

한국형 주, 야간 겸용 공용화기 조준경[KDNMGS] 광학계의 설계

Optical System Design for

KDNMGS [Korean Day and Night Machine Gun Sight].

윤진경, 이경준, 이호찬 김재순, 이재형

한동진\*, 김혜경\*, 이석환\*

서울대학교 물리학과, EOSYSTEM(주) 광학기술 연구소\*

jskim@phya.snu.ac.kr

1. 서론 : 주간 전용의 일반 조준경의 경우는 배율 3-4배, 안점거리 30mm이상, 사출 동경 6mm 이상으로 제작된다. 따라서 망원경의 전체 크기와 밀접한 관계가 있는 입사동경이 되는 대물렌즈의 직경은 20-25mm 정도크기면 적당하다. 주야간 겸용의 조준경의 경우는 야간에 어떤 종류의 영상 장치를 사용할 것이냐에 따라 II tube 형과 IR 영상 형으로 나뉘어 지며, 본 발표에서는 II tube 형의 야간영상 장치를 이용 하였다. 영상증폭관용 주,야간 겸용 대물렌즈의 경우 넓은 스펙트럼 대역에서(450-900nm) 색수차를 제거해야 되며, 미광증폭장치의 효율적인 이용을 위하여 영상증폭관의 공간분해능한계 내에서 목적하는 시스템 분해능을 얻기 위한 최적 유효초점거리 선정과, F/# 1.5 이하의 밝은 렌즈를 설계 하여야 한다. 조준경의 가장 중요한 부분인 적절한 망선의 배치를 위하여 투사용 망선 시스템과 광축고정 투과형 망선식 시스템을 고려하였다. 다음은 설계할 조준경의 주요 제원이다. ○ 대물부 : 직경  $\phi$  65mm 정도, FOV 10°, EFL 100mm, 상면  $\phi$  18mm ○ 망선 :  $\phi$  20mm내외 ○ 릴레이 : 배율 1:1정도 (영상크기18mm  $\rightarrow$ 18mm) ○ 접안(주간) : EFL 25mm, 안점 40mm이상, 출사동  $\phi$  8mm이상 ○ 접안(야간) : EFL 25mm, 안점 30mm, 출사동  $\phi$  8mm이상 ○ 영증관 : input  $\phi$  18mm, 두께 5.4mm, n=1.487 / Phosphorus Screen Size 18mm

2. 대물렌즈의 설계 : 넓은 파장 대역과 밝은 렌즈의 설계 에는 많은 제약이 따른다. 투사식 망선의 경우는 망선을 조명하여야 하므로 주간 경우 밝은 배경에서 선명도 문제가 발생할 수 있고, 광축정열 투과망선식 야간의 경우 영상 증폭관 앞단에서 산란광 문제가 발생할 수 있다. 중요한 점들은 야간의 경우 무월광(Clear Sky: No-moon light) 상태에서 800m 거리에서 동물을 탐지(Detection)할 수 있는 공간 분해능과 밝기의 확보 및 이에 따른 적정 화각의 결정이다.

2-1. 망선 투사식의 대물렌즈 설계 : 대물렌즈의 중간에 Beam Splitter를 사용하여 외부에서 망선을 투사시켜 릴레이 렌즈앞단의 중간상 면에 망선의 상을 일치 시키므로 야간 사용 시 inverted image type의 II tube를 사용하여야 한다. 릴레이 렌즈는 주간용으로만 사용되므로 F/#가 작을 필요가 없어 무게 감소에 유리하다. 그림1은 LAY OUT, 그 성능은 50lp/mm에서 그림 2, 표1은 렌즈 사양이다.

EFL = 100.mm	F/# = 1.5
OAL = 150mm	WAVE : 550-900nm
PARAXIAL IMAGE HT = 9.0mm	
SEMI-FIELD ANGLE = 5.1615	
ENTR PUPIL DIA = 66.6667	

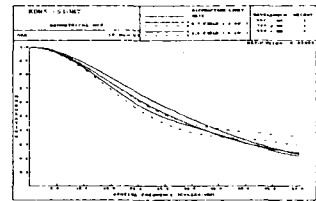
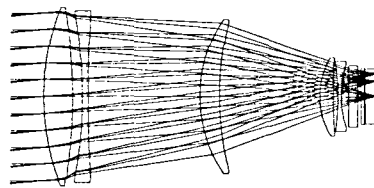


표 1: 대물렌즈 시스템 특성

그림 1 : 시스템 LAY OUT

그림2: MTF성능

2-2. 광축정열 투과 망선식 대물렌즈 설계 : 광축상 제1 중간 영상면에 고정된 망선을 일반 조준경과 그 구조가 같으나, 야간 에 이 영상이 릴레이 렌즈를 지나서 제 2 중간상의 위치에 다시 투사되어 영상 증폭관 입사부(5mm 창을 통해)로 들어온다. 이 경우 대물부는 릴레이 렌즈를 포함하여 F/#가 1.5정도 되는 밝은 렌즈로 설계해야 한다. 야간 대물의 시스템사양은 표1과 OAL=225mm 만 다르며, 시스템 LAY OUT, 50lp/mm에서의 MTF성능은 아래 표2, 그림 3, 그림 4에 순서대로 나타나있다.

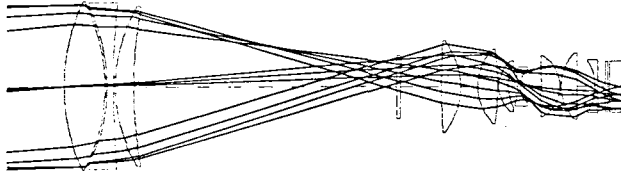


그림 3: 야간 대물부 LAY OUT

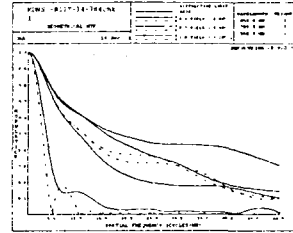


그림4: MTF 성능

3. 접안렌즈의 설계 및 시스템 구성(광축정열 투과망선식의 경우)

3-1. 야간 접안의 설계 : 야간 접안은 II tube의 특성에 맞는, 544nm의 단일 파장에 대해 성능을 만족하면 되며. Non-inverting image type의 경우 Phosphorous 면 과 영증관 외곽면 사이가 깊어 Diopter 조종까지 고려하면 매우 긴 bfl을 가져야 하며, 큰 동공 크기를 갖는 렌즈를 설계 해야 한다. 영증관 면은 R=18mm로 휘어져 있다. 표 2는 렌즈 사양, 그림 5와 6은 LAY OUT과 50lp/mm에서의 성능이다.

EFL = 250.mm	BFL = 11.5
OAL = 69mm	WAVE : 540-548nm
IMAGE HT = 9.1	EYE RELIEF= 30mm
SEMI-FIELD ANGLE = 20	
ENTR PUPIL DIA = 8	

표 2: 야간접안렌즈 특성

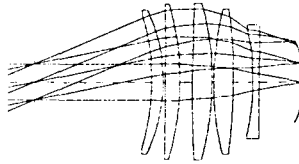


그림 5: 야간접안LAYOUT

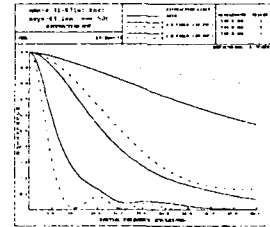


그림6: MTF 성능

3-2. 주간 접안의 설계 및 전체 시스템 구성 : 주간 시스템은 위의 야간 대물에서 II tube를 제거하고 주간 접안 렌즈를 연결하여 사용한다. 총 시스템 연결 사양은 표3, LAY OUT과 성능은 그림7, 8 과 같다. 현재는 접안 방향에서 빛을 입사하여 대물 방향에 EFL=100mm인 Perfect Lens를 덧 대고 100lp/mm에서 성능을 분석하였다. 총 시스템 Distortion은 2.5% 이내이다.

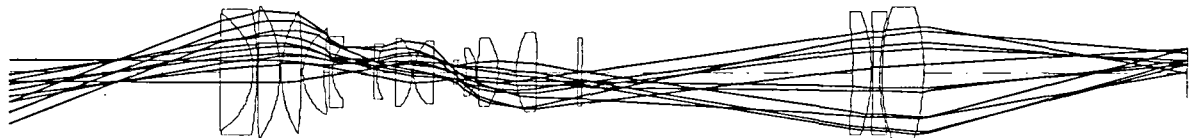


그림 7 : 주간 총 시스템의 LAY OUT :

EFL = 25.mm(with 100mm lens)	MAG = X4
OAL = 316mm	WAVE : 460-6508nm
IMAGE HT = 9.1mm	SEMI-FIELD ANGLE = 20
ENTR PUPIL DIA = 8mm	MAX OBJ DIA = 22mm
EYE RELIEF = 40mm	

표 3: 주간 총 시스템 특성

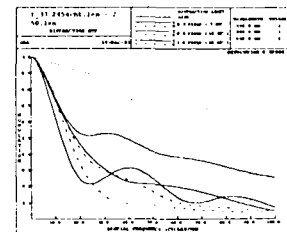


그림8: MTF 성능