

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2010년 5월 27일 (27.05.2010)



(10) 국제공개번호
WO 2010/058950 A2

(51) 국제특허분류:
H01L 31/042 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2009/006783

(22) 국제출원일: 2009년 11월 18일 (18.11.2009)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2008-0114344 2008년 11월 18일 (18.11.2008) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **에스에스씨피 주식회사 (SSCP CO., LTD.)** [KR/KR]; 경기도 안산시 성곡동 629-3, 425-833 Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: **김**

(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **이수진 (LEE, Su Jin)** [KR/KR]; 인천광역시 연수구 옥련동 348-141 벽산빌리지 2-302호, 406-050 Incheon (KR). **강기윤 (KANG, Ghi Yuun)** [KR/KR]; 서울특별시 성북구 길음1동 삼성래미안 1차아파트 105-902호, 136-770 Seoul (KR). **정현민 (JUNG, Hyun Min)** [KR/KR]; 경기도 성남시 분당구 구미동 무지개마을대림아파트 103동 302호, 463-703 Gyeonggi-do (KR). **이대성 (LEE, Dae Sung)**

[KR/KR]; 경기도 군포시 광정동 세종아파트 649-1004호, 435-705 Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: **진천웅 (JIN, Cheon Woong)**; 서울시 강남구 도곡동 423-5 덕영빌딩 4층, 135-855 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

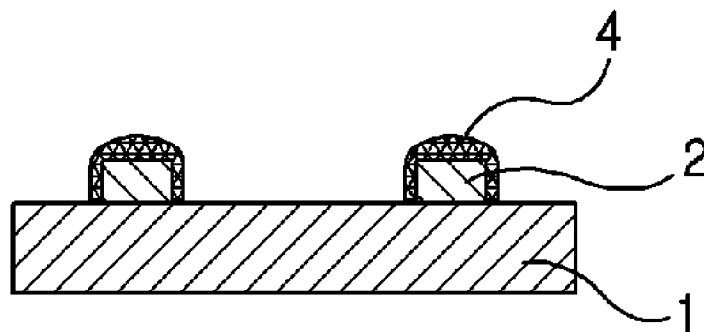
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING ELECTRODE FOR SOLAR CELL, SUBSTRATE FOR SOLAR CELL MANUFACTURED BY THE SAME, AND SOLAR CELL MANUFACTURED BY THE SAME

(54) 발명의 명칭 : 태양 전지용 전극의 제조방법, 이를 이용하여 제조된 태양 전지용 기판 및 태양 전지

[Fig. 3]



(57) Abstract: The present invention provides a method for manufacturing an electrode for a solar cell, a substrate for the solar cell manufactured by the same, and a solar cell manufactured by the same. The present invention forms an electrode of a specific pattern through an offset printing system, and plates the electrode through a plating process to fill the metal-free region of a bus bar electrode with a plating metal and thus reduce the sheet resistance of the bus bar. The present invention obtains a finger electrode with a line width of 100 microns or less through the combination of an offset printing process and a wet metal plating process. Further, the present invention obtains an electrode with an aspect ratio of 0.2 to 0.6 to reduce light shield effects and improve efficiency of the solar cell. The present invention eliminates the necessity of multi-layer offset printing, and thus to reduce use of expensive conductive paste which might otherwise increase in proportion to the number of times printing is performed.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, **공개:**
SN, TD, TG).

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를
별도 공개함 (규칙 48.2(g))

본 발명은 옅색 인쇄 방식으로 특정 패턴의 전극을 형성하고, 도금 공정을 통해 도금하여, 버스바 전극의 금속이 채워지지 않는 영역에 도금 금속으로 채워주어, 버스바의 면저항을 감소시켜주며, 옅색 인쇄 공정과 습식 금속 도금 공정의 조합으로 핑거 전극 선폭을 100 마이크로미터 이내로 구현할 수 있고 또한 전극의 중형비를 0.2 내지 0.6으로 구현하여 빛의 차폐 효과를 줄이고, 태양 전지 셀의 효율을 향상시킬 수 있으며, 다층 옅색 인쇄하지 않아도 되기 때문에 인쇄 횟수만큼 증가하는 고가의 도전성 페이스트 사용량을 저감할 수 있는 태양 전지용 전극의 제조방법, 이를 이용하여 제조된 태양 전지용 기판 및 태양 전지를 제공한다.

명세서

발명의 명칭: 태양 전지용 전극의 제조방법, 이를 이용하여 제조된 태양 전지용 기판 및 태양 전지

기술분야

- [1] 본 발명은 태양 전지용 전극의 제조방법, 이를 이용하여 제조된 태양 전지용 기판 및 태양 전지에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 태양 전지(Solar Cell)는 태양에너지를 전기에너지로 변환시켜주는 반도체 소자로서 p-n 접합 형태를 가지며 그 기본 구조는 다이오드와 동일하다. 태양 전지에 빛이 입사되면 입사된 빛이 태양 전지에 흡수되어 태양 전지의 반도체를 구성하고 있는 물질과의 상호작용이 일어난다. 그 결과, 소수 캐리어(Minority Carrier)인 전자와 정공이 형성되고, 이들은 연결되어 있는 전극 양쪽으로 이동하여 기전력을 얻게 된다.
- [3] 일반적으로 결정질 실리콘 태양 전지(Crystalline Silicon Solar Cell)는 크게 단결정(Single Crystal)과 다결정(Polycrystalline) 형태로 나눌 수 있다. 단결정 형태의 재료는 순도가 높고 결정 결함 밀도가 낮아 높은 효율을 가지나 비교적 고가이고, 다결정 형태의 재료는 단결정에 비해 효율은 조금 떨어지나 상대적으로 저가이므로 보편적으로 사용된다.
- [4] 다결정 실리콘 태양 전지를 제조하는 방법은 일정한 크기(예를 들면, 5" 또는 6")와 두께(예를 들면, 150 내지 250 μm)의 p형 다결정 실리콘 기판에 적절한 에칭(Etching)법으로 기판 표면의 결함을 없애면서 표면에 요철을 부여한 후, 인(P) 또는 POCl_3 를 포함하는 물질을 기상 또는 액상으로 공급하여 열확산(Thermal Diffusion) 방법으로 일정한 두께(0.1 내지 0.5 μm)로 p형 기판의 표면에 도핑(Doping)하여 40 내지 100 $\Omega/\square$ 의 n형 에미터(Emitter)를 만든다. 그 후, 이 과정에서 생성된 인 함유 유리질과 같은 부산물을 없애기 위하여 산 또는 염기를 이용한 습식 식각(Wet Etching) 공정이 포함되며, 빛이 조사되는 전면 부분을 제외한 나머지 부분에 도핑된 P를 제거하기 위하여 플라즈마를 이용한 건식 식각(Dry Etching) 공정이 포함된다. 또는 경우에 따라 레이저를 이용하여 에지면을 커팅하는 공정이 포함되기도 한다. 그 후, 결정질 또는 비결정질 실리콘 질화물, 실리콘 산화물, 티탄 산화물 또는 그 조합을 물리적인 진공 증착법으로 증착되는 물질의 굴절률을 고려하여 적절한 두께(실리콘 질화물의 경우 약 70 내지 90Å)로 증착한다. 그 후, P형 반도체층 전극과 N형 반도체층 전극을 형성한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 상기 전극 형성과 관련하여 본 발명자는 반도체 웨이퍼 표면에 포토레지스트로

전극 패턴을 형성하여, 증착 공정을 통하여 금속 증착층을 형성하는 것을 고려하였다. 그러나, 포토레지스트를 이용한 방법은 증착 공정 후에 하지 전극이 되는 이외의 부분에 금속 증착층이 형성된 부분을 제거해야만 하고, 또한 포토레지스트 층을 제거해야 되는 문제점이 있으며, 하지 금속 전극층이 증착방식을 이용하여 형성되었기 때문에 반도체 웨이퍼와의 밀착이 약하다는 문제점이 있었다.

- [6] 한편, 단결정 실리콘 웨이퍼에 P형 실리콘층에는 n형 도판트(n-dopant)인 인(Phosphorus, P)을 함유하는 무전해 니켈-인 도금을, N형 실리콘층에는 p형 도판트인 붕소(Boron, B)를 함유하는 무전해 니켈-붕소 도금을 성막하여 열처리를 통한 니켈 도금층과 실리콘 웨이퍼층간의 합금층을 형성하여 단결정 실리콘 웨이퍼에서 문제가 되는 접착성을 개선하는 것을 고려하였다.
- [7] 그러나, 실제 도판트를 포함하는 도금액을 이용하여 도금막을 성막하는 경우, 접촉되는 부분 뿐만 아니라 전체적으로 도판트를 포함하는 전극이 되어 실제적으로 선저항 자체가 기존 인쇄법 전극용으로 사용되는 은을 이용한 선저항보다 열화되어 셀 전체의 직렬저항 부분이 오히려 커지는 문제점이 있다. 또한, 도금하기 위한 전극 패턴을 형성하기 위해 도금하기 전, 포토리쓰그래피 공정을 추가로 실시해야 한다는 문제점이 있다.
- [8] 통상 전극 인쇄법으로는 스크린 인쇄법(Screen Printing), 오프셋 인쇄법(Offset Printing), 잉크젯 인쇄법(Inkjet Printing) 등이 있는데, 이제까지는 태양 전지용 전극에는 주로 스크린 인쇄법을 이용하여 비교적 넓은 선폭(100 μ m이상)의 전극을 인쇄하고 있는 방법을 제시하고 있다. 그러나 스크린 인쇄법은 미세 선폭을 얻을 수 없다는 단점이 있다.
- [9] 잉크젯 인쇄법은 현재까지 태양 전지 전극 제조방법에 적용할 수 없는 것으로, 즉 아직까지 산업상 이용가능성이 없는 것으로 알려졌다. 이는 잉크젯 인쇄법을 이용하려면 태양 전지 전극으로서의 특성을 만족시킴과 동시에 잉크젯 인쇄법에 적합한 점도 등의 물성을 만족시키는 도전성 잉크의 개발이 선행되어야 하는데 이러한 태양 전지 전극용 도전성 잉크가 아직 개발되지 못했다.

[10]

- [11] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 생산성이 우수한 오프셋 인쇄 공정을 이용하여 미세선폭으로 전극을 형성할 수 있을 뿐 아니라 오프셋 인쇄 방법의 단점을 획기적으로 보완하여 전기적 특성이 우수한 전극을 제조할 수 있는 태양 전지용 전극의 제조방법, 이를 이용하여 제조된 태양 전지용 기판 및 태양 전지를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [12] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명은,
- [13] 기판 전면에 형성된 다수의 버스바 전극 및 핑거 전극을 포함하여 이루어진

태양 전지용 기판에 있어서, 상기 버스바 전극 및 핑거 전극은 도전성 페이스트를 이용하여 오프셋 인쇄된 후 도금되어 형성된 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기판을 제공한다. 상기 구성에서 태양 전지용 기판의 종래 구성은 실현 가능한 것이면 모두 채용되어 추가될 수 있으며 제한되지 않고 본 발명에 포함된다. 일례로, 상기 버스바 전극과 핑거 전극은 서로 수직으로 교차하여 접하여 형성될 수 있다. 기판의 배면에는 배면전극이 구비될 수 있다. 또한 기판의 종류는 제한되지 않으며 태양 전지용 기판으로서 이용될 수 있는 것이라면 모두 포함된다.

[14]

[15] 또한, 상기 버스바 전극은 미세 공극이 존재하는 메쉬 형상으로 오프셋 인쇄되는 것을 특징으로 하며, 필요에 따라 핑거 전극 역시 버스바 전극처럼 메쉬 형태로 제조될 수도 있다.

[16]

[17] 상기 태양 전지용 기판의 형성시, 상기 오프셋 인쇄는 단 1회 수행되는 것이 바람직하며, 버스바 전극과 핑거 전극을 동시에 인쇄하는 것이 좋다. 상기 오프셋 인쇄 후에 소성한 뒤 상기 도금을 실시하는 것이 더 좋다. 또한, 상기 도금 후에 도금 금속을 열처리하는 것이 좋다.

[18]

[19] 본 발명의 태양 전지용 기판은, 핑거 전극의 종횡비(높이/선폭)가 0.2 내지 0.6 범위내로 제조가 가능하고, 또한, 상기 핑거 전극의 선폭은 $30\mu\text{m}$ 내지 $100\mu\text{m}$ 범위내이며, 높이는 $5\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 범위내인 것이 특징이다.

[20]

[21] 본 발명은 또한, 상기 태양 전지용 기판을 사용하여 제조된 태양 전지로서, 상기 오프셋 인쇄후에 도금을 실시하지 않고 전극을 형성하여 제조된 태양 전지용 기판을 사용한 태양 전지와 대비하여 볼 때, 효율이 2배 이상인 것을 특징으로 하는 태양 전지를 제공한다.

[22]

[23] 본 발명은 또한, 상기 태양 전지용 기판을 사용하여 제조된 태양 전지를 제공한다.

[24]

[25] 본 발명은 또한, 기판 상에 버스바 전극 및 핑거 전극을 제조하는 태양 전지용 전극의 제조방법에 있어서, 기판 상에 도전성 페이스트를 오프셋(Offset) 방법으로 인쇄하는 페이스트 전극 인쇄 단계; 상기 전극 인쇄 단계 후에 습식 도금액에 침지하여 페이스트 전극의 미세 공극 내에 부가적인 금속을 매우는 전극 도금 단계; 및 상기 전극 도금 단계 후에 열처리 하여 오믹 컨택을 형성하는 열처리 단계;를 포함하여 이루어진 태양 전지용 전극의 제조방법을 제공한다.

[26]

[27] 또한, 상기 페이스트 전극 인쇄 단계 후에 전극을 소성하는 단계를 추가하는

것을 특징으로 하는 태양 전지용 전극의 제조방법을 제공한다.

[28]

[29] 또한, 상기 버스바 전극은 미세 공극이 존재하는 메쉬 형상으로 1회 옴셋 인쇄되는 것을 특징으로 하는 태양 전지용 전극의 제조 방법을 제공한다.

[30]

[31] 본 발명은 또한, 상기 태양 전지용 전극의 제조 방법을 이용하여 제조된 태양 전지 전극을 구비한 태양 전지로서, 셀 효율(Eff)이 10% 이상이며, 필팩터(FF)가 50% 이상이고, 직렬 저항(R_{ser})이 0.02Ω 이하인 것을 특징으로 하는 태양 전지를 제공한다.

발명의 효과

[32] 본 발명에 의한 태양 전지용 전극 형성 방법은 간단하고 생산성이 높으며 미세 선폭을 제공할 수 있는 옴셋 인쇄 공정을 통해 전극을 인쇄하고, 바람직하게는 버스바 전극을 메쉬 형태로 인쇄하고, 부가적인 금속층을 습식 금속 도금 방식으로 도금하여, 금속이 채워지지 않는 영역에 도금 금속으로 채워주어, 특히 버스바 전극의 면저항을 감소시켜주며, 옴셋 인쇄 공정과 습식 금속 도금 공정의 조합으로 핑거 전극 선폭을 100 마이크로미터 이내로 구현할 수 있고 또한 전극의 종횡비를 0.2 내지 0.6으로 구현 하여 빛의 차폐율 줄이고, 도금 후 열처리를 통한 도금 금속과 실리콘 웨이퍼 층과의 부가적인 오믹 콘택 형성으로 태양 전지 셀의 효율을 향상시킬 수 있다.

[33] 또한, 상기의 부가적인 습식 금속 도금 공정을 적용함으로써 태양 전지 셀 효율을 증가시키기 위하여 도전성 페이스트를 2회 이상 다층 옴셋 인쇄하지 않아도 되기 때문에 인쇄 횟수 만큼 증가하는 고가의 도전성 페이스트 사용량을 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[34] 도 1 내지 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른, 기판 전면에 형성된 다수의 버스바 전극 및 이에 접속하는 핑거 전극을 포함하여 이루어진 태양 전지용 기판의 개략 사시도 및 단면도를 제조 수순으로 도시한 도,

[35] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른, 옴셋 인쇄에서 미세 공극이 존재하는 메쉬 형상의 버스바 전극형상 및 옴셋 인쇄 개략도,

[36] 도 6은 옴셋 인쇄 후의 버스바 전극(a)과 습식 금속 도금을 한 후의 버스바 전극(b)의 에칭후 SEM 사진,

[37] 도 7은 실시예 1, 실시예 2 및 비교예 1의 방식으로 얻어진 핑거 전극 선폭의 광학 사진($\times 100$)이다.

[38]

[39] ** 도면의 주요 부호에 대한 설명 **

[40] 1: 기판

[41] 2: 버스바 전극

[42] 3: 핑거 전극

[43] 4: 도금층

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[44] 이하에서는 도면 및 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다. 하기의 설명은 본 발명의 구체적 일례에 대한 것이므로, 비록 단정적, 한정적 표현이 있더라도 특허청구범위로부터 정해지는 권리범위를 제한하는 것은 아니다.

[45]

[46] 본 발명자는 태양광의 차폐를 최소화하고 효율을 높이기 위해서 버스바와 접속된 핑거 전극의 선폘를 줄이고 핑거 전극의 종횡비를 높이는 것이 요구되는데, 이를 실현하기 위한 방법으로서, 옅은 인쇄 방식으로 태양 전지 전극 패턴을 형성하는 방법을 연구하였다. 그러나 기존의 일반적인 방법으로 옅은 인쇄를 할 경우, 100 μ m 이내의 미세 선폘를 요구하는 핑거 전극의 경우에는 원하는 미세 선폘를 얻을 수는 있으나, 버스바 전극과 같이 넓은 선폘를 인쇄할 경우는, 섯 공정이 원활하게 이루어지지 않았다. 그래서 섯 공정이 잘 이루어지기 위한 하나의 방법으로서, 버스바 전극을 도 2a에 도시된 바와 같이 미세 공극이 존재하는 메쉬 형태로 버스바 전극을 형성하게 되면 섯 공정이 원활하게 이루어지고, 동시에 원하는 핑거 전극의 미세 선폘도 함께 구현 할 수 있는 것을 발견하였다.

[47] 일반적인 방법으로 옅은 인쇄시 넓은 선폘에서의 섯 공정이 잘 이루어지지 않는 이유 중 하나는 도 5와 같이 닥터 블레이드(Doctor Blade)가 닥터링(Doctoring)을 수평 방향으로 할 때, 버스바(2)에서 블레이드가 튀는 현상이 발생하는 문제점이 있기 때문이다.

[48] 상기 블레이드 튀 문제점을 개선하기 위하여 메쉬 형태로 적용한 경우 인쇄 적성은 향상되었다. 그러나, 인쇄시 도전성 페이스트 층이 메쉬 형상으로 적층되고, 전극 두께가 불균일하여 면 저항과 선 저항 값의 증가되고 소성 후, 실리콘 웨이퍼 층과 도전성 페이스트 층과의 오믹 컨택 면적 범위가 감소하여 태양 전지 셀 효율을 감소시키는 문제점이 발생하였다.

[49] 따라서 상기 옅은 인쇄 방식을 적용하여 태양 전지 전극을 형성하는 경우에는 전극의 종횡비를 높이고, 태양 전지 셀의 효율을 증가시키기 위하여 옅은 인쇄를 적어도 2회 이상의 다층으로 구현해야 하는데, 그로 인해 생산 비용이 급격히 상승하는 문제점이 있다. 또한 2회 이상 인쇄하여도 전면 전극용 금속층 내에 금속 입자간 공극으로 전극의 선 저항이 크게 개선되지 않는 문제점이 잔존한다.

[50]

[51] 이를 종합적으로 해결하기 위해서 본 발명은 옅은 인쇄 공정으로 기판 위에 선폘가 좁은 도전성 전면 전극을 형성하고, 이 기판을 습식 도금액에 침지하여 도금함으로써 전극을 이루는 금속 전극 내 금속 입자간 공극을 도금 금속으로

메꾸어 준다. 그 결과 핑거(Finger) 전극의 선 저항을 감소시킬 뿐만 아니라, 특히 메쉬 형태의 버스바 전극에 있어서 도전성 페이스트가 적층되지 않은 영역을 도금 금속으로 메워주어 버스바 전극의 오믹컨택 부위를 넓히고 추가적인 열처리 공정으로 치밀화시켜 태양 전지 셀의 효율을 증가시킬 수 있게 된다.

[52]

[53] 도 1 내지 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른, 기관 전면에 형성된 다수의 버스바 전극 및 핑거 전극을 포함하여 이루어진 태양 전지용 기관의 개략 사시도 및 단면도를 제조 수준으로 도시한 도이다. 도시된 바와 같이, 도전성 페이스트를 이용하여 기관(1)에 오프셋 인쇄하여 페이스트 전극으로서의 버스바 전극(2)과 핑거 전극(3)을 형성한 후(도 2), 도금을 통해 도금층(4)을 형성한 것을 특징으로 한다(도 3). 상기 페이스트 전극으로서의 버스바 전극(2)과 핑거 전극(3)은 도금 전에 소성과정을 거칠 수도 있으며, 상기 도금층(4)은 도금 후 열처리 될 수 있다.

[54] 상기 기관에 형성된 전극은 다음과 같은 일례의 방법으로 제조될 수 있다. 즉, 기관 상에 버스바 전극 및 핑거 전극을 제조하는 태양 전지용 전극의 제조방법에 있어서, 기관 상에 도전성 페이스트를 사용하여 오프셋(Offset) 방법으로 버스바 전극 및 핑거 전극을 인쇄하는 페이스트 전극 인쇄 단계, 상기 전극 인쇄 단계 후에 습식 도금액에 침지하여 페이스트 전극의 미세 공극 내에 부가적인 금속을 매우는 전극 도금 단계, 및 상기 전극 도금 단계 후에 열처리 하여 오믹 컨택을 형성하는 열처리 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 제조방법에 따라 제조될 수 있다. 상기 페이스트 전극 인쇄 단계와 도금 단계 사이에 페이스트 전극 소성 단계를 더 거칠 수 있다.

[55]

[56] 상기 전극 인쇄에 사용되는 도전성 페이스트는 본 기술분야에서 알려진 재료를 사용할 수 있으며 제한되지 않는다. 주성분이 은, 구리, 니켈, 알루미늄 등으로 이루어지는 페이스트가 많이 사용되는데 주로, 은 분말이 함유되어 있는 은 페이스트가 사용된다. 구체적으로, 은 분말이 60 내지 85 중량%, 유리 분말이 3 내지 20 중량%, 고분자 바인더가 2 내지 10 중량%, 희석 용제가 3 내지 20 중량% 및 첨가제 0.1 내지 5 중량%로 구성되는 은 페이스트가 오프셋 인쇄에 적합하여 바람직하다.

[57]

상기 도전성 페이스트를 인쇄하는 방식으로서는 스크린 인쇄법, 오프셋 인쇄법, 잉크젯 인쇄법 등이 있는데, 잉크젯 인쇄법의 경우에는 인쇄 두께가 5마이크론 미만으로 두께 조절에 제한이 있고, 또한 인쇄에 사용되는 재료의 점성이 50 cPs 이하의 저점도 타입의 재료가 적절하기 때문에, 금속 분말이 60% 이상으로 함유되어 있는 고점도 타입의 도전성 페이스트를 인쇄하기에 적합하지 않다. 스크린 인쇄법의 경우는 주로 많이 사용되나, 형성된 전극의 선폭이 100마이크론 이상으로 비교적 넓어서 태양 전지용 전면 전극으로서 광 조사 시에 전면 전극에 가려지는 비율(차폐율 또는 Shading Loss)이 증가하여

결과적으로 태양 전지 셀 효율이 감소하는 문제점이 생긴다.

[58] 따라서 본 발명은 상기 태양 전지용 전면 전극 제조 방법으로서 상기 스크린 인쇄 및 잉크젯 인쇄와 다른 옅은 인쇄 방식을 적용한 것이 특징이다.

[59]

[60] 또한 더 바람직한 것으로서, 옅은 인쇄 방식에 있어서, 도 4와 같이 옅은 인쇄 적성에 최적화된 메쉬 형태의 버스바 전극 패턴을 적용하여 인쇄시 버스바에서 블레이드가 튀는 현상을 방지하도록 하는 것이 좋다. 본 발명에서 정의하는 메쉬 형태란 미세 공극이 존재하는 패턴이라면 모두 해당되는 것으로서, 그 메쉬의 형상이 사각형, 삼각형, 육각형, 원형, 랜덤 형상이거나 도트 형상일 수 있는 등 다양할 수 있으며 모두 포함된다.

[61] 또한, 바람직하게는 태양 전지용 전극 패턴을 도전성 페이스트를 이용하여 옅은 방법으로 단 1회 인쇄하는 것도 가능하며(1회 인쇄로 본 발명을 제한하는 것은 아니다), 버스바 전극과 핑거 전극을 동시에 인쇄하는 것도 가능하다. 1회 인쇄할 경우, 인쇄 횟수가 적기 때문에 공정이 간단하며, 사용되는 고가의 도전성 페이스트의 양이 적다는 장점이 있다. 다만, 도 6와 같이 메쉬 형태의 버스바 패턴에서 도전성 페이스트가 메꾸어지지 않는 영역으로 인해 버스바 패턴의 면 저항 및 선 저항이 증가되고, 소성 후 실리콘 웨이퍼층과의 오믹 컨택이 완전히 이루어지지 않아 태양 전지 셀 효율이 감소된다는 문제점이 생길 수 있으나 본 발명에서는 이를 해결하여 우수한 성능의 전극을 얻을 수 있는 특별한 수단이 마련되며 이는 후술한다.

[62]

[63] 더욱 바람직하기로는 상기 페이스트 전극 인쇄 단계 후에 전극을 소성하는 단계를 추가하는 것이 좋다. 페이스트의 조성에서 소성을 실시하여 고분자 바인더 및 용제 등 절연성 재료를 제거함으로써 전기적 특성을 향상시킬 수 있게 된다. 소성 조건은 제한되지 않으나 600 내지 900°C 온도에서 수초 내지 수시간 소성하는 것이 좋다.

[64]

[65] 다음, 도금 공정에 의하여 도전성 페이스트 전극에 부가적인 금속 도금층을 형성한다. 도금 공정에 의하여 도전성 페이스트 전극에 부가적인 금속 도금층을 형성하는데, 도 7과 같이 메쉬 형태의 버스바 패턴의 도전성 페이스트가 적층되지 않는 영역을 도금 금속으로 메우고, 또한 금속 분말 입경이 1 마이크로米以上으로 이루어진 도전성 페이스트 전극의 경우 금속 입자들 간에 공극이 다수 존재하기 때문에 이러한 공극을 치밀한 도금 금속으로서 채워주게 되어, 전극의 면 저항과 선저항을 현저히 감소시키는 효과가 있다. 또한, 상기의 부가적인 습식 금속 도금 공정을 적용함으로써 태양 전지 셀 효율을 증가시키기 위하여 도전성 페이스트를 2회 이상 다층 옅은 인쇄하지 않아도 되기 때문에 인쇄 횟수만큼 증가하는 고가의 도전성 페이스트 사용량을 저감할 수 있게 된다.

[66]

- [67] 상기 도금 공정의 종류는 제한되지 않으며 습식 금속 도금이 바람직하다. 습식 금속 도금 공정으로는 크게는 무전해 방식과 전해 방식으로 구분 할 수 있다. 무전해 방식은 주로 부도체인 표면에 전도성을 부여하기 위해 사용되는 방법으로서, 금속염과 가용성 환원제가 공존하는 용액에서 환원제의 산화반응으로 방출되는 전자에 의하여 금속이온을 환원시켜 금속을 도금하는 방법이며, 일반적으로 촉매 표면상에서 금속이온의 선택적 환원반응 또는 도금층 금속자체의 촉매작용에 의해 도금이 일어나는 도금 방식이다. 전해도금은 보편적으로 많이 사용하는 방법으로서 피도금물은 반드시 도체 표면이어야만 하고, 이 도체 표면에 외부전원을 이용하여 음극 표면에 금속을 도금 시키는 방법이다.
- [68] 본 발명의 바람직한 실시예에 의하면, 도금하고자 하는 피도금물이 도전성 페이스트로 이루어진 전극이므로, 무전해 도금 방식 또는 전해 도금 방식 모두 적용이 가능하기 때문에, 도전성 페이스트 상에 부가적인 금속을 도금하는 방법으로서 무전해 도금 방식이거나 전해 도금 방식, 또는 두가지 도금 방식을 모두 사용하는 것을 포함한다.
- [69]
- [70] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 습식 금속 도금 공정에서의 도금 금속은 비저항 값이 낮은 금속이 사용 가능한데, 제한되지 않으나 은, 금, 구리, 니켈, 주석 등으로 이루어진 군에서 적어도 1종 이상 선택되어질 수 있다.
- [71]
- [72] 본 발명은 또한, 바람직한 일실시예로서, 상기 전극 도금 단계 후에 열처리 하여 오믹 컨택을 형성하는 것이 좋다. 열처리 조건은 제한되지 않으나 400 내지 700도의 온도 범위에서 도금 금속을 수초 내지 수시간 열처리하는 것이 좋다.
- [73] 상기 열처리는 도금 금속의 치밀화와 연관된다. 열처리 온도가 400도 미만의 경우 공극내 금속 입자의 치밀화가 덜 되어 여전히 공극이 남게 되며, 700도를 넘게 되는 경우 도전성 페이스트의 p-n 접합부분의 뚫림으로 누설 전류가 많이 발생하여 셀 효율이 저하될 수 있다.
- [74]
- [75] 상기와 같이 전극을 제조할 경우 핑거 전극의 종횡비(높이/선폭)가 0.2 내지 0.6 범위내로 제조가 가능하며, 한편, 상기 핑거 전극의 선폭은 30 μ m 내지 100 μ m 범위내로 미세 선폭을 만들 수 있고, 높이는 5 μ m 내지 20 μ m 범위내로 제조가 가능하다.
- [76]
- [77] 또한, 옅은 인쇄후에 도금을 실시하지 않은 태양 전지용 전극과 대비하여 볼 때, 도금을 수행한 태양 전지용 전극을 사용한 태양전지가 효율면에서 2배 이상으로 급격히 증가한 것을 확인하였으며, 본 발명의 제조 방법으로 제조된 태양 전지용 전극을 사용한 태양전지는 옅은 인쇄의 방법을 적용하였음에도 셀 효율(Eff)이 10% 이상이며, 필팩터(FF)가 50% 이상이고, 직렬 저항(Rser)이 0.02 Ω 이하로

매우 우수한 전기적 특성을 제공하는 구성적 특징이 있다.

[78]

[79] <실시예>

[80] 이하 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[81]

[82] 실시예 1

[83] 먼저 옵셋용 페이스트 조성물(은분말 68%, 유리프리트 17%, 바인더 10%, 희석용제 3%, 분산제 및 기타 2%)을 이용하여 그라비아 옵셋 인쇄하였다. 초기 그라비아 롤의 블레이드 압력, 각도로 닥터링 상태를 체크하고, 블랑켓 롤의 오프nip(Off nip)과 셋nip(Setnip) 조절을 통해 오프 압과 셋 압을 최적 상태로 조절하였다. 상기 그라비아 롤과 블레이드 사이에 페이스트 20g을 넣은 후 약 7rpm으로 닥터링을 하였다. 3회 이상 닥터링을 한 후 블랑켓 롤에 있는 러버에 페이스트를 7rpm으로 오프시킨 후 블랑켓 롤을 1회전을 시켰다. 블랑켓 롤이 1회전 하는 동안 러버에서 충분히 흡수된 페이스트는 7rpm 속도로 셋을 하였다. 이와 같은 방식으로 인쇄판에 진공으로 고정된 5' 웨이퍼에 도전성 페이스트를 1회 인쇄 하였다. 인쇄한 기판을 건조한 후 적외선 로에서 190rpm의 속도로 약 800°C에서 20초 동안 소성시켰다. 그 후, 배면 전극인 알루미늄 전극층에 전해도금 하기 위한 전류 통전 부분을 연결하고, 통전 부분을 제외한 배면 전극 전체를 도금액의 침투를 방지하기 위해 마스킹하여 습식 금속 도금을 실시하였다. 습식 금속 도금 공정으로서 전해 은 도금을 실시하였는데, 은 금속염으로서 시안화 은 칼륨 25g/l, 금속 착염을 위한 시안화칼륨 75g/l, 전해도금 시의 전기전도도 및 전착 균일성을 위한 탄산 칼륨 30g/l, 도금막의 치밀도 및 광택을 위한 첨가제 Argalux64 (Atotec Korea 製) 4g/l로 이루어진 전해 은 도금 욕에 침지하고, 양극으로서 은 플레이트를 사용하여 전류를 인가하여 욕 온도 25도, 전류밀도 1.0A/dm², 도금시간 10분의 조건에서 은 도금층을 성막하였다. 그리고 상기 도금한 웨이퍼를 550도씨에서 10분간 열처리하여 태양 전지용 전극을 형성하였다. 그 후, I-V 테스트기(PASAN製, CT801)에 넣고 셀 효율, 필팩터, Voc, Isc, 직렬 저항 및 셉트 저항을 측정하여 표 1에 나타내었다.

[84]

[85] 태양 전지 셀을 평가하기 위하여 I-V 테스트기로 측정하는데, 주요 측정 인자는 개방전압(Voc), 단락전류(Isc), 필팩터(FF), 셀 효율(%), 직렬저항(Rser), 병렬저항(Rsh)이다. 여기서 Voc는 일정한 온도와 일조 강도에서 부하가 연결되지 않은 개방 상태에서 셀 양단에 걸리는 전압을 가리키며, Isc는 일정 온도와 일조 강도에서 단락 상태로 셀에서 출력되는 전류를 가리킨다. FF는 셀 효율과 연관되는데 먼저 셀 효율은 태양으로부터 입사된 태양에너지[Watt]를 기준으로 셀이 얼마만큼의 에너지[Watt]를 만들 수 있는지 척도가 되는 인자이다. 필팩터가 100%인 경우는 I-V 커브에서 완전 사각형 형태를 나타내며,

I_{sc} 와 V_{oc} 의 값만 곱해서 이상적인 전력(P_{max})를 얻게 되나, 실제 상기 셀 내부의 직렬저항과 병렬저항에 의해 필팩터가 떨어지게 되어 충분한 P_{max} 를 내기 어려워진다. 필팩터를 떨어뜨리는 요소 중 특히 상기 직렬저항 부분이 중요한데, 보통 직렬저항은 I_{sc} 에 큰 영향을 끼친다. 직렬저항은 기판 저항, 실리콘과 전면 전극의 콘택 저항, 에미터 저항, 전극 금속 자체의 저항의 합으로 구성된다. 일반적으로 셀 효율은 직렬 저항값이 낮고, 필팩터가 높은 경우 높은 값을 나타낸다.

[86]

[87] 실시예 2

[88] 상기 실시예 1에서 습식 금속 도금 공정으로서 전해 동 도금과 무전해 은 도금을 실시한 것 외에 실시예 1과 동일하게 진행하였다. 이때 전해동 도금은 금속염으로서 황산구리 220g/l, 황산 60ml/l 으로 이루어진 전해동 도금 욕에 침지하고, 양극으로서 동 플레이트를 사용하여 전류를 인가하여 욕 온도 25도, 전류밀도 0.5A/dm², 도금시간 10분의 조건에서 전해 동 도금층을 성막하였다. 그리고, 상기 실시예 1에서 사용한 은 도금욕에 침지하여 전류를 인가하지 않고 동 도금층과 은 도금욕의 금속 이온화 경향 차이에 따른 치환도금 방식의 원리를 이용하여 5분 침지하여 최종적으로 무전해은 도금층을 성막시켰다.

[89]

[90] 비교예 1

[91] 상기 실시예 1과 같이 동일한 방식으로 도전성 페이스트를 1회 옴셋 인쇄하고 소성한 후에, 습식 금속 도금 공정을 행하지 않고 I-V 테스트기(PASAN製, CT801)에 넣고 셀 효율, 필팩터, V_{oc} , I_{sc} , 직렬 저항 및 셉트 저항을 측정하였다.

[92]

[93] 표 1

	실시예 1	실시예 2	비교예 1
도금 금속 종류	Ag	Cu-Ag	無
도금 금속 두께[μm]	5.51	7.25	無
총 핑거 전극 선폭[μm]	52.17	56.91	31.84
총 핑거 전극 높이[μm]	10.35	11.83	4.50
핑거 전극 종횡비(높이/선폭)	0.20	0.21	0.14
셀 효율[%]	14.7	15.42	6.21
필 팩터[%]	67.22	70.45	35.87
Isc[A]	5.456	5.463	4.357
Voc[V]	0.621	0.621	0.615
Rser[Ω]	0.0150	0.0115	0.0594
Rsht[Ω]	7.3	10.6	0.3

[94]

[95] 상기, 표 1에 나타난 바와 같이 반도체 웨이퍼 위에 도전성 페이스트를 옅젯 방법으로 1회 인쇄하고 소성하여 도전성 페이스트 전극을 형성한 후, 습식 금속 도금을 실시하지 않은 비교예 1과 습식 금속 도금을 실시한 실시예 1 및 2에서 만들어진 셀을 비교한 결과, 습식 금속 도금을 실시한 셀의 핑거 전극의 종횡비가 크며, 셀의 전기적 특성인 효율도 더 좋은 결과를 나타내고 있다.

[96]

산업상 이용가능성

[97] 본 발명에 의한 태양 전지용 전극 형성 방법은 간단하고 생산성이 높으며 버스바 전극의 면저항을 감소시켜주며, 핑거 전극 선폭을 100 마이크론 이내로 구현할 수 있고 또한 전극의 종횡비를 0.2 내지 0.6으로 구현하여 빛의 차폐율 줄이고, 도금 후 열처리를 통한 도금 금속과 실리콘 웨이퍼 층과의 부가적인 오믹 컨택 형성으로 태양 전지 셀의 효율을 향상시킬 수 있어 산업적으로 유용하다.

청구범위

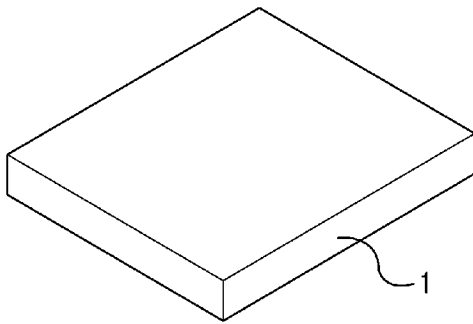
- [청구항 1] 기관 전면에 형성된 다수의 버스바 전극 및 핑거 전극을 포함하여 이루어진 태양 전지용 기관에 있어서, 상기 버스바 전극 및 핑거 전극은 도전성 페이스트를 이용하여 옅셋 인쇄된 후 도금되어 형성된 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기관.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 버스바 전극은 미세 공극이 존재하는 메쉬 형상으로 옅셋 인쇄되는 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기관.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 옅셋 인쇄는 단 1회 수행되며, 버스바 전극과 핑거 전극을 동시에 인쇄하는 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기관.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 옅셋 인쇄 후에 소성한 뒤 상기 도금을 실시한 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기관.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 도금 후에 도금 금속을 열처리하는 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기관.
- [청구항 6] 제1항에 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 핑거 전극의 종횡비(높이/선폭)는 0.2 내지 0.6 범위내인 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기관.
- [청구항 7] 제1항에 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 핑거 전극의 선폭은 $30\mu\text{m}$ 내지 $100\mu\text{m}$ 범위내이며, 높이는 $5\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 범위내인 것을 특징으로 하는 태양 전지용 기관.
- [청구항 8] 제1항에 내지 제5항 중 어느 한 항의 태양 전지용 기관을 사용하여 제조된 태양 전지로서, 상기 옅셋 인쇄후에 도금을 실시하지 않고 전극을 형성하여 제조된 태양 전지용 기관을 사용한 태양 전지와 대비하여 불 때, 효율이 2배 이상인 것을 특징으로 하는 태양 전지.
- [청구항 9] 기관 상에 버스바 전극 및 핑거 전극을 제조하는 태양 전지용 전극의 제조방법에 있어서, 기관 상에 도전성 페이스트를 사용하여 옅셋(Offset) 방법으로 버스바 전극 및 핑거 전극을 인쇄하는 페이스트 전극 인쇄 단계; 상기 전극 인쇄 단계 후에 습식 도금액에 침지하여 페이스트 전극의 미세 공극 내에 부가적인 금속을 매우는 전극 도금 단계; 및 상기 전극 도금 단계 후에 열처리 하여 오믹 컨택을 형성하는 열처리 단계;를 포함하여 이루어진 태양 전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 10] 제9항에 있어서, 상기 페이스트 전극 인쇄 단계 후에 전극을 소성하는 단계를 추가하는 것을 특징으로 하는 태양 전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 11] 제9항에 있어서, 상기 버스바 전극은 미세 공극이 존재하는 메쉬

형상으로 옅어지게 되는 것을 특징으로 하는 태양 전지용 전극의 제조 방법.

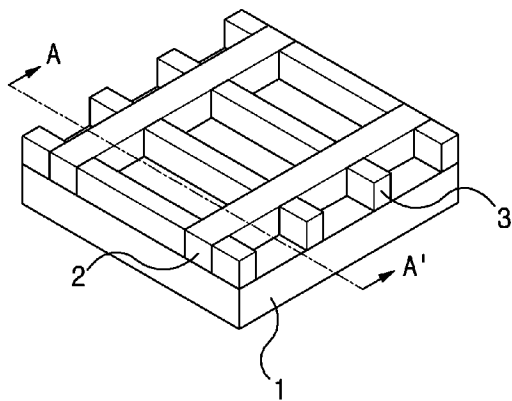
[청구항 12]

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항의 태양 전지용 전극의 제조 방법을 이용하여 제조된 태양 전지 전극을 구비한 태양 전지로서, 셀 효율(Eff)이 10% 이상이며, 필팩터(FF)가 50% 이상이고, 직렬 저항(R_{ser})이 0.02Ω 이하인 것을 특징으로 하는 태양 전지.

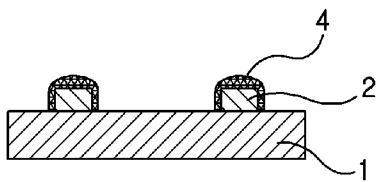
[Fig. 1]



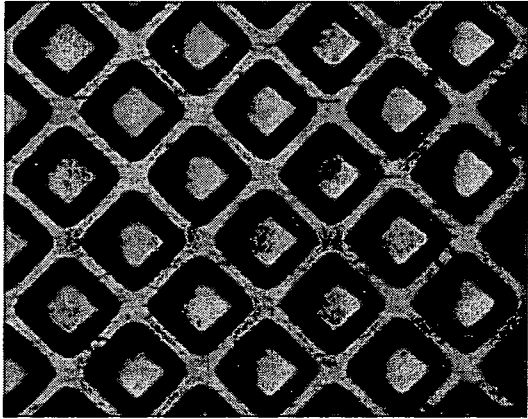
[Fig. 2]



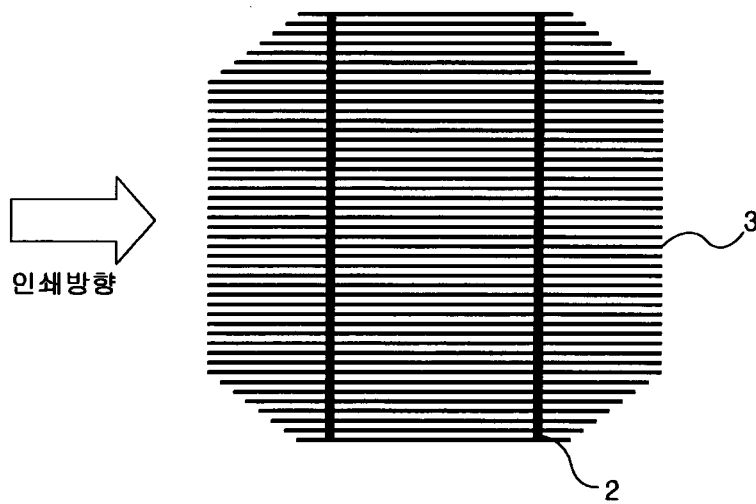
[Fig. 3]



【도 4】

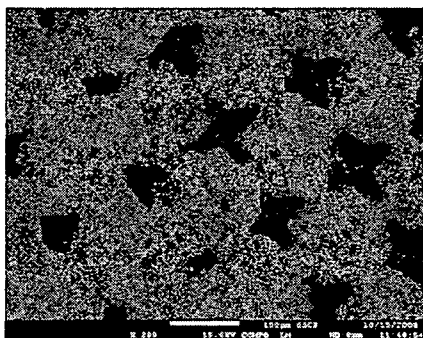


【도 5】

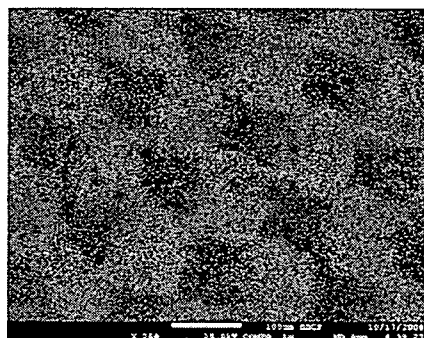


【도 6】

(a) 습식 금속 도금 전 에칭 사진



(b) 습식 금속 도금 후 에칭 사진



【도 7】

