



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월16일
(11) 등록번호 10-2216174
(24) 등록일자 2021년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 3/00 (2006.01) G02B 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 3/0062 (2013.01)
G02B 3/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0097433
(22) 출원일자 2019년08월09일
심사청구일자 2019년08월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR101934818 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
전성찬
서울특별시 종로구 진흥로 438-10, 2동 401호 (구기동, 동진스위트빌라)
강정섭
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
윤병국, 이영규

전체 청구항 수 : 총 12 항

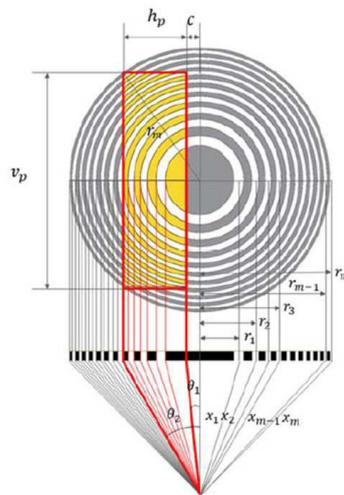
심사관 : 경천수

(54) 발명의 명칭 디스플레이 장치용 초박막 픽셀 렌즈

(57) 요약

개시되는 발명은 사각형의 투명 기관; 및 상기 투명 기관의 일면에 형성된 복수의 띠 형태의 패턴으로서, 입사하는 광의 반 파장($\lambda/2$)의 짝수 배에 해당하는 거리마다 형성되는 프레넬 띠;를 포함하는 서브 픽셀 렌즈로서, 상기 서브 픽셀 렌즈의 크기는 디스플레이 장치의 서브 픽셀의 크기에 대응하고, 상기 프레넬 띠에 의해 회절하여 출사하는 상기 광의 초점은 상기 서브 픽셀 렌즈의 바깥으로 편향되어 있는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

이길호

서울특별시 동작구 여의대방로 22, 2동 1702호 (신대방동, 우성아파트)

서영호

서울특별시 서대문구 연희로5길 14, 1007호 (연희동, 연희자이엘라)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020000029247 A*

US20070287073 A1*

EP01804091 A2

WO2013008641 A1

JP2013235256 A

JP2012505430 A

JP2010507824 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

사각형의 투명 기관; 및

상기 투명 기관의 일면에 형성된 복수의 띠 형태의 패턴으로서, 입사하는 광의 반 파장($\lambda/2$)의 짝수 배에 해당하는 거리마다 형성되는 프레넬 띠;를 포함하는 서브 픽셀 렌즈로서,

상기 서브 픽셀 렌즈의 크기는 디스플레이 장치의 서브 픽셀의 크기에 대응함과 함께 상기 프레넬 띠에 의해 회절하여 출사하는 상기 광의 초점은 상기 서브 픽셀 렌즈의 바깥으로 편향되도록,

상기 프레넬 띠는 좌우 대칭의 프레넬 띠판에 대해, 상기 초점에 대한 상기 서브 픽셀의 시야각($\theta_1 \sim \theta_2$) 및 상기 서브 픽셀의 크기에 대응하는 영역을 절개한 형태에 대응하는 것을 특징으로 하는 서브 픽셀 렌즈.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프레넬 띠는 복수의 그래핀 층을 적층하여 형성하는 것을 특징으로 하는 서브 픽셀 렌즈.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프레넬 띠 사이의 간격은 아래의 식 (1)에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 서브 픽셀 렌즈.

$$r_m = \sqrt{2\lambda f \left(m - \frac{\Delta\phi}{\pi}\right)}, \quad m\lambda \ll f, \quad \Delta\phi = 2\pi t \Delta n / \lambda \quad \dots \text{식 (1)}$$

{여기서, r_m 은 상기 초점에 대한 m 번째 프레넬 띠까지의 수평 거리(m 은 자연수), λ 는 상기 광의 파장, f 는 초점 거리, $\Delta\phi$ 는 위상차, t 는 상기 서브 픽셀 렌즈의 두께, Δn 은 상기 서브 픽셀 렌즈의 굴절률임}

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 프레넬 띠는 원호 형상이거나, 또는 직선 형상인 것을 특징으로 하는 서브 픽셀 렌즈.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 프레넬 띠판의 좌우 대칭축을 기준으로 하여 좌측 또는 우측 절반 영역 중의 어느 하나의 영역에 대해 상기 프레넬 띠의 형태가 대응하는 것을 특징으로 하는 서브 픽셀 렌즈.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 프레넬 띠는 페르미 레벨의 변경이 가능한 재질로 형성되고, 상기 복수의 프레넬 띠에 대해 교번으로 공통 전압과 구동전압을 인가함으로써 상기 프레넬 띠의 광 투과율을 변경할 수 있는 것을 특징으로 하는 서브 픽셀 렌즈.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 프레넬 띠의 광 투과율을 증가시킴으로써 상기 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리를 증가시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 서브 픽셀 렌즈.

청구항 9

제1항 내지 제4항, 제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 서브 픽셀 렌즈를 포함하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈로서,

상기 디스플레이 장치의 픽셀은 RGB 서브 픽셀의 3개 서브 픽셀로 이루어지면서 상기 서브 픽셀 렌즈는 각 서브 픽셀마다 하나씩 구비되고,

상기 서브 픽셀 렌즈는 RGB 서브 픽셀에서 출사되는 각 광의 파장에 맞춰 동일한 초점 거리를 이루도록 상기 프레넬 띠의 간격이 설계되며,

상기 디스플레이 장치의 좌우 방향을 따라 상기 서브 픽셀 렌즈에 의해 상기 초점이 편향되는 방향이 인접한 상기 픽셀마다 교대로 서로 반대방향을 향하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 프레넬 띠는 페르미 레벨의 변경이 가능한 재질로 형성되고, 상기 복수의 프레넬 띠에 대해 교번으로 공통 전압과 구동 전압을 인가하여 상기 프레넬 띠의 광 투과율을 변경함으로써 상기 픽셀별로 초점 거리를 변경할 수 있는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 프레넬 띠의 광 투과율을 증가시킴으로써 상기 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리를 증가시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리의 변경을 통해 상기 디스플레이 장치의 시야각을 변경하거나, 또는 2D 영상과 3D 영상 사이의 변환이 가능한 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 프레넬 띠판의 좌우 대칭축을 기준으로 하여 좌측 절반 영역과 우측 절반 영역에 각각 대응하는 형태의 서브 픽셀 렌즈가 인접한 상기 픽셀마다 교대로 배열되는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 디스플레이 장치용 초박막 픽셀 렌즈에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 디스플레이 장치의 픽셀 별로 시야각을 두 방향 이상으로 분리함으로써 멀티 뷰 디스플레이, 무안경 3D 디스플레이, 모니터 보안 디스플레이 등을 가능케 하는 초박막 픽셀 렌즈에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 디스플레이 장치는 시각 정보를 제공하는 장치로서 매우 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 대체로 대면적, 고 화질, 경량 박형을 추구하는 방향으로 기술이 개발되고 있다. 또한, 디스플레이 장치 자체에 부가 기능을 부여

하는 기술에 대한 관심도 많은데, 예를 들면 휘어지는 플렉시블 디스플레이 장치도 근래 실용화 단계에 들어서고 있다.

- [0003] 특수한 기능을 가진 디스플레이 장치의 하나로서 멀티 뷰 디스플레이나 무안경 3D 디스플레이도 소개되고 있다. 멀티 뷰 디스플레이는 시야각에 따라 서로 다른 영상을 보게 되는 디스플레이 장치를 말한다. 예를 들면, 차량의 센터패시아에 배치된 모니터가 운전자에게는 내비게이션 화면을 보여주고 조수석의 동반자에게는 TV 화면을 각각 보여주거나, 광고판의 디스플레이 장치가 보행자가 보는 방향에 따라 각기 다른 화면을 보여주는 것 등이 멀티 뷰 디스플레이의 활용례로 들 수 있다. 그리고, 무안경 3D 디스플레이는 편광안경을 쓰지 않고도 3차원 입체 영상을 볼 수 있는 장치를 말한다.
- [0004] 멀티 뷰 디스플레이나 무안경 3D 디스플레이의 공통점은 디스플레이 화면을 구성하는 픽셀이 좌우방향을 따라 하나씩 교대로 서로 다른 영상을 좌우로 분리된 서로 다른 초점에 맞춰 출력한다는 것이다. 멀티 뷰 디스플레이는 완전히 다른 영상을 좌우로 나누어 출력하고, 무안경 3D 디스플레이는 3차원 입체감을 느끼도록 좌안용과 우안용의 영상을 좌우로 나누어 출력한다는 점에서, 분리하여 출력하는 영상의 내용과 초점거리에 차이가 있을 뿐 기본적인 원리에 있어서는 유사하다.
- [0005] 멀티 뷰 디스플레이 또는 무안경 3D 디스플레이를 구현하기 위한 설계로는 렌티큘러 렌즈(lenticular lens)와 패럴랙스 배리어(parallax barrier) 방식이 있다.
- [0006] 렌티큘러 렌즈는 여러 개의 반원통형 볼록 렌즈가 이어져 있는 구조로서, 투과율은 유지할 수 있으나 원하는 시야각에 대한 각도를 구현하기 위해 렌티큘러 렌즈가 두꺼워지면서 디스플레이 장치의 두께가 증가하게 되고, 빛의 파장에 따라 굴절률이 달라서 수차가 발생한다. 또한 고해상도로 갈수록 렌즈의 가공성이 어려워 구현하기가 어렵다.
- [0007] 패럴랙스 배리어 방식은 디스플레이 앞에 방벽을 두어 두 방향의 시야각을 만들어 내는 방식으로서, 시야각을 조절하기 위해 방벽을 특정 거리만큼 띄워야하고 원하는 시야각의 광경로만 남겨두고 나머지는 막아야 하기 때문에 투과율이 줄어든다. 또한, 시야각이 넓어질수록 거리가 멀어져서 디스플레이 장치의 두께가 증가하게 되지만, 방벽을 액정으로 만들면 방벽의 온/오프를 통해 2D와 3D 사이의 변환이 가능(Switchable parallax barrier)하다는 장점이 있기도 하다.
- [0008] 이처럼, 현재 소개된 기술로서는 만족할만한 수준의 멀티 뷰 디스플레이나 무안경 3D 디스플레이를 구현하기가 어려운 점이 있으며, 종래 기술이 가진 두께, 수차, 투과율 및 가공성 등의 한계를 극복할 수 있는 새로운 기술을 개발할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1870721호 (2018.06.19 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 멀티 뷰 디스플레이나 무안경 3D 디스플레이, 또는 모니터 보안 디스플레이 등과 같이 하나의 디스플레이 화면에서 2종류 이상의 서로 다른 영상을 각기 다른 시야각으로 출력할 수 있는 새로운 수단이며, 이를 종래 기술이 가진 두께, 수차, 투과율 및 가공성 등의 한계를 극복하여 제공하는 것에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명은 사각형의 투명 기관; 및 상기 투명 기관의 일면에 형성된 복수의 띠 형태의 패턴으로서, 입사하는 광의 반 파장($\lambda/2$)의 짝수 배에 해당하는 거리마다 형성되는 프레넬 띠;를 포함하는 서브 픽셀 렌즈로서, 상기 서브 픽셀 렌즈의 크기는 디스플레이 장치의 서브 픽셀의 크기에 대응하고, 상기 프레넬 띠에 의해 회절하여 출사하는 상기 광의 초점은 상기 서브 픽셀 렌즈의 바깥으로 편향되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 프레넬 띠는 복수의 그래핀 층을 적층하여 형성할 수 있다.

[0013] 그리고, 상기 프레넬 띠 사이의 간격은 아래의 식 (1)에 의해 결정될 수 있다.

[0014]
$$r_m = \sqrt{2\lambda f(m - \frac{\Delta\phi}{\pi})}, m\lambda \ll f, \Delta\phi = 2\pi t\Delta n/\lambda \dots \text{식 (1)}$$

[0015] {여기서, r_m 은 상기 초점에 대한 m 번째 프레넬 띠까지의 수평 거리(m 은 자연수), λ 는 상기 광의 파장, f 는 초점 거리, $\Delta\phi$ 는 위상차, t 는 상기 서브 픽셀 렌즈의 두께, Δn 은 상기 서브 픽셀 렌즈의 굴절률임}

[0016] 그리고, 상기 프레넬 띠는 원호 형상이거나, 또는 직선 형상일 수 있다.

[0017] 그리고, 상기 프레넬 띠는 좌우 대칭의 프레넬 띠판에 대해, 상기 초점에 대한 상기 서브 픽셀의 시야각($\theta_1 \sim \theta_2$) 및 상기 서브 픽셀의 크기에 대응하는 영역을 절개한 형태에 대응한다.

[0018] 또한, 상기 프레넬 띠판의 좌우 대칭축을 기준으로 하여 좌측 또는 우측 절반 영역 중의 어느 하나의 영역에 대해 상기 프레넬 띠의 형태가 대응한다.

[0019] 그리고, 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 프레넬 띠는 페르미 레벨의 변경이 가능한 재질로 형성되고, 상기 복수의 프레넬 띠에 대해 교번으로 공통전압과 구동전압을 인가함으로써 상기 프레넬 띠의 광 투과율을 변경할 수 있다.

[0020] 이에 따라, 상기 프레넬 띠의 광 투과율을 증가시킴으로써 상기 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리를 증가시킬 수 있다.

[0021] 한편, 본 발명은 상기와 같은 구성을 가진 서브 픽셀 렌즈를 포함하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈로서, 상기 디스플레이 장치의 픽셀은 RGB 서브 픽셀의 3개 서브 픽셀로 이루어지면서 상기 서브 픽셀 렌즈는 각 서브 픽셀마다 하나씩 구비되고, 상기 서브 픽셀 렌즈는 RGB 서브 픽셀에서 출사되는 각 광의 파장에 맞춰 동일한 초점 거리를 이루도록 상기 프레넬 띠의 간격이 설계되며, 상기 디스플레이 장치의 좌우 방향을 따라 상기 서브 픽셀 렌즈에 의해 상기 초점이 편향되는 방향이 인접한 상기 픽셀마다 교대로 서로 반대방향을 향하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈를 제공한다.

[0022] 여기서, 상기 프레넬 띠는 페르미 레벨의 변경이 가능한 재질로 형성되고, 상기 복수의 프레넬 띠에 대해 교번으로 공통 전압과 구동 전압을 인가하여 상기 프레넬 띠의 광 투과율을 변경함으로써 상기 픽셀별로 초점 거리를 변경할 수도 있다.

[0023] 이 경우, 상기 프레넬 띠의 광 투과율을 증가시킴으로써 상기 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리를 증가시킬 수 있으며, 이와 같은 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리의 변경을 통해 상기 디스플레이 장치의 시야각을 변경하거나, 또는 2D 영상과 3D 영상 사이의 변환이 가능하게 된다.

[0024] 그리고, 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈에 있어서, 상기 프레넬 띠는 좌우 대칭의 프레넬 띠판에 대해 상기 초점에 대한 상기 서브 픽셀의 시야각($\theta_1 \sim \theta_2$) 및 상기 서브 픽셀의 크기에 대응하는 영역을 절개한 형태에 대응하고, 상기 프레넬 띠판의 좌우 대칭축을 기준으로 하여 좌측 절반 영역과 우측 절반 영역에 각각 대응하는 형태의 서브 픽셀 렌즈가 인접한 상기 픽셀마다 교대로 배열되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0025] 상기와 같은 구성을 가진 본 발명의 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈는 나노 단위의 박막 구조로 구현되어 디스플레이 장치의 화면 위에 결합하기 때문에 디스플레이 장치의 두께에 미치는 영향이 거의 없다. 또한, 각각의 서브 픽셀의 파장을 기준으로 서브 픽셀 렌즈를 적용하기에 수차가 발생하지 않는다.

[0026] 그리고, 그래핀과 같은 전도성이 높은 재료로 프레넬 띠를 형성하면, 이 프레넬 띠를 터치 센서의 전극으로 활용할 수 있어 디스플레이 장치의 두께 증가에 더더욱 영향을 미치지 않도록 설계하는 것도 가능하다.

[0027] 나아가 프레넬 띠를 그래핀과 같이 페르미 레벨을 변경할 수 있는 재질로 형성하면, 복수의 프레넬 띠에 대해 교번으로 공통전압과 구동전압을 인가함으로써 프레넬 띠의 광 투과율을 변경할 수 있다. 증가한 광 투과율은 굴절률이 낮아지는 효과를 발생하고, 굴절률이 낮아진 만큼 초점 거리는 길어지게 되므로, 이를 활용하면 디스플레이 장치의 시야각을 조절하고, 무안경 3D 디스플레이의 경우라면 초점 거리를 변경함으로써 출력 영상을 2D와 3D 사이에서 자유롭게 변환할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명에 따른 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈를 활용하는 예를 도시한 도면.
- 도 2는 멀티 뷰 디스플레이를 대상으로 한 각 서브 픽셀의 시야각 및 초점 거리에 대한 기본 설계안에 대한 도면.
- 도 3은 도 2의 멀티 뷰 디스플레이에 대응하는 본 발명의 서브 픽셀 렌즈에 대한 설계안을 설명하는 도면.
- 도 4는 통상적인 프레넬 렌즈와 본 발명의 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리에 대한 비교 사진.
- 도 5는 투명 기판에 대해 복수의 그레핀 층을 적층하여 프레넬 띠를 형성하는 일련의 과정을 도시한 도면.
- 도 6은 도 3의 서브 픽셀 렌즈에 대한 설계안을 바탕으로 한 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈의 일례를 도시한 도면.
- 도 7은 페르미 레벨의 변경이 가능한 재질로 형성된 프레넬 띠에 대해 전압을 인가하여 서브 픽셀 렌즈의 초점 거리를 변화시키는 구성을 설명하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예를 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0030] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이때, 첨부된 도면에서 동일한 구성 요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의한다. 또한, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다. 마찬가지로 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다.
- [0032] 도 1은 본 발명에 따른 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈(1000)를 활용하는 예를 도시한 도면이다. 도시된 것처럼, 멀티 뷰 디스플레이와 무안경 3D 디스플레이, 모니터 보안 디스플레이는 디스플레이 화면이 좌우방향(이하의 설명에서도, 관찰자의 시점을 기준으로 삼아 수평방향을 좌우방향이라 표현함)을 따라 동일하거나 서로 다른 영상을 교차 출력한다는 점에서 동일하며, 단지 각 디스플레이의 목적 내지 기능에 따라 적정 초점 거리가 다르다는 것에 차이가 있다.
- [0033] 예컨대, 무안경 3D 디스플레이라면 1인 관찰자의 좌안과 우안에 맞춰 짧은 초점 거리에서 입체 효과가 나타나는 것이고, 멀티 뷰 디스플레이라면 상대적으로 더 먼 거리에서 복수의 관찰자가 해당 영상을 볼 수 있다는 점이 다른 것이다. 따라서, 본 발명의 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈(1000)는 해당 디스플레이의 목적에 부합하는 적절한 초점 거리를 갖도록 설계됨으로써 다양한 용도로 사용될 수 있으며, 이하에서는 멀티 뷰 디스플레이를 예로 들어 본 발명에 대해 상세히 설명한다.
- [0034] 도 2는 멀티 뷰 디스플레이를 위한 각 서브 픽셀(SP)의 시야각 및 초점 거리에 대한 기본 설계안에 대한 도면이다. 아이폰 6의 디스플레이를 대상으로 하였으며, 각 서브 픽셀(SP)의 사이즈는 가로×세로가 26 μm ×78 μm 이고, 멀티 뷰 디스플레이를 위한 시야각($\theta_1 \sim \theta_2$)은 12° ~ 29°의 사양을 가지고 있다. 이런 조건에서 초점 거리(f)는 75.68 μm 로 계산된다.
- [0035] 위와 같은 디스플레이 장치(DP)의 서브 픽셀(SP) 사양 및 초점 거리(f)에 맞춰 본 발명의 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈(1000)를 설계하는 것은 도 3에 도시되어 있는데, 그 설계안은 각 RGB 서브 픽셀(SP)에 맞는 서브 픽셀 렌즈(10)의 구성에 기반한다.
- [0036] 도 3은 통상적인 링 타입 프레넬 띠판(Fresnel Zone Plates)의 구성과 본 발명의 서브 픽셀 렌즈(10)의 구성에 대한 상관관계를 일목요연하게 보여준다.

[0037] 프레넬 띠판은 렌즈나 곡면거울이 각각 굴절과 반사를 이용하여 광을 집중시키는 것과는 다르게 회절을 이용하여 광을 집중시키는 방식이다. 프레넬 띠(200)의 패턴은 입사하는 광의 반 파장($\lambda/2$) 간격으로 설계하며, 이에 따라 반 파장($\lambda/2$)의 홀수 배에서는 보강 간섭이 일어나고 반 파장($\lambda/2$)의 짝수 배에서는 상쇄 간섭이 일어나게 된다. 따라서, 상쇄 간섭이 일어나는 반 파장($\lambda/2$)의 짝수 배 간격마다 프레넬 띠(200)의 패턴을 형성함으로써 프레넬 띠(200) 사이의 열린 영역을 통해 보강 간섭이 일어난 회절광을 집중하게 된다.

[0038] 이러한 프레넬 띠(200) 사이의 간격은 아래의 식 (1)에 의해 결정될 수 있다.

[0039]
$$r_m = \sqrt{2\lambda f(m - \frac{\Delta\phi}{\pi})}, m\lambda \ll f, \Delta\phi = 2\pi t \Delta n / \lambda \dots \text{식 (1)}$$

[0040] {여기서, r_m 은 상기 초점에 대한 m 번째 프레넬 띠까지의 수평 거리(m 은 자연수), λ 는 상기 광의 파장, f 는 초점 거리, $\Delta\phi$ 는 위상차, t 는 상기 서브 픽셀 렌즈의 두께, Δn 은 상기 서브 픽셀 렌즈의 굴절률임}

[0041] 도 3에는 위의 식에 기초한 링 형태의 프레넬 띠판이 도시되어 있다. 여기서, 식 (1)을 보면, m 번째 프레넬 띠까지의 수평 거리(r_m)는 입사하는 광의 파장(λ)에 종속됨을 알 수 있다. 따라서, 도 2의 RGB 서브 픽셀(SP)의 초점 거리(f)를 모두 동일하게 만들기 위해서는 RGB 광의 각 파장에 맞춰 서브 픽셀 렌즈(10)를 설계해야 한다.

[0042] 도 3에서 적색 상자로 분할된 영역은 도 2의 서브 픽셀(SP)과 동일한 크기를 가지고 있으며, 이 절개된 사각형 영역의 프레넬 띠(200)의 패턴이 바로 서브 픽셀 렌즈(10) 위에 형성되어야 할 프레넬 띠(200)에 해당한다. 더 나아가 단순히 서브 픽셀(SP)의 크기에 맞춘 것이 아니며, 굵은 적색 선의 바깥쪽의 회절 각도(θ_1, θ_2)는 바로 서브 픽셀(SP)의 시야각($\theta_1 \sim \theta_2$)에 대응하는 것이다.

[0043] 설계적인 면으로 보자면, 입사하는 광의 파장(λ)과 초점 거리(f)가 정해지면(서브 픽셀 렌즈의 두께와 굴절률은 이미 상수임) 링 형태의 프레넬 띠판이 결정되며, 초점에 대해 작은 시야각(θ_1)에 해당하는 회절광의 경로에 대응하는 수직선을 찾고, 그 다음에 서브 픽셀(SP)의 가로길이(hp)만큼의 폭을 벌려놓은 수직선을 그리면 자동으로 큰 시야각(θ_2)에 해당하는 만큼의 서브 픽셀 렌즈(10)가 구해진다. 그리고, 서브 픽셀(SP)의 세로길이(v)는 프레넬 띠판의 중심에 대해 대칭을 이루도록 설정함으로써 사각형으로 구획된 프레넬 띠(200)의 패턴이 완성된다.

[0044] 도 3을 참조하면, 사각형의 프레넬 띠(200) 패턴은 입사하는 광을 사각형 영역, 즉 서브 픽셀 렌즈(10)의 바깥으로 편향되도록 초점을 형성함을 알 수 있다. 또한, 도 3에는 좌측 절반 영역에 대해 사각형의 프레넬 띠(200) 패턴을 설정했지만, 우측 절반 영역에 대해서도 동일한 방식으로 대칭을 이루는 사각형의 프레넬 띠(200) 패턴을 설정할 수 있으며, 이 둘은 서로 회절 방향이 반대임을 이해할 수 있다. 이는 곧 본 발명의 서브 픽셀 렌즈(10)는 디스플레이 장치(DP)의 서브 픽셀(SP)에 대해 좌우 두 방향의 시야각을 형성할 수 있음을 의미하며, 따라서 본 발명의 서브 픽셀 렌즈(10)를 이용하면 도 1에 도시된 멀티 뷰 디스플레이를 구현할 수 있게 된다.

[0045] 주의할 것은, 도 3의 프레넬 띠판에서 절개할 수 있는 사각형 영역은 원하는 시야각에 따라 중첩적 또는 독립적으로 다양하게 구현될 수 있으며, 프레넬 띠판의 중앙 영역을 좌우 대칭으로 절개하면 초점이 프레넬 띠(200) 패턴의 중앙에 위치하도록 할 수도 있다는 것이다. 따라서, 시야각이 다른 다수의 사각형의 프레넬 띠(200) 패턴을 하나의 프레넬 띠판에서 만들어 낼 수 있고, 이를 통해 두 종류 이상의 화면을 제공하는 멀티 뷰 디스플레이를 구현할 수도 있는 것이다.

[0046] 또한, 도 3에 따르면 사각형의 프레넬 띠(200) 패턴이 서브 픽셀(SP)의 크기와 동일하게 설계되어 있지만, 설계안에 따라서는 서브 픽셀(SP)에 비해 약간 작게, 예컨대 베젤이 형성된 것과 같이 프레넬 띠(200) 패턴이 조금 작게 설계될 수도 있다. 다만, 초점이 가능한 정확히 맞히도록 프레넬 띠(200) 패턴의 중심 영역과 서브 픽셀(SP)의 모서리는 일치하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

[0047] 도 4는 통상적인 링 형태의 프레넬 렌즈와 본 발명의 서브 픽셀 렌즈(10)의 초점 거리에 대한 비교 사진이다. 파장이 630nm인 빛에 대해 초점 거리가 75.68 μ m가 되는 링 형태의 프레넬 렌즈로부터 위에서 설명한 것과 같은 방식으로 사각형의 프레넬 띠(200) 패턴을 추출하더라도, 초점 거리는 동일하게 75.68 μ m로 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0048] 또한, 프레넬 띠(200) 패턴은 원호 형상(Arc-type)인 것이 초점의 집중도에서 유리하지만, 다소 해상도가 낮아도 무방한 경우라면 도 4의 맨 아래와 같이 프레넬 띠(200) 패턴을 직선 형상(Cylinder-type)으로 만드는 것도

가능하다. 이는 회절 현상은 직선의 프레넬 띠(200)에서도 당연히 발생하기 때문이며, 단지 초점을 이루는 형태가 다를 뿐이다.

- [0049] 이상에서 설명한 것은 프레넬 띠(200) 패턴 자체에 관한 것인데, 실제로 있어서는 프레넬 띠(200) 패턴을 형성할 기관이 필요하다. 도 5는 투명 기관(100)에 대해 복수의 그래핀 층을 적층하여 프레넬 띠를 형성하는 일련의 과정을 보여주고 있다.
- [0050] 도 5를 참조하여 설명하면, 본 발명의 서브 픽셀 렌즈(10)는 투명 기관(100)의 일면에 복수의 띠 형태의 패턴인 프레넬 띠(200)가 형성되어 있으며, 특히 도시된 실시예에서 프레넬 띠는 복수의 그래핀 층을 적층하여 형성하고 있다. 화학기상증착법(CVD, Chemical Vapor Deposition)으로 1010℃에서 동박 위에 그래핀 층을 성장시키고, 그래핀 층 위에 PMMA를 코팅한 후 습식전사 방식으로 투명한 유리 기관 위에 그래핀 층을 전사한다. 이러한 과정을 수차례 반복하여 복수의 그래핀 층을 유리 기관 위에 적층하고, 그래핀 층 위에 티타늄을 코팅한 후 FIB(Focused Ion Beam) 밀링으로 설계된 대로 프레넬 띠(200) 패턴을 완성하고, 마지막으로 티타늄층을 식각으로 제거하면 하나의 서브 픽셀 렌즈(10)가 완성된다.
- [0051] 도시된 실시예에서는 유리 기관을 사용했지만 그 밖의 그래핀 층을 전사할 수 있는 다른 재질의 투명 기관(100)을 사용할 수도 있고, 또한 그래핀의 적층 수는 반드시 5겹일 필요는 없으며 입사하는 광의 투과율과 초점 효율의 양자를 고려하여 적절히 선택할 수 있다. 그리고, 그래핀 층 위에 티타늄을 코팅하는 것은 FIB 밀링의 식각 정밀도를 향상시키기 위한 것이며, 도 5의 공정은 모든 서브 픽셀 렌즈(10)에 대해 동일하게 적용된다.
- [0052] 위와 같은 서브 픽셀 렌즈(10)의 기본 구성을 바탕으로 하여, 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈(1000)를 설계할 수 있으며, 도 6은 도 3의 서브 픽셀 렌즈(10)에 대한 설계안을 바탕으로 한 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈(1000)의 일례를 도시하고 있다.
- [0053] 전술한 바와 같이, m 번째 프레넬 띠까지의 수평 거리(r_m)는 입사하는 광의 파장(λ)에 종속되고, RGB 서브 픽셀(SP)의 초점 거리(f)를 모두 동일하게 만들기 위해서는 RGB 광의 각 파장에 맞춰 서브 픽셀 렌즈(10)를 설계해야 한다.
- [0054] 그러므로, RGB 서브 픽셀(SP)의 3개 서브 픽셀(SP)로 이루어진 디스플레이 장치(DP)의 픽셀(PX)마다 구비되는 3개의 서브 픽셀 렌즈(10)는 각각의 RGB 서브 픽셀(SP)에서 출사되는 각 광의 파장에 맞춰 동일한 초점 거리를 이루도록 상기 프레넬 띠(200)의 간격이 설정되어 있다.
- [0055] 또한, 도 1 및 도 2에 도시된 것과 같이, 무안경 3D 디스플레이나 멀티 뷰 디스플레이를 구현하기 위해서는 디스플레이 장치(DP)의 좌우 방향을 따라 서브 픽셀 렌즈(10)에 의해 초점이 편향되는 방향이 인접한 픽셀(PX)마다 교대로 서로 반대방향을 향하도록 설계되어야 한다. 따라서, 도 3에서 설명한 것처럼, 프레넬 띠판의 좌우 대칭축을 기준으로 하여 좌측 절반 영역과 우측 절반 영역에 각각 대응하는 형태의 서브 픽셀 렌즈(10)가 인접한 픽셀(PX)마다 교대로 배열되어 있다.
- [0056] 결국 본 발명의 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈(1000)는 나노 단위의 박막 구조로 구현되어 디스플레이 장치(DP)의 화면 위에 결합하기 때문에 디스플레이 장치(DP)의 두께에 미치는 영향이 거의 없다. 또한, 각각의 서브 픽셀(SP)의 파장을 기준으로 서브 픽셀 렌즈(10)를 적용하기에 수차가 발생하지 않는다.
- [0057] 아울러, 그래핀과 같은 전도성이 높은 재료로 프레넬 띠(200)를 형성하면, 이 프레넬 띠(200)를 터치 센서의 전극으로 활용할 수 있어 디스플레이 장치(DP)의 두께 증가에 더더욱 영향을 미치지 않도록 설계하는 것도 가능하다.
- [0058] 나아가 프레넬 띠(200)를 그래핀과 같이 페르미 레벨을 변경할 수 있는 재료로 형성하면, 복수의 프레넬 띠(200)에 대해 교번으로 공통전압과 구동전압을 인가함으로써 프레넬 띠(200)의 광 투과율을 변경할 수 있다.
- [0059] 도 7은 페르미 레벨의 변경이 가능한 재료로 형성된 프레넬 띠(200)에 대해 전압을 인가하여 서브 픽셀 렌즈(10)의 초점 거리를 변화시키는 구성을 설명하는 도면인데, 페르미 레벨이 디랙 포인트(Dirac point)에서 멀어지면 전자가 흡수되지 않아 서브 픽셀 렌즈(10)의 광 투과율이 증가한다. 증가한 광 투과율은 굴절률이 낮아지는 효과를 발생하고, 굴절률이 낮아진 만큼 초점 거리(f)는 길어지게 된다.
- [0060] 초점 거리(f)가 길어진다는 것은 프레넬 띠(200)에 전압을 인가하지 않은 경우에 대해 시야각이 변경된다는 것을 의미하므로, 이를 활용하면 멀티 뷰 디스플레이의 시야각을 조절할 수 있다. 또한, 무안경 3D 디스플레이의 경우라면 초점 거리(f)를 늘림으로써 3D 영상의 입체감을 없앨 수 있는 것이며, 이는 곧 프레넬 띠(200)에 인가

되는 전압을 제어함으로써 출력 영상을 2D와 3D 사이에서 자유롭게 변환할 수 있게 된다.

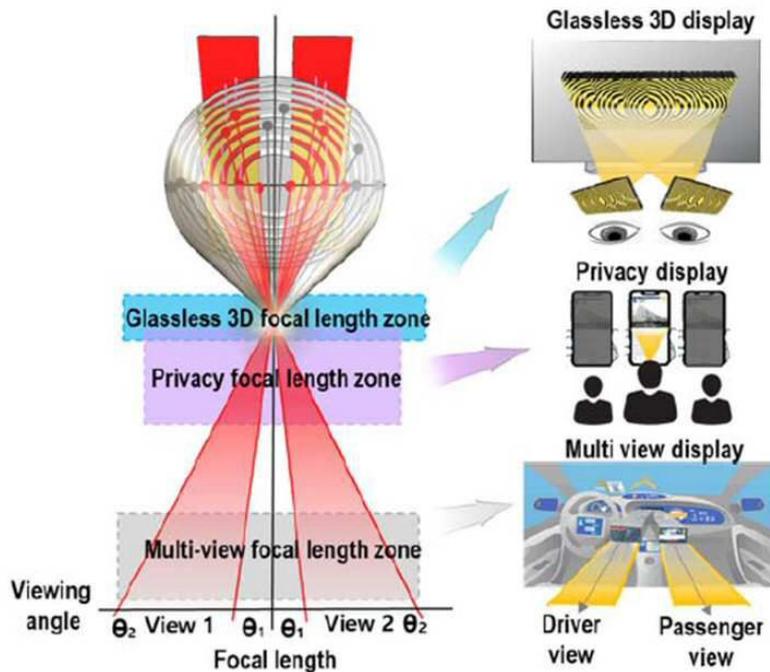
[0061] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다.

부호의 설명

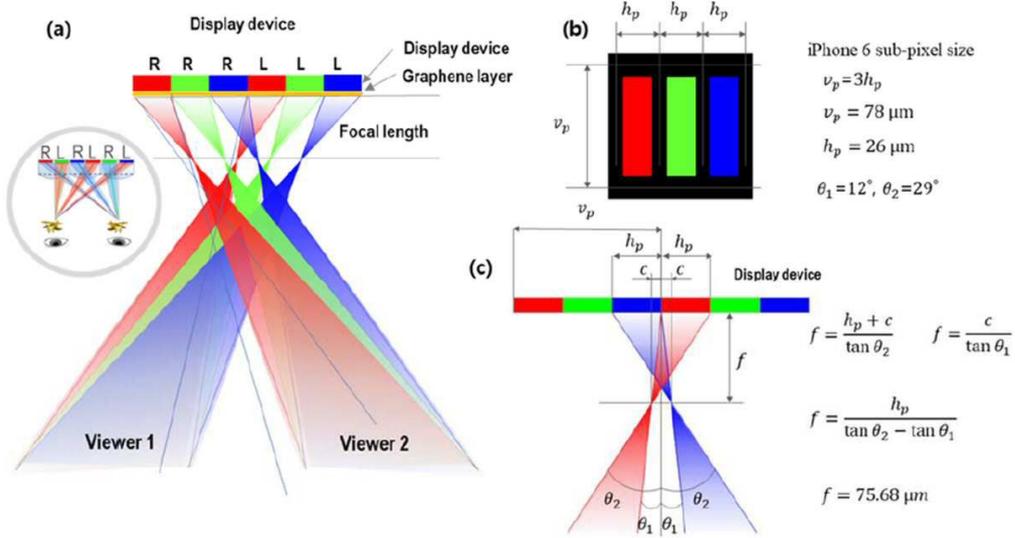
- [0062] 10: 서브 픽셀 렌즈
- 100: 투명 기관
- 200: 프레넬 띠
- 1000: 디스플레이 장치용 픽셀 렌즈
- DP: 디스플레이 장치
- SP: 서브 픽셀
- PX: 픽셀

도면

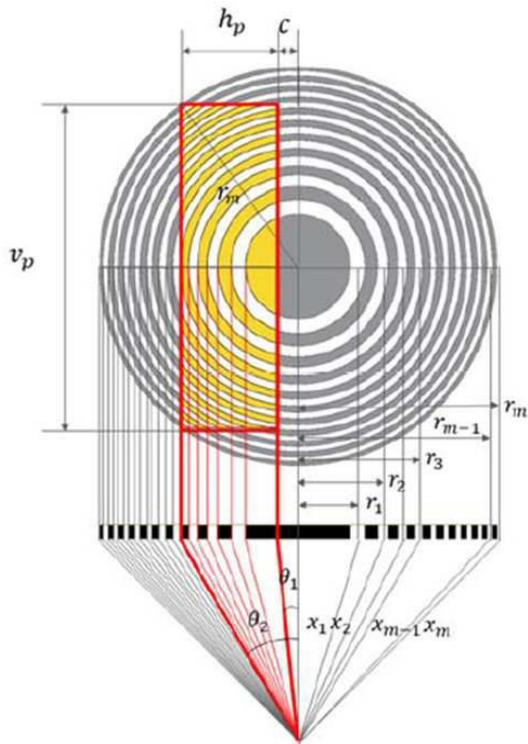
도면1



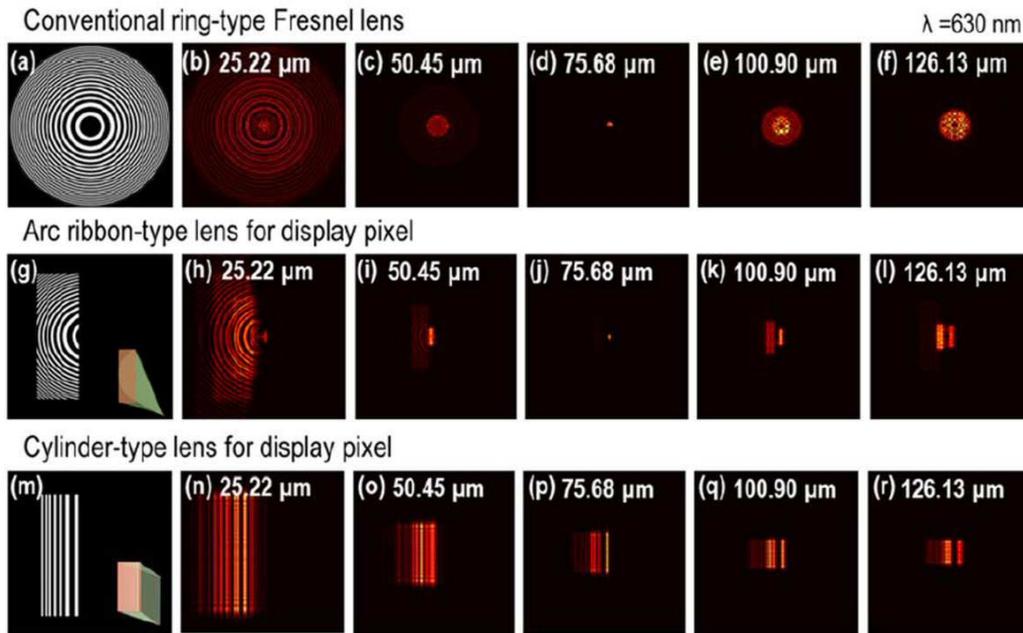
도면2



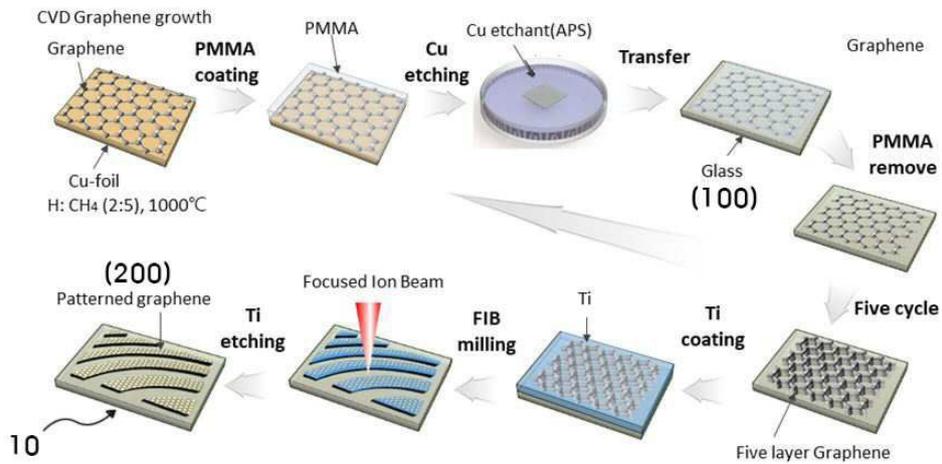
도면3



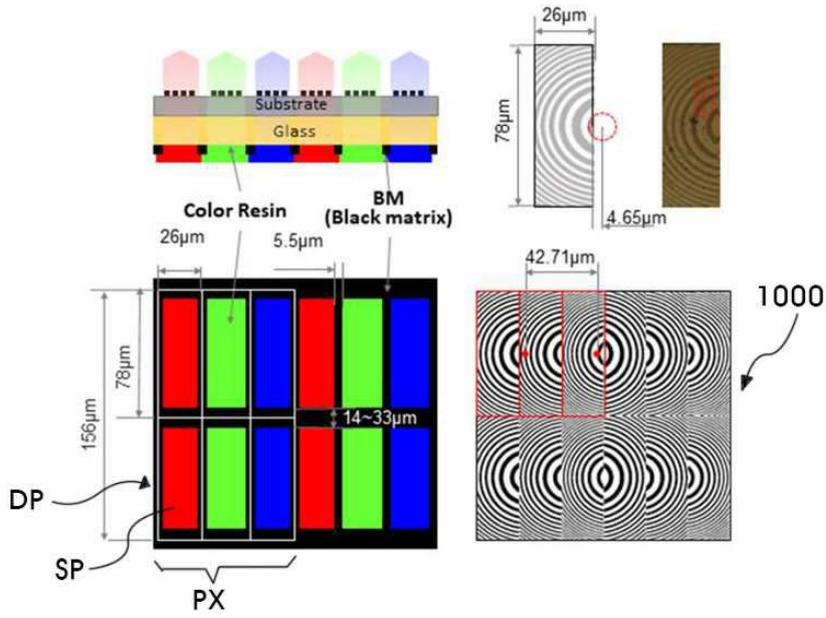
도면4



도면5



도면6



도면7

