

초소형 광디스크 드라이브용 관성 래치 설계

Inertia Latch Design for Micro Optical Disk Drives

김 유 성* · 김 경 호* · 이 승 엽[†] · 유 승 현** · 김 수 경**

Y. Kim, K. H. Kim, S.-Y. Lee, S. H. Yoo and S.-K. Kim

(2003년 6월 2일 접수 : 2004년 3월 16일 심사완료)

Key Words : Inertia Latch(관성래치), Single Spring Inertia Latch(싱글 스프링 관성 래치), Micro Optical Disk Drive(초소형 광디스크 드라이브), Shock Test(충격 테스트), Load/Unload(로드/언로드), Contact Start Stop(접촉 구동 방식)

ABSTRACT

Dynamic Load/unload (L/UL) mechanism is an alternative to the contact start stop (CSS) technology which eliminates stiction and wear failure modes associated with CSS. Inertia latch mechanism becomes important for mobile disk drives because of non operating shock performance. Various types of latch designs have been introduced in hard disk drives to limit a rotary actuator from sudden uncontrolled motion. In this paper, a single spring inertia latch is introduced for a small form optical disk drive, which uses a rotary actuator for moving an optical pick-up. A new small inertia latch with single spring is designed to ensure both feasible and small size. The shock performance of the new inertia latch is experimentally verified.

1. 서 론

현재 다양한 형태의 휴대용 전자기기의 저장장치로 플래시 메모리와 더불어 1인치 하드디스크 드라이브가 사용되고 있다. 이와 더불어 최근에는 기가 바이트급(GB)의 대용량 정보저장 능력을 지니면서 CD와 같이 착탈이 가능하고, 가격도 저렴한 초소형 광디스크 드라이브에 대한 필요성이 대두되고 있다.

현재 대기업을 중심으로 1인치 디스크를 사용하는 초소형 광디스크 드라이브에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.^(1,2) 기존의 CD나 DVD 드라이브 형태

인 슬레드(sled) 액추에이터 방식을 유지하며 크기를 줄이고자 하는 연구뿐만 아니라 하드디스크 드라이브의 스윙암(swing-arm) 액추에이터 및 공기 부상을 채택하는 연구도 진행되고 있다. Fig. 1은 LG전자가 개발중인 스윙암 액추에이터를 사용하는 1인치 광디스크 드라이브의 개략도를 보여준다.⁽¹⁾

스윙암 형태의 초소형 광디스크 드라이브는 휴대용 저장장치이기 때문에 충격과 마모로 인한 디스크 손상이 발생하는 contact start-stop(CSS) 방식을 피하고 로드/언로드(load/unload) 방식을 이용하는 것이 필수적이다. 기존의 CSS 방식에 비하여 로드/언로드 방식이 가지는 장점을 정리하면 다음과 같다.^(3,4,5)

- 비작동시 발생하는 충격 대응력을 증가시킬 수 있다.
- 디스크와 헤드 사이에 발생하는 점착과 마모를 제거할 수 있어 디스크 표면 코팅 두께를 줄일 수 있다.
- 헤드가 비작동시 로딩 상태로 있을 때 전력이

† 책임저자 : 정희원, 서강대학교 기계공학과

E-mail : sylee@sogang.ac.kr

Tel : (02) 705-8638, Fax : (02) 712-0799

* 서강대학교 기계공학과 대학원

** LG전자 Digital Media 연구소

필요 없어 소비 전력을 줄일 수 있어 휴대용 장치 적용에 적합하다.

- 헤드가 낮은 부상 높이를 가질 수 있어 기록 밀도를 증가시킬 수 있다.
- CSS 방식에서 필요했던 헤드 머지 작동(head merge operation)이 필요 없어 조립이 쉽다.

로드/언로드 방식을 사용한 초소형 디스크 드라이브의 경우 비작동시 임의의 충격으로 액추에이터가 디스크에 떨어져 헤드와 디스크의 접촉으로 인해 발생할 수 있는 기록의 손상을 막기 위한 장치가 필요하게 된다. 이를 위한 기계적 장치를 래치라 하며, 로드/언로드 방식의 개발에 있어 중요한 설계 요소이다. 따라서 본 논문에서는 스윙암 액추에이터 및 로드/언로드 방식을 채용한 초소형 광디스크 드라이브에 적용하기 위한 관성 래치의 개발을 목표로 한다.^(6,7,8)

2. 래치 종류 및 방식

현재 사용되는 래치 중에서는 기존의 CSS 방식의 3.5인치 하드디스크 드라이브에서 자석 래치가 가장 널리 사용되고 있으며, 래치의 종류 및 방식을 정리하면 다음과 같다.⁽⁵⁾

2.1 자석 래치

자석 래치(magnet latch)의 작동 원리를 살펴보면,

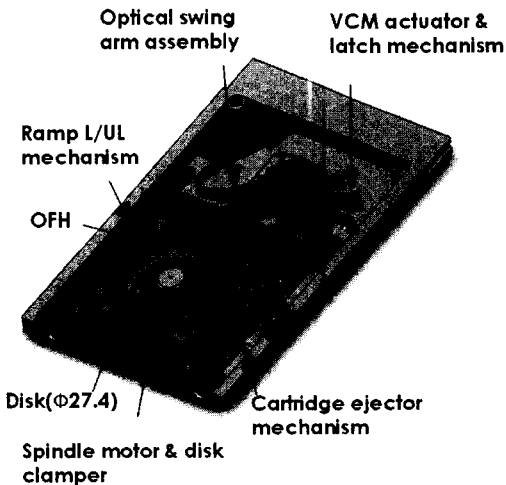


Fig. 1 LG Small Form Factor Optical Drive⁽¹⁾

비작동시 래치에 붙어 있는 자석을 이용하여 액추에이터를 구속하게 되며, 시스템이 작동시 보이소 코일 모터(VCM)에서 발생하는 초기 작동 힘을 이용하여 언래칭하는 단순한 구조를 가지고 있다. 이러한 단순한 구조 때문에 많이 사용되고 있으나 자력이 너무 세게 되면, 작동시 VCM에서 발생하는 작동 힘으로 언래칭할 수 없고, 너무 약하면 충격에 취약하다는 단점을 가지고 있다. 또한 서보 제어가 어렵다는 단점을 가지고 있다.

2.2 공기 유동 래치

공기 유동 래치(air flow latch)의 작동 원리를 살펴보면, 비작동시 스프링 힘이 잠금 장치에 작용하여 액추에이터를 구속하며, 작동시 디스크 회전으로 인해 발생하는 공기 유동이 블레이드에 작용하게 되고, 이 힘이 스프링 힘보다 크게 되어 잠금 장치를 풀어주는 구조를 가졌다. 그러나 큰 공간이 필요하다는 문제점으로 인해 초소형 장치에 적합하지 못하다.

2.3 솔레노이드 래치

솔레노이드 래치(solenoid latch)의 작동 원리를 살펴보면, 비작동시 스프링 힘이 잠금 장치에 작용하여 구속하며, 작동시 솔레노이드에 의해 발생하는 전력이 스프링 힘보다 크게 되어 잠금 장치를 풀어주어 언래칭하는 구조를 가졌다. 그러나 큰 공간이 필요하다는 문제점으로 인해 초소형 장치에 적합하지 못하다.

2.4 관성 래치

자석 래치는 자력보다 큰 충격이 장치에 가해졌을 경우, 래치의 기능을 하기 힘들다는 치명적인 단점을 지니고 있다. 그러나 관성 래치(inertia latch)는 자석 래치에 비하여 기계적 설계가 복잡하다는 단점에도 불구하고, 큰 충격과 넓은 범위의 충격에 대응할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서 지금까지 로드/언로드 방식의 디스크 드라이브에 사용하기 위해 연구되어진 각각의 관성 래치의 작동 원리를 알아보면 다음과 같다.

(1) 싱글 레버 래치

회전 가속도에 대응하는 싱글 레버 래치(single lever latch)를 Fig. 2에 나타내었다. 액추에이터와 관성 래치는 각각 일정한 충격(linear shock)에 의한 회전 운동을 없애기 위해 피벗 점에서 무게 중심을

가진다. 시계 방향 충격이 드라이브에 작용할 때, 관성 래치와 액추에이터는 드라이브 기준으로 반시계 방향으로 회전하게 되어 액추에이터를 구속한다. 래치와 액추에이터 구속은 회전 관성(rotational inertia)과 피봇 마찰력, 바이어스 힘(bias force), 후크 형상과 후크 각도, 피봇으로부터의 거리, 제작 공차 등에 의존한다. 반시계 방향 충격이 드라이브에 작용할 때, 래치와 액추에이터는 드라이브 기준으로 시계 방향으로 회전하며 래치는 안착점에 머물게 된다. 이 경우, 액추에이터는 크래쉬 스톱으로부터 리바운드되어 관성 래치로 구속할 수 없게 되는 문제가 있다.

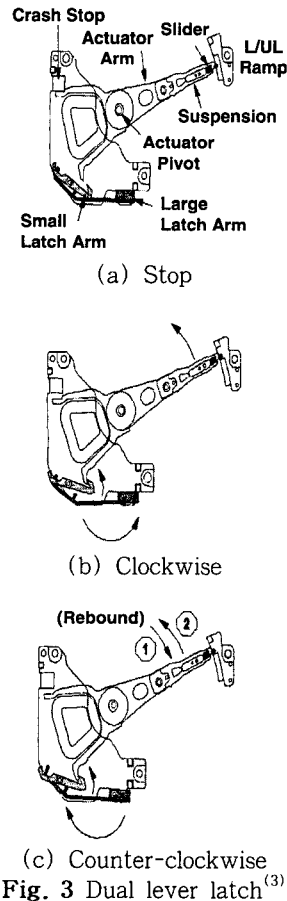
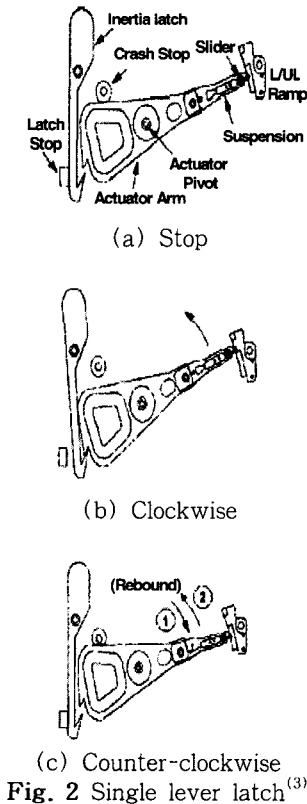
(2) 듀얼 레버 래치

반시계 방향 충격이 드라이브에 작용할 때, 싱글 레버 래치에서 발생하는 액추에이터의 리바운드 문제를 해결하기 위한 것이 듀얼 레버 래치(dual lever latch)이며, Fig. 3에 나타내었다. 반시계 방향 충격이 드라이브에 작용할 때, 작은 레버는 더 큰 회전을 가지는 큰 레버에 의해 밀리게 되고, 액추에이터를 구속하기 위해 반시계 방향으로 회전한다. 따라서 양방향의 회전 충격에 대해 래칭 기능이 잘 수행되

며, 지금 상용화되고 있는 로드/언로드 드라이브 대부분에 채택되고 있다. 그러나 부품수가 많고, 큰 공간을 차지하기 때문에 휴대용 정보저장기에 있어서 제약 조건으로 발생한다.

(3) 싱글 양방향 래치

싱글 양방향 래치(single bi-directional latch)는 듀얼 레버 래치의 장점만을 선택적으로 받아들여 부품수를 줄인 디자인으로 Fig. 4에 나타내었다. 작동 원리를 보면, 작동시 자력에 의해 래치를 안착점에 잡아두고 액추에이터가 로딩하게 된다. 시계와 반시계 방향으로 충격이 드라이브에 작용할 때, 래치의 회전 관성에 의해 액추에이터를 구속하게 된다. 그러나 임의의 충격에 대해서 래치가 안착되기 전에 회전 방향의 충격이 드라이브에 가해지게 되면, 래치의 후크가 걸리지 않게 되는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 문제로 인해 완벽한 래치의 기능을 기대할 수 없다.



(4) IR 양방향 싱글 레버 래치

IR 양방향 레버 래치(impact rebound bi-directional single lever latch)의 작동 원리를 살펴보면, 액추에이터와 래치의 무게 중심이 각각 피봇 중심에 위치하여 일정한 충격에는 회전 운동이 발생하지 않게 된다. 그리고 시계 방향의 충격이 드라이브에 작용할 때, 액추에이터와 래치는 각각 반시계 방향으로 회전하게 되며 액추에이터는 래치의 후크에 걸리게 된다. 또한, 반시계 방향의 충격이 드라이브에 작용할 때, 액추에이터와 래치가 각각 시계 방향으로 회전하기 시작하며 액추에이터의 꼬리 부분이 래치의 후크를 치는 순간 래치는 반시계 방향으로 돌게 되어 래

치의 후크 부분이 래칭을 유지하게 된다. 따라서 임의의 충격에 대해서 래치의 기능을 잘 수행할 수 있게 된다. 그리고 드라이브가 작동할 때, 바이어스 스틸이 보이스 코일 모터 자석에 의한 자력에 의하여 크래쉬 스톱으로 당겨 지게 되고, 그 때 래치 후크는 열려있는 상태를 유지하게 되어 액추에이터가 작동하게 된다. Fig. 5는 IR 양방향 싱글 레버 래치를 나타내고 있다.

3. 모델링

기존의 하드디스크 드라이브에서 사용된 자석 래치의 메커니즘으로는 초소형 광디스크 드라이브에서 요구하는 래치의 기능을 제대로 수행할 수 없고, 휴대용이라는 것을 감안하여 전력 소모가 적도록 설계하여야 하기 때문에 새로운 래치 메커니즘이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 다양한 형태의 모델 설계 및 검증 작업을 거쳐서 다음과 같은 스프링을 사용한 싱글 스프링 관성 래치 모델을 제안하였다.

3.1 싱글 스프링 관성 래치

본 논문의 래치는 기존의 래치 방식이 가지고 있는 문제점을 수정·보완하며, 하드디스크 드라이브와 달리 디스크를 탈착한다는 초소형 광디스크 드라이브의 특성 때문에 비작동시 디스크가 없는 경우에 래치가 어떠한 임의의 충격에 대해서도 액추에이터를 구속하고 있어야 한다는 제약 조건을 만족해야 한다. 따라서 기구적인 접근 방법과 스프링을 이용하여 이러한 문제들을 해결하고자 하였다. Fig. 6은 본 논문에서 제안된 싱글 스프링 관성 래치(single spring inertia latch)를 나타내고 있다.

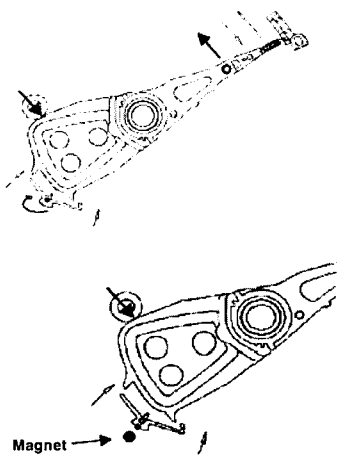


Fig. 4 Single bi-directional latch⁽⁹⁾

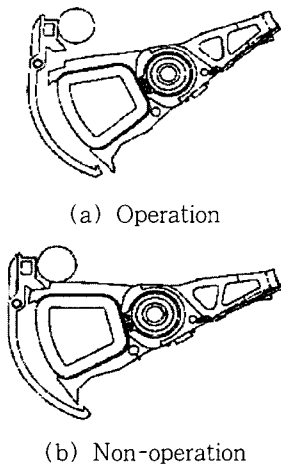


Fig. 5 Impact Rebound bi-directional single lever latch⁽⁹⁾

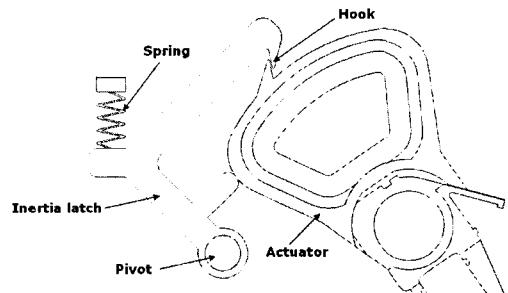


Fig. 6 Single spring inertia latch

싱글 스프링 관성 래치의 작동 원리를 살펴 보면, 액추에이터가 안착점에 있는 경우, 래치가 스프링과 연결되어 래치의 후크 부분이 항상 액추에이터를 잡고 있는 상태를 유지하게 된다. 또한, 반시계 방향의 충격이 드라이브에 작용할 때, 액추에이터는 시계 방향으로 회전하게 되며 래치의 후크에 걸리게 된다. 반대로 시계 방향의 충격이 드라이브에 작용할 때, 액추에이터가 반시계 방향으로 회전하기 시작하며 액추에이터의 턱 부분이 래치를 밀게 되어 래치는 위로 들어 올리며 스프링의 복원력에 의하여 액추에이터가 빠져나가는 속도보다 빠른 속도로 안착점에 돌아와서 액추에이터가 빠져나가는 것을 막아준다. 한편, 액추에이터가 작동시 액추에이터가 안착점에서 뒤로 움직이기 시작하여 액추에이터의 턱 부분이 래치를 위로 들어 올린 후 스프링의 복원력에 의하여 래치의 후크 부분이 안착점으로 돌아오는 시간보다 빠르게 작동하여 액추에이터가 로딩하게 된다.

본 싱글 스프링 관성 래치는 상용화된 초소형 하드디스크 드라이브인 IBM의 microdrive에 장착된 래치보다 부품 수를 줄이고 크기를 획기적으로 줄인 장치이다. 따라서 이는 1인치 하드디스크 드라이브보다 드라이브 내부의 공간이 없는 1인치 광디스크 드라이브에 적합한 구조라 할 수 있다.

3.2 스프링 상수 계산

본 논문의 싱글 스프링 관성 래치는 기존 방법과 달리 스프링을 사용하기 때문에 작동 조건을 만족하는 스프링 상수를 설계할 필요가 있으므로 다음과 같이 스프링 상수 값을 수치적으로 계산하였다. 우선 초소형 광디스크 드라이브의 물성치 중에서 계산에 필요한 래치의 물성치를 정리하면 Table 2와 같다.

식 (1)을 이용하여 중심에서 벗어난 관성 모멘트는

$$I_0 = I_G + Md^2 \quad (1)$$

로서 계산하면 $I_0 = 0.0505 \text{ kgmm}^2$ 이다. 그리고 래치의 각가속도를 구하면, $\alpha = a/r = 18864 \text{ rad/s}^2$ 이다. 스프링 상수 값을 구하기 위해 다음 식을 이용한다.

$$F = I_0\alpha/r = kx \quad (2)$$

이로부터 제안된 관성 래치에 사용되는 적절한 스프링 상수는 대략적으로 35.5 N/m임을 계산할 수 있다

4. 실험 검증

실제 제작에 있어 제작 공정과 관성 모멘트를 고려하여 래치의 길이를 결정하였다. 또한, 실제 초소형 광디스크 드라이브에는 스윙암 방식에 의해 upper yoke가 들어가고 yoke를 지지할 피봇이 존재하게 된다. 따라서 이것으로 인해 발생하는 제한 요소를 피하여 설계해야 하기 때문에 좀 더 큰 회전 관성 모멘트를 얻기 위해 래치의 길이를 많이 늘릴 수 없는 제한 요소가 발생하였다. 따라서 실제 가능한 제한 요소를 만족하면서 수치적으로 얻을 수 있는 최적의 스프링 상수를 얻을 수 있도록 설계하였다. 또한, 초소형 드라이브임을 감안하여 간단한 구조와 적은 부품 수를 가지면서 가능한 적은 공간을 차지할 수 있도록 설계하였다. 또한 래치의 후크는 액추에이터와 잘 구속되도록 해야 하며, 너무 큰 각도의 래치 후크 각도를 주었을 경우 잘 빠져나오지 못하게 되어 최적의 후크 각도를 찾기 위해 I-DEAS 모델링 작업과 Working Model을 이용한 동특성 작업을 계속 수행하여 가장 잘 작동되는 래치의 후크 각도를 구하였으며, 실험 결과는 다음과 같다.

4.1 회전 충격 실험

1차 실험에서는 래치의 작동 가능성과 충격에 대한 구속 기능을 대략적으로 알아보기 위한 검증 실험을 수행하였으며, Fig. 7은 실제 제작한 초소형 광디스크 드라이브의 시제품을 나타내고 있다.

Table 2 Numerical data used for the calculation

Notations	Description	Numerical data
V	Voltage	2.4 V
a	Acceleration	10.3 G/V
r	Rotating radius	23.4 mm
ρ	Density	$2.77 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
M	Mass	$0.321 \times 10^{-3} \text{ kg}$
I_G	Inertia moment	0.0189 kgmm ²
d	Distance	9.9147 mm
x	Spring displacement	0.2 mm

Fig. 8과 9는 실제 제작한 래치의 작동과 시계 방향과 반시계 방향에 대한 충격 실험을 나타내고 있다.

1차 실험을 통해 충격에 대한 락킹 기능은 잘 수행되지만 작동시에 액추에이터가 빠져나오지 못하고 래치에 걸리는 경우가 가끔 발생하였다. 이러한 작동시 발생하는 불안 요인은 액추에이터에 연결되어 있는 PCB 케이블의 탄성력과 피봇의 마찰로 인한 오차 등에 의해 실제 요구되는 스프링 상수 값과 수식

에 의해 계산된 스프링 상수 값과는 약간의 차이를 보이기 때문이다. 따라서 작동시 발생하는 불안 요인을 제거하고 래치 기능을 잘 수행할 수 있는 최적 조건을 맞추기 위해 스프링의 길이를 미세하게 조절할 수 있는 장치부를 주었다. 이 조절부를 통해 장치에 대한 최적 조건을 맞추어줌으로써 작동과 충격에 대해 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다. 따라서 1차 실험을 통해 래치 성능을 확인하였고, 2차 실험을 통해 휴대용 장치로써 요구되는 정량적 충격 실험을 수행하였다.

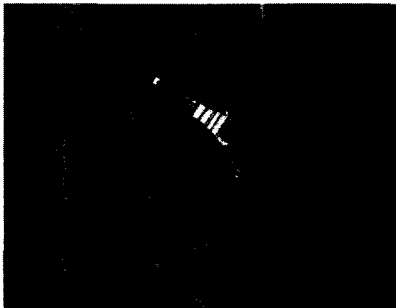
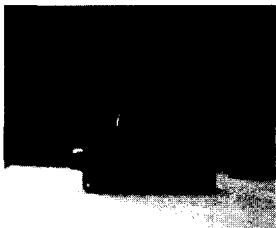
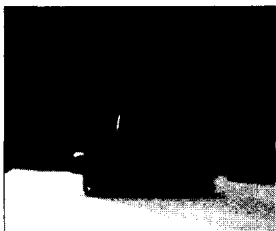


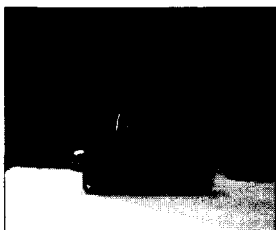
Fig. 7 Photograph of 1 inch micro optical disk drive



(a) Non-operation



(b) Counter clockwise rotation for operation



(c) Actuator loading using time gap

Fig. 8 Operating test

4.2 낙하 충격 실험

2차 실험에서는 충격 실험을 수행하였으며, Fig. 10은 충격 실험을 위한 실험 장치를 나타내고 있다.

2차 실험에서는 정량적인 충격 실험을 하기 위하여 실험 기준을 정하여 높이와 각도에 따른 실험을 수행하였다. 그리고 충격이 가해졌을 때, 드라이브의 작동을 보기 위해서 1초당 1024 프레임을 촬영할 수 있는 CCD 고속 카메라를 이용하여 촬영하였다.

실험은 시계 방향과 반시계 방향에 대해 수행되었으며, 신뢰성을 확보하기 위해 각각 높이에 대해 20회 반복 실험을 하였다. 또한, 휴대용이라는 특성을 고려하여 사람의 어깨 높이 정도인 1m를 기준으로



(a) Clockwise



(b) Counter clockwise

Fig. 9 Shock test

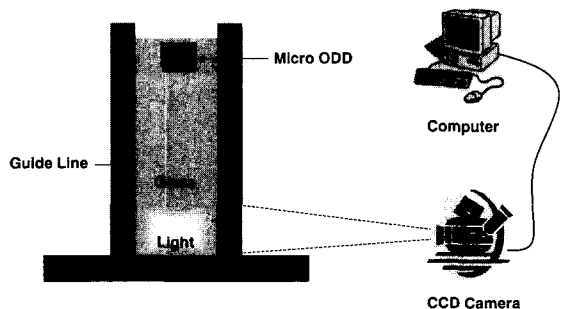


Fig. 10 Experimental set up

Table 3 Shock test results by the height
(CW: Clockwise, CCW: Counter clockwise)

Height	0.5m		1.0 m		1.5 m	
Direction	CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW
Accept	20	20	20	19	19	18
Failure	0	0	0	1	1	2

Table 4 Shock test results by the angle

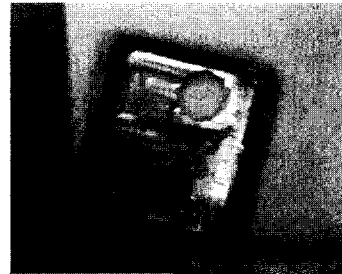
Height	0.5 m		1.0 m		1.5 m	
Angle	-45°	45°	-45°	45°	-45°	45°
Accept	20	20	20	20	20	20
Failure	0	0	0	0	0	0

3가지 높이로 구분하여 실험하였다. 또한, 실험의 바닥은 일반적인 충격 상황을 고려하여 콘크리트 바닥에서 수행되었다. 그리고 충격시 드라이브를 촬영하기 위해 앞·뒤로 구속을 주어 튀어 나가는 것을 방지하였고, 앞면은 촬영을 위해 유리로 제작하였다.

Table 3과 4는 높이와 각도에 따라 충격 실험하였을 때 래치의 작동 특성을 나타내고 있다. 이 결과, 낮은 높이에서는 좋은 성능을 보이고 있으나 1.5 m로 낙하 높이가 올라가면서 20회 중 1~2회 정도의 실패가 나오고 있다. 이것은 래치 자체의 문제점이라기보다는 치수적으로 정밀한 정보 기기의 특성상 여러 번의 충격으로 인해 래치와 액추에이터를 포함한 기기의 손상이 일어나 그로 인한 실패라고 보는 것이



(a) After drop, shock with concrete



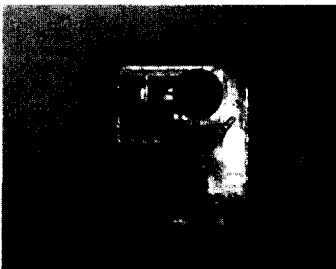
(a) After drop, shock with concrete



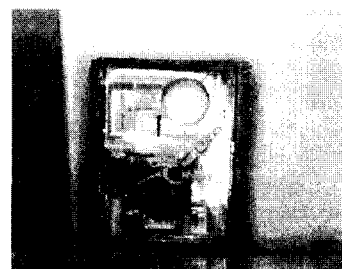
(b) After shock, rebound



(b) After shock, rebound



(c) Latching a arm of actuator



(c) Latching a arm of actuator

Fig. 11 Clockwise shock test

Fig. 12 Counter-clockwise shock test

더 타당하다고 할 수 있겠다. 이러한 이유는 실패 후에 다시 드라이브를 한번 점검하고 실행하게 되는데, 이 경우 다음 회수의 충격 테스트에서는 좋은 성능을 보이기 때문이다. 따라서 몇 번까지 실패없이 래치의 기능을 보장할 수 있는가에 대한 실험의 필요성도 있을 것으로 보인다.

Fig. 11은 시계 방향에 대한 충격 모습을 촬영한 것을 나타내고 있다. 낙하 후 충돌되고, 다시 리바운드되어 충돌되는 모습을 보이고 있으며, 이 상황에서 래치가 액추에이터를 구속하고 있는 것을 볼 수 있다.

Fig. 12는 반시계 방향에 대한 충격 모습을 촬영한 것을 나타내고 있다. 시계 방향에 대한 충격과 같이 낙하 후 리바운드 현상이 일어나도 래치가 구속되어 있는 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 스윙암 형태의 초소형 광디스크 드라이브에 사용되는 초소형 관성 래치를 개발하였다. 초소형 저장기기 및 양산 가공비를 고려하여 부품 수가 적고 단순한 구조를 가지며 적은 공간을 차지하는 싱글 스프링 관성 래치 모델을 제안하였다. 또한 휴대용 환경과 동일한 조건으로 수행한 시계 방향과 반시계 방향 충격 실험에서 모두 우수한 래치 성능을 보임을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 싱글 스프링 관성 래치의 경우, 래치 성능이 스프링 상수 값의 변화에 민감하기 때문에 작동 조건에서 최적화된 상수 값을 보장하도록 한다면 다른 래치에 비해 우수한 성능을 나타낼 수 있을 것이며 휴대용 저장기기에 적합한 래치 모델이라 할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 CISD-LG 산학협력과제 “로드/언로드 마이크로 ODD용 관성래치 개발”의 일환으로 수행되었으며, 관계자 여러분의 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Kim, S., Lee, J., Park, J., Park, G., Lee, J., Lee, C., Son, D., Kim, J.-Y., Kim, S.-H. and Yee, Y., 2003, "PCMCIA-like Ultra Small Form Factor Optical Drive," Proceedings of Optical Data Storage 2003, pp. 5~13.
- (2) van der Aa, M. A. H., Penning, F. C., Braun, A. L., Schleipen, J. J. H. B., Hendriks, B. H. W., van As, M. A. J., Verberne, H. R. M., Meftah, M., Liedenbaum, C. T. H. and Bierhoff, W. C. J. 2003, "Highly Miniaturised Prototype Optical Drive for Use in Portable Devices," Proceedings of Optical Data Storage 2003, pp. 1~4.
- (3) Albrecht, T. R., Sai, F., 1999, "Load/Unload Technology for Disk Drives," 1999, IEEE Transactions on magnetics Vol. 35, pp. 857~862.
- (4) Suk, M., Albrecht, T. R., 2002, "The evolution of load/unload technology," Microsystem Technologies Vol. 8, pp. 10~16.
- (5) Suk, M. 1999, "Head-Disk Interface: Migration from Contact-start-stop to Load/Unload" 한국소음진동공학회논문집, 제 9 권, 제 4 호, pp. 643~651.
- (6) www.ibm.com
- (7) 김수경, 김진홍, 이승엽, 최영진, 2002, "정보저장기기의 기초와 응용," 홍릉과학출판사, pp. 25~48.
- (8) 이승엽, 1998, "하드디스크 및 광디스크 드라이브의 개발 동향과 기계적 진동의 영향", 한국소음진동공학회논문집, 제 8 권, 제 5 호, pp. 784~798.
- (9) Byun, Y., Kang, J., Chang, V., Sharma, H., and Lee, J., 2002, "Impact Rebound Type Inertia Latch for Load/Unload Technology," Microsystem Technology Vol. 8, pp. 37~40.