

마이크로디스플레이시스템에서의 멀티미러를 갖는 렌즈 설계

Lens Design For Microdisplay System With Multi-Mirrors

김혜경*, 윤동준*, 신승연*, 송문빈*, 김성호*, 박광범, 최성호, 문현찬*

마이크로아이*, 전자부품연구원

hkkim@microeye.co.kr

Abstract - This paper show lens design and simulation for microdisplay system with two mirror. Lens design optimized consider to spherical aberration, astigmatism, distortion, and chromatic aberration.

1. 서론

급속히 발전하고 있는 정보화 시대에 다량의 정보를 효율적으로 전달하기 위해 디스플레이 매체의 요구가 급증하고 있다. 마이크로디스플레이는 디스플레이의 다양한 분류 중에 일반적으로 1인치 이하의 디스플레이를 말한다. 또한 마이크로디스플레이는 광학계를 이용하여 확대한 가상의 이미지를 볼 수 있다⁽¹⁾. 마이크로디스플레이는 주로 머리에 장착하여 사용하는데 이런 경우 부피로 생기는 불편함, 불쾌함 등의 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 광학계의 부피를 최소로 줄여야 하기 때문에 한 개의 비구면 렌즈를 써서 이미지를 확대하거나, 3면이 비구면으로 이루어진 프리즘 1개로 광학계를 설계하였다.⁽²⁾⁽³⁾ 이번에 설계한 마이크로디스플레이는 거울을 두 개 사용하여 광학계에서 패널에 이르는 광경로를 변화시켜 전체적으로 광학계와 패널이 가지는 부피를 줄이고자 하였다, 또한 광학계에서 패널을 장착하는 위치가 다르므로 구조상의 변화도 줄 수 있다. 본 논문은 기존의 마이크로디스플레이의 광학계⁽⁴⁾를 변형시키기 위해 멀티미러를 가지는 렌즈를 설계하고, 이 광학계의 성능을 확인하였다.

2. 본론

광학계 설계를 위해 사용한 마이크로 디스플레이 패널은 QVGA 0.24인치를 사용하였다. QVGA급 패널의 해상도는 320 x 240 픽셀로, 투과형 LCD이다. 렌즈를 사용하여 확대된 가상화면을 구현하기 위한 광학계 구성은 다음과 같다. 1. 동공 크기는 5mm, 2. 가상 이미지를 보기 위한 광학계와 눈까지의 거리 (eye relief)는 30mm로, 3. 확대 배율⁽⁵⁾은 8x, 4. 화각(FOV)은 12° 를 이루는 것으로 정의하여, 광학계를 설계하였다. 그리고, 마이크로디스플레이는 2.0 arc minutes/pixel 로 확대된 정립허상의 해상도를 갖는 것으로 설정하였다. 또한, 확대된 가상 이미지를 보기 위한 디스플레이 모듈의 부피, 무게, 휴대성을 고려하여 광학계를 변형시켜서 설계하였다. 그리고, 렌즈계의 유효초점거리는 30mm에 맞추었으며, 이 때에 수차 범위는 구면수차를 ± 0.2 , 비점수차를 ± 0.2 , 왜곡수차는 $\pm 1\%$ 정도 내에서 설계하였다. 그리고, 몇 가지 파라미터를 주어 시뮬레이션의 결과를 광학계의 성능을 MTF곡선으로 알아보았다. 각각의 렌즈의 곡률 반경비가 일정하게 $R1/f : R2/f : R3/f = 1.021 : -0.387 : -0.691$ 의 비율을 만족하며 가장 민감하게 반응하는 메니스커스 렌즈의 전면을 비구면으로 설계하여 원하는 수차범위인 구면수차 ± 0.2 , 비점수차 ± 0.2 , 그리고, 왜곡수차 $\pm 1\%$ 범위 내에서 만족할 만큼의 MTF가 성립함을 볼 수 있다. 색수차를 줄이기 위해 메니스커스 전면과 후면의 abbe 수 차이가 25이상이 되도록 설정하여 시뮬레이션을 수행한

결과 보다 효과적인 렌즈 성능이 나타났으며, 이보다 적은 경우에는 렌즈의 성능이 떨어지는 것을 알 수 있다. 다음은 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타낸 그림이다. <그림 1>은 광학계를 설계했을 때 ray tracing 한 것이다. 위에서 설명한 것처럼 거울 두 개를 사용하여 광학계에서 패널까지의 광경로를 변화시켜 전체적인 광학계와 패널이 가지는 부피를 줄이고자 하였다.

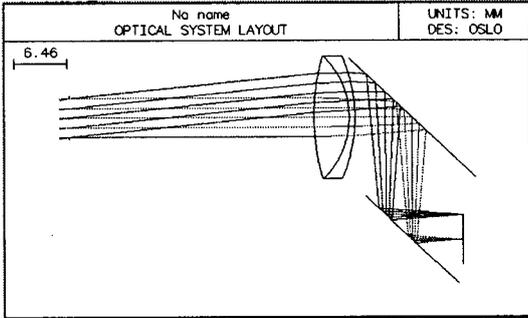


그림 1. 설계된 광학계 ray tracing

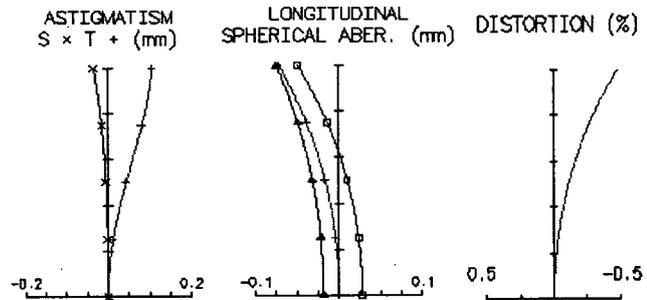


그림 2. 비점수차, 구면수차, 왜곡수차

<그림 2>는 광학계의 ray trace analysis 결과를 나타낸 것으로 비점수차 ± 0.2 , 구면수차 ± 0.1 , 그리고 왜곡 $\pm 0.5\%$ 의 특성을 나타낸 것이다.

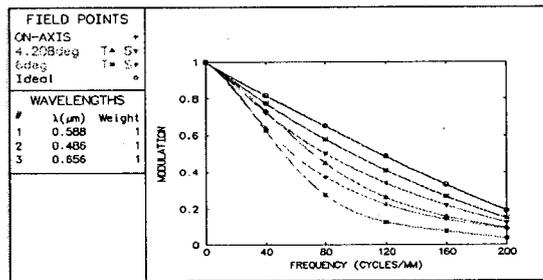


그림 3. 광학계의 성능 결과 (MTF 곡선)

<그림 3>은 광학계의 성능 결과인 MTF 곡선을 나타낸 것으로 40 cycles/mm에 0.6이상으로 만족할 만큼의 MTF가 성립함을 볼 수 있었다.

3. 결론

마이크로디스플레이의 광학계를 변형시키기 위해 멀티미러를 가지는 렌즈를 설계하고, 광학계의 성능을 시뮬레이션을 통해 확인하여 만족하였다.

참고문헌

1. James E. Melzer and Kirk Moffitt, Head Mounted Displays, McGraw-Hill, New York chap.3(1997)
2. Alfred P. Hildebrand High-Quality Optics for Microdisplay
3. Toshimi Iizuka "Optical element combination optical element and observation system using such optical elements" U.S. Patent 6049429, (2000)
4. <http://www.microopticalcorp.com>
5. Pamtzis Mouroulis and John Macdonald Geometrical Optics and Optical Design New York Oxford University Press chap.3 (1997)