

# 하이브리드형 광픽업 액추에이터의 고온특성 Characteristics of Hybrid Optical Pickup Actuator at High Temperature

이진원\* · 김광\*\* · 정영민\*\* · 김대환\*\*

Jin-Won Lee\*·Kwang Kim\*\*·Young-Min Cheong\*\*·Dae-Whan Kim\*\*

Key Words : Pickup Actuator(픽업액추에이터), Hybrid Blade(복합블레이드), Thermal Management(열제어)

## ABSTRACT

A new type actuator has been designed and investigated to overcome thermal problems in slim optical disc drive which is adopted in mobile storage devices. Recently, in optical storage device technical trends, the size of optical disc drives is slimmer to adopt notebook computer and the spindle rotate velocity is faster to achieve high transfer rate and the power of actuator is higher to perform tilting, etc. However, these trends of optical disc drives tend to raise the environment temperature of drives, actuator power and parts temperature. Moreover, it is more difficult to remove the heat inside a drive and the temperature of an actuator increases and drive slims. As a result, increase of surface temperature of actuator body caused that second resonance of an actuator moves down to a lower frequency band and the performance of optical parts also deteriorates. Especially objective lens, coil and magnet of the actuator parts are easily damaged. To manage these thermal problems, in this paper an actuator with a hybrid blade, which is composed of vectra which has low thermal conductivity and magnesium which has high thermal conductivity, has been suggested and verified. Despite the high temperature environment, the proposed actuator showed good dynamic performance.

## 1. 서론

최근의 저장 장치들은 휴대 특성, 고배속 및 높은 데이터 전송률과 데이터 기록 기능을 갖는 저장기기로 발전되고 있다. 이와 같은 경향은 광디스크 저장장치도 마찬가지이며 이에 드라이브의 소형화와 액추에이터의 고감도화 및 3 축 구동(포커스, 트랙, 틸트) 등을 필요로 하게 되었다. 이와 같은 성능의 향상과 더불어 휴대성 확보를 위한 드라이브의 소형화는, 드라이브내의 환경온도와 액추에이터 자체의 코일 발열량을 높이게 되었다. 이러한 고온 온도 조건은 광픽업 액추에이터가 고온 환경에서도 강인한 특성을 갖는 설계를 요구하게 되었다. 특히 액추에이터의 블레이드(보빈)는 코일발열로 인하여 자체의 온도가 상승시, 강성(Elastic Modulus, Young's Modulus) 특성이 열화되어 자체 공진 주파수가 저역으로 이동하는 현상이 발생하여 게인 및 대역 확보(gain margin and servo bandwidth)가 어려워지며, 블레이드의 각 부품(대물렌즈, 코일 등)의 손상을 발생하게 하였다.

본 논문에서는 액추에이터의 열특성을 파악하기 위하여, 액추에이터의 열에 의한 열화정도를 측정

및 시뮬레이션을 이용하여 그 정도를 확인하였으며, 이에 대한 대책으로, 게인 확보 및 주파수역 확보를 위하여 고온에서 강성의 변화가 적어 열에 강인한 특성을 갖으며, 열전도도가 우수하여 코일에서 발열된 열을 주변부위로 방출하여 코일을 보호할 수 있는 마그네슘 재질로 만들어진 블레이드의 채용을 제안하였다. 그러나 블레이드 전체를 마그네슘으로 채용할 경우, 코일 발열량을 블레이드 주변부위로 빠르게 전도 시키므로 그 전도열에 의하여 대물렌즈의 코팅막 손상과 열변형으로 인한 수차의 발생을 야기하여, 이로 인하여 미디어의 정보를 수집할 수 없게 하는 문제점이 발생한다. 따라서 대물렌즈 주위로는 열의 전도를 막을 수 있는 열전도도가 낮은 백트라로 이루어진 블레이드를 복합적으로 구성한 하이브리드형으로 개발된 블레이드를 채용하여 대물렌즈를 보호할 수 있도록 하였다.

## 2. 액추에이터의 열특성

### 2.1 액추에이터 발열 특성 측정

액추에이터의 발열특성 및 액추에이터의 각 부위에서 발열정도를 파악하기 위하여 써모커플(Thermo-couple wire, K-type)을 이용하여 온도를 측정하였다. 입력은 각 방향(포커스 및 트랙)으로 DC Offset 이 가장 크게 발생하는 경우로 파워를

\* 삼성전자(주), Digital Media 연구소  
E-mail : jinwon@samsung.com  
Tel : (031) 200-3868, Fax : (031) 200-3144

\*\* 삼성전자(주), Digital Media 연구소

결정하였다. 최근에는 틸트 기능이 추가되며, 드라이브가 슬림화 되므로 블레이드에서 발열되는 온도 및 환경온도는 더욱 상승하는 조건이 될 것이다. 다음의 Fig.1 은 전형적인 비대칭 슬림 액추에이터의 형상 및 발열 측정 위치를 나타낸 실물 사진이며, Fig.2 는 각 부위에서 코일 발열에 의한 온도를 측정 결과이다.

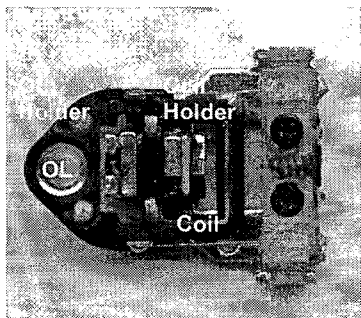


Fig.1 Typical Asymmetric Slim Actuator

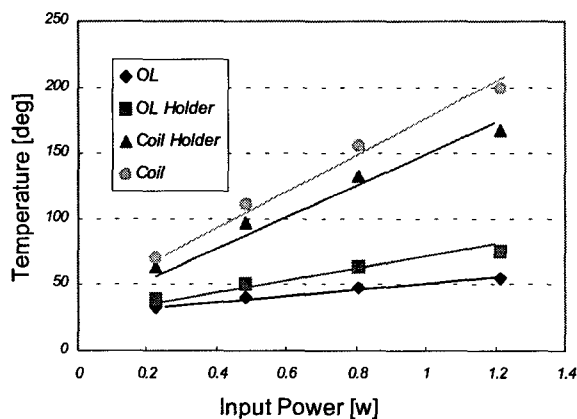
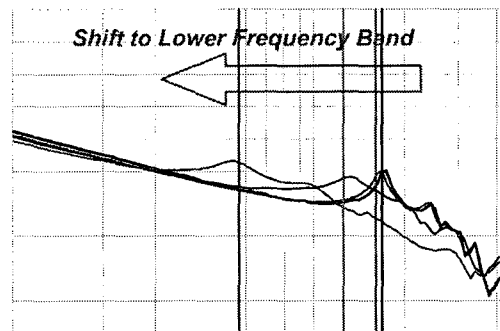


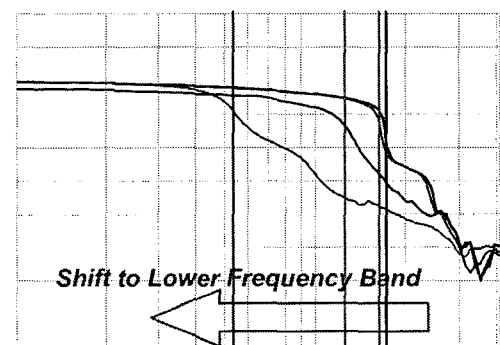
Fig.2 Actuator Parts Temperature

Fig.2 에서 각 액추에이터 부위에서의 발열 온도를 확인할 수 있다. 특히 코일 주위를 감싸고 있는 블레이드(보빈)의 경우 발열 온도는 100°C 이상으로 측정되고 있다. 또한 코일의 경우 발열 온도 절연막의 손상과 Bonding 막의 손상이 예상된다. 그러나 Objective Lens(OL) 주위는 상대적으로 낮은 온도로 측정되고 있다. 벡트라는 열전도도가 매우 낮은 재질이므로 자체 특성으로는 방열 구조체가 될 수 없으며, 코일에서 발열되는 열을 주위로 미소한 양을 전도하게 된다. 또한 벡트라 특성상 열에 대한 강성의 변화 정도(의존도)가 크므로 액추에이터의 발열이 크게 발생하는 조건에서는 강성의 열화가 크게 발생된다. 벡트라의 강성의 열화는 블레이드의 공진 주파수 대역을 낮추는 원

인이 된다. 다음의 Fig.3 은 블레이드의 온도를 실험적으로 상온으로부터 100°C ~ 150°C 까지 순차적으로 높인 후에 측정된 포커스 방향의 공진 모드이다. 블레이드 온도가 150°C 수준인 경우 공진 주파수는 거의 상온상태의 40% 정도의 대역으로 이동되고 있다.



(a) Gain Bode



(b) Phase Bode

Fig.3 2<sup>nd</sup> Resonance Frequency Measurement

## 2.2 액추에이터 발열 특성 규명

상온(25°C)으로부터 블레이드 온도가 고온(Δ100°C)으로 상승하는 경우 공진 주파수는 60% 이상 감소하였다. 이것은 액추에이터 코일이 가열되는 경우 블레이드의 강성이 변화하며, 이에 따라서 고유 진동 특성도 고온 환경에서는 상당히 열화될 수 있음을 보이는 것이다. 이러한 현상을 본 절에서는 이론적으로 규명하였다.

다음의 Fig.4 는 블레이드 재질로 이용되고 있는 고강성 플라스틱 계열의 재질인 벡트라(vectra A-130)의 주위환경온도에 따른 강성의 변화 정도를 나타내고 있는 선도이다. 온도가 110°C 정도로 상승할 경우 강성은 거의 상온상태에 비하여 25% 이하로 떨어지는 것이 확인되고 있다.

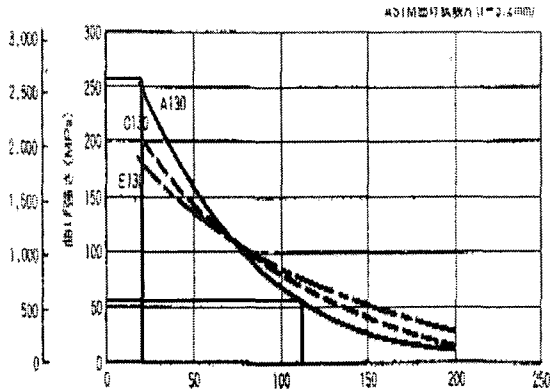


Fig.4 Young's Modulus vs. Temperature

Fig.5 는 코일 발열조건에 따른 블레이드의 발열 온도의 시뮬레이션 결과 이다. 블레이드는 코일 주위 및 렌즈 홀더 부위, 렌즈와 코일의 중간부위로 나뉘어서 발열 특성을 보이고 있다. 즉 코일 주위의 고온부와 대물렌즈 주위부의 저온부 및 그 사이의 중온부로 임의로 구분토록 하였다. 시뮬레이션은 TMG 열 해석 모듈을 이용하였다.

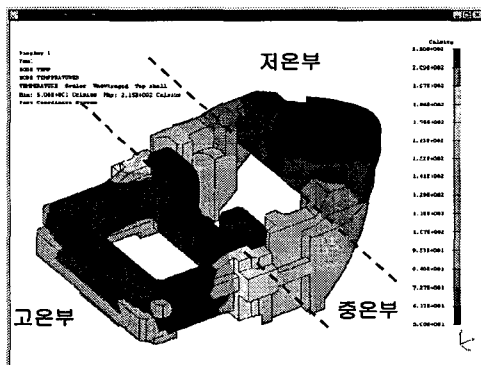


Fig.5 블레이드의 발열 정도(코일=0.7W)

시뮬레이션 결과를 이용하여 강성이 온도의 함수라 할 경우, 위의 계산되어진 온도를 강성으로 환산한다면, 블레이드는 3 종의 다른 강성값을 가진 재질로 만들어진 액추에이터라 가정할 수 있다. 이에 대한 각각의 2 차 진동 모드 특성을 임의의 블레이드를 설계하여 검증 하였다. 다음의 Table.1 은 블레이드만의 동특성(dynamic performance) 시뮬레이션 결과이다. 발열 온도에 따라서 Fig.4 을 참조하여 열화된 강성을 백분율로 환산 후, 그에 따른 공진주파수가 이동된 값을 정리한 것이다. 코일주위부의 온도의 상승은 전체적인 공진주파수 하락에 지배적인 역할을 하고 있다.

Table.1 2<sup>nd</sup> Resonance Frequency Simulation

Young' s Modulus (상온에 대한 백분율 임)			2 <sup>nd</sup> Resonance Frequency
(저온부) 100%	(중온부) 100%	(고온부) 100%	11.3 kHz
80% (40°C)	60% (55°C)	40% (75°C)	8.13 kHz
70% (45°C)	40% (75°C)	30% (90°C)	7.15 kHz
60% (55°C)	30% (90°C)	20% (120°C)	6.39 kHz
50% (65°C)	20% (120°C)	10% (150°C)	4.73 kHz

### 3. 하이브리드 액추에이터 디자인

#### 3.1 개요

이상에서 살펴본 결과 액추에이터가 작동시에 과열되는 부분은 크게 코일부(고온)와 그 주위부(상대적으로 저온)로 가정할 수 있다. 대부분의 블레이드(보빈)등은 가볍고 절연성이 만족하는 재질로 만들어지나, 이러한 재질은 열전도도가 매우 낮기 때문에 코일에서 발열량을 충분히 방열시키지 못한다. 따라서 코일의 손상과 블레이드의 열화가 예상된다. 이를 방지하기 위하여 열전도도가 매우 높아서 코일의 손상을 막을 수 있으며, 고온에서 블레이드의 강성의 열화를 막을 수 있는 마그네슘 블레이드를 채용하였다. 그러나 코일의 방열 및 고강성 유지를 위하여 열전도도가 높은 재질을 사용할 경우 대물렌즈를 고온에서 보호하기 어렵다. 따라서 여기서는 이를 동시에 만족하는 하이브리드형(복합재질) 블레이드를 설계하였다.

#### 3.2 하이브리드 액추에이터 디자인

다음의 Table.2 는 각 재질의 상온(25°C)에서의 물성치이다. 마그네슘 블레이드의 강도 및 특성은 벡트라 재질에 비하여 상당히 우수하다.

Table.2 Actuator Parts Properties

Parts	코일	대물렌즈	마그네슘 블레이드	벡트라 블레이드
	Cu	-	AZ91D	Vectra A130
열전도도	130W/mk	0.2W/mK	51W/mK	0.41W/mk
강성	117GPa	73GPa	45GPa	250MPa

다음의 Fig.6 는 마그네슘 블레이드와 벡트라 블레이드의 개념도이다.

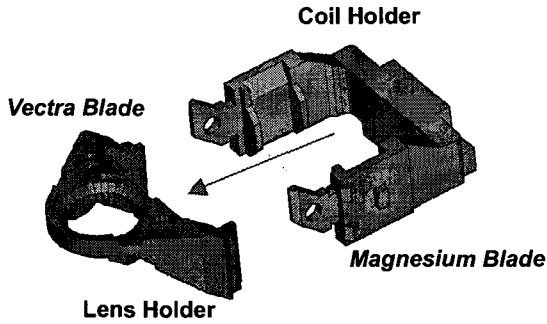
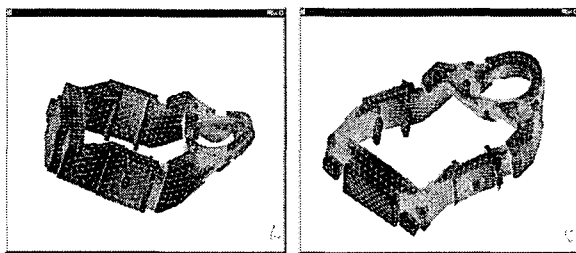


Fig.6 Concept of Hybrid Blade

개발한 액추에이터는 기존의 전형적인 슬림형과는 코일 구조가 다르다. 본 액추에이터는 틸트 기능을 위하여 코일이 추가되었으며, 이는 방열 조건이 좀더 열악해지는 것을 의미한다. 마그네슘 및 벡트라 블레이드는 일체형으로 사출하여 공정을 단순화 하였다. 다음의 Fig.7 은 하이브리드 액추에이터의 포커스 방향 및 트랙 방향의 모드 해석 결과이다. 렌즈 안착부위 및 벡트라 및 마그네슘 블레이드가 맞닿은 접합부위가 특히 취약한 구조를 보이고 있다. 각 모드는 19kHz ~ 23kHz 의 수준에서 발생하고 있다.



(a) Focus Direction (b) Track Direction  
Fig.7 Mode Analysis

## 4. 결과

### 4.1 액추에이터 각 Parts 의 발열 측정

다음의 Fig.8 은 개발한 액추에이터의 실물 사진이다. 각 인덱스는 온도 측정 위치를 표시한다. 인덱스 4 는 코일이다. 포커스, 트랙 및 틸트 코일이 어셈블리 되어있다. 특히 틸트 코일의 추가는 발열원의 열 소스가 증가하며, 환경이 더욱 열악해지는 것을 의미한다.

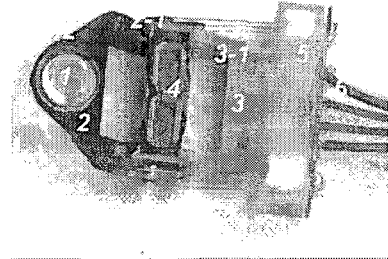


Fig.8 Hybrid Actuator

다음의 Fig.9 는 액추에이터 각 Parts 에서의 열측정 데이터들이다. 코일에서 발열이 액추에이터 주위로 전도되고 있는 것이 확인된다. 특히 열전도율이 높은 마그네슘 블레이드 부위에서의 열의 전도량이 벡트라 블레이드에 비하여 큰 것이 확인되고 있으며, 이에 따라서 대물렌즈 부위로(벡트라 블레이드)의 열전도량은 블레이드의 뒷부분(마그네슘 블레이드)으로의 열전도량에 비하여 적기 때문에 열에 의한 손상을 막을 수 있다. 그래프상에서, 각 부위로의 열전도선의 기울기는 각 재질의 열전도계수와 반비례한다. 코일 입력 파워값은 액추에이터의 감도에 의하여 결정된다.

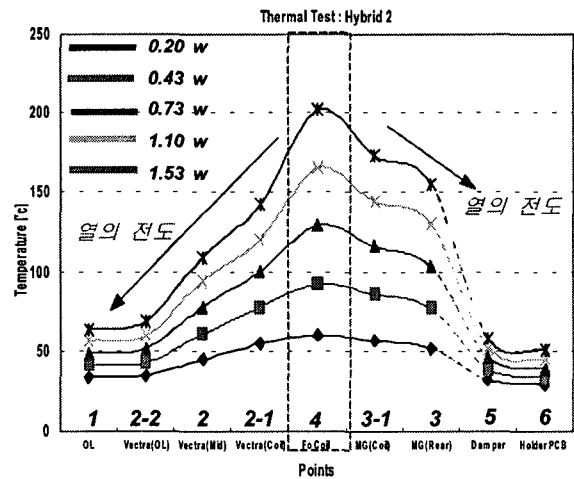


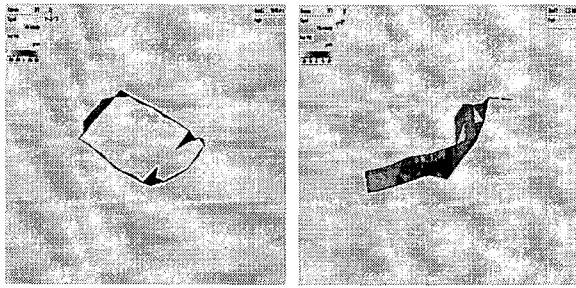
Fig.9 Actuator Parts Temperature Data

열 측정은 입력 값을 0.2w ~ 1.5w 까지 순차적으로 증가 시키면서 각 부위에서 발열되는 온도를 측정하도록 하였다. 특히 Fig.9 의 그래프 상에서 점선으로 표시되는 부위는, 서스펜션 와이어 (suspension wire)를 매개로 하여 전달되는 열량이다. 상당히 미소한 양이 전달되고 있으나, Holder PCB(index 6)로 열이 전도 되고 있음을 확인할 수 있으며, 이 PCB Land 에 서스펜션 와이어가 지지

되므로 고열이 이동할 경우 PCB 의 강성이 변화할 수 있으며, 이에 대한 동특성의 변화를 확인할 필요가 있다. 여기서는 그 양이 크지 않으므로 생략하였다.

**4.2 주파수 특성**

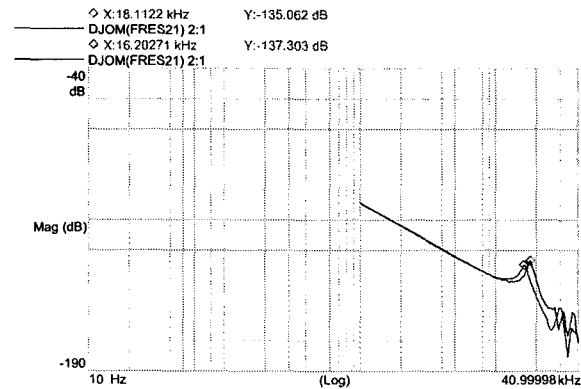
다음의 Fig.10 은 하이브리드 액추에이터 블레이드의 동특성 결과이다. 포커스 및 트랙 방향의 모드는 17.3kHz ~ 18.7kHz 수준으로 측정되고 있다. 시뮬레이션과의 차이는 일체형으로 제작시에 접합부위에서 공극 등으로 인하여 주파수특성이 약간의 열화가 발생하고 있는 듯하다.



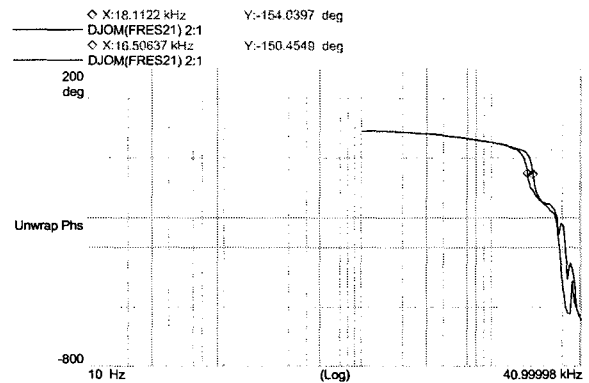
(a) Focusing Direction (b) Tracking Direction  
**Fig.10 Focus & Track Mode**

**4.3 고온 주파수 특성**

다음의 Fig.11 은 포커스방향의 고온 주파수 특성(Bode Graph)이다. Fig.3 과 같은 열화 특성이 거의 발생하지 않고 있다. 입력시 액추에이터 발열 온도는 코일 기준으로 150°C 수준이며 이때 블레이드 발열 온도는 마그네슘 블레이드의 경우 120°C ~ 140°C 정도이고, 벡트라 블레이드의 경우 70°C ~ 80°C 정도가 된다.



(a) Gain Bode



(b) Phase Bode

**Fig.11 Focus Mode Bode Graph**

**5. 결론**

현재의 광드라이브 저장-기록 장치는 소형화 및 데이터 전송률의 고속화 및 휴대특성 확보 등으로 진행되고 있다. 이러한 경향은 드라이브상의 환경 온도의 증가와 액추에이터 자체의 발열량의 증가를 가져왔다. 이러한 현상은 액추에이터에 있어서 각 부품의 손상 및 특히 블레이드 가열로 인한 강성의 하락으로 2 차 공진 모드가 저역으로 이동하는 현상을 발생시켰다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방열 설계를 필수적으로 요구하게 되었다. 그러나 현재의 슬림 액추에이터의 특성 및 구조로는 적절한 방열성능 확보가 난이하여, 액추에이터의 발열 성능 확보를 위하여 단일 재질이 아닌 복합재질로 이루어진 이중구조의 하이브리드형 액추에이터를 제안하였다.

본 논문에서는, 실측과 시뮬레이션으로 확인된 액추에이터상에서의 고온부와 상대적으로 저온부 및 액추에이터 각 부위의 온도 규격을 만족할 수 있도록, 고강성 고방열특성을 갖는 마그네슘합금 및 저전도 특성을 갖는 벡트라 재질의 복합재질로 형성된 하이브리드형 액추에이터를 설계 하여 방열 특성 및 주파수 모드의 이동현상을 방지 할 수 있었다.

**후 기**

해석 및 설계에 도움을 주신 신수호 전문께 감사 드립니다.