(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
G02F 1/1335

(45) 공고일자 2005년03월17일
(11) 등록번호 10-0476853
(24) 등록일자 2005년03월07일

(21) 출원번호 10-2000-0008130
(22) 출원일자 2000년02월21일

(65) 공개번호 10-2000-0058118
(43) 공개일자 2000년09월25일

(30) 우선권주장 11-44659 1999년02월23일 일본(JP)

(73) 특허권자 세이코 엡슨 가부시키가이샤
일본 도쿄도 신주쿠구 니시신주쿠 2초메 4-1

(72) 발명자 이토요시타카
일본,392-8502,나가노-켄,수와-시,오와3-쵸메,3-5,세이코엡슨코포레이션

(74) 대리인 문경진
조현석

심사관 : 이종주

(54) 조명 광학계 및 투사기

요약

조명 광학계는 비편광된 광을 방출하는 광원, 상기 광원에서 방출되는 광선속의 크기를 변화시키는 배율 변경 중계 광학계, 입사 광선속에 의하여 조명 영역 상에 조명시키는 중첩 광학계, 비편광된 광의 입사선속을 하나의 유형의 편광 방향으로 선형 편광된 성분을 갖는 광선속으로 변환하고 상기 배율 변경 중계 광학계의 입사면에서부터 상기 중첩 광학계의 방출면으로 광 경로를 따라 어딘가의 위치에 설정되는 편광 변환 광학계를 포함한다. 미리 지정된 방향으로 상기 편광 변환 광학계에 입사하는 광선속의 크기는 상기 배율 변경 중계 광학계에 의하여 축소된다. 조명 광학계는 종래의 램프보다 더 높은 출력을 갖는 광원 램프를 사용하며, 또한 상기 광 출력이 상기 조명 광학계의 이용 효율을 감소시키지 않고도 증가시키게 하는 적분기 광학계 및 편광 변환 광학계를 포함한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명의 제 1 실시예를 포함하는 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 2 는 제 1 렌즈 배열(32)의 사시도.

도 3 은 제 1 미소렌즈(32a), 제 2 미소렌즈(34a), 및 중계 렌즈(36a)의 한 세트의 확대도.

도 4a 및 도 4b 는 편광 변환 광학계(40)의 구성도.

도 5a 및 도 5b 는 중계 렌즈 배열(36)의 변형을 도시하는 도면.

도 6a 및 도 6b 는 중계 렌즈 배열(36)의 다른 변형을 도시하는 도면.

도 7a 및 도 7b 는 중첩 광학계(50)의 변형을 도시하는 도면.

도 8 은 본 발명의 제 2 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 9 는 본 발명의 제 3 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 10a 및 도 10b 는 제 4 실시예의 조명 광학계와 제 1 실시예의 조명 광학계 사이의 비교도.

도 11 은 본 발명의 제 5 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 12 는 배율 변경 중계 광학계(30)에 입사하는 광선속의 평행성(parallelism)에 관한 설명도.

도 13 은 본 발명의 제 6 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 14 는 본 발명의 제 7 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성의 측면도.

도 15a 및 도 15b 는 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에서 편광 변환 광학계(40)에 입사하는 광선속의 형상과 제 7 실시예의 조명 광학계(100H)에서 편광 변환 광학계(40H)에 입사하는 광선속의 형상 사이의 비교도.

도 16 은 본 발명의 제 8 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 17 은 본 발명의 조명 광학계를 사용하는 투사기의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 18a 및 도 18b 는 조명 광학계(100')에서 제 1 이색 미러(202)와 교차 이색 프리즘(320)으로 진행하는 광에 관련된 설명도.

도 19 는 제 1 이색 미러(202)의 색상 분리 특성도.

도 20 은 본 발명의 조명 광학계를 사용하는 또다른 투사기의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 21 은 편광 분리 프리즘(420)에 입사하는 광에 관련된 설명도.

도 22 는 본 발명의 조명 광학계를 사용하는 또다른 투사기의 주요부의 일반적인 구성 평면도.

도 23a 및 도 23b 는 단일 패널형 색상 액정 광밸브(520)의 하나의 화소 구성의 확대도.

도 24 는 종래의 조명 광학계의 구성도.

도 25 는 본 발명에 따른 또다른 조명 광학계의 주요부 평면도.

<도면 주요 부분에 대한 부호의 설명>

20 : 광원 30 : 배율 변경 중계 광학계

40 : 편광 변환 광학계 50 : 중첩 광학계

80 : 조명 영역 100, 100' : 조명 광학계

200 : 색상 분리 광학계 220 : 광 유도 광학계

320 : 교차 이색 프리즘 340 : 투사 광학계

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 광원으로부터 나오는 광을 다수의 광선속(광선빔)으로 분리하고, 상기 광선속을 그 편광이 실질적으로 하나의 방향으로 되어 있는 하나의 유형의 편광된 광으로 변환시키고, 또한 이들 광선속을 동일한 조명 영역 상에 중첩시키는 조명 광학계(illumination system)에 관한 것이다. 또한 본 발명은 상기 조명 광학계를 사용하여 균일한 밝기를 갖는 이미지(화상)를 디스플레이 할 수 있는 투사기(프로젝터)에 관한 것이다.

투사 디스플레이 광학계 장치에 있어서, 광 밸브라고 부르는 전기 광학 장치 위에 투사된 광은 이미지 정보에 따라 변조되고 이렇게 변조된 광은 스크린에 투사되어 이미지를 디스플레이 한다. 액정 패널(액정 광 밸브)은 일반적으로 사용되는 전기 광학 장치이다. 투사 디스플레이 광학계에 의하여 디스플레이 되는 이미지는 균일하고 밝아야 하며, 또한 이 장치에서 사용되는 조명 광학계에 의하여 방출{사출(射出)을 포함한다}되는 광은 높은 이용 효율을 가지는 것이 바람직하다. 종래에 있어서, 적분기 광학계는 액정 광 밸브에 의하여 영역 내의 균일한 조명을 보장하는데 사용된다. 또한 광 이용 효율을 증가시키기 위하여, 선형 편광된 광의 단 하나의 유형의 변조를 사용하는 액정 광 밸브를 사용하는 투사기에 있어서, 편광 변환 광학계는 상기 광소스로부터 나오는 비편광된 광을 선형 편광된 광의 하나의 유형으로 변환하는데 사용된다.

도 24 는 종래의 조명 광학계의 구성을 도시하고 있다. 이 조명 광학계는 광원(4120), 제 1 렌즈 배열(4130), 제 2 렌즈 배열(4140), 편광 변환 광학계(4150) 및 중첩 렌즈(4160)를 포함한다. 이 두 개의 렌즈 배열(4130 및 4140) 및 중첩 렌즈(4160)는 적분기 광학계를 구성한다.

제 1 렌즈 배열(4130)은 다수의 미소렌즈(4132)를 구비한다. 제 2 렌즈 배열(4140)은 제 1 렌즈 배열(4130)의 다수의 미소렌즈(4132)에 대응하는 다수의 미소렌즈(4142)를 구비하고 있다.

편광 변환 광학계(4150)은 x 축을 따라 평행하게 배열되어 있는 다수의 편광 분리 필름(4152)과 반사 필름(4154)의 쌍을 가지고 있다. 편광 분리 필름(4152)과 반사 필름(4154)은 z 축에서 보았을 때 반시계 방향으로 기울어져 있는 x 축 방향으로 고정 사면(a fixed slant)을 구비하고 있다. 각 편광 분리 필름(4152)의 출사(사출) 측(exit side)에는 λ/2의 지연 필름(4156)이 제공되어 있다.

광원(4120)에서 방출되는 실질적으로 평행한 광은 다수(복수를 포함함)의 미소렌즈(소렌즈를 포함함)(4132)에 의하여 다수의 부분 광선속으로 분리된다. 미소렌즈(4132 및 4142)의 집광 작용은 각 부분 광선속을 편광 변환 광학계(4150)의 편광 분리 필름(4152) 부근으로 수렴(집광)시킨다. 편광 분리 필름(4152)은 예를 들어 s 편광된 광과 같은 하나의 선형 편광된 광 성분의 사실상 모두를 반사하는 동안, 예를 들어, p 편광된 광과 같은 다른 하나의 선형 편광된 광 성분의 사실상 모두를 투과한다. 편광 분리 필름(4152)에 의하여 반사되는 선형 편광된 광 성분은 반사 필름(4154)에 의하여 중첩 렌즈(4160) 상으로 반사된다. 편광 분리 필름(4152)에 의하여 투과되는 선형 편광된 광 성분은 λ/2의 지연 필름(4156) 상에 입사하고, 기타 선형 편광된 광 성분과 동일한 편광 방향을 가지는 선형 편광된 광으로 변환되며, 또한 중첩 렌즈(4160) 상에 입사한다. 이렇게, 중첩 렌즈(4160) 상에 입사하는 다중 부분 광선속은 실질적으로 하나의 유형의 선형 편광된 광으로 변환되고 조명 영역(4180)에서 실질적으로 중첩된다. 이것은 조명 영역(4180)이 실질적으로 하나의 유형의 선형 편광된 광에 의하여 실질적으로 균일하게 조명(illuminated)되게 해준다.

상기 종래의 조명 광학계에 있어서, 제 1 렌즈 배열(4130)에 의하여 형성되는 부분 광선속은 편광 분리 필름(4152) 부근으로 수렴되고, 그 결과로서, 편광 분리 필름(4152) 상에 입사하는 부분 광선속은 공간적으로 분리된다. 반사 필름(4154)은 부분 광선속이 없는 곳에 위치해 있어서, 편광 분리 필름(4152)에 의하여 반사되는 선형 편광된 광을 반사한다. 이 방식으로, 광원에서 방출되는 비편광된 광은 편광 분리 필름(4152)과 반사 필름(4154)에 의하여 두 가지 유형의 선형 편광된 광으로 분리된다.

만약 광원(4120)이 완전히 평행한 선속을 방출한다면, 부분 광선속은 편광 분리 필름(4152) 부근에서 실질적으로 하나의 점으로 수렴될 것이다. 그러나, 만약 실제로, 광원(4120)으로부터 나오는 선속이 완전히 평행하지 않다면, 그 이미지는 어느 정도 발산하도록 형성될 것이다. x 축을 따른 편광 분리 필름(4152)과 반사 필름(4154)의 폭은 이미지를 형성하는데 사용되는 거의 모든 광이 편광 분리 필름(4152) 상에 효과적으로 입사하도록 설정된다.

투사기로 더 밝은 이미지를 얻는 효과적인 방법은 광원 램프의 출력을 증가시키는 것이다. 사용되는 광원 램프는 금속 할로겐화물 램프와 수은 램프를 포함한다. 이 광출력을 증가시키기 위해, 긴 아크를 가지는 램프를 사용하는 것이 바람직하다. 그러나, 통상적으로 긴 아크 램프에서 방출되는 선속은 짧은 아크 램프에서 방출되는 선속보다 덜 평행하다. 이것은 비록 조명 광학계에 사용되는 짧은 아크 램프가 긴 아크 램프로 단순히 대체되더라도, 그 선속의 평행성 저하로 인해 편광 분리 필름(4152) 상에 도달하는 광의 비율이 더 낮아지고, 편광 분리 효율이 감소하게 될 것이라는 것을 의미한다. 이리하여, 비록 광원의 출력이 증가될 때에도, 조명 영역을 조명시키는데 사용되는 광의 효율적인 출력에서의 증가는 그다지 크지 않다는 문제가 있게 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 종래 램프보다 더 높은 출력을 갖는 광원 램프를 사용하는 적분기 광학계 및 편광 변환 광학계를 포함하는 조명 광학계에 있어서, 조명 광학계의 이용 효율을 감소시키지 않고도 광 출력이 증가되게 하는 기술을 제공하는 것이다. 또 다른 목적은 더 밝고 좀 더 균일한 투사 이미지가 얻어질 수 있게 하는 투사기를 제공하는 것이다.

전술된 목적의 적어도 일부분과 다른 관련 목적은 조명 영역으로서 광학 장치의 광 입사면을 조명하는 조명 광학계에 의하여 달성된다. 이 광학계는 : 비편광된 광을 방출하는 광원, 이 광원에서 방출된 광선속의 크기를 변화시키는 배율 변경 중계 광학계, 주어진 입사 광선속에 의하여 조명 영역 상에 조명시키는 중첩 광학계, 및 비편광된 광의 입사선속을 하나의 유형의 편광 방향으로 선형 편광된 성분을 갖는 광선속으로 변환하고 또 이 변환된 광선속을 방출하기 위하여 배율 변경 중계 광학계의 입사면으로부터 중첩 광학계의 출사면으로 광 경로를 따라 어딘가의 위치에 설치되는 편광 변환 광학계를 포함한다. 편광 변환 광학계에 들어가는 광선속의 크기는 배율 변경 중계 광학계에 의하여 미리 지정된 방향으로 축소된다.

본 발명의 조명 광학계에 있어서, 편광 변환 광학계에 들어가는 광선속의 크기는 배율 변경 중계 광학계에 의하여 미리 지정된 방향으로 축소될 수 있고, 이것으로 편광 변환 광학계에 들어가는 광의 입사 효율을 향상시킬 수 있다. 그 결과로서, 조명 영역은 실질적으로 균일한 방향의 편광을 갖는 하나의 유형의 선형 편광된 광에 의하여 밝고 균일하게 조명될 수 있다. 일반적으로, 광원 램프의 출력과 아크 길이 사이에는 비례 관계가 있고, 또한 광원 램프에서

방출되는 광선속의 평행성은 아크 길이가 증가함에 따라 저하되기 때문에, 고출력 램프가 사용될 때, 편광 변환 광학계에 대하여 광의 입사 효율은 감소하게 된다. 그러나, 본 발명의 구성에 따라, 종래의 램프보다 더 고출력을 갖는 광원 램프가 사용될 때, 조명 광학계의 이용 효율을 감소시키지 않고도 동일한 방향으로 편광된 광으로 구성된 조명광의 밝기를 증가시키는 것이 가능하다. 여기에서, 광선속에 대하여 미리 지정된 방향은 광선속 전파 방향에 직교하는 하나 또는 두 개의 방향을 의미한다. 그러므로, 배율 변경 중계 광학계가 구면 렌즈와 같이 모든 방향으로 균일한 배율(power)을 갖는 광학 집광 소자를 사용하여 구성될 때, 선속단면의 크기는 모든 방향으로 적절하게 축소된다. 또한, 배율 변경 중계 광학계가 원통 렌즈와 같이 단 하나의 방향으로만 배율을 갖는 광학 집광 소자를 사용하여 구성될 때, 선속단면의 크기는 단 하나의 방향으로만 축소된다.

광학 조명의 하나의 바람직한 구조에 따라, 배율 변경 중계 광학계는 : 다수의 제 1 미소렌즈를 갖는 제 1 렌즈 배열, 상기 제 1 렌즈 배열의 광 방출측에 배치되어 있는 다수의 중계 렌즈를 갖는 중계 렌즈 배열, 및 상기 중계 렌즈 배열의 광 방출측에 배치되어 있는 다수의 제 2 미소렌즈를 갖는 제 2 렌즈 배열을 포함한다. 제 1 렌즈 배열과 제 2 렌즈 배열은 중계 렌즈 배열의 결합점(conjugate point)에 배치되어 있다. 편광 변환 광학계는 : 미리 지정된 방향을 따라 경사진 상태로 있는 다수의 서로 평행한 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍을 가지고, 또 비편광된 광의 입사선속을 두 가지 유형의 선형 편광된 광을 각각 가지는 다수의 부분 광선속으로 분리시키는 편광 분리기 배열과, 및 두 가지 유형의 선형 편광된 광 중 제 1 유형의 선형 편광된 광의 편광 방향을 제 2 유형의 선형 편광된 광과 동일한 편광 방향으로 변환시키는 편광 변환 장치(편광 변환 소자를 포함한다)를 포함한다. 편광 변환 장치에 들어가는 광선속은 배율 변경 중계 광학계에 의하여 다수의 부분 광선속으로 분리되고, 또한 미리 지정된 방향의 다수의 부분 광선속의 각 크기는 배율 변경 중계 광학계에 의하여 축소된다.

이 배열에 있어서, 배율 변경 중계 광학계는 렌즈의 배열에 의하여 구성되는데, 이것에 의하여 편광 변환 광학계에 대한 입사광의 효율이 개선되어진다. 만약 초점이 편광 분리기 배열에 대하여 입사광의 효율을 개선시키는데 있다면, 전술된 원통 렌즈와 같이 하나의 방향으로 굽은 광학 집광 소자를 사용하는 배율 변경 중계 광학계가 사용될 수 있다.

이 구성에 있어서, 중첩 광학계는 : 상기 중첩 광학계에 들어가는 다수의 부분 광선속이 도달하는 다수의 제 3 미소렌즈를 갖는 제 3 렌즈 배열, 상기 다수의 제 3 미소렌즈에 대응하는 다수의 제 4 미소렌즈를 갖는 제 4 렌즈 배열, 및 상기 제 3 렌즈 배열과 상기 제 4 렌즈 배열을 통해 지나가는 다수의 부분 광선속을 조명 영역 상에 중첩시키는 중첩 렌즈를 포함한다.

전술된 바와 같이 구성된 중첩 광학계를 사용하는 것은 편광 변환 광학계로부터 출사하는 광 중의 사실상 모든 광이 조명 영역으로 유도되도록 해주고, 이것에 의하여 조명 광학계의 광 이용 효율을 향상시키고 조명 영역이 좀 더 균일하게 조명되도록 해준다.

중첩 광학계는 : 다수의 부분 광선속을 실질적으로 조명 영역 상에 중첩시키는 다수의 미소렌즈를 갖는 제 3 렌즈 배열, 및 다수의 제 3 미소렌즈에 대응하여 다수의 제 4 미소렌즈를 갖는 제 4 렌즈 배열을 포함할 수 있다.

이 경우에, 조명 영역에 입사하는 조명 선속의 입사각은 제 3 렌즈 배열과 제 4 렌즈 배열 및 중첩 렌즈로 구성된 중첩 광학계에서의 입사각에 비하여 더 작을 수 있다. 광학 특성이 입사각에 의존하는 광학계와 광학 소자가 조명 영역에 위치될 때, 이것은 그러한 광학계와 광학 소자의 광이용 효율이 향상되게 해준다. 이것은 또한 조명 광학계의 복잡성과 비용을 감소시키는 역할을 한다.

위 구성에 따라, 편광 변환 광학계는 배율 변경 중계 광학계와 중첩 광학계 사이에 배치되는 것이 바람직하다. 편광 변환 광학계는 배율 변경 중계 광학계의 제 2 렌즈 배열과 중계 렌즈 배열 사이에 배치될 수 있다. 편광 변환 광학계는 제 3 렌즈 배열과 제 4 렌즈 배열 사이에 배치될 수 있다.

어느 위치가 편광 변환 광학계에 대해 사용되건 간에, 전술된 바와 같이 편광 변환 광학계에 들어가는 광의 효율을 향상시키는 것이 가능하다. 그러나, 이 개선점은 편광 변환 광학계가 중계 렌즈 배열과 제 2 렌즈 배열 사이에 위치되거나 제 3 렌즈 배열과 제 4 렌즈 배열 사이에 위치될 때가 이 변환 광학계가 배율 변경 중계 광학계와 중첩 광학계 사이에 위치될 때보다 더 크다.

더욱이, 편광 변환 광학계가 배율 변경 중계 광학계와 제 2 렌즈 배열 사이에 위치되거나 또는 배율 변경 중계 광학계의 제 2 렌즈 배열과 중계 렌즈 배열 사이에 위치될 때, 제 2 렌즈 배열과 제 3 렌즈 배열은 광학적으로 집적(integrated)될 수 있다.

"광학적으로 집적된" 소자는 접착제로 서로 접착된 광학 소자의 결합을 의미하거나 다수의 광학 소자의 기능을 가지는 단일 광학 소자를 의미한다. 배율 변경 중계 광학계의 제 2 렌즈 배열의 기능과 중첩 광학계의 제 3 렌즈 배열의 기능은 나머지 렌즈 배열을 생략하는 동안 렌즈 배열 중 어느 하나의 배열로 집적될 수 있다. 광학적으로 집적되는 다수의 광학 소자(제 2 및 제 3 렌즈 배열)는 소자들 사이의 경계면에서 일어나는 광학 손실이 감소되게 하고, 이것에 의하여 광 이용 효율을 향상시키게 한다. 또한 이것은 광학계의 복잡성과 비용을 감소시키게 한다.

위 구성에 따라, 제 1 렌즈 배열의 다수의 제 1 미소렌즈는 각각 편광 변환 광학계에 들어가는 다수의 부분 광선속이 미리 지정된 방향과 적어도 수직인 방향으로 서로 인접하게 있도록 미리 지정된 방향과 수직인 방향으로 서로 다른 광학축의 위치를 가진다. "미리 지정된 방향"은 편광 변환 광학계에서, 편광 분리 필름과 반사 필름을 교대하는 다수의 세트가 배열되어 있는 방향을 의미한다.

이렇게 조명 영역에 입사하는 조명선속의 입사각이 감소되게 함으로써, 광학계와 소자가 조명 영역 내에 위치될 때, 이것은 그 광학계와 소자의 광이용 효율이 더 향상되게 해준다. 또한 이것은 편광 변환 광학계로부터 조명 영역으로의 광 경로를 따른 광학계의 크기가 더 감소되게 한다.

이 구성에 있어서, 미리 지정된 방향으로 배열되어 있는 다수의 부분 광선속은 각 부분 광선속의 배열 위치에 따라 서로 다른 축소 비율(reduction ratio)로 배율 변경 중계 광학계에서 각각 축소될 수 있다.

이것은 조명 영역에 입사하는 조명선속의 입사각을 더 감소시키는 것도 가능하게 하며, 그러한 것으로서 광학 특성이 입사각에 의존하는 광학계와 소자가 조명 영역 내에 위치될 때, 그 광학계와 소자의 광이용 효율이 더 향상되게 한다.

위 구성에 따라, 중계 렌즈는 적어도 두 개의 렌즈를 포함하는 복합 렌즈에 의하여 구성될 수 있다.

복합 렌즈로 중계 렌즈를 구성하는 것은 단일 렌즈 구성의 경우에 쉽게 발생하는 색수차, 구면 수차와 비점 수차 및 그와 같은 수차의 보정을 가능하게 한다.

본 발명은 또한 투사된 이미지를 디스플레이 하기 위한 제 1 투사기에 관한 것이다. 제 1 투사기는 : 위 조명 광학계 중 어느 하나의 광학계, 조명 광학계로부터 수신된 광을 이미지 신호에 반응하여 이미지를 형성하는 광으로 변환하고 방출하는 전기 광학 장치, 및 전기 광학 장치로부터 방출된 광을 투사하는 투사 광학계를 포함한다.

제 1 투사기는 종래의 램프보다 더 높은 출력을 갖는 광원 램프가 사용될 때에도, 광의 출력이 조명 광학계의 이용 효율을 감소시키지 않고도 증가될 수 있도록 본 발명의 조명 광학계를 사용한다. 이것은 더 밝고 좀더 균일한 투사 이미지가 얻어지게 한다. 본 발명의 제 1 투사기로서, 단색 액정 패널을 갖는 순차 색상 디스플레이 광학계와 특정 색상을 발생시킬 수 있는 컬러 필터나 그와 같은 필터가 사용되는 시분리 광학계(time-division system)를 생각해 볼 수도 있다.

제 1 투사기는 : 조명 광학계로부터 방출되는 광을 다수의 색상 성분으로 분리하는 색상 분리 광학계(color separator), 상기 색상 분리 광학계에 의하여 분리된 상기 색상 성분을 각각 개별적으로 수신하는 다수의 전기 광학 장치, 및 상기 다수의 전기 광학 장치에서 방출되는 각 색상 성분의 광을 결합하는 색상 결합 광학계(color combiner)를 더 포함하되, 투사 광학계는 상기 색상 결합 광학계로부터 나오는 상기 결합된 광을 투사할 수 있다.

이 배열은 더 밝고 좀더 균일한 색상 투사 이미지가 얻어지게 한다.

이 구성에 있어서, 조명 광학계로부터 나오는 광의 광축에 평행한 방향이 z 인 세 개의 서로 직교한 방향의 축으로 x, y, z를 가정하면, 색상 분리 광학계는 xz 평면에 실질적으로 수직이고 yz 평면에 대하여 미리 지정된 각도로 기울어져 있는 색상 분리면 평면을 가지며, 또한 조명 광학계는 편광 변환 광학계에 포함된 다수의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열되어 있는 미리 지정된 방향은 y 방향과 실질적으로 동일하도록 위치되는 것이 바람직하다.

이 배열에 따라, 다수의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 편광 변환 광학계 내에 배열되어 있는 미리 지정된 방향(이후 명세서에서 편광 분리 방향으로 언급됨)은 색상 분리 광학계의 색상 분리면 평면에 색상 분리의 방향에 수직하여서, 색상 분리면에 입사하는 광의 입사각의 변동 범위가 감소될 수 있다. 색상 분리면의 색상 분리 특성이 입사각에 의존하기 때문에, 입사각의 변동 범위를 감소시키는 것은 색상 분리 광학계에서 출사하는 광의 색상 변동을 감소시킨다. 그 결과, 좀더 균일한 밝기와 색상을 가지는 투사 이미지가 얻어질 수 있다.

또한 조명 광학계에서 나오는 광의 광축에 평행한 방향이 z인 세 개의 서로 직교한 방향의 축으로서 x, y, z를 가정하면, 색상 결합 광학계는 xz 평면에 실질적으로 수직이고 yz 평면에 대하여 미리 지정된 각도를 형성하는 색상 결합면 평면을 가지고, 또 조명 광학계는 다수의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열되어 있는 미리 지정된 방향이 실질적으로 y 방향과 동일하도록 위치되는 것이 바람직하다.

이 배열에 따라, 편광된 광이 편광 변환 광학계에서 분리되는 미리 지정된 방향은 색상 결합 광학계에 있는 색상 결합면 평면에서 결합된 색상의 방향에 수직하고, 이것에 의하여 색상 결합면에 입사하는 광의 입사각의 변동 범위가 감소되게 한다. 색상 결합면의 색상 결합 특성이 입사각에 의존하기 때문에, 입사각의 변동 범위를 감소시키는 것은 색상 결합면을 떠나는 결합된 색상의 변이(deviation)를 감소시킨다. 그 결과, 좀더 균일한 밝기와 색상을 가지는 투사 이미지가 얻어질 수 있다.

본 발명은 투사된 이미지를 디스플레이 하는 제 2 투사기에 더 관한 것으로, 본 디스플레이 장치는 위 조명 광학계 중 어느 하나의 광학계, 주어진 이미지 신호에 반응하여 이미지를 형성하는 광으로 입사광을 변환함과 함께 반사하여 방출하는 반사형 전기 광학 장치, 상기 반사형 전기 광학 장치에서 방출되는 광을 투사하는 투사 광학계, 및 조명 광학계에서 방출된 선형 편광된 광을 상기 반사형 전기 광학 장치로 향하게 하고 또 상기 반사형 전기 광학 장치로부터 수신되고 상기 선형 편광된 광에 수직인 방향으로 편광되어 있는 선형 편광된 광을 투사 광학계로 향하게 하는 편광 분리 광학 소자를 포함한다.

제 2 투사기는, 또한 비록 종래의 램프보다 더 높은 출력을 갖는 광원 램프가 사용될 때에도, 광의 출력이 조명 광학계의 이용 효율을 감소시키지 않고도 증가시킬 수 있도록 본 발명의 조명 광학계를 사용한다. 이리하여, 더 밝고 좀더 균일한 밝기와 색상을 갖는 투사 이미지가 달성될 수 있다.

이 구성에 있어서, 조명 광학계에서 나오는 광의 광축에 평행한 방향이 z인 세 개의 서로 직교한 방향의 축으로서 x, y, z를 가정하면, 편광선속 분리기 소자는 xz 평면에 실질적으로 수직이고 yz 평면에 대하여 미리 지정된 각으로 기울어져 있는 편광된 광 분리면 평면을 가지며, 또 조명 광학계는 편광 변환 광학계에 포함된 다수의 편광 분리 필름과 반사 필름의 세트가 배열되어 있는 미리 지정된 방향이 x 방향과 실질적으로 동일하도록 위치되는 것이 바람직하다.

yz 평면 내에 z 방향으로 기울어져 있는 선형 편광된 광이 색상 분리면에 도달할 때, 편광축의 회전은 반사형 광학 전기 장치에서 이용되는 광의 이용 효율을 감소시킨다. 위 구성에 따라, 편광된 광 분리면에 도달하는 광의 입사각의 변동 범위는 xz 평면에서보다 yz 평면에서 더 작게 될 수 있기 때문에, 편광축 회전은 감소될 수 있다. 이것은 더 밝고 더 높은 콘트라스트를 갖는 투사 이미지를 가져온다.

본 발명은 또한 투사된 이미지를 디스플레이 하는 제 3 투사기에 관한 것으로, 본 디스플레이 장치는 위 조명 광학계 중 어느 하나의 광학계와, 다수의 색상 중 각각의 광에 대응하는 다수의 세부 화소(부분 화소)(sub-pixel)를 각각 포함하는 다수의 화소 및 각 화소에 대응하는 다수의 미소집광 소자를 포함하는 집광 광학계를 구비하는 전기 광학 장치를 구비한다. 전기 광학 장치는 각 화소에 의하여 투과된 광을 주어진 이미지 정보에 반응하는 각 화소의 이미지를 형성하는 광으로 변환시킨다. 투사기는 조명 광학계에서 나오는 광을 다수의 색상으로 분리시키고 또 다수의 색상 성분 각각의 광을 각 색상 성분에 대응하는 세부 화소에 입사하도록 서로 다른 방향으로 향하게 하는 색상 분리 광학계와, 상기 전기 광학 장치에서 방출되는 광을 투사하기 위한 투사 광학계를 더 포함한다.

본 발명에 따른 제 3 투사기는 또한 비록 종래의 램프보다 더 높은 출력을 갖는 광원 램프가 사용될 때에도, 광출력이 조명 광학계의 이용 효율을 감소시키지 않고도 증가될 수 있도록 본 발명의 조명 광학계를 사용하고, 이것에 의하여 더 밝고 좀 더 균일한 밝기와 색상을 가지는 투사 이미지를 얻게 해준다.

이 구성에 있어서, 조명 광학계에서 나오는 광의 광축에 평행한 방향이 z인 세 개의 서로 직교한 방향의 축으로서 x, y, z를 가정하면, 색상 분리 광학계는 xz 평면에 실질적으로 수직하고 yz 평면에 대하여 서로 다르게 미리 지정된 각으로 기울어져 있는 다수의 색상 성분으로 광을 선택적으로 분리하기 위한 다수의 색상 분리면 평면을 가지며, 또 조명 광학계는 편광 변환 광학계에 포함된 다수의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열되어 있는 미리 지정된 방향이 실질적으로 y 방향과 동일하도록 위치되는 것이 바람직하다.

이 배열에 따라, 편광된 광이 편광 변환 광학계에서 분리되는 방향이 색상 분리 광학계의 색상 분리면 평면에서 색상 분리의 방향에 수직하고, 이것에 의하여 색상 분리면에 입사하는 광의 입사각의 변동 범위가 감소되게 한다. 색상 분리면의 색상 분리 특성이 입사각에 의존하기 때문에, 입사각의 변동 범위를 감소시키는 것은 색상 분리 광학계에서 출사하는 광의 색상의 변이를 감소시킨다. 그 결과, 좀더 균일한 밝기와 색상을 가지는 투사 이미지가 얻어질 수 있다.

또한 조명 광학계는 다수의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열되어 있는 미리 지정된 방향이 각 화소의 다수의 세부 화소가 정렬되어 있는 방향에 수직인 방향과 실질적으로 동일하도록 위치된다.

이 배열에 따라, 편광된 광이 편광 변환 광학계에서 분리되는 방향이 각 화소에 포함된 다수의 색상 세부 화소가 배열되어 있는 방향에 수직하기 때문에, 각 색상 세부 화소에 관련되지 않은 입사광으로 인한 색상 이동을 감소시키는 것이 가능하다.

본 발명의 이들 목적과 다른 목적, 특징, 측면, 및 이점은 첨부하는 도면과 바람직한 실시예의 이하 상세한 설명으로부터 좀더 명백해질 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 실시예들이 이제 도면을 참조로 하여 기술될 것이다. 또한 이하의 실시예 각각에 있어서, 다른 진술이 없다면, 광의 전파 방향은 z 축(광축에 평행한 방향)을 따라 설정되고, 또 관찰자가 광의 전파 방향과 마주하고 있을 때, 자신의 12시 방향이 y 축(수직 방향)으로 간주되고, 자신의 3시 방향이 x 축(수평 방향)으로 간주된다.

A. 제 1 실시예 :

도 1 은 본 발명의 제 1 실시예를 포함하는 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 조명 광학계(100)은 광원(20), 배율 변경 중계 광학계(30), 편광 변환 광학계(40), 및 중첩 광학계(50)를 포함한다. 배율 변경 중계 광학계(30)는 이 광학계의 광축이 광원(20)의 광축(20LC)과 실질적으로 일치하도록 배치된다. 편광 변환 광학계(40)와 중첩 광학계(50)는 이 광학계들의 광축이 조명 영역(80)의 중심을 통하여 지나가는 광학계 광축(100LC)과 일치하도록 배치된다. 광원 축(20LC)은 주어진 변위(Dp) 만큼 -x 방향으로 광학계 광축(100LC)으로 평행하게 이동된다. 변위(Dp)의 크기는 이후에 설명될 것이다. 중첩 광학계(50)는 조명 영역(80)을 실질적으로 균일하게 조명하기 위한 적분기(집적)(integrator) 광학계를 구성한다.

광원(20)은 광원 램프(22), 이 광원 램프(22)로부터 나오는 광을 거의 평행한 광선속으로 반사하는 오목 미러(24)를 구비하고 있다. 광원 램프(22)는 금속 할로겐화물 램프, 수은 램프 또는 그와 같은 램프가 될 수 있다. 포물선 미러를 오목 미러(24)로 사용하는 것도 바람직하다. 타원 미러나 구면 미러 또는 그와 같은 미러도 포물선 미러 대신으로 사용될 수 있다.

배율 변경 중계 광학계(30)는 제 1 렌즈 배열(32), 제 2 렌즈 배열(34) 및 중계 렌즈 배열(36)을 포함한다. 도 2 는 제 1 렌즈 배열(32)의 사시도이다. 제 1 렌즈 배열(32)은 각 매트릭스가 실질적으로 직사각형 형상의 윤곽을 가지는 평면-볼록 제 1 미소렌즈(32a)의 M 개의 행과 N 개의 열의 매트릭스가 되도록 형성된다. 도 2 에 도시된 예에서, M = 5 이고 N = 4 이다. z 방향으로부터 본, 제 1 미소렌즈(32a) 각각의 형상이 이 예의 직사각형 형상으로만 제한되지 않기 때문에, 이 렌즈는 이 렌즈들 사이에 공간이 없게 이 렌즈를 배치되게 해주는 형상이어야 하는 것이 바람직하다. 이후에 기술되는 바와 같이, 제 1 미소렌즈를 통하여 지나가고 배율 변경 중계 광학계(30)에 의하여 크기가 축소되어진 광선속이 제 3 렌즈 배열(52)의 제 3 미소렌즈(52a)에 도달하고, 또 제 3 미소렌즈(52a)가 사실상 조명되는 조명 영역(80)의 구역 형상에 대응하도록 설정된 형상을 가지는 것이 바람직하기 때문에, 제 1 렌즈 배열의 제 1 미소렌즈는 조명 영역(80)의 형상에 대응하는 외부 형상으로 주어질 수 있다. 예를 들어, 액정 패널이 조명 영역으로

사용되고 패널의 이미지 형성 영역의 영상비(aspect ratio)가 4 : 3 이라고 가정하면, 제 1 미소렌즈(32a)의 영상비도 또한 4 : 3으로 설정될 것이다.

도 1 에 도시된 제 2 렌즈 배열(34)은 또한 제 1 렌즈 배열(32)의 제 1 미소렌즈(32a)에 대응하는 평면-볼록 제 2 미소렌즈(34a)의 M 개의 행과 N 개의 열의 직사각형 매트릭스가 되도록 형성된다. 제 2 미소렌즈(34a)는 제 1 미소렌즈(32a)보다 더 작고 제 2 미소렌즈(34a)가 일정 거리로 서로 떨어져 위치하도록 평평한 판부(34b)에 의하여 연결된다. 제 2 미소렌즈(34a)가 평평한 판부(34b)에 의하여 연결되는 것이 중요한 것은 아니다. 또한 제 2 렌즈 배열(34)은 (비록 다른 광학 특성이기는 하나) 제 1 미소렌즈(32a)와 동일한 형상을 갖는 제 2 미소렌즈(34a)에 의하여 구성될 수 있다.

중계 렌즈 배열(36)은 다수의 제 1 미소렌즈(32a)와 제 2 미소렌즈(34a)에 대응하는, M 개의 행과 N 개의 열의 매트릭스로 배열되어 있는, 양면 볼록 중계 렌즈(36a)로 구성되어 있다.

도 3 은 제 1 미소렌즈(32a), 제 2 미소렌즈(34a) 및 중계 렌즈(36a)의 하나의 세트의 확대도이다. 제 1 미소렌즈(32a)와 제 2 미소렌즈(34a)는 중계 렌즈(36a)의 결합점(conjugate point)에 배치되어 있다. 즉, 중계 렌즈(36a)의 초점 거리(fr)는 (L1×L2)/(L1 + L2)에서 설정되는데, 여기서 L1 은 제 1 미소렌즈(32a)와 중계 렌즈(36a) 사이의 거리이고, L2 는 중계 렌즈(36a)와 제 2 미소렌즈(34a) 사이의 거리이다. 제 1 미소렌즈(32a)의 초점 거리(f1)는 L1으로 설정되고 제 2 미소렌즈(34a)의 초점 거리(f2)는 L2로 설정된다.

제 1 미소렌즈(32a)의 입사면에 도달하는 폭(D1)의 부분 광선속은 중계 렌즈(36a)에 이미지를 형성하기 위하여 제 1 미소렌즈(32a)에 의하여 수렴된다. 이 이미지로부터 나오는 광은 제 2 미소렌즈(34a)에 입사한다. 제 2 미소렌즈(34a)는 폭(D2)의 광선속을 방출한다. 폭(D2)은 실질적으로 (D1×L2/L1)와 같다. 구체적으로, 배율 변경 중계 광학계(30)는 제 1 미소렌즈(32a)에 들어가는 광선속의 폭(D1)을 거리(L1)에 대한 거리(L2)의 비, 즉 (L2/L1) 만큼 축소시키는 기능을 갖는다. 예를 들어, 만약 L2가 1/2 L1으로 설정된다면, 배율 변경 중계 광학계(30)는 제 2 미소렌즈(34a)로부터 나오는 선속의 폭(D2)을 제 1 미소렌즈(32a)에 들어가는 선속의 폭(D1)에 대하여 실질적으로 절반으로 할 수 있다. 이하에서, 제 1 렌즈 배열(32)에 의하여 형성된 다수의 광선속 각각은 또한 부분 광선속이나 제 1 부분 광선속으로 언급될 수 있고, 또 배율 변경 중계 광학계(30)에서 방출하는 다수의 광선속 각각은 또한 축소된 부분 광선속이나 제 2 부분 광선속으로 언급될 수 있다.

중계 렌즈 배열(36)은 만약 광원(20)이 광원축(20LC)에 평행한 완전히 평행 광선속을 방출한다면 중요한 요구 조건이 아니다. 그러나, 광원(20)에서 방출되는 광은 일반적으로 광원축(20LC)에 평행하지 않은 광을 포함한다. 이것이 그 경우이고 제 1 미소렌즈(32a)와 제 2 미소렌즈(34a)가 간단히 정렬될 때, 거기에는 제 2 미소렌즈(34a)에 들어갈 수 없는 제 1 미소렌즈(32a)에서 출사하는 광이 있을 수 있어, 이것에 의하여 배율 변경 중계 광학계(30)의 광 이용 효율을 저하시킬 수 있다. 제 1 미소렌즈(32a)와 제 2 미소렌즈(34a)의 공통 초점인 위치에 중계 렌즈(36a)를 위치시키는 것은 광원축(20LC)에 평행하지 않는 광이 중계 렌즈(36a)의 굴절률에 의하여 제 2 미소렌즈(34a)에 유도되게 하며, 이것에 의하여 광 이용 효율을 향상시키게 한다.

도 4a 및 도 4b 는 편광 변환 광학계(40)의 구성도를 도시하는데, 도 4a 는 이 광학계의 사시도이고, 도 4b 는 이 광학계의 일부 확대도이다. 편광 변환 광학계(40)는 광 차폐판(42), 편광 분리기 배열(44), 및 선택 지연판(46)을 포함한다. 편광 분리기 배열(44)은 평행 4변형 단면의 열의 형상을 갖는 다수의 투명판(44a)을 서로 접착시킴으로써 얻어진 구성을 갖는다. 편광 분리 필름(44b)과 반사 필름(44c)은 투명판(44a)의 경계면에 교대로 형성된다. 편광 분리기 배열(44)은 필름의 교대 배치를 제공하기 위하여 편광 분리 필름(44b)과 반사 필름(44c)이 형성되는 다수의 유리판 시트를 서로 접착시켜서 미리 정해진 각으로 접착된 유리판을 절단시킴으로써 가공될 수 있다. 편광 분리 필름(44b)은 다중 유전층 필름으로 형성될 수 있고, 반사 필름(44c)은 다중 유전층 필름이나 알루미늄 필름으로 형성될 수 있다.

도 4a 에 도시된 바와 같이, 광 차폐판(42)은 스트립 형상의 배열로 배열되어 있는 광차폐부(42a)와 투명부(42b)를 포함한다. 입사광은 차폐부(42a)에 의하여 차단되고 투명부(42b)에 의하여 투과된다. 이리하여 광차폐판(42)은 광의 투과를 제어한다. 광차폐부(42a)와 투명부(42b)는 제 2 렌즈 배열(34)로부터 나오는 축소된 부분 광선속이 편광분리 필름(44b)에만 도달하고 반사 필름(44c)에는 도달하지 않도록 배열된다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 투명부(42b)는 이 투명부의 중심이 편광 분리 필름(44b)의 중심과 일치하고 투명부(42b)의 폭(x 방향으로의 폭)이 x 방향으로의 편광 분리 필름(44b)의 폭(Wp)과 실질적으로 동일하게 설정되도록 배열된다. 그러므로, 광차폐판(42)의 광차폐부(42a)는 투명부(42b)를 통하여 지나가는 광선속만이 편광 분리 필름(44b)에 입사하도록 편광 분리 필름(44b)을 통하여 지나가지 않는 축소된 부분 광선속을 사실상 모두 차단한다. 이 실시예에 있어서, 광차폐판(42)은 크롬이나 알루미늄의 필름이나 다중 유전층 필름과 같은 광차폐 특성을 갖는 필름이 형성되어 있는 투명판(예를 들어, 유리)이다. 광차폐판(42)은 예를 들어 광 투과 개구부가 제공되는 알루미늄판을 사용하여 형성될 수 있다.

제 2 렌즈 배열(34)에서 방출되는 평행한 제 2 부분 광선속의 폭은 배율 변경 중계 광학계(30)에 의하여 x 방향으로 많아야 각 투명부(42b)의 폭(Wp) 만큼 되도록 설정된다. 이것은 제 2 렌즈 배열(34)에서 나오는 광선속 중 사실상 모든 광선속이 투명부(42b)를 통해 지나가게 해준다.

실선에 의하여 도 4b에 나타나 있는 투명부(42b)를 지나가는 비편광된 광선속은 편광 분리기 배열(44)의 편광 분리 필름(44b)에 도달하고 또 이것에 의하여 파선으로 나타나 있는 s 편광된 광과 p 편광된 광의 두 가지 유형의 선형 편광된 광으로 분리된다. p 편광된 광은 편광 분리 필름(44b)에 의하여 불변한 채 투과된다. s 편광된 광은 편광 분리 필름(44b)에 의하여 반사되고, 그후 반사 필름(44c)에 의하여 반사되며, p 편광된 광선속에 평행하게, x 방향으로 Wp의 폭을 갖는 선속으로 나타난다. λ/2 지연 필름(46a)은 편광 분리 필름(44b)에서 투과되는 광이 출사하는 선택 지연판(46)의 면에 형성되지만, λ/2 지연 필름은 반사 필름(44c)에 의하여 반사된 광이 출사하는 표면부인 투명층(46b)에는 형성되어 있지 않다. 따라서, 편광 분리 필름(44b)에 의하여 투과된 p 편광된 광은 λ/2 지연 필름(46a)에 의하여 s 편광된 광으로 변환되고 선택 지연판(46)으로부터 출사된다. 다른 한편으로, 반사 필름(44c)에 의하여 반사된 s 편광된 광의 편광 상태는 투명층(46b)을 통과하는 투과에 대해 사실상 영향을 받지 않으며, 그리하여 선택 지연판(46)으로부터 s 편광된 광으로 출사된다. 그 결과, 편광 변환 광학계(40)에 들어가는 비편광된 광 중 실질적

으로 모든 광은 방출하는 s 편광된 광으로 변환된다. 대안적으로, 이 광은 반사 필름(44c)에 의하여 반사된 광이 출사하는 선택 지연판(46)의 부분 상에 λ/2 지연 필름(46a)을 형성하여 p 편광된 광으로 변환되고 방출될 수 있다. 편광 분리 필름(44b)은 s 편광된 광을 투과하고 p 편광된 광을 반사하도록 형성될 수 있다. 전술한 설명에 있어서, 선택 지연판(46)은 청구된 본 발명의 편광 변환 장치에 해당한다.

만약 비편광된 광이 반사 필름(44c)에 직접 도달한다면, 편광 변환 광학계(40)에서 출사하는 광은 희망하는 s 편광된 광이 아닌 p 편광된 광일 것이다. 전술된 바와 같이, 이 실시예에 있어서, 이 광학계는 배율 변경 중계 광학계(30)에서 나오는 다수의 축소된 부분 광선속의 사실상 모든 광이 편광 분리 필름(44b)에 입사하도록 조절된다. 광 차폐판(42)은 광이 반사 필름(44c)에 도달하는 것을 방지한다. 이것은 비편광된 광이 반사 필름(44c)에 도달하는 것을 방지하고 또 희망하지 않은 선형 편광된 광(이 예에서, p 편광된 광)이 편광 변환 광학계(40)에 의하여 방출되는 것을 방지한다.

도 4b에서 볼 수 있는 바와 같이, 편광 변환 광학계(40)에서 출사하는 s 편광된 광의 두 선속의 중심은 입사하는 비편광된 광(s + p 편광된 광)의 중심으로부터 x 방향으로 이동된다. 이 이동의 크기는 λ/2 지연 필름(46a)의 폭(Wp)의 절반{즉, x 방향으로 편광 분리 필름(44b)의 폭의 절반}과 같다. 이 때문에, 도 1 에 도시된 바와 같이, 광원의 축(20LC)은 Wp/2와 같은 크기(Dp)만큼 편광 변환 광학계(40)의 광학계 광축(100LC)으로부터 오프셋 된다.

기술된 바와 같이, 제 2 렌즈 배열(34)에서 나오는 다수의 제 2 부분 광선속은 편광 변환 광학계(40)에서 제 2 부분 광선속의 두 배의 개수인 제 3 부분 광선속으로 변환된다. 부분 광선속의 수가 편광 변환 광학계(40)를 지나는 경로에서 두 배가 되기 때문에, 제 1 렌즈 배열(32)의 제 1 미소렌즈(32a)의 외부 형상이 직사각형이고, 또한 배율 변경 중계 광학계(30)의 축소비(reduction ratio)(L2/L1)가 1/2 보다 더 작을 때, 제 1 미소렌즈(32a)의 직사각형의 형상의 장측면이 전체 광학계의 크기를 축소시키기 위하여 편광 변환 광학계(40)에서 편광된 광이 분리되는 방향과 동일한 방향으로 있어야 하는 것이 바람직하다.

중첩 광학계(50)(도 1)는 제 3 렌즈 배열(52), 제 4 렌즈 배열(54) 및 중첩 렌즈(56)를 포함한다. 제 3 렌즈 배열(52)에 있어서, 제 2 미소렌즈(34a)와 사실상 동일한 제 3 미소렌즈(52a)는 편광 변환 광학계(40)에서 출사하는 제 3 부분 광선속의 광학 경로 상에 배열된다. 즉, 제 3 렌즈 배열(52)은 제 3 미소렌즈(52a)가 y 방향에 대하여 제 2 미소렌즈와 및 x 방향에 대하여 선택 지연판(46)의 λ/2 지연 필름(46a)과 투명층(46b)과 일렬로 정렬되도록 배치된다. 제 4 렌즈 배열(54)은 제 3 렌즈 배열(52)과 실질적으로 동일한 구성을 갖는다. z 방향에서 볼 때, 제 3 미소렌즈(52a)의 외부 형상은 조명 영역(80)의 실제 조명 구역의 형상에 실질적으로 대응한다. 예를 들어, 만약 액정 패널이 조명 영역으로 사용되고 이미지 형성 구역의 영상비가 4 : 3이라고 가정하면, 제 3 미소렌즈(52a)의 영상비 또한 4:3으로 설정될 것이다.

제 3 미소렌즈(52a)는 편광 변환 광학계(40)에서 나오는 다수의 제 3 부분 광선속을 제 4 렌즈 배열(54)의 제 4 미소렌즈(54a) 부근으로 수렴시킨다. 제 4 렌즈 배열(54)은 제 4 렌즈 배열에서 출사한 후 중첩 렌즈(56)에 입사하는 각 부분 광선속의 축이 중첩 렌즈(56)의 입사 평평한 면에 수직이 되도록 배열된다. 중첩 렌즈(56)는 조명 영역(80) 상에 다수의 입사 부분 광선속을 중첩시킨다.

요약하면, 조명 광학계(100)는 배율 변경 중계 광학계(30)가 광원(20)에서 나오는 평행광의 선속을 다수의 제 1 부분 광선속으로 분리하고 또 제 1 부분 광선속의 각각의 폭을 이 광선속이 광차폐판(42)을 통해 지나게 해주는 폭, 즉 x 방향으로 투명부(42b)의 폭보다 더 작은 폭을 의미하는 폭으로 조절하는데 사용되도록 구성된다. 배율 변경 중계 광학계(30)에서 방출되는 각각의 제 2 부분 광선속은 편광 변환 광학계(40)에 의하여 편광된 성분이 동일한 편광 방향을 가지는 선형 편광된 광으로 변환된다. 이 경우에, 광차폐판(42)은 제 2 부분 광선속만이 편광 분리 필름(44b)에 입사하도록 편광 분리기 배열(44)의 입사측에 제공된다. 이것은 사실상 빛이 반사 필름(44c)을 통해 편광 분리 필름(44b)에 도달하지 않는다는 것을 의미하고 또 편광 변환 광학계(40)에서 방출되는 선형 편광된 광이 실질적으로 하나의 유형으로 제한되는 것을 의미한다. 편광 변환 광학계(40)에서 나오는 제 3 부분 광선속은 제 3 렌즈 배열(52)에 의하여 제 4 렌즈 배열(54) 부근으로 수렴된다. 제 4 렌즈 배열(54)의 수렴 작용을 통하여, 제 4 렌즈 배열에서 출사하여 수렴된 각 부분 광선속은 중첩 렌즈(56)의 입사면에 수직인 선속축을 갖는 중첩 렌즈(56)에 도달한다. 결과적으로 중첩 렌즈(56)에서 나오는 부분 광선속은 조명 영역(80) 위의 대략 동일한 위치에서 중첩된다. 그 결과는 조명 영역(80)이 실질적으로 하나의 유형의 선형 편광된 광에 의하여 균일하게 조명된다.

앞서 진술된 바와 같이, 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에 따라 배율 변경 중계 광학계(30)는 광원(20)에서 나오는 평행한 광의 선속을 제 1 부분 광선속으로 분리하고, 또한 전체 선속이 편광 변환 광학계(40)를 포함하는 편광 분리기 배열(44)의 편광 분리 필름(44b) 상에 실질적으로 입사하도록 각 선속을 분리하고 각 선속의 크기를 축소시킨다. 이리하여, 종래 기술을 참조하여 기술된 고출력 광원 램프의 유형으로 고효율의 편광 변환을 갖는 편광된 광 조명 광학계가 달성될 수 있다.

도 1 의 조명 광학계(100)에 있어서, 제 2 렌즈 배열(34), 편광 변환 광학계(40), 및 제 3 렌즈 배열(52)은 배율 변경 중계 광학계(30), 편광 변환 광학계(40) 및 중첩 광학계(50)의 기능을 이해하는 것을 용이하게 하기 위하여 분리되어 있다. 그러나, 광학 접착제를 사용하여, 제 2 렌즈 배열(34), 편광 변환 광학계(40), 및 제 3 렌즈 배열(52)은, 비록 제 3 렌즈 배열(52)이 바라보는 방향이 반대이긴 하지만, 단일 광학 소자를 형성하도록 서로 결합될 수 있다. 대안적으로, 조립체 지그(jig)는 소자들을 하나의 유닛으로 결합하는데 사용될 수 있다. 제 2 렌즈 배열(34), 편광 변환 광학계(40), 및 제 3 렌즈 배열(52)을 집적하는 것은 소자들 사이의 경계면에서 생기는 광 손실을 감소시킬 수 있어, 이것에 의하여 광이용 효율을 증가시킬 수 있다.

전술한 설명에 있어서, 제 1 내지 제 4 렌즈 배열(32, 34, 52 및 54) 뿐만 아니라 중첩 렌즈(56)는 모두 평면-볼록 렌즈이다. 그러나, 양볼록 렌즈와 같은 기타 다른 렌즈가 사용될 수도 있다. 더욱이, 평면-볼록 렌즈가 사용되는 경우에, 볼록측(convex side)에 대한 제약이 없다. 즉, 볼록측이 광원측이나 조명 영역측에도 있을 수 있다. 그러나, 구면 수차와 색수차를 감소키는 것과 관련해서, 렌즈의 광특성을 고려하면, 제 1 렌즈 배열(32)과 제 3 렌즈 배열(52)의 경우에서, 볼록면이 광원측에 있는 것이 바람직하다. 이런 관점에서 볼 때, 비구면 렌즈가 대신 사용될 수 있다.

제 2 렌즈 배열(34)과 제 3 렌즈 배열(52) 사이의 광학 경로의 길이에 관하여, 반사 필름(44c)을 경유하여 가는 광학 경로는 x 방향으로 편광 분리 필름(44b)의 폭에 해당하는 크기 만큼 반사 필름(44c)을 경유하지 않는 광학 경로보다 더 길다. 이것은 반사 필름(44c)을 통해 가는 경우와 이 반사 필름(44c)을 통하지 않는 경우 제 3 렌즈 배열(52)에 도달하는 선속들 사이의 제 3 렌즈 배열(52)에서의 입사 효율(밝기)에서의 차이를 초래할 수 있다. 그러나, 편광 변환 광학계(40)를 통해 지나는 광선속은 제 2 렌즈 배열(34)에 의하여 실질적으로 평행하게 되기 때문에, 입사 효율에서의 차이는 매우 작다. 또한 제 3 렌즈 배열(52)에서 나오는 광선속이 조명 영역(80) 상의 하나의 위치에서 궁극적으로 중첩되기 때문에, 실제로 제 3 렌즈 배열(52)에서의 입사 효율의 어떤 차이도 실제적인 문제를 제공하지 않으며, 또 이것은 제 5 실시예를 참조하여 기술된 조명 광학계(100F)를 제외하면 본 명세서에 기술되어 있는 다른 실시예와 변형에 있어서도 적용된다.

도 5a 및 도 5b 는 중계 렌즈 배열(36)의 변형을 도시한다. 도 5a 및 도 5b 는 도시의 편의를 위하여 편광 변환 광학계(40)와 중첩 광학계(50)를 도시하지 않고 있다. 전술된 바와 같이, 제 1 렌즈 배열(32)의 제 1 미소렌즈(32a)는 중계 렌즈 배열(36)의 중계 렌즈(36a) 상에 광선속을 집광시킨다. 결과적으로, 각 중계 렌즈(36a)는 제 1 미소렌즈(32a) 각각에 의하여 수렴된 광선속을 수용할 수 있는 크기일 필요가 있다. 도 5a 에 도시된 중계 렌즈 배열(36A)은 제 1 미소렌즈(32a)에 의하여 수렴된 광선속을 수용할 만큼만의 크기를 각각 갖는 다수의 중계 렌즈(36Aa)를 구비한다. 마찬가지로, 도 5b에 도시된 중계 렌즈 배열(36B)는 또한 제 1 미소렌즈(32a)에 의하여 수렴된 광선속을 수용할 만큼만의 크기를 각각 갖는 다수의 중계 렌즈(36Ba)를 구비하며, 또한 이들 중계 렌즈(36Ba)는 편평한 판부(36Bb)에 의하여 연결된다. 도 5b의 배열에 있어서, 렌즈 배열은 도 5a의 경우에서보다 더 용이하게 제조가 가능한 하나의 소자로 형성될 수 있다. 더욱이, 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같이, 도 1 의 제 2 렌즈 배열(34)에 해당하는 제 2 렌즈 배열(34A)은 렌즈들 사이의 공간이 없이 매트릭스로 배열된 제 2 미소렌즈(34Aa)를 구비하며, 일체형 성형(integral moulding)에 의하여 제 2 렌즈 배열을 하는 것이 쉽다.

도 6a 및 도 6b 는 중계 렌즈 배열(36)의 다른 변형을 도시한다. 도 6a 및 도 6b 는 두 개의 렌즈를 서로 결합하여 각각 형성된 복합 중계 렌즈로 구성된 중계 렌즈 배열(36C 및 36D)을 도시한다. 도 6a 에 있어서, 중계 렌즈 배열(36C)은 다수의 복합 중계 렌즈(36Ca)로 형성되어 있다. 각 복합 중계 렌즈(36Ca)는 볼록면이 서로 마주보게 서로 결합된 두 개의 평면 볼록 렌즈(36Ca1 및 36Ca2)로 구성된다. 도 6b에 있어서, 중계 렌즈 배열(36D)은 다수의 복합 중계 렌즈(36Da)로 형성되어 있는데, 각 중계 렌즈(36Da)는 오목 볼록 렌즈(36Da2)의 오목면이 양볼록 렌즈(36Da1)의 해당 볼록면과 서로 접한 상태로 서로 결합된 양볼록 렌즈(36Da1)와 오목 볼록 렌즈(36Da2)로 구성되어 있다.

제 1 미소렌즈(32a)에서 나오는 광을 제 2 미소렌즈(34a)로 유도하는 관점에서 볼 때, 중계 렌즈 배열(36)의 중계 렌즈(36a)와 같이, 짧은 초점 거리, 즉 높은 굴절률(refractive power)을 갖는 렌즈를 사용하는 것이 바람직하다. 단일한 짧은 초점 거리의 렌즈의 경우에, 구면 수차와 색수차는 주된 효과를 갖는데, 이 효과는 특히 광원(20)에서 방출되는 광선속이 빈약한 평행성을 가질 때 제 1 렌즈 배열(32)에 의하여 형성된 다수의 부분 광선속이 제 2 렌즈 배열(34)로 효과적으로 유도되게 하는 것이 불가능하게 할 수 있다. 중계 렌즈를 구성하기 위한 두 개 이상의 렌즈를 사용하는 것은 구면 수차와 색 수차를 보정하는 것을 가능하게 해준다. 구체적으로, 도 6a 및 도 6b에서와 같이, 복합 중계 렌즈에 의하여 구성된 중계 렌즈 배열을 사용하는 것은 제 1 렌즈 배열(32)에 의하여 형성된 부분 광선속이 제 2 렌즈 배열(34)로 효과적으로 유도되게 해준다.

도 7a 및 도 7b 는 중첩 광학계(50)의 변형을 도시한다. 도 7a 및 도 7b 는, 도시의 편의를 위하여, 광원(20), 배율 변경 중계 광학계(30) 및 편광 변환 광학계(40)를 도시하지 않고 있다. 도 1 에 도시된 중첩 광학계(50)에 있어서, 제 4 렌즈 배열(54)과 중첩 렌즈(56) 사이에는 공간이 있다. 그러나, 이들 소자들은 광학적으로 집적될 수 있다. 따라서, 도 7a에 도시된 바와 같이 광학적 접착제가 제 4 렌즈 배열(54)과 중첩 렌즈(56)를 서로 결합시키는데 사용될 수 있어 독립적인 광학 소자로서 형성되어지거나, 이들 두 소자의 기능을 가지는 단일 광학 소자가 형성될 수도 있다. 예를 들어, 제 4 렌즈 배열(54)과 중첩 렌즈(56)는 제 4 렌즈 배열(54)과 중첩 렌즈(56) 모두의 기능을 보유하는 도 7b에 도시된 단일 중첩 렌즈 배열(편심 렌즈 배열)(54B)로서 일체형 성형에 의하여 형성될 수 있다. 이리하여, 제 4 렌즈 배열(54)과 중첩 렌즈(56)를 광학적으로 집적하는 것은 소자들 사이의 경계면에서 발생하는 광 손실을 감소시키며, 이로 인하여 광이용 효율을 더 증가시킨다. 전술한 실시예는 제 3 렌즈 배열(52), 제 4 렌즈 배열(54) 및 중첩 렌즈(56)를 가지는 중첩 광학계의 사용을 참조하여 기술되어 왔다. 그러나, 본 발명은 그것으로 제한되지 않는다. 예를 들어, 편광 변환 광학계(40)에서 나오는 광을 효과적으로 조명 영역(80)으로 전달할 수 있으며 또한 조명 영역(80)에서 밝기 레벨의 불균일성을 또한 감소시킬 수 있는 임의의 광학계 구성이 사용될 수도 있다.

전술한 설명에 있어서, 제 1 미소렌즈(32a)의 영상비는 조명 영역(80)의 영상비와 동일하게 설정된다. 그러나, 이것은 제한적이지 않다. 대신에, 제 1 미소렌즈(32a)는 이 광이 편광 분리 필름(44b)에 효과적으로 도달하게 할 수 있는 임의의 형상일 수 있다. 그러나, 높은 효율로 조명 영역(80)이 조명되게 하기 위하여, 제 3 미소렌즈(52a)가 조명 영역(80)과 동일한 영상비로 주어지는 것이 바람직하다. 그러한 것으로서, 광 손실을 감소시키고 광 이용 효율을 증가시키기 위하여, 또한 조명 영역(80)과 동일한 영상비를 제 1 미소렌즈(32a)에 제공하는 것이 바람직하다. 동일한 유형이라는 관점에 기초하면, 제 2 렌즈 배열(34)과 제 4 렌즈 배열(54)의 미소렌즈(34a 및 54a)의 형상에 대한 제약이 없지만, 그 배열을 매트릭스로 용이하게 하기 위하여 직사각형 형상을 갖는 미소렌즈를 사용하는 것이 바람직하다.

더욱이, 조명 광학계(100)의 설명은 제 1 미소렌즈(32a), 제 2 미소렌즈(34a) 및 중계 렌즈(36a)를 위한 통상적인 동심 렌즈의 사용을 참조하여 주어져 있다. 그러나, 이들 렌즈의 모두 또는 일부는 편광 분리 필름(44b)과 반사 필름(44c)이 배열되어 있는 방향, 즉 위 실시예에서 x 방향으로 굴절률(refractive power)을 가지는 원통 렌즈일 수 있다. 대안적으로, 이들 렌즈는 x 및 y 방향을 따라 서로 다른 굴절률을 가지는 토릭(toric) 렌즈일 수 있다. 또한 제 1 렌즈 배열(32)과 제 2 렌즈 배열(34)을 위한 편심 렌즈를 사용하는 것은 예를 들어 xy 평면에서 제 1 렌즈 배열(32)의 크기가 제 2 렌즈 배열(34)의 크기보다 더 크게 되게 해주고, 광원(20)에서 방출되는 광이 편광 변환 광학계(40)에 효과적으로 유도되게 해줄 수 있다.

위 각 변형은 다음에 기술되는 기타 다른 실시예에도 적용될 수 있다.

B. 제 2 실시예 :

도 8 은 본 발명의 제 2 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 이 조명 광학계(100C)에 있어서, 중첩 광학계(50C)은 도 1 에 도시된 조명 광학계(100)의 중첩 광학계(50) 대신에 사용된다. 중첩 광학계(50C)는 제 3 렌즈 배열(52C), 제 4 렌즈 배열(54C) 및 중첩 렌즈(56)를 포함한다. 이 제 3 렌즈 배열(52C)에 있어서, 하나의 미소렌즈(52Ca)는 제 3 렌즈 배열(52)(도 1)의 x 방향으로 배열된 제 3 미소렌즈(52a)의 매 두 렌즈 대신으로 대체되어 있다. 두 개의 부분 광선속, 즉 하나는 편광 분리 필름(44b)에서 나오고 다른 하나는 반사 필름(44c)에서 나오는 광선속은 제 3 미소렌즈(52Ca) 각각에 도달한다. 제 4 렌즈 배열(54C)은 제 3 렌즈 배열(52C)의 제 3 미소렌즈(52Ca)에 대응하도록 위치된 다수의 제 4 미소렌즈(54Ca)를 가진다.

편광 변환 광학계(40)를 구성하는 선택 지연판(46)의 λ/2 지연 필름(46a)과 투명층(46b)에서 나오는 두 개의 부분 광선속(PLa 및 PLb)은 제 3 미소렌즈(52Ca)에 의하여 제 4 렌즈 배열(54C) 부근으로 수렴된다. 중첩 렌즈(56)를 경유하여, λ/2 지연 필름(46a)에서 나오는 부분 광선속(PLa)은 광학계 광축(100CLC)의 +x 측 상에 있는 조명 영역(80)의 부분을 조명하는 반면, 부분 광선속(PLb)은 광축(100CLC)의 -x 측 상에 있는 조명 영역(80)의 부분을 조명한다. 동일한 방식으로, 조명 영역(80)은 다른 λ/2 지연 필름(46a)과 투명층(46b)에서 나오는 다른 부분 광선속에 의하여 조명된다. 그래서, λ/2 지연 필름(46a)에서 나오는 다수의 부분 광선속은 광학계 광축(100CLC)에 대하여 +x 측의 조명 영역(80)에 중첩되고 투명층(46b)에서 나오는 부분 광선속은 광학계 광축(100CLC)에 대하여 -x 측의 조명 영역(80)에 중첩된다.

따라서, 제 1 실시예에서와 같이 제 2 실시예의 조명 광학계(100C)는 조명 영역(80)이 선형 편광된 광의 사실상 하나의 유형으로 균일하게 조명되게 한다. 또한 고도로 편광된 광변환 효율을 갖는 조명 광학계가 달성될 수 있다. 더욱이, 편광된 광 조명 광학계는 종래 기술을 참조하여 기술된 고출력 광원 램프의 유형으로 달성될 수 있다.

기술된 바와 같이, 제 2 실시예의 배열에 따라, λ/2 지연 필름(46a)과 투명층(46b)에서 나오는 부분 광선속이 조명 영역(80)의 서로 다른 측, 즉 하나는 광학계 광축(100CLC)에 대하여 +x 측이고 다른 하나는 -x 측을 개별적으로 조명하는데 사용된다. 이것은 λ/2 지연 필름(46a)에서 나오는 부분 광선속의 효과적인 조명 세기와 투명층(46b)에서 나오는 부분 광선속의 효과적인 조명 세기 사이의 주요 차이가 있을 때 밝기의 변동을 야기하고 조명 영역(80) 상의 밝기 경계선(brightness demarcation line)을 유발할 수 있다. 그러나, 그러한 세기의 변동은 편광 분리 필름(44b)과 λ/2 지연 필름(46a)의 광학 특성을 최적화시켜서 매우 낮은 레벨로 감소시킬 수 있어서 사실상 어떠한 경계선도 제거할 수 있다. 더욱이, 비록 미소렌즈(52Ca 및 54Ca)의 특성의 변동이 조명 영역(80) 상의 부분 광선속의 경미한 위치 변이를 가져 올 수 있을지라도, 밝기와 밝기 경계선의 변동은 방지될 수 있다. 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에 있어서, 편광 변환 광학계(40)에서 방출되는 부분 광선속은 조명 영역(80)의 전체 영역을 조명하는데 사용되어서, 조명 영역(80) 상의 밝기 변동이나 경계선이 없게 된다. 그러므로, 조명의 균일성으로 볼 때, 제 1 실시예는 제 2 실시예보다 바람직하다. 제 2 실시예는 더 적은 수의 미소렌즈가 제 3 렌즈 배열(52C)과 제 4 렌즈 배열(54C)을 형성하는데 사용되어, 미소렌즈들 사이의 접합시의 광손실을 줄임으로써, 조명 광의 효율을 훨씬 더 높여준다는 점에서 이점이 있다.

편광 변환 광학계(40)의 편광 분리 필름(44b)과 반사 필름(44c) 부분에서 나오는 부분 광선속의 수와 제 3 및 제 4 렌즈 배열(52 및 54)의 미소렌즈(52a 및 54a)의 수 사이에는 엄격한 관계가 없다. 그러므로, 제 2 실시예를 참조하여 기술된 바와 같이, 제 3 렌즈 배열 상의 하나의 미소렌즈와 제 4 렌즈 배열 상의 다른 하나의 미소렌즈가 부분 광선속의 쌍을 편광 분리 필름(44b)과 반사 필름(44c)의 인접한 쌍으로부터 투과시키는데 사용될 수 있는 배열이 사용될 수 있다. 또한 역으로, 편광 분리 필름(44b) 또는 반사 필름(44c)에서 나오는 각 부분 광선속에 대해 두 개 또는 그 이상의 미소렌즈가 있는 배열이 사용될 수 있다. 이 두 개 또는 그 이상의 미소렌즈를 갖는 배열의 사용은 조명 영역(80)의 밝기의 비균일성을 더 감소시키게 해 줄 수 있다.

C. 제 3 실시예 :

제 1 및 제 2 실시예는 적분기 광학계를 사용하는 중첩 광학계를 가지는 조명 광학계에 관한 것이지만, 적분기 광학계를 사용하는 것이 본질은 아니다. 도 9 는 본 발명의 제 3 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 이 조명 광학계(100D)에 있어서, 중첩 렌즈 배열(50D)은 도 1 에 도시된 조명 광학계(100)의 중첩 광학계(50) 대신에 사용된다. 중첩 렌즈 배열(50D)은 편광 변환 광학계(40)에서 나오는 다수의 부분 광선속의 광경로에 배치된 다수의 미소렌즈(50Da)를 포함한다. 미소렌즈(50Da)는 광학계 광축(100DLC)으로부터의 거리에 의존하는 광축이 변위된 편심 렌즈인데, 그 결과 미소렌즈(50Da)에서 나오는 부분 광선속이 조명 영역(80)에 중첩된다.

이와 같이, 처음 두 개의 실시예에서와 같이, 제 3 실시예의 조명 광학계(100D)는 조명 영역(80)이 선형 편광된 광의 사실상 하나의 유형으로 균일하게 조명되게 해준다. 또한 고도로 편광된 광 변환 효율을 가지는 조명 광학계가 달성될 수 있다. 더욱이, 편광된 광 조명 광학계는 종래 기술을 참조하여 기술된 고출력 광원 램프의 유형으로 달성될 수 있다.

제 3 실시예가 제 1 및 제 2 실시예보다 더 적은 수의 구성 요소를 가지기 때문에 이 장치는 더 작게 될 수 있다. 그러나, 아래에서 진술되는 바와 같이, 처음 두 개의 실시예는 제 3 실시예보다 더 우수한 광 이용 효율을 제공한다.

만약 중첩 렌즈 배열(50D)에 입사한 광이 우수한 평행성을 가진다면, 중첩 렌즈 배열(50D)에서 나오는 광선속은 조명 영역(80)에 실질적으로 중첩된다. 그러나, 실제로, 광원(20)에서 방출되는 광은 완전히 평행하지 않다. 실제적으로, 배율 변경 중계 광학계(30)에서 방출되는 광의 평행성의 저하는 전술된 축소비(L2/L1)에 반비례한다. 광학계 광축(100DLC)에 소정의 각도를 이루는 중첩 렌즈 배열(50D)에 입사하는 부분 광선속이 광학계 광축(100DLC)에 실질적으로 평행한 중첩 렌즈 배열(50D)에 입사하는 부분 광선속 보다 약간 다른 위치의 영역을 조명하기 때문에, 중첩 렌즈 배열(50D)에서 나오는 모든 부분 광선속을 조명 영역(80)의 동일한 위치에 중첩시키는 것은 어려운 일이다. 그러므로, 조명 영역(80)의 균일한 조명을 얻기 위하여, 미소렌즈(50Da)에서 나오는 각 부분 광선속을 조명 영역(80)보다 약간 더 큰 영역을 조명하도록 설정하는 것이 바람직하다. 그 결과는 제 3 실시예에서 조명 영역(80)에서

의 광이용 효율이 제 1 실시예에서의 효율보다 더 낮아지게 된다는 것이다. 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에서와 같이 중첩 광학계(50)가 적분기 광학계를 사용할 때, 중첩 광학계(50)에서 방출되는 다수의 각 부분 광선속은 조명 영역(80)의 실질적으로 동일한 위치에 중첩된다. 그러므로, 제 1 및 제 2 실시예는 제 3 실시예보다 더 높은 광이용 효율을 제공할 수 있다.

D. 제 4 실시예 :

도 10a 및 도 10b 는 제 4 실시예의 조명 광학계와 제 1 실시예의 조명 광학계 사이의 비교를 도시한다. 도 10a 는 제 4 실시예의 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성의 평면도인 반면, 도 10b 는 제 1 실시예의 조명 광학계(100)를 도시한다. 이 조명 광학계(100E)는 조명 광학계(100)의 중첩 광학계(50) 대신에 중첩 광학계(50E)를 갖는다. 중첩 광학계(50E)는 제 3 렌즈 배열(52E)과 제 4 렌즈 배열(54E)을 포함한다. 제 3 렌즈 배열(52E)은 조명 광학계(100)의 제 3 렌즈 배열(52)과 중첩 렌즈(56)의 기능을 갖는다. 제 3 렌즈 배열(52E)을 구성하는 다수의 미소렌즈(52Ea)는 광학계 광축(100ELC)으로부터의 거리에 의존하는 광축이 변위된 편심 렌즈인데, 그 결과 미소렌즈(50Ea)에서 나오는 부분 광선속은 조명 영역(80)에 중첩된다. 제 4 렌즈 배열(54E)은 제 3 렌즈 배열(52E)에서 출사되는 다수의 부분 광선속의 광경로에 배치된 다수의 미소렌즈(54Ea)를 포함한다. 다수의 미소렌즈(54Ea)의 수렴능력에 의하여, 광학계 광축(100ELC)에 대하여 기울어진 각도를 이룬 광원(20)에서 방출되는 이들 광선속이라도 조명 영역(80)의 실질적으로 동일한 위치에 중첩된다. 여기에서, 최외각 미소렌즈(52Ea)에서 나오는 부분 광선속의 축의 입사각은 조명 영역(80)에 Θ1이라고 가정되고, 최외각 미소렌즈(52a)에서 나오는 부분 광선속의 축의 입사각은 조명 영역(80)에 Θ2라고 가정되어 있다.

제 3 렌즈 배열(52E)은 중첩 렌즈로 역할을 하여, 만약 제 3 렌즈 배열(52E)로부터 조명 영역(80)까지의 거리가 조명 광학계(100)의 제 3 렌즈 배열(52)로부터 조명 영역(80)까지의 거리와 같다면, 입사각(Θ1)은 Θ2 보다 더 작을 것이다.

조명 광학계에서 방출된 광이 입사하는 액정 패널 또는 렌즈와 같은 광학계의 특성이 광 입사각에 의존한다. 일반적으로, 더 작은 입사각은 더 높은 광이용 효율을 의미한다. 그러므로, 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에 비하여, 제 4 실시예의 조명 광학계(100E)는 조명 영역에서 더 높은 광이용 효율을 발생시킨다는 점에서 유리하다.

E. 제 5 실시예 :

도 11 은 본 발명의 제 5 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 이 조명 광학계(100F)에 있어서, 제 1 실시예의 조명 광학계(100)의 제 2 렌즈 배열(34)은 생략되어 있고, 제 3 렌즈 배열(52) 대신에 제 2 렌즈 배열(34)과 제 3 렌즈 배열(52)의 기능을 갖는 제 3 렌즈 배열(52F)이 사용된다. 제 1 렌즈 배열(32), 중계 렌즈 배열(36) 및 제 3 렌즈 배열(52F)은 배율 변경 중계 광학계(30F)를 구성한다. 또한 제 3 렌즈 배열(52F), 제 4 렌즈 배열(54) 및 중첩 렌즈 배열(56)은 중첩 광학계(50F)를 포함한다. 또한 제 4 렌즈 배열(54)과 중첩 렌즈(56)는 중첩 광학계(50F)를 구성하는 것으로 간주될 수 있다.

제 1 렌즈 배열(32)은 광원(20)에서 나오는 평행광의 선속을 다수의 부분 광선속으로 분리하고 이 광선속을 중계 렌즈 배열(36) 내로 수렴시킨다. 중계 렌즈 배열(36)에서 나오는 다수의 부분 광선속은 편광 변환 광학계(40)를 통과해 가고 제 3 렌즈 배열(52F)에 도달한다. 제 3 렌즈 배열(52F)에 도달하는 다수의 부분 광선속은 중첩 광학계(50F)에 의하여 조명 영역(80) 상에 중첩된다.

중계 렌즈 배열(36)에서 나오는 다수의 부분 광선속은 제 3 렌즈 배열(52F)에 도달한다. 편광 변환 광학계(40)가 중계 렌즈 배열(36)과 제 3 렌즈 배열(52F) 사이에 제공되기 때문에, 편광 변환 광학계(40)에 입사하는 각 부분 광선속의 폭은 제 3 렌즈 배열(52F)에 입사하는 각 부분 광선속의 폭보다 더 작고, 또한 x 방향으로의 편광 분리 필름(44b)의 폭, 즉 광차폐판(42)의 투명부(42b)의 x 방향 폭 보다 더 작다.

도 12 는 배율 변경 중계 광학계(30)에 입사하는 광선속의 평행성에 관한 도식적 도면이다. 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에 있어서, 미리 정해진 축소비(L2/L1)만큼 축소된 부분 광선속은 제 2 미소렌즈(34a)에 입사하게 된다. 광원(20)에서 방출되는 광은 완전히 평행하지 않기 때문에, 이 부분 광선속은 광축(32aLC)에 대해 여러 가지 각도로 제 1 미소렌즈(32a)에 입사하게 된다. 광축(32aLC)에 대해 각도(ΘL1)으로 입사하는 부분 광선속은 광축(32aLC)에 평행하지만 ΘL1 보다 더 큰 각도(ΘL2)(≒ ΘL1 ×L1/L2)로 제 2 미소렌즈(34a)에서부터 출사하는 부분 광선속과 동일한 방식으로 제 2 미소렌즈(34a)로 유도된다. 그 결과로서, 제 2 미소렌즈(34a)에서 나오는 광선속은 제 2 미소렌즈(34a)로부터의 거리가 증가함에 따라 계속하여 발산하게 된다. 그러므로, 제 2 렌즈 배열에서 나오는 각 부분 광선속은 제 3 렌즈 배열의 해당 제 3 미소렌즈(52a)에 대해 너무 크게 될 수 있어 광이용 효율이 감소될 수 있다.

이 조명 광학계(100F)에 있어서, 제 3 렌즈 배열(52F)은 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에 비하여, 제 2 렌즈 배열의 기능을 포함하기 때문에, 이 조명 광학계는 편광 분리기 배열(44)에 입사하는 광 및 제 3 렌즈 배열(52F)에 입사하는 광의 광이용 효율을 향상시킬 수 있는 이점을 가진다. 제 2 렌즈 배열(34)은 생략되어서는 안되지만, 대신에 제 3 렌즈 배열(52) 부근에 포함될 수 있다. 그러나, 광이용 효율의 관점에서 볼 때, 제 2 렌즈 배열(34)을 생략하는 것과 제 3 렌즈 배열(52F)을 사용하는 것이 유리하다. 또한 조명 광학계의 구조를 간단히 하는 점에서도 유리하다.

중계 렌즈 배열(36)과 제 3 렌즈 배열(52F) 사이의 광경로의 길이에 대하여, 반사 필름(44c)을 경유하는 광경로는 x 방향(도 4b 참조)으로의 편광 분리 필름(44b)의 폭에 해당하는 크기만큼 반사 필름(44c)을 경유하지 않는 광 경로보다 더 길다. 본 배열에 있어서, 제 1 렌즈 배열(32), 중계 렌즈 배열(36) 및 제 3 렌즈 배열(52F)은 배율 변경 중계 광학계를 구성하는데, 그 결과 광경로의 길이의 차이는 제 3 렌즈 배열(52F)에 입사하는 광선속의 폭에 영향을 주지 않는다. 구체적으로 반사 필름(44c) 다음에 위치된 제 3 미소렌즈(52Fb)에 도달하는 광선속은 편광 분리 필름(44b) 다음에 위치된 제 3 미소렌즈(52Fa)에 도달하는 광선속보다 더 넓다. 이 폭의 차이는 제 3 렌즈 배열(52F)에 대하여 입사 광 효율에 영향을 미치지 않는다. 이것이 그 경우이기 때문에, (구체적으로 제 3 미소렌즈(52Fb)를 제 3 미소

렌즈(52Fa) 보다도 편광 변환 광학계(40)에 더 가까이 위치시키는) z축 상의 위치와 렌즈의 광학적 특성(예를 들어, 초점 거리)으로 보아 약간 변경된 제 3 미소렌즈(52Fa 및 52Fb)를 사용하여 제 3 렌즈 배열(52F)을 구성하는 것이 바람직하다. 제 4 렌즈 배열(54)을 구성하는 제 4 미소렌즈(54a)의 렌즈 특성은 적절하게 변경될 수 있다. 이렇게 구성된 제 3 렌즈 배열(52F)을 사용하는 것은 광학적 경로 길이의 전술한 차이의 효과를 제거하게 해준다. 따라서, 이 예에서 서로 다른 광학적 특성의 두 가지 유형을 가지는 평면 볼록 렌즈인 제 3 미소렌즈(52Fa 및 52Fb)는 볼록면이 반대 방향으로 위치되게 배치된다.

F. 제 6 실시예 :

도 13 은 본 발명의 제 6 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 이 조명 광학계(100G)에 있어서, 제 1 실시예의 조명 광학계(100)의 제 3 렌즈 배열(52)은 생략되어 있고, 제 2 렌즈 배열(34) 대신에 제 2 렌즈 배열(34)과 제 3 렌즈 배열(52)의 기능을 갖는 제 2 렌즈 배열(34G)이 사용된다. 이리하여, 제 1 렌즈 배열(32), 중계 렌즈 배열(36) 및 제 2 렌즈 배열(34G)은 배율 변경 중계 광학계(30G)를 구성한다. 또한 제 2 렌즈 배열(34G), 제 4 렌즈 배열(54) 및 중첩 렌즈(56)는 중첩 광학계(50G)를 구성한다. 또한 제 4 렌즈 배열(54)과 중첩 렌즈(56)가 중첩 광학계(50G)를 구성하는 것으로 간주될 수도 있다.

제 1 렌즈 배열(32)은 광원(20)에서 나오는 평행 광의 선속을 다수의 부분 광선속으로 분리시키고 중계 렌즈 배열(36) 내로 이 광선속을 수렴시킨다. 중계 렌즈 배열(36)에서 나오는 다수의 발산 부분 광선속은 제 2 렌즈 배열(34G)에 도달한다. 제 2 렌즈 배열(34G)에 도달하는 다수의 부분 광선속은 다시 제 2 렌즈 배열(34G)에 의하여 제 4 렌즈 배열(54) 부근으로 수렴된다. 이렇게 제 4 렌즈 배열(54) 부근으로 수렴된 다수의 부분 광선속은 중첩 렌즈(56)에 의하여 조명 영역(80)에 중첩된다.

제 2 렌즈 배열(34G)에서 나오는 다수의 부분 광선속은 제 4 렌즈 배열(54)에 입사하도록 수렴한다. 편광 변환 광학계(40)는 제 2 렌즈 배열(34G)과 제 4 렌즈 배열(54) 사이에 제공된다. 편광 변환 광학계(40)에 입사하는 각 부분선속의 폭은 x 방향으로 편광 분리 필름(44b)의 폭보다 더 작은데, 즉 광차폐판(42)의 투명부(42b)의 x 방향의 폭보다 더 작다. 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에 비하여, 제 6 실시예의 조명 광학계(100G)은 편광 분리기 배열(44)에 입사하는 광의 광이용 효율을 향상시킬 수 있는 이점을 가진다. 제 3 렌즈 배열(52)은 생략되어서는 안되지만, 대신 제 2 렌즈 배열(34) 부근에 포함될 수 있다. 그러나, 광이용 효율의 관점에서 볼 때, 제 3 렌즈 배열(52)을 생략하고 제 2 렌즈 배열(34G)을 사용하는 것이 유리하다. 또한 조명 광학계의 구조를 간단화시키는 측면에서도 유리하다.

제 2 렌즈 배열(34G)에 있어서, x 방향으로 배열된 렌즈의 수는 x 방향으로 배열된 제 3 렌즈 배열(52)의 렌즈의 수보다 더 적다. 그 수가 더 적은 이유는 x 방향에 있어서, 편광 변환 광학계(40)에서 방출되는 부분 광선속의 수가 입사 부분 광선속의 수의 2배가 되기 때문이다. 제 2 렌즈 배열(34)과 제 3 렌즈 배열(52)의 기능을 모두 갖는 제 2 렌즈 배열(34G)이 편광 변환 광학계(40)의 입사측(entry side)에 배치되기 때문에, 제 3 렌즈 배열(52)보다 x 방향으로 더 적은 수의 렌즈로 구성될 수 있다. 본 발명에 따라, "광학적으로 집적된" 은 다중 광학 소자의 기능을 가지는 단일 광학 소자를 형성하기 위하여 접착제를 사용하여 다중 광학 소자를 서로 결합시키는 것을 의미할 뿐만 아니라, 필요하지 않은 광학 소자를 제거하는 것도 포함한다.

G. 제 7 실시예 :

도 14 는 본 발명의 제 7 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성의 측면도이다. 이 조명 광학계(100H)에 있어서, 제 1 실시예의 배율 변경 중계 광학계(30)는 배율 변경 중계 광학계(30H)에 의하여 대체되어 있다. y 축을 따라 크기의 차이 이외에, 편광 변환 광학계(40H)과 중첩 광학계(50H)는 편광 변환 광학계(40)와 중첩 광학계(50)와 동일하다.

배율 변경 중계 광학계(30H)는 제 1 렌즈 배열(32H), 중계 렌즈 배열(36H) 및 제 2 렌즈 배열(34H)을 포함한다. 제 1 렌즈 배열(32H)은 다수의 제 1 미소렌즈(32Ha)를 포함한다. 제 1 미소렌즈(32Ha)는 그 광축의 위치가 y 방향에서 광학계 광축(100HLC)으로부터의 거리에 의존하는 크기만큼 y 방향으로 오프셋 된 편심 렌즈이다. 그리하여, ±y 축 방향으로 광학계 광축(100HLC)에서부터 오프셋 된 제 1 미소렌즈(32Ha)로부터 나오는 부분 광선속은 오프셋의 크기에 따라 편향된다.

중계 렌즈 배열(36H)은 제 1 렌즈 배열(32H)로부터 나오는 다수의 부분 광선속의 광경로에 배치된 다수의 중계 렌즈(36Ha)를 포함한다. 도 1 에 도시된 조명 광학계(100)의 중계 렌즈 배열(36)에 비하여, 중계 렌즈 배열(36H)은 광학계 광축(100HLC)의 각 측으로 y 축을 따라 더 작아진다. 제 2 렌즈 배열(34H)은 중계 렌즈 배열(36H)로부터 나오는 부분 광선속의 광학 경로에 배치된 다수의 제 2 미소렌즈(34Ha)를 포함하고, 또 조명 광학계(100)의 제 2 렌즈 배열(34)보다 광학계 광축(100HLC)의 각 측으로 y 방향을 따라 더 작아진다. 제 2 미소렌즈(34Ha)는 광축의 위치가 광학계 광축(100HLC)으로부터의 거리에 따른 크기만큼 해당 제 1 미소렌즈(32Ha)의 광축과는 (y 축을 따라) 반대 방향인 y 방향으로 오프셋 된 편심 렌즈이다. 그 결과, 제 2 렌즈 배열(34H)로부터 나오는 각 부분 광선속의 중심축은 광학계 광축(100HLC)에 실질적으로 평행하다.

도 15a 및 도 15b는 제 1 실시예의 편광 변환 광학계(40)에 도달하는 광선속의 형상과 제 7 실시예의 조명 광학계(100H)에서의 편광 변환 광학계(40H)에 도달하는 광선속의 형상 사이의 비교를 도시한다. 각 경우에 있어서, 시야는 조명 영역(80)으로부터 취한 것이다. 도 15a를 참조하면, 다수의 부분 광선속은 편광 변환 광학계(40)를 구성하는 편광된 광선속 분리기 배열의 편광 분리 필름(44b)과 반사 필름(44c)에 입사하게 된다. 제 1 렌즈 배열(32)에서 나오는 각 부분 광선속은 배율 변경 중계 광학계(30)에 의하여 수축되고 편광 변환 광학계(40)에 도달한다. 이것은 수직 방향으로의 부분 광선속들 사이에 광이 전혀 없는 영역(NA)을 유발한다. 도 15b 에 도시된 바와 같이, 편광 변환 광학계(40H)가 사용될 때, NA 영역은 제거되고 편광 변환 광학계(40)의 수직 크기는 축소될 수 있다.

이리하여, 제 7 실시예의 조명 광학계(100H)에 따라 제 1 실시예의 편광 변환 광학계(40)는 수직 방향으로 더 작은 편광 변환 광학계(40H)로 대체되어지고, 편광 변환 광학계(40H)의 하류에 있는 광학계가 더 작게 되게 해준다. 더

욱이, y 방향에서 조명 영역(80)에 입사하는 광의 입사각이 감소될 수 있어, 조명 광학계(100)에 비하여, 조명 영역 상에서 광이용 효율을 증가시키는 것이 가능하게 된다.

비록 제 1 렌즈 배열(32H)이 제 1 실시예의 제 1 렌즈 배열(32)과 동일하고 타원 미러가 광원(20)의 오목 미러(24)를 위해 사용된다 하더라도, 조명 광학계(100H)로 얻어지는 것과 동일한 효과가 얻어질 수 있다. 특히, 제 1 렌즈 배열(32)이 동심 렌즈로 형성되기 때문에, 제 1 렌즈 배열(32)에서의 여러 가지 유형의 수차와 제조 비용이 조명 광학계(100H)의 경우에 비해 효과적으로 감소될 수 있다.

H. 제 8 실시예 :

도 16 은 본 발명의 제 8 실시예로서 조명 광학계의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 이 조명 광학계(100I)은 배율 변경 중계 광학계(30I), 편광 변환 광학계(40I) 및 중첩 광학계(50I)를 포함한다.

광원(20)의 오목 미러(24)가 포물선 미러일 때, 광원(20)에서 방출되는 광선속의 평행성은 광축(이후 본 명세서에서 중심부라고 언급됨) 주위에서 가장 열악하게 되며 가장 자리로 가며 더 우수해지는 경향이 있다. 제 5 실시예에서 도 12를 참조하여 전술된 바와 같이, 선속이 열악한 평행성을 가질 때, 배율 변경 중계 광학계에서 출사되는 각 부분 광선속은 더 큰 발산을 나타내게 된다. 결과적으로 편광 변환 광학계(40H)에 도달하는 부분 광선속은 가장 자리에서보다 중심부에서 더 크게 되는 경향이 있다. 더욱이, 광의 세기가 광원(20)의 중심부에서 더 크기 때문에, 중심부의 부분 광선속의 크기와 나란한 x 방향으로 편광 변환 광학계(40H)의 크기를 설정하는 것이 바람직하다. 기준으로 중심부의 부분 광선속을 사용하는 것은 중심부의 부분 광선속보다도 가장 자리부의 부분 광선속이 수직과 수평으로 더 작게 되도록 해주며, 이것에 의하여 편광 변환 광학계(40H)의 가장 자리부의 수직과 수평 크기를 감소시키는 것이 또한 가능하게 된다.

편광 변환 광학계(40I)는 ±x 방향으로 최외각에 있는 부분 광선속이 도달하는 부분(40I1)이 그이외의 부분(40I2)보다 더 작게 되게 구성된다. 배율 변경 중계 광학계(30I)는 서로 다른 렌즈 특성을 갖는 두 부분(30I1 및 30I2)으로 구성되어 있는데, 부분(30I1)은 편광 변환 광학계부(40I1)에 대응하는 크기의 광선속을 발생시키고 부분(30I2)은 편광 변환 광학계부(40I2)에 대응하는 크기의 광선속을 발생시킨다. 제 3 렌즈 배열(52I)과 제 4 렌즈 배열(54I)은 또한 부분(52I1 및 54I1)이 편광 변환 광학계부(40I1)의 크기에 대응하고 또 부분(52I2 및 54I2)이 편광 변환 광학계부(40I2)의 크기에 대응하게 구성된다.

조명 광학계(100I)는 편광 변환 광학계(40I)의 하류 측에 위치되어 그 광학계를 더 작게 해준다. 또한 조명 영역(80) 상의 광의 입사각은, 광학적 특성이 입사각에 의존하는 광학계나 광학 소자가 조명 광학계의 하류에 사용되어야 할 때, 그 광학계와 소자들의 광이용 효율이 제 1 실시예의 조명 광학계(100)에 비하여 증가될 수 있도록 감소될 수 있다.

J. 제 9 실시예 :

도 17 은 본 발명의 조명 광학계를 사용하는 투사기의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 이 투사기(1000)는 조명 광학계(100'), 색상 분리 광학계(200), 광유도 광학계(220), 세 개의 액정 광밸브(액정 패널)(300R, 300G, 300B), 교차 이색 프리즘(cross dichroic prism)(320) 및 투사 광학계(340)를 포함한다. 투사기(1000)에 있어서, 조명 광학계(100')에서 방출된 광은 색상 분리 광학계(200)에 의하여 적색(R), 청색(B) 및 녹색(G)광으로 분리된다. 각 색상의 광은 해당 액정 광밸브(300R, 300G 및 300B)를 통과해 가고 이미지 정보에 따라 변조된다. 이 변조된 색상 광은 그후 교차 이색 프리즘(320)에 의하여 결합되고 색상 이미지는 투사 광학계(340)에 의하여 스크린(SC) 상에 디스플레이 된다.

조명 광학계(100')에 있어서, 조명 광학계(100)의 편광 변환 광학계(40)의 편광 분리 필름(44b) 및 반사 필름(44c)이 y 방향으로 배열되어 있다.

조명 광학계(100')를 구성하는 광학 소자의 기능은 조명 광학계(100)의 기능과 동일하다. 따라서, 조명 광학계(100')는 편광된 성분이 조명 영역(80)을 각각 구성하는 액정 광밸브(300R, 300G, 300B)를 조명하도록 동일한 편광 방향을 가지는 선형 편광된 광(이 예에서 s 편광된 광)의 조명 선속을 방출한다. 액정 광밸브(300R, 300G, 300B)의 입사면에는 조명 광의 편광도(degree of polarization)를 향상시키기 위하여 편광판(편광판의 투과축이 광의 편광축과 나란하도록 배열됨)이 제공된다. 그러나, 조명 광학계(100')에서 방출되는 광이 고도로 편광되기 때문에, 편광판은 생략될 수 있다. 여기에 언급되고 있는 조명 광의 편광도는 미리 지정된 선형 편광된 광인 조명광의 비율을 의미한다.

색상 분리 광학계(200)는 조명 광학계(100')로부터 나오는 광선속을 적색, 청색 및 녹색 광으로 분리하는 기능을 하는 이색 미러(dichroic mirror)(202 및204)와 반사 미러(208)를 포함한다. 제 1 이색 미러(202)는 조명 광학계(100')에서 나오는 광에 포함된 적색 광의 성분을 투과시키고 청색과 녹색 성분을 반사시킨다. 제 1 이색 미러(202)에 의하여 투과된 적색 광은 반사 미러(208)에 의하여 교차 이색 프리즘(320) 상에 반사된다. 색상 분리 광학계(200)에서 나오는 적색 광은 필드 렌즈(232)를 경유하여 적색 액정 광밸브(300R)로 통과한다. 이 필드 렌즈(232)는 조명 광학계(100')에서 방출되는 부분 광선속을 이 조명 광학계의 중심축과 평행한 광선속으로 변환시킨다. 기타 다른 액정 광밸브의 전면에 제공된 필드 렌즈(234 및 230)도 동일한 기능을 한다.

제 1 이색 미러(202)에서 반사된 청색과 녹색 광 성분 중에서, 녹색 광은 제 2 이색 미러(204)에 의하여 반사되고 또 이것에 의하여 교차 이색 프리즘(320)을 향하여 편향된다. 이 색상 분리 광학계(200)에서 방출되는 녹색 광 성분은 필드 렌즈(234)를 경유하여 녹색 액정 광밸브(300G)로 통과한다. 제 2 이색 미러(204)에 의해 투과된 청색 광 성분은 색상 분리 광학계(200)를 빠져 나가고 광유도 광학계(220)에 도달하는데, 이 광유도 광학계(220)에서 청색 광은 입구 렌즈(222), 중계 렌즈(226), 반사 미러(224 및 228) 및 출구 렌즈(필드 렌즈)(230)를 통과해 가며, 청색 액정 광밸브(300B)에 도달한다. 청색 광에 대해 유도 광학계(220)를 사용하는 이유는 청색 광의 광학 경로가 다른 색상

의 광경로 보다 더 길다는 사실에서 야기되는 광이용 효율의 저하를 방지하기 위한 것이다. 다르게 말하면, 청색 광이 불변한 채 출구 렌즈(230)로 투과되게 해주기 위한 것이다. 조명 광학계(100')의 중첩 렌즈(56)에서부터 각 액정 광밸브(300R 및 300G)까지의 거리는 실질적으로 동일하도록 설정된다.

액정 광밸브(300R, 300G 및 300B)는 수신된 이미지 정보(이미지 신호)에 따라 각 색상의 광을 변조하기 위한 광변조기로서 기능을 한다. 교차 이색 프리즘(320)은 색상 이미지를 형성하기 위하여 이와 같이 변조된 세 개의 색상의 광을 결합하기 위한 색상 결합 광학계로서의 기능을 한다. 교차 이색 프리즘(320)은 교차된(X자) 형태로 배열된 다층 유전체 필름 스택으로 형성된 적색 광 반사면(321)과 다층 유전체 필름 스택으로 형성된 청색 광반사면(322)을 포함한다. 적색 반사 이색면(321)과 청색 반사 이색면(322)은 본 발명의 색상 결합면을 구성한다. 교차 이색 프리즘(320)에 의하여 결합된 광은 스크린(SC) 상에 색상 이미지를 디스플레이 하기 위해 결합된 광을 투사하는 투사 광학계(340)의 방향으로 빠져 나간다. 투사 광학계(340)를 위해 원거리 동공 렌즈(telecentric lense)를 사용하는 것이 바람직하다.

높은 편광 변환 효율을 갖는 조명 광학계(100')를 사용하는 것은 투사기(1000)의 광이용 효율을 향상시켜서 더 밝은 이미지 디스플레이를 만들어준다.

전술된 다른 실시예 중 하나의 실시예로부터 조명 광학계를 갖는 투사기(1000)를 사용하는 것은 여전히 실질적으로 동일한 효과가 달성되게 해 줄 수 있다.

도 18a 및 도 18b 는 조명 광학계(100')로부터 제 1 이색 미러(202), 제 2 이색 미러(204) 및 교차 이색 프리즘(320)까지 가는 광에 관한 설명도이다. 도 18a 및 도 18b 는 편의를 위해 직선으로 배열되어 도시된, 제 1 이색 프리즘(202), 적색 액정 광밸브(300R) 및 교차 이색 프리즘(320) 위에만 집중된다. 도시된 바와 같이 제 1 이색 프리즘(202)은 yz 평면에 대하여 미리 지정된 각(ΘM1)을 형성하면서, xz 평면에 실질적으로 수직으로 위치한다.

도 19 는 제 1 이색 미러(202)의 색상 분리 특성을 도시한다. 광선속이 미리 지정된 각도(ΘM1)로 제 1 이색 미러(202)에 입사하게 될 때, 이색 미러(202)는 도 19에서 실선으로 나타낸 바와 같이 적색 성분(약 580㎚ 이상)만을 투과하고 다른 성분(청색과 녹색)성분을 반사시킨다. 제 1 이색 미러(202)에 입사하는 광의 입사각에서의 변이는 색상 분리 특성에서의 해당 변화를 야기한다. 그러므로, 이 광이 미리 지정된 각도(ΘM1)로 제 1 이색 미러(202)로 입사하게 되지 않으면, 적색 액정 광밸브(300R)로 유도된 적색 광에는 변이가 있게 될 것이다.

도 18a 에 도시된 바와 같이, 비록 두 개의 광선속(LA1, LA2)이 광학계 광축(1000LC)에 대하여 동일한 절대값의 각도(ΘLA1, ΘLA2)로 x 방향으로 서로 다른 지점에서 방출될지라도, 제 1 이색 미러(202)에 입사하는 광의 입사각(ΘA1, ΘB1)은 여전히 서로 다르고 미리 정해진 각도(ΘM1)에서 벗어나게 될 것이다. 예를 들어, 광선속(LA1)에 대하여, 그 결과는 도 19 에 일점쇄선으로 나타나 있는 특성의 유형이 될 것이고, 또한 LA2 에 대하여는 실선으로 나타나 있는 필요로 하는 색상 분리 특성이 아닌 쇄선으로 나타나 있는 특성의 유형이 될 것이다. 구체적으로, xy 평면 내에 광학계 광축(1000LC)에 대하여 입사각(ΘLA1, ΘLA2)을 갖는 비스듬한 입사광이 존재한다면, 제 1 이색 미러(202)의 색상 분리 특성은 입사각의 넓이(widening)에 비례하는 변화를 보여줄 것이며, 적색 액정 광밸브(300R)로 유도된 적색 광의 x 축을 따라 비대칭 색상 변이를 야기할 것이다.

도 18b 에 도시된 바와 같이, 다른 한편으로, 만약 두 개의 광선속(LB1, LB2)이 광학계 광축(1000LC)에 대하여 동일한 절대값의 각도(ΘLB1, ΘLB2)로 y 방향으로 서로 다른 지점으로부터 방출된다면, 제 1 이색 미러(202)에 대하여 절대 입사각(Θa1, Θb1)도 동일하게 될 것이며, 그 결과 광선속(LA1 및 LA2)에 대하여 색상 분리 특성이 또한 동일하게 될 것이다. 예를 들어, 선속(LB1 및 LB2) 모두에 대한 특성이 일점 쇄선으로 도 19에 나타나 있는 특성일 것이다. 구체적으로, 만약 yz 평면 내에 광학계 광축(1000LC)에 대하여 입사각(ΘLA1, ΘLA2)을 갖는 비스듬한 입사광이 존재한다면, 제 1 이색 미러(202)의 색상 분리 특성은 입사각의 1/2 넓이에 비례하는 변화를 보여줄 것이고, 적색 액정 광밸브(300R)로 유도된 적색 광의 y 축을 따라 대칭 색상 변이를 일으킬 것이다. 그러나, 중요한 점은 yz 평면에 있는 비스듬한 입사광이 이색 미러의 색상 분리 특성에 대해 가지는 효과가 xz 평면에서 비스듬한 입사광의 효과보다 더 작다는 점이다. 그 결과, 제 1 이색 미러(202)를 경유하여 적색 액정 광밸브(300R)로 투과된 적색 광의 경우에 y 방향으로의 색상 변이의 효과는 x 방향으로의 그러한 색상 변이의 효과보다 더 작다.

이것은 광선속이 광학계 광축(1000LC)에 대하여 조명 광학계로부터 나오는 각도에 대하여 이 각도가 y 방향으로의 각도보다 x 방향으로 더 작게 되는 것이 바람직하다는 것을 보여준다.

조명 광학계(100')의 편광 변환 광학계(40)에 있어서, 배율 변경 중계 광학계(30)에서 출사하는 각 부분 광선속은 편광 분리 필름(44b)과 반사 필름(44c)이 배열되어 있는 방향, 즉 y 방향의 두 선속으로 분리된다. 조명 광학계(100')에서 방출된 조명 선속의 밀도는 x 방향에서보다 y 방향에서 더 높은데, 그래서 x 방향으로 배열된 광선속의 효과에 비해 y 방향으로 배열된 선속이 광학 특성이 각도의 의존성을 갖는 광학계나 광학 소자에 대하여 더 큰 효과를 가지는 경향이 있다. 또한 제 7 실시예를 참조하여 기술된 바와 같이, 편광된 광 분리 광학계의 크기는 편광된 광이 편광 변환 광학계(40)에서 분리되는 방향에 수직인 방향으로 축소될 수 있어서, 편광된 광이 분리되는 방향에 해당하는 평면(yz 평면)으로의 광선속의 기울기는 편광된 광이 분리되는 방향에 수직인 평면(xz 평면)에서의 광선속의 기울기보다 더 크게 되고, 그리하여 각도 의존의 광학 특성을 갖는 광학계나 광학 소자에 대한 효과가 더 크게 되는 경향이 있다.

제 1 이색 미러(202)에 대한 전술한 설명은 또한 제 2 이색 미러(204)에도 적용된다.

전술한 것에 기초하여, 투사기(1000)에 있어서, 편광 변환 광학계(40)는 x 방향으로보다 오히려 y 방향으로 선형 편광된 광 성분을 분리시키는 조명 광학계를 사용하는 것이 바람직하다. 즉, 본 발명의 조명 광학계가 이색 미러를 포함하는 장치에 적용될 때, 편광 변환 광학계에서 편광된 광이 분리되는 방향이 광이 이색 미러에 의하여 두 가지의 색상으로 분리되는 방향에 직각으로 배열되어지는 것이 바람직하다. 이것은 투사된 이미지에서 색상 변동을 유리하게 감소시킬 것이다.

투사기(1000)는 편광 변환 광학계(40)가 y 방향으로 선형 편광된 광 성분을 분리하는 조명 광학계(100')를 사용하기 때문에, 색상 변동은 투사된 이미지에서 감소될 수 있다.

이색 미러를 참조하여 주어진 위 설명은 또한 교차 이색 프리즘(320)의 적색 반사 이색면(321)과 청색 반사 이색면(322)에도 적용된다. 구체적으로, 도 18a에 도시된 바와 같이, 비록 두 개의 광선속(LA1, LA2)이 광학계 광축(1000LC)에 대하여 동일한 절대 각도(ΘLA1, ΘLA2)로 x 축을 따라 서로 다른 지점에서 방출될지라도, 적색 반사 이색면(321)에 입사하는 광의 입사각(ΘA2, ΘB2)은 여전히 서로 다르고 미리 지정된 각도(ΘM2)에서 벗어날 것이다. 다른 한편으로, 도 18b 에 도시된 바와 같이, 만약 두 개의 광선속(LB1, LB2)이 광학계 광축(1000LC)에 대하여 동일한 절대 각도(ΘLB1, ΘLB2)로 y축을 따라 서로 다른 지점으로부터 적색 반사 이색면(321)에 입사한다면, 제 1 이색 미러(202)에 대한 절대 입사각(Θa2, Θb2)은 동일하게 될 것이다.

그러므로, 본 발명의 조명 광학계가 교차 이색 프리즘을 포함하는 장치에 적용될 때, 편광 변환 광학계에서 편광된 광이 분리되는 방향은 광이 이색 프리즘에 의하여 두 가지의 색상으로 분리되는 방향에 수직으로 배열되어지는 것이 바람직하다.

투사기(1000)는 편광 변환 광학계(40)가 y 방향으로 선형 편광된 광 성분을 분리하는 조명 광학계(100')를 사용하기 때문에, 색상 변동은 투사된 이미지에서 감소될 수 있다.

투사기(1000)가 색상 이미지를 디스플레이 하기 위한 장치를 참조하여 기술되었지만, 이 장치는 단색 이미지를 디스플레이 하기 위한 투사기에도 적용될 수 있다.

K. 제 10 실시예 :

도 20 은 본 발명의 조명 광학계를 사용하는 다른 투사기의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다. 이 투사기(2000)는 제 1 실시예의 조명 광학계(100)를 사용한다.

투사기(2000)는 조명 광학계(100), 편광 분리 프리즘(420), 반사형 액정 광밸브(액정 패널)(440) 및 투사 광학계(340)를 포함한다. 반사형 액정 광밸브(440), 편광 분리 프리즘(420) 및 투사 광학계(340)은 광학계 광축(2000LC)에서 그 순서대로 배치된다.

조명 광학계(100)에서 방출되는 s 편광 상태의 선형 편광된 광은 광학계 광축(2000LC)에 평행하고 편광 분리 필름(428)에 입사하는 측면(422)을 통과하여 편광 분리 프리즘(420)에 들어간다. 편광 분리 필름(428)은 s 편광된 광을 반사시키고 p 편광된 광을 투과시켜서, 편광 분리 필름(428)에 입사하는 s 편광된 광이 광밸브(440)와 마주하는 측면(424)을 통해 반사된다.

광밸브(440)에 입사하는 광은 입사 방향과 반대 방향으로 되반사된다. 액정이 완전히 오프일 때, 광밸브(440)를 빠져나가는 광은 s 편광된 광인데, 이 광은 편광 분리 프리즘(420)에 들어가고 편광 분리 필름(428)에 의하여 다시 반사된다. 그 결과, 광밸브(440)에서 나오는 광은 투사 광학계(340)에 도달하지 않지만, 조명 광학계(100)과 마주보는 측면(422)으로부터 빠져 나오며, 스크린(SC) 상에 다크 디스플레이(dark display)를 일으킨다. 액정이 완전히 온 일 때, 광밸브(440)에서 빠져 나오는 광은 p 편광된 광으로 변환되고 그리하여 편광 분리 필름(428)에 의하여 투과된다. 그 결과, 광밸브(440)에서 나오는 광은 측면(426)에서 빠져 나오고 투사 광학계(340)에 도달하여, 밝은 스크린 디스플레이를 발생시킨다. 액정이 온과 오프 사이의 중간 상태에 있을 때, 중간 상태는 s 및 p 편광된 광 모두를 포함하여 해프-톤(half-tone) 디스플레이를 발생시킨다.

이러한 방식으로, 투사기(2000)는 수신된 이미지 정보에 따라 광밸브(440)의 각 화소의 액정을 온 및 오프로 스위치하기 위하여 조명 광학계(100)로부터 방출된 광을 사용하고, 그리하여 스크린 상에 이미지를 디스플레이 한다.

본 제 10 실시예의 투사기(2000)로 인한, 광이용 효율은 또한 고도로 편광된 광 변환 효율을 갖는 조명 광학계를 사용하여 증가될 수 있고, 밝은 이미지의 디스플레이를 가능하게 한다.

실질적으로 동일한 효과가 전술된 다른 실시예에서 사용된 조명 광학계 중 하나의 광학계를 사용하는 투사기(2000)로 달성될 수 있다.

편광 분리 프리즘(420)은 청구된 발명의 편광 분리 광학 소자에 해당한다.

투사기(2000)는 편광 분리 프리즘(420)에 의하여 광밸브(440) 상에 반사되는 조명 광학계(100)로부터 나오는 조명광을 참조하여 기술되어 왔다. 그러나, 대신에 조명 광학계(100)로부터 나오는 조명 광이 편광 분리 프리즘(420)에 의하여 반사형 액정 광밸브(440) 상에 투과되고, 또한 반사형 액정 광밸브(440)에 의하여 반사된 광이 편광 분리 프리즘(420)에 의하여 투사 광학계(340) 상에 반사되는 배열이 사용될 수 있다.

도 21 은 편광 분리 프리즘(420)에 입사하는 광에 관한 설명도이다. 여기에서 설명은 yz 평면에서의 광에 집중한다. 광(B)은 측면(422)에 수직으로{즉, 측면(422)에 수직한 선을 따라 또는 z 축을 따라} 입사하는 광선속이고, 또한 광(A)과 광(C)은 광입사면(422)의 법선에 어느 각도로 입사하는 비스듬히 입사하는 광선속이다. 만약 측면(422)에 입사하는 광의 편광축은 편광된 광이 편광 분리 필름(428)에 의하여 분리된 방향(z 및 x 방향)에 수직하다면, 즉 만약 편광축이 y 방향이라면, A, B 또는 C 광은 편광 분리 필름(428)에 의하여 반사되어 90도 편향될 것이고, 또한 그리하여 측면(424)으로부터 빠져 나갈 것이다. 광(B)이 입사면(422)에 수직으로 입사하기 때문에, 편광 분리 필름(428)에 의하여 측면(424)으로 반사된 광(B)의 편광축의 방향은 y 방향이 될 것이다. 그러나, 입사면(422)에 비스듬히 입사하는 광(A 및 C)의 경우에, z 방향으로부터 편광 분리 프리즘(420)을 바라볼 때, 측면(424)으로부터 나오는 광의 편광축은 y 축과 일치하는 것이 아니라 y 축에 대하여 + ΘR{광(A)}, -ΘR{광(C)}로 회전하게 될 것이다. 여

기에서, 반시계 회전을 양으로 잡는다. 만약 광이 편광된 광이 편광 분리 필름(428)에 의하여 분리되는 방향(x 및 z 축 방향)에 수직한 평면(yz 평면) 내의 z 축에 대하여 기울어진 각도로 편광 분리 필름(428)에 입사한다면, 편광 분리 필름(428)에 의하여 반사된 광의 편광축은 편광 분리 필름(428)의 편광된 광 분리 특성에도 불구하고 회전될 것이다. 이것은 비록 선형 편광된 광이 미리 편광축이 설정되어진 이후에 편광 분리 프리즘(420)에 입사한다 할지라도, 선형 편광된 광의 일부가 측면(422)에 대하여 비스듬히 입사한다면, 측면(424)에서 출사하고 반사형 액정 광밸브(440)에 입사하는 광은 원치 않는 선형 편광된 광성분을 포함하고 또 투사된 이미지의 밝기와 컨트라스트를 저하시킨다는 것을 의미한다.

그러므로, 조명 광학계에서 방출된 광이 광학계 광축(2000LC)에 대하여 y 방향, 즉 편광된 광이 편광 분리 필름(428)에 의하여 분리된 방향에 수직인 방향으로 더 작은 기울기를 가지는 것이 바람직하다.

전술된 바와 같이, 조명 광학계에서 방출되는 조명 선속의 밀도는 편광 변환 광학계(40)가 편광된 광을 분리하는 방향에 수직 방향에서보다 편광된 광을 분리하는 방향에서 더 높다. 그러므로, 편광된 광이 분리되는 방향에 대해 직각으로 진행하는 광선속에 비해, 편광된 광이 분리되는 방향과 일렬로 정렬된 광선속이 광학 특성이 각도 의존을 가지는 광학계나 광학 소자에서 더 강한 효과를 가지는 경향이 있다. 더욱이, 제 7 실시예를 참조하여 기술된 바와 같이, 편광된 광 분리 광학계의 크기는 편광 변환 광학계(40)가 편광된 광을 분리하는 방향에 수직인 방향으로 축소될 수 있는데, 그 결과 편광된 광이 분리되는 방향을 포함하는 평면에서의 광선속의 기울기가 편광된 광이 분리되는 방향과 수직인 평면에서의 광선속의 기울기보다 각도 의존의 광학 특성을 갖는 광학계나 광학 소자에 더 큰 효과를 갖는 경향이 있다.

전술한 설명에 기초하여, 제 10 실시예의 투사기(2000)에 있어서, 편광 변환 광학계(40)가 선형 편광된 광 성분을 편광 분리 프리즘(420)과 동일한 방향, 즉 x 방향으로 분리하는 조명 광학계를 사용하는 것이 바람직하다. 다르게 말하면, 본 발명의 조명 광학계가 반사형 액정 광밸브와 편광 분리 프리즘으로 구성된 투사기에 적용될 때, 조명 광학계의 편광 변환 광학계에서 편광된 광이 분리되는 방향이 편광 분리 프리즘이 편광된 광을 분리하는 방향과 일치하는 것이 바람직하다. 이것은 편광 분리 프리즘의 편광 변환 효율을 향상시키고 투사된 이미지의 밝기와 컨트라스트를 증가시키는데 유리할 것이다.

투사기(2000)가 단색 이미지를 디스플레이 하기 위한 장치를 참조로 하여 기술되었지만, 색상 이미지를 디스플레이 하기 위한 투사기에도 효과적으로 적용시킬 수 있다.

L. 제 11 실시예 :

도 22 는 본 발명의 조명 광학계를 사용하는 또다른 투사기의 주요부의 일반적인 구성 평면도이다.

투사기(3000)는 조명 광학계(100'), 세 개의 이색 미러(500R, 500G 및 500B), 투과형 색상 액정 광밸브(액정 패널)(520) 및 투사 광학계(340)를 포함한다. 이색 미러(500R, 500G 및 500B)는 적색(R), 녹색(G) 및 청색(B)광을 각각 반사하고 기타 다른 색을 투과시킨다. 이 미러(500R, 500G, 500B)는 서로 평행하지 않는 관계로 조명 광학계(100')에 가까운 측에 그 순서대로 배열된다. 이색 미러는 그 순서대로 배열되어야 할 필요는 없지만, 그 배열이 후술되는 단일 패널형 색상 액정 광밸브(520)의 화소 구성에 기초하여 결정된다. 또한 반사 미러는 조명 광학계(100')에서 가장 먼 이색 미러{이 실시예에서 이색 미러(500B)} 대신에 사용될 수 있다.

이색 미러(500R, 500G 및 500B)는 조명 광학계(100')의 광학계 광축(100LC)과 단일 패널형 색상 액정 광밸브(520)의 중심을 통과하여 진행하는 투사 광학계 광축(3000LC) 사이의 교점에 가까이 위치되는데, 녹색 반사 이색 미러(500G)의 미러면의 법선과 조명 광학계(100')의 광축(100LC)이 45도의 각도를 형성하게 한다. 적색 반사 이색 미러(500R)는 y 축에 대하여 시계 방향으로 회전되어, 이 미러를 이색 미러(500G)에 대해 약간의 각도가 있게 설정된다. 청색 반사 이색 미러(500B)도 y 축에 대하여 약간 회전되어 이색 미러(500G)에 대해 약간의 각도가 있게 설정되게 한다. 이 각도는 후에 설명된다.

조명 광학계(100')에서 방출된 광 중에서, 적색 광은 이색 미러(500R)에 의하여 광밸브(520) 상에 반사된다. 이색 미러(500R)에 의하여 투과된 이후에, 녹색 광은 이색 미러(500G)에 의하여 반사되고, 이색 미러(500R)를 통과하여 광밸브(520)에 도달한다. 청색 광은 이색 미러(500R 및 500G)를 통과하여 지나가고, 그후 이색 미러(500B)에 의하여 또한 반사되고 나서 광밸브(520)에 도달한다. 세 개의 이색 미러가 서로 평행하지 않기 때문에, 각 이색 미러에 의하여 반사된 광은 서로 다른 입사각으로 광밸브(520)에 도달한다.

도 23a 및 도 23b 는 단일 패널형 색상 액정 광밸브(520)의 하나의 화소 구성의 확대도이다. 도 23a 에 도시된 바와 같이, 광밸브(520)는 다수의 화소를 포함하는 광밸브부(530)와 광밸브부(530)의 입사면에 제공된 마이크로 렌즈 배열(540)을 포함한다. 광밸브부(530)의 각 화소(531)는 적색(R), 녹색 및 청색에 대응하는 세 개의 색상 세부 화소(531R, 531G, 531B)를 포함한다. 각 화소(531)의 입사면에는 하나의 마이크로 렌즈(541)가 제공된다. 서로 다른 입사각으로 단일 패널형 색상 액정 광밸브(520)에 도달하는 세 개의 색상 광선속은 마이크로 렌즈 배열(540)의 개별 마이크로 렌즈(541)에 의하여 해당 세부 화소(531R, 531G, 531B) 상에 각각 수렴되고, 각 세부 화소는 광학계에 적용되는 이미지 정보 신호에 따라 색상 광을 변조시킨다.

세 개의 이색 미러의 각도에 대응하는 광밸브(520) 상의 각 색상의 광의 입사각은 각 색상의 광이 해당 화소(531)에 입사하도록 설정된다. 이들 각도는 세부 화소(531R, 531G, 531B) 사이의 간격(PD)과 마이크로 렌즈(541)의 초점거리(fμ)에 따라 결정된다.

도 22의 광밸브(520)의 각 화소(531)에서 출사하는 광은 투사 광학계(340)에 의하여 색상 이미지를 스크린(SC)에 디스플레이 하기 위하여 투사된다.

본 제 10 실시예의 투사기(3000)에서, 또한 광이용 효율은 고도로 편광된 광 변환 효율을 갖는 조명 광학계(100')를 사용하여 증가될 수 있어서, 밝은 이미지의 디스플레이를 가능하게 한다.

더욱이, 전술된 다른 실시예에 사용되는 조명 광학계 중 하나의 광학계를 사용하는 투사기(3000)와 실질적으로 동일한 효과가 달성될 수 있다.

제 7 실시예를 참조하여 설명된 바와 같이, 편광된 광 분리 광학계의 크기는 편광된 광이 편광 변환 광학계(40)에서 분리되는 방향에 수직인 방향으로 축소될 수 있어서, 그 결과 편광된 광이 분리되는 방향을 포함하는 평면(yz 평면)에서의 광선속의 기울기가 편광된 광이 분리되는 방향과 수직인 평면(xz 평면)에서의 광선속의 기울기보다 각도 의존의 광학 특성을 갖는 광학계나 광학 소자에 대해 더 큰 효과를 갖는다. 더욱이, 조명 광학계(100)에서 방출되는 조명 선속의 밀도가 x 방향에서보다 y 방향에서 더 높기 때문에, x 방향으로 배열된 광선속의 효과에 비해, y 방향으로 배열된 선속은 광학 특성이 각도 의존을 가지는 그러한 광학계나 광학 소자에 대해 더 큰 효과를 가지는 경향이 있다. 선속 발산각과 선속 집광 특성 사이에는 반비례 관계가 있다. 작은 수렴 이미지는 큰 발산각을 갖는 광선속으로는 형성될 수 없다. 따라서, 액정 광밸브를 조명하는데 사용되는 광의 발산각이 크면 클수록, 광밸브나 투사 광학계의 광이용 효율이 더 낮아지게 된다.

도 23b에 도시된 바와 같이, 광밸브(520)의 하나의 화소(531)를 구성하는 세부 화소(531R, 531G, 531B) 각각은 y 방향으로 연장되어 있는 직사각형 형상을 가지는데, z 방향에서 보았을 때 실질적으로 정사각형 화소(531)가 된다. 그러므로, 입사하는 광선속의 발산각이나 수렴각과 같은 광학 특성과 세부 화소의 형상을 일치시키는 배열을 사용함으로써, 조명 광학계(100')의 경우에서와 같이, 조명 광학계에서 방출된 선속이 특정 방향으로 상대적으로 큰 발산각을 가질 때일지라도 광이용 효율에서의 그러한 감소를 방지하는 것이 가능하게 된다. 구체적으로, 조명 광학계(100)에서 나오는 선속이 큰 발산각을 나타내는 방향이 직사각형 세부 화소의 더 긴 측면과 일치하도록 설정되는 것이 바람직하다. 그러한 배열로서, 수렴된 이미지는 x 방향으로는 작고 또한 상대적으로 y 방향으로는 크게 되는데, 각 색상의 광이 대응 세부 화소에 도달하게 해준다.

따라서, 제 11 실시예의 투사기(3000)에 있어서, 편광 변환 광학계(40)에서 편광된 광이 분리되는 방향이 액정 광밸브에 사용된 직사각형 세부 화소의 더 긴 측과 일치하도록 설정된다. 그 결과, 각 색상의 광이 해당 세부 화소에만 도달하게 되고, 밝지만 색상 이동이 없는 이미지를 얻게 해준다. 색상 세부 화소가 공간적으로 분리되어 있는 광밸브를 사용하는, 일반적인 예가 단일 패널형 색상 액정 광밸브인, 투사기의 경우에 있어서, 선속이 가장 넓고 가장 큰 각도를 가지는 방향을 세부 화소의 더 긴 측과 나란히 정열하여 줌으로써 (디스플레이 된 이미지의 색상 표현을 저하시키는) 잘못된 세부 화소에 도달하는 각 색상의 광을 감소시키는 것이 가능하다.

전술한 실시예가 제 1 렌즈 배열, 제 2 렌즈 배열 및 중계 렌즈 배열을 포함하는 배율 변경 중계 광학계를 가지는 조명 광학계의 예를 참조하여 기술되어 왔을 지라도, 본 발명은 이것으로 제한되지 않고 대신에 아래에 기술되는 바와 같이 구성될 수도 있다.

도 25 는 본 발명의 조명 광학계의 변형을 도시한다. 조명 광학계(100J)는 광원(20), 배율 변경 중계 광학계(30J), 편광 변환 광학계(40J) 및 중첩 광학계(50J)를 포함한다. 배율 변경 중계 광학계(30J)는 제 1 실시예의 제 1 미소렌즈(32a), 중계 렌즈(36a) 및 제 2 미소렌즈(34a)와 동일한 기능을 갖는, 제 1 렌즈(32J), 중계 렌즈(36J) 및 제 2 렌즈(34J)를 포함한다.

편광 변환 광학계(40J)은 편광 선속 분리기(44Ja) 및 반사 프리즘(44Jb) 및 λ/2 지연판(46J)을 갖는다. 배율 변경 중계 광학계(30J)에서 방출되는 광선속은 편광선속 분리기(44Ja)에 도달하고 편광 분리 필름(44b)에 의하여 s 편광된 광과 p 편광된 광과 같은 두 가지 유형의 선형 편광된 광으로 분리된다. 선형 편광된 광 중에서 한 유형, 예를 들어 p 편광된 광은 편광 분리 필름(44b)을 통과해 지나가고 λ/2 지연판(46J)에 도달하는데, 거기서 s 편광된 광으로 변환되어 출사한다. s 편광된 광은 편광 분리 필름(44b)에 의하여 반사 프리즘(44Jb)으로 반사되고, 이 반사 프리즘에서부터 반사 필름(44c)에 의하여 반사되어 λ/2 지연판(46J)에서 방출된 s 편광된 광과 실질적으로 동일한 방향으로 출사된다. 이러한 방식으로, 배율 변경 중계 광학계(30J)에서 방출되는 광선속은 편광 변환 광학계(40J)에 의하여 동일한 방향으로 편광된 두 개의 광선속으로 변환된다.

중첩 광학계(50J)은, 편광 선속 분리기(44Ja)와 반사 프리즘(44Jb)의 출사측에 위치된, 한 쌍의 제 3 렌즈(52J)와 제 3 렌즈(52J)에 대응하는 한 쌍의 제 4 렌즈(54J)를 포함한다. 대응하는 제 4 렌즈(54J)와 제 3 렌즈(52J)를 통해, 편광 변환 광학계(40J)에서 나오는 두 개의 광선속은 조명 영역(80) 위의 실질적으로 동일한 위치를 조명한다.

이 조명 광학계(100J)에 있어서, 광원(20)에 의하여 방출되는 광선속의 크기는 배율 변경 중계 광학계(30J)에 의하여 또한 축소될 수 있고, 광원(20)에서 나오는 선속이 편광 변환 광학계(40)에 효과적으로 입사하게 해준다. 그 결과는 높은 편광 변환 효율을 갖는 조명 광학계가 된다.

발명의 효과

전술한 설명은 투사기에 적용되는 본 발명의 조명 광학계를 참조하여 이루어졌다. 그러나, 이것은 제한적이지 않다. 대신에 본 발명의 조명 광학계는 여러 가지 유형의 장치에 적용될 수 있다.

비록 액정 패널이 전기 광학 장치로서 사용될지라도, 조명을 위해 특정 선형 편광된 광을 사용하는 임의의 유형의 전기 광학 장치가 사용될 수 있다.

전술한 실시예는 도식적으로만 된 것이고 어떤 의미로 제한하려는 것이 아님을 분명히 이해할 수 있을 것이다. 본 발명의 사상과 범주는 첨부되는 청구 범위에 의하여만 제한된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

소정의 광학 장치의 광입사면을 조명 영역으로 조명하는 조명 광학계로서,

편광되지 않은 광을 방출하는 광원과,

상기 광원에 의하여 방출된 광선빔의 크기를 변경시키는 배율 변경 중계 광학계와,

입사하는 광선빔을 상기 조명 영역 상에 조명시키는 중첩 광학계, 및

상기 배율 변경 중계 광학계의 입사면으로부터 상기 중첩 광학계의 출사면까지의 사이에 광경로 상의 어딘가의 위치에 설치되고, 입사하는 편광되지 않은 광선빔을 하나의 유형의 편광 방향을 갖는 선형 편광된 성분(linearly polarized component)을 갖는 광선빔으로 변경하여 방출하는 편광 변환 광학계를 구비하며,

상기 편광 변환 광학계에 입사하는 광선빔의 크기가 상기 배율 변경 중계 광학계에 의하여 정해진 방향으로 축소되는 조명 광학계.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 배율 변경 중계 광학계는 다수(複數)의 제 1 미소렌즈를 갖는 제 1 렌즈 배열과,

상기 제 1 렌즈 배열의 광 방출측에 배치되고 다수의 중계 렌즈를 갖는 중계 렌즈 배열, 및

상기 중계 렌즈 배열의 광 방출측에 배치되고 다수의 제 2 미소렌즈를 갖는 제 2 렌즈 배열을 구비하며,

상기 제 1 렌즈 배열과 상기 제 2 렌즈 배열은 상기 중계 렌즈 배열의 결합점(conjugate point)에 배치되어 있고, 또한

상기 편광 변환 광학계는, 상기 정해진 방향을 따라 기울어진 상태로 배열된 서로 평행한 편광 분리 필름과 반사 필름을 복수조(組) 가지고 상기 입사하는 편광되지 않은 복수의 부분 광선빔을 각각 두 유형의 선형 편광된 광으로 분리시키는 편광 분리기 배열과,

상기 편광 분리기 배열에 의하여 얻어진 두 유형의 선형 편광된 광 중 제 1 유형의 선형 편광된 광의 편광 방향을 제 2 유형의 선형 편광된 광과 동일하게 되도록 변환시키는 편광 변환 장치를 구비하되,

상기 편광 변환 장치에 입사하는 광선빔은 상기 배율 변경 중계 광학계에 의하여 다수의 부분 광선빔으로 분리되고 또 상기 다수의 부분 광선빔의 크기는 상기 배율 변경 중계 광학계에 의하여 각각 상기 정해진 방향으로 축소되는 조명 광학계.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 중첩 광학계는 상기 중첩 광학계에 입사하는 상기 다수의 부분 광선빔이 입사하는 다수의 제 3 미소렌즈를 갖는 제 3 렌즈 배열과,

상기 다수의 제 3 미소렌즈에 대응하는 다수의 제 4 미소렌즈를 갖는 제 4 렌즈 배열, 및

상기 제 3 렌즈 배열과 상기 제 4 렌즈 배열을 통과하여 방출되는 다수의 부분 광선빔을 상기 조명 영역 상에 중첩시키는 중첩 렌즈를 구비하는 조명 광학계.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 편광 변환 광학계는 상기 제 3 렌즈 배열과 상기 제 4 렌즈 배열 사이에 배치되어 있는 조명 광학계.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 배열과 상기 제 3 렌즈 배열은 광학적으로 집적(integrated)되어 있는 조명 광학계.

청구항 6.

제 2 항에 있어서, 상기 중첩 광학계는 상기 다수의 부분 광선빔을 거의 상기 조명 영역 상에 중첩시키는 다수의 제 3 미소렌즈를 갖는 제 3 렌즈 배열과,

상기 다수의 제 3 미소렌즈에 대응하는 다수의 제 4 미소렌즈를 갖는 제 4 렌즈 배열을 구비하는 조명 광학계.

청구항 7.

제 6 항에 있어서, 상기 편광 변환 광학계는 상기 제 3 렌즈 배열과 상기 제 4 렌즈 배열 사이에 배치되어 있는 조명 광학계.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 배열과 상기 제 3 렌즈 배열은 광학적으로 집적되어 있는 조명 광학계.

청구항 9.

제 2 항에 있어서, 상기 편광 변환 광학계는 상기 배율 변경 중계 광학계와 상기 중첩 광학계 사이에 배치되어 있는 조명 광학계.

청구항 10.

제 2 항에 있어서, 상기 편광 변환 광학계는 상기 배율 변경 중계 광학계의 상기 중계 렌즈 배열과 상기 제 2 렌즈 배열 사이에 배치되어 있는 조명 광학계.

청구항 11.

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 렌즈 배열의 상기 다수의 제 1 미소렌즈는, 상기 편광 변환 광학계에 입사하는 다수의 부분 광선빔이 적어도 상기 정해진 방향에 수직인 방향으로 서로 인접하도록, 각각 상기 정해진 방향에 수직인 방향으로 각각 다른 광축 위치를 가지는 조명 광학계.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 상기 정해진 방향에 따라 배열된 다수의 부분 광선빔의 상기 배율 변경 중계 광학계에서 축소율(reduction ratio)은 각 부분 광선빔의 배열 위치에 따라 상이하게 되어 있는 조명 광학계.

청구항 13.

제 2 항에 있어서, 상기 중계 렌즈는 적어도 두 개의 렌즈로 구성된 복합 렌즈인 조명 광학계.

청구항 14.

투사된 이미지를 디스플레이 하기 위한 투사기에 있어서,

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 기재된 조명 광학계와,

상기 조명 광학계로부터 입사 광을 이미지 신호에 따라 이미지를 형성하기 위한 광으로 변환하여 방출하는 전기 광학 장치, 및

상기 전기 광학 장치에서 방출된 광을 투사하는 투사 광학계를 구비하는 투사기.

청구항 15.

제 14 항에 있어서, 상기 조명 광학계에서 방출된 광을 다수의 색상 성분으로 분리하는 색상 분리 광학계와,

상기 색상 분리 광학계에 의하여 분리된 각 색상 성분을 개별적으로 수신하기 위한 다수의 상기 전기 광학 장치, 및

상기 다수의 전기 광학 장치에서 방출된 각 색상 성분의 광을 결합하기 위한 색상 결합 광학계를 구비하며, 상기 투사 광학계를 통하여 상기 색상 결합 광학계에서 방출되는 상기 결합된 광을 투사하는 투사기.

청구항 16.

제 15 항에 있어서, 세 개의 서로 직교하는 방향축을 x, y, z로 하고 상기 조명 광학계에서 방출되는 광의 광축에 평행한 방향을 z 방향이라고 할 때, 상기 색상 분리 광학계는 xz 평면에 대하여는 대략 수직을 이루고 yz 평면에 대하여 정해진 각도를 이루는 색상 분리면을 가지며, 또한

상기 조명 광학계는 상기 편광 변환 광학계에 포함된 복수조의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열된 상기 정해진 방향이 거의 y 방향과 동일하도록 배치되어 있는 투사기.

청구항 17.

제 15 항에 있어서, 세 개의 서로 직교하는 방향축을 x, y, z로 하고, 상기 조명 광학계에서 방출되는 광의 광축에 평행한 방향을 z 방향이라고 할 때, 상기 색상 결합 광학계는 xz 평면에 대하여는 거의 수직을 이루고 yz 평면에 대하여 정해진 각도를 이루는 색상 결합면을 가지며, 또한

상기 조명 광학계는 상기 복수조의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열된 상기 정해진 방향이 거의 y 방향과 동일하도록 배치되어 있는 투사기.

청구항 18.

투사된 이미지를 디스플레이 하기 위한 투사기에 있어서,

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 기재된 조명 광학계와,

입사광을 주어진 이미지 신호에 따라 이미지를 형성하기 위한 광으로 변환함과 함께 반사하여 방출하는 반사형 전기 광학 장치와,

상기 반사형 전기 광학 장치에서 방출된 광을 투사하는 투사 광학계, 및

상기 조명 광학계로부터 방출되어 입사하는 선형 편광된 광을 상기 반사형 전기 광학 장치 쪽에 방출함과 함께 상기 반사형 전기 광학 장치로부터 방출되어 입사하는 상기 선형 편광된 광과 수직인 편광 방향을 갖는 선형 편광된 광을 상기 투사 광학계 쪽으로 방출하는 편광 분리 광학 소자를 구비하는 투사기.

청구항 19.

제 18 항에 있어서, 세 개의 서로 직교하는 방향축을 x, y, z로 하고, 상기 조명 광학계에서 나오는 광의 광축에 평행한 방향을 z 방향이라고 할 때, 상기 편광 분리기 소자는 xz 평면에 대하여는 거의 수직을 이루고 yz 평면에 대하여 정해진 각도를 이루는 편광된 광 분리면을 가지며, 또한

상기 조명 광학계는 상기 편광 변환 광학계에 포함된 복수조의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열된 상기 정해진 방향이 거의 x 방향과 동일하도록 배치되어 있는 투사기.

청구항 20.

투사된 이미지를 디스플레이 하기 위한 투사기에 있어서,

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 기재된 조명 광학계와,

다수의 각 색상 광에 각각 대응하는 다수의 세부 화소를 각각 포함하는 다수의 화소와 각 화소에 대응하는 다수의 미소집광 소자를 구비하여 구성된 집광 광학계를 갖고, 각 화소를 통과하는 광을 주어진 이미지 정보에 따라 각 화소를 형성하기 위한 광으로 변환하는 전기 광학 장치와,

상기 조명 광학계에서 방출되는 광을 다수의 색상 성분으로 분리함과 함께 상기 다수의 색상 성분을 각각 대응하는 상기 다수의 세부 화소에 입사하도록 서로 다른 방향으로 방출하는 색상 분리 광학계, 및

상기 전기 광학 장치에서 방출된 각 화소를 형성하기 위한 광을 투사하는 투사 광학계를 구비하는 투사기.

청구항 21.

제 20 항에 있어서, 세 개의 서로 직교한 방향축을 x, y, z로 하고, 상기 조명 광학계에서 방출되는 광의 광축에 평행한 방향을 z 방향이라고 할 때, 상기 색상 분리 광학계는 다수의 색상 성분으로 광을 선택적으로 분리하는 다수의 색상 분리면을 갖고, 상기 다수의 색상 분리면은 xz 평면에 대하여는 거의 수직으로 배치되고 yz 평면에 대하여는 각각 다른 정해진 각도로 배치되며,

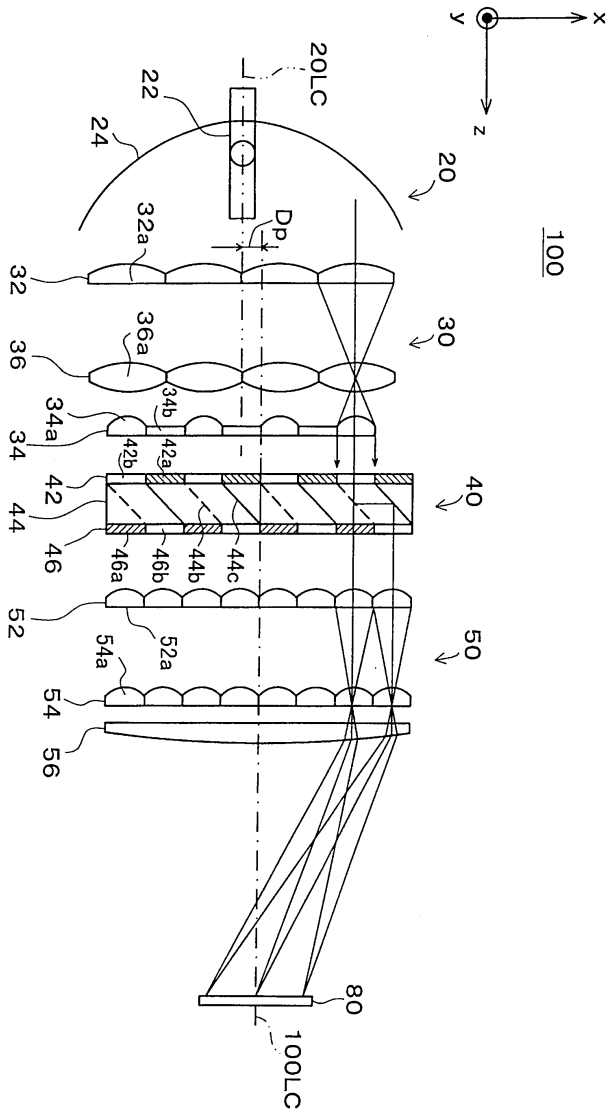
상기 조명 광학계는 상기 편광 변환 광학계에 포함된 복수조의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열된 상기 정해진 방향이 거의 y 방향과 동일하도록 배치되어 있는 투사기.

청구항 22.

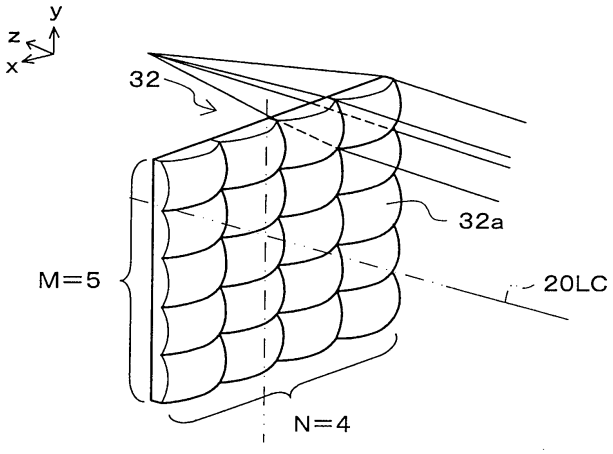
제 20 항에 있어서, 상기 조명 광학계는 복수조의 편광 분리 필름과 반사 필름의 쌍이 배열되는 상기 정해진 방향이 상기 각 화소에 포함되는 상기 다수의 세부 화소의 배열 방향에 수직인 방향과 거의(substantially) 동일한 투사기.

도면

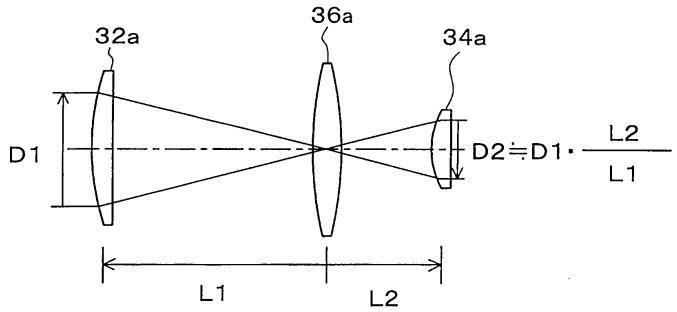
도면1


y
x
z
20LC
22
24
20
100
Dp
32a
32
36a
36
30
34b
34a
34
42a
42b
42
40
44
46
46a
46b
44b
44c
52
52a
54a
50
54
56
80
100LC

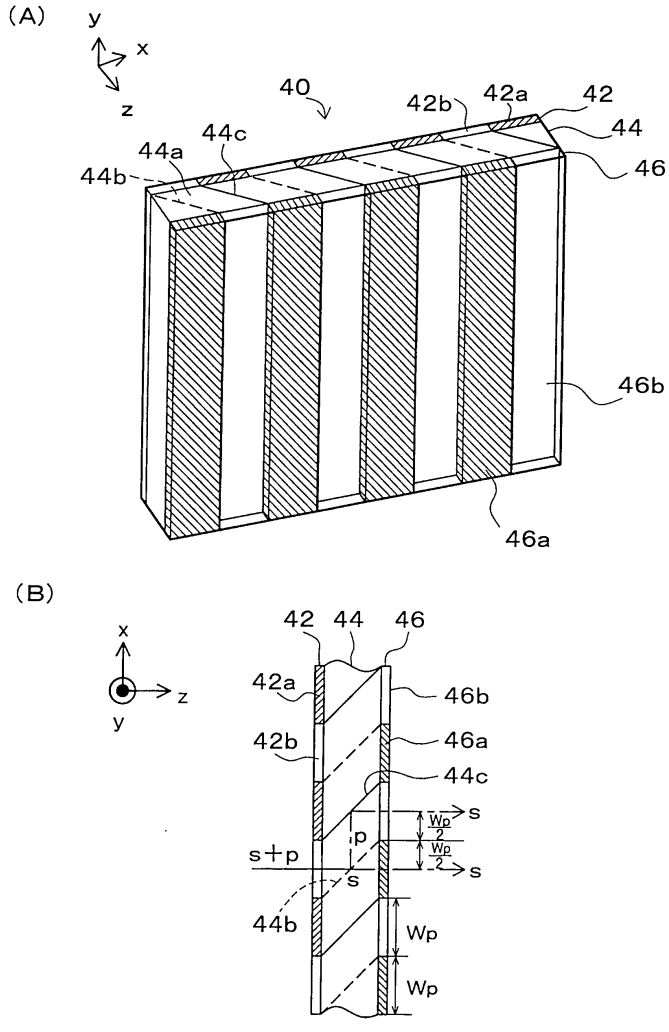
도면2


y
z
x
32
32a
M=5
20LC
N=4

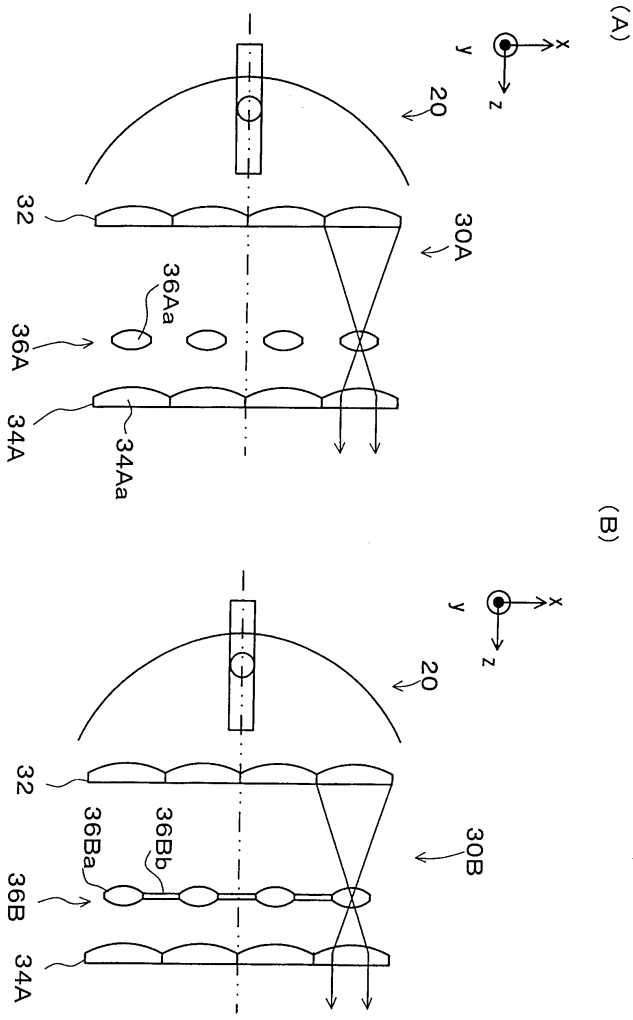
도면3


32a
36a
34a
D1
D2≒D1·L2/L1
L1
L2

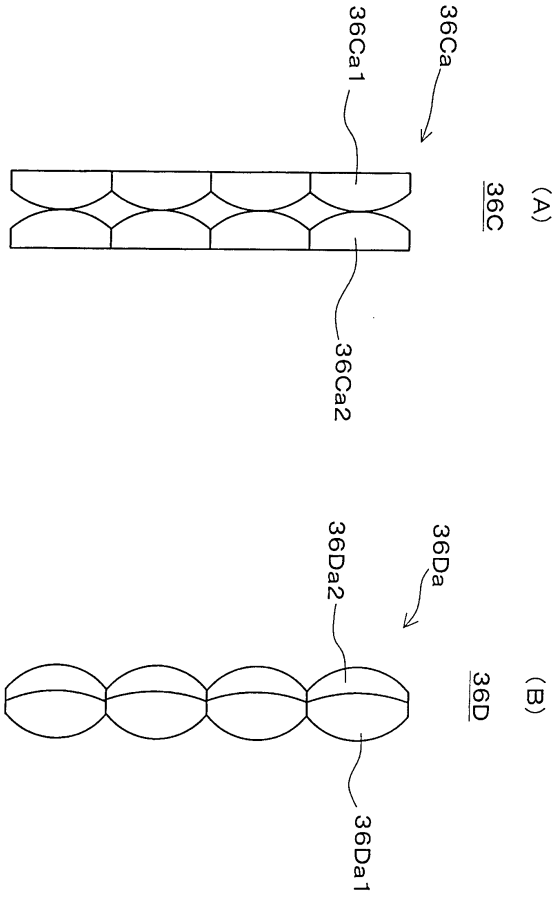
도면4


(A)
y
x
z
40
42b
42a
42
44
44c
44a
44b
46
46b
46a
(B)
x
z
y
42
44
46
42a
46b
42b
46a
44c
Wp/2
s
p
s+p
s
Wp/2
s
44b
Wp
Wp

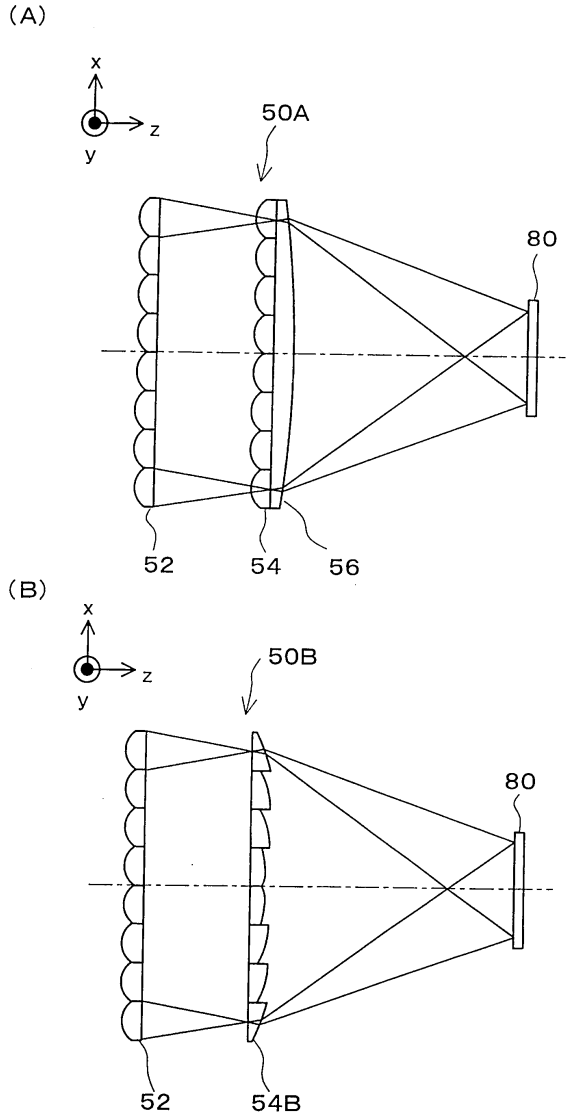
도면5


(A)
x
y
z
20
32
30A
36Aa
36A
34A
34Aa
(B)
x
y
z
20
32
36Ba
36Bb
30B
36B
34A

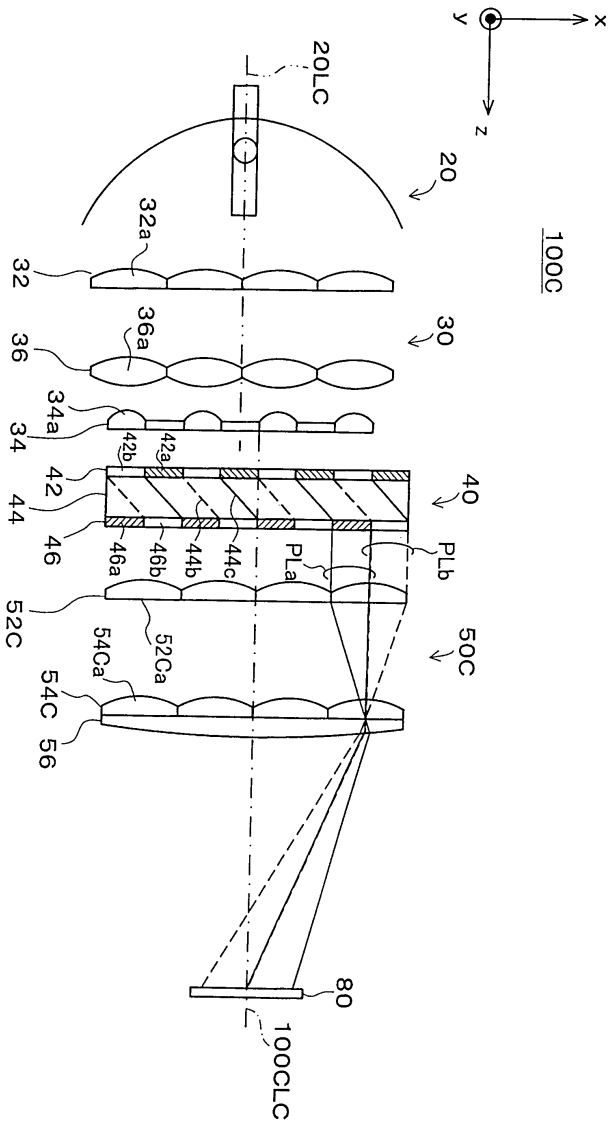
도면6



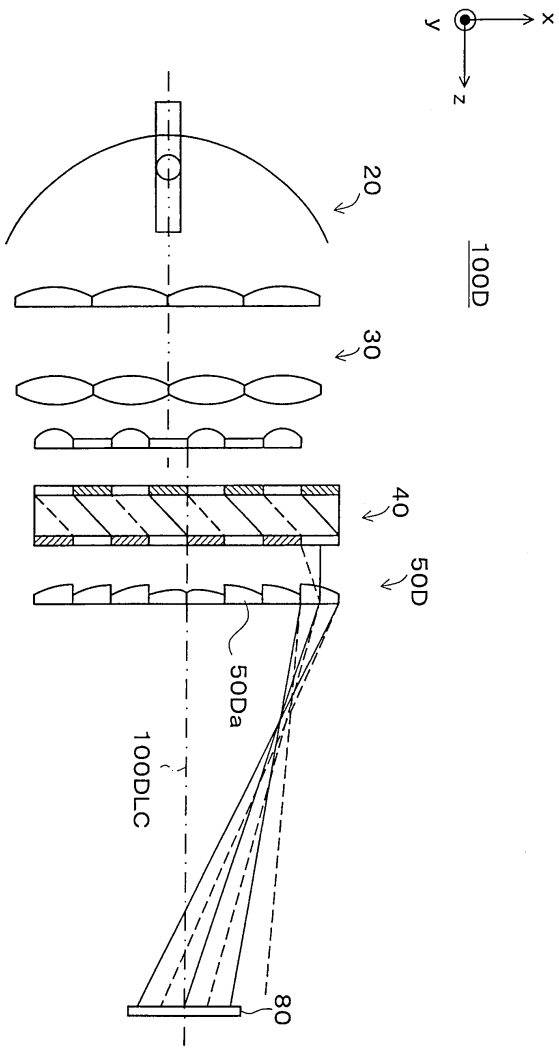
도면7



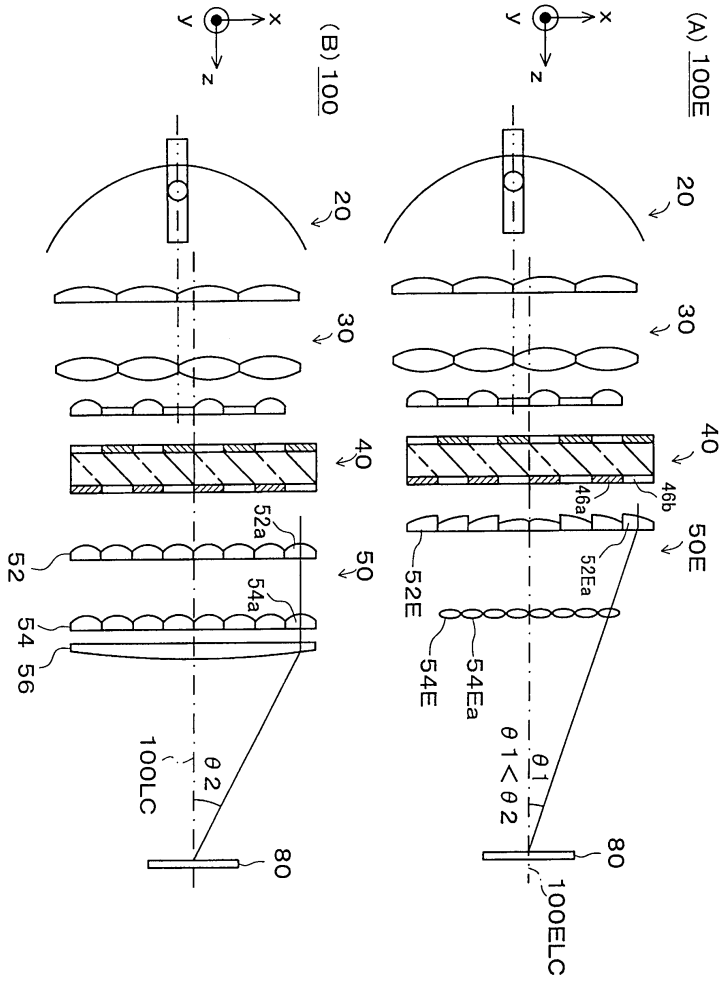
도면8


y
x
z
20LC
20
100C
32a
32
36a
36
30
34a
34
42b
42a
42
40
44
46
46a
46b
44b
44c
PLa
PLb
52C
52Ca
50C
54Ca
54C
56
80
100CLC

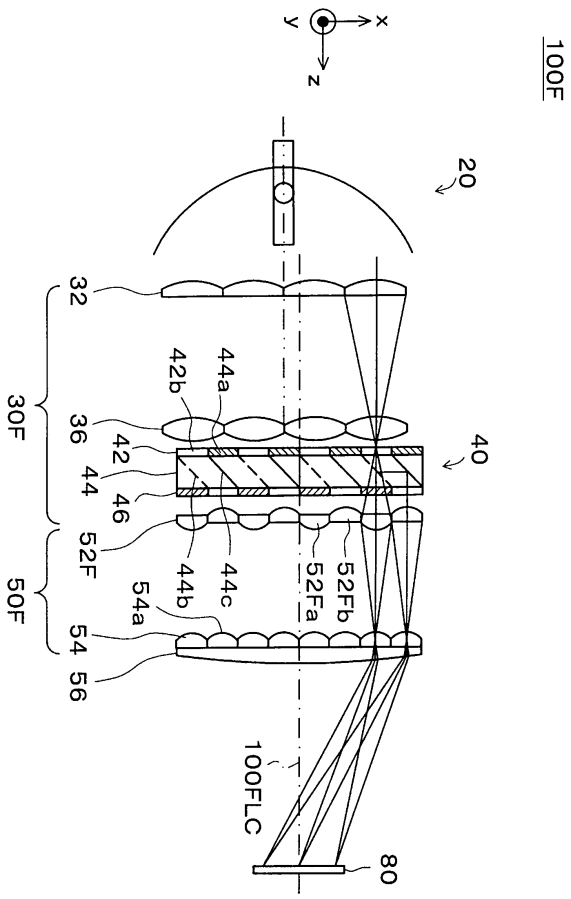
도면9



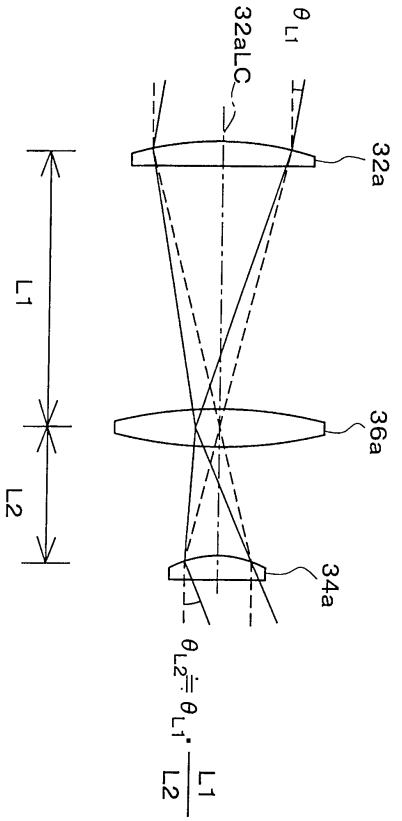
도면10


(A) 100E
(B) 100
x
y
z
20
30
40
50E
46a
46b
52E
52Ea
54E
54Ea
θ1
θ1<θ2
80
100ELC
50
52
52a
54
54a
56
θ2
100LC

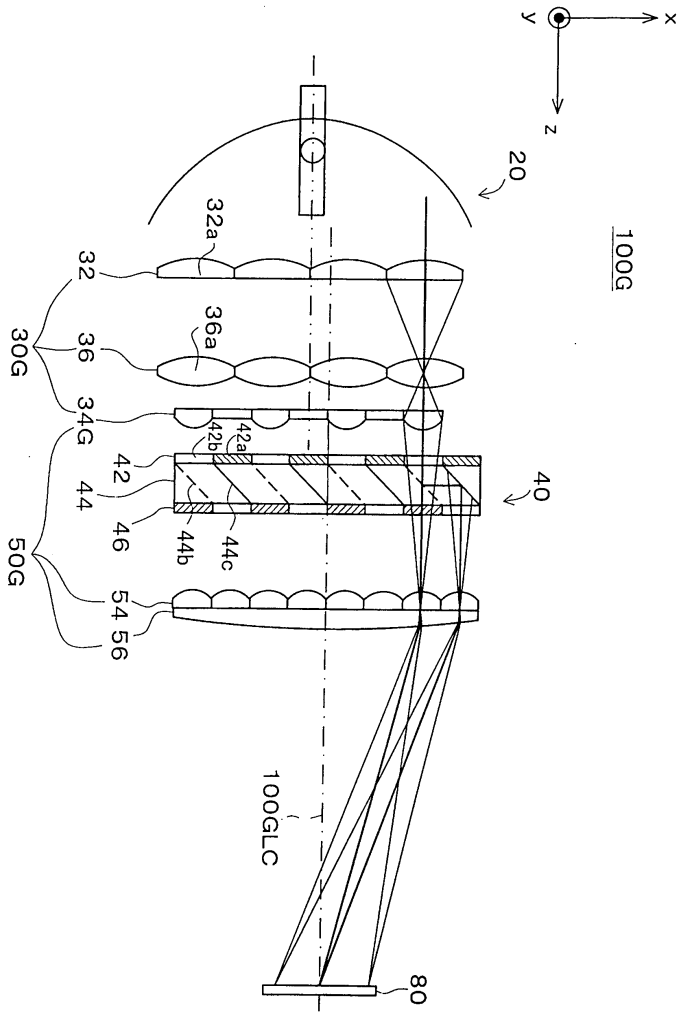
도면11


100F
y
x
z
20
32
30F
42b
44a
36
42
44
46
40
52F
50F
54a
44b
44c
52Fa
52Fb
54
56
100FLC
80

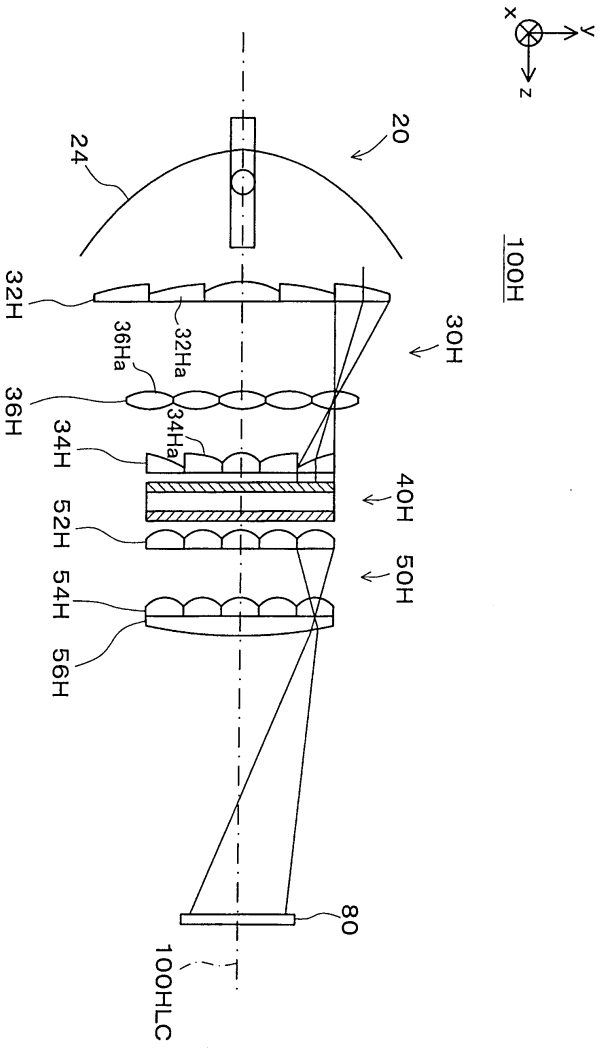
도면12


θL1
32aLC
32a
L1
L2
36a
34a
θL2≒θL1·L1/L2

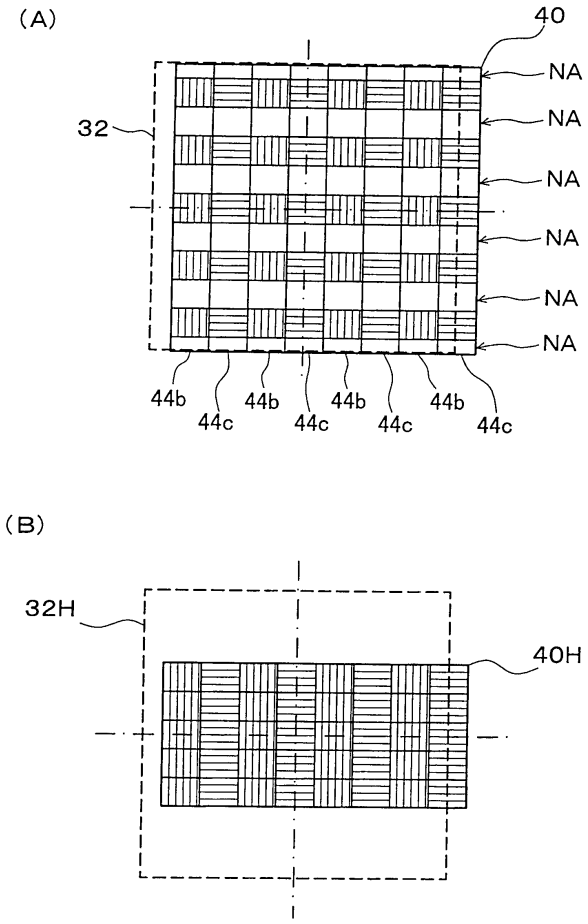
도면13


y
x
z
20
100G
32a
32
36a
30G
36
34G
42a
42b
42
44
40
46
44b
44c
50G
54
56
100GLC
80

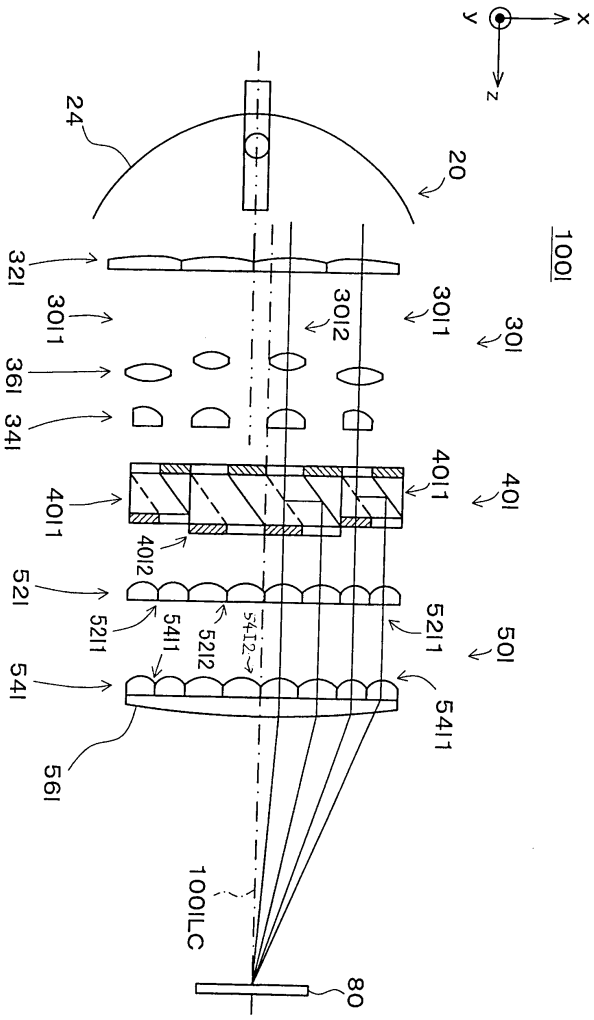
도면14


x
y
z
20
24
100H
32H
36Ha
32Ha
30H
36H
34Ha
34H
40H
52H
50H
54H
56H
80
100HLC

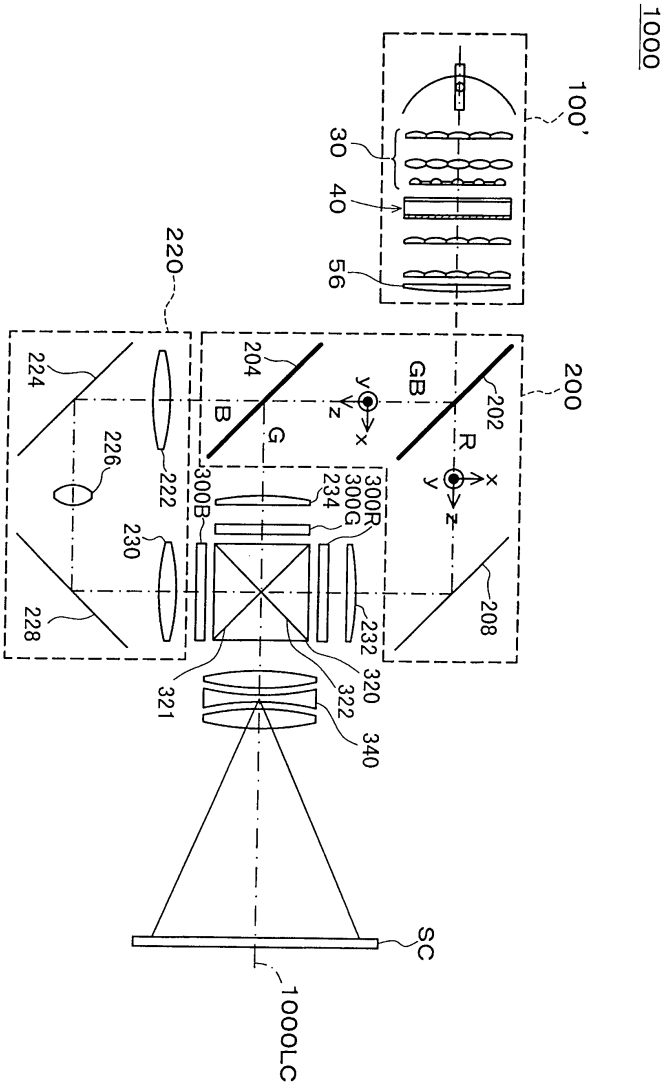
도면15



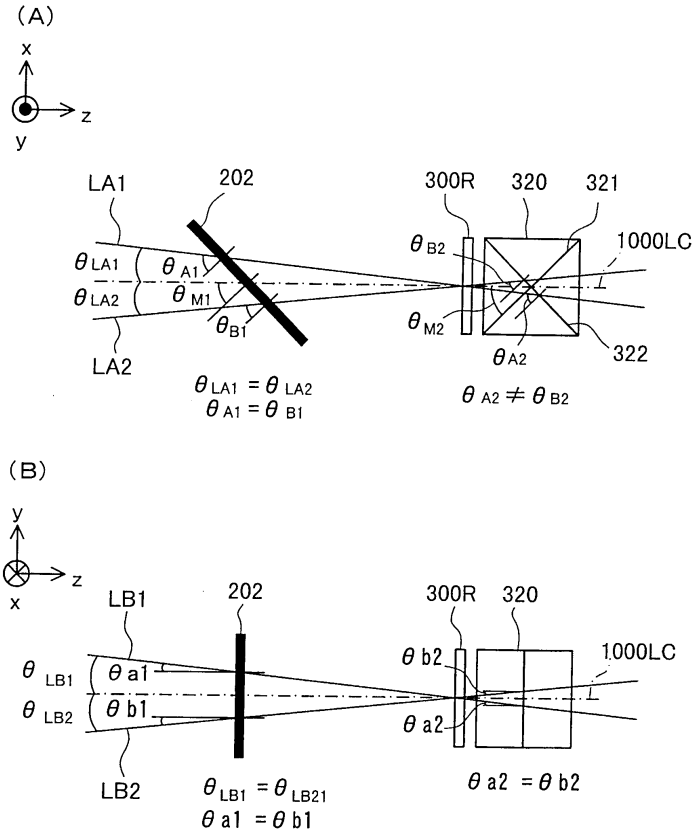
도면16


y
x
z
24
20
100I
32I
30I1
30I2
30I
36I
34I
40I1
40I
40I2
52I
52I1
54I1
52I2
54I2
50I
54I
56I
100ILC
80

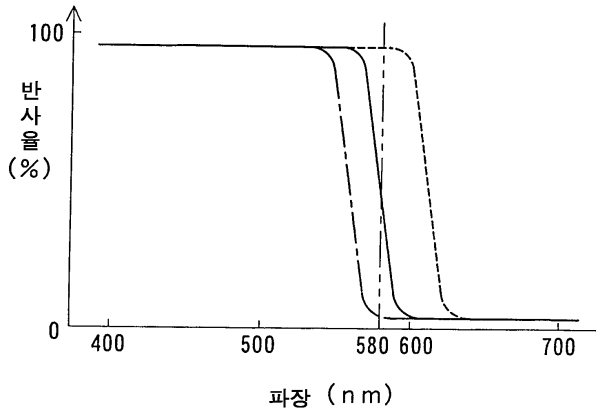
도면17


1000
100'
30
40
56
220
200
204
202
GB
B
G
R
224
226
222
230
228
300B
234
300G
300R
232
208
321
320
322
340
SC
1000LC

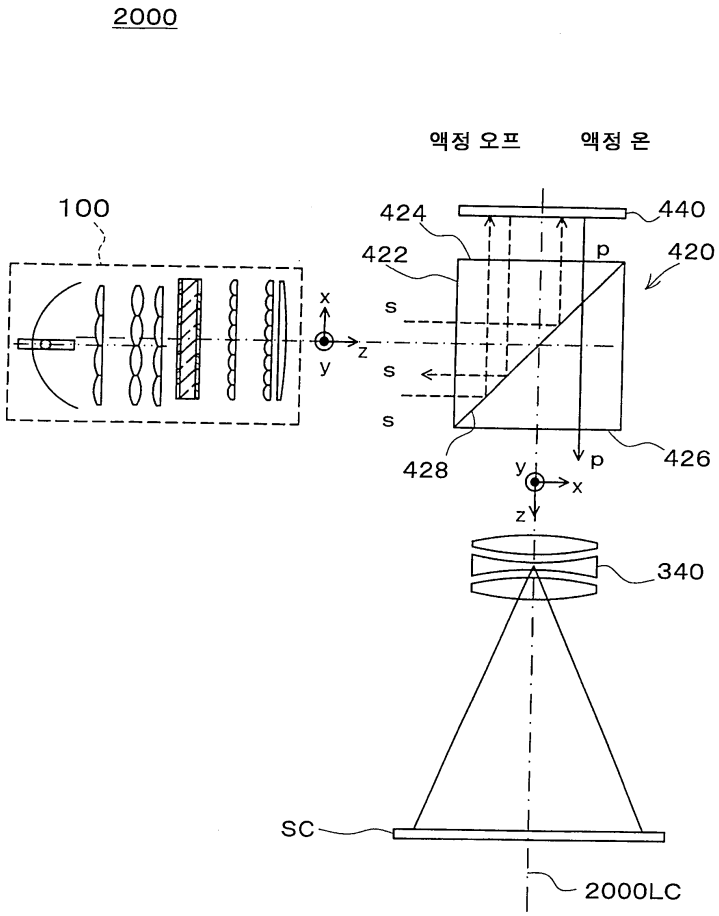
도면18


(A)
x
z
y
LA1
202
300R
320
321
1000LC
θ LA1
θ A1
θ M1
θ LA2
θ B1
θ B2
θ M2
θ A2
322
LA2
θ LA1 = θ LA2
θ A1 = θ B1
θ A2 ≠ θ B2
(B)
y
z
x
LB1
202
300R
320
1000LC
θ LB1
θ a1
θ LB2
θ b1
θ b2
θ a2
LB2
θ LB1 = θ LB21
θ a1 = θ b1
θ a2 = θ b2

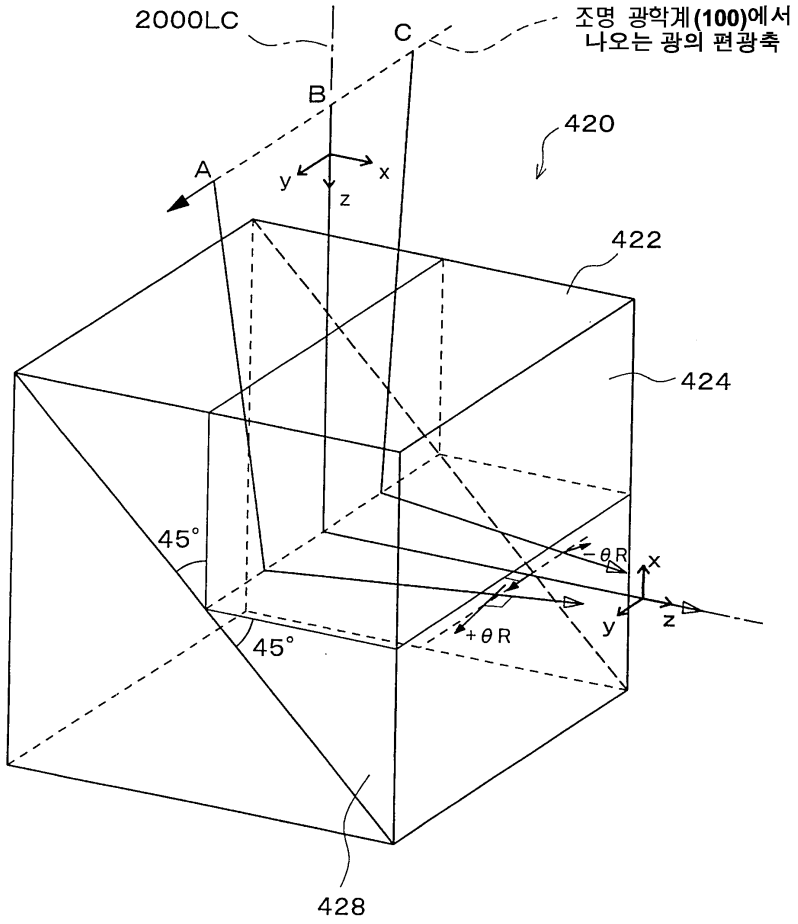
도면19


100
반
사
율
(%)
0
400
500
580 600
700
파장 (nm)

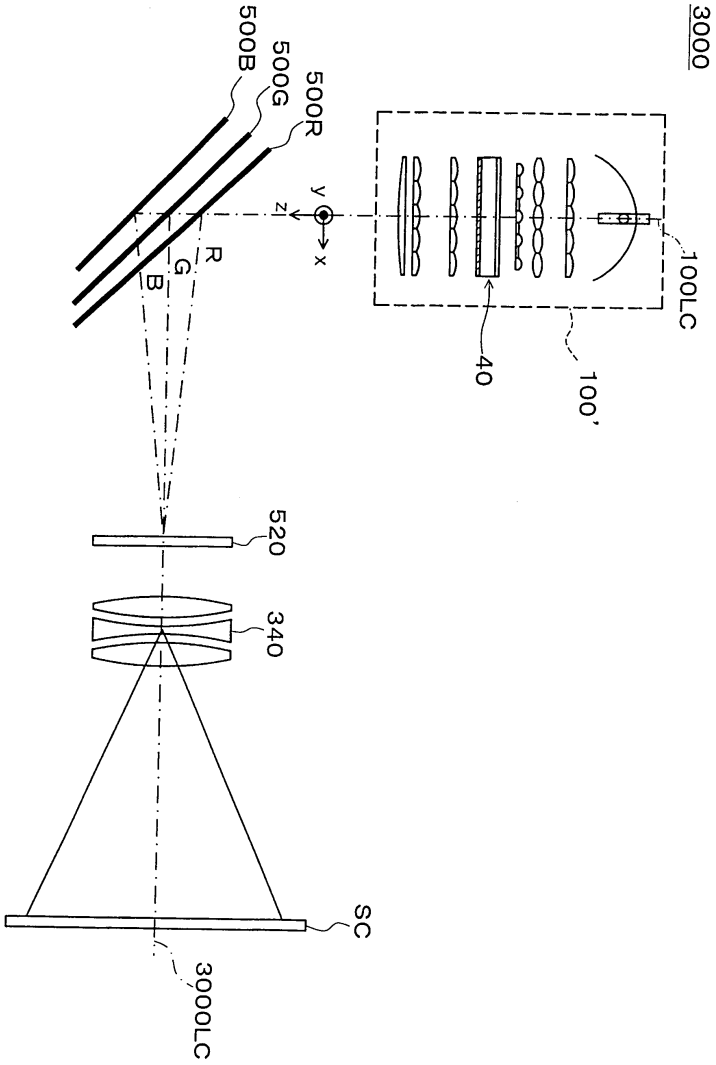
도면20


2000
액정 오프
액정 온
100
424
440
422
p
420
x
s
z
y
s
s
428
y
p
426
x
z
340
SC
2000LC

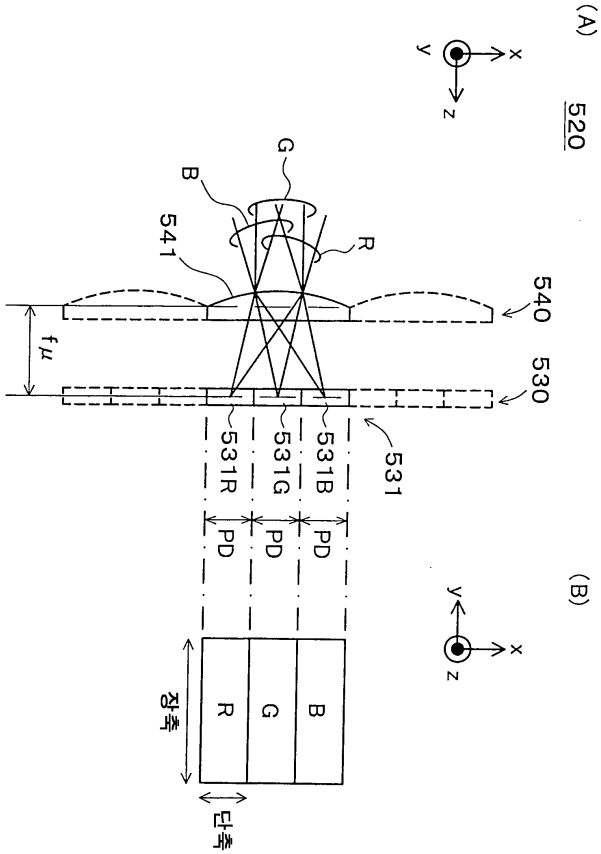
도면21


2000LC
C
조명 광학계(100)에서
나오는 광의 편광축
B
420
A
y
x
z
422
424
45°
45°
-θR
+θR
x
y
z
428

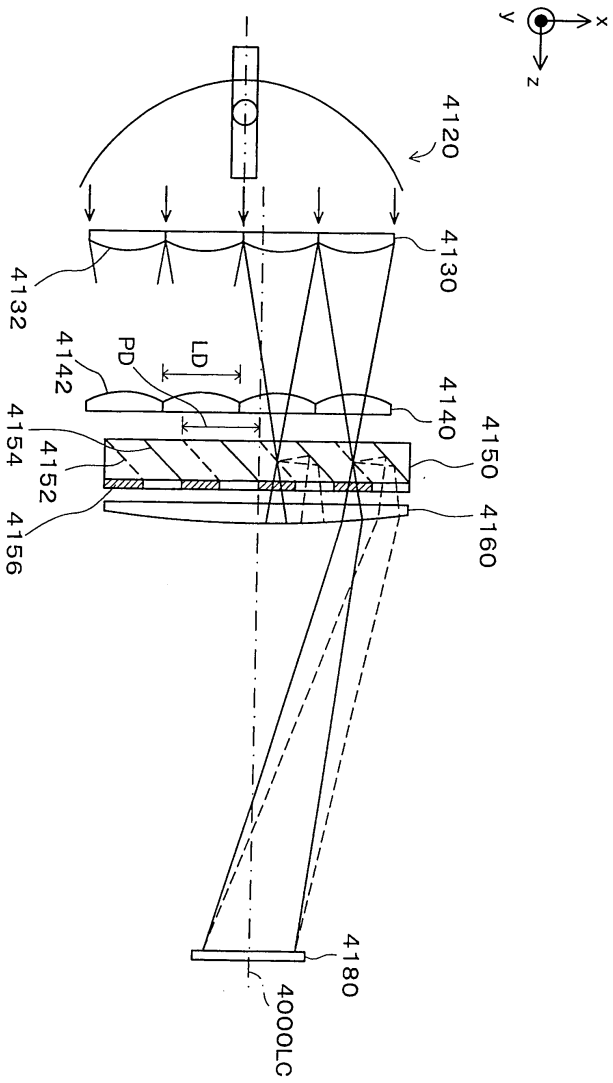
도면22



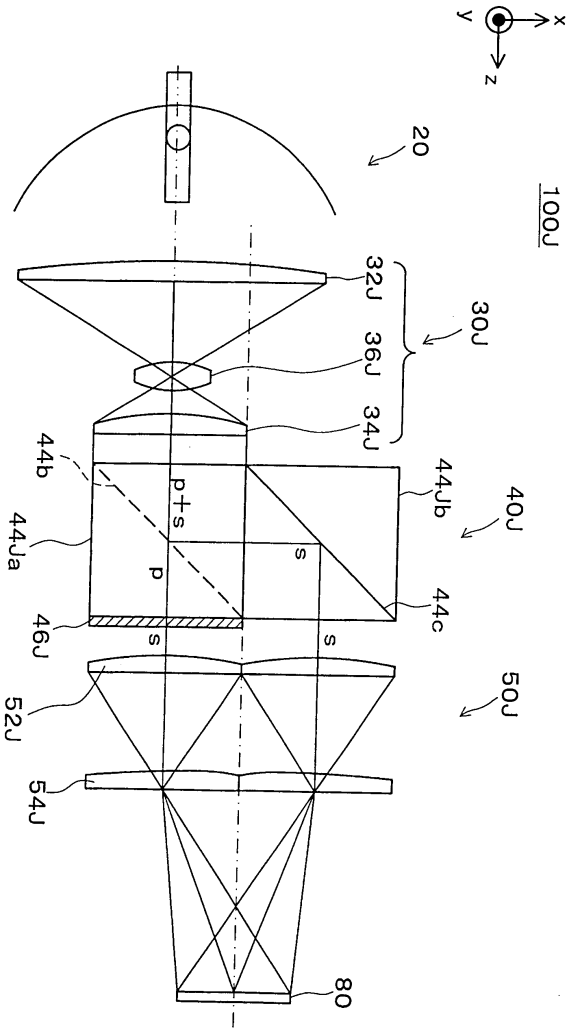
도면23


(A)
520
x
y
z
G
B
R
541
540
530
f μ
531
531B
531G
531R
PD
PD
PD
(B)
x
y
z
B
G
R
장축
단축

도면24


y
x
z
4120
4130
4132
4142
PD
LD
4140
4150
4154
4152
4156
4160
4180
4000LC

도면25


x
y
z
20
100J
32J
30J
36J
34J
44b
44Jb
40J
p+s
44Ja
s
p
44c
46J
s
s
50J
52J
54J
80