

명세서

기술분야

본 발명은 투사 렌즈에 관한 것으로, 특히 액정 디스플레이(LCD) 또는 디지털 미러 디바이스(digital mirror device, DMD)와 같은, 픽셀(pixel)로 구성된 대상물(object)의 화상(image)을 형성하기 위해 사용될 수 있는 줌 투사 렌즈(zoom projection lens)에 관한 것이다.

배경기술

투사 렌즈 시스템(projection lens system)(이하, "투사 시스템"으로 칭함)은 화면(viewing screen)상에 대상물의 화상을 형성하기 위해 사용된다. 상기 시스템의 기본 구조는 도 6에 도시되며, 여기서 (10)은 광원(light source)(예를 들어, 텅스텐-할로겐 램프), (12)는 광원의 화상을 형성하는 조명 광학기기(illumination optics)(이하, 조명장치의 "출구(output)"로서 칭함), (14)는 투사하고자 하는 대상물(예를 들어, 픽셀 상이나 밖의 매트릭스(matrix)), 및 (13)은 상기 화면(16)상에 대상물(14)의 확대된 화상을 형성하는 다중 렌즈부품들로 구성된 투사 렌즈이다. 도 6은 LCD 패널(panel)의 경우를 도시한 것으로, 여기서 조명장치의 출구는 상기 패널의 뒤쪽(back)을 향하며 또한 투명한 상기 픽셀들을 통과한다. 반면, DMD는 반사(reflection)에 의해 작동되며, 따라서 조명장치의 출구는 프리즘(prism) 또는 유사한 디바이스에 의해 패널의 앞쪽(front)에 위치된다.

대상물이 픽셀화된 패널인 투사 렌즈 시스템은 데이터 디스플레이 시스템을 포함하는 다양한 분야에서 사용된다. 상기 투사 렌즈 시스템은 예를 들어 적색, 녹색 및 청색 픽셀을 갖는 단일 패널, 또는 각 색채(color)에 대한 세 개의 개별적 패널의 하나의 화상을 형성하는 단일 투사 렌즈를 바람직하게 사용한다. 어떤 경우에는, 두 개의 패널들이 사용되는데, 하나는 예를 들어, 적색 및 녹색의 두 가지 색채들을, 다른 하나는 예를 들어 청색의 하나의 색채를 사용할 수 있다. 스피닝 필터 휠(spinning filter wheel) 또는 유사 디바이스는 상기 두 가지 색상에 대한 패널들과 연관되고, 상기 패널은 상기 필터와 함께 공시대상(synchrony)에서 두 가지 색채에 대한 정보를 양자택일로 공급한다.

종래부터 적어도 하기 특성들을 동시에 갖는, 픽셀화된 패널들에 사용하기 위한 투사 렌즈의 필요성이 존재하였다: (1) 최대 유효초점길이 및 최소 유효초점길이 사이의 줌 능력; (2) 긴 후면초점길이(작업거리(working distance)); (3) 높은 수준의 색채 교정(color correction); (4) 낮은 왜곡(distortion); 및 (5) 온도변화에 대한 낮은 민감성(sensitivity).

상기 투사 시스템이 다른 크기의 스크린 및 다른 차원의 공간(hall)에 시스템의 어떤 소자들의 변화없이도 사용될 수 있기 때문에, 초점길이의 범위에 걸쳐서 효과적으로 조작될 수 있는 투사 렌즈가 바람직하다. 물론, 이러한 시도는 상기 렌즈 디자인(lens design)을 과도하게 복잡하게 하지 않고 초점길이의 조작범위를 이용하여 높은 수준의 수차 교정(aberration correction)을 유지하기 위함이다.

특히 다중 패널들이 사용될 때, 렌즈 시스템이 화면을 향해 투사하는 다른 색채의 광경로(optical path)들로부터 빛을 결합 시키는데 사용되는, 예를 들어 필터(filter), 이색성 빔스플리터(dichroic beam splitter), 빔스플리팅 프리즘(beam splitting prism) 등등의 광학 부품들을 조절하기 위해, 마지막 렌즈 표면으로부터 픽셀화된 패널(pixelized panel)까지의 거리인, 긴 후면초점길이(long back focal length)가 요구된다. 또한, 긴 후면초점길이는 조명장치의 출구가 비교적 큰 출구간격으로 투사 렌즈의 부근에 위치되도록 한다. 출구간격이 크면 LCD 패널들의 경우에 특히 중요한, 픽셀화된 패널에서 빛에 대한 비교적 작은 입사각을 제공하기 때문에, 비교적 큰 출구간격이 바람직하다.

픽셀의 스머징(smudging) 또는 극단적인 경우에 화상으로부터의 픽셀의 완전한 드롭핑(dropping)과 같이, 색수차가 픽셀화된 패널의 화상에서 쉽게 보여지기 때문에, 높은 수준의 색채 교정이 중요하다. 이러한 문제들은 통상적으로 시계(視界)의 모서리에서 매우 심각하다.

측면 색채(lateral color), 코마(coma)의 색변화 및 통상적으로 대부분 시도되는 비점수차의 색수차를 포함하는, 상기 시스템의 모든 색수차에 역점을 둘 필요가 있다. 색을 갖는 배율(magnification)의 변화인 측면 색채는, 그것이 특히 시계의 모서리에서 콘트라스트(contrast)의 감소를 일으키기 때문에 특히 문제가 된다. 극단적인 경우에는, 전체 시계의 영역에서 레인보우 이펙트(rainbow effect)가 보일 수 있다.

음극선관(CRT)을 사용하는 투사 시스템에서, 소량의 (잔류) 측면 색채는, 예를 들어 청색 CRT상에서 생성된 화상크기에 비하여 적색 CRT의 면상에 생성된 화상크기를 감소시킴으로써 전자적으로 보상될 수 있다. 그러나, 픽셀화된 패널과 함께 화상이 디지털화되고 따라서 전체 시계에 걸쳐서 부드러운 조정이 불가능하기 때문에 상기 조정은 수행할 수 없다. 따라서 투사 렌즈로부터 높은 수준의 측면 색채 교정이 요구된다.

데이터를 디스플레이하기 위해 픽셀화된 패널을 사용하는 것은, 왜곡의 교정에 대한 엄격한 요구조건들을 필요로 한다. 이것은 데이터를 볼 때 상기 렌즈의 시계의 극점(extreme point)들에서조차 좋은 화상 품질이 요구되기 때문이다. 진술될 바와 같이, 디스플레이된 숫자 또는 문자의 왜곡되지 않는 화상은 이것이 중심에 있을 때처럼, 시계의 모서리에 있어서도 중요하다. 또한, 상기의 용도로 사용하기 위해 설계된 실시예 1-5의 투사 렌즈는 오프셋 패널(offset panel)들과 함께 종종 사용된다. 이러한 경우에, 화면에서의 왜곡은 화면의 중심을 통과하는 대략적으로 가로선에 대해 대칭적으로 변하지 않지만, 예를 들어 화면의 바닥에서 상부까지 일정하게 증가될 수 있다. 이 결과, 적은 양의 왜곡일지라도 응시자에게 쉽게 보이게 된다.

윈도우즈(WINDOWS) 타입의 컴퓨터 경계면의 확대된 화상이 화면상에 투사될 때, 낮은 왜곡 및 높은 수준의 색채 교정이 특히 중요하다. 평행선을 갖는 이러한 경계면, 테두리된 실행(bordered command) 및 다이알로그 박스(dialog box), 및 복합 색채(complex coloration)는 왜곡 및 색채에 있어서 필수적인 테스트 패턴이다. 사용자는 상기 경계면의 화상에서 매우 낮은 수준의 왜곡 또는 색채 수차를 쉽게 지적하고 발견할 것이다.

충분한 밝기의 화상을 제조하기 위해, 실질적인 양의 빛이 투사렌즈를 통해 통과해야 한다. 결과적으로, 상당한 온도차이가 실내온도 및 렌즈의 작동온도 사이에 일반적으로 존재하게 된다. 또한, 상기 렌즈는 주위환경의 조건변화하에서 작동될 필요가 있다. 예를 들어, 투사 렌즈 시스템은 종종 실내의 천정(ceiling)에 설치되며, 실내의 천정이라는 것은 대기 온도가 실질적으로 40°C 이상일 수 있는 건물의 지붕을 포함한다. 이러한 결과들에 역점을 두기 위해, 온도변화에 비교적 둔감한 광학특성들을 갖는 투사 렌즈가 요구된다.

온도민감성에 대한 문제에 역점을 두기 위한 하나의 방법은, 유리로 구성된 렌즈 부품(lens elements)을 사용하는 것이다. 플라스틱과 비교하여, 유리 부품의 만곡(curvature)의 반경 및 굴절률이, 플라스틱 부품의 것보다 일반적으로 덜 변화된다. 그러나, 유리 부품들은 특히 비구상 표면이 수차 조절을 위해 요구된다면, 일반적으로 플라스틱 부품들보다 비싸다. 또한, 유리는 무겁다. 하기 설명될 바와 같이, 플라스틱 부품들의 파워(power) 및 위치들이 적절하게 선택된다면, 플라스틱 부품들도 사용될 수 있으며 온도에 대한 둔감성도 달성될 수 있다.

하기 설명될 투사 렌즈들은 상기 모든 요구조건들을 달성하며, 화면상에 픽셀화된 패널의 고품질의 색채 화상을 형성할 수 있는 비교적 낮은 비용의 투사 렌즈 시스템을 생산하는데 성공적으로 사용될 수 있다.

종래기술의 설명

픽셀화된 패널과 함께 사용하기 위한 투사 렌즈는 Taylor의 미국특허 제4,189,211호, Tanaka et al의 미국특허 제5,042,929호, Yano et al의 미국특허 제5,179,473호, Moskovich의 미국특허 제5,200,861호, Moskovich의 미국특허 제5,218,480호, Moskovich의 미국특허 제5,625,495호, Iizuka et al.의 미국특허 제5,278,698호, Betensky의 미국특허 제5,313,330호 및 Yano의 미국특허 제5,331,462호를 포함한 다양한 특허들에서 설명되어 있다.

LCD 시스템의 설명은 Gagnon et al.의 미국특허 제4,425,028호, Gagnon의 미국특허 제4,461,542호, Ledebuhr의 미국특허 제4,826,311호, 및 EPO 특허 공개번호 제311,116호에서 찾아볼 수 있다.

발명의 요약

전술한 바와 같이, 본 발명의 목적은 전술한 각각의 5개의 바람직한 특성들을 동시에 갖는 픽셀화된 패널들과 함께 사용하기 위한 향상된 투사 렌즈를 제공하는데 있다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 줌 투사 렌즈는, 렌즈의 화상 말단에서부터 대상물의 말단까지 (즉, 긴 컨주게이트측에서부터 짧은 컨주게이트측까지) 하기 (A), (B) 및 (C)를 순차적으로 포함하며, 최소 유효초점길이 f_{\min} 및 최대 유효초점길이 f_{\max} 사이의 줌 범위를 갖는다.

- (A) 제1렌즈 유니트(U1);
- (B) 상기 제1렌즈 유니트로부터 축공간에 의해 분리된 제2렌즈 유니트(U2); 및
- (C) 적어도 하나의 비구상 표면 및 하기 수학식 1을 만족하는 초점길이 f_{CR} 를 갖는 교정기 렌즈 유니트(CR):

수학식 1

$$|f_{CR}/f_{min}| \geq 5$$

여기서, 상기 제1렌즈 유니트 및 제2렌즈 유니트는 상기 렌즈의 줌잉 (zooming) 및/또는 포커싱(focusing) 동안에 픽셀화된 패넬(대상물)에 대해 움직이며, 상기 교정기 렌즈 유니트는 f_{min} 및 f_{max} 사이의 렌즈의 모든 유효초점길이에 있어서 하기 수학식 2를 만족하며, 고정된 축거리 D_{CR-OB} 에 의해 대상물로부터 분리되고, 가변축거리 D_{CR-U2} 에 의해 상기 제2렌즈 유니트로부터 분리된다.

수학식 2

$$D_{CR-OB} \geq D_{CR-U2}$$

상기 수학식 2에서 설명한 바와 같이, D_{CR-OB} 는 상기 대상물로부터 상기 대상물에 가장 근접한 상기 교정기 렌즈 유니트 (corrector lens unit)의 표면까지의 거리이고, D_{CR-U2} 는 CR의 화상측 표면으로부터 U2의 대상물측까지의 거리이다.

바람직한 실시예에 있어서, 또한 상기 투사 렌즈는 하기 수학식 3을 만족한다.

수학식 3

$$D_{CR-OB}/(f_{min} \cdot \tan\omega) \geq 2$$

여기서, ω 는 렌즈의 유효초점길이가 f_{min} 일 때, 화상의 방향에서 투사 렌즈의 반시계(half field of view)이다. 상기 렌즈가 수학식 3을 만족할 때, 교정기 렌즈 유니트 및 픽셀화된 패넬들 사이에 놓이는 필터, 이색성 빔스플리터, 빔스플리팅 프리즘 등과 같은 픽셀화된 패넬들로부터 색채 화상을 형성하는데 사용되는 광학 부품들을 조절하기에 충분히 긴 후면초점길이를 갖는다.

본 발명의 교정기 렌즈 유니트가 Iizuka et al.의 미국특허 제5,278,698호의 컨덴서 렌즈(condenser lens)와 다른 특성 및 다른 기능들을 가짐을 주의하여야 한다. 상기 '698호 특허의 컨덴서 렌즈는 픽셀화된 패넬에 근접하게 위치하며, 특히 '698호 특허의 양의 렌즈 유니트보다 픽셀화된 패넬의 가까이에 위치하고, 조명장치에서부터 상기 투사 렌즈로 빛을 투사하기 위해 실질적인 광과위를 갖는다. 대조적으로, 최소의 광과위를 갖는 본 발명의 교정기 렌즈 유니트(상기 수학식 1 참조)는 픽셀화된 패넬로부터 멀리 위치되며, 특히 픽셀화된 패넬과의 간격은 상기 렌즈의 제2렌즈 유니트와의 간격보다 크고(상기 수학식 2 참조), 잔류 왜곡을 교정한다. 더욱 상세하게는, 상기 교정기 렌즈 유니트가 픽셀화된 패넬로부터 실질적인 거리에 위치하기 때문에, 상기 교정기 렌즈 유니트의 표면에 축 묶음(axial bundle)의 크기가 중요하지 않다. 따라서, 이러한 유니트는 잔류량의 구상 수차의 교정에 기여하며, 상기 렌즈의 전면부에서 수행되어야 하는 왜곡의 더 나은 교정을 가능하게 한다.

본 발명의 실시예에서, 상기 교정기 렌즈 유니트는 색채 교정 수단을 포함하는데, 예를 들어 색채 교정 이중렌즈, 또는 더욱 일반적으로는 저분산의 양의 렌즈부품, 및 고분산의 음의 렌즈 부품을 들 수 있다. 다른 실시예에서는, 상기 제1 및 제2 렌즈 유니트가 역초점 렌즈(retrofocus lens)의 기본구조를 갖도록, 상기 제1렌즈 유니트는 음의 파워를 갖고, 제2렌즈 유니트는 양의 파워를 갖는다. 또 다른 실시예에서는, 상기 렌즈 시스템은 상기 제1렌즈 유니트의 화상측상에서 양의 제3렌즈 유니트를 포함하는데, 상기 제3렌즈 유니트는 상기 렌즈 시스템의 줌잉 및 포커싱 동안에 움직이지 않는다.

본 발명의 투사 렌즈는 바람직하게 실질적으로 불투열이도록 설계된다. 하기 설명할 바와 같이, 이것은 유리 및 플라스틱 렌즈 부품을 이용하고, 실질적인 광과위를 갖는 플라스틱 렌즈 부품의 파워를 밸런싱(balancing)함으로써 실시된다. 이러한 방법에서, 온도변화에 의한 양의 렌즈 부품의 파워 변화가 음의 렌즈 부품의 파워 변화에 의해 보충됨으로써, 온도가 변화함에 따라 투사 렌즈에 있어서의 실질적으로 일정한 총체적인 광학특성을 제공하게 된다.

본 발명의 투사 렌즈는 통상적인 개구 조리개(aperture stop)를 가질 수 있거나, 투사 렌즈의 유사-개구 조리개(pseudo-aperture stop)/입사동공과 같은 조명장치의 출구의 위치를 이용하여 설계될 수 있다(Betensky의 미국특허 제5,313,330호, 본원의 참고로 포함됨). 이러한 방법에서, 효과적인 커플링(coupling)은 조명장치의 광학 출구 및 투사 렌즈 사이에서 달성된다.

상기 유사-개구 조리개/입사동공이 사용되었을 때, 본 발명은 대상물의 화상을 형성하고 하기 (a)~(c)를 포함하는 투사 렌즈 시스템을 제공한다:

- (a) 광원 및 조명장치의 출구에 있는 상기 광원의 화상을 형성하는 조명 광학기기를 포함하는 조명장치(illumination system);
- (b) 상기 대상물을 포함하는 픽셀화된 패널; 및
- (c) 상기 조명장치의 출구의 위치에 실질적으로 대응하는 위치를 갖는 입사동공을 갖는 전술한 타입의 투사 렌즈.

도면의 간단한 설명

도 1~5는 본 발명에 따라 제조된 투사 렌즈의 개략적인 측면도이다. 상기 렌즈와 함께 사용된 픽셀화된 패널은 이 도에서 "PP"로 지정되어 있다.

도 6은 본 발명의 투사 렌즈가 사용될 수 있는 전체 투사 렌즈 시스템을 개략적으로 도시한 다이어그램이다.

본 명세서의 일부를 구성하고 이에 포함된 이러한 도면들은 설명과 함께 본 발명의 실시예를 통해 설명되었고 본 발명의 원리를 설명한다. 물론, 모든 도면 및 설명은 본 발명을 설명하였지만, 이에 본 발명의 범주가 한정되는 것은 아니다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 투사 렌즈는 삼원색-적, 녹 및 청-으로 입력 화상을 생성하는 세 개의 디지털 디바이스(digital device)(세 개의 픽셀화된 패널)를 사용하는 투사 시스템에 가장 빈번하게 사용된다. 이러한 화상은 스크린상에 색채 화상을 제공하기 위해 대상물과 렌즈 사이에 위치하는 이색성 빔스플리터 또는 빔스플리팅 프리즘에 의해 결합된다. 이러한 소자들을 조정하기 위해, 상기 투사 렌즈는 긴 작업거리(working distance)를 가질 필요가 있다. 이를 달성하기 위해, 일반적으로 역초점 타입의 줌 렌즈가 사용된다. 이러한 타입의 줌 렌즈는 긴 컨주게이트축상에 음의 파워 그룹을 갖고, 짧은 컨주게이트축상에 양의 파워 그룹을 갖는 것이 특징이다. 이러한 그룹(group)들 모두는 배율의 변화를 달성하기 위해 서로 상대적으로 움직인다.

일반적으로, 수차는 충분한 자유도를 제공하기 위해 렌즈에 충분한 부품들이 사용된다면 조절될 수 있다. 비구상 플라스틱 부품들은 종종 부품들의 수를 감소시키고 렌즈의 총비용을 최소화하기 위해 종종 사용된다. 그러나, 시계가 예를 들어 30° 정도(반시계, half field of view)로, 넓은 각의 줌에 있어서 적절히 넓어질 때, 왜곡 및 측면 색채 교정은 더욱 얻기 어려워진다. 전술한 바와 같이, 상기 디지털 디바이스를 이용하여 통상적으로 디스플레이되는 상기 타입들의 정보 뿐만 아니라, LCD 및 DMD 투사기에서 사용되는 디지털 디바이스의 특성은, 왜곡 및 측면 색채 모두가 매우 높은 정도로 교정되도록 할 수 있는 것이다. 투사 시스템의 적용이 더 높은 해상도 요구조건이 더더욱 요구됨에 따라, 상기 디지털 디바이스의 픽셀 크기는 더욱 작아지고, 수차의 교정 정도는 더욱 높아진다.

본 발명에 따라, 요구되는 높은 정도의 수차의 교정은 상기 렌즈의 짧은 컨주게이트축상에서 부가적인 저파위의 비구상의 정지 교정기를 이용하는 전술한 역초점 타입의 줌 렌즈를 증가시킴으로써 렌즈의 비용 및 복잡성을 크게 증가시키지 않고 달성된다. 특히, 단일의 약한 비구상 부품(single weak aspherical element)이 잔류량의 다양한 수차의 교정 및 특히 왜곡의 교정을 훌륭하게 달성할 수 있음을 발견하였다. 바람직하게, 상기 왜곡의 교정은 상기 렌즈의 줌 범위를 통해 약 2.5% 보다 크다. 전술한 바와 같이, 상기 교정기는 상기 렌즈의 전면부에서 왜곡의 더 나은 교정을 가능하게 하는 잔류량의 구상 수차의 교정에 공헌함으로써 총체적 렌즈에 대한 상기 수준의 왜곡 교정을 달성한다.

상기 교정기 유닛이 색채 교정 수단을 포함할 때, 측면 색채의 교정 또한 향상된다. 상기 색채 교정 수단들은 고분산 물질로 구성된 음의 렌즈 부품 및 저분산 물질로 구성된 양의 렌즈 부품을 포함한다(실시예 4 참조). 경우에 따라서는, 상기 음과 양의 렌즈 부품들은 접합 이중렌즈(cemented doublet)의 형태일 수 있다. 상기 고분산 및 저분산 물질은 유리 또는 플라스틱일 수 있다.

일반적으로, 고분산 물질은 플린트 유리(flint glass)와 같은 분산을 갖는 물질이고, 저분산 물질은 크라운 유리(crown glass)와 같은 분산을 갖는 물질이다. 더욱 상세하게는, 고분산 물질은 1.85 내지 1.5의 범위의 굴절률에 대해 각각 20 내지 50의 V-값의 범위를 갖는 것이고, 저분산 물질은 상기 동일한 굴절률에 대해 35 내지 75 범위의 V-값을 갖는 것이다.

플라스틱 렌즈 부품에 있어서, 고분산 및 저분산 물질은 각각 스틸렌 및 아크릴일 수 있다. 물론 다른 플라스틱도 경우에 따라 사용될 수 있다. 예를 들어, 스틸렌 대신에, 플린트와 같은 분산을 갖는 폴리카보네이트 및 폴리스틸렌 및 아크릴의 공중합체(예를 들어, NAS)를 사용할 수 있다. The Handbook of Plastic Optics, U. S. Precision Lens., Cincinnati, Ohio, 1983, 17-29페이지 참조.

본 발명의 투사 렌즈의 줌잉(zooming)은 제1 및 제2렌즈 유닛의 이동에 의해 달성된다. 마찬가지로, 포커싱(focusing)도 상기 유닛들의 이동으로 달성된다. 종래부터 공지인 통상적인 메카니즘은 이러한 이동들을 달성함으로써 사용된다.

전술한 바와 같이, 본 발명의 투사 렌즈는 시스템의 광학성능이 실질적으로 투사 렌즈가 실온에서 작동온도까지 가열될 때 실질적으로 변하지 않도록 불투열이다. 더욱 상세하게는, 상기 시스템의 후면 초점거리에서 열적으로 유도된 변화는 바람직하게 약 0.2%미만이다. 바람직한 열안정성은 플라스틱 렌즈 부품의 렌즈에서 선택 및 배치를 통해 달성된다.

일반적으로 플라스틱 렌즈 부품들의 사용은 플라스틱 광물질의 굴절률이 온도에 상당히 민감하다는 단점이 있다. 또 다른 결과는, 온도에 따른 플라스틱 광물질의 형태의 변화, 즉 팽창(expansion) 또는 수축(contraction)이다. 후자는 일반적으로 굴절률의 변화보다 덜 중요하다.

낮은 파위의 플라스틱 렌즈 부품들만 렌즈에 사용된다면, 플라스틱 광학기기에서의 열변화 및 상기 시스템의 플라스틱 또는 알루미늄 기계소자의 열변화 사이의 밸런스를 달성할 수 있을 것이고, 예를 들어 상기 렌즈 배열은 열변화에 기인하는 초점 변화의 주요한 기계적 원인이다. 디자인에 있어서의 광학 플라스틱 기기의 비제한적인 사용, 즉 비교적 높은 파위의 플라스틱 렌즈 부품의 사용가능성은 상기 플라스틱 렌즈 부품이 용이하게 주형될 수 있기 때문에, 비-구상 광학 표면(비구상)이 특정 렌즈 디자인의 용량(성능)을 최대화하는데 사용될 수 있다. 또한, 비교적 높은 파위의 플라스틱 부품들의 사용은 총괄적으로 낮은 비용 및 낮은 중량을 갖는 렌즈를 초래하고 여기서 상기 렌즈 디자인은 큰 렌즈 부품들을 수반한다.

설계상 순 플라스틱 광학 파워(net plastic optical power)가 중요하다면, 불투열화가 수행될 필요가 있거나, 렌즈의 온도가 실온에서 작동온도까지 변화할 때 상기 렌즈의 초점은 크게 변화될 것이다. 이것은 특히 화면에 상당한 양의 빛을 투과시켜야 하는 투사기를 이용하기 때문에 실온보다 상당히 높은 작동온도를 갖는다.

본 발명의 투사 렌즈에 있어서, 불투열화는 상기 부품들에서의 한계선 높이(marginal ray height) 및 플라스틱 렌즈 부품들의 위치 모두에 주의하면서, 양과 음의 플라스틱 광파위를 밸런싱함으로써 달성된다.

플라스틱 렌즈 부품의 위치는 상기 부품이 견딜 온도 변화의 양, 및 따라서 부품의 굴절률에서 발생할 변화의 양에 대해 상당히 중요하다. 일반적으로, 광원에 가까운 부품 또는 광원의 화상은 더욱 큰 온도변화를 견디어야 할 것이다. 실질적으로, 투사 렌즈가 위치되어야 하는 영역에서의 온도 분포는 광원 및 그와 연관된 조명 광학기기의 작동으로 측정되고, 상기 투사 렌즈의 설계에서 사용되는 측정값들이 사용된다.

특정 플라스틱 렌즈 부품에서 상기 한계선 높이는 주어진 열변화에 대해 부품의 굴절률의 변화가 렌즈의 전체적인 열적 안정성에 대해 영향을 미칠 것인지를 결정한다. 한계선 높이가 작은 부품은 일반적으로 한계선이 큰 부품들보다 시스템의 전체적인 열안정성에서 작은 효과를 가질 것이다.

전술한 구조에 기초하여, 불투열화는 상기 부품이 견딜 것으로 예상되는 온도 변화 및 부품에서의 상기 한계선 높이에 기초하여 조정되는 특정 부품의 공헌에 의해 플라스틱 렌즈 부품들에서의 음과 양의 파워양을 밸런싱하여 달성된다. 실질적으로, 이러한 불투열화 공정은 다음과 같은 계산된 렌즈 설계 프로그램에 포함된다. 첫째, 광선(ray trace)은 제1온도 분포에서 수행되며 후면초점거리가 계산된다. 상기 광선은 한계선에 있어서 축에 가까운 광선(paraxial ray trace)일 수 있다.

둘째, 상기 광선은 제2온도 분포에서 수행되며 후면초점거리가 다시 계산된다. 상기 제1 또는 제2온도 분포는 전체 렌즈에 대해 일정할 필요가 있는 것은 아니지만, 일정할 수도 있고, 통상적으로 렌즈 부품들 사이에서 변화할 수 있다. 상기 계산된 후면초점거리는 상기 시스템의 디자인이 렌즈 디자인 프로그램을 이용하여 최적화될 때 일정한 값으로 강제된다.

투사 렌즈 및 픽셀화된 패널에 대한 기계적인 상승은 시스템의 온도가 변할 때 마지막 렌즈 표면과 패널 사이의 거리가 실질적으로 일정하게 유지시킴을 가정하는 것에 주의해야 한다. 상기 가정이 충족되지 않으면, 다른 준비들이 불투열화를 위해 수행될 수 있는데, 예를 들어 기계적 상승의 상대적인 이동에 대한 측정된 값이 공정에서 포함될 수 있거나 또는 다른 거리, 예를 들어 전면 렌즈 표면 및 패널 사이의 거리가 기계적으로 고정되도록 가정될 수 있다.

도 1~5는 본 발명에 따라 제조된 다양한 투사 렌즈들을 나타낸다. 대응하는 처방 및 광학적 특성은 표 1~5에 나타낸다. HOYA 또는 SCHOTT 상표는 렌즈 시스템에서 사용된 유리에 대해 사용된다. 다른 제조사에 의해 제조된 동질의 유리도 본 발명의 실시를 위해 사용될 수 있다. 산업적으로 허용가능한 물질은 플라스틱 부품으로 사용될 수 있다.

하기 표들에서 있어서의 비구상 계수는 하기 식에서 얻어진다.

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1+k)c^2y^2]^{1/2}} + Dy^4 + Ey^6 + Fy^8 + Gy^{10} + Hy^{12} + Iy^{14}$$

여기서, z는 시스템의 광학축으로부터 거리 y에서의 표면 새그(surface sag)이며, c는 광학축에서 렌즈의 만곡(curvature)이고, k는 원추상수(conic constant)이며, 이것은 표 1~5의 처방에서 나타난 것을 제외하고는 0이다.

하기 표들에서의 다양한 표면과 관련된 용어 "a"는 비구상 표면을 나타내며, 즉 적어도 상기 방정식에서 D, E, F, G, H 또는 I의 적어도 하나가 0이 아니다. 하기 표 3~5에서 표면 1은 선택적인 비네팅 표면(vignetting surface)이다. 표 1에서의 표면 20~22 및 표 2에서의 표면 21~23은 거울, 프리즘 등과 같은 광학 부품에 대응하고, 픽셀화된 패널로부터 색채 화상을 형성하는데 사용된다. 표 3~5에서 도시되지 않았을지라도, 유사한 광학 부품들은 이러한 표의 렌즈 시스템과 함께 사용될 수 있다.

하기 표들은 도면에서 왼쪽에서 오른쪽으로 빛이 이동한다는 가정하에 계산되었다. 실질적으로, 화면은 왼쪽에 있을 것이고, 상기 픽셀화된 패널은 오른쪽에 있을 것이며, 빛은 오른쪽에서 왼쪽으로 이동할 것이다. 특히, 대상물 및 화상에 대한 표에서의 기호들은 명세서 및 청구범위에서 사용되는 것과 동일하다. 하기 표에서 주어지는 모든 단위들은 밀리미터이다.

하기 표 1~5의 다양한 부품 및 렌즈 표면과, 전술한 "제1렌즈 유니트", "제2렌즈 유니트", "제3렌즈 유니트(선택적)" 및 "교정기 렌즈 유니트"의 전문용어는 하기 표 6에서 일치된다. 특히, U1은 제1렌즈 유니트, U2는 제2렌즈 유니트, U3은 제3렌즈 유니트, 및 CR은 교정기 렌즈 유니트이다.

실시에 1-4의 렌즈는 통상적인 개구 조리개를 이용하여 설계된다. 상기 통상적인 개구 조리개는 일반적으로 일부 줌 위치에 대한 약간의 손실 광(lost light)을 초래하지만, 조명장치의 출구가 완전히 특징지어지거나 조절되지 않아도 되는 잇점을 갖는다. 실시에 5의 투사 렌즈는 Bentensky의 미국특허 제5,313,330호의 유사-개구 조리개/입사동공 기술을 이용하여 설계된다. 본 발명에 따라서, 조명장치의 모든 렌즈 초점 길이 및 컨주게이트들에 대한 픽셀화된 패널에 대해 일정한 위치에 위치하는 입사동공을 갖는, 투사 렌즈에 대한 입사동공을 한정하는데 사용된다.

하기 표 5에서의 표시된 "개구 조리개"는 상기 Bentensky 특허의 유사-개구 조리개를 나타낸다. 이것의 위치는 조명장치의 출구 위치에 대응한다. 처방에서의 표면 22는 렌즈의 전면 및 후면 렌즈 표면에 의해 한정되는 공간내에 개구 조리개가 있도록 모조(dummy) 표면이다. "가변공간"으로 표시된 부호들에서 볼 수 있는 바와 같이, 유사-개구 조리개로부터 픽셀화된 패널까지의 거리는 실시에 5의 투사 렌즈의 줌 위치에 대해 필수적으로 일정하다("화상거리"로 기록된 컬럼 참조).

표 6은 하기 표 1~5의 렌즈의 다양한 특성을 요약한다. 이러한 표에서 도시한 바와 같이, 실시예들의 렌즈는 상기 식 1을 만족하는데, 즉 그들은 5보다 큰 $|f_{CR}/f_{min}|$ 비를 갖는다. 이러한 실시예의 $|f_{CR}/f_{min}|$ 비는 바람직하게는 10보다 크다.

상기 수학적 식 2에 따라, 표 1~5에 도시된 바와 같이, 교정기 유니트는 대상물보다 렌즈에 밀접하게 위치되고 따라서, 긴 작업거리(렌즈 및 LCD/DMD 디바이스 사이의 거리)가 유지된다. 양적으로, D_{CR-OB} 대 D_{CR-U2} 의 비는 렌즈의 모든 줌 위치에 대해 1.2보다 크다.

하기 표 7에서 도시된 바와 같이, 상기 수학식 3은 실시예 1~5의 렌즈에 있어서 또한 만족된다.

수차 교정과 관련하여, 표 1~5에 진술된 줌 범위에 있어서, 상기 렌즈는 2.5% 미만의 왜곡을 달성하고, 470나노미터 및 630나노미터 사이의 파장에 있어서 픽셀보다 더 나은 색채 교정을 달성한다.

본 발명을 상기 실시예를 통해 상세히 설명하였지만, 본 발명의 범주안에서 당업자에 의해 다양하게 변형되어 실시될 수 있다. 후술할 청구범위는 응용, 변형 및 동일한 실시예 뿐만 아니라, 상기 실시예들을 포함한다.

[표 1]

표면 No.	타입	반경	두께	유리	투명개구직경
1	a	72.2998	4.00000	아크릴릭	49.42
2	a	24.4899	27.09795		38.58
3		-85.0790	3.00000	LAK8	29.71
4		55.3261	0.50000		28.45
5		47.0661	5.00000	SF6	28.48
6		201.3419	공간 1		27.61
7		개구조리개	1.99828		21.15
8		211.5049	6.00000	LF6	21.74
9		-22.4657	2.00000	SK18	22.22
10		-56.6906	28.90509		23.16
11		-29.6643	2.00000	SF6	28.85
12		-374.7046	7.00000	FK5	32.26
13		-42.3814	0.50000		35.10
14		-152.2023	9.00000	SK5	39.53
15		-43.8850	0.50000		40.55
16		-258.2722	6.00000	아크릴릭	40.50
17	a	-72.1510	공간 2		40.70
18	a	-975.9416	4.00000	아크릴릭	37.99
19		-165.2441	1.00000		37.79
20		∞	70.67000	BK7	37.36
21		∞	3.00000	ZK7	27.73
22		∞	화상거리		27.32

표기 설명

a-폴리노미알 비구상(polynomial asphere)

평평한(even) 폴리노미알 비구상

표면 No.	D	E	F	G	H	I
1	2.5042E-05	-4.6111E-08	2.8946E-12	1.5904E-13	-2.3985E-16	1.1367E-19
2	2.7558E-05	-5.3311E-09	-2.9095E-10	9.0640E-13	-7.1726E-16	1.7276E-19
17	2.2010E-06	9.2620E-10	-1.0191E-13	5.8030E-16	-2.6548E-19	5.8635E-22
18	-7.1025E-07	-6.9015E-12	1.3363E-12	-1.4732E-15	-2.1087E-18	9.5727E-22

가변공간

위치 No.	공간 1 T(6)	공간 2 T(17)	초점전이	화상 거리
1	53.901	2.000	0.000	10.500
2	20.228	18.917	-0.086	10.500
3	3.000	35.978	-0.053	10.500

[표 1a]

제1차 데이터					
f/수	2.85	2.90	3.00		
배율	-0.0050	-0.0050	-0.0050		
대상물 높이	-2500.0	-2500.0	-2500.0		
대상물 거리	-4160.6	-6167.2	-8173.2		
유효초점거리	21.000	31.000	41.000		
화상 거리	10.500	10.500	10.500		
전체 길이	4409.1	6399.0	8404.8		
전방 정점 거리	248.57	231.82	231.65		
배럴 길이	238.07	221.32	221.15		
조리개 표면수	7	7	7		
조리개 거리	0.00	0.00	0.00		
조리개 직경	20.156	20.748	20.983		
입사 동공거리	39.704	33.283	27.383		
사출 동공거리	-1614.0	-2123.6	-2999.3		

부품들의 제1차 특성

부품수	표면수	파워	f'		
1	1 2	-0.12964E-01	-77.136		
2	3 4	-0.21552E-01	-46.399		
3	5 6	0.13422E-01	74.504		
4	8 9	0.27828E-01	35.935		
5	9 10	-0.16839E-01	-59.384		
6	11 12	-0.25160E-01	-39.745		
7	12 13	0.10307E-01	97.023		
8	14 15	0.17066E-01	58.595		
9	16 17	0.49844E-02	200.63		
10	18 19	0.24863E-02	402.21		

이중렌즈의 1차 특성

부품수	표면수	파워			
4 5	8 10	0.10778E-01			
6 7	11 13	-0.13177E-01			

[표 2]

표면 No.	타입	반경	두께	유리	투명개구직경
1	a	97.9903	4.00000	아크릴릭	47.22
2	a	23.9903	20.98199		37.28
3		-80.1623	3.00000	TAF1	31.50
4		56.3974	5.00000	SF57	30.71
5		-725.7978	공간 1		30.49
6		개구조리개	3.02983		21.78
7		68.8076	2.00000	SSK5	22.87
8		33.5003	6.00000	LF5	23.08
9		-125.9711	26.49730		23.45
10		-27.8264	2.00000	SF11	25.18
11		-1505.6150	7.00000	FK5	28.37
12		-40.8821	0.50000		31.48
13		-528.5488	6.00000	BAK4	34.11
14		-55.4622	0.20000		35.77

15		-528.5488	6.00000	BAK4	36.91
16		-55.4622	0.50000		37.74
17	a	-120.0000	5.00000	아크릴릭	37.81
18	a	-69.2027	공간 2		38.36
19	a	∞	4.00000	아크릴릭	37.11
20	a	-144.0249	1.00000		36.86
21		∞	70.67000	BK7	36.45
22		∞	3.00000	ZK7	27.44
23		∞	화상거리		27.05

표기 설명

a-폴리노미알 비구상(polynomial asphere)

평평한(even) 폴리노미알 비구상

표면 No.	D	E	F	G	H	I
1	1.4196E-05	-3.1124E-08	7.2170E-12	1.4060E-13	-2.5612E-16	1.3642E-19
2	1.1526E-05	9.3457E-10	-2.7899E-10	9.4564E-13	-4.6984E-16	-1.0955E-18
17	-7.0619E-07	1.5712E-11	-2.0515E-13	2.1405E-15	6.4550E-18	-3.2905E-20
18	2.0465E-07	-5.1086E-10	2.0254E-12	3.0081E-15	-1.0258E-17	-6.5138E-21
19	-1.2834E-06	-3.3184E-10	3.1373E-12	5.1744E-16	1.4226E-17	7.0676E-20
20	-1.9866E-07	9.8049E-10	-2.7704E-13	2.2504E-15	1.6525E-17	8.5178E-20

가변공간

위치 No.	공간 1 T(5)	공간 2 T(18)	초점전이	화상 거리
1	53.893	2.000	0.003	10.500
2	22.123	21.249	-0.205	10.501
3	6.488	40.981	-0.028	10.500

[표 2a]

제1차 데이터					
f/수	2.70	2.85	3.00		
배율	-0.0050	-0.0050	-0.0200		
대상물 높이	-2500.0	-2500.0	-625.00		
대상물 거리	-4179.1	-6171.7	-2002.6		
유효초점거리	21.071	31.005	40.544		
화상 거리	10.500	10.501	10.500		
전체 길이	4421.9	6402.0	2237.0		
전방 정점 거리	242.77	230.25	234.35		
배럴 길이	232.27	219.75	223.85		
조리개 표면수	6	6	6		
조리개 거리	0.00	0.00	0.00		
조리개 직경	21.466	21.493	21.492		
입사 동공거리	35.172	29.257	24.222		
사출 동공거리	-4000.1	-1.10530E+06	4737.3		
부품들의 제1차 특성					
부품수	표면수	파워	f'		
1	1 2	-0.15266E-01	-65.507		
2	3 4	-0.23671E-01	-42.245		
3	4 5	0.16291E-01	61.384		
4	7 8	-0.99041E-02	-100.97		
5	8 9	0.21793E-01	45.887		

6	10 11	-0.27916E-01	-35.822	
7	11 12	0.11658E-01	85.777	
8	13 14	0.92614E-02	107.97	
9	15 16	0.92614E-02	107.97	
10	17 18	0.31187E-02	320.65	
11	19 20	0.34284E-02	291.68	

이중렌즈의 1차 특성

부품수	표면수	파워	f'	
2 3	3 5	-0.70388E-02	-142.07	
4 5	7 9	0.11810E-01	84.671	
6 7	10 12	-0.14317E-01	-69.845	

[표 3]

표면 No.	타입	반경	두께	유리	투명개구직경
1		∞	0.00000		149.44
2	a	-2758.9689	10.00000	아크릴릭	121.89
3	a	162.7148	32.41289		97.02
4		1317.9611	6.00000	LAK8	94.74
5		71.7345	5.58533		88.03
6		106.5479	10.50000	SF6	88.04
7		285.6476	0.20000		87.95
8	a	140.6917	10.50000	아크릴릭	88.88
9	a	226.6795	공간 1		88.38
10		개구 조리개	10.00000		59.29
11		-115.7482	4.00000	LAK8	60.96
12		372.6067	0.20000		65.49
13		115.6547	14.00000	SF2	69.87
14		-160.1106	1.00000		71.15
15	a	-353.2545	6.00000	아크릴릭	71.40
16	a	-206.8843	5.68170		73.56
17		-257.8060	11.00000	BK7	75.56
18		-80.6332	0.50000		76.93
19		-96.1449	5.00000	SF6	76.87
20		795.2449	6.88605		82.05
21		-6516.3498	22.00000	BK7	86.61
22		-67.0669	공간 2		89.24
23	a	-90.0000	6.00000	아크릴릭	88.35
24	a	-86.0735	화상거리		89.82

표기 설명

a-폴리노미알 비구상(polynomial asphere)

평평한(even) 폴리노미알 비구상

표면 No.	D	E	F	G	H	I
2	3.0424E-06	-8.1984E-10	1.4501E-13	5.7852E-18	-2.4707E-21	-9.0217E-26
3	3.4492E-06	-1.7946E-10	-3.3006E-13	2.9306E-16	-7.8431E-20	1.8517E-23
8	-4.7800E-07	1.0095E-10	7.9308E-14	4.2610E-17	-3.4798E-21	-7.6237E-24
9	-9.8746E-07	7.2987E-11	4.3678E-14	1.2424E-17	3.7489E-24	-6.9653E-24
15	-7.6932E-07	-1.4655E-10	-5.4268E-14	7.2357E-18	5.3795E-21	-5.3761E-26
16	4.4139E-07	-4.9168E-11	9.3095E-15	1.1944E-18	-5.2487E-21	3.9426E-24
23	7.6092E-08	2.5927E-11	4.1204E-15	1.8260E-18	2.8035E-21	1.5980E-25

24	1.3565E-07	2.0958E-11	1.1490E-14	-7.6191E-18	7.3884E-21	-8.4099E-25
가변공간						
위치 No.	공간 1 T(9)	공간 2 T(22)	초점전이	화상 거리		
1	148.330	1.856	0.603	280.004		
2	68.874	63.419	0.256	279.998		
3	29.152	125.088	-0.226	279.986		

[표 3a]

제1차 데이터						
f/수	3.82	4.41	5.00			
배율	-0.0100	-0.0125	-0.0150			
대상물 높이	-5800.0	-4640.0	-3866.7			
대상물 거리	-9919.6	-11963.	-13338.			
유효초점거리	100.00	150.00	200.00			
화상 거리	280.00	280.00	279.99			
전체 길이	10517.	12543.	13939.			
전방 정점 거리	597.66	579.76	601.69			
배럴 길이	317.65	299.76	321.71			
조리개 표면수	10	10	10			
조리개 거리	0.00	0.00	0.00			
조리개 직경	58.448	58.404	58.419			
입사 동공거리	105.35	84.275	68.015			
사출 동공거리	-126.58	-198.81	-274.96			
부품들의 제1차 특성						
부품수	표면수	파워	f'			
1	2 3	-0.32172E-02	-310.83			
2	4 5	-0.94211E-02	-106.14			
3	6 7	0.49078E-02	203.76			
4	8 9	0.13851E-02	721.99			
5	11 12	-0.81369E-02	-122.90			
6	13 14	0.95182E-02	105.06			
7	15 16	0.10023E-02	997.67			
8	17 18	0.45148E-02	221.49			
9	19 20	-0.94980E-02	-105.29			
10	21 22	0.76637E-02	130.49			
11	23 24	0.37670E-03	2654.7			

[표 4]

표면 No.	타입	반경	두께	유리	투명개구직경
1		∞	17.00229		276.02
2	a	237.1932	15.00000	아크릴릭	212.50
3	a	90.8590	82.32077		168.71
4	a	-247.2009	10.00000	아크릴릭	160.28
5		529.5923	0.50000		158.89
6		187.5174	13.00000	SF6	159.93
7		348.1046	공간 1		158.38

8	a	221.8899	12.00000	아크릴릭	115.07
9	a	1611.4189	63.03422		113.28
10		-272.3091	7.00000	SF4	123.18
11		2233.7061	0.50000		129.22
12		388.2929	29.00000	BK7	133.52
13		-117.0573	0.50000		134.27
14	a	-534.1219	12.00000	아크릴릭	131.82
15	a	-489.5588	공간 2		132.53
16	a	-193.4819	14.00000	아크릴릭	146.65
17	a	-124.8392	0.50000		147.01
18		-168.3820	8.00000	F2	146.95
19		-286.9523	화상거리		151.88

표기 설명

a-폴리노미알 비구상(polynomial asphere)

평평한(even) 폴리노미알 비구상

표면 No.	D	E	F	G	H	I
2	3.5251E-08	3.2290E-12	-4.3225E-17	2.0451E-20	-4.9581E-24	2.7651E-28
3	-4.1101E-08	-7.3823E-13	9.6994E-17	6.1436E-20	-9.4222E-24	-3.0426E-27
4	-3.8044E-08	-1.9972E-12	1.1467E-15	-1.8033E-19	-7.7360E-24	1.8761E-27
8	-7.9932E-08	1.6498E-13	-8.3436E-15	3.5489E-18	-5.8447E-22	3.8050E-26
9	8.5788E-09	-6.5729E-12	1.6655E-15	4.1854E-19	-2.8205E-23	8.6648E-28
14	-1.1719E-07	1.0781E-11	-2.3805E-16	3.9958E-19	-1.1846E-22	9.4444E-27
15	-4.6160E-08	9.1968E-12	1.8379E-15	-2.1439E-19	-2.0830E-23	3.5330E-27
16	2.7832E-08	6.0546E-12	2.1169E-15	2.8769E-19	1.4529E-24	-1.8868E-28
17	6.0329E-08	9.0569E-12	9.7519E-16	3.0046E-19	4.1042E-23	-2.7867E-27

가변공간

위치 No.	공간 1 T(7)	공간 2 T(15)	초점전이	화상 거리		
1	196.719	60.449	-0.102	316.956		
2	94.237	138.001	0.452	316.993		
3	35.717	224.093	0.744	317.058		

[표 4a]

제1차 데이터						
f/수	3.70	4.35	5.05			
배율	-0.0100	-0.0150	-0.0200			
대상물 높이	-10890.	-7260.0	-5445.0			
대상물 거리	-16973.	-16413.	-16578.			
유효초점거리	170.95	246.95	330.97			
화상 거리	316.96	316.99	317.06			
전체 길이	17832.	17247.	17439.			
전방 정점 거리	858.48	833.59	861.23			
배럴 길이	541.52	516.60	544.17			
조리개 표면수	9	9	9			
조리개 거리	31.52	31.52	31.52			
조리개 직경	103.695	103.446	103.870			
입사 동공거리	182.32	159.29	140.50			
사출 동공거리	-165.15	-246.68	-336.51			
부품들의 제1차 특성						

부품수	표면수	파워	f'		
1	2 3	-0.32392E-02	-308.72		
2	4 5	-0.29423E-02	-339.87		
3	6 7	0.20718E-02	482.68		
4	8 9	0.19244E-02	519.65		
5	10 11	-0.31418E-02	-318.29		
6	12 13	0.56542E-02	176.86		
7	14 15	0.91642E-04	10912.		
8	16 17	0.14978E-02	667.62		
9	18 19	-0.14918E-02	-670.35		

[표 5]

표면 No.	타입	반경	두께	유리	투명개구직경
1		∞	6.09264		215.77
2		469.1296	12.00000	F2	206.04
3		176.4976	0.50000		193.30
4	a	152.1949	42.83528	아크릴릭	193.71
5		-1177.0830	공간 1		191.60
6	a	881.8484	15.00000	아크릴릭	147.24
7		112.3877	32.37052		126.10
8	a	-176.4906	14.00000	아크릴릭	125.93
9	a	-34734.4229	1.00000		128.58
10		234.1772	13.00000	SF14	130.17
11		867.4759	공간 2		129.18
12		141.0650	23.00000	FK5	121.51
13		-467.6623	0.50000		120.70
14		161.7719	14.00000	LAK13	118.35
15		500.3741	10.45864		115.95
16		-465.6965	7.00000	F2	114.16
17		113.0470	11.91093		109.21
18		716.9085	15.00000	FK5	109.18
19		-261.1313	공간 3		110.58
20		-131.9850	16.00000	아크릴릭	121.32
21	a	-135.9592	1.00000		127.94
22		∞	-150.00000		131.76
23		개구조리개	화상 거리		110.43

표기 설명

a-폴리노미알 비구상(polynomial asphere)

평평한(even) 폴리노미알 비구상

표면 No.	D	E	F	G	H	I
4	-1.1309E-08	-2.1131E-13	-7.7869E-17	1.0282E-20	-8.6300E-25	2.3371E-29
6	3.2299E-08	9.2468E-13	2.3854E-16	2.9361E-20	-3.8454E-24	9.6267E-28
8	2.8793E-09	-1.1965E-11	9.0379E-17	-1.6077E-19	-9.5758E-23	1.7893E-26
9	3.7715E-08	-5.1432E-12	-2.6470E-16	6.8702E-21	-2.0528E-23	7.7139E-27
21	1.3255E-08	3.4416E-12	-8.6612E-16	1.0710E-19	-5.6243E-24	8.4682E-29

가변공간

위치 No.	공간 1 T(5)	공간 2 T(11)	공간 3 T(19)	초점전이	화상 거리
1	42.651	193.998	40.683	-1.131	490.000
2	104.114	86.943	86.275	-1.416	490.003

3	99.122	12.000	166.210	0.690	490.011	
---	--------	--------	---------	-------	---------	--

[표 5a]

제1차 데이터					
f/수	4.50	4.50	5.13		
배율	-0.0200	-0.200	-0.0200		
대상물 높이	-5500.0	-5500.0	-5500.0		
대상물 거리	-16047.	-24147.	-32148.		
유효초점거리	322.41	480.94	634.64		
화상 거리	490.00	490.00	490.01		
전체 길이	16900.	25000.	33001.		
전방 정점 거리	853.00	853.00	853.01		
배럴 길이	363.00	363.00	363.00		
조리개 표면수	23	23	23		
조리개 거리	0.00	0.00	0.00		
조리개 직경	109.917	109.944	95.868		
입사 동공거리	287.75	379.76	429.26		
부품들의 제1차 특성					
부품수	표면수	파워	f'		
1	2 3	-0.21709E-02	-460.65		
2	4 5	0.36248E-02	275.88		
3	6 7	-0.38089E-02	-262.55		
4	8 9	-0.27832E-02	-359.30		
5	10 11	0.24174E-02	413.66		
6	12 13	0.44574E-02	224.35		
7	14 15	0.29634E-02	337.45		
8	16 17	-0.68925E-02	-145.09		
9	18 19	0.25426E-02	393.30		
10	20 21	0.36176E-04	27643.		

[표 6]

실시예	U1		U2		CR		U3		f _{min}	f _{max}
	표면수	f ₁	표면수	f ₂	표면수	f _{CR}	표면수	f ₃		
1	1-6	-42.17	7-17	60.97	18-19	402.21	-	-	21.00	41.00
2	1-5	-41.07	6-18	63.93	19-20	291.68	-	-	21.07	40.54
3	1-9	-152.48	10-22	170.53	23-24	2654.70	-	-	100.00	200.00
4	1-7	-228.67	8-15	237.36	16-19	-22457.00	-	-	170.95	330.97
5	6-11	-244.60	12-19	260.03	20-21	27643.00	1-5	690.42	322.41	634.64

*f₁, f₂, f_{CR}, 및 f₃은 서로 대응하는 렌즈 유니트들의 초점길이들이며, f_{min} 및 f_{max}는 전체에서 상기 줌 범위의 가장 짧고 가장 긴 말단에서의 길이에서의 렌즈의 초점길이이다.

[표 7]

실시예	D_{CR-OB}/f_{min}	f_{min} 에서 1/2시계	$D_{CR-OB}/(f_{min} \cdot \tan \omega)$
1	2.86	30.8°	4.80
2	2.86	30.7°	4.82
3	2.80	30.1°	4.83
4	1.86	32.4°	2.93
5	1.07	18.6°	3.18

(57) 청구의 범위

청구항 1.

렌즈의 화상 말단에서부터 대상물의 말단까지 하기 (A), (B) 및 (C)를 순차적으로 포함하며, 최소 유효초점길이 f_{min} 및 최대 유효초점길이 f_{max} 사이의 줌 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 대상물의 화상을 형성하기 위한 투사 렌즈:

(A) 제1렌즈 유니트;

(B) 상기 제1렌즈 유니트로부터 축공간에 의해 분리된 제2렌즈 유니트; 및

(C) 적어도 하나의 비구상 표면 및 $|f_{CR}/f_{min}| \geq 5$ 를 만족하는 초점길이 f_{CR} 를 갖는 교정기 렌즈 유니트:

여기서, 상기 제1렌즈 유니트 및 제2렌즈 유니트는 상기 렌즈의 줌잉(zooming) 및 포커싱(focusing) 또는, 줌잉(zooming) 또는 포커싱(focusing) 동안에 대상물에 따라 움직이며,

상기 교정기 렌즈 유니트는 (i) 투사 렌즈의 대상물 말단을 구성하며, (ii) 고정된 축거리 D_{CR-OB} 에 의해 대상물로부터 분리되고, 가변 축거리 D_{CR-U2} 에 의해 상기 제2렌즈 유니트로부터 분리되며, 여기서 f_{min} 및 f_{max} 사이의 렌즈의 모든 유효초점길이에 대하여 $D_{CR-OB} \geq D_{CR-U2}$ 이다.

청구항 2.

제1항에 있어서, $|f_{CR}/f_{min}| \geq 10$ 임을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 렌즈는 $D_{CR-OB}/(f_{min} \cdot \tan \omega) \geq 2$ 를 만족하고, 여기서 ω 는 상기 렌즈의 유효초점길이가 f_{min} 일 때, 화상 방향에서 투사 렌즈의 반시계(half field of view)인 것을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 4.

삭제

청구항 5.

삭제

청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 제1렌즈 유니트는 음의 광과위를 가지며, 제2렌즈 유니트는 양의 광과위를 갖는 것을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 교정기 렌즈 유니트는 색채 교정 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 8.

제1항에 있어서, 상기 투사 렌즈가 제1렌즈 유니트의 화상축상에 고정된 축거리에 의해 대상물로부터 분리된 제3렌즈 유니트를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 9.

삭제

청구항 10.

제8항에 있어서, 상기 제3렌즈 유니트는 양의 과위를 갖는 것을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 11.

삭제

청구항 12.

제1항에 있어서, 상기 대상물은 픽셀화 패널이고, 상기 줌 범위에 걸쳐서 상기 렌즈의 측면 색알록이 465nm 내지 608nm의 파장범위에 있어서 하나의 픽셀보다 작으며, 상기 줌 범위에 걸쳐서 투사 렌즈의 왜곡이 2.5%이하임을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 13.

제1항에 있어서, 상기 렌즈가 실온에서 그것의 작동온도까지 가열될 때 상기 렌즈의 후면초점길이는 0.2%미만까지 변하는 것을 특징으로 하는 투사 렌즈.

청구항 14.

(A) 광원 및 상기 광원의 화상을 형성하는 조명 광학기기를 포함하는 조명장치;

(B) 상기 대상물을 포함하는 픽셀화된 패널; 및

(C) 렌즈의 화상 말단에서부터 대상물의 말단까지 하기 (a), (b) 및 (c)를 순차적으로 포함하며, 최소 유효초점길이 f_{\min} 및 최대 유효초점길이 f_{\max} 사이의 줌 범위를 갖는 대상물의 화상을 형성하기 위한 투사 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 대상물의 화상을 형성하기 위한 투사 렌즈 시스템:

(a) 제1렌즈 유니트;

(b) 상기 제1렌즈 유니트로부터 축공간에 의해 분리된 제2렌즈 유니트; 및

(c) 적어도 하나의 비구상 표면 및 $|f_{CR}/f_{min}| \geq 5$ 를 만족하는 초점길이 f_{CR} 를 갖는 교정기 렌즈 유니트:

여기서, 상기 제1렌즈 유니트 및 제2렌즈 유니트는 상기 렌즈의 줌잉(zooming) 및 포커싱(focusing) 또는, 줌잉(zooming) 또는 포커싱(focusing) 동안에 대상물에 따라 움직이며,

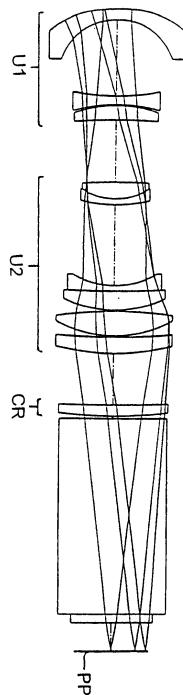
상기 교정기 렌즈 유니트는 고정된 축거리 D_{CR-OB} 에 의해 대상물로부터 분리되고, 가변 축거리 D_{CR-U2} 에 의해 상기 제2렌즈 유니트로부터 분리되며, 여기서 f_{min} 및 f_{max} 사이의 렌즈의 모든 유효초점길이에 대하여 $D_{CR-OB} \geq D_{CR-U2}$ 이다.

청구항 15.

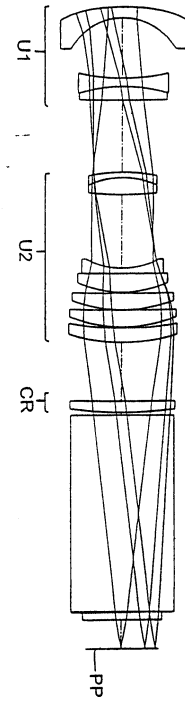
삭제

도면

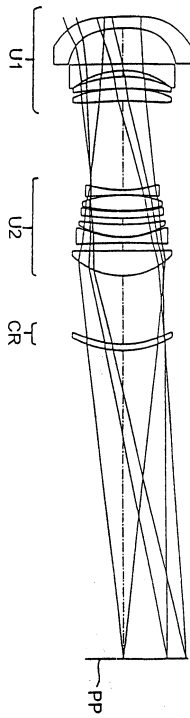
도면1



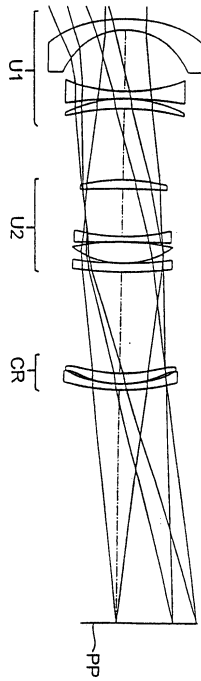
도면2



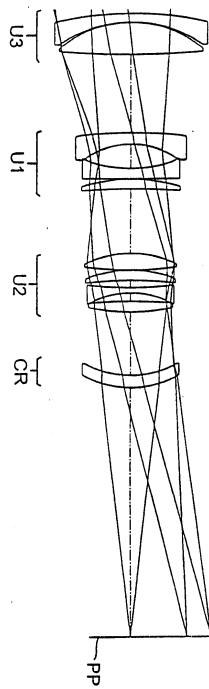
도면3



도면4



도면5



도면6

