

틸트 구동형 액추에이터의 개발

Development of 3-Axis Actuator for Active Tilt Compensation

이강녕*·박세준*·이동주*·박노철*·조원익**·박영필***

Kang-Nyung Lee, Sei-Jun Park, Dong-Ju Lee, No-Cheol Park, Won-Ik Cho and Young-Pil Park

Key Words : Tilt Actuator(틸트 액추에이터), Design(설계), Center of Rotation(회전중심)

ABSTRACT

There are many researches going on to develop the information storage devices using Blue-ray disc and DVD as a demand for high-density information storage devices is highly increasing. This high-density information storage device requires a short-wave laser and objective lens of high numerical aperture set in for its operation. And, that brings out rapid decrease of tilt tolerance. Therefore, it is necessary that an actuator should control tilt motions to get a stable signal. In this paper, a new mathematical form of 3-D.O.F coupled model is formulated and magnetic circuit in constraints is most effectively designed with the use of the moving coil type actuator in higher sensitivity. Further, this paper presents a tilt coil whose rotational center point is put on that of the lens through the variation of tilt coil and proposes a 3-axis actuator with high sensitivity improved in its dynamic property through its structure analysis.

1. 서론

최근 고용량의 정보저장기기의 수요가 급증함에 따라 DVD 와 Blu-ray 디스크를 이용한 정보 저장장치들의 개발이 진행 중이다. 따라서 이러한 미디어의 정보를 읽어내는 광 픽업 액추에이터(optical pickup actuator)의 동특성 또한, 더욱 높은 안정도와 정밀도가 요구되고 있다. 이러한 고밀도 정보저장기기에서 광 픽업이 집적된 미디어의 정보를 읽거나 기록하기 위해서는 광 초점의 크기가 줄어들어야 하고, 이를 위해서는 단과장의 레이저와 고개구율의 대물렌즈를 사용해야만 한다. 그러나 대물렌즈와 디스크 사이의 광축 허용경사가 단과장에 비례하고 개구율의 3 승에 반비례하기 때문에 허용경사각은 급격히 줄어들게 된다 [1]. 일반적으로 광 디스크의 재생신호의 열화는 회전하는 디스크의 진동, 이송 메커니즘과 광 픽업의 경사, 초점위치의 오차, 트랙 추종 오차 등으로 인해 발생한다. 특히, 광 픽업의 경사는 코마(Coma) 수차를 발생시켜 재생신호의 열화(degradation)를 유발하고 접근속도(access time)의 저하로 연결된다. 따라서, 고밀도 저장기기에서 안정된 재생 신호를 얻기 위해서는 기존의

포커싱, 트래킹 제어 외에 대물렌즈를 디스크 틸트 변동에 추종하도록 하여 디스크와 대물렌즈 사이의 상대 각도 오차를 줄이려는 틸트 제어가 필요로 하게 된다.

틸트 보정용 장치는 수동 틸트 보정(passive tilt compensation)과 능동 틸트 보정(active tilt compensation)으로 나누어 진다[1]. 수동 틸트 보정에는 전자기적이나 구조적으로 약간의 변화를 주어 틸트를 저감할 수 있는 방법 [2]과 디스크 미디어의 덮개 층(cover layer) 두께를 줄여 틸트에 둔감하게 하는 방법 [1]이 있다. 두 가지 방법 모두 별도의 액추에이터가 필요로 하지 않기 때문에 구조가 간단하나 틸트량의 저감에 한계가 있기 때문에 급속한 고밀도화에 대응하기가 어렵다. 능동틸트 보정에는 드라이브 데크(deck)에 모터를 장착하여 픽업부 전체를 틸트 제어하는 방법 [3]과 광 픽업 액추에이터에 별도의 액추에이터를 장착하여 틸트 구동을 하는 방법이 있다. 전자의 경우는 픽업 전체가 틸트 제어 되기 때문에 수차에 대한 보정 성능이 뛰어나지만 데크에 별도의 모터를 장착해야 하므로 슬림(slim)화에 제약이 따른다. 후자의 경우에는 가동 자석형(moving magnet type) [4]과 가동 코일형(moving coil type) [5], 하이브리드형(hybrid type) [6]이 있다. 가동 자석형은 가동부에 자석을 장착하고 고정부에 코일을 감아 구조가 간단하나 가동부의 무게가 증가하여 감도가 떨어지고 폐회로 구성이 어려워 자기 효율이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 가동 코일형은 가동부에 코일을 감고 고정부에 자석을

* 연세대학교 정보저장기기연구센터
E-mail : backmoo@hotmail.com
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460
** 삼성전자 OMS 사업부
*** 연세대학교 기계공학부

장착 시켜 가동 자석형에 비해 무게가 가볍고 요크에 의한 자기 효율도 좋으나 전기 배선에 의해 지지와이어가 6 개가 필요하게 되어 구조가 복잡하다. 하이브리드형은 포커싱과 트랙킹 구동은 가동 코일형으로 하고 틸트구동을 가동 자석형으로 한 구조로써 감도는 앞에서 언급한 두 가지형의 중간 정도지만 별도의 자석배치 문제로 인해 구조가 복잡하고 공간상의 제약이 크다.

정보저장기기의 고배속화와 고밀도화에 따라, 더욱 더 고감도의 액추에이터를 필요로 하고 있으므로, 본 논문에서는 감도가 가장 우수한 가동 코일형을 선택하여 디자인하고 동특성을 최적화하려고 한다. 먼저 3 자유도 연성모델의 수식 전개를 통하여 동특성을 예측하고, 자기 플럭스(flux)의 흐름을 분석하여 틸트 코일의 재배치와 사이즈의 변화를 주어 회전중심이 렌즈 중심인 고효율 틸트 코일을 설계하였다. 그리고, 기구적인 구속조건 안에서 다양한 코일 모델의 해석을 통하여 가장 효율적인 감도를 얻을 수 있는 트랙킹 코일과 포커싱 코일을 설계 하였다. 마지막으로, 구조해석을 수행하여 동특성을 검증한 고감도 3 축 액추에이터를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 3 축 액추에이터의 구조

본 논문에서의 3 축 액추에이터는 기존의 가동 코일형 2 축 액추에이터에 틸트를 위한 코일을 장착하고 전기적인 도선 연결을 위해 와이어를 두개 추가한 Fig. 1 과 같은 6 와이어의 구조를 갖게 된다. 단극 자석을 사용하고 평면코일(fine pattern coil)을 사용하지 않고 권선형 코일을 이용한 저가의 간단한 구조이다. 그러나, 협소한 공간에 3 축 구동을 위한 자기회로를 설계하고 6 개의 와이어로 지지한다는 것은 공간적으로나 효율적으로나 문제점들이 많이 있다. 자기적으로는 고정부의 자석에서 발생하는 일정 자속밀도를 활용하여 각각의 코일의 위치와 크기 및 방향을 고려하여 최대의 힘과 감도를 얻을 수 있도록 설계해야 하기 때문에 이에 대한 정확한 해석과 분석이 필요하다. 또한, 기구적으로는 각 방향의 거동과 힘중심, 무게중심, 지지중심의 변화에 따라 액추에이터의 동특성이 밀접하게 변화하기 때문에 이에 대한 예측과 해석이 필요하다.

2.2 3 축 액추에이터의 운동방정식

3 축 액추에이터의 기본적인 사양 검토와, 동특

성 예측, 연성현상(coupling phenomenon)을 분석하기 위해 수학적 모델을 만든다. 틸트 방향으로의 회전 강성이 병진방향의 와이어 서스펜션의 강성과 와이어의 비틀림 강성에 의해 결정된다는 가정 하에 포커싱, 트랙킹, 틸트 방향의 3 자유도 시스템으로 보고 연성이 고려된 운동방정식을 유도한다. Fig. 2 는 액추에이터에 설정된 축을 보여 주고 있다. 가동부는 강체로 가정했고, 6 개의 와이어 서스펜션은 트랙킹, 포커싱방향으로 각각 6 개의 선형 스프링 및 댐퍼는 아래와 같이 모델링 된다.

$$K = (k_x, k_y, k_z),$$

$$C = (c_x, c_y, c_z), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

렌즈중심은 원점(o), 질량중심은 c , 그리고 구동중심은 d 로 정의한다. 질량중심의 위치는 (l_{cx}, l_{cy}, l_{cz}) 로 표현되고 구동중심은 (l_{dx}, l_{dy}, l_{dz}) 로 표현된다. 또한 스프링의 지지위치는 아래와 같다.

$$(l_x, l_y, l_z), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

라그랑지식(Langrange's equation)을 이용해 운동방정식을 유도해 보면 다음과 같다.

$$\underline{M}\ddot{\underline{q}} + \underline{C}\dot{\underline{q}} + \underline{K}\underline{q} = \underline{P}\underline{f},$$

$$\underline{M} = \begin{bmatrix} m & 0 & ml_x \\ 0 & m & -ml_x \\ ml_x & -ml_x & ml_x^2 + ml_x^2 + I_y \end{bmatrix},$$

$$\underline{C} = \begin{bmatrix} \sum c_x & 0 & \sum c_x l_x \\ 0 & \sum c_y & -\sum c_y l_y \\ \sum c_x l_x & -\sum c_y l_y & \sum c_x l_x^2 + \sum c_y l_y^2 + \sum c_z \end{bmatrix},$$

$$\underline{K} = \begin{bmatrix} \sum k_x & 0 & \sum k_x l_x \\ 0 & \sum k_y & -\sum k_y l_y \\ \sum k_x l_x & -\sum k_y l_y & \sum k_x l_x^2 + \sum k_y l_y^2 + \sum k_z \end{bmatrix},$$

$$\underline{Q} = \underline{P}\underline{f} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ l_x & -l_y & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} f_x \\ f_y \\ M \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

위의 식에서 알 수 있듯이 광 픽업 모델의 진동모드들은 서로 연성되어 있다. 이와 같이 힘중심과 무게중심이 일치하지 않으면 모드들의 연성으로 인하여 불필요한 부공진이 발생하게 된다. 만약 두 점이 일치한다면 위의 식은 비연성화 되어질 수 있다. 모드 비연성의 조건은 다음과 같다.

$$l_x = l_y = l_z = 0.$$

일반적인 액추에이터에서 스프링의 강성과 댐핑계

수가 모두 같음은 자명한 것이다.

$$k_i = k_{ix} = k_{iy}, \quad k_{\theta} = k_{i\theta},$$

$$c_i = c_{ix} = c_{iy}, \quad c_{\theta} = c_{i\theta}, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

그리고 스프링의 지지중심도 좌표원점과 일치한다고 하면, 스프링의 각 지지위치는

$$l_x = l_{1x} = l_{3x} = l_{6x} = -l_{2x} = -l_{3x} = -l_{4x},$$

$$l_z = l_{1z} = l_{2z} = -l_{4z} = -l_{5z},$$

$$l_{3z} = l_{6z} = 0.$$

그 결과 운동방정식에서 행렬의 각 항은 다음과 같이 대각 항만 남게 된다.

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I_y \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 6c_i & 0 & 0 \\ 0 & 6c_i & 0 \\ 0 & 0 & (4l_x^2 + 6l_z^2)c_i + 6c_{\theta} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} 6k_i & 0 & 0 \\ 0 & 6k_i & 0 \\ 0 & 0 & (4l_x^2 + 6l_z^2)k_i + 6k_{\theta} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{Q} = \mathbf{P}\mathbf{f} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} f_{dx} \\ f_{dy} \\ M_r \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_{dx} \\ f_{dy} \\ M_r \end{Bmatrix}. \quad (2)$$

따라서, 비연성화 된 3 축 액추에이터의 운동방정식을 얻게 된다.

VCM 에 의해 생성되는 트래킹, 포커싱, 틸트구동력은 다음과 같다.

$$f_{dx} = \vec{B} \times \vec{i}_x \cdot L_x \cdot n_x,$$

$$f_{dy} = \vec{B} \times \vec{i}_y \cdot L_y \cdot n_y,$$

$$M_r = \vec{B} \times \vec{i}_r \cdot L_r \cdot n_r, \quad (\vec{B} = [B_x \ B_y \ B_z]^T) \quad (3)$$

여기에서 i_x, i_y, i_r 는 각 방향으로 구동하기 위해 코일에 흐르는 전류이고, \vec{B} 는 각 방향의 자속밀도, L 은 각 방향의 유효 코일 길이, n 은 코일의 감긴 턴 수이다. 간략한 자기회로를 대상으로 구하는 자속 밀도 값은 통상 퍼미언스법(permeance method)에 의해 구해질 수 있는데 본 논문에서는 요크와 자속의 비선형성, 3차원 모델의 해석, 누설 자속에 대한 고려, 영구자석 및 요크의 형상을 고려한 자기회로를 상세히 검토해야 하기 때문에 유한요소 법에 의한 자기회로 해

석을 수행한다.

2.3 자기회로부의 설계

광 픽업 액추에이터는 수식 (3)에 의해 구동력이 발생하고 이 힘에 의해 원하는 위치로 정밀 구동하게 된다. 수식에서 보는 바와 같이 자기력은 유효 자속 B(flux density)값과 유효길이, 전류와 턴 수에 비례하게 된다. 전류와 턴 수의 곱은 인가되는 전압 관점으로 보면 일정한 값이 되고 변화 가능한 것은 유효길이와 자속밀도 값이다. 이러한 변수를 적절히 고려하여 액추에이터가 이동구간 안에서 필요로 하는 추력을 발생시킬 수 있도록 설계한다.

2.3.1 요크부의 설계

광픽업 액추에이터의 너비는 스펀들 모터와 렌즈 사이의 거리에 의해 정해지며, 높이는 드라이브의 두께가 결정되고 그에 따른 광학계가 설계되면 결정되어진다. 따라서, 바닥 요크(base yoke)의 사이즈는 고정되게 되고 그 안의 내부요크(inner yoke)의 위치를 바꾸어 가며 최대 유효 자속 밀도를 낼 수 있도록 설계 한다. Table 1 은 렌즈홀더(lens holder)의 공간을 고려하여 외곽부터 내부까지 이동시키며 유효코일영역 안에서 전류 방향과 수직 되는 유효 자속밀도(B_y)와 누설자속 밀도(B_x, B_z)의 평균을 낸 그래프이다. 이것을 바탕으로 유효자속 밀도가 가장 큰 내부요크가 최내주에 있는 형태로 전체적인 요크의 구조를 정한다.

2.3.2 틸트 코일의 설계

기존의 틸트 액추에이터는 정적거동을 할 경우 지지중심을 기준으로, 동적거동을 할 경우 무게중심 기준으로 회전한다. 하지만 실제 액추에이터에 필요한 틸트는 렌즈 중심으로 회전이 이루어져야만 한다. Fig. 3 처럼 무게중심을 기준으로 회전된다면 광학계의 광축이 틀어지게 됨에 따라 광효율이 저하되게 된다. 또한, 동적으로 제어가 이루어질 경우, 포커싱이나 트래킹 구동 후에 틸트구동이 일어나면 각 방향으로 오프셋(offset)이 생겨 초점에서 다시 벗어나게 된다. 이로 인하여 접근속도가 저하되고 재생신호에도 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 이와 같은 문제점들을 해결할 수 있는 렌즈중심으로 회전하는 틸트 액추에이터가 필요로 되어진다. 본 장에서는 틸트 액추에이터의 정적인 거동과 관련하여, 틸트 코일과 누설자속의 관계를 감도와 회전중심을 기준으로 분석하려 한다. 그리고, 구속조건 안에서 다양한 코일모델에 대해 시뮬레이션하여 감도가 우수하고 회전중심이 렌즈중심과 가까운 모델을 최종 선택하려 한다.

Fig. 4, 5은 틸트 코일이 이동되는 영역의 Y축 방향과 Z축 방향의 자속밀도를 3차원 그래프로 그린 것이다. Y축 방향이 틸트 구동을 하게 하는 유효한 자속이고 Z축 방향은 바닥요크에 의해 발생하는 누설 자속이다. 다른 방향의 누설자속에 비하여 요크로의 자기장 집중으로 인해 자속밀도 값이 큰 것을 볼 수 있다. 이러한 자속에 의해 액추에이터의 동특성이 영향을 받을 수 있기 때문에, 기구적인 제약조건 안에서 틸트코일을 이동시키며 위치 변화에 따른 틸트감도와 각 코일의 회전 중심의 변화를 살펴본다. Fig. 6과 같이 틸트코일의 위치가 바닥요크에서 멀어질수록 동일한 전류에 대해 틸트감도가 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 또한, Fig. 7에서와 같이 틸트코일의 위치에 따라 회전 중심이 변화하는 것도 볼 수 있다. 이것은 Fig. 8에서 보는 바와 같이 바닥요크와 내측요크로 향하는 Z축 방향의 자속이 틸트코일의 Y-Z 평면과 반응하여 지지중심에서 벗어난 X축 방향의 힘을 발생시키기 때문이다. 그림처럼 X축 방향의 힘은 회전 모멘트(moment)를 발생시키는 Z축 방향의 힘과 합하여져 회전력을 증가시킨다. 이러한 힘은 바닥요크에서 멀어질수록 바닥요크로 향하는 자속이 감소하고 모멘트암(moment arm)이 짧아져 작아지고, 그로 인하여 감도는 저하되게 된다. 회전중심은 Z축 방향의 힘만 대칭적으로 존재할 경우 지지중심에 있게 된다. 그러나 회전중심이 렌즈 상부에 있는 X축 방향의 힘이 가해지면 회전중심은 그 절충위치로 이동하게 된다. 따라서, 코일의 위치와 사이즈의 변화에 따라 감도가 증가될 수 있고 회전중심 또한, 원하는 위치로 이동 가능하다는 것을 예측할 수 있다.

최적의 코일 모델을 찾기 위하여 그림과 같이 기구적인 제약조건과 자속밀도의 분포를 고려하여 트랙킹방향으로 코일의 유효길이를 늘려가면서 4단계, 포커싱 방향으로 틸트 코일의 위치를 옮겨가면서 6단계의 경우, 총 24가지의 모델에 대해 일정한 전류를 인가하여 시뮬레이션 한다. 포커싱 방향으로 렌즈로의 열전달과 Z축 방향 자속의 영향이 줄어드는 것을 고려하여 상부는 제외하고 Fig. 9의 위치까지만 고려한다. 위의 각각의 경우에 대하여 중립위치에서 감도가 높은 10가지의 모델을 선정하고, 각각의 모델에 대해 포커싱 방향은 $\pm 1\text{mm}$, 트랙킹 방향은 $\pm 0.4\text{mm}$ 만큼 이동했을 때의 전압을 고려한 틸트감도를 구한다. 이동 시의 액추에이터의 틸트 감도는 다음과 같이 구한다. 유한요소해석 툴을 이용하여 이동하였을 때의 회전모멘트 M_{simul} 을 구하고 이를 2.2 절에서 구한 회전강성 K_{rotat} 을

이용하여 회전 각 θ_{case} 을 구한다.

$$K_{rotat} = \frac{M}{\theta} = \left\{ (6 \times l_x^2 + 4 \times l_z^2) k_t + 6 \times k_\theta \right\}$$

$$\theta_{case} = \frac{M_{simul}}{K_{rotat}} \quad (4)$$

여기서, k_x, k_z 는 와이어 직경이 d 이고 와이어 길이가 l 인 경우의 트랙킹, 포커싱 강성이고, k_θ 는 비틀림 강성이며 다음과 같다.

$$k_t = \frac{12EI}{l^3}, \quad k_\theta = \frac{T_\theta}{\theta} = \frac{GJ}{l} = \frac{E\pi d^4}{64(1+\nu)l} \quad (5)$$

중립위치에서 이론적으로 구한 회전강성 K_{rotat} (0.00378 N/m)은 시뮬레이션으로 모멘트와 회전각을 구해 산출한 K_{rotat} (0.00375 N/m)과 약 0.7%의 차이를 보이는 것으로 보아 이와 같은 방법은 신뢰할 수 있다.

각각의 모델에 대해 이동 시의 특성과 초기위치에서의 특성을 평균을 구해 감도가 우수한 순서대로 정리하면 Table 2와 같다.

이렇게 정하여진 10가지 모델에 대해 회전중심이 렌즈 중심과 근접한 모델을 선정한다. 만약 회전 중심이 렌즈 중심이라면 회전 후의 렌즈 중심의 좌표는 변화가 없게 된다. 이를 이용하여 렌즈 중심의 초기 좌표 값과 틸트 코일에 전류를 인가하여 발생하는 이동 후의 좌표 값을 유한요소해석 툴로 구하여 두 점 사이의 거리를 구한다.

Fig. 10에서와 같이 거리가 최소인 코일은 $z0.3$ 과 $x0.2_z0.3$ 인 경우이다. 그러나 감도 면에서 $z0.3$ 이 우수하기 때문에 최적의 틸트 코일은 $z0.3$ 으로 정한다.

2.3.3 트랙킹 코일의 설계

설계될 액추에이터의 구동 범위 안에서 트랙킹 코일이 위치하게 될 영역을 Fig. 11과 같이 선정하여 트랙킹 코일의 전류의 방향과 수직 되는 Y축 방향의 B 값을 3차원 그래프로 그려보았다. 이러한 유효자속 밀도의 분포를 바탕으로 트랙킹 코일의 초기사이즈와 최적화를 위한 구간을 정한다. 단, 정적인 트랙킹 구동 시의 연성을 억제하기 위하여 지지중심과 트랙킹코일의 힘중심을 맞춘 상태에서 대칭적인 변화를 준다. Fig. 12와 같이 기구적인 제약조건과 자속밀도의 분포를 고려하여 너비 방향으로 0.4mm 씩 세 단계, 높이 방향으로 0.3mm 씩 다섯

단계, 총 15 가지 모델에 대해 시뮬레이션 한다. 또한, 이동특성을 고려하여 각각의 모델에 대해 전압을 고려한 감도를 구한 후 평균값이 큰 모델을 최적 모델로 잡는다. 따라서, 평균감도가 가장 큰 폭 2.8mm, 높이 5.6mm 인 경우를 최적의 트랙킹 코일 모델로 정한다.

2.3.4 포커싱 코일의 설계

Fig. 5 와 같은 자속분포에서 알 수 있듯이, 포커싱 코일은 다른 코일에 비해 유효길이가 길고 자속이 강한 자석의 가운데 영역에 위치하기 때문에, Z 축 방향으로의 위치에 둔감하다. 따라서, 구조부의 설계에서 힙중심과 무게중심을 일치시키기 위한 무게밸런서(balancer)로 활용한다.

2.4 구조부의 설계

자기회로의 설계를 통하여 필요한 추력을 고려할 수 있었다면 구조부의 설계를 통해서도 원하는 감도와 부공진 및 유연모드(flexible mode)의 발생여부를 고려할 수 있다. 2.2 절에서 유도한 것과 같이 각 방향의 운동은 지지중심과 무게중심, 힙중심의 위치에 따라 연성이 되어 있으며 이를 맞추어 주지 않으면 부공진이 발생하여 재생신호에 문제가 발생한다. 또한, 유연모드의 발생으로 인하여 제어영역(bandwidth)의 확보에도 문제가 생길 수 있다. 따라서, 이러한 점들을 충분히 고려하여 설계해야만 한다.

2.4.1 힙중심과 무게중심의 일치

앞장의 3 축 액추에이터의 운동방정식을 통하여, 힙중심과 무게중심이 일치하지 않을 경우, 모드가 연성됨을 확인하였다. 따라서, 연성으로 인한 부공진을 억제하기 위해서는 힙중심과 무게중심이 일치되어야 한다. 또한, 정적인 거동 시의 회전중심을 동적인 거동에도 적용하기 위해 이러한 과정이 필요하다.

현 구조에서의 힙중심과 무게중심은 Fig. 13 에서와 같이 무게중심이 힙중심에 비해 위에 있다. 이를 일치시키기 위하여 무게밸런서로 포커싱 코일의 위치와 렌즈홀더의 불필요한 부분의 제거를 통하여 Fig. 14 과 같이 조정한다.

2.4.2 구조부의 변경을 통한 동특성의 개선

고감도와 고강성의 액추에이터를 설계하기 위하여 Fig. 15 과 같이 렌즈홀더(lens holder)의 불필요한 부분을 제거하여 무게를 최소한으로 줄이고 포커싱코일과 틸트코일을 렌즈홀더에 끼우는 방식으로 설계하여 강성을 보강하도록 설계한다. 2.2 절에서 유도했던 수식은 3 축에 관해서 유도한 수식이기 때문에 여타의 부공진 및 유연모드의

발생은 예측할 수 없다. 따라서 3 축 액추에이터의 주파수 특성을 알아보기 위해 상용프로그램을 사용하여 유한 요소해석을 했으며 그 결과는 Fig. 16 과 같다. 각각의 방향의 구동 모두 이득여유가 충분한 것으로 판단된다.

2.5 시뮬레이션을 통한 동특성 평가

최종 모델은 그림과 같다. 이를 수학적 해석모델과 유한요소해석 툴을 사용하여 Table 3 과 같이 동특성을 살펴보았다. 비교적 유사한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다. 기존의 틸트 액추에이터와 비교하여 포커싱과 트랙킹 감도는 우수하며 틸트감도는 상대적으로 뛰어난 것으로 보인다.

3. 결론

가동 코일형에 맞는 3 축 액추에이터의 연성모델을 수식적으로 제안하였으며 연성모델을 바탕으로 누설자속을 활용한 회전중심이 렌즈중심인 3 축액추에이터를 제시하였고, 동시에 모멘트 암(moment arm)을 증가시켜 틸트에 대한 회전모멘트를 크게 하였다. 또한 제한된 공간 안에서 이동특성을 고려하여 각각의 경우에 대해 해석하고 코일의 최적의 사이즈와 위치를 정하였다. 그리고 포커싱 코일을 무게 밸런서로 활용하였으며 틸트코일을 상부가 아닌 하부에 위치시킴으로써 렌즈로의 열의 전달을 막을 수 있었고 구조부의 변경을 통하여 주파수 특성이 우수한 저가의 모델을 개발하였다. 최종적으로 체계적인 3 축액추에이터의 개발의 과정을 제시하였다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 정보저장기기 연구센터의 지원(R11-1997-042-11001-0)을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) Yourii V. MARTYNOV, Benno H. W. HENDRIKS, Ferry ZIJP, Jan AARTS, Jan-Peter BAARTMAN, Gerard van ROSMALEN, Jean J. H. B. SCHLEIPEN and Henk van HOUTEN, 1999, "High Numerical Aperture Optical Recording: Active Tilt Correction or Thin Cover Layer?", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, Part 1, No. 3B, pp. 1786~1792.
- (2) 정덕영 등, 2002, "광픽업 액추에이터의 롤링 저감 대책", 춘계학술대회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 368~372.
- (3) 임경화 등, 1999, "광디스크 기술기 보정용 정밀 액추에이터의 해석 및 실험적 검증", 춘계학술대회논문

집 A, 대한기계학회, pp. 82~87

(4) Hiroyuki Yamaguchi, Jun-ichi Asada, Hitoshi Fujii, Shin-ich Yamada, Jun-ichi, Hideo Okamura, 1999, "4.7GB DVD-RAM DRIVE", Matsushita Technical Journal, Vol. 45, No. 6, pp. 679~685.

(5) 정호섭 등, 2002, "기록용 고밀도 광디스크를 위한 박형 텔트 구동기", 춘계학술대회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 788~793.

(6) 김철진 등, 2002, "틸트제어를 위한 하이브리드형 광픽업 구동기에 대한 연구", 춘계학술대회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 782~787

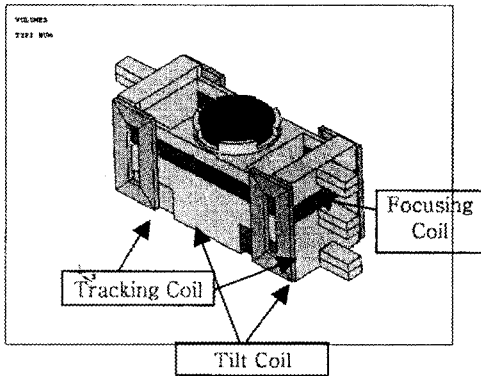


Fig. 1 Structure of actuator

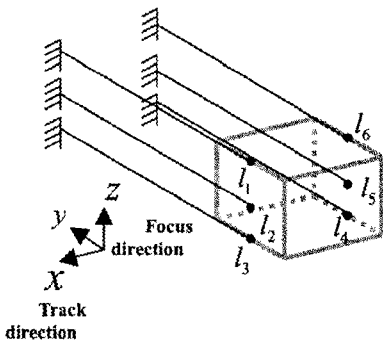
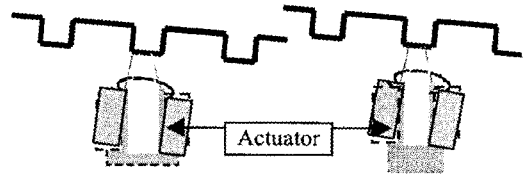
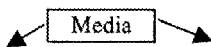


Fig. 2 Mathematical model of 3-D.O.F system



(a) Lens center (b) Mass center
Fig. 3 Tilt Motion (Lens center & Mass center)

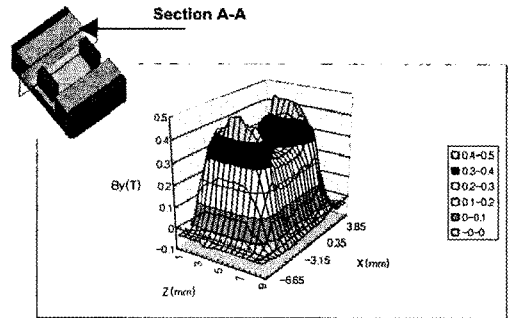


Fig. 4 Y-directional B flux which is occurred to Tilt coil in X-Z plane

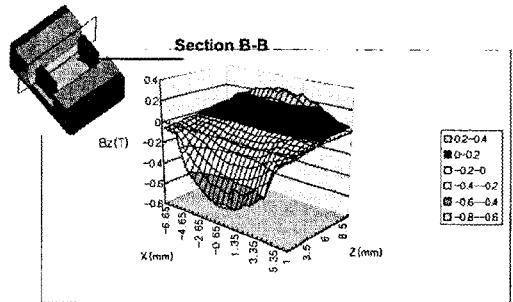


Fig. 5 Z-directional B flux which is occurred to Tilt coil in X-Z plane

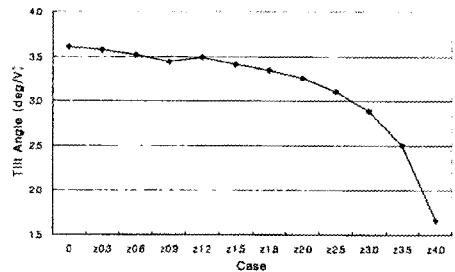
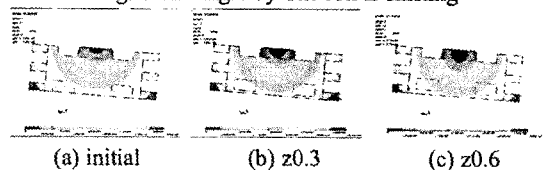
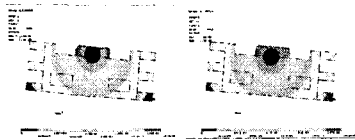


Fig. 6 Tilt angle by Tilt coil Z-shifting





(d) z0.9 (e) z1.2
Fig. 7 Rotation center by Tilt coil Z-direction

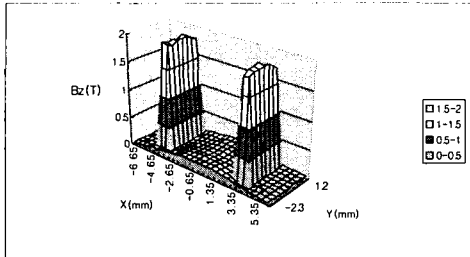
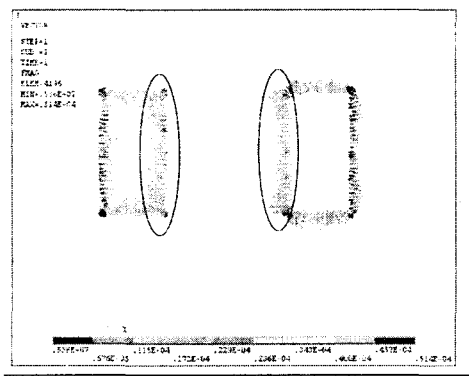
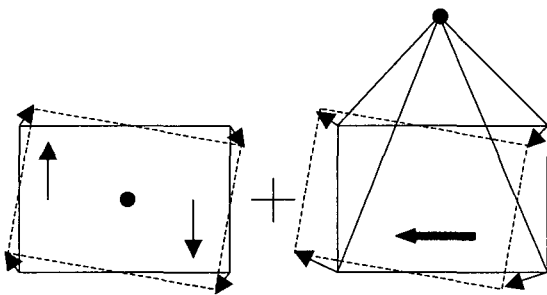


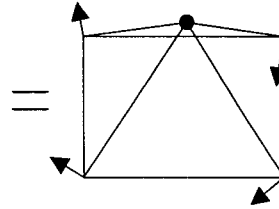
Fig. 8 (a) Z-directional B flux which is occurred to Tilt coil in X-Y plane



(b) X-direction force of tilt coil



(a)Behavior by Z-directional force (b)Behavior by X-directional force



(c)Behavior by total force
Fig. 9 Center of rotation by tilt coil x-direction force

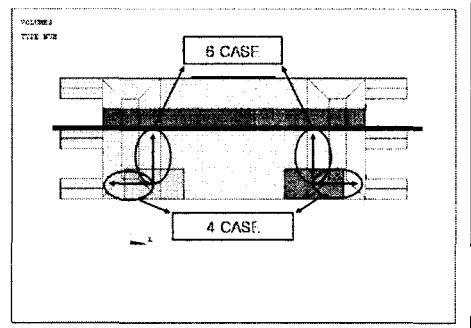


Fig. 10 Such case of tilt coil

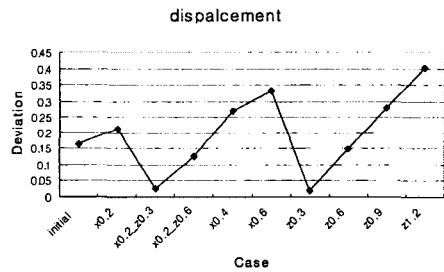


Fig. 11 Displacement of Lens center

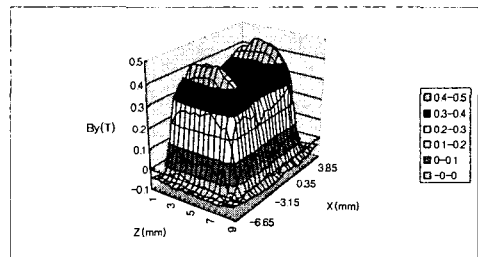


Fig. 12 Y-directional B flux which is occurred to Tracking coil in X-Z plane

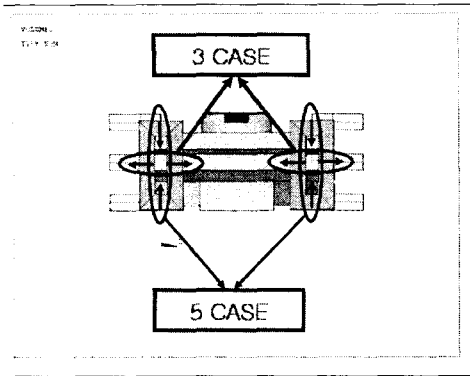


Fig. 13 Such case of tracking coil

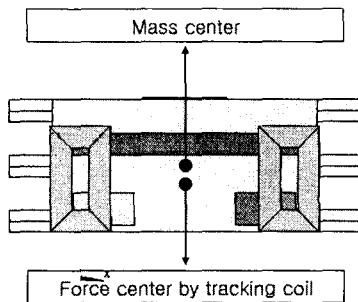


Fig. 14 Difference of Mass center & Force center

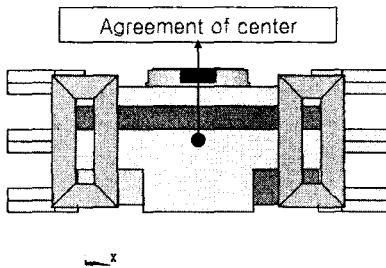
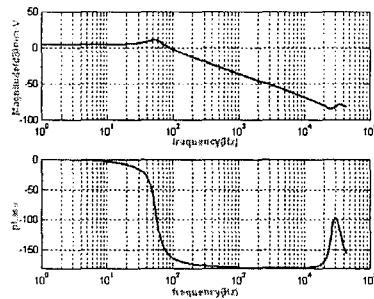
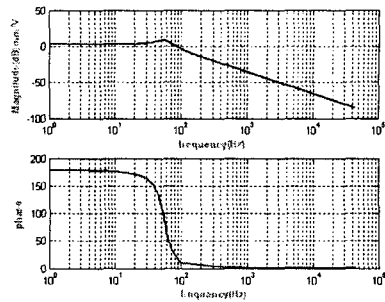


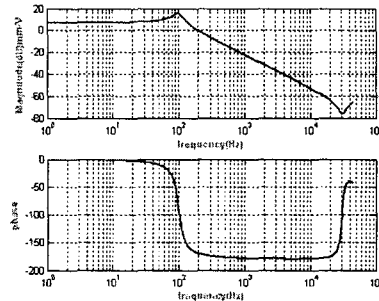
Fig. 15 Agreement of center



(a) Focus direction



(b) Track direction



(c) Tilt direction

Fig. 16 Frequency response function

	B _x (T)	B _y (T)	B _z (T)
yoke1	-0.004085838	0.304204026	-0.092463916
yoke2	-0.004494753	0.302124431	-0.091962507
yoke3	-0.003125082	0.298614737	-0.093453348

Table 1. Average B-flux at different inner yoke locations

CASE	ANGLE(Degree)
initial	3.751
x0.2	3.705
x0.4	3.630
z0.3	3.625
z0.6	3.588
x0.6	3.575
x0.2_z0.3	3.564
x0.2_z0.6	3.518
x0.4_z0.3	3.510
x0.6_z0.3	3.459

Table 2. Means of tilt angle

ITEM	unit	Coils		
		Focus	Track	Tilt
Moving Mass	mg	390		
Resistance	Ohm	3.5	5.7	4.5
Number of Turns	turns	28	20	40
1st Response Freq.	Hz	56.097	56.119	101.164
2nd Response Freq.	kHz	30.8(bending mode)		
Q-Factor	dB	6.82	5.51	8.2
DC Sensitivity	mm/V(deg/V)	1.55	1.3	2.3
AC Sensitivity (200Hz)	umV/(deg/V)	220	197	1.015

	unit	focus		track		tilt	
		simul.	math.	simul.	math.	simul.	math.
1st Response Freq.	Hz	56.1	56.6	56.1	55.9	101.2	102.8
DC sensitivity	mm/V	1.6	1.3	1.3	1.1	2.3	

Table 3. Dynamic characteristic