

# 슬림광디스크드라이브를 위한 고감도 3축구동 액추에이터 High Sensitivity 3-axis Actuator for Slim Optical Disc Drive

정영민\*·이진원\*\*·김광\*\*

Young Min Cheong, Jin Won Lee\*\* and Kwang Kim\*\*

**Key Words :** 3-axis actuator(3축구동액추에이터), High Efficiency magnetic circuit(고감도 자기 회로), Coil Stack Unit(적층코일유닛)

## ABSTRACT

For high density optical storage, there should be a high NA objective lens and a shorter wavelength laser diode. To secure the disc tilt margin related to the coma aberration, moreover, it's difficult to apply the tilt compensation mechanism into the portable PC. In this paper, we proposed the 3-axis asymmetry pickup actuator with high efficiency symmetric magnetic circuit, which consisted of the top cover type inner yoke for high magnetic flux density, the coil stack unit for the 3-axis independent operation and vertically polarized magnets. This newly suggested actuator features no additional yokes and magnets for the tilting, and suppresses the subresonance due to the yawing and pitching mode by removing the solenoid force and the leakage flux. Therefore, despite the mass increase resulting from the HOE for DVD-RAM recording, we achieved the high focus & track AC sensitivity and the greatly stabilized system.

## 1. 서론

최근 급속한 정보화발전으로 고배속, 고용량 디스크미디어를 이용한 정보기록장치가 보편화되고 있다. 또한 DVD-RAM, DVD±R,RW 와 같은 DVD 기록기기들이 출시됨에 따라 디스크의 정보를 읽어내기 위한 광픽업장치는 더욱 높은 정밀도와 안정성이 필수조건으로 대두되고 있다. 특히 고밀도기록을 위해서는 High NA(Numerical Aperture)의 대물렌즈와 단파장의 반도체레이저 다이오드를 사용해야 한다. 그러나 대물렌즈의 개구수가 증가함에 따라 coma 수차의 영향이 증대되어 기록재생신호의 열화를 초래하게 된다. Coma 수차는 광디스크와 대물렌즈의 광축이 수직해야 하는데 이것이 틀어질 때 발생한다. 이러한 광학신호의 열화를 보정하기 위해서는 디스크와 대물렌즈간의 상대적인 tilt 량을 측정하고 측정된 tilt 량을 없애는 방향으로 보정이 이루어져야 한다. 따라서 본 논문에서는 디스크 면과 대물렌즈간의 상대적인 tilt 량을 측정하여 측정된 tilt 량을 없애는 방향으로 광픽업장치의 액추에이터를 tilt 시키기 위한 자기회로를 구현하고, 별도의 틸트용 마그넷을 추가하지 않은 소형, 경량화를 위한 적층형코일유닛을 제안함으로써 디스크 tilt 로 인한

광학신호의 열화를 방지하는데 적용될 수 있다. 그리고, 여기서 제안되는 코일유닛은 대물렌즈가 탑재된 Blade 를 포커싱, 트래킹과 틸트의 독립구동을 구현할 수 있으며 코일의 양쪽을 사용함으로써 유효길이를 두배로 늘려 전자기회로의 효율을 극대화하였으며, 두 개의 마그넷사이의 전자기력 선제어를 위하여 Top Cover 를 변형한 고정형 내부 요크를 도입하여 전체 액추에이터 성능을 높였다.

## 2. 설계(Design) 및 해석(Simulation)

### 2.1 설계(Design)

광기록밀도가 높아짐에 따라 광픽업의 액추에이터에 요구되어지는 감도도 높아지고 있다. 이를 위해서는 전자기 회로의 효율을 높여야 하며 전체 중량을 줄여야만 한다. 전자기 회로의 효율을 높이기 위해서는 마그넷의 자속밀도값이 높여야 하며 코일을 많이 감아야 한다. 그러나, 가동부에 탑재되어 있는 포커싱 및 트래킹 코일의 감긴 회수가 증가하면 전체 중량이 증가하기 때문에 고역감도가 감소하게 된다. 더구나, DVD-RAM recording 을 위한 HOE 의 탑재로 인해 가동부의 질량은 더욱 증가하였다. 따라서, 제한된 공간내에서의 광픽업용 액추에이터의 틸트구동을 위해서는 기존 액추에이터성능을 유지, 개선시키야 하며 전체 질량을 증가시키지 않도록 고효율의 전자기 구동회로가 설계되어야 한다.

본 논문에서 제시하는 전자기 구동회로는 포

\* 삼성전자(주) DM 연구소 Media Solution Team  
E-mail : mina001@samsung.com  
Tel : (031) 200-3868, Fax : (031) 200-3144

\*\* 삼성전자(주) DM 연구소 Media Solution Team

커스와 틸트액츄에이팅의 독립구동을 위한 적층형 코일유닛과 트랙킹코일이 적층형 코일유닛 외부에 부착되고 두 개의 vertical 분극형 영구자석이 서로 같은 극이 마주 보도록 적층코일의 양쪽에 배치되고 코일유닛사이에 Top Cover의 일부를 변형한 내요크를 삽입하여 자기력선의 방향을 제어하는 구조이다. 상세한 배치와 전체 Layout은 Figure 1과 같다.

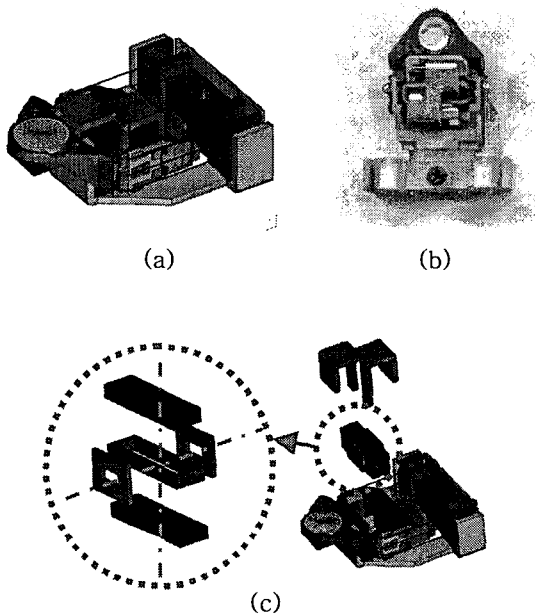


Fig. 1 Independent 3-axis slim actuator

(a) Layout and structure, (b) Photograph of assembled actuator, (c) Exploded diagram of assembled actuator

적층형 코일유닛은 전체 가동부의 무게중심에 위치하며 가동부는 6개의 Wire에 의해 액츄에이팅을 할 수 있도록 지지되어 있다.

Table.1은 기존 Slim Actuator의 Coil unit과 비교한 것이다.

Table.1 기존 Slim Actuator의 Coil unit와의 비교

	코일배치	Track- Coil	Focus & Tilt- Coil	자기력선분포
기존 Slim Actuator의 Coil-Assy				
본 논문의 Coil Unit				
본 논문의 Coil Unit with Inner yoke				

본 논문에서 제안된 코일유닛의 유효길이는 기존 Slim Actuator의 전자기회로에서 단극마그넷사이에 위치한 코일유닛의 유효길이의 두배이다 이는 기존 코일유닛에서 포커스코일의 뒷부분과 트랙킹코일의 쓰지 않는 부분을 전자기 회로의 유효부분으로 만들기 위하여 분극마그넷을 사용하고 모든 코일을 표와 같이 마그넷사이에 배치하였기 때문이다. 또한 기존 Slim Actuator의 Coil unit에서 발생하던 누설자속(leakage flux)에 의한 F-coil의 영향을 제거하여 Pitching 모드를 억제하였다. Tracking Coil도 앞 뒤에 하나씩 배치하여 Solenoid 효과에 의한 Yawing 모드를 억제하였다. 따라서, 전자기 회로의 효율은 증가하고 코일유닛의 질량 또한 감소하게 되어 액츄에이터의 전체성능은 대폭 안정되고 향상된다. 그리고, 고정형 내부요크를 도입함으로써 빨간색부분에서 발생하는 역방향의 전자기력을 최소화함으로써 성능향상에 더 배가되었다. 여기서 각각의 Focus, Track, Tilt 구동코일에 발생하는 전자기력을 살펴보면 다음과 같다.

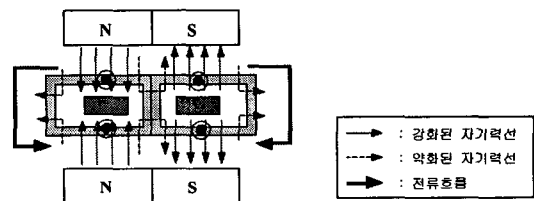


Fig. 2 F-Coil 주위의 자기력선 방향 (상면)

Figure 2는 Inner Yoke를 삽입한 F-Coil의 자기 회로 구조와 2차원에 대한 개념도이다. ●는 F-Coil에 발생하는 전자기력이며 그림에서 볼 수 있듯이 양쪽의 영구자석표면에서 나오는 자기력선은 중앙의 Yoke에 의해 가운데로 집중하게 된다. 따라서, 포커싱코일의 양쪽을 사용함으로써 기존 코일에 비해 유효길이가 두배가 되어 코일의 효율성을 높였으며 마그네트에 대응하는 수직코일에서 발생하는 역방향 전자기력을 억제하였다.

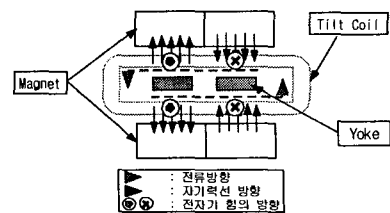


Fig. 3 Tilt-Coil 주위의 자기력선 방향 (상면)

Figure 3 은 틸트코일에서 발생하는 회전모멘트가 2 극착자된 마그넷상에 일정한 전류가 흐르는 코일다발에 의한 것임을 나타낸 것이다. 각각의 마그넷상에 대응하는 코일부분에서 반대의 힘이 발생함으로써 대물렌즈를 탑재한 가동부는 회전하게 된다. 따라서, 전류의 방향에 따라 회전방향을 제어할 수 있게 된다.

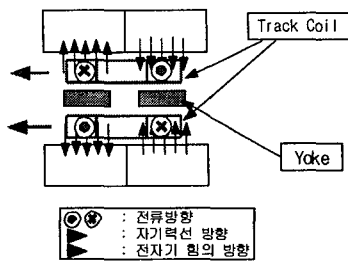


Fig. 4 T-Coil 주위의 자기력선 방향 (상면)

Figure 4 은 Tracking Coil 의 구동원리를 설명하기 위한 것이다. Tracking Coil 은 F-coil 과 Tilt Coil 로 이루어진 적층코일의 측면에 붙어 있다. 내요크와 분극된 자석사이에 각각 두 개의 트래킹 코일이 배치되어 있다. 그림과 같이 전류의 방향을 제어하여 Actuator 를 좌우구동할 수 있다.

## 2.2 시뮬레이션(Simulation)

Figure 5 는 두개의 분극마그넷이 서로 같은 극이 대응되도록 배치되었을 때 상면에서의 자기력선과 자속밀도의 분포 나타낸 것이다.

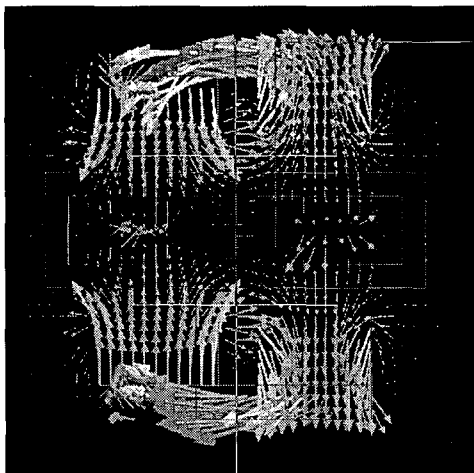


Fig. 5 Coil unit 주위의 자기력선 분포  
만약 마그넷 사이에 자기력선을 집중시키는

inner yoke 가 없을 때 마그넷과 수평하게 놓여진 코일은 설계자가 원하는 전자기력을 발생시키는 반면 마그넷과 수직하게 놓여진 코일은 역방향의 전자기력이 발생시킨다. 따라서, Focus 감도가 저하되는 것을 억제하기 위해서는 수직코일쪽으로 향하는 자기력선을 최소화시켜야 한다. 본 논문에서는 Top Cover 를 변형한 inner Yoke 를 사용하여 양쪽의 영구자석표면에서 나오는 자기력선을 가운데로 집중하게 하였다. Figure 6 은 Coil unit 주위에 형성되는 자속밀도분포를 나타낸 것이다.

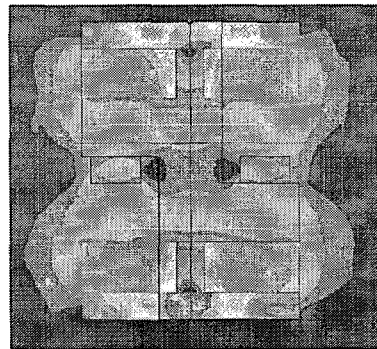
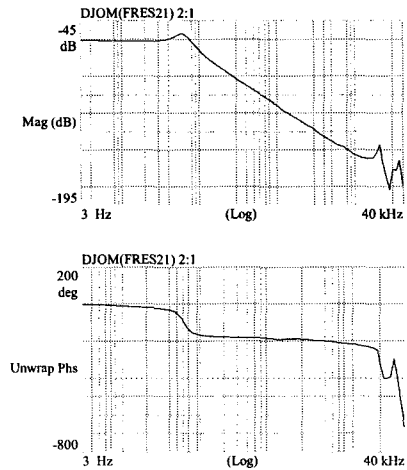


Fig. 6 Coil unit 주위의 자속밀도 분포

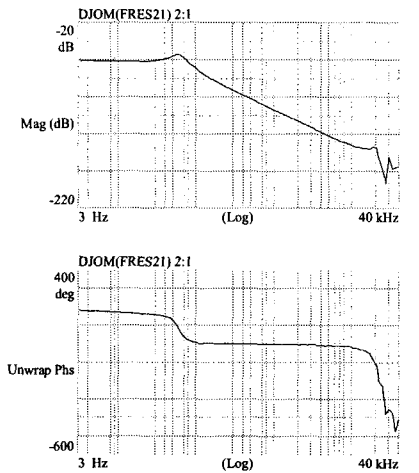
## 3. 제작 및 실험

### 3.1 제작 및 실험

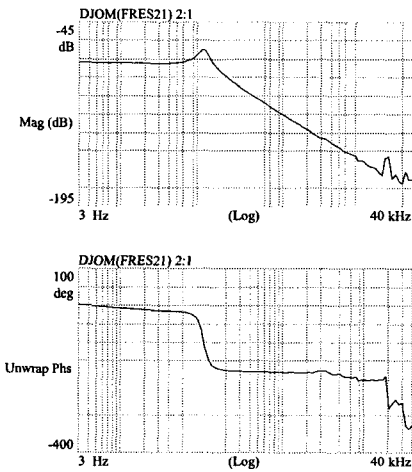
상기 설계 및 시뮬레이션 과정을 거쳐 제작된 3 축 독립구동형 슬림액추에이터에 대한 포커스, 트랙방향 및 래디얼 틸트방향의 보드 선도(bode plot) 측정 결과를 Figure 7 에 나타내었다.



(a) Bode plot in focusing direction



(b) Bode plot in tracking direction



(c) Bode plot in radial tilting direction

Fig.6 Bode plots in focus, track & radial tilt directions

그리고 조립, 측정된 액추에이터 성능값은 Table 2 에 나타내었다.

Table.2 Dynamic characteristics of 3-axis slim actuator

	Items	Performance
F	DC sensitivity(mm/V)	0.9
	AC sensitivity( $\mu\text{m}/\text{V}$ at 200Hz)	59.9
	2nd resonance frequency(kHz)	19.7
S	peak level in 2nd resonance(dB)	35
	[Gain difference 2nd resonance and 1kHz]	
T	DC sensitivity(mm/V)	0.88
	AC sensitivity( $\mu\text{m}/\text{V}$ at 200Hz)	57.7
R	2nd resonance frequency(kHz)	18.7
	peak level in 2nd resonance(dB)	39
K	[Gain difference 2nd resonance and 1kHz]	
TILT	DC sensitivity(deg/V)	2.6
	1st resonance frequency(Hz)	110

각 구동방향의 Bode 선도[Fig.6]와 Table 2 에 나타난 것처럼 부공진 없이 안정된 동특성과 우수한 감도를 보이고 있다. 이것은 전체적인 액추에이터 형상은 비대칭이지만 전자기 구동회로는 대칭형 액추에이터의 장점을 살려서 설계되었기 때문이다. 각 구동방향의 전자기력이 한쪽에서 발생하는 것이 아니라 가운데 inner yoke 를 중심으로 양쪽에서 발생되기 때문에 구동 코일유닛의 중심, 가동부질량중심 그리고 와이어지지점이 일치하여 힘의 unbalance 가능성을 최대한 억제하였다. 그리고, 서버대역확보에 중요한 변수인 2 차공진 주파수도 거의 20kHz 에서 나타나고 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 DVD 기록형기에서 디스크에 정보를 기록하고 읽어내는 과정에서 대물렌즈의 광축과 디스크기록면이 수직하지 않을 경우 발생하는 coma 수차에 의해 발생하는 광학신호의 열화를 방지하기 위해 기존 비대칭 액추에이터에 새로운 코일과 영구자석의 첨가하지 않고 각각의 독립구동형 코일유닛에 의하여 Focus, Track, Tilt 운동을 구현하였다. 그리고, Top cover 를 변형한 내요크를 삽입함으로써 자기력선을 제어하여 역방향 전자기력을 억제하였고, 코일의 양쪽을 사용함으로써 Actuator 의 가동부의 질량증가없이, 감도를 높여 고성능의 Actuator 를 실현하였다. 특히 기존 슬림 액추에이터의 외곽사이즈를 벗어나지 않으면서 제한된 공간내에 고효율의 3 축구동 전자기회로를 구현하였다.

#### 참고문헌

- (1) 김석중, 이용훈, 손용기, 이철우, 임경화, 1998, "고밀도 기록용 광픽업의 정밀 액추에이터 동특성 연구", 한국소음진동공학회지, 제 8 권 제 1 호, pp. 87~98
- (2) 고상선, 류제하, 박기환, 정호섭, 1998, "고속 CD-ROM 용 비대칭 광픽업 미세구동기의 구동특성", 한국소음진동공학회지, 제 8 권 제 2 호, pp. 346~352
- (3) 김석중, 이용훈, 최한국, 2000, "고밀도 광저장 기기용 틸트 액추에이터 동특성 분석", 한국소음진동공학회지, 제 10 권 제 4 호, pp. 584~595
- (4) 박관우, 서민석, 홍삼열, 김영중, 최인호, 김진용, "3 축 구동이 가능한 Slim 형 Pick-up Actuator 개발 동특성 분석", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 373~377