(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월20일
(11) 등록번호 10-1901068
(24) 등록일자 2018년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/06 (2006.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
H01L 31/0368 (2006.01) *H01L 31/0376* (2006.01)
H01L 31/0392 (2006.01) *H01L 31/05* (2014.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/06 (2013.01)
H01L 31/022466 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0100942
(22) 출원일자 2017년08월09일
심사청구일자 2017년08월09일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008181965 A*
JP2012182328 A*
V. Zardetto et al. "Atomic layer deposition for perovskite solar cells: research status, opportunities and challenge."
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
강윤묵
서울특별시 성북구 보문사길 6-16, 103-505
김동환
서울특별시 서초구 서초대로48길 73
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 누리

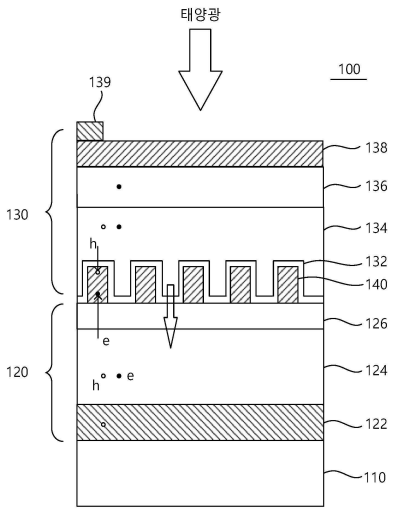
전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 안지현

(54) 발명의 명칭 **탠덤태양전지소자**

(57) 요 약

본 발명은 탠덤 태양전지를 제공한다. 이 탠덤 태양전지는, 기판; 상기 기판 상에 형성된 하부 셀; 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀; 및 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴을 포함한다. 상기 상부 셀은 페로브스카이트 구조의 상부 광흡수층을 포함하고, 상기 케리어 수집 패턴은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 31/0368 (2013.01)
H01L 31/0376 (2013.01)
H01L 31/03923 (2013.01)
H01L 31/0504 (2013.01)

(72) 발명자
이해석
경기도 용인시 기흥구 동백5로 39, 3001-103
박세진
서울특별시 성북구 화랑로11길 23-6, 302
배수현
서울특별시 성북구 안암로9가길 54, 302

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20163010012570
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지기술개발사업
연구과제명 나노패턴 후면전극을 이용한 용액공정기반 초박막형 CIGS 태양전지 개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국과학기술연구원
연구기간 2016.12.01 ~ 2020.09.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

기판; 및

상기 기판 상에 제1 방향으로 배열되고 전기적으로 직렬 연결된 단위 셀들을 포함하고,

상기 단위 셀 각각은:

상기 기판 상에 형성된 하부 전극을 포함하고 상기 하부 전극 상에 배치된 하부 셀;

상부 투명 전극을 포함하고 상기 하부 셀에 정렬되고 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀;

상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴;

상기 상부 셀의 상기 상부 투명 전극에 연결되고 상기 상부 셀 측벽 및 상기 하부 셀의 측벽을 따라 연장되고 이웃한 하부 전극에 전기적으로 연결되는 배선; 및

상기 하부 전극 상에서 상기 하부 셀 및 상기 상부 셀의 일부를 절단하도록 상기 제1 방향을 가로지는 제2 방향

으로 형성된 트렌치를 포함하고,

상기 상부 셀은 페로브스카이트 구조의 광흡수층을 포함하고,

상기 케리어 수집 패턴은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공하고,

상기 케리어 수집 패턴은 금속 또는 금속 합금이고,

상기 하부 셀은 CIGS 태양전지 또는 실리콘 태양전지이고,

상기 배선은 이웃한 단위 셀들을 분리하기 위하여 패터닝된 셀 분리 트렌치를 채우도록 배치되고,

상기 하부 전극은 금속 또는 금속합금이고,

상기 배선은 상기 케리어 수집 패턴과 션트 패스를 제거하고,

상기 트렌치는 이웃한 한 쌍의 단위 셀에서 서로 전기적으로 연결된 상기 상부 투명 전극을 절단하여 전기적으로 분리하는 것을 특징으로 하는 탠덤 태양전지.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 상부 셀은:

상기 케리어 수집 패턴을 덮도록 배치되고 상기 하부 셀과 접촉하도록 배치된 상부 정공 전달층;

상기 정공 전달층 상에 배치된 상부 광흡수층;

상기 광흡수층 상에 배치된 상부 전자 전달층; 및

상기 상부 전자 전달층 상에 배치된 상부 투명 전극층을 포함하는 것을 특징으로 하는 탠덤 태양전지.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 하부 셀은:

상기 기판 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극;

상기 하부 전극 상에 배치된 CIGS을 포함하는 하부 광흡수층; 및

상기 하부 광흡수층 상에 배치된 버퍼층을 포함하고,

상기 버퍼층의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 정공 전달층의 일부와 접촉하는 것을 특징으로 하는 탠덤 태양전지.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 하부 셀과 상기 케리어 수집 패턴 사이에 배치된 터널 절연층을 더 포함하고,

상기 터널 절연층의 일부는 상기 상부 정공 전달층과 접촉하는 것을 특징으로 하는 탠덤 태양 전지.

청구항 15

삭제

청구항 16

제11 항에 있어서,

상기 케리어 수집 패턴은, 반구 형상인 것을 특징으로 하는 탠덤 태양 전지.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 탠덤태양전지 내 하부셀의 빛 흡수 손실과 모듈 제조 시 션트 발생을 줄이기 위한 탠덤형 태양전지 및 모듈을 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[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, 유무기 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 중요인자로, 가격 경쟁력을 높이기 위해서는 태양전지 효율 향상이 중요하다.

[0006] 최근 26% 이상의 실리콘 태양전지 개발에 성공하며 꾸준한 성장을 보이고 있으나, 현재 구조의 태양전지를 이용하여 구현 가능한 이론적 효율은 29.1%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 태양전지 스펙트럼을 보다 효율적으로 이용하는 다중접합 태양전지 구현이 필요하다. 이때 이론적 효율 한계는 최대 87%까지 증가된다.

[0008] CIGS (CuInGaSe2) 태양전지는 무기박막 태양전지 중 하나로 20% 이상을 효율 및 장기 안정성을 나타낸다. 또한, 구성원소의 조성비를 조절해 다양한 밴드갭 구현이 가능하여 다중접합 태양전지에 적합하다.

[0009] 페로브스카이트 태양전지는 2009년 일본의 미야사카 교수팀이 기존의 염료감응태양전지에 유무기 복합소재인 메틸암모늄납요오드화물을 적용하면서 연구가 시작되었으며, 당시 3.8%에 불과하였던 효율이 빠른 속도로 성장하며 최근 22%이상의 효율을 기록하였다. 페로브스카이트 태양전지 개발 전까지 III-V족 태양전지를 제외하고 다중접합의 상부셀로 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] CIGS와 페로브스카이는 조성을 변화시켜 각각 1.1 ~ 1.6eV, 1.6 ~ 2.25eV 의 밴드갭을 구현할 수 있다. 따라서, CIGS 태양전지를 하부셀로, 페로브스카이트 태양전지를 상부셀로 이용한 탠덤 태양전지를 구현할 수 있다

[0011] 탠덤태양전지의 경우 상부셀과 하부셀을 직렬 연결하여 하나의 태양전지를 구성하며, 각 셀의 특성을 효율적으로 이용하기 위해, 두 층이 연결되는 부분이 중요하다. 이는 상부에서 생성된 홀과 하부에서 생성된 전자가 재결합하는 층으로 재결합층으로 불리기도 한다. 상부에서 생성된 전자와 하부셀의 홀은 외부회로와 연결된 전극을 통해 흘러 전류가 흐르게 된다. 직렬연결로 인하여 높은 전압특성을 갖는 태양전지를 구현할 수 있다.

[0012] 탠덤 태양전지를 실생활에 적용하기 위해서는 모듈 구조의 구현이 필수적이며, 따라서 모듈 구조에 적합한 탠덤 태양전지 구조의 제안이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 탠덤 태양전지에서 상부셀의 전극층으로 이용되고 하부층의 케리어 수집층으

로 사용되는 투명 전도층에서 발생하는 빛 흡수 손실을 줄여 하부셀의 전류생성을 높여 셀 특성을 향상시키는 것이다.

[0014] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 단위 셀들이 직렬 연결되는 모듈 구현 시 션트 발생을 억제하는 구조를 포함하는 탠덤태양전지 및 모듈을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 탠덤 태양전지는, 기판; 상기 기판 상에 형성된 하부 셀; 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀; 및 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴을 포함한다. 상기 상부 셀은 페로브스카이트 구조의 상부 광흡수층을 포함하고, 상기 케리어 수집 패턴은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 상부 셀은, 상기 케리어 수집 패턴을 덮도록 배치되고 상기 하부 셀과 접촉하도록 배치된 상부 정공 전달층; 상기 정공 전달층 상에 배치된 상부 광흡수층; 상기 광흡수층 상에 배치된 상부 전자 전달층; 및 상기 상부 전자 전달층 상에 배치된 상부 투명 전극층을 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 하부 셀은, 상기 기판 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 배치된 CIGS을 포함하는 하부 광흡수층; 및 상기 하부 광흡수층 상에 배치된 버퍼층을 포함할 수 있다. 상기 버퍼층의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 정공 전달층의 일부와 접촉할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 하부 셀과 상기 케리어 수집 패턴 사이에 배치된 터널 절연층을 더 포함하고, 상기 터널 절연층의 일부는 상기 상부 정공 전달층과 접촉할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 케리어 수집 패턴은 투명 전도성 산화물질일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 케리어 수집 패턴은, 산화아연(AZO; Aluminium-zinc oxide; ZnO:Al), 산화인듐주석(ITO; indium-tin oxide), 불소함유 산화주석(FTO: Fluorine-doped tin oxide), 인듐아연산화막(IZO; indium zibc ixude) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 케리어 수집 패턴은, 금속 또는 금속 합금이고, 반구형상일 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 하부 셀은, 상기 기판 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 배치된 p형 실리콘 반도체층; 및 상기 하부 광흡수층 상에 배치된 n형 실리콘 반도체층을 포함할 수 있다. 상기 n형 실리콘 반도체층의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 정공 전달층의 일부와 접촉할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 상부 셀은, 상기 케리어 수집 패턴을 덮도록 배치되고 상기 하부 셀과 접촉하도록 배치된 상부 전자 전달층; 상기 상부 전자 전달층 상에 배치된 상부 광흡수층; 상기 광흡수층 상에 배치된 상부 정공 전달층; 및 상기 상부 정공 전달층 상에 배치된 상부 투명 전극층을 포함할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 하부 셀은, 상기 기판 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 배치된 n형 다결정 실리콘 반도체층; 상기 n형 다결정 실리콘 반도체층에 배치된 터널 산화물층; 상기 터널 산화물층 상에 배치된 n 형 비정질 실리콘층; 상기 n 형 비정질 실리콘층에 배치된 진성 비정질 실리콘층; 및 상기 진성 비정질 실리콘층에 배치된 p형-비정질 실리콘층을 포함할 수 있다. 상기 p형-비정질 실리콘층의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 전자 전달층의 일부와 접촉할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 탠덤 태양전지는, 기판; 및 상기 기판 상에 제1 방향으로 배열되고 전기적으로 직렬 연결된 단위 셀들을 포함한다. 상기 단위 셀 각각은, 상기 기판 상에 형성된 하부 전극을 포함하고 상기 하부 전극 상에 배치된 하부 셀; 상부 투명 전극을 포함하고 상기 하부 셀에 정렬되고 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀; 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴; 상기 상부 셀의 상기 상부 투명 전극에 연결되고 상기 상부 셀 측벽 및 상기 하부 셀의 측벽을 따라 연장되고 이웃한 하부 전극에 전기적으로 연결되는 배선; 및 상기 하부 전극 상에서 상기 하부 셀 및 상기 상부 셀의 일부를 절단하도록 상기 제1 방향을 가로지는 제2 방향으로 형성된 트렌치를 포함한다. 상기 상부 셀은 페로브스카이트 구조의 광흡수층을 포함한다. 상기 케리어 수집 패턴은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와

상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 상부 셀은, 상기 케리어 수집 패턴을 덮도록 배치되고 상기 하부 셀과 접촉하도록 배치된 상부 정공 전달층; 상기 정공 전달층 상에 배치된 상부 광흡수층; 상기 광흡수층 상에 배치된 상부 전자 전달층; 및 상기 상부 전자 전달층 상에 배치된 상부 투명 전극층을 포함할 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 하부 전극은, 상기 기판 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 배치된 CIGS을 포함하는 하부 광흡수층; 및 상기 하부 광흡수층 상에 배치된 버퍼층을 포함할 수 있다. 상기 버퍼층의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 정공 전달층의 일부와 접촉할 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 하부 셀과 상기 케리어 수집 패턴 사이에 배치된 터널 절연층을 더 포함하고, 상기 터널 절연층의 일부는 상기 상부 정공 전달층과 접촉할 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 케리어 수집 패턴은, 산화아연(AZO; Aluminium-zinc oxide; ZnO:Al), 산화인듐주석(ITO; indium-tin oxide), 불소함유 산화주석(FTO: Fluorine-doped tin oxide), 인듐아연산화막(IZO; indium zibc ixude) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 케리어 수집 패턴은, 금속 또는 금속 합금이고, 반구 형상일 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 탠덤 태양 전지는, 하부셀의 케리어 수집층을 일정 구조로 간격을 두고 아일랜드 형태로 형성함으로써 케리어 수집층에서 발생하는 빛 흡수 손실을 줄이고 케리어 전달은 유지하여_태양전지 효율을 높일 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 탠덤 태양 전지는, 직렬 연결한 단위 셀들을 이용하여 모듈을 구현하고, 단위 셀 내 션트발생을 줄일 수 있고, 이로 인해 모듈의 효율을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

도 6a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤태양전지 단위 셀들이 서로 직렬 연결된 모듈을 설명하는 평면도이다.

도 6b는 도 6a의 A-A'선을 따라 자른 단면도이다.

도 6c는 도 6a의 B-B'선을 따라 자른 단면도이다.

도 6d는 도 6a의 C-C' 선을 따라 자는 단면도이다.

도 7a 내지 도 7g는 도 6의 탠덤 태양 전지를 제조하는 방법을 설명하는 단면도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 탠덤 태양전지는, 상부 셀과 하부 셀 사이에 존재하는 전자수집층을 아일렌드 형태로 패턴화하여 형성함으로써 빛 흡수 손실 및 션트 손실을 줄일 수 있다. 상기 탠덤 태양전지는 밴드갭이 서로 다른 물질을 접합하고, 상부 셀은 300nm~800nm 파장을 흡수하고, 하부 셀은 800nm~ 1200nm 파장의 빛을 흡수한다. 이러한 탠덤 태양전지는 상부 셀의 상부 투명 전극 및 상부 셀과 하부 셀의 계면에 배치되는 하부 투명 전극에 광흡수에 의하여 광전 효율이 감소할 수 있다. 이에 따라, 하부 투명 전극은 아일렌드 형태로 패턴화하여 상부 셀과 하부 셀 사이의 전기적 연결을 제공하면서, 광흡수를 억제할 수 있다. 또한, 아일랜드 형태의 하부 투명 전극은 이웃한 단위 셀과 전기적 직렬 연결시 션트(shunt) 손실을 줄일 수 있다.

[0035] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 실험 조건, 물질 종류 등에 의하여 본 발명이 제한되거나 한정되지는 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다. 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 도면들에 있어서, 구성요소는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

[0037] 도 1을 참조하면, 탠덤 태양 전지(100)는, 기판(110); 상기 기판 상에 형성된 하부 셀(120); 상기 하부 셀(120) 상에 배치된 상부 셀(130); 및 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴(140)을 포함한다. 상기 상부 셀(130)은 페로브스카이트 구조의 광흡수층을 포함한다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀(120)에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀(130)에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다. 상기 상부 셀(130)은 1.5 eV ~ 1.7 eV의 밴드갭을 가지는 물질을 포함한다. 상기 하부셀(120)은 1.0 eV~ 1.2 eV 밴드갭을 가지는 반도체를 포함할 수 있다. 상기 상부 셀(130)과 상기 하부 셀(120)은 서로 직렬 연결된다. 상기 제1 케리어는 전자이고, 상기 제2 케리어는 정공일 수 있다. 태양광은 상기 상부 셀 방향에서 입사할 수 있다.

[0038] 상기 기판(110)은 유리 기판, 금속 포일, 또는 플라스틱 기판일 수 있다.

[0039] 상기 하부 셀(120)은, 상기 기판 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극(122); 상기 하부 전극(122) 상에 배치된 CIGS을 포함하는 하부 광흡수층(124); 및 상기 하부 광흡수층(124) 상에 배치된 버퍼층(126)을 포함할 수 있다. 상기 버퍼층(126)의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴(140)의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 정공 전달층(132)의 일부와 접촉할 수 있다.

[0040] 상기 하부 전극(122)은 금속, 또는 금속 합금일 수 있다. 상기 하부 금속은 Mo일 수 있다. 상기 하부 전극(122)은 정공을 수집할 수 있다.

[0041] 상기 하부 광흡수층(124)은 CuInSe2 (CIS)의 3원소 반도체에 Ga을 도핑하여 형성할 수 있다. 상기 하부 광흡수층(124)은 800nm~ 1200nm 파장의 빛을 흡수하여 전자-정공 쌍을 생성할 수 있다. 상기 하부 광흡수층(124)은 동시 증발 증착법 또는 Cu, In, Ga, Se의 스퍼터링 후 열처리 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 하부 광흡수층(124)은 p 형 반도체일 수 있다.

[0042] 상기 버퍼층(126)은 상기 하부 광흡수층(124)과 상기 케리어 수집 패턴(140) 사이에 격자 상수 및 에너지 밴드갭 차이를 버퍼링할 수 있다. 상기 버퍼층(140)은 n형 반도체로 CdS, ZnS, InS 등의 물질들이 적용될 수 있다.

[0043] 상기 케리어 수집 패턴(140)은 일정 간격의 닷(dot) 형태로 광투과성 전도성 전극일 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 상기 하부 광흡수층(124)에서 생성된 전자를 수집할 수 있다. 또한, 상기 케리어 수집 패턴(140)은 산화아연(AZO; Aluminium-zinc oxide; ZnO:Al), 산화인듐주석(ITO; indium-tin oxide), 불소함유 산화주석(FTO: Fluorine-doped tin oxide), 인듐아연산화막 (IZO; indium zibc ixude) 등의 투명하며, 전도성이 있는 층을 사용하는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는 수평 방향 저항이 높고, 수직방향 저항이 낮은 물질이 적합하다. 상기 케리어 수집 패턴의 두께는 1 nm 내지 100 nm일 수 있다. 바림직하게는, 상기 케리어 수집 패턴의 두께는 1nm ~ 50nm일 수 있다.

[0044] 상기 케리어 수집 패턴의 개구율(전체 면적에 대한 패턴이 없는 면적의 비)은 30 내지 90 퍼센트일 수 있다. 상기 개구율이 증가하면, 투과율이 증가하나, 재결합 효율이 감소할 수 있다.

[0045] 상기 투명 전도성 전극은 일반적으로 전기 전도도와 광 투과도 사이에 반비례 관계가 있어, 높은 전기 전도도 특성 구현시 투과율이 저하되는 문제점이 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)의 빛 흡수 및 낮은 투과율로 인해 하부 셀(120)로 들어가는 빛의 손실이 발생할 경우, 상기 하부 셀(120)의 발생 가능 전류가 저하되고 이로 인해 전체 셀 특성이 저하될 수 있다.

[0046] 그러나, 상기 케리어 수집 패턴(140)은 일정한 간격을 두고 아일랜드 형태의 패턴을 적용함으로써, 수직방향으로 케리어 수집 및 이동은 유지하고 상기 케리어 수집 패턴에서 흡수되는 빛을 감소시킬 수 있다. 따라서, 아일랜드 패턴 구조를 형성 하는 경우, 상기 하부 셀에서 발생되는 전류는 증가할 수 있다. 또한, 상기 아일랜드 패턴 구조에 기인하여, 상부 광흡수층(134)과 상기 상부 정공전달층(132)의 접합면적이 증가하고, 정공의 이동거

리가 짧아져, 정공 수집 효율이 증가할 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)의 투과도 및 전기 전도도는 아일랜드 패턴의 높이와 간격을 통하여 조절될 수 있다.

[0047] 상기 상부 셀(130)은, 상기 케리어 수집 패턴(140)을 덮도록 배치되고 상기 하부 셀(130)과 접촉하도록 배치된 상부 정공 전달층(132); 상기 정공 전달층(132) 상에 배치된 상부 광흡수층(134); 상기 상부 광흡수층(134) 상에 배치된 상부 전자 전달층(136); 및 상기 상부 전자 전달층(136) 상에 배치된 상부 투명 전극층(138)을 포함할 수 있다. 상기 상부 셀(130)은 상부 투명전극(138), 상부 전자 전달층(136), 상부 광흡수층(134), 상부 정공 전달층(132)을 포함할 수 있다. 상기 상부 셀(130)은 페로브스카이트 태양 전지일 수 있다. 상기 상부 셀(130)은 페로브스카이트 구조를 가진 유-무기 하이브리드 물질을 광활성층으로 사용한다.

[0048] 상기 상부 정공 전달층(132)은 상기 케리어 수집 패턴(140)의 요철 구조에 기인하여 평면인 경우보다 더 넓은 면적을 가질 수 있다. 상기 상부 정공 전달층(132)은 spiro-MeOTAD (2,20,7,70-tetrakis(N,N-p-dimethoxy-phenylamino)- 9,90-spirobifluorene), NiOx, MoO3, CuI, CuSCN, PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly-styrene sulfonate), CPE-K(poly[2,6-(4,4-bispotass-iumbutanylsulfonate-4H-cyclo-penta-[2,1-b;3,4-b']-

[0049] dithiophene)-alt-4,7-(2,1,3-benzothiadiazole)]) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0050] 상기 상부 광흡수층(134)은 페로브스카이트 구조를 가지며, 구체적으로 CH3NH3PbI3 일 수 있다. 상기 상부 광흡수층(134)은 300nm~800nm 파장을 흡수하여 전자-정공을 생성할 수 있다.

[0051] 상기 상부 전자 전달층(136)은 TiO2 또는 PCBM ([6,6]-Phenyl-C61-butyric Acid Methyl Ester) 일 수 있다. 상기 상부 전자 전달층(134)은 상기 상부 광흡수층에서 생성된 전자를 상기 상부 투명 전극(138)에 전달할 수 있다.

[0052] 상기 상부 투명전극(138)은 산화아연(AZO; Aluminium-zinc oxide; ZnO:Al), 산화인듐주석(ITO; indium-tin oxide), 불소함유 산화주석(FTO: Fluorine-doped tin oxide), 인듐아연산화막 (IZO; indium zibc ixude) 일 수 있다. 상기 상부 투명 전극(138)은 태양광을 투과시키고, 전달된 케리어를 수집할 수 있다.

[0053] 보조 금속 전극(139)은 국부적으로 상기 상부 투명 전극(138) 상에 배치될 수 있다. 상기 보조 금속 전극은 금, 은, 또는 알루미늄일 수 있다. 상기 보조 금속 전극은 국부적으로 상기 상부 투명 전극과 전기적으로 접촉하도록 패턴닝될 수 있다.

[0054] 상기 하부 셀과 상기 상부 셀이 접합하는 계면에서, 케리어 수집 패턴이 배치된다. 상기 케리어 수집 패턴은 아일랜드 형태로 패터닝될 수 있다. 이에 따라, 상기 케리어 수집 패턴은 광 투과율을 증가시키고, 이웃한 단위 셀과 직렬 연결을 위한 배선에 의한 누설 전류를 감소시킬 수 있다.

[0055] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

[0056] 도 2를 참조하면, 탠덤 태양 전지(200)는, 기판(110); 상기 기판 상에 형성된 하부 셀(220); 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀(130); 및 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴(140)을 포함한다. 상기 상부 셀(130)은 페로브스카이트 구조의 상부 광흡수층(134)을 포함한다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀(220)에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다. 상기 상부 셀은 1.5 eV ~ 1.7 eV의 밴드갭을 가지는 물질을 포함한다. 상기 하부 셀은 1.0 eV ~ 1.2 eV 밴드갭을 가지는 반도체를 포함할 수 있다. 상기 상부 셀과 상기 하부 셀은 서로 직렬 연결된다. 상기 제1 케리어는 전자이고, 상기 제2 케리어는 정공일 수 있다.

[0057] 상기 하부 셀(220)은 밴드갭이 1.0eV ~ 1.2eV 부근인 실리콘 태양전지일 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 투명 전도성 전극 또는 1nm ~ 10㎛ 직경의 아일랜드 형태 또는 일정 간격으로 배열된 닷 형태일 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 상기 하부 셀과의 오믹접합을 형성하기 위해 Al, Ni, Ti, Au, Ag 등의 금속이 사용될 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)가 나노입자를 이용함으로써, 개구율이 증가하여 빛 흡수 손실은 억제하고, 수직 방향 전기 전도도를 높일 수 있다. 이에 따라, 하부 셀은 높은 광투과도에 기인하여 발생 전류를 증가시키고, 전체 태양전지 특성 향상시킬 수 있다.

[0058] 상기 하부 셀(220)은, 상기 기판(110) 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극(222); 상기 하부 전극(222) 상에 배치된 p형 실리콘 반도체층(224); 및 상기 p형 실리콘 반도체층(222) 상에 배치된 n형 실리콘 반도체층(226)을 포함할 수 있다. 상기 n형 실리콘 반도체층(226)의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴(140)의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 정공 전달층(132)의 일부와 접촉할 수 있다. 상기 p형 실리콘 반도체층(224)은,

단결정, 다결정, 또는 아모퍼스 상태일 수 있다.

[0059] 도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

[0060] 도 3을 참조하면, 탠덤 태양 전지(300)는, 기판(110); 상기 기판(110) 상에 형성된 하부 셀(320); 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀(330); 및 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴(140)을 포함한다. 상기 상부 셀(330)은 페로브스카이트 구조의 상부 광흡수층을 포함한다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다. 상기 상부 셀은 1.5 eV ~ 1.7 eV의 밴드갭을 가지는 물질을 포함한다. 상기 하부셀은 1.0 eV ~ 1.2 eV 밴드갭을 가지는 반도체를 포함할 수 있다. 상기 상부 셀과 상기 하부 셀은 서로 직렬 연결된다. 상기 제1 케리어는 정공이고, 제2 케리어는 전자일 수 있다.

[0061] 상기 하부 셀(320)은 비정질 실리콘 태양전지를 포함할 수 있다. 다양한 n-형 기반의 실리콘 태양전지가 적용될 수 있다. 케리어 수집 패턴(140)은 상기 상부 셀에서 전달된 전자와 상기 하부 셀에서 이동한 홀이 재결합한다.

[0062] 상기 상부 셀(330)은, 상기 케리어 수집 패턴(140)을 덮도록 배치되고 상기 하부 셀과 접촉하도록 배치된 상부 전자 전달층(136); 상기 상부 전자 전달층(136) 상에 배치된 상부 광흡수층(134); 상기 상부 광흡수층(134) 상에 배치된 상부 정공 전달층(132); 및 상기 상부 정공 전달층(132) 상에 배치된 상부 투명 전극층(138)을 포함할 수 있다. 상기 상부 셀(330)의 구조는 도 1의 상부 셀에서 상부 전자 전달층(136)과 상부 정공 전달층(132)의 위치가 서로 교환된다.

[0063] 상기 하부 셀(320)은, 상기 기판(110) 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극(322); 상기 하부 전극 상에 배치된 n형 다결정 실리콘 반도체층(323); 상기 n형 다결정 실리콘 반도체층(323)에 배치된 터널 산화물층(324); 상기 터널 산화물층(324) 상에 배치된 n 형 비정질 실리콘층(325); 상기 n 형 비정질 실리콘층(325)에 배치된 진성 비정질 실리콘층(326); 및 상기 진성 비정질 실리콘층(326)에 배치된 p형-비정질 실리콘층(327)을 포함할 수 있다. 상기 p형-비정질 실리콘층(327)의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴(140)의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 전자 전달층(136)의 일부와 접촉할 수 있다.

[0064] 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

[0065] 도 4를 참조하면, 탠덤 태양 전지(400)는, 기판(110); 상기 기판 상에 형성된 하부 셀(120); 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀(130); 및 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴(440)을 포함한다. 상기 상부 셀(130)은 페로브스카이트 구조의 상부 광흡수층(134)을 포함한다. 상기 케리어 수집 패턴(440)은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다. 상기 상부 셀은 1.5 eV ~ 1.7 eV의 밴드갭을 가지는 물질을 포함한다. 상기 하부셀은 1.0 eV ~ 1.2 eV 밴드갭을 가지는 반도체를 포함할 수 있다. 상기 상부 셀과 상기 하부 셀은 서로 직렬 연결된다. 상기 제1 케리어는 전자이고, 상기 제2 케리어는 정공일 수 있다.

[0066] 상기 케리어 수집 패턴(440)은 반구형상의 금속 또는 금속 합금일 수 있다. 예를 들어, 상기 케리어 수집 패턴(440)은 Al, Ni, Ti, Au, Ag 등의 금속을 수 nm 수준으로 증착 한 후 열처리 공정을 사용하여 서로 이격되어 배치된 반구형으로 형성할 수 있다. 상기 상부 정공 전달층(132)은 상기 케리어 수집 패턴(140)의 반구 구조에 기인하여 평면인 경우보다 더 넓은 면적을 가질 수 있다.

[0067] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤 태양 전지를 설명하는 개념도이다.

[0068] 도 5를 참조하면, 탠덤 태양 전지(500)는, 기판(110); 상기 기판 상에 형성된 하부 셀(120); 상기 하부 셀 상에 배치된 상부 셀(130); 및 상기 상부 셀과 상기 하부 셀 사이에 배치된 케리어 수집 패턴(140)을 포함한다. 상기 상부 셀(130)은 페로브스카이트 구조의 상부 광흡수층(134)을 포함한다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다. 상기 상부 셀은 1.5 eV ~ 1.7 eV의 밴드갭을 가지는 물질을 포함한다. 상기 하부셀은 1.0 eV ~ 1.2 eV 밴드갭을 가지는 반도체를 포함할 수 있다. 상기 상부 셀과 상기 하부 셀은 서로 직렬 연결된다. 상기 제1 케리어는 전자이고, 상기 제2 케리어는 정공일 수 있다.

[0069] 터널 절연층(550)은 상기 하부 셀(120)과 상기 케리어 수집 패턴(140) 사이에 배치될 수 있다. 상기 터널 절연층(550)의 일부는 상기 상부 정공 전달층(132)과 접촉할 수 있다. 상기 터널 절연층(550)의 두께는 수 nm 수준일 수 있다. 상기 터널 절연층(550)은 상기 버퍼층(126)과 상기 상부 셀의 상부 정공 전달층(132)의 직접적인

접촉을 피하고, 상기 케리어 수집 패턴(140)과 상기 하부 셀의 버퍼층(126)으로의 정공 흐름을 막을 수 있다. 상기 터널 절연층(550)의 두께는 0.1 nm 내지 1.5nm 일 수 있다. 이에 따라, 상기 터널 절연층(550)은 선택적으로 전자 정공 이동을 제어하고, 셀 내 불필요한 재결합을 억제할 수 있다. 상기 터널 절연층(550)은, TiO2, i-ZnO, SiO_2, Al_2O_3, HfOx, ZrOx 등일 수 있다.

[0070] 상기 터널 절연층(550)은 상기 정공 전달층을 통하여 제공된 정공을 상기 버퍼층으로 전달되는 것을 억제하여, 상기 정공을 상기 케리어 수집 패턴으로 전달할 수 있다. 또한, 상기 터널 절연층(550)은 상기 버퍼층을 통하여 제공된 전자를 상기 정공 전달층으로 전달되는 것을 억제하고, 상기 전자를 상기 터널 절연층 상에 있는 케리어 수집 패턴(140)에 전달할 수 있다.

[0071] 도 6a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탠덤태양전지 단위 셀들이 서로 직렬 연결된 모듈을 설명하는 평면도이다.

[0072] 도 6b는 도 6a의 A-A'선을 따라 자른 단면도이다.

[0073] 도 6c는 도 6a의 B-B'선을 따라 자른 단면도이다.

[0074] 도 6d는 도 6a의 C-C' 선을 따라 자는 단면도이다.

[0075] 도 6a 내지 도 6d를 참조하면, 상기 탠덤 태양 전지(10)는, 기판(110); 및 상기 기판(110) 상에 제1 방향으로 배열되고 전기적으로 직렬 연결된 단위 셀들(11)을 포함한다. 상기 단위 셀(11) 각각은, 상기 기판 상에 형성된 하부 전극(122)을 포함하고 상기 하부 전극(122) 상에 배치된 하부 셀(120); 상부 투명 전극(138)을 포함하고 상기 하부 셀(120)에 정렬되고 상기 하부 셀(120) 상에 배치된 상부 셀(130); 상기 상부 셀(130)과 상기 하부 셀(120) 사이에 배치된 케리어 수집 패턴(140); 상기 상부 셀의 상기 상부 투명 전극(138)에 연결되고 상기 상부 셀(130) 측벽 및 상기 하부 셀(120)의 측벽을 따라 연장되고 이웃한 하부 전극(122a)에 전기적으로 연결되는 배선(139); 및 상기 하부 전극(122) 상에서 상기 하부 셀 및 상기 상부 셀의 일부를 절단하도록 상기 제1 방향을 가로지는 제2 방향으로 형성된 트렌치(162)를 포함한다. 상기 단위 셀들(11)은 제1 방향으로 일정한 간격을 가지고 규칙적으로 배열된다.

[0076] 상기 상부 셀(130)은 페로브스카이트 구조의 상부 광흡수층(134)을 포함한다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 서로 이격되어 배치된 아일랜드 형태이고, 상기 하부 셀에서 공급되는 제1 케리어와 상기 상부 셀에서 공급되는 제2 케리어의 재결합 사이트를 제공한다. 상기 제1 케리어는 전자이고, 상기 제2 케리어는 정공일 수 있다.

[0077] 상기 상부 셀(130)은, 상기 케리어 수집 패턴(140)을 덮도록 배치되고 상기 하부 셀과 접촉하도록 배치된 상부 정공 전달층(132); 상기 상부 정공 전달층(132) 상에 배치된 상부 광흡수층(134); 상기 상부 광흡수층(134) 상에 배치된 상부 전자 전달층(136); 및 상기 상부 전자 전달층 상에 배치된 상부 투명 전극층(138)을 포함한다.

[0078] 상기 하부 셀(120)은, 상기 기판(110) 상에 배치된 금속 또는 금속 합금의 하부 전극(122); 상기 하부 전극 상에 배치된 CIGS을 포함하는 하부 광흡수층(124); 및 상기 하부 광흡수층(124) 상에 배치된 버퍼층(126)을 포함한다. 상기 버퍼층(126)의 상부면은 상기 케리어 수집 패턴(140)의 하부면과 접촉하고, 상기 상부 정공 전달층(132)의 일부와 접촉할 수 있다.

[0079] 상기 하부 전극(122)은 서로 정렬된 상부 셀(130) 및 하부 셀(120)과 제1 방향으로 오프셋되어 배치될 수 있다. 이에 따라, 이웃한 단위 셀들은 배선(139)을 통하여 서로 직렬 연결될 수 있다.

[0080] 상기 배선(139)은 이웃한 단위 셀을 절단하기 위하여 패터닝된 셀 분리 트렌치(161)를 채우도록 배치될 수 있다. 셀 분리 트렌치(161)는 스크라이빙 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 배선(139)는 상기 상부 투명 전극과 동시에 증착될 수 있다. 상기 배선(139)은 단위 셀의 상부 전극과 이웃한 단위 셀의 하부 전극을 전기적으로 연결할 수 있다. 이에 따라, 이웃한 한 쌍의 단위 셀은 전기적으로 직렬 연결될 수 있다.

[0081] 상기 케리어 수집 패턴(140)은 아일랜드 형태이므로, 상기 배선과 전지적으로 접촉하여 누설전류가 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0082] 트렌치(162)는 상기 하부 전극(122) 상에서 상기 하부 셀 및 상기 상부 셀의 일부를 절단하도록 상기 제1 방향을 가로지는 제2 방향으로 형성될 수 있다. 상기 트렌치는 이웃한 한 쌍의 단위 셀에서 서로 전기적으로 연결된 상부 투명 전극을 서로 절단할 수 있다. 상기 트렌치(162)는 다이아몬드 팁이나 레이저를 이용한 스크라이빙 공정에 의하여 형성될 수 있다.

[0083] 도 7a 내지 도 7g는 도 6의 탠덤 태양 전지를 제조하는 방법을 설명하는 단면도들이다.

[0084] 도 7a를 참조하면, 기판 상에 하부 전극 물질을 증착하고 패터닝하여 하부 전극을 형성한다. 상기 하부 전극의 패터닝은 스크라이빙 공정에 의하여 수행될 수 있다. 상기 하부 전극(122)은 금속, 또는 금속 합금일 수 있다. 상기 하부 금속은 Mo일 수 있다. 상기 하부 전극(122)은 정공을 수집할 수 있다.

[0085] 도 7b를 참조하면, 상기 하부 전극이 형성된 기판 상에 하부 광흡수층(124)을 형성할 수 있다. 상기 하부 광흡수층(124)은, CuInSe2 (CIS)의 3원소 반도체에 Ga을 도핑하여 형성할 수 있다. 상기 하부 광흡수층(124)은 800nm~ 1200nm 파장의 빛을 흡수하여 전자-정공 쌍을 생성할 수 있다. 상기 하부 광흡수층(124)은 동시 증발 증착법 또는 Cu, In, Ga, Se의 스퍼터링 후 열처리 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 하부 광흡수층(124)은 p형 반도체일 수 있다.

[0086] 상기 하부 광흡수층(124)에 버퍼층을 형성할 수 있다. 상기 버퍼층(126)은 상기 하부 광흡수층(124)과 상기 케리어 수집 패턴(140) 사이에 격자 상수 및 에너지 밴드갭 차이를 버퍼링할 수 있다. 상기 버퍼층(140)은 n형 반도체로 CdS, ZnS, InS 등의 물질들이 적용될 수 있다.

[0087] 도 7c를 참조하면, 상기 버퍼층 상에 상기 케리어 수집 패턴(140)을 형성할 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 증착과 패터닝 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 패터닝 공정은 포토리스그라피와 에칭 공정을 통하여 수행될 수 있다.

[0088] 상기 케리어 수집 패턴(140)은 일정 간격의 닷(dot) 형태로 광투과성 전도성 전극일 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴(140)은 상기 하부 광흡수층(124)에서 생성된 전자를 수집할 수 있다. 또한, 상기 케리어 수집 패턴(140)은 산화아연(AZO; Aluminium-zinc oxide; ZnO:Al), 산화인듐주석(ITO; indium-tin oxide), 불소함유 산화주석(FTO: Fluorine-doped tin oxide), 인듐아연산화막 (IZO; indium zibc ixude) 등의 투명하며, 전도성이 있는 층을 사용하는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는 수평 방향 저항이 높고, 수직방향 저항이 낮은 물질이 적합하다. 상기 케리어 수집 패턴의 두께는 10 nm 내지 100 nm일 수 있다. 상기 케리어 수집 패턴의 개구율(전체 면적에 대한 패턴이 없는 면적의 비)은 30 내지 90 퍼센트일 수 있다. 상기 개구율이 증가하면, 투과율이 증가하나, 재결합 효율이 감소할 수 있다.

[0089] 도 7d를 참조하면, 상기 케리어 수집 패턴이 형성된 기판 상에 상부 정공 전달층(132)을 형성할 수 있다. 상기 상부 정공 전달층(132)은 상기 케리어 수집 패턴(140)의 요철 구조에 기인하여 평면인 경우보다 더 넓은 면적을 가질 수 있다. 상기 상부 정공 전달층(132)은 spiro-MeOTAD (2,20,7,70-tetrakis(N,N-p-dimethoxy-phenylamino)- 9,90-spirobifluorene), NiOx, MoO3, CuI, CuSCN, PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly-styrene sulfonate), CPE-K(poly[2,6-(4,4-bispotass-iumbutanylsulfonate-4H-cyclo-penta-[2,1-b;3,4-b']-

[0090] dithiophene)-alt-4,7-(2,1,3-benzothiadiazole)]) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0091] 도 7e를 참조하면, 상기 하부 정공 전달층이 형성된 기판 상에 차례로 상부 광흡수층(134) 및 상부 전자 전달층(136)을 형성할 수 있다. 상기 상부 광흡수층(134)은 페로브스카이트 구조를 가지며, 구체적으로 CH3NH3PbI3 일 수 있다. 상기 상부 광흡수층(134)은 300nm~800nm 파장을 흡수하여 전자-정공을 생성할 수 있다. 상기 상부 전자 전달층(136)은 TiO2 또는 PCBM ([6,6]-Phenyl-C61-butyric Acid Methyl Ester) 일 수 있다. 상기 상부 전자 전달층(134)은 상기 상부 광흡수층에서 생성된 전자를 상기 상부 투명 전극(138)에 전달할 수 있다.

[0092] 도 7f를 참조하면, 상기 상부 전자 전달층(134)이 형성된 기판에 단위 셀들을 분리하도록 패터닝 공정이 수행될 수 있다. 패터닝 공정에 의하여 셀 분리 트렌치(161)가 단위 셀 사이에 배치된다. 상기 패터닝 공정을 통하여 상기 하부 전극의 일부가 노출된다. 상기 패터닝 공정은 스크라이빙 공정일 수 있다. 상기 스크라이빙 공정은 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 일정한 간격으로 수행될 수 있다. 이에 따라, 상기 셀 분리 트렌치(161)는 제2 방향으로 연장될 수 있다.

[0093] 도 7g를 참조하면, 상기 셀 분리 트렌치(161)가 형성된 기판에 상부 투명전극 물질을 형성할 수 있다. 상부 투명전극 물질은 패터닝되어 상기 상부 투명전극(138)을 형성할 수 있다. 상기 상부 투명전극(138)은 산화아연(AZO; Aluminium-zinc oxide; ZnO:Al), 산화인듐주석(ITO; indium-tin oxide), 불소함유 산화주석(FTO: Fluorine-doped tin oxide), 인듐아연산화막 (IZO; indium zibc ixude) 일 수 있다.

[0094] 다시, 도 6b 및 도 6c를 참조하면, 상부 투명전극 물질이 형성된 후, 패터닝 공정을 통하여, 상부 투명전극(138) 및 배선(139)을 형성한다. 상기 패터닝 공정은 스크라이빙 공정일 수 있다. 상기 셀 분리 트렌치(161)를

채운 상부 투명전극 물질은 배선(139)을 형성할 수 있다.

[0095] 트렌치(162)는 제1 방향을 가로지는 제2 방향으로 형성될 수 있다. 상기 트렌치(162)는 스크라이빙 공정에 의하여 형성될 수 있다. 상기 트렌치(162)는 하부 전극을 노출하도록 형성될 수 있다. 상기 트렌치(162)는 직렬 연결된 단위셀들의 전류 흐름 방향을 설정할 수 있다. 상기 트렌치(162)는 다이아몬드 팁이나 레이저를 이용한 스크라이빙 공정에 의하여 형성될 수 있다.

[0096] 탠덤 태양전지(10)의 단위 셀(11)은 서로 직렬 연결되고, 배선(139)은 상부 투명전극과 동시에 증착되고, 스크라이빙 공정을 통해 형성한다. 직렬 연결을 위해 단위 셀의 상부 투명전극과 이웃한 단위 셀의 하부 전극의 일단이 서로 직접적으로 맞닿는 구조를 형성한다.

[0097] 직렬연결 구조를 위한 구조 형성 시, 상부 셀의 상부 투명전극이 단위셀 측면을 덮는다. 이때 상기 상부 셀의 상부 투명전극과 하부 셀의 전자 수송층 또는 케리어 수집 패턴이 직접적으로 닿게 되면 션트(shunt) 패스를 형성하게 된다. 상기 케리어 수집 패턴의 패턴구조 적용을 통해 상기 케리어 수집 패턴과 상기 상부 투명전극의 닿게 되는 영역을 제거함으로써, 션트패스의 영역을 줄여 누설 전류 발생을 억제할 수 있다. 이로 인해, 모듈 효율이 향상될 수 있다.

[0098] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

부호의 설명

[0099] 100: 탠덤 태양 전지

110: 기판

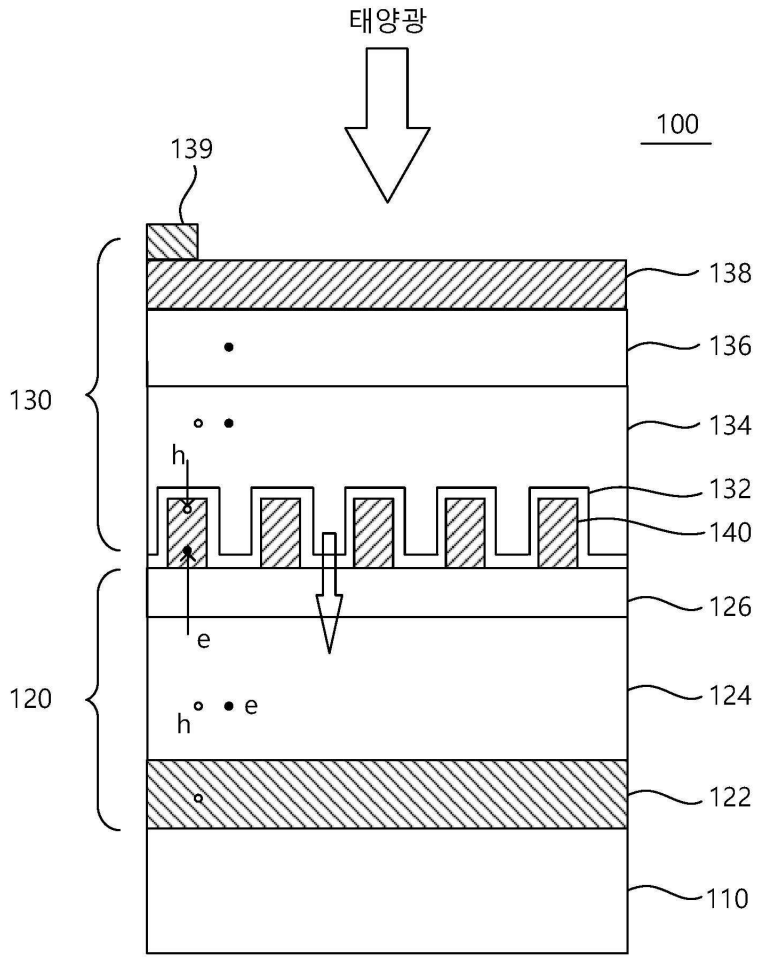
120: 하부 셀

130: 상부 셀

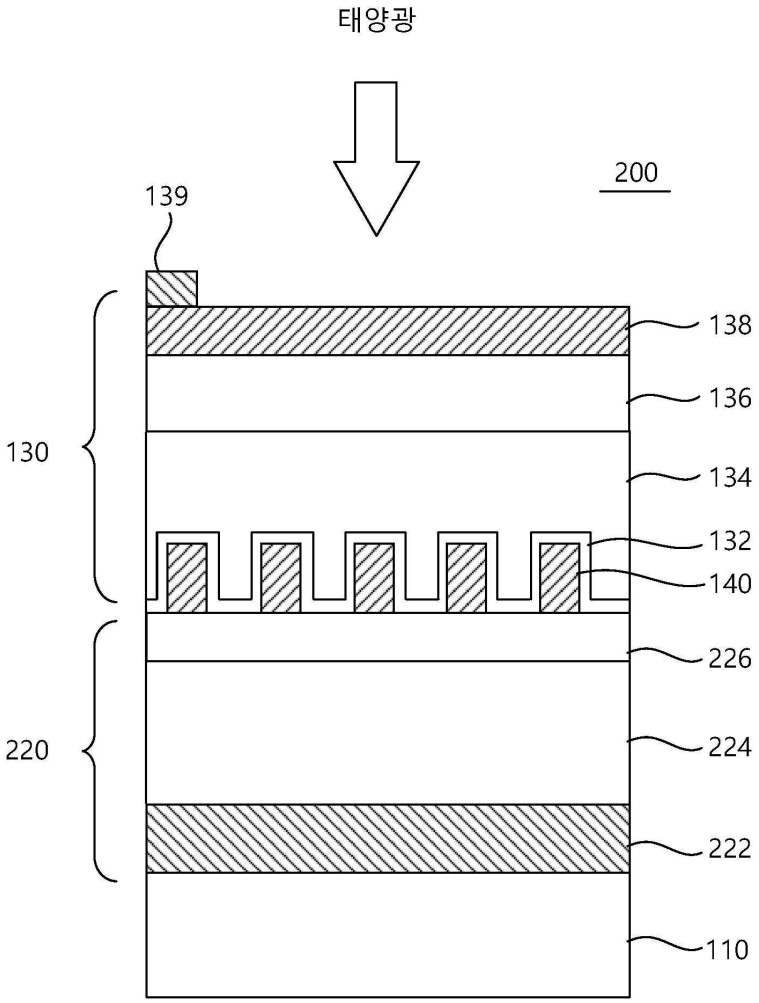
140: 케리어 수집 패턴

도면

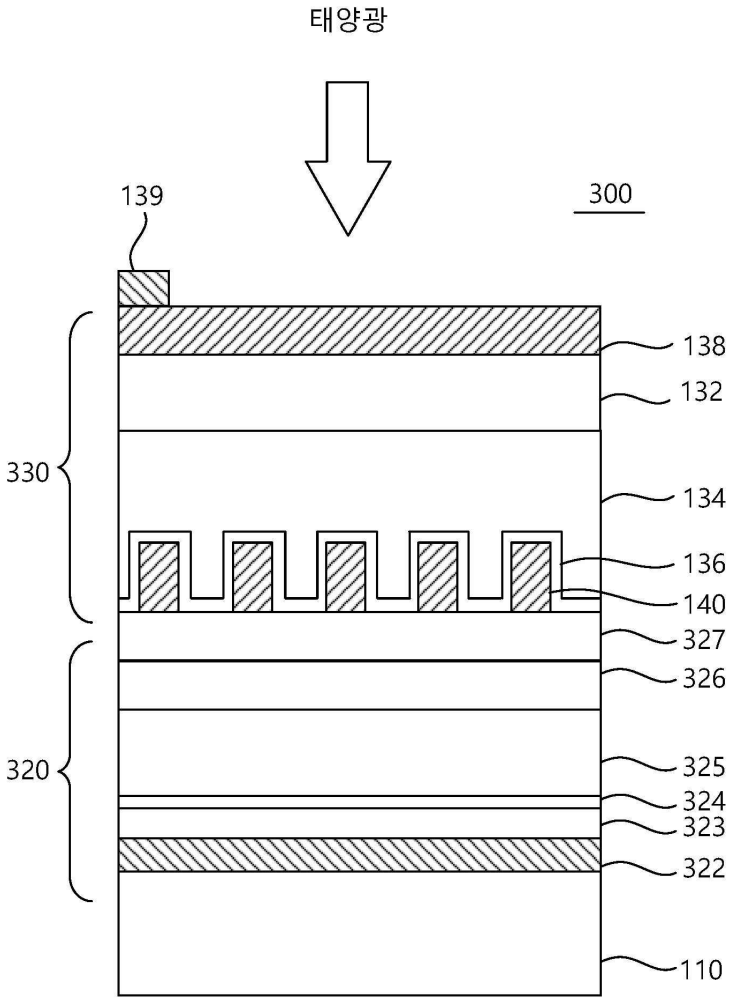
도면1



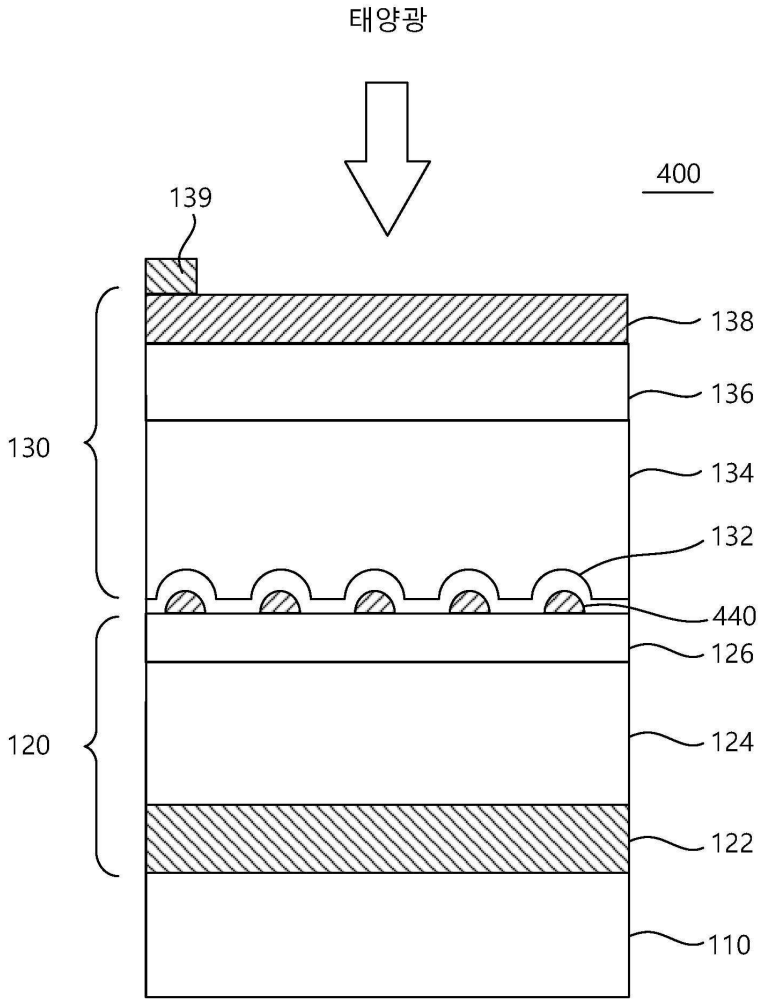
도면2



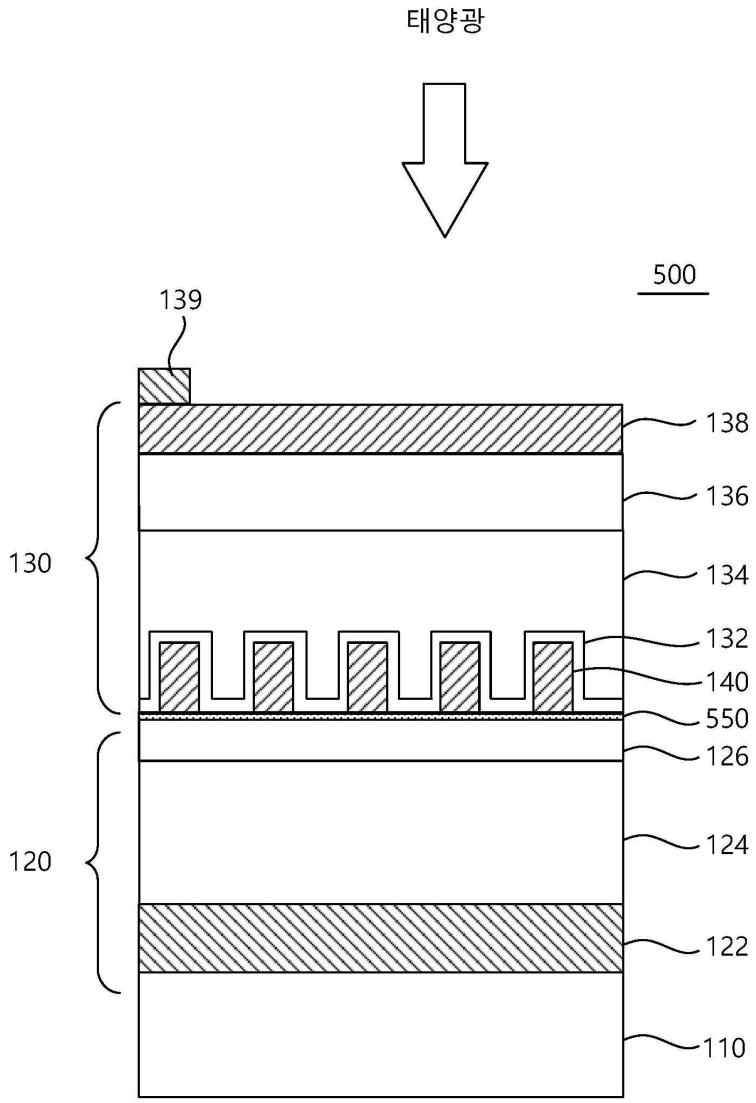
도면3


태양광
139
300
138
132
330
134
136
140
327
326
320
325
324
323
322
110

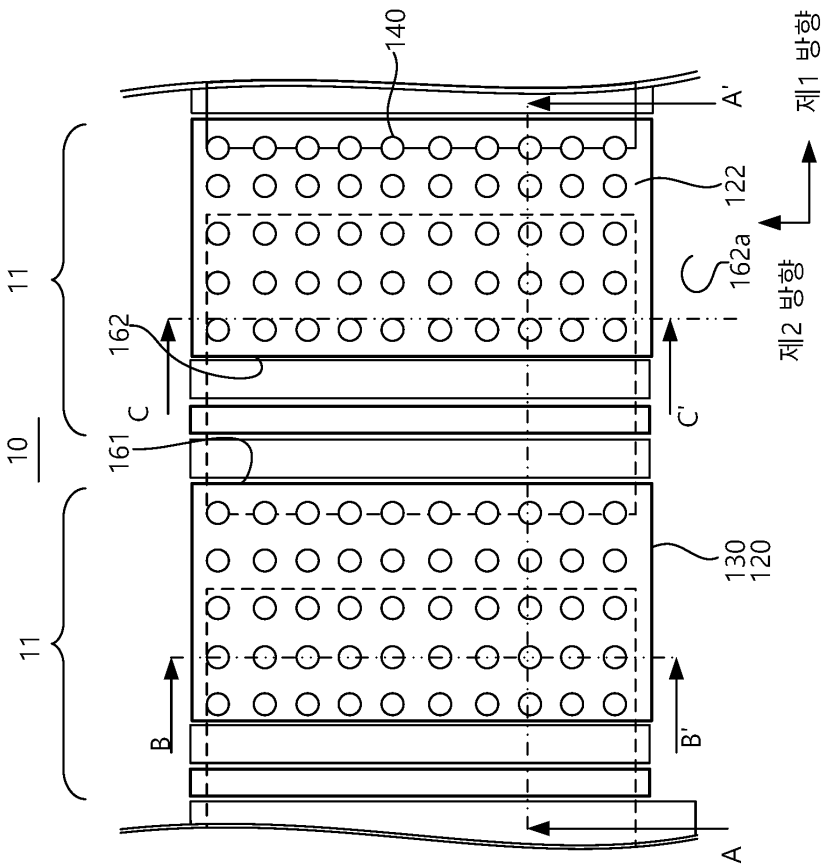
도면4



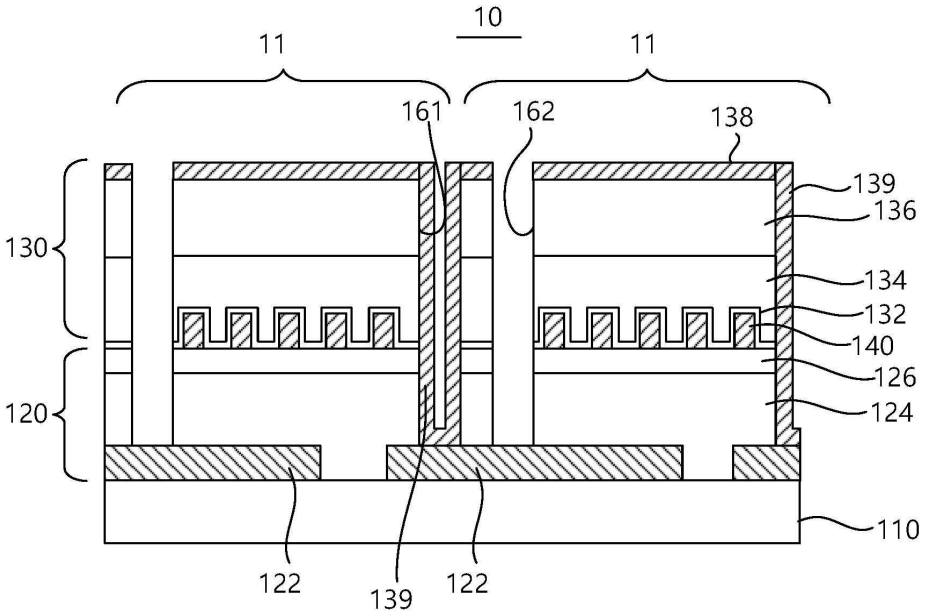
도면5



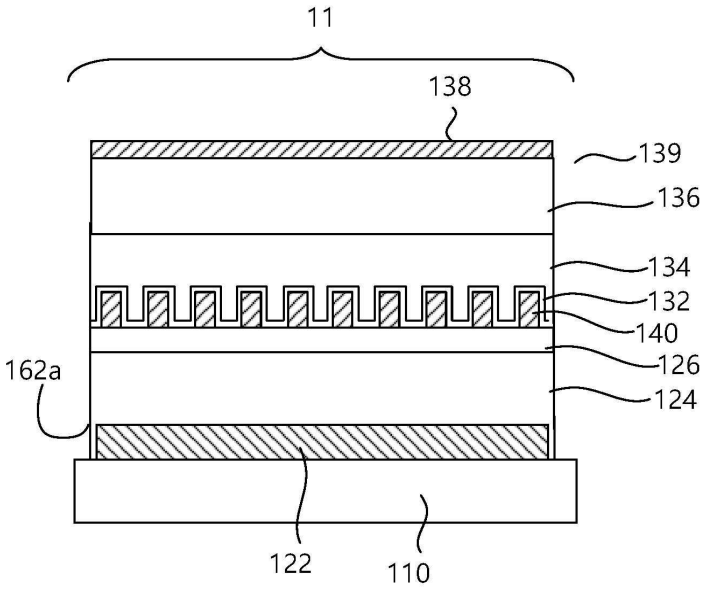
도면6a


140
A'
제1 방향
122
162a
제2 방향
11
162
C
C'
10
161
130
120
11
B
B'
A

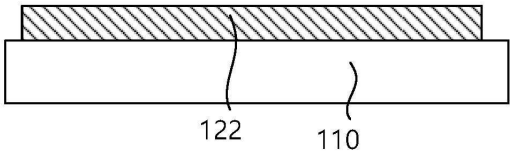
도면6b


10
11
11
161
162
138
139
136
130
134
132
140
126
120
124
110
122
139
122

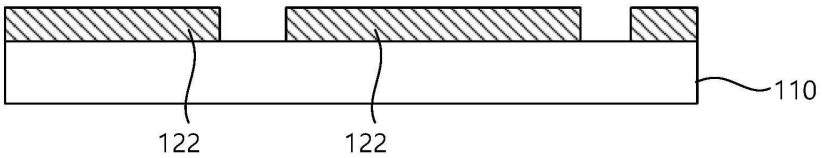
도면6c



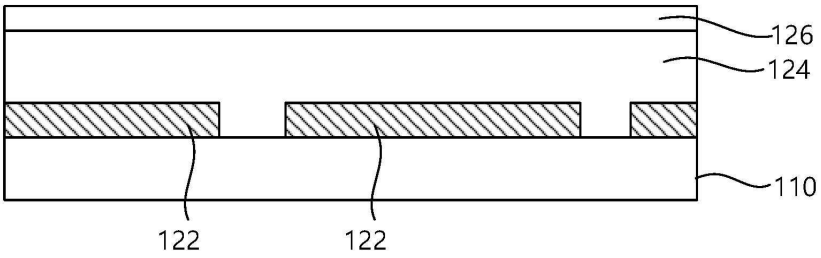
도면6d



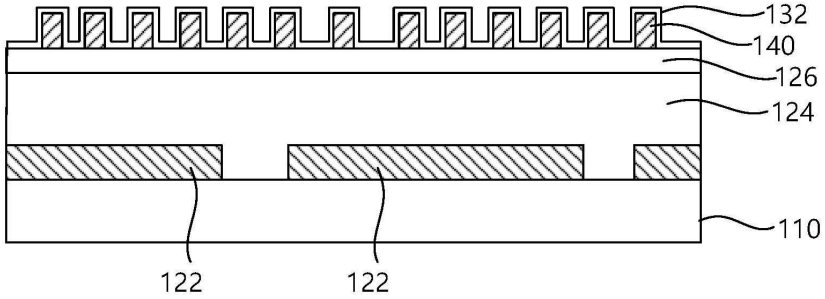
도면7a



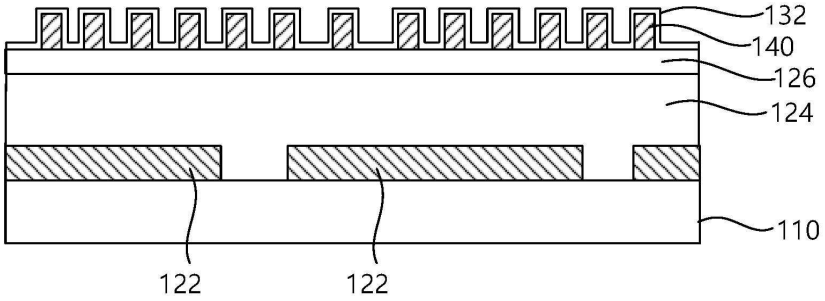
도면7b



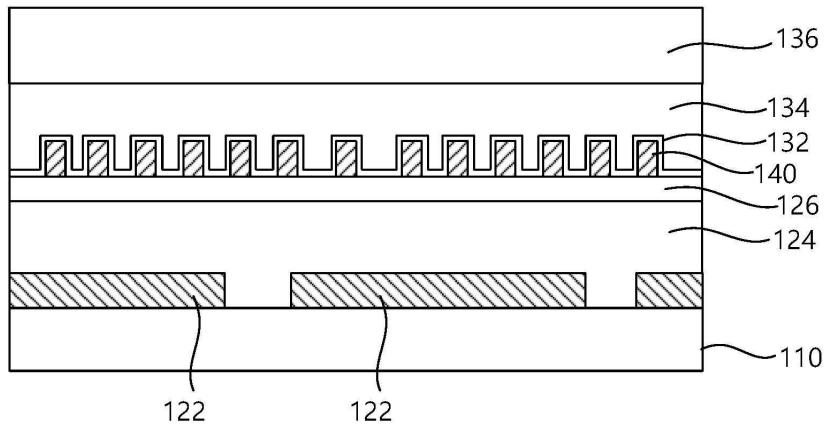
도면7c



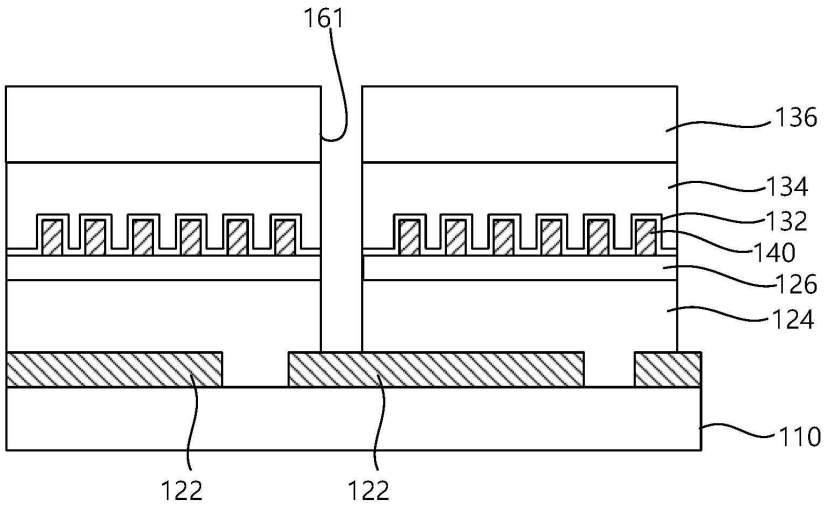
도면7d



도면7e


136
134
132
140
126
124
110
122
122

도면7f


161
136
134
132
140
126
124
110
122
122

도면7g

