

Anamorphic Surface 직각 프리즘을 이용한 Mobile Camera Phone용 광학계 설계 Optical System Design for Mobile Camera Phone using Right-Angle Prism with Anarmorphic Surfaces

이혁재, 이종용

청주대학교 대학원 레이저광정보공학과

lhjwj@nate.com

휴대폰에 장착되는 카메라 모듈은 화소수가 증가하고 auto-focus, 손떨림 방지, zoom 등 새로운 기능이 추가되면서 고성능, 고기능화하고 있다. 이와 더불어 휴대폰의 소형화를 위하여 카메라 모듈의 소형화, slim화에 대한 요구도 증대하고 있다. 현재 사용되고 있는 카메라 모듈에서 30만 화소의 VGA 급은 2매의 플라스틱 비구면 렌즈가 사용되고, 백만화소급은 3매의 플라스틱 비구면 렌즈, 2백만 화소 이상은 4매 이상의 렌즈가 사용되고 있다. 카메라 모듈에서 영상 센서의 주광선 입사각에 대한 제한을 완화할 수 있는 새로운 기술이 도입되지 않는 한 단순히 두께를 줄여 slim화 하는 것은 기존 in-line 회전대칭 광학계 구성으로는 한계에 이르고 있다. 따라서 이에서 벗어나 자유곡면 prism을 사용하여 카메라 모듈을 소형화, slim화하는 연구가 이루어지고 있고, prism lens를 사용한 1.3M 급의 카메라 모듈이 발표된 바 있으며^[1], 국내에서도 이와 유사한 연구가 수행된 사례도 있다^[2]. 그러나 이러한 prism 렌즈는 자유 비구면 또는 Zernike polynomial 형태의 비구면을 사용하는 2매의 프리즘 렌즈로 구성되어 있어 제작이 매우 어렵다는 문제점이 있다.

이 연구에서는 직각 프리즘 형태의 렌즈를 사용하여 VGA 급의 해상력을 가지는 카메라 렌즈를 설계하였다. 기존의 2매 구성 렌즈계와 비교하면 직각 프리즘은 1.5매의 렌즈에 해당하는 자유도를 가지고 있다. 직각 프리즘 렌즈의 제1면은 회전대칭인 일반비구면을 사용하였으나, 프리즘의 사면 제2면과 뒷면인 제3면은 다음과 같은 형태의 anamorphic aspheric surface^[3]를 사용하였다.

$$z_a = A_r\{(1 - A_p)x^2 + (1 + A_p)y^2\}^2 + B_r\{(1 - B_p)x^2 + (1 + B_p)y^2\}^3 \\ + C_r\{(1 - C_p)x^2 + (1 + C_p)y^2\}^4 + D_r\{(1 - D_p)x^2 + (1 + D_p)y^2\}^5 \\ + E_r\{(1 - E_p)x^2 + (1 + E_p)y^2\}^6 + \dots$$

직각 프리즘 형태의 렌즈는 구조적으로 아주 두꺼운 단렌즈에 해당하므로 색수차가 크게 발생하는 문제점이 있어 적외선 차단 filter의 뒷면에 회절면을 형성시켜 색수차를 보정하였으나, 분산이 큰 플라스틱 소재를 사용한 경우에는 색수차의 보정이 충분하지 못하였고, 분산이 적은 유리를 소재로 사용한 경우에서 보다 좋은 수차특성을 얻을 수 있었다. 그림 1에는 본 연구에서 설계된 프리즘 렌즈의 형태가 나타나 있으며, 표 1에는 설계 제원이 정리되어 있다. 그림 2a는 Zeonix E48R을 사용하였을 때의 MTF이며, 그림 2b는 분산상수 ν_d 가 70인 OHARA사의 SFSL5를 사용하였을 때의 결과이며, SFSL5의 경우가 보다 좋은 수차특성을 보여주고 있다(표2).

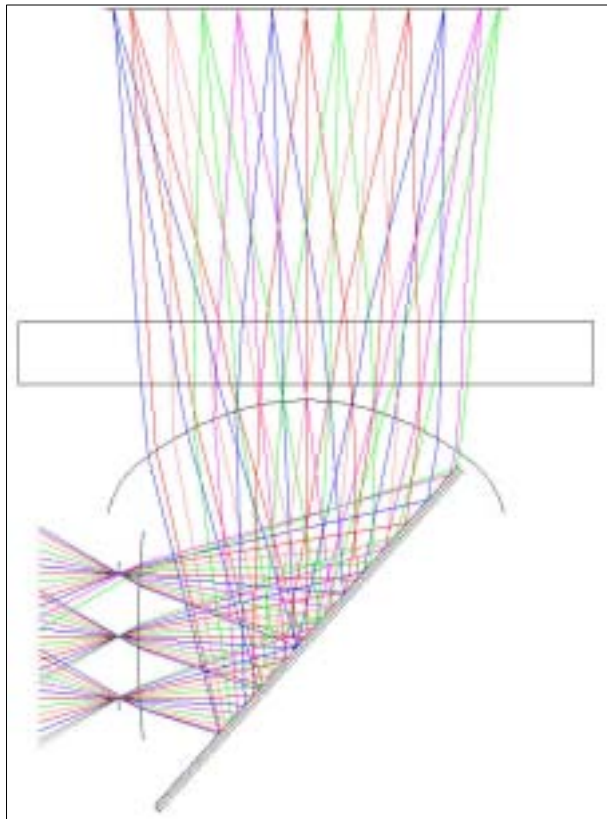


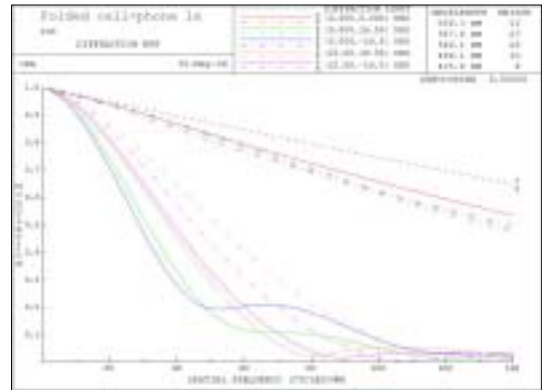
그림 1. 광학계의 형태

표 1. 광학계 설계 제원

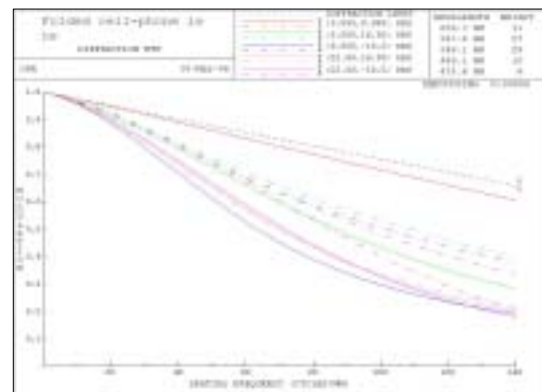
Image Format	1/6" CMOS
Pixel size	3.6 μ m \times 3.6 μ m
Focal length	2.78 mm
Back focal length	1.88 mm
F/#	3.5
FOV(field of view)	55°
Relative illumination	over at 70% full field
Overall length	3.3 mm
Distortion	1.5 %
Chidef ray angle	20° 이하
MTF	Over 30% at 140Lp/mm(0.4F) Over 30% at 100Lp/mm(0.7F) Over 30% at 80Lp/mm(1.0F)

참고문헌

- [1] <http://www.olympus.co.jp/en/news/2004a/nr040126fslue.cfm>
- [2] 정혜정, “자유곡면 프리즘을 이용한 Mobile Camera Phone용 광학계 설계”, 석사학위 청구논문, 단국대(2004)
- [3] CODE-V, Reference Manuals (2005)



(a) Zeonix E48R



(b) OHARA SFSL5

그림 2. 재질에 따른 MTF

표 2. MTF data

Relative Field	X / Y
(0.0, 0.0)	32 / 45 (140Lp)
(0.0, 1.0)	68 / 11 (100Lp)
(0.0, -1.0)	69 / 16 (100Lp)
(1.0, 1.0)	06 / 07 (100Lp)
(1.0, -1.0)	02 / 05 (100Lp)

(a) E48R을 사용한 경우의 MTF data

Relative Field	X / Y
(0.0, 0.0)	31 / 61 (140Lp)
(0.0, 1.0)	40 / 43 (100Lp)
(0.0, -1.0)	51 / 30 (100Lp)
(1.0, 1.0)	34 / 33 (100Lp)
(1.0, -1.0)	48 / 33 (100Lp)

(b) SFSL5을 사용한 경우의 MTF data