



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월12일
(11) 등록번호 10-1406627
(24) 등록일자 2014년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/02 (2006.01) H01L 31/04 (2014.01)
H01L 31/09 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0089938
(22) 출원일자 2013년07월30일
심사청구일자 2013년07월30일
(56) 선행기술조사문헌
JP2002100798 A
JP2002076424 A
JP평성08316519 A
KR1020090059709 A

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스
내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
최재우
서울 송파구 송파대로 567, 510동 307호 (잠실동,
주공아파트)
(74) 대리인
오세중

전체 청구항 수 : 총 16 항

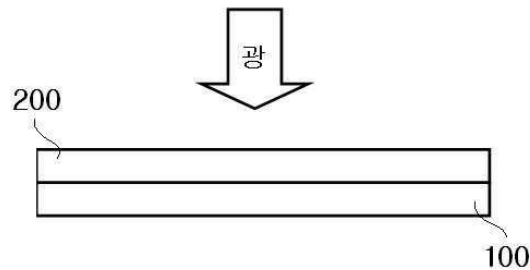
심사관 : 천대식

(54) 발명의 명칭 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자

(57) 요약

본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자는 광에너지를 전기에너지로 변환하는 광전층을 구비한 광전소자로서, 상기 광전소자 상에 구비되며, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하는 위상 변이 마스크(Phase shift mask)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

광에너지를 전기에너지로 변환하는 광전층을 구비한 광전소자로서,

상기 광전소자 상에 구비되며, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하는 위상 변이 마스크(Phase shift mask)를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하되 출력되는 광을 회절시키는 제1 및 제2 위상 변이 영역을 구비하며,

상기 제1 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_1)과 상기 제2 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_2)은 서로 다른 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 및 제2 위상 변이 영역은,

평단면이 원형, 다각형, 삼각파 및 정현파(Sinusoidal) 중 어느 하나의 형상으로 형성된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크에서 출력되는 광의 위상은,

상기 제1 및 제2 위상 변이 영역의 두께와 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역에서의 광의 굴절률에 의해 조절되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 5

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 제1 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_1)과 상기 제2 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_2) 사이의 위상차(θ_{12})는 다음의 식을 이용해 구해지는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

$$|\theta_{12}| = |\theta_1 - \theta_2| = \frac{2\pi}{\lambda} |d_{area1} \cdot n_{area1} - d_{area2} \cdot n_{area2}| = 2m\pi$$

(단, d_{area1} 은 제1 위상 변이 영역의 두께, n_{area1} 은 상기 제1 위상 변이 영역에서의 광의 굴절률, d_{area2} 은 제2 위상 변이 영역의 두께, n_{area2} 은 상기 제2 위상 변이 영역에서의 광의 굴절률, m 은 자연수, λ 는 광의 파장)

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

다수의 개구부를 구비하며 제1투명물질로 이루어진 제1투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변

이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

제2투명물질로 이루어지며 상기 제1투명층의 개구부에 배치되는 제2투명층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

상부에 다수의 제1양각부를 구비하며 제3투명물질로 이루어진 제3투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

상부에 다수의 제2음각부를 구비하며 제4투명물질로 이루어진 제4투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

상부에 다수의 제2양각부를 구비하며 제5투명물질로 이루어진 제5투명층;

제6투명물질로 이루어지며 상기 제5투명층의 제2양각부 상에 마련되는 제6투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

상부에 다수의 제2음각부를 구비하며 제7투명물질로 이루어진 제7투명층;

제8투명물질로 이루어지며 상기 제7투명층의 제2음각부 상에 마련되는 제8투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

제9투명층;

다수의 전극이 연결되어 상기 제9투명층 상에 마련된 제1전극구조체;

상기 제1전극구조체 상에 마련된 액정층;

다수의 전극이 연결되어 상기 액정층 상에 마련된 제2전극구조체;

상기 제2전극구조체 상에 마련된 제10투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용

하는 광전소자.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1전극구조체와 제2전극구조체는,

서로 대칭되도록 각 전극이 배치된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1전극구조체와 제2전극구조체는,

버스 바(bus bar) 전극과 상기 버스 바(bus bar) 전극에서 일측 방향으로 연장되는 다수의 핑거전극을 구비한 제1전극체 및 제2전극체를 포함하되,

상기 제1전극체의 핑거전극과 상기 제2전극체의 핑거전극은 서로 교대로 배열되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 15

제13항에 있어서,

제1전극구조체 및 제2전극구조체는,

펄스 형상의 인터디지탈(interdigital) 전극 구조로 형성된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 액정층의 두께(d_{LC})는 다음의 식을 이용해 구해지는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자.

$$d_{LC} = \frac{m\lambda}{|n_{LC1} - n_{LC2}|}$$

(단, m 은 자연수, λ 은 광의 파장, n_{LC1} 은 액정층의 정상굴절률(ordinary refractive index), n_{LC2} 는 액정층의 이상굴절률(extra-ordinary refractive index))

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 위상 변이 마스크에 의해 광전변환 효율과 광전변환 속도를 향상시킬 수 있는 광전소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 광전소자(Photoelectric device)는 광을 흡수하여 전자를 여기시키고 holes을 생성하는 특성을 이용하는 소자로서, 가시광선, 적외선, 자외선 등의 광에 반응하여 전기적 신호를 발생시킨다. 즉, 광전소자는 광에너지를 흡수하여 전자가 들뜬 상태가 되면서 광전자(photoelectron)와 광홀 (photohole)이 발생되고, 이때 광전자(photoelectron)와 광홀 (photohole)이 서로 반대방향으로 이동되면서 광에너지가 전기에너지로 변환된다. 이와 같은 광전소자의 종류로는 포토 다이오드, 포토 트랜지스터 등과 같은 광센서와 태양전지가 있다.

- [0003] 구체적으로, 광전소자는 광에너지를 전기에너지로 변환하는 광전층을 포함한다. 이러한 광전층은 다양한 물질로 구성될 수 있다. 예를 들어, 태양전지의 경우, 광전층의 물질에 따라 실리콘 태양전지, CdTe 태양전지(CdTe: Cadmium Telluride, 텔루르화카드뮴), CIGS/CIS 태양전지(CIGS: Copper-Indium-Gallium-Selenide, 구리-인듐-갈륨-셀레늄 화합물, CIS: Copper-Indium-Selenide), 염료감응 태양전지로 구분된다. 즉, CIGS/CIS 태양전지는 구리, 인듐, 갈륨, 셀레늄 화합물/구리, 인듐, 셀레늄 화합물이 광전층으로 이용되고, CdTe 태양전지는 텔루르화카드뮴이 광전층으로 이용되며, 염료감응 태양전지는 나노스케일의 입자 표면에 결합된 염료(DYE) 및 전해질(electrolyte)이 광전층으로 이용된다. 또한, 실리콘 태양전지는 실리콘 반도체(Silicon Semiconductor)가 광전층으로 이용되는 것으로서, 인체유해성이 없는 실리콘을 기반으로 하고 있어, 차세대 태양전지로 각광받고 있다.
- [0004] 이와 같은 광전소자는 광전층의 두께에 따라 광전변환 효율(외부에서 입사된 광이 전하로 변환되는 비율을 의미함)과 광전변환 속도에 영향을 받으며, 광전변환 효율과 속도는 서로 음의 상관관계를 갖는다.
- [0005] 예를 들어, 광센서의 경우, 광이 전기장이 가해진 영역에서 흡수되거나 전자와 홀의 확산 거리 영역 내에서 흡수되어야 높은 광전변환 효율로 광검출이 가능하다. 특히, 고속의 광검출 기능을 갖는 광센서가 필요할 경우, 입사되는 광이 전기장이 가해지는 영역 내에서 흡수되도록 설계되어야 한다. 하지만 통상적으로 고속의 광센서의 경우, 광이 흡수되는 영역이 매우 좁아 광전변환 효율이 낮다. 이에 따라, 높은 광전변환 효율을 갖는 광센서가 요구될 경우, 흡수층의 두께를 두껍게 형성하여 광전변환 효율을 향상시킨다. 하지만 이 경우, 흡수층의 두꺼운 두께로 인해 광전변환 속도가 저하되는 문제점이 발생한다. 반대로, 빠른 광전변환 속도를 갖는 광센서가 요구될 경우, 흡수층의 두께를 얇게 형성하여 광전변환 속도를 향상시킨다. 하지만 이 경우, 흡수층의 얇은 두께로 인해 광전변환 효율이 저하되는 문제점이 발생한다.
- [0006] 따라서 광전변환 효율과 광전변환 속도를 동시에 증가시킬 수 있는 새로운 광전소자의 개발이 요청되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상술한 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 광전변환 효율과 광전변환 속도를 동시에 향상시킬 수 있는 광전소자를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자는 광에너지를 전기에너지로 변환하는 광전층을 구비한 광전소자로서, 상기 광전소자 상에 구비되며, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하는 위상 변이 마스크(Phase shift mask)를 포함하여 구성된다.
- [0009] 구체적으로, 상기 위상 변이 마스크는, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하되 출력되는 광을 회절시키는 제1 및 제2 위상 변이 영역을 구비하며, 상기 제1 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_1)과 상기 제2 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_2)은 서로 다른 것이 바람직하다.
- [0010] 특히, 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역은, 단면이 원형, 다각형, 삼각과 및 정현파(Sinusoidal) 중 어느 하나의 형상으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0011] 또한, 상기 위상 변이 마스크에서 출력되는 광의 위상은, 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역의 두께와 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역에서의 광의 굴절률에 의해 조절되는 것이 바람직하다.
- [0012] 한편, 상기 제1 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_1)과 상기 제2 위상 변이 영역에서 출력되는 광의 위상(θ_2) 사이의 위상차(θ_{12})는 다음의 식을 이용해 구해진다.

$$|\theta_{12}| = |\theta_1 - \theta_2| = \frac{2\pi}{\lambda} |d_{area1} \cdot n_{area1} - d_{area2} \cdot n_{area2}| = 2m\pi$$

[0013]

- [0014] (단, d_{area1} 은 제1 위상 변이 영역의 두께, n_{area1} 은 상기 제1 위상 변이 영역에서의 광의 굴절률, d_{area2} 은 제2 위상 변이 영역의 두께, n_{area2} 은 상기 제2 위상 변이 영역에서의 광의 굴절률, m 은 자연수, λ 는 광의 파장)

- [0015] 구체적으로, 상기 위상 변이 마스크는 다수의 개구부를 구비하며 제1투명물질로 이루어진 제1투명층을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 위상 변이 마스크는, 제2투명물질로 이루어지며 상기 제1투명층의 개구부에 배치되는 제2투명층을 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0017] 한편, 상기 위상 변이 마스크는, 상부에 다수의 제1양각부를 구비하며 제3투명물질로 이루어진 제3투명층을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 위상 변이 마스크는, 상부에 다수의 제2음각부를 구비하며 제4투명물질로 이루어진 제4투명층을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0019] 한편, 상기 위상 변이 마스크는, (1) 상부에 다수의 제2양각부를 구비하며 제5투명물질로 이루어진 제5투명층, (2) 제6투명물질로 이루어지며 상기 제5투명층의 제2양각부 상에 마련되는 제6투명층을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 위상 변이 마스크는, (1) 상부에 다수의 제2음각부를 구비하며 제7투명물질로 이루어진 제7투명층, (2) 제8투명물질로 이루어지며 상기 제7투명층의 제2음각부 상에 마련되는 제8투명층을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0021] 한편, 상기 위상 변이 마스크는, (1) 제9투명층, (2) 다수의 전극이 연결되어 상기 제9투명층 상에 마련된 제1전극구조체, (3) 상기 제1전극구조체 상에 마련된 액정층, (4) 다수의 전극이 연결되어 상기 액정층 상에 마련된 제2전극구조체, (5) 상기 제2전극구조체 상에 마련된 제10투명층을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0022] 특히, 상기 제1전극구조체와 제2전극구조체는 서로 대칭되도록 각 전극이 배치되는 것이 바람직하다.
- [0023] 구체적으로, 상기 제1전극구조체와 제2전극구조체는 버스 바(bus bar) 전극과 상기 버스 바(bus bar) 전극에서 일측 방향으로 연장되는 다수의 핑거전극을 구비한 제1전극체 및 제2전극체를 포함하되, 상기 제1전극체의 핑거전극과 상기 제2전극체의 핑거전극은 서로 교대로 배열될 수 있다.
- [0024] 한편, 제1전극구조체 및 제2전극구조체는 펄스 형상의 인터디지털(interdigital) 전극 구조로 형성될 수 있다.
- [0025] 이때, 상기 액정층의 두께(d_{LC})는 다음의 식을 이용해 구해진다.

$$d_{LC} = \frac{m\lambda}{|n_{LC1} - n_{LC2}|}$$

- [0026]
- [0027] (단, m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_{LC1} 은 액정층의 정상굴절률(ordinary refractive index), n_{LC2} 는 액정층의 이상굴절률(extraordinary refractive index))

발명의 효과

- [0028] 상기와 같이 구성되는 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자는 전기에너지를 광에너지로 변환하는 광전층에 위상 변이 마스크를 배치함으로써, 광전변환 효율뿐만 아니라, 광전변환 속도도 동시에 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자의 구조를 나타내는 일측면도.
- 도 2(a), (b)는 본 발명의 실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구성을 나타내는 평면도.
- 도 3(a) 내지 (e)는 광전층만 구비한 태양전지의 구조와 이에 입사된 광의 진행 경로(도 3(a)), 광전층의 깊이 에 따라 흡수되는 광의 강도(도 3(b)), 광전층의 깊이에 따라 분포하는 포텐셜 에너지(도 3(c)), 광의 입사강도(I_{01})·광의 반사강도(I_{R1})·광의 투과강도(I_{T1})·광전층에 흡수되어 전류로 전환된 광의 전류변환강도(I_{C1})(도 3(d)), 태양전지에 인가된 전압(V)과 광에서 변환된 전류(I_1) 사이의 그래프(도 3(e))를 각각 나타내는 도면.
- 도 4(a) 내지 (e)는 광전층과 위상 변이 마스크를 구비한 태양전지의 구조와 이에 입사된 광의 진행 경로(도

4(a)), 광전층의 깊이에 따라 흡수되는 광의 강도(도 4(b)), 광전층의 깊이에 따라 분포하는 포텐셜 에너지(도 4(c)), 광의 입사강도(I_{02}) · 광의 반사강도(I_{R2}) · 광의 투과강도(I_{T2}) · 광전층에 흡수되어 전류로 전환된 광의 전류변환강도(I_{C2})(도 4(d)), 태양전지에 인가된 전압(V)과 광에서 변환된 전류(I_2) 사이의 그래프(도 4(e))를 각각 나타내는 도면.(단, $I_{01}=I_{02}$)

도 5(a),(b)는 본 발명의 제1실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 6(a),(b)는 본 발명의 제2실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 7(a),(b)는 본 발명의 제3실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 8(a),(b)는 본 발명의 제4실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 9(a),(b)는 본 발명의 제5실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 10(a),(b)는 본 발명의 제6실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 11은 본 발명의 제7실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 일측면도.

도 12 및 도 13은 본 발명의 제7실시예에 따른 위상 변이 마스크의 제1 및 제2전극구조체의 구조를 나타내는 사시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명의 상기 목적과 수단 및 그에 따른 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0031] 또한, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며, 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 경우에 따라 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외의 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하도록 한다.

[0033] 광전소자(Photoelectronic device)는 광을 흡수하여 전자를 여기시키고 holes을 생성하는 특성을 이용하는 소자로서, 가시광선, 적외선, 자외선 등의 광에 반응하여 전기적 신호를 발생시킨다. 즉, 광전소자는 광에너지를 흡수하여 전자가 들뜬 상태가 되면서 광전자(photoelectron)와 광홀 (photohole)을 발생되고, 이때 광전자(photoelectron)와 광홀 (photohole)이 서로 반대방향으로 이동되면서 광에너지가 전기에너지로 변환된다. 이와 같은 광전소자의 종류로는 포토 다이오드, 포토 트랜지스터 등과 같은 광센서와 태양전지가 있다.

[0034] 구체적으로, 광전소자는 광에너지를 전기에너지로 변환하는 광전층을 포함한다. 이러한 광전층은 다양한 물질로 구성될 수 있다. 예를 들어, 상기 광전층은 구리 · 인듐 · 갈륨 · 셀레늄 화합물/구리 · 인듐 · 셀레늄 화합물이나, 텔루르화카드뮴이나, 염료(DYE) 및 전해질(electrolyte)이나, 실리콘 반도체로 형성될 수 있다.

[0035] 도 1은 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자의 구성을 나타낸다.

[0036] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자는, 도 1에 도시된 바와 같이, 광전층(100)을 포함하는 광전소자로서, 광전소자 상에 마련된 위상 변이 마스크(Phase shift mask)(200)를 포함한다.

[0037] 상기 위상 변이 마스크(200)는 광을 상기 광전층(100)으로 투과시키는 필터로서, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력시킨다.

[0038] 도 2(a),(b)는 상기 위상 변이 마스크(200)를 상부에서 바라본 평면도(이하, 광이 위상 변이 마스크(200)로 입력되는 부분을 "상부"라 하고, 위상 변이 마스크(200)에서 출력되는 부분을 "하부"라 하고, 상부에서 바라본 면

을 "평단면"이라 함)를 나타낸다.

[0039]

[0040]

즉, 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 2(a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 투과되는 광의 위상을 제1변조하여 출력되 출력되는 광을 회절시키는 제1 위상 변이 영역(201) 및 제2 위상 변이 영역(202)을 각각 구비한다. 이때, 상기 제1 위상 변이 영역(201)을 통해 변조되어 출력되는 광의 제1위상(θ_1)과 상기 제2 위상 변이 영역(202)을 통해 변조되어 출력되는 광의 제2위상(θ_2)은 서로 다른 것이 바람직하다.

[0041]

상기 광전층(100)에 흡수되는 광의 양은 광전층 내를 이동하는 광의 이동경로에 대해 지수 함수적으로 비례한다. 따라서, 높은 광전변환 효율을 위해서는 상기 광전층(100) 내를 이동하는 광의 이동경로를 증가시켜야 한다. 또한, 흡수된 광에 의해 생성되는 광전자(photoelectron)와 광홀 (photohole)은 상기 광전층(100)의 계면에서 생성될 경우에 보다 빠르게 전류로 변환된다. 따라서, 빠른 광전변환 속도를 위해서는 광전층(100)의 계면에서 광이 흡수되도록 해야 한다. 즉, 광이 상기 광전층(100)의 계면에 수직하게 진행하게 하는 대신, 광전층(100)의 계면에 나란하게 진행하게 하면, 광전변환 효율과 광전변환 속도를 동시에 증가시킬 수 있다.

[0042]

한편, 태양전지의 경우, 광전변환 효율을 향상시키려면 흡수층과 광전자 및 광홀이 전극 주위에 존재해야 한다. 특히, 태양전지에서 형성되는 전위차(Contact potential or Built-in Voltage)는 서로 다른 일함수를 갖는 두 물질의 접촉에 의해 발생하며, 두 물질의 일함수의 차이로 발생하는 전기장은 두 물질의 계면의 매우 좁은 영역 내에서 존재한다. 즉, 효율이 높은 태양전지를 구현하기 위해서는 전기장이 존재하는 영역이나, 전자와 홀의 확산 거리 내에서 모든 광이 흡수되어야 한다.

[0043]

이를 위해 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자는 상기 위상 변이 마스크(200)를 구비한다. 즉, 광전소자로 입사된 광은 상기 광전층(100)의 계면에 수직하게 직진하는 대신, 상기 위상 변이 마스크(200)를 통과하면서 광이 회절하게 된다. 이에 따라, 광은 큰 각도로 굴절되면서 상기 광전층(100)의 계면에 평행하게 이동하여, 상기 광전층(100)에 흡수되는 광의 양이 증가하며, 광전자(photoelectron)와 광홀 (photohole)은 상기 광전층(100)의 계면에서 생성된다. 또한, 상기 위상 변이 마스크(200)는 광을 상기 광전층(200) 내에 분포하게 하여, 상기 광전층(200) 내에 광전자와 광홀의 밀도를 증가시키며, 이에 따라 전기장에 의한 드리프트 운동과 전하운반자의 밀도차에 의한 확산 운동을 일으킨다. 따라서, 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 광전소자는 상기 위상 변이 마스크(200)에 의해 높은 광전변환 효율과 높은 광전변환 속도를 동시에 갖게 된다.

[0044]

구체적으로, 상기 위상 변이 마스크(200)의 제1 및 제2 위상 변이 영역(202)은 광을 투과시키면서 위상을 변조하는 것과 동시에 회절시키는 역할을 한다. 이에 따라, 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)의 크기, 모양 및 수에 따라 투과되는 광의 회절 및 집광 특성이 조절된다. 특히, 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(202)은 높은 굴절률을 갖는 광전층(100)에 의해 반사되는 광을 줄이는 역할도 하며, 이에 따라 본 발명에 따른 광전소자는 더 높은 광전변환 효율을 갖게 된다.

[0045]

상기 위상 변이 마스크(200)는 투명한 재질로 형성되는 것이 바람직하다. 구체적으로, 상기 제2 위상 변이 영역(202)은 투명한 재질의 층에 음각부, 양각부 및 개구부를 형성함으로써 마련되며, 상기 제1 위상 변이 영역(201)은 상기 투명한 재질의 층에서 상기 제2 위상 변이 영역(202)이 형성된 부분을 제외한 나머지 영역에 마련된다. 이에 따라, 투명한 재질의 층에 형성된 음각부, 양각부 및 개구부와 이들이 형성되지 않은 나머지 투명한 재질의 층에서는 광이 서로 다른 위상으로 변조되어 출력되면서 회절하게 된다.

[0046]

상기 위상 변이 마스크(200)는 다수의 제1 및 제2 위상 변이 영역(202)을 포함할 수 있다. 상기 제2 위상 변이 영역(202)은, 도 2(a)에 도시된 바와 같이, 그 평단면이 사각형 형상으로 형성될 수 있으며, 그 외에 원형 및 다각형 형상으로 형성될 수도 있다. 또한, 1차 회절광의 강도를 더욱 증가시키기 위해, 상기 제2 위상 변이 영역(202)은, 도 2(b)에 도시된 바와 같이, 평단면이 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 수 있으며, 그 외에 삼각파 펄스 형상으로 형성될 수도 있다. 상기 제1 위상 변이 영역(201)도 상기 제2 위상 변이 영역(202)과 마찬가지로 원형, 다각형, 정현파(Sinusoidal) 및 삼각파 형상으로 형성될 수 있다.

[0047]

한편, 상기 위상 변이 마스크(200)에서 출력되는 광의 위상은 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)의 두께와 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)에서의 광의 굴절률에 의해 조절된다. 본 발명에 따른 위상 변이 마스크(200)는 상기 제1 위상 변이 영역(201)을 통해 변조되어 출력되는 광의 제1위상(θ_1)과 상기 제2 위상 변이 영역(202)을 통해 변조되어 출력되는 광의 제2위상(θ_2)의 위상차(θ_{12})가 다음의 식 (1)을 만족하도록 형성되는 것이 바람직하다.

$$|\theta_{12}| = |\theta_1 - \theta_2| = \frac{2\pi}{\lambda} |d_{area1} \cdot n_{area1} - d_{area2} \cdot n_{area2}| = 2m\pi \quad \dots \text{식 (1)}$$

상기 식 (1)을 정리하면 아래의 식 (1-1)이 된다.

$$|d_{area1} \cdot n_{area1} - d_{area2} \cdot n_{area2}| = m\lambda \quad \dots \text{식 (1-1)}$$

상기 식 (1)에서 d_{area1} 은 제1 위상 변이 영역(201)의 두께, n_{area1} 은 상기 제1 위상 변이 영역(201)에서의 광의 굴절률, d_{area2} 은 제2 위상 변이 영역(202)의 두께, n_{area2} 은 상기 제2 위상 변이 영역(202)에서의 광의 굴절률, m 은 자연수, λ 는 광의 파장을 각각 나타낸다.

즉, 상기 위상 변이 마스크(200)의 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)은 1차 회절광의 강도 향상을 위해, 상기 제1위상(θ_1)과 상기 제2위상(θ_2) 사이에 $2\pi \times$ 자연수배의 차이가 나도록 형성되어야 한다. 예를 들어, 상기 제1위상(θ_1)과 상기 제2위상(θ_2) 사이에 360° 의 위상차가 발생하도록 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)을 형성할 경우, 상기 식 (1)에서 m 은 1이고, 상기 제1위상(θ_1)과 상기 제2위상(θ_2) 사이에 720° 의 위상차가 발생하도록 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)을 형성할 경우, 상기 식(1)에서 m 은 2이다. 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)에서의 광의 굴절률(n_{area1} , n_{area2})은 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역(201, 202)의 재질에 의해 결정된다.

도 3(a)는 광전층(100)만 구비한 태양전지의 구조와 이에 입사된 광의 진행 경로를 나타내고, 도 3(b)는 광전층(100)의 깊이에 따라 흡수되는 광의 강도(Light absorption profile)를 나타내며, 도 3(c)는 광전층(100)의 깊이에 따라 분포하는 포텐셜 에너지(Potential profile)를 나타낸다. 또한, 도 3(d)는 광의 입사강도(Incidence intensity of light, I_{01}), 광의 반사강도(Reflection intensity of light, I_{R1}), 광의 투과강도(Transmission intensity of light, I_{T1}), 광전층(100)에 흡수되어 전류로 전환된 광의 전류변환강도(Conversion intensity of light into current, I_{C1})를 나타낸다. 또한, 도 3(e)는 태양전지에 인가된 전압(V)과 광에서 변환된 전류(I_1) 사이의 그래프를 나타낸다.

이에 반하여, 도 4(a)는 광전층(100) 상에 위상 변이 마스크(200)를 구비한 태양전지의 구조와 이에 입사된 광의 진행 경로를 나타내고, 도 4(b)는 광전층(100)의 깊이에 따라 흡수되는 광의 강도(Light absorption profile)를 나타내며, 도 4(c)는 광전층(100)의 깊이에 따라 분포하는 포텐셜 에너지(Potential profile)를 나타낸다. 또한, 도 4(d)는 광의 입사강도(Incidence intensity of light, I_{02}), 광의 반사강도(Reflection intensity of light, I_{R2}), 광의 투과강도(Transmission intensity of light, I_{T2}), 광전층(100)에 흡수되어 전류로 전환된 광의 전류변환강도(Conversion intensity of light into current, I_{C2})를 나타낸다. 또한, 도 4(e)는 태양전지에 인가된 전압(V)과 광에서 변환된 전류(I_2) 사이의 그래프를 나타낸다.(단, $I_{01}=I_{02}$)

도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 광전층(100)만 구비한 태양전지와 광전층(100) 및 위상 변이 마스크(200)를 구비한 태양전지에 각각 동일한 강도의 광($I_{01}=I_{02}$)이 입사되더라도, 위상 변이 마스크(200)를 구비한 태양전지의 경우가 더 큰 광의 투과강도($I_{T2}>I_{T1}$), 더 작은 광의 반사강도($I_{R2}<I_{R1}$), 더 큰 광의 전류변환강도($I_{C2}>I_{C1}$)를 갖는다.

통상적으로 태양전지는 광전층(100) 상부에 구비된 상부전극 및 광전층(100) 하부에 구비된 하부전극을 포함하고, 상부 및 하부전극은 투명소재로 구성된다. 이때, 태양전지가 위상 변이 마스크(200)를 더 포함할 경우, 굴절지수가 매칭되면서 태양전지의 반사율은 감소하고, 반대로 태양전지의 투과율은 증가한다. 이와 같은 현상은 위상 변이 마스크(200)의 굴절률과 두께를 조절하여 최적화할 수 있다. 이때, 위상 변이 마스크(200)의 굴절률

은 $n_{phasemask} = \sqrt{n_{air} \cdot n_{electrode}}$ 를 만족한다. 단, $n_{phasemask}$ 는 위상 변이 마스크(200)의 굴절률, n_{air} 는 공기의 굴절률, $n_{electrode}$ 는 상부 전극의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0057] 이하, 상기 위상 변이 마스크(200)의 구체적인 실시예에 대하여 설명하도록 한다.

[0058] 도 5(a),(b)는 본 발명의 제1실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 5(b)는 도 5(a)에서 A-A' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0059] 먼저, 제1실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 5에 도시된 바와 같이, 다수의 개구부(211)를 구비하며 제1투명물질로 이루어진 제1투명층(210)을 포함하여 구성될 수 있다. 이에 따라, 광전소자로 입사되는 광은 상기 제1투명층(210)을 투과한다. 이때, 상기 개구부(211) 외의 영역을 통과하는 광은 상기 제1투명물질로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 된다. 또한, 상기 개구부(211) 외의 영역에서 변조되어 출력되는 광의 제1위상(θ_1)과 상기 개구부(211)에서 변조되어 출력되는 광의 제2위상(θ_2)은 서로 다르다. 즉, 상기 제1투명층(210)에서 상기 개구부(211)는 상기 제2 위상 변이 영역(202)에 해당하며, 상기 개구부(211) 외의 영역은 상기 제1 위상 변이 영역(201)에 해당한다.

[0060] 상기 개구부(211) 및 개구부(211) 이외의 영역은 그 평단면이 원형 및 다각형 형상으로 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 개구부(211)는 그 평단면이 삼각과 및 정현파(Sinusoidal)의 펄스 형상으로 형성될 수도 있다. 특히, 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 경우, 1차 회절 광의 세기는 더욱 증가하고, 회절되지 않는 직접빔의 강도는 0으로 감소하여, 전체 회절광의 강도가 더욱 향상된다.

[0061] 구체적으로, 상기 제1투명층(210)의 두께(d_1)는 아래의 식 (2)를 이용하여 구할 수 있다.

$$d_1 = \frac{m\lambda}{|n_1 - n_{air}|} \quad \dots \text{식 (2)}$$

[0063] 상기 식 (2)에서 d_1 은 제1투명층(210)의 두께, m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_1 은 제1투명물질에서의 광의 굴절률, n_{air} 는 공기에서의 광의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0064] 도 6(a),(b)는 본 발명의 제2실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 6(b)는 도 6(a)에서 B-B' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0065] 본 발명의 제2실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 제1실시예에서 상기 개구부(211)에 제2투명물질이 채워지도록 구성(이하, 상기 제2투명물질이 채워진 영역을 "제2투명층(220)"이라고 함)될 수 있다. 이에 따라, 광전소자로 입사되는 광은 상기 제1투명층(210)이나 제2투명층(220)을 투과한다. 이때, 상기 제1투명층(210)을 통과하는 광은 상기 제1투명물질로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 되고, 상기 제2투명층(220)을 통과하는 광은 상기 제2투명물질로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 된다. 또한, 상기 제1투명층(210)에서 변조되어 출력되는 광의 제1위상(θ_1)과 상기 제2투명층(220)에서 변조되어 출력되는 광의 제2위상(θ_2)은 서로 다르다. 즉, 상기 제1투명층(210)은 상기 제1 위상 변이 영역(201)에 해당하며, 상기 제2투명층(220)은 상기 제2 위상 변이 영역(202)에 해당한다.

[0066] 특히, 상기 제1투명물질과 제2투명물질은 서로 다른 물질인 것이 바람직하다. 또한, 상기 제1투명층(210)과 상기 제2투명층(220)의 두께는 같거나 다를 수 있다.

[0067] 상기 제1투명층(210)과 제2투명층(220)은 그 평단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제1투명층(210)과 제2투명층(220)은 그 평단면이 삼각과 및 정현파

(Sinusoidal)의 펄스 형상으로 형성될 수 있다. 특히 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 경우, 1차 회절 광의 세기는 더욱 증가하고, 회절되지 않는 직접빔의 강도는 0으로 감소하여, 전체 회절광의 강도가 더욱 향상된다.

[0068] 구체적으로, 상기 제1투명층(210)의 두께(d_1)와 상기 제2투명층(220)의 두께(d_2)의 차이($|\Delta d_{12}|=|d_1-d_2|$)는 아래의 식 (3)를 이용하여 구할 수 있다.

$$|\Delta d_{12}| = \frac{m\lambda}{|n_1 - n_2|} \quad \dots \text{식 (3)}$$

[0070] 상기 식 (3)에서 m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_1 은 제1투명물질에서의 광의 굴절률, n_2 는 제2투명물질에서의 광의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0071] 도 7(a),(b)는 본 발명의 제3실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 7(b)는 도 7(a)에서 C-C' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0072] 또한, 본 발명의 제3실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 7에 도시된 바와 같이, 상부에 양각 형상으로 돌출된 다수의 제1양각부(231)를 구비하며 제3투명물질로 이루어진 제3투명층(230)을 포함하여 구성될 수 있다. 이에 따라, 광전소자로 입사되는 광은 상기 제3투명층(230)을 투과한다. 이때, 상기 제1양각부(231)를 통과하는 광과 상기 제1양각부(231) 외의 영역을 통과하는 광은 상기 제3투명물질로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 된다. 또한, 상기 제1양각부(231) 외의 영역에서 변조되어 출력되는 광의 제1위상(θ_1)과 상기 제1양각부(231)에서 변조되어 출력되는 광의 제2위상(θ_2)은 서로 다르다. 즉, 상기 제3투명층(230)에서 상기 제1양각부(231)는 상기 제2 위상 변이 영역(202)에 해당하며, 상기 제1양각부(231) 외의 영역은 상기 제1 위상 변이 영역(201)에 해당한다.

[0073] 상기 제1양각부(231)와 상기 제1양각부(231) 외의 영역은 그 평단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제1양각부(231)와 상기 제1양각부(231) 외의 영역은 그 평단면이 삼각과 및 정현파(Sinusoidal)의 펄스 형상으로 형성될 수 있다. 특히 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 경우, 1차 회절 광의 세기는 더욱 증가하고, 회절되지 않는 직접빔의 강도는 0으로 감소하여, 전체 회절광의 강도가 더욱 향상된다.

[0074] 구체적으로, 상기 제3투명층(230)의 제1양각부(231)의 두께(d_3)는 아래의 식 (4)를 이용하여 구할 수 있다.

$$d_3 = \frac{m\lambda}{|n_3 - n_{air}|} \quad \dots \text{식 (4)}$$

[0076] 상기 식 (4)에서 d_3 는 제1양각부(231)의 두께, m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_3 은 제3투명물질에서의 광의 굴절률, n_{air} 는 공기에서의 광의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0077] 도 8(a),(b)는 본 발명의 제4실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 8(b)는 도 8(a)에서 D-D' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0078] 본 발명의 제4실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 8에 도시된 바와 같이, 다수의 제1음각부(241)를 구비하며 제4투명물질로 이루어진 제4투명층(240)을 포함하여 구성될 수 있다. 즉, 상기 제1음각부(241)는

상기 제1양각부(231)를 대체하여 음각 형상으로 홈이 형성된 영역이다. 이에 따라, 광전소자로 입사되는 광은 상기 제4투명층(240)을 투과한다. 이때, 상기 제1음각부(241)를 통과하는 광과 상기 제1음각부(241) 외의 영역을 통과하는 광은 상기 제4투명물질로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 된다. 또한, 상기 제1음각부(241) 외의 영역에서 변조되어 출력되는 광의 제1위상(Θ_1)과 상기 제1음각부(241)에서 변조되어 출력되는 광의 제2위상(Θ_2)은 서로 다르다. 즉, 상기 제4투명층(240)에서 상기 제1음각부(241)는 상기 제2 위상 변이 영역에 해당하며, 상기 제1음각부(241) 외의 영역은 상기 제1 위상 변이 영역에 해당한다.

[0079] 상기 제1음각부(241)와 상기 제1음각부(241) 외의 영역은 그 평단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제1음각부(241)와 상기 제1음각부(241) 외의 영역은 그 평단면이 삼각파 및 정현파(Sinusoidal)의 펄스 형상으로 형성될 수 있다. 특히 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 경우, 1차 회절 광의 세기는 더욱 증가하고, 회절되지 않는 직접빔의 강도는 0으로 감소하여, 전체 회절광의 강도가 더욱 향상된다.

[0080] 구체적으로, 상기 제4투명층(240)의 제1음각부(241)의 두께(d_4)는 아래의 식 (5)를 이용하여 구할 수 있다.

$$d_4 = \frac{m \lambda}{|n_4 - n_{air}|} \quad \dots \text{식 (5)}$$

[0082] 상기 식 (5)에서 d_4 는 제1음각부(240)의 두께, m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_4 는 제4투명물질에서의 광의 굴절률, n_{air} 는 공기에서의 광의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0083] 도 9(a),(b)는 본 발명의 제5실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 9(b)는 도 9(a)에서 E-E' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0084] 본 발명의 제5실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 9에 도시된 바와 같이, 상부에 양각 형상으로 돌출된 다수의 제2양각부(251)를 구비하며 제5투명물질로 이루어진 제5투명층(250), 제6투명물질로 이루어지며 상기 제5투명층(250)의 제2양각부(251) 상에 마련되는 제6투명층(260)을 포함하여 구성될 수 있다. 이에 따라, 광전소자로 입사되는 광은 상기 제5투명층(250)과 제6투명층(260)을 차례로 투과하거나 상기 제5투명층(250)에서 상기 제2양각부(251) 외의 영역을 통과한다. 이때, 상기 제5투명층(250)의 제2양각부(251)와 제6투명층(260)을 차례로 통과하는 광은 상기 제5 및 제6투명물질로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 되고, 상기 제2양각부(251) 외의 영역을 통과하는 광은 상기 제5투명물질로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 된다. 또한, 상기 제2양각부(251) 외의 영역에서 변조되어 출력되는 광의 제1위상(Θ_1)과 제2양각부(251) 및 제6투명층(260)에서 변조되어 출력되는 광의 제2위상(Θ_2)은 서로 다르다. 즉, 상기 제2양각부(251)와 제6투명층(260)은 상기 제2 위상 변이 영역(202)에 해당하며, 상기 제5투명층(250)에서 상기 제2양각부(251) 외의 영역은 상기 제1 위상 변이 영역(201)에 해당한다.

[0085] 특히, 상기 제5투명물질과 제6투명물질은 서로 다른 물질인 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2양각부(251)와 상기 제6투명층(260)의 두께는 같거나 다를 수 있다.

[0086] 상기 제2양각부(251)와 상기 양각부(251) 외의 영역은 그 평단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2양각부(251)와 상기 양각부(251) 외의 영역은 그 평단면이 삼각파 및 정현파(Sinusoidal)의 펄스 형상으로 형성될 수 있다. 특히 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 경우, 1차 회절 광의 세기는 더욱 증가하고, 회절되지 않는 직접빔의 강도는 0으로 감소하여, 전체 회절광의 강도가 더욱 향상된다.

[0087] 구체적으로, 상기 제2양각부(251)의 두께(d_5)와 상기 제6투명층(260)의 두께(d_6)의 차이($|\Delta d_{56}| = |d_5 - d_6|$)는 아래의 식 (6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$|\Delta d_{56}| = \frac{m\lambda - d_6 |n_5 - n_6|}{n_5}$$

[0088] 식 (6)

[0089] 상기 식 (6)에서 m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_5 는 제5투명물질에서의 광의 굴절률, n_6 는 제6투명물질에서의 광의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0090] 도 10(a),(b)는 본 발명의 제6실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 10(b)는 도 10(a)에서 F-F' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0091] 본 발명의 제6실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 10에 도시된 바와 같이, 상부에 음각 형상으로 홈이 형성된 다수의 제2음각부(271)를 구비하며 제7투명물질로 이루어진 제7투명층(270), 제8투명물질로 이루어지며 상기 제7투명층(270)의 제2음각부(271) 상에 마련되는 제8투명층(280)을 포함하여 구성될 수 있다. 이에 따라, 광전소자로 입사되는 광은 상기 제7투명층(270)과 제8투명층(280)을 차례로 투과하거나 상기 제7투명층(270)에서 상기 제2음각부(271) 외의 영역을 통과한다. 이때, 상기 제7투명층(270)의 제2음각부(271)와 제8투명층(280)을 차례로 통과하는 광은 상기 제7 및 제8투명물질에 의해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 되며, 상기 제2음각부(271) 외의 영역을 통과하는 광은 상기 제7투명물질에 의해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 된다. 또한, 상기 제2음각부(271) 외의 영역에서 변조되어 출력되는 광의 제1위상(θ_1)과 제2음각부(271) 및 제8투명층(280)에서 변조되어 출력되는 광의 제2위상(θ_2)은 서로 다르다. 즉, 상기 제2음각부(271)와 제8투명층(280)은 상기 제2 위상 변이 영역(202)에 해당하며, 상기 제7투명층(270)에서 상기 제2음각부(271) 외의 영역은 상기 제1 위상 변이 영역(201)에 해당한다.

[0092] 특히, 상기 제7투명물질과 제8투명물질은 서로 다른 물질인 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2음각부(271)와 상기 제8투명층(280)의 두께는 같거나 다를 수 있다.

[0093] 상기 제2음각부(271)와 상기 제2음각부(271) 외의 영역은 그 평단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2음각부(271)와 상기 제2음각부(271) 외의 영역은 그 평단면이 삼각파 및 정현파(Sinusoidal)의 펄스 형상으로 형성될 수 있다. 특히 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 경우, 1차 회절 광의 세기는 더욱 증가하고, 회절되지 않는 직접법의 강도는 0으로 감소하여, 전체 회절광의 강도가 더욱 향상된다.

[0094] 구체적으로, 상기 제2음각부(271)의 두께(d_7)와 상기 제8투명층(280)의 두께(d_8)의 차이($|\Delta d_{78}| = |d_7 - d_8|$)는 아래의 식 (7)을 이용하여 구할 수 있다.

$$|\Delta d_{78}| = \frac{m\lambda - d_8 |n_7 - n_8|}{n_7}$$

[0095] 식 (7)

[0096] 상기 식 (7)에서 m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_7 은 제7투명물질에서의 광의 굴절률, n_8 는 제8투명물질에서의 광의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0097] 또한, 본 발명의 제7실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 11에 도시된 바와 같이, 제9투명층(10), 다수의 전극이 연결되어 상기 제9투명층(10) 상에 마련된 제1전극구조체(20), 상기 제1전극구조체(20) 상에 마련된 액정층(30), 다수의 전극이 연결되어 상기 액정층(30) 상에 마련된 제2전극구조체(40), 상기 제2전극구조

체(40) 상에 마련된 제10투명층(50)을 포함하여 구성될 수 있다. 특히, 상기 제1전극구조체(20)와 제2전극구조체(40)는 상기 액정층(30)을 두고 서로 대칭이 되도록 각 전극이 배치되는 것이 바람직하다.

[0098] 구체적으로, 상기 제1전극구조체(20)와 제2전극구조체(40)는, 도 12에 도시된 바와 같이, 버스 바(bus bar) 전극(21a, 22a, 41a, 42a)과 상기 버스 바 전극(21a, 22a, 41a, 42a)에서 일측 방향으로 연장되는 다수의 핑거전극(21b, 22b, 41b, 42b)을 구비한 제1전극체(21, 41) 및 제2전극체(22, 42)를 포함하되, 상기 제1전극체(21, 41)의 핑거전극(21b, 41b)과 상기 제2전극체(22, 42)의 핑거전극(22b, 42b)은 서로 교대로 배열되는 것이 바람직하다.

[0099] 또한, 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)는, 도 13에 도시된 바와 같이, 펄스 형상의 인터디지탈(interdigital) 전극 구조로 형성될 수도 있다. 상기 펄스의 형상은 삼각파, 구형파, 정현파 등 다양하게 형성될 수 있다.

[0100] 상기 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)는 도전성을 가지는 투명한 물질로 형성되는 것이 바람직하다. 즉, 상기 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)는 Au, Ni, Ti, Cr 등의 금속, ITO(indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), AZO(aluminum zinc oxide), IZTO(indium zinc tin oxide) 등의 투명전도성산화물(TCO), 도전성 폴리머, 그래핀 등으로 형성될 수 있다. 구체적으로 상기 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)는 화학기상증착법(CVD), 플라즈마 여기 CVD(plasma enhanced CVD, PECVD), 저압 CVD(low pressure CVD, LPCVD), 물리기상증착법(physical vapor deposition, PVD), 스퍼터링(sputtering), 원자층 증착법(atomic layer deposition, ALD) 등의 증착 방법에 의하여 형성될 수 있으나, 이러한 방법으로 한정되는 것은 아니다.

[0101] 구체적으로, 본 발명의 제7실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 11에 도시된 바와 같이, 상기 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)에 인가되는 전압에 따라 상기 액정층(30)의 성질이 달라져 상기 액정층(30)을 통과하는 광의 위상을 변조시켜 회절시킨다. 즉, 상기 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)의 모양과 이에 인가되는 전압의 크기에 따라 변조되는 광의 위상은 달라진다.

[0102] 또한, 상기 액정층(260)의 두께(d_{LC})는 아래의 식 (8)을 이용하여 구할 수 있다.

$$d_{LC} = \frac{m\lambda}{|n_{LC1} - n_{LC2}|} \quad \dots \text{식 (8)}$$

[0104] 상기 식 (8)에서 m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_{LC1} 은 액정층의 정상굴절률(ordinary refractive index), n_{LC2} 는 액정층의 이상굴절률(extra-ordinary refractive index)을 각각 나타낸다.

[0105] 한편, 상기 제1실시예 내지 제7실시예에 따라, 상기 제1투명층(210) 내지 제10투명층(50)은 투명한 재질로 구성되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 제1투명층(210) 내지 제10투명층(50)의 재질은 폴리머, 유리(glass), 석영(quartz) 및 사파이어(sapphire)로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.

[0106] 특히, 상기 제1투명층(210) 내지 제10투명층(50)의 재질이 폴리머일 경우의 재질은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르술폰(PES), 고리형 올레핀 고분자(COC), TAC(Triacetylcellulose) 필름, 폴리비닐알코올(Polyvinyl alcohol; PVA) 필름, 폴리이미드(Polyimide; PI) 필름, 폴리스틸렌(Polystyrene; PS), 이축연신폴리스틸렌(K레진 함유 biaxially oriented PS; BOPS), 폴리프로필렌(PP), 트리아세틸셀룰로오스(TAC)로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 것이 바람직하다.

[0107] 이상과 같이 본 발명을 도면에 도시한 실시예를 참고하여 설명하였으나, 이는 발명을 설명하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 발명의 상세한 설명으로부터 다양한 변형 또는 균등한 실시예가 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 권리범위는 특허청구범위의

기술적 사상에 의해 결정되어야 한다.

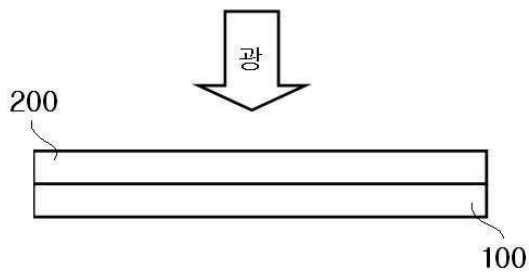
부호의 설명

[0108]

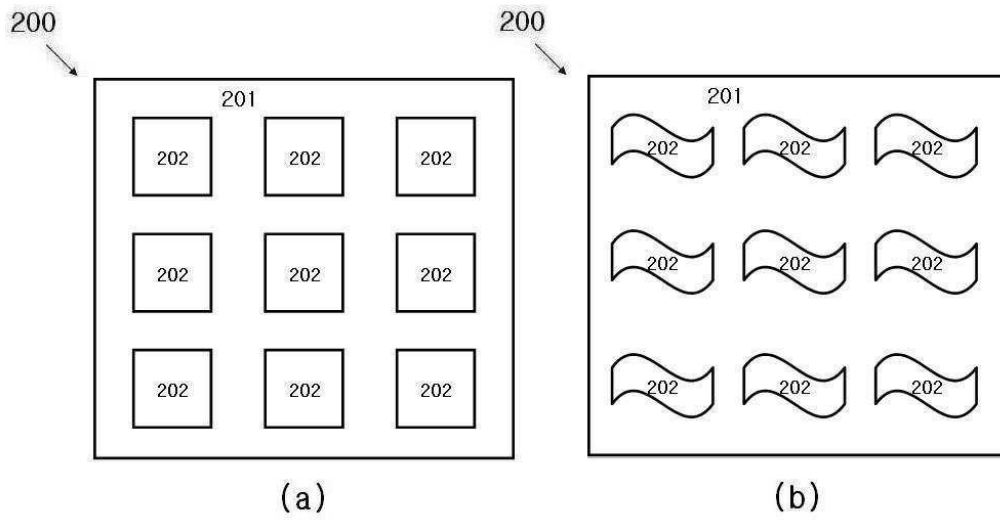
10 : 제9투명층	20 : 제1전극구조체
21, 41 : 제1전극체	21a, 22a, 41a, 42a : 버스 바 전극
21b, 22b, 41b, 42b : 핑거 전극	22, 42 : 제2전극체
40 : 제2전극구조체	50 : 제10투명층
100 : 공전층	200 : 위상 변이 마스크
210 : 제1투명층	211 : 개구부
220 : 제2투명층	230 : 제3투명층
231 : 제1양각부	240 : 제4투명층
241 : 제1음각부	250 : 제5투명층
251 : 제2양각부	260 : 제6투명층
270 : 제7투명층	271 : 제2음각부
280 : 제8투명층	

도면

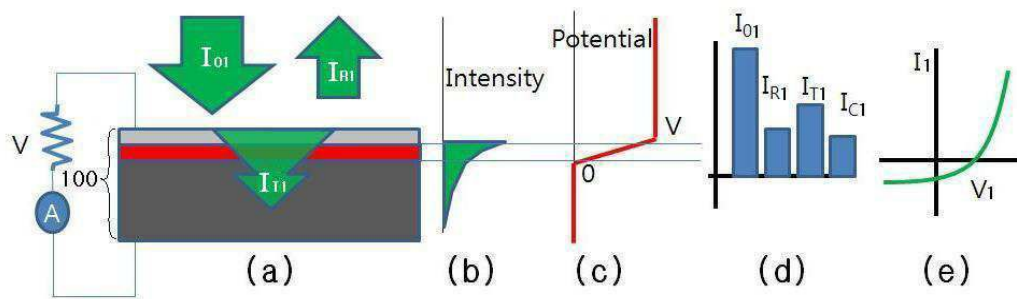
도면1



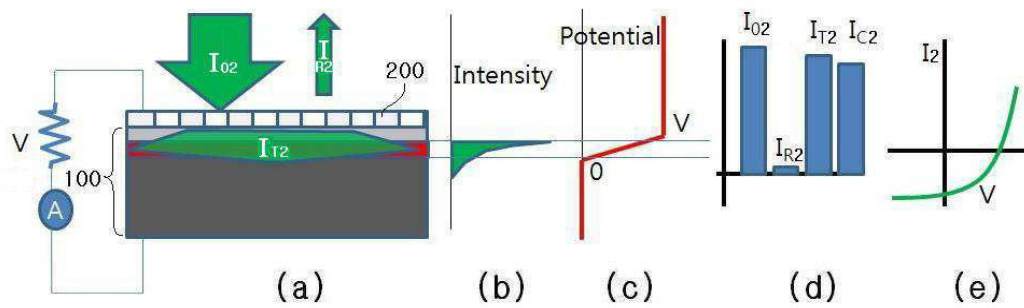
도면2



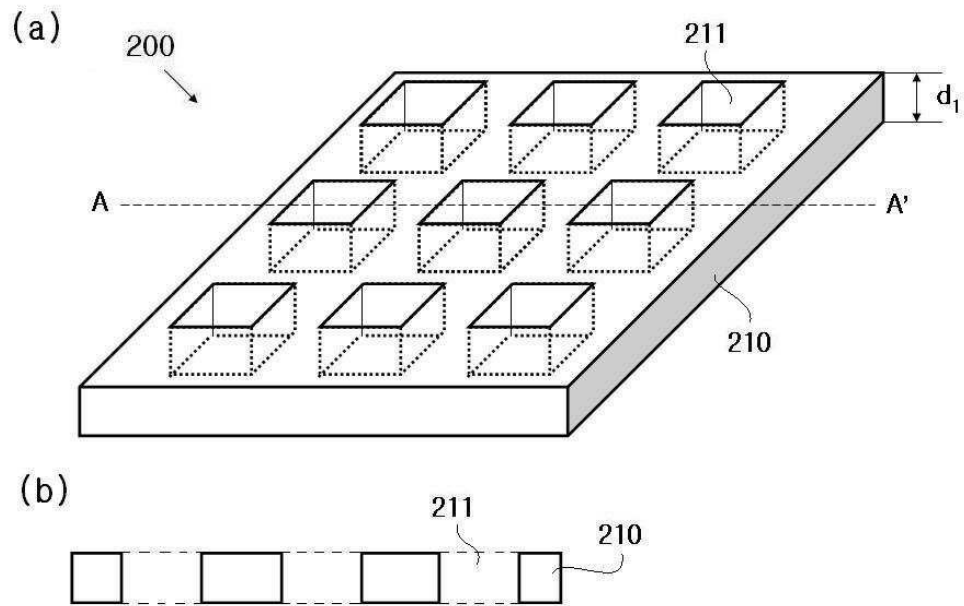
도면3



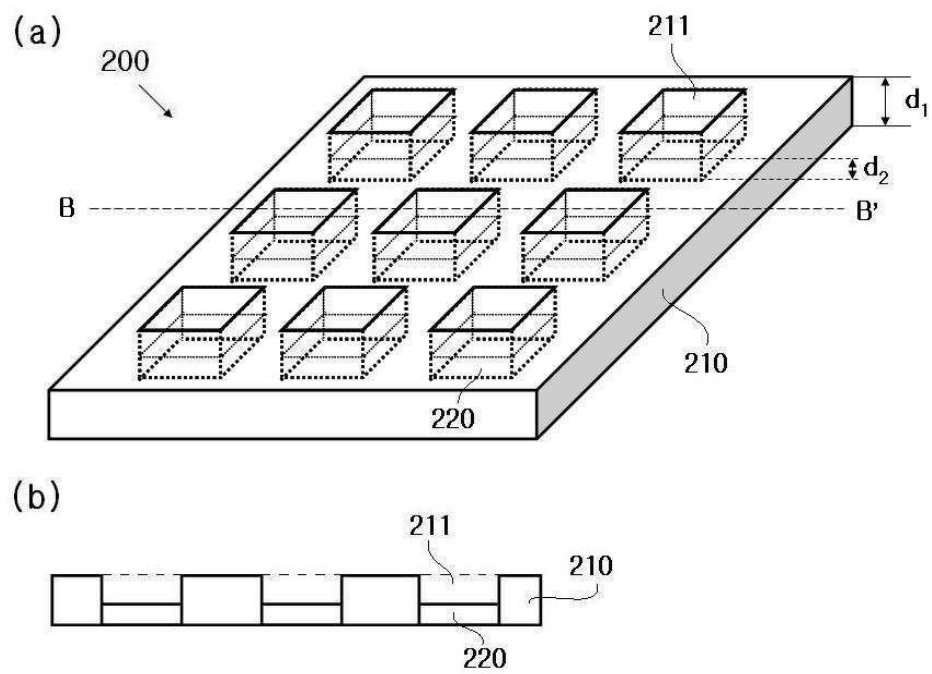
도면4



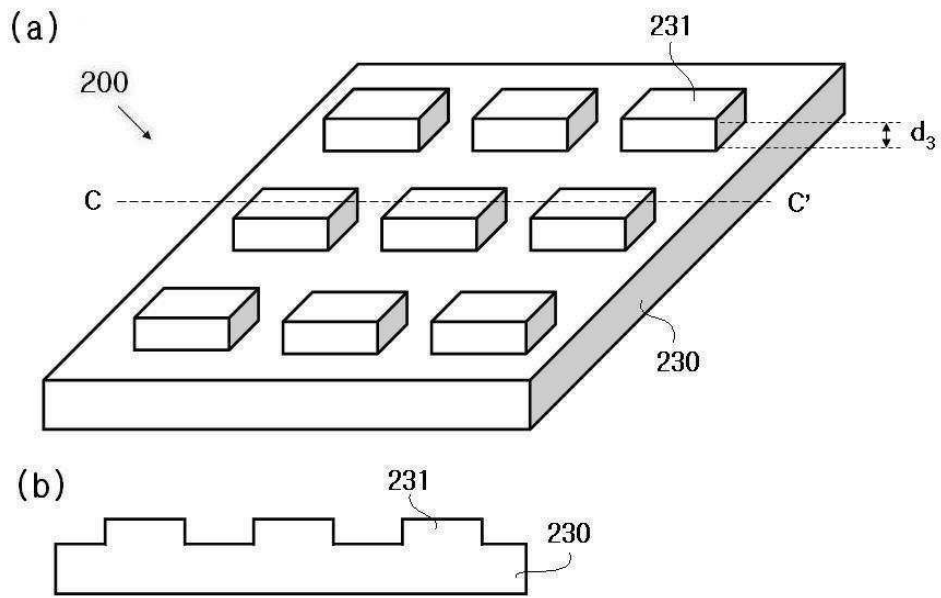
도면5



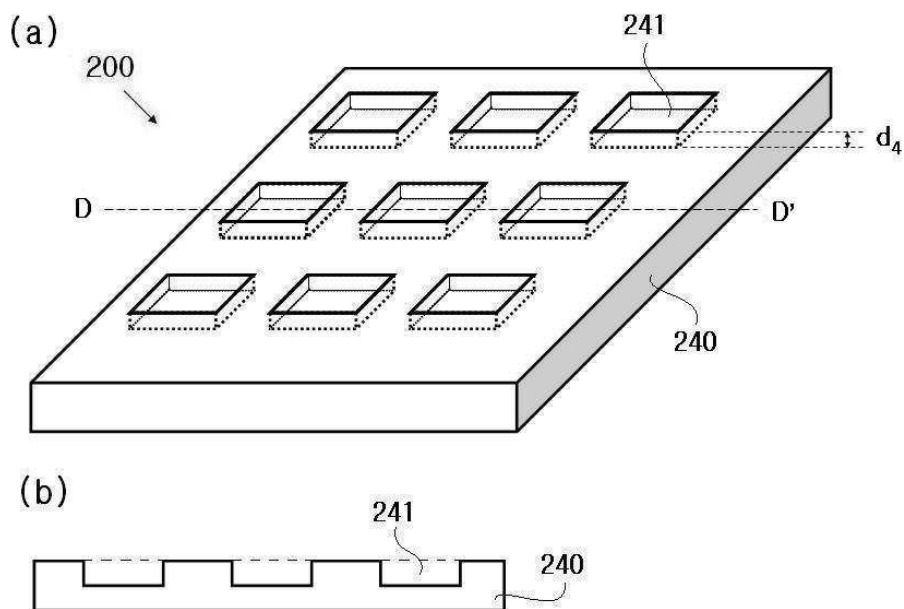
도면6



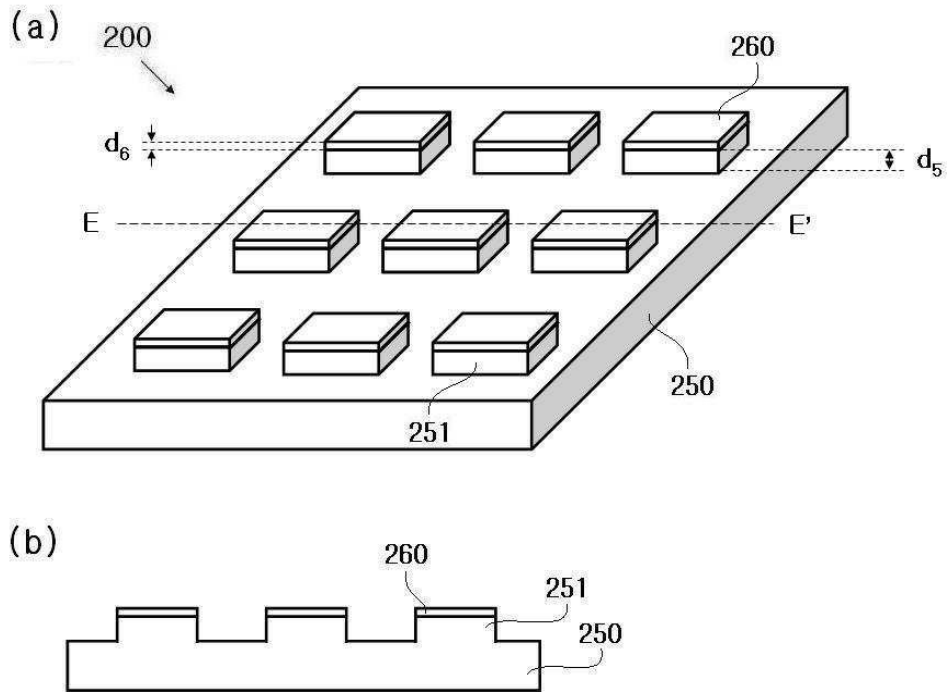
도면7



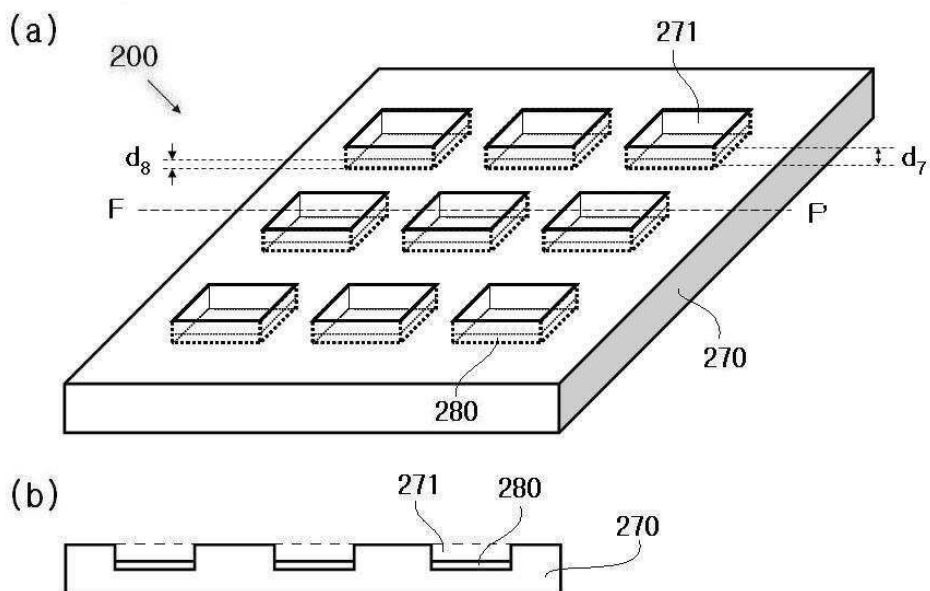
도면8



도면9



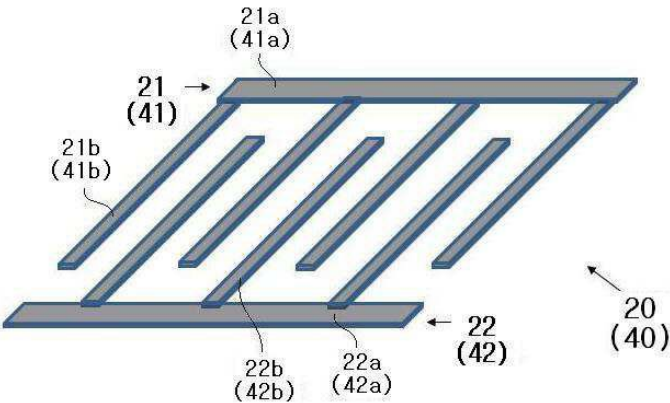
도면10



도면11



도면12



도면13

