



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월05일
 (11) 등록번호 10-1402741
 (24) 등록일자 2014년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/042 (2014.01) *H01L 31/18* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0067380
 (22) 출원일자 2012년06월22일
 심사청구일자 2012년06월22일
 (65) 공개번호 10-2014-0003684
 (43) 공개일자 2014년01월10일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020120058841 A
 KR1020120058842 A
 KR100754370 B1

(73) 특허권자
 한국기초과학지원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)
 (72) 발명자
 오경숙
 대전 유성구 대학로 31, 1404호 (봉명동, 한진오피스텔)
 유석재
 대전 유성구 엑스포로 448, 303동 1601호 (전민동, 엑스포아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 윤난영

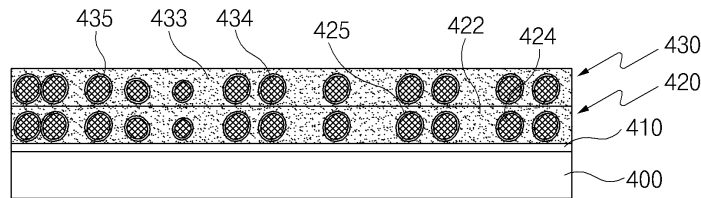
(54) 발명의 명칭 **양자점 형성 방법**

(57) 요약

본 발명은 양자점 태양전지를 제조하기 위한 양자점 형성 방법에 관한 것이다.

본 발명의 양자점 형성 방법은, 실리콘 기판에 절연층을 형성하는 단계; 상기 절연층 상부에 아몰퍼스 실리콘 및 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘막을 형성하는 단계; 및 상기 실리콘막에 포함된 상기 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도6



(72) 발명자

홍승표

대전 유성구 신성남로111번길 7, 201호 (신성동)

김대철

대전 유성구 어은로 57, 103동 903호 (어은동, 한
빛아파트)

김영우

경기 화성시 동탄반석로 71, 446동 1801호 (
반송동, 솔빛마을쌍용예가아파트)

박중배

전북 군산시 풍문2길 35, 103동 204호 (장재동, 현
대세솔아파트)

김중식

경기 안산시 상록구 정재로7길 14, B동 102호 (부
곡동, 대한아트빌)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 EN1021-3

부처명 교육과학기술부

연구사업명 주요사업/기관목적사업/플라즈마 융복합연구 가반구축사업

연구과제명 플라즈마를 활용한 융복합 연구사업

기 여 율 1/1

주관기관 국가핵융합연구소

연구기간 2010.01.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

양자점 형성 방법에 있어서,
 실리콘 기판에 절연층을 형성하는 단계;
 상기 절연층 상부에 아몰퍼스 실리콘 및 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘막을 형성하는 단계; 및
 상기 실리콘막에 포함된 상기 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하는 단계;
 를 포함하는 양자점 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 절연층을 형성하는 단계는,
 상기 실리콘 기판에 질소 중성입자빔을 조사하여 절연막을 형성시키는 단계;
 를 더 포함하는 양자점 형성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 실리콘막을 형성하는 단계는,
 중성입자빔 처리장치에 실레인(SiH_4) 가스를 주입하는 단계; 및
 상기 실레인 가스의 주입에 따라 형성된 중성입자에 의하여 상기 실리콘막이 형성되는 단계;
 를 더 포함하는 양자점 형성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 실리콘막을 형성하는 단계는,
 중성입자빔 처리장치에 실레인(SiH_4) 가스 및 비활성 가스가 혼합된 처리 가스를 주입하는 단계; 및
 상기 실레인 가스 및 비활성 가스가 혼합되어 주입됨에 따라 형성된 중성입자에 의하여 상기 실리콘막이 형성되는 단계;
 를 포함하는 양자점 형성 방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,
 상기 중성입자빔 처리장치 내의 처리 가스에 의해 형성된 중성입자가 가진 에너지의 양에 따라 상기 중성입자가 상기 아몰퍼스 실리콘 또는 상기 나노 크리스탈로 형성되는 양자점 형성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하는 단계는,

중성입자빔 처리장치 내의 처리 가스에 수소 또는 질소 가스를 혼합하고, 상기 실리콘 기판 상에 수소 또는 질소 플라즈마 분위기에서 생성된 중성입자빔을 조사하여 상기 나노 크리스탈 표면에 절연막을 코팅하는 단계;

를 더 포함하는 양자점 형성 방법.

청구항 7

양자점 형성 방법에 있어서,

실리콘 기판에 절연층을 형성하는 단계;

상기 절연층 상부에 아몰퍼스 실리콘 및 나노 크리스탈이 혼합된 제1 실리콘막을 형성하는 단계;

상기 제1 실리콘막에 포함된 상기 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하는 단계;

상기 제1 실리콘막 상부에 아몰퍼스 실리콘 및 나노 크리스탈이 혼합된 제2 실리콘막을 형성하는 단계; 및

상기 제2 실리콘막에 포함된 상기 나노 크리스탈의 표면에 절연막을 형성하는 단계;를

포함하는 양자점 형성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 실리콘막을 형성하는 단계와 상기 제2 실리콘막의 나노 크리스탈에 절연막을 형성하는 단계는,

상기 청구항 제2항 내지 제4항, 및 제6항 중 어느 한 항에 기재된 공정이 반복적으로 수행되도록 한 양자점 형성 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 양자점 태양전지의 제조를 위한 양자점 형성 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 양자점(Quantum Dot, QD)의 우수한 효과가 증명됨에 따라 이를 이용한 다양한 응용 장치에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히, 양자점을 태양전지에 응용한 양자점 태양전지는 차세대 에너지원으로 주목받고 있다.

[0003] 이러한 양자점 태양전지는 기존의 광기전성 패널에 비해서 훨씬 더 많은 태양광을 흡수하는 것으로 알려져 있다. 또한, 광변환 효율에 있어서도 기존의 태양전지가 15~20% 임에 반하여, 양자점 태양전지는 약 30%의 광변환 효율을 보이는 것으로 알려져 있다. 따라서, 대량 생산화 될 경우 기존의 방법과 근본적으로 다른 접근 방법을 사용함으로써 전기를 발생하기 때문에, 현재의 화석 연료와 충분히 경쟁할 수 있을 것으로 전망되고 있다.

[0004] 이 나노결정 입자들은 실리콘과 카드뮴 텔루르 화합물(cadmium telluride) 같이 이미 인정된 태양전지 물질과 유사한 전기 성질을 가지고 있다.

[0005] 기존의 물질과 다른 점은 실리콘 전지보다 유연성을 갖는다는 점이다. 양자점은 다른 크기로 만들어질 수 있으며, 이에 의하여 서로 흡수되는 파장의 크기가 결정된다. 예를 들어, 더 큰 양자점은 더 긴 파장의 빛을 흡수하고, 더 작은 양자점은 더 짧은 파장의 빛을 흡수할 수 있다.

[0006] 이러한 양자점 태양전지의 생산을 위해, 양자점의 밀도 및 크기를 정밀하게 조절할 수 있는 제조방법이 필요하며, 양자점의 밀도 및 크기 제어를 정밀하게 하기 위해서는 저온 공정이 필수적이다. 따라서, 본 발명에서는 저온 공정이 가능한 양자점 태양전지의 제조 방법을 제안하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2011-101781호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 본 발명은 종래 고온 공정에서 제작되는 태양전지 제조 방식에서 제기되는 상기 제반 단점과 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로서, 질소(N₂) 또는 수소(H₂) 플라즈마 분위기에서 실리콘 결정에 절연막이 형성되는 양자점의 형성 방법이 제공됨에 발명의 목적이 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 다른 목적은 실리콘 기판 상에 양자점을 복수의 층으로 형성할 수 있는 양자점의 형성 방법이 제공됨에 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 상기 목적은, 기판에 절연층을 형성하는 단계와, 상기 절연층 상부에 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 결정 박막을 형성하는 단계 및 상기 실리콘 결정 박막의 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하는 단계를 포함하는 양자점의 형성 방법이 제공됨에 의해서 달성된다.

[0011] 이때, 상기 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하는 단계에서, 상기 나노 크리스탈 표면에 형성되는 절연막은 질소(N) 또는 수소(H) 가스 분위기 하에서 생성된 중성입자빔이 기판 상에 조사하여 형성되도록 할 수 있다.

[0012] 그리고, 본 발명은 상기 양자점을 형성하는 단계를 반복하여 복수층의 양자점이 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0013] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 포함된 실리콘막을 하나의 공정에서 동시에 형성하고, 별도의 식각 공정없이 실리콘막에 수소 또는 질소 중성입자빔을 조사하여 나노 크리스탈에만 선택적으로 절연막을 형성함으로써, 태양전지에 사용되는 양자점을 형성할 수 있다. 또한, 통상의 CVD 공정은 고온 공정이므로 양자점의 밀도 및 크기를 조절하기 어렵다는 문제점이

[0014] 있었다. 그러나, 본 발명에서는 별도의 식각 공정없이 저온 공정이 가능한 중성입자빔을 사용하므로, 양자점의 밀도 및 크기를 비교적 자유롭게 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점을 형성하기 위한 중성입자빔 처리 장치의 구성도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 실리콘 기판에 절연층을 형성하는 단계의 공정 단면도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 기판에 양자점이 형성하는 단계의 공정 단면도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 양자점의 경계면 형성을 위해 표면에 절연막을 형성

하는 단계의 공정 단면도.

도 5는 본 발명에 따른 일 실시예의 양자점 형성 방법에서 다른 양자점 층을 형성하기 위한 단계의 공정 단면도.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 이층의 양자점 층에 형성된 양자점의 경계면 형성을 위해 표면에 절연막을 형성하는 단계의 공정 단면도.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법이 순차적으로 도시된 순서도.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 복수의 양자점 층을 형성하는 공정이 도시된 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명에 따른 양자점 형성 방법의 상기 목적에 대한 기술적 구성을 비롯한 작용효과에 관한 사항은 본 발명의 바람직한 실시예가 도시된 도면을 참조한 아래의 상세한 설명에 의해서 명확하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태의 실시예로 구현될 수 있으며, 여기서 설명하는 실시예에 한정하지 않는다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 청구범위와 관계없는 부분은 상세한 설명을 생략하였으며, 명세서의 전반적인 내용에서 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 부여하였다.

[0017] 또한, 명세서의 전반적인 내용에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0018] 먼저, 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점을 형성하기 위한 중성입자빔 처리 장치의 구성도이다.

[0019] 도시된 바와 같이, 본 실시예의 중성입자빔 처리 장치는 하부가 개방된 반응챔버(100), 반응챔버(100)의 개방된 하부면에 위치하는 플라즈마 리미터(200) 및 플라즈마 리미터(200)의 하부에 위치한 처리실(300)로 구성될 수 있다.

[0020] 반응챔버(100)의 내부공간은 플라즈마 방전공간(101)으로서, 방전공간(101)에는 고주파수의 에너지를 도입하기 위한 안테나(102)가 배치될 수 있으며, 가스 유입구(104, 105)가 반응챔버(100)의 측면에 각각 배치될 수 있다. 반응챔버(100)에서는 다음과 같은 공정이 수행되는 데, 먼저 가스 유입구(104)를 통해 처리가스가 플라즈마 방전공간(101)으로 유입되면, 안테나(102)를 통해 공급된 고주파수의 전력에 의해 플라즈마 방전이 발생하며, 그 결과 처리가스가 플라즈마(103)로 전환된다. 생성된 플라즈마 중 양이온(플라즈마 이온)은 플라즈마 방전공간(101)의 상부에 위치한 금속판(106)으로 유도되고, 금속판(106)과의 충돌에 의해 플라즈마 이온은 중성입자로 전환된다. 이때, 플라즈마 이온의 금속판(106)으로의 유도는 금속판(106)에 음의 바이어스 전압을 인가함에 의해 성취될 수 있다.

[0021] 금속판(106)에 음의 바이어스 전압을 인가할 경우 플라즈마 이온은 금속판(106)에 수직 또는 근사 수직으로 입사하며, 금속판(106)과 충돌하게 된다.

[0022] 이때, 상기 안테나(102)는 다양한 형태와 다양한 설치 위치의 안테나가 적용될 수 있으나, PCVD나 ICP와 같은 방식으로 플라즈마 이온이 형성되도록 하는 장치에서 도 1에 도시된 형태의 안테나가 적용될 수 있다.

[0023] 금속판(106)과 플라즈마 이온의 탄성적 충돌에 의해 생성된 중성입자는 방향이 전환되어 플라즈마 방전공간(101)의 하부에 위치한 플라즈마 리미터(200)로 입사하게 된다. 플라즈마 리미터(200)는 홀 또는 슬릿(201)을 갖고 있으며, 홀 또는 슬릿을 통해 중성입자는 통과하나, 플라즈마 이온 및 전자의 통과는 방해되어 중성입자만 처리실(300)에 배치된 기관(301)에 도달하게 된다. 이때, 플라즈마 리미터(200)의 재질은 특별히 제한되지 않지만, 세라믹과 같은 유전체 재질이 바람직하다.

[0024] 플라즈마 이온 및 전자가 상기 플라즈마 리미터(200)를 통과하는 것을 배제하기 위해 상기 플라즈마 리미터(200)의 측벽(202)에 자기장 또는 전기장 인가 수단(203)을 추가로 배치할 수 있다. 상기 자기장 또는 전기장 인가 수단(203)은 플라즈마 이온 또는 전자의 이동방향을 변화시켜 플라즈마 이온 또는 전자가 기관의 표면에 도달하는 것을 배제시킬 수 있다.

[0025] 플라즈마 리미터(200)를 통과한 중성입자는 처리실(300)에 수납된 기관(301)의 표면처리를 수행하게 된다. 예를 들면, 중성입자는 기관(예를 들면, 웨이퍼)(301)상에 흡착되어 있거나 잔류하는 부산물과 충돌하여 이 부산물을

제거한다. 이때, 중성입자는 대전된 입자가 아니기 때문에 기관(301)에 손상을 가하지 아니한다.

- [0026] 기관 지지대(302)는 승강부재(미도시)에 접속되어 있는 승강부재의 작동에 의해 상하방향으로 승강할 수 있게 되어 있어서, 새로이 처리할 기관(301)을 반입하고 처리가 완료된 기관(400)을 반출할 수 있다. 한편, 기관 지지대(302)는 모터(미도시됨)에 의해 회전하며, 중성입자들이 웨이퍼 상에 도입되는 지점이 국부화되어 중성입자들의 도입량이 적은 부분(Blind spot)이 존재하게 되는 현상을 방지한다. 가스 배출구(303)는 진공펌프(미도시)에 연결되어 처리실(300)을 미리 설정한 압력으로 유지되도록 해준다.
- [0027] 본 발명에 따른 중성입자빔 처리장치에 사용되는 처리가스의 선택은 처리목적에 따라 당해 분야에서 통상의 지식을 가진자가 적절히 선택할 수 있다. 예를 들면, 기관(301) 상의 유기 물질을 세정하고자 하는 경우, 질소가스, 질소와 산소의 혼합물, 질소의 공기의 혼합물, 불활성 가스, 또는 질소와 불활성 가스의 혼합물이 선택될 수 있다. 또한, 본 발명의 양자점 태양전지 제조를 위한 각각의 공정에 따라 적절한 처리가스가 주입될 수 있다.
- [0028] 이와 같이, 본 발명에서는 양자점을 형성하기 위한 장치로 중성입자빔 처리장치를 예로 들어 구체적으로 설명하였으나, 이는 양자점 형성을 위한 플라즈마 생성 과정을 설명하기 위한 것이고 후술되는 양자점을 형성하기 위한 장치로 본 실시예의 중성입자빔 처리장치에 국한되는 것은 아니며, 플라즈마 방전 공간이 구비되어 플라즈마 방전 공간에서 플라즈마 이온(또는 양이온)과 전자들의 집단인 플라즈마가 생성 가능한 장치이면 적용 가능할 수 있다. 즉 축전용량성 플라즈마 방전(capacitively coupled plasma discharge)과 유도결합형 플라즈마 방전(inductively coupled plasma discharge) 및 플라즈마 웨이브(plasma wave)를 이용한 헬리콘 방전(Helicon discharge)과 마이크로웨이브 플라즈마 방전(microwave plasma discharge) 방식의 처리 장치들이 적용될 수 있다.
- [0029] 다음, 전술한 중성입자빔 처리장치를 이용하여 태양전지 제조를 위한 양자점 형성 공정에 대하여 설명하면 다음과 같다.
- [0030] 도 2 내지 도 4은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법이 도시된 공정 단면도로서, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 실리콘 기관에 절연층을 형성하는 단계의 공정 단면도이다.
- [0031] 도시된 바와 같이, 실리콘 기관(400) 상에 절연층(410)이 형성될 수 있다. 이때, 실리콘 기관(400) 상의 절연층(410)은 전술한 중성입자빔 처리장치를 이용하여 형성될 수 있다.
- [0032] 상기 절연층(410)은 p-타입 또는 n-타입 실리콘 기관 상에 수 nm의 두께로 형성될 수 있으며, 바람직하게는 1 ~ 2 nm의 두께로 형성될 수 있다.
- [0033] 여기서, 절연층(410)은 기관(400) 상에서 실리콘 결정의 에피택셜 성장을 저지하기 위하여 실리콘 기관 상에 결정체, 즉 후술할 나노 크리스탈을 바로 형성하지 않고 절연층에 의해 단절되도록 하기 위함이다.
- [0034] 이때, 절연층(410)은 SiO_x, SiON, SiN_x 또는 Si₃N₄ 등으로 구성될 수 있으며, 이 중에서도 SiN_x 또는 Si₃N₄로 구성됨이 바람직하다. SiN_x 또는 Si₃N₄의 질화막일 경우에는, 상기 중성입자빔 처리 장치에 질소 가스를 처리가스로 주입하고, 방전을 통해 처리가스를 플라즈마로 전환시킨 후, 플라즈마 이온을 금속판에 충돌시켜 중성입자로 변환시키는 과정을 통해 중성입자빔이 생성되도록 할 수 있으며, 이를 통해 저온 공정에서의 박막 처리를 수행할 수 있다.
- [0035] 다음으로, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 기관에 양자점이 형성하는 단계의 공정 단면도이다.
- [0036] 도시된 바와 같이, 본 공정에서는 실레인 가스(SiH₄)가 주입되는 중성입자빔 처리장치에 의해 실리콘 기관(400) 상에 아몰퍼스 실리콘(422)과 결정체인 나노 크리스탈(424)이 혼합된 실리콘막(420)이 형성될 수 있다. 이때, 중성입자빔 처리장치 내의 중성입자빔의 에너지 효율을 향상시키기 위하여 실레인 가스(SiH₄) 외에 아르곤(Ar), 헬륨(He) 및 수소(H₂) 등의 비활성 가스를 더 혼합할 수 있다.
- [0037] 중성입자빔 처리장치에서, 형성된 실리콘막(420)은 수소 유량과 공정 조건을 조절하여 처리 가스 내의 수소 성분이 실리콘 결정을 포집함에 의해서 나노 크리스탈(424)이 형성되도록 하며, 이때 중성입자빔의 에너지와 기관의 온도, 압력, 가스유량비 및 발생 전력 등을 적절하게 조절하여 나노 크리스탈(424)의 결정 크기와 밀도가 결정

정되도록 할 수 있다.

- [0038] 이와 같은 공정 조건의 조절에 의해서 중성입자빔 처리장치 내에서 실레인 가스 처리에 의해 중성입자로부터 충분한 에너지를 받은 실리콘은 결정체인 나노 크리스탈(424)이 되고, 충분하지 않은 에너지를 받은 실리콘은 아몰퍼스 실리콘(422)으로 형성될 수 있다.
- [0039] 여기서, 실리콘막(420)은 n-타입 또는 p-타입의 실리콘막으로 구성될 수 있으며, 실리콘막(420)의 두께는 수 nm 사이즈로 형성될 수 있으며, 이 중에서 나노 크리스탈(424)은 1 ~ 10 nm, 아몰퍼스 실리콘(422)은 10 nm 이하의 크기로 형성됨이 바람직하다.
- [0040] 다음, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 양자점의 경계면 형성을 위해 표면에 절연막을 형성하는 단계의 공정 단면도이다.
- [0041] 도시된 바와 같이, 실리콘 기판(400) 상에 형성된 실리콘막(420)에 포함된 나노 크리스탈(424)의 표면에 절연막(425)을 더 형성할 수 있다.
- [0042] 상기 절연막(425)은 실리콘 기판(400) 상에 양자점이 복수의 층으로 형성하고자 함에 따라 복수층의 양자점 형성시 양자점의 경계면이 구분되도록 하기 위하여 양자점을 구성하는 나노 크리스탈(424)의 표면을 감싸도록 형성될 수 있다.
- [0043] 또한, 상기 절연막(425)은 전술한 중성입자빔 처리 장치를 통해 수소(H₂) 또는 질소(N₂) 가스가 중성입자빔 처리 장치 내의 처리 가스와 혼합되게 주입하고, 비교적 낮은 에너지의 중성입자빔이 조사되어 나노 크리스탈(424)의 표면부에 질화막이 형성되도록 할 수 있다. 이때, 나노 크리스탈(424)의 표면에 형성된 절연막은 SiO_x, SiON, SiN_x 또는 Si₃N₄등으로 구성될 수 있으며, 바람직하게는 Si₃N₄의 질화막으로 형성됨이 바람직하다.
- [0044] 상기 실리콘막(420)의 아몰퍼스 실리콘(422)과 나노 크리스탈(424)은 내부에 포함된 수소가 중성화 또는 이온화된 수소와 질소 성분에 의해 H₂, SiH₄, NH₃ 등의 성분으로 분리되고, 분리된 수소 자리에 중성화 또는 이온화된 질소(N)가 결합됨에 의해서 나노 크리스탈(424)의 표면에 절연막(Si₃N₄)이 형성될 수 있으며, 아몰퍼스 실리콘(a-SiN_x, 422)이 절연막(425)과 결합될 수 있다.
- [0045] 또한, 나노 크리스탈(424)의 표면에 형성된 절연막(425)의 두께는 수 nm 두께로 형성될 수 있으며, 대략 1 ~ 2 nm의 두께를 갖도록 함이 바람직하다.
- [0046] 그리고, 상기 나노 크리스탈(424)의 표면에 절연막(425)이 형성됨과 동시에 도 3에 도시된 아몰퍼스 실리콘(422)은 실리콘(Si) 성분이 풍부한 아몰퍼스 실리콘 질화막(423)으로 형성될 수 있다.
- [0047] 한편, 도 5 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 복수의 양자점 층을 형성하는 단계가 도시된 공정 단면도이다.
- [0048] 도 5 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 표면에 SiN_x의 질화막인 절연막(425)이 형성된 나노 크리스탈(424)을 포함하는 실리콘 기판(400) 상에 앞서 설명한 도 3 내지 도 4의 단계를 반복적으로 수행하여 실리콘 기판(400) 상에 형성된 일층의 양자점 층 상에 다른 이층의 양자점 층이 복수로 형성되도록 한다.
- [0049] 이때, 도 4의 공정 단계에서 일층의 양자점 층에 형성되어 양자점의 기능을 수행하는 나노 크리스탈(424)은 표면에 질화막인 절연막(425)이 형성되어 있음에 따라 이층의 양자점 층을 형성하는 단계를 반복적으로 수행하더라도 나노 크리스탈(424)의 특성이 그대로 유지될 수 있다.
- [0050] 다음, 도 5는 본 발명에 따른 일 실시예의 양자점 형성 방법에서 다른 양자점 층을 형성하기 위한 단계의 공정 단면도로서, 도시된 바와 같이 실리콘 기판(400) 상에 형성된 일층의 양자점 층인 실리콘막(420) 상에 이층의 양자점 층인 다른 실리콘막(430)이 형성되게 할 수 있다.
- [0051] 본 공정에서는 도 3에 도시된 공정에서와 같이, 실레인 가스(SiH₄)를 중성입자빔 처리장치 내에 에 주입하여 일층의 양자점 층 상에 아몰퍼스 실리콘(432)과 나노 크리스탈(434)이 혼합된 실리콘막(430)으로 구성된 이층의 양자점 층이 형성될 수 있다.
- [0052] 이때, 중성입자빔 처리장치 내의 중성입자로부터 충분한 에너지를 받은 실리콘은 나노 크리스탈(434)로 형성되

고, 충분하지 않은 에너지를 받은 실리콘은 아몰퍼스 실리콘(432)으로 형성될 수 있다.

- [0053] 또한, 중성입자빔 처리장치 내의 중성입자빔의 에너지 효율을 향상시키기 위하여 실레인 가스(SiH_4) 외에 아르곤(Ar), 헬륨(He) 및 수소(H_2) 등의 비활성 가스를 더 혼합할 수 있다.
- [0054] 그리고, 이층의 양자점 층은 일층의 양자점 층과 마찬가지로 실리콘막(430)이 n-타입 또는 p-타입의 실리콘막으로 구성될 수 있으며, 실리콘막(430)의 두께는 수 nm 사이로 형성될 수 있으며, 나노 크리스탈(434)은 1 ~ 10 nm, 아몰퍼스 실리콘(432)은 10 nm 이하로 형성됨이 바람직하다.
- [0055] 다음으로, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 이층의 양자점 층에 형성된 양자점의 경계면 형성을 위해 표면에 절연막을 형성하는 단계의 공정 단면도이다.
- [0056] 도시된 바와 같이, 본 실시예의 해당 공정에서는 이층의 양자점 층을 구성하는 실리콘막(430)에 포함된 나노 크리스탈(434)의 표면에 절연막(435)이 형성되도록 한다.
- [0057] 상기 절연막(435)은 복수층의 양자점 형성시 양자점이 경계면이 구분되도록 하기 위하여 나노 크리스탈(434)의 표면에 수 nm의 두께로 형성될 수 있다.
- [0058] 이때, 상기 나노 크리스탈(434)과 함께 실리콘막(430)을 형성하는 아몰퍼스 실리콘(432)은 중성입자빔 처리장치 내의 처리 가스와 혼합되게 주입된 수소(H_2) 또는 질소(N_2) 가스에 의해 중성화 또는 이온화된 질소(N_2)가 결합됨에 의해 a-SiNx 형태로 변환될 수 있다.
- [0059] 본 공정에서도, 도 4에 도시된 공정에서의 나노 크리스탈(434) 표면에 형성된 절연막(435)의 두께와 마찬가지로 수 nm 두께로 절연막(435)이 형성될 수 있으며, 대략 1 ~ 2 nm의 두께를 갖도록 함이 바람직하다.
- [0060] 그리고, 상기 나노 크리스탈(434)의 표면에 절연막(435)이 형성됨과 동시에 이층의 양자점 층에 형성된 아몰퍼스 실리콘(432)은 실리콘(Si) 성분이 풍부한 아몰퍼스 실리콘 질화막(433)으로 형성될 수 있다.
- [0061] 다음, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법이 순차적으로 도시된 순서도이다.
- [0062] 도시된 바와 같이, 먼저 실리콘 기판에 절연층을 형성한다(S1010).
- [0063] 상기 절연층을 형성하기 위하여 도 1을 통해 언급된 중성입자빔 처리장치에 질소 가스를 주입하고, 질소 중성입자빔을 기판에 조사하여 질화막의 절연층을 형성한다.
- [0064] 다음으로, 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘막을 형성한다(S1020).
- [0065] 이때, 도 1에 도시된 중성입자빔 처리장치에 실레인 가스를 처리가스로 주입하면, 에너지의 상태 즉, 에너지가 많고 적음에 따라 실리콘의 상태가 결정 상태와 레이어 상태로 달라지게 됨으로써, 한 번의 공정으로 아몰퍼스 실리콘과 결정체인 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘막을 형성할 수 있다.
- [0066] 다음으로, 상기 실리콘막에 포함된 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하여 양자점을 형성할 수 있다(S1030).
- [0067] 이때, 절연막은 도 1에 도시된 중성입자빔 처리장치에 수소(H_2) 또는 질소(N_2) 가스를 주입하여 수소 또는 질소 플라즈마 분위기 하에서 비교적 낮은 에너지의 중성입자빔이 조사되어 나노 크리스탈의 표면에만 선택적으로 질화막인 절연막이 형성되도록 함으로써, 태양전지에 사용되는 양자점을 형성할 수 있다. 이 경우 통상적으로는 고온 공정의 식각(CVD) 공정을 통해 양자점이 형성됨에 따라 밀도 및 크기 조절이 어렵다는 문제점이 있었으나, 본 실시예에서는 저온 공정이 가능한 중성입자빔을 사용함에 따라 별도의 식각 공정 없이도 양자점의 밀도와 크기를 자유롭게 조절할 수 있다.
- [0068] 마지막으로, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성 방법에서 복수의 양자점 층을 형성하는 공정이 도시된 순서도이다.
- [0069] 도시된 바와 같이, 먼저 실리콘 기판에 절연층을 형성한다(S1110).
- [0070] 상기 절연층을 형성하기 위하여 도 1을 통해 언급된 중성입자빔 처리장치에 질소 가스를 주입하고, 질소 중성입자빔을 기판에 조사하여 질화막의 절연층을 형성한다.
- [0071] 다음으로, 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합되어 일층의 양자점 층을 이루는 제1 실리콘막을 형성한다

(S1120).

- [0072] 이때, 도 1에 도시된 중성입자빔 처리장치에 실레인 가스를 처리가스로 주입하면, 에너지의 상태 즉, 에너지가 많고 적음에 따라 실리콘의 상태가 결정 상태와 레이어 상태로 달라지게 됨으로써, 한 번의 공정으로 아몰퍼스 실리콘과 결정체인 나노 크리스탈이 혼합된 제1 실리콘막을 형성할 수 있다.
- [0073] 다음으로, 상기 제1 실리콘막에 포함된 나노 크리스탈 표면에 절연막을 형성하여 양자점을 형성할 수 있다 (S1230).
- [0074] 이때, 나노 크리스탈 표면의 절연막은 양자점 층을 복수로 형성하고자 하는 경우 이층의 다른 양자점 층을 형성하기 위한 후속 공정의 중성입자빔 조사시 기형성된 양자점에 영향이 최소화되도록 하기 위한 코팅층의 역할을 수행되도록 한 것이고, 중성입자빔 처리장치를 통해 비교적 낮은 에너지의 수소 또는 질소 중성입자빔을 조사하여 나노 크리스탈의 표면에 질화 처리가 이루어지도록 한다.
- [0075] 다음으로, 제1 실리콘막에 의해 형성된 일층의 양자점 층 상에 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 이층의 양자점 층인 제2 실리콘막을 형성한다(S1240).
- [0076] 그리고, 상기 제2 실리콘막에 포함된 나노 크리스탈에 제1 실리콘막의 나노 크리스탈에 절연막을 형성한 것과 동일한 공정으로 그 표면에 절연막을 형성하여 코팅처리한다(S1250).
- [0077] 이상과 같이, 실리콘 기판 상에 복수의 실리콘막에 양자점이 형성되도록 하고, 복수의 양자점 층에 포함된 양자점을 이용하여 태양전지를 제조할 수 있다.
- [0078] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0079] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

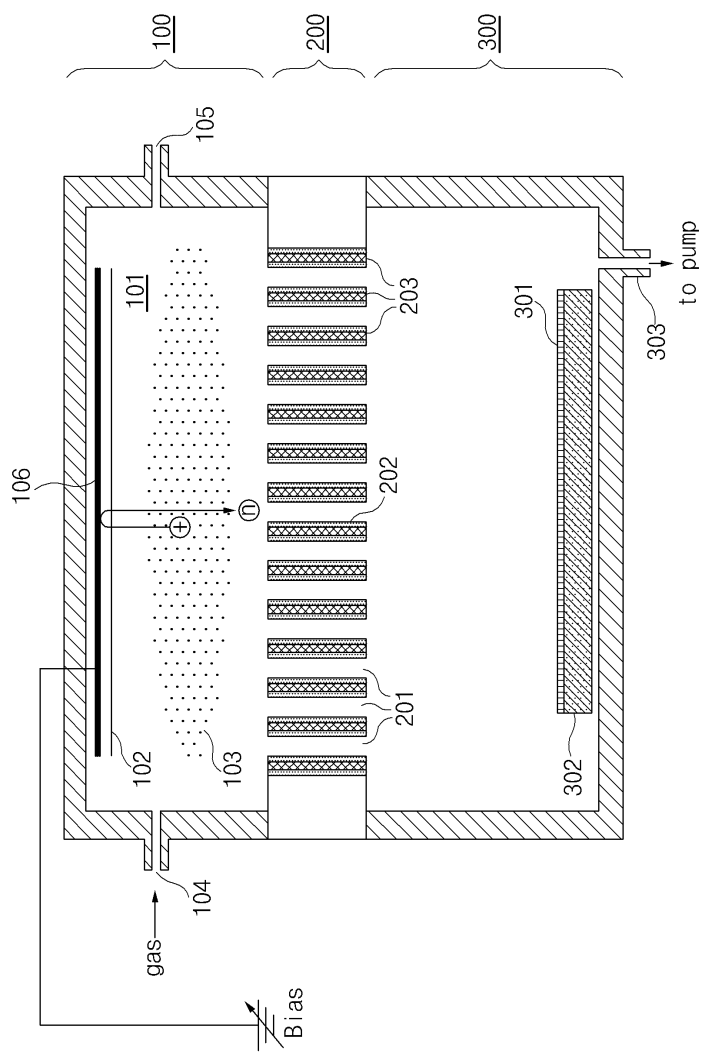
부호의 설명

- [0080] 100: 반응챔버
- 101: 방전공간
- 102: 안테나
- 103: 플라즈마
- 104: 가스 유입구
- 105: 가스 배출구
- 106: 금속판
- 200: 플라즈마 리미터
- 201: 슬릿
- 202: 측벽
- 300: 처리실
- 301: 기판
- 302: 기판 지지대

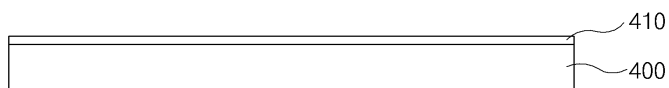
- 303: 가스 배출구
- 400. 실리콘 기판
- 410. 절연층
- 420, 430. 제1, 제2 실리콘막
- 422, 432. 아몰퍼스 실리콘
- 424, 434. 나노 크리스탈
- 425, 435. 절연막

도면

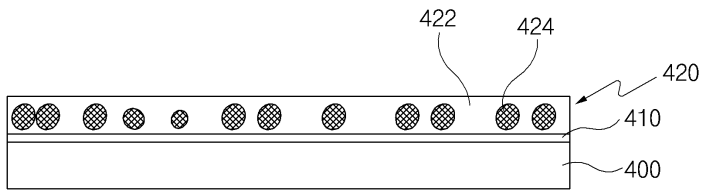
도면1



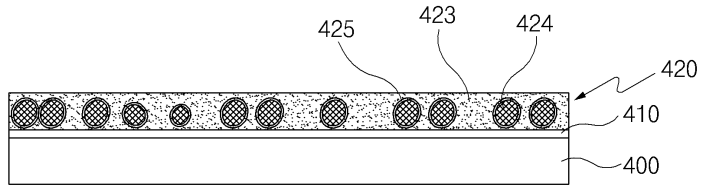
도면2



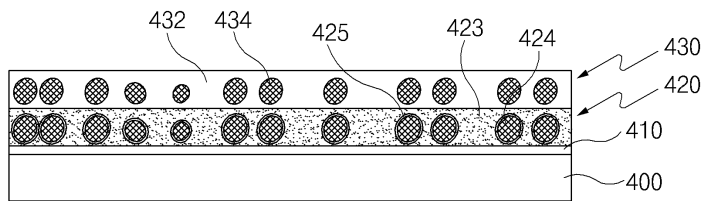
도면3



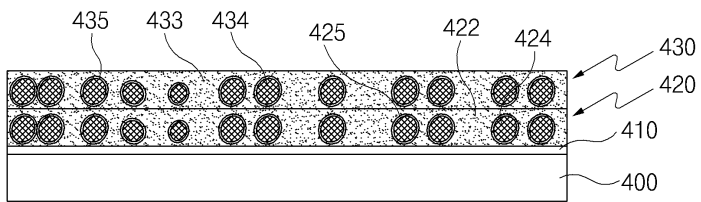
도면4



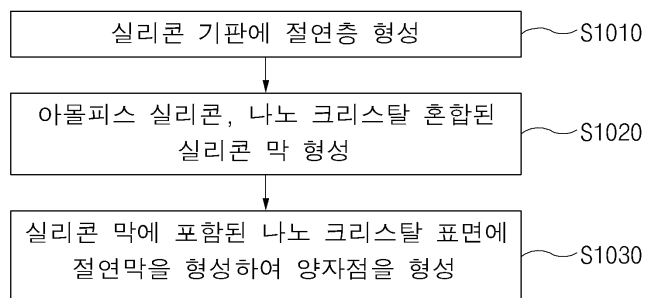
도면5



도면6



도면7



도면8

