

유연디스크용 가동 코일형 광 픽업 액추에이터 개발

Design of Moving Coil Type Optical Pickup Actuator for Flexible Disk

김윤기† · 송명규* · 이동주* · 박노철* · 박영필**

Yoon-Ki Kim, Myeong-Gyu Song, Dong-Ju Lee, No-Cheol Park and Young-Pil Park

Key Words : Actuator(액추에이터), Flexible Disk(유연디스크), Flexible mode(유연모드), Gain margin(게인 마진), Moving coil type(가동 코일형), Design of Experiment(DOE, 실험계획법)

ABSTRACT

As high-definition television (HDTV) broadcasting were generalized, there have been many researches and developments about large storage capacity and fast data transfer rate in optical disk drives (ODD). Pickup actuators must have high flexible mode frequencies and gain margins. Flexible modes are caused by the flexibility of moving parts in the actuator and a servo bandwidth is limited by them. As a result, the system becomes unstable for high-speed operations in high density reading and recording. In this paper, we suggest improved modeling method that considers the bonding layer. And, flexible mode frequency of actuator is improved by Design of Experiment of lens holder. Magnet circuit is designed considering the relation with moving part. Through improving yoke design, the magnetic flux is changed and DC tilt is reduced. Consequently, we designed actuator which has high flexible mode frequency and gain margins.

1. 서 론

HDTV, DVD 등 고화질 방송과 대용량의 정보저장기기의 사용이 대중화 되면서 큰 저장용량과 빠른 데이터 전송률을 갖는 광 정보저장기기가 요구되고 있으며, 위와 같은 요구 사항에 발맞춰 디스크의 고밀도화와 고배속화의 연구에 박차를 가하고 있다. 디스크가 고밀도화 고배속화 될수록 안정성의 확보가 중요시 되기에 높은 유연모드와 큰 게인 마진을 갖는 액추에이터의 필요성이 대두되고 있다. 유연모드는 액추에이터 가동부의 유연성에 의해 결정되어 서보 대역폭에 영향을 미치기 때문에 고밀도 고배속에서의 안정성 확보에 중요한 요소가 된다. [1, 3, 4]

한편, 기록 용량을 향상시키기 위해서 95 mm 두께의 유연디스크를 Hard Disk Drive (HDD)와 같은 적층형 구조로 사용하려는 연구가 진행되고 있다. 유연디스크는 공기베어링을 이용한 안정기를 사용하여 디스크의 축방향 진동을 효과적으로 제어하므로 이를 위한 액추에이터는 포커싱 감도보다 트랙킹 감도를 높일 필요가 있다. [2, 5]

본 논문에서는 액추에이터의 렌즈 홀더와 코일,

렌즈 사이의 접촉제를 고려한 모델링 방법을 제안하였으며 이 모델링 방법으로 높은 유연모드와 큰 게인 마진을 갖는 액추에이터를 제안하였다. 액추에이터의 유연모드에 영향을 미치는 렌즈 홀더를 Design of Experiment (DOE) 통하여 유연모드를 높였다. 또한 결정된 렌즈 홀더를 변경하지 않는 범위 내에서 자석과 코일을 선정하였으며 개선된 요크를 사용하여 정적 틸트를 감소 시켰다.

2. 모델 및 모델링 방법 선정

2.1 모델 선정

본 논문의 목적은 높은 유연모드와 큰 게인 마진을 가지며, 포커싱 감도보다 트랙킹 감도가 비교적 높아야 하는 유연디스크용 액추에이터 개발에 있다. 이를 위해 Fig. 1 처럼 Case I, II, III 세가지 모델을 고안하였다. 위 모델들은 높은 유연모드와 큰 게인 마진을 갖게 하기 위해 단순한 렌즈 홀더 형상을 기본으로 하였으며 트랙킹 코일의 유효 길이를 늘리는 노력을 하였다. 고안된 모델 중 Case I 은 내부 요크로 인해 액추에이터의 유연모드가 떨어져 유연디스크용으로는 부적합하였고, Case II 는 자속을 받는 요크의 부재로 자기력이 기대에 미치지 못하였다. 한편 Case III 는 고정부에 부분적으로 요크를 넣고 코일의 유효길이를 늘려, 자기력을 개선하는 동시에 가동부의 유연모드 저하를 막도록 설계하였다.

† 김윤기; 연세대학교 정보저장기기연구센터

E-mail : -kim-y-k-@yonsei.ac.kr

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

* 연세대학교 정보저장기기연구센터

** 연세대학교 기계공학과

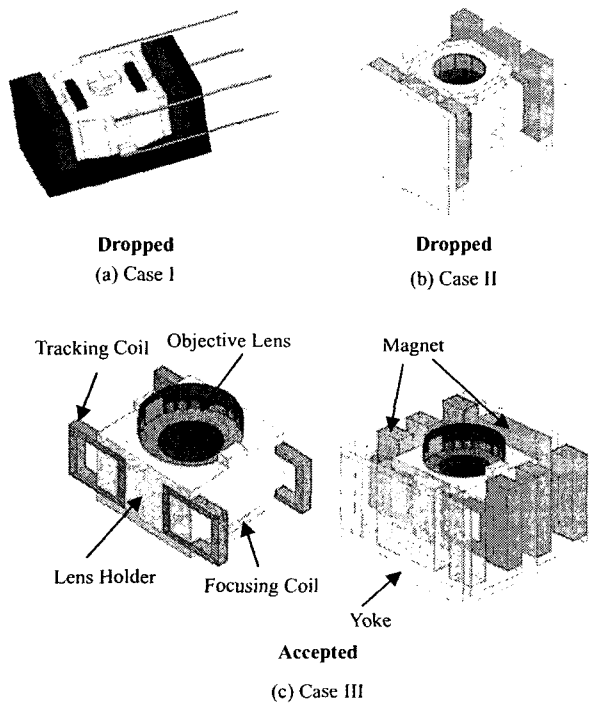
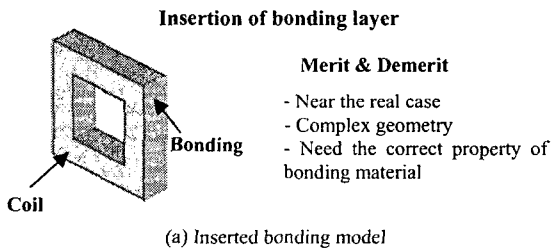


Fig. 1 Select concept design

2.2 모델링 방법



Assuming the stiffness of coils & lens as 70% of bobbin's one

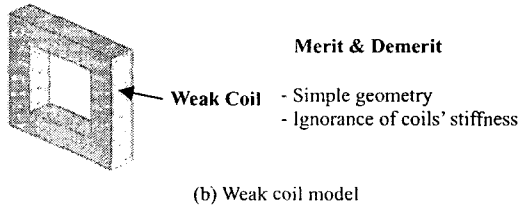


Fig. 2 Comparison of analysis model

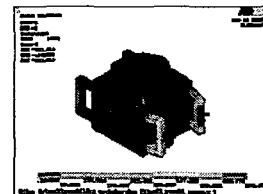
기존의 모델링 방법은 접착제를 무시한 채 부품들이 서로 완벽하게 결합되어 있다고 가정하고 모델링을 하였다. 하지만 이런 방법은 접착제가 가동부에 미치는 영향을 반영하지 못하기 때문에 액추에이터의 유연모드가 실제보다 높게 나오는 문제점을 가지고 있었다. 사실적인 해석을 위해 접

착제를 고려하는 두 가지 방법을 고안하였다. 첫 번째 방법은 Fig. 2 (a)처럼 렌즈 홀더와 코일, 렌즈 사이에 접착제를 직접 넣어 해석하는 방법으로 실제 모델에 가깝다는 장점이 있다. 하지만 접착제의 추가로 모델이 복잡해지고, 접착제의 정확한 물성을 알지 못하면 해석 결과의 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다. 두 번째 방법은 Fig. 2 (b)와 같이 코일과 렌즈의 강성을 줄여서 단순질량으로만 작용하도록 단순화시킨 방법이다. 이 방법은 코일의 강성을 무시하지만 간단한 구조로 해석이 가능하다는 장점이 있다. 위의 고안된 두 가지 방법 중 첫 번째 것은 접착제의 물성과 두께 등을 알기 힘들기 때문에 코일과 렌즈의 강성을 줄이는 두 번째 모델링 방법을 택하였다.

3. 모델 설계

3.1 렌즈 홀더 설계

렌즈 홀더의 형상은 액추에이터의 유연모드에 큰 영향을 미치는 요소이다. 앞에서 선정한 액추에이터의 유연모드를 Fig. 3 에서 처럼 살펴보았다. 그 결과 유연모드가 기대에 미치지 못하였고, 이를 개선하기 위해 3 가지 변수를 선정해 3 레벨로 렌즈 홀더의 형상을 DOE 하였다.



35.25 kHz

Flexible mode frequency of tracking direction

Fig. 3 Flexible mode frequency of selected concept design

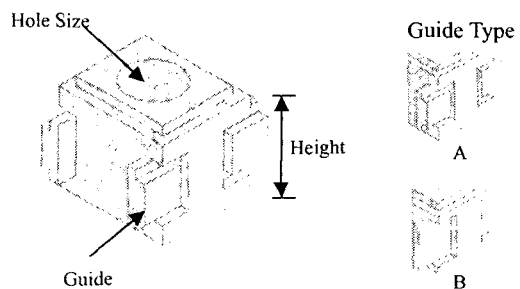


Fig. 4 Design parameters for lens holder

선정된 변수들은 Fig. 4 에서 볼 수 있듯이 렌즈 구멍, 높이, 코일가이드이며 액추에이터의 유연모드를 최대화하는 것으로 목적함수를 잡았다. 위에서 선정된 변수들의 민감도를 Fig. 5 에서 확인할 수 있으며, 렌즈 구멍, 높이, 코일 가이드는 각각 2mm, 4.9mm, A type 으로 결정하였다. Fig. 6 은 DOE 를 통해 개선된 액추에이터의 유연모드를 보여준다. 이전 모델의 그것에 비해 크게 향상되었음을 알 수 있다.

3.2 자기부 설계

(1) 자석 선정

자기부의 설계는 가동부 설계를 변경하지 않는 범위에서 이루어졌다. Fig. 7 에서 보는 바와 같이 A, B, C 의 3 가지 변수를 선정하여 자기력을 최대화하는 것을 목적함수로 DOE 를 하였다. A 와 B 는 각각 자석의 넓이이고, C 는 자석과 요크 사이의 간격이다. Fig. 8 과 Table 1 은 DOE 결과에 의해 적용된 자기부의 모습과 자석의 치수를 보여준다.

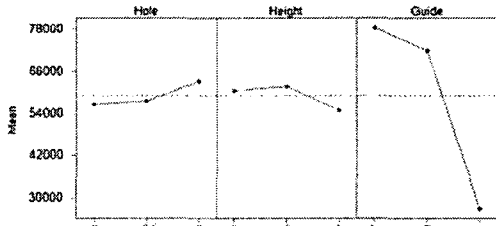


Fig. 5 ANOM of flexible mode frequency in lens holder

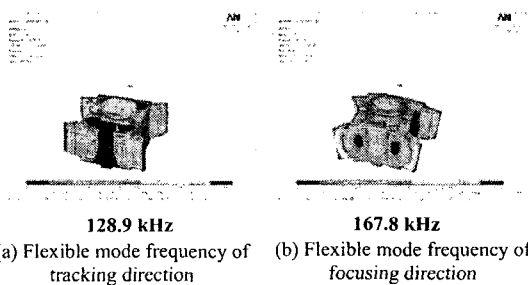


Fig. 6 Flexible mode frequency after lens holder DOE

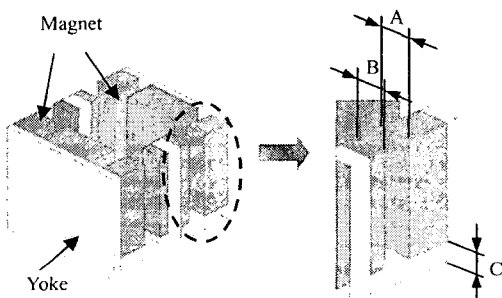


Fig. 7 Design parameters for magnetic circuit

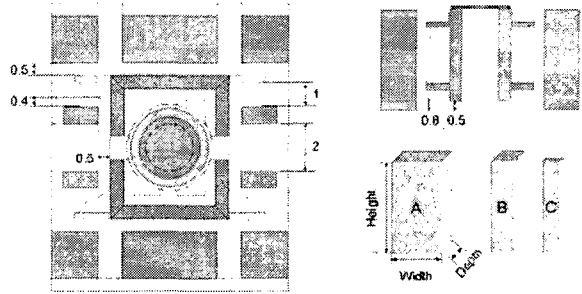


Fig. 8 Selected design parameters for magnetic circuit

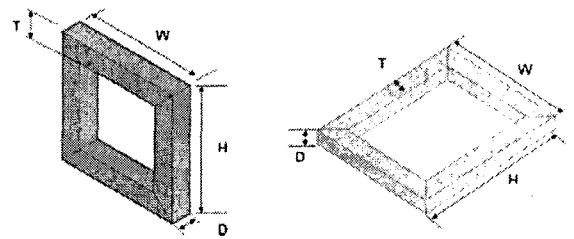


Fig. 9 Selected design parameters for Coil

Table 1 Specification of magnet

	Height	Width	Depth
Magnet A	5.5 mm	4 mm	2 mm
Magnet B	5 mm	2 mm	2 mm
Magnet C	5 mm	1.5 mm	0.7 mm

Table 2 Specification of coil

	Turn	R (Ω)	Mass (mg)	Dia. (mm)	W (mm)	H (mm)	D (mm)	T (mm)
Tracking	24	1.1	12.7	0.07	3	3	0.3	0.7
	18	1.3	16.9	0.08	5	6	0.3	0.6
Focusing	44	2.9	2.92				0.4	1.1

(2) 코일 선정

액추에이터의 구동력은 식 (1)에 의해 결정된다. 구동력 \vec{F} 는 전류 \vec{i} 와 자속 \vec{B} 의 크로스 곱, 감은 수 n 과 유효길이 l 에 비례한다. 이 중 감은 수 n 과 전류 \vec{i} 는 코일의 형상에 크게 영향을 받는다. 때문에 가장 타당하다고 여겨지는 몇 가지 경우를 시뮬레이션 해본 결과 Fig. 9 와 Table 2 에서 같이 코일의 치수를 정하였다.

$$\vec{F} = nl(\vec{i} \times \vec{B}) \quad \text{식 (1)}$$

(3) 요크 개선

포커싱 코일에 분포된 자속 밀도의 모습이 Fig. 10 (b)에 나타나있다. 포커싱 코일에 전류가 흐르

게 되면 Fig. 10(c) 와 같이 정방향 힘 F_1 외에 반대 방향의 힘 F_2 가 동시에 발생하여 힘의 감소를 초래하게 된다. 가동부가 중앙위치가 아닌 트랙 방향으로 이동한 위치에 있을 경우에는 두 개의 힘, F_2 의 크기가 달라져 회전모멘트가 생겨 정적 틸트를 발생한다. 이를 개선하기 위해 Fig. 11 처럼 요크에 돌출부를 만들어 F_2 발생의 원인이 되는 자속을 흡수하여 F_2 의 크기를 줄이도록 설계하였다. 초기 요크와 개선된 요크의 결과는 Table 3 에 나타나 있다.

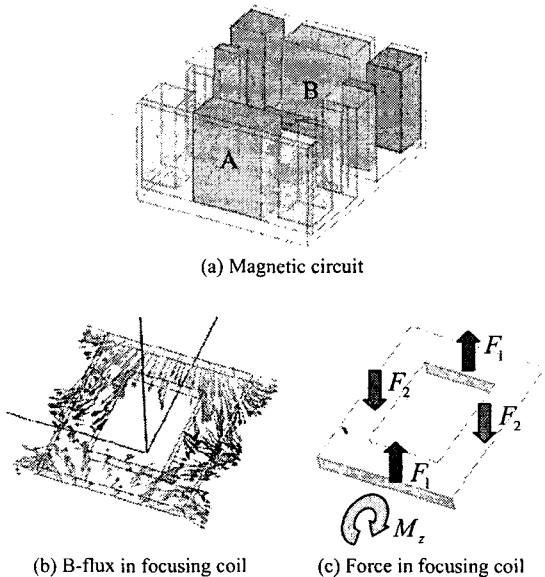


Fig. 10 Opposite direction force in focusing direction

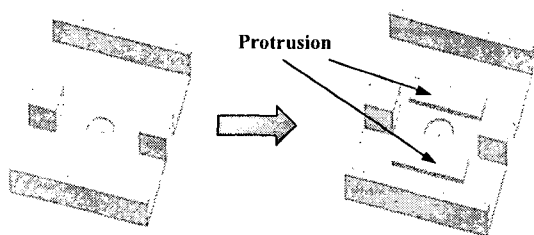


Fig. 11 Add a protrusion in yoke

Table 3 Comparison of yoke

	Initial yoke	Improved yoke
DC tilt	0.872 °/V	0.362 °/V
Tracking force	44.441 mN/V	44.568 mN/V
Focusing force	13.422 mN/V	14.549 mN/V

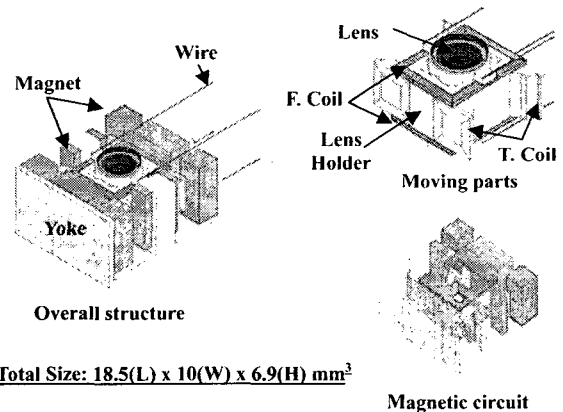


Fig. 12 Final model

Table 4 Dynamic characteristics

Item	Value			
Mode	1 st Resonance	62.6 Hz		
	Rolling	92.7 Hz		
	Pitching	6615 Hz		
	Yawing	6610 Hz		
2 nd Reson. Freq.	Focusing	167.8 kHz		
	Tracking	128.9 kHz		
Total Mass		250.24 mg		
	DC Sen.	AC Sen.	Driving Force	Gain Margin
Focusing	0.382 mm/V	6.024 G/V 25.654 G/A	14.772 mN/V 62.907 mN/A	42.3023 dB (3kHz)
Tracking	1.013 mm/V	15.996 G/V 70.497 G/A	39.228 mN/V 172.88 mN/A	38.4865 dB (3kHz)

4. 결과

최종모델은 Fig. 12 와 같이 설계되었으며, 동특성은 Table 4 를 통해 확인할 수 있다. 본 논문에서 중점을 둔 가동부의 유연모드는 포커싱 방향으로 167.8kHz, 트래킹 방향으로 128.9kHz 의 결과를 얻었고, 게인 마진은 3kHz 대비 포커싱 방향으로 42.3dB, 트래킹 방향으로 38.49dB 로 목표 스펙을 충분히 달성하였다.

5. 결론

높은 유연 모드와 큰 게인 마진을 갖는 액추에이터를 설계하였으며, 접촉제를 고려한 모델링 방법을 사용하여 모델링에 사실성을 더하였다. 유연 모드를 높이기 위해 렌즈 홀더를 DOE 하였고 렌즈 홀더의 설계를 변경하지 않는 범위 안에서 자석과 코일을 선정하였다. 또한 개선된 요크를 사용하여 정적 틸트를 저감시켰다.

후 기

본 연구는 한국 과학재단 목적기초연구(과제 번호: R01-2006-10074-0)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) K. T. Lee, D. J. Lee, N. C. Park and Y. P. Park, 2002, "Improvement of dynamic characteristics for optical pickup actuator using sensitivity analysis", *Microsystem Technologies*, Vol.9, No. 1-2, pp.25-30
- (2) N. Onagi, Y. Aman, S. Murata and K. Uchida, 2003, "High-Density Recording on Air-Stabilized Flexible Optical Disk", *ISOM03*, pp.96-97
- (3) D. J. Lee, K. S. Woo, N. C. Park and Y. P. Park, 2005, "Design and Optimization of a Linear Actuator for Subminiature Optical Storage Devices", *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 41, no. 2, pp.1055-1057
- (4) Y. K. Kim, C. Kim, D. J. Lee, N. C. Park, Y. P. Park, N. Onagi and G. Akanuma, 2006, "Design of Hybrid Type's Optical Pickup Actuator for System Stability in High Density Reading and Recording", *Asia-Pacific Data Storage Conference 2006*, HsinChu, Taiwan, pp.112-113
- (5) C. Kim, 2006, Design of Moving Magnet Type Pickup Actuator for Flexible Optical Disk Drive, The Graduate School Yonsei University.