

# 다중빔 광디스크용 빔 회전 구동기의 제작과 특성평가

김병준\* · 김수현\*\* · 곽윤근\*\*  
(2000년 4월 14일 접수)

## The Development and Performance Analysis of Beam Rotating Actuator for Multi-Beam Disk Drive

Boung Jun Kim, Soo Hyun Kim, Yoon Keun Kwak

**Key Words :** Beam Rotating Actuator(빔 회전 구동기), Multi-Beam Optical Disk Drive (다중빔 광디스크 드라이브), SEL(표면방사레이저), Piezoelectric Material (압전소자), Dove Prism(도브 프리즘), Optical Disk(광디스크), Ray Tracing(광선추적실험)

### Abstract

To enhance the effective data transfer rate the multi-beam optical disk drive is presented. The Beam rotating actuator is necessary for putting multi-beam on more than one track. Ray tracing was also executed for real system set-up. The Beam Rotating Actuator is made up of piezoelectric material, high stiffness wire hinge and dove prism. The actuator has about 1 kHz natural frequency and suitable operational range. The dynamic equation for the actuator is derived for the control of real system.

### 1. 서론

현재 사용되고 있는 광디스크는 대용량의 정보 저장능력과 이동의 편리성, 보관의 용이성 등 수많은 장점으로 인하여 널리 사용되고 있다. 그러나, 일반적으로 사용되고 있는 광디스크 드라이브의 성능 향상의 한계가 예견되어 일부에서는 다중빔을 이용한 광디스크 드라이브의 구현을 위한 연구가 수행되고 있다. 이것은 현재 상용화 되어있는 광디스크 드라이브의 픽업이 단일 광원을 사용하는 데 비하여, 두개 이상의 다중 빔을 동시에 디스크의 트랙에 조사하여 여러 트랙에 기록된 정보를 빠르게 읽어 들여 신호처리를 통해서 정보 전송속도를 획기적으로 향상시키려는 기술로 이의 구현을 위해서는 표면방사레이저(SEL ; Surface Emitting Laser)에서 조사된 다중빔이 디스크면에 정확히 배열될 수 있도록 하는 빔 회전 구동기가 필수적이라 할 수 있다.<sup>(1,2)</sup>

이러한 방식에서는 여러 개의 재생 광원을 광디스크의 정보가 기록된 트랙위에 빔을 동시에 모아야 한다. 따라서, 다중빔을 동시에 트랙위에 모으도록 도와주고 새로운 역할을 하는 빔 회전 구동기가 필요하다.

이에 대한 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. Katayama<sup>(3)</sup> 등은 다중빔 시스템에서 광학계를 수광부와 송광부를 별도로 구성하였고, 빔회전 구동기의 형상을 외팔보 형태로 제작하였다. 그러나 구동 방식은 도브프리즘의 양쪽에 코일을 붙여 VCM 방식으로 구동 하였다. 이 방식은 전체적으로 양쪽에 구동력을 발생시키는 코일을 부착하기 위해 이를 지지하는 별도의 구조물이 부착되므로 구동기의 형상이 커지게 되고, 형상이 복잡해지는 단점을 가진다. Tokumaru<sup>(4)</sup> 등은 다중빔 시스템에서 회전하는 광학부를 사다리꼴 형상의 프리즘과 대물렌즈로 구성하였다. 이 방식에는 고성능에 적합하지 않은 베어링 지지 구조로 구성하였다. 또한 회전하는 부분의 부품이 많아 전체적으로 구동부 질량이 증가하는 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 다중빔 광디스크 드라이브에 적용될 빔 회전 구동기의 구현을 위한 기본적인 실험을 수행하고자 한다. 구동 소자로 압전

\* 회원, KAIST 대학원 기계공학과

\*\* 회원, KAIST 대학원 기계공학과

E-mail : kyk@cais.kaist.ac.kr

TEL : (042)869-3212 FAX : (042)869-5203

소자를 이용함으로써 고 응답성과 고 정밀도를 구현할수 있다. 실제 시스템 구성을 위하여 광선추적실험(Ray tracing)을 통하여 나타난 결과를 구동기에 적용하였다. 소형이면서도 수 마이크로미터 이내의 작동 정밀도를 갖는 압전 소자를 이용하여 간단한 구조를 갖는 압전형 빔 회전 구동기를 설계, 이의 성능과 특성을 제시할 것이며, 적용될 다중 광디스크 시스템을 분석하여 구동기의 구동범위와 정밀도를 결정하고 이를 실험적으로 검증하고 구동기의 주파수 대역과 운동 특성 방정식을 제시하여 실제 다중빔 광디스크 시스템의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

2. 다중빔 디스크드라이브의 픽업

다중빔을 이용한 광학 픽업의 전체적인 시스템은 Fig. 1 과 같다. 광픽업은 반도체 레이저로부터 레이저 광을 집속하여 광디스크 정보 기록부에 조사한 다음, 되돌아오는 반사광을 수광 다이오드(photo diode)에서 전기 신호로 변환 시켜 정보를 읽어내는 역할을 한다.

시스템 구성을 위한 소자로는 다중빔 표면방사 레이저(SEL), 집속렌즈(colimator), 도브프리즘(dove prism), 빔 회전 구동기(beam rotating actuator), 대물렌즈(objective lens), 수광소자(Photo diode array), 비점수차렌즈(astigmatism lens) 등이다. 시스템의 레이저 광원을 구동하기 위한 정격전압은 5V 정도로 전용 구동기를 사용하며 시스템의 외부에 장착된다. 광원으로 사용되는 SEL 에서 조사 되는 빔은 집속렌즈(collimator)에서 평행광으로 바뀌게 되며 빔분할기(beam splitter)를 통과한다.

이 빔은 다시 도브프리즘을 통과 하면서 디스크의 안쪽 트랙과 바깥 트랙의 곡률 차이와 디스크의 편심, 광축 조절등으로 인한 보정 각도 만큼을 회전시켜야 한다. 다시 도브프리즘을 통과한 빔은 수차가 없는 대물렌즈를 통해 최종적으로 광디스크의 데이터 기록부에 집광 되어 정보를 읽으며 디스크면에서 반사된 광은 역경로를 따라 빔 분할기(beam splitter)에 도달하게 되고 여기서 일부가 반사되어 광신호를 전기신호로 변환하는 수광 다

이오드에 비점수차를 유발하는 대물렌즈에 의하여 집광된다.

사용되는 수광소자는 6 개의 분할면을 가지고 있으며 비점수차를 이용한 결상에 의해 디스크면과 마주 놓인 대물렌즈를 구동할 서보 신호 (servo signal)를 만들게 되며, 동시에 여러 빔을 디스크의 안쪽과 바깥에서 외란과 곡률 반경의 변화에 따라 적절하게 정렬 시킬 수 있도록 도브프리즘을 장착한 빔 회전 구동기가 사용되어 진다. 이때 제어신호는 초점 오차 신호검출법으로 나이프에지 방식과 비점수차법, 그리고 궤적 추종오차 검출방식(DPTM)등이 사용되며 이와 함께 신호처리부에서 디스크의 회전주기와 함께 회전주파수를 파악하여 광픽업 액추에이터와 빔 회전 구동기를 위한 제어신호를 산출한다. 도브프리즘은 입사된 광선을 일정한 각도만큼 회전시키는 기능을 하며 도브프리즘이  $\theta$ 만큼을 회전하면 프리즘을 통과한 광선은  $2\theta$ 만큼 회전되는 특성이 있다.<sup>(7,9,10)</sup>

3. 광선추적 실험 및 결과

광학계 설계를 위하여 필수적인 절차가 광선 추적 실험(ray-tracing)이다. 이는 목표로 하는 광학계의 필수 데이터인 광원, 렌즈, 프리즘, 집속 렌즈(collimator), 수광소자(P.D.) 등의 위치, 굴절률, 광의 특성, 초점거리 등의 복합적인 데이터를 입력함으로써 우리가 설계하고자 하는 광학계가 실제로 구성되기 이전에 제 성능이 발휘되는 지를 알아보기 위한 것이다.<sup>(10)</sup> 디스크면에서의 빔의 초점 크기(spot size), 빔 간극(beam pitch), 그리고 P.D. 면에서의 빔 결상 크기, 빔의 강도 분포, 수차량의 극소화 등을 주요 목표량으로 설정하여 실험하였으며 광선 추적 실험을 통해서 구현하고자 하는 빔 회전 구동기의 데이터를 얻을 수 있었다. 광선 추적 실험의 수행은 전체 시스템을 총 29 개의 표면 데이터로 입력하여 이루어졌으며 Fig. 2 는 설계한 전체의 시스템을 3 차원 입체의 모양으로 나타낸 것이다.

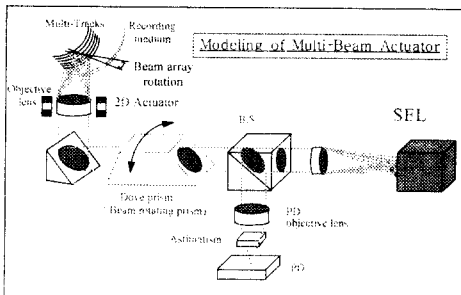


Fig. 1 Multi-beam optical disk drive system

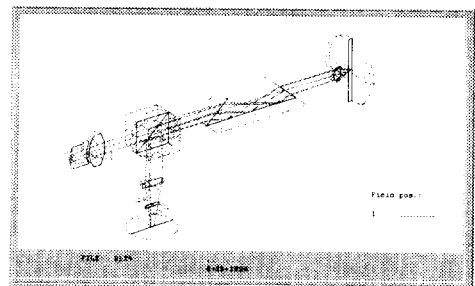


Fig. 2 Example of Ray-Tracing Results

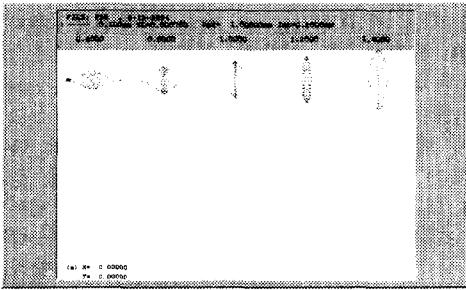


Fig. 3 Beam spot shape & size on the P.D. plane

광선 추적 실험을 통하여 각 광학 소자의 스펙과 재질이 결정되었다. 도브프리즘은 평행광선을 원하는 각도만큼 회전시켜주는 소자로 Ray Tracing에서는 멀티빔 광원의 발산각과 수광소자면의 사이즈를 고려하여 설계를 진행 하였다. 빔 회전 구동기에 사용될 도브프리즘은 광학소재로 널리 사용되는 실리카유리인 BK7 으로 재질의 밀도가  $2.51g/cm^3$  인 크기는 높고, 폭 각각 6mm 에 길이 24mm 로 결정되었다.

Fig. 3 에 P.D.면상에서의 빔 크기 (beam spot size)와 형상을 나타내었다. 포커싱 제어용으로 알맞게 사용될 수 있도록 렌즈와 수광면의 거리에 따라서 비점수차(Astigmatism)를 명확하게 나타내어 주고 있음을 알 수 있다. 광선 추적 실험의 결과 디스크면에서의 빔 크기는 빔의 강도가 Gauss 분포를 한다고 가정할 때의 이론적 수치인 2W 로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$2W = \frac{0.8\lambda}{NA} = 1.4\mu m \quad (1)$$

여기서 광원 집속용 비구면렌즈(Collimator)의 개구수  $NA=0.45$ , 광원의 파장  $\lambda = 780nm$  을 고려하 이론적인 레일레이 한계(Rayleigh Limit)  $2W=1.4\mu m$  로 나타난다. 광선 추적 실험에 있어서의 디스크 면에서의 빔 사이즈는 이보다 조금 더 큰 값인  $1.8\mu m$  이내를 나타내었으며 이것은 실제의 고속 광디스크 드라이브에 충분히 적용 가능한 수치이다.

### 4. 빔 회전 구동기

#### 4.1 구동 소자

빔 회전 구동기에 사용된 소자는 응답성이 빠르면서도 비교적 정밀한 구동이 가능하며 소형인 압전형을 선택하였다. 사용된 소자는 Tokin 社의 NEPEC-10 압전 세라믹을 적층한 NLA-5×5×1형이다. 적층형 압전 소자는  $115\mu m$  두께의 압전 세

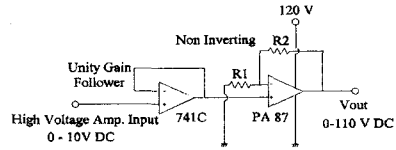


Fig. 4 High voltage amplifier for piezoelectric element

라믹 144 층과 내부 전극을 고체 소결(solid sintering)법에 의해 교대로 접합 시켜서 만들어졌고 에폭시 접착제로 코팅 되었다. 압전 소자의 최대 구동 전압은 100V 직류이며 자유 상태(free end condition)에서의 변위량은  $15.0\mu m/100V$ , 변위 제한시에  $87Kgf/cm^2$ 의 힘을 발생시키고 정전용량 (static capacitance)은 650nF 이다. 압전 소자의 강성계수는 단위 전압당 변위 신장에 해당하는 압전상수 ( $D_{33}$ ), 압전소자의 탄성상수 ( $C_{33}^E$ ), 면적(A), 두께(t) 등에 의해 구동 전압에 의해 발생하는 구동력과 변위 길이는 각각 식 (2)와 식 (3)으로 유도 된다.

$$F = AC_{33}^E D_{33} \frac{\Delta V}{t} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ell &= n\Delta t = nD_{33}V = \frac{\ell}{t} D_{33}V \\ &= ED_{33}V \\ &= [Fieldstrength] \frac{V}{t} \end{aligned} \quad (3)$$

압전 소자는 습기가 있는 곳에서는 구동해서는 안되며, 압전 소자를 이용한 기구의 설계시에 과도한 인장이나 전단 응력이 걸리는 것을 피해야 한다. 또한 동일한 에폭시 접착제를 사용하여 접착하여야 하며 교류로 구동하기 위해서는 분극이 역전 되는 것을 방지하기 위해 직류 바이어스 (direct current bias)를 중첩 시켜야 한다.

#### 4.2 구동 시스템

압전 소자를 구동하기 위한 직류 고전압을 발생시키기 위해 고전압 증폭기 (High Voltage Amplifier)를 구성하여 사용하였다. 고전압 증폭기의 블럭 다이어그램은 아래의 Fig. 4와 같다.

0~10V 까지의 DC 를 출력하여 이를 고전압 증폭기를 이용하여 압전소자를 구동하고, 스트레인 게이지를 통해 압전소자의 변위량을 얻을 수 있었다. 고전압 증폭기에 의하여 압전소자에 5Hz 의 주파수를 갖는 0V 에서 85V 까지의 전압을 인가하였을 경우 소자의 변위량은  $6\mu m$  정도였다.

#### 4.3 탄성 조인트의 제작

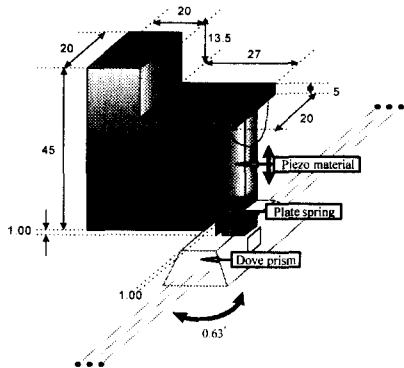


Fig. 5 Beam rotating actuator (unit : mm)

압전 소자의 직선 변위 운동을 회전 운동으로 변환하기 위해선 압전 소자의 끝부분을 도브프리즘에 피봇하여 접착하여야 한다. 하지만 이 경우 접착 부위에 과중한 전단을 가하지 않고 일반적인 기계 조인트에서 발생하는 백래쉬(back-lash)를 줄이기 위해 강성을 지니면서 기계적 조인트의 역할을 하는 탄성 관절을 사용하였다.<sup>(8)</sup>

탄성 관절은 3 방향의 자유도를 갖으며 0.5mm 직경을 가지는 열처리된 고강성 텅스텐 와이어를 아크릴 사이에 몰입하여 압전 소자의 직선 운동이 구동기의 회전 운동으로 쉽게 전환될 수 있도록 하였다. Fig. 5 는 탄성 조인트를 부착한 압전형 직선 운동 구동기이다.

압전 소자가 발생하는 변위를 정확히 측정하기 위하여 Kyowa 社의 KFG-1-120-C1-11L1M2R 스트레인 게이지(strain gage)를 부착하였다. 스트레인 게이지의 길이는 1mm, 저항  $119.6 \pm 0.4\Omega$ , Gage factor 는 2.13 이며 스트레인 게이지의 접착에는 Cyanoacrylate Based Adhesive 를 이용하였다.

#### 4.4 구동기의 작동 범위

도브프리즘은 다중빔을 사용한 광 디스크 드라이브가 일반적인 광 디스크 드라이브와 구별되는 가장 큰 특징이다. 다중빔을 항상 디스크의 트랙에 정확히 포커싱 하면서 정렬을 하기 위해서는 일렬로 늘어선 빔들을 회전시켜 디스크의 트랙에 정렬시켜 주어야만 한다. 다중 빔의 회전 원인은 디스크의 편심각( $\theta_1$ ), 외주와 내주의 곡률 반경 차이로 인한 회전각( $\theta_2$ ), 광축 조절을 위한 초기 회전각( $\theta_3$ ) 등이 있다. 이를 보상하기 위한 빔의 회전각을 식 (4)에 나타내었다.

$$\theta_b = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \quad (4)$$

디스크의 편심을 보상해 주기 위한 빔의 회전은 디스크의 중심과 회전 중심이 일치하지 않음에 의한 다.

디스크의 회전 속도  $\omega$ , 광디스크에서의 편심

량  $e$  (최대  $100 \mu\text{m}$ ) 고려 하면, 편심량과 중앙 빔의 위치 변화  $e_b$  와의 관계는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$e_b = e \cdot \sin(\omega t) \quad (5)$$

식 (5)와 디스크의 최소 유효 반경( $r$ ; 25mm)을 고려할 때 디스크의 편심을 보상해 주기 위한 빔의 회전각  $\theta_1$ 은 식 (6)과 같이 계산된다.

$$\theta_1 \approx \frac{e_b}{r} \leq \frac{e}{r} \leq \frac{100 \times 180}{25000 \times \pi} = 0.23^\circ \quad (6)$$

디스크에서의 빔 간격을  $10 \mu\text{m}$  로 가정하면 3-beam 일 경우 빔의 총 간격은  $20 \mu\text{m}$  이고 CD-ROM 의 경우 데이터가 기록된 가장 안쪽 곡률반경이 23mm 가장 바깥 영역이 58mm 이다. 데이터가 기록된 트랙 사이의 간격은  $1.6 \mu\text{m}$  이므로 코싸인 제 2 법칙에 의하여 안쪽과 바깥에의 빔과 트랙과의 정렬 각도  $\theta_2$ 는 식 (7)와 식 (8)과 같이 주어진다.

$$\theta_{inner} = \text{COS}^{-1} \frac{23000^2 + 20^2 - 23003.2^2}{2 \times 20 \times 23000} \quad (7)$$

$$\theta_{outer} = \text{COS}^{-1} \frac{58000^2 + 20^2 - 58003.2^2}{2 \times 20 \times 58000} \quad (8)$$

따라서 디스크의 곡률 반경 차이에 의한 정렬 각  $\theta_2$ 는 식 (7)과 (8)의 차이인  $\theta_2 = \theta_{outer} - \theta_{inner} = 0.015^\circ$  로 구하여진다. 또한 광축 조절을 위한 회전각  $\theta_3$ 는  $0.3^\circ$  이내로, 전체적인 다중 빔의 회전각  $\theta_b$ 는  $0.55^\circ$  이내이다. 따라서 빔 회전 구동기 작동의 범위는 작동범위는  $0.28^\circ$  이상이 되어야 한다.

#### 4.5 빔 회전 구동기

압전소자, 도브프리즘, 그리고 압전소자의 이력 현상을 보상해줄 판 스프링으로 구성된 정밀 빔 회전 구동기를 설계하여 제작하였다.

구동기는 압전소자에서 발생하는 길이 방향의 변위를 우리가 원하는 만큼의 각도 변위로 변환하기 위하여 피봇되는 판 스프링의 길이  $\lambda_2$ 와 광축으로부터 압전 소자가 접착되는 위치까지의 거리  $\lambda_1$ , 변위  $\Delta\lambda$ , 변위각  $\Delta\theta$ 의 관계는 식 (9)로 유도되어진다.

$$\Delta\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\lambda_2 + \Delta\lambda}{\lambda_1} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) \quad (9)$$

빔 회전 구동기의 몸체는 압전시 발생하는 변위를 충분히 견딜만한 스테인리스 스틸 (stainless steel)을 재료로 사용했다. 압전 소자와 몸체 간은 에폭시 레진으로 접착 되었고 도브프리즘과 압전

소자 사이엔 텅스텐 와이어(tungsten wire)를 삽입한 탄성 관절을 부착하였다. 이 관절은 아크릴 몸체를 포함해서 8.2mm의 길이를 갖는다. Fig. 6은 최종 조립된 빔 회전 구동기의 모습을 나타낸다.

### 5. 구동기의 특성 측정

#### 5.1 빔 회전 특성

완성된 빔 회전 구동기가 표면방사레이저(SEL)에서 나온 빔을 적당한 범위의 각으로 회전시켜줄 수 있는지를 파악하여야 한다. 하지만 다중빔을 이용한 고속 광디스크 드라이브 픽업에서의 빔 회전 각도는 앞에서 구한 것처럼 미소한 것이기 때문에 직접 구동기의 변위를 측정하는 대신에 도브프리즘의 측면에 거울을 달아 이곳에 레이저 빔을 조사하여 멀리 떨어진 스크린상에서 결상되는 레이저 빔의 이동 거리를 측정함으로써 해서 미소한 범위의 회전 각의 측정이 가능하였다.

이 경우 측정되는 변위의 각  $\Delta\theta$ 와 빔이 움직이는 거리  $\Delta x$ , 구동기와 스크린 사이의 거리  $\lambda$  사이에 식 (10)이 성립한다.

$$2\pi\lambda \frac{2\Delta\theta}{360} = \Delta x \tag{10}$$

$$\Delta\theta = \frac{90\Delta x}{\pi\lambda} [^\circ]$$

일반적으로 압전구동기에서는 이력현상이 발생하기 때문에 입력 범위에 따라서 구동기의 DC 이득 회전각이 조금씩 변할 수 있다. 하지만 완성된 광디스크 드라이브에서는 신호처리부에서의 추종오차 보상이 이루어져 광픽업과 빔 회전 구동기를 제어하게 되므로 이러한 이력현상은 충분히 극복 가능하다.

Fig. 7은 컴퓨터 D/A 변환기로 출력된 0~10V 사이의 전압을 고풍력 전압 증폭기를 통하여 정밀 회전 구동기에 인가 하였을 경우의 입력 전압에 대한 회전 성능의 결과를 나타낸 것이다. 입력에 대한 출력 성능이 선형적인 관계를 보임을 알 수 있고 최대 회전 각도는 0.63° 정도이다.

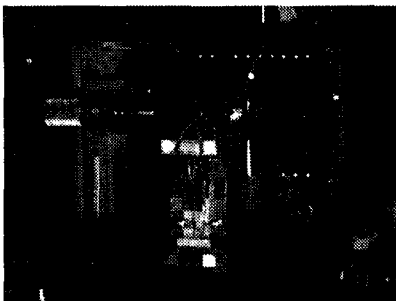


Fig. 6 Assembled beam rotating actuator

#### 5.2 빔 회전 구동기의 주파수 특성

이렇게 제작된 빔 회전 구동기가 제어 가능한 영역에서 제 성능을 내는지를 알아보기 위하여 구동기의 주파수 특성을 고려하여야 한다. 구동기의 E(young's modulus), I(moment of inertia) 등 각각의 매개변수들을 고려할 때의 구동기의 고유 진동수는 아래의 식 (11)과 같다.

$$\delta = \frac{Pl}{EI}, K = \frac{EI}{l} \tag{11}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{EI}{lm}}$$

이 식에 판 스프링의 영률(E; young's modulus)는 193Gpa, 모멘트 이너서 (I; moment inertia), 도브프리즘의 질량 m 등을 대입하면 구동기가 갖는 고유 진동수는 1.12kHz로 구하여진다.

근사식으로 구해진 주파수 특성을 실험을 통해 측정해 보았다. 디지털 신호 분석기의 2Hz에서부터 5kHz까지의 스위프 싸인(sweep sine) 신호를 고전압 증폭기에 순차적으로 가해서 시간 도메인 상에서의 도브 프리즘이 갖는 진동 특성을 Polytec社의 OFV 1102 레이저 인터페로미터로 측정을 해 보았다. 근사식으로 구하여진 주파수 특성치를 레이저 간섭계를 이용하여 측정하여 보았다.

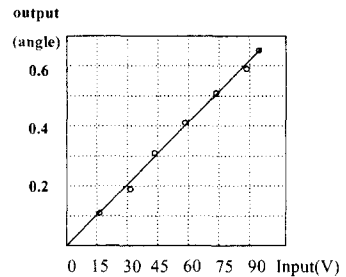


Fig. 7 Beam rotation ability

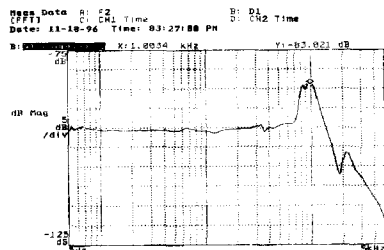


Fig. 8 Frequency response of the actuator

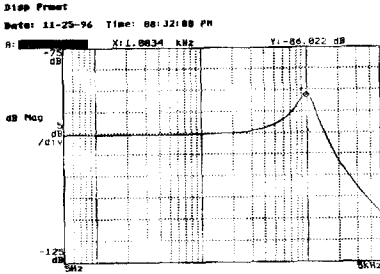


Fig. 9 Curve fit of frequency response



Fig. 11 Beam spot scope on the disk (CCD) plane

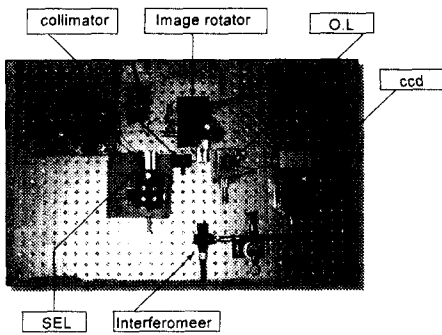


Fig. 10 Overview of experimental set-up

Fig. 8 은 디지털 신호 분석기로 30V 의 DC offset 을 갖는 2Hz 에서 5kHz 까지의 순차 정현파(sweep sine signal) 를 빔 회전 구동기에 인가 하였을 경우 나타나는 주파수 응답 특성곡선이다. 1 차 공진 주파수는 1.0034kHz 에서 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 9 는 속도-주파수 응답 곡선을 2 차 시스템 으로 곡선맞춤(Curve fitting) 하여 나타낸 것이다.

곡선맞춤과 단위 변환과정의 이득을 고려하여 얻어진 구동기의 전달함수는 식 (12)와 같다.

$$\frac{\theta_i}{V_i} = \frac{10.6}{s^2 + 3.23E2s + 6.20E5} \quad (12)$$

여기서  $\theta_i$  과  $V_i$  는 각각 레이저 센서에 의해 계산된 회전각 [°], 구동입력 전압 [V]이다.

디스크의 최고 회전량을 3000rpm 으로 간주할 때, 빔 회전구동기의 공진주파수는 디스크의 편심량에 의해 추종하여야 할 주파수 영역인 50Hz 이 상이되어야 하는데, 측정된 구동기의 공진주파수는 1kHz 부근이었다.

### 5.3 빔의 회전 성능 측정

측정을 위한 실험세트는 아래의 Fig. 10 과 같이 앞서서의 광선추적 실험(Ray Tracing)을 통한 결과를 통해 완성되었다.

광선 추적실험을 통해서 완성한 집속렌즈, 도브 프리즘, 대물렌즈 등으로 광 경로를 구성하고 디스크면을 대신해 CCD 카메라를 장착하여 빔의 디스크면에서의 빔 영상을 가시화 하여 보았다.

완성된 광학 시스템에 전원을 공급하고 CCD 카메라로 결상면에서 빔의 패적을 촬영해 보았을 때, 결상면에서의 회전각은 Fig. 11 에서처럼 CCD 카메라에 연결된 모니터를 통하여 나타내어 보았다. 측정하여 본 결과 결상면에서의 빔의 회전각은 구동기의 회전각의 정확히 2 배가 됨을 확인 할 수 있었다.

## 6. 결론

다중빔 광디스크의 픽업에 사용이 가능한 빔 회전 구동기를 제안하였다. 전체적인 광픽업 시스템의 광선추적실험을 통해서 구동기를 특성화 하여 압전소자와 판스프링을 이용하여 제작하였다.

이 구동기의 장점으로는 마찰을 수반하지 않고 높은 정밀도와 고응답 특성을 갖을 수 있고 구조가 간단하고 제작이 용이한 특징이 있다. 압전소자의 선형운동을 회전운동으로 변환하기 위하여 판스프링을 사용한 피봇기구를 적용하였다. 탄성관절을 사용하여 선형 운동의 회전운동 변환시 야기 될 수 있는 백래쉬를 줄이고자 하였으며, 구동기의 성능은 보편적인 광디스크 드라이브의 사양에 맞추었다. 제작한 빔회전 구동기는 인가하는 직류 전압에 비례하여 선형적인 출력 특성을 보였으며 주파수 성능 특성 시험에서 1kHz 부근에서 공진주파수가 검출되었으며 작동 범위는 필요 작동범위인 0.28°를 충족하는 0.63°까지 확보하였다.

디스크면에 CCD 카메라를 장착하여 확인한 결과 도브프리즘을 통과한 광선은 빔 회전구동기의 구동각의 두배만큼을 회전하여 디스크면에 정확히 포커싱됨을 확인하였다. 광선추적 실험을 통한 결상면에서의 빔의 크기는 레일레이 한계 1.4 $\mu$ m 에 근접한 1.8 $\mu$ m 로 비교적 우수한 성능을 나타내었다. 그리고, 빔 회전 구동기의 운동 전달 함수도 제시

하여 추후 시스템 제어가 가능하도록 하였다.

### 참고문헌

- (1) Alan B. Marchant, 1990, *Optical Recording*(A Technical Overview), Addison-Welsley Publishing Company, Massachusetts, USA.
- (2) Koumura, K., Takizawa, F., Iwanaga, T., and Inada, H., 1989, "High Speed Accessing using Split Optical Head," *SPIE, Data Storage Topical Meeting*, Vol. 1078, pp. 239~243.
- (3) Victor B. Jipson, 1995, "Drive Technology for the future," *SPIE*, Vol. 2514.
- (4) 최인목, 최기봉, 김수현, 광윤근, 1999, "정밀근접구동과 조동기능이 결합된 일체형 광디스크 액츄에이터," 대한기계학회논문집 A 권, 제 23 권 제 3 호, pp. 400~408.
- (5) Katayama, R., Yoshihara K., and Yamanaka, Y., 1989, "Multi-beam Magneto-Optical Disk Drive for Parallel Read/Write Operation," *Optical Data Storage-Topical Meeting, Proc. SPIE*, Vol. 1078, pp. 98~104.
- (6) Tokumaru, H., Arai, K., and Kawamura, N., 1996, "Multibeam Optical System Incorporating a Microlens Array," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 35, pp. 375~379.
- (7) 新居 亭一, 水上, 1994, "8ビーム LD アレイによる光ディスクドライブの高転送速度化," *OPTRONICS*, Vol. 5, pp. 132~136.
- (8) Paros, J. M., Weisbord, L., 1965, "How to Design Flexure Hinges," *Machine Design*, pp. 151~156.
- (9) Hashimoto, S., Maesaka, A., and Ochiai, Y., 1991, "Recording on Co/Pt Magn to-Optical Disks Using 488nm laser," *J. of Appl. Phys.*, Vol. 70, pp. 5133~5134.
- (10) 김병준, 1997, "A Study on the Multiple Beam Disk Drive's Optical Pick-up Part," 석사학위논문, 한국과학기술원, 대전.