



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0062785
(43) 공개일자 2020년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/0216 (2014.01)

H01L 31/0304 (2006.01) H01L 31/0328 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 31/022425 (2013.01)

H01L 31/02167 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0148622

(22) 출원일자 2018년11월27일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)

(72) 발명자

정용준

서울특별시 서초구 양재대로11길 19 LG전자 특허센터

이준희

서울특별시 서초구 양재대로11길 19 LG전자 특허센터

장현우

서울특별시 서초구 양재대로11길 19 LG전자 특허센터

(74) 대리인

특허법인로알

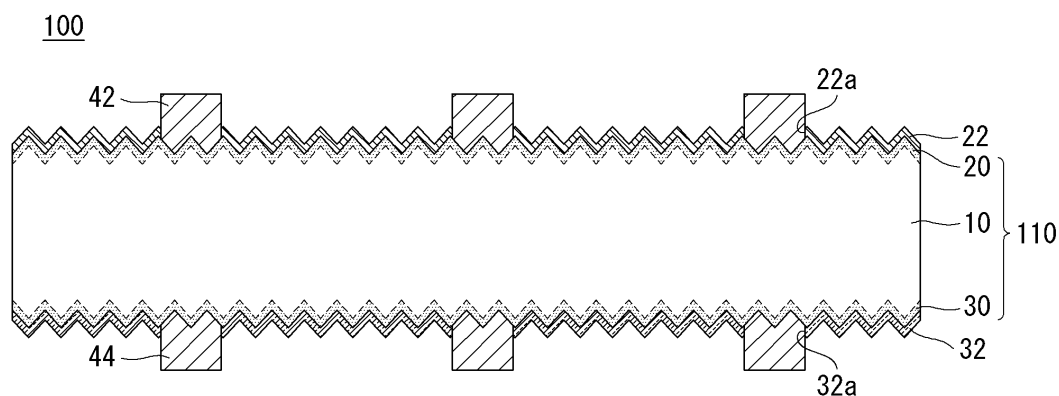
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 태양 전지, 그리고 태양 전지 전극용 페이스트 조성물

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 태양 전지 전극용 페이스트 조성물은, 도전성 분말과, 유기 비히클과, 갈륨을 포함하는 갈륨 화합물을 포함하는 복수의 금속 화합물을 포함하는 무기 조성물을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 31/03046 (2013.01)

H01L 31/0328 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

도전성 분말;

유기 비히클; 및

갈륨을 포함하는 갈륨 화합물을 포함하는 복수의 금속 화합물을 포함하여 형성되는 무기 조성물을 포함하는 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 금속 화합물이 납을 포함하는 납 화합물을 더 포함하는 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여, 상기 갈륨 화합물의 중량부와 상기 납 화합물의 중량부의 합이 55 이상인 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 무기 조성물에서, 상기 납 화합물의 중량부가 상기 갈륨 화합물의 중량부와 같거나 그보다 큰 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 갈륨 화합물의 중량부와 상기 납 화합물의 중량부의 합을 100 중량부라 할 때, 상기 갈륨 화합물의 중량부가 1 내지 50이고 상기 납 화합물의 중량부가 50 내지 99인 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 갈륨 화합물의 중량부와 상기 납 화합물의 중량부의 합을 100 중량부라 할 때, 상기 갈륨 화합물의 중량부가 5 내지 30이고 상기 납 화합물의 중량부가 70 내지 95인 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여 상기 갈륨 화합물의 중량부가 1 내지 50인 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여 상기 납 화합물의 중량부가 30 내지 90인 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 복수의 금속 화합물이 상기 갈륨 화합물 및 상기 납 화합물 이외의 추가 금속 화합물을 더 포함하는 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 추가 금속 화합물 중에서 가장 큰 중량부를 가지는 제1 금속 화합물의 중량부보다 상기 갈륨 화합물의 중량부가 더 큰 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 갈륨 화합물 전체 100 중량부에 대하여, 상기 제1 금속 화합물의 중량부가 5 내지 20인 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 추가 금속 화합물은 실리콘 산화물, 보론 산화물, 알루미늄 산화물, 아연 산화물, 알칼리 금속 산화물, 비스무스 산화물 중 적어도 하나를 포함하는 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 무기 조성물이 유리 프린팅이고,

상기 복수의 금속 화합물이 각기 금속 산화물로 구성되며,

상기 도전성 분말이 은(Ag) 분말인 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 태양 전지 전극용 페이스트 조성물 전체 100 중량부에 대하여, 상기 도전성 분말이 70 내지 90 중량부로 포함되고,

상기 도전성 분말 전체 100 중량부에 대하여 상기 무기 조성물이 0.1 내지 10 중량부만큼 포함되는 태양 전지 전극용 페이스트 조성물.

청구항 15

반도체 기관;

상기 반도체 기관에 또는 상기 반도체 기관 위에 형성되는 도전형 영역; 및

상기 도전형 영역에 연결되는 전극

을 포함하고,

상기 전극이, 도전성 물질과, 갈륨을 포함하는 갈륨 화합물을 포함하는 복수의 금속 화합물을 포함하여 형성되는 무기 조성물을 포함하는 태양 전지.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 복수의 금속 화합물이 납을 포함하는 납 화합물을 더 포함하는 태양 전지.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 무기 조성물에서, 상기 납 화합물의 중량부가 상기 갈륨 화합물의 중량부와 같거나 그보다 큰 태양 전지.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 복수의 금속 화합물이 상기 갈륨 화합물 및 상기 납 화합물 이외의 추가 금속 화합물을 더 포함하는 태양 전지.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 추가 금속 화합물 중에서 가장 큰 중량부를 가지는 제1 금속 화합물의 중량부보다 상기 갈륨 화합물의 중량부가 더 큰 태양 전지.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 무기 조성물이 유리 프린팅이고,

상기 복수의 금속 화합물이 각기 금속 산화물로 구성되며,

상기 도전성 분말이 은(Ag) 분말인 태양 전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양 전지, 그리고 태양 전지의 전극용 페이스트 조성물에 관한 것으로, 좀더 상세하게는, 전극 조성이 개선된 태양 전지, 그리고 태양 전지의 전극용 페이스트 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양 전지는 다양한 층 및 전극을 설계에 따라 형성하는 것에 의하여 제조되며, 다양한 층 및 전극의 물질, 설계 등에 따라 태양 전지의 효율, 안정성, 생산성 등이 달라지게 된다. 여기서, 전극은 도전형 영역에 연결되어 전자 및 정공을 외부로 전달하는 부분으로서, 우수한 전기적 특성을 가져야 하며 단순하고 안정적인 공정으로 제조되어야 한다.

[0003] 전극의 전기적 특성을 우수하게 유지하면서도 전극을 단순하고 안정적인 공정으로 제조하기 위하여, 페이스트 조성물을 도포하고 이를 열처리하여 전극을 형성하는 방법이 사용되고 있다. 특히, 페이스트 조성물을 도전형 영역 위에 형성된 보호막 위에 형성하고 열처리에 의하여 페이스트 조성물이 보호막을 에칭하여 도전형 영역에 연결되는 파이어스루(fire-through) 공정이 사용되고 있다. 이때, 페이스트 조성물에 포함된 무기 조성물이 열처리 시에 보호막을 에칭하는 역할, 전기적 접촉 특성을 향상하는 역할 등을 수행하게 된다. 무기 조성물은 복수의 금속 화합물을 포함하여 형성되는 것인데, 무기 조성물의 구성에 따라 태양 전지의 효율, 특성 등에 큰 영향을 미치게 된다.

[0004] 이에 따라 제조 공정을 단순화하면서도, 전극의 전기적 특성 및 태양 전지의 효율을 저하시키지 않도록 무기 조성물의 구성을 설계하는 것이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은 간단하고 안정적인 제조 공정에 의하여 형성될 수 있으며 균일한 효율을 가지는 태양 전지, 그리고 이를 위한 태양 전지 전극용 페이스트 조성물을 제공하고자 한다.
- [0006] 특히, 본 발명은 도전형 영역과 접착 특성이 우수하여 낮은 저항을 가지는 전극을 구비하며 균일한 효율 특성을 가지는 태양 전지를 제공하고자 한다. 그리고 본 발명은 태양 전지의 전극의 형성에 사용되어 보호막에 안정적으로 개구부를 형성하면서도 낮은 유리 온도를 가지면서도 도전형 영역과 우수한 접착 특성을 가지도록 할 수 있는 태양 전지 전극용 페이스트 조성물을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지 전극용 페이스트 조성물은, 갈륨을 포함하는 갈륨 화합물을 포함하는 복수의 금속 화합물을 포함하여 형성되는 무기 조성물(유리 조성물, 유리 프린트 등)을 포함한다. 그리고 태양 전지 전극용 페이스트 조성물은, 도전성 분말(전도성 분말, 도전성 물질, 전도성 물질 등), 유기 비히클(유기 용매 및 유기 바인더의 혼합물 등) 등을 더 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 복수의 금속 화합물이 납을 포함하는 납 화합물을 더 포함할 수 있다.
- [0009] 이때, 무기 조성물은 납 화합물과 갈륨 화합물이 가장 많은 양(가장 큰 중량부)로 포함되는 주(main) 망목 형성 물질일 수 있다. 예를 들어, 상기 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여, 상기 갈륨 화합물의 중량부와 상기 납 화합물의 중량부의 합이 55 이상일 수 있다.
- [0010] 그리고 상기 무기 조성물에서, 상기 납 화합물의 중량부가 상기 갈륨 화합물의 중량부와 같거나 그보다 클 수 있다. 예를 들어, 상기 갈륨 화합물의 중량부와 상기 납 화합물의 중량부의 합을 100 중량부라 할 때, 상기 갈륨 화합물의 중량부가 1 내지 50이고 상기 납 화합물의 중량부가 50 내지 99일 수 있다. 일 예로, 상기 갈륨 화합물의 중량부와 상기 납 화합물의 중량부의 합을 100 중량부라 할 때, 상기 갈륨 화합물의 중량부가 5 내지 30이고 상기 납 화합물의 중량부가 70 내지 95일 수 있다. 또는, 상기 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여 상기 갈륨 화합물의 중량부가 1 내지 50이고, 상기 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여 상기 납 화합물의 중량부가 30 내지 90일 수 있다.
- [0011] 상기 복수의 금속 화합물이 상기 갈륨 화합물 및 상기 납 화합물 이외의 추가 금속 화합물을 더 포함할 수 있다. 상기 추가 금속 화합물 중에서 가장 큰 중량부를 가지는 제1 금속 화합물의 중량부보다 상기 갈륨 화합물의 중량부가 더 클 수 있다. 일 예로, 상기 갈륨 화합물 전체 100 중량부에 대하여, 상기 제1 금속 화합물의 중량부가 5 내지 20일 수 있다.
- [0012] 상기 추가 금속 화합물은 실리콘 산화물, 보론 산화물, 알루미늄 산화물, 아연 산화물, 알칼리 금속 산화물, 비스무스 산화물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 무기 조성물이 유리 프린트이고, 상기 복수의 금속 화합물이 각기 금속 산화물로 구성되며, 상기 도전성 분말이 은(Ag) 분말일 수 있다.
- [0014] 상기 태양 전지 전극용 페이스트 조성물 전체 100 중량부에 대하여, 상기 도전성 분말이 70 내지 90 중량부로 포함되고, 상기 도전성 분말 전체 100 중량부에 대하여 상기 무기 조성물이 0.1 내지 10 중량부만큼 포함될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지는, 갈륨을 포함하는 갈륨 화합물을 포함하는 복수의 금속 화합물을 포함하여 형성되는 무기 조성물을 포함하는 전극(집전부, 도전체, 컨택부 등)을 포함할 수 있다. 상기 전극은 도전성 물질을 더 포함할 수 있다. 그리고 태양 전지는 상기 전극이 연결되는 광전 변환부를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 광전 변환부는, 반도체 기관(예를 들어, 실리콘 기관)과, 상기 반도체 기관에 또는 상기 반도체 기관 위에 형성되는 도전형 영역(예를 들어, 반도체 영역, 반도체층 등)을 더 포함할 수 있고, 상기 전극이 상기 도전형 영역에 연결될 수 있다.
- [0016] 상기 복수의 금속 화합물이 납을 포함하는 납 화합물을 더 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 무기 조성물에서, 상기 납 화합물의 중량부가 상기 갈륨 화합물의 중량부와 같거나 그보다 클 수 있다.
- [0018] 상기 복수의 금속 화합물이 상기 갈륨 화합물 및 상기 납 화합물 이외의 추가 금속 화합물을 더 포함할 수 있다. 상기 추가 금속 화합물 중에서 가장 큰 중량부를 가지는 제1 금속 화합물의 중량부보다 상기 갈륨 화합물

의 중량부가 더 클 수 있다.

[0019] 상기 무기 조성물이 유리 프리팅이고, 상기 복수의 금속 화합물이 각기 금속 산화물로 구성되며, 상기 도전성 분말이 은(Ag) 분말일 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 실시예에 따른 페이스트 조성물 또는 이에 의하여 형성된 태양 전지의 전극은, 무기 조성물이 갈륨 화합물을 포함하여, 소성 온도를 높이는 정도가 크지 않으며 유리를 안정적으로 형성할 수 있다. 이에 의하여 전극과 도전형 영역의 접착력이 향상되어 전극의 저항을 낮출 수 있다. 이때, 무기 조성물이 납 화합물과 함께 갈륨 화합물을 포함하면, 보호막을 효과적으로 에칭하여 개구부를 안정적으로 형성하면서도 납 화합물의 과소성 반응을 방지하여 안정성을 향상할 수 있으며, 납 화합물에 의한 환경 오염을 줄일 수 있다. 또한, 이와 같은 페이스트 조성물을 이용하여 제조된 전극을 구비하는 태양 전지는 우수한 안정성 및 균일한 효율 특성을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지의 일 예를 도시한 단면도이다.

도 2는 제조에 5에 따라 형성된 전극에 X선 회절 분석을 수행한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 3은 갈륨 산화물이 유릿 프리팅에 포함되는 화합물이 아닌 별도의 첨가제로 포함한 페이스트 조성물을 이용하여 형성된 전극에 X선 회절 분석을 수행한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 4는 제조에 1에 따라 형성된 전극에 에너지 분산형 분석을 수행한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 5는 갈륨 산화물이 유릿 프리팅에 포함되는 화합물이 아닌 별도의 첨가제로 포함한 페이스트 조성물을 이용하여 형성된 전극에 에너지 분산형 분석을 수행한 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명이 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니며 다양한 형태로 변형될 수 있음은 물론이다.

[0023] 도면에서는 본 발명을 명확하고 간략하게 설명하기 위하여 설명과 관계 없는 부분의 도시를 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 극히 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 참조부호를 사용한다. 그리고 도면에서는 설명을 좀더 명확하게 하기 위하여 두께, 넓이 등을 확대 또는 축소하여 도시하였는바, 본 발명의 두께, 넓이 등은 도면에 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0024] 그리고 명세서 전체에서 어떠한 부분이 다른 부분을 "포함"한다고 할 때, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 부분을 배제하는 것이 아니며 다른 부분을 더 포함할 수 있다. 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 다른 부분이 위치하는 경우도 포함한다. 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 위치하지 않는 것을 의미한다.

[0025] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지, 그리고 태양 전지 전극용 페이스트 조성물을 상세하게 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지의 일 예를 도시한 단면도이다.

[0027] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 태양 전지(100)는, 베이스 영역(10)을 포함하는 반도체 기판(110)과, 도전형 영역(20, 30)과, 도전형 영역(20, 30)에 연결되는 전극(42, 44)을 포함한다. 그리고 전극(42, 44)이 관통하여 형성되는 보호막(절연막)(22, 32)를 더 포함할 수 있다.

[0028] 반도체 기판(110)은 결정질 반도체로 구성될 수 있다. 일 예로, 반도체 기판(110)은 단결정 또는 다결정 반도체(일 예로, 단결정 또는 다결정 실리콘)로 구성될 수 있다. 특히, 반도체 기판(110)은 단결정 반도체(예를 들어, 단결정 반도체 웨이퍼, 좀더 구체적으로는, 반도체 실리콘 웨이퍼)로 구성될 수 있다. 이와 같이 반도체 기판(110)이 포함되면, 태양 전지(100)가 결정질 반도체(예를 들어, 단결정 반도체, 일 예로, 단결정 실리콘) 태양 전지를 구성하게 된다. 이와 같이 결정질 반도체 태양 전지는 결정성이 높아 결함이 적은 반도체 기판(110)을 기반으로 하므로 전기적 특성이 우수하다.

[0029] 반도체 기판(110)에 또는 반도체 기판(110) 위에 광전 변환 작용에 의하여 캐리어를 생성하는 도전형 영역(20,

30)이 형성될 수 있다. 도전형 영역(20, 30)은 제1 캐리어(전자 또는 정공)를 생성 또는 추출하기 위한 제1 도전형 영역(20)과 제2 캐리어(정공 또는 전자)를 생성 또는 추출하기 위한 제2 도전형 영역(30)을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 제1, 제2 등의 용어는 서로 간의 구별을 위하여 사용된 것일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0030] 반도체 기관(110)의 전면 및/또는 후면은 텍스처링(texturing)되어 외면에 경사면(전면 기관(110) 또는 후면 기관(120)에 경사진 면)을 가지는 요철을 구비할 수 있다. 이때, 요철은 (111)면을 외면으로 하는 피라미드 형태를 가질 수 있다. 이러한 요철에 의하여 반도체 기관(110)의 전면 등을 통하여 입사되는 광의 반사율을 낮출 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 반도체 기관(110)의 전면 및 후면에 텍스처링에 의한 요철이 형성되지 않는 것도 가능하다.

[0031] 본 실시예에서는 제1 도전형 영역(20)이 제1 도전형 도펀트(p형 또는 n형 도펀트)를 가지는 반도체 물질(일 예로, 실리콘)로 구성되고 제2 도전형 영역(30)이 제2 도전형 도펀트(n형 또는 p형 도펀트)를 가지는 반도체 물질(일 예로, 실리콘)로 구성되는 것을 예시하였으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 일 예로, 제1 도전형 영역(20)이 p형을, 베이스 영역(10) 및 제2 도전형 영역(30)이 n형을 가질 수 있다. 그러면, 전자보다 이동 속도가 느린 정공이 반도체 기관(110)의 후면이 아닌 전면으로 이동하여 변환 효율을 향상할 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 베이스 영역(10) 및 제2 도전형 영역(30)이 p형을 가지고 제1 도전형 영역(20)이 n형을 가지는 것도 가능하다.

[0032] 도전형 영역(20, 30) 위에 보호막(22, 32)이 형성되고, 보호막(22, 32)의 개구부(22a, 32a)를 관통하여 전극(42, 44)이 도전형 영역(20, 30)에 연결(일 예로, 전기적 연결 및 물리적 연결)된다. 보호막(22, 32)은 절연 물질(예를 들어, 실리콘 산화물, 실리콘 질화물, 알루미늄 산화물 등)으로 이루어질 수 있으며, 패시베이션막, 반사 방지막 등을 포함할 수 있다. 전극(42, 44)은 도전성 물질(일 예로, 금속)을 포함하여 도전성(전기 전도성)을 가질 수 있다.

[0033] 좀더 구체적으로, 제1 도전형 영역(20) 위에 제1 보호막(22)이 형성되고, 제1 보호막(22)의 제1 개구부(22a)를 관통하여 제1 전극(42)이 제1 도전형 영역(20)에 연결될 수 있다. 그리고 제2 도전형 영역(30) 위에 제2 보호막(32)이 형성되고, 제2 보호막(32)의 제2 개구부(32a)를 관통하여 제2 전극(44)이 제2 도전형 영역(30)에 연결된다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 양면에서의 구조가 서로 다른 등 다양한 변형이 가능하다.

[0034] 상술한 설명에서는 도 1을 참조하여 태양 전지(100)의 일 예를 설명하였다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 태양 전지(100)의 구조, 방식 등은 다양하게 변형될 수 있다. 일 예로, 태양 전지(100)는 화합물 반도체를 이용하거나, 염료 감응 물질을 이용하는 등의 다양한 구조를 가지는 광전 변환부가 적용될 수 있다.

[0035] 본 실시예에 따른 태양 전지(100)의 전극(42, 44)은 태양 전지 전극용 페이스트 조성물(이하, 페이스트 조성물)을 보호막(22, 32) 위에 도포한 후에 열처리에 의하여 소성하여 형성된 것일 수 있다. 이하에서는 페이스트 조성물을 설명한 후에 이를 도포 및 소성하여 형성된 태양 전지(100)의 전극(42, 44)에 대하여 상세하게 설명한다.

[0036] 본 실시예에 따른 페이스트 조성물은, 도전성 분말과, 유기 비히클과, 무기 조성물을 포함하고, 기타 첨가제 등을 더 포함할 수 있다. 여기서, 유기 비히클은 용매와 바인더를 포함할 수 있다. 도전성 분말은 소성에 의하여 전기적으로 연결되어 전극(42, 44)에 도전성을 부여한다. 용매는 바인더가 균일하게 분포될 수 있도록 하는 매체이며, 바인더는 도전성 분말 및 무기 조성물을 분산시켜 결합하는 역할, 점도를 조절하는 역할, 그리고 페이스트 조성물의 도포 후 소성 전까지 페이스트 조성물과 도전형 영역(20, 30)의 접합성을 부여하는 역할을 할 수 있다. 무기 조성물은 보호막(22, 32)을 에칭하고, 소성 시 도전성 분말들의 소결을 촉진하고 도전형 영역(20, 30)과의 접착을 유도하여 전극(42, 44)과 도전형 영역(22, 32) 사이의 접착력을 향상하고 저항을 낮추는 역할을 한다. 일 예로, 본 실시예에서 무기 조성물은 유리 프리트(glass frit)으로 형성될 수 있는바, 이하에서는 유리 프리트를 일 예로 하여 설명한다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 무기 조성물이 결정질 형태로 구비될 수도 있다.

[0037] 도전성 분말은 금속 분말을 포함할 수 있고, 일 예로, 은(Ag) 분말, 알루미늄(Al) 분말 등을 포함할 수 있다. 특히, 도전성 분말이 은 분말로 구성되면, 전극(42, 44)이 우수한 도전성을 가지며 외부 또는 다른 태양 전지(100)의 전극(42, 44)과 연결되는 리본, 인터커넥터 등과 부착 특성도 우수하다. 이러한 도전성 분말은 구형 또는 비구형(판형, 중형 또는 플레이크형) 등의 다양한 형상을 가질 수 있다. 도전성 분말로는 단일 입자를 사용할 수도 있고, 또는 서로 다른 입경, 물질 등을 가지는 입자를 혼합하여 사용할 수도 있다.

- [0038] 유기 비히클은 용매에 바인더가 용해된 것일 수 있다. 용매로는 테르피네올, 카르비톨 등의 유기 용매를 사용할 수 있다. 바인더로는 유기 바인더를 사용할 수 있으며, 일 예로, 셀룰로오스 계열의 바인더를 사용할 수 있다.
- [0039] 본 실시예에서 무기 조성물은 금속과 비금속의 화합물인 금속 화합물을 복수로 포함하여 형성될 수 있다. 일 예로, 복수의 금속 화합물은 각기 금속과 산소의 화합물인 금속 산화물로 구성될 수 있다. 이 경우에 무기 조성물은 복수의 금속과 산소를 포함하는 불규칙 망목 구조(random network structure)를 가지는 산소 다면체로 구성될 수 있다. 복수의 금속 화합물이 각기 금속 산화물로 구비될 경우에 유리 또는 망목 구조를 쉽게 안정적으로 형성할 수 있다.
- [0040] 본 명세서에서 무기 조성물이 금속 화합물 또는 금속 산화물을 포함하여 형성될 수 있다고 함은, 해당 금속 화합물 또는 금속 산화물을 사용하여 무기 조성물을 제조하여 무기 조성물이 해당 금속을 포함하는 복수의 금속, 그리고 해당 비금속 또는 산소를 포함하는 화합물 구조, 불규칙 망목 구조, 유리 구조 등을 적어도 일부 구비하여 형성된 것을 의미한다. 따라서 금속 화합물 또는 금속 산화물 등이 무기 조성물과 별도의 첨가제 등으로 첨가되어 복수의 금속을 포함하는 화합물 구조, 불규칙 망목 구조, 유리 구조를 형성 또는 구비하지 않는 경우와 구별된다. 한편, 상술한 바와 같이 무기 조성물의 적어도 일부가 결정질 상태는 가지는 것도 가능하다. 예를 들어, 납 산화물과 갈륨 산화물을 포함하는 경우에 일정 온도 및 시간으로 열처리하고 냉각하면, 무기 조성물의 적어도 일부에 결정질 부분이 구비되면서 불규칙 망목 구조를 가지거나 무기 조성물이 결정질 부분으로 구성될 수도 있다.
- [0041] 이때, 무기 조성물은 망목 형성 물질(network former)을 포함하고, 망목 조직 변형 물질(network modifier), 중간 물질(intermediate), 그 외의 물질을 포함할 수 있다. 망목 형성 물질은 망목 구조를 형성하는 물질을 의미할 수 있고, 망목 조직 변형 물질은 망목 구조를 절단하여 소성 온도를 낮추는 물질을 의미할 수 있다. 그리고 중간 물질은 경우에 따라 망목 형성제 또는 망목 조직 변형체의 역할을 하게 되지만 단독적으로는 무기 조성물을 형성하지 못하는 물질을 의미할 수 있다.
- [0042] 좀더 구체적으로, 무기 조성물에 포함되는 복수의 금속 화합물은 갈륨(Ga)을 포함하는 갈륨 화합물을 포함한다. 그리고 복수의 금속 화합물을 납(Pb)을 포함하는 납 화합물을 더 포함할 수 있다. 일 예로, 갈륨 화합물은 갈륨 산화물(GaO_x , 일 예로, Ga_2O_3)일 수 있고, 납 화합물은 납 산화물(PbO_y , 일 예로, PbO)일 수 있다. 본 실시예에서는 갈륨 화합물 및 납 화합물이 무기 조성물에서 가장 많은 양(가장 큰 중량부)로 포함되는 주(main) 망목 형성 물질일 수 있다. 이에 따라 무기 조성물은 $PbO-Ga_2O_3$ 계 물질로 구성될 수 있다. 예를 들어, 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여, 갈륨 화합물의 중량부와 납 화합물의 중량부의 합이 55 이상일 수 있다. 이러한 범위에서 주 망목 형성 물질로서의 역할을 충분하게 수행할 수 있다. 일 예로, 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여, 갈륨 화합물의 중량부와 납 화합물의 중량부의 합이 55 내지 85(예를 들어, 60 내지 85)일 수 있다. 갈륨 화합물의 중량부와 납 화합물의 중량부의 합이 60 이상이면 주 망목 형성 물질로서의 역할을 좀더 효과적으로 수행할 수 있다. 갈륨 화합물의 중량부와 납 화합물의 중량부의 합이 85를 초과하면, 무기 조성물에 포함되는 다른 물질에 의한 효과가 충분하지 않을 수 있다.
- [0043] 납 화합물은 페이스트 조성물의 용점 또는 소성 온도를 높이지 않으면서 소성 시에 보호막(22, 32)을 효과적으로 에칭할 수 있는 물질이다. 그러나 납 화합물 단독으로 유리 또는 망목 구조 형성에 기여하기 어려우며, 많은 양이 포함되면 과소성 반응에 의하여 도전형 영역(20, 30) 또는 반도체 기판(110)을 과도하게 에칭할 수 있어 태양 전지(10)의 효율 특성을 불안정하게 할 수 있다. 또한, 환경 오염 물질로 환경 오염의 문제가 될 수 있다.
- [0044] 이에 본 실시예에서는 납 화합물 대신 갈륨 화합물을 일부 사용하여 납 화합물의 중량부를 줄일 수 있다. 갈륨 화합물은 소성 온도를 크게 증가시키지 않는 물질이며 납 화합물과 함께 사용하여 유리 또는 망목 구조를 안정적으로 형성할 수 있다. 또한 갈륨 화합물은 납 화합물의 과소성 반응을 저감시켜 태양 전지(100)의 안정성 및 효율성을 크게 향상할 수 있다.
- [0045] 본 실시예에서는 무기 조성물에서 납 화합물의 중량부가 갈륨 화합물의 중량부와 같거나 그보다 클 수 있다. 특히, 무기 조성물에서 납 화합물이 중량부가 갈륨 화합물의 중량부보다 클 수 있다. 이에 의하여 납 화합물에 의하여 소성 공정에서 보호막(22, 32)을 효과적으로 에칭하여 개구부(22a, 32a)를 안정적으로 형성할 수 있으며 페이스트 조성물의 용점 또는 소성 온도를 효과적으로 낮출 수 있다.
- [0046] 일 예로, 무기 조성물에서, 갈륨 화합물의 중량부와 납 화합물의 중량부의 합을 100 중량부라 할 때, 갈륨 화합물의 중량부가 1 내지 50이고 납 화합물의 중량부가 50 내지 99일 수 있다. 상술한 갈륨 화합물의 중량부가 1 미만이거나 상술한 납 화합물의 중량부가 99를 초과하면, 갈륨 화합물에 의한 효과가 충분하지 않을 수 있고 납

화합물에 의한 과소성 반응, 환경 오염 등의 문제가 나타날 수 있다. 상술한 갈륨 화합물의 중량부가 50을 초과하거나 납 화합물의 중량부가 50 미만이면, 납 화합물의 양이 충분하지 않아 보호막(22, 32)의 예칭이 충분하게 일어나지 않아 개구부(22a, 32a)가 안정적으로 형성되지 않을 수 있다. 무기 조성물에서, 갈륨 화합물의 중량부와 납 화합물의 중량부의 합을 100 중량부라 할 때, 갈륨 화합물의 중량부가 5 내지 30이고 납 화합물의 중량부가 70 내지 95일 수 있다. 이러한 범위에서 갈륨 화합물 및 납 화합물에 의한 효과를 안정적으로 구현할 수 있다.

[0047] 또는, 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 갈륨 화합물의 중량부가 1 내지 50일 수 있고, 좀더 구체적으로는 5 내지 30일 수 있다. 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 갈륨 화합물의 중량부가 1 미만이면 갈륨 화합물에 의한 효과가 충분하지 않을 수 있고, 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 갈륨 화합물의 중량부가 50을 초과하면 납 화합물 또는 그 외의 다른 물질의 양이 충분하지 않아 보호막(22, 32)의 예칭이 충분하게 일어나지 않거나 다른 특성을 충분하게 향상하기 어려울 수 있다. 특히, 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 갈륨 화합물의 중량부가 5 내지 30일 때 갈륨 화합물, 납 화합물, 그리고 다른 물질에 대한 효과를 최대화할 수 있다. 이때, 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 납 화합물의 중량부가 30 내지 90일 수 있고, 좀더 구체적으로는 50 내지 80일 수 있다. 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 납 화합물의 중량부가 30 미만이면, 납 화합물의 양이 충분하지 않아 보호막(22, 32)의 예칭이 충분하게 일어나지 않아 개구부(22a, 32a)가 안정적으로 형성되지 않을 수 있다. 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 납 화합물의 중량부가 90을 초과하면, 납 화합물에 의한 과소성 반응, 환경 오염 등의 문제가 나타날 수 있다. 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 납 화합물의 중량부가 50 내지 80이면, 갈륨 화합물, 납 화합물 및 다른 물질(추가 화합물)에 의한 효과를 안정적으로 구현할 수 있다.

[0048] 상술한 설명에서는 납 화합물의 중량부가 갈륨 화합물의 중량부와 같거나 큰 것을 예시로 하여 설명하였다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 따라서 무기 조성물에서 납 화합물의 중량부보다 갈륨 화합물의 중량부를 크게 하여 과소성 반응을 효과적으로 방지하여 안정성을 좀더 향상할 수도 있다. 또한, 상술한 설명에서는 일 예로 무기 조성물이 갈륨 화합물을 납 화합물과 함께 포함하는 경우를 예시하였으나, 납 화합물이 포함되지 않는 경우에도 무기 조성물이 갈륨 화합물을 포함할 수 있다. 이 경우에도 갈륨 화합물은 소성 온도를 크게 증가시키지 않으면서 유리 또는 망목 구조를 효과적으로 형성하는 효과를 구현할 수 있다.

[0049] 그리고 무기 조성물을 구성하는 복수의 금속 화합물은 갈륨 화합물 및 납 화합물 이외의 추가 금속 화합물을 더 포함할 수 있다. 복수의 금속 화합물에서 갈륨 화합물 및 납 화합물 이외의 잔부(나머지)가 추가 금속 화합물로 구성될 수 있다. 상술한 바와 같이 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여 갈륨 화합물의 중량부와 납 화합물의 중량부의 합이 55 이상(예를 들어, 55 내지 85, 일 예로, 60 내지 85)이므로, 추가 금속 화합물은 무기 조성물 전체 100 중량부에 대하여 45 이하(예를 들어, 15 내지 45, 일 예로, 15 내지 40) 중량부로 포함될 수 있다.

[0050] 일 예로, 추가 금속 화합물 각각의 중량부보다 갈륨 화합물의 중량부가 클 수 있다. 즉, 추가 금속 화합물이 추가 금속 화합물 중에서 가장 큰 중량부로 포함되는 제1 금속 화합물을 포함할 수 있는데, 제1 금속 화합물의 중량부보다 갈륨 화합물의 중량부가 클 수 있다. 추가 금속 화합물이 하나일 경우에는 하나의 추가 금속 화합물이 제1 금속 화합물이 되고, 추가 금속 화합물이 복수일 경우에는 복수의 추가 금속 화합물 중에 가장 큰 중량부를 가지는 추가 금속 화합물이 제1 금속 화합물이 된다. 일 예로, 갈륨 화합물 전체 100 중량부에 대하여 제1 금속 화합물의 중량부가 5(G) 내지 20일 수 있다.

[0051] 예를 들어, 추가 금속 화합물로는 실리콘 산화물(일 예로, SiO_2), 보론 산화물(일 예로, B_2O_3), 알루미늄 산화물(일 예로, Al_2O_3), 아연 산화물(일 예로, ZnO), 알칼리 금속 산화물, 비스무스 산화물(일 예로, Bi_2O_3) 등을 포함할 수 있다. 알칼리 금속 산화물로는 소듐 산화물(일 예로, Na_2O), 리튬 산화물(일 예로, Li_2O), 칼륨 산화물(일 예로, K_2O) 등을 포함할 수 있다. 그 외에도 인 산화물(일 예로, P_2O_5), 코발트 산화물(일 예로, Co_3O_4), 망간 산화물(MnO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 바나듐 산화물(V_2O_5) 등을 더 포함할 수 있다.

[0052] 실리콘 산화물은 망목 형성 물질의 하나로서, 망목 구조를 효과적으로 형성하는 역할을 하며 내습성, 내산성 및 내식성이 우수하다. 보론 산화물은 망목 형성 물질의 하나로서, 망목 구조를 형성하는 역할을 한다. 보론 산화물은 실리콘 산화물보다 소성 온도를 높이는 정도가 크지 않으므로 망목 형성 물질을 포함하면서도 소성 온도를 크게 높이지 않도록 무기 조성물에 포함될 수 있다. 다만, 수분에 취약하여 내습성, 내산성 및 내식성 등이 우수하지 않으므로 실리콘 산화물과 함께 포함될 수 있다. 알루미늄 산화물은 중간 물질로서 소성 온도를 조절하면서 내습성, 내산성 및 내식성을 향상하는 역할을 한다.

[0053] 일 예로, 추가 금속 화합물이 실리콘 산화물을 포함하고, 보론 산화물 및 알루미늄 산화물 중 적어도 하나를 포

함할 수 있다. 예를 들어, 추가 금속 화합물이 실리콘 산화물 및 보론 산화물을 함께 포함하여 망목 구조를 효과적으로 형성하면서 내습성, 내산성, 내식성을 향상하면서 페이스트 조성물의 소성 온도를 낮출 수 있다. 또는, 추가 금속 화합물이 실리콘 산화물 및 알루미늄 산화물을 함께 포함하여 망목 구조를 효과적으로 형성하면서 내습성, 내산성 및 내식성을 효과적으로 향상할 수 있다. 그러나 이는 일 예로 제시한 것에 불과할 뿐 실리콘 산화물, 보론 산화물 및 알루미늄 산화물을 포함하지 않는 등 다양한 변형이 가능하다.

[0054] 아연 산화물은 중간체 물질로, 납 산화물 유리 형성능에 도움을 주거나, 일정량 이상 첨가 시 다른 물질과 함께 일부 망목 구조 형성 또한 가능하여 낮은 열특성 대비 안정한 유리를 제작하는데 도움을 준다.

[0055] 리튬, 나트륨, 칼륨 등의 알칼리 금속 산화물은 망목 조직에 변형을 주는 수식제 물질의 하나로서, 일반적으로 망목 구조를 절단하여 소성 온도를 낮추는 효과가 있다. 비스무스 산화물은 중간체 물질로, 특정 물질과 함께 존재하여 망목 구조를 형성하거나, 망목 구조 형성능을 향상시키거나, 또는 망목 구조를 변경시키는 역할을 수행할 수 있다. 일반적으로 낮은 열 특성의 유리 조성물 제작을 위해 사용되며 비스무스 산화물이 포함된 무기 조성물(유리 조성물)을 페이스트 조성물에 사용할 경우에 페이스트 조성물의 소성 온도를 낮출 수 있다. 인 산화물은 망목 형성 물질의 하나로서, 망목 구조를 형성하는 역할을 한다. 실리콘 산화물보다 소성 온도를 높이는 정도가 크지 않으므로 망목 형성 물질을 포함하면서도 소성 온도를 크게 높이지 않도록 무기 조성물에 포함될 수 있다.

[0056] 코발트 산화물, 망간 산화물, 또는 티타늄 산화물은 페이스트 조성물에 원하는 색상을 부여하기 위하여 포함될 수 있다. 예를 들어, 코발트 산화물을 포함하는 페이스트 조성물은 청색을 띌 수 있고, 망간 산화물을 포함하는 페이스트 조성물은 회색을 띌 수 있고 티타늄 산화물을 포함하는 페이스트 조성물은 백색을 띌 수 있다. 또한, 코발트 산화물, 망간 산화물, 또는 티타늄 산화물은 고온에서 점성이 크게 저하되는 것을 방지하는 역할도 할 수 있다.

[0057] 바나듐 산화물은 조건에 따라 특정 성분들과 함께 포함되어 망목 구조를 형성할 수 있다. 실리콘 산화물보다 소성 온도가 현저히 낮은 무기 조성물(유리 조성물)을 제작할 수 있으며, 이에 따라 페이스트 조성물의 소성 온도를 낮추는 데 사용될 수 있다. 일 예로, 본 실시예에서는 무기 조성물이 텔루륨 산화물(일 예로, TeO_2)을 포함하지 않을 수 있다. 텔루륨 산화물은 납 산화물과 함께 포함되어 페이스트 조성물의 용점 또는 소성 온도를 낮출 수 있으나, 이를 위하여 높은 중량부(일 예로, 25 중량부 이상)으로 포함되어야 한다. 텔루륨 산화물은 비용이 비싸 높은 중량부로 포함될 경우에 페이스트 조성물의 비용을 크게 증가시킬 수 있으며, 유리 또는 망목 구조 형성에 유리하지 않은 문제가 있다. 본 실시예에서는 갈륨 산화물에 의하여 낮은 용점 또는 소성 온도를 유지하면서 안정적으로 유리 또는 망목 구조를 형성할 수 있으므로, 텔루륨 산화물을 별도로 포함하지 않아도 무방하다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 텔루륨 산화물이 추가 산화물의 하나로 포함될 수도 있다. 그 외의 다양한 변형이 가능하다.

[0058] 이때, 실리콘 산화물이 포함되는 경우에, 무기 조성물 또는 추가 금속 화합물 전체 100 중량부에 대하여 실리콘 산화물이 1 내지 10 중량부로 포함될 수 있다. 그리고 비스무스 산화물이 포함되는 경우에, 무기 조성물 또는 추가 금속 화합물 전체 100 중량부에 대하여 비스무스 산화물이 1 내지 10 중량부로 포함될 수 있다. 아연 산화물이 포함되는 경우에, 무기 조성물 또는 추가 금속 화합물 전체 100 중량부에 대하여 아연 산화물이 1 내지 10 중량부로 포함될 수 있다. 이러한 범위 내에서 상술한 각 물질을 효과를 안정적으로 구현할 수 있다.

[0059] 상술한 무기 조성물은 유리 전이 온도가 400°C 이하(일 예로, 200 내지 400°C)로 낮출 수 있다. 이는 무기 조성물이 갈륨 산화물이 납 산화물과 함께 주 망목 형성 물질로 형성되어 유리 전이 온도를 낮은 수준으로 유지할 수 있기 때문이다. 이에 따라 포함하여 납 산화물의 함량을 낮춰 유리 불안정성을 줄이면서도 유리 전이 온도를 낮출 수 있다. 이에 따라 본 실시예에 따른 페이스트 조성물의 용점이 400 내지 500°C 정도의 낮은 수준을 유지할 수 있고, 페이스트 조성물을 700 내지 800°C 정도로 상대적으로 낮은 소성 온도에서도 소성할 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 무기 조성물의 유리 전이 온도, 페이스트 조성물의 용점, 소성 온도 등이 이와 다른 값을 가질 수 있다.

[0060] 상술한 무기 조성물은 이를 구성하는 복수의 금속 화합물(예를 들어, 납 산화물, 갈륨 산화물, 및 추가 금속 화합물)의 분말을 혼합한 후에 용융한 다음 이를 일정한 형태를 가지는 상태로 냉각한 후에 분쇄하는 것에 의하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 복수의 금속 화합물의 분말을 혼합한 후에 1000 내지 1300°C 의 온도에서 용융한 다음 방울 형태로 떨어뜨린 후에 두 개의 물 사이를 통과하도록 하여 판상 형태의 유리 프리트를 제조한 다음, 이를 분쇄할 수 있다.

- [0061] 이렇게 제조된 유리 프린트는 3 μ m 이하(예를 들어, 0.5 μ m 내지 3 μ m)의 중심 입경(D50)을 가질 수 있고, 일 예로, 0.5 μ m 내지 2 μ m(좀더 구체적으로는 0.5 μ m 내지 2.5 μ m)의 중심 입경을 가질 수 있다. 중심 입경이 0.5 μ m 미만인 유리 프린트는 제조가 어려울 수 있으나, 제조 상의 어려움이 없다면 0.5 μ m 미만의 유리 프린트를 사용할 수도 있다. 유리 프린트의 중심 입경이 3 μ m를 초과하면, 유리 프린트의 최대 입경이 커지게 되어 소성 시 쉽게 유리화되지 않아 유동성이 좋지 않을 수 있고, 상대적으로 최대 입경(Dmax) 분포 또한 커지게 되어 페이스트 조성물의 인쇄 성능에 악영향을 미칠 수 있다. 유리 프린트 및 이를 포함하는 페이스트 조성물이 좀더 우수한 특성을 가질 수 있도록, 유리 프린트의 중심 입경을 3 μ m 이하, 좀더 구체적으로는, 2.5 μ m 이하로 할 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 다양한 변형이 가능하다.
- [0062] 페이스트 조성물은 그 외에 첨가제로 척소제(thixotropic agent), 레벨링(levelling)제, 소포제, 분산제 등을 더 포함할 수도 있다. 척소제로는 우레아계, 아마이드계, 우레탄계 등의 고분자/유기물이 사용되거나 무기계의 실리카 등이 사용될 수 있다. 레벨링제, 소포제, 분산제 등으로는 알려진 다양한 물질이 사용될 수 있다. 첨가제는 유기 비히클에 첨가될 수도 있고, 유기 비히클과 별도로 첨가될 수도 있다.
- [0063] 본 실시예에서 페이스트 조성물 전체 100 중량부에 대하여 도전성 분말이 70 내지 90 중량부로 포함되고, 도전성 분말 전체 100 중량부에 대하여 무기 조성물이 0.1 내지 10 중량부만큼 포함될 수 있다. 페이스트 조성물 전체 100 중량부에 대하여 첨가제가 0 내지 5 중량부로 포함될 수 있고, 유기 비히클이 페이스트 조성물의 나머지(잔부)로 포함될 수 있다.
- [0064] 이와 같이 도전성 분말을 주성분으로 포함하여 이를 포함하는 페이스트 조성물을 이용하여 형성된 전극(42, 44)이 우수한 전기 도전성을 가지도록 할 수 있다. 도전성 분말이 70 중량부 미만으로 포함되면, 전극(42, 44)의 전기 도전성이 충분하지 않을 수 있다. 도전성 분말이 90 중량부를 초과하면, 페이스트 조성물을 구성하는 다른 물질의 함량이 줄어 도전형 영역(20, 30)과의 접착 특성 등이 저하될 수 있다. 일 예로, 도전성 분말은 페이스트 조성물 전체 100 중량부에 대하여 80 내지 90 중량부로 포함되어 전극(42, 44)이 충분한 전기 도전성을 가지도록 할 수 있다. 그리고 도전성 분말 전체 100 중량부에 대하여 무기 조성물이 0.1 내지 10 중량부로 포함되어, 소성 특성 또는 소결 특성을 향상하여 전극(42, 44)의 접착력을 향상하고 저항을 낮출 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 도전성 분말, 무기 조성물, 첨가제의 중량부 등은 다양하게 변형될 수 있다.
- [0065] 이러한 페이스트 조성물은 다음과 같은 방법에 의해 제조될 수 있다.
- [0066] 바인더를 용매에 용해한 후 프리 믹싱(pre-mixing)하여 유기 비히클을 형성한다. 도전성 분말, 무기 조성물 및 첨가제를 유기 비히클에 첨가하여 일정 시간 동안 숙성(aging)시킨다. 숙성된 혼합물을 3롤밀(3 roll mill) 등을 통해 기계적으로 혼합 및 분산시킨다. 혼합물을 여과 및 탈포하여 페이스트 조성물을 제조한다. 그러나 이러한 방법은 일례로 제시한 것에 불과하며 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0067] 상술한 페이스트 조성물을 이용한 태양 전지(100)의 제조 방법은 다음과 같다.
- [0068] 반도체 기판(10)에 도전형 영역(20, 30) 및 보호막(22, 32)을 형성한다. 도전형 영역(20, 30) 및 보호막(22, 32)을 형성하는 방법으로는 다양한 방법이 적용될 수 있다.
- [0069] 본 실시예에 따른 페이스트 조성물을 도전형 영역(20, 30) 및 보호막(22, 32) 위에 다양한 방법(일례로, 스크린 인쇄 등)에 의하여 도포한 후에 소성하여 도전형 영역(20, 30)에 연결되는 전극(42, 44)을 형성한다.
- [0070] 페이스트 조성물의 소성 시에 유기 비히클, 첨가제 등은 소성 시에 가해지는 열에 의하여 휘발되거나 제거되어 전극(42, 44)에는 도전성 분말이 소성되어 형성된 금속(특히, 은)과 무기 조성물이 주로 남게 된다. 페이스트 조성물의 소성 시에 파이어스루(fire-through)에 의하여 페이스트 조성물이 보호막(22, 32)을 관통할 수 있다. 이에 의하여 개구부(22a, 32a)가 형성되지 않은 보호막(22, 32) 위에 페이스트 조성물을 도포한 다음 이를 소성하면, 페이스트 조성물이 보호막(22, 32)을 관통하면서 개구부(22a, 32a)를 형성한다. 이에 의하여 전극(42, 44)이 도전형 영역(20, 30)에 접촉한 상태로 소성된다. 이에 의하여 개구부(22a, 32a)를 형성하기 위한 별도의 패터닝 공정을 구비하지 않아도 되므로 제조 공정을 단순화할 수 있다.
- [0071] 이에 따라 전극(42, 44) 전체 100 중량부에 대하여 금속(특히, 은)이 90(J) 내지 99.5(K) 중량부로 포함되고, 무기 조성물이 0.5(L) 내지 10(M) 중량부로 포함될 수 있다. 그리고 상술한 무기 조성물 전체 100 중량부에 대한 각 물질에 대한 중량부는 전극(42, 44)에서 그대로 유지될 수 있다. 일 예로, 전극(42, 44) 전체 100 중량부에 대하여 갈륨/갈륨 화합물이 0.005 내지 10(예를 들어, 0.5(N) 내지 10, 일 예로, 0.5 내지 5) 중량부로 포함될

수 있다.

- [0072] 참조로, 전극(42, 44) 내에 갈륨 또는 갈륨 화합물이 포함되어 있는지 여부는 X선 회절(X-Ray diffraction, XRD) 분석 등의 방법으로 판단할 수 있다. 그리고 갈륨 화합물이 무기 조성물 내에 포함되는지, 또는 첨가제로 무기 조성물과 별도로 포함되는지 여부는 성분 분석 방법에 의하여 판단할 수 있는데, 일 예로, 에너지 분산형 분석(energy dispersive spectrometer, EDS), X선 형광 분석법(X-ray fluorescence, XRF), 유도 결합 플라즈마 질량 분석기(Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS) 등에 의하여 판단할 수 있다.
- [0073] 이와 같이 본 실시예에서는 페이스트 조성물 또는 이에 의하여 형성된 전극(42, 44)의 무기 조성물이 갈륨 화합물을 포함하여, 소성 온도를 높이는 정도가 크지 않으며 유리를 안정적으로 형성할 수 있다. 이에 의하여 전극(42, 44)과 도전형 영역(20, 30)의 접착력이 향상되어 전극(42, 44)의 저항을 낮출 수 있다. 이때, 무기 조성물이 납 화합물과 함께 갈륨 화합물을 포함하면, 보호막(22, 32)을 효과적으로 에칭하여 개구부(22a, 32a)를 안정적으로 형성하면서도 납 화합물의 과소성 반응을 방지하여 안정성을 향상할 수 있으며, 납 화합물에 의한 환경 오염을 줄일 수 있다. 또한, 이와 같은 페이스트 조성물을 이용하여 제조된 전극(42, 44)을 구비하는 태양 전지(100)는 우수한 안정성 및 균일한 효율 특성을 가질 수 있다.
- [0074] 본 실시예에 따른 페이스트 조성물은 태양 전지(100)의 제1 전극(42) 및 제2 전극(42) 중 적어도 하나에 적용될 수 있다. 특히, p형의 도전형 영역(20, 30)에 연결되는 전극(42, 44)(일 예로, 제1 전극(42))에 적용되어 그 효과가 배가될 수 있다. 이는 무기 조성물이 텔루륨 산화물을 포함하는 경우에 n형의 도전형 영역에 연결되는 전극에 사용되는 경우에는 우수한 특성을 가지지만 p형의 도전형 영역에 연결되는 전극에 사용되는 경우에는 특성이 우수하지 않은 반면, 본 실시예에 따른 페이스트 조성물은 p형의 도전형 영역(20, 30)에 연결되는 경우에도 우수한 특성을 가지기 때문이다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. n형의 도전형 영역(20, 30)에 연결되는 전극(42, 44)에 사용될 수 있다. 그 외의 다양한 변형이 가능하다.
- [0076] 이하, 본 발명의 제조예를 통하여 본 발명을 좀더 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 후술할 제조예는 본 발명을 예시하기 위한 것에 불과하며, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0077] 제조예 1
- [0078] 용매에 바인더를 용해하여 유기 비히클을 준비하였다. 용매로는 부틸 카르비톨을 사용하였으며, 바인더로는 셀룰로오스 계열의 바인더를 사용하였다. 유기 비히클에 도전성 분말 및 무기 조성물을 첨가한 후 혼합하였다. 무기 조성물로는 전체 100 중량부에 대하여 38.8 중량부의 Ga_2O_3 , 57.8 중량부의 PbO , 1.6 중량부의 SiO_2 , 1.8 중량부의 B_2O_3 를 포함하는 유리 프리트를 사용하였다. 이를 12 시간 동안 숙성한 후 3롤 밀을 이용하여 2차로 혼합 및 분산하고, 여과 및 탈포하여 페이스트 조성물을 형성하였다. 이때, 페이스트 조성물은, 86 중량부의 도전성 분말, 11.5 중량부의 유기 비히클, 3.5 중량부의 무기 조성물을 포함하였다.
- [0079] 이러한 페이스트 조성물을 인쇄법에 의하여 도전형 영역을 구비하는 반도체 기판 위에 도포한 후에 소성하여 전극을 형성하였다.
- [0080] 제조예 2
- [0081] 무기 조성물의 조성을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 전극을 형성하였다. 무기 조성물로는 전체 100 중량부에 대하여 28.6 중량부의 Ga_2O_3 , 68.1 중량부의 PbO , 1.53 중량부의 SiO_2 , 1.77 중량부의 B_2O_3 를 포함하는 유리 프리트를 사용하였다.
- [0082] 제조예 3
- [0083] 무기 조성물의 조성을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 전극을 형성하였다. 무기 조성물로는 전체 100 중량부에 대하여 18.7 중량부의 Ga_2O_3 , 78.0 중량부의 PbO , 1.5 중량부의 SiO_2 , 1.7 중량부의 B_2O_3 를 포함하는 유리 프리트를 사용하였다.
- [0084] 제조예 4
- [0085] 무기 조성물의 조성을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 전극을 형성하였다. 무기 조성물로는 전체 100 중량부에 대하여 9.2 중량부의 Ga_2O_3 , 87.6 중량부의 PbO , 1.5 중량부의 SiO_2 , 1.7 중량부의 B_2O_3 를 포함하는 유

리 프릿을 사용하였다.

[0086] 제조예 5

[0087] 무기 조성물의 조성을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 전극을 형성하였다. 무기 조성물로는 전체 100 중량부에 대하여 20.6 중량부의 Ga_2O_3 , 68.1 중량부의 PbO , 5 중량부의 ZnO , 3 중량부의 Al_2O_3 , 1.53 중량부의 SiO_2 , 1.77 중량부의 B_2O_3 를 포함하는 유리 프릿을 사용하였다.

[0088] 비교예 1

[0089] 무기 조성물의 조성을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 전극을 형성하였다. 무기 조성물로는 전체 100 중량부에 대하여 96.87 중량부의 PbO , 1.45 중량부의 SiO_2 , 1.67 중량부의 B_2O_3 를 포함하는 유리 프릿을 사용하였다.

[0091] 제조예 5에 따라 형성된 전극에 X선 회절 분석(XRD)을 수행하여 그 결과를 도 2에 나타내었다. 참조로, 페이스트 조성물이 갈륨 산화물을 유리 프릿에 포함되는 화합물이 아닌 별도의 화합물, 별도의 첨가제 등으로 포함한 경우에 형성된 전극에 X선 회절 분석(XRD)을 수행하여 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0092] 제조예 1에 따라 형성된 전극의 특정 위치에 에너지 분산형 분석(EDS)을 하여 그 결과를 도 4에 나타내었다. 참조로, 페이스트 조성물이 갈륨 산화물을 유리 프릿에 포함되는 화합물이 아닌 별도의 화합물, 별도의 첨가제 등으로 포함한 경우에 형성된 전극의 특정 위치에 에너지 분산형 분석(EDS)을 하여 그 결과를 도 5에 나타내었다.

[0093] 제조예 1 내지 4, 비교예 1에 따른 도전성 페이스트 조성물의 용점 및 태양 전지의 전극의 저항을 측정하여 그 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1에서는 비교예 1에 따른 용점 및 저항을 100%로 한 상대값을 기재하였다.

표 1

	저항(상대값)[%]	효율(상대값)[%]
비교예 1	100	100
제조예 1	110	99.6
제조예 2	93	100.2
제조예 3	76	100.8
제조예 4	84	100.5

[0095] 도 2를 참조하면, 제조예 5에서는 X선 회절 분석에서 Ga_2O_3 피크 이외에도 $Pb_5Ga_{16}Si_2O_{33}$ 피크, $Pb_9Ga_8O_{21}$ 피크, $GaAlO_3$ 피크, $ZnGa_2O_4$ 피크 등이 구비되어 갈륨 산화물이 납 산화물, 실리콘 산화물, 알루미늄 산화물, 아연 산화물 등과 함께 유리 프릿으로 포함되었음을 알 수 있다. 반면, 도 3을 참조하면, 갈륨 산화물이 별도의 첨가제 등으로 포함된 경우에는 Ga_2O_3 피크만이 구비되어 갈륨 산화물이 유리 프릿으로 포함되지 않았음을 알 수 있다. 즉, 태양 전지의 전극에 X선 회절 분석을 하여 Ga_2O_3 피크가 단독으로 구비되는지 여부를 판단하여 전극 또는 무기 조성물에 Ga_2O_3 가 유리 프릿으로 포함되었는지를 확인할 수 있다.

[0096] 도 4를 참조하면, 제조예 1에서는 에너지 분산형 분석에서 갈륨 및 산소의 피크와 함께 납의 피크가 구비되어 갈륨 산화물이 납 산화물 등과 함께 유리 프릿으로 포함되었음을 알 수 있다. 반면, 도 5를 참조하면, 갈륨 산화물이 별도의 첨가제 등으로 포함된 경우에는 갈륨 및 산소의 피크만이 구비되어 갈륨 산화물이 유리 프릿으로 포함되지 않았음을 알 수 있다.

[0097] 표 1을 참조하면, 제조예 1 내지 4에 따른 페이스트 조성물은 비교예 1에 따른 페이스트 조성물과 유사한 수준의 용점을 가지면서 매우 낮은 저항을 가지는 것을 알 수 있다. 이는 무기 조성물에 Ga_2O_3 가 포함되어 용점을 낮은 수준으로 유지하면서 PbO 의 과소성 반응을 억제하면서 안정적으로 유리를 형성하여 저항을 낮춘 것을 예측된다. 이에 따라 제조예 1 내지 4에 따르면 태양 전지의 효율을 크게 향상할 수 있다. 특히, Ga_2O_3 중량부가 1 내지 30(일 예로, 5 내지 30)인 제조예 2 내지 4, 특히 Ga_2O_3 중량부가 1 내지 20(일 예로, 5 내지 20)인 제조예 3 및 4에서 우수한 효과를 나타낼 수 있다.

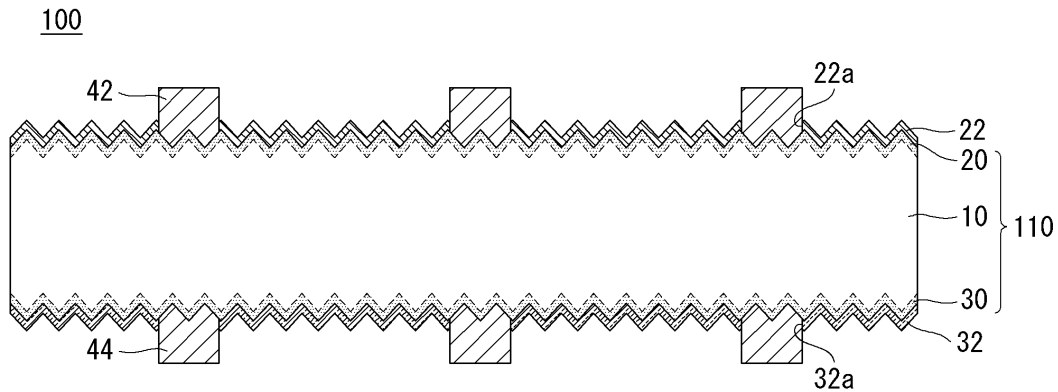
[0098] 상술한 바에 따른 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다. 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

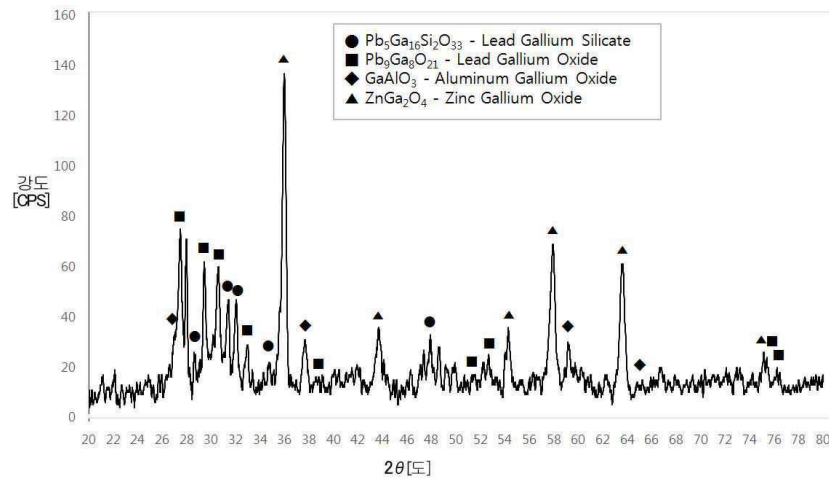
[0099] 100: 태양 전지
110: 반도체 기판
10: 베이스 영역
20: 제1 도전형 영역
30: 제2 도전형 영역
22: 제1 보호막
32: 제2 보호막
22a: 제1 개구부
22b: 제2 개구부
42: 제1 전극
44: 제2 전극

도면

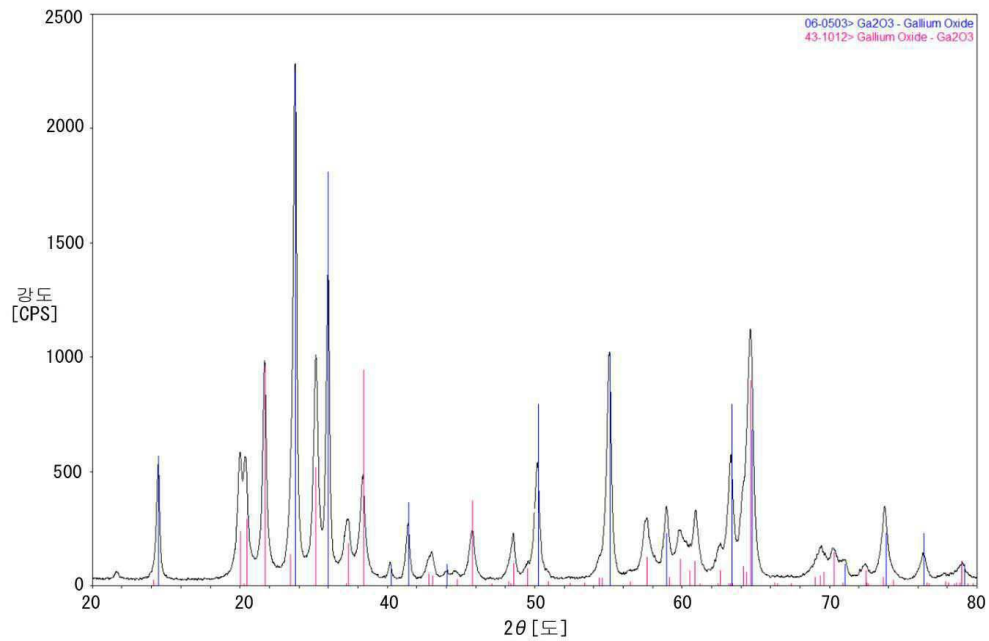
도면1



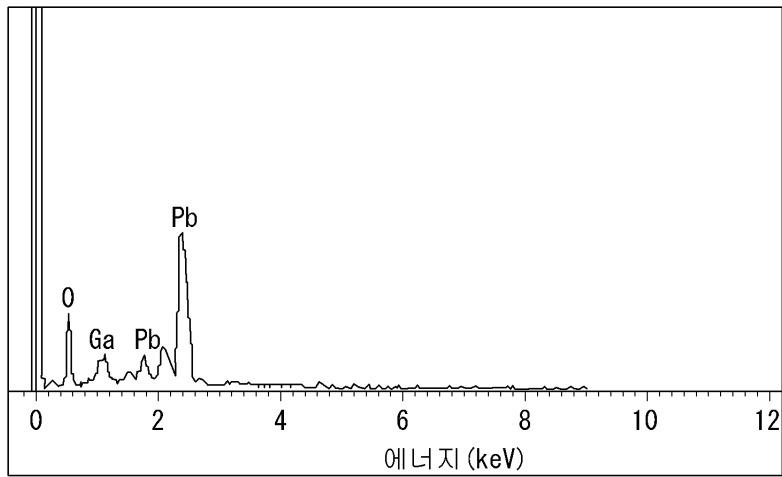
도면2



도면3



도면4



도면5

