



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0066672  
(43) 공개일자 2020년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 5/30 (2006.01) G02B 1/14 (2014.01)  
G02B 27/01 (2006.01) G02B 27/28 (2020.01)  
(52) CPC특허분류  
G02B 5/305 (2013.01)  
G02B 1/14 (2020.05)  
(21) 출원번호 10-2020-7012907  
(22) 출원일자(국제) 2018년09월28일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2020년05월06일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2018/057570  
(87) 국제공개번호 WO 2019/073330  
국제공개일자 2019년04월18일  
(30) 우선권주장  
62/569,942 2017년10월09일 미국(US)  
62/577,203 2017년10월26일 미국(US)

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

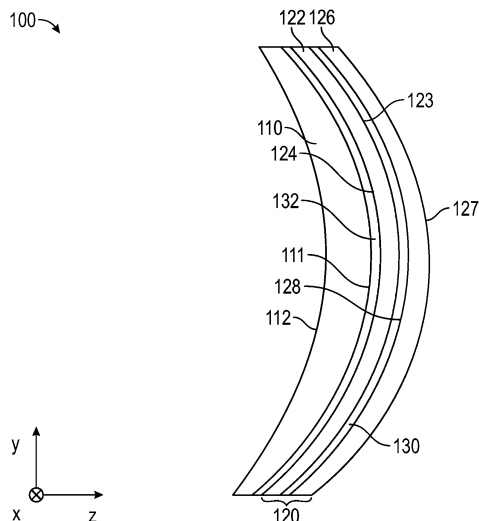
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 광학 컴포넌트 및 광학 시스템

(57) 요약

만곡된 제1 주 표면을 갖는 제1 광학 요소 및 제1 광학 요소의 만곡된 제1 주 표면에 접합되고 정합되는 광학 스택을 포함하는 광학 시스템이 기술된다. 광학 스택은, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기, 및 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층을 포함한다. 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 550 nm의 파장에서 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G02B 27/0172** (2013.01)

**G02B 27/283** (2013.01)

**G02B 5/3083** (2013.01)

(72) 발명자

**하아그 아담 디**

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

**스토버 칼 에이**

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

**네빗 티모시 제이**

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

**윤 즈성**

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

**웡 티모시 엘**

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

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 시스템으로서,

만곡된 제1 주 표면을 포함하는 제1 광학 요소; 및

제1 광학 요소의 만곡된 제1 주 표면에 접합되고 정합되는 광학 스택(optical stack)을 포함하고, 광학 스택은, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기; 및

반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층 - 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 550 nm의 파장에서 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과임 - 을 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 제1 광학 요소는 2개의 상호 직교하는 방향에서의 광학 굴절력(optical power)을 갖는 제1 광학 렌즈를 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 제1 광학 요소는 제1 광학 프리즘을 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 반사 편광기는 N개의 순차적으로 번호부여된 층을 포함하고, N은 200 초과 800 미만인 정수이고, 각각의 층은 약 200 nm 미만의 평균 두께를 갖고, 피팅된 곡선은 층 수의 함수로서 반사 편광기의 층 두께에 적용되는 최적 회귀(best-fit regression)이고, 제1 층으로부터 제N 층까지 연장되는 영역에서의 피팅된 곡선의 평균 기울기는 약 0.2 nm 미만인, 광학 시스템.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 반사 편광기는 중합체 다층 광학 필름이며, 중합체 다층 광학 필름은,

복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 층 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및

복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 층 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 6

편광 빔 스플리터(polarizing beam splitter, PBS)로서,

제1 빔면을 포함하는 제1 프리즘;

제1 빔면에 대면하는 제2 빔면을 포함하는 제2 프리즘; 및

제1 빔면과 제2 빔면 사이에 배치되고 그에 접착된 광학 스택을 포함하고, 광학 스택은,

제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기;

반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층 - 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과임 -; 및

반사 편광기와 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치되고 반사 편광기를 비접착성 가요성 광학 층에 접합하는 접착제 층을 포함하는, PBS.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 반사 편광기는 N개의 순차적으로 번호부여된 층을 포함하고, N은 200 초과 800 미만인 정수이고, 각각의 층은 약 200 nm 미만의 평균 두께를 갖고, 피팅된 곡선은 층 수의 함수로서 반사 편광기의 층 두께에 적용되는 최적 회귀이고, 제1 층으로부터 제N 층까지 연장되는 영역에서의 피팅된 곡선의 평균 기울기는 약 0.2 nm 미만인, PBS.

#### 청구항 8

제6항에 있어서, 반사 편광기는 중합체 다층 광학 필름이며, 중합체 다층 광학 필름은,

복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및

복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리 결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, PBS.

#### 청구항 9

렌즈 조립체로서,

적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력을 포함하는 제1 광학 렌즈; 및

제1 광학 렌즈에 접착된 광학 스택을 포함하고, 광학 스택은,

제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기;

반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층 - 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과임 -; 및

반사 편광기와 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치되고 반사 편광기를 비접착성 가요성 광학 층에 접합하는 접착제 층을 포함하는, 렌즈 조립체.

#### 청구항 10

렌즈 조립체로서,

적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력 및 만곡된 제1 주 표면을 포함하는 제1 광학 렌즈; 및

복수의 간섭 층을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 적어도 하나의 간섭 층은 적어도 하나의 위치에서 실질적으로 일축 배향되고, 반사 편광기는 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면에 접착되고, 반사 편광기는 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킴 - 를 포함하고,

제1 주 표면은 최대 투영된 치수(D) 및 대응하는 최대 새그(sag)(S)를 갖는 활성 영역을 포함하며,  $S/D \geq 0.03$  이며,

반사 편광기의 평균 두께는 약 50 마이크로미터 초과인, 렌즈 조립체.

#### 청구항 11

광학 필름으로서,

복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및

복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 직교하는 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, 광학 필름.

#### 청구항 12

제11항에 있어서, 적어도 하나의 비간섭 층은, 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층을 포함하고, 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과인, 광학 필름.

#### 청구항 13

반사 편광기 조립체로서,

약 50 마이크로미터 초과와 평균 두께를 갖고 복수의 간섭 층을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 적어도 하나의 간섭 층은 적어도 하나의 위치에서 실질적으로 일축 배향되고, 일체로 형성된 반사 편광기는 만곡된 최외부 주 표면을 포함함 -; 및

반사 편광기의 만곡된 최외부 주 표면 상에 직접 형성되고 그에 정합되는 광학 요소를 포함하는, 반사 편광기 조립체.

#### 청구항 14

제13항에 있어서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이고, 직교하는 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과이고, 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 흡수가 약 2% 초과여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 일체로 형성된 반사 편광기는 반사 편광기의 제1 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 큰 평균 광학 반사율 및 반사 편광기의 반대편 제2 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 작은 평균 광학 반사율을 갖게 되는, 반사 편광기 조립체.

#### 청구항 15

렌즈 조립체로서,

적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력 및 원치 않는 특징을 갖는 만곡된 제1 주 표면을 갖는 제1 광학 렌즈;

복수의 간섭 층을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 일체로 형성된 반사 편광기는 서로 반대편에 있는 최외부 제1 및 제2 주 표면들을 포함함-; 및

일체로 형성된 반사 편광기의 제1 주 표면을 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면에 접합하는 접착제 층 - 접합은 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면의 원치 않는 특징없음을 보상하고, 일체로 형성된 반사 편광기의 최외부 제2 표면은 원하는 특징을 가짐 - 을 포함하는, 렌즈 조립체.

#### 청구항 16

제15항에 있어서, 원치 않는 특징은 표면 곡률을 포함하고, 제1 광학 렌즈의 만곡된 제1 주 표면은 원치 않는 곡률을 가지며, 일체로 형성된 반사 편광기의 최외부 제2 표면은 원하는 곡률을 갖는, 렌즈 조립체.

#### 청구항 17

제15항에 있어서, 원치 않는 특징은 평균 표면 조도를 포함하고, 만곡된 제1 주 표면은 원치 않는 평균 표면 조도를 가지며, 일체로 형성된 반사 편광기의 최외부 제2 표면은 원하는 평균 표면 조도를 갖는, 렌즈 조립체.

## 청구항 18

광학 시스템으로서,

적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력이 0 초과인 적어도 하나의 렌즈;

미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대한 평균 광학 반사율이 30% 이상인 부분 반사기; 및

미리결정된 파장 범위에서의 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 미리결정된 파장 범위에서의 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함하고, 광학 시스템은 광학 축을 가지며, 광학 축을 따라 전파하는 광선은 실질적으로 굴절되지 않고서 적어도 하나의 렌즈, 부분 반사기 및 반사 편광기를 통과하여, 제2 편광 상태 및 미리결정된 파장 범위 내의 파장을 가지며 광학 축 상에 중심을 둔 약 100도 내지 약 160도의 전체 원추각을 갖는 광의 입사 원추에 대해, 제1 편광 상태를 갖는 제1 광 성분 및 제2 편광 상태를 갖는 제2 광 성분을 갖는 입사광이 광학 시스템에서 나오게 되고, 제1 광 성분의 평균 세기 대 제2 광 성분의 평균 세기의 비는 약 100 초과인, 광학 시스템.

## 청구항 19

제18항에 있어서, 반사 편광기는 중합체 다층 광학 필름이며, 중합체 다층 광학 필름은,

복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및

복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, 광학 시스템.

## 발명의 설명

## 기술 분야

## 배경 기술

- [0001] 반사 편광기가 다양한 광학 시스템에 사용된다. 일부 광학 시스템은 렌즈의 표면 상에 배치된 반사 편광기를 이용한다. 다른 광학 시스템은, 2개의 프리즘들 사이에 배치된 반사 편광기를 포함하는 편광 빔 스플리터(polarizing beam splitter)를 포함한다.

## 발명의 내용

- [0002] 본 발명의 일부 태양에서, 만족된 제1 주 표면을 포함하는 제1 광학 요소 및 제1 광학 요소의 만족된 제1 주 표면에 접합되고 정합되는 광학 스택(optical stack)을 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 광학 스택은, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기, 및 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층을 포함한다. 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 550 nm의 파장에서 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과이다.
- [0003] 본 발명의 일부 태양에서, 제1 빔면을 포함하는 제1 프리즘, 제1 빔면에 대면하는 제2 빔면을 포함하는 제2 프리즘, 및 제1 빔면과 제2 빔면 사이에 배치되고 그에 접착된 광학 스택을 포함하는 편광 빔 스플리터(PBS)가 제공된다. 광학 스택은, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기, 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층, 및 반사 편광기와 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치되고 반사 편광기를 비접착성 가요성 광학 층에 접합하는 접착제 층을 포함한다. 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과이다.

- [0004] 본 발명의 일부 태양에서, 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력(optical power)을 갖는 제1 광학 렌즈 및 제1 광학 렌즈에 접촉된 광학 스택을 포함하는 렌즈 조립체가 제공된다. 광학 스택은, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기, 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층, 및 반사 편광기와 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치되고 반사 편광기를 비접착성 가요성 광학 층에 접합하는 접착제 층을 포함한다. 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과이다.
- [0005] 본 발명의 일부 태양에서, 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력 및 만족된 제1 주 표면을 포함하는 제1 광학 렌즈, 및 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면에 접촉된 일체로 형성된 반사 편광기를 포함하는 렌즈 조립체가 제공된다. 일체로 형성된 반사 편광기는 복수의 간섭 층을 포함하며, 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시킨다. 적어도 하나의 간섭 층은 적어도 하나의 위치에서 실질적으로 일축 배향된다. 반사 편광기는 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킨다. 제1 주 표면은 최대 투영된 지수(D) 및 대응하는 최대 새그(sag)(S)를 갖는 활성 영역을 포함하며, 여기서  $S/D \geq 0.03$ 이다. 반사 편광기의 평균 두께는 약 50 마이크로미터 초과이다.
- [0006] 본 발명의 일부 태양에서, 복수의 간섭 층 및 적어도 하나의 비간섭 층을 포함하는 광학 필름이 제공된다. 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시킨다. 적어도 하나의 비간섭 층은 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고, 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는다. 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터이다. 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터이다. 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이고 직교하는 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과이다.
- [0007] 본 발명의 일부 태양에서, 일체로 형성된 반사 편광기 및 반사 편광기의 만족된 최외부 주 표면 상에 직접 형성되고 그에 정합되는 광학 요소를 포함하는 반사 편광기 조립체가 제공된다.
- [0008] 일체로 형성된 반사 편광기는 약 50 마이크로미터 초과와 평균 두께를 가지며 복수의 간섭 층을 포함하며, 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시킨다. 적어도 하나의 간섭 층은 적어도 하나의 위치에서 실질적으로 일축 배향된다. 일체로 형성된 반사 편광기는 만족된 최외부 주 표면을 갖는다.
- [0009] 본 발명의 일부 태양에서, 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력 및 원치 않는 특징을 갖는 만족된 제1 주 표면을 갖는 제1 광학 렌즈, 서로 반대편에 있는 최외부 제1 및 제2 주 표면들을 갖는 일체로 형성된 반사 편광기, 및 일체로 형성된 반사 편광기의 제1 주 표면을 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면에 접합하는 접착제 층을 포함하는 렌즈 조립체가 제공된다. 일체로 형성된 반사 편광기는 복수의 간섭 층을 포함하며, 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시킨다. 접합은 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면의 원치 않는 특징없음을 보상한다. 일체로 형성된 반사 편광기의 최외부 제2 표면은 원하는 특징을 갖는다.
- [0010] 본 발명의 일부 태양에서, 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력이 0 초과인 적어도 하나의 렌즈, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대한 평균 광학 반사율이 30% 이상인 부분 반사기, 및 미리결정된 파장 범위에서의 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 미리결정된 파장 범위에서의 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함하는 광학 시스템이 제공된다. 광학 시스템은 광학 축을 갖는다. 광학 축을 따라 전파하는 광선은 실질적으로 굴절되지 않고서 적어도 하나의 렌즈, 부분 반사기 및 반사 편광기를 통과한다. 제2 편광 상태 및 미리결정된 파장 범위 내의 파장을 가지며 광학 축 상에 중심을 둔 약 100도 내지 약 160도의 전체 원추각을 갖는 광의 입사 원추(incident cone)에 대해, 제1 편광 상태를 갖는 제1 광 성분 및 제2 편광 상태를 갖는 제2 광 성분을 갖는 입사광이 광학 시스템에서 나온다. 제1 광 성분의 평균 세기 대 제2 광 성분의 평균 세기의 비는 약 100 초과이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 광학 컴포넌트의 개략 단면도이다.
- 도 2는 광학 시스템의 개략 단면도이다.
- 도 3은 광학 컴포넌트의 개략 단면도이다.



도 4 내지 도 6b는 광학 시스템의 개략 단면도이다.

도 7은 광학 컴포넌트의 개략 단면도이다.

도 8 및 도 9는 편광 빔 스플리터의 개략 단면도이다.

도 10은 광학 시스템의 개략 단면도이다.

도 11은 일체로 형성된 반사 편광기의 개략 단면도이다.

도 12 및 도 13은 광학 필름의 개략 단면도이다.

도 14a는 반사 편광기의 층 수의 함수로서의 층 두께의 개략도이다.

도 14b 및 도 14c는 간섭 층의 2개의 패킷을 포함하는 반사 편광기에 대한 층 두께 대 층 수의 플롯이다.

도 15 및 도 16은 렌즈 조립체의 개략 단면도이다.

도 17은 반사 편광기의 투과율의 개략 플롯이다.

도 18은 반사 편광기의 반사율의 개략 플롯이다.

도 19는 반사 편광기의 흡수율의 개략 플롯이다.

도 20은 광학 요소의 개략 단면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 하기 설명에서, 본 명세서의 일부를 형성하고 다양한 실시 형태가 예시로서 도시되어 있는 첨부 도면을 참조한다. 도면은 반드시 축척대로 그려진 것은 아니다. 다른 실시 형태가 고려되며 본 발명의 범주 또는 사상으로 부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 하기의 상세한 설명은 제한적 의미로 해석되어서는 안 된다.

[0013] 본 발명의 광학 컴포넌트는 반사 편광기 필름, 반사 편광기 조립체, 렌즈 조립체, 및 편광 빔 스플리터(PBS)와 같은 광학 필름을 포함한다. 본 발명의 광학 시스템은 본 발명의 광학 컴포넌트를 포함하는 광학 시스템을 포함한다. 일부 경우에, 광학 시스템은 절첩형 광학계 설계를 이용한다. 본 발명의 일부 실시 형태에 따르면, 광학 스택 내에 반사 편광기를 갖는 비접촉성 가요성 광학 층을 포함하고/하거나 두꺼운 다층 광학 필름 반사 편광기를 사용하는 것이, 예를 들어, 반사 편광기가 더 높은 새그 대 직경 비로 만족되게 할 수 있고, 형성 과정에서 나타나는 결함 없이 적합한 성능을 유지할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 예를 들어, 부분 반사기 및 본 발명의 광학 스택 또는 반사 편광기를 포함하는 절첩형 광학계 설계를 이용하는 광학 시스템이, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같은 종래의 광학 스택 또는 반사 편광기를 사용하는 것과 비교하여 더 높은 편광 콘트라스트(polarization contrast)를 달성할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 다른 예로서, 본 발명의 광학 스택 또는 반사 편광기를 포함하는 편광 빔 스플리터(PBS)를 이용하는 광학 시스템이, 종래의 PBS를 사용하는 광학 시스템과 비교하여 개선된 콘트라스트 및 결함 없이 PBS를 제조하는 개선된 능력을 제공한다는 것이 밝혀졌다.

[0014] 실질적으로 일축 배향되지 않은 반사 편광기 필름(예를 들어, 3M Company(미국 미네소타주 세인트 폴 소재)로부터 입수가능한 듀얼 브라이트니스 인핸스먼트 필름(Dual Brightness Enhancement Film, DBEF))은 총 두께가 100 마이크로미터 초과일 수 있지만, 실질적으로 일축 배향된 필름(예를 들어, 3M Company로부터 입수가능한 어드밴스드 폴라라이징 필름(Advanced Polarizing Films, APF))은 전형적으로 훨씬 더 얇다. 예를 들어, APF 필름은 두께가 전형적으로 약 35 마이크로미터 미만이다. 본 발명에 따르면, 두꺼운(예컨대, 약 50 마이크로미터 초과)의 두께의 실질적으로 일축 배향된 반사 편광기 필름이, 예를 들어 만족된 형상으로 형성되고 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같은 광학 시스템에 사용될 때 개선된 특성을 제공한다는 것이 밝혀졌다. 개선된 특성은 개선된 기계적 특성 및 개선된 광학 특성을 포함한다. 개선된 기계적 특성은, 필름 내에 결함(예컨대, 좌굴(buckling)로부터의 주름)을 생성하지 않고서 더 높은 곡률 또는 더 높은 새그 대 직경 비로 개선된 성형성을 포함한다. 개선된 광학 특성은, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같은 절첩형 광학계 설계를 이용하는 광학 시스템에 사용될 때의 개선된 편광 콘트라스트를 포함한다. 일부 경우에, 광학 특성의 개선은, 더 두꺼운 필름 또는 광학 스택이 만족된 형상으로 형성될 때 반사 편광기 필름의 원하는 광학 특성을 더 양호하게 보존하는 것으로부터 야기된다. 대안적으로, 또는 추가로, 광학 특성의 개선은, 개선된 반사 편광기 필름에서 시작하는 것으로부터 (그를 형성하기 전에) 야기될 수 있다. 예를 들어, 본 명세



서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이 일부 간섭 층에 이색성 염료를 포함시키고/시키거나 추가의 간섭 층을 포함함으로써, 감소된 차단 상태 투과율을 갖는 반사 편광기 필름이 제공될 수 있다.

[0015] 두꺼운 반사 편광기 필름을 사용하는 것에 더하여 또는 그 대신에, 형성 전에 반사 편광기에 비접착성 가요성 광학 필름을 접합하는 것이 물리적 특성을 개선하는 것으로 밝혀졌다. 반사 편광기의 두께는, (예컨대, 동일한 또는 대략 동일한 두께 범위를 갖는 간섭 층의 2개의 패킷을 사용함으로써) 주어진 두께 범위 내의 추가적인 간섭 층을 포함함으로써 그리고/또는 비간섭 층의 두께를 증가시킴으로써 증가될 수 있다.

[0016] 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는, 높은 콘트라스트를 제공하기 위해 교번하는 중합체 간섭 층의 2개 이상의 패킷을 포함한다. 그러한 반사 편광기는, 2017년 3월 6일자로 출원되고, 이로써, 그것이 본 발명과 상충되지 않을 정도로 본 명세서에 참고로 포함된 미국 가특허 출원 제62/467712호(Haag 등)에 추가로 기재되어 있다. "패킷"이라는 용어는, 패킷 내에 형성된(예컨대, 순차적으로 배열된) 어떠한 스페이서 또는 비간섭 층도 없는 교번하는 간섭 층의 연속 세트를 지칭하는 데 사용된다. 일부 예에서, 스페이서, 비간섭 층, 또는 다른 층이 주어진 스택/패킷의 외부에 추가되어서, 패킷 내의 간섭 층의 교번 패턴을 붕괴시킴이 없이 필름의 외측 층을 형성할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 2개의 상이한 패킷 내의 간섭 층의 두께 분포는 반사 편광기의 콘트라스트 비를 증가시키기 위해 실질적으로 중첩된다(예컨대, 양쪽 모두는 동일한 미리결정된 파장 범위를 커버한다). 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 100 이상, 또는 200 이상, 또는 500 이상, 또는 1000 이상, 또는 2000 이상의 콘트라스트 비(통과 편광 상태의 수직 입사광의 투과율을 차단 편광 상태의 수직 입사광의 투과율로 나눈 값)를 갖는다. 이와 비교하여, 종래의 다층 광학 필름 반사 편광기는 종종 약 50 이하의 콘트라스트 비를 갖는다.

[0017] 도 1은 만곡된 제1 주 표면(111) 및 반대편 제2 주 표면(112)을 갖는 제1 광학 요소(110); 및 제1 광학 요소(110)의 만곡된 제1 주 표면(111)에 접합되고 정합되는 광학 스택(120)을 포함하는 광학 컴포넌트(100)의 개략 단면도이다. 일부 실시 형태에서, 광학 스택(120)은 선택적인 접착제 층(132)을 통해 광학 요소(110)에 접합된다. 일부 실시 형태에서, 광학 스택(120)은, 광학 요소(110)가 예를 들어 인서트 성형 공정에 의해 광학 스택(120) 상에 일체로 형성됨으로써 광학 요소(110)에 접합되고, 선택적인 접착제 층(132)은 생략된다. 광학 스택(120)은 제1 및 제2 층들(122, 126)을 포함한다. 제1 층(122)은 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들(123, 124)을 가지며, 제2 층(126)은 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들(127, 128)을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 층들(122, 126)은 선택적인 접착제 층(130)을 통해 서로 접합된다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 층들(122, 126)은 서로 일체로 형성됨으로써 서로 접합되고, 선택적인 접착제 층(130)은 생략된다.

[0018] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 제2 요소와 "일체로 형성된" 제1 요소란, 제1 및 제2 요소들이 별도로 제조된 후에 후속하여 결합되기보다는 오히려 함께 제조되는 것을 의미한다. 일체로 형성되는 것은, 제1 요소를 제조하는 것, 이어서 제1 요소 상에 제2 요소를 제조하는 것을 포함한다. 복수의 층을 포함하는 반사 편광기는, 층들이 별도로 제조된 후 후속하여 결합되기보다는 오히려 함께 제조되는 (예컨대, 용융물 스트림으로서 조합되고 이어서 냉각 롤 상으로 캐스팅되어 층들 각각을 갖는 캐스트 필름을 형성하고, 이어서 캐스트 필름을 배향하는) 경우 일체로 형성된다.

[0019] 본 명세서에 사용되는 임의의 접착제 층은 평균 두께가 약 1 마이크로미터 내지 약 50 마이크로미터일 수 있다. 접착제 층은, 예를 들어 감압 접착제, 핫 멜트 접착제, 열경화성 접착제, 용매계 접착제, 및 수계 접착제 중 하나 이상일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 접착제 층은, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기재된 바와 같이 바로 인접한 층에 실질적으로 굴절을 매칭된다. 일부 실시 형태에서, 접착제 층은 광학적으로 투명한 접착제 층이다. 적합한 광학적으로 투명한 접착제에는, 예를 들어 3M Company로부터 입수가능한 것들(예컨대, 각각 1 밀(mil) 및 2 밀의 두께인 3M 옵티컬리 클리어 어드히시브(3M Optically Clear Adhesive) 8171 및 8172) 및 Norland Products Inc.(미국 뉴저지주 크랜버리 소재)로부터 입수가능한 놀랜드 옵티컬 어드히시브즈(Norland Optical Adhesives)가 포함된다.

[0020] 일부 실시 형태에서, 제1 층(122)은 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기이고; 제2 층(126)은, 반사 편광기에 접합되고, 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들(127, 128)을 갖는 비접착성 가요성 광학 층이다. 일부 실시 형태에서, 제2 층(126)은 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기이고; 제1 층(122)은, 반사 편광기에 접합되고, 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들(123, 124)을 갖는 비접착성 가요성 광학 층이다.

- [0021] 일부 실시 형태에서, 제2 층(126)은 제1 층(122)에 이형가능하게 접합된 라이너이다. 광학 필름을 보호하기 위해 광학 필름을 만곡된 형상으로 형성하기 전에 이형 라이너가 광학 필름에 적용될 수 있다. 이형 라이너들 중 하나는 광학 필름 상에 렌즈 또는 다른 광학 요소를 성형하기 전에 제거될 수 있고, 다른 이형 라이너는 광학 필름을 보호하기 위해(예컨대, 몰드가, 몰드로부터 광학 필름 상으로 표면 텍스처를 부여하거나 굽지 않도록) 유지될 수 있다. 광학 필름에 접합되어 있지만 광학 필름을 실질적으로 손상시키지 않고서 광학 필름으로부터 깨끗하게 제거될 수 있는 라이너는 광학 필름에 이형가능하게 접합되는 것으로 기술될 수 있고 이형 라이너로서 기술될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 필름에 이형가능하게 접합되는 라이너는 광학 필름에 대한 가시적인 손상 없이 광학 필름으로부터 제거될 수 있다. 이형가능하게 접합된 라이너는, 기재에 강하게 접합되지만 광학 필름에는 약하게 접합되는 접착제 층을 갖는 기재를 포함할 수 있다. 예를 들어, 라이너는, 접착제에 대한 그의 접합을 증가시키도록 처리된 표면을 갖는 기재에 적용되는 낮은 점착성 접착제의 얇은 층을 포함할 수 있다. 다른 적합한 라이너에는, 예를 들어 미국 특허 제6,991,695호(Tait 등)에 기재된 바와 같이 광학 필름에 정전기적으로 접합되는 것들이 포함된다. 적합한 라이너의 일례는 Sun A Kaken Co., Ltd.로부터 입수가 가능한 OCPET NSA33T이다.
- [0022] 비접착성 가요성 광학 층의 제1 및 제2 주 표면들은, 비접착성 가요성 광학 층이 무시해도 될 정도의 광학 굴절력을 갖도록 주 표면들이 평행에 충분히 가까운 경우 또는 제1 및 제2 주 표면들의 80% 이상에 걸친 각각의 쌍의 대향 지점들에서의 기울기들이 30도 이하만큼 상이한 경우 실질적으로 평행한 것으로 기술될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 주 표면들의 80% 이상, 또는 85% 이상, 또는 90% 이상에 걸친 각각의 쌍의 대향 지점들의 기울기들은 20도 이하, 또는 10도 이하, 또는 5도 이하만큼 상이하다. 대향 지점들은, 비접착성 가요성 광학 층의 두께 방향을 따른 선을 따른 지점들을 지칭하며, 여기서 선은 제1 및 제2 주 표면들 중 적어도 하나에 수직이다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은, 원하는 형상으로 형성되기 전에 평행한 주 표면을 가졌지만, 형성으로부터 야기되는 층의 두께 변화로 인해 형성 후에는 정확하게 평행하지 않을 수 있는 표면을 가졌다.
- [0023] 반사 편광기는 미리결정된 파장 범위에서, 직교하는 제1 및 제2 편광 상태들 중 하나(예컨대, x-축을 따른 전기장을 갖는 제1 편광 상태)를 갖는 광을 실질적으로 반사시키고, 제1 및 제2 편광 상태들 중 다른 하나(예컨대, y-축을 따른 전기장을 갖는 제2 편광 상태)를 갖는 광을 실질적으로 투과시킨다. 반사 편광기는, 반사 편광기의 일 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사되고 미리결정된 파장 범위에서의 제1 편광 상태를 갖는 광의 60% 이상이 반사 편광기를 통해 투과되는 경우 미리결정된 파장 범위에서의 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키는 것으로 칭해질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 미리결정된 파장 범위에서의 제1 편광 상태를 갖는 광의 70% 이상, 또는 80% 이상, 또는 85% 이상이 편광기를 통해 투과된다. 반사 편광기는, 반사 편광기의 일 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사되고 미리결정된 파장에서의 제2 편광 상태를 갖는 광의 60% 이상이 반사 편광기로부터 반사되는 경우 미리결정된 파장 범위에서의 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 것으로 칭해질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 미리결정된 파장 및 제2 편광 상태를 갖는 광의 70% 이상, 또는 80% 이상, 또는 85% 이상이 편광기로부터 반사된다. 일부 실시 형태에서, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 반사 편광기는 제2 편광 상태를 갖는 광을 부분적으로 흡수하는 층을 포함할 수 있다.
- [0024] 미리결정된 파장 범위는, 광학 시스템이 동작하도록 설계되는 파장 범위일 수 있다. 예를 들어, 미리결정된 파장 범위는 가시 범위(400 nm 내지 700 nm)일 수 있다. 다른 예로서, 미리결정된 파장 범위는 하나 이상의 가시 파장 범위를 포함할 수 있다. 예를 들어, 미리결정된 파장 범위는 하나 초과와 좁은 파장 범위의 조합(예컨대, 디스플레이 패널의 발광 색상에 대응하는 분리된 적색, 녹색 및 청색 파장 범위의 조합)일 수 있다. 그러한 파장 범위는 미국 특허 출원 공개 제2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 추가로 기재되어 있으며, 이는 이로써 본 발명과 상충되지 않을 정도로 본 명세서에 참고로 포함된다. 일부 실시 형태에서, 미리결정된 파장 범위는, 가시 파장 범위뿐만 아니라 다른 파장 범위(예컨대, 적외선(예컨대, 근적외선(약 700 nm 내지 약 2500 nm)), 또는 자외선(예컨대, 근자외선(약 300 nm 내지 약 400 nm)))를 포함한다.
- [0025] 본 발명의 광학 시스템에 사용되는 반사 편광기는 임의의 적합한 유형의 반사 편광기일 수 있다. 반사 편광기는, 예를 들어 미국 특허 제5,882,774호(Jonza 등), 및 미국 특허 제6,609,795호(Weber 등)에 기재된 것들과 같은 중합체 다층 광학 필름일 수 있다. 반사 편광기는 실질적으로 일축 배향될 수 있다. 반사 편광기 또는 반사 편광기 내의 층은, 그것이 하나의 면내 방향으로 실질적으로 배향되고, 직교하는 면내 방향으로 실질적으로 배향되지 않고 두께 방향으로 실질적으로 배향되지 않는 경우 실질적으로 일축 배향된다. 실질적으로 일축 배향된 반사 편광기는 3M Company로부터 상표명 어드밴스드 폴라라이징 필름 또는 APF로 입수가 가능하다. 다른

유형의 다층 광학 필름 반사 편광기(예컨대, 3M Company로부터 입수가 가능한 듀얼 브라이트니스 인헨스먼트 필름 또는 DBEF)가 또한 사용될 수 있다. DBEF 필름은 직교하는 면내 방향에서보다 하나의 면내 방향으로 실질적으로 더 많이 배향되고, 또한 두께 방향으로의 배향을 나타낸다. DBEF 필름은, "실질적으로 일축 배향된 것"이 본 명세서에서 사용된 바와 같이 실질적으로 일축 배향되어 있지는 않다.

[0026] 일부 실시 형태에서, 만족된 형상으로 형성하기 전의 반사 편광기는, 그것이 0.7 이상, 또는 0.8 이상, 또는 0.85 이상의 일축 특성의 정도(U)를 갖는다는 점에서 실질적으로 일축 배향되고, 여기서  $U = (1/MDDR - 1) / (TDDR^{1/2} - 1)$ 이며, 이때 MDDR은 기계 방향 연신비(machine direction draw ratio)로서 정의되고, TDDR은 횡방향 연신비(transverse direction draw ratio)로서 정의된다. 그러한 실질적으로 일축 배향된 다층 광학 필름은, 이로써, 본 발명과 상충되지 않을 정도로 본 명세서에 참고로 포함되는 미국 특허 출원 공개 제2010/0254002호(Merrill 등)에 기재되어 있고, 복수의 교번하는 제1 및 제2 중합체 층들을 포함할 수 있으며, 이때 제1 중합체 층은 굴절률이 길이 방향(예컨대, x-방향) 및 두께 방향(예컨대, z-방향)에서는 실질적으로 동일하지만 폭 방향(예컨대, y-방향)에서는 실질적으로 상이하다. 예를 들어, x-방향 및 z-방향에서의 굴절률들의 차이의 절대값은 0.02 미만 또는 0.01 미만일 수 있고, x-방향 및 y-방향에서의 굴절률들의 차이의 절대값은 0.05 초과 또는 0.10 초과일 수 있다. 달리 명시된 경우를 제외하고는, 굴절률은 550 nm의 파장에서의 굴절률을 지칭한다. 만족된 형상으로 형성한 후에, 반사 편광기는 적어도 하나의 위치에서 실질적으로 일축 배향되는 적어도 하나의 층을 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 적어도 하나의 위치에서의 적어도 하나의 층은, 그 층의 두께를 따른 제1 방향에서의 제1 굴절률, 제1 방향에 직교하는 제2 방향에서의 제2 굴절률, 및 제1 및 제2 방향들에 직교하는 제3 방향에서의 제3 굴절률을 가지며, 제1 굴절률과 제3 굴절률의 차이의 절대값은 약 0.02 미만, 또는 약 0.01 미만이고, 제2 굴절률과 제3 굴절률의 차이의 절대값은 약 0.05 초과, 또는 약 0.10 초과이다. 일부 실시 형태에서, 만족된 형상으로 형성된 후에, 반사 편광기는 복수의 위치에서 실질적으로 일축 배향되는 적어도 하나의 층을 갖는다.

[0027] 본 발명에 따르면, 종래의 실질적으로 일축 배향된 반사 편광기 필름보다 실질적으로 더 두꺼운 실질적으로 일축 배향된 반사 편광기 필름이, 만족된 형상으로 형성되고 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같은 광학 시스템에 사용될 때 개선된 특성을 제공한다는 것이 밝혀졌다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 평균 두께는 약 50 마이크로미터 초과, 또는 약 60 마이크로미터 초과, 또는 약 70 마이크로미터 초과이다.

[0028] 반사 편광기 또는 미러 필름 내의 더 높은 굴절률의 간섭 층에 적합한 재료에는, 예를 들어 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), PEN 및 폴리에스테르를 함유하는 공중합체(예컨대, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 또는 다이벤조산), 글리콜 개질된 폴리에틸렌 테레프탈레이트가 포함된다. 반사 편광기 또는 미러 필름 내의 더 낮은 굴절률의 간섭 층에 적합한 재료에는, 예를 들어 PEN에 기초한 코폴리에스테르, PET에 기초한 코폴리에스테르, 폴리카르보네이트(PC), 또는 이들 3가지 부류의 재료들의 블렌드가 포함된다. 원하는 수의 층들로 높은 반사율을 달성하기 위해, 인접한 미세층들은 차단 축을 따라 편광된 광에 대한 굴절률들의 차이가 예를 들어, 0.2 이상인 것을 나타낼 수 있다.

[0029] 비접착성 가요성 광학 층은, 인접한 층들을 함께 접합하고 가요성인 접착제가 아닌 광학 층이다. 일부 경우에,  $D = (1/12) Et^3 / (1 - \mu^2)$ 에 의해 주어지는 층의 굴곡 강성의 관점에서 층의 가요성을 특성화하는 것이 편리한데, 여기서 t는 층 두께이고, E는 영률(Young's modulus)이고,  $\mu$ 는 푸아송비(Poisson ratio)이다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은 굴곡 강성이 100 N-m 미만, 또는 50 N-m 미만, 또는 20 N-m 미만, 또는 10 N-m 미만, 또는 5 N-m 미만, 또는 3 N-m 미만, 또는 1 N-m 미만, 또는 0.5 N-m 미만이다.

[0030] 비접착성 가요성 광학 층은, 예를 들어 중합체 필름, 반사 방지 코팅, 흡수 편광기, 중성 밀도 필터, 지연기, 염색된 필름, 광학 필터, 전기 회로를 포함하는 필름, 전극, 적외선 반사 필름, 다층 광학 필름, 및 확산기 중 하나 이상일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은 광학적으로 투명한 필름 기재, 예컨대 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 또는 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)이다. 필름 또는 접착체 층은, 그것이 미리결정된 파장 범위(예컨대, 400 nm 내지 700 nm)에서의 비편광된 수직 입사광의 투과율이 80% 이상이고 탁도가 20% 미만인 경우 광학적으로 투명한 것으로 기술될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은, 400 nm 내지 700 nm의 파장 범위에서의 비편광된 수직 입사광의 투과율이 85% 이상이고 탁도가 10% 미만, 또는 5% 미만인 광학적으로 투명한 필름이다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은 염색된 필름 및/또는 광학 필터이고, 투과된 광의 일부 태양(예컨대, 색상 또는 세기)을 조정하는 데 사용된다. 예를 들어, 필터를 통해 투과되는 모든 가시광의 세기를 감소시키기 위해 중성 밀도 필터가 포함될 수 있다. 예를 들어, 전기 회로가 디스플레이 요소 또는 터치 감응형 요소를 제



어하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 액정 디스플레이 요소를 어렵게 하기 위해 전극이 포함될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기재된 바와 같은 이형 라이너이다. 일부 실시 형태에서, 이형 라이너는, 예를 들어 PET 기재를 포함한다.

[0031] 일부 실시 형태에서, 제1 광학 요소(110)는 강성이다. 예를 들어, 제1 광학 요소(110)는, 제1 광학 요소(110)가 0.5 lb(2.2 뉴턴(Newton)) 힘의 인가 하에서 인지가능하게 휘어지지 않는 충분한 두께로 유리 재료 또는 합체 재료로 제조될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 광학 요소(110)는 비접착성 가요성 광학 층(제1 층(122) 및 제2 층(126) 중 하나)보다 덜 가요성이다. 예를 들어, 제1 광학 요소(110)는 강성일 수 있는 반면, 비접착성 가요성 광학 층은 가요성 필름(예컨대, 0.5 lb 힘의 인가 하에서 인지가능하게 휘어지거나 접히는 필름)일 수 있다.

[0032] 광학 컴포넌트(100)는 광학 시스템 내의 컴포넌트로서 사용될 수 있거나, 또는 광학 시스템 그 자체인 것으로 간주될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 요소(110)는 광학 렌즈이고, 광학 컴포넌트(100)는 렌즈 조립체이다. 일부 실시 형태에서, 광학 렌즈는 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력을 갖는다. 예를 들어, 광학 렌즈는, 도 1의 x-y-z 좌표계를 참조하여, y-방향에서의 광학 굴절력을 갖는 원통형 렌즈일 수 있다. 다른 예로서, 광학 렌즈는 2개의 상호 직교하는 방향(예컨대, x-방향 및 y-방향)으로 만곡될 수 있고, 2개의 상호 직교하는 방향(예컨대, x-방향 및 y-방향)에서의 광학 굴절력을 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 렌즈는 실질적으로 평면인 표면을 갖는다(예컨대, 제2 주 표면(112)은 평면형일 수 있다). 표면의 80% 이상에 걸친 각각의 지점이 표면의 최대 측방향 치수의 5배 이상인 곡률 반경을 갖는 경우, 그 표면은 실질적으로 평면형이다. 일부 실시 형태에서, 실질적으로 평면인 표면은, 곡면의 80% 이상, 또는 90% 이상, 또는 95% 이상에 걸친 각각의 지점에서의 곡률 반경이, 표면의 최대 측방향 치수의 5배 이상, 또는 10배 이상, 또는 20배 이상, 또는 50배 이상이다.

[0033] 도 2는 렌즈 조립체(200)를 포함하는 광학 시스템(201)의 개략 단면도이다. 렌즈 조립체(200)는 광학 컴포넌트(100)에 대응할 수 있고, 제1 렌즈(210), 및 제1 렌즈(210)의 만곡된 주 표면 상에 배치되고 그에 정합되는 광학 스택(220)을 포함한다. 광학 스택(220)은 제1 층(222) 및 제2 층(226)을 포함한다. 선택적인 접착제 층이 제1 층(222)과 제2 층(226) 사이에 그리고/또는 광학 스택(220)과 제1 렌즈(210) 사이에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 층들(222, 226) 중 하나는 반사 편광기이고, 제1 및 제2 층들(222, 226) 중 다른 하나는 비접착성 가요성 광학 층이다. 광학 시스템(201)은 지연기(235), 지연기(239), 및 제2 렌즈(240)를 추가로 포함하며, 제2 렌즈는 제2 렌즈(240)의 주 표면 상에 배치된 부분 반사기(242)를 갖는다. 일부 실시 형태에서, 광학 시스템(201)은 디스플레이(250)에 의해 방출된 이미지를 관찰 위치(265)에 디스플레이하도록 구성된다.

[0034] 일부 실시 형태에서, 제1 렌즈(210) 및 제1 광학 스택(220)은 제2 렌즈(240)로부터 이격되어 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 렌즈(210)는 실질적으로 비평행한 제1 및 제2 주 표면들을 갖는 제1 광학 요소이고, 제2 렌즈(240)는 실질적으로 비평행한 제1 및 제2 주 표면들을 갖는 제2 광학 요소이다. 렌즈의 제1 및 제2 주 표면들은, 렌즈가 무시할 수 없는 광학 굴절력을 갖도록 주 표면들이 충분히 상이한 경우 또는 제1 및 제2 주 표면들 상의 적어도 한 쌍의 대향 지점들에서의 기울기들이 10도 이상만큼 상이한 경우 실질적으로 비평행한 것으로 기술될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 주 표면들 상의 적어도 한 쌍의 대향 지점들에서의 기울기들은 20도 이상 또는 30도 이상만큼 상이하다. 대향 지점들은, 렌즈의 두께 방향을 따른 선을 따른 지점들을 지칭하며, 여기서 선은 제1 및 제2 주 표면들 중 하나에 수직이다. 프리즘의 제1 및 제2 주 표면들은, 표면들 사이의 각도가 약 20도 이상인 경우에 실질적으로 비평행한 것으로 기술될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 프리즘의 실질적으로 비평행한 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 각도는 약 30도 이상이다.

[0035] 광학 시스템(201)의 다른 구성이 가능하다. 일부 실시 형태에서, 지연기(235)는 제1 렌즈(210)의 반대편에 있는 광학 스택(220) 상에 배치될 수 있거나, 또는 부분 반사기(242)의 반대편에 있는 제2 렌즈(240) 상에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 지연기(239)는 부분 반사기(242) 상에 배치될 수 있거나, 또는 디스플레이(250) 상에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 렌즈들(210, 240)은 (예컨대, 하나의 주 표면 상의 부분 반사기(242) 및 반대편 주 표면 상의 광학 스택(220)을 갖는) 단일 렌즈로 대체된다. 또 다른 실시 형태에서, 2개 초과 렌즈가 포함된다. 광학 시스템을 위한 다른 가능한 배열은 미국 특허 출원 공개 제 2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 기재되어 있다. 광학 스택(220)은, 미국 특허 출원 공개 제 2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 기재된 임의의 실시 형태에서의 반사 편광기 대신에 사용될 수 있다.

[0036] 일부 실시 형태에서, 디스플레이(250)는 반사 편광기의 차단 편광 상태의 광을 방출하고, 지연기(235, 239)는

디스플레이에 의해 방출된 광이 먼저 차단 편광 상태에서 반사 편광기 상에 입사되도록 배치된다. 예를 들어, 지연기(235, 239)는 서로에 대해 약 90도로 배향된 진상축(fast axis)을 가질 수 있다. 지연기(235, 239)는 각각 미리결정된 파장 범위 내의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기일 수 있다. 다른 구성이 또한 가능하다. 예를 들어, 지연기(235, 239)는 그들 각각의 진상축이 정렬된 1/4 파장 지연기일 수 있다. 이 경우에, 디스플레이(250)는 반사 편광기의 통과 편광 상태의 광을 방출할 수 있어, 광이 먼저 차단 상태에서 반사 편광기 상에 입사되도록 한다.

[0037] 지연기(235 및/또는 239)는 기재 또는 렌즈 상의 코팅일 수 있거나, 또는 지연기 필름일 수 있고, 예를 들어, 미국 특허 출원 공개 US 2002/0180916호(Schadt 등), US 2003/028048호(Cherkaoui 등) 및 US 2005/0072959호(Moia 등)에 기재된 선형 광중합성 중합체(LPP) 재료 및 액정 중합체(LCP) 재료를 포함하는 임의의 적합한 재료로 형성될 수 있다. 적합한 LPP 재료는 ROP-131 EXP 306 LPP를 포함하고, 적합한 LCP 재료는 ROF-5185 EXP 410 LCP를 포함하며, 이들 둘 모두는 스위스 알슈빌 소재의 Rolic Technologies로부터 입수가 가능하다. 일부 실시 형태에서, 지연기(235)는 미리결정된 파장 범위(예컨대, 400 nm 내지 700 nm) 내의 적어도 하나의 파장에서의 1/4 파장 지연기이다.

[0038] 부분 반사기(242)는 임의의 적합한 부분 반사기일 수 있고, 예를 들어 미리결정된 파장 범위에서의 평균 광학 반사율이 20% 이상 또는 30% 이상일 수 있다. 예를 들어, 부분 반사기는 투명한 기재(예컨대, 렌즈에 이어서 접착될 수 있는 필름, 또는 기재는 렌즈일 수 있음) 상에 금속(예컨대, 은 또는 알루미늄)의 얇은 층을 코팅함으로써 구성될 수 있다. 부분 반사기는 또한, 예를 들어, 렌즈 기재의 표면 상으로 박막 유전체 코팅을 침착시킴으로써, 또는 표면 상에 금속 코팅과 유전체 코팅의 조합을 침착시킴으로써 형성될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 부분 반사기는, 미리결정된 파장 또는 미리결정된 파장 범위에서의 평균 광학 반사율 및 평균 광학 투과율이 각각 20% 내지 80%의 범위에 있거나, 또는 각각 30% 내지 70%의 범위에 있거나, 또는 각각 40% 내지 60%의 범위에 있거나, 또는 각각 45% 내지 55%의 범위에 있다. 부분 반사기는, 예를 들어 하프 미러(half mirror)일 수 있다. 미리결정된 파장 범위에서의 평균 광학 반사율 및 평균 광학 투과율은, 각각, 달리 지시되지 않는 한, 수직 입사 시 결정되는, 미리결정된 파장 범위에 걸친 그리고 광학 반사율 및 광학 투과율의 편광에 걸친 비가중 평균을 지칭한다. 일부 실시 형태에서, 부분 반사기는 반사 편광기일 수 있거나, 또는 편광 의존적 반사율을 가질 수 있다. 그러나, 수직 입사 광학 반사율 및 광학 투과율은 입사광의 편광 상태에 독립적이거나 실질적으로 독립적인 것이 전형적으로 바람직하다. 그러한 편광 독립성은, 예를 들어 실질적으로 등방성인 금속 층 및/또는 유전체 층을 사용하여 얻어질 수 있다.

[0039] 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은 낮은 지연도 또는 높은 지연도 중 어느 하나를 갖는 것이 바람직하다. 비접착성 가요성 광학 층(예컨대, 층(226))이 반사 편광기(예컨대, 층(222))와 부분 반사기(242) 사이에 배치되는 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은 낮은 지연도를 갖는 것이 전형적으로 바람직하다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만, 또는 약 80 nm 미만, 또는 약 60 nm 미만, 또는 약 40 nm 미만, 또는 약 30 nm 미만, 또는 약 20 nm 미만, 또는 약 10 nm 미만, 또는 약 5 nm 미만이다. 비접착성 가요성 광학 층(예컨대, 층(222))이 반사 편광기(예컨대, 층(226))와 부분 반사기(242) 사이의 영역의 외측에 배치되는 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층은 높은 지연도를 갖는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 층은, 층의 배향 정도(예컨대, 일축 또는 이축) 및 두께에 따라 높은 지연도를 가질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 200 nm 초과, 또는 약 400 nm 초과, 또는 약 800 nm 초과, 또는 약 1000 nm 초과, 또는 약 2000 nm 초과, 또는 약 3000 nm 초과, 또는 약 4000 nm 초과이다.

[0040] 층의 일정 위치에서의 광학 지연도는, 그 위치에서 층 상에 수직으로 입사되는 층을 통해 투과되는 광의 위상 지연도이다. 위상 지연도는 2개의 직교 편광된 광선에 대한 최대 위상 차이이다. 입사 광선의 파장은 달리 명시되지 않는 한 약 550 nm이다. 지연도는, 예를 들어 통상의 제조 변동으로 인해 위치에 따라 변할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 비접착성 가요성 광학 층의 각각의 위치는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 범위들 중 임의의 범위의 광학 지연도를 갖는다.

[0041] 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 렌즈들(210, 240) 각각은 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력이 0 초과이다. 일부 실시 형태에서, 부분 반사기(242)는 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해 30% 이상의 평균 광학 반사율을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(제1 및 제2 층들(222, 226) 중 하나)는 미리결정된 파장 범위에서의 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고, 미리결정된 파장 범위에서의 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킨다. 광학 시스템(201)은 광학 축(260)을 가지는데, 이 광학 축은, 광학 축(260)을 따라 전파하는 광선(261)이 실질적으로 굴절되지 않고서 제1 렌즈(210),

제2 렌즈(240), 부분 반사기(242) 및 반사 편광기를 통과하는 축인 것으로 이해될 수 있다. 실질적으로 굴절되지 않는다는 것은, 표면 상에 입사되는 광선과 그 표면을 통하여 투과되는 광선 사이의 각도가 15도 이하인 것을 의미한다. 일부 실시 형태에서, 광학 축(260)을 따라 전파하는 광선은, 광학 시스템(201)의 임의의 주 표면에서 10도 초과, 또는 5도 초과, 또는 3도 초과, 또는 2도 초과만큼 굴절되지 않고서 제1 렌즈(210), 제2 렌즈(240), 부분 반사기(242), 및 반사 편광기를 통과한다.

[0042] 일부 실시 형태에서, 광학 시스템(201)은 입사광을 수신하고 광을 관찰 위치(265)에 있는 관찰자에게 송신하도록 구성된다. 광학 시스템(201)에서 나오는 광은 제1 및 제2 광 성분들(255, 257)에 의해 개략적으로 예시되어 있다.

[0043] 본 발명의 광학 스택 및 반사 편광기는 광학 시스템이 종래의 광학 시스템보다 더 높은 편광 콘트라스트를 달성하게 한다는 것이 밝혀졌다. 일부 실시 형태에서, 제2 편광 상태(반사 편광기에 대한 차단 상태) 및 미리결정된 파장 범위 내의 파장을 가지며 광학 축(260) 상에 중심을 둔 약 100도 내지 약 160도의 전체 원추각( $\theta$ )을 갖는 광(253)의 입사 원추에 대해, 제1 편광 상태(반사 편광기의 통과 상태)를 갖는 제1 광 성분(255) 및 제2 편광 상태를 갖는 제2 광 성분(257)을 갖는 입사광이 광학 시스템에서 나온다. 일부 실시 형태에서, 제1 광 성분(255)의 평균 세기 대 제2 광 성분(257)의 평균 세기의 비는 약 100 초과, 또는 약 110 초과, 또는 약 120 초과, 또는 약 130 초과이다.

[0044] 도 3은 많은 방식으로 광학 컴포넌트(100)와 유사한 광학 컴포넌트(300)의 개략 단면도이다. 광학 컴포넌트(300)는 제1 광학 요소(310), 및 제1 광학 요소(310)의 만곡된 주 표면에 접합되고 정합되는 광학 스택(320)을 포함한다. 광학 스택(320)은 제1 및 제2 층들(322, 326)을 포함하며, 이들 중 하나는 반사 편광기일 수 있고, 다른 하나는 비접착성 가요성 광학 층일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 층들(322, 326)은 서로 일체로 형성되어 있다. 다른 실시 형태에서, 접착제 층이 제1 및 제2 층들(322, 326)을 서로 접촉시키는 데 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 광학 요소(310)는 광학 스택(320)과 일체로 형성되고, 다른 실시 형태에서, 광학 스택(320)은 제1 광학 요소(310)에 접촉된다. 제1 광학 요소(310)는, 제1 광학 요소(310)의 에지(314)로부터 더 먼 위치(317)에서 더 얇고(두께  $t_1$ ), 제1 광학 요소(310)의 에지(314)에 더 가까운 다른 위치(319)에서 더 두껍다(두께  $t_2$ ). 이와 비교하여, 광학 컴포넌트(100)에서, 제1 광학 요소(110)는, 제1 광학 요소(110)의 에지로부터 더 먼 위치에서 더 두껍고, 제1 광학 요소(110)의 에지에 더 가까운 다른 위치에서 더 얇다.

[0045] 일부 실시 형태에서, 제1 광학 요소(310) 또는 다른 광학 요소(예컨대, 제2 광학 요소 또는 비접착성 가요성 광학 층)의 평균 두께는 약 50 마이크로미터 내지 약 500 마이크로미터 또는 약 50 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터의 범위에 있다. 요소 또는 층의 평균 두께는 요소 또는 층의 총 면적에 걸친 두께의 비가중 평균이다.

[0046] 도 4는, 예를 들어 광학 컴포넌트(100)에 대해 기술된 바와 같을 수 있는 광학 스택(420) 및 제1 광학 요소(410)를 포함하는 광학 시스템(400)의 개략 단면도이다. 광학 스택(420)은 제1 및 제2 층들(422, 426)을 포함하며, 이들 중 하나는 반사 편광기일 수 있고, 다른 하나는 비접착성 가요성 광학 층일 수 있다. 제1 및 제2 층들(422, 426)은 (예컨대, 광학적으로 투명한 접착제로) 함께 접합될 수 있고, 광학 스택은 제1 광학 요소(410)에 (예컨대, 광학적으로 투명한 접착제로) 접합될 수 있다. 광학 시스템(400)은, 제1 광학 요소(410)에 인접하고 실질적으로 비평행한 제1 및 제2 주 표면들(443, 444)을 포함하는 제2 광학 요소(440)를 추가로 포함한다. 예시된 실시 형태에서, 제1 광학 요소(410) 및 제2 광학 요소(440)는 접착제 층(434)을 통해 함께 접합된다. 다른 실시 형태에서, 제1 및 제2 광학 요소들(410, 440)은 서로로부터 이격되어 있다. 이는 광학 시스템(500)의 개략 단면도인 도 5에 예시되어 있다. 요소(510, 520, 522, 526)는 각각 요소(410, 420, 422, 426)에 대응한다. 광학 시스템(500)은, 제1 광학 요소(510)에 인접하게 배치되고 그로부터 이격되어 있고 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들(543, 544)을 갖는 제2 광학 요소(540)를 포함한다. 예시된 실시 형태에서, 제2 주 표면(544)은 실질적으로 평면형이다.

[0047] 일부 실시 형태에서, 광학 스택은 제1 광학 요소와 제2 광학 요소 사이에 배치된다. 이는 광학 시스템(600)의 개략 단면도인 도 6a에 예시되어 있다. 요소(610, 620, 622, 626)는 각각 요소(410, 420, 422, 426)에 대응한다. 광학 시스템(600)은, 제1 광학 요소(610)에 인접하게 배치되고 실질적으로 비평행한 제1 및 제2 주 표면들(643, 644)을 갖는 제2 광학 요소(640)를 포함한다. 광학 스택(620)은 제1 광학 요소(610)와 제2 광학 요소(640) 사이에 배치된다. 예시된 실시 형태에서, 광학 스택(620)은 제2 광학 요소(640)의 제2 주 표면(644) 상에 배치되고 그에 정합된다. 다른 실시 형태에서, 광학 스택(620)은 제2 주 표면(644)에 정합되지 않을 수 있

고/있거나 제2 광학 요소(640)는 광학 스택(620)으로부터 이격될 수 있다. 예시된 실시 형태에서, 광학 스택(620)은 제1 및 제2 광학 요소들(610, 640) 각각의 주 표면(각각, 611, 644)에 접촉된다. 다른 실시 형태에서, 광학 스택(620)은 제1 및 제2 광학 요소들(610, 640) 중 하나에 접촉되고 그들 중 다른 하나에는 접촉되지 않을 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 스택(620)은, 예를 들어, 인서트 성형 공정을 통해 제1 및/또는 제2 광학 요소들(610, 640)과 일체로 형성될 수 있다.

[0048] 일부 실시 형태에서, 제2 광학 요소(640)는, 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 주 표면들을 갖는 제2 광학 층으로 대체된다. 이는 광학 시스템(600b)의 개략 단면도인 도 6b에 예시되어 있다. 광학 시스템(600b)은, 제2 광학 층(640b)이 제2 광학 요소(640) 대신에 사용되는 것을 제외하고는 광학 시스템(600)에 대응한다. 광학 스택(620b)은 제1 및 제2 층들(622, 626) 및 제2 광학 층(640b)을 포함한다. 일부 실시 형태에서, 제1 층(622)은 제1 비접착성 가요성 광학 층이고, 제2 층(626)은 반사 편광기이고, 제2 광학 층(640b)은 제2 비접착성 가요성 광학 층이다. 제2 광학 층(640b)의 서로 반대편에 있는 주 표면들(643b, 644b)은 실질적으로 평행할 수 있다.

[0049] 일부 실시 형태에서, 제1 광학 요소는 제1 광학 렌즈이고, 제2 광학 요소(포함되어 있는 경우)는 제2 광학 렌즈이다. 일부 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈 및 제2 광학 렌즈(포함되어 있는 경우)는, 양면 볼록(biconvex), 평볼록(plano-convex), 정의 메니스커스(positive meniscus), 부의 메니스커스(negative meniscus), 평오목(plano-concave) 또는 양면 오목(biconcave) 렌즈들로 이루어진 군으로부터 독립적으로 선택될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 광학 요소(들)는 광학 프리즘이다.

[0050] 도 7은 만곡된 제1 주 표면(711)을 갖는 제1 광학 요소(710), 및 만곡된 제1 주 표면(711)에 접합되고 정합되는 광학 스택(720)을 포함하는 광학 컴포넌트(700)의 개략 단면도이다. 광학 스택(720) 및 제1 및 제2 광학 층들(722, 726)은 각각 광학 스택(120) 및 제1 및 제2 광학 층들(722, 726)에 대응할 수 있고 그에 대해 기술된 바와 같을 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 제1 및 제2 광학 층들(722, 726) 중 하나는 반사 편광기이고, 제1 및 제2 광학 층들(722, 726) 중 다른 하나는 비접착성 가요성 광학 층이다. 광학 컴포넌트(700)는 광학 시스템 내의 컴포넌트일 수 있거나, 또는 광학 시스템 그 자체인 것으로 간주될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 광학 컴포넌트(700)는 편광 빔 스플리터(PBS)이다.

[0051] 예시된 실시 형태에서, 제1 광학 요소(710)는 제1 및 제2 면들(712, 713), 및 제1 만곡된 주 표면(711)을 갖는 빗면을 갖는 제1 광학 프리즘이다. 제1 면(712)과 제2 면(713) 사이의 각도( $\alpha_1$ )는 약 85도 내지 약 95도의 범위에 있을 수 있다. 제1 면(712)과 제1 만곡된 주 표면(711) 사이의 각도( $\alpha_2$ )는 약 40도 내지 약 50도의 범위에 있을 수 있고, 제2 면(713)과 제1 만곡된 주 표면(711) 사이의 각도( $\alpha_3$ )는 약 40도 내지 약 50도의 범위에 있을 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 광학 요소(710)는, 실질적으로 직교하는 제1 및 제2 면들(712, 713), 및 제1 및 제2 면들(712, 713) 각각과 실질적으로 45도(예컨대, 40도 내지 50도)로 교차하는 빗면(제1 만곡된 주 표면(711)을 갖는 면)을 갖는다.

[0052] 광학 요소의 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 각도는, 예를 들어 제1 주 표면과 제2 주 표면이 에지에서 만나는 실시 형태에서 이들이 만나는 표면들 사이의 각도이다. 제1 및 제2 주 표면들이 만나지 않고 광학 요소의 부 표면을 제공하는 광학 요소의 에지에서 서로 분리되어 있는 실시 형태에서, 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 각도는, 에지에서의 제1 및 제2 주 표면들에 접하는 선들 사이의 각도로서 정의될 수 있다. 이는 제1 및 제2 주 표면들(2011, 2012)을 갖는 광학 요소(2010)의 개략 단면도인 도 20에 예시되어 있다. 제1 및 제2 주 표면들(2010, 2011)은 그들 사이에 각도( $\phi$ )를 형성한다. 일부 실시 형태에서,  $\phi$ 는 약 45도 미만 또는 약 35도 미만이다. 일부 실시 형태에서,  $\phi$ 는 약 10도 초과 또는 약 20도 초과이다.

[0053] 일부 실시 형태에서, 광학 요소의 제1 및 제2 주 표면들은 그들 사이에 약 20도 내지 약 120도의 범위의 각도를 형성한다. 프리즘의 경우에, 각도는, 예를 들어 프리즘의 기하학적 구조, 및 프리즘의 어느 면(제1 주 표면) 상에 광학 스택 또는 반사 편광기가 배치되는지에 따라 약 45도 또는 약 90도일 수 있다. 광학 렌즈의 경우에, 각도는, 예를 들어 약 20도 내지 약 40도일 수 있다.

[0054] 도 8은, 제1 빗면(811)을 갖는 제1 프리즘(810); 제1 빗면(811)에 대면하는 제2 빗면(844)을 갖는 제2 프리즘(840); 및 제1 빗면(811)과 제2 빗면(844) 사이에 배치되고 그에 접촉된 광학 스택(820)을 포함하는 편광 빔 스플리터(800)의 개략 단면도이다. 광학 스택(820)은 접착제 층(832)을 통해 제1 빗면(811)에 접촉되고 접착제 층(834)을 통해 제2 빗면(844)에 접촉된다. 광학 스택(820)의 제1 및 제2 층들(822, 826)은 접착제 층(830)을 통해 서로 접촉된다. 광학 스택(820)은, 예를 들어 광학 스택(120)에 대응할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 광학 스택(820)은, 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖



는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기(제1 및 제2 층들(822, 826) 중 하나); 및 반사 편광기에 접합되고, 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 갖는 비접착성 가요성 광학 층(제1 및 제2 층들(822, 826)들 중 다른 하나)을 포함한다. 접착제 층(830)은 반사 편광기와 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치되고 반사 편광기를 비접착성 가요성 광학 층에 접합한다.

[0055] 도 9는, 제1 및 제2 프리즘들(910, 940)의 빗면이 실질적으로 평면형이고 광학 스택(920)이 실질적으로 평면형인 것을 제외하고는 많은 방식으로 편광 빔 스플리터(800)와 유사한 편광 빔 스플리터(900)의 개략 단면도이다. 광학 스택(920)의 층은, 광학 스택(920)의 층이 실질적으로 평면형인 것을 제외하고는 광학 스택(820)에 대해 기술된 바와 같을 수 있다. 예를 들어, 광학 스택(920)은, 접착제 층을 통해 함께 접합된 반사 편광기 및 비접착성 가요성 광학 층을 포함할 수 있다. 광학 스택(920)은, 각각의 접착제 층을 통해 제1 및 제2 프리즘들(910, 940) 각각에 접합될 수 있다.

[0056] 일부 실시 형태에서, 광학 스택(820 또는 920)은 제2 비접착성 가요성 광학 층을 포함한다. 예를 들어, 광학 스택(820 또는 920)은 광학 스택(620b)에 대응할 수 있고, 제1 비접착성 가요성 광학 층과 제2 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치된 반사 편광기를 포함할 수 있다.

[0057] 일부 실시 형태에서, 편광 빔 스플리터는 제1 및 제2 프리즘들을 포함하며, 여기서 프리즘들 중 하나는 만곡된 빗면을 가지며 다른 하나의 프리즘은 실질적으로 평면인 빗면을 갖는다. 이러한 경우에, 광학 스택은 하나의 빗면에 정합할 수 있거나, 또는 어떠한 빗면에도 정합하지 않을 수 있고, 광학 스택을, 그것이 정합하지 않는 빗면에 접합하기 위해 불균일한 두께를 갖는 접착제 층이 사용될 수 있다.

[0058] 도 10은 렌즈 조립체(1000) 및 디스플레이 패널(1050)을 포함하는 광학 시스템(1001)의 개략 단면도이다. 렌즈 조립체(1000)는 만곡된 제1 주 표면(1011) 및 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력을 갖는 제1 광학 렌즈(1010)를 포함한다. 렌즈 조립체(1000)는 제1 주 표면(1011) 상에 배치된 광학 층(1020)을 추가로 포함한다. 일부 실시 형태에서, 광학 층(1020)은 제1 주 표면(1011)에 접착되고 그에 정합된다. 일부 실시 형태에서, 광학 층(1020)은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 임의의 광학 스택이다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 광학 층(1020)은 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함하고; (예컨대, 접착제 층을 통해) 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 갖는 비접착성 가요성 광학 층을 포함한다. 일부 실시 형태에서, 광학 층(1020)은 복수의 간섭 층을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기이며, 여기서 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시킨다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 제1 광학 렌즈(1010)의 제1 주 표면(1011)에 접착된다.

[0059] 디스플레이 패널(1050)은, 최대 투영된 치수(D) 및 대응하는 최대 새그(S)를 갖는 제1 주 표면(1011)의 활성 영역을 결정하는 광(1073)을 방출한다. D는, 평면에 걸쳐 그리고 평면 내의 치수들에 걸쳐 최대화된, 평면 상으로의 활성 영역의 투영의 최대 치수이다. S는, 투영된 치수가 최대화되는 평면에 직교하는 방향으로 측정되는 최대 새그이다. 예시된 실시 형태에서, 투영된 치수는 z-축을 따른 S 및 x-y 평면에서의 최대값이다. 광학 시스템(1001)이 광학 축을 갖는 실시 형태에서, 최대 투영된 치수는 전형적으로, 투영이 광학 축에 수직인 평면 상으로의 것일 때 발생하고, 최대 새그는 전형적으로 광학 축을 따른다. 일부 실시 형태에서, S/D는 약 0.03 이상, 또는 약 0.05 이상, 또는 약 0.1 이상이다. 일부 실시 형태에서, S/D는 약 0.5 이하이다.

[0060] 도 11은 복수의 간섭 층(1170) 및 비간섭 층(1177)을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기(1129)의 개략 단면도이다. 일부 실시 형태에서, 복수의 간섭 층은 교번하는 중합체 층(1172, 1174)을 포함한다. 예시된 실시 형태에서, 단일 비간섭 층(1177)이 포함된다. 간섭 층은, 간섭 층의 반사율 및 투과율이 광학 간섭에 의해 합리적으로 기술될 수 있거나 또는 광학 간섭으로부터 야기되는 것으로 합리적으로 정확하게 모델링될 수 있을 때 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사 또는 투과시키는 것으로 기술될 수 있다. 그러한 간섭 층은, 예를 들어, 미국 특허 제5,882,774호(Jonza 등), 및 미국 특허 제6,609,795호(Weber 등)에 기술되어 있다. 상이한 굴절률을 갖는 간섭 층의 인접한 쌍은, 그 쌍이, 조합된 광학 두께(굴절률 × 물리적 두께)가 광의 파장의 1/2일 때 광학 간섭에 의해 광을 반사시킨다. 간섭 층은 전형적으로 물리적 두께가 약 200 나노미터 미만이다. 비간섭 층은, 간섭을 통한 가시광의 반사에 기여하기에는 너무 큰 광학 두께를 갖는다. 전형적으로, 비간섭 층은 물리적 두께가 1 마이크로미터 이상이다. 일부 실시 형태에서, 하나 초과 비간섭 층이 포함된다. 일부 실시 형태에서, 복수의 간섭 층(1170)은 적어도 하나의 비간섭 층(1177)의 동일한 면 상에 배치된다. 일부 실시 형태에서, 적어도 하나의 비간섭 층(예시된 실시 형태에서의 비간섭 층(1177))은 복수의 간섭 층(1170)과 일체로 형성되고, 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는다. 일부 실시 형태에서, 비간섭 층

(1177)은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같은 비접착성 가요성 광학 층이다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(1129)는, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 제1 주 면(1178)으로부터 입사하는 차단 상태의 광에 대한 반사율이, 제2 주 면(1179)으로부터 입사하는 차단 상태의 광에 대한 반사율과는 상이하다.

[0061] 복수의 간섭 층(1170)의 평균 총 두께는  $T_{int}$ 이고, 적어도 하나의 비간섭 층(1177)의 평균 총 두께는  $T_{non}$ 이다. 일부 실시 형태에서,  $T_{int}$ 는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터의 범위 내에 있고,  $T_{non}$ 은 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터의 범위 내에 있다. 총 두께는, 예를 들어 하나 이상의 비간섭 층의 표면이 구조화되는 경우에 변할 수 있다. 총 두께는 또한, 예를 들어 통상의 제조 변동으로 인해 변할 수 있다. 평균 총 두께는 층의 면적에 걸친 두께의 비가중 평균이다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 평균 총 두께( $T_{int}+T_{non}$ )는 50 마이크로미터 이상, 60 마이크로미터 이상, 또는 70 마이크로미터 이상이다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기(1129)는 실질적으로 일축 배향된다. 일부 실시 형태에서, 층(1172)은, 예를 들어 x-축을 따라 실질적으로 일축 배향되고, 층(1174)은 실질적으로 등방성이다. 이 경우에, 수직 입사광에 대한 차단 편광 상태는 전형적으로, 광이 x-축을 따라 편광된 편광 상태이고, 수직 입사광에 대한 통과 편광 상태는 전형적으로, 광이 y-축을 따라 편광된 편광 상태이다.

[0062] 도 12는 복수의 간섭 층(1270), 및 복수의 간섭 층(1270)과 일체로 형성된 적어도 하나의 비간섭 층(1277a, 1277b)을 포함하는 광학 필름(1229)의 개략도이다. 적어도 하나의 비간섭 층(1277a, 1277b)의 평균 총 두께는 비간섭 층(1277a, 1277b)의 두께의 합계이다. 광학 필름(1229)은, 예를 들어 광학 렌즈와 같은 광학 요소에 이 필름을 접착하는 데 사용될 수 있는 접착제 층(1232)을 추가로 포함한다. 광학 필름(1229)은 복수의 간섭 층(1270)의 각각의 면 상에 적어도 하나의 비간섭 층을 포함한다. 일부 실시 형태에서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층(1270)은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이고 직교하는 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과이다.

[0063] 도 13은 제1 패킷(1370-1) 및 제2 패킷(1370-2)으로 배열되는 복수의 간섭 층, 및 복수의 간섭 층과 일체로 형성된 복수의 비간섭 층(1377a, 1377b, 1277c)을 포함하는 광학 필름(1329)의 개략도이다. 적어도 하나의 비간섭 층(1377b)이 복수의 간섭 층 중 2개의 간섭 층들(1370a, 1370b) 사이에 배치된다. 광학 필름(1329)은, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이 평균 광학 투과율 및 반사율을 갖는 반사 편광기일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 패킷(1370-1) 및 제2 패킷(1370-2)은, 중첩되는 두께 분포를 갖는다.

[0064] 일부 실시 형태에서, 광학 필름(1229 또는 1329)은, 실질적으로 일축 배향되고 반사 편광기의 평균 총 두께( $T_{int}+T_{non}$ )가 50 마이크로미터 이상, 또는 60 마이크로미터 이상, 또는 70 마이크로미터 이상인 반사 편광기이다.

[0065] 일부 실시 형태에서, 적어도 하나의 비간섭 층은, 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층을 포함하며, 비접착성 가요성 광학 층은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 기술된 범위(예컨대, 100 nm 미만 또는 200 nm 초과) 중 임의의 범위의 광학 지연도를 갖는다.

[0066] 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 N개의 순차적으로 번호부여된 층을 포함하며, 이때 각각의 층은 두께가 약 200 nm 미만이다. 예를 들어, 간섭 층(1170)은, 비간섭 층(1177)에 바로 인접한 층에 대한 1에서 제1 주 면(1178)에 바로 인접한 층에 대한 N까지 순차적으로 번호가 부여될 수 있다. 일부 실시 형태에서, N은 200 초과 약 800 미만의 정수이다. 도 14a는 층 수의 함수로서의 층 두께(1407)를 개략적으로 예시한다. 평균 기울기(m)를 갖는 피팅된 곡선(1409)이 또한 예시되어 있다. 피팅된 곡선(1409)은 층 수의 함수로서의 반사 편광기의 층 두께에 적용되는 최적 회귀(best-fit regression)이다. 일부 실시 형태에서, 제1 층으로부터 제N 층까지 연장되는 영역에서의 피팅된 곡선의 평균 기울기(m)는 약 0.2 nm 미만이다. 일부 실시 형태에서, N개의 순차적으로 번호부여된 층은, 반사 편광기 내의 스택/패킷의 일부를 형성하지 않는 임의의 비간섭 층, 스페이서 층, 또는 다른 선택적인 광학 층을 배제한다. 일부 실시 형태에서, 피팅된 곡선(1409)은 최적 선형 회귀, 최적 비-선형 회귀, 최적 다항 회귀, 및 최적 지수 회귀 중 하나 이상이다. 일부 실시 형태에서, 최적 회귀는 선형 최소 제곱 피팅(linear least-squares fit)이고, 평균 기울기는 선형 최소 제곱 피팅의 기울기이다. 일부 실시 형태에서, 추가 층이 층 수 1에 인접한 단위 및/또는 층 수 N의 단부에 포함된다. 추가 층은, 예를 들어, 제1 층으로부터 제N 층까지의 대략 선형 추세선을 따르지 않을 수 있고, 미국 특허 출원 공개 제2005/0243425호(Wheatley 등)에 기재된 바와 같이 예리한 대역 예지를 제공하도록 포함될 수 있다.

[0067] 일부 실시 형태에서, 반사 편광기는 복수의 패킷(예컨대, 패킷(1370-1, 1370-2))을 포함하며, 여기서 각각의 패킷은, 실질적으로 연속적인 곡선인 층 두께 대 층 수를 갖는다. 도 14b는 2개의 패킷(패킷 1 및 패킷 2)을 포

합하는 반사 편광기에 대한 층 두께 대 층 수를 예시한다. 일부 실시 형태에서, 두께 프로파일은 실질적으로 중첩된다(예컨대, 패킷 1의 두께 범위의 50% 초과가 패킷 2의 두께 범위의 50% 초과와 중첩된다). 다른 실시 형태에서, 두께 범위에서의 중첩이 거의 또는 전혀 없다. 도 14b에서, 2개의 패킷에 대한 두께 프로파일은 실질적으로 중첩된다. 도 14c는 2개의 패킷(패킷 1 및 패킷 2)을 포함하는 반사 편광기에 대한 층 두께 대 층 수를 예시하며, 여기서 2개의 패킷의 두께 범위에서는 중첩이 거의 또는 실질적으로 전혀 없다. 도 14b에서, 제1 패킷의 간섭 층은 1에서 325까지 번호가 부여되고, 제2 패킷의 간섭 층은 326에서 700까지 번호가 부여된다. 도 14c에서, 제1 및 제2 패킷들 각각의 간섭 층은 1에서 325까지 번호가 부여된다. 일부 실시 형태에서, 각각의 패킷은, 두께 프로파일에 대한 피팅된 곡선의 평균 기울기(m)가 약 0.2 nm 미만인 층 두께 프로파일을 갖는다.

[0068] 일부 실시 형태에서, 층 두께 프로파일은, 순차적으로 번호부여된 간섭 층의 층 수의 함수로서 각각의 패킷의 두께 프로파일에 적용되는 최적 선형 방정식에 의해 특징지어질 수 있다. 일부 실시 형태에서, 각각의 패킷은 유사한 기울기(예컨대, 서로의 20% 이내)를 갖는 최적 두께 프로파일을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기 내의 모든 패킷에 대한 최적 선형 회귀의 평균 기울기들 간의 최대 차이는 약 20% 미만이다. 그러한 반사 편광기는 2017년 3월 6일자로 출원된 미국 가특허 출원 제62/467712호(Haag 등)에 추가로 기재되어 있다.

[0069] 도 15는 만곡된 제1 주 표면(1511)을 갖는 제1 광학 렌즈(1510), 서로 반대편에 있는 최외부 제1 및 제2 주 표면들(1563, 1567)을 갖는 광학 필름(1520), 및 광학 필름(1520)의 제1 주 표면(1523)을 제1 광학 렌즈(1510)의 제1 주 표면(1511)에 접합하는 접착제 층(1532)을 포함하는 렌즈 조립체(1500)의 개략 단면도이다. 일부 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈(1510)의 제1 주 표면(1511)은 원치 않는 특징(예컨대, 곡률 또는 표면 조도)을 가지며, 접합은 제1 광학 렌즈(1510)의 제1 주 표면(1511)의 원치 않는 특징을 보상한다. 일부 실시 형태에서, 광학 필름(1520)은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이 반사 편광기 및 반사 편광기에 접합되는 비접착성 가요성 광학 층을 포함하는 광학 스택이다. 일부 실시 형태에서, 광학 필름(1520)은 일체로 형성된 반사 편광기이거나 이를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 일체로 형성된 반사 편광기는 복수의 간섭 층을 포함하며, 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시킨다.

[0070] 일부 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈(1510)의 제1 주 표면(1511)은, 표면 곡률을 포함하는 원치 않는 특징을 갖는다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈(1510)의 만곡된 제1 주 표면(1511)은 원치 않는 곡률 1/R1을 가지며, 여기서 R1은 제1 주 표면(1511)의 곡률 반경이다. 일부 실시 형태에서, 광학 필름(1520)을 제1 주 표면(1511)에 접합하는 것은 원치 않는 곡률을 보상하는데, 이는 광학 필름(1520)의 최외부 제2 주 표면(1567)이 원하는 곡률 1/R2를 가질 수 있기 때문이며, 여기서 R2는 최외부 제2 주 표면(1567)의 곡률 반경이다.

[0071] 도 16은 만곡된 제1 주 표면(1611)을 갖는 제1 광학 렌즈(1610); 복수의 간섭 층을 포함하고 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시킴 -, 서로 반대편에 있는 최외부 제1 및 제2 주 표면들(1663, 1667)을 갖는 일체로 형성된 반사 편광기(1620); 및 일체로 형성된 반사 편광기(1620)의 제1 주 표면(1623)을 제1 광학 렌즈(1610)의 제1 주 표면(1611)에 접합하는 접착제 층(1632)을 포함하는 렌즈 조립체(1600)의 개략 단면도이다. 예시된 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈(1610)의 제1 주 표면(1611)은 평균 표면 조도를 포함하는 원치 않는 특징을 갖는다. 일체로 형성된 반사 편광기(1620)를 제1 광학 렌즈(1610)에 접합하는 것은, 원하는 평균 표면 조도를 제공함으로써 제1 광학 렌즈(1610)의 제1 주 표면(1611)의 원치 않는 평균 표면 조도를 보상한다. 일부 실시 형태에서, 일체로 형성된 반사 편광기는, 반사 편광기를 포함하는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 광학 스택으로 대체되고, 적어도 하나의 비접착성 가요성 광학 층이 제1 광학 렌즈에 접합된다. 제1 광학 렌즈의 반대편에 있는 광학 스택의 최외부 주 표면은 최외부 제2 표면(1667)에 대해 본 명세서에 기술된 특성을 가질 수 있다.

[0072] 일부 실시 형태에서, 평균 표면 조도는, 평균 표면(표면 조도를 무시한 매끄러운 표면)으로부터의 표면의 편차의 절대값의 평균인 조도 파라미터(Ra)이다. 일부 실시 형태에서, 제1 주 표면(1611)은 평균 표면 조도(Ra)가 약 200 nm 초과, 또는 약 150 nm 초과이고, 최외부 제2 표면(1667)은 표면 조도(Ra)가 약 100 nm 미만, 또는 약 50 nm 미만이다. 일부 실시 형태에서, 제1 주 표면(1611)은 광학적으로 매끄럽지 않고(예컨대, 광이 표면 조도로 인해 산란될 수 있음), 제2 주 표면(1667)은 광학적으로 매끄럽다.

[0073] 일부 실시 형태에서, 렌즈 조립체 또는 광학 스택 또는 광학 시스템 내의 2개 이상의 층(예컨대, 2개의 바로 인접한 층)은 실질적으로 굴절률 매칭된다. 실질적으로 굴절률 매칭된 층은, 굴절률들의 차이의 절대값이 약 0.20 미만이 되도록 하는 굴절률을 갖는다. 굴절률은, 달리 명시되지 않는 한, 550 nm의 파장에서 결정된다.

[0074] 일부 실시 형태에서, 제1 광학 렌즈(1610)의 굴절률과 접착제 층(1632)의 굴절률 간의 차이의 절대값은 약 0.20



미만, 또는 약 0.15 미만, 또는 약 0.10 미만, 또는 약 0.08 미만, 또는 약 0.06 미만, 또는 약 0.04 미만, 또는 약 0.02 미만, 또는 약 0.01 미만일 수 있다. 접착제 층이 광학 스택 또는 반사 편광기를 렌즈 또는 프리즘과 같은 광학 요소에 접합하는 본 명세서에 기술된 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에서, 광학 요소의 굴절률과 접착제 층의 굴절률 간의 차이의 절대값은 이들 범위 중 임의의 범위에 있을 수 있다.

[0075] 일부 실시 형태에서, 본 발명의 광학 필름(예컨대, 광학 스택, 반사 편광기), 또는 광학 필름 내의 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이고, 직교하는 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과이다. 일부 실시 형태에서, 광학 필름의 일 면 또는 양 면들로부터 광학 필름 상에 수직으로 입사하는 광에 대해 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율은 약 85% 초과이다. 일부 실시 형태에서, 광학 필름의 일 면 또는 양 면들로부터 광학 필름 상에 수직으로 입사하는 광에 대해 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율은 약 80% 초과이다. 일부 실시 형태에서, 광학 필름은 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 흡수가 약 2%, 또는 5%, 또는 10% 초과여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 광학 필름은 광학 필름의 제1 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 큰 평균 광학 반사율 및 광학 필름의 반대편 제2 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 작은 평균 광학 반사율을 갖게 된다. 다른 실시 형태에서, 평균 광학 흡수는 약 1% 미만이어서, 평균 광학 투과율 및 평균 광학 반사율이 광학 필름의 어느 하나의 면에서 대략 동일하도록 된다. 예를 들어, 도 11을 참조하면, 비간섭 층(1177)에 더 가까운 간섭 층(1170)의 일부는 비간섭 층(1177)으로부터 더 먼 층보다 제2 편광 상태에 대한 흡수율이 더 높을 수 있어서, 광학 필름은 제1 주 면(1178) 상에 입사하는 제2 편광 상태를 갖는 광에 대한 평균 반사율이 제2 주 면(1179) 상에 입사하는 제2 편광 상태를 갖는 광의 더 높은 흡수로 인해 제2 주 면(1179) 상에 입사하는 제2 편광 상태를 갖는 광에 대한 것보다 더 크게 된다.

[0076] 광학 필름의 서로 반대편에 있는 주 면들 상에 입사하는 광의 평균 광학 반사율의 차이는, 광학 필름의 복수의 간섭 층 중의 적어도 일부 층에 광 흡수 분자를 포함시킴으로써 달성될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 복수의 간섭 층은 실질적으로 제2 편광 상태를 따라 배향된 복수의 광 흡수 분자를 포함한다. 일부 실시 형태에서, 복수의 광 흡수 분자는 적어도 부분적으로 미리결정된 파장 범위 내의 흡수 대역을 갖는다. 광 흡수 분자는, 필름을 연신(예컨대, 실질적으로 일축 연신)함으로써 필름을 배향하기 전에 필름 내의 층 중 적어도 일부에 광 흡수 분자를 포함시킴으로써 그를 따라 배향될 수 있다. 이어서, 광 흡수 분자는 필름이 연신될 때 정렬될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 복수의 간섭 층은 복수의 교번하는 더 높은 굴절률의 제1 층 및 더 낮은 굴절률의 제2 층을 포함한다. 예를 들면, 층(1174)은 더 높은 굴절률의 층일 수 있고, 층(1172)은 더 낮은 굴절률의 층일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 층은, 미리결정된 파장 범위 내의 적어도 하나의 파장에 대해 제2 층보다 실질적으로 더 큰 광 흡수성이다. 예를 들어, 제1 층은 흡수율이 제2 층의 흡수율의 2배 이상, 또는 5배 이상, 또는 10배 이상일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제1 층은 실질적으로 더 높은 농도의 광 흡수 분자를 갖고, 제2 층은 실질적으로 더 낮은 농도의 광 흡수 분자를 갖는다. 광 흡수 분자를 포함하는 반사 편광기는, 예를 들어 미국 특허 출원 공개 제2016/0306086호(Haag 등) 및 미국 특허 제6,096,375호(Ouderkerk 등)에 기재되어 있으며, 이들 각각은 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함된다.

[0077] 적합한 광 흡수 분자에는 일본 소재의 Mitsui Fine Chemicals로부터 입수가 가능한 안트라퀴논 염료, 아조 염료, 및 이색성 염료(예컨대, PD-325H, PD-335H, PD-104 및 PD-318H)가 포함된다. 복수의 광 흡수 분자는 복수의 공통 유형의 분자(예컨대, 단일 유형의 이색성 염료)일 수 있거나, 또는 복수의 상이한 유형의 분자(예컨대, 이색성 염료의 혼합물)를 포함할 수 있다.

[0078] 도 17은 반사 편광기의 일 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사하는 광에 대해 반사 편광기의 통과 상태 및 차단 상태에 대한 반사 편광기의 투과율의 개략 플롯이다. 투과율은 반사 편광기의 다른 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사하는 광에 대해 실질적으로 동일할 수 있다.  $\lambda 1$  내지  $\lambda 2$ 의 미리결정된 파장 범위 내의 파장들에 걸친 투과율의 평균은 통과 상태에서  $T_p$ 이고, 차단 상태에서  $T_b$ 이다. 일부 실시 형태에서,  $\lambda 1$ 은 약 400 nm이고,  $\lambda 2$ 는 약 700 nm이다. 일부 실시 형태에서,  $T_p$ 는 약 80% 초과, 또는 약 85% 초과, 또는 90% 초과이다. 일부 실시 형태에서,  $T_b$ 는 약 10% 이하, 또는 약 5% 이하, 또는 약 2% 이하, 또는 약 1% 이하, 또는 약 0.5% 이하이다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 일 면 상에 입사하는 광에 대한  $T_p$  및  $T_b$ 는 이들 조건 중 적어도 하나를 만족하고, 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 각각의 면 상에 입사하는 광에 대한  $T_p$  및  $T_b$ 는 이들 조건 중 적어도 하나를 만족한다.

[0079] 도 18은 반사 편광기의 일 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사하는 광에 대해 반사 편광기의 통과 상태 및 차단 상태에 대한 반사 편광기의 반사율의 개략 플롯이다. 반사율은 반사 편광기의 다른 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사하는 광에 대해 실질적으로 동일할 수 있거나, 또는, 예를 들어 이색성 염료의 존재로 인해 상이할 수 있다.  $\lambda 1$  내지  $\lambda 2$ 의 미리결정된 파장 범위 내의 파장들에 걸친 반사율의 평균은 통과 상

태에서  $R_p$ 이고, 차단 상태에서  $R_b$ 이다. 일부 실시 형태에서,  $R_b$ 는 약 75% 초과, 또는 약 80% 초과, 또는 약 85% 초과, 또는 약 90% 초과이다. 일부 실시 형태에서,  $R_p$ 는 약 20% 이하, 또는 약 15% 이하, 또는 약 10% 이하, 또는 약 5% 이하이다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 일 면 상에 입사하는 광에 대한  $R_p$  및  $R_b$ 는 이들 조건 중 적어도 하나를 만족하고, 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 각각의 면 상에 입사하는 광에 대한  $R_p$  및  $R_b$ 는 이들 조건 중 적어도 하나를 만족한다.

[0080] 도 19는 복수의 광 흡수 분자를 포함하는 반사 편광기의 일 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사하는 광에 대한 반사 편광기의 통과 상태 및 차단 상태에 대한 반사 편광기의 흡수율의 개략 플롯이다. 흡수율은 광 흡수 염료의 존재로 인해 반사 편광기의 다른 면으로부터 반사 편광기 상에 수직으로 입사하는 광마다 상이할 수 있다.  $\lambda_1$  내지  $\lambda_2$ 의 미리결정된 파장 범위 내의 파장들에 걸친 흡수율의 평균은 통과 상태에서  $A_p$ 이고, 차단 상태에서  $A_b$ 이다. 일부 실시 형태에서,  $A_p$ 는 약 3% 이하, 또는 약 2% 이하, 또는 약 1% 이하이다. 일부 실시 형태에서,  $A_b$ 는 약 2% 초과, 또는 약 5% 초과, 또는 약 10% 초과이다. 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 일 면 상에 입사하는 광에 대한  $A_p$  및  $A_b$ 는 이들 조건 중 적어도 하나를 만족하고, 일부 실시 형태에서, 반사 편광기의 각각의 면 상에 입사하는 광에 대한  $A_p$  및  $A_b$ 는 이들 조건 중 적어도 하나를 만족한다. 일부 실시 형태에서, 복수의 광 흡수 분자는  $\lambda_3$  내지  $\lambda_4$ 의 흡수 대역(1904)을 갖는다. 일부 실시 형태에서,  $\lambda_3$  내지  $\lambda_4$ 의 파장 범위는 적어도 부분적으로  $\lambda_1$  내지  $\lambda_2$ 의 미리결정된 파장 범위 내에 있다. 일부 실시 형태에서,  $\lambda_3$  내지  $\lambda_4$ 의 파장 범위는 전체적으로  $\lambda_1$  내지  $\lambda_2$ 의 미리결정된 파장 범위 내에 있고, 일부 실시 형태에서  $\lambda_3$  내지  $\lambda_4$ 의 파장 범위는  $\lambda_1$ 보다 더 낮은 파장으로 연장되고/되거나  $\lambda_2$ 보다 더 큰 파장으로 연장된다.

[0081] 일부 실시 형태에서, 광학 필름은 광학 필름의 제1 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 큰 평균 광학 반사율 및 광학 필름의 반대편 제2 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 작은 평균 광학 반사율을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 디스플레이에 의해 방출된 이미지를 관찰 위치에 디스플레이하기 위한 광학 시스템이 제공된다. 광학 시스템은 광학 필름을 포함하며, 여기서 광학 필름의 제1 주 면은 디스플레이에 대면하고 광학 필름의 제2 주 면은 관찰 위치에 대면한다. 예를 들어, 도 2를 참조하면, 층(226)은, 광학 필름의 제1 주 면(디스플레이(250)에 대면하는 면)으로부터 입사하는 광에 대한 더 큰 평균 광학 반사율 및 광학 필름의 반대편 제2 주 면(층(222)에 대면하는 면)으로부터 입사하는 광에 대한 더 작은 평균 광학 반사율을 갖는 반사 편광기일 수 있다. 이는, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에서 추가로 기술되는 바와 같이, 이색성 염료가 광학 필름의 일부 층에 포함될 때 일어날 수 있다.

[0082] 일부 실시 형태에서, 반사 편광기 또는 반사 편광기를 포함하는 광학 스택은 만곡된 형상으로 형성된다. 일부 실시 형태에서, 형상화된 반사 편광기 또는 형상화된 광학 스택은 광학 접착제를 사용하여 광학 요소의 만곡된 표면에 접합된다. 다른 실시 형태에서, 예를 들어, 미국 특허 출원 공개 제2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 전 반적으로 기재된 바와 같이, 인서트 성형을 통해 형상화된 반사 편광기 또는 형상화된 광학 스택 상에 직접 광학 요소가 형성된다.

[0083] 반사 편광기 또는 광학 스택은, 예를 들어, 미국 특허 출원 공개 제2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 전반적으로 기재된 바와 같이, 열성형을 통해 형상화될 수 있다. 적합한 열성형 시스템에는 MAAC Machinery Corporation (미국 일리노이주 캐럴 스트리트 소재)으로부터 입수가 가능한 진공 형성 시스템, 및 Hy-Tech Forming Systems (USA), Inc. (미국 애리조나주 피닉스 소재)로부터 입수가 가능한 가압 형성 시스템이 포함된다.

[0084] "약"과 같은 용어는 그것이 본 명세서에서 사용되고 기술된 맥락에서 당업자에 의해 이해될 것이다. 특정부 크기, 양 및 물리적 특성을 표현하는 양에 적용되는 바와 같은 "약"의 사용은, 그것이 본 명세서에서 사용되고 기술된 맥락에서 당업자에게 달리 명백하지 않다면, "약"은 명시된 값의 10% 이내를 의미하는 것으로 이해될 것이다. 명시된 값이 약으로서 주어진 양은 정확하게 그러한 명시된 값일 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 사용되고 기술된 맥락에서 당업자에게 달리 명백하지 않다면, 약 1의 값을 갖는 양은 그 양이 0.9 내지 1.1의 값을 갖고, 그 값이 1일 수 있음을 의미한다.

[0085] "실질적으로"와 같은 용어는 그것이 본 명세서에서 사용되고 기술된 맥락에서 당업자에 의해 이해될 것이다. "실질적으로 평행한"의 사용이 그것이 본 명세서에서 사용되고 기술된 맥락에서 당업자에게 달리 명백하지 않다면, "실질적으로 평행한"은 평행의 30도 이내를 의미할 것이다. 서로에 대해 실질적으로 평행한 것으로 기술된 방향 또는 표면은, 일부 실시 형태에서, 평행의 20도 이내, 또는 10도 이내일 수 있거나, 평행하거나 공칭상 평행할 수 있다. "실질적으로 수직인"의 사용이 그것이 본 명세서에서 사용되고 기술된 맥락에서 당업자에게 달리 명백하지 않다면, "실질적으로 수직인"은 수직의 30도 이내를 의미할 것이다. 실질적으로 수직인 것으로 기술된 방향은, 일부 실시 형태에서, 수직의 20도 이내, 또는 10도 이내일 수 있거나, 수직이거나 공칭상 수직

일 수 있다.

- [0086] 하기는 본 발명의 예시적인 실시 형태들의 목록이다.
- [0087] 실시 형태 1은 광학 시스템으로서, 광학 시스템은
- [0088] 만곡된 제1 주 표면을 포함하는 제1 광학 요소; 및
- [0089] 제1 광학 요소의 만곡된 제1 주 표면에 접합되고 정합되는 광학 스택을 포함하고, 광학 스택은,
- [0090] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기; 및
- [0091] 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층 - 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 550 nm의 파장에서 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과임 - 을 포함한다.
- [0092] 실시 형태 2는, 제1 광학 요소가 제2 주 표면을 추가로 포함하고, 제1 광학 요소의 제1 및 제2 주 표면들은 그들 사이에 약 20도 내지 약 120도의 범위의 각도를 형성하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0093] 실시 형태 3은, 제1 광학 요소가 2개의 상호 직교하는 방향에서의 광학 굴절력을 갖는 제1 광학 렌즈를 포함하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0094] 실시 형태 4는, 제1 광학 요소가 제1 광학 프리즘을 포함하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0095] 실시 형태 5는, 제1 광학 요소에 인접하고 실질적으로 비평행한 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 제2 광학 요소를 추가로 포함하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0096] 실시 형태 6은, 반사 편광기가 N개의 순차적으로 번호부여된 층을 포함하고, N은 200 초과 800 미만인 정수이고, 각각의 층은 약 200 nm 미만의 평균 두께를 갖고, 피팅된 곡선은 층 수의 함수로서 반사 편광기의 층 두께에 적용되는 최적 회귀이고, 제1 층으로부터 제N 층까지 연장되는 영역에서의 피팅된 곡선의 평균 기울기는 약 0.2 nm 미만인, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0097] 실시 형태 7은, 광학 지연도가 약 80 nm 미만, 또는 약 60 nm 미만, 또는 약 40 nm 미만, 또는 약 30 nm 미만, 또는 약 20 nm 미만, 또는 약 10 nm 미만, 또는 약 5 nm 미만인, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0098] 실시 형태 8은, 광학 지연도가 약 400 nm 초과, 또는 약 800 nm 초과, 또는 약 1000 nm 초과, 또는 약 2000 nm 초과, 또는 약 3000 nm 초과, 또는 약 4000 nm 초과인, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0099] 실시 형태 9는, 비접착성 가요성 광학 층이 중합체 필름, 반사 방지 코팅, 흡수 편광기, 중성 밀도 필터, 지연기, 염색된 필름, 광학 필터, 전기 회로를 포함하는 필름, 전극, 적외선 반사 필름, 다층 광학 필름, 및 확산기 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0100] 실시 형태 10은, 비접착성 가요성 광학 층이 이형 라이너인, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0101] 실시 형태 11은, 반사 편광기가 중합체 다층 광학 필름이며, 중합체 다층 광학 필름은,
- [0102] 복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 층 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및
- [0103] 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 층 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, 실시 형태 1의 광학 시스템이다.
- [0104] 실시 형태 12는 편광 빔 스플리터(PBS)로서, PBS는
- [0105] 제1 빔면을 포함하는 제1 프리즘;
- [0106] 제1 빔면에 대면하는 제2 빔면을 포함하는 제2 프리즘; 및
- [0107] 제1 빔면과 제2 빔면 사이에 배치되고 그에 접착된 광학 스택을 포함하고, 광학 스택은,

- [0108] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기;
- [0109] 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층 - 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과임 -; 및
- [0110] 반사 편광기와 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치되고 반사 편광기를 비접착성 가요성 광학 층에 접합하는 접착제 층을 포함한다.
- [0111] 실시 형태 13은, 제1 및 제2 빔면들 중 적어도 하나가 만족되어 있는, 실시 형태 12의 PBS이다.
- [0112] 실시 형태 14는, 반사 편광기가 복수의 간섭 층을 포함하고, 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키는, 실시 형태 12의 PBS이다.
- [0113] 실시 형태 15는, 반사 편광기가 N개의 순차적으로 번호부여된 층을 포함하고, N은 200 초과 800 미만인 정수이고, 각각의 층은 약 200 nm 미만의 평균 두께를 갖고, 피팅된 곡선은 층 수의 함수로서 반사 편광기의 층 두께에 적용되는 최적 회귀이고, 제1 층으로부터 제N 층까지 연장되는 영역에서의 피팅된 곡선의 평균 기울기는 약 0.2 nm 미만인, 실시 형태 12의 PBS이다.
- [0114] 실시 형태 16은, 반사 편광기가 중합체 다층 광학 필름이며, 중합체 다층 광학 필름은,
- [0115] 복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및
- [0116] 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, 실시 형태 12의 PBS이다.
- [0117] 실시 형태 17은 렌즈 조립체로서, 렌즈 조립체는
- [0118] 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력을 포함하는 제1 광학 렌즈; 및
- [0119] 제1 광학 렌즈에 접착된 광학 스택을 포함하고, 광학 스택은,
- [0120] 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기;
- [0121] 반사 편광기에 접합되고 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층 - 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과임 -; 및
- [0122] 반사 편광기와 비접착성 가요성 광학 층 사이에 배치되고 반사 편광기를 비접착성 가요성 광학 층에 접합하는 접착제 층을 포함한다.
- [0123] 실시 형태 18은, 비접착성 가요성 광학 층이 중합체 필름, 반사 방지 코팅, 흡수 편광기, 중성 밀도 필터, 지연기, 염색된 필름, 광학 필터, 전기 회로를 포함하는 필름, 전극, 적외선 반사 필름, 다층 광학 필름, 및 확산기 중 하나 이상을 포함하는, 실시 형태 17의 렌즈 조립체이다.
- [0124] 실시 형태 19는, 비접착성 가요성 광학 층이 이형 라이너인, 실시 형태 17의 렌즈 조립체이다.
- [0125] 실시 형태 20은, 반사 편광기가 중합체 다층 광학 필름이며, 중합체 다층 광학 필름은,
- [0126] 복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및
- [0127] 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, 실시 형태



17의 렌즈 조립체이다.

- [0128] 실시 형태 21은, 반사 편광기가 복수의 간섭 층을 포함하고, 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시켜, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이고, 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과이고, 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 흡수가 약 2% 초과여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 광학 필름은 반사 편광기의 제1 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 큰 평균 광학 반사율 및 반사 편광기의 반대편 제2 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 작은 평균 광학 반사율을 갖게 되는, 실시 형태 17의 렌즈 조립체이다.
- [0129] 실시 형태 22는 렌즈 조립체로서, 렌즈 조립체는
- [0130] 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력 및 만곡된 제1 주 표면을 포함하는 제1 광학 렌즈; 및
- [0131] 복수의 간섭 층을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 적어도 하나의 간섭 층은 적어도 하나의 위치에서 실질적으로 일축 배향되고, 반사 편광기는 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면에 접촉되고, 반사 편광기는 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시킴 - 을 포함하고, 제1 주 표면은 최대 투영된 치수(D) 및 대응하는 최대 세그(S)를 갖는 활성 영역을 포함하며,  $S/D \geq 0.03$ 이며, 반사 편광기의 평균 두께는 약 50 마이크로미터 초과이다.
- [0132] 실시 형태 23은, 반사 편광기가 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층을 추가로 포함하고, 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터이고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터인, 실시 형태 22의 렌즈 조립체이다.
- [0133] 실시 형태 24는 광학 필름으로서, 광학 필름은
- [0134] 복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및
- [0135] 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 직교하는 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함한다.
- [0136] 실시 형태 25는, 적어도 하나의 비간섭 층이, 실질적으로 평행한 서로 반대편에 있는 제1 및 제2 주 표면들을 포함하는 비접착성 가요성 광학 층을 포함하고, 비접착성 가요성 광학 층 상의 적어도 하나의 위치는 광학 지연도가 약 100 nm 미만 또는 약 200 nm 초과인, 실시 형태 24의 광학 필름이다.
- [0137] 실시 형태 26은, 제2 편광 상태를 갖는 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대한 평균 광학 흡수가 약 2% 초과여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 광학 필름은 광학 필름의 제1 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 큰 평균 광학 반사율 및 광학 필름의 반대편 제2 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 작은 평균 광학 반사율을 갖게 되는, 실시 형태 24의 광학 필름이다.
- [0138] 실시 형태 27은 반사 편광기 조립체로서, 반사 편광기 조립체는
- [0139] 약 50 마이크로미터 초과와 평균 두께를 갖고 복수의 간섭 층을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 적어도 하나의 간섭 층은 적어도 하나의 위치에서 실질적으로 일축 배향되고, 일체로 형성된 반사 편광기는 만곡된 최외부 주 표면을 포함함 -; 및 반사 편광기의 만곡된 최외부 주 표면 상에 직접 형성되고 그에 정합되는 광학 요소를 포함한다.
- [0140] 실시 형태 28은, 일체로 형성된 반사 편광기가 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층을 추가로 포함하고, 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터이고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터인, 실시 형태 27의 반사 편광기 조립체이다.
- [0141] 실시 형태 29는, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층이 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이고, 직교하는 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과이

고, 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 흡수가 약 2% 초과여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 일체로 형성된 반사 편광기는 반사 편광기의 제1 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 큰 평균 광학 반사율 및 반사 편광기의 반대편 제2 주 면으로부터 입사하는 광에 대한 더 작은 평균 광학 반사율을 갖게 되는, 실시 형태 27의 반사 편광기 조립체이다.

- [0142] 실시 형태 30은 렌즈 조립체로서, 렌즈 조립체는
- [0143] 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력 및 원치 않는 특징을 갖는 만곡된 제1 주 표면을 갖는 제1 광학 렌즈;
- [0144] 복수의 간섭 층을 포함하는 일체로 형성된 반사 편광기 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 일체로 형성된 반사 편광기는 서로 반대편에 있는 최외부 제1 및 제2 주 표면들을 포함함-; 및
- [0145] 일체로 형성된 반사 편광기의 제1 주 표면을 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면에 접합하는 접착제 층 - 접합은 제1 광학 렌즈의 제1 주 표면의 원치 않는 특징없음을 보상하고, 일체로 형성된 반사 편광기의 최외부 제2 표면은 원하는 특징을 가짐 - 을 포함한다.
- [0146] 실시 형태 31은, 원치 않는 특징이 표면 곡률을 포함하고, 제1 광학 렌즈의 만곡된 제1 주 표면은 원치 않는 곡률을 가지며, 일체로 형성된 반사 편광기의 최외부 제2 표면은 원하는 곡률을 갖는, 실시 형태 30의 렌즈 조립체이다.
- [0147] 실시 형태 32는, 원치 않는 특징이 평균 표면 조도를 포함하고, 만곡된 제1 주 표면은 원치 않는 평균 표면 조도를 가지며, 일체로 형성된 반사 편광기의 최외부 제2 표면은 원하는 평균 표면 조도를 갖는, 실시 형태 30의 렌즈 조립체이다.
- [0148] 실시 형태 33은, 최외부 제2 표면은 광학적으로 매끄럽지만, 만곡된 제1 주 표면은 광학적으로 매끄럽지 않은, 실시 형태 32의 렌즈 조립체이다.
- [0149] 실시 형태 34는 광학 시스템으로서,
- [0150] 적어도 하나의 방향에서의 광학 굴절력이 0 초과인 적어도 하나의 렌즈;
- [0151] 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대한 평균 광학 반사율이 30% 이상인 부분 반사기; 및
- [0152] 미리결정된 파장 범위에서의 제1 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 투과시키고 미리결정된 파장 범위에서의 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광을 실질적으로 반사시키는 반사 편광기를 포함하고, 광학 시스템은 광학 축을 가지며, 광학 축을 따라 전파하는 광선은 실질적으로 굴절되지 않고서 적어도 하나의 렌즈, 부분 반사기 및 반사 편광기를 통과하여, 제2 편광 상태 및 미리결정된 파장 범위 내의 파장을 가지며 광학 축 상에 중심을 둔 약 100도 내지 약 160도의 전체 원추각을 갖는 광의 입사 원추에 대해, 제1 편광 상태를 갖는 제1 광 성분 및 제2 편광 상태를 갖는 제2 광 성분을 갖는 입사광이 광학 시스템에서 나오게 되고, 제1 광 성분의 평균 세기 대 제2 광 성분의 평균 세기의 비는 약 100 초과이다.
- [0153] 실시 형태 35는, 광학 스택이 반사 편광기 및 반사 편광기에 접합된 비접착성 가요성 광학 층을 포함하는, 실시 형태 34의 광학 시스템이다.
- [0154] 실시 형태 36은, 적어도 하나의 렌즈가 만곡된 제1 주 표면을 포함하는 제1 렌즈를 포함하고, 광학 스택은 만곡된 제1 주 표면에 접합되고 정합되는, 실시 형태 35의 광학 시스템이다.
- [0155] 실시 형태 37은, 반사 편광기가 중합체 다층 광학 필름이며, 중합체 다층 광학 필름은,
- [0156] 복수의 간섭 층 - 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 복수의 간섭 층의 평균 총 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 70 마이크로미터임 -; 및
- [0157] 복수의 간섭 층과 일체로 형성되고 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키지 않는 적어도 하나의 비간섭 층 - 적어도 하나의 비간섭 층의 평균 총 두께는 약 40 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터여서, 미리결정된 파장 범위에서의 실질적 수직 입사광에 대해, 복수의 간섭 층은 제1 편광 상태에 대한 평균 광학 투과율이 약 85% 초과이며 제2 편광 상태에 대한 평균 광학 반사율이 약 80% 초과로 됨 - 을 포함하는, 실시 형태 34의 광학 시스템이다.
- [0158] 실시 형태 38은, 반사 편광기가 일체로 형성되고 복수의 간섭 층을 포함하고, 각각의 간섭 층은 주로 광학 간섭에 의해 광을 반사시키거나 투과시키고, 반사 편광기는 만곡된 제1 주 표면에 접착되고, 만곡된 제1 주 표면은

최대 투영된 치수(D) 및 대응하는 최대 세그(S)를 갖는 활성 영역을 포함하며,  $S/D \geq 0.03$ 인, 실시 형태 34의 광학 시스템이다.

[0159] 실시 형태 39는, 반사 편광기의 평균 두께가 약 50 마이크로미터 초과인, 실시 형태 34의 광학 시스템이다.

[0160] **실시예**

[0161] **반사 편광기 1**

[0162] 복굴절성 반사 편광기 광학 필름을 다음과 같이 제조하였다. 2개의 다층 광학 패킷을 공압출하였으며, 이때 각각의 패킷은 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN)와 저굴절률 등방성 층의 325개의 교번하는 층으로 구성되었으며, 이러한 저굴절률 등방성 층은 굴절률이 약 1.57이고 일축 배향시 실질적으로 등방성으로 유지되도록 폴리카르보네이트와 코폴리에스테르(PC:coPET)의 블렌드로 제조하였으며, 여기서 PC:coPET 몰비는 대략 42.5 몰% PC 및 57.5 몰% coPET이고, Tg가 섭씨 105도이다. 이러한 등방성 재료는, 연신 후에 두 비연신 방향으로의 그의 굴절률이 비연신 방향으로의 복굴절 재료의 굴절률과 실질적으로 일치되어 유지되는 반면 연신 방향으로 복굴절 층과 및 비복굴절 층 사이에 굴절률의 실질적인 불일치가 존재하도록 선택하였다. PEN 및 PC/coPET 중합체를 별도의 압출기로부터 다층 공압출 피드블록으로 공급하였으며, 여기서 그것들을, 총 652개의 층에 대해, 325개의 교번하는 광학 층의 패킷(각각 "패킷 1" 및 "패킷 2") + 적층된 광학 패킷의 외층의, PC/coPET의 더 두꺼운 보호 경계 층으로 조립하였다. 필름을 미국 특허 제6,916,440호(Jackson 등)에 기재된 바와 같이 포물선형 텐터(tenter)에서 실질적으로 일축 연신하였다. 필름을 약 150℃의 온도에서 약 6의 연신비로 연신하였다.

[0163] 반사 편광기 1에 대한 이러한 층 두께 프로파일은 패킷 1 및 패킷 2가 표시된 상태로 도 14b에 도시되어 있다. 최소 제곱 선형 회귀를 사용하여 패킷 1의 평균 기울기는 대략 0.17 nm/층이었고 패킷 2의 평균 기울기는 대략 0.18 nm/층이었으며, 이는 대략 6%의 2개의 패킷에 대한 각각의 기울기에 있어서의 차이를 보인다. 반사 편광기 1은 커패시턴스 게이지(capacitance gauge)에 의해 측정될 때 결과적인 총 두께가 대략 63.2 μm이고, 통과 상태에서의 투과율이 90%이고, 차단 상태에서의 투과율이 0.015%였다. 간섭 층의 총 두께는 54.2 마이크로미터였고, 비간섭 층은 2.2 마이크로미터 및 3.5 마이크로미터의 두께를 각각 갖는 최외부 층(예컨대, 비간섭 층(1377a, 1377c)에 대응함), 및 3.3 마이크로미터의 두께를 갖는 내부 스페이서 층(예컨대, 비간섭 층(1377b)에 대응함)을 포함하였다.

[0164] **실시예 1**

[0165] 반사 편광기 1을 1 밀 두께의 3M 8171 광학적으로 투명한 접착제(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 3M Company로부터 입수가능함)를 사용하여 75 마이크로미터 두께의 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 필름에 라미네이팅하였다. 생성된 라미네이트를 진공 형성 공정을 이용하여 0.026의 새그 대 직경 비를 갖는 만곡된 형상으로 열성형하였다. 인서트 성형 공정에서 라미네이트 상에 광학 등급 아크릴을 사출 성형함으로써 라미네이트 상에 렌즈를 형성하였다. 미국 특허 출원 공개 제2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 기재된 바와 같이 열성형 및 사출 성형을 수행하였다. 형성 공정 동안 라미네이트의 주름이 관찰되지 않았다.

[0166] **실시예 2**

[0167] 반사 편광기 1을 1 밀 두께의 3M 8171 광학적으로 투명한 접착제(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 3M Company로부터 입수가능함)를 사용하여 75 마이크로미터 두께의 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 필름에 라미네이팅하였다. 생성된 라미네이트를 진공 형성 공정을 이용하여 0.13의 새그 대 직경 비를 갖는 만곡된 형상으로 열성형하였다. 인서트 성형 공정에서 라미네이트 상에 광학 등급 아크릴을 사출 성형함으로써 라미네이트 상에 렌즈를 형성하였다. 미국 특허 출원 공개 제2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 기재된 바와 같이 열성형 및 사출 성형을 수행하였다. 형성 공정 동안 라미네이트의 주름이 관찰되지 않았다.

[0168] **실시예 3**

[0169] 반사 편광기 1을 1 밀 두께의 3M 8171 광학적으로 투명한 접착제(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 3M Company로부터 입수가능함)를 사용하여 2개의 75 마이크로미터 두께의 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 필름들 사이에 라미네이팅하였다. 생성된 라미네이트를 진공 형성 공정을 이용하여 0.026의 새그 대 직경 비를 갖는 만곡된 형상으로 열성형하였다. 실시예 3의 라미네이트는 실시예 1의 라미네이트와 비교하여 더 양호한 허용오차로 그의 원하는 형상을 유지하였다. 인서트 성형 공정에서 라미네이트 상에 광학 등급 아크릴을 사출 성형함으로써 라미네이트 상에 렌즈를 형성하였다. 미국 특허 출원 공개 제2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 기재된 바와 같이 열성형 및 사출 성형을 수행하였다. 형성 공정 동안 라미네이트의 주름이 관찰되지 않았다.

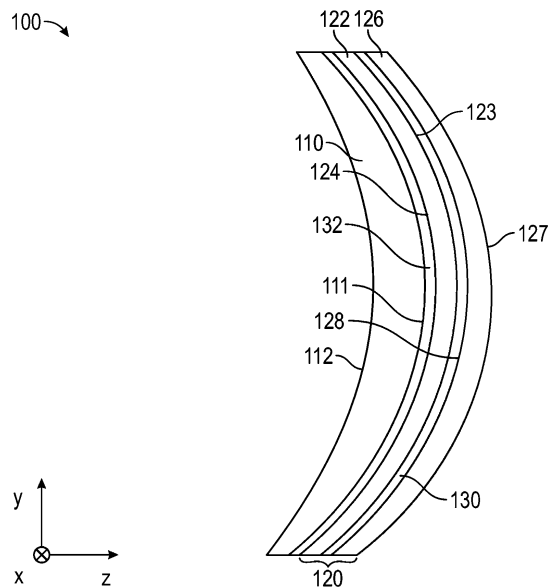
[0170] 실시예 4

[0171] 반사 편광기 1을 1 밀 두께의 3M 8171 광학적으로 투명한 접착제(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 3M Company로부터 입수가능함)를 사용하여 2개의 75 마이크로미터 두께의 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 필름들 사이에 라미네이팅하였다. 생성된 라미네이트를 진공 형성 공정을 이용하여 0.13의 새그 대 직경 비를 갖는 만곡된 형상으로 열성형하였다. 실시예 4의 라미네이트는 실시예 2의 라미네이트와 비교하여 더 양호한 허용오차로 그의 원하는 형상을 유지하였다. 인서트 성형 공정에서 라미네이트 상에 광학 등급 아크릴을 사출 성형함으로써 라미네이트 상에 렌즈를 형성하였다. 미국 특허 출원 공개 제2017/0068100호(Ouderkirk 등)에 기재된 바와 같이 열성형 및 사출 성형을 수행하였다. 형성 공정 동안 라미네이트의 주름이 관찰되지 않았다.

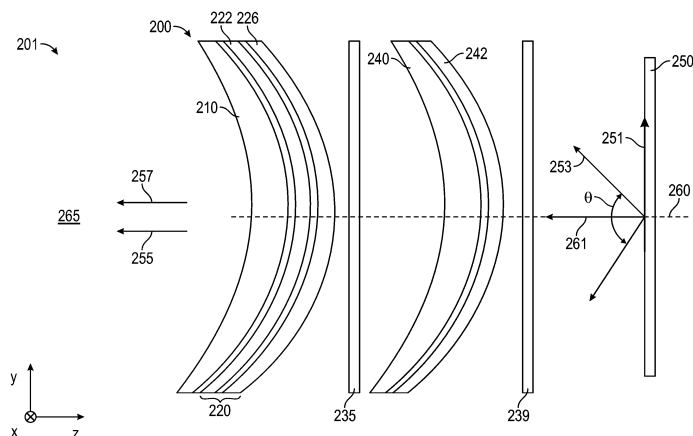
[0172] 도면 내의 요소에 대한 설명은 달리 지시되지 않는 한, 다른 도면 내의 대응하는 요소에 동등하게 적용되는 것으로 이해되어야 한다. 특정 실시 형태가 본 명세서에 예시되고 기술되어 있지만, 당업자는 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고서 다양한 대안 및/또는 등가의 구현예가 도시 및 기술된 특정 실시 형태를 대신할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 본 출원은 본 명세서에 논의된 구체적인 실시 형태의 임의의 개조 또는 변형을 포함하도록 의도된다. 따라서, 본 발명은 오직 청구범위 및 이의 등가물에 의해서만 제한되는 것으로 의도된다.

도면

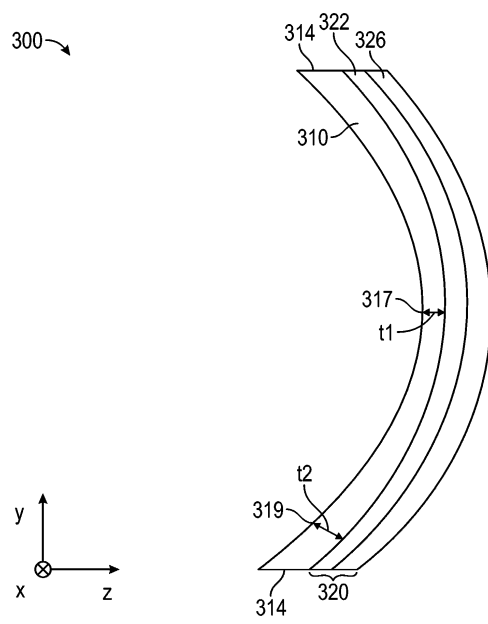
도면1



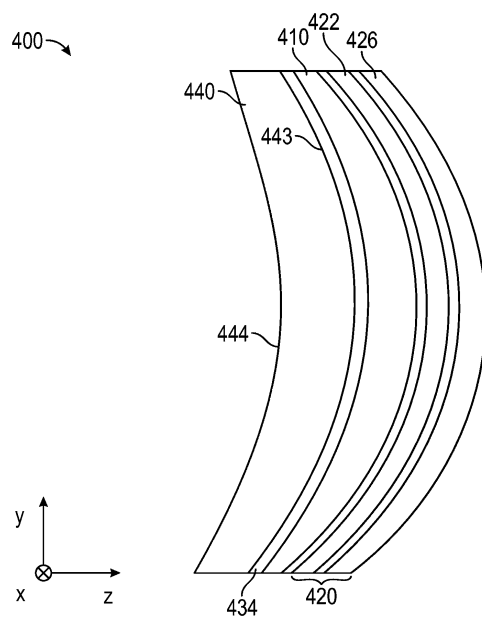
도면2



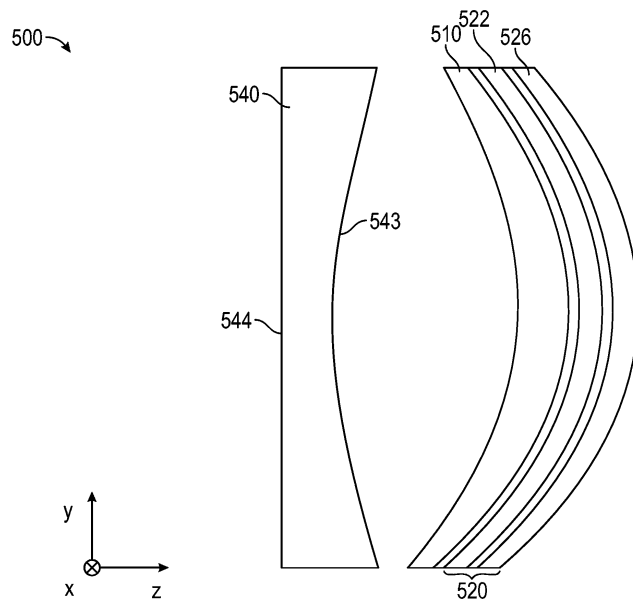
도면3



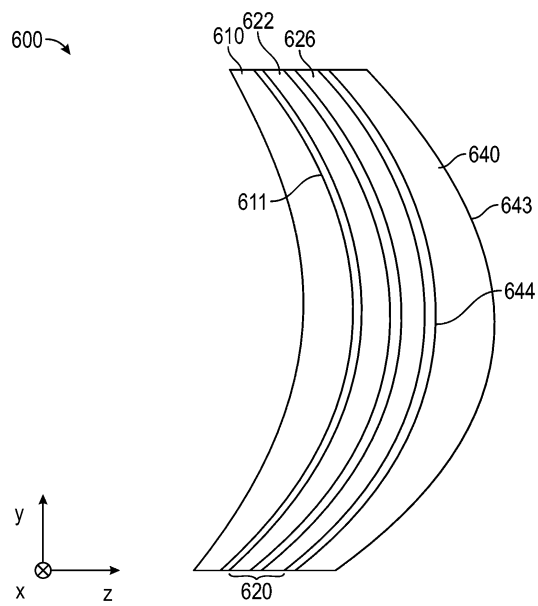
도면4



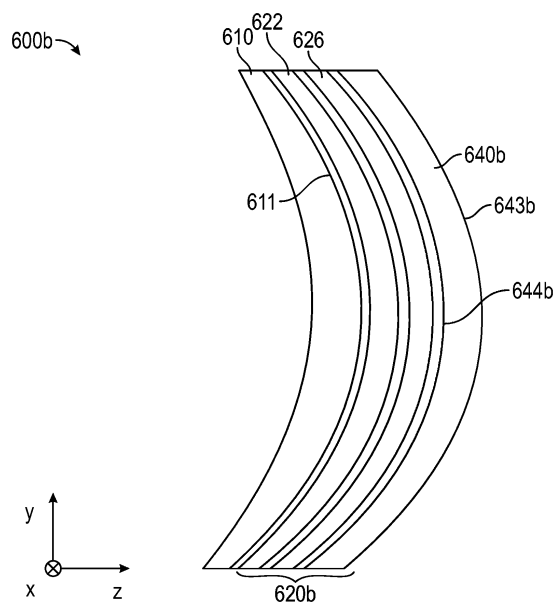
도면5



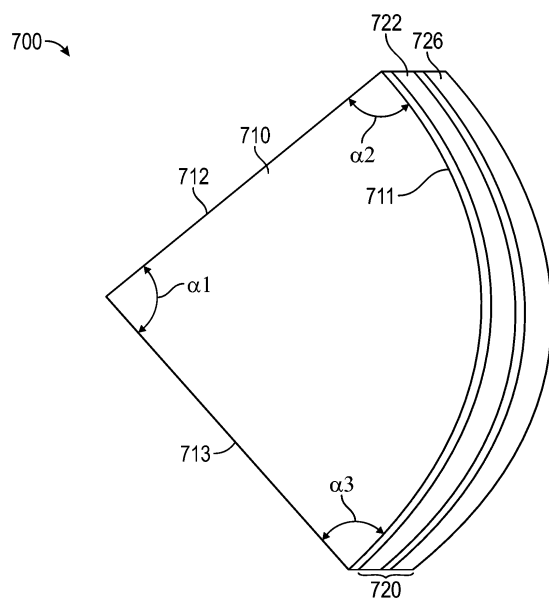
도면6a



도면6b

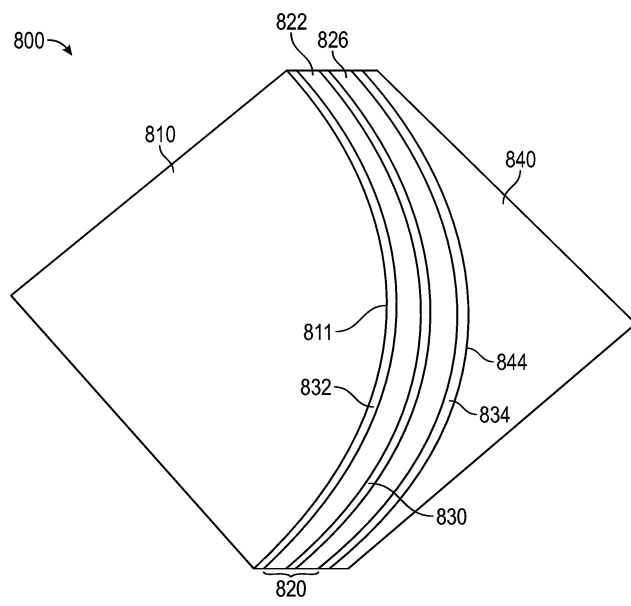


도면7

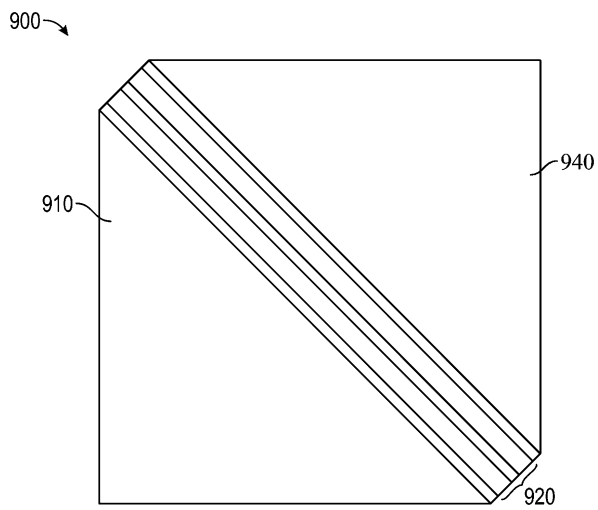




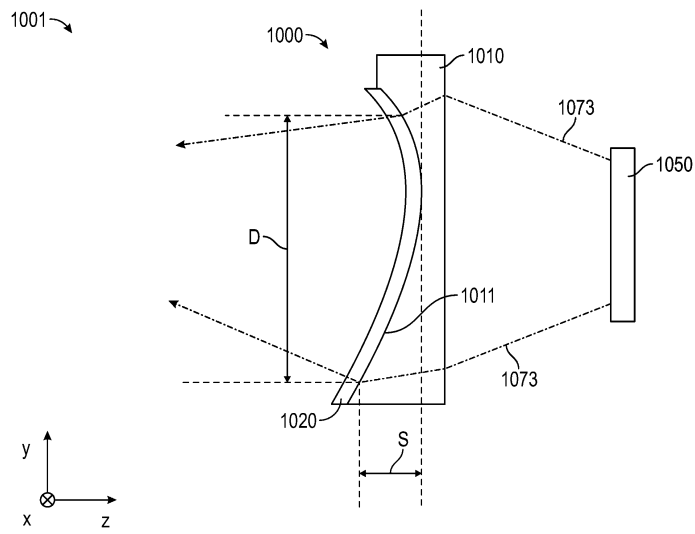
도면8



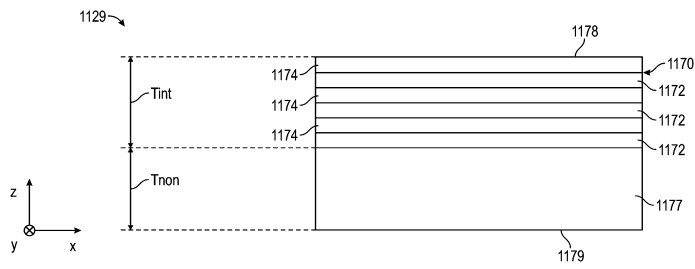
도면9



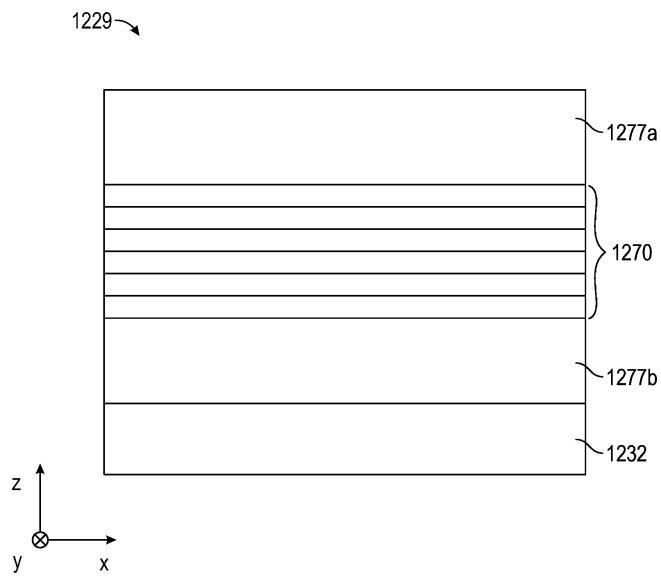
도면10



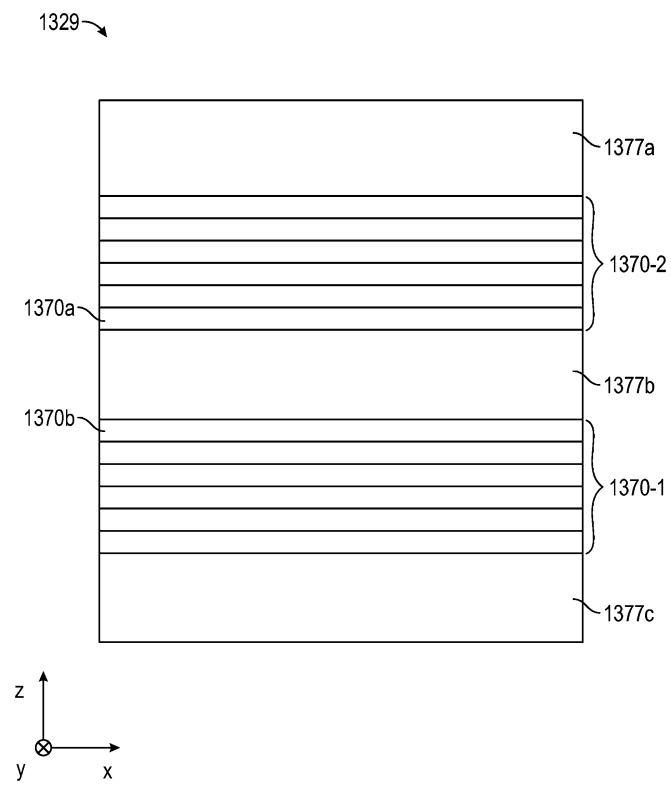
도면11



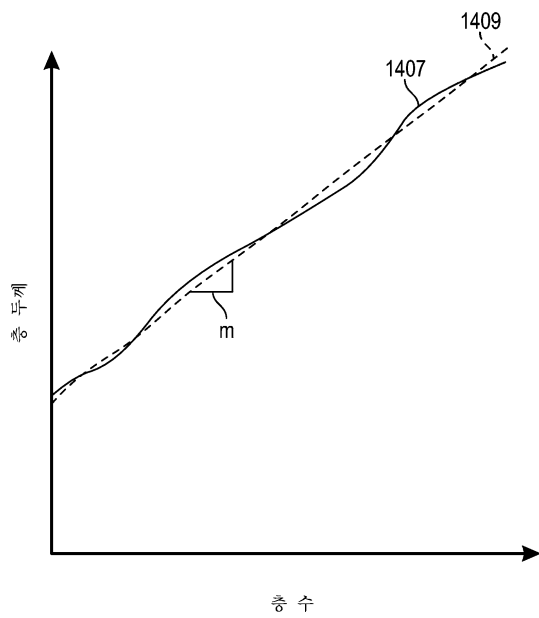
도면12



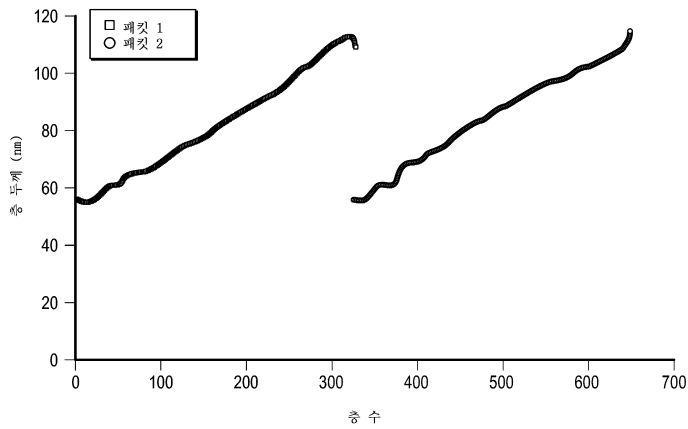
도면13



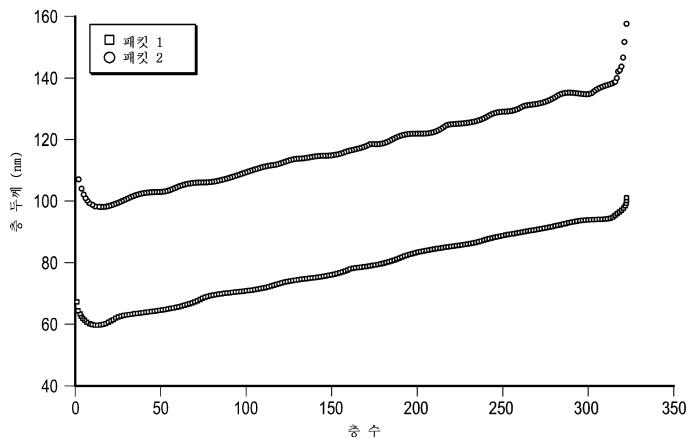
도면14a



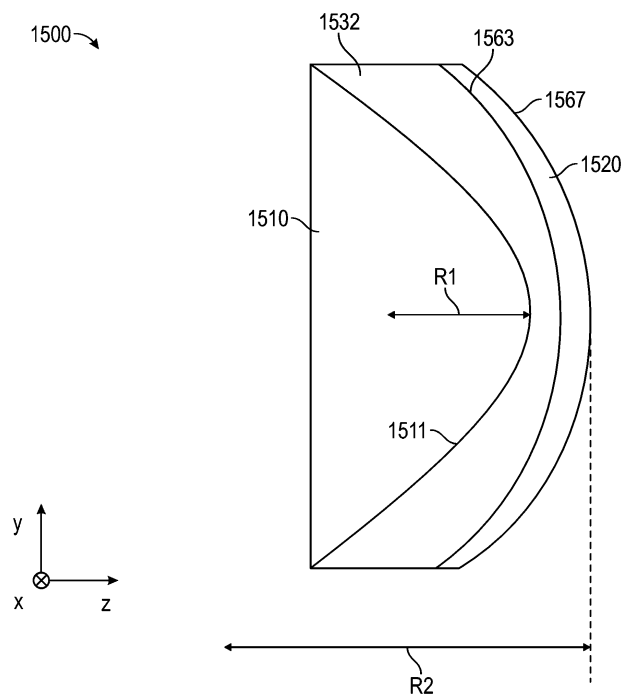
도면14b



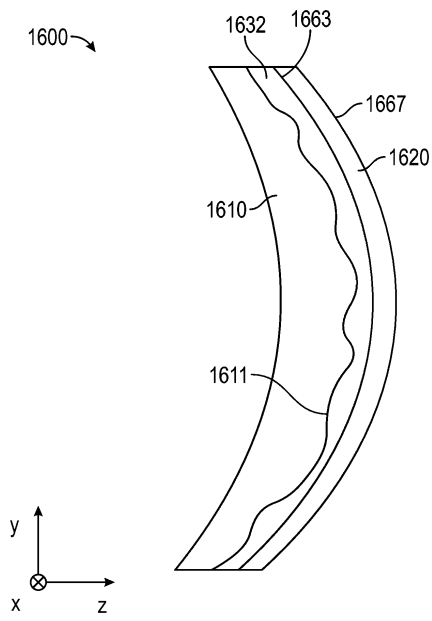
도면14c



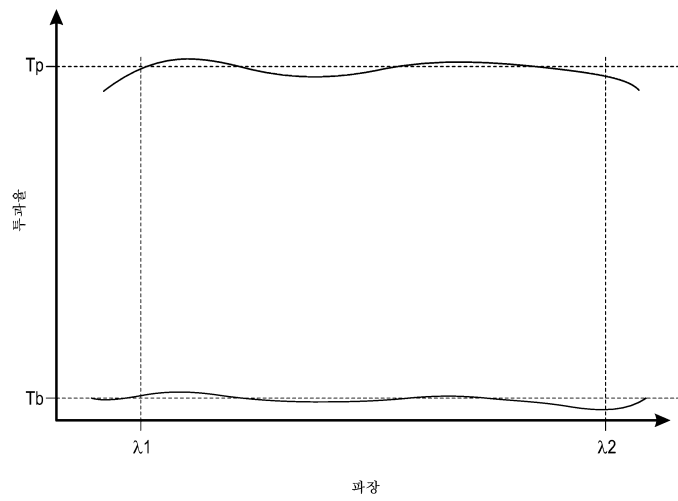
도면15



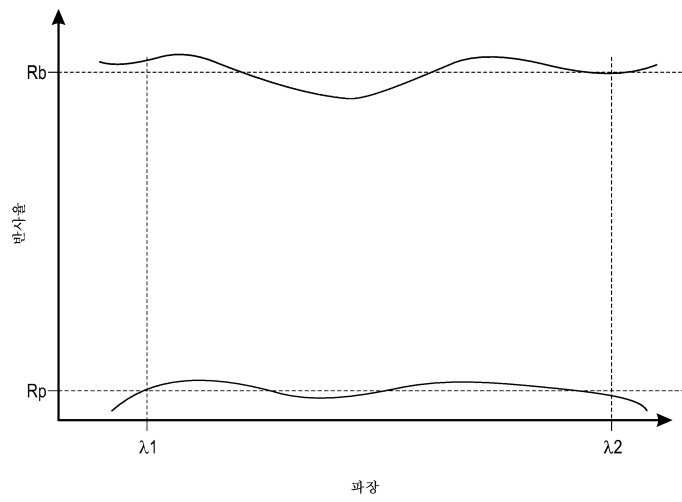
도면16



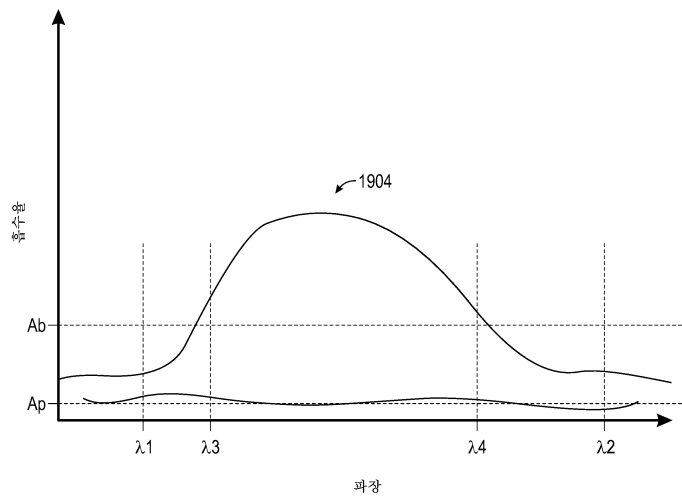
도면17



도면18



도면19



도면20

