



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0079270  
(43) 공개일자 2008년08월29일

(51) Int. Cl.

G03B 21/14 (2006.01) G03B 21/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7014915

(22) 출원일자 2008년06월20일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2008년06월20일

(86) 국제출원번호 PCT/US2006/048211

국제출원일자 2006년12월18일

(87) 국제공개번호 WO 2007/075551

국제공개일자 2007년07월05일

(30) 우선권주장

11/315,723 2005년12월22일 미국(US)

(71) 출원인

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

마 지아잉

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠센터

길리건 그레고리 이.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠센터

(74) 대리인

김영, 양영준, 안국찬

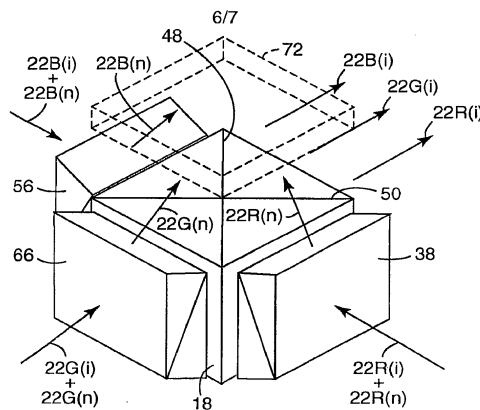
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 반사 편광기를 사용하는 프로젝션 시스템

(57) 요약

본 발명은 제1 이미징 요소, 적어도 제2 이미징 요소, 및 색상 조합기를 포함하는 프로젝션 시스템에 관한 것이다. 제1 및 제2 이미징 요소는 각각 이미저, 및 이미저로부터의 광 빔을 제1 부분 및 제2 부분으로 적어도 부분적으로 분리하도록 구성된 반사 편광기를 포함하고, 여기서 제1 부분 및 제2 부분은 실질적으로 직교 편광 상태를 갖는다. 광 빔의 제1 부분은 광 빔의 제2 부분에 의해 한정되는 평면의 위 또는 아래로 동일한 방향으로 향한다. 색상 조합기는 광 빔의 제2 부분들을 조합하도록 구성되며, 여기서 광 빔의 제2 부분은 색상 조합기로 들어가기 전에 실질적으로 직교하는 편광 상태를 갖는다.

대표도 - 도7



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

제1 이미저, 및 제1 이미저로부터의 제1 광 빔을 실질적으로 서로 직교 편광 상태를 갖는 제1 부분 및 제2 부분으로 적어도 부분적으로 분리하도록 구성되는 제1 반사 편광기를 포함하는 제1 이미징 요소와;

제2 이미저, 및 제2 이미저로부터의 제2 광 빔을 실질적으로 서로 직교 편광 상태를 갖는 제3 부분 및 제4 부분으로 적어도 부분적으로 분리하도록 구성되는 제2 반사 편광기 - 여기서, 제1 및 제3 부분은 제2 및 제4 부분에 의해 한정된 평면 위 또는 아래로 동일 방향으로 향함 - 를 포함하는 제2 이미징 요소와;

제2 부분과 제4 부분을 조합하도록 구성되는 색상 조합기 - 여기서, 제2 부분 및 제4 부분은 색상 조합기로 들어가기 전에 실질적으로 직교 편광 상태를 가짐 - 를 포함하는 프로젝션 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 제1 부분은 제1 반사 편광기로부터 반사되고, 제3 부분은 제2 반사 편광기로부터 반사되는 프로젝션 시스템.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 제1 부분 및 제3 부분은 실질적으로 직교 편광 상태를 갖는 프로젝션 시스템.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 제1 이미징 요소는 제1 반사 편광기와 색상 조합기 사이에 배치된  $\frac{1}{2}$ -파장판을 추가로 포함하는 프로젝션 시스템.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 제1 이미징 요소는 제1 이미저에 인접 배치되고 제1 반사 편광기와 대향된 입구 편광기를 추가로 포함하는 프로젝션 시스템.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 제1 이미징 요소는 제1 반사 편광기와 색상 조합기 사이에 배치된 출구 편광기를 추가로 포함하는 프로젝션 시스템.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 제1 반사 편광기는 와이어 그리드 편광기인 프로젝션 시스템.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 제1 반사 편광기는 입력 프리즘과 출력 프리즘 사이에 배치된 반사 편광 다층 중합체 필름을 갖는 편광 빔 스플리터를 포함하는 프로젝션 시스템.

### 청구항 9

제8항에 있어서, 입력 프리즘 및 출력 프리즘은 각각 제1 굴절률을 가지며, 제1 반사 편광기는 제2 굴절률을 각각 갖는 외부 층을 가지며, 제1 굴절률은 제2 굴절률과 실질적으로 동일한 프로젝션 시스템.

### 청구항 10

제8항에 있어서, 입력 프리즘은 내부 전반사 면을 제공하도록 구성된 프로젝션 시스템.

### 청구항 11

제8항에 있어서, 제1 반사 편광기는 z-굴절률 정합 편광기 필름을 포함하는 프로젝션 시스템.

### 청구항 12

제11항에 있어서, 제1 반사 편광기는 약  $25^\circ$  이하의 제1 광 빔을 형성하는 광 원추의 중앙 광선에 대한 입사각으로 배향된 프로젝션 시스템.

#### 청구항 13

제11항에 있어서, 제1 광 빔은 약 500 나노미터 내지 약 600 나노미터 범위의 파장을 갖는 프로젝션 시스템.

#### 청구항 14

제1항에 있어서,

백색 광 빔을 발광하도록 구성된 광원; 및 백색 광 빔을 복수의 색상 광 빔으로 분리하는 적어도 하나 다이크로익 미러를 추가로 포함하고,

제1 광 빔은 색상 광 빔들 중 제1 색상 광 빔이고, 제2 광 빔은 색상 광 빔들 중 제2 색상 광 빔인 프로젝션 시스템.

#### 청구항 15

제1항에 있어서, 제1 및 제2 반사 편광기는 내부 구조에 기초하는 고유 편광 반사 축을 가지며, 제1 반사 편광기의 편광 반사 축은 광 축에 대한 제2 반사 편광기의 편광 반사 축의 배향에 대해 광 축을 중심으로  $90^\circ$  회전 상태로 배향된 프로젝션 시스템.

#### 청구항 16

입사 색상 광 빔을 수광하고 이미지를 입사 색상 광 빔에 부과하여, 제1 편광 상태인 이미지 부분 및 제1 편광 상태에 실질적으로 직교하는 제2 편광 상태인 비-이미지 부분을 갖는 출력 색상 광 빔을 생성하도록 구성되는 투과형 이미지, 및 투과형 이미지로부터 출력 색상 광 빔을 수광하도록 구성되고, 출력 색상 광 빔의 이미지 부분을 출력 색상 광 빔의 비-이미지 부분으로부터 적어도 부분적으로 분리하도록 구성되는 반사 편광기를 각각 포함하는 복수의 이미징 요소 - 여기서, 복수의 이미징 요소의 반사 편광기는 출력 색상 광 빔의 이미지 부분에 의해 한정된 평면의 위 또는 아래로 출력 색상 광 빔의 비-이미지 부분을 동일한 방향으로 향하게 하도록 구성됨 - 와;

반사 편광기로부터의 출력 색상 광 빔의 이미지 부분들을 조합하도록 구성되는 색상 조합기를 포함하는 프로젝션 시스템.

#### 청구항 17

제16항에 있어서, 복수의 이미징 요소로부터 오프셋 위치에 위치된 열 제거 요소를 추가로 포함하고, 출력 색상 광 빔의 비-이미지 부분은 열 제거 요소로 향하게 되는 프로젝션 시스템.

#### 청구항 18

제16항에 있어서, 색상 조합기는 SPS-타입 X-큐브 색상 조합기인 프로젝션 시스템.

#### 청구항 19

제16항에 있어서, 반사 편광기는 다층 중합체 편광 필름을 포함하는 프로젝션 시스템.

#### 청구항 20

제19항에 있어서, 다층 중합체 편광 필름은 z-굴절률 정합 편광기 필름을 포함하는 프로젝션 시스템.

#### 청구항 21

입구면 및 입사면을 가진 입력 프리즘; 및

입력 프리즘의 입사면에 대해 배치되고, 광 빔이 약 3.0보다 작은  $f/\#$ 로 조절된 상태에서 적어도 약 5:1의 소광 비로 s-편광된 광을 투과시키고 p-편광된 광을 반사시키도록 배향되는 반사형 z-굴절률 정합 편광기(MZIP) 필름을 포함하는 편광 빔 스플리터.

## 청구항 22

제21항에 있어서, 소광비는 광 빔이 약 2.5보다 작은  $f/\#$ 로 조절된 상태에서 적어도 약 5:1인 편광 빔 스플리터.

## 청구항 23

제21항에 있어서, 소광비는 적어도 약 30:1인 편광 빔 스플리터.

## 청구항 24

제23항에 있어서, 소광비는 적어도 약 50:1인 편광 빔 스플리터.

## 청구항 25

제21항에 있어서, 입구면은 광 빔을 입력 프리즘을 통해 입사면 쪽으로 투과하도록 구성되고, 광 빔은 입구면에 대한 제1 입사각을 가지며, 반사 MZIP 필름은 입구면에 대해 제1 배향각으로 추가로 배향되고 광 빔의 제1 부분을 입구면 쪽으로 반사시키도록 구성되며, 제1 입사각 및 제1 배향각은 입구면으로부터의 광 빔의 제1 부분의 내부 전반사를 제공하도록 구성되는 편광 빔 스플리터.

## 청구항 26

제21항에 있어서, 광 빔의 제1 부분은 p-편광된 광으로서 적어도 부분적으로 배향된 광 빔의 비-이미지 부분이고, 광 빔은 또한 s-편광된 광으로서 적어도 부분적으로 배향된 이미지 부분을 포함하는 편광 빔 스플리터.

## 청구항 27

제21항에 있어서, 반사 MZIP 필름은 z-굴절률 부정합  $\Delta n_z$  및 x-굴절률 부정합  $\Delta n_x$ 을 가지며,  $\Delta n_z / \Delta n_x$ 의 절대값은 입사광의 파장 대역에 걸쳐 0.1 미만인 편광 빔 스플리터.

## 청구항 28

제27항에 있어서,  $\Delta n_z / \Delta n_x$ 의 절대값은 입사광의 파장 대역에 걸쳐 0.05 미만인 편광 빔 스플리터.

## 명세서

### 기술 분야

<1> 본 발명은 편광 분리 장치를 포함하는 프로젝션 시스템에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 액정 이미저(liquid crystal imagers)를 갖는 반사 편광기를 사용하는 프로젝션 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

<2> 프로젝션 시스템은 전형적으로 광원, 조명 광학계, 하나 이상의 이미저, 프로젝션 광학계, 및 프로젝션 스크린을 포함한다. 조명 광학계는 광원으로부터 광을 수광하고 그 광을 미리 결정된 방식으로 이미저(들)로 향하게 한다. 이미저(들)는 전형적으로 디지털 비디오 신호에 대응하는 이미지를 발생하기 위해 광의 편광을 회전시킴으로써 동작하는 액정 표시 이미저와 같은 편광-회전식 이미지 형성 장치이다. 이어서, 프로젝션 광학계는 이미지를 확대시켜 이를 프로젝션 스크린에 투사시킨다.

<3> 프로젝션 시스템에 사용되는 이미저는 전형적으로 광을 한 쌍의 직교 편광 상태(예컨대, s-편광 및 p-편광)로 분리하기 위해 편광기에 의존한다. 분리는 일반적으로 원하는 편광 상태를 갖는 광을 투과시키고 원하지 않는 편광 상태를 갖는 대부분의 광을 흡수하는 것을 포함한다. 그러나, 이러한 편광기는 열로 변환되는 상당한 양의 광 에너지를 흡수한다. 오랜 사용 기간 동안에, 발생한 열은 고조(build up)되어 편광기를 손상시키고 이럼으로써 편광 특성을 소멸시킬 수 있다. 그러므로, 이는 시간이 흐름에 따라 투사된 이미지의 품질을 저하시킨다. 전형적으로, 편광기 온도를 허용 한계치 미만으로 유지하기 위해 편광기 위에 고속의 공기 유동이 제공된다. 그러나, 요구되는 체적 유량(volumetric flow rate)이 높을 수 있고, 프로젝션 시스템에서 필요로 하는 팬(fan)의 크기 및 개수는 정신을 산만하게 하는 소음을 발생하는 것 외에도 프로젝션 시스템 내에서 상당한 양의 전력 및 공간을 소비할 수 있다.

## 발명의 상세한 설명

- <4> 본 발명은 적어도 2개의 이미징 요소(imaging component) 및 색상 조합기(color combiner)를 포함하는 프로젝션 시스템에 관한 것이다. 이미징 요소는 각각 광 빔을 제1 부분 및 제2 부분으로 적어도 부분적으로 분리하도록 구성된 반사 편광기를 포함하고, 여기서 제1 부분 및 제2 부분은 실질적으로 직교 편광 상태를 갖는다. 이미징 요소로부터의 광 빔의 제1 부분은 광 빔의 제2 부분에 의해 한정되는 평면 위 또는 아래로 동일한 방향으로 향하게 된다. 색상 조합기는 광 빔의 제2 부분들을 조합하도록 구성되며, 여기서 이미징 요소로부터의 광 빔의 제2 부분은 색상 조합기에 들어가기 전에 실질적으로 직교 편광 상태를 갖는다.
- <5> 본 발명의 상기의 개요는 본 발명의 각각의 도시된 실시 형태 또는 모든 구현 형태를 설명하고자 하는 것은 아니다. 이하의 도면 및 상세한 설명은 이러한 실시예들을 더 구체적으로 예시한다.

## 실시예

- <17> 도 1은 전면 및 후면 프로젝션 시스템, 프로젝션 디스플레이, 헤드 마운트 디스플레이(HMD; head-mounted display), 가상 뷰어(virtual viewer), 헤드업(heads-up) 디스플레이, 및 광학 컴퓨팅 시스템과 같은 다양한 광학 이미징 시스템으로 높은 콘트라스트의 밝은 이미지를 디스플레이하는 데에 적합한 시스템인 본 발명의 프로젝션 시스템(10)의 개략적인 평면도이다. 프로젝션 시스템(10)은 광원(12), 색상 분리 광학계(14), (이미징 요소(16R, 16B, 16G) 및 색상 조합기(18)를 포함하는) 광학 코어(15), 및 투사 렌즈(20)를 포함한다. 후술되는 바와 같이, 이미징 요소(16R, 16B, 16G)는 이미징 요소(16R, 16B, 16G)로부터 출력되는 이미지-부과된 광 빔에 의해 한정된 평면(즉, 도 1에 의해 한정된 평면) 위에서 비-이미지 광 빔을 동일한 일반 방향으로 향하게 하도록 구성된다. 따라서, 비-이미지 광 빔은 도 1의 평면으로부터 보는 사람 쪽으로 (또는 보는 사람으로부터 멀어지게) 동일한 방향으로 향한다. 이는 비-이미지 광 빔을 프로젝션 시스템(10)의 광학 경로(즉, 도 1에 도시된 광학 경로)의 위 (또는 아래의) 위치까지 이동되게 하며, 여기서 비-이미지 광 빔은 열 발생을 감소시키기 위해 조절될 수 있다.
- <18> 광원(12)은 광 빔(22W) (백색 광 빔)을 색상 분리 광학계(14) 쪽으로 방출하는 램프 및 만곡된(예컨대, 포물선형 및 오목형) 반사기이다. 광원(12)용으로 적합한 램프로는 초고압 수은 램프와 같은 메탈 할라이드 아크 램프(metal halide arc lamp)를 들 수 있다. 색상 분리 광학계(14)에 도달하기 전에, 광 빔(22W)은 사전 편광기(예컨대, 편광 변환 시스템), 콘덴서 렌즈, 인티그레이터(integrator) 렌즈 및 중첩(superimposing) 렌즈와 같은 (도시되지 않은) 다양한 광학 요소로 사전 조절될 수 있다. 사전 편광기는 광 빔(22W)을 선형 편광된 광 성분으로 조절하는 것을 포함하여 광 빔(22W)을 적어도 부분적으로 편광시키는 데 사용될 수 있다.
- <19> 색상 분리 광학계(14)는 다이크로익 미러(24, 26) 및 접이식 반사기(28, 30, 32)를 포함하고, 여기서 접이식 반사기(28, 30, 32)는 광 빔의 광학 경로를 향하게 하는 반사 미러이다. 색상 분리 광학계(14)는 발산각을 감소시키고 수광된 광 빔을 전달하는 콘덴서 렌즈 (도시되지 않음)를 포함할 수도 있다. 광 빔(22W)은 처음에 다이크로익 미러(24)로 이동하고, 다이크로익 미러는 적색 파장 광(약 600 나노미터 내지 약 700 나노미터)을 투과시키고 나머지 색상 스펙트럼의 광을 반사시키는 색상-파장 분리 미러이다. 따라서, 다이크로익 미러(24)는 광 빔(22R) (즉, 광 빔(22W)의 적색 파장 부분)을 접이식 반사기(28) 및 이미징 요소(16R) 쪽으로 투과시키고, 광 빔(22GB) (즉, 광 빔(22W)의 청색-녹색 파장 부분)을 다이크로익 미러(26) 쪽으로 반사시킨다.
- <20> 다이크로익 미러(26)는 청색 파장 광(약 400 나노미터 내지 약 500 나노미터)을 투과시키고 녹색-파장 (약 500 나노미터 내지 약 600 나노미터)인 나머지 컬러 스펙트럼의 광을 반사시키는 색상-파장 분리 미러이다. 따라서, 다이크로익 미러(26)는 광 빔(22B) (즉, 광 빔(22GB)의 청색 파장 부분)을 접이식 반사기(30, 32) 및 이미징 요소(16B)로 투과시키고, 광 빔(22G) (즉, 광 빔(22GB)의 녹색-파장 부분)을 이미징 요소(16G) 쪽으로 반사시킨다.
- <21> 이미징 요소(16R, 16B, 16G)는 일반적으로 색상 분리 광학계(14)와 색상 조합기(18) 사이에 배치된다. 이미징 요소(16R, 16B, 16G)는 각각 이미지를 수광된 광 빔에 부과하고, 이미지-부과된 광 빔을 색상 조합기(18)에 전달한다. 더 후술되는 바와 같이, 이미징 요소(16R, 16B, 16G)는 내부 전반사 편광 빔 스플리터(PBS)를 포함할 수 있고, 이 빔 스플리터는 비-이미지 광 빔이 이미지-부과된 광 빔에 의해 한정된 평면 위로 (또는 아래로) 동일한 일반 방향으로 향하게 하도록 구성된다. 이는 비-이미지 광 빔을 프로젝션 시스템(10)의 광학 경로(즉, 도 1에 도시된 광학 경로)의 위 (또는 아래)로 향하게 함으로써, 비-이미지 광 빔이 프로젝션 시스템(10)의 광학 경로와 간섭하는 것을 방지한다. 부가적으로, 비-이미지 광 빔은 광 에너지를 흡수하는 하나의 열 제거 요소(예컨대, 히트 싱크; 도 1에 도시되지 않음) 쪽으로 향할 수 있다. 이는 비-이미지 광 빔에 의해 야기되는

열 발생을 열에 민감한 위치(예컨대, 이미징 요소(16R, 16B, 16G))로부터 열 발생이 단일 열 제거 감소 요소로 관리될 수 있는 오프셋 위치로 전달한다.

<22> 이 실시예에서 색상 조합기(18)는 적색 파장 광을 반사시키는 제1 다이크로익 다층 (전형적으로, 무기) 필름 및 청색 파장 광을 반사시키는 제2 다이크로익 다층 필름에 의해 분리되는 4개의 직각 프리즘을 포함하는 X-큐브 색상 조합기를 포함한다. 대안적으로, 색상 조합기(18)는 (프리즘 없이) 한 쌍의 다이크로익 미러만을 포함할 수 있다. 색상 조합기(18)는 광 빔(22R, 22G, 22B)의 이미지-부과된 부분을 하나의 이미지 광 빔(즉, 광 빔(22I))으로 조합한다. 특히, 광 빔(22R)의 이미지 부분은 적색 광을 반사시키는 다이크로익 다층 필름으로부터 반사되고, 광 빔(22B)의 이미지 부분은 청색 광을 반사시키는 다이크로익 다층 필름으로부터 반사되며, 광 빔(22G)의 이미지 부분은 실질적으로 한 쌍의 다이크로익 다층 필름을 투과한다. 이어서, 결과적인 단일 이미지 광 빔(22I)은 투사 렌즈(20)에 전달되고, 여기서 광 빔(22I)은 확대되어 스크린(도시되지 않음)에 투사된다. 따라서, 프로젝션 시스템(10)은 비-이미지 광 빔 에너지를 편광 소자로부터 오프셋된 위치까지 이동시키면서 보기 위해 높은 콘트라스트의 밝은 이미지를 발생시킬 수 있다. 이는 편광 소자의 제품 수명을 보존함으로써, 프로젝션 시스템(10)이 오랜 기간에 걸쳐 높은 콘트라스트의 밝은 이미지를 계속 발생시킬 수 있게 한다.

<23> 대안적인 실시예에서, 프로젝션 시스템(10)은 도 1에 도시된 3개의 이미징 요소가 아닌 2개의 이미징 요소를 포함할 수 있다. 2개 이미징 요소 배열은 전형적으로 녹색-파장 광 빔 전용인 제1 이미징 요소 및 적색 파장 광 빔과 청색 파장 광 빔 사이에 일정 순서로 배열된 제2 이미징 요소를 갖는다. 2개 이미징 요소 배열의 예들은 마(Ma) 등의 미국 특허 공개 제2004/0227898호에 기술되어 있다.

<24> 도 2는 색상 조합기(18)와 함께 사용되는 이미징 요소(16R) 상에 포커싱되는 광학 코어(15)의 확대된 개략 측면도이다. 이미징 요소(16R)는 입구 편광기(34), 투과형 이미저(36), PBS(38) 및 출구 편광기(40)를 포함하고, 이들은 각각 광 빔(22R)의 광학 경로를 따라 정렬된다. 당업자는 이미징 요소(16R) (및 이미징 요소(16B, 16G))의 각종 요소가 선택적인 구성 요소이며, 추가적인 구성 요소를 마찬가지로 이용할 수 있음을 이해할 수 있다.

<25> 입구 편광기(34) (예컨대, 사전 편광 필름)는 제1 편광 상태를 갖는 광 빔(22R)의 제1 부분을 투과형 이미저(36)로 전달하고 제1 편광 상태와 직교하는 제2 편광 상태를 갖는 광 빔(22R)의 제2 부분을 흡수 또는 반사시킨다. 결과적으로, 투과형 이미저(36)에 전달된 광 빔은 실질적으로 제1 편광 상태이다. 종래의 기호에 따르면, 제1 편광 상태인 광 빔은 (도 2의 도면에 직교하는 종이 면으로부터 뺀어 나오는 제1 직교 전개 세그먼트를 나타내는) 도트 "·"로 표시될 것이고, 제2 편광 상태인 광 빔(광의 전개 벡터가 종이 면 내에서 편광됨)은 제2 직교 세그먼트 "I"로 표시된다. 위에서 설명된 바와 같이, 광 빔(22W)이 주어진 편광 상태로 적어도 부분적으로 사전 편광되면, 광 빔(22R)은 이미징 요소(16R)에 도달할 때 동일한 주어진 편광 상태로 초기에 적어도 부분적으로 편광되게 된다.

<26> 이 실시예에서 투과형 이미저(36)는 관련된 이미지 신호에 따라 수광된 광 빔(22R)의 편광을 변조시켜 이미지를 광 빔(22R)에 부과하는 액정 이미저이다. 투과형 이미저(36)에 대한 적합한 액정 이미저의 예로 고온 폴리-실리콘(High-Temperature Poly-Silicon; HTPS) 투과형 LCD 패널과 같은 LCD 기반 이미지 형성 장치가 포함된다. 실리콘 액정(liquid crystal on silicon; LCoS) 패널과 같은 반사 이미저에 기초한 다른 실시예들도 또한 본 발명에 의해 고려된다. 관련된 이미지 신호에 기초하여 투과형 이미저(36)의 여러 픽셀에 전압이 인가될 수 있다. 이는 이미지를 광 빔(22R)에 부과하며, 여기서 광 빔(22R)의 이미지 부분("광 빔(22R(i))"이라고 함)은 제2 편광 상태로 변조될 수 있고 광 빔(22R)의 비-이미지 부분("광 빔(22R(n))"이라고 함)은 제1 편광 상태를 유지한다. 따라서, 투과형 이미저(36)로부터 PBS(38)로 이동하는 광 빔(22R)의 광학 경로는 제1 편광 상태인 광 빔(22R(n)) 및 제2 편광 상태인 광 빔(22R(i))을 포함한다.

<27> 이 실시예에서 PBS(38)는 입력 프리즘(42), 출력 프리즘(44) 및 반사 편광 필름(46)을 포함한다. 입력 프리즘(42) 및 출력 프리즘(44)은 반사 편광 필름(46)의 대향 면 상에 서로 인접 배치된 저복굴절 프리즘(즉, 편광 필름 커버)이며, 여기서 입력 프리즘은 입구면(42a) 및 상부면(42b)을 포함한다. 입력 프리즘(42) 및 출력 프리즘(44)은 PBS(38)의 원하는 목적을 달성하기 위해 적합한 굴절률을 갖는 임의의 광 투과형 재료로 구성될 수 있다. "광 투과형" 재료는 입사광의 적어도 일 부분이 재료를 투과할 수 있게 하는 것이다. 프리즘으로서 사용하기에 적합한 재료는 세라믹, 유리 및 중합체를 포함한다. 바람직하게는, 입력 프리즘(42) 및 출력 프리즘(44)은 등방성 재료로 제조되나, 다른 재료가 사용될 수도 있다. 도 2에 도시된 실시예에서, 입력 프리즘(42) 및 출력 프리즘(44)은 반사 편광 필름(46)으로부터 반사된 광 빔(22R(n))이 입력 프리즘(42)의 입구면(42a)을 따라 내부 전반사 조건을 만족시킬 수 있도록 설계될 수 있다. 이러한 프리즘의 설계는 마가릴(Magarill) 등의



미국 특허 제6,719,426호에 기술되어 있다.

- <28> 도 2에 도시된 바와 같이, 광 빔(22R)은 입력 프리즘(42)의 입구면(42a)을 투과하여 반사 편광 필름(46)과 접촉한다. 반사 편광 필름(46)용으로 적합한 편광 필름의 예는 (후술하는) 반사 필름, 다층 중합체 필름, z-굴절률 정합 편광(MZIP) 필름을 포함한다. 이러한 필름은 대략 p-편광의 광을 투과시키고 필름 상에서의 입사광의 입사 평면에 대해 대략 s-편광의 광을 반사시키도록 통상적으로 배향된 데카르트(Cartesian) 편광기이다.
- <29> 다층 필름이 바람직한 실시예이지만, 와이어-그리드 편광기 및 맥네일(MacNeille) 편광기와 같은 다른 데카르트 편광기가 반사 편광 필름(46)용으로 대안적으로 사용될 수 있다. 이러한 대안적인 편광기는 바람직하게는 높은 열 전도율 및 낮은 열 부굴절률을 나타낸다. 본 발명과 함께 사용되는 추가적인 적합한 반사 편광기의 예는 미야자와(Miyazawa) 등의 미국 특허 출원 공개 제2005/0012996호에 개시된 것들을 포함한다.
- <30> 반사 편광 필름(46)에 대한 광 빔(22R)의 입사각 때문에, 제1 편광 상태인 광 빔(22R)의 부분(즉, 광 빔(22R(n))은 반사 편광 필름(46)에 대해 s-편광된 광으로서 배향된다. 유사하게는, 제2 편광 상태인 광 빔(22R)의 부분(즉, 광 빔(22R(i))은 반사 편광 필름(46)에 대해 p-편광된 광으로서 배향된다. 따라서, 광 빔(22R(n))은 반사 편광 필름(46)으로부터 반사되고 광 빔(22R(i))은 반사 편광 필름(46)을 투과한다.
- <31> 반사 편광 필름(46)은 흡수형 편광기가 아닌 반사 편광기이기 때문에, 광 빔(22R(n))은 반사 편광 필름(46)에 의해 흡수되지 않는다. 이로써, 광 빔(22R(n))은 반사 편광 필름(46)에서 열로 변환되지 않아, 반사 편광 필름(46)은 상대적으로 차갑게 유지된다. PBS(38)에 적합한 동작 온도는 전형적으로 강제 공기 냉각 없이 약 25℃ 내지 약 45℃이다. 비교해보면, 현재 흡수형 편광기는 편광기 및 이미지 상에서의 광 세기의 한계를 설정하는 허용 온도(전형적으로, 약 70℃)를 달성하기 위해 적절히 설계된 강제 공기 냉각을 필요로 한다. 편광기를 통과한 광의 세기 및 편광기를 열화시킬 수 있는 가능성은 사용될 수 있는 이미지 및 편광기의 크기를 결정할 수 있다. 이미지는 전형적인 프로젝션 시스템의 주된 비용 요소이고, 이미지의 크기 감소(이에 따라 편광기를 통한 광 세기가 증가함)는 이미지의 비용을 감소시킬 수 있다. 따라서, 반사 편광 필름(46)은 자연 대류 열 전달에만 의존함으로써 (즉, 팬을 필요로 하지 않고도) 달성될 수 있는 일정 온도 제어 수준을 제공한다. 부가적으로, 더 작은 이미지(예컨대, 이미지(36))는 증가된 광 세기를 사용하여 저비용 프로젝터가 설계될 수 있도록 프로젝터 시스템(10)으로부터 출력된 동일한 양의 광에 대해 사용될 수 있다.
- <32> 도 2에 추가로 도시된 바와 같이, 광 빔(22R(n))은 입력 프리즘(42)으로 다시 반사되며, 여기서 광 빔은 입구면(42a) 상에서 내부 전반사되고 상부면(42b)으로부터 입력 프리즘(42)을 빠져 나온다. 후술되는 바와 같이, 이미징 요소(16B, 16G)로 유사한 배열이 얻어져서, 광 빔(22R, 22B, 22G)의 비-이미지 부분이 광 빔(22R(i)) 및 광 빔(22B, 22G)의 이미지 부분에 의해 한정되는 평면 위로 동일한 일반 방향으로 반사되도록 한다.
- <33> 편광 필름(46) 및 출력 프리즘(44)을 투과하는 광 빔(22R(i))은 출구 편광기(40) 쪽으로 이동한다. 출구 편광기(40)는 또한 제2 편광 상태(즉, PBS(38)에 대한 대략 p-편광)의 광을 투과시키고 반사 편광 필름(46) 및 출력 프리즘(44)을 투과한 광 제1 편광 상태(즉, PBS(38)에 대한 대략 s-편광)의 광의 임의의 나머지 부분을 흡수 또는 반사시키는 편광 필름일 수 있다. 결과적으로, 광 빔(22R(i))은 출구 편광기(40)를 투과하고, 광 빔(22R(n))의 임의의 나머지 부분은 출구 편광기(40)에 의해 흡수 또는 반사된다. 출구 편광기(40)는 색상 조합기(18)에 들어가기 전에 광 빔(22R(i))의 콘트라스트를 향상시키기 위해 편광 단계의 일정 수준의 잉여(level of redundancy)를 제공한다.
- <34> 이 실시예에서, 색상 조합기(18)는 "SPS" 타입 X-큐브이다. 색상 조합기(18)는 적색 파장 광 및 청색 파장 광을 각각 반사시키고 녹색 파장 광을 투과시키는 한 쌍의 교차 다이크로익 필름(48, 50)을 포함한다. 색상 조합기(18)는 s-편광된 광을 p-편광된 광보다 강하게 반사시킨다. 또한, 특히 녹색 광에 대해, p-편광된 광을 s-편광된 광보다 강하게 투과시킨다. 광 빔(22R(i))은 위에 설명된 바와 같이 PBS(38)의 반사 편광 필름(46)에 대해 대략 p-편광인 제2 편광 상태로 색상 조합기 쪽으로 이동한다. 그러나, 색상 조합기(18)의 다이크로익 미러 필름(48)에 대한 광 빔(22R(i))의 입사 평면 때문에, 제2 편광 상태는 다이크로익 필름(48)에 대해 s-편광된 광으로 배향된다. 이로써, (제2 편광 상태인) 광 빔(22R(i))은 다이크로익 필름(48)으로부터 투사 렌즈(20) 쪽으로 반사되며, 투사 렌즈(20)는 도 2의 도면에 의해 한정된 평면의 밖을 향하는 방향으로 도 2를 보는 사람 쪽으로 위치된다.
- <35> 도 3은 색상 조합기(18)와 함께 사용되는 이미징 요소(16B) 상에 포커싱되는 광학 코어(15)의 다른 확대된 개략 평면도이다. 이미징 요소(16B)는 입구 편광기(52), 투과형 이미지(54), (반사 편광 필름(58)을 포함하는) PBS(56), 및 출구 편광기(60)를 포함하며, 이들은 광 빔(22B)의 광학 경로를 따라 각각 정렬되고, 도 2에 전술

된 바와 같이 이미징 요소(16R)의 대응 요소와 동일한 방식으로 기능한다. 이로써, 제1 편광 상태(반사 편광 필름(58)에 대한 s-편광)인 광 빔(22B)의 비-이미지 부분("광 빔(22B(n))"이라고 함)은 PBS(56)의 상부 밖으로 반사된다. 따라서, 광 빔(22B(n))은 광 빔(22R(i), 22B(i)) 및 광 빔(22G)의 이미지 부분에 의해 한정되는 평면 위로 광 빔(22R(n))과 동일한 일반 방향으로 반사된다.

<36> 제2 편광 상태(반사 편광 필름(58)에 대해 p-편광)인 광 빔(22B)의 이미지 부분("광 빔(22B(i))"이라고 함)은 출구 편광기(60) 및 색상 조합기(18)를 향해 반사 편광 필름(58)을 투과한다. 광 빔(22B(i))은 제2 편광 상태로 색상 조합기(18) 쪽으로 이동한다. 광 빔(22R(i))에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 색상 조합기(18)의 다이크로익 필름(50)에 대한 광 빔(22B(i))의 입사각 때문에, 제2 편광 상태는 다이크로익 필름(50)에 대해 s-편광된 광으로서 배향된다. 이로써, (제2 편광 상태인) 광 빔(22B(i))은 필름 다이크로익(50)로부터 (도 3의 도면에 의해 한정된 평면 밖으로의 방향으로) 투사 렌즈(20) 쪽으로 반사된다.

<37> 도 4는 색상 조합기(18)와 함께 사용되는 이미징 요소(16G)에 포커싱되는 광학 코어(15)의 다른 확대된 개략 평면도이다. 이미징 요소(16G)는 입구 편광기(62), 투과형 이미저(64), (반사 편광 필름(68)을 포함하는) PBS(66) 및 출구 편광기(70)를 포함하며, 이들은 광 빔(22G)의 광학 경로를 따라 각각 정렬되어 있고, 도 2 및 도 3에서 전술한 이미징 요소(16R, 16B)의 대응 요소와 유사한 방식으로 기능한다. 유사성에 대한 한가지 예외는 반사 편광 필름(68)은 명목상 p-편광된 광을 반사시키고 s-편광된 광을 투과시키도록 배향된다는 점이다. 이는 이미징 요소(16R, 16B)의 반사 편광 필름(46, 58)의 배향에 대해 90° 회전으로 입력 프리즘 상의 반사 편광 필름(68)의 내부 구조의 고유 편광 반사 방향을 배향시킴으로써 달성될 수 있다. 부가적으로, 광 빔(22G)이 이미징 요소(16G)에 들어가기 전에 사전 편광되면, 광 빔(22G)의 편광 상태를 회전시키기 위해 1/2-파장판(1/2-wave plate)이 입구 편광기(62) 전방에 배치될 수 있다.

<38> 따라서, 제2 편광 상태(명목상 반사 편광 필름(68)에 대해 p-편광)인 광 빔(22G)의 비-이미지 부분("광 빔(22G(n))"이라고 함)은 PBS(66)의 상부 밖으로 반사된다. 광 빔(22G(n))은 또한 광 빔(22R(i), 22B(i), 22G(i))에 의해 한정된 평면 위로 광 빔(22R(n), 22B(n))과 동일한 일반 방향으로 반사된다. 일 실시예에서, PBS(66)는 입력 프리즘(67) 및 출력 프리즘(69)을 포함하고, 여기서 입력 프리즘(67) 및 출력 프리즘(69)은 각각 반사 편광 필름(68)의 외부 층의 굴절률과 가까운 굴절률을 갖는다. 이에 따라, 광 빔(22G(i))은 프리즘(76, 78)과 필름(68) 사이의 유전체 인터페이스(dielectric interface)에서 프레넬 반사를 최소화시킴으로써 높은 투과 효율로 PBS(66)를 투과할 수 있다.

<39> 제1 편광 상태(명목상 반사 편광 필름(68)에 대해 s-편광이지만, "회전된" 다층 광학 필름의 내부 구조의 "투과" 편광 방향과 정렬됨)인 광 빔(22G)의 이미지 부분("광 빔(22G(i))"이라고 함)은 출구 편광기(70) 및 색상 조합기(18)를 향해 반사 편광 필름(68)을 투과한다. 편광 필름(68)은 적색 및 청색 광 경로(도 2 및 도 3에 도시됨) 내의 편광 필름(46, 58)에 대해 90도 회전된다. 편광 필름(68)의 이러한 배열은 p-편광된 광이 필름(68)에 의해 반사되게 하고 s-편광된 광이 필름(68)에 의해 투과되게 한다. 투과된 광 빔(22G(i))은 제1 편광 상태로 색상 조합기(18) 쪽으로 이동하고, 이는 색상 조합기(18)에서 다이크로익 미러 코팅(48, 50)에 대해 p-편광된 광이 된다. 녹색-파장 광학 경로에서의 P-편광된 광은 s-편광된 광보다 색상 조합기(18)를 통해 훨씬 더 많이 투과한다. 광 빔(22G(i))이 다이크로익 필름(48, 50)에 대해 s-편광된 광으로 남아 있으면, 색상 조합기(18)를 통한 광 빔(22G(i))의 투과는 감소되게 된다.

<40> 투과율의 감소가 도 5A에 도시되어 있으며, 이는 X-큐브의 대각선 상에서 색상 필터에 대하여 p-편광 상태 및 s-편광 상태의 광의 경우 광의 파장에 대한 색상 조합기를 통한 광의 투과율, 및 반사 편광 필름(68)에 대하여 s-편광 상태의 광의 경우 PBS(66)를 통한 광의 투과율을 보인 그래프이다. 도시된 바와 같이, 약 500 나노미터 내지 약 600 나노미터의 범위의 파장을 갖는 광(즉, 녹색-파장 광)의 경우, 색상 조합기(18)의 다이크로익 필름(48, 50)에 대한 p-편광 상태의 광은 s-편광 상태의 광에 비해 더 넓은 투과 범위 및 더 높은 투과 세기를 갖는다. 다이크로익 필름(48, 50)에 대한 광의 입사각은 약 45도임에 유의해야 한다. 따라서, 광 빔(22G(i))은 바람직하게는 도 4에 도시된 바와 같이 다이크로익 필름(48, 50)에 대해 p-편광 상태로 색상 조합기(18)를 투과한다.

<41> 또한, p-편광된 광은 s-편광된 광에 비해 2개의 유전체 재료의 인터페이스(예컨대, 반사 편광 필름(46, 58, 68)과 각각의 입력 및 출력 프리즘 사이의 인터페이스)를 통해 보다 효율적으로 투과한다. 결과적으로, (명목상 반사 편광 필름(68)에 대해 s-편광된) 제1 편광 상태로 반사 편광 필름(68)을 투과한 광 빔(22G(i))은 광 빔(22G(i))이 (명목상 반사 편광 필름(68)에 대해 p-편광된) 제2 편광 상태였으면 얻을 수 있었던 것보다 작은 투과 세기를 갖는다. 그러나, 도 4에 도시된 실시예에서, 반사 편광 필름(68)에 대한 광 빔(22R)에서의 광의 최



대 입사각은 작다(예컨대, 입사광 원추의 중앙 광선의 경우 약  $25^\circ$ ). 명세서 전체에 걸쳐, 본 발명자가 입사각 측정치를 인용할 때 이 측정치는 해당 면에 부딪히는 입사광 원추의 중앙 광선에 대한 것임에 유의해야 한다. 이 실시예에서, 25도의 입사각은 "화합물" PBS(66)에서 내부 전반사 조건을 충족하도록 선택되었다. PBS의 프리즘을 형성하는 재료와 같은 인자(factor)에 따라, 다른 입사각이 더 적절할 수 있다. 이들 작은 입사각으로의 s-편광된 광의 투과율은 p-편광된 광의 투과율보다 단지 약간 적다. 사실상, 도 5A에 도시된 바와 같이, 녹색-파장의 s-편광된 광은 MZIP-타입 반사 편광 필름(이전에 설명됨)을 약  $25^\circ$ 의 필름과의 입사각으로 90%보다 높은 투과율로 투과한다.

<42> 일반적으로, 이 배열은, 특히 굴절률-정합된 입력 및 출력 프리즘이 반사 편광 필름(68) 상에 사용되는 경우, 녹색-파장 광에 대해 높은 투과 효율을 여전히 제공한다. 더욱이, 광학 코어(15)의 배열은 또한 광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))을 광 빔(22R(i), 22B(i), 22G(i))에 의해 한정된 평면 위로 동일한 일반 방향으로 반사시켜, 광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))이 하나의 열 제거 요소로 조절되도록 한다.

<43> 또한, p-편광된 광을 반사시키고 s-편광된 광을 투과시키기 위해 반사 편광 필름(68)을 회전시킴으로써 PBS(66)의 소광비가 낮아지며, 여기서 소광비는 직교 편광 상태의 투과된 광의 광 세기에 대한 원하는 편광 상태의 투과된 광의 광 세기 사이의 비로서 정의된다. 일반적으로, 높은 소광비는 프로젝션 시스템에서 높은 콘트라스트를 위해 요구된다. 도 5B에 도시된 바와 같이, p-편광된 반사 편광 필름(예컨대, 반사 편광 필름(68))에 대한 소광비는 반사 편광 필름에 대해 입사광 빔(예컨대, 광 빔(22G))의 입사각이 증가함에 따라 감소한다. 그러므로, 반사 편광 필름(68)은 이미징 요소(16R, 16B)의 각각의 반사 편광 필름(46, 58)보다 낮은 소광비를 갖는다.

<44> 그러나, 입사광 빔(예컨대, 광 빔(22R, 22B, 22G))의 입사각은 비교적 작으므로(예컨대, 약  $25^\circ$  이하), 소광비는 열 관리 목적을 위해서는 여전히 충분히 높다. 적합한 소광비의 예는 광 빔이 일 실시예에서 약 3.0 미만의 f/#로 그리고 다른 실시예에서 약 2.5 미만의 f/#로 조절되는 상태에서 적어도 약 5:1을 포함할 수 있으며, 특히 적합한 소광비의 예는 적어도 약 30:1을 포함하고, 훨씬 더 특히 적합한 소광비의 예는 적어도 약 50:1을 포함한다. 반사 편광 필름(68)은 주로 열 관리 편광 장치의 역할을 하기 때문에, 이러한 소광비 수준은 허용 가능하다. 이어서, 광 빔(22G(i))의 높은 콘트라스트가 출구 편광기(70)를 사용하여 얻을 수 있다.

<45> 도 6A 및 도 6B는 또한 광학 코어(15)의 확대된 개략 평면도이며 도 4에 도시된 것에 대한 대안적인 실시예이다. 도 6A에 도시된 바와 같이, 이미징 요소(16G)는 출구 편광기(70)와 색상 조합기(18) 사이에 위치된  $\frac{1}{2}$ -파장판(71)을 포함할 수도 있다. 이 실시예에서, 반사 편광 필름(68)은 이미징 요소(16R, 16B)의 반사 편광 필름(46, 58)과 동일한 방향으로 배향된다(즉, 이 실시예에서, 반사 편광 필름(68)은 반사 편광 필름(46, 58)에 대해  $90^\circ$  회전되지 않음). 이로써, 반사 편광 필름(68)은 반사 편광 필름(68)에 대해 s-편광된 광을 반사시키고 반사 편광 필름(68)에 대해 p-편광된 광을 투과시킨다.

<46> 광 빔(22R, 22B)과 동일한 방식으로, 광 빔(22G(n))은 PBS(66)에 제1 편광 상태로 들어가고 광 빔(22G(i))은 PBS(66)에 제2 편광 상태로 들어간다. 따라서, 광 빔(22G(n))은 실질적으로 반사 편광 필름(68)으로부터 반사되고, 광 빔(22G(i))은 반사 편광 필름(68)을 투과한다. 이어서, 광 빔(22G(i))은 제2 편광 상태로 PBS(66)로부터 출구 편광기를 투과한다. 그러나,  $\frac{1}{2}$ -파장판(71)은 광 빔(22G)의 편광 상태(i)를 변조하여, 광 빔(22G(i))이 도 6A에 도시된 바와 같이 실질적으로 제1 편광 상태로  $\frac{1}{2}$ -파장판(71)을 빠져 나오도록 한다. 이에 따라, 광 빔(22G(i))은 도 4에서 전술한 바와 같이 색상 조합기(18)의 다이크로익 미러(48, 50)에 대해 p-편광될 수 있다.

<47> 도 6B에 도시된 바와 같이,  $\frac{1}{2}$ -파장판(71)은 대안적으로 PBS(66)와 출구 편광기(70) 사이에 위치될 수 있다. 이 실시예에서, 광 빔(22G(i))은 출구 편광기(70)와 접촉하기 전에 제2 편광 상태에서부터 실질적으로 제1 편광 상태로 변조될 수 있다. 따라서, 출구 편광기(70)는 광을 제1 편광 상태로 투과시키도록 설계된다.

<48> 도 6A 및 도 6B에 도시된 실시예는 유익한데, 이는 광 빔(22G(i))이 (도 4에서 전술한 바와 같이 s-편광된 광이 아니라) 반사 편광 필름(68)에 대한 p-편광된 광으로서 반사 편광 필름(68)을 투과하고, 또한 다이크로익 미러(48, 50)에 대한 p-편광된 광으로서 색상 조합기(18)를 투과하기 때문이다. 결과적으로, 도 6A 및 도 6B에 도시된 실시예는 광 빔(22G(i))의 높은 투과율을 제공한다.

<49> 본 발명의 대안적인 실시예는 "SSS" 타입 X-큐브를 사용할 수 있다. 이 실시예에서, 색상 조합기는 적색 파장 광 및 청색 파장 광을 각각 반사시키고 녹색 파장 광을 투과시키는 한 쌍의 교차 다이크로익 필름을 포함한다. 색상 조합기는 p-편광된 광보다 더 강하게 적색 및 청색 채널의 s-편광된 광을 반사시킨다. 또한, 색상 조합기

는 녹색 채널의 s-편광된 광의 투과를 최대화하도록 구성된다. 전형적으로, "SSS" 타입 X-큐브는 본 발명의 "SPS" 타입 X-큐브보다 덜 효율적이고 비용이 더 든다.

<50> 도 7은 색상 조합기(18)와 함께 사용되는 PBS(38, 56, 66)의 평면 사시도이다(광학 코어(15)의 나머지 부분은 설명을 용이하게 하기 위해 생략됨). 도시된 바와 같이, 광 빔(22R, 22B, 22G)은 각각 이미지 부분 및 비-이미지 부분을 갖고서 PBS(38, 56, 66)에 입사한다. PBS(38, 56)가 광을 제1 편광 상태로 반사시키고 PBS(66)가 광을 제2 편광 상태로 반사시키기 때문에, 광 빔(22G(n), 22B(n), 22R(n))은 광 빔(22R(i), 22B(i), 22G(i))에 의해 한정된 평면 위로 동일한 방향으로 각각의 PBS의 밖으로 반사된다.

<51> 용어 "광 빔의 이미지 부분에 의해 한정된 평면 위로 동일한 방향으로" 등은 본 명세서에서 (도 7에서 입사광 빔(22R, 22B, 22G)과 동일한 평면에서 연장하는) 광 빔(22R(i), 22B(i), 22G(i))의 벡터에 의해 대체로 한정되는 평면 위로 향하게 되는 요소를 갖는 광학 경로를 말한다. 예컨대, 도 7에 도시된 바와 같이, 광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))은 각각 광 빔(22R(i), 22B(i), 22G(i)) 위로 PBS(38, 56, 66)를 빠져 나온다. 대안적으로, 광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))은 광 빔(22R(i), 22B(i), 22G(i)) 아래로 PBS(38, 56, 66)를 빠져 나올 수 있다. 이들 예는 PBS(38, 56, 66) 중 하나 이상이 광 축을 중심으로 90° 만큼 회전되는 배향과 대조적이어서, 적어도 하나 비-이미지 광 빔이 PBS의 평면에서 빠져 나올 수 있다. 이러한 비교 상황에서, 반사된 비-이미지 광 빔은 주어진 PBS를 측방향으로 빠져 나와서, 다른 광학 경로와 간섭할 수 있고 주어진 비-이미지 광 빔이 나머지 비-이미지 광 빔과 함께 평면의 위로 향하는 것이 방지된다.

<52> 광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))의 실제 벡터 방향은 주어진 광 빔이 각각의 PBS로부터 반사되는 각도에 따라 달라질 수 있다(후술됨). 그럼에도 불구하고, 하나의 열 제거 요소(예컨대, 도 7에 점선으로 도시된 흡광 장치(72))는 입사광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))을 흡수하도록 위치될 수 있다. 전술한 바와 같이, 이는 광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))에 의해 발생된 열을 열에 민감한 위치(예컨대, 이미징 요소(16R, 16B, 16G)의 중합체 편광기 필름)로부터 열 발생이 단일 열 제거 요소로 관리될 수 있는 오프셋 위치로 전달한다.

<53> 흡광 장치(72)는 흡수형 편광기가 견딜 수 있는 온도보다 훨씬 더 높은 온도를 견딜 수 있는 임의 유형의 히트 싱크 및/또는 광 흡수기일 수 있다. 전형적인 흡수형 편광기의 수명은 허용 한계보다 낮은 온도를 유지하는 것에 크게 의존하고, 반면에 프로젝션 시스템(10)의 광학 경로의 바깥에 위치한 광 흡수기(예컨대, 흡광 장치(72))는 훨씬 더 높은 온도를 견딜 수 있는 재료로 구성될 수 있고, 이들 재료는 이미지 빔 내의 요소들이 하는 것과 유사한 높은 광학 품질을 필요로 하지 않는다. 이는 프로젝션 시스템(10)의 효율적인 열 전달 특성으로 이어져서, 이에 대응되게 더 작은 공기 유동, 따라서 원하는 에너지 전달율을 얻기 위해 더 작은 또는 더 적은 팬을 필요로 한다. 각각의 광 빔(22R(n), 22B(n), 22G(n))을 흡수하기 위해 흡광 장치(72)를 배치시키면, 흡수형 편광기 위에서 필요로 하는 공기 유동에 비해 적은 공기 유동을 사용할 수 있게 된다. 적은 공기 유동은 적은 개수의 팬, 작은 팬 크기, 적은 팬 소음, 감소된 전원 요건, 작은 전체 프로젝션 시스템 크기 및 무게, 덜 빈번한 공기 필터 교환, 및 그 조합과 같은 많은 이점을 제공한다.

<54> 도 8은 광 빔(22X)의 이미지 부분 및 비-이미지 부분을 분리하기 위해 PBS(38, 56, 66)의 각각에 대해 적합한 PBS의 일 예인 PBS(100)의 개략 측면도이며, 여기서 광 빔(22X)은 광 빔(22R, 22B, 22G) 중 임의의 것을 나타낸다. 광 빔(22X)의 이미지 부분은 "광 빔(22X(i))"이라고 하고, 광 빔(22X)의 비-이미지 부분은 "광 빔(22X(n))"이라고 한다.

<55> 도시된 바와 같이, PBS(100)는 입력 프리즘(102), 출력 프리즘(104) 및 반사 편광 필름(105)을 포함한다. 입력 프리즘(102) 및 출력 프리즘(104)은 반사 편광 필름(105)의 대향면에 서로 인접 배치된 저복굴절 프리즘이다. 입력 프리즘(102) 및 출력 프리즘(104)에 적합한 재료는 입력 프리즘(42) 및 출력 프리즘(44)에 대해 전술한 것과 동일하다. 입력 프리즘(102)은 입구면(106), 상부면(108) 및 입사면(110)을 포함하며, 여기서 입사면(110)은 입구면(106)에 대해 배향각( $\alpha$ )으로 배향된다. 반사 편광 필름(105)이 입사면(110)에 대해 배치되기 때문에, 반사 편광 필름(105)은 또한 입구면(106)에 대해 각( $\alpha$ )으로 배향된다.

<56> 광 빔(22X)은 직교 축(112)에 대해 입사각( $\beta$ )으로 입구면(106)을 통과하여 이동하고 입력 프리즘(102) 및 인접 매체(전형적으로, 공기)의 굴절률에 따라 굴절된다. 이어서, 반사 편광 필름(105)은 광 빔(22X(i))을 출력 프리즘(104)을 투과시키고 광 빔(22X(n))을 입력 프리즘(102)으로 다시 반사시킴으로써 광 빔(22X)을 분리한다. 광 빔(22X(n))은 직교 축(114)에 대한 입사각( $\theta$ )으로 입구면(106) 쪽으로 다시 반사된다. 입사각( $\theta$ )은 입력 프리즘(102)의 입사각( $\beta$ ), 배향각( $\alpha$ ) 및 굴절률에 의해 결정된다. 입사각( $\theta$ )이  $\sin^{-1}(1/n)$  이하이면(여기서, "n"은 입력 프리즘(102)의 재료의 굴절률임), 광 빔(22X(n))은 입구면(106)에 의해 내부 전반사된다. 따라서,

배향각( $\alpha$ )이 하기의 식 1,

$$\alpha \geq \frac{\left\{ \sin^{-1}\left(\frac{1}{n \times \sin \beta}\right) + \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) \right\}}{2} \quad (\text{식 1})$$

<57>

<58>

을 만족하면, 광 빔(22X(n))은 입구면(106)에 의해 전반사된다. 입력 프리즘(102)에 대한 적합한 굴절률의 예는 약 1.4 내지 약 1.6의 범위이다. 그러므로, 배향각( $\alpha$ )이 식 1을 만족하도록 반사 편광 필름(105)을 배향시키면, 광 빔(22X(n))이 입구면(106)을 통해 투과되는 것이 효과적으로 방지된다. 이에 따라, 반사된 광 빔(22G(n)), 22B(n), 22R(n))의 사실상 모두는 광 빔(22G(i)), 22B(i), 및 22R(i))에 의해 한정되는 평면의 위로 또는 아래로 동일한 일반 방향으로 향할 것이다.

<59>

부가적으로, 도 4 에서 전술한 바와 같이, 90° 만큼 회전되는 반사 편광 필름이 p-편광된 광을 반사시키기 위해서, 입사광 빔(22X)은 바람직하게는 직교 축(116)에 대해 작은 입사각 " $\gamma$ " (예컨대, 약 25° 이하)을 보이며, 여기서 입사각( $\gamma$ )은 또한 입력 프리즘(102)의 입사각( $\beta$ ), 배향각( $\alpha$ ) 및 굴절률에 기초한다. 따라서, (반사 편광 필름(68)의 경우처럼) 반사 편광 필름(105)이 90° 만큼 회전되는 상황에서, 반사 편광 필름(105)의 배향각( $\alpha$ )은 (1) 광 빔(22X(n))이 내부 전반사를 겪고, (2) 입사각( $\gamma$ )이 s-편광된 광의 투과가 p-편광된 광의 투과보다 단지 약간 적도록 충분히 작으며, (3) p-편광된 광을 반사시키는 반사 편광 필름에 대한 소광비가 여전히 충분(적어도 약 70:1)하도록, 선택될 수 있다. 이에 따라, 광 빔(22X(i))은 양호한 투과 세기로 PBS(100)를 투과할 수 있고, 또한 광 빔(22(n))은 광 빔의 이미지 부분에 의해 한정되는 평면 위로 일 방향으로 내부 전반사될 수 있다.

<60>

도 2 내지 도 4를 다시 참조하면, 편광 필름(46, 58, 68) 중 하나 이상에 대한 적합한 편광 필름의 예는 다층 중합체 필름, z-굴절률 정합 편광기(MZIP) 필름을 포함하고, 여기서 복굴절 재료의 z-굴절률은 복굴절 재료의 y-굴절률과 실질적으로 동일하다. 정합된 z-굴절률을 갖는 적합한 편광 필름의 예들은 존자(Jonza) 등의 미국 특허 제5,882,774호 및 제5,962,114호; 브루존(Bruzzzone) 등의 미국 특허 제6,486,997호; 웨버(Weber) 등의 미국 특허 제6,609,795호; 잭슨(Jackson) 등의 미국 특허 제6,916,440호 및 제6,936,209호; 머릴(Merill) 등의 미국 특허 제6,939,499호 및 제6,949,212호에; 그리고 2001년 5월 31일에 출원되고 본 출원과 함께 양도된 미국 특허 출원 제60/294,940호에 기술되어 있다.

<61>

일 실시예에서, 편광 필름은 교번하는 서로 다른 재료 층들을 포함할 수 있으며, 이들 중 적어도 하나는 복굴절이고 배향된다. 유리 프리즘에 잘 기능하는 필름들은 특히 필름 면에 수직인 방향으로 각 층에 대한 이방성 굴절률의 적절한 값을 제공하기 위해 추가적인 특징을 포함할 수도 있다. 구체적으로, 교번하는 층들의 필름의 두께 방향의 굴절률은 이상적으로 정합된다. 이는 정합되는 편광기의 y-방향 (통과 방향)의 굴절률 외에 추가된 것이다. 편광 필름이 모든 입사각에 대해 그 통과 축을 따라 높은 투과율을 갖기 위해서는, 교번하는 층들의 y 및 z (필름에 수직) 굴절률 둘 모두가 정합될 수 있다. y 및 z 굴절률 둘 모두를 정합시키기 위해, y 굴절률만이 정합될 때 사용된 것과는 다른, 필름 층 용도로 설정된 재료를 사용할 수 있다.

<62>

모든 층의 y 및 z 굴절률 둘 모두를 정합시키는 한가지 기술은 필름이 x 방향으로 신장되는 동안 y 및 z 방향 둘 모두로 이완(즉, 수축)될 수 있는 진정한 단축 신장을 부과하는 것이다. 이러한 방식으로, y 및 z 굴절률은 주어진 층에서 동일하다. 이어서, 제1 재료의 y 굴절률과 정합되는 제2 재료가 선택되면, z 굴절률이 또한 정합되어야 하는데, 이는 제2 재료 층이 또한 동일한 신장 조건에 놓이기 때문이다.

<63>

일반적으로, 2개의 재료의 y 굴절률 사이의 굴절률 부정합은 차단 상태에서 높은 반사율을 유지하면서 통과 상태에서 높은 투과율을 위해 작아야 한다. y 굴절률 부정합의 허용 크기는 x 굴절률 부정합에 대해 설명될 수 있는데, 이는 후자 값이 원하는 편광 정도를 달성하기 위해 편광기 박막 스택에 사용되는 층들의 개수를 제시하기 때문이다. 박막 스택의 총 반사율은 굴절률 부정합  $\Delta n$  및 스택 내의 층의 개수 N과 관련된다(즉, 곱  $(\Delta n)^2 \times N$ 은 스택의 반사율과 관련됨). 예컨대, 반사율이 동일하나 층의 개수가 절반인 필름을 제공하기 위해서는  $\sqrt{2}$  배의 층간 굴절률 차이 등이 필요하다. 비  $\Delta n_y / \Delta n_x$ 의 절대값은 바람직하게는 제어되는 관련 파라미터이며, 여기서 본 명세서에서 설명되는 바와 같이 광학 반복 단위 내의 제1 및 제2 재료에 대해  $\Delta n_y = n_{y1} - n_{y2}$  및  $\Delta n_x = n_{x1} - n_{x2}$ 이다.  $\Delta n_y / \Delta n_x$ 의 비의 절대값이 0.1 이하인 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 0.05 이하이고, 훨씬 더 바람직하게는 0.02 이하이며, 일부 경우에 이 비는 0.01 이하일 수 있다. 바람직하게는, 비  $\Delta n_y / \Delta n_x$ 는 관심 있는 전체 파장 범위에 걸쳐서(예컨대, 가시 스펙트럼에 걸쳐서) 원하는 한계 미만으로 유지

된다. 전형적으로,  $\Delta n_x$ 은 적어도 0.1의 값을 가지며, 0.14 이상일 수 있다.

- <64> 많은 실제 응용예에서, 이들 층 사이의 작은  $z$  굴절률 부정합은 입사광이 필름 층에 대해 형성하는 각도에 따라 허용 가능할 수 있다. 그러나, 필름이 유리 프리즘들 사이에 적층될 때(즉, 고 굴절률 매체 내에 침지될 때), 광선은 필름 면에 대한 법선을 향해 휘지 않는다. 이 경우에, 광선은 공기로부터의 입사에 비해 훨씬 더 큰 정도로  $z$  굴절률 부정합을 감지할 것이고,  $y$ -편광된 광의 광선은  $z$ -부정합된 필름 내에서 부분적으로 또는 훨씬 강하게 반사될 것이다. 보다 근접한  $z$  굴절률 정합은 필름 내부에서 필름 법선에 대해 더 큰 각도를 갖는 광선의 경우에 바람직할 수도 있다. 그러나, 필름이 더 작은 굴절률 (예컨대,  $n = 1.60$ )을 갖는 유리 프리즘들 사이에 적층될 때, 광선은 필름 평면에 대한 법선을 향해 더 휘게 된다. 그러므로, 광선은  $z$  굴절률 부정합을 더 적은 정도까지 감지할 것이다. 동일한  $z$  굴절률 부정합의 경우,  $p$ -편광된 광의 반사는 일반적으로 고굴절률 프리즘을 사용할 때보다 저굴절률 프리즘을 사용할 때 더 적을 것이다. 그러므로,  $p$ -편광된 광의 투과는 동일한 필름을 가진 고굴절률 프리즘을 사용할 때보다 저굴절률 프리즘을 사용할 때 더 높을 것이다.
- <65>  $y$  굴절률 부정합처럼  $z$  굴절률 부정합의 허용 크기는  $x$  굴절률 부정합에 대해 설명될 수 있다. 비  $\Delta n_z / \Delta n_x$ 의 절대값은 바람직하게는 제어되는 관련 파라미터이며, 여기서 본 명세서에서 설명되는 바와 같이 광학 반복 단위 내의 제1 및 제2 재료에 대해  $\Delta n_z = n_{z1} - n_{z2}$  및  $\Delta n_x = n_{x1} - n_{x2}$ 이다. 공기에서의 사용으로 의도된 PBS 필름의 경우, 비  $\Delta n_z / \Delta n_x$ 의 절대값은 바람직하게는 0.2 미만이다. 유리와 같은 더 높은 굴절률 매체에 침지된 필름의 경우, 비  $\Delta n_z / \Delta n_x$ 의 절대값은 바람직하게는 0.1 미만, 보다 바람직하게는 0.05 미만이며, 632.8 나노미터의 파장을 갖는 입사광에 대해서는 0.03 이하일 수 있다. 바람직하게는, 비  $\Delta n_z / \Delta n_x$ 는 관심 있는 전체 파장 범위에 걸쳐서(예컨대, 가시 스펙트럼에 걸쳐서) 원하는 한계 미만으로 유지된다. 전형적으로,  $\Delta n_x$ 은 적어도 0.1의 값을 가지며, 632.8 나노미터에서 0.14 이상일 수 있다.
- <66> 다층 중합체 MZIP 필름은 프로젝션 시스템(10)과 함께 사용하기에 특히 유익한데, 이는 도 4에서 반사 편광 필름(68)에 대해 전술한 바와 같이 그 필름이  $s$ -편광된 광을 투과시키고  $p$ -편광된 광을 반사시키기 위해  $90^\circ$  회전으로 배향될 수 있기 때문이다. 이에 따라, 녹색-파장 광 빔(예컨대, 광 빔(22G(i)))의 양호한 투과가 가능하게 되고, 또한 비-이미지 광 빔(예컨대, 광 빔(22G(n)))이 광 빔의 이미지 부분(예컨대, 광 빔(22R(i), 22B(i), 22G(i)))에 의해 한정되는 평면 위 또는 아래로 동일한 방향으로 반사될 수 있다. 이에 따라, 비-이미지 광 빔은 프로젝션 시스템(10)의 광학 경로로부터 오프셋된 위치에서 열 제거 요소에 의해 조절될 수 있다.
- <67> 도 9는 각각의 요소들의 참조 부호들이 "200"씩 증가되는, 도 1 내지 도 4에서 전술한 광학 코어(15)에 대한 대안적인 광학 코어인 광학 코어(215)의 개략 분해도이다. 각각의 입구 편광기 및 출구 편광기는 설명을 용이하게 하기 위해 도 9에서 생략되었다. 광학 코어(215)의 요소는, PBS(238, 256, 266)가 각각의 광 빔의 비-이미지 부분(즉, 광 빔(222R(n), 222B(n), 및 222G(n)))을 투과시키고 각각의 광 빔의 이미지 부분(즉, 광 빔(222R(i), 222B(i), 222G(i)))을 반사시킨다는 점을 제외하고는, 광학 코어(15)에 대해 위에서 설명한 것과 동일한 방식으로 기능한다.
- <68> 도시된 바와 같이, 이미징 요소(216R)의 PBS(238) 및 이미징 요소(216B)의 PBS(256)는 각각 색상 조합기(218)와 함께  $y$ -축을 따라 연장하고, 여기서  $y$ -축은 도 9의 수직 방향으로 도시되어 있다. 이미징 요소(236, 254)는 각각 PBS(238, 256)와 함께  $x$ -축을 따라 연장하고, 여기서  $x$ -축은 도 9의 수평 방향으로 도시되어 있다. 이미징 요소(216G)의 PBS(266)는 색상 조합기(218)와 함께  $z$ -축으로 연장되고, 여기서  $z$ -축은  $x$ -축 및  $y$ -축과 직교한다. 이미징 요소(264)는 PBS(266)와 함께  $x$ -축을 따라 대응되게 연장한다. 추가로 도시된 바와 같이, 광 빔(222R(i), 222B(i), 222G(i))은  $y$ -축 및  $z$ -축을 따라 취해진 평면을 한정하는 벡터 성분들을 가진다.
- <69> 이 실시예에서, (PBS(238, 256)로부터의 반사 후의) 광 빔(222R(i), 222B(i))은 제1 편광 상태이고, 222G(i)는 PBS(266)로부터 반사 후에 제2 편광 상태이다. 도 9에 도시된 실시예에 대해 용어 "제1 편광 상태" 및 "제2 편광 상태"의 사용은 절대 상태가 아닌 상태 편광 상태를 가리키며, 도 1 내지 도 7에서 전술한 실시예에 사용된 "제1 편광 상태" 및 "제2 편광 상태"와 반드시 동일한 것은 아님에 유의해야 한다. 사실상, 도 9에 도시된 배열은 광학 시스템(15)에 대해 전술한 것과는 반대 배열이며, 광 빔(222R(i), 222B(i), 222G(i))을 각각 반사 편광 필름(246, 258, 268)으로부터 반사시킨다.
- <70> 색상 조합기(218)에 대한 이미징 요소(216R, 216B, 216G)의 배향으로 인해, (이미징 요소(216R, 216B)의) 반사 편광 필름(246, 258)은 이미징 요소(216G)의 반사 편광 필름(268)에 대해  $90^\circ$  회전으로 배향될 수 있다. 결과적으로, 반사 편광 필름(246, 258)은 각각 반사 편광 필름에 대해  $p$ -편광된 광을 반사시키고 반사 편광 필름에



대해 s-편광된 광을 투과시킨다. 결과적으로, 광 빔(222R(i), 222B(i))은 도 2 및 도 3에서 전술한 바와 같이 다이크로익 미러(248, 250)에 대해 s-편광된다. 대조적으로, 광 빔(222G(i))은 다이크로익 미러(248, 250)에 대해 p-편광되며, 이는 도 4에서 전술한 바와 같이 녹색-파장 광의 높은 투과를 제공한다.

- <71> 도 9에 추가로 도시된 바와 같이, 반사 편광 필름(246, 258, 268)은 PBS(238, 256, 266) 내에서 45° 각도로 배향되며, 이는 빔(222R(i), 222B(i), 및 222G(i))을 내부 전반사 없이 반사 편광 필름(246, 258, 268)으로부터 반사시킨다. 부가적으로, 광학 코어(215)를 포함하는 프로젝션 시스템은 일반적으로 도 9에 도시된 3차원 배향을 얻기 위해 광 빔(222G)에 대해 추가적인 접이식 반사기를 필요로 한다.
- <72> 광 빔(222R(n), 222B(n), 222G(n))은 각각 광 빔(222R(i), 222B(i), 222G(i))에 의해 한정된 평면(즉, y-z 평면) 위로 (또는 아래로) 동일한 방향으로 PBS(238, 256, 266)를 투과한다. 이는 비-이미지 광 빔이 도 9에 도시된 광학 경로를 벗어나게 하고, 이는 비-이미지 광 빔이 광학 경로와 간섭하는 것을 방지한다. 부가적으로, 광 빔(222R(n), 222B(n), 222G(n))은 전술한 바와 같이 광 에너지를 흡수하는 하나의 열 제거 요소(도시되지 않음) 쪽으로 향할 수 있다. 이는 광 빔(222R(n), 222B(n), 222G(n))에 의해 야기되는 열 발생을 열에 민감한 위치(예컨대, 이미징 요소(216R, 216B, 216G))로부터 열 발생이 단일 열 제거 요소로 관리될 수 있는 오프셋 위치로 전달한다.
- <73> 본 발명은 바람직한 실시예들을 참조하여 설명되었지만, 당업자는 본 발명의 사상 및 범주로부터 벗어남이 없이 형태 및 상세 사항에 있어서 변경이 이루어질 수 있음을 인식할 것이다.

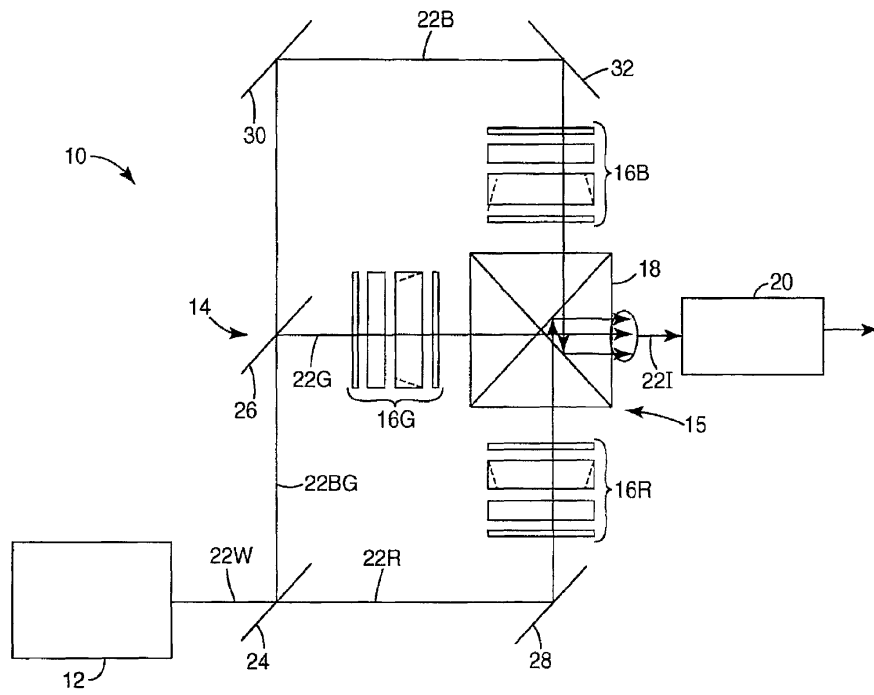
### 도면의 간단한 설명

- <6> 도 1은 본 발명의 프로젝션 시스템의 개략 평면도.
- <7> 도 2는 색상 조합기와 함께 사용되는 적색 파장 이미징 요소에 포커싱되는 프로젝션 시스템의 이미징 요소의 확대된 개략 측면도.
- <8> 도 3은 색상 조합기와 함께 사용되는 청색 파장 이미징 요소에 포커싱되는 프로젝션 시스템의 이미징 요소의 확대된 개략 측면도.
- <9> 도 4는 색상 조합기와 함께 사용되는 녹색 파장 이미징 요소에 포커싱되는 프로젝션 시스템의 이미징 요소의 확대된 개략 측면도.
- <10> 도 5A는 p-편광 상태 및 s-편광 상태의 광의 경우 광의 파장에 대한 색상 조합기를 통과한 광의 투과율을 도시한 그래프.
- <11> 도 5B는 반사 편광 필름에 대한 입사광 빔의 입사각에 대한 MZIP 반사 편광 필름의 소광비를 도시한 그래프.
- <12> 도 6A 및 도 6B는 각각이 색상 조합기와 함께 사용되는 대안적인 녹색-파장 이미징 요소에 포커싱되는 프로젝션 시스템의 이미징 요소들의 확대된 개략 측면도.
- <13> 도 7은 색상 조합기와 함께 사용되는 이미징 요소의 편광 빔 스플리터의 상부 사시도.
- <14> 도 8은 입사광 빔의 이미지 부분 및 비-이미지 부분을 분리하는 예시적인 편광 빔 스플리터의 개략 측면도.
- <15> 도 9는 본 발명의 프로젝션 시스템에서 사용되는 대안적인 광학 코어의 개략 분해도.
- <16> 상기 도면은 본 발명의 일부 실시예를 설명하지만, 논의에서 알 수 있는 바와 같이 다른 실시예가 또한 고려될 수 있다. 모든 경우에서, 본 개시 내용은 본 발명을 제한이 아닌 설명을 위해 나타난 것이다. 본 발명의 원리의 범주 및 사상에 속하는 많은 다른 변형 및 실시예들이 당업자에 의해 창안될 수 있음을 이해하여야 한다. 도면은 일정한 비율로 그려지지 않을 수 있다. 도면 전체에 걸쳐서 유사 부분을 지시하기 위하여 유사 도면 부호가 사용되었다.

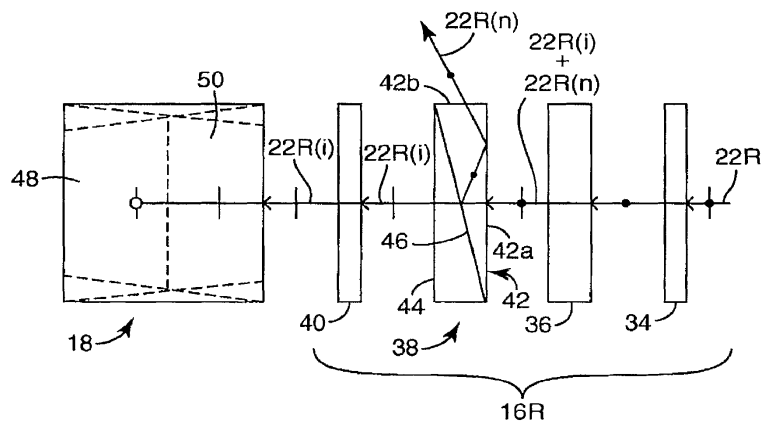


도면

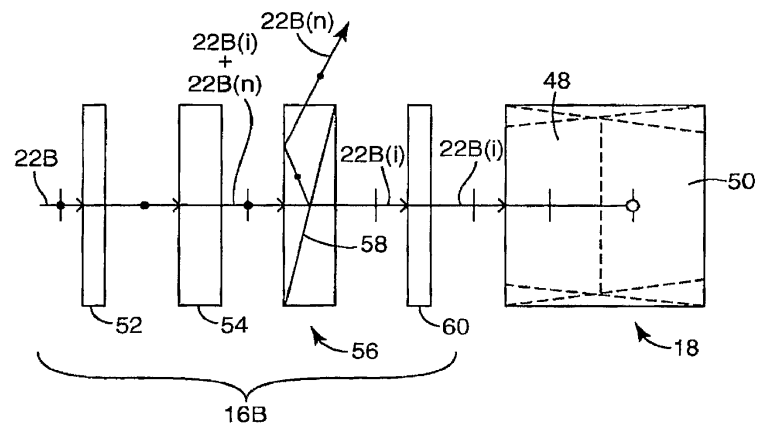
도면1



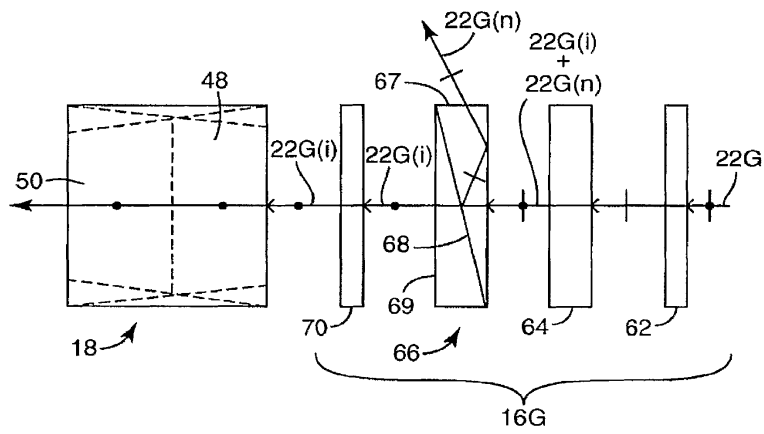
도면2



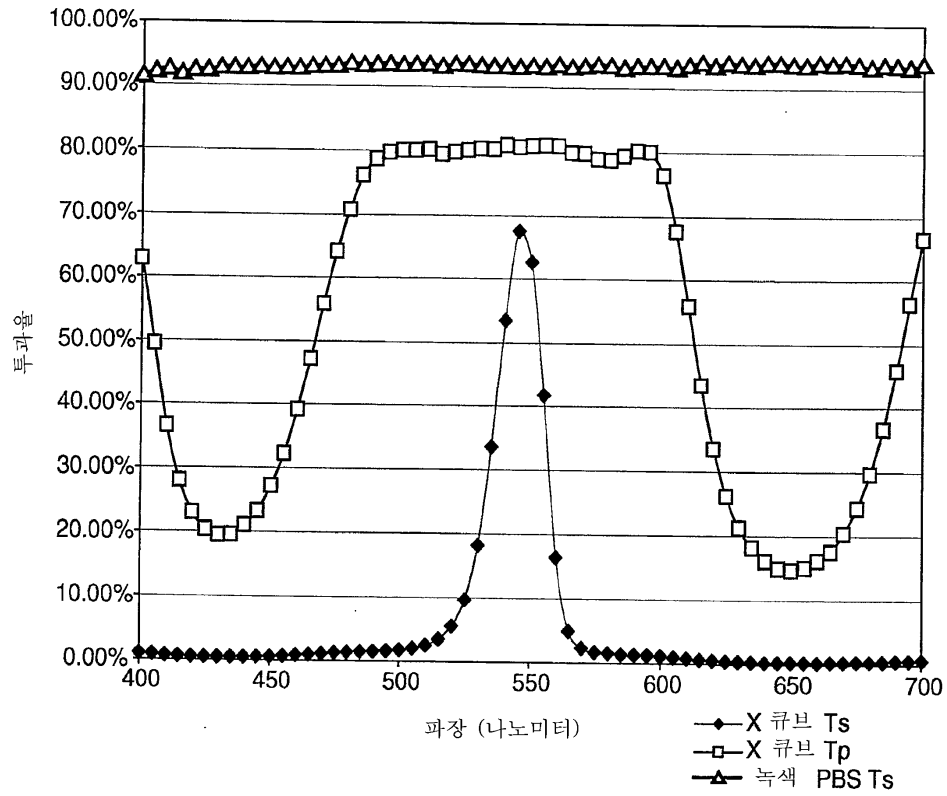
도면3



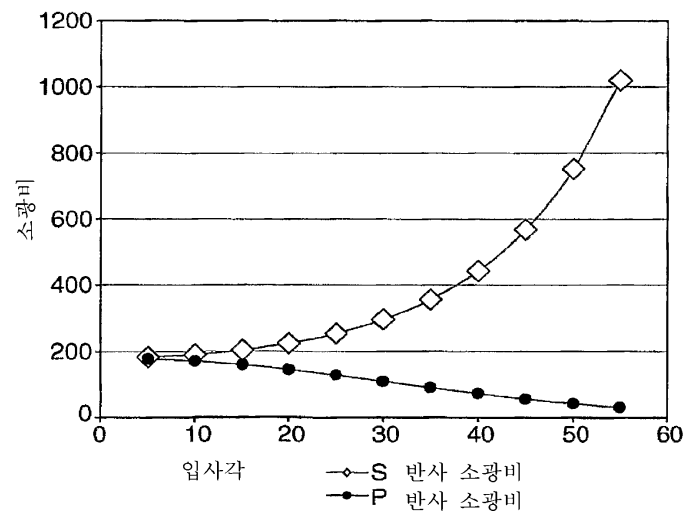
도면4



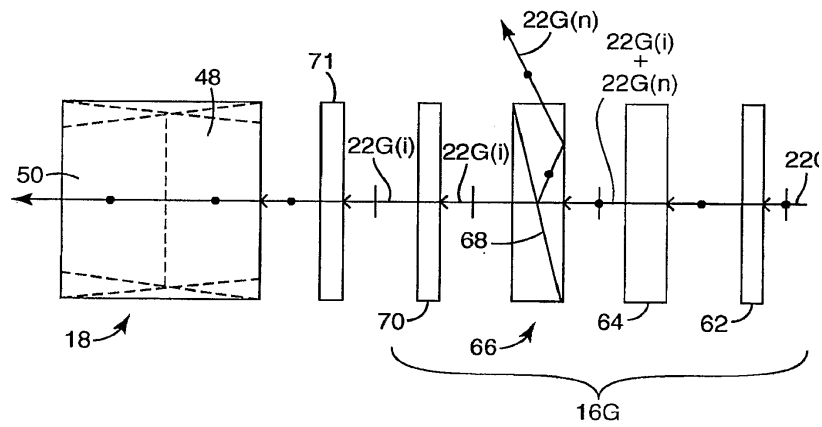
도면5A



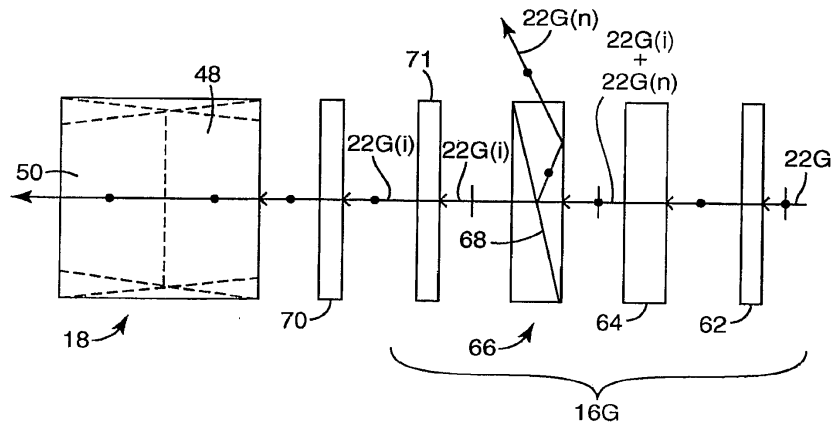
도면5B



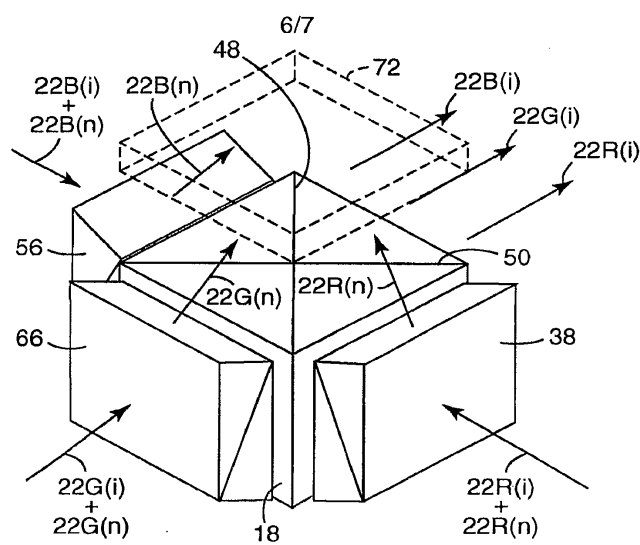
도면6A



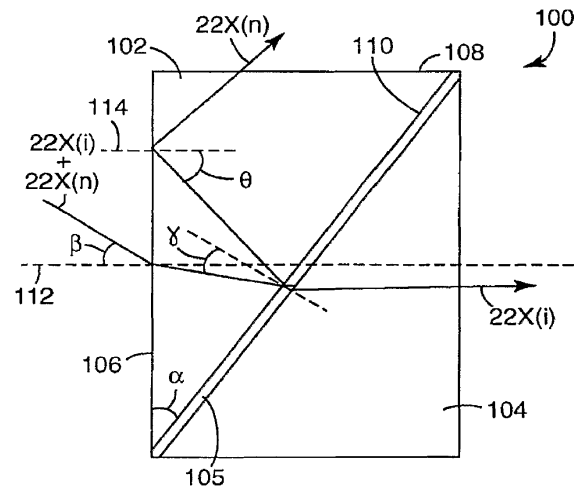
도면6B



도면7



도면8





도면9

