



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월16일
 (11) 등록번호 10-1120009
 (24) 등록일자 2012년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 HO1L 31/06 (2006.01) HO1L 31/042 (2006.01)
 HO1L 31/18 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0077512
 (22) 출원일자 2011년08월03일
 심사청구일자 2011년08월03일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2010028092 A
 KR1020080044181 A
 KR100809248 B1
 KR101027493 B1

(73) 특허권자
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
 김준동
 대전광역시 유성구 가정북로 156, 한국기계연구원
 메카동 123호 (장동)
 김재현
 대전광역시 유성구 어은로 57, 127동 208호 (어은
 동, 한빛아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

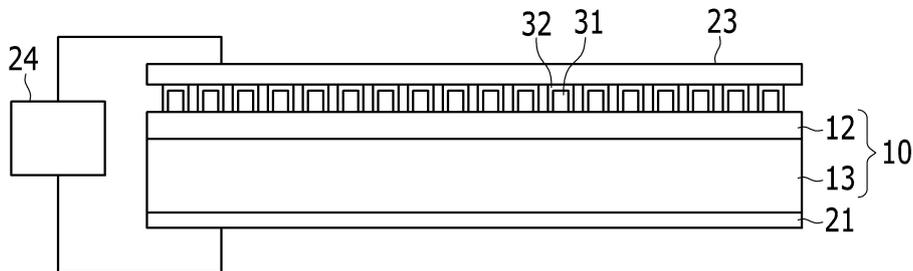
심사관 : 이동윤

(54) 발명의 명칭 **나노 돌기를 갖는 태양 전지 및 이의 제조 방법**

(57) 요약

본 발명은 태양 전지에 관한 것으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 태양 전지는 P형 반도체층과 N형 반도체층을 갖는 PN접합 반도체층과, 상기 PN접합 반도체층 상에 형성된 복수 개의 나노 돌기들과, 상기 나노 돌기를 감싸며 상기 나노 돌기와 PN 접합된 투명 반도체막, 및 상기 투명 반도체막 상에 형성된 전면 전극을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

노지환

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 204동 1004호 (전민동, 엑스포아파트)

우창수

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 404동 1404호 (전민동, 엑스포아파트)

이창우

대전광역시 서구 월평선사로 29, 103동 605호 (월평동, 셋별아파트)

김동수

대전광역시 서구 청사로 70, 106동 802호 (월평동, 누리아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NK166M
부처명	지식경제부
연구사업명	주요사업-기관고유
연구과제명	태양전지 효율향상 기술 개발
주관기관	기계연구원
연구기간	2011.06.15~2011.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

P형 반도체층과 N형 반도체층을 갖는 PN접합 반도체층;
 상기 PN접합 반도체층 상에 형성된 복수 개의 나노 돌기들;
 상기 나노 돌기를 감싸며 상기 나노 돌기와 PN 접합된 투명 반도체막; 및
 상기 투명 반도체막 상에 형성된 전면 전극;
 을 포함하며,
 빛이 입사될 때 상기 나노 돌기들과 상기 투명 반도체막 사이에 전위차가 형성되는 태양 전지.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 PN접합 반도체층은 결정질 웨이퍼로 이루어진 태양 전지.

청구항 3

제2 항에 있어서,
 상기 나노 돌기는 상기 PN접합 반도체층의 식각으로 형성된 태양 전지.

청구항 4

제1 항에 있어서,
 상기 나노 돌기는 P형 반도체 성질을 갖고, 상기 투명 반도체막은 N형 반도체 성질을 갖는 태양 전지.

청구항 5

제1 항에 있어서,
 상기 나노 돌기는 N형 반도체 성질을 갖고, 상기 투명 반도체막은 P형 반도체 성질을 갖는 태양 전지.

청구항 6

제1 항에 있어서,
 상기 나노 돌기는 투명 전도성 산화물로 이루어진 태양 전지.

청구항 7

제6 항에 있어서,
 상기 투명 전도성 산화물은 인듐-주석-산화물(ITO), Al-도핑된 아연 산화물(AZO), Zn-도핑된 인듐 산화물(IZO), MgO, Nb:SrTiO₃, Ga-도핑된 ZnO(GZO), Nb-도핑된 TiO₂, (La_{0.5}Sr_{0.5})CoO₃ (LSCO), La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ (LSMO), SrRuO₃ (SRO), F-도핑된 주석 산화물, Sr₃Ru₂O₇ 및 Sr₄Ru₃O₁₀로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 물질을 포함하는 태양 전지.

청구항 8

제1 항에 있어서,
 상기 투명 반도체막의 반사율은 PN접합 반도체층의 반사율보다 작고 공기의 반사율보다 큰 값을 갖는 태양 전지.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 투명 반도체막은 상기 나노 돌기의 측면을 감싸도록 형성된 태양 전지.

청구항 10

P형 반도체층과 N형 반도체층을 갖는 PN접합 반도체층 준비 단계;

상기 PN접합 반도체층 상에 나노 돌기를 형성하는 나노 돌기 형성 단계;

상기 나노 돌기 상에 전면 전극을 형성하면서 상기 나노 돌기를 감싸며 상기 나노 돌기와 PN접합되는 투명 반도체막을 형성하는 투명 반도체막 형성 단계;

를 포함하며,

빛이 입사될 때 상기 나노 돌기와 상기 투명 반도체막 사이에 전위차가 형성되는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 나노 돌기 형성 단계는,

상기 PN접합 반도체층 상에 금속박막을 형성하는 단계;

상기 금속박막을 가열하여 금속 나노 파티클을 형성하는 단계; 및

상기 PN접합 반도체층을 식각하는 단계;

를 포함하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 12

제10 항에 있어서,

상기 나노 돌기 형성 단계는,

상기 PN접합 반도체층 상에 금속 잉크를 코팅하는 단계;

상기 PN접합 반도체층을 식각하는 단계;

를 포함하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 13

제10 항에 있어서,

상기 나노 돌기 형성 단계는,

상기 PN접합 반도체층 상에 포토 레지스트층을 형성하는 단계;

상기 포토 레지스트층을 노광하는 단계;

노광된 상기 포토 레지스트층을 현상하는 단계; 및

현상된 상기 포토 레지스트층을 이용하여 상기 PN접합 반도체층을 식각하는 단계

를 포함하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 14

제10 항에 있어서,

상기 나노 돌기 형성 단계는,

상기 PN접합 반도체층 상에 포토 레지스트층을 형성하는 단계;

상기 포토 레지스트층을 노광하는 단계;

노광된 상기 포토 레지스트층을 현상하는 단계; 및
 현상된 상기 포토 레지스트층 사이에 나노 돌기를 증착 형성하는 단계;
 를 포함하는 태양 전지의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 태양 전지 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서 보다 상세하게는 나노 돌기를 갖는 태양 전지 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 태양광을 전기에너지로 변환하는 광전변환소자인 태양 전지는 다른 에너지원과 달리 무한하고 환경 친화적이므로 시간이 갈수록 그 중요성이 증가하고 있다.

[0003] 특히 고유가와 화석연료 부존의 제한성은 재생에너지에 대한 이용을 증대시킬 것으로 보이며, 이중에 이동이 간편하고 휴대할 수 있는 태양 전지의 의존성은 더욱 커질 것으로 예측된다.

[0004] 태양전지의 구조 및 원리에 대해서 간단히 설명하면, 태양전지는 P(positive)형 반도체와 N(negative)형 반도체를 접합시킨 PN접합 구조를 하고 있으며, 이러한 구조의 태양전지에 태양광이 입사되면, 입사된 태양광이 가지고 있는 에너지에 의해 상기 반도체 내에서 정공(hole)과 전자(electron)가 발생하고, 이때, PN접합에서 발생한 전기장에 의해서 상기 정공(+)는 P형 반도체쪽으로 이동하고 상기 전자(-)는 N형 반도체쪽으로 이동하게 되어 전위가 발생하게 됨으로써 전력을 생산할 수 있게 되는 원리이다.

[0005] 이와 같은 태양전지는 기판형 태양전지와 박막형 태양전지로 구분할 수 있다. 기판형 태양전지는 실리콘과 같은 반도체물질 자체를 기판으로 이용하여 태양전지를 제조한 것이고, 박막형 태양전지는 유리 등과 같은 기판 상에 박막의 형태로 반도체를 형성하여 태양전지를 제조한 것이다.

[0006] 기판형 태양전지는 박막형 태양전지에 비하여 광전 효율이 다소 우수하기는 하지만, 공정상 두께를 최소화하는데 한계가 있고 고가의 반도체 기판을 이용하기 때문에 제조비용이 상승되는 단점이 있다. 박막형 태양전지는 기판형 태양전지에 비하여 효율이 다소 떨어지기는 하지만, 얇은 두께로 제조가 가능하고 저가의 재료를 이용할 수 있어 제조비용이 감소되는 장점이 있어 대량생산에 적합하다.

[0007] 이러한 태양전지는 광전 효율을 향상시키는 것이 매우 중요하다. 태양전지의 광전 효율을 향상시키기 위해서는 기판의 표면에서 반사되는 빛을 감소시키고 입사되는 빛을 흡수하는 면적을 증대시키는 것이 매우 중요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 광전 효율이 향상된 태양 전지를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따른 태양 전지는 P형 반도체층과 N형 반도체층을 갖는 PN접합 반도체층과, 상기 PN접합 반도체층 상에 형성된 복수 개의 나노 돌기들과, 상기 나노 돌기를 감싸며 상기 나노 돌기와 PN 접합된 투명 반도체막, 및 상기 투명 반도체막 상에 형성된 전면 전극을 포함한다.

[0010] 상기 PN접합 반도체층은 결정질 웨이퍼로 이루어질 수 있으며, 상기 나노 돌기는 상기 PN접합 반도체층의 식각으로 형성될 수 있다.

[0011] 상기 나노 돌기는 P형 반도체 성질을 갖고, 상기 투명 반도체막은 N형 반도체 성질을 갖도록 형성되거나, 상기 나노 돌기는 N형 반도체 성질을 갖고, 상기 투명 반도체막은 P형 반도체 성질을 갖도록 형성될 수 있다.

[0012] 상기 나노 돌기는 투명 전도성 산화물로 이루어질 수 있으며, 상기 투명 반도체막은 상기 나노 돌기의 측면을

감싸도록 형성될 수 있다.

- [0013] 본 발명의 다른 측면에 따른 태양 전지는 P형 반도체층과 N형 반도체층을 갖는 PN접합 반도체층 준비 단계와, 상기 PN접합 반도체층 상에 나노 돌기를 형성하는 나노 돌기 형성 단계와, 상기 나노 돌기 상에 전면 전극을 형성하면서 상기 나노 돌기를 감싸며 상기 나노 돌기와 PN접합되는 투명 반도체막을 형성하는 투명 반도체막 형성 단계를 포함한다.
- [0014] 상기 나노 돌기 형성 단계는, 상기 PN접합 반도체층 상에 금속박막을 형성하는 단계와, 상기 금속박막을 가열하여 금속 나노 파티클을 형성하는 단계, 및 상기 PN접합 반도체층을 식각하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 나노 돌기 형성 단계는, 상기 PN접합 반도체층 상에 금속 잉크를 코팅하는 단계와, 상기 PN접합 반도체층을 식각하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 나노 돌기 형성 단계는, 상기 PN접합 반도체층 상에 포토 레지스트층을 형성하는 단계와, 상기 포토 레지스트층을 노광하는 단계와, 노광된 상기 포토 레지스트층을 현상하는 단계, 및 현상된 상기 포토 레지스트층을 이용하여 상기 PN접합 반도체층을 식각하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 나노 돌기 형성 단계는, 상기 PN접합 반도체층 상에 포토 레지스트층을 형성하는 단계와, 상기 포토 레지스트층을 노광하는 단계와, 노광된 상기 포토 레지스트층을 현상하는 단계, 및 현상된 상기 포토 레지스트층 상에 나노 돌기를 증착 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 의한 태양 전지는 PN접합 반도체층이 하나의 태양 전지를 형성하고, PN접합 반도체층 상에 형성된 나노 돌기와 투명 금속층이 하나의 태양 전지를 형성하므로 2개의 태양 전지가 직렬로 연결된 구조로 이루어져 광전 효율이 향상된다.
- [0019] 또한, 나노 돌기가 광 흡수층의 면적을 확장하여 광전 효율이 향상된다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지를 도시한 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지를 도시한 사시도이다.
- 도 3a는 실리콘 웨이퍼 상에 투명 전극이 형성된 것을 나타낸 사진이고, 도 3b는 저밀도 나노 돌기 상에 투명 반도체막 및 투명 전극이 형성된 것을 나타낸 사진이며, 도 3c는 고밀도 나노 돌기 상에 투명 반도체막 및 투명 전극이 형성된 것을 나타낸 사진이다.
- 도 4a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지를 종방향으로 잘라 본 단면 사진이고, 도 4b는 도 4a에서 사각형 내부를 확대한 사진이며, 도 4c는 나노 돌기와 투명 반도체막의 계면을 확대한 사진이다.
- 도 5a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 실리콘 웨이퍼의 상면에 대한 수평 방향으로 나노 돌기 사이의 성분 프로파일을 나타낸 그래프이고, 도 5b는 본 발명의 제1 실시예에 따른 실리콘 웨이퍼의 깊이 방향 성분 프로파일을 나타낸 그래프이며, 도 5c는 평평한 웨이퍼에 AZO 전극이 형성된 상태에서 실리콘 웨이퍼의 깊이 방향 성분 프로파일을 나타낸 그래프이다.
- 도 6a는 본 발명과 비교예에 따른 태양 전지의 암전류 특성을 나타낸 그래프이고, 도 6b는 본 발명과 비교예에 따른 태양 전지의 명전류 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명과 비교예에 따른 반사율을 나타낸 그래프이다.
- 도 8a 내지 도 8d는 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9a는 금속 박막을 600℃에서 30분 동안 열처리하여 형성된 금속 나노 파티클을 나타낸 사진이고, 도 9b는 금속 박막을 600℃에서 60분 동안 열처리하여 형성된 금속 나노 파티클을 나타낸 사진이며, 도 9c는 금속 박막을 600℃에서 90분 동안 열처리하여 형성된 금속 나노 파티클을 나타낸 사진이다.
- 도 10a 본 발명의 제2 실시예에 따른 작은 크기의 금속 나노 파티클을 도시한 사진이고, 도 10b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 큰 크기의 금속 나노 파티클을 도시한 사진이다.
- 도 11a 본 발명의 제2 실시예에 따른 형성된 작은 크기의 금속 나노 돌기를 도시한 사진이고, 도 11b는 본 발명

의 제2 실시예에 따른 형성된 큰 크기의 금속 나노 돌기를 도시한 사진이다.

도 12a 내지 도 12e는 본 발명의 제3 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 13a 내지 도 13e는 본 발명의 제4 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 또한 본 발명에 있어서 "~상에"라 함은 대상부재의 위 또는 아래에 위치함을 의미하는 것이며, 반드시 중력방향을 기준으로 상부에 위치하는 것을 의미하는 것은 아니다. 또한, 본 기재에 있어서 "PN접합 반도체층"이라 함은 P형 반도체와 N형 반도체가 접합된 구조를 의미하는 것으로 P형 반도체와 N형 반도체 사이에 I형 반도체가 개재된 PIN접합을 포함하는 넓은 의미의 PN 접합으로 정의한다.
- [0022] 또한, 본 발명에 있어서 "나노 돌기"라 함은 돌기의 높이, 폭 중의 어느 하나가 나노 크기를 갖는 것을 의미한다.
- [0023] 이하, 첨부된 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 이하에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지를 도시한 단면도이고, 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지를 도시한 사시도이다.
- [0025] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 실시예에 따른 태양 전지는 PN접합 반도체층(10)과 PN접합 반도체층(10) 상에 형성된 나노 돌기(31), 나노 돌기(31)를 감싸도록 형성된 투명 반도체막(32), 및 투명 반도체막(32) 상에 형성된 전면 전극(23)을 포함한다.
- [0026] PN접합 반도체층(10)은 결정질 웨이퍼 형태로 이루어지며, P형 반도체층(12)과 N형 반도체층(13)을 포함한다. PN접합 반도체층(10)은 결정질 실리콘으로 이루어지는 바, P형의 성질을 갖는 결정질 실리콘에 N형 물질을 도핑하여 PN접합 반도체층(10)을 얻을 수 있다. 다만 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, PN접합 반도체층(10)은 실리콘 이외에 GaAs, InP, InGaP, CdSe, CdS, ZnSe, ZnS, ZnTe 등으로 이루어질 수도 있다.
- [0027] PN접합 반도체층(10)의 뒷면에는 배면 전극(21)이 형성되는 바, 배면 전극(21)은 전도성 금속인 은, 알루미늄 등으로 이루어질 수 있다.
- [0028] 전면 전극(23)은 투명 전도성 물질로 이루어지는데, 전면 전극(23)은 특히, 투명 전도성 산화물(TCO)로 이루어질 수 있다. 여기서, 투명 전도성 산화물은 인듐-주석-산화물(ITO), Al-도핑된 아연 산화물(AZO), Zn-도핑된 인듐 산화물(IZO), MgO, Nb:SrTiO₃, Ga-도핑된 ZnO(GZO), Nb-도핑된 TiO₂, (La_{0.5}Sr_{0.5})CoO₃ (LSCO), La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ (LSMO), SrRuO₃ (SRO), F-도핑된 주석 산화물, Sr₃Ru₂₀₇ 및 Sr₄Ru₃₀₁₀ 등으로 이루어질 수 있다.
- [0029] 특히 전면 전극(23)은 AZO로 이루어질 수 있으며 이 경우, AZO는 Al과 ZnO가 함께 공급되는 코 스퍼터링(co-sputtering) 방식으로 형성될 수 있다.
- [0030] 전면 전극(23)과 배면 전극(21)에는 축전을 위한 전원 장치(24)가 연결되어 있다.
- [0031] 전면 전극(23)과 PN접합 반도체층(10) 사이에는 복수 개의 나노 돌기(31)가 돌출 형성되는데, 나노 돌기(31)는 P형 반도체층(12)의 식각으로 형성된다. 이에 따라 나노 돌기(31)는 P형 반도체 성질을 갖는다. 나노 돌기(31)는 PN접합 반도체층(10) 상에 규칙 또는 불규칙적으로 간격을 두고 복수 개가 배열된다.
- [0032] 본 실시예와 같이 PN접합 반도체층(10) 상에 나노 돌기(31)가 형성되면 PN접합 반도체층(10)의 표면적이 증가되므로 빛의 흡수 면적이 확장되어 광전 효율이 향상된다. 이에 따라 태양 전지의 전류 특성이 개선된다.
- [0033] 투명 반도체막(32)은 나노 돌기(31)와 PN접합되며 N형 반도체 성질을 갖는다. 투명 반도체막(32)은 투명 전도성 물질로 이루어지며, 특히 투명한 금속 산화물로 이루어질 수 있다.
- [0034] 본 실시예에서는 나노 돌기(31)가 P형 반도체 성질을 갖고, 투명 반도체막(32)이 N형 반도체 성질을 갖는 것으로 예시하고 있으나 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, 나노 돌기(31)가 N형 반도체 성질을 갖고, 투명 반

도체막(32)이 P형 반도체 성질을 갖도록 이루어질 수도 있다.

- [0035] 나노 돌기(31)와 투명 반도체막(32)이 PN 접합되면 나노 돌기(31)와 투명 반도체막(32) 사이에도 전위차가 형성되므로 종래의 웨이퍼형 태양 전지에 비하여 전압을 상승시킬 수 있다.
- [0036] 즉, 빛이 입사될 때 생성된 정공은 나노 돌기(31)로 포집되고, 전자는 투명 반도체막(32)으로 포집되어 나노 돌기(31)와 투명 반도체막(32)의 계면에서 전압이 발생하게 된다.
- [0037] 투명 반도체막(32)은 나노 돌기(31)를 감싸도록 형성되며, 나노 돌기(31)의 측면을 감싸도록 형성된다. 투명 반도체막(32)은 스퍼터링, 증착 등의 방법으로 형성될 수 있다. 특히 투명 반도체막(32)은 전면 전극(23)을 형성하는 과정에서 전면 전극(23)이 나노 돌기(31)들 사이로 침투하도록 하여 형성될 수도 있다. 전면 전극(23)을 형성하는 과정에서 AZO의 증착 속도를 감소시키면 전면 전극(23)이 나노 돌기들(31) 사이로 침투하여 투명 반도체막(32)이 형성되도록 할 수 있다.
- [0038] 다만 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며 전면 전극을 형성하는 공정과는 별도의 공정으로 투명 반도체막(32)을 형성할 수 있다.
- [0039] 투명 반도체막(32)의 반사율은 PN접합 반도체층(10)의 반사율보다 작고, 공기의 반사율 보다 큰 값을 갖는다. 투명 반도체막(32)이 AZO로 이루어질 경우, 투명 반도체막(32)의 굴절율은 공기의 굴절율($n=1$)과 실리콘으로 이루어진 PN접합 반도체층(10)의 굴절율($n=4.1$) 사이의 값인 2.4가 된다. 투명 반도체막(32)의 굴절율이 공기의 굴절율과 실리콘의 굴절율 사이의 값을 갖게 되면 PN접합 반도체층(10)으로 입사되는 빛이 반사되는 것을 감소시킬 수 있다.
- [0040] 이와 같이 빛의 반사가 감소되면 광전 효율이 향상되어 태양 전지의 전류 특성이 향상된다.
- [0041] 도 3a는 실리콘 웨이퍼 상에 투명 전극이 형성된 것을 나타낸 사진이고, 도 3b는 저밀도 나노 돌기 상에 투명 반도체막 및 투명 전극이 형성된 것을 나타낸 사진이며, 도 3b는 고밀도 나노 돌기 상에 투명 반도체막 및 투명 전극이 형성된 것을 나타낸 사진이다.
- [0042] 도 3c를 살펴보면 나노 돌기(31)의 외벽에 AZO로 이루어진 투명 반도체막이 형성되고, 투명 반도체막(32)의 상에 전면 전극(23)이 형성된 것을 알 수 있다. 투명 반도체막(32)이 형성된 부분은 다른 부분보다 더 두껍게 나타난다.
- [0043] 도 4a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지를 종방향으로 잘라 본 단면 사진이고, 도 4b는 도 4a에서 사각형 내부를 확대한 사진이며, 도 4c는 나노 돌기와 투명 반도체막의 계면을 확대한 사진이다.
- [0044] 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이 나노 돌기(31)의 외면에 AZO로 이루어진 투명 반도체막(32)이 형성된 것을 명확하게 알 수 있다.
- [0045] 또한, 도 4c에 도시된 바와 같이 (002)평면을 따라 AZO로 이루어진 투명 반도체막이 0.26nm의 격자 공간으로 형성된 것을 명확하게 알 수 있다.
- [0046] 도 5a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 실리콘 웨이퍼의 상면에 대한 수평 방향으로 나노 돌기 사이의 성분 프로파일을 나타낸 그래프이고, 도 5b는 본 발명의 제1 실시예에 따른 실리콘 웨이퍼의 깊이 방향 성분 프로파일을 나타낸 그래프이며, 도 5c는 평평한 웨이퍼에 AZO 전극이 형성된 상태에서 실리콘 웨이퍼의 깊이 방향 성분 프로파일을 나타낸 그래프이다.
- [0047] 도 5a에 도시된 바와 같이, 실리콘 성분이 높은 나노 돌기 사이로 실리콘 성분이 낮은 홈이 형성된 것을 알 수 있으며, 홈에 투명 반도체막이 형성되어 Zn 성분이 높게 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0048] 도 5b에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따르면 투명 반도체막(32)이 형성되어 600nm의 깊이에서도 상당량의 Zn이 존재하는 것을 알 수 있으나, 도 5c에 도시된 바와 같이 투명 반도체막(32)이 형성되지 않은 경우에는 600nm의 깊이에서 Zn이 거의 없는 것을 알 수 있다.
- [0049] 도 6a는 본 발명과 비교예에 따른 태양 전지의 암전류 특성을 나타낸 그래프이고, 도 6b는 본 발명과 비교예에 따른 태양 전지의 명전류 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0050] 도 6a 및 도 6b에는 나노 돌기와 투명 반도체막이 형성된 태양 전지와 비교예 1로서 실리콘 웨이퍼로 이루어진 태양 전지와 비교예 2로서 실리콘 웨이퍼에 AZO 전극이 형성된 태양 전지의 암전류 특성과 명전류 특성이 나타나 있다.

- [0051] 도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같이 나노 돌기의 생성으로 명전류 특성 및 암전류 특성이 향상된 것을 명확하게 알 수 있다.
- [0052] 도 7은 본 발명과 비교예에 따른 반사율을 나타낸 그래프이다. 도 7에는 나노 돌기(31)와 투명 반도체막(32)이 형성된 태양 전지와 비교예 1로서 실리콘 웨이퍼로 이루어진 태양 전지 및 비교예 2로서 실리콘 웨이퍼에 AZO 전극이 형성된 태양 전지의 파장에 따른 반사율이 나타나 있다.
- [0053] 도 7에 도시된 바와 같이 나노 돌기(31)와 투명 반도체막(32)이 형성된 태양 전지의 경우 비교예의 태양전지보다 반사율이 현저하게 낮은 것을 알 수 있다. 특히, 실리콘 웨이퍼 상에 AZO만 코팅된 경우에는 빛의 파장에 따라 반사율의 변화가 크지만 본 실시예에 따르면 다양한 종류의 빛의 파장에 대한 반사율이 낮은 것을 알 수 있다.
- [0054] 도 8a 내지 도 8d는 본 발명의 제1 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0055] 본 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법은 P형 반도체층(12)과 N형 반도체층(13)을 갖는 PN접합 반도체층(10) 준비 단계와, PN접합 반도체층(10) 상에 나노 돌기(31)를 형성하는 나노 돌기(31) 형성 단계와, 나노 돌기(31) 상에 전면 전극(23)을 형성하면서 나노 돌기(31)를 감싸며 나노 돌기(31)와 PN접합되는 투명 반도체막(32)을 형성하는 투명 반도체막(32) 형성 단계를 포함한다.
- [0056] 또한, 나노 돌기(31) 형성 단계는 상기 PN접합 반도체층(10) 상에 금속박막(41)을 형성하는 단계와, 금속박막(41)을 가열하여 금속 나노 파티클(42)을 형성하는 단계, 및 PN접합 반도체층(10)을 식각하는 단계를 포함한다.
- [0057] 금속박막(41)을 형성하는 단계는 8a에 도시된 바와 같이, PN접합 반도체층(10)을 준비하고 PN접합 반도체층(10) 상에 필름 형태의 금속 박막(41)을 형성한다.
- [0058] 금속 나노 파티클(42)을 형성하는 단계는 도 8b에 도시된 바와 같이, 금속 박막(41)을 가열하여 금속 나노 파티클(42)을 형성한다. 이 때, 금속 박막(41)은 600℃에서 30분 내지 90분간 어닐링 처리된다.
- [0059] 도 9a는 금속 박막을 600℃에서 30분 동안 열처리하여 형성된 금속 나노 파티클을 나타낸 사진이고, 도 9b는 금속 박막을 600℃에서 60분 동안 열처리하여 형성된 금속 나노 파티클을 나타낸 사진이며, 도 9c는 금속 박막을 600℃에서 90분 동안 열처리하여 형성된 금속 나노 파티클을 나타낸 사진이다.
- [0060] 도 9a 내지 도 9c에 도시된 바와 같이 금속 박막을 600℃에서 30분 동안 어닐링 처리하면 비교적 크기가 큰 금속 나노 파티클(42)을 얻을 수 있으며, 어닐링 처리하는 시간이 증가할수록 크기가 작은 금속 나노 파티클(42)을 얻을 수 있다.
- [0061] 도 8c에 도시된 바와 같이 플라즈마 에칭 등의 방법으로 PN접합 반도체층(10)을 식각하여 기판 상에 나노 돌기(31)를 형성한다. 도 8d에 도시된 바와 같이 나노 돌기(31)가 형성되면 금속 나노 파티클(42)을 제거한다.
- [0062] 금속 나노 파티클(42)이 제거되면 나노 돌기(31) 상에 전면 전극(23)을 형성하면서 나노 돌기(31)를 감싸며 나노 돌기(31)와 PN접합되는 투명 반도체막(32)을 형성한다.
- [0063] 이와 같이 본 실시예에 따르면 금속 박막을 열처리하는 것으로 간단하게 나노 구조체를 형성할 수 있으며 이에 따라 제조 비용을 현저히 감소시킬 수 있다. 또한, 별도의 반사방지 필름에 의하지 않고, PN접합 반도체층(10)을 식각하여 나노 돌기(31)를 형성하므로 나노 돌기(31)와 PN접합 반도체층(10) 사이에 빛의 투과를 방해하는 계면이 형성되는 것을 방지할 수 있다.
- [0064] 도 10a 및 도 10b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 금속 나노 파티클을 도기한 사진이고, 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 형성된 금속 나노 돌기를 도기한 사진이다.
- [0065] 본 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법은 P형 반도체층(12)과 N형 반도체층(13)을 갖는 PN접합 반도체층(10) 준비 단계와, PN접합 반도체층(10) 상에 나노 돌기(31)를 형성하는 나노 돌기(31) 형성 단계와, 나노 돌기(31) 상에 전면 전극(23)을 형성하면서 나노 돌기(31)를 감싸며 나노 돌기(31)와 PN접합되는 투명 반도체막(32)을 형성하는 투명 반도체막(32) 형성 단계를 포함한다.
- [0066] 또한, 나노 돌기(31) 형성 단계는 PN접합 반도체층(10) 상에 금속 잉크를 코팅하는 단계와 PN접합 반도체층(10)을 식각하는 단계를 포함한다.
- [0067] 금속 잉크를 코팅하는 단계에서는 Ag 등의 금속을 포함하는 금속 잉크를 PN접합 반도체 상에 코팅한다. 도 10a에 도시된 바와 같이 작은 사이즈의 금속 파티클을 포함하는 금속 잉크를 PN접합 반도체층 상에 코팅하면 도

11a에 도시된 바와 같이 크기가 작고 밀도가 높은 나노 돌기를 얻을 수 있다.

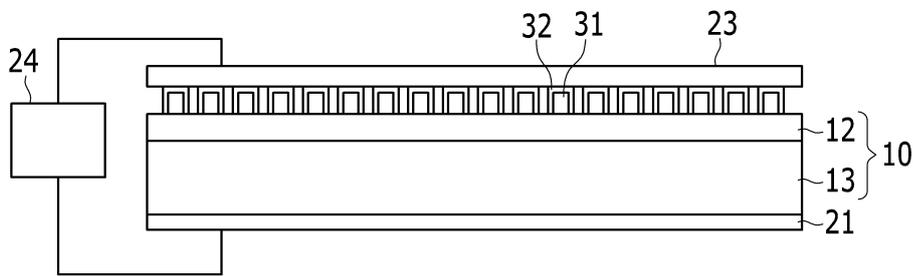
- [0068] 또한, 도 10b에 도시된 바와 같이 큰 사이즈의 금속 파티클을 포함하는 금속 잉크를 PN접합 반도체층 상에 코팅하면 도 11b에 도시된 바와 같이 크기가 크고 밀도가 낮은 나노 돌기를 얻을 수 있다.
- [0069] 도 12a 내지 도 12e는 본 발명의 제3 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0070] 본 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법은 P형 반도체층(12)과 N형 반도체층(13)을 갖는 PN접합 반도체층(10) 준비 단계와, PN접합 반도체층(10) 상에 나노 돌기(52)를 형성하는 나노 돌기(52) 형성 단계와, 나노 돌기(52) 상에 전면 전극을 형성하면서 나노 돌기(52)를 감싸며 나노 돌기(52)와 PN접합되는 투명 반도체막을 형성하는 투명 반도체막 형성 단계를 포함한다.
- [0071] 또한, 나노 돌기(52) 형성 단계는 PN접합 반도체층(10) 상에 포토 레지스트층(51)을 형성하는 단계와, 포토 레지스트층(51)을 노광하는 단계와, 노광된 포토 레지스트층(51)을 현상하는 단계, 및 현상된 포토 레지스트층(51)을 이용하여 PN접합 반도체층(10)을 식각하는 단계를 포함한다.
- [0072] 포토 레지스트층(51)을 형성하는 단계는 도 12a에 도시된 바와 같이, PN접합 반도체층(10)을 준비하고 PN접합 반도체층(10) 상에 스핀 코팅 등의 방법으로 포토 레지스트층(51)을 형성한다.
- [0073] 노광하는 단계는 도 12b에 도시된 바와 같이, 패턴(56a)이 형성된 마스크(56)를 이용하여 포토 레지스트층(51)을 노광한다. 포토 레지스트층(51)을 노광하면 빛에 노출되어 경화된 부분(51b)과 빛에 노출되지 아니하여 경화되지 않은 부분(51a)이 형성된다.
- [0074] 노광된 포토 레지스트층(51)을 현상하는 단계는 도 12c에 도시된 바와 같이 현상액을 이용하여 노광되지 않은 부분은 제거한다.
- [0075] 포토 레지스트층(51)을 이용하여 PN접합 반도체층(10)을 식각하는 단계는 도 12d에 도시된 바와 같이 플라즈마 에칭 등의 방법으로 PN접합 반도체층(10)을 식각하여 나노 돌기(52)를 형성한다.
- [0076] 나노 돌기(52)가 형성되면 도 12e에 도시된 바와 같이 포토 레지스트층(51)을 제거한다.
- [0077] 도 13a 내지 도 13e는 본 발명의 제4 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0078] 본 실시예에 따른 태양 전지의 제조 방법은 P형 반도체층(12)과 N형 반도체층(13)을 갖는 PN접합 반도체층(10) 준비 단계와, PN접합 반도체층(10) 상에 나노 돌기(53)를 형성하는 나노 돌기(53) 형성 단계와, 나노 돌기(53) 상에 전면 전극을 형성하면서 나노 돌기(53)를 감싸며 나노 돌기(53)와 PN접합되는 투명 반도체막을 형성하는 투명 반도체막 형성 단계를 포함한다.
- [0079] 또한, 나노 돌기(53) 형성 단계는 PN접합 반도체층(10) 상에 포토 레지스트층(51)을 형성하는 단계와, 포토 레지스트층(51)을 노광하는 단계와, 노광된 포토 레지스트층(51)을 현상하는 단계, 및 현상된 포토 레지스트층(51) 사이에 나노 돌기(53)를 증착 형성하는 단계를 포함한다.
- [0080] 포토 레지스트층(51)을 형성하는 단계는 도 13a에 도시된 바와 같이, PN접합 반도체층(10)을 준비하고 PN접합 반도체층(10) 상에 포토 레지스트층(51)을 형성한다.
- [0081] 노광하는 단계는 도 13b에 도시된 바와 같이, 패턴(56a)이 형성된 마스크(56)를 이용하여 포토 레지스트층(51)을 노광한다. 포토 레지스트층(51)을 노광하면 빛에 노출되어 경화된 부분(51b)과 빛에 노출되지 아니하여 경화되지 않은 부분(51a)이 형성된다.
- [0082] 노광된 포토 레지스트층(51)을 현상하는 단계는 도 13c에 도시된 바와 같이 현상액을 이용하여 노광되지 않은 부분은 제거한다.
- [0083] 포토 레지스트층(51) 사이에 나노 돌기(53)를 증착 형성하는 단계는 도 13d에 도시된 바와 같이 증착으로 포토 레지스트층(51) 사이에 나노 돌기(53)를 형성한다.
- [0084] 나노 돌기(53)가 형성되면 도 13e에 도시된 바와 같이 포토 레지스트층(51)을 제거한다.
- [0085] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며 특허청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

부호의 설명

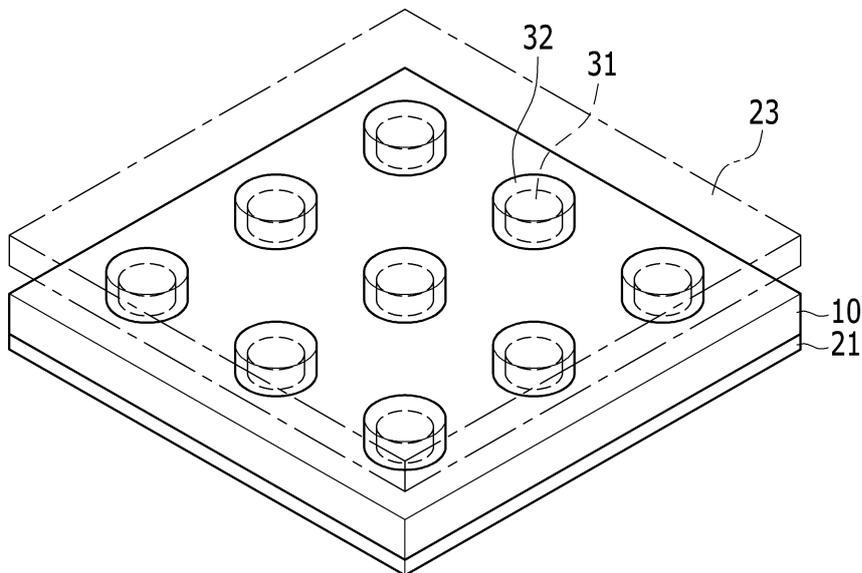
- [0086]
- | | |
|-------------------|---------------|
| 10: PN접합 반도체층 | 12: P형 반도체층 |
| 13: N형 반도체층 | 21: 배면 전극 |
| 23: 전면 전극 | 24: 전원 장치 |
| 31, 52, 53: 나노 돌기 | 32: 투명 반도체막 |
| 41: 금속 박막 | 42: 금속 나노 파티클 |
| 51: 포토 레지스트층 | 56: 마스크 |

도면

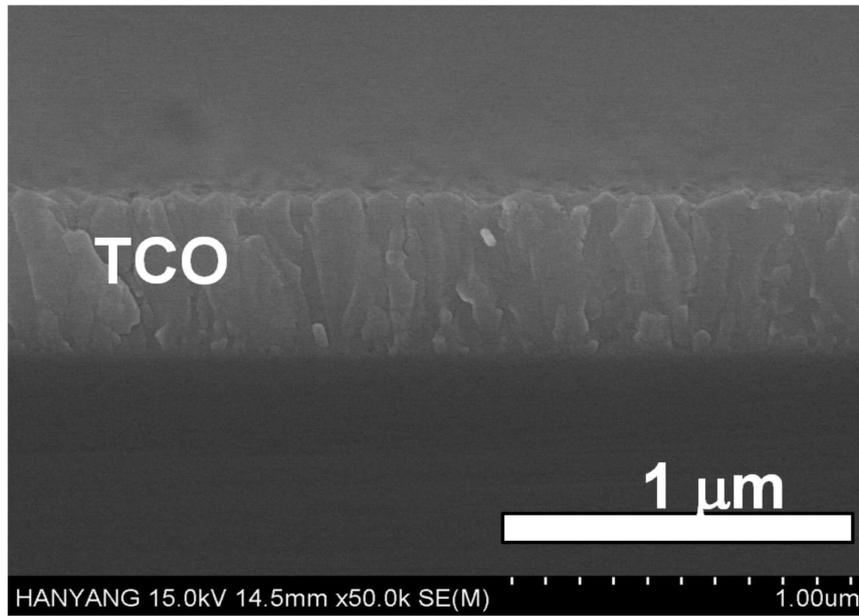
도면1



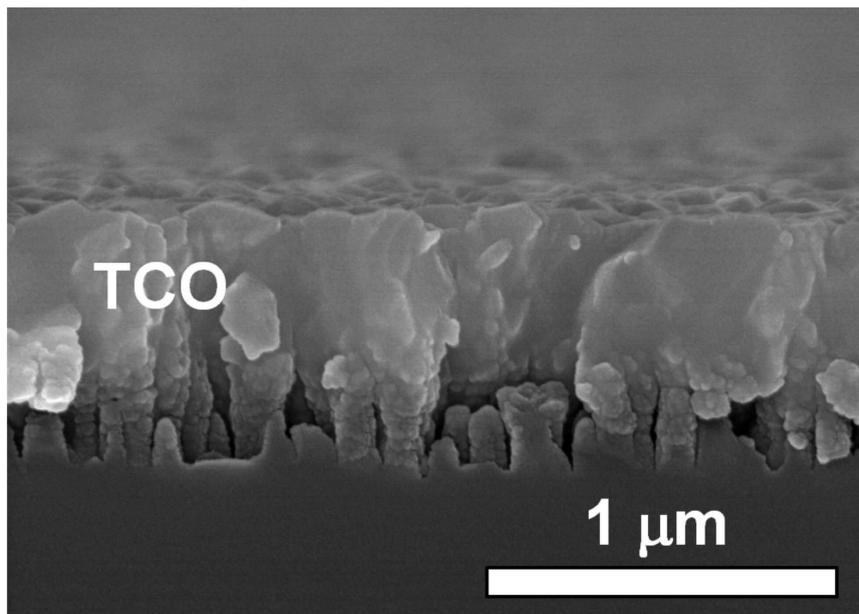
도면2



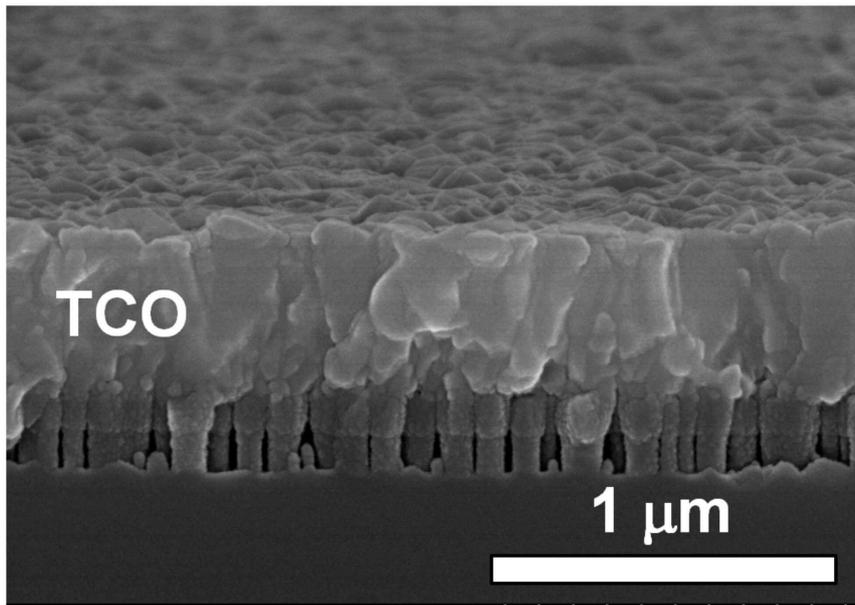
도면3a



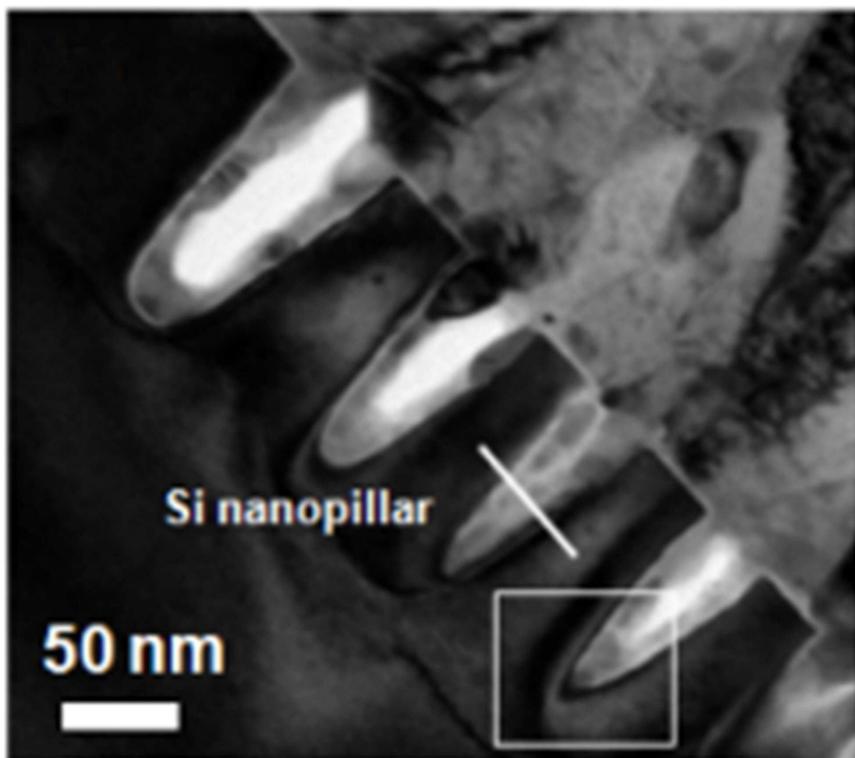
도면3b



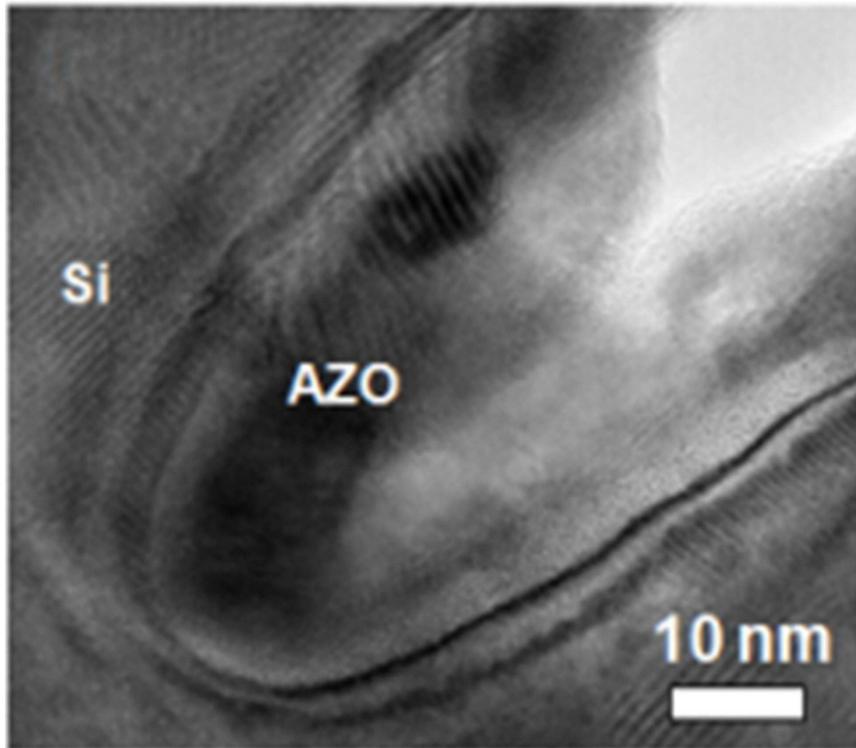
도면3c



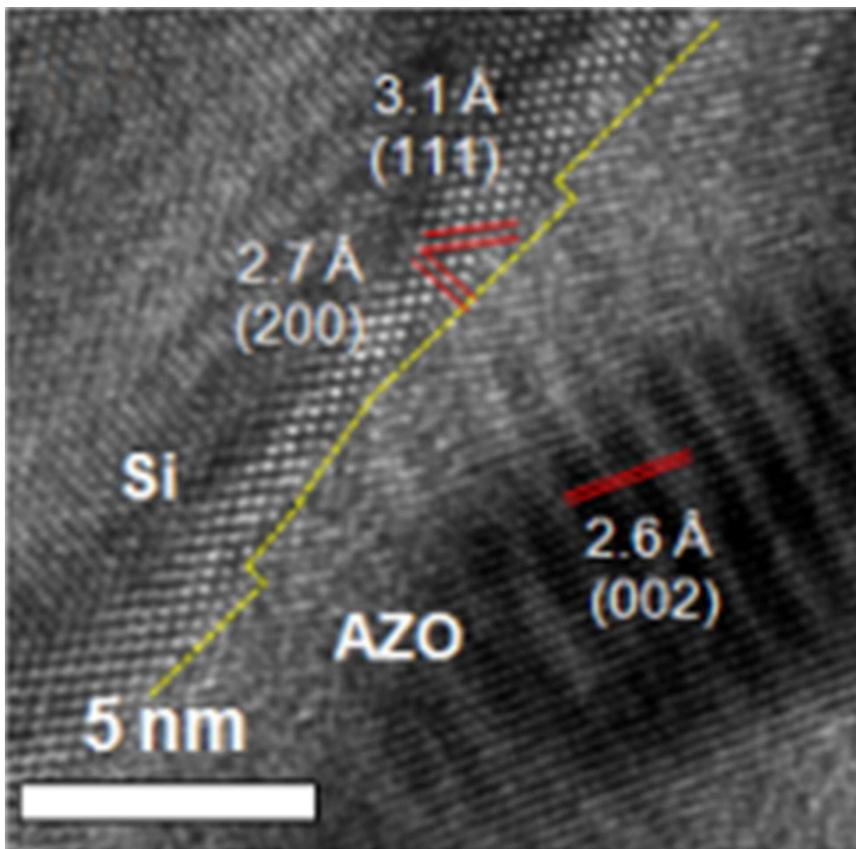
도면4a



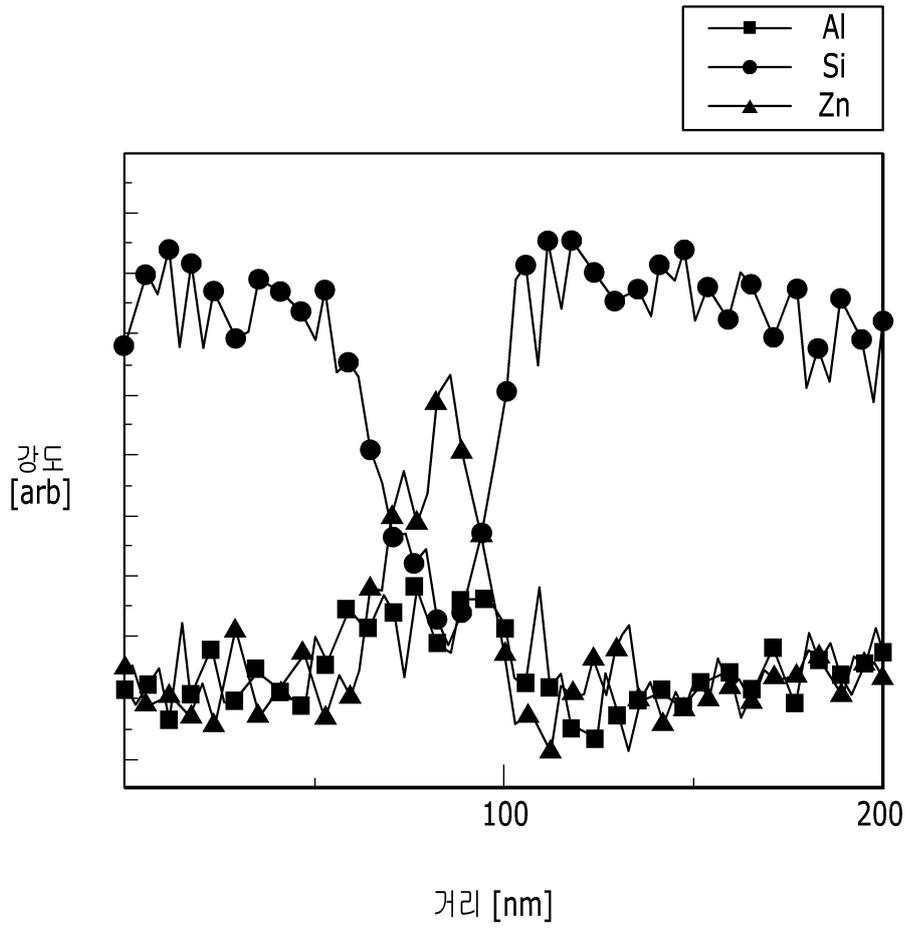
도면4b



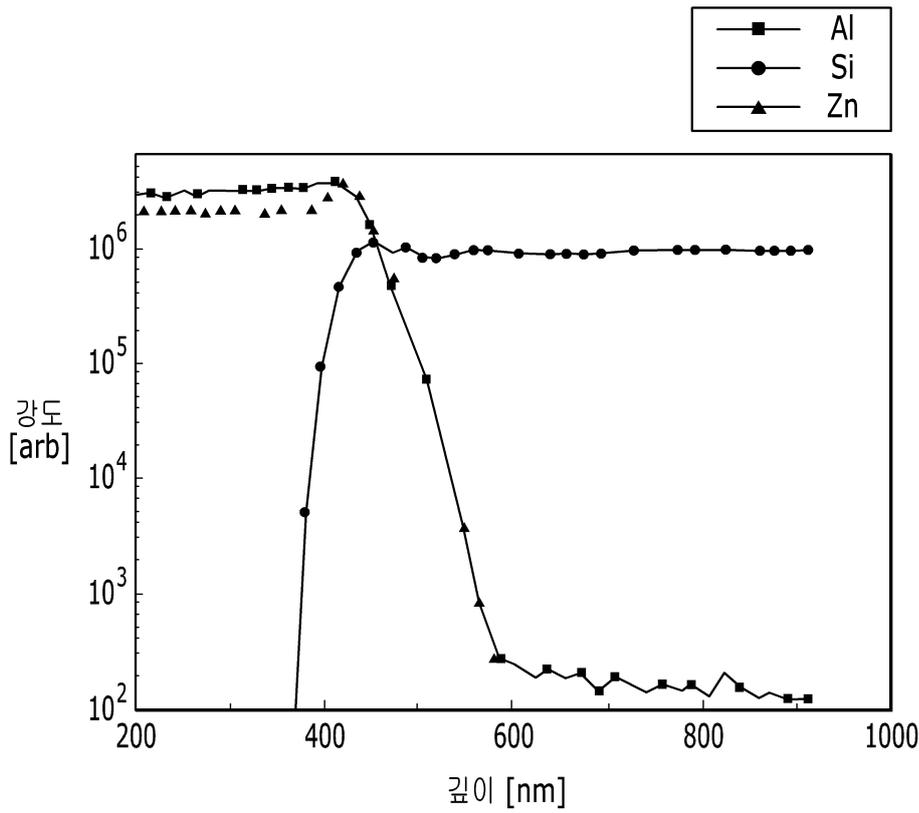
도면4c



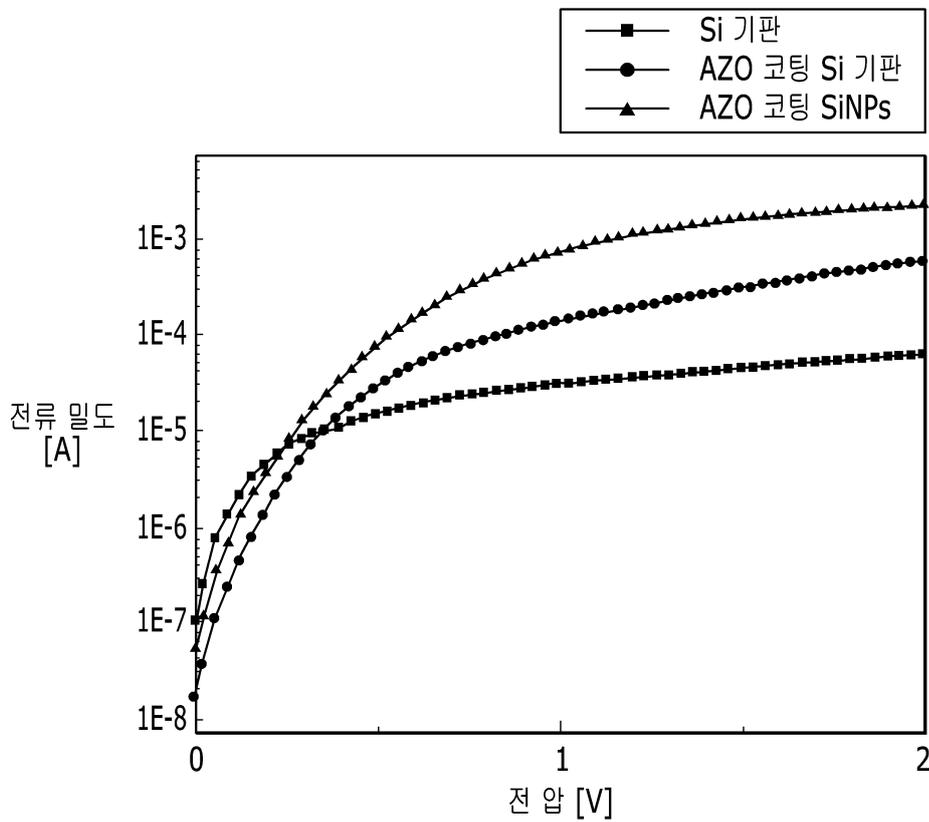
도면5a



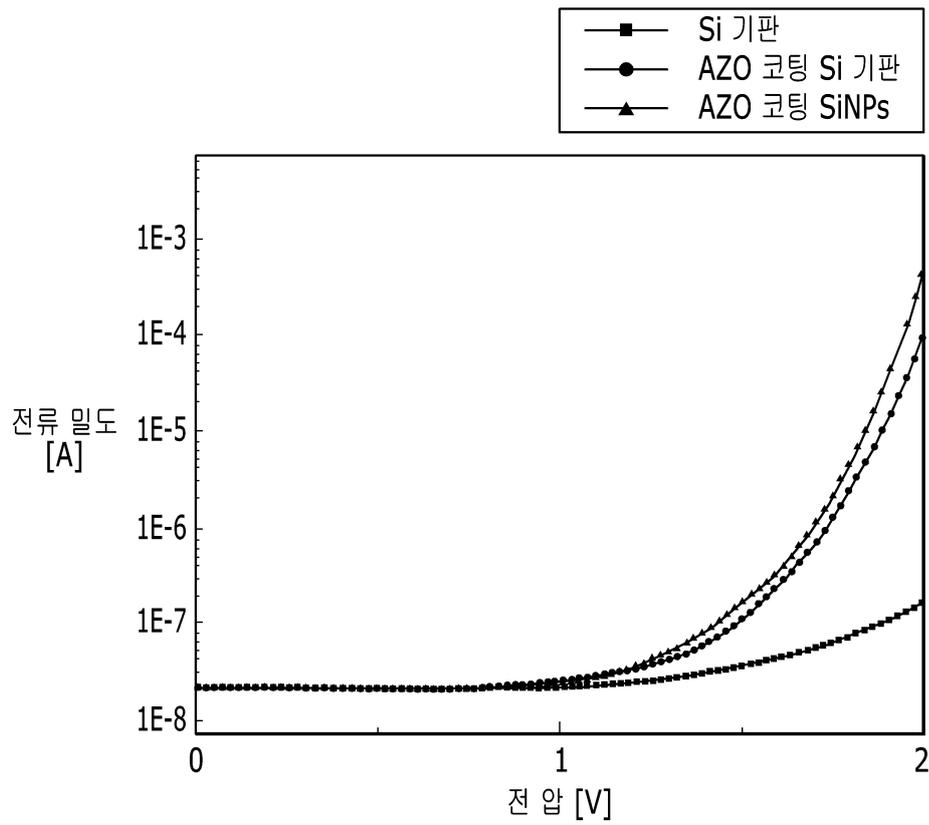
도면5c



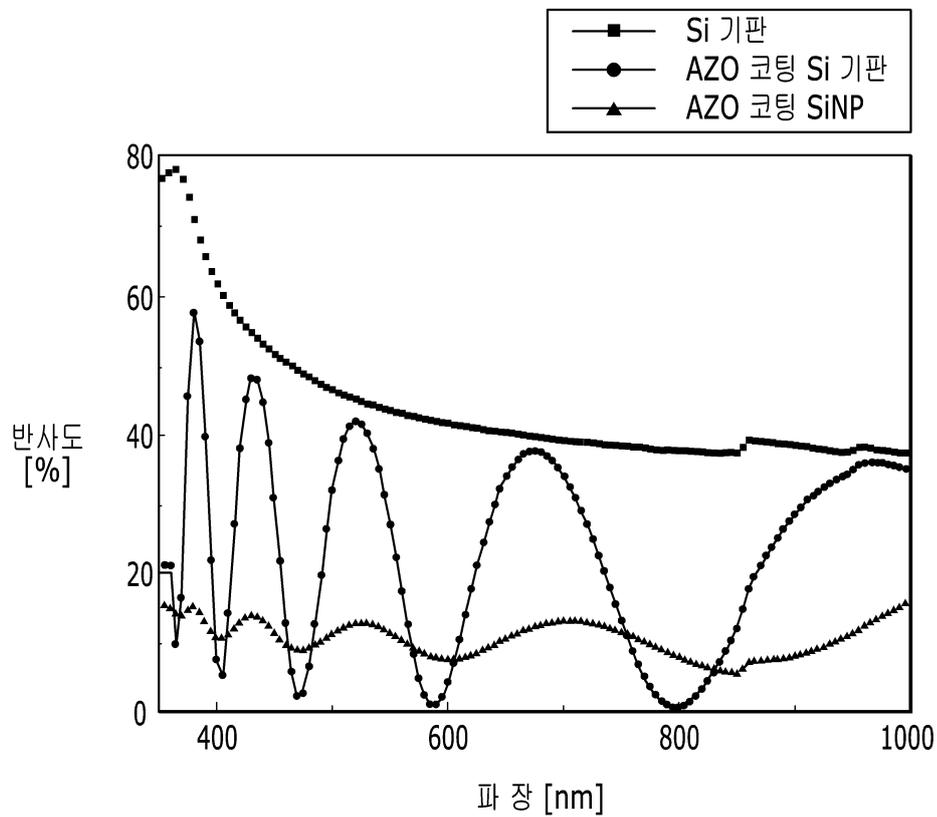
도면6a



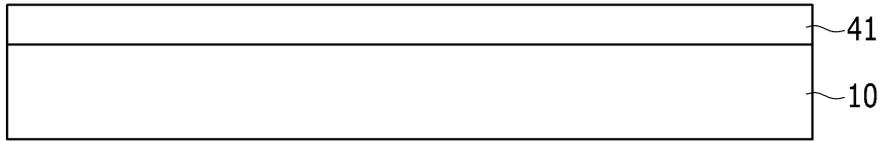
도면6b



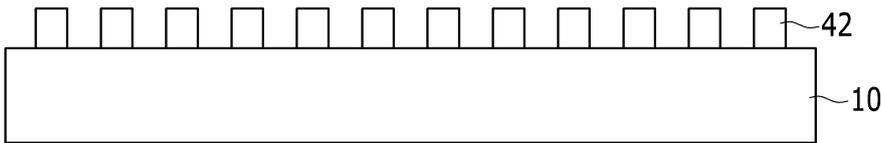
도면7



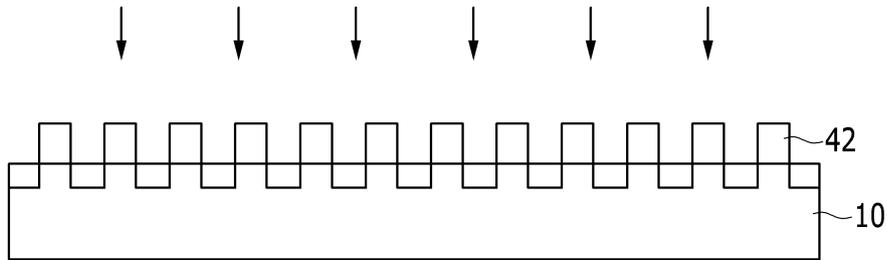
도면8a



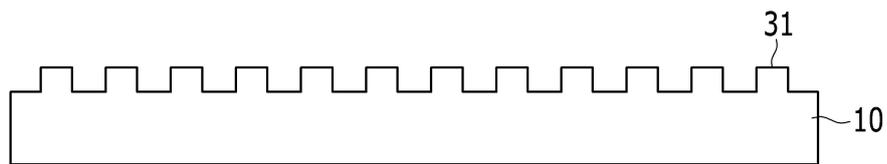
도면8b



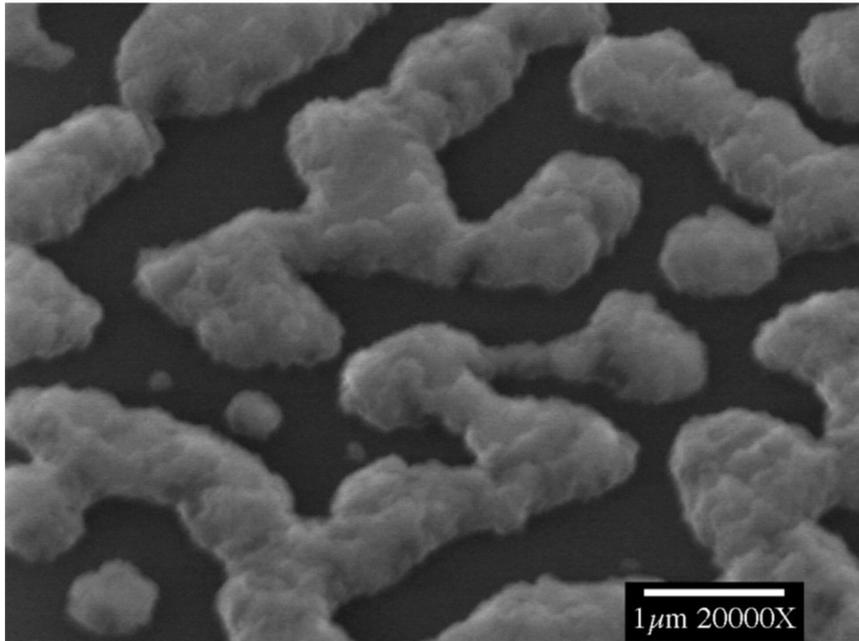
도면8c



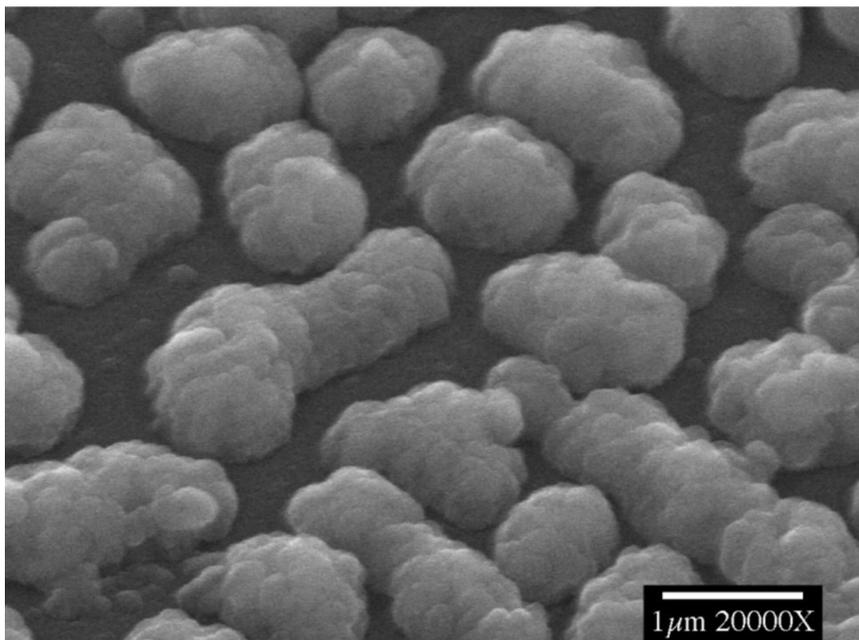
도면8d



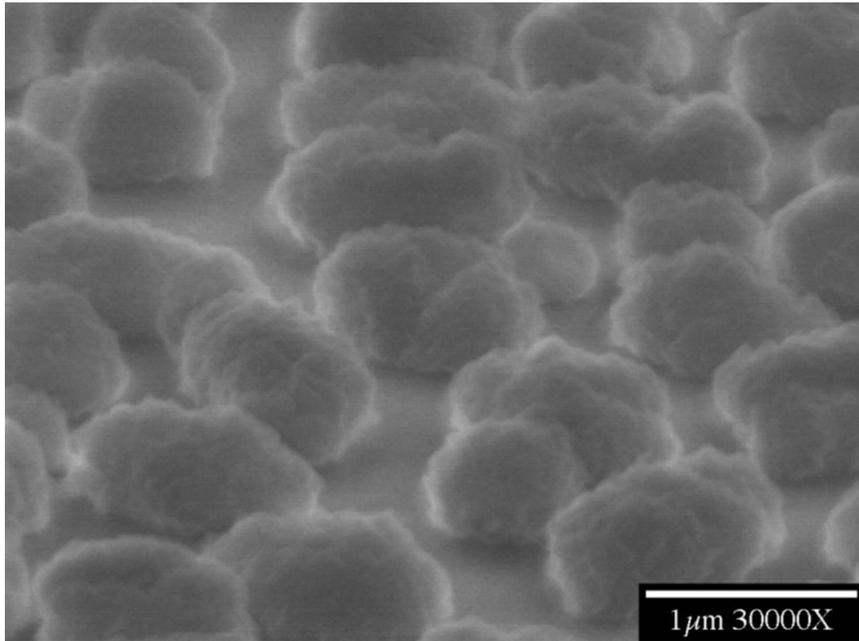
도면9a



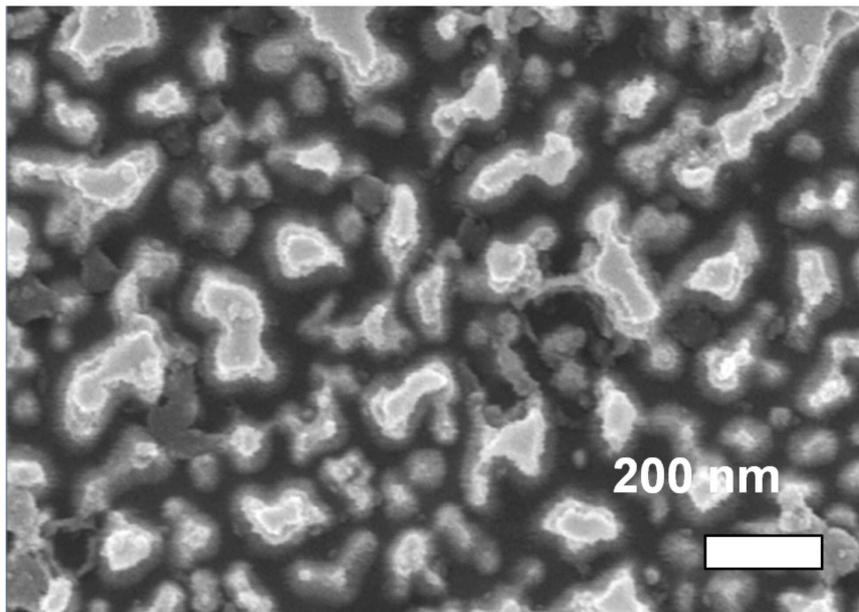
도면9b



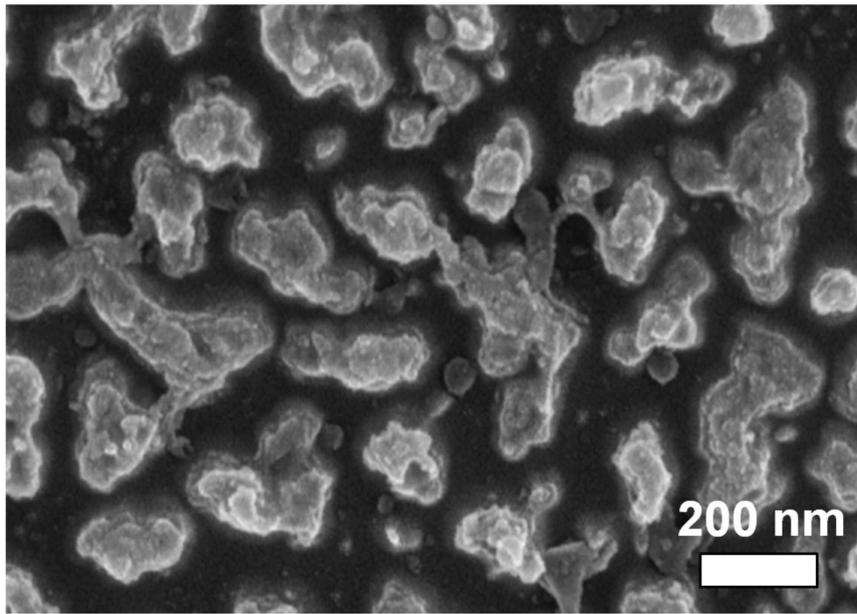
도면9c



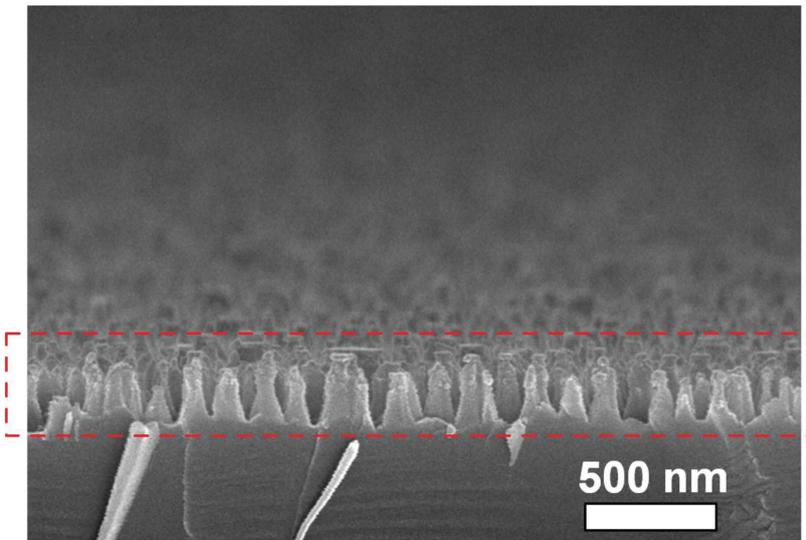
도면10a



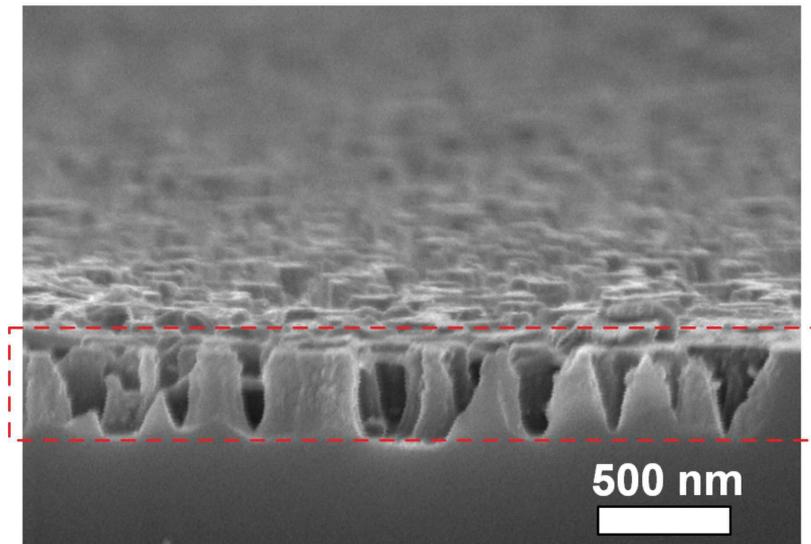
도면10b



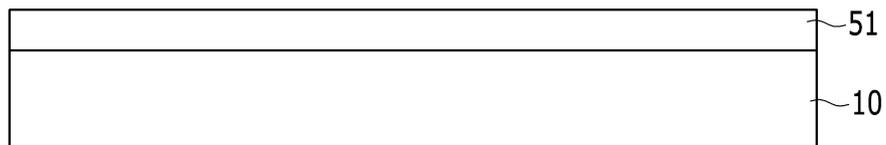
도면11a



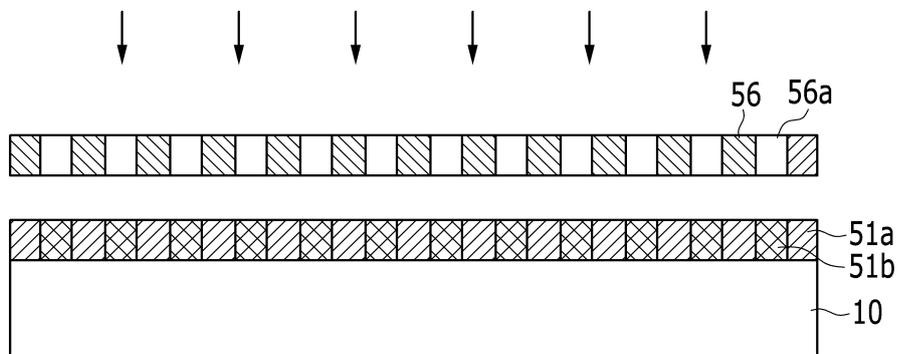
도면11b



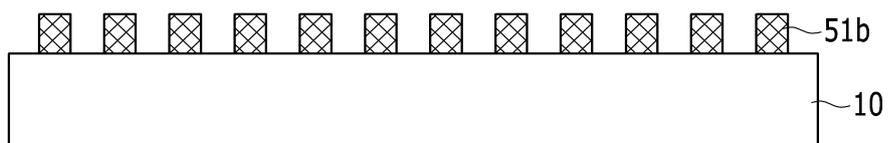
도면12a



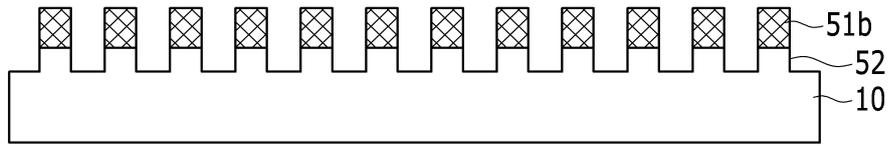
도면12b



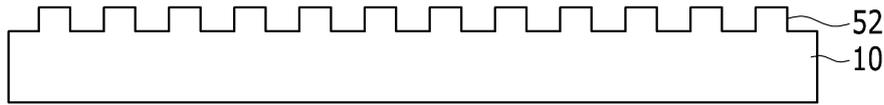
도면12c



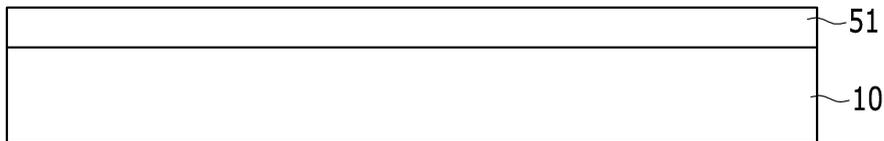
도면12d



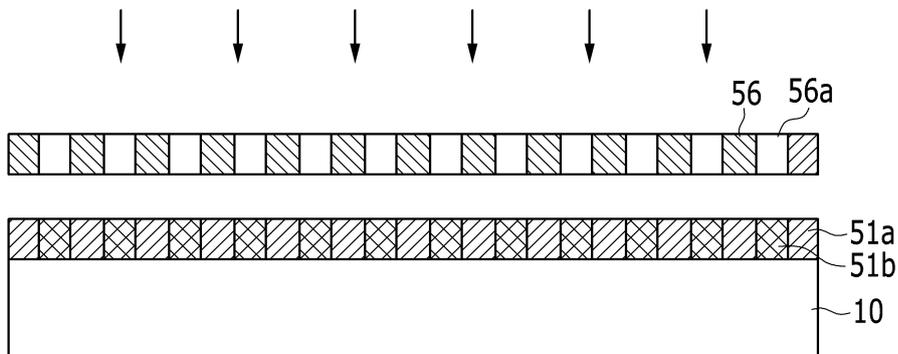
도면12e



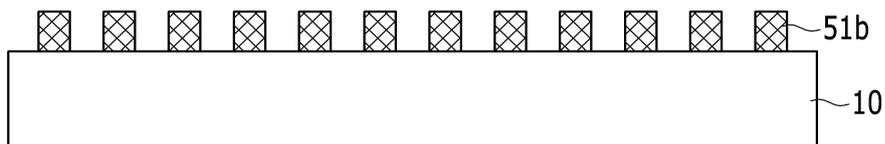
도면13a



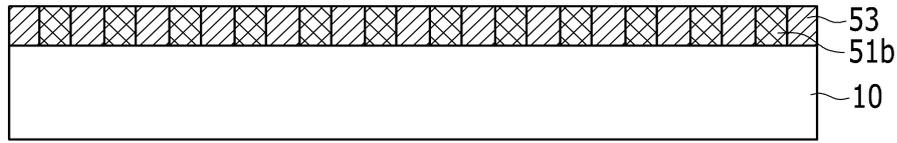
도면13b



도면13c



도면13d



도면13e

