

연성해석을 이용한 광픽업 구동기 경사 해석

Tilt analysis of optical pickup actuator using coupled fields analysis

신창훈* · 김철진* · 이경택* · 박노철* · 박영필**

Chang-Hoon Shin*, Chul-Jin Kim*, Kyung-Taek Lee*, No-Cheol Park*, Young-Pil Park**

Key Words : Optical disc(광디스크), Pickup actuator(픽업 구동기), Tilt(경사), FEM(유한요소법), Coupled field analysis(연성해석), Structural analysis(구조해석), Electromagnetic analysis(전자기 해석)

ABSTRACT

In optical disk drive(ODD), pickup actuator, which comprises a key part of an optical disk drive equipment, must be thin, compact, and high sensitive. Low tilt is also an important requirement for the actuator, since optical disks are to high density. This tilt occurs from around the axis parallel to the tangential and radial direction of the disk. The main reason of the moment is the coupling effect between focus driving system and tracking driving system. This paper analyzed tilt quantity due to focusing and tracking force through coupled fields analysis with electromagnetic analysis and structural analysis.

1. 서 론

1980년대 초 CD Player로 시작된 광 저장 장치는 1990년대 퍼스날 컴퓨터의 보급과 함께 컴퓨터의 대용량 주변기기, 즉 CD-ROM의 형태로 그 효용성을 더욱 높여왔다. 그리고 90년대 중반과 후반을 거치며 CD-RW, DVD-ROM 등으로 계속 발전하고 있다. 이런 변화 과정 속에서 광 저장 장치는 고밀도, 고배속화란 두 가지 목표를 충실히 이행하고 있고 또한 CD-RW, DVD-ROM, 등의 기능이 혼합된 콤보의 형태의 다기능 제품으로 변화되고 있다. 예로 최근 시장에 나온 DVD-RAM은 CD, CDR, CD-RW, DVD-ROM, DVD-RAM 등의 성능을 모두 만족시키고 있다. 이와 같은 추세에 맞추어 광 저장 장치의 핵심부품인 광 픽업 액추에이터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

광 픽업 액추에이터는 고속으로 회전하는 디스크 표면을 추종하며 정보를 읽는 장치로, 마이크로미터 단위의 변위와 20kHz까지의 안정된 진동특성이 요구되는 정밀 부품이다. 광 픽업 액추에이터는 렌즈와 홀더, 와이어로 이루어진 구동부와 코일, 자석 등으로 이루어진 자기 회로부로 구성되어

있다. 액추에이터는 고배속, 고밀도에 대응하면서 점점 설계 여유가 줄어들고 있어서 연구, 설계 과정에서 모델에 대한 충분한 검토와 연구가 중요해지고 있다. 그래서 설계 연구 과정에서 컴퓨터 시뮬레이션을 사용이 보편적이며, 자기회로의 전자기력을 구하고 렌즈 홀더의 복잡한 형상을 모델링하여 진동특성을 구하는데 사용되고 있다.[1,2] 그런데 여기서의 진동특성은 주로 주파수대별 모드를 구하여 주파수 응답법에 의한 렌즈 중심의 변위응답을 얻는데 집중되어 있어서 실제 정적인 변위 특성에 대해선 이루어지지 못하였다. 그리고 구동력을 구하는 자기해석과 진동해석이 서로 다른 물리적 특성에 기인해 별도로 시행되는데 두 해석간에 충분한 데이터의 교환이 이루어지지 않아 실제의 동특성을 잘 반영하지 못하는 문제점이 제기 되었다. [3]

하나의 렌즈를 사용하여 CD/DVD를 동시에 재생하기 위해선 초점거리를 변화가 필요하고, 초기 동작에서 일정 거리를 이동 후 동작하는데 이 과정에서 정적인 경사 문제가 나타날 수 있다. 원래 경사 문제는 렌즈가 있는 구동부에서 지지부까지의 길이 차이, 조립시 와이어를 고정시키는 인장력의 차이 등의 조립성과, 구동부가 트래킹 또는 포커싱 구동을 할 때 구동력의 중심과 구조적인 무게중심의 위치가 벗어남으로 인해 생기는 것에 의해 발생한다고 알려졌다. 이렇게 경사는 재생이나 기록 시 신호를 열화시키는 원인이 되며 특히 저장장치가 고밀도 고배속화 하면서 이러한 경사에 대한 여유는 더 줄어들고 있다. [4]

* 연세대학교 정보저장기기연구센터
E-mail : sch111@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-0346, Fax : (02) 365-8460

** 연세대학교 기계공학과

본 논문은 광픽업 액추에이터의 FEA모델 개발에 초점을 맞추었다. 기존의 상용 FEA프로그램을 기반으로 전자기 해석과 구조해석의 연성해석을 통해 정적인 변위와 액추에이터의 경사에 대한 해석을 하고 경사에 대한 정량적 정보를 구할수 있는 FE 모델링을 했다. 이것이 구동기의 개발과정에서 필요한 해석에 도움을 되고자 하는 것이 목적이다.

2. 구동기의 연성해석

2.1 구동기의 모델링

구동기는 구동력을 발생하는 자기회로부와 발생된 구동력을 바탕으로 실제 렌즈를 안착하고 디스크를 추종하는 구동부로 나눌수 있다. 지금까지 FEM을 이용한 많은 해석들은 자기회로부와 구동부를 분리하여 모델링하였으며 해석의 결과 또한 임의의 조작을 통해 자기회로에서 발생한 힘을 구동부에 가진력으로 사용하였다. 그러나 본 논문에서는 구동부 전체를 Fig. 1과 같이 구조부분과 자기부분의 통합 모델링을 통하여 전자기해석에서 얻은 힘의 정보를 구동부에 가진력으로 사용하여 해석을 시행했다.

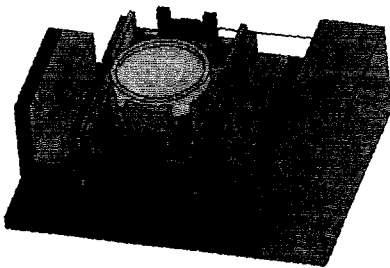
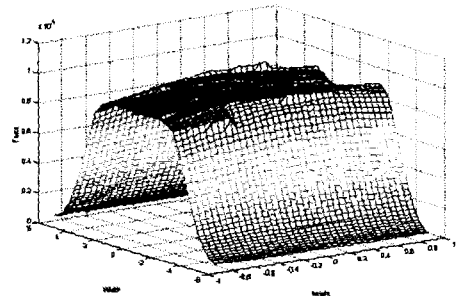


Fig. 1 Configuration of optical pickup actuator.

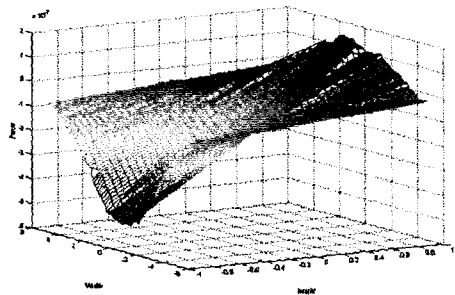
2.2 연성해석

연성해석은 전자기해석 부분과 구조해석의 두 부분으로 나누어질 수 있으며 이 두 부분의 해석이 독립적으로 이루어지는 것이 아니라 하나의 모델에서 상호보완적으로 이루어진다. 따라서 전자기 해석과 구조해석을 독립적으로 시행했을 때 얻는 결과뿐 아니라 이전에는 고려할 수 없었던 포커싱 구동 상태에서 트래킹 구동시 발생하는 경사량의 해석 등과 같은 해석이 가능해진다.

먼저 전자기 해석은 2차원에 의한 방법과 3차원에 의한 방법이 있으나 여기에서는 앞에 그림과 같이 3차원에 의한 모델링을 통하여 각 절점에 발생하는 자속 밀도의 분포와 크기, 그리고 코일의 각 절점에 발생하는 힘의 크기와 방향, 분포에 관한 정보를 얻을 수 있다. Fig. 2는 포커싱 코일에 발생하는 힘의 포커싱 방향(a)과 와이어 방향(b) 성분의 크기와 분포이다. 이렇게 전자기 해석을 통해 얻을 수 있는 힘에 관한 정보는 포커싱이나 트래킹 방향 뿐 아니라 디스크 접선방향 힘의 크기, 방향, 분포에 관한 정보를 얻을 수 있다. 또 코일의 위치에 따라 변화하는 자속분포 속에서 따른 힘의 크기 변화를 알 수 있다. 특정 주파수의 유연모드에 미치는 영향에 대한 해석을 할 수 있다.[5]



(a) Focus direction



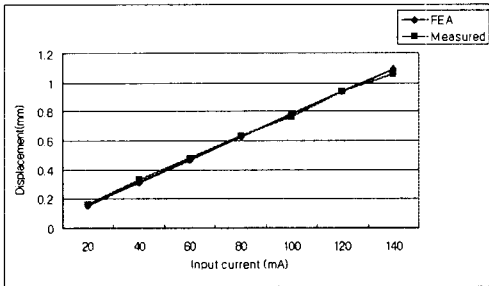
(a) Wire direction

Fig. 2 Force at focusing coil.

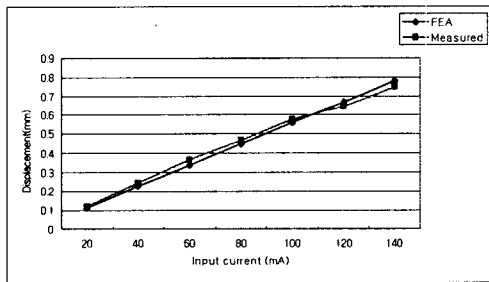
전자기 해석을 통해 얻은 코일의 각 절점에 대한 힘 정보를 구동부의 코일에 작용시킴으로써 입력 전류에 대한 구동부의 움직임을 정적으로 해석할 수 있으며, 이러한 정적인 해석을 통하여 입력 전류에 대한 구동기의 위치나 경사에

관한 정보를 얻을 수 있다.

여기에서 연성해석에 대한 신뢰도를 확보하기 위해 DC전류의 입력 크기에 따라 구동부의 변위를 포커싱 방향과 트래킹 방향에 대하여 측정하였다. 그리고 이를 해석 결과와 비교한 것이 Fig. 3이다. 실험은 DC전류 변화에 따라 발생하는 변위량을 측정하였으며, 해석은 동일한 입력전류에 대해 전자기해석을 통해서 발생하는 코일의 각 절점에 발생하는 힘을 해석하고 이 힘을 구동력으로 구조(정적)해석을 하였다. 자기회로의 튜닝과정을 거쳐서 수 퍼센트 오차를 만족하는 결과를 얻었다.



(b) Tracking direction



(a) Focusing direction

Fig. 3 Displacement by magnetic force.

연성해석을 통한 반복해석의 가장 큰 이점은 서로 연성이 된 해석들 사이에서 한가지 해석을 통해 얻은 결과를 다른 해석에서 이용할 수 있다는 것이다. 즉 전자기 해석을 통해 해석된 힘에 관한 정보를 데이터의 조각없이 그대로 구조해석에 구동력으로 사용할 수 있어서 실제 구동기 특성을 더욱 잘 반영한다. 실제 구동기는 자기회로의 비선형성으로 인해 위치에 따른 힘의 값이 달라진다. 기존 모델에서는 이를 표현할 수 없었지만 연성해석에서는 자기해석과 구조해석의 반복 수행을 통해 이를 표현할 수 있다.

본 논문에서는 연성해석을 통해 포커싱 구동 상태에서 트래킹 구동시에 발생하는 경사량과 이 반대의 경우에 해당하는 경사량을 해석해 보았다.

3. 구동기의 경사해석

구동기에 발생하는 경사는 구동기의 구조적인 중심과 구동력을 발생시키는 힘 중심의 불일치에 의해 발생한다. 이러한 불일치 원인은 홀더의 비대칭성, 와이어 고정부에서 구동부까지 길이의 불일치, 조립시 와이어를 고정시킬 때 걸리는 인장력의 차이, 와이어 양단의 조립위치 오차로 인한 와이어 간의 평형성의 깨짐으로 인한 것과 포커싱과 트래킹 방향으로 구동할 때 구동력의 중심과 구조적인 무게 중심의 불일치로 인해 생기는 모멘트에 의한 경사 등이다. 여기에서 조립시에 생기는 오차나 슬립타입과 같이 근본적인 해결이 곤란한 부분에서 생기는 경사문제는 고려하지 않는다. 여기에서는 포커싱과 트래킹 구동시 중심의 불일치에 생기는 모멘트에 의한 경사량에 대해서만 해석을 했다. 경사에 대한 해석은 Fig. 4와 같이 반경방향의 경사와 접선방향의 경사로 구분되어진다.

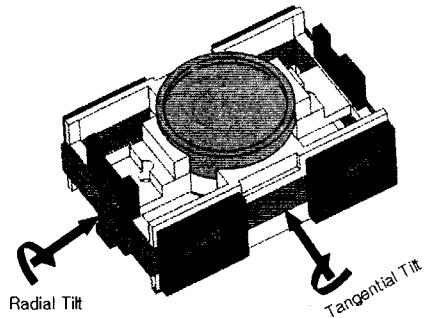


Fig. 4 Tilt direction.

3.1 연성해석을 이용한 접선방향 경사해석

구동기가 포커싱 방향으로 구동력을 받은 상태에서 트래킹 방향으로 다시 구동될 경우에 접선방향으로의 경사량을 구하기 위해 먼저 자기해석을 통해 포커싱 방향의 구동력을 전자기 해석을 통해 해석했다. 이 구동력으로 포커싱 구동 후 새로운 위치에 코일을 포함한 구동부를 위치시킨다. 그리

고 이 포커스 위치에서 다시 전자기 해석을 통해 트랙킹 방향의 입력에 대한 구동력을 구한다. 다시 이 구동력에 의한 트랙킹 방향의 이동에 대한 최종적인 해석을 했다. 이런 일련의 해석과정은 특별한 데이터의 조작없이 한번의 연성해석과정에서 얻어진다. 그리고 이 해석 과정을 이용한 포커싱 구동후 트랙킹 구동에 대한 경사량이 Fig. 5이다.

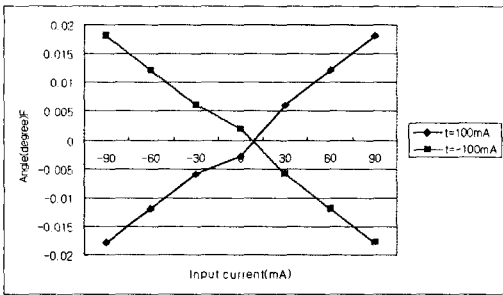


Fig. 5 Tangential Tilt characteristic.

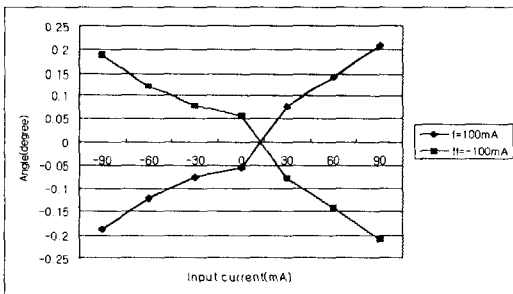


Fig. 6 Radial tilt characteristic.

3.2 연성해석을 이용한 반경방향 경사해석

구동기가 트랙킹 방향으로 구동되었을 때 포커싱방향으로 구동력을 주면 지지중심과 포커싱 구동력 사이에 회전 모멘트가 발생하기 때문에 반경방향의 경사가 발생하게 된다.[6] Fig. 6은 트랙킹 방향으로 움직 오후에 포커싱 방향의 구동력이 변함에 따라 발생하는 경사량을 나타낸 것이다

위의 경사해석 결과에서 발생된 경사량으로부터 구동시 경사에 대한 성능을 알 수 있고 이에 따라 경사에 대한 성능 개선 여부를 판단할 수 있는 근거를 만들 수 있다.

4. 결론

기존에 경사 성능에 대한 판단은 실제 실험을 통해서 하거나 관계식에 의거하여 이루어졌으나 이는 시간이나 자원 면에서 제약조건이 많다. 그러나 이러한 연성해석을 통한 경사 해석은 보다 실제에 가까운 모델에서 경사에 대한 해석이 이루어질 수 있다. 또한 이에 부가적으로 시뮬레이션을 통해 구동기 설계시에 필요한 전자기 해석이나 구조 해석, 동특성에 관한 정보들도 손쉽게 얻을 수 있다. 따라서 실제를 반영할 수 있는 다양한 해석이 가능하기 때문에 실제 구동기의 설계과정에서 다양한 시뮬레이션을 통해 설계 및 개발 기간을 단축시킬 수 있는 이점이 있다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 정보저장기기 연구센터의 지원(2001G0001)을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 임경화, 이용훈, 김석중, 이재원, 1995, "고밀도 기록용 광피업의 Actuator 동특성", 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 258~263.
- (2) 고상선, 박기환, 정호섭, 1998, "고배속 CD-ROM용 비대칭형 광피업미세구동기의 구동특성", 한국소음진동공학회지 8권 2호, pp. 346~352.
- (3) 한창수, 서현석, 이정현, 원종화, 김수현, 박윤근, 1998 "광디스크용 4와이어 구동기의 경사에 관한 연구", 한국정밀공학회지 제15권 제7호, pp. 52~60.
- (4) Mary, J. S. and William, B. S., 1997 Impact-Echo : Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, New York.
- (5) 김철진, 이경택, 박노철, 박영필, 2001, "광피업 액추에이터의 동특성 및 변경", 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집, pp. 775~779.
- (6) Hideo Yamaguchi, Takachi haruguchi, and Shogo Horinouchi, 2000, "Two-axis Actuator with High Sensitivity and Low Tilt", ISOM 2000, pp. 138~139.