

신 자기회로가 적용된 광픽업 액추에이터의 동특성

Dynamic characteristics of optical pickup actuator with a newly designed electromagnetic circuit

박관우† · 김재은* · 정재현** · 이경택** · 고의석** · 민병훈**

Kwan-Woo PARK, Jae-Eun KIM, Jae-Hyun JUNG, Kyung-Taek LEE, Ko-Eui SEOK, and Min-Byung HOON

Key Words : 2-OL(2-대물렌즈), Actuator(액추에이터), Coil heat(코일 발열), DC/AC sensitivity 감도(DC/AC 감도), Gain margin(게인마진), 2nd Resonance frequency(고차 공진), Moment of Inertia(관성 모멘트)

ABSTRACT

In this paper, a new electromagnetic circuit is proposed for an optical pickup actuator with high sensitivity. Contrary to those of conventional actuators, the proposed circuit has two focusing coils which are diagonally placed at the front and rear of a moving part. The configuration, which makes the effective length of the focusing coil longer and the moving part lighter, is helpful in increasing the sensitivity of the actuator. However, the asymmetry of the moving part by two focusing coils causes flexible mode vibrations in quite low frequency range. This paper shows that the design modification of the moving part for the reconfiguration of mass moment of inertia can reduce the mode vibrations.

1. 서론

최근 차세대 DVD 디스크의 규격이 Blu-ray(이하 BD) 진영에 의해 사실상 결정이 되면서, CD/DVD 드라이브에서 그러했듯이 BD 에서도 빠르게 배속 경쟁이 이루어지고 있다. 이러한 고배속 드라이브를 구현하기 위해 디스크의 회전속도를 증가시키면 필요한 최대가속도(maximum AC sensitivity), 서보대역(servo bandwidth)이 급격히 증가하게 된다. 특히, 1 배속 선속도가 4.9m/s 가 넘는 BD 의 경우, 배속이 증가함에 따라 액추에이터 서보 시스템에서 0dB 를 지나는 절점 주파수(gain cross over frequency)와 위상을 보상해 주기 위한 위상 보상 주파수대역이 증가하는데 액추에이터는 이러한 서보대역 안에 고차 공진 등의 모드가 나타나지 않도록 설계되어야 한다.

CD/DVD 와의 호환성 확보를 위해 2 개의 대물렌즈를 탑재한 BD 액추에이터의 경우, 가동부의 무게가 증가되는 것을 막기 위해 대물렌즈를 플라 스틱화하려는 경향이 뚜렷이 나타나고 있다. 그러나, 배속 증가는 필연적으로 액추에이터의 코일에서 과도한 발열현상을 유발하며, 이로 인해 플라 스틱 대물렌즈의 파손에 의한 픽업의 성능 열화가

나타나게 된다.

본 연구에서는 2 개의 대물렌즈를 탑재하면서 고배속에 안정적으로 대응할 수 있도록 큰 고역감도(DC/AC Sensitivity), 높은 고차공진주파수(2nd resonance frequency) 및 충분한 게인 마진(gain margin)을 확보함으로써 코일에서의 발열특성이 우수한 액추에이터를 설계하였다.

2. 본론

2.1 자기회로의 설계 및 해석

액추에이터 자기회로의 감도 향상을 위해서는 자속밀도, 코일의 유효길이 및 권선수를 증가시켜야 한다. 그러나, 이 설계 변수들은 액추에이터의 크기 및 코일의 발열을 고려한 저항 목표 값 등에 의해 상당부분 제한이 가해진다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하면서 감도를 향상시키는 자기회로를 제안하였다.

Fig. 1 은 기존의 자기 회로 및 본 논문에서 제안한 자기회로를 각각 보여준다.



(a) Conventional type (b) Proposed type

Fig.1 Electromagnetic circuit.

† LG 전자 디지털 스토리지 연구소 DCT 그룹
E-mail : kwpark@lge.com
Tel : (031) 789-4211, Fax : (031) 789-4205
* 서울대학교 정밀기계설계 공동연구소
** LG 전자 디지털 스토리지 연구소

제안된 자기회로에서는 자석 크기 (혹은 액추에이터 크기) 및 코일 저항을 기존 자기회로에서의 그것들과 유사하게 설정한 후, 감도를 향상시키기 위해 포커스 코일 개수를 줄이는 대신 줄어든 저항만큼 코일의 유효길이를 권선수를 증가시켰다. 그리고, 트래킹 코일의 경우, 트래킹 코일의 유효길이를 충분히 증가시킬 수 있도록 자석의 분극을 새롭게 설계했다. 이러한 자기 구조는 코일 개수 감소에 따라 가동부의 무게를 줄일 수 있어서 AC 감도향상에 큰 도움이 된다. Table 1은 Maxwell 해석프로그램을 사용하여 설계된 자기회로의 특성을 보여 준다. 해석결과 포커스 방향과 트래킹 방향의 힘이 각각 31%와 24% 증가했으며, 전체 코일 무게가 약 13% 감소하여 액추에이터의 AC 감도는 포커스 46%, 트래킹 39%가 증가될 것으로 기대된다.

Table 1 Simulation result.

| Magnetic force | Focusing Force [mN/V] | Tracking Force [mN/V] | Coil Mass [mg] |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| conventional type | 63.52 | 62.69 | 118.5 |
| proposed type | 83.21 | 77.74 | 103 |

2.2 가동부 설계 및 실험

Fig. 2는 본 논문에서 제시한 자기회로가 적용된 액추에이터이다.

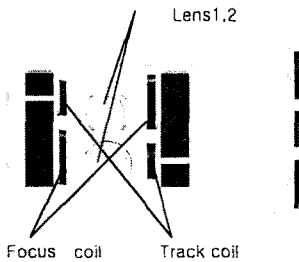


Fig. 2 Actuator with the proposed magnetic circuit.

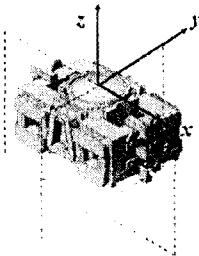
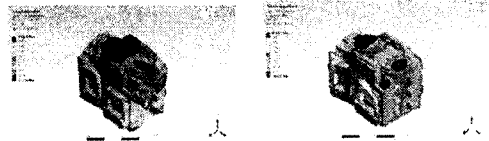


Fig. 3 Symmetric properties of actuator.

가동부 설계시 Fig. 2에서와 같이 각각의 코일이 대각선으로 교차하도록 설계를 할 경우, 설계 형상에 따라 가동부의 고유모드 중 비틀림모드(Twist mode)가 굽힘모드(bending mode)와 혼재되어 나타나게 되며, 결과적으로 굽힘모드보다 낮은 비틀림모드의 고유진동수에서 원치 않는 포커스 방향 성분이 가진될 수 있다. 이는 Fig. 3에서와 같이 설계된 액추에이터에 있어서 질량 중심 기준으로 대칭 평면이 존재하여 부 질량 관성곱(I_{xy}, I_{yz}, I_{zx})의 값이 0이 되는가와 관계가 있다. 제안된 액추에이터와 같이 비대칭 코일의 배치로 인해 $x-z$ 평면에 대해 비대칭을 이루면 질량 관성곱 중 I_{xy} 의 값이 일정 값을 갖게 되어 비틀림모드(Twist mode)와 굽힘모드(bending mode)가 연성된다. 따라서, 액추에이터의 설계 시 부공진을 회피하기 위해 액추에이터의 각각의 중심 (질량 중심, 강성 중심, 힙 중심 등)을 맞추는 것 외에도 부 질량 관성곱을 최대한 줄여야 되는 경우도 발생한다.

Fig. 4는 본 논문에서 제안한 자기회로를 적용하고 상기 조건에 따른 설계과정을 거친 가동부(moving part)의 모드해석(modal analysis) 결과이다. 해석 프로그램은 Ansys를 사용하였다.



(a) Twist mode(32kHz) (b) Bending mode(46kHz)
Fig. 4 Mode shape of moving part.

다음은 본 과제를 통해 설계된 액추에이터의 실험 결과이다. 측정된 동특성은 해석치와 유사함을 알 수 있다. Fig. 5(a)는 상기 설계과정이 미적용된 액추에이터의 동특성 측정결과이며 해석에서 나타났던 32kHz 근방에서의 비틀림모드가 나타나고 있음을 알 수 있다. 그러나, 본 논문에서 제안한 방법과 같이 부 질량 관성곱이 없어지도록 가동부를 수정하게 되면 비틀림모드는 가전되지 않고 굽힘모드에 의한 교차공진만이 나타나게 된다 (Fig. 5(b)). 즉, 실제로는 비틀림모드가 고유모드로 존재하지만 포커스 방향으로의 변위를 발생시키지 않으므로써, 액추에이터의 동특성에서는 보이지 않도록 하여 고배속에서 안정적인 동특성을 확보할 수 있음을 보여준다.

Table 2는 최종적으로 수정된 액추에이터의 감

도 및 고차공진, 개인 마진의 측정치이다.

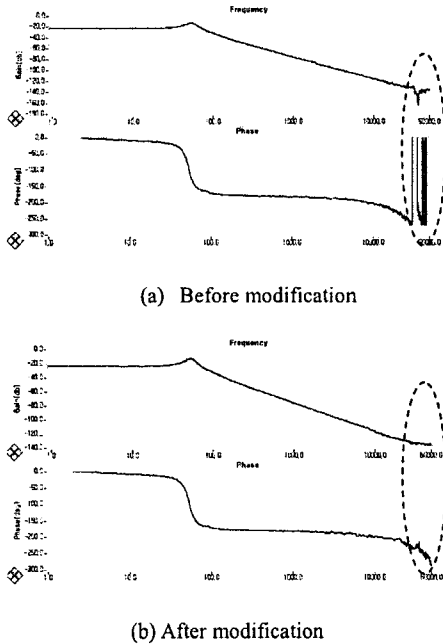


Fig. 5 Frequency response in focusing direction.

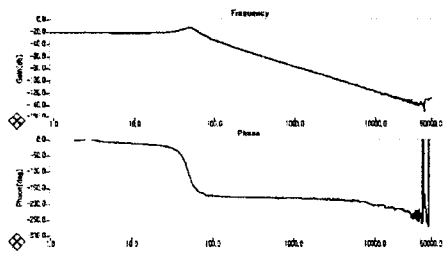


Fig. 6 Frequency response in tracking direction

Table. 2 Performance of proposed actuator.

| | Focus | Track |
|------------------------------|-------|-------|
| AC Sensitivity at 1kHz [G/V] | 16.1 | 15.8 |
| 2nd Resonance Freq. [kHz] | 46 | 47 |
| Gain margin at 1kHz [dB] | 53 | 56 |

2.3 대물렌즈 온도 특성

본 논문에서 제시한 자기회로는 전체 코일의 개수를 이전 모델보다 줄였기 때문에 코일에서 발생하는 발열량을 줄일 수 있다. Fig. 7 은 동시에 포커스 코일과 트래킹 코일에 전류를 흘렸을 경우에, 대물렌즈의 온도변화를 관찰한 것이다. 그 결

과를 보면 이전 모델에 비해서 본 논문에서 제시한 모델의 경우 약 15%이상의 온도 개선 효과가 있음을 알 수 있다. 결과적으로 액추에이터 구동시, 대물렌즈로 전달되는 열을 감소시킬 수 있어서 대물렌즈 광학특성의 열화가가능성이 대폭 줄어든다.

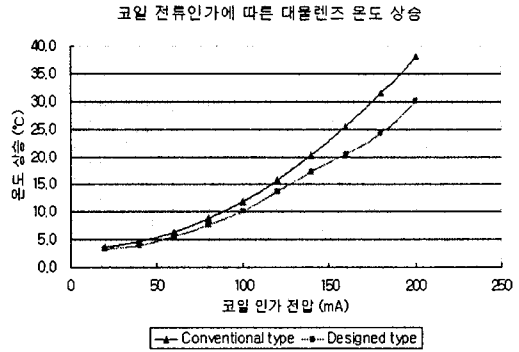


Fig. 7 Temperature variation of objective lens by current in coils.

3. 결론

본 논문에서는 2 개의 대물렌즈를 탑재한 액추에이터가 고배속에 안정적으로 대응토록 하기 위해 코일 개수가 줄어든 자기회로를 구성하여 고역 감도를 향상시켰으며, 비틀림모드가 가진되지 않도록 설계변경함으로써 우수한 고차공진 및 개인 마진 특성을 확보하였다. 또한 코일의 발열량을 줄임으로써 광 픽업의 특성이 열화되는 것을 방지하여 구동 신뢰성을 향상시켰다.

참고 문헌

- (1) 한창수, 김수현, 박윤근, 1997, 고배속 광 픽업용 초정밀 액추에이터”, 제 7 회 광기술 워크샵, pp.66~74
- (2) 김석중, 이용훈, 손용기, 이철우, 임경화, 1998, “ 고밀도 기록용 광픽업의 정밀 액추에이터 동특성 연구”, 한국소음진동공학회지, 제 8 권 제 1 호, pp.87~98
- (3) 김선모, 윤진욱, 장동섭, 2004, “디스크 드라이브용 VCM 액추에이터의 전력 소모와 감도비에 관한 연구”, 한국소음진동공학회지, 제 14 권 12 호, pp1207~1222.