



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월14일
(11) 등록번호 10-1666308
(24) 등록일자 2016년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/02 (2006.01)
H01L 31/0236 (2006.01) H01L 31/0465 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/022425 (2013.01)
H01L 31/02021 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0067550
(22) 출원일자 2015년05월14일
심사청구일자 2015년05월14일
(56) 선행기술조사문헌
JP2013123043 A
CN102921944 A
JP2009170939 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김동환
서울특별시 서초구 서초대로48길 73 동우하이츠 101호
이해석
경기도 용인시 기흥구 동백중앙로 312, 2104동 302호 (중동, 백현마을동일하이빌아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이동건

전체 청구항 수 : 총 12 항

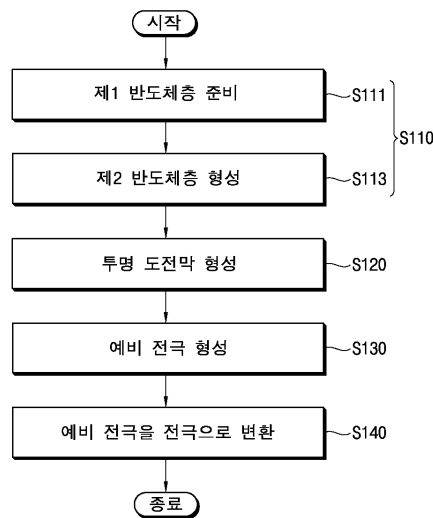
심사관 : 전병식

(54) 발명의 명칭 반도체 전극 구조물의 형성 방법 및 이를 이용한 실리콘 태양 전지의 제조 방법

(57) 요약

반도체 전극 구조물의 형성 방법에 있어서, 반도체 베이스 상에 금속 페이스트를 이용하여 적어도 하나의 예비 전극을 형성한 후, 상기 예비 전극 및 상기 반도체 베이스 사이에 연결된 전원을 이용하여 상기 반도체 베이스에 전자를 공급하면서 상기 예비 전극을 소성하여, 상기 예비 전극을 전극으로 변환시킨다. 이로써 상기 반도체 베이스 및 상기 전극 사이의 접촉 저항이 감소될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 31/02366 (2013.01)

H01L 31/0465 (2015.01)

H01L 31/18 (2013.01)

Y02E 10/50 (2013.01)

(72) 발명자

강윤목

경기도 수원시 팔달구 중부대로223번길 92, 202동
1008호 (우만동, 우만주공2단지아파트)

김찬석

서울특별시 성북구 보문로30나길 16-4 302호 (동
선동2가)

김영도

서울특별시 서초구 명달로4길 30 서초대림e편한세
상5차아파트 502동 1001호

박성은

부산광역시 남구 유엔로120번가길 13 (대연동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415137660

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지자원인력양성사업

연구과제명 [RCMS]태양전지 기반기술 고급트랙(고효율 실리콘 태양전지 기술개발을 위한 핵심인력양성
프로그램)[2단계2차년도]

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교산학협력단

연구기간 2014.07.01 ~ 2015.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 베이스 상에 금속 페이스트를 이용하여 적어도 하나의 예비 전극을 형성하는 단계; 및

상기 예비 전극 및 상기 반도체 베이스 사이에 연결된 전원을 이용하여 상기 예비 전극을 통하여 상기 반도체 베이스에 전자를 공급하면서 상기 예비 전극을 소성하여, 상기 예비 전극을 전극으로 변환시키는 단계를 포함하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 반도체 베이스에 전자를 공급하면서 상기 예비 전극을 소성하는 단계는, 상기 반도체 베이스 및 상기 전극들 사이의 계면에 금속 연결체를 형성하는 것을 특징으로 하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 예비 전극을 형성하는 단계 이전에,

상기 반도체 베이스 상에 제1 타입의 도펀트로 도핑하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 예비 전극을 형성하는 단계 이전에,

제1 타입의 도펀트로 도핑된 제1 반도체층을 준비하는 단계; 및

상기 제1 반도체층의 상부에 제2 타입의 도펀트로 도핑하여 상기 제1 반도체층의 상부를 제2 반도체층으로 변환시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 예비 전극은 복수로 구비되며,

상기 예비 전극을 형성하는 단계는 상기 제1 반도체층에 복수의 예비 전극을 형성하는 것을 특징으로 하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 예비 전극은 복수로 구비되며,

상기 예비 전극을 형성하는 단계는 상기 제1 반도체층 및 상기 제2 반도체층 상에 각각 복수의 예비 전극을 형성하는 것을 특징으로 하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 반도체 베이스는 결정질 실리콘, 비정질 실리콘, 실리콘 화합물, 또는 화합물 반도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 예비 전극을 형성하는 단계 이전에, 상기 반도체 베이스 상에 투명 도전막을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 9

n-type 실리콘 기판을 준비하는 단계;

상기 실리콘 기판 상부에 p-type 불순물을 도핑하여 상기 n-type 실리콘 기판과 PN 접합을 이루는 p-type 반도체층을 형성하는 단계;

상기 p-type 반도체층 상에 금속 페이스트를 이용하여 예비 전면 전극을 형성하는 단계; 및

상기 예비 전면 전극 및 상기 n-type 실리콘 기판 사이에 연결된 전원을 이용하여 상기 n-type 실리콘 기판으로부터 상기 예비 전면 전극을 통하여 상기 p-type 반도체층에 전자를 공급하면서 상기 예비 전면 전극에 대하여 소성 공정을 수행하여, 상기 예비 전면 전극을 전면 전극으로 전환시키는 단계를 포함하는 실리콘 태양 전지의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 금속 페이스트는 은(Ag) 분말 및 글라스 프린트를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 p-type 반도체층에 전자를 공급하면서 상기 예비 전면 전극에 대하여 소성 공정을 수행하는 단계는, 상기 p-type 반도체층 및 상기 전면 전극 사이의 계면에 금속 연결체를 형성하는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 금속 연결체는 금속 크리스탈라이트 또는 금속 텐드라이트를 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 태양 전지의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 전극 구조물의 형성 방법 및 이를 이용한 실리콘 태양 전지의 제조 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 반도체 베이스 상에 전극을 형성하는 반도체 전극 구조물의 형성 방법 및 상기 반도체 전극 구조물의 형성 방법을 이용하는 실리콘 태양 전지의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 석유 및 석탄과 같은 기존의 화석에너지 자원이 고갈되고, 후쿠시마 원전사고의 예처럼 안전한 에너지원으로 대체할 수 있고, 지구 온난화 문제가 대두되면서 환경오염을 줄일 수 있는 에너지원 개발에 많은 연구가 되고 있으며 이 중 태양광을 이용한 태양 에너지는 무한히 이용할 수 있어 특히 많은 연구가 진행되고 있다.

[0003] 태양광을 이용한 태양전지는 광기전력 효과(photovoltaic effect)를 이용하여 빛 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 장치로 실리콘 태양전지가 대표적이다.

[0004] 상기 일반적인 실리콘 태양전지는 p형과 n형의 반도체로 구성되고, 전후면 전극을 갖추어 광조사에 의해 생성된 전자와 정공은 분리되어 전극에 수집되어 기전력이 발생된다.

[0005] 최근에는, 실리콘 태양전지의 기판으로 기존의 p-type 대신 n-type 실리콘 기판을 이용하는 연구가 진행되고 있다. 이때, 상기 n-type 실리콘 기판은 빛에 의한 열화 현상이 상대적으로 적은 점 및 불순물에 대한 민감도 낮은 점과 같은 장점들 가짐에 따라 개선된 효율을 갖는 실리콘 태양 전지가 구현될 수 있다.

[0006] 상기 n-type 실리콘 태양전지는 n-type 실리콘 기판의 표면을 3족 원소와 같은 B, Al, Ga 등의 불순물로 도핑하여 p-type 반도체층을 형성함으로써 PN 접합을 이룬다. 이후, 상기 p-type 반도체층 상에 Ag/Al 페이스트를 이용하여 스크린 프린팅 법으로 전면 전극을 형성한다.

[0007] 즉, n-type 실리콘 태양전지에서는 기존의 p-type 실리콘 태양전지에서 사용되는 Ag 페이스트 대신 Ag/Al 페이스트를 이용하여 전면 전극을 형성한다. 만약 Ag 페이스트를 사용하면 p-type 반도체층 상에 전면 전극을 형성할 경우, 상기 p-type 반도체층과의 접촉 문제에 의하여 접촉 저항이 상대적으로 높을 수 있다. 따라서, Ag/Al 페이스트를 사용하여 p-type 반도체층 상에 전면 전극을 형성함으로써 상기 p-type 반도체층과의 접촉 저항이

높은 문제를 해결하고 있다.

[0008] 하지만, 상기 전면 전극의 선저항이 높거나 shunting 현상의 문제가 발생할 수 있다. 따라서, Ag/Al 페이스트를 이용하여 n-type 실리콘 태양전지용 전면 전극을 형성했다 하더라도 충전율이 80%를 초과하기는 데 여전히 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상술한 종래기술 상의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 목적은 금속 페이스트를 이용하여 상대적으로 낮은 접촉 저항을 갖고 동시에 선티 현상을 억제할 수 있는 반도체 전극 구조물의 형성 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 금속 페이스트를 이용하여 상대적으로 낮은 접촉 저항을 구현하고 동시에 선티 현상을 억제할 수 있는 전면 전극을 구현할 수 있는 실리콘 태양 전지의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 실시예들에 따른 반도체 전극 구조물의 형성 방법에 있어서, 반도체 베이스 상에 금속 페이스트를 이용하여 적어도 하나의 예비 전극을 형성한 후, 상기 반도체 베이스에 전자를 공급하면서 상기 예비 전극을 소성하여, 상기 예비 전극을 전극으로 변환시킨다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반도체 베이스에 전자를 공급하면서 상기 예비 전극을 소성할 때, 상기 반도체 베이스 및 상기 전극들 사이의 계면에 금속 연결체가 형성될 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 반도체 전극 구조물의 형성 방법에 있어서, 상기 예비 전극을 형성하기 전에, 상기 반도체 베이스 상에 제1 타입의 도펀트로 도핑하는 도핑 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따른 반도체 전극 구조물의 형성 방법에 있어서, 상기 예비 전극을 형성하기 전에, 제1 타입의 도펀트로 도핑된 제1 반도체층을 준비하고, 상기 제1 반도체층의 상부에 제2 타입의 도펀트로 도핑하여 상기 제1 반도체층의 상부를 제2 반도체층으로 변환시킬 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 예비 전극은 복수로 구비되며, 상기 예비 전극을 형성하는 단계는 상기 제1 반도체층에 복수의 예비 전극이 형성될 수 있다.

[0016] 이와 다르게, 상기 예비 전극은 복수로 구비되며, 상기 예비 전극을 형성하는 단계는 상기 제1 반도체층 및 상기 제2 반도체층 상에 각각 복수의 예비 전극이 형성될 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반도체 베이스는 결정질 실리콘, 비정질 실리콘, 실리콘 화합물 또는 화합물 반도체를 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 예비 전극을 형성하기 전에, 상기 반도체 베이스 상에 투명 도전막이 추가적으로 형성될 수 있다.

[0019] 본 발명의 실시예들에 따른 실리콘 태양 전지의 제조 방법에 있어서, n-type 실리콘 기판을 준비하고, 상기 실리콘 기판 상, p-type 불순물을 도핑하여 상기 실리콘 기판과 PN 접합을 이루는 p-type 반도체층을 형성한다. 이후, 상기 p-type 반도체층 상에 금속 페이스트를 이용하여 예비 전면 전극을 형성한다. 이어서, 상기 p-type 반도체층에 전자를 공급하면서 상기 예비 전면 전극에 대하여 소성 공정을 수행하여, 상기 예비 전면 전극으로부터 전면 전극으로 전환시킨다.

[0020] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 금속 페이스트는 은(Ag) 분말 및 글라스 프린트를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 p-type 반도체층에 전자를 공급하면서 상기 예비 전면 전극에 대하여 소성 공정을 수행할 때, 상기 p-type 반도체층 및 상기 전면 전극 사이의 계면에 금속 연결체가 형성될 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 금속 연결체는 금속 크리스탈라이트 또는 금속 덴드라이트를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예들에 따르면, 반도체 베이스에 전자를 공급하면서 상기 예비 전극을 소성하여, 상기 예비 전극

을 전극으로 변환시킴으로써 상기 베이스 및 전극 사이의 접촉 저항이 감소할 수 있다. 이로써, 상기 반도체 베이스 및 상기 전극 사이의 전기 전도성이 개선될 수 있다.

[0024] 특히, 상기 반도체 베이스의 상부가 p-type 반도체층일 경우, 상기 p-type 반도체층에 전압을 인가하거나 또는 전류를 주입하여 상기 p-type 반도체층에 전자를 공급함으로써 후속하는 은 함유 페이스트를 소성하는 소성 공정에서 상기 은 함유 페이스트에 포함된 은 이온이 상기 전자와 결합하여 효과적으로 은(실버)으로 환원될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 전극 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
 도 2는 도1의 예비 전극을 전극으로 변환하는 단계를 설명하기 위한 단면도이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 실리콘 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
 도 4는 도3의 예비 전면 전극을 전면 전극으로 변환하는 단계를 설명하기 위한 단면도이다.
 도 5는 p-type 반도체층에 인가된 전류 밀도값에 따른 접촉 저항을 나타내는 그래프이다.
 도 6a 내지 도 6c는 p-type 반도체층의 표면에 형성된 금속 연결체를 나타내는 전자 현미경 사진들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.

[0027] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0028] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0029] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0030] 반도체 전극 구조물의 형성 방법

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 전극 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 2는 도1의 예비 전극을 전극으로 변환하는 단계를 설명하기 위한 단면도이다.

[0032] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 전극 구조물의 형성 방법에 있어서, 반도체 베이스 상에 금속 페이스트를 이용하여 적어도 하나의 예비 전극을 형성한다(S110).

[0033] 상기 반도체 베이스는 결정질 실리콘, 비정질 실리콘, 실리콘 화합물, 또는 화합물 반도체를 포함할 수 있다.

[0034] 상기 반도체 베이스는 예를 들면, 3족 원소와 같은 p-type 불순물이 도핑된 p-type 결정질 실리콘층을 포함할 수 있다. 이 경우, 후속하는 금속 페이스트를 이용하여 예비 전극을 형성한 후, 상기 예비 전극을 열처리 공정

을 통하여 소성하는 소성 공정이 수행될 경우 상기 p-type 결정질 실리콘층에 전자가 충분하지 않다. 따라서, 상기 소성 공정에서, 상기 금속 페이스트에 포함된 금속 이온이 전자와 반응하여 금속 원소로 환원되는 환원 공정이 효과적으로 진행되지 않을 수 있다. 따라서, 후속하는 소성 공정에 자유 전자를 주입하는 공정이 요구된다. 이에 대하여는 후술하기로 한다.

- [0035] 이어서, 상기 반도체 베이스 상에 예비 전극을 형성한다(S130). 상기 예비 전극은 금속 페이스트를 이용하는 프린팅 공정을 통하여 형성될 수 있다.
- [0036] 상기 예비 전극은 상기 반도체 베이스의 상면 또는 하면에 형성될 수 있다. 또한, 상기 예비 전극은 스트라이프 형상을 가질 수 있다.
- [0037] 상기 금속 페이스트는 금속 분말, 글라스 프리트, 바인더 및 용매를 포함할 수 있다. 상기 금속 분말의 예로는 은(실버, silver) 분말을 포함할 수 있다. 상기 금속 페이스트에 포함된 금속 분말로부터 후속하는 소성 공정에서 금속 이온이 형성되고, 상기 금속 이온은 전자와 결합하여 금속 크리스탈라이트 또는 금속 텐드라이트를 형성할 수 있다. 예를 들면, 상기 금속 분말이 은 분말일 경우, 상기 금속 페이스트로부터 은 이온이 생성되고 다시 은 이온이 환원되어 은 입자 또는 은 크리스탈라이트와 같은 금속 연결체를 형성할 수 있다.
- [0038] 이후, 상기 반도체 베이스에 전자를 공급하면서 상기 예비 전극을 소성하는 소성 공정이 수행된다(S140). 이로써, 상기 예비 전극이 상기 반도체 베이스 상에 전극으로 변환된다. 이때, 상기 반도체 베이스 상에 자유 전자가 충분하지 않을 경우, 상기 반도체 베이스에 전압 또는 전류가 인가될 수 있다.
- [0039] 상기 소성 공정에서는 상기 금속 페이스트로부터 금속 이온 및 산소 이온이 발생한다. 상기 금속 이온 및 산소 이온이 상기 반도체 베이스의 표면으로부터 발생한 실리콘과 반응하여, 금속 원자 및 실리콘 산화물이 형성된다. 상기 금속 이온은 외부로부터 반도체 베이스로 공급된 전자와 결합하여 금속으로 석출된다.
- [0040] 따라서, 상기 반도체 베이스에 자유 전자가 공급됨으로써, 상기 소성 공정중 상기 금속 페이스트로부터 형성된 금속 이온이 금속 원소로 효과적으로 환원될 수 있다.
- [0041] 이로써, 상기 반도체 베이스 및 상기 전자 사이의 계면에 금속 크리스탈라이트 또는 금속 텐드라이트와 같은 금속 연결체가 형성될 수 있다. 상기 금속 연결체가 상기 전극 및 상기 반도체 사이를 연결시킨다. 이로써, 상기 전극 및 상기 반도체 베이스 사이의 접촉 저항이 감소되어 상기 전극 및 상기 반도체 베이스 사이의 전기적 전도성이 개선될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반도체 베이스 하부에 제1 반도체층을 준비한다(S111). 이후, 상기 제1 반도체층의 상부를 제2 반도체층으로 변환시킨다(S113). 이때, 상기 제1 반도체층은 n-type 반도체층에 해당되고 상기 제2 반도체층은 p-type 반도체층에 해당될 수 있다. 이 경우, 상기 예비 전극 및 상기 전극은 제1 반도체층 상에 형성된다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 예비 전극을 형성하기 이전에, 상기 반도체 베이스 상에 제1 타입의 도펀트로 도핑하는 도핑 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.
- [0044] 즉, 상기 반도체 베이스에 제1 타입의 도펀트로 도핑하여, 상기 반도체 베이스가 전체적으로 분할물이 도핑된 제1 반도체층으로 형성된다. 이후, 상기 반도체 베이스의 상부에는 제2 타입의 도펀트가 도핑된 제2 반도체층이 형성된다. 이로써, 상기 반도체 베이스의 하부에는 상기 제1 타입의 도펀트가 도핑된 제1 반도체층이 형성되고, 그 상부에는 제2 타입의 도펀트가 도핑된 제2 반도체층이 형성될 수 있다. 이로써 상기 반도체 베이스에는 상호 반대되는 타입의 도펀트가 각각 도핑된 제1 반도체층 및 제2 반도체층이 상호 접합되어 PN 접합을 이룰 수 있다.
- [0045] 예를 들면, 2족 원소 또는 3족 원소가 도핑된 웨이퍼가 준비되고, 상기 웨이퍼의 상부에는 제1 타입의 도펀트, 예를 들면 5족 원소 및 6족 원소가 주입될 수 있다. 이로써 상기 반도체 베이스의 상부에 형성된 상기 제1 반도체층은 n-type 반도체층에 해당되고 상기 제2 반도체층은 p-type 반도체층에 해당될 수 있다. 이와 다르게, 상기 n-type 반도체층 및 p-type 반도체층의 위치는 역전될 수 있다.
- [0046] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 예비 전극은 복수로 구비되며, 상기 예비 전극을 형성하는 단계는 상기 제1 반도체층에 복수의 예비 전극을 형성할 수 있다. 즉, 상기 제1 반도체층 상에 형성된 복수의 예비 전극은 스트라이프 형상을 갖도록 형성될 수 있다. 이로써 후속하는 소성 공정 중, 상기 복수의 예비 전극에 연결된 전원이 상기 예비 전극을 통하여 상기 반도체 베이스에 전자를 공급할 수 있다.

- [0047] 이와 다르게, 상기 예비 전극은 복수로 구비되며, 상기 예비 전극을 형성하는 단계는 상기 제1 반도체층 및 상기 제2 반도체층 각각에 복수의 예비 전극이 형성될 수 있다. 상기 소성 공정 중, 상기 제1 반도체층 및 상기 제2 반도체층 각각에 형성된 복수의 예비 전극과 연결된 전원이 상기 예비 전극을 통하여 상기 제1 반도체층 및 상기 제2 반도체층 각각에 전자를 공급할 수 있다. 이 경우 상기 제2 반도체층에 형성된 예비 전극은 상기 제2 반도체층이 노출된 영역, 예를 들면 상면 또는 하면에 형성될 수 있다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 예비 전극이 형성되기 이전에, 상기 반도체 베이스 상에 투명 도전막을 추가적으로 형성할 수 있다(S120). 즉, 상기 반도체 베이스의 상면을 향하여 광이 입사될 경우, 상기 투명 도전막을 경유하여 상기 광이 효과적으로 상기 반도체 베이스에 도달할 수 있다. 상기 투명 도전막은 ITO, IZO 등과 같은 투명 전도성 산화물을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0049] **실리콘 태양 전지의 제조 방법**
- [0050] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 실리콘 태양 전지의 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 4는 도3의 예비 전면 전극을 전면 전극으로 변환하는 단계를 설명하기 위한 단면도이다.
- [0051] 도 3 및 도 4를 참조하면, n-type 실리콘 기판을 준비한다(S210). 상기 n-type 실리콘 기판은 반도체 웨이퍼에 5족 원소 또는 6족 원소와 같은 n-type 도펀트를 주입하는 이온 주입 공정을 통하여 형성될 수 있다.
- [0052] 이어서, 상기 n-type 실리콘 기판의 상부에 p-type 도펀트를 도핑하여 p-type 반도체층을 형성한다(S220). 이로써, 상기 n-type 실리콘 기판 및 p-type 반도체층은 PN 접합을 형성한다. 상기 p-type 도펀트는 2족 원소 또는 6족 원소를 포함할 수 있다. 상기 p-type 반도체층을 형성하기 위하여 이온 주입 공정이 수행될 수 있다.
- [0053] 이어서, 상기 p-type 반도체층 상에 금속 페이스트를 이용하여 예비 전면 전극을 형성한다(S230). 상기 금속 페이스트에는 금속 분말, 글라스 프리트, 바인더 및 용매를 포함할 수 있다. 상기 금속 분말의 예로는 은(실버, silver) 분말을 포함할 수 있다. 상기 금속 페이스트에 포함된 금속 분말로부터 후속하는 소성 공정에서 금속 이온이 형성되고, 상기 금속 이온은 전자와 결합하여 금속 크리스탈라이트 또는 금속 덴드라이트를 형성할 수 있다. 예를 들면, 상기 금속 분말이 은 분말일 경우, 상기 금속 페이스트로부터 은 이온이 생성되고 다시 은 이온이 환원되어 은 입자 또는 은 크리스탈라이트와 같은 금속 연결체를 형성할 수 있다.
- [0054] 이어서, 상기 p-type 반도체층에 전자를 공급하면서 상기 예비 전면 전극에 대하여 소성 공정을 수행한다. 이로써, 상기 예비 전면 전극을 전면 전극으로 전환시킨다(S240).
- [0055] 상기 소성 공정에서는 상기 금속 페이스트로부터 금속 이온 및 산소 이온이 발생한다. 상기 금속 이온 및 산소 이온이 상기 p-type 반도체층의 표면의 실리콘과 반응하여, 금속 원자 및 실리콘 산화물이 형성된다. 상기 금속 이온은 외부로부터 반도체 베이스로 공급된 전자와 결합하여 금속으로 석출된다.
- [0056] 특히, 상기 p-type 반도체층에는 자유 전자가 충분하지 않으므로 상기 예비 전면 전극에 연결된 전원이 상기 예비 전면 전극을 경유하여 상기 p-type 반도체층에 자유 전자를 공급한다. 따라서, 상기 소성 공정 중 상기 금속 페이스트로부터 형성된 금속 이온이 상기 자유 전자와 결합하여 금속 원소로 효과적으로 환원될 수 있다.
- [0057] 또한, 상기 반도체 베이스 및 상기 전자 사이의 계면에 금속 크리스탈라이트 또는 금속 덴드라이트와 같은 금속 연결체가 형성될 수 있다. 상기 금속 연결체가 상기 전극 및 상기 반도체 사이를 연결시킨다. 이로써, 상기 전극 및 상기 반도체 베이스 사이의 접촉 저항이 감소되어 상기 전극 및 상기 반도체 베이스 사이의 전기적 전도성이 개선될 수 있다.
- [0058] 여기서, 상기 p-type 반도체층에 전자를 공급하면서 상기 예비 전면 전극에 대하여 소성 공정이 수행될 때, 상기 p-type 반도체층 및 상기 전면 전극 사이의 계면에 금속 연결체가 형성된다. 또한, 상기 금속 연결체는 금속 크리스탈라이트 또는 금속 덴드라이트를 포함할 수 있다.
- [0059] 도 5는 p-type 반도체층에 인가된 전류 밀도값에 따른 접촉 저항을 나타내는 그래프이다.
- [0060] 도 5를 참조하면, 전류 밀도값이 증가함에 따라 접촉 저항이 감소함을 확인할 수 있다.
- [0061] 도 6a 내지 도 6c는 p-type 반도체층의 표면에 형성된 금속 연결체를 나타내는 전자 현미경 사진들이다.
- [0062] 도 6a를 참조하면, p-type 반도체층의 상부 표면에 은으로 이루어진 덴드라이트 구조가 형성됨을 확인할 수 있다.

[0063] 도 6b를 참조하면, p-type 반도체층의 상부 표면에 은으로 이루어진 크리스탈라이트 구조가 형성됨을 확인할 수 있다.

[0064] 도 6c를 참조하면, 덴드라이트 구조가 성장하여 p-type 반도체층 및 은 전면 전극 사이의 계면에 금속 연결체 (metal bridge)가 형성됨을 확인할 수 있다. 상기 금속 연결체는 상기 p-type 반도체층 및 은 전면 전극 사이의 접촉 저항을 감소시킴을 알 수 있다.

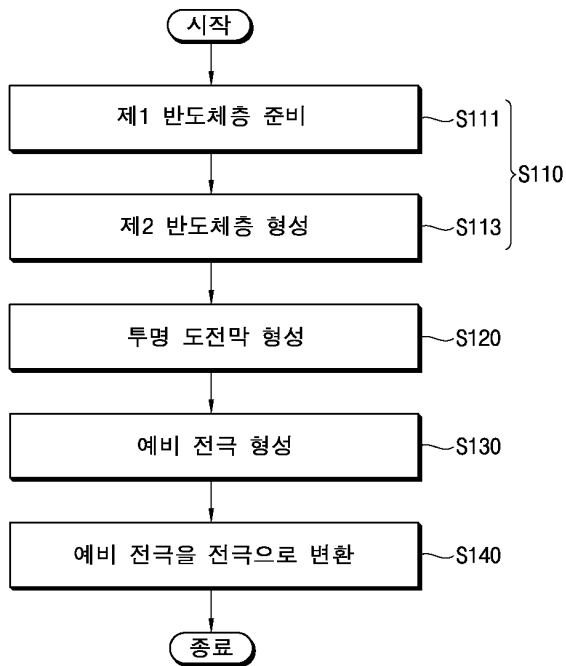
산업상 이용가능성

[0065] 본 발명의 실시예들에 따른 반도체 전극 구조물의 형성 방법 및 실리콘 태양 전지의 제조 방법은 결정질 실리콘 태양 전지, 비정질 실리콘 태양전지, CIGS 태양전지, CdTe 태양 전지 등과 같이 그 종류에 무관하게 본 발명은 적용될 수 있다.

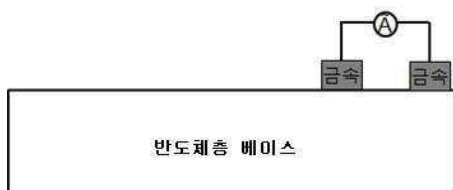
[0066] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

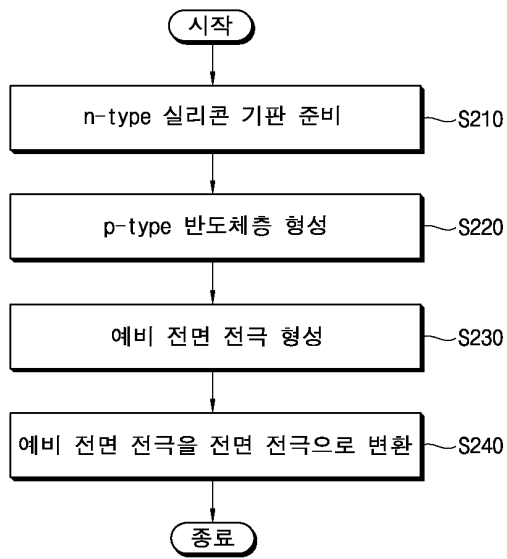
도면1



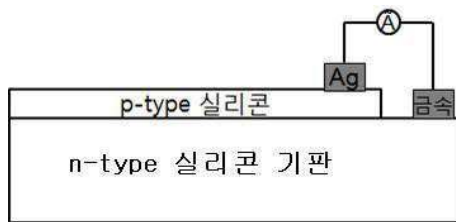
도면2



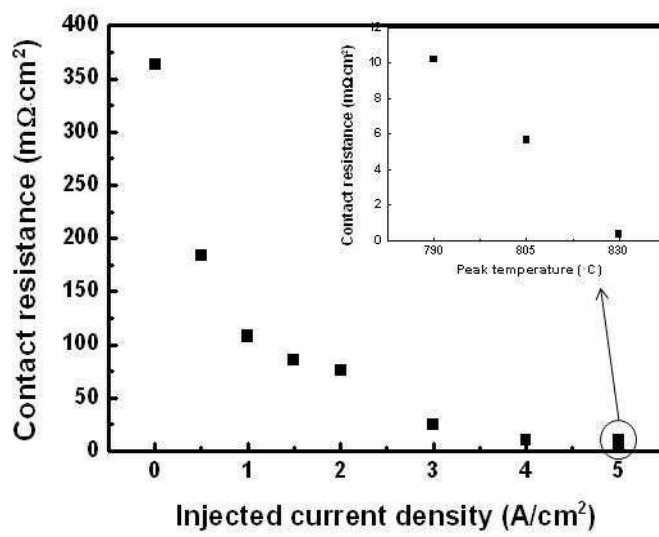
도면3



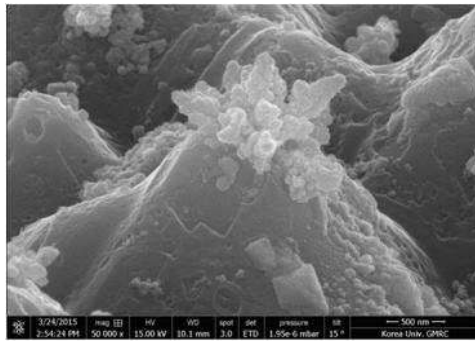
도면4



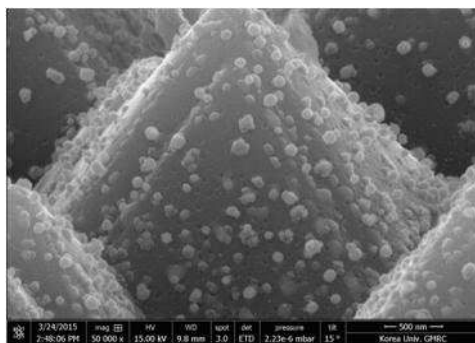
도면5



도면6a



도면6b



도면6c

