



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0068508
(43) 공개일자 2011년06월22일

(51) Int. Cl.

H01L 31/042 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0125496

(22) 출원일자 2009년12월16일

심사청구일자 2009년12월16일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교내

재단법인대구경북과학기술원

대구광역시 달성군 현풍면 상리 50-1

(72) 발명자

김동욱

서울특별시 마포구 마포동 쌍용황금아파트 101동 402호

권민지

서울특별시 송파구 가락동 가락쌍용아파트 201-601

(74) 대리인

송윤호, 오세준, 권혁수

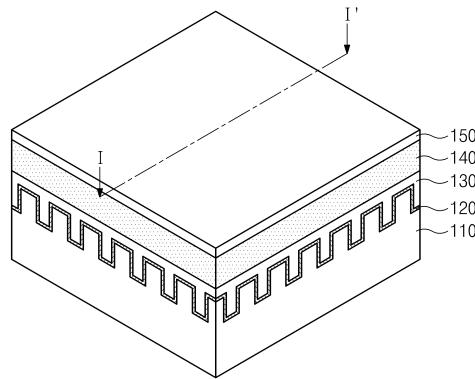
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 투명 도전 산화물층/금속 박막 구조를 갖는 태양 전지 및 그 제조 방법

(57) 요약

태양 전지가 제공된다. 이 태양 전지는 기판, 기판 상에 제공되며, 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 금속층, 및 금속층 상에 제공된 투명 도전 산화물층을 포함한다. 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라즈몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광이 흡수되는 것을 억제하도록 요철 패턴의 모양이 조절되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상에 제공되며, 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 금속층; 및

상기 금속층 상에 제공된 투명 도전 산화물층을 포함하되,

상기 금속층과 상기 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수를 억제하도록 상기 요철 패턴의 모양이 조절되는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 요철 패턴의 모양이 조절되는 것은 상기 요철 패턴의 피치 또는 높이가 조절되는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 표면 플라스몬 공명에 의한 상기 광의 흡수는 상기 금속층과 상기 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수인 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 투명 도전 산화물층 상에 제공된 광 흡수층; 및

상기 광 흡수층 상에 제공된 버퍼층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 버퍼층은 투명 도전 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 6

일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 기관;

상기 기관 상에, 상기 요철 패턴을 따라 제공된 금속 박막; 및

상기 금속 박막 상에 제공된 투명 도전 산화물층을 포함하되,

상기 금속 박막과 상기 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수를 억제하도록 상기 요철 패턴의 모양이 조절되는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 요철 패턴의 모양이 조절되는 것은 상기 요철 패턴의 피치 또는 높이가 조절되는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 표면 플라스몬 공명에 의한 상기 광의 흡수는 상기 금속 박막과 상기 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수인 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 투명 도전 산화물층 상에 제공된 광 흡수층; 및

상기 광 흡수층 상에 제공된 버퍼층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 버퍼층은 투명 도전 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 11

기관 상에 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 금속층을 형성하는 것; 및

상기 금속층 상에 투명 도전 산화물층을 형성하는 것을 포함하되,

상기 금속층과 상기 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수를 억제하도록 상기 요철 패턴의 모양을 조절하는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 요철 패턴의 모양을 조절하는 것은 상기 요철 패턴의 피치 또는 높이의 조절인 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 표면 플라스몬 공명에 의한 상기 광의 흡수는 상기 금속층과 상기 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수인 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 14

제 11항에 있어서,

상기 투명 도전 산화물층 상에 광 흡수층을 형성하는 것; 및

상기 광 흡수층 상에 버퍼층을 형성하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 버퍼층은 투명 도전 산화물로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 16

일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 기관을 준비하는 것;

상기 기관 상에, 상기 요철 패턴을 따라 금속 박막을 형성하는 것; 및

상기 금속 박막 상에 투명 도전 산화물층을 형성하는 것을 포함하되,

상기 금속 박막과 상기 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수를 억제하도록 상기 요철 패턴의 모양을 조절하는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 17

제 16항에 있어서,

상기 요철 패턴의 모양을 조절하는 것은 상기 요철 패턴의 피치 또는 높이의 조절인 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 18

제 16항에 있어서,

상기 표면 플라즈몬 공명에 의한 상기 광의 흡수는 상기 금속층과 상기 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수인 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 19

제 16항에 있어서,

상기 투명 도전 산화물층 상에 광 흡수층을 형성하는 것; 및

상기 광 흡수층 상에 버퍼층을 형성하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 버퍼층은 투명 도전 산화물로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 투명 도전 산화물층/금속 박막 구조를 갖는 태양 전지 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 더 구체적으로 광 흡수 효율을 높일 수 있는 투명 도전 산화물층/금속 박막 구조를 갖는 태양 전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 19세기에 석탄을 에너지로 사용한 산업혁명이 일어나게 되었고, 그 뒤 석유가 발굴되어, 이들을 이용한 에너지의 사용량이 급격히 늘어나게 되었다. 최근까지 인류의 중요한 에너지 자원은 이러한 화석 연료에 의한 에너지로 대체되었다. 하지만, 이러한 화석 연료는 지구 상에서 매장 지역, 즉 자원의 편중이 심하여, 가격과 공급 면에서 항상 불안정한 요소를 지니고 있다. 최근의 무분별한 사용으로 인한 화석 연료의 고갈은 한국 등과 같은 비생산국에 석유 파동이라는 극심한 문제를 야기하고 있다. 또한, 인류적으로는 대기 오염과 지구 평균기온 상승 등과 관련한 지구 생명체들을 위협하는 심각한 환경 문제를 야기하고 있다.

[0003] 이에 따라, 화석 연료의 의존도를 줄여나갈 뿐만 아니라, 고갈의 염려가 없는 새로운 대체 에너지를 찾는 청정 에너지 개발의 노력이 화두가 되어 활발한 연구가 진행되고 있다. 이러한 대체 에너지원의 유력한 대안 중의 하나인 태양광을 이용한 발전이 주목을 받고 있다.

[0004] 태양광 발전은 무한한 태양광으로부터 전기를 생산하는 청정 기술로서, 태양 전지(solar cell 또는 photovoltaic cell) 또는 태양 전지 모듈(module)은 태양광을 직접 전기로 변환시키는 태양광 발전의 핵심 소자이다.

[0005] 반도체의 pn 접합으로 만든 태양 전지에 반도체의 밴드갭 에너지(Eg, bandgap energy)보다 큰 에너지를 가진 태양광이 입사되면 전자-정공 쌍(electron-hole pair)이 생성된다. 이들 전자-정공이 pn 접합부에 형성된 전기장에 의해 전자는 n층으로, 정공은 p층으로 모이게 됨에 따라, pn 접합부 사이에 기전력(광기전력 : photovoltage)이 발생하게 된다. 이때, 태양 전지 양단의 전극들에 부하를 연결하면 전류가 흐르게 된다. 이것이 태양 전지의 동작원리이다.

[0006] 1980년대 이후, 태양 전지 제조에 가장 먼저 사용된 반도체 재료가 단결정 실리콘(single crystal silicon)이다. 현재 태양 전지 시장, 특히 대규모 발전 시스템 분야에서 가장 널리 이용되고 있다. 이는 단결정 실리콘으로 만든 태양 전지의 효율이 다른 재료로 만든 태양 전지에 비해 변환 효율이 높기 때문이다. 발전단가

를 더욱 낮추기 위하여 낮은 질의 실리콘을 이용하는 방법, 대량 생산 및 제조 공정 개선에 의한 방법 등이 시도 또는 연구되고 있다. 다결정(polycrystal) 실리콘 태양 전지는 원재료로 낮은 질의 실리콘 웨이퍼(wafer)를 사용하기 때문에, 변환 효율은 단결정 실리콘에 비해 낮지만 반면에, 가격은 싸다. 그리고 이용 분야도 주택용 시스템 등이 주된 대상이다.

[0007] 단결정 및 다결정 실리콘은 벌크(bulk) 상태의 원재료로부터 태양 전지를 만들기 때문에, 원재료비가 비싸고, 공정 자체가 복잡하여 가격의 절감 측면에서 한계가 있을 수밖에 없다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 기관의 두께를 혁신적으로 줄이는 기술, 또는 유리와 같이 값싼 기관 위에 박막 형태로 태양 전지를 증착시키는 기술이 주목을 받고 있다. 기존의 박막 제조 공정을 이용할 경우, 더욱 값싼 방법으로 태양 전지의 대량 생산이 가능하기 때문이다.

[0008] 박막 태양 전지 중 가장 처음으로 개발된 것이 비정질(amorphous) 실리콘으로 기존 결정질(crystalline) 실리콘 태양 전지의 약 1/100에 해당하는 두께만으로도 태양 전지의 제조가 가능하다. 하지만, 결정질 실리콘 태양 전지에 비해 효율이 낮고, 특히, 초기 빛에 노출될 경우, 변환 효율이 급격히 떨어지는 단점이 있다. 따라서, 대규모 발전용으로는 사용되지 못하고, 시계, 라디오, 완구 등 소규모 가전 제품의 전원용으로 주로 사용되고 있었다. 그런데 최근 변환 효율의 향상과 함께 초기 열화 현상을 최소화할 수 있는 다중 접합 구조의 비정질 실리콘 태양 전지의 개발과 함께 일부 전력용으로 이용이 되기 시작하였다.

[0009] 뒤이어 출현한 박막 태양 전지가 CdTe계 또는 CuInSe₂계 등의 화합물 반도체를 소재로 한 것이다. 비정질 실리콘에 비해 변환 효율이 높고, 또한 초기 열화 현상이 없는 등 비교적 안정성이 높은 태양 전지로 현재 CdTe계 화합물 반도체 태양 전지가 대규모 전력용으로 사용되기 위한 실증 시험 중에 있다.

[0010] CuInSe₂계 화합물 반도체 태양 전지는 실험실적으로 만든 박막 태양 전지 중에서 가장 높은 변환 효율을 기록하고 있지만, 아직까지 파일럿(pilot) 생산 단계로 대량 생산 단계까지는 이르지 못하고 있다.

[0011] 하지만, 박막 태양 전지 역시 자체의 문제점들을 가지고 있다. 그 중 하나가 얇은 두께에서 오는 태양광의 투과에 의한 손실이다. 광 흡수층의 두께가 수 마이크로 이하로 형성될 경우, 입사된 광을 모두 사용하지 못하고 많은 양의 광이 투과됨으로써, 에너지 변환 효율을 높이기가 어려워진다. 이를 해결하기 위한 후면 반사 전극을 이용한 광 획득 기술이 태양 전지의 효율을 높이고 결정하는 중요한 요인으로 작용하였고, 이에 대한 다양한 연구와 개발의 필요성이 대두되고 있다.

[0012] 현재에는 알루미늄(Al)이나 은(Ag)으로 후면 반사 전극이 사용되고 있지만, 어느 특정 파장 영역에서는 이러한 후면 반사 전극이 자신의 역할을 다하지 못하고 광의 흡수를 일으켜 다시 광 손실을 초래하는 문제점이 발견되었다. 이에 따라, 이러한 광의 흡수에 대한 원리에 대한 연구와 투과율을 향상시켜 태양 전지의 효율을 높이는 방안에 대한 연구가 필요한 시점이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 광 흡수 효율을 높일 수 있는 태양 전지를 제공하는 데 있다.

[0014] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 높은 광 흡수 효율을 갖는 태양 전지의 제조 방법을 제공하는 데 있다.

[0015] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결수단

[0016] 상기한 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 태양 전지를 제공한다. 이 태양 전지는 기관, 기관 상에 제공되며, 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 금속층, 및 금속층 상에 제공된 투명 도전 산화물층을 포함할 수 있다. 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광이 흡수되는 것을 억제하도록 요철 패턴의 모양이 조절되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 요철 패턴의 모양이 조절되는 것은 요철 패턴의 피치 또는 높이가 조절되는 것일 수 있다.

[0018] 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수는 금속층과 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수일 수 있다.

- [0019] 투명 도전 산화물층 상에 제공된 광 흡수층 및 광 흡수층 상에 제공된 버퍼층을 더 포함할 수 있다. 버퍼층은 투명 도전 산화물을 포함할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명은 다른 태양 전지를 제공한다. 이 태양 전지는 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 기관, 기관 상에 요철 패턴을 따라 제공된 금속 박막 및 금속 박막 상에 제공된 투명 도전 산화물층을 포함할 수 있다. 금속 박막과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수를 억제하도록 요철 패턴의 모양이 조절되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 요철 패턴의 모양이 조절되는 것은 요철 패턴의 피치 또는 높이가 조절되는 것일 수 있다.
- [0022] 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수는 금속 박막과 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수일 수 있다.
- [0023] 투명 도전 산화물층 상에 제공된 광 흡수층 및 광 흡수층 상에 제공된 버퍼층을 더 포함할 수 있다. 버퍼층은 투명 도전 산화물을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기한 다른 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 태양 전지의 제조 방법을 제공한다. 이 방법은 기관 상에 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 금속층을 형성하는 것 및 금속층 상에 투명 도전 산화물층을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수를 억제하도록 요철 패턴의 모양을 조절하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0025] 요철 패턴의 모양을 조절하는 것은 요철 패턴의 피치 또는 높이의 조절일 수 있다.
- [0026] 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수는 금속층과 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수일 수 있다.
- [0027] 투명 도전 산화물층 상에 광 흡수층을 형성하는 것 및 광 흡수층 상에 버퍼층을 형성하는 것을 더 포함할 수 있다.
- [0028] 버퍼층은 투명 도전 산화물로 형성될 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 태양 전지의 다른 제조 방법을 제공한다. 이 방법은 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 기관을 준비하는 것, 기관 상에 요철 패턴을 따라 금속 박막을 형성하는 것 및 금속 박막 상에 투명 도전 산화물층을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 금속 박막과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수를 억제하도록 요철 패턴의 모양을 조절하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0030] 요철 패턴의 모양을 조절하는 것은 요철 패턴의 피치 또는 높이의 조절일 수 있다.
- [0031] 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수는 금속 박막과 투명 도전 산화물층 각각의 유전 상수에 의해 결정되는 특정 파장 영역의 광의 흡수일 수 있다.
- [0032] 투명 도전 산화물층 상에 광 흡수층을 형성하는 것 및 광 흡수층 상에 버퍼층을 형성하는 것을 더 포함할 수 있다.
- [0033] 버퍼층은 투명 도전 산화물로 형성될 수 있다.

효 과

- [0034] 상술한 바와 같이, 본 발명의 과제 해결 수단에 따르면 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면이 일정한 주기적 요철 패턴의 구조를 가짐으로써, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수가 억제될 수 있다. 이에 따라, 향상된 광 흡수 효율을 갖는 태양 전지가 제공될 수 있다.
- [0035] 또한, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면이 일정한 주기적 요철 패턴의 구조를 가지고, 그리고 요철 패턴의 모양이 조절됨으로써, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광이 흡수되는 것이 방지할 수 있다. 이에 따라, 향상된 광 흡수 효율을 갖는 태양 전지가 제공될 수 있다.
- [0036] 이에 더하여, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면이 일정한 주기적 요철 패턴의 구조를 가지고, 그리고 요철 패턴의 모양이 조절됨으로써, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광이 흡수되는 것이 방지할 수 있다. 이에 따라, 다양한 파장 영역들에 대해 향상된 광 흡수 효율을 갖는 태양 전지가 제공될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 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 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0038] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 또한, 바람직한 실시예에 따른 것이기 때문에, 설명의 순서에 따라 제시되는 참조 부호는 그 순서에 반드시 한정되지는 않는다. 이에 더하여, 본 명세서에서, 어떤 막이 다른 막 또는 기판 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 막 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 막이 개재될 수도 있다는 것을 의미한다.
- [0039] 또한, 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 식각 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들은 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지를 설명하기 위한 입체도이고, 그리고 도 2는 도 1의 I-I' 선을 따라 절단한 단면도이다.
- [0041] 도 1 및 도 2를 참조하면, 태양 전지는 기판(110), 금속층(metal layer, 120), 투명 도전 산화물(Transparent Conduction Oxide : TCO)층(130), 광 흡수층(140) 및 버퍼층(buffer layer, 150)을 포함한다.
- [0042] 기판(110)은 소다라임(soda-lime) 유리 또는 코닝(corning) 유리를 포함할 수 있다.
- [0043] 금속층(120)은 몰리브덴(Mo), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu) 및 니켈(Ni) 중에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 금속층(120)은 광 흡수층(140)에 흡수된 광이 외부로 빠져나가지 못하도록 반사하는 기능을 수행할 수 있다. 또한, 금속층(120)은 광 흡수층(140)에 부하를 걸어주기 위한 전극일 수 있다.
- [0044] 투명 도전 산화물층(130)은 p형 또는 n형 불순물로 도핑된 금속 산화물을 포함할 수 있다. 금속 산화물은 아연 산화물(ZnO), 갈륨산화물(Ga₂O₃), 알루미늄산화물(Al₂O₃), 인듐산화물(In₂O₃), 납산화물(PbO), 구리산화물(CuO), 티탄산화물(TiO₂), 주석산화물(SnO₂), 철산화물(FeO), 인듐주석산화물(Indium Tin Oxide : ITO) 중에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 윈도우층(130)은 금속 산화물을 포함하기 때문에, 광 흡수층(140)에 부하를 걸어주기 위한 전극으로 사용될 수 있다.
- [0045] 광 흡수층(140)은 단결정 실리콘(single crystal silicon), 다결정(polycrystal) 실리콘, 비정질(amorphous) 실리콘, CdTe계 화합물, CuInSe₂계 화합물 및 Cu(InGa)Se₂계 화합물 중에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 버퍼층(buffer layer, 150)은 투명 도전 산화물을 포함할 수 있다.
- [0046] 기판(110)은 일정한 주기적 요철 패턴을 가질 수 있다. 일정한 주기적 요철 패턴은 3차원의 엠보싱(embossing) 구조 또는 회절격자(grating) 구조일 수 있다. 일정한 주기적 요철 패턴은 100nm~1μm 범위의 피치(pitch, 도 3의 D 참조) 및 10nm~1μm 범위의 높이(도 3의 a 참조)를 가질 수 있다. 기판(110)이 일정한 주기적 요철 패턴을 가질 경우, 금속층(120)은 박막(thin film) 형태일 수 있다. 이에 따라, 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면은 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 구조일 수 있다.
- [0047] 도시된 것과 달리, 기판(110)은 평평한 표면을 갖고, 금속층(120)이 일정한 주기적 요철 패턴을 가질 수도 있다. 일정한 주기적 요철 패턴은 100nm~1μm 범위의 피치 및 10nm~1μm 범위의 높이를 가질 수 있다. 이에 따

라, 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면은 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 구조일 수 있다.

[0048] 또한, 도시된 것과 달리, 일정한 주기적 요철 패턴을 갖는 금속층(120) 상에 제공되는 투명 도전 산화물층(130), 광 흡수층(140) 및 버퍼층(150) 각각의 표면도 일정한 주기적 요철 패턴과 유사한 형태를 가질 수도 있다.

[0049] 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면의 일정한 주기적 요철 패턴은 100nm~1μm 범위의 피치 및 10nm~1μm 범위의 높이를 가지기 때문에, 종래의 난반사를 이용하는 텍스처링(texturing) 구조와는 차이를 갖는다. 텍스처링 구조는 광의 파장(λ) 수준 혹은 그 이상에 해당하는 수백nm~수백μm 범위의 크기를 갖는 요철 구조를 갖기 때문에, 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면에서 발생하는 표면 플라스몬 공명(Surface Plasmon Resonance : SPR)에 의한 광의 흡수가 발생하는 것을 효율적으로 억제할 수 없다.

[0050] 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면의 일정한 주기적 요철 패턴의 모양을 조절함으로써, 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면에서 발생하는 표면 플라스몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광의 흡수가 억제될 수 있다. 이에 따라, 광 흡수층(140)에 의해 흡수되지 않고, 통과한 광(도 3의 얇은 실선 참조)을 광 흡수층(140)으로 다시 되돌려 보내기 위한 반사막 역할을 하는 금속층(120)의 반사율이 더 높아질 수 있다. 즉, 태양 전지의 광 흡수 효율이 향상될 수 있다.

[0051] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지의 투명 도전 산화물층/금속층 구조의 계면에서 발생하는 표면 플라스몬 공명을 설명하기 위한 개념도이다.

[0052] 도 3을 참조하면, 일정한 주기적 피치(D) 및 높이(a)를 갖는 요철 패턴인 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면이 보여진다.

수학식 1

$$k_x = \frac{\omega}{c} / \sin \theta_0 \pm \frac{2\pi}{D} n = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\epsilon_m \times \epsilon_{TCO}}{\epsilon_m + \epsilon_{TCO}}} = k_{sp}$$

[0053]

[0054] k_x : 광의 파수벡터

[0055] ω : 광 진동수

[0056] c : 광속

[0057] θ_0 : 입사각

[0058] D : 피치

[0059] n : 차수

[0060] ϵ_m : 금속층의 유전율

[0061] ϵ_{TCO} : 투명 도전 산화물층의 유전율

k_{sp} : 표면 플라스몬

[0062]

[0063]

수학식 1을 참조하면, 광(얇은 실선 화살표)이 일정한 주기적 피치(D)를 갖는 요철 패턴인 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면에 θ_0 의 입사각으로 입사되면, 광의 파수 벡터(k_x)는 수학식 1의 왼쪽 식일 수 있다. 그리고 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면에서 표면 플라스몬(k_{sp})이 발생하는 조건은 수학식 1의 오른쪽 식일 수 있다.

[0064]

수학식 1처럼 광의 파수 벡터(k_x)와 표면 플라스몬(k_{sp})이 같을 경우, 일정한 주기적 피치(D)를 갖는 요철 패턴인 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면에서 표면 플라스몬 폴라리톤(Surface Plasmon Polariton : SPP)과 입사광 포톤(photon)의 커플링(coupling)이 일어나게 된다. 그 결과, 수학식 1을 만족하는 특정 파장 영역의 광(굵은 실선 화살표)이 표면 플라스몬 폴라리톤을 여기하여 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면을 따라 진행하게 된다. 즉, 입사된 광(얇은 실선 화살표) 중 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면에서 반사(또는 회절)된 광은 광 흡수층(도 1의 140 참조)으로 다시 입사되고, 그리고 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)을 구성하는 물질들 각각의 유전율에 따른 특정 파장 영역의 광(굵은 실선 화살표)은 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면을 따라 진행하게 된다. 이러한 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광(굵은 실선 화살표)의 흡수에 의해 반사막 역할을 하는 금속층(120)의 반사율이 떨어지는 것을 알 수 있다.

[0065]

결과적으로, 금속층(120)과 투명 도전 산화물층(130)의 계면의 일정한 주기적 요철 패턴의 피치(D) 또는 높이(a)를 조절함으로써, 표면 플라스몬 공명이 억제될 수 있습니다. 이에 따라, 반사막 역할을 하는 금속층(120)의 반사율이 더 높아짐으로써, 태양 전지의 광 흡수 효율이 향상될 수 있다.

[0066]

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지의 투명 도전 산화물층/금속층 구조의 계면에서의 반사도를 설명하기 위한 그래프이다.

[0067]

도 4를 참조하면, 금속층(도 1의 120 참조)을 은으로, 그리고 투명 도전 산화물층(도 1의 130 참조)을 아연산화물로 형성한 태양 전지의 금속층에 의한 반사도 분포들이 보여진다.

[0068]

굵은 실선은 금속층이 포함되지 않는 경우, 이점 채선은 금속층이 평균 48nm의 피치를 갖는 요철 패턴을 갖도록 형성된 경우, 얇은 실선은 금속층이 평균 120nm의 피치를 갖는 요철 패턴을 갖도록 형성된 경우, 그리고 점선은 금속층이 평균 235nm의 피치를 갖는 요철 패턴을 갖도록 형성된 경우 각각에 대한 금속층에서의 반사도 분포이다.

[0069]

그래프에서 알 수 있듯이, 요철 패턴인 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서 450nm 부근의 광이 반사막 역할을 하는 금속층에 의해 반사되지 못하는 것(평면 화살표)을 알 수 있다. 이는 금속층을 형성하는 은 및 투명 도전 산화물층을 형성하는 아연산화물 각각의 유전율에 의해 450nm 부근의 광이 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서 표면 플라스몬 공명을 일으키기 때문이다.

[0070]

앞서 도 3에서 설명된 것과 같이, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면의 일정한 주기적 요철 패턴의 피치 또는 높이(도 3의 a 참조)를 조절하게 되면, 450nm 부근의 광이 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서 흡수되지 않고, 반사될 수 있다.

[0071]

또한, 금속층과 투명 도전 산화물층을 구성하는 물질들이 달라지더라도, 즉, 금속층과 투명 도전 산화물층 각각의 유전율이 바뀌더라도, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면의 일정한 주기적 요철 패턴의 피치 또는 높이를 조절함으로써, 특정 파장 영역의 광이 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서 흡수되지 않고 반사될 수 있다.

[0072]

상기한 본 발명의 실시예들에 따른 태양 전지는 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면이 일정한 주기적 요철 패턴의 구조를 가짐으로써, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 광의 흡수가 억제될 수 있다. 이에 따라, 향상된 광 흡수 효율을 갖는 태양 전지가 제공될 수 있다.

[0073]

또한, 본 발명의 실시예들에 따른 태양 전지는 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면이 일정한 주기적 요철 패턴의 구조를 가지고, 그리고 요철 패턴의 모양이 조절됨으로써, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라스몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광이 흡수되는 것이 방지할 수 있다. 이에 따라, 향상된 광 흡수 효율을 갖는 태양 전지가 제공될 수 있다.

[0074] 이에 더하여, 본 발명의 실시예들에 따른 태양 전지는 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면이 일정한 주기적 요철 패턴의 구조를 가지고, 그리고 요철 패턴의 모양이 조절됨으로써, 금속층과 투명 도전 산화물층의 계면에서의 표면 플라즈몬 공명에 의한 특정 파장 영역의 광이 흡수되는 것이 방지할 수 있다. 이에 따라, 다양한 파장 영역들에 대해 향상된 광 흡수 효율을 갖는 태양 전지가 제공될 수 있다.

[0075] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면의 간단한 설명

[0076] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지를 설명하기 위한 입체도;

[0077] 도 2는 도 1의 I-I' 선을 따라 절단한 단면도;

[0078] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지의 투명 도전 산화물층/금속층 구조의 계면에서 발생하는 표면 플라즈몬 공명을 설명하기 위한 개념도;

[0079] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지의 투명 도전 산화물층/금속층 구조의 계면에서의 반사도를 설명하기 위한 그래프.

[0080] *도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명*

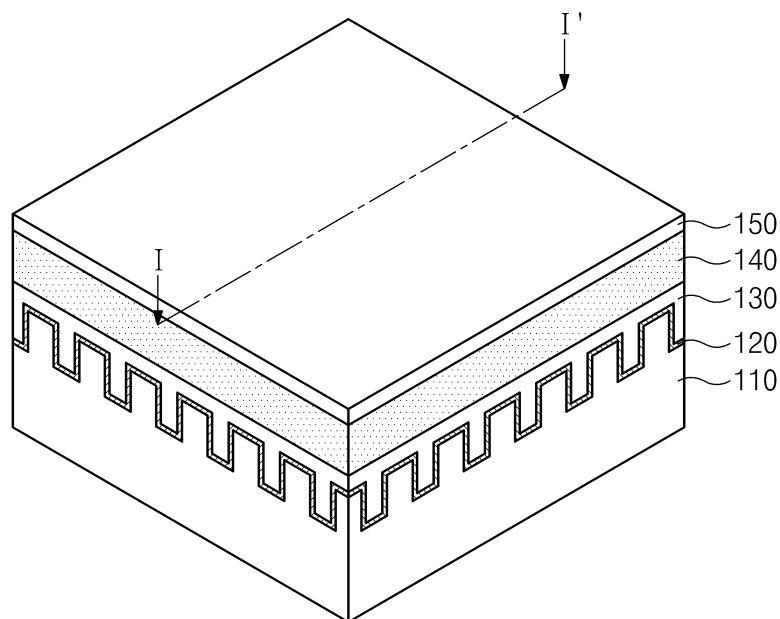
[0081] 110 : 투명 기판 120 : 금속 박막

[0082] 130 : 투명 도전 산화물층 140 : 광 흡수층

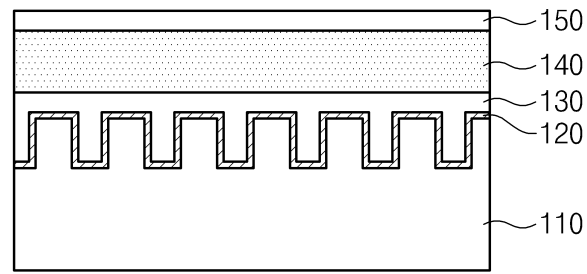
[0083] 150 : 버퍼충

도면

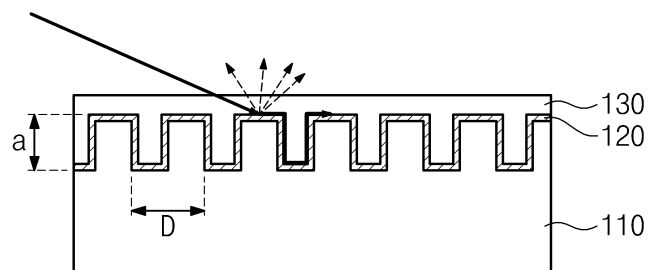
도면1



도면2



도면3



도면4

