

3축 구동이 가능한 Slim 형 Pick-Up Actuator 개발 및 동특성 분석

박관우* · 서민석** · 홍삼열** · 김영중** · 최인호** · 김진용**

A Study on Dynamic Characteristics of 3-axis Actuator for the Slim Type Pick-Up

Kwan-Woo PARK, Min-Suk SUH, Sam-Nyol HONG, Young-Joong KIM, In-Ho CHOI and Jin-Yong KIM

Key Words : Modal Analysis(모달 해석), Tilting (틸트 구동), 3-axis Driving(3축 구동) Optical Pick-Up(광 픽업)

ABSTRACT

In this study, we suggested a slim-type actuator that can be controlled in radial direction for compensating coma aberration in high-capacity optical storage devices. To deal successfully with narrow space in slim-type optical pick-up for notebook pc device, additional yokes for tilting motion are integrated into main yoke of the actuator. And the location of tilting coils is determined for mass-balancing effect to achieve optimal configuration for high driving sensitivity. We also suggested new concept of lens holder to guarantee excellent stability of control system by enhancing the gain margin at secondary resonant frequency. The concept was realized by forming damping sections in the lens holder, which prevent vibrational energy from transferring to lens. An exclusive measurement system was newly developed for fast and precise measurement of dynamic characteristics of actuators and utilized for the practical use. We hope to make good use of this system also in time to come.

1. 서론

최근 정보의 저장 및 재생을 위한 다양한 정보 저장 기기 중에서 광 관련 멀티미디어 장비들이 시장의 수요 증대와 더불어 많은 주목을 받고 있다. 특히, DVD-ROM 및 DVD-RAM 은 기존의 VTR(Video Tape Recorder)시장의 대체 및 고화질, 고용량화 되어가고 있는 저장기기의 시장을 선점 및 주도하기위해 치열한 연구경쟁이 이루어

지고 있고, 많은 상품들이 출시 되고있다. 향후에는 100GB/in² 이상의 정보 저장기기에 대한 수요를 충족시키기 위해 산업계에서 상용화를 위해 많은 연구를 하고있다. 이러한 고밀도화 되어지고 있는 광 기록 매체에 대응하기위한 광 pickup 장치는 더 이상 기존의 2축 구동 액츄에이터로써 콤마수차(comma aberration)를 보상하기가 난이한 점이 있다. 즉, 고밀도(고용량)를 위해서는 높은 개구수(high numerical aperture)를 사용하게 되는데, 이때 대물렌즈(objective lens)를 통과한 출사광과 미디어인 디스크의 각도가 틀어질 때 나타나게 되는 콤마수차(comma aberration)와 광축과 대물렌즈와의 수직 오차에 의해서 발생하는

* LG 전자 DIGITAL MEDIA(연) DCT Gr.

E-mail : kwpark@lge.com

Tel : (02) 526-4777, Fax : (02) 526-4801

** LG 전자 DIGITAL MEDIA(연) DCT Gr.

콤파수차가 급격하게 증가되게 된다. 따라서, 고밀도를 위해 고개구수의 대물렌즈를 사용하게 되면 레디얼(radial) 방향의 틸트(tilt)를 가변하여 콤파수차를 보상 해주어야 한다.

또한, 이러한 tilt 구동은 2 축의 병진운동(focusing 과 tracking)과의 연성효과(coupling effect)가 나타나지 않도록 설계가 되어야 한다.

이와 더불어 점차 대중화가 되고 있는 노트북 및 소형화, slim 화가 되고 있는 멀티미디어 장비에 장착하기 위해서는 광 pickup 역시 slim 화가 되어야만 한다. 이러한 slim 형에서 tilt 가동부를 추가하기 위해서는 기구적인 제약 및 가동부의 질량(total mass) 증가로 인한 기본 특성 저하, 부차 공진 등을 고려해야만 한다. 그리고, 안정적인 제어 성능확보를 위해 2 차 공진점에서의 gain margin 을 확보해야만 한다.

이에, 본 연구에서는 상기의 설계 개념을 적용하여 가동코일(moving coil)방식으로 가동되며 레디얼 방향의 회전운동(tilting motion)이 가능한 slim 형의 광 픽업용 3 축 구동 액추에이터를 개발하였다(Fig.1). 그리고, 액추에이터의 기본 성능을 정밀하고 신속하게 측정 할 수 있는 액추에이터 전용 측정 시스템을 개발하여 액추에이터의 구동 특성을 측정하였다.

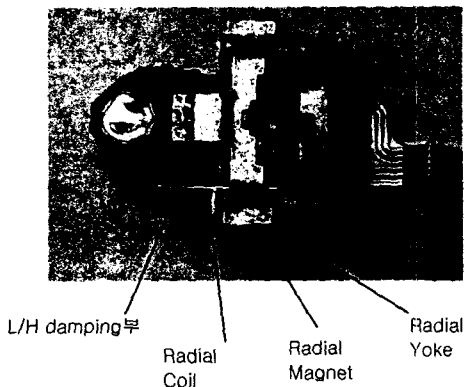


Fig.1 3-axis actuator

2. 본 론

본 연구에서는 일반적인 2 축구동의 4wire 액추에이터에 tilt 구동부를 추가하여 3 축 구동이 되는 액추에이터를 개발하였다. 그 구성 및 특징은 다음과 같다. Slim 형에서 tilt 구동 yoke 부를(일반적으로 포커스와 트래킹에 사용되는 yoke 가 아닌 별도의 yoke 부) 따로 구성하기에는 기구적

인 제약 조건이 따른다. 따라서, 본 연구에서는 tilt 가동부를 기존의 yoke 부를 활용하여 구성하고 tilt coil 은 lens holder 의 양 옆 부분에 구성하여 기구적인 제약 조건을 충족 시켰다. 또한, 렌즈 돌출형에서 부차공진 발생의 원인이 되는 무게의 불일치(mass unbalance)를 맞추기 위해 tilt 가동부를 mass balancer 역할로도 사용하여 구조적 최적화를 이루고 고감도를 성취하도록 고안하였다. 그러나, 이러한 lens holder 의 구성은 진동 특성에 매우 취약한 구조가 될 수 있다. 따라서, 위와 같은 성능을 만족하면서도 진동 특성을 향상시킬 수 있는 새로운 개념의 lens holder 를 설계하였다. 즉, lens holder 에 damping 부를 두어서 lens 로 전달되는 진동특성을 적절히 억압할 수 있는 구조가 될 수 있도록 새로운 lens holder 를 고안하였다.

본 논문에서 제안한 개념들을 기술적으로 성취하기 위하여 전자기장 해석, 부차공진 해석, 진동 및 동특성 해석을 수행하였고, 다음에 해석 결과를 제시 하였다.

2.1 3 축 구성을 위한 자기장 해석

액추에이터를 구성하고 있는 자기회로에 대한 해석은 구성된 액추에이터의 가동 힘의 크기를 알 수 있을 뿐만 아니라, 힘의 비대칭으로 인한 부차적인 현상 즉, 부공진 문제와 가동부의 비선형성 등을 분석 할 수 있다. 특히, 본 연구의 특징 중 하나인 일체형 yoke 구조와 mass balancer 의 역할로도 사용되는 lens holder 양 옆의 tilt coil 구성상의 특징은 부차공진 및 비선형 문제의 관점에서 다음과 같은 해석 및 설계가 필요하게 된다.

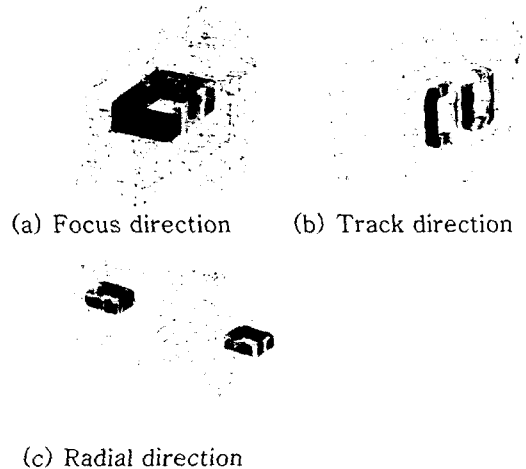


Fig. 2 Magnetic FEM analysis results (3D)

Fig.2 같은 자기회로의 해석결과를 통하여 최대의 구동 힘(driving force)을 발생 할 수 있는 구조로 설계를 하였고, 또한 main magnet (tracking, focusing magnet)와 tilt 구동 magnet 가 인접하여 구동 시 발생하는 상호간의 영향(coupling effect)을 확인하였다. 또한, 별도의 mass balancer 를 추가하지 않고도 tilt 구동 코일이 balancer 역할을 수행함으로써 mass 를 저감할 수 있고, tilt 구동부의 추가에도 불구하고 힘의 크기가 저하되지 않도록 하였다. 그리고, lens holder 의 양쪽에 tilt 코일의 위치 및 구조적 형상을 부차공진특성의 관점에서 검토하였다. 무게 중심점(mass center)과 힘의 작용점(force center)의 불일치로 발생하는 부차공진(pitching, rolling, yawing mode)의 문제는 실제로 제어하는 서보영역 안에서 발진하는 특성이 발생하게 되며 시스템의 안정성에 영향을 미치게 된다. 따라서 가능하면 부차공진이 발생하지 않도록 설계를 해야 하지만, 렌즈 돌출형(slim type)이라는 비대칭적 구조의 특성상 발생될 수 밖에 없는 부차공진을 최소화할 수 있는 설계를 위해 다음과 같은 분석을 수행하였다.

2.2 3축 구성을 위한 부차공진 해석

앞서 자기장의 해석에서 알 수 있듯이 힘의 unbalance 성분을 고려하여 질량중심점을 설정하였지만, tilt 구동 코일의 위치변화에 따른 질량중심점의 변화와 이에 따라 민감하게 변화하는 피칭모드의 저감 조건을 부차공진 해석을 통하여 재설정하도록 하였다.

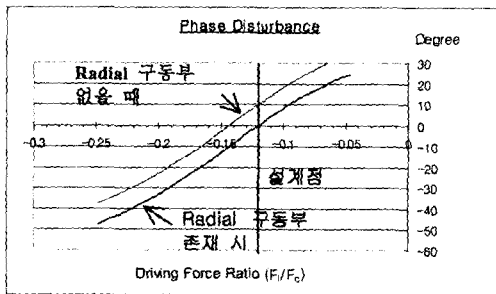


Fig. 3 Sub-resonance analysis (pitching mode)

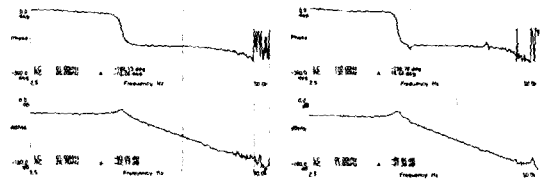
Fig.3 은 mass center 와 force center 의 거리에 대한 자기장의 leakage 비를 계산하여 피칭모드(pitching mode)가 없는 위치에 설계지점을 설정하여 tilt 구동부가 존재하여도 피칭특성에 대한 위상변화가 없는 지점을 설계지점으로 하여 설

계를 하였다.

이상과 같이 자기장 해석 및 부차공진 해석 등을 통하여 slim 형에서의 3축 구동 액츄에이터의 특성을 확인하였다. 이와 더불어 액츄에이터 설계에 중요한 요소인 2차 공진주파수(2nd natural frequency)가 일정수준 이상의 고주파영역에서 나타나도록 설계를 해야 하기 때문에 다음과 같이 진동 해석을 수행 하였다.

2.3 3축 구성에 의한 진동 특성

본 구조는 tilt 구동부의 새로운 추가라는 구조적인 취약성 때문에 lens holder 의 탄성모드에 의한 주파수 특성이 취약하다. 측정 데이터는 Fig.4 와 같다.



(a) Focus direction (b) Track direction

Fig. 4 Frequency response function in 3-axis actuator

그러나, 시스템의 안정화를 위해 가능하면 2차 공진주파수를 고주파영역(20kHz 이상)에서 발생하도록 해야 하기 때문에 다음과 같이 모달 해석(modal analysis)을 통하여 lens holder 의 구조적인 문제점을 찾아 이를 해결하고자 한다.

2.4 2차 공진점 향상을 위한 Lens Holder 설계

(a) Modal Analysis

Fig.5 는 Fig.4 의 lens holder 를 모달 해석(modal analysis)한 결과이다. 이는 모드 형상(mode shape)관점에서 strain energy 의 분포를 본 것이다.

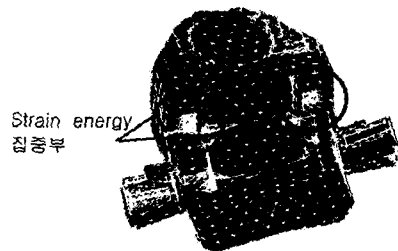
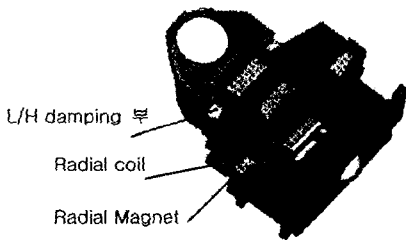


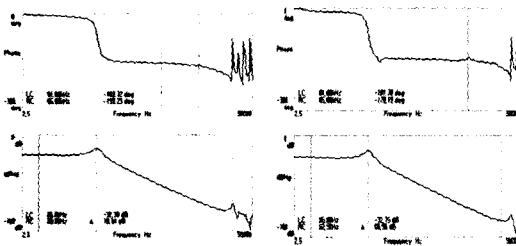
Fig. 5 기존 lens holder 의 modal 해석

Fig.5의 해석결과와 같이 2차 공진이 발생될 때의 모드(mode)를 보면서 lens 주위에 보강을 하여 2차 공진주파수를 높이려는 실험을 하였다. 하지만, 이와 같은 렌즈 돌출형의 slim 구조에서는 렌즈 주변의 보강 및 lens holder의 두께를 변화시키기에는 기구적인 제약 조건이 많이 있기 때문에 동일한 lens holder 재질(material property)에서 렌즈 주변의 보강만으로 2차 공진점을 높이는 데 한계가 있다. 따라서 이러한 설계상의 한계를 극복하기 위해 새로운 개념을 적용하여 lens holder를 구성하고자 한다.

먼저 진동전달을 억제하기 위해 다양한 모달 해석을 수행하였다. 그 중에서, Fig.5와 같이 strain energy가 집중되는 곳(strain energy가 큰 곳)에 damping을 부여하고자 한다. 이러한 개념으로 lens holder에 damping부를 형성하여 bond와 같은 damping 재를 투입하여 진동특성을 향상시켜 lens에서의 응답특성에 대한 영향을 최소화하여 결과적으로 2차 공진점에서의 gain margin을 높이는 방법을 이용하는 새로운 lens holder를 개발하였다. Fig.6은 이런 새로운 개념의 lens holder와 실험한 결과를 보여준다.



(a) New lens holder modeling



(b) Focusing FRF (c) Tracking FRF

Fig. 6 Frequency response function in new 3-axis actuator

Fig.6의 실험결과를 Fig.4의 실험결과와 비교해 보면, 트래킹 방향의 2차 공진주파수가 매우

높아진 것을 알 수 있다. 따라서, lens의 진동전달을 억제하기 위해 lens holder에 damping부를 형성하여 진동을 감쇠 시키고자 하는 본 연구의 방향이 효과적임을 알 수 있다.

본 구조로 실험한 결과 포커싱 방향의 2차 공진주파수는 약 22kHz, 트래킹 방향은 약 38kHz의 고주파영역에서 2차 공진이 발생하는 구조가 실현되었으며, 안정된 gain margin 확보가 가능하였다.

2.5 액추에이터 특성 평가 시스템 및 측정 결과

이와 같은 다양한 연구로 설계한 새로운 개념의 lens holder와 tilt 구동이 가능한 3축 액추에이터를 조립하여 그 기본특성을 측정하였다.

또한, 액추에이터의 특성을 다각도로 신속하고 정확하게 측정하기 위해 액추에이터 전용 특성 평가 시스템 tool을 개발하였다. 측정 시스템의 구성은 다음과 같다(Fig. 7). 본 방법을 활용하여 다양한 액추에이터 특성을 정밀하게 분석할 수 있을 것으로 기대된다. 다음은 3축 액추에이터의 기본 특성 측정결과로 Fig. 8, Table1과 같다.

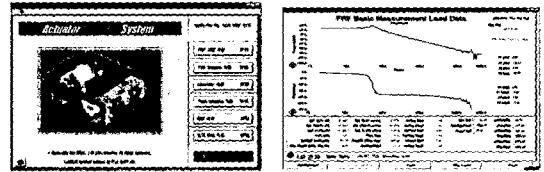
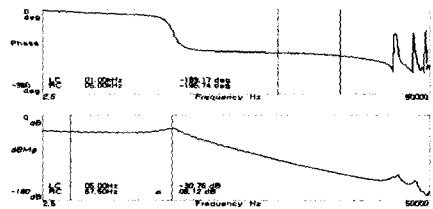
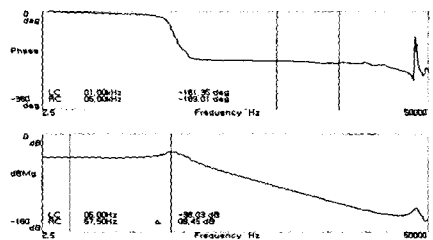


Fig. 7 Measurement system of actuator characteristics and measurement data



(a) Focusing FRF



(b) Tracking FRF

참고문헌

- (1) I. H. CHOI. et al, 1998, "Concentrated Anisotropic Magnetization for High Sensitivity of Optical Pickup Actuator", *IEEE trans. On Magnetics*, Vol. 35 No.3, pp.1861~1864
- (2) S. H. HONG. et al, 2001, "Force Characteristics of Slim Pickup Actuator to Improve Actuating Performances", *Japanese Journal of Applied Physics*. Vol. 40, pp.1771~17774
- (3) 최인호 외, 2000, "렌즈 돌출형 광픽업 액츄에이터 구동 성능 향상을 위한 force 특성 분석", 한국소음진동공학회 창립 10 주년기념 소음진동 학술대회 논문집, pp. 1555~1560
- (4) 김석중 외, 2000, "고밀도 광저장 기기용 틸트 액츄에이터 동특성 분석 및 평가", 한국소음진동공학회지 제 10 권 제 4 호, pp. 584~595
- (5) 손도현 외.2001. "주파수 선도를 이용한 광픽업 설계 연구", 한국소음진동공학회. Pp.967~971

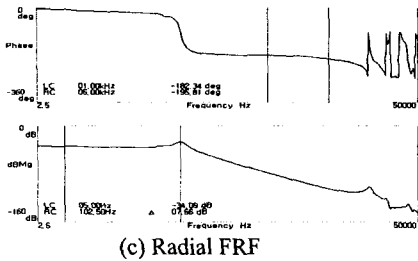


Fig. 8 Experimental results: Basic characteristics

	Focus	Track	Radial
DC Sensitivity (mm/V)	0.82	0.61	1.5 deg
AC Sensitivity (um/V)	52	41	0.3 deg
Resonant Freq. (Hz)	57	58	102.5
Q factor (dB)	8.68	9.14	7.66
2nd natural Freq. (kHz)	22	38	15

Table. 1 3 축 Experimental results

3. 결론

본 연구는 고용량화 되어가고 있는 광 관련 저장기기를 대응하기 위해 콤팩트 수차를 보상하기 위해 레디얼 방향의 회전(tilting motion)이 가능한 액츄에이터를 구현 하였다. 또한 레디얼 코일이 mass balancer 의 역할을 동시에 수행하는 최적 구조로 고감도의 특성을 실현 하였다. 그리고, tilt 구동부가 추가되는 렌즈 돌출형의 slim 구조에서 2 차 공진점에서의 gain margin 을 향상 시킬 수 있는 새로운 lens holder 의 구조를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 3 축 구동 액츄에이터의 특징은 다음과 같다.

(a) 모드 형상(mode shape) 관점에서 lens holder 에 damping 을 부여하여 2 차 공진발생을 고역으로 향상시키어 gain margin 을 확보할 수 있는 lens holder 를 개발하였다.

(b) Tilt 구동 yoke 를 main yoke 와의 일체형으로 구성하여 slim 형의 초박형 공간 안에서 3 축 구동이 가능하게 하였다.

아울러 액츄에이터의 동특성을 측정하기 위해 개발된 액츄에이터 전용 측정 시스템 tool 을 개발 하였고, 이 시스템은 향후 액츄에이터 개발에 있어서 편리하면서도 정확한 측정을 위해 활용될 것으로 평가된다.