

열상 카메라용 적외선 광학 소자 초정밀 가공 기술

Ultra Precision Machining Technology of IR Elements for IR Camera

*국명호¹, 양순철¹, 김명상¹, 임성수², 곽용석², #김건희¹

*M. H. Kook¹, S. C. Yang¹, M. S. Kim¹, S. S. Lim², Y. S. Kwak², #G. H. Kim(kgh@kbsi.re.kr)¹

¹ 한국기초과학지원연구원 연구장비개발부, ²(주)오카스

Key words : Infrared, Camera, Ultra precision machining,

1. 서론

최근 U-City와 관련하여 신도시 개발 지역의 사회 안전망 구축을 위한 감시 시스템 산업이 점차 확대되고 있으며, 계절적 요인에 의해 신도시 개발 지역 인근에서 발생하는 산불 감시에 대한 필요성도 급증하고 있는 추세이다. 이에 따라 신도시 개발 지역의 방법 및 화재 등을 감시하기 위해 정기적인 방법 순찰이 필요하지만 시간 및 소요 경비가 많이 들고 광범위한 지역의 감시에 많은 제약이 수반되고 있다.

위와 같은 필요성에 의하여 국내에서도 열상 카메라개발이 대두되고 있다. 본 논문에서는 적외선 광학 소자인 Ge (Germanium)의 연성 절삭에 대한 최적의 초정밀 가공 조건을 찾아내고, Ge의 가공에 적용하고자 한다. 여기서 연성 절삭이란 미세 균열을 피할 수 있고 마치 연성재료들의 가공처럼 소성변형에 의해 물질을 제거할 수 있는 최적조건 하에서의 취성 물질의 가공을 말한다. 취성 재료의 초정밀 광학 요소들을 제조하는데 다이아몬드 선삭 기술을 적용함으로써 수입의존도가 매우 큰 적외선 영역에 사용되는 렌즈의 국산화 및 수입 대체 효과가 가능하다¹⁻⁴⁾.

본 논문에서는 열상 카메라 개발을 위하여 적외선 광학소자 Ge의 초정밀 최적가공 특성을 파악 후 비구면 광학계에 적용하였다. 또한 카메라의 적외선 센서 제어 및 영상 신호 처리 모듈을 개발하였다. 2장에서는 적외선 광학계의 초정밀 가공에 관하여 기술하고 3장에서는 적외선 카메라의 시스템에 대하여 기술하였다.

2. 적외선 광학계의 초정밀 가공

본 연구에서 개발하고자 하는 열상카메라는 320 x 240 해상도를 가지고 있으며, Fig. 1은 열상 카메라의 광학 레이아웃을 나타내는 그림이다. 모두 3개의 렌즈가 사용되었으며, 소재는 적외선 광학 소자로 Ge(Germanium)이다. IR광학계 Field angle 7°로 설계 되었다. Ge는 2 μm ~ 12 μm에서의 적외선 시스템에서 렌즈와 윈도우로서 가장 넓게 사용되며 투과율은 온도에 따라 매우 민감하다.

본 실험에서 절삭깊이 0.5, 이송속도 2 mm/min로 하여 각각의 노우즈 반경 0.4 mm와 0.8 mm 에 대한 절삭속도에 따른 표면 거칠기를 측정하였다. 노우즈 반경 R0.8 mm인 공구를 사용하여 절삭속도를 단계적으로 140~240 m/min 까지의 변화에 대한

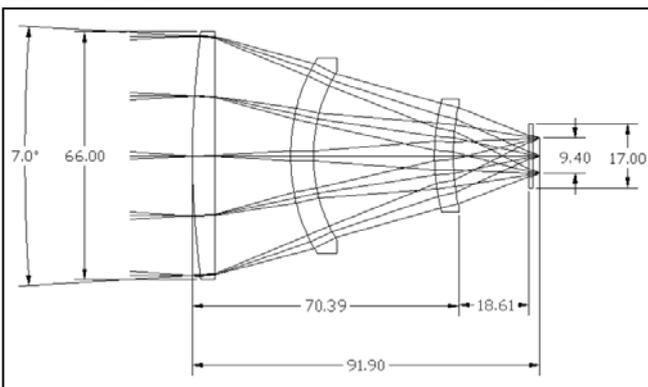


Fig. 1 Field angle 7° IR Camera Layout



Fig. 2 The picture of ultra precision machining of Germanium

결과를 측정하였으며, 노우즈 반경 R0.4mm를 이용하여 140~260 m/min까지의 절삭속도 변화에 대한 결과를 측정하였다. 그 결과 노우즈 반경 R0.8 mm다이아몬드 바이트를 사용한 실험에서는 대체적으로 절삭속도가 140 m/min에서부터 표면 거칠기가 양호해지며 180 m/min 이후에는 표면 거칠기가 악화 되는 것을 알 수 있다. 하지만 노우즈 반경 R0.4 mm 다이아몬드 바이트를 사용한 실험에서는 240 m/min에서 가장 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었다. 일반적인 미소 절삭에서 노우즈 반경이 커짐에 따라 이론적인 표면 거칠기가 양호하게 나타나는 것처럼 본 실험결과에서도 노우즈 반경이 큰 R0.8 mm R0.4 mm다 양호한 표면 거칠기를 나타냈다. 윗면 경사각(rake angle)에 대한 표면 거칠기의 변화는 두 공구에서 유사한 경향을 나타냈으며 경사각이 적을수록 보다 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었다. 이는 경사각이 커질수록 공작물과 접촉되는 절삭면적이 커지므로 표면 거칠기가 좋지 않는 것으로 판단된다.

실험 결과로 게르마늄의 미소 절삭에서 절삭속도는 180 m/min 이상으로 공작물을 가공하는 것이 제품의 정밀도 향상에 도움을 주며, 노우즈 반경 R0.8 mm, 절삭속도 180 m/min, 이송속도 2 mm/min, 절삭깊이 0.5 μm, 경사각 -5° 일 때 표면거칠기 가장 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 절삭공구의 선정에 있어서 가공물의 형상에 따라 적용 하는 공구의 형상과 노우즈 반경은 차이가 있으나, 본 실험결과에서는 노우즈 반경이 큰 공구에서 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었다.

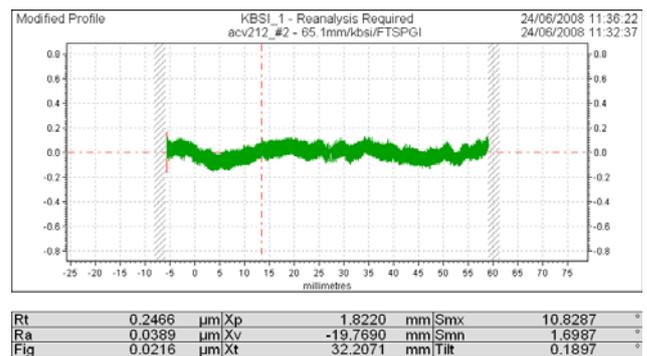


Fig. 3 Ø 66 Measurement of Ge Aspheric lens (Form Talysurf Series2)

3. 열상 카메라 시스템 개발

열상 카메라 개발의 광학계에 사용된 재질은 게르마늄(Ge)이다. 한국기초과학지원연구원의 5축제어 초정밀 가공기를 활용하여 광학계를 제작한 이후에는 센서부의 구동 및 신호 검출을 위한 전자부의 개발이 필요하다. 이와 관련된 부분은 (주)오카스에서 수행되었다. 본 연구에 사용된 적외선 센서는 비냉각형 적외선 센서로서 적외선에 의해 재료의 온도가 상승하여 저항이 급격히 변하는 효과를 이용한 볼로미터 타입이다. 열형 감지소자는 일반적으로 별도의 냉각장치 없이 상온에서 동작이 가능(비냉각형)한 반면 응답감도가 낮고, 응답속도가 느린 단점이 있다. 어레이 사이즈가 320 X 240 이며, 개발된 카메라에 의해 검출되는 파장대역은 원적외선 대역으로 8~12 μm 이다.

센서 구동 회로의 노이즈 최소화를 위해 LDO "MIC5205"로 설계하였다. 그리고 Max1978 Controller IC를 이용한 Peltier 구동 제어를 통해 검출기 내부의 온도를 일정하게 유지하여 시스템의 안정성을 확보하였다. 설계된 MCU는 열영상 카메라가 수행하는 모든 기능을 통제하고 분석하며 각 부분들에 대한 제어기능을 담당한다. 그리고 Altera Cyclone II "EP2C20F848"칩을 적용하여 이미지 저장 및 처리를 하였으며 FPGA의 구동 clock은 27MHz이다. 개발된 보드를 이용하여 출력되는 이미지는 초당 30 프레임이다.

Fig. 4는 적외선 센서와 이를 구동 및 검출신호를 처리하는 보드를 보여주고 있다.

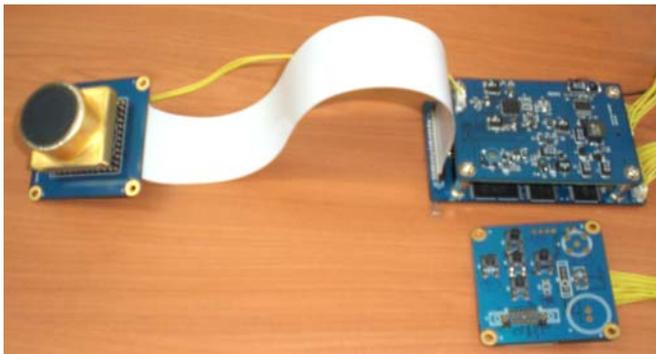


Fig. 4 The picture of IR sensor and ISP module camera

적외선 센서로부터 검출된 신호를 이미지로 처리하는 소프트웨어를 개발하였으며, 적용된 ISP(Image Signal Process)는 Histogram Equalizer, Gamma Correction, Noise Filtering 등의 기능이 있다.

Fig. 5는 개발된 열영상 카메라를 보여주고 있다. IR 광학계의 구조를 견고하게 하기 위하여 외부에 하우징을 제작하였다. 그리고 Fig. 6은 개발된 카메라에 의해서 야간에 촬영된 적외선 영상이다.



Fig. 5 The picture of developed IR Camera



Fig. 6 The captured image by IR camera

4. 결론

본 연구에서는 열상 카메라용 적외선 광학 소자를 초정밀 가공하였으며, 적외선 센서의 구동 및 감지 신호를 검출하기 위한 보드가 개발 되었다. 우선 광학 모듈은 FOV 7°로 설계되었으며 검출 파장대역은 원적외선 구간으로 8~12 μm 이다.

사용된 광학 소재는 Ge로 비구면 형상정밀도가 P.V. 0.2466 μm 이며 표면 거칠기는 Ra 0.49 nm, RMS(Rq) 0.75 nm이다. 최적 가공을 위하여 사용된 조건은 절삭속도 180 m/min, 이송 속도는 2mm/min, 절삭 깊이는 0.5 μm 이다. 그리고 공구는 노우즈 반경이 R 0.8mm이고 경사각이 -5°인 천연 다이아몬드 바이트를 사용하였다.

향후에는 본 개발 결과를 활용하여 줌기능이 탑재된 열상 카메라를 개발하는 것이다.

참고문헌

1. Ko, J. B., Kim, G.H., Won, J. H., "A Study on the cutting characteristics of non-ferrus metals using diamond turning machine", Trans. of KSMTE., Vol.10, No.5, pp.124-129, 2001.
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.
4. 김건희, 양순철, 김효식, 이인제, 국명호, 이대희, "천문우주용 적외선 광학계의 초정밀가공기술", 24, No2, 25~32, 2007.