

# 고체침지렌즈 기반 근접장 광기록을 위한 광학헤드 조립 및 평가 Assembly and Evaluation of Optical Head for SIL based NFR

윤용중<sup>1</sup>, 민철기<sup>2</sup>, 문형배<sup>1</sup>, 김완진<sup>1</sup>, \*박노철<sup>2</sup>, 박경수<sup>2</sup>, 박영필<sup>2</sup>

Y. J. Yoon<sup>1</sup>, C. K. Min<sup>2</sup>, H. B. Moon<sup>3</sup>, W. C. Kim<sup>1</sup>, \*N. C. Park(pnch@yonsei.ac.kr)<sup>2</sup>, K. S. Park<sup>2</sup>, Y. P. Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 정보저장합동과정, <sup>2</sup>연세대학교 기계공학과

Key words : near-field recording, solid immersion lens, interferometer

## 1. 서론

고체침지렌즈 기반 근접장 광기록 기술은 광정보저장기에서 기록밀도 향상을 위해 연구되고 있다 [1]. 본 기술의 구현을 위해 초기 연구는 고체침지렌즈와 디스크 사이의 100 nm 이하의 간극을 검출하고 제어방법의 개발에 집중되었다. 하지만, 많은 연구기관의 연구를 통해 25 nm 이하의 간극 제어를 강건하게 구현 하는데 성공 했으며 [2], 최근에는 외부 충격 등의 외란에 강건한 제어 방식이 제안되고 있다 [3]. 간극제어 기술의 안정화 이후, 근접장 광기록 기술은 보다 많은 정보를 한 장의 디스크에 기록할 수 있는 기술을 필요로 했으며, 이러한 요구에 부응하기 위해 다층 기록 기술이 연구 되고 있다 [4-5]. 고체침지렌즈 기반 근접장 광기록 기술에서, 핵심 부품인 광학헤드의 개발 또한 초정밀 간극제어와 기록 밀도 향상과 더불어 중요한 하나의 기술 분야이다. 고체침지렌즈 자체의 생산성 향상은 다양한 고체침지렌즈 개발을 통해 이루어 졌으나 [6], 대물렌즈와 고체침지렌즈로 구성된 광학헤드의 조립에 대한 연구는 극히 일부만 진행이 되고 있는 실정이다. 표 1 에서 보여지는 것처럼, 고체침지렌즈와 대물렌즈 사이의 거리 공차는 1 $\mu$ m 이하로 대물렌즈와 고체침지렌즈를 안착하는 경통의 기구공차 관리만으로 조립은 불가능하다. 따라서 광학헤드 조립은 간섭계를 통해 광학 수차를 측정하면서 진행되어야 하며, 특히 고밀도 구현을 위한 다층기록기술에 적용하기 위한 광학헤드는 고체침지렌즈 바닥면과 디스크의 접촉을 통한 공정이 추가로 발생하게 된다.

Table 1 Calculated tolerances for hemi sphere SIL and super-hemisphere SIL

| 항 목                         | 반구형 고체침지렌즈 | 초반구형 고체침지렌즈 |
|-----------------------------|------------|-------------|
| OL, SIL distance ( $\mu$ m) | 0.3        | 1.0         |
| SIL distance ( $\mu$ m)     | 40         | 0.4         |
| OL De-center ( $\mu$ m)     | $\pm 15$   | $\pm 25$    |
| OL Tilt ( $^{\circ}$ )      | $\pm 0.5$  | $\pm 0.5$   |
| SIL Tilt ( $^{\circ}$ )     | $\pm 1.4$  | $\pm 0.8$   |
| OL+SIL Tilt ( $^{\circ}$ )  | $\pm 0.5$  | $\pm 0.3$   |

본 논문에서는 일반적인 고체침지렌즈 광학헤드 조립 방법 및 보호층 기록기술에 적용되는 광학헤드를 고체침지렌즈와 디스크의 접촉공정 없이 조립하는 방법에 대한 연구를 소개하고자 한다.

## 2. 광학헤드 조립 및 평가

표 1 에서 보는 바와 같이 고체침지렌즈 기반 근접장 광정보저장에 적용되는 광학헤드는 광학 수차를 만족하는 수준으로 조립을 위해서는 일반적인 기구공차 관리만으로 불가능하여 그림 1 과 같이 간섭계를 통해 실시간으로 광학 수차를 측정하면서 조립을 해야 한다.

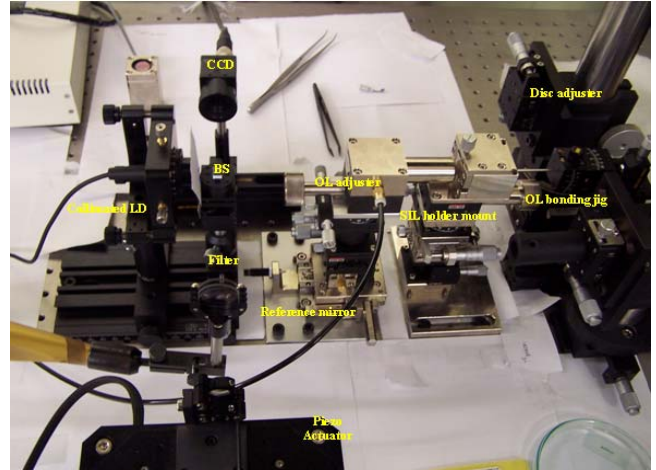


Fig. 1 Twyman-Green Interferometer for assembly and evaluation of solid immersion lens optical head.

조립 및 평가를 위한 간섭계는 Twyman-Green 간섭계로 구성이 되어 있으며, 광학헤드 조립을 위해 대물렌즈 및 디스크를 5 축으로 조절할 수 있는 스테이지가 별도로 구성되어 있다. 설계된 광학헤드의 제원은 표 2 에 표기 하였으며 제작된 고체침지렌즈 (a), 대물렌즈 (b), 그리고 경통 (c)은 그림 2 에 나타났다. 본 연구에 사용된 고체침지렌즈는 반구형으로 굴절률이 405 nm 파장에서 2.3847 이며, 광학헤드의 유효 개구수 1.84 에 대하여 대물렌즈 개구수는 0.77 이다.

Table 2 Specifications of SIL optical head

|  |                   |
|--|-------------------|
| Effective NA                               | 1.84              |
| Material                                   | KTaO <sub>3</sub> |
| Diameter (mm)                              | 1.0               |
| Index                                      | 2.3837            |
| Cone angle ( $^{\circ}$ )                  | 70                |
| Wavelength (nm)                            | 405               |
| Effective focal length (mm)                | 1.33 (in air)     |
| Hemisphere SIL for cover-layered recording |                   |

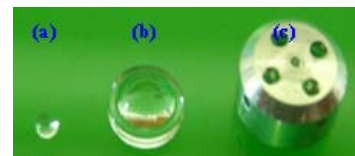


Fig. 2 Solid immersion lens (a), objective lens (b), and holder (c).

그림 3 은 보호층 기록기술에 적용하기 위한 광학헤드의

조립 및 평가 결과이다. 그림 3 (a)는 고체침지렌즈와 디스크 접촉공정을 통해 얻은 결과로, 직선의 간섭 무늬를 보여주고 있으며, 디스크내부의 다층박막의 간섭으로 인한 미세한 동심원들이 볼 수 있다. 그림 3 (b)는 동일 광학헤드에 대한 해석 결과로 측정 결과와 거의 동일한 결과를 보여 주고 있으며, 측정 결과의 경우 구면 수차가 해석 결과보다 크게 보여지고 있다.

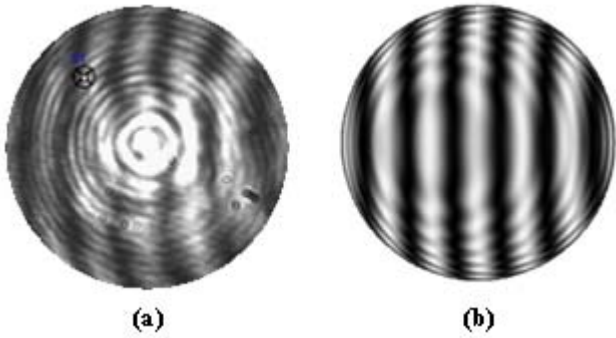


Fig. 3 Measured (a) and calculated (b) interferogram with disk contact for designed SIL optical head.

보호층 기록기술에 적용되는 광학헤드 조립 및 평가에 있어 고체침지렌즈와 디스크 접촉 공정은 일반적으로 적용되고 있는 공정으로 이 공정으로 인해 불필요한 렌즈의 오염 및 파손 등의 문제가 야기 될 수 있다. 따라서 보호층 기록기술에 적용되는 광학헤드 조립시 접촉 공정을 제거한 조립 및 평가를 수행하였으며 그 결과를 그림 4 에 나타내었다.

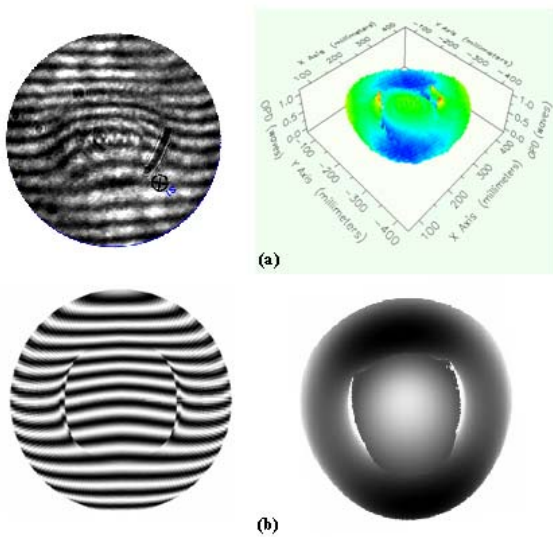


Fig. 4 Measured (a) and calculated (b) interferogram and phase distribution without disk contact for designed SIL optical head

그림 4 에서 보듯이 접촉 공정이 없는 경우 다층 박막의 간섭으로 인한 동심원은 관측되고 있지 않으며, 임계각 (Critical angle)과 부르스터각 (Brewster angle)에서의 위상 불연속성으로 인해 큰 비접수차 성분이 보여지고 있다. 또한 비접촉으로 인해 디스크 보호층의 두께에 의해 발생하는 회전 대칭 수차 성분인 구면 수차가 발생 되고 있음을 확인 할 수 있다. 접촉 및 비접촉식 방식을 적용하여 조립한 광학헤드의 정량적인 평가 결과를 표 3 에 정리 하였다.

Table 3 Measured aberration values for with and without disc contact.

| Zernike coefficients | Measured values (mλ) |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
|                      | With disc contact    | Without disc contact |
| X Astigmatism        | 7                    | 14                   |
| Y Astigmatism        | 34                   | 103                  |
| X Coma               | -3                   | 20                   |
| Y Coma               | -15                  | -7                   |
| Spherical            | 32                   | 137                  |
| Total                | 31                   | 84                   |

### 3. 결론

본 논문에서는 고체침지렌즈 기반 근접장 광정보저장기기에서의 핵심 부품인 광학헤드의 조립 및 평가를 위한 시스템을 제시했다. 또한 간섭계를 이용하여 디스크의 접촉 및 비접촉에서의 조립 및 평가 결과를 보여 주었으며, 비접촉을 통한 조립을 통해 디스크 접촉 공정을 통한 고체침지렌즈의 오염 및 손상을 피할 수 있음을 보였다. 또한 실험 결과는 해석 결과와의 비교를 통하여 광학특성이 유사함을 확인 할 수 있었다.

### 후기

이 논문은 2008 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R17-2008-040-01001-0).

### 참고문헌

1. S. M. Mansfield, and G. S. Kino, "Solid immersion microscope," *Appl. Phys. Lett.* **57**, 2615-2616, 1990.
2. J. G. Kim, T. H. Kim, H. Choi, Y. J. Yoon, J. Jeong, N. C. Park, H. Yang, and Y. P. Park, "Improved Air-Gap Control for SIL-Based Near-Field Recording System," *IEEE Trans. Magn.* **43**, 811-813, 2007.
3. J. G. Kim, M. S. Kang, T. W. Kwon, J. Jeong, N. C. Park, H. Yang, and Y. P. Park, 2007, "Improved Gap Control for SIL Based Near Field Recording System," *presented at OST-A3 ISPS'07J.G.*
4. Verschuren CA, Bruls DM, Yin B, Eerenbeemd JMA, and Zijp F, 2007, "High-Density Near-Field Recording on Cover-Layer Protected Discs Using an Actuated 1.45 Numerical Aperture Solid Immersion Lens in a Robust and Practical System," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, 3889-3893, 2007
5. .M.A. van den Eerenbeemd, F. Zijp, and S. Stallinga, "Feasibility Study on a 4-Layer Cover-Incident Near-Field Recording System", in *Proc. SPIE* **6282**, 62820Q-1-10, 2006.
6. Y. J. Yoon, H. Choi, W. C. Kim, T. S. Song, and N. C. Park, "Thickness tolerance compensation of SIL first surface near-field recording with replicated lens on SIL," *Microsyst. Technol.*, **13**, 1289-1295, 2007.