

## 적외선 렌즈의 비구면 및 회절면 효과 분석

## Aspheric and Diffractive Surface Effect

## Analysis of Infrared Lens

김현수\*, 이동한\*, 김현규\*\*

\*충남대학교 물리학과, \*\*국방과학연구소 기술연구본부

kimhs@add.re.kr

## 1. 개요

최근에 국내에서도 광학장비개발에 대한 관심이 급속도로 증가하고 있다. 광학장비개발기술의 핵심은 렌즈설계 능력에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 더구나 현재 발전추세를 보면 소형 경량화 장비의 개발을 위해 다양한 수단과 방법을 동원하고 있는 실정이다. 특히 렌즈설계에 의한 소형 경량화 목표를 달성하기 위하여 비구면 렌즈 및 회절렌즈의 사용이 불가피하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 장파장 적외선 영역에서의 비구면 및 회절면의 사용에 의한 렌즈 성능에 미치는 영향을 분석하여 보았다.

## 2. 이론적 배경

렌즈설계 분야에서 비구면의 사용은 천체망원경의 반사경에 적용되어 상대적으로 넓은 시야를 확보하는데 널리 적용되어 왔다. 이후 렌즈에 적용하여 사용하려 하였으나 구면렌즈에 비하여 단가가 높기 때문에 보급에 한계가 있었으나, 최근에 와서 플라스틱렌즈의 출현으로 비구면렌즈의 대량생산이 가능하여 아주 값싼 비구면렌즈를 광학장비에 적용하여 광학장비의 소형 경량화에 기여하였다. 그러한 비구면은 다음 방정식에 의하여 정의된다:

$$Z = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)CY^2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + \dots$$

여기서 C는 곡률반경이고,  $\kappa$ 는 원추계수, 즉  $\kappa=0$  일 때는 구면,  $-1 < \kappa < 0$  일 때는 타원면,  $\kappa=-1$  일 때는 포물면,  $\kappa < -1$  일 때는 쌍곡면의 형태를 갖는다.

회절렌즈는 1980년대 중반에 Garry Swanson에 의하여 시작되어 Michael Morris에 의하여 이론적인 체계가 수립되었다. 회절렌즈의 가장 큰 특성중의 하나는 (-)분산 특성을 갖는다는 것이며, (+) 분산 특성을 갖는 굴절렌즈와 조합하면 이중접합렌즈를 사용하지 않고도 색수차를 보정할 수 있다는 장점이 있다. 회절렌즈는 진폭형과 위상형으로 구분되는데 회절효율이 상대적으로 큰 위상형을 많이 사용하며, 위상형 회절렌즈의 위상방정식은 다음과 같다:

$$\Phi(r) = m \frac{2\pi}{\lambda_0} \sum C_n r^{2n}$$

여기서, m은 회절차수이고,  $\lambda_0$ 는 중심파장이고,  $C_n$ 은 위상계수이다.

### 3. 비구면 및 회절면 효과분석

Michael Schaub는 미국 아리조나 대학의 광학센터( Optical Sciences Center)에서 가시광 영역에서 비구면과 회절면의 효과에 대하여 연구하여 박사학위논문으로 제출하였다. 본 논문은 가시광 영역에서 연구된 결과를 토대로 적외선 영역에 적용하여 보았다.

우선 적외선 구면렌즈의 시야에 대한 NA(Numerical Aperture) 값의 변화를 조사하였으며, 이 때 광 설계 프로그램인 Code-V에서 최적화를 통하여 MF(Merit Function) 값을 고정시켰다. 다음으로 구면을 비구면화 하여 위와 같은 방법으로 조사하였으며, 그 다음은 구면에 회절면을 추가한 결과를 분석하고, 마지막으로 비구면과 회절면을 동시에 적용시킨 상태에서 조사하였다. 적외선 렌즈의 재질은 굴절률이 다른 3가지 경우에 대하여 위와 동일한 방법으로 조사 분석하였다. 아래 그림은 5가지 MF에 대하여 Ge 구면렌즈의 경우 시야각에 따른 NA 값의 변화를 보여주고 있다.

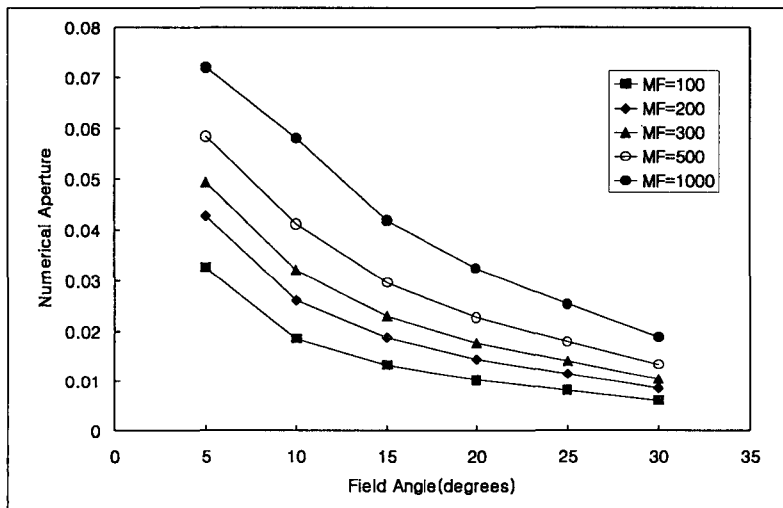


그림1. 시야각 및 MF 값에 따른 NA 값 변화

#### 참고문헌

1. J. M. Lloyd, "Thermal Imaging System" (Honeywell Inc. Radiation Center, Lexington, Ma., 1975), Chapter 6.
2. 김현규, 김현숙, 이국환, 김창우 "고분해능 이중배율 열상카메라 광학계 설계" 한국광학회 하계학술발표회(2001)
3. 김현규, 김현숙, 이국환, 김창우 "고분해능 줌 열상카메라 광학계 설계" 한국광학회 하계학술발표회 (2001)
4. M. P. Schaub, "Aspheric Diffractive Surfaces in One, Two and Three Element Lenses", Ph. D. Dissertation, the University of Arizona, Jul. (1999)
5. G. J. Swanson, "Binary Optics Technology : The Theory and Design of Multi-level Diffractive Optical Elements", Technical Report 854, Lincoln Laboratory (1989)
6. D. Faklis and G. Michael Morris, "Achromatic Imaging with Combinations of Holographic and Conventional Lenses", J. Opt. Soc. Am. 3, pp. 53-57 (1980)
7. 이환선, 임천석, 조재홍, 장수, 김현규, "초소형 영상 전송 모듈용 DOE(Diffractive optical element) 렌즈의 설계 및 평가", 한국광학회지 vol. 12, no. 3, Jun. (2001)