

PCB-Coil 을 이용한 비대칭 광픽업 액추에이터 Asymmetric Optical Pick-Up Actuator with PCB-Coil

임장영* · 신경식** · 홍구** · 김진기** · 전영진** · 이두환*** · 배원철*** · 이재걸***
JangYoeng Im, KyungSik Shin, Goo Hong, JeenGi Kim, YoungJin Jun, DooHwan Lee,
WonCheol Bae, JaeKul Lee

Key Words : PCB-Coil(Printed Circuit Board Coil), FP-Coil(Fine Pattern Coil), Actuator(액추에이터), Sub-resonance(부공진), Inductance(인덕턴스)

ABSTRACT

"Coil" occupies a much important position in delivering driving force of optical pick-up actuators. Up to now the main stream has been a winding coil type actuator, but actuators using FP-Coil(Fine Pattern Coil) have been considered for the more compacted and simple manufacturing process and have variously spreaded the application fields by product. We have tried to design actuators using PCB-Coil(Printed Circuit Board Coil) which has benefits in terms of price and manufacturing process. Especially this research has two main things those are to reduce the vibration of sub-resonance and to assure the dc sensitivity in the performance of asymmetric optical pick-up actuator with PCB-Coil.

1. 서 론

광저장기기 시장은 고용량 고배속화 경쟁 체제에 있는 기록계 시장과 그 외 시장으로 양분화되고 있다. 그 외 시장의 대부분은 플레이어로서의 역할에 충실하고 소비자에게 부담없는 가격으로 다가서는 제품으로 수요를 유지하고 있다. 예를 들면 CD-ROM, DVD-ROM, CDP, DVDP 등이 이것에 해당된다. 기업의 생존을 위해 가격 경쟁력과 수익성 확보가 지속적으로 이루어져야 하는 현실에 발맞춰 생산성이 높고 재료비 비율이 낮은 모델개발은 선택이 아닌 필수이다.

이러한 광저장기기에서 디스크 기록정보와 그것을 시각화 청각화하는 시스템간의 중간 매개체인 광픽업과 관련된 부분을 언급하려 한다. 특히 'Laser Diode 에서 출사된 광빔을 픽업의 기구적 오차에도 불구하고 DISC 상의 목표점에 정확히 조준, 추종시키기 위한 장치' 광픽업 액추에이터를 대상으로 한다.

광픽업 액추에이터는 구동부의 대칭성에 따라 대칭형과 비대칭형으로 구분된다. 대칭형이 비대칭형에 비해 설계 및 성능 확보의 용이성이 있지만, 휴대용기기의 기구적 제한은 보다 얇고 공간 활용을 효율적으로 할 수 있는 비대칭형 타입으로

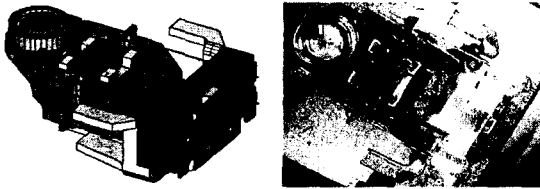
설계방향을 잡게 한다. 이것은 곧 설계자의 부담으로 이어지며 또한 사소한 설계 오류도 심각한 성능 열화를 야기시킨다. 이 경우 광픽업 액추에이터 상에서 성능 열화의 주원인은 부공진 발생을 막거나 회피시키지 못한 것에 있다. 일반적인 권선타입 구동부는 포커스 코일에 영향을 미치는 누설자속에 의해 피칭 모드 발생에 대한 불안정성을 제거할 수 없다. 제한적인 설계여유와 생산시 조립산포는 이것을 더욱 불안정한 요소로 남게한다.

조립산포를 줄이고, 누설자속에 의한 불평형 상태로 가는 원인을 제거기 위해 최근 권선대신 FP-Coil(Fine Pattern Coil)을 적용한 것이 여러 제품군에 걸쳐 적용되고 있다. FP-Coil 은 코일 동선을 얇은 절연재질의 박스안에 적절히 배열 삽입하겠다는 생각에서 출발한 것이다. 이와는 달리 PCB-Coil 은 회로구성을 위해 사용되었던 패턴을 재배열 적층하여 권선코일의 역할을 대체할 수 있다는 생각에서 시작하였다. 그러므로 PCB-Coil 을 적용하여 광픽업 액추에이터의 일반적인 개발과정을 따라 설계 및 검토되었던 내용을 정리한 본 논문은 보다 큰 의미를 가질 것이다.

2. PCB-Coil 의 적용 가능성

FP-Coil 타입은 무게가 가볍고 형태 및 위치변경의 유연성이 있을 것이라는 판단하에 약 10 년 전부터 검토되었다. 축습동 타입의 원형 구동부 둘레를 따라 FP-Coil 을 위치 시킬 수 있었지만 권선타입에 비해 무게적인 측면에서 큰 효과를 볼 수 없었기 때문에 다시 권선타입으로 전환하였다.

* 삼성전기(주) 광디바이스
E-mail : lim1110@samsung.com
Tel : (031) 218-2552, Fax : (031) 210-5219
** 삼성전기(주) 광디바이스사업부
*** 삼성전기(주) 기관사업부



(a) 3D Modeling (b) Picture of Actuator
Fig. 1 Appearance of PCB-Coil Actuator

PCB-Coil 또한 이와 같은 문제에서 아직 벗어나지 못했다. 권선 코일대비 FP-Coil 과 PCB-Coil 은 패턴과 관련된 공간적인 제약이 많아 초기 설계가 용이치 않고 관련사양이 결정된 후 변경사항에 대한 수정이 많은 시간을 요한다. 이러한 심각한 결점에도 불구하고 적용범위가 점차 넓어지고 있는 것은 권선 코일타입 액추에이터에서 발생되고 있는 조립산포를 최소화하고, 성능적으로는 부공진 특히 피칭 발생의 주원인 누설자속의 영향을 무시할 수 있기 때문이다. PCB-Coil 은 FP-Coil 에 비해 동일한 외곽치수 내에서 Coil 패턴의 피치는 크고, 도체 단면적은 작아서 감도향상을 위한 제약된 공간상의 사용효율이 떨어진다. 이것은 감도향상 측면에서 권선 및 FP-Coil 에 비해 더 많은 어려움이 있음을 말한다. 하지만 FP-Coil 은 쉽지 않은 제조공정으로 인해 기본 사양인 2 층 및 4 층의 경우, PCB-Coil 에 비해 비용이 많이 든다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 단품의 가격 부담을 최소화 할 수 있고, Bobbin 어셈블리 공정의 단순화가 가능한 PCB-Coil 을 이용 최적 감도 확보를 위한 설계를 진행하였다. 추가적으로 높은 가속도감도를 요구하는 고배속 광저장기의 필요조건을 만족하려면 많은 미결과제에 대한 심도있는 검토가 따라주어야 한다.⁽¹⁾ 따라서 초기단계로 필요감도 및 기타 성능이 저사양인 휴대용 CDP 비대칭 광픽업 액추에이터 개발에 적용 검토하였다.

3. PCB-Coil 적용을 위한 주요 검토

3.1 DC 감도 확보

AV 용 액추에이터의 중요 특성중에 DC 감도를 충분히 확보하는 것은 여러가지 측면에서 중요하다. 전류 DC 감도는 식 (1)에 의해 계산된다.

$$S_{IL} = B l n / k \quad (\text{mm/A}) \quad (1)$$

$$F = B l n \quad (\text{N}) \quad (2)$$

식 (2)에서 최적의 F 값을 MAXWELL 3D 자기해석 프로그램을 이용 PCB-Coil 하나로 포커스와 트랙 방향 구동이 가능한 자기회로를 확정하였다. 해석 결과를 바탕으로 PCB-Coil 평가용 샘플 제작에 들어갔다. 평가용 샘플 실험 결과를 참조하여 PCB-Coil 상의 설계 변수 조정과 기타 자기회로에 영향을 주는 부품의 변경을 통해 부족한 감도를 향상시킬 수 있었으며, 이 결과를 Table.1 에 나타내었다.

Table.1 Sensitivity of PCB-Coil actuator

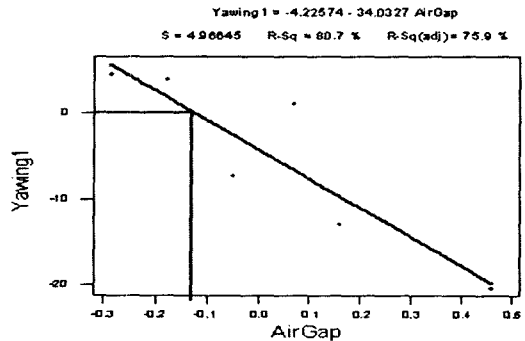
	Test Sample 1		Test Sample 2	
	Focus	Track	Focus	Track
Resistance (Ohm)	6.75	5.70	5.90	5.75
5Hz Sensitivity(mm/V)	1.25	0.32	1.85	0.50
200Hz Sensitivity(um/V)	43.30	10.80	50.20	13.00

3.2 부공진 문제점

비대칭 구동부를 가진 액추에이터의 중요 취약점은 바로 부공진 발생 가능성이 대칭형에 비해 상당히 크다는 것이다. 특히 기존 권선타입 비대칭형 액추에이터의 포커스 방향 구동시 누설자속에 의한 피칭모드 발생은 설계 및 조립상의 제약 조건을 추가 검토하게 만든다.⁽²⁾

3.2.1 피칭(Pitching) 부공진 저감

PCB-Coil 을 포함한 구동부의 중요 특징은 가진

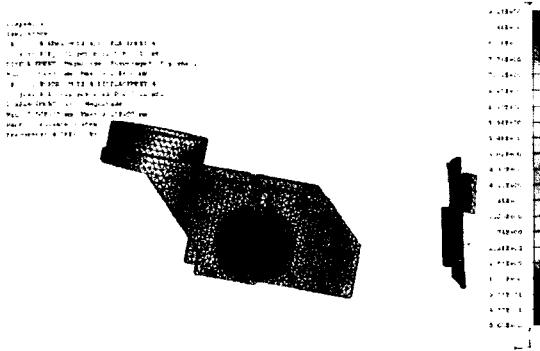


Regression Analysis: Yawing1 versus AirGap

The Regression equation is
 Yawing1 = -4.22574 - 34.0327 AirGap
 S = 4.96645 R-Sq = 80.7 % R-Sq(adj) = 75.9 %

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	412.657	412.657	16.7300	0.015
Error	4	98.663	24.666		
Total	5	511.320			



중심과 지지점중심이 PCB-Coil 의 위치 변화를

Fig. 2 Regression analysis of yawing and air gap

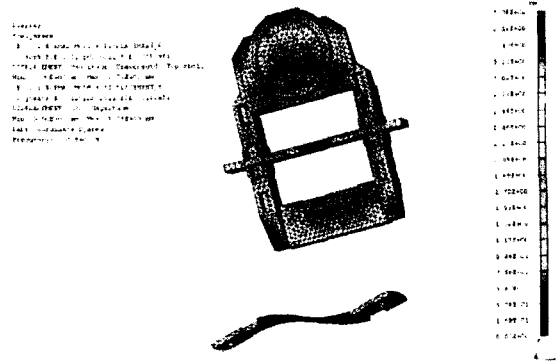
Fig. 3 Pitching mode shape of actuator

1:1 비율로 추종한다는 것이다. 또한 기존의 측면 Sub-PCB 를 적용한 경우보다 지지점중심에 대한 조립산포를 더욱 줄일 수 있다는 장점이 있다. 이와 같은 이점은 설계시 3 중심(무게중심, 가진중심, 지지점중심) 일치에 대한 부담을 적게 하고, 이는 부공진 발생에 대한 자유도가 줄어드는 방향으로 작용한다.⁽³⁾ 실제 초품부터 최종품에 이르기까지 포커스 방향 구동시 피칭모드는 거의 발생하지 않거나 미미한 수준이었다. 그와 달리 롤링의 경우는 상하방향에 대한 무게중심 조절이 쉽지 않은 관계로 존재하되 중요 주파수영역으로부터 거리를 두게 하였다.

3.2.2 요잉(Yawing) 부공진 저감

요잉 부공진의 경우는 피칭에 비하여 고차쪽에서 발생하므로 픽업 시스템과의 공진 현상의 원인이 되므로 픽업이 소형화 될수록 필수적으로 제어해야하는 모드이다. 그러므로 이러한 요잉모드를 제어하기 위해서는 요잉공진 주파수의 발생위치가 시스템의 공진주파수에서 회피되는 영역에서 발생하도록 하는 것이 중요하다.

PCB-Coil 액추에이터의 경우 일반적으로 발생되는 부공진 중에서도 특히 요잉 모드에 대한 저감 대책을 내어놓기가 쉽지 않았다. 제작된 샘플로 부공진 관련된 진동특성과 가진중심 및 지지점중심과 관련된 치수를 측정 확인하였다. 특히 PCB-Coil 의 공극내 위치에 따른 요잉과의 상관성 확인을 위해 회귀 분석을 해 보았다. 이 경우 자석과 PCB-Coil 사이의 앞뒤 공극상의 불평형이 요잉 발생과 Fig.2 의 회귀식을 따르는 상관성이 있음을 확인할 수 있었다. 이 결과로 얻어진 회귀식을 일



반적인 경우에 사용할 수 없지만, PCB-Coil 이 구동부에서 정확한 위치에 조립되어야 하고, 앞뒤 공극의 적절한 조절이 요잉을 저감시킬 수 있는 설계변수 중에 하나라는 것을 알 수 있었다. 그

Fig. 4 Yawing mode shape of actuator

외에도 요잉 저감을 위해 다각도로 검토되어 졌고 그 결과를 최종 제품의 부공진 안정화 설계에 반영하였다. 특히 피칭과 요잉의 발생 주파수비를 목표수준에 일정하게 맞추기 위해 PCB-Holder 형상을 변경하며 시뮬레이션을 진행하였으며 이에 대한 결과를 Fig.3 과 Fig.4 에 나타내었다.

3.3 인덕턴스 저하

PCB-Coil 을 적용한 픽업의 테스트 결과, 기존의 픽업에 비하여 Table. 2 에서 보는 바와 같이 인덕턴스 값이 다른 타입에 비해 작았다. 일반적인 인덕턴스의 계산식은 식 (3)과 같으며 턴수의 영향이 가장 중요한 요소임을 표현하고 있다. 이는 단면에 배열해야 하는 PCB-Coil 의 특성상 인덕턴스 값이 작은 원인을 설명한다.

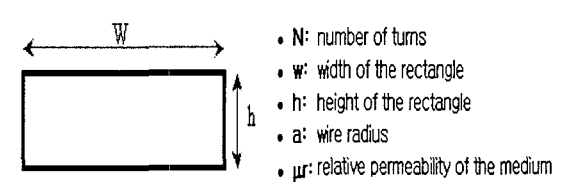


Fig. 5 Meaning of each factor for inductance

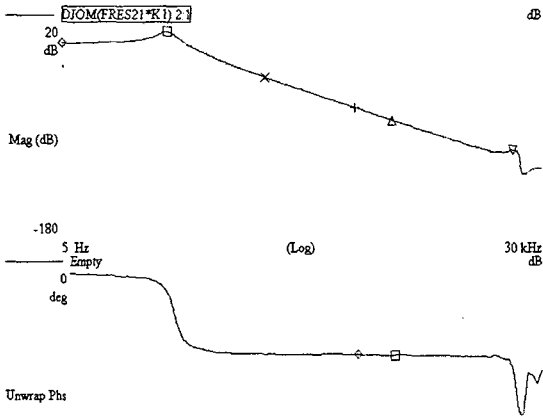
Table. 2 Comparison of inductances at 10kHz

Direction	Focus	Track
PCB-Coil	6.51	1.58
FP-Coil	10.10	4.40
Winding Coil	85.50	13.50

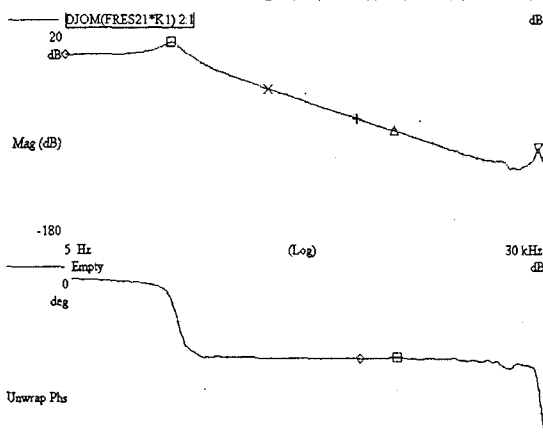
$$L_{\text{rect}} = N^2 \frac{\mu_0 \mu_r}{\pi} \left[-2(w+h) + 2\sqrt{h^2 + w^2} - h \ln \left(\frac{h + \sqrt{h^2 + w^2}}{w} \right) - w \ln \left(\frac{w + \sqrt{h^2 + w^2}}{h} \right) + h \ln \left(\frac{2h}{a} \right) + w \ln \left(\frac{2w}{a} \right) \right] \quad (3)$$

4. 성능 평가

PCB-Coil 액추에이터의 샘플을 제작하여 진동특



성을 측정해본 결과 포커스 방향 구동에 대한 진동특성은 Fig.6의 선도를 통해 알 수 있듯이 피칭 모드 부공진이 거의 발생하지 않았다. 이것은 무



게중심과 가진중심의 차이를 일치시키는 것이 용이하고, 권선타입에 있어 포커스 코일 쪽 누설자

속에 의해 항상 존재하는 피칭방향 토크 불평형을 제거한 PCB-Coil 액추에이터의 특징을 여실히 보여주는 것이다.

Fig. 6 Bode plot of PCB-Coil Actuator(focus direction)

Fig. 7 Bode plot of PCB-Coil Actuator(Track direction)

Fig.7은 트랙 방향 구동에 대한 진동 특성을 나타낸 것이다. 기존 권선 타입에서 흔히 볼 수 있는 요잉모드 부공진에 대해서도 안정적인 진동특성을 보여 주었다.

5. 결론

기존 권선타입 구동부 형태에서 FP-Coil로의 전환을 통해 단품조립에서 완제품 출하에 이르는 전체비용이 많은 부분 절감되었다. PCB-Coil 적용시 전체비용 뿐만 아니라 구동부 어셈블리 단가 또한 권선타입 대비 동일 수준에서 그 이하 수준으로 낮출 수 있었다. 이 같은 이점을 바탕으로 PCB-Coil을 이용한 광픽업용 액추에이터의 개발 가능성 여부를 여러 측면에서 실제적인 검토를 통해 확인하였다. 권선타입 대비 PCB-Coil의 저항값과 인덕턴스 차이에 대해서는 PCB-Coil 단품의 관련 설계변수를 세밀히 조정하여 문제되지 않는 수준까지 맞출 수 있었다. 또한 부공진 특히 요잉 저감을 적절한 해석과 시험을 통해 해결하였다. 아울러 초기 성능적인 문제점으로 지적되었던 DC 감도의 상당한 개선을 보였고, 드라이브 실장 시험을 통해 필요 수준 이상임이 검증 확인 되었다.

참고 문헌

- (1) Hirotugu Fusayasu etc, 1998, Optimization of a Magnetic Actuator with Taguchi Method and Multivariate Analysis Method, IEEE Transactions on Magnetics Vol. 34 No.4
- (2) Sam-Nyol Hong etc, 2001, Force Characteristics of Slim Pickup Actuator to Improve Actuating Performance, Vol.40, pp.1771~1774.
- (3) 단병주 등, 1999, "와이어 지지형 광픽업 액추에이터의 강성행렬과 기하학적 응답해석", 한국소음진동공학회지 제9권 제5호, pp. 984~990.
- (4) 정호섭 등, 1998, "FP 코일형 광픽업 액추에이터의 설계 및 부공진의 진동저감 대책", 한국소음진동공학회지 제8권 제4호, pp. 645~653.
- (5) 大非上, CD Servo 理論과 設計 및 評價技法