

마이크로디스플레이의 렌즈 설계

Lens design for microdisplay system

김혜경*, 신승연, 박광범, 최성호, 문현찬
전자부품연구원
k_h_kyung@hanmail.net

Abstract - 본 논문에서는 마이크로디스플레이용 광학계의 렌즈 설계와 시뮬레이션으로 구면수차, 비점수차, 왜곡, 색수차를 보정하여 설계한 광학계의 성능 평가를 소개하고자 한다.

1. 서론

급속히 발전하고 있는 정보화 시대에 다량의 정보를 전달하기 위한 디스플레이의 요구는 급증하고 있다. 이런 디스플레이의 분류 중에 마이크로디스플레이는 일반적으로 1인치 이하의 디스플레이를 말하며, 광학계를 이용하여 확대된 가상의 이미지를 볼 수 있다⁽¹⁾. 따라서, 마이크로디스플레이 시스템에서 렌즈의 설계는 중요하다. 마이크로디스플레이 시스템은 작은 디스플레이 소자를 이용하여 많은 양의 정보를 표시할 수 있으며, 소비전력도 낮은 이점이 있다. 본 논문은 이러한 마이크로디스플레이에 사용될 렌즈를 설계하고, 이 렌즈계의 성능 평가를 확인하였다.

2. 본론

확대된 가상화면을 구현하기 위해 0.24인치 QVGA급 마이크로 패널을 사용하였으며, 마이크로 패널의 해상도는 320×240 픽셀로 이루어졌다. 본 마이크로 패널을 이용한 가상화면 구현의 광학계 구성은 동공 크기는 10mm, 화각은 20°, eye relief는 30mm로 정하였다. 이 때 마이크로디스플레이는 2.0 arc minutes/pixel 정도의 확대된 정립허상의 해상도를 갖는 것으로 설정하였다. 설계하고자 하는 렌즈계의 초점거리는 대략 20mm에 맞추었으며, 이 때에 수차 범위는 구면수차를 ±0.2, 비점수차를 ±0.2, 왜곡을 ±2%정도 내에서 설계하였다. 시뮬레이션을 통해 구면수차를 ±0.02범위 내에 있는 렌즈설계와 왜곡이 0.01%내에 있는 렌즈도 설계하였다. 렌즈계에서 특히, 미니스켓의 접합 면의 곡률 반경의 변화가 유난히 다른 곡률 반경보다 수차의 변화 폭에 민감하게 반응하는 것을 시뮬레이션을 통해서 볼 수 있었다.

미니스켓의 접합 면의 곡률 반경을 R로 정하고, 미니스켓의 접합 면의 곡률 반경 R만 변화시켰을 경우와 전체적인 렌즈 곡률 반경을 다 변화시켰을 경우, 초점거리를 변화시켰을 경우 그리고, 렌즈 배열 순서가 다를 경우와 같이 여러 가지의 변수를 적용하여 만족할 만한 수차를 얻기 위한 렌즈 설계 판별식을 시뮬레이션을 통해 찾아내고자 하였다. 표 1에서 초점거리를 일치시킨 상태에서 미니스켓의 접합 면의 곡률 반경 R만 변화시켰을 경우와 전체적인 렌즈계의 곡률 반경을 다 변화시켰을 경우 그리고, 렌즈의 배열 순서가 다를 경우에 대해서도 미니스켓의 접합 면의 곡률 반경 R을 초점거리로 나눈 값은 $0.5 < -R/F < 1.2$ 의 범위 안에 있음을 알 수 있었다. 이 범위를 벗어나면 구면수차, 비점수차, 왜곡수차가 2배에서 10배 이상 수차⁽²⁾가 커짐을 시뮬레이션을 통해 볼 수 있었다. 그리고, 미니스켓을 맨 앞에 놓으

면 구면수차가 줄어들고, 미니스킷 앞에 다른 렌즈를 배치하면 왜곡이 줄어들음을 볼 수 있었다.

표 1. 렌즈배열에 따른 비교

렌즈 배열										
-R/F	$-\frac{25.75}{22.6634}$ = 1.136	$-\frac{18}{22.195}$ = 0.811	$-\frac{14}{19.454}$ = 0.727	$-\frac{18.84}{22}$ = 0.856	$-\frac{18.84}{20.09}$ = 0.938	$-\frac{17.143}{21.028}$ = 0.815	$-\frac{15.95}{23.89}$ = 0.667	$-\frac{13}{23.71}$ = 0.548	$-\frac{17}{22.74}$ = 0.748	$-\frac{17}{21.937}$ = 0.775
v_p-v_n	38.74 31.97	34.89 28.40	34.89 28.40	34.89 28.40	34.89 28.40	40.35 37.38	34.89 28.40	38.74 31.97	34.89 28.40	34.89 28.40
d/F	10/22.66 =0.441	11/22.2 =0.495	20/19.45 =1.028	11/22 =0.500	10.7/20 =0.535	15/21.02 =0.714	10/23.89 =0.419	11/23.71 =0.464	15/22.7 =0.659	15/21.94 =0.683

아베상수는 렌즈의 재질과 굴절률에 밀접하므로 표 1에서 v_p-v_n 으로 v_p 는 positive lens의 아베상수이고, v_n 은 negative lens의 아베상수로 v_p-v_n 의 값이 28.4에서 40.35까지 나타남을 볼 수 있었다. v_p-v_n 의 값이 25보다 작은 경우에는 시뮬레이션을 통해 색수차가 커짐을 볼 수 있었다. 미니스킷 접합 면의 곡률 반경 R을 포함한 렌즈의 두께를 d로 놓고, 렌즈계의 초점거리로 나누면 $0.4 < d/F < 1.1$ 범위 안에 들어가 미니스킷의 접합면 R을 초점거리로 나눈 값과 매우 유사함을 볼 수 있었다. 그림1과 그림2에 설계된 렌즈계의 비점수차와 구면수차 그리고, 왜곡수차와 MTF를 나타내었다. MTF의 결과에서 설계한 렌즈계가 30cycles/mm에 80%를 만족한다.

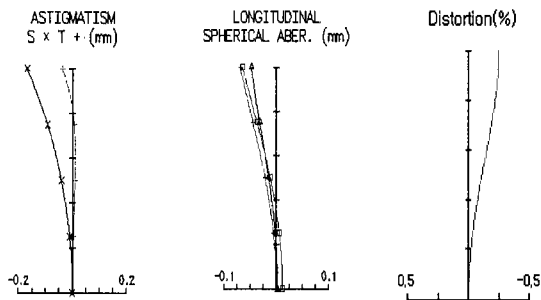


그림 1. 비점수차, 구면수차, 왜곡수차

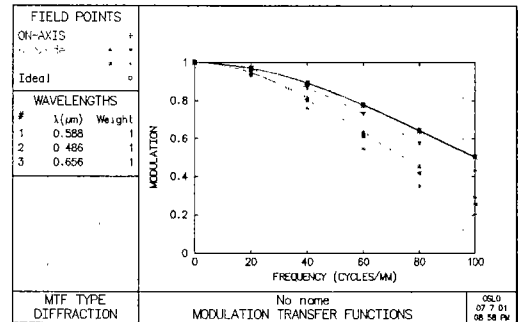


그림 2. 수정된 렌즈계의 MTF

3. 결론

0.24인치 QVGA(320×240)급 마이크로 패널을 이용하여 확대된 가상화면을 구현하기 위한 렌즈계의 곡률 반경, 렌즈배열 및 렌즈재질 등을 변화시켜 시뮬레이션을 통해 수차 범위를 만족하는 렌즈계의 조건을 설계했으며, 이 때 렌즈계 구성과 관련된 판별식을 도출하였다.

참고문헌

1. James E. Melzer and Kirk Moffitt, Head Mounted Displays, McGraw-Hill, Network chap. 3 (1997)
2. J. M. Palmer, Lens Aberration Data No.1 chap. 2, (1971)

