



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0011202

(43) 공개일자 2015년01월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G03H 1/04 (2006.01) G02B 27/22 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0086195

(22) 출원일자 2013년07월22일

심사청구일자 2013년07월22일

(71) 출원인

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

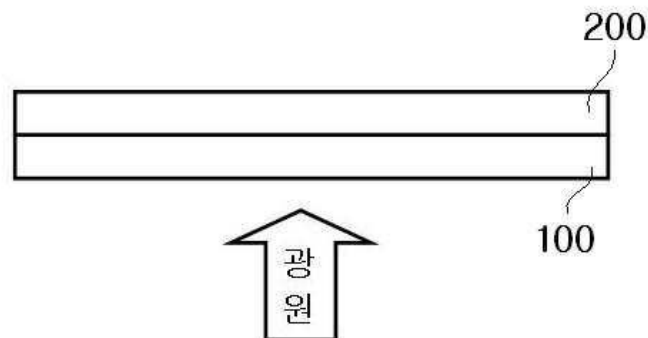
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치

(57) 요약

본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 광원과, 격자 모양으로 배열된 다수의 화소를 가지며, 각 화소별로 상기 광원으로부터의 광의 강도를 공간적으로 변조하여 출력하는 공간 광 변조기와, 상기 공간 광변조기 상에 구비되며, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하는 위상 변이 마스크(Phase shift mask)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

광원;

격자 모양으로 배열된 다수의 화소를 가지며, 각 화소별로 상기 광원으로부터의 광의 강도를 공간적으로 변조하여 출력하는 공간 광변조기;

상기 공간 광변조기 상에 구비되며, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하는 위상 변이 마스크(Phase shift mask)를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

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 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 및 제2 위상 변이 영역은,

상기 공간 광변조기의 각 화소의 크기보다 작게 형성된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1 및 제2 위상 변이 영역은,

단면이 원형, 다각형, 삼각파 및 정현파(Sinusoidal) 중 어느 하나의 형상으로 형성된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 제2 위상 변이 영역은,

상기 공간 광변조기의 각 화소 상에 다수가 배치되도록 형성되며,

공간 광변조기의 각 화소에 대해 n 행 $\times m$ 열(단, n 과 m 은 자연수)로 형성된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 6

제2항 내지 제5항 중 어느 한 항에 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 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 7

제2항 내지 제5항 중 어느 한 항에 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 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

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

(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 8

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

다수의 개구부를 구비하며 제1투명물질로 이루어진 제1투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

제2투명물질로 이루어지며 상기 제1투명층의 개구부에 배치되는 제2투명층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

상부에 다수의 제1양각부를 구비하며 제3투명물질로 이루어진 제3투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 위상 변이 마스크는,

상부에 다수의 제2음각부를 구비하며 제4투명물질로 이루어진 제4투명층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 12

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 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 13

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 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 14

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 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1전극구조체와 제2전극구조체는,

서로 대칭되도록 각 전극이 배치된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 16

제15항에 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 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 17

제15항에 있어서,

제1전극구조체 및 제2전극구조체는,

펄스 형상의 인터디지털(interdigital) 전극 구조로 형성된 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 액정층의 두께(d_{lc})는 다음의 식을 이용해 구해지는 것을 특징으로 하는 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치.

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

(단, m은 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 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 공간 광변조기(Spatial Light Modulator)를 통과하는 광의 강도를 감소시키지 않고 회절 특성 및 시야각을 개선하여 고품질의 3차원 영상을 표시할 수 있는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현재 주로 이용되고 있는 3차원 영상 표시 장치는 액정 표시 장치를 기반으로 하는 양안 시차 방식의 3차원 영상 표시장치이다. 양안 시차 방식은 인간의 시각 구도를 모방하여 좌우 두 개의 2차원 영상을 이용해 3차원 영상을 구현하는 방식으로, 편광 안경이나 셔터 안경을 이용하여 3차원 영상을 인식한다. 그러나 이와 같은 안경 착용 방식은, 실제의 3차원 영상이 아니라 양안 시차를 이용하고 있기 때문에, 안경 착용에 따른 불편함과 더불어 장시간 시청할 경우 눈의 피로감이나 두통 등을 유발할 수 있다.

[0003] 이에 따라, 양안 시차를 이용하지 않고 안경의 착용 없이 실제의 3차원 영상을 구현하는 무안경식 3차원 영상 표시장치에 대한 연구 및 개발이 진행되고 있다. 무안경식 3차원 영상 표시장치로는 물체의 단면 영상을 연속으로 재생하는 체적(volumetric) 방식이나 3차원 물체의 파면 정보를 기록 및 재현하는 홀로그래픽 방식이 대표적이다.

[0004] 특히, 홀로그래픽(holographic) 방식을 이용한 기술은 눈의 착시를 이용하여 입체감을 느끼는 기존 방식과는 다르게 실제 상이 맺히는 것을 직접 눈으로 보기 때문에 실물을 보는 것과 차이가 없는 입체감을 느낄 수 있고, 장시간 시청하여도 피로감이 유발되지 않는 장점이 있어, 차세대 입체영상 기술로 많은 주목을 받고 있다.

[0005] 홀로그래피란 빛의 세기와 위상을 기록하여 3차원 영상을 재생하는 기술이다. 즉, 간섭성(coherent)의 광원을 이용하여 기준광(reference beam)과 물체에서 반사되어 나온 물체광(object beam)의 간섭 패턴을 감광 필름과 같은 홀로그램 기록매체에 기록한 후, 상기 홀로그램 기록매체에 기준광을 재조사하여 빛의 회절 원리에 따라 물체의 상을 재생한다.

[0006] 상기와 같은 원리에 따라 홀로그램을 재생하여 3차원 영상을 표시하는 홀로그래픽 영상 표시 장치는 통상적으로 음향 광학 변조기(AOM : Acousto-Optic Modulator)나 액정 패널의 공간 광변조기(SLM : Spatial Light Modulator)를 이용하여 3차원 영상을 표시한다.

[0007] 하지만 상기 음향 광학 변조기는 근원적으로 선형 홀로그램을 표시하므로, 수평시차(horizontal parallax)만 줄 수 있는 한계가 있으며, 수직거울(vertical mirror)과 폴리곤거울(polygon mirror) 등을 이용하는 기계식이기 때문에 구조가 복잡하다.

[0008] 반면, 액정 패널의 공간 광변조기는 홀로그램의 정보량에 비해 액정 패널의 화소(pixel) 크기가 너무 크고 밀도도 낮아, 고해상도의 3차원 영상을 재생하기 어렵다. 또한, 시야각도 좁아서 액정 패널을 이용한 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 실용화나 상용화에 한계를 나타내고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는, 액정 패널의 화소를 더 작고 고밀도로 만들어야 하지만, 현재의 기술 수준으로는 이러한 액정 패널을 제조하는 것은 상당히 어려울 뿐만 아니라, 제조비용이 급격히 증가하는 문제가 발생한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 공간 광변조기의 해상도, 시야각 및 회절 효율이 향상되고 공간 광변조기를 통과하는 전체 광의 강도도 감소되지 않아 고품질의 3차원 영상을 표시할 수 있는 디지털 홀로그래픽 영상 표시장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 (1) 광원, (2) 격자 모양으로 배열된 다수의 화소를 가지며, 각 화소별로 상기 광원으로부터의 광의 강도를 공간적으로 변조하여 출력하는 공간 광변조기, (3) 상기 공간 광변조기 상에 구비되며, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력하는 위상 변이 마스크(Phase shift mask)를 포함하여 구성된다.

[0011] 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. 이때, 상기 제2 위상 변이 영역은 상기 공간 광변조기의 각 화소의 크기보다 작은 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 상기 제1 및 제2 위상 변이 영역은 단면이 원형, 다각형, 삼각과 및 정현파(Sinusoidal) 중 어느 하나의 형상으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0013] 특히, 상기 제2 위상 변이 영역은 상기 공간 광변조기의 각 화소 상에 다수가 배치되도록 형성되는 것이 바람직하며, 공간 광변조기의 각 화소에 대해 n 행 $\times$ m 열(단, n 과 m 은 자연수)로 형성되는 것이 바람직하다.

[0014] 한편, 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 조절된다.

[0015] 즉, 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 이용하여 구할 수 있다.

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

[0017] (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)

[0018] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치의 제1실시예로서, 상기 위상 변이 마스크는 다수의 개구부를 구비하며 제1투명물질로 이루어진 제1투명층을 포함하여 구성될 수 있다.

[0019] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치의 제2실시예로서, 상기 위상 변이 마스크는 상기 개구부에 제2투명물질로 이루어진 제2투명층을 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0020] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치의 제3실시예로서, 상기 위상 변이 마스크는 상부에 다수의 제1양각부를 구비하며 제3투명물질로 이루어진 제3투명층을 포함하여 구성될 수 있다.

[0021] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치의 제4실시예로서, 상기 위상 변이 마스크는 상부에 다수의 제2음각부를 구비하며 제4투명물질로 이루어진 제4투명층을 포함하여 구성될 수 있다.

[0022] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치의 제5실시예로서, 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.

[0023] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치의 제6실시예로서, 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.

[0024] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치의 제7실시예로서, 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. 이때, 상기 제1전극구조체와 제2전극구조체는 서로 대칭되도록 각 전극이 배치되는 것이 바람직하다.

[0025] 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.

[0026] 또한, 제1전극구조체 및 제2전극구조체는 펄스 형상의 인터디지탈(interdigital) 전극 구조로 형성될 수 있다.

[0027] 한편, 상기 액정층의 두께(d_{LC})는 다음의 식을 이용해 구해진다.

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

[0028]

[0029] (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))

발명의 효과

[0030] 상기와 같이 구성되는 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 공간 광 변조기에 위상 변이 마스크를 배치함으로써, (1) 공간 광 변조기의 각 화소의 크기를 줄이거나 여러 개의 화소를 묶어서 처리할 필요 없이 1차 또는 고차 회절광의 강도와 시야각을 개선할 수 있고, (2) 공간 광변조기를 통과하는 전체 광의 강도를 감소시키지 않아 고해상도의 3차원 홀로그램 영상을 표시할 수 있을 뿐만 아니라, (3) 공간 광 변조기를 이용하는 디지털 홀로그래픽 3차원 영상 표시장치에서 미세 화소를 구현하기 위한 기술적인 문제나 제조비용의 증가에 따른 문제를 용이하게 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 공간 광 변조기에서 화소의 크기에 따른 회절광의 강도를 나타내는 그래프.

도 2(a),(b)는 공간 광 변조기에서 2개의 화소를 하나의 화소 단위로 처리했을 때 화소간의 거리를 조절함에 따라 회절광의 강도를 나타내는 그래프.

도 3(a),(b)는 메시막이 배치된 공간 광 변조기의 구조를 나타내는 평면도 및 일측면도.

도 4는 본 발명의 실시예에 따라 위상 변이 마스크가 배치된 공간 광 변조기의 구조를 나타내는 일측면도.

도 5는 본 발명의 실시예에 따라 공간 광 변조기의 한 화소 상의 배치된 위상 변이 마스크의 구성을 나타내는 평면도.

도 6(a),(b)는 본 발명의 제1실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 7(a),(b)는 본 발명의 제2실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 8(a),(b)는 본 발명의 제3실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 9(a),(b)는 본 발명의 제4실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 10(a),(b)는 본 발명의 제5실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 11(a),(b)는 본 발명의 제6실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 사시도 및 일측단면도.

도 12는 본 발명의 제7실시예에 따른 위상 변이 마스크의 구조를 나타내는 일측면도.

도 13 및 도 14는 본 발명의 제7실시예에 따른 위상 변이 마스크의 제1 및 제2전극구조체의 구조를 나타내는 사시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하도록 한다.

[0035] 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 광원의 강도를 공간적으로 변조하여 출력시키는 공간 광변조기(Spatial Light Modulator)를 이용하여 홀로그래픽 3차원 영상을 표시한다. 즉, 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 CCD, CMOS 등의 기록매체에 기록된 홀로그램의 간섭 패턴을 공간 광변조기(Spatial Light Modulator)에 재생하고, 간섭 패턴이 재생된 공간 광변기에 광원을 조사함으로써 3차원 홀로그래픽 영상을 복원한다. 이때, 공간 광변조기는 격자 모양으로 배열된 다수의 화소를 갖는 액정 패널로 구성될 수 있으며, 액정 패널은 반사 모드 방식 또는 투과 모드 방식으로 구동될 수 있다.

[0036] 이하, 액정 패널의 공간 광변조기의 특성에 대해서 상세히 설명하도록 한다.

[0037] 공간 광변조기의 각 화소를 통해서 나오는 광은 직진하는 빔(beam)과 화소의 가장자리에서 회절하는 빔으로 구성된다. 이들 중에서, 0차 회절광(zeroth order diffraction light)은 주로 직진하는 광으로 이루어지므로, 3차원 홀로그래픽 영상을 구현하는 데에 적합하지 않다. 한편, 고차(higher order) 회절광은 차수가 증가함에 따라 그 강도가 지수적으로 감소하기 때문에, 일반적으로는 상대적으로 강도가 높은 1차 회절광이 3차원 홀로그래픽 영상 표시를 위해 활용된다.

[0038] 통상, 단일 화소로 형성된 회절 패턴 중에서 1차 회절광 강도는 0차 회절광의 강도의 5% 이내이다. 이것은 공간 광변조기의 각 화소를 이용하여 홀로그램을 형성할 경우에 에너지 손실이 매우 크다는 것을 나타낸다. 결과적으로, 밝기가 높은 홀로그램의 이미지를 얻기가 매우 어렵게 된다. 이를 해결하기 위해서는 0차 회절광의 강도를 줄이고 1차 또는 고차 회절광의 강도를 높여야 한다.

[0039] 도 1에 화소의 크기에 따른 회절광의 강도를 나타내었다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 화소의 크기를 광의 파장(λ)에 가까운 정도로 줄인다면, 회절 특성을 향상시킬 수 있다. 그러나 이와 같은 수준으로 액정 패널에서 화소의 크기를 감소시키는 것은 현실적으로 매우 어려울 뿐만 아니라, 화소의 크기에 반비례해서 공간 광변조기의 제조비용이 급격히 증가하는 문제점이 있다.

[0040] 회절 특성을 개선하기 위한 다른 방법으로서, 각 화소의 크기는 변경하지 않고, 여러 개의 화소를 묶어 하나의 화소 단위로 사용할 수 있다. 이러한 경우의 일례로서, 도 2에 2개의 화소를 하나의 화소 단위로 처리했을 때의 회절광의 강도를 나타내었다. d는 화소(pixel)의 크기이고, h는 두 화소의 중심 간의 거리이고, λ 는 광의 파장을 나타낸다.

[0041] 도 2에 나타낸 바와 같이, 2개의 화소를 하나의 화소 단위로 하면 1차 회절광의 강도가 상당히 증가한다는 것을 알 수 있다. 또한, 도 2(a)와 2(b)를 비교해 보면, 화소간의 거리(h)가 증가할수록 1차 회절광의 강도가 더 증가하는 것도 알 수 있다.

- [0042] 그러나 공간 광변조기에서 단위 면적당 화소의 개수는 정해져 있으므로, 도 2와 같이 여러 개의 화소를 하나의 단위로서 사용할 경우, 1차 회절광의 강도는 높일 수 있으나, 1차 회절광의 각도 위치가 적어져 시야각이 좁아지고, 정보의 밀도는 낮아지게 되어 고해상도의 3차원 영상을 구현하기가 곤란하다. 이를 해결하기 위해, 도 3에 도시된 바와 같이, 공간 광변조기에 다수의 개구부를 구비한 메시막(mesh film)을 부가할 수 있다. 즉, 공간 광변조기의 각 화소에 메시막을 배치함으로써 1차 회절광의 강도를 증가시키고 시야각을 향상시킬 수 있다. 하지만, 이 경우에는 메시막에 의해 차단되는 광으로 인해 공간 광변조기를 거쳐 메시막을 통과하는 전체 광의 강도가 감소하게 되어, 재생되는 3차원 홀로그래픽 영상의 품질이 떨어진다.
- [0043] 따라서, 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는, 도 4에 도시된 바와 같이, 공간 광변조기(100) 상에 마련된 위상 변이 마스크(Phase shift mask)(200)를 이용한다. 즉, 위상 변이 마스크(200)는 상기 메시막을 대체하여 구비되는 필터로서, 광원에서 발생하여 공간 광변조기(100)를 통과하는 광을 투과시키되, 투과되는 광의 위상을 변조하여 출력한다.
- [0044] 도 5(a),(b)는 상기 공간 광 변조기(100)의 한 화소 상의 배치된 위상 변이 마스크(200)를 상부에서 바라본 평면도(이하, 공간 광변조기(100)를 통과한 광이 위상 변이 마스크(200)로 입력되는 부분을 "하부"라 하고, 위상 변이 마스크(200)에서 출력되는 부분을 "상부"라 함)를 나타낸다.
- [0045] 즉, 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 5(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.
- [0046] 구체적으로, 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 1개의 위상 변이 마스크(200)가 공간 광변조기(100) 상에 배치(이하, "제1배치"라고 함)될 수 있고, 공간 광변조기(100)의 각 화소 마다 1개의 위상 변이 마스크(200)가 배치(이하, "제2배치"라고 함)될 수도 있다. 상기 제1 및 제2 배치 중 어느 경우에 있어서도, 도 5 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 위상 변이 마스크(200)는 공간 광변조기(100)의 각 화소 상에 다수의 제2 위상 변이 영역(202)이 배치되도록 형성되는 것이 바람직하다. 이를 위해, 상기 제2 위상 변이 영역(202)의 크기, 즉 단면(이하, 상부 또는 하부에서 바라본 면을 "단면"이라 함)은 상기 공간 광변조기(100)의 각 화소의 크기, 즉 단면보다 작게 형성되어야 한다.
- [0047] 상기 제1 위상 변이 영역(201)과 상기 제2 위상 변이 영역(202)은 공간 광변조기(100)를 통과한 광을 투과시키면서 위상을 변조하는 것과 동시에 회절시키는 역할을 한다. 특히, 상기 제2 위상 변이 영역(202)은 상기 메시막의 개구부와 같이 1차 회절광의 강도를 증가시키고 시야각을 향상시키는 역할을 한다. 따라서, 공간 광변조기(100)의 각 화소당 배치된 제2 위상 변이 영역(202)의 크기, 모양 및 갯수에 따라 투과되는 광의 회절 특성 및 시야각이 조절된다.
- [0048] 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 부분 이외의 나머지 영역에 마련된다. 즉, 투명한 재질의 층에 형성된 음각부, 양각부 및 개구부와 이들이 형성되지 않은 나머지 투명한 재질의 층에서는 광이 서로 다른 위상으로 변조되어 출력되면서 회절하게 된다. 이에 따라, 상기 위상 변이 마스크(200)에 의해서 차단되는 광이 없으므로, 본 발명에 따른 위상 변이 마스크를 이용하는 디지털 홀로그래픽 영상 표시 장치는 고품질의 3차원 홀로그래픽 영상을 표시할 수 있게 된다.
- [0049] 상기 제2 위상 변이 영역(202)은, 도 5(a)에 도시된 바와 같이, 그 단면이 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 5(b)에 도시된 바와 같이, 단면이 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 수 있으며, 그 외에 삼각파 펄스 형상으로 형성될 수도 있다. 또한, 보다 효율적인 배치를 위해, 상기 제2 위상 변이 영역(202)은 공간 광변조기(100)의 각 화소 상에 n 행 $\times m$ 열(단, n 과 m 은 자연수)로 배치될 수 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.
- [0050] 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 변

이 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 광의 강도 감소 방지 및 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.

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

도 6(a), (b)는 본 발명의 제1실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 6(b)는 도 6(a)에서 A-A' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

먼저, 제1실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 다수의 개구부(211)를 구비하며 제1투명물질로 이루어진 제1투명층(210)을 포함하여 구성될 수 있다. 이에 따라, 공간 광변조기(100)를 통과한 광은 상기 제1투명층(210)을 차례로 투과한다. 이때, 상기 개구부(211)는 바로 공기로 노출되므로, 상기 개구부(211)를 통과하는 광은 상기 개구부(211)의 공기로 인해 위상이 변조되어 출력되면서 회절하게 되고, 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.

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

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

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

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.

도 7(a),(b)는 본 발명의 제2실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 7(b)는 도 7(a)에서 B-B' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

본 발명의 제2실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 7에 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, 공간 광변조기(100)를 통과한 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.

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

상기 제1투명층(210)과 제2투명층(220)은 그 단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제1투명층(210)과 제2투명층(220)은 그 단면이 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.

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)을 이용하여 구할 수 있다.

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

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.

도 8(a),(b)는 본 발명의 제3실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 8(b)는 도 8(a)에서 C-C' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

또한, 본 발명의 제3실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 8에 도시된 바와 같이, 상부에 양각 형상으로 돌출된 다수의 제1양각부(231)를 구비하며 제3투명물질로 이루어진 제3투명층(230)을 포함하여 구성될 수 있다. 이에 따라, 공간 광변조기(100)를 통과한 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)에

서 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.

[0072]

상기 제1양각부(231)와 상기 제1양각부(231) 외의 영역은 그 단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제1양각부(231)와 상기 제1양각부(231) 외의 영역은 그 단면이 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.

[0073]

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

[0074]

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

[0075]

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.

[0076]

도 9(a),(b)는 본 발명의 제4실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 9(b)는 도 9(a)에서 D-D' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0077]

본 발명의 제4실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 9에 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, 공간 광변조기(100)를 통과한 광은 상기 제4투명층(240)을 투과하며, 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.

[0078]

상기 제1음각부(241)와 상기 제1음각부(241) 외의 영역은 그 단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제1음각부(241)와 상기 제1음각부(241) 외의 영역은 그 단면이 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.

[0079]

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

[0080]

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

[0081]

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.

[0082] 도 10(a),(b)는 본 발명의 제5실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 10(b)는 도 10(a)에서 E-E' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0083] 본 발명의 제5실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 10에 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, 공간 광변조기(100)를 통과한 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.

[0084] 특히, 상기 제5투명물질과 제6투명물질은 서로 다른 물질인 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2양각부(251)와 상기 제6투명층(260)의 두께는 같거나 다를 수 있다.

[0085] 상기 제2양각부(251)와 상기 양각부(251) 외의 영역은 그 단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2양각부(251)와 상기 양각부(251) 외의 영역은 그 단면이 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.

[0086] 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.

$$|\Delta d_{56}| = \frac{m\lambda - d_6 |n_5 - n_6|}{n_5} \quad \dots \text{식 (6)}$$

[0087]

[0088] 상기 식 (6)에서 m은 자연수, λ 는 광의 파장, n_5 는 제5투명물질에서의 광의 굴절률, n_6 는 제6투명물질에서의 광의 굴절률을 각각 나타낸다.

[0089] 도 11(a),(b)는 본 발명의 제6실시예에 따른 위상 변이 마스크(200)의 구조를 나타내는 도면으로서, 특히 도 11(b)는 도 11(a)에서 F-F' 사이의 점선을 따라 자른 일측 단면도를 나타낸다.

[0090] 본 발명의 제6실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 11에 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, 공간 광변조기(100)를 통과한 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.

[0091] 특히, 상기 제7투명물질과 제8투명물질은 서로 다른 물질인 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2음각부(271)와 상기 제8투명층(280)의 두께는 같거나 다를 수 있다.

[0092] 상기 제2음각부(271)와 상기 제2음각부(271) 외의 영역은 그 단면이 원형 및 다각형 형상의 형성될 수 있으며, 사각형 형상으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제2음각부(271)와 상기 제2음각부(271) 외의 영역은 그 단면이 삼각파 및 정현파(Sinusoidal)의 펄스 형상으로 형성될 수 있다. 특히 정현파(Sinusoidal) 형상으로 형성될 경우, 1차 회절 광의 세기는 더욱 증가하고, 회절되지 않는 직접광의 강도는 0으로 감소하여, 전체 회절광의 강도가 더욱 향상된다.

[0093] 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.

$$|\Delta d_{78}| = \frac{m\lambda - d_8 |n_7 - n_8|}{n_7} \quad \dots \text{식 (7)}$$

[0095] 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.

[0096] 또한, 본 발명의 제7실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 12에 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 제2전극구조체(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.

[0097] 구체적으로, 상기 제1전극구조체(20)와 제2전극구조체(40)는, 도 13에 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.

[0098] 또한, 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)는, 도 14에 도시된 바와 같이, 펄스 형상의 인터디지털(interdigital) 전극 구조로 형성될 수도 있다. 상기 펄스의 형상은 삼각파, 구형파, 정현파 등 다양하게 형성될 수 있다.

[0099] 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.

[0100] 구체적으로, 본 발명의 제7실시예에 따른 상기 위상 변이 마스크(200)는, 도 12에 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 변조시킨다. 즉, 상기 제1전극구조체(20) 및 제2전극구조체(40)의 모양과 이에 인가되는 전압의 크기에 따라 변조되는 광의 위상은 달라진다.

[0101] 또한, 상기 액정층(260)의 두께(d_{LC})는 아래의 식 (8)을 이용하여 구할 수 있다.

$$d_{IC} = \frac{m\lambda}{|n_{IC1} - n_{IC2}|} \quad \dots \text{식 (8)}$$

상기 식 (8)에서 m 은 자연수, λ 는 광의 파장, n_{IC1} 은 액정층의 정상굴절률(ordinary refractive index), n_{IC2} 는 액정층의 이상굴절률(extraordinary refractive index)을 각각 나타낸다.

한편, 상기 제1실시에 내지 제7실시에 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.

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.

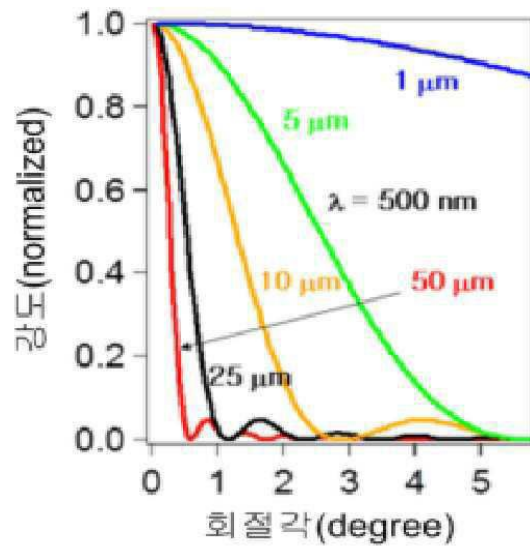
이상과 같이 본 발명을 도면에 도시한 실시예를 참고하여 설명하였으나, 이는 발명을 설명하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 발명의 상세한 설명으로부터 다양한 변형 또는 균등한 실시예가 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 권리범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 결정되어야 한다.

부호의 설명

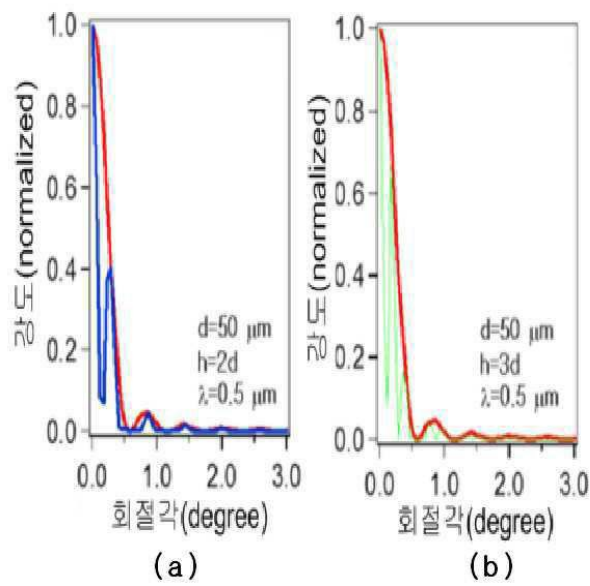
10 : 제9투명층	20 : 제1전극구조체
21, 41 : 제1전극체	21a, 22a, 41a, 42a : 버스 전극
21b, 22b, 41b, 42b : 핑거 전극	22, 42 : 제2전극체
40 : 제2전극구조체	50 : 제10투명층
100 : 공간 광변조기	200 : 위상 변이 마스크
210 : 제1투명층	211 : 개구부
220 : 제2투명층	230 : 제3투명층
231 : 제1양각부	240 : 제4투명층
241 : 제1음각부	250 : 제5투명층
251 : 제2양각부	260 : 제6투명층
270 : 제7투명층	271 : 제2음각부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

도면

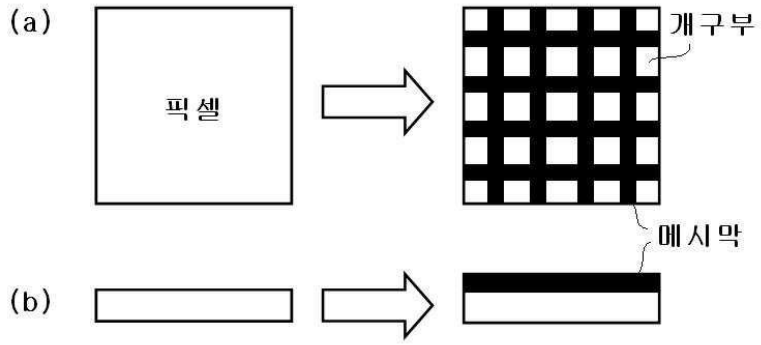
도면1



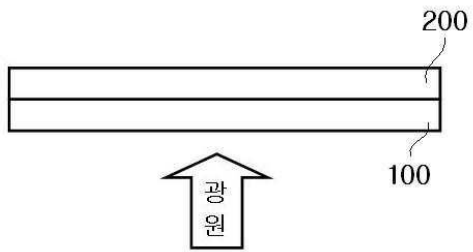
도면2



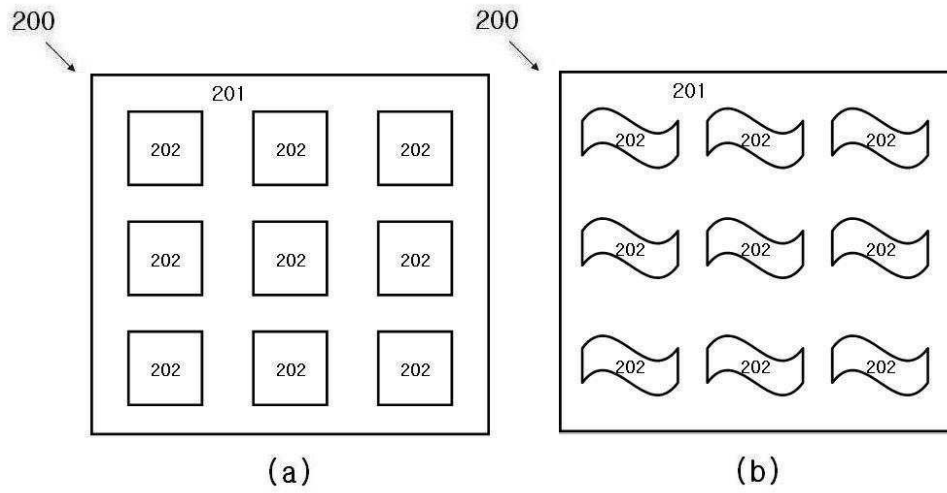
도면3



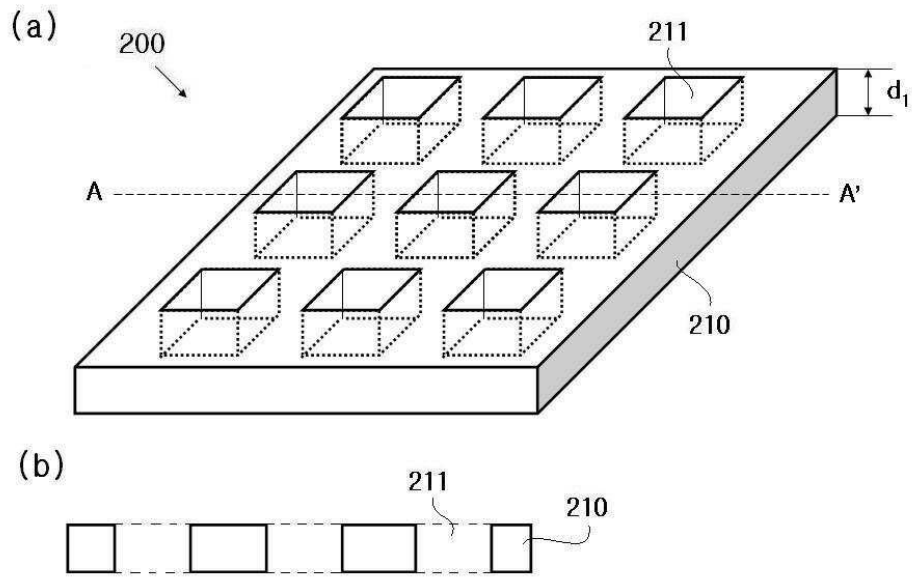
도면4



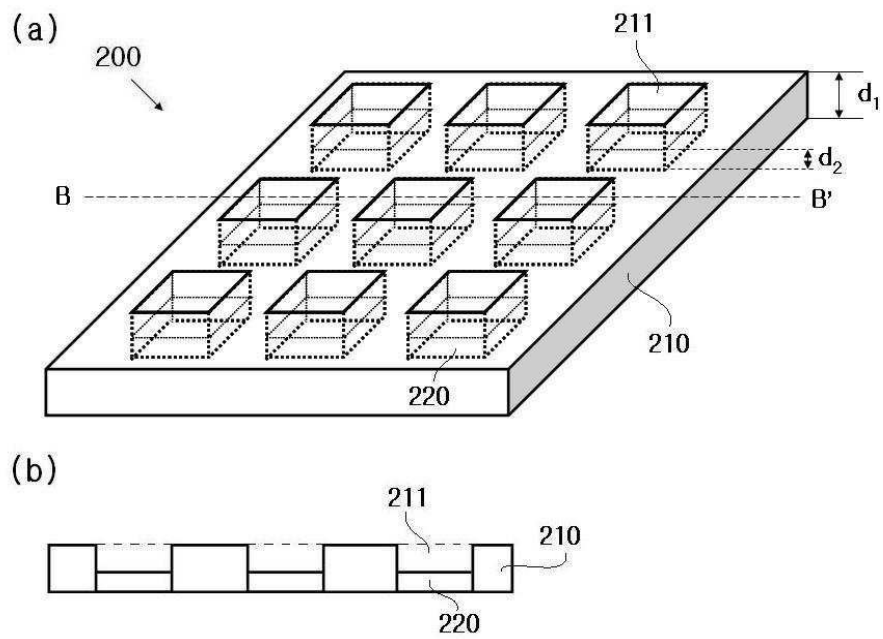
도면5



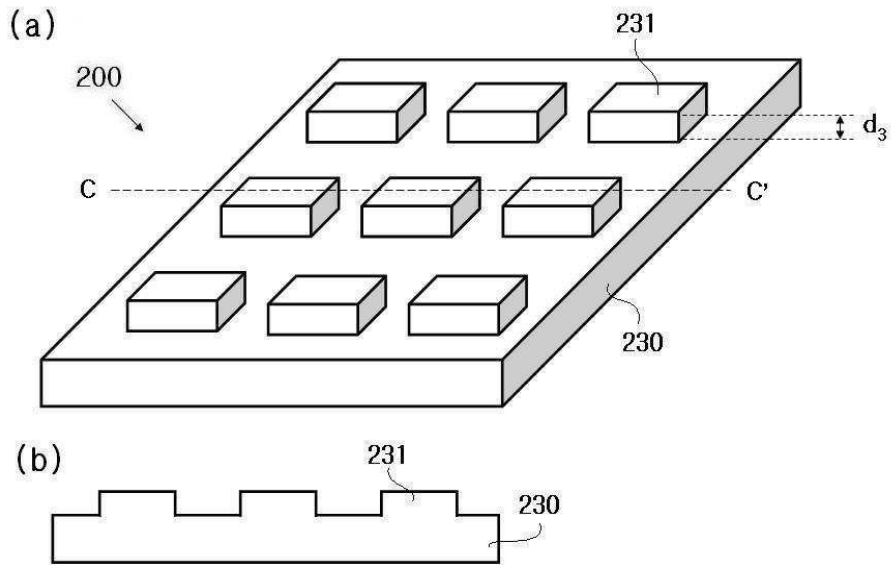
도면6



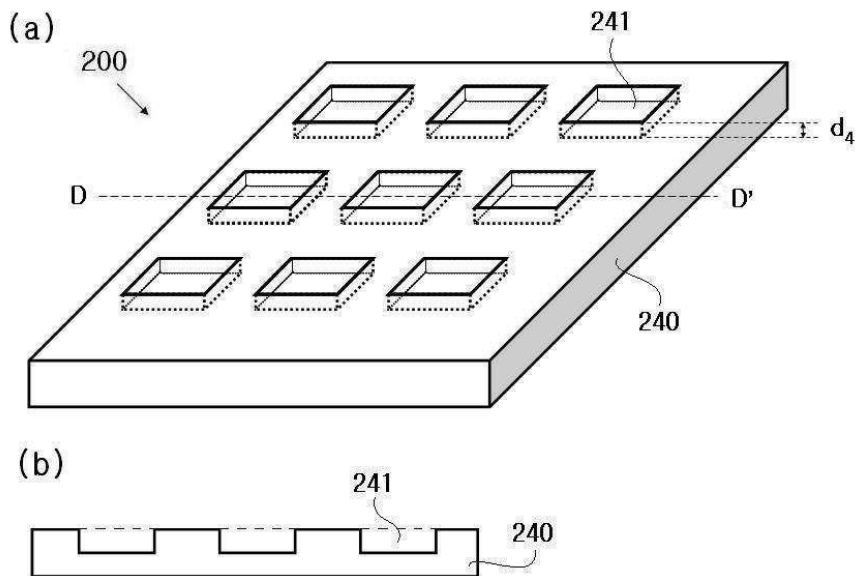
도면7



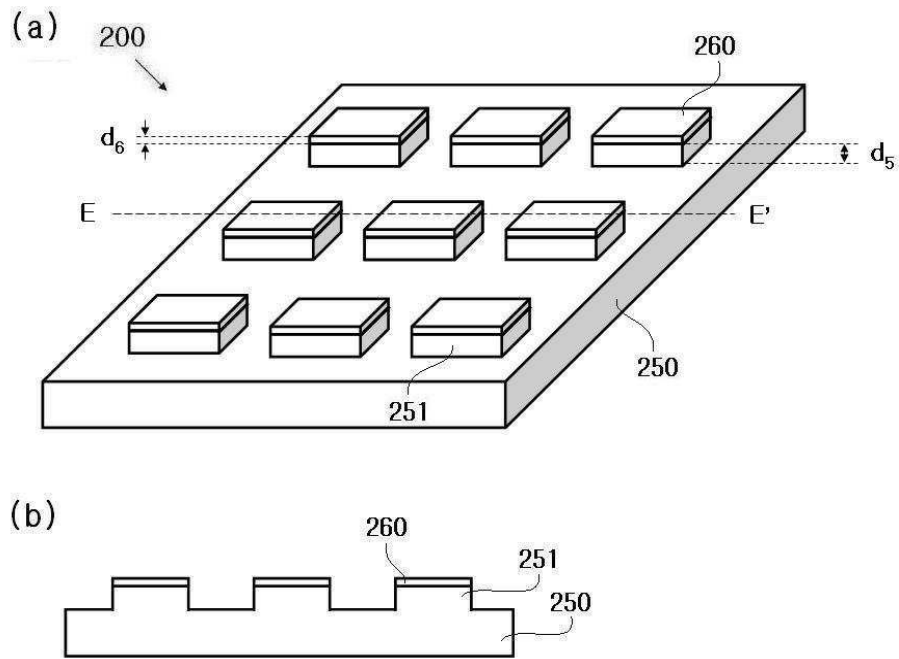
도면8



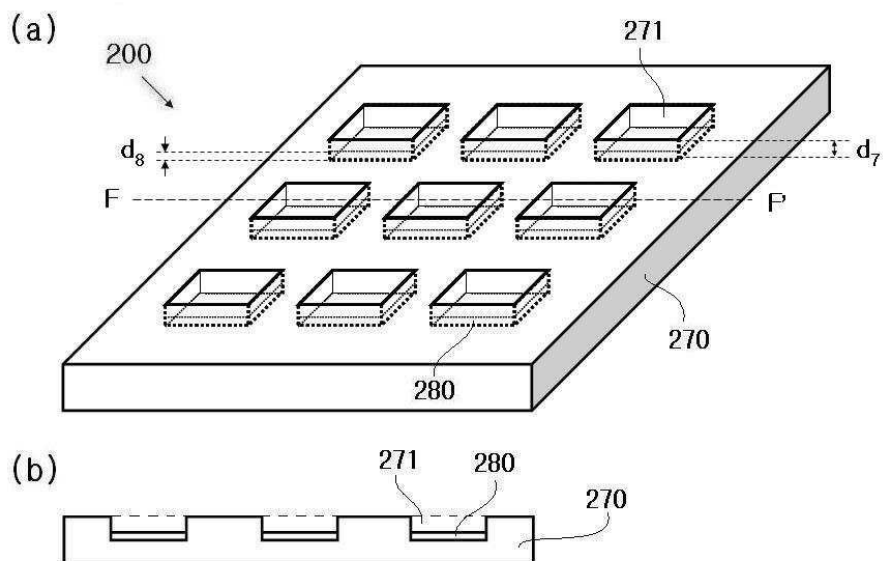
도면9



도면10



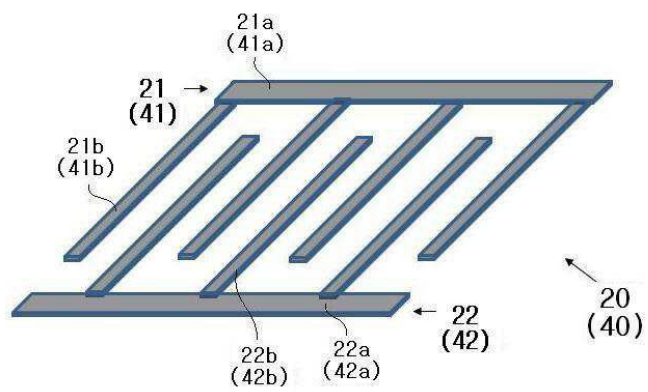
도면11



도면12



도면13



도면14

