

# 모바일 카메라용 초소형 광학계의 온도보정 설계

## Athermalization Design of Ultra-compact Optical System for Mobile Camera

유병택, 박성찬\*

재영솔루텍(주) 나노광학사업부, \*단국대학교 전자물리학과  
yoobt72@paran.com, \*scpark@dankook.ac.kr

본 논문에서는 굴절률, 중심두께 및 곡률반경에 대한 설계변수들이 온도변화에 따라 광학계의 1차 특성 및 결상성능에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하고 그 분석을 통해 온도보정 설계를 실시하였다. 광학설계 S/W를 이용하여 온도보정을 고려한 설계방법을 제시하였고, 그 방법은 사용온도 각각에 해당되는 설계변수들을 줌으로 설정하여 데이터를 입력하고 이러한 멀티구성에서 최적화를 진행하였다. 그 효과를 확인하기 위해 동일한 재질구성 및 목표사양하에서 일반적인 설계방법과 온도보정을 고려한 설계방법을 비교분석하였다. 단색수차 및 색수차를 보정하기 위해 회절광학소자를 광학계 설계에 적용하는 것이 일반적이지만, 본 연구에서는 회절광학소자의 온도 스케일링 개념을<sup>(1,2)</sup> 정립하고 이를 이용하여 렌즈계의 색수차보정뿐만 아니라 온도보정을 위한 방법을 제안하였다. 이러한 연구결과는 광학계의 온도보정 설계에 매우 효과적임을 확인하였다.

이러한 설계 개념을 4매 구성의 1/3.2 “ 5M 렌즈계와 1/3.2” 8M 렌즈계에 적용하여 최적설계한 결과, 두 렌즈계 모두 폰 카메라용 고정초점렌즈의 목표 사양과 성능을 만족시켰다. 또한 사용온도 -10℃ ~ +60℃ 범위에서 근축상점 변화(BFL)가 극히 적어 온도에 대한 안정적인 성능을 확보하였다. 그리고 최적설계된 렌즈계의 전장(TTL)은 5.5 mm로 매우 슬림한 구성이며, F/2.9로서 밝기도 충분하다.

이러한 연구결과는 폰 카메라, 디지털 카메라, 감시 카메라 및 소형 줌 카메라용 광학계의 개발에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

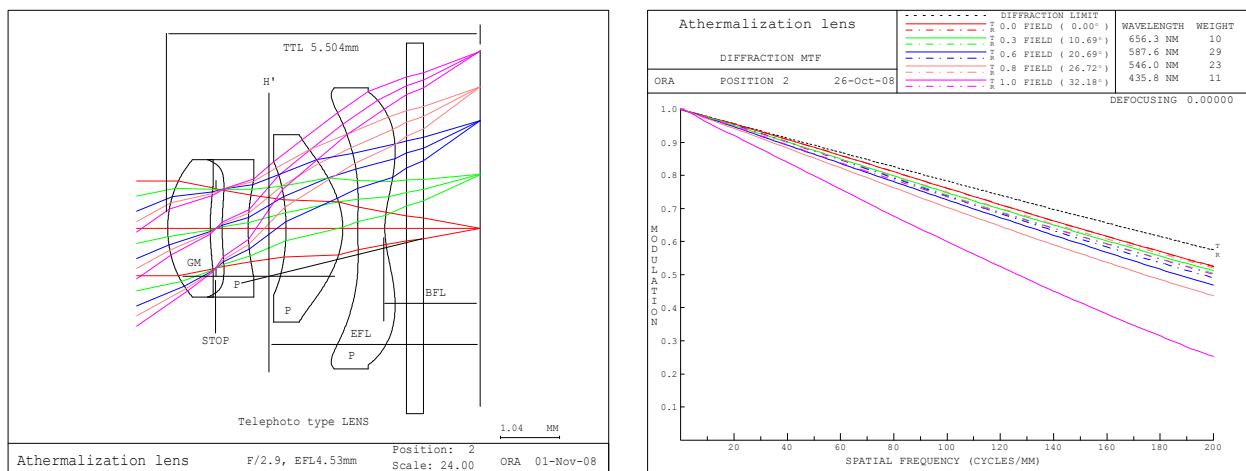


그림 1. DOE를 이용하여 온도보정 설계된 1/3.2” 8M 폰 카메라용 렌즈의 구성도 및 MTF 특성.

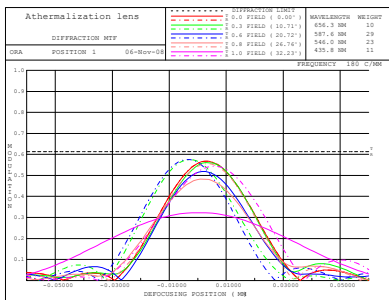
표 1. DOE를 이용하여 온도보정 설계된 1/3.2" 8M 폰 카메라용 렌즈의 사양.

NO.	항목	최적설계된 사양	
		1/3.2" 8M Image Sensor	
1	Max. Image Circle	Ø5.9 mm	
2	Total Track Length	5.504 mm(Lens top ~ Sensor)	
3	F/no.	F/2.9	
4	Effective Focal Length	4.53 mm	
5	Full Field of View	64.4 deg.	
6	Back Focal Length	1.68 mm	
7	Lens Construction	1GM+3P+DOE, Aspheric Surfaces	
8	Relative Illumination	47.5 %	
9	TV-Distortion	-0.63 %	
10	Modulation Transfer Function (Ø5.7 mm)	Y=0.0F, (200lp/mm)	R : 51.8 %, T : 51.8 %
		Y=0.8F, (180lp/mm)	R : 55.7 %, T : 48.5 %
		Y=1.0F, (160lp/mm)	R : 58.8 %, T : 39.4 %

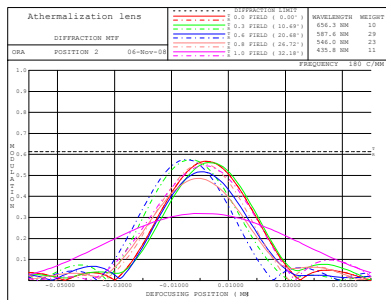
표 2. BFL에 대해 온도보정 설계된 렌즈의 1차 특성 및 성능.

사용온도		-10°C	+25°C	+60°C
Defocus	S. Freq.	180 lp/mm	180 lp/mm	180 lp/mm
-0.01 mm	MTF 30% at 0.0F	39.9%	41.6%	43.5%
+0.01 mm		51.8%	50.6%	49.1%
-0.01 mm	MTF 30% at 0.8F	R38.7% / T37.4%	R44.2% / T41.4%	R49.2% / T44.7%
+0.01 mm		R51.2% / T43.0%	R47.0% / T39.5%	R41.4% / T35.1%
DOE HCO C1 S4		-0.5471E-02	-0.5448E-02	-0.5424E-02
EFL		+4.5207 mm	+4.5293 mm	+4.5379 mm
ΔEFL		-0.0086 mm	+0.0000 mm	+0.0086 mm
BFL		+1.6755 mm	+1.6746 mm	+1.6736 mm
ΔBFL		+0.0009 mm	+0.0000 mm	-0.0010 mm

사용온도(-10°C)



사용온도(+25°C)



사용온도(+60°C)

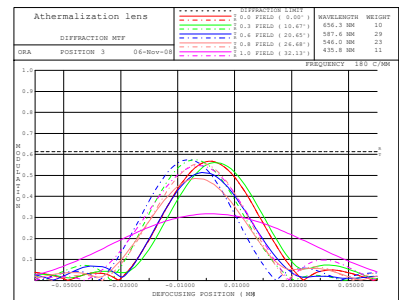


그림 2. DOE를 이용하여 설계된 렌즈의 사용온도에 따른 MTF vs Defocus 특성.

1. C. Londono, "Design and Fabrication of Surface Relief Diffractive Optical Elements or Kinoforms, with Examples for Optical Athermalization", PhD dissertation, pp. 48-54 (1992).
2. Optical Research Associates, Advanced Topics in Code-V Seminar Notes, (ORA, Pasadena, 2002).