



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0092440
(43) 공개일자 2012년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 31/042 (2006.01) H01L 31/0224

(2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0012497

(22) 출원일자 2011년02월11일

심사청구일자 2011년02월11일

(71) 출원인

한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

오용준

대전광역시 서구 둔산로 155, 크로바아파트 113동 502호 (둔산동)

황소리

대전광역시 유성구 반석로 46, 405동 1304호 (반석동, 반석마을4단지아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

나동규

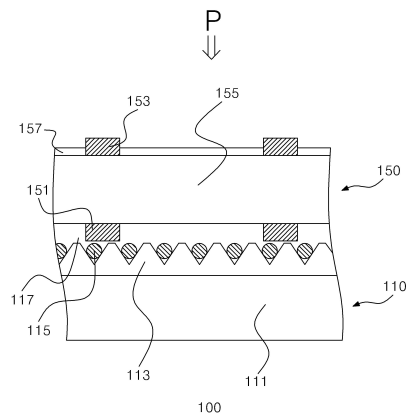
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 태양전지 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은, 외부로부터 입사되는 광에너지와 상호작용하여 플라즈몬 공명 현상을 발생시켜 입사된 광에너지를 증폭시키는 광증폭전극 어셈블리, 및 상기 광증폭전극 어셈블리의 일측에 인접되어 형성되고, 상기 입사되는 광에너지 또는 상기 증폭된 광에너지를 흡수하여 전류로 변환시키는 태양전지 다이오드를 포함하는 태양전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김재호

대전광역시 유성구 용산2로 30, 경남아너스빌@ 10
6동 105호 (용산동)

윤여현

충청남도 논산시 노성면 읍내 21번지

특허청구의 범위

청구항 1

외부로부터 입사되는 광에너지와 상호작용하여 플라즈몬 공명 현상을 발생시키는 입자를 통해 입사된 광에너지를 증폭시키는 광증폭전극 어셈블리; 및

상기 광증폭전극 어셈블리의 일측에 인접되어 형성되고, 상기 입사되는 광에너지 또는 상기 증폭된 광에너지를 흡수하여 전류로 변환시키는 다이오드;를 포함하는 태양전지.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 광증폭전극 어셈블리는,

기관; 상기 기관의 표면에 다수개의 홈이 정렬된 형태로 형성되는 패턴층; 상기 패턴층 표면에 형성된 금속 나노입자; 및 상기 패턴층 상단에 형성되고 광에너지에 의하여 생성된 전자 또는 정공을 상대적으로 전기전도도가 높은 물질로 이동시키는 투명전극층;을 포함하는 태양전지.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 홈은, 역피라미드 형태인 태양전지.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 홈에는, 상기 금속 나노입자가 수납되는 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 금속 나노입자는, 구형(ball-type)으로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 금속 나노입자는, 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 구리(Cu), 니켈(Ni), 알루미늄(Al), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo), 코발트(Co), 아연(Zn), 철(Fe) 중 선택된 1종 이상의 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 기관은, 적어도 하나의 표면에 외부로부터 입사되는 광에너지가 통과되지 않도록 방지하는 반사막이 더 형

성되는 태양전지.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 다이오드는,

상기 광에너지가 동력자원이 되어 전자 또는 정공이 생성되는 반도체층; 및

상기 반도체층을 사이에 두고 서로 대향하고 있는 복수의 전극;을 포함하는 태양전지.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 반도체층은, CIGS(Cu-In-Ga-Se₂)계 화합물 반도체인 태양전지.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 다이오드의 적어도 하나의 전극이 상기 투명전극층과 인접되는 태양전지.

청구항 11

기관;

상기 기관의 표면에 대수개의 홈이 정렬된 형태로 형성되는 패턴층;

상기 패턴층 표면에 형성된 금속 나노입자; 및

상기 패턴층 상단에 형성되고 광에너지에 의하여 생성된 전자 또는 정공을 상대적으로 전기전도도가 높은 물질로 이동시키는 투명전극층;을 포함하는 태양전지.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 홈은, 역피라미드 형태로 형성되어 금속 나노입자가 수납되는 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 금속 나노입자는, 구형(ball-type)으로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

반도체층을 사이에 두고 서로 대향되도록 설치되는 복수의 전극을 더 포함하고, 상기 복수의 전극 중 적어도 어느 하나의 전극이 상기 투명전극층 표면에 인접되는 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 전극 중 외부로부터 입사된 광에너지가 나가는 방향에 형성된 전극이 상기 반도체층의 일측 전면에서 형성되는 태양전지.

청구항 16

기관을 준비하는 단계;

상기 기관의 표면에 다수개의 홈이 정렬된 형태의 패턴층을 형성시키는 단계;

상기 패턴층의 상단에 금속 나노입자를 형성시키는 단계; 및

상기 패턴층 상단에 투명전극층을 형성시키는 단계;를 포함하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 투명전극층 표면에 전극을 형성시키는 단계;

상기 전극의 표면에 반도체층을 형성시키는 단계; 및

상기 반도체층 표면에 또 다른 전극을 형성시키는 단계;를 더 포함하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 18

청구항 16에 있어서,

상기 패턴층을 형성시키는 단계는,

상기 기관의 표면에 고분자 물질을 증착시키는 단계; 및

상기 고분자 물질을 역피라미드형의 홈이 일정 간격으로 정렬된 형태로 만드는 단계;를 포함하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 19

청구항 16에 있어서,

상기 금속 나노입자를 정렬시키는 단계는,

금속 물질을 박막으로 증착시키는 단계; 및

상기 증착된 금속 물질을 구형(ball-type)의 입자가 되도록 열처리하는 단계;를 포함하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 열처리하는 단계는,

증착된 금속 물질을 환원성 또는 비활성 기체 분위기 하에서 250 ~ 600℃의 온도에서 30min. ~ 120min.의 시간 동안 열처리하여 구형(ball-type)의 금속 나노입자를 형성시키는 것을 특징으로 하는 태양전지의 제조 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 요철 패턴을 형성시키고 그 상단에 증착된 금속 박막을 구형의 금속 나노입자로 2차원 정렬시킨 광증폭전극 어셈블리를 적용한 태양전지와 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근래에 들어서 친환경 에너지에 대한 관심이 높아지면서, 무한 청정에너지원인 태양광이 주목받고 있다. 이 중 태양을 에너지원으로 활용하는 태양광 발전 시스템의 핵심인 태양전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 태양전지는 광기전력효과(photo voltaic effect)를 이용해 빛 에너지를 전기 에너지로 전환하는 반도체 소자로서, 전지 내부에서 태양 광의 흡수로 인해 생성되는 전자(E)와 정공(H)의 이동에 의하여 발생하는 전압차(potential drop)를 이용하여 전류를 발생시킨다.

[0004] 태양전지는 재료에 따라 실리콘 태양전지와 화합물 태양전지로 구분되기도 하며, 기판 종류에 따라 벌크(bulk)형과 박막(thin film)형으로 나누기도 한다. 벌크형 태양전지는 다시 실리콘 결정 상태에 따라 다결정 실리콘 태양전지와 단결정 실리콘 태양전지로 구분된다. 현재 태양전지의 시장에서는 벌크형 실리콘 태양전지가 전체 시장의 90% 이상을 점유하고 있는 실정이다.

[0005] 하지만 최근 태양전지 시장에서는 실리콘 사용으로 인한 고비용문제가 핵심 문제로 떠오르고 있다. 이에 원재료비 절감을 위해 실리콘 두께를 얇게 하는 박형화 방법과 유리, 플라스틱 등 저렴한 재료를 기판으로 사용하는 방법 등이 개발되고 있다.

[0006] 특히 차세대 태양전지로 주목받고 있는 박막형 태양전지는 태양광을 흡수하는 기판으로 실리콘을 사용하는 방식과는 달리, 유리, 금속, 플라스틱 등 값싼 재료로 기판을 만들고 그 위에 실리콘을 얇게 입히는 방식을 사용하여, 기존 방식 대비 실리콘 소요량을 100분의 1까지 줄일 수 있으며, 기판의 대형화 및 대량, 연속 생산 등에 유리하다는 평가를 받고 있다.

[0007] 하지만 박막형의 경우 광흡수율이 상대적으로 떨어지는 단점이 있으며, 특히 간접 재결합을 하는 실리콘의 특성으로 인해 실리콘의 밴드갭에 가까운 적색의 장파장대의 광흡수율이 낮다. 광흡수의 효율을 높이기 위해 표면에 요철(texture)을 만들어 광의 산란을 유도할 수는 있으나, 벌크형과 달리 태양전지의 두께가 얇아, 표면에서 소수 운반자(carrier)의 재결합을 높리게 되어 오히려 효율을 저하시키는 단점이 있다.

[0008] 최근에는 금속 나노입자를 유기 및 무기의 박막형 태양전지 전면 또는 배면에 분산시켜 광흡수 효율을 높인다는 사실이 알려졌다. 적절한 크기의 금속 나노입자에 빛(또는 전자기파)이 입사되면 플라즈몬 공명 현상이 발생되고, 이로 인한 강한 근접 산란이 일어나 인접한 전극으로 광에너지가 전달되고, 결과적으로 광흡수 효율이 높아지게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 요철 패턴을 형성시키고 그 상단에 증착된 박막을 독립된 금속 나노입자로 2차원 정렬시킨 광증폭전극 어셈블리를 태양전지에 적용함으로써, 태양전지의 광에너지 흡수 효율을 높이는 것과 동시에 실리콘 기판의 소요량을 줄이고, 다면적 생산을 가능하게 할 수 있는 태양전지 및 그의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일실시예와 관련된 태양전지는, 외부로부터 입사되는 광에너지와 상호 작용하여 플라즈몬 공명 현상을 발생시키는 입자를 통해 입사된 광에너지를 증폭시키는 광증폭전극 어셈블리, 및 상기 광증폭전극 어셈블리의 일측에 인접되어 형성되고, 상기 입사되는 광에너지 또는 상기 증폭된 광에너지를 흡수하여 전류로 변환시키는 다이오드를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 광증폭전극 어셈블리는, 기관, 상기 기관의 표면에 다수개의 홈이 정렬된 형태로 형성되는 패턴층, 상기 패턴층 표면에 형성된 금속 나노입자, 및 상기 패턴층 상단에 형성되고 광에너지에 의하여 생성된 전자 또는 정공을 상대적으로 전기전도도가 높은 물질로 이동시키는 투명전극층을 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 홈은, 역피라미드 형태인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0013] 상기 홈에는, 상기 금속 나노입자가 수납되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 상기 금속 나노입자는, 구형(ball-type)으로 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 상기 금속 나노입자는, 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 구리(Cu), 니켈(Ni), 알루미늄(Al), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo), 코발트(Co), 아연(Zn), 철(Fe) 중 선택된 1종 이상의 물질로 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 상기 기관은, 적어도 하나의 표면에 외부로부터 입사되는 광에너지가 통과되지 않도록 방지하는 반사막이 더 형성될 수 있다.
- [0017] 상기 다이오드는, 상기 광에너지가 동력자원이 되어 전자 또는 정공이 생성되는 반도체층, 및 상기 반도체층을 사이에 두고 서로 대향하고 있는 복수의 전극을 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 반도체층은, CIGS(Cu-In-Ga-Se₂)계 화합물 반도체일 수 있다.
- [0019] 상기 다이오드의 적어도 하나의 전극이 상기 투명전극층과 인접될 수 있다.
- [0020] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예와 관련된 태양전지는, 기관, 상기 기관의 표면에 다수개의 홈이 정렬된 형태로 형성되는 패턴층, 상기 패턴층 표면에 형성된 금속 나노입자, 및 상기 패턴층 상단에 형성되고 광에너지에 의하여 생성된 전자 또는 정공을 상대적으로 전기전도도가 높은 물질로 이동시키는 투명전극층을 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 홈은, 역피라미드 형태로 형성되어 금속 나노입자가 수납되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 상기 금속 나노입자는, 구형(ball-type)으로 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0023] 반도체층을 사이에 두고 서로 대향되도록 설치되는 복수의 전극을 더 포함하고, 상기 복수의 전극 중 적어도 어느 하나의 전극이 상기 투명전극층 표면에 인접되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0024] 상기 전극 중 외부로부터 입사된 광에너지가 나가는 방향에 형성된 전극이 상기 반도체층의 일측 전면에 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0025] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일실시예와 관련된 태양전지의 제조 방법은, 기관을 준비하는 단계, 상기 기관의 표면에 다수개의 요철이 정렬된 형태의 패턴층을 형성시키는 단계, 상기 패턴층의 상단에 금속 나노입자를 형성시키는 단계, 및 상기 패턴층 상단에 투명전극층을 형성시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 투명전극층 표면에 전극을 형성시키는 단계, 상기 전극의 표면에 반도체층을 형성시키는 단계, 및 상기 반도체층 표면에 또 다른 전극을 형성시키는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 패턴층을 형성시키는 단계는, 상기 기관의 표면에 고분자 물질을 증착시키는 단계, 및 상기 고분자 물질을 역피라미드형의 홈이 일정 간격으로 정렬된 형태로 만드는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 금속 나노입자를 정렬시키는 단계는, 금속 물질을 박막으로 증착시키는 단계, 및 상기 증착된 금속 물질을 구형(ball-type)의 입자가 되도록 열처리하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0029] 상기 열처리하는 단계는, 증착된 금속 물질을 환원성 또는 비활성 기체 분위기 하에서 250 ~ 600℃의 온도에서 30min. ~ 120min.의 시간 동안 열처리하여 구형(ball-type)의 금속 나노입자를 형성시키는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 상기와 같이 구성되는 본 발명의 일실시예와 관련된 태양전지 및 그의 제조 방법에 의하면, 요철 패턴을 형성시키고 그 상단에 독립된 다수의 금속 나노입자가 일정 간격을 두고 정렬된 광증폭전극 어셈블리를 태양전지에 적용함으로써, 태양전지의 광흡수 효율을 높이는 효과가 있다. 또한, 실리콘 기판의 소요량을 줄임으로써 태양전지의 고비용 문제를 해결할 수 있고, 다면적 생산을 가능하게 하여 생산 효율을 높이는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 태양전지의 개략적인 구조를 보여주기 위한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예와 관련된 태양전지의 광증폭전극 어셈블리 부분의 확대도이다.
 도 3은 본 발명의 일실시예와 관련된 다이오드 부분의 확대도이다.
 도 4는 본 발명과 관련된 국부 표면 플라즈몬 공명(LSPR)을 설명하기 위한 개념도이다.
 도 5는 본 발명과 관련된 금속 나노입자가 구형(ball-type)으로 형성되는 원리를 설명하기 위한 도면이다.
 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 의한 태양전지의 개략적인 구조를 보여주기 위한 도면이다.
 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 태양전지의 개략적인 구조를 보여주기 위한 도면이다.
 도 8은 본 발명의 일실시예와 관련된 태양전지의 제조 방법을 도시한 순서도이다.
 도 9는 본 발명의 실시예와 관련된 태양전지의 요철 패턴의 SEM 사진이다.
 도 10(a) ? 도 10(d)는 은(Ag) 박막의 증착 두께가 각기 다른 경우, 은(Ag) 나노입자의 형성을 보여주는 SEM 사진이다.
 도 11(a) ? 도 11(c)은 열처리 온도가 각기 다른 경우, 은(Ag) 나노입자의 형성을 보여주는 SEM 사진이다.
 도 12은 도 10(b)의 고배율(x100) SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 태양전지 및 그의 제조 방법에 대하여 첨부한 도면 및 사진을 참조하여 상세히 설명한다. 본 명세서에서는 서로 다른 실시예라도 동일·유사한 구성에 대해서는 동일·유사한 참조번호를 부여하고, 그 설명은 처음 설명으로 갈음한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 태양전지의 개략적인 구조를 보여주기 위한 도면이다.
- [0034] 본 도면을 참조하면, 태양전지(100)는 외부로부터 입사되는 광에너지(P)와 상호작용하여 플라즈몬 공명 현상을 발생시키는 입자를 통해 입사된 광에너지(P)를 증폭시키는 광증폭전극 어셈블리(110)와, 상기 광증폭전극 어셈블리(110)의 일측에 인접되어 형성되고, 상기 입사되는 광에너지(P) 또는 상기 증폭된 광에너지를 흡수하여 전류로 변환시키는 다이오드(150)를 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 광증폭전극 어셈블리(110)는 도 2에 도시된 바와 같이, 기판(111)과, 기판(111) 상단에 형성되는 패턴층(113)과, 상기 패턴층(113) 표면에 정렬된 금속 나노입자(115), 및 패턴층(113) 상단에 형성되는 투명전극층(117)을 포함할 수 있다.
- [0036] 기판(111)은 유리가 사용될 수 있다. 기판(111)은 알루미늄 및 스테인레스 등의 금속이 사용될 수도 있다. 기판(111)은 유연성 있는 고분자 물질이 사용될 수도 있다.
- [0037] 패턴층(113)은 기판(111) 상단에 고분자 물질을 도포하여 형성시킬 수 있다. 고분자 물질은 반고체 상태로서 형태를 변형시키는 것이 가능한 재질일 수 있다. 고분자 물질은 유동성이 있는 액체 상태로서 코팅된 후, 점성을 갖게 되어 형태를 변형시키는 것이 가능하게 될 수 있다. 즉, 패턴층(113)은 증착된 고분자 물질을 요철 형태로 변형시킴으로서 형성시킬 수 있다. 고분자 물질은 H₂O와 반응하는 졸-겔 응축 과정 또는 가열을 통해 고체 형태로 전환될 수 있다. 구체적으로, 고분자 물질은 실리카 졸-겔 형태의 트리에톡시실란(TEOS), 메틸-트리에톡시실란(MTEOS) 등이 사용될 수 있다. 패턴층(113)의 요철은 다수개의 역피라미드형의 홈으로 형성시킬 수 있다. 홈

은 일정한 간격과 크기로 2차원 정렬된 것을 특징으로 할 수 있다. 홈에는 금속 나노입자(115)가 수납될 수 있다.

[0038] 패턴층(113)을 이루는 고분자 물질은 부도체일 수 있다. 패턴층(113)에는 다수의 이동로가 더 형성될 수 있다. 이동로는 패턴층(113)에 상-하 표면이 관통되는 구멍을 뚫어 형성시킬 수 있다. 이동로는 투명전극물질이 채워질 수 있다. 이동로를 통하여 전자(electron; E) 또는 정공(hole; H)의 이동이 가능할 수 있다. 구체적으로는 이동로는 부도체인 고분자 물질의 상하로 전자(E) 또는 정공(H)을 이동시켜 상-하에 인접 형성된 투명전극층(117)과 금속전극을 전기적으로 연결시킬 수 있다.

[0039] 금속 나노입자(115)는 패턴층(113) 표면에 형성될 수 있다. 금속 나노입자(115)는 패턴층(113)에 형성된 역피라미드 형상의 홈에 수납될 수 있다. 금속 나노입자(115)는 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 구리(Cu), 니켈(Ni), 알루미늄(Al), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo), 코발트(Co), 아연(Zn), 철(Fe) 중 선택된 1종 이상의 물질로 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다. 금속 나노입자(115)는 구형(ball-type) 또는 구형에 가까운 형태로 형성될 수 있다. 금속 나노입자(115)는 패턴층(113)의 홈에 수납되어짐에 따라 2차원 정렬된다. 정렬된 금속 나노입자(115)는 입사되는 광에너지(P)와 상호작용하여 국부 표면 플라즈몬 공명(LSPR: Localized Surface Plasmon Resonance) 현상을 발생시키고, 광에너지(P)를 증폭시켜 태양전지(100)의 기전력을 높인다. 금속 나노입자(115)가 일정한 간격과 크기로 정렬될수록 국부 표면 플라즈몬 공명(LSPR)에 의한 광에너지(P) 증폭이 커지고, 태양전지(100)의 효율을 높이게 된다.

[0040] 국부 표면 플라즈몬 공명(LSPR) 현상은 도 3에 도시된 바와 같으며, 이하 내용으로 설명한다.

[0041] 플라즈몬(Plasmon)이란 금속 나노입자(115)의 전자들이 동시에 진동하는 현상으로 전자들의 파동(Wave of Electrons)이라 한다. 도체인 금속의 내부에는 수많은 자유전자(E)가 존재한다. 자유전자(E)는 금속원자에 속박되어 있지 않으므로 외부의 특정 자극에 쉽게 감응할 수 있다. 특히, 금속이 나노 크기가 되면 이러한 자유전자(E)의 거동에 의하여 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance) 현상이 발생된다.

[0042] 표면 플라즈몬 공명 현상은 입사되는 광에너지(P)와 금속 나노입자(115) 간에 상호작용의 결과로서 발생된다. 즉, 표면 플라즈몬 공명은 금속 나노입자(115)에서 빛의 전기장(20)과 플라즈몬이 짝지어지면서 빛을 흡수해 일어나는 현상을 말한다. 이때 빛 에너지가 플라즈몬으로 변환되면서 순간 매우 증가된 전기장(20)이 발생된다. 상기 전기장(20)은 4~5배 정도 증가될 것으로 기대할 수 있다. 표면 플라즈몬 공명 현상에 의한 전기장(20)의 증가는 금속 나노입자(115)와 그 주변의 전자들이 쉽게 가전자대에서 전도대로 여기될 수 있는 조건이 된다. 전도대로 여기된 전자의 양이 증가하면, 태양전지(100) 내부의 전압차가 커지고, 결국 외부로 인가되는 전류의 발생량을 증가시킨다.

[0043] 국부 표면 플라즈몬 공명(LSPR)에 기인한 전기장(20)의 증가 폭을 향상시키기 위하여, 금속 나노입자(115)는 비습윤 상태가 될 필요가 있다.

[0044] 도 4에 도시한 바와 같이, 금속 나노입자(115)가 비습윤 상태가 되면 구형(ball-type) 또는 구형에 가깝게 형성되는 것이 가능해 질 수 있다.

[0045] 본 도면을 참조하면, 고체표면(39)에 형성된 액체(35)는 중앙에서 가장자리로 갈수록 높이가 낮아지는 볼록렌즈 형태의 곡면으로 형성된다. 이때 고체표면(39)과 액체표면(36)이 일정한 각도를 이루며, 이 각도를 접촉각(θ , 30)이라 한다.

[0046] 접촉각(30)은 일반적으로 액체(35)와 고체의 종류에 따라 다르다. 접촉각(30)이 90° 보다 크면 액체(35)가 고체표면(39)에 흡수되지 않은 비습윤(De-wetting) 상태이고, 접촉각(30)이 90° 보다 작으면 액체(35)가 고체표면(39)에 흡수된 습윤(Wetting) 상태라 말할 수 있다. 접촉각(30)이 180° 에 가까울수록 고체표면(39)에 형성된 액체(35)는 응집되어 구형(ball-type)과 된다.

[0047] 금속 나노입자(115)는 비습윤(De-wetting) 상태가 되어 접촉각(30)이 180° 에 가까워 질수록 구형(ball-type)화되고, 표면 플라즈몬 공명의 효율을 더욱 높일 수 있다.

[0048] 투명전극층(117)은 패턴층(113) 상단에 투명전극물질을 덮어 형성시킬 수 있다. 투명전극층(117)은 금속 나노입자(115)들 사이를 투명전극물질로 채워 형성시킬 수 있다. 투명전극물질은 반고체 상태의 전도성 물질일 수 있다. 투명전극층(117)은 외부로부터 입사된 광에너지(P)에 의하여 생성된 전자(E) 또는 정공(H)의 이동이 가능하다. 투명전극층(117)은 적어도 하나의 금속전극(51, 53)과 인접 형성될 수 있다. 금속 나노입자(115)에서 광에너지(P)에 의하여 생성된 전자(E) 또는 정공(H)은 투명전극층(117)을 통하여 상대적으로 전기전도도가 높은 물

질로 이동시킬 수 있다. 구체적으로, 투명전극층(117) 내부에서 생성된 전자 또는 정공을 인접된 금속전극으로 유도시킬 수 있다. 더욱 구체적으로, 투명전극층(117)을 이루는 투명전극물질로는 산화아연(ZnO)과 알루미늄(Al)의 화합물이 적용될 수 있다.

[0049] 상기 다이오드(150)는 도 5에 도시된 바와 같이, 광에너지(P)가 동력자원이 되어 전자 또는 정공이 생성되는 반도체층(155), 및 상기 반도체층(155)을 사이에 두고 서로 대향하고 있는 복수의 전극을 포함할 수 있다.

[0050] 반도체층(155)을 중심으로, 태양광이 입사되는 방향에 형성된 전극은 상부전극(153)이라 할 수 있다. 또한, 태양광이 입사되어 나가는 방향에 형성된 전극은 하부전극(151)이라 할 수 있다. 이하, 복수의 전극에 대하여는 상부전극(153) 또는 하부전극(151)으로 칭한다.

[0051] 태양광이 상부전극(153) 통과하여 반도체층(155)에 전달되면, 반도체층(155) 내부에는 전자(E)와 정공(H)이 생성된다. 생성된 전자(E)와 정공(H)이 농도 차이에 따라 확산 이동된다. 이에 따라, 반도체층(155) 내부의 전하중성(charge neutrality)상태가 깨짐으로써 전압차(potential drop)가 발생된다. 이때 반도체층(155)의 양극단에 발생된 기전력을 전극을 통하여 외부회로에 연결하면, 태양전지로 작동하게 되는 것이다.

[0052] 하부전극(151)은 투명전극층(117)과 인접되어 있다. 하부전극(151)을 이루는 금속의 전기전도도가 높을수록 광에너지(P) 입사로 인하여 생성된 전자(E) 또는 정공(H)이 투명전극층(117)부터 전극으로 효과적으로 이동될 수 있다. 하부전극(151)으로는 은(Ag), 알루미늄(Al), 니켈(Ni) 등의 금속이 사용될 수 있다. 하부전극(151)은 금속을 전면에 배선하여 형성시킬 수 있다. 또는, 투명전극층(117)의 상단면 일부에 금속전극을 배선시켜 하부전극(151)을 형성시킬 수 있다. 또는, 반사방지막(157)을 형성시키고 그 일부에 금속전극을 배선시켜 하부전극(151)을 형성시킬 수 있다. 투명전극층(117)과 반사방지막(157)은 전기전도성 물질이다. 일반적으로 하부전극(151)은 투명전극층(117) 또는 반사방지막(157)보다 전기전도도가 높아 투명전극층(117) 또는 반사방지막(157)에 생성된 전자(E) 또는 정공(H)을 금속전극으로 유도시킬 수 있다.

[0053] 반도체층(155)은 광에너지(P)가 동력자원이 되어 전자 또는 정공이 생성되고, 이를 외부로 인가시킴으로써 전류를 발생시킬 수 있다. 반도체층(155)은 P-N 또는 N-P접합 실리콘계 반도체일 수 있다. 실리콘계 반도체는 비정질 또는 결정질 형태일 수 있다. 또는, 반도체층(155)은 CIGS(Cu-In-Ga-Se₂)계 화합물 반도체일 수 있다. CIGS(Cu-In-Ga-Se₂)계 화합물 반도체는 구리와 갈륨 합금 타겟과 인듐 타겟을 순차적으로 스퍼터링(sputtering)하여 구리-갈륨-인듐 합금 박막을 제작한 후 셀렌화수소(H₂Se) 가스 분위기에서 열처리하여 제작될 수 있다.

[0054] 상부전극(153)은 반사방지막(157)을 형성시키고 그 일부에 전극을 배선시켜 형성시킬 수 있다. 상부전극(153)은 백금(Pt), 은(Ag), 알루미늄(Al) 등의 금속이 사용될 수 있다. 반사방지막(157)은 외부로부터 입사된 광에너지(P)가 태양전지(100)의 표면 또는 내부에서 외부로 반사 또는 방출되는 것을 방지하기 위하여 형성시킬 수 있다. 반사방지막(157)은 투명한 재질로 형성되어 외부로부터 입사된 광에너지(P)를 태양전지(100) 내부로 전달시킬 수 있다. 반사방지막(157)은 전도성 물질로 형성되어 다소 전극의 역할을 할 수도 있다. 구체적으로 반사방지막(157)은 산화인듐주석(ITO, Indium Tin Oxide)이 형성될 수 있다. 또는 반사방지막(157)은 투명전극층(117)과 같은 물질로 형성될 수도 있다. 반도체층(155)에서 입사된 광에너지(P)에 의하여 생성된 전자(E) 또는 정공(H)은 반사방지막(157)으로 이동될 수 있다. 또한 전자(E) 또는 정공(H)은 전기전도도의 차이에 의하여 반사방지막(157)에서 금속전극으로 유도될 수 있다.

[0055] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 의한 태양전지의 개략적인 구조를 보여주기 위한 도면으로서, 도 1의 일실시예와 비교하여 볼 때, 태양전지(100)에서 입사된 광에너지(P)가 나가는 방향에 반사막(119)이 더 형성되어 있는 것이 다르다.

[0056] 태양전지(100)는 기판(111)과, 기판(111) 상단에 형성되는 패턴층(113)과, 상기 패턴층(113) 표면에 정렬된 금속 나노입자(115), 및 패턴층(113) 상단에 형성되는 투명전극층(117)을 포함할 수 있다. 또한, 반도체층(155)과 상기 반도체층(155)을 사이에 두고 서로 대향하고 있는 복수의 전극을 포함할 수 있다.

[0057] 반사막(119)은 기판(111)과 패턴층(113) 사이에 더 형성될 수 있다. 반사막(119)은 외부로부터 입사된 광에너지가 태양전지(100)를 통과하여 외부로 손실되지 않도록 광에너지(P)를 다시 태양전지(100) 내부로 반사시킨다. 반사막(119)은 반투명 재질로 형성될 수 있다. 반사막(119)은 그 형성된 두께로 투과도를 조절하는 것이 가능하다.

[0058] 상세하게는 반사막(119)이 형성되지 않은 경우, 투과형 태양전지의 형성이 가능하다(도 1). 또한, 반사막(119)이 형성된 경우, 반사막(119)의 형성 두께에 따라 투과도를 조절하여, 반투명 또는 불투명 태양전지의 형성이

가능하다(도 6). 반사막(119)은 불투명한 금속 재질로 형성될 수 있다. 반사막(119)이 금속 재질로 형성되는 경우, 반사막(119)의 기능뿐만 아니라, 하부전극(151)의 기능을 동시에 수행하는 것이 가능할 수 있다.

- [0059] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 태양전지의 개략적인 구조를 보여주기 위한 도면으로서, 도 1과 비교하여 볼 때 전극의 방향과 형태가 다소 다르다.
- [0060] 태양전지(100)는 기판(111)과, 기판(111) 상단에 형성되는 패턴층(113)과, 상기 패턴층(113) 표면에 정렬된 금속 나노입자(115), 및 패턴층(113) 상단에 형성되는 투명전극층(117)을 포함할 수 있다. 또한, 반도체층(155)과 상기 반도체층(155)을 사이에 두고 서로 대향하고 있는 복수의 전극을 포함할 수 있다.
- [0061] 본 도면을 참조하면, 투명전극층(117)은 상부전극(153)과 인접되어 있다. 상부전극(153)은 투명전극층(117)의 상단면 일부에 금속전극을 배선시켜 형성시킬 수 있다. 상부전극(153)은 전기전도도가 높은 금속으로 형성될 수 있다. 전자(E) 또는 정공(H)은 전기전도도의 차이에 의하여 투명전극층(117)에서 상부전극(153)으로 유도될 수 있다.
- [0062] 하부전극(151)은 태양광이 입사되어 나가는 방향에 형성된 금속전극을 말한다. 하부전극(151)으로는 은(Ag), 알루미늄(Al), 니켈(Ni) 등의 금속이 사용될 수 있다. 하부전극(151)은 금속을 전면에 배선하여 형성시킬 수 있다. 하부전극(151)이 전면에 배선되는 경우, 하부전극(151)의 기능뿐만 아니라 반사막(119)의 기능을 동시에 수행하는 것이 가능할 수 있다.
- [0063] 도 8은 본 발명의 일실시예와 관련된 태양전지의 제조 방법을 도시한 순서도이다.
- [0064] 본 도면을 참조하면, 태양전지(100)는 기판(111)을 준비하는 단계(S1), 상기 기판(111)의 표면에 다수개의 요철이 정렬된 형태의 패턴층(113)을 형성시키는 단계(S2), 상기 패턴층(113)의 상단에 금속 나노입자(115)를 형성시키는 단계(S3), 및 상기 패턴층(113) 상단에 투명전극층(117)을 형성시키는 단계(S4)를 포함하여 제조될 수 있다.
- [0065] 또한, 상기 투명전극층(117)에 인접되도록 전극(상부 또는 하부)을 형성시키는 단계(S5), 반도체층을 형성시키는 단계(S6), 및 반도체층을 사이에 두고 또 다른 전극(상부 또는 하부)을 형성시키는 단계(S7)를 더 포함하여 형성시킬 수 있다.
- [0066] 기판(111)은 유리, 유연성 있는 고분자 물질 및 스테인레스, 알루미늄 등의 금속 중에 택일하여 준비할 수 있다.(S1)
- [0067] 패턴층(113)을 형성시키는 단계는 기판(111)의 표면에 고분자 물질을 증착시키고, 증착된 고분자 물질을 일정한 간격으로 정렬된 역피라미드 형태의 홈으로 만드는 단계를 포함할 수 있다.(S2)
- [0068] 패턴층(113)은 기판(111)의 상단에 메틸-트리에톡시실란(MTEOS) 또는 트리에톡시실란(TEOS) 중 택일된 고분자 물질을 코팅시켜 형성할 수 있다. 고분자 물질은 유동성의 물질 일 수 있다.
- [0069] 고분자 물질의 증착은 기판(111) 표면에 스핀코팅으로 고분자 물질을 얇은 막이 되도록 하는 과정을 포함할 수 있다. 또는, 기판(111)을 고분자 물질 용액에 침지 후, 건조하여 형성시킬 수 있다. 구체적으로 본 발명의 일실시예의 패턴층(113)은 스핀코팅으로 형성되었다. 스핀코팅은 넓은 면적의 박막을 제작하는 것이 가능하게 할 수 있다. 고분자 물질은 기판(111) 표면에 얇은 막으로 형성되면서, 점성이 증가하게 될 수 있다. 고분자 물질은 점성이 증가될 수 있다. 고분자 물질은 점성이 증가되어, 형태를 유지시키거나 변형시키는 것이 가능할 수 있다.
- [0070] 패턴층(113)에는 다수개의 역피라미드형의 홈이 정렬된 요철 패턴이 형성될 수 있다. 요철 패턴은 나노 임프린트 기술로 형성시킬 수 있다. 나노 임프린트 기술은 임프린트 몰드를 형성시키고, 형성된 임프린트 몰드를 100℃ ? 120℃ 온도에서 5min. ? 30min. 시간 동안 반고체 물질에 압착 후 분리시켜 그 형태를 반고체 물질에 반전시키는 기술이다. 임프린트 몰드는 피라미드 형상으로, 패턴층(113)에 역피라미드 형태의 홈이 정렬된 요철 패턴을 반전시킬 수 있다. 메틸-트리에톡시실란(MTEOS)에 압착할 경우 압착 온도가 100℃ 미만이거나 압착 시간이 5min. 미만이면, 임프린트 몰드의 패턴이 고분자 물질에 충분히 반전되지 않아 선명한 형태의 패턴이 형성되지 않을 수 있다. 압착 온도가 120℃ 초과이거나 압착 시간이 30min. 초과이면, 고분자 물질이 과도하게 경화되어 임프린트 몰드와 고분자 물질의 분리가 쉽게 이루어지지 않을 수 있다. 또는, 고분자 물질에 반전된 패턴 형태가 변형될 수 있다. 나노 임프린팅 기술에 의하여 패턴이 형성된 고분자 물질은 200 ? 600℃에서 30 ? 120 min. 동안 열처리를 통해 경화 과정을 거치게 된다.

- [0071] 요철 패턴은 다수개의 10nm ? 200nm 높이의 홈으로 형성될 수 있다. 홈의 높이가 10nm미만이면 선명하지 않은 역피라미드 형태가 형성될 수 있다. 홈의 높이가 50nm초과이면 금속 나노입자(115)가 역피라미드 형태의 홈에 과도하게 크게 형성될 수 있다. 또한, 홈에 형성되는 금속 나노입자(115)의 크기 및 간격의 조절이 쉽지 않고, 따라서, 금속 나노입자(115)에 의한 플라즈몬 현상에 따른 광에너지 증폭 효율이 낮아질 수 있다.
- [0072] 금속 나노입자(115)를 형성시키는 단계(S3)는 요철 패턴 상단에 금속 물질을 박막으로 증착시키는 단계, 및 상기 증착된 금속 물질을 구형(ball-type)의 입자가 되도록 열처리하는 단계,를 포함할 수 있다.
- [0073] 금속 물질을 박막으로 증착시키는 단계(S3)에서는 금속 나노입자(115)로 형성시키고자 하는 금속 물질을 패턴층(113) 상단에 증착시킨다. 금속 물질은 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 구리(Cu), 니켈(Ni), 알루미늄(Al), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo), 코발트(Co), 아연(Zn), 철(Fe) 중 선택된 1종 이상의 물질일 수 있다.
- [0074] 열처리하는 단계는 증착된 금속 물질의 비습윤(de-wetting) 상태를 유도 시킬 수 있다. 열처리는 패턴층(113) 상단에 증착된 금속 물질을 비습윤 상태의 구형(ball-type) 입자로 응집시킬 수 있다. 열처리는 금속 나노입자(115)를 요철 패턴의 홈에 형성시켜 금속 나노입자(115)의 2차원 정렬을 유도시킬 수 있다.
- [0075] 열처리 온도는 증착된 금속의 종류에 따라 다르며 온도가 너무 낮거나 시간이 짧으면, 금속 나노입자(115)의 정렬을 유도하는데 영향을 미치지 못할 수 있다. 열처리 온도가 너무 높거나 시간이 길면, 패턴층(113)이 열에 의하여 손상될 수 있다. 구체적으로, 열처리하여 금속 나노입자(115)를 형성시키는 단계는 증착된 금속 박막을 환원성 또는 비활성 기체 분위기 하에서 250 ~ 600℃의 온도에서 30min. ~ 120min.의 시간 동안 열처리하여 구형(ball-type)의 금속 나노입자(115)를 형성시키는 것을 특징으로 할 수 있다. 상기 금속 물질로 형성된 나노입자(115)는 은(Ag)이 될 수 있다.
- [0076] 투명전극층(117)을 형성시키는 단계(S4)는 투명전극물질을 패턴층(113) 상단과 금속 나노입자(115) 사이에 채워 넣는 것을 특징으로 할 수 있다. 투명전극층(117)은 태양전지(100)의 금속전극(51, 53)과 인접 형성될 수 있다. 금속 나노입자(115)에서 광에너지(P)에 의하여 생성된 전자(E) 또는 정공(H)은 투명전극층(117)을 통하여 전기 전도도가 보다 더 높은 금속전극(51, 53)으로 유도될 수 있다.
- [0077] 전극을 형성시키는 단계(S5)는 태양전지(100)의 적어도 하나의 금속전극이 투명전극층(117)과 인접되도록 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다. 금속전극은 전면에 형성될 수 있다. 또는, 금속전극은 투명전극층(117) 또는 반사방지막(157)의 일부에 형성시킬 수 있다.
- [0078] 반도체층(155)을 형성시키는 단계(S6)는 P-N 또는 N-P접합 실리콘계 반도체가 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다. 또는, CIGS(Cu-In-Ga-Se₂)계 화합물 반도체가 형성될 수도 있다. CIGS(Cu-In-Ga-Se₂)계 화합물 반도체는 구리와 갈륨 합금 타깃과 인듐 타깃을 순차적으로 스퍼터링(sputtering)하여 구리-갈륨-인듐 합금 박막을 제작한 후 셀렌화수소(H₂Se) 가스 분위기에서 열처리하여 제작될 수 있다. 반도체층(155)은 외부로부터 광에너지(P)를 흡수하여, 전류를 발생시킬 수 있다.
- [0079] 또 다른 전극을 형성시키는 단계(S7)는 태양전지(100)의 상부전극(153) 또는 하부전극(151) 중 전 단계에서 형성되지 않은 또 다른 금속전극이 형성되는 것을 특징으로 할 수 있다. 금속전극은 전면에 형성될 수 있다. 또는, 금속전극은 투명전극층(117) 또는 반사방지막(157)의 일부에 형성시킬 수 있다.
- [0080] 도 9는 본 발명의 실시예와 관련된 태양전지의 요철 패턴의 SEM 사진이다.
- [0081] 본 도면을 참조하면, 기판(111) 상단의 패턴층(113)에 역피라미드 형태의 홈이 일정 간격으로 정렬되어 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0082] 패턴층(113) 상단에 금속 물질이 증착된다. 금속 물질은 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 니켈(Ni)을 포함한 유전상수(E, electron)가 음(-)의 값을 갖는 물질로 형성될 수 있다.
- [0083] 도 10(a) ? 도 10(d)은 은(Ag) 박막의 증착 두께가 각기 다른 경우, 은(Ag) 나노입자(115)의 형성을 보여주는 SEM 사진이다. 상세하게, 도 10(a)은 8nm, 도 10(b)은 10nm, 도 10(c)은 11nm, 도 10(d)은 13nm의 두께로 은(Ag) 박막을 증착시키고, 300℃에서 1시간 동안 열처리시킨 후의 사진이다.
- [0084] 본 도면을 참조하면, 기타 조건이 동일할 경우 증착 두께가 두꺼워질수록, 은(Ag) 박막은 열처리 후에 패턴층(113)의 각각의 홈에 형성되는 은(Ag) 나노입자(115)의 양이 증가하고, 입자의 크기가 커지며 역피라미드 형상

의 홈에 각각의 입자가 정렬되는 경향이 증가함을 알 수 있다.

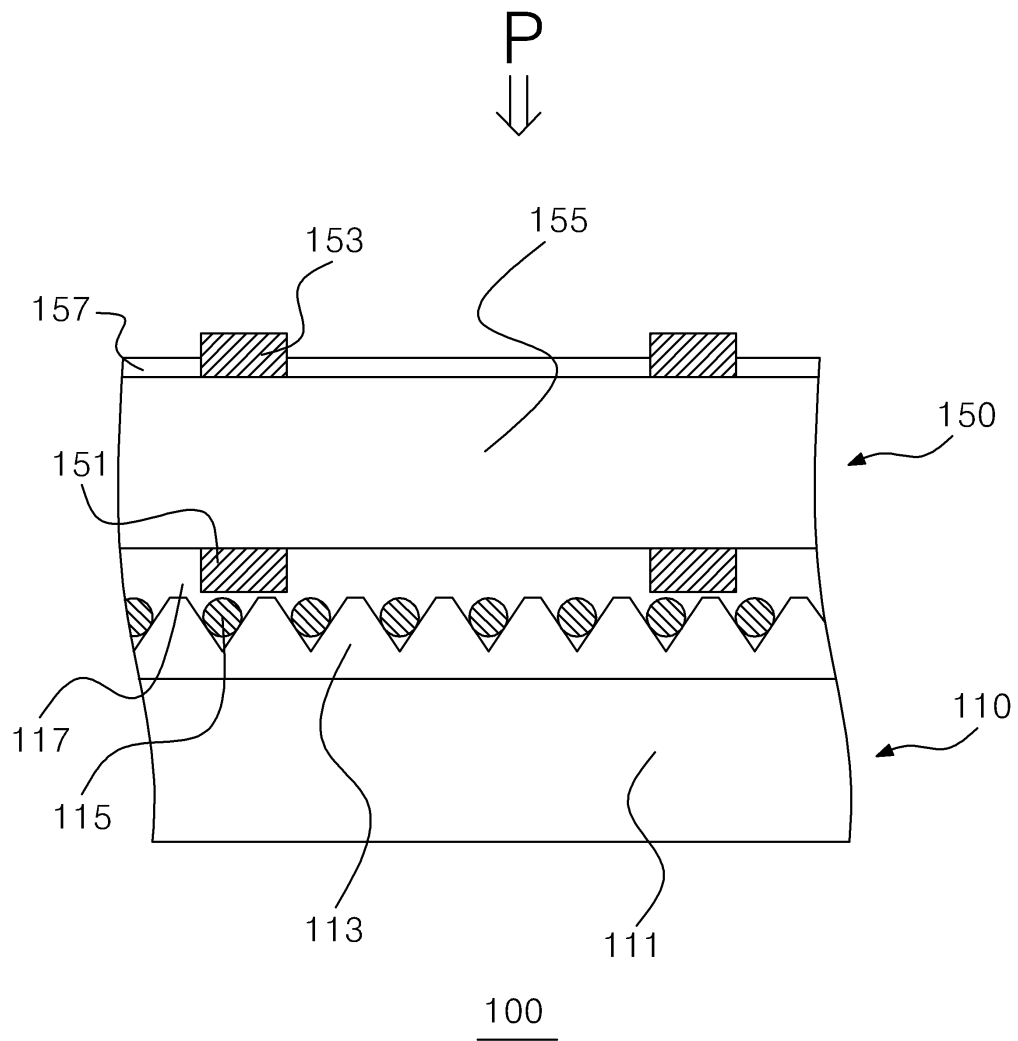
- [0085] 도 11(a) ? 도 11(c)은 열처리 온도가 각기 다른 경우, 은(Ag) 나노입자(115)의 형성을 보여주는 SEM 사진이고, 도 12는 도 10(b)의 고배율(x100) SEM 사진이다. 상세하게, 패턴층(113)에 13nm 두께로 은(Ag) 박막을 형성시키고, 1시간 동안 각각 도 10(a)은 300℃, 도 10(b)은 400℃, 도 10(c)은 450℃의 온도에서 열처리한 후의 은(Ag) 나노입자(115)를 30배 확대한 사진이다.
- [0086] 본 도면을 참조하면, 기타 조건이 동일할 경우 열처리 되는 온도가 높아질수록, 은(Ag) 박막은 열처리 후에 패턴층(113)의 각각의 홈에 형성되는 은(Ag) 나노입자(115)의 크기와 간격 조절이 용이하게 되고, 더욱 규칙적으로 2차원 정렬이 유도되는 것을 알 수 있다.
- [0087] 적절한 크기와 간격으로 조절되는 금속 나노입자(115)의 2차원 정렬은 플라즈몬 공명 현상을 통해 반도체층(155)의 광에너지 흡수율을 높여, 태양전지(100)의 효율을 증대시킬 수 있다. 문헌에 따르면, 최대의 광에너지 흡수율을 위한 은(Ag) 나노입자(115)의 크기는 100~250nm로 보고된다.
- [0088] 상기와 같이 구성되는 본 발명의 실시예와 관련된 태양전지 및 그의 제조 방법에 의하면, 요철 패턴을 형성시키고 그 상단에 독립된 다수의 금속 나노입자가 일정 간격을 두고 정렬된 광증폭전극 어셈블리를 태양전지에 적용함으로써, 태양전지의 광흡수 효율을 높이는 효과가 있다. 또한, 실리콘 기관의 소요량을 줄임으로써 태양전지의 고비용 문제를 해결할 수 있고, 다면적 생산을 가능하게 하여 생산 효율을 높이는 효과가 있다.
- [0089] 상기와 같은 태양전지 및 그의 제조 방법은 위에서 설명된 실시예들의 구성과 작동 방식에 한정되는 것이 아니다. 상기 실시예들은 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 구성될 수도 있다.

부호의 설명

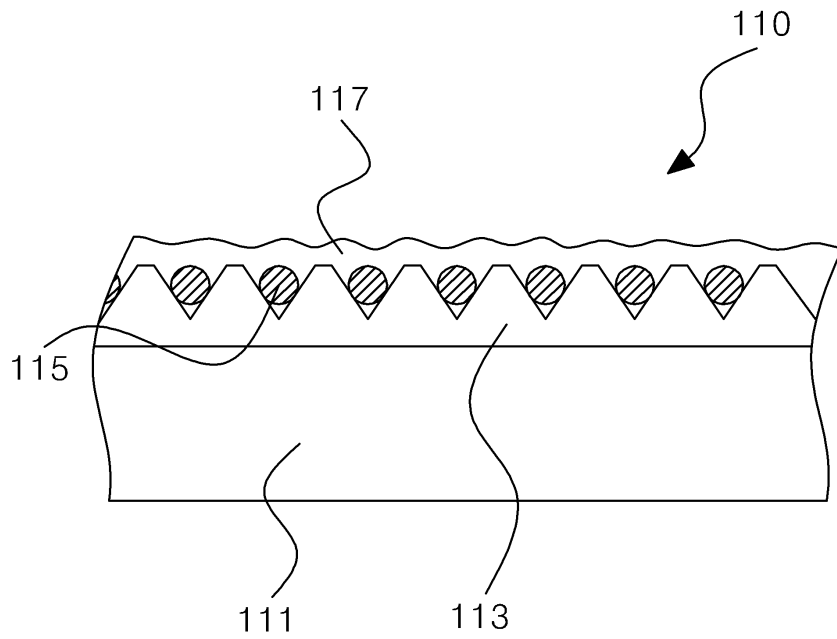
- [0090]
- | | |
|--------------|----------------------|
| 100: 태양전지 | 110: 광증폭전극 어셈블리 |
| 111: 기관 | 113: 패턴층 |
| 115: 금속 나노입자 | 117: 투명전극층 |
| 119: 반사막 | 150: 다이오드 |
| 151: 하부전극 | 153: 상부전극 |
| 155: 반도체층 | 157: 반사방지막 |
| 20: 전기장 | 30: 접촉각(Θ) |
| 35: 액체 | 36: 액체표면 |
| 39: 고체표면 | E: 전자(electron) |
| H: 정공(hole) | P: 광에너지(photon; 광양자) |

도면

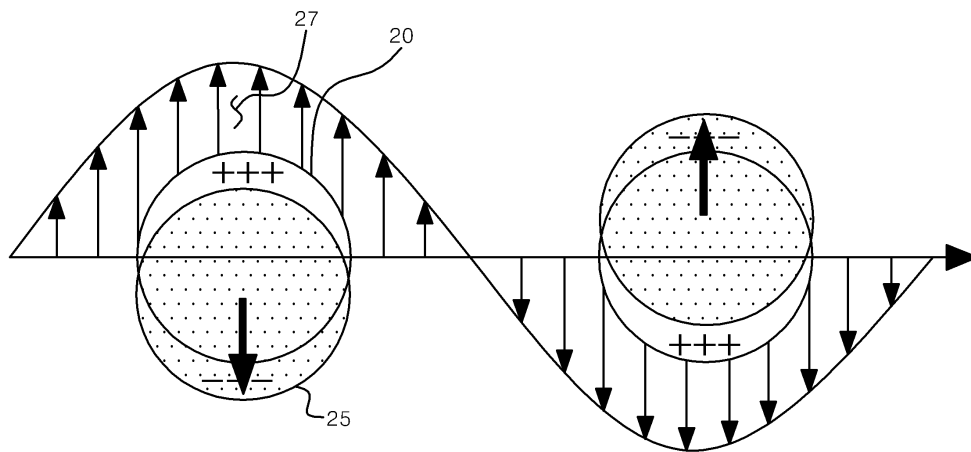
도면1



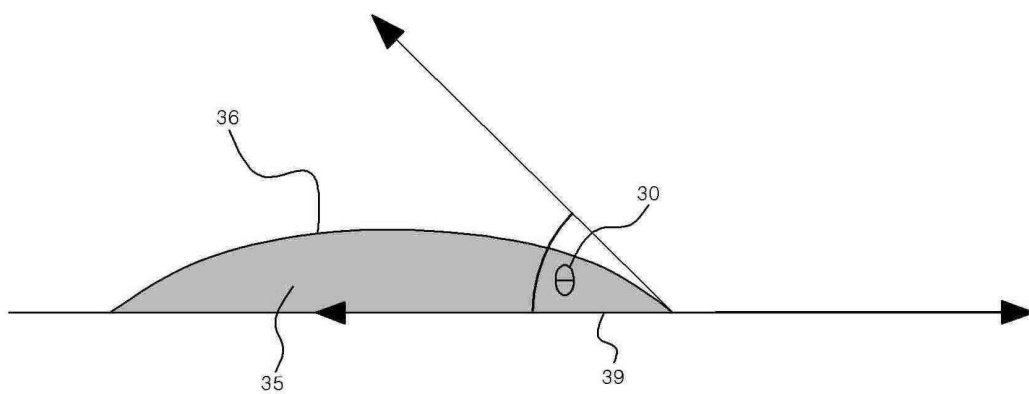
도면2



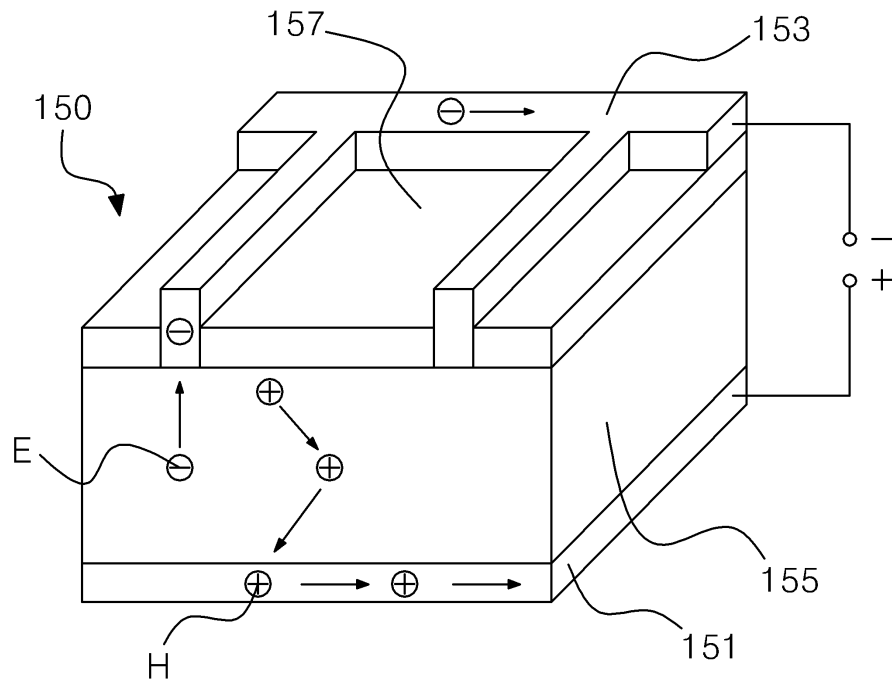
도면3



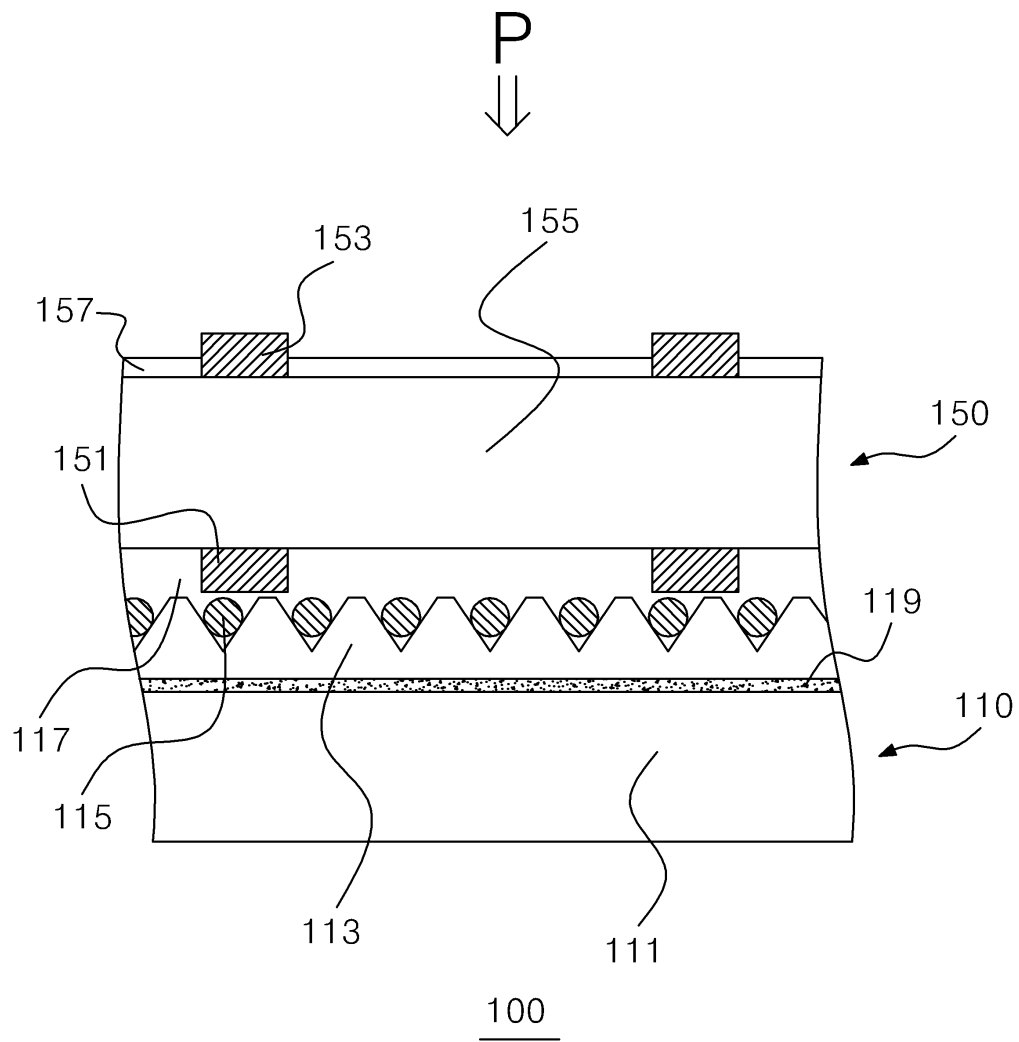
도면4



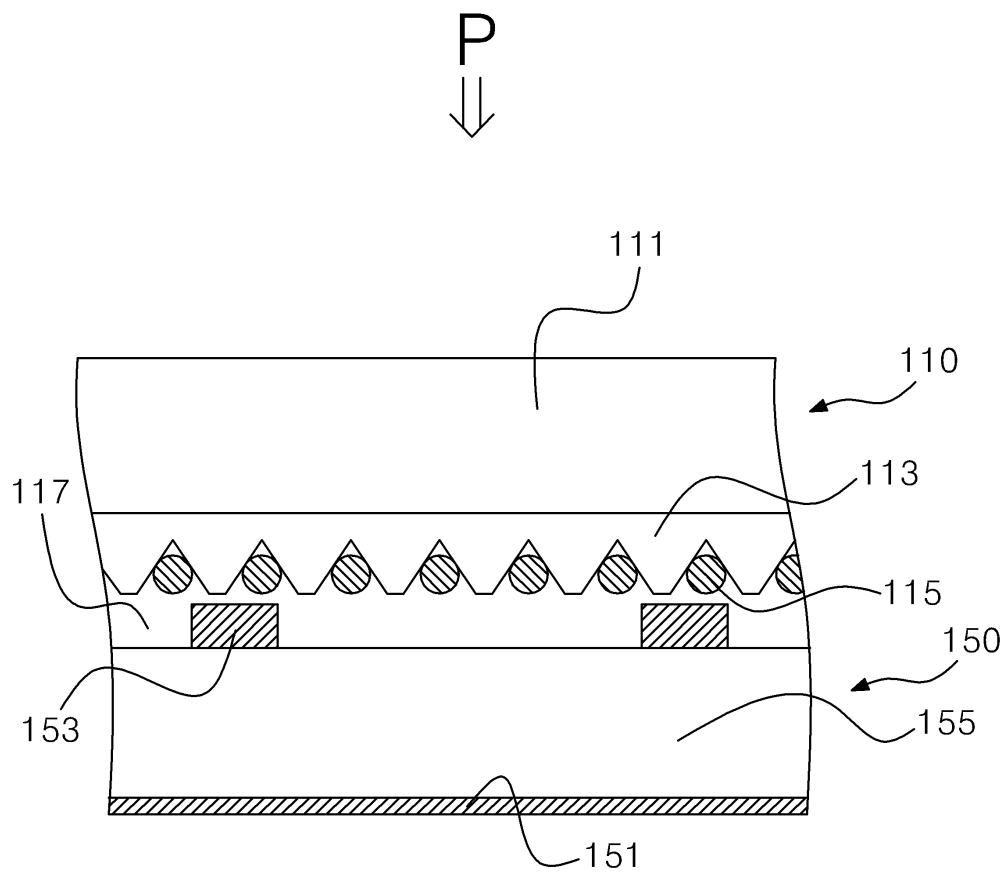
도면5



도면6

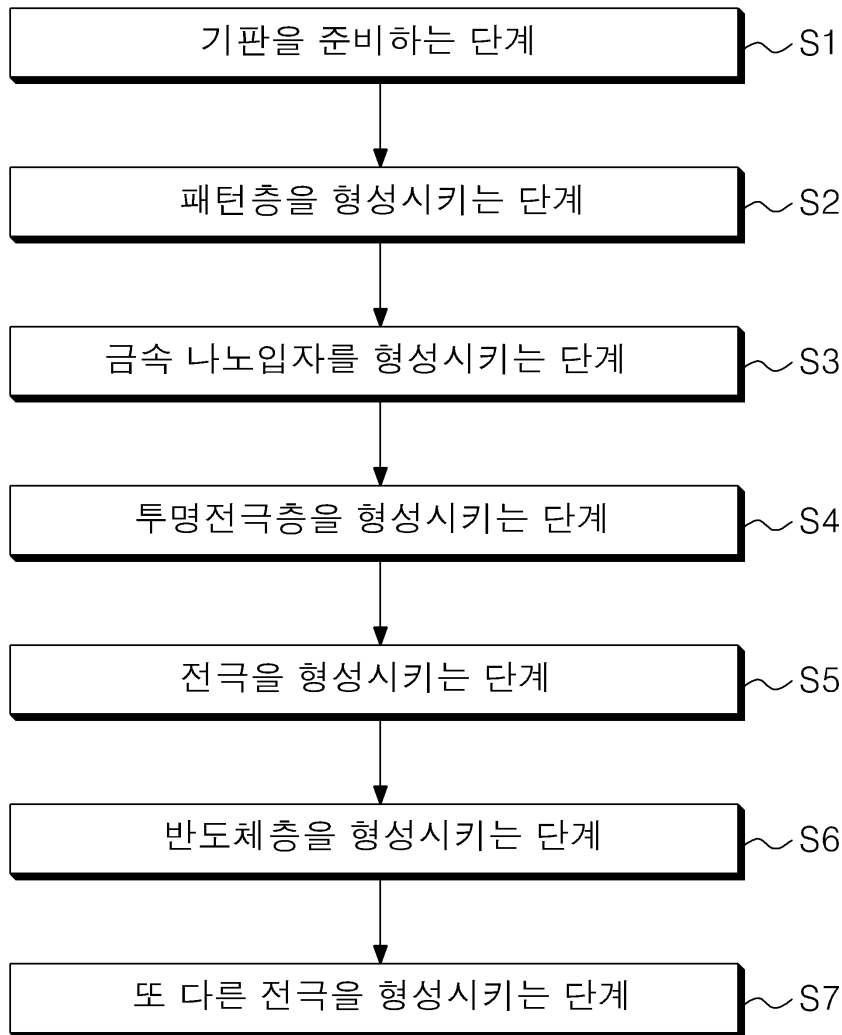


도면7

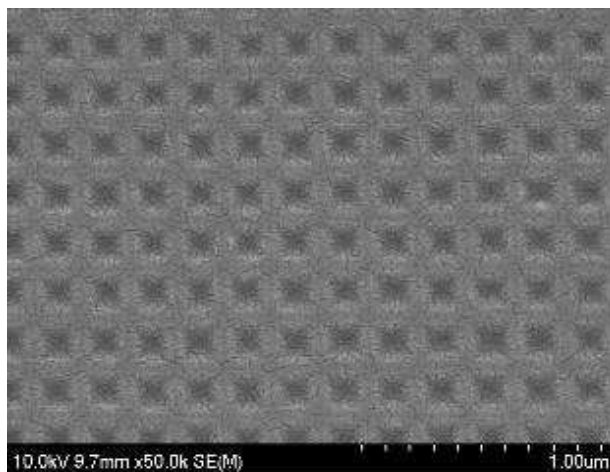


100

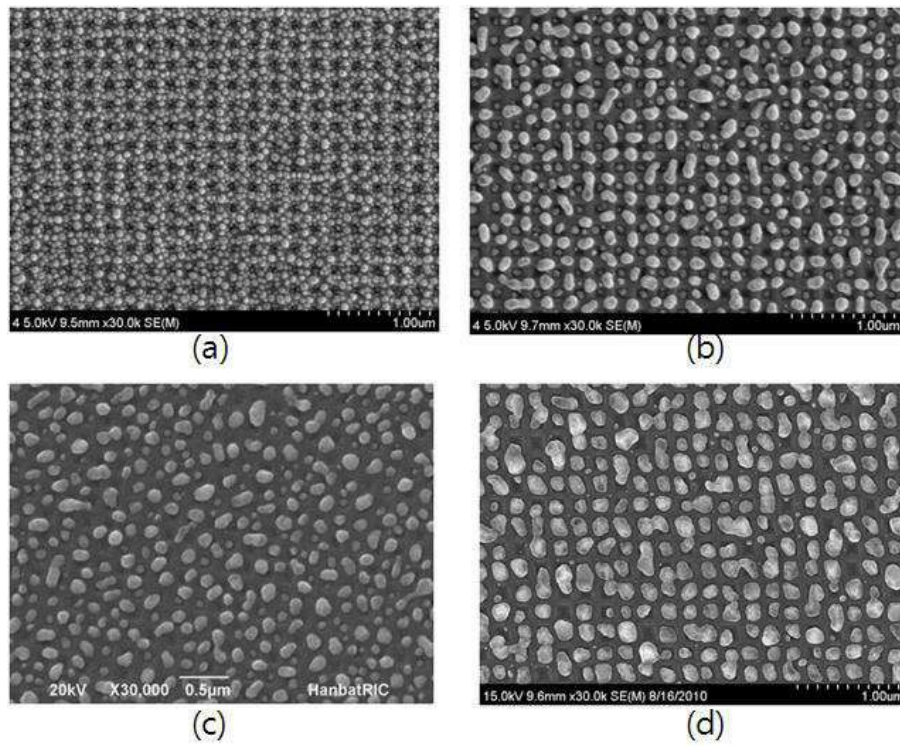
도면8



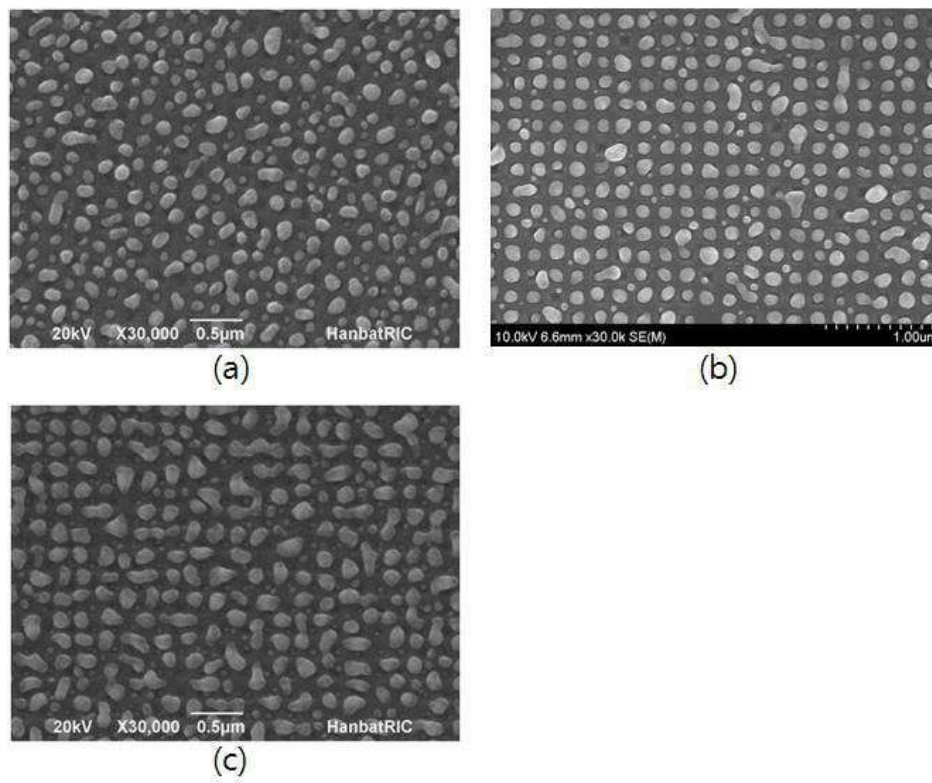
도면9



도면10



도면11



도면12

