

나르시스현상 감소를 위한 적외선용 굴절식 시준기 설계

박상우* · 김종진* · 원제학** · 윤석재***

LIG넥스원*, 코시스텍**, 국방과학연구소***

Design of Infrared Refractive Collimator for Reduce Narcissi Effect

Sangwoo Park · Jongjin Kim · Jeahak Won

LIGNEX1, COSYTEK

E-mail : parksangwoo@lignex1.com

요 약

원거리의 적외선 영상을 좁은 실험실에서 모의해야할 때 근거리의 적외선 영상이 원거리에 있는 것과 같은 효과를 내기 위하여 적외선용 굴절식 시준기를 사용한다. 이 경우에 적외선이 시준기 렌즈 면에서의 반사, 불규칙적인 굴절 등의 문제로 인해 적외선영상의 중심부 또는 외각부가 흐려지거나 겹쳐 보이는 나르시스현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 적외선 시준기 렌즈의 굴절률 및 배치 최적화와 렌즈표면의 코팅처리를 통하여 나르시스현상을 최소화할 수 있는 방안에 대하여 논하고자 한다.

ABSTRACT

When simulate long distance infrared image in the laboratory the Infrared Refractive Collimator is used. In this case, infrared light reflected from the surface of the lens and target. The reflected infrared light causes Narcissus. Narcissus degrades the quality of the infrared image. To minimize Narcissus optimize the reflective index and placement of the lenses, lenses and target surface coated.

키워드

나르시스현상, 굴절식 시준기, 적외선영상 탐색기

I. 서 론

유도탄에 사용되는 적외선영상 탐색기는 수 km밖의 표적에 대한 적외선영상 정보를 획득하여 표적의 정확한 위치를 판단할 수 있도록 한다. 이러한 기능이 정상적으로 동작하는지를 확인하기 위하여 비행시험(flight test)을 하기 전에 지상종합시험(ground functional test)에서 적외선표적의 탐색, 포착, 추적 시험을 하게 된다.[1][2] 이때 원거리에 있는 표적을 시험실에서 모의하기 위해 표적과 적외선용 굴절식 시준기를 사용하게 된다.[3][4] 이 경우 표적의 표면과 시준기를 구성하는 여러 렌즈의 표면에서 반사되는 적외선, 렌즈의 굴절률, 렌즈의 배치 등 다양한 변수에 의해

나르시스현상(Narcissi)이 발생하여 모의된 적외선 표적의 특정부위가 어두워지거나 흐려지는 현상이 발생한다.

본 논문에서는 표적과 적외선시준기의 렌즈설계 및 배치, 적외선 비반사 코팅 처리를 통한 나르시스현상 최소화 설계에 대해 기술한다. 2장에서 나르시스현상이 발생하는 원인에 대해 분석한다. 3장에서는 이 현상을 제거하기 위한 설계와 시험에 의한 측정 결과를 보여준다. 마지막으로 4장에서는 결론에 대해 기술한다.

II. 발생원인 및 분석

굴절식 시준기 설계 시 나르시스현상은 물리적

특성 때문에 필연적으로 발생한다. 나르시스현상은 그림 1과 같이 적외선 영상의 중심부 또는 외각부가 흐려지거나 검게 나타난다. 이 때 적외선 열상카메라로 적외선 영상의 온도를 측정하면, 가운데 부분이 가장자리 부분과 비교할 때 많은 온도차이가 발생한다.

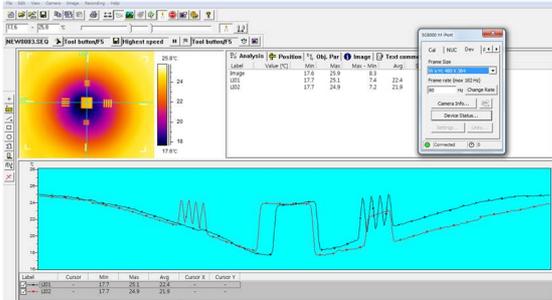


그림 1. 적외선 표적의 나르시스현상

이 현상이 발생하는 원인은 여러 가지가 있는데, 그림 2와 같이 적외선 표적을 관측하는 적외선영상 탐색기 또는 열상카메라의 극저온 검출기(detector)에서 방사되는 저온의 열에너지가 굴절식 시준기의 광학 렌즈면과 표적면에서 반사되어 되돌아와서 발생된다.[5][6]

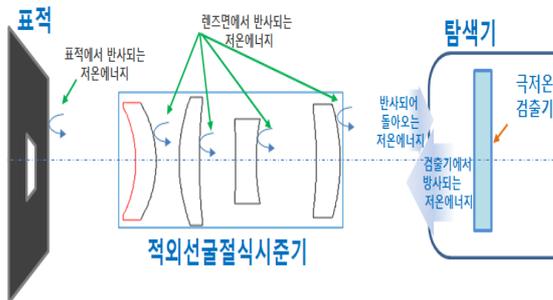


그림 2. 극저온 열에너지의 반사

따라서 나르시스현상을 감소시키기 위해서는 적외선 굴절식시준기의 렌즈면에서의 반사 및 표적면에서의 적외선 열에너지 반사를 최소화하는 설계를 하여야 한다.

III. 설계 및 실험 결과

1. 렌즈면에서 반사되는 열에너지 분산

극저온 검출기의 저온에너지가 렌즈면에서 반사되는 것을 완전히 제거하는 것은 거의 불가능하다. 하지만 반사되는 저온에너지가 특정 부분에 집중되지 않고 적외선영상 탐색기 또는 적외선 열상카메라의 전체 화면에 골고루 분산되도록 설계한다.

적외선용 굴절식 시준기는 그림 3과 같이 일반적으로 경통 속에 4개의 렌즈로 구성되고 각 렌즈마다 2개의 면을 가진다. 렌즈의 곡률과 배치를 조정하여 8개의 면에 대한 저온의 열에너지가 특정 부분에 집중되지 않도록 반사 패턴을 분석함으로써 제거할 수 있다.

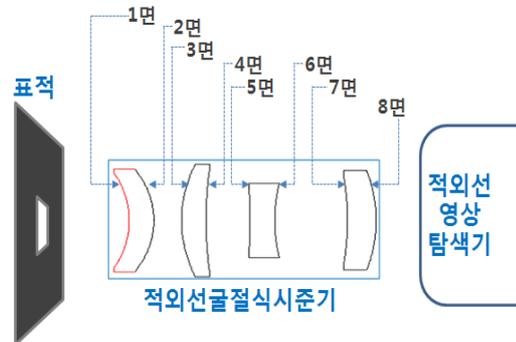


그림 3. 굴절식시준기의 렌즈면 구성

반사 패턴 분석은 광학분석용 소프트웨어(Light Tool)를 사용하여 그림 4와 같이 8개의 각 렌즈면에서 반사되는 열에너지 분석하였고 2면, 4면, 5면과 7면에서 집중되는 것을 확인하였다.

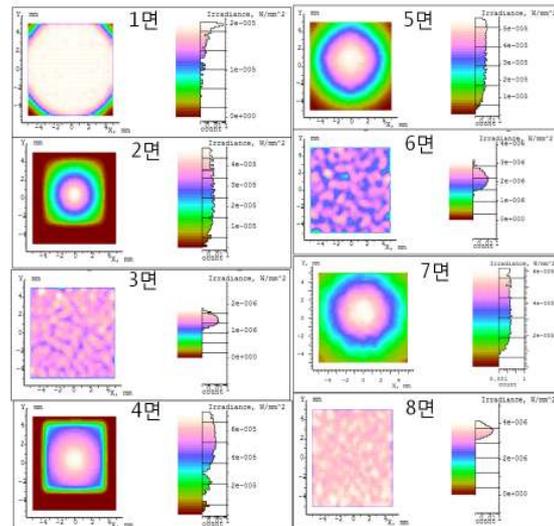


그림 4. 렌즈면에 대한 반사 열에너지 분석

집중된 열에너지를 최소화하기 위해서는 렌즈 표면의 곡률 파라미터를 조정하여 그림 5와 같은 결과를 확인하였다. 최초 설계와 비교해 볼 때 4면, 5면, 7면에 반사된 열에너지 집중 현상이 현저히 감소됨을 알 수 있다. 하지만 2면에서는 여전히 에너지가 집중되어 있지만 시뮬레이션 결과는 50% 이상 감소됨을 확인할 수 있고, 이러한 결과를 통하여 적외선영상 탐색기의 극저온 검출기에서 방사되는 저온의 열에너지가 렌즈면에서

반사되어 특정 부분으로 집중되는 것을 방지하여 나르시스현상을 완화 시킬 수 있다.

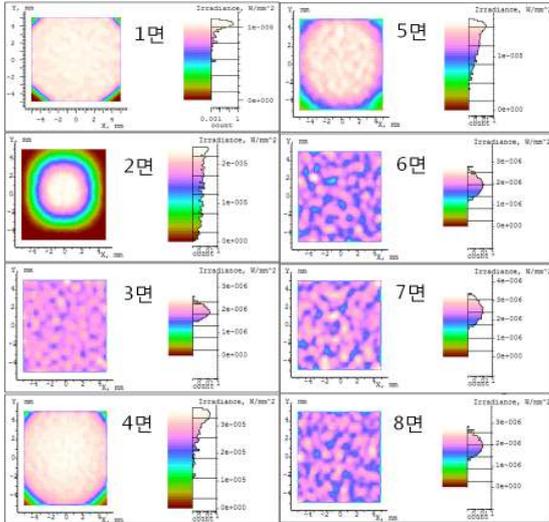


그림 5. 렌즈 표면의 곡률 파라메타 조정 후 반사 열에너지 분석

이때 하나의 렌즈에 대한 곡률 수정은 다른 렌즈의 곡률 및 렌즈배치에 대한 설계 수정이 따르므로 많은 시행착오를 거쳐 최적의 설계 파라메타를 얻을 수 있다.

2. 렌즈표면에서 반사되는 열에너지 최소화

렌즈면에서 반사되는 적외선 열에너지는 줄이기 위해서는 적외선렌즈의 표면에 특수한 코팅을 하여 반사되는 에너지를 줄이는 방법을 사용한다. 렌즈면에서의 반사도를 낮추는 방법은 일반적으로 AR코팅(anti-reflective coating)을 적용하며 이는 코팅 장비를 사용하여 적외선 파장대에 따른 코팅의 종류 및 두께를 정밀하게 조정하는 공정 기술이 요구된다.

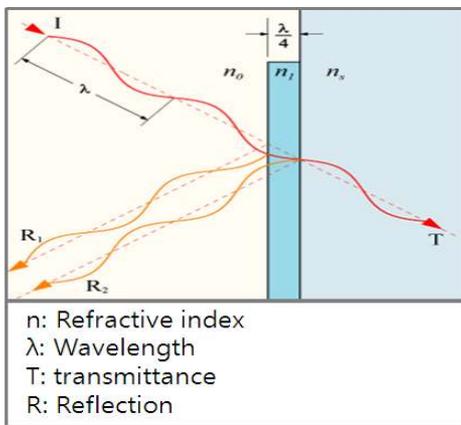


그림 6. 렌즈면에서의 적외선 반사

적외선용 굴절식 시준기의 렌즈는 굴절률, 가공도, 적외선 사용영역 등의 특성에 따라 실리콘(Si)렌즈, 게르마늄(Ge)렌즈가 사용된다. 각 렌즈는 재질 및 굴절률이 상이하므로 특성에 맞추어 AR코팅의 두께 및 방법을 설계하여 적용한다. AR코팅 후 투과율이 떨어지면 에너지가 감소하여 적외선영상 성능에 영향을 미친다. 일반적으로 적외선 렌즈의 투과율은 95%이상일 때 안정적인 동작을 보장할 수 있다.

본 논문에서는 실리콘과 게르마늄으로 혼합 사용된 각 렌즈를 AR코팅하여 사용영역에서의 투과율을 그림 6, 그림 7과 같이 97% 이상을 확보 하였다.

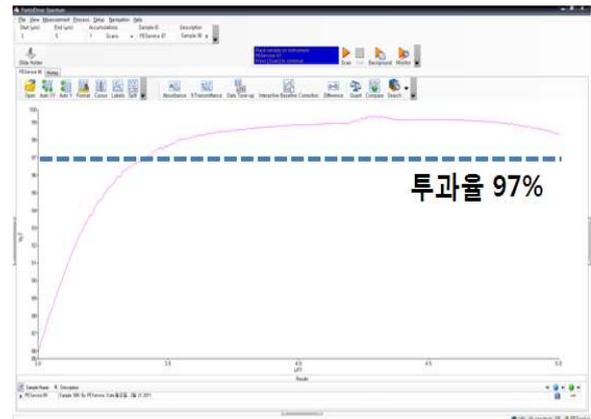


그림 7. 게르마늄 렌즈면의 AR코팅 후 투과율

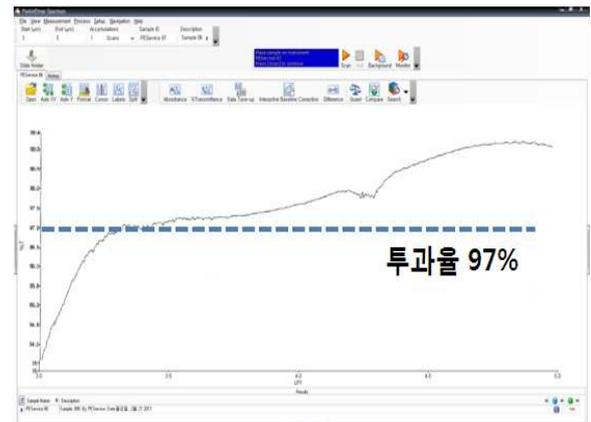


그림 8. 실리콘 렌즈면의 AR코팅 후 투과율

3. 표적면에서 반사되는 열에너지 최소화

적외선영상 탐색기의 검출기에서 발생하는 저온에너지가 표적에서 흡수되지 않고 반사되는 경우도 나르시스현상을 발생시켜 적외선 영상의 품질을 저하시킬 수 있다. 따라서 표적 표면에 적외선 AR코팅을 처리하여 나르시스현상을 감소시켜

적외선 영상의 품질을 향상시키는 효과를 얻을 수 있다.

초점거리가 짧은 굴절식 시준기에서 표적 패턴의 크기는 수십 마이크론(micron) 정도가 되어 금속판에 표적 패턴을 만들기가 쉽지 않다. 따라서 실리콘 재질의 플레이트에 화학적 에칭 또는 레이저 식각 등의 기법을 적용하여 패턴을 제작하고 패턴면에 AR코팅 처리한다.

표적면에서 반사되는 저온의 열에너지가 난반사되도록 설계하여 반사되어 되돌아오는 열에너지가 적외선영상 탐색기에서 측정할 때 최소화되도록 하였다.

저온의 열에너지를 난반사시키기 위해 사용한 설계 방법은 연삭 및 산화크롬을 도금하여 패턴을 에칭한 후 AR코팅을 처리함으로써 표적에서 반사되는 열에너지를 최소화하고 반사되는 열에너지는 난반사를 유도하여 적외선영상 탐색기로 되돌아오는 열에너지 양을 최대한 감소시켰다.

나르시스현상으로 발생된 저온의 적외선 열에너지를 렌즈면과 표적면에서 반사되는 열에너지 분산과 AR코팅을 통해 최소화하여 그림 8과 같이 나르시스현상의 개선효과를 얻을 수 있었다. 이 현상이 발생했던 그림 1의 X축, Y축과 비교해 볼 때 중심부와 주변부의 온도차이가 거의 없음을 확인할 수 있다.

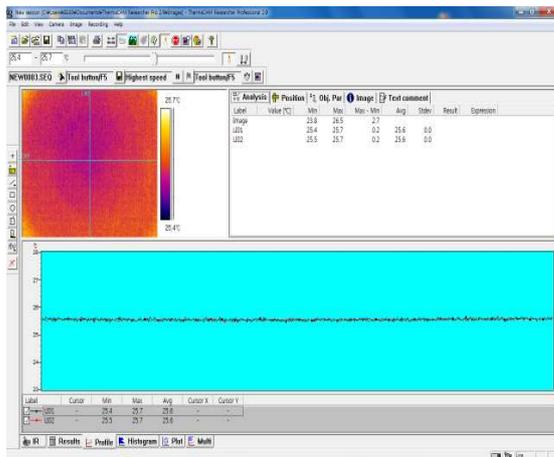


그림 9. 나르시스현상이 개선된 적외선 영상

IV. 결 론

적외선영상 탐색기 또는 적외선 열상카메라의 영상 성능을 확인할 때 시험장비에서 영상균질도와 온도분해능이 높은 양질의 표적을 모의하는 것이 중요하다. 하지만 표적과 굴절식 시준기 설계 시 나르시스현상이 필연적으로 발생하여 표적 주변부의 온도가 균일하지 못하여 실제 의도한 적외선 영상을 정확히 모의할 수 없게 된다.

본 논문에서는 적외선용 굴절식 시준기의 렌즈의 기하학적 형상 설계, 배치, 렌즈표면 코팅처리, 표적 표면의 코팅처리 방법을 통하여 나르시스현상을 감소하여 적외선영상 탐색기에 정확한 표적 영상 모의가 가능하도록 하였다.

참고문헌

- [1] 조원철, 윤석재, 신진우, 김창구, 여용기, “유도무기의 실시간 비행모의 지상종합시험기법 개발”, 제12차 유도무기학술대회, 2003
- [2] 이종호, 임재완, 유인역, “적외선 영상탐색기의 영상성능 분석”, 제14차 유도무기학술대회, 2007
- [3] 김종진, 허용관, 박상우, 이창원, 김태훈 “적외선영상 탐색기를 위한 표적모의 시스템 개발”, 제16회 지상무기 학술대회, 2008
- [4] 김종진, 박상우, 김상용, 박영수, 원제학, 윤석재 “적외선영상 탐색기를 위한 굴절식 시준기 개발”, 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, 2010
- [5] 연만형, “적외선 열화상 카메라를 이용한 열 측정 이론”, 한국원적외선협회보, 2008
- [6] Gerald C. Holst, TESTING and EVALUATION of INFRARED IMAGING SYSTEMS, JDC, 1998