

<p>특 집</p> <p>마이크로 센서 및 액추에이터</p>	<h1>DVD기록기용</h1> <h2>고특성 3축구동 액추에이터 개발</h2> <p>홍삼열*, 최인호*, 주재민**</p> <p>(* LG전자 Digital Storage 연구소, ** LG전자 DS사업부 Pick-up개발그룹)</p>
-----------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1. 머리말

광픽업 기술은 고밀도화 되고 있는 다양한 디스크 미디어(media)에 대응하고, 고배속화 기기의 시장 요구에 부합하기 위하여 고성능화에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 따라 광픽업 내 디스크의 정밀위치추종 기구인 액추에이터(actuator)도 고밀도 디스크에 데이터를 고배속으로 안정적으로 읽고 쓰기 위하여 포커싱(focusing)과 트랙킹(tracking)동작 이외에 디스크의 틸트(tilt) 성분까지 추종할 수 있는 다축 액추에이터가 요구되고 있고 더욱 기계적인 진동 특성의 안정성을 필요로 하고 있다. 특히 고대역의 서보특성을 만족하기 위해서는 액추에이터는 빠른 가속 특성을 발휘해야 하기 때문에 구동감도 역시 더욱 향상시켜야 한다. 이 글에서는 액추에이터 가동부의 크기를 줄여 구조적 진동특성을 향상 시키고 구동력을 획기적으로 증가시킬 수 있도록 하기 위하여 다극성 자속 분포 효과를 이용한 새로운 구조의 액추에이터를 제안하고자 한다. 즉, 다극화된 마그네트를 적용하여 포커싱 코일과 트랙킹 코일의 유효 사용면적을 넓히고 폐자기 경로를 최대한 이루도록 구성하여 감도를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 안쪽 요크(inner yoke)가 불필요하므로 가동부의 크기를 대폭 줄일 수 있는 장점이 있고, 틸트 구동계도 효과적으로 추가할 수 있다. 그러나 이 연구에서 제안한 다극차자 구성의 자속 분포는 최대 감도 위치조건에서 기구적 공간활용 한계 및 가동부 질량 저감을 위한 설계 조건에 의하여 와이어 서스펜션의 회전 모드(mode)인 롤링모드의 발생을 회피할 수 없었

다. 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 가져오고 되며 결국 읽어 들인 데이터 신호의 열화를 초래한다. 따라서 이러한 롤링모드 영향을 최소화하는 설계는 성능상 매우 중요하지만 기구적 공간활용의 한계 및 가동부 질량 저감을 목표로 하는 설계방향으로 인해 롤링 모드 안정 조건을 충실히 설계에 반영하기는 쉽지 않다. 그러므로 이 연구에서는 이를 해결하기 위한 방안으로 정해진 기구적 활용공간 내에서 트랙킹 코일의 형태를 변화시켜 롤링모드를 가진하는 모멘트를 억압할 수 있도록 사다리꼴 모양의 새로운 트랙킹 코일 구조를 제시하였고 다양한 수치해석 결과를 활용하여 감도 저감 없이 롤링 모드만을 해결할 수 있는 최적 설계를 성취할 수 있었다. 이 연구에서 제안한 방법은 실제 제작한 시료의 실험결과를 통하여 타당성 및 효과를 입증하였다.

2. 본 론

광 픽업(optical pick-up) 액추에이터의 전달함수는 다 음 수식 (1)과 같은 고전적인 운동방정식으로부터 표현할 수 있으며, 전자기력인 로렌츠력(lorentz force)에 의하여 구동된다. 액추에이터의 가동부는 6개의 와이어 스프링에 의해 지지되어 포커싱, 트랙킹 및 틸딩 구동

에 필요한 전류가 공급 되고, 와이어의 프레임 고정부에는 댐핑재료를 충전하여 공진피크를 줄일 수 있도록 하였다.

$$G_f(s) = \frac{X(s)}{I_f(s)} = \frac{f_{if}}{ms^2 + c_f s + k_f}$$

$$G_t(s) = \frac{Y(s)}{I_t(s)} = \frac{f_{it}}{ms^2 + c_t s + k_t} \quad (1)$$

$$G_r(s) = \frac{R(s)}{I_r(s)} = \frac{f_{ir}}{J_r s^2 + c_r s + k_r}$$

2.1 고감도 설계를 위한 다극착자 적용

일반적인 광픽업 액추에이터 구조는 단극 마그네트 방식으로 트랙킹 코일 관점에서 보면 자기회로의 자속 분포 내에 사각 트랙킹 코일 중 1면 부분만으로 유효한 구동력을 발생하는 구조로 효율성이 매우 낮다. 이와 같은 구조에서 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⁽⁴⁾. 또한 고밀도화에 따라 광학적 특성 인자인 개구수(NA: numerical aperture) 증가함에 따라 광축과 대물렌즈의 수직오차(tilt)와 디스크의 처짐이나 휨에 의한 광축과 디스크간 수직오차 성분으로 인한 콤파 수차(comma aberration)가 증가하여 재생신호가 열화되는 결과를 초래하고 이를 해결하기 위한 수단으로서 틸트 구동 기능이 적용된 3축 구동 액추에이터가 요구 된다. 이 연구에서는 3축 구동 액추에이터의 고감도를 실현하기 위해서 그림 1과 같은 다극착자에 의한 다극 마그네트를 사용한 새로운 구성의 액추에이터를 제안하고자 한다. 그림 1과 그림 2에서 보여지는 바와 같이 가동부 렌즈홀더 상측 돌레에 홈을 두어 틸트 코일을 감고, 이 코일을 다극 마그네트 상측 자속 분포상에 위치시켜서 틸트 코일에 좌우 짝힘 구동력으로 인한 모멘트를 발생시켜 틸트 동작을 이루게 하였다. 또한 극간을 포커싱 코일과 트랙킹 코일의 중심선 상에 배치함으로써 유효 코일길이를 증가시켜 감도 향상을 꾀하였다. 이 자기회로에서 포커싱 코일과 트랙킹 코일 내측치수는 가동범위와 선형성 특성 확보를 고려하여 결정되었고 다극 효과를 극대화하기 위해 감도와 선형성을 최대화 하기 위한

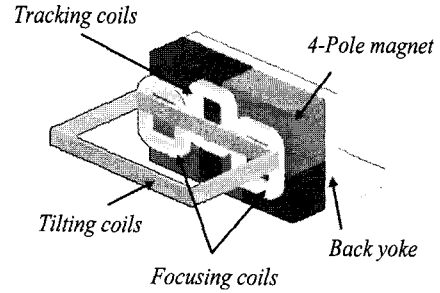


그림 1 다극착자 마그네트를 이용한 자기회로

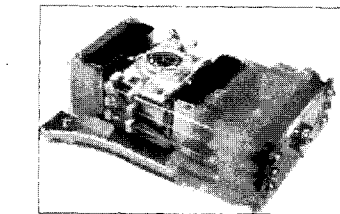
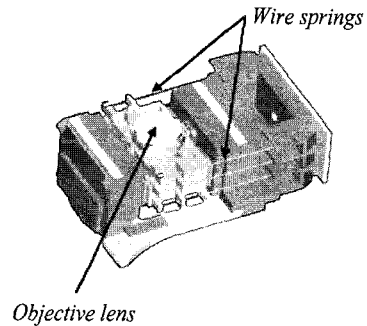


그림 2 개발된 액추에이터

목적함수를 설정하여 마그네트 및 코일의 최적 설계를 도출하였다. 여기서 일체로 착자된 4극 마그네트의 효과를 실제의 경우와 근사치로 해석하기 위하여 단극 마그네트와 달리 극간의 중성점 영향을 실험적 데이터를 근거로 모델링하였다.

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

2.2 롤링모드 해석

트랙킹 구동력은 트랙방향과 수직인 트랙킹 코일의 유효면을 따라 분포력으로 작용하고, 코일에 흐르는 전류는 코일의 모든 부분에서 동일한 값을 가지므로 이

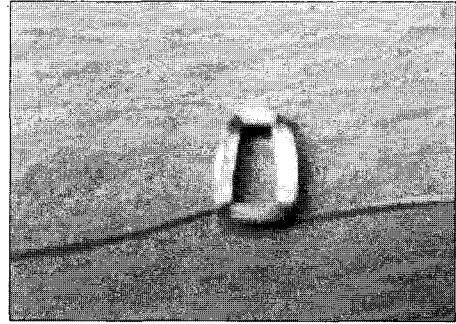
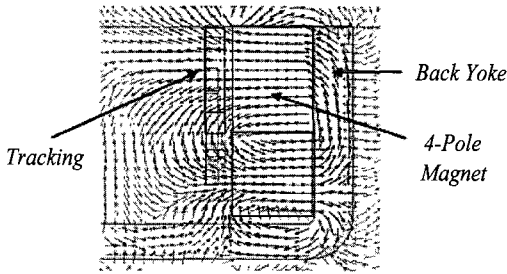


그림 5 제작된 트래킹코일

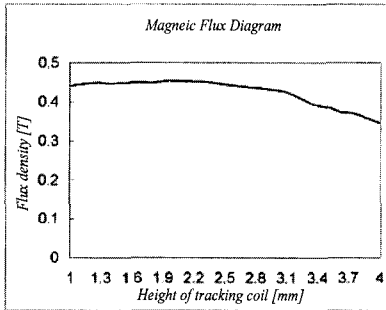
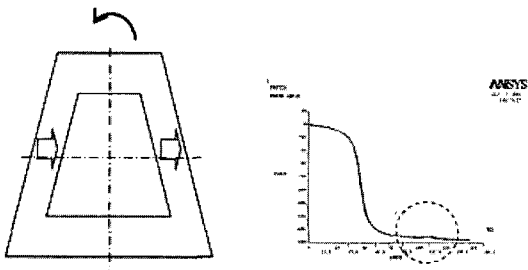
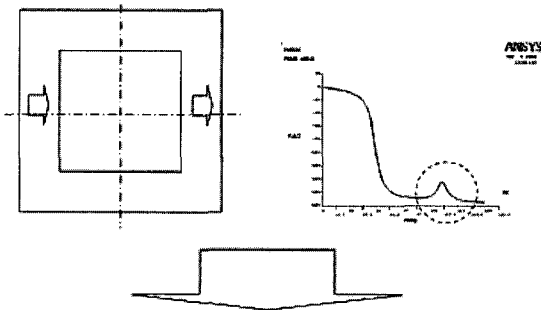


그림 3 트래킹 코일에 작용하는 자속밀도분포

분포력의 형태는 자속 밀도 분포의 양상에 따라 결정된다. 그림 3에서 보는 바와 같이 트래킹 코일의 구동중심은 위쪽으로 치우쳐 있어 모멘트 성분이 존재하게 되고, 이 모멘트에 의해 롤링 주파수에서 롤링모드가 가진된다. 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 추가하여야 하나 질량 추가 방법은 감도를 저하시키는 문제를 발생시키므로 이 연구에서는 그림 5와 같은 사다리꼴 모양의 새로운 트래킹 코일 형상을 적용하였고 그 효과를 검증하였다. 그림 4는 기존의 사각형 코일과 사다리꼴 코일을 사용했을 때, 트래킹 방향에 대한 위상특성을 해석프로그램을 이용하여 비교한 것이다. 그림에서 보여지듯이 사각형 코일인 경우에 나타나는 롤링모드 진동이 사다리꼴 코일을 사용함으로써 크게 저감되는 것을 알 수 있다.



- : Driving force
- ↺ : Additional reverse torque
- : Phase disturbance of rolling mode

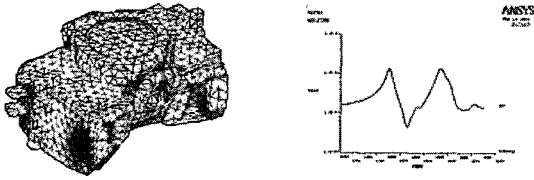
그림 4 롤링모드 저감을 위한 트래킹코일 설계

2.3 가동부 진동 해석

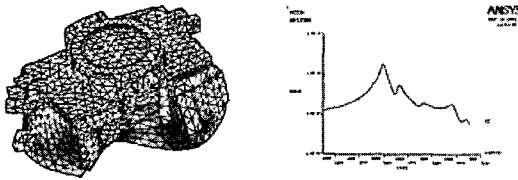
다극착자 마그네트의 적용은 구동력의 증가뿐만 아니라 안쪽 요크가 불필요하므로 가동부의 크기를 대폭 줄일 수 있어 탄성변형에 의한 구조적 진동특성에도 큰 장점을 가져다 주었다. 그림 6에 고유모드 해석결과와 주파수 응답 특성에 대한 해석결과를 나타내었다.

2.4 액추에이터 평가 결과

제안된 다극착자 마그네트 적용 액추에이터의 감도 향상과 롤링 저감 효과 및 고차의 진동특성 효과를 확인하기 위하여 실시 제작된 시료로부터 주파수 응답특

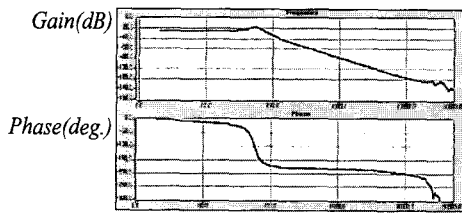


(a) 포커싱 방향

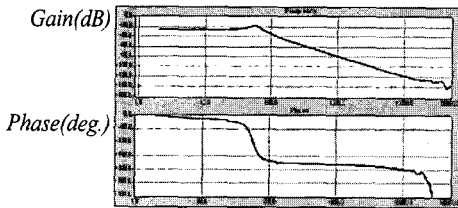


(b) 트래킹 방향

그림 6 주파수응답 해석



(a) 포커싱 방향



(b) 트래킹 방향

그림 7 주파수응답 실험 결과

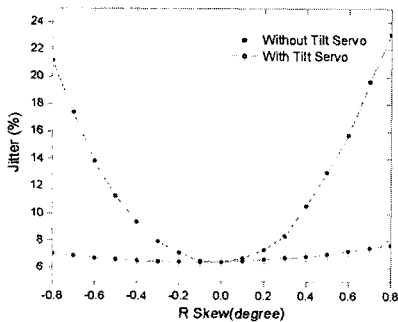



그림 8 틸트변화에 대한 지터 특성

성을 측정하였고 그림 7에서 보는 바와 같이 제안된 모델의 우수성을 입증 할 수 있었다.

또한 디스크(disk)의 틸트변화에 대한 지터곡선(Jitter curve)로부터 3축구동 액추에이터의 틸트 보상에 대한 효과를 확인 하였다.

3. 결론

이 글에서는 다극 마그네트를 적용하여 고감도 3축 구동 액추에이터를 제안하였고, 다극착자에 의한 자속 밀도 분포의 비대칭성 및 가동부의 질량분포에 기인한 롤링모드의 특성에 대하여 살펴보았다. 설계의 기구적 제약에 의하여 롤링모드의 토크성분을 줄일 수 없는 상황에서 사다리꼴 형태의 트래킹 코일을 적용하여 감도 저하없이 롤링모드를 효과적으로 저감할 수 있었으며 가동부의 진동모드를 효과적으로 향상시킬 수 있었다. 또한 실제 제작된 시료의 실험 결과로부터 제안된 방법의 효과와 타당성을 입증하였으며 개발된 액추에이터는 LG전자 DVD 기록기용 픽업에 적용하였다. 

참고문헌

- (1) Choi I.-H., Hong S.-N., Kim G. N., Park K.-W., Kim Y.-J. and Kim J.-Y., 2002, "Realization of High Performance Pickup Actuator Using Multipolar Flux-density Distribution," 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 565~569.
- (2) Hong S.-N., Choi I.-H., Kim Y.-J., Su M.-S., Ahn Y.-W., 1999, "A Study on Rolling Characteristics and Moving Tilt Angle of Optical Pick-Up Actuator," 정밀공학회 추계학술대회논문집.
- (3) Chong D.-Y., Song B.-Y., Lee Y.-B., Shin K.-S., Seong P.-Y., Lee J.-H. 2002, "Methods of Reducing Rolling Effect in Optical Pickup actuator," 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.368~372.
- (4) Motegi Y., Nagasato M., Ishibashi Y., Someya H., & Kikuri N., 1999, "Development of Tilt Servo System using 4-Axis Lens Actuator for Disc Tilt Compensation", SPIE, Vol. 3864, pp.20~22.

특성: 마이크로 센서 및 액추에이터