줌 기능 내장형 열 영상 광학계 개발

Development of the 3x Zoom Thermal Imaging Optical System

*김상혁[1], #양순철[1], 김건희[1], 허명상[1], 이상용[1], 국명호[1], 이길재[1], 장기수[1]

*S. Kim[1], #S. C. Yang(md941057@kbsi.re.kr)[1] , G. H. Kim[1], M. S. Huh[1],
S. Y. Lee[1], M. H. Kook[1], G. J. Lee[1], K. S.Chang[1]

[1]한국기초과학지원연구원

Key words : Infrared, Zoom Lens, Ultra-Precision Machining

1. 서론

절대 온도 273K 이상의 온도를 갖는 모든 물체는 적외선 파장 영역의 에너지를 방출한다. 이러한 적외선을 감지하는 적외선 광학계는 대상물에 직접 접촉하지 않고 대상물의 온도를 측정할 수 있으며 별도의 광원이 필요하지 않다는 장점이 있다. 지금까지는 군수 및 특수 분야에서 주로 사용되었지만 최근에는 차량용 Night Vision, 반도체 공정에서의 불량소자에 대한 검사, 각종 구조물의 내부 비파괴 검사 등의 산업분야 뿐만 아니라 산불 감시, 야간 위험지역 감시와 같은 산업 및 민간분야에서 큰 관심을 받고 있다[1~3].

본 논문에서는 8 - 12 ㎛의 파장 영역에서 7 - 21°의 시야각을 갖는 3배 줌 내장형 열 영상 카메라의 개발에 대해 설명하였다. 본 연구에서 개발한 3배 줌 내장형 열 영상 카메라는 저배율로 넓은 범위를 관찰 후 특정 범위를 고배율로 자세히 관찰 할 수 있기 때문에 차후 산업 및 감시 분야에서의 많은 활용을 기대할 수 있다.

2. 제목

본 연구에서 개발하고자하는 3배 줌 내장형 열 영상 카메라는 비 냉각형 bolometer를 검출기로사용하고 있다. 검출기의 화소 크기는 23.7 ㎛이며 해상도는 320 × 240이다. Fig. 1은 3배 줌 내장형 열 영상 카메라의 광학 설계이며 5매의 Ge 렌즈를 사용하였으며 3번과 4번 렌즈의 위치를 변화시켜 배율을 조정하였다. 또한, 3번, 4번, 그리고 5번 렌즈의 볼록면을 비구면으로 설계하여 광학 성능을 향상시킴과 함께 렌즈의 매수를 최소화하였다. 광학계의 사용 파장대역은 8 - 12 ㎛이며 초점거리는 40 - 120 ㎜이다. 배율에 따라 7 - 21 °의 시야를 갖도록 설계되었다. Fig. 2는 1배 줌과 3배 줌에서의 MTF(Modulation Transfer Function)성능이며 두 경우 모두 20 cycle/㎜의 공간분해능에서 0.4가 넘는 뛰어난 MTF 성능을 확인할 수 있다.

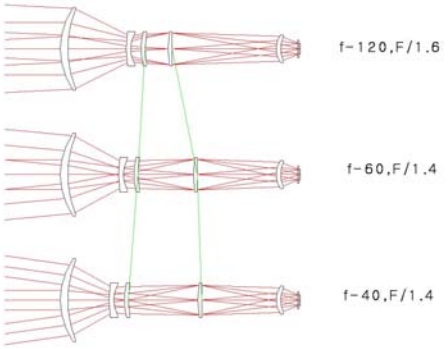

Fig. 1 Layout of the 3x zoom Thermal Imaging System

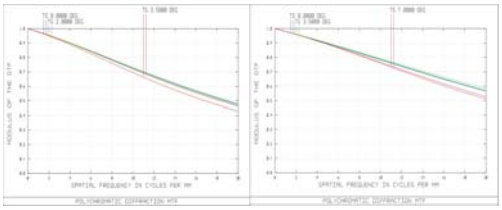

Fig. 2 MTF of the 3x zoom Thermal Imaging System

3. 초정밀 가공

Fig. 3은 적외선 렌즈를 5축 자유곡면 가공기 Freeform 700A (미국 precitech 사)를 이용하여 가공하는 사진을 보여준다. 렌즈 표면 거칠기에 영향을 주는 인자인 절삭 속도, 이송속도, 절삭깊이, 공구윗면경사각을 변화시키며 가공 및 측정하였다. 그 결과 Ge의 초정밀 최적 절삭 조건으로는 공구 곡률반

경 0.8 ㎜, 공구윗면 경사각 -25 °, 절삭속도 180 m/min, 이송속도 2 ㎜/min, 절삭깊이 0.5㎛에서 Ra 0.51 ㎚의 표면거칠기를 얻었다.

Fig.3 Ultra precision machining of IR lens

적외선 비구면 렌즈 표면 형상정밀도를 측정은 UA3P(일본 panasonic 사)를 활용하여 측정한 결과 Fig. 4와 같이 P-V 0.1376 ㎛로 설계조건을 만족하였다.

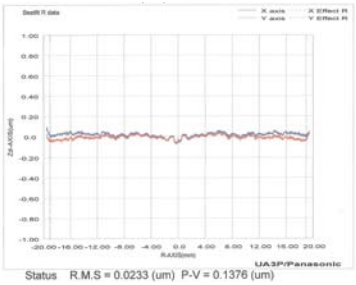

Fig. 4 Measurement of Ge aspheric lens

4. 하우징 및 성능 평가

3배 줌 내장형 열 영상 카메라의 하우징을 위하여 3D 모델링 설계를 수행하였다. Fig. 5는 하우징의 3D 설계 및 조립이 완료된 카메라이다. Fig. 6은 3배 줌 내장형 열 영상 카메라를 이용하여 실체 관측을 한 영상이다.

Fig. 5 3x zoom Thermal Imaging System

Fig. 6 IR image of the 3x zoom Thermal Imaging System

5. 결론

본 연구에서는 3배 줌 내장형 열 영상 카메라의 광학계를 설계하고 적외선 광학 소자를 초정밀 가공하였으며 하우징을 3D 모델링하여 제작하였다. 광학계는 7 - 21 °의 시야각을 갖는 3배율 광학계이다. 적외선 소자인 Ge의 비구면 렌즈를 가공하여 P-V 0.1376 ㎛의 결과를 얻었다. 마지막으로 완성된 3배 줌 내장형 열 영상 카메라를 이용하여 적외선 이미지를 촬영하였다.

참고문헌

1. S. C. Yang and J. H. Won, "Development of the Precision Thermal Imaging Optical System", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.27, No.12, pp.15-21, 2010
2. Kim, Geon-Hee, Hong, Kwon-Hee, Kim, Sang-Suk, Won, Jong-Ho, "Nano-turning Technology Using Ultraprecision Machining System", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol.19, No.1, January pp.18-24, 2002.
3. Geon-Hee Kim, Sun Choel Yang, Hyo Sik Kim, In Je Kim, Min Gab Bok Gyeong Il kwon, "The Development of VGA Level Omni-Directional Surveillance Camera", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol.23, No.6, June pp.22-28, 2006.