



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0056016  
(43) 공개일자 2017년05월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B32B 37/02* (2006.01) *B32B 27/08* (2006.01)  
*B32B 37/06* (2006.01) *B32B 37/08* (2006.01)  
*B32B 38/00* (2006.01) *G02B 5/30* (2006.01)  
*G02B 7/02* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B32B 37/02* (2013.01)  
*B32B 27/08* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7011144
- (22) 출원일자(국제) 2015년09월25일  
 심사청구일자 2017년04월25일
- (85) 번역문제출일자 2017년04월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/052139
- (87) 국제공개번호 WO 2017/039717  
 국제공개일자 2017년03월09일
- (30) 우선권주장  
 62/214,049 2015년09월03일 미국(US)

- (71) 출원인  
 쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
 스 33427 쓰리엠 센터
- (72) 발명자  
 앤버 그레그 에이  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
 피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
 웨 티모시 엘  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
 피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 양영준, 조윤성, 김영

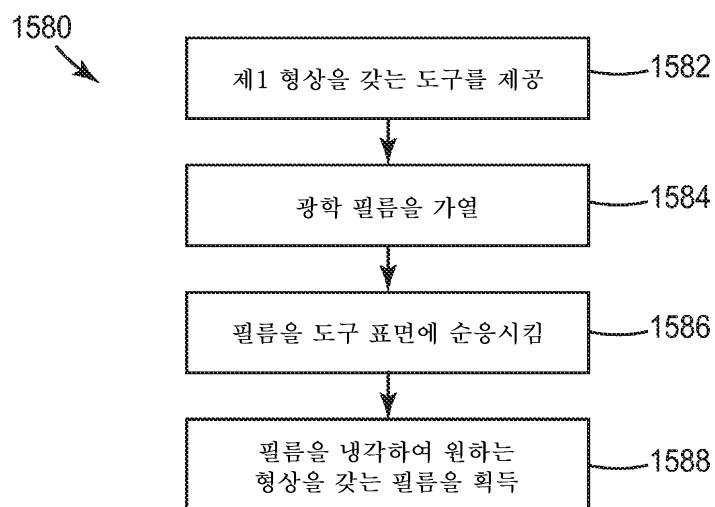
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 광학 필름 및 적층물의 제조 방법

### (57) 요 약

광학 필름 및 광학 적층물을 제조 방법들이 기술된다. 광학 적층물을 제조하는 방법은, 도구 축을 중심으로 위치되며 도구 축에 대해 회전 비대칭인 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계; 광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계; 도구 축으로부터 멀리 적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 외부 표면에 순응시켜(conforming), 순응된 필름의 광학 축에 대해 회전 비대칭인 순응된 광학 필름을 생성하는 단계 - 여기서 광학 축은 도구 축과 일치함 -; 순응된 광학 필름을 냉각하여 광학 축에 대해 회전 대칭인 대칭 광학 필름을 생성하는 단계; 및 대칭 광학 필름 상에 광학 렌즈를 성형하여 광학 적층물을 생성하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도15



(52) CPC특허분류

*B32B 37/06* (2013.01)

*B32B 37/08* (2013.01)

*B32B 38/0012* (2013.01)

*G02B 5/30* (2013.01)

*G02B 7/021* (2013.01)

*B32B 2551/00* (2013.01)

(72) 발명자

**아우더컬크 앤드류 제이**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오

피스 박스 33427 쓰리엠 센터

**원 즈성**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 적층물을 제조하는 방법으로서,

도구 축을 중심으로 위치되며 도구 축에 대해 회전 비대칭인 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계;

광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계;

도구 축으로부터 멀리 적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 외부 표면에 순응시켜(conforming), 순응된 필름의 광학 축에 대해 회전 비대칭인 순응된 광학 필름을 생성하는 단계 - 광학 축은 도구 축과 일치함 -;

순응된 광학 필름을 냉각하는 단계 - 이는 광학 축에 대해 회전 대칭인 대칭 광학 필름을 생성함 -; 및 대칭 광학 필름 상에 광학 렌즈를 성형하는 단계 - 이는 광학 적층물을 생성함 -를 포함하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 냉각하는 단계는 도구로부터 광학 필름을 이형시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 광학 렌즈를 성형하는 단계는 광학 필름의 반대편인 광학 렌즈 상으로 제2 필름을 성형하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 제2 필름은 부분 반사기를 포함하는 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 광학 필름은 반사 편광기를 포함하는 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 광학 필름은 1/4 과장 지연기(quarter wave retarder)를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 7

제5항에 있어서, 반사 편광기는 다층 중합체 반사 편광기인 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 반사 편광기는 APP인 방법.

#### 청구항 9

제5항에 있어서, 반사 편광기는 와이어 그리드(wire grid) 편광기인 방법.

#### 청구항 10

원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 제조하는 방법으로서,

원하는 형상과는 상이한 제1 형상을 갖는 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계;

광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계;

적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 제1 형상을 갖는 외

부 표면에 순응시켜, 제1 형상을 갖는 순응된 광학 필름을 생성하는 단계; 및  
순응된 광학 필름을 냉각하는 단계 - 이는 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 생성함 -를 포함하는 방법.

### 청구항 11

제10항에 있어서, 냉각하는 단계는 도구로부터 순응된 광학 필름을 이형시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 12

제10항에 있어서, 원하는 형상은 원하는 광학 필름의 광학 축에 대해 회전 대칭인 방법.

### 청구항 13

제10항에 있어서, 열성형 도구는 도구 축을 중심으로 위치되고, 외부 표면은 도구 축에 대해 회전 비대칭인 방법.

### 청구항 14

제10항에 있어서, 원하는 광학 필름 상에 광학 렌즈를 성형하는 단계 - 이는 광학 적층물을 생성함 -를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 15

제14항에 있어서, 광학 렌즈를 성형하는 단계는 원하는 광학 필름의 반대편인 광학 렌즈 상에 제2 필름을 성형하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 16

제15항에 있어서, 제2 필름은 부분 반사기를 포함하는 방법.

### 청구항 17

제10항에 있어서, 원하는 광학 필름은 반사 편광기를 포함하는 방법.

### 청구항 18

제17항에 있어서, 원하는 광학 필름은 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 19

제17항에 있어서, 반사 편광기는 다층 중합체 반사 편광기인 방법.

### 청구항 20

제19항에 있어서, 반사 편광기는 APP인 방법.

### 청구항 21

제17항에 있어서, 반사 편광기는 와이어 그리드 편광기인 방법.

## 발명의 설명

### 배경기술

- [0001] 디스플레이 시스템은 빔 스플리터, 1/4 파장 지연기(quarter wave retarder) 및 반사 편광기를 포함할 수 있다.
- [0002] 미국 특허 제7,242,525호(다이크(Dike))는, 실제 이미지를 공간으로 투영하고, 실제 이미지의 시인성을 향상시키는 광학 경로를 따라 위치된 하나 이상의 특징부들을 포함하는 광학 시스템을 기술하고 있다. 광학 시스템은 실제 이미지를 형성하도록 소스 광의 일부분을 수렴시키기 위한 수렴 요소를 포함한다.
- [0003] 미국 특허 제6,271,969호(메르츠(Mertz))는 디스플레이로부터의 광을 이미징하기 위한 광학 시준 조립체를 기술하고 있다. 광학 조립체는 서로 직교하는 편광 방향들을 갖는 제1 및 제2 선형 편광 필터들을 포함한다. 제1

빔 스플리터, 제1 1/4 파장판, 및 제2 빔 스플리터를 포함하는 겹침(folded) 이미징 조립체가 편광 필터들 사이에 위치된다.

[0004] 미국 특허 제8,780,039호(게이(Gay) 등)는 디스플레이 디바이스에 의해 디스플레이된 이미지가 인지되는 표면의 형상을 변경하기 위한 광학 시스템을 기술하고 있다. 광학 시스템은 제1 및 제2 이격된 부분 반사기들을 포함하고, 이들 중 적어도 하나는 제1 비평탄한 형상과 제2 상이한 형상 사이에서 전환 가능한데, 제2 상이한 형상은 평탄하거나 비평탄할 수 있다. 반사기는, 편광 광학계와 함께, 광 경로를 제공하여, 디스플레이로부터의 광이 제1 반사기에 의해 적어도 부분적으로 투과되고, 제2 반사기에 의해 부분적으로 반사되고, 제1 반사기에 의해 부분적으로 반사되고, 제2 반사기에 의해 부분적으로 투과되게 한다.

[0005] 반사 편광기는 다층 광학 필름일 수 있다. 미국 특허 제6,916,440호(잭슨(Jackson) 등)는 다층 광학 필름을 일축 방식으로 연신하기 위한 공정을 기술하고 있다. 미국 특허 제6,788,463호(메릴(Merrill) 등)는 후형성된 다층 광학 필름을 기술하고 있다.

### 발명의 내용

[0006] 본 발명의 일부 태양에서, 이미지 표면, 조리개 표면(stop surface), 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 제1 광학 적층물, 및 제1 광학 적층물과 조리개 표면 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록하고, 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록하고, 제2 광학 렌즈, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기, 및 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다.

[0007] 본 발명의 일부 태양에서, 이미지 표면, 조리개 표면, 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 제1 광학 적층물, 및 제1 광학 적층물과 조리개 표면 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은 제2 광학 렌즈, 적어도 하나의 층을 포함하는 다층 반사 편광기 - 적어도 하나의 층은 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축임 -, 및 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선(chief light ray)은 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 30도 미만의 입사각으로 입사된다.

[0008] 본 발명의 일부 태양에서, 왜곡되지 않은(undistorted) 이미지를 방출하는 이미지 소스(image source), 출사 동공(exit pupil), 부분 반사기 및 반사 편광기를 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 부분 반사기는 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 소스를 향해 볼록한 제1 형상을 갖고, 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는다. 반사 편광기는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 소스를 향해 볼록한 상이한 제2 형상을 가져서, 출사 동공에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 약 10% 미만이도록 한다.

[0009] 본 발명의 일부 태양에서, 이미지 소스, 출사 동공, 이미지 소스와 출사 동공 사이에 배치된 제1 광학 적층물, 및 제1 광학 적층물과 출사 동공 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은 제2 광학 렌즈, 다층 반사 편광기, 및 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 원하는 복수의 파장들 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 소스에 의해 방출되며 출사 동공에 의해 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선은, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 출사 동공에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만이다.

[0010] 본 발명의 일부 태양에서, 이미지 소스, 출사 동공, 이미지 소스와 출사 동공 사이에 배치된 제1 광학 적층물, 및 제1 광학 적층물과 출사 동공 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은 제2 광학 렌즈, 다층 반사 편광기, 및 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 원하는 복수의 파장들 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 소스에 의해 방출되며 출사 동공에 의해 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선은, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 20 분각(arc minute) 미만이다.

본 발명의 일부 태양에서, 최대 횡방향 치수(A)를 갖는 이미지 표면, 최대 횡방향 치수(B)를 갖는 조리개 표면, 및 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 일체형 광학 적층물을 포함하는 광학 시스템이 제공된다. A/B는 적어도 3이다. 일체형 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 미리 결정된 복수의 광학 반사율을 갖는 부분 반사기, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기, 및 미리 결정된 복수의 광학 반사율을 갖는 조리개 표면 및 이미지 표면을 통하여 투과되는 적어도 하나의 주 광선은 적어도 40도의 입사각으로 조리개 표면을 통과한다. 일체형 광학 적층물은, 예를 들어, 함께 형성되거나 함께 접착되는 다양한 구성요소들 및 층들을 내부에 갖는 광학 적층물로서 기술될 수 있다.

본 발명의 일부 태양에서, 이미지 표면, 실질적으로 평면인 조리개 표면, 및

이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 제1, 제2 및 제3 광학 렌즈들, 미리 결정된 복수의 괴장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기, 및 미리 결정된 복수의 괴장들 중의 적어도 하나의 괴장에서의 제1 1/4 괴장 지연기를 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 광학 시스템은 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 복수의 주 표면들을 포함하고, 각각의 주 표면은 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록하고, 적어도 6개의 상이한 주 표면들은 6개의 상이한 볼록부들을 갖는다.

본 발명의 일부 태양에서, 열성형된 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭이고 광학 축에 직교인 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 열성형된 다층 반사 편광기가 제공된다. 열성형된 다층 반사 편광기는 정점부로부터 멀리 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인 적어도 하나의 내부 층, 및 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치를 갖는데, 여기서  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.2이다.

본 발명의 일부 태양에서, 열성형된 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭이고 광학 축에 직교인 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 열성형된 다층 반사 편광기가 제공된다. 열성형된 다층 반사 편광기는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치를 갖는데, 여기서  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.2이다.  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만이다.

본 발명의 일부 태양에서, 광학 적층물을 제조하는 방법이 제공된다. 본 방법은, 도구 축을 중심으로 위치되며 도구 축에 대해 회전 비대칭인 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계; 광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계; 도구 축으로부터 멀리 적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 외부 표면에 순응시켜(conforming), 순응된 필름의 광학 축에 대해 회전 비대칭인 순응된 광학 필름을 생성하는 단계 - 여기서 광학 축은 도구 축과 일치함 -; 순응된 광학 필름을 냉각하여 광학 축에 대해 회전 대칭인 대칭 광학 필름을 생성하는 단계; 및 대칭 광학 필름 상에 광학 렌즈를 성형하여 광학 적층물을 생성하는 단계를 포함한다.

본 발명의 일부 태양에서, 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 제조하는 방법이 제공된다. 본 방법은, 원하는 형상과는 상이한 제1 형상을 갖는 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계; 광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계; 적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 제1 형상을 갖는 외부 표면에 순응시켜, 제1 형상을 갖는 순응된 광학 필름을 생성하는 단계; 및 순응된 광학 필름을 냉각하여 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 생성하는 단계를 포함한다.

본 발명의 일부 태양에서, 이미지 표면, 조리개 표면, 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 제1 광학 적층물, 및 제1 광학 적층물과 출사 동공 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은 제2 광학 렌즈, 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 회전 대칭이고 광학 축에 직교인 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 소스를 향해 볼록한 열성형된 다층 반사 편광기, 및 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 열성형된 다층 반사 편광기는, 열성형된 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 적어도 하나의 제1 위치를 갖는데, 여기서  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1이다.

본 발명의 일부 태양에서, 광학 적층물이 제공된다. 광학 적층물은 제1 렌즈, 제1 렌즈에 인접한 제2 렌즈, 제1 렌즈와 제2 렌즈 사이에 배치된 1/4 파장 지연기, 제1 렌즈의 반대편인 제2 렌즈 상에 배치된 반사 편광기.

및 제2 렌즈의 반대편에 있는 제1 렌즈 상에 배치된 부분 반사기를 포함한다. 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있고, 광학 적층물은 일체형 광학 적층물이다.

[0020] 본 발명의 일부 태양에서, 부분 반사기, 다층 반사 편광기, 및 부분 반사기와 다층 반사 편광기 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 부분 반사기는 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는다. 다층 반사 편광기는 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고, 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킨다. 다층 반사 편광기는 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록하고, 다층 반사 편광기의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 다층 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 다층 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치를 갖는데, 여기서  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1이다. 다층 반사 편광기는 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축이다.

[0021] 본 발명의 일부 태양에서, 제1 광학 적층물, 제1 광학 적층물에 인접하게 배치되며 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 제2 광학 적층물, 및 제2 광학 적층물과 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은, 제2 광학 렌즈, 및 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기를 포함한다. 반사 편광기는 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 다층 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 다층 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치를 포함하는데, 여기서  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1이다. 다층 반사 편광기는 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축이다.

[0022] 본 발명의 일부 태양에서, 제1 광학 적층물, 제1 광학 적층물에 인접하게 배치되며 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 제2 광학 적층물, 및 제2 광학 적층물과 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은, 제2 광학 렌즈, 및 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함한다. 반사 편광기는 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 다층 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치를 갖는데, 여기서  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1이다. 광학 시스템은 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 50이다.

[0023] 본 발명의 일부 태양에서, 제1 광학 적층물, 제1 광학 적층물에 인접하게 배치되며 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 제2 광학 적층물, 및 제2 광학 적층물과 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 제1 광학 적층물은 제1 광학 렌즈, 및 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적층물은 제2 광학 렌즈, 및 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함한다. 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치는 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는데, 여기서  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1이다. 광학 시스템은 조정가능한 렌즈 굴절 보정(dioptic correction)을 제공하도록 구성된다.

[0024] 본 발명의 일부 태양에서, 제1 광학 시스템 및 제2 광학 시스템을 포함하는 헤드 마운트 디스플레이(head-mounted display)가 제공된다. 제1 광학 시스템은 제1 이미지 표면, 제1 출사 동공, 제1 출사 동공과 제1 이미지 표면 사이에 배치된 제1 반사 편광기, 및 제1 반사 편광기와 제1 부분 반사기 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 제1 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 볼록하다. 제1 부분 반사기는 제1 반사 편광기와 제1 이미지 표면 사이에 배치되고, 제1 부분 반사기는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는다. 제2 광학 시스템은 제2 이미지 표면, 제2 출사 동공, 제2 출사 동공과 제2 이미지 표면 사이에 배치된 제2 반사 편광기, 제2 반사 편광기와 제2 이미지 표면 사이에 배치된 제2 부분 반사기, 및 제2 반사 편광기와 제2 부분 반사기 사이에 배치된 제2 1/4 파장 지연기를 포함한다. 제2 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 볼록하다. 제2 부분 반사기는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는다.

[0025] 본 발명의 일부 태양에서, 개구(aperture) 및 이미지 기록 디바이스를 포함하는 카메라가 제공된다. 카메라는

개구와 이미지 기록 디바이스 사이에 배치된 반사 편광기를 포함한다. 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있다. 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기가 반사 편광기와 이미지 기록 디바이스 사이에 배치된다. 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 1/4 광장 지연기가 배치된다.

[0026] 본 발명의 일부 태양에서, 빔 익스팬더(beam expander)가 제공된다. 빔 익스팬더는 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기, 부분 반사기에 인접하게 배치되며 그로부터 이격된 반사 편광기, 및 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 1/4 광장 지연기를 포함한다. 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있다.

[0027] 본 발명의 일부 태양에서, 광원, 광원으로부터 광을 수신하고 수렴 패턴화된 광(converging patterned light)을 방출하도록 배치된 이미지 형성 디바이스, 및 빔 익스팬더를 포함하는 투영 시스템이 제공된다. 빔 익스팬더는 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기, 부분 반사기에 인접하게 배치되며 그로부터 이격된 반사 편광기, 및 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 1/4 광장 지연기를 포함한다. 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있다. 빔 익스팬더는 이미지 형성 디바이스로부터의 수렴 패턴화된 광이 부분 반사기 상에 입사되도록 배치되고, 빔 익스팬더는 발산 패턴화된 광(diverging patterned light)을 송신한다.

[0028] 본 발명의 일부 태양에서, 빔 익스팬더, 편광 빔 스플리터, 광원 및 반사 구성요소를 포함하는 조명기가 제공된다. 빔 익스팬더는 2개의 직교 방향들에 대해 만곡된 반사 편광기를 포함한다.

[0029] 편광 빔 스플리터는 입력 면, 출력 면 및 제1 빗면(hypotenuse)을 갖는 제1 프리즘; 제1 면, 및 제1 빗면에 인접하게 배치된 제2 빗면을 갖는 제2 프리즘; 및 제1 빗면과 제2 빗면 사이에 배치된 제2 반사 편광기를 포함한다. 광원은 입력 면에 인접하게 배치되고, 입력 면 상의 입력 활성 영역을 한정한다. 반사 구성요소는, 광원으로부터 방출되는 광을 수신하고 수렴 광을 방출하기 위해 제1 면에 인접하게 배치된다. 반사 구성요소는 출력 면 상의 출력 활성 영역을 한정하는 가장 큰 활성 영역을 갖는다. 빔 익스팬더는 수렴 광을 수신하고 발산 광을 송신하도록 배치된다. 입력 활성 영역 및 출력 활성 영역 중 하나 또는 둘 모두는 반사 구성요소의 가장 큰 활성 영역의 대략 절반보다 작다.

[0030] 본 발명의 일부 태양에서, 광학 시스템을 포함하는 확대 디바이스가 제공된다. 광학 시스템은 출사 동공, 출사 동공에 근접하며 2개의 직교 축들에 대해 만곡된 반사 편광기, 및 출사 동공의 반대편인 반사 편광기에 인접하게 배치되며 반사 편광기로부터 이격된 부분 반사기를 포함한다. 부분 반사기는 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는다. 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 1/4 광장 지연기가 배치된다.

### 도면의 간단한 설명

[0031] 도 1 및 도 2는 광학 시스템들의 개략 단면도들이다.

도 3a 내지 도 4c는 광학 적층물들의 부분들의 단면도들이다.

도 5 내지 도 9는 광학 시스템들의 개략 단면도들이다.

도 10은 반사 편광기의 단면도이다.

도 11은 반사 편광기의 정면도이다.

도 12는 반사 편광기의 단면도이다.

도 13a는 반사 편광기의 정면도이다.

도 13b는 도 13a의 반사 편광기의 단면도이다.

도 14는 광학 시스템의 콘트라스트 비 대 광학 시스템의 편광 정확도의 플롯이다.

도 15는 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 제조하는 방법을 도시하는 개략 흐름도이다.

도 16은 열성형 도구의 개략 단면도이다.

도 17은 헤드 마운트 디스플레이의 개략 평면도이다.

도 18 내지 도 23은 광학 시스템들의 단면도들이다.

도 24a 내지 도 24c는 하나 이상의 광학 시스템들을 포함하는 디바이스들의 개략 평면도들이다.

도 25는 조명기 및 빔 익스팬더를 포함하는 디바이스의 개략 측면도이다.

도 26은 광학 적층물의 개략 단면도이다.

도 27a는 헤드 마운트 디스플레이의 광학 시스템의 측면도이다.

도 27b 및 도 27c는 도 27a의 광학 시스템의 평면도들이다.

도 28a 및 도 28b는 상이한 평면들에서의 원환체 렌즈의 단면도들이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032]

하기 설명에서, 본 명세서의 일부를 형성하고 다양한 실시 형태가 예시로서 도시된 첨부 도면을 참조한다. 도면은 반드시 축척대로 그려진 것은 아니다. 다른 실시 형태가 고려되며 본 발명의 범주 또는 사상으로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 하기의 상세한 설명은 제한적 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0033]

본 발명에 따르면, 2개의 직교 축들에 대해 볼록하며 조리개 표면(예컨대, 출사 동공 또는 입사 동공(entrance pupil))과 이미지 표면(예컨대, 디스플레이 패널의 표면 또는 이미지 리코더의 표면) 사이에 배치되는 반사 편광기를 포함하는 광학 시스템들은, 예를 들어, 가상 현실 디스플레이와 같은 헤드 마운트 디스플레이, 및 휴대 전화에 포함된 카메라와 같은 카메라를 포함하는 다양한 디바이스들에 유용한 콤팩트 구성으로 고 시야, 높은 콘트라스트, 낮은 색 수차, 낮은 왜곡, 및/또는 고효율을 갖는 시스템을 제공할 수 있다는 것이 밝혀졌다.

[0034]

광학 시스템은 반사 편광기와 이미지 표면 사이에 배치된 부분 반사기를 포함할 수 있고, 적어도 하나의 1/4 파장 지연기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 제1 1/4 파장 지연기가 배치될 수 있고, 일부 경우에는 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 제2 1/4 파장 지연기가 배치될 수 있다. 광학 시스템들은 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서의 파장들을 이용하도록 구성될 수 있고, 부분 반사기는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 가질 수 있고, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있다. 1/4 파장 지연기(들)는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기(들)일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 파장들의 단일 연속 범위(예컨대, 400 nm 내지 700 nm의 가시광 범위(visible range))일 수 있거나, 또는 그것은 파장들의 복수의 연속 범위들일 수 있다. 부분 반사기는 노치 반사기(notch reflector)일 수 있고, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 하나 이상의 파장 범위들을 포함할 수 있는데, 이를 중 적어도 일부는 반치전폭(full width at half maximum) 반사 대역이 100 nm 이하 또는 50 nm 이하이다. 반사 편광기는 노치 반사 편광기일 수 있고, 부분 반사기의 반사 대역들에 매칭되거나 또는 실질적으로 매칭되는 반사 대역들을 가질 수 있다. 일부 경우에, 광학 시스템은 하나 이상의 레이저들과 함께 사용하도록 구성될 수 있고, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 레이저(들) 파장(들)에 대해 협대역(들)(예컨대, 10 nm의 폭)을 포함할 수 있다.

[0035]

반사 편광기, 부분 반사기 및/또는 1/4 파장 지연기(들)는 또한 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기, 제1 1/4 파장 지연기 및 부분 반사기 각각은 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있고, 일부 실시 형태에서 이러한 충들 또는 구성요소들 각각은 이미지 표면을 향해 볼록하다. 일부 실시 형태에서, 조리개 표면과 이미지 표면 사이에 복수의 표면들이 제공되고, 반사 편광기, 제1 1/4 파장 지연기 및 부분 반사기 각각은 그 표면들 중 하나 상에 배치된다. 이러한 충들 또는 구성요소들은 각각 상이한 표면들 상에 배치될 수 있거나, 또는 충들 구성요소들 중 2개 이상이 단일 표면 상에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 조리개 표면과 이미지 표면 사이에 1개, 2개, 3개, 또는 그보다 많은 렌즈들이 배치되고, 복수의 표면들은 하나 이상의 렌즈들의 주 표면들을 포함할 수 있다. 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 렌즈들 중 하나 이상이 위치될 수 있고, 조리개 표면과 반사 편광기 사이에 렌즈들 중 하나 이상이 위치될 수 있고, 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 렌즈들 중 하나 이상이 위치될 수 있다.

[0036]

반사 편광기는 열성형된 반사 편광기일 수 있고, 예를 들어, 열성형된 종합체 다층 광학 필름 반사 편광기일 수 있거나 또는 열성형된 와이어 그리드(wire grid) 편광기일 수 있다. 열성형(thermoforming)이란 주위 온도 초과에서 수행되는 성형 공정을 지칭한다. 반사 편광기를 포함한 종래의 디스플레이 설계들은, 평탄한 반사 편광기를 사용하거나, 또는 단일 축에 대해 만곡되어 있는 원통형으로 만곡된 형상으로 배치된 반사 편광기를 사용한다. 반사 편광기를 원통형 형상으로 만곡시키는 것은 반사 편광기를 연신시키지 않으므로, 반사 편광기로서

의 그의 성능을 실질적으로 변경하지 않는다. 본 발명의 반사 편광기들은 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있고, 반사 편광기를 만곡된 형상으로 형성한 결과로서 연신될 수 있다. 본 발명에 따르면, 그러한 화합물 만곡된 반사 편광기들은, 예를 들어, 반사 편광기가 화합물 만곡된 형상으로 연신되더라도 다양한 개선된 광학 특성들(예컨대, 감소된 색상 분리, 감소된 왜곡, 개선된 시야, 개선된 콘트라스트 비 등)에 기여하면서, 디스플레이 및 카메라 응용들에 대한 광학 시스템들에 사용될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 논의되는 바와 같이, 열성형 이전에 일축 배향된 중합체 다층 광학 필름을 열성형함으로써 제조되는 볼록한 반사 편광기들이 본 발명의 광학 시스템들에 사용될 때 특히 유리하다는 것이 밝혀졌다. 일부 실시 형태에서, 일축 배향된 다층 반사 편광기는 APF(어드밴스트 폴라라이징 필름(Advanced Polarizing Film), 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)로부터 입수가능함)이다. 일부 실시 형태에서, 광학 시스템은 열성형된 APF를 포함하고, 열성형된 APF 상에 입사되는 광학 시스템에서의 임의의 또는 실질적으로 임의의 주 광선은 낮은 입사각(예컨대, 약 30도 미만, 약 25도 미만, 또는 약 20도 미만)을 갖는다. 도 1은 이미지 표면(130), 조리개 표면(135), 이미지 표면(130)과 조리개 표면(135) 사이에 배치된 제1 광학 적층물(110), 제1 광학 적층물(110)과 조리개 표면(135) 사이에 배치된 제2 광학 적층물(120)을 포함하는 광학 시스템(100)의 개략 단면도이다. 제1 광학 적층물(110) 및 제2 광학 적층물(120) 각각은 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면(130)을 향해 볼록하다. x-y-z 좌표계가 도 1에 제공되어 있다. 직교하는 제1 및 제2 축들은 각각 x 축 및 y 축일 수 있다. 이미지 표면(130)은 최대 횡방향 치수가 A이고, 조리개 표면(135)은 최대 횡방향 치수가 B이다. 최대 횡방향 치수는 원형 이미지 또는 조리개 표면들에 대한 직경일 수 있거나 또는 직사각형 이미지 또는 조리개 표면들에 대한 대각선 거리일 수 있다. 일부 실시 형태에서, A/B는 적어도 2, 적어도 3, 적어도 4, 또는 적어도 5일 수 있다. 이미지 표면(130) 및/또는 조리개 표면(135)은 실질적으로 평면일 수 있거나 또는 만곡되어 있을 수 있다.

[0037] 제1 광학 적층물(110)은 각각 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들(114, 116)을 갖는 제1 광학 렌즈(112)를 포함한다. 제1 및/또는 제2 주 표면들(114, 116)은 그 위에 배치된 하나 이상의 층들 또는 코팅들을 가질 수 있다. 제1 광학 적층물(110)은 또한 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 제1 또는 제2 주 표면들(114, 116) 중 하나 상에 배치된 부분 반사기를 포함한다(예컨대, 도 2 및 도 3a 내지 도 3c 참조). 본 발명의 광학 시스템 내에 포함된 부분 반사기들 중 임의의 것은 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 가질 수 있다. 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들은 가시광 광장 범위(예컨대, 400 nm 내지 700 nm), 적외선 광장 범위, 자외선 광장 범위, 또는 가시광, 적외선 및 자외선 광장들의 일부 조합일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들은 좁은 광장 범위 또는 복수의 좁은 광장 범위들일 수 있고, 부분 반사기는 반치전폭이 100 nm 이하 또는 50 nm 이하인 적어도 하나의 반사 대역을 갖는 노치 반사기일 수 있다. 평균 광학 반사율은 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들에 걸쳐 반사율을 평균함으로써 결정될 수 있다. 유사하게, 평균 광학 투과율은 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들에 걸쳐 투과율을 평균함으로써 결정될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 부분 반사기는, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들에서 평균 광학 반사율 및 평균 광학 투과율이 각각 30% 내지 70%의 범위이거나, 또는 각각 40% 내지 60%의 범위이다. 예를 들어, 부분 반사기는 하프 미러(half mirror)일 수 있다. 임의의 적합한 부분 반사기가 사용될 수 있다. 예를 들어, 부분 반사기는 투명 기재 상에 금속(예컨대, 은 또는 알루미늄)의 박층을 코팅함으로써 구성될 수 있다. 부분 반사기는 또한, 예를 들어 렌즈의 표면 상으로 박막 유전체 코팅을 침착시킴으로써, 또는 렌즈의 표면 상에 금속 코팅과 유전체 코팅의 조합을 침착시킴으로써 형성될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 부분 반사기는 제2 반사 편광기일 수 있는데, 제2 반사 편광기는 다층 중합체 반사 편광기(예컨대, APF 또는 DBEF)일 수 있거나 또는 와이어 그리드 편광기일 수 있다.

[0038] 제2 광학 적층물은 제1 및 제2 주 표면들(124, 126)을 갖는 제2 광학 렌즈(122)를 포함한다. 제1 및/또는 제2 주 표면들(124, 126)은 그 위에 배치된 하나 이상의 층들 또는 코팅들을 가질 수 있다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이(예컨대, 도 2 및 도 4a 내지 도 4c 참조), 제2 광학 적층물(120)은 반사 편광기 및 제1 1/4 광장 지연기를 포함할 수 있는데, 반사 편광기 및 제1 1/4 광장 지연기는 제1 및 제2 주 표면들(124, 126) 중 하나 상에서 서로에 대해 배치되거나(예컨대, 반사 편광기 필름에 라미네이팅된 1/4 광장 지연기 필름(예컨대, 배향된 중합체 필름) 또는 반사 편광기 필름 상의 1/4 광장 지연기 코팅(예컨대, 액정 중합체 코팅)), 또는 반사 편광기가 제1 주 표면(124) 상에 배치되고 제1 1/4 광장 지연기가 제2 주 표면(126) 상에 배치된다. 제1 1/4 광장 지연기는, 예를 들어, 제2 광학 렌즈(122)와 함께 성형된 필름일 수 있거나 또는 제2 광학 렌즈(122)가 형성된 후에 제2 주 표면(126)에 적용된 코팅일 수 있다. 1/4 광장 지연기를 형성하기 위한 적합한 코팅은 미국 특히 출원 공개 US 2002/0180916호(샤트(Schadt) 등), US 2003/028048호(체르카우이(Cherkaoui) 등) 및 US 2005/0072959호(모이아(Moia) 등)에 기술된 선형 광중합성 중합체(LPP) 재료 및 액정

중합체(LCP) 재료를 포함한다. 적합한 LPP 재료는 ROP-131 EXP 306 LPP를 포함하고, 적합한 LCP 재료는 ROF-5185 EXP 410 LCP를 포함하는데, 이들 둘 모두는 스위스 알쉬빌 소재의 롤릭 테크놀러지스(Rolic Technologies)로부터 입수가능하다. 1/4 파장 지연기는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장일 수 있다.

[0039] 일부 실시 형태에서, 제2 광학 적층물(120)은 제1 및 제2 주 표면들(124, 126) 중 하나 상의 반사 편광기를 포함한다. 광학 시스템(100)은 제1 렌즈(112)와 제2 렌즈(122) 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 제1 1/4 파장 지연기는 제2 광학 적층물(122)의 제2 표면(126) 상에 배치될 수 있거나(그 경우에, 그것은 제2 광학 적층물(120)의 일부라고 간주될 수 있거나 또는 그것은 제1 광학 적층물(110)과 제2 광학 적층물(120) 사이에 배치된 것으로 간주될 수 있음), 또는 제1 광학 적층물(110)과 제2 광학 적층물(120) 사이에 간격을 갖는 별도의 구성요소로서 포함될 수 있거나, 또는 제1 광학 적층물(110)의 제1 표면(114) 상에 배치될 수 있다(그 경우에, 그것은 제1 광학 적층물(110)의 일부라고 간주될 수 있거나 또는 그것은 제1 광학 적층물(110)과 제2 광학 적층물(120) 사이에 배치된 것으로 간주될 수 있음).

[0040] 다른 반사 편광기는 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고, 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킨다. 제1 및 제2 편광 상태들은 선형 편광 상태들일 수 있다. 제1 1/4 파장 지연기는 반사 편광기와 제1 광학 적층물(110) 사이에 배치된다.

[0041] 본 발명의 광학 적층물은, 예를 들어, 광학 적층물 내에 포함된 임의의 필름들을 열성형하고, 이어서 필름 인서트 성형(insert molding) 공정을 이용하여 필름들 상으로 렌즈를 사출 성형함으로써 제조될 수 있다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 반사 편광기 필름은, 그것이 회전 대칭 주형 상에 열성형되는 경우 냉각 이후에 그 필름을 회전 비대칭으로 만들 수 있는 이방성 기계적 특성들을 가질 수 있다. 필름에 주름 또는 다른 결함을 야기하지 않고서 회전 대칭 렌즈 상으로 회전 비대칭 필름을 사출 성형하는 것은 어려울 수 있다. 회전 비대칭 열성형 주형을 사용하면 필름이 이방성 기계적 특성들을 갖는 경우 냉각 이후에 회전 대칭 필름을 생성할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 주름 없이 또는 달리 열성형된 필름을 손상시키지 않고서 생성된 회전 대칭 필름 상으로 회전 대칭 렌즈가 인서트 성형될 수 있다.

[0042] 이미지 표면(130)은 이미지가 형성되는 임의의 표면일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 이미지 소스는 이미지 표면(130)을 포함하고, 조리개 표면(135)은 출사 동공이다. 예를 들어, 이미지 표면(130)은 디스플레이 패널과 같은 이미지 형성 디바이스의 출력 표면일 수 있다. 조리개 표면(135)은 광학 시스템(100)의 출사 동공일 수 있고, 예를 들어 관찰자의 눈 또는 카메라일 수 있는, 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성될 수 있다. 제2 광학 시스템의 입사 동공은, 예를 들어, 관찰자의 눈의 입사 동공일 수 있다. 이미지 소스는 편광된 또는 비편광된 광을 방출할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 이미지 표면(130)은 광학 시스템(100)의 외부에 있는 물체들로부터 반사되는 광을 수신하도록 구성된 개구이다.

[0043] 광학 시스템(100)은 하나 이상의 추가 지연기들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 광학 적층물(110) 내에 포함될 수 있고, 제1 및 제2 주 표면들(114, 116) 중 하나 상에 배치될 수 있거나 또는 부분 반사기 상에 배치될 수 있다. 예를 들어, 이미지 표면(130)이 편광된 광을 생성하는 디스플레이 패널의 표면일 때, 제2 1/4 파장 지연기를 포함하는 것이 바람직할 수 있다. 디스플레이 패널은 선형, 원형 또는 타원형으로 편광된 광을 방출할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 패널은 액정 디스플레이(LCD) 패널 또는 액정 온 실리콘(Liquid Crystal on Silicon, LCoS) 디스플레이 패널일 수 있고, 선형 편광된 광을 방출할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제2 1/4 파장 지연기가 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 배치되고, 일부 실시 형태에서는 선형 편광기(예컨대, 선형 흡수 편광기 또는 제2 반사 편광기)가 제2 1/4 파장 지연기와 이미지 표면(130) 사이에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 디스플레이 패널은 실질적으로 평탄하다. 다른 실시 형태에서, 만곡된 디스플레이 패널이 사용된다. 예를 들어, 만곡된 OLED(유기 발광 다이오드) 디스플레이가 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 투명 또는 반투명 디스플레이(예컨대, 투명 OLED, LCD, 또는 전기영동 디스플레이)가 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 이미지 소스는 이미지 표면을 포함하는데, 여기서 이미지 소스는 디스플레이 패널을 포함할 수 있고 선택적으로 셔터(shutter)를 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 셔터(예컨대, 액정 셔터 또는 PDLC(중합체 분산형 액정) 셔터, 또는 광변색 셔터, 또는 셔터로서의 기능을 할 수 있는 물리적으로 제거 가능한 실드(shield))가 투명 또는 반투명 디스플레이 패널과 함께 사용되어, 주변 광이 투명 또는 반투명 디스플레이 패널을 통과하는 것을 선택적으로 허용 또는 불허할 수 있다. 반투명 디스플레이 패널은 적어도 하나의 가시광 파장에 대한 디스플레이 패널의 적어도 하나의 상태에서의 투과율이 적어도 25 퍼센트, 또는 적어도 50 퍼센트일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 이미지 소스는 비가시광으로 조사되어 가시적인 이미지들을 생성할 수

있는 형광 재료를 포함할 수 있다.

[0044] 일부 실시 형태에서, 이미지 리코더가 이미지 표면(130)을 포함하고, 조리개 표면(135)은 입사 동공이다. 예를 들어, 카메라 응용들에서, 카메라의 개구 조리개(aperture stop)는 광학 시스템(100)을 위한 입사 동공일 수 있고, 이미지 표면(130)은 카메라의 이미지 센서의 표면일 수 있는데, 이미지 센서는, 예를 들어 전하 결합 디바이스(charge-coupled device, CCD) 센서 또는 상보성 금속 산화물 반도체(complementary metal-oxide-semiconductor, CMOS) 센서일 수 있다.

[0045] 광학 시스템(100)은 이미지 표면(130)을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정될 수 있는 겹침 광학 축(140)을 중심으로 위치될 수 있다. 광학 축(140)은 겹쳐지는데, 이는 중심 광선의 광학 경로가 제1 광학 적층물(110)과 제2 광학 적층물(120) 사이의 광학 경로의 하나의 세그먼트에서 마이너스(minus) z-방향으로 전파되고 제1 광학 적층물(110)과 제2 광학 적층물(120) 사이의 광학 경로의 다른 세그먼트 상에서 플러스(plus) z-방향으로 전파되기 때문이다.

[0046] 제1 및 제2 광학 적층물들(110, 120)은 실질적으로 동일한 형상을 가질 수 있거나 또는 상이한 형상들을 가질 수 있다. 유사하게, 제1 및 제2 광학 렌즈들(112, 122)은 실질적으로 동일한 형상을 가질 수 있거나 또는 상이한 형상들을 가질 수 있다. 반사 편광기, 제1 1/4 파장 지연기, 부분 반사기, 제1 광학 렌즈(112)의 제1 및 제2 주 표면들(114, 116), 및 제2 광학 렌즈(120)의 제1 및 제2 주 표면들(124, 126) 중 임의의 하나 이상은 비구면 다항식 새그 수학식(aspheric polynomial sag equation)에 의해 설명되는 형상을 가질 수 있다. 다양한 표면들 또는 충들은 동일한 형상을 가질 수 있거나 또는 상이한 형상을 가질 수 있고, 동일 또는 상이한 비구면 다항식 새그 수학식들에 의해 설명될 수 있다. 비구면 다항식 새그 수학식은 하기 형태를 취할 수 있다:

[0047] [수학식 1]

$$z = \frac{cr^2}{1 + [1 - (1 + k)c^2 r^2]^{1/2}} + Dr^4 + Er^6 + Fr^8 + Gr^{10} + Hr^{12} + Ir^{14} \dots$$

[0048]

[0049] 여기서  $c$ ,  $k$ ,  $D$ ,  $E$ ,  $F$ ,  $G$ ,  $H$ , 및  $I$ 는 상수들이고,  $z$ 는 정점으로부터의 거리(예컨대, 도 10에서의 거리(s1))이고,  $r$ 은 방사상 거리(예컨대, 도 10에서의 거리(r1))이다. 파라미터  $k$ 는 원추 상수(conic constant)로 지정될 수 있다. 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것은 반사 편광기, 하나 이상의 1/4 파장 지연기들, 부분 반사기, 및 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 복수의 주 표면들을 포함할 수 있다. 반사 편광기, 하나 이상의 1/4 파장 지연기들, 부분 반사기, 및 주 표면들 중 임의의 하나 이상은 비구면 다항식 새그 수학식들에 의해 설명되는 형상들을 가질 수 있다.

[0050] 제1 광학 적층물(110)은 이미지 표면(130)으로부터 거리(d1)에 배치되고, 제2 광학 적층물(120)은 제1 광학 적층물(110)로부터 거리(d2)에 그리고 조리개 표면(135)으로부터 거리(d3)에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 거리들(d1, d2 및/또는 d3)은 조정가능하다. 일부 실시 형태에서, 이미지 표면(130)과 조리개 표면(135) 사이의 거리(d1+d2+d3)는 고정되고, d1 및/또는 d3이 조정가능하다. 거리들(d1, d2 및/또는 d3)은, 예를 들어, 위치들의 기계적 조정을 제공하는 레일(rail) 상에 제1 및 제2 광학 적층물들(110, 120) 중 하나 또는 둘 모두를 장착함으로써 사용자-조정가능할 수 있다.

[0051] 제1 및 제2 광학 적층물들(110 및/또는 120)의 위치들을 그들 자신에 대해 또는 이미지 및/또는 조리개 표면들(130, 135)에 대해 조정하는 능력은, 광학 시스템(100)에 의해 제공되는 렌즈 굴절 보정이 조정가능하도록 한다. 예를 들어, 나머지 구성요소들을 고정된 상태로 유지하면서 제2 광학 적층물(120)을 이동시킴으로써, 이미지 표면(130)에 의해 방출되며 조리개 표면을 통하여 투과되는 광선들이 조리개 표면(135)에서의 평행으로부터 조리개 표면(135)에서의 수렴 또는 발산으로 조정가능하도록 한다. 일부 실시 형태에서, 디옵터(dioptric) 값들은 기계적 조정 디바이스 상에 표시될 수 있거나, 하드 스톱(hard stop), 멈춤쇠(detent) 또는 유사한 디바이스의 사용을 통하여 물리적으로 선택가능할 수 있거나, 또는 스텝퍼 모터, 또는 전자 저울과 함께 사용되는 모터 또는 선형 액추에이터를 이용하는 것과 같이 전자적으로 조정될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 이미지 표면(130)을 포함하는 디스플레이 패널 상의 이미지 크기는 디옵터 조정에 기초하여 변경될 수 있다. 이것은 사용자에 의해 수동으로 행해질 수 있거나, 또는 조정 메커니즘을 통하여 자동으로 행해질 수 있다. 다른 실시 형태에서, 1개, 2개, 3개 이상의 광학 렌즈들이 제공될 수 있다. 부분 반사기가 제1 렌즈의 표면 상에 배치되고 반사 편광기가 상이한 제2 렌즈의 표면 상에 배치되는 임의의 실시 형태에서, 변경가능한 렌즈 굴절력(dioptric power)이 제1 및/또는 제2 렌즈의 조정가능한 위치를 제공함으로써 및/또는 제1 렌즈와 제2 렌즈 사

이에 조정가능한 거리를 제공함으로써 적어도 부분적으로 제공될 수 있다.

[0052] 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 광학 렌즈들(112, 122) 중 하나 또는 둘 모두는, 광학 시스템(100)이 사용자를 위한 원하는 처방 보정(prescription correction)을 제공할 수 있도록 (예컨대, 2개의 직교 방향들로의 상이한 곡률 반경을 갖는 표면으로서 기술될 수 있는 환상체 표면을 갖는 렌즈들을 성형함으로써) 디옵터 값 및/또는 원주 굴절력(cylinder power)을 제공하기 위해 형상화될 수 있다. 본 발명의 광학 시스템들에서 이용될 수 있으며 반사 시에 구면 및 원주 굴절력을 갖는 원환체 렌즈의 일례가 도 28a 및 도 28b에 도시되어 있는데, 도 28a 및 도 28b는 각각 y-z 평면에서 그리고 x-z 평면에서 렌즈의 정점부를 통한 단면에서의 렌즈(2812)의 단면도들이다. 곡률 반경은 x-z 평면(도 28b)에서보다 y-z 평면(도 28b)에서 더 작다. 일부 실시 형태에서, 원주 굴절력은, 휘어질 수 있는 얇은 플라스틱 렌즈들을 사용함으로써 생성될 수 있다. 유사하게, 적합한 광학 굴절력을 렌즈 또는 렌즈들에 제공함으로써 본 명세서에 기술되는 1개, 2개, 3개 이상의 렌즈 광학 시스템들 중 임의의 것에 처방 보정이 포함될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 시스템은 이미지 표면을 포함하는 디스플레이 패널과 광학 시스템의 다른 렌즈들 - 이들은 렌즈 굴절 보정을 제공하지 않을 수 있음 - 사이에 배치되는 처방 렌즈를 포함하도록 구성될 수 있거나, 또는 시스템은 조리개 표면과 광학 시스템의 다른 렌즈들 - 이들은 렌즈 굴절 보정을 제공하지 않을 수 있음 - 사이에 배치되는 처방 렌즈를 포함하도록 구성될 수 있다.

[0053] 이동 가능한 광학 렌즈들에 대한 다른 사용은 입체 관찰자들에서의 수렴-조절(vergence-accommodation) 불일치를 최소화하는 것이다. 많은 입체 헤드 마운트 디스플레이들에서, 소정 물체들의 좌측 눈 및 우측 눈 이미지를 서로 더 가깝게 이동시킴으로써 깊이감(sense of depth)이 생성된다. 물체의 가상 이미지를 명확하게 보기 위하여 좌측 눈과 우측 눈이 모이고, 이것은 깊이의 인지를 제공하는 큐(cue)이다. 그러나, 눈들이 가까이 있는 실제 물체를 관찰할 때, 눈들은 모일 뿐만 아니라, 각각의 눈의 렌즈가 가까운 물체의 초점을 망막에 맞추기 위해 초점을 맞춘다(조절이라고도 불림). 가까운 물체들의 가상 이미지를 관찰하기 위한 눈에서의 조절의 부족 및 입체 관찰자들에게 존재하는 수렴 큐(vergence cue)를 사이의 차이 때문에, 입체 헤드 마운트 디스플레이들의 많은 사용자들은 시각적 불편함, 눈의 피로 및/또는 메스꺼움을 겪을 수 있다. 제1 및 제2 렌즈들의 위치들을 조정함으로써, 가상 이미지 거리는 눈이 물체들의 가상 이미지를 보기 위해 초점을 맞추도록 가까운 점들로 조정될 수 있다. 수렴 큐들과 조절 큐(accommodation cue)들을 조합함으로써, 광학 시스템 내의 하나 이상의 렌즈들의 위치들은, 수렴-조절 불일치가 감소되거나 실질적으로 제거될 수 있도록 조정될 수 있다.

[0054] 일부 실시 형태에서, 헤드 마운트 디스플레이에는 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것을 포함하고, 또한 눈-추적 시스템을 포함할 수 있다. 눈 추적 시스템은 가상 이미지에서 사용자가 어디를 바라보고 있는지를 검출하도록 구성될 수 있고, 광학 시스템은, 광학 시스템 내의 하나 이상의 렌즈들의 위치들을 조정함으로써 입체적으로 제시되는 바와 같은 물체의 깊이와 매칭되도록 가상 이미지 거리를 조정하도록 구성될 수 있다.

[0055] 일부 실시 형태에서, 제1 및/또는 제2 광학 렌즈들(112, 122)은 반사 또는 굴절 시에 또는 둘 모두에서 구면 및/또는 원주 굴절력을 갖도록 형상화될 수 있다. 이것은, 예를 들어, 원하는 형상을 갖는 필름 인서트 주형들 및 열성형 주형들을 사용함으로써 행해질 수 있다. 원주 굴절력은, 예를 들어, 사출 성형 공정 이후에 냉각될 때 회전 대칭 렌즈에 응력을 적용함으로써 생성될 수 있다. 대안적으로, 렌즈는 사후 처리, 다이아몬드 선삭(diamond turning), 연삭 또는 연마에 의해 (구형으로 또는 원통형으로 또는 이들의 조합으로) 만곡될 수 있다.

[0056] 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 광학 렌즈들(112, 122) 중 하나 또는 둘 모두는 광학 시스템 내에서 동적으로 또는 정적으로 휘어질 수 있다. 정적 휨의 일례는 세트 스크루(set screw) 또는 세트 스크루들, 또는 렌즈 또는 렌즈들에 압축력 또는 인장력을 정적으로 적용하는 유사한 메커니즘이다. 일부 실시 형태에서, 세트 스크류들은, 3가지 유형의 난시(astigmatism): 직난시(with the rule astigmatism), 도난시(against the rule astigmatism), 사난시(oblique astigmatism) 모두를 고려하기 위해 다수의 축들을 따라 난시 보정을 제공하도록 환상 방식으로 제공될 수 있다. 이것은, 전형적으로 30도 또는 15도 또는 10도의 경사도의 충분으로 난시를 해소하기 위해 제조되는 안경 렌즈들을 이용하는 것과 같이 정확한 보정을 제공할 것이다. 세트 스크류의 피치(pitch)는 스크류의 회전들 또는 부분 회전들에 기초한 보정의 양을 제공하기 위해 원주 굴절력에 관련될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 압전, 보이스 코일, 또는 스텝퍼 모터 액추에이터들 또는 다른 유형의 액추에이터들이 (예컨대, 처방을 입력하는 것과 같은 디바이스에 대한 사용자 입력에 기초하여) 렌즈 또는 렌즈들을 휘게 하는 테 사용될 수 있다.

[0057] 처방 렌즈 용어에서, 플라노 렌즈(plano lens)는 광학 굴절력이 전혀 없는 렌즈이다. 일부 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈(112) 및/또는 제2 광학 렌즈(122)는 투과 시에 광학 굴절력을 거의 또는 전혀 갖지 않는 플라노 렌즈들일 수 있지만, (예를 들어, 렌즈들의 전체 곡률로 인해) 반사 시에 광학 굴절력을 가질 수 있다. 제1 광학

렌즈(112)의 제1 및 제2 주 표면들(114, 116)의 곡률은 동일 또는 실질적으로 동일할 수 있고, 제2 광학 렌즈(122)의 제1 및 제2 주 표면들(124, 126)의 곡률은 동일 또는 실질적으로 동일할 수 있다. 제1 및 제2 광학 렌즈들(112, 122)은 실질적으로 동일한 형상을 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈(112) 및/또는 제2 광학 렌즈(122)는 투과 시에 광학 굴절력을 가질 수 있고, 또한 반사 시에도 광학 굴절력을 가질 수 있다.

[0058] 광학 시스템(100)은 제2 광학 적층물(120) 내에 반사 편광기 및 1/4 파장 지연기를 포함하고, 제1 광학 적층물(110) 내에 부분 반사기를 포함한다. 반사 편광기, 1/4 파장 지연기 및 부분 반사기가 광학 적층물들 내에서 어떻게 배열될 수 있는지에 대한 다양한 가능성들이 있다. 도 2는 하나의 가능한 배열을 도시하고; 다른 배열들이 도 3a 내지 도 4c에 설명된다.

[0059] 도 2는 이미지 표면(230), 조리개 표면(235), 이미지 표면(230)과 조리개 표면(235) 사이에 배치된 제1 광학 적층물(210), 제1 광학 적층물(210)과 조리개 표면(235) 사이에 배치된 제2 광학 적층물(220)을 포함하는 광학 시스템(200)의 개략 단면도이다. 제1 광학 적층물(210) 및 제2 광학 적층물(220) 각각은 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면(230)을 향해 볼록하다. x-y-z 좌표계가 도 2에 제공되어 있다. 직교하는 제1 및 제2 축들은 각각 x 축 및 y 축일 수 있다.

[0060] 제1 광학 적층물(210)은 각각 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들(214, 216)을 갖는 제1 광학 렌즈(212)를 포함한다. 제1 광학 적층물(210)은 제1 주 표면(214) 상에 배치된 부분 반사기(217)를 포함한다. 부분 반사기(217)는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖고, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있는데, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술된 파장 범위들 중 임의의 것일 수 있다.

[0061] 제2 광학 적층물은 제1 및 제2 주 표면들(224, 226)을 갖는 제2 광학 렌즈(222)를 포함한다. 제2 광학 적층물(220)은 제2 주 표면(226) 상에 배치된 반사 편광기(227)를 포함하고, 반사 편광기(227) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(225)를 포함한다. 1/4 파장 지연기(225)는 반사 편광기(227) 상에 라미네이팅된 필름일 수 있거나, 또는 반사 편광기(227)에 적용된 코팅일 수 있다. 광학 시스템(200)은 하나 이상의 추가 지연기들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 광학 적층물(210) 내에 포함될 수 있고, 제2 주 표면(216) 상에 배치될 수 있다. 광학 시스템(200) 내에 포함된 제1 1/4 파장 지연기(225) 및 임의의 추가 1/4 파장 지연기들은 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기들일 수 있다. 제2 광학 적층물(220)은 대안적으로 제2 렌즈(222) 및 제2 렌즈(222) 상에 배치된 반사 편광기(227)를 포함하는 것으로 기술될 수 있고, 제1 1/4 파장 지연기(225)는 제2 광학 적층물(220) 내에 포함되며, 제2 광학 적층물(220) 상에 배치되는 별도의 층 또는 코팅으로서 여겨질 수 있다. 이러한 경우에, 제1 1/4 파장 지연기(225)는 제1 광학 적층물(210)과 제2 광학 적층물(220) 사이에 배치되는 것으로 기술될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 1/4 파장 지연기(225)는 제2 광학 적층물(220)에 부착되지 않을 수 있고, 일부 실시 형태에서, 제1 1/4 파장 지연기(225)는 제1 광학 적층물(210)과 제2 광학 적층물(220) 사이에 배치되고 그들로부터 이격되어 있다. 또 다른 실시 형태에서, 제1 1/4 파장 지연기(225)는 부분 반사기(217) 상에 배치될 수 있고, 제1 광학 적층물(210) 내에 포함되는 것으로 기술될 수 있거나 또는 제1 광학 적층물(210)과 제2 광학 적층물(220) 사이에 배치되는 것으로 기술될 수 있다.

[0062] 광선들(237, 238)이 각각 이미지 표면(230) 및 조리개 표면(235)을 통하여 투과된다. 광선들(237, 238)은 각각 (예를 들어, 헤드 마운트 디스플레이 응용들에서) 이미지 표면(230)으로부터 조리개 표면(235)으로 투과될 수 있거나, 또는 광선들(237, 238)은 (예를 들어, 카메라 응용들에서) 조리개 표면(235)으로부터 이미지 표면(230)으로 투과될 수 있다. 광선(238)은, 광학 경로가 광학 시스템(200)에 대한 겹침 광학 축(240)을 한정하는 중심 광선일 수 있는데, 광학 시스템은 겹침 광학 축(240)을 중심으로 위치될 수 있다. 겹침 광학 축(240)은 겹침 광학 축(140)에 대응할 수 있다.

[0063] 광선(237)이 이미지 표면(230)으로부터 조리개 표면(235)으로 투과되는 실시 형태에서, 광선(237)(및 광선(238)의 경우에도 유사함)은 순서대로, 이미지 표면(230)을 통하여 투과되고, 제2 주 표면(216)(및 그 위의 임의의 코팅들 또는 층들)을 통하여 투과되고, 제1 광학 렌즈(212)를 통하여 투과되고, 부분 반사기(217)를 통하여 투과되고, 반사 편광기(227) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(225)를 통하여 투과되고, 반사 편광기(227)로부터 반사되고, 다시 1/4 파장 지연기(225)를 통하여 투과되고, 부분 반사기(217)로부터 반사되고, 1/4 파장 지연기(225)를 통하여 투과되고, 반사 편광기(227)를 통하여 투과되고, 제2 렌즈(222)를 통하여 투과되고, 조리개 표면(235)을 통하여 투과된다. 광선(237)은, 1/4 파장 지연기(225)를 통과할 시에 제1 편광 상태로 회전되는 편광 상태를 갖고서 이미지 표면(230)으로부터 방출될 수 있다. 이러한 제1 편광 상태는 반사 편광기(227)에 대한

차단 상태일 수 있다. 광선(237)이 제1 1/4 파장 지연기(225)를 통과하고, 부분 반사기(217)로부터 반사되고 1/4 파장 지연기(225)를 다시 통과한 후에, 그의 편광 상태는 제1 편광 상태에 실질적으로 직교하는 제2 편광 상태이다. 따라서, 광선(237)은 반사 편광기(227) 상에 입사되는 제1 시간에 반사 편광기(227)로부터 반사될 수 있고, 반사 편광기(227) 상에 입사되는 제2 시간에 반사 편광기(227)를 통하여 투과될 수 있다.

[0064] 다른 광선들(도시되지 않음)은 마이너스 z-방향으로 부분 반사기(217) 상에 입사될 때 부분 반사기(217)로부터 반사되거나, 플러스 z-방향으로 부분 반사기(217) 상에 입사될 때 부분 반사기(217)에 의해 투과된다. 이러한 광선들은 광학 시스템(200)에서 나올 수 있다.

[0065] 일부 실시 형태에서, 이미지 표면(230) 및 조리개 표면(235)을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선은, 주 광선이 제1 또는 제2 광학 적층물들(210 또는 220) 상에 입사될 때마다 또는 제1 시간에, 약 30도 미만, 약 25도 미만, 또는 약 20도 미만의 입사각으로 제1 광학 적층물(210) 및 제2 광학 적층물(220)의 각각 상에 입사된다. 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것에서, 이미지 및 조리개 표면들을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선은, 주 광선이 반사 편광기 또는 부분 반사기 상에 입사될 때마다 또는 제1 시간에, 약 30도 미만, 약 25도 미만, 또는 약 20도 미만의 입사각으로 반사 편광기 및 부분 반사기의 각각 상에 입사된다. 조리개 및 이미지 표면들을 통하여 투과되는 모든 주 광선들의 대다수(예컨대, 약 90 퍼센트 이상, 또는 약 95 퍼센트 이상, 또는 약 98 퍼센트 이상)가 일정 조건을 만족하면, 실질적으로 임의의 주 광선이 그 조건을 만족한다고 말할 수 있다.

[0066] 다양한 인자들이, 이미지 표면(230)에 의해 방출된 광이 반사 편광기(227) 상으로 입사되는 제1 시간에, 반사 편광기(227)를 통하여 광이 부분적으로 투과되게 할 수 있다. 이것은 조리개 표면(235)에서 원치 않는 고스팅(ghosting) 또는 이미지 흐려짐(image blurriness)을 야기할 수 있다. 이러한 인자들은 형성 동안 다양한 편광 구성요소들의 성능 저하 및 광학 시스템(200) 내의 원치 않는 복굴절을 포함할 수 있다. 이러한 인자들의 효과들은 조합되어 광학 시스템(200)의 콘트라스트 비 및 효율을 저하시킬 수 있다. 콘트라스트 비에 대한 이러한 인자들의 효과들은, 예를 들어, 도 14에서 알 수 있는데, 도 14는, 이미지 표면(230)에 의해 방출될 때 통과 상태의 편광을 갖는 광의 백분율의 함수로서 광학 모델링을 통해 결정되는 조리개 표면(235)에서의 콘트라스트 비를 도시하며, 그 광은 제1 1/4 파장 지연기(225) 및 제1 렌즈(212)의 제2 주 표면(216) 상에 배치된 제2 1/4 파장 지연기(도시되지 않음)를 통과한 후에 반사 편광기(227) 상에 최초로 입사될 때 반사 편광기(227)에 의해 차단된다. 그러한 인자들은, 예를 들어, 렌즈들 내의 원치 않는 복굴절을 감소시킬 수 있는 비교적 얇은 광학 렌즈들을 사용함으로써, 그리고 예를 들어, 광학 필름들을 열성형하는 것으로부터 발생되는 광학적 아티팩트(optical artifact)들을 감소시킬 수 있는 얇은 광학 필름들을 사용함으로써 최소화될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 광학 렌즈들(212, 222)은 각각 7 mm 미만, 5 mm 미만, 또는 3 mm 미만의 두께를 갖고, 예를 들어, 1 mm 내지 5 mm, 또는 1 mm 내지 7 mm의 범위의 두께를 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(227)는 75 마이크로미터 미만, 50 마이크로미터 미만, 또는 30 마이크로미터 미만의 두께를 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 조리개 표면(235)에서의 콘트라스트 비는 광학 시스템(200)의 시야에 걸쳐 적어도 40, 또는 적어도 50, 또는 적어도 60, 또는 적어도 80, 또는 적어도 100이다. 반사 편광기(227)가 (2개의 직교 축들에 대해 만곡되도록) 열성형된 다층 광학 필름(예컨대, APF) - 이 다층 광학 필름은 열성형 이전에 일축 배향됨 - 이라면, 2개의 직교 축들에 대해 만곡된 다른 반사 편광기들을 사용하는 것과 비교하여, 콘트라스트 비가 상당히 더 높을 수 있다는 것이 밝혀졌다. 다른 반사 편광기들, 예컨대 비-일축 배향된 다층 중합체 필름 반사 편광기들 또는 와이어 그리드 편광기들이 또한 사용될 수 있다.

[0067] 다양한 주 표면들(예컨대, 제2 주 표면(226) 및 제1 주 표면(214))의 형상들을 적합하게 선택함으로써, 광학 시스템은 이미지가 사전-왜곡될 필요가 없는 충분히 낮은 왜곡을 제공할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 일부 실시 형태에서, 왜곡되지 않은 이미지를 방출하도록 구성된 이미지 소스가 이미지 표면(230)을 포함한다. 부분 반사기(217) 및 반사 편광기(227)는, 조리개 표면(235)에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면(235)에서의 시야의 약 10% 미만, 또는 약 5% 미만, 또는 약 3% 미만이도록 선택된 상이한 형상들을 가질 수 있다. 조리개 표면에서의 시야는, 예를 들어 80도 초과, 90도 초과, 또는 100도 초과일 수 있다.

[0068] 도 3a 내지 도 3c는 광학 적층물들(310a 내지 310c)의 부분들의 단면도들인데, 이들 광학 적층물들 중 임의의 것이 제2 광학 적층물(110)에 대응할 수 있다. 도 3a 내지 도 3c에 도시되지 않았지만, 광학 적층물들(310a 내지 310c)은 각각 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있다. 광학 적층물들(310a 내지 310c) 각각은 제1 및 제2 주 표면들(314, 316)을 갖는 렌즈(312) - 이는 광학 렌즈(112)에 대응할 수 있음 - 를 포함한다. 광학 적층물(310a)은 제1 주 표면(314) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(315) - 이는 선택적으로 생략될 수 있음 -, 및 제2 주 표면(316) 상에 배치된 부분 반사기(317)를 포함한다. 광학 적층물(310b)은 제1 주 표면(314) 상에 배

치된 부분 반사기(317), 및 광학 렌즈(312)의 반대편인 부분 반사기(317) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(315) - 이는 선택적으로 생략될 수 있음 - 를 포함한다. 광학 적층물(310c)은 제2 주 표면(316) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(315)를 포함하고, 렌즈(312)의 반대편인 1/4 파장 지연기(315) 상에 배치된 부분 반사기(317)를 포함한다.

[0069] 도 4a 내지 도 4c는 광학 적층물들(420a 내지 420c)의 부분들의 단면도들인데, 이들 광학 적층물들 중 임의의 것이 제2 광학 적층물(120)에 대응할 수 있다. 광학 적층물들(420a 내지 420c)은 각각 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있다. 광학 적층물들(420a 내지 420c) 각각은 제1 및 제2 주 표면들(424, 426)을 갖는 렌즈(422) - 이는 광학 렌즈(422)에 대응할 수 있음 - 를 포함한다. 광학 적층물(420a)은 제1 주 표면(424) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(425), 및 제2 주 표면(426) 상에 배치된 반사 편광기(427)를 포함한다. 광학 적층물(420b)은 제1 주 표면(424) 상에 배치된 반사 편광기(427), 및 렌즈(422)의 반대편인 반사 편광기(427) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(425)를 포함한다(도 2에서와 같음). 광학 적층물(420c)은 제2 주 표면(426) 상에 배치된 1/4 파장 지연기(425)를 포함하고, 렌즈(422)의 반대편인 1/4 파장 지연기(425) 상에 배치된 반사 편광기(427)를 포함한다.

[0070] 대안적인 실시 형태가 도 5에 도시되어 있는데, 도 5는 이미지 표면(530), 조리개 표면(535), 및 제1 및 제2 주 표면들(514, 516)을 갖는 광학 렌즈(512)를 포함하는 일체형 광학 적층물(510)을 포함하는 광학 시스템(500)의 개략 단면도이다. 제1 및/또는 제2 주 표면들(514, 516)은 그 위에 배치된 하나 이상의 층들 또는 코팅들을 가질 수 있다. 일체형 광학 적층물(510)은 또한 부분 반사기, 다층 반사 편광기 및 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 이러한 다양한 층들 또는 구성요소들은 제1 및 제2 주 표면들(514, 516) 중 하나 이상 상에 배치될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 부분 반사기는 제1 주 표면(514) 상에 배치될 수 있고, 제1 1/4 파장 지연기는 부분 반사기 상에 배치될 수 있고, 반사 편광기는 제1 1/4 파장 지연기 상에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제2 1/4 파장 지연기가 제2 주 표면(516) 상에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 제2 주 표면(516) 상에 배치되고, 1/4 파장 지연기는 반사 편광기 상에 배치되고, 부분 반사기는 1/4 파장 지연기 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 제2 1/4 파장 지연기가 부분 반사기 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 제1 주 표면(514) 상에 배치되고, 제1 1/4 파장 지연기는, 제1 1/4 파장 지연기 상에 배치되는 부분 반사기 및 선택적인 제2 1/4 파장 지연기와 함께 제2 주 표면(516) 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 제1 1/4 파장 지연기는, 제1 1/4 파장 지연기 상에 배치되는 반사 편광기와 함께 제1 주 표면(514) 상에 배치되고, 부분 반사기는, 부분 반사기 상에 배치되는 선택적인 제2 1/4 파장 지연기와 함께 제2 주 표면(516) 상에 배치된다.

[0071] 이미지 표면(530)은 제1 최대 횡방향 치수를 갖고, 조리개 표면(535)은 제2 최대 횡방향 치수를 갖는다. 일부 실시 형태에서, 제1 최대 횡방향 치수를 제2 최대 횡방향 치수로 나눈 값은 적어도 2, 적어도 3, 적어도 4, 또는 적어도 5일 수 있다. 이미지 표면(530) 및/또는 조리개 표면(635)은 실질적으로 평면일 수 있거나 또는 하나 이상의 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있다.

[0072] 부분 반사기는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖고, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있는데, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술된 파장 범위들 중 임의의 것일 수 있다. 광학 시스템(500) 내에 포함된 1/4 파장 지연기(들)는 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기들일 수 있다. 다층 반사 편광기는 (예컨대, 제1 방향으로 선형 편광된) 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고, (예컨대, 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 선형 편광된) 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킨다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 예를 들어, 다층 반사 편광기는 중합체 다층 반사 편광기(예컨대, APF)일 수 있거나 또는 와이어 그리드 편광기일 수 있다.

[0073] 광학 시스템(500)은 이미지 표면(530)을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정될 수 있는 겹침 광학 축(540)을 중심으로 위치될 수 있다.

[0074] 일체형 광학 적층물(510)과 같은 단일 일체형 광학 적층물을 사용함으로써, 콤팩트 시스템에서 고 시야를 제공할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 이미지 표면(530)의 외측 예지를 통하여 투과되는 광선(537)은,  $\Theta$ 의 시야각 (view angle)으로 겹침 광학 축(540)에서 조리개 표면(535)과 교차하는 주 광선인데, 이 시야각은 예를 들어, 적어도 40도, 적어도 45도, 또는 적어도 50도일 수 있다. 조리개 표면(535)에서의 시야는  $2\Theta$ 인데, 이는 예를 들어, 적어도 80도, 적어도 90도, 또는 적어도 100도일 수 있다.

[0075] 도 6은 이미지 표면(630), 조리개 표면(635), 및 제1 및 제2 주 표면들(614, 616)을 갖는 광학 렌즈(612)를 포함하는 일체형 광학 적층물(610)을 포함하는 광학 시스템(600) - 이는 광학 시스템(500)에 대응할 수 있음 - 의 개략도이다. 제1 1/4 파장 지연기(625)가 광학 렌즈(612)의 제1 주 표면(614) 상에 배치되고, 반사 편광기(627)가 광학 렌즈(612)의 반대편인 제1 1/4 파장 지연기(625) 상에 배치된다. 부분 반사기(617)가 광학 렌즈(612)의 제2 주 표면(616) 상에 배치되고, 제2 1/4 파장 지연기(615)가 광학 렌즈(612)의 반대편인 부분 반사기(617) 상에 배치된다. 광학 시스템(600)은 이미지 표면(630)을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정될 수 있는 겹침 광학 측(640)을 중심으로 위치될 수 있다.

[0076] 일체형 광학 적층물(610)은, 먼저 반사 편광기(627)를, 반사 편광기(627)에 코팅 또는 라미네이팅된 제1 1/4 파장 지연기(625)와 함께 형성하고 이어서 생성된 필름을 원하는 형상으로 열성형함으로써 제조될 수 있다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 열성형 도구는 필름이 냉각 이후에 원하는 형상을 획득하도록 원하는 형상과는 상이한 형상을 가질 수 있다. 부분 반사기(617) 및 제2 1/4 파장 지연기(615)는, 부분 반사기 필름 상으로 1/4 파장 지연기를 코팅함으로써, 1/4 파장 지연기 필름 상으로 부분 반사기 코팅을 코팅함으로써, 부분 반사기 필름 및 1/4 파장 지연기 필름을 함께 라미네이팅함으로써, 또는 먼저 필름 인서트 성형 공정에서 렌즈(612)(이는 반사 편광기(627) 및 제1 1/4 파장 지연기(625)를 포함하는 필름 상에 형성될 수 있음)를 형성하고 이어서 제2 주 표면(616) 상에 부분 반사기(617)를 코팅하고 부분 반사기(617) 상에 1/4 파장 지연기(615)를 코팅함으로써 준비될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(627) 및 제1 1/4 파장 지연기(625)를 포함하는 제1 필름이 제공되고, 부분 반사기(617) 및 제2 1/4 파장 지연기(615)를 포함하는 제2 필름이 제공되고, 이어서 필름 인서트 성형 공정 중에 제1 열성형된 필름과 제2 열성형된 필름 사이에 렌즈(612)를 사출 성형함으로써 일체형 광학 적층물(610)이 형성된다. 제1 및 제2 필름들은 사출 성형 단계 이전에 열성형될 수 있다. 본 발명의 다른 광학 적층물들은 광학 필름 - 이는 코팅된 필름 또는 라미네이트일 수 있음 - 을 열성형하고 광학 적층물을 제조하기 위한 필름 인서트 성형 공정을 이용함으로써 유사하게 제조될 수 있다. 제2 필름이 필름 인서트 성형 공정 중에 포함될 수 있어서, 성형 공정 중에 형성된 렌즈가 필름들 사이에 배치되도록 한다.

[0077] 이미지 소스(631)는 이미지 표면(630)을 포함하고, 조리개 표면(635)은 광학 시스템(600)을 위한 출사 동공이다. 예를 들어, 이미지 소스(631)는 디스플레이 패널일 수 있다. 다른 실시 형태에서, 디스플레이 패널이 존재하지 않고, 대신에, 이미지 표면(630)은 광학 시스템(600)의 외부에 있는 물체들로부터 반사되는 광을 수신하도록 구성된 개구이다. 입사 동공(634)을 갖는 제2 광학 시스템(633)이, 입사 동공(634)과 중첩되는 조리개 표면(635)을 갖고서 광학 시스템(600)에 근접하게 배치된다. 제2 광학 시스템(633)은, 예를 들어, 이미지 표면(637)을 통하여 투과되는 이미지들을 기록하도록 구성된 카메라일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제2 광학 시스템은 관찰자의 눈이고, 입사 동공(634)은 관찰자의 눈의 동공이다. 그러한 실시 형태에서, 광학 시스템(600)은 헤드 마운트 디스플레이에서 사용하도록 구성될 수 있다.

[0078] 부분 반사기(617)는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖고, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있는데, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술된 파장 범위들 중 임의의 것일 수 있다. 광학 시스템(600) 내에 포함된 제1 1/4 파장 지연기(625) 및 임의의 추가 1/4 파장 지연기들은 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기들일 수 있다. 다층 반사 편광기(627)는 (예컨대, 제1 방향으로 선형 편광된) 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고, (예컨대, 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 선형 편광된) 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킨다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 예를 들어, 다층 반사 편광기(627)는 중합체 다층 반사 편광기(예컨대, APF)일 수 있거나 또는 와이어 그리드 편광기일 수 있다.

[0079] 광선(637)은 이미지 소스(631)로부터 방출되고 이미지 표면(630) 및 조리개 표면(635)을 통하여 투과된다. 광선(637)은 제2 1/4 파장 지연기(615) 및 부분 반사기(617)를 통하여 렌즈(612) 내로 그리고 그를 통하여 투과된다. 다른 광선들(도시되지 않음)이 제2 1/4 파장 지연기(615)를 통과한 후에 부분 반사기(617)로부터 반사되고, 광학 시스템(600)으로부터 소실된다. 먼저 렌즈(612)를 통과하게 한 후에, 광선은 제1 1/4 파장 지연기(625)를 통과하고 반사 편광기(627)로부터 반사된다. 이미지 소스(631)는 반사 편광기(627)에 대한 통과 축을 따른 편광을 갖는 광을 방출하여서, 제2 1/4 파장 지연기(615) 및 제1 1/4 파장 지연기(625) 둘 모두를 통과한 후에, 광이 최초로 반사 편광기 상에 입사될 때 광이 반사 편광기(627)에 대한 차단 축을 따라 편광되므로 반사 편광기(627)로부터 반사되도록 구성될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 선형 편광기가 디스플레이 패널(631)과 제2 1/4 파장 지연기(617) 사이에 포함되어서, 제2 1/4 파장 지연기(615) 상에 입사된 광이 원하는 편

광을 갖도록 한다. 광선(637)이 반사 편광기(627)로부터 반사된 후에, 광선은 제1 1/4 파장 지연기(625) 및 렌즈(612)를 다시 통과하고, 이어서 부분 반사기(617)로부터 반사되어(도시되지 않은 다른 광선들이 부분 반사기(617)를 통하여 투과됨) 다시 렌즈(612)를 통과하고 이어서 반사 편광기(627) 상에 다시 입사된다. 제1 1/4 파장 지연기(625)를 통과하고, 부분 반사기(617)로부터 반사되고 다시 제1 1/4 파장 지연기(625)를 통과한 후에, 광선(637)은 반사 편광기(627)에 대한 통과 축을 따른 편광을 갖는다. 따라서, 광선(637)이 반사 편광기(627)를 통하여 투과되고, 이어서 조리개 표면(635)을 통하여 제2 광학 시스템(633)으로 투과된다.

[0080] 대안적인 실시 형태에서, 일체형 광학 적층물(610)은 도 1 및 도 2에서와 같은 제1 및 제2 광학 적층물들로 대체되거나 또는 도 8에서와 같은 제1, 제2, 및 제3 광학 적층물들로 대체된다.

[0081] 도 7은 이미지 표면(730), 조리개 표면(735), 및 제1 및 제2 주 표면들(714, 716)을 갖는 광학 렌즈(712)를 포함하는 일체형 광학 적층물(710)을 포함하는 광학 시스템(700) - 이는 광학 시스템(500)에 대응할 수 있음 - 의 개략 단면도이다. 제1 1/4 파장 지연기(725)가 광학 렌즈(712) 상에 배치되고, 반사 편광기(727)가 제1 1/4 파장 지연기(725) 상에 배치된다. 부분 반사기(717)가 제2 주 표면(716) 상에 배치된다. 광학 시스템(700)은 이미지 표면(730)을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정될 수 있는 겹침 광학 축(740)을 중심으로 위치될 수 있다.

[0082] 이미지 리코더(732)는 이미지 표면(730)을 포함하고, 조리개 표면(735)은 광학 시스템(700)을 위한 입사 동공이다. 예를 들어, 조리개 표면은 카메라의 개구 조리개일 수 있다. 예를 들어, 이미지 리코더(732)는 CCD 또는 CMOS 디바이스일 수 있다. 예를 들어, 광학 시스템(700)은 카메라 또는 카메라의 구성요소일 수 있고, 휴대 전화 내에 배치될 수 있다.

[0083] 부분 반사기(717)는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖고, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있는데, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술된 파장 범위를 중 임의의 것일 수 있다. 광학 시스템(700) 내에 포함된 제1 1/4 파장 지연기(725) 및 임의의 추가 1/4 파장 지연기들은 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기들일 수 있다. 다층 반사 편광기(727)는 (예컨대, 제1 방향으로 선형 편광된) 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고, (예컨대, 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 선형 편광된) 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킨다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 예를 들어, 다층 반사 편광기(727)는 중합체 다층 반사 편광기(예컨대, APF)일 수 있거나 또는 와이어 그리드 편광기일 수 있다.

[0084] 광선(737)이 조리개 표면(735)을 통하여 투과되고, 이미지 표면(730)을 통하여 이미지 리코더(732) 내로 투과된다. 광선(737)은 순서대로, 반사 편광기(727)를 통하여 투과되고(도시되지 않은 다른 광선들이 반사 편광기(727)에 의해 반사될 수 있음), 1/4 파장 지연기(725) 및 광학 렌즈(712)를 통하여 투과되고, 부분 반사기(717)로부터 반사되고 다시 렌즈(712) 및 1/4 파장 지연기를 통하여 투과되고, 반사 편광기(727)로부터 반사되고, 1/4 파장 지연기(725), 렌즈(712) 및 부분 반사기(717)를 통하여 투과된다. 이어서, 광선(737)은 이미지 표면(730)을 통하여 이미지 리코더(732) 내로 투과된다.

[0085] 일체형 광학 적층물들(510, 610, 710) 중 임의의 것은 선택적으로 제1 렌즈에 인접한 제2 렌즈를 포함할 수 있는데, 이때 2개의 렌즈들 사이에 반사 편광기, 1/4 파장 지연기 및 부분 반사기 중 하나 이상이 배치된다. 2개의 렌즈들은 광학적으로 투명한 접착제를 사용하여 함께 라미네이팅될 수 있다. 도 26은, 각각 광학 시스템들(500, 600, 700) 내의 일체형 광학 적층물들(510, 610, 710) 중 임의의 것 대신에 사용될 수 있는 일체형 광학 적층물(2610)의 개략 단면도이다. 일체형 광학 적층물(2610)은 제1 렌즈(2612), 제2 렌즈(2622), 및 제1 렌즈(2612)와 제2 렌즈(2622) 사이에 배치된 1/4 파장 지연기(2625)를 포함한다. 1/4 파장 지연기(2625)는, 예를 들어 제2 렌즈(2622)의 주 표면 상으로 코팅될 수 있고, 광학적으로 투명한 접착제가 1/4 파장 지연기(2625)를 제1 렌즈(2612)에 부착하는 데 사용될 수 있다. 대안적으로, 1/4 파장 지연기(2625)는 제1 렌즈(2612)의 주 표면 상으로 코팅될 수 있고, 광학적으로 투명한 접착제가 1/4 파장 지연기(2625)를 제2 광학 렌즈(2622)에 부착하는 데 사용될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 1/4 파장 지연기(2625)는, 제1 및 제2 렌즈들(2612, 2622) 둘 모두에 라미네이팅되는 별도의 필름일 수 있다. 광학 적층물은, 제1 렌즈(2612)의 반대편인 제2 렌즈(2622)의 주 표면 상에 배치된 반사 편광기(2627)를 포함하고, 제2 렌즈(2622)의 반대편인 제1 렌즈(2612)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기(2617)를 포함한다. 부분 반사기(2617), 1/4 파장 지연기(2625), 및 반사 편광기(2627)는, 각각 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술된, 부분 반사기들, 1/4 파장 지연기들 및 반사 편광기들 중 임의의 것에 대응할 수 있다.

[0086]

제1 및 제2 렌즈들(2612, 2622)은 각각, 동일 또는 상이할 수 있는 제1 및 제2 재료들로 형성될 수 있다. 예를 들어, 렌즈들(2612, 2622)의 재료는 동일한 유리일 수 있거나, 상이한 유리들일 수 있거나, 동일한 중합체일 수 있거나, 상이한 중합체들일 수 있거나, 또는 하나는 유리일 수 있고 다른 하나는 중합체일 수 있다. 렌즈들에 대해 선택되는 재료는 전형적으로 어느 정도의 분산(파장에 대한 굴절률의 의존성)을 발현할 것이다. 일부 경우에, 분산 효과들은, 하나의 렌즈에서의 분산이 다른 하나의 렌즈에서의 분산을 보상하거나 또는 부분적으로 보상하도록 상이한 렌즈들에 대해 상이한 재료들을 선택함으로써 감소될 수 있다. 재료의 아베수(Abbe number)는 재료의 분산을 정량화하는 데 사용될 수 있다. 아베수는  $(n_D - 1) / (n_F - n_C)$ 으로 주어지는데, 여기서  $n_D$ 는 589.3 nm에서의 굴절률이고,  $n_F$ 는 486.1 nm의 굴절률이고,  $n_C$ 는 656.3 nm에서의 굴절률이다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 렌즈들(2612, 2622)은 상이한 아베수들을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 렌즈들(2612, 2622)의 아베수들의 차이는 5 내지 50의 범위이다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 렌즈들(2612, 2622) 중 하나는 아베수가 45 초과 또는 50 초과이고, 제1 및 제2 렌즈들(2612, 2622) 중 다른 하나는 아베수가 45 미만 또는 40 미만이다. 이것은, 예를 들어, 렌즈들 중 하나에 대해 유리를 사용하고 렌즈들 중 다른 하나에 대해 중합체를 사용함으로써 달성될 수 있다.

[0087]

본 발명의 광학 시스템은, 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 1개, 2개, 3개 이상의 렌즈들을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 복수의 주 표면들이 배치되는데, 이때 각각의 주 표면은 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록하다. 일부 실시 형태에서, 적어도 6개의 그러한 주 표면들이 포함된다. 일부 실시 형태에서, 적어도 6개의 상이한 주 표면들은 적어도 6개의 상이한 볼록부들을 갖는다. 광학 시스템 내에 3개 이상의 렌즈들을 포함하는 것은, 예를 들어 고 해상도를 갖는 작은 패널이 이용될 때 유용할 수 있는데, 이는 3개 이상의 렌즈들을 갖는 것이, 광학 시스템의 조리개 표면에서 원하는 광학 특성들(예컨대, 넓은 시야)을 제공하기 위해 형상이 선택될 수 있는 6개 이상의 주 표면들을 제공하기 때문이다.

[0088]

도 8은, 제1 및 제2 주 표면들(814, 816)을 갖는 제1 광학 렌즈(812), 제1 및 제2 주 표면들(824, 826)을 갖는 제2 광학 렌즈(822), 및 제1 및 제2 주 표면들(864, 866)을 갖는 제3 광학 렌즈(862)를 포함하는 광학 시스템(800)의 개략 단면도인데, 각각이 이미지 표면(830)과 조리개 표면(835) 사이에 배치된다. 이미지 표면(830) 및/또는 조리개 표면(835)은 실질적으로 평면일 수 있거나 또는 만곡되어 있을 수 있다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 제1 및 제2 광학 표면들 중 임의의 것은 그 위에 하나 이상의 층들 또는 코팅들을 포함할 수 있다. 광학 시스템(800)은, 이미지 표면(830)과 조리개 표면(835) 사이에 배치된 부분 반사기, 다층 반사 편광기 및 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 이러한 구성요소들 각각은 주 표면들(864, 866, 824, 826, 814, 816) 중 하나 상에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 부분 반사기는 제2 광학 렌즈(822)의 제1 주 표면(824) 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 다층 반사 편광기는 제3 광학 렌즈(862)의 제1 주 표면(864) 상에 또는 제2 주 표면(866) 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 제1 1/4 파장 지연기는 다층 반사 편광기 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 제1 1/4 파장 지연기는 제3 광학 렌즈(862)의 제1 주 표면(864) 상에 배치되고, 다층 반사 편광기는 다층 반사 편광기 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 제2 1/4 파장 지연기가 광학 시스템(800) 내에 포함된다. 제2 1/4 파장 지연기는 제2 광학 렌즈(822)의 제2 주 표면(826) 상에 배치될 수 있거나 또는 제1 광학 렌즈(812)의 제1 및 제2 주 표면들(814, 816) 중 하나 상에 배치될 수 있다.

[0089]

이미지 표면(830)은 제1 최대 횡방향 치수를 갖고, 조리개 표면(835)은 제2 최대 횡방향 치수를 갖는다. 일부 실시 형태에서, 제1 최대 횡방향 치수를 제2 최대 횡방향 치수로 나눈 값은 적어도 2, 적어도 3, 적어도 4, 또는 적어도 5일 수 있다.

[0090]

광학 시스템(800)은 이미지 표면(830)을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정될 수 있는 겹침 광학 축(840)을 중심으로 위치될 수 있다.

[0091]

부분 반사기는 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 가질 수 있고, 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있는데, 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술된 파장 범위를 중 임의의 것일 수 있다. 광학 시스템(800) 내에 포함된 제1 1/4 파장 지연기 및 임의의 추가 1/4 파장 지연기들은 미리 결정된 또는 원하는 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기들일 수 있다. 다층 반사 편광기는 제1 편광 상태 - 이는 선형 편광 상태일 수 있음 - 를 갖는 광을 실질적으로 투과시킬 수 있고, 직교하는 제2 편광 상태 - 이는 직교하는 선형 편광 상태일 수 있음 - 를 갖는 광을 실질적으로 반사시킬 수 있다. 본 명세서의 어딘가

다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 예를 들어, 다층 반사 편광기는 중합체 다층 반사 편광기(예컨대, APF)일 수 있거나 또는 와이어 그리드 편광기일 수 있다.

[0092] 일부 실시 형태에서, 주 표면들(864, 866, 824, 826, 814, 816) 각각은 나머지 주 표면들 각각의 볼록부와는 상이한 볼록부를 갖는다. 다시 말하면, 주 표면들(864, 866, 824, 826, 814, 816)은 6개의 상이한 볼록부들을 가질 수 있다.

[0093] 이미지 소스는 이미지 표면(830)을 포함할 수 있고, 조리개 표면(835)은 출사 동공일 수 있는데, 이는 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성될 수 있다. 제2 광학 시스템의 입사 동공은, 예를 들어, 관찰자의 눈의 입사 동공일 수 있다. 대안적으로, 이미지 리코더가 이미지 표면(830)을 포함할 수 있고, 조리개 표면(835)은 입사 동공일 수 있다.

[0094] 도 9는 이미지 표면(930)과 조리개 표면(935) 사이에 배치된 제1 및 제2 광학 렌즈들(912, 922)을 포함하는 광학 시스템(900)의 개략 단면도이다. 광학 시스템(900)은 광학 시스템들(100 또는 200)에 대응할 수 있다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 이미지 표면(930)은 디스플레이 패널과 같은 이미지 소스의 표면일 수 있고, 조리개 표면(925)은 출사 동공일 수 있다. 제1 렌즈(912)는 제1 및 제2 주 표면들(914, 916)을 포함한다. 제1 주 표면(914)은 그 위에 배치된 하나 이상의 층들(914)을 포함한다. 제2 주 표면(916)은 또한 그 위에 배치된 하나 이상의 층들을 포함할 수 있다. 제2 렌즈(922)는 제1 및 제2 주 표면들(924, 926)을 포함한다. 제2 주 표면(926)은 그 위에 배치된 하나 이상의 층들(945)을 포함한다. 일부 실시 형태에서, 제1 주 표면(924)은 또한 그 위에 배치된 하나 이상의 층들을 포함할 수 있다. 예시된 실시 형태에서, 하나 이상의 층들(945)은 제2 주 표면(926) 상에 배치된 반사 편광기를 포함하고, 반사 편광기 상에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 예시된 실시 형태에서, 하나 이상의 층들(943)은 부분 반사기를 포함한다. 다른 실시 형태에서, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 반사 편광기, 제1 1/4 파장 지연기, 및 부분 반사기는 제1 및 제2 렌즈들(912, 922)의 상이한 표면들 상에 배치된다.

[0095] 주 광선(937) 및 엔벨로프 광선(envelope ray)들(939a, 939b)이 이미지 표면(930)을 통하여 그리고 조리개 표면(935)을 통하여 투과된다. 주 광선(937) 및 엔벨로프 광선들(939a, 939b)이 이미지 표면(930)으로부터 그리고 조리개 표면(935)을 통하여 전파된다. 다른 실시 형태에서, 광 경로들의 방향들은 반전되고, 이미지 표면(930)은 이미지 리코더의 표면일 수 있다. 엔벨로프 광선들(939a, 939b)은 조리개 표면(935)의 경계들에서 조리개 표면(935)과 교차하지만 주 광선(937)은 광학 축(940)에서 조리개 표면(935)과 교차하는데, 광학 축은 이미지 표면(930)을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정될 수 있다.

[0096] 주 광선(937)은 입사각( $\Theta$ )으로 광학 축(940)에서 조리개 표면(935) 상에 입사된다. 광학 축(940)을 따라 조리개 표면(935) 상에 입사되는 주 광선의 조리개 표면(935)에 대한 최대 입사각의 2배가 광학 시스템(900)의 시야이다. 일부 실시 형태에서, 광학 시스템(900)은 낮은 색수차를 갖는다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장(예컨대, 제1 및 제2 파장들은 각각 486 nm 및 656 nm임)을 갖고 이미지 표면(930) 및 조리개 표면(935)을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선은, 조리개 표면(935)에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면(935)의 시야의 1.5 퍼센트 미만 또는 1.2 퍼센트 미만이다. 일부 실시 형태에서, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면(930) 및 조리개 표면(935)을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선은, 조리개 표면(935)에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만 또는 10 분각 미만이다.

[0097] 본 발명의 추가 광학 시스템들이 도 18 내지 도 23에 도시되어 있다. 도 18은 광학 적층물(1810), 이미지 표면(1830) 및 조리개 표면(1835)을 포함하는 광학 시스템(1800)의 단면도이다. 이미지 표면(1830)은 패널(1889)의 표면이다. 광학 적층물(1810)은 렌즈(1812), 조리개 표면(1835)에 대면하는 렌즈(1812)의 주 표면 상에 배치된 반사 편광기(1827), 및 이미지 표면(1830)에 대면하는 렌즈(1812)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기(1817)를 포함한다. 1/4 파장 지연기가 광학 적층물(1810) 내의 반사 편광기와 렌즈(1812) 사이에 또는 부분 반사기와 렌즈(1812) 사이에 포함되어 있다. 렌즈(1812)는 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 이미지 표면(1830)을 향해 볼록하다. 이미지 표면(1830) 상의 3개의 위치들에서의 3개의 광선속(bundle of light ray)들이 도시되어 있다. 각각의 광선속 내의 광선들은 조리개 표면(1835)에서 실질적으로 평행하다. 광선들은 (예컨대, 카메라 응용들에서) 조리개 표면(1835)으로부터 이미지 표면(1830)으로 주로 이동할 수 있거나, 또는 (예컨대, 디스플레이 응용들에서) 이미지 표면(1830)으로부터 조리개 표면(1835)으로 주로 이동할 수 있다. 패널(1889)은 디스플레이 패널일 수 있거나 또는 이미지 기록 패널일 수 있다. 반사 편광기의 반사 개구는 실질적으로 반사 편광기의 전체 영역일 수 있거나, 또는 반사 편광기의 경계 근처의 일부분을 제외한 반사 편광기의 전체 영역을

포함할 수 있다. 예시된 실시 형태에서, 반사 편광기(1827)는 반사 개구(1814)를 갖는데, 반사 개구는 조리개 표면(1835)에 대면하는 렌즈(1812)의 주 표면의 전체 영역과 실질적으로 일치한다.

[0098] 도 19는 제1 광학 적충물(1910), 제2 광학 적충물(1920), 이미지 표면(1930) 및 조리개 표면(1935)을 포함하는 광학 시스템(1900)의 단면도이다. 이미지 표면(1930)은 패널(1989)의 표면이다. 제1 광학 적충물(1910)은 렌즈(1912), 및 조리개 표면(1935)에 대면하는 렌즈(1912)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적충물(1920)은 렌즈(1922)를 포함하고, 이미지 표면(1930)에 대면하는 렌즈(1922)의 주 표면 상에 배치된 반사 편광기를 포함한다. 부분 반사기에 대면하는 반사 편광기 상에 배치되거나 또는 반사 편광기에 대면하는 부분 반사기 상에 배치된 1/4 파장 지연기가 포함되어 있다. 렌즈(1912) 및 렌즈(1922)는 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 이미지 표면(1930)을 향해 볼록하다. 이미지 표면(1930) 상의 3개의 위치들에서의 3개의 광선속들이 도시되어 있다. 각각의 광선속 내의 광선들은 조리개 표면(1935)에서 실질적으로 평행하다. 광선들은 (예컨대, 카메라 응용들에서) 조리개 표면(1935)으로부터 이미지 표면(1930)으로 주로 이동할 수 있거나, 또는 (예컨대, 디스플레이 응용들에서) 이미지 표면(1930)으로부터 조리개 표면(1935)으로 주로 이동할 수 있다. 패널(1989)은 디스플레이 패널일 수 있거나 또는 이미지 기록 패널일 수 있다.

[0099] 도 20은 제1 렌즈(2012)를 갖는 광학 적충물(2010), 제2 렌즈(2022), 이미지 표면(2030) 및 조리개 표면(2035)을 포함하는 광학 시스템(2000)의 단면도이다. 이미지 표면(2030)은 패널(2089)의 표면이다. 광학 적충물(2010)은 조리개 표면(2035)에 대면하는 제1 렌즈(2012)의 주 표면 상에 배치된 반사 편광기를 포함하고, 이미지 표면(2030)에 대면하는 제1 렌즈(2012)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기를 포함한다. 1/4 파장 지연기가 광학 적충물(2010) 내의 반사 편광기와 제1 렌즈(2012) 사이에 또는 부분 반사기와 제1 렌즈(2012) 사이에 포함되어 있다. 반사 편광기 및 부분 반사기는 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 이미지 표면(2030)을 향해 볼록하다. 이미지 표면(2030) 상의 3개의 위치들에서의 3개의 광선속들이 도시되어 있다. 각각의 광선속 내의 광선들은 조리개 표면(2035)에서 실질적으로 평행하다. 광선들은 (예컨대, 카메라 응용들에서) 조리개 표면(2035)으로부터 이미지 표면(2030)으로 주로 이동할 수 있거나, 또는 (예컨대, 디스플레이 응용들에서) 이미지 표면(2030)으로부터 조리개 표면(2035)으로 주로 이동할 수 있다. 패널(2089)은 디스플레이 패널일 수 있거나 또는 이미지 기록 패널일 수 있다.

[0100] 도 21은 제1 광학 적충물(2110), 제2 광학 적충물(2120), 이미지 표면(2130) 및 조리개 표면(2135)을 포함하는 광학 시스템(2100)의 단면도이다. 이미지 표면(2130)은 패널(2189)의 표면이다. 제1 광학 적충물(2110)은 렌즈(2122), 및 이미지 표면(2130)에 대면하는 렌즈(2112)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기를 포함한다. 제2 광학 적충물(2120)은 렌즈(2122)를 포함하고, 이미지 표면(2130)에 대면하는 렌즈(2122)의 주 표면 상에 배치된 반사 편광기를 포함한다. 부분 반사기에 대면하는 반사 편광기 상에 배치되거나, 또는 반사 편광기에 대면하는 부분 반사기 상에 배치되거나, 또는 조리개 표면(2135)에 대면하는 렌즈(2112)의 주 표면 상에 배치된 1/4 파장 지연기가 광학 시스템(2100) 내에 포함되어 있다. 반사 편광기는 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 이미지 표면(2130)을 향해 볼록하다. 부분 반사기는 실질적으로 평탄할 수 있다. 이미지 표면(2130) 상의 3개의 위치들에서의 3개의 광선속들이 도시되어 있다. 각각의 광선속 내의 광선들은 조리개 표면(2135)에서 실질적으로 평행하다. 광선들은 (예컨대, 카메라 응용들에서) 조리개 표면(2135)으로부터 이미지 표면(2130)으로 주로 이동할 수 있거나, 또는 (예컨대, 디스플레이 응용들에서) 이미지 표면(2130)으로부터 조리개 표면(2135)으로 주로 이동할 수 있다. 패널(2189)은 디스플레이 패널일 수 있거나 또는 이미지 기록 패널일 수 있다.

[0101] 도 22는 제1 렌즈(2212), 제2 렌즈(2222)를 갖는 광학 적충물(2220), 이미지 표면(2230) 및 조리개 표면(2235)을 포함하는 광학 시스템(2200)의 단면도이다. 광학 적충물(2220)은 이미지 표면(2230)에 대면하는 렌즈(2222)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기를 포함하고, 조리개 표면(2235)에 대면하는 렌즈(2222)의 주 표면 상에 배치된 반사 편광기를 포함한다. 부분 반사기에 대면하는 반사 편광기 상에 배치되거나 또는 반사 편광기에 대면하는 부분 반사기 상에 배치된 1/4 파장 지연기가 광학 시스템(2200) 내에 포함되어 있다. 반사 편광기는 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 조리개 표면(2235)을 향해 볼록하다. 부분 반사기는 실질적으로 평탄할 수 있거나 또는 볼록 또는 오목할 수 있다. 이미지 표면(2230) 상의 3개의 위치들에서의 3개의 광선속들이 도시되어 있다. 각각의 광선속 내의 광선들은 조리개 표면(2235)에서 실질적으로 평행하다. 광선들은 (예컨대, 카메라 응용들에서) 조리개 표면(2235)으로부터 이미지 표면(2230)으로 주로 이동할 수 있거나, 또는 (예컨대, 디스플레이 응용들에서) 이미지 표면(2230)으로부터 조리개 표면(2235)으로 주로 이동할 수 있다.

[0102] 도 23은 제1 렌즈(2312), 제2 렌즈(2322)를 포함하는 광학 적충물(2320), 제3 렌즈(2362)를 포함하는 광학 적충물(2360), 이미지 표면(2330) 및 조리개 표면(2335)을 포함하는 광학 시스템(2300)의 단면도이다. 광학 적충물(2320)은 조리개 표면(2335)에 대면하는 제2 렌즈(2322)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기를 포함하고, 이미

지 표면(2330)에 대면하는 제3 렌즈(2362)의 주 표면 상에 배치된 반사 편광기를 포함한다. 부분 반사기에 대면하는 반사 편광기 상에 배치되거나 또는 반사 편광기에 대면하는 부분 반사기 상에 배치된 1/4 파장 지연기가 광학 시스템(2300) 내에 포함되어 있다. 반사 편광기 및 부분 반사기는 각각 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 이미지 표면(2330)을 향해 볼록하다. 이미지 표면(2330) 상의 3개의 위치들에서의 3개의 광선속들이 도시되어 있다. 각각의 광선속 내의 광선들은 조리개 표면(2335)에서 실질적으로 평행하다. 광선들은 (예컨대, 카메라 응용들에서) 조리개 표면(2335)으로부터 이미지 표면(2330)으로 주로 이동할 수 있거나, 또는 (예컨대, 디스플레이 응용들에서) 이미지 표면(2330)으로부터 조리개 표면(2335)으로 주로 이동할 수 있다.

[0103] 도 10은, 정점부(1057)를 가지며 2개의 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 만곡되어 있는 반사 편광기(1027)의 단면도이다. 반사 편광기(1027)는, 정점부(1057)를 통과하는 광학 축(1040)으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부(1057)에서 광학 축(1040)에 수직인 평면(1057)(x-y 평면에 평행함)으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 적어도 하나의 제1 위치(1052)를 갖는다. 비( $s_1/r_1$ )는 적어도 0.1 또는 적어도 0.2이고, 0.8 미만 또는 0.6 미만일 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서,  $s_1/r_1$ 은 0.2 내지 0.8의 범위 또는 0.3 내지 0.6의 범위이다. 반사 편광기(1027)는 광학 축(1040)으로부터의 방사상 거리( $r_2$ ) 및 평면(1047)으로부터의 변위( $s_2$ )를 갖는 적어도 하나의 제2 위치(1054)를 갖는다. 일부 실시 형태에서,  $s_2/r_2$ 는 적어도 0.3이고, 0.8 미만일 수 있다. 반사 편광기(1027)는 직경(D) 및 최대 새그(sag)(Sm)를 갖는다.

[0104] 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 광학 축(1040)에 대해 회전 대칭이거나 또는 실질적으로 회전 대칭이다. 필름 또는 구성요소는, 필름 또는 구성요소의 형상에서의 방위각 변동(azimuthal variation)이 약 10 퍼센트 이하인 경우에 실질적으로 회전 대칭이라고 말할 수 있다. 도 10 및 도 11의 실시 형태에서, 방위각 변동이란 정점부(1057 또는 1157)를 통과하는 광학 축(1040 또는 1140)에 대한 방위각 각 좌표에 따른 변동을 지칭한다. 일부 실시 형태에서,  $s_1/r_1$ 에서의 방위각 변동은 10 퍼센트 미만, 또는 8 퍼센트 미만, 또는 6 퍼센트 미만, 또는 4 퍼센트 미만, 또는 2 퍼센트 미만, 또는 1 퍼센트 미만, 또는 심지어 0.5 퍼센트 미만이다. 하나 이상의 위치들(1052)은 광학 축(1040)으로부터의 공통 방사상 거리( $r_1$ )를 갖는 위치들의 렇일 수 있고, 유사하게, 하나 이상의 위치들(1054)은 광학 축(1040)으로부터의 공통 방사상 거리( $r_2$ )를 갖는 위치들의 렇일 수 있다. 필름은, 필름의 형상에서의 방위각 변동이 필름에 주름을 발생시키지 않고서 필름이 회전 대칭 렌즈로 성형될 수 있을 정도로 충분히 작은 경우에 회전 대칭이라고 말할 수 있다. 필름 또는 구성요소는, 필름 또는 구성요소의 형상에서의 방위각 변동이 약 1 퍼센트 이하 또는 약 0.5 퍼센트 이하인 경우에 회전 대칭이라고 말할 수 있다. 좌표들( $s_1, r_1$ )은, 광학 축(1040)으로부터의 방사상 위치가  $r_1$  이하이거나 또는 정점부(1057)로부터 광학 축을 따른 거리가  $s_1$  이하인 반사 편광기(1027)의 영역(A1)을 정의한다.

[0105] 도 11은, 반사 편광기(1027)에 대응할 수 있는, 반사 편광기(1127)의 정면도이다. 반사 편광기(1127)는 2개의 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 만곡되어 있고, 정점부(1157), 및 정점부(1157)를 통과하는 광학 축(1140)(z 축에 평행함)을 갖는다. 반사 편광기(1127)는 중합체 다층 반사 편광기일 수 있고, 정점부(1157)에서 실질적으로 일축 배향된 적어도 하나의 층을 가질 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 층의 배향은 정점부(1157)에서 화살표에 의해 나타낸 바와 같이 y-방향으로 있을 수 있다. 이러한 방향은 또한 반사 편광기(1127)에 대한 차단 방향일 수 있고, 직교 방향(x-방향)은 반사 편광기에 대한 투과 축일 수 있다. 반사 편광기(1127)는 또한 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축(1140)으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치(1153)에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치(1152)에서 실질적으로 광학적으로 일축이다.

[0106] 반사 편광기(1127)를 제공하기 위해 중합체 다층 광학 필름이 열성형될 수 있다. 광학 필름은 초기에 y-방향을 따른 차단 축을 갖는 일축 배향된 적어도 하나의 층을 가질 수 있다. 열성형하는 동안, 광학 필름은 열성형 도구의 형상에 순응시키기 위해 연신된다. 광학 필름은 원하는 형상이 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있기 때문에 연신된다. 이와 대조적으로, 광학 필름은 하나의 축에 대해서만 만곡된 형상에 순응시키기 위해 연신될 필요는 없을 것이다. 열성형하는 공정은 광학 필름이 제2 위치(1152)에서 실질적으로 일축 배향되게 할 수 있지만(이는 필름이 열성형 동안 이러한 위치에서 배향 방향을 따라 연신되기 때문임), 그것이 열성형될 때 광학 필름의 연신으로 인해 제1 위치(1153)에서 이축 배향을 가져올 수 있다. 제1 및 제2 위치들(1153, 1152)에서의 차단 축들은 그러한 위치들에서의 화살표들에 의해 나타나 있다. 차단 축은 제1 위치(1153)에서 a도 만큼 시프트되어 있다. 투과 축은 차단 축에 직교할 수 있고, 또한 제1 위치(1153)에서 a도 만큼 시프트될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(1127)의 투과 축(또는 차단 축)의 최대 변동은 반사 편광기의 전체 영역에 걸쳐 또는  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 걸쳐, 또는 반사 편광기의 반사 개구에 걸쳐 약 5도 미만, 또는 약 3도 미만, 또는 약 2도 미만, 또는 약 1.5도 미만, 또는 약 1도 미만이고, 여기서  $s_1$  및  $s_2$ 는 반

사 편광기(1027)에 대해 기술된 바와 같다. 반사 개구란 반사 시에 광학 시스템에 의해 이용되는 반사 편광기의 부분을 지칭한다. 반사 개구는 실질적으로 반사 편광기의 전체 영역일 수 있거나, 또는 반사 편광기의 경계 근처의 반사 편광기의 일부분을 배제할 수 있다. 투과 축의 최대 변동은, 투과 축과 고정된 방향(예컨대, 도 11에서의 x-방향) 사이의 최대 각도 차이 - 투과 축과 고정된 방향 사이의 최소 각도 차이로서 결정될 수 있다.

[0107] 본 명세서에 기술되는 광학 시스템들 중 임의의 것에 사용되는 반사 편광기들 중 임의의 것은, 제1 선형 편광 상태를 갖는 광을 반사시키고 제1 선형 편광 상태에 직교하는 제2 선형 편광 상태를 갖는 광을 투과시키도록 구성될 수 있는 선형 반사 편광기들일 수 있다.

[0108] 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것에 사용되는 반사 편광기들 중 임의의 것은, 열성형된 중합체 다층 광학 필름일 수 있는 열성형된 반사 편광기일 수 있다. 중합체 다층 광학 필름은 복수의 교호하는 제1 및 제2 중합체 층들을 포함할 수 있다. 이것은 교호하는 제1 중합체 층들(1272) 및 제2 중합체 층들(1274)을 포함하는 반사 편광기(1227)의 측면도인 도 12에 도시되어 있다. 평면외(out-of-plane)(두께) z-방향 및 직교하는 평면내(in-plane) x-방향 및 y-방향이 도면에 나타나 있다. 적합한 중합체 다층 반사 편광기들이, 예를 들어, 미국 특허 제5,882,774호(존자(Jonza) 등) 및 미국 특허 제6,609,795호(웨버(Weber) 등)에 기술되어 있다.

[0109] 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 중합체 층들(1272, 1274) 중 적어도 하나의 층은 층 내의 일부 위치들에서 실질적으로 일축 배향될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 다층 광학 필름은, 열성형 이전에, 실질적으로 동일하지만 폭 방향(예컨대, y-방향)에서의 굴절률과는 실질적으로 상이한, 길이 방향(예컨대, x-방향) 및 두께 방향(예컨대, z-방향)에서의 굴절률들을 갖는 적어도 하나의 층을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 다층 광학 필름은, 열성형 이전에, 실질적으로 일축 연신된(uniaxially drawn) 필름이고, 일축 특성의 정도(U)가 적어도 0.7, 또는 적어도 0.8, 또는 적어도 0.85이고, 여기서  $U = (1/\text{MDDR} - 1) / (\text{TDDR}^{1/2} - 1)$ 이고, 이때 MDDR은 종방향 연신비로서 정의되고 TDDR은 횡방향 연신비로서 정의된다. 그러한 일축 배향된 다층 광학 필름들은, 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함되는 미국 특허 제2010/0254002호(메릴(Merrill) 등)에 기술되어 있다. 다른 실시 형태에서, 다층 광학 필름은, 열성형 이전에, 실질적으로 일축 연신되어 있지 않다.

[0110] 일축 배향된 다층 반사 편광기는 APF(어드밴스트 폴라라이징 필름, 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수 가능함)를 포함한다. APF는 복수의 교호하는 제1 및 제2 중합체 층들을 포함하는데, 이때 제1 중합체 층들은, 실질적으로 동일하지만 폭 방향(예컨대, y-방향)에서의 굴절률과는 실질적으로 상이한, 길이 방향(예컨대, x-방향) 및 두께 방향(예컨대, z-방향)에서의 굴절률들을 갖는다. 예를 들어, x-방향 및 z-방향에서의 굴절률들의 차이의 절대 값은 0.02 미만 또는 0.01 미만일 수 있고, x-방향 및 y-방향에서의 굴절률들의 차이의 절대 값은 0.05 초과 또는 0.10 초과일 수 있다. APF는 폭 방향을 따른 차단 축 및 길이 방향을 따른 통과 축을 갖는 선형 반사 편광기이다. 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것에 사용되는 반사 편광기들 중 임의의 것은 열성형된 APF일 수 있다. 달리 특정되지 않는 한, 굴절률이란 550 nm의 파장에서의 굴절률을 지칭한다.

[0111] 일축 배향되지 않은 반사 편광기는 DBEF(듀얼 브라이트니스 인핸스먼트 필름(Dual Brightness Enhancement Film), 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수 가능함)이다. DBEF는 폭, 길이 및 두께 방향들에서의 굴절률들이 각각 약 1.80, 1.62 및 1.50인 제1 층들을 가질 수 있고, 한편 APF는 폭, 길이 및 두께 방향들에서의 굴절률들이 각각 약 1.80, 1.56 및 1.56인 제1 층들을 가질 수 있다. APF 및 DBEF 둘 모두는 실질적으로 등방성인 제2 층들을 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 시스템은 반사 편광기로서 DBEF를 사용할 수 있고, 일부 실시 형태에서, 광학 시스템은 반사 편광기로서 APF를 사용할 수 있다. 또 다른 실시 형태에서, DBEF 또는 APF 이외의 다층 중합체 반사 편광기 필름들이 사용될 수 있다. APF는 예상외로 2개의 직교 축들에 대해 볼록한 형상으로 열성형될 때 DBEF보다 개선들을 제공한다는 것이 밝혀졌다. 그러한 개선들은, 디스플레이 시스템에 사용될 때의 더 높은 콘트라스트 비 및 감소된 축외(off-axis) 색상을 포함한다. 다른 개선들은 투과 및 차단 축들의 배향에서의 감소된 변동을 포함한다.

[0112] DBEF 및 APF 둘 모두는, 교호하는 중합체 층들을 포함하는 중합체 다층 반사 편광기들이다. 다른 반사 편광기들이 본 발명의 광학 시스템들에 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 와이어 그리드 편광기이다. 이것은, 각각이 투명 기재(1370) 상에 배치된 와이어 그리드 층(1375)을 포함하는 와이어 그리드 편광기(1327)의 개략 평면도 및 측면도인 도 13a 및 도 13b에 도시되어 있다. 그러한 와이어 그리드 편광기들은 2개의 직교 축들(예컨대, x 축 및 y 축)에 대해 만곡된 형상으로 열성형될 수 있다. 와이어 그리드 층(1375)은 반사 편광기의 차단 방향(y-방향)으로 연장되는 (열성형 이전에) 평행 행(row)들로 배열된 복수의 와이어들 또는 금속 트레이스들(1377)을 포함한다.

[0113] 일부 실시 형태에서, 기재 층 상의 와이어 그리드 층을 포함하는 와이어 그리드 편광기를 사용하는 대신에, 렌

즈의 표면 상에 금속 트레이스들을 침착시킴으로써 렌즈 표면 상에 와이어 그리드 편광기가 형성된다.

[0114] 일부 실시 형태에서, 광학 시스템은 부분 반사기, 반사 편광기, 및 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다. 부분 반사기 및 반사 편광기는 서로 인접해 있을 수 있고, 서로로부터 이격되어 있을 수 있다. 광학 시스템은 이미지 표면 및 조리개 표면을 포함할 수 있고, 이때 부분 반사기는 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치되고, 반사 편광기는 조리개 표면과 부분 반사기 사이에 배치된다. 이미지 소스가 이미지 표면을 포함할 수 있고 조리개 표면은 출사 동공일 수 있거나, 또는 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함할 수 있고 조리개 표면은 입사 동공일 수 있다. 이미지 소스는 투명 또는 반투명할 수 있는 디스플레이 패널을 포함할 수 있고, 이미지 소스는 셔터를 추가로 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 이미지 표면은 광학 시스템의 외부에 있는 물체들로부터 반사되는 광을 수신하도록 구성될 수 있다. 부분 반사기는 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖고, 또한 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있다. 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함할 수 있다. 일부 경우에, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들은 가시광 파장 범위(예컨대, 400 nm 내지 700 nm)일 수 있다. 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들에서의 평균 광학 반사율 및 평균 광학 투과율 둘 모두는, 예를 들어, 30% 내지 70% 또는 40% 내지 60%일 수 있다. 제1 1/4 파장 지연기 및 임의의 선택적인 추가 1/4 파장 지연기들은, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기일 수 있다. 1/4 파장 지연기(들)는, 지연기의 진상축(fast axis)이 반사 편광기의 투과 또는 차단 축에 대해 45도로 배향되도록 배향될 수 있다. 반사 편광기는 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 만곡되어 있다. 광학 시스템은 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 복수의 표면들(예컨대, 1개, 2개, 3개 이상의 광학 렌즈들의 주 표면들 - 예컨대, 도 1, 도 2, 도 5 내지 도 9 참조)을 포함할 수 있고, 반사 편광기, 제1 1/4 파장 지연기 및 부분 반사기는 복수의 표면들 중의 하나 이상의 표면들 상에 배치될 수 있다. 복수의 표면들 중의 임의의 표면 또는 모든 표면들은 비구면 다향식 새그 수학식에 의해 설명되는 형상을 가질 수 있다. 광학 시스템은 하기 조건들 중 임의의 하나, 하기 조건들 중 임의의 2개, 3개, 4개, 5개, 6개 또는 7개의 임의의 조합, 또는 하기 조건들 모두를 만족할 수 있다:

[0115] (i) 반사 편광기 및 부분 반사기 각각이 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록하다;

[0116] (ii) 반사 편광기는 적어도 하나의 충을 포함하는 다층 중합체 반사 편광기인데, 적어도 하나의 충은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 충 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축이고, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 임의의 또는 실질적으로 임의의 주 광선은, 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 30도 미만, 또는 약 25도 미만, 또는 20도 미만의 입사각으로 입사된다;

[0117] (iii) 이미지 소스는 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스는 왜곡되지 않은 이미지를 방출하고, 부분 반사기는 제1 형상을 갖고, 반사 편광기는 상이한 제2 형상을 가져서, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 10% 미만이도록 한다;

[0118] (iv) 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 임의의 또는 실질적으로 임의의 주 광선은, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만 또는 1.2 퍼센트 미만이거나, 또는 20 분각 미만 또는 10 분각 미만이다;

[0119] (v) 반사 편광기는 광학 축에 대해 회전 대칭인 다층 반사 편광기이다. 반사 편광기는, 예를 들어, APF 또는 DBEF일 수 있거나, 또는 와이어 그리드 편광기일 수 있다;

[0120] (vi) 광학 시스템은 조정가능한 쳐방(렌즈 굴절) 보정을 제공한다. 쳐방 보정은 반사 편광기와 부분 반사기 사이의 조정가능한 거리 및/또는 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 렌즈의 조정가능한 형상에 의해 제공될 수 있다;

[0121] (vii) 반사 편광기는 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 갖는 적어도 하나의 제1 위치를 갖는다. 비( $s_1/r_1$ )는 적어도 0.1 또는 적어도 0.2일 수 있고, 0.8 미만 또는 0.6 미만일 수 있다;

[0122] (viii) 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면에서의 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 40, 또는 적어도 50, 또는 적어도 60, 또는 적어도 80, 또는 적어도 100이다.

[0123] 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것에 사용되는 부분 반사기들 중 임의의 것은, 원하는 또는 미리 결정된 복

수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 가질 수 있고/있거나, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 가질 수 있다. 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들은 원하는 또는 미리 결정된 광장 범위일 수 있거나, 또는 복수의 원하는 또는 미리 결정된 광장 범위들일 수 있다. 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것은, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들 중의 적어도 하나의 광장에서의 1/4 광장 지연기들인 하나 이상의 지연기들을 포함할 수 있다. 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들은, 예를 들어, 광학 시스템이 동작하도록 설계되는 임의의 광장 범위일 수 있다. 미리 결정된 또는 원하는 복수의 광장들은 가시광 범위일 수 있고, 예를 들어, 400 nm 내지 700 nm의 광장 범위일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들은 적외선 범위일 수 있거나, 또는 적외선, 가시광 및 자외선 광장들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들은 좁은 광장 대역 또는 복수의 좁은 광장 대역들일 수 있고, 부분 반사기는 노치 반사기일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 원하는 또는 미리 결정된 복수의 광장들은 반치전폭이 100 nm 이하 또는 50 nm 이하인 적어도 하나의 연속 광장 범위를 포함한다.

[0124] 본 명세서에 기술되는 광학 시스템들 중 임의의 것에서, 문맥이 달리 명확하게 나타내지 않는 한, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함할 수 있고, 조리개 표면은 출사 동공일 수 있는데, 이는 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성될 수 있다. 제2 광학 시스템의 입사 동공은, 예를 들어, 관찰자의 눈의 입사 동공일 수 있다. 본 명세서에 기술되는 광학 시스템들 중 임의의 것에서, 문맥이 달리 명확하게 나타내지 않는 한, 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함할 수 있고, 조리개 표면은 입사 동공일 수 있다

[0125] 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것은 실질적으로 평면인 이미지 표면 및/또는 실질적으로 평면인 조리개 표면을 가질 수 있거나, 또는 이러한 표면들 중 하나 또는 둘 모두가 만곡되어 있을 수 있다. 이미지 표면은 최대 횡방향 치수(A)를 가질 수 있고, 조리개 표면은 최대 횡방향 치수(B)를 가질 수 있는데, 여기서 A/B는 적어도 2, 또는 적어도 3, 또는 적어도 4, 또는 적어도 5이다. 일부 실시 형태에서, A/B는, 예를 들어, 2 내지 20 또는 3 내지 10의 범위일 수 있다.

[0126] 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것은 적어도 80도, 적어도 90도, 또는 적어도 100도의 시야를 가질 수 있다. 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것은, 조리개 표면 및 이미지 표면을 통하여 투과되는 적어도 하나의 주 광선이 적어도 40도, 또는 적어도 45도, 또는 적어도 50도의 입사각으로 조리개 표면을 통과할 수 있도록 구성될 수 있다.

[0127] 본 발명의 일부 태양에서, 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 하나 이상을 포함하는 디바이스가 제공된다. 디바이스는, 예를 들어, 디스플레이 디바이스, 예컨대 헤드 마운트 디스플레이 또는 투영 시스템, 프로젝터(projector)일 수도 있는 조명기, 빔 익스팬더, 카메라, 또는 확대 디바이스일 수 있거나 그를 포함할 수 있다. 확대 디바이스는, 예를 들어, 망원경, 쌍안경, 또는 현미경일 수 있다.

[0128] 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 열성형된다. 광학 필름, 예컨대 반사 편광기는, 열성형 주형으로부터 필름을 제거한 후의 광학 필름의 이방성 수축으로 인해 열성형된 광학 필름의 원하는 형상을 획득하는 것을 어렵게 하는 이방성 기계적 특성들을 가질 수 있다. 이방성 기계적 특성들은 다층 중합체 반사 편광기에서 반사 편광기의 적어도 일부 층들에서의 중합체 분자들의 이방성 배향으로 인해 발생할 수 있다. 중합체 필름의 표면 상에 와이어들을 포함하는 와이어 그리드 편광기에서의 이방성 기계적 특성들은, 일 방향으로 연장될 수 있는 와이어들의 이방성으로 인해 발생할 수 있다. 본 발명에 따르면, 광학 필름이 이방성 기계적 특성들을 가질 때 원하는 형상을 갖는 광학 필름을 제공하기 위한 방법들이 밝혀졌다.

[0129] 도 15는 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 제조하는 방법(1580)을 도시하는 개략 흐름도인데, 본 방법은, (i) 원하는 형상을 갖는 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계(단계 1582); (ii) 광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계(단계 1584); (iii) 적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들(예컨대, 도 16의 x-방향 및 y-방향)을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 제1 형상을 갖는 외부 표면에 순응시켜, 제1 형상을 갖는 순응된 광학 필름을 생성하는 단계(단계 1586); 및 순응된 광학 필름을 냉각하여 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 생성하는 단계(단계 1588)를 포함한다. 냉각하는 단계는 광학 필름을 도구로부터 이형시키는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 광학 필름은 도구로부터 제거되고, 냉각되도록 된다. 일부 실시 형태에서, 본 방법은 광학 필름 상에 광학 렌즈를 성형(예컨대, 필름 인서트 성형)하여 광학 적층물을 생성하는 단계를 추가로 포함한다.

[0130] 일부 실시 형태에서, 원하는 광학 필름은 이방성 기계적 특성들을 갖는 임의의 광학 필름이고, 본 명세서에 기술되는 반사 편광기들 중 임의의 것일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 원하는 광학 필름은 1/4 광장 코팅을 갖

는 반사 편광기, 또는 라미네이팅된 반사 편광기 필름과 1/4 파장 지연기 필름이다. 원하는 형상은 광학 필름의 광학 축(예컨대, 도 16의 z 축에 평행함)에 대해 회전 대칭인 형상일 수 있다. 광학 필름의 광학 축은, 광학 필름을 포함하는 광학 적층물의 광학 축과 일치할 수 있다.

[0131] 도 16은 광학 필름을 열성형할 시에 사용하기에 적합한 열성형 도구(1681)의 개략 단면도이다. 열성형 도구(1681)는 외부 표면(1685)을 갖고 기부(base)(1687) 상에 배치된 돔형 부분(dome-like portion)(1683)을 포함한다. 외부 표면(1685)은, 예를 들어, 타원체의 일부분의 형상을 가질 수 있다. 타원체는 긴 직경 및 짧은 직경을 가질 수 있고, 짧은 직경에 대한 긴 직경의 비가, 예를 들어, 1.01 내지 1.1의 범위, 또는 1.01 내지 1.05의 범위일 수 있다. 방법(1580)에 따라 그러한 타원체 도구 상에 반사 편광기 필름을 열성형하는 것은, 예를 들어, 필름을 도구로부터 제거하고 필름이 냉각되도록 할 시에 회전 대칭 반사 편광기를 제공할 수 있다는 것이 밝혀졌다.

[0132] 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것에 포함될 수 있는, 본 발명의 반사 편광기들 중 임의의 것은, 방법(1580)에 따라 그리고/또는 열성형 도구(1681)를 사용하여 열성형될 수 있다. 반사 편광기 및 다른 광학 필름들은, 예를 들어, 필름 인서트 성형 공정에서 적합한 렌즈 재료(예컨대, 폴리카르보네이트)를 필름(들) 상으로 사출 성형함으로써 광학 렌즈를 포함하는 광학 적층물 내에 통합될 수 있다.

[0133] 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것은, 헤드 마운트 디스플레이(예컨대, 가상 현실 디스플레이) 또는 카메라(예컨대, 휴대 전화 내에 배치된 카메라)와 같은 디바이스에 사용될 수 있다. 도 17은 프레임(1792), 제1 및 제2 디스플레이 부분들(1794a, 1794b), 카메라(1796), 및 눈 추적 유닛(1798)을 포함하는 헤드 마운트 디스플레이(1790)의 개략 평면도이다. 제1 및 제2 디스플레이 부분들(1794a, 1794b)은 각각의 외측 표면들(1782a, 1782b) 및 각각의 내측 표면들(1784a, 1784b)을 포함한다. 카메라(1796)는 외측 표면(1786) 및 내측 표면(1788)을 포함한다. 제1 및 제2 디스플레이 부분들(1794a, 1794b) 각각은 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것의 이미지 표면을 포함하는 디스플레이 패널을 포함할 수 있는데, 이때 광학 시스템의 조리개 표면은 사용자의 입사 동공과 중첩되도록 구성된 출사 동공이다. 예를 들어, 제1 디스플레이 부분(1794a)(및 제2 디스플레이 부분(1794b)의 경우에도 유사함)은 광학 시스템(100)의 이미지 표면(130) 및 제1 및 제2 광학 적층물들(110, 120)을 포함할 수 있다. 이미지 표면(130)은 외측 표면(1782a)에 인접하게 배치될 수 있고, 조리개 표면(135)은 관찰자를 향하여(내측 표면(1784a)으로부터의 마이너스 z-방향으로) 제1 디스플레이 부분(1794a)의 외측에 놓일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 부분들(1794a, 1794b)에 걸쳐 있는 단일 디스플레이 패널이 별도의 디스플레이 패널들 대신에 사용될 수 있다.

[0134] 카메라(1796) - 이는 선택적으로 생략될 수 있음 - 는 본 발명의 임의의 광학 시스템을 포함할 수 있는데, 이때 조리개 표면은 광학 시스템의 입사 동공이고 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함한다. 예를 들어, 카메라(1796)는 광학 시스템(100)의 제1 및 제2 광학 적층물들(110, 120)을 포함할 수 있다. 이미지 표면(130)은 내측 표면(1788)에 인접하게 배치된 이미지 리코더의 표면일 수 있고, 조리개 표면(135)은 외측 표면(1786)에 인접하게 배치될 수 있거나 또는 관찰자로부터 멀리(외측 표면(1786)으로부터 플러스 z-방향으로) 카메라의 외측에 놓일 수 있다.

[0135] 헤드 마운트 디스플레이(1790)는 본 발명의 광학 시스템들 중 3개를 포함할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 본 발명의 1개 또는 2개의 광학 시스템들만이 헤드 마운트 디스플레이 내에 포함된다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 헤드 마운트 디스플레이에는, 사용자의 하나의 눈에 이미지들을 제공하면서 다른 눈은 사용자의 환경의 방해받지 않는 뷰(view)를 갖게 하기 위해 본 발명의 단일 광학 시스템을 포함할 수 있다. 또 다른 실시 형태에서, 본 발명의 3개 초과의 광학 시스템들이 포함될 수 있다. 예를 들어, 2개의 디스플레이 유닛들이 도 17에서와 같이 이용되는 동안 사용자에게 입체 뷰들을 제공하기 위해 또는 다수의 뷰들(예컨대, 화면 속 화면(picture in picture))을 제공하기 위해, 각기 본 발명의 광학 시스템을 포함하는 2개의 카메라 유닛들이 포함될 수 있다.

[0136] 헤드 마운트 디스플레이(1790)는 눈 추적 유닛(1798)을 포함하는 눈 추적 시스템을 포함할 수 있는데, 이는 선택적으로 생략될 수 있다. 시스템은 이미징 센서 및 프로세서를 이용하여 사용자의 동공의 직경 및 위치를 모니터링할 수 있다. 제1 부분(1798) 내에 포함된 디스플레이 패널로부터의 광은 사용자의 동공으로부터 반사되고 제1 부분(1798) 내에 배치된 광학 시스템의 반사 편광기로부터 눈 추적 유닛(1798) 내로 반사될 수 있다. 대안적으로, 눈 추적 유닛(1798)은 광원(예컨대, 적외선 광원)을 포함할 수 있는데, 광원은 제1 부분(1794a) 내의 반사 구성요소를 향하여 광을 방출하고, 광은 관찰자의 눈을 향하여 반사된다. 이러한 광은 이어서 눈으로부터 반사되고, 제1 부분(1794a) 내의 반사 구성요소로부터 다시 눈 추적 유닛(1798)을 향하여 반사된다.

- [0137] 눈 모니터링 시스템이 검출할 수 있는 눈의 속성은 눈의 관찰 방향, 동공의 직경 및 직경의 변화, 눈꺼풀의 깜박임, 눈 추적 물체, 및 단속성 움직임(saccade movement) 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 눈 추적 파라미터는 눈 회전의 속도 및 물체의 움직임과 눈의 움직임 사이의 지연 또는 위상을 포함할 수 있다. 단속성 움직임은 움직임의 지속기간, 속도 및 패턴을 포함할 수 있다. 시스템은 주변 광 조건들을 고려한 동공 응답에 기초하여 시스템의 사용자의 피로(fatigue) 및 인지적 처리 부하를 정량화할 수 있고, 이력 데이터에 기초하여 사용자에게 개인맞춤될 수 있다.
- [0138] 일부 실시 형태에서, 눈 추적 유닛은 카메라(예컨대, 적색-녹색-청색(RGB) 카메라 또는 적외선(IR) 카메라)를 포함하는데, 카메라는 본 발명의 광학 시스템을 포함하거나 포함하지 않을 수 있고 눈의 이미지를 캡처할 수 있다. 주변 광 조건들을 결정하기 위해 IR 카메라가 사용될 수 있는데, 이는 눈 이미지의 평균 IR 휘도가 주변 광 레벨들을 나타내기 때문이다.
- [0139] 일부 실시 형태에서, 헤드 마운트 디스플레이(1790)는, 동공 크기의 변화들을 검출하고 그러한 정보를 이용하여 사용자 피로 및 인지적 처리 부하를 정량화하도록 구성된 눈 추적 시스템을 포함한다. 일부 실시 형태에서, 헤드 마운트 디스플레이(1790)는 (예컨대, 매설된 프로세서 상에서 실행 중인 알고리즘을 이용하여) 하기 단계들 중 하나 이상 또는 모두를 구현하도록 구성된다:
- [0140] 단계 1: 눈의 그레이스케일 이미지를 캡처.
- [0141] 단계 2: (예컨대, 가우시안 필터(Gaussian filter)를 사용하여) 노이즈를 필터링.
- [0142] 단계 3: 눈의 이미지에서 각각의 픽셀에 대한 구배(gradient) 크기 및 방향을 계산.
- [0143] 단계 4: 더 높은 구배 크기들을 갖는 픽셀들을 식별(이들은 물체의 에지일 가능성이 있음).
- [0144] 단계 5: 예를 들어, 사람의 시각적 인지의 헬름홀츠 원리(Helmholtz Principle)에 따라 이전 단계에서 식별된 픽셀들을 연결함으로써 에지들을 식별.
- [0145] 단계 6: 에지 라인 세그먼트들을 다항식 수학식에 의해 정의되는 타원 또는 다른 형상의 수학식과 비교. 가장 작은 타원형 형상이 동공으로서 식별될 수 있다. 홍채의 면적이 또한 결정될 수 있고, 정확도를 개선시키기 위해 사용될 수 있다. 이미지 내에 있을 수 있는 다른 타원형 형상들, 예컨대 반짝임(glint)은 제거될 수 있다.
- [0146] 단계 7: 이전에 행해진 라인 피팅 및 눈과 카메라 사이의 거리에 기초하여 동공 크기(예컨대, 직경 또는 면적)를 계산.
- [0147] 단계 8: 주변 광 조건들을 고려하기 위해 조정 인자를 결정하고 그를 계산된 동공 크기에 적용. 주변 광 조건들은 헤드 마운트 시스템 내에 포함된 추가 센서를 사용하여 또는 캡처되는 이미지의 휘도 분석을 통해 결정될 수 있다.
- [0148] 단계 9: 조정된 동공 크기를 데이터베이스에 선택적으로 저장. 동공 크기는 시간의 함수로서 기록될 수 있고, 시계열(time-series)(시간 경과에 따라 만들어진 일련의 데이터 점들)로서 저장될 수 있다.
- [0149] 헤드 마운트 디스플레이(1790)는 눈 추적 유닛(1798)을 사용하여 결정되는 동공 크기 및/또는 동공 방향 정보에 기초하여 제1 및 제2 부분들(1794a, 1794b) 내의 디스플레이 패널들에 의해 생성되는 광 세기를 변경하도록 구성될 수 있다. 눈 추적 시스템은 가상 이미지에서 사용자가 어디를 바라보고 있는지를 검출하도록 구성될 수 있고, 광학 시스템은, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술되는 바와 같이 광학 시스템 내의 하나 이상의 렌즈들의 위치들을 조정함으로써 입체적으로 제시되는 바와 같은 물체의 깊이와 매칭되도록 가상 이미지 거리를 조정하도록 구성될 수 있다.
- [0150] 일부 실시 형태에서, 헤드 마운트 디스플레이(1790)는 처방 렌즈들이 내측 표면들(1784a 및/또는 1784b)에 인접하게 부착될 수 있도록 구성된다.
- [0151] 본 발명의 일부 태양에서, 본 발명의 광학 시스템을 포함하는 디바이스가 제공된다. 그러한 디바이스의 일례는 본 발명의 광학 시스템들 중 하나 이상을 포함하는 헤드 마운트 디스플레이(1790)와 같은 헤드 마운트 디스플레이이다. 도 24a는 광학 시스템(2400)을 포함하는 디바이스(2490)의 개략 평면도이다. 광학 시스템(2400)은 반사 편광기(2427), 부분 반사기(2417), 및 반사 편광기(2427)와 제1 1/4 파장 지연기(2425) 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기(2425)를 포함한다. 반사 편광기(2427), 부분 반사기(2417), 및 제1 1/4 파장 지연기(2425)는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술되는 반사 편광기들, 부분 반사기들 또는 1/4 파장 지연기들 중 임의의 것

에 대응할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(2427)는 중합체 다층 반사 편광기(예컨대, APF)이고, 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(2427)는 와이어 그리드 편광기이다. 반사 편광기(2427)는 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있고, 원하는 형상으로 열성형될 수 있다. 부분 반사기(2417)는 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있거나, 또는 대안적으로 평탄하거나 하나의 축에 대해서만 만곡되어 있을 수 있다. 유사하게, 제1 1/4 파장 지연기(2425)는 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있거나, 또는 대안적으로 평탄하거나 하나의 축에 대해서만 만곡되어 있을 수 있다. 반사 편광기(2427), 부분 반사기(2417), 및 제1 1/4 파장 지연기(2425)는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술되는 바와 같은 하나 이상의 렌즈들의 표면들 상에 배치될 수 있다.

[0153] 디바이스(2490)는, 예를 들어, 디스플레이 디바이스, 뷔 익스팬더, 카메라, 또는 망원경, 현미경, 쌍안경 등과 같은 확대 디바이스일 수 있다. 쌍안경 또는 헤드 마운트 디스플레이의 경우에, 하나 초과의 광학 시스템(2400)이 포함될 수 있다. 예를 들어, 광학 시스템들(2400) 중 2개(각각의 눈에 대해 하나)가 포함될 수 있는데; 2개의 광학 시스템들을 포함하는 디바이스의 일례가 도 24c에 도시되어 있다. 디스플레이 응용들에서, 광학 시스템(2400)은, 부분 반사기(2417)가 디스플레이의 이미지 형성 디바이스(예컨대, 디스플레이 패널)에 대면하도록 배향될 수 있다. 카메라 응용들에서, 광학 시스템(2400)은, 반사 편광기(2427)가 카메라의 입사 동공에 대면하고 부분 반사기(2417)가 관찰될 물체 또는 환경에 대면하도록 배향될 수 있다. 광학 시스템(2400)의 조리개 표면은 광학 시스템(2400)의 외부에 있는 물체들로부터 반사된 광을 수신하도록 구성된 개구일 수 있고, 광학 시스템(2400)의 이미지 표면은 이미지 리코더의 표면일 수 있다. 망원경, 현미경, 및 쌍안경 응용들에서, 광학 시스템(2400)은 대물렌즈(objective) 부분 디바이스 내에 사용될 수 있거나, 또는 디바이스의 접안렌즈(eyepiece) 내에 사용될 수 있는데, 이때 반사 편광기는 어느 경우든 관찰자에게 대면한다. 광학 시스템(2400)의 이미지 표면은 광학 시스템(2400)의 외부에 있는 물체들로부터 반사된 광을 수신하도록 구성될 수 있고, 광학 시스템(2400)의 조리개 표면은 관찰자의 동공과 중첩되도록 구성된 출사 동공일 수 있다.

[0154] 도 24b는 도 24a의 광학 시스템(2400)을 포함하는 디스플레이 디바이스(2490b)의 개략 평면도이다. 디스플레이 디바이스(2490)는 투명 또는 반투명 디스플레이 패널(2431) 및 셔터(2493)를 포함한다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술되는 바와 같이, 투명 또는 반투명 디스플레이 패널(2431)은, 예를 들어, OLED 또는 LCD 패널일 수 있고, 셔터(2493)는, 예를 들어, PDLC 셔터일 수 있다. 디스플레이 패널(2431)은 반사 편광기(2417)를 향해 볼록한 것으로 도시되어 있다. 다른 실시 형태에서, 디스플레이 패널(2431)은 반사 편광기(2417)를 향해 오목할 수 있다. 또 다른 실시 형태에서, 디스플레이 패널(2431)은 평탄하거나 또는 실질적으로 평탄할 수 있다(그리고 실질적으로 평면인 이미지 표면을 가질 수 있다). 디스플레이 패널(2431)(및 그의 이미지 표면)은 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있거나 또는 하나의 축에 대해서만 만곡되어 있을 수 있다. 셔터(2493)는 디스플레이 패널(2431)과 동일한 형상 또는 그와는 상이한 형상을 가질 수 있다. 셔터(2493)는 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있거나, 또는 하나의 축에 대해서만 만곡되어 있을 수 있거나, 또는 실질적으로 평탄할(실질적으로 평면일) 수 있다. 셔터(2493)는 주변 광이 광학 시스템(2400)에 들어가거나 또는 주변 광이 광학 시스템(2400)에 들어가는 것을 차단하도록 하기 위해 이용될 수 있다. 디스플레이 디바이스(2490b)는 광학 시스템(2400)과 디스플레이 패널(2431) 사이에 배치된 선택적인 추가 편광기(2468)를 포함할 수 있다. 선택적인 추가 편광기(2468)는 선형 편광기일 수 있고, 반사 편광기 또는 흡수 편광기일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 선택적인 추가 편광기(2468)는 포함되지 않거나, 또는 예를 들어, 디스플레이 패널(2431)의 구성요소로서 포함될 수 있다. 선택적인 추가 편광기(2468)는 도시된 바와 같이 실질적으로 평탄할 수 있거나, 또는 하나의 축에 대해 또는 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있다.

[0155] 도 24c는 접안렌즈 부분(2497-1) 내에 제1 광학 시스템(2400-1)을 포함하고 접안렌즈 부분(2497-2) 내에 제2 광학 시스템(2400-2)을 포함하는 디바이스(2490c)의 개략 평면도이다. 디바이스(2490c)는, 예를 들어, 쌍안경 또는 현미경일 수 있다. 제1 광학 시스템(2400-1)은 반사 편광기(2427-1), 부분 반사기(2417-1), 및 반사 편광기(2427-1)와 1/4 파장 지연기(2425-1) 사이에 배치된 1/4 파장 지연기(2425-1)를 포함한다. 제2 광학 시스템(2400-2)은 반사 편광기(2427-2), 부분 반사기(2417-2), 및 반사 편광기(2427-2)와 1/4 파장 지연기(2425-2) 사이에 배치된 1/4 파장 지연기(2425-2)를 포함한다. 반사 편광기들(2427-1, 2427-2), 부분 반사기들(2417-1, 2417-2), 및 1/4 파장 지연기들(2425-1, 2425-1)은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술되는 반사 편광기들, 부분 반사기들 또는 1/4 파장 지연기들 중 임의의 것에 대응할 수 있다. 반사 편광기들(2427-1, 2427-2)은 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있고, 원하는 형상으로 열성형될 수 있다. 부분 반사기들(2417-1, 2417-2)은 선택적으로 또한 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있거나, 또는 도시된 바와 같이 평탄하거나 하나의 축에 대해서만 만곡되어 있을 수 있다. 유사하게, 1/4 파장 지연기들(2425-1, 2425-2)은 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 만곡되어 있을 수 있거나, 또는 도시된 바와 같이 평탄하거나 하나

의 축에 대해서만 만곡되어 있을 수 있다. 반사 편광기들(2427-1, 2427-2), 부분 반사기들(2417-1, 2417-2), 및 1/4 과장 지연기들(2425-1, 2425-2)은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술되는 바와 같이 하나 이상의 렌즈들의 표면들 상에 배치될 수 있다.

[0156] 디바이스(2490c)는 대물렌즈 부분(2499-1) 및 대물렌즈 부분(2499-2)을 포함한다. 대물렌즈 부분들(2499-1, 2499-2)은 관찰 중인 물체에 대면하도록 구성되고, 접안렌즈 부분들은 관찰자의 눈에 대면하도록 구성된다. 광학 시스템(2400-1)(및 광학 시스템(2400-2)의 경우에도 유사함)의 이미지 표면이 부분 반사기(2417-1)와 대물렌즈 부분(2499-1) 사이에 있을 수 있거나, 대물렌즈 부분(2499-1) 내에 있을 수 있거나, 또는 접안렌즈 부분(2497-1)과 대물렌즈 부분(2499-1) 사이에 있을 수 있다. 광학 시스템(2400-1)(및 광학 시스템(2400-2)의 경우에도 유사함)의 조리개 표면이 사용자의 동공과 중첩되도록 구성된 출사 동공일 수 있다.

[0157] 대물렌즈 부분(2499-1)은 하나 이상의 광학 렌즈들(2491-1)을 포함할 수 있고, 대물렌즈 부분들(2499-2)은 하나 이상의 광학 렌즈들(2491-2)을 포함할 수 있다. 대안적인 실시 형태에서, 접안렌즈 부분(2497-1) 및 대물렌즈 부분(2499-1)은 망원경 또는 현미경으로서 사용하기 위해 접안렌즈 부분(2497-2) 및 대물렌즈 부분(2499-2) 없이 제공된다.

[0158] 도 25는, 본 명세서에 기술되는 광학 시스템들 중 임의의 것을 포함할 수 있는 디바이스(2590), 및 편광 빔 분할 시스템(2504a)을 포함하는 조명기(2502a)를 포함하는 디바이스(2590a)의 개략 측면도이다. 디바이스(2590a)는, 예를 들어, 조명기로서 기술될 수 있고, 예를 들어, 콤팩트 투영 시스템일 수 있다. 편광 빔 분할 시스템(2504a)은 편광 빔 스플리터(2500a) 및 제1 및 제2 반사 구성요소들(2532a, 2534a)을 포함한다. 조명기(2502a)는 광원(2550a)을 추가로 포함한다. 편광 빔 스플리터(100)에 대응할 수 있는 편광 빔 스플리터(2500a)는 제1 및 제2 프리즘들(2510a, 2520a), 및 반사 편광기(2530a)를 포함한다. 제1 프리즘(2510a)은 입력 면(2512a), 출력 면(2514a) 및 제1 빗면(2516a)을 포함한다. 입력 면(2512a)은 입력 활성 영역(2513a)을 갖고, 출력 면(2514a)은 출력 활성 영역(2515a)을 갖는다. 디바이스(2590)는 가장 큰 수용 영역(2543a)을 갖는다. 제2 프리즘(2520a)은 이미지 면(imager face)(2524a) 및 제2 빗면(2526a)을 갖는다. 반사 편광기(2530a)가 제1 빗면(2516a)과 제2 빗면(2526a) 사이에 배치된다. 광원(2550a)은, 제1, 제2, 제3 및 제4 세그먼트들(2557a-1 내지 2557a-4)을 갖는 겹침 광학 축(2557a)을 한정하는 중심 광선(2556a) 및 엔벨로프(2552a)를 갖는 광 빔을 생성한다. 제1 반사 구성요소(2532a)는 광원(2550a)의 반대편인 편광 빔 스플리터(2500a)에 인접하게 배치되고, 제2 반사 구성요소(2534a)는 디바이스(2590)의 반대편인 편광 빔 스플리터(2500a)에 인접하게 배치된다.

[0159] 일부 실시 형태에서, 제1 프리즘(2510a)은 제1 체적을 갖고, 제2 프리즘(2520a)은 제2 체적을 갖고, 제1 체적은 제2 체적의 대략 절반 이하(또는 약 60 퍼센트 이하, 또는 약 40 퍼센트 이하)이다.

[0160] 디바이스(2590)는 빔 익스팬더일 수 있고, 디바이스(2490)에 대응할 수 있다. 디바이스(2590)는 반사 편광기, 부분 반사기, 및 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 제1 1/4 과장 지연기를 포함할 수 있다. 빔 익스팬더로서 사용될 때, 디바이스(2590)는 부분 반사기 상에 입사되는 입력 광 빔을 수신하고 확장된 출력 광 빔을 송신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 입력 광 빔은 수렴하거나 또는 시준될 수 있고 출력 광 빔은 발산할 수 있거나, 또는 입력 광 빔은 제1 발산각을 가질 수 있고 출력 광 빔은 더 큰 제2 발산각을 가질 수 있다. 디바이스(2590)는, 부분 반사기가 조명기(2502a)에 대면하도록 배향될 수 있다. 추가 편광기(예컨대, 추가 반사 편광기 또는 흡수 편광기)가 디바이스(2590)와 출력 면(2514a) 사이에 배치될 수 있거나, 또는 반사 편광기의 반대편인 부분 반사기에 근접한 디바이스(2590) 내에 포함될 수 있다. 조명기(2502a)는 콤팩트 조명 시스템을 제공할 수 있고, 디바이스(2590)는 더 넓은 시야를 제공하기 위해 빔 익스팬더로서 사용될 수 있다. 디바이스(2590)와 함께 사용될 수 있는 다른 조명기들은, 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함되고, 2015년 6월 30일자로 출원된, 발명의 명칭이 "조명기(Illuminator)"인 미국 출원 제62/186944호에 기술되어 있다. 디바이스(2590)는 서로 인접하고 서로로부터 이격된 부분 반사기 및 반사 편광기를 포함하는 빔 익스팬더일 수 있고, 빔 익스팬더는 부분 반사기 상에 입사되는 수렴 광을 수신하고 반사 편광기를 통하여 발산 광을 송신하도록 구성될 수 있다.

[0161] 제2 반사 구성요소(2534a)는 가장 큰 활성 영역(2536a)을 갖는다. 제2 반사 구성요소(2534a)는 이미지 형성 디바이스일 수 있고, 가장 큰 활성 영역(2536a)은 이미지 형성 디바이스의 가장 큰 이미지 영역일 수 있다. 광이 엔벨로프(2554a) 내에서 제2 반사 구성요소(2534a)로부터 (예를 들어, 반사됨으로써) 방출된다. 제1 및 제2 반사 구성요소들(2532a, 2534a) 중 하나 또는 둘 모두는 정반사율이 70 퍼센트 초과, 또는 80 퍼센트 초과, 또는 90 퍼센트 초과일 수 있다. 제1 및/또는 제2 반사 구성요소들(2532a, 2534a)은 평탄할 수 있거나 또는 하나 이

상의 축들에서 만곡되어 있을 수 있다.

[0162] 일부 실시 형태에서, 제2 반사 구성요소(2534a)는 그 위에 입사되는 광을 변조하도록 구성된다. 예를 들어, 제2 반사 구성요소(2534a)는 공간적으로 변조된 편광 상태를 갖는 광을 반사시키는 이미지 형성 디바이스일 수 있다. 제2 반사 구성요소(2534a)는 픽셀화될 수 있고, 패턴화된 광을 생성할 수 있다. 엔벨로프(2554a) 내에서 제2 반사 구성요소(2534a)로부터 반사된 광은 수렴 패턴화된 광일 수 있다. 제2 반사 구성요소(2534a)로서 이 용될 수 있는 적합한 이미지 형성 디바이스들은 액정 온 실리콘(LCoS) 디바이스들을 포함한다. LCoS 디바이스는 평탄할 수 있거나 또는 하나 이상의 축들에서 만곡되어 있을 수 있다.

[0163] 도 25에서의 다양한 구성요소들은 설명을 명확하게 하기 위해 이격되어 도시되어 있다. 그러나, 다양한 구성요소들이 직접 접촉 상태에 있거나 또는 예를 들어, 광학적으로 투명한 접착제를 통하여 부착될 수 있음을 이해해야 한다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(2530a)는 광학적으로 투명한 접착제 층들을 사용하여 제1 및 제2 프리즘들(2510a, 2520a) 중 하나 또는 둘 모두에 부착된다. 일부 실시 형태에서, 디바이스(2590)는 광학적으로 투명한 접착제로 출력 면(2514a)에 부착된다. 일부 실시 형태에서, 광원(2550a)은 입력 면(2512a)에 바로 인접할 수 있거나, 또는 광학적으로 투명한 접착제 층을 통하여 입력 면(2512a)에 부착될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 및/또는 제2 반사 구성요소들(2532a, 2534a)은 광학적으로 투명한 접착제로 제2 프리즘(2520a)에 부착될 수 있다. 반사 편광기(2530a)는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술되는 반사 편광기들 중 임의의 것일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(2530a)는 중합체 다층 반사 편광기, 와이어 그리드 편광기, 맥널(MacNeille) 반사 편광기, 또는 콜레스테릭(cholesteric) 반사 편광기이다.

[0164] 겹침 광학 축(2557a)은 광원(2550a)으로부터 제1 반사 구성요소(2532a)로 제1 방향(양의 x-방향)으로 연장되는 제1 세그먼트(2557a-1), 제1 방향에 반대되는 제2 방향(음의 x-방향)으로 연장되는 제2 세그먼트(2557a-2), 제3 방향(음의 y-방향)으로 연장되는 제3 세그먼트(2557a-3), 및 제3 방향에 반대되는 제4 방향(양의 y-방향)으로 연장되는 제4 세그먼트(2557a-4)를 포함한다. 제1 및 제2 세그먼트들(2557a-1, 2557a-2)은 설명을 용이하게 하기 위해 도 25에서 작은 간극(separation)을 두고 도시되어 있지만 이들은 중첩하고 있다. 유사하게, 제3 및 제4 세그먼트들(2557a-3, 2557a-4)은 설명을 용이하게 하기 위해 도 25에서 작은 간극을 두고 도시되어 있지만 이들은 중첩하고 있다. 제1 및 제2 방향들은 제3 및 제4 방향들에 실질적으로 직교한다. 제1 반사 구성요소(2532a)는 제1 세그먼트(2557a-1)에 실질적으로 수직이고, 제2 반사 구성요소(2534a)는 제3 세그먼트(2557a-3)에 실질적으로 수직이다.

[0165] 광원(2550a)은 엔벨로프(2552a)를 갖는 광 빔을 생성하고, 이것은 조명기(2502a)에 의해 사용되는 광원(2550a)으로부터의 광으로 조명되는 입력 면(2512a)의 영역으로서 입력 활성 영역(2513a)을 한정한다. 광원(2550a)은 엔벨로프(2552a)의 외측에 광을 실질적으로 생성하지 않을 수 있거나, 또는 이러한 엔벨로프 외측에 생성되는 임의의 광이 디바이스(2590)에 들어가지 않고서 조명기로부터 빠져 나가는 각도로 있다.

[0166] 광원(2550a)으로부터의 광의 적어도 일부분은, 순서대로, 제1 프리즘(2510a)을 통하여 투과되고, 반사 편광기(2530a)를 통하여 투과되고, 제2 프리즘(2520a)을 통하여 투과되고, 제1 반사 구성요소(2532a)로부터 반사되고, 제2 프리즘(2520a)을 통하여 다시 투과되고, 반사 편광기(2530a)로부터 반사되고, 제2 프리즘(2520a)을 통하여 투과되어 제2 반사 구성요소(2534a) 상에 입사되고, 제2 반사 구성요소(2534a)로부터 반사되고, 제2 프리즘(2520a) 및 반사 편광기(2530a) 및 제1 프리즘(2510a)을 통하여 투과되고, 최종적으로 디바이스(2590)를 통하여 조명기에서 나온다. 이것은 중심 광선(2556a)에 대해 도 25에 도시되어 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 반사 구성요소(2532a)는 편광 회전기를 포함하는데, 이는 1/4 파장 지연기일 수 있다. 반사 편광기(2530a)의 통과 축을 따른 편광을 갖는 광원(2550a)으로부터의 광은 반사 편광기(2530a)를 통하여 투과될 것이고, 이어서 제1 반사 구성요소(2532a)로부터 다시 반사 편광기(2530a)를 향하여 반사될 것이다. 제1 반사 구성요소(2532a)가 1/4 파장 지연기를 포함하는 실시 형태에서, 그러한 광은 다시 반사 편광기(2530a)를 향하여 반사될 때 1/4 파장 지연기를 2번 통과한다. 이러한 광은, 이어서, 반사 편광기(2530a)의 통과 축에 실질적으로 직교하는 편광을 가져서, 반사 편광기(2530a)로부터 제2 반사 구성요소(2534a)를 향하여 반사되는데, 제2 반사 구성요소는 공간적으로 변조된 광을 다시 반사 편광기(2530a)를 향하여 방출할 수 있다(예컨대, 반사시킬 수 있다). 공간적으로 변조된 광은, 공간적으로 변조되어 있는 편광을 가질 수 있다. 반사 편광기(2530a)의 통과 축을 따른 편광을 갖는 공간적으로 변조된 광의 부분은 이미징된 광으로서 반사 편광기(2530a)를 통과하고, 출력 활성 영역(2515a)을 통하여 제1 프리즘(2510a)에서 나오고, 디바이스(2590)를 통하여 조명기에서 나올 것이다.

[0167] 조명기(2502a)는, 겹침 광 경로 조명기(2502a)를 통하여 이미징 형성 디바이스(제2 반사 구성요소(2534a)) 상으로 광 빔을 (엔벨로프(2552a) 내에서) 지향시키고, 이미지 형성 디바이스로부터 수렴 패턴화된 광을 (엔벨로프

(2552a) 내에서) 반사시킴으로써 이미지가 투영되도록 한다. 겹침 광 경로 조명기(2502a)를 통하여 광 범을 지향시키는 단계는, 편광 범 스플리터(2500a)를 통하여 제1 반사 구성요소(2532a)로 광을 지향시키는 단계, 광의 적어도 일부를 다시 편광 범 스플리터(2500a)를 통하여 반사시키는 단계, 및 광의 적어도 일부를 편광 범 스플리터(2500a)로부터 이미지 형성 디바이스를 통하여 반사시키는 단계를 포함한다. 수렴 패턴화된 광의 적어도 일부는 편광 범 스플리터(2500a)를 통하여 그리고 디바이스(2590)를 통하여 투과된다.

[0168] 광원(2550a)으로부터의 광은, 광이 제1 반사 구성요소(2532a) 및 반사 편광기(2530a)로부터 반사된 후에 제2 반사 구성요소(2534a)의 최대 영역을 조명한다. 이러한 최대 영역은 가장 큰 활성 영역(2536a)과 동일할 수 있다. 대안적으로, 가장 큰 활성 영역(2536a)은 반사성인 제2 반사 구성요소(2534a)의 가장 큰 영역일 수 있다. 예를 들어, 제2 반사 구성요소(2534a)는 가장 큰 이미지 영역을 갖는 이미지 형성 디바이스일 수 있다. 가장 큰 이미지 영역 외측의 이미지 형성 디바이스 상에 입사되는 임의의 광은 디바이스(2590)를 통하여 반사되지 않을 수 있다. 이러한 경우에, 가장 큰 활성 영역(2536a)은 이미지 형성 디바이스의 가장 큰 이미지 영역일 것이다. 가장 큰 활성 영역(2536a)은 출력 면(2514a) 상의 출력 활성 영역(2515a) 및 디바이스(2590)의 가장 큰 수용 영역(2543a)을 한정하는데, 이는 광이 엔벨로프(2554a) 내에서 가장 큰 활성 영역(2536a)으로부터 디바이스(2590)를 통하여 반사되기 때문이고, 이는 실질적으로 출력 활성 영역(2515a)에서만 출력 면(2514a)을 조명하고 실질적으로 가장 큰 수용 영역(2543a)에서만 디바이스(2590)를 조명한다. 조명기(2502a)는, 제2 반사 구성요소(2534a)로부터 반사되며 디바이스(2590)를 통과하는 엔벨로프(2554a) 내의 광이, 제2 반사 구성요소(2534a)와 디바이스(2590) 사이에서 수렴되도록 구성된다. 이것은 가장 큰 활성 영역(2536a)보다 더 작은 출력 활성 영역(2515a)보다 더 작은 가장 큰 활성 영역(2536a)을 생성한다.

[0169] 일부 실시 형태에서, 입력 활성 영역(2513a) 및/또는 출력 활성 영역(2515a)은, 가장 큰 이미지 영역일 수 있는 가장 큰 활성 영역(2536a)의 약 60 퍼센트 미만, 또는 약 50 퍼센트 미만(즉, 대략 절반보다 작음), 또는 약 40 퍼센트 미만, 또는 약 35 퍼센트 미만이다. 일부 실시 형태에서, 입력 면(2512a)의 가장 큰 표면적(입력 면(2512a)의 전체 면적)은 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작다. 일부 실시 형태에서, 출력 면(2514a)의 가장 큰 표면적(출력 면(2514a)의 전체 면적)은 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작다.

[0170] 광원(2550a), 또는 본 발명의 광원들 중 임의의 것은, 하나 이상의 실질적으로 단색 발광 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 광원(2550a)은 적색, 녹색 및 청색 발광 다이오드(LED)들을 포함할 수 있다. 다른 색상들, 예컨대 시안(cyan) 및 황색이 또한 포함될 수 있다. 대안적으로 또는 추가로, 넓은 스펙트럼(예컨대, 백색 또는 실질적으로 백색) 광원들이 이용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광원(2550a)은 청색 발광체 및 인광체(phosphor)를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 광원(2550a)은 별개의 광원들로부터의 광을 조합하는 데 이용될 수 있는 적분기를 포함한다(예컨대, 적분기는 적색, 녹색 및 청색 LED들로부터의 광을 조합할 수 있다). 광원(2550a)은 편광 요소를 포함하여서, 실질적으로 단일 편광 상태를 갖는 광이 반사 편광기(2530a)를 통하여 제1 프리즘(2510a)으로 지향되도록 할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광원(2550a)은 LED, 유기 발광 다이오드(OLED), 레이저, 레이저 다이오드, 백열 조명 요소, 및 아크 램프 중 하나 이상일 수 있거나 하나 이상을 포함할 수 있다. 광원(2550a)은 또한, LED(들)와 같은 발광 요소(들)에 더하여, 집광 렌즈(condenser lens)와 같은 렌즈를 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 또는 제2 프리즘들은 원하는 광학 굴절력을 제공하기 위해 하나 이상의 만곡된 면들을 가질 수 있다.

[0171] 본 발명의 광학 시스템들은 불균일한 에지 프로파일을 갖는 하나 이상의 렌즈들을 포함할 수 있는데, 이는 헤드 마운트 디스플레이의 구성요소로서 사용될 때 얼굴에 순응시키도록 설계될 수 있다. 렌즈(들)는 얼굴 형상들의 카테고리들에 대한, 평균 얼굴에 순응시키기 위해 에지 프로파일을 가질 수 있거나, 또는 개인 얼굴들에 대해 설계될 수 있다.

[0172] 도 27a는 헤드(10) 상에 위치되는 헤드 마운트 디스플레이의 광학 시스템(2700)의 사시도인데, 이때 헤드(10)의 수직 프로파일은 우측 눈(12)을 중심으로 위치된다. 광학 시스템(2700)의 렌즈들은 눈썹으로부터의 갭(gap) 또는 릴리프(relief)(18) 및 짹(cheek)으로부터의 갭 또는 릴리프(16)를 제공한다. 광학 시스템(2700)은 디스플레이 패널(2731)을 포함하고, 본 발명의 광학 시스템들 중 임의의 것에 대응할 수 있는데, 여기서 디스플레이 패널이 광학 시스템의 이미지 표면을 포함할 수 있다. 도 27b는 관자놀이로부터의 릴리프(26) 및 콧대로부터의 릴리프(28)를 제공하는 광학 시스템(2700)의 렌즈들을 갖는 광학 시스템(2700)의 평면도이다.

[0173] 도 27c는 광학 시스템(2700)의 다른 평면도이다. 디스플레이 패널(2731)은 광학 시스템의 렌즈들에 의해 초점이 맞추어지는 광을 헤드의 눈으로 방출하는 광셀들(34a, 34b, 34c)을 갖는다. 광셀(34a)로부터의 광의 주 광선(38)은 46도의 입사각으로 눈으로 지나간다. 관자놀이로부터의 렌즈 조립체(36)의 더 큰 정도의 릴리프는,

픽셀(34c)로부터의 주 광선(40)이 60도의 더 큰 입사각으로 눈으로 지나가도록 한다.

[0174] 렌즈 조립체의 렌즈들은 렌즈 조립체를 제조하는 렌즈들의 성형 시에 생성될 수 있다. 대안적으로, 렌즈들은 얼굴의 적절한 측정치들을 이용하여 개인들에 대해 주문맞춤형으로 제작될 수 있다. 렌즈에 대해 제공된 렌즈는 사용자에게 보이는 디스플레이의 영역을 제한할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 렌즈 데이터는 디스플레이 패널(2731)을 제어하는 컴퓨터로 제공되고, 컴퓨터는, 예를 들어, 전력 소비를 감소시키기 위하여 그리고/또는 고스트 이미지들로부터 가시적인 아티팩트들을 감소시키기 위하여 디스플레이 영역을 사용자에게 보이는 영역들로 제한할 수 있다.

[0175] 얼굴로부터의 렌즈의 일관된 양의 렌즈를 제공하는 이점은, 주변 광이 눈 근처의 적절한 공기 순환을 여전히 제공하면서 이미지로 효과적으로 차단될 수 있다는 것이다. 광학 시스템들의 렌즈(들)의 연장된 표면들을 이용하는 것은 사용자에 대해 시야 및 편안함 둘 모두를 개선시킬 수 있다.

[0176] 실시예

[0177] 실시예 1

[0178] 광학 시스템(200)과 유사한 광학 시스템을 모델링하였다. 제2 1/4 파장 지연기를 제2 주 표면(216) 상에 배치하였다. 표면들(224, 226, 214, 216)에 대응하는 표면들의 각각을 수학식 1에 의해 설명되는 비구면 표면들이 되도록 취하였고, 이때 다항식 계수들( $D, E, F, G, H, I\cdots$ )의 각각은 0(zero)과 같다. 원주 상수( $k$ )는 0.042435였고, 표면 반경( $r = 1/c$ )은  $-36.82391 \text{ mm}$ 였다. 표 1은 이러한 표면들의 각각을 설명하는 파라미터들을 열거한다.

[0179] [표 1]

표면	유형	반경(mm)	두께(mm)	재료	직경(mm)	Conic
OBJ	STANDARD	무한대	무한대		0	0
STO	STANDARD	무한대	23.8204		15	0
2	EVENASPH	-36.82391	2.19729	폴리카르보네이트	46.22652	0.04243522
3	EVENASPH	-36.82391	10.34174		48.50417	0.04243522
4	EVENASPH	-36.82391	-10.34174	미리	58.17894	0.04243522
5	EVENASPH	-36.82391	10.34174	미리	44.64956	0.04243522
6	EVENASPH	-36.82391	2.19729	E48R	60	0.04243522
7	EVENASPH	-36.82391	2		62	0.04243522
IMA	STANDARD	무한대			54.72404	0

[0180]

[0181] 이러한 표에서의 표면 번호들은 조리개 표면(235)(표면 1)으로부터 시작하여 이미지 표면(230)(표면 8 또는 IMA)에서 끝나는 광선이 표면 상에 입사되는 시간들을 카운트한다. 표면 2는 제1 표면(224)에 대응하고, 표면 3 및 표면 5는 제2 표면(226)에 대응하고, 표면 4 및 표면 6은 제1 표면(214)에 대응하고, 표면 7은 표면(216)에 대응한다. 직경은 표면의 클리어 어페처(clear aperture)를 지칭하고, EVANASPH는 짹수 비구면(even asphere)을 지칭하고( $r$ 의 짹수 승들만이 수학식 1의 전개식에서 나타남), 반경은 수학식 1에서의 파라미터  $c$ 의 역수이고, conic은 수학식 1에서의 파라미터  $k$ 이고, IMA는 이미지 표면(230)을 지칭한다.

[0182] 제1 광학 렌즈(212)는 1.53의 굴절률을 갖는 제논(Zenon) E48R로서 모델링되었고, 제2 광학 렌즈(222)는 1.585의 굴절률을 갖는 폴리카르보네이트로서 모델링되었다. 초점 거리는  $32.26271 \text{ mm}$ 였고, 시야는 90도였고, 이미지 높이는  $27.14 \text{ mm}$ 였고(이미지 표면(230)의 직경은  $54.28 \text{ mm}$ 였고), F#은 2.13이었고, 아이 렌즈(eye relief)(조리개 표면으로부터 제1 렌즈 표면까지의 거리)는  $23.8 \text{ mm}$ 였고, 아이 박스(eye box)(조리개 표면(235)의 직경)는  $15 \text{ mm}$ 였다.

[0183] 이미지 표면에 의해 방출되며 조리개 표면을 통하여 투과된 각각의 주 광선은, 주 광선이 제1 또는 제2 광학 적층물 상에 입사되었을 때마다 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 20도 미만의 입사각으로 입사되었다.

[0184] 광학 시스템은 조리개 표면에서 90도의 시야를 가졌다. 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과된 486 nm 및 656 nm의 파장들을 갖는 주 광선들은, 조리개 표면에서의 최대 색상 분리 거리가 3.4 분각이었는데, 이는 조리개 표면에서의 시야의 약 0.12 퍼센트였다.

[0185] 실시예 2

[0186] 광학 시스템(200)과 유사한 광학 시스템을 모델링하였다. 제2 1/4 괴장 지연기를 제2 주 표면(216) 상에 배치하였다. 표면들(224, 226, 214, 216)에 대응하는 표면들의 각각을 수학식 1에 의해 설명되는 비구면 표면들이 되도록 취하였다. 표 2 및 표 3은 이러한 표면들의 각각을 설명하는 파라미터들을 열거한다. 표들에서의 명명법은 실시예 1에서의 명명법과 유사하다. 표 3에서의 비구면 다항식 계수들에 대한 단위들은 mm<sup>(1 - 해당 항의 차수)</sup>이다.

[0187] [표 2]

표면	유형	반경(mm)	두께(mm)	재료	직경(mm)	Conic
OBJ	STANDARD	무한대	-250		500	0
STO	STANDARD	무한대	15		6.848	0
2	EVENASPH	-23.17192	2.5	폴리카르보네이트	25	0
3	EVENASPH	-18.85196	4.691073		26.56958	0.5582269
4	EVENASPH	-19.44056	-4.691073	미리	30.63103	-9.582783
5	EVENASPH	-18.85196	4.691073	미리	24.31869	0.5582269
6	EVENASPH	-19.44056	2	E48R	31	-9.582783
7	EVENASPH	-19.44056	0.621		31	-9.582783
8	STANDARD	무한대	0.281	PMMA	28.60935	0
9	STANDARD	무한대	0.01		28.66299	0
10	STANDARD	무한대	0.7	N-BK7	28.66585	0
11	STANDARD	무한대	0		28.79723	0
IMA	STANDARD	무한대			28.79723	0

[0188]

[0189] [표 3]

다항식 차수	계수 파라미터	표면 3, 5	표면 4, 6, 7
$r^2$	D	0.000000E+00	0.000000E+00
$r^4$	E	1.245489E-05	-1.462422E-04
$r^6$	F	1.393604E-07	9.569876E-07
$r^8$	G	-1.860081E-09	-6.019644E-09
$r^{10}$	H	2.407929E-11	2.373262E-11
$r^{12}$	I	-1.266371E-13	-5.331213E-14
$r^{14}$	J	2.853295E-16	4.901801E-17

[0190]

[0191] 이러한 표들에서의 표면 번호들은 조리개 표면(235)(표면 1)으로부터 시작하여 이미지 표면(230)(표면 12 또는 IMA)에서 끝나는 광선이 표면 상에 입사되는 시간들을 카운트한다. 표면 2는 제1 표면(224)에 대응하고, 표면 3 및 표면 5는 제2 표면(226)에 대응하고, 표면 4 및 표면 6은 제1 표면(214)에 대응하고, 표면 7은 표면(216)에 대응한다. 표면 8 내지 표면 11은 이미지 표면(230) 상에 배치된 표면 층들을 지칭한다.

[0192] 제1 광학 렌즈(212)는 1.53의 굴절률을 갖는 제논 E48R로서 모델링되었고, 제2 광학 렌즈(222)는 1.585의 굴절률을 갖는 폴리카르보네이트로서 모델링되었다. 초점 거리는 17.560 mm였고, 시야는 90도였고, 이미지 높이는 14.36 mm였고(이미지 표면(230)의 직경은 28.72 mm였고), F#은 2.55였고, 아이 릴리프는 15 mm였고, 아이 박스(조리개 표면(235)의 직경)는 10.0 mm였다.

[0193] 이미지 표면에 의해 방출되며 조리개 표면을 통하여 투과된 각각의 주 광선은, 주 광선이 제1 또는 제2 광학 적층물 상에 입사되었을 때마다 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 20도 미만의 입사각으로 입사되었다.

[0194] 광학 시스템은 조리개 표면에서 90도의 시야를 가졌다. 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과된 486 nm 및 656 nm의 괴장들을 갖는 주 광선들은, 조리개 표면에서의 최대 색상 분리 거리가 10.8 분각이었는데, 이는 조리개 표면에서의 시야의 약 0.38 퍼센트였다.

[0195] 실시예 3

[0196] 광학 시스템(600)과 유사한 광학 시스템을 모델링하였다. 표면들(614, 616)에 대응하는 표면들의 각각을 수학식 1에 의해 설명되는 비구면 표면들이 되도록 취하였다. 표 4 및 표 5는 이러한 표면들의 각각을 설명하는 파

라미터들을 열거한다. 표에서의 명명법은 실시예 1 및 실시예 2에서의 명명법과 유사하다.

[0197] [표 4]

표면	유형	반경(mm)	두께(mm)	재료	직경	Conic
OBJ	STANDARD	무한대	무한대		0	0
STO	STANDARD	무한대	19.43519		15	0
2	EVENASPH	-32.97361	6.734839	폴리 카르보네이트	42.67275	-0.6680006
3	EVENASPH	-32.97361	-6.734839	미러	49.63501	-0.6680006
4	EVENASPH	-32.97361	6.734839	미러	42.06153	-0.6680006
5	EVENASPH	-32.97361	21.79455		46.89222	-0.6680006
IMA	STANDARD	무한대			66.72897	0

[0198]

[0199] [표 5]

다항식 차수	계수 파라미터	표면 2, 3, 4, 5
$r^2$	D	0
$r^4$	E	-2.231952E-06
$r^6$	F	-1.907497E-09
$r^8$	G	1.062720E-12
$r^{10}$	H	-5.475949E-15
$r^{12}$	I	6.686581E-18
$r^{14}$	J	-4.780909E-21

[0200]

[0201] 이러한 표들에서의 표면 번호들은 조리개 표면(635)(표면 1)으로부터 시작하여 이미지 표면(630)(표면 6 또는 IMA)에서 끝나는 광선이 표면 상에 입사되는 시간들을 카운트한다. 표면 2 및 표면 4는 제1 표면(614)에 대응하고, 표면 3 및 표면 5는 제2 표면(616)에 대응한다.

[0202]

초점 거리는 35.0 mm였고, 시야는 90도였고, 이미지 높이는 33.3 mm였고(이미지 표면(630)의 직경은 66.6 mm였고), F#은 2.3이었고, 아이 렐리프는 19.4 mm였고, 아이 박스(조리개 표면(635)의 직경)는 15 mm였다.

[0203]

이미지 표면에 의해 방출되며 조리개 표면을 통하여 투과된 각각의 주 광선은, 주 광선이 제1 또는 제2 광학 적 층을 상에 입사되었을 때마다 제1 광학 적층 및 제2 광학 적층의 각각 상에 약 20도 미만의 입사각으로 입사되었다.

[0204]

광학 시스템은 조리개 표면에서 90도의 시야를 가졌다. 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과된 486 nm 및 656 nm의 파장들을 갖는 주 광선들은, 조리개 표면에서의 최대 색상 분리 거리가 29.5 분각이었는데, 이는 조리개 표면에서의 시야의 약 0.9 퍼센트였다.

[0205] 실시예 4

[0206] 광학 시스템(800)과 유사한 광학 시스템을 모델링하였다. 반사 편광기를 제3 광학 렌즈(862)의 제2 주 표면(866) 상에 배치하였고, 제1 1/4 파장 지연기를 반사 편광기 상에 배치하였다. 부분 반사기를 제2 광학 렌즈(822)의 제1 주 표면(824) 상에 배치하였고, 제2 1/4 파장 지연기를 제2 광학 렌즈(822)의 제2 주 표면(826) 상에 배치하였다. 표면들(864, 866, 824, 826, 814, 816)에 대응하는 표면들의 각각을 수학식 1에 의해 설명되는 비구면 표면들이 되도록 취하였다. 표 6 및 표 7은 이러한 표면들의 각각을 설명하는 파라미터들을 열거한다. 표들에서의 명명법은 이전 실시예에서의 명명법과 유사하다.

[0207]

[표 6]

표면	유형	반경(mm)	두께(mm)	재료	직경(mm)	Conic
OBJ	STANDARD	무한대	무한대		0	0
STO	STANDARD	무한대	11.01475		9	0
2	EVENASPH	-16.25782	2	폴리카르보네이트	21.26634	0
3	EVENASPH	-17.44541	2.513635		23.93589	0.7369043
4	EVENASPH	-16.75009	-2.513635	미리	25.75788	-0.1016067
5	EVENASPH	-17.44541	2.513635	미리	23.35747	0.7369043
6	EVENASPH	-16.75009	5	E48R	24.5425	-0.1016067
7	EVENASPH	-12.77019	1		26.71183	-0.491206
8	EVENASPH	-157.2536	6	E48R	30.82226	-11.8657
9	EVENASPH	-18.4783	6.867862		31.77972	-0.4304748
IMA	STANDARD	무한대			32.24099	0

[0208]

[표 7]

다항식 차수	계수 파라미터	표면 3, 5	표면 9
$r^2$	D	0.000000E+00	0.000000E+00
$r^4$	E	3.286842E-05	1.398664E-04
$r^6$	F	1.861485E-07	-5.794668E-07
$r^8$	G	-1.944055E-09	1.220044E-09
$r^{10}$	H	1.540250E-11	-9.383593E-13
$r^{12}$	I	0.000000E+00	0.000000E+00
$r^{14}$	J	0.000000E+00	0.000000E+00

[0210]

[0211]

이러한 표들에서의 표면 번호들은 조리개 표면(835)(표면 1)으로부터 시작하여 이미지 표면(830)(표면 10 또는 IMA)에서 끝나는 광선이 표면 상에 입사되는 시간들을 카운트한다. 표면 2는 제1 표면(864)에 대응하고, 표면 3 및 표면 5는 제2 표면(866)에 대응하고, 표면 4 및 표면 6은 제1 표면(824)에 대응하고, 표면 7은 표면(266)에 대응하고, 표면 8은 표면(814)에 대응하고, 표면 9는 표면(816)에 대응한다.

[0212]

초점 거리는 19.180 mm였고, 시야는 82도였고, 이미지 높이는 15.89 mm였고(이미지 표면(830)의 직경은 31.87 mm였고), F#은 2.12이었고, 아이 릴리프는 11 mm였고, 아이 박스(조리개 표면(835)의 직경)는 9 mm였다.

[0213]

이미지 표면에 의해 방출되며 조리개 표면을 통하여 투과된 각각의 주 광선은, 주 광선이 제1 또는 제2 광학 적 층률 상에 입사되었을 때마다 제1 광학 적층률 및 제2 광학 적층률의 각각 상에 약 20도 미만의 입사각으로 입사되었다.

[0214]

광학 시스템은 조리개 표면에서 80도의 시야를 가졌다. 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과된 486 nm 및 656 nm의 광장들을 갖는 주 광선들은, 조리개 표면에서의 최대 색상 분리 거리가 14.9 분각이었는데, 이는 조리개 표면에서의 시야의 약 0.52 퍼센트였다.

[0215]

실시예 5

[0216]

광학 시스템(200)과 유사한 광학 시스템을 모델링하였다. 제2 1/4 광장 지연기를 제2 주 표면(216) 상에 배치하였다. 표면들(224, 226, 214, 216)에 대응하는 표면들의 각각을 수학식 1에 의해 설명되는 비구면 표면들이 되도록 취하였고, 이때 다항식 계수들( $D, E, F, G, H, I\cdots$ )의 각각은 0과 같다. 표 8은 이러한 표면들의 각각을 설명하는 파라미터들을 열거하는데, 이때 명명법은 이전 실시예들에서의 명명법과 유사하다.

[0217]

[표 8]

표면	유형	반경(mm)	두께(mm)	재료	직경(mm)	Conic
OBJ	STANDARD	무한대	무한대		0	0
STO	STANDARD	무한대	25		15	0
2	EVENASPH	-40.49115	4.85538	E48R	49.67147	0.7502449
3	EVENASPH	-40.49115	8.498641		54.28738	0.7502449
4	EVENASPH	-40.24456	-8.498641	미리	63	0.2694101
5	EVENASPH	-40.49115	8.498641	미리	50.62275	0.7502449
6	EVENASPH	-40.24456	5.013904	폴리카르보네이트	63	0.2694101
7	EVENASPH	-31.18185	14.48671		67	-3.575525
IMA	STANDARD	무한대			102.1176	0

[0218]

이러한 표에서의 표면 번호들은 조리개 표면(235)(표면 1)으로부터 시작하여 이미지 표면(230)(표면 8 또는 IMA)에서 끝나는 광선이 표면 상에 입사되는 시간들을 카운트한다. 표면 2는 제1 표면(224)에 대응하고, 표면 3 및 표면 5는 제2 표면(226)에 대응하고, 표면 4 및 표면 6은 제1 표면(214)에 대응하고, 표면 7은 표면(216)에 대응한다. 직경은 표면의 클리어 어퍼처를 지칭하고, EVENASPH는 짹수 비구면(even asphere)을 지칭하고(r의 짹수 승들만이 수학식 1의 전개식에서 나타남), 반경은 수학식 1에서의 파라미터 c의 역수이고, conic은 수학식 1에서의 파라미터 k이고, IMA는 이미지 표면(230)을 지칭한다.

[0220]

제1 광학 렌즈(212)는 1.53의 굴절률을 갖는 제논 E48R로서 모델링되었고, 제2 광학 렌즈(222)는 1.585의 굴절률을 갖는 폴리카르보네이트로서 모델링되었다. 초점 거리는 42.7 mm였고, 시야는 100도였고, 이미지 높이는 50.94 mm였고(이미지 표면(230)의 직경은 101.88 mm였고), F#은 3.25였고, 아이 렐리프는 25 mm였고, 아이 박스(조리개 표면(235)의 직경)는 15 mm였다.

[0221]

이미지 표면에 의해 방출되며 조리개 표면을 통하여 투과된 각각의 주 광선은, 주 광선이 제1 또는 제2 광학 적층물 상에 입사되었을 때마다 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 20도 미만의 입사각으로 입사되었다.

[0222]

광학 시스템은 조리개 표면에서 100도의 시야를 가졌다. 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과된 486 nm 및 656 nm의 파장들을 갖는 주 광선들은, 조리개 표면에서의 최대 색상 분리 거리가 11.9 분각이었는데, 이는 조리개 표면에서의 시야의 약 0.29 퍼센트였다.

[0223]

이미지 표면(230)에서 생성된 왜곡되지 않은 이미지를 시뮬레이팅하였고, 조리개 표면(235)에서의 이미지의 왜곡은 1 퍼센트 미만인 것으로 결정되었다.

[0224]

### 실시예 6 내지 실시예 8

[0225]

DBEF(실시예 6), APF(실시예 7) 및 1/4 파장 지연기 코팅을 갖는 APF(실시예 8)를 열성형하여, 그 필름들에 렌즈의 외측 표면의 기하형상에 매칭되는 기하형상을 부여하였다. 필름들을 트리밍(trim)하여 사출 성형 도구 렌즈 공동(lens cavity)에 끼워맞추고 렌즈 공동의 표면 상에 배치하였다. 트리밍된 필름들은 63 mm의 직경 및 87 mm의 곡률 반경을 가졌다. 사출 성형된 폴리카르보네이트 수지를 사용하여 필름 상에 렌즈를 형성하였다. 필름들은, 본 발명의 광학 시스템에서 사용될 때 조리개 표면에 대면하게 될 렌즈의 측 상에 형성되었다. 실시예 7에서, 필름은, 본 발명의 광학 시스템에서 사용될 때, APF가 조리개 표면에 대면하고 1/4 파장 지연기가 조리개 표면으로부터 멀리 향하도록 렌즈 상에 형성되었다.

[0226]

진공을 이용하는 MAAC 시트 공급 열성형 시스템에서 필름들의 열성형을 행하여, 가열된 필름을 열성형 도구(1681)와 유사한 열성형 도구의 외부 표면 상으로 당기도록 하였다. 외부 표면은, 단축의 약 1.02배인 장축을 갖는 대략 타원체로 형상화되어서, 생성된 열성형된 필름이 냉각 및 이완 후에 회전 대칭이도록 하였다. 열성형 공정 파라미터들은 다음과 같았다: 시트 오븐 온도 = 320°F - 380°F (160°C - 193°C); 형성 시간 = 18초; 및 시트 형성 온도 = 330°F - 365°F (156°C - 185°C).

[0227]

비편광된 근사-램버트(Lambertian) 광원을 사용하여, 열성형된 DBEF(실시예 6) 및 APF(실시예 7) 반사 편광기 샘플들을 이미지들을 취하여, 샘플들을 통과한 광을 분석 편광기의 차단 축과 정렬된 분석 편광기를 포함한 카메라로, 반사 편광기의 차단 축으로부터의 다양한 각도들에서 방출하였다. 0도에서, 필름들 둘 모두는 실질적으로 투명하였고, 더 높은 각도에서, DBEF는 APF 샘플에 존재하지 않았던 광학적 아티팩트들을 보였다. 예를 들어, 70도의 각도에서, APF 샘플은 실질적으로 균일하게 어두웠지만 DBEF 샘플은 촉색된 링들을 보였다. 필름

인서트 사출 성형 공정은 크라우스-마페이(Krauss-Maffei)(독일 소재)에 의해 제작된 왕복 스크류 수평 클램프 사출 성형 시스템에서 행해졌다. 사용된 사출 성형 도구는 6 베이스 렌즈 파트(6 base lens part)에 대한 것이었고, 바이엘 마크롤론(Bayer MAKROLON) 3107-550115 폴리카르보네이트 수지(미국 펜실베이니아주 피츠버그 소재의 바이엘 머티리얼사이언스 엘엘씨(Bayer MaterialScience LLC)로부터 입수가능함)가 렌즈를 형성하는 데 사용되었다. 사출 성형 공정 파라미터들은 다음과 같았다: 주형 온도 = 180°F (82°C); 용융 온도 = 560°F (293°C); 충전 시간 = 1.56초; 유지 시간 = 5.5초; 유지 압력 = 11,000 psi(75.8 MPa); 냉각 시간 = 15초.

[0228] **실시예 9 내지 실시예 11**

[0229] 실시예 6 내지 실시예 8에 대체적으로 기술된 바와 같이 반사 편광기들을 50.8 mm의 직경 및 38.6 mm의 곡률 반경을 갖는 볼록한 회전 대칭 형상으로 열성형하였다. 반사 편광기들은 DBEF(실시예 9), APF(실시예 10) 및 와이어 그리드 편광기(실시예 11)였다. 액소메트릭스 액소스캔(Axometrics AXOSCAN) 편광계(미국 엘라배마주 헌츠빌 소재의 액소메트릭스, 인크.(Axometrics, Inc.)로부터 입수가능함)를 사용하여 각각의 샘플에 대해 편광 배향을 측정하였다. 각각의 샘플에 대해, 필름의 정점부를 중심으로 위치되며 20 mm 직경 원형 개구를 갖는 샘플의 영역을 식별하였고, 개구에서의 샘플의 투과 축의 최대 변동(고정된 방향으로부터 투과 축의 최대 각도 편차 - 고정된 방향으로부터 투과 축의 최소 각도 편차)을 결정하였다. DBEF의 경우, 최대 변동은 1.707도였고, APF의 경우, 최대 변동은 0.751도였고, 와이어 그리드 편광기의 경우, 최대 변동은 0.931도였다. 영역의 경계는 샘플들의 회전 대칭 축으로부터 10 mm의 방사상 거리에서 1.32 mm의 새그를 가졌다.

[0230] 하기는 예시적인 실시 형태의 목록이다.

[0231] 실시 형태 1은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,

[0232] 이미지 표면;

[0233] 조리개 표면;

[0234] 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치되며, 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록한 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,

[0235] 제1 광학 렌즈; 및

[0236] 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -; 및

[0237] 제1 광학 적층물과 조리개 표면 사이에 배치되며, 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록한 제2 광학 적층물을 포함하고, 제2 광학 적층물은,

[0238] 제2 광학 렌즈;

[0239] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기; 및

[0240] 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함한다.

[0241] 실시 형태 2는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 출사 동공인, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.

[0242] 실시 형태 3은, 이미지 소스가 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 2의 광학 시스템이다.

[0243] 실시 형태 4는, 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 3의 광학 시스템이다.

[0244] 실시 형태 5는, 이미지 소스가 셔터를 포함하는, 실시 형태 2 내지 실시 형태 4 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0245] 실시 형태 6은, 이미지 소스가 광학 시스템의 외부에 있는 물체들로부터 반사된 광을 수신하도록 구성된 개구를 포함하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.

[0246] 실시 형태 7은, 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 입사 동공인, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.

[0247] 실시 형태 8은, 광학 시스템이 이미지 표면을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정되는 겹침 광학 축을 중심으로 위치되는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 7 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

- [0248] 실시 형태 9는, 조리개 표면이 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 8 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0249] 실시 형태 10은, 제2 광학 시스템이 입사 동공에서 수신된 이미지들을 기록하도록 구성되는, 실시 형태 9의 광학 시스템이다.
- [0250] 실시 형태 11은, 조리개 표면이 관찰자의 눈의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0251] 실시 형태 12는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 비편광된 광을 방출하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0252] 실시 형태 13은, 제1 광학 적층물이 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 배치된 제2 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 12 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0253] 실시 형태 14는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 편광된 광을 방출하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0254] 실시 형태 15는, 편광된 광이 선형으로 편광되는, 실시 형태 14의 광학 시스템이다.
- [0255] 실시 형태 16은, 편광된 광이 원형으로 편광되는, 실시 형태 14의 광학 시스템이다.
- [0256] 실시 형태 17은, 편광된 광이 타원형으로 편광되는, 실시 형태 14의 광학 시스템이다.
- [0257] 실시 형태 18은, 부분 반사기가 제2 반사 편광기인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 17 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0258] 실시 형태 19는, 부분 반사기가 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 18 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0259] 실시 형태 20은, 원하는 복수의 파장들이 적어도 하나의 연속 파장 범위를 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 19 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0260] 실시 형태 21은, 원하는 복수의 파장들이 가시광 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 20 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0261] 실시 형태 22는, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 21의 광학 시스템이다.
- [0262] 실시 형태 23은, 원하는 복수의 파장들이 적외선 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 20 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0263] 실시 형태 24는, 원하는 복수의 파장들이 적외선, 가시광 및 자외선 파장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 20 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0264] 실시 형태 25는, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 21 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0265] 실시 형태 26은, 원하는 복수의 파장들이 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함하고, 연속 파장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 25의 광학 시스템이다.
- [0266] 실시 형태 27은, 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 26의 광학 시스템이다.
- [0267] 실시 형태 28은, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인 적어도 하나의 제1 위치를 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 27 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0268] 실시 형태 29는,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 28의 광학 시스템이다.
- [0269] 실시 형태 30은,  $s_1/r_1$ 이 0.2 내지 0.8의 범위인, 실시 형태 28의 광학 시스템이다.
- [0270] 실시 형태 31은,  $s_1/r_1$ 이 0.3 내지 0.6의 범위인, 실시 형태 28의 광학 시스템이다.
- [0271] 실시 형태 32는, 다층 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_2$ ) 및 평면으로부터 변위( $s_2$ )를 가지며  $s_2/r_2$ 가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 28 내지 실시 형태 31 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

다.

- [0272] 실시 형태 33은, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리 ( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인 적어도 하나의 제1 위치를 갖고,  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 27 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0273] 실시 형태 34는, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 33의 광학 시스템이다.
- [0274] 실시 형태 35는, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 34 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0275] 실시 형태 36은, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1도 미만인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 34 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0276] 실시 형태 37은, 이미지 표면이 최대 횡방향 치수(A)를 갖고, 조리개 표면이 최대 횡방향 치수(B)를 갖고, A/B 가 적어도 3인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 36 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0277] 실시 형태 38은, 제1 광학 렌즈가 제2 광학 렌즈에 대면하는 제1 주 표면 및 이미지 표면에 대면하는 반대편에 있는 제2 주 표면을 갖고, 제2 광학 렌즈가 조리개 표면에 대면하는 제1 주 표면 및 제1 광학 렌즈에 대면하는 반대편에 있는 제2 주 표면을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 37 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0278] 실시 형태 39는, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제1 또는 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 38의 광학 시스템이다.
- [0279] 실시 형태 40은, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 38의 광학 시스템이다.
- [0280] 실시 형태 41은, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 렌즈의 제2 주 표면의 반대편인 부분 반사기 상에 배치되는, 실시 형태 38의 광학 시스템이다.
- [0281] 실시 형태 42는, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 부분 반사기가 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면의 반대편인 제2 1/4 파장 지연기 상에 배치되는, 실시 형태 38의 광학 시스템이다.
- [0282] 실시 형태 43은, 제1 1/4 파장 지연기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 다층 반사 편광기가 제2 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 38의 광학 시스템이다.
- [0283] 실시 형태 44는, 다층 반사 편광기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 제1 1/4 파장 지연기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면의 반대편인 다층 반사 편광기 상에 배치되는, 실시 형태 38의 광학 시스템이다.
- [0284] 실시 형태 45는, 다층 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 44 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0285] 실시 형태 46은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 45 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0286] 실시 형태 47은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 46 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0287] 실시 형태 48은, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선이 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 25도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 47 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0288] 실시 형태 49는, 제1 및 제2 광학 적층물들이 실질적으로 동일한 형상을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 48 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0289] 실시 형태 50은, 제1 및 제2 광학 적층물들이 상이한 형상들을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 48 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0290] 실시 형태 51은, 제1 및 제2 렌즈들의 각각이 플라노 렌즈들인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 50 중 임의의 실시

형태의 광학 시스템이다.

- [0291] 실시 형태 52는, 제1 및 제2 광학 렌즈들이 실질적으로 동일한 형상을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 48 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0292] 실시 형태 53은, 제1 및 제2 광학 렌즈들이 상이한 형상들을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 48 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0293] 실시 형태 54는, 이미지 표면이 실질적으로 평면인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 53 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0294] 실시 형태 55는, 이미지 표면이 만곡되어 있는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 53 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0295] 실시 형태 56은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 왜곡되지 않은 이미지를 방출하고, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 반사 편광기가 상이한 제2 형상을 가져서, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 10% 미만이도록 하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0296] 실시 형태 57은, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 5% 미만인, 실시 형태 56의 광학 시스템이다.
- [0297] 실시 형태 58은, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 3% 미만인, 실시 형태 56의 광학 시스템이다.
- [0298] 실시 형태 59는, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 58 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0299] 실시 형태 60은, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.2 퍼센트 미만인, 실시 형태 59의 광학 시스템이다.
- [0300] 실시 형태 61은, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 60 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0301] 실시 형태 62는, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 10 분각 미만인, 실시 형태 61의 광학 시스템이다.
- [0302] 실시 형태 63은, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 다층 반사 편광기가 제2 형상을 갖고, 제1 및 제2 형상들 중 하나 또는 둘 모두가 비구면 다항식 새그 수학식에 의해 설명되는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 62 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0303] 실시 형태 64는, 다층 반사 편광기가 교호하는 중합체 층들을 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 63 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0304] 실시 형태 65는, 다층 반사 편광기가 APF인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 64 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0305] 실시 형태 66은, 다층 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 64 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0306] 실시 형태 67은, 다층 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기를 포함하는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 64 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0307] 실시 형태 68은, 다층 반사 편광기가 회전 대칭인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 67 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0308] 실시 형태 69는, 제1 및 제2 광학 적층물들 중 적어도 하나가 조리개 표면 및 이미지 표면에 대해 조정가능한 위치를 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 68 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0309] 실시 형태 70은, 제1 및 제2 광학 적층물들 중 적어도 하나가 조정가능한 형상을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시

형태 69 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0310] 실시 형태 71은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,

[0311] 이미지 표면;

[0312] 조리개 표면;

[0313] 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,

[0314] 제1 광학 렌즈; 및

[0315] 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -; 및

[0316] 제1 광학 적층물과 조리개 표면 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하고, 제2 광학 적층물은,

[0317] 제2 광학 렌즈;

[0318] 적어도 하나의 층을 포함하는 다층 반사 편광기 - 적어도 하나의 층은 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축임 -; 및

[0319] 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 자연기를 포함하고,

[0320] 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선은 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 30도 미만의 입사각으로 입사된다.

[0321] 실시 형태 72는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 출사 동공인, 실시 형태 71의 광학 시스템이다.

[0322] 실시 형태 73은, 이미지 소스가 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 72의 광학 시스템이다.

[0323] 실시 형태 74는, 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 73의 광학 시스템이다.

[0324] 실시 형태 75는, 이미지 소스가 셔터를 포함하는, 실시 형태 72 내지 실시 형태 74 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0325] 실시 형태 76은, 이미지 소스가 광학 시스템의 외부에 있는 물체들로부터 반사된 광을 수신하도록 구성된 개구를 포함하는, 실시 형태 71의 광학 시스템이다.

[0326] 실시 형태 77은, 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 입사 동공인, 실시 형태 71의 광학 시스템이다.

[0327] 실시 형태 78은, 광학 시스템이 이미지 표면을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정되는 겹침 광학 축을 중심으로 위치되는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 77 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0328] 실시 형태 79는, 조리개 표면이 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 78 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0329] 실시 형태 80은, 제2 광학 시스템이 입사 동공에서 수신된 이미지들을 기록하도록 구성되는, 실시 형태 79의 광학 시스템이다.

[0330] 실시 형태 81은, 조리개 표면이 관찰자의 눈의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 71의 광학 시스템이다.

[0331] 실시 형태 82는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 비편광된 광을 방출하는, 실시 형태 71의 광학 시스템이다.

[0332] 실시 형태 83은, 제1 광학 적층물이 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 배치된 제2 1/4 파장 자연기를 추가로 포함하는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 82 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0333] 실시 형태 84는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 편광된 광을 방출하는, 실시 형태 71의 광학 시스템이다.

[0334] 실시 형태 85는, 편광된 광이 선형으로 편광되는, 실시 형태 84의 광학 시스템이다.

- [0335] 실시 형태 86은, 편광된 광이 원형으로 편광되는, 실시 형태 84의 광학 시스템이다.
- [0336] 실시 형태 87은, 편광된 광이 타원형으로 편광되는, 실시 형태 84의 광학 시스템이다.
- [0337] 실시 형태 88은, 부분 반사기가 제2 반사 편광기인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 87 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0338] 실시 형태 89는, 부분 반사기가 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 88 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0339] 실시 형태 90은, 원하는 복수의 파장들이 적어도 하나의 연속 파장 범위를 포함하는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 89 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0340] 실시 형태 91은, 원하는 복수의 파장들이 가시광 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 90 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0341] 실시 형태 92는, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 91의 광학 시스템이다.
- [0342] 실시 형태 93은, 원하는 복수의 파장들이 적외선 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 92 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0343] 실시 형태 94는, 원하는 복수의 파장들이 적외선, 가시광 및 자외선 파장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 93 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0344] 실시 형태 95는, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 91 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0345] 실시 형태 96은, 원하는 복수의 파장들이 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함하고, 연속 파장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 95의 광학 시스템이다.
- [0346] 실시 형태 97은, 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 96의 광학 시스템이다.
- [0347] 실시 형태 98은, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인 적어도 하나의 제1 위치를 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 97 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0348] 실시 형태 99는,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 98의 광학 시스템이다.
- [0349] 실시 형태 100은,  $s_1/r_1$ 이 0.2 내지 0.8의 범위인, 실시 형태 98의 광학 시스템이다.
- [0350] 실시 형태 101은,  $s_1/r_1$ 이 0.3 내지 0.6의 범위인, 실시 형태 98의 광학 시스템이다.
- [0351] 실시 형태 102는, 다층 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_2$ ) 및 평면으로부터 변위( $s_2$ )를 가지며  $s_2/r_2$ 가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 98 내지 실시 형태 101 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0352] 실시 형태 103은, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인 필름 상의 적어도 하나의 제1 위치를 갖고,  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 97 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0353] 실시 형태 104는, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 103의 광학 시스템이다.
- [0354] 실시 형태 105는, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 104 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0355] 실시 형태 106은, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1도 미만인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 104 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0356] 실시 형태 107은, 제1 광학 렌즈가 제2 광학 렌즈에 대면하는 제1 주 표면 및 이미지 표면에 대면하는 반대편에 있는 제2 주 표면을 갖고, 제2 광학 렌즈가 조리개 표면에 대면하는 제1 주 표면 및 제1 광학 렌즈에 대면하는 반대편에 있는 제2 주 표면을 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 106 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

- [0357] 실시 형태 108은, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제1 또는 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 107의 광학 시스템이다.
- [0358] 실시 형태 109는, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 108의 광학 시스템이다.
- [0359] 실시 형태 110은, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 렌즈의 제2 주 표면의 반대편인 부분 반사기 상에 배치되는, 실시 형태 108의 광학 시스템이다.
- [0360] 실시 형태 111은, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 부분 반사기가 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면의 반대편인 제2 1/4 파장 지연기 상에 배치되는, 실시 형태 107의 광학 시스템이다.
- [0361] 실시 형태 112는, 제1 1/4 파장 지연기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 다층 반사 편광기가 제2 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 107의 광학 시스템이다.
- [0362] 실시 형태 113은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 제1 1/4 파장 지연기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면의 반대편인 다층 반사 편광기 상에 배치되는, 실시 형태 107의 광학 시스템이다.
- [0363] 실시 형태 114는, 이미지 표면이 최대 횡방향 치수(A)를 갖고, 조리개 표면이 최대 횡방향 치수(B)를 갖고, A/B 가 적어도 3인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 113 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0364] 실시 형태 115는, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 114 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0365] 실시 형태 116은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 115 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0366] 실시 형태 117은, 제1 및 제2 광학 적층물을 중 하나 또는 둘 모두가 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록한, 실시 형태 71 내지 실시 형태 116 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0367] 실시 형태 118은, 제1 및 제2 광학 적층물을 둘 모두가 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록한, 실시 형태 117의 광학 시스템이다.
- [0368] 실시 형태 119는, 다층 반사 편광기가 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록한, 실시 형태 71 내지 실시 형태 118 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0369] 실시 형태 120은, 제1 및 제2 광학 적층물들이 실질적으로 동일한 형상을 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 119 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0370] 실시 형태 121은, 제1 및 제2 광학 적층물들이 상이한 형상들을 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 119 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0371] 실시 형태 122는, 제1 및 제2 렌즈들의 각각이 플라노 렌즈들인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 121 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0372] 실시 형태 123은, 제1 및 제2 광학 렌즈들이 실질적으로 동일한 형상을 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 119 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0373] 실시 형태 124는, 제1 및 제2 광학 렌즈들이 상이한 형상들을 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 119 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0374] 실시 형태 125는, 이미지 표면이 실질적으로 평면인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 124 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0375] 실시 형태 126은, 이미지 표면이 만곡되어 있는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 124 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0376] 실시 형태 127은, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선이 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 25도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 126 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0377] 실시 형태 128은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 왜곡되지 않은 이미지를 방출하고, 부

분 반사기가 제1 형상을 갖고, 반사 편광기가 상이한 제2 형상을 가져서, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 10% 미만이도록 하는, 실시 형태 71의 광학 시스템이다.

- [0378] 실시 형태 129는, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 5% 미만인, 실시 형태 128의 광학 시스템이다.
- [0379] 실시 형태 130은, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 3% 미만인, 실시 형태 128의 광학 시스템이다.
- [0380] 실시 형태 131은, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 130 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0381] 실시 형태 132는, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.2 퍼센트 미만인, 실시 형태 131의 광학 시스템이다.
- [0382] 실시 형태 133은, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 132 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0383] 실시 형태 134는, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 10 분각 미만인, 실시 형태 133의 광학 시스템이다.
- [0384] 실시 형태 135는, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 다층 반사 편광기가 제2 형상을 갖고, 제1 및 제2 형상들 중 하나 또는 둘 모두가 비구면 다행식 새그 수학식에 의해 설명되는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 134 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0385] 실시 형태 136은, 다층 반사 편광기가 교호하는 중합체 층들을 포함하는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 135 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0386] 실시 형태 137은, 다층 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 136 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0387] 실시 형태 138은, 다층 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기를 포함하는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 136 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0388] 실시 형태 139는, 다층 반사 편광기가 회전 대칭인, 실시 형태 71 내지 실시 형태 138 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0389] 실시 형태 140은, 제1 및 제2 광학 적층물을 중 적어도 하나가 조리개 표면 및 이미지 표면에 대해 사용자-조정 가능한 위치를 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 139 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0390] 실시 형태 141은, 제1 및 제2 광학 적층물을 중 적어도 하나가 사용자-조정 가능한 형상을 갖는, 실시 형태 71 내지 실시 형태 140 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0391] 실시 형태 142는 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,
- [0392] 왜곡되지 않은 이미지를 방출하는 이미지 소스;
- [0393] 출사 동공;
- [0394] 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 소스를 향해 볼록한 제1 형상을 갖고 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기; 및
- [0395] 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 소스를 향해 볼록한 상이한 제2 형상을 가져서, 출사 동공에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 약 10% 미만이도록 하는 반사 편광기를 포함한다.
- [0396] 실시 형태 143은, 출사 동공에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 약 5% 미만인, 실시 형태 142의 광학 시스템이다.
- [0397] 실시 형태 144는, 출사 동공에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 약 3% 미만인, 실시 형태

142의 광학 시스템이다.

- [0398] 실시 형태 145는, 이미지 소스와 출사 동공 사이에 배치된 일체형 광학 적층물이 제1 광학 렌즈, 제1 1/4 파장 지연기, 부분 반사기 및 반사 편광기를 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 144 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0399] 실시 형태 146은, 제1 1/4 파장 지연기가 이미지 소스에 대면하는 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 부분 반사기가 제1 광학 렌즈의 반대편인 1/4 파장 지연기 상에 배치되는, 실시 형태 145의 광학 시스템이다.
- [0400] 실시 형태 147은, 부분 반사기가 이미지 소스에 대면하는 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 145의 광학 시스템이다.
- [0401] 실시 형태 148은, 제1 1/4 파장 지연기가 제1 주 표면의 반대편인 제1 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 147의 광학 시스템이다.
- [0402] 실시 형태 149는, 반사 편광기가 제1 광학 렌즈의 반대편인 제1 1/4 파장 지연기 상에 배치되는, 실시 형태 147의 광학 시스템이다.
- [0403] 실시 형태 150은, 일체형 광학 적층물이 제2 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하는, 실시 형태 145 내지 실시 형태 149 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0404] 실시 형태 151은, 제2 1/4 파장 지연기가 이미지 소스에 대면하는 부분 반사기의 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 150의 광학 시스템이다.
- [0405] 실시 형태 152는, 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 소스에 의해 방출되며 출사 동공에 의해 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 출사 동공에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 151 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0406] 실시 형태 153은, 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 소스에 의해 방출되며 출사 동공에 의해 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 152 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0407] 실시 형태 154는 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,
- [0408] 이미지 소스;
- [0409] 출사 동공;
- [0410] 이미지 소스와 출사 동공 사이에 배치된 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,
- [0411] 제1 광학 렌즈; 및
- [0412] 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -; 및
- [0413] 제1 광학 적층물과 출사 동공 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하고, 제2 광학 적층물은,
- [0414] 제2 광학 렌즈;
- [0415] 다층 반사 편광기; 및
- [0416] 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고,
- [0417] 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 소스에 의해 방출되며 출사 동공에 의해 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선은 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 출사 동공에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만이고, 다층 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 볼록하다.
- [0418] 실시 형태 155는, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 출사 동공에서의 시야의 1.2 퍼센트 미만인, 실시 형태 154의 광학 시스템이다.
- [0419] 실시 형태 156은, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만인, 실시 형태 154 또는 실시 형태 155의 광학 시스템이다.
- [0420] 실시 형태 157은, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 10 분각 미만인, 실시 형태 154 및 실시 형태 155 중 임의

의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0421] 실시 형태 158은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,

[0422] 이미지 소스;

[0423] 출사 동공;

[0424] 이미지 소스와 출사 동공 사이에 배치된 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,

[0425] 제1 광학 렌즈; 및

[0426] 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -; 및

[0427] 제1 광학 적층물과 출사 동공 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하고, 제2 광학 적층물은,

[0428] 제2 광학 렌즈;

[0429] 다층 반사 편광기; 및

[0430] 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고,

[0431] 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 소스에 의해 방출되며 출사 동공에 의해 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선은 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만이고, 다층 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 볼록하다.

[0432] 실시 형태 159는, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 10 분각 미만인, 실시 형태 158의 광학 시스템이다.

[0433] 실시 형태 160은, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 출사 동공에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만인, 실시 형태 158 또는 실시 형태 159의 광학 시스템이다.

[0434] 실시 형태 161은, 출사 동공에서의 색상 분리 거리가 출사 동공에서의 시야의 1.2 퍼센트 미만인, 실시 형태 158 내지 실시 형태 160 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0435] 실시 형태 162는, 제1 및 제2 광학 적층물들 중 적어도 하나가 조리개 표면 및 이미지 표면에 대해 조정가능한 위치를 갖는, 실시 형태 154 내지 실시 형태 160 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0436] 실시 형태 163은, 제1 및 제2 광학 적층물들 중 적어도 하나가 조정가능한 형상을 갖는, 실시 형태 154 내지 실시 형태 162 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0437] 실시 형태 164는, 제1 광학 적층물이 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 소스를 향해 볼록한, 실시 형태 154 내지 실시 형태 163 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0438] 실시 형태 165는, 제2 광학 적층물이 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 소스를 향해 볼록한, 실시 형태 154 내지 실시 형태 164 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0439] 실시 형태 166은, 이미지 소스가 최대 횡방향 치수(A)를 갖고, 출사 동공이 최대 횡방향 치수(B)를 갖고, A/B가 적어도 3인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 165 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0440] 실시 형태 167은, 이미지 소스로부터의 적어도 하나의 주 광선이 적어도 40도의 입사각으로 출사 동공을 통과하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 166 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0441] 실시 형태 168은, 광학 시스템이 이미지 소스에 의해 방출된 중심 광의 광학 경로에 의해 한정되는 겹침 광학 축을 중심으로 위치되는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 167 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0442] 실시 형태 169는, 출사 동공이 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 168 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0443] 실시 형태 170은, 제2 광학 시스템이 입사 동공에서 수신된 이미지들을 기록하도록 구성되는, 실시 형태 169의 광학 시스템이다.

[0444] 실시 형태 171은, 출사 동공이 관찰자의 눈의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 169 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0445] 실시 형태 172는, 이미지 소스가 비편광된 광을 방출하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 171 중 임의의 실시

형태의 광학 시스템이다.

- [0446] 실시 형태 173은, 이미지 소스가 편광된 광을 방출하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 171 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0447] 실시 형태 174는, 편광된 광이 선형으로 편광되는, 실시 형태 173의 광학 시스템이다.
- [0448] 실시 형태 175는, 편광된 광이 원형으로 편광되는, 실시 형태 173의 광학 시스템이다.
- [0449] 실시 형태 176은, 편광된 광이 타원형으로 편광되는, 실시 형태 173의 광학 시스템이다.
- [0450] 실시 형태 177은, 부분 반사기가 제2 반사 편광기인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 176 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0451] 실시 형태 178은, 부분 반사기가 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 177 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0452] 실시 형태 179는, 미리 결정된 복수의 광장들이 하나 이상의 미리 결정된 광장 범위들을 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 178 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0453] 실시 형태 180은, 미리 결정된 복수의 광장들이 가시광 범위를 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 179 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0454] 실시 형태 181은, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 180의 광학 시스템이다.
- [0455] 실시 형태 182는, 미리 결정된 복수의 광장들이 적외선 범위를 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 179 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0456] 실시 형태 183은, 미리 결정된 복수의 광장들이 적외선, 가시광 및 자외선 광장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 179 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0457] 실시 형태 184는, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 180 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0458] 실시 형태 185는, 미리 결정된 복수의 광장들이, 반치전폭이 100 nm 이하인 적어도 하나의 광장 범위를 포함하는, 실시 형태 184의 광학 시스템이다.
- [0459] 실시 형태 186은, 미리 결정된 복수의 광장들이, 반치전폭이 50 nm 이하인 적어도 하나의 광장 범위를 포함하는, 실시 형태 184의 광학 시스템이다.
- [0460] 실시 형태 187은, 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인 적어도 하나의 제1 위치를 갖는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 186 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0461] 실시 형태 188은,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 187의 광학 시스템이다.
- [0462] 실시 형태 189는,  $s_1/r_1$ 이 0.2 내지 0.8의 범위인, 실시 형태 187의 광학 시스템이다.
- [0463] 실시 형태 190은,  $s_1/r_1$ 이 0.3 내지 0.6의 범위인, 실시 형태 187의 광학 시스템이다.
- [0464] 실시 형태 191은, 다층 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_2$ ) 및 평면으로부터 변위( $s_2$ )를 가지며  $s_2/r_2$ 가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 187 내지 실시 형태 190 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0465] 실시 형태 192는, 다층 반사 편광기가, 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인 적어도 하나의 제1 위치를 갖고,  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 186 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0466] 실시 형태 193은, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 192의 광학 시스템이다.
- [0467] 실시 형태 194는, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 193 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

- [0468] 실시 형태 195는, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1도 미만인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 193 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0469] 실시 형태 196은, 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 195 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0470] 실시 형태 197은, 반사 편광기가 반사 편광기의 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 196 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0471] 실시 형태 198은, 반사 편광기가 반사 편광기의 광학 축에 대해 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 197 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0472] 실시 형태 199는, 이미지 소스에 의해 방출되며 출사 동공을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 반사 편광기 및 부분 반사기의 각각 상에 약 25도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 198 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0473] 실시 형태 200은, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 반사 편광기가 제2 형상을 갖고, 제1 및 제2 형상들 중 하나 또는 둘 모두가 비구면 다향식 새그 수학식에 의해 설명되는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 202 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0474] 실시 형태 201은, 반사 편광기가 교호하는 중합체 층들을 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 200 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0475] 실시 형태 202는, 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 201 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0476] 실시 형태 203은, 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기를 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 201 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0477] 실시 형태 204는, 반사 편광기가 회전 대칭인, 실시 형태 142 내지 실시 형태 203 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0478] 실시 형태 205는, 이미지 소스가 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 142 내지 실시 형태 204 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0479] 실시 형태 206은, 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 205의 광학 시스템이다.
- [0480] 실시 형태 207은, 이미지 소스가 셔터를 포함하는, 실시 형태 204 또는 실시 형태 205의 광학 시스템이다.
- [0481] 실시 형태 208은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,
- [0482] 최대 횡방향 치수(A)를 갖는 이미지 표면;
- [0483] 최대 횡방향 치수(B)를 갖는 조리개 표면 - A/B는 적어도 3임 -; 및
- [0484] 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 일체형 광학 적층물을 포함하고, 일체형 광학 적층물은,
- [0485] 제1 광학 렌즈;
- [0486] 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기;
- [0487] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기; 및
- [0488] 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고, 조리개 표면 및 이미지 표면을 통하여 투과되는 적어도 하나의 주 광선은 적어도 40도의 입사각으로 조리개 표면을 통과한다.
- [0489] 실시 형태 209는, 일체형 광학 적층물이 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록한, 실시 형태 208의 광학 시스템이다.
- [0490] 실시 형태 210은, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표

면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만인, 실시 형태 208 및 실시 형태 209 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

- [0491] 실시 형태 211은, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.2 퍼센트 미만인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 210 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0492] 실시 형태 212는, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 211 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0493] 실시 형태 213은, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 10 분각 미만인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 212 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0494] 실시 형태 214는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 출사 동공인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 213 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0495] 실시 형태 215는, 이미지 소스가 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 214의 광학 시스템이다.
- [0496] 실시 형태 216은, 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 215의 광학 시스템이다.
- [0497] 실시 형태 217은, 이미지 소스가 셔터를 포함하는, 실시 형태 214 내지 실시 형태 216 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0498] 실시 형태 218은, 이미지 소스가 광학 시스템의 외부에 있는 물체들로부터 반사된 광을 수신하도록 구성된 개구를 포함하는, 실시 형태 208의 광학 시스템이다.
- [0499] 실시 형태 219는, 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 입사 동공인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 213 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0500] 실시 형태 220은, 광학 시스템이 이미지 표면을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정되는 겹침 광학 축을 중심으로 위치되는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 219 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0501] 실시 형태 221은, 조리개 표면이 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 208의 광학 시스템이다.
- [0502] 실시 형태 222는, 제2 광학 시스템이 입사 동공에서 수신된 이미지들을 기록하도록 구성되는, 실시 형태 221의 광학 시스템이다.
- [0503] 실시 형태 223은, 조리개 표면이 관찰자의 눈의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 208의 광학 시스템이다.
- [0504] 실시 형태 224는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 비편광된 광을 방출하는, 실시 형태 208의 광학 시스템이다.
- [0505] 실시 형태 225는, 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 제2 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하고, 제2 1/4 파장 지연기가 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 배치되고, 제1 1/4 파장 지연기가 다층 반사편광기와 부분 반사기 사이에 배치되는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 224 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0506] 실시 형태 226은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 편광된 광을 방출하는, 실시 형태 208의 광학 시스템이다.
- [0507] 실시 형태 227은, 편광된 광이 선형으로 편광되는, 실시 형태 226의 광학 시스템이다.
- [0508] 실시 형태 228은, 편광된 광이 원형으로 편광되는, 실시 형태 226의 광학 시스템이다.
- [0509] 실시 형태 229는, 편광된 광이 타원형으로 편광되는, 실시 형태 226의 광학 시스템이다.
- [0510] 실시 형태 230은, 부분 반사기가 제2 반사 편광기인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 229 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0511] 실시 형태 231은, 부분 반사기가 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시

형태 208 내지 실시 형태 230 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0512] 실시 형태 232는, 미리 결정된 복수의 괴장들이 적어도 하나의 연속 괴장 범위를 포함하는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 231 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0513] 실시 형태 233은, 미리 결정된 복수의 괴장들이 가시광 범위의 괴장들을 포함하는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 232 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0514] 실시 형태 234는, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 233의 광학 시스템이다.

[0515] 실시 형태 235는, 미리 결정된 복수의 괴장들이 적외선 범위의 괴장들을 포함하는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 234 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0516] 실시 형태 236은, 미리 결정된 복수의 괴장들이 적외선, 가시광 및 자외선 괴장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 235 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0517] 실시 형태 237은, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 236 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0518] 실시 형태 238은, 미리 결정된 복수의 괴장들이 하나 이상의 연속 괴장 범위들을 포함하고, 연속 괴장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 237의 광학 시스템이다.

[0519] 실시 형태 239는, 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 238의 광학 시스템이다.

[0520] 실시 형태 240은, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인 적어도 하나의 제1 위치를 갖는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 239 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0521] 실시 형태 241은,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 240의 광학 시스템이다.

[0522] 실시 형태 242는,  $s_1/r_1$ 이 0.2 내지 0.8의 범위인, 실시 형태 240의 광학 시스템이다.

[0523] 실시 형태 243은,  $s_1/r_1$ 이 0.3 내지 0.6의 범위인, 실시 형태 240의 광학 시스템이다.

[0524] 실시 형태 244는, 다층 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_2$ ) 및 평면으로부터 변위( $s_2$ )를 가지며  $s_2/r_2$ 가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 240의 광학 시스템이다.

[0525] 실시 형태 245는, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인 적어도 하나의 제1 위치를 갖고,  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 244 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0526] 실시 형태 246은, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 245의 광학 시스템이다.

[0527] 실시 형태 247은, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 246 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0528] 실시 형태 248은, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1도 미만인, 실시 형태 209 내지 실시 형태 246 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0529] 실시 형태 249는, 다층 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 248 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0530] 실시 형태 250은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 249 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0531] 실시 형태 251은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 250 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0532] 실시 형태 252는, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선은 부분 반사기, 다층 반사 편광기, 및 제1 1/4 괴장 지연기의 각각 상에 약 25도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 208 내지 실

시 형태 251 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0533] 실시 형태 253은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 왜곡되지 않은 이미지를 방출하고, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 반사 편광기가 상이한 제2 형상을 가져서, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 10% 미만이도록 하는, 실시 형태 208의 광학 시스템이다.

[0534] 실시 형태 254는, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 5% 미만인, 실시 형태 253의 광학 시스템이다.

[0535] 실시 형태 255는, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 3% 미만인, 실시 형태 253의 광학 시스템이다.

[0536] 실시 형태 256은, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 다층 반사 편광기가 제2 형상을 갖고, 제1 및 제2 형상들 중 하나 또는 둘 모두가 비구면 다항식 새그 수학식에 의해 설명되는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 255 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0537] 실시 형태 257은, 다층 반사 편광기가 교호하는 중합체 층들을 포함하는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 256 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0538] 실시 형태 258은, 다층 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 257 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0539] 실시 형태 259는, 다층 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기를 포함하는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 257 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0540] 실시 형태 260은, 다층 반사 편광기가 회전 대칭인, 실시 형태 208 내지 실시 형태 259 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0541] 실시 형태 261은, 일체형 광학 적층물이 제2 광학 렌즈를 포함하는, 실시 형태 208 내지 실시 형태 260 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0542] 실시 형태 262는, 제1 1/4 파장 지연기가 제1 광학 렌즈와 제2 광학 렌즈 사이에 배치되는, 실시 형태 261의 광학 시스템이다.

[0543] 실시 형태 263은, 다층 반사 편광기가 조리개 표면에 대면하는 제2 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되고, 부분 반사기가 이미지 표면에 대면하는 제1 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 261 또는 실시 형태 262의 광학 시스템이다.

[0544] 실시 형태 264는 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,

[0545] 이미지 표면;

[0546] 실질적으로 평면인 조리개 표면; 및

[0547] 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된;

[0548] 제1, 제2 및 제3 광학 렌즈들;

[0549] 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기;

[0550] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기; 및

[0551] 미리 결정된 복수의 파장을 중의 적어도 하나의 파장에서의 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고,

[0552] 광학 시스템은 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 복수의 주 표면들을 포함하고, 각각의 주 표면은 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록하고, 적어도 6개의 상이한 주 표면들은 6개의 상이한 볼록부들을 갖는다.

[0553] 실시 형태 265는, 복수의 주 표면들이 제1 광학 렌즈의 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들, 제2 광학 렌즈의 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들, 및 제3 광학 렌즈의 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하고, 각각의 제1 주 표면이 조리개 표면에 대면하고, 각각의 제2 주 표면이 이미지 표면에 대면하는,

실시 형태 264의 광학 시스템이다.

[0554] 실시 형태 266은, 제2 광학 렌즈가 제1 광학 렌즈와 제3 광학 렌즈 사이에 배치되고, 제3 광학 렌즈가 조리개 표면과 제1 광학 렌즈 사이에 배치되는, 실시 형태 265의 광학 시스템이다.

[0555] 실시 형태 267은, 부분 반사기가 제2 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 266의 광학 시스템이다.

[0556] 실시 형태 268은, 다층 반사 편광기가 제3 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 266 또는 실시 형태 267의 광학 시스템이다.

[0557] 실시 형태 269는, 제1 1/4 파장 지연기가 다층 반사 편광기 상에 배치되는, 실시 형태 268의 광학 시스템이다.

[0558] 실시 형태 270은, 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 제2 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하고, 제2 1/4 파장 지연기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 266 내지 실시 형태 269 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0559] 실시 형태 271은, 반사 편광기가 제3 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 제1 1/4 파장 지연기가 제3 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 265의 광학 시스템이다.

[0560] 실시 형태 272는, 부분 반사기가 제2 광학 렌즈의 제1 또는 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 271의 광학 시스템이다.

[0561] 실시 형태 273은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 출사 동공인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 272 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0562] 실시 형태 274는, 이미지 소스가 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 273의 광학 시스템이다.

[0563] 실시 형태 275는, 디스플레이 패널이 실질적으로 투명한, 실시 형태 274의 광학 시스템이다.

[0564] 실시 형태 276은, 이미지 소스가 셔터를 포함하는, 실시 형태 273 내지 실시 형태 275 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0565] 실시 형태 277은, 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 입사 동공인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 272 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0566] 실시 형태 278은, 광학 시스템이 이미지 표면을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정되는 겹침 광학 축을 중심으로 위치되는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 277 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0567] 실시 형태 279는, 조리개 표면이 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 278 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0568] 실시 형태 280은, 제2 광학 시스템이 입사 동공에서 수신된 이미지들을 기록하도록 구성되는, 실시 형태 279의 광학 시스템이다.

[0569] 실시 형태 281은, 조리개 표면이 관찰자의 눈의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 272 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0570] 실시 형태 282는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 비편광된 광을 방출하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 272 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0571] 실시 형태 283은, 광학 적층물 시스템이 미리 결정된 복수의 파장들 중의 적어도 하나의 파장에서의 제2 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하고, 제2 1/4 파장 지연기가 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 배치되고, 제1 1/4 파장 지연기가 다층 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치되는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 269 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0572] 실시 형태 284는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 편광된 광을 방출하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 272 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0573] 실시 형태 285는, 편광된 광이 선형으로 편광되는, 실시 형태 284의 광학 시스템이다.

[0574] 실시 형태 286은, 편광된 광이 원형으로 편광되는, 실시 형태 284의 광학 시스템이다.

- [0575] 실시 형태 287은, 편광된 광이 타원형으로 편광되는, 실시 형태 284의 광학 시스템이다.
- [0576] 실시 형태 288은, 부분 반사기가 제2 반사 편광기인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 287 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0577] 실시 형태 289는, 부분 반사기가 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 288 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0578] 실시 형태 290은, 미리 결정된 복수의 광장들이 적어도 하나의 연속 광장 범위를 포함하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 289 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0579] 실시 형태 291은, 미리 결정된 복수의 광장들이 가시광 범위의 광장들을 포함하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 290 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0580] 실시 형태 292는, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 291의 광학 시스템이다.
- [0581] 실시 형태 293은, 미리 결정된 복수의 광장들이 적외선 범위의 광장들을 포함하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 292 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0582] 실시 형태 294는, 미리 결정된 복수의 광장들이 적외선, 가시광 및 자외선 광장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 293 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0583] 실시 형태 295는, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 294 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0584] 실시 형태 296은, 미리 결정된 복수의 광장들이 하나 이상의 연속 광장 범위들을 포함하고, 연속 광장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 295의 광학 시스템이다.
- [0585] 실시 형태 297은, 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 296의 광학 시스템이다.
- [0586] 실시 형태 298은, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인 적어도 하나의 제1 위치를 갖는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 297 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0587] 실시 형태 299는,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 298의 광학 시스템이다.
- [0588] 실시 형태 300은,  $s_1/r_1$ 이 0.2 내지 0.8의 범위인, 실시 형태 298의 광학 시스템이다.
- [0589] 실시 형태 301은,  $s_1/r_1$ 이 0.3 내지 0.6의 범위인, 실시 형태 298의 광학 시스템이다.
- [0590] 실시 형태 302는, 다층 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_2$ ) 및 평면으로부터 변위( $s_2$ )를 가지며  $s_2/r_2$ 가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 298 내지 실시 형태 301 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0591] 실시 형태 303은, 다층 반사 편광기가, 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인 적어도 하나의 제1 위치를 갖고,  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 297 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0592] 실시 형태 304는, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 303의 광학 시스템이다.
- [0593] 실시 형태 305는, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 304 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0594] 실시 형태 306은, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1도 미만인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 304 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0595] 실시 형태 307은, 다층 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 306 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0596] 실시 형태 308은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭인 열성형된 다

총 반사 편광기인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 307 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0597] 실시 형태 309는, 다층 반사 편광기가 제2 광학 적층물의 광학 측에 대해 회전 대칭인 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 308 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0598] 실시 형태 310은, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선은 부분 반사기, 다층 반사 편광기, 및 제1 1/4 파장 지연기의 각각 상에 약 25도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 309 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0599] 실시 형태 311은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 왜곡되지 않은 이미지를 방출하고, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 반사 편광기가 상이한 제2 형상을 가져서, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 10% 미만이도록 하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 272 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0600] 실시 형태 312는, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 5% 미만인, 실시 형태 311의 광학 시스템이다.

[0601] 실시 형태 313은, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 3% 미만인, 실시 형태 311의 광학 시스템이다.

[0602] 실시 형태 314는, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면에 의해 방출되며 조리개 표면에 의해 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 313 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0603] 실시 형태 315는, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.2 퍼센트 미만인, 실시 형태 314의 광학 시스템이다.

[0604] 실시 형태 316은, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 315 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0605] 실시 형태 317은, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 10 분각 미만인, 실시 형태 316의 광학 시스템이다.

[0606] 실시 형태 318은, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 다층 반사 편광기가 제2 형상을 갖고, 제1 및 제2 형상들 중 하나 또는 둘 모두가 비구면 다향식 새그 수학식에 의해 설명되는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 249 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0607] 실시 형태 319는, 다층 반사 편광기가 교호하는 중합체 층들을 포함하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 318 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0608] 실시 형태 320은, 다층 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 319 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0609] 실시 형태 321은, 다층 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기를 포함하는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 319 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0610] 실시 형태 322는, 다층 반사 편광기가 회전 대칭인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 321 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0611] 실시 형태 323은, 제1, 제2 및 제3 광학 렌즈들 중 적어도 하나가 조리개 표면 및 이미지 표면에 대해 사용자-조정가능한 위치를 갖는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 322 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0612] 실시 형태 324는, 제1, 제2 및 제3 광학 렌즈들 중 적어도 하나가 사용자-조정가능한 형상을 갖는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 323 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0613] 실시 형태 325는, 이미지 표면이 실질적으로 평면인, 실시 형태 264 내지 실시 형태 324 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0614] 실시 형태 326은, 이미지 표면이 만곡되어 있는, 실시 형태 264 내지 실시 형태 324 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

- [0615] 실시 형태 327은, 조리개 표면에서의 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 40인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 326 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0616] 실시 형태 328은, 조리개 표면에서의 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 50인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 327 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0617] 실시 형태 329는, 조리개 표면에서의 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 60인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 328 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0618] 실시 형태 330은, 조리개 표면에서의 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 80인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 329 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0619] 실시 형태 331은, 조리개 표면에서의 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 100인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 330 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0620] 실시 형태 332는, 적어도 하나의 렌즈가 불균일한 에지 프로파일을 갖는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0621] 실시 형태 333은, 에지 프로파일이, 광학 시스템이 헤드 마운트 디스플레이에 사용될 때 얼굴에 순응시키도록 구성된 형상을 포함하는, 실시 형태 332의 광학 시스템이다.
- [0622] 실시 형태 334는 열성형된 다층 반사 편광기로서, 열성형된 다층 반사 편광기는 열성형된 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭이고 광학 축에 직교인 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록하고, 열성형된 다층 반사 편광기는,
- [0623] 정점부로부터 멀리 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인 적어도 하나의 내부 축; 및
- [0624] 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치를 갖는다.
- [0625] 실시 형태 335는,  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 334의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0626] 실시 형태 336은, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 335의 광학 시스템이다.
- [0627] 실시 형태 337은, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 336 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0628] 실시 형태 338은, 반사 편광기의 반사 개구에서의 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1도 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 336 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0629] 실시 형태 339는, 적어도 하나의 내부 축이 정점부로부터 멀리 적어도 하나의 축 상의 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 338 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0630] 실시 형태 340은 열성형된 다층 반사 편광기로서, 열성형된 다층 반사 편광기는 열성형된 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축에 대해 실질적으로 회전 대칭이고 광학 축에 직교인 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록하고, 열성형된 다층 반사 편광기는,
- [0631] 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치를 갖고,
- [0632]  $s_1$  및  $r_1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만이다.
- [0633] 실시 형태 341은, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 340의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0634] 실시 형태 342는, 적어도 하나의 축을 포함하는데, 적어도 하나의 축은 반사 편광기의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 축 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 340 또는 실시 형태 341의 열성형된 다층 반사 편광기이다.

- [0635] 실시 형태 343은, s1/r1이 약 0.8 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 342 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0636] 실시 형태 344는, 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리(r2) 및 평면으로부터 변위(s2)를 가지며 s2/r2가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 334 내지 실시 형태 343 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0637] 실시 형태 345는, s1/r1에서의 방위각 변동이 10 퍼센트 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 344 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0638] 실시 형태 346은, s1/r1에서의 방위각 변동이 8 퍼센트 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 344 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0639] 실시 형태 347은, s1/r1에서의 방위각 변동이 6 퍼센트 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 344 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0640] 실시 형태 348은, s1/r1에서의 방위각 변동이 4 퍼센트 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 344 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0641] 실시 형태 349는, s1/r1에서의 방위각 변동이 2 퍼센트 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 344 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0642] 실시 형태 350은, s1/r1에서의 방위각 변동이 1 퍼센트 미만인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 344 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0643] 실시 형태 351은, 교호하는 중합체 층들을 포함하는, 실시 형태 334 내지 실시 형태 350 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0644] 실시 형태 352는, 열성형된 APF인, 실시 형태 334 내지 실시 형태 351 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0645] 실시 형태 353은, 와이어 그리드 편광기를 포함하는, 실시 형태 334 내지 실시 형태 351 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기이다.
- [0646] 실시 형태 354는 렌즈로서, 렌즈는 2개의 직교 방향들에 대해 만곡된 표면을 갖고 표면 상에 배치된 실시 형태 334 내지 실시 형태 353 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기를 포함한다.
- [0647] 실시 형태 355는 광학 적층물로서, 광학 적층물은,
- [0648] 제1 렌즈;
- [0649] 제1 렌즈에 인접한 제2 렌즈;
- [0650] 제1 렌즈와 제2 렌즈 사이에 배치된 1/4 파장 지연기;
- [0651] 제1 렌즈의 반대편인 제2 렌즈 상에 배치된 반사 편광기; 및
- [0652] 제2 렌즈의 반대편인 제1 렌즈 상에 배치된 부분 반사기를 포함하고,
- [0653] 반사 편광기는 2개의 직교 축들에 대해 만곡되어 있고, 광학 적층물은 일체형 광학 적층물이다.
- [0654] 실시 형태 356은, 제1 렌즈가 제1 재료를 포함하고, 제2 렌즈가 제2 재료를 포함하는, 실시 형태 355의 광학 적층물이다.
- [0655] 실시 형태 357은, 제1 및 제2 재료들이 동일한, 실시 형태 356의 광학 적층물이다.
- [0656] 실시 형태 358은, 제1 및 제2 재료들이 상이한, 실시 형태 356의 광학 적층물이다.
- [0657] 실시 형태 359는, 제1 및 제2 재료들 중 적어도 하나가 중합체인, 실시 형태 355의 광학 적층물이다.
- [0658] 실시 형태 360은, 제1 재료가 제1 중합체이고, 제2 재료가 제2 중합체인, 실시 형태 359의 광학 적층물이다.
- [0659] 실시 형태 361은, 제1 및 제2 중합체들이 상이한, 실시 형태 360의 광학 적층물이다.
- [0660] 실시 형태 362는, 제1 및 제2 렌즈들이 상이한 아베수들을 갖는, 실시 형태 355, 또는 실시 형태 356, 또는 실

시 형태 358 내지 실시 형태 361 중 어느 하나의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0661] 실시 형태 363은, 제1 및 제2 렌즈들의 아베수들의 차이가 5 내지 50의 범위인, 실시 형태 362의 광학 적층물이다.

[0662] 실시 형태 364는, 제1 및 제2 렌즈들 중 하나가 아베수가 45 초파이고, 제1 및 제2 렌즈들 중 다른 하나가 아베수가 45 미만인, 실시 형태 355 내지 실시 형태 363 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0663] 실시 형태 365는, 제1 및 제2 렌즈들 중 하나가 아베수가 50 초파이고, 제1 및 제2 렌즈들 중 다른 하나가 아베수가 40 미만인, 실시 형태 355 내지 실시 형태 364 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0664] 실시 형태 366은, 반사 편광기가 실시 형태 334 내지 실시 형태 353 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 355 내지 실시 형태 365 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0665] 실시 형태 367은, 부분 반사기가 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는, 실시 형태 355 내지 실시 형태 366 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0666] 실시 형태 368은, 부분 반사기가 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시 형태 355 내지 실시 형태 367 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0667] 실시 형태 369는, 부분 반사기가 반사 편광기인, 실시 형태 355 내지 실시 형태 368 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0668] 실시 형태 370은, 원하는 복수의 파장들이 적어도 하나의 연속 파장 범위를 포함하는, 실시 형태 355 내지 실시 형태 369 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0669] 실시 형태 371은, 원하는 복수의 파장들이 가시광 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 355 내지 실시 형태 370 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0670] 실시 형태 372는, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 371의 광학 적층물이다.

[0671] 실시 형태 373은, 원하는 복수의 파장들이 적외선 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 355 내지 실시 형태 372 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0672] 실시 형태 374는, 원하는 복수의 파장들이 적외선, 가시광 및 자외선 파장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 355 내지 실시 형태 373 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0673] 실시 형태 375는, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 355 내지 실시 형태 374 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0674] 실시 형태 376은, 원하는 복수의 파장들이 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함하고, 연속 파장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 355 내지 실시 형태 375 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0675] 실시 형태 377은, 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 355 내지 실시 형태 376 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물이다.

[0676] 실시 형태 378은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은 이미지 표면, 조리개 표면, 및 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 실시 형태 355 내지 실시 형태 376 중 임의의 실시 형태의 광학 적층물을 포함한다.

[0677] 실시 형태 379는 광학 시스템으로서, 광학 시스템은 이미지 표면, 조리개 표면, 및 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 실시 형태 334 내지 실시 형태 353 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기를 포함한다.

[0678] 실시 형태 380은,

[0679] 이미지 표면과 반사 편광기 사이에 배치된 1/4 파장 지연기; 및 이미지 표면과 1/4 파장 지연기 사이에 배치된 부분 반사기를 추가로 포함하는, 실시 형태 379의 광학 시스템이다.

[0680] 실시 형태 381은, 반사 편광기가 실시 형태 334 내지 실시 형태 353 중 임의의 실시 형태에 따른 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0681] 실시 형태 382는 광학 적층물을 제조하는 방법으로서, 방법은,

- [0682] 도구 축을 중심으로 위치되며 도구 축에 대해 회전 비대칭인 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계;
- [0683] 광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계;
- [0684] 도구 축으로부터 멀리 적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 외부 표면에 순응시켜, 순응된 필름의 광학 축에 대해 회전 비대칭인 순응된 광학 필름을 생성하는 단계 - 여기서 광학 축은 도구 축과 일치함 -;
- [0685] 순응된 광학 필름을 냉각하는 단계 - 이는 광학 축에 대해 회전 대칭인 대칭 광학 필름을 생성함 -; 및
- [0686] 대칭 광학 필름 상에 광학 렌즈를 성형하는 단계 - 이는 광학 적층물을 생성함 -를 포함한다.
- [0687] 실시 형태 383은, 냉각하는 단계는 도구로부터 광학 필름을 이형시키는 단계를 추가로 포함하는, 실시 형태 382의 방법이다.
- [0688] 실시 형태 384는, 광학 렌즈를 성형하는 단계는 광학 필름의 반대편인 광학 렌즈 상으로 제2 필름을 성형하는 단계를 포함하는, 실시 형태 382 또는 실시 형태 383의 방법이다.
- [0689] 실시 형태 385는, 제2 필름이 부분 반사기를 포함하는, 실시 형태 384의 방법이다.
- [0690] 실시 형태 386은, 광학 필름이 반사 편광기를 포함하는, 실시 형태 382 내지 실시 형태 385 중 임의의 실시 형태의 방법이다.
- [0691] 실시 형태 387은, 광학 필름이 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하는, 실시 형태 386의 방법이다.
- [0692] 실시 형태 388은, 반사 편광기가 다층 중합체 반사 편광기인, 실시 형태 386 또는 실시 형태 387의 방법이다.
- [0693] 실시 형태 389는, 반사 편광기가 APP인, 실시 형태 388의 방법이다.
- [0694] 실시 형태 390은, 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기인, 실시 형태 386 또는 실시 형태 387의 방법이다.
- [0695] 실시 형태 391은 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 제조하는 방법으로서, 방법은,
- [0696] 원하는 형상과는 상이한 제1 형상을 갖는 외부 표면을 갖는 열성형 도구를 제공하는 단계;
- [0697] 광학 필름을 가열하여 연화된 광학 필름을 생성하는 단계;
- [0698] 적어도 직교하는 제1 및 제2 방향들을 따라 연화된 필름을 연신하면서 연화된 광학 필름을 제1 형상을 갖는 외부 표면에 순응시켜, 제1 형상을 갖는 순응된 광학 필름을 생성하는 단계; 및
- [0699] 순응된 광학 필름을 냉각하는 단계 - 이는 원하는 형상을 갖는 원하는 광학 필름을 생성함 -를 포함한다.
- [0700] 실시 형태 392는, 냉각하는 단계는 도구로부터 순응된 광학 필름을 이형시키는 단계를 추가로 포함하는, 실시 형태 391의 방법이다.
- [0701] 실시 형태 393은, 원하는 형상이 원하는 광학 필름의 광학 축에 대해 회전 대칭인, 실시 형태 391 또는 실시 형태 392의 방법이다.
- [0702] 실시 형태 394는, 열성형 도구가 도구 축을 중심으로 위치되고, 외부 표면이 도구 축에 대해 회전 비대칭인, 실시 형태 391 내지 실시 형태 393 중 임의의 실시 형태의 방법이다.
- [0703] 실시 형태 395는, 원하는 광학 필름 상에 광학 렌즈를 성형하는 단계 - 이는 광학 적층물을 생성함 -를 추가로 포함하는, 실시 형태 391 내지 실시 형태 393 중 임의의 실시 형태의 방법이다.
- [0704] 실시 형태 396은, 광학 렌즈를 성형하는 단계가 원하는 광학 필름의 반대편인 광학 렌즈 상에 제2 필름을 성형하는 단계를 포함하는, 실시 형태 395의 방법이다.
- [0705] 실시 형태 397은, 제2 필름이 부분 반사기를 포함하는, 실시 형태 396의 방법이다.
- [0706] 실시 형태 398은, 원하는 광학 필름이 반사 편광기를 포함하는, 실시 형태 391 내지 실시 형태 397 중 임의의 실시 형태의 방법이다.
- [0707] 실시 형태 399는, 원하는 광학 필름이 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하는, 실시 형태 398의 방법이다.
- [0708] 실시 형태 400은, 반사 편광기가 다층 중합체 반사 편광기인, 실시 형태 398 또는 실시 형태 399의 방법이다.

- [0709] 실시 형태 401은, 반사 편광기가 APF인, 실시 형태 400의 방법이다.
- [0710] 실시 형태 402는, 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기인, 실시 형태 398 또는 실시 형태 399의 방법이다.
- [0711] 실시 형태 403은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,
- [0712] 이미지 표면;
- [0713] 조리개 표면;
- [0714] 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치된 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,
- [0715] 제1 광학 렌즈; 및
- [0716] 원하는 복수의 광학 축에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -; 및
- [0717] 제1 광학 적층물과 조리개 표면 사이에 배치된 제2 광학 적층물을 포함하고, 제2 광학 적층물은,
- [0718] 제2 광학 렌즈;
- [0719] 열성형된 다층 반사 편광기 - 열성형된 다층 반사 편광기는, 제2 광학 적층물의 광학 축에 대해 회전 대칭이며 광학 축에 직교인 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 이미지 표면을 향해 볼록하고, 열성형된 다층 반사 편광기의 정점부를 통과하는 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인 적어도 하나의 제1 위치를 가짐 -; 및
- [0720] 반사 편광기와 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 광학 지연기를 포함한다.
- [0721] 실시 형태 404는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 출사 동공인, 실시 형태 403의 광학 시스템이다.
- [0722] 실시 형태 405는, 이미지 소스가 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 404의 광학 시스템이다.
- [0723] 실시 형태 406은, 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 405의 광학 시스템이다.
- [0724] 실시 형태 407은, 이미지 소스가 셔터를 포함하는, 실시 형태 404 내지 실시 형태 406 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0725] 실시 형태 408은, 이미지 소스가 광학 시스템의 외부에 있는 물체들로부터 반사된 광을 수신하도록 구성된 개구를 포함하는, 실시 형태 403의 광학 시스템이다.
- [0726] 실시 형태 409는, 이미지 리코더가 이미지 표면을 포함하고, 조리개 표면이 입사 동공인, 실시 형태 403의 광학 시스템이다.
- [0727] 실시 형태 410은, 광학 시스템이 이미지 표면을 통하여 투과되는 중심 광선의 광학 경로에 의해 한정되는 겹침 광학 축을 중심으로 위치되는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 409 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0728] 실시 형태 411은, 조리개 표면이 제2 광학 시스템의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 410 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0729] 실시 형태 412는, 제2 광학 시스템이 입사 동공에서 수신된 이미지들을 기록하도록 구성되는, 실시 형태 411의 광학 시스템이다.
- [0730] 실시 형태 413은, 조리개 표면이 관찰자의 눈의 입사 동공과 중첩되도록 구성되는, 실시 형태 403의 광학 시스템이다.
- [0731] 실시 형태 414는, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 비편광된 광을 방출하는, 실시 형태 403의 광학 시스템이다.
- [0732] 실시 형태 415는, 제1 광학 적층물이 부분 반사기와 이미지 표면 사이에 배치된 제2 1/4 광학 지연기를 추가로 포함하는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 414 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0733] 실시 형태 416은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 편광된 광을 방출하는, 실시 형태 403의 광학 시스템이다.
- [0734] 실시 형태 417은, 편광된 광이 선형으로 편광되는, 실시 형태 416의 광학 시스템이다.

- [0735] 실시 형태 418은, 편광된 광이 원형으로 편광되는, 실시 형태 416의 광학 시스템이다.
- [0736] 실시 형태 419는, 편광된 광이 타원형으로 편광되는, 실시 형태 416의 광학 시스템이다.
- [0737] 실시 형태 420은, 부분 반사기가 제2 반사 편광기인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 419 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0738] 실시 형태 421은, 부분 반사기가 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 420 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0739] 실시 형태 422는, 원하는 복수의 파장들이 적어도 하나의 연속 파장 범위를 포함하는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 421 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0740] 실시 형태 423은, 원하는 복수의 파장들이 가시광 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 422 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0741] 실시 형태 424는, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 423의 광학 시스템이다.
- [0742] 실시 형태 425는, 원하는 복수의 파장들이 적외선 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 424 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0743] 실시 형태 426은, 원하는 복수의 파장들이 적외선, 가시광 및 자외선 파장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 425 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0744] 실시 형태 427은, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 426 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0745] 실시 형태 428은, 원하는 복수의 파장들이 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함하고, 연속 파장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 427의 광학 시스템이다.
- [0746] 실시 형태 429는, 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 428의 광학 시스템이다.
- [0747] 실시 형태 430은,  $s1/r1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 429 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0748] 실시 형태 431은,  $s1/r1$ 이 0.2 내지 0.8의 범위인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 430 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0749] 실시 형태 432는,  $s1/r1$ 이 0.3 내지 0.6의 범위인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 431 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0750] 실시 형태 433은, 다중 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r2$ ) 및 평면으로부터 변위( $s2$ )를 가지며  $s2/r2$ 가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 424 내지 실시 형태 432 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0751] 실시 형태 434는,  $s1$  및  $r1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 433 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0752] 실시 형태 435는,  $s1$  및  $r1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1.5도 미만인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 433 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0753] 실시 형태 436은,  $s1$  및  $r1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 1도 미만인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 433 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0754] 실시 형태 437은, 제1 광학 렌즈가 제2 광학 렌즈에 대면하는 제1 주 표면 및 이미지 표면에 대면하는 반대편에 있는 제2 주 표면을 갖고, 제2 광학 렌즈가 조리개 표면에 대면하는 제1 주 표면 및 제1 광학 렌즈에 대면하는 반대편에 있는 제2 주 표면을 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 436 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0755] 실시 형태 438은, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제1 또는 제2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 437의 광학 시스템이다.
- [0756] 실시 형태 439는, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 렌즈의 제

2 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 437의 광학 시스템이다.

[0757] 실시 형태 440은, 부분 반사기가 제1 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 렌즈의 제2 주 표면의 반대편인 부분 반사기 상에 배치되는, 실시 형태 437의 광학 시스템이다.

[0758] 실시 형태 441은, 제2 1/4 파장 지연기가 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되고, 부분 반사기가 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면의 반대편인 제2 1/4 파장 지연기 상에 배치되는, 실시 형태 437의 광학 시스템이다.

[0759] 실시 형태 442는, 제1 1/4 파장 지연기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 다층 반사 편광기가 제2 광학 렌즈의 제1 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 437의 광학 시스템이다.

[0760] 실시 형태 443은, 다층 반사 편광기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면 상에 배치되고, 제1 1/4 파장 지연기가 제2 광학 렌즈의 제2 주 표면의 반대편인 다층 반사 편광기 상에 배치되는, 실시 형태 437의 광학 시스템이다.

[0761] 실시 형태 444는, 다층 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 443 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0762] 실시 형태 445는, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선이 제1 광학 적층물 및 제2 광학 적층물의 각각 상에 약 25도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 444 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0763] 실시 형태 446은, 제1 및 제2 광학 적층물들이 실질적으로 동일한 형상을 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 445 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0764] 실시 형태 447은, 제1 및 제2 광학 적층물들이 상이한 형상들을 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 445 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0765] 실시 형태 448은, 제1 및 제2 렌즈들의 각각이 플라노 렌즈들인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 447 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0766] 실시 형태 449는, 제1 및 제2 광학 렌즈들이 실질적으로 동일한 형상을 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 448 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0767] 실시 형태 450은, 제1 및 제2 광학 렌즈들이 상이한 형상들을 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 448 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0768] 실시 형태 451은, 이미지 표면이 실질적으로 평면인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 450 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0769] 실시 형태 452는, 이미지 표면이 실질적으로 만곡되어 있는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 450 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0770] 실시 형태 453은, 이미지 소스가 이미지 표면을 포함하고, 이미지 소스가 왜곡되지 않은 이미지를 방출하고, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 반사 편광기가 상이한 제2 형상을 가져서, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 10% 미만이도록 하는, 실시 형태 403의 광학 시스템이다.

[0771] 실시 형태 454는, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 5% 미만인, 실시 형태 453의 광학 시스템이다.

[0772] 실시 형태 455는, 조리개 표면에 의해 투과되는 방출된 왜곡되지 않은 이미지의 왜곡이 조리개 표면에서의 시야의 약 3% 미만인, 실시 형태 453의 광학 시스템이다.

[0773] 실시 형태 456은, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.5 퍼센트 미만인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 455 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0774] 실시 형태 457은, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 조리개 표면에서의 시야의 1.2 퍼센트 미만인, 실시 형

태 456의 광학 시스템이다.

[0775] 실시 형태 458은, 가시광 파장 범위 중의 적어도 150 nm 떨어진 적어도 제1 파장 및 제2 파장을 갖고 이미지 표면 및 조리개 표면을 통하여 투과되는 실질적으로 임의의 주 광선이, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 20 분각 미만인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 457 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0776] 실시 형태 459는, 조리개 표면에서의 색상 분리 거리가 10 분각 미만인, 실시 형태 458의 광학 시스템이다.

[0777] 실시 형태 460은, 부분 반사기가 제1 형상을 갖고, 다층 반사 편광기가 제2 형상을 갖고, 제1 및 제2 형상들 중 하나 또는 둘 모두가 비구면 다항식 새그 수학식에 의해 설명되는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 459 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0778] 실시 형태 461은, 다층 반사 편광기가 교호하는 중합체 층들을 포함하는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 460 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0779] 실시 형태 462는, 다층 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 403 내지 실시 형태 461 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0780] 실시 형태 463은, 다층 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기를 포함하는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 461 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0781] 실시 형태 464는, 제1 및 제2 광학 적층물들 중 적어도 하나가 조리개 표면 및 이미지 표면에 대해 조정가능한 위치를 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 463 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0782] 실시 형태 465는, 제1 광학 적층물이 조정가능한 형상을 갖는, 실시 형태 403 내지 실시 형태 464 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0783] 실시 형태 466은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,

[0784] 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기;

[0785] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키고, 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 다층 반사 편광기 - 다층 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치는 다층 반사 편광기의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 다층 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1임 -; 및

[0786] 부분 반사기와 다층 반사 편광기 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고,

[0787] 다층 반사 편광기는 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축이다.

[0788] 실시 형태 467은, 다층 반사 편광기가 부분 반사기에 인접하게 배치되며 그로부터 이격되어 있는, 실시 형태 466의 광학 시스템이다.

[0789] 실시 형태 468은, 제1 광학 적층물이 제1 광학 렌즈 및 부분 반사기를 포함하는, 실시 형태 466 또는 실시 형태 467의 광학 시스템이다.

[0790] 실시 형태 469는, 제2 광학 적층물이 제2 광학 렌즈 및 다층 반사 편광기를 포함하는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 468 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0791] 실시 형태 470은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,

[0792] 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,

[0793] 제1 광학 렌즈; 및

[0794] 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -;

[0795] 제1 광학 적층물에 인접하게 배치되며 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 제2 광학 적층물 - 제2 광학 적층물은,

[0796] 제2 광학 렌즈; 및

- [0797] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 다층 반사 편광기를 포함하고, 다층 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치는 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 다층 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며,  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1임 -; 및
- [0798] 제2 광학 적층물과 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고,
- [0799] 다층 반사 편광기는 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축이다.
- [0800] 실시 형태 471은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,
- [0801] 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,
- [0802] 제1 광학 렌즈; 및
- [0803] 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -;
- [0804] 제1 광학 적층물에 인접하게 배치되며 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 제2 광학 적층물 - 제2 광학 적층물은,
- [0805] 제2 광학 렌즈; 및
- [0806] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함하고, 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치는 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며,  $s_1/r_1$ 은 적어도 0.1임 -; 및
- [0807] 제2 광학 적층물과 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고,
- [0808] 광학 시스템은 콘트라스트 비가 광학 시스템의 시야에 걸쳐 적어도 50이다.
- [0809] 실시 형태 472는, 콘트라스트 비가 적어도 60인, 실시 형태 471의 광학 시스템이다.
- [0810] 실시 형태 473은, 콘트라스트 비가 적어도 80인, 실시 형태 471의 광학 시스템이다.
- [0811] 실시 형태 474는, 콘트라스트 비가 적어도 100인, 실시 형태 471의 광학 시스템이다.
- [0812] 실시 형태 475는, 제2 광학 적층물이 제1 광학 적층물로부터 이격되어 있는, 실시 형태 469 내지 실시 형태 474 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0813] 실시 형태 476은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은,
- [0814] 제1 광학 적층물 - 제1 광학 적층물은,
- [0815] 제1 광학 렌즈; 및
- [0816] 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기를 포함함 -;
- [0817] 제1 광학 적층물에 인접하게 배치되며 직교하는 제1 및 제2 축들을 따라 볼록한 제2 광학 적층물 - 제2 광학 적층물은,
- [0818] 제2 광학 렌즈; 및
- [0819] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함하고, 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치는 제2 광학 적층물의 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r_1$ ) 및 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1임 -; 및
- [0820] 제2 광학 적층물과 제1 광학 적층물 사이에 배치된 제1 1/4 파장 지연기를 포함하고,
- [0821] 광학 시스템은 조정가능한 렌즈 굴절 보정을 제공하도록 구성된다.
- [0822] 실시 형태 477은, 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축으로부터 멀리 적

어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 476 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0823] 실시 형태 478은, 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 476 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0824] 실시 형태 479는, 조정가능한 렌즈 굴절 보정이 제1 광학 적층물과 제2 광학 적층물 사이의 조정가능한 거리, 제1 광학 적층물의 조정가능한 형상, 및 제2 광학 적층물의 조정가능한 형상 중 하나 이상에 의해 제공되는, 실시 형태 476의 광학 시스템이다.

[0825] 실시 형태 480은, 이미지 표면 및 조리개 표면을 추가로 포함하고, 부분 반사기가 이미지 표면과 조리개 표면 사이에 배치되고, 반사 편광기가 부분 반사기와 조리개 표면 사이에 배치되는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 479 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0826] 실시 형태 481은, 반사 편광기가 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 이미지 표면을 향해 볼록한, 실시 형태 480의 광학 시스템이다.

[0827] 실시 형태 482는, 부분 반사기가 직교하는 제1 및 제2 축들에 대해 이미지 표면을 향해 볼록한, 실시 형태 480 또는 실시 형태 481의 광학 시스템이다.

[0828] 실시 형태 483은, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선이 부분 반사기 및 반사 편광기의 각각 상에 약 30도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 480 내지 실시 형태 482 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0829] 실시 형태 484는, 이미지 표면 및 조리개 표면을 통과하는 실질적으로 임의의 주 광선이 부분 반사기 및 반사 편광기의 각각 상에 약 25도 미만의 입사각으로 입사되는, 실시 형태 480 내지 실시 형태 482 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0830] 실시 형태 485는, 반사 편광기가 APF인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 477, 또는 실시 형태 479 내지 실시 형태 482 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0831] 실시 형태 486은, 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 477, 또는 실시 형태 479 내지 실시 형태 485 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0832] 실시 형태 487은, 부분 반사기가 제2 반사 편광기인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 486 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0833] 실시 형태 488은, 부분 반사기가 원하는 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 투과율을 갖는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 487 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0834] 실시 형태 489는, 원하는 복수의 파장들이 적어도 하나의 연속 파장 범위를 포함하는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 488 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0835] 실시 형태 490은, 원하는 복수의 파장들이 가시광 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 489 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0836] 실시 형태 491은, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 490의 광학 시스템이다.

[0837] 실시 형태 492는, 원하는 복수의 파장들이 적외선 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 491 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0838] 실시 형태 493은, 원하는 복수의 파장들이 적외선, 가시광 및 자외선 파장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 492 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0839] 실시 형태 494는, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 493 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0840] 실시 형태 495는, 원하는 복수의 파장들이 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함하고, 연속 파장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 494의 광학 시스템이다.

[0841] 실시 형태 496은, 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 495의 광학 시스템이다.

- [0842] 실시 형태 497은,  $s1/r1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 496 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0843] 실시 형태 498은,  $s1/r1$ 이 0.2 내지 0.8의 범위인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 497 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0844] 실시 형태 499는,  $s1/r1$ 이 0.3 내지 0.6의 범위인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 498 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0845] 실시 형태 500은, 반사 편광기가 광학 축으로부터의 방사상 거리( $r2$ ) 및 평면으로부터 변위( $s2$ )를 가지며  $s2/r2$ 가 적어도 0.3인 제2 위치를 갖는, 실시 형태 466 내지 실시 형태 499 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0846] 실시 형태 501은,  $s1$  및  $r1$ 에 의해 한정되는 반사 편광기의 영역에 대해, 반사 편광기의 투과 축의 최대 변동이 약 2도 미만인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 500 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0847] 실시 형태 502는, 빔 익스팬더인, 실시 형태 466 내지 실시 형태 501 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.
- [0848] 실시 형태 503은 빔 익스팬더로서, 빔 익스팬더는 실시 형태 466 내지 실시 형태 501 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템을 포함한다.
- [0849] 실시 형태 504는 투영 시스템으로서, 투영 시스템은 실시 형태 503의 빔 익스팬더 및 패턴화된 광을 방출하도록 구성된 이미지 형성 디바이스를 포함하고, 투영 시스템은 패턴화된 광을 빔 익스팬더를 향해 지향시키도록 구성된다.
- [0850] 실시 형태 505는, 빔 익스팬더의 광학 시스템이, 부분 반사기가 이미지 형성 디바이스에 대면하도록 배향되는, 실시 형태 504의 투영 시스템이다.
- [0851] 실시 형태 506은, 이미지 형성 디바이스와 빔 익스팬더 사이에 배치된 편광 빔 스플리터를 추가로 포함하는, 실시 형태 504 또는 실시 형태 505의 투영 시스템이다.
- [0852] 실시 형태 507은, 빔 익스팬더와 편광 빔 스플리터 사이에 배치된 제2 반사 편광기를 추가로 포함하는, 실시 형태 506의 투영 시스템이다.
- [0853] 실시 형태 508은, 편광 빔 스플리터가 제1 및 제2 프리즘들, 및 제1 및 제2 프리즘들의 대각면(diagonal face)들을 따라 제1 프리즘과 제2 프리즘 사이에 배치된 평탄한 반사 편광기를 포함하는, 실시 형태 506 또는 실시 형태 507의 투영 시스템이다.
- [0854] 실시 형태 509는, 제1 프리즘이 제2 프리즘과 이미지 형성 디바이스 사이에 배치되는, 실시 형태 508의 투영 시스템이다.
- [0855] 실시 형태 510은, 제1 프리즘이 제1 체적을 갖고, 제2 프리즘이 제2 체적을 갖고, 제1 체적이 제2 체적의 대략 절반 이하인, 실시 형태 508 또는 실시 형태 509의 투영 시스템이다.
- [0856] 실시 형태 511은 투영 시스템으로서, 투영 시스템은 실시 형태 503의 빔 익스팬더 및 조명기를 포함하고, 투영 시스템은 조명기로부터 출력되는 광을 빔 익스팬더를 향해 지향시키도록 구성된다.
- [0857] 실시 형태 512는, 조명기가,
- [0858] 편광 빔 스플리터 - 편광 빔 스플리터는,
- [0859] 입력 면, 출력 면 및 제1 빗면을 갖는 제1 프리즘;
- [0860] 이미지 면 및 제1 빗면에 인접하게 배치된 제2 빗면을 갖는 제2 프리즘; 및
- [0861] 제1 빗면과 제2 빗면 사이에 배치된 제2 반사 편광기를 포함함 -;
- [0862] 입력 면에 인접하게 배치되며 입력 면 상의 입력 활성 영역을 한정하는 광원; 및
- [0863] 이미지 형성 디바이스를 포함하고, 이미지 형성 디바이스는 광원으로부터 방출되는 광을 수신하고 패턴화된 광을 방출하기 위해 이미지 면에 인접하게 배치되고, 출력 면 상의 출력 활성 영역을 한정하는 가장 큰 이미지 영역을 가지며,
- [0864] 입력 활성 영역 및 출력 활성 영역 중 하나 또는 둘 모두는 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작은, 실시

형태 511의 투영 시스템이다.

[0865] 실시 형태 513은, 입력 활성 영역이 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작은, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0866] 실시 형태 514는, 출력 활성 영역이 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작은, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0867] 실시 형태 515는, 입력 활성 영역 및 출력 활성 영역의 각각이 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작은, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0868] 실시 형태 516은, 입력 면의 가장 큰 표면적이 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작은, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0869] 실시 형태 517은, 출력 면의 가장 큰 표면적이 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작은, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0870] 실시 형태 518은, 입력 면의 가장 큰 표면적이 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작고, 출력 면의 가장 큰 표면적이 가장 큰 이미지 영역의 대략 절반보다 작은, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0871] 실시 형태 519는, 광원의 반대편인 편광 빔 스플리터에 인접하게 배치된 반사 구성요소를 추가로 포함하는, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0872] 실시 형태 520은, 제2 반사 편광기가 중합체 다층 반사 편광기, 와이어 그리드 편광기, 맥닐 반사 편광기, 또는 콜레스테릭 반사 편광기인, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0873] 실시 형태 521은, 제2 반사 편광기가 중합체 다층 반사 편광기인, 실시 형태 512의 투영 시스템이다.

[0874] 실시 형태 522는, 광학 시스템이 렌즈 굴절 보정을 제공하도록 구성되는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 475 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0875] 실시 형태 523은, 렌즈 굴절 보정이 조정가능한, 실시 형태 522의 광학 시스템이다.

[0876] 실시 형태 524는 디바이스로서, 디바이스는 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 523 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템을 포함한다.

[0877] 실시 형태 525는, 헤드 마운트 디스플레이인, 실시 형태 524의 디바이스이다.

[0878] 실시 형태 526은, 빔 익스팬더, 조명기, 또는 프로젝터인, 실시 형태 524의 디바이스이다.

[0879] 실시 형태 527은, 카메라인, 실시 형태 524의 디바이스이다.

[0880] 실시 형태 528은, 망원경, 현미경 또는 쌍안경인, 실시 형태 524의 디바이스이다.

[0881] 실시 형태 529는 헤드 마운트 디스플레이로서, 헤드 마운트 디스플레이는 제1 광학 시스템을 포함하고, 제1 광학 시스템은 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 523 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템이다.

[0882] 실시 형태 530은, 눈 추적 시스템을 추가로 포함하는, 실시 형태 529의 헤드 마운트 디스플레이이다.

[0883] 실시 형태 531은, 광학 시스템이 눈 추적 시스템으로부터 수신된 신호들에 응답하여 반사 편광기의 위치 또는 부분 반사기의 위치를 조정하도록 구성되는, 실시 형태 530의 헤드 마운트 디스플레이이다.

[0884] 실시 형태 532는, 제2 광학 시스템을 추가로 포함하고, 제2 광학 시스템은 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 523 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템인, 실시 형태 529의 헤드 마운트 디스플레이이다.

[0885] 실시 형태 533은, 눈 추적 시스템을 추가로 포함하는, 실시 형태 532의 헤드 마운트 디스플레이이다.

[0886] 실시 형태 534는, 광학 시스템이 눈 추적 시스템으로부터 수신된 신호들에 응답하여 제1 광학 시스템의 반사 편광기의 위치 또는 제1 광학 시스템의 부분 반사기의 위치를 조정하도록 구성되는, 실시 형태 533의 헤드 마운트

디스플레이이다.

- [0887] 실시 형태 535는, 광학 시스템이 눈 추적 시스템으로부터 수신된 신호들에 응답하여 제2 광학 시스템의 반사 편광기의 위치 또는 제2 광학 시스템의 부분 반사기의 위치를 조정하도록 구성되는, 실시 형태 533 또는 실시 형태 534의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0888] 실시 형태 536은 헤드 마운트 디스플레이로서, 헤드 마운트 디스플레이는,
- [0889] 제1 광학 시스템 - 제1 광학 시스템은,
- [0890] 제1 이미지 표면;
- [0891] 제1 출사 동공;
- [0892] 제1 출사 동공과 제1 이미지 표면 사이에 배치되고, 2개의 직교 축들에 대해 볼록한 제1 반사 편광기;
- [0893] 제1 반사 편광기와 제1 이미지 표면 사이에 배치되고, 미리 결정된 복수의 괴장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 제1 부분 반사기; 및
- [0894] 제1 반사 편광기와 제1 부분 반사기 사이에 배치된 제1 1/4 괴장 지연기를 포함함 -; 및
- [0895] 제1 광학 시스템에 근접하게 배치된 제2 광학 시스템을 포함하고, 제2 광학 시스템은,
- [0896] 제2 이미지 표면;
- [0897] 제2 출사 동공;
- [0898] 제2 출사 동공과 제2 이미지 표면 사이에 배치되고, 2개의 직교 축들에 대해 볼록한 제2 반사 편광기;
- [0899] 제2 반사 편광기와 제2 이미지 표면 사이에 배치되고, 미리 결정된 복수의 괴장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 제2 부분 반사기; 및
- [0900] 제2 반사 편광기와 제2 부분 반사기 사이에 배치된 제2 1/4 괴장 지연기를 포함한다.
- [0901] 실시 형태 537은, 이미지 소스가 제1 및 제2 이미지 표면들을 포함하는, 실시 형태 536의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0902] 실시 형태 538은, 이미지 소스가 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 537의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0903] 실시 형태 539는, 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 538의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0904] 실시 형태 540은, 이미지 소스가 셔터를 포함하는, 실시 형태 537 내지 실시 형태 539 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0905] 실시 형태 541은, 제1 이미지 소스가 제1 이미지 표면을 포함하고, 제2 이미지 소스가 제2 이미지 표면을 포함하는, 실시 형태 536의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0906] 실시 형태 542는, 제1 이미지 소스가 제1 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 536의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0907] 실시 형태 543은, 제1 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 542의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0908] 실시 형태 544는, 제1 이미지 소스가 제1 셔터를 포함하는, 실시 형태 541 내지 실시 형태 543 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0909] 실시 형태 545는, 제2 이미지 소스가 제2 디스플레이 패널을 포함하는, 실시 형태 541 내지 실시 형태 544 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0910] 실시 형태 546은, 제2 디스플레이 패널이 투명 또는 반투명한, 실시 형태 545의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0911] 실시 형태 547은, 제2 이미지 소스가 제2 셔터를 포함하는, 실시 형태 541 내지 실시 형태 546 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0912] 실시 형태 548은, 제1 및 제2 이미지 표면들이 실질적으로 평면인, 실시 형태 536 내지 실시 형태 547 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.

- [0913] 실시 형태 549는, 제1 및 제2 이미지 표면들 중 하나 또는 둘 모두가 만곡되어 있는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 547 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0914] 실시 형태 550은, 제1 광학 시스템이 제1 광학 렌즈를 포함하는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 549 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0915] 실시 형태 551은, 제1 반사 편광기가 제1 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 550의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0916] 실시 형태 552는, 제1 광학 렌즈가 불균일한 에지 프로파일을 갖는, 실시 형태 550 또는 실시 형태 551의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0917] 실시 형태 553은, 제2 광학 시스템이 제2 광학 렌즈를 포함하는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 552 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0918] 실시 형태 554는, 제2 반사 편광기가 제2 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 553의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0919] 실시 형태 555는, 제2 광학 렌즈가 불균일한 에지 프로파일을 갖는, 실시 형태 553 또는 실시 형태 554의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0920] 실시 형태 556은, 제1 반사 편광기가 실시 형태 334 내지 실시 형태 353 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 536 내지 실시 형태 555 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0921] 실시 형태 557은, 제2 반사 편광기가 실시 형태 334 내지 실시 형태 353 중 임의의 실시 형태의 열성형된 다층 반사 편광기인, 실시 형태 536 내지 실시 형태 556 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0922] 실시 형태 558은, 눈 추적 시스템을 추가로 포함하는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 557 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0923] 실시 형태 559는, 제1 광학 시스템이 눈 추적 시스템으로부터 수신된 신호들에 응답하여 제1 반사 편광기와 제1 부분 반사기 사이의 거리를 조정하도록 구성되는, 실시 형태 558의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0924] 실시 형태 560은, 제2 광학 시스템이 눈 추적 시스템으로부터 수신된 신호들에 응답하여 제2 반사 편광기와 제2 부분 반사기 사이의 거리를 조정하도록 구성되는, 실시 형태 558 또는 실시 형태 559의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0925] 실시 형태 561은, 미리 결정된 복수의 파장들이 적어도 하나의 연속 파장 범위를 포함하는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 560 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0926] 실시 형태 562는, 미리 결정된 복수의 파장들이 가시광 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 561 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0927] 실시 형태 563은, 가시광 범위가 400 nm 내지 700 nm인, 실시 형태 562의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0928] 실시 형태 564는, 미리 결정된 복수의 파장들이 적외선 범위의 파장들을 포함하는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 563 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0929] 실시 형태 565는, 미리 결정된 복수의 파장들이 적외선, 가시광 및 자외선 파장들 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 536 내지 실시 형태 564 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0930] 실시 형태 566은, 부분 반사기가 노치 반사기인, 실시 형태 536 내지 실시 형태 565 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0931] 실시 형태 567은, 미리 결정된 복수의 파장들이 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함하고, 연속 파장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 100 nm 이하인, 실시 형태 566의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0932] 실시 형태 568은, 미리 결정된 복수의 파장들이 하나 이상의 연속 파장 범위들을 포함하고, 연속 파장 범위들 중 적어도 하나가 반치전폭이 50 nm 이하인, 실시 형태 566의 헤드 마운트 디스플레이이다.
- [0933] 실시 형태 569는, 제1 광학 시스템이 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 523 중 임의의 실시 형태의

광학 시스템인, 실시 형태 536 내지 실시 형태 568 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.

[0934] 실시 형태 570은, 제2 광학 시스템이 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 523 중 임의의 실시 형태의 광학 시스템인, 실시 형태 536 내지 실시 형태 569 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.

[0935] 실시 형태 571은, 가상 현실 디스플레이인, 실시 형태 529 내지 실시 형태 570 중 임의의 실시 형태의 헤드 마운트 디스플레이이다.

[0936] 실시 형태 572는 카메라로서, 카메라는,

[0937] 개구;

[0938] 이미지 기록 디바이스;

[0939] 개구와 이미지 기록 디바이스 사이에 배치되고, 2개의 직교 축들에 대해 만곡된 반사 편광기;

[0940] 반사 편광기와 이미지 기록 디바이스 사이에 배치되고, 미리 결정된 복수의 광장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기; 및

[0941] 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 1/4 광장 지연기를 포함한다.

[0942] 실시 형태 573은, 제1 렌즈 및 부분 반사기를 포함하는 제1 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 572의 카메라이다.

[0943] 실시 형태 574는, 제2 렌즈 및 반사 편광기를 포함하는 제2 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 572 또는 실시 형태 573의 카메라이다.

[0944] 실시 형태 575는, 제1 광학 렌즈, 반사 편광기, 부분 반사기 및 1/4 광장 지연기를 포함하는 일체형 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 572의 카메라이다.

[0945] 실시 형태 576은, 일체형 광학 적층물이 제1 광학 렌즈에 인접한 제2 광학 렌즈를 추가로 포함하고, 1/4 광장 지연기가 제1 광학 렌즈와 제2 광학 렌즈 사이에 배치되고, 부분 반사기가 제2 광학 렌즈의 반대편인 제1 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되고, 반사 편광기가 제1 광학 렌즈의 반대편인 제2 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 575의 카메라이다.

[0946] 실시 형태 577은, 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치가 반사 편광기의 광학 축으로부터의 방사상 거리 ( $r_1$ ) 및 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인, 실시 형태 572 내지 실시 형태 576 중 임의의 실시 형태의 카메라이다.

[0947] 실시 형태 578은,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 577의 카메라이다.

[0948] 실시 형태 579는, 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 577 및 실시 형태 578 중 임의의 실시 형태의 카메라이다.

[0949] 실시 형태 580은, 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 572 내지 실시 형태 579 중 임의의 실시 형태의 카메라이다.

[0950] 실시 형태 581은, 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기인, 실시 형태 572 내지 실시 형태 578 중 임의의 실시 형태의 카메라이다.

[0951] 실시 형태 582는, 반사 편광기가 이미지 기록 디바이스를 향해 볼록한, 실시 형태 572 내지 실시 형태 581 중 임의의 실시 형태의 카메라이다.

[0952] 실시 형태 583은, 카메라가 반사 편광기, 1/4 광장 지연기 및 부분 반사기, 이미지 표면 및 조리개 표면을 포함하는 광학 시스템을 포함하고, 이미지 표면이 이미지 기록 디바이스의 표면이고, 조리개 표면이 개구에 의해 한정되는 표면인, 실시 형태 572의 카메라이다.

[0953] 실시 형태 584는, 광학 시스템이 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 523 중 임의의 실시 형태에 의해

추가로 특징지어지는, 실시 형태 583의 카메라이다.

[0954] 실시 형태 585는 빔 익스팬더로서, 빔 익스팬더는,

[0955] 미리 결정된 복수의 과장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기;

[0956] 부분 반사기에 인접하게 배치되며 그로부터 이격되고, 2개의 직교 축들에 대해 만곡된 반사 편광기; 및

[0957] 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 1/4 과장 지연기를 포함한다.

[0958] 실시 형태 586은, 빔 익스팬더가 부분 반사기 상에 입사되는 수렴 광을 수신하고 반사 편광기를 통하여 발산 광을 송신하도록 구성되는, 실시 형태 585의 빔 익스팬더이다.

[0959] 실시 형태 587은, 제1 렌즈 및 부분 반사기를 포함하는 제1 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 585 또는 실시 형태 586의 빔 익스팬더이다.

[0960] 실시 형태 588은, 제2 렌즈 및 반사 편광기를 포함하는 제2 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 585 내지 실시 형태 587 중 임의의 실시 형태의 빔 익스팬더이다.

[0961] 실시 형태 589는, 제1 광학 렌즈, 반사 편광기, 부분 반사기 및 1/4 과장 지연기를 포함하는 일체형 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 585 또는 실시 형태 586의 빔 익스팬더이다.

[0962] 실시 형태 590은, 일체형 광학 적층물이 제1 광학 렌즈에 인접한 제2 광학 렌즈를 추가로 포함하고, 1/4 과장 지연기가 제1 광학 렌즈와 제2 광학 렌즈 사이에 배치되고, 부분 반사기가 제2 광학 렌즈의 반대편인 제1 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되고, 반사 편광기가 제1 광학 렌즈의 반대편인 제2 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 589의 빔 익스팬더이다.

[0963] 실시 형태 591은, 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치가 반사 편광기의 광학 축으로부터의 방사상 거리 ( $r_1$ ) 및 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인, 실시 형태 585 내지 실시 형태 590 중 임의의 실시 형태의 빔 익스팬더이다.

[0964] 실시 형태 592는,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 591의 빔 익스팬더이다.

[0965] 실시 형태 593은, 반사 편광기가 적어도 하나의 층을 포함하는데, 적어도 하나의 층은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 층 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 585 내지 실시 형태 592 중 임의의 실시 형태의 빔 익스팬더이다.

[0966] 실시 형태 594는, 반사 편광기가 열성형된 APP인, 실시 형태 585 내지 실시 형태 593 중 임의의 실시 형태의 빔 익스팬더이다.

[0967] 실시 형태 595는, 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기인, 실시 형태 585 내지 실시 형태 592 중 임의의 실시 형태의 빔 익스팬더이다.

[0968] 실시 형태 596은 투영 시스템으로서, 투영 시스템은, 광원; 광원으로부터 광을 수신하고 패턴화된 광을 방출하도록 배치된 이미지 형성 디바이스; 및 실시 형태 585 내지 실시 형태 595 중 임의의 실시 형태의 빔 익스팬더 - 빔 익스팬더는 이미지 형성 디바이스로부터의 패턴화된 광이 부분 반사기 상에 입사되도록 배치됨 -를 포함한다.

[0969] 실시 형태 597은, 이미지 형성 디바이스와 빔 익스팬더 사이에 배치된 편광 빔 스플리터를 추가로 포함하는, 실시 형태 596의 투영 시스템이다.

[0970] 실시 형태 598은 투영 시스템으로서, 투영 시스템은 광원; 광원으로부터 광을 수신하고 수렴 패턴화된 광을 방출하도록 배치된 이미지 형성 디바이스; 및 빔 익스팬더를 포함하고, 빔 익스팬더는,

[0971] 미리 결정된 복수의 과장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기;

[0972] 부분 반사기에 인접하게 배치되며 그로부터 이격되고, 2개의 직교 축들에 대해 만곡된 반사 편광기; 및

[0973] 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 1/4 과장 지연기를 포함하고,

[0974] 빔 익스팬더는 이미지 형성 디바이스로부터의 수렴 패턴화된 광이 부분 반사기 상에 입사되도록 배치되고, 빔 익스팬더는 발산 패턴화된 광을 송신한다.

- [0975] 실시 형태 599는, 빔 익스팬더가 실시 형태 586 내지 실시 형태 595 중 임의의 실시 형태에 의해 추가로 특징지어지는, 실시 형태 598의 투영 시스템이다.
- [0976] 실시 형태 600은, 이미지 형성 디바이스와 빔 익스팬더 사이에 배치된 편광 빔 스플리터를 추가로 포함하는, 실시 형태 598 또는 실시 형태 599의 투영 시스템이다.
- [0977] 실시 형태 601은 조명기로서, 조명기는,
- [0978] 2개의 직교 방향들에 대해 만곡된 반사 편광기를 포함하는 빔 익스팬더;
- [0979] 편광 빔 스플리터 - 편광 빔 스플리터는,
- [0980] 입력 면, 출력 면 및 제1 빛면을 갖는 제1 프리즘;
- [0981] 제1 면 및 제1 빛면에 인접하게 배치된 제2 빛면을 갖는 제2 프리즘; 및
- [0982] 제1 빛면과 제2 빛면 사이에 배치된 제2 반사 편광기를 포함함 -;
- [0983] 입력 면에 인접하게 배치되며 입력 면 상의 입력 활성 영역을 한정하는 광원; 및
- [0984] 반사 구성요소를 포함하고, 반사 구성요소는 광원으로부터 방출되는 광을 수신하고 수렴 광을 방출하기 위해 제1 면에 인접하게 배치되고, 출력 면 상의 출력 활성 영역을 한정하는 가장 큰 활성 영역을 가지며,
- [0985] 빔 익스팬더는 수렴 광을 수신하고 발산 광을 송신하도록 배치되고, 입력 활성 영역 및 출력 활성 영역 중 하나 또는 둘 모두는 반사 구성요소의 가장 큰 활성 영역의 대략 절반보다 작다.
- [0986] 실시 형태 602는, 빔 익스팬더가 반사 편광기에 인접하며 그로부터 이격된 부분 반사기를 추가로 포함하고, 부분 반사기가 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖고, 부분 반사기가 편광 빔 스플리터와 반사 편광기 사이에 배치되는, 실시 형태 601의 조명기이다.
- [0987] 실시 형태 603은, 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 1/4 파장 지연기를 추가로 포함하는, 실시 형태 602의 조명기이다.
- [0988] 실시 형태 604는, 빔 익스팬더가 실시 형태 585 내지 실시 형태 595 중 임의의 실시 형태에 의해 추가로 특징지어지는, 실시 형태 601 내지 실시 형태 603 중 임의의 실시 형태의 조명기이다.
- [0989] 실시 형태 605는, 반사 구성요소가 이미지 형성 디바이스인, 실시 형태 601 내지 실시 형태 604 중 임의의 실시 형태의 조명기이다.
- [0990] 실시 형태 606은, 이미지 프로젝터인, 실시 형태 601 내지 실시 형태 605 중 임의의 실시 형태의 조명기이다.
- [0991] 실시 형태 607은 확대 디바이스로서, 확대 디바이스는 광학 시스템을 포함하고, 광학 시스템은,
- [0992] 출사 동공;
- [0993] 출사 동공에 근접하며 2개의 직교 축들에 대해 만곡된 반사 편광기;
- [0994] 출사 동공의 반대편인 반사 편광기에 인접하게 배치되며 반사 편광기로부터 이격되고, 미리 결정된 복수의 파장들에서 적어도 30%의 평균 광학 반사율을 갖는 부분 반사기; 및
- [0995] 반사 편광기와 부분 반사기 사이에 배치된 1/4 파장 지연기를 포함한다.
- [0996] 실시 형태 608은, 광학 시스템이 실시 형태 1 내지 실시 형태 333 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 378 내지 실시 형태 381 중 임의의 실시 형태, 또는 실시 형태 403 내지 실시 형태 523 중 임의의 실시 형태에 의해 추가로 특징지어지는, 실시 형태 607의 확대 디바이스이다.
- [0997] 실시 형태 609는, 대물렌즈 부분 및 접안렌즈 부분을 추가로 포함하는, 실시 형태 607 또는 실시 형태 608의 확대 디바이스이다.
- [0998] 실시 형태 610은, 대물렌즈 부분이 반사 편광기, 부분 반사기 및 1/4 파장 지연기를 포함하는, 실시 형태 609의 확대 디바이스이다.
- [0999] 실시 형태 611은, 접안렌즈 부분이 광학 시스템을 포함하는, 실시 형태 609의 확대 디바이스이다.
- [1000] 실시 형태 612는, 광학 시스템이 제1 렌즈 및 부분 반사기를 포함하는 제1 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실

시 형태 607 내지 실시 형태 611 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

[1001] 실시 형태 613은, 광학 시스템이 제2 렌즈 및 반사 편광기를 포함하는 제2 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 607 내지 실시 형태 612 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

[1002] 실시 형태 614는, 광학 시스템이 제1 광학 렌즈, 반사 편광기, 부분 반사기 및 1/4 파장 지연기를 포함하는 일체형 광학 적층물을 추가로 포함하는, 실시 형태 607 내지 실시 형태 611 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

[1003] 실시 형태 615는, 일체형 광학 적층물이 제1 광학 렌즈에 인접한 제2 광학 렌즈를 추가로 포함하고, 1/4 파장 지연기가 제1 광학 렌즈와 제2 광학 렌즈 사이에 배치되고, 부분 반사기가 제2 광학 렌즈의 반대편인 제1 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되고, 반사 편광기가 제1 광학 렌즈의 반대편인 제2 광학 렌즈의 주 표면 상에 배치되는, 실시 형태 614의 확대 디바이스이다.

[1004] 실시 형태 616은, 쌍안경, 망원경 또는 현미경인, 실시 형태 607 내지 실시 형태 615 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

[1005] 실시 형태 617은, 반사 편광기 상의 적어도 하나의 제1 위치가 반사 편광기의 광학 축으로부터의 방사상 거리 ( $r_1$ ) 및 반사 편광기의 정점부에서 광학 축에 수직인 평면으로부터의 변위( $s_1$ )를 가지며,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.1인, 실시 형태 607 내지 실시 형태 616 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

[1006] 실시 형태 618은,  $s_1/r_1$ 이 적어도 0.2인, 실시 형태 617의 확대 디바이스이다.

[1007] 실시 형태 619는, 반사 편광기가 적어도 하나의 총을 포함하는데, 적어도 하나의 총은 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 총 상의 적어도 하나의 제1 위치에서 실질적으로 광학적으로 이축이고 광학 축으로부터 멀리 적어도 하나의 제2 위치에서 실질적으로 광학적으로 일축인, 실시 형태 607 내지 실시 형태 618 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

[1008] 실시 형태 620은, 반사 편광기가 열성형된 APF인, 실시 형태 607 내지 실시 형태 619 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

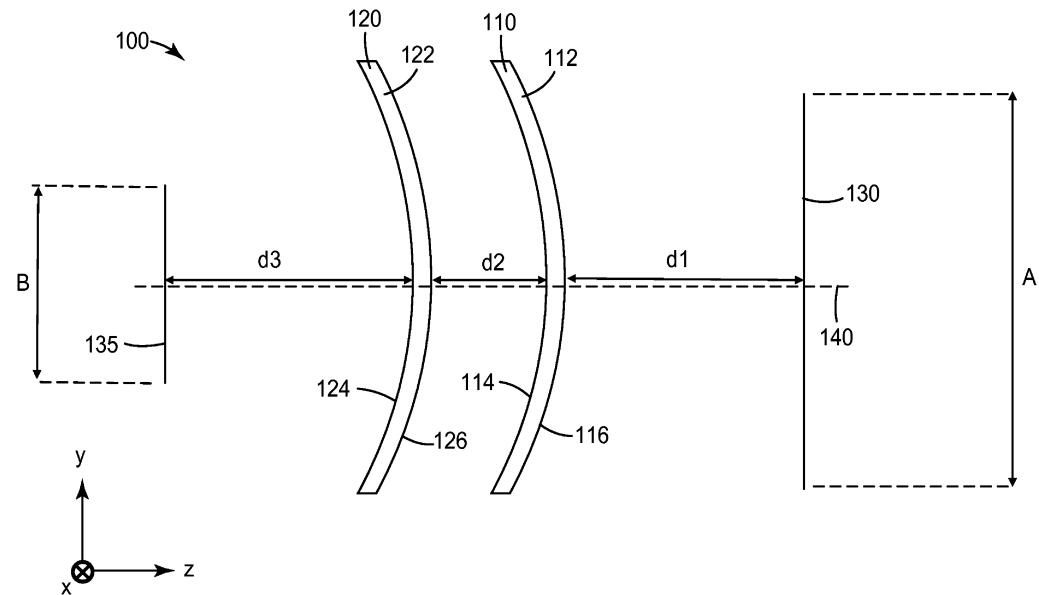
[1009] 실시 형태 621은, 반사 편광기가 와이어 그리드 편광기인, 실시 형태 607 내지 실시 형태 618 중 임의의 실시 형태의 확대 디바이스이다.

[1010] 달리 지시되지 않는 한, 명세서 및 청구범위에서 사용된 양, 특성의 측정치 등을 표현하는 모든 숫자는 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 명세서 및 청구범위에 기재된 수치 파라미터들은 본 출원의 교시 내용을 이용하여 당업자가 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 변할 수 있는 근사치들이다. 청구범위의 범주에 균등론을 적용하는 것을 제한하려는 시도로서가 아니라, 각각의 수치 파라미터는 적어도 보고된 유효 숫자의 숫자의 관점에서 그리고 통상의 반올림 기법을 적용함으로써 해석되어야 한다. 본 발명의 넓은 범주를 기술하는 수치 범위 및 파라미터가 근사치임에도 불구하고, 임의의 수치 값들이 본 명세서에 기술된 특정 예에 기재되는 경우, 그들은 합리적으로 가능한 한 정확히 보고된다. 그러나, 임의의 수치 값은 시험 또는 측정 한계와 연관된 오차를 충분히 포함할 수 있다.

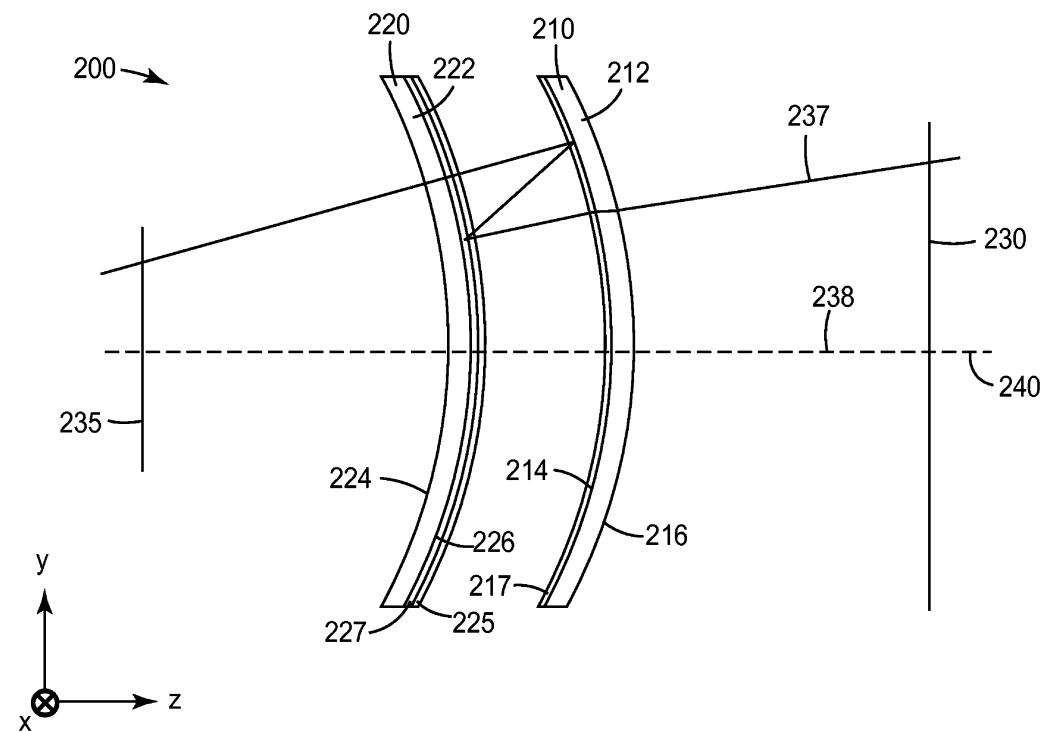
[1011] 도면 내의 요소에 대한 설명은 달리 지시되지 않는 한 또는 문맥이 명확하게 다른 것을 지시하지 않는 한, 다른 도면 내의 대응하는 요소에 동등하게 적용되는 것으로 이해되어야 한다. 특정 실시 형태가 본 명세서에 예시 및 기술되어 있지만, 당업자는 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고서 다양한 대안 및/또는 등가의 구현 형태가 도시 및 기술된 특정 실시 형태를 대신할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 본 출원은 본 명세서에 논의된 특정 실시 형태의 임의의 개조 또는 변형을 포함하도록 의도된다. 따라서, 본 발명은 오직 청구범위 및 그것의 등가물에 의해서만 제한되는 것으로 의도된다.

## 도면

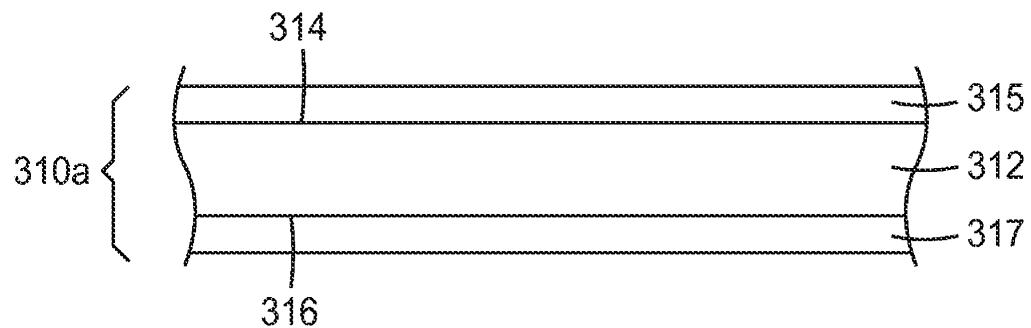
## 도면1



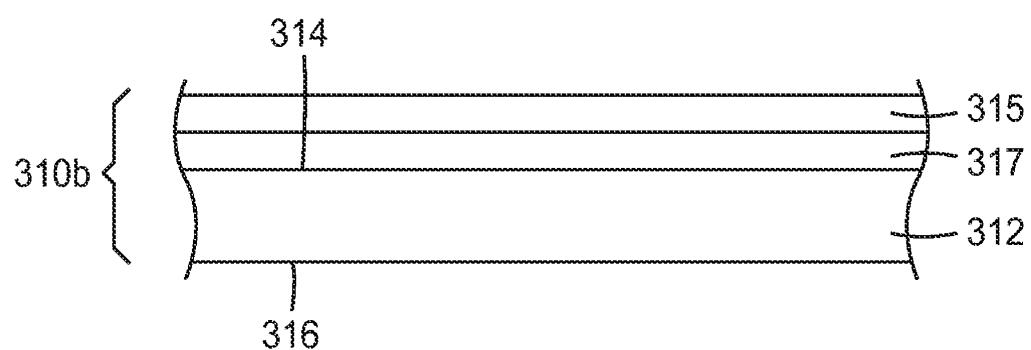
## 도면2



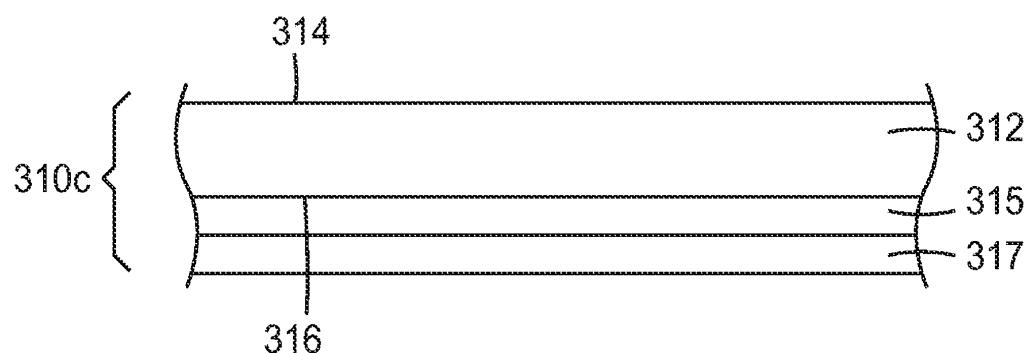
도면3a



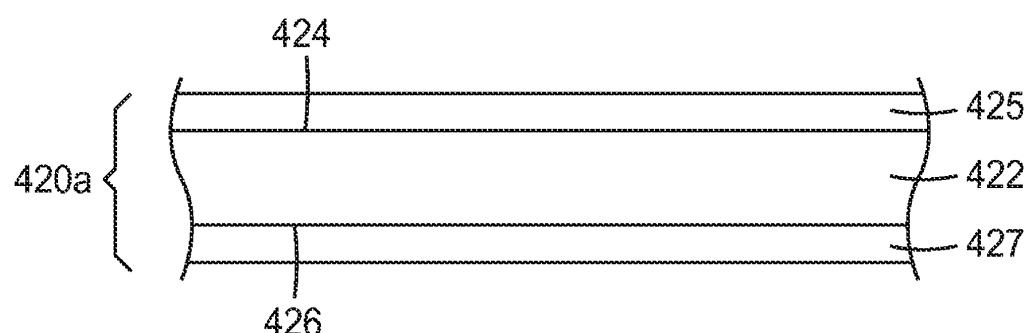
도면3b



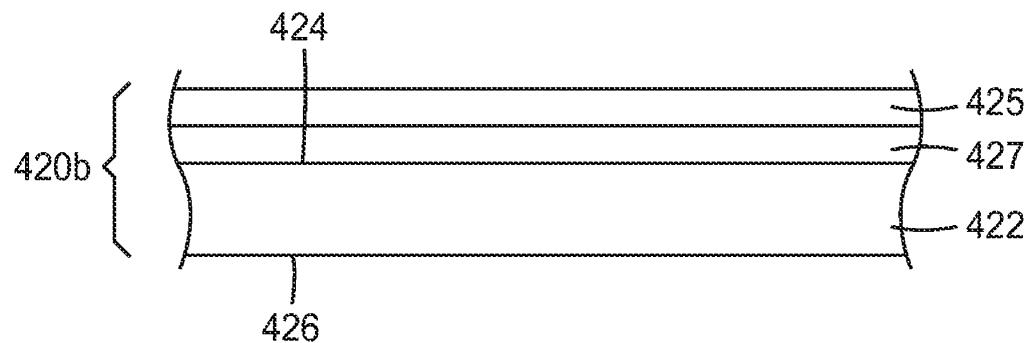
도면3c



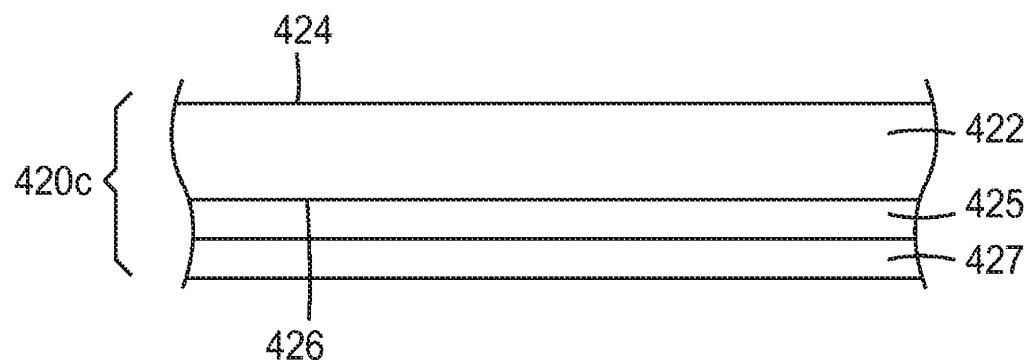
도면4a



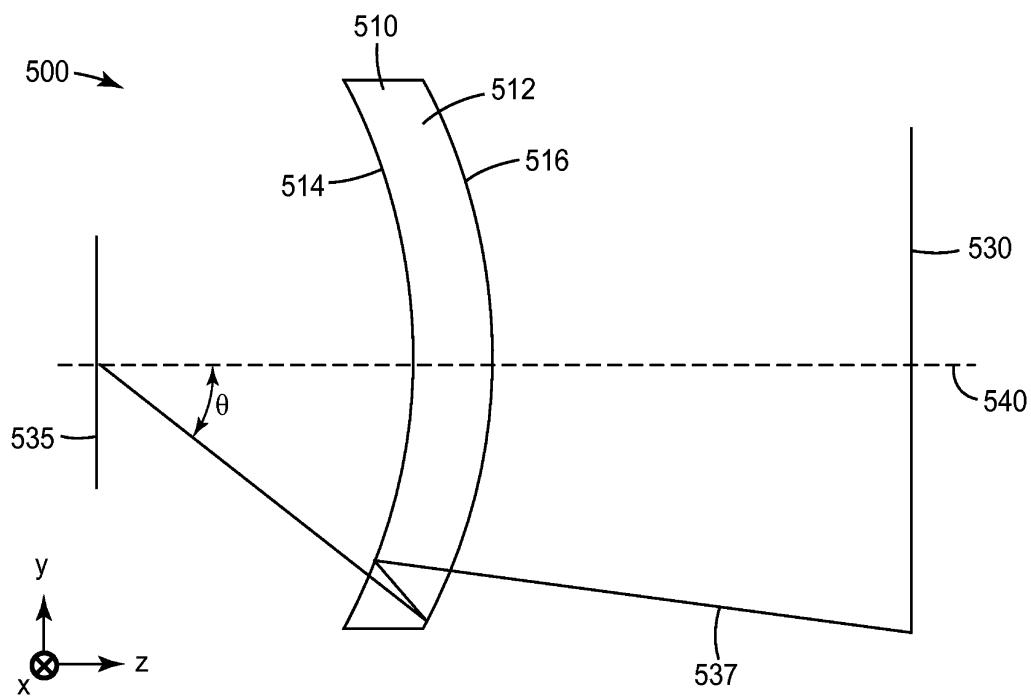
도면4b



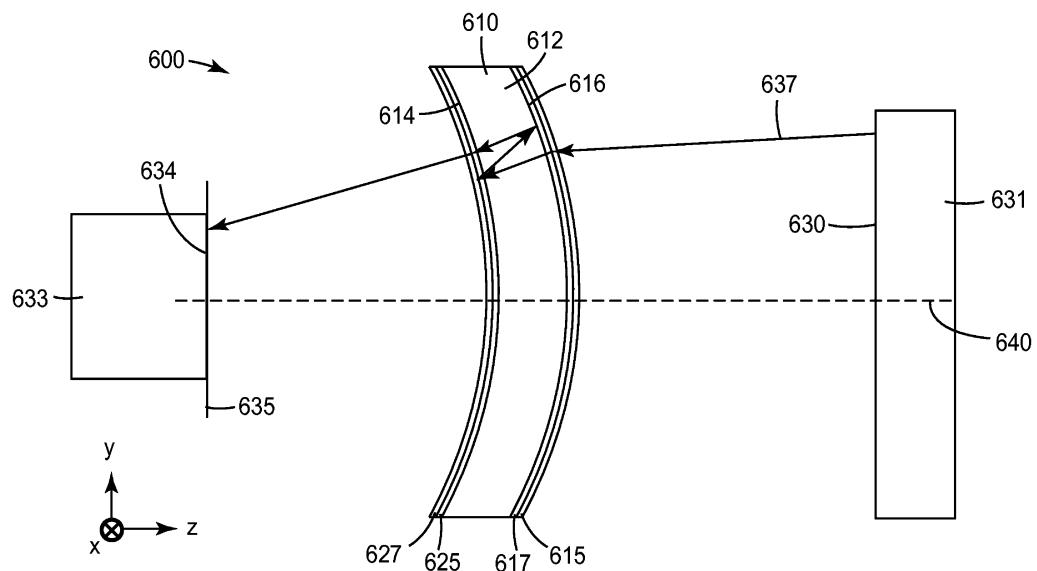
도면4c



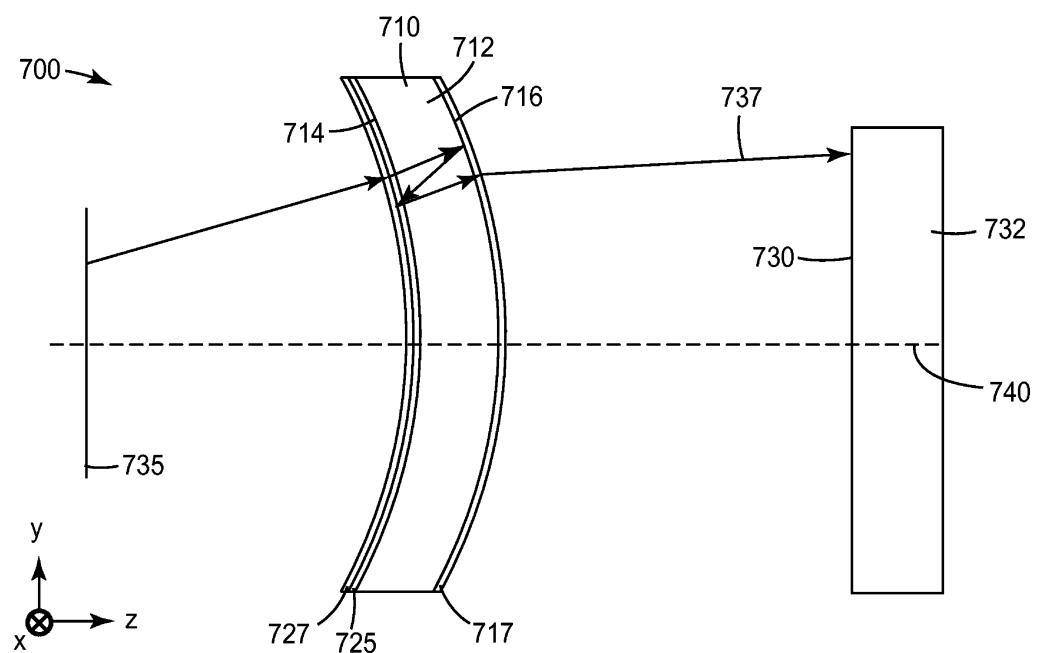
도면5



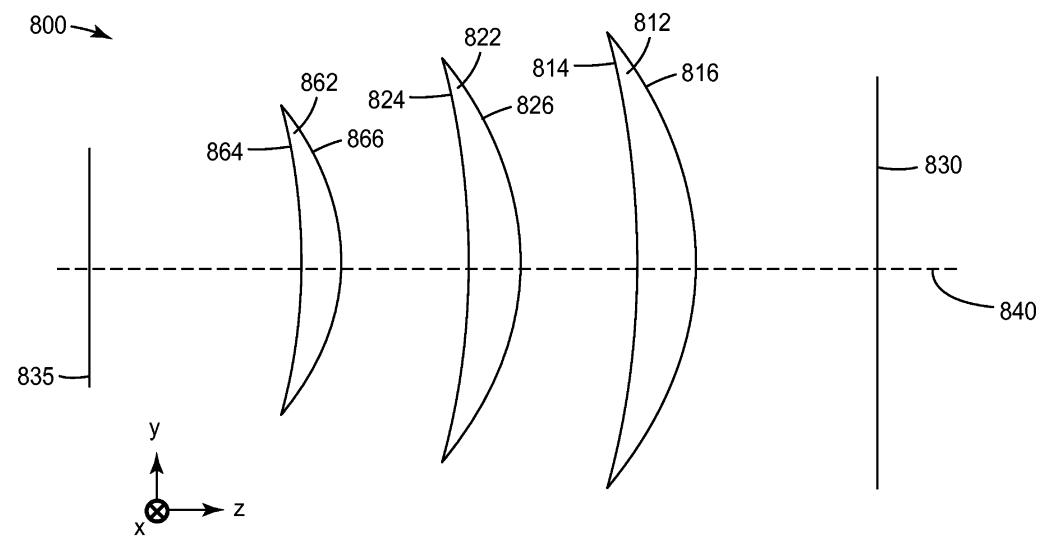
## 도면6



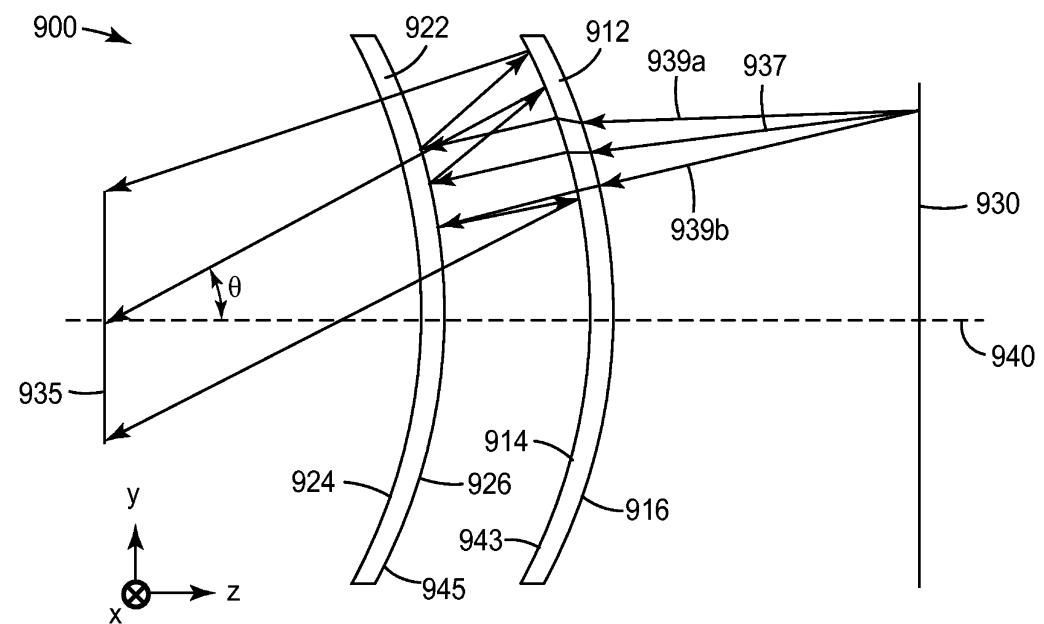
## 도면7



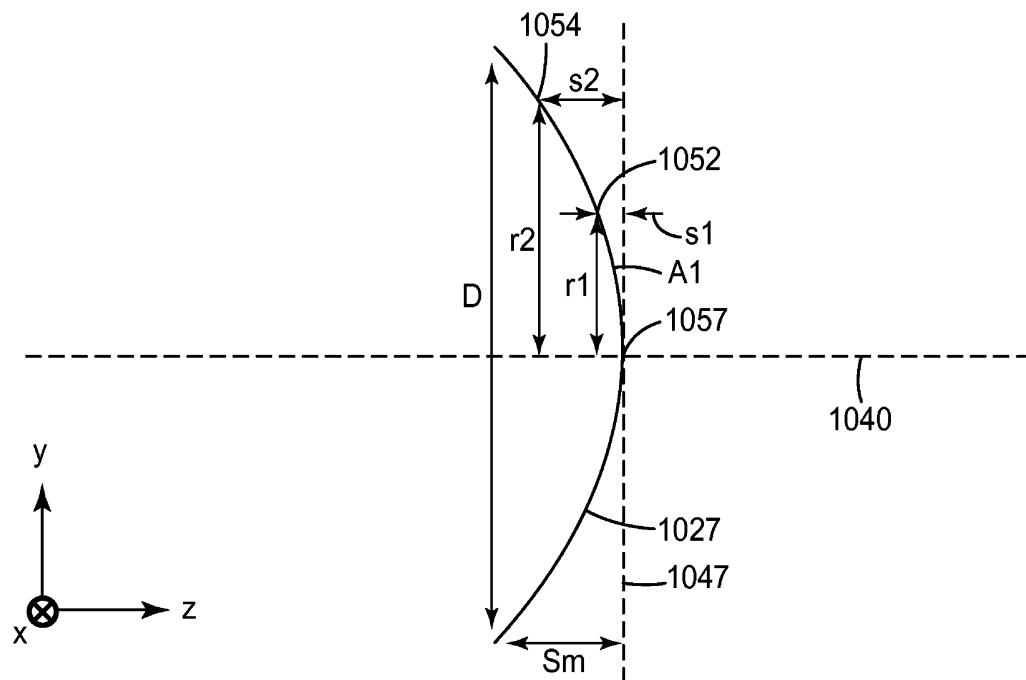
## 도면8



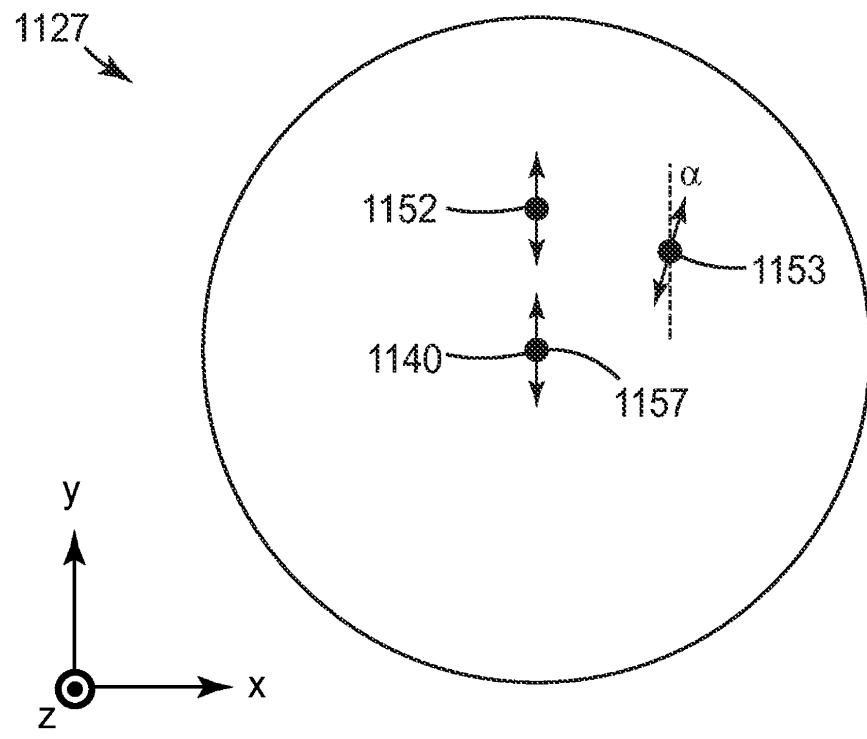
## 도면9



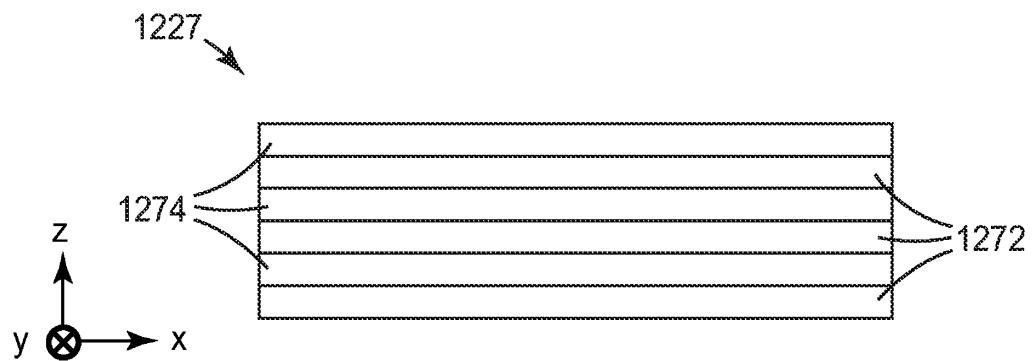
도면10



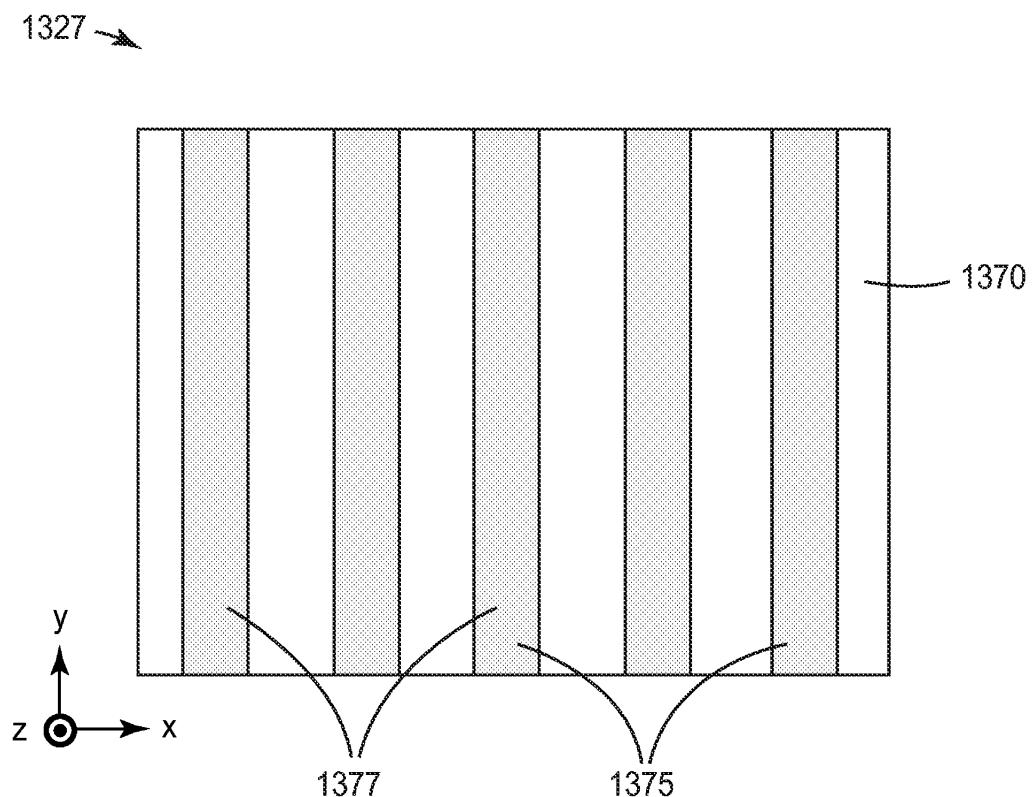
도면11



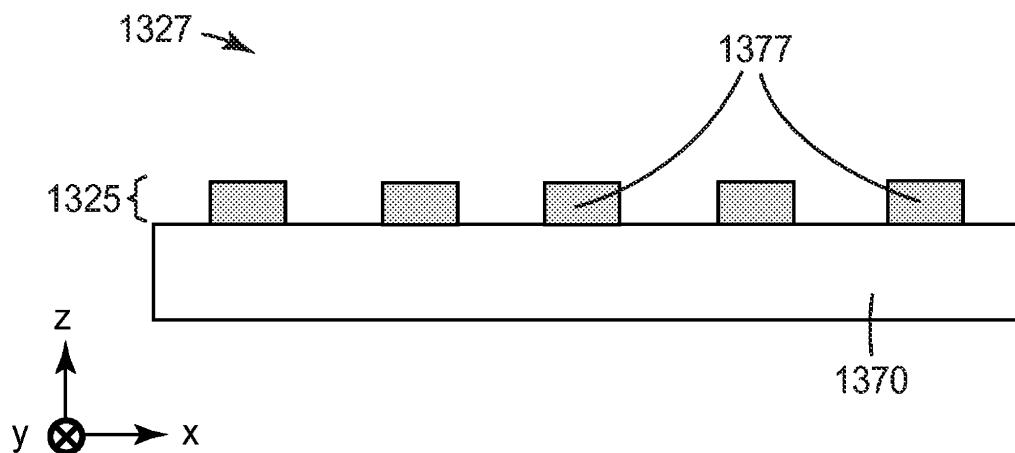
도면12



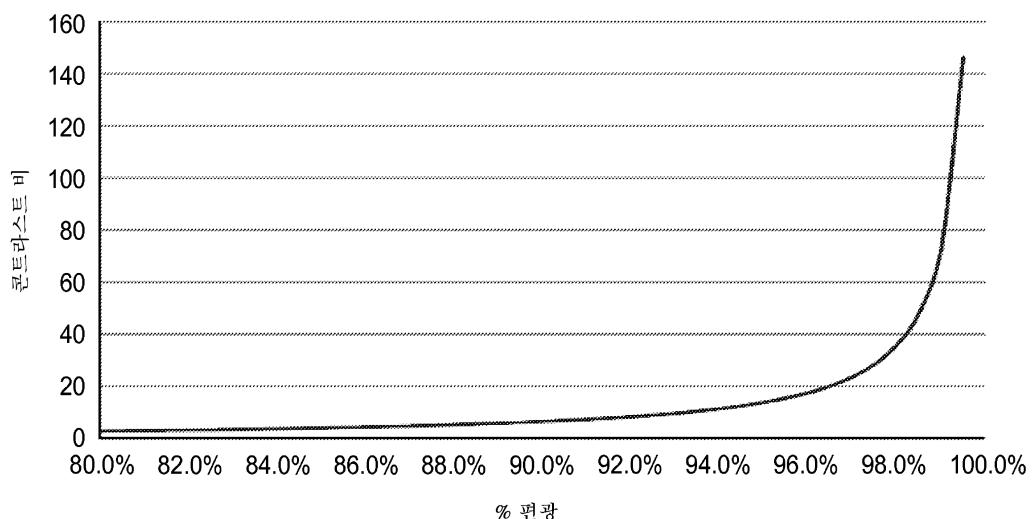
도면13a



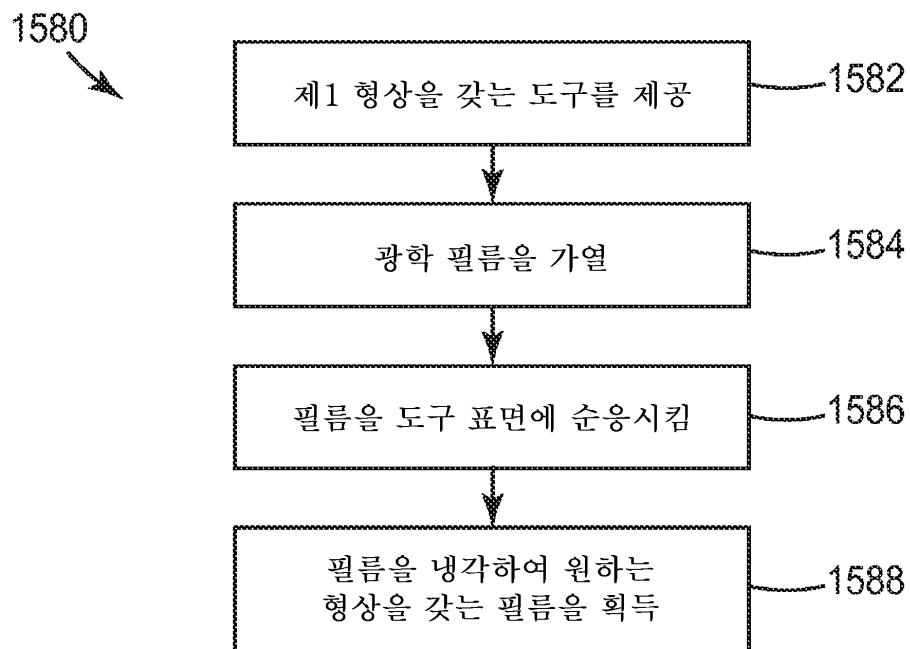
도면13b



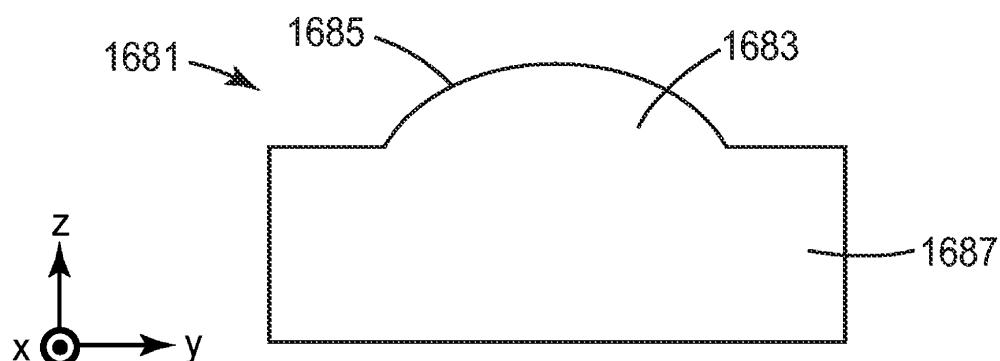
도면14



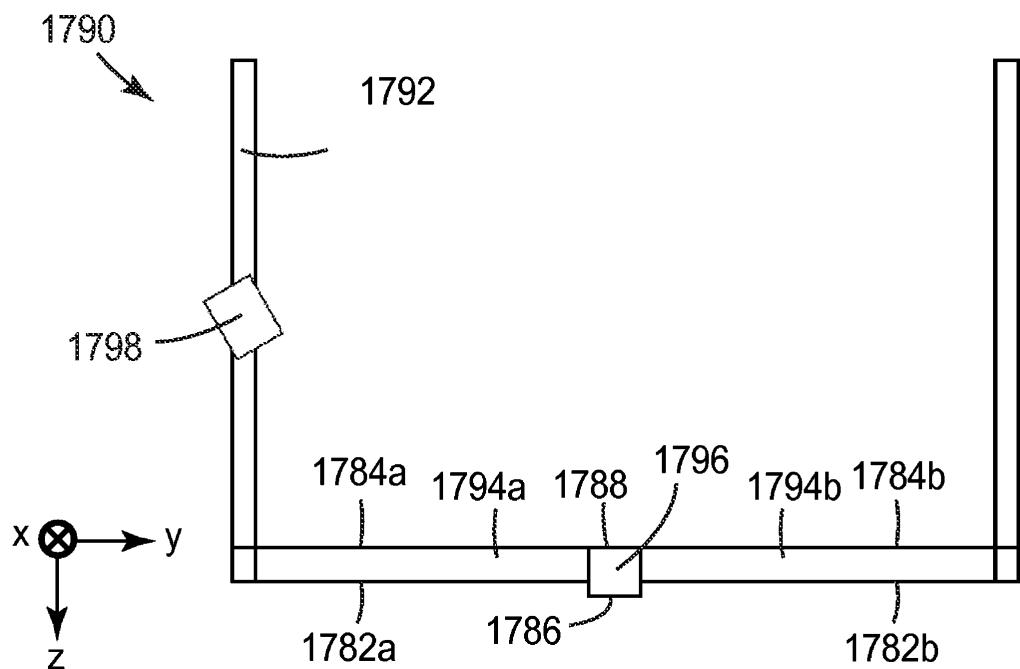
도면15



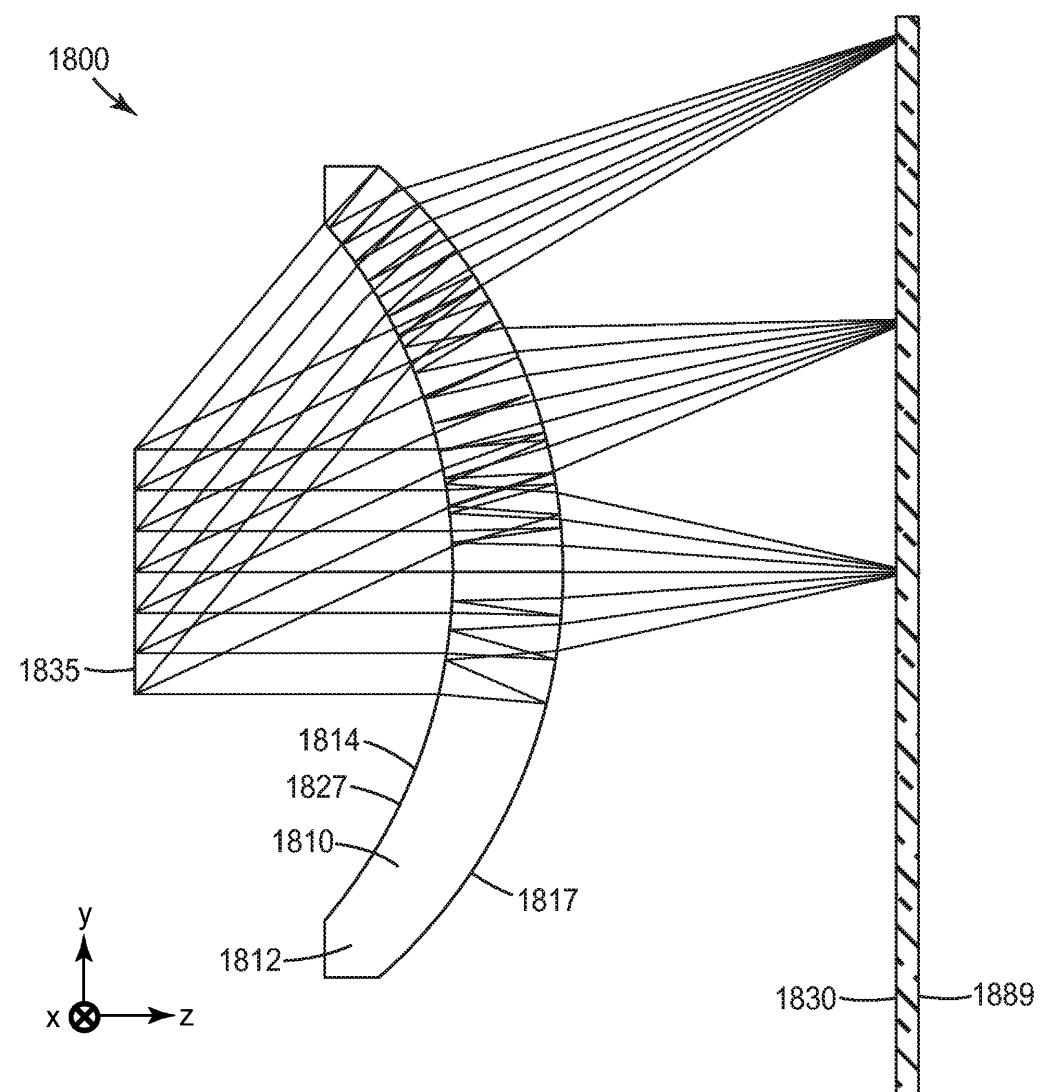
도면16



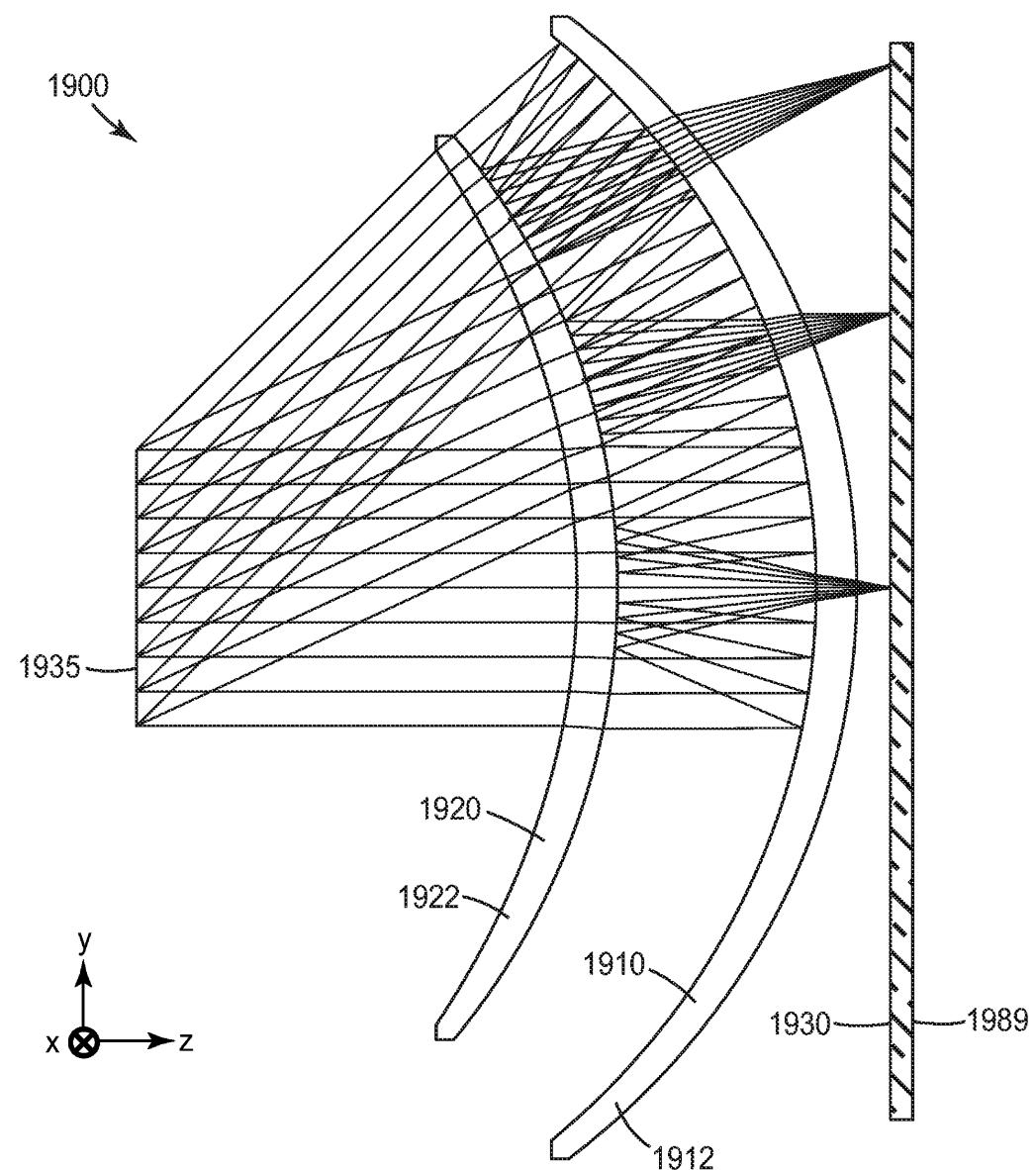
도면17



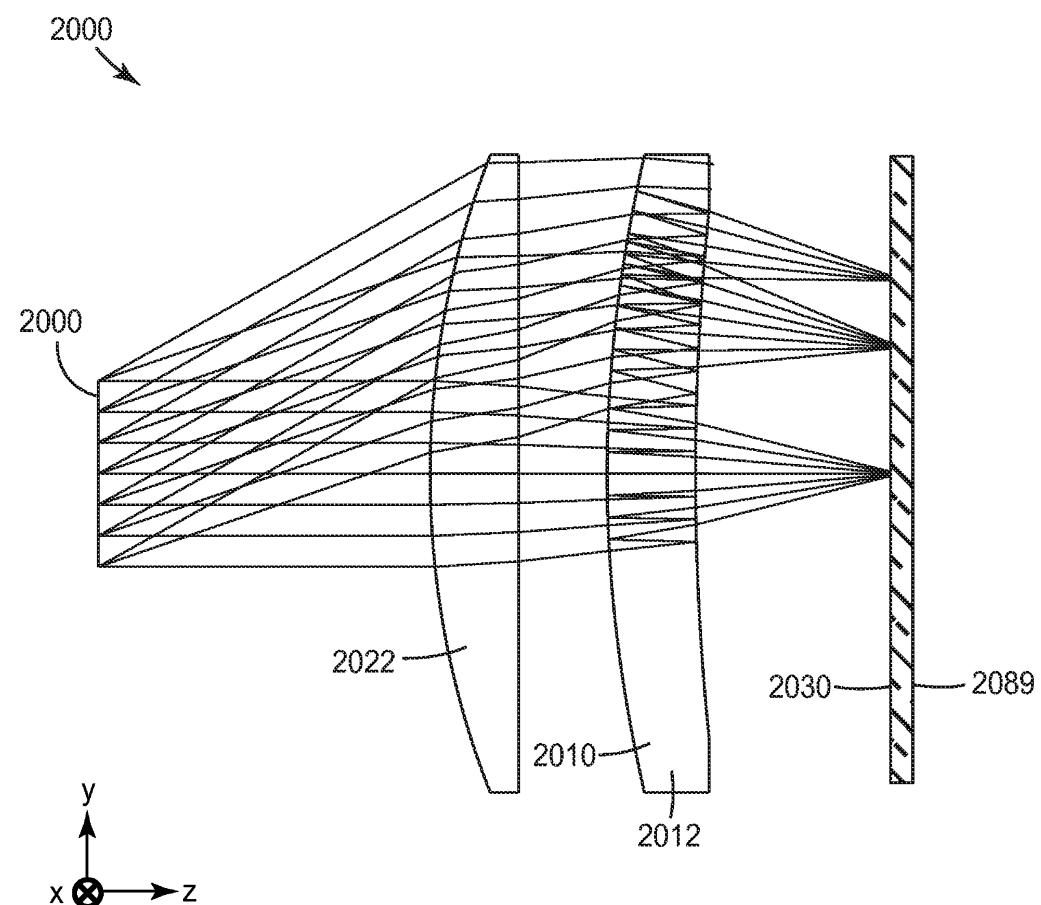
도면18



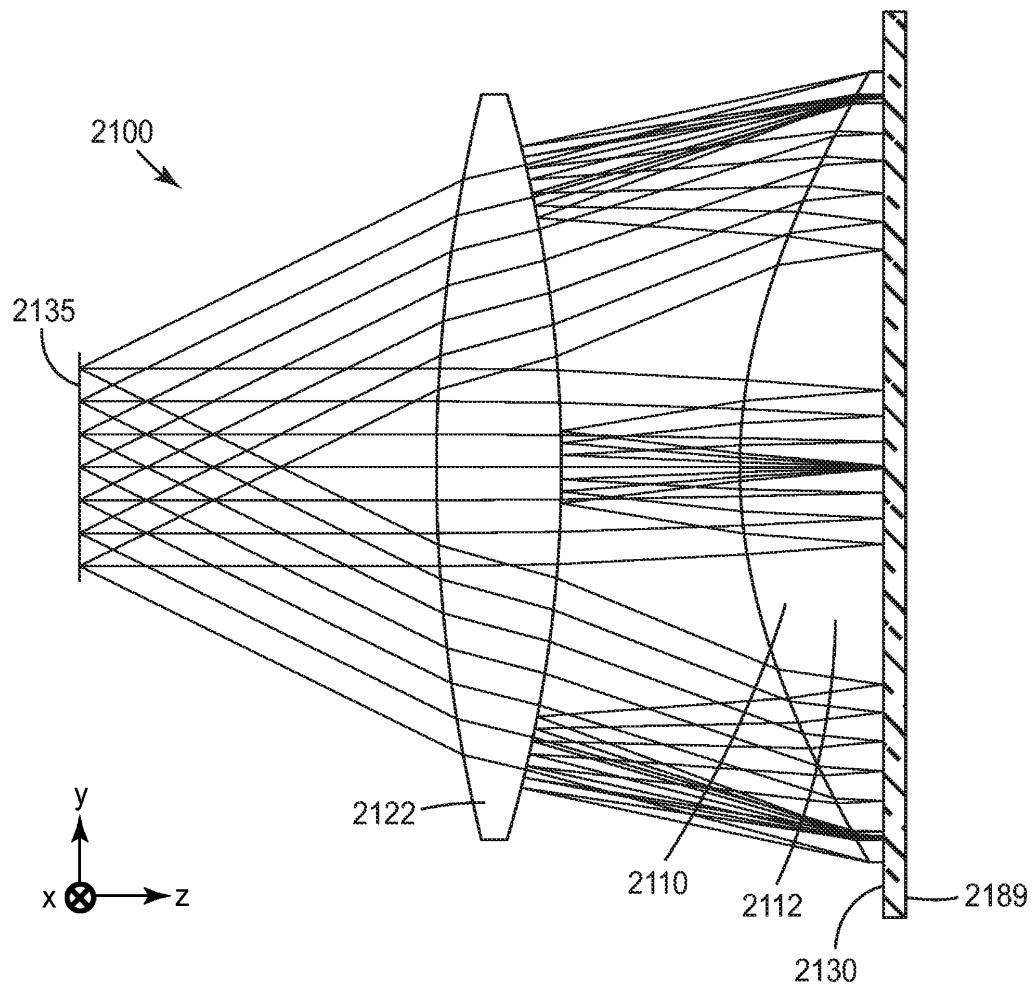
도면19



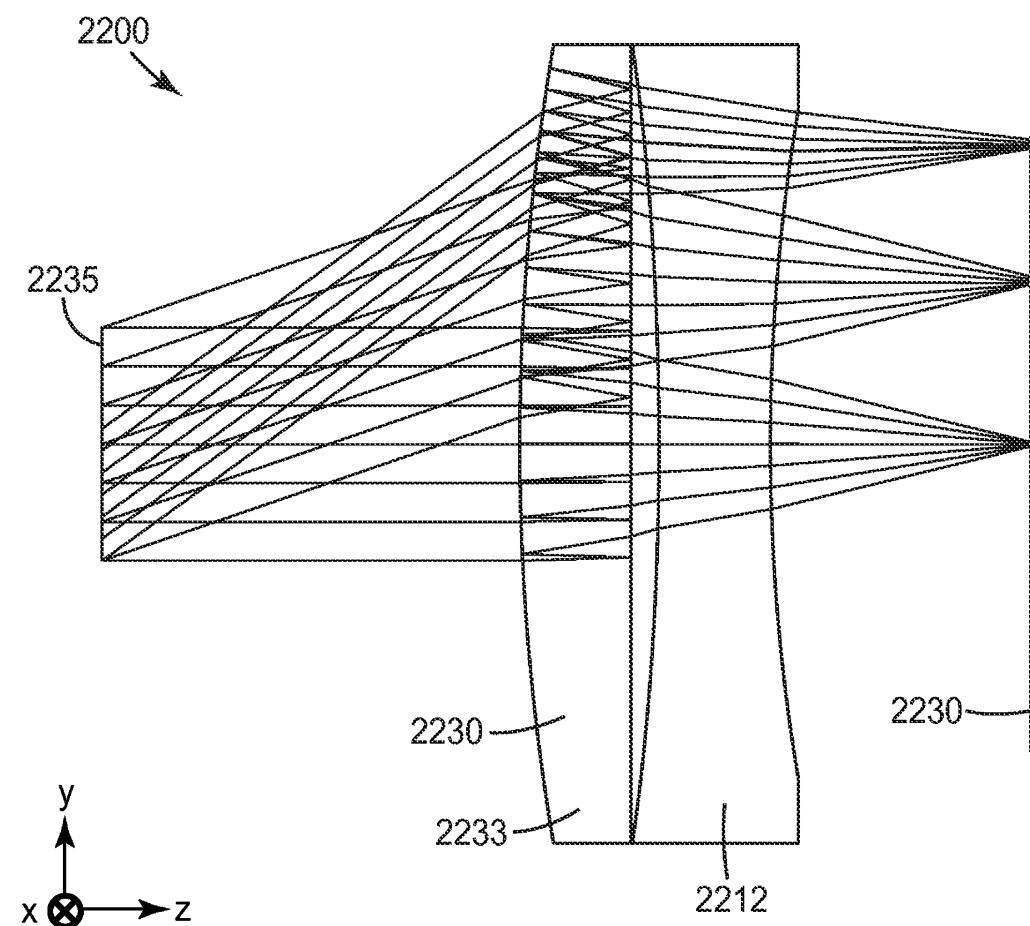
도면20



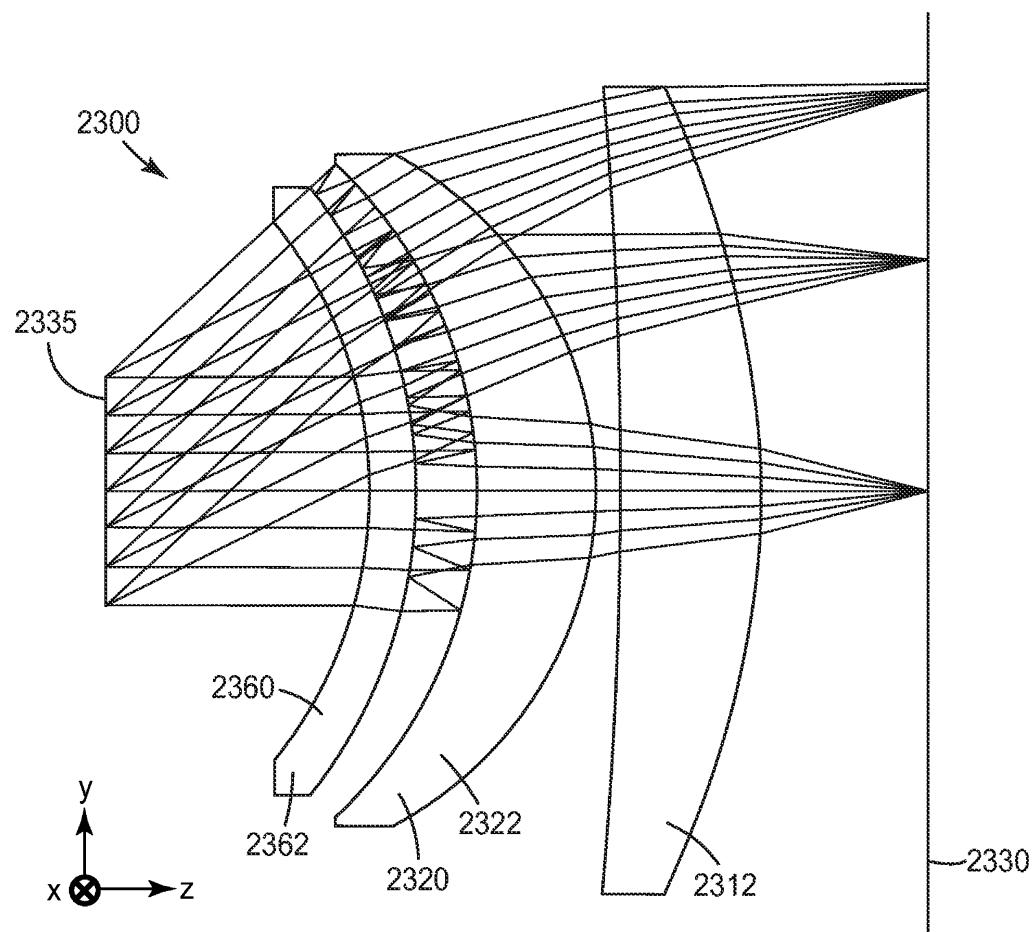
도면21



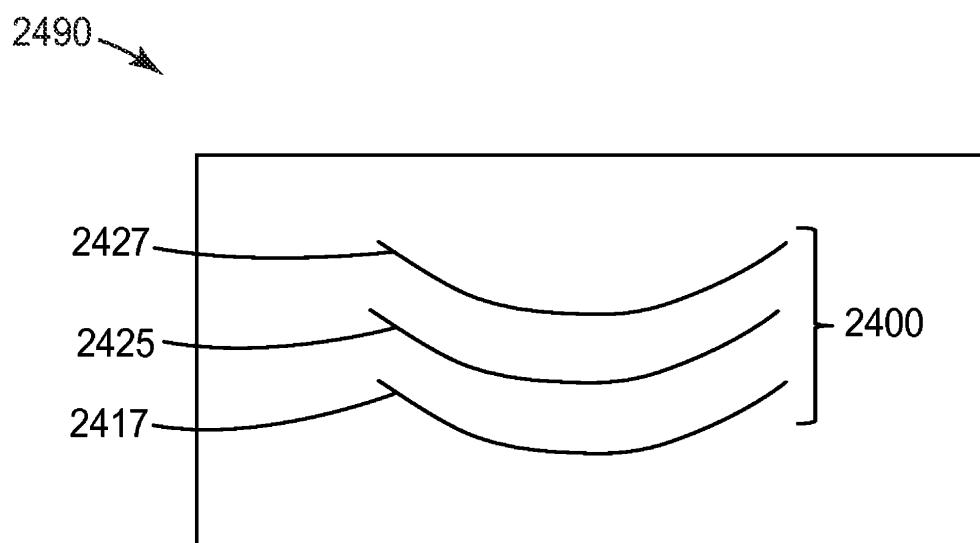
도면22



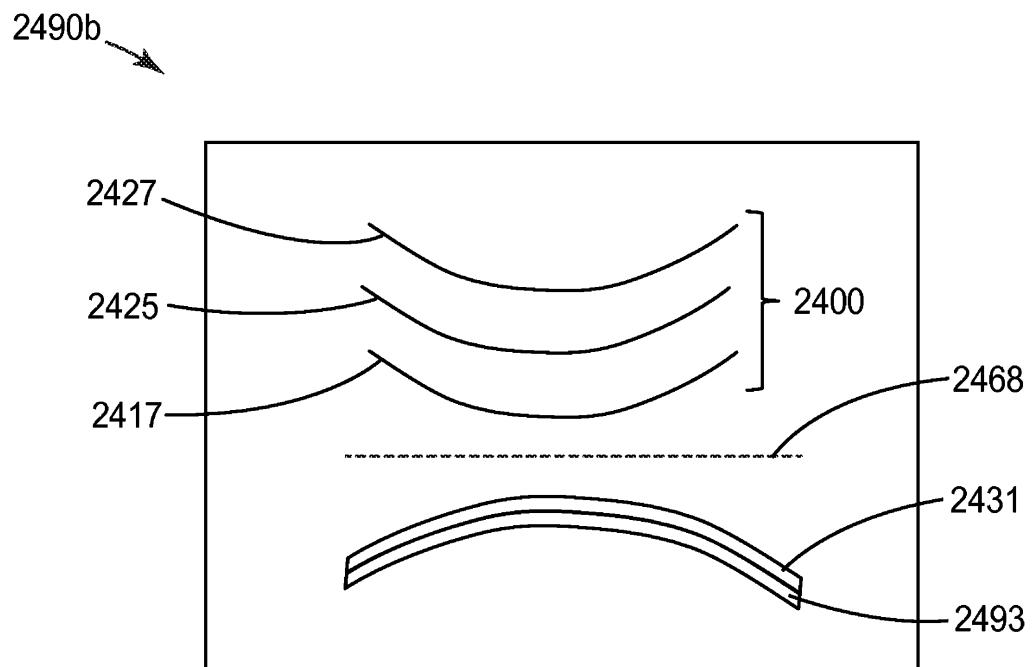
도면23



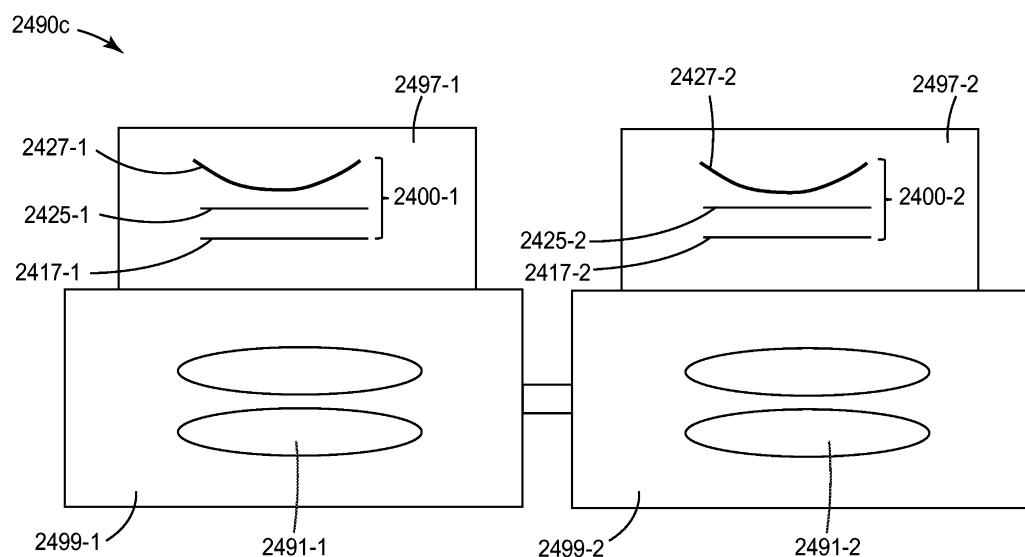
도면24a



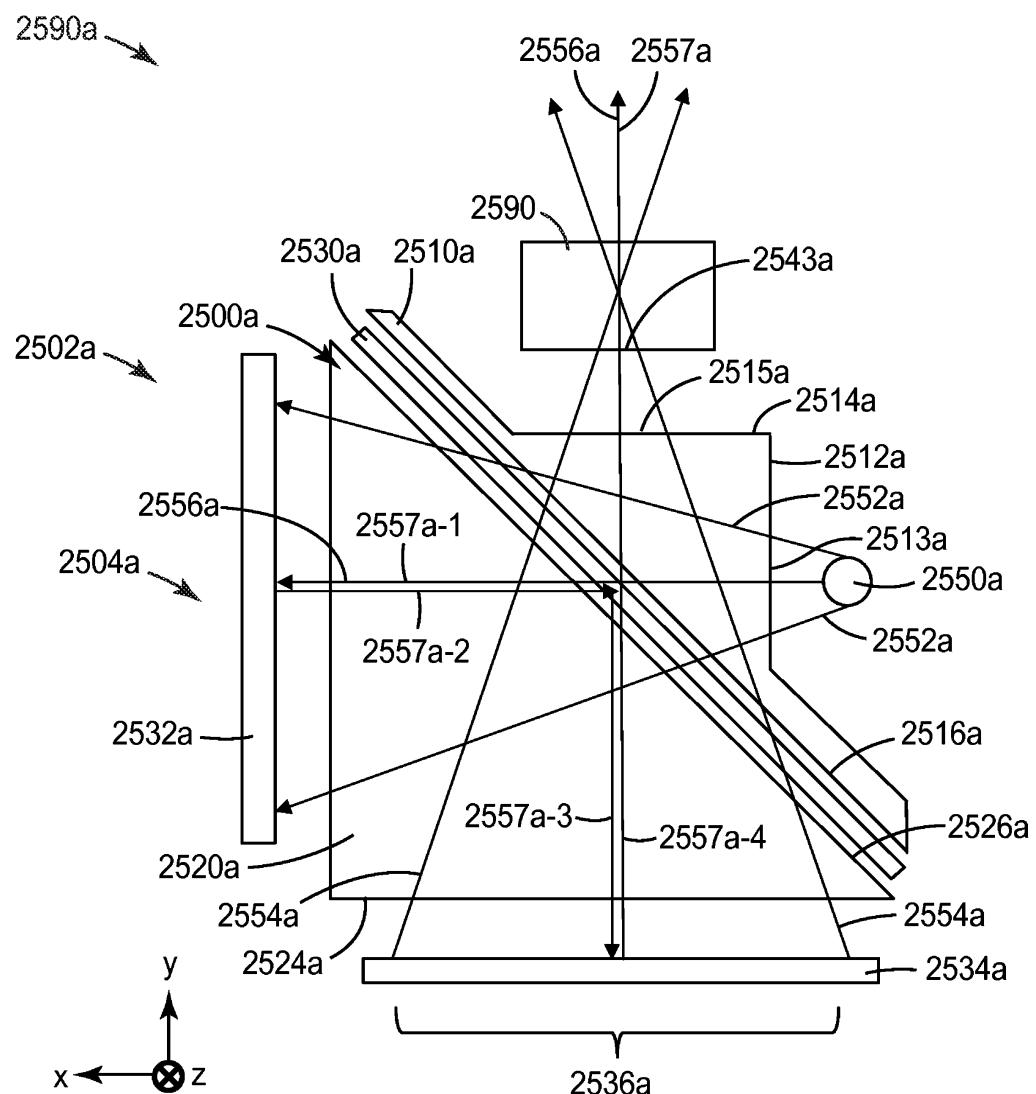
도면24b



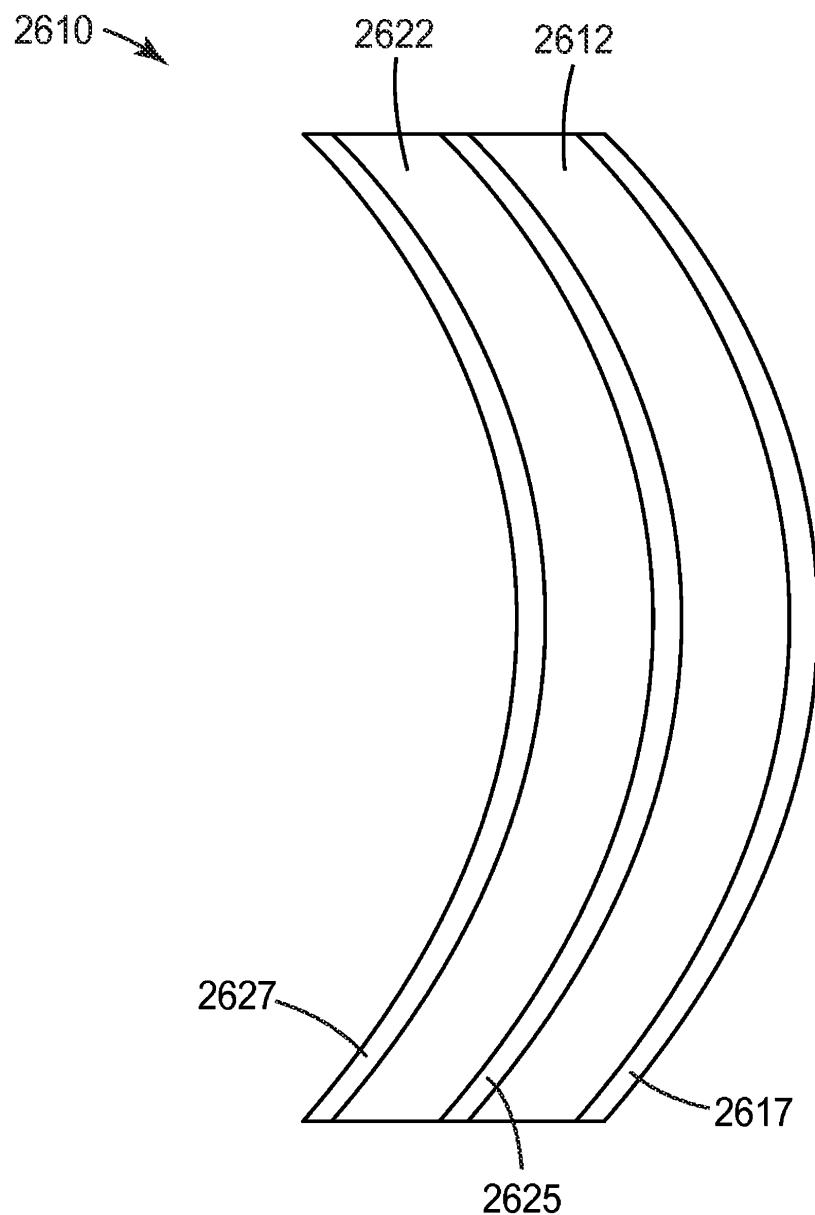
도면24c



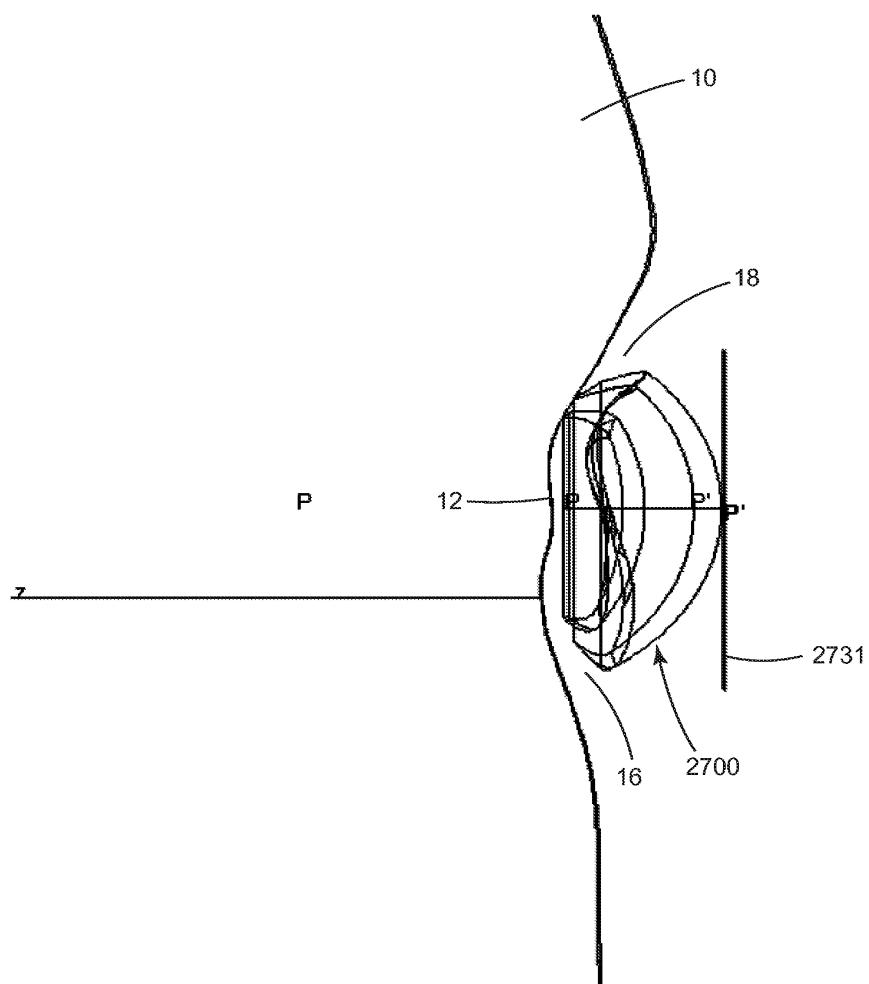
## 도면25



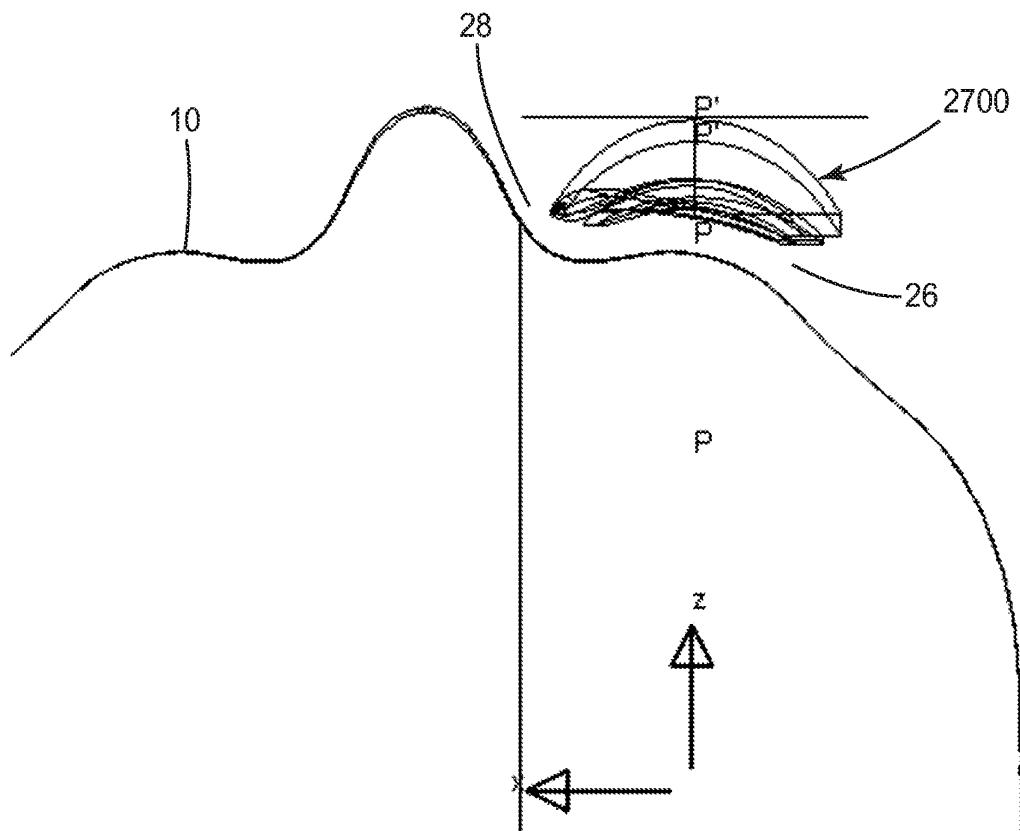
도면26



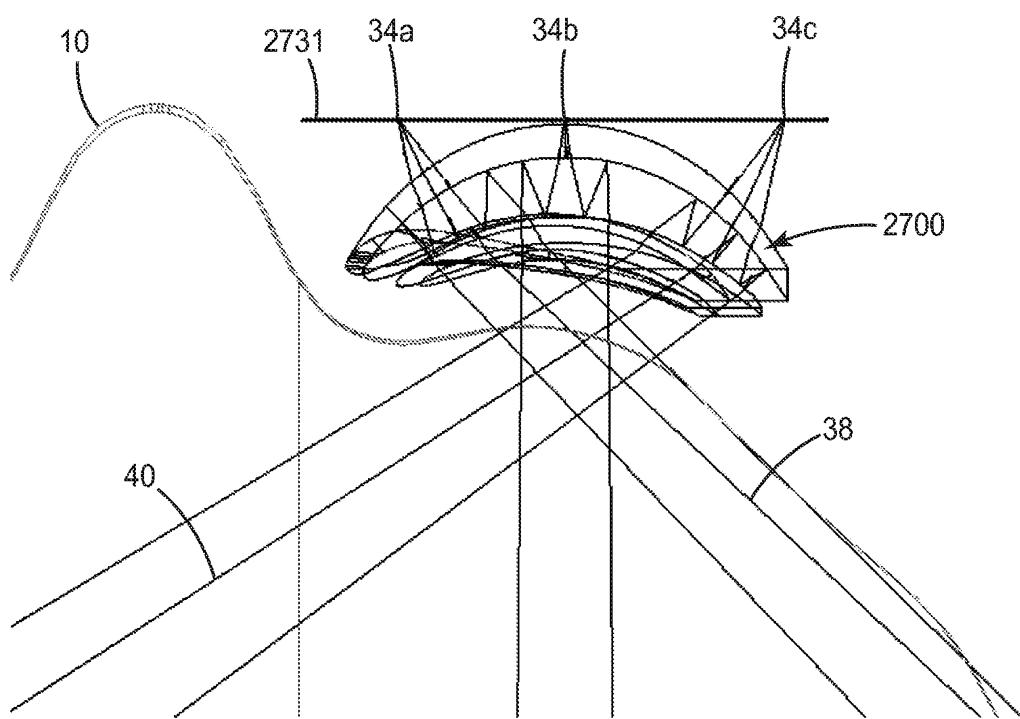
도면27a



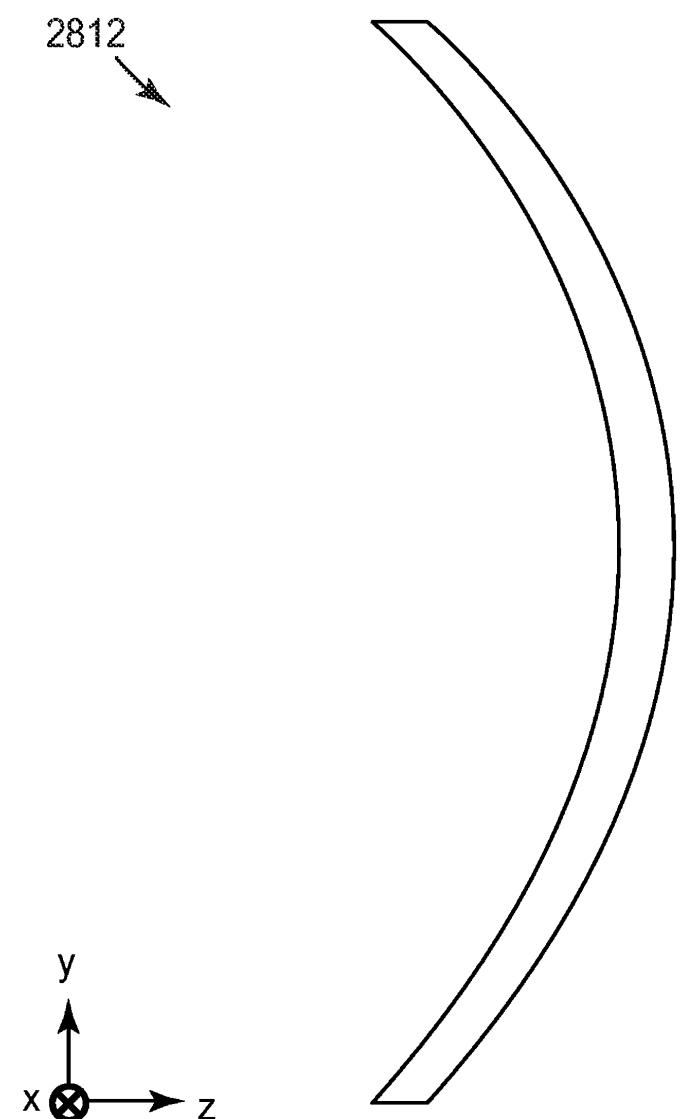
도면27b



도면27c



도면28a



도면28b

