

가동 자석형 광 픽업 액추에이터 개발

Design of Moving Magnet Type Optical Pickup Actuator

김상룡† · 김윤기* · 송명규* · 우정현*** · 박노철* · 유정훈*** · 박영필**

Sang-Ryong Kim, Yoon-Ki Kim, Myong-Gyu Song, Jung-Hyun Woo, No-Cheol Park, Jeong-Hoon Yoo and Young-Pil Park

Key Words : Moving magnet type (가동 자석형), Actuator (액추에이터), Flexible mode (유연모드), Closed electromagnetic circuit (폐전자기 회로), Design of Experiment(실험계획법)

ABSTRACT

Recently, as the demand of the information storage devices with large storage capacity such as BD(Blu-ray Disk) and HDTV(high-definition television) is increased, the optical storage devices are also required to have fast data transfer rate and large storage capacity. To satisfy these requirements, the actuator for optical disk drive should have high flexible mode frequencies for system stability. In this paper, we suggested a moving magnet type actuator having high flexible mode frequency. However, the moving magnet type actuator does not have sufficient driving sensitivities due to the weight of its moving part. To improve driving sensitivities, we designed the model with the closed electromagnetic circuit for tracking direction. In addition, driving sensitivities and flexible mode frequencies were improved by using DOE(Design of Experiments) for magnetic circuit and modifying the lens holder. Consequently, it is confirmed that the designed model is satisfied with the desired specifications.

1. 서 론

광 정보저장시스템 분야는 1980년대 음악용 CD기술로 등장한 이후, 개인 컴퓨터의 보조 저장 기기로 발전하였다. 90년대 중반에 이르러 2세대 광 정보저장기기인 DVD 시스템이 등장하여 동영상을 기록하고 재생하는 영역으로 그 응용성을 확대하였다.[4] 현재는 HDTV 고화질 방송과 BD 등 대용량의 정보저장기기의 수요가 증가하면서 빠른 데이터 전송률과 큰 저장용량을 갖는 광 정보저장기기가 요구되고 있다. 위와 같은 요구 사항을 충족시키기 위해서 광 디스크의 고배속화와 고밀도화의 연구가 진행되고 있으며 더불어 안정성 확보가 주요한 주제로 부각되면서 높은 유연모드 주파수를 갖는 액추에이터(Actuator) 개발의 필요성이

대두되고 있다. [1,2,3]

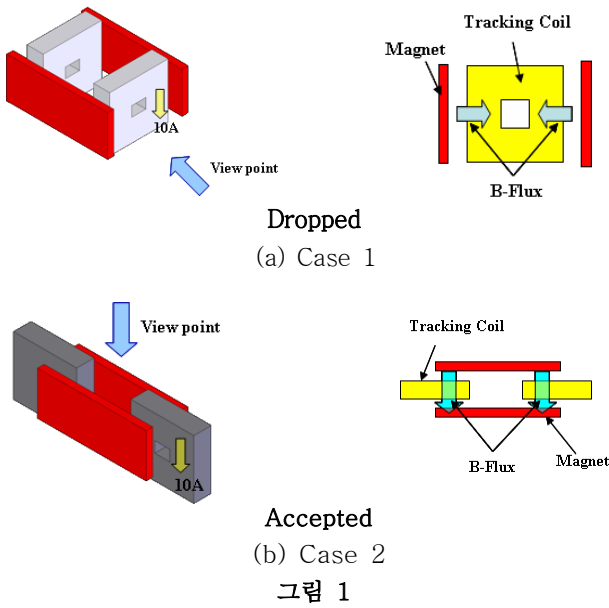
본 논문에서는 독특한 자기회로를 갖는 가동 자석형 액추에이터(moving magnet type actuator)를 제안하였다. 일반적으로 가동 자석형 액추에이터는 높은 유연모드 주파수를 장점으로 갖는 반면 폐전자기회로 구성이 어렵고 가동부의 질량이 커서 가동 감도(driving sensitivity)가 떨어지는 단점이 있다. 위와 같은 단점을 보완하기 위해서 트래킹 코일을 평행한 자석사이에 위치시켜 폐전자기회로를 구성하는 모델을 제안하였으며, 가동부의 무게와 유효 자속 구간을 고려하여 자석의 형태를 설계하였다. 또한 제안된 모델을 전자기 해석과 구조해석을 이용해서 동특성을 파악하였고 자기부의 DOE (Design of Experiment)를 통해 성능을 개선하였다.

† 김상룡, 연세대학교 기계공학과
E-mail : ryong81a@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-3847, Fax : (02) 365-8460

* 연세대학교 정보저장기기연구센터
** 연세대학교 기계공학과

2. 초기 모델

본 논문의 목적은 높은 유연모드 주파수를 갖는 액추에이터 개발에 있으며 높은 유연모드 주파수를 달성하기 위해 가동 자석형 액추에이터를 선택하였다. 일반적인 가동 자석



Dropped
(a) Case 1

Accepted
(b) Case 2
그림 1

형 액추에이터는 폐전자기회로 구성이 어렵고 가동부가 무거워서 가동 감도가 떨어진다. 이를 개선하기 위해 독특한 자기회로를 고안하였다.

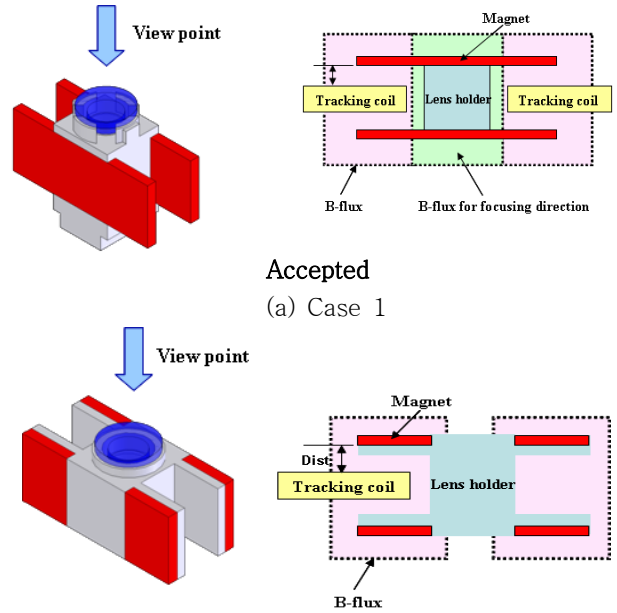
2.1 자기회로 설계

자기회로는 가동부에 작용하는 전자기력의 크기에 영향을 주고 또한 가동부의 형상에도 영향을 미친다. 높은 가동 감도를 갖기 위해서는 큰 전자기력과 작은 가동부의 형상을 갖게 하는 자기회로의 설계가 필요하다. 본 연구에서는 트래킹 방향의 자기부와 자석의 형상을 설계하였다.

트래킹 감도를 높이기 위해서 두 가지 모델을 고안하였다. 코일과 자석의 상대적인 위치에 따라서 달라지는 유효 코일 길이, 자속밀도 등을 변수로 선정하였다. 1. (a)와 같은 모델의 경우 유효 코일 길이가 증가하였지만 자석 사이의 거리가 멀어짐에 따라 렌즈 홀더의 크기가 커지고 자속밀도도 낮다는 단점이 있다.

그림 1. (b) 와 같은 경우는 case 1보다 유효 코일의 길이는 짧지만 자석 사이의 거리가 가깝고 폐전자기회로 구성으로 고밀도의 자속이 작용하는 이점이 있다. 또한 case 1보다 작은 가동부를 가질 수 있어 같은 힘에서 높은 가동 감도를 갖는다. 시뮬레이션 결과 코일에 같은 양의 전류를 흘려주었을 때 case 2가 더 높은 구동력을 얻을 수 있는 것을 확인하였으며 구동력과 가동부의 크기, 무게를 고려해서 두 번째 모델을 선택하였다.

자석의 형상은 그림 2와 같이 두 가지 모델을 고안하였다. 그림. 2 (a)는 렌즈 홀더에 2개의 자석을 평행하게 부착한 경우로 자석과 트래킹 코일의 거리가 가까워서 더 큰 힘이 발생하고 포커싱 방향에서는 자석 길이만큼의 유효 코일 구간이 존재하는 장점이 있다.



Accepted
(a) Case 1

Dropped
(b) Case 2
그림 2

그림. 2 (b)는 동일한 크기의 자석 4개를 좌, 우 바깥쪽에 대칭이 되도록 부착한 경우로서 case 1보다 자석의 크기가 감소해서 가동부의 질량이 작아지는 장점이 있다. 그러나 자석과 트래킹 코일의 거리가 멀어져서 트래킹 방향의 힘이 감소하고 포커싱 방향에 있어서도 자석이 존재하지 않는 구간만큼 유효 코일 구간이 감소하는 단점이 있다. 동일한 조건하에서 자석의 형태만 변수로 선정하여 시뮬레이션한 결과 첫 번째 모델이 높은 감도를 가짐을 확인하였다.

2.2 초기 모델의 동특성 해석

각 요소들을 고려한 전체적인 액추에이터 구조는 그림 3과 같으며 표 1은 초기 모델의 해석 결과를 보여 준다. 포커싱 방향, 트래킹 방향 모두 높은 유연 모드 주파수를 보여 주었지만 초기 모델의 AC(Alternative current) 감도는 만족할 만한 수치를 얻지 못했다. 따라서 액추에이터의 성능 향상을 위하여 다음과 같은 과정을 거쳐 DOE를 수행하였다.

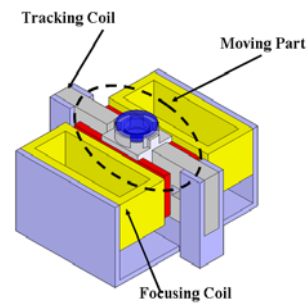


그림 3 초기 모델 구조

표. 1 초기 모델의 동특성

2nd Reson. Frequency	Focusing	135.6 kHz	
	Tracking	109.6 kHz	
Total Mass	462.6 mg		
	DC Sen.	AC Sen.	Driving Force
Focusing	0.545 mm/V	5.503 G/V	24.951 mN/V
Tracking	0.607 mm/V	6.047 G/V	27.416 mN/V

3. 모델 개선

3.1 실험 계획법을 이용한 자기부의 개선

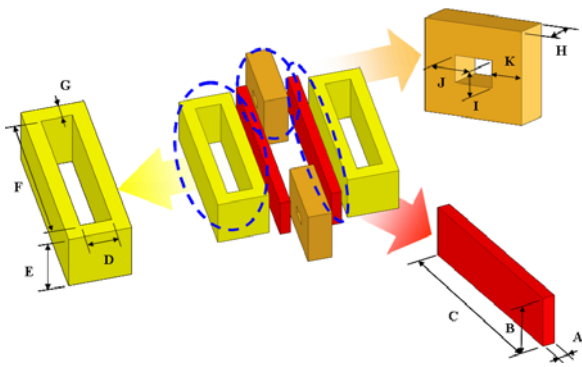
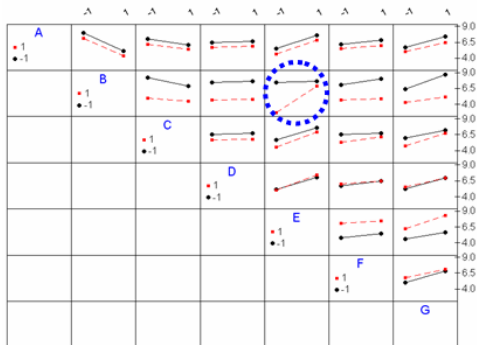


그림 4. 설계 변수



Interaction plot for focusing sensitivity

그림 5. 변수들의 교호작용

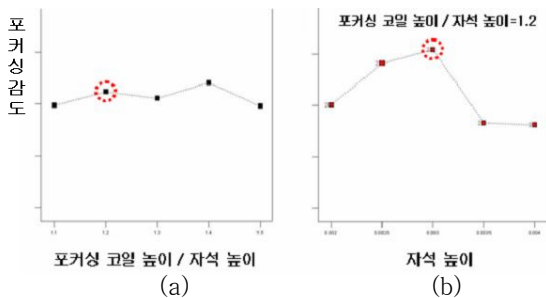


그림 6. 종속된 변수를 고려한 DOE

그림 4 와 같이 자기부 DOE에 선정된 설계 변수는 총 11가지이다. 포커싱 감도와 트래킹 감도를 최대화 하는 것을 목적으로 3레벨 변수를 선정하여 DOE를 수행하였다. 그림 5는 변수들 간의 상호적인 효과를 나타내는 그래프로서 변수 B와 변수 E사이에 교호작용이 일어나는 것을 보여준다. 교호 작용이 일어난 변수들을 독립시키기 위해서 변수 B와 E의 최적의 비를 그림 6.(a)의 그래프와 구조적 설계제한을 고려하여 선정하였으며 그 때의 자석의 높이를 그림 6(b)의 그래프를 통해서 결정 하였다.

B, E를 제외한 9개 변수들의 감도 그래프가 그림 7에 나타나 있다. 표 2는 최종 선정된 각 자기부 변수들의 값을 보여주며, 각 값들은 가동 감도 그래프의 경향, 액추에이터의 구조적인 제한조건 그리고 제작 가능 여부 등을 고려하여 선택되었다. 표 2의 결과 값을 기준으로 자기부를 개선한 결과 표 3과 같이 AC 감도가 트래킹 방향으로 6.9G/V, 포커싱 방향으로 7.9G/V로 향상되었다.

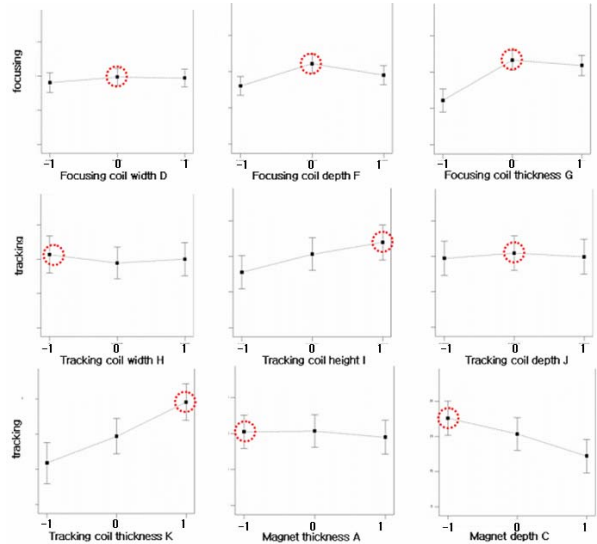


그림 7. 변수들의 감도

표 2. DOE를 이용한 자기부의 값

변수	A	B	C	D	E
단위mm	0.6	2.4	10.6	1.5	2.88
F	G	H	I	J	K
7.5	1.8	1.4	0.5	1	2

표 3. 개선된 모델의 감도

		DC sen.	AC sen.
Focusing	Initial model	0.545mm/V	5.5 G/V
	Improved model	0.572mm/V	7.9 G/V
Tracking	Initial model	0.607mm/V	6.04 G/V
	Improved model	0.502mm/V	6.9 G/V

3.2 렌즈홀더의 개선

초기 모델의 유연모드 주파수는 목표 사양을 달성하였지만 트래킹 방향 유연 모드 주파수가 포커싱 방향의 유연 모드 주파수에 비해 상대적으로 낮았다. 그림 8. (b)과 같이 트래킹 유연모드는 렌즈홀더 일부부위에 국한된 변형에 의한 것이기 때문에 해당부위를 보강함으로써 개선이 가능하다. 그림 9와 같이 렌즈홀더의 형상을 바꾸었으며, 그 결과 그림 10과 같이 트래킹 방향의 유연모드 주파수가 149 kHz로 현저하게 높아졌으며 포커싱 방향의 유연모드 주파수도 향상되었다. 최종 모델은 그림 11과 같이 설계 되었으며 동특성은 표 4과 같다.

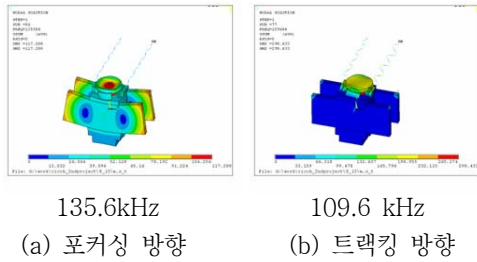


그림 8. 초기 모델의 유연모드 주파수



그림 9. 렌즈홀더의 개선

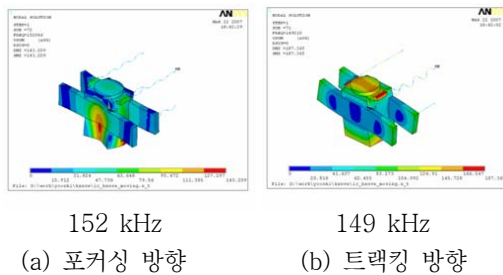


그림 10. 개선된 모델의 유연모드 주파수

표 4. 개선된 모델의 동특성

2nd Reson. Frequency	Focusing	152 kHz	
	Tracking	149 kHz	
Total Mass	292 mg		
	DC Sen.	AC Sen.	Driving Force
Focusing	0.572mm/V	7.9 G/V	22.716 mN/V
Tracking	0.502mm/V	6.9 G/V	19.949 mN/V

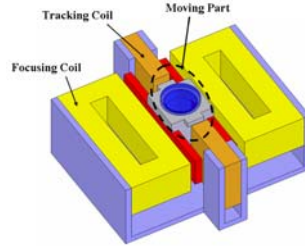


그림 11. 개선된 모델

4. 결론

본 연구에서는 높은 유연 모드 주파수를 가지는 가동 자석형 액추에이터를 제안하였으며 감도를 높이기 위해서 트래킹 코일의 자기부를 폐전자기회로로 구성하였다. 또한 렌즈홀더의 개선과 자기부의 DOE를 통하여 액추에이터의 성능을 향상시켰고 유한요소해석 결과 개선된 모델이 목적된 사양에 적합한 모델임을 확인하였다.

후 기

본 연구는 한국 과학재단 목적기초연구(과제 번호: R01-2006-000-10074-0)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (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) 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
- (3) 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
- (4) Y. P. Park, Y. C. Rhim, H. S. Yang, S. Kang, N. C. Park, and Y. J. Kim. September 2005. *Transactions of the Society of Information Storage Systems*, vol. 1, no. pp. 1-22
- (5) C. Kim, 2006, *Design of Moving Magnet Type Pickup Actuator for Flexible Optical Disk Drive*, The Graduate School Yonsei University