

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 10월 11일 (11.10.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/138186 A2

- (51) 국제특허분류:
H01B 1/20 (2006.01) H01B 1/04 (2006.01)
H01B 1/02 (2006.01) H01L 31/042 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/002645
- (22) 국제출원일: 2012년 4월 6일 (06.04.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2011-0032244 2011년 4월 7일 (07.04.2011) KR
10-2012-0035794 2012년 4월 6일 (06.04.2012) KR
- (71) 출원인 (US을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **주식회사 엘지화학 (LG CHEM, LTD.)** [KR/KR]; 서울특별시 영등포구 여의도동 20번지, 150-721 Seoul (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US에 한하여): **이수희 (LEE, Su-Hee)** [KR/KR]; 대전 유성구 전민동 엑스포아파트 201동 502호, 305-761 Daejeon (KR). **허수연 (HEO, Soo-Yeon)** [KR/KR]; 대전 유성구 전민동 엑스포아파트 304동 1001호, 305-761 Daejeon (KR).
- (74) 대리인: **유미특허법인 (YOU ME PATENT AND LAW FIRM)**; 서울시 강남구 역삼동 649-10 서림빌딩, 135-080 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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

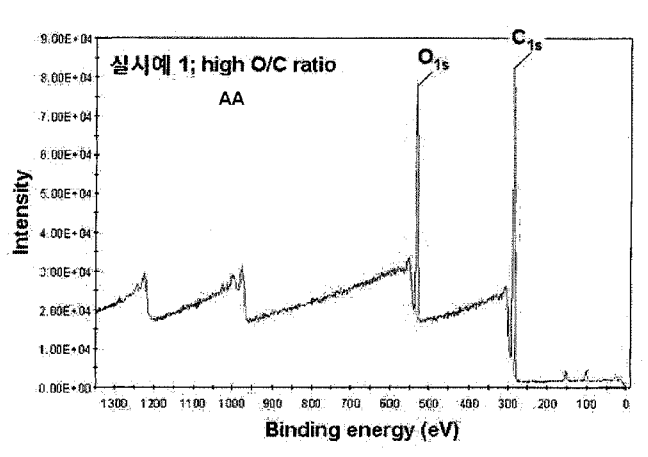
공개:

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

(54) Title: SILVER PASTE COMPOSITION FOR FORMING AN ELECTRODE, AND METHOD FOR PREPARING SAME

(54) 발명의 명칭: 전극 형성용 은 페이스트 조성물 및 이의 제조 방법

【도 4b】



AA ... Embodiment 1; high O/C ratio

(57) Abstract: The present invention relates to a silver paste composition for forming an electrode, which exhibits improved printability and which enables the formation of an electrode for use in a solar cell that may exhibit superior electrical characteristics and energy conversion characteristics. The present invention also relates to a method for preparing the silver paste composition. The above-described silver paste composition for forming an electrode comprises silver powder, glass frit powder, an organic binder, and carbon black, wherein the atomic ratio of oxygen/carbon of the carbon black exposed at the surface thereof is 0.4 or more.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2012/138186 A2



본 발명은 보다 향상된 인쇄성을 나타내며, 우수한 전기적 특성 및 에너지 변환 특성을 나타내는 태양전지용 전극의 형성을 가능케 하는 전극 형성용 페이스트 조성물 및 이의 제조 방법에 관한 것이다. 이러한 전극 형성용 페이스트 조성물은 은 분말, 유리 프리트 분말, 유기 바인더 및 카본블랙을 포함하며, 상기 카본블랙은 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 0.4 이상인 것이다.

【명세서】

【발명의 명칭】

전극 형성용 은 페이스트 조성물 및 이의 제조 방법

【기술분야】

5 본 발명은 전극 형성용 은 페이스트 조성물 및 이의 제조 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 보다 향상된 인쇄성을 나타내며, 우수한 전기적 특성 및 에너지 변환 특성을 나타내는 태양전지용 전극의 형성을 가능케 하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물 및 이의 제조 방법과, 상기 은 페이스트 조성물로부터 형성된 태양전지용 전면전극 및 실리콘 태양전지
10 에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

 최근 전자 산업이 발달함에 따라 전자제품 및 소자의 소형화 및 높은 신뢰성이 요구되고 있으며, 높은 집적도가 요구되는 전자제품의 회로 패턴이나 전극 형성을 위해 다양한 방법들이 시도되고 있다. 그 중에서 도전성 금속 페이스트를 사용하는 것이 공정 중 부산물이나 오염물질의 생성이 적어
15 관심의 대상이 되고 있다.

 일반적으로 사용되는 금속 페이스트는 도전성 금속, 유리 프리트, 유기 바인더를 포함하여 이루어지며, 도전성 금속으로는 은 또는 알루미늄 등이 사용되고 있다. 현재 도전성 금속 페이스트가 주로 사용되는 제품으로는 하이브리드 IC, 반도체 IC의 실장이나 각종 콘덴서 및 전극 등이 있으며, 최근
20 PCB, EL, 터치패널, RFID, LCD, PDP 또는 태양전지 등의 첨단 전자제품에도 널리 사용되는 등, 관련 산업이 확대 발전함에 따라 그 수요도 더욱 증가하고 있는 실정이다.

 일 예로 태양전지의 경우에는 최근 석유나 석탄과 같은 기존 에너지
25 자원의 고갈이 예측되면서 이들을 대체할 대체 에너지에 대한 관심이 높아지고 있으며, 그 중에서도 태양전지가 에너지 자원이 풍부하고 환경오염에 대한 문제점이 없어 주목 받고 있다.

 태양전지에는 태양열을 이용하여 터빈을 회전시키는데 필요한 증기를 발생시키는 태양열 전지와, 반도체의 성질을 이용하여 태양빛(photons)을 전
30 기에너지로 변환시키는 태양광 전지로 분류되는데, 태양전지라고 하면 일반

적으로 태양광 전지(이하 태양전지라 한다)를 일컫는다.

태양전지는 원료 물질에 따라 크게 실리콘 태양전지(silicon solar cell), 화합물 반도체 태양전지(compound semiconductor solar cell) 및 적층형 태양전지(tandem solar cell) 등으로 구분된다. 이러한 3가지 종류의 태양전지 중 실리콘 태양전지가 주류를 이루고 있다.

도 1은 실리콘 태양전지의 기본적인 구조를 보여주는 단면도이다. 도면을 참조하면, 실리콘 태양전지는 p형의 실리콘 반도체로 이루어진 기판(101)과 n형 실리콘 반도체로 이루어진 에미터층(102)을 포함하고, 기판(101)과 에미터층(102)의 계면에는 다이오드와 유사하게 p-n 접합이 형성되어 있다. 또한 도 2는 태양전지 구조에서 전면전극의 구성을 간략히 도시한 것이다. 도 2에서와 같이, 태양전지의 기판 전면에는 전면전극으로서 주로 은 전극이 형성되고, 기판 후면에는 후면전극으로서 알루미늄 전극 및 은 전극이 형성된다. 이때, 전면전극은 도면에 미도시하였지만, 실리콘태양전지 형성 시 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층에 접속된다.

위와 같은 구조를 갖는 태양전지에 태양광이 입사되면, 광기전력효과(photovoltaic effect)에 의해 불순물이 도핑된 실리콘 반도체에서 전자와 정공이 발생한다. 참고로, n형 실리콘 반도체로 이루어진 에미터층(102)에서는 전자가 다수 캐리어로 발생되고, p형 실리콘 반도체로 이루어진 기판(101)에서는 정공이 다수 캐리어로 발생된다. 광기전력효과에 의해 발생한 전자와 정공은 각각 n형 실리콘 반도체 및 p형 실리콘 반도체 쪽으로 끌어 당겨져 각각 기판(101) 하부 및 에미터층(102) 상부와 접합된 전면전극(103) 및 후면전극(104)으로 이동하며, 이 전극(103, 104)들을 전선으로 연결하면 전류가 흐르게 된다.

도전성 금속 페이스트는 태양전지에서 전면전극 또는 후면전극의 제조를 위해 사용되며, 전술한 바와 같이 기타 다른 전자 제품에서 각종 전극을 제조하기 위해 사용된다. 상용화된 결정형 실리콘 태양전지의 전면전극은 스크린 인쇄 공정을 통해 이루어진다. 상술한 과정을 통한 에너지 변환 효율을 보다 높이기 위해서는, 먼저, 전면전극의 은과, 실리콘 에미터 층 사이에 접합 특성이 보다 향상될 필요가 있고, 전면전극의 도전성을 높이기 위해 보다 미세한 선폭을 가지면서도 선고가 높은 전면전극을 형성할 필요가 있

다. 또, 태양전지의 충전 인자(fill factor)를 향상시킬 필요가 있는데, 이를 위해 전면전극에 포함된 은이 태양전지의 에미터 층으로 안정적으로 재결정화될 필요가 있다.

그러나, 이전에 알려진 은 페이스트로 전면전극을 형성할 경우, 전면
5 전극의 은과, 실리콘 사이에 접합 특성이 충분히 향상되기 어렵고, 미세 선 폭 및 보다 높은 선고를 갖는 전면전극을 형성하는데 한계가 있었던 것이 사실이다. 이로 인해, 태양전지의 에너지 변환 효율을 향상시키는데 한계가 있었고, 특히, 최근에는 에너지 변환 효율을 0.1%라도 향상시키는데 그 연구의 초점이 맞춰지고 있다.

10 【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

본 발명은 보다 향상된 인쇄성을 나타내며, 우수한 전기적 특성 및 에너지 변환 특성을 나타내는 태양전지용 전극의 형성을 가능케 하는 전극
형성용 은 페이스트 조성물 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이다.

15 또한, 본 발명은 상기 은 페이스트 조성물로부터 형성된 태양전지용 전면전극 및 실리콘 태양전지를 제공하는 것이다.

【과제의 해결 수단】

본 발명은 은 분말, 유리 프리트 분말, 유기 바인더 및 카본블랙을 포함하며, 상기 카본블랙은 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 약
20 0.4 이상, 예를 들어, 약 0.4 내지 0.45인 것인 전극 형성용 은 페이스트 조성물을 제공한다.

또한, 본 발명은 은 분말, 유리 프리트 분말, 유기 바인더 및 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 0.4 이상이고, 1 내지 5 μ m의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 포함하는 은 페이스트 혼합물을 형성하는
25 단계; 및 상기 은 페이스트 혼합물을 분쇄하는 단계를 포함하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물의 제조 방법을 제공한다.

본 발명은 또한, 상술한 은 페이스트 조성물로부터 형성된 태양전지용 전면전극을 제공한다.

또한, 본 발명은 실리콘 반도체 기판; 상기 기판 상부에 형성되는
30 에미터층;

상기 에미터층 상에 형성된 반사방지막; 상기 반사방지막을 관통하여
상기 에미터층에 접속된 전면전극; 및 상기 기판의 배면에 접속된 후면전극
을 포함하는 실리콘 태양전지이며, 상기 전면전극은 상술한 은 페이스트 조
성물을 상기 반사 방지막 상에 소정의 패턴으로 도포하고 소성시켜 형성된
5 실리콘 태양전지를 제공한다.

【발명의 효과】

본 발명의 전극 형성용 은 페이스트 조성물은 특정 물성을 갖는 카본
블랙이 첨가됨으로써, 이러한 은 페이스트 조성물을 인쇄하여 태양전지용 전
극을 형성할 때, 은과 실리콘 사이의 접합특성을 보다 향상시킬 수 있다. 또
10 한, 상기 은 페이스트 조성물은 우수한 인쇄 특성을 나타내며, 미세 선폭 및
보다 높은 선고를 갖는 태양전지용 전극의 형성을 가능케 한다.

따라서, 상기 은 페이스트 조성물을 사용해 보다 향상된 전기적 특성
및 에너지 변환 특성을 갖는 태양전지 및 이의 전극을 효과적으로 형성할
수 있다.

15 【도면의 간단한 설명】

본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 발명의 바람직한 구현예나 실
시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 발명의 기술
사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이다. 따라서, 발명은 그러한 도면에
기재된 사항에만 한정 해석될 수는 없고, 발명의 기술사상은 후술하는 청구
20 항에 의해서만 정의될 수 있다..

도 1은 통상적인 실리콘 태양전지의 개략적인 구조를 도시한 단면도
이다.

도 2는 일 구현예에 따른 전면전극 형성용 은 페이스트 조성물을 이
용하여 제조된 태양전지의 개략도이다.

25 도 3은 실시예 1 및 비교예 1의 은 페이스트 조성물로 제조된 태양
전지의 전면전극을 전자현미경으로 각각 입체적인 모양을 볼 수 있도록 각
도를 기울여 관찰한 사진이다.

도 4a는 비교예 1에서 사용된 카본블랙을 XPS로 분석한 그래프이다.

도 4b는 실시예 1에서 사용된 카본블랙을 XPS로 분석한 그래프이다.

30 도 5는 실시예 1 및 비교예 1의 태양전지의 에너지 (광전환) 변환 효

율을 비교하여 나타낸 그래프이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

이하 발명의 구현예에 따른 전극 형성용 은 페이스트 조성물, 이의 제조 방법 및 이로부터 형성된 전극 및 태양전지에 대해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

발명의 일 구현예에 따르면, 은 분말, 유리 프리트 분말, 유기 바인더 및 카본블랙을 포함하며, 상기 카본블랙은 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 약 0.4 이상인 것인 전극 형성용 은 페이스트 조성물이 제공된다.

이러한 일 구현예의 은 페이스트 조성물은 표면에 노출된 산소/탄소 원자비가 약 0.4 이상, 예를 들어, 약 0.35 내지 0.50, 혹은 약 0.40 내지 0.45, 혹은 약 0.41 내지 0.44의 값을 갖는 카본블랙을 포함하는 것이다. 이러한 산소/탄소 원자비는 카본블랙의 표면을 XPS (x-ray photoelectron spectroscopy)로 분석하여, 스펙트럼상에서 산소 및 탄소 원자에서 각각 유래한 피크(산소 원자: O_{1s} 피크; 탄소 원자: C_{1s} 피크)를 상대적 강도를 통해 측정 및 확인할 수 있다.

이와 같이 상대적으로 높은 산소/탄소 원자비를 갖는 카본블랙을 포함함에 따라, 상기 은 페이스트 조성물을 인쇄한 후 소성하여 태양전지용 전면전극 등을 형성할 때, 은과, 기판의 실리콘 간의 접합 특성을 보다 향상시킬 수 있다. 이는 상기 특정 물성을 갖는 카본블랙이 소성 시에 유리 프리트 분말이 은 분말 표면에 보다 효과적으로 젖어 들어가게 하여 은 입자들이 보다 낮은 온도에서 녹아 에미터 층에 확산되어 들어갈 수 있기 때문으로 예측된다. 그 결과, 상기 소성 시에 보다 안정적인 fire-through가 일어나 은과, 실리콘 간의 접합 특성이 보다 향상될 수 있고, 상기 전면전극 등과 기판의 안정적인 오옴 접촉(ohmic-contact)을 구현할 수 있게 된다. 따라서, 태양전지의 충전 계수(fill factor)가 우수해지고, 보다 향상된 전기적 특성 및 에너지 변환 특성을 나타내는 태양전지의 제공이 가능해진다.

또한, 일 구현예의 은 페이스트 조성물은 상술한 카본블랙의 함유로 인해 유변학적 특성이 개선되어 스크린 인쇄를 통한 인쇄 특성이 보다 향상될 수 있고, 미세 선폴 및 보다 높은 선고를 갖는 전극을 효과적으로

형성할 수 있다. 따라서, 일 구현예의 은 페이스트 조성물을 사용해 보다 우수한 특성을 갖는 실리콘 태양전지 및 이의 전면전극 등을 효과적으로 형성할 수 있다.

만일, 상기 카본블랙에서 표면에 노출된 산소/탄소 원자비가 지나치게 작아지는 경우, 이전에 알려진 태양전지 및 이의 전면전극 등과 마찬가지로 태양전지의 전기적 특성 및 에너지 변환 효율을 향상시키기 어렵게 될 수 있다. 또, 산소/탄소 원자비가 지나치게 커지는 경우, 은 페이스트의 유변학적 특성이 스크린 인쇄에 적합하지 못한 상태로 변질이 되고, 전극 형성을 위한 소성 시에 fire-through가 불안정하게 되어 충전 인자의 향상을 기대하기 어려울 수 있다.

이하, 일 구현예의 은 페이스트 조성물을 각 성분 별로 보다 구체적으로 설명한다.

상기 은 페이스트 조성물에서, 상기 카본블랙은 복수의 1차 입자가 부착 또는 응집된 2차 입자 형태를 가질 수 있다. 또, 이러한 카본블랙은 약 0.02 내지 $2\mu\text{m}$, 혹은 약 0.03 내지 $1\mu\text{m}$, 혹은 약 30 내지 800nm의 입경을 가질 수 있다. 이때, 카본블랙의 1차 입자라 함은 단일 입자 형태의 카본블랙 입자로 정의될 수 있고, 2차 입자라 함은 이러한 카본블랙의 단일 입자(즉, 1차 입자)들이 복수로 모여 서로 부착 또는 응집된 형태의 입자로 정의될 수 있다. 이러한 2차 입자 형태의 카본블랙에서, 입경은 각 2차 입자의 표면 상의 임의의 두 점을 이은 직선 중 가장 긴 직선 거리로 정의될 수 있다. 이러한 2차 입자 형태의 카본블랙 입경은 SEM 사진 등으로 카본블랙을 분석함으로써 측정될 수 있다.

상기 카본블랙을 1차 입자 형태 그대로 은 페이스트 조성물에 포함시키거나 지나치게 작은 입경을 갖는 경우, 은 페이스트 조성물의 적절한 점도 범위를 구현하기 어렵고, 이러한 은 페이스트 조성물의 인쇄성 및 공정성이 저하될 수 있다. 또한, 카본블랙이 지나치게 큰 입경을 갖는 경우에는, 카본블랙이 은 페이스트 조성물 내에 충분히 분산되지 않고 크게 뭉친 상태로 포함되어, 상기 카본블랙의 함유에 따른 전기적 특성 등의 향상을 충분히 기대하기 어렵고, 오히려 은 페이스트 조성물의 인쇄성 등이 저하될 수 있다.

이하에 더욱 상세히 설명하겠지만, 일 구현예의 은 페이스트 조성물에 상술한 2차 입자 형태 및 입경 범위를 갖는 카본블랙을 포함시키기 위해, 1차 입자 형태의 카본블랙을 응집시켜 2차 입자 형태의 카본블랙을 형성할 수 있고(이는 상업적으로 입수하거나, 직접 합성할 수 있다.), 이러한 카본블랙을 다른 성분과 혼합하여 은 페이스트 혼합물을 형성한 후, 분쇄 공정을 통해 2차 입자 형태의 카본블랙의 미세한 분쇄를 조절하면서 각 성분을 양호하게 분산시킬 수 있다.

또한, 상기 카본블랙이 표면에서 적절한 산소/탄소 원자비를 갖도록 하기 위해, 이러한 카본블랙을 표면 열처리, 플라즈마 처리 또는 산 처리의 표면 처리 방법으로 처리하여 카본블랙 표면에 산소가 포함된 기능기의 양을 조절시킬 수 있다. 이러한 카본블랙의 처리 공정 등에 대해서는, 후술하는 은 페이스트의 제조 방법에 관하여 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

그리고, 상기 카본블랙의 함량은 전체 은 페이스트 조성물에 대하여 약 1 내지 10 중량%, 혹은 약 2 내지 8 중량%, 혹은 약 3 내지 7 중량%로 포함될 수 있다. 상기 카본블랙의 함량이 지나치게 작아지면 은 페이스트 조성물의 요변 지수(Thixotropic index, T. I)가 낮아져 인쇄성 또는 공정성이 저하되고, 카본블랙의 함유에 따른 전기적 특성 등의 향상이 충분치 못할 수 있다. 반대로, 카본블랙의 함량이 지나치게 높아지면, 스크린 인쇄시 인쇄성 또는 공정성이 저하되고 마스크 막힘도 일어날 수 있다.

한편, 일 구현예의 은 페이스트 조성물은 도전성 분말로서 은 분말을 포함한다. 상기 은 페이스트 조성물에 있어서, 전극 형성을 위한 소성 시에 fire-through가 안정적으로 일어나면서 최종 소결이 균일하게 이루어지는 조건을 고려하여, 상기 은 분말의 입자 형태 및 입경을 일정한 범위로 조절할 수 있다. 예를 들어, 상기 은 분말은 플레이크 등의 비구형 은 분말을 포함할 수도 있지만, 적절하게는 평균입경이 약 1 내지 3 μm , 혹은 약 2 내지 3 μm 인 구형의 은 분말을 포함할 수 있다.

만일, 은 분말의 평균입경이 지나치게 작아지면, ohmic-contact이 충분히 일어나지 못할 수 있고, 지나치게 커지면 은 페이스트 조성물의 점도가 낮아져 전극의 선고를 충분히 높이지 못하게 될 수 있다.

또한, 상기 은 분말은 전체 은 페이스트 조성물에 대하여 약 70 내지

90 중량%, 혹은 약 75 내지 85 중량%로 포함될 수 있다. 은 분말의 함량이 지나치게 높아지는 경우, 은 페이스트 조성물의 흐름성 및 인쇄성이 저하될 수 있고, 은 분말의 함량이 지나치게 낮아지면, 전극의 저항이 상승하여 전기적 특성이 저하될 수 있다.

- 5 또, 일 구현예의 은 페이스트 조성물은 유리 프릿 분말을 포함한다. 이러한 유리 프릿 분말은 소성 시에 은 분말의 표면에 젖어 들어가 은과, 기판의 실리콘 간의 접합 구현을 가능케 하는 역할을 한다.

이러한 유리 프릿 분말로는 전극 형성용 페이스트에 일반적으로 사용되던 유리 프릿 분말이 별다른 제한 없이 모두 사용될 수 있다. 이러한 유리 프릿 분말은, 예를 들어, PbO를 포함한 유연 유리 프릿 분말 또는 Pb이 포함되지 않는 Bi 계열의 무연 유리 프릿 분말 등을 모두 포함할 수 있다. 다만, 전극 특성, 예를 들어, 상기 은과, 실리콘 간의 접착 특성 등을 보다 향상시키기 위해, 상기 유연 유리 프릿 분말을 보다 적합하게 사용할 수 있다.

- 15 상기 유연 유리 프릿 분말의 예로는, PbO-ZnO-Al₂O₃-TiO₂, PbO-SiO₂-B₂O₃, PbO-SiO₂-B₂O₃-ZnO, 또는 PbO-SiO₂-B₂O₃-Al₂O₃-ZnO 등을 들 수 있으며, 상기 무연 유리 프릿 분말의 예로는, Bi₂O₃-B₂O₃-SiO₂, Bi₂O₃-B₂O₃-ZnO 또는 Bi₂O₃-TiO_x-B₂O₃-SiO₂ 등을 들 수 있다. 다만, 이외에도 다양한 유리 프릿 분말이 사용될 수 있고, 위에서 선택된 2종 이상의 혼합물, 혹은 유연 유리 프릿 분말 및 무연 유리 프릿 분말의 혼합물이 사용될 수도 있다.

- 한편, 일 구현예의 은 페이스트 조성물은 유기 바인더를 포함한다. 이러한 유기 바인더는 은 분말, 유리 프릿 분말 및 카본블랙을 혼합하여 페이스트 상으로 제조하기 위해 각 성분을 균일하게 분산시키기 위한 목적으로 사용된다. 이러한 유기 바인더로는, 이전부터 도전성 페이스트 조성물을 제조하기 위해 사용되던 유기 바인더를 별다른 제한 없이 모두 사용할 수 있다. 예를 들면, 상기 유기 바인더는 셀룰로오스 수지, 아크릴계 수지, 부틸카르비톨 및 터피네올로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 또는 2종 이상의 혼합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 일 예에 따르면, 상기 유기 바인더는 에틸 셀룰로오스 또는 아크릴레이트 계

수지를 부틸카르비톨 및 터피네올로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 유기용매에 녹여서 사용할 수 있다.

또한, 상술한 유리 프리트 분말과 유기 바인더의 함량은 일 구현예의 페이스트 조성물이 스크린 인쇄 및 전극 형성에 적합한 점도 및 특성을 가지며, 흐름성이 최적화되어 보다 높은 선고를 갖는 전극을 형성할 수 있도록 적절한 범위로 조절될 수 있다.

예를 들면, 상기 유리 프리트 분말의 함량은 전체 은 페이스트 조성물에 대하여 약 1 내지 5 중량%, 혹은 약 2 내지 3 중량%로 될 수 있다. 또, 상기 유기 바인더가 유기용매에 용해된 수지 상태로 되는 경우, 이러한 용액 상태의 유기 바인더는 전체 은 페이스트 조성물에 대하여 약 5 내지 15 중량%, 혹은 8 내지 12 중량%로 포함될 수 있다. 이때, 용액 상태의 유기 바인더를 얻기 위해 사용되는 수지 및 유기용매의 함량은 특별히 한정되지는 않으며, 수지를 적절히 용해시킬 수 있고, 용액 상태의 유기 바인더가 다른 성분을 적절히 분산시킬 수 있는 함량으로 될 수 있다.

선택적으로, 일 구현예의 은 페이스트 조성물은 추가적인 첨가제를 더 포함할 수 있다. 예를 들면, 은 분말 외의 도전성 금속 입자, 소포제, 분산제 또는 가소제 등을 필요에 따라 상기 은 페이스트 조성물에 더 첨가할 수 있다. 이러한 각 첨가제의 종류나 함량은 당업자에게 잘 알려져 있으며, 상기 은 페이스트 조성물은 필요에 따라 추가적인 유기용매를 더 포함할 수도 있다.

상술한 일 구현예의 은 페이스트 조성물은 약 100,000 내지 400,000 cP, 혹은 약 200,000 내지 300,000 cP의 점도(브룩필드 점도계, 스펀들 14, 측정온도 25 °C, 회전속도 10 rpm)를 나타낼 수 있다. 이러한 점도를 가짐에 따라, 은 페이스트 조성물의 인쇄성이 보다 우수해질 수 있고, 상기 은 페이스트 조성물을 사용해 미세 선폭 및 보다 높은 선고를 갖는 전극의 형성이 가능해진다.

한편, 발명의 다른 구현예에 따르면, 상술한 은 페이스트 조성물의 제조 방법이 제공된다. 이러한 제조 방법은 은 분말, 유리 프리트 분말, 유기 바인더 및 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 약 0.4 이상이고, 약 1 내지 5/μm의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 포함하는 은

페이스트를 형성하는 단계; 및 상기 은 페이스트를 분쇄하는 단계를 포함할 수 있다.

또한, 이러한 제조 방법은 상기 페이스트 형성 단계 전에, 약 20 내지 50 nm의 입경을 갖는 1차 입자 형태의 카본블랙을 표면 처리하여, 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 약 0.4 이상인 카본블랙을 형성하는 단계; 및 상기 표면 처리된 카본블랙을 응집시켜 약 1 내지 5 μ m의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

이와 같이, 상기 1차 입자 형태를 갖는 카본블랙을 표면 처리하여, 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 약 0.4 이상인 카본블랙을 형성한 후, 이를 응집시켜 2차 입자 형태를 갖는 카본블랙을 형성하고 나서, 이러한 카본블랙을 다른 성분과 혼합하고 분쇄하여 분산시킴으로써, 우수한 인쇄성, 전기적 특성 및 에너지 변환 특성 등을 나타내는 일 구현예의 은 페이스트 조성물을 효과적으로 제조할 수 있다.

이러한 다른 구현예의 은 페이스트 조성물의 제조 방법을 각 단계별로 설명하면 이하와 같다.

먼저, 상기 카본블랙을 표면 처리함에 있어서는, 상업적으로 입수 가능한 1차 입자 형태의 카본블랙을 표면 열처리, 플라즈마 처리 또는 산 처리의 표면 처리 방법으로 카본블랙 표면에 노출된 산소 원자수를 보다 증가시킬 수 있다. 이때, 상기 1차 입자 형태의 카본블랙은 약 20 내지 50 nm, 혹은 약 20 내지 30 nm의 입경을 가질 수 있으며, 이를 이용해 적절히 표면 처리를 진행한 후 응집시켜 2차 입자 형태의 카본블랙을 형성할 수 있다.

상기 카본블랙을 표면 처리 함에 있어서는, 예를 들어, 상기 카본블랙을 초음파 플라즈마 처리 장치에 넣고 약 5 내지 20 W 정도의 전력을 부여하여 약 100 내지 130분, 혹은 약 110 내지 120분 동안 플라즈마 표면 처리를 진행하거나, 상기 카본블랙을 소성로 등에 넣고 약 600 내지 1000 $^{\circ}$ C, 혹은 약 700 내지 900 $^{\circ}$ C의 온도로 약 10분 내지 1시간, 혹은 약 20분 내지 50분 동안 표면 열처리할 수 있다.

이때, 상기 1차 입자 형태의 카본블랙은 약 100 내지 200 m²/g, 혹은 약 100 내지 150 m²/g의 BET 비표면적을 가질 수 있는데, 이러한 1차 입자 형태의 카본블랙을 사용해 적절히 표면 처리를 진행하여 상술한 산소/탄소

원자비를 충족하는 카본블랙을 형성할 수 있다. 또한, 최종 은 페이스트 조성물 내에서 상기 카본블랙이 보다 양호하게 분산되게 할 수 있고, 상기 은 페이스트 조성물이 보다 향상된 인쇄성 등을 나타내게 할 수 있다.

그리고, 상기 표면 처리 후에는, 1차 입자 형태의 카본블랙을 응집시켜 약 1 내지 5 μ m, 혹은 약 2 내지 4 μ m의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 형성할 수 있다. 이러한 응집은 잘 알려진 방법에 따라, 소정의 용매 내에서 진행할 수 있다. 이렇게 응집한 후 2차 입자 형태의 카본블랙을 다른 성분과 혼합하여 은 페이스트 혼합물을 형성하고 나서, 분쇄에 의해 은 페이스트 조성물을 형성함에 따라, 최종적으로 은 페이스트 조성물의 적절한 점도를 조절하기가 보다 용이하게 되고 최종 제조된 은 페이스트 조성물이 보다 향상된 인쇄성 및 공정성 등을 가질 수 있다.

이어서, 상기 2차 입자 형태의 카본블랙은 은 분말, 유리 프리트 분말 및 유기 바인더 등의 다른 성분과 혼합되어 은 페이스트 혼합물 형태로 형성되며, 이어서 상기 은 페이스트 혼합물은 분쇄되어 은 페이스트 조성물로 될 수 있다.

이때, 각 성분의 혼합에는 통상적인 혼합기가 사용될 수 있고, 혼합기 내에 각 성분이 투입되어 적절히 혼합될 수 있다.

또한, 상술한 분쇄 공정을 통해, 상기 카본블랙의 입경이 약 0.02 내지 2 μ m, 혹은 약 0.03 내지 1 μ m, 혹은 약 30 내지 800nm으로 조절될 수 있고, 카본블랙을 포함한 각 성분들이 균일하게 분산되어 일 구현예의 은 페이스트 조성물이 제조될 수 있다. 또, 이러한 분쇄를 통해, 은 페이스트 조성물의 점성 및 접착력과 관련된 유변학적 특성을 향상시킬 수 있다. 따라서, 이렇게 얻어진 일 구현예의 은 페이스트 조성물을 사용해 보다 높은 선고를 갖는 미세 선폭의 전극을 형성할 수 있다. 또한, 상기 은 페이스트 조성물은 보다 향상된 인쇄성 및 공정성을 나타낼 수 있다.

그리고, 상기 분쇄 공정은 3롤 밀(3 roll mill), 볼밀 또는 해머밀 등을 이용하여 3 내지 6회 동안 반복 수행할 수 있으나 반드시 이에 한정되지 않는다.

한편, 발명의 또 다른 구현예에 따르면, 상술한 은 페이스트 조성물로부터 형성된 태양전지용 전면전극 및 이를 포함하는 실리콘

태양전지가 제공된다. 이러한 실리콘 태양전지는 실리콘 반도체 기판; 상기 기판 상부에 형성되는 에미터층; 상기 에미터층 상에 형성된 반사방지막; 상기 반사방지막을 관통하여 상기 에미터층에 접속된 전면전극; 및 상기 기판의 배면에 접속된 후면전극을 포함하며, 상기 전면전극은 상술한 일

5 구현예의 은 페이스트 조성물을 상기 반사 방지막 상에 소정의 패턴으로 도포하고 소성시켜 형성된 것일 수 있다.

이와 같이, 일 구현예의 은 페이스트 조성물로 전면전극이 형성됨에 따라, 상기 실리콘 태양전지는 약 60 내지 90 μm , 혹은 약 70 내지 80 μm , 혹은 약 60 내지 70 μm 의 미세 선폭을 가지면서도, 약 20 내지 35 μm , 혹은 약

10 25 내지 30 μm , 혹은 약 20 내지 25 μm 의 높은 선고를 갖는 전극 패턴을 포함하는 전면전극을 포함할 수 있게 된다. 이러한 높은 선고에 따라, 상기 전면전극의 저항이 감소되고 전기적 특성이 향상될 수 있다.

또한, 이미 상술한 바와 같이, 소정의 물성(예를 들어, 표면에 노출된 산소/탄소 원자비 또는 적절한 입자 형태나 입경 범위)을 충족하는 카본블랙

15 을 포함한 은 페이스트 조성물로 전극을 형성함에 따라, 상기 태양전지는 전면전극의 은과, 에미터층의 실리콘 간의 접착 특성이 보다 향상되어 뛰어난 에너지 변환 효율을 나타낼 수 있다.

한편, 상기 은 페이스트 조성물을 사용해 전면전극을 형성함에 있어서는, 기판 상에 상기 은 페이스트 조성물을 소정의 패턴으로 인쇄하고 소성

20 하는 공정을 진행할 수 있다.

이때, 상기 기판은 반사 방지막과 에미터층을 포함할 수 있다. 또한, 상기 기판은 통상의 반도체 소자 제조시 사용되는 기판을 사용할 수 있고, 예를 들어, 실리콘 기판을 적절히 사용할 수 있다.

일 구현예의 은 페이스트 조성물을 인쇄함에 있어서는, 스크린 인쇄, 닥터 블레이드 인쇄, 오프셋 인쇄 또는 잉크젯 인쇄 등의 방법을 적용할 수 있

25 고, 적합하게는 스크린 인쇄 방법을 적용할 수 있다.

또, 상기 은 페이스트 조성물을 인쇄한 후, 소성함에 있어서는, 은 분말이 에미터층에 안정적으로 재결정화될 수 있도록, 피크 온도(peak temperature) 약 700 내지 900 $^{\circ}\text{C}$, 혹은 약 750 내지 850 $^{\circ}\text{C}$ 의 넓은 범위에서

30 약 30초 내지 1분 동안 소성을 수행할 수 있다. 상기 소성을 통해, 상기 카

본블랙 및 유기 바인더는 제거될 수 있고, 유리 프리트 분말이 은 분말 표면에 젖어 들어가면서 은 분말이 녹아서 fire-through 및 ohmic-contact이 일어나 우수한 접합 특성을 나타내는 전면전극이 형성될 수 있다.

이러한 전면전극을 포함하는 실리콘 태양전지의 개략적인 구조가 도 2에 도시되어 있다. 도 2를 참고하면, 상기 실리콘 태양전지는, 실리콘 기판(201), 상기 기판(201)의 상부에 형성되는 에미터층(미도시), 상기 에미터층 상에 형성된 반사방지막(202), 상기 반사방지막(202)을 관통하여 에미터층의 상부 표면과 접속된 전면전극(203), 및 상기 기판(201)의 배면에 접속된 후면전극(205)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 후면전극과 기판 사이에는 p+층인 후면전계(Back Surface Field, BSF)층(204)이 형성될 수 있으며, 후면전극의 경우 소정 패턴의 은 전극 패턴(206)을 포함할 수 있다.

기판(201)에는 p형 불순물로서 3족 원소인 B, Ga, In 등이 불순물로 도핑될 수 있고, 에미터층에는 n형 불순물로서 5족 원소인 P, As, Sb 등이 불순물로 도핑될 수 있다. 이처럼 기판(201)과 에미터층에 반대 도전형의 불순물이 도핑되면, 기판(201)과 에미터층의 계면에는 p-n 접합이 형성된다. 한편 p-n 접합은 기판(201)에 n형 불순물을 도핑하고 에미터층에 p형 불순물을 도핑하여 형성해도 무방하다.

상기 반사방지막(202)은 에미터층의 표면 또는 벌크 내에 존재하는 결함(예컨대, 덩글링 본드)을 부동화하고 기판(201)의 전면으로 입사되는 태양광의 반사율을 감소시킨다. 에미터층에 존재하는 결함이 부동화되면 소수 캐리어의 재결합 사이트가 제거되어 태양전지의 개방전압이 증가한다. 그리고 태양광의 반사율이 감소되면 p-n 접합까지 도달되는 빛의 양이 증대되어 태양전지의 단락전류가 증가한다. 이처럼 반사방지막(202)에 의해 태양전지의 개방전압과 단락전류가 증가되면 그 만큼 태양전지의 변환효율이 향상된다.

상기 반사방지막(202)은 예를 들면 실리콘 질화막, 수소를 포함한 실리콘 질화막(SiNx), 실리콘 산화막, 실리콘 산화질화막, MgF₂, ZnS, MgF₂, TiO₂ 및 CeO₂ 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 단일막 또는 2개 이상의 물질막이 조합된 다중막 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 그리고 상기 반사방지막(202)은 진공 증착법, 화학 기상 증착법, 스퍼 코팅, 스크린 인쇄 또는 스프레이 코팅에 의해 형성될 수 있다. 하지만 본 발명에

따른 상기 반사방지막(202)의 형성방법이 이에 한정되는 것은 아니다.

상기 전면전극(203)과 후면전극(205)은 각각 은과 알루미늄으로 이루어진 금속 전극이다. 상기 전면전극(203)은 일 구현예의 은 페이스트 조성물을 이용하여 제조될 수 있고 후면전극(205)은 통상의 알루미늄 페이스트 조성물 및 후면전극용 은 페이스트 조성물 등을 이용하여 제조될 수 있다.

상기 전면전극(203)과 후면전극(205)은 공지된 여러 가지 기술에 의해 제조 가능하지만, 바람직하게는 스크린 인쇄법에 의해 형성된 것이다. 즉, 전면전극(203)은 상술한 일 구현예의 은 페이스트 조성물을 전면전극 형성 지점에 스크린 인쇄한 후 열처리를 시행하여 형성한다. 열처리가 시행되면 펀치 스루(punch through, 혹은 fire-through) 현상에 의해 전면전극이 반사방지막(202)을 뚫고 에미터층(202)과 접촉된다.

이와 유사하게, 후면전극(205)은 통상의 알루미늄, 석영 실리카, 유기 바인더 등이 첨가된 후면전극용 알루미늄 페이스트 조성물을 이용하여, 기판(201)의 배면에 인쇄한 후 열처리를 시행하여 형성한다. 후면전극의 열처리 시에는 전극 구성 물질인 알루미늄이 기판(201)의 배면을 통해 확산됨으로써 후면전극(205)과 기판(201)의 경계면에 후면 전계(Back Surface field)층(204)이 형성될 수 있다. 후면 전계층이 형성되면 캐리어가 기판(201)의 배면으로 이동하여 재결합되는 것을 방지할 수 있다. 캐리어의 재결합이 방지되면 개방 전압과 충실도가 상승하여 태양전지의 변환효율이 향상된다. 또한 상기 알루미늄 페이스트 조성물을 이용하여 알루미늄 전극을 형성하는 경우 통상의 증착 또는 스크린 인쇄 방법으로 후면 은 전극 패턴(206)인 후면 은 패드(Back Ag pad)를 소정의 패턴으로 형성할 수 있다.

이하, 발명의 구체적인 실시예를 통해, 발명의 작용 및 효과를 보다 상세히 상술하기로 한다. 다만, 이러한 실시예는 발명의 예시로 제시된 것에 불과하며, 이에 의해 발명의 권리범위가 정해지는 것은 아니다.

<실시예 1>

먼저, 20 내지 30 nm의 입경을 갖는 1차 입자 형태의 카본블랙(상품명; MA100, BET 비표면적: 약 $100\text{m}^2/\text{g}$)을 초음파 플라즈마 처리 장치에 넣고,

10 W의 전력에서 120분 동안 표면 열처리를 진행하여, 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 0.42인 카본블랙을 형성하였다. 이러한 산소/탄소 원자비는 후술하는 실험예 2와 같이 카본블랙을 XPS로 분석하여 산소 및 탄소 원자에서 유래한 피크(산소 원자: O_{1s} 피크; 탄소 원자: C_{1s} 피크)의 상대적 강도를 통해 확인하였다.

이후, 상기 1차 입자 형태의 카본블랙을 응집시켜 1 내지 $5\mu m$ 의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 형성하였다.

평균입경이 1 내지 $3\mu m$ 인 구형의 은 분말 80 중량%, 유리 프리트 분말 (평균입경 $10\mu m$ 의 Bi_2O_3 - B_2O_3 - SiO_2) 3 중량%, 유기 바인더(에틸셀룰로오스) 10g 을 부틸카르비톨 61g에 녹인 바인더 용액 11.5 중량%를 혼합하고, 여기에 위에서 형성된 2차 입자 형태의 카본블랙 5.5 중량%를 혼합하여 은 페이스트를 제조하였다. 이후, 상기 은 페이스트에 대하여, 3롤 밀을 이용한 페이스트내 입자들의 분쇄를 통해, 약 100nm 내지 $1\mu m$ 의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 포함하는 은 페이스트 조성물을 제조하였다. 최종 얻어진 은 페이스트 조성물의 점도는 250,000 cP 였다.

<실시예 2>

유리 프리트 분말로서 PbO를 포함하는 평균입경 $10\mu m$ 의 PbO - ZnO - Al_2O_3 - TiO_2 를 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 은 페이스트 조성물을 제조하였다. 이러한 은 페이스트 조성물 내의 카본블랙은 약 200nm 내지 800 nm의 입경을 갖는 2차 입자 형태를 갖는 것으로 확인되었으며, 최종 얻어진 은 페이스트 조성물의 점도는 260,000 cP 였다.

<실시예 3>

유리 프리트 분말로서 PbO를 포함하는 평균입경 $10\mu m$ 의 PbO - ZnO - Al_2O_3 - TiO_2 의 제 1 유리 프리트 분말 2.7 중량%와, 평균입경 $10\mu m$ 의 Bi_2O_3 - TiO_x - B_2O_3 - SiO_2 의 제 2 유리 프리트 분말 0.3 중량%를 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 은 페이스트 조성물을 제조하였다. 이러한 은 페이스트 조성물 내의 카본블랙은 약 400nm 내지 $1.2\mu m$ 의 입경을 갖는 2차 입자 형태를 갖는 것으로 확인되었으며, 최종 얻어진 은 페이스트 조

성물의 점도는 230,000 cP 였다.

<실시예 4>

은 분말로서 평균입경이 2 내지 3 μm 인 구형의 은 분말 80 중량%를
5 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 은 페이스트 조성물을
제조하였다. 이러한 은 페이스트 조성물 내의 카본블랙은 약 300nm 내지
900 nm의 입경을 갖는 2차 입자 형태를 갖는 것으로 확인되었으며, 최종 얻
어진 은 페이스트 조성물의 점도는 270,000 cP 였다.

10 <실시예 5>

먼저, 20 내지 30 nm의 입경을 갖는 1차 입자 형태의 카본블랙(상품
명: MA77; BET 비표면적: 약 $100\text{m}^2/\text{g}$)을 소성로에 넣고, 800°C 로 30분간 열처
리하여, 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 0.41인 카본블랙을 형성
하였다. 이후, 실시예 1과 동일한 방법으로 은 페이스트 조성물을 제조하였
15 다. 이러한 은 페이스트 조성물 내의 카본블랙은 약 300nm 내지 $1\mu\text{m}$ 의 입경
을 갖는 2차 입자 형태를 갖는 것으로 확인되었으며, 최종 얻어진 은 페이스
트 조성물의 점도는 240,000 cP 였다.

<비교예 1>

20 카본블랙에 대한 초음파 플라즈마 처리를 진행하지 않은 것을 제외하
고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 은 페이스트 조성물을 제조하였다. 이러
한 카본블랙의 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)를 후술하는 실험예
2와 같이 XPS로 분석하여 확인한 결과, 산소 및 탄소 원자에서 유래한 피크
(산소 원자: O_{1s} 피크; 탄소 원자: C_{1s} 피크)의 상대적 강도, 즉, 상기 O_{1s} 피
25 크의 강도/ C_{1s} 피크의 강도로 정의되는 산소/탄소 원자비가 <0.01으로 측정되
었다.

<실험예 1>

통상의 방법으로 도 2에 도시된 실리콘 반도체 기판(201), 상기 기판
30 (201)의 상부에 형성되는 에미터층, 상기 에미터층 상에 형성된 반사방지막

(202), 상기 반사방지막(202)을 관통하여 에미터층의 상부 표면과 접속된 전면전극(203), 및 상기 기판(201)의 배면에 접속된 후면전극(205)을 포함하는 구조의 실리콘 태양전지를 제조하였다. 이때, 전면전극 형성시, 실시예 1 내지 5 및 비교예 1의 은 페이스트 조성물을 이용하여 기판 위에 스크린 인쇄 방법으로 도포하고 소성하였다. 상기 소성은 600 내지 800 °C의 온도에서 30초 동안 진행하였다.

이어서, 각 태양전지에 대하여 통상적인 방법으로 물성 (J_{sc} , V_{oc} , 충진계수(FF), 에너지 변환 효율)을 측정하여 그 결과를 표 1에 나타내었다. 또한, 실시예 및 비교예에서 형성된 전극의 선폭 및 선고를 하기 표 1에 함께 나타내었다.

또한, 실시예 1 및 비교예 1의 은 페이스트 조성물로 제조된 태양 전지의 전면전극을 전자현미경으로 각각 입체적인 모양을 볼 수 있도록 각도를 기울여 관찰한 사진을 도 3에 나타내었다.

15 [표 1]

	J_{sc} (mA/ cm ²)	V_{oc} (mV)	FF	변환효율 (%)	선폭 (μ m)	선고 (μ m)
실시예 1	35.12	0.6297	79.76	17.64	73	29
실시예 2	35.30	0.6300	79.70	17.72	72	28
실시예 3	35.21	0.6325	79.72	17.75	75	30
실시예 4	35.38	0.6329	79.81	17.87	78	27
실시예 5	35.13	0.6318	79.87	17.73	79	25
비교예 1	35.20	0.6280	79.00	17.46	83	25

표 1을 참조하면, 실시예 1 내지 5의 경우 표면에 노출된 산소/탄소 원자비가 증가된 카본블랙을 포함한 은 페이스트 조성물을 사용하여 전극을 형성함에 따라, 태양전지가 보다 우수한 에너지 변환 효율(광전환 변환 효율)을 나타내는 것으로 확인되었다. 특히, 당업계에서 0.1% 에너지 변환 효율 향상도 쉽지 않은 것으로 알려져 있음을 고려할 때, 상기 실시예에서의 변환

효율 향상은 매우 유의미한 것으로 관찰되었다.

또한, 표 1 및 도 3을 참고하면, 실시예 1 내지 5의 은 페이스트 조성물을 사용하여, 비교예 1보다 선 퍼짐이 억제되고 보다 높은 선고를 갖는 전극의 형성이 가능한 것으로 확인되었다. 보다 구체적으로, 도 3을 참조하면, 비교예 1에서 구현된 전극에 비하여 실시예 1에서 구현된 전극의 선폭이 더 미세하고 선고도 높다는 점이 확인되었고, 실시예 1 내지 5의 은 페이스트 조성물이 보다 양호한 인쇄성을 나타냄에 따라 비교예 1에 비해 전극의 선 퍼짐도 크게 감소됨이 확인되었다.

10 <실험예. 2>

도 4a 및 4b는 비교예 1 및 실시예 1에서 사용된 카본블랙을 XPS (기기 제품명: ESCALab250)로 분석한 그래프를 각각 나타낸 것이다. 도 4a 및 4b에서 보면, 실시예 1의 카본블랙은 표면에 노출된 산소 원자수가 탄소에 비해 높아 산소/탄소 원자비가 약 0.42인 것으로 확인되었으며, 비교예 1의 카본블랙은 산소/탄소 원자비가 약 <0.01인 것으로 확인되었다.

<실험예. 3>

도 5는 실시예 1 및 비교예 1의 태양전지를 각각 6장씩 제조하여, 열처리 조건을 변화시켰을 때의 에너지 (광전환) 변환 효율을 비교하여 나타낸 그래프이다. 도 5에서 알 수 있듯이, 실시예 1은 미세한 선폭을 구현할 뿐만 아니라 우수한 저항 접촉(ohmic contact)을 이루어 FF 값이 향상됨에 따라, 비교예 1의 태양전지에 비해 에너지 변환효율이 더 우수한 것으로 확인되었다.

25 【부호의 설명】

101: 기판	102: 에미터층
103: 전면전극	104: 후면전극
201: 기판	202: 반사방지막
203: 전면전극	204: BSF층
30 205: 후면전극	206: (후면) 은 전극 패턴

【특허청구범위】**【청구항 1】**

은 분말, 유리 프리트 분말, 유기 바인더 및 카본블랙을 포함하며,
상기 카본블랙은 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 0.4 이
5 상인 것인 전극 형성용 은 페이스트 조성물.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 카본블랙은 표면에 노출된 산소/탄소 원자비
(O/C ratio)가 0.4 내지 0.45인 것인 전극 형성용 은 페이스트 조성물.
10

【청구항 3】

제 1 항에 있어서, 상기 카본블랙은 복수의 1차 입자가 부착 또는 응
집된 2차 입자 형태를 갖는 은 페이스트 조성물.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서, 상기 2차 입자 형태의 카본블랙은 0.02 내지 2 μ m의
입경을 갖는 전극 형성용 은 페이스트 조성물.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서, 상기 카본블랙은 표면 열처리, 플라즈마 처리 또는
산 처리의 표면 처리 방법으로 카본블랙 표면에 노출된 산소 원자수를
증가시킨 것인, 전극 형성용 은 페이스트 조성물.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서, 상기 카본블랙은 전체 은 페이스트 조성물에
대하여 1 내지 10 중량%로 포함되는 전극 형성용 은 페이스트 조성물.

【청구항 7】

제 1 항에 있어서, 점도가 100,000 내지 400,000 cP (브룩필드 점도계,
30 스피들 14, 측정온도 25 °C, 회전속도 10 rpm)인 전극 형성용 은 페이스트

조성물.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서, 상기 은 분말은 평균입경이 1 내지 3 μm 인 구형의
5 은 분말을 포함하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서, 상기 은 분말은 전체 은 페이스트 조성물에
대하여 70 내지 90 중량%로 포함되는 전극 형성용 은 페이스트 조성물.
10

【청구항 10】

제 1 항에 있어서, 상기 유리 프릿 분말은 PbO 를 포함한 유연 유리
프릿 분말인 전극형성용 은 페이스트 조성물.

15 【청구항 11】

제 1 항에 있어서, 상기 유리 프릿 분말은 전체 은 페이스트
조성물에 대하여 1 내지 5 중량%로 포함되는 전극형성용 은 페이스트
조성물.

20 【청구항 12】

제 1 항에 있어서, 상기 유기 바인더는 셀룰로오스 수지, 아크릴계
수지, 부틸카르비톨 및 터피네올로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을
포함하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물.

25 【청구항 13】

제 1 항에 있어서, 상기 유기 바인더는 전체 은 페이스트 조성물에
대하여 5 내지 15 중량%로 포함되는 전극형성용 은 페이스트 조성물.

【청구항 14】

30 은 분말, 유리 프릿 분말, 유기 바인더 및 표면에 노출된 산소/탄소

원자비(O/C ratio)가 0.4 이상이고, 1 내지 5 μ m의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 포함하는 은 페이스트를 형성하는 단계; 및

상기 은 페이스트를 분쇄하는 단계를 포함하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물의 제조 방법.

5

【청구항 15】

제 14 항에 있어서, 상기 페이스트 형성 단계 전에,

20 내지 50 nm의 입경을 갖는 1차 입자 형태의 카본블랙을 표면 처리하여, 표면에 노출된 산소/탄소 원자비(O/C ratio)가 0.4 이상인 카본블랙을 형성하는 단계; 및

10

상기 표면 처리된 카본블랙을 응집시켜 1 내지 5 μ m의 입경을 갖는 2차 입자 형태의 카본블랙을 형성하는 단계를 더 포함하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물의 제조 방법.

15 【청구항 16】

제 14 항에 있어서, 상기 분쇄 단계 후의 은 페이스트는 입경이 0.02 내지 2 μ m인 2차 입자 형태를 갖는 카본블랙을 포함하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물의 제조 방법.

20 【청구항 17】

제 15 항에 있어서, 상기 1차 입자 형태의 카본블랙은 100 내지 200 m²/g의 BET 비표면적을 갖는 전극 형성용 은 페이스트 조성물의 제조 방법.

【청구항 18】

제 14 항에 있어서, 상기 분쇄 단계는 3롤 밀, 볼밀 또는 해머밀을 사용하여 3회 내지 6회 동안 반복 수행하는 전극 형성용 은 페이스트 조성물의 제조방법.

25 【청구항 19】

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 은 페이스트

30

조성물로부터 형성된 태양전지용 전면전극.

【청구항 20】

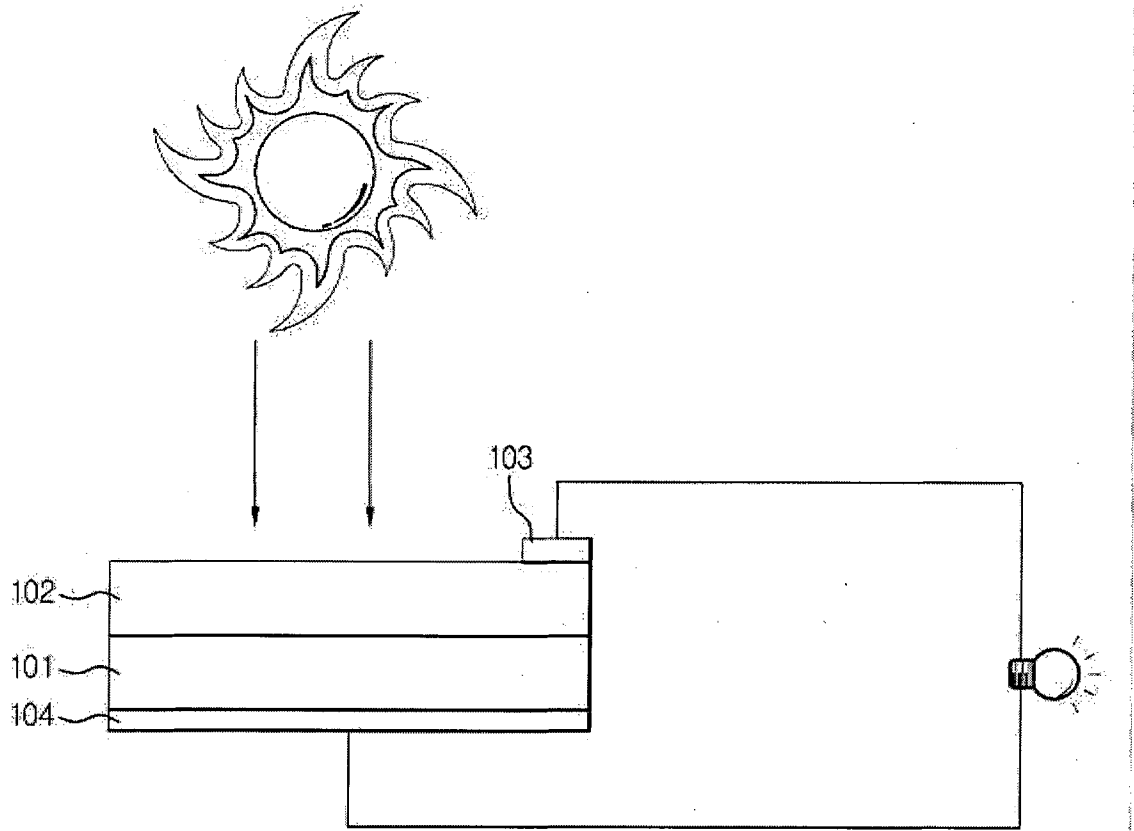
- 실리콘 반도체 기판;
- 5 상기 기판 상부에 형성되는 에미터층;
- 상기 에미터층 상에 형성된 반사방지막;
- 상기 반사방지막을 관통하여 상기 에미터층에 접속된 전면전극; 및
- 상기 기판의 배면에 접속된 후면전극을 포함하는 실리콘 태양전지이
- 며,
- 10 상기 전면전극은 제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 은 페
- 이스트 조성물을 상기 반사 방지막 상에 소정의 패턴으로 도포하고 소성시
- 켜 형성된 실리콘 태양전지.

【청구항 21】

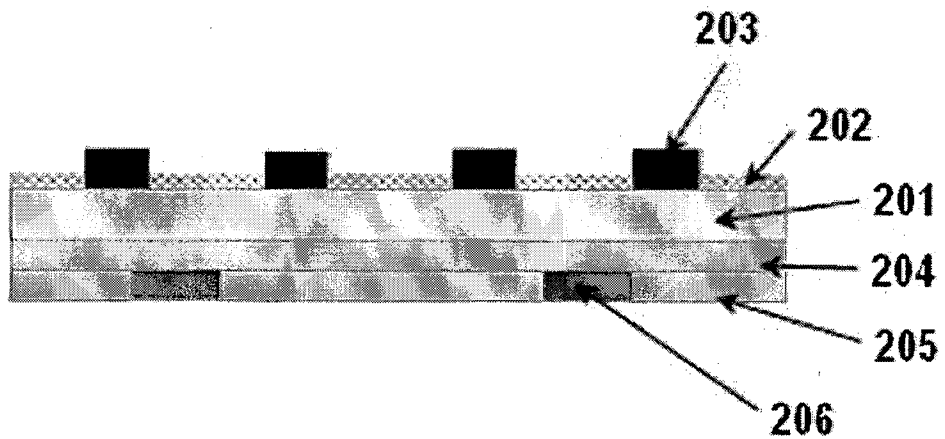
- 15 제 20 항에 있어서, 상기 전면전극은 60 내지 90 μm 의 선폭 및 20
- 내지 35 μm 의 선고를 갖는 전극 패턴을 포함하는 실리콘 태양전지.

【도면】

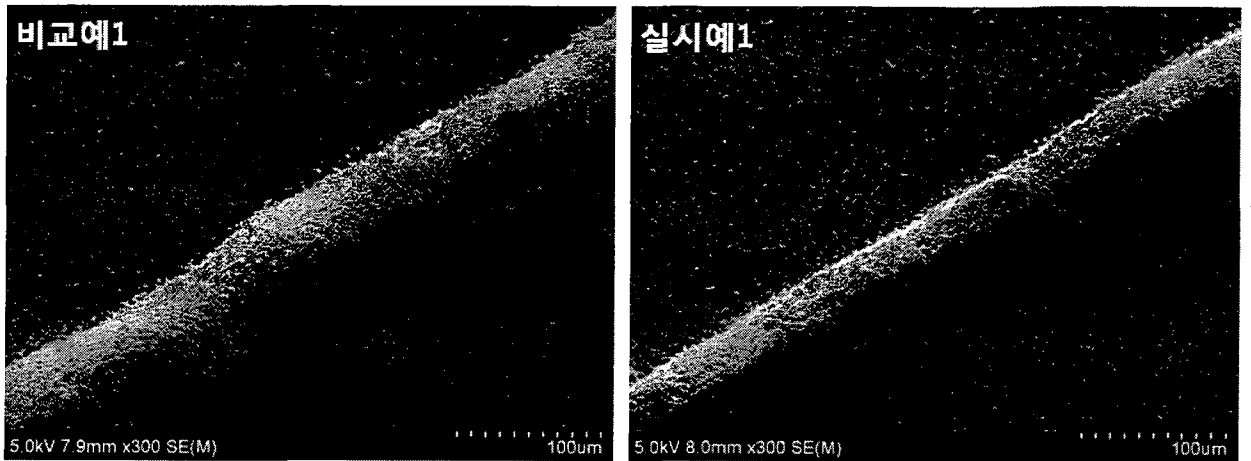
【도 1】



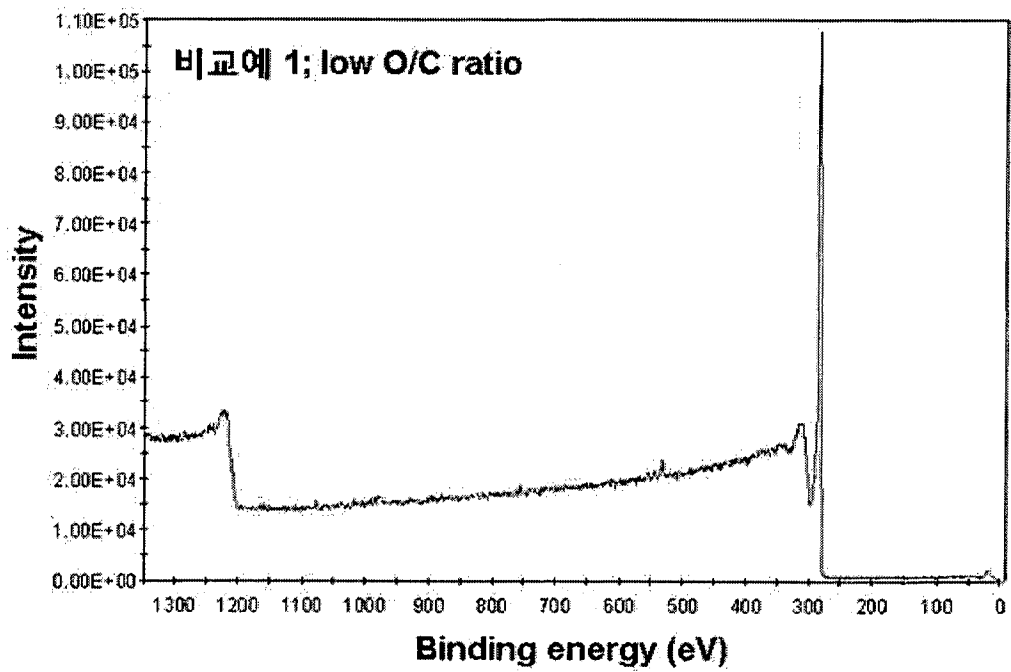
【도 2】



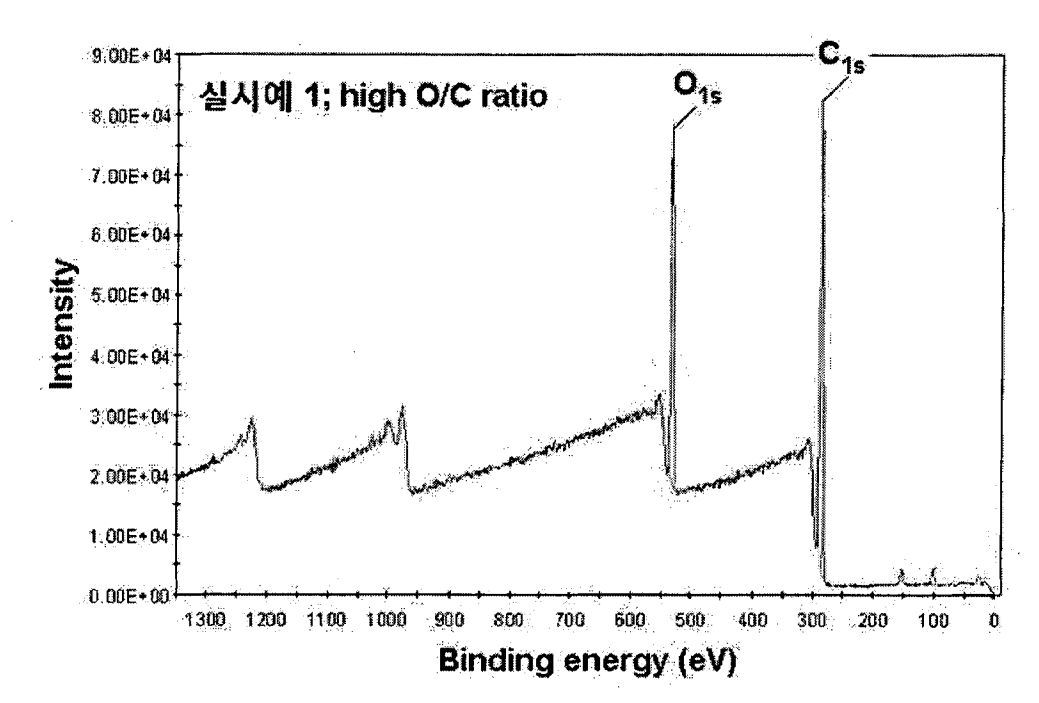
【도 3】



【도 4a】



【도 4b】



【도 5】

