



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0008244
(43) 공개일자 2008년01월23일

(51) Int. Cl.

G03B 21/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0070881

(22) 출원일자 2007년07월13일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00196567 2006년07월19일 일본(JP)

(71) 출원인

가부시키가이샤 니콘

일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3쵸메 2방 3고

(72) 발명자

스즈키 겐자부로

일본 도쿄도 지요다구 마루노우치 3쵸메 2방 3고

가부시키가이샤니콘 나이

(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 프로젝터 광학계

(57) 요 약

표시 소자 (20)의 이미지를 투사하여 실상을 형성하는 프로젝터 광학계 (PS)를, 투사측으로부터 순서대로, 개구 조리개 (S) 와, 정의 굴절력을 갖고, 내부, 혹은 투사측 또는 표시 소자측의 렌즈면에, 2 개의 회절 소자 요소에 형성된 회절 격자가 대향하여 배치된 복층형 회절 광학 소자에 의해 형성되는 회절 광학면 (D)을 갖는 제 1 렌즈군 (G1) 으로 구성한다. 그리고, 광축 상의 전체 길이를 L로 하고, 개구 조리개 (S)로부터 제 1 렌즈군의 투영측의 가장 가까운 면까지의 광축 상의 거리를 K로 하였을 때, 다음 식

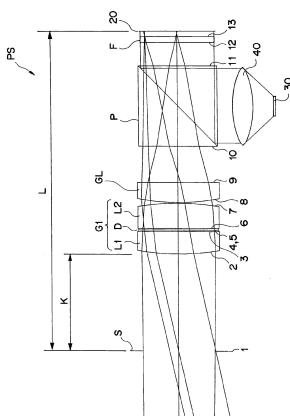
$$0.1 < K/L < 1.5 \quad \cdots (1)$$

을 만족하고, 또한 2 개의 회절 소자 요소의 주파장 (d 선)에 대한 굴절률의 차를 ΔNd 로 하였을 때, 다음 식

$$0.01 < \Delta Nd < 0.45 \quad \cdots (2)$$

을 만족하도록 구성한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

표시 소자의 이미지를 투사하여 실상을 형성하는 프로젝터에 사용되는 프로젝터 광학계로서,

투사측으로부터 순서대로,

개구 조리개와,

정의 굴절력을 갖고, 내부, 혹은 투사측 또는 표시 소자측의 렌즈면에, 2 개의 회절 소자 요소에 형성된 회절 격자가 대향하여 배치된 복층형 회절 광학 소자에 의해 형성되는 회절 광학면을 갖는 제 1 렌즈군으로 구성되고,

상기 2 개의 회절 소자 요소의 주파장 (d 선)에 대한 굴절률의 차를 ΔNd 로 하였을 때, 조건식

$$0.01 < \Delta Nd < 0.45$$

을 만족하는, 프로젝터 광학계.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

광축 상의 전체 길이를 L로 하고, 상기 개구 조리개로부터 상기 제 1 렌즈군의 투사측의 가장 가까운 면까지의 광축 상의 거리를 K로 하였을 때, 다음 식

$$0.1 < K/L < 1.5$$

을 만족하는, 프로젝터 광학계.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 회절 광학 소자가, 상기 회절 격자가 밀착된 밀착 복층형으로 구성되고,

상기 2 개의 회절 소자 요소의 아베수의 차를 $\Delta v d$ 로 하였을 때, 다음 식

$$50 < \Delta v d / \Delta Nd < 2000$$

을 만족하는, 프로젝터 광학계.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 회절 광학면의 주파장 (d 선)의 회절 효율 설계치를 Ed 로 하고, 상기 주파장에 대한 단파장 (g 선)에서의 회절 효율 설계치를 Eg 로 하며, 상기 주파장에 대한 장파장 (c 선)에서의 회절 효율 설계치를 Ec 로 하였을 때, 다음 식

$$(Eg + Ec)/2 > 0.85 \times Ed$$

을 만족하는, 프로젝터 광학계.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

광축에 대하여 대칭으로, 최대 이미지 높이의 주광선이 상기 제 1 렌즈군에 형성된 상기 회절 광학면을 통과할 때의 광선의 각도가 10도 이하가 되도록 구성되고,

상기 회절 광학면의 유효 직경을 C로 하고, 전체 계의 초점 거리를 f로 하였을 때, 다음 식

$$0.2 < C/f < 2.0$$

을 만족하는, 프로젝터 광학계.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 회절 광학면을 형성하는 상기 회절 격자의 격자 높이를 h 로 하고, 상기 회절 소자 요소 중 광축 상의 축상의 두께가 작은 쪽의 두께를 d 로 하였을 때, 다음 식

$$0.02 < h/d < 0.9$$

을 만족하는 것을 특징으로 하는 프로젝터 광학계.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 렌즈군의 표시 소자축에 정의 굴절력을 갖는 최종 렌즈군을 갖는, 프로젝터 광학계.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 프로젝터 광학계는, 편광 빔 스플리터를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 프로젝터 광학계.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 편광 빔 스플리터는 와이어 그리드형 편광 빔 스플리터인 것을 특징으로 하는 프로젝터 광학계.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 프로젝터에 사용되고, 표시 소자의 이미지를 스크린 등에 확대 투사하는 프로젝터 광학계에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 프로젝터는 액정 디바이스 (LCD, LCOS) 나 DMD 등의 표시 소자를 라이트 벨브로서 사용하고, 그 표시 화상을 프로젝터 광학계에 의해 스크린 등에 확대 투사하는 장치이다. 최근에는 표시 소자의 고성능화 (고화소화)에 수반하여, 해상력이 높고, 제(諸)수차가 충분히 보정된 고성능의 프로젝터 광학계를 구비하는 여러가지 프로젝터가 제안되어 있다 (예를 들어, 일본 공개특허공보 2004 - 279958호 참조).

<3> 그러나, 고성능의 프로젝터 광학계는 렌즈의 매수가 많아지고, 그 결과 사이즈도 커져서, 프로젝터 전체의 소형화를 방해한다는 과제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<4> 본 발명은 이러한 과제를 감안하여 이루어진 것으로서, 회절 광학 소자를 이용하여 양호한 결상 성능과 소형화를 달성한 프로젝터 광학계를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

<5> 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 관련되는 프로젝터 광학계는 표시 소자의 이미지를 투여하여 실상을 형성하는 것으로서, 투사축으로부터 순서대로, 개구 조리개와, 정(正)의 굴절력을 갖고, 내부, 혹은 투사축 또는 표시 소자축의 렌즈면에, 2 개의 회절 소자 요소에 형성된 회절 격자가 대향하여 배치된 복층형 회절 광학

소자에 의해 형성되는 회절 광학면을 갖는 제 1 렌즈군으로 구성된다. 그리고, 광축 상의 전체 길이를 L로 하고, 개구 조리개로부터 제 1 렌즈군의 투사측의 가장 가까운 면까지의 광축 상의 거리를 K로 하였을 때, 다음식

<6> $0.1 < K/L < 1.5$

<7> 을 만족하고, 또한 2 개의 회절 소자 요소의 주파장 (d 선)에 대한 굴절률의 차를 ΔNd 로 하였을 때, 다음식

<8> $0.01 < \Delta Nd < 0.45$

<9> 을 만족하도록 구성된다.

<10> 이러한 본 발명에 관련되는 프로젝터 광학계에 있어서, 회절 광학 소자가, 회절 격자가 밀착된 밀착 복층형으로 구성되고, 2 개의 회절 소자 요소의 아베수의 차를 $\Delta v d$ 로 하였을 때, 다음식

<11> $50 < \Delta v d / \Delta Nd < 2000$

<12> 을 만족하는 것이 바람직하다.

<13> 또, 회절 광학면의 주파장 (d 선)의 회절 효율 설계치를 Ed 로 하고, 주파장에 대한 단파장 (g 선)에서의 회절 효율 설계치를 Eg 로 하며, 주파장에 대한 장파장 (C 선)에서의 회절 효율 설계치를 Ec 로 하였을 때, 다음식

<14> $(Eg + Ec)/2 > 0.85 \times Ed$

<15> 을 만족하는 것이 바람직하다.

<16> 또, 광축에 대하여 대칭으로, 최대 이미지 높이의 주광선이 제 1 렌즈군에 형성된 회절 광학면을 통과할 때의 광선의 각도가 10도 이하가 되도록 구성되고, 회절 광학면의 유효 직경 (직경)을 C로 하고, 전체 계의 초점 거리를 f로 하였을 때, 다음식

<17> $0.2 < C/f < 2.0$

<18> 을 만족하는 것이 바람직하다.

<19> 또, 회절 광학면을 형성하는 회절 격자의 격자 높이를 h로 하고, 회절 소자 요소 중 광축 상의 축 상의 두께가 작은 쪽의 두께를 d로 하였을 때, 다음식

<20> $0.02 < h/d < 0.9$

<21> 을 만족하는 것이 바람직하다.

<22> 또한, 제 1 렌즈군의 표시 소자측에 정의 굴절력을 갖는 최종 렌즈군을 갖는 것이 바람직하다.

효과

<23> 본 발명에 관련되는 프로젝터 광학계를 이상과 같이 구성하면, 제 1 렌즈군에 회절 광학면을 형성함으로써 적은 렌즈 매수로도 양호한 결상 성능을 얻을 수 있어 이 프로젝터 광학계 전체를 소형화할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<24> 이하, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 설명한다. 프로젝터에 사용되는 프로젝터 광학계는 표시 소자에 대하여 조명광을 조사하고, 이 표시 소자로부터 반사 혹은 투과된 광선의 이미지를 실상으로서 확대 투사하는 것으로서, 일반적으로 밝기의 확보를 위하여 F 넘버가 작고, 화상의 색 편차가 작도록 색수차가 작은 것이 요구된다. 그리고, 소형의 모바일 기기 등에 탑재하기 위하여, 소형이며 경량인 것도 중요하다. 그러면, 도 1 및 도 2를 사용하여 본 발명에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS)의 구성에 대하여 설명한다.

<25> 이 프로젝터 광학계 (PS)는, 투사측으로부터 순서대로, 개구 조리개 (S) 및 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈군 (G1)을 갖고, 표시 소자 (20)로부터 출사된 광선을 확대 투사하도록 구성되어 있다. 또한, 이 도 1 및 도 2에 나타내는 프로젝터 광학계 (PS)는, 표시 소자 (20)로서 반사형 액정 디바이스 (Liquid Crystal on Silicon) 패널)를 사용한 경우를 나타내고 있다. 그 때문에, 제 1 렌즈군 (G1)과 표시 소자 (20) 사이에는 편광 빔 스플리터 프리즘 (P) (이하, 「프리즘 (P)」이라고 한다)이 배치되고, 광원 (30) (예를 들어, 백

색 LED) 으로부터 방사되는 백색광을 콘텐서 렌즈 (40) 로 집광하고, 측방 (도 1, 도 2 에 있어서는 하방) 으로부터 이 프리즘 (P) 에 입사시키고 우측으로 반사시켜서 조명광으로서 표시 소자 (20) 에 조사되도록 구성되어 있다. 또한, 표시 소자 (20) 에 DMD (Digital Micromirror Device) 를 사용하여도 되고, 혹은 표시 소자 (20) 에 투과형 액정 디바이스 (LCD (Liquid Crystal Display) 패널) 를 사용하여, 조명광이 이 표시 소자 (20) 에 투과되도록 구성하여도 된다.

<26> 또한, 표시 소자 (20) 로서 이러한 반사형 액정 디바이스나 투과형 액정 디바이스를 사용하는 경우에는, 조명광을 효율적으로 사용하기 위하여, 표시 소자 (20) 에 대해서는 가능한 한 텔레센트릭이 되도록 볼록 필드 렌즈를 배치하는 것이 바람직하다. 이를 위해, 표시 소자 (20) 로의 텔레센트릭성을 향상시키기 위하여, 이 프로젝터 광학계 (PS) 의 표시 소자 (20) 에 가까운 위치에 정의 굴절력을 갖는 최종 렌즈군 (볼록 필드 렌즈) (GL) 이 배치되어 있다. 이 최종 렌즈군 (GL) 은, 도 1 에 나타내는 바와 같이 제 1 렌즈군 (G1) 의 바로 뒤에 배치해도 되고, 도 2 에 나타내는 바와 같이 표시 소자 (20) 에 가장 가까운 위치, 즉 프리즘 (P) 의 표시 소자 (20) 측의 면에 볼록 파워를 갖도록 배치해도 된다. 도 1 에 나타내는 바와 같이 배치함으로써 색수차를 보다 양호하게 보정할 수 있고, 도 2 에 나타내는 바와 같이 배치함으로써 필드 렌즈로서의 효과를 보다 잘 발휘할 수 있다. 또한, 이 프로젝터 광학계 (PS) 에 있어서는, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 표시 소자 (20) 와 프리즘 (P) 사이에 이 표시 소자 (20) 를 보호하기 위한 보호 유리 혹은 필터 (F) 를 배치할 수 있다.

<27> 이상과 같이, 이 프로젝터 광학계 (PS) 에 있어서는 프리즘 (P) 을 개재하여 조사된 조명광이 표시 소자 (20) 에서 반사되고, 이 표시 소자 (20) 로부터 출사된 광선은 최종 렌즈군 (GL) 및 제 1 렌즈군 (G1) 에 의해 확대되어, 개구 조리개 (S) 를 통하여 스크린 등에 실상으로서 투사된다. 또한, 제 1 렌즈군 (G1) 및 최종 렌즈군 (GL) 은, 도 1 의 제 1 렌즈군 (G1) 에 나타내는 바와 같이 복수의 렌즈 (L1, L2) 로 구성할 수도 있고, 도 2 의 제 1 렌즈군 (G1) 에 나타내는 바와 같이 단렌즈 (L10) 로 구성할 수도 있다.

<28> 이 프로젝터 광학계 (PS) 를 구성하는 제 1 렌즈군 (G1) 에는, 색수차를 보정하기 위하여 내부 혹은 전후의 렌즈면 중 어느 하나에 회절 광학면 (D) 이 형성되어 있다. 도 1 에 나타내는 제 1 렌즈군 (G1) 에는, 평 볼록 렌즈 (L1, L2) 사이에 끼워져서 회절 광학면 (D) 을 형성한 경우를 나타내고 있고, 도 2 에 나타내는 제 1 렌즈군 (G1) 에는, 단렌즈 (양 (兩) 볼록 렌즈) (L10) 의 표시 소자 (20) 측의 면에 회절 광학면 (D) 을 형성한 경우를 나타내고 있다.

<29> 일반적으로, 광선을 휘게 하는 방법에는 굴절과 반사가 알려져 있지만, 제 3 의 방법으로서 회절이 알려져 있다. 회절 광학 소자란 광의 회절 현상을 이용한 광학 소자로서, 굴절이나 반사와는 상이한 형태를 나타내는 것으로 알려져 있다. 구체적으로는, 회절 격자나 프레넬 존 플레이트 (Fresnel zone plate) 가 종래부터 알려져 있다. 본 실시예에 있어서는, 유리나 플라스틱 등의 광학 부재의 표면에 회절 격자나 프레넬 존 플레이트와 같이 회절 현상을 응용하여 광선을 휘게 하는 작용을 갖는 면을 제조하고, 그 작용에 의해 양호한 광학 성능을 얻고자 하는 것으로, 이와 같이 회절 현상을 응용하여 광선을 휘게 하는 작용을 갖는 면을 회절 광학면이라고 하기로 한다. 그리고, 이러한 면을 갖는 광학 소자를 일반적으로 회절 광학 소자라고 한다.

<30> 이 회절 광학면의 성질로서, 정굴절력이면서 부 (負) 의 분산치를 갖고 있고, 색수차 보정에 매우 유효하다는 것이 알려져 있다. 이 때문에, 통상 유리로는 달성할 수 없는 양호한 색수차 보정이 가능해지는 것이나, 고가의 특수 저분산 유리로만 달성할 수 있는 양호한 색수차 보정이 가능하다는 것이 알려져 있다.

<31> 이 회절 광학 소자를 광학계에 장착하여 이용할 때, 소자로서의 광학 설계 상의 특성을 들자면, 부(負)분산, 이상 분산성이나 비구면 작용을 갖고 있다는 것이다. 또한, 페츠발 합 (Petzval sum) 을 0 으로 할 수 있고, 광의 분기, 합파 (合波) 가 용이하다. 또한, 굴절력의 온도 변화가 작고 박형화가 가능하다. 특히, 프로젝터 광학계로의 응용시에 주목되는 것은 하기와 같은 점이다. 첫번째로, 부의 분산치 (아베수 = -3.453) 를 갖고, 분산이 크고 또한 이상 분산성 (부분 분산비 = 0.2956) 이 강하기 때문에, 강력한 색수차 보정 능력을 갖고 있다는 점이다. 유리의 아베수는 통상 30 ~ 80 정도이기 때문에, 회절 광학 소자의 아베수의 크기는 그 1/10 배 이하이다. 바꾸어 말하면, 회절 광학 소자에 있어서는 긴 파장의 광일수록 크게 휘어진다. 이 때문에, 통상적인 유리로는 달성할 수 없는 양호한 색수차 보정이 가능해진다. 두번째로, 이 회절 광학 소자를 사용함으로써 프로젝터 광학계의 소형화 · 경량화가 가능해진다는 점이다. 회절 격자의 단차 구조나 강한 색 소거 작용으로 접합 렌즈를 줄일 수 있기 때문에 박형화가 가능해진다.

<32> 단, 부작용으로서 특정한 차수 (次數) · 화각 · 파장 이외의 회절광이 플레이 (flare) 되어 화질을 저하시키기 때문에, 꽉막 렌즈와 같은 단색의 응용으로 한정되어 있었다. 그러나, 최근 연구에서 회절 격자를 복수 겹침으로써 넓은 파장역에서 회절 효율을 큰 폭으로 향상시킬 수 있다는 것이 밝혀져, 프로젝터 광학계 등으로의 응용

의 길을 개척할 수 있었다. 도 3에 2개의 광학 소자의 각각에 회절 격자를 형성하고, 이 회절 격자를 대향시켜서 배치한 복층형 회절 광학 소자의 예를 나타낸다. 도 3(a)는 2개의 회절 소자 요소 (50a, 50b)의 각각에 회절 격자를 형성하고, 이 회절 격자를 밀착시켜서 구성한 밀착 복층형을 나타내며, 도 3(b)는 회절 격자가 소정의 간격을 두고 대향하도록 2개의 회절 소자 요소 (50a, 50b)를 배치한 분리형을 나타내고 있다. 또한, 본 실시예에 있어서, 제 1 렌즈군 (G1)에 형성되어 있는 회절 광학면 (D)은, 밀착 복층형의 회절 광학 소자에 의해 구성한 경우를 나타내고 있다.

<33> 여기서, 밀착 복층형 회절 광학 소자의 회절 효율에 대하여 검토한다. 주파장 (d 선으로서, $\lambda d = 587.6\text{nm}$)에 대한 기준 굴절률을 Nd 라고 하고, 주분산을 $NF - NC$ (NF 는 F 선 ($\lambda F = 486.1\text{nm}$)에 대한 굴절률, NC 는 C 선 ($\lambda C = 656.3\text{nm}$)에 대한 굴절률)이라고 하면, 밀착형 회절 광학 소자를 구성하는 2개의 회절 소자 요소 (격자 재료)의 기준 굴절률의 차 ΔNd 와, 주분산 $NF - NC$ 의 차 $\Delta(NF - NC)$ 가, 하기 식의 관계를 만족시키면, d 선, F 선, C 선에서의 회절 효율을 100%로 할 수 있어, 광대역화를 달성할 수 있다.

$$<34> \Delta Nd / \Delta(NF - NC) = \lambda d / (\lambda F - \lambda C)$$

$$= -3.453$$

<35> <36> 즉, 도 4에 나타내는 바와 같이, 유리 맵 상의 적절한 격자 재료의 선택 방법은, 밀착 복층형 회절 광학 소자를 형성하는 2개의 격자 재료를 있는 직선 X의 기울기가 회절 격자의 아베수 ($= -3.453$)가 되면 되는 것을 나타내고 있다. 또한, 이 직선 X 상에서라면 격자 재료는 어느 곳으로부터나 선택하여도 되고, 실용 상으로는 다소 이 직선 X로부터 벗어나도 회절 효율을 충분히 높일 수 있다.

<37> 그런데 일반적으로, 광학계의 회절 광학면을 통과하는 광선 각도는 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 일반적으로, 격자의 단차 (벽) 부분은 면에 거의 수직으로 되어 있는 경우가 많기 때문에, 회절 광학면을 통과하는 광선의 각도가 커지면 회절 광학면에 의한 플레이어 (블레이즈된 소정 차수 이외의 광이 유해광이 되어 투영면에 이르는 현상)가 발생하기 쉬워져서 회절을 손상시키기 때문이다. 그 때문에, 회절 광학면에서 발생하는 플레이어가 지나치게 영향을 미치지 않고 양호한 화상을 얻기 위해서는, 본 프로젝터 광학계 (PS)의 경우, 회절 광학면 (D)을 통과하는 광선의 각도를 10도 이하로 하는 것이 바람직하다. 이러한 조건을 만족할 수 있으면, 회절 광학면 (D)은 제 1 렌즈군 (G1)의 어느 곳에 배치해도 되는데, 물체측 (즉, 표시 소자 (20) 측)으로 볼록한 면에 형성하면 이러한 조건을 만족시키는 것이 용이해지기 때문에 바람직하다. 또한, 그 효과를 충분히 얻기 위해서는, 회절 광학면 (D)을 통과하는 광선의 각도를 5도 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 이 플레이어에 대해서는, 복층형 회절 광학 소자를 사용하여 복수의 회절 격자를 겹침으로써, 광대역에서 회절 효율을 향상시키고 플레이어를 줄일 수 있기 때문에, 카메라나 프로젝터 용도에는 적합하다.

<38> 그러면, 본 실시예에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS)를 구성하기 위한 조건에 대하여 이하에 설명한다. 이 프로젝터 광학계 (PS)는, 광학 전체 길이 (개구 조리개 (S)로부터 표시 소자 (20) 까지의 광축 상의 길이)를 L 이라고 하고, 개구 조리개 (S)로부터 제 1 렌즈군 (G1)의 투영측의 가장 가까운 면까지의 광축 상의 길이를 K 라고 하였을 때, 하기의 조건식 (1)을 만족하도록 구성되어 있다. 또한, 회절 광학면 (D)을 형성하고 있는 복층형 회절 광학 소자의 2개의 회절 소자 요소의 기준 굴절률 Nd 의 굴절률차를 ΔNd 라고 하면, 하기의 조건식 (2)을 만족하도록 구성되어 있다.

$$<39> 0.1 < K/L < 1.5 \quad \dots (1)$$

$$<40> 0.015 < \Delta Nd < 0.45 \quad \dots (2)$$

<41> 조건식 (1)은 개구 조리개 (S) 위치의 적정한 범위를 규정하는 것으로서, 수차 렌즈를 조절하여 양호한 결상 성능을 얻기 위하여 중요하다. 이 조건식 (1)의 상한을 상회하면 K 가 지나치게 커지고, 개구 조리개 (S) 보다 활상 소자 (20) 측의 광학계의 직경이 지나치게 커지기 때문에, 이 프로젝터 광학계 (PS)를 소형화할 수 없게 된다. 또한, 도 1 및 도 2에 있어서, 주광선보다 상측의 광선에 코마 수차가 발생하기 쉬워져서 부적합하다. 한편, 조건식 (1)의 하한을 하회하면 K 가 지나치게 작아지고, 주광선보다 하측의 광선에 코마 수차가 발생하기 쉬워져서 디스토션이 정측으로 커지는 경향이 강해져서 부적합하다.

<42> 조건식 (2)은 제 1 렌즈군 (G1)에 사용되는 회절 광학 소자의 오차 감도의 적정한 범위를 규정하는 것으로서, 이 조건식 (2)을 만족하면 제조 오차 감도를 완화시킬 수 있고, 또한 계면에서의 프레넬 반사를 줄일 수 있다.

이 조건식 (2)의 상한을 상회하면 굴절률차 ΔNd 가 지나치게 커져 버려, 회절 격자의 격자 높이나 면 거칠기의 오차 감도가 지나치게 커지는 문제가 발생한다. 또한, 조건식 (2)의 하한을 하회하면 격자 높이가 지나치게 높아지고, 격자의 단차 부분에 의한 플레이어가 커지는 문제가 발생한다. 또한, 이 조건식 (2)의 효

과를 충분히 발휘하기 위해서는 상한을 0.3으로 하는 것이 바람직하고, 더욱 발휘하기 위해서는 상한을 0.2로 하는 것이 바람직하다.

<43> 또한, 이 제 1 렌즈군 (G1)에 형성되는 회절 광학면 (D)을 밀착 복층형 회절 광학 소자에 의해 형성하면, 분리형 회절 광학 소자에 비해 일방의 격자 높이가 설계치로부터 벗어나도, 다른 일방의 높이가 자동적으로 동일한 높이가 되기 때문에 회절 효율의 악화가 방지된다. 또한, 밀착 복층형은 격자 계면의 굴절률차가 작기 때문에, 격자 계면 거칠기의 영향은 작고 (일반적으로 산란은 굴절률차의 제곱에 비례하는 것으로 생각되기 때문에), 또한 원리적으로 2개의 회절 소자 요소의 편심이 발생하지 않기 때문에, 양 격자의 위치 맞춤 정밀도도 양호하다 (이 때문에 회절 효율의 저하는 적다).

<44> 또한, 본 실시예에 있어서는 제 1 렌즈군 (G1)에 형성된 회절 광학면 (D)을 밀착 복층형 회절 광학 소자로 구성하였을 때, 상기 서술한 조건식뿐만 아니라 이하의 조건식 (3) ~ (5)을 만족하는 것이 바람직하다. 또한, 이 조건식 (3)에 있어서, $\Delta v d$ 는 밀착 복층형 회절 광학 소자를 형성하는 2개의 격자 재료의 아베수의 차를 나타낸다. 또한, 조건식 (4)에 있어서, E_d 는 주파장 (d 선)에 대한 회절 효율 설계치, E_g 는 주파장에 대한 단파장 (g 선, $\lambda g = 435.8\text{nm}$)에서의 회절 효율 설계치, E_C 는 주파장에 대한 장파장 (C 선)에서의 회절 효율 설계치를 나타낸다. 또한, 조건식 (5)에 있어서, C 는 회절 광학면 (D)의 유효 직경 (직경)을 나타내고, f 는 이 프로젝터 광학계 (PS)의 전체 계의 초점 거리를 나타낸다.

$$50 < \Delta v d / \Delta N_d < 2000 \quad \dots (3)$$

$$(E_g + E_C)/2 > 0.85 \times E_d \quad \dots (4)$$

$$0.2 < C/f < 2.0 \quad \dots (5)$$

<45> 조건식 (3)은 높은 회절 효율을 소정의 파장역에 걸쳐서 얻기 위하여, 밀착 복층형 회절 광학 소자를 구성하는 고굴절률 저분산 재료와 저굴절률 고분산 재료의 광학 매질의 적절한 범위를 규정하기 위한 조건이다. 이는, 회절 광학면에 있어서의 1차 회절광의 회절 효율을 $\text{SINC}^2(\alpha - 1)$ 으로 나타내면, 밀착형은 α 가 ($N_1 - N_2 \lambda$) h / λ 가 되기 때문에, 격자 재료의 분산성을 이용하여 거의 일정하게 하고, 블레이즈 조건이 광파장역에서 성립되도록 구성한 것으로 볼 수 있다. 이 조건식 (3)의 상한을 상회하면, 파장 광대역에 걸쳐서의 높은 회절 효율은 얻어지지 않는다. 반대로 조건식 (3)의 하한을 하회하면, 마찬가지로 파장 광대역에 걸쳐서의 높은 회절 효율은 얻어지지 않는다. 또한, 이 조건식 (3)의 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 상한을 1000, 하한을 1000으로 하는 것이 바람직하다.

<46> 조건식 (4)는 광대역화하였을 때의 d 선, g 선, C 선에서의 회절 효율 밸런스의 적절한 범위를 규정하고 있다. 이 범위 내이면, g 선으로부터 C 선의 파장에 걸쳐서 충분히 높고 또한 균형잡힌 실용적인 회절 효율을 얻을 수 있다. 이 조건식 (4)의 상하한 중 어느 하나를 초과하면 단파장, 장파장 중 어느 하나에서 회절 효율이 저하되고, 회절 플레이어가 커져서 화질을 손상시킨다. 또한, 이 조건식 (4)의 효과를 충분히 발휘하기 위해서는, 우변의 수치 (E_d 에 곱하여지는 계수)의 하한을 0.9로 하는 것이 바람직하다.

<47> 조건식 (5)은 회절 광학면 (D)의 유효 직경 (직경)의 적절한 범위를 규정하고 있다. 이 조건식 (5)의 범위이면, 제조하기 쉽고 비용 증가도 피할 수 있으며, 또한 유해광에 의한 플레이어 등의 문제도 회피할 수 있다. 이 조건식 (5)의 상한을 상회하면 직경이 지나치게 커져서, 회절 광학면의 제조가 어려워지고 비용 증가로 연결된다. 또한, 회절 광학면에 외부로부터의 유해광이 유입되기 쉬워져서, 플레이어 등에 의한 화질 저하를 초래하기 쉬워진다. 반대로, 조건식 (5)의 하한을 하회하면 회절 광학면 (D)을 갖는 렌즈 (본 실시예에 있어서는 제 1 렌즈군 (G1))의 적절한 유효 직경이 지나치게 작아지고, 회절 광학면의 격자 피치가 작아지는 경향이 강해져서, 회절 광학면의 제조가 어려워지고 비용 증가로 연결될 뿐만 아니라, 회절 광학면의 격자에 의한 플레이어 발생이 커져서 화질 저하를 초래하기 쉬워진다. 또한, 이 조건식 (5)의 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 하한을 0.3, 상한을 1.0으로 하는 것이 바람직하다.

<48> 또한, 본 실시예에 있어서는, 이하에 나타내는 조건식 (6) ~ (8)을 만족시키는 것이 바람직하다. 이때, 조건식 (6)에 있어서 h 는 회절 광학면 (D)을 형성하는 회절 격자의 격자 높이를 나타내고, d 는 2개의 회절 소자 요소 (50a, 50b) 중 광축 상의 두께가 얇은 쪽의 이 두께를 나타낸다. 또한, 조건식 (7)에 있어서 Δ 는 d 선, g 선, C 선, F 선 스펙트럼의 광축 방향의 확장 폭을 나타낸다. 또한, 조건식 (8)에 있어서 f_L 은 회절 광학면 (D)을 포함하는 제 1 렌즈군 (G1)에서 표시 소자 (20) 측에 배치 형성된 볼록 렌즈 성분 (즉, 최종 렌즈군 (GL))의 초점 거리를 나타낸다.

<52> $0.02 < h/d < 0.9$ … (6)

<53> $0.001 < \Delta/f < 0.03$ … (7)

<54> $0.3 < fL/L < 5.0$ … (8)

<55> 조건식 (6) 은 얇은 격자를 형성할 때의 적정한 격자 높이 (h) 와 두께 (d) 의 관계를 나타내고 있다. 조건식 (6) 의 범위 내이면 격자 높이가 과도하게 높아지지 않고, 그 때문에 제조하기 쉬워지며, 또한 격자의 단차 부분에 의한 그림자 효과 (회절 효율의 저하), 산란에 의한 플레이어를 방지할 수 있다. 이 조건식 (6) 의 상한을 상회하면 상대적으로 격자가 지나치게 높아지고, 격자 형상을 제조하기 어려워질 뿐만 아니라 격자 단차 부분이 커져서 단차 부분에 부딪힌 광에 의한 산란 등으로 미광 (迷光) 이 발생하기 쉬워지는 문제가 발생한다.

반대로, 조건식 (6) 의 하한을 하회하면 상대적으로 격자를 형성하는 광학 재료가 지나치게 두꺼워져서, 역시 격자 형상을 제조하기 어려워질 뿐만 아니라, 재료의 내부 흡수가 증가되어 광학계 전체의 투과율이 열화되거나 착색이 일어나기 쉬워지는 문제가 발생한다. 이 조건식 (6) 의 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 상한을 0.5, 하한을 0.035 로 하는 것이 바람직하다.

<56> 조건식 (7) 은 적절한 축 상 색수차 보정 범위의 조건을 규정하고 있다. 조건식 (7) 의 범위이면, 축 상 색수차가 충분히 보정되어 색 편차가 적은 우수한 화상을 얻을 수 있다. 이 조건식 (7) 의 상한을 상회하면 색수차가 지나치게 커지고, 착색된 화상이 되어 화질을 크게 손상시킨다. 반대로, 조건식 (7) 의 하한을 하회하면 격자 피치가 지나치게 작아지는 경향이 되어 제조하기 어려워질 뿐만 아니라, 좁은 피치의 격자에 의한 플레이어 발생이 커져서 화질을 손상시킨다. 또한, 이 조건식 (7) 의 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 상한을 0.02, 하한을 0.002 로 하는 것이 바람직하다.

<57> 조건식 (8) 은 최종 렌즈군 (GL) 의 적절한 초점 거리 보정 범위의 조건을 규정하고 있다. 이 조건식 (8) 을 만족시킴으로써, 결상 성능의 향상과 동공 위치의 최적화를 도모할 수 있다. 이 조건식 (8) 의 상한을 상회하면 fL 이 지나치게 커져서 동공이 가까워지는 경향이 되어 부적합하다. 또한, 조건식 (8) 의 하한을 하회하면 최종 렌즈군 (GL) 의 파워가 지나치게 작아져서, 수차 밸런스가 무너지기 쉬워진다. 그 때문에, 디스토션이 부족으로 커지는 경향이 되어 부적합하다. 이 조건식 (8) 의 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 상한을 3.0, 하한을 0.8 로 하는 것이 바람직하다.

<58> 이러한 프로젝터 광학계 (PS) 를 프로젝터에 적용하는 경우에는, 이하에 나타내는 구성적 요건을 또한 만족하는 것이 바람직하다. 먼저, 회절 광학면 (D) 은, 개구 조리개 (S) 에 대하여 동심 (同心) 인 구면에 배치하는 것이 바람직하다. 그리고 회절 광학면 (D) 의 양측을 유리나 수지 등의 광학 재료로 밀봉하는 구조를 취하면, 내구성이 향상되기 때문에 바람직하다. 또한, 양호한 색수차 보정을 위하여, 제 1 렌즈군 (G1) 은 접합렌즈로 하여도 된다. 이 때, 평 볼록 렌즈와 평 볼록 렌즈의 접합렌즈로 하여도 되고, 또한 양 볼록 렌즈와 오목 메니스커스 렌즈의 접합렌즈로 하여도 된다. 여기서, 도 1 에 있어서는, 제 1 렌즈군 (G1) 을 평 볼록 렌즈와 평 볼록 렌즈를 접합시켜서 구성하고, 이들 렌즈 접합면에 회절 광학면 (D) 이 형성되어 있다. 즉, 회절 광학면 (D) 이 2 개의 렌즈 (L1, L2) 사이에 끼워지도록 배치되어 있어, 내구성이나 견뢰성이 증가하도록 구성되어 있다. 또한, 이 프로젝터 광학계 (PS) 에 있어서는, 근거리 물체에 대한 포커싱 (합초; 合焦) 은 제 1 렌즈군 (G1) 을 물체측 (투사면측) 으로 나가게 하는 이른바 프론트 포커스 방식으로 실시하는 것이 가장 간소한 방식이다.

<59> 또한, 본 실시예에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS) 는, 이 프로젝터 광학계 (PS) 를 구성하는 렌즈의 혼들림을 검출하는 혼들림 검출 수단과, 혼들림 검출 수단으로부터의 신호와 프로젝터의 작동 시퀀스 (sequence) 의 제어를 실시하는 제어 수단으로부터의 신호에 기초하여 적정한 혼들림 보정량을 정하는 혼들림 제어 장치와, 혼들림 보정량에 기초하여 방진 렌즈군을 이동시키는 구동 기구를 조합하여 방진 렌즈 시스템을 구성함으로써, 이 프로젝터 광학계 (PS) 가 탑재된 프로젝터를 손에 들고 확대 투사하도록 구성할 수도 있다. 방진을 위하여 실제로 가동시키는 것은 제 1 렌즈군 (G1) 이어도 되고, 프리즘 (P) 이어도 되며, 표시 소자 (20) 이어도 상관없다.

<60> 또한, 제 1 렌즈군 (G1) 에 있어서, 회절 광학면 (D) 을 형성하는 회절 소자 요소 (도 3 에 있어서의 회절 소자 요소 (50a, 50b)) 는 성형성을 양호하게 유지하고 우수한 양산성을 확보하기 위하여, 일방의 회절 소자 요소를 구성하는 재료의 점도 (미경화물 점도) 는 적어도 40 이상인 것이 바람직하다. 이 점도가 40 이하이면 성형 중에 수지가 흘러 내리기 쉬워지기 때문에, 정밀 형상을 성형하기 곤란해진다는 문제가 발생한다. 또, 다른 일방의 회절 소자 요소를 구성하는 재료의 점도는, 반대로 적어도 2000 이상인 것이 바람직하다. 나아가서는, 회절 광학면 (D) 을 형성하는 회절 소자 요소는 적어도 일방이 UV 경화형 수지로 구성되는 것이, 생산 효율

이 높아지기 때문에 생산면에서 바람직하다. 이 경우, 공정수를 삭감할 수 있고, 코스트 다운으로도 연결되어 바람직하다. 또, 양방의 회절 소자 요소를 UV 경화 수지로 구성함으로써, 더욱 생산 효율을 높일 수 있다.

<61> 실제로 회절 광학면을 제조하기 위해서는, 렌즈의 표면에 프레넬 존 플레이트와 같이 광축에 대하여 회전 대칭인 격자 구조를 만드는 것이 제조 상 용이하여 우선 바람직하다. 이 때, 통상적인 비구면 렌즈를 제조하는 것과 마찬가지로, 정밀 연삭으로도 유리 몰드로도 가능하다. 또한, 렌즈 표면에 얇은 수지층으로 격자 구조를 형성하여도 된다. 또, 격자에는 키노홈 등의 단순한 단층 구조로 한정되지 않고, 복수의 격자 구조를 겹침으로써, 회절 효율의 과장 특성이나 화각 특성을 향상시킬 수 있기 때문에 바람직하다.

<62> 여기에서, 회절 광학면 (D) 을 형성하는 회절 격자의 단차 부분은 반드시 광축에 대하여 평행으로 할 필요는 없고, 광속이 통과하는 방향을 따라 각도를 부여하여도 된다. 이 때, 예를 들어 그 단차 부분은 광학계의 동공을 향하도록 하면, 플레이어를 경감시킬 수 있는 것을 기대할 수 있다. 또한, 격자를 형성하는 편측의 회절 소자 요소 (광학 재료)에 의한 면을 비구면으로 하고, 수차 보정의 자유도로서 활용할 수도 있다. 또, 격자를 형성하는 회절 소자 요소에 UV 컷을 위한 색소를 혼입시켜서, 광학계 중에 특별한 필터 부재를 형성하지 않고 필터 효과를 갖게 한 화질 개선을 실시할 수도 있다.

<63> 또한, 본 실시예에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS) 를 구성하는 각 렌즈에 대하여, 굴절률 분포형 렌즈 등을 추가로 사용함으로써, 더욱 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다는 것은 말할 필요도 없다. 또, 상기 서술한 광원 (30) 으로부터 출사된 광선을 집광하는 콘덴서 렌즈 (40) 를 프레넬 렌즈로 하면, 이 프로젝터 광학계 (PS) 가 사용되는 프로젝터를 더욱 소형이며 또한 박형으로 할 수 있다.

<64> 또, 이상의 설명에 있어서는, 표시 소자 (20) 에 반사형의 LCOS 를 사용하여, 광원 (30) 으로부터 출사된 백색 광을 프리즘 (P) 에서 표시 소자 (20) 에 조사하고, 반사된 광선을 투사하도록 구성한 경우에 대하여 설명하였는데, 적·청·록의 삼색의 광원과 이 삼색의 광원에 대응한 표시 소자를 형성하고, 각각의 표시 소자로부터 출사된 광선을 프리즘 (P) 으로 합성한 후, 본 실시예에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS) 로 투사하도록 구성할 수도 있다. 또한, 반사 또는 투과에서 사용하는 액정 소자뿐만 아니라, 자발광 타입의 표시 소자에도 사용할 수 있다. 상기 프리즘 (P) 을 편광 빔 스플리터로 구성하면 투사 효율이 좋고 바람직하다. 또, 상기 프리즘 (P) 을 와이어 그리드형 편광 빔 스플리터로 구성하면, 보다 투사 효율이 좋고 바람직하다. 와이어 그리드형 편광 빔 스플리터는, 기판 상에 금속 등으로 제조한 서브 파장 피치의 세선을 주기적으로 배열한 것으로서, 고성능의 편광 특성이 얻어진다. 서브 파장 피치는, 사용광의 파장의 1/10 오더로서, 본원에서는 50nm, 100nm 인 것이 사용되는데, 사용광의 파장 이하의 임의의 피치인 것을 사용하여도 상관없다. 또한, 편광 빔 스플리터는, 프리즘형으로 한정되지 않고, 투과 플레이트형이나 미러형이어도 상관없다.

실시예

<66> 이하에, 본 발명에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS) 의 2 개의 실시예를 나타내는데, 각 실시예에 있어서, 제 1 렌즈군 (G1) 에 형성된 회절 광학면 (D) 의 위상차는, 통상적인 굴절률과 후술하는 비구면식 (a) 을 사용하여 실시하는 초고굴절률법에 의해 계산하였다. 초고굴절률법이란, 비구면 형상과 회절 광학면의 격자 피치 사이의 일정한 등가 관계를 이용하는 것으로서, 본 실시예에 있어서는 회절 광학면을 초고굴절률법의 데이터로 하여, 즉 후술하는 비구면식 (a) 및 그 계수로 나타내고 있다. 또한, 본 실시예에서는 수차 특성의 산출 대상으로서 d 선, g 선, C 선 및 F 선을 선택하고 있다. 본 실시예에 있어서 사용된 이들 d 선, g 선, C 선 및 F 선의 파장과, 각 스펙트럼선에 대하여 설정한 초고굴절률법의 계산에 사용되기 위한 굴절률의 값을 하기 표 1 에 나타낸다.

<67> [표 1]

파장	굴절률 (초고굴절률법에 따름)	
d 선	587. 562 nm	10001
g 선	435. 835 nm	7418. 6853
C 선	656. 273 nm	11170. 4255
F 선	486. 133 nm	8274. 7311

<68>

<69> 각 실시예에 있어서, 비구면은 광축에 수직인 방향의 높이를 y 로 하고, 높이 y 에 있어서의 각 비구면의 정점

의 접평면으로부터 각 비구면까지의 광축을 따른 거리 (새그량) 를 $S(y)$ 로 하며, 기준면의 곡률 반경을 r , 근축 곡률 반경을 R 로 하고, 원추 계수를 κ 라 하고, n 차의 비구면 계수를 C_n 으로 하였을 때, 이하의 수식 (a), (b) 로 표시된다.

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2/r^2)^{1/2}\} + C_2 \cdot y^2 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + \dots \quad (a)$$

$$R = 1 / ((1/r) + 2C_2) \quad (b)$$

<70>

<71>

또한, 각 실시예에 있어서, 회절 광학면이 형성된 렌즈면에는 표 중의 면 번호의 우측에 * 인을 붙이고, 비구면식 (a) 는 이 회절 광학면의 성능의 제원 (諸元) 을 나타내고 있다.

<72>

렌즈 데이터 중의 계수 C_2 는, 회절 광학면의 근축 파워를 나타내는 것으로서, 색 소거를 위해서는 중요한 양이다. 본 실시예에 있어서는, $|1 \times 10^{-10}| < C_2 < |1 \times 10^{-4}|$ 의 범위로 하는 것이 바람직하다. 이 범위를 초과하면, 양호한 색 소거가 얻어지지 않게 된다. 또, 괴장 광대역에 걸쳐서 양호한 회절 효율을 얻기 위해서는, $\Delta Nd/\Delta(NF - NC)$ 의 값이 소정의 범위인 것이 바람직하고, 본 실시예에 있어서는 $-15 < \Delta Nd/\Delta(NF - NC) < -2$ 의 범위에 있는 것이 바람직하다. 이 범위를 초과하면, 양호한 회절 효율이 괴장 광대역에 걸쳐서 얻어지지 않게 된다.

<73>

실시예 1

<74>

상기 서술한 설명에서 사용한 도 1 은 본 발명에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS) 의 실시예 1 을 나타내고 있고, 투사측으로부터 조사한 광선을 표시 소자 (10) 에 결상시켰을 경우 (즉, 역광선 추적의 경우) 를 나타내고 있다. 그리고, 이와 같이 도 1 에 나타낸 실시예 1 에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS) 의 제원을 표 2 에 나타낸다. 이 표 1 에 있어서, 제 1 란 (m) 은 투사측으로부터의 각 광학면의 번호 (오른쪽의 * 은 회절 광학면으로서 형성되어 있는 렌즈면) 로서, 도 1 에 나타낸 면 번호 1 ~ 13 에 대응하고 있다. 또, 제 2 란 (r) 은 각 광학면의 곡률 반경 (회절 광학면의 경우에는, 베이스가 되는 비구면의 기준이 되는 구면의 곡률 반경), 제 3 란 (d) 은 각 광학면으로부터 다음 광학면까지의 광축 상의 거리, 또한 제 4 란 (nd), 제 5 란 (ng), 제 6 란 (nC) 및 제 7 란 (nF) 는 각각 d 선, g 선, C 선 및 F 선에 대한 굴절률을 나타내고 있다. 또, 비구면 데이터에 있어서, 0 (제로) 가 되는 n 차의 비구면 계수 C_n 은 생략되어 있다. 또한, 표에는 상기 조건식 (1) ~ (8) 에 대응하는 값, 즉 조건 대응치도 나타내고 있다. 이상의 표의 설명은 다른 실시예에 있어서도 동일하다.

<75>

또한, 이하의 모든 제원에 있어서 계재되는 곡률 반경 (r), 면간격 (d) 그 밖의 길이의 단위는 특별한 기재가 없는 경우, 일반적으로 「mm」 가 사용되지만, 광학계는 비례 확대 또는 비례 축소하여도 동등한 광학 성능이 얻어지기 때문에, 단위는 「mm」 로 한정되지 않고, 다른 적당한 단위를 사용할 수도 있다.

<76>

[표 2]

m	r	d	n d	n g	n C	n F
1	0.00000	12.00000	1.000000			
2	28.79601	2.81000	1.524700	1.536490	1.521960	1.531290
3	0.00000	0.20000	1.518900	1.538000	1.514400	1.528900
4*	0.00000	0.00000	10001	7418.6853	11170.4255	8274.7311
5	0.00000	0.20000	1.556900	1.570900	1.553600	1.564700
6	0.00000	3.13000	1.524700	1.536490	1.521960	1.531290
7	-28.78899	0.10000	1.000000			
8	25.95000	2.50000	1.516800	1.526690	1.514320	1.522380
9	0.00000	4.53300	1.000000			
10	0.00000	10.00000	1.516330	1.521910	1.526210	1.513860
11	0.00000	2.90960	1.000000			
12	0.00000	0.70000	1.522160	1.533190	1.519460	1.528340
13	0.00000	0.70016	1.000000			

<77>

(비구면 데이터)

제 2 면 $\kappa = -1.2440$ $C_4 = 4.75000 \times 10^{-5}$ $C_6 = -1.24690 \times 10^{-6}$ $C_8 = 1.36500 \times 10^{-8}$ $C_{10} = -6.23160 \times 10^{-11}$ 제 5 면 $\kappa = 1.0000$ $C_2 = 1.49600 \times 10^{-7}$ $C_4 = -1.47720 \times 10^{-9}$ $C_6 = 4.37060 \times 10^{-11}$ $C_8 = -5.33850 \times 10^{-13}$ $C_{10} = 2.28480 \times 10^{-15}$ 제 7 면 $\kappa = -9.3788$ $C_4 = -7.74480 \times 10^{-6}$ $C_6 = -5.16060 \times 10^{-7}$ $C_8 = 5.51070 \times 10^{-9}$ $C_{10} = -2.62390 \times 10^{-11}$

<78>

(조건 대응치)

 $K = 12$ $L = 39.78276$ $\Delta \nu d = 14.38$ $\Delta Nd = 0.038$ $Eg = 94.372$ $EC = 96.490$ $Ed = 99.706$ $C = 9$ $f = 17.844$ $h = 0.015$ $d = 0.2$ $\Delta = 0.0931$ $f L = 50.213$

<79>

(1) $K/L = 0.3016$ (2) $\Delta Nd = 0.038$ (3) $\Delta \nu d / \Delta Nd = 378.42$ (4) $(Eg + EC) / 2 = 95.431$ 0. 85 $\times Ed = 84.750$ (5) $C/f = 0.5044$ (6) $h/d = 0.075$ (7) $\Delta/f = 0.0052$ (8) $f L/L = 1.2622$

<80>

<81>

이와 같이, 실시예 1 에서는 상기 조건식 (1) ~ (8) 은 모두 만족되고 있는 것을 알 수 있다. 도 5 에, 이 실시예 1 의 구면 수차, 비점 수차, 왜곡 수차, 코마 수차 및 배율 색수차, 즉 무한원 (無限遠) 합초 상태에서의 제 수차도를 나타낸다. 각 수차도에 있어서, NA 는 개구수를, Y 는 이미지 높이를 각각 나타내고 있다.

또한, 구면 수차도에서는 최대 구경에 대한 NA 의 값, 비점 수차도와 왜곡 수차도에서는 이미지 높이의 최대치를 각각 나타내고, 코마 수차도에서는 각 이미지 높이의 값을 나타낸다. 또, 비점 수차도에서는 실선은 새지털 (sagittal) 이미지면을 나타내고, 파선은 메리디오널 (meridional) 이미지면을 나타내고 있다. 이상의 수차도의 설명은 다른 실시예에 있어서도 동일하다. 이 도 5 중의 각 수차도에서 분명한 바와 같이, 실시예 1 에서는 제 수차가 양호하게 보정되어 우수한 결상 성능이 확보되어 있는 것을 알 수 있다.

<82>

실시예 2

<83>

다음으로, 실시예 2 로서 상기 서술한 설명에서 사용한 도 2 에 나타내는 프로젝터 광학계 (PS) 에 대하여 설명 한다. 이 도 2 에 있어서도, 투사측으로부터 조사된 광선을 표시 소자 (10) 에 결상시킨 역광선 추적의 경우를 나타내고 있다. 이 도 2 에 나타낸 실시예 2 에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS) 의 제원을 표 3 에 나

타낸다. 또한, 표 3에 나타내는 면 번호는 도 2에 나타내는 면 번호 1 ~ 9와 일치되어 있다.

<84>

[표 3]

m	r	d	n d	n g	n C	n F
1	0.00000	5.00000	1.000000			
2	9.50000	2.00000	1.524700	1.536490	1.521960	1.531290
3	-9.50000	0.10000	1.527600	1.547700	1.523300	1.538500
4*	-9.50000	0.00000	10001	7418.6853	11170.4255	8274.7311
5	-9.50000	0.10000	1.556900	1.571100	1.553700	1.564800
6	-9.50000	1.00000	1.000000			
7	0.00000	5.50000	1.516800	1.526690	1.514320	1.522380
8	0.00000	0.50000	1.491080	1.501900	1.488540	1.497070
9	-20.00000	2.87208	1.000000			

<85>

(비구면 데이터)

제 2 면 $\kappa = -1.2440$ $C_4 = 1.32180 \times 10^{-3}$ $C_6 = -3.18610 \times 10^{-4}$
 $C_8 = 3.32800 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -1.28000 \times 10^{-6}$

제 4 면 $\kappa = -11.0000$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$ $C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$
 $C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

제 5 면 $\kappa = -11.0000$ $C_2 = -4.46000 \times 10^{-7}$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$
 $C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$ $C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

제 3 면 $\kappa = -11.0000$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$ $C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$
 $C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

제 6 면 $\kappa = -11.0000$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$ $C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$
 $C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

<86>

(조건 대응치)

 $K = 5$ $L = 17.072$ $\Delta \nu d = 15.46$ $\Delta Nd = 0.0293$ $Eg = 98.221$ $EC = 98.233$ $Ed = 99.999$ $C = 5.49$ $f = 8.134$ $h = 0.02$ $d = 0.1$ $\Delta = 0.0289$ $f L = 40.727$

<87>

- (1) $K/L = 0.2929$
- (2) $\Delta Nd = 0.0293$
- (3) $\Delta v_d / \Delta Nd = 527.65$
- (4) $(Eg + EC) / 2 = 98.227$
0. 85 $\times E_d = 84.999$
- (5) $C/f = 0.6749$
- (6) $h/d = 0.2$
- (7) $\Delta/f = 0.0036$
- (8) $f/L = 2.3856$

<88>

이와 같이, 실시예 2에 있어서도 상기 조건식 (1) ~ (8)은 모두 만족되어 있는 것을 알 수 있다. 도 6에, 이 실시예 2에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS)의 무한원 합초 상태에서의 구면 수차, 비점 수차, 왜곡 수차, 코마 수차 및 배율 색수차를 나타내는데, 각 수차에서 분명한 바와 같이, 이 실시예 2에서도 수차가 양호하게 보정되어 우수한 결상 성능이 확보되어 있는 것을 알 수 있다.

<89>

이상 설명한 바와 같이, 실시예 1 및 2에 관련되는 프로젝터 광학계 (PS)는 제 1 렌즈군 (G1)에 회절 광학면 (D)을 형성함으로써, 적은 렌즈 매수로도 양호한 결상 성능을 얻을 수 있어, 이 프로젝터 광학계 (PS) 전체를 소형화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<90>

도 1은 실시예 1에 관련되는 프로젝터 광학계의 렌즈 구성을 나타내는 도면.

<91>

도 2는 실시예 2에 관련되는 프로젝터 광학계의 렌즈 구성을 나타내는 도면.

<92>

도 3은 복층형 회절 광학 소자를 설명하기 위한 설명도로서, (a)는 밀착형을 나타내고 (b)는 분리형을 나타내는 도면.

<93>

도 4는 복층형 회절 광학 소자를 구성하는 2개의 회절 소자 요소의 유리맵 상의 분포를 설명하기 위한 설명도.

<94>

도 5는 실시예 1에 관련되는 프로젝터 광학계의 제 수차도.

<95>

도 6은 실시예 2에 관련되는 프로젝터 광학계의 제 수차도.

<96>

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

<97>

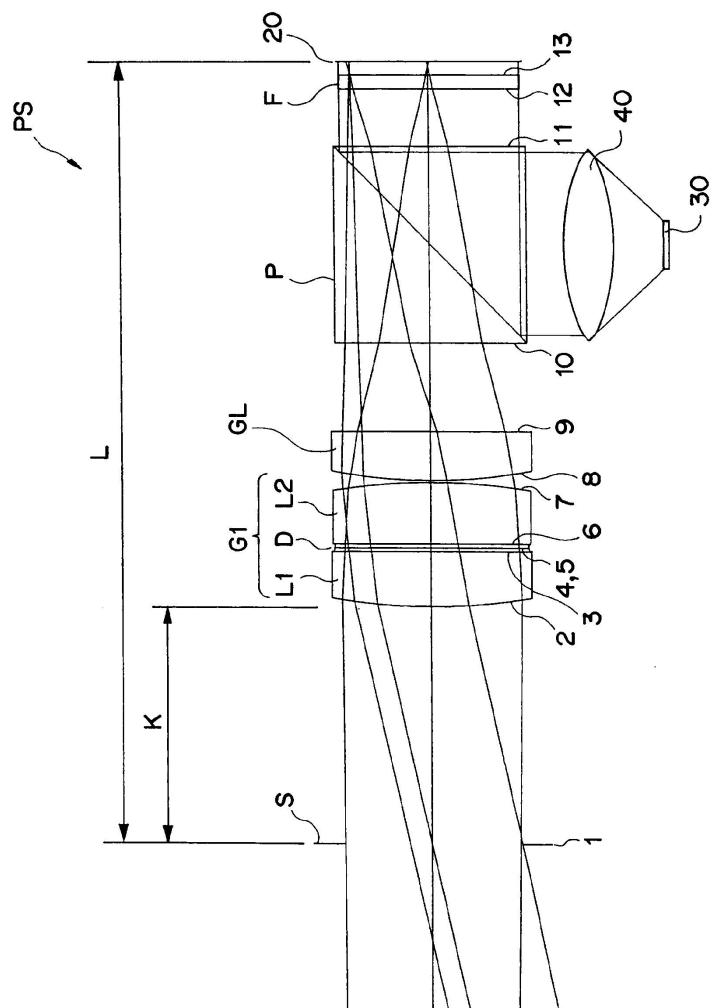
20: 표시 소자 30: 광원

<98>

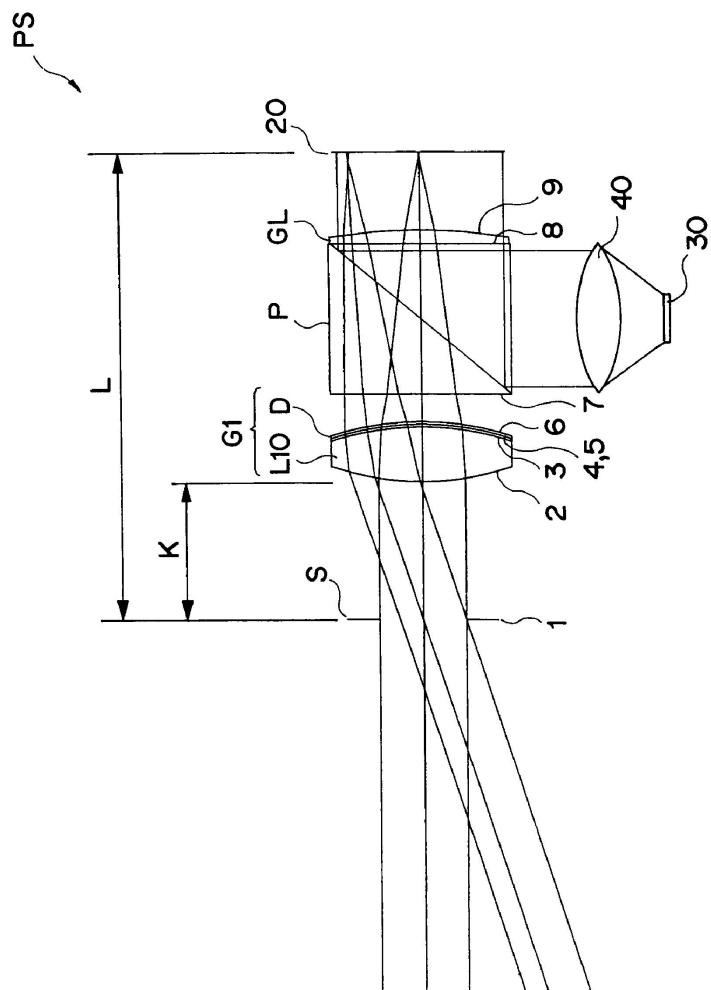
40: 콘텐서 렌즈 50a, 50b: 회정 소자 요소

도면

도면1

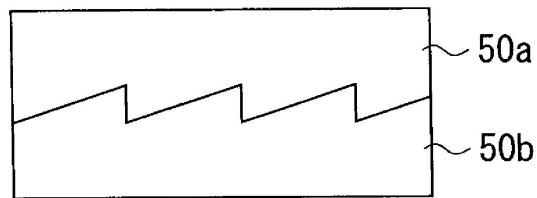


도면2

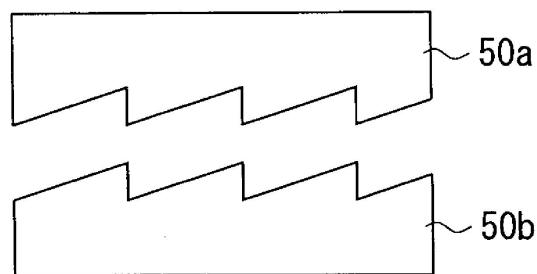


도면3

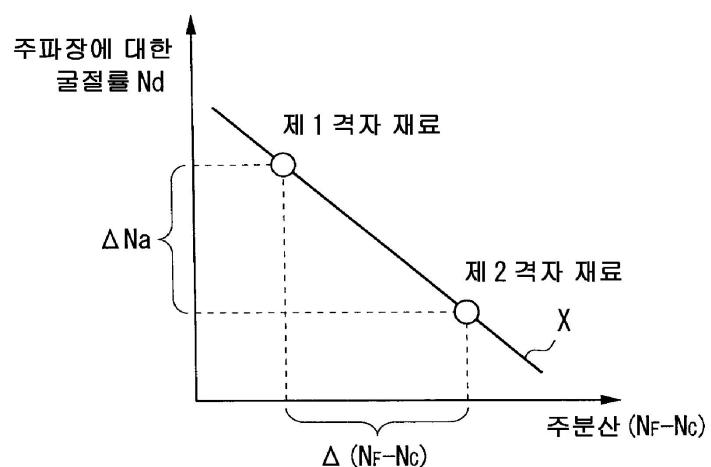
(a)



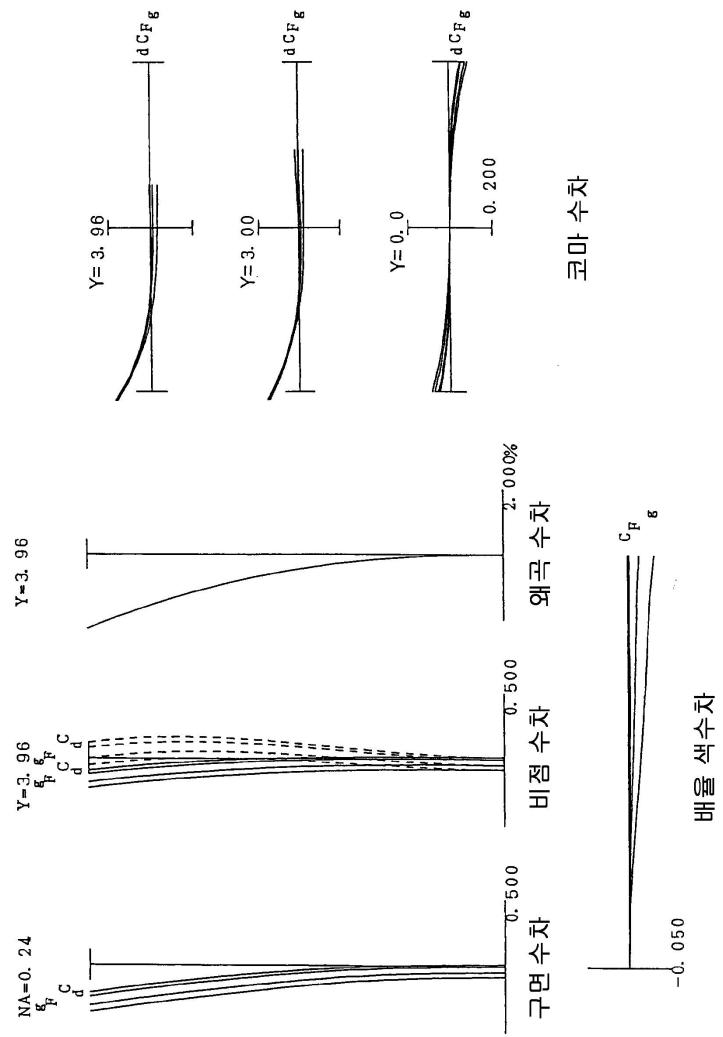
(b)



도면4



도면5



도면6

