

가상 디스플레이 구현을 위한 Eye Glass Display용 프리즘 렌즈 설계

Prism lens design for Eye Glass Display to create virtual display

김태현, 문현찬, 박광범, 최성호, 한진우, 박영수*, 김휘운*
전자부품연구원 나노메카트로닉스, 방주광학(주)*

초 록

Eye Glass Display(EGD)의 광학계를 소형, 경량화 하기 위하여 OLED 마이크로 패널과 프리즘 렌즈를 사용하여 설계하였다. 광학계 설계에 사용된 OLED 마이크로 패널은 0.59"크기의 SVGA(800x600)급이며, 크기는 0.59"이며, 렌즈는 프리즘 렌즈로 설계되었다. 설계된 프리즘 렌즈는 3면으로 구성되었으며, 각 면은 각각 비회전대칭 비구면으로 tilt와 decenter를 사용하여 광학적 성능을 향상시켰다. 설계된 프리즘 렌즈의 화각(FOV)은 28°, 왜곡수차는 4% 이내이며, 광학계의 해상도를 나타내는 MTF는 공간주파수 30lp/mm에서 full field가 40%이상의 성능을 나타내었다.

정보통신의 급속한 발전으로 다량의 정보를 효율적으로 전달하기 위해 디스플레이 수요가 급증하고 있다. 특히 모바일 통신서비스가 보편화되면서 디스플레이 사이즈의 한계를 극복하기 위하여 수많은 노력을 기울이고 있다. Eye Glass Display(EGD)는 1"이하의 마이크로 디스플레이 소자를 광학계를 사용해 확대된 가상의 영상을 제공하는 디스플레이를 말한다. 과거 주로 군사용으로 사용되었던 HMD(Head mounted display)가 렌즈 설계 제조 기술 및 IT기술의 발전으로 안경과 같이 착용하여 사용할 수 있을 정도로 발전되었다.

EGD의 구성은 마이크로 디스플레이 패널, 렌즈계, Mount로 크게 3가지로 나눌 수 있다 [1]. 본 연구에서는 프리즘렌즈 설계를 위해 SVGA(800x600) 0.59" OLED 마이크로 패널을 사용하는 것으로 정하였으며, 렌즈계는 단일 프리즘렌즈를 사용하여 광학계 구성크기를 최소화 할 수 있도록 설계하였다. 또한 렌즈 무게를 최소화하기 위해 렌즈 재질은 플라스틱 계열인 Zeon사의 Zeonex E48R을 사용하여 금형 사출 성형할 수 있도록 하였다.

EGD용 광학계 설계를 위한 렌즈설계 초기 조건들을 다음과 같이 정하였다. 동공 크기는 사람의 동공의 움직임을 고려하여 8mm, 눈동자에서 렌즈까지의 거리(Eye relief)는 안경을 착

용했을 때를 고려하여 25mm, 가상이미지의 크기를 결정하는 화각(FOV)은 28도로 설계하였다. 화각(FOV)은 그림 1의 기하학적인 구조로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

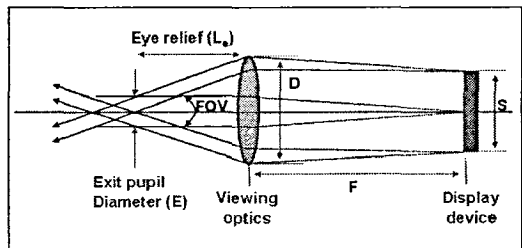


그림 1. EGD광학계의 기하학적 특징
화각(FOV)은

$$FOV = 2 \arctan\left(\frac{D}{2L_e}\right) \text{ [degrees]} \quad (1)$$

여기에서 D는 렌즈의 직경이며, L_e는 렌즈에서 눈까지의 거리이다.

설계된 프리즘 렌즈는 그림 2에서와 같이 3면으로 구성되었으며, 렌즈의 면은 anamorphic asphere surface로 설계 되었다. 프리즘 렌즈는 일반적인 회전대칭 특성을 갖는 광학계보다 수차에 민감하기 때문에 렌즈의 곡률, 면간거리 및 면간각도 등을 변화시켜가며 수차를 보정해야 한다. 본 논문에서는 모든 면에 decenter와 tilt를 적용하였고, 전반사면과 반사면을 사용하여 수차를 보정하는데 높은 효과를 볼 수 있었

다. 특히 높은 해상도(MTF)를 얻을 수 있었다.

설계에 사용된 Anamorphic asphere surface 방정식은 비회전 대칭 비구면과 회전대칭 비구면으로 구성 되었다. 비회전대칭 비구면 방정식은

$$z = \frac{(X^2/R_x) + (Y^2/R_y)}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x)(X^2/R_x^2) - (1 + K_y)(Y^2/R_y^2)}} \quad (3)$$

$$+ AR\{(1 - AP)X^2 + (1 + AP)Y^2\}^2$$

$$+ BR\{(1 - BP)X^2 + (1 + BP)Y^2\}^3$$

이다. 여기에서 z는 z축에 평행한 면의 sag값, R_y, R_x는 XZ평면과 YZ평면의 곡률반경이며, K_x, K_y는 x, y에 대한 각각의 conic 상수, AR, BR은 4제곱, 6제곱의 회전대칭계수이며, AP, BP는 4제곱, 6제곱의 회전비대칭계수이다[2]. 개선된 프리즘렌즈의 설계 데이터가 표1에 나타내었다.

표1. 설계된 EGD용 광학계 데이터

No	Radius(mm)	Tilt and decenter	Glass
object	Infinity	Infinity	
stop	Infinity	-	
2	-167.6	Z=26 Y=-5 α=-1.9	E48R
AAS K _y 6.48 K _x -151.2 R _x -160.9 AR 0.488E-7 BR -0.184E-9 AP 0.269E+0 BP 0.807E-1			
3	-77.36	Z=34 Y=-7 α=-28	
AAS K _y -1.35 K _x -151.2 R _x -76.3 AR -0.892E-7 BR -0.199E-9 AP 0.212E+0 BP 0.605E-1			
4	-17.5	Z=35 Y=-23 α=-54	
AAS K _y -1.23 K _x -12.7 R _x -60 AR 0.117E-5 BR 0.438E-7 AP -0.816E+0 BP 0.126E+0			
5	Infinity	7.89	
image	Infinity	-	

렌즈에서 중요하게 여기는 수차에 관한 데이터는 그림 3에 보였다. 왜곡이 4% 정도로서 추가로 렌즈설계에서 개선이 요구되었다. 그림 4는 MTF곡선으로 30lp/mm에서 full field에서 40% 이상으로 설계목표에 만족하는 결과를 보였다.

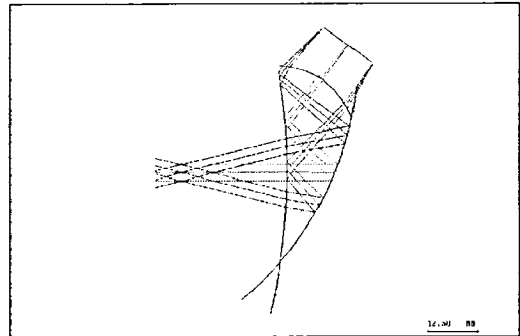


그림 2. 설계된 광학계의 ray tracing

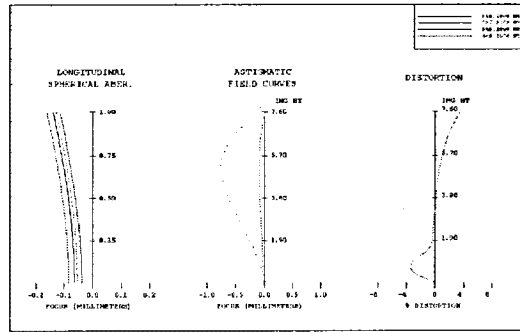


그림 3. 구면수차, 상면수차, 왜곡

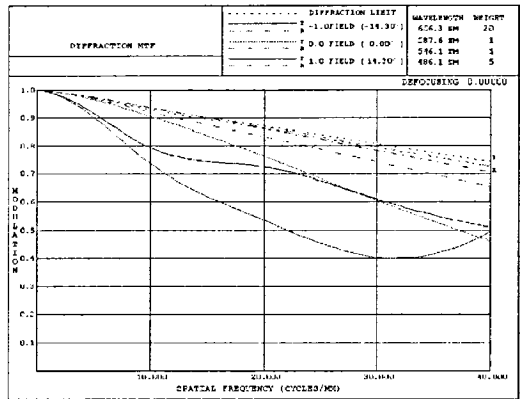


그림 4. 광학계 Modulation transfer function(MTF)

[참고문헌]

[1] James E. Melzer and Kirk Moffitt, Head Mounted Displays, McGraw-Hill, New York chap. 3 (1997)
 [2] Koichi Takahashi, Hachioji, Optical system and optical apparatus, US 6,018,423 (2000)