

## 광 Pickup 용 Gradient-Index 대물렌즈 설계

### Design of Gradient-Index Objective for Optical Pickup

박인규, 이종웅

청주대학교 대학원 레이저광정보공학과

19-park@hanmail.net

광정보 저장장치는 기본적인 디지털 정보의 전달 수단으로 널리 활용되고 있다. 용량면에서 광 정보 저장장치는 650 MB 용량의 제1세대 CD-ROM에서 4.7 GB의 저장용량을 가지는 제2세대 DVD로 발전하였고, 고화질 영상정보의 저장이 가능한 30GB 급의 저장용량을 가지는 제3세대 DVR(blue-ray)의 개발 및 상용화가 진행 중에 있다. CD-ROM과 DVD에서는 각각 NA 0.45, NA 0.6의 비구면 플라스틱 대물렌즈가 사용되고 있다. DVR에서는 NA 0.85의 대물렌즈가 사용되고 있으며, 굴절률이 낮은 플라스틱으로는 이러한 높은 NA를 가지게 하는 것이 어려우므로 1매 또는 2매의 비구면 유리 렌즈가 사용되는 것이 일반적이다.

이 연구에서는 일반적으로 사용되는 플라스틱 또는 유리 비구면 렌즈 대신 gradient index material을 사용하는 광 픽업용 대물렌즈계에 대하여 연구하였다. Radial gradient를 가지는 SELFOC 렌즈는 광통신에 많이 사용되고 있으며, 사용가능한 구경에는 제한이 있으나 NA 0.4에서 NA 0.6에 이르는 focusing lens로 사용가능한 소재도 이미 출시되어 있다. Gradient index material을 사용한 CD 용 대물렌즈는 1986년에 Hisami Nishi, et. al에 의하여 발표된 바 있으나, DVD나 DVR에 사용된 사례는 아직 알려져 있지 않다. 이 연구에서는 NA 0.6의 DVD 용 대물렌즈와 NA 0.85의 DVR 용 대물렌즈를 설계하였으며, 소재로는 Nippon Sheet Glass사의 SELFOC 렌즈 소재를 사용하였으며, SELFOC 소재의 굴절률 분포는

$$n(h) = n_0 \left( 1 - \frac{1}{2} Ah^2 \right), \quad h^2 = x^2 + y^2$$

로 주어진다. DVD 용 대물렌즈는 파장 630nm에서  $n_0=1.6354$ ,  $A=0.0237$ 인 SLW 4.0이 소재로 사용되었고 비구면을 사용하지 않고 2매의 구면렌즈로 구성하였다. 이 렌즈의 설계제원은 표 1(a)에, 형태는 그림 1(a)에 나타나 있다. 이 렌즈계의 rms 파면수차는 전체 시계내에서  $0.03 \lambda$ 로 비교적 잘 보정되어 있다(표 2(a)). NA가 큰 DVR용 대물렌즈는 굴절률이 가장 높은 SLH 1.8을 소재로 사용하였으며, 이 소재는 사용가능한 직경이 1.8 mm로 제한되어 있어 입사동의 직경을 1 mm로 하였다(표 1(b)). 이 렌즈의 rms 파면수차는 축상에서  $0.02 \lambda$ 로 좋은 편이나 비축 시계에서는  $0.05 \lambda$ 로 큰 편이며(표 2(b)) 전장이 긴 문제점이 있다(그림 1(b)).

지금까지의 연구 결과로는 SELFOC 형태의 굴절률 분포를 가진 gradient material을 사용하면 구면만으로 NA 0.6, NA 0.85의 대물렌즈 설계가 가능한 하지만 수차보정과 실용성 모두 비구면 렌즈에 비하여 떨어진다. 따라서 높은 NA의 대물렌즈를 설계하기 위하여서는 보다 고차의 굴절률 분포를 가진 소재가 사용되어야 할 것으로 생각된다.

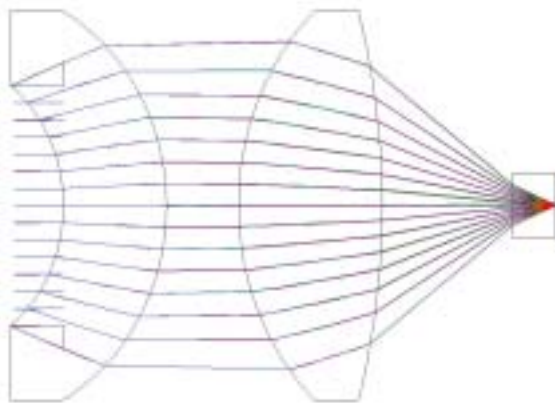
표 1. Gradient index 대물렌즈의 설계사양

(a) DVD용 대물렌즈

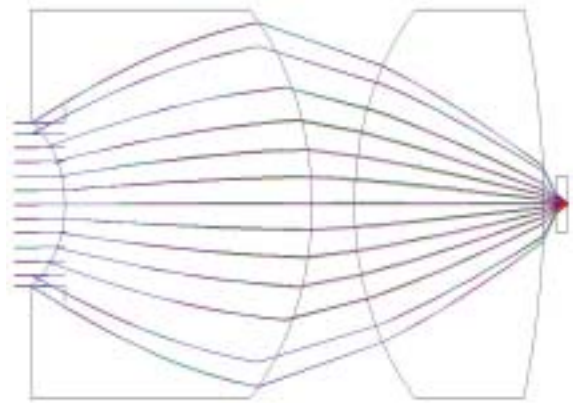
numerical aperture(NA)	0.6
wave length	650 nm
entrance pupil diameter	3.000 mm
effective focal length(EFL)	2.500 mm
over all length	6.855 mm
working distance(WD)	1.820 mm
field angle	0.6°

(b) DVR용 대물렌즈

numerical aperture(NA)	0.85
wave length	405 nm
entrance pupil diameter	1.000 mm
effective focal length(EFL)	0.567 mm
over all length	4.072 mm
working distance(WD)	0.100 mm
field angle	1.2°



(a) DVD용 대물렌즈



(b) DVR용 대물렌즈

그림 1. Gradient index 대물렌즈의 형태

표 2. Gradient index 대물렌즈의 rms wavefront error

(a) DVD용 대물렌즈

Filed Angle	RMS spot diameter	RMS (waves)	Strehl Ratio
0.00	0.51 $\mu\text{m}$	0.026	0.973
0.21	0.60 $\mu\text{m}$	0.028	0.971
0.30	0.67 $\mu\text{m}$	0.029	0.968

(b) DVR용 대물렌즈

Filed Angle	RMS spot diameter	RMS (waves)	Strehl Ratio
0.00	0.14 $\mu\text{m}$	0.022	0.982
0.42	0.26 $\mu\text{m}$	0.038	0.945
0.60	0.32 $\mu\text{m}$	0.048	0.914

참고문헌

[1] Erich W. Marchand, *Gradient Index Optics* (Academic Press, New York, 1978)  
 [2] Hisami Nishi, et. al. "Gradient-index objective lens for the compact disk system", *Appl. Opt.*, 25(19), 3340 (1986)