(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0053263
(43) 공개일자 2011년05월19일

(51) Int. Cl.
H01B 1/22 (2006.01) *H01L 31/042* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7007759
(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년09월08일
심사청구일자 2011년04월04일
(85) 번역문제출일자 2011년04월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/056156
(87) 국제공개번호 WO 2010/028325
국제공개일자 2010년03월11일
(30) 우선권주장
61/094,458 2008년09월05일 미국(US)

(71) 출원인
이 아이 듀폰 디 네모아 앤드 캄파니
미합중국 델라웨아주 (우편번호 19898) 윌밍톤시 마아켓트 스트리이트 1007
(72) 발명자
브레너, 피터
영국 지엘 11 6에이치와이 글로스터셔 리즈 더즐리 얼스 버텀 하우스 오차드
프린스, 알리스테어, 그레이엄
영국 비에스3 3제이더블유 브리스톨 베드민스터 애쉬그로브 로드 12
영, 리차드, 존, 쉐필드
영국 비에이2 6엔이 소머셋 바쓰 시드니 플레이스 93
(74) 대리인
양영준, 양영환, 김영

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 알루미늄 페이스트 및 규소 태양 전지 제조시의 그 용도

(57) 요 약

구 형상 및 덩어리 형상 미립자 알루미늄과 유기 비히클을 포함하는 알루미늄 페이스트 및 규소 태양 전지의 p형 알루미늄 후방 전극의 제조시의 그 용도가 개시되어 있다.

특허청구의 범위

청구항 1

미립자 알루미늄 및 유기 용매(들)를 함유하는 유기 비히클을 포함하는 알루미늄 페이스트에 있어서, 미립자 알루미늄은 30 내지 90 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 10 내지 70 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 중량%는 구 형상 알루미늄 분말 및 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 하는 알루미늄 페이스트.

청구항 2

제1항에 있어서, 미립자알루미늄은 50 내지 75 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 25 내지 50 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 중량%는 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 하는 알루미늄 페이스트.

청구항 3

제2항에 있어서, 미립자알루미늄은 60 내지 70 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 30 내지 40 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 중량%는 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 하는 알루미늄 페이스트.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 구 형상과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합은 미립자 알루미늄의 90 중량% 초과를 점하는 알루미늄 페이스트.

청구항 5

제4항에 있어서, 구 형상과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합은 미립자 알루미늄의 100 중량%를 점하는 알루미늄 페이스트.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 미립자 알루미늄은 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로 50 내지 80 중량%의 비율로 존재하는 알루미늄 페이스트.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로 0.01 내지 5 중량%의 총 비율의 하나 이상의 유리 프릿을 추가하여 포함하는 알루미늄 페이스트.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 유기 비히클은 유기 중합체(들) 및/또는 유기 첨가제(들)를 추가로 포함하는 알루미늄 페이스트.

청구항 9

(i) 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 알루미늄 페이스트를 p형 영역, n형 영역 및 p-n 접합부를 갖는 규소 웨이퍼의 후면에 도포하는 단계, 및

(ii) 알루미늄 페이스트를 구비한 표면을 소성하여, 웨이퍼가 700 내지 900 ℃의 피크 온도에 도달하게 하는 단계를 포함하는, 규소 태양 전지를 형성하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 알루미늄 페이스트의 도포가 인쇄에 의해 수행되는 방법.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서, 소성 동안에 규소 웨이퍼 상에 전방측 및/또는 후방측 전극을 형성하기 위해 규소 웨이퍼에 도포되어 있는 다른 전방측 및/또는 후방측 금속 페이스트와 함께 동시 소성(cofiring)으로서 소성이

수행되는 것인 방법.

청구항 12

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의해 제조된 규소 태양 전지.

청구항 13

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 알루미늄 페이스트를 사용하여 알루미늄 후방 전극이 제조되는 알루미늄 후방 전극을 포함하는 규소 태양 전지.

청구항 14

제13항에 있어서, 규소 웨이퍼를 추가로 포함하는 규소 태양 전지.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 알루미늄 페이스트, 및 규소 태양 전지 제조시의, 즉 규소 태양 전지의 알루미늄 후방 전극 및 개별 규소 태양 전지 제조시의 그 용도에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] p형 베이스를 갖는 종래의 태양 전지 구조물은 전형적으로 전지의 전면 또는 태양광 면(sun side) 상에 있는 네가티브 전극 및 후면 상에 있는 포지티브 전극을 갖는다. 반도체 몸체의 p-n 접합부로 떨어지는 적합한 파장의 방사선이 그 몸체에서의 정공-전자 쌍을 생성하기 위한 외부 에너지원으로서 작용한다는 것은 잘 알려져 있다. p-n 접합부에 존재하는 전위차로 인해, 정공 및 전자가 접합부를 가로질러 반대 방향으로 이동함으로써, 외부 회로에 전력을 전달할 수 있는 전류의 흐름을 야기한다. 대부분의 태양 전지는 금속화되어 있는, 즉 전기 전도성인 금속 접점을 구비하고 있는 규소 웨이퍼 형태로 되어 있다.

[0003] 규소 태양 전지의 형성 동안에, 알루미늄 페이스트가 일반적으로 규소 웨이퍼의 후방측 상에 스크린 인쇄되고 건조된다. 이 웨이퍼는 이어서 알루미늄-규소 멜트(aluminum-silicon melt)를 형성하기 위해 알루미늄의 용융점보다 높은 온도에서 소성되고, 그 후 냉각 단계 동안에, 알루미늄으로 도핑되어 있는 에피택셜 성장된 규소층이 형성된다. 이 층은 일반적으로 BSF(back surface field) 층이라고 하며, 태양 전지의 에너지 변환 효율을 향상시키는 데 도움이 된다.

[0004] 현재 사용되는 대부분의 전력 발생 태양 전지는 규소 태양 전지이다. 대량 생산에서의 공정 흐름은 일반적으로 최대한 단순화시키고 제조 비용을 최소화하는 것을 목표로 한다. 상세하게는, 전극은 스크린 인쇄와 같은 방법을 사용하여 금속 페이스트로 제조된다.

[0005] 이 제조 방법의 일례가 도 1과 관련하여 이하에 기술되어 있다. 도 1a는 p형 규소 기판(10)을 나타낸 것이다. 도 1b에서, 인(P) 등의 열 확산에 의해 반대 전도성 유형의 n형 확산층(20)이 형성된다. 옥시염화인($POCl_3$)이 기체 인 확산 공급원으로서 일반적으로 사용되며, 다른 액체 공급원은 인산 등이다. 어떤 특정의 수정이 없는 경우, 확산층(20)이 규소 기판(10)의 전 표면 상에 형성된다. p형 도펀트의 농도가 n형 도펀트의 농도와 같은 p-n 접합부가 형성되고, 태양측 가까이에 p-n 접합부를 갖는 종래의 전지는 0.05 내지 0.5 ㎛의 접합부 깊이를 갖는다.

[0006] 이 확산층의 형성 후에, 플루오르화 수소산과 같은 산에 의한 에칭에 의해 나머지 표면들로부터 과도한 표면 유리가 제거된다.

[0007] 다음으로, n형 확산층(20) 상에, 예를 들어 플라즈마 화학 증착(CVD)과 같은 공정에 의해 도 1d에 도시된 방법으로 0.05 내지 0.1 ㎛의 두께로 반사방지 코팅(antireflective coating; ARC)(30)이 형성된다.

[0008] 도 1e에 도시된 바와 같이, 전방 전극에 대한 전방측 은 페이스트(전방 전극-형성 은 페이스트)(500),가 반사방지 코팅(30) 상에 스크린 인쇄된 다음에 건조된다. 게다가, 후방측 은 또는 은/알루미늄 페이스트(70) 및 알루미늄 페이스트(60)가 이어서 기판의 후방측 상에 스크린 인쇄(또는 어떤 다른 도포 방법)되고 나서 건조된다. 보통은, 후방측 은 또는 은/알루미늄 페이스트가 먼저 규소 상에 2개의 평행 스트립(버스바)으로서 또는 직사각

형(탭)으로서 스크린 인쇄되어 상호접속 스트링(사전 솔더링된 구리 리본)을 솔더링할 준비가 되고, 이어서 알루미늄 페이스트가 후방측 은 또는 은/알루미늄과 약간 중복되게 노출된 영역에 인쇄된다. 어떤 경우들에, 알루미늄 페이스트가 인쇄된 후에, 은 또는 은/알루미늄 페이스트가 인쇄된다. 이어서, 전형적으로 1 내지 5분 동안 벨트 소성로(belt furnace) 내에서 소성이 수행되는데, 이때 웨이퍼는 700 내지 900 ℃ 범위의 피크 온도에 도달한다. 전방 전극 및 후방 전극이 순차적으로 소성되거나 동시 소성될 수 있다.그 결과, 도 1f에 도시된 바와 같이, 페이스트로부터 용융된 알루미늄이 소성 공정 동안에 규소를 용해시키고 이어서 냉각 시에 규소 기부(10)로부터 에피택셜 성장하는 공융층(eutectic layer)을 형성하여 높은 농도의 알루미늄 도펀트를 함유하는 p+ 층(40)을 형성한다. 이 층은 일반적으로 BSF(back surface field) 층이라고 하며, 태양 전지의 에너지 변환 효율을 향상시키는 데 도움이 된다. 이 에피택셜 층의 표면에 얇은 알루미늄 층이 일반적으로 존재한다.

[0009] 알루미늄 페이스트가 소성에 의해 건조된 상태(60)로부터 알루미늄 후방 전극(61)으로 변형된다. 후방측 은 또는 은/알루미늄 페이스트(70)가 동시에 소성되어 은 또는 은/알루미늄 후방 전극(71)으로 된다. 소성 동안에, 후방측 알루미늄과 후방측 은 또는 은/알루미늄 사이의 경계가 합금 상태를 띠고, 역시 전기적으로 접속된다. 알루미늄 전극은 후방 전극의 대부분의 영역을 차지하는데, 이는 p+ 층(40)을 형성할 필요성에 일부 기인된다. 은 또는 은/알루미늄 후방 전극은 사전-납땜된 구리 리본 등에 의해 태양 전지들을 상호 접속시키기 위한 전극으로서 (흔히 2 내지 6 ㎜ 폭의 버스바로서) 후면의 일부에 걸쳐 형성된다. 게다가, 전방측 은 페이스트(500)는 소성 동안에 소결되어 반사 방지 코팅(30)을 관통하며, 그로써 n형 층(20)과 전기적으로 접촉할 수 있다. 이러한 유형의 공정은 일반적으로 "파이어링 쓰루(firing through)"라고 한다. 이러한 파이어링 쓰루된 상태가 도 1f의 층(501)에서 명백하다.

[0010] 이러한 상술된 알루미늄 페이스트는 많은 특허 출원, 예를 들어, US-A-2007/0079868에 개시되어 있다. 이 출원에서는 알루미늄 페이스트에 함유된 알루미늄 분말이 원자화된 알루미늄을 포함할 수 있다고 개시되어 있다. 알루미늄은 대기중에서나 불활성 분위기에서 원자화될 수 있다.

[0011] 규소 웨이퍼로부터 제조되고 알루미늄 후방 전극을 갖는 규소 태양 전지는 규소/알루미늄 2금속 스트립이며 이른바 휨 거동(bowing behavior)을 나타낼 수 있다. 휨은 그것이 태양 전지의 균열 및 파손으로 이어질 수 있다는 점에서 바람직하지 않다. 휨은 또한 규소 웨이퍼의 가공에 관하여 문제를 일으킨다. 가공 동안, 규소 웨이퍼는 흡착 패드를 사용하는 자동화 취급 설비를 사용하여 일반적으로 위로 들어 올려지는데, 이는 과도한 휨의 경우에는 신뢰성 있게 작동할 수 없다. 광전지 산업에서의 휨 요건은 전형적으로 태양 전지의 1.5 ㎜ 미만의 처짐(deflection)이다. 휨 현상을 극복하고자 하는 것은, 대형 및/또는 박막 규소 웨이퍼, 예를 들어 두께가 180 ㎛ 미만, 특히 120 내지 180 ㎛ 미만의 범위이고, 면적이 250 초과 내지 400 ㎠의 범위인 규소 웨이퍼로부터 제조되는 규소 태양 전지를 특히 고려할 때 난제(challenge)가 된다.

발명의 내용

[0012] 본 발명은 규소 태양 전지의 p형 알루미늄 후방 전극을 형성하는 데 사용하기 위한 알루미늄 페이스트 (알루미늄 후막 조성물)에 관한 것이다. 본 발명은 추가로 규소 태양 전지의 제조시 알루미늄 페이스트의 형성 및 사용 방법과 규소 태양 전지 그 자체에 관한 것이다.

[0013] 본 발명은 미립자 알루미늄, 유기 비히클(vehicle), 및 선택적으로, 하나 이상의 유리 프릿 조성물을 포함하는 알루미늄 페이스트에 관한 것이고, 미립자 알루미늄은 30 내지 90 중량% (중량 퍼센트)의 구 형상 알루미늄 분말 및 10 내지 70 중량%의 덩어리 형상 (불규칙 형상) 알루미늄 분말을 포함하고, 중량%는 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 한다.

[0014] 본 발명은 추가로 p형 영역 및 n형 영역, 및 p-n 접합부를 갖는 규소 웨이퍼를 이용하는 규소 태양 전지의 형성 방법 및 규소 태양 전지 그 자체에 관한 것으로, 이 방법은 본 발명의 알루미늄 페이스트를 규소 웨이퍼의 후면에 도포하는, 특히 스크린-인쇄하는 단계 및 인쇄된 표면을 소성하여 웨이퍼가 700 내지 900 ℃ 범위의 피크 온도에 도달하게 하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0015] <도 1>

도 1은 규소 태양 전지의 제작을 예시적으로 도시하는 공정 흐름도이다.

도 1에 도시된 도면 부호는 아래에 설명되어 있다.

10: p형 규소 웨이퍼

20: n형 확산층

30: 반사방지 코팅, 예를 들어 SiNx, TiOx, SiOx

40: p+ 층(후면 전계, BSF)

60: 후방측에 형성된 알루미늄 페이스트

61: 알루미늄 후방 전극(후방측 알루미늄 페이스트를 소성하여 얻어짐)

70: 후방측에 형성된 은 또는 은/알루미늄 페이스트

71: 은 또는 은/알루미늄 후방 전극(후방측 은 또는 은/알루미늄 페이스트를 소성하여 얻어짐)

500: 전방측에 형성된 은 페이스트

501: 은 전방 전극(전방측 은 페이스트를 소성하여 얻어짐)

<도 2a 내지 도 2d>

도 2a 내지 도 2d는 본 발명의 전기전도성 알루미늄 페이스트를 사용하여 규소 태양 전지를 제조하는 제조 공정을 설명한다. 도 2에 도시된 도면 부호는 아래에 설명되어 있다.

102 규소 기재 (규소 웨이퍼)

104 수광면측 전극

106 제1 전극의 페이스트 조성물

108 제2 전극의 전기전도성 페이스트

110 제1 전극

112 제2 전극

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말을 상기에서 특정한 특정 중량비로 함유하는 알루미늄 후막 조성물이 이를 가지고 만들어진 규소 태양 전지의 휨 및 전기 성능에 관해서 양호하고 균형이 잘 맞추어진 전반적 특성을 보인다는 것을 이제 알았다. 규소 태양 전지의 알루미늄 후방 전극의 제조시 상기 신규한 알루미늄 후막 조성물을 사용함으로써, 낮은 휨 거동 및 우수한 전기 성능을 나타낼 뿐만 아니라 알루미늄 후방 전극과 규소 웨이퍼 기재 사이의 점착력 손실의 경향이 감소되거나 심지어는 전혀 없는 규소 태양 전지가 생성된다. 알루미늄 후방 전극과 규소 웨이퍼 기재 사이의 우수한 점착력은 규소 태양 전지의 내구성 또는 사용 수명의 연장으로 이어진다. 본 발명의 알루미늄 페이스트를 이용하여 얻은 Al-Si 공융층의 두께 및 후방 전계가 매우 균일하다는 것 또한 장점이다.

[0017] 본 발명의 알루미늄 페이스트는 미립자 알루미늄 및 유기 비히클 (유기 매체)를 포함하고, 미립자 알루미늄은 30 내지 90 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 10 내지 70 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 중량%는 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 한다. 일 실시예에서, 구 형상과 덩어리 형상의 알루미늄 분말을 합한 것은 미립자 알루미늄의 90 중량% 초과를 점한다. 다른 실시예에서, 이것은 미립자 알루미늄의 100 중량%을 점한다.

[0018] 미립자 알루미늄은 알루미늄 또는, 예를 들어, 아연, 주석, 은 및 마그네슘과 같은 하나 이상의 다른 금속을 갖는 알루미늄 합금으로 이루어져 있을 수 있다. 알루미늄 합금의 경우, 알루미늄 함량은 예를 들어, 99.7 내지 100 중량% 미만이다.

[0019] 상술한 바와 같이, 미립자 알루미늄은 30 내지 90 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 10 내지 70 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 이 때 중량%는 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 한다. 일 실시예에서, 이것은 30 내지 90 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 10 내지 70 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 이 때 중량%의 합은 총 100 중량%과 같다.

[0020] 다른 실시예에서, 미립자 알루미늄은 50 내지 75 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 25 내지 50 중량%의 덩어리

형상 알루미늄 분말을 포함하고, 이 때 중량%는 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 한다. 일 실시예에서, 이것은 50 내지 75 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 25 내지 50 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 이 때 중량%의 합은 총 100 중량%과 같다.

[0021] 또 다른 실시예에서, 미립자알루미늄은 60 내지 70 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 30 내지 40 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 이 때 중량%는 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말의 합을 기준으로 한다. 일 실시예에서, 이것은 60 내지 70 중량%의 구 형상 알루미늄 분말 및 30 내지 40 중량%의 덩어리 형상 알루미늄 분말을 포함하고, 이 때 중량%의 합은 총 100 중량%과 같다.

[0022] 용어 "구 형상 알루미늄 분말"이 여기에서 사용된다. 이것은 현미경 아래에서 볼 때 개별의 알루미늄 입자가 공 모양이거나 공모양에 가까운 형상을 가지고, 즉 이들이 완전히 둥글거나 약간 타원형일 수 있다는 것을 의미한다. 구 형상 알루미늄 분말은 예를 들어 5 내지 0 체적-% 미만의 낮은 산소 함량을 갖는 불활성 가스 분위기, 예를 들어 질소나 아르곤 분위기에서 액체 알루미늄의 원자화로 통상 만들어진다. 본 발명의 알루미늄 페이스트에서 이용될 수 있는 상업적으로 이용 가능한 구 형상 알루미늄 분말의 예로는 Poudres-Hermillon의 제품 ULT-0665가 있다.

[0023] 용어 "덩어리 형상 알루미늄 분말"이 여기에서 사용된다. 이것은 현미경 아래에서 볼 때 개별의 알루미늄 입자가 구 형상을 갖지 않는 것을 의미한다. 이들은 불규칙하지만 조밀한 형상을 가지고, 즉 이들은 작은 종횡비를 가지고, 알루미늄 파편이나 알루미늄 작은 조각과 혼동되어서는 안된다. 덩어리 형상 알루미늄 분말은 통상 공기중에서 액체 알루미늄의 원자화로 만들어진다. 본 발명의 알루미늄 페이스트에서 이용될 수 있는 상업적으로 이용가능한 덩어리 형상 알루미늄 분말의 예로는 Alcoa의 제품 1401/S2가 있다.

[0024] 구 형상 알루미늄 분말과 덩어리 형상 알루미늄 분말 둘 다는 예를 들어, 4 내지 12 ㎛의 레이저 분산에 의해 결정된 평균 입자 크기 (평균 입자 직경, d50)를 보인다. 미립자 알루미늄은, 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로, 50 내지 80 중량%의 비율로, 또는 일 실시 형태에서는 70 내지 75 중량%의 비율로 본 발명의 알루미늄 페이스트에 존재할 수 있다.

[0025] 평균 입자 크기와 관련하여 본 설명 및 특허청구범위에서 행해지는 모든 언급들은 알루미늄 페이스트 조성물에 존재하는 관련 물질들의 평균 입자 크기에 관련되어 있다.

[0026] 알루미늄 페이스트에 존재하는 미립자 알루미늄은, 예를 들어, 은 또는 은 합금 분말과 같은 다른 미립자 금속(들)과 함께 있을 수 있다. 이러한 다른 미립자 금속(들)의 비율은, 미립자 알루미늄과 미립자 금속(들)의 총 합을 기준으로 하여, 예를 들어, 0 내지 10 중량%이다.

[0027] 일 실시예에서, 본 발명의 알루미늄 페이스트는 또한 무기물 결합제로서 하나 이상의 유리 프릿을 포함한다. 유리 프릿 조성물은 PbO를 함유할 수 있고, 일 실시예에서, 유리 프릿 조성물은 무연일 수 있다. 유리 프릿 조성물은 소성 시에 재결정 또는 상분리를 겪고 원래의 연화점보다 낮은 연화점을 갖는 상분리된 프릿을 유리시키는 것들을 포함할 수 있다.

[0028] 유리 프릿 조성물의 (원래의) 연화점 (유리 전이 온도, 10 K/min의 가열 속도로 시차 열분석 (DTA)에 의해 측정됨)은 325 내지 600 ℃의 범위일 수 있다.

[0029] 유리 프릿은, 예를 들어, 2 내지 20 ㎛의 레이저 산란에 의해 결정된 평균 입자 크기 (평균 입자 직경)를 나타낸다. 유리-프릿(들)을 포함하는 알루미늄 페이스트의 경우, 유리 프릿(들) 함량은, 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로, 0.01 내지 5 중량%, 또는 일 실시 형태에서는 0.1 내지 2 중량%, 또는 추가의 실시 형태에서는 0.2 내지 1.25 중량%일 수 있다.

[0030] 알루미늄 페이스트에 유용한 유리 프릿들 중 일부는 본 기술 분야에서 통상적이다. 몇몇 예들은 붕규산염 및 알루미노규산염 유리를 포함한다. 일례들은 또한 다음과 같은 산화물들의 조합을 포함한다: 유리 결합제를 형성하는 데 독립적으로 또는 결합되어 사용될 수 있는 B_2O_3, SiO_2, Al_2O_3, CdO, CaO, BaO, ZnO, Na_2O, Li_2O, PbO, 및 ZrO_2.

[0031] 종래의 유리 프릿은 납 붕규산염 프릿, 비스무트, 카드뮴, 바륨, 칼슘, 또는 기타 알칼리 토류 붕규산염 프릿 등의 붕규산염 프릿일 수 있다. 이러한 유리 프릿의 조제는 공지되어 있으며, 예를 들어, 성분들의 산화물 형태로 되어 있는 유리의 성분들을 함께 용융시키고 이러한 용융된 조성물을 물에 부어 프릿을 형성하는 것으로 이루어져 있다. 배치 성분(batch ingredient)은 물론 보통의 프릿 제조 조건 하에서 원하는 산화물을 산출하게 될 어떤 화합물이라도 될 수 있다. 예를 들어, 산화붕소는 붕산으로부터 얻어질 것이고, 이산화규소는 플린트

(flint)로부터 생성될 것이며, 산화바륨은 탄산바륨 등으로부터 생성될 것이다.

[0032] 프릿의 입자 크기를 감소시키고 실질적으로 균일한 크기의 프릿을 얻기 위해, 유리가 볼밀(ball mill)에서 물 또는 낮은 점도, 낮은 끓는점의 불활성 유기 액체로 밀링될 수 있다. 이어서, 유리가 미세 가루(fine)를 분리시키기 위해 물 또는 상기 유기 액체에서 침전될 수 있고, 미세 가루를 포함하는 상청액 액체가 제거될 수 있다. 다른 분류 방법들도 역시 사용될 수 있다.

[0033] 종래의 유리 제조 기법들에 의해, 원하는 성분들을 원하는 비율로 혼합하고 혼합물을 가열하여 멜트를 형성함으로써 유리가 조제된다. 본 기술 분야에 공지된 바와 같이, 멜트가 완전히 액체로 되어 균질해도록 가열이 피크 온도까지 수행될 수 있다.

[0034] 본 발명의 알루미늄 페이스트는 유기 비히클을 포함한다. 아주 다양한 불활성 점성 물질이 유기 비히클로서 사용될 수 있다. 유기 비히클은 미립자 성분 (미립자 알루미늄, 만약 있다면 유리 프릿)이 적절한 정도의 안정성을 갖고서 분산 가능한 것일 수 있다. 유기 비히클의 특성들, 특히 유동학적 특성들은 불용성 고체의 안정적 분산, 도포, 특히 스크린 인쇄에 적절한 점도 및 요변성(thixotropy), 규소 웨이퍼 기판 및 페이스트 고체의 적절한 습윤성, 양호한 건조 속도, 및 양호한 소성 특성들을 비롯한 양호한 도포 특성들을 알루미늄 페이스트 조성물에 제공하도록 되어 있을 수 있다. 본 발명의 알루미늄 페이스트에 사용되는 유기 비히클은 비수성 불활성 액체일 수 있다. 유기 비히클은 유기 용매 또는 유기 용매 혼합물일 수 있으며, 일 실시예에서, 유기 비히클은 유기 중합체(들)이 유기 용매(들)에 들어 있는 용액일 수 있다. 일 실시예에서, 이 목적으로 사용되는 중합체는 에틸 셀룰로오스일 수 있다. 단독으로 또는 결합하여 사용될 수 있는 중합체의 다른 일례들은 에틸하이드록시에틸 셀룰로오스, 나무 로진, 페놀 수지 및 저급 알코올의 폴리(메트)아크릴레이트를 포함한다. 적합한 유기 용매의 일례는 알파- 또는 베타-터핀올 또는 그와 다른 용매들(등유, 다이부틸프탈레이트, 다이에틸렌 글리콜 부틸 에테르, 다이에틸렌 글리콜 부틸 에테르 아세테이트, 헥실렌 글리콜 및 끓는점이 높은 알코올 등)의 혼합물과 같은 터펜 및 에스테르 알코올을 포함한다. 추가적으로, 규소 웨이퍼의 후면에 알루미늄 페이스트의 도포 후 신속한 경화를 촉진시키는 휘발성 유기 용매가 유기 비히클 내에 포함될 수 있다. 원하는 점도 및 휘발성 요건을 달성하기 위해 이들 및 기타 용매의 다양한 조합들이 조제될 수 있다.

[0035] 본 발명의 알루미늄 페이스트 내의 유기 용매 함량은, 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로, 5 내지 25 중량%, 또는 일 실시 형태에서 10 내지 20 중량%의 범위일 수 있다.

[0036] 유기 중합체(들)은 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로 0 내지 20 중량%, 또는 일 실시예에서, 5 내지 10 중량% 범위의 비율로 유기 비히클에 존재할 수 있다.

[0037] 본 발명의 알루미늄 페이스트는 내화성 무기 화합물 및/또는 금속 유기 화합물을 포함할 수 있다. "내화성 무기 화합물"은 소성 동안 거치는 열 조건에 내성이 있는 무기 화합물을 말한다. 예를 들어, 이들은 소성 동안 거치는 온도를 초과하는 용융점을 갖는다. 예시는 무기 산화물, 예를 들어 비결정성 이산화규소를 포함한다. 금속 유기 화합물의 예시는 아연 네오데카노에이트와 같은 주석 및 아연 유기 화합물 및 주석(II)2 에틸헥사노에이트를 포함한다.

[0038] 본 발명의 알루미늄 페이스트는 하나 이상의 유기 첨가제, 예를 들어 계면활성제, 증점제, 리올로지 조절제 또는 안정제를 포함할 수 있다. 유기 첨가제(들)가 유기 비히클의 일부일 수 있다. 그러나, 알루미늄 페이스트를 제조할 때 유기 첨가제(들)를 별도로 첨가하는 것이 또한 가능하다. 유기 첨가제(들)는, 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로, 예를 들어 0 내지 10 중량%의 전체 비율로 본 발명의 알루미늄 페이스트에 존재할 수 있다.

[0039] 본 발명의 알루미늄 페이스트 내의 유기 비히클 함량은 페이스트의 도포 방법 및 사용되는 유기 비히클의 종류에 좌우될 수 있으며, 그것은 변할 수 있다. 일 실시예에서, 함량이 전체 알루미늄 페이스트 조성물을 기준으로 20 내지 45 중량%일 수 있거나, 또는 일 실시예에서, 22 내지 35 중량%의 범위에 있을 수 있다. 20 내지 45 중량%의 숫자는 유기 용매(들), 있을 수 있는 유기 중합체(들) 및 있을 수 있는 유기 첨가제(들)를 포함한다.

[0040] 본 발명의 알루미늄 페이스트는 점성 조성물이며, 이는 미립자 알루미늄 및 선택적인 유리 프릿 조성물(들)을 유기 비히클과 기계적으로 혼합함으로써 제조될 수 있다. 일 실시예에서, 종래의 롤 밀링과 동등한 분산 기법인, 파워 믹싱(power mixing)이라는 제조 방법이 사용될 수 있으며, 롤 밀링 또는 기타 혼합 기법도 사용될 수 있다.

[0041] 본 발명의 알루미늄 페이스트는 그대로 사용될 수 있거나, 또는 예를 들어 추가 유기 용매(들)의 첨가에 의해

희석될 수 있으며; 따라서 알루미늄 페이스트의 다른 성분들 모두의 중량 퍼센트가 감소될 수 있다.

[0042] 본 발명의 알루미늄 페이스트는 규소 태양 전지의 알루미늄 후방 전극의 제조에 또는 규소 태양 전지의 제조에 각각 사용될 수 있다. 이러한 제조는 알루미늄 페이스트를 규소 웨이퍼의 후면에, 즉 특히 후면 은 또는 은/알루미늄 페이스트와 같은 다른 후면 금속 페이스트에 의해 덮여 있거나 또는 덮이지 않게 될 그의 표면 일부에 도포함으로써 수행될 수 있다. 규소 웨이퍼는 단결정질 또는 다결정질 규소를 포함할 수 있다. 일 실시 형태에서, 규소 웨이퍼는 면적이 100 내지 250 ㎠이고, 두께가 180 내지 300 ㎛일 수 있다. 그러나, 본 발명의 알루미늄 페이스트는, 더 크고/크거나 두께가 더 작은 규소 웨이퍼, 예를 들어 두께가 180 ㎛ 미만, 특히 140 내지 180 ㎛ 미만의 범위이고/이거나 면적이 250 초과 내지 400 ㎠의 범위인 규소 웨이퍼의 후면 상에 알루미늄 후방 전극을 생성하는 것에도 성공적으로 사용될 수 있다.

[0043] 알루미늄 페이스트는, 예를 들어 15 내지 60 ㎛의 건조 필름 두께로 도포된다. 통상적으로, 이들은 규소 웨이퍼의 후방측에 단일층으로서 도포된다. 알루미늄 페이스트 도포 방법은 인쇄, 예를 들어, 실리콘 패드 인쇄, 또는, 일 실시예에서, 스크린 인쇄일 수 있다. 본 발명의 알루미늄 페이스트의 도포 점도는, 브룩필드(Brookfield) HBT 점도계 및 #14 스핀들(spindle)을 사용하여 다용도 컵(utility cup)에 의해 10 rpm의 스핀들 속도 및 25 ℃에서 측정될 때, 20 내지 200 Pa·s일 수 있다.

[0044] 규소 웨이퍼의 후면에의 알루미늄 페이스트의 도포 후, 페이스트는 예를 들어 1 내지 100분의 시간 동안 건조될 수 있으며, 이때 웨이퍼는 100 내지 300 ℃ 범위의 피크 온도에 도달하게 된다. 예를 들어, 벨트, 회전식 또는 고정식 건조기, 특히 IR(적외선) 벨트 건조기를 사용하여 건조가 수행될 수 있다.

[0045] 도포 후, 또는 일 실시 형태에서는 도포 및 건조 후, 본 발명의 알루미늄 페이스트는 소성되어 알루미늄 후방 전극을 형성하게 된다. 소성은 예를 들어 1 내지 5분의 시간 동안 수행될 수 있으며, 이때 규소 웨이퍼는 700 내지 900 ℃ 범위의 피크 온도에 도달하게 된다. 예를 들어, 단일 또는 다중-구역 벨트 노(belt furnace), 특히 다중-구역 IR 벨트 노를 사용하여 소성이 수행될 수 있다. 소성은 산소의 존재 시에, 특히 공기의 존재 시에 일어난다. 소성 동안에, 비휘발성 유기 물질 및 있을 수 있는 건조 단계 동안에 증발되지 않는 유기 부분을 포함하는 유기 물질이 제거, 즉 연소 및/또는 탄화, 특히 연소될 수 있다. 소성 동안에 제거되는 유기 물질은 유기 용매(들), 있을 수 있는 유기 중합체(들), 및 있을 수 있는 유기 첨가제(들)를 포함한다. 알루미늄 페이스트가 유리 프릿(들)을 포함하는 실시예에서는, 소성 동안 일어나는 추가의 공정, 즉 유리 피릿(들)의 소결이 있을 수 있다. 규소 웨이퍼에 도포되어 있는 추가적인 금속 페이스트, 즉 소성 공정 동안에 웨이퍼의 표면에 전방측 및/또는 후방측 전극을 형성하기 위해 도포되어 있는 전방측 및/또는 후방측 금속 페이스트와 함께 소위 동시 소성(cofiring)으로서 소성이 수행될 수 있다. 일 실시예는 전방측 은 페이스트와 후방측 은 또는 후방측 은/알루미늄 페이스트를 포함하고 있다.

[0046] 다음으로, 본 발명의 알루미늄 페이스트를 사용하여 규소 태양 전지를 제조하는 비제한적인 예가 도 2를 참고하여 설명된다.

[0047] 먼저, 규소 웨이퍼 기판(102)이 제조된다. 규소 웨이퍼의 수광측 면 (전면측 표면) - 통상적으로 p-n 접합부가 이 표면 가까이에 있음 - 상에, 전면 전극 (예를 들어, 은으로 주로 구성된 전극; 104)이 설치된다 (도 2a). 규소 웨이퍼의 후면 상에, 은 또는 은/알루미늄 전기전도성 페이스트 (예를 들어, 이. 아이. 듀폰 드 느무르 앤드 컴퍼니로부터 상업적으로 이용 가능한, PV202 또는 PV502 또는 PV583 또는 PV581)는 병렬 전기 구성으로 설정된 다른 태양 전지들과의 상호접속을 가능하게 해주기 위해 버스바 또는 탭을 형성하도록 확산된다. 규소 웨이퍼의 후면 상에, 태양 전지를 위한 후면 (또는 p형 접촉) 전극(106)으로서 사용되는 본 발명의 신규한 알루미늄 페이스트가 위에 언급된 은 또는 은/알루미늄 페이스트 등과의 약간의 중첩을 가능하게 하는 패턴을 사용하여 스크린 인쇄에 의해 펴발라지고, 이어서 건조된다 (도 2b). 예를 들어, 웨이퍼가 100 내지 300 ℃의 피크 온도에 도달한 상태에서 1 내지 10분의 기간 동안 IR 벨트 건조기에서 페이스트의 건조가 수행된다. 또한, 알루미늄 페이스트가 15 내지 60 ㎛의 건조된 필름 두께를 가질 수 있고, 은 또는 은/알루미늄 페이스트의 두께가 15 내지 30 ㎛일 수 있다. 또한, 알루미늄 페이스트와 은 또는 은/알루미늄 페이스트의 중복된 부분은 약 0.5 내지 2.5 ㎜일 수 있다.

[0048] 그 다음에, 원하는 규소 태양 전지가 얻어지도록, 예를 들어, 웨이퍼가 700 내지 900 ℃의 피크 온도에 도달한 상태에서 1 내지 5분의 기간 동안 벨트 노에서, 얻어진 기판이 소성된다(도 2d). 전극(110)은 알루미늄 페이스트로부터 형성되는데, 여기서 상기 페이스트는 소성되어 유기 물질이 제거되며, 알루미늄 페이스트가 유리 프릿을 포함하는 경우에는 유리 프릿이 소결된다.

[0049] 도 2d에 나타낸 바와 같이 본 발명의 알루미늄 페이스트를 사용하여 얻어지는 규소 태양 전지는 전극(104)을 규소 기재(102)의 수광면 (표면) 상에 그리고 알루미늄으로 주로 구성된 알루미늄 전극(110) 및 (은 또는 은/알루미늄 페이스트(108)를 소성함으로써 형성되는) 은 또는 은 및 알루미늄으로 주로 구성된 은 또는 은/알루미늄 전극(112)을 후면 상에 갖는다.

[0050] 실시예

[0051] (1) 태양 전지의 제조

[0052] 태양 전지가 다음과 같이 형성되었다:

[0053] (i) 전방 표면 상에 20 ㎛ 두께의 은 전극 (이. 아이. 듀폰 디 네모아 앤드 컴퍼니로부터 상업적으로 이용 가능한 PV145 Ag 조성물)을 갖는 Si 기재 (면적 243 ㎠, p형 (붕소) 벌크 규소의 160 ㎛ 두께의 다결정질 규소 웨이퍼로, n형 확산된 $POCl_3$ 이미터, 산으로 텍스처링된 표면, CVD에 의해 적용된 웨이퍼의 이미터 상의 SiN_x 반사방지 코팅(ARC)을 가짐)의 후면 상에, Ag/Al 페이스트 (PV202, 즉 이. 아이. 듀폰 디 네모아 앤드 컴퍼니로부터 상업적으로 이용가능한 Ag/Al 조성물)가 5 ㎜ 폭의 버스 바로서 인쇄하고 건조되었다. 이어서, 전기적 연속성을 보장하기 위해 양쪽 가장자리에서 1㎜ 만큼 알루미늄 필름과 Ag/Al 버스바의 중복을 제공하도록, 태양 전지의 후방면 전극용의 알루미늄 페이스트가 30 ㎛의 건조된 필름 두께로 스크린 인쇄되었다. 스크린 인쇄된 알루미늄 페이스트는 소성 전에 건조되었다.

[0054] 예시적인 알루미늄 페이스트는 72.5 중량% 알루미늄 분말 (각각의 경우 평균 입자 크기 6㎛), 중합체 수지의 27.5 중량% 유기 비히클, 및 유기 용매를 함유하였다. 대조 페이스트 A에서의 알루미늄 분말은 전적으로 공기 원자화된 (덩어리형) 분말을 함유하였다. (본 발명에 따른) 페이스트 B 내지 E는 10 내지 90 중량%의 구 형상 분말의 점유량으로 공기 및 질소 원자화된 (덩어리 형상 및 구 형상) 분말의 혼합물을 함유하였다. 대조 페이스트 F에서의 알루미늄 분말은 전적으로 질소 원자화된 (구 형상) 분말을 함유하였다.

[0055] (ii) 이어서, 인쇄된 웨이퍼를 구역 온도가 구역 1에서 450 ℃, 구역 2에서 520 ℃, 구역 3에서 570 ℃ 및 마지막 구역에서 950 ℃로 설정되게 정의된 센트로썸 소성로(Centrotherm furnace) 내에서 3000 ㎜/min의 벨트 속도로 소성하였으며, 이로써 웨이퍼는 850 ℃의 피크 온도에 도달하였다. 소성 후에, 금속화된 웨이퍼는 기능적인 광전지 디바이스가 된다.

[0056] 전기 성능 및 휨의 측정을 실시하였다.

[0057] (2) 테스트 절차

[0058] 효율

[0059] 이상에서 기술한 방법에 따라 형성된 태양 전지가 광변환 효율을 측정하기 위해 상용 I-V 테스터(EETS Ltd.에 의해 제공됨)에 위치되었다. I-V 테스터에 있는 램프가 기지의 세기(대략 1000 W/㎡)의 태양광을 시뮬레이트하였고 전지의 이미터를 조명하였다. 소성된 전지 상에 인쇄된 금속 배선들이 이어서 4개의 전기 탐침과 접촉되었다. I-V 응답 곡선을 계산하기 위해, 태양 전지에 의해 발생된 광전류(Voc, 개방 회로 전압; Isc, 단락 회로 전류)가 일정 범위의 저항에 걸쳐 측정되었다. 이어서, 필 팩터(FF) 및 효율(Eff) 값이 I-V 응답 곡선으로부터 도출되었다.

[0060] 휨 측정

[0061] 휨 (전지 뒤틀림(cell warpage))은 편평한 표면 상에서 측정시 실온에서의 소성된 전지 중심의 최대 처짐 높이(deflection height)로 정의된다. 전지를 금속 평상(flat bed) 위에 놓고 ㎛ 단위의 분해능을 갖는 다이알 게이지(dial gauge)를 사용하여 각 전지의 최대 처짐을 측정함으로써, 즉 평상 표면으로부터 웨이퍼 중심의 거리를 측정함으로써, 휨 측정을 수행하였다.

[0062] 표 1에서 언급한 실시예 A 내지 F는 알루미늄 페이스트의 전기적 특성 및 휨 거동을 구 형상 알루미늄 분말 점유의 함수로서 나타내었다. 표 1에서의 데이터는 실시예 B 내지 E에 따른 알루미늄 페이스트를 이용하여 만든 태양 전지는 대조 페이스트 A 및 F의 알루미늄 페이스트를 이용하여 만든 것과 비교하면 전지의 전기적 성능 및 휨 간에 양호한 균형을 보이고 있는 것을 확인해준다.

표 1

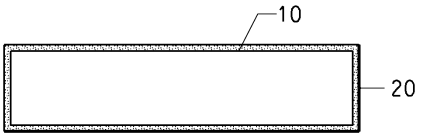
실시예	구 형상 알루미늄 분말의 점유량 (중량%)	Voc (㎷)	Isc (A)	Eff (%)	FF (%)	휨 (㎛)
A	0	591.9	8.83	15.45	71.69	1902
B	30	597.1	8.89	15.88	72.53	2026
C	50	598.0	8.86	15.82	72.86	1703
D	70	600.2	8.98	15.99	72.27	1651
E	90	600.4	8.97	16.14	72.96	1659
F	100	599.9	8.79	15.73	72.63	1707

[0063]

도면

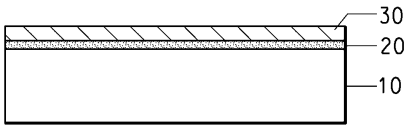
도면1a

도면1b

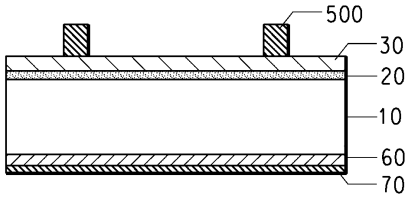


도면1c

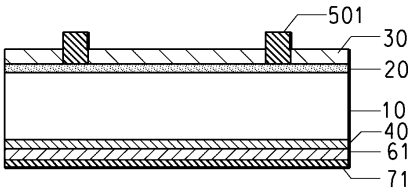
도면1d



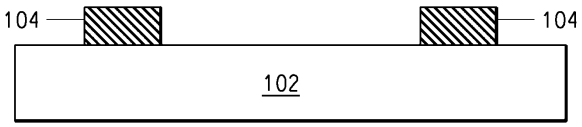
도면1e



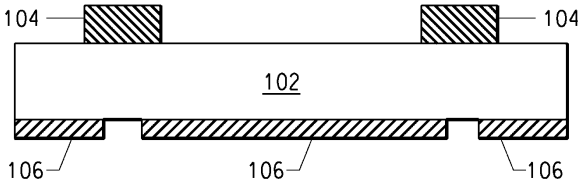
도면1f



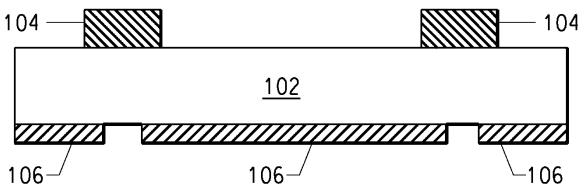
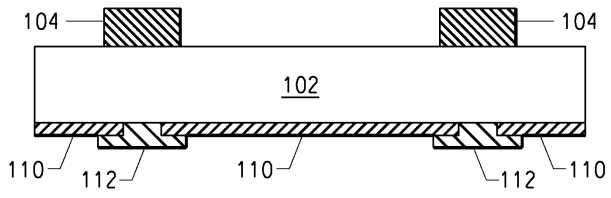
도면2a



도면2b



도면2c



도면2d