



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년12월31일  
 (11) 등록번호 10-1217196  
 (24) 등록일자 2012년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 31/042* (2006.01) *H01L 31/18* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2010-0120331  
 (22) 출원일자 2010년11월30일  
 심사청구일자 2010년11월30일  
 (65) 공개번호 10-2012-0058840  
 (43) 공개일자 2012년06월08일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100555849 B1  
 KR100819336 B1  
 KR1019960012317 A

(73) 특허권자  
**한국기초과학지원연구원**  
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)  
 (72) 발명자  
**유석재**  
 대전광역시 유성구 어은동 과학로 113  
**오경숙**  
 대전광역시 유성구 어은동 과학로 113  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**특허법인엠에이피에스**

전체 청구항 수 : 총 10 항

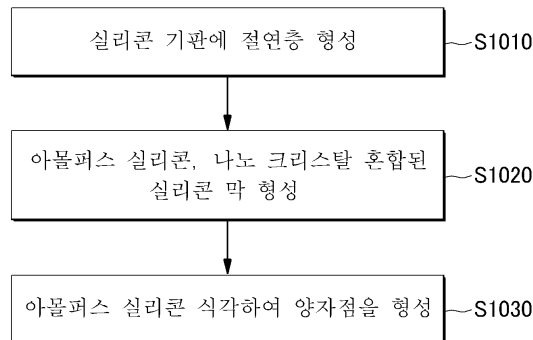
심사관 : 김민수

(54) 발명의 명칭 **양자점 형성 방법**

**(57) 요약**

본 발명에 따른 양자점 형성 방법은 (a) 기판에 절연층을 형성하는 단계, (b) 절연층 상부에 아몰퍼스 실리콘 및 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성하는 단계 및 (c) 상기 실리콘 막으로부터 상기 아몰퍼스 실리콘을 식각하는 단계를 포함한다.

**대표도** - 도10



(72) 발명자

**이봉주**

대전광역시 유성구 어은동 과학로 113

**김대철**

대전광역시 유성구 어은동 과학로 113

**김종식**

대전광역시 유성구 어은동 과학로 113

**김영우**

대전광역시 유성구 어은동 과학로 113

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

양자점 형성 방법에 있어서,

- (a) 기판에 절연층을 형성하는 단계,
- (b) 절연층 상부에 아몰퍼스 실리콘 및 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성하는 단계 및
- (c) 상기 실리콘 막으로부터 상기 아몰퍼스 실리콘을 식각하는 단계를 포함하는 양자점 형성 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 기판에 질소 중성입자빔을 조사하여 절연막을 형성시키는 단계를 포함하는 양자점 형성 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 양자점 형성 방법이 수행되는 중성입자빔 처리장치에 실레인(SiH<sub>4</sub>) 가스를 주입하는 단계 및

상기 가스의 주입에 따라 형성된 중성입자에 의하여 상기 실리콘 막이 형성되는 단계를 포함하는 양자점 형성 방법.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 양자점 형성 방법이 수행되는 중성입자빔 처리장치에 실레인(SiH<sub>4</sub>) 가스 및 비활성 가스를 혼합하여 주입하는 단계 및

상기 실레인(SiH<sub>4</sub>) 가스 및 상기 비활성 가스의 주입에 따라 형성된 중성입자에 의하여 상기 실리콘 막이 형성되는 단계를 포함하는 양자점 형성 방법.

**청구항 5**

제 3 또는 제 4 항에 있어서,

상기 형성된 중성입자가 가진 에너지에 따라 상기 중성입자가 상기 아몰퍼스 실리콘 또는 상기 나노 크리스탈로 형성되는 것인 양자점 형성 방법.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,  
 상기 (c) 단계는,  
 상기 기판에 수소 중성입자빔을 조사하여 상기 아몰퍼스 실리콘을 식각하는 단계를 포함하는 양자점 형성 방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,  
 상기 (b) 단계의 수행 후 (c) 단계의 수행 전에,  
 상기 실리콘 막이 형성된 기판에 대하여 어닐링을 수행하는 단계를 더 수행하는 양자점 형성 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,  
 상기 어닐링을 수행하는 단계는,  
 상기 기판에 비활성 기체 원소 중성입자빔을 조사하는 단계 및 상기 기판을 미리 설정된 온도로 가열하는 단계 중 하나 이상의 단계를 수행하는 양자점 형성 방법.

**청구항 9**

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,  
 상기 어닐링을 수행함에 따라 상기 나노 크리스탈의 크기가 1~5nm 만큼 확대되는 것인 양자점 형성 방법.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,  
 상기 (c) 단계의 수행 후에,  
 상기 기판에 질소 중성입자빔을 조사하여 상기 나노 크리스탈의 표면에 절연막을 코팅시키는 단계를 더 포함하는 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 에너지원으로서 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. 기존의 물질과 다른 점은 실리콘 전지보다 유연성을 갖는 다는 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.

[0005] 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.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명의 일부 실시예는 저온 공정이 가능한 양자점 태양전지의 제조를 위한 양자점 형성 방법을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따른 양자점 형성 방법은 (a) 기판에 절연층을 형성하는 단계, (b) 절연층 상부에 아몰퍼스 실리콘 및 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성하는 단계 및 (c) 상기 실리콘 막으로부터 상기 아몰퍼스 실리콘을 식각하는 단계를 포함한다.

**발명의 효과**

[0008] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈을 하나의 공정에서 동시에 형성하고, 그 중 아몰퍼스 실리콘만을 선택적으로 식각하여 태양전지에 사용되는 양자점을 형성할 수 있다. 또한, 통상의 CVD 공정은 고온 공정이므로 양자점의 밀도 및 크기를 조절하기 어렵다는 문제점이 있었다. 그러나, 본 발명에서는 저온 공정이 가능한 중성입자빔을 사용하므로, 양자점의 밀도 및 크기를 비교적 자유롭게 조절할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0009] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 태양전지 제조에 사용되는 중성입자빔 처리 장치를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 실리콘 기판에 절연층을 형성하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 절연층이 형성된 기판에 양자점을 형성하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 크기 조절을 수행하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 양자점 형성을 위해 아몰퍼스 실리콘을 식각하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 양자점의 경계면을 구분하기 위해 양자점 표면에 절연막을 형성하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.

도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 양자점 층을 형성하는 공정을 도시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지용 양자점 형성 방법을 도시한 순서도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지용 양자점 크기 조절 방법을 도시한 순서도이다.

도 12은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성을 위한 식각 공정을 도시한 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 표면에 절연막 코팅을 위한 공정을 도시한 도면이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 양자점층을 포함하는 양자점 태양전지의 제조 공정을 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0010] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0011] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 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.
- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 태양전지 제조에 사용되는 중성입자빔 처리 장치를 도시한 도면이다.
- [0013] 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)을 포함한다.
- [0014] 반응챔버(100)의 내부공간은 플라즈마 방전공간(101)으로서, 방전공간(101)에는 고주파수의 에너지를 도입하기 위한 안테나(102)가 배치되며, 가스 유입구(104) 및 가스 배출구(105)가 반응챔버(100)의 측면에 각각 배치된다. 반응챔버(100)에서는 다음과 같은 공정이 수행된다. 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 플라즈마(103)로 전환된다. 생성된 플라즈마 중 양이온(플라즈마 이온)은 플라즈마 방전공간(101)의 상부에 위치한 중금속판(106)으로 유도되고, 중금속판(106)과의 충돌에 의해 플라즈마 이온은 중성입자로 전환된다. 이때, 플라즈마 이온의 중금속판(106)으로의 유도는 중금속판(106)에 음의 바이어스 전압을 인가함에 의해 성취될 수 있다.
- [0015] 중금속판(106)에 음의 바이어스 전압을 인가할 경우 플라즈마 이온은 중금속판(106)에 수직 또는 근사 수직으로 입사하며, 중금속판(106)과 충돌하게 된다.
- [0016] 중금속판(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 유전체가 바람직하다.
- [0017] 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.
- [0018] 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.
- [0019] 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.
- [0020] 도 2내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 태양전지 제조 공정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0021] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 실리콘 기관에 절연층을 형성하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.
- [0022] 도시된 바와 같이 실리콘 기관(400)에 절연층(410)을 형성한다.

- [0023] 여기서, 절연층은 SiO<sub>x</sub>, SiON, SiN<sub>x</sub> 등이 될 수 있으며, 바람직하게는 SiN<sub>x</sub> 이다. 이때, 실리콘 기판(400)은 P 타입일 수 있다. 또한, 절연층(410)의 두께는 수 nm 사이즈로 형성하고, 바람직하게는 1 ~ 2 nm로 형성한다.
- [0024] 한편, 절연층의 형성을 위해 앞서 설명한 중성입자빔 처리장치를 사용한다.
- [0025] 이때, 질화막(SiN<sub>x</sub>)의 경우에, 질소 가스를 처리가스로 주입하고, 방전을 통해 처리가스를 플라즈마로 전환시킨 후, 플라즈마 이온을 증극속판에 충돌시켜 중성입자로 변환시키는 과정을 통해 중성입자빔을 생성한다. 이와 같은 공정을 통해 저온 공정을 실현할 수 있다.
- [0026] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 절연층이 형성된 기판에 양자점을 형성하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.
- [0027] 본 공정에서는 실레인 가스(SiH<sub>4</sub>)를 중성입자빔 처리장치에 주입하여, 중성입자빔 처리장치에 의해, 기판에 아몰퍼스 실리콘(422) 및 나노 크리스탈(424)이 혼합된 실리콘 막(420)을 형성시킨다. 이때, 중성 입자빔의 에너지 효율을 높이기 위해 실레인 가스(SiH<sub>4</sub>)에 아르곤(Ar), 헬륨(He) 등의 비활성 가스를 혼합할 수도 있다.
- [0028] 이때, 중성입자빔 처리장치에 의한 실레인 가스 처리시에, 중성입자로부터 충분한 에너지를 받은 실리콘은 나노 크리스탈(424)이 되고, 충분하지 않은 에너지를 받은 실리콘은 아몰퍼스 실리콘(422)이 된다.
- [0029] 이때, 실리콘 막(420)은 N 타입일 수 있으며, 실리콘 막(420)의 두께는 수 nm 사이즈로 형성하고, 바람직하게는 5~10 nm로 형성한다.
- [0030] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 크기 조절을 수행하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.
- [0031] 실리콘 막이 수행된 기판에 어닐링 공정을 수행하며, 실리콘 막에 포함된 나노 크리스탈(424)의 크기를 조절시킨다. 이를 위해, 중성입자빔 처리장치에 아르곤(Ar), 헬륨(He), 네온(Ne) 등의 비활성 기체를 주입하여 비활성 기체 원소 중성입자빔으로 어닐링을 수행할 수 있다.
- [0032] 이러한 공정을 통해 실리콘 막(420)에 있는 나노 크리스탈(424) 크기를 수nm 사이즈만큼, 바람직하게는 1~5 nm 만큼 더 두껍게 조절할 수 있다. 이는 주로 원하는 양자점 크기 제어를 하고, 또한 이후에 있을 아몰퍼스 실리콘(422)의 식각공정에서, 양자점으로서 기능할 나노 크리스탈(424)이 함께 식각되어 그 크기가 작아질 것을 대비한 공정에 해당한다.
- [0033] 한편, 중성입자빔을 이용한 어닐링 외에도, 기판의 가열을 통해 어닐링을 수행할 수 있다. 이러한 경우, 기판에 가해지는 온도에 따라 어닐링의 정도가 조절되며, 이에 따라 나노 크리스탈(424)의 크기를 조절할 수 있다. 또한, 기판 가열 방법과 중성입자빔의 조사 방법을 모두 사용하여 어닐링을 수행할 수 있다.
- [0034] 한편, 위와 같이 실리콘 막을 형성한 후에 어닐링을 수행할 수도 있으나, 실리콘 막의 형성중에 어닐링을 수행할 수도 있다. 즉, 실리콘 막의 형성과정 중에, 기판의 온도를 조절하거나, 중성입자빔의 에너지를 조절하는 방법을 통하여 나노 크리스탈의 크기를 조절할 수 있다.
- [0035] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 양자점 형성을 위해 아몰퍼스 실리콘을 식각하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.
- [0036] 도시된 바와 같이, 수소 가스를 중성입자빔 처리장치에 주입하여, 수소 중성입자빔에 의해, 아몰퍼스 실리콘(422)이 식각되도록 한다. 통상의 경우, 플루오르(F) 가스를 사용하고 있으나, 이는 독성을 발생시키고, 환경오염을 일으키는 문제가 있다. 또한, 플루오르 입자가 나노 크리스탈(424)등에 트랩되는 경우가 발생할 수 있으며, 이러한 경우 향후 양자점의 특성을 변화시키게 되는 치명적인 문제가 있다.
- [0037] 이에 반하여, 수소 가스의 경우 친환경적일 뿐만 아니라, 나노 크리스탈(424)입자에 트랩되더라도 이후 공정에 의해 가열되어 트랩상태가 해제되므로, 양자점의 특성을 변화시키지 않는다는 장점이 있다.
- [0038] 한편, 식각 효율을 높이기 위하여, 수소 가스외에 아르곤(Ar), 헬륨(He), 네온(Ne) 등의 비활성 기체를 추가로 혼합한 중성 입자빔을 사용할 수 있다.
- [0039] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 양자점의 경계면 형성을 위해 표면에 절연막 처리를 수행하는 공정을 도시한 공정 단면도이다.
- [0040] 본 발명에서는 양자점을 복수의 층으로 형성하고자 한다. 따라서, 이후 후속 공정을 위해, 양자점 경계면이 구분되도록 표면에 절연막 처리를 수행 한다.



- [0041] 이때, 절연막은 SiO<sub>x</sub>, SiON, SiN<sub>x</sub> 등이 될 수 있으며, 바람직하게는 SiN<sub>x</sub> 이다.
- [0042] 이를 위해, 비교적 낮은 에너지의 질소 중성입자빔을 조사하여 나노 크리스탈의 표면부에 질화막(SiN<sub>x</sub>)을 형성한다. 표면부에 형성된 질화막의 두께는 수nm 사이즈가 되도록, 바람직하게는 1~2nm 의 두께를 갖도록 한다.
- [0043] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 양자점 층을 형성하는 공정을 도시한 도면이다.
- [0044] 표면부에 질화막 처리가 수행된 나노 크리스탈 실리콘(424)을 포함하는 기관에, 앞선 도 3 내지 도 6의 단계를 반복 수행하여 다른 양자점 층을 형성하도록 한다.
- [0045] 도 6의 단계에서 양자점으로서 기능하는 나노 크리스탈(424)에 대하여 질화막 처리를 수행한 상태이므로, 도 3 내지 도 6의 단계를 반복 수행하더라도 나노 크리스탈(424)의 특성은 그대로 유지될 수 있다.
- [0046] 도 7의 공정에서는 도 3에서와 마찬가지로, 실레인 가스(SiH<sub>4</sub>)를 중성입자빔 처리장치에 주입하여, 중성입자빔 처리장치에 의해, 기관에 아몰퍼스 실리콘(442) 및 나노 크리스탈(444)이 혼합된 실리콘 막(440)을 형성시킨다. 이때, 중성입자로부터 충분한 에너지를 받은 실리콘은 나노 크리스탈(424)이 되고, 충분하지 않은 에너지를 받은 실리콘은 아몰퍼스 실리콘(422)이 되는 것은 도 3의 공정과 마찬가지로이다.
- [0047] 도 8의 공정에서는 도 4에서와 마찬가지로, 양자점의 크기를 증가시키기 위해, 어닐링 공정을 수행한다.
- [0048] 도 9의 공정에서는 도 5 및 도 6의 공정에서와 마찬가지로, 아몰퍼스 실리콘(442)을 식각한 후, 질화막 처리를 수행하여, 표면부가 질화막 처리된 나노 크리스탈(450)을 형성한다.
- [0049] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지용 양자점 형성 방법을 도시한 순서도이다.
- [0050] 먼저 실리콘 기관에 절연층을 형성한다(S1010).
- [0051] 이를 위해, 중성입자빔 처리장치에 질소가스를 주입하고, 질소 중성입자빔을 기관에 조사하여 질화막을 형성한다.
- [0052] 다음으로, 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성한다(S1020).
- [0053] 중성입자빔 처리장치에 실레인을 처리가스로 주입하면, 에너지의 상태에 따라 실리콘의 상태가 달라지게 되며, 이에 따라 한번의 공정으로 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성할 수 있다.
- [0054] 다음으로, 실리콘 막에서 아몰퍼스 실리콘을 식각하여 나노 크리스탈 실리콘만 남겨 실리콘 양자점을 형성할 수 있다(S1030).
- [0055] 아몰퍼스 실리콘의 식각을 위해, 수소 중성입자빔을 형성하여 기관에 조사할 수 있다.
- [0056] 이와 같이, 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈을 하나의 공정에서 동시에 형성하고, 그 중 아몰퍼스 실리콘만을 선택적으로 식각하여 태양전지에 사용되는 양자점을 형성할 수 있다. 또한, 통상의 CVD 공정은 고온 공정이므로 양자점의 밀도 및 크기를 조절하기 어렵다는 문제점이 있었다. 그러나, 본 발명에서는 저온 공정이 가능한 중성입자빔을 사용하므로, 양자점의 밀도 및 크기를 비교적 자유롭게 조절할 수 있다.
- [0057] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지용 양자점 크기 조절 방법을 도시한 순서도이다.
- [0058] 먼저, 기관에 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성한다(S1110).
- [0059] 중성입자빔 처리장치에 실레인을 처리가스로 주입하면, 에너지의 상태에 따라 실리콘의 상태가 달라지게 되며, 이에 따라 한번의 공정으로 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성할 수 있다.
- [0060] 다음으로, 실리콘 막이 형성된 기관에 어닐링을 수행하여 나노 크리스탈의 크기를 원하는 크기로 확대 조절한다(S1120).
- [0061] 이후 아몰퍼스 실리콘의 식각 공정시에, 나노 크리스탈이 함께 식각되어 양자점의 크기가 작아지는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해, 어닐링 공정을 통해 나노 크리스탈의 크기를 원하는 크기보다 미리 약간 크게 확대시킨다.
- [0062] 어닐링을 위해 아르곤 가스를 중성입자빔 처리장치에 주입하고, 아르곤 중성입자빔이 기관에 조사되도록 한다.
- [0063] 다음으로, 실리콘 막에서 아몰퍼스 실리콘을 식각하여 나노 크리스탈만 남김으로써 양자점을 형성할 수 있다(S1130).



- [0064] 아몰퍼스 실리콘의 식각을 위해, 수소 중성입자빔을 형성하여 기판에 조사할 수 있다. 이와 같이, 아몰퍼스 실리콘을 식각하는 과정에서, 나노 크리스탈도 함께 식각될 수 있기 때문에, 양자점의 크기가 작아질 수 있다. 이를 위해, 앞선 단계(S1120)를 미리 수행하도록 한다.
- [0065] 도 12은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점 형성을 위한 식각 공정을 도시한 도면이다.
- [0066] 먼저 실리콘 기판에 절연층을 형성한다(S1210).
- [0067] 이를 위해, 중성입자빔 처리장치에 질소가스를 주입하고, 질소 중성입자빔을 기판에 조사하여 질화막을 형성한다.
- [0068] 다음으로, 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성한다(S1220).
- [0069] 중성입자빔 처리장치에 실레인을 처리가스로 주입하면, 에너지의 상태에 따라 실리콘의 상태가 달라지게 되며, 이에 따라 한번의 공정으로 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성할 수 있다.
- [0070] 다음으로, 실리콘 막에서 아몰퍼스 실리콘을 식각하여 양자점을 형성할 수 있다(S1230).
- [0071] 아몰퍼스 실리콘의 식각을 위해, 수소 중성입자빔을 형성하여 기판에 조사할 수 있다. 통상의 경우, 식각을 위해 플루오르(F) 가스를 사용하고 있으나, 이는 독성을 발생시키고, 환경 오염을 일으키는 문제가 있다. 또한, 플루오르 입자가 나노 크리스탈 등에 트랩되는 경우가 발생할 수 있으며, 이러한 경우 향후 양자점의 특성을 변화시키게 되는 치명적인 문제가 있다.
- [0072] 이에 반하여, 수소 가스의 경우 친환경적일 뿐만 아니라, 나노 크리스탈 입자에 트랩되더라도 이후 공정에 의해 가열되어 트랩상태가 해제되므로, 양자점의 특성을 변화시키지 않는다는 장점이 있다.
- [0073] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점의 표면에 절연막 형성을 위한 공정을 도시한 도면이다.
- [0074] 먼저, 기판에 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성한다(S1310).
- [0075] 중성입자빔 처리장치에 실레인을 처리가스로 주입하면, 에너지의 상태에 따라 실리콘의 상태가 달라지게 되며, 이에 따라 한번의 공정으로 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성할 수 있다.
- [0076] 다음으로, 실리콘 막에서 아몰퍼스 실리콘을 식각하여 양자점을 형성할 수 있다(S1320).
- [0077] 아몰퍼스 실리콘의 식각을 위해, 수소 중성입자빔을 형성하여 기판에 조사할 수 있다.
- [0078] 다음으로, 아몰퍼스 실리콘이 식각된 기판에 절연막을 코팅한다(S1330).
- [0079] 양자점을 복수의 층으로 형성하고자 하는 경우, 후속 공정을 위해, 양자점 표면에 절연막을 코팅하도록 한다. 이때, 절연막은 SiO<sub>x</sub>, SiON, SiN<sub>x</sub> 등이 될 수 있으며, 바람직하게는 SiN<sub>x</sub> 가 되도록 질화처리를 수행할 수 있다.
- [0080] 이를 위해, 비교적 낮은 에너지의 질소 중성입자빔을 조사하여 나노 크리스탈의 표면부에 질화막 처리를 수행할 수 있다.
- [0081] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 양자점층을 포함하는 양자점 태양전지의 제조 공정을 도시한 도면이다.
- [0082] 먼저 실리콘 기판에 절연층을 형성한다(S1410).
- [0083] 이를 위해, 중성입자빔 처리장치에 질소가스를 주입하고, 질소 중성입자빔을 기판에 조사하여 질화막을 형성한다.
- [0084] 다음으로, 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 제 1 실리콘 막을 형성한다(S1420).
- [0085] 중성입자빔 처리장치에 실레인을 처리가스로 주입하면, 에너지의 상태에 따라 실리콘의 상태가 달라지게 되며, 이에 따라 한번의 공정으로 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 실리콘 막을 형성할 수 있다.
- [0086] 다음으로, 제 1 실리콘 막이 형성된 기판에 어닐링을 수행하여 나노 크리스탈의 크기를 원하는 크기로 확대 조절한다 (S1430).
- [0087] 이후 아몰퍼스 실리콘의 식각 공정시에, 나노 크리스탈이 함께 식각되어 양자점의 크기가 작아지는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해, 어닐링 공정을 통해 나노 크리스탈의 크기를 원하는 크기보다 미리

약간 크게 확대시킨다. 어닐링을 위해 아르곤 가스를 중성입자빔 처리장치에 주입하고, 아르곤 중성입자빔이 기관에 조사되도록 한다.

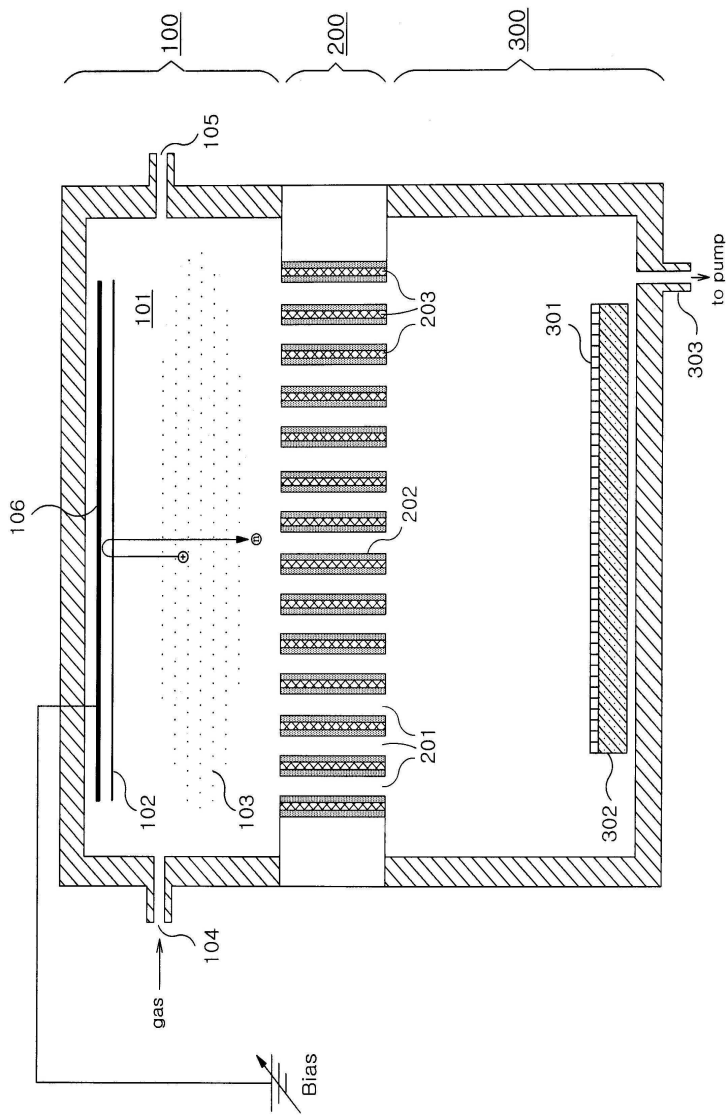
- [0088] 다음으로, 제 1 실리콘 막에서 아몰퍼스 실리콘을 식각하여 양자점을 형성할 수 있다(S1440).
- [0089] 아몰퍼스 실리콘의 식각을 위해, 수소 중성입자빔을 형성하여 기관에 조사할 수 있다. 통상의 경우, 식각을 위해 플루오르(F) 가스를 사용하고 있으나, 이는 독성을 발생시키고, 환경 오염을 일으키는 문제가 있다. 또한, 플루오르 입자가 나노 크리스탈 등에 트랩되는 경우가 발생할 수 있으며, 이러한 경우 향후 양자점의 특성을 변화시키게 되는 치명적인 문제가 있다.
- [0090] 이에 반하여, 수소 가스의 경우 친환경적일 뿐만 아니라, 나노 크리스탈 입자에 트랩되더라도 이후 공정에 의해 가열되어 트랩상태가 해제되므로, 양자점의 특성을 변화시키지 않는다는 장점이 있다.
- [0091] 다음으로, 제 1 실리콘 막에 질화막 처리를 수행하여 양자점의 표면을 코팅처리한다(S1450).
- [0092] 양자점을 복수의 층으로 형성하고자 하는 경우, 후속 공정을 위해, 양자점 표면에 질화막 처리를 수행해 코팅층의 역할을 수행하도록 한다. 이를 위해, 비교적 낮은 에너지의 질소 중성입자빔을 조사하여 나노 크리스탈의 표면에 질화 처리를 수행한다.
- [0093] 다음으로, 제 1 실리콘 막에 의하여 형성된 양자점층의 상부에 아몰퍼스 실리콘과 나노 크리스탈이 혼합된 제 2 실리콘 막을 형성한다(S1460).
- [0094] 다음으로, 제 2 실리콘 막이 형성된 기관에 어닐링을 수행하여 나노 크리스탈의 크기를 원하는 크기로 확대 조절한다(S1470).
- [0095] 다음으로, 제 2 실리콘 막에서 아몰퍼스 실리콘을 식각하여 양자점을 형성할 수 있다(S1480).
- [0096] 다음으로, 제 2 실리콘 막에 질화막처리를 수행하여 양자점의 표면을 코팅처리한다(S1490).
- [0097] 이와 같이, 복수의 양자점 층을 포함하는 태양전지를 제조할 수 있다.
- [0098] 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 한정적이 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.
- [0099] 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**

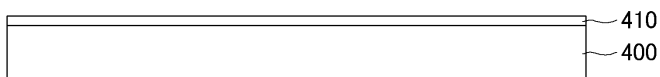
- [0100] 100: 반응챔버
- 101: 방전공간
- 102: 안테나
- 103: 플라즈마
- 104: 가스 유입구
- 105: 가스 배출구
- 106: 중금속판
- 200: 플라즈마 리미터
- 201: 슬릿
- 202: 측벽
- 300: 처리실
- 301: 기관
- 302: 기관 지지대
- 303: 가스 배출구

도면

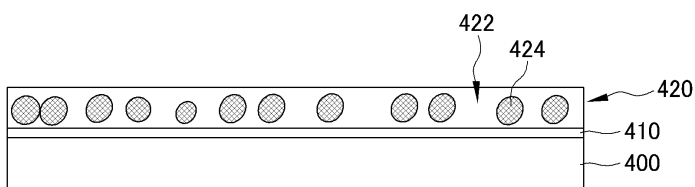
도면1



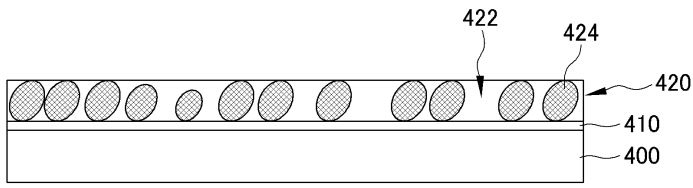
도면2



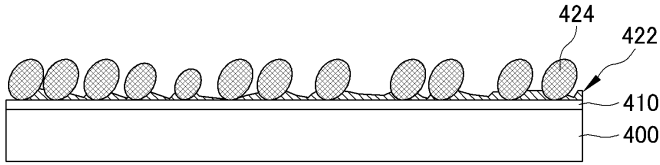
도면3



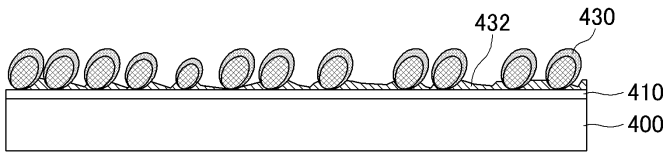
도면4



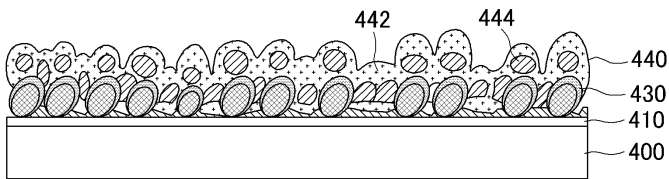
도면5



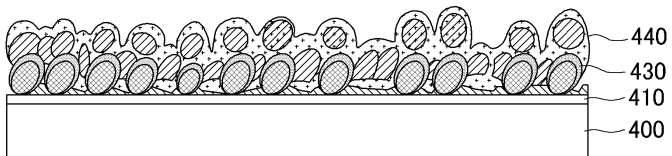
도면6



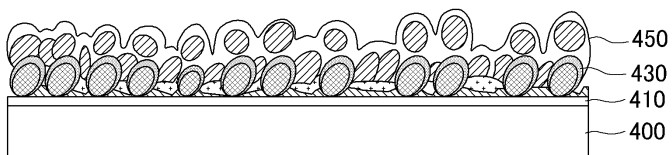
도면7



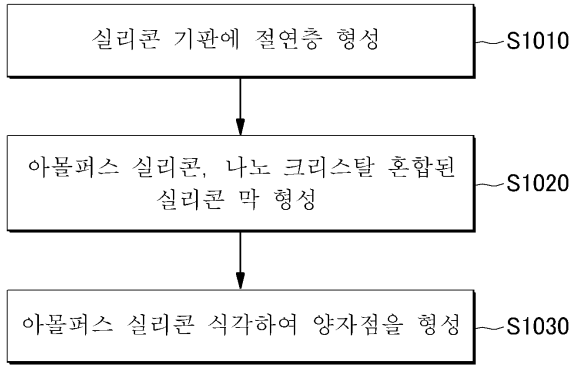
도면8



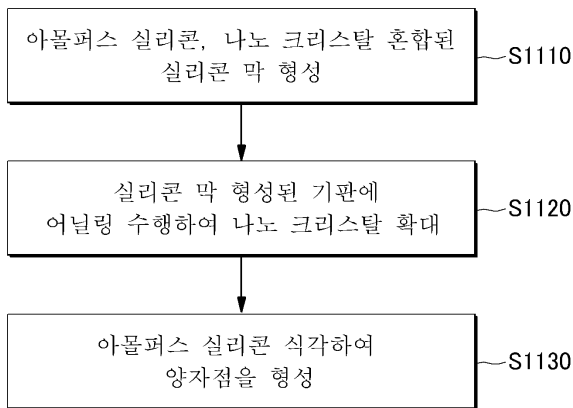
도면9



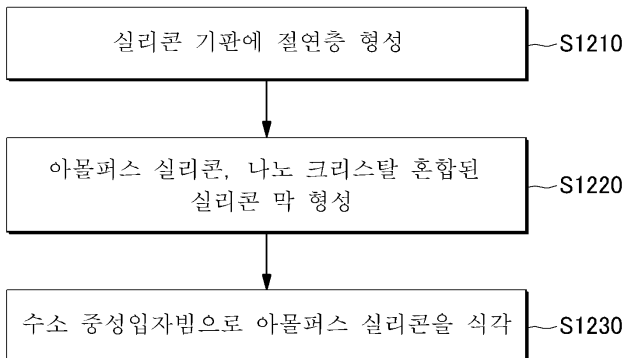
도면10



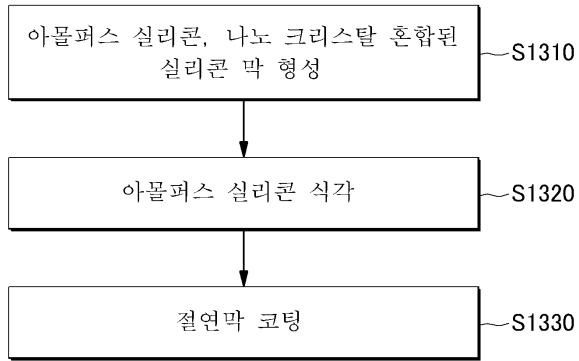
도면11



도면12



도면13



도면14

