

## 초소형 광 픽업의 정적 오차 신호 검출

### Evaluation of Static Error Signal for Super Slim Optical Pick-up

강성목<sup>†</sup>, 조은형<sup>\*</sup>, 손진승<sup>\*</sup>, 김완진<sup>\*\*</sup>, 박노철<sup>\*\*</sup>, 박영필<sup>\*\*</sup>  
S. M. Kang, E. H. Cho, J. S. Sohn, W. C. Kim, N. C. Park, and Y. P. Park

#### ABSTRACT

As a popularity of a portable digital device such as a cellular phone, a digital camera and a MP3 player is spreading, the demand of the mobile storage device increases rapidly. A blu-ray technology using 405nm laser diode and objective lens having high NA (Numerical Aperture), 0.85, satisfies a miniaturization and a high capacity which are the requirements of the portable device. To develop SFFOP (small form factor optical pickup), it is prerequisite to minimize the number of optical components and establish evaluation and assembly method of micro optical pickup system as well as mass production method of micro optical component. To minimize optical elements of optical pickup, there have been many researches to use P-HOE (Polarized Holographic Optical Element) due to its extremely small size and versatile function. However, P-HOE is handled and assembled very accurately in SFFOP. In this paper, static error signal detection method is developed for an alignment of P-HOE in SFFOP. Using developed static error signal detection method, P-HOE can be aligned very accurately with real time result of static error signals of pickup such as FES (focusing error signal) and TES (Tracking Error Signal). The developed static error signal detection method is verified by the evaluation of commercialized DVD Pickup. And finally, developed static error signal detection method is applied for the assembly of P-HOE in SFFOP system satisfies specification of BD (Blu-ray Disk).

**Key Words :** Small Form Factor Optical pickup (초소형 광 픽업), Static Error Signal (정적 오차 신호), Blue Laser Diode (블루 레이저 다이오드), P-HOE (편광 홀로그래픽 광학소자), Photo Detector (수광소자)

#### 1. 서 론

최근 휴대폰, 디지털 카메라, 캠코더, MP3 플레이어, 노트북 PC 등 휴대용 디지털 기기의 보급이 확산 되면서 휴대용 저장장치의 수요가 급증하고 있다. 휴대용 저장장치의 초소형화, 대용량화를 만족시킬 수 있는 기술로 405nm 기준 파장을 갖는 블루 레이저 다이오드를 이용한 광 기록 기술을 들 수 있다. 이미 블루 레이저 다이오드를 이용한 초소형 광 픽업의 연구는 네덜란드의 필립스社, 미국의 데이터플레이社, LG社 등 국내외

산업체를 중심으로 수년간 진행되어 왔다. 근간에 초소형 광픽업에 대한 연구에서는 광 부품의 수를 최소화하기 위하여 편광 홀로그래픽 광학소자 (P-HOE)를 사용해 왔는데, P-HOE는 박형의 두께를 갖는 광 부품으로서 기존의 광 픽업의 빔 분할소자 및 수광을 위한 집광소자의 역할을 수행하므로, 광 픽업의 초소형화를 이루기 위한 핵심부품이라 할 수 있다. 그러나 편광 홀로그래프의 조립 및 정렬 상태에 따라 트랙킹 및 포커싱의 서보(servo) 오차 신호가 심하게 왜곡 될 수 있기 때문에 P-HOE의 올바른 정렬을 위한 조립 및 평가 방안이 요구된다.

본 연구에서는 블루레이 디스크 규격을 만족하는 초소형 광 픽업에 탑재된 P-HOE의 미세조정 및 조립을 위하여 정적인 오차 신호검출 방식을 개발하였고, 상용화된 DVD 광 픽업의 포커싱 및 트랙킹 오차 신호 성능을 평가하여 개발된 정적 오차 신호 검출 방식의 신뢰성을 확보하였다. 검

<sup>†</sup> 연세대학교 대학원 정보저장공학과

E-mail : cpkangsm@yonsei.ac.kr

<sup>\*</sup> 삼성종합기술원 Nano Device Lab

<sup>\*\*</sup> 연세대학교 정보저장기기연구센터

논문접수일 ( 2005년 4월 3일 )

증된 정적 오차 신호 검출방식을 이용하여 초소형 광 픽업에 탑재된 P-HOE의 정렬 상태에 따른 정적인 포커싱 및 트래킹 오차 신호를 피드백하여 P-HOE의 미세조립 및 조정을 수행하였고, 블루레이 디스크 규격을 만족하는 포커싱 및 트래킹 오차 신호 밸런스(Balance) 값을 검출하였다.

## 2. 초소형 광 픽업의 개요

### 2.1 초소형 광 픽업의 개발 목적

CD, DVD와 같은 광 정보 저장 기기에서 이루어져온 기록 밀도 향상으로 차세대 DVD (Blu-ray Disc)에서는 기존의 12cm 디스크에 약 25Gbyte 이상의 데이터를 저장하기에 이르렀다. 블루레이 디스크(Blu-ray Disc)에서는 405nm 파장의 레이저 다이오드를 사용하고 NA 0.85의 대물렌즈를 사용해 기록 밀도를 높였으며 이러한 고밀도기록이 가능해 지면서 휴대용 기기에 적용 가능한 광 저장장치의 개발도 이슈가 되고 있다. 그러나 광 저장장치가 소형화 되기 위해서는 광 저장장치의 디스크 착탈부 등을 제외 하고는 광 픽업이 소형화 되어야 광 저장장치가 작아질 수 있다. 따라서 이와 같은 목적으로 기존의 픽업 구조 보다 매우 얇은 두께(2mm)를 갖는 초소형 광픽업이 개발되었다.

### 2.2 초소형 광 픽업 모델

개발된 초소형 광 픽업은 블루레이저 다이오드, 거울, 1/4 파장판, P-HOE, 대물렌즈, 수광소자 그리고 Optical Bench로 구성된다.

레이저 다이오드에서 발사된 빔은 45°거울에서 반사되어 P-HOE과 1/4 파장판을 거쳐 대물렌즈에 의해 디스크에 집광된다. 대물렌즈는 굴절렌즈와 회절소자가 조합된 하이브리드형 렌즈이다. 회절소자는 색수차와 구면수차를 줄여주기 위해 사용

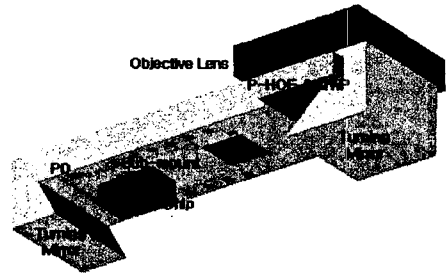


Fig. 2 Schematic of integrated optical pickup

되고 1/4 파장판은 선평광 빔을 원편광으로 바꾸어 주는 역할을 한다.

디스크에서 반사된 빔은 다시 1/4 파장판에 의해 입사된 빔과 수직인 선평광으로 바뀌게 되고 P-HOE에 의해 1차 빔이 수광소자로 보내지게 된다. Fig.1에서는 Code V 시물레이션으로 레이저에서 발사된 빔이 4 분할 수광 소자에 집광 되기까지의 경로를 보여주고 있으며 Fig.2는 초소형 광 픽업의 구성 부품을 나타내고 있다. 집적형 광 픽업은 6.6 × 2.2 × 2 mm 정도의 대략적인 크기와 29.23 mg의 질량을 갖게 된다. 포커싱 오차 신호의 측정 방법은 비점수차 법을 사용하였고 트래킹 오차 신호의 측정 방법은 Push-Pull 법이 사용되도록 설계 되었다.

## 3. 정적 오차 신호의 검출 방법

### 3.1 이론적인 신호

초소형 광 픽업은 4 분할 수광소자를 사용하였으며 P-HOE에 의하여 분할된 1차빔이 수광소자에 집광을 하게 된다. 이에 따른 이론적인 신호 모양은 Fig.3과 같다. (a)는 미디어와 픽업의 포커싱 방향 위치에 따른 포커싱 오차 신호의 이론적인 모양을 나타내고 있으며 (b)는 초점 심도 안에서 트래킹 방향으로 픽업이 움직이면서 보여지는 트래킹 오차 신호에 대한 이론적인 그래프 모양이 된다.

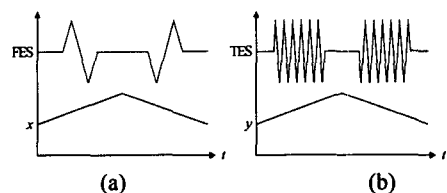


Fig. 3 Theoretical signal shape (a) focusing error signal (b) tracking error signal

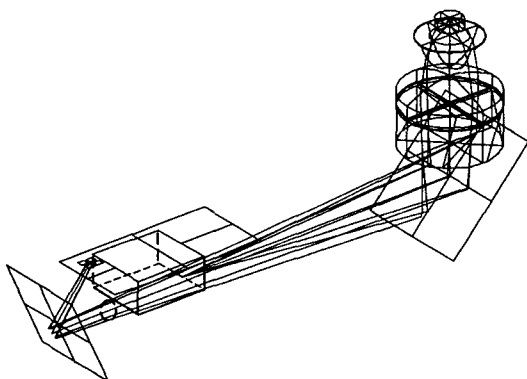


Fig. 1 Optical path of super slim optical pickup

수광 소자에는 기본적인 압전류가 흐르기 때문에 빔이 수광 소자에 올바르게 집광이 되지 않더라도 수광 소자 각각의 신호 단에서 나타나는 전압 레벨에는 차이가 생기게 된다. 이러한 차이는 포커싱 오차 신호와 트랙킹 오차 신호의 결과에 중요한 영향을 미치게 된다.

그러나 선형적인 결과를 얻기 위하여 수광 소자 각각의 신호단을 직접적으로 제어하지 않고 기본적인 오프셋(Offset)만을 보정 한 후 픽업의 성능을 평가하는 것이 포커싱 오차 신호 밸런스와 트랙킹 오차 신호 밸런스가 된다.

$$FES\ Balance = \frac{(a-b)/2}{a+b} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$TES\ Balance = \frac{(a-b)/2}{a+b} \times 100(\%) \quad (2)$$

픽업의 포커싱 오차 신호 밸런스와 트랙킹 오차 신호 밸런스는 식(1)과 식(2)에 의하여 얻어지게 된다. 블루레이 디스크 광 픽업의 만족할 만한 밸런스 값은 포커싱 오차 신호의 경우 10%, 트랙킹 오차 신호는 20% 이내의 밸런스 값을 만족 해야 한다.

### 3.2 실험 장비의 구성 및 평가 방법

기존에 사용되고 있는 CD 와 DVD 의 성능 평가장비를 참고해서 405nm 의 파장을 사용하는 고정밀도의 광 픽업에 적합한 평가 시스템을 구현하였다. 평가 시스템의 구성은 Fig4 에서와 같이 DVD 및 블루레이 디스크를 포커싱 및 트랙킹 방향으로 구동하기 위하여 X, Y 양 방향으로 각각 10nm 의 이송거리 분해능을 가지고 동작하는 PZT 액츄에이터를 사용하여 미디어를 포커싱 방향과 트랙킹 방향으로 구동하였다. 광 픽업은 5 자유도를 갖는 스테이지를 이용하여 픽업의 대물렌즈와 수직인 방향으로 미디어에 부착시킨다.

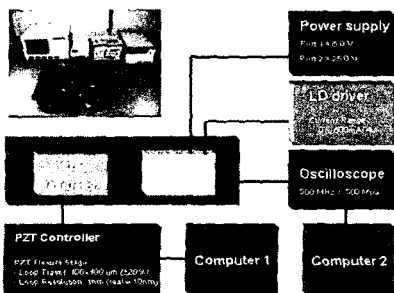


Fig. 4 Schematic of experimental apparatus

광 픽업의 레이저 다이오드와 수광소자에는 외부에서 레이저 다이오드 드라이버(Laser Diode Driver) 와 전력 공급기(Power Supply)를 사용하여 평가 시스템의 구동에 필요한 전압과 전류를 인가한다. 그리고 미디어의 기록면에 포커싱 방향으로 스테이지를 움직여 주면서 초점을 기준으로 픽업의 움직임에 따라 발생하는 신호 모양을 측정할 수 있게 된다. 또한 트랙킹 방향의 측정은 RF 신호가 최대가 되는 점에서 광 픽업을 트랙킹 방향으로 이동 시키면서 신호를 측정하는 방법을 이용하였다. 수광소자의 각각의 신호단에서 발생하는 전압 신호 레벨을 정확히 측정하기 위하여 입력단자가 4 개인 오실로스코프를 사용하여 각각의 신호단에서 나타나는 출력 전압 레벨을 측정하였다. 정적 오차 신호의 평가 방식과 기존의 평가 방식의 차이점은 미디어의 회전 없이도 픽업의 광 경로에 대한 평가가 이루어 질 수 있다는 것이다. 이것은 액츄에이터가 없이도 집적형 광 픽업 자체의 성능을 평가 할 수 있는 장점이 된다.

## 4. DVD 픽업의 정적 오차 신호 측정

### 4.1 실험 장비 구성 및 평가

제안된 정적 오차 신호의 평가 방안과 결과의 신뢰성을 확보하기 위하여 Fig.5 (a)에서 보여진 상용화된 DVD/CD 콤보(SOH-DP10) 광 픽업 제품을 이용하여 평가 시스템을 구성하였다. 평가 시스템의 구성은 5 자유도를 갖는 스테이지의 앞단에 픽업을 부착 시키고 픽업에서 빔이 집광되는 방향에 수직하게 DVD 미디어를 부착 시킨다. 실험에 사용된 DVD/CD 콤보 픽업은 레이저와 PDIC 가 사용 되었기 때문에 외부 전력이 공급 되어야 한다. 전력 공급기에서 Vcc=5.1, Vref=2.1V 의 전압을 인가하고 레이저 다이오드 드라이버에서는 최대 전류 값이 62mA 를 넘지 않는 범위에서 광 출력의 5mW 를 일정하게 나타낼 수 있도록 유지한다.

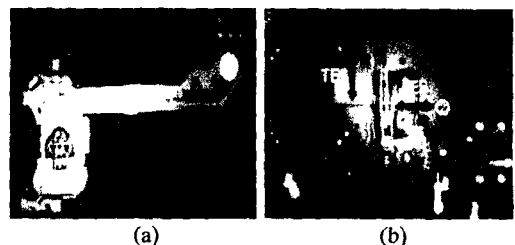


Fig. 5 (a) DVD Pickup (SOH-DP10), (b) evaluation method for DVD/CD combo pickup

포커싱 오차 신호를 측정하기 위해서 Fig.5 (b)에 보여진 것 처럼 1 번과 2 번 방향으로 스테이지를 움직여 준다. 스테이지의 움직임에 따라 각각의 신호단에서 전압이 상승하는 것을 계측기에서 실시간으로 모니터링한다. PDIC 각각의 신호단에 레이저 다이오드의 빔이 집광 되고 그 결과로 나타난 전압 변화 신호를 비점수차 법과 RF 신호의 연산과정을 통하여 얻을 수 있다. 또한 트랙킹 오차 신호를 검출하기 위해서 RF 신호가 최대인 지점에서 광 픽업의 포커싱 방향으로의 움직임을 정지 시키고 미디어가 부착된 PZT를 트랙킹 방향으로 구동시키며 트랙킹 오차 신호를 검출한다.

4.2 DVD 픽업의 측정 결과 및 결론

DVD 픽업의 정적 오차 신호 측정 결과는 Fig.6 에서 보여지고 있다. 결과 그래프의 (a)는 RF 신호를 보여주고 있으며 (b)는 포커싱 오차 신호를 보여주고 있고 (c)는 트랙킹 오차 신호를 보여주고 있다. 정적 오차 신호의 평가 방법은 미디어가 회전을 하지 않기 때문에 RF 신호는 수광소자에 집광 되는 빔의 포커싱 위치에 따른 출력 전압 신호를 알 수 있다. 광 픽업의 광학계 시스템이 정상적으로 구성 되어 있다면 정상적인 포커싱 오차 신호 패턴스가 나타나게 된다. 측정 결과에서는 레인지(Range) 범위를 무시 하였을 경우에 정상적인 전압 신호를 얻을 수 있었다

DVD 픽업의 정적 오차 신호 평가 실험 결과 RF 신호와 포커싱 오차 신호의 정상적인 신호 모양과 값을 얻을 수 있었다. 그러므로 제안된 정적 오차 신호 특성 평가 방안의 신뢰성을 확보 하였다. 그러나 트랙킹 오차 신호에 대한 결과는 다소 차이가 발생했다. 미디어 위에 집광된 빔이 트랙킹 방향으로 이동 하면서 랜드(Land)/그루브(Groove)에 대한 전압 신호 변화만 측정 할수 있었다. 그러한 이유는 픽업의 트랙 방향으로의 움직임이 안정되지 못하고 미디어와 픽업 간의 기울어짐에 대한 영향 때문으로 판단되었다.

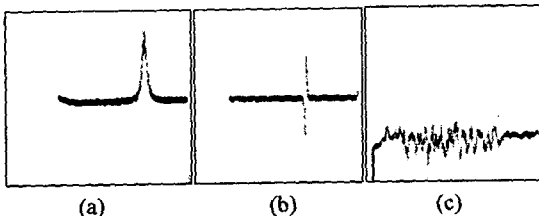


Fig. 6 Experimental results of DVD pick-up (a) RF signal (b) focusing error signal (c) tracking error signal

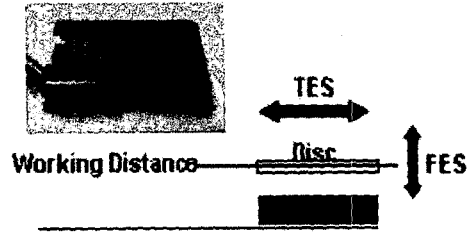


Fig. 7 Compensated experimental setup

이에 대한 보상은 액츄에이터에 미디어 조각을 붙이고 미디어를 포커싱 및 트랙킹 방향으로 안정하게 구동시키면서 해결 할 수 있었다.

5. 초소형 광 픽업의 정적 신호 측정

5.1 초소형 광 픽업의 평가 장비 구성

406nm 블루레이저 다이오드를 이용한 초소형 광 픽업의 평가를 위하여 기존의 정적 오차 신호 평가 장비에서 개선된 사항은 Fig.7 과 같다. 블루레이 미디어를 사각형 모양으로 작게 자른 후 일반적인 액츄에이터에 위에 부착 시켜 평가를 수행하였다.

액츄에이터에 미디어가 부착되어 있고 픽업은 고정된 상태에서 미디어가 부착된 액츄에이터가 포커싱 및 트랙킹 방향으로 구동 될 때 더욱더 안정적인 오차 신호를 검출 할 수 있다. 또한 초소형 광 픽업은 PDIC 를 사용 하지 않기 때문에 수광 소자에 신호 증폭기와 RF 앰프를 연결 시켜 RF 신호, 포커싱 오차 신호, 그리고 트랙킹 오차 신호를 연산하도록 하였다.

5.2 초소형 광 픽업의 성능 평가와 P-HOE 정렬 방안

P-HOE 조립 방법은 다음과 같다. 미디어가 부착된 액츄에이터의 미디어 부분을 Fig.7 처럼 픽업의 초점이 형성되는 지점에 적당히 위치 시킨다. 그리고 액츄에이터의 미디어 부분을 포커싱 방향으로 움직여 주면서 수광 소자 각각의 신호 단에서 나타나는 전압 신호를 측정한다. 블루레이저 다이오드에서 발사된 빔은 거울과 P-HOE 를 거쳐 대물렌즈를 통과하고 미디어에 집광된다. 그리고 미디어에서 반사되어 다시 동일한 경로를 지나 수광 소자에 집광이 되는 광 경로를 가지고 있다.

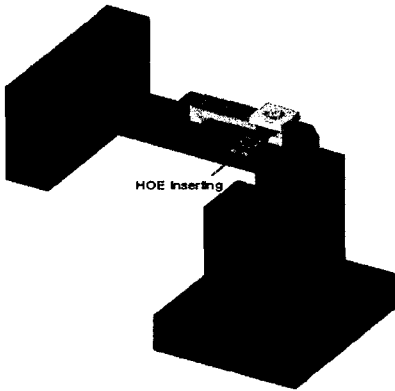


Fig. 8 Gripping jig for assembling P-HOE

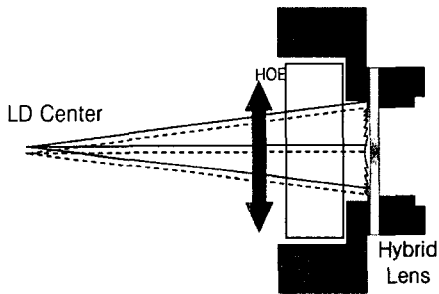


Fig. 9 Alignment method of P-HOE

이 때, P-HOE의 정렬이 올바르게 되어 있지 않은 경우 수광소자에 빛이 집광 되지 않게 되고 4 분할 수광 소자 각각의 신호 단에서는 올바른 전압신호가 나타나지 않게 된다. Fig.8 에서 보여지는 P-HOE 조정 지그(JIG)를 이용하여 P-HOE 를 움직여 가며 각각의 수광소자 신호단에서 올바르게 출력 전압 신호가 발생하는 위치를 찾게 된다. Fig.9 는 입사되는 빔과 P-HOE 의 모습을 단면으로 보여주고 있다.

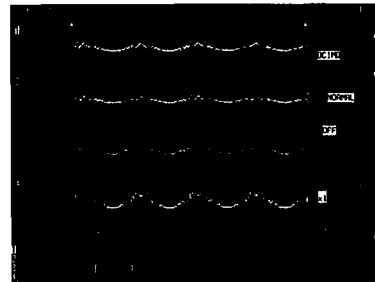
### 5.3 초소형 광 픽업의 정특성 평가 결과

초소형 광 픽업의 P-HOE 를 올바르게 위치 시키고 4 분할 수광 소자에 올바르게 빛이 집광된 경우, 수광 소자 각각의 신호 단에서 나타나는 출력 전압을 신호 증폭기를 이용하여 증폭 시킨 후 나타난 측정 결과는 Fig.10 과 같다. Fig.10 의 (a) 는 4 분할 수광 소자 각각의 신호 단에서 발생된 출력 전압 신호를 보여준다. (b) 는 각각의 신호 단에서 나타난 결과를 이용하여 비점수차 범 연산에 의해 얻어진 포커싱 오차 신호가 된다. (c) 는 RF 신호가 최대인 지점에서 미디어를 트래킹 방향으

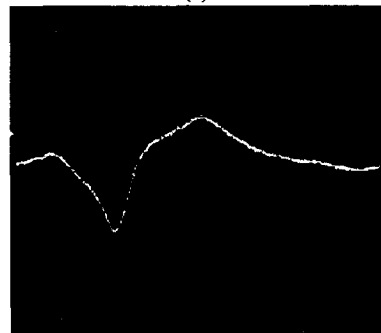
로 움직여 주면서 측정된 트래킹 오차 신호가 된다. Table.1 은 측정된 결과를 이용하여 계산된 포커싱 및 트래킹 밸런스 결과로서 포커싱 오차 신호의 밸런스는 1.72%이며, 트래킹 오차 신호 밸런스는 8.33%를 나타낸다. 두 값 모두 블루레이 디스크 규격을 충분히 만족하고 있다.

Table 1 Focusing and tracking balance

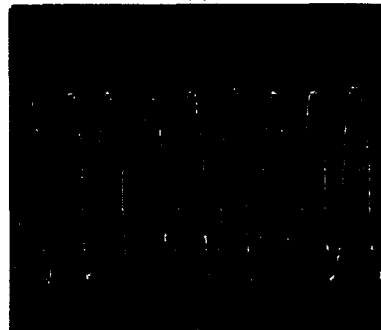
	Measured	Reference
FE Balance	1.72 %	< 10 %
TE Balance	8.33 %	< 20 %



(a)



(b)



(c)

Fig. 10 Evaluation results of super slim optical pickup (a) signal on each PD (b) focusing error Signal (c) tracking error signal

## 6. 결 론

집적형 초소형 광 픽업은 픽업이 액츄에이터에 부착 되기 전 픽업 자체의 광 경로가 옮겨 구성되었가의 여부를 판단할 필요가 있다. 광 부품중에서도 P-HOE 의 올바른 정렬 방안은 수광 소자에 빔이 올바르게 집광 되는 광 경로를 결정 짓는 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. 제안된 정적 오차 신호 평가 방안은 액츄에이터 와 서보 평가 시스템이 없이도 간단한 시스템 구성만으로 픽업의 성능을 평가할 수 있음을 보여주고 있다. 또한 수광 소자에 집광되는 빔을 실시간으로 계측기를 이용하여 모니터링 하면서 P-HOE 를 조절하여 올바른 정렬을 수행 할 수 있음을 검증 하였다.

## 후 기

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

## 참고문헌

- [1] M.A.H van der Aa et al., 2002, "Small Form Factor Optical Drive: Miniaturized Plastic High-NA Objective and Optical Drive", Technical Digest, International Symposium on Optical Memory/Optical data storage, pp.251-253
- [2] Mitsuhiro Togashi et al., 2004, "Miniaturized Optical Pickup and Mechanism for Mobile Optical Disc Drive", Jap. J. Appl. Phys., Vol.43, No.7B, pp.4763-4767
- [3] B. W. Bell Jr, 2001, "DataPlay's Mobile Recording Technology", Technical digest, Optical Data Storage Topical Meeting , pp.4-6
- [4] Young-Sik Kim et al., 2003, "Ultra small optical pickup module with integrated optics", Technical digest, International Symposium on Optical Memory, pp.174-175
- [5] Sang-Hyuck Lee, 2003, "Design of an Integrated Optical Pickup with NA of 0.85 for Small Form Factor Optical Disk Drives", The Graduate School Yonsei University.
- [6] Jin-Seung Sohn, 2005, "Design and Fabrication of Micro Lens Array for High Density Small Form Factor Optical Pickup", The Graduate School Yonsei University.