

Liquid Crystal Lens for the Compensation of Spherical Aberration

정석호[†], 최성욱*, 왕지석*, 김영주*

Key Words : Multi-layer recording, liquid crystal lens, spherical aberration, blu-ray optical pickup

ABSTRACT

Blu-ray 디스크에서는 NA=0.85 의 높은 개구수를 채용함으로써 디스크 보호층의 두께 변동에 따른 구면수차 발생량이 매우 커지는 문제가 발생하게 된다. 따라서 디스크 두께 공차 3 μm 에서 Blu-ray 시스템의 수차 발생 허용수준을 초과한다. 그리고 Multi-layer 디스크의 경우 각 층의 간격이 25 μm 정도의 간격을 두고 배치되어 있어 기록층 사이에서 발생하는 구면수차의 보정이 필요하며, 종래의 기술은 보상범위가 3 μm 로 한정되어 사용이 불가능하며 또한 대물렌즈 조립공차가 엄격히 관리되어야 하는 문제점을 안고 있었다. 본 연구에서는 액정렌즈에 의한 구면수차 보정으로 이러한 문제점들을 해결하고자 하였다. 액정렌즈는 오목렌즈 액정소자와 볼록렌즈 액정소자로 구성되며 픽업 광학계 내에 조합하여 설계함으로써 Multi-layer 디스크의 두께 변동에 따라 발생하는 구면수차를 보정하고 대물렌즈 조립공차 문제를 해결할 수 있다.

1. 서 론

Blu-ray 광 픽업에서는 광디스크 보호층의 두께 0.1 mm, 파장 405 nm의 청색 레이저, 개구수 0.85 의 고개구수 대물렌즈를 사용하여 25GB 의 기록 및 재생 용량을 실현 하였다. 그러나 고개구수에서는 보호층의 두께 변동에 따른 구면수차 발생량이 매우 커지는 문제가 발생하게 된다. 일반적으로 디스크 두께 변동에 따른 구면수차 발생량은 개구수의 4 승에 비례하여 증가하게 된다. 이에 따라 디스크 두께 공차 3 μm 에서의 수차 발생량이 허용수준을 초과한다

Multi-layer 디스크에서는 각 층의 간격이 25 μm 정도의 간격을 두고 기록층을 배치하게 되므로 Multi-layer 디스크의 대응을 위해서 기존 방식으로는 이 두께 변동에 따라 발생하는 구면수차를 보정할 수 없다. 기존의 기술은 보상범위가 3 μm 로 한정되며 대물렌즈 조립공차가 엄격히 관리되어야 하는 문제점을 안고 있었다.¹⁻⁴⁾ 그리고 볼록렌즈 액정소자와 Electrode Patterned 액정 Panel 이 DVD 수차 보정용으로 제안되었으나 보정범위의 제한 및 조립공차의 민감성 문제는 여전히 해결되지 않은 상태이다.⁵⁾

본 연구에서는 액정렌즈에 의한 구면수차 보정으로 위의 문제점들을 해결하고자 하였다. 액정렌즈는 오목렌즈 액정소자와 볼록렌즈 액정소자로 구성되며 픽업 광학계 내에 조합하여 설계함으로써 Multi-layer 디스크의 두께 변동에 따라 발생하는 구면수차를 보정하고 대물렌즈 조립공차 문제를 해결할 수 있다.

[†] Center for Information Storage Device (CISD),
Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
E-mail : dolphin0kr@yonsei.ac.kr
TEL : (02)2123-4680 FAX : (02)365-8460

* Center for Information Storage Device (CISD),
Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

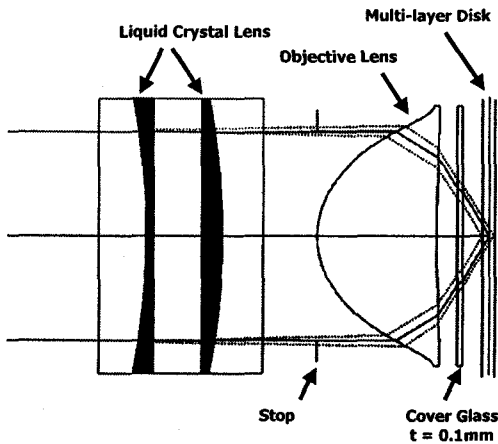


Fig. 1 Concave and convex of LC lens and the configuration in the BD optical pickup

2. 실험결과

Fig.1 에서 볼 수 있듯이 액정렌즈는 오목렌즈 액정소자와 볼록렌즈 액정소자로 구성되며 픽업 광학계 내에 조합하여 설계함으로써 Multi-layer 디스크의 두께 변동에 따라 발생하는 구면수차를 보정하고 대물렌즈 조립공차 문제를 해결할 수 있다. 액정소자의 구동원리로서는 ITO 전극을 연결한 렌즈형태의 액정소자에 전기장을 인가하면 액정의 굴절률이 변동하게 되고, 이때 액정에 의해 렌즈 효과가 발생하게 되며 이는 대물렌즈의 초점에서 구면수차를 발생시키게 된다. 이것을 디스크 두께 공차에 의해서 발생하는 구면수차와 서로 보상하여 각각의 기록 층에 최적의 Spot 이 형성되게 하는 방식으로 설계 하였다.

미디어의 기록층간 간격이 25 μm 일 경우 오목렌즈 액정소자와 볼록렌즈 액정소자가 상, 하 모두 보정함으로써 3층의 기록 층을 이용한 75GB 의 정보 저장이 가능하게 되며, 기록층간 간격이 10 μm 정도가 실현될 경우 그 보정 범위는 상, 하 2 층이 확보되어 5층의 기록 층을 이용한 125GB 의 정보 저장 능력을 확보할 수 있게 된다.

Item	Aberration before OL shift	Aberration after OL shift with $\pm 0.4\text{mm}$	Available shift range under 0.07 λ
LC lens R=90.24	0.0087	0.013	Over $\pm 0.4\text{mm}$
LC lens R=60.15	0.0131	0.021	Over $\pm 0.4\text{mm}$
LC lens R=45.105	0.0176	0.030	Over $\pm 0.4\text{mm}$
Aspherical LC lens	0.0018	0.450	Under $\pm 0.10\text{mm}$
LC panel	0.0581	0.210	Under $\pm 0.03\text{mm}$

Table. 1 Compensation result of spherical aberration and tolerance analysis by LC lens of spherical surface, LC lens of aspherical surface, and LC panel.

Table.1 은 구면 액정렌즈와 비구면 액정렌즈 그리고 LC panel 의 구면수차 보정 결과와 공차분석 결과로서 구면의 액정렌즈의 성능이 매우 양호하게 나타남을 알 수 있다. Fig.3 은 설계된 액정렌즈의 초점거리 Data 와 평가한 Data 의 차이를 나타낸 그래프이며 제작된 액정렌즈가 양호한 특성을 나타냄을 알 수 있다.

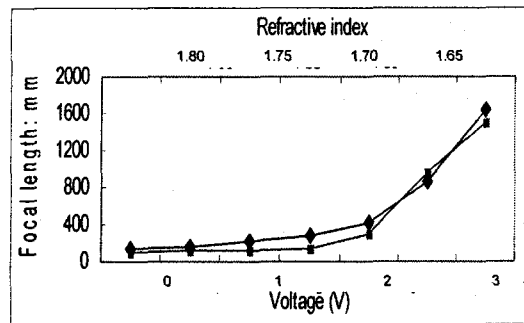


Fig. 3 The focal length variation of LC Lens (■: Measured focal length, ◆: Designed focal length)

3. 결론

본 연구에서 Multi-layer 디스크의 기록층간 발생하는 구면수차를 보정하기 위한 액정렌즈의 최적화 설계, 공차 분석, 제작 공정개발 및 평가기술을 확보할 수 있었으며, 추가 연구내용으로서 광학적 편광 특성에 의존하지 않고 지속적인 응답을 보이며 높은 광효율을 갖는 액정모드에 대한 연구를 계획하고 있다.

참고문헌

- 1) S. Ohtaki, N. Murao, M. Ogasawara and M. Iwasaki, Jpn. J. Appl. Phys. 38 (1999) 1744.
- 2) H. Tanase, G. Hashimoto, K. Yamamoto, T. Tanaka, T. Nakao, K. Kurokawa, I. Ichimura, Osato, Jpn. J. Appl. Phys. 42 (2003) 891.
- 3) Y. Suzuki, N. Iwasaki, S. Kobayashi, H. Sasaki, M. Nishino, J. Horigome, T. Nomura, K. Murata, Jpn. J. Appl. Phys. 42 (2003) 869.
- 4) H. Ritcher, H. Hofmann, J. Knittel, O. Kawakubo, T. Kashiwagi, A. Mijititski and J. Hellmig Jpn. J. Appl. Phys. 42 (2003) 956.
- 5) M. Hain, R. Glockner, S. Bhattacharya, D. Dias, S. Stankovic. Optics Communications 188 (2001) 291