

고감도 3축구동 액츄에이터를 위한 Rolling Mode 저감 연구

김영중, 홍삼열, 김진아, 최인호
(LG 전자(주) Digital Media 연구소)

A Study on Reducing Rolling Mode Effect in High-Sensitivity Optical Pickup 3-axis Actuator

Young-joong KIM, Sam-nyol HONG, Jina KIM, In-ho CHOI
(LG Electronics Inc., Digital Media Research Lab.)

ABSTRACT

Recently, a new type actuator using multi-pole magnet has been developed for high-density and high-speed disk drive, which can be achieved higher sensitivity than a conventional actuator for applying one-pole magnet. However, it is very difficult for the actuator of multi-pole magnet to meet simultaneously the optimal design condition for reducing rolling mode effect and improving driving sensitivity because the force center is different from the mass center. In this paper, First We propose the new shape coil for tracking which can reverse moment additionally in tracking motion, Next we achieve the optimal design to reduce phase disturbance and peak gain at the rolling mode frequency. Finally, the validity of the proposed methods is proved from experimental results.

Key Words : Optical Pickup Actuator(광픽업 액츄에이터), Rolling mode(롤링모드), Sensitivity(감도)

1. 서론

광픽업 기술은 고밀도화 되고 있는 다양한 디스크 미디어(Media)에 대응하고, 고배속화 기기의 시장 요구에 부합하기 위해 고성능화에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 따라 광픽업 내 디스크의 정밀위치추종 기구인 액츄에이터도 고밀도 디스크에 데이터를 고배속으로 안정적으로 읽고 쓰기 위해서는 기존에 포커싱(Focusing)과 트래킹(Tracking)동작 이외에 디스크의 틸트(Tilt) 성분까지 추종할 수 있는 다축 액츄에이터가 요구되고 있고 더욱 기계적인 진동 특성의 안정성이 추구하고 있다. 또한, 고배속화의 추세에 따라 액츄에이터의 구동 감도특성을 더욱 향상시켜야 하는데 기존의 자기회로 방법으로는 포커싱 방향과 트래킹 방향의 감도 모두 효과적으로 향상시키기는 것을 더 이상 기대하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 다극착자 마그네트를 사용하여 포커싱 코일과 트래킹 코일의 유효

면적을 넓히고 폐자기 경로를 최대한 이루도록 구성하여 감도를 향상시켰다. 이는 기존 단극 마그네트로 구성된 일반적인 형태의 액츄에이터에 비하여 괄목할 만한 감도의 향상을 이루었을 뿐만 아니라 틸트 구동계를 효과적으로 추가할 수 있었다. 그러나 본 연구에서 제안한 다극착자 구성의 최대 감도 위치조건에서 기구적 공간활용 한계 및 가동부 질량 저감을 위한 설계 조건에 의하여 와이어 서스펜션의 부차공진인 롤링모드의 발생을 회피하기가 어렵다. 롤링모드는 가동부의 구동력 중심과 질량중심의 불일치에 의하여 발생하는 디스크 래디얼 방향의 경사운동(Tilt motion)으로서 고배속 재생시 디스크의 회전 주파수 대역에 존재하여 제어 안정성을 떨어뜨릴 수 있다.

재생이나 기록 중에 구동경사각(Tilt Angle)이 크게 되면 광학적 수차가 열악해지고 광 품질의 저하를 가져와 데이터 신호의 열화를 초래한다. 따라서 이러한 롤

링 모드영향을 최소화하는 설계는 성능상 매우 중요하지만 기구적 공간활용의 한계 및 가동부 질량 저감을 위해 롤링 모드 안정 조건을 충실히 설계에 반영하기는 쉽지 않다.

본 연구에서는 이를 해결하기 위한 방안으로 정해진 기구적 활용공간 내에서 트래킹 코일 형태를 변화시켜 롤링모드를 억압하는 모멘트를 추가적으로 발생시킬 수 있도록 사다리꼴 모양의 새로운 트래킹 코일 구조를 제시하였고 다양한 수치해석 결과를 활용하여 감도 저감 없이 롤링모드를 해결할 수 있는 최적 설계를 구현할 수 있었다. 본 연구에서 제안한 방법은 실제 제작한 시료의 실험결과를 통하여 타당성 및 효과가 입증되었다

2. 본론

2.1 고감도 설계를 위한 다극차자 적용

일반적인 광픽업 액츄에이터 구조는 단극 마그네트 방식으로 트래킹 코일 관점에서 보면 자기장 회로의 자속 분포 내에 사각 트래킹 코일 중 1 면 부분만으로 유효한 구동력을 발생하는 구조로 효율성이 매우 낮다.

이와 같은 구조에서 그 동안 가동부인 렌즈 홀더의 질량 저감이나 자기회로의 최적 설계 등을 통해 고감도 특성을 실현하고자 하는 노력이 진행되어 왔으나 현재 대부분이 극대화되어 있어서 더 이상의 효과를 기대하기는 어려운 실정이다.

한편 고밀도화 추세에 따라 광학적 특성 인자인 개구수(NA: Numerical aperture)가 증가로 인해 광축과 대물렌즈의 수직오차(tilt)와 디스크의 처짐이나 휨에 의한 광축과 디스크간 수직오차(tilt) 성분의 마진이 작아진다. 이를 해결하기 위한 수단으로서 틸트 구동 기능이 적용된 3 축 구동 액츄에이터가 최근 활발히 개발되고 있다.

기존 연구에서는 3 축 구동 액츄에이터의 고감도를 실현하기 위해서 Fig.1 과 같은 다극 차자에 의한 다극 마그네트를 사용한 새로운 구성의 액츄에이터가 제안되었다[1]. Fig.1 과 Fig.2 에서 보여지는 바와 같이 가동부 렌즈홀더 상측 둘레에 홈을 두어 틸트 코일을 권선하고, 이 코일을 다극 마그네트 상측 자속 분포상에 위치시켜서 좌우 짝힘 구동력으로 인한 도멘트를 발생시킴에 따라 틸트 동작을 이루게 하였다.

본 연구는 기존 연구[1]로부터 4 성의 자속분포에 포커싱 코일과 트래킹 코일을 효과적으로 배치함으로써 유효 코일길이를 증가시켜 감도 향상을 꾀하였다.

본 자기회로에서 포커싱 코일과 트래킹 코일의 형상은 가동범위와 선형적 특성을 확보하도록 설계되었고

Fig.3 과 같이 감도와 선형성을 최대화 하기 위한 목적 함수를 설정하여 마그네트 및 코일의 최적 설계를 도출함으로써 다극 효과를 극대화할 수 있었다. 여기서 일체로 착자된 4 극 마그네트의 효과를 실제의 경우와 근사치로 해석하기 위하여 단극 마그네트와 달리 극간의 중성점 영향을 실험적 데이터를 근거로 모델링하였다.

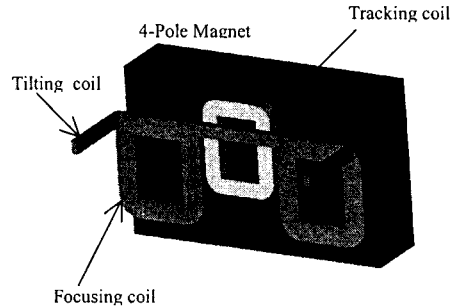


Fig. 1 Electro-magnetic circuit design.

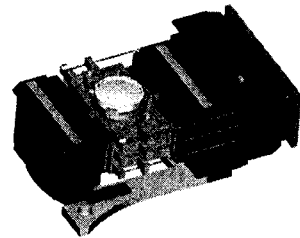


Fig. 2 Configuration of new 3-axis actuator.

Fig.3 은 트래킹 코일의 높이방향에 따른 자속 밀도 분포 형태를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 자속 밀도분포의 비대칭성에 의해 트래킹 구동중심이 기하학적 코일 중심보다 윗쪽에 위치하게 된다.

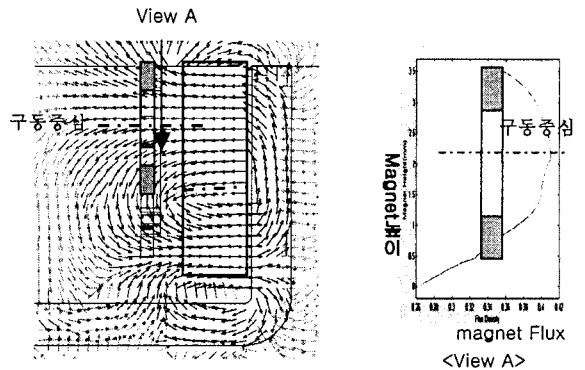


Fig 3. Optimized flux density distribution.

2.2 3축 구동설계에서 롤링 특성 해석 및 실험

트래킹 구동력은 트래킹방향과 수직인 트래킹 코일의 유효편을 따라 분포력으로 표현할 수 있고, 코일에 흐르는 전류는 코일의 모든 부분에서 동일한 값을 가지므로 이 분포력의 형태는 자속 밀도 분포의 양상에 따라 결정된다. 트래킹 코일을 따라 발생된 연속적인 힘을 집중힘 F_c 로 변환하여 Fig.4에 도시하였다.

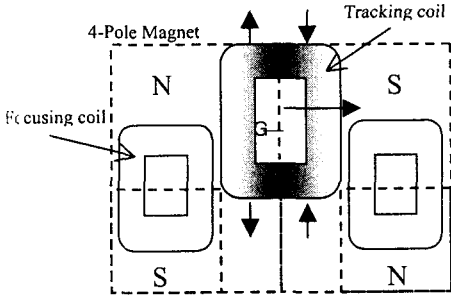


Fig. 4 Mechanism of torque generation by the tracking coil.

Fig.4에서 보는 바와 같이 질량중심을 기준으로 볼 때 트래킹 코일의 구동중심 편차에 의해 모멘트 성분이 존재하게 되고, 이 모멘트에 의해 롤링모드가 가진 된다.

따라서 이를 해결하기 위한 방법으로 가동부의 질량중심을 높이거나 혹은 트래킹 구동력의 중심을 낮추어서 상호 중심의 위치를 일치시켜 주어야 한다. 가동부 질량중심을 높이기 위해서는 가동부의 렌즈홀더 상단에 질량을 추가하거나, 포커싱 코일을 위로 올려 질량중심을 올리는 방법을 모색해 볼 수 있으나 질량 추가 방법은 감도를 저하시키는 문제를 발생시키므로 본 연구에서는 배제하였다.

따라서 동일한 가동부 질량에서 질량 중심을 이동시키는 방법으로 포커싱 코일위치 조절을 시도하였고, 이로 인해 포커싱의 감도 저하가 발생하지 않도록 마그네트 상하 극간 위치도 함께 이동시키는 방안을 검토하였다. 이 경우 상측 극간 이동의 영향에 의해 트래킹 감도에 영향을 줄 것으로 예상되므로 이에 대한 해석을 수행하였고, 그 결과를 Fig.5에 나타내었다. Fig.5에서 보는바와 같이 마그네트 극간의 위치변화에 의해 트래킹 감도가 감소됨을 알 수 있다. 이때 7% 이내의 트래킹 감도 손실범위에서 포커싱 코일의 위치를 설정하였는데 이는 초기 설계치 대비 상하 극간 위치가 0.4mm 정도 이동한 결과가 된다.

그러나 이와 같은 수정을 가하더라도 트래킹 코일에 의한 모멘트 성분을 완전히 보상하는 효과는 얻을 수 없었다. 따라서 트래킹 구동력 손실이 없으면서 구동력 중심을 변화시키는 효과의 새로운 방법 고안이 필

요하였다.

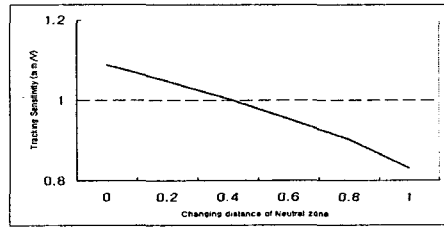


Fig.5 Sensitivity according to the change of neutral zone between two poles.

본 연구에서는 Fig.6과 같은 사다리꼴 모양의 새로운 트래킹 코일 형상을 제안하고 그 효과를 검증하고자 한다.

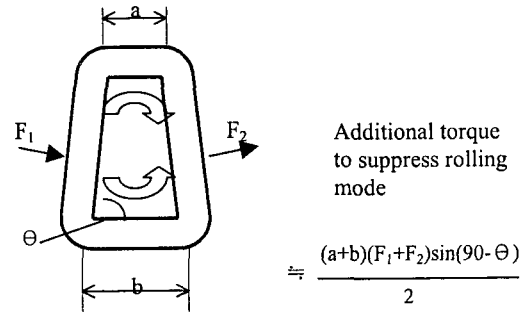


Fig. 6 Detail design of torque generation by the tracking coil.

Fig.7은 기존의 사각형 코일과 본 연구에서 적용된 사다리꼴 코일을 사용했을 때, 트래킹 방향의 주파수 특성에서 롤링모드 주파수의 위상특성을 비교한 해석 결과이다. 그림에서 보여지듯이 사각형 코일인 경우에 나타나는 롤링모드 진동의 위상변화가 사다리꼴 코일을 사용함으로써 크게 저감되는 것을 알 수 있다.

이와 같은 설계를 근거로 sample을 제작하여 실험한 결과를 Fig.8에서 보여 준다. Fig.8은 포커싱 방향과 트래킹 방향의 주파수 응답 특성을 나타내었다. Fig.8(b)을 보면 주파수 110Hz 부근에서 롤링 위상 변화량이 보상설계 전 약 20도 수준이었던 것이 거의 저감되어 관찰됨을 알 수 있다. Table 1의 결과는 트래킹 코일 형상변화에 따라 감도의 저감없이 모든 항목에서 고특성을 확보하였음을 보여주고 있으며 시스템을 제어하는데 있어서 문제가 되지 않는 안정적 수준임을 자사의 system 개발 검토로부터 확인할 수 있었다.

참고로 Fig.9는 전압당 구동특성의 결과로 95%이상

의 선형적 구동특성을 실현하였다

Fig. 10 은 본 연구에서 제시한 액츄에이터 시료이고, Fig. 11 은 사다리꼴 모양의 트래킹 코일시료이다

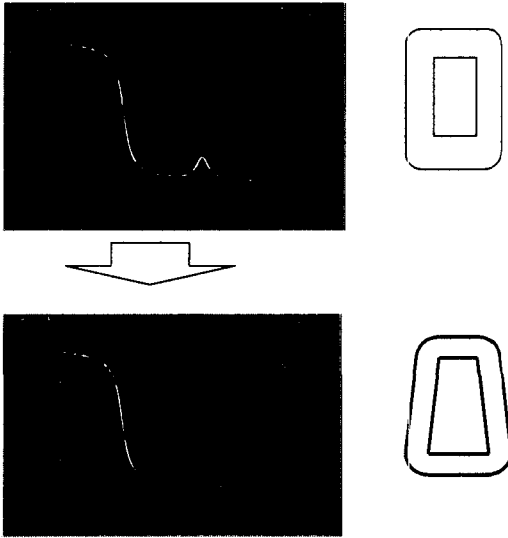
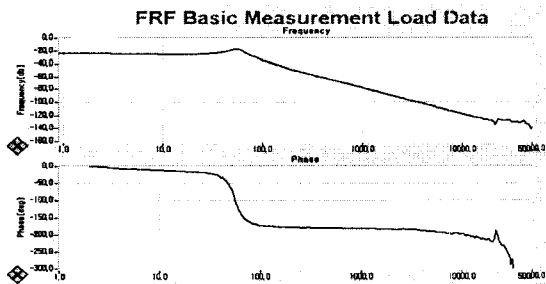


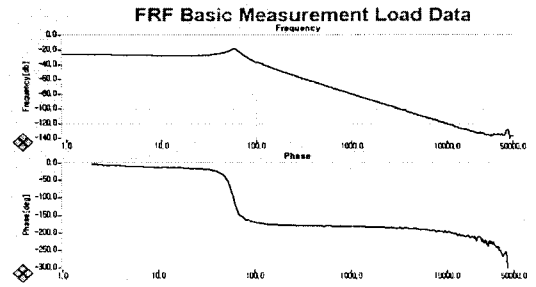
Fig. 7 The effect of the trapezoid tracking coil.

Table1. Experimental results of the 3-axis actuator.

Moving Direction	Focusing	Tracking	Tilting
Sensitivity			
DC at 5 Hz [mm/V]	1.56	1.45	1.65 [deg./V]
AC at 200 Hz [um/V]	85	81.8	0.33 [deg./V]
Resonance Freq. [Hz]	53.8	54	90
High Resonance Freq. [kHz]	23.6	30.2	-
Gain margin [dB]	47	40.2	-
Resistance [Ω]	4.92	4.96	4.02

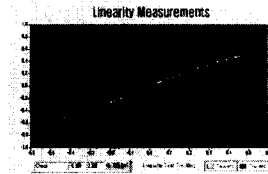


(a) Focusing direction

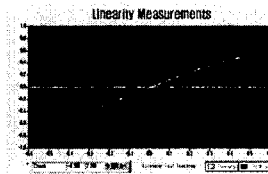


(b) Tracking direction

Fig. 8 Experimental results of frequency response



(a) Linearity for focusing



(b) Linearity for tracking

Fig. 9 Experimental results of linearity.

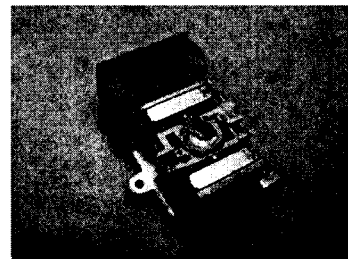


Fig. 10 Actual sample.



Fig. 11 The trapezoid type tracking coil .

3. 결 론

본 연구에서는 4 극 마그네트를 적용하여 고감도를 구현한 3 축 구동 액츄에이터에 있어서 다극축자에 의한 자속 밀도 분포의 비대칭성 및 가동부의 질량분포에 기인한 롤링 모드의 특성에 대하여 살펴보고, 설계의 기구적 제약에 의하여 롤링 모드의 토크성분을 줄일 수 없는 상황에서 사다리꼴 형태의 트래킹 코일을 적용하여 감도 저하없이 롤링모드를 효과적으로 저감할 수 있는 방안을 제시하였다.

또한 실제 제작된 Sample 의 실험 결과로부터 제안된 방법의 효과와 해석 결과의 정확성을 입증하였다.

참 고 문 헌

1. In-Ho Choi, Sam-Nyol Hong, Gina Kim, Kwan-Woo Park, Young-Joong Kim, Jin-Yong Kim
“ Realization of High Performance Pickup Actuator Using Multipolar Flux-density Distribution, “ 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.565-569,2002
2. Duk-Young Chong, Byung-Youn Song, Young-Bin Lee, Kyung-Sik Shin, Pyong-Yong Seong , Ju-Hyung Lee
“ Methods of Reducing Rolling Effect in Optical Pickup actuator, “한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp.368-372,2002
3. Sam-Nyol Hong, In-Ho Choi, Young-Joong Kim, Min-Suk Su, Young-Woo Ahn, “A Study on Rolling Characteristics and Moving Tilt Angle of Optical Pick-Up Actuator,” 정밀 공학회 논문집, 추계학술대회논문집,1999
4. Y. Motegi, M. Nagasato, Y. Ishibashi, H. Someya & N. Kikuri, “Development of Tilt Servo System using 4-Axis Lens Actuator for Disc Tilt Compensation”, SPIE, Vol.3864, pp.20-22, 1999