

마이크로 홀로그래픽 저장장치의 기계적 에러 보상기법

Compensation Method of Mechanical Error for Micro Holographic Storage

민철기*, 전성빈*, 조장현**, 김도형**, 박노철[†], 양현석*, 박경수*, 박영필*

Cheol-Ki Min, Sungbin Jeon, Chang-Hyun Cho, Do-Hyung Kim, No-Cheol Park,
HyunSeok Yang, Kyoung-Su Park and Young-Pil Park

(2012년 3월 9일 접수; 2012년 3월 23일 심사완료; 2012년 3월 23일 게재확정)

Abstract

In this paper, we experimentally investigated compensation method of the mechanical errors for the micro holographic storage. The aim of this research was overcome of disc tilt and spherical aberration problems. The proposed method was performed by using glass plate and zoom optics.

Key Words : Micro Holographic Storage, Mechanical errors, Compensation method

1. 서론

마이크로 홀로그래픽 저장방식의 장점은 기존의 optical disc drive (ODD)와 호환할 수 있고 저장매질의 전체볼륨의 사용과 다중화 기법 (multiplexing method)을 사용하여 많은 정보를 기록할 수 있다 [1]. 저장매질의 전체볼륨의 사용은 다층기록 (multi-layer), 파장(wavelength), 각도와 파장의 결합 등의 다중화 기법을 통하여 연구되어 왔다. 다층 저장방식에서 기록밀도를 높이기 위해서는 high NA (0.85) & short wavelength (405nm)의 광학계를 사용하여 75 층의 기록밀도를 가지는 광학시스템이 연구되었다 [2]. 파장중첩 기록방식은 3 개의 다른 레이저 광원을 사용하여 같은 기록위치에 정보를 중첩하여 기록하는 방식으로 연구되었다 [3]. 각도와 파장의 2 가지 다중화 기법을 적용하는 hybrid 다중화 기법은 최근에 NEC 에서 연구되었다. 이 방식은 작게 분할된 aperture 에 다른 각도와 파장을 입사시켜 기록하는 방식이다 [4].

현재까지 보고된 다중화 기법들은 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 몇 가지 문제점은 다음과 같다.

다층 기록방식은 많은 기록 층의 개수로 인하여 구면 수차가 크게 발생하여 광학적 성능을 저하시킨다. 이와 함께, 마이크로 홀로그래픽 저장방식은 기존의 ODD 와 유사한 기록 및 재생 시스템을 가지지만 이 방식에서는 디스크의 tilt 로 인하여 광학적 성능은 감소하게 된다 [5]. 재생된 홀로그램의 회절효율은 광학계의 tilt, defocus, shift, wavelength 에 의해서 영향을 받는다. 빠른 기록 및 재생을 위하여 디스크의 회전속도가 증가하게 되면 디스크의 tilt 에 의해서 회절효율은 감소된다.

현재 페이지 기반의 홀로그래픽 저장장치기술에서는 디스크의 tilt 에 의한 광학적 성능 저하 문제점을 해결하기 위해서 디스크의 radial 축을 움직여서 보상하는 방식과 푸리에 렌즈 뒷면에 유리기판을 추가하여 보상할 수 있는 광학 시스템을 제안하였다 [6,7]. 하지만, 마이크로 홀로그램에서의 tilt 보상에 관한 연구는 현재까지 보고되지 않았다.

본 논문에서는 마이크로 홀로그래픽 저장장치에서 디스크의 tilt 및 위치변형에 따른 회절효율 및 광학적 성능 저하를 보상하기 위한 방법을 제안한다. 마이크로 홀로그래픽 시스템은 양방향으로 광원이 입사되기 때문에 디스크의 shift 만으로 보상을 할 수 없기 때문에 글라스 기판을 적용하였고 실험의 가정은 디스크가 회전하지 않는 정지 상태에서 회전성분을 고려하지 않는 디스크의 tilt 성분만을 고려하였다. 디스크의 tilt 가 발생하였을 경우 2mm 두께의 유리기판을 사용하여 틀어진 방향의 반대방향으로 설계하여 광 경로를 보정한다. 또한, 보상소자를 사용하여 위치 변형에 따른 보상방법도 적용한다.

[†] 연세대학교 기계공학과
E-mail : pnch@yonsei.ac.kr
TEL : (02)2123-4677

* 연세대학교 기계공학과

** 연세대학교 정보저장기기연구센터(CISD)

2. 기록 및 재생 원리

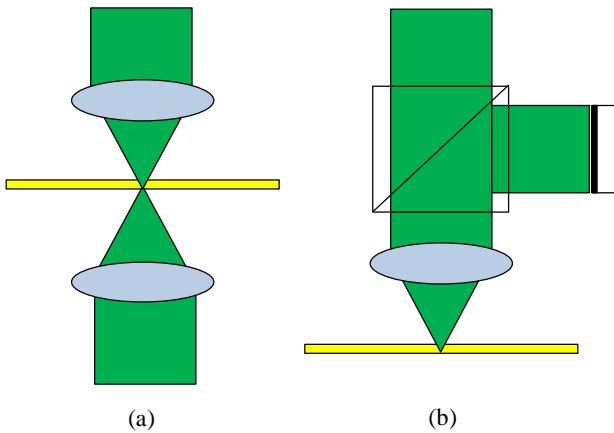


Fig.1 (a) Recording (b) reading of micro holographic storage.

마이크로 홀로그램의 저장장치의 기록원리는 2개의 counter-propagating beam의 중첩에 의하여 마이크로 사이즈의 그레이팅 생성에 의하여 기록된다. (그림 1 (a)). 페이지 기반의 홀로그래픽 기술과는 다르게 비트단위의 정보를 다층 기록으로 중첩하여 기록할 수 있는 장점을 가지고 있다. 기록을 위한 입사되는 광원은 높은 분해능을 가지기 위하여 같은 파워와 사이즈를 가져야 한다. 기록된 마이크로 그레이팅의 재생은 보조 빔의 반사에 의하여 기록된 정보를 재생한다. (그림 1(b)).

3. 마이크로 홀로그램의 해석

3.1 마이크로 홀로그램의 생성원리

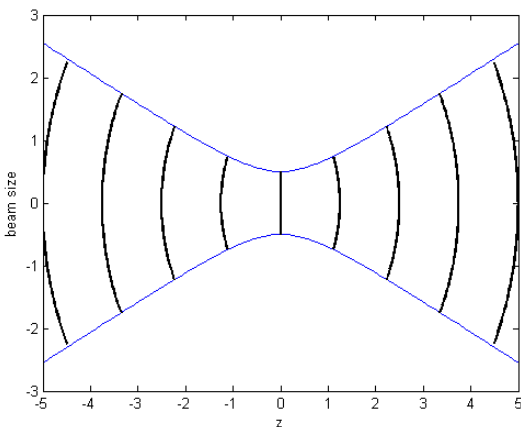


Fig.2 Two counter-propagating Gaussian beams that creates a volume grating pattern.

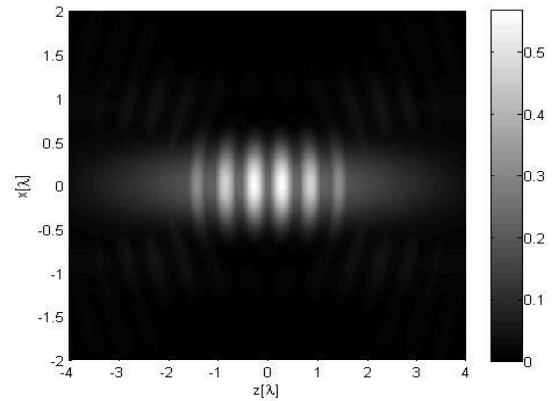


Fig.3 Calculated refractive index modulation of a microhologram, proportional to the local intensity of the interference between the signal and reference beams $(E_r + E_s)^2$. The black is the unchanged background refractive index and the gray scale presents the increases of the refractive index attributable to the exposure.

2개의 집속된 빔이 중첩되어 Rayleigh의 거리의 2배영역에서 마이크로 홀로그램이 형성된다는 것을 의미하고 그림 2에 z 방향의 2개의 빔의 거동현상을 나타내었다.

3.2 마이크로 홀로그램의 해석

그림 3은 2개의 가우시안 빔의 집속에 의해서 생성된 마이크로 홀로그램을 나타낸다. 신호빔은 홀로그래픽 미디어에 강하게 집속된 후에 디스크의 반대편 미러를 통하여 반사된 빔이 다시 보조빔을 통하여 집속된다. 기록된 마이크로 홀로그램은 photopolymer의 유전상수의 값에 따라 변하고 Rayleigh의 거리에서 홀로그램이 생성된 영역($z=0$)에서 벗어날수록 기록된 홀로그램의 빔의 복사조도 파워는 감소하게 된다. 본 논문의 시뮬레이션에 사용된 광학계의 사양은 다음과 같다. 532nm의 레이저 파장과 NA = 0.60의 분해능을 가지는 무수차 대물렌즈, 1.53의 굴절률을 가지는 photopolymer 홀로그래픽 미디어이고 미디어의 사이즈는 0.6mm의 샌드위치 타입의 글라스 미디어에 400 μ m의 기록층 두께는 가진다. 샌드위치 타입의 미디어는 폴리머의 형상의 변화를 없애기 위해서 미디어의 두께보다는 두꺼운 물질로 설계되어야 한다. 또한, 400 μ m 두께의 기록층 두께는 75층의 데이터를 기록하기 위한 depth multiplexing을 수행하기 위해서 설계되었다.

4. 실험장치 및 보상방법

4.1 실험장치

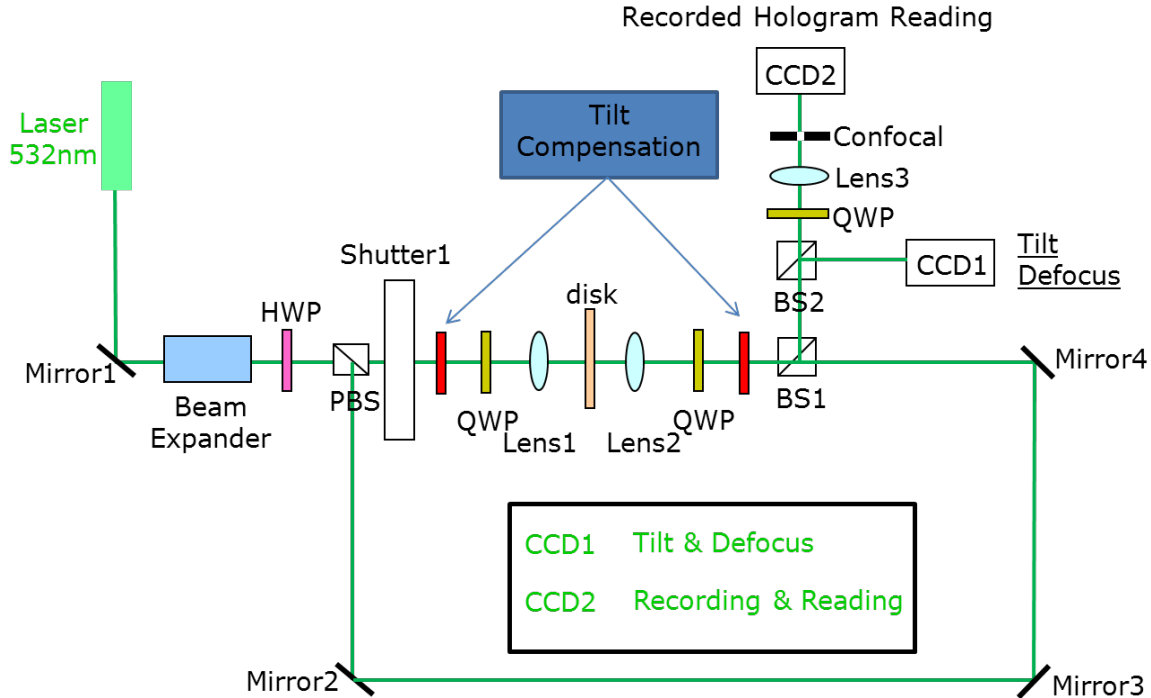


Fig.4 Schematic overview of micro holographic storage system for tilt compensation

그림 4 에 광학실험 장치의 구성도를 나타내었다. Polarization beam splitter (PBS)를 통과하여 신호 빔과 보조빔으로 분리된 빔이 quarter wave plate (QWP)와 대물렌즈를 통과하여 디스크에 기록된다. 재생시에는 셔터가 차단되고 대물렌즈 2 를 통한 광원이 디스크의 기록된 홀로그램을 재생한다. 이웃한 근접 층간의 노이즈 성분을 제거하기 위해서 lens3 과 공초점 필터를 사용하였다. CCD1 을 사용하여 tilt 신호를 검출한다. Tilt 및 defocus 에 따른 QWP 뒤에 보상소자를 설계하여 광학적 성능을 향상 시켰고 그림 5 에 보상소자의 원리를 나타내었다.

4.2 Tilt Error 보상방법의 원리

디스크의 Tilt 에러가 발생하였을 경우 틀어진 방향과 반대방향으로 글라스 기판을 회전시켜 광 경로를 변경시키게 되면 실제 광 경로는 광축 방향과 일치하게 되고 그림 5 에 원리를 나타내었다. 반대방향 (보조빔) 의 영역에서도 이와 같은 원리로 tilt 에러를 보상시킬 수 있다

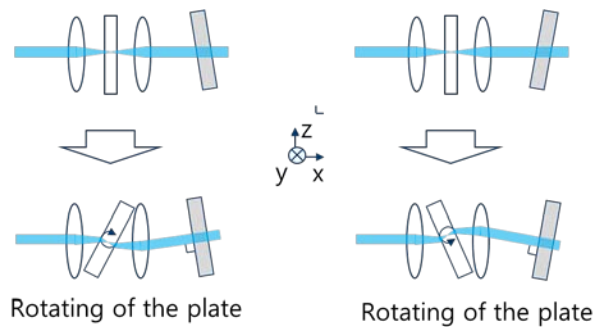
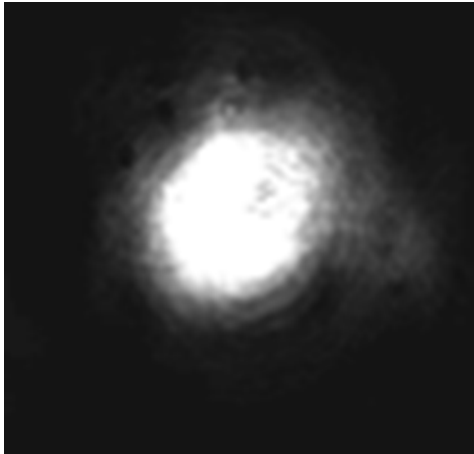


Fig.5 Tilt compensation method using prism with 6-axis stage.

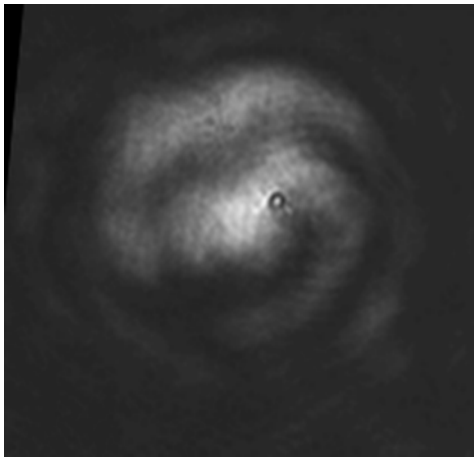
5. 실험결과

5.1 Tilt 에러 신호 검출

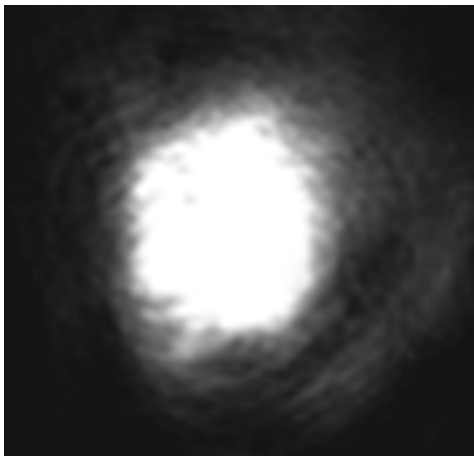
그림 5 에 나타낸 보상기법을 적용하여 실험을 수행하였다. 그림 6(a)에 tilt 가 없을 경우의 이미지를 나타내었다. 그림 6(b)는 0.1°의 tilt 가 발생하였을 경우의 이미지를 나타내고 그림 6(c)는 0.1°의 tilt 가 발생하였을 때 보상된 이미지 신호를 나타낸다.



(a)



(b)



(c)

Fig.6 (a) CMOS camera image (tilt =0°, without compensation) (b) CMOS camera image (tilt =0.1°, without compensation) (c) CMOS camera image (tilt =0.1°, with compensation).

5.2 Defocus 에러 신호 검출

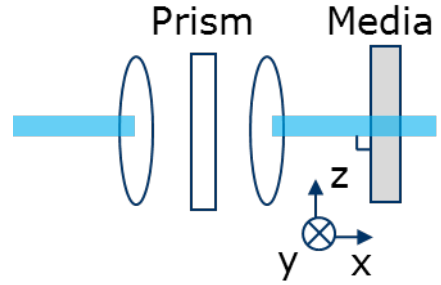
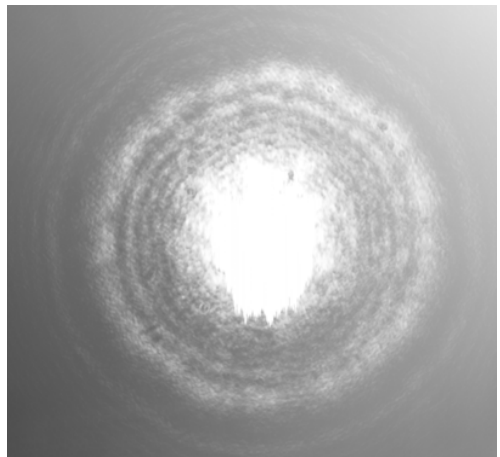
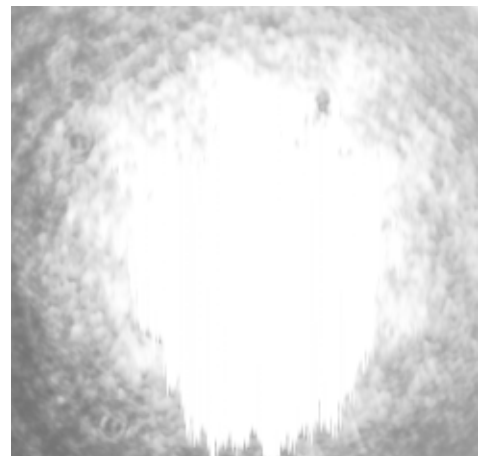


Fig.7 Principle of defocus compensation method.



(a)



(b)

Fig.8 Defocus compensation method using prism with zoom optics.

Defocus 에러는 첫 번째 정보를 기록한 후에 다

음 데이터를 기록할 경우 2 개의 렌즈의 초점위치가 변화 하였을 경우에 발생하게 된다. 마이크로 홀로그래프의 기록 및 재생을 위한 대물렌즈의 설계 위치는 모든 기록층의 구면수차에 대응하게 설계되어 있는 것이 아니기 때문에 이러한 구면수차는 항상 발생하게 된다. 그리하여 글라스 플레이트와 함께 구성하고 있는 zoom 광학계의 위치를 조정하여 구면수차 문제를 해결하였고 보상원리는 그림 7에 나타내었다.

초기에 기록을 하기 위하여 잘 정렬된 위치는 그림 6(a)의 상태이고 다음 위치에 기록을 위한 위치는 그림 8(a)에 나타난 것처럼 구면수차가 발생하였다. Zoom 광학계를 조정하여 균일한 복사조도를 가지는 pupil 신호를 획득하였고 그림 8(b)에 나타내었다.

6. 결 론

마이크로 홀로그래픽 저장장치에서 디스크의 tilt 에 의하여 감소되는 회절효율을 보상하기 위한 보상기법과 다층기록을 수행하기 위한 구면수차를 보상하기 위한 보상방법을 글라스 플레이트와 zoom 광학계를 사용하여 제안하였다. 실험적 검증을 통하여 최대회절 효율을 달성과 빠른 기록 및 재생을 수행하기 위한 기초연구가 수행되었다.

후 기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2012-0001013).

참고문헌

- [1] Raghavendra Jallapuram, Izabela Naydenova, Suzanne Martin, Robert Howard, Vincent Toal, Sven Frohmann, Susanna Orlic and Hans J. Eichler, 2006, "Acrylamide-based photopolymer for microholographic data storage", Opt. Materials, vol.28, pp1329-1333.
- [2] Sussana Orlic, Enrico, Timo Feid, Sven Frohmann, Henning Markotter and Jens Rass, 2009, "Diffraction limited microholographic recording for Terabyte optical disk", Technical Digest of CLEO Europe - EQEC'09, European Conference on.
- [3] H. J. Eichler, P. Kuemmel, S. Orlic, B. Schupp and A. Wappler, 1998, "Wavelength Multiplexing for the Microholographic Storage Disc", SPIE Proceedings Paper, vol. 3401, pp177-186.
- [4] Ryuichi Katayama and Yuichi Komatsu, 2009,

"Microholographic recording with wavelength and angle multiplexing", Proc. of SPIE, vol. 7730, pp. 773008-1.

- [5] Ronal E. Gerber and M. Mansuripur, 2006, "Tilt correction in an optical disk system," Appl. Optics, vol. 35, pp.7000-7007.
- [6] Yoshiyuki Matsumura, Shigeki Hori, Hideo Sekine, Kazuya Kogure, and Masami Shimizu, 2007, "Tilt Compensation method of two-beam angle multiplexing holographic memory," Jpn. J. Appl. Phys, vol. 46, 3837-3839.
- [7] Nakyoung Kim, Pilsang Yoon, Kunyul Kim, Gwitae Park and Hyunseok Yang, 2010, "Radial tilt compensation method of holographic disk drive," Opt. Review, vol. 17, pp. 10-13.