

비냉각형 원적외선 광학모듈 개발에 관한 연구

Development of Non-cryogenic LWIR Optics

*허명상¹, #양순철¹, 김건희¹, 김상혁¹, 국명호¹, 이상용¹, 이길재¹, 장기수¹, 원종호²

*M. S. Huh(kms@kbsi.re.kr)¹, #S. C. Yang¹, G. H. Kim¹, S. H. Kim¹, M. H. Kook¹, S. Y. Lee¹, G. J. Lee¹,

K. S. Chang¹, J. H. Won²

¹한국기초과학지원연구원, ²충남대학교

Key words : LWIR(Long Wavelength Infra Red), Bolometer, Ultra-Precision Machining

1. 서론

최근 사회 안전망 구축을 위한 감시 시스템 산업에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 일반적인 카메라를 이용한 감시 시스템에는 많은 인력과 비용이 소모되며 주야간 시간대를 통틀어 관리함에 있어 많은 제약이 수반되고 있다. 위와 같은 이유에 의하여 적외선 파장대역을 이용한 열 영상 카메라의 개발 및 보급화가 필요한 실정이지만 현재 국내에서 개발되는 대부분의 적외선 광학계는 방위산업 분야에 치중되어 있으며 기술, 가격, 등의 문제로 인하여 보급화가 어려운 실정이다. 또한, 보급형 적외선 광학계는 미국, 독일, 일본 등의 선진국이 선점하고 있다. 따라서 국내에서도 보급형 적외선 광학계의 개발에 대한 필요성이 대두되고 있다.¹⁾

본 논문에서는 적외선 광학 소자인 Ge를 사용한 30°의 시야를 갖는 적외선 광학계 개발에 대하여 서술하였다. 검출기는 비냉각형 적외선 검출기인 bolometer를 사용하였으며 동작 파장 영역은 8 -12 μm 이다. 본 연구에서 개발한 적외선 광학계는 자동차의 Night Vision, 산불 감시 및 방범용 감시 카메라, 뿐만 아니라 산업현장에서의 비파괴 검사 그리고 의료용으로 사용될 수 있다.²⁾

2. 광학설계

본 연구에서 개발하고자 하는 적외선 카메라는 비냉각형 bolometer를 사용하고 있다. Bolometer의 화소의 크기는 23.5 μm 이며 화소수는 320 × 240이다. Fig. 1은 광학계의 레이아웃이며 3개의 Ge 렌즈를 사용하였다. Fig. 1에서의 마지막 평면 렌즈는 bolometer의 window이며 정확한 설계를 위하여 광학계에 포함해 설계하였다. 3개의 Ge 렌즈 중 1번째

와 3번째 렌즈의 볼록면은 비구면으로 설계하여 렌즈의 배수를 줄이며 광학 성능을 향상시킬 수 있도록 하였다. 광학계의 사양은 Table 1과 같이 8 - 12 μm 의 파장 영역에서 30°의 시야각을 갖으며 F수는 1.1이다. 광학계의 성능은 Fig. 2의 MTF(Modulation Transfer Function)에서와 같이 30 cycle / mm에서 0.5 이상으로 회절한계에 근접한 성능을 확인할 수 있다.

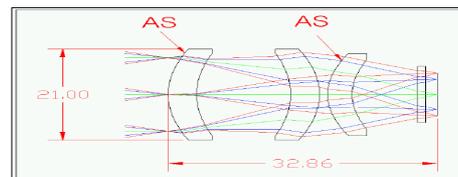


Fig. 1 Optical design of the 30° IR Camera

Table 1 Specification of the 30° IR Camera

Item	Data
Focal Length	18.7 mm
F ratio	1.1
Wavelength	8 - 12 μm
Field of View	30°
Total Length	32.9 mm
Back Focal Length	10.4 mm
Resolution	25 μm
Distortion	0.5 %

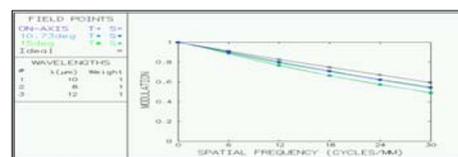


Fig. 2 MTF data of the 30° IR Camera

3. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 초정밀가공기는 Freeform 700A(5 Axis Freeform Generator)를 사용하였다.

Ge 초정밀 최적절삭조건을 찾기 위해 실험계획법을 이용하여 실험테이블을 작성하였고 Table 2에 표기한 각각의 인자들의 변화에 따른 표면 거칠기를 MINITAB의 분산분석기법을 이용하여 초정밀 절삭가공에 미치는 영향을 분석하였다.

Table 2 Experimental conditions

Item	Cutting condition
Work pice	Ge
Cutting speed (m/min)	131, 155, 179
Feed rate (mm/min)	2, 5, 10
Depth of cut (μm)	1, 5, 10
Tool rake angle	-15° -25°
Nose radius (mm)	1.0
Cutting fluid	Mist

4. 비냉각 원적외선광학계의 초정밀가공 및 평가

Fig. 3는 Ge의 표면 거칠기 측정값에 대한 주효과를 비교하기 위하여 분산분석 그래프이다. 표면 거칠기에 영향을 미치는 인자는 이송속도가 가장 큰 영향을 미치고 있는 것을 그래프로 판단할 수 있다.

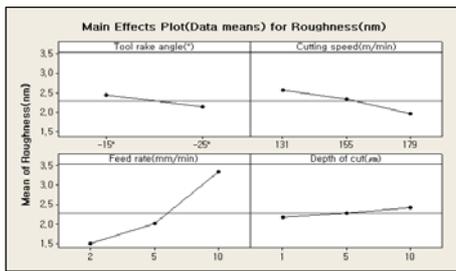


Fig. 3 Main effects plot for surface roughness

실험을 통하여 얻어진 초정밀최적가공조건을 이용하여 직경 21 mm의 Ge 비구면 렌즈를 가공하였다. 최적가공 조건으로 가공한 후 NT2000을 이용하여 Ge 비구면 렌즈 표면거칠기 측정된 결과 1.35 nm를 얻었으며 초고정도 3차원 측정기 UA3P로 표면 형상 정밀도를 측정된 결과 P-V 0.3052 μm 얻었다.

Fig. 4에서는 광학에 성능평가를 위하여 MTF 측정된 결과 30cycle/mm에서 0.6 이상이고, 측정된

MTF값은 공간 분해능 30 cycle/mm에서 0.46를 얻었으며, 이는 설계조건에 충분히 만족되는 것을 확인하였다.

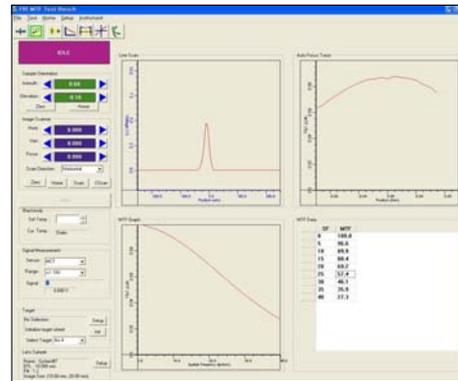


Fig. 4 The equipment for measuring MTF

5. 결론

비냉각 원적외선 광학 모듈의 설계와 비냉각 원적외선 광학렌즈에 사용되는 Ge초자를 초정밀 가공기를 이용한 최적절삭조건을 이용하여 비구면 렌즈를 가공하였으며, 광학계 조립 후 성능평가를 위해 MTF를 측정하였다. 적외선 검출기에 개발된 광학계 모듈을 조립하여 Fig. 5와 같이 실제 영상을 촬영하였다.



Fig. 5 30 degree optical module and IR image

참고문헌

1. S. B. Ippolito et al., "High spatial resolution subsurface thermal emission microscopy", Appl. Phys. Letter, Vol. 84, pp.4529-4531, 2004
2. S. C. Yang and J. H. Won, "Development of the precision thermal imaging optical system", KSPE, Vol.27. No. 12. pp.15-21, 2010.