(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0052971
(43) 공개일자 2018년05월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0224 (2006.01) *H01L 31/02* (2006.01)
H01L 31/042 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/022425 (2013.01)
H01L 31/02002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0150199
(22) 출원일자 2016년11월11일
심사청구일자 2016년11월11일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김동환
서울특별시 서초구 서초대로48길 73, 101호
강윤묵
서울특별시 성북구 보문사길 111, 103동 505호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
정은열

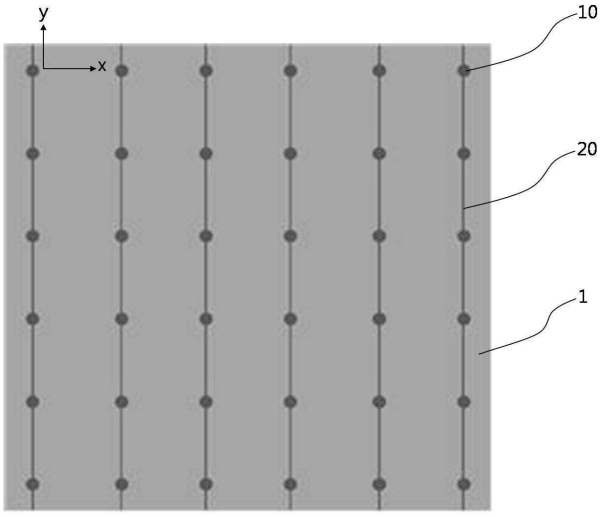
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **태양전지의 전면 전극**

(57) 요 약

본 발명은 태양전지의 전면 전극에 관한 것으로, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극은 n형 반도체 기판(1)의 수광면에 배치되는 태양전지의 전면 전극에 있어서, 원형 또는 다각형 도트(dot) 형상으로 형성되고, 서로 이격 배치되는 다수의 금속도트(10), 및 금속도트(10)를 가로질러, 적어도 2개 이상의 금속도트(10)를 서로 연결하는 다수의 금속와이어(20)를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01L 31/042 (2013.01)
Y02E 10/50 (2013.01)

(72) 발명자
박성은
대전광역시 서구 청사로 65, 117동 906호
배수현
서울특별시 동대문구 제기로2가길 15-4, 201호
이해석
서울특별시 송파구 위례광장로 185, 102동 802호
최재욱
경기도 성남시 분당구 동판교로 92, 320동 608호
민병권
서울특별시 성북구 종암로25길 30, 115동 402호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	G031712012
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	면적 100cm2급 초고효율(>26%) 실리콘 웨이퍼 기반 태양전지 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	고려대학교산학협력단
연구기간	2016.02.01 ~ 2017.01.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

n형 반도체 기판의 수광면에 배치되는 태양전지의 전면 전극에 있어서,

원형 또는 다각형 도트(dot) 형상으로 형성되고, 서로 이격 배치되는 다수의 금속도트; 및

상기 금속도트를 가로질러, 적어도 2개 이상의 상기 금속도트를 서로 연결하는 다수의 금속와이어;

를 포함하는 태양전지의 전면 전극.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 다수의 금속도트는

XY 좌표계의 X축 방향 및 Y축 방향을 따라서, 등간격으로 이격된 격자 형태로 서로 나란하게 배열되는 태양전지의 전면 전극.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 다수의 금속와이어는

상기 X축 방향 및 Y축 방향 중 어느 일방향을 따라서, 서로 나란하게 배열되는 태양전지의 전면 전극.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 금속도트는

반지름이 100 ~ 1000 ㎛인 원형으로 형성되고, 상기 X축 방향 및 Y축 방향을 따라서, 각각 1 인치(inch) 당(per) 5 ~ 22개가 배치되며,

상기 금속와이어는

두께가 상기 금속도트의 지름보다 작고 100 ~ 1000 ㎛인 태양전지의 전면 전극.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 금속도트는

반지름이 100 ~ 1000 ㎛인 원형으로 형성되고, 상기 X축 방향을 따라서 1 인치(inch) 당(per) 1~ 5개가 배치되며, 상기 Y축 방향을 따라서 1 인치(inch) 당 5 ~ 22개가 배치되고,

상기 금속와이어는

상기 Y축 방향을 따라서 배치되며, 두께가 상기 금속도트의 지름보다 작고 100 ~ 1000 ㎛인 태양전지의 전면

전극.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 다수의 금속도트는

육각형 구조의 6각 코너에 서로 다른 상기 금속도트가 각각 배치되며, 상기 육각형 구조의 중심에 또 다른 상기 금속도트 1개가 배치된 단위구조가 연속적으로 배열되는 형태로 배치되는 태양전지의 전면 전극.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 단위구조를 이루는 7개의 상기 금속도트 중,

2개의 상기 금속도트는 제1 축 상에 배치되고, 다른 3개의 상기 금속도트는 제2 축상에 배치되며, 또 다른 2개의 상기 금속도트는 제3 축 상에 배치되고,

상기 제1 축, 제2 축, 및 제3 축은 서로 나란하며,

상기 금속와이어는 상기 제1 축, 제2 축, 및 제3 축 상에 하나씩 배치되는 태양전지의 전면 전극.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 원형의 금속도트의 반경, 또는 상기 다각형의 금속도트의 중심에서부터 변까지의 길이, 및

가장 가까운 상기 금속도트 상호간 이격거리의 절반값은,

하기 [수학식 1]의 에미터 손실이 최소가 되도록 정해지는 태양전지의 전면 전극.

[수학식 1]

$$P_{loss(emitter)} = \frac{\sqrt{3}J^2R_{sh}}{6}\left(l^4 \ln\frac{l}{a} - l^2(l^2 - a^2) + \frac{1}{4}(l^4 - a^4)\right)$$

($P_{loss(emitter)}$: 에미터 손실, a: 원형 금속도트의 반경 또는 다각형 금속도트의 중심에서부터 변까지의 길이, l: 금속도트 상호간 이격거리의 절반값, J: 전류밀도, Rsh: 면저항)

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 금속와이어는 단면이 원형인 태양전지의 전면 전극.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 태양전지의 전면 전극에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근에 화석연료 고갈에 대비하여 대체 에너지의 확보에 대한 관심이 높아지고 있다. 대표적인 대체 에너지로서는 대기오염, 소음, 진동 등의 공해가 없는 청정 에너지원인 태양광을 이용하는 태양전지를 들 수 있다.

[0003] 태양전지는 태양 에너지를 전기 에너지로 직접 변환시키는 장치로서, 간단하게는 시계, 계산기 등의 전원으로 이용되며, 크게는 이동통신 기지국, 인공위성 등의 전기 에너지원으로 사용되고 있다. 이러한 태양전지는 유가급등, 화석연료의 고갈 위기, 및 이산화탄소 배출 규제 등으로 인해 무공해 대체 에너지원으로 부각되고 있는데, 가속화되는 IT 정보 산업화 시대에서 무선 통신 수단의 에너지원으로서 공간적 지배를 받지 않고 자가발전이 가능하다는 장점에 힘입어 그 필요성은 더욱 가속화될 전망이다.

[0004] 기본적으로 태양전지는 2종류의 반도체를 사용해 전기를 일으킨다. 구체적으로, 태양전지는 p형 반도체 기판 상에 n형 반도체 기판이 배치되고, n형 반도체 기판의 상부면, 즉 태양광을 수광하는 수광면에 전면 전극이, p형 반도체 기판의 하부면에는 후면 전극이 구비되는 구조로 이루어진다. 여기서, p형 반도체 기판과 n형 반도체 기판이 접합하는 p-n 접합부에 태양광이 입사되면, 전자-정공쌍이 생성되고, 전자는 n층으로, 정공은 p층으로 이동하여 광기전력(전위차)이 발생하며, 이때 전면 전극과 후면 전극에 부하를 연결함으로써 전류를 흐르게 한다.

[0005] 한편, 하기 선행기술문헌의 특허문헌에 개시된 종래 태양전지의 전면 전극은, 도 1에 도시된 바와 같이, 다수의 핑거라인 전극(finger line electrode, 2)과 버스바 전극(busbar electrode, 3)으로 구성된다. 여기서, 다수의 핑거라인 전극(2)은 n형 반도체 기판(1)의 수광면에 미세선폭으로 나란하게 배치되어, 태양전지에서 생성된 전류를 수집하고, 버스바 전극(3)은 핑거라인 전극(2)과 교차 형성되어 수집된 전류를 외부로 이송한다.

[0006] 그러나, 종래 태양전지의 전면 전극은 그리드 형태의 패턴을 가지므로, 전극이 차지하는 면적이 넓어서 빛 가림에 의한 전기적 손실이 크고, 표면 재결합이 증가해서 개방전압이 감소하는 문제가 발생한다. 또한, 전면 전극 물질로서, 고가의 은(silver)을 사용하므로, 제조단가가 상승한다.

[0007] 이에, 종래 태양전지의 전면 전극의 문제점을 해결하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 10-2010-0090316 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 n형 반도체 기판의 수광면에 서로 이격되어 도트 패턴(dot pattern)으로 배열된 다수의 금속도트가 다수의 금속와이어에 의해 연결되는 태양전지의 전면 전극을 제공하는 것이다.

[0010] 또한, 본 발명의 다른 측면은 다수의 금속도트를 연결하는 다수의 금속와이어가 원형 단면을 갖는 태양전지의 전면 전극을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극은 n형 반도체 기판의 수광면에 배치되는 태양전지의 전면 전극에 있어서, 원형 또는 다각형 도트(dot) 형상으로 형성되고, 서로 이격 배치되는 다수의 금속도트; 및 상기 금속도트를 가로질러, 적어도 2개 이상의 상기 금속도트를 서로 연결하는 다수의 금속와이어;를 포함한다.

[0012] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 다수의 금속도트는 XY 좌표계의 X축 방향 및 Y축 방향을 따라서, 등간격으로 이격된 격자 형태로 서로 나란하게 배열된다..

[0013] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 다수의 금속와이어는 상기 X축 방향 및 Y축 방향 중 어느 일방향을 따라서, 서로 나란하게 배열된다.

[0014] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 금속도트는 반지름이 100 ~ 1000 ㎛인 원형으로 형성되고, 상기 X축 방향 및 Y축 방향을 따라서, 각각 1 인치(inch) 당(per) 5 ~ 22개가 배치되며, 상기 금속와이어는 두께가 상기 금속도트의 지름보다 작고 100 ~ 1000 ㎛이다.

[0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 금속도트는 반지름이 100 ~ 1000 ㎛인 원형으로 형성되고, 상기 X축 방향을 따라서 1 인치(inch) 당(per) 1~ 5개가 배치되며, 상기 Y축 방향을 따라서 1 인치(inch) 당 5 ~ 22개가 배치되고, 상기 금속와이어는 상기 Y축 방향을 따라서 배치되며, 두께가 상기 금속도트의 지름보다 작고 100 ~ 1000 ㎛이다.

[0016] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 다수의 금속도트는 육각형 구조의 6각 코너에 서로 다른 상기 금속도트가 각각 배치되며, 상기 육각형 구조의 중심에 또 다른 상기 금속도트 1개가 배치된 단위구조가 연속적으로 배열되는 형태로 배치된다.

[0017] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 단위구조를 이루는 7개의 상기 금속도트 중, 2개의 상기 금속도트는 제1 축 상에 배치되고, 다른 3개의 상기 금속도트는 제2 축상에 배치되며, 또 다른 2개의 상기 금속도트는 제3 축 상에 배치되고, 상기 제1 축, 제2 축, 및 제3 축은 서로 나란하며, 상기 금속와이어는 상기 제1 축, 제2 축, 및 제3 축 상에 하나씩 배치된다.

[0018] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 원형의 금속도트의 반경, 또는 상기 다각형의 금속도트의 중심에서부터 변까지의 길이, 및 가장 가까운 상기 금속도트 상호간 이격거리의 절반값은 하기 [수학식 1]의 에미터 손실이 최소가 되도록 정해진다.

[0019] [수학식 1]

[0020]
$$P_{loss(emitter)}=\frac{\sqrt{3}J^2R_{sh}}{6}\left(l^4\ln\frac{l}{a}-l^2(l^2-a^2)+\frac{1}{4}(l^4-a^4)\right)$$

[0021] ($P_{loss(emitter)}$: 에미터 손실, a: 원형 금속도트의 반경 또는 다각형 금속도트의 중심에서부터 변까지의 길이, l: 금속도트 상호간 이격거리의 절반값, J: 전류밀도, Rsh: 면저항)

[0022] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 상기 금속와이어는 단면이 원형이다.

[0023] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0024] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따르면, n형 반도체 기판의 수광면에 서로 이격 배치되는 다수의 금속도트가 도트 패턴(dot pattern)으로 배열되고, 다수의 금속와이어가 금속도트를 연결함으로써, 종래 그리드 형태의 전극에 비해 은 소모량을 감소시키고, 빛 가림 손실을 최소화하며, 나아가 개방전압을 상승시킨다.

[0026] 또한, 본 발명에 따르면, 금속와이어의 단면이 원형으로 형성되어, 금속와이어의 곡면에서 비스듬히 반사된 태양광이 태양전지 모듈의 투명 유리에 재반사되므로, 태양광 재사용률이 증가한다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 종래 태양전지의 전면 전극을 도시한 평면도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극을 도시한 평면도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극을 도시한 단면도이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극을 도시한 평면도이다.

도 5는 도 4에 도시된 금속도트를 확대한 확대도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.

[0030] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극을 도시한 평면도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극을 도시한 단면도이다.

[0031] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극은 n형 반도체 기판(1)의 수광면에 배치되는 태양전지의 전면 전극에 있어서, 원형 또는 다각형 도트(dot) 형상으로 형성되고, 서로 이격 배치되는 다수의 금속도트(10), 및 금속도트(10)를 가로질러, 적어도 2개 이상의 금속도트(10)를 서로 연결하는 다수의 금속와이어(20)를 포함한다.

[0032] 태양 에너지를 전기 에너지로 직접 변환시켜 전기 에너지원으로 사용되는 태양전지는 무공해 대체 에너지원으로서, 또한 무선 통신 수단의 에너지원으로서 공간적 지배를 받지 않으므로, 그 필요성이 가속화되고 있다. 이러한 태양전지는 p형 반도체 기판에 n형 반도체 기판(1)이 적층되고, n형 반도체 기판(1) 상(on)에 전면 전극이, p형 반도체 기판 상에 후면 전극이 배치되는 구조로 이루어진다.

[0033] 여기서, 일반적인 태양전지의 전면 전극은 다수의 핑거라인 전극(2)이 미세선폭으로 나란히 배치되고, 버스바 전극(3)이 그 핑거라인 전극(2)을 교차하여, 그리드 형태의 패턴으로 구성되는데(도 1 참조), 이때 전극이 차지하는 면적이 넓어서 빛 가림에 의한 전기적 손실이 크게 발생하고, 또한 표면 재결합이 증가해서 개방전압이 감소하는 문제가 있다. 나아가, 전면 전극 물질로서 사용되는 은(silver)이 고가이므로, 제조단가가 높다. 이에, 종래 태양전지의 전면 전극의 문제점을 개선하기 위해서 본 발명에 따른 태양전지의 전면 전극이 안출되었다.

[0034] 본 발명에 따른 태양전지의 전면 전극은 태양광을 수광하는 태양전지의 n형 반도체 기판(1)의 일면(수광면) 상에 배치되는 전면 전극에 관한 것으로, 다수의 금속도트(10), 및 금속와이어(20)를 포함한다.

[0035] 여기서, 금속도트(10)는 원형 또는 다각형 도트(dot) 형상으로 형성된다. 이때, 금속도트(10)를 이루는 금속은 전기전도성을 가지는 한 공지된 모든 금속을 사용할 수 있으나, 바람직하게는 전기 전도도가 우수하고, 공기나 수분에 쉽게 반응하지 않으며, 빛 반사율이 큰 은(silver)을 사용한다.

[0036] 이러한 금속도트(10)는 다수 개로, n형 반도체 기판(1)의 수광면에 배치되는데, 이때 다수의 금속도트(10)는 서로 소정의 간격을 두고 이격되어, 소정의 도트 패턴(dot pattern)으로 배열된다.

[0037] 이렇게 수광면에 배치되고 전기전도성을 갖는 다수의 금속도트(10)는 태양전지에서 수집된 전류를 수집한다. 이때, 수집된 전류는 금속와이어(20)를 통해 외부로 이송된다.

[0038] 여기서, 금속와이어(20)는 금속도트(10)를 가로질러 배치되므로, 적어도 2개 이상의 금속도트(10)를 연결한다. 이때, 금속와이어(20)는 금속으로 이루어져, 전기전도성을 가지므로, 금속도트(10)에서 수집된 전류를 외부로 이송할 수 있다. 금속와이어(20)에 사용되는 금속에 어떠한 제한을 두는 것은 아니지만, 전기 전도도, 빛 반사율, 화학적 안정성을 고려해, 은을 사용하는 것이 바람직하다.

[0039] 본 발명에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 종래 태양전지의 전면 전극의 문제점을 해결하기 위해서는 다수의 금속도트(10), 및 금속와이어(20)의 형태 및 배열 패턴이 중요한바, 이하에서 자세하게 설명한다.

[0040] 우선, 다수의 금속도트(10)는 격자 형태로서, 규칙적으로 배열될 수 있다. 즉, XY 좌표계의 X축 방향 및 Y축 방향을 따라서, 등간격으로 이격되어 배치됨으로써, 서로 나란하게 배열될 수 있다. 이때, 다수의 금속와이어(20)는 X축 방향 및 Y축 방향 중 어느 일방향을 따라서, 서로 교차되지 않고, 나란하게 배열될 수 있다.

[0041] 이러한 구조로 금속도트(10)와 금속와이어(20)가 배치되는 경우에, 종래 그리드 형태로 배치되는 태양전지의 전면 전극에 비해, 상대적으로 은(금속) 소모량을 감소시키고, 빛 가림 손실을 최소화하며, 나아가 개방전압을 상승시킬 수 있다.

[0042] 보다 구체적으로, 금속도트(10)는 반지름이 100 ~ 1000 ㎛인 원형으로 형성되고, 이때, 금속와이어(20)의 두께는 100 ~ 1000 ㎛이되, 상기 금속도트(10)의 지름보다 작게 형성될 수 있다. 여기서, 금속도트(10)는 X축 방향 및 Y축 방향을 따라 배치되는데, 이때 각각의 방향을 따라서 동일한 개수, 또는 다른 개수로 금속도트(10)가 배치될 수 있다.

[0043] 동일한 수의 금속도트(10)가 배치되는 경우에는, 1 인치(inch) 당(per) 5 ~ 22개가 배치된다.

[0044] 반면, 서로 다른 개수로 배치되는 경우에는 X축 방향을 따라서 1 인치 당 1 ~ 5개가, Y축 방향을 따라서 1 인치 당 5 ~ 22개가 배치된다. 이때, 금속와이어(20)는 Y축 방향을 따라서 서로 나란하게 배치된다.

[0045] 여기서, 인치 당 금속도트(10)의 개수는 반복실험을 통해 얻어진 것이 아니라, 후술할 손실을 최소화기 위한 수학식을 통해 얻어진 것이므로, 현저한 효과가 인정되는바, 종래 기술에 비해 기술적 의의와 임계적 의의가 있다.

[0046] 이때, 도 3에 도시된 바와 같이, 금속와이어(20)는 원형 단면을 갖도록 형성될 수 있다. 태양전지는 모듈 형태로서, 즉 여러 태양전지를 직·병렬로 연결하여 전력을 생산하는 대형 시스템으로 사용된다. 이러한 태양전지 모듈은 EVA 시트를 중심으로 어느 일면에 백시트가 배치되고, 그 EVA 시트 내에 태양전지가 배치되며, 태양전지의 수광면 쪽 EVA 시트의 타면에 유리(G)가 배치되는 구조로 이루어진다. 따라서, 본 발명에 있어서, 태양전지의 n형 반도체 기판(1)과 유리(G) 사이에 금속와이어(20)가 배치된다.

[0047] 이때, 금속와이어(20)의 단면이 원형인 경우에는, 유리(G)를 투과하여 태양전지 방향으로 조사되는 태양광이 금속와이어(20)의 곡면에서 반사되어 n형 반도체 기판(1) 상에 분산되고, 유리(G) 방향으로 반사된 태양광은 유리(G)에 반사되어 다시 n형 반도체 기판(1)으로 조사되므로, 태양광 재사용률이 증가한다. 여기서, 은(silver)이 빛 반사율이 우수하므로, 은을 사용한 금속와이어(20)는 태양광을 보다 효율적으로 재사용할 수 있다.

[0048] 이상에서는 X축 방향을 따라 금속도트(10)가 배치된 수평선과, Y축 방향을 따라 금속도트(10)가 배치된 수직선이 서로 직각을 이루지만, 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니고, 소정의 단위구조가 연속적으로 배열되는 형태로 배치될 수도 있다. 이하에서 이에 대해 설명한다.

[0049] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지의 전면 전극을 도시한 평면도이다.

[0050] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 태양전지의 전면 전극은 7개의 금속도트(10)가 소정의 단위구조를 이루고, 그 단위구조가 연속적으로 배열되는 형태로, 다수의 금속도트(10)가 배치될 수 있다. 이때, 금속도트(10)는 원형이거나, 또는 다각형 형상으로 형성된다.

[0051] 여기서, 단위구조는 육각형 구조(H)의 6각 코너에 서로 다른 금속도트(10)가 하나씩 배치되고, 그 육각형 구조(H)의 중심에 또 다른 하나의 금속도트(10)가 배치되어 형성된다. 이러한 형태의 단위구조에 있어서, 어느 하나의 금속도트(10)를 둘러싸는 소정의 영역(S)도 육각형 형태로 구획되고, 그 영역(S) 내에서 태양전지에 의해 발생된 전류는 그 중심에 있는 금속도트(10)로 집중된다.

[0052] 여기서, 단위구조를 이루는 7 개의 금속도트(10)는 서로 나란한 3개의 축 상에 배치될 수 있다. 즉, 2개의 금속도트(10)는 제1 축에, 3개의 금속도트(10)는 제2 축에, 나머지 2개는 제3 축에 배치된다. 이때, 금속와이어(20, 도 3 참조)는 제1 축, 제2 축, 및 제3 축에 각각 하나씩 배치되어 각각의 축에 배치된 금속도트(10)들을 서로 연결한다.

[0053] 상술한 바와 같이, 단위구조로서 금속도트(10)와 금속와이어(20)가 배치되는 경우에, 손실이 최소가 되도록, 금속도트(10)의 크기와 이격거리, 금속와이어(20)의 두께 등을 정할 수 있는데, 이하에서 설명한다.

[0054] 본 발명에 따른 태양전지의 전면 전극에 있어서, 손실은 전류가 n형 반도체 기판(에미터, 1)를 통과하면서 발생하는 에미터 손실, 금속와이어(20)를 따라 전류가 흐르면서 발생하는 와이어 손실, 및 에미터와 금속도트(10)의 접합에서 발생하는 접촉 손실로 구분할 수 있다. 여기서, 각각의 손실에 관한 수학식을 구하고, 그 수학식에 따른 손실이 최소가 되도록, 금속도트(10)의 크기와 이격거리, 금속와이어(20)의 두께 등을 정할 수 있다.

[0055] 아래 [수학식 1]에 의해 전력, 전압, 전류, 및 저항과의 관계를 정의하고, [수학식 2]에서는 이를 미분 형태로 표현하였다.

[0056] [수학식 1]

[0057] $$P = VI = I^2R$$

[0058] (P: 전력, V: 전압, I: 전류, R: 저항)

[0059] [수학식 2]

[0060] $$dP_{loss} = I^2 dR$$

[0061] 여기서, n 형 반도체 기판(에미터, emitter)에서의 손실을 구할 수 있다.

[0062] 이를 위해서, 금속도트(10) 중심에서부터 y만큼 떨어진 거리의 전류, I(y)를 먼저 구하는데, 하기 [수학식 3]을 이용한다.

[0063] [수학식 3]

[0064] $$I(y) = J_{mp} \times (\text{Emitter Area}) = J_{mp} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times (l^2 - y^2)$$

[0065] 이때, Jmp는 최고점에서의 전류밀도이고, l은 금속도트(10) 상호간 이격거리의 절반값이다.

[0066] 한편, 저항 R은 [수학식 4]로부터 구한다.

[0067] [수학식 4]

[0068] $$dR = \frac{R_{sh} \times \sqrt{3}}{2y} dy$$

[0069] 이때, Rsh는 에미터의 면저항이다.

[0070] 따라서, 상기 [수학식 2], [수학식 3], 및 [수학식 4]로부터, 에미터 손실 $P_{loss(emitter)}$에 관한 [수학식 5]를 도출할 수 있다.

[0071] [수학식 5]

[0072] $$dP_{loss} = \frac{\sqrt{3} J^2 R_{sh}}{6} \left(\frac{l^4}{y} - 2l^2 y + y^3 \right) dy$$

[0073] $$P_{loss(emitter)} = \frac{\sqrt{3} J^2 R_{sh}}{6} \left(l^4 \ln \frac{l}{a} - l^2 (l^2 - a^2) + \frac{1}{4} (l^4 - a^4) \right)$$

[0074] 여기서, a는 금속도트(10)가 원형인 경우에는 그 반경이고, 금속도트(10)가 다각형인 경우에는 중심에서부터 변까지의 길이이며, J는 전류밀도이다.

[0075] 따라서, 금속도트(10)의 반경 또는 변까지의 길이(a),및 금속도트(10)간 이격거리의 절반값(l)에 의해서, 상기 에미터 손실이 결정되므로, 그 손실이 최소가 되도록 금속도트(10)의 크기와 이격거리를 정할 수 있다.

[0076] 금속와이어(20)의 크기는 와이어 손실 $P_{loss(wire)}$에 관한 하기 [수학식 6]으로부터 구할 수 있다.

[0077] [수학식 6]

[0078] $$P_{loss(wire)} = I^2 R$$

[0079] $$I = J_{mp} \times x \times (2l\sqrt{3})$$

[0080] $$R = \rho_{wire} \times \frac{dx}{Area}$$

[0081] $$P_{loss(wire)}=\int_0^{15.6}\left(J_{mp}x\times 2l\sqrt{3}\right)^2\frac{\rho_{wire}}{Area}dx=4J^2l^2\frac{\rho_{wire}}{Area}(15.6)^3$$

[0082] 여기서, I는 전류, R은 저항, Jmp는 최고점에서의 전류밀도, l은 금속와이어(20)의 길이, x는 길이 방향으로의 거리, Area는 금속와이어(20)의 단면적, ρ_{wire}는 금속와이어(20)의 비저항, J는 전류밀도이다.

[0083] 따라서, $P_{loss(wire)}$에 관한 상기 [수학식 6]으로부터 와이어 손실이 최소가 되도록, 금속와이어(20)의 단면적을 결정함으로써, 금속와이어(20)의 크기를 정할 수 있다.

[0084] 도 5는 도 4에 도시된 금속도트를 확대한 확대도이다.

[0085] 도 5를 참고하여, 접촉 손실 $P_{loss(contact)}$에 관한 [수학식 7]을 유도한다.

[0086] [수학식 7]

[0087] $$dP_{loss(contact)}=I^2dR$$

[0088] $$I=J_{mp}\times(\text{Emitter Area})=J_{mp}\times\frac{1}{\sqrt{3}}\times(l^2-a^2)$$

[0089] $$R_{contact}=\frac{\rho_c}{\text{Effective Contact Area}}=\frac{\sqrt{3}\rho_c}{2aL_T-{L_T}^2}$$

[0090] $$P_{loss(contact)}=\frac{{J_{mp}}^2}{3}(l^2-a^2)^2\times\frac{\sqrt{3}\rho_c}{2aL_T-{L_T}^2}$$

[0091] 여기서, I는 전류, R은 저항, Jmp는 최고점에서의 전류밀도, Emitter Area는 단위 금속도트(10)로 흘러들어갈 전류가 생성되는 에미터의 넓이, Rcontact은 Effective Contact Area를 고려한 접촉저항(Ω), ρ_c는 접촉비저항(Ω-㎠), Effective Contact Area는 Transfer Length 개념을 고려한, 실질적으로 전류가 전극으로 흘러들어가는 접촉 넓이, a는 금속도트(10)의 반경 또는 변까지의 거리, L_T는 생성된 전류가 에미터에서 전극으로 흘러들어가는 평균 길이(Transfer Length)이고, l은 금속도트(10)간 이격거리의 절반값이다.

[0092] 따라서, 접촉 손실이 최소가 되도록, a, l를 구할 수 있다.

[0093] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

[0094] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

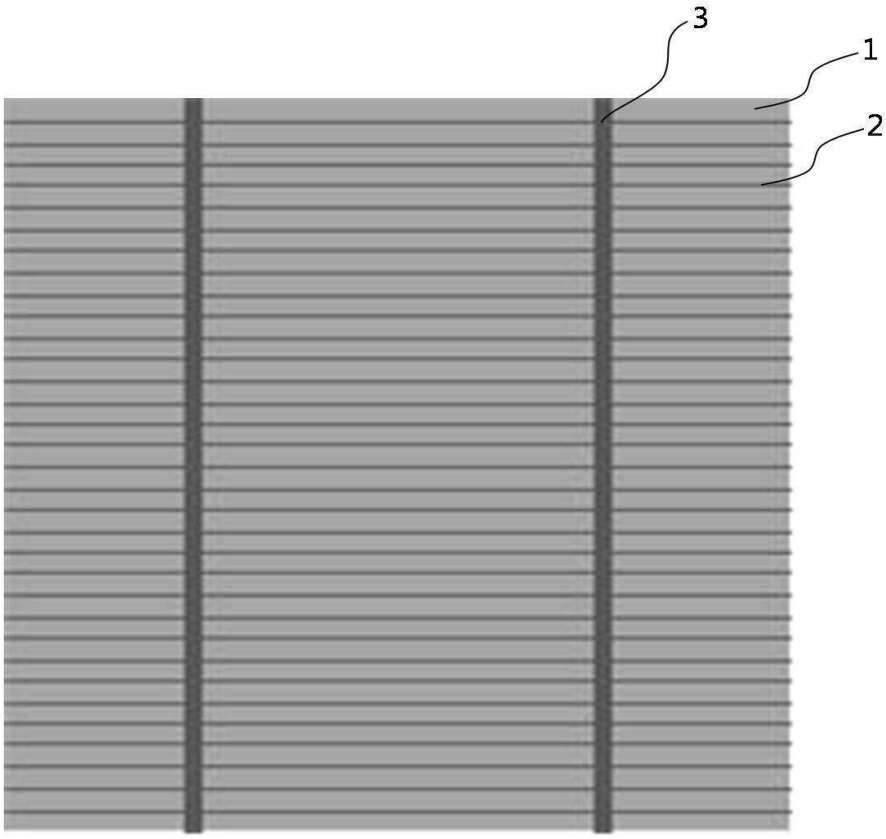
[0095] 1: n형 반도체 기판　　2: 핑거라인 전극

3: 버스바 전극　　10: 금속도트

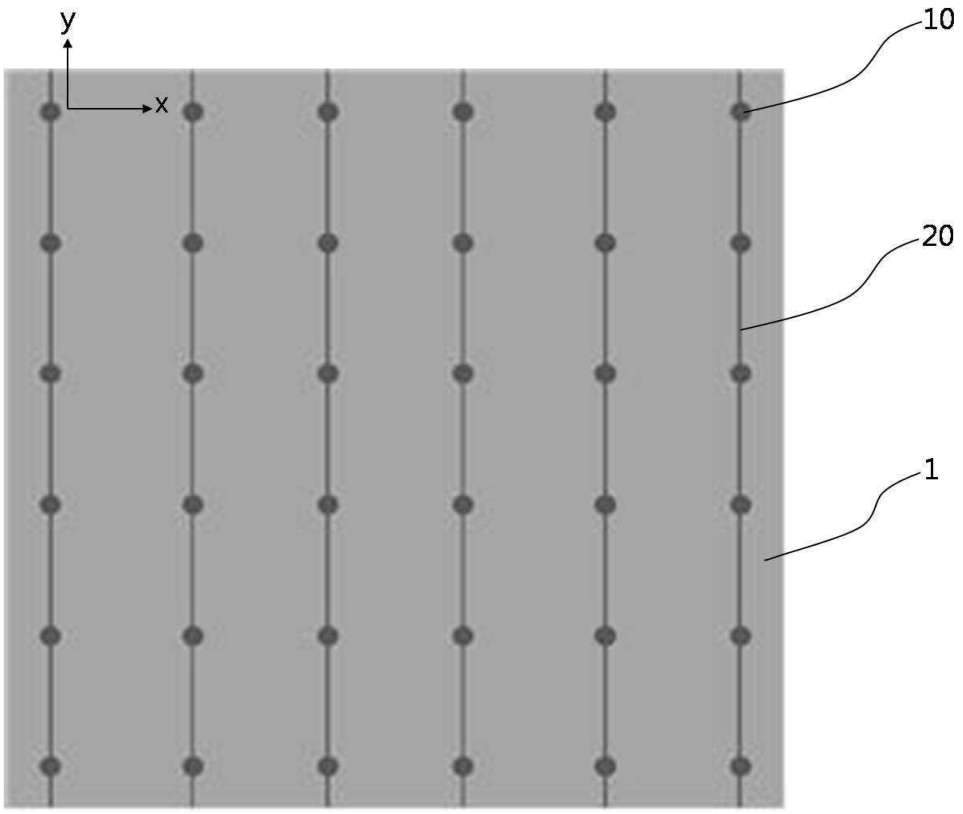
20: 금속와이어

도면

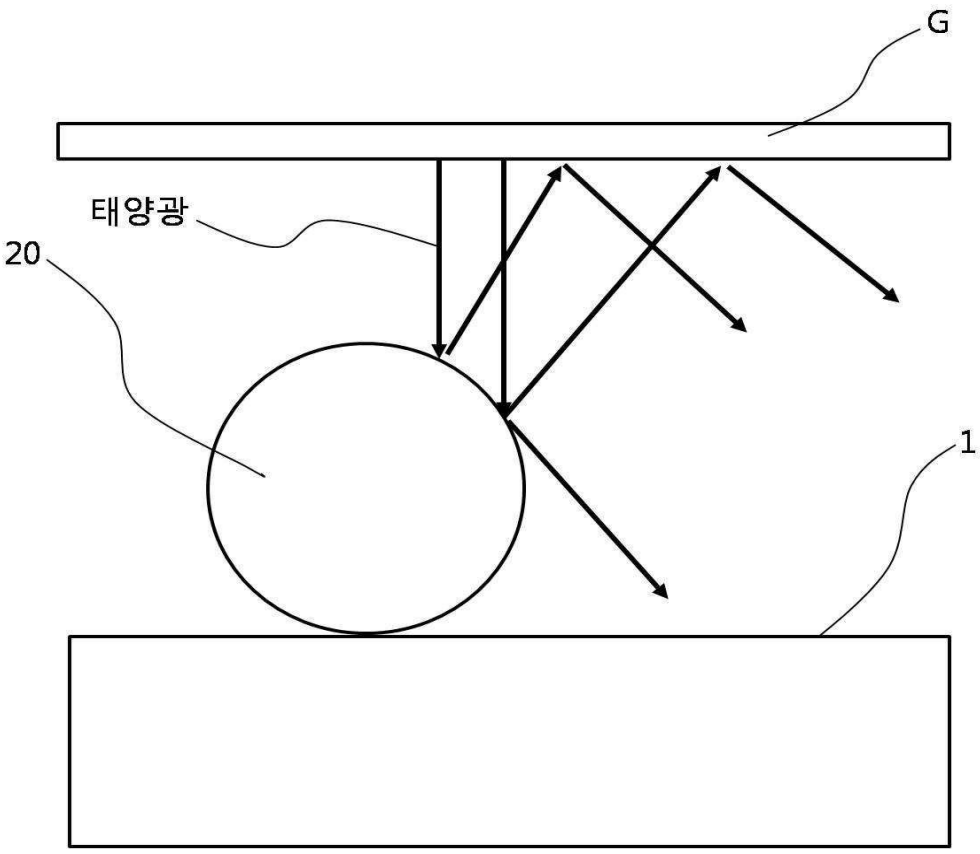
도면1



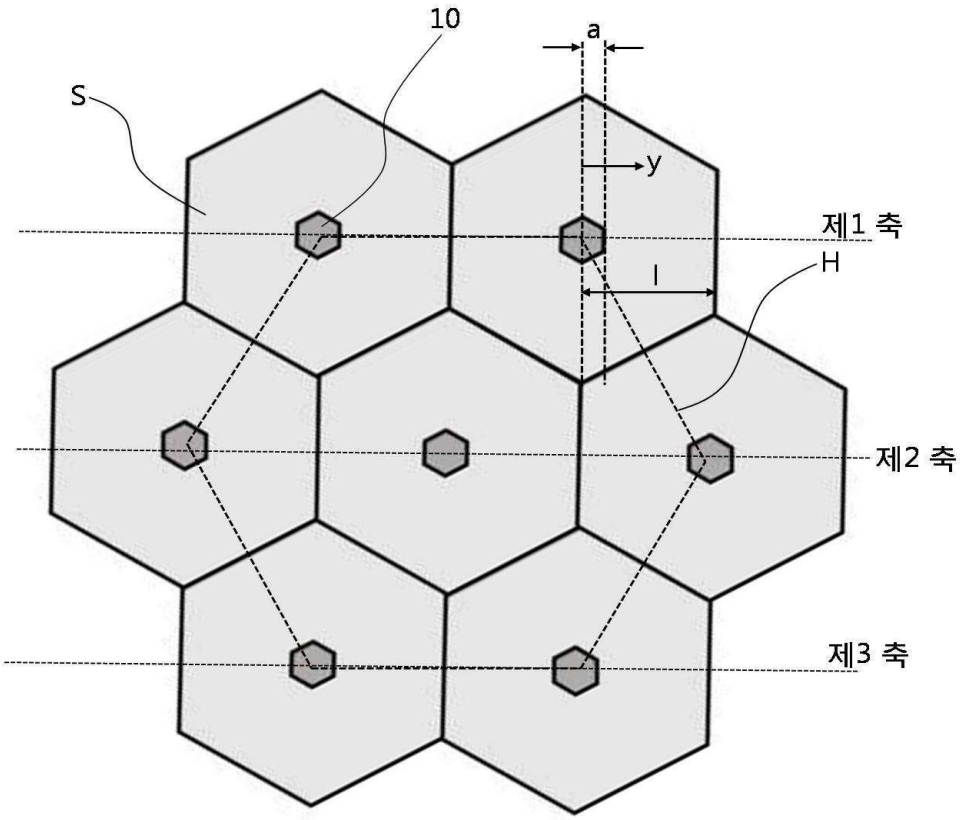
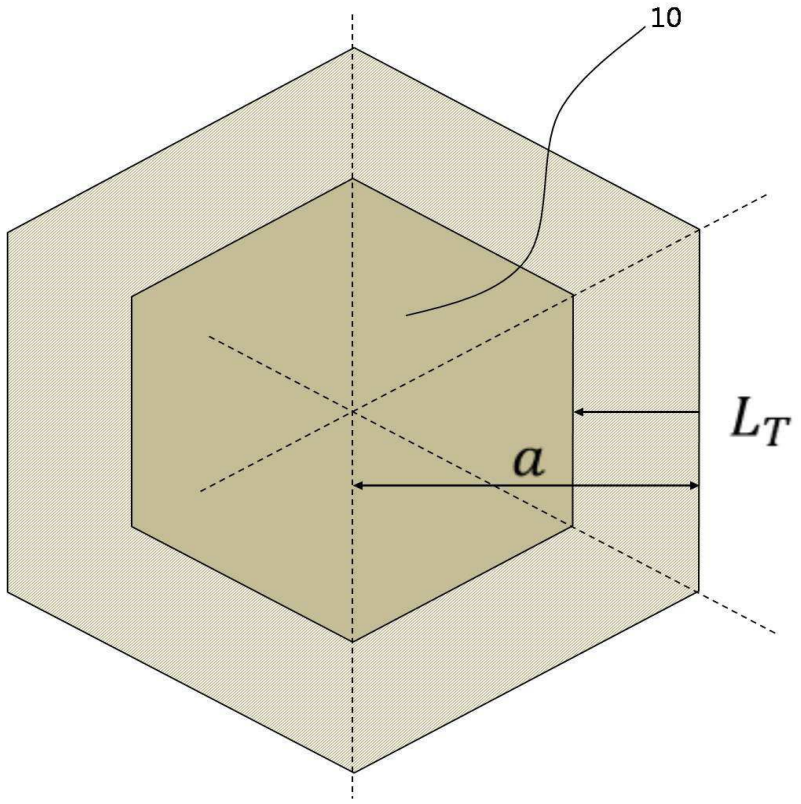
도면2



도면3



도면4



도면5