

현미경 대물렌즈의 수차 보정을 통한 고 개구수의 초소형 광 픽업 하이브리드 렌즈의 평가 방법 연구

Study of Evaluation Method of High NA Hybrid Micro Lens of Optical Pickup by Compensation of Microscope Objective

이진의, 조은형*, 강성목, 김완진, 손진승*, 박노철, 박영필
 연세대학교 정보저장기기연구센터, 삼성종합기술원
 deepsky@yonsei.ac.kr

휴대용 정보 저장장치의 조건으로 고 용량화, 초 소형화를 들 수 있는데 이러한 기술적 요구조건을 만족하는 정보 저장 기술 가운데 하나로 청자색 레이저(blue-ray)를 이용한 광 저장장치를 들 수 있다. 지름 30mm의 소형 청자색 레이저 디스크(blue-ray disc)에는 1.5 Gbyte의 정보를 저장 할 수 있다. 이러한 광 픽업의 대물렌즈는 초소형화와 색수차 저감을 위하여 NA 0.85의 직경이 매우 작은 비구면 렌즈와 회절광학소자 (DOE)가 결합된 하이브리드렌즈로 설계 및 제작되었다.⁽¹⁾ 이와 같은 고 개구수를 갖는 초소형 광픽업 대물렌즈에 대한 수차 측정 방식은 일반화 되어있지 않지만, 초소형 광 픽업 광학계를 그대로 이용하고, 고 개구수를 갖는 현미경 대물렌즈를 사용한 Modified Mach-Zehnder 간섭계를 이용하여 효과적으로 픽업 대물렌즈의 수차를 측정할 수 있다.⁽²⁾ 간섭계에서 측정되는 수차는 픽업 대물렌즈의 수차뿐만이 아닌 현미경 대물렌즈의 수차를 포함한다. 따라서 본 논문에서는 픽업 대물렌즈만의 수차를 측정하기 위하여 현미경 대물렌즈의 수차를 보정하는 방법에 대해 연구하고 픽업 대물렌즈의 수차를 재측정 하였다.

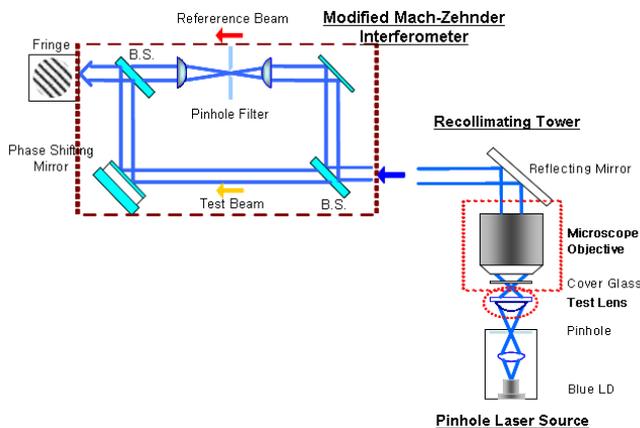


그림 1. Modified Mach-Zehnder 간섭계

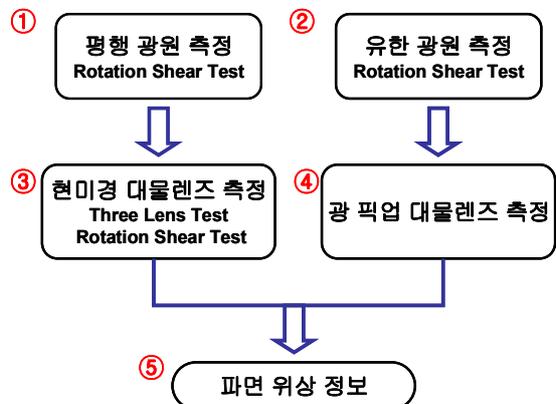


그림 2. 측정 순서도

그림 1은 Modified Mach-Zehnder 간섭계에서의 NA 0.85 초소형 광 픽업 렌즈 평가 시스템을 나타낸다. 간섭계에서는 광원, 시스템 그리고 현미경 대물렌즈의 세 부분에서 수차가 발생하게 된다. 시스템 수차는 광원과 현미경 대물렌즈를 제외한 광 경로를 지나는 모든 광학 부품에 의해 생긴 수차를 의미한다. 현미경 대물렌즈만의 수차를 측정하고 측정 오차 성분을 제거한 픽업 대물렌즈만의 수차를 측정하기 위하여 rotation shear test와 three lens test를 수행하였다.

그림 2에 나타난 순서도의 ①, ② 번과 같이 rotation shear test를 통해서 평행 빔 레이저와 핀 홀 레이저의 회전 비대칭성 수차성분인 코마와 비점수차를 측정하였다. 각각은 0.010 과 0.011 λrms로 신뢰할 수 있는 광원임을 검증하였다. 다음으로 현미경 렌즈의 수차를 측정하기 위해서 순서도 ③번과 같이 three lens test 와 rotation shear test를 수행하였다. 그림 3과 같은 three lens test를 수행함으로써 현미경 렌즈의 회전 대칭성 수차 성분인

구면수차를 측정하였고 rotation shear test를 통해서 현미경 대물렌즈의 회전 비대칭성 수차 성분인 코마와 비점 수차를 측정하였다. Three lens test와 rotation shear test를 통하여 측정된 현미경 대물렌즈의 비점수차, 코마, 구면수차에 대한 파면 위상 정보를 이용하여 현미경 대물렌즈의 총 수차를 구하였다. Modified Mach-Zehnder 간섭계에서 광 픽업 렌즈 측정 시 사용되는 현미경 대물렌즈의 수차는 그림 4와 같이 0.057 λ rms 로 나타났다. 광 픽업 대물렌즈의 수차 측정값은 현미경 대물렌즈의 수차를 포함하므로 구해진 현미경 대물렌즈의 기준 파면 위상 정보에서 측정 되는 픽업 렌즈의 파면 위상 정보를 제거하여 픽업렌즈만의 수차가 측정된다. 그림 5와 같이 실험 결과 0.068 λ rms 의 수차를 가진 픽업 렌즈가 0.045 λ rms로 0.023 λ rms만큼 보정되었다. 특히 구면수차가 많이 감소하였고, 대략적인 제곱근합(root sum square)에 따라 계산을 해보면 0.072 λ rms로 실험 결과와 유사하다.

본 연구에서는 기존의 수차 측정 방식이 일반화 되어 있지 않은 초소형 광 픽업 대물렌즈의 수차 측정방식의 큰 문제점으로 지적되어온 현미경 대물렌즈가 갖고 있는 수차를 보정 할 수 있도록 rotation shear test와 three lens test를 제안하였고 실험을 통하여 이를 검증하였다.

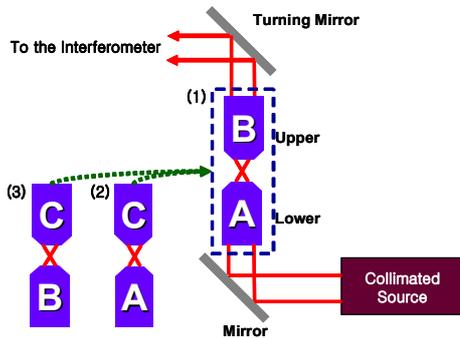


그림 3. 현미경 대물렌즈의 Three Lens Test

표 1. 광원과 보정 전후의 수차

평행 광원 수차	0.010 λ rms	보정 전	0.068 λ rms
유한 광원 수차	0.011 λ rms	보정 후	0.045 λ rms

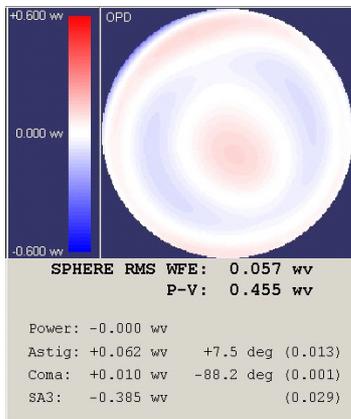


그림 4. NA 0.9 현미경 대물렌즈의 수차

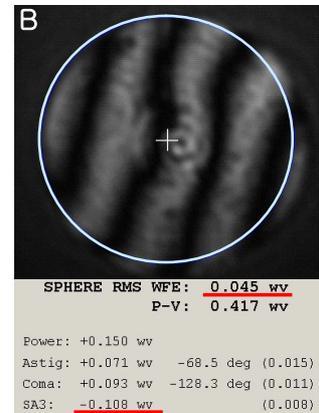
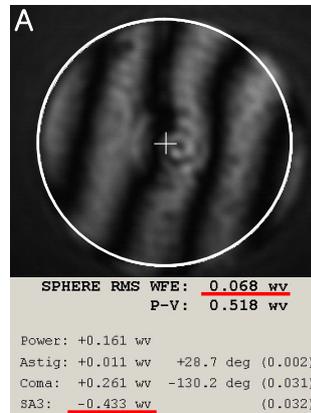


그림 5. (A) 현미경 대물렌즈 보정 전
(B) 현미경 대물렌즈 보정 후

본 연구는 한국과학재단 지정 정보저장기연구센터(R11-1997-042-11000-0)와 삼성종합기술원의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. J. S. Sohn, S. H. Lee, M. S. Jung, T. S. Song, N. C. Park, Y. P. Park, "Design of an integrated optical pickup with NA of 0.85", *Microsyst Technol.* **11**, 457-463 (2005)
2. 강성목, 이진의, 조은형, 손진승, 박노철, 박영필, " 초소형 광 픽업용 하이브리드 렌즈의 능동 정렬 및 성능평가" 정보저장시스템학회 추계학술대회 논문집, 154-159, (2005)
3. Klaus R. Freischlad, "Absolute interferometric testing based on reconstruction of rotational shear", *Appl. Opt.* **40**, 1637-1648 (2001)