



(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.박스 33427 쓰리엠 센터

(72) 별명자

마 지아잉

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

길리건 그레고리 이.

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

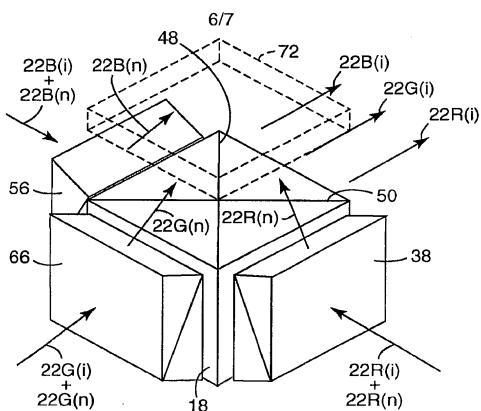
(74) 대리인

김영, 양영준, 안국찬

전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 반사 편광기를 사용하는 프로젝션 시스템**(57) 요 약**

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 범을 제1 부분 및 제2 부분으로 적어도 부분적으로 분리하도록 구성된 반사 편광기를 포함하고, 여기서 제1 부분 및 제2 부분은 실질적으로 직교 편광 상태를 갖는다. 광 범의 제1 부분은 광 범의 제2 부분에 의해 한정되는 평면의 위 또는 아래로 동일한 방향으로 향한다. 색상 조합기는 광 범의 제2 부분들을 조합하도록 구성되며, 여기서 광 범의 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 항합 - 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° 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° 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 이미저, 및 투과형 이미저로부터 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 종합체 편광 필름을 포함하는 프로젝션 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서, 다층 종합체 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 소광비로 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 Δn_z 및 x-굴절률 부정합 Δn_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 쪽의 직교 편광 상태(예컨대, s-편광 및 p-편광)로 분리하기 위해 편광기에 의존한다. 분리는 일반적으로 원하는 편광 상태를 갖는 광을 투과시키고 원하지 않은 편광 상태를 갖는 대부분의 광을 흡수하는 것을 포함한다. 그러나, 이러한 편광기는 열로 변환되는 상당한 양의 광 에너지를 흡수한다. 오랜 사용 기간 동안에, 발생된 열은 고조(build up)되어 편광기를 손상시키고 이런으로써 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.

실시 예

- <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 이미저 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 위의 (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ダイ크로의 다층(전형적으로, 무기) 필름 및 청색 파장 광을 반사시키는 제2ダイ크로의 다층 필름에 의해 분리되는 4개의 각각 프리즘을 포함하는 X-큐브 색상 조합기를 포함한다. 대안적으로, 색상 조합기(18)는(프리즘 없이) 한 쌍의ダイ크로의 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ダイ크로의 다층 필름으로부터 반사되고, 광 빔(22B)의 이미지 부분은 청색 광을 반사시키는ダイ크로의 다층 필름으로부터 반사되며, 광 빔(22G)의 이미지 부분은 실질적으로 한 쌍의ダイ크로의 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 뻗어 나오는 제1 직교 전계 세그먼트를 나타내는) 도트 "·"로 표시될 것이고, 제2 편광 상태인 광 빔(광의 전계 벡터가 종이 면 내에서 편광됨)은 제2 직교 세그먼트 "|"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 접촉 한다. 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 복굴절률을 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°C 내지 약 45°C이다. 비교해보면, 현재 흡수형 편광기는 편광기 및 이미저 상에서의 광 세기의 한계를 설정하는 허용 온도(전형적으로, 약 70 °C)를 달성하기 위해 적절히 설계된 강제 공기 냉각을 필요로 한다. 편광기를 통과한 광의 세기 및 편광기를 열화시킬 수 있는 가능성은 사용될 수 있는 이미저 및 편광기의 크기를 결정할 수 있다. 이미저는 전형적인 프로젝션 시스템의 주된 비용 요소이고, 이미저의 크기 감소(이에 따라 편광기를 통한 광 세기가 증가함)는 이미저의 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 이미저(예컨대, 이미저(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 이미저(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 범(22B)의 비-이미지 부분("광 범(22B(n))"이라고 함)은 PBS(56)의 상부 밖으로 반사된다. 따라서, 광 범(22B(n))은 광 범(22R(i), 22B(i)) 및 광 범(22G)의 이미지 부분에 의해 한정되는 평면 위로 광 범(22R(n))과 동일한 일반 방향으로 반사된다.

<36> 제2 편광 상태(반사 편광 필름(58)에 대해 p-편광)인 광 범(22B)의 이미지 부분 ("광 범(22B(i))"이라고 함)은 출구 편광기(60) 및 색상 조합기(18)를 통해 반사 편광 필름(58)을 투과한다. 광 범(22B(i))은 제2 편광 상태로 색상 조합기(18) 쪽으로 이동한다. 광 범(22R(i))에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 색상 조합기(18)의 다이크로익 필름(50)에 대한 광 범(22B(i))의 입사각 때문에, 제2 편광 상태는 다이크로익 필름(50)에 대해 s-편광된 광으로서 배향된다. 이로써, (제2 편광 상태인) 광 범(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 범(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 범(22G)이 이미징 요소(16G)에 들어가기 전에 사전 편광되면, 광 범(22G)의 편광 상태를 회전시키기 위해 ½-파장판(½-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 범(22G)의 비-이미지 부분("광 범(22G(n))"이라고 함)은 PBS(66)의 상부 밖으로 반사된다. 광 범(22G(n))은 또한 광 범(22R(i), 22B(i), 22G(i))에 의해 한정된 평면 위로 광 범(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 범(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 범(22G)의 이미지 부분("광 범(22G(i))"이라고 함)은 출구 편광기(70) 및 색상 조합기(18)를 통해 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 범(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 범(22G(i))이 다이크로익 필름(48, 50)에 대해 s-편광된 광으로 남아 있으면, 색상 조합기(18)를 통한 광 범(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 범(22G(i))은 바람직하게는 도 4에 도시된 바와 같이 다이크로익 필름(48, 50)에 대하여 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 범(22G(i))은 광 범(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 범(22R)에서의 광의 최

대 입사각은 작다(예컨대, 입사광 원추의 중앙 광선의 경우 약 25°). 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. 이를 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° 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° 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° 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 상태로부터 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 듈다.

<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 히트싱크 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 위치된 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(α)으로 배향된다. 반사 편광 필름(105)이 입사면(110)에 대해 배치되기 때문에, 반사 편광 필름(105)은 또한 입구면(106)에 대해 각(α)으로 배향된다.

<56> 광 빔(22X)은 직교 축(112)에 대해 입사각(β)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(θ)으로 입구면(106) 쪽으로 다시 반사된다. 입사각(θ)은 입력 프리즘(102)의 입사각(β), 배향각(α) 및 굴절률에 의해 결정된다. 입사각(θ)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(α)이 하기의 식 1,

<57>

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

<58>

을 만족하면, 광 범(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(α)이 식 1을 만족하도록 반사 편광 필름(105)을 배향시키면, 광 범(22X(n))이 입구면(106)을 통해 투과되는 것이 효과적으로 방지된다. 이에 따라, 반사된 광 범(22G(n)), 22B(n), 22R(n))의 사실상 모두는 광 범(22G(i)), 22B(i), 및 22R(i))에 의해 한정되는 평면의 위로 또는 아래로 동일한 일반 방향으로 향할 것이다.

<59>

부가적으로, 도 4에서 전술한 바와 같이, 90° 만큼 회전되는 반사 편광 필름이 p-편광된 광을 반사시키기 위해서, 입사광 범(22X)은 바람직하게는 직교 축(116)에 대해 작은 입사각 "y" (예컨대, 약 25° 이하)을 보이며, 여기서 입사각(y)은 또한 입력 프리즘(102)의 입사각(β), 배향각(α) 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(α)은 (1) 광 범(22X(n))이 내부 전반사를 겪고, (2) 입사각(y)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 범(22X(i))은 양호한 투과 세기로 PBS(100)를 투과할 수 있고, 또한 광 범(22(n))은 광 범의 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(Bruzzone) 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 교변하는 서로 다른 재료 층들을 포함할 수 있으며, 이들 중 적어도 하나는 복굴절이고 배향된다. 유리 프리즘에 잘 기능하는 필름들은 특히 필름 면에 수직한 방향으로 각 층에 대한 이방성성 굴절률의 적절한 값을 제공하기 위해 추가적인 특징을 포함할 수도 있다. 구체적으로, 교변하는 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, 교변하는 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 층 반사율은 굴절률 부정합 Δn 및 스택 내의 층의 개수 N과 관련된다(즉, 곱 (Δn)²N은 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 광학 범위에 걸쳐서(예컨대, 가시 스펙트럼에 걸쳐서) 원하는 한계 미만으로 유지

된다. 전형적으로, Δn_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 광장 범위에 걸쳐서(예컨대, 가시 스펙트럼에 걸쳐서) 원하는 한계 미만으로 유지된다. 전형적으로, Δn_x 는 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° 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 방향으로서 도시되어 있다. 이미저(236, 254)는 각각 PBS(238, 256)와 함께 x-축을 따라 연장하고, 여기서 x-축은 도 9의 수평 방향으로서 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. 이미저(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 상대 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° 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.

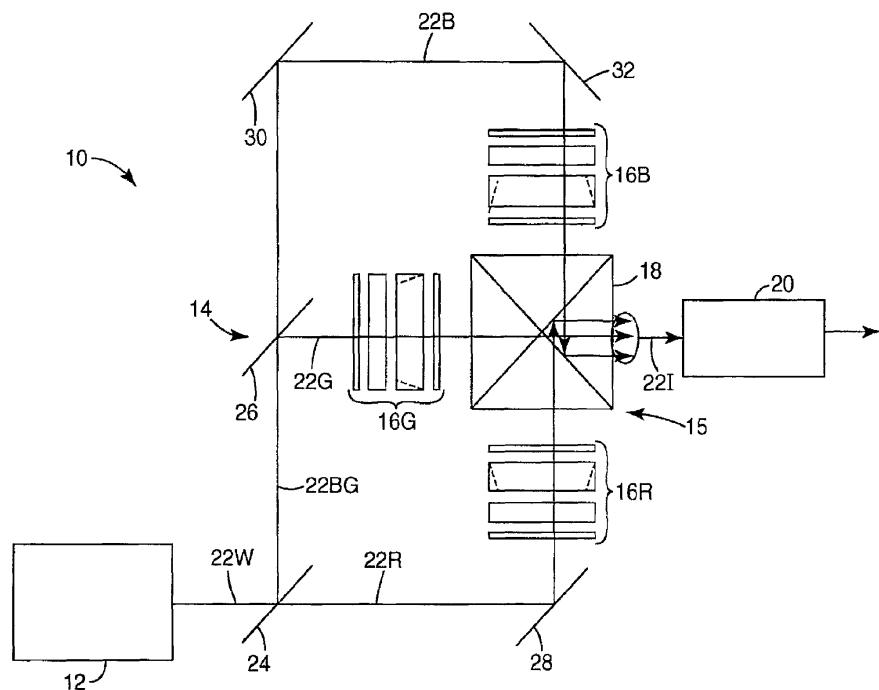
<73> 본 발명은 바람직한 실시예들을 참조하여 설명되었지만, 당업자는 본 발명의 사상 및 범주로부터 벗어남이 없이 형태 및 상세 사항에 있어서 변경이 이루어질 수 있음을 인식할 것이다.

도면의 간단한 설명

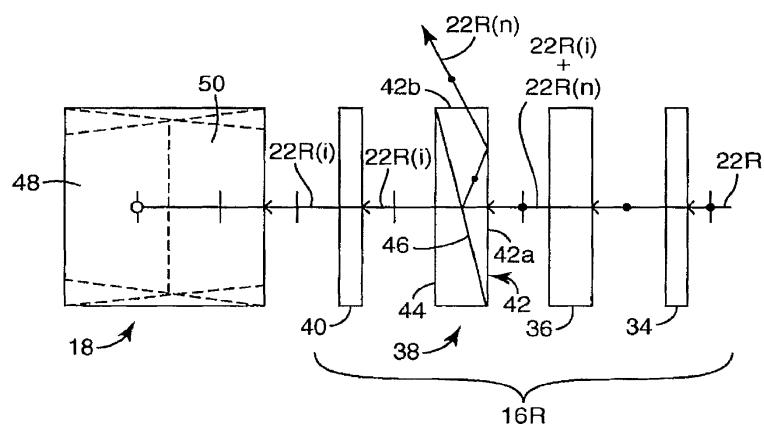
- <6> 도 1은 본 발명의 프로젝션 시스템의 개략 평면도.
- <7> 도 2는 색상 조합기와 함께 사용되는 적색 파장 이미징 요소에 포커싱되는 프로젝션 시스템의 이미징 요소의 확대된 개략 측면도.
- <8> 도 3은 색상 조합기와 함께 사용되는 청색 파장 이미징 요소에 포커싱되는 프로젝션 시스템의 이미징 요소의 확대된 개략 측면도.
- <9> 도 4는 색상 조합기와 함께 사용되는 녹색 파장 이미징 요소에 포커싱되는 프로젝션 시스템의 이미징 요소의 확대된 개략 측면도.
- <10> 도 5A는 p-편광 상태 및 s-편광 상태의 광의 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 나타낸 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

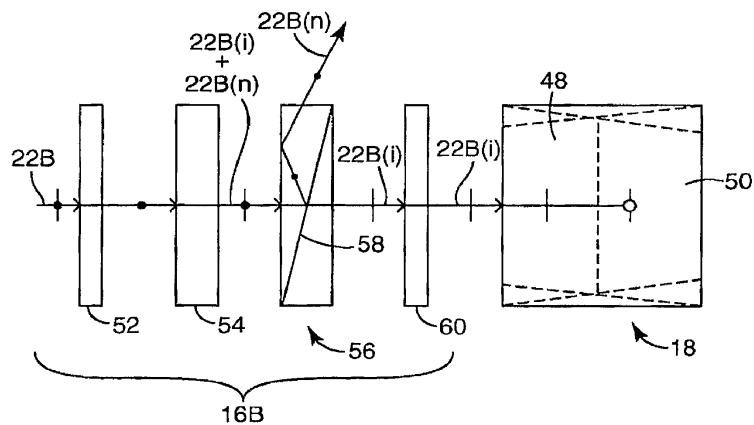
도면1



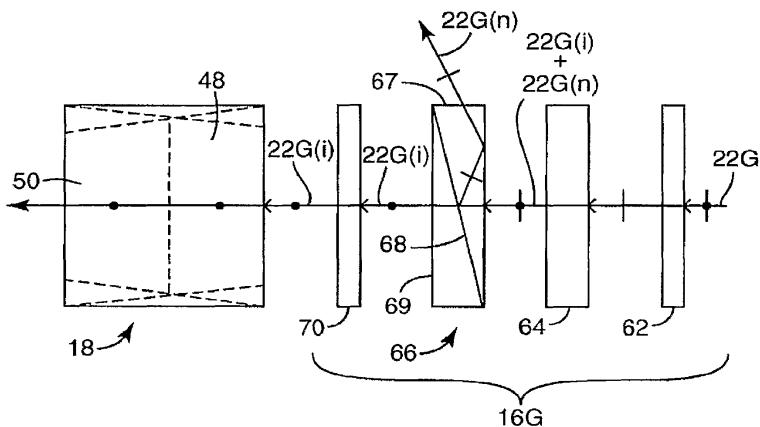
도면2



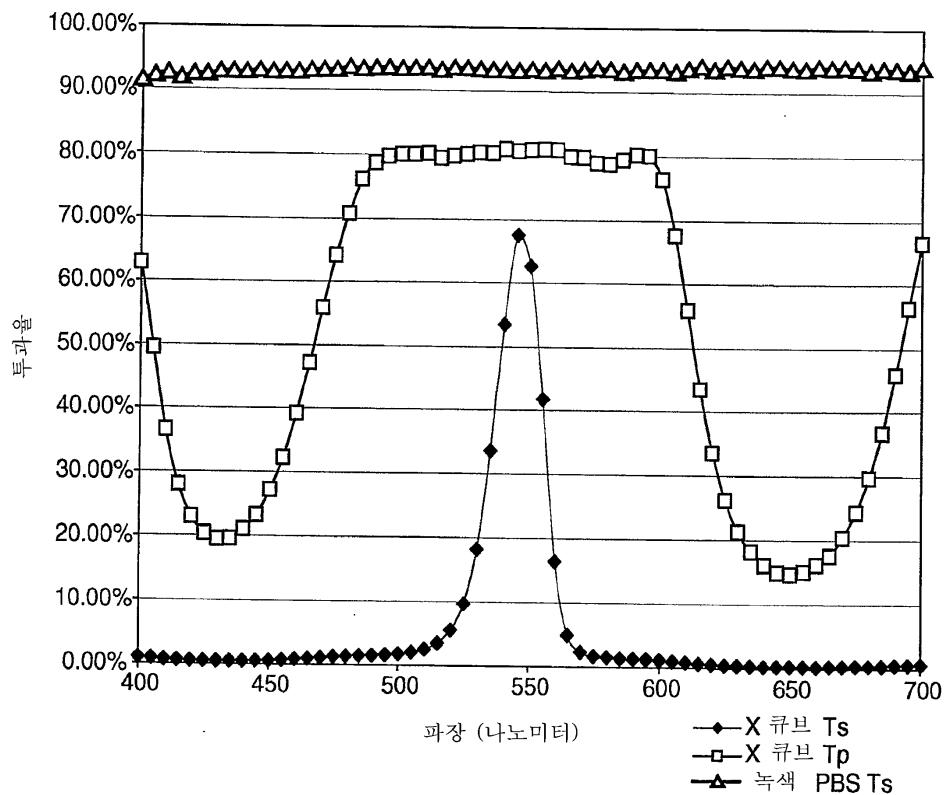
도면3



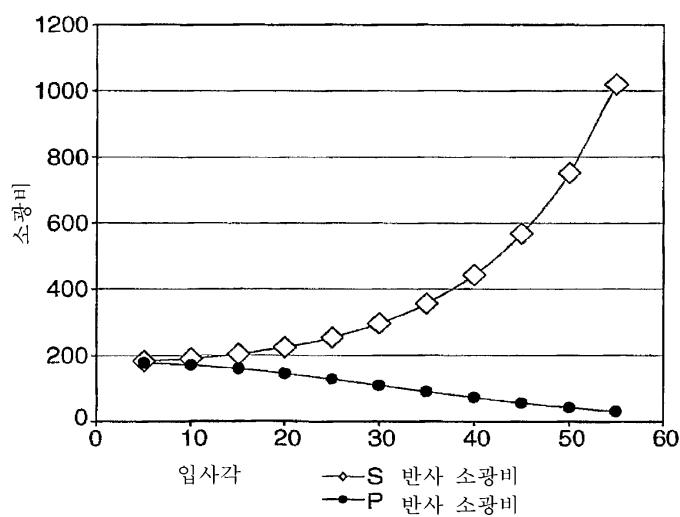
도면4



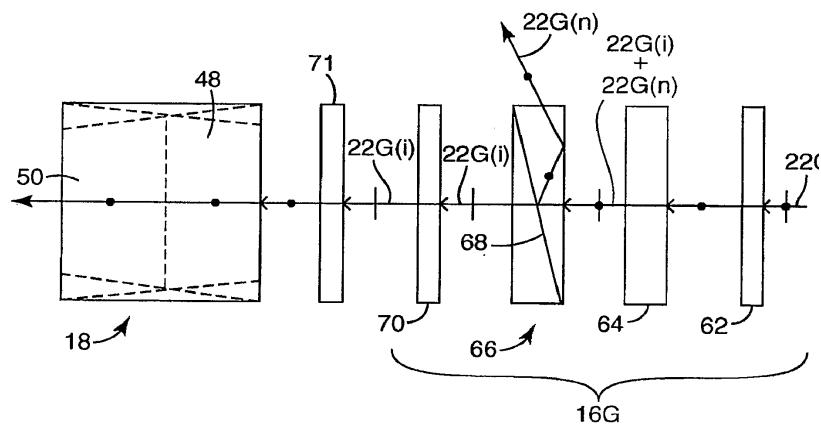
도면5A



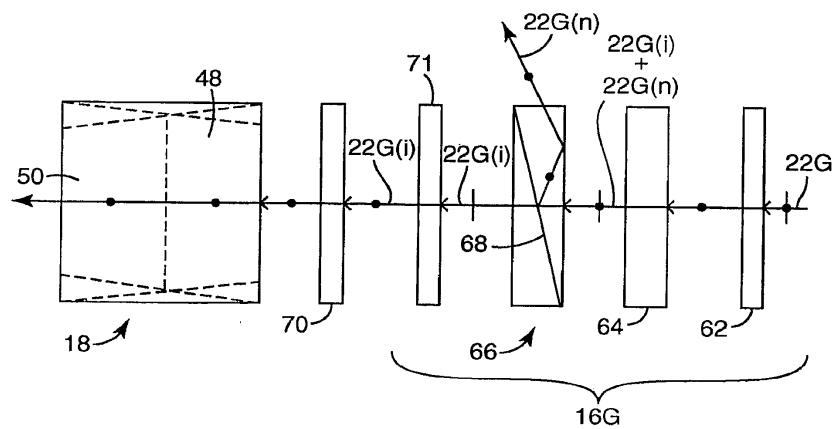
도면5B



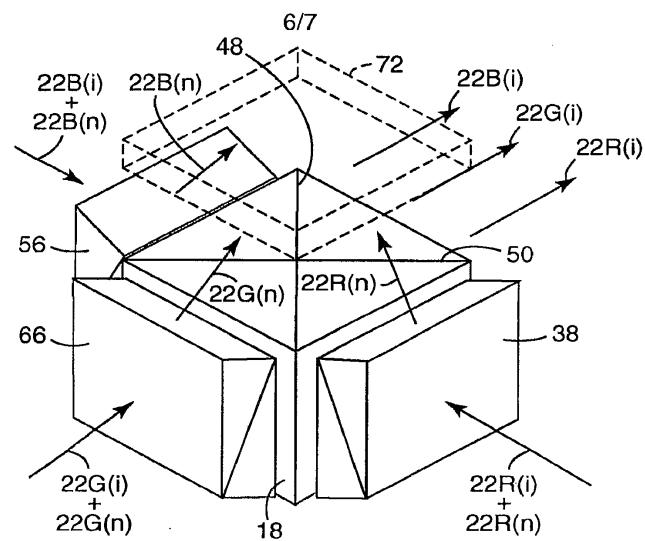
도면6A



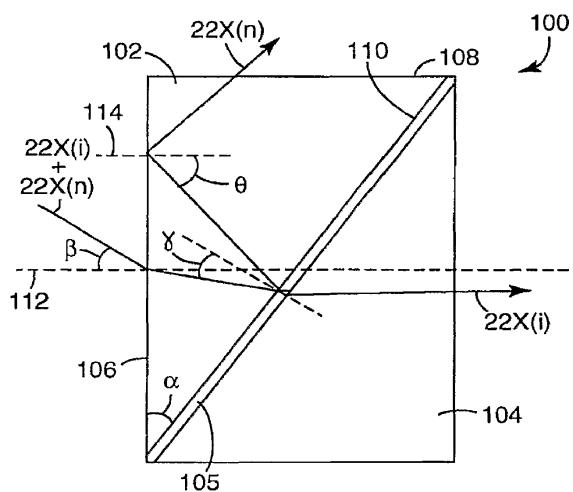
도면6B



도면7



도면8



도면9

