



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0137666  
(43) 공개일자 2013년12월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 5/30 (2006.01) G03B 21/14 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-7019509  
(22) 출원일자(국제) 2011년12월22일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2013년07월23일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/066718  
(87) 국제공개번호 WO 2013/095482  
국제공개일자 2013년06월27일  
(30) 우선권주장  
61/428,032 2010년12월29일 미국(US)

(71) 출원인  
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠 센터  
(72) 발명자  
오더커크 앤드류 제이  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
(74) 대리인  
김영, 양영준

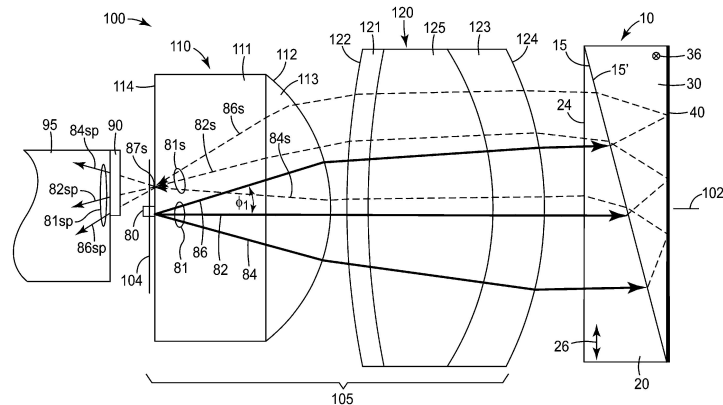
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 굴절 편광 변환기 및 편광된 색상 조합기

### (57) 요약

본 발명은 일반적으로 굴절 편광 변환기, 굴절 편광 변환기를 사용하는 편광된 색상 조합기, 및 특히 포켓 프로젝터와 같은 작은 크기 형태의 프로젝터에서 유용할 수 있는 굴절 편광 변환기를 사용하는 편광된 색상 조합기에 관한 것이다. 개시된 굴절 편광 변환기는 비편광된 광 빔을 직교 편광 방향들을 갖는 발산 편광된 광 빔들로 분리할 수 있는 적어도 하나의 복굴절성 프리즘을 포함한다.

대표도 - 도2b



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

편광 변환기(polarization converter)로서,

광 입력 표면 및 광학 축을 갖는 제1 광 수집 광학계(light collection optics);

비편광된 광 빔을 광학 축에 평행한 제1 전과 방향을 따라 광 입력 표면 내로 주입할 수 있는 비편광 광원;

복굴절성 프리즘(birefringent prism)을 포함하며, 제1 광 수집 광학계를 향해 그리고 광 입력 표면 반대편에 배치되는 광학 장치 -

여기서, 광학 장치는 비편광된 광 빔을 직교 편광 상태들을 갖는 제1 편광된 광 빔 및 제2 편광된 광 빔으로 분할할 수 있고, 제1 및 제2 편광된 광 빔들 중 적어도 하나는 제1 전과 방향으로부터 발산함 - ; 및

제1 및 제2 편광된 광 빔들을 광학 장치 및 제1 광 수집 광학계를 통해 광 입력 표면을 향해 다시 반사하도록 배치되는 반사기 -

여기서, 제1 편광된 광 빔은 비편광 광원으로부터 변위된 제1 위치에서 광 입력 표면을 통과하고, 제2 편광된 광 빔은 제1 위치 및 비편광 광원으로부터 변위된 제2 위치에서 광 입력 표면을 통과함 - 를 포함하는 편광 변환기.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 제1 편광된 광 빔의 제1 편광 상태를 제2 편광 상태로 변환할 수 있어서 조합된 편광된 출력 광이 제2 편광 상태로 편광되게 하는, 광 입력 표면에 인접하여 배치되는 반파 지연기(half-wave retarder)를 추가로 포함하는 편광 변환기.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 수용하도록 배치되는 광학 적분기(optical integrator)를 추가로 포함하는 편광 변환기.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 제1 광 수집 광학계는 광 시준 광학계(light collimation optics)를 포함하는 편광 변환기.

### 청구항 5

제4항에 있어서, 광 시준 광학계는 1 렌즈(one lens) 설계, 2 렌즈(two lens) 설계, 회절 광학 요소(diffractive optical element), 또는 이들의 조합을 포함하는 편광 변환기.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 비편광된 광 빔, 제1 편광된 광 빔, 및 제2 편광된 광 빔 각각은 광 발산각(divergence angle)을 포함하는 편광 변환기.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 제1 광 수집 광학계는,

광 입력 표면 반대편의 제1 볼록 표면을 갖는 제1 렌즈; 및

제1 볼록 표면을 향한 제2 표면, 및 제2 표면 반대편의 제3 볼록 표면을 갖는 제2 렌즈를 포함하는 편광 변환기.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 광학 장치는 윌라스턴 프리즘(Wollaston prism), 세너몬트 프리즘(Senarmont prism), 니콜 프

리즘(Nicol prism), 로션 프리즘(Rochon prism), 노마스키 프리즘(Nomarski prism), 글랜-톰슨 프리즘(Glan-Thompson prism), 글랜-푸코 프리즘(Glan-Foucault prism), 또는 이들의 조합을 포함하는 편광 변환기.

#### 청구항 9

제1항에 있어서, 반사기는 광대역 미러(broadband mirror)를 포함하는 편광 변환기.

#### 청구항 10

제2항에 있어서, 조합된 편광된 출력 광은 제2 광 수집 광학계로 투과되고, 제2 광 수집 광학계는 조합된 편광된 출력 광을 작은 발산각을 갖는 확장된 편광된 광 빔으로 되게 하도록 확장시키는 편광 변환기.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 제2 광 수집 광학계는,

광학 축에 중심설정되고, 제4 볼록 표면 및 제4 볼록 표면 반대편의 제2 광 입력 표면을 가지며, 광 입력 표면에서 진출하는 광을 제2 광 입력 표면으로 투과시킬 수 있는 제3 렌즈; 및

광학 축에 중심설정되고, 제4 볼록 표면을 향한 제5 표면 및 제5 표면 반대편의 제6 볼록 표면을 갖는 제4 렌즈를 포함하며,

제2 광 입력 표면으로 진입하는 광은 확장된 편광된 광 빔으로서 제6 볼록 표면에서 진출하는 편광 변환기.

#### 청구항 12

제10항에 있어서, 작은 발산각은 약 15도 미만의 각도를 포함하는 편광 변환기.

#### 청구항 13

편광 변환 색상 조합기(color combiner)로서, 제1항의 편광 변환기를 포함하고, 비편광 광원이, 각각 광학 축으로부터 변위된, 제1 색상 광을 방출할 수 있는 제1 색상 광원 및 제2 색상 광을 방출할 수 있는 제2 색상 광원을 포함하며, 반사기가 이색성 플레이트(dichroic plate)를 포함하는 편광 변환 색상 조합기.

#### 청구항 14

제13항에 있어서, 이색성 플레이트는,

제1 색상 광을 반사시키고 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제1 이색성 반사기; 및

제2 색상 광을 반사시킬 수 있는 제2 반사기를 포함하며,

제1 이색성 반사기 및 제2 반사기는, 제1 및 제2 색상 광 둘 모두가 반사되어 조합된 색상 광 빔으로서 광학 축을 따라 광 입력 표면을 통해 진출하도록, 각각 경사지는 편광 변환 색상 조합기.

#### 청구항 15

제14항에 있어서, 제2 반사기는 광대역 미러를 포함하는 편광 변환 색상 조합기.

#### 청구항 16

제14항에 있어서, 제2 반사기는 제2 색상 광을 반사시키고 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제2 이색성 반사기를 포함하는 편광 변환 색상 조합기.

#### 청구항 17

제13항에 있어서, 광학 축으로부터 변위되어 있고 제3 색상 광을 광 입력 표면 내로 주입하도록 배치되는 제3 색상 광원을 추가로 포함하고, 이색성 플레이트는 제3 색상 광을 반사시켜서 광학 축을 따라 광 입력 표면을 통해 진출하게 할 수 있는 제3 반사기를 추가로 포함하는 편광 변환 색상 조합기.

#### 청구항 18

제17항에 있어서, 제3 반사기는 광대역 미러를 포함하는 편광 변환 색상 조합기.

## 청구항 19

제17항에 있어서, 제3 반사기는 제3 색상 광을 반사시키고 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제3 이색성 반사기를 포함하는 편광 변환 색상 조합기.

## 청구항 20

이미지 프로젝터(image projector)로서,

제2항의 편광 변환기;

이미지를 조합된 편광된 출력 광에 부여하도록 배치되는 공간 광 변조기(spatial light modulator); 및

프로젝션 광학계(projection optics)를 포함하는 이미지 프로젝터.

## 청구항 21

이미지 프로젝터로서,

제17항의 편광 변환 색상 조합기;

이미지를 편광된 제1, 제2 및 제3 색상 광에 부여하도록 배치되는 공간 광 변조기; 및

프로젝션 광학계를 포함하는 이미지 프로젝터.

## 청구항 22

제20항 또는 제21항에 있어서, 공간 광 변조기는 LCoS(liquid crystal on silicon) 이미저(imager) 또는 투과형 액정 디스플레이(LCD)를 포함하는 이미지 프로젝터.

## 명세서

### 배경 기술

- [0001] 이미지를 스크린 상에 투사하기 위해 사용되는 프로젝션 시스템(projection system)은 조명 광을 발생시키기 위해 상이한 색상을 가진, 발광 다이오드(light emitting diode, LED)와 같은 다수의 유색 광원을 사용할 수 있다. 여러 광학 요소가 LED와 이미지 디스플레이 유닛(image display unit) 사이에 배치되어 LED로부터의 광을 조합하여 이미지 디스플레이 유닛으로 전달한다. 이미지 디스플레이 유닛은 광에 이미지를 부여하기 위해 다양한 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어, 이미지 디스플레이 유닛은 투과형 또는 반사형 액정 디스플레이(liquid crystal display)에서와 같이 편광을 사용할 수 있다.
- [0002] 이미지를 스크린 상에 투사하기 위해 사용되는 또 다른 프로젝션 시스템은 텍사스 인스트루먼트(Texas Instruments)의 디지털 라이트 프로세서(Digital Light Processor, DLP<sup>(등록상표)</sup>) 디스플레이에 사용되는 어레이와 같은 디지털 마이크로-미러(digital micro-mirror, DMM) 어레이로부터 이미지방식(imagewise)으로 반사되도록 구성되는 백색 광을 사용할 수 있다. DLP<sup>(등록상표)</sup> 디스플레이에서, 디지털 마이크로-미러 어레이 내의 개별 미러는 투사된 이미지의 개별 픽셀을 나타낸다. 입사 광이 투사된 광학 경로 내로 지향되도록 대응하는 미러가 경사질 때 디스플레이 픽셀이 조명된다. 광학 경로 내에 배치된 회전 컬러 휠(rotating color wheel)이 디지털 마이크로-미러 어레이로부터의 광의 반사에 맞추어져(timed), 반사된 백색 광이 픽셀에 대응하는 색상을 투사하도록 필터링된다. 이어서, 디지털 마이크로-미러 어레이는 그 다음의 원하는 픽셀 색상으로 스위칭되고, 전체 투사된 디스플레이가 연속적으로 조명되는 것으로 보일 정도의 신속한 속도로 과정이 계속된다. 디지털 마이크로-미러 프로젝션 시스템은 보다 적은 수의 픽셀화된 어레이 구성요소를 필요로 하며, 이는 보다 작은 크기의 프로젝터(projector)를 형성할 수 있다.
- [0003] 이미지 휘도는 프로젝션 시스템의 중요한 파라미터이다. 유색 광원의 휘도와, 광을 이미지 디스플레이 유닛으로 수집, 조합, 균질화 및 전달하는 것의 효율은 모두 휘도에 영향을 미친다. 최신의 프로젝터 시스템의 크기가 감소함에 따라, 유색 광원에 의해 생성되는 열을 소형 프로젝터 시스템 내에서 소산될 수 있는 낮은 수준으로 유지함과 동시에 적절한 수준의 출력 휘도를 유지할 필요성이 있다. 광원에 의한 과도한 전력 소비 없이 적절한 수준의 휘도를 가진 광 출력을 제공하도록 증가된 효율로 다수의 유색 광을 조합하는 광 조합 시스템에 대

한 필요성이 있다.

- [0004] 액정 디스플레이는 흔히 단지 하나의 편광의 광을 사용하고, 일반적으로 비편광된 광을 발생시키는 광원을 사용한다. 편광 빔 스플리터(polarizing beam splitter) 및 복굴절성 또는 편광 프리즘(birefringent or polarizing prism)의 어레이를 비롯한, 비편광된 광을 편광된 광으로 변환하기 위한 여러 수단이 편광된 광을 발생시키도록 사용되어 왔다. 이들 시스템은 특히 광 수집 광학계(light collection optics) 및 적분 시스템(integrating system)을 고려하여 상당한 부피를 필요로 할 수 있다. 핸드헬드(handheld) 장치, 마이크로-프로젝션 시스템, 및 헤드-장착식(head-mounted) 디스플레이를 비롯한 여러 유형의 디스플레이는 소형화 및 고효율 둘 모두를 필요로 한다.
- [0005] 피코(pico) 및 포켓(pocket) 프로젝터는 효율적인 색상 조합기, 광 적분기(light integrator), 및/또는 균질화기에 대한 제한된 이용가능한 공간을 갖는다. 그 결과, 이들 프로젝터(예컨대, 색상 조합기(color combiner) 및 편광 변환기(polarization converter))에 사용된 광학 장치로부터의 효율적이고 균일한 광 출력은 소형이고 효율적인 광학 설계를 필요로 할 수 있다.

### 발명의 내용

- [0006] 본 발명은 일반적으로 굴절 편광 변환기, 굴절 편광 변환기를 사용하는 편광된 색상 조합기, 및 특히 포켓 프로젝터와 같은 작은 크기 형태의 프로젝터에서 유용할 수 있는 굴절 편광 변환기를 사용하는 편광된 색상 조합기에 관한 것이다. 개시된 굴절 편광 변환기는 비편광된 광 빔을 직교 편광 방향들을 갖는 발산 편광된 광 빔들로 분리할 수 있는 적어도 하나의 복굴절성 프리즘을 포함한다.
- [0007] 일 태양에서, 본 발명은 광 입력 표면 및 광학 축을 갖는 제1 광 수집 광학계; 비편광된 광 빔을 광학 축에 평행한 제1 전과 방향을 따라 광 입력 표면 내로 주입할 수 있는 비편광 광원; 및 복굴절성 프리즘을 포함하며 제1 광 수집 광학계를 향해 그리고 광 입력 표면 반대편에 배치되는 광학 장치를 포함하는 편광 변환기를 제공한다. 편광 변환기는 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 광학 장치 및 제1 광 수집 광학계를 통해 광 입력 표면을 향해 다시 반사하도록 배치되는 반사기를 추가로 포함한다. 광학 장치는 비편광된 광 빔을 직교 편광 상태들을 갖는 제1 편광된 광 빔 및 제2 편광된 광 빔으로 분할할 수 있고, 제1 및 제2 편광된 광 빔들 중 적어도 하나는 제1 전과 방향으로부터 발산한다. 제1 편광된 광 빔은 비편광 광원으로부터 변위된 제1 위치에서 광 입력 표면을 통과하고, 제2 편광된 광 빔은 제1 위치 및 비편광 광원으로부터 변위된 제2 위치에서 광 입력 표면을 통과한다. 다른 태양에서, 편광 변환기는 제1 편광된 광 빔의 제1 편광 상태를 제2 편광 상태로 변환할 수 있어서 조합된 편광된 출력 광이 제2 편광 상태로 편광되게 하는, 광 입력 표면에 인접하여 배치되는 반파 지연기(half-wave retarder)를 포함한다. 또 다른 태양에서, 편광 변환기는 또한 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 수용하도록 배치되는 광학 적분기(optical integrator)를 추가로 포함한다.
- [0008] 다른 태양에서, 본 발명은 편광 변환기를 포함하는 편광 변환 색상 조합기를 제공한다. 편광 변환기는 광 입력 표면 및 광학 축을 갖는 제1 광 수집 광학계; 비편광된 광 빔을 광학 축에 평행한 제1 전과 방향을 따라 광 입력 표면 내로 주입할 수 있는 비편광 광원; 및 복굴절성 프리즘을 포함하며 제1 광 수집 광학계를 향해 그리고 광 입력 표면 반대편에 배치되는 광학 장치를 포함한다. 편광 변환기는 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 광학 장치 및 제1 광 수집 광학계를 통해 광 입력 표면을 향해 다시 반사하도록 배치되는 반사기를 추가로 포함한다. 광학 장치는 비편광된 광 빔을 직교 편광 상태들을 갖는 제1 편광된 광 빔 및 제2 편광된 광 빔으로 분할할 수 있고, 제1 및 제2 편광된 광 빔들 중 적어도 하나는 제1 전과 방향으로부터 발산한다. 제1 편광된 광 빔은 비편광 광원으로부터 변위된 제1 위치에서 광 입력 표면을 통과하고, 제2 편광된 광 빔은 제1 위치 및 비편광 광원으로부터 변위된 제2 위치에서 광 입력 표면을 통과한다. 비편광 광원은, 각각 광학 축으로부터 변위된, 제1 색상 광을 방출할 수 있는 제1 색상 광원 및 제2 색상 광을 방출할 수 있는 제2 색상 광원을 포함하며, 반사기는 이색성 플레이트(dichroic plate)를 포함한다. 다른 태양에서, 편광 변환기는 제1 편광된 광 빔의 제1 편광 상태를 제2 편광 상태로 변환할 수 있어서 조합된 편광된 출력 광이 제2 편광 상태로 편광되게 하는, 광 입력 표면에 인접하여 배치되는 반파 지연기를 포함한다. 또 다른 태양에서, 편광 변환기는 또한 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 수용하도록 배치되는 광학 적분기를 추가로 포함한다.

- [0009] 또 다른 태양에서, 본 발명은 편광 변환기를 포함하는 편광 변환 색상 조합기를 제공한다. 편광 변환기는 광 입력 표면 및 광학 축을 갖는 제1 광 수집 광학계; 비편광된 광 빔을 광학 축에 평행한 제1 전과 방향을 따라 광 입력 표면 내로 주입할 수 있는 비편광 광원; 및 복굴절성 프리즘을 포함하며 제1 광 수집 광학계를 향해 그리고 광 입력 표면 반대편에 배치되는 광학 장치를 포함한다. 편광 변환기는 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 광학 장치 및 제1 광 수집 광학계를 통해 광 입력 표면을 향해 다시 반사하도록 배치되는 반사기를 추가로 포함한다.

다. 광학 장치는 비편광된 광 빔을 직교 편광 상태들을 갖는 제1 편광된 광 빔 및 제2 편광된 광 빔으로 분할할 수 있고, 제1 및 제2 편광된 광 빔들 중 적어도 하나는 제1 전파 방향으로부터 발산한다. 제1 편광된 광 빔은 비편광 광원으로부터 변위된 제1 위치에서 광 입력 표면을 통과하고, 제2 편광된 광 빔은 제1 위치 및 비편광 광원으로부터 변위된 제2 위치에서 광 입력 표면을 통과한다. 비편광 광원은, 각각 광학 축으로부터 변위된, 제1 색상 광을 방출할 수 있는 제1 색상 광원 및 제2 색상 광을 방출할 수 있는 제2 색상 광원을 포함하며, 반사기는 이색성 플레이트를 포함한다. 편광 변환기는 광학 축으로부터 변위되어 있고 제3 색상 광을 광 입력 표면 내로 주입하도록 배치되는 제3 색상 광원을 추가로 포함하고, 이색성 플레이트는 제3 색상 광을 반사시켜서 광학 축을 따라 광 입력 표면을 통해 진출하게 할 수 있는 제3 반사기를 추가로 포함한다. 다른 태양에서, 편광 변환기는 제1 편광된 광 빔의 제1 편광 상태를 제2 편광 상태로 변환할 수 있어서 조합된 편광된 출력 광이 제2 편광 상태로 편광되게 하는, 광 입력 표면에 인접하여 배치되는 반파 지연기를 포함한다. 또 다른 태양에서, 편광 변환기는 또한 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 수용하도록 배치되는 광학 적분기를 추가로 포함한다.

[0010] 또 다른 태양에서, 본 발명은 편광 변환기; 이미지를 조합된 편광된 출력 광에 부여하도록 배치되는 공간 광 변조기(spatial light modulator); 및 프로젝션 광학계(projection optics)를 포함하는 이미지 프로젝터(image projector)를 제공한다. 편광 변환기는 광 입력 표면 및 광학 축을 갖는 제1 광 수집 광학계; 비편광된 광 빔을 광학 축에 평행한 제1 전파 방향을 따라 광 입력 표면 내로 주입할 수 있는 비편광 광원; 및 복굴절성 프리즘을 포함하며 제1 광 수집 광학계를 향해 그리고 광 입력 표면 반대편에 배치되는 광학 장치를 포함한다. 편광 변환기는 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 광학 장치 및 제1 광 수집 광학계를 통해 광 입력 표면을 향해 다시 반사하도록 배치되는 반사기를 추가로 포함한다. 광학 장치는 비편광된 광 빔을 직교 편광 상태들을 갖는 제1 편광된 광 빔 및 제2 편광된 광 빔으로 분할할 수 있고, 제1 및 제2 편광된 광 빔들 중 적어도 하나는 제1 전파 방향으로부터 발산한다. 제1 편광된 광 빔은 비편광 광원으로부터 변위된 제1 위치에서 광 입력 표면을 통과하고, 제2 편광된 광 빔은 제1 위치 및 비편광 광원으로부터 변위된 제2 위치에서 광 입력 표면을 통과한다. 다른 태양에서, 편광 변환기는 제1 편광된 광 빔의 제1 편광 상태를 제2 편광 상태로 변환할 수 있어서 조합된 편광된 출력 광이 제2 편광 상태로 편광되게 하는, 광 입력 표면에 인접하여 배치되는 반파 지연기를 포함한다. 또 다른 태양에서, 편광 변환기는 또한 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 수용하도록 배치되는 광학 적분기를 추가로 포함한다.

[0011] 또 다른 태양에서, 본 발명은 편광 변환 색상 조합기; 이미지를 편광된 제1, 제2 및 제3 색상 광에 부여하도록 배치되는 공간 광 변조기; 및 프로젝션 광학계를 포함하는 이미지 프로젝터를 제공한다. 편광 변환 색상 조합기는 편광 변환기를 포함한다. 편광 변환기는 광 입력 표면 및 광학 축을 갖는 제1 광 수집 광학계; 비편광된 광 빔을 광학 축에 평행한 제1 전파 방향을 따라 광 입력 표면 내로 주입할 수 있는 비편광 광원; 및 복굴절성 프리즘을 포함하며 제1 광 수집 광학계를 향해 그리고 광 입력 표면 반대편에 배치되는 광학 장치를 포함한다. 편광 변환기는 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 광학 장치 및 제1 광 수집 광학계를 통해 광 입력 표면을 향해 다시 반사하도록 배치되는 반사기를 추가로 포함한다. 광학 장치는 비편광된 광 빔을 직교 편광 상태들을 갖는 제1 편광된 광 빔 및 제2 편광된 광 빔으로 분할할 수 있고, 제1 및 제2 편광된 광 빔들 중 적어도 하나는 제1 전파 방향으로부터 발산한다. 제1 편광된 광 빔은 비편광 광원으로부터 변위된 제1 위치에서 광 입력 표면을 통과하고, 제2 편광된 광 빔은 제1 위치 및 비편광 광원으로부터 변위된 제2 위치에서 광 입력 표면을 통과한다. 비편광 광원은, 각각 광학 축으로부터 변위된, 제1 색상 광을 방출할 수 있는 제1 색상 광원 및 제2 색상 광을 방출할 수 있는 제2 색상 광원을 포함하며, 반사기는 이색성 플레이트를 포함한다. 편광 변환기는 광학 축으로부터 변위되어 있고 제3 색상 광을 광 입력 표면 내로 주입하도록 배치되는 제3 색상 광원을 추가로 포함하고, 이색성 플레이트는 제3 색상 광을 반사시켜서 광학 축을 따라 광 입력 표면을 통해 진출하게 할 수 있는 제3 반사기를 추가로 포함한다. 다른 태양에서, 편광 변환기는 제1 편광된 광 빔의 제1 편광 상태를 제2 편광 상태로 변환할 수 있어서 조합된 편광된 출력 광이 제2 편광 상태로 편광되게 하는, 광 입력 표면에 인접하여 배치되는 반파 지연기를 포함한다. 또 다른 태양에서, 편광 변환기는 또한 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 수용하도록 배치되는 광학 적분기를 추가로 포함한다.

[0012] 상기 개요는 본 발명의 각각의 개시된 실시예 또는 모든 구현예를 기술하고자 하는 것은 아니다. 이하의 도면 및 상세한 설명은 예시적인 실시예를 더욱 상세하게 예시한다.

## 도면의 간단한 설명

[0013] 본 명세서 전반에 걸쳐, 동일한 도면 부호가 동일한 요소를 지칭하는 첨부 도면을 참조한다.



도 1은 광학 장치의 개략적인 단면도.

도 2a 및 도 2b는 편광 변환기의 개략적인 단면도.

도 3a 내지 도 3c는 색상 조합기의 개략적인 단면도.

도 4a 및 도 4b는 색상 조합기의 개략적인 단면도.

도 5는 색상 조합기 시스템의 개략적인 단면도.

도 6은 이미지 프로젝터의 개략도.

도면은 반드시 축척대로 도시된 것은 아니다. 도면에 사용된 동일한 도면 부호는 동일한 구성요소를 지칭한다. 그러나, 주어진 도면에서 구성요소를 지칭하기 위한 도면 부호의 사용은 다른 도면에서 동일한 도면 부호로 표시된 그 구성요소를 제한하고자 하는 것은 아님이 이해될 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명은 일반적으로 굴절 편광 변환기, 굴절 편광 변환기를 사용하는 편광된 색상 조합기, 및 특히 포켓 프로젝터와 같은 작은 크기 형태의 프로젝터에서 유용할 수 있는 굴절 편광 변환기를 사용하는 편광된 색상 조합기에 관한 것이다. 개시된 굴절 편광 변환기는 비편광된 광 빔을 직교 편광 방향들을 갖는 발산 편광된 광 빔들로 분리할 수 있는 적어도 하나의 복굴절성 프리즘을 포함한다.
- [0015] LCD 백라이트, 프로젝터, 및 헤드 장착식 디스플레이를 비롯한 많은 디스플레이 장치는 편광된 광을 사용한다. 특정한 일 실시예에서, 본 발명은 소형 형태로 효율적이고 높은 휘도 공급원을 제공하는 소형 편광 변환기를 제공한다. 일부 경우에, 비편광 광원, 수집 광학계, 복굴절성 프리즘, 제2 수집 광학계, 및 반파 지연기가 하나의 편광 상태를 갖는 광 빔을 생성하도록 사용될 수 있다. 또한, 편광된 빔은 광원의 광학적 균질성을 개선하기 위해 광 적분기에 용이하게 커플링될 수 있다.
- [0016] 유용한 복굴절성 프리즘의 예는 윌라스턴 프리즘(Wollaston prism), 세너몬트 프리즘(Senarmont prism), 니콜 프리즘(Nicol prism), 로션 프리즘(Rochon prism), 노마스키 프리즘(Nomarski prism) 등을 포함한다. 단일 복굴절성 프리즘뿐만 아니라 프리즘들이 조합이 사용될 수 있다. 윌라스턴 프리즘과 같은 복굴절성 프리즘은 방해석 또는 다른 복굴절성 광물을 사용하는 통상적인 수단에 의해 제조될 수 있거나, 복굴절성 중합체 또는 액정으로부터 제조될 수 있다. 특정한 일 실시예에서, 적합한 설계는 단축으로 배향된 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 또는 다른 복굴절성 중합체로부터 프리즘을 제조하는 것이다. 2가지 이상의 복굴절성 재료의 조합이 프리즘의 분산을 감소시키도록 사용될 수 있다. 일부 경우에, 개별 복굴절성 프리즘이 복굴절성 재료의 단일 시트로부터 각각 제조될 수 있거나, 이들은 복굴절성 재료의 층들 또는 필름들의 접합된 스택(stack)으로부터 제조될 수 있다. 접합 층은, 사용되는 경우, 바람직하게는 매우 얇은데, 전형적으로는 복굴절성 층의 두께의 1/5 이하이다.
- [0017] 기술된 편광 변환기는 예를 들어 모두 2010년 9월 22일자로 출원된, 공히 계류 중인, 발명의 명칭이 "경사형 이색성 색상 조합기 I(Tilted Dichroic Color Combiner I)"인 미국 특허 출원 제61/385237호(대리인 문서 번호 66530US002); 발명의 명칭이 "경사형 이색성 색상 조합기 II(Tilted Dichroic Color Combiner II)"인 미국 출원 제61/385241호(대리인 문서 번호 66791US002); 또는 발명의 명칭이 "경사형 이색성 색상 조합기 III(Tilted Dichroic Color Combiner III)"인 미국 출원 제61/385248호(대리인 문서 번호 66792US002)에 기술된 경사형 이색성 플레이트 색상 조합기와 같은 색상 조합기와 조합될 수 있다.
- [0018] 이미지 프로젝터는 흔히 스크린 상에 투사된 광에 대한 휘도 및 색상 균일성을 개선하기 위해 광 빔을 광학적으로 균질화하는 장치를 포함할 수 있다. 2개의 통상적인 장치는 적분 터널 또는 로드(integrating tunnel or rod), 및 플라이 아이 어레이(fly's eye array, FEA) 균질화기이다. 플라이 아이 균질화기는 매우 소형일 수 있으며, 이러한 이유로 통상적으로 사용되는 장치이다. 적분 터널은 균질화에 보다 효율적일 수 있지만, 중공 터널은 일반적으로 높이 또는 폭 중 어느 것이든 더 큰 것의 흔히 5배인 길이를 필요로 한다. 중실 터널은 흔히 굴절 효과로 인해 중공 터널보다 길다. 광 적분 터널 또는 로드는 예를 들어 직사각형, 정사각형, 다각형, 원형, 타원형 등을 비롯한 임의의 원하는 단면을 갖는다. 전형적으로, 적분 터널 또는 로드, 또는 FEA 중 어느 하나가 균질화를 위해 사용될 수 있지만, 둘 모두의 기술이 일반적으로 함께 사용되지는 않을 것이다. 적분 로드는 에텐듀(etendue)에 대한 보다 낮은 영향을 가질 수 있지만, 탈편광을 야기할 수 있다. FEA는 편광을 잘 보존할 수 있지만(이들이 낮은 복굴절 재료로부터 제조되는 경우), 에텐듀를 증가시킬 수 있다.

- [0019] 특정한 일 실시예에서, 각각 상이한 색상을 가진 적어도 2개의 발광 다이오드(LED)를 포함하는 색상 조합기가 기술된다. 2개의 LED들로부터 방출된 광은 실질적으로 중첩하는 빔들로 시준되고, 2개의 LED로부터의 광은 조합되어 공통 영역으로 지향되는데, 이때 조합된 광 빔들은 2개의 LED에 의해 방출되는 광보다 낮은 에텐듀 및 높은 휘도를 갖는다.
- [0020] LED는 프로젝터를 조명하는 데 사용될 수 있다. LED는 거의 램버시안 각도 분포(near Lambertian angular distribution)로 소정 영역에 걸쳐 광을 방출하기 때문에, 프로젝터의 휘도는 광원 및 프로젝션 시스템의 에텐듀에 의해 제한된다. LED 광원의 에텐듀를 감소시키기 위한 하나의 방법은 이색성 반사기를 사용하여 2개 이상의 색상의 LED가 공간적으로 중첩하게 하여 그들이 동일한 영역으로부터 방출되는 것으로 보이게 하는 것이다. 보통, 색상 조합기는 이색성 반사기를 약 45도의 각도에서 사용한다. 이는 강한 반사 대역 이동을 야기하고, 이색성 반사기의 유용한 스펙트럼 및 각도 범위를 제한한다. 특정한 일 실시예에서, 본 발명은 입사 광 빔에 거의 수직 각도로 있는 이색성 반사기를 사용하여 상이한 색상의 LED들을 조합하는 물품을 기술한다.
- [0021] 일 태양에서, 본 발명은 상이한 색상의 비편광 광원으로부터의 출력을 단일 편광 상태를 갖는 조합된 색상으로 효율적으로 조합하는 간편한 방법을 제공한다. 이는 에텐듀 제한된 소형 프로젝션 시스템을 위한 조명기를 생성하는 데 특히 유용할 수 있다. 예를 들어, 적색, 녹색, 및 청색 LED의 선형 어레이에서, 각각의 LED의 출력은 일 세트의 주 광학계에 의해 부분적으로 시준되고, 비편광된 광을 발산 직교 편광된 성분으로 분리하는 굴절 편광 변환기를 통과하며, 이어서 상이한 각도에서 적색, 녹색, 및 청색 광을 반사하는 이색성 반사기 플레이트를 포함하는 경사형 반사기 플레이트 조립체에 입사한다. 반사된 편광된 광은 이어서 각각의 편광 상태의 적색, 녹색, 및 청색 LED를 위한 공통 출력을 형성하는 개구로 주 광학계에 의해 포커싱된다. 공통 출력은 광을 시준하고 편광 상태들 중 하나를 회전시켜서 균일하게 편광된 광이 색상 조합기에 의해 방출되는 광으로 되게 하는 다른 세트의 수집 광학계에 커플링될 수 있다. 공통 출력에 의해 방출된 광은 또한 다른 부분에서 기술된 바와 같은 적분 로드에서 커플링될 수 있다. 출구 개구는 수집 광학계의 주 축(예를 들어, 광학 축)에 중심 설정될 수 있거나, 주 축으로부터 오프셋될 수 있다. 출구 개구는 LED와 일직선을 이루거나, LED에 인접하거나, 이들의 조합일 수 있다. 일부 경우에, 출구 개구 및 LED는 예를 들어 본 출원과 동일자로 출원된, 발명의 명칭이 "LED 색상 조합기(LED Color Combiner)"인 미국 특허 출원(대리인 문서 번호 67010US002)에 기술된 바와 같이, 가요성 기관과 같은 공통 기관 상에 배치될 수 있다.
- [0022] 3개 LED의 구성은 당업자에 의해 이해되는 바와 같이, 황색 및 적외선 광을 비롯한 다른 색상으로 확장될 수 있다. 광원은 LED와 조합된 레이저를 포함할 수 있고, 또한 모두 레이저 시스템에 기반할 수 있다. LED는 적색, 녹색, 및 청색의 단파장 범위에서 적어도 1차 색상을 방출하는 하나의 세트와, 적색, 녹색, 및 청색의 장파장 범위에서 1차 색상을 방출하는 제2 세트로 이루어질 수 있다. 또한, 광이 혼합되는 지점인 개구는 추가의 색상 통합을 제공하도록 플라이 아이 어레이(FEA)를 포함할 수 있다. 이는 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 렌즈들의 1차원 또는 2차원 어레이로 이루어질 수 있는데, 이때 적어도 하나의 차원은 2 내지 약 20개의 렌즈를 갖는다.
- [0023] LCoS-기반 휴대용 프로젝션 시스템은 저비용 및 고해상도 LCoS 패널의 이용가능성으로 인해 일반화되고 있다. LED-조명식 LCoS 프로젝터 내의 요소들의 목록은 LED 광원 또는 광원들, 선택적인 색상 조합기, 선택적인 예비-편광 시스템, 릴레이 광학계(relay optics), PBS, LCoS 패널, 및 프로젝션 렌즈 유닛을 포함할 수 있다. LCoS-기반 프로젝션 시스템의 경우에, 프로젝터의 효율 및 콘트라스트는 PBS로 진입하는 광의 편광의 정도에 직접적으로 연관된다. 편광-변환된 광에 있어서 하나의 과제는 이것이 디스플레이된 이미지 내의 아티팩트(artifact)로 이어지는 공간적 불균일성을 겪을 수 있다는 것이다. 따라서, 편광 변환기를 가진 시스템에서, 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 균질화 시스템이 바람직할 수 있다.
- [0024] 특정한 일 실시예에서, 광의 편광된 빔들은 모놀리식(monolithic) FEA 적분기로 통과할 수 있다. 모놀리식 FEA 적분기는 광 빔들을 발산하게 할 수 있고, 광 빔들은 이어서 예를 들어 광 빔들에 이미지를 부여하기 위한 공간 광 변조기 및 이미지를 스크린 상에 디스플레이하기 위한 프로젝션 광학계를 사용함으로써 추가로 처리되도록 지향된다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 태양에 따른, 비편광된 광 빔을 분리된 직교 편광 상태들로 분할하는 데 사용될 수 있는 광학 장치(10)의 개략적인 단면도를 도시한다. 광학 장치(10)는 윌라스턴 프리즘, 세너몬트 프리즘, 니콜 프리즘, 로션 프리즘, 노마스키 프리즘, 글랜-톰슨 프리즘(Glan-Thompson prism), 글랜-푸코 프리즘(Glan-Foucault prism), 또는 이들의 조합과 같은 알려진 편광 스플리터를 포함할 수 있다. 각각의 경우에, 유입하는 비편광된 광 빔은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 적어도 하나의 편광 상태가 유입하는 비편광된 광 빔의 전파 방향으



로부터 이탈하도록 분할된다.

- [0026] 특정한 일 실시예에서, 광학 장치(10)는 제1 프리즘 표면(22), 제2 프리즘 표면(24) 및 이들 사이의 대각 제1 프리즘 표면(15)을 갖는 제1 복굴절성 프리즘(20)을 포함하는 윌라스턴 프리즘과 동등할 수 있다. 광학 장치(10)는 제3 표면(32), 제4 표면(34), 및 이들 사이의 대각 제2 프리즘 표면(15')을 갖는 제2 복굴절성 프리즘(30)을 추가로 포함한다. 제1 복굴절성 프리즘(20)의 빠른 축은 제1 편광 방향(26)과 정렬되고, 제2 복굴절성 프리즘(30)의 빠른 축은 제2 편광 방향(36)과 정렬된다. 제1 및 제2 복굴절성 프리즘(20, 30) 각각은 예를 들어 당업자에게 알려져 있는 바와 같이, 방해석 결정 또는 다른 복굴절성 재료로부터 제조될 수 있다.
- [0027] 제1 및 제2 복굴절성 프리즘(20, 30)은 제1 및 제2 편광 방향(26, 36)이 각각 서로에 대해 직교하게 정렬되도록 위치되고, 제1 및 제2 복굴절성 프리즘(20, 30)은 대각 제1 및 제2 프리즘 표면(15, 15')이 서로 바로 인접하도록 위치된다. 일부 경우에, 대각 제1 및 제2 프리즘 표면(15, 15')은 광학 접촉제를 사용하여 서로 접촉될 수 있다. 특정한 일 실시예에서, 제4 프리즘 표면(34)은 제1 및 제2 복굴절성 프리즘(20, 30)을 통해 광 빔들을 다시 반사하도록 배치되는 반사기(40)를 포함할 수 있다. 반사기(40)는 광대역 미러(broadband mirror)와 같은 임의의 알려진 반사기일 수 있다. 반사기는 예를 들어 금속 또는 금속 합금 미러, 또는 유기 또는 무기 다층 필름 스택 또는 무기 및 유기 다층 필름 스택들의 조합을 포함하는 다층 유전체 반사기와 같은 간접 반사기를 포함하는 이색성 반사기일 수 있다. 반사기(40)는 도 1에 도시된 바와 같이 제4 프리즘 표면(34)에 바로 인접하여 배치될 수 있거나, 이는 다른 부분에서 기술된 바와 같이 제4 프리즘 표면(34)으로부터 분리되어 위치될 수 있다.
- [0028] 전파 방향(52)을 따라 이동하는 비편광된 입력 광 빔(50)은 랜덤 편광 상태(51)를 포함한다. 비편광된 입력 광 빔(50)은 제1 복굴절성 프리즘(20)의 제2 프리즘 표면(24)을 통과하고, 그것이 제2 복굴절성 프리즘(30)으로 진입함에 따라 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통과한다. 비편광된 입력 광 빔(50)의 직교 편광 성분들(제1 편광 방향(26) 및 제2 편광 방향(36)) 각각은 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')에서 상이하게 굴절된다. 비편광된 입력 광 빔(50)은 전파 방향(52)에 대해 제1 굴절각  $\theta_1$ 으로 전파되는 제1 편광 방향(26)을 갖는 제1 편광된 광 빔(53) 및 전파 방향(52)에 대해 제2 굴절각  $\theta_2$ 로 전파되는 제2 편광 방향(36)을 갖는 제2 편광된 광 빔(54)으로 발산된다. 제1 및 제2 편광된 광 빔(53, 54)은 반사기(40)로부터 반사되고, 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통해 다시 굴절되며, 비편광된 입력 광 빔(50)과 상이하고 그로부터 분리된, 즉 편광 방향들 각각이 분리되고 발산되는 각도 및 위치로 진행되는 제1 및 제2 편광된 광 빔(53, 54)으로서 제1 프리즘 면(24)에서 진출한다.
- [0029] 일부 경우에, 제1 굴절각  $\theta_1$  및 제2 굴절각  $\theta_2$ 는 도 1에 도시된 바와 같이 (예를 들어, 제1 및 제2 프리즘 표면(22, 24) 각각에 대해 45도의 각도에서 대각 제1 프리즘 면(15)을 가진 윌라스턴 프리즘에서) 본질적으로 동일하다. 일부 경우에, 각도들은 예를 들어 45도와 상이한 각도에서 대각 제1 프리즘 면(15)을 가진 윌라스턴 프리즘(도시 안됨)에서, 또는 당업자에게 알려져 있는 바와 같이, 전술된 대안적인 복굴절성 프리즘들 중 하나를 사용함으로써 상이할 수 있다. 일반적으로, 광학 장치(10)는 편광된 빔들의 임의의 원하는 분리 및 발산을 수용하도록 설계될 수 있다.
- [0030] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 태양에 따른 편광 변환기(100)의 개략적인 단면도를 도시한다. 도 2a 및 도 2b에 도시된 요소(15 내지 40) 각각은 앞서 기술된, 도 1에 도시된 동일한 도면 부호의 요소(15 내지 40)에 대응한다. 도 2a 및 도 2b에서, 편광 변환기(100)는 제1 렌즈 요소(110) 및 제2 렌즈 요소(120)를 포함하는 제1 광 수집 광학계(105)를 포함한다. 제1 광 수집 광학계(105)는 광 입력 표면(114) 및 광 입력 표면(114)에 수직한 광학 축(102)을 포함한다. 비편광 광원(80)이 광 입력 표면(114)을 향한 광 주입 표면(104) 상에 배치된다. 비편광 광원(80)은 광학 축(102) 상에 배치되는 것으로 도 2a 및 도 2b에 도시되어 있지만; 이는 원하는 대로 광 주입 표면(104)을 따라 광학 축(102)으로부터 분리되어 위치될 수 있다. 비편광 광원(80)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 원하는 색상 또는 파장의 비편광된 광(81)을 광 입력 표면(114) 내로 주입하도록 배치된다.
- [0031] 특정한 일 실시예에서, 편광 변환기(100)는 광학 축(102)을 따라 제1 광 수집 광학계(105)를 향해 배치된 광학 장치(10)를 추가로 포함하여, 제1 렌즈 요소(110) 및 제2 렌즈 요소(120)는 광학 장치(10)와 광 입력 표면(114) 사이에 있게 된다. 광학 장치(10)는 다른 부분에서 도 1과 관련하여 이미 기술된 구성요소들을 포함한다.
- [0032] 특정한 일 실시예에서, 제1 광 수집 광학계(105)는 비편광 광원(80)으로부터 방출된 광을 시준하도록 역할하는 광 시준기(light collimator)일 수 있다. 제1 광 수집 광학계(105)는 1 렌즈(one lens) 광 시준기(도시 안됨), 2 렌즈(two lens) 광 시준기(도시 안됨), 회절 광학 요소(도시 안됨), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 2 렌즈 광 시준기는 광 입력 표면(114) 반대편에 배치된 제1 볼록 표면(112)을 포함하는 제1 렌즈 요소(110)를

갖는다. 제2 렌즈 요소(120)는 제1 볼록 표면(112)을 향한 제2 표면(122), 및 제2 표면(122) 반대편의 제3 볼록 표면(124)을 포함한다. 제2 표면(122)은 볼록한 표면, 평면형 표면, 및 오목한 표면으로부터 선택될 수 있다.

[0033] 도 2a를 보면, 비편광 광원(80)으로부터의 비편광된 광(81)의 광의 제1 편광 성분(81p)의 경로가 편광 변환기(100)를 통해 추적될 수 있다. 일부 경우에, 당업계에 알려진 바와 같이, 제1 편광 방향은 "p-" 편광으로 지칭될 수 있고, 제2 편광 방향은 "s-" 편광으로 지칭될 수 있다. 비편광 광원(80)은 광학 축(102)을 따른 광 전파 방향으로 이동하는 제1 중심 광선(82), 및 제1 경계 광선(84, 86)에 의해 그 경계가 나타내어지는 비편광된 입력 광 시준각  $\phi_1$  내의 비편광된 광(81)의 원추를 포함한다. 제1 중심 광선(82)은 비편광 광원(80)으로부터 광학 축(102)에 대체로 평행한 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120)를 통과하여, 제2 프리즘 면(24)을 통해 광학 장치(10)로 진입한다. 도 2a로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1 광 수집 광학계(105)는 비편광 광원(80)으로부터 광학 장치(10)로 통과하는 비편광된 광(81)을 시준하도록 역할한다.

[0034] 제1 중심 광선(82)은 제1 복굴절성 프리즘(20)을 통과하고, 그것이 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통해 제2 복굴절성 프리즘(30) 내로 통과함에 따라 굴절된다. 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 직교하는 중심 광선의 제1 편광 성분(82p)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 중심 광선의 제1 편광 성분(82p)은 반사기(40)로부터 반사된다.

[0035] 제1 경계 광선(84, 86) 각각은 대체로 광학 축(102)에 대한 비편광된 입력 광 시준각  $\phi_1$ 에서의 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120)를 통과하여, 제2 프리즘 면(24)을 통해 광학 장치(10)로 진입한다. 제1 경계 광선(84, 86)은 제1 복굴절성 프리즘(20)을 통과하고, 이들이 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통해 제2 복굴절성 프리즘(30) 내로 통과함에 따라 굴절된다. 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 직교하는 경계 광선들의 제1 편광 성분(84p, 86p)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 경계 광선들의 제1 편광 성분(84p, 86p)은 반사기(40)로부터 반사되어, 반사된 빔들은 도시된 바와 같이 광학 축(102)에 대체로 평행하게 된다.

[0036] 중심 및 경계 광선들의 제1 편광 성분(82p, 84p, 86p) 각각은 반사기(40)로부터 반사되고, 광학 축(102)에 평행한 시준된 광선들로서 제1 광 수집 광학계(105)를 통해 다시 이동한다. 중심 및 경계 광선들의 제1 편광 성분(82p, 84p, 86p)은 집합적으로 제1 편광 광선 초점(87p)으로 수렴할 수 있는 제1 편광 방향 출력 광 빔(81p)을 형성한다. 이어서, 제1 편광 방향 출력 광 빔(81p)은 당업자에게 알려진 바와 같이, 광 적분 로드(95) 내로 지향됨으로써 더욱 균일하게 될 수 있다.

[0037] 도 2b를 보면, 비편광 광원(80)으로부터의 비편광된 광(81)의 광의 제2 편광 성분(81a)의 경로가 편광 변환기(100)를 통해 추적될 수 있다. 비편광 광원(80)으로부터의 중심, 제1 경계, 및 제2 경계 광선(82, 84, 86)의 경로는 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통해 이미 추적되었다. 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 평행한 중심 광선의 제2 편광 성분(82s)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 중심 광선의 제2 편광 성분(82s)은 반사기(40)로부터 반사된다.

[0038] 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 평행한 경계 광선들의 제2 편광 성분(84s, 86s)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 경계 광선들의 제2 편광 성분(84s, 86s)은 반사기(40)로부터 반사되어, 반사된 빔들은 도시된 바와 같이 광학 축(102)에 대체로 평행하게 된다.

[0039] 중심 및 경계 광선들의 제2 편광 성분(82s, 84s, 86s) 각각은 반사기(40)로부터 반사되고, 광학 축(102)에 평행한 시준된 광선들로서 제1 광 수집 광학계(105)를 통해 다시 이동한다. 중심 및 경계 광선들의 제2 편광 성분(82s, 84s, 86s)은 집합적으로 제2 편광 광선 초점(87s)으로 수렴할 수 있는 제2 편광 방향 출력 광 빔(81s)을 형성한다. 이어서, 제2 편광 방향 출력 광 빔(81s)은 반파 지연기(90)를 통과할 수 있어서, 제2 편광 방향 출력 광 빔(81s)은 제1 편광 방향(즉, 제1 편광 방향 출력 광 빔(81p)과 동일함)으로 회전하고, 회전된 중심 및 경계 광선(82sp, 84sp, 86sp)을 포함하는 회전된 제2 편광 방향 출력 광 빔(81sp)으로 된다. 이어서, 회전된 제2 편광 방향 출력 광 빔(81sp)은 당업자에게 알려진 바와 같이, 광 적분 로드(95) 내로 지향됨으로써 더욱 균일하게 될 수 있다.

[0040] 특정한 일 실시예에서, 반파 지연기(90)는 적분 로드(95)의 절반을 덮을 수 있어서, 이것은 편광된 광을 적분

로드의 나머지 절반에 의해 수집된 것과 동일한 편광 상태로 변환한다. 반파 지연기(90)는 석영 또는 지연기 플레이트를 위해 통상적으로 사용되는 다른 재료로부터 제조될 수 있다. 일부 경우에, 반파 지연기(90)는 아크로매틱(achromatic) 또는 아포크로매틱(apochromatic)이며, 넓은 수용 각도 범위를 포함할 수 있다. 적합한 넓은 각도의 지연기는 예를 들어 석영 및 사파이어로부터 제조될 수 있다. 일부 경우에, 반파 지연기(90)의 측면은 지연기의 측면에 입사하는 광을 반사하도록 금속화될 수 있다. 측면은 또한 입사 광을 정반사하도록 폴리싱될 수 있다.

[0041] 도 2a 및 도 2b에 의해 도시된 바와 같이, 비편광된 광(81)은 제1 편광 방향 출력 광 빔(81p) 및 회전된 제2 편광 방향 출력 광 빔(81sp)을 포함하는 제1 편광 방향 편광된 출력 광 빔으로 된다. 특정한 일 실시예에서, 반파 지연기(90)는 제2 편광 광선 초점(87s)이 반파 지연기(90)에 위치되도록 배치될 수 있고, 편광 변환기(100)의 효율의 개선이 이루어질 수 있다. 제2 편광 광선 초점(87s)은 초점이 반파 지연기(90)에 있도록 조정될 수 있거나, 반파 지연기는 제2 편광 광선 초점(87s)을 가로채도록(intercept) 광 입력 표면(114)에 더 가깝게 위치될 수 있다.

[0042] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일 태양에 따른, 직교 좌표계의 X-Z 평면에 수직하게 관찰된 편광된 색상 조합기(200)의 개략적인 단면도를 도시한다. 편광된 색상 조합기(200)는 다른 부분에서 기술된, 예를 들어 공히 계류 중인, 발명의 명칭이 "경사형 이색성 색상 조합기 I(Tilted Dichroic Color Combiner I)"인 미국 특허 출원 제 61/385237호(대리인 문서 번호 66530US002)의 색상 조합 구성요소들의 모음을 포함한다. 비편광된 광을 편광된 성분들로 분할할 수 있는, 본 명세서에 기술된 광학 장치(10)가 공히 계류 중인, 발명의 명칭이 "경사형 이색성 색상 조합기 II(Tilted Dichroic Color Combiner II)"인 미국 특허 출원 제 61/385241호(대리인 문서 번호 66791US002); 및 발명의 명칭이 "경사형 이색성 색상 조합기 III(Tilted Dichroic Color Combiner III)"인 미국 출원 제 61/385248호(대리인 문서 번호 66792US002) 등에 기술된 것들과 같은 임의의 적합한 색상 조합기에 적용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0043] 편광된 색상 조합기(200)의 X-Z 평면 관찰에서, 편광 분할을 볼 수 없는데, 이는 이러한 분할은 Y-Z 평면에서 일어나기 때문이다. 도 4a 및 도 4b에 제공된 Y-Z 평면 관찰에서, 편광 분할을 볼 수 있으며, 색상 조합은 볼 수 없다. 도 3a 내지 도 3c와 도 4a 및 도 4b를 통해 별개로 관찰되는 광학 경로들로의 편광된 색상 조합기의 분리는 단지 명확한 예시의 목적을 위한 것이며, 직교 편광들로의 유색 광 빔들의 분리 및 조합된 색상 빔으로의 유색 광 빔들의 조합은 동시에 일어난다는 것을 이해하여야 한다.

[0044] 도 3a 내지 도 3c에서, 편광된 색상 조합기(200)는 제1 렌즈 요소(110) 및 제2 렌즈 요소(120)를 포함하는 제1 광 수집 광학계(105)를 포함한다. 제1 광 수집 광학계(105)는 광 입력 표면(114) 및 광 입력 표면(114)에 수직한 광학 축(102)을 포함한다. 제1 비편광 광원(140), 제2 비편광 광원(150), 및 선택적인 제3 비편광 광원(160)은 광 입력 표면(114)을 향한 광 주입 표면(104) 상에 각각 배치된다. 광 출력 영역(170)이 광학 축(102) 상에 위치되고 광 주입 표면(104) 상에 배치된다. 제1, 제2 및 선택적인 제3 비편광 광원(140, 150, 160) 각각은 광학 축(102)으로부터 변위되어 있다. 제1, 제2 및 선택적인 제3 비편광 광원(140, 150, 160) 각각은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 제1 색상 광(141), 제2 색상 광(151), 및 선택적인 제3 색상 광(161)을 각각 광 입력 표면(114) 내로 주입하도록 배치된다.

[0045] 특정한 일 실시예에서, 편광된 색상 조합기(200)는 광학 축(102)을 따라 제1 광 수집 광학계(105)를 향해 배치된 이색성 플레이트(130)를 추가로 포함하여, 제1 렌즈 요소(110) 및 제2 렌즈 요소(120)는 이색성 플레이트(130)와 광 입력 표면(114) 사이에 있게 된다. 이색성 플레이트(130)는 광학 축에 대해 경사각  $\phi$ 2로 배치될 수 있고, 제1 색상 광(141)을 반사시키고 모든 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제1 이색성 반사기(132)를 포함한다. 이색성 플레이트(130)는 제2 색상 광(151)을 반사시키고 모든 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제2 이색성 반사기(134)를 추가로 포함한다. 이색성 플레이트(130)는 또한 선택적인 제3 색상 광(161)을 반사시킬 수 있는 선택적인 제3 이색성 반사기(136)를 추가로 포함한다. 일부 경우에, 예를 들어 제1 및 제2 비편광 광원(140, 150)만이 포함될 때(즉, 선택적인 제3 비편광 광원(160)이 생략됨), 제2 이색성 반사기는 대신에 광대역 미러와 같은 일반적인 반사기일 수 있는데, 이는 다른 파장(즉, 색상) 광을 투과시킬 필요가 없기 때문이다. 일부 경우에, 예를 들어 선택적인 제3 비편광 광원(160)이 포함될 때, 선택적인 제3 이색성 반사기(136)는 역시 광대역 미러와 같은 반사기일 수 있는데, 이는 모든 다른 색상 광이 제3 이색성 반사기(136)에 도달하기 전에 다른 이색성 반사기에 의해 이미 반사되기 때문이다.

[0046] 이색성 플레이트(130)는 제1, 제2 및 선택적인 제3 이색성 반사기(132, 134, 136) 각각이 광학 축(102)에 대해 각각 제1 이색성 경사각  $\alpha$ 1, 제2 이색성 경사각  $\alpha$ 2, 및 제3 이색성 경사각  $\alpha$ 3로 경사지도록 제조된다. 일부



경우에, 예를 들어 도 3a 내지 도 3c에 도시된 바와 같이, 제1 이색성 경사각  $\alpha_1$ 은 이색성 플레이트 경사각  $\phi$  2와 동일할 수 있지만, 이는 또한 상이할 수 있다. 제1, 제2 및 제3 이색성 경사각  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  각각은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 제1, 제2 및 선택적인 제3 비편광 광원(140, 150, 160) 각각으로부터의 반사된 빔들을 광 출력 영역(170)을 통해 지향시키도록 선택될 수 있다.

[0047] 특정한 일 실시예에서, 편광된 색상 조합기(200)는 제1 광 수집 광학계(105)와 이색성 플레이트(130) 사이에 배치되는, 다른 부분에서 기술된 광학 장치(10)를 추가로 포함한다. 광학 장치(10)는 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 비편광된 광 빔을 발산 편광된 성분들로 분할할 수 있다. 도 3a 내지 도 3c와 도 4a 및 도 4b에 도시된 특정한 일 실시예에서, 도 1과 도 2a 및 도 2b와 관련하여 기술된 반사기(40)가 본 명세서에 기술된 제1, 제2 및 선택적인 제3 이색성 반사기(132, 134, 136)를 포함하는 이색성 플레이트(130)로 대체된다. 도 3a 내지 도 3c와 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이, 이색성 플레이트(130)는 광학 장치(10)로부터 분리되어 배치될 수 있고, 도 1과 도 2a 및 도 2b에서 도시된 바와 같이 복굴절성 프리즘에 바로 인접하여 배치될 필요가 없다.

[0048] 특정한 일 실시예에서, 제1 광 수집 광학계(105)는 제1, 제2 및 선택적인 제3 비편광 광원(140, 150, 160)으로부터 방출된 광을 시준하도록 역할하는 광 시준기일 수 있다. 제1 광 수집 광학계(105)는 1 렌즈 광 시준기(도시 안됨), 2 렌즈 광 시준기(도시됨), 회절 광학 요소(도시 안됨), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 2 렌즈 광 시준기는 광 입력 표면(114) 반대편에 배치된 제1 볼록 표면(112)을 포함하는 제1 렌즈 요소(110)를 갖는다. 제2 렌즈 요소(120)는 제1 볼록 표면(112)을 향한 제2 표면(122), 및 제2 표면(122) 반대편의 제3 볼록 표면(124)을 포함한다. 제2 표면(122)은 볼록한 표면, 평면형 표면, 및 오목한 표면으로부터 선택될 수 있다.

[0049] 도 3a를 보면, 제1 비편광 광원(140)으로부터의 제1 색상 광(141)의 경로가 편광된 색상 조합기(200)를 통해 추적될 수 있다. 제1 색상 광(141)은 제1 광 전과 방향으로 이동하는 제1 색상 중심 광선(142), 및 제1 색상 경계 광선(144, 146)에 의해 그 경계가 나타내어지는 제1 입력 광 시준각  $\theta_{1i}$  내의 광선의 원추를 포함한다. 제1 색상 중심 광선(142)은 제1 비편광 광원(140)으로부터 광학 축(102)에 대체로 평행한 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120), 광학 장치(10)를 통과하여, 반사된 빔이 도시된 바와 같이 광학 축(102)과 일치하도록 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사된다. 제1 색상 경계 광선(144, 146) 각각은 대체로 광학 축(102)에 대한 제1 입력 광 시준각  $\theta_{1i}$ 에서의 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120), 광학 장치(10)를 통과하여, 반사된 빔들이 도시된 바와 같이 광학 축(102)에 대체로 평행하도록 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사된다. 도 1a로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1 광 수집 광학계(105)는 제1 비편광 광원(140)으로부터 이색성 플레이트(130)로 통과하는 제1 색상 광(141)을 시준하도록 역할한다.

[0050] 제1 색상 중심 광선(142) 및 제1 색상 경계 광선(144, 146) 각각은 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사되고, 광학 축(102)에 평행하고 그에 중심설정된 시준된 광선들로서 제1 광 수집 광학계(105)를 통해 다시 이동한다. 도 3a에 도시된 바와 같은 특정한 일 실시예에서, 시준된 광선들은 제1 출력 시준각  $\theta_{2o}$ 를 갖는 제1 색상 광 빔(148)으로서 광 출력 영역(170)을 통해 편광된 색상 조합기(200)에서 진출하도록 수렴한다. 이어서, 제1 색상 광 빔(148)은 당업자에게 알려진 바와 같이, 광 적분 로드(95) 내로 지향됨으로써 더욱 균일하게 될 수 있다. 반파 지연기(90)가 도 4a 및 도 4b와 관련하여 기술되는 바와 같이, 편광 방향을 변환하도록 광 적분 로드(95)의 일부분을 덮는다.

[0051] 도 3b를 보면, 제2 비편광 광원(150)으로부터의 제2 색상 광(151)의 경로가 편광된 색상 조합기(200)를 통해 추적될 수 있다. 제2 색상 광(151)은 제2 광 전과 방향으로 이동하는 제2 중심 광선(152), 및 제2 경계 광선(154, 156)에 의해 그 경계가 나타내어지는 제2 입력 광 시준각  $\theta_{2i}$  내의 광선의 원추를 포함한다. 제2 중심 광선(152)은 제2 비편광 광원(150)으로부터 광학 축(102)에 대체로 평행한 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120), 광학 장치(10)를 통과하여, 반사된 빔이 도시된 바와 같이 광학 축(102)과 일치하도록 제2 이색성 반사기(134)로부터 반사된다. 제2 경계 광선(154, 156) 각각은 대체로 광학 축(102)에 대한 제2 입력 광 시준각  $\theta_{2i}$ 에서의 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120), 광학 장치(10)를 통과하여, 반사된 빔들이 도시된 바와 같이 광학 축(102)에 대체로 평행하도록 제2 이색성 반사기(134)로부터 반사된다. 도 3b로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1 광 수집 광학계(105)는 제2 비편광 광원(150)으로부터 이색성 플레이트(130)로 통과하는 제2 색상 광(151)을 시준하도록 역할한다.

[0052] 제2 중심 광선(152) 및 제2 경계 광선(154, 156) 각각은 제2 이색성 반사기(134)로부터 반사되고, 광학 축(102)에 평행하고 그에 중심설정된 시준된 광선들로서 제1 광 수집 광학계(105)를 통해 다시 이동한다. 도 3b에

도시된 바와 같은 특정한 일 실시예에서, 시준된 광선들은 제2 출력 시준각  $\theta_{2o}$ 를 갖는 제2 색상 광 빔(158)으로서 광 출력 영역(170)을 통해 편광된 색상 조합기(200)에서 진출하도록 수렴한다. 이어서, 제2 색상 광 빔(158)은 당업자에게 알려진 바와 같이, 광 적분 로드(95) 내로 지향됨으로써 더욱 균일하게 될 수 있다. 반파 지연기(90)가 도 4a 및 도 4b와 관련하여 기술되는 바와 같이, 편광 방향을 변환하도록 광 적분 로드(95)의 일부분을 덮는다.

[0053] 도 3c를 보면, 선택적인 제3 비편광 광원(160)으로부터의 선택적인 제3 색상 광(161)의 경로가 편광된 색상 조합기(200)를 통해 추적될 수 있다. 선택적인 제3 색상 광(161)은 제3 광 전파 방향으로 이동하는 제3 중심 광선(162), 및 제3 경계 광선(164, 166)에 의해 그 경계가 나타내어지는 제3 입력 광 시준각  $\theta_{3i}$  내의 광선의 원추를 포함한다. 제3 중심 광선(162)은 제3 비편광 광원(160)으로부터 광학 축(102)에 대체로 평행한 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120), 광학 장치(10)를 통과하여, 반사된 빔이 도시된 바와 같이 광학 축(102)과 일치하도록 제3 이색성 반사기(136)로부터 반사된다. 제3 경계 광선(164, 166) 각각은 대체로 광학 축(102)에 대한 제3 입력 광 시준각  $\theta_{3i}$ 에서의 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120), 광학 장치(10)를 통과하여, 반사된 빔들이 도시된 바와 같이 광학 축(102)에 대체로 평행하도록 제3 이색성 반사기(136)로부터 반사된다. 도 3c로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1 광 수집 광학계(105)는 선택적인 제3 비편광 광원(160)으로부터 이색성 플레이트(130)로 통과하는 선택적인 제3 색상 광(161)을 시준하도록 역할한다.

[0054] 제3 중심 광선(162) 및 제3 경계 광선(164, 166) 각각은 제3 이색성 반사기(136)로부터 반사되고, 광학 축(102)에 평행하고 그에 중심설정된 시준된 광선들로서 제1 광 수집 광학계(105)를 통해 다시 이동한다. 도 3c에 도시된 바와 같은 특정한 일 실시예에서, 시준된 광선은 제3 출력 시준각  $\theta_{3o}$ 를 갖는 선택적인 제3 색상 광 빔(168)으로서 광 출력 영역(170)을 통해 편광된 색상 조합기(200)에서 진출하도록 수렴한다. 이어서, 제3 색상 광 빔(168)은 당업자에게 알려진 바와 같이, 광 적분 로드(95) 내로 지향됨으로써 더욱 균일하게 될 수 있다. 반파 지연기(90)가 도 4a 및 도 4b와 관련하여 기술되는 바와 같이, 편광 방향을 변환하도록 광 적분 로드(95)의 일부분을 덮는다.

[0055] 특정한 일 실시예에서, 제1, 제2 및 제3 입력 시준각  $\theta_{1i}$ ,  $\theta_{2i}$ ,  $\theta_{3i}$  각각은 동일할 수 있고, 제1, 제2 및 선택적인 제3 비편광 광원(140, 150, 160) 각각과 연관된 주입 광학계(도시 안됨)는 이들 입력 시준각을 약 10도 내지 약 80도, 또는 약 10도 내지 약 70도, 또는 약 10도 내지 약 60도, 또는 약 10도 내지 약 50도, 또는 약 10도 내지 약 40도, 또는 약 10도 내지 약 30도 또는 그 미만의 각도로 제한할 수 있다. 일부 경우에, 제1 광 수집 광학계(105) 및 이색성 플레이트(130)는 제1, 제2 및 제3 출력 시준각  $\theta_{1o}$ ,  $\theta_{2o}$ ,  $\theta_{3o}$  각각이 동일할 수 있도록 그리고 또한 각각의 입력 시준각과 실질적으로 동일할 수 있도록 제조될 수 있다. 특정한 일 실시예에서, 입력 시준각들 각각은 약 60 내지 약 70도 범위이고, 출력 시준각들 각각은 또한 약 60 내지 약 70도 범위이다.

[0056] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 태양에 따른, 직교 좌표계의 Y-Z 평면에 수직하게 관찰된 편광된 색상 조합기(200)의 개략적인 단면도를 도시한다. 편광된 색상 조합기(200)의 Y-Z 평면 관찰에서, 색상 조합을 볼 수 없는데, 이는 이러한 조합은 X-Z 평면에서 일어나기 때문이다. 도 3a 내지 도 3c에 제공된 X-Z 평면 관찰에서, 색상 조합을 볼 수 있으며, 편광 분할은 볼 수 없다. 도 3a 내지 도 3c와 도 4a 및 도 4b를 통해 별개로 관찰되는 광학 경로들로의 편광된 색상 조합기의 분리는 단지 명확한 예시의 목적을 위한 것이며, 직교 편광들로의 유색 비편광된 광 빔들의 분리 및 조합된 색상 빔으로의 유색 비편광된 광 빔들의 조합은 동시에 일어난다는 것을 이해하여야 한다. 간략하게, 단지 제1 비편광 광원(140)으로부터의 제1 색상 광(141)의 경로만이 기술될 것이지만; 다른 색상 광의 경로가 유사할 것이 당업자에게 명백할 것이다.

[0057] 도 4a를 보면, 제1 비편광 광원(140)으로부터의 제1 색상 광(141)의 제1 색상 광의 제1 편광 성분(148p)의 경로가 편광된 색상 조합기(200)를 통해 추적될 수 있다. 다른 부분에 기술된 바와 같이, 당업계에 알려진 바와 같이, 제1 편광 방향은 "p-" 편광으로 지칭될 수 있고, 제2 편광 방향은 "s-" 편광으로 지칭될 수 있다. 제1 비편광 광원(140)은 광학 축(102)을 따른 광 전파 방향으로 이동하는 제1 색상 중심 광선(142), 및 제1 색상 경계 광선(144, 146)에 의해 그 경계가 나타내어지는 제1 비편광된 입력 광 시준각  $\theta_{1i}$  내의 제1 색상 광(141)의 원추를 포함한다. 제1 색상 중심 광선(142)은 제1 비편광 광원(140)으로부터 광학 축(102)에 대체로 평행한 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120)를 통과하여, 제2 프리즘 면(24)을 통해 광학 장치(10)로 진입한다. 도 4a로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1 광 수집 광학계(105)는 제1 비편광 광원(140)으로부터 광학 장치(10)로 통과하는 제1 색상 광(141)을 시준하도록 역할한다.



- [0058] 제1 색상 중심 광선(142)은 제1 복굴절성 프리즘(20)을 통과하고, 그것이 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통해 제2 복굴절성 프리즘(30) 내로 통과함에 따라 굴절된다. 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 직교하는 제1 색상 중심 광선의 제1 편광 성분(142p)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 제1 색상 중심 광선의 제1 편광 성분(142p)은 제4 프리즘 표면(34)을 통과하고, 이색성 플레이트(130)의 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사된다.
- [0059] 제1 색상 경계 광선(144, 146) 각각은 대체로 광학 축(102)에 대한 비편광된 입력 광 시준각  $\Theta_{1i}$ 에서의 방향으로 광 입력 표면(114) 내로 주입되고, 제1 렌즈 요소(110), 제2 렌즈 요소(120)를 통과하여, 제2 프리즘 면(24)을 통해 광학 장치(10)로 진입한다. 제1 색상 경계 광선(144, 146)은 제1 복굴절성 프리즘(20)을 통과하고, 이들이 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통해 제2 복굴절성 프리즘(30) 내로 통과함에 따라 굴절된다. 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 직교하는 제1 색상 경계 광선들의 제1 편광 성분(144p, 146p)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 제1 색상 경계 광선들의 제1 편광 성분(144p, 146p)은 제4 프리즘 표면(34)을 통과하고, 반사된 빔들이 도시된 바와 같이 광학 축(102)에 대체로 평행하도록 이색성 플레이트(130)의 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사된다.
- [0060] 제1 색상 중심 및 경계 광선들의 제1 편광 성분(142p, 144p, 146p) 각각은 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사되고, 광학 축(102)에 평행한 시준된 광선들로서 제1 광 수집 광학계(105)를 통해 다시 이동한다. 제1 색상 중심 및 경계 광선들의 제1 편광 성분(142p, 144p, 146p)은 집합적으로 제1 편광 광선 초점(147p)으로 수렴할 수 있는 제1 편광 방향 제1 색상 출력 광 빔(148p)을 형성한다. 이어서, 제1 편광 방향 제1 색상 출력 광 빔(148p)은 당업자에게 알려진 바와 같이, 광 적분 로드(95) 내로 지향됨으로써 더욱 균일하게 될 수 있다.
- [0061] 도 4b를 보면, 제1 비편광 광원(140)으로부터의 제1 색상 광(141)의 제1 색상 광의 제2 편광 성분(148s)의 경로가 편광된 색상 조합기(200)를 통해 추적될 수 있다. 제1 비편광 광원(140)으로부터의 제1 색상 중심, 제1 경계, 및 제2 경계 광선(142, 144, 146)의 경로는 대각 제1 및 제2 프리즘 면(15, 15')을 통해 이미 추적되었다. 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 평행한 제1 색상 중심 광선의 제2 편광 성분(142s)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 제1 색상 중심 광선의 제2 편광 성분(142s)은 제4 프리즘 표면(34)을 통과하고, 이색성 플레이트(130)의 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사된다.
- [0062] 제2 편광 방향(36)(즉, 빠른 축)에 평행한 제1 색상 경계 광선들의 제2 편광 성분(144s, 146s)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 광이 (광학 축(102)을 따른) 비편광된 광 전파 방향으로부터 이탈하게 한다. 이어서, 제1 색상 경계 광선들의 제2 편광 성분(144s, 146s)은 제4 프리즘 표면(34)을 통과하고, 반사된 빔들이 도시된 바와 같이 광학 축(102)에 대체로 평행하도록 이색성 플레이트(130)의 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사된다.
- [0063] 제1 색상 중심 및 경계 광선들의 제2 편광 성분(142s, 144s, 146s) 각각은 제1 이색성 반사기(132)로부터 반사되고, 광학 축(102)에 평행한 시준된 광선들로서 제1 광 수집 광학계(105)를 통해 다시 이동한다. 제1 색상 중심 및 경계 광선들의 제2 편광 성분(142s, 144s, 146s)은 집합적으로 제2 편광 제1 색상 광선 초점(147s)으로 수렴할 수 있는 제2 편광 방향 출력 제2 색상 광 빔(148s)을 형성한다. 이어서, 제2 편광 방향 제1 색상 출력 광 빔(148s)은 반파 지연기(90)를 통과할 수 있어서, 제2 편광 방향 출력 제1 색상 광 빔(148s)은 제1 편광 방향(즉, 제1 편광 방향 출력 광 빔(81p)과 동일함)으로 회전하고, 회전된 제2 편광 방향 제1 색상 출력 광 빔(148sp)으로 된다. 이어서, 회전된 제2 편광 방향 제1 색상 출력 광 빔(148sp)은 당업자에게 알려진 바와 같이, 광 적분 로드(95) 내로 지향됨으로써 더욱 균일하게 될 수 있다.
- [0064] 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이, 입력 제1 색상 광 빔(141)은 제1 편광 방향 제1 색상 출력 광 빔(148p) 및 회전된 제2 편광 방향 출력 제1 색상 광 빔(148sp)을 포함하는 제1 편광 방향 편광된 제1 색상 출력 광 빔으로 된다. 특정한 일 실시예에서, 반파 지연기(90)는 제2 편광 광선 초점(147s)이 반파 지연기(90)에 위치되도록 배치될 수 있고, 편광된 색상 조합기(200)의 효율의 개선이 이루어질 수 있다.
- [0065] 도 5는 본 발명의 일 태양에 따른 편광된 색상 조합기 시스템(500)의 개략적인 단면도를 도시한다. 도 5에서, 도 3a 내지 도 3c와 관련하여 기술된 바와 같은 편광된 색상 조합기(200)가 제2 광 수집 광학계(220)와 쌍을 이루어, 편광된 색상 조합기(200)의 출력은 적분 로드(95)(또는 광 균질화 터널(95))로 진입하고 여기서 편광된 색상들이 추가로 혼합되어 제2 광 수집 광학계(220) 내로 입력된다. 제2 광 수집 광학계(220)는 앞서 기술된 제1 광 수집 광학계(105)와 유사할 수 있고, 조합된 편광된 색상 광 출력을 확장시키는 광 시준기이도록 역할할 수 있다. 일부 실시예에서, 앞서 기술된 바와 같은 제1, 제2 및 제3 출력 시준각  $\Theta_{1o}$ ,  $\Theta_{2o}$ ,  $\Theta_{3o}$ 를 갖는 조합된 편광된 색상 광 출력은 선택적인 광대역 미러(230)로부터 반사된 색상 조합된 시준된 편광된 광(280)으로

확장될 수 있다. 색상 조합된 시준된 편광된 광(280)은 약 20도 미만, 또는 약 15도 미만, 또는 심지어 약 12도 미만일 수 있는 작은 발산각(divergence angle)을 갖는 광을 포함한다.

[0066] 도 6은 본 발명의 일 태양에 따른 이미지 프로젝터(600)의 개략도를 도시한다. 이미지 프로젝터(600)는 부분적으로 시준된 조합된 색상 편광된 광 출력(280)을 선택적인 플라이 아이 조합기 어레이(42)를 향해 지향시키도록 부분적으로 시준된 조합된 색상 편광된 광 출력(24)을 반사기(230) 상으로 주입할 수 있는 편광된 색상 조합기 모듈(12)을 포함하며, 여기서 부분적으로 시준된 조합된 색상 편광된 광 출력(280)은 이미지 생성기 모듈(60)로 진입하는 균질화된 편광된 광(45)으로 변환된다. 이미지 생성기 모듈(60)은 프로젝션 모듈(70)로 진입하는 이미지화된 광(65)을 출력하고, 여기서 이미지화된 광(65)은 투사되는 이미지화된 광(79)으로 된다.

[0067] 일 태양에서, 색상 조합기 모듈(12)은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 편광된 색상 조합기(200)를 통해 입력되는 상이한 파장 스펙트럼의 입력 광원을 포함한다. 편광된 색상 조합기(200)는 광 균질화 터널(95)을 통과하는 상이한 파장 스펙트럼의 광을 포함하는 조합된 편광된 광 출력을 생성한다. 이어서, 광 균질화 터널(95)을 통과하는 조합된 광 출력은 다른 부분에서 기술된 바와 같이, 제2 광 수집 광학계(220)를 통과하고 부분적으로 시준된 조합된 색상 편광된 광 출력(24)으로서 색상 조합기 모듈(12)에서 진출한다.

[0068] 일 태양에서, 입력 광원은 비편광되며, 부분적으로 시준된 조합된 색상 광 출력(24)은 편광된다. 부분적으로 시준된 조합된 색상 편광된 광 출력(24)은 광의 하나 초과 파장 스펙트럼을 포함하는 다색(polychromatic)의 조합된 광일 수 있다. 부분적으로 시준된 조합된 색상 편광된 광 출력(24)은 수용되는 광 각각의 시간 순차화된 출력(time sequenced output)일 수 있다. 일 태양에서, 상이한 파장 스펙트럼의 광 각각은 상이한 색상 광(예를 들어, 적색, 녹색 및 청색)에 대응하고, 조합된 광 출력은 백색 광, 또는 시간 순차화된 적색, 녹색 및 청색 광이다. 본 명세서에 제공되는 설명의 목적을 위해, "색상 광" 및 "파장 스펙트럼 광"은 둘 모두 사람 눈에 가시적인 경우 특정 색상에 상응할 수 있는 파장 스펙트럼 범위를 갖는 광을 의미하도록 의도된다. 보다 일반적인 용어 "파장 스펙트럼 광"은 가시 및 예를 들어 적외선 광을 포함하는 다른 파장 스펙트럼의 광 둘 모두를 지칭한다.

[0069] 일 태양에 따르면, 각각의 입력 광원은 하나 이상의 발광 다이오드(LED)를 포함한다. 다양한 광원, 예컨대 레이저, 레이저 다이오드, 유기 LED(OLED), 및 비-고체 광원, 예컨대 적절한 수집기 또는 반사기를 가진 초고압(UHP) 할로겐 또는 크세논 램프가 사용될 수 있다. 본 발명에 유용한 광원, 광 시준기, 렌즈, 및 광 적분기는 예를 들어 그 개시 내용이 전체적으로 본 명세서에 포함된 공개된 미국 특허 출원 제2008/0285129호에 추가로 기술되어 있다.

[0070] 선택적인 플라이 아이 조합기 어레이(42)는 부분적으로 시준된 조합된 색상 편광된 광 출력(280)을 균질화하고 그 균일성을 개선할 수 있는, 다른 부분에 기술된 렌즈들의 선택적인 모놀리식 플라이 아이 어레이(FEA)와 같은 렌즈들의 모놀리식 어레이를 포함할 수 있다. 선택적인 FEA의 대표적인 구성이 예를 들어 공히 계류 중인, 발명의 명칭이 "플라이 아이 적분기 편광 변환기(FLY EYE INTEGRATOR POLARIZATION CONVERTER)"인 미국 특허 출원 제61/346183호(대리인 문서 번호 66247US002, 2010년 5월 19일자로 출원됨); 발명의 명칭이 "편광된 프로젝션 조명기(POLARIZED PROJECTION ILLUMINATOR)"인 제61/346190호(대리인 문서 번호 66249US002, 2010년 5월 19일자로 출원됨); 및 발명의 명칭이 "소형 조명기(COMPACT ILLUMINATOR)"인 제61/346193호(대리인 문서 번호 66360US002, 2010년 5월 19일자로 출원됨)에 기술되어 있다. 일부 경우에, 적분 터널 또는 로드(예를 들어, 광 균질화 터널(95)), 또는 FEA(예를 들어, 플라이 아이 조합기 어레이(42)) 중 어느 하나가 균질화를 위해 사용될 수 있지만, 둘 모두의 기술이 일반적으로 함께 사용되지는 않을 것이다.

[0071] 일 태양에서, 이미지 생성기 모듈(60)은 균질화된 편광된 광(45)을 이미지화된 광(65)으로 변환하도록 상호작용하는 편광 빔 스플리터(PBS)(66), 대표적인 이미징 광학계(62, 64), 및 공간 광 변조기(68)를 포함한다. 적합한 공간 광 변조기(즉, 이미지 생성기)는 예를 들어 미국 특허 제7,362,507호(던컨(Duncan) 등), 제7,529,029호(던컨 등); 미국 공개 제2008-0285129-A1(마가릴(Magarill) 등); 및 또한 PCT 공개 WO2007/016015호(던컨 등)에서 이전에 기술되었다. 특정한 일 실시예에서, 균질화된 편광된 광(45)은 선택적인 FEA의 각각의 렌즈로부터 나오는 발산 광이다. 이미징 광학계(62, 64) 및 PBS(66)를 통과한 후에, 균질화된 편광된 광(45)은 공간 광 변조기(68)를 균일하게 조명하는 이미징 광(61)으로 된다. 특정한 일 실시예에서, 선택적인 FEA 내의 렌즈들 각각으로부터의 발산 광선 번들(bundle) 각각은 개별 발산 광선 번들이 서로 중첩되도록 공간 광 변조기(68)의 대부분을 조명한다.

[0072] 일 태양에서, 프로젝션 모듈(70)은 투사된 광(79)으로서 이미지화된 광(65)을 투사하기 위해 사용될 수 있는 대표적인 프로젝션 광학계(72, 74, 76)를 포함한다. 적합한 프로젝션 광학계(72, 74, 76)는 이전에

기술되었으며, 당업자에게 잘 알려져 있다.

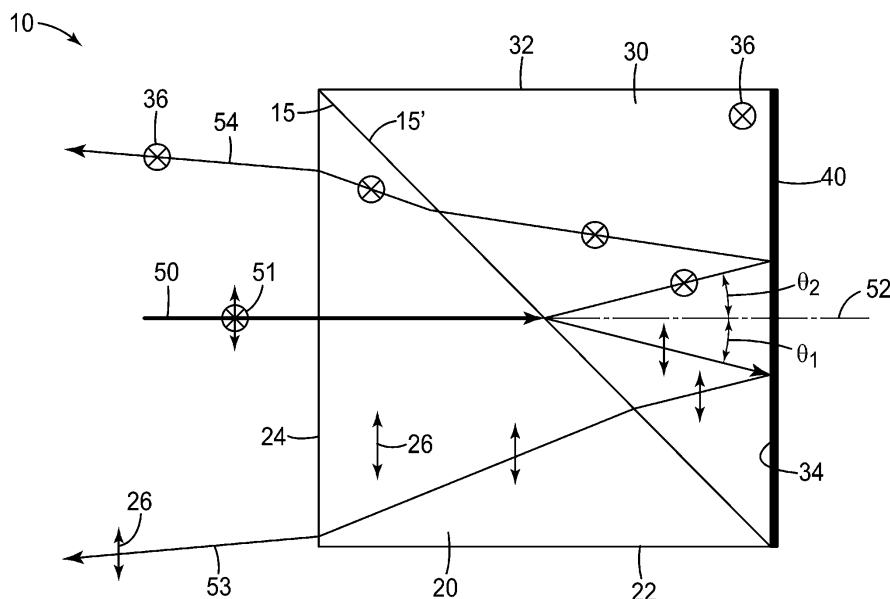
- [0073] 하기는 본 발명의 실시예의 목록이다.
- [0074] 항목 1은 광 입력 표면 및 광학 축을 갖는 제1 광 수집 광학계; 비편광된 광 빔을 광학 축에 평행한 제1 전파 방향을 따라 광 입력 표면 내로 주입할 수 있는 비편광 광원; 복굴절성 프리즘을 포함하며, 제1 광 수집 광학계를 향해 그리고 광 입력 표면 반대편에 배치되는 광학 장치 - 여기서, 광학 장치는 비편광된 광 빔을 직교 편광 상태들을 갖는 제1 편광된 광 빔 및 제2 편광된 광 빔으로 분할할 수 있고, 제1 및 제2 편광된 광 빔들 중 적어도 하나는 제1 전파 방향으로부터 발산함 - ; 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 광학 장치 및 제1 광 수집 광학계를 통해 광 입력 표면을 향해 다시 반사하도록 배치되는 반사기 - 여기서, 제1 편광된 광 빔은 비편광 광원으로부터 변위된 제1 위치에서 광 입력 표면을 통과하고, 제2 편광된 광 빔은 제1 위치 및 비편광 광원으로부터 변위된 제2 위치에서 광 입력 표면을 통과함 - 를 포함하는, 편광 변환기이다.
- [0075] 항목 2는 제1 편광된 광 빔의 제1 편광 상태를 제2 편광 상태로 변환할 수 있어서 조합된 편광된 출력 광이 제2 편광 상태로 편광되게 하는, 광 입력 표면에 인접하여 배치되는 반파 지연기를 추가로 포함하는, 항목 1의 편광 변환기이다.
- [0076] 항목 3은 제1 및 제2 편광된 광 빔들을 수용하도록 배치되는 광학 적분기를 추가로 포함하는, 항목 1의 편광 변환기이다.
- [0077] 항목 4는 제1 광 수집 광학계가 광 시준 광학계를 포함하는, 항목 1 내지 항목 3의 편광 변환기이다.
- [0078] 항목 5는 광 시준 광학계가 1 렌즈 설계, 2 렌즈 설계, 회절 광학 요소, 또는 이들의 조합을 포함하는, 항목 1 내지 항목 4의 편광 변환기이다.
- [0079] 항목 6은 비편광된 광 빔, 제1 편광된 광 빔, 및 제2 편광된 광 빔 각각이 광 발산각을 포함하는, 항목 1 내지 항목 5의 편광 변환기이다.
- [0080] 항목 7은 제1 광 수집 광학계가 광 입력 표면 반대편의 제1 볼록 표면을 갖는 제1 렌즈; 및 제1 볼록 표면을 향한 제2 표면, 및 제2 표면 반대편의 제3 볼록 표면을 갖는 제2 렌즈를 포함하는, 항목 1 내지 항목 6의 편광 변환기이다.
- [0081] 항목 8은 광학 장치가 월라스턴 프리즘, 세너몬트 프리즘, 니콜 프리즘, 로션 프리즘, 노마스키 프리즘, 글렌-툼슨 프리즘, 글렌-푸코 프리즘, 또는 이들의 조합을 포함하는, 항목 1 내지 항목 7의 편광 변환기이다.
- [0082] 항목 9는 반사기가 광대역 미러를 포함하는, 항목 1 내지 항목 8의 편광 변환기이다.
- [0083] 항목 10은 조합된 편광된 출력 광이 제2 광 수집 광학계로 투과되고, 제2 광 수집 광학계가 조합된 편광된 출력 광을 작은 발산각을 갖는 확장된 편광된 광 빔으로 되게 하도록 확장시키는, 항목 2의 편광 변환기이다.
- [0084] 항목 11은 제2 광 수집 광학계가 광학 축에 중심설정되고, 제4 볼록 표면 및 제4 볼록 표면 반대편의 제2 광 입력 표면을 가지며, 광 입력 표면에서 진출하는 광을 제2 광 입력 표면으로 투과시킬 수 있는 제3 렌즈; 및 광학 축에 중심설정되고, 제4 볼록 표면을 향한 제5 표면 및 제5 표면 반대편의 제6 볼록 표면을 갖는 제4 렌즈를 포함하며, 제2 광 입력 표면으로 진입하는 광이 확장된 편광된 광 빔으로서 제6 볼록 표면에서 진출하는, 항목 10의 편광 변환기이다.
- [0085] 항목 12는 작은 발산각이 약 15도 미만의 각도를 포함하는, 항목 10 또는 항목 11의 편광 변환기이다.
- [0086] 항목 13은 항목 1 내지 항목 12의 편광 변환기를 포함하고, 비편광 광원이, 각각 광학 축으로부터 변위된, 제1 색상 광을 방출할 수 있는 제1 색상 광원 및 제2 색상 광을 방출할 수 있는 제2 색상 광원을 포함하며, 반사기가 이색성 플레이트를 포함하는, 편광 변환 색상 조합기이다.
- [0087] 항목 14는 이색성 플레이트가 제1 색상 광을 반사시키고 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제1 이색성 반사기; 및 제2 색상 광을 반사시킬 수 있는 제2 반사기를 포함하며, 제1 이색성 반사기 및 제2 반사기가, 제1 및 제2 색상 광 둘 모두가 반사되어 조합된 색상 광 빔으로서 광학 축을 따라 광 입력 표면을 통해 진출하도록, 각각 경사지는, 항목 13의 편광 변환 색상 조합기이다.
- [0088] 항목 15는 제2 반사기가 광대역 미러를 포함하는, 항목 13 또는 항목 14의 편광 변환 색상 조합기이다.
- [0089] 항목 16은 제2 반사기가 제2 색상 광을 반사시키고 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제2 이색성 반사기를 포함

하는, 항목 13 또는 항목 14의 편광 변환 색상 조합기이다.

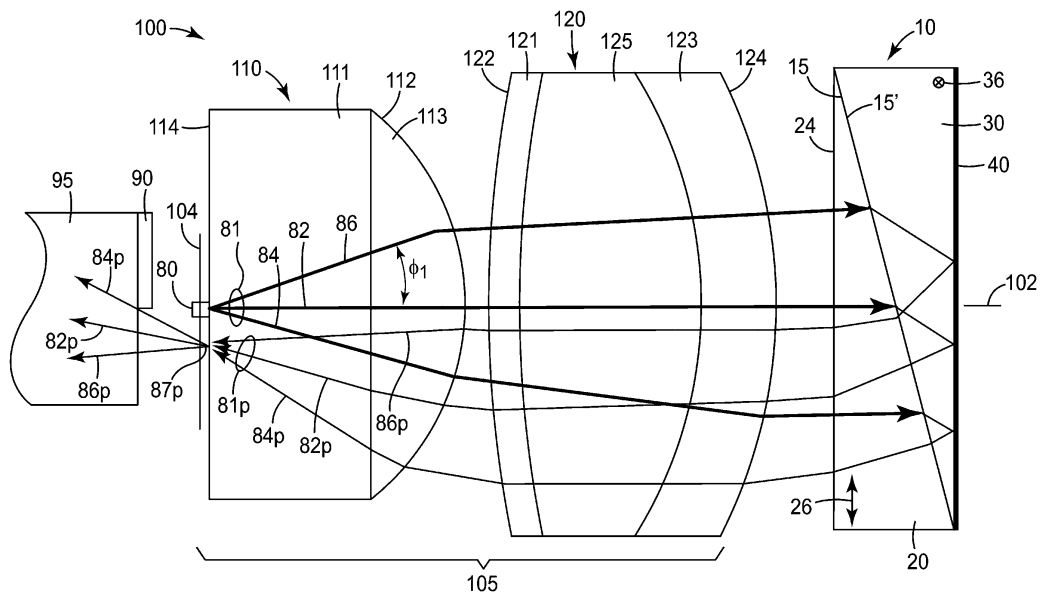
- [0090] 항목 17은 광학 축으로부터 변위되어 있고 제3 색상 광을 광 입력 표면 내로 주입하도록 배치되는 제3 색상 광 원을 추가로 포함하고, 이색성 플레이트가 제3 색상 광을 반사시켜서 광학 축을 따라 광 입력 표면을 통해 진출 하게 할 수 있는 제3 반사기를 추가로 포함하는, 항목 13 내지 항목 16의 편광 변환 색상 조합기이다.
- [0091] 항목 18은 제3 반사기가 광대역 미러를 포함하는, 항목 17의 편광 변환 색상 조합기이다.
- [0092] 항목 19는 제3 반사기가 제3 색상 광을 반사시키고 다른 색상 광을 투과시킬 수 있는 제3 이색성 반사기를 포함 하는, 항목 17의 편광 변환 색상 조합기이다.
- [0093] 항목 20은 항목 2 내지 항목 12의 편광 변환기; 이미지를 조합된 편광된 출력 광에 부여하도록 배치되는 공간 광 변조기; 및 프로젝션 광학계를 포함하는, 이미지 프로젝터이다.
- [0094] 항목 21은 항목 17 내지 항목 19의 편광 변환 색상 조합기; 이미지를 편광된 제1, 제2 및 제3 색상 광에 부여하도록 배치되는 공간 광 변조기; 및 프로젝션 광학계를 포함하는, 이미지 프로젝터이다.
- [0095] 항목 22는 공간 광 변조기가 LCoS(liquid crystal on silicon) 이미지 또는 투과형 액정 디스플레이(LCD)를 포 함하는, 항목 20 또는 항목 21의 이미지 프로젝터이다.
- [0096] 달리 지시되지 않는 한, 명세서 및 특허청구범위에서 사용된 특징부 크기, 양 및 물리적 특성을 표현하는 모든 수는 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 전술한 명세서 및 첨부된 특허청구범위에 기재된 수치 파라미터는 본 명세서에 개시된 교시 내용을 이용하여 당업자가 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 달라질 수 있는 근사치이다.
- [0097] 본 명세서에 인용된 모든 참고 문헌 및 공보는 그들이 본 발명과 직접적으로 모순될 수 있는 경우를 제외하고는, 명백히 전체적으로 본 명세서에 참고로 포함된다. 특정 실시예가 본 명세서에 예시되고 기술되었 지만, 본 발명의 범위로부터 벗어남이 없이 다양한 대안 및/또는 등가의 구현이 도시되고 기술된 특정 실시예를 대체할 수 있다는 것이 당업자에 의해 이해될 것이다. 본 출원은 본 명세서에 논의된 특정 실시예의 임의의 적 응 또는 변형을 포함하도록 의도된다. 따라서, 본 발명은 오직 특허청구범위 및 그의 등가물에 의해서만 제한 되는 것으로 의도된다.

## 도면

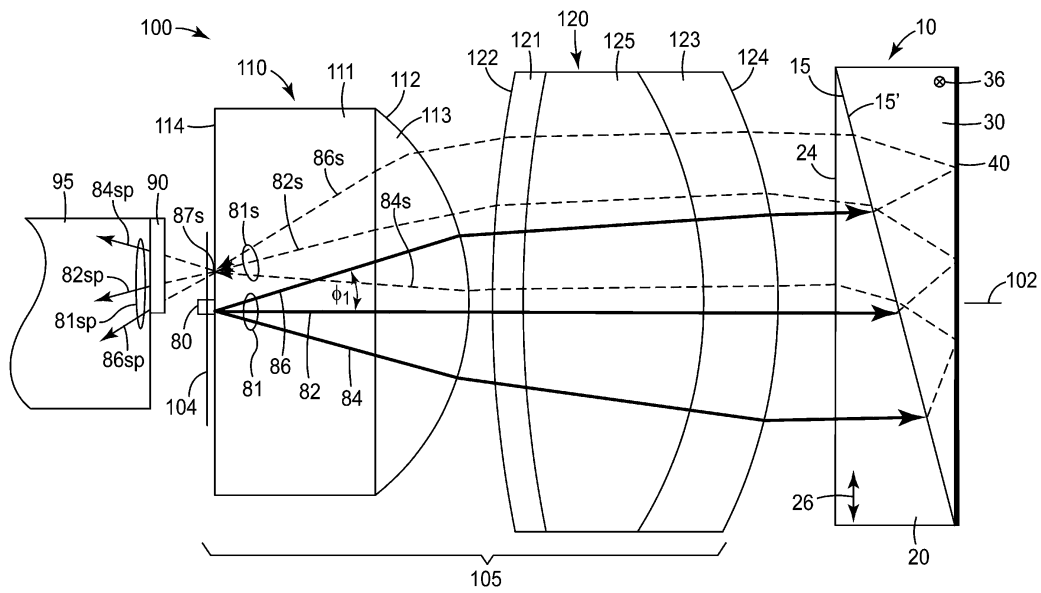
### 도면1



도면2a

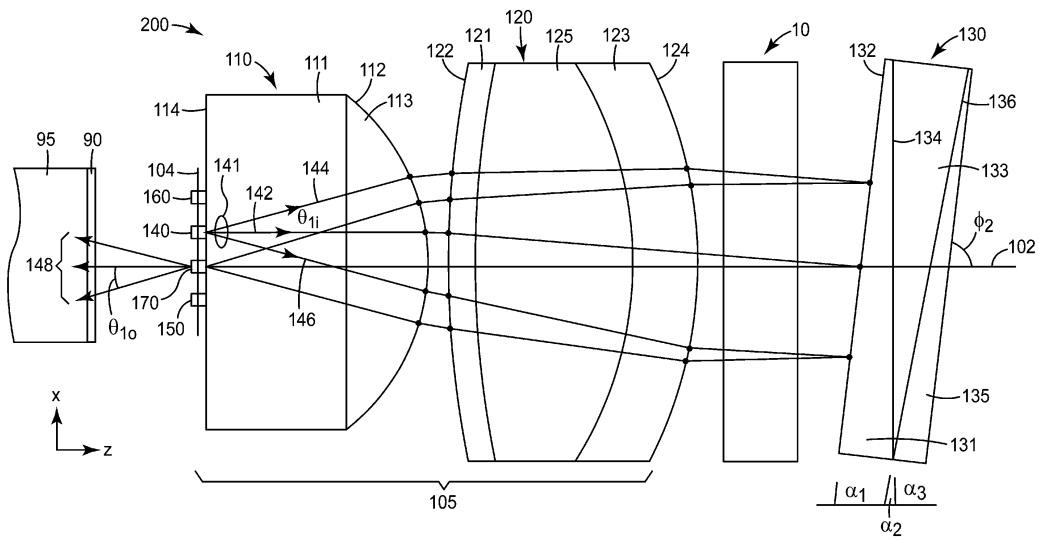


도면2b

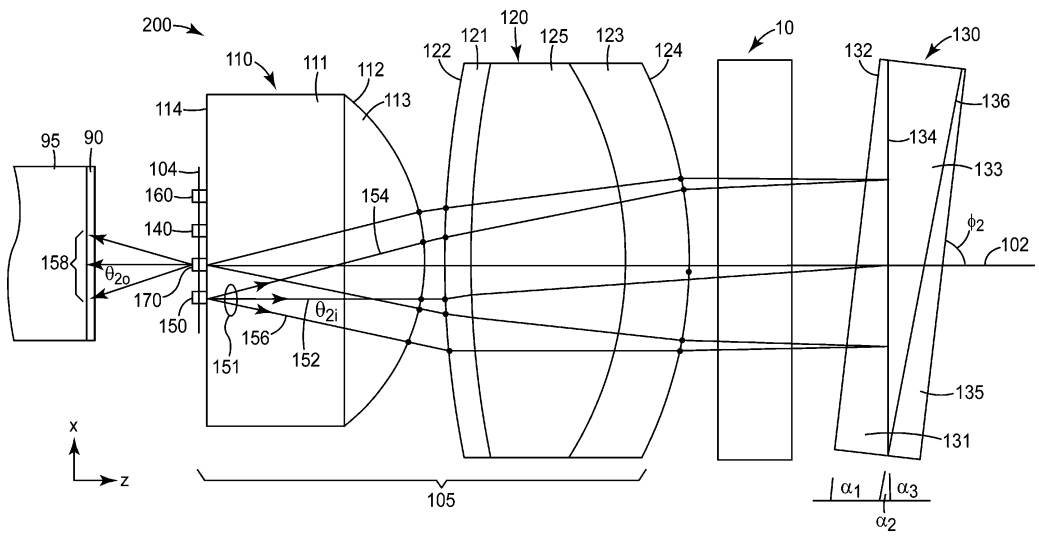




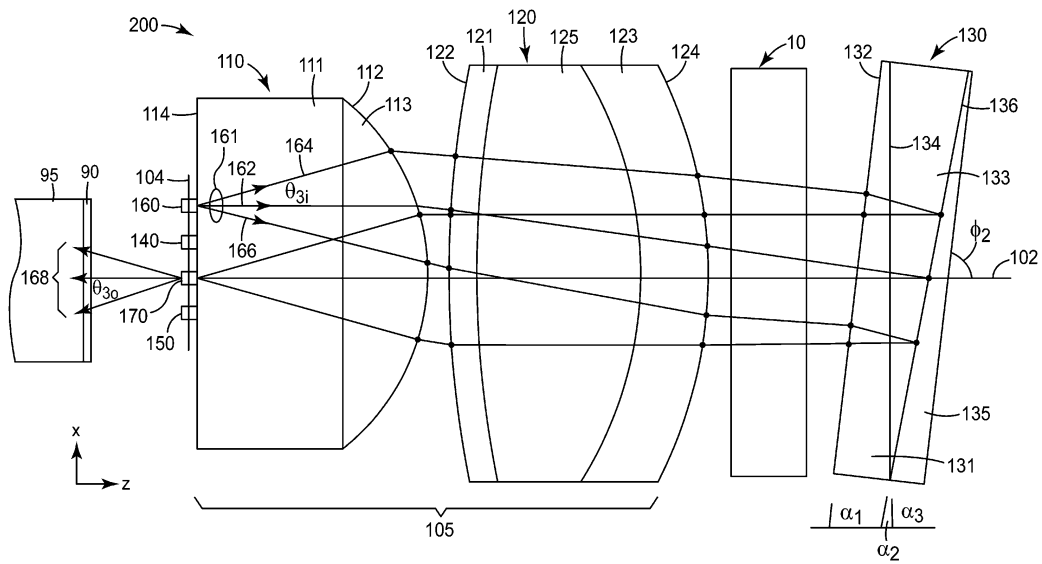
도면3a



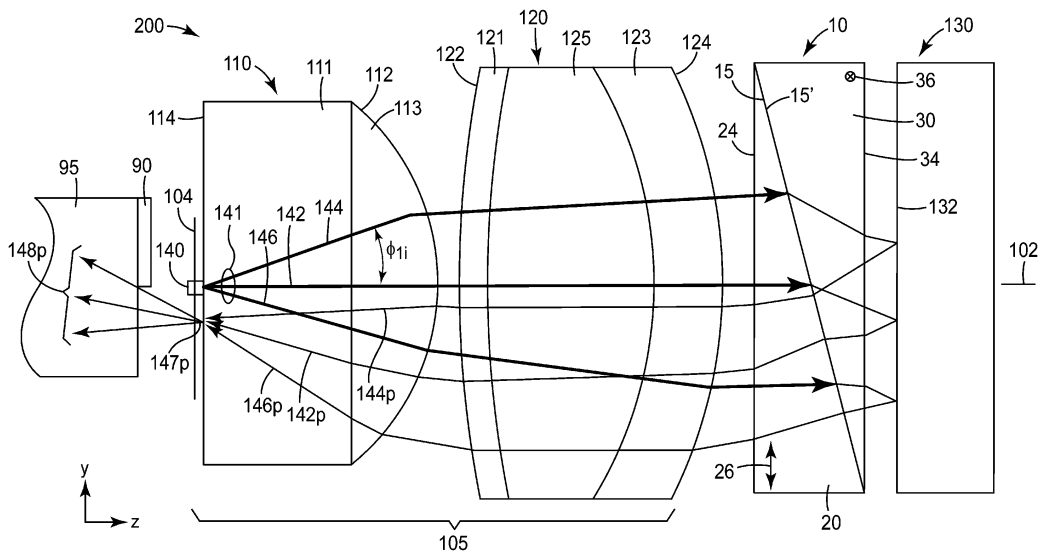
도면3b



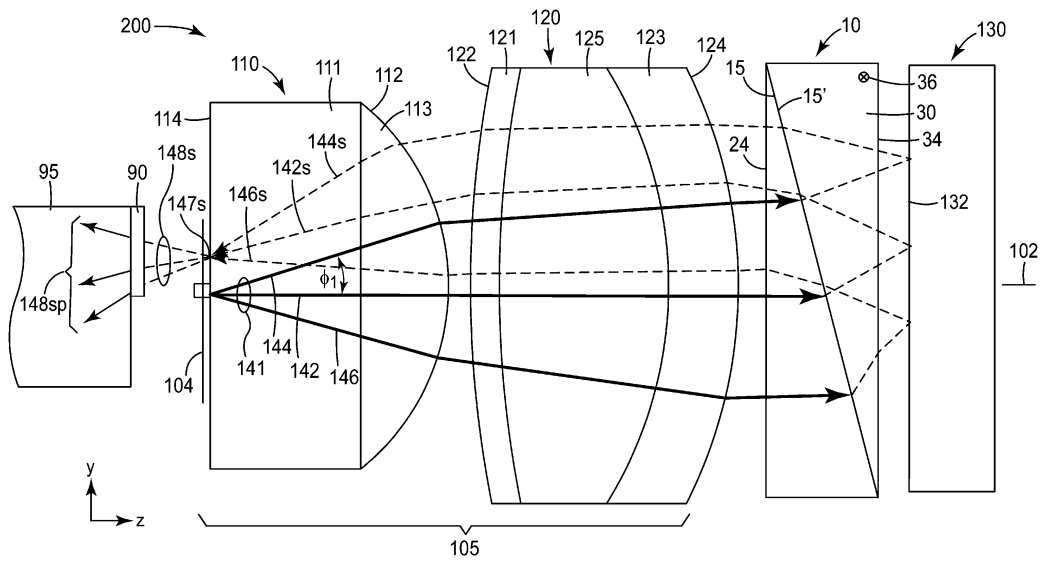
도면3c



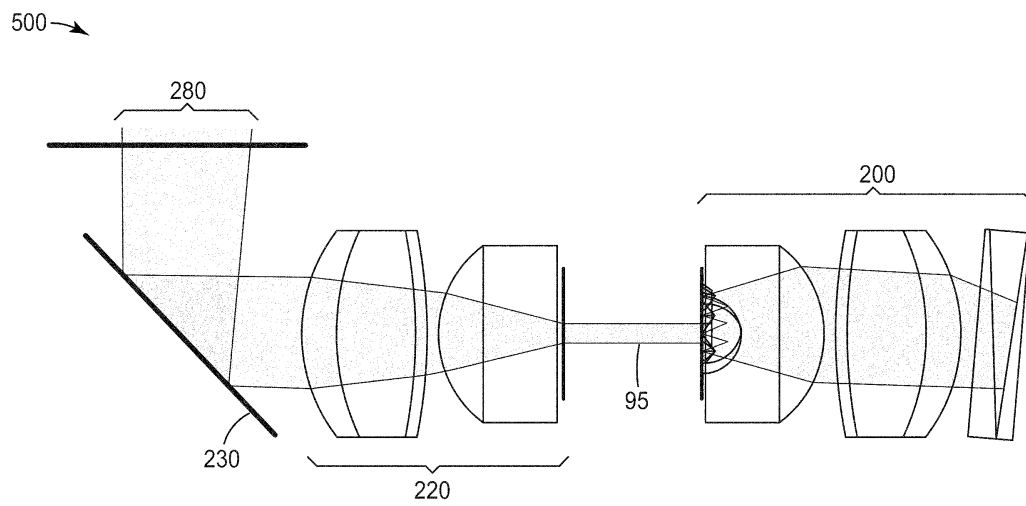
도면4a



도면4b



도면5



도면6

