

마이크로 광디스크 드라이브용 4×1 근접장 탐침 어레이를 위한 슬라이더와 서스펜션의 설계

Design of the Slider and Suspension for 4 × 1 Near-field Probe Array in Micro Optical Disk Drives

홍어진† · 정민수** · 오우석* · 박노철*** · 양현석**** · 박영필*****

Eo-Jin Hong, Min-Su Jung, Woo-Seok Oh, No-Cheol Park, Hyun-Seok Yang,
and Young-Pil Park

(2004년 10월 1일 접수 : 2005년 1월 22일 심사완료)

Key Words : Near-field Probe Array(근접장 탐침형 어레이), Slider(슬라이더), Suspension(서스펜션)

ABSTRACT

The near-field scanning micro scope (NSOM) technique is in the spotlight as the next generation storage device. Many different types of read/write mechanism for NSOM have been introduced in the literature. In order for a near-field probe to be successfully implemented in the system, a suitable slider and suspension are needed to be properly designed. The optical slider is designed considering near-field optics and probe array. The suspension generally supports slider performance, and tracking servo capacity in HDD. Moreover, the suspension for optical slider also should meet the optical characteristics, and is also required to satisfy shock performances for the mobility for the actuator. In this study, the optical slider and the suspension for near-field probe array are designed and analyzed.

1. 서 론

디지털 정보화가 가속화 됨에 따라 정보화 사회에서 요구되는 정보량은 매년 폭발적으로 증가하고 있다. 실례로 개인이 보유하는 정보량은 1997년에 4.7 GB에서 현재 36 GB로 증가하였고, 2010년에는 1 TB 까지 증가가 예상되고 있다. 앞으로의 정보저장기기는 네트워크의 정보량 증가 및 고속화로 고 용량, 고

전송 량이 요구되며, 휴대용 저장기기의 수요급증으로 인하여 시장은 휴대성이 강조되는 초소형 정보저장기기를 요구 하고 있다. 반면에, 기존의 자기와 광을 기반으로 했던 정보저장기기의 기술적 한계에 도달하고 있다. 이러한 이유로, 차세대 정보저장기기는 연구되고 있으며, 그 중 유력한 대안으로 근접장 광기록(near-field recording) 저장장치가 연구되고 있고, 그 중에서 탐침 프루브(near-field probe)를 이용한 방식이 있다. 이는 탐침 프루브 끝단 부분에 90~100 nm 크기의 아주 작은 지름의 개구(aperture)를 통하여 빛을 통과시키고 빛의 산란을 막아 근접광을 발생 시키게 된다.⁽¹⁾ 이때 기록 매체와 개구 사이의 간격은 사용되는 빛의 파장의 1/2이하가 되어야 하며, 또한 개구의 지름보다도 작게 유지되어야 한다. 이 논문에서는 일반적인 하드디스크(hard disk drive)에서 사용되는 공기 베어링을 이용하여 근접장 탐침형 어레이(near-field probe array)와 매체 사이의 간격을

† 책임저자 : 정희원, 연세대학교 대학원 기계공학과
E-mail : hongeojin@yonsei.ac.kr

Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460

* 연세대학교 대학원 기계공학과

** 연세대학교 정보저장기기 연구센터

*** 정희원, 연세대학교 정보저장기기 연구센터

**** 연세대학교 기계공학과

***** 정희원, 연세대학교 기계공학과

유지하고자 하였다. 이러한 방식은 공기 베어링을 이용하여 별도의 구동기나 센서 없이 데이터를 탐색할 수 있기 때문에, 탐침 기반 정보저장장치에서 가장 큰 문제인 센서 구조가 이 방식에서는 필요 없으며, 구조가 단순해지게 된다. 하드디스크의 기술력은 이미 수 나노 단위의 부상 높이(flying height)유지에 도달해 있기 때문에 근접장 탐침 어레이 방식에 적용시키는 것이 가능하다.

이 논문에서는 1TB를 목표로 하는 차세대 정보저장기기 기술의 적용을 위한 4×1 근접장 탐침 어레이를 위한 주요 기계적 구동 구조인 슬라이더와 이를 지지하는 서스펜션을 설계하는 것이다. 이를 위하여 탐침 어레이를 보호하고, 20nm의 목표 부상높이를 유지하며, 탐침 어레이의 각 끝단에서의 높이차를 최소화하는 슬라이더의 설계와 이를 지지할 수 있는 수직방향의 순응성과 구동방향의 강건성을 갖는 서스펜션의 최적 설계과정이 이뤄질 것이다. 또한, 슬라이더에 구동시 영향을 주는 강성 요소와 디스크의 진동량(flutter)을 고려하여 슬라이더의 동적 거동 특성에 대한 분석도 함께 다룰 것이다.

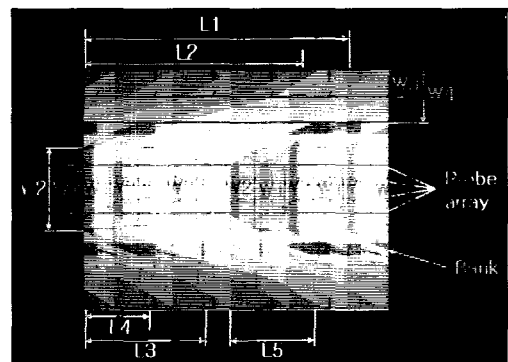
2. 정적 상태에서의 슬라이더 설계

2.1 설계목적 및 초기모델

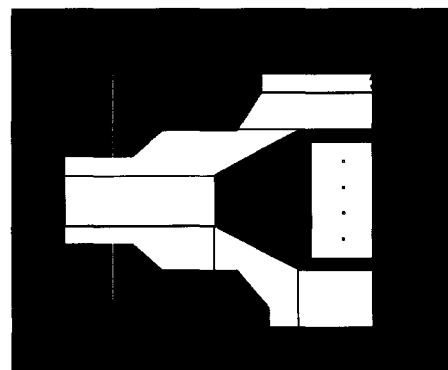
근접장(near-field) 광 기록을 위한 4×1 탐침형 어레이(probe array)는 슬라이더 뒷 단(trailing edge)에 위치하여 기록 매체와 근접광(near-field optics)을 발생시키는 부상 높이(flying height)를 유지하고, 탐침간의 높이 차이를 최소화 하여야 한다. 따라서 탐침형 광학헤드와 매체 사이의 간격을 20nm이하로 유지하고, 각 탐침 어레이 사이의 부상 오차가 목표값(20nm)의 최대 5%까지 허용하는 것을 설계 목표로 선정하였다. 이 논문에서는 탐침형 어레이를 위한 슬라이더로서 앞 단(leading edge)부분에 공기유동을 제한하는 형태와 제한하지 않는 형태의 두 가지 모델 제안 하였다. 일반적인 하드디스크(hard disk drive)의 슬라이더와는 구별되는 구조로 언덕 구조(bank structure)가 있다. 탐침 어레이는 광학 경로를 포함해서 0.45mm×0.25mm의 공간이 필요하며, 언덕 구조는 디스크 구동에 의해 발생하는 공기 유동과 먼지(particle)로부터 탐침형 어레이를 보호하는 역할을 하게 된다. 슬라이더의 부상여부와 언덕 구조를 감안하여 슬라이더의 크기는 기존의 하

드디스크에 사용되는 피코 슬라이더(pico slider)에서 높이가 증가된 1.25mm×1.0mm×0.5mm로 정하였다. 또한 탐침형 어레이의 데이터 전송 속도를 고려하여, 디스크 반지름 10mm에서, 최저 선속도로 부상할 수 있는 0.5 m/s로 선정 하였다. Fig.1에서의 제안된 두 가지 모델에 대하여 각각의 설계 변수가 목적함수에 미치는 영향을 파악하기 위하여 설계변수에 대한 부상 높이, 피치각(pitch angle), 롤각(roll angle)에 대한 파라미터 스터디(parameter study)를 시행하였고, 결과를 Table 1에 나타내었다. 부상 높이의 기준은 최 외곽의 탐침 프루브의 부상 높이로 정하였다.

Table 1에서 구한 각 설계변수에 대한 민감도는 절대값이 클수록 해당 설계변수에 대한 목적 값의 변화가 크다는 것을 뜻하며, 이를 바탕으로 목표 부상 높이에 근접하는 초기 모델을 얻었다. 그리고, 이 모델에 대한 정적 해석(static analysis) 결과를 Table 2에 정리하였다. 초기모델에 대한 레일의 형상과 공기 압력(air pressure)의 분포는 각각 Fig.2와 Fig.3에 나타내었다.



Type A

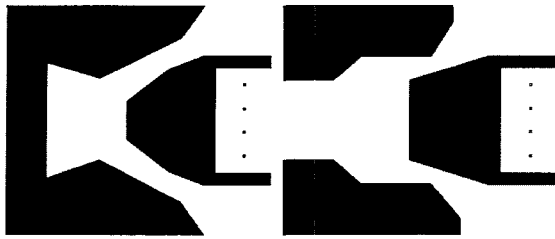


Type B

Fig. 1 Design parameter for rail shape

정적 해석(static analysis)결과 20 nm에서 0.05 nm의 오차범위내의 부상 높이를 가질 때 상대적으로

Type A는 피치 각이, Type B는 롤 각이 좋은 결과를 나타내었다. 이는 양쪽 레일에서 생기는 양압과 언덕 구조 전면에서 생기는 양압 차가 Type A에서 Type B보다 크게 나타나기 때문에 피치 각과 롤 각이 커진 것으로 해석된다.



Type A

Type B

Fig. 2 Initial model of slider type A and type B

Table 2 Result of static analysis

	Type A	Type B
Flying height	19.96 nm	19.98 nm
Pitch angle	63.98 μ rad	51.89 μ rad
Roll angle	-0.63 μ rad	-0.49 μ rad

Table 1 Sensitivities of design parameters

Design parameters	Type A		
	Flying height	Pitch angle	Roll angle
L1	-1.13 nm/mm	0.40 μ rad/mm	0.01 μ rad/mm
L2	6.00 nm/mm	-8.21 μ rad/mm	3.55 μ rad/mm
L3	11.10 nm/mm	70.76 μ rad/mm	2.49 μ rad/mm
L4	2.80 nm/mm	121.65 μ rad/mm	8.60 μ rad/mm
L5	28.00 nm/mm	-27.05 μ rad/mm	2.16 μ rad/mm
W1	17.10 nm/mm	-19.21 μ rad/mm	0.09 μ rad/mm
W2	-1.40 nm/mm	-55.28 μ rad/mm	-2.20 μ rad/mm
W3	32.50 nm/mm	-28.18 μ rad/mm	1.20 μ rad/mm
W4	46.80 nm/mm	173.45 μ rad/mm	4.42 μ rad/mm
Crown	0.33 nm/nm	0.88 μ rad/nm	0.01 μ rad/nm
Camber	-0.12 nm/nm	-0.48 μ rad/nm	-0.01 μ rad/nm
Taper length	15.40 nm/mm	-245.5 μ rad/mm	-5.85 μ rad/mm
Taper angle	0.04 nm/mrad	-0.88 μ rad/mrad	-0.03 μ rad/mrad
Load	-9.78 nm/gf	28.76 μ rad/gf	-1.32 μ rad/gf
Base recess	0.19 nm/um	0.92 μ rad/um	0.05 μ rad/um
Design parameters	Type B		
	Flying height	Pitch angle	Roll angle
L1	5.65 nm/mm	-4.00 μ rad/mm	1.36 μ rad/mm
L2	4.00 nm/mm	0.31 μ rad/mm	-0.01 μ rad/mm
L3	-3.90 nm/mm	60.37 μ rad/mm	0.03 μ rad/mm
L4	-3.85 nm/mm	87.76 μ rad/mm	2.50 μ rad/mm
L5	41.60 nm/mm	-54.22 μ rad/mm	0.48 μ rad/mm
W1	11.95 nm/mm	-16.80 μ rad/mm	0.15 μ rad/mm
W2	-4.90 nm/mm	45.41 μ rad/mm	1.40 μ rad/mm
W3	4.00 nm/mm	-3.21 μ rad/mm	0.46 μ rad/mm
W4	17.20 nm/mm	254.33 μ rad/mm	4.93 μ rad/mm
Crown	0.31 nm/nm	0.99 μ rad/nm	0.005 μ rad/nm
Camber	-0.10 nm/nm	-0.68 μ rad/nm	0.006 μ rad/nm
Taper length	3.00 nm/mm	-171.24 μ rad/mm	-3.38 μ rad/mm
Taper angle	0.001 nm/mrad	-0.58 μ rad/mrad	-0.02 μ rad/mrad
Load	-14.37 nm/gf	-30.50 μ rad/gf	-1.19 μ rad/gf
Base recess	-0.03 nm/um	-0.38 μ rad/um	-0.005 μ rad/um

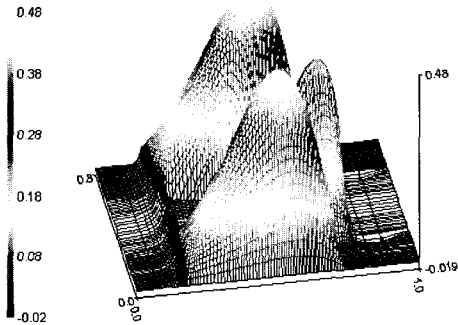
두 가지 모델에 모두 적용된 언덕 구조 전면에 있는 구조물은 공기 유동을 탐침형 광학헤드부의 양쪽방향으로 유도하는 동시에 헤드부의 공기 베어링(air bearing)의 강성(stiffness)을 높여주는 역할을 한다.

2.2 내주와 외주의 균형을 고려한 설계

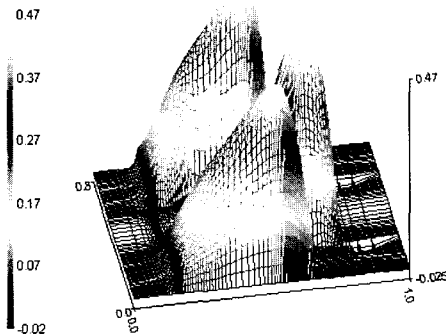
일반적인 하드디스크에서는 일정한 각속도로 디스크를 회전시키므로, 내주에서 외주로 갈수록 디스크의 선속도는 증가한다. 또한 슬라이더가 내주, 외주의

위치에서 공기 유동은 슬라이더의 길이방향 축과 각을 이루게 되는데 이러한 각을 스큐각(skew angle)이라 정의하며, 이때 슬라이더 앞 단에 유입되는 공기 유동 방향의 변화가 슬라이더의 부상특성에 영향을 주게 된다. 따라서 선속도와 스큐각의 영향을 고려하여 내주와 외주의 부상 높이를 안정적으로 유지하는 설계가 요구 된다.⁽²⁻⁴⁾ 또한 탐침 프루브 어레이의 광학적 특성을 감안하면 프루브 사이의 부상 높이 오차가 원하는 부상 높이의 5% 이내로 만족되어야 한다. 1인치 마이크로 광학 드라이브에서 액추에이터의 구동 중심 위치를 고려하여 반지름 10.14 mm을 스큐각이 0기준점으로 하고 이 지점에서의 선속도를 0.5 m/s로 설정하면 반지름/스큐각의 범위는 5.03 mm/-14.7 deg에서 12.7 mm/7.3 deg가 되고 RPM은 470.87이 된다. 앞 절에서 시행한 파라미터 스테디의 결과를 이용하여 제한된 물 각의 범위 내에서 부상 특성이 개선된 수정된 모델을 제안하였고, 그 결과 모델은 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 5에서는 초기모델과 수정된 모델간의 디스크

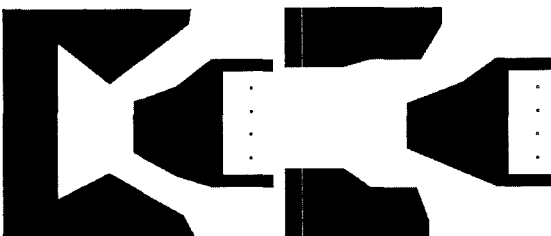


Type A



Type B

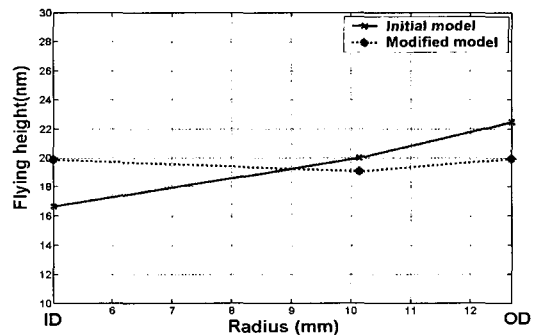
Fig. 3 Air pressure distribution for initial model



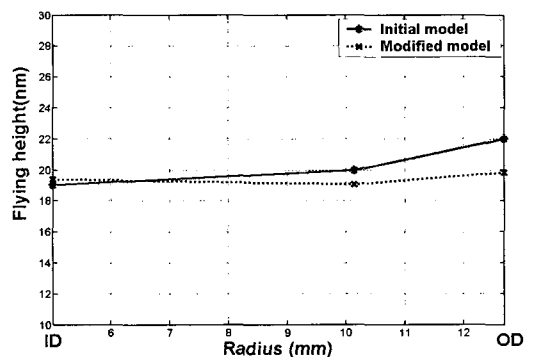
Type A

Type B

Fig. 4 Modified model of slider type A and type B for radius and skew angle



Type A



Type B

Fig. 5 Comparison of fly height variation for initial model and modified model

반지름에 따른 부상 높이의 변화를 비교하였다. 수정된 모델의 부상 특성 변화를 Table 3에 정리하였으며, 수정된 모델의 부상 높이는 각각 4.3%, 3.8%에 해당되어 목표치인 5%이내를 만족시킨다. 그리고 탐침 어레이의 부상높이 오차는 각 어레이의 최대와 최소 부상 높이의 차이로 결정되며, 이 값은 최소 0.81 nm에서 최대 1.17 nm까지 발생됨을 알 수 있다. 이 수치는 슬라이더 공정 중 발생하는 슬라이더 형상 오차와 비교해 볼 때 작은 값을 알 수 있다.

근접장 탐침 프루브를 보호하는 구조인 언덕 구조 내에서 압력 및 질량 유동을 최소화 하는 것이 바람직하다. 이를 위해서 앞서 제시된 세방향언덕구조 슬라이더에서 단편 형태의 언덕구조 네방향 슬라이더를 제안하고 각각의 경우에서 언덕 구조내의 압력과 질량유동을 조사하였다.

세방향 슬라이더에 비해 네방향 슬라이더에서 질량 유동은 세방향 질량유동 대비 0.6%~23%의 감소효과를 보이고 이는 특히 Type A 모델에서 더 크게 감소한다. 그러나 수직압력에 대해서는 세방향압력에 최고 67배까지 상승시켜 전체적으로 언덕 구조 내에서 탐침형 프루브를 보호함에 있어서 더 좋지 않은 결과를 가져오게 되었다. 이는 세방향에서 네방향의 언덕구조를 변화시켜 슬라이더 끝 단에서 역유입되는 공기유동을 막아 소량의 질량 유동을 줄이는 효과를 얻을 수 있었지만, 공기 유동이 언덕 구조 내에 갇히게 되어 앞 단에서 언덕 구조 내로 유입되는 공기의 흐름을 제한함으로써 언덕구조내의 압력을 크게 상승시키게 되었기 때문이다.

Table 3 Result of static analysis of modified model

Radius (mm)	Type A			
	FH (nm)	FH delta (nm)	Pitch angle (μrad)	Roll angle (μrad)
5.02 (ID)	19.89	1.17	45.43	1.86
10.14 (MD)	19.08	1.17	71.35	-1.86
12.7 (OD)	19.91	1.15	81.74	-1.77
Radius (mm)	Type B			
	FH (nm)	FH delta (nm)	Pitch angle (μrad)	Roll angle (μrad)
5.02 (ID)	19.41	1.14	49.90	1.68
10.14 (MD)	19.06	0.96	77.77	-1.59
12.7 (OD)	19.03	0.81	89039	-0.06

3. 서스펜션 설계

3.1 서스펜션의 설계 개념

서스펜션의 기본 특징은 수직 방향의 순응성과 수평 방향의 강건성으로 평가되는 모순 된(trade-off) 운동이라 할 수 있다. 또한, 구동 방향으로 강건성을 확보하여, 트랙방향의 안정적인 구동과 함께, 슬라이더의 부상 안정성을 확보해 주기 위해서, 별도의 플렉서(flexure)구조(혹은 김발(gimbal))를두어 충분히 낮은 강성으로써 슬라이더에 높은 자유도를 부여해야 한다. 이는 수직 방향의 디스크의 큰 진동(fluctuation)에 잘 순응(compliance)하는 특성과 함께, 수평 방향의 강성을 높임으로써 외란에 강건하게 하여 트랙 방향의 명령 추종성을 우수하게 하는 것이다. 이러한 서스펜션의 모순 된 특성을 만족시키기 위해서 반드시 최적화된 설계가 요구되어진다.

최적설계를 위해서 선행되어야 할 것은 바로 파라미터 스테디(parameter study)이다. 파라미터 스테디는 서스펜션의 구조상의 변수들이 목적 함수에 미치는 영향을 알아보는 작업으로서, 이 과정을 통하여 중요한 설계 변수와 간과해도 되는 설계변수로 구분이 된다. 이때의 설계 변수는 제작의 용이성과 공학적인 접근을 고려한 신뢰할 만한 범위에 정적인 값을 가져야 한다. 이러한 설계 변수에 대한 연구가 선행된 후에, 감도적인 측면에서 중요한 설계 변수를 선정하고 이를 기반으로 최적화 작업이 진행 된다. 최적화의 목적 함수로써는 구동기의 트랙 방향의 구동을 제한하는 주요 공진 모드인 스웨이 모드와 2차 뒤틀림 모드의 공진주파수를 높이며, 슬라이더의 동특성에 영향을 주는 서스펜션의 수직 방향의 강성과 피치(pitch), 롤(roll) 강성을 그 목적함수로 한다. 뿐만 아니라, 광학적 수차를 발생시킬 수 있는 1차 뒤틀림 모드에 대한 주파수를 높이는 작업도 함께 진행 될 것이다. 최적 해를 구하기 위하여, 1차적으로 파라미터 스테디를 통하여 초기 모델을 선정할 것이며, 위상 최적화 방식(topological optimization)과 형상 최적화 방식(shape optimization)을 적용하여 최적해를 도출할 것이다.⁽⁵⁾

3.2 서스펜션의 최적 설계

1인치 디스크 드라이브에 적용시킬 수 있는 서스펜

선을 설계하는 것이므로, 상용화된 IBM사의 마이크로 드라이브를 참고하여, 서스펜션이 전체 길이는 11

mm로 제한하였다. 슬라이더 부분은 일반적인 피코 슬라이더 크기에 광학 경로를 위한 사각홀이 위치해

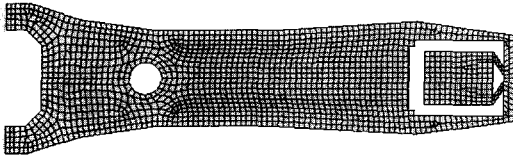


Fig. 6 Initial model of the suspension

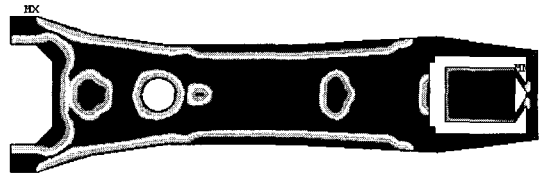
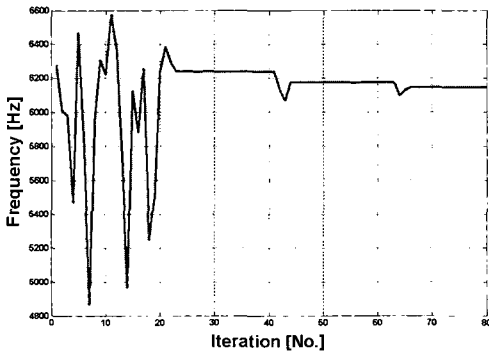
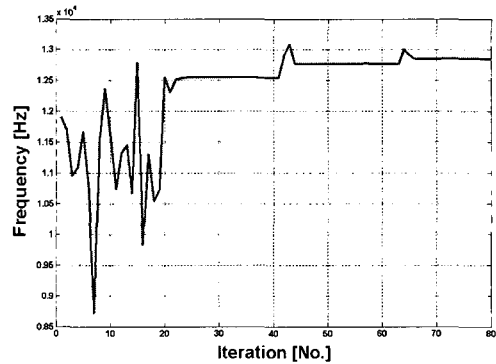


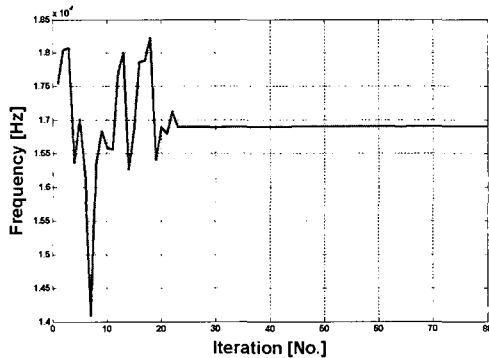
Fig. 7 Topological model of the suspension



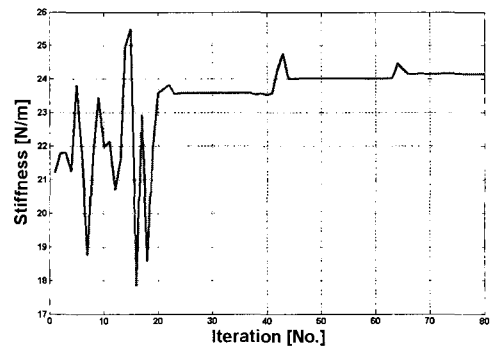
(a) 1st torsion



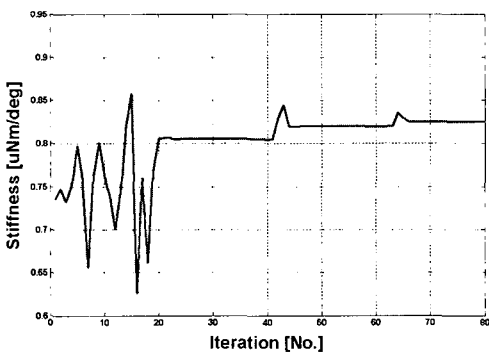
(b) Sway



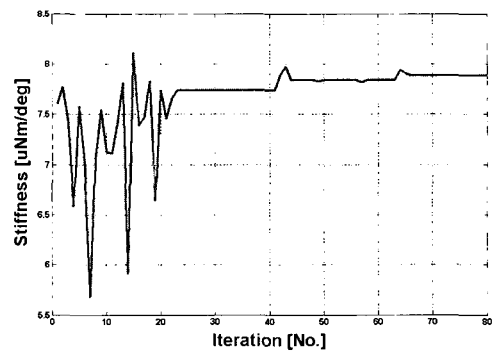
(c) 2nd torsion



(d) Vertical stiffness



(e) Roll stiffness



(f) Pitch stiffness

Fig. 8 Iterations during optimal process

있다. 제작의 용이성과 설계상의 구조적인 특성을 고려하여 일반적으로 설계되는 플렉서 구조를 로드빔에 심는 형태로 일체형 구조의 서스펜션을 고려하였다. Fig. 6은 서스펜션의 초기 모델을 보여주고 있다.

Fig. 6에서 보는 것처럼, 플렉서 부분은 T-바 형태의 변형으로써, 광학 경로를 위한 사각홀을 위해서 Y-자 형태로 설계하였다. 파라미터 스티디를 통한 감도를 고려하여 형상에 대한 초기 설계를 하였으며, 가공을 위하여 톨링홀(tolling hole)을 뚫었다. 1차적인 접근을 위하여 초기 모델에 위상 최적화를 적용하였다. 서스펜션의 동특성 해석은 상용화된 유한 요소 프로그램인 엔시스(ANSYS)를 통해 수행하였다. 그리고 최적화는 끝단에 단위힘을 커플로 적용시켜서, 이에 대한 지지력을 강화하면서, 전체 서스펜션의 유효 질량을 약 25% 낮추는 방향으로 진행되었다. 지지력에 대한 강화는 뒤틀림 모드에 대한 강성을 증가시키며, 유효질량을 낮춤으로써, 외충격에 보다 강한 설계가 이뤄질 것이다. Fig. 7은 위상최적화를 통해 얻어진 모델을 보여주고 있다.

Fig. 7에서 보인위상 최적화 모델은 질량의 밀도를 이용한 것으로써, 상대적으로 검은 부분은 제거할 수 있는 영역, 그리고 상대적으로 흐린 부분은 반드시 고려되어야 할 영역으로 나뉘게 된다. 이렇게 1차 위상최적화를 거친 모델의 스웨이 주파수를 증가시키기 위해서 2차적으로 형상 최적화를 진행하였다. 형상 최적화는 퍼스트 오더 방식(first order method)과 서브 프로그램 방식(sub problem method)을 혼합함으로써 적용하였다. Fig. 8은 형상 최적화에서의 반복 과정을 보여주고 있다. 반복과정에서 각각의 주파수

와 강성값은 신뢰수준의 구속조건을 가지고 있다.

최적화된 서스펜션의 형상은 Fig. 9과 같으며, Table 4에 서스펜션의 초기 설계(팔호안의 값)와 최적화된 값을 비교하여 정리하였다.

4. 동적 상태에서의 슬라이더 해석

슬라이더와 서스펜션과의 동특성을 참고하여, 헤드 디스크 인터페이스(head disk interface : HDI)에서 슬라이더의 동특성에 관하여 시뮬레이션 하였다. 서스펜션과 슬라이더 타입 A, 타입 B의 정적 해석뿐만 아니라, 동적 거동을 확인함으로써 보다 나은 특성의 모델을 선택하는 것이 목적이다. 디스크의 진동량은 크기 10 nm, 진동주파수는 100 Hz라 가정하였다. 또한, 최종 서스펜션의 강성값으로써, 수직방향의 강성은 24.23 N/m, 롤 방향의 강성은 7.79 $\mu\text{Nm/deg}$, 피치 방향의 강성은 0.83 $\mu\text{Nm/deg}$ 이다.

Fig. 10은 Type A 슬라이더와 서스펜션과의 관계를 고려한 동특성 해석 결과를 보여주고 있다. 서스펜션의 영향을 받는 각 방향의 강성 및 초기 하중을 고려한 시뮬레이션에서, 최소 부상 높이는 최외각 탐침에서 7.34 nm이며, 최대 부상 높이는 36.79 nm를 보여주고 있다.

Fig. 11은 디스크 구동시 피치와 롤각이 수렴하는 과정을 보여주고 있다. 피치 각의 경우, 70.12 μrad 의 값에 약 5.6 msec 이후에 수렴하고, 롤 각의 경우에는 -1.90 μrad 의 값에 7.9 msec 이후에 수렴하고 있다.

Fig. 12는 Type B 슬라이더 서스펜션과의 관계를 고려한 동특성 해석 결과를 보여주고 있다. 서스펜션의 영향을 받는 각 방향의 강성 및 초기 하중을 고려한 시뮬레이션에서, 최소 부상 높이는 최외각 탐침에서 5.23 nm이며, 최대 부상 높이는 35.54 nm를 보여주고 있다. Fig. 13은 디스크구동시 피치와 롤각이 수렴하는

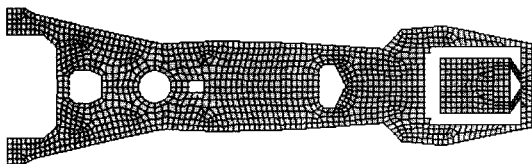


Fig. 9 Final suspension

Table 4 Characteristics of the suspension

Resonance frequencies		Stiffness properties	
1 st Torsion(kHz)	6.21	Spring rate	24.23
	(5.60)		(20.51)
Sway(kHz)	12.97	Pitch stiffness	0.83
	(12.7)		(0.68)
2 nd Torsion(kHz)	16.86	Roll stiffness	7.79
	(15.83)		(5.59)

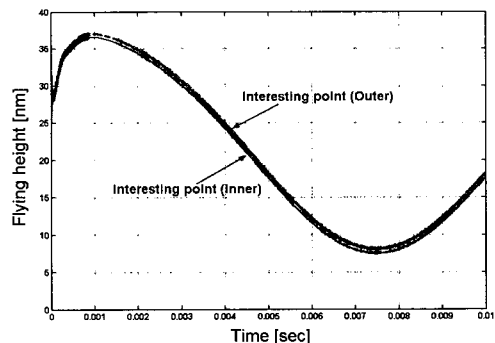


Fig. 10 Flying height variation

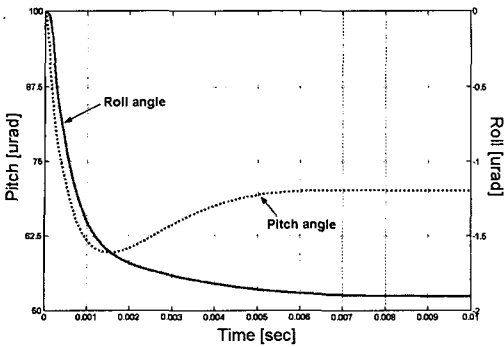


Fig. 11 Saturation of pitch and roll angles

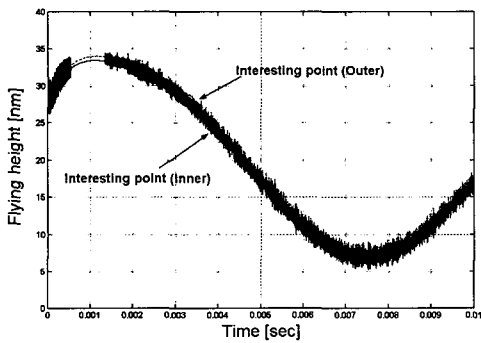


Fig. 12 Flying height variation

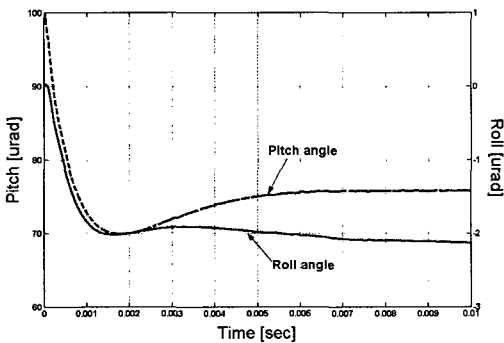


Fig. 13 Saturation of pitch and roll angles

과정을 보여주고 있다. 피치 각의 경우, 75.77 μrad 의 값에 약 6.3 msec 이후에 수렴하고, 롤 각의 경우에는 -2.13 μrad 의 값에 8.7 msec 이후에 수렴하는 결과를 나타냈다.

5. 결 론

이 논문에서는 1 TB를 목표로 하는 차세대 정보저장기기의 기술의 적용을 위한 4×1 근접장 탐침 어레이를 위한 주요 기계적 구동 구조인 슬라이더와 이를 지지하는 서스펜션을 설계하였다. 슬라이더는 하

드디스크에서 상용화된 나노 슬라이더 크기에 맞추었으며, 탐침을 보호하는 별도의 언덕 구조를 설계하였다. 목표 부상 높이는 20 nm로 내주와 외주에서 5% 이내의 변화와 각 탐침 사이에서의 부상 높이 차이를 5% 이내로 목표로 설계하였으며, 앞 단 부분의 공기 유동을 제한할 경우와 그렇지 않은 경우의 2가지 형태로 설계하였다. 서스펜션은 제작상의 용이성을 가장 큰 장점으로 한 일체형 타입의 설계를 하였다. Y자형태의 플래셔 구조와 6 kHz 이상의 1차 뒤틀림 모드와 10 kHz 이상의 구동 방향의 진동 주파수를 갖는 서스펜션을 설계하였다. 위상 최적화와 형상 최적화 설계 방식을 적용하여, 구동방향의 강건성과 수진방향의 순응성을 동시에 만족시키는 서스펜션을 설계하였다. 뿐만 아니라, 휴대용기기에서 강조되는 충격에 대한 지지력을 높이기 위해서 등가 질량을 낮추는 방향으로 설계하였다. 서스펜션의 강성과 디스크 진동을 고려한 동특성 해석을 통하여 Type A 슬라이더가 좀 더 나은 성능을 보임을 확인하였다.

후 기

이 연구는 한국과학재단(R11-1997-042-11000-0) 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Song, K. B., et.al. 2003, "Fabrication of a High-throughput Cantilever-style Aperture tip by the use of the Bird's-beak Effect", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 42, pp. 4353~4356.
- (2) Dufresne M. A. and Menon A. K., 2000, "Ultra-Low Flying Height Air Bearing Designs", IEEE Trans. Magn., Vol. 36, pp. 2733~2735.
- (3) 권순억 등, 2000, "액추에이터 시스템의 수학적 모델을 이용한 HDD공기 베어링 슬라이더의 동특성 해석", 한국소음진동공학회, 춘계학술대회논문집, pp. 485~491.
- (4) Lu S. and Bogy D. B., 1996, "Air Bearing Design, Optimization, Stability Analysis and Verification for Sub-25 nm Flying", IEEE Trans. Magn., Vol. 32, pp. 103~109.
- (5) Jasbir S. Arora, 2001, "Introduction to optimum design", McGraw-Hill, New York, USA.