(스티렌설포네이트)), 폴리티오펜비닐렌(polythiophenevinylene), 폴리비닐카바졸(polyvinylcarbazole), 폴리파라페닐렌비닐렌(poly-p-phenylenevinylene), Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT), Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine] (PTAA), 9,9'-',7,7'-tetramine (Spiro-MeOTAD) 및 이들의 유도체일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태의 유기물이 사용될 수 있다. 또한, p-타입으로 도핑된 금속산화물 반도체인 몰리브덴 옥사이드, 바나듐 옥사이드 또는 텅스텐 옥사이드, 니켈 옥사이드 등이 사용될 수 있다.
- [0105] 또한, 상부 제2전하수송층(350)이 전자 수송층인 경우, 이러한 전자 수송층은 풀러렌(C60, C70, C80) 또는 풀러렌 유도체인 PCBM([6,6]-phenyl-C61 butyric acid methyl ester)(PCBM(C60), PCBM(C70), PCBM(C80))일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태의 유기물이 사용될 수 있다. 또한, n-타입으로 도핑된 금속산화물 반도체인 타이타늄 옥사이드(TiOx), 주석 옥사이드(SnOx) 또는 아연 옥사이드(ZnO) 등이 사용될 수 있다.
- [0106] 한편, 상부 제2전하수송층(350)은 하부 흡수층(150)에서 전달된 전자(정공)와 상부 흡수층(360)에서 전달된 정공(전자)이 만나서 재결합하게 하는 재결합층 기능을 수행할 수 있다.
- [0107] 즉, 상부 제2전하수송층(350)에서는 하부 흡수층(150)의 전자와 상부 흡수층(360)의 정공 혹은 하부 흡수층(150)의 정공과 상부 흡수층(360)의 전자가 만나서 재결합될 수 있다.
- [0108] 여기서, 상부 제2전하수송층(350)은 전도도를 가지는 유, 무기 소재를 이용하여 기능층 위에 스핀코팅, 딥코팅, 드롭 캐스팅, 잉크젯 프린팅, 스크린 프린팅, 스퍼터링, 또는 열증착 방법으로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0109] 한편, 상부 제2전하수송층(350)에 사용될 수 있는 유, 무기 소재는 금이나 은과 같은 전도성 금속, 금속 나노입자, 금속산화물 또는 전도성 고분자 등을 사용할 수 있다. 상기 전도성 고분자는 PEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate)), 폴리아닐린 및 폴리피롤로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0110] 상부 흡수층(360)은 하부 셀(100)의 하부 흡수층(150)보다 에너지 밴드갭이 클 수 있으며, 중파장 및 단파장의 광을 흡수할 수 있다.

- [0111] 여기서, 중과장의 파장 대역은 500 nm ~ 900 nm 이고, 단과장의 파장 대역은 300 nm ~ 700 nm 일 수 있다.
- [0112] 상부 흡수층(360)은 태양전지에 조사된 단과장의 광을 흡수하며 여기 상태의 전자정공 쌍 즉, 엑시톤(exiton)을 형성할 수 있다.
- [0113] 여기서, 상부 흡수층(360)은 광활성 물질로 페로브스카이트(perovskites) 화합물로 구성될 수 있다. 페로브스카이트는 직접형 밴드갭(direct bandgap)을 가지면서 광흡수계수가 550nm에서 $1.5 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ 정도로 높고, 전하 이동 특성이 우수하며 결함에 대한 내성이 뛰어나다는 장점이 있다.
- [0114] 또한, 페로브스카이트 화합물은 용액의 도포 및 건조라는 극히 간단하고 용이하며 저가의 단순한 공정을 통해 광활성층을 이루는 광흡수체를 형성할 수 있는 장점이 있고, 도포된 용액의 건조에 의해 자발적으로 결정화가 이루어져 조대 결정립의 광흡수체 형성이 가능하며, 특히 전자와 정공 모두에 대한 전도도가 우수하다.
- [0115] 이러한 페로브스카이트 화합물은 ABX_3 (A는 C1-C20의 알킬기, 1가의 금속(예를들어, Li, Na, Cs, Rb 등), 1가의 유기 암모늄 이온 또는 공명구조를 가지는 formamidinium이며, B은 2가의 금속 이온이며, X는 할로젠 이온이다.)의 화학식으로 나타낼 수 있다.
- [0117] 이하에서는 도 9를 참조하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지에 대해 설명한다.
- [0118] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이다.
- [0119] 도 9를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지는 도 1 내지 도 8에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지에 비해 중간 셀(400)의 구성이 상이하므로, 이하에서는 차별되는 중간 셀(400)의 구성에 대해서만 상세히 설명하며 동일한 구성에 중복되는 도면부호에 대해서는 상세한 설명은 생략한다.
- [0120] 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지는 하부 셀(100), 상부 셀(300) 및 중간 셀(400)을 포함할 수 있다.
- [0121] 중간 셀(400)은 하부 셀(100)과 상부 셀(300) 사이에 배치될 수 있다.
- [0122] 이에 따라, 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지로 입사된 광 중 단과장 영역의 광은 상부에 배치된 페로브스카이트 태양전지 셀(300)에 흡수되어 전하를 생성하며, 페로브스카이트 태양전지 셀(300)을 투과하는 장과장 영역의 광은 하부에 배치된 실리콘 태양전지 셀(100)에 흡수되어 전하를 생성하게 되며, 페로브스카이트 태양전지 셀(300)과 실리콘 태양전지 셀(100) 각각에서 흡수하는 파장 영역의 중간 영역의 파장을 중간 셀(400)에서 흡수할 수 있다.
- [0123] 상술한 구조를 갖는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지는 하부 셀(100), 상부 셀(300) 및 중간 셀(400)을 포함함으로써, 전체 태양전지가 흡수하는 파장대를 넓힐 수 있다는 이점이 있다.
- [0124] 여기서, 도시하지 않았지만, 중간 셀(400)은 복수로 구성될 수 있으며, 복수의 중간 셀(400) 각각은 특정 파장 영역의 광을 흡수할 수 있다. 즉, 전체 태양전지가 흡수하는 파장대를 광범위하게 넓힐 수 있어, 광전변환효율을 최대화할 수 있다.
- [0125] 중간 셀(400)은 중간 제1 전하수송층(410), 재결합층(420), 중간 제2 전하수송층(430) 및 중간 흡수층(440)을 포함할 수 있다.
- [0126] 중간 제1 전하수송층(410)은 하부 흡수층(150) 상면에 배치되며, 정공 또는 전자를 전달할 수 있다.
- [0127] 즉, 중간 제1 전하수송층(410)은 하부 흡수층(150), 상부 흡수층(360) 및 중간 흡수층(440)의 반도체 타입에 따라 전자 수송층 또는 정공 수송층으로 기능할 수 있다.
- [0128] 재결합층(420)에서는 하부 흡수층(150)의 전자와 중간 흡수층(440)의 정공 혹은 하부 흡수층(150)의 정공과 중간 흡수층(440)의 전자가 만나서 재결합될 수 있다.
- [0129] 중간 제2 전하수송층(430)은 재결합층(420) 상면에 배치되며, 정공 또는 전자를 전달할 수 있다.
- [0130] 즉, 중간 제2 전하수송층(430)은 하부 흡수층(150), 상부 흡수층(360) 및 중간 흡수층(440)의 반도체 타입에 따라 전자 수송층 또는 정공 수송층으로 기능할 수 있다.
- [0131] 중간 흡수층(440)은 하부 흡수층(150)이 흡수하는 장과장 영역의 광과 상부 흡수층(360)에서 흡수하는 단과장

영역의 광 사이의 영역인 중과장을 갖는 광을 흡수할 수 있다.

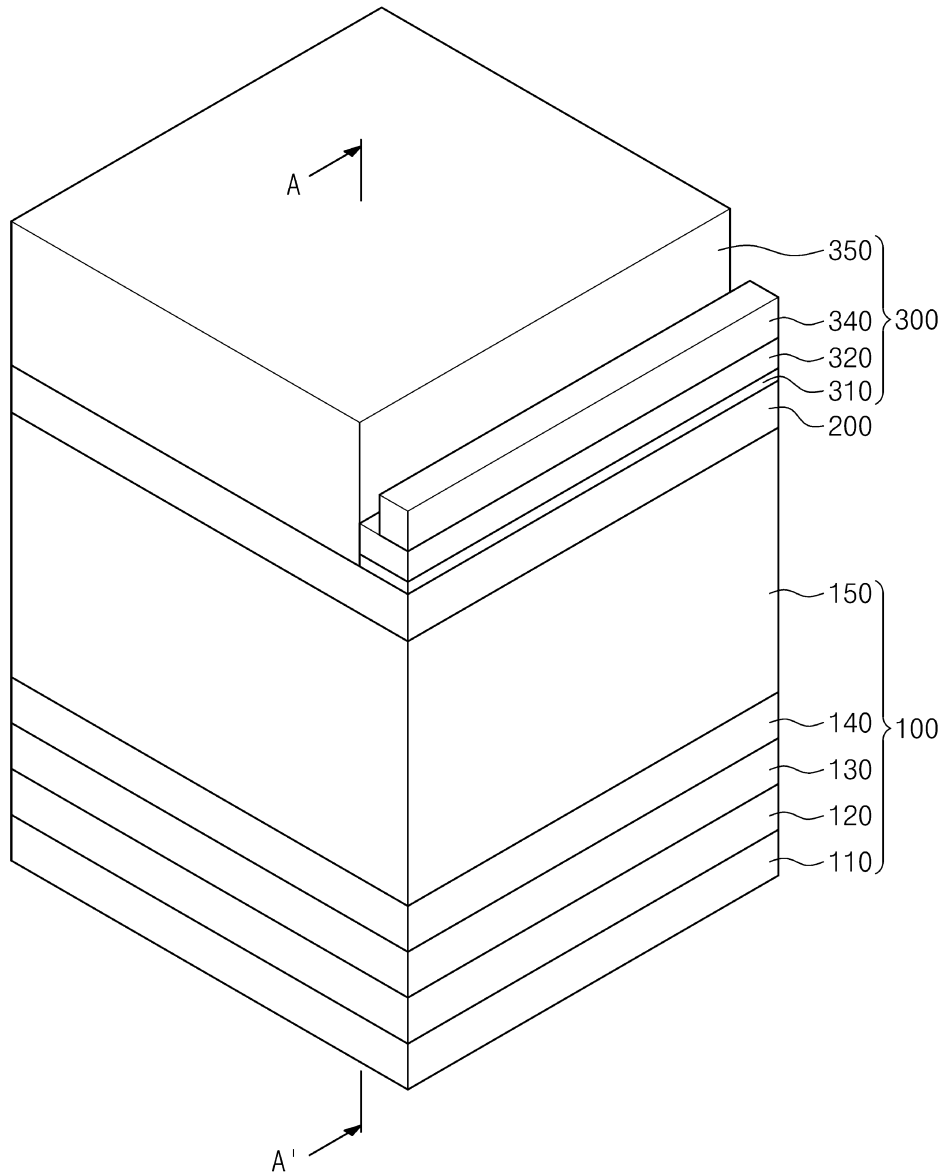
- [0132] 즉, 중간 흡수층(440)은 태양전지에 조사된 중과장의 광을 흡수하며 여기 상태의 전자정공 쌍 즉, 엑시톤(exiton)을 형성할 수 있다.
- [0133] 이를 통해, 전체 태양전지가 흡수하는 파장대를 넓히고 전체 태양전지의 전압을 높힐 수 있다는 이점이 있다.
- [0135] 이하에서는 도 10을 참조하여, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지 모듈에 대해 설명한다.
- [0136] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지 모듈을 나타낸 단면도이다.
- [0137] 도 10을 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지 모듈은 도 1 내지 도 8에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지 쌍(1000, 2000)이 전기적으로 연결된 구성이므로, 이하에서는 각 태양전지(1000, 2000)의 구성에 대해 상세한 설명은 생략한다.
- [0138] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지 모듈은 제1 태양전지(1000)와 제2 태양전지(2000)가 전기적으로 연결되어 구성될 수 있다.
- [0139] 한편, 도 10에 도시된 바와 같이, 제1 태양전지(1000)와 제2 태양전지(2000)는 상호 어긋나게 적층될 수 있다. 이를 통해 상부에서 입사되는 광이 제2 태양전지(2000)에 의해 굴절되거나 방해하지 않은 상태로 제1 태양전지(1000)에 도달될 수 있으므로, 광전변환효율을 최대화할 수 있다.
- [0140] 여기서, 제1 태양전지(1000)는 하부 셀(1100), 기능층(1200) 및 상부 셀(1300)을 포함할 수 있다.
- [0141] 또한, 하부 셀(1100)은 하부 전극(1110), 반사층(1120), 하부 패시베이션층(1130), 하부 기능층(1140) 및 하부 흡수층(1150)을 포함할 수 있다.
- [0142] 또한, 상부 셀(1300)은 상부 패시베이션층(1310), 투명 전극(1320), 상부 제1전하수송층(1330), 상부 제2전하수송층(1350) 및 상부 흡수층(1360)을 포함할 수 있다.
- [0143] 또한, 제2 태양전지(2000)는 하부 셀(2100), 기능층(2200) 및 상부 셀(2300)을 포함할 수 있다.
- [0144] 또한, 하부 셀(2100)은 하부 전극(2110), 반사층(2120), 하부 패시베이션층(2130), 하부 기능층(2140) 및 하부 흡수층(2150)을 포함할 수 있다.
- [0145] 또한, 상부 셀(2300)은 상부 패시베이션층(2310), 투명 전극(2320), 상부 제1전하수송층(2330), 상부 전극(2340), 상부 제2전하수송층(2350) 및 상부 흡수층(2360)을 포함할 수 있다.
- [0146] 한편, 제2 태양전지(2000)의 하부 전극(2110)은 제1 태양전지(1000)의 투명 전극(1320)에 전기적 및 물리적으로 연결될 수 있다.
- [0147] 한편, 도시하지 않았지만, 투명 전극(1320) 상에는 상부 전극(미도시)이 배치될 수 있고, 제2 태양전지(2000)의 하부 전극(2110)은 제1 태양전지(1000)의 상부 전극에 전기적 및 물리적으로 연결될 수 있다.
- [0148] 여기서, 제2 태양전지(2000)의 하부 전극(2110)은 제1 태양전지(1000)의 상부 제1전하수송층(1330), 상부 제2전하수송층(1350) 및 상부 흡수층(1360)과는 물리적으로 이격되도록 배치된다.
- [0149] 한편, 도시하지 않았지만 제2 태양전지(2000)에서 상부 전극(2340)이 제거되고, 투명 전극(2320)에 전기적 및 물리적으로 연결된 제3 태양전지(미도시)가 배치될 수 있다.
- [0151] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 기술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

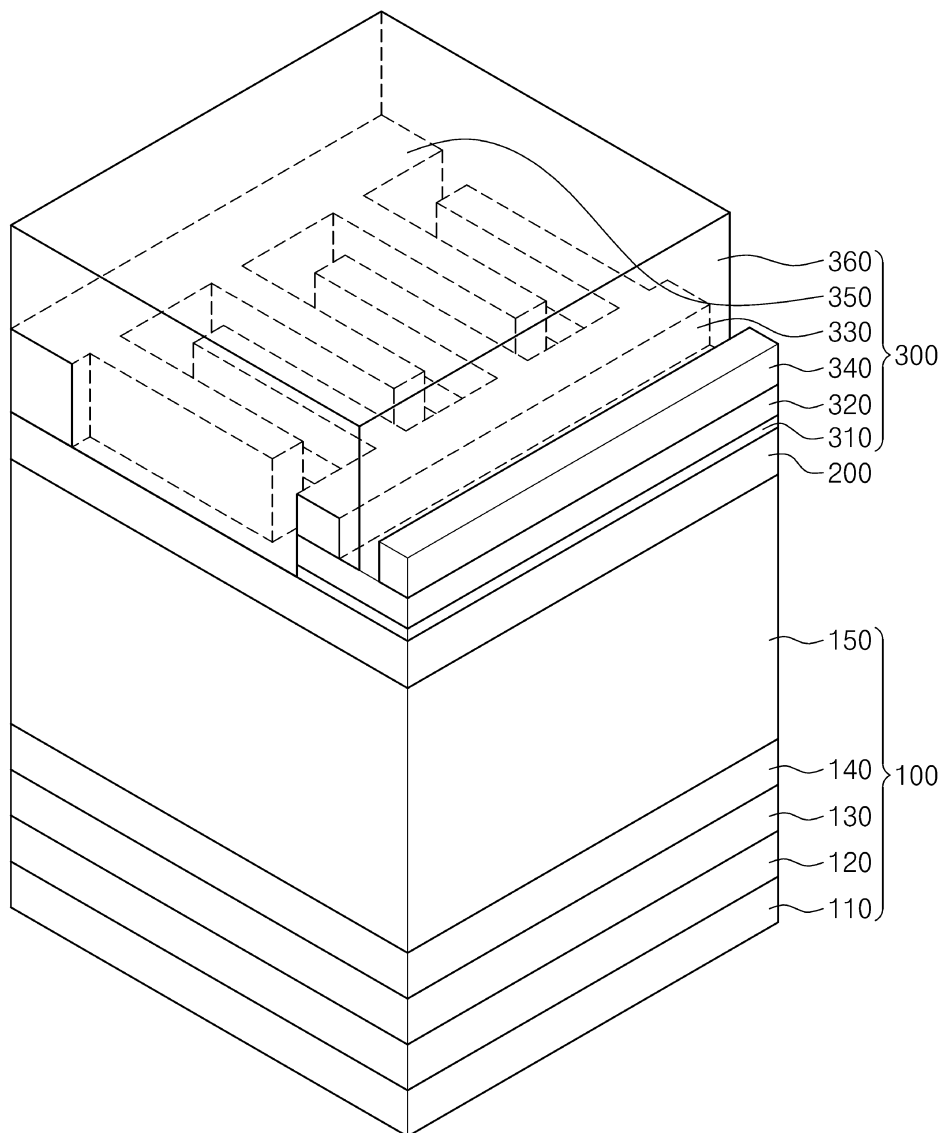
- [0152]
- 100: 하부 셀
 - 200: 기능층
 - 300: 상부 셀

도면

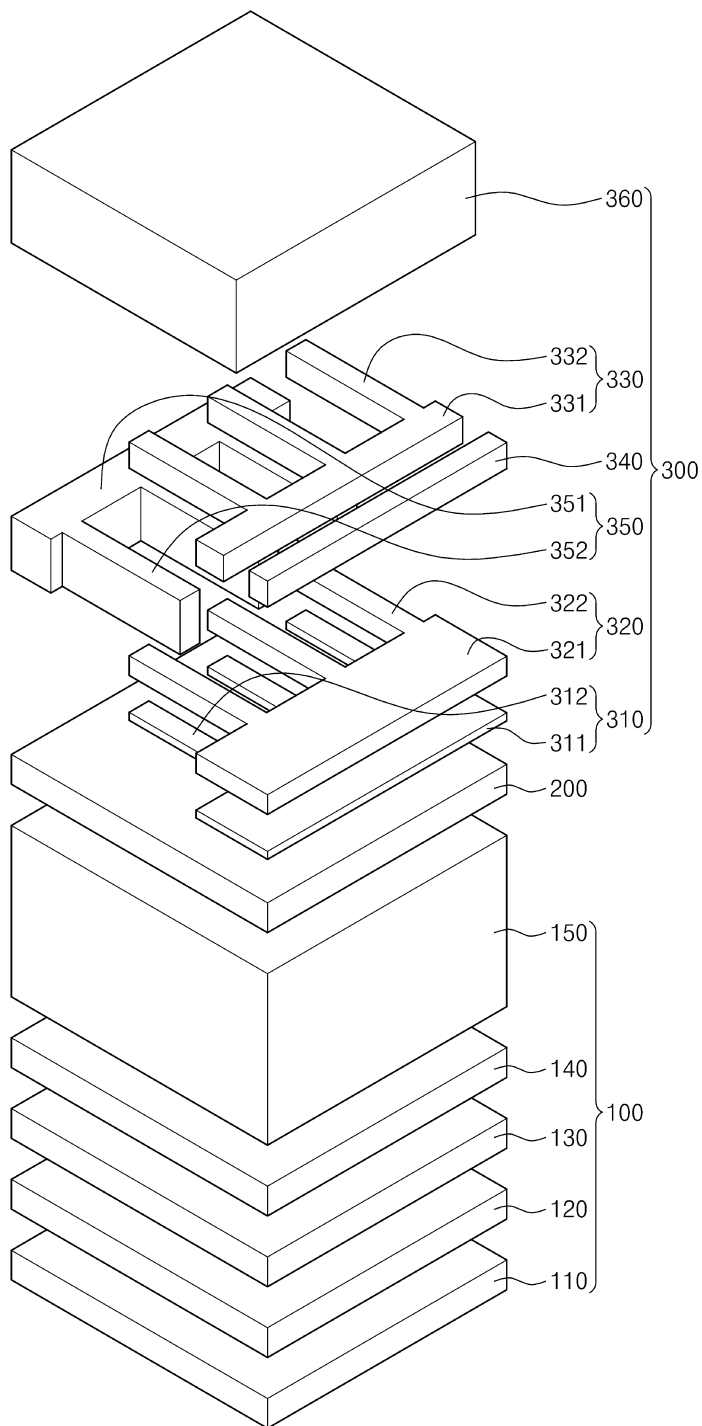
도면1



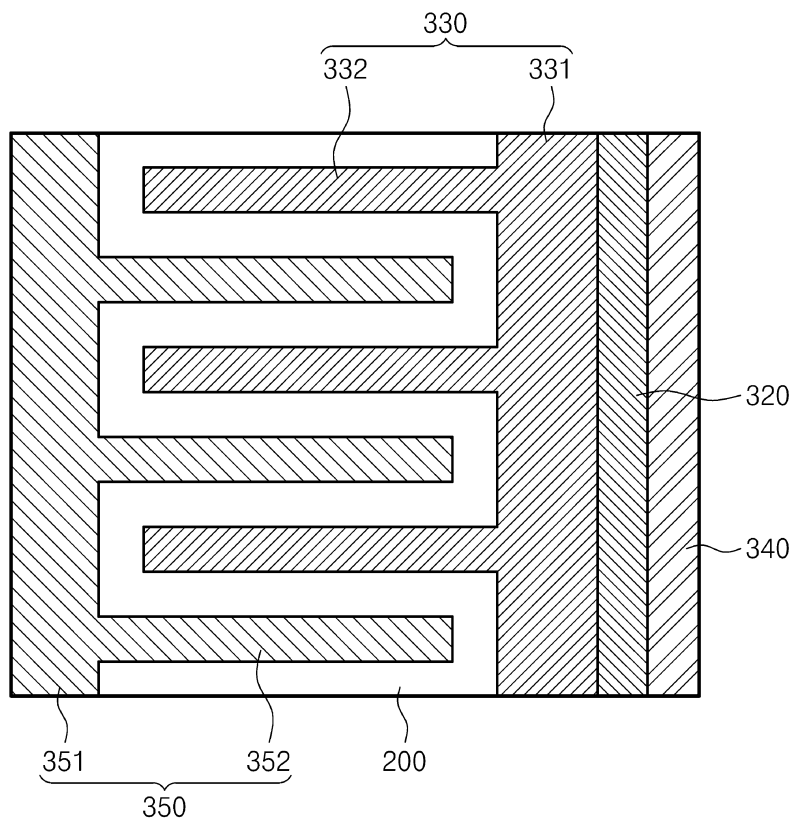
도면2



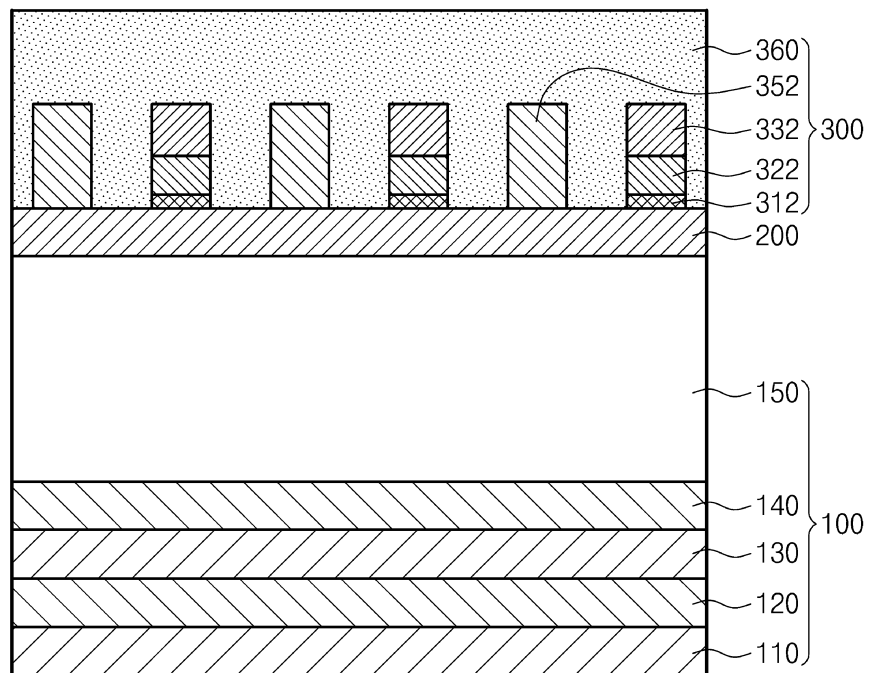
도면3



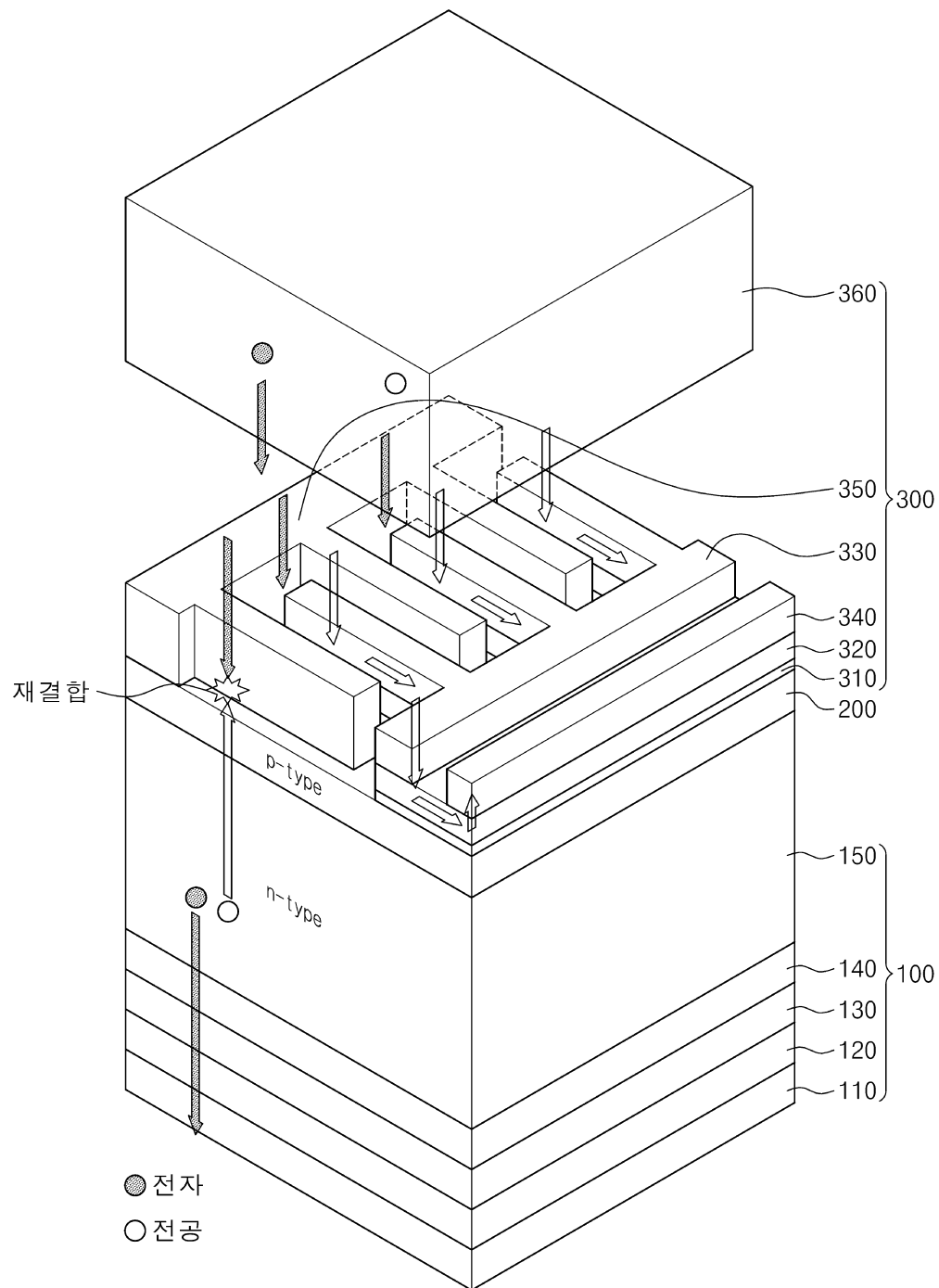
도면4



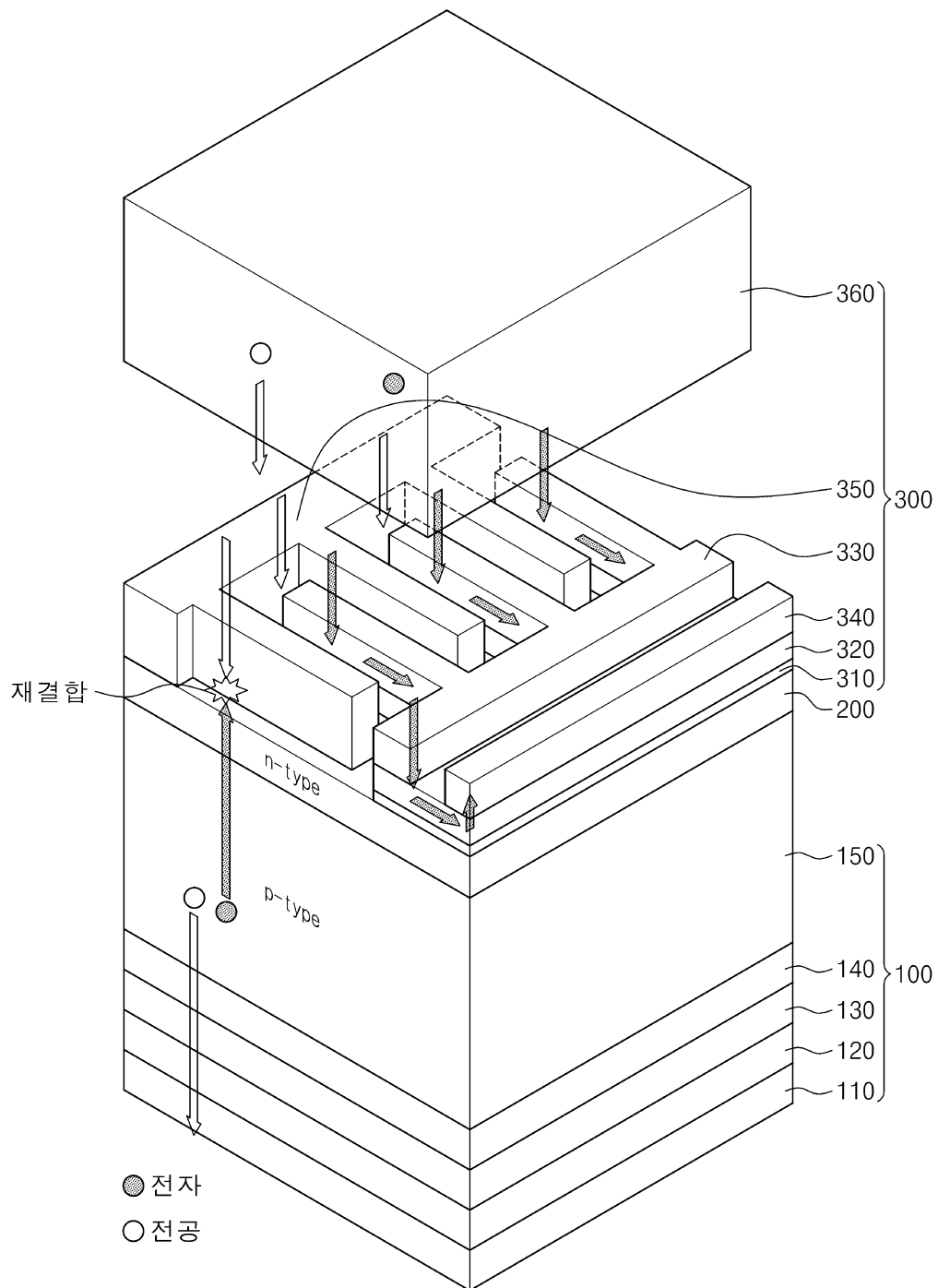
도면5



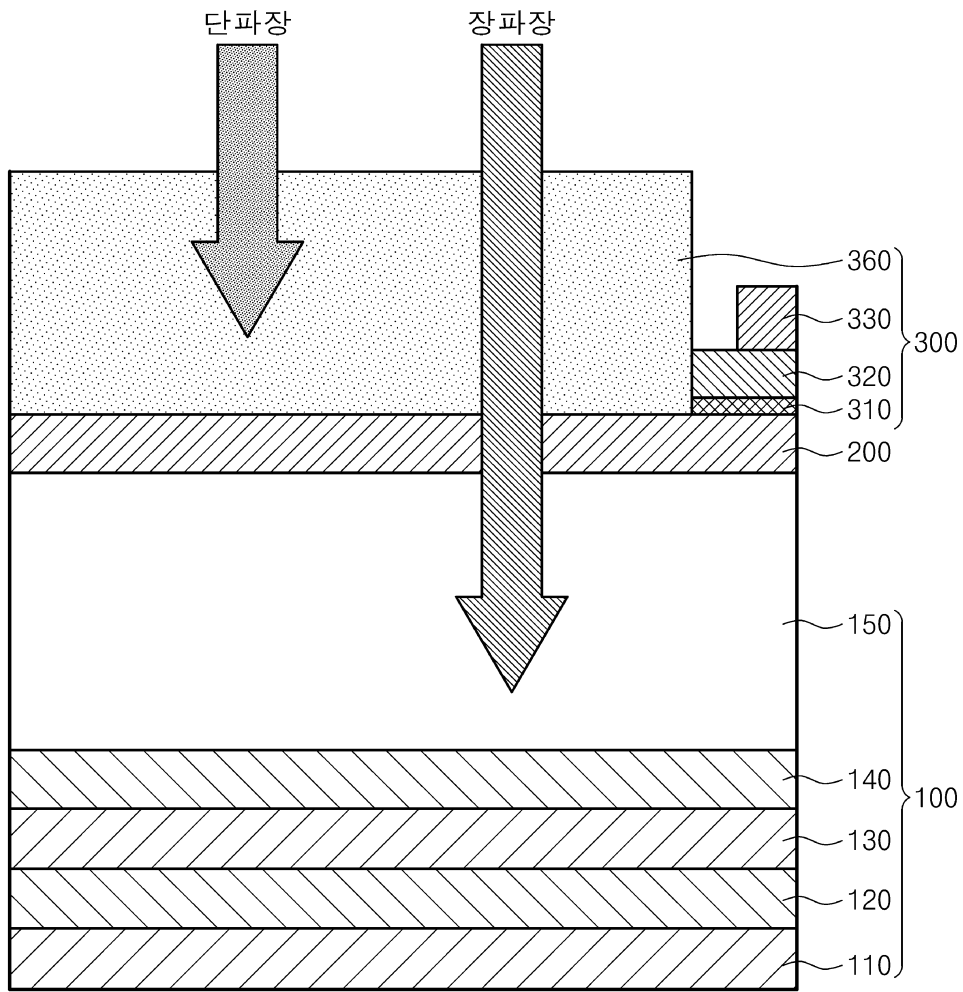
도면6



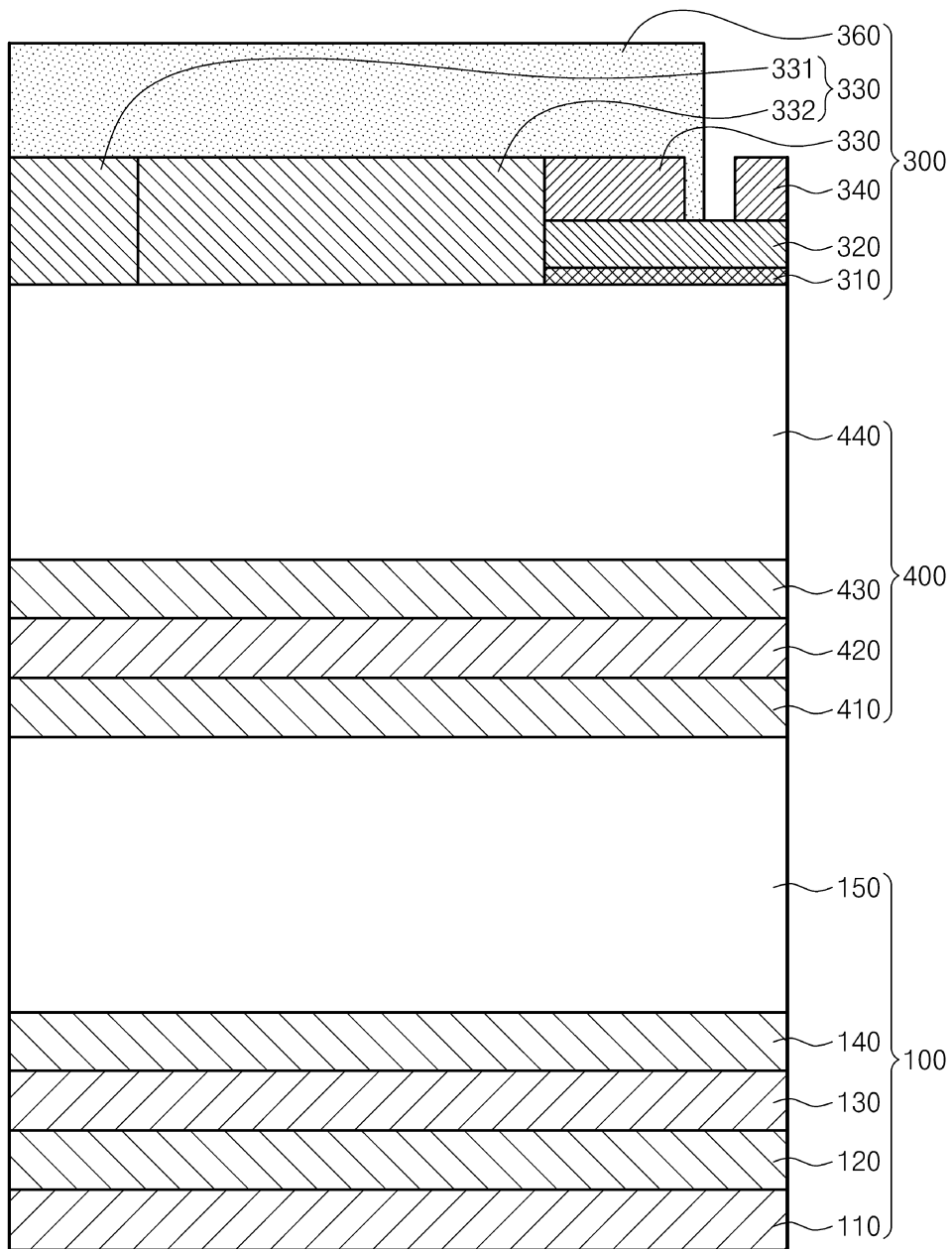
도면7



도면8



도면9



도면10

