

고체침지렌즈 기반 근접장 기록 시스템의 충격 저감을 위한 공기 베어링 형상 설계

Air Bearing Surface Design to improve Shock Robustness of Solid Immersion Lens based Near Field Recording System

이용은* · 이용현† · 김기훈* · 김석환* · 박노철* · 박영필* · 박경수*

Yong-Eun Lee, Yonghyun Lee, Ki-Honn Kim, Seokhwan Kim, No-Cheol Park, Young-Pil Park and Kyoung-Su Park

1. 서론

고체침지렌즈 기반의 근접장 기록 시스템은 대용량의 정보를 저장할 수 있는 차세대 광학 저장 기기이다. 이 시스템은 면 기록밀도를 향상시키기 위해 디스크와 고체침지렌즈의 간격을 50nm 이하로 유지시키고 있다. 그러나 이러한 좁은 간격은 근접장 기록 시스템을 충격에 대해 취약하게 만들고 있다. Yoon[1]은 근접장 기록 시스템이 1.5G@10ms 충격에서 디스크와 고체침지렌즈가 충돌이 발생함을 설명하였고, 보호장치와 제어 알고리즘을 통한 안전모드의 적용으로 243G의 충격까지 견딜 수 있다고 하였다. 그러나, 이러한 충격량은 광 저장 장치의 충격 기준과 큰 차이를 보이고 있고, 실제 구현이 불가능하다. 현재 업계에서는 기록 시 발생하는 충격에 대처하지 못하고 있다. 따라서, 근접장 기록 시스템을 실질적으로 구현하기 위해서는 외부 충격에 강건한 시스템의 구축이 절실히 필요한 상황이다.

디스크 회전애 의한 유동은 공기 베어링 형상을 통해 공기 베어링 압력을 발생시킨다. 이 공기 베어링 압력은 공기 베어링 형상의 표면 면적과 부상 높이 등을 통해 공기 베어링 강성을 유도하며, 이는 디스크와 공기 베어링 형상 사이에 강제로 연결된 스프링으로 가정할 수 있고, 이와 관련된 연구가 수행되어 왔다[2]. 본 논문에서는 공기 베어링 강성을 광 픽업에 적용하여 근접장 기록 시스템에 충격이 들어왔을 때, 스프링을 통한 완충 작용을 구현함으로써 충격에 강건한 근접장 기록 시스템을 만들고자 한다. 이러한 시스템을 만들기 위해, 공기 베어링 형상의 설계 방법을 제시하며 CML을 이용하여 충격 해석을 수행한다.

2. 공기 베어링 형상 설계 개념

2.1 개념 모델

본 연구는 기존의 광 픽업 장치에 공기 베어링 형상을 부착시킴으로써, 공기 베어링 형상을 통해 만들어진 공기 베어링 강성을 이용하여 충격에 강건한 근접장 기록 시스템을 만드는 것이 목적이다. Fig.1은 광 픽업 장치에 공기 베어링 형상이 부착된 모습을 개략적으로 나타낸 것이다.

2.2 공기 베어링 강성의 효과

구조물의 충격 응답을 저감시키기 위해 공기 베어링 강성의 크기는 중요하지 않다[3]. 하지만, 공기 베어링 강성이 있을 때와 없을 때의 충격 응답은 다르다. Jayson[4]은 공기 베어링 강성이 있음으로써, 디스크와 공기 베어링 형상이 적용된 구조물 사이에 충돌이 발생하지 않음을 설명하였다.

공기 베어링 강성이 적용된 1 자유도 모델과 적용되지 않은 1 자유도 모델은 Fig.2와 같다. 이 1 자유도 모델들을 이용하여 충격 응답을 구하였다. Fig.3(a)는 10G@10ms의 충격이며, Fig.3(b)는 공기 베어링 강성이 없는 모델의 응답이다. 그리고 Fig.3(c)는 공기 베어링 강성이 적용된 모델의 응답이다. 충격에 대해 공기 베어링 강성의 효과가 있음을 알 수 있다. 적용된 물성치 k_s 는 57N/m 이고 c_s 는 0.03, k_a 는 2.37×10^5 N/m 이다. 단, 공기 베어링 강성 k_a 는 하드 디스크 드라이브에 적용된 값을 사용했다[2].

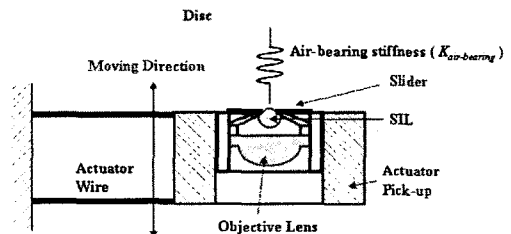
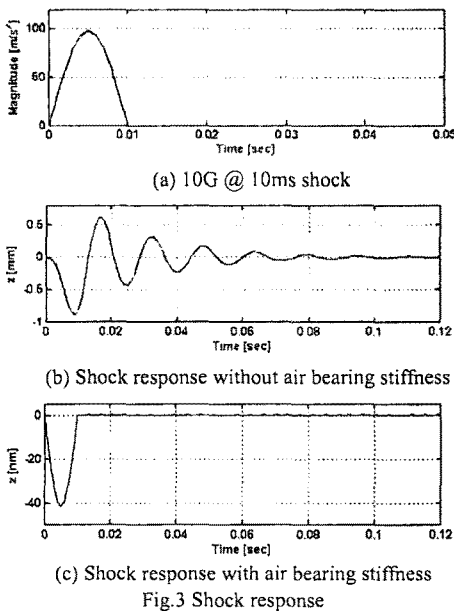
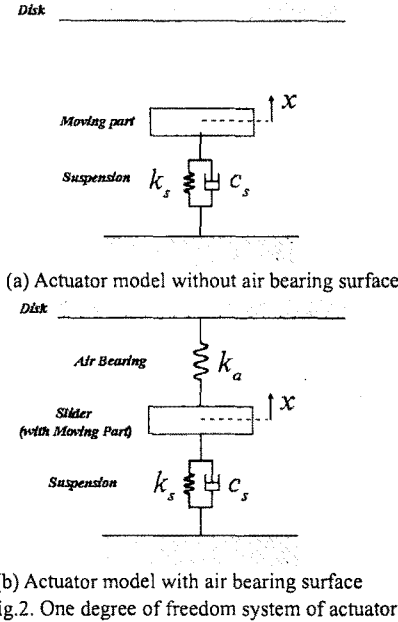


Fig.1. Schematic view of actuator with air bearing surface

† 교신저자; 연세대학교 기계공학과 대학원
E-mail : genfair@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460
. 연세대학교 기계공학과



3. 공기 베어링 형상 설계

3.1 액추에이터 모델링

공기 베어링 형상을 해석하기 위해서는 와이어의 수직, 롤, 피치 강성이 필요하다[2]. 이를 위해서 액추에이터를 모델링 하고, 모달 해석을 수행하였다. Fig.4는 모달 해석 결과이며, Table 1은 모달 해석 결과를 통해 계산한 수직, 롤, 피치 방향의 강성이다.

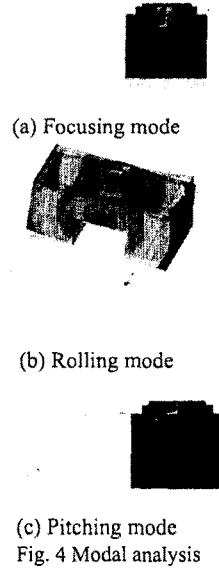


Table 1 Natural frequencies and stiffness

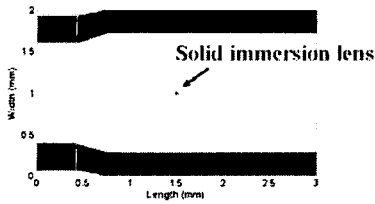
	Frequency [Hz]		Stiffness [N/m]
Focusing mode	64	Vertical	57.04
Rolling mode	99	Rolling	0.00166
Pitching mode	4614	Pitching	1.33

3.2 제어 영역을 고려한 설계 기준

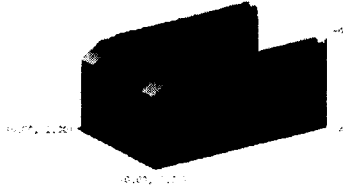
기존의 광 픽업 장치를 이용하기 위해서는 액추에이터의 제어 영역을 고려해야 한다. 액추에이터의 제어 동작에 영향을 주지 않는 공기 베어링 형상을 설계하기 위해서는 공기 베어링 형상의 작동 영역을 계산해야 한다. 액추에이터의 작동 영역이 +300um이며, 포커싱 모드일 때, 디스크와 고체침지렌즈사이의 간격은 약 50nm 이다. 이때 액추에이터에 작용되는 힘은 약 17.11mN 이다. 그리고 10G@10ms 의 충격이 들어왔을 때, 액추에이터의 최대 진폭은 약 0.88mm 이며, 이는 액추에이터에서 약 50.75mN 의 힘을 받게 되는 것이다. 따라서, 공기 베어링 형상은 17.11mN 이상에, 공기 베어링이 생성되어야 하며, 10G@10ms 의 충격을 고려 하여 최소 50.75mN 의 힘을 지지할 수 있는 공기 베어링 형상을 설계하여야 한다.

3.3 공기 베어링 형상 설계 및 정적 해석

공기 베어링 형상의 종류는 음의 압력 공기 베어링 형상과 양의 압력 공기 베어링 형상이 있다. 이 중 음의 압력 공기 베어링 형상은 일정한 간격 유지를 위해 사용되며, 따라서 본 연구에는 간격 유지가 아닌 충격 방지와 제어에 영향을 최소화 할 수 있는 양의 압력 공기 베어링 형상이 더 적합하다. Fig.5는 이러한 조건을 고려하여 설계한 양의 압력



(a) 2 dimension geometry of air bearing surface



(b) 3 dimension geometry of air bearing surface
Fig.5 Air bearing surface

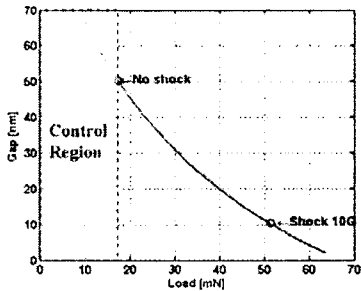


Fig.6 Load and gap of disk and solid immersion lens

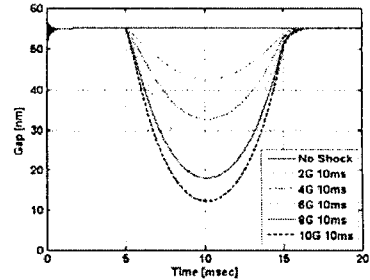
공기 베어링 형상이다. 디스크 반경 25mm, 3000RPM으로 CML 시뮬레이터를 이용하여 정적 해석을 수행하였다. Fig.6의 x 축은 공기 베어링 형상에 작용된 하중을 가리키며, y 축은 하중에 따른 디스크와 고체침지렌즈 사이의 간격을 나타낸다. 3.2 절의 공기 베어링 형상 설계 기준을 만족함을 확인할 수 있다.

3.4 공기 베어링 감성을 적용한 충격 응답

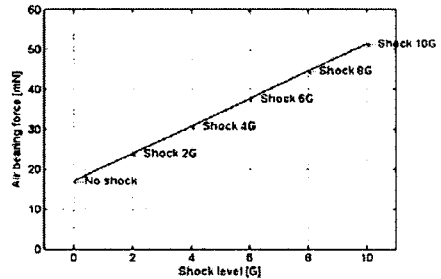
CML을 이용하여, 10ms의 2G, 4G, 6G, 8G, 10G 크기로 충격 해석을 수행하였다. Fig.7(a)는 충격 크기에 따른 충격 응답을 보여준다. 10G@10ms의 충격에서 약 12nm 정도로 간격이 줄어들지만, 디스크와 고체침지렌즈 사이의 충돌은 발생하지 않았다.

Fig.7(b)는 충격 크기에 따른 공기 베어링 형상에 작용되는 공기 베어링 힘이다. 충격 크기가 클수록 공기 베어링 힘 또한 증가함을 알 수 있다.

10G@10ms의 충격에서 공기 베어링 형상에 작용되는 공기 베어링 힘은 약 51mN이며, 이는 3.2 절의 설계 기준을 통해 설계된 공기 베어링 형상이 충격으로부터 고체침지렌즈를 보호할 수 있음을 알 수 있다.



(a) Shock response at solid immersion lens



(b) Air bearing force variation along with shock level
Fig.7 Results of shock analysis

4. 결론

고체침지렌즈 기반 근접장 기록 시스템을 충격에 강건한 시스템으로 만들기 위해 공기 베어링 형상 설계 방법을 제시하였다. 그리고 충격 해석을 통해 근접장 기록 시스템이 충격에 강건해 졌음을 확인하였다.

후 기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R17-2008-040-01001-0).

참 고 문 헌

- (1) Yong-Joong Yoon, Sang-Hoon Kim, Woong Seol, Joong-Gon Kim, No-Cheol Park, and Hyunseok Yang, 2007, "Analysis on external shock in near filed recording system", JJAP, Vol.46, pp.3972-4002
- (2) Eric M. Jayson, and Frank E. Talke, 2005, "Optimization of air bearing contours for shock performance of a hard disk drive", ASME, Vol.127, pp.878-883
- (3) Q.H. Zeng and D.B. Bogy, 2002, "Numerical simulation of shock response of disk-suspension-slider air bearing systems in hard disk drives", Microsyst Tech., Vol.8, pp.289-296
- (4) Eric M. Jayson, James M. Murphy, Paul W. Smith, and Frank E. Talke, 2002, "Shock and head slap simulation of operational hard disk drives", IEEE Tran. Vol.38, pp.2150-2152