

## 광픽업 액추에이터의 동특성 및 변경

### Dynamic Characteristics and Modification of Optical Pick-up Actuator

김철진\*, 신창훈\*, 이경택\*, 박노철\*, 박영필\*\*

Chul-Jin Kim\*, Chang-Hoon Shin\*, Kyung-Taek Lee\*, No-Cheol Park\*, Young-Pil Park\*\*

**Key Words :** Optical pickup actuator(광픽업 액추에이터), Magnetic flux distribution(자속 분포), Flexible mode(유연 모드), Servo bandwidth(제어대역), Moving part(가동부), Horizontal force(수평력)

#### ABSTRACT

In optical disk drive (ODD), disk rotation speed has been increasing rapidly to achieve high data transfer rate. High servo bandwidths for focusing and tracking actuator are required to follow dynamic disturbance by high rotation speed in ODD. However, the servo bandwidth is significantly limited by some vibration modes which are induced by the flexibility of moving part. In this work, the vibration modes affecting bandwidth of actuators are suppressed by modifying actuating force by VCM. For this, the relation between the horizontal component of the actuating force and vibration mode is analyzed and force characteristic affecting to vibration mode is obtained through electromagnetic and structural analysis using simulation program.

### 1. 서론

CD/DVD 혹은 차세대고밀도기록기기등과 같은 광저장장치에서 최근의 추세는 기록 용량 및 데이터 전달속도를 높이는 것이다. 이에 따라 광저장장치에서 디스크의 정보를 읽어 내는 핵심 부품인 광픽업 액추에이터는 고속화, 고밀도화에 대응하기 위해 높은 감도(sensitivity)와 넓은 제어대역(servo bandwidth)을 가져야 한다. 특히 필요한 제어대역을 확보하기 위해서는 액추에이터 가동부의 변형에 의해 10kHz 이상에서 발생하는 고차 공진 모드가 제어계에 미치는 영향을 분석하고, 고주파대역으로 이동시키거나 억제하는 것이 광픽업 액추에이터에 있어서 중요한 핵심과제의 하나이다. 이를 위한 기존의 연구 결과를 살펴보면 다음과 같다. 림(rib)을 사용하여 액추에이터의 구조를 보강시키는 연구[1], 가동부의 유연모드(flexible mode)와 렌즈홀더의 강성이 갖는 관계에 대한 연구[2]가 있었고, 유연모드가 포함된 액추에이터의 동특성을 향상시키기 위한 가동부의 설계변수에 대한 연구[3]와 렌즈홀더의 측면보강을 통한 트위스트 모드(twist mode)의 변경[4]이 있었다. 또한 이동중 등은 감도해석을 통한 가동부의 형상변경을 통해 고강성화를 꾀했다[5].

이러한 대부분의 연구는 시스템의 동특성을 변경하여 고차공진모드를 보다 고주파로 옮기는데

초점이 맞추어져 있다. 그러나 재료를 바꾸는 것은 생산단가를 높일 수 있으며, 구조변경을 통한 강성변경은 가동부의 질량증가로 인한 구동감도와 1차공진주파수의 저하가 문제점이 될 수 있다.

본 연구에서는 시스템의 동특성 변경에 의한 연구방법과 달리, 구동력(actuating force)의 특성과 공진 모드의 관계를 알아보고, 구동력의 적절한 배분에 의한 공진 모드의 저감에 대해 알아보려고 한다. 이를 위해, 먼저 실험을 통해서 현상을 파악하고, 구조 및 자기해석에 의해 그 발생 메커니즘을 분석한다.

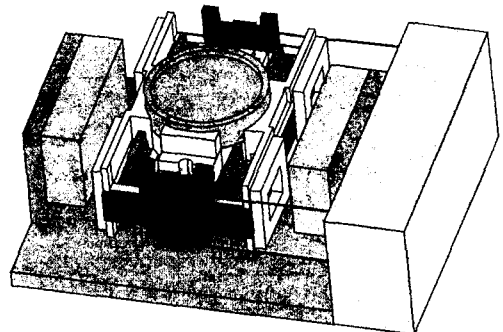


Fig.1 Configuration of optical pickup actuator.

### 2. 본론

#### 2.1 기초 실험

자기회로의 형상과 고차 유연모드와의 관계를

. 연세대학교 정보저장기기연구센터

E-mail : kimjang77@vibcon.yonsei.ac.kr

Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460

.. 연세대학교 기계공학과

규명하기 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다. Fig. 1은 실험에서 사용된 광픽업 액추에이터를 보인 것으로서, 일반적으로 많이 사용되는 구조이다. 한 개의 영구자석과 포커스, 트래킹 방향으로 힘을 발생시키기 위한 두개의 코일로써, 2축 구동이 가능하도록 구성되어 있다. 이러한 광픽업 액추에이터에 형상이 다른 자석을 바꾸어 가면서 포커싱가진을 하고 렌즈 중심의 주파수 응답특성을 구해 보았다. Fig. 2(a)에서 나타난 것처럼 와이어 서스펜션(wire suspension)의 변형에 의한 강체모드에는 변화가 없으면서, Fig. 2(b)에서처럼 10kHz 이상에서 발생하는 가동부의 유연성에 기인하는 유연모드에서 그 크기가 달라짐을 알 수 있다. 또한 측정된 주파수대역내에서도 가장 저차인 15kHz의 진동에 반응하는 모드의 크기 변화가 확연히 나타나는 반면, 나머지 모드의 크기에는 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 이는 자석의 변화가 이 모드의 가진 정도와 직접 관련이 있으며, 다른 모드에는 영향이 없다는 것을 말한다.

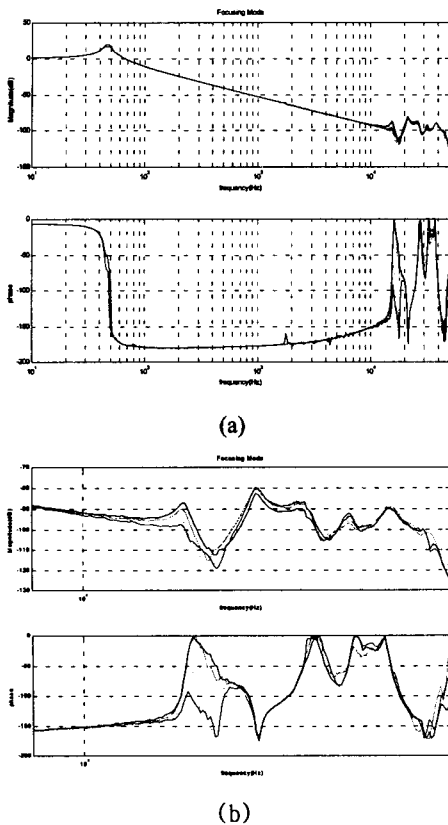


Fig. 2 Dynamic characteristics on the center of lens by change of magnetic flux path: (a) dynamic response by rigid vibrating motion of moving part (b) dynamic

response by flexible vibrating motion of moving part.

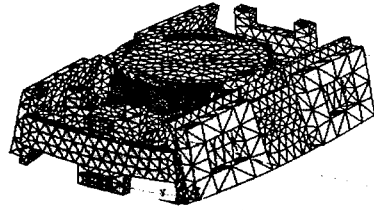


Fig. 3 Bending mode appearing at 15kHz.

Fig. 3은 유한요소해석에 의한 액추에이터 가동부의 변형 모드 중, 15kHz 근방에서 나타나는 모드를 보인 것으로, 굽힘변형을 하고 있음을 알 수 있다. 이것은 앞의 실험을 통해서 살펴본 15kHz 근방의 모드와 일치한다. 이 공진모드의 크기 변화는 자석 형상 변화에 따라 발생한 것이며, 특히 포커스방향으로 자석 길이에 따라 그 공진모드의 크기가 변화하는 것이 보였다.

## 2.2 자기 해석

실험에서 나타난 현상의 원인을 파악하기 위해 간단한 자기 회로에 대한 해석을 수행하였다. Fig. 4는 자기해석 결과로서, 자석과 요크 및 코일로 이루어진 간단한 자기회로 내에서 코일에 영향을 주는 자속(magnetic flux)의 방향은 수평방향 성분 뿐만 아니라, 수직방향 성분도 있음을 보여준다. 이 수직방향 성분은 수평방향으로 흐르는 포커싱코일(focusing coil)내의 전류와 반응하여 수평방향, 즉 와이어 방향으로 작용하는 수평력(horizontal force)을 발생시키게 된다(Fig. 5).

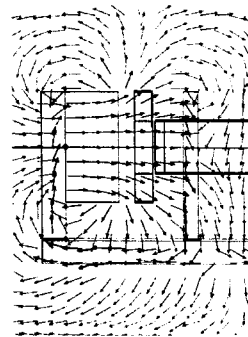


Fig. 4 Magnetic flux simulated by Maxwell.

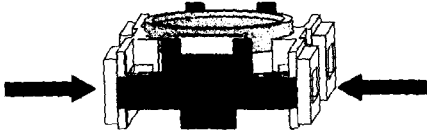


Fig. 5 Horizontal force in pickup actuator.

이를 좀 더 자세히 분석하기 위해 동일한 코일에서 자석의 길이를 달리한 경우에 발생하는 수평력의 크기 변화를 자기해석 프로그램으로 해석하고, Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에 따르면, 자석의 길이가 길어질수록 수평력이 커짐을 알 수 있으며, 실험에서 보여준 결과와 연관지어 생각해 보면 이 수평력이 공진모드를 억압하는 억압력으로 작용한다고 생각되어진다. Fig. 7은 힘의 작용관계를 추론한 것이다. 먼저 포커싱력(수직력)에 의해 굽힘 모드가 가진이 되면, 수평력이 그 반대방향으로의 모멘트로 작용하여 상쇄작용을 하는 것으로 생각된다. 이때 수평력이 가동부의 기계적중심보다 위에 있거나, 혹은 그림에서 묘사된 방향과 반대로 된다면 상쇄작용이 일어날 수 없고, 오히려 보강되어 그 모드의 진동을 더욱 크게 만들 것으로 생각된다. 또한 이 수평력은 앞뒤에 자석이 대칭적으로 배치되어 있으므로 방향이 반대이고 크기는 같아서 서로 상쇄되어 시스템의 여타 성질, 즉 강제모드와 계인 등에는 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

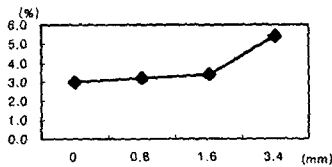


Fig. 6 Horizontal force by change of the length of magnet.

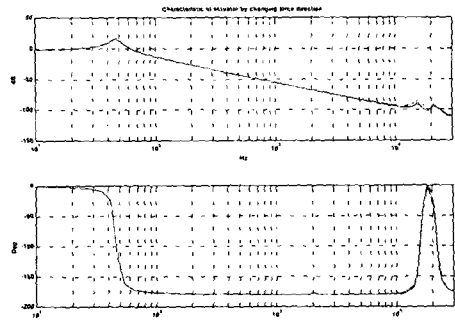


Fig. 7 Principle of vibration mode reduction.

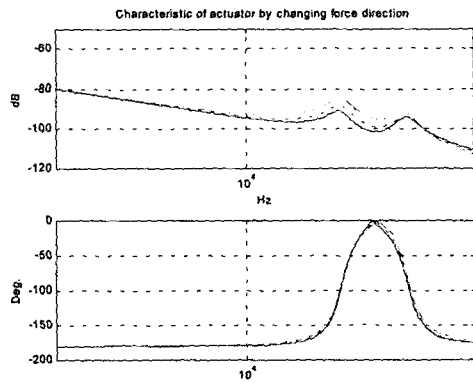
### 2.3 동특성 해석

자기해석을 통해 원인을 일으키는 힘의 발생

원리와, 이 발생된 힘이 동특성에 미치는 영향을 확인하기 위해 Ansys를 이용하여 액추에이터의 가동부에 대한 진동해석을 수행했다. 이때 응답특성은 렌즈중심에서 구했고, 힘은 기존의 포커싱력과 수평력을 동시에 적용하였다. 포커싱코일의 양쪽에 작용하는 수평력이 모드의 변화에 어떤 영향을 주는가를 알아보기 위해 수평력의 크기를 달리하며 해석해 본 결과, 15kHz 근방에서 나타나는 공진모드의 크기가 달라지는 것을 알 수 있었다 (Fig. 8). Fig. 8에서 점선은 수평력을 주지 않았을 때, 점선의 아래쪽은 Fig. 5, Fig. 7과 같이 렌즈홀더에 수직력과 동일 위상의 수평력을 주었을 때, 점선 위쪽은 수직력과 180°의 위상차를 갖는 수평력을 주었을 때의 진동특성이다. 따라서 실험결과에서 예측한 것이 잘 맞다는 것을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 8 Dynamic characteristics on the center of lens by change of magnetic force direction : (a) dynamic response by rigid vibrating motion of moving part (b) dynamic response by flexible vibrating motion of moving part.

이를 좀더 확인하기 위해, 힘의 크기를 변화시켜 가면서 유사한 해석을 수행했다. Fig.9는 수평력을 수직력의 40%까지 증가시켜가면서 공진봉의 크기를 살펴본 것인데, 수평력이 수직력의 40%정도가 되면 공진봉이 사라지는 것을 볼 수 있다. 다음으로 수평력에 의한 모멘트를 크게 만들기 위한 방안으로 모멘트 암(moment arm)의 변화에 따른 공진모드의 변화를 살펴보았다. 이때 힘의 작용 위치는 포커스 코일의 수직폭 내에서 정해졌다. 왜냐하면 힘은 코일에서 발생되는 것이기 때문이다. Fig.10은 수평력의 위치를 아래로 내릴수록 동일한 크기의 수평력일지라도 모멘트 암이 커져서 공진봉의 크기가 줄어드는 것을 보여준다.

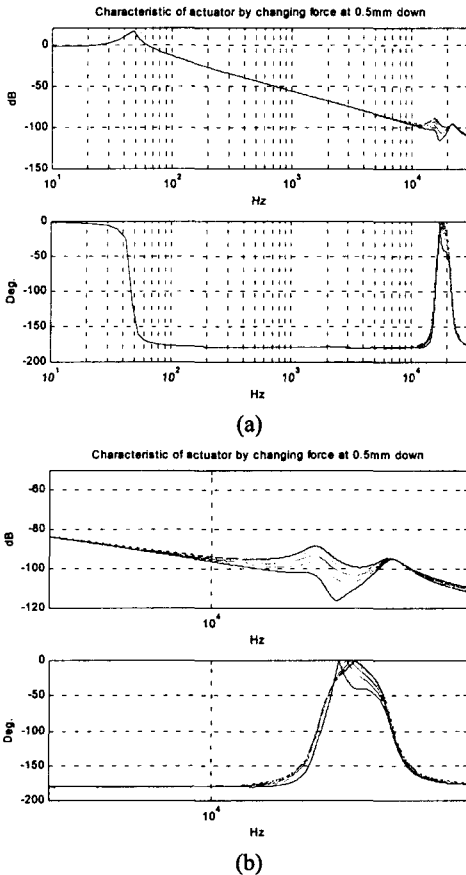


Fig. 9 Dynamic characteristics on the center of lens by change of magnitude of magnetic force: (a) dynamic response by rigid vibrating motion of moving part (b) dynamic response by flexible vibrating motion of moving part.

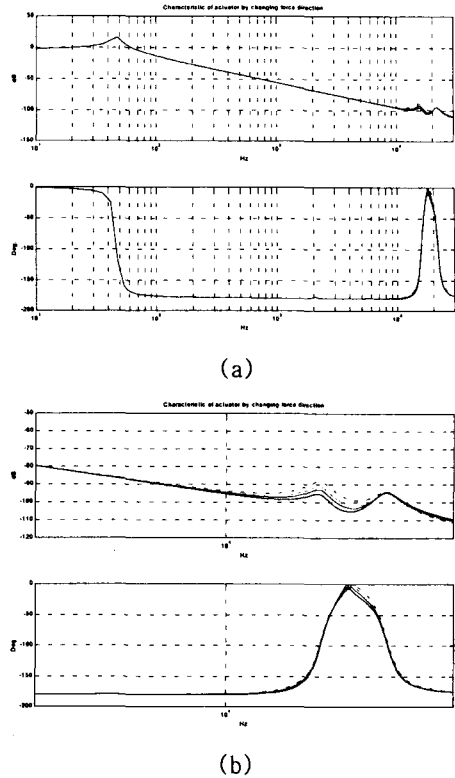


Fig. 10 Dynamic characteristics on the center of lens by change of position of magnetic force: (a) dynamic response by rigid vibrating motion of moving part (b) dynamic response by flexible vibrating motion of moving part.

### 3. 결론

광픽업 액추에이터의 제어성에 나쁜 영향을 미치는 가동부의 유연성에 의한 공진특성을 저감하기 위해, 자기회로의 구조를 변경한 실험과 컴퓨터를 이용한 해석에 의해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 영구자석에 의한 자속(magnetic flux)의 수직방향 성분이 가동부의 고주파영역에서의 변형에 영향을 준다.
2. 영구자석 대 코일의 상대위치 변경과 영구자석의 높이 변경을 통해 수평력의 크기를 증가시킬 수 있다.
3. 유연모드의 저감을 위한 자기회로설계를 통한 구동력 변경은 강체 모드와 AC,DC 게인에 영향을 주지 않는다.
4. 적절한 자기회로의 설계에 따라 원하는 공

진모드를 선택적으로 저감할 수 있다.

## 후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 정보저장기기 연구 센터의 지원(2001G0001)을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

## 참고 문헌

- (1) N. Takahashi, H. Sato, H. Osawa, and K. Nagai, "Digital Video Disk/Compact Disk (DVD/CD)-Compatible Pickup Head with Dual lens Rotating Actuator", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.36, pp.467-473, Part 1, No. 1B, January 1997.
- (2) T. Matsui, "Optical Head Lens Actuator for High Information Bit Rate Recording", *IEICE TRANS. ELECTRON*, No. 10, pp. 1581-1586, 1994.
- (3) I-H. Choi, W-E. Chung, Y-J. Kim, I-S. Eom, H-M. Park, and J-Y. Kim, "Compact Disk/Digital Video Disk(CD/DVD)-Compatible Optical Pickup Actuator for High Density and High Speed", *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 37, Part 1, No. 4B, pp. 2189-2196, 1998.
- (4) 김석중, 이용훈, 최한국, "고밀도 광저장 기기용 틸트 액추에이터 동특성 분석 및 평가", *한국소음진동공학회지*, 제 10 권, 제 4 호, pp. 584-595, 2000.
- (5) 이동주, 이경택, 김철진, 박노철, 양현석, 박영필, "감도해석을 이용한 광픽업 액추에이터의 렌즈홀더 설계" *한국소음진동공학회 2001년도 춘계학술대회논문집*, pp. 712-717.