



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G02B 27/18 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년05월29일 10-0723091 2007년05월22일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2004-0108827 2004년12월20일 2004년12월20일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0065334 2005년06월29일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장	JP-P-2003-00427208	2003년12월24일	일본(JP)
	JP-P-2004-00025409	2004년02월02일	일본(JP)
	JP-P-2004-00299285	2004년10월13일	일본(JP)

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

(72) 발명자 이토요시타카
일본 나가노켄 스와시 오와 3초메 3-5 세이코 엡슨 가부시키키가이샤내

요시다쇼헤이
일본 나가노켄 스와시 오와 3초메 3-5 세이코 엡슨 가부시키키가이샤내

우치야마쇼이치
일본 나가노켄 스와시 오와 3초메 3-5 세이코 엡슨 가부시키키가이샤내

나카무라준이치
일본 나가노켄 스와시 오와 3초메 3-5 세이코 엡슨 가부시키키가이샤내

넷타다카시
일본 나가노켄 스와시 오와 3초메 3-5 세이코 엡슨 가부시키키가이샤내

아사히츠네모리
일본 나가노켄 스와시 오와 3초메 3-5 세이코 엡슨 가부시키키가이샤내

(74) 대리인 김창세

(56) 선행기술조사문헌
wo02069030 jp13100689

심사관 : 고재현

전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 광학 표시 장치 및 투사형 표시 장치

(57) 요약

본 발명의 투사형 표시 장치(1)는 광원(10)과, 적분기(20)와, 다이클로익 미러(30, 35)와, 반사 미러(36)와, 릴레이 광학계(40)와, 평행화 렌즈(50B, 50G, 50R)와, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)와, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)와, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)과, 릴레이 렌즈(90)와, 사출측 렌즈(95)와, 액정 광밸브(100)와, 투사 렌즈(110)를 포함하고, 액정 광밸브(100)를 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 후단에 마련하는 구성으로 했다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

표시 화상 데이터에 근거해서 광원으로부터의 광을 변조하여 화상을 표시하는 장치로서,
상기 광원으로부터의 광의 광전과 특성을 제어하는 복수의 제 1 광변조 소자와,
상기 각 제 1 광변조 소자로부터의 광을 합성하는 광합성 수단과,
상기 광합성 수단에 의해 합성된 합성광의 광전과 특성을 제어하는 제 2 광변조 소자와,
상기 제 1 광변조 소자 상에 형성된 광학상(光學像)을 상기 제 2 광변조 소자 상에 전달하는 적어도 하나의 릴레이 소자를 구비하고,
상기 릴레이 소자를 포함하는 릴레이 광학계는 양측 텔레센트릭성을 갖는
것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

표시 화상 데이터에 근거해서 광원으로부터의 광을 변조하여 화상을 표시하는 장치로서,
상기 광원으로부터의 광을, 다른 복수의 특정 파장 영역의 광으로 분리하는 광분리 수단과,
상기 광분리 수단으로부터의 분리광의 광전과 특성을 각각 제어하는 복수의 제 1 광변조 소자와,
상기 복수의 제 1 광변조 소자로부터의 광을 합성하는 광합성 수단과,
상기 광합성 수단에 의해 합성된 합성광의 광전과 특성을 제어하는 제 2 광변조 소자와,
상기 제 1 광변조 소자 상에 형성된 광학상을 상기 제 2 광변조 소자 상에 전달하는 적어도 하나의 릴레이 소자를 구비하고,
상기 릴레이 소자를 포함하는 릴레이 광학계는 양측 텔레센트릭성을 갖는

것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 4.

삭제

청구항 5.

제 3 항에 있어서,

상기 광분리 수단은 상기 광원으로부터의 광을 입사시키는 입사면과, 상기 각 분리광을 사출하는 복수의 사출면을 갖고,

상기 광합성 수단은 상기 광분리 수단의 각 사출면에 대응하는 복수의 입사면과, 상기 합성광을 사출하는 사출면을 갖고,

상기 광분리 수단의 사출면마다, 당해 사출면으로부터 사출된 분리광을 상기 광합성 수단의 대응하는 입사면에 전달하고, 또한, 당해 분리광의 광로 길이가 다른 분리광의 광로 길이와 동일 또는 거의 동일하게 되도록 광전달 수단을 마련하고, 또한 상기 광분리 수단의 사출면 및 당해 사출면에 대응하는 상기 광합성 수단의 입사면의 각 광로 상에 상기 제 1 광변조 소자를 배치한 것

을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 6.

제 3 항에 있어서,

상기 광분리 수단은 제 1 내지 제 4 측면을 포함하는 다면체 형상을 갖고, 또한 그 내부에 특정한 파장 영역의 광을 반사, 또는 투과하는 막이 형성된 프리즘으로 이루어지고, 상기 제 1 측면으로부터 입사된 상기 광원으로부터의 광을 다른 세 개의 특정 파장 영역의 광으로 분리하며, 또한, 당해 분리광을 상기 제 2 내지 제 4 측면으로부터 사출하도록 되어 있고,

상기 광합성 수단은 제 1 내지 제 4 측면을 포함하는 다면체 형상을 갖고, 또한 그 내부에 특정한 파장 영역의 광을 반사, 또는 투과하는 막이 형성된 프리즘으로 이루어지며, 상기 제 2 내지 제 4 측면으로부터 입사된 광을 합성하여 상기 제 1 측면으로부터 사출하도록 되어 있고,

상기 광분리 수단의 상기 제 2 내지 제 4 측면으로부터 각각 사출되는 상기 분리광을 상기 광합성 수단의 상기 제 2 내지 제 4 측면으로 전달하고, 또한 상기 세 개의 분리광의 광로 길이가 각각 동일 또는 거의 동일하게 되도록 상기 광전달 수단을 마련한 것

을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 7.

제 5 항에 있어서,

상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단은 다이클로익 미러를 단면 X자형으로 구성한 크로스다이클로익 미러에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 8.

제 6 항에 있어서,

상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단은 양자가 일체화된 구성으로 되어 있는 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 9.

제 1 항에 있어서,

상기 각 제 1 광변조 소자와 상기 광합성 수단 사이에 제 1 집광 렌즈를 마련한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 집광 렌즈는 각 특정 파장 영역의 광마다 각각 다른 특성의 것을 마련한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 11.

제 1 항에 있어서,

상기 릴레이 소자와 상기 제 2 광변조 소자 사이에 제 2 집광 렌즈를 마련한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 12.

제 1 항에 있어서,

각 특정 파장 영역의 광에 대응하는 상기 제 1 광변조 소자와 상기 제 2 광변조 소자간 거리를, 상기 각 특정 파장 영역의 광마다 다르게 한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 13.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 광변조 소자 이후의 광로 상에 하나 이상의 비구면 렌즈를 마련한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 14.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 광변조 소자 이후의 광로 상에 하나 이상의 아크로매틱 렌즈를 마련한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 15.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 광변조 소자는 상기 제 1 광변조 소자의 표시 해상도보다 높은 표시 해상도를 갖는 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 16.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 광변조 소자는 상기 제 2 광변조 소자의 표시 해상도보다 높은 표시 해상도를 갖는 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 17.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 광변조 소자에 있어서의 표시면의 치수를, 상기 제 2 광변조 소자에 있어서의 표시면의 치수보다 크게 한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 18.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 광변조 소자에 있어서의 표시면의 치수를, 상기 제 1 광변조 소자에 있어서의 표시면의 치수보다 크게 한 것을 특징으로 하는 광학 표시 장치.

청구항 19.

청구항 1에 기재된 광학 표시 장치와, 당해 광학 표시 장치로부터의 출력광을 투사하는 투사 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 투사형 표시 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 복수의 광변조 소자를 거쳐 광원으로부터의 광을 변조하여 화상을 표시하는 장치에 관한 것으로, 특히, 휘도 다이내믹 영역 및 계조수의 확대를 실현하는데 바람직한 광학 표시 장치 및 투사형 표시 장치에 관한 것이다.

본원은 2003년 12월 24일에 출원된 일본 특허 출원 제2003-427208호, 2004년 2월 2일에 출원된 일본 특허 출원 제2004-025409호 및 2004년 10월 13일에 출원된 일본 특허 출원 제2004-299285호에 대하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

최근, LCD(Liquid Crystal Display), EL, 플라즈마 디스플레이, CRT(Cathode Ray Tube), 프로젝터 등의 광학 표시 장치에 있어서의 화질 개선은 놀랍고, 해상도, 색 영역에 대해서는 인간의 시각 특성에 거의 필적하는 성능이 실현되고 있다. 그러나, 휘도 다이내믹 영역에 대해서 보면, 그 재현 범위는 고작 $1 \sim 10^2$ [nit] 정도에 머물고, 또한, 계조수는 8비트가 일

반적이다. 한편, 인간의 시각은 한번에 지각할 수 있는 휘도 다이내믹 영역이 $10^{-2} \sim 10^4$ [nit] 정도이며, 또한, 휘도 변별 능력은 0.2[nit] 정도로, 이것을 계조수로 환산하면, 12비트에 상당한다고 일컬어진다. 이러한 시각 특성을 통해 현재의 광학 표시 장치의 표시 화상을 보면, 휘도 다이내믹 영역의 좁은 정도가 두드러지고, 부가하여 세도우부나 하이라이트부의 계조가 부족하기 때문에 표시 화상의 리얼리티나 박력에 대해 어딘가 부족하다고 느끼게 된다.

또한, 영화나 게임 등에서 사용되는 컴퓨터 그래픽(이하, CG로 약기함)에서는 인간의 시각에 가까운 휘도 다이내믹 영역이나 계조수를 표시 데이터(이하, HDR(High Dynamic Range) 표시 데이터라고 함)에 갖게 하여 묘사의 리얼리티를 추구하는 움직임이 주류로 되고 있다. 그러나, 그것을 표시하는 광학 표시 장치의 성능이 모자라기 때문에, CG 콘텐츠가 본래 갖는 표현력을 충분히 발휘할 수 없다고 하는 문제가 있다.

또한, 차기 OS(Operating System)에 있어서는, 16비트 색 공간의 채용이 예정되고 있고, 현재의 8비트 색 공간과 비교하여 휘도 다이내믹 영역이나 계조수가 비약적으로 증대한다. 그 때문에, 16비트 색 공간을 살릴 수 있는 광학 표시 장치의 실현이 요망된다.

광학 표시 장치 중에서도, 액정 프로젝터, DLP(Digital Light Processing, TI사의 상표) 프로젝터와 같은 투사형 표시 장치는 대화면 표시가 가능하고, 표시 화상의 리얼리티나 박력을 재현하는데 있어 효과적인 장치이다. 이 분야에서는, 상기한 과제를 해결하기 위해, 다음과 같이 제안되고 있다.

높은 다이내믹 영역의 투사형 표시 장치로는, 예컨대, 문헌 1(일본 특허 공개 제2001-100689호 공보)에 개시되어 있는 기술이 있고, 광원과, 광의 전체 파장 영역의 휘도를 변조하는 제 2 광변조 소자와, 광의 파장 영역 중 RGB 3원색의 각 파장 영역에 대하여 그 파장 영역의 휘도를 변조하는 제 1 광변조 소자를 구비하고, 광원으로부터의 광을 제 2 광변조 소자로 변조하여 소망의 휘도 분포를 형성하고, 그 광학상을 제 1 광변조 소자의 표시면에 결상하여 색 변조해서, 2차 변조한 광을 투사한다고 하는 것이다. 제 2 광변조 소자 및 제 1 광변조 소자의 각 화소는 HDR 표시 데이터로부터 결정되는 제 1 제어값 및 제 2 제어값에 근거해서 각각 개별적으로 제어된다. 광변조 소자로는, 투과율을 독립적으로 제어할 수 있는 화소 구조 또는 세그먼트 구조를 갖고, 이차원적인 투과율 분포를 제어할 수 있는 투과형 변조 소자가 이용된다. 그 대표예로는, 액정 광밸브를 들 수 있다. 또한, 투과형 변조 소자 대신에 반사형 변조 소자를 이용하여도 좋고, 그 대표예로는, DMD(Digital Micromirror Device) 소자를 들 수 있다.

지금, 암(暗) 표시의 투과율이 0.2%, 명(明) 표시의 투과율이 60%인 광변조 소자를 사용하는 경우를 생각한다. 광변조 소자 단체(單體)에서는, 휘도 다이내믹 영역은 $60/0.2=300$ 으로 된다. 상기 종래의 투사형 표시 장치는 휘도 다이내믹 영역이 300인 광변조 소자를 광학적으로 직렬 배치하는 것에 상당하므로, $300 \times 300=90000$ 의 휘도 다이내믹 영역을 실현할 수 있다. 또한, 계조수에 대해서도 이것과 동등한 생각이 성립하고, 8비트 계조의 광변조 소자를 광학적으로 직렬 배치함으로써, 8비트를 초과하는 계조수를 얻을 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나, 문헌 1 기재의 발명에 있어서는, 예컨대, 표시 얼룩을 감소시키기 위해 제 2 광변조 소자에 있어서의 분할 수(해상도)의 증대가 필요해지지만, 제 2 광변조 소자와 제 1 광변조 소자 사이에는 다수의 광학 소자가 배치되기 때문에, 소망의 광강도 분포를 갖는 조명광을 제 1 광변조 소자 상에 정확하게 전달하는 것은 곤란하다고 하는 문제가 있었다.

또한, 액정 광밸브나 DMD 소자 등에 의해 구성되는 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자의 배치에 있어서, 양자간의 거리가 떨어져 있기 때문에, 제 2 광변조 소자에 있어서 휘도 변조된 각 화소에 대응하는 변조광의 수차가 제 1 광변조 소자가 대응하는 화소에 도달하는 단계에서 상기 거리의 크기에 비례해서 커진다. 이 때문에, 제 2 광변조 소자의 각 화소를, 예컨대, 상기 거리에 의한 수차에 따라 크게 함으로써 수차만큼의 편차를 허용하는 방법이 생각되지만, 이 방법을 이용하면 제 1 광변조 소자의 대형화를 피할 수 없다고 하는 문제가 발생한다. 한편, 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자 사이에, 광학 소자를 개재시켜 상기 수차를 보정하는 방법도 생각되지만, 조명 광학계의 복잡하나 고가의 광학 소자 사용을 피할 수 없기 때문에 장치의 고비용화가 발생하는 것과 같은 문제가 발생한다.

또한, 3원색의 광으로 분리된 후의 각 분리광의 조명 광로의 광학적인 길이가 어떤 한 색의 분리광에 대해 다른 두 색의 분리광과는 다르기 때문에, 이 광로 길이차에 의한 분리광간의 휘도차가 발생한다. 이 휘도차는 분리광 합성 후의 광학 상에 있어서, 색의 번짐이나, 색의 바랜 등의 원인으로 된다.

그래서, 본 발명은 이러한 종래 기술이 갖는 미해결의 과제에 착안하여 이루어진 것으로서, 조명광의 고정밀도의 전달과, 휘도 다이내믹 영역의 확대와, 표시 화상의 고화질화를 실현하는데 바람직하고, 또한 장치 전체의 소형화가 가능한 광학 표시 장치 및 투사형 표시 장치를 제공하는 것을 목적으로 하고있다.

발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위해, 제 1 발명의 광학 표시 장치는 표시 화상 데이터에 근거하여 광원으로부터의 광을 변조하여 화상을 표시하는 장치로서,

상기 광원으로부터의 광의 광전파 특성을 제어하는 복수의 제 1 광변조 소자와, 상기 각 제 1 광변조 소자로부터의 광을 합성하는 광합성 수단과, 상기 광합성 수단에 의해 합성된 합성광의 광전파 특성을 제어하는 제 2 광변조 소자와, 상기 제 1 광변조 소자 상에 형성된 광학상을 상기 제 2 광변조 소자 상에 전달하는 적어도 하나의 릴레이 소자를 구비하는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 복수의 제 1 광변조 소자에 의해 상기 광원으로부터의 광의 광전파 특성을 제어하는 것이 가능하고, 광합성 수단에 의해 상기 각 제 1 광변조 소자로부터의 광을 합성하는 것이 가능하고, 제 2 광변조 소자에 의해 상기 광합성 수단에 의해 합성된 합성광의 광전파 특성을 제어하는 것이 가능하고, 적어도 하나의 릴레이 소자에 의해 상기 제 1 광변조 소자 상에 형성된 광학상을 상기 제 2 광변조 소자 상으로 전달하는 것이 가능하다.

따라서, 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자를 거쳐 광원으로부터의 광을 변조하므로, 비교적 높은 휘도 다이내믹 영역 및 계조수를 실현할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또한, 제 2 광변조 소자를 릴레이 소자를 거쳐 광합성 수단의 후단에 마련하는 것으로 되므로, 양자의 거리를 짧게 할 수 있고, 그에 따라 합성광 전달 시의 광학 수차의 저감이 가능해진다. 즉, 광합성 수단으로부터의 합성광을 제 2 광변조 소자에 의해 비교적 높은 정밀도로 전달할 수 있으므로, 종래에 비해 상기 합성광의 제 2 광변조 소자에의 결상 정밀도를 향상시킬 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

여기서, 광전파 특성이란, 광의 전파에 영향을 미치는 특성을 말하고, 예컨대, 광의 투과율, 반사율, 굴절율 그 밖의 전파 특성이 포함된다. 이하, 제 3 발명의 광학 표시 장치에 있어서 동일하다.

또한, 광원은 광을 발생시키는 매체이면 어떠한 것을 이용할 수도 있고, 예컨대, 램프와 같은 광학계에 내장된 광원이더라도 좋고, 태양이나 실내등과 같은 외계의 광을 이용한 것이라도 좋다. 이하, 제 3 발명의 광학 표시 장치에 있어서 동일하다.

또한, 광원은, 예컨대, 광의 3원색인 RGB 각 색마다 대응한 세 개의 광원을 이용하여도 좋고, 단체로 백색광을 사출하는 것 등 어떠한 것을 이용하여도 좋다. 단, 백색광의 광원을 이용한 경우에는, 표시 화상의 색을 표현하기 위한 광의 3원색 등을 백색광으로부터 분리하는 광분리 수단이 필요해진다. 이하, 제 3 발명의 광학 표시 장치에 있어서 동일하다.

또, 릴레이 소자는 투과형 광학 소자(렌즈 등) 및 반사형 광학 소자(미러 등)의 어느 것이어도 좋다.

또한, 제 2 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 릴레이 소자를 포함하는 릴레이 광학계는 양측 텔레센트릭성을 갖는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 제 2 광변조 소자의 화소면 상에 결상되는 상의, 밝기, 색미(色味), 계조 등의 균일화가 확실히 도모되어, 화상 표시 품질이 양호한 것으로 된다.

또한, 상기 구성에 의해, 제 2 광변조 소자의 광축 방향의 배치 위치에 관한 허용 오차 범위를 비교적 넓게 취하는 것이 가능해져, 설계나 구성의 간소화, 제조 비용 절감이 도모된다.

한편, 상기 목적을 달성하기 위해, 제 3 발명의 광학 표시 장치는 표시 화상 데이터에 근거해서 광원으로부터의 광을 변조하여 화상을 표시하는 장치로서, 상기 광원으로부터의 광을, 다른 복수의 특정 파장 영역의 광으로 분리하는 광분리 수단과, 상기 광분리 수단부터의 분리광의 광전파 특성을 각각 제어하는 복수의 제 1 광변조 소자와, 상기 복수의 제 1 광변조

소자로부터의 광을 합성하는 광합성 수단과, 상기 광합성 수단에 의해 합성된 합성광의 광전과 특성을 제어하는 제 2 광변조 소자와, 상기 제 1 광변조 소자 상에 형성된 광학상을 상기 제 2 광변조 소자 상에 전달하는 적어도 하나의 릴레이 소자를 구비하는 것을 특징으로 하고 있다.

이와 같이 구성하면, 광분리 수단에 의해 상기 광원으로부터의 광을, 그 파장 성분 중 복수의 특정 파장 영역의 광으로 분리하는 것이 가능하고, 복수의 제 1 광변조 소자에 의해 상기 광분리 수단으로부터의 상기 복수의 특정 파장 영역의 광을, 당해 광의 특정 파장 영역마다 그 광전과 특성을 제어하는 것이 가능하고, 광합성 수단에 의해 상기 광전과 특성이 제어된 상기 복수의 특정 파장 영역의 광을 합성하는 것이 가능하고, 제 2 광변조 소자에 의해 상기 광합성 수단에 의해 합성된 합성광의 광전과 특성을 제어하는 것이 가능하고, 적어도 하나의 릴레이 소자에 의해 상기 제 1 광변조 소자 상에 형성된 광학상을 상기 제 2 광변조 소자 상으로 전달하는 것이 가능하다.

따라서, 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자를 거쳐 광원으로부터의 광을 변조하므로, 비교적 높은 휘도 다이내믹 영역 및 계조수를 실현할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또한, 제 2 광변조 소자를 릴레이 소자를 통해 광합성 수단의 후단에 마련하는 것으로 되므로, 양자의 거리를 짧게 할 수 있고, 그에 따라 합성광 전달 시의 광학 수차의 저감이 가능해진다. 즉, 광합성 수단으로부터의 합성광을 제 2 광변조 소자로 비교적 높은 정밀도로 전달할 수 있으므로, 종래에 비해 상기 합성광의 제 2 광변조 소자에의 결상 정밀도를 향상시킬 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또, 릴레이 소자는 투과형 광학 소자(렌즈 등) 및 반사형 광학 소자(미러 등)의 어느 것이어도 좋다.

또한, 제 4 발명의 광학 표시 장치는, 제 3 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 릴레이 소자를 포함하는 릴레이 광학계는 양측 텔레센트릭성을 갖는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 제 2 광변조 소자의 화소면 상에 결상되는 상의 밝기, 색미, 계조 등의 균일화가 확실하게 도모되어, 화상 표시 품질이 양호한 것으로 된다.

또한, 상기 구성에 의해, 제 2 광변조 소자의 광축 방향의 배치 위치에 관한 허용 오차 범위를 비교적 넓게 취하는 것이 가능해져, 설계나 구성의 간소화, 제조 비용의 저감화가 도모된다.

또한, 제 5 발명의 광학 표시 장치는, 제 3 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 광분리 수단은 상기 광원으로부터의 광을 입사시키는 입사면과, 상기 각 분리광을 사출시키는 복수의 사출면을 갖고,

상기 광합성 수단은 상기 광분리 수단의 각 사출면에 대응하는 복수의 입사면과, 상기 합성광을 사출하는 사출면을 갖고,

상기 광분리 수단의 사출면마다, 당해 사출면으로부터 사출된 분리광을 상기 광합성 수단의 대응하는 입사면에 전달하고, 또한, 당해 분리광의 광로 길이가 다른 분리광의 광로 길이와 동일 또는 거의 동일하게 되도록 광전달 수단을 마련하고, 또한 상기 광분리 수단의 사출면 및 해당 사출면에 대응하는 상기 광합성 수단의 입사면의 각 광로 상에 상기 제 1 광변조 소자를 배치한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 광전달 수단에 의해, 상기 광분리 수단으로부터 사출된 각 분리광을, 각각 상기 각 제 1 광변조 소자를 거쳐 상기 광합성 수단의 대응하는 각 입사면에, 상기 각 분리광의 광로 길이가 다른 분리광의 광로 길이와 동일 또는 거의 동일하게 되도록 전달하는 것이 가능하다.

따라서, 광분리 수단으로부터 광합성 수단까지의 복수의 특정 파장 영역의 광의 광로 길이가 동일 또는 거의 동일해지므로, 복수의 제 1 광변조 소자로부터 제 2 광변조 소자에 전달되는 각 특정 파장 영역의 광의 휘도차를 색광(色光)간에 감소시킬 수 있고, 이것에 의해 전달되는 광학상의 색 번짐이나 색 바램 등을 감소시켜 화질을 향상시킬 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또한, 제 6 발명의 광학 표시 장치는, 제 5 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 광분리 수단은 제 1 ~ 제 4 측면을 포함하는 다면체 형상을 갖고, 또한 그 내부에 특정한 파장 영역의 광을 반사, 또는 투과하는 막이 형성된 프리즘으로 이루어지고, 상기 제 1 측면으로부터 입사된 상기 광원으로부터의 광을, 다른 세 개의 특정 파장 영역의 광으로 분리하고, 또한, 당해 분리광을 상기 제 2 ~ 제 4 측면으로부터 사출하게 되어 있고, 상기 광합성 수단은 제 1 ~ 제 4 측면을 포함하는 다면체 형상을 갖고, 또한 그 내부에 특정한 파장 영역의 광을 반사, 또는 투과하는 막이 형성된 프리즘으로 이루어지고, 상기

제 2 ~ 제 4 측면으로부터 입사된 광을 합성하여 상기 제 1 측면으로부터 사출하게 되어 있고, 상기 광분리 수단의 상기 제 2 ~ 제 4 측면으로부터 각각 사출되는 상기 분리광을, 상기 광합성 수단의 상기 제 2 ~ 제 4 측면에 전달하고, 또한, 상기 세 개의 분리광의 광로 길이가 각각 동일 또는 거의 동일하게 되도록 상기 광전달 수단을 마련한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 상기 광전달 수단에 의해, 상기 광분리 수단의 상기 제 2 ~ 제 4 측면으로부터 각각 사출되는 상기 분리광을, 상기 광합성 수단의 상기 제 2 ~ 제 4 측면에 전달하고, 또한, 상기 세 개의 분리광의 광로 길이를 각각 동일 또는 거의 동일하게 하는 것이 가능하다.

따라서, 광분리 수단으로부터 광합성 수단까지의 복수의 특정 파장 영역의 광의 광로 길이가 동일 또는 거의 동일해 지므로, 복수의 제 1 광변조 소자로부터 제 2 광변조 소자에 전달되는 각 특정 파장 영역의 광의 휘도차를 색공간에 감소시킬 수 있고, 이에 따라 전달되는 광학상의 색 번짐이나 색 바램 등을 감소시켜 화질을 향상시킬 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또한, 제 7 발명의 광학 표시 장치는, 제 5 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단은 다이클로익 미러를 단면 X자형으로 구성한 크로스다이클로익 미러에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하고 있다.

이와 같이 구성하면, 상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단은 다이클로익 미러에 의해 구성되므로, 상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단을 비교적 저렴하게 구성할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또한, 제 8 발명의 광학 표시 장치는, 제 6 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단은 양자가 일체화된 구성으로 되어 있는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단의 제조 공정에서, 그 공정수를 감소시키는 것이 가능해지고, 그에 따라 상기 광분리 수단 및 상기 광합성 수단을 비교적 저렴하게 구성할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또한, 제 9 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 각 제 1 광변조 소자와 상기 광합성 수단 사이에 제 1 집광 렌즈를 마련한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 제 1 집광 렌즈에 의해 각 특정 파장 영역의 광마다, 릴레이 소자에의 입사 효율을 향상시키는 것이 가능하다.

즉, 제 1 집광 렌즈는 입사된 광을 집광하는 기능을 가진 렌즈이다.

또한, 제 10 발명의 광학 표시 장치는, 제 9 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 제 1 집광 렌즈는 상기 각 특정 파장 영역의 광마다 각각 다른 특성의 것을 마련한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 각 특정 파장 영역의 광의 성질에 맞춰, 각 광의 릴레이 소자에의 입사 효율을 높이는데 적절한 특성을 갖는 제 1 집광 렌즈를 각각 마련함으로써, 각 특정 파장 영역의 광의 전달 정밀도를 향상시킬 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

여기서, 제 1 집광 렌즈의 특성이란, 렌즈의 형상, 재질, 곡률, 굴절율 등이다.

또한, 제 11 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 릴레이 소자와 상기 제 2 광변조 소자 사이에 제 2 집광 렌즈를 마련한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 제 2 집광 렌즈에 의해 상기 릴레이 소자로부터의 합성광의 제 2 광변조 소자에의 입사 각도 분포를 양호한 형태의 각도 분포로 조정하는 것이 가능하다.

즉, 제 2 집광 렌즈는 입사된 광의 사출 각도의 분포를 조정하는 기능을 갖는 렌즈이다.

또한, 제 12 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 각 특정 파장 영역의 광에 대응하는 상기 제 1 광변조 소자와 상기 제 2 광변조 소자간 거리를, 각 특정 파장 영역의 광마다 다르게 한 것을 특징으로 하고 있다.

이와 같이 구성하면, 상기 제 1 광변조 소자와 상기 제 2 광변조 소자 사이의 거리를 각각의 특정 파장 영역의 광마다 조정함으로써, 예컨대, 초점 위치의 조정을 행할 수 있다. 따라서, 용이하게 배울 색수차 등의 광학 수차의 보정을 할 수 있다는 효과가 얻어진다.

또한, 제 13 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 제 1 광변조 소자 이후의 광로 상에 하나 이상의 비구면 렌즈를 마련한 것을 특징으로 하고 있다.

이와 같이 구성하면, 비구면 렌즈에 의해 각 전달광의 초점 위치의 편차를 보정할 수 있고, 그에 따라 광의 결상 정밀도를 향상시킬 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또한, 제 14 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 제 1 광변조 소자 이후의 광로 상에 하나 이상의 아크로매틱 렌즈를 마련한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 아크로매틱 렌즈에 의해 각 전달광의 초점 위치의 편차를 보정할 수 있고, 그에 따라 광의 결상 정밀도를 향상시킬 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

여기서, 아크로매틱 렌즈란, 굴절율과 색 분산이 다른 두 장의 렌즈(볼록 렌즈와 오목 렌즈)를 접합하여, 예컨대, 2색(통상은 적색과 청색)의 초점 위치의 편차를 보정하는 것이다. 즉, 광에는 파장에 의해 굴절율이 다른 성질이 있기 때문에, 예컨대, 한 장의 렌즈를 투과한 가시광 중 파장이 짧은 청색광은 바로 앞에, 적색광은 안에 결상되고(이것을 「축상 색수차」라고 함), 이것에 의해 상의 색이 번진다. 즉, 이 번짐을 억제하는데 아크로매틱 렌즈가 바람직하다. 물론, 상기 제 1 광변조 소자 이후의 광로 상에 마련되는 렌즈는 세 장 이상의 렌즈로 이루어지는 조(組) 렌즈이더라도, 아크로매틱 렌즈나 비구면 렌즈와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.

또한, 제 15 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 제 2 광변조 소자는 상기 제 1 광변조 소자의 표시 해상도보다 높은 표시 해상도를 갖는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 제 1 광변조 소자로부터 제 2 광변조 소자까지의 광전달에 있어서의 MTF(Modulation Transfer Function)를 높게 설정할 필요가 없어지므로, 제 1 광변조 소자로부터 제 2 광변조 소자까지의 사이에 필요한 광학 소자를 저비용화할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다. 또한, 복수인 제 1 광변조 소자가 제 2 광변조 소자보다 저해상도이므로, 제 1 광변조 소자를 제 2 광변조 소자보다 소형화할 수 있으므로, 그 만큼의 비용 절감을 할 수 있다고 하는 효과도 얻어진다.

또한, 제 16 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 제 1 광변조 소자는 상기 제 2 광변조 소자의 표시 해상도보다 높은 표시 해상도를 갖는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 각 광변조 소자에 대응하는 표시 화상 데이터의 작성에 있어서, 제 2 광변조 소자보다도 표시 해상도가 높은 제 1 광변조 소자의 표시 해상도에 맞춰 준비되는 표시 화상 데이터를, 제 2 변조 소자의 표시 해상도에 맞춰 한번만 화상 처리를 행하는 것으로 충분하기 때문에, 표시 화상 데이터의 생성이 용이해진다고 하는 효과가 얻어진다. 즉, 제 1 광변조 소자보다도 제 2 광변조 소자 쪽이 표시 해상도가 높은 경우에는, 복수인 제 1 광변조 소자용으로 복수 회의 화상 처리가 필요해진다. 또한, 본 발명을 프로젝터 등의 투사형 표시 장치에 적용한 경우에, 제 1 광변조 소자보다 제 2 광변조 소자 쪽이 표시 해상도가 낮으므로 그 치수를 제 1 광변조 소자보다 작게 할 수 있고, 이것에 맞춰 투사 렌즈 등의 투사 수단을 소형화할 수 있으므로, 비용을 절감할 수 있다고 하는 효과도 얻어진다.

또한, 제 17 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 제 1 광변조 소자에 있어서의 표시면(화상 표시 영역)의 치수를, 상기 제 2 광변조 소자에 있어서의 표시면(화상 표시 영역)의 치수보다도 크게 한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 예컨대, 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자에 액정 광밸브를 적용한 경우에, 액정 광밸브에 있어서의 복수의 화소로 구성되는 표시면 치수의 대소 관계가 「제 1 광변조 소자의 표시면>제 2 광변조 소자의 표시면」으로 되어, 제 1 광변조 소자보다도 제 2 광변조 소자를 소형으로 구성할 수 있다. 따라서, 제 2 광변조 소자의 소형화에 맞춰 투사 렌즈 등의 투사 수단도 소형화할 수 있으므로, 비용을 절감할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다. 또한, 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자의 상기한 표시면의 치수 관계에 의한 구성은 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자의 해상도를 「제 2 광변조 소자의 해상도<제 1 광변조 소자의 해상도」의 관계로 했을 때에 바람직하다.

여기서, 표시면(화상 표시 영역)이란, 광변조 소자로서 이용하는 소자에 따라 다르고, 액정 광밸브이면, 상기한 표시면으로 되고, DMD 소자이면, 복수의 마이크로미러로 구성되는 반사면으로 된다. 또, 상기 표시면은 화상 자체의 치수나 수에 의해 전체의 치수가 변하고, 상기 반사면은 마이크로미러의 치수나 수에 의해 치수가 변한다. 이하, 제 18 발명의 광학 표시 장치에 있어서 동일하다.

또한, 제 18 발명의 광학 표시 장치는, 제 1 발명의 광학 표시 장치에 있어서, 상기 제 2 광변조 소자에 있어서의 표시면(화상 표시 영역)의 치수를, 상기 제 1 광변조 소자에 있어서의 표시면(화상 표시 영역)의 치수보다도 크게 한 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 예컨대, 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자에 액정 광밸브를 적용한 경우에, 액정 광밸브에 있어서의 복수의 화소로 구성되는 표시면 치수의 대소 관계가 「제 2 광변조 소자의 표시면>제 1 광변조 소자의 표시면」으로 되어, 제 2 광변조 소자보다도 제 1 광변조 소자를 소형으로 구성할 수 있다. 따라서, 예컨대, RGB의 3원색의 색광의 전파 특성을 제어할 때에 세 개가 필요해지는 제 1 광변조 소자를 소형화하는 것이 가능해지므로, 그 만큼의 비용 절감이 가능해진다. 또한, 제 1 광변조 소자 및 제 2 광변조 소자의 상기 치수 관계는 「제 1 광변조 소자의 해상도<제 2 광변조 소자의 해상도」의 관계일 때 바람직하다.

한편, 상기 목적을 달성하기 위해 제 19 발명의 투사형 표시 장치는 제 1 발명의 광학 표시 장치와, 당해 광학 표시 장치로부터의 출력광을 투사하는 투사 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성하면, 상기 제 1 발명의 광학 표시 장치에 의해 결상된 고밀도의 광학상을 스크린 등에 투사하여 화상을 표시할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

이하, 본 발명의 실시예를 도면에 근거해서 설명한다.

(실시예 1)

도 1 내지 도 12는 본 발명에 따른 광학 표시 장치 및 투사형 표시 장치의 실시예 1을 나타내는 도면이다.

우선, 본 발명의 실시예 1에 따른 투사형 표시 장치(1)의 구성을 도 1 내지 도 3에 근거해서 설명한다. 도 1은 본 발명에 따른 투사형 표시 장치(1)의 주된 광학 구성을 나타내는 도면이고, 도 2는 다이클로익 프리즘(80)의 구성을 나타내는 도면이며, 도 3은 광학상을 등배로 전달하는 릴레이 광학계의 일례를 나타내는 도면이다.

투사형 표시 장치(1)는, 도 1에 나타내는 바와 같이, 광원(10)과, 적분기(20)와, 다이클로익 미러(30, 35)와, 반사 미러(36)와, 릴레이 광학계(40)와, 평행화 렌즈(50B, 50G, 50R)와, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)와, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)와, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)과, 릴레이 렌즈(90)와, 사출측 렌즈(95)와, 액정 광밸브(100)와, 투사 렌즈(110)를 포함한 구성으로 되어있다.

광원(10)은 초고압 수은 램프나 크세논 램프 등으로 이루어지는 광원 램프(11)와, 광원으로부터의 광을 집광하는 리플렉터(12)로 구성되어 있다.

적분기(20)는 플라이 아이 렌즈 등으로 이루어지는 제 1 렌즈 어레이(21) 및 제 2 렌즈 어레이(22)로 구성되어 있고, 광원(10)의 휘도 열락을 분산시켜, 조사면에서 똑같은 조도 분포를 얻기 위한 것이다.

다이클로익 미러(30)는 유리판 등에 청색광 및 녹색광을 반사하고, 적색광을 투과하는 성질의 다이클로익막을 형성한 것이고, 광원(10)으로부터의 백색광에 대하여, 당해 백색광에 포함되는 청색광 및 녹색광을 반사하고, 적색광을 투과한다.

다이클로익 미러(35)는 유리판 등에 녹색광을 반사하고, 청색광을 투과하는 성질의 다이클로익막을 형성한 것이고, 다이클로익 미러(30)를 투과한 녹색광 및 청색광 중 녹색광을 반사하여 평행화 렌즈(50G)에 전달하고, 청색광을 투과하여 릴레이 광학계(40)로 전달한다.

반사 미러(36)는 다이클로익 미러(30)를 투과한 적색광을 반사하여 평행화 렌즈(50R)에 전달한다.

릴레이 광학계(40)는 입사측 렌즈(41)와, 릴레이 렌즈(42)와, 반사 미러(45, 46)로 구성되어 있다.

릴레이 렌즈(42)는 입사측 렌즈(41) 근방의 광(광강도 분포)을 평행화 렌즈(50B) 근방에 전달하는 것이고, 입사측 렌즈(41)는 릴레이 렌즈(42)에 광을 효율적으로 입사시키는 기능을 갖는다. 이 릴레이 광학계(40)에 의해 입사측 렌즈(41)에 입사된 청색광은 그 강도 분포가 거의 보존된 상태에서, 또한 광 손실을 거의 입지 않고 공간적으로 떨어진 액정 광밸브(60B)에 전달된다.

평행화 렌즈(50B)는 반사 미러(46)에 의해 전달된 청색광을 대략 평행화하여 액정 광밸브(60B)를 향해 사출한다.

평행화 렌즈(50G)는 다이클로익 미러(35)에 의해 전달된 녹색광을 대략 평행화하여 액정 광밸브(60G)를 향해 사출한다.

평행화 렌즈(50R)는 반사 미러(36)에 의해 전달된 적색광을 대략 평행화하여 액정 광밸브(60R)를 향해 사출한다.

상기 세 개의 평행화 렌즈(50B, 50G, 50R)는 대응하는 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에 입사되는 각 색광을 대략 평행화하여 입사광의 각도 분포를 좁히고, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 표시 특성을 향상시키는 기능을 갖고 있다.

액정 광밸브(60B)는 투과율을 독립적으로 제어할 수 있는 복수의 화소를 매트릭스 형상으로 배열한 구성을 갖는 것이고, 평행화 렌즈(50B)에 의해 대략 평행화되어 입사된 청색광을 표시 화상 데이터에 근거해서 광변조하고, 광학상을 내포한 변조광을 사출한다.

액정 광밸브(60G)는 투과율을 독립적으로 제어할 수 있는 복수의 화소를 매트릭스 형상으로 배열한 구성을 갖는 것이고, 평행화 렌즈(50G)에 의해 대략 평행화되어 입사된 녹색광을 표시 화상 데이터에 근거해서 광변조하고, 광학상을 내포한 변조광을 사출한다.

액정 광밸브(60R)는 투과율을 독립적으로 제어할 수 있는 복수의 화소를 매트릭스 형상으로 배열한 구성을 갖는 것이고, 평행화 렌즈(50R)에 의해 대략 평행화되어 입사된 적색광을 표시 화상 데이터에 근거해서 광변조하고, 광학상을 내포한 변조광을 사출한다.

입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)는 대응하는 각 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에 의해 변조된 각 색의 변조광을 릴레이 렌즈(90)에 효율적으로 입사시키는 기능을 갖는 것이고, 각각의 변조광을 집광하여 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)을 통해 릴레이 렌즈(90)에 입사시킨다.

광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)은, 도 2에 나타내는 바와 같이, 삼각기둥 형상의 네 개의 프리즘을 접합하여 이루어지는 6면체 형상을 갖고 있고, 내부에 청색광 반사 다이클로익막(81)과 적색광 반사 다이클로익막(82)이 단면 X자 형상에 배치되어 있다. 입사된 청색광 및 적색광을 대응하는 다이클로익막에 의해 릴레이 렌즈(90) 측으로 반사하는 한편, 입사된 녹색광을 릴레이 렌즈(90) 측으로 그대로 투과함으로써, RGB의 3원색의 광을 합성하여 릴레이 렌즈(90) 측으로 사출한다. 여기서, 광학 수차를 감소시키기 위해, 광전달 과정 내에 배치하는 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)을 분산성이 적은 광학 재료(예컨대, 제로 분산 또는 저분산 유리 등)로 형성하는 것이 바람직하다.

릴레이 렌즈(90)는 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 표시면 상에 형성된 세 개의 광학상(광강도 분포)을 도중의 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)에서 합성하면서 사출측 렌즈(95)를 거쳐, 후술하는 액정 광밸브(100)의 표시면 상에 그 강도 분포를 거의 보존시킨 상태에서, 또한 광손실을 거의 수반하지 않도록 정확하게 전달하는 기능을 갖는 것이고, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)으로부터의 합성광을 사출측 렌즈(95)를 향해 사출한다.

사출측 렌즈(95)는 릴레이 렌즈(90)에 의해 안내된 합성광을 대략 평행화하여 액정 광밸브(100)를 향해 사출한다. 사출측 렌즈(95)의 후단에 배치된 액정 광밸브(100)나 투사 렌즈(110)가 그 표시 특성에 광의 입사각 의존성을 갖기 때문에, 그들의 광학 소자에 대해 입사되는 광의 각도 분포의 확대를 억제하여, 표시 성능이나 광이용 효율을 향상시킬 목적으로 사출측 렌즈(95)가 배치된다. 따라서, 사출측 렌즈(95) 이후의 광학 소자에 따라서는, 사출측 렌즈(95)를 생략하여도 좋다.

액정 광밸브(100)는 투과율을 독립적으로 제어할 수 있는 복수의 화소를 매트릭스 형상으로 배열한 구성을 갖는 것이고, 사출측 렌즈(95)로부터의 전체 파장 영역에 미치는 합성광을 표시 화상 데이터에 근거해서 광변조하고, 최종적인 광학상을 내포한 변조광을 사출한다.

투사 렌즈(110)는 액정 광밸브(100)의 표시면 상에 형성된 광학상을 도시하지 않는 스크린 상에 투사하여 컬러 화상을 표시한다.

여기서, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R, 100)는 화소 전극 및 이것을 구동하기 위한 박막 트랜지스터 소자나 박막 다이오드 등의 스위칭 소자가 매트릭스 형상으로 형성된 유리 기판과, 전면에 걸쳐 공통 전극이 형성된 유리 기판과, 그들 사이에 유지된 TN형 액정을 갖고, 외면의 양측에 편광판을 배치한 액티브 매트릭스형 액정 표시 소자이다. 제어값(인가 전압)에 따라 투과율을 변경하여, 액정 광밸브를 통과하는 광의 강도를 변조할 수 있다. 예컨대, 전압 비인가 상태로 백/명(투과) 상태, 전압 인가 상태로 흑/암(비투과) 상태로 되고, 인가된 제어값(인가 전압)에 따라 그동안의 계조가 아날로그적으로 제어된다. 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 및 액정 광밸브(100)는 모두 투과광의 강도를 변조하고, 그 변조 정도에 따른 광학상을 내포하는 점에서는 동일하지만, 후자의 액정 광밸브(100)는 전체 파장 영역의 광(백색광)을 변조하는데 비해, 전자의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)는 광분리 수단인 다이클로익 미러(30, 35)에서 분광된 특정 파장 영역의 광(R, G, B 등의 색광)을 변조하는 점에서 양자는 다르다. 따라서, 이하에서는 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에서 행해지는 광강도 변조를 색 변조, 액정 광밸브(100)에서 행하여지는 광강도 변조를 휘도 변조라고 편의적으로 호칭하여 구별한다. 또한, 동일한 관점에서, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)를 색 변조 광밸브, 액정 광밸브(100)를 휘도 변조 광밸브로 호칭하여 구별하는 경우도 있다. 그리고, 색 변조 광밸브 및 휘도 변조 광밸브에 입력하는 제어 데이터의 내용에 대해서는 나중에 상술한다. 또, 본 실시예에서는, 색 변조 광밸브는 휘도 변조 광밸브보다도 높은 해상도를 갖고, 따라서, 색 변조 광밸브가 표시 해상도(투사형 표시 장치(1)의 표시 화상을 관측자가 보았을 때에 관측자가 지각하는 해상도를 말함)를 결정하는 경우를 상정하고 있다. 물론, 표시 해상도의 관계는 이것에 한정되지 않고, 휘도 변조 광밸브가 표시 해상도를 결정하는 구성도 가능하다.

다음에, 투사형 표시 장치(1)의 전체적인 광전달의 흐름을 설명한다. 광원(10)으로부터의 백색광은 다이클로익 미러(30, 35)에 의해 적색(R), 녹색(G) 및 청색(B)의 3원색 광으로 분광되고, 또한 평행화 렌즈(50R, 50G), 릴레이 광학계(40), 평행화 렌즈(50B)를 거쳐, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)(색 변조 광밸브)에 입사된다. 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에 입사된 각각의 색광은 각각의 파장 영역에 따른 외부 데이터에 근거해서 색 변조되고, 광학상을 내포한 변조광으로서 사출된다. 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)로부터의 각 변조광은 각각 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)를 거쳐 다이클로익 프리즘(80)에 입사되고, 거기서 하나의 광으로 합성되고, 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)를 거쳐 광밸브(100)로 입사된다. 액정 광밸브(100)에 입사된 합성광은 전체 파장 영역에 따른 외부 데이터에 근거해서 휘도 변조되고, 최종적인 광학상을 내포한 변조광으로서 투사부(110)로 사출된다. 그리고, 투사부(110)에서, 액정 광밸브(100)로부터의 최종적인 합성광을 도시하지 않은 스크린 상에 투사하여 소망 화상을 표시한다.

투사형 표시 장치(1)에서는, 제 1 광변조 소자인 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에서 광학상(화상)을 형성한 변조광을 이용하여, 최종적인 표시 화상을 제 2 광변조 소자인 액정 광밸브(100)로 형성하는 형태를 채용하고 있고, 이 2단계의 화상 형성 과정에 의해 계조 표현성에 우수한(높은 휘도 다이내믹 영역을 가짐) 표시 화상의 형성을 실현하고 있다. 따라서, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에서 형성된 광학상(화상)을 액정 광밸브(100) 상에 정확하고, 또한 높은 효율로 전달해야 한다. 그것을 위해서는, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R), 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)를 포함하여 구성되는 광전달계에, 아크로매틱 렌즈나 비구면 렌즈를 추가하거나, 또는 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R), 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)로서, 아크로매틱 렌즈나 비구면 렌즈를 적용하는 것이 효과적이다. 또한, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)의 재질이나 렌즈 곡률 등의 광학 특성 등을 개별적으로 최적화하여도 좋다. 이러한 구성을 채용함으로써, 광학상(화상) 전달 과정에서의 광학 수차의 발생을 억제할 수 있어, 정확하고 또한 높은 효율로의 광학상(광강도 분포) 전달을 실현할 수 있다.

또, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 및 액정 광밸브(100)의 해상도 및 치수를 서로 동일하게 한 경우에는, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R), 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)에 의해 구성되는 릴레이 광학계를, 등배의 릴레이 광학계로 하면 좋다. 등배의 릴레이 광학계로 한 경우에, 도 3에 나타내는 바와 같이, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 상에 형성된 광학상은 반전하면서도 크기를 변경하지 않도록(등배도립상(等倍倒立像)으로서) 정확하게 액정 광밸브(100)에 전달된다. 또, 상기 릴레이 광학계는 양측 텔레센트릭성을 갖는 것이 바람직하다.

여기서, 도 4는 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계의 구성예를 나타내는 도면이다.

릴레이 광학계는, 도 4에 나타내는 바와 같이, 개구 조리개에 대하여 거의 대칭으로 배치된 전단 렌즈군 및 후단 렌즈군으로 이루어지는 등배 결상 렌즈계이다. 전단 렌즈군 및 후단 렌즈군은 복수의 볼록 렌즈와, 한 장의 오목 렌즈로 구성되어 있다. 단, 렌즈의 형상, 크기, 배치 간격 및 매수, 텔레센트릭성, 배율 그 밖의 렌즈 특성은 요구되는 특성에 따라 적절히 변경될 수 있는 것이고, 도 4의 예에 한정되는 것은 아니다.

도 5는 도 4의 릴레이 광학계의 동작 원리를 나타내는 도면이다.

릴레이 광학계는, 도 5에 나타내는 바와 같이, 전형적으로는 등배 결상인 것이 이용되므로, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 및 액정 광밸브(100)의 화소 밀도를 동일로 하여도, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 화소와 액정 광밸브(100)의 화소를 일대일로 대응시킬 수 있다. 또한, 릴레이 광학계는 여러 장의 렌즈로 구성되므로, 수차 보정이 좋고, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에서 형성되는 휘도 분포를 정확하게 액정 광밸브(100)에 전달할 수 있다.

도 6(a), 도 6(b), 도 7(a) 및 도 7(b)는 텔레센트릭성의 설명도이며, 도 6(a), 도 7(a)는 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계를 나타내는 도면이고, 도 6(b), 도 7(b)는 일반적인 릴레이 광학계를 나타내는 도면이다.

텔레센트릭 광학계란, 도 6(a)에 나타내는 바와 같이, 굵은 실선으로 나타내는 주광선이 물체측(전단 광밸브측) 공간 또는 상(像)측(후단 광밸브측) 공간에서 광축에 대하여 평행한 광학계이며, 물체측(전단 광밸브측) 및 상측(후단 광밸브측)의 양쪽 모두 텔레센트릭한 것을 양측 텔레센트릭 광학계라고 한다. 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계에서는, 전단 광밸브(본 예에서는 액정 광밸브)로부터 출사되는 주광선은 전단 광밸브의 어느 쪽 부분으로부터도 거의 수직으로 출사되고, 후단 광밸브(본 예에서는 액정 광밸브)에 거의 수직으로 입사된다. 따라서, 전단 광밸브의 광축으로부터 먼 위치(A)로부터 출사되는 광속의 출사 각도 분포와, 광축으로부터 가까운 위치(B)로부터 출사되는 광속의 출사 각도 분포를 비교한 경우, 그들은 거의 같다.

한편, 도 6(b)에 나타내는 바와 같이, 일반적인 릴레이 광학계에서는, 굵은 실선으로 나타내는 주광선은 전단 광밸브의 출사 위치에 따라 출사 각도가 다르고, 후단 광밸브에의 입사 각도 입사 위치에 따라 다르다. 따라서, 전단 광밸브의 광축으로부터 먼 위치(A)로부터 출사되는 광속의 출사 각도 분포와, 광축으로부터 가까운 위치(B)로부터 출사되는 광속의 출사 각도 분포를 비교한 경우, 그들은 상당히 다르다.

그런데, 일반적으로, 액정 광밸브는 시각 의존성을 갖는다. 즉, 액정 광밸브로부터 출사되는 광선의 각도에 의해, 제조 특성, 밝기 특성, 분광 특성 등이 다르다. 따라서, 도 6(b)에 나타내는 일반적인 릴레이 광학계에서는, 전단 광밸브(액정 광밸브)의 영역마다 출사 광속의 출사 각도 성분이 다르고, 그 결과, 후단 광밸브(액정 광밸브)의 화면 내에서, 표시 화상의 밝기, 색미, 제조에 분포(불균일성)가 발생하여, 프로젝터의 화상 표시 품질의 저하를 초래할 가능성이 있다.

이에 대하여, 도 6(a)에 나타내는 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계에서는, 전단 광밸브(액정 광밸브)의 임의 영역의 출사 광속도 거의 같은 출사 각도 분포이기 때문에, 후단 광밸브(액정 광밸브)의 화면 내에서의 표시 화상의 밝기, 색미, 제조가 거의 균일하며, 프로젝터의 화상 표시 품질이 양호하다.

또한, 도 7(a)에 나타내는 바와 같이, 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계에서는, 후단 광밸브의 광축 방향의 배치 위치에 오차가 발생하더라도(도 7(a)에 나타내는 PS1→PS2), 주광선이 광축에 대하여 평행하므로, 전단 광밸브의 상은 다소 얼룩이 발생하지만 크기는 거의 변하지 않는다(도 7(a)에 나타내는 AL1≈AL2). 즉, 후단 광밸브의 배치 오차가 다소 있더라도, 프로젝터로서의 화상 표시 품질은 그다지 저하하지 않으므로, 제조 마진이 크다.

한편, 도 7(b)에 나타내는 바와 같이, 일반적인 릴레이 광학계에서는, 후단 광밸브에 상기와 동등한 배치 오차가 있었을 경우(도 7(b)에 나타내는 PS1→PS2), 주광선이 광축에 대하여 평행하지 않으므로, 전단 광밸브의 상(像)에 얼룩과 함께 크기의 변화가 발생하고(도 7(b)에 나타내는 AL1<AL2), 결과적으로 화상 표시 품질이 크게 저하할 가능성이 있다.

다음에, 표시 제어 장치(200)의 구성을 도 8 내지 도 12에 근거해서 상세히 설명한다.

도 8은 표시 제어 장치(200)의 하드웨어 구성을 나타내는 블록도이다.

표시 제어 장치(200)는, 도 8에 나타내는 바와 같이, 제어 프로그램에 근거하여 연산 및 시스템 전체를 제어하는 CPU(170)와, 소정 영역에 미리 CPU(170)의 제어 프로그램 등을 저장하고 있는 ROM(172)과, ROM(172) 등으로부터 판독한 데이터나 CPU(170)의 연산 과정에서 필요한 연산 결과를 받아들이기 위한 RAM(174)과, 외부 장치에 대하여 데이터의 입출력을 매개하는 I/F(178)로 구성되어 있고, 이들은 데이터를 전송하기 위한 신호선인 버스(179)로 상호 또한 데이터 수송 가능하게 접속되어 있다.

I/F(178)에는, 외부 장치로서, 휘도 변조 광밸브(액정 광밸브(100)) 및 색 변조 광밸브(액정 광밸브(60B, 60G, 60R))를 구동하는 광밸브 구동 장치(180)와, 데이터나 테이블 등을 파일로서 저장하는 기억 장치(182)와, 외부의 네트워크(199)에 접속하기 위한 신호선이 접속되어 있다.

기억 장치(182)는 휘도 변조 광밸브 및 색 변조 광밸브를 구동하기 위한 HDR 표시 데이터를 기억하고 있다.

HDR 표시 데이터는 종래의 sRGB 등의 화상 포맷에서는 실현할 수 없는 높은 휘도 다이내믹 영역을 실현할 수 있는 화상 데이터이며, 화소의 휘도 레벨을 나타내는 화소값을 화상의 전(全) 화소에 대하여 저장하고 있다. 본 실시예에서는, HDR 표시 데이터로서, 하나의 화소에 대하여 RGB 3원색마다 휘도 레벨을 나타내는 화소값을 부동 소수점값으로서 받아들인 형식을 이용한다. 예컨대, 하나의 화소의 화소값으로서 (1.2, 5.4, 2.3)이라는 값이 저장되어 있다.

여기서, HDR 표시 데이터에 있어서의 화소 p의 휘도 레벨을 R_p , 제 2 광변조 소자의 화소 p에 대응하는 화소의 투과율을 T_1 , 제 1 광변조 소자의 화소 p에 대응하는 화소의 투과율을 T_2 라고 하면, 하기 수학식 1, 2가 성립한다.

$$\text{수학식 1} \\ R_p = T_p \times R_s$$

$$\text{수학식 2} \\ T_p = T_1 \times T_2 \times G$$

단, 상기 수학식 1, 2에서, R_s 는 광원의 휘도, G 는 이득이며, 모두 정수이다. 또한, T_p 는 광변조율이다.

또, HDR 표시 데이터의 생성 방법의 상세에 대해서는, 예컨대, 공지 문헌 1 「P.E.Debevec, J.Malik, "Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs", Proceedings of ACM SIGGRAPH97, pp.367-378(1997)」에 게재되어 있다.

또한, 기억 장치(182)는 휘도 변조 광밸브의 제어값을 등록한 제어값 등록 테이블(400)을 기억하고 있다.

도 9는 제어값 등록 테이블(400)의 데이터 구조를 나타내는 도면이다.

제어값 등록 테이블(400)에는, 도 9에 나타내는 바와 같이, 휘도 변조 광밸브의 각 제어값마다 하나의 레코드가 등록되어 있다. 각 레코드는 휘도 변조 광밸브의 제어값을 등록한 필드와, 휘도 변조 광밸브의 투과율을 등록한 필드를 포함하여 구성되어 있다.

도 9의 예에서는, 제 1 단 짜의 레코드에는, 제어값으로서 「0」이 투과율로서 「0.003」이 각각 등록되어 있다. 이것은 휘도 변조 광밸브에 대하여 제어값 「0」을 출력하면, 휘도 변조 광밸브의 투과율이 0.3%가 되는 것을 나타내고 있다. 또, 도 9는 휘도 변조 광밸브의 계조수가 4비트(0~15값)인 경우의 예를 나타내었지만, 실제로는, 휘도 변조 광밸브의 계조수에 상응하는 레코드가 등록된다. 예컨대, 계조수가 8비트인 경우에는 256개의 레코드가 등록된다.

또한, 기억 장치(182)는 각 색 변조 광밸브마다, 그 색 변조 광밸브의 제어값을 등록한 제어값 등록 테이블을 기억하고 있다.

도 10은 액정 광밸브(60R)의 제어값을 등록한 제어값 등록 테이블(420R)의 데이터 구조를 나타내는 도면이다.

제어값 등록 테이블(420R)에는, 도 10에 나타내는 바와 같이, 액정 광밸브(60R)의 각 제어값마다 하나의 레코드가 등록되어 있다. 각 레코드는 액정 광밸브(60R)의 제어값을 등록한 필드와, 액정 광밸브(60R)의 투과율을 등록한 필드를 포함하여 구성되어 있다.

도 10의 예에서는, 제 1 단 짜의 레코드에는, 제어값으로서 「0」이, 투과율로서 「0.004」가 각각 등록되어 있다. 이것은 액정 광밸브(60R)에 대하여 제어값 「0」을 출력하면, 액정 광밸브(60R)의 투과율이 0.4%로 되는 것을 나타내고 있다. 또, 도 10은 색 변조 광밸브의 계조수가 4비트(0~15값)인 경우의 예를 나타내었지만, 실제로는, 색 변조 광밸브의 계조수에 상응하는 레코드가 등록된다. 예컨대, 계조수가 8비트인 경우에는 256개의 레코드가 등록된다.

또한, 액정 광밸브(60B, 60G)에 대응하는 제어값 등록 테이블의 데이터 구조에 대해서는 특히 도시하지 않지만, 제어값 등록 테이블(420R)과 마찬가지로의 데이터 구조를 갖고 있다. 단, 동일한 제어값에 대하여 다른 투과율이 등록되어 있는 점이 제어값 등록 테이블(420R)과 다르다.

다음에, CPU(170)의 구성 및 CPU(170)에서 실행되는 처리를 설명한다.

CPU(170)는 마이크로 프로세싱 유닛(MPU) 등으로 이루어지고, ROM(172)의 소정 영역에 저장되어 있는 소정의 프로그램을 기동시켜, 그 프로그램에 따라, 도 11의 흐름도에 나타내는 표시 제어 처리를 실행하게 되어 있다.

도 11은 표시 제어 처리를 나타내는 흐름도이다.

표시 제어 처리는 HDR 표시 데이터에 근거해서 휘도 변조 광밸브 및 색 변조 광밸브의 제어값을 각각 결정하고, 결정된 제어값에 근거해서 휘도 변조 광밸브 및 색 변조 광밸브를 구동하는 처리로서, CPU(170)에서 실행되면, 도 11에 나타내는 바와 같이, 우선, 단계 S100으로 이행하게 되어 있다.

단계 S100에서는, HDR 표시 데이터를 기억 장치(182)로부터 판독한다.

이어서, 단계 S102로 이행하여, 판독된 HDR 표시 데이터를 해석하고, 화소값의 히스토그램이나, 휘도 레벨의 최대값, 최소값 및 평균값 등을 산출한다. 그 해석 결과는 어두운 장면을 밝게 하거나, 지나치게 밝은 장면을 어둡게 하거나, 중간부 계조를 협조하는 등의 자동 화상 보정에 사용하거나, 톤 맵핑에 사용하거나 하기 위함이다.

이어서, 단계 S104로 이행하여, 단계 S102의 해석 결과에 근거해서, HDR 표시 데이터의 휘도 레벨을 투사형 표시 장치(1)의 휘도 다이내믹 영역으로 톤 맵핑한다.

도 12는 톤 맵핑 처리를 설명하기 위한 도면이다.

HDR 표시 데이터를 해석한 결과, HDR 표시 데이터에 포함되는 휘도 레벨의 최소값이 S_{min} 이고, 최대값이 S_{max} 이라고 한다. 또한, 투사형 표시 장치(1)의 휘도 다이내믹 영역의 최소값이 D_{min} 이고, 최대값이 D_{max} 이라고 한다. 도 12의 예에서는, S_{min} 이 D_{min} 보다도 작고, S_{max} 가 D_{max} 보다도 크기 때문에, 이대로는, HDR 표시 데이터를 적절하게 표시할 수 없다. 그래서, $S_{min} \sim S_{max}$ 의 히스토그램이 $D_{min} \sim D_{max}$ 의 영역에 수납되도록 정규화한다.

또, 톤 맵핑의 상세에 대해서는, 예컨대, 공지 문헌 2 「F.Drago, K.Myszkowski, T.Annen, N.Chiba, "Adaptive Logarithmic Mapping For Displaying High Contrast Scenes", Eurographics2003, (2003)」에 게재되어 있다.

이어서, 단계 S106으로 이행하여, 색 변조 광밸브의 해상도에 맞춰 HDR 화상의 크기를 재조정(확대 또는 축소)한다. 이때, HDR 화상의 어스펙트비를 유지한 채로 HDR 화상의 크기를 재조정한다. 크기의 재조정 방법으로는, 예컨대, 평균값법, 중간값법, 니어레스트 네이버법(최근방법)을 들 수 있다.

이어서, 단계 S108로 이행하여, 크기 재조정 화상의 화소의 휘도 레벨 R_p 및 광원(10)의 휘도 R_s 에 근거해서, 상기 수학식 1에 의해, 크기 재조정 화상의 각 화소마다 광변조율 T_p 를 산출한다.

이어서, 단계 S110으로 이행하고, 색 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T_2 로서 초기값(예컨대, 0.2)을 부여하여, 색 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T_2 를 가결정한다.

이어서, 단계 S112로 이행하여, 산출된 광변조율 T_p , 가결정된 투과율 T_2 및 이득 G 에 근거해서, 상기 수학식 2에 의해, 색 변조 광밸브의 화소 단위로 휘도 변조 광밸브의 투과율 T_1' 을 산출한다. 여기서, 색 변조 광밸브가 세 장의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)로 구성되어 있기 때문에, 동일한 화소에 대해 RGB 3원색마다 투과율 T_1' 가 산출된다. 이에 대하여, 휘도 변조 광밸브가 한 장의 액정 광밸브(100)로 구성되어 있는 것으로부터, 그들 평균값 등을 그 화소의 T_1' 로서 산출한다.

이어서, 단계 S114로 이행하여, 휘도 변조 광밸브의 화소마다, 그 화소와 광로 상에서 겹치는 색 변조 광밸브의 화소에 대해 산출한 투과율 T_1' 의 가중치 부여 평균값을 그 화소의 투과율 T_1 로서 산출한다. 가중치 부여는 겹치는 화소의 면적비에 의해 실행한다.

이어서, 단계 S116으로 이행하여, 휘도 변조 광밸브의 화소마다, 그 화소에 대하여 산출한 투과율 T_1 에 대응하는 제어값을 제어값 등록 테이블(400)로부터 판독하고, 판독된 제어값을 그 화소의 제어값으로서 결정한다. 제어값의 판독에서는, 산출된 투과율 T_1 에 가장 근사하는 투과율을 제어값 등록 테이블(400) 중에서 검색하고, 검색에 의해 검출된 투과율에 대응하는 제어값을 판독한다. 이 검색은, 예컨대, 2분 탐색법을 이용하여 실행함으로써 고속 검색을 실현한다.

이어서, 단계 S118로 이행하여, 색 변조 광밸브의 화소마다, 그 화소와 광로 상에서 겹치는 휘도 변조 광밸브의 화소에 대하여 결정된 투과율 T1의 가중치 부여 평균값을 산출하고, 산출된 평균값, 단계 S108에서 산출된 광변조율 Tp 및 이득 G에 근거해서, 상기 수학식 2에 의해, 그 화소의 투과율 T2를 산출한다. 가중치 부여는 겹치는 화소의 면적비에 의해 실행한다.

이어서, 단계 S120으로 이행하여, 색 변조 광밸브의 화소마다, 그 화소에 대하여 산출한 투과율 T2에 대응하는 제어값을 제어값 등록 테이블로부터 판독하고, 판독한 제어값을 그 화소의 제어값으로서 결정한다. 제어값의 판독에서는, 산출한 투과율 T2에 가장 근사하는 투과율을 제어값 등록 테이블 중에서 검색하고, 검색에 의해 검출한 투과율에 대응하는 제어값을 판독한다. 이 검색은, 예컨대, 2분 탐색법을 이용하여 실행함으로써 고속 검색을 실현한다.

이어서, 단계 S122로 이행하여, 단계 S116, S120에서 결정된 제어값을 광밸브 구동 장치(180)로 출력하고, 색 변조 광밸브 및 휘도 변조 광밸브를 각각 구동하여 표시 화상을 투영해서, 일련의 처리를 종료하고 본래의 처리로 복귀시킨다.

다음에, 색 변조 광밸브(액정 광밸브(60B, 60G, 60R)) 및 휘도 변조 광밸브(액정 광밸브(100))에 기입하는 화상 데이터의 생성 과정을 도 13 내지 도 16에 근거해서 설명한다.

이하에서는, 색 변조 광밸브(액정 광밸브(60B, 60G, 60R))는 어느 것도, 가로 18화소×세로 12화소의 해상도 및 4비트의 계조수를 갖고, 휘도 변조 광밸브(액정 광밸브(100))는 가로 15화소×세로 10화소의 해상도 및 4비트의 계조수를 갖는 경우를 예로 들어 설명한다.

표시 제어 장치(200)에서는, 단계 S100 내지 S104를 거쳐, HDR 표시 데이터가 판독되고, 판독된 HDR 표시 데이터가 해석되어, 그 해석 결과에 근거해서, HDR 표시 데이터의 휘도 레벨이 투사형 표시 장치(1)의 휘도 다이내믹 영역에 톤 맵핑된다. 이어서, 단계 S106을 거쳐, 색 변조 광밸브의 해상도에 맞춰 HDR 화상의 크기가 재조정된다.

이어서, 단계 S108을 거쳐, 재조정된 화상의 화소마다 광변조율 Tp가 산출된다. 예컨대, 재조정된 화상에 있어서의 화소 p의 광변조율 Tp은 화소 p의 휘도 레벨 Rp(R, G, B)가 (1.2, 5.4, 2.3), 광원(10)의 휘도 Rs(R, G, B)가 (10000, 10000, 10000)이라고 하면, (1.2, 5.4, 2.3)/(10000, 10000, 10000)=(0.00012, 0.00054, 0.00023)으로 된다.

도 13은 색 변조 광밸브의 투과율 T2를 가결정하는 경우를 나타내는 도면이다.

이어서, 단계 S110을 거쳐, 색 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T2가 가결정된다. 색 변조 광밸브의 좌상 4구획의 화소를 p21(좌상), p22(우상), p23(좌하), p24(우하)로 한 경우, 화소 p21~p24의 투과율 T2에는, 도 13에 나타내는 바와 같이, 초기값 T20이 부여된다.

도 14는 색 변조 광밸브의 화소 단위로 휘도 변조 광밸브의 투과율 T1'을 산출하는 경우를 나타내는 도면이다.

이어서, 단계 S112를 거쳐, 색 변조 광밸브의 화소 단위로 휘도 변조 광밸브의 투과율 T1'가 산출된다. 화소 p21~p24에 착안한 경우, 이것에 대응하는 휘도 변조 광밸브의 투과율 T11~T14는, 도 14에 나타내는 바와 같이, 화소 p21~p24의 광변조율을 Tp1~Tp4, 이득 G를 「1」이라 하면, 하기 수학식 3 내지 6에 의해 산출할 수 있다.

실제로 수치를 이용하여 계산한다. Tp1=0.00012, Tp2=0.05, Tp3=0.02, Tp4=0.01, T20=0.1인 경우에는, 하기 수학식 3 내지 6에 의해 T11=0.0012, T12=0.5, T13=0.2, T14=0.1로 된다.

수학식 3

$$T_{11} = T_{p1} / T_{20}$$

수학식 4

$$T_{12} = T_{p2} / T_{20}$$

수학식 5

$$T_{13} = T_{p3} / T_{20}$$

수학식 6

$$T_{14} = T_{p4} / T_{20}$$

도 15(a), 15 B 및 도 15(c)는 휘도 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T1을 결정하는 경우를 나타내는 도면이다.

이어서, 단계 S114를 거쳐, 휘도 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T1이 결정된다. 색 변조 광밸브와 휘도 변조 광밸브는 입사각 렌즈(70B, 70G, 70R), 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)에 의해 구성되는 릴레이 광학계에 의해서 서로 도립(倒立)하는 관계에 있기 때문에, 색 변조 패널 좌상 4구획의 화소는 휘도 변조 광밸브의 우/하부에 결상된다. 휘도 변조 광밸브의 우/하 4구획의 화소를 p11(우하), p12(좌하), p13(우상), p14(좌상)로 한 경우, 화소 p11는, 도 15(a)에 나타내는 바와 같이, 색 변조 광밸브와 휘도 변조 광밸브의 해상도가 다른 것으로부터, 화소 p21~화소 p24와 광로 상에서 겹친다. 색 변조 광밸브의 해상도가 18×12이고, 휘도 변조 광밸브의 해상도가 15×10이므로, 화소 p11은 색 변조 광밸브의 화소수의 최소 공배수에 근거해서 6×6의 직사각형 영역으로 구분할 수 있다. 그리고, 화소 p11과 화소 p21~p24가 겹치는 면적비는, 도 15(b)에 나타내는 바와 같이, 25:5:5:1로 된다. 따라서, 화소 p11의 투과율 T15는, 도 15(c)에 나타내는 바와 같이, 하기 수학식 7에 의해 산출할 수 있다.

실제로 수치를 이용하여 계산한다. T11=0.0012, T12=0.5, T13=0.2, T14=0.002인 경우에는, 하기 수학식 7에 의해 T15=0.1008로 된다.

수학식 7

$$T15 = (T11 \times 25 + T12 \times 5 + T13 \times 5 + T14 \times 1) / 36$$

화소 p12~p14의 투과율 T16~T18에 대해서도, 화소 p11과 마찬가지로, 면적비에 의한 가중치 부여 평균값을 산출함으로써 구할 수 있다.

이어서, 단계 S116을 거쳐, 휘도 변조 광밸브의 화소마다, 그 화소에 대하여 산출된 투과율 T1에 대응하는 제어값이 제어값 등록 테이블(400)로부터 판독되고, 판독된 제어값이 그 화소의 제어값으로서 결정된다. 예컨대, T15=0.1008이므로, 제어값 등록 테이블(400)을 참조하면, 도 9에 나타내는 바와 같이, 0.09가 가장 근사한 값으로 된다. 따라서, 제어값 등록 테이블(400)로부터는, 화소 p11의 제어값으로서 「8」이 판독된다.

도 16(a), 도 16(b) 및 도 16(c)는 색 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T2를 결정하는 경우를 나타내는 도면이다.

이어서, 단계 S118을 거쳐, 색 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T2가 결정된다. 화소 p24는, 도 16(a)에 나타내는 바와 같이, 색 변조 광밸브와 휘도 변조 광밸브의 해상도가 다르기 때문에, 화소 p11~화소 p14와 광로 상에서 겹친다. 색 변조 광밸브의 해상도가 18×12이고, 휘도 변조 광밸브의 해상도가 15×10이므로, 화소 p24는 휘도 변조 광밸브의 화소수의 최소 공배수에 근거해서 5×5의 직사각형 영역으로 구분할 수 있다. 그리고, 화소 p24와 화소 p11~p14가 겹치는 면적비는, 도 16(b)에 나타내는 바와 같이, 1:4:4:16으로 된다. 따라서, 화소 p24에 착안한 경우, 이것에 대응하는 휘도 변조 광밸브의 투과율 T19는 하기 수학식 8에 의해 산출할 수 있다. 그리고, 화소 p24의 투과율 T24는 이득 G를 「1」이라고 하면, 도 16(c)에 나타내는 바와 같이, 하기 수학식 9에 의해 산출할 수 있다.

실제로 수치를 이용하여 계산한다. T15=0.09, T16=0.33, T17=0.15, T18=0.06, Tp4=0.01인 경우에는, 하기 수학식 8, 9에 의해 T19=0.1188, T24=0.0842로 된다.

수학식 8

$$T19 = (T15 \times 1 + T16 \times 4 + T17 \times 4 + T18 \times 16) / 25$$

수학식 9

$$T24 = Tp4 / T19$$

화소 p21~p23의 투과율 T21~T23에 대해서도, 화소 p24와 같이, 면적비에 의한 가중치 부여 평균값을 산출함으로써 구할 수 있다.

이어서, 단계 S120을 거쳐, 색 변조 광밸브의 각 화소마다, 그 화소에 대하여 산출된 투과율 T2에 대응하는 제어값이 제어값 등록 테이블로부터 판독되고, 판독된 제어값이 그 화소의 제어값으로서 결정된다. 예컨대, 액정 광밸브(60R)의 화소 p24에 대하여 T24=0.0842인 경우, 제어값 등록 테이블(420R)을 참조하면, 도 10에 나타내는 바와 같이, 0.07이 가장 근사한 값으로 된다. 따라서, 제어값 등록 테이블(420R)로부터는, 화소 p24의 제어값으로서 「7」이 판독된다.

그리고, 단계 S122를 거쳐, 결정된 제어값이 광밸브 구동 장치(180)에 출력된다. 이에 따라, 휘도 변조 광밸브(액정 광밸브(100)) 및 색 변조 광밸브(액정 광밸브(60B, 60G, 60R))가 각각 구동하고 표시 화상이 스크린 상에 투사된다.

이상과 같은 구성의 투사형 표시 장치(1)에 따르면 다음과 같은 효과를 나타낸다. 제 1 광변조 소자로서의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 및 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)의 후단에, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R), 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)를 거쳐 제 2 광변조 소자로서의 액정 광밸브(100)를 배치했기 때문에, 액정 광밸브(100)를, 다이클로익 미러(30, 35)와, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 전단에 배치하는 종래의 유사 광학계와 비교한 경우, 반사 미러(36), 릴레이 광학계(40), 평행화 렌즈(50B, 50G, 50R) 등의 광학계가 개재되지 않기 때문에, 두 개의 광변조 소자간 거리를 짧게 하는 것이 가능하다. 이에 따라, 전달광의 광학 수차를 감소시킬 수 있어 결상(전달) 정밀도를 향상시키는 것이 가능해지고, 또한 광학 수차의 보정을 위해 복잡한 광학계를 필요로 하지 않으므로 비용 저감도 가능해진다.

또한, 직렬로 배치된 두 개의 광변조 소자(색 변조 광밸브 및 휘도 변조 광밸브)를 거쳐 광원(10)으로부터의 광을 변조하므로, 비교적 높은 휘도 다이내믹 영역 및 계조수를 실현할 수 있다.

(실시예 1의 변형예 1)

상기 실시예 1에 있어서는, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)의 중심과, 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 각각의 거리를 LB, LG, LR로 했을 때에, $LB=LG=LR$ (등거리)이 되도록, 각 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)를 배치하는 구성으로 했지만, 이것에 한정되지 않는다. 각 렌즈나 광합성용 크로스다이클로익 프리즘 등을 형성하는 재질은 각종 파장 의존성(예컨대, 굴절율)을 갖기 때문에, 제 1 광변조 소자와 제 2 광변조 소자 사이에서 정확하고 또한 높은 효율에서의 광학상(광강도 분포) 전달을 실현하기 위해서는, 파장 의존성의 영향이나 전달 과정에서 발생하기 쉬운 광학 수차를 감소시켜야 한다. 그것을 실현하는 방법의 하나로서, 상기 세 개의 거리 LB, LG, LR이 서로 다르도록, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)에 대하여 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)를 배치한 구성을 채용할 수 있다. 예컨대, 상기 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)을 구성하는 재질의 굴절율의 파장 의존성이 단파장 측에서 굴절율이 크고, 장파장 측에서 굴절율이 작은 경우(대부분의 유리는 이러한 경향이 있음)에는, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)와 액정 광밸브(100)간 거리를 파장이 짧은 광에 대응할수록 짧은 것으로 하는 것에 의해, 굴절율의 파장 의존성에 의한 광학 수차를 감소시키는 것이 가능하다. 따라서, 도 19에 나타내는 바와 같이, 색광마다 광로가 분리되어 있는 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)과 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 각각의 거리를, $LB<LG<LR$ 의 관계가 되도록 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)를 배치하는 구성으로 할 수 있다.

(실시예 2)

또한, 본 발명에 따른 광학 표시 장치 및 투사형 표시 장치의 실시예 2를 도 17에 근거해서 설명한다. 도 17은 분광용 크로스다이클로익 프리즘으로 분광한 세 개의 색광을 각각 같은 광로 길이로, 색광의 합성을 행하는 광합성용 크로스다이클로익 프리즘에 전달하는 것이 가능한 투사형 표시 장치(130)의 주된 광학 구성을 나타내는 도면이다. 여기서, 상기 실시예 1에 있어서는 투사형 표시 장치(1)와 마찬가지로의 구성 요소에 대해서는 동일 부호를 부여하여, 그 설명을 생략한다.

투사형 표시 장치(130)는 광원(10)과, 광분리 수단인 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)과, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)와, 입사측 렌즈(370B, 370G, 370R)와, 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)와, 반사 미러(380B, 380G, 380R, 385B, 385G, 385R)와, 광합성 수단인 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)과, 사출측 렌즈(95)와, 액정 광밸브(100)와, 투사 렌즈(110)를 포함한 구성으로 되어있다.

분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)은 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)과 마찬가지로 삼각기둥 형상의 네 개의 프리즘을 접합하여 이루어지는 6면체 형상을 갖고 있고, 내부에 청색광 반사 다이클로익막과 적색광 반사 다이클로익막이 단면 X자 형상으로 배치되어 있다. 즉, 액정 광밸브(60B)가 임의 방향으로 청색광을 반사하기 위한 청색광 반사 다이클로익막(310)이 프리즘의 접합면에 형성되고, 액정 광밸브(60R)가 임의 방향으로 적색광을 반사하기 위한 적색광 반사 다이클로익막(320)이 프리즘의 접합면에 형성되어 있다. 이에 따라, 광원으로부터의 백색광을 광의 3원색인 RCB 세 개의 색광으로 분광하고, 각각의 색광을 대응하는 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)를 향해 사출한다. 여기서, 상기한 6면 중, 광원(10)으로부터의 백색광을 입사시키는 면을 입사면(300a), 백색광을 3원색의 광으로 분광한 후의, 청색광을 사출하는 면을 제 1 사출면(300b), 녹색광을 사출하는 면을 제 2 사출면(300c) 및 적색광을 사출하는 면을 제 3 사출면(300d)이라고 각각 부르는 것으로 한다. 또한, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)의 상기 6면 중, 합성광을 사출하는 면을 사출면(80a), 청색광을 입사시키는 면을 제 1 입사면(80b), 녹색광을 입사시키는 면을 제 2 입사면(80c) 및 적색광을 입사시키는 면을 제 3 입사면(80d)이라고 각각 부르는 것으로 한다.

분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)과 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)은 각각의 내부에 존재하는 두 개의 다이클로익막에 의한 교선의 연장선이 대략 동일선 상에 위치하고, 또한, 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)의 입사면(300a)과 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)의 사출면(80a)이 대략 동일 평면 상에 위치하도록, 바꾸어 말하면, Y축 방향으로 쌓아 올리는 것과 같은 위치 관계로 배치된다. 이 배치 관계에 의해, 입사면(300a)과 사출면(80a), 제 1 사출면(300b)과 제 1 입사면(80b), 제 2 사출면(300c)과 제 2 입사면(80c), 제 3 사출면(300d)과 제 3 입사면(80d)은 각각 쌍으로 되어 Y축 방향에 근접하여 위치하는 것으로 되고, 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)으로부터 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)에 이르는 세 개의 색광의 광로를 거의 같은 길이로 설정할 수 있다.

입사측 렌즈(370B, 370G, 370R)는 투사형 표시 장치(1)에 있어서의 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)와 마찬가지로의 기능을 갖는 것으로, 즉, 대응하는 각 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에 의해 변조된 각 색의 변조광을 각각의 광로 상에 존재하는 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)에 효율적으로 입사시키는 기능을 갖고, 각각의 변조광을 집광하여 대응하는 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)에 입사시킨다.

반사 미러(380B, 380G, 380R)는 각 입사측 렌즈(370B, 370G, 370R)로부터의 색광을 대응하는 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)에 그 광로를 변경하여 도입하는 기능을 갖는다. 마찬가지로, 반사 미러(385B, 385G, 385R)도, 각 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)로부터의 색광을 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)의 대응하는 제 1 입사면(80b), 제 2 입사면(80c), 제 3 입사면(80d)에 그 광로를 변경하여 도입하는 기능을 갖는다.

릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)는 투사형 표시 장치(1)에 있어서의 릴레이 렌즈(90)와 마찬가지로의 기능을 갖는 것으로, 즉, 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 표시면 상에 형성된 세 개의 광학상(광강도 분포)을 액정 광밸브(100)의 표시면 상에 그 강도 분포를 거의 저장한 상태로, 또한 광손실을 거의 수반하지 않고 정확하게 전달하는 기능을 갖고, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)로부터의 각 색광을 입사측 렌즈(370B, 370G, 370R)나 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80) 등을 거쳐 액정 광밸브(100)에 도입한다.

여기서, 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)로부터 액정 광밸브(100)에 이르는 각 색광의 광로 길이를 L1(청색광), L2(녹색광), L3(적색광)으로 한다. 예컨대, 청색광의 광로 길이 L1이란, 액정 광밸브(60B)의 표시면으로부터 반사 미러(380B), 릴레이 렌즈(375B), 반사 미러(385B), 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)을 거쳐 액정 광밸브(100)의 표시면에 이르는 광로의 길이를 의미한다. 그리고, 투사형 표시 장치(130)에 있어서는, 세 개의 광로 길이가 대략 같게 ($L1=L2=L3$) 되도록, 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)나 반사 미러(380B, 380G, 380R, 385B, 385G, 385R)가 배치되어 있다.

다음에, 투사형 표시 장치(130)의 전체적인 광전달의 흐름을 설명한다. 광원(10)으로부터의 백색광은 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)의 입사면(300a)으로부터 입사되고, 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)에서 적색(R), 녹색(G) 및 청색(B)의 3원색의 광으로 분광되며, 또한 이들 분광된 3원색의 광 중 청색광, 녹색광 및 적색광을 각각 제 2 내지 제 4 사출면(300b~300d)으로부터 사출한다. 제 2 내지 제 4 사출면(300b~300d)으로부터 사출된 청색광, 녹색광 및 적색광은 각각 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)(색 변조 광밸브)에 입사된다.

액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에 입사된 각각의 색광은 각각의 파장 영역에 따른 외부 데이터에 근거해서 색 변조되고, 광학상을 내포한 변조광으로서 사출된다. 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)로부터의 각 변조광은 각 광로 상에 배치된 입사측 렌즈(370B, 370G, 370R), 반사 미러(380B, 380G, 380R), 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R), 반사 미러(385B, 385G, 385R)를 거쳐 광합성용 다이클로익 프리즘(80)의 제 1 내지 제 3 입사면(80b~80d)에 입사된다.

광합성용 다이클로익 프리즘(80)의 제 1 내지 제 3 입사면(80b~80d)에 입사된 세 개의 색광은 거기서 하나의 광으로 합성되고, 사출측 렌즈(95)를 거쳐 액정 광밸브(100)에 입사된다. 액정 광밸브(100)에 입사된 합성광은 전체 파장 영역에 따른 외부 데이터에 근거해서 휘도 변조되어, 최종적인 광학상을 내포한 변조광으로서 투사부(110)로 사출된다. 그리고, 투사부(110)에서, 액정 광밸브(100)로부터의 최종적인 합성광을 도시하지 않는 스크린 상에 투사하여 소망의 화상을 표시한다.

또한, 투사형 표시 장치(130)는, 상기 실시예 1에 있어서의 투사형 표시 장치(1)와 마찬가지로, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 및 액정 광밸브(100)를 제어하는 표시 제어 장치(200)(도시하지 않음)를 갖고 있지만, 그 동작은 상기 실시예 1에 있어서의 투사형 표시 장치(1)와 마찬가지로, 기재를 생략한다.

이상과 같은 구성의 투사형 표시 장치(130)에 따르면 다음과 같은 효과를 나타낸다. 광분리 수단으로서 두 종류의 다이클로익막을 단면 X자 형상으로 내장한 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)을 이용하고 있으므로, 광원(10)과 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 거리를 거의 같게 설정할 수 있고, 광변조에 의해 화상 형성을 행하는 각 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에 광강도 분포가 조정된 조명광을 입사시킨다. 이에 따라, 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 사이에서 발생하기 쉬운 조도 얼룩(이것은 최종적으로 색 얼룩으로 되어 시인됨)을 감소시킬 수 있어, 고품질의 화상을 형성할 수 있다.

또한, 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)과 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)을 Y축 방향으로 쌓아 올린 것과 같은 위치 관계로 배치하고 있기 때문에, 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)로부터 액정 광밸브(100)에 이르는 광로 길이를 각 색광 사이에서 용이하게 같게 할 수 있다. 이에 따라, 제 1 광변조 소자인 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)에서 형성한 광학상(광강도 분포)을 제 2 광변조 소자인 액정 광밸브(100)에 정확하고 또한 효율적으로 전달할 수 있다.

또, 두 개의 광변조 소자간의 전달 과정에서는 광학 수차의 발생에 의해 전달 정밀도가 악화되기 쉽다. 이 점에 대해서는, 프리즘이나 렌즈의 구성 재료인 유리나 플라스틱이 그 광학 특성에 과장 의존성을 갖는 점에 착안하고, 입사측 렌즈(370B, 370G, 370R)나 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R) 및 사출측 렌즈(95) 등의 재질이나 렌즈 곡률(포함하는 비구면화나 아크로매틱화) 등의 광학 특성, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)의 재질이나 치수 형상 등을 개별적으로 최적화해서, 발생하는 광학 수차를 감소시켜, 전달 정밀도와 전달 효율을 향상시키는 것이 중요하다. 또한, 마찬가지로의 관점에서, 각 광로 길이 L1~L3을 서로 근소하게 다르도록 설정하여도 좋다.

(실시예 2의 변형예)

도 18에 그 주된 광학 구성을 나타내는 투사형 표시 장치(140)와 같이, 실시예 2에서 설명한 투사형 표시 장치(130)의 분광용 크로스다이클로익 프리즘과 광합성용 크로스다이클로익 프리즘을 일체화하여도 좋다. 투사형 표시 장치(130)의 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)과 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)에 내장된 두 개의 다이클로익막은 Y축 방향을 따라 본 경우, 같은 배치 관계에 있다. 바꾸어 말하면, 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300) 중 청색광 반사 다이클로익막과 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)의 청색광 반사 다이클로익막은 대략 동일 평면 상에 있고, 적색광 반사 다이클로익막에 대해서도 마찬가지이다. 따라서, 투사형 표시 장치(130)에 있어서의 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)과, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)을 일체화하여 분광 및 합성용 크로스다이클로익 프리즘(390)으로 할 수 있다. 이에 따라, 광학 부품을 삭감하여, 장치의 저비용화를 실현할 수 있다.

(그 밖의 변형예 1)

상기 실시예 1에 있어서는 크로스다이클로익 프리즘을 이용하여 광합성 수단을 구성하고, 또한, 상기 실시예 2에 있어서는 크로스다이클로익 프리즘을 이용하여 광분리 수단 및 광합성 수단을 구성하고 있지만, 이들에 한정되지 않고, 도 20에 나타내는 바와 같은 크로스다이클로익 미러(85)를 크로스다이클로익 프리즘 대신 이용하여도 좋다. 크로스다이클로익 미러(85)는 청색광 반사 다이클로익막(81)이나 적색광 반사 다이클로익막(82)이 형성된, 유리나 플라스틱 등의 판 형상의 투명 매질(86)을 X자 형상으로 배치한 광학 소자이며, 기본적으로는 크로스다이클로익 프리즘과 동등한 기능을 갖는다. 이에 따라, 크로스다이클로익 프리즘을 이용하는 경우보다도 광합성 수단이나 광분리 수단을 경량화할 수 있고, 또한 저렴하게 구성하는 것이 가능하다. 또, 크로스다이클로익 미러(85)를 투명한 액체를 내부에 충전한 입방체 내에 배치한, 이른바, 액침(液浸) 구조의 크로스다이클로익 미러로 하여도 좋다. 그 경우에는, 크로스다이클로익 프리즘과 동등한 광학 성능을 크로스다이클로익 프리즘에 비해 저렴하게 실현할 수 있다.

(그 밖의 변형예 2)

상기 실시예 1 및 상기 실시예 2에 있어서는, 제 1 광변조 소자인 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)(색 변조 광밸브)와 제 2 광변조 소자인 액정 광밸브(100)(회도 변조 광밸브)로서, 어느 것도 동일 치수 형상(표시면의 치수 형상이 같음)의 액정 광밸브를 이용하고 있었지만, 이것에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 도 21에 나타내는 투사형 표시 장치(150)와 같이, 상기 실시예 1 및 상기 실시예 2에 있어서는, 각 투사형 표시 장치의 회도 변조 광밸브인 액정 광밸브(100)의 치수를 색 변조 광밸브인 3개소의 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)의 치수보다도 작게 한 구성으로 하는 것도 가능하다. 이 경우, 색 변조 광밸브와 회도 변조 광밸브의 해상도가 동일하면, 색 변조 광밸브의 표시면의 치수와, 회도 변조 광밸브의 표시면의 치수가 일치하지 않게 되므로, 전달 과정에서 광학상의 크기를 전달처의 회도 변조 광밸브의 크기에 맞춰 변경할 필요가 있다.

이상과 같은 구성의 투사형 표시 장치(150)에 따르면, 휘도 변조 광밸브의 소형화에 따라 투사 렌즈(110)를 소형화하는 것이 가능하고, 따라서, 투사 렌즈(110)의 비용 절감이나 경량화를 도모할 수 있다고 하는 효과가 얻어진다.

또, 투사형 표시 장치(150)와는 반대로, 휘도 변조 광밸브의 치수를 색 변조 광밸브보다도 크게 한 구성으로 하는 것도 가능하다. 이러한 구성을 구비한 예에 대해서는 후술한다.

(그 밖의 변형예 3)

상기 실시예 1에서는, 제 1 광변조 소자인 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)(색 변조 광밸브)의 해상도가 제 2 광변조 소자인 액정 광밸브(100)(휘도 변조 광밸브)보다도 높은 경우를 예로 들어 설명했지만, 두 개의 광변조 소자(색 변조 광밸브와 휘도 변조 광밸브)의 해상도는 동일하더라도, 또는, 다르더라도 좋다. 단, 양자의 해상도가 다른 경우에는, 실시예 1에서 설명한 바와 같이, 표시 화상 데이터의 해상도를 변환해야 한다.

예컨대, 휘도 변조 광밸브가 색 변조 광밸브의 표시 해상도보다도 높은 표시 해상도를 갖고 있으면, 색 변조 광밸브로부터 휘도 변조 광밸브까지의 광전달에 있어서의 MTF(Modulation Transfer Function)를 높게 설정할 필요가 없어지기 때문에, 개재하는 릴레이 광학계의 전달 성능을 그 만큼 높게 할 필요가 없어, 릴레이 광학계를 비교적 저렴하게 구성할 수 있다.

한편, 색 변조 광밸브가 휘도 변조 광밸브의 표시 해상도보다도 높은 표시 해상도를 갖고 있으면, 통상, 표시 화상 데이터는 색 변조 광밸브의 표시 해상도에 맞춰 준비되기 때문에, 해상도의 변환 처리를 휘도 변조 광밸브의 표시 해상도에 맞춰 한 번 실행하는 것만으로 충분하기 때문에, 표시 화상 데이터의 변환 처리가 용이해진다.

(실시예 3)

본 발명의 내용은 제 2 광변조 소자 상에 형성된 최종적인 광학상(표시 화면)을 확대하지 않고 직접 보는, 이른바 직시형 액정 표시 장치(광학 표시 장치)에 적용하는 것도 가능하다. 즉, 도 22에 나타내는 바와 같이, 상기 실시예 1 및 상기 실시예 2에서 설명한 각 투사형 표시 장치에 있어서의 투사 렌즈(110)를 제거하고, 액정 표시 장치(광학 표시 장치)(160)로 하는 것도 가능하다. 이러한 구성에 있어서는, 액정 표시 장치(160)는 휘도 변조 광밸브가 화상의 표시 화면이 되므로, 그 치수를 색 변조 광밸브보다도 크고, 또한, 해상도도 높게 한 구성이 바람직하다.

액정 표시 장치(160)에서는, 색 변조 광밸브의 대형화에 맞춰 사출측 렌즈(95)도 크게 할 필요가 있지만, 도 22에 나타내는 바와 같이, 사출측 렌즈(95)를 프레넬 렌즈화한 사출측 렌즈(96)로 하는 것에 의해 비용의 증가를 억제하는 것이 가능하다.

이상의 실시예 및 변형예에서, 도 1에 나타내는 광원(10)은 제 1 내지 4 발명 중 어느 하나의 광원에 대응하고, 투사 렌즈(110)는 제 14 발명의 투사 수단에 대응한다.

또한, 도 1 및 도 3에 나타내는, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)는 제 1, 2, 7 및 10 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 1 광변조 소자에 대응하고, 릴레이 렌즈(90)는 제 1, 2 및 9 발명 중 어느 하나의 릴레이 렌즈에 대응하고, 액정 광밸브(100)는 제 1, 2, 9, 10 및 13 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 2 광변조 소자에 대응하고, 다이클로익 미러(30, 35)와, 반사 미러(36)와, 릴레이 광학계(40)에 의한 광원(10)으로부터의 백색광을 RGB 3원색의 광으로 각각 분광하는 처리는 제 2 발명의 광분리 수단에 대응하고, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)는 제 7 또는 8 발명의 제 1 집광 렌즈에 대응하고, 사출측 렌즈(95)는 제 9 발명의 제 2 집광 렌즈에 대응한다.

또한, 도 1 내지 도 3에 나타내는, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)은 제 1, 2 및 7 발명 중 어느 하나의 광합성 수단에 대응한다.

또한, 도 17 및 도 18에 나타내는, 광원(10)은 제 2, 3 및 4 발명 중 어느 하나의 광원에 대응하고, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)는 제 2, 3, 7 및 10 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 1 광변조 소자에 대응하고, 입사측 렌즈(370B, 370G, 370R)와 릴레이 렌즈(375B, 375G, 375R)는 제 7 또는 8 발명의 제 1 집광 렌즈에 대응하고, 반사 미러(380B, 380G, 380R, 385B, 385G, 385R)는 제 3 또는 4 발명의 광전달 수단에 대응하고, 사출측 렌즈(95)는 제 9 발명의 제 2 집광 렌즈에 대응하고, 액정 광밸브(100)는 제 2, 6, 9, 10 및 13 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 2 광변조 소자에 대응하며, 투사 렌즈(110)는 제 17 발명의 투사 수단에 대응한다.

또한, 도 17에 나타내는, 분광용 크로스다이클로익 프리즘(300)은 제 2 내지 4 발명 중 어느 하나의 광분리 수단에 대응하고, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)은 제 2 내지 4 발명 중 어느 하나의 광합성 수단에 대응한다.

또한, 도 18에 나타내는 분광 및 합성용 크로스다이클로익 프리즘(390)은 제 6 발명의 광분리 수단 및 광합성 수단에 대응한다.

또한, 도 19에 나타내는, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)는 제 1, 2, 3, 7 및 10~16 발명 중 어느 하나의 제 1 광변조 소자에 대응하고, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)는 제 7 또는 8 발명의 제 1 집광 렌즈에 대응하고, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)은 제 1, 2 및 7 발명 중 어느 하나의 광합성 수단에 대응하고, 릴레이 렌즈(90)는 제 1, 2 및 7 발명 중 어느 하나의 릴레이 렌즈에 대응하고, 사출측 렌즈(95)는 제 7 발명의 제 2 집광 렌즈에 대응하고, 액정 광밸브(100)는 제 1, 2, 9, 10 및 13 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 2 광변조 소자에 대응하며, 투사 렌즈(110)는 제 17 발명의 투사 수단에 대응한다.

또한, 도 20에 나타내는 크로스다이클로익 미러(85)는 제 5 발명의 크로스다이클로익 미러에 대응한다.

또한, 도 21에 나타내는, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)는 제 1, 2, 3, 7 및 10 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 1 광변조 소자에 대응하고, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)는 제 7 또는 8 발명의 제 1 집광 렌즈에 대응하고, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)은 제 1, 2 및 7 발명 중 어느 하나의 광합성 수단에 대응하고, 릴레이 렌즈(90)는 제 1, 2 및 7 발명 중 어느 하나의 릴레이 렌즈에 대응하고, 사출측 렌즈(95)는 제 9 발명의 제 2 집광 렌즈에 대응하고, 액정 광밸브(100)는 제 1, 2, 9, 10 및 13 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 2 광변조 소자에 대응하며, 투사 렌즈(110)는 제 17 발명의 투사 수단에 대응한다.

또한, 도 22에 나타내는, 광원(10)은 제 1 내지 4 발명 중 어느 하나의 광원에 대응하고, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R)는 제 1, 2, 3, 7 및 10 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 1 광변조 소자에 대응하고, 입사측 렌즈(70B, 70G, 70R)는 제 7 또는 8 발명의 제 1 집광 렌즈에 대응하고, 광합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)은 제 1, 2 및 7 발명 중 어느 하나의 광합성 수단에 대응하고, 릴레이 렌즈(90)는 제 1, 2 및 7 발명 중 어느 하나의 릴레이 렌즈에 대응하고, 사출측 렌즈(96)는 제 9 발명의 제 2 집광 렌즈에 대응하며, 액정 광밸브(100)는 제 1, 2, 9, 10 및 13 내지 16 발명 중 어느 하나의 제 2 광변조 소자에 대응한다.

또한, 본문 중에 기재된 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)를 포함하여 구성되는 광전달계에 적용하는 비구면 렌즈는 제 11 발명의 비구면 렌즈에 대응하고, 릴레이 렌즈(90) 및 사출측 렌즈(95)를 포함하여 구성되는 광전달계에 적용하는 아크로매틱 렌즈는 제 12 발명의 아크로매틱 렌즈에 대응한다.

또, 상기 실시예에 있어서는, 휘도 변조 광밸브 및 색 변조 광밸브를 이용하여 광의 휘도를 2단계로 변조하도록 구성했지만, 이것에 한하지 않고, 휘도 변조 광밸브를 2세트 이용하여 광의 휘도를 2단계로 변조하도록 구성할 수도 있다.

또한, 상기 실시예에 있어서는, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R, 100)로서 액티브 매트릭스형 액정 표시 소자를 이용하여 구성했지만, 이것에 한하지 않고, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R, 100)로서 패시브 매트릭스형 액정 표시 소자 및 세그먼트형 액정 표시 소자를 이용하여 구성할 수도 있다. 액티브 매트릭스형 액정 표시는 정밀한 계조 표시를 할 수 있다고 하는 이점이 있고, 패시브 매트릭스형 액정 표시 소자 및 세그먼트형 액정 표시 소자는 저렴하게 제조할 수 있다고 하는 이점을 갖는다.

또한, 상기 실시예에 있어서, 투사형 표시 장치(1, 130~150) 및 액정 표시 장치(160)는 투과형 광변조 소자를 마련하여 구성했지만, 이것에 한하지 않고, 휘도 변조 광밸브 또는 색 변조 광밸브를 DMD(Digital Micromirror Device) 등의 반사형 광변조 소자로 구성할 수도 있다.

또한, 상기 실시예에 있어서, 도 11의 흐름도에 나타내는 처리를 실행하는 데에는, ROM(172)에 미리 저장되어 있는 제어 프로그램을 실행하는 경우에 대하여 설명했지만, 이것에 한하지 않고, 이들 순서를 나타낸 프로그램이 기억된 기억 매체로부터, 그 프로그램을 RAM(174)에서 판독하여 실행하도록 하여도 좋다.

여기서, 기억 매체란, RAM, ROM 등의 반도체 기억 매체, FD, HD 등의 자기 기억형 기억 매체, CD, CDV, LD, DVD 등의 광학적 판독 방식 기억 매체, MO 등의 자기 기억형/광학적 판독 방식 기억 매체로서, 전자적, 자기적, 광학적 등의 판독 방법의 여하에 관계없이, 컴퓨터로 판독 가능한 기억 매체이면, 모든 기억 매체를 포함하는 것이다.

또한, 상기 실시예에 있어서는, 광원(10)으로서 백색광을 사출하는 단체의 광원을 이용하고, 이 백색광을 RGB의 3원색의 광으로 분광하도록 하고 있지만, 이것에 한하지 않고, RGB의 3원색에 각각 대응한, 적색광을 사출하는 광원, 청색광을 사출하는 광원 및 녹색광을 사출하는 광원의 세 개의 광원을 이용하여, 백색광을 분광하는 수단을 제거한 구성으로 하여도 좋다.

또한, 상기 실시예에 있어서는, 전단의 액정 광밸브의 광학상을 후단의 액정 광밸브에 결상하기 위한 릴레이 광학계로서, 주로 투과형 릴레이 소자(렌즈)를 이용하고 있지만, 이것에 한하지 않고, 주로 반사형 릴레이 소자(미러)를 이용하여도 좋다.

도 23 내지 도 25는 미러로 구성되는 반사형 릴레이 광학계의 구성예를 모식적으로 나타내고 있다.

도 23의 릴레이 광학계는 하나의 오목면 미러(500)를 거쳐, 전단 광밸브(501)의 광학상을 후단 광밸브(502) 상에 결상시키는 구성으로 이루어진다. 즉, 이 릴레이 광학계에서는, 1회의 반사에 의해 결상 관계(두 개의 광밸브(501, 502)가 거의 공역으로 되는 관계)를 완성시키고 있다. 오목면 미러(500)는 구면 미러라도 좋고, 축대칭성이 없는 비구면 미러라도 좋다.

도 24 및 도 25의 릴레이 광학계는 높은 결상 성능을 얻기 위해, 복수 회의 반사에 의해 결상 관계를 완성시키는 구성으로 이루어진다. 즉, 도 24 및 도 25의 릴레이 광학계에서는, 광로 상에 복수의 반사형 광학 소자(미러)를 배치하는 것으로, 수차 보정을 행하여, 릴레이 광학계의 결상 성능을 향상시키고 있다. 또한, 이 경우, 평면 미러를 포함함으로써, 레이아웃의 자유도 향상이 도모된다.

구체적으로는, 도 24의 릴레이 광학계는 두 개의 오목면 미러(510, 511)와, 오목면 미러(510)의 반사광을 오목면 미러(511)로 안내하기 위한 평면 미러(512)를 갖는다. 전단 광밸브(501)로부터의 광속은 오목면 미러(510), 평면 미러(512), 오목면 미러(511)의 순서로 반사된 후, 후단 광밸브(502)로 입사된다. 또, 본 예에서는, 평면 미러(512)는 조리개에 상당하는 기능을 갖는다. 또한, 오목면 미러(510)와 오목면 미러(511)는 일체로 구성되어도 좋다.

도 25의 릴레이 광학계는 두 개의 오목면 미러(520, 521)와, 두 개의 평면 미러(522, 523)를 갖는다. 전단 광밸브(501)로부터의 광속은 오목면 미러(520), 평면 미러(522), 평면 미러(523), 오목면 미러(521)의 순서로 반사된 후, 후단 광밸브(502)에 입사된다. 평면 미러(522)와 평면 미러(523)간의 광로 상에 조리개를 배치하여도 좋다.

이러한 반사형 릴레이 광학계는 수차(예컨대, 색수차)의 저감에 유리하다. 즉, 반사형 릴레이 광학계에서는, 투과형 릴레이 소자(렌즈)를 이용하는 것에 기인하는 수차(예컨대, 색수차)의 발생이 회피된다.

또한, 도 24 및 도 25에 나타내는 릴레이 광학계는, 복수의 미러를 이용함으로써, 양측 텔레센트릭성을 갖고 있다. 그 때문에, 후단 광밸브의 화면 상에 결상되는 상의 밝기, 색미, 계조 등의 균일화가 확실하게 도모되어, 화상 표시 품질이 양호한 것으로 된다.

또, 도 24 및 도 25의 릴레이 광학계에서는, 평면 미러 대신 오목면 미러나 볼록면 미러(각각 비구면 미러를 포함함)를 이용함으로써, 상면(像面)의 수차 보정을 행하기 쉬운 구성으로 할 수도 있다.

또한, 상기 반사형 릴레이 광학계에 이용하는 미러는 기판 상에 알루미늄이나 은 등의 금속막을 형성한 형태 외에, 유전체 다층막에 의한 반사막(증가 반사막)을 갖는 형태, 양자를 조합시킨 형태 등이 적용된다. 유전체 다층막에 의한 반사막은, 예컨대, 유리나 실리콘 등의 기판 상에 고굴절율막과 저굴절율막을 교대로 적층함으로써 형성할 수 있고, 막 경계면에서의 반사광에 의한 간섭을 이용하여 높은 반사율을 얻는 것이 가능하다.

이상, 본 발명의 바람직한 실시예를 설명했지만, 본 발명은 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에서, 구성의 부가, 생략, 치환 및 그 밖의 변경이 가능하다. 본 발명은 상술한 설명에 의해 한정되는 것이 아니라, 첨부된 청구항의 범위에 의해서만 한정된다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 조명광의 고정밀도의 전달과, 휘도 다이내믹 영역의 확대와, 표시 화상의 고화질화를 실현할 수 있고, 또한 장치 전체의 소형화가 가능한 광학 표시 장치 및 투사형 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명에 따른 투사형 표시 장치(1)의 주된 광학 구성을 나타내는 도면,
 도 2는 다이클로익 프리즘(80)의 구성을 나타내는 도면,
 도 3은 광학 상(像)을 등배로 전달하는 릴레이 광학계의 일례를 나타내는 도면,
 도 4는 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계의 구성예를 나타내는 도면,
 도 5는 도 4의 릴레이 광학계의 동작 원리를 나타내는 도면,
 도 6(a)는 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계를 나타내는 도면,
 도 6(b)는 일반적인 릴레이 광학계를 나타내는 도면,
 도 7(a)는 양측 텔레센트릭성을 갖는 릴레이 광학계를 나타내는 도면,
 도 7(b)는 일반적인 릴레이 광학계를 나타내는 도면,
 도 8은 표시 제어 장치(200)의 하드웨어 구성을 나타내는 블록도,
 도 9는 제어값 등록 테이블(400)의 데이터 구조를 나타내는 도면,
 도 10은 제어값 등록 테이블(420R)의 데이터 구조를 나타내는 도면,
 도 11은 표시 제어 처리를 나타내는 흐름도,
 도 12는 톤 맵핑 처리를 설명하기 위한 도면,
 도 13은 색변조 광밸브의 투과율 T2를 가결정하는 경우를 나타내는 도면,
 도 14는 색변조 광밸브의 화소 단위로 휘도 변조 광밸브의 투과율 T1'을 산출하는 경우를 나타내는 도면,
 도 15(a), 15(b) 및 도 15(c)는 휘도 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T1을 결정하는 경우를 나타내는 도면,
 도 16(a), 도 16(b) 및 도 16(c)는 색 변조 광밸브의 각 화소의 투과율 T2를 결정하는 경우를 나타내는 도면,
 도 17은 본 발명에 따른 투사형 표시 장치(130)의 주된 광학 구성을 나타내는 도면,
 도 18은 본 발명에 따른 투사형 표시 장치(140)의 주된 광학 구성을 나타내는 도면,
 도 19는 합성용 크로스다이클로익 프리즘(80)과, 액정 광밸브(60B, 60G, 60R) 각각의 거리를 변경한 일 구성예를 나타내는 도면,
 도 20은 크로스다이클로익 미러(85)의 구성을 나타내는 도면,
 도 21은 본 발명에 따른 투사형 표시 장치(150)의 주된 광학 구성을 나타내는 도면,
 도 22는 본 발명에 따른 액정 표시 장치(160)의 주된 광학 구성을 나타내는 도면,
 도 23은 미러로 구성되는 반사형 릴레이 광학계의 구성예를 모식적으로 나타내는 도면,

도 24는 미러로 구성되는 반사형 릴레이 광학계의 구성예를 모식적으로 나타내는 도면,

도 25는 미러로 구성되는 반사형 릴레이 광학계의 구성예를 모식적으로 나타내는 도면이다.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

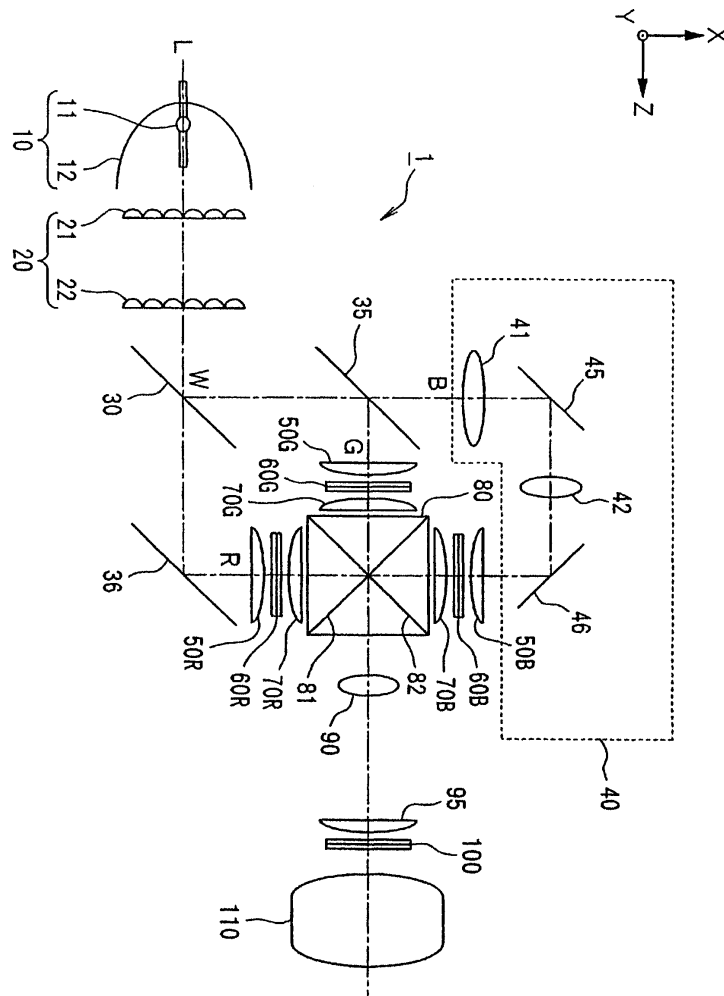
170 : CPU 172 : ROM

174 : RAM 178 : I/F

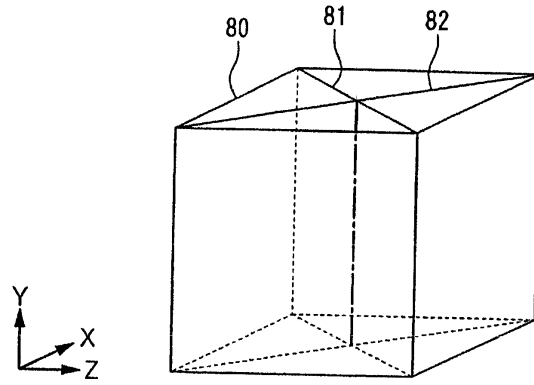
180 : 광밸브 구동 장치 182 : 기억 장치

도면

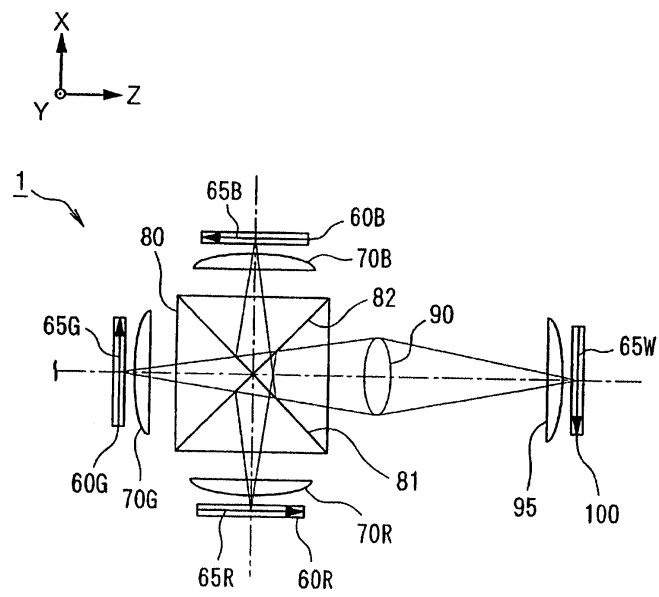
도면1



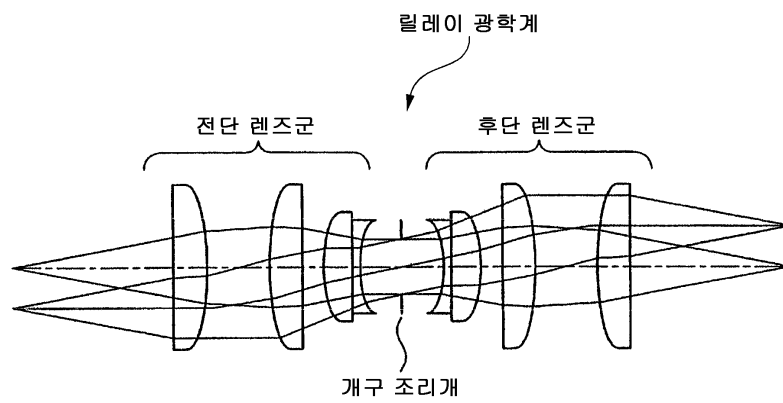
도면2



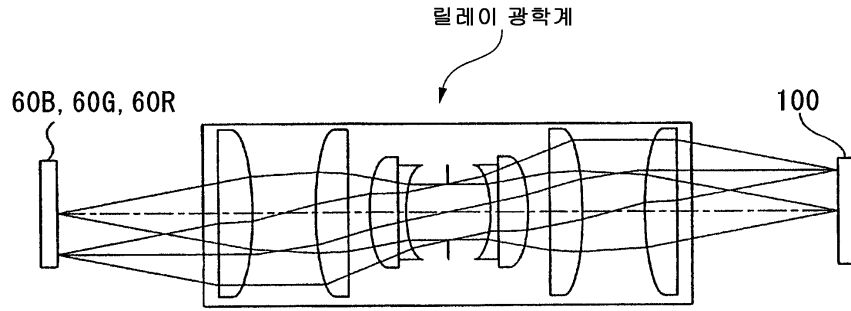
도면3



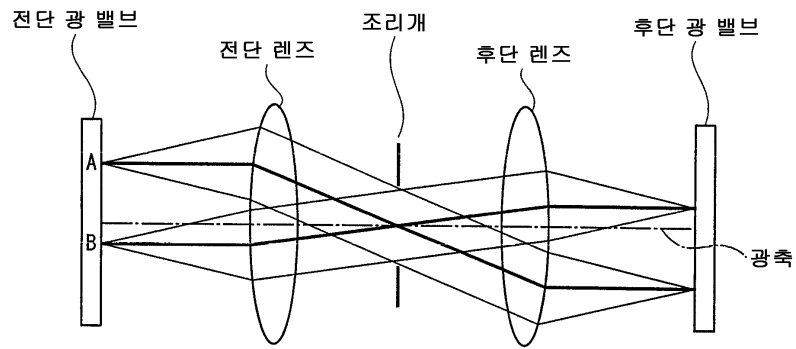
도면4



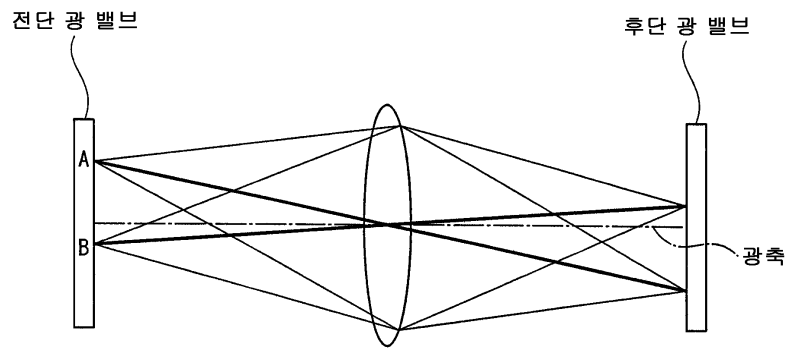
도면5



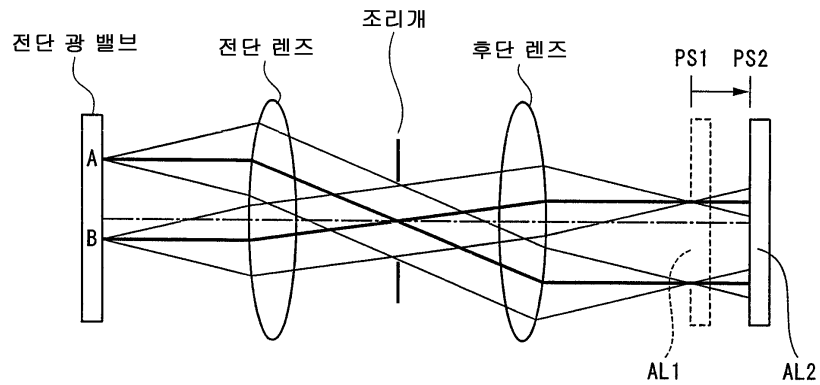
도면6a



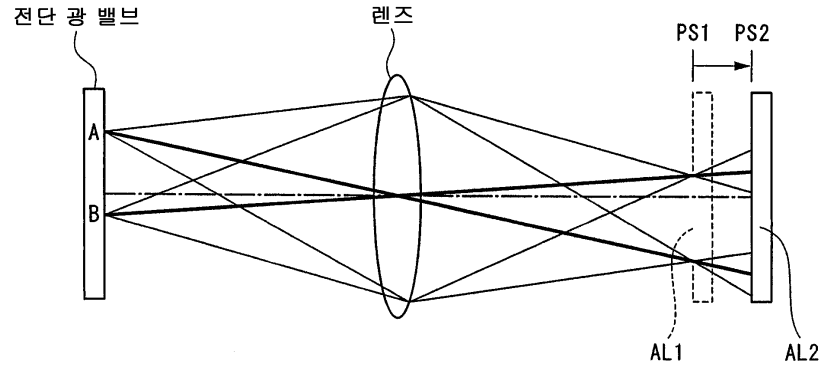
도면6b



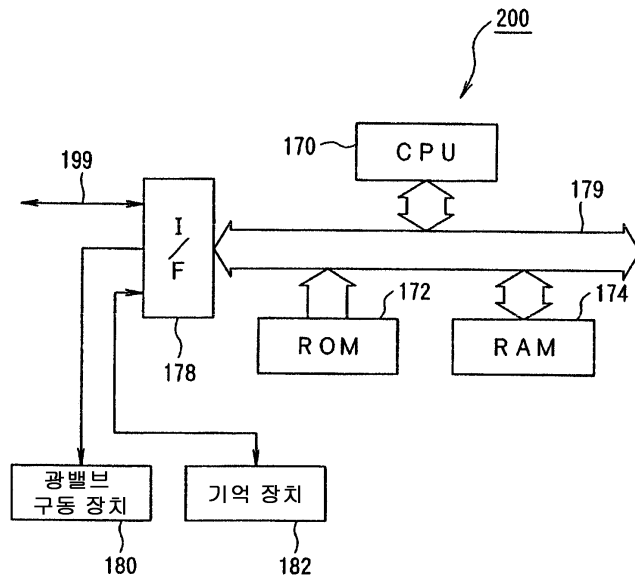
도면7a



도면7b



도면8



도면9

400

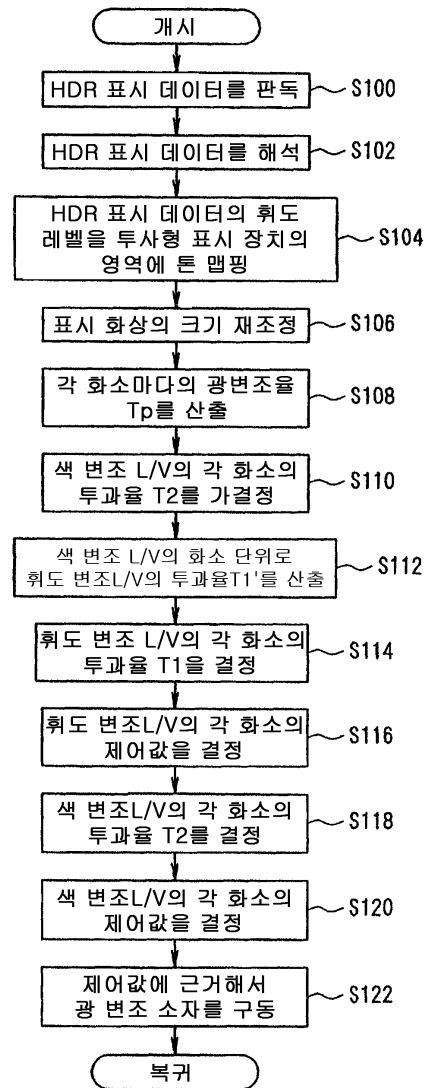
제어값	0	1	2	3	4	5
투과율	0.003	0.006	0.009	0.012	0.017	0.025
제어값	6	7	8	9	10	11
투과율	0.038	0.06	0.09	0.15	0.23	0.33
제어값	12	13	14	15		
투과율	0.44	0.52	0.57	0.6		

도면10

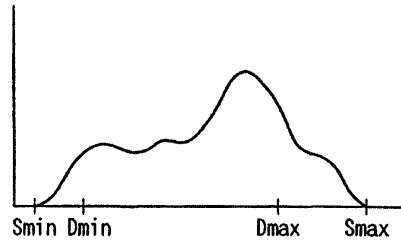
420R

제어값	0	1	2	3	4	5
투과율	0.004	0.007	0.010	0.013	0.018	0.026
제어값	6	7	8	9	10	11
투과율	0.04	0.07	0.10	0.16	0.24	0.35
제어값	12	13	14	15		
투과율	0.45	0.52	0.57	0.6		

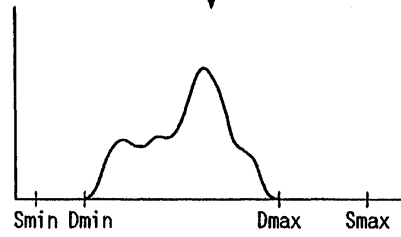
도면11



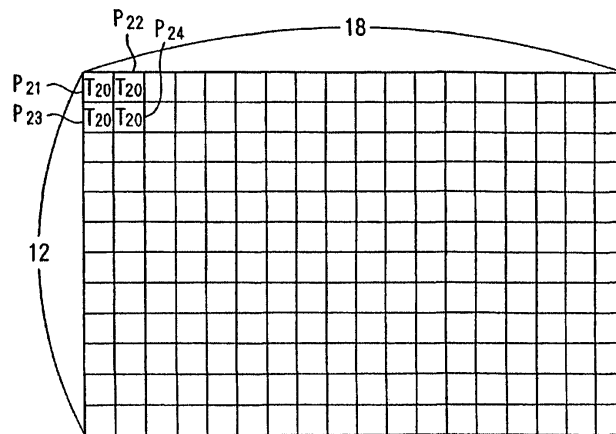
도면12



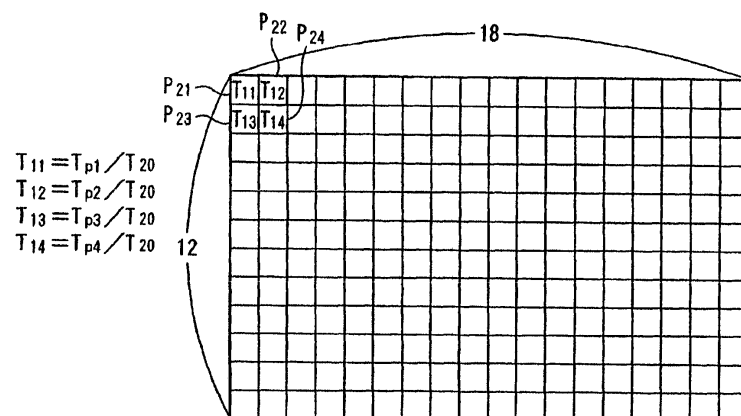
톤 맵핑
↓



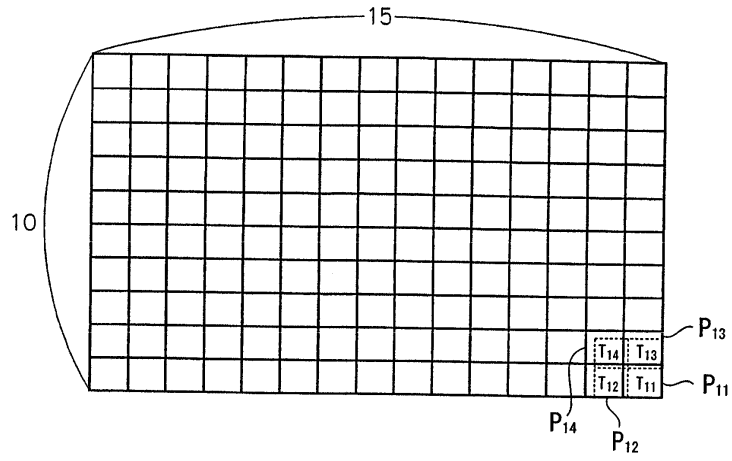
도면13



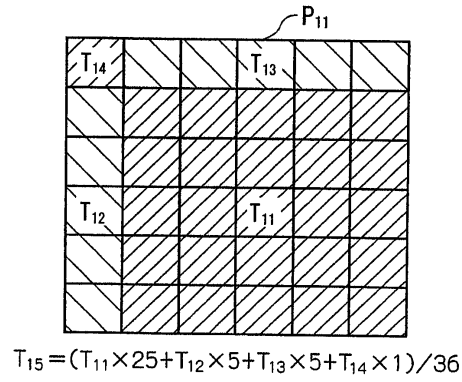
도면14



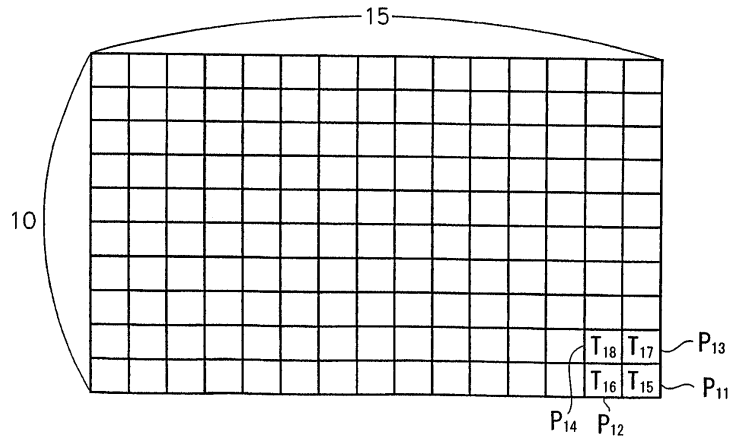
도면15a



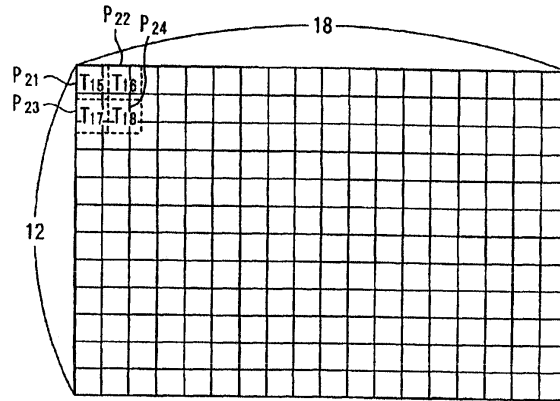
도면15b



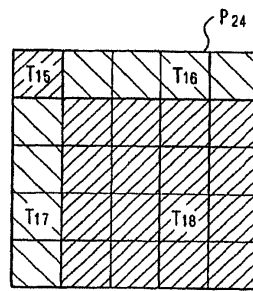
도면15c



도면16a

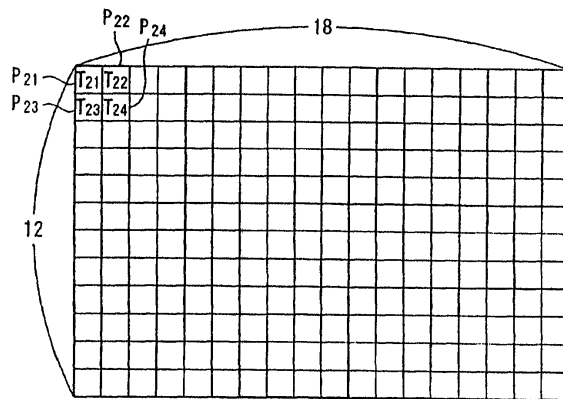


도면16b

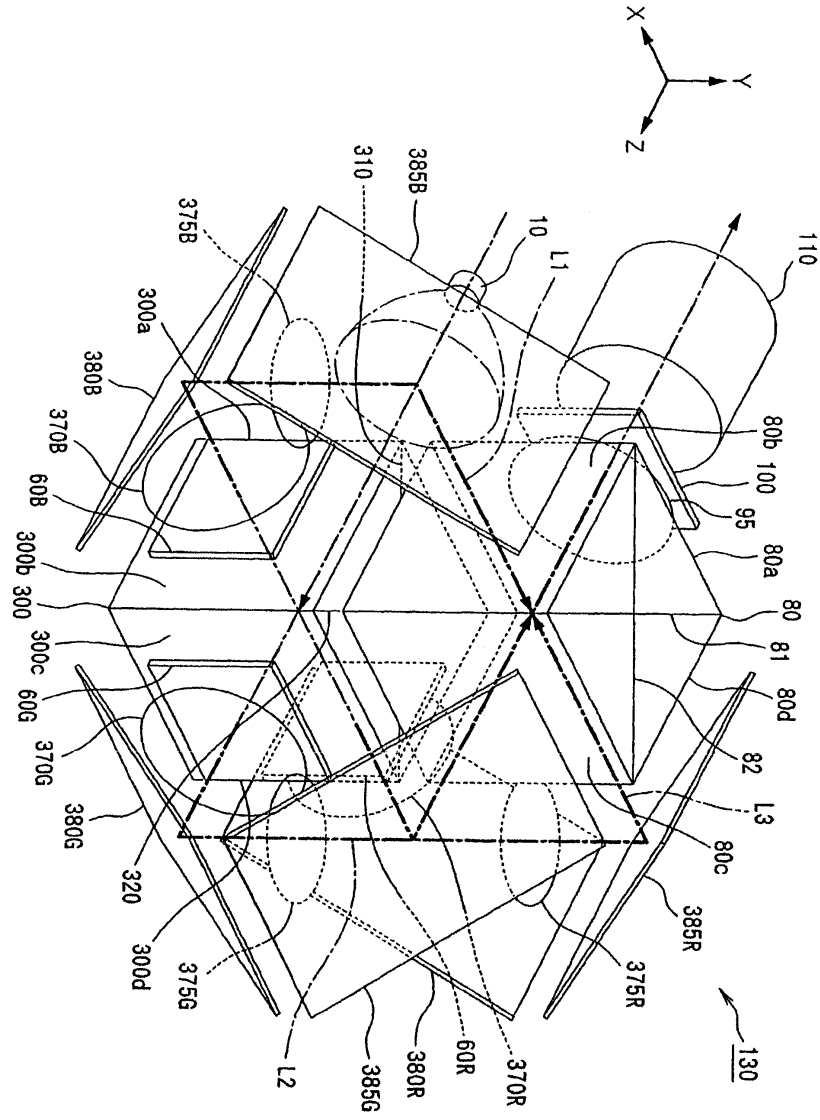


$$T_{19} = (T_{15} \times 1 + T_{16} \times 4 + T_{17} \times 4 + T_{18} \times 16) / 25$$

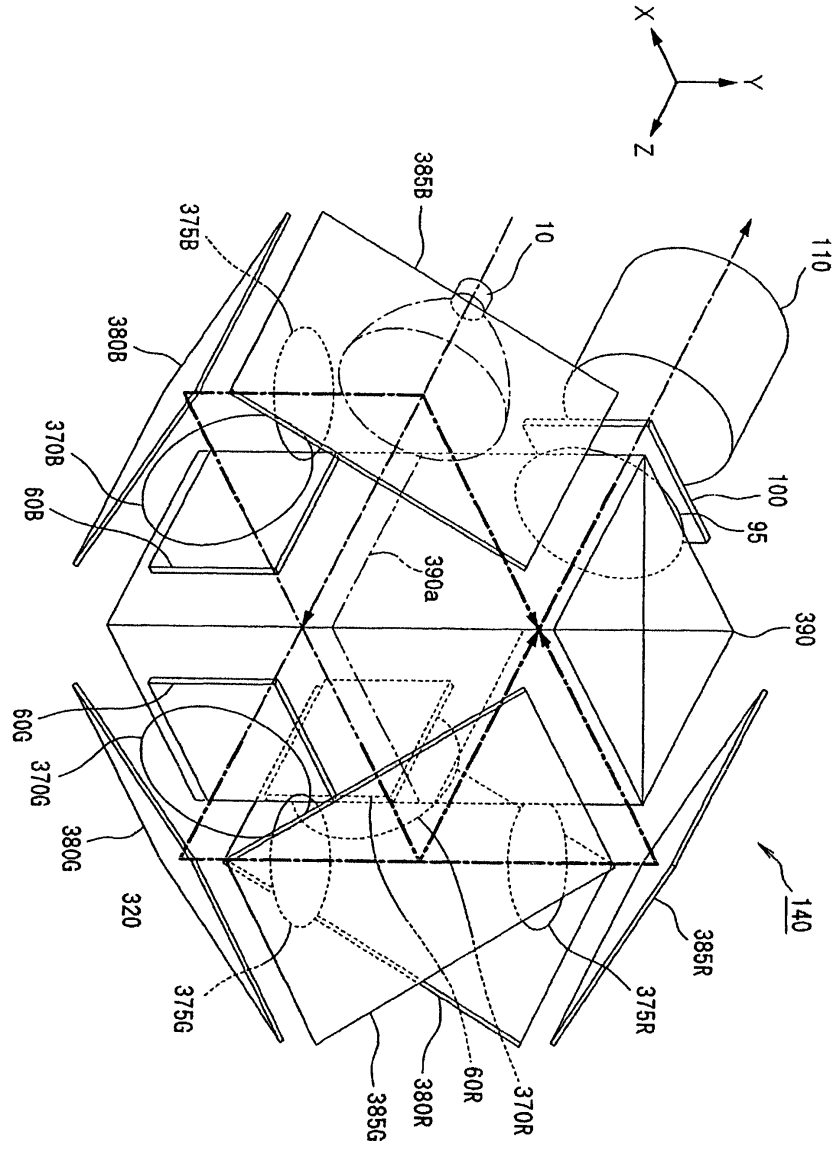
도면16c



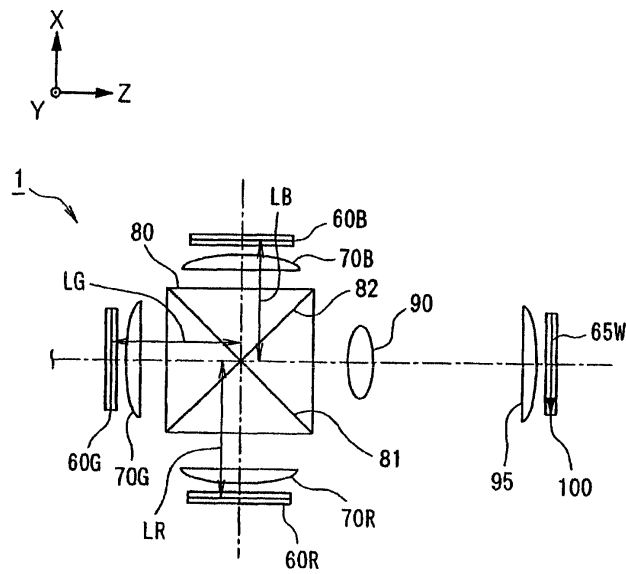
도면17



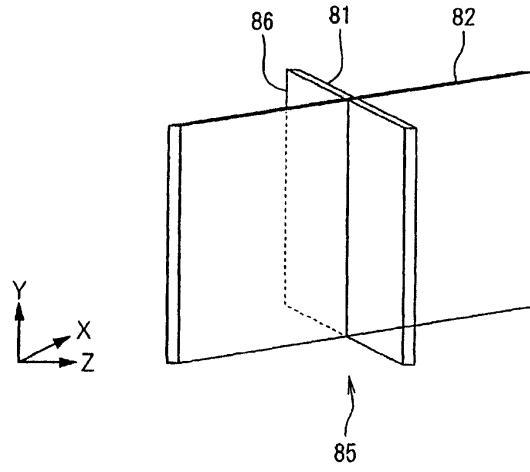
도면18



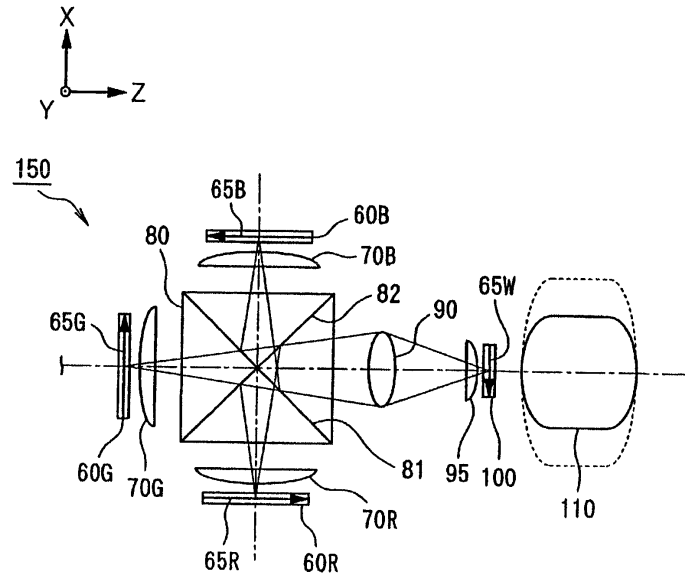
도면19



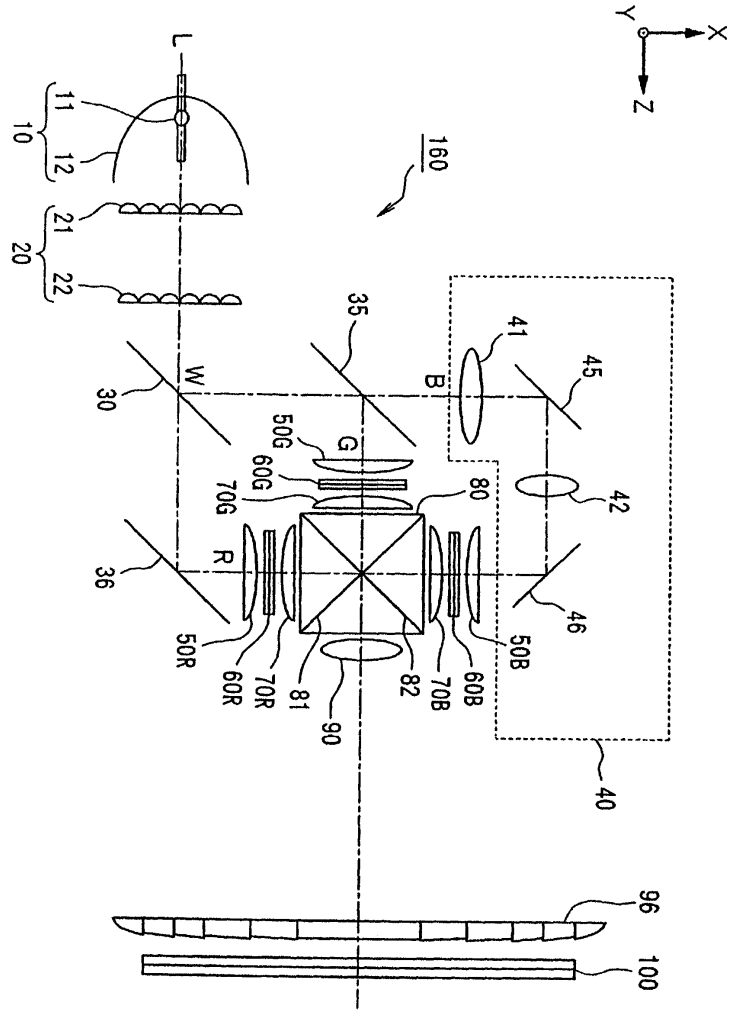
도면20



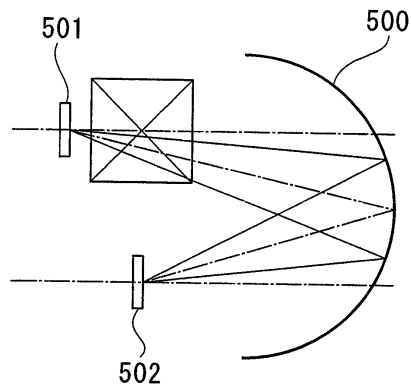
도면21



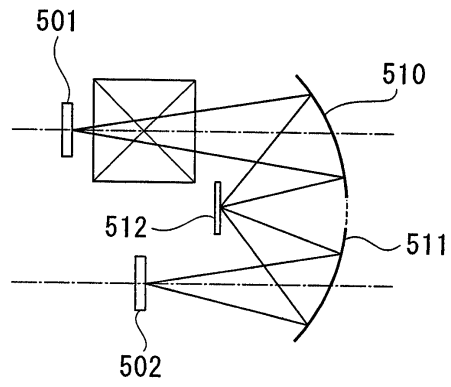
도면22



도면23



도면24



도면25

