

< 기술논문 >

광디스크 드라이브용 3축 초박형 액추에이터의 동특성 분석

임경화* · 김세원* · 조태민* · 이주형** · 진경복***
(2004년 6월 12일 접수, 2005년 3월 2일 심사완료)

Dynamic Analysis of a 3-Axis Ultra-Slim Actuator for Optical Disc Drives

Kyung-Hwa Rim, Se-Won Kim, Tae-Min Cho,
Ju-Hyung Lee and Kyoung-Bog Jin

Key Words: 3-Axis Ultra-Slim Actuator(3축 초박형 액추에이터), Electromagnetic Analysis(전자기 해석), Optical Disc Drives(광디스크 드라이브), Dynamic Characteristics(동특성), Finite Element Method(유한요소법)

Abstract

A note-book PC has become thinner in recent years, which requires the optical disc drives with small height and high memory capacity. Therefore the actuator of optical disc drives must be thinner and have disc tilt compensation function for high density memory. In this paper, the actuator with hybrid type is investigated for 3-axis ultra-slim actuator. A 3-axis ultra-slim actuator is designed by using the modal analysis of the actuator and the electromagnetic analysis of magnetic circuit to achieve dynamic characteristics. Also, magnetic force between tilt magnet and tilt yoke is investigated to find the influence on the DC sensitivity in the focus and track directions.

1. 서 론

최근 정보화 기술의 발달로 광디스크 드라이브, 하드디스크 드라이브, 근접장 광기록용 장치 등 대용량 데이터 저장장치의 필요성이 급격히 증가하고 있다.^(1,2) 그중에서도 데이터 이동성이 뛰어난 CD, DVD, BD(blue-ray disc), AOD(advanced optical disc)와 같은 광디스크 드라이브의 연구가 활발히 진행되고 있다.^(3,4) 이러한 광디스크 드라이브는 고용량 및 휴대성을 위하여 고배속화, 고

밀도화, 슬림(slim)화 되고 있다.

고밀도를 이루기 위해서는 대물렌즈(objective lens)의 개구수(Numerical Aperture, NA)를 높이고 레이저의 파장을 짧게 하여 광 스팟(spot)의 크기를 작게 하여야 한다. 하지만 이로 인하여 디스크와 대물렌즈 광축간의 직각 특성 변화로 인해 발생하는 코마수차(coma aberration)가 증가하기 때문에 광학신호의 열화가 발생한다. 따라서 광학신호의 열화를 보상하기 위해 좀더 정밀한 기구 부품제작 및 조립 관리가 필요하지만 이는 한계가 있기 때문에 능동적으로 디스크의 틸트(tilt)를 보정할 필요가 있다. 이에 대한 연구로 기존의 2축 액추에이터(actuator)에 디스크 틸트를 보정하기 위하여 틸트방향 구동을 추가시킨 3축 액추에이터의 개발이 활발히 이루어지고 있다.⁽⁵⁻⁷⁾

또한 드라이브의 슬림화 구조로 인해 초소형 액추에이터의 개발이 필요하다. 이에 따라 액추에이터 이동범위 내에서 균일한 자속밀도(magnetic

† 책임저자, 회원, 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부
Email: rim@kut.ac.kr

TEL : (041)560-1147 FAX : (041)560-1253

* 한국기술교육대학교 대학원 메카트로닉스공학과

** (주) Optis

*** 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

flux density)의 구간을 확보하는 기술이 필요하다. 초박형으로 유리한 액추에이터의 비대칭형(asymmetric) 구조는 조립성에 민감하므로, 조립성에 따른 부공진 영향을 조사할 필요가 있다.⁽⁸⁾

본 연구는 기존 노트북보다 더 얇아진 슬림형 노트북에 사용되는 고밀도용 광디스크 드라이브의 액추에이터 개발을 목표로 하여 기존의 3축 박형 액추에이터보다 더욱 제한된 높이의 3축 초박형 액추에이터에 관한 연구를 수행하였다. 기존의 2축 초박형 액추에이터를 기반으로 감도계산을 위한 전자기해석(electromagnetic analysis)과 동특성 파악을 위한 모드해석(modal analysis) 및 주파수 응답함수 해석(frequency response function analysis)을 수행하여 3축 초박형 액추에이터의 설계안을 제시하였고, 수치해석에서 액추에이터 동특성을 확인하였다.

2. 3축 초박형 액추에이터의 구조 도출

3축 액추에이터는 여러 가지 형태가 제안되고 있지만 구동방식 측면에서 3가지의 형태가 연구되고 있다. 가동부의 무게가 가볍고 자기회로가 폐회로를 유지하는 장점을 갖는 반면 6개의 와이어를 연결해야 하므로 생산성이 나빠질 수 있는 가동코일형(moving coil type)이 있으며, 코일 배선이 유리하지만 가동부가 무겁고 자기회로가 폐회로를 유지하지 못하는 가동자석형(moving magnet type)이 있다. 또한 가동코일형과 가동자석형의 장단점을 결합시킨 혼합형(hybrid type)이 있다. 본 연구에서는 각 형태의 장단점을 고려하여 조립 및 생산성의 측면에서 유리한 혼합 형태를 3축 초박형 액추에이터의 기본 형태로 결정하였으며 Fig. 1과 같이 설계하였다.

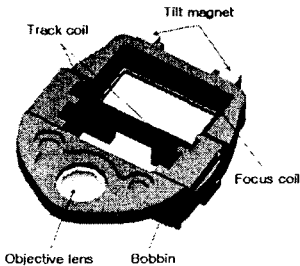


Fig. 1 3-axis ultra-slim actuator

3. 3축 초박형 액추에이터의 성능분석

3.1 3차원 전자기 해석

액추에이터의 구동감도 및 균일한 자속밀도를 갖는 구간의 확보여부를 알기 위해서는 공극에서의 자속밀도 분포를 알아야 한다. 이를 위해서 상용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 3차원 전자기 해석을 수행하였고 자기회로 모델 및 자속밀도 분포를 Fig. 2와 3에 나타내었다.

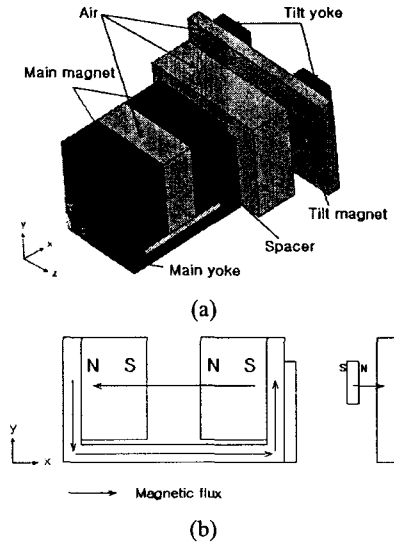


Fig. 2 Modeling of magnetic circuit: (a) modeling, (b) magnetic flux direction

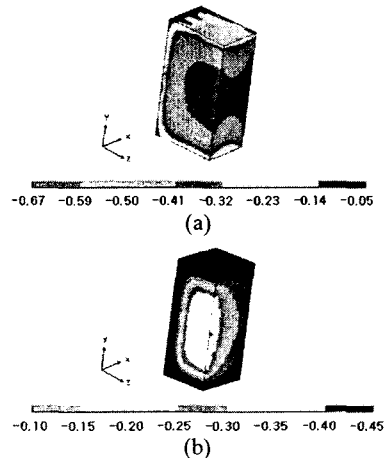


Fig. 3 Magnetic flux density distribution of air gap: (a) between main magnets, (b) between tilt magnet and tilt yoke

Table 1 Magnetic flux density at location of focus, track and tilt coils

Shift of bobbin(mm)		Focus coil (Tesla)	Track coil (Tesla)	Tilt coil (Tesla)
Focus direction	Track direction			
0	0	0.54	0.44	0.073
0.4	0	0.52	0.43	0.066
0	0.2	0.54	0.43	0.070
0.4	0.2	0.52	0.43	0.063

전자기 해석에서 요크의 물성치는 측정을 통해 구한 B-H data를 사용하였으며 공기의 비투자율(relative permeability)은 1을 사용하였다. 또한 영구자석은 여러 종류가 있지만, 구동 감도의 확보를 위한 공극자속밀도와 부공진의 원인 중에 하나인 누설자속밀도(leakage flux density)를 고려하여 보자력(coercive force) 1,035 kA/m, 비투자율 1.05 인 영구자석을 사용하였다. 또한 누설자속을 억제하기 위한 스페이서(spacer)는 요크와 같은 재료로 설계하였다.

보빈(bobbin)의 이동에 따라 각 코일에 영향을 주는 자속밀도 값이 변화하므로 자기회로 모델에서 보빈의 이동에 따른 자속밀도를 Table 1과 같이 구하였다.

Table 1에서 보빈의 이동은 필요한 액추에이터 이동 범위를 고려하여 정하였다. 포커스 및 트랙 코일의 자속밀도의 변화량은 이동범위내에서 각각 약 1.9% 및 1.1%의 오차를 가지며, 틸트 코일의 자속밀도의 변화량은 7.3%의 오차를 갖는다. 따라서 균일한 자속밀도(공정사양: 10%이하)를 확보하였다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2와 같이 2축 액추에이터의 후방에 틸트 자석을 추가하면서 틸트 자석과 틸트 요크 간에 발생하는 자기력(magnetic force)이 포커스와 트랙 방향의 이동을 방해하게 된다. 따라서 포커스와 트랙 방향의 감도 저하가 예상됨에 따라 전자기 모델에서 보빈의 이동에 따라 틸트자석에 작용하는 자기력의 변화를 살펴보고 그 결과를 Fig. 4와 5에 나타내었다.

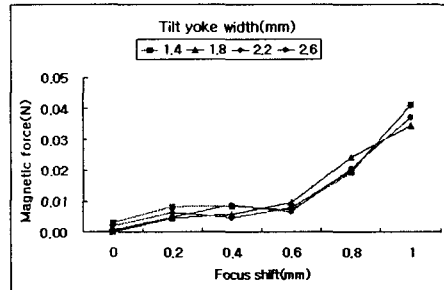


Fig. 4 Focus shift characteristic with a variation of tilt yoke width

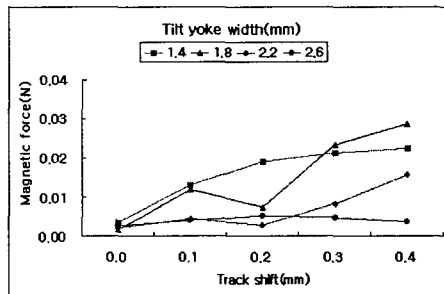


Fig. 5 Track shift characteristic with a variation of tilt yoke width

Fig. 4와 5로부터 보빈의 이동량에 따라 이동 방향의 자기력이 커짐으로써 액추에이터의 DC감도에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 또한 틸트 요크의 폭 변화에 따라 포커스 방향의 이동 특성은 변화가 적지만 트랙 방향의 이동 특성은 변화가 많음을 알 수 있다. 그러므로 틸트 요크의 폭을 확장하면 흡인력에 의한 트랙방향의 DC감도 저하를 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 그러나 틸트 요크의 폭 증가에 따라 틸트 코일의 저항이 증가하게 되는데 이로 인해 틸트 방향의 DC감도가 감소하게 되므로 요구되는 틸트 방향의 DC감도를 확보하면서 트랙 방향의 흡인력을 최대한 감소시킬 수 있도록 틸트 요크의 폭을 2.2mm로 결정하였다.

3.2 좌굴해석

혼합형태의 3축 초박형 액추에이터의 경우, 틸트 자석과 틸트 요크 간의 흡인력이 발생한다. 따라서 흡인력(sucking force)에 의한 지지와이어의 좌굴 발생여부를 검토하여야 한다. 따라서 MSC/ NASTRAN을 이용하여 3축 초박형 액추에

이터의 좌굴해석을 수행하였다. Fig. 6은 액추에이터의 좌굴형상 및 흡인력의 방향을 나타내고 있다.

시뮬레이션 결과 좌굴 하중 값은 0.235N 으로 나타났다. 한편 3차원 전자기 해석 결과, 틸트 자석과 틸트 요크에 의하여 발생하는 지지와이어 축방향의 최대 흡인력은 0.047N으로 계산되었다. 따라서 좌굴 하중 값이 최대 흡인력보다 약 5배의 값을 가지므로 좌굴발생 가능성이 낮은 것을 알 수 있다.

3.3 모드해석 및 주파수 응답함수 해석

액추에이터의 동특성을 파악하기 위하여 모드 해석 및 주파수 응답함수 해석이 필요하다. 이러한 해석을 통하여 액추에이터의 강제 고유진동수와 모드형상을 파악할 수 있으며, 보빈의 유연모드(flexible mode)를 구하여 게인마진(gain margin) 등을 구할 수 있다. 액추에이터의 시뮬레이션을 수행하기 위하여 Fig. 7과 같이 유한요소모델을 구성하였다.

보빈의 물성치는 성형 공정에 따라 많이 달라지므로, 동일한 보빈 재료로 만든 기존 2축 초박형 액추에이터를 측정하여 보빈 물성치를 구하였다. Fig. 8과 같은 동특성 측정장치를 이용한 실

험을 통해 질량, 고유진동수, 게인마진 값을 구하였고 유한요소법 모델의 값과 비교하여 보빈의 물성치인 밀도, 영의 계수, 감쇠비를 유추하였다.

3.3.1 모드해석

모드해석을 수행한 결과 액추에이터의 포커스, 트랙, 틸트 방향의 강제모드는 각각 60Hz, 60Hz, 104Hz로 나타났다. Fig. 9는 고주파수에서 보빈 자체의 구조로 인해 나타나는 탄성체 특성으로써 틸트, 포커스, 트랙 방향의 유연모드를 나타낸 것이다. 유연모드는 충분한 게인마진을 확보하기 위해 높을수록 좋지만 보빈의 공간 제한으로 인해 유연모드를 고주파수로 이동시키는 것은 한계가 있으며 설계된 액추에이터의 유연모드는 제어 성능을 만족시킬 수 있는 수준이다.

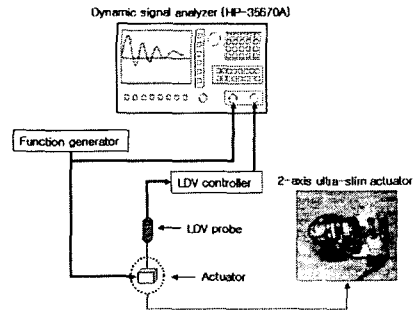


Fig. 8 Schematic diagram of experiment

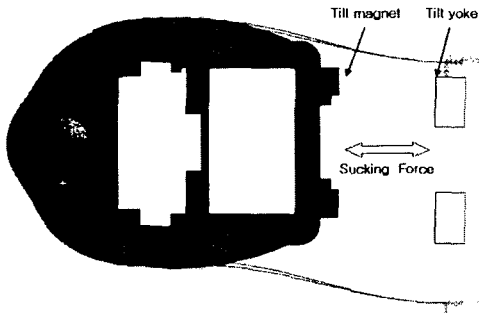


Fig. 6 Buckling shape of 3-axis ultra-slim actuator

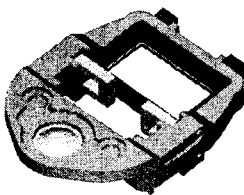
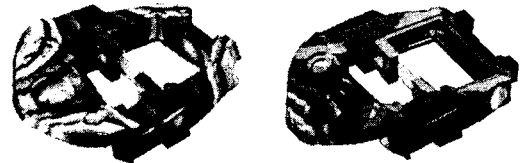
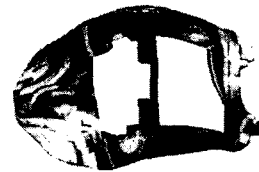


Fig. 7 Finite element model of 3-axis ultra-slim actuator



(a) Tilt mode(13.3 kHz) (b) Focus mode(19.5 kHz)



(c) Track mode(35.8 kHz)

Fig. 9 Three flexible mode of a 3-axis ultra-slim actuator

3.3.2 주파수 응답함수 해석

설계된 액추에이터의 구동감도와 게인마진을 확인하기 위하여 주파수 응답함수 해석을 수행하였다. 입력은 포커스 코일의 중심, 트랙 코일의 중심, 그리고 틸트 자석의 중심점에 하중을 가하였다. 해석결과는 대물렌즈의 중심점에서 변위를 구하였다. Fig. 10은 각각 3축 초박형 액추에이터의 포커스, 트랙, 틸트 방향의 주파수 응답함수 해석을 수행한 결과이다.

3.3.3 3축 초박형 액추에이터의 동특성 평가

모드해석과 주파수 응답함수 해석을 수행하여 구한 액추에이터 동특성을 Table 2에 정리하였다. AC 감도는 고주파수 영역의 제어를 위하여 필요한 사양이고, 제어탑에서 관리하는 Gain margin (1kHz와 2차 고유진동수에서의 게인 차이)은 2차 고유진동수의 발진을 제한하기 위하여 필요한 사양이다. 틸트 방향의 필요한 구동주파수 영역은 저주파수 영역이어서 AC 감도는 고려할 필요가 없고, 2차 고유진동수는 충분한 것으로 판단된다.

3.4 부공진 분석

액추에이터는 여러 종류의 부품으로 구성되어 있으므로 이들 부품을 조립하는 과정에서 발생할 수 있는 조립오차가 최종적으로 조립된 액추에이터의 성능에 영향을 미치게 된다. 부공진은 크게 입력인 가진 힘에 의한 것과 시스템에 의한 것으로 분류할 수 있다. 입력인 가진 힘에 의한 것은 힘 불균형이며 시스템에 의한 것은 가동부의 무

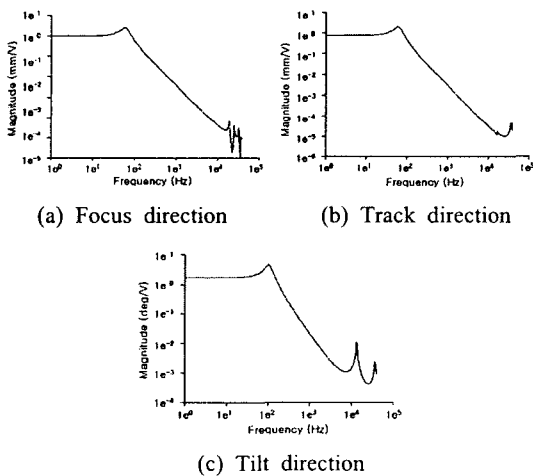


Fig. 10 FRF of 3-axis ultra-slim actuator

게 불균형, 스프링 강성 차이, 스프링 부착 위치의 차이 등을 들 수 있다.

3.4.1 부공진 분석을 위한 6자유도 강체 모델링

액추에이터의 부공진 분석을 위하여 6자유도 강체 모델링을 수행하였다. 액추에이터의 3차원 모델링을 통해 구해진 질량과 관성 모멘트, 그리고 지지 와이어의 강성을 이용하였다. 액추에이터는 Fig. 11과 같이 모델링 될 수 있다. 질량 중심은 C점이며, 질량 중심과 지지 중심 간의 치수 차이는 a_x, a_y, a_z 로 나타내었다. 또한 질량 중심과 대물렌즈 중심 간의 치수 차이는 b_x, b_y, b_z 로 나타내었다.

Table 2 Dynamic characteristics of 3-axis ultra-slim actuator

Simulation parameters	Direction		
	Focus	Track	Tilt
1st natural frequency(Hz)	60	60	104
DC sensitivity	0.95 mm/V	0.72 mm/V	1.7 °/V
Q factor (dB)	8.4	8.5	8.4
AC sensitivity ($\mu\text{m}/\text{V}$ at 200Hz)	101	73.7	-
2nd natural frequency(kHz)	19.5	35.8	13.3
Gain margin (dB) (1kHz ~ 2nd natural frequency)	34.8	36.1	-

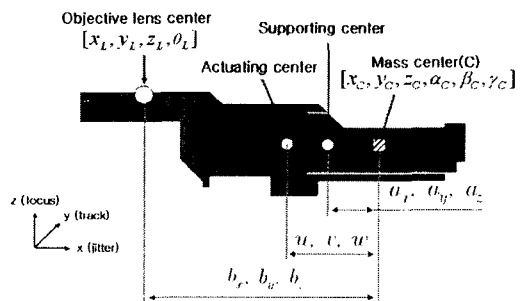


Fig. 11 6-DOF rigid body modeling of actuator

그리고 구동 중심(actuating center)과 질량 중심 간의 치수 차이는 u, v, w 이다. 4개의 지지 와이어에 의한 포커스와 트랙 방향 강성은 각각 k_{zz}, k_{yy} 이며 지터 방향 강성은 k_{xx} 이다.

액추에이터 모델에 대해 강체 운동방정식을 구하면 식 (1)~(6)과 같다. 식에서 x, y, z 는 직교 좌표계 방향을 나타내며 $\alpha_c, \beta_c, \gamma_c$ 는 각각 x, y, z 축 중심 회전 좌표계를 의미한다. F_x, F_y, F_z 는 각 좌표계 방향의 구동력을 나타내며 M_x, M_y, M_z 는 각각 x, y, z 축 중심 모멘트를 나타낸다.

$$m\ddot{x}_c + \sum k_{xx}^* x_c + \sum k_{xx}^* a_z \beta_c - \sum k_{xx}^* a_y \gamma_c = \sum F_x \quad (1)$$

$$I_{xx} \ddot{\alpha}_c - I_{xy} \ddot{\beta}_c - I_{xz} \ddot{\gamma}_c - \sum k_{yy}^* a_z y_c + \sum k_{zz}^* a_y z_c + \sum k_{yy}^* a_z^2 \alpha_c + \sum k_{zz}^* a_y^2 \alpha_c - \sum k_{zz}^* a_x a_y \beta_c - \sum k_{yy}^* a_x a_z \gamma_c = \sum M_x \quad (2)$$

$$m\ddot{y}_c + \sum k_{yy}^* y_c - \sum k_{yy}^* a_z \alpha_c + \sum k_{yy}^* a_x \gamma_c = \sum F_y \quad (3)$$

$$I_{yy} \ddot{\beta}_c - I_{xy} \ddot{\alpha}_c - I_{yz} \ddot{\gamma}_c + \sum k_{xx}^* a_x x_c - \sum k_{zz}^* a_x z_c - \sum k_{zz}^* a_x a_y \alpha_c + [\sum k_{xx}^* a_z^2 + \sum k_{zz}^* a_x^2] \beta_c - \sum k_{xx}^* a_y a_z \gamma_c = \sum M_y \quad (4)$$

$$m\ddot{z}_c + \sum k_{zz}^* z_c + \sum k_{zz}^* a_y \alpha_c - \sum k_{zz}^* a_x \beta_c = \sum F_z \quad (5)$$

$$I_{xz} \ddot{\gamma}_c - I_{xx} \ddot{\alpha}_c - I_{yz} \ddot{\beta}_c - \sum k_{xx}^* a_y x_c + \sum k_{yy}^* a_z y_c - \sum k_{yy}^* a_x a_z \alpha_c - \sum k_{xx}^* a_y a_z \beta_c + [\sum k_{xx}^* a_y^2 + \sum k_{yy}^* a_z^2] \gamma_c = \sum M_z \quad (6)$$

운동 방정식에서 강성은 액추에이터를 지지하는 4개의 지지 와이어의 강성의 합을 나타내며, $k^* = (1 + j\sigma)k$ 는 지지 와이어 끝단의 감쇠 물질을 고려한 강성계수를 의미한다. 여기서 σ 는 손실계수이다. 식 (1)~(6)의 운동 방정식을 행렬식으로 정리하면 식 (7)과 같다.

$$[M]\{q(t)\} + [K^*]\{q(t)\} = \{F(t)\} \quad (7)$$

여기서, $[M], [K^*], \{F(t)\}$ 는 각각 액추에이터의 질량행렬, 강성행렬, 구동력벡터를 뜻하며, $\{\ddot{q}(t)\}$ 와 $\{q(t)\}$ 는 각각 액추에이터 질량 중심의 가속도 벡터와 변위 벡터를 의미한다. 대물렌즈

중심에서의 좌표(x_L, y_L, z_L, θ_L)와 액추에이터 질량 중심에서의 좌표($x_c, y_c, z_c, \alpha_c, \beta_c, \gamma_c$) 간의 관계는 식 (8)과 같다.

운동방정식 (7)을 후리어 변환한 다음, 식 (8)을 이용하면 대물렌즈 위치에서 구한 주파수 응답함수를 식 (9)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} x_L \\ y_L \\ z_L \\ \theta_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & b_z - b_y \\ 0 & 1 & 0 & -b_z & 0 & -b_x \\ 0 & 0 & 1 & b_y & b_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \\ \alpha_c \\ \beta_c \\ \gamma_c \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{pmatrix} x_L(s) \\ y_L(s) \\ z_L(s) \\ \theta_L(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & b_z - b_y \\ 0 & 1 & 0 & -b_z & 0 & -b_x \\ 0 & 0 & 1 & b_y & b_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} (-\omega^2 [M] + [K^*])^{-1} \{F(s)\} \quad (9)$$

3.4.2 부공진 해석

부공진을 일으키는 각각의 원인에 대한 부공진 해석을 수행하였다. Fig. 12는 누설자속이 존재할 경우의 포커스 방향 주파수 응답함수로서, 2100 Hz 부근에서 액추에이터의 피치 모드(pitch mode)에서 부공진이 발생함을 알 수 있다. 액추에이터에서 부공진이 존재하면, 제어가 불안정하게 된다.

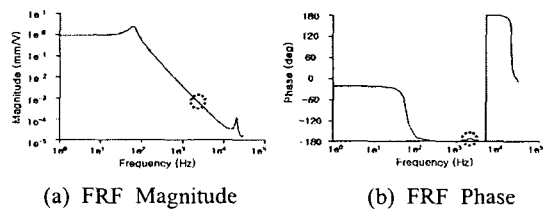


Fig. 12 Sub-resonance in focus direction due to leakage flux

Table 3 Sensitivities of process factors on sub-resonance

Process factor	Direction of error	Measuring direction of FRF(coupling mode)					
		Focus(pitch)		Track(yaw)		Tilt(roll)	
		$\sigma = 0.4$	$\sigma = 0.1$	$\sigma = 0.4$	$\sigma = 0.1$	$\sigma = 0.4$	$\sigma = 0.1$
Leakage flux ratio	-	3.6° /%	12.9° /%	-	-	-	-
Stiffness deviation	-	-	0.5° /%	-	0.2° /%	-	0.4° /%
Assemble error	Jitter	0.8° /mm	2.6° /mm	2.3° /mm	7.8° /mm	-	-
Actuating center error	Focus	-	-	5.6° /mm	21.8° /mm	-	-
	Jitter	76.4° /mm	184° /mm	58.6° /mm	151.4° /mm	-	-

Table 3은 각각의 부공진을 발생시킬 수 있는 공정요인(process factor)에 대해서 부공진의 위상차의 민감도를 정리한 것이다. 부공진 위상차 분석은 지지 와이어의 손실계수가 각각 0.4(감쇠 오일을 사용한 경우)와 0.1(감쇠 오일을 사용하지 않은 경우)일 경우에 대하여 수행하였다. 해석결과 손실계수가 0.1일 경우 0.4에 비하여 부공진의 위상차가 증가함을 알 수 있다. 이것은 부공진을 억제하는 감쇠에너지가 감소되어 부공진의 위상차가 증가함을 의미한다. 따라서 액추에이터의 감쇠계수가 적어질 경우 부공진 관리를 더욱 엄격하게 해야 한다.

각각의 공정요인에 대한 해석결과를 살펴보면, 포커스 코일의 외부에 흐르는 누설자속에 의한 부공진 위상차가 민감하게 발생함을 알 수 있다. 따라서 전자기 모델구성에서 상관요소가 없는 초박형 액추에이터의 경우 누설자속 관리를 엄격히 해야 함을 알 수 있다. 또한 지지와이어의 강성오차(stiffness deviation)에 대해 부공진 위상차의 민감도는 작은 것을 알 수 있었고 지지와이어와 보빈의 조립오차에 의한 부공진 위상차의 민감도도 비교적 작은 것을 확인하였다. 그러나 액추에이터의 구동 중심과 질량 중심 간의 오차가 발생할 경우, 부공진 위상차의 민감도가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 액추에이터의 설계와 조립과정에서 이에 대한 엄격한 관리가 요구된다.

각각의 공정요인에 대한 액추에이터의 포커스 부공진 위상차는 액추에이터의 피치 모드와의 위상차이며, 트랙 부공진 위상차는 액추에이터의 요우(yaw) 모드와의 위상차이다.

Table 4 DC tilt error to the shift of bobbin

Shift of bobbin (mm)		DC tilt error (°)
Focus direction	Track direction	
0	0	0
0.4	0	0
0	0.4	0.25
0.4	0.4	0.25

3.4.3 액추에이터의 이동에 따른 DC 틸트 오차
액추에이터는 포커스 방향과 트랙 방향으로 이동을 하게 되는데, 이때 이동에 따른 DC 틸트 오차가 발생하게 된다. 따라서 액추에이터를 포커스와 트랙 방향으로 이동시켰을 때의 DC 틸트 오차를 해석하여 Table 4에 정리하였다. 해석결과 DC 틸트 오차는 액추에이터의 트랙 방향 이동 특성에 민감하게 변하는 것을 알 수 있으며, 일반적인 DC 틸트의 오차관리 범위는 0.3°~0.5° 이므로 오차의 크기는 적절함을 확인하였다.

4. 결론

설계된 3축 초박형 액추에이터의 동특성을 종합적으로 분석하는 기술을 수립하였다. 상용 유한요소해석 프로그램을 이용한 모달 해석과 전자기 해석을 통하여 제작공정에서 요구되는 3축 초박형 액추에이터의 구동성능을 만족함을 확인하였다. 또한 강제모델링을 수립하여 조립 공정요인에 대한 부공진 현상의 민감도도 분석하였다.

참고문헌

- (1) An, C. H. and Rim, K. H., 2003, "Dynamic Analysis of a slider in Near-field Optical Recording Disk Drive," *Transactions of the KSNVE*, Vol. 13, No. 3, pp. 164~171.
- (2) Cho, T. M. and Rim, K. H., 2004, "Optimal Design of a Near-field Optical Recording Suspension," *Transactions of the KSNVE*, Vol. 14, No. 4, pp. 295~302.
- (3) Kim, S. J., Lee, Y. H., Son, Y. K., Lee, C. W. and Rim, K. H., 1998, "A Study on Dynamic Characteristics of a Precise Actuator for the High Density Optical Recording Pick-Up," *Transactions of the KSNVE*, Vol. 8, No. 1, pp. 87~98.
- (4) Kim, S. J., Lee, Y. H. and Choi, H. K., 2000, "Evaluation and Analysis of Dynamic Characteristics in Tilt Actuator for High Density Optical Storage Devices," *Transactions of the KSNVE*, Vol. 10, No. 4, pp. 584~595.
- (5) Junya, A., Takashi, H., and Shogo, H., 2002, "High Response Actuator with Tilt Function for 12.7 mm slim Optical Disc Drives," Hawaii, *ISOM/ODS 2002*, July, pp. 326~328.
- (6) Lee, H. C., Jeong, H. S., Lee, D. J., Park, N. C. and Park, Y. P., 2003, "Design and Optimization of Actuator for Micro Optical Disk Drive," *IIP/ISPS Joint MIPE '03*, June 16~18, Yokohama, Japan, pp. 273~274.
- (7) Choi, I. H., Hong, S. N., Kim, Y. J., Kim, G. N., Kim, H. J. and Kim, J. Y., 2003, "New 3-Axis Optical Pickup Actuator For High-Density Rewritable System," *ODS*, pp. 259~261.
- (8) Seo, J. K., Jeong, H. S. and Park, K. H., 2000, "Analysis and Reduction of Subsidiary Resonance of an Optical Pickup Actuator," *Transactions of the KSME(A)*, Vol. 24, No. 3, pp. 728~734.