(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
G02B 15/16

(45) 공고일자 2003년12월18일
(11) 등록번호 10-0410964
(24) 등록일자 2003년12월01일

(21) 출원번호 10-2001-0045373
(22) 출원일자 2001년07월27일

(65) 공개번호 특2003-0010810
(43) 공개일자 2003년02월06일

(73) 특허권자 삼성전기주식회사
경기 수원시 팔달구 매탄3동 314번지

(72) 발명자 김동하
경기도수원시팔달구매탄3동삼성전기

박종명
경기도안양시동안구평촌동초원아파트707-705

(74) 대리인 조용식

심사관 : 김상희

(54) 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈

요약

본 발명은 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈를 제공하기 위한 것으로, 프로젝션 디스플레이 장치의 스크린 쪽으로부터 시작하여 네거티브 파워를 가진 제 1 렌즈군과; 포지티브 파워를 가진 제 2 렌즈군과; 제 1 렌즈군과 제 2 렌즈군 사이에 어퍼쳐 스탑을 위치시키고; 제 1 렌즈군은 적어도 한 개 이상의 비구면 렌즈 엘리먼트와 적어도 3개 이상의 구면 렌즈 엘리먼트를 포함하며, 제 1 렌즈군의 스크린 반대쪽으로 맨 끝에 있는 렌즈 엘리먼트는 포지티브 파워를 갖도록 하고; 제 2 렌즈군은 세 개의 렌즈 엘리먼트의 접합으로 이루어진 삼접합렌즈를 포함하고 삼접합렌즈로부터 스크린 반대쪽에 적어도 한 개 이상의 포지티브 파워를 가진 렌즈 엘리먼트를 포함하여 프로젝션 렌즈를 구성함으로써, 60도 이상의 화각을 가져 프로젝션 TV(또는 모니터)의 두께를 줄이고, 긴 후면초점거리를 확보하여 색분리/합성용 광학부품의 배치가 용이하게 하며, 텔레센트릭 설계를 하여 색분리/합성용 광학부품의 성능이 높게 유지되도록 하며, 종색수차를 감소시킬 수 있게 되는 것이다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 프로젝션 디스플레이 장치의 블록구성도이고,
도 2는 본 발명에 의한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈의 일 실시예를 보인 도면이며,
도 3은 도 2에 대한 제 1 실시예를 보인 테이블이고,
도 4는 도 3의 제 1 실시예에 의한 MTF의 분석결과를 보인 그래프이며,
도 5는 도 2에 대한 제 2 실시예를 보인 테이블이고,

도 6은 도 5의 제 2 실시예에 의한 레이아웃을 광선과 함께 표현한 도면이며,
도 7은 도 5의 제 2 실시예에 의한 MTF의 분석결과를 보인 그래프이고,
도 8은 도 2에 대한 제 3 실시예를 보인 테이블이며,
도 9는 도 2에 대한 제 4 실시예를 보인 테이블이며,
도 10은 도 2에 대한 제 5 실시예를 보인 테이블이며,
도 11은 도 2에 대한 제 6 실시예를 보인 테이블이며,
도 12는 본 발명에 의한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈의 다른 실시예를 보인 도면이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 프로젝션 디스플레이 장치에 관한 것으로, 특히 60도 이상의 화각을 가져 프로젝션 TV(또는 모니터)의 두께를 줄이고, 긴 후면초점거리를 확보하여 색분리/합성용 광학부품의 배치가 용이하게 하며, 텔레센트릭(Telecentric) 설계를 하여 색분리/합성용 광학부품의 성능이 높게 유지되도록 하며, 종색수차를 감소시키기에 적당하도록 한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈에 관한 것이다.
일반적으로 현대인들은 개인적으로 여유나 레크리에이션을 즐기려는 성향이 증대되면서 개인의 자유 공간에서 영화나 기타 영상물을 시청하려는 성향이 증가하고 있고, 이러한 성향에 부응하여 영상의 디스플레이 장치들의 화면 또는 스크린이 대형화되는 추세는 한층 강화되고 있다.
이러한 화면 혹은 스크린의 대형화 추세에 맞추어 근래 개발되어진 기술이 영사기의 개념이 도입되어진 프로젝션 기술을 이용한 데이터 프로젝터, 프로젝션 TV, 프로젝션 모니터 등등 있는데, 이에 사용되는 프로젝션 디스플레이 장치를 도 1을 참조하여 설명하면 다음과 같다.
그리고 최근 디스플레이가 대형화되면서 프로젝션 방법을 이용하여 디스플레이 시스템을 구성하는 배면 투사형 TV(또는 모니터)의 개발이 활발해지고 있는데, 배면 투사형 TV(또는 모니터)는 화면의 대형화 뿐만 아니라 두께의 최소화 등을 포함한 시스템 크기의 최소화, 최소 화소수의 증가와 광량 증가, 조명의 균일도 증가 등에 따른 고화질화가 요구되어지고 있다.
도 1에서, 참조번호 11은 초고압 수은램프(Light source)인 광원이고, 12는 반사경이며, 13은 일루미네이션 옵틱(illumination optic)이다. 또한 참조번호 21은 편광빔 스플리터(Polarized Beam Splitter, PBS)이고, 22는 반사형 광밸브(imager)이며, 31은 프로젝션 렌즈이고, 32는 스크린이다.
초고압 수은램프(11)는 프로젝션 디스플레이 장치의 광원으로서, 초고압 수은램프(11)에서 나오는 빛의 양에 따라 프로젝션 디스플레이 장치의 밝기가 정해진다.
초고압 수은램프(11)로 부터의 광은 반사경(12)으로부터 반사되어 일루미네이션 옵틱(illumination optics)(13)을 통과하게 된다. 일루미네이션 옵틱(13)은 초고압 수은램프(11)로 부터의 광을 균일하고도 평행광에 가깝도록 만들어 최대한의 효율을 가지고 광밸브(22)에 집속되도록 한다. 이때 사용되는 일루미네이션 옵틱(13)은 광 터널(Light tunnel), 광 파이프(light pipe) 또는 플라이아이 렌즈(Fly-eye lens)를 사용한다. 여기서 광 파이프(light pipe)를 사용하는 이유는 램프에서 나오는 빛에서 광의 인텐시티(intensity)가 균일하지 않아 광축 방향에서의 빛의 강도는 강하고, 광축에서 멀어질수록 빛의 강도는 점점 약해지기 때문이다. 이런 빛이 LCD에 반사되어 나오면 스크린에서 이미지의 밝기가 균일하지 않게 된다. 따라서 램프에서 나오는 균일하지 않은 빛을 가능한 최대한으로 균일하게 만들기 위해 광 파이프를 사용한다.
편광빔 스플리터(21)를 통과하여 반사형 광밸브(22)로 입사되는 광은 광밸브(imager) 신호에 따라 변조되고, 백 플레인(back plain)에서 반사된다. 그리고 프로젝션 렌즈(31)에 의해 스크린(32)으로 확대 투사된다.
이때 사용되어지는 프로젝션 렌즈(31)는 프로젝션 TV 또는 모니터의 두께를 최소화하기 위해 매우 짧은 투사거리를 필요로 한다. 즉, 화각(Field of View)이 큰 프로젝션 렌즈가 요구되어지게 되는 것이다. 또한 최소 화소수의 증가와 광밸브의 전체 유효 크기의 감소로 높은 분해능을 가진 고성능 프로젝션 렌즈가 요구되고 있다. 프로젝션 시스템의 광량과 조명의 균일도는 조명계의 성능에 크게 좌우되지만, 조명계의 성능에 맞추어 비교적 낮은 F-number(f/3.5 이하)와 높은 주변광량비(80% 이상)를 갖은 프로젝션 렌즈가 필요하게 된다.
또한 프로젝션 디스플레이 장치는 조명광을 생성하는 조명계의 광경로와 프로젝션 렌즈(31)의 광경로의 축을 변경하기 위하여, 또는 색분리/합성을 위하여 편광 프리즘이나 색필터를 프로젝션 렌즈와 광밸브 사이에 배치하여 한다. 이러한 광부품의 배치로 프로젝션 렌즈는 충분히 긴 후면초점거리를 가져야 한다.
더욱이 편광 프리즘이나 색필터 등은 광학코팅으로 성능을 구현하는데, 이런 광학코팅은 입사면과 입사광이 이루는 각에 따라서 성능의 변화가 크다.
따라서 이러한 광부품에 입사하는 각 필드의 주광선의 입사각이 광밸브에 수직하게 입사되도록 해야 각 필드별 광학성능의 저하를 막을 수 있다. 이러한 조건을 만족시키기 위해서는 프로젝션 렌즈가 텔레센트릭 해야 한다.
프로젝션 렌즈(31)의 종색수차는 프로젝션 디스플레이 장치에서 R, G, B 삼색의 미스컨벌젼스(Misconvergence)로 나타나게 되는데, 이러한 미스컨벌젼스가 커 지면 한 개의 흰 선이 R, G, B 삼선으로 구별이 가능해 진다. 즉, 미스컨

벌젼스가 크면 화질이 저하되는 문제를 발생시킨다. 글자를 많이 표시하는 모니터용으로 사용할 경우는 이러한 미스 컨벌젼스 문제는 심각해지게 되고, 결국 프로젝션 렌즈가 종색수차를 아주 작게 갖도록 구현되어야 한다.
그러나 종래에는 이러한 프로젝션 디스플레이 장치에서 프로젝션 렌즈가 만족시켜야할 성능을 모두 만족시키는 렌즈는 구현되지 않았다.
또한 프로젝션 디스플레이 장치에서 프로젝션 렌즈가 만족시켜야 할 성능 중 어느 한 성능을 만족하거나 부분적 성능을 만족하는 프로젝션 렌즈는 비교적 쉽게 구현이 가능하나, 모든 성능을 만족하는 프로젝션 렌즈의 구현은 어렵다.
특히 60도 이상의 광각의 화각을 갖고 후면초점거리가 길면서 텔레센트릭한 프로젝션 렌즈가 이상의 여러 성능을 만족할 만큼 구현하는 것은 쉽지 않은 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에 본 발명은 상기와 같은 종래의 제반 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 대화면, 최소 두께, 고화질 프로젝션 시스템에 필요한 성능조건을 만족시키면서도 긴 후면초첨거리를 갖고 광각인 텔레센트릭 프로젝션 렌즈를 구현할 수 있는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈를 제공하는 데 있다.
또한 본 발명의 다른 목적은 60도 이상의 화각을 가져 프로젝션 TV(또는 모니터)의 두께를 줄이고, 긴 후면초점거리를 확보하여 색분리/합성용 광학부품의 배치가 용이하게 하며, 텔레센트릭 설계를 하여 색분리/합성용 광학부품의 성능이 높 게 유지되도록 하며, 종색수차를 감소시킬 수 있는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈를 제공하는 데 있다.
더불어 본 발명의 또다른 목적은 화각(Field of view)이 60도 이상이고, BFL/F > 2.8 을 만족시켜 후면초점거리가 충분히 길게 하며, 각 상고의 주광선이 물체면에 수직입사하는 텔레센트릭(Telecentric)을 만족하고, 광밸브의 최소 화소에 의해 정해지는 나이퀴스트 주파수(Nyquist frequency)에서 MTF(Modulation Transfer Function)가 최외각 필드(Field)에서도 40% 이상 되는 고분해능을 갖으며, 왜곡수차(Distortion)가 1% 이내이고, 색배율이 작으며, 화면 전체의 균일한 밝기를 위해 주변 광량비가 85% 이상인 프로젝션 렌즈를 구현할 수 있는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈를 제공하는 데 있다.
상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일실시예에 의한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈는, 광원과 조명광학계, 광밸브, 색분리/합성계, 프로젝션 렌즈를 구비한 프로젝션 디스플레이 장치에 있어서, 상기 프로젝션 디스플레이 장치의 스크린 쪽으로부터 시작하여 네거티브 파워를 가진 제 1 렌즈군과; 포지티브 파워를 가진 제 2 렌즈군과; 상기 제 1 렌즈군과 상기 제 2 렌즈군 사이에 어퍼쳐 스탑을 위치시키고; 상기 제 1 렌즈군의 유효초점거리를 f1, 상기 제 2 렌즈군의 유효초점거리를 f2, 전체 렌즈의 유효초점거리를 f, 후면초점거리를 bfl, 두개의 렌즈군 사이의 거리를 d 이라고 했을 때, 다음의 조건,
(1) -5.4 < d / f1 < -0.2
(2) 0.4 < d / f2 < 5.1
(3) 2.8 < bfl / f < 7.8
을 만족시키도록 하며; 상기 제 1 렌즈군은 적어도 한 개 이상의 비구면 렌즈 엘리먼트와 적어도 3개 이상의 구면 렌즈 엘리먼트를 포함하며, 상기 제 1 렌즈군의 스크린 반대쪽으로 맨 끝에 있는 렌즈 엘리먼트는 포지티브 파워를 갖도록 하고; 상기 제 2 렌즈군은 세 개의 렌즈 엘리먼트의 접합으로 이루어진 삼접합렌즈를 포함하고 상기 삼접합렌즈로부터 스크린 반대쪽에 적어도 한 개 이상의 포지티브 파워를 가진 렌즈 엘리먼트를 포함하여 상기 프로젝션 렌즈를 구성하는 것을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

이하, 상기와 같은 본 발명, 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈의 기술적 사상에 따른 일실시예를 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.
도 2는 본 발명에 의한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈의 일 실시예를 보인 도면이고, 도 12는 본 발명에 의한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈의 다른 실시예를 보인 도면이다.
이에 도시된 바와 같이, 광원(11), 조명광학계(13), 광밸브(imager)(22), 색분리/합성계(21), 프로젝션 렌즈(31)를 구비한 프로젝션 디스플레이 장치에 있어서, 상기 프로젝션 디스플레이 장치의 스크린 쪽으로부터 시작하여 네거티브 파워를 가진 제 1 렌즈군(G1)과; 포지티브 파워를 가진 제 2 렌즈군(G2)과; 상기 제 1 렌즈군(G1)과 상기 제 2 렌즈군(G2) 사이에 어퍼쳐 스탑(Aperture Stop)을 위치시 키고; 상기 제 1 렌즈군(G1)의 유효초점거리를 f1, 상기 제 2 렌즈군(G2)의 유효초점거리를 f2, 전체 렌즈의 유효초점거리를 f, 후면초점거리를 bfl, 두개의 렌즈군 사이의 거리를 d 이라고 했을 때, 다음의 조건,
(1) -5.4 < d / f1 < -0.2
(2) 0.4 < d / f2 < 5.1
(3) 2.8 < bfl / f < 7.8
을 만족시키도록 하며; 상기 제 1 렌즈군(G1)은 적어도 한 개 이상의 비구면 렌즈 엘리먼트(lens element)와 적어도 3개 이상의 구면 렌즈 엘리먼트를 포함하며, 상기 제 1 렌즈군(G1)의 스크린 반대쪽으로 맨 끝에 있는 렌즈 엘리먼트는 포지티브 파워(Positive power)를 갖도록 하고; 상기 제 2 렌즈군(G2)은 세 개의 렌즈 엘리먼트의 접합으로 이루어진 삼접합렌즈(Cemented Triplet Lens)를 포함하고 상기 삼접합렌즈로부터 스크린 반대쪽에 적어도 한 개 이상의 포지티브 파워를 가진 렌즈 엘리먼트를 포함하여 상기 프로젝션 렌즈를 구성한다.

상기에서 제 1 렌즈군(G1)의 비구면 렌즈 엘리먼트는, 적어도 한 면 이상이 비구면이 되도록 한다.
상기에서 제 1 렌즈군(G1)의 비구면 렌즈 엘리먼트는, 스크린 쪽에서부터 고려하여 제일 앞쪽에 위치하도록 한다.
상기에서 제 2 렌즈군(G2)의 삼접합렌즈는, 포지티브 옵티컬 파워(positive optical power)를 갖도록 한다.
상기에서 제 2 렌즈군(G2)의 삼접합렌즈는, 중앙의 렌즈가 네거티브 옵티컬 파워(negative optical power)를 갖도록 하고, 밖의 두 렌즈는 포지티브 옵티컬 파워를 갖도록 한다.
상기에서 제 2 렌즈군(G2)의 삼접합렌즈는, 중앙의 렌즈의 리프랙티브 인덱스(refractive index) Ndc 와 밖의 두 렌즈의 리프랙티브 인덱스(refractive index) Nds 가 다음의 조건,

$$|Ndc - Nds| > 0.16$$

를 만족시키도록 한다.
상기에서 제 2 렌즈군(G2)의 삼접합렌즈는, 중앙의 렌즈의 애베이 넘버(Abbe number) Vdc 와 밖의 두 렌즈의 애베이 넘버(Abbe number) Vds 가 다음의 조건,

$$|Vdc - Vds| > 23$$

를 만족시키도록 한다.
상기에서 제 2 렌즈군(G2)의 삼접합렌즈는, 중앙의 렌즈가 포지티브 옵티컬 파워를 갖고, 밖의 두 렌즈는 네거티브 옵티컬 파워를 갖도록 한다.
상기에서 프로젝션 렌즈는, 상기 제 1 렌즈군(G1)과 상기 제 2 렌즈군(G2) 사이에 반사 거울을 더욱 포함하여 구성하고, 상기 반사 거울은 상기 제 1 렌즈군과 어퍼처 스탑 사이에 위치하도록 하여 상기 반사 거울에 의해 상기 프로젝션 렌즈 내부에서 광경로를 바꿀 수 있도록 한다.
상기에서 반사 거울은, 상기 반사 거울의 입사 주광선과 반사 주광선이 이루는 각도 th 가 다음의 조건,

$$45 < th < 90$$

를 만족하도록 한다.
상기에서 프로젝션 렌즈는, 상기 프로젝션 렌즈(31)와 상기 광밸브(22)에 다수의 프리즘을 추가로 접합시켜 상기 프로젝션 렌즈(31)와 상기 광밸브(22)와 다수의 프리즘의 접합으로 이루어진 색분리/합성용 프리즘 블록을 더욱 포함하여 구성한다.
상기에서 프리즘 블록은, 상기 프리즘 블록의 리플렉티브 인덱스 Ndp 와 애베이 넘버 Vdp 가 다음의 조건,

$$Ndp > 1.64$$
$$Vdp < 33.0$$

를 만족시키도록 한다.
상기에서 프로젝션 렌즈는, 1% 이하의 디스토션(distortion)을 갖도록 한다.
상기에서 프로젝션 렌즈는, 84% 이상의 주변 광량비를 갖도록 한다.
상기에서 프로젝션 렌즈는, 66도 이상의 화각을 갖도록 한다.
상기에서 프로젝션 렌즈는, 상기 제 1 렌즈군(G1)과 광밸브 사이의 거리를 고정하고, 상기 제 2 렌즈군(G2)을 앞뒤로 움직여 포커싱을 조절하도록 한다.
이와 같이 구성된 본 발명에 의한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈의 동작을 첨부한 도면에 의거 상세히 설명하면 다음과 같다.
먼저 본 발명에 의한 롱 백 포컬 렝스(Long Back Focal Length)를 가진 와이드 앵글 텔레센트릭 프로젝션 렌즈(Wide angle Telecentric Projection Lens)는 광원과 조명광학계, 광밸브(imager), 색분리/합성계, 프로젝션 렌즈를 갖는 프로젝션 디스플레이 장치에 사용되는 프로젝션 렌즈로써, 다수의 화소로 구성된 영상표시장치에 형상된 이미지(image)를 확대 투사하여 대화면 고화질의 영상을 표현하는 배면 투사형 프로젝션 TV(또는 모니터)용 프로젝션 렌즈이다.
그래서 도 2에서와 같이, 네거티브 파워(Negative Power)를 가진 렌즈군 G1과 포지티브 파워(Positive Power)를 가진 렌즈군 G2의 두개의 렌즈군으로 이루어져 있으며, 렌즈군 G1 과 렌즈군 G2 사이에 어퍼쳐 스탑(Aperture Stop)이 위치한다. G1 렌즈군의 유효초점거리를 f1, G2 렌즈군의 유효초점거리를 f2, 전체 렌즈의 유효초점거리를 f, 후면초점거리를 bfl, 두개의 렌즈군사이의 거리를 d 라고 했을 때, 다음의 조건을 만족한다.

(1) $-5.4 < d / f1 < -0.2$
(2) $0.4 < d / f2 < 5.1$
(3) $2.8 < bfl / f < 7.8$

첫 번째인 제 1 렌즈군 G1은 적어도 한 개 이상의 비구면 렌즈 엘리먼트(lens element)와 적어도 3 개 이상의 구면 렌즈 엘리먼트를 포함하며, 첫 번째 렌즈군 G1의 스크린 반대쪽으로 맨 끝에 있는 렌즈 엘리먼트는 포지티브 파워(Positive power)를 가진다.
두 번째인 제 2 렌즈군 G2는 세 개의 렌즈 엘리먼트(Lens element)의 접합으로 이루어진 삼접합렌즈(Cemented Triplet Lens)를 포함하고, 이 삼접합렌즈로부터 스크린 반대쪽에 적어도 한 개 이상의 포지티브 파워(Positive power)를 가진 렌즈 엘리먼트를 포함해야 한다.
60도 이상의 광각의 화각을 갖으려면 상면만곡과 왜곡수차, 종색수차 등 잔여수차들이 남게 되는데, G1 렌즈군에 한 개 이상의 적어도 한 면이 비구면인 플라스틱 비구면 렌즈를 배치하여 상면만곡 수차를 만족할 만큼 줄이고, 왜곡수차를 1% 이내로 줄인다. 여기서 비구면 렌즈는 가공시 정교하게 깍아야 하는데, 유리를 사용할 경우 매번 깍아야 하지만, 금형으로 플라스틱을 제작하여 사용하면 가격대와 작업공정의 감소측면에서 유리하다.
프로젝션 디스플레이 장치는 매우 높은 에너지의 광원을 사용하기 때문에 온도 변화가 심하고 외부 환경에 따른 온도 변화도 심각히 고려해야 한다. 따라서 글라스 렌즈(Glass lens)에 비해 온도에 따른 성능 변화가 비교적 심한 플라스

틱 비구면 렌즈는 온도 변화의 영향을 최소화하기 위해 될 수 있으면 약한 굴절능을 갖추어야 한다.
또한 렌즈 사출시 균일한 사출온도 및 압력을 유지하기 위하여 중심부와 주변부의 두께 차이를 최소화하여야 한다.
이런 조건을 만족하기 위해 첫 번째인 제 1 렌즈군 G1의 비구면 렌즈 엘리먼트는 약한 네거티브 옵티컬 파워(negative optical power) 또는 약한 포지티브 옵티컬 파워(positive optical power)를 갖는다. 이 때 사용한 비구면 방정식은 다음의 수학식 1과 같다.
(수학식 1)

$$z=\frac{y^2}{R+\sqrt{R^2-(1+K)y^2}}+Ay^4+By^6+Cy^8+Dy^{10}$$

여기서, z는 광축방향이고, y는 광축방향과 수직인 방향이며, R은 렌즈면의 반경이고, K는 코닉 상수이며, A, B, C, D는 비구면 계수이다.
일반적으로 프로젝션 디스플레이 장치에 사용되는 반사형 액정 광밸브(imager)는 R, G, B 각각의 삼원색을 표현하는 3개의 광밸브를 사용한다. 이 세 개의 광밸브의 이미지는 색분리 합성계에 의해 합성되어 프로젝션 렌즈를 통하여 확대 투사된다. 이때 프로젝션 렌즈의 종색수차가 크면 R, G, B 각각의 이미지의 색배율 차이로 인하여 스크린 주변부에서의 R, G, B 각각의 이미지 불일치가 발생될 수 있다.
따라서 본 발명에 의한 프로젝션 렌즈에서는 G2 렌즈군에 3개의 렌즈를 접합한 트리플 접합렌즈(Triple Cemented Lens)를 사용하여 종색수차를 줄였다.
트리플 접합렌즈는 포지티브 옵티컬 파워(positive optical power)를 가지고 있으며, 중앙의 렌즈가 네거티브 옵티컬 파워를 갖고, 밖의 두 렌즈는 포지티브 옵티컬 파워를 갖는다. 그리고 삼접합렌즈의 중앙의 렌즈의 리프랙티브 인덱스(refractive index) Ndc와 밖의 두 렌즈의 리프랙티브 인덱스(refractive index) Nds는 다음을 만족한다.

$$|Ndc - Nds| > 0.16$$

또한 삼접합렌즈의 중앙의 렌즈의 애베이 넘버(Abbe number) Vdc와 밖의 두 렌즈의 애베이 넘버(Abbe number) Vds는 다음을 만족한다.

$$|Vdc - Vds| > 23$$

또한 G1 렌즈군에 구경스탑(Aperture Stop)에 가장 가까운 렌즈는 양의 굴절 능을 갖도록 배치하고, G2 렌즈군에 구경스탑과 가장 먼 렌즈는 양의 굴절능을 갖게 하였다.
한편 프로젝션 디스플레이 장치의 크기와 두께를 최소화하기 위해, 도 12에서와 같이, 프로젝션 렌즈의 첫 번째 렌즈군 G1과 두 번째 렌즈군 G2 사이에 반사 거울을 두어 프로젝션 렌즈 내부에서 광경로를 바꿀 수 있다. 즉, 반사 거울은 제 1 렌즈군과 어퍼처 스탑 사이에 위치하도록 하여 프로젝션 렌즈 내부에서 광경로를 변경할 수 있도록 한다.
이로 인해 프로젝션 디스플레이 장치의 깊이(Depth)를 줄일 수 있게 된다. 또한 프로젝션 렌즈와 스크린 사이에 2개 또는 3개의 거울을 사용하는 시스템에 비해 조정이 쉬울 뿐만 아니라 신뢰성 면에서도 많은 장점을 가지고 있다. 이때 거울의 입사 주광선과 반사 주광선이 이루는 각도 th는 다음을 만족한다.

$$45 < th < 90$$

또한 도 12의 프로젝션 렌즈처럼 첫 번째 렌즈군 G1과 두 번째 렌즈군 G2 사이에 반사 거울을 두어 프로젝션 렌즈 내부에서 광경로를 바꿀 수 있는 구조의 렌즈는 프로젝션 디스플레이 장치에 장착시 포커싱(focusing)을 위해 렌즈를 광축을 따라 앞뒤로 움직일 경우 스크린 상에서 이미지의 위치가 상하로 따라서 움직이게 되기 때문에, 프로젝션 렌즈는 렌즈군 G2만을 앞뒤로 움직여 포커싱 조절을 할 수 있다.
반사형 리퀴드 크리스털 광밸브(Liquid crystal imager)를 사용한 프로젝션 디스플레이 장치는 조명광학계 및 색분리 합성계가 프로젝션 렌즈와 광밸브 사이에 위치한다.
본 발명의 프로젝션 렌즈는 광원(11), 조명광학계인 일루미네이션 옵틱(13), 광밸브(imager)(22), 색분리/합성계인 편광빔 스플리터(21), 프로젝션 렌즈(31)를 갖는 프로젝션 디스플레이 장치에 사용되며, 프로젝션 디스플레이 장치의 스크린 쪽으로부터 시작하여 네거티브 파워(Negative Power)를 가진 렌즈군 G1과 포지티브 파워(Positive Power)를 가진 렌즈군 G2의 두개의 렌즈군과 다수의 프리즘(Prism)의 접합으로 구성되는 색분리/합성용 프리즘 블록으로 이루어져 있다.
그러므로 프로젝션 렌즈의 설계시 부터 색분리/합성용 프리즘 블록을 고려하여 프로젝션 렌즈의 설계가 이루어져야 한다. 일반적으로 프리즘 블록의 굴절률이 높을수록 백 포컬 렝스(Back Focal Length)의 길이를 줄여주는 효과가 있기 때문에 프로젝션 렌즈의 크기를 줄일 수 있으며, 이로 인해 구면수차 및 축외수차를 보정하기가 용이해질 수 있다. 또한 파장별 굴절률 차이가 적은 저분산 글라스(Glass) 재질의 프리즘 블록을 사용함으로써 R, G, B 각각의 삼원색을 표현하는 3개의 광밸브 때문에 야기되는 프로젝션 렌즈의 종색수차를 줄일 수 있고, 이에 따라 R, G, B 각각의 이미지의 색배율 보정에 유리하다. 그러므로 본 발명에 의한 프로젝션 렌즈의 색분리/합성용 프리즘 블록의 리프랙티브 인덱스(refractive index) Ndp와 애베이 넘버(Abbe number) Vdp는 다음을 만족한다.

$$Ndp > 1.64$$

$$Vdp < 33.0$$

3개의 광밸브를 이용하는 프로젝션 디스플레이 장치의 경우는 R, G, B, 각각 의 판넬(Pannel)이 서로 독립적으로 조정되기 때문에 각 파장별 백 포컬 렝스(back focal length)의 거리가 서로 다른 줌렌즈(zooming lens) 디자인을 실행한다. 이로 인해 색배율과 MTF 성능을 개선할 수 있었다.
이상의 조건을 만족하는 프로젝션 렌즈의 실시예를 들면 다음과 같다.
도 3은 도 2에 대한 제 1 실시예를 보인 테이블이고, 도 4는 도 3의 제 1 실시예에 의한 MTF의 분석결과를 보인 그래프이다.

그래서 제 1 실시예는 화각 80도와 전체 렌즈의 유효초점거리 F = 11.499, G1 렌즈군의 유효초점거리 F1 = -69.06, G2 렌즈군의 유효초점거리 F2 = 57.23, 후면초점거리 BFL = 54.55 로 60도 이상의 광각의 화각과 BFL/F = 4.7 의 긴 후면초점거리, 최외각 필드의 주광선이 광밸브면에 수직으로 입사는 텔레센트릭 조건을 만족한다.
도 3의 테이블 1에서 면 27의 두께는 각각의 R, G, B 삼색 판넬과 색분리/합성을 위한 광부품까지의 거리를 3개의 줌 위치를 두어 각각 5.002 mm, 5.0 mm, 5.0205 mm 로 하였다.
도 4는 스페셜 주파수(spatial frequency) 40 linepair/mm 까지의 MTF(Modulation Transfer Function)를 CODE V(ORA 사의 렌즈설계 소프트웨어)에서 분석한 결과이다. 도 4a는 레드(Red) 광밸브에서의 MTF이고, 도 4b는 그린(Green) 광밸브에서의 MTF이며, 도 4c는 블루(Blue) 광밸브에서의 MTF이다. 이에 따라 모든 필드(Field)에 대해서 40 linepair/mm에서 40% 이상의 MTF를 얻을 수 있었다.
도 5는 도 2에 대한 제 2 실시예를 보인 테이블이고, 도 6은 도 5의 제 2 실 시예에 의한 테이블 2의 레이아웃을 광선과 함께 표현한 도면이며, 도 7은 도 5의 제 2 실시예에 의한 MTF의 분석결과를 보인 그래프이다.
그래서 도 5의 테이블 2의 실시예는 화각 66도와 전체 렌즈의 유효초점거리 F = 14.99, G1 렌즈군의 유효초점거리 F1 = -151.59, G2 렌즈군의 유효초점거리 F2 = 42.815, 후면초점거리 BFL = 42.242 로 60도 이상의 광각의 화각과 BFL/F = 2.8 의 긴 후면초점거리, 최외각 필드의 주광선이 광밸브면에 수직으로 입사는 텔레센트릭 조건을 만족한다.
테이블 2의 면 27의 두께는 각각의 R, G, B 삼색 판넬과 색분리/합성을 위한 광부품까지의 거리를 3개의 줌 위치를 두어 각각 2.48016 mm, 2.5 mm, 2.54487 mm 로 하였다.
도 7은 스페셜 주파수 40 linepair/mm 까지의 MTF(Modulation Transfer Function)을 CODE V(ORA 사의 렌즈설계 소프트웨어)에서 분석한 결과이다. 도 7a는 레드 광밸브에서의 MTF이고, 도 7b는 그린 광밸브에서의 MTF이며, 도 7c는 블루 광밸브에서의 MTF이다. 이에 따라 모든 필드(Field)에 대해서 40 linepair/mm에서 40% 이상의 MTF를 얻을 수 있었다.
도 8은 도 2에 대한 제 3 실시예를 보인 테이블이다.
도 8에서 테이블 3의 실시예는 화각 76.2도와 전체 렌즈의 유효초점거리 F = 12.172, G1 렌즈군의 유효초점거리 F1 = -46.4, G2 렌즈군의 유효초점거리 F2 = 44.61, 후면초점거리 BFL = 51.257 로 60도 이상의 광각의 화각과 BFL/F = 4.2 의 긴 후면초점거리, 최외각 필드의 주광선이 광밸브면에 수직으로 입사는 텔레센트릭 조건을 만족한다.
도 9는 도 2에 대한 제 4 실시예를 보인 테이블이다.
도 9에서 테이블 4의 실시예는 화각 79.7도와 전체 렌즈의 유효초점거리 F = 12.217, G1 렌즈군의 유효초점거리 F1 = -53.269, G2 렌즈군의 유효초점거리 F2 = 47.65, 후면초점거리 BFL = 53.89 로 60도 이상의 광각의 화각과 BFL/F = 4.4 의 긴 후면초점거리, 최외각 필드의 주광선이 광밸브면에 수직으로 입사는 텔레센트릭 조건을 만족한다.
도 10은 도 2에 대한 제 5 실시예를 보인 테이블이다.
도 10에서 테이블 5의 실시예는 화각 80.8도와 전체 렌즈의 유효초점거리 F = 11.195, G1 렌즈군의 유효초점거리 F1 = -34.071, G2 렌즈군의 유효초점거리 F2 = 45.773, 후면초점거리 BFL = 50.75 로 60도 이상의 광각의 화각과 BFL/F = 4.5 의 긴 후면초점거리, 최외각 필드의 주광선이 광밸브면에 수직으로 입사는 텔레센트릭 조건을 만족한다.
도 11은 도 2에 대한 제 6 실시예를 보인 테이블이다.
도 11에서 테이블 6의 실시예는 화각 79.6도와 전체 렌즈의 유효초점거리 F = 11.555, G1 렌즈군의 유효초점거리 F1 = -73.15, G2 렌즈군의 유효초점거리 F2 = 57.702, 후면초점거리 BFL = 39.762 로 60도 이상의 광각의 화각과 BFL/F = 3.4 의 긴 후면초점거리, 최외각 필드의 주광선이 광밸브면에 수직으로 입사는 텔레센트릭 조건을 만족한다.
이처럼 본 발명은 60도 이상의 화각을 가져 프로젝션 TV(또는 모니터)의 두 께를 줄이고, 긴 후면초점거리를 확보하여 색분리/합성용 광학부품의 배치가 용이하게 하며, 텔레센트릭 설계를 하여 색분리/합성용 광학부품의 성능이 높게 유지되도록 하며, 종색수차를 감소시키게 되는 것이다.
이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재 내용은 하기 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의한 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈는 60도 이상의 화각을 가져 프로젝션 TV(또는 모니터)의 두께를 줄이고, 긴 후면초점거리를 확보하여 색분리/합성용 광학부품의 배치가 용이하게 하며, 텔레센트릭 설계를 하여 색분리/합성용 광학부품의 성능이 높게 유지되도록 하며, 종색수차를 감소시킬 수 있는 효과가 있게 된다.
또한 프로젝션 TV 또는 모니터의 깊이를 최소화하기 위해서는 매우 짧은 투사거리의 프로젝션 렌즈를 필요로 하는데, 이러한 조건을 만족하는 프로젝션 렌즈는 상대적으로 넓은 필드 앵글(field angle)을 요한다. 따라서 본 발명에 의한 프로젝션 렌즈는 화각이 60도 이상이면서도 종래의 프로젝션 렌즈들의 필요 조건인 해상도, 디스토션, 색배율, 주변광량비 등을 충족할 수 있고, 또한 렌즈 내부에 반사 거울을 두어 렌즈 자체를 구부릴 수 있게 하여 전체 세트의 높이를 최소화하였을 뿐만 아니라, 단순히 후군 렌즈군 만의 조정으로 초점 조정을 매우 편리하게 할 수 있는 효과도 있게 된다.

또한 분해능이란 어떤 렌즈의 포커싱 및 콘트라스트(Contrast) 성능을 나타내는 기본 지표인데, 임의의 이미지를 렌즈를 통해 확대투사하여 맵핑하는 과정에서 원래 이미지의 성능을 최대한 똑같이 표현해야 하는 성능 지표의 정량적 표현이다. 따라서 본 발명에 의한 프로젝션 렌즈는 SXGA 0.7 inch의 광밸브를 사용하여 목표 분해능값 수치적 표현으로 40 linepair/mm의 MTF 값이 중심에서는 60% 이상, 주변에서는 40% 이상의 성능을 만족한 장점도 있다.
또한 PBS 및 다이크로익 필터(Dichroic filter) 등 광학 부품의 성능을 최대한 유지하기 위해 텔레센트릭 광학 설계가 필요한데, 즉 렌즈로 입사하는 모든 필드의 중심 광은 평행하여야 한다. 그러므로 엔터런스 퓨필(enterance pupil)의 위치는 무한대에 있어야 한다. 따라서 본 발명은 이러한 조건을 만족시키는 텔레센트릭 설계를 구현하여 색분리/합성 광학부품의 성능을 최대한으로 유지하는 프로젝션 렌즈를 구현한 효과가 있게 된다.
또한 본 발명은 색분리/합성계를 배치할 수 있도록 렌즈의 후군과 전군의 파워 배분을 적절히 하여 80mm 이상의 백포컬 렝스(back focal length)를 확보한 효과도 있다.
또한 본 발명은 삼판식 프로젝션 장치의 R, G, B 각각의 패널이 서로 독립적으로 조정되는 점을 고려하여 각 파장별 백 포컬 렝스의 거리가 서로 다른 줌 렌즈 디자인(zooming lens design)을 실행하고, 이로 인해 색배율과 MTF 성능을 개선할 수 있는 효과도 있다.
또한 와이드 앵글 렌즈(wide angle lens)는 매우 낮은 주변광량비를 가지고 있으나, 본 발명에 의한 프로젝션 렌즈는 별도의 기구적 처리 없이도 80% 이상의 높은 주변 광량비를 유지할 수 있는 효과도 있게 된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

광원, 조명광학계, 광밸브, 색분리/합성계, 프로젝션 렌즈를 구비한 프로젝션 디스플레이 장치에 있어서,
상기 프로젝션 디스플레이 장치의 스크린 쪽으로부터 시작하여 네거티브 파워를 가진 제 1 렌즈군과;
포지티브 파워를 가진 제 2 렌즈군과;
상기 제 1 렌즈군과 상기 제 2 렌즈군 사이에 어퍼쳐 스탑을 위치시키고;
상기 제 1 렌즈군의 유효초점거리를 f1, 상기 제 2 렌즈군의 유효초점거리를 f2, 전체 렌즈의 유효초점거리를 f, 후면초점거리를 bfl, 두개의 렌즈군 사이의 거리를 d 이라고 했을 때, 다음의 조건,
(1) $-5.4 < d / f1 < -0.2$
(2) $0.4 < d / f2 < 5.1$
(3) $2.8 < bfl / f < 7.8$
을 만족시키도록 하며;
상기 제 1 렌즈군은 적어도 한 개 이상의 비구면 렌즈 엘리먼트와 적어도 3개 이상의 구면 렌즈 엘리먼트를 포함하며,
상기 제 1 렌즈군의 스크린 반대쪽으로 맨 끝에 있는 렌즈 엘리먼트는 포지티브 파워를 갖도록 하고;
상기 제 2 렌즈군은 세 개의 렌즈 엘리먼트의 접합으로 이루어진 삼접합렌즈를 포함하고 상기 삼접합렌즈로부터 스크린 반대쪽에 적어도 한 개 이상의 포지티 브 파워를 가진 렌즈 엘리먼트를 포함하여 상기 프로젝션 렌즈를 구성하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 렌즈군의 비구면 렌즈 엘리먼트는,
적어도 한 면 이상이 비구면이 되도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 렌즈군의 비구면 렌즈 엘리먼트는,
스크린 쪽에서부터 고려하여 제일 앞쪽에 위치하도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈군의 삼접합렌즈는,
포지티브 옵티컬 파워를 갖도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈군의 삼접합렌즈는,
중앙의 렌즈가 네거티브 옵티컬 파워를 갖도록 하고, 밖의 두 렌즈는 포지티브 옵티컬 파워를 갖도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈군의 삼접합렌즈는,
중앙의 렌즈의 리프랙티브 인덱스 Ndc 와 밖의 두 렌즈의 리프랙티브 인덱스 Nds 가 다음의 조건,
$|Ndc - Nds| > 0.16$
를 만족시키도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 7.

제 5 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈군의 삼접합렌즈는,
중앙의 렌즈의 애베이 넘버 Vdc 와 밖의 두 렌즈의 애베이 넘버 Vds 가 다음의 조건,
$|Vdc - Vds| > 23$
를 만족시키도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 8.
제 1 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈군의 삼접합렌즈는,
중앙의 렌즈가 포지티브 옵티컬 파워를 갖고, 밖의 두 렌즈는 네거티브 옵티컬 파워를 갖도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 9.
제 1 항에 있어서, 상기 프로젝션 렌즈는,
상기 제 1 렌즈군과 상기 제 2 렌즈군 사이에 반사 거울을 더욱 포함하여 구성하고, 상기 반사 거울은 상기 제 1 렌즈군과 어퍼처 스탑 사이에 위치하도록 하여 상기 반사 거울에 의해 상기 프로젝션 렌즈 내부에서 광경로를 바꿀 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 10.
제 9 항에 있어서, 상기 반사 거울은,
상기 반사 거울의 입사 주광선과 반사 주광선이 이루는 각도 th 는 다음의 조건,
$45 < th < 90$
를 만족하도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 11.
제 1 항에 있어서, 상기 프로젝션 렌즈는,
상기 프로젝션 렌즈(31)와 상기 광밸브(22)에 다수의 프리즘을 추가로 접합시켜 상기 프로젝션 렌즈(31)와 상기 광밸브(22)와 다수의 프리즘의 접합으로 이루어진 색분리/합성용 프리즘 블록을 더욱 포함하여 구성하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 12.
제 11 항에 있어서, 상기 프리즘 블록은,
상기 프리즘 블록의 리프랙티브 인덱스 Ndp 와 애베이 넘버 Vdp 가 다음의 조건,
$Ndp > 1.64$
$Vdp < 33.0$
를 만족시키도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 13.
제 1 항에 있어서, 상기 프로젝션 렌즈는,
1% 이하의 디스토션을 갖도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

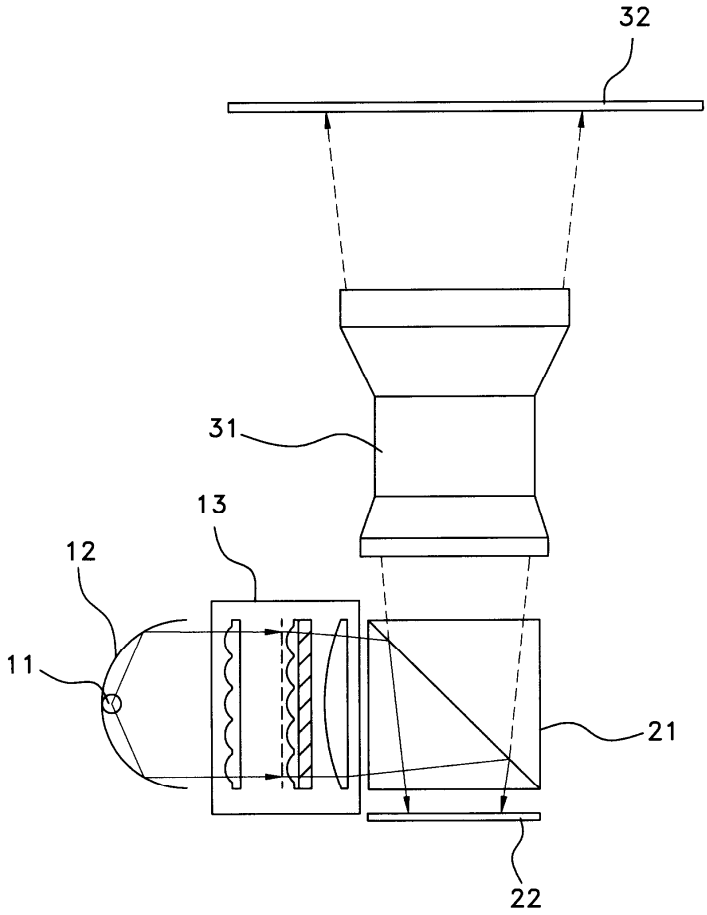
청구항 14.
제 1 항에 있어서, 상기 프로젝션 렌즈는,
84% 이상의 주변 광량비를 갖도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

청구항 15.
제 1 항에 있어서, 상기 프로젝션 렌즈는,
66도 이상의 화각을 갖도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

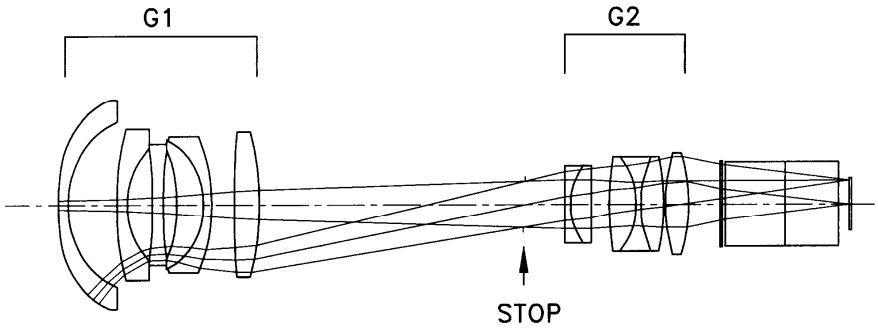
청구항 16.
제 1 항에 있어서, 상기 프로젝션 렌즈는,
상기 제 1 렌즈군과 광밸브 사이의 거리를 고정하고, 상기 제 2 렌즈군을 앞 뒤로 움직여 포커싱을 조절하도록 하는 것을 특징으로 하는 프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 렌즈.

도면

도면1



도면2

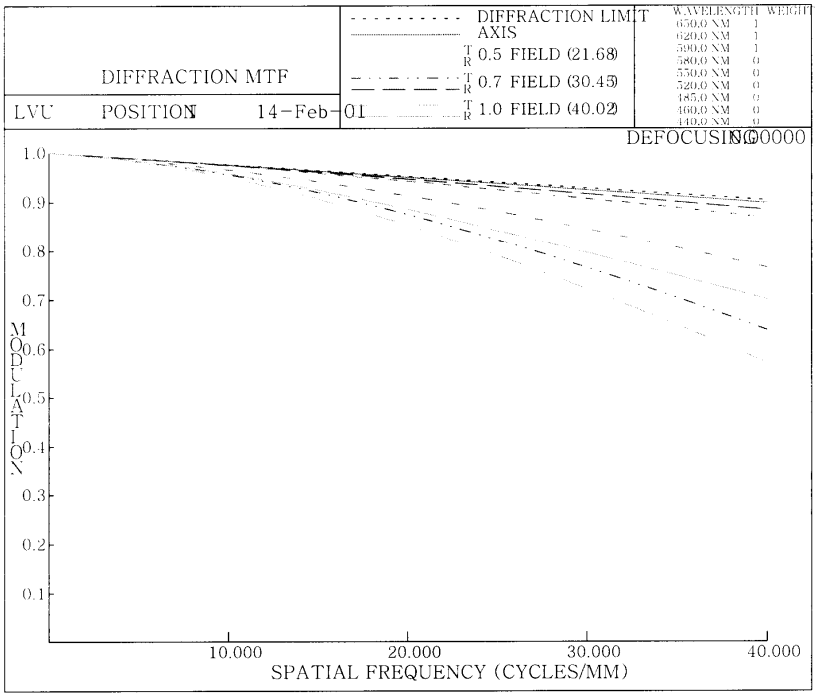


도면3

	RADIUS	THICKNESS	Nd	Vd
OBJ:	INFINITY	540.000000		
1:	78.70784	5.000000	1.492000	57.1000
	ASPHERIC SURFACE :			
	K : 2.218449			
	A :0.934410E-06 B :0.125542E-08 C :-.954133E-12 D :0.212070E-15			
2:	37.29446	23.700000		
	ASPHERIC SURFACE :			
	K : 0.053179			
	A :-.849250E-06 B :0.363847E-08 C :-.216156E-11 D :-.296822E-15			
3:	125.68927	5.000000	1.755199	27.5305
4:	31.48412	12.421938		
5:	-160.00000	5.000000	1.563839	60.8301
6:	160.00000	6.519286		
7:	-61.01801	13.000000	1.603420	38.0299
8:	-29.34008	4.000000	1.744002	44.7200
9:	-63.37559	11.000000		
10:	364.63158	12.384503	1.603420	38.0299
11:	-98.43770	129.631359		
STOP:	INFINITY	19.100000		
13:	850.00000	3.000000	1.716998	47.9611
14:	23.92095	10.000000	1.755199	27.5305
15:	-179.78647	8.800000		
16:	126.51535	13.000000	1.487489	70.4412
17:	-28.07726	2.200000	1.755198	27.5302
18:	42.15786	11.000000	1.487489	70.4412
19:	-73.89607	1.000000		
20:	71.45247	11.000000	1.603110	60.6946
21:	-61.40521	15.000000		
22:	INFINITY	1.000000	1.516798	64.1983
23:	INFINITY	1.500000		
24:	INFINITY	28.800000	1.647689	33.8482
25:	INFINITY	25.900000	1.846662	23.8256
26:	INFINITY	0.700000	1.516798	64.1983
27:	INFINITY	5.0		
28:	INFINITY	1.100000	1.516798	64.1983
IMG:	INFINITY	0.000000		

TABLE 1

도면4

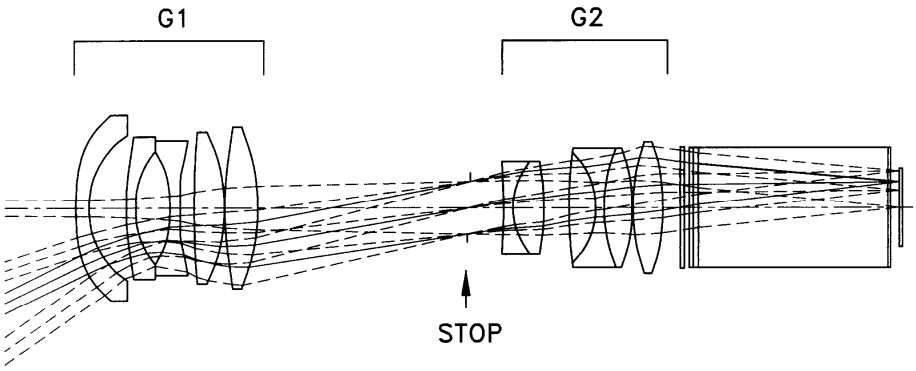


도면5

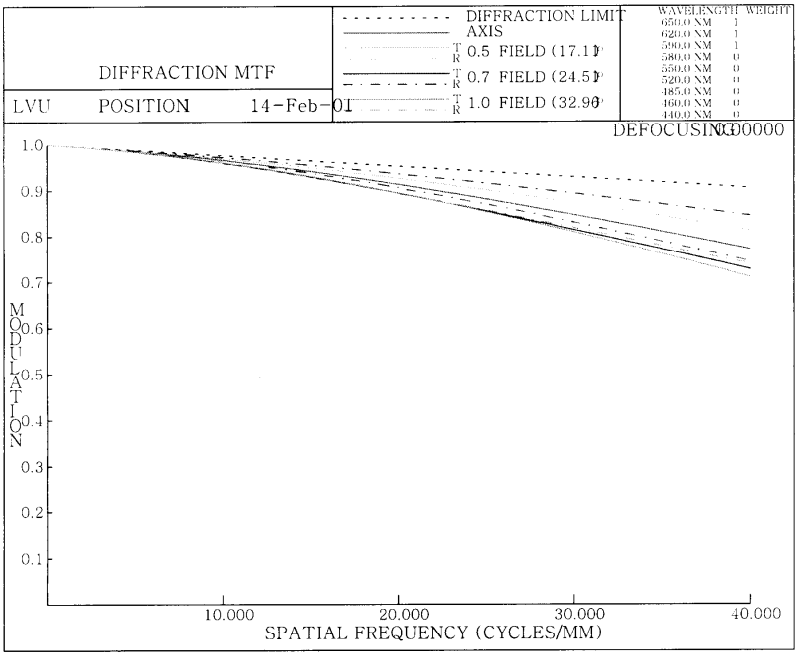
	RADIUS	THICKNESS	Nd	Vd
OBJ:	INFINITY	450.000000		
1:	70.11788	3.800000	1.492000	57.1000
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : 4.962903			
	A :0.922600E-05 B :-.223740E-08 C :0.000000E+00 D :0.000000E+00			
2:	27.04569	11.138420		
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : -1.101540			
	A :0.142531E-04 B :0.172110E-07 C :0.000000E+00 D :0.000000E+00			
3:	98.74432	2.600000	1.589128	61.2526
4:	25.77401	9.930264		
5:	-31.29662	2.800000	1.755199	27.5305
6:	67.49116	4.282723		
7:	220.74214	8.773917	1.603419	38.0106
8:	-44.24024	0.200000		
9:	112.26585	9.423619	1.581439	40.8907
10:	-55.00218	61.353965		
STOP:	INFINITY	10.715968		
12:	-127.00206	2.800000	1.716998	47.9611
13:	19.19043	8.979675	1.755199	27.5305
14:	-66.44009	7.543979		
15:	183.11477	7.792129	1.487489	70.4412
16:	-21.06304	2.200000	1.755198	27.5302
17:	38.99451	8.486305	1.487489	70.4412
18:	-44.24024	0.200000		
19:	55.00218	8.598881	1.603110	60.6946
20:	-55.00218	5.000000		
21:	INFINITY	1.000000	1.516798	64.1983
22:	INFINITY	1.500000		
23:	INFINITY	1.000000	1.516798	64.1983
24:	INFINITY	1.500000	1.550000	50.0000
25:	INFINITY	55.200000	1.846662	23.8256
26:	INFINITY	0.700000	1.516798	64.1983
27:	INFINITY	2.500000		
28:	INFINITY	1.100000	1.516798	64.1983
IMG:	INFINITY	0.000000		

TABLE 2

도면6


G1
G2
STOP

도면7


DIFFRACTION MTF
LVU POSITION 14-Feb-01
DIFFRACTION LIMIT
AXIS
0.5 FIELD (17.1°)
0.7 FIELD (24.5°)
1.0 FIELD (32.9°)
WAVELENGTH WEIGHT
650.0 NM 1
620.0 NM 1
590.0 NM 1
580.0 NM 0
550.0 NM 0
520.0 NM 0
485.0 NM 0
460.0 NM 0
440.0 NM 0
DEFOCUSING 0.000000
MODULATION
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
10.000
20.000
30.000
40.000
SPATIAL FREQUENCY (CYCLES/MM)

도면8

	RADIUS	THICKNESS	Nd	Vd
OBJ:	INFINITY	560.000000		
1:	185.85848	7.800000	1.492000	57.1000
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : 3.300474			
	A :0.393322E-06 B :-.129511E-09 C :-.761463E-14 D :-.116965E-17			
2:	97.40266	4.600000		
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : -9.289157			
	A :-.559233E-06 B :0.898122E-10 C :-.172015E-13 D :-.167674E-17			
3:	405.91275	3.200000	1.755199	27.5305
4:	87.34872	21.727393	1.516798	64.1983
5:	-224.08248	6.693089		
6:	46.98371	2.600000	1.744002	44.7200
7:	18.29422	13.165295		
8:	-28.05156	1.800000	1.744002	44.7200
9:	28.05156	10.600000	1.603419	38.0106
10:	-78.48956	9.790251		
11:	105.55120	7.200000	1.698944	30.0506
12:	-105.55120	52.831551		
STOP:	INFINITY	13.408848		
14:	-152.25700	2.800000	1.716998	47.9611
15:	17.49745	9.494726	1.755199	27.5305
16:	-68.96429	4.537513		
17:	108.45527	8.647337	1.487489	70.4412
18:	-19.79304	2.200000	1.755198	27.5302
19:	33.97477	8.717297	1.487489	70.4412
20:	-60.44431	0.400000		
21:	66.78502	9.401764	1.603110	60.6946
22:	-42.17616	14.000000		
23:	INFINITY	1.000000	1.516798	64.1983
24:	INFINITY	1.500000		
25:	INFINITY	28.800000	1.647689	33.8482
26:	INFINITY	25.900000	1.846662	23.8256
27:	INFINITY	0.700000	1.516798	64.1983
28:	INFINITY	2.484934		
> 29:	INFINITY	1.100000	1.516798	64.1983
IMG:	INFINITY	0.000000		

TABLE 3

도면9

	RADIUS	THICKNESS	Nd	Vd
OBJ:	INFINITY	550.000000		
1:	54.12247	3.800000	1.492000	57.1000
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : 1.573351			
	A :0.674899E-05 B :-.106946E-08 C :0.000000E+00 D :0.000000E+00			
2:	28.99368	12.425458		
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : -2.987658			
	A :0.195198E-04 B :0.428296E-08 C :0.000000E+00 D :0.000000E+00			
3:	128.80707	2.800000	1.747600	37.1023
4:	30.19730	15.338375		
5:	93.37002	2.600000	1.744000	44.7000
6:	34.96475	13.233637		
7:	-30.84130	2.800000	1.572465	63.0503
8:	-59.98418	1.199447		
9:	2514.57747	5.073154	1.582526	41.0162
10:	-70.49557	0.294997		
11:	-2391.23133	4.939323	1.673148	35.5359
12:	-71.08269	64.000000		
STOP:	INFINITY	11.975729		
14:	-135.05089	2.800000	1.716998	47.9611
15:	20.27637	9.751138	1.755199	27.5305
16:	-64.39001	6.181027		
17:	266.53142	8.609736	1.487489	70.4412
18:	-21.03469	2.200000	1.755198	27.5302
19:	42.95067	8.702788	1.487489	70.4412
20:	-67.59450	0.100000		
21:	-1291.24473	4.176773	1.516798	64.1983
22:	-113.15583	0.100000		
23:	89.76361	8.998417	1.578168	62.2996
24:	-47.79363	15.000000		
25:	INFINITY	1.000000	1.516798	64.1983
26:	INFINITY	1.500000		
27:	INFINITY	31.300000	1.647689	33.8482
28:	INFINITY	25.900000	1.846662	23.8256
29:	INFINITY	0.700000	1.516798	64.1983
30:	INFINITY	2.500000		
31:	INFINITY	1.100000	1.516798.641983	
IMG:	INFINITY	0.000000		

TABLE 4

도면10

	RADIUS	THICKNESS	Nd	Vd
OBJ:	INFINITY	532.006748		
1:	75.06456	3.800000	1.492000	57.1000
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : 2.906907			
	A :0.186893E-05 B :-.435502E-09 C :0.000000E+00 D :0.000000E+00			
2:	30.58247	11.144823		
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : -2.302706			
	A :0.735731E-05 B :-.723276E-09 C :0.000000E+00 D :0.000000E+00			
3:	96.60368	12.000000	1.566707	45.6381
4:	-75.09012	2.000000	1.755198	27.5302
5:	-450.64453	1.266914		
6:	94.89034	2.600000	1.744000	44.7000
7:	17.75563	9.911742		
8:	-38.83772	8.800000	1.567334	43.4944
9:	-16.12728	2.600000	1.744000	44.7000
10:	-163.58055	1.547785		
11:	160.09996	8.200000	1.623261	40.8084
12:	-40.58371	58.504455		
STO:	INFINITY	9.857715		
14:	1629.64737	2.800000	1.716998	47.9611
15:	17.76734	8.655699	1.755199	27.5305
16:	-100.02345	10.993888		
17:	268.90957	7.473830	1.487489	70.4412
18:	-20.40146	2.200000	1.755198	27.5302
19:	37.06064	9.103066	1.487489	70.4412
20:	-46.75565	0.100000		
21:	59.53424	8.740083	1.603110	60.6946
22:	-49.64700	14.000000		
23:	INFINITY	1.000000	1.516798	64.1983
24:	INFINITY	1.500000		
25:	INFINITY	27.000000	1.647689	33.8482
26:	INFINITY	27.000000	1.846662	23.8256
27:	INFINITY	0.700000	1.516798	64.1983
28:	INFINITY	2.500000		
29:	INFINITY	1.100000	1.516798	64.1983
IMG:	INFINITY	0.000000		

TABLE 5

도면11

	RADIUS	THICKNESS	Nd	Vd
OBJ:	INFINITY	540.000000		
1:	73.54647	5.000000	1.492000	57.1000
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : 1.708866			
	A :-.562408E-06 B :0.186508E-08 C :-.674529E-12 D :0.391593E-16			
2:	37.99018	17.000000		
	ASPHERICAL SURFACE:			
	K : -0.032907			
	A :-.177723E-05 B :0.136099E-08 C :0.193460E-11 D :-.194373E-14			
3:	INFINITY	6.665098		
4:	157.39258	5.000000	1.755199	27.5305
5:	32.58464	13.000000		
6:	-160.00000	5.000000	1.563839	60.8301
7:	160.00000	5.000000		
8:	-133.53410	13.000000	1.603420	38.0299
9:	-29.38839	4.000000	1.744002	44.7200
10:	-105.37172	11.000000		
11:	451.49177	12.000000	1.603420	38.0299
12:	-80.15704	150.000000		
STO:	INFINITY	26.066		
14:	816.98841	3.000000	1.716998	47.9611
15:	24.30254	10.000000	1.755199	27.5305
16:	-164.10964	8.813891		
17:	103.71281	10.000000	1.487489	70.4412
18:	-29.27867	2.200000	1.755198	27.5302
19:	40.82757	8.486305	1.487489	70.4412
20:	-114.83730	0.100000		
21:	67.53347	11.000000	1.603110	60.6946
22:	-59.13659	15.000000		
23:	INFINITY	1.000000	1.516798	64.1983
24:	INFINITY	1.500000		
25:	INFINITY	28.800000	1.647689	33.8482
26:	INFINITY	25.900000	1.846662	23.8256
27:	INFINITY	0.700000	1.516798	64.1983
28:	INFINITY	5.00		
29:	INFINITY	1.100000	1.516798	64.1983
IMG:	INFINITY	0.000000		

TABLE 6

도면12