

광기억장치에서의 핵심 광학기술연구 Key issues in optics for optical memory devices

이철우
삼성전자(주) 중앙연구소 광메카 Lab.
cwlee@secns.sec.samsung.co.kr

§1. Introduction

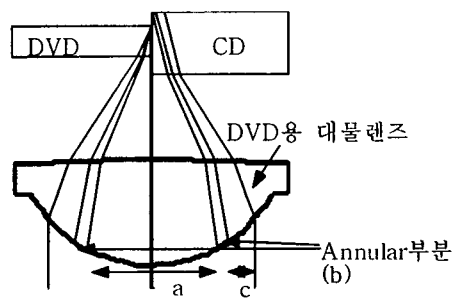
최근, 통신, PC등의 보급과 함께, 메모리기기의 발전이 급속히 이루어 지고있다. 이 중에서 광기억장치는 기록 및 재생용량을 증가시키는 기술이 활발히 연구되어 왔다. 본고에서는 대용량기기의 대표적인 DVD(Digital Versatile Disc)에 있어서, 핵심광학기술로 각광을 받고있는 CD호환을 위한 환형(annular type) lens의 특성을 고찰하였다. 그리고, 반도체 메모리, Hard disk등도 고밀도연구가 지속적으로 연구되고있으며, 이에 대응되는 광기억장치의 기술로서 근접장 광학이 최근 활발히 연구되고있다. 근접장에 의한 고개구수를 달성하기 위한 효율적인 대물렌즈로서 종래의 굴절렌즈만이 아닌 반사광학계도 사용한 굴절-반사광학계 (Cata-dioptic Optics)를 응용한 Solid Immersion Mirror (SIM)에 관한 특성을 살펴보았다.

§2. 환형(Annular type) lens에 의한 DVD와 CD의 호환성^{1),2),3)}

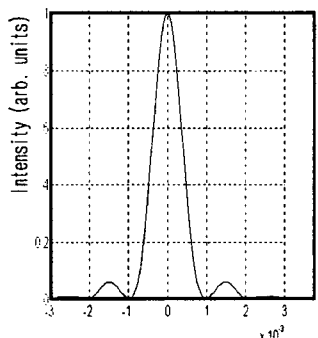
DVD와 CD기판은 광학적으로 보면 투명한 평판이다. 그리고 각각의 두께는 0.6mm 및 1.2mm이므로 DVD기판에 최적한 대물렌즈를 CD기판에 사용하면 구면수차 W_{40} 가 발생한다:

$$W_{40} = [(n^2 - 1)d(NA)^4] / (8n^3), \text{ 여기서 } n, d, NA \text{ 는 각각 기판의 굴절율, 두께 및 입사광의 NA임.}$$

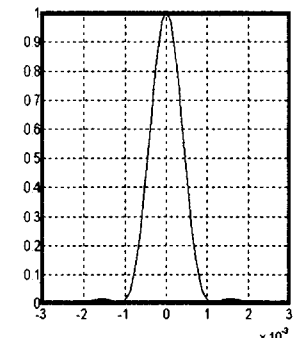
[그림-1]에서와 같이, 환형 lens는 이 구면수차를 억제하기 위하여, 수차가 비교적 적은 근축영역(a), 그리고 수차가 지나치게 크기 때문에 광산란이 발생하는 원축영역(c)와, 이 두 영역이 인접한 영역(b)로 나누고, 이 영역 (b)를 차폐(mask)하거나, 렌즈 또는 홀로그램을 사용하여 근축영역의 광만을 CD spot으로 사용하게된다. [그림-1]은 DVD와 CD기판을 사용할 때의 광로를 나타내며, [그림-2]는 환형차폐가 없을 경우CD에서의 spot size(a)와 있을 경우(b)를 나타낸다. 환형차폐에 의하여 side lobe가 현격히 줄게 됨을 알 수 있다.



[그림-1]



[그림-2] (a)



(b)

§3. 근접장 발생용 광학계 (Solid Immersion Mirror)^{3),4)}

굴절반사광학계의 특징중 하나는, 굴절 및 반사시의 곡률과 초점의 부호가 서로 반대인 것이 특징이다. 따라서 이를 잘 이용한다고 하면, 상면만곡을 현격히 줄일수 있도록 펨쯔발합 (Petzval

summation)을 0에 가깝도록 설계가 가능하게 된다. 한편 초 고밀도기술인 근접장광학계는 이 광학계의 출사면과 기록면이 100nm정도로 작기 때문에 광학계를 이동시켜서 초점제어가 사실상 어려운 실정이다. 결과로서 굴절 또는 반사광학계만으로는 상면만곡에 따른 초점 어긋남(defocus)특성을 보상할 수 없다. 따라서 근접장 광학계는 종래의 대물렌즈에서 요구되었던 Aplanatic조건 이외에도 상면만곡보정이 결정적인 조건이 된다. 이상과 같이 굴절반사광학계를 이용하여 근접장광학계를 설계하면 우수한 성능을 가질 가능성이 높음을 알 수 있다. 결과로서 [표1]과 [그림-3]에 도시한 굴절 반사광학계의 렌즈data와 형상을 최적화 하였다. 여기에서 비구면계수 $ad, ae, af, ag,$ 과 원추상수 κ 는 다음과 같이 정의된다.

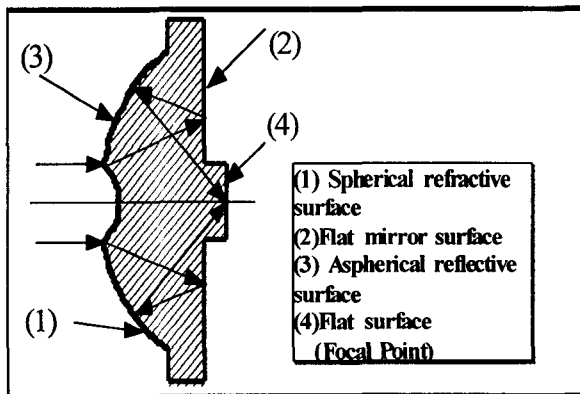
$$X = (\rho^2/R)/[1+\{1-(\kappa+1)\rho^2/R^2\}^{1/2}] + A_1\rho^4 + A_2\rho^6 + A_3\rho^8 + A_4\rho^{10}, \quad \rho = (Y^2+Z^2)^{1/2}$$

[그림 1]과 [표1]에 예시된 data에서 펫즈발 곡율을 r_{ptz} 라 하면 펫즈발반경은 다음과 같다; $1/r_{ptz} = \Sigma (1/n_j f_j)$, (j 는 광학면을 표시) $|r_{ptz}| \approx 20mm$

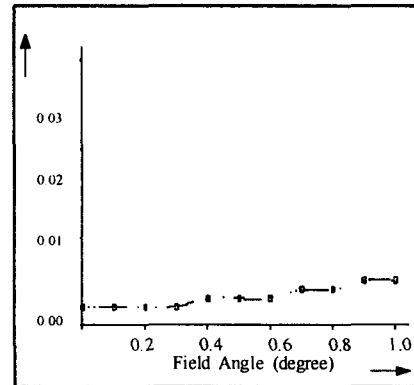
이는 SIM의 유효초점거리 0.66mm에 비하여 충분히 큰 값이 되어 상면만곡이 상당히 보정됨을 알 수 있다.[그림 4]은 본 광학계의 파면수차(Wave-front aberration)의 계산결과를 나타낸다. 결과로서 종래의 광기억장치용의 대물렌즈보다 광축tilt에 의한 수차를 약 50배정도 개선된 것을 알 수 있다. 또한 이러한 양호한 tilt특성은 상술한 상면만곡이 보정된 효과를 간접적으로 뒷받침하는 결과이다.

[표1]

Radius	Conic Constant(κ)	Aspherical Coefficient	Thickness (mm)	Refractive Index (at $\lambda=650nm$)	Effective Focal Length		
(1)	-0.7	-	1.2	1.813	-1.561		
(2)	∞	-	-1.5	1.813	∞		
(3)	2.5308	-1.7076	A_1	0.1233E-01	1.8	-1	1.631
			A_2	0.209E-03			
			A_3	0.4476E-04			
			A_4	0.8797E-05			
(4)	∞	-	-	0	air	∞	



[그림-3]



[그림-4]

§4. References

- (1) C. W. Lee, et al: Jpn. J. Appl. Phys. Vol.36(1997)pp486-490 Part 1, No.1B, January 1997
- (2) C. W. Lee et al.; "Feasibility Study on Near Field Optical Memory Using A Catadioptric Optical System", Technical Digest of ODS'98, WA4-1, (1998.5).
- (3) C. W. Lee ; "Objective Lenses for DVD & Near Field Optical Disk Pick-up, ODF'98(1998.6)
- (4) C. W. Lee et al.; "Signal Characteristics from a Catadioptric System for Near Field Application", Technical Digest of ISOM/ODS'99, (1999.7)