

열전달 수치해석에 의한 하이브리드 광픽업 액추에이터의 설계

신수호*, 이진원**, 정영민**, 김광**
 *삼성종합기술원 CSE Center, **삼성전자 DM연구소

Design of the Hybrid Optical Pickup Actuator by Numerical Simulation of Heat Transfer

Suho Shin*, Jin-Won Lee**, Young-Min Cheong**, Kwang Kim**
 *Samsung Advanced Institute of Technology, **Samsung Electronics

Abstract - Recently, in optical storage device technical trends, the size of optical drive is slimmer to adopt notebook computer and the power of actuator is higher to achieve the high transfer rate. However, these trends of optical disc drives tend to increase the temperature of the actuator part, it causes some problems on the performance of optical parts - the resonance frequency of the actuator is down to lower band and the objective lens, coil and magnet are easily damaged. In this study, to overcome these thermal problems, the numerical simulations of heat transfer were performed. As the result of simulations, the thermal characteristic of the hybrid actuator is better than the previous design. And, it shows the good dynamic performance in experiment.

1. 서 론

광픽업 액추에이터는 광디스크의 정보의 기록 및 판독을 위해 렌즈를 이동시키는 장치로써 광디스크 드라이브의 핵심적인 부품 중 하나이다. 최근 광디스크 저장장치들은 고배속 및 높은 데이터 전송율과 데이터 기록 기능을 갖는 추세로 발전하고 있으며, 후대의 편의성을 위해 점차 소형화되는 추세이다. 이 같은 경향에 따라 광디스크 드라이브 장치 내의 온도와 액추에이터 자체의 코일의 발열량은 증가하게 되고, 따라서 광픽업 액추에이터는 고온 환경 내에서도 안정적인 특성을 가질 수 있도록 설계되어야 한다.

특히, 액추에이터의 블레이드는 코일 발열로 인한 온도 상승시 강성 특성이 열화되어 자체 공진 주파수가 저주파수 대역으로 이동하는 현상이 발생하여 액추에이터의 특성이 저하되는 문제점이 발생한다. 또한, 온도 상승은 렌즈의 수차를 유발하여 기록재생 신호를 왜곡하게 되며, 코일을 손상시키게 된다[1].

이진원 등[2]은 액추에이터의 열적 특성을 향상시키는 방안으로써 하이브리드형 광픽업 액추에이터를 제안하였다. 단일 재료로 구성된 기존 액추에이터와는 달리, 하이브리드형 액추에이터는 코일로부터의 방열특성의 향상을 위해 코일 주변은 열전도도가 높은 마그네슘 재료로 구성하고, 렌즈 주변은 수차를 유발하는 온도 상승 방지를 위해 열전도도가 낮은 벡트라 재료로 구성되어 있다.

본 연구에서는 액추에이터 구동시 동반되는 코일에서의 발열에 따른 액추에이터의 온도 변화를 수치해석을 통해 예측하고, 이를 통해 상기의 하이브리드형 광픽업 액추에이터의 열적 특성의 개선효과를 검증하였다. 또한, 제작

된 하이브리드형 액추에이터의 실험을 통해, 기존 구조에 비해 방열 특성이 향상되어, 강성의 변화가 적고 안정적인 주파수 영역이 확보됨으로써 액추에이터의 구동 특성이 향상되었음을 확인하였다.

2. 기존 액추에이터의 열전달 해석

Fig. 1은 전형적인 광픽업 액추에이터의 형상을 나타내는 사진이다.

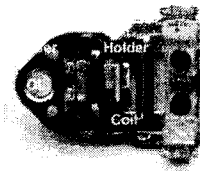


Fig. 1 Typical Optical Pickup Actuator

본 장에서는 광픽업 액추에이터와 주변 공기에 대한 열전달 해석을 수행하고, 이를 통해 기존 구조의 문제점을 점검하였다. 본 연구에서는 열전달 해석은 전자 장비 열전달 해석을 위한 상용 코드인 ICEPAK을 사용하였다. 부품 시험 조건을 고려하여 정상상태 해석을 수행하였으며, 코일에서의 발열량은 계측된 인가 전력을 입력하였다. 액추에이터 주위의 유동은 층류로 가정하였고, 자연대류 열전달은 Boussinesq's model을 적용하였다. 각 파트별 열전도도는 Table 1과 같다.

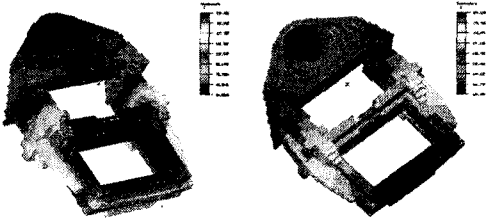
Table 1 재료별 열전도도[2]

부품		열전도도 [W/m K]
벡트라 블레이드	Vectra A130	0.41
마그네슘 블레이드	AZ91D	51
코일	Be-Cu	130
렌즈		0.2

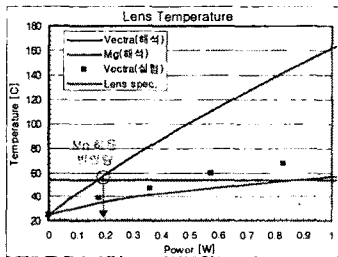
Fig. 2는 상이한 열전도도를 갖는 두 물질로 블레이드를 구성한 경우에 대한 열전달 해석 결과를 나타낸 그림이다. Fig. 2(a)는 열전도도가 낮은 기존 벡트라 블레이드의 경우이고, Fig. 2(b)는 열전도도가 높은 마그네슘 블레이드의 경우의 해석 결과이다. 전자의 경우에는 렌즈로의 열전달은 차단되어 렌즈는 상대적으로 낮은 온도를 유지한다. 그러나, 낮은 열전도도로 인해 코일에서 주변으로의 열전달이 작아서 코일의 온도가 급격하게 상승한다. 또한, 벡트라 재료는 온도에 대한 강성의 변화가 커서 강성의 열화

가 쉽게 발생하여 블레이드의 공진주파수 대역이 낮아지는 문제가 발생된다[2].

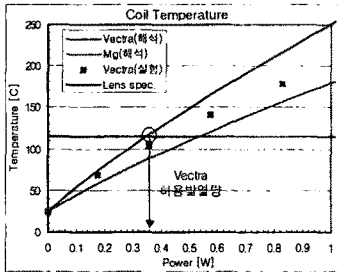
반면, 방열을 촉진하기 위해 마그네슘 블레이드를 채택한 경우에는, 열전도도가 높아서 코일로부터 주변으로의 열전달은 증진되나, 이에 따라 렌즈로의 열전달도 같이 증가하여 렌즈의 온도가 급격히 상승하여 렌즈의 열변형이 문제점으로 대두된다.



(a) 벡트라 블레이드 (b) 마그네슘 블레이드
Fig. 2 액추에이터의 온도 분포(0.828W)



(a) 렌즈 온도 변화



(b) 코일 온도 변화

Fig. 3 발열량에 따른 렌즈와 코일의 온도 변화

Fig. 3은 발열량에 따른 해석 결과 중 렌즈와 코일의 온도 변화를 나타낸 그림이다. 액추에이터의 설계시 발열량은 렌즈와 코일의 온도 spec.을 모두 만족해야 하므로, 허용 가능한 최대 발열량은 렌즈에 의해 제한되는 발열량과 코일에 의해 제한되는 발열량 중 최소값을 취해야 한다.

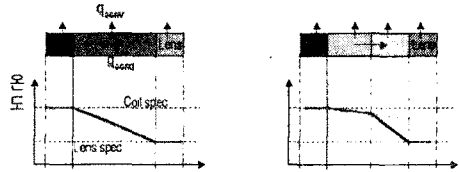
Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 열전도도가 낮은 경우에는 코일로부터 주위로의 방열이 원활하지 않기 때문에 코일의 온도 spec.이 허용 발열량을 제한한다. 그러나, 열전도도가 높은 경우에는 코일로부터 렌즈로의 열전달이 증가하여 렌즈의 온도 spec.에 의해 허용 발열량이 제한된다. 양자의 결과를 비교하면, 마그네슘 블레이드가 방열면적이 커져서 주위 공기로의 열전달은 촉진될 수 있으나, 렌즈 온도가 급격하게 상승하여 허용 발열량은 벡트라 블레

이드에 비해 감소된다.

3. 하이브리드 액추에이터의 설계

광픽업 액추에이터의 열특성 개선 방안은 렌즈와 코일의 온도 spec.을 만족하는 허용 발열량을 최대화하는 것이다. 이를 위해서는 별도의 냉각 장치나 열전달 경로를 두어 주위로의 열전달을 촉진하는 방법이 있다. 하지만, 광픽업 액추에이터의 크기가 소형이고, 장착 공간도 협소하여 별도의 냉각 장치를 설치하기는 곤란하다.

Fig. 4는 주어진 제한 조건 하에서, 사전 해석 결과를 바탕으로 하여 추진 가능한 설계 개선안을 개념적으로 나타낸 그림이다.



(a) 단일 재질 (b) 복합재질
Fig. 4 액추에이터의 열특성 개선 방향

광픽업 액추에이터의 열특성을 개선하기 위해서는, 코일로부터의 방열을 촉진하고 동시에 렌즈로의 열전달을 차단하도록 설계되어야 한다. 사전 해석 결과를 토대로 판단하면, Fig. 4(a)와 같이 적절한 열전도도를 갖는 재질로 블레이드를 구성하는 방안이 있다. 또한, Fig. 4(b)와 같이 코일의 주변에는 열전도도가 높은 재질로, 렌즈의 주변에는 열전도도가 낮은 재질로 구성하는 하이브리드 구조가 개선 가능한 방안이라고 판단된다.

Fig. 5는 동일한 형상의 액추에이터에 대하여 블레이드의 열전도도를 변화시킨 경우와 하이브리드 구조에 대해 허용 발열량을 비교한 그림이다.

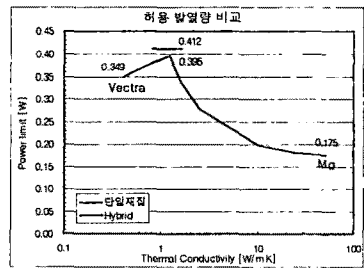


Fig. 5 열전도도에 따른 허용 발열량 비교

주어진 온도 spec. 하에서 허용 발열량이 최대가 되는 열전도도는 기존 벡트라 재질보다 다소 큰 1.2W/m K이며, 이때의 허용 발열량은 기존 벡트라 재질보다 13.2% 개선되었다. 이 지점은 Fig. 4(a)의 상황과 같은, 렌즈와 코일의 온도 spec.에 결정된 각각의 허용 발열량의 차이가 최소화되는 지점이다.

그런데, 동일한 형상을 갖는 하이브리드 구조는 기존 벡트라 재질에 비해 허용 발열량이 18.1% 향상되었는데, 이는 단일 재질 구조에 비해 우수한 특성을 나타내고 있다.

하이브리드 구조에서는 코일에서 발생한 열이 마그네슘 블레이드로 쉽게 전도되며, 따라서 방열 면적이 상대적으로 증가되어 주위 공기로의 열전달이 증가한다. 또한, 렌즈 주변에 설치된 열전도도가 낮은 물질은 코일로부터 렌즈로의 열전달을 차단하여 코일의 온도 상승을 억제하는 효과를 동시에 거둘 수 있기 때문에 우수한 열특성을 거둘 수 있는 것으로 판단된다.

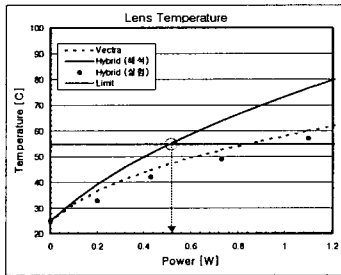
4. 하이브리드 액추에이터의 제작 및 평가

Fig. 6은 실제 제작된 하이브리드 액추에이터의 구조를 나타낸 그림이다. 기존의 포커스와 트래킹 구동에 톨트 구동을 추가하는 3축 구동 액추에이터를 구현하기 위하여 코일을 새로이 배치하였다[1]. 또한, 열특성 향상을 위해 해석 결과를 토대로 블레이드를 코일의 주변은 열전도도가 높은 마그네슘 재질로, 렌즈의 주변은 열전도도가 낮은 벡트라 재질로 구성하였다. 이와 같이 다른 재질을 갖는 하이브리드 구조는 Fig. 6(a)에 나타낸 바와 같이 일체형으로 사출함으로써 생산 공정을 단순화시킬 수 있다.

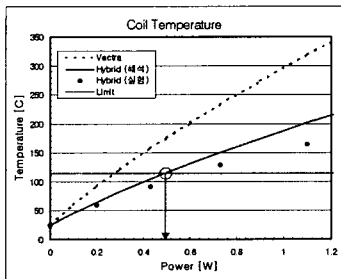


(a) 조립도 (b) 제작 샘플

Fig. 6 하이브리드 액추에이터



(a) 렌즈 온도 변화



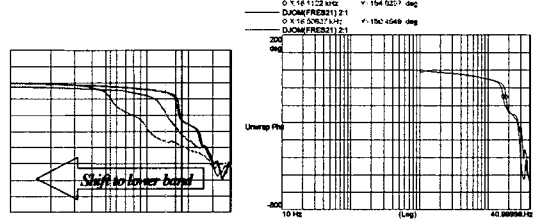
(b) 코일 온도 변화

Fig. 7 3축 구동 하이브리드 액추에이터의 해석 결과

Fig. 7은 3축 구동 하이브리드 액추에이터에 대한 열전달 해석 결과를 나타낸 그림이다. 이전 해석과 마찬가지로 코일에서 발생된 열은 마그네슘 부분으로 쉽게 전도되어

코일과 그 주변의 블레이드 온도가 고르게 상승하나, 렌즈로의 열전달은 렌즈 주변에 설치된 벡트라 부분에 의해 억제된다. 이 같은 효과에 의해 블레이드를 기존 벡트라 재질로 구성한 경우와 비교하면, 주어진 렌즈와 코일의 온도 spec. 내에서 허용되는 입력 전력이 79.7% 향상된다. 한편, 실제 제작된 시편의 각 부분에서의 온도 측정 결과와 해석 결과를 비교하면, 그 경향이 비교적 일치하는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 8은 액추에이터의 주파수 특성 변화를 관찰하기 위한 포커스 방향의 phase bode graph를 나타낸 그림이다. 기존 벡트라 블레이드에서는 코일에서의 발열에 의한 온도 상승시 Young 계수가 증가하여, Fig. 8(a)와 같이 블레이드의 공진 주파수 대역이 급격하게 낮아지는 현상이 발생하였다. 그러나, 하이브리드 블레이드에서는 열특성이 향상되어 Fig. 8(b)와 같이 상온에서의 구동 특성과 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다.



(a) 기존 벡트라 블레이드 (b) 하이브리드 블레이드

Fig. 8 포커스 모드의 phase bode graph

5. 결 론

본 연구에서는 광픽업 액추에이터의 구동시 동반되는 발열에 의한 액추에이터의 온도를 열전달 수치해석을 통해 예측하고, 액추에이터의 구동 특성 안정화를 위한 설계 방안을 제시하였다.

기존 광픽업 액추에이터에 대한 수치 해석을 통해서, 렌즈와 코일의 온도 spec. 내에서 허용 발열량을 최대화하기 위해, 블레이드의 열전도도는 기존 재질보다 다소 증가되어야 함을 확인하였다. 또한, 렌즈 주변은 열전도도가 낮은 물질로, 코일 주변은 열전도도가 높은 물질로 구성된 하이브리드 액추에이터가 단일 재질에 비해 허용 발열량을 보다 더 향상시킬 수 있는 효과적인 구조임을 확인하였다.

사전 해석 결과를 토대로 하이브리드형 블레이드 구조를 기반으로 한 3축 구동 액추에이터를 제작하였다. 수치해석 결과, 3축 구동 액추에이터에서도 하이브리드형의 열특성 향상효과를 확인할 수 있었고, 구동 실험 결과 상기와 같은 열특성 개선에 의해 액추에이터의 주파수 특성이 향상되었음을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 정영민, 이진원, 김광, "슬림 광디스크 드라이브를 위한 고감도 3축 구동 액추에이터", 2002년 기계관련 산학연 연합심포지움, 한국 소음진동공학회 편, pp. 1000~1003, 2002.
 [2] 이진원, 김광, 정영민, 김대환, "하이브리드형 광픽업 액추에이터의 고온특성", 2002년 기계관련 산학연 연합심포지움, 한국 소음진동공학회 편, pp. 1010~1014, 2002.