

몰드성형 광학렌즈를 이용한 의료기기용 열화상카메라 체열진단의 적용도 평가

유성미^{1,a}, 김혜정²

¹ 광주보건대학교 간호학과

² 한국광기술원 초정밀광학연구센터

Evaluation of Thermography Camera Using Molded Optical Lens for Medical Applications

Seong Mi Ryu^{1,a} and Hye-Jeong Kim²

¹ Department of Nursing Science, Gwangju Health University, Gwangju 506-701, Korea

² Ultra-Precision Optics Research Center, Korea Photonics Technology Institute, Gwangju 500-779, Korea

(Received July 8, 2013; Revised July 12, 2013; Accepted July 12, 2013)

Abstract: With the recent development of less-costly uncooled detector technology, expensive optics are among the remaining significant cost drivers in the thermography camera. As a potential solution to this problem, the fabrication of IR lenses using chalcogenide glass has been studied in recent years. We report on the molding and evaluation of a ultra-precision chalcogenide-glass lens for the thermography camera for body-temperature monitoring. In addition, we fabricated prototype thermography camera using the chalcogenide-glass lens and obtained the thermal image from the camera. In this work, it was found out that thermography camera discerned body-temperature between 20 and 50°C through the analysis of thermal image. It is confirmed that thermography camera using the chalcogenide-glass lens is applicable to the body-temperature monitoring system.

Keywords: Thermography camera, Infrared optics, Glass molding press, Aspheric optics

1. 서 론

최근의 현대 의학에서 주로 사용되는 있는 체열진단을 위한 의료기기로서 인체의 온도에 따라 방사되는 원적외선 영역 (8~12 μm)의 빛을 촬영하여 영상화하는 열화상카메라가 사용되고 있다. 이러한 열화

상카메라를 사용한 정밀한 체열진단을 위해서는 고해상도의 영상을 구현할 수 있는 고정밀 적외선 광학렌즈가 요구된다. 일반적으로 사용 중인 체열진단시스템의 경우 핵심부품인 적외선센서 및 광학렌즈가 매우 고가인 관계로 진단시스템의 보급이 범용화되어 있지 못한 실정이다. 그러나 최근 비교적 저가의 비냉각식 적외선 센서 및 초정밀광학렌즈의 양산기술이 개발됨에 따라 그 수요가 급증하고 있는 추세이다. 이에 본 연구는 체열진단용 열화상시스템의 원가절감을 위하여 기존 적가공 방식의 렌즈 대신 양산성이 우수한 몰드성형 광학렌즈의 적용 가능성을 확인하기

a. Corresponding author; kimhj@kopti.re.kr

Copyright ©2013 KIEEME. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

위해 시도되었다 [1-5].

연구 결과로 칼코지나이드 유리렌즈를 사용하여 열화상카메라 시제품을 제작함으로써 인체의 체열을 측정하였다. 측정된 열화상 영상 분석을 통해 일반적인 의료기기 체열진단 카메라의 측정범위인 20~50℃ 사이에서 정밀한 검사가 이루어짐을 확인하였고 이를 통해 칼코지나이드 유리렌즈가 의료기기 체열진단용 열화상카메라에 적용 가능함을 증명할 수 있었다.

2. 실험 방법

2.1 체열진단용 열화상카메라 광학계 설계

그림 1에 나타난 바와 같이 양면비구면 칼코지나이드 유리렌즈 2매로 체열진단용 열화상카메라 광학계를 광학설계 및 분석 소프트웨어인 CODE V[®]를 사용하여 설계하였다. 설계된 광학계는 비냉각형 적외선센서 (320×240 microbolometer array, 25 μm pixel) 기준 으로 설계되었으며, 세부 성능스펙은 표 1에 나타났다. 각 비구면 형상은 식 (1)에 나타난 바와 같이 원추형과 다항식항의 합인 비구면 식으로 표현된다.

$$z = \frac{C \cdot x^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot x^2}} + \sum_{i=1}^n A_i \cdot x^i \quad (1)$$

여기서 C 는 비구면 렌즈의 곡률반경의 역수이고, K 값과 A_i 는 각각 Conic 상수와 비구면 계수 값을 나타낸다.

2.2 성형용 몰드제작 및 렌즈성형

칼코지나이드 유리렌즈 성형용 금형소재로서 코발트 (Co) 함량 0.8 wt.%의 초경합금 (WC: N18, Namsun Co.,

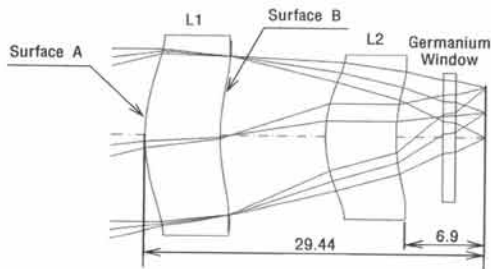


Fig. 1. Layout of optical system.

Table 1. Optical performance.

Term	Specification
Fno.	1.0
FOV (Diagonal)	32.4 degree
Optical Distortion (@1F)	-2%
MTF (@ Center, 30lp/mm)	50.5%

Table 2. Thermal and mechanical properties of chalcogenide glass(KG1).

Thermal properties	
Thermal conductivity (W/m·K)	0.248
Thermal expansion coefficient (10 ⁻⁶ /K)	16
Transition temperature (T _g)(°C)	320
Mechanical properties	
Young's modulus (GPa)	19.1
Knoop hardness (GPa)	1.1

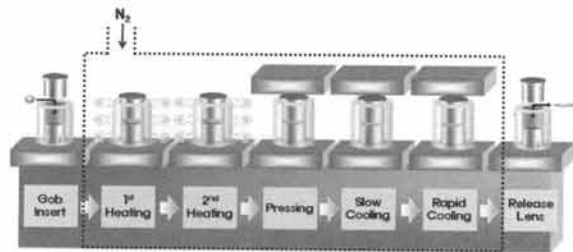


Fig. 2. Schematic of the molding part in GMP-54-5S.

Korea)을 사용하였다. 금형코어는 초경합금을 초정밀 연삭 및 폴리싱 가공 후 이형성 향상과 금형 장수명화를 위한 100 nm 두께의 DLC (Diamond-Like-Carbon) 코팅을 적용하여 제작하였다. 적외선렌즈 성형용 광학소재는 칼코지나이드 유리 (GeSbSe; KG1, Opto Create Co., Japan) 로써 물성을 표 2에 나타냈다 [6]. 칼코지나이드 유리렌즈의 성형을 위해 그림 2에 나타난 금형이송형 유리렌즈 성형기 (GMP-54-5S, Toshiba Co., Japan)를 사용하였으며, 표 3의 성형 조건을 적용하여 총 10장의 렌즈를 성형하였다.

Table 3. Molding conditions and process parameters used in this study.

	Heating		Pressing	Slow cooling	
	1st	2nd			
Temp. (°C)	Upper plate	—	—	330	150
	Lower plate	300	330	330	150
Pressing force (N)	—	—	500	200	
Unit-process time (s)	1,000				

본 성형장비는 적외선 (IR) 램프 가열방식이며, 총 5개의 스테이션 (가열 스테이션 2개, 가압 스테이션 1개, 냉각 스테이션 2개)으로 구성되어 있다. 성형렌즈의 특성평가를 위해 형상오차, 표면조도를 3차원 자유곡면형상측정기 (UA3P, Panasonic Co., Japan)로 측정하고, 이를 이용한 카메라 시제품을 제작하여 열화상테스트를 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 몰드성형렌즈 외관 및 표면결함

표 3의 성형조건은 칼코지나이드 유리의 성형성에 미치는 온도의 영향에 대해 보고한 사전연구를 기준으로 결정되었다 [7].

그림 3은 성형된 렌즈1 (L1)의 표면을 나타낸다. 렌즈의 깨짐이나 유리의 융착현상은 발견되지 않았고, 미세한 표면 결함이 발견되었으나, 원적외선 (8~12 μm) 영역을 사용하는 렌즈 특성상 광학계의 성능에는 영향이 없을 것으로 판단하였다.

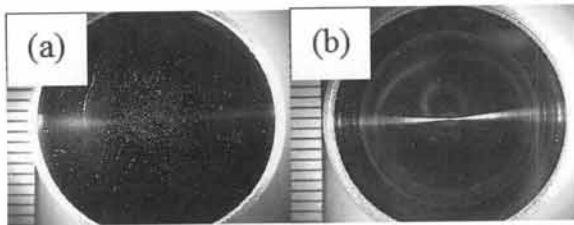


Fig. 3. Surface images of the molded chalcogenide-glass lens. (a) surface A, (b) surface B.

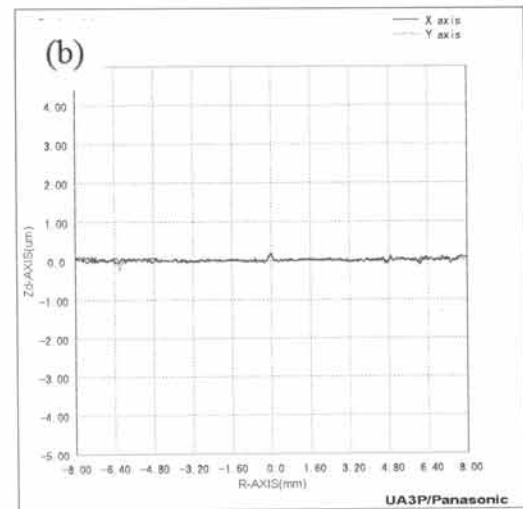
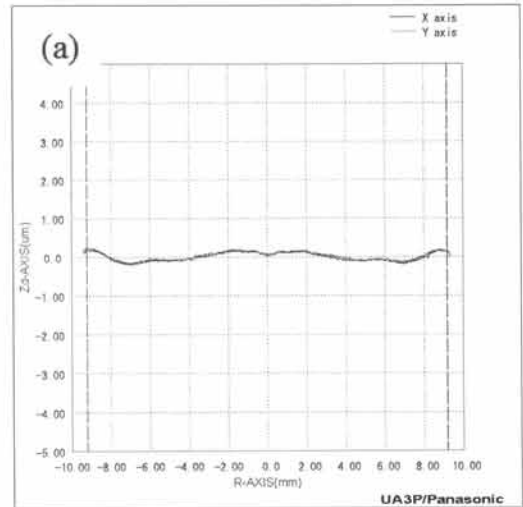


Fig. 4. Form error of the molded chalcogenide glass lens. (a) surface A, (b) surface B.

3.2 몰드성형렌즈 특성평가

성형된 렌즈1 (L1)의 형상오차 (PV)는 렌즈 제작공차 (1 μm 이하)를 크게 벗어나는 약 12 μm 을 나타냈다. 이러한 성형렌즈의 형상을 개선하기 위해 렌즈의 변형량을 금형코어 형상에 반영하여 보정해주었다. 이를 통해 제작된 렌즈의 형상오차 (PV)는 그림 4에 나타낸 바와 같이 A면, B면 각각 0.42 μm 과 0.43 μm 을 나타냈다. 이러한 수치는 원적외선 (8~12 μm) 영역의 파장을 사용하는 열화상카메라용 광학계에 적용 가능한 우수한 형상정밀도이다.

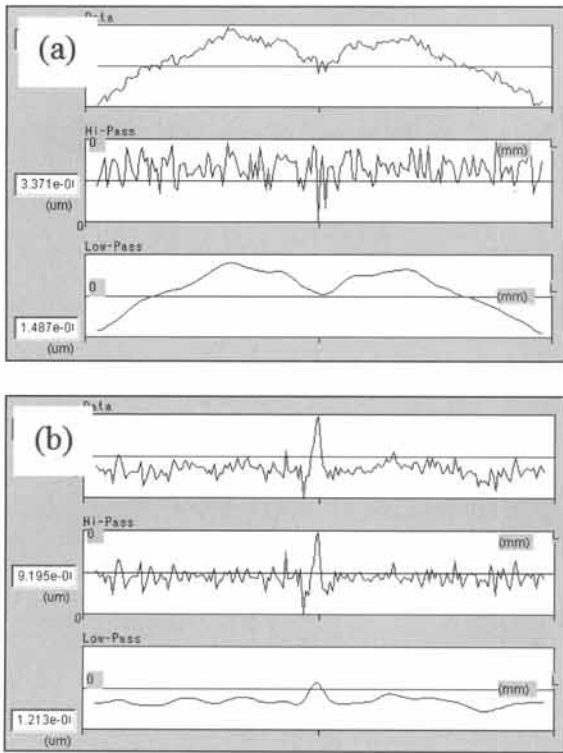


Fig. 5. Surface roughness of the molded chalcogenide-glass lens. (a) surface A and (b) surface B.

Table 4. Lens design parameters, molding tolerance, and the measured values.

Term	Form error (PV)	Roughness (Ra)
Fabrication tolerance	< 1.0 μm	< 20 nm
L1	Surface A	0.42
	Surface B	0.43
L2	Surface A	0.51
	Surface B	0.44

표면거칠기는 그림 5에 나타난 바와 같이 측정된 형상오차에서 Cutoff 파장(λ_c) 0.8 mm의 고역필터 (high pass filter)를 적용하여 얻었으며, A면, B면 각각 8.4 nm와 9.5 nm을 나타냈다. 렌즈2 (L2)도 앞서 기술한 렌즈1 (L1)과 동일한 공정으로 제작되었으며, 유사한 특성을 나타냈다.

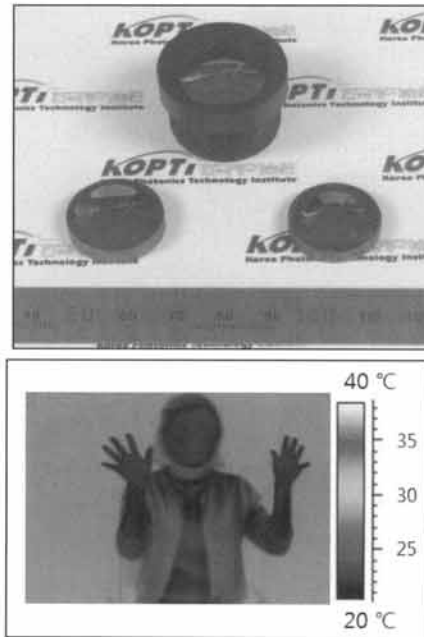


Fig. 6. Picture of molded chalcogenide-glass lens assembly and test image from prototype camera fabricated in this study.

표 4에 설계렌즈의 중요 제작공차와 성형렌즈 측정치를 나타냈다. 성형된 칼코지나이드 유리렌즈를 채용한 열화상카메라 시제품을 제작하여 인체의 체열을 측정된 결과 일반적인 체열진단 카메라의 측정 범위인 20~50°C 사이에서 정밀한 측정이 이루어짐을 확인 하였다.

표 6에 본 연구를 통해 제작된 열화상카메라용 렌즈사진과 열화상테스트 결과를 나타냈다.

4. 결론

의료기기용 열화상카메라를 위한 비구면 칼코지나이드 유리렌즈를 몰드성형을 통해 제작하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) DLC코팅된 초경합금 금형코어를 사용하여 칼코지나이드 광학렌즈를 몰드 성형하였으며, 렌즈 깨짐이나 소재응착 등의 불량현상은 발견되지 않았다.

(2) 형상보정을 통해 열화상카메라에 채용이 가능

한 고정밀도 (형상오차(PV) 약 0.5 μm , 표면조도 (Ra) 약 10 nm) 칼코지나이드 몰드성형렌즈를 제작하였다.

(3) 제작된 칼코지나이드 유리렌즈를 채용하여 열화상카메라 시제품을 제작하고, 인체의 체열을 측정하였다.

(4) 측정된 열화상 이미지 분석을 통해 일반적인 의료기기 체열진단 카메라의 측정 범위인 20~50°C 사이에서 정밀한 측정이 이루어짐을 확인하였고, 이를 통해 칼코지나이드 몰드성형렌즈가 의료기기 체열진단용 열화상카메라에 적용 가능성을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] D. H. Cha, H. J. Kim, H. S. Park, Y. Hwang, J. H. Kim, J. H. Hong, and K. S. Lee, *Appl. Opt.*, **49**, 1607 (2010).
- [2] X. H. Zhang, Y. Guimond, and Y. Bellec, *J. Non-Cryst. Solids* **326&327**, 519 (2003).
- [3] G. Curatu, SPIE 7060 (2008) p. 706008-1-7.
- [4] G. Curatu, B. Binkley, D. Tinch, and C. Curatu, SPIE 6206 (2006) p. 62062M.
- [5] B. Bureau, X. H. Zhang, F. Smektala, J.-L. Adam, J. Troles, H. Ma, C. Boussard-Pledel, J. Lucas, P. Lucas, D. L. Coq, M. R. Riley, and J. H. Simmons, *J. Non-Cryst. Solids*, **345&346**, 276 (2004).
- [6] Opto Create Co., http://www.optocreate.com/KG-1_eng1.pdf
- [7] D. H. Cha, H. J. Kim, J. K. Lee, H. U. Kim, S. S. Kim, and J. H. Kim, *Mater. Manuf. Process.*, **23**, 683 (2008).