

초소형 광드라이브용 포커싱 액츄에이터 설계 연구

A Study on the Focusing Actuator of Ultra Small Optical Drive

손도현* · 홍삼열** · 김진아** · 김영중** · 최인호** · 김진용**

Do-Hyeon SON, Sam-Nyol HONG, Gina KIM, Young-Jung KIM, In-Ho CHOI, and Jin-Yong KIM

Key Words : Focusing Actuator(포커싱 액츄에이터), Ultra Small Optical Drive (초소형 광드라이브),
Bode Diagram(주파수 선도, FRF Diagram)

ABSTRACT

Ultra small optical drive of PCMCIA type needs a focusing actuator because of applying Blue Laser and enhancing compatibility according to disk physical specification. Based on this need, this paper presents a novel focusing actuator adapted for ultra small optical drive of PCMCIA type. The focusing actuator using Lorenz force generated consists of coil, magnets and plate springs of pivoting. The design issues of the focusing actuator are the flexibility to focus direction, the rigidity to track direction and the higher natural mode of the moving part. For settling these issues, this paper present mechanical design, computer simulations and test results of the realized focusing actuator. Finally, suitability and usefulness of the focusing actuator was demonstrated by the comparison of simulations and test results in a view of the possibility adapted for ultra small optical drive.

1. 서 론

최근 급속한 디지털 사회로의 발전은 모든 분야에서 손쉬운 자료의 이동성을 요구하고 있으며 이것은 저장매체의 소형화에 대한 폭발적인 수요를 낳고 있다. 이러한 수요는 광학 기술을 적용하는 광 디스크 저장장치 분야에도 영향을 주어 지난 2002년 미국의 데이터플레이사가 50센트 동전크기의 대용량 초미니 디스크를 적용한 “데이터플레이”를 시장에 출시한 바 있으며, 현재 세계 유수의 광 디스크 및 드라이브 업체에서도 이와 유사한 제품 개발 연구가 진행되고 있다.

이러한 변화에 선도적인 연구로써 LG전자에서는 2002년 차세대 초소형 광드라이브 저장장치로 MO기록방식과 OFH(Optical Flying Head)기술을 적용하여 PCMCIA 호환이 가능한 5mm높이의 초소형 PICO Drive(Pet name)에 대한 연구결과를 이미 소개한 바 있다.⁽¹⁾

초소형 광드라이브 저장매체의 경우 초미니 디스크를 사용하기 때문에 고밀도의 기록 방식을 요구하고 있으며 이에 따라 초소형 광디스크 트랙 상에 고밀도 기록 및 재생

이 가능하도록 광학 렌즈를 위치시키는 특화된 고성능의 액츄에이터를 필요로 하게 되었다.

이에 본 논문에서는 초소형 광 드라이브 저장매체에 적용 가능한 포커싱 액츄에이터를 제안할 것이며 실제 구현된 액츄에이터의 동특성은 주파수 선도(Bode Diagram, FRF Diagram)를 통하여 확인할 것이다. 포커싱 액츄에이터의 동특성은 포커싱 액츄에이터만의 자체 주파수 동특성과 트랙방향 추종을 위해 구성된 스윙암(Swing Arm) 구조의 VCM(Voice Coil Motor)을 장착한 전체 구동 메카니즘(Total Mechanism)의 동특성으로 분리하여 실험할 것이다. 이를 위하여 포커싱 액츄에이터만의 동특성은 전용 지그(Jig)를 구성하여 실험하고, VCM과 결합된 전체 구동 메카니즘에서는 포커스방향(디스크두께방향), 트랙방향(디스크 반경 방향)의 주파수 특성을 각각 실험한다.

전용 지그 실험과 전체 구동 메카니즘의 주파수 특성 실험결과 본 논문에서 제시한 포커싱 액츄에이터가 자체 주파수 특성과 전체 완성품 주파수 특성 모두에서 우수성을 가지고 있음이 확인되었으며, 향후 최적화 설계를 통한 구동 특성 향상과 조립성 개선 등이 보완된다면 차세대 초소형 광드라이브용 포커싱 액츄에이터로 적합할 것으로 판단된다.

2. 포커싱 액츄에이터

* LG전자 DM연구소 DCT그룹
E-mail : sondo@lge.com
Tel : (02) 526-4777, Fax : (02) 526-4801

** LG전자 DM연구소 DCT그룹

2.1 초소형 드라이브

자사에서 고안했던 초소형 Pico Drive의 개략적인 구성 모델은 Fig. 1과 같다. 전체 구조는 광학부부 스윙암과 광학부품, 고정부로 피벗 베어링(Pivot Bearing) 그리고 VCM으로 구성되어 있다.

구동 과정은 트랙방향과 포커스방향으로 나뉘며, 트랙방향의 경우 구동 액츄에이터로서 스윙암 후방에 VCM이 장착되어 있다. VCM은 전류가 인가된 VCM코일과 VCM마그네트 사이에 로렌츠 힘이 발생하여 이 힘에 의한 토크가 광학계가 조립된 스윙암부를 회전시켜서 디스크 트랙을 추종하게 된다.⁽²⁾ 스윙암과 VCM의 연결부위에는 베이스(Base)와 스윙암을 고정하는 역할과 토크 전달이라는 두 가지 기능을 위한 피벗 베어링이 위치하여 있다.

포커스방향의 구동은 OFH방식으로써 하드디스크 드라이브와 유사한 ABS(Air Bearing System)를 적용하여 디스크와의 일정한 간격을 유지한다. 따라서 VCM과 OFH방식에 의하여 트랙, 포커스방향의 제어가 가능하고 기록되어진 데이터의 입출력이 되는 것이다. 그러나 향후에 진행될 초소형 디스크의 물리규격의 방향에 따라 OFH방식에 의한 수동적 제어 방식만으로 특성을 만족시키기 어려운 상황에 예상되므로 본 논문에서는 이에 대응할 수 있는 새로운 포커싱 액츄에이터를 구성하여 서보계에 의한 능동적 제어가 가능하도록 할 것이다.

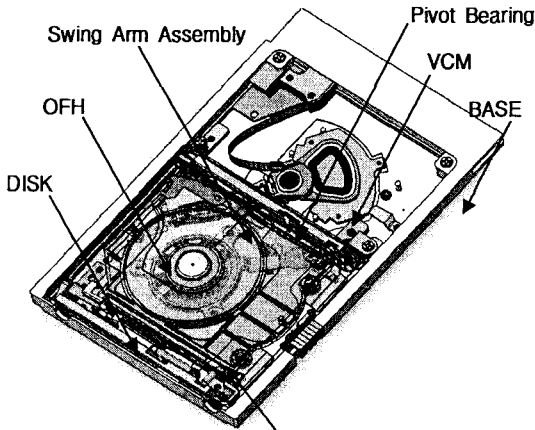


Fig. 1 Prototype of Ultra Small PICO Drive Spindle Motor

2.2 포커싱 액츄에이터

현재 산업계에서는 PCMCIA 타입에 대응 가능한 크기의 초소형 광저장매체를 목표로 초소형 디스크 규격화에 대한 논의가 진행되고 있다. 초소형 디스크 규격에 있어서는 기

록 용량을 향상시키기 위하여 기존의 적색레이저(Red Laser)를 기반으로 하기보다는 청색레이저(Blue Laser)의 적용에 대한 검토가 더욱 적극적으로 진행되고 있으며, 디스크의 물리적 형태에 따라 달라질 수 있지만 포커스 방향 구동계로 OFH방식 또는 별도 포커싱 액츄에이터를 구성하는 방식 등이 검토되고 있다. 특히 디스크 규격에 보다 폭넓게 적용 가능하다는 측면에서 서보계가 포함된 포커싱 액츄에이터가 많은 이점을 가지고 있다.

이에 본 논문에서는 초박형 화에 목표를 둔 자사 초소형 드라이브 구성에서 트랙방향 구동은 기존의 VCM을 이용한 스윙암의 회전 동작으로 실현하고 여기에 포커스 구동 시스템을 추가하는 새로운 구조를 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 포커스 구동시스템은 Fig. 2와 같다. Fig. 2의 포커싱 액츄에이터는 지지부인 판스프링(Plate Spring)을 포커스코일 앞에 위치시키는 시소타입(Seesaw Type)의 구조로 스윙암 가동부에 위치한 포커스코일에 전류가 인가 되면 코일 양쪽의 포커스마그네트 사이에서 로렌츠 힘이 발생되고 이 힘이 판스프링 힌지(Hinge)부를 중심으로 회전 토크로 작용하여 스윙암 앞단에 위치한 대물렌즈를 포커스 방향으로 구동하게 하는 것이다. 본 논문에서 제시한 시소타입 포커싱 액츄에이터는 가동부의 구조를 단순화하여 공진특성을 향상시킬 수 있고 트랙방향 동작 중에도 스윙암 위에 일체로 구성된 마그네트와 코일의 간격이 항상 일정하게 유지할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

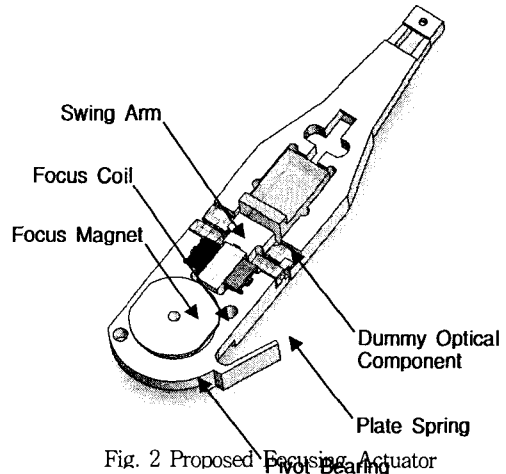


Fig. 2 Proposed Focusing Actuator

2.3 포커싱 액츄에이터 해석 결과

포커싱 액츄에이터의 설계 주요 관점들은 포커스 방향의 구동에 있어서 자유도를 가지면서 트랙방향에 대하여는 강체의 특성을 가지도록 하는 것, 힌지 역할을 하는 지지부 판스프링의 부차공진 발생억제와 포커스 가동부의 높은 고

차공진 특성 설계 등이다.

이를 위해 트랙방향에 큰 강성을 가지기 위한 목적으로 판스프링 지지부 사이의 거리 조절을 통한 트랙방향 강성 설계를 하였고, 지지부인 판스프링 강성을 조절하여 부차공진 특성을 억제하도록 하였다. 또한 포커스 가동부 설계에 있어서는 민감도 구조해석을 적용하여 높은 주파수의 고차공진 특성을 가지도록 하였다.⁽³⁾

Fig. 3, Fig. 4는 각각 최종 설계된 스윙암을 적용하여 지그에서와 전체 초소형 구동 메카니즘에 적용할 때의 고차공진 해석결과이다. 포커스 가동부 공진 특성 최적화는 트랙방향 구동계가 포함된 전체 구동 메카니즘의 관점에서도 포커싱 액츄에이터 자체 특성과 비교하여 큰 차이가 없도록 설계하였다. Fig. 3의 포커싱 액츄에이터만의 공진 주파수 대역과 비교하여 Fig. 4의 전체 구동 메카니즘 구성에서는 공진 주파수 대역이 다소 저감이 되는 결과를 나타내었지만 약 8kHz이상의 높은 공진 주파수를 확보하여 초소형 드라이브에 적용할 수 있는 가능성을 확인하였다. 더불어 트랙방향에 예상되는 공진 특성은 Fig. 5와 같으며 포커싱 액츄에이터를 구성하면서도 트랙방향에 있어서는 10kHz이상의 높은 주파수 특성을 확보하였다.

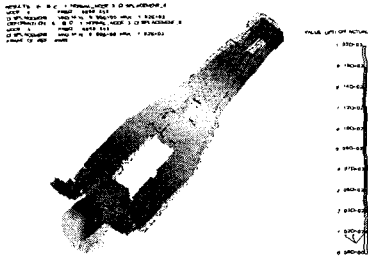


Fig. 3 Focus High-order Resonance of the Focusing Actuator

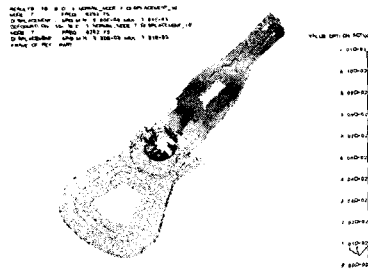


Fig. 4 Focus High-order Resonance of Total Mechanism

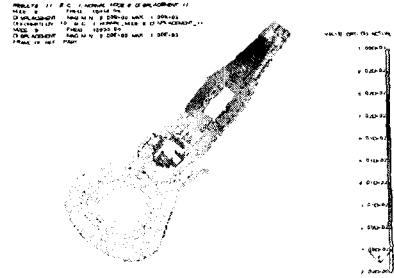


Fig. 5 Track High-order Resonance of Total Mechanism

3. 포커싱 액츄에이터 실험결과

3.1 포커싱 액츄에이터 지그 실험결과

전체 구동 시스템의 진동 특성을 단계별로 확인하기 위하여 트랙방향 구동계인 VCM부를 배제하고 Fig. 6과 같이 전용의 지그에 포커싱 액츄에이터만을 구성하여 특성을 평가하였다. Fig. 6과 같이 지그 위에 포커싱 액츄에이터가 스크류로 체결된 고정 구조이기 때문에 포커싱 액츄에이터만의 고유 동특성을 확인할 수 있으며, 실험결과를 Fig. 7과 같다.

Fig. 7 실험결과와 공진 주파수 대역은 Fig. 3의 해석결과에서 예상한 고차공진 주파수 대역과 비교하여 매우 유사한 결과를 보여주고 있으며, 두 결과에서 나타나는 약 1~2kHz 정도의 주파수 대역 차이는 실제 조립 과정에서 발생하는 편차로 추정된다.

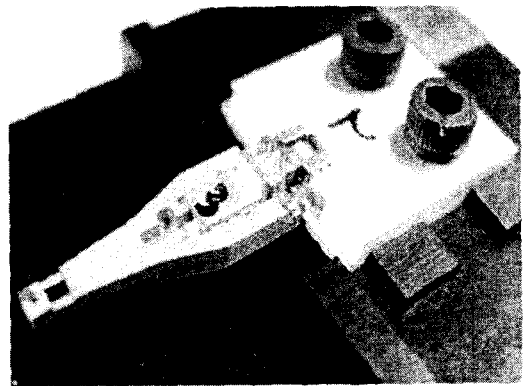


Fig. 6 Jig Setup of the Focusing Actuator

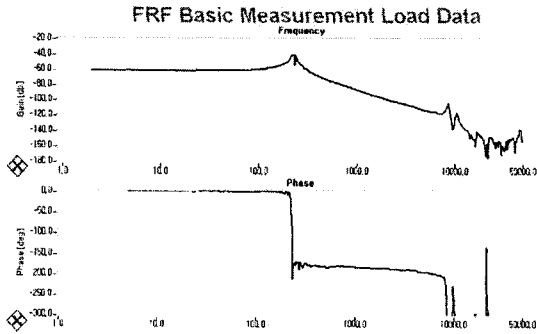


Fig. 7 Focus Test Result of the Focusing Actuator

3.2 전체 구동 시스템 실험결과

실제 드라이브에 적용할 때의 진동 특성을 분석하기 위하여 Fig. 8과 같이 트랙방향 구동계까지 포함된 전체 구동 메카니즘을 구성하였다. Fig. 8은 포커싱 액츄에이터를 실제 초소형 드라이브에 사용되어질 스윙암 방식의 VCM과 결합한 전체 구동 메카니즘이며 높이 5mm PCMCIA에 대응되는 공간에 구현한 것이다.

Fig. 9, Fig. 10은 전체 구동 시스템의 포커싱 액츄에이터와 트랙방향 구동계의 주파수 선도를 분리하여 실험한 결과이다. Fig. 9의 포커싱 방향 주파수 선도에서 보여주는 고차공진 주파수는 이미 해석했던 Fig. 4의 결과와 매우 유사함을 확인 할 수 있으며 본 해석의 진동특성 해석 방법이 초소형 구동 시스템의 진동특성을 파악하는데 유용한 방법임을 보여준다.

Fig. 7의 해석결과와 Fig. 9를 비교하면 포커싱 액츄에이터가 전체 구동 메카니즘에 결합되면서 약 1~2kHz정도 포커싱 액츄에이터의 자체 진동특성이 저감되는 결과를 나타내었으며, 베어링의 Axial Play와 공간적 제약에 따른 베어링 고정특성의 영향으로 약 2, 3kHz에서 공진점이 발생하고 있다. 이 공진 들은 베어링과 고정구조의 개선으로 제거가 가능하며, 관련 과정이 현재 진행중이다. Fig. 10은 포커싱 액츄에이터와 광학계 및 대물렌즈 전체를 구동시키는 스윙암 구조의 트랙방향 구동계의 주파수 특성 실험결과이다. 실험결과에서 트랙방향 공진 주파수와 피봇 베어링의 연동특성 없이 10kHz이상의 높은 주파수 특성을 가지고 있음을 확인하였다. 이는 Fig. 6의 해석 결과와 매우 유사한 결과로써 앞서 해석과 실험결과를 비교한 것들과 동일한 경향성을 나타내고 있다.

본 논문의 주파수특성 실험결과와 초소형 광드라이브에 대한 적합성 여부는 추후 제품 목표가 결정되어지면 논의가 필요한 부분이다. 그러나 이미 상품화가 되어있는 기존 12cm 디스크의 광저장매체 구동 메카니즘으로부터 예상할 때 약 3cm 이하의 초소형 디스크를 적용하게 될 초소형

광드라이브 제품이라는 측면에서 대응 가능한 서보 주파수 대역을 확보한 것으로 판단된다. Table 1은 전체 구동 메카니즘 특성 실험결과를 정리한 것이다.

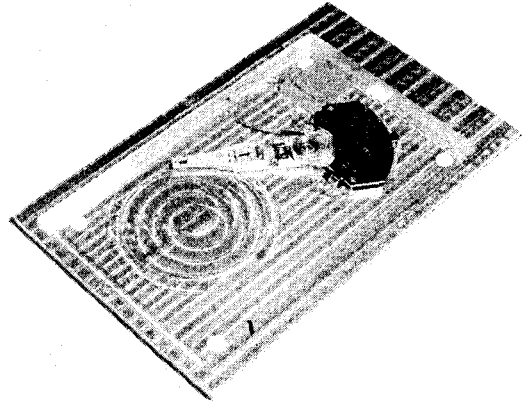


Fig. 8 Total Mechanism with the Focusing Actuator

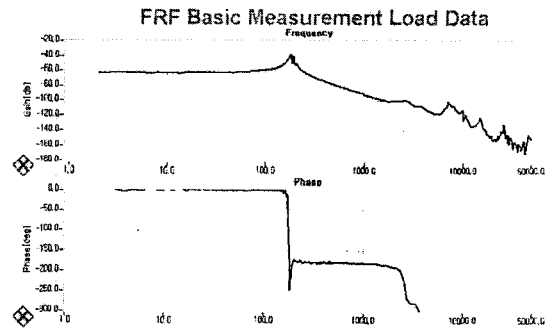


Fig. 9 Focus Test Result of Total Mechanism

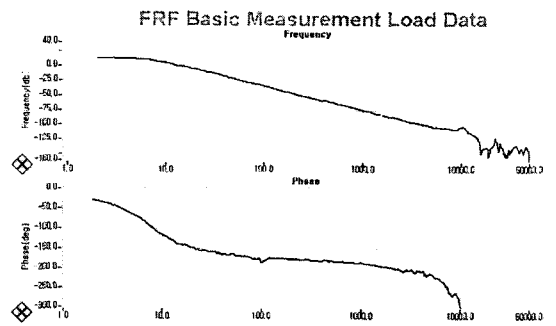


Fig. 10 Track Test Result of Total Mechanism

Focus Actuator Test Result		unit	Total Mechanism
Focus Moving Inertia	kg m ²	=	1.24E-08
DC resistance	ohm	=	3.44
Low Frequency Sensitivity	mm/Volt	=	0.069
High Frequency Sensitivity (1kHz)	um/Volt	=	1.88
Acceration Sensitivity	G/Volt	=	7.58
High-order Resonance	kHz	=	7.00

Table. 1 Focusing Actuator Test Result

4. 결 론

초소형 광드라이브의 고밀도 디스크에 대응하기 위하여 본 논문에서는 설계되어진 스윙암 방식의 트랙방향 구동 시스템의 가동부에 장착 가능한 새로운 포커싱 액츄에이터를 제안하였다.

또한 본 논문에서는 포커싱 액츄에이터와 트랙방향 구동계의 주파수 특성을 향상시키고 평가하기 위하여 해석과 실험결과를 제시하고 있으며, 높은 주파수 가동 특성을 성취함으로써 본 논문에서 제안한 포커싱 액츄에이터가 초소형 광드라이브의 새로운 구동 시스템의 해법으로써의 역할

과 제품 적용가능성을 확인할 수 있었다.

향후 초소형 드라이브의 제품화 과정에서 안정된 제품특성 요구에 대응하기 위하여 새로운 재질의 개발, 베어링 특성 개선, 최적화 설계를 통한 공진 특성 향상과 소형화에서 발생하는 조립성의 개선이 진행 및 적용 예정이다.

참 고 문 헌

- (1) Sookyung Kim et. al, "PCMCIA like Ultra Small Form Factor Optical Drive", Proc. SPIE, 2003
- (2) Huai. Lin et, al, "Development of a Single Coil Coupled Force VCM Actuator for High TPI Magnetic Recording", IEEE Trans. Magn., vol. 37, no. 2, pp. 850-854, March 2000
- (3) Sam-Nyol Hong et, al, "Development of New 3-Axis Optical Pickup Actuator for High-Density Rewritable System", Inter-noise, 2003