

초소형 Sled-type 이중 서보 액추에이터 설계 및 특성 분석

강동우*(한국과학기술원 기계공학과), 김기현, 정재화, 권대갑

The Design and Performance Test of Miniaturized Sled Type Dual-Servo Actuator

D. W. Kang (Mechanical Eng. Dept. KAIST), K. H. Kim, J. H. Jung, D. G. Gweon

ABSTRACT

Nowadays, the improvement and development of Multi-media, information and communication technology are rapidly processed. And many products, for example, digital camera, digital camcorder, and PDA, are used for them. They need large data storage capacity and small size, light storage system. Due to that, many studies and researches in data storage system have been carried out. Especially, micro drive system was presented by IBM.[1] However, its system is expensive and uneasy to be portable. In ODD technologies, linch drive system is not yet or in processing status.[2] If to be possible and to be come up, it is cheap than HDD system and easy to transfer information.

In this paper, a miniaturized actuator(about 1inch) is designed and tested for ODD system. Specially, it is adapted for NFR(Near-field Recoding) system using SIL(Solid Immersion Lens). It is the dual-servo actuator which consists of a coarse actuator and fine actuator. Its actuating force generation method is VCM(Voice Coil Motor). The fine actuator has 4-wire suspensions and bobbin wrapped by coil and includes focusing motion as well as tracking motion. The coarse actuator has an actuating coil and V-grooved guide mechanism.

Also, the characteristics of the designed actuator is estimated by sine-swept mode and LDV(Laser Doppler Vibro-meter).

Key Words : Tracking actuator (트랙 추적 구동기), Pick-up(픽업), Dual stage (이중 서보), VCM(보이스 코일 모터), Fine actuator(미세 구동기), Coarse actuator(조동 구동기), NFR(근접장 기록)

1. 서론

현대 사회의 전자, 정보, 통신의 발달은 보다 많은 정보의 신속한 처리를 요구한다. 이로 인해 기존의 광기록 장치인 CD(Compact Disk)나 DVD(Digital Versatile Disk)는 광학적인 회절 한계에 의해 저장밀도 증가가 한계에 부딪치게 된다. 이러한 한계를 극복하기 위해 제안된 새로운 기록 방식 중 하나가 NFR(Near-Field Recoding)이다. NFR은 굴절율이 큰 SIL(Solid Immersion Lens)를 이용해 광학적 회절 한계치 보다 작은 스팟을 만들고 이를 정보저장기에 응용한 것으로, 광 스팟이 작아짐에 따라 디스크 면의 피트(Pit)와 트랙 피치(Track pitch) 또한 줄어들게 된다. 이에 따라 NFR 구동기는 기존의 광기록 구동기에 비해 정밀화, 소형화, 경량화 된 구동기를 요구한다. 본 논문에서는 이에 적합한 구동기를 설계 및 특성 평가한다.

2. 구동기 요구 사항

2.1 구동기 제안

근접장 기록장치를 위한 구동기는 두 가지 방향의 운동능력을 필요로 한다. 첫번째는 트래킹 방향의 정밀 운동이고, 두 번째는 포커싱 방향의 근접장의 적용 가능한 거리를 유지하기 위한 운동이다.

구동기는 기존에 광 기록장치에서 사용되는 것처럼 광 정렬을 용이하게 하기 위해 sled 형을 사용하고, 트래킹 방향의 정밀 운동은 이중 서보를 이용해 구현한다. 구동기의 힘은 로렌츠 힘을 이용하는 보이스코일모터를 이용하며, 전체 구조를 간단화하기 위해서 하나의 자기 회로를 이용해서 트래킹 방향의 조동 구동기와 미세 구동기를 구동할 뿐 아니라 포커싱 방향의 운동까지도 구현한다. 조동 구동기의 가이드 메커니즘은 V-홈을 이용하고, 미세 구동기는 4개의 와이어 서스펜션을 이용한다.

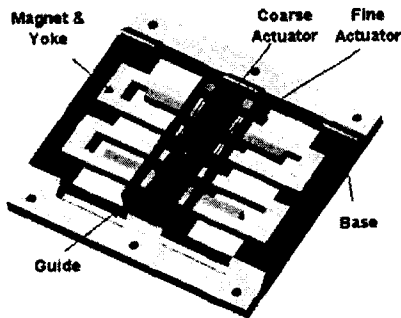


Fig. 1 Miniaturized dual-servo pick-up actuator

2.2 구동기 요구 사항

Table 1의 요구사항을 바탕으로 기존의 광기록 장치의 구동기 설계방법을 이용했다. 즉, 미세 구동기는 디스크를 따라가는 역할을 하고, 조동 구동기는 추적시간에 관계된다.

2.2.1 미세 구동기의 요구사항

트래킹 방향의 디스크 운동을 사인파로 가정하고 Table 1의 디스크 변위량과 회전 속도를 이용하면, Fig. 2와 같은 디스크 특성 곡선을 얻을 수 있다. 미세 구동기는 디스크의 특성을 따라 갈 수 있어야 하므로 DC 게인은 64.4dB 이상이 되어야 하며, 1차 공진 주파수는 56 Hz 이상, 그리고 부차 공진 주파수는 15kHz 이상이 되어야 한다.

항목	값
트랙 피치	41nm
디스크 최대 변위	$\pm 20\mu\text{m}$
디스크 고역 변위	$\pm 12\text{nm}$
디스크 회전 속도	3360rpm
선속도	2.476m/s
Access time	100ms

Table 1 Specification of NFR system

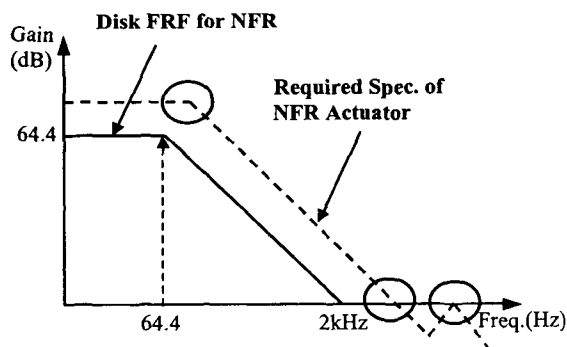


Fig. 2 The Required FRF of NFR Fine Actuator

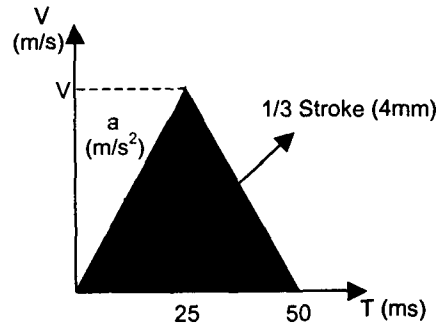


Fig. 3 Velocity Profile of Coarse Actuator

2.2.1 조동 구동기의 요구사항

조동 구동기는 전체 시스템의 액세스 시간 중 추적 시간에 관여한다. 이에 근거한 조동 구동기의 속도 프로파일이 Fig. 3에 주어진다. 이를 통해 얻어진 조동 구동기의 요구 가속도는 13m/s^2 이다. 또한 조동 구동기의 구조는 구동기를 제어하고 서보 작업을 수행하는 영역에 안정적으로 적용이 될 수 있는 구조적 공진 주파수를 가져야 한다.

3. 이중 서보 픽업 구동기 설계

설계는 크게 미세 구동기, 조동 구동기, 보이스 코일모터의 세가지 파트로 나누어 수행했다. 설계 변수는 이들 사이의 관계를 고려해 시행착오법으로 정했다.

3.1 미세 구동기 설계

미세 구동기의 기계부는 보빈과 와이어 서스펜션으로 구성된다.

3.1.1 보빈 설계

보빈은 미세 구동기를 제어와 서보 작업에 영향을 주는 부차 공진 주파수를 만들어 내므로 이를 높이기 위해 II 형태로 설계했다. 그리고 이에 대한 해석은 Ideas를 통한 FEM(Finite Element Method)을 이용했다. 재질은 엔지니어링과 유사한 성능을 보이는 플라스틱 계열의 PC-GF20을 이용했다

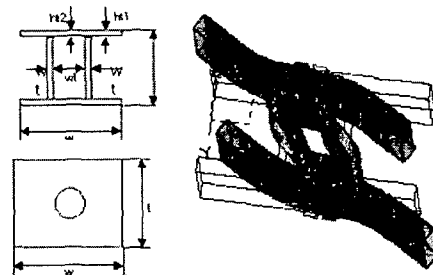


Fig. 4 Structure of bobbin

ht1(mm)	ht2(mm)	Wt(mm)	1 차 공진주파수
0.35	0.75	0.2	37.8kHz

Table 2 Natural Frequency of Bobbin

3.1.2 자기회로, 코일, 와이어 서스펜션 설계

와이어 서스펜션은 미세 구동기의 1 차 공진주파수와 DC 게인에 관계된다. 역기전력과 인덕턴스를 무시했을 때, 또한, 시스템의 모델링을 간단하게 1 차로 하여 보면, 미세 구동기의 DC 게인은 식 (1) 같이 주어진다.

$$DC_{gain} = \frac{B_g l_{eff} n_{fine}}{R_{coil} k} \quad (1)$$

위 식에서 보듯이 DC 게인은 와이어 서스펜션 뿐만 아니라 자기 회로부와 코일에도 영향을 받으므로 이들이 동시에 고려되어야 한다. 또한 자기회로부의 자기장은 조동 구동기의 힘과도 연관되어 있다. 이 변수들을 값을 정하는 데, 시행착오법을 사용했다. 본 논문에서는 자세한 과정은 생략하고 결과만을 고찰한다.

와이어 서스펜션은 Fig. 5 와 같이 m-k 시스템으로 모델링될 수 있으며, 설계된 1 차 공진주파수 값은 80Hz 이다. 그리고 와이어 서스펜션의 Q-factor 를 줄이기 위해서 UV 경화물질을 이용해서 댐핑을 주었다. 경화 정도에 따라서 댐핑 계수가 틀려지므로 이 값을 실험적으로 결정한다.

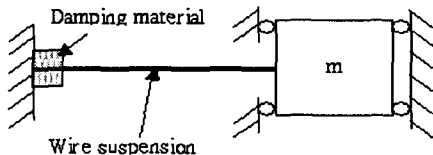


Fig. 5 Modeling of wire suspension

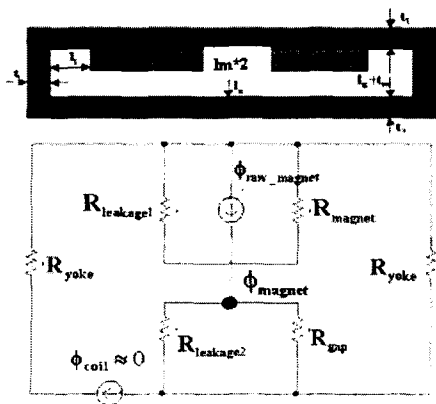


Fig. 6 Permeance modeling

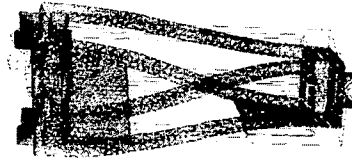


Fig. 7 Coarse Actuator - Moving Part FEM Simulation

자기 회로부는 퍼미언스법을 통해서 모델링하고 Maxwell 을 이용해 검증했다. 코일에 적용되는 자기장 설계치는 0.25T 이다.

3.2 조동 구동기 설계

3.2.1 자기 회로 및 코일 설계

조동 구동기는 요구하는 추적시간 100ms 을 만족시키기 위하여 13 m/s² 의 가속도를 생성할 수 있어야 한다. 다시 말해, 구동기 전체의 질량이 약 0.45g 으로 설계되었으므로 전자기 회로에 의해 만들어져야 하는 힘은 약 5.9mN 이 된다. 하지만 가이드 메커니즘에서 발생하는 마찰력에 대한 문제를 고려하여 약 90 mN 의 구동력을 생성할 수 있도록 설계를 한다.

3.2.2 조동 구동기의 무빙 파트 설계

조동 구동기 무빙 파트는 Fig. 7 과 같이 설계했다. Ideas 를 이용해서 조동 구동기의 1 차 공진주파수가 제어에 영향을 주지 않도록 크게 설계했다.

4. 구동기의 특성 평가

본 장은 설계된 구동기를 제작하여 성능을 평가결과를 보여준다. 성능평가는 정밀도(resolution)가 8 nm 인 LDV(Laser Doppler Vibro-meter(Polytec. OFC 501, OFV 501, OFV 3001))와 dynamic analyzer(Hewlett Packard 35670A)를 사용하였다. 제작된 구동기의 사진과 설계 변수들은 다음과 같다.

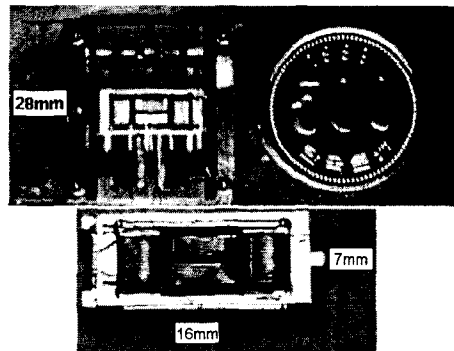


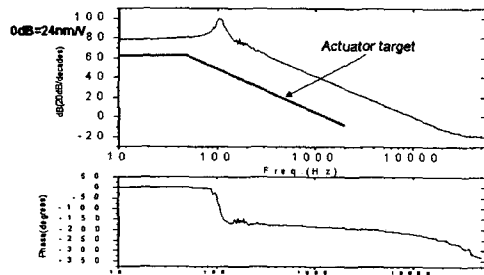
Fig. 8 Assembled Dual Servo Pick-up Actuator

항목	값	
Size	28mm*25mm*3mm	
B _{gap}	0.22T	
R _{Focusing}	2.2Ω	
R _{Tracking}	6.2Ω	
R _{coarse}	12.2Ω	
M _{Fine+Coil}	0.08g	
M _{Total}	0.47g	
DC-gain	Focusing	89dB
	Tracking	89dB
1 st Frequency	100Hz	
Coarse Actuator Force	73.8mN/A	

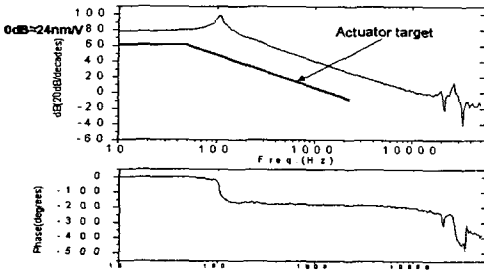
Table 3 Parameters of actuators

4.1 미세 구동기 특성 평가

트래킹 방향과 포커싱 방향 각각에 대해서 구동기를 구동하여 측정한 특성 곡선들이다. 구동기의 요구사항을 만족하고 있음을 확인할 수 있다.



(a) FRF of Fine Tracking Actuator



(b) FRF of Fine Focusing Actuator

Fig. 9 FRF of Fine Actuator (a)Tracking, (b)Focusing

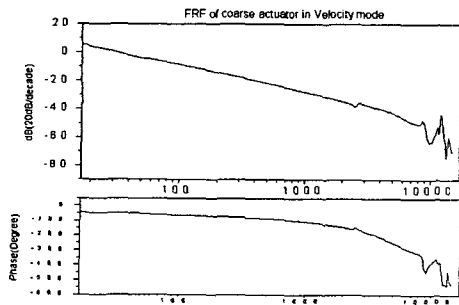


Fig. 10 FRF of Coarse Actuator

4.1 조동 구동기 특성 평가

제작된 조동 구동기의 구동력은 약 73.8 mN 이고, 조동 구동기의 FRF 는 Fig. 10 과 같다.

4. 결론

초소형 sled type 픽업 구동기를 제안, 설계, 제작했다. 구동기의 크기를 얇고 작게 만들기 위해 몇 가지 새로운 구조가 제안되었다. 첫번째는 하나의 자기 회로부로 트래킹 및 포커싱 방향 운동을 가능하게 했다는 것이다. 다시 말해 미세 구동기와 조동 구동기를 위하여 하나의 자기 회로부를 사용하였다. 그리고, 두 번째는 V-홈을 사용한 가이드 메커니즘이다. 제안된 구조로 제작된 구동기는 특성 실험을 통해 NFR 픽업 구동기로 적합함을 확인했다. 그 뿐만 아니라 3mm 이내의 박형으로 제작이 가능하므로 소형 정보저장장치로의 응용도 기대된다. 그리고 추후로 보다 정확한 구동기의 적용성을 판단하기 위해 구동기의 제어를 수행할 것이다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 정보 저장 기기 연구 센터의 지원으로 이루어졌고, 또한 초소형 sled type 이중 서보 픽업 구동기의 제작에 도움을 주신 세련테크, 성림첨단산업, 한국오토피아에 감사드립니다.

참고문헌

1. <http://www.storage.ibm.com/hdd/micro>
2. <http://www.dataplay.com>
3. Kim, S. M., Gweon, D. G., Joint MORIS and ISOM, pp. 196-199, 1997
4. Kim, K. H., Lee, M. G., Gweon, D. G., "2001, The Design and Performance Test of Tracking Actuator for NFR System", KSPE, Vol.18, No.8, pp.174-181, 2001
5. Ichihara, J., "Mechanical Technologies of Magneto-optical Disc Drives", Joint MORIS and ISOM, pp. 1083-1138, 1997