

## 정보저장장치용 외란 보상형 대면적 구동기

이경일\*, 김성현\*, 조진우\*, 최영진\*\*  
전자부품연구원\*, 명지대\*\*

### Large Area XY Scanner with Vibration Resistance for Probe Data Storage

Kyoung Il Lee\*, Seong Hyun Kim\*, Jin Woo Cho\*, Young Jin Choi\*\*  
Korea Electronics Technology Institute\*, Myongji University\*\*

**Abstract** - 외란 보상 구조와 넓은 기록면적을 동시에 달성한 탐침형 정보저장장치용 이차원 구동기를 설계, 제작, 평가하였다. 질량 보상 구조를 기록 매체 기관 아래쪽에 배치함으로써 넓은 면적의 기록 매체 기관을 사용할 수 있도록 하였으며 유한요소해석을 통해 최적화를 하였다. MEMS 공정을 통해 정밀한 실리콘 구조물을 제작하여 구동기를 제작하였으며 선형 특성 및 동특성을 측정하였다.

#### 1. 서 론

플래시 메모리 기술의 급격한 발전에도 불구하고 무어의 법칙의 한계가 가시화되면서 이동형 개인정보통신단말기를 위한 대용량, 초소형 저장장치에 대한 새로운 기술이 요구되고 있다. 그 중 하나가 표면 미세 분석, 변형에 사용되는 SPM 기술을 응용하여 IBM 등에서 선보인 탐침형 정보저장장치기술로서 진식각공정의 해상도 한계를 넘어서 수 Tb/in<sup>2</sup> 급의 고밀도 정보기록이 가능한 기술이다.[1] 이 기술은 비휘발 특성을 갖는 변형이 가능한 기록 매체 박막과 여기에 물리적 변화를 인가시키는 탐침, 그리고 이 둘의 위치를 상대적으로 변화시켜주는 구동기 등으로 구성되며 정전력이나 전자기력을 이용한 다양한 구동기들이 선보였다.[2,3] 이것이 휴대 기기에 적용되기 위해서는 외부 진동, 온도 변화 등에 강건하면서도 낮은 전력 소모를 달성하는 것이 필수적이며 IBM에서는 이를 해결하기 위해 시소 구조를 도입하여 외란 간섭 효과를 크게 억제할 수 있는 구동기를 발표하였으나 전체 면적에 비해 기록면적이 매우 작은 단점이 있다.[4] 본 논문에서는 이를 개선할 수 있는 구조의 구동기를 설계, 제작, 평가하였다.

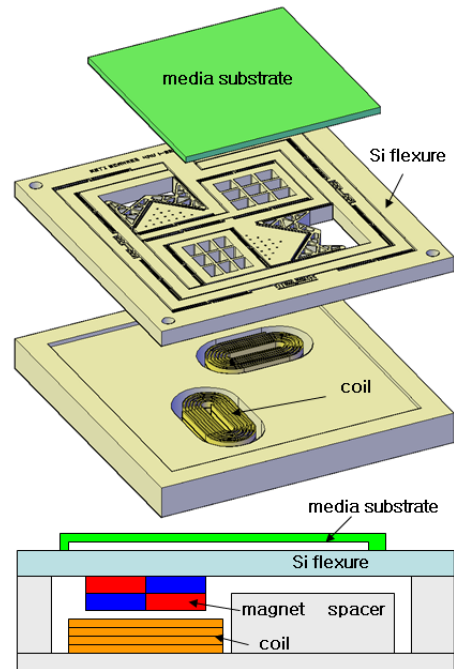
#### 2. 본 론

##### 2.1 설계

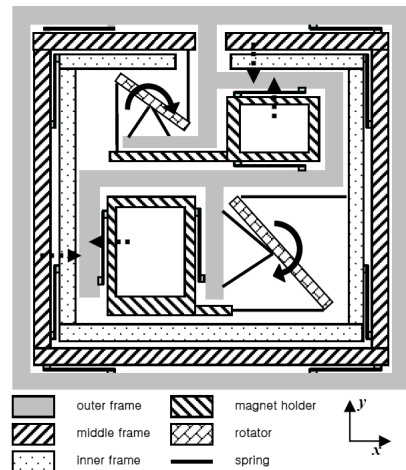
IBM[1]에서 질량 보상 구조를 기록 매체 기관의 일부분에 배치하여 상대적으로 작은 면적만이 기록면으로 사용되는 한계를 극복하기 위해 본 연구에서는 그림 1과같이 기록매체의 아래면이 구동부와 결합되도록 하여 구동기 전체에서 외곽을 제외한 대부분의 면적을 기록면으로 사용할 수 있도록 하였다. 전체 정보저장장치가 SD카드 크기에 들어가기 위해 기록 매체는 약 0.1 mm 피치로 형성된 128x128 개의 탐침에 대응하도록 12.8x12.8mm<sup>2</sup>의 크기를 가지도록 되어 있으며 각 탐침이 담당하는 영역이 0.1x0.1 mm<sup>2</sup>이므로 구동기는 이 영역 이상을 구동할 수 있도록 설계되었다. 구동부에는 자석이 결합되어 고정된 코일에 의해 로렌츠힘으로 움직이며 x, y 각 축에 해당하는 자석쌍과 코일이 각각 하나씩 있다. 육상 트랙같은 형태의 코일은 서로 반대 방향으로 전류가 흐르는 양쪽 직선 부분이 서로 다른 방향의 자기장에 노출되기 때문에 같은 방향으로 힘을 받게 되어 구동하게 되며 대칭성에 의해 원래 구동 방향과 직각방향으로의 힘은 상쇄되도록 되어 있다. z축에 대해서는 약한 토크가 발생하게 되나 고중형비 스프링과 짐벌 구조를 통해 x/y 축 대비 z 축 스프링 상수를 수백배 이상으로 높혀 z축에 대한 외란 효과를 최소화하며 각 축별로 1차 공진과 고차 공진을 크게 벌릴 수 있어 안정적인 제어가 가능하도록 하였다.

##### 2.1.1 질량 보상 구조의 작동 원리

그림 2와같이 자석이 로렌츠힘에 의해 힘을 받으면 자석을 고정하고 있는 실리콘 부분(magnet holder)이 움직이게 되며 이는 다시 그 옆의 시소 구조에 의해 프레임(outer/inner frame)을 자석과 반대방향으로 움직이게 한다. 기록 매체 기관은 안쪽 프레임에만 결합되어 동일하게 움직이며 이때 각 구성요소들의 질량과 길이를 적절히 조절하면 외부 가속도가 인가되었을 때 시소에 가해지는 토크를 상쇄시킬 수 있으며 이 경우 외란에 의한 구동부의 움직임은 최소화되며 기록매체 기관 역시 움직임이 최소화된다.



<그림 1> 구동기의 구조

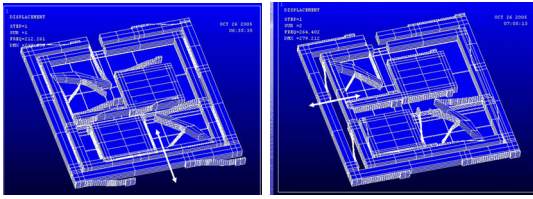


<그림 2> 구동기의 작동 방식

##### 2.1.2 유한요소 해석을 통한 최적 설계

그림 3과 같이 상용 유한요소해석 프로그램을 통해 약 150 Hz 이상의 공진주파수를 갖고 질량보상효과를 최적화하며 x,y 축간 간섭을 최소화하도록 실리콘 플렉서의 형상과 스프링의 폭, 길이, 위치 등을 최적화하였다. 기본 공진 모드 외의 고차 모드는 모두 2 kHz 이상에서 나타났고 이론적으로는 1G(=9.8 m/s<sup>2</sup>)의 외란에 대해 x,y,z 축 모두 약 10 nm 이하의 진동을 보였으며 3% 정도의 자석 질량 공차를 가질 때 약 50

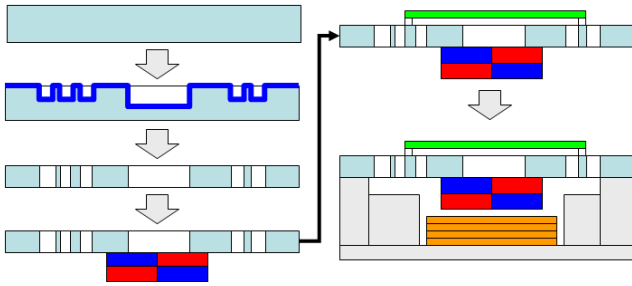
nm 이하의 진동이 나타났다. 한편 x, y 축간 간섭은 약 0.6% 이내로 억제될 수 있음을 알 수 있었다.



〈그림 3〉 구동기의 각 축별 1차 공진

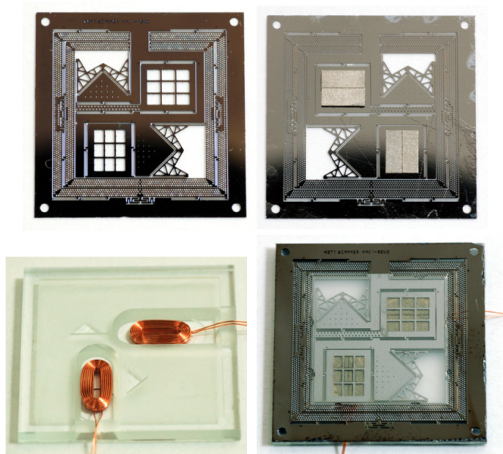
**2.2 제작**

구동부 부분은 매우 정밀한 구조가 요구되기 때문에 실리콘 웨이퍼와 MEMS 공정을 이용하여 제작하였으며 상대적으로 큰 편차가 허용되는 부분은 일반 기계 가공과 조립을 통해 제작하였다. 실리콘 기판 부분은 아래 그림과 같이 두께 0.68 mm의 6인치 P형 (100) 실리콘 웨이퍼를 시작으로 고종횡비 건식 식각 공정을 이용해 0.12 mm 깊이를 식각하고 산화공정을 통해 두께 0.5 um의 산화막을 형성한다. 기판 뒷면을 연마하여 기판 두께를 150 um까지 줄이고 90℃ 20% TMAH 용액에서 약 한시간 동안 식각하여 두께를 100um까지 줄인다. 이후 산화막을 제거하여 개별 소자로 분리한다. 접착제를 사용하여 서로 반대방향으로 자화된 크기 3x1.5(1.7)x0.4 mm<sup>3</sup>의 SmCo 자석쌍을 구동부 아래쪽에 붙이고 기록매체가 증착되어 있는 두께 0.1 mm의 유리 기판을 구동부 위쪽에 붙인다. 자석 고정부는 자석쌍과 유사한 크기를 가진 코일(도선 굵기 0.1mm, 두께 0.5 mm, 저항 2 Ω) 두개를 고정시켜 자석쌍과 정밀하게 정렬될 수 있도록 홈이 파여져 있으며 코일을 여기에 접착제를 사용하여 접합된다. 실리콘부는 코일 고정 유리기판에 역시 접착제로 접합되며 구동기의 최종 크기는 19.2x19.2x1.2 mm<sup>3</sup>이다.



〈그림 4〉 제조 공정

기록 매체 기판이 투명하기 때문에 자석이 움직이는 모습을 관찰할 수 있도록 되어 있다.



〈그림 5〉 요소 및 제작된 구동기

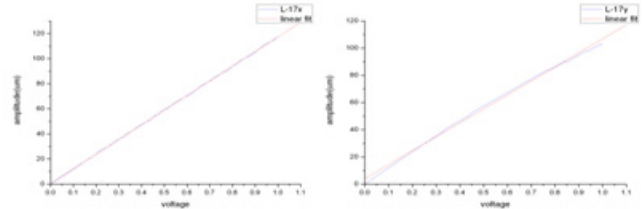
**2.3 평가**

구동기 특성을 평가하기 위해 전압에 따른 진폭 변화와 주파수 특성을 살펴보았다. 전자기력 구동에 필요한 전류 앰프의 DC~20kHz까지 평탄한 특성을 가지며 전압-전류 이득은 50mA/V 였다.

**2.3.1 선형성 측정**

측정은 공진에 비해 충분히 낮은 0.1 Hz로 신호발생기에서 전류 앰프

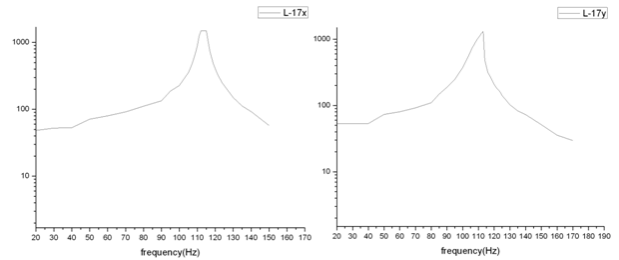
를 거쳐 구동기에 연결한 펄스 신호에 대해 CCD를 통해 잡은 두 사진을 영상 처리 과정을 통해 변위를 측정하였다. 아래 그림에서 보듯이 전자기력 특성 상 +/- 50 um 구간에서 거의 선형적으로 작동함을 알 수 있다. 제작 도중 코일과 자석의 정렬이 크게 잘못된 경우 선형성이 깨지는 현상이 나타나지만 작은 오차는 진폭의 변화를 일부 초래하지만 선형성에는 크게 영향을 주지 않았다. 두 축 모두 약 1V의 입력 전압 (=50mA)에 대해 약 +/- 50 um 이상의 변위를 보여 이 영역을 삼각파 형태로 2축 주사하는데 필요한 평균소비전력은 약 34 mW로 일반적인 SD카드급 소비전력에 대응할 수 있음을 알 수 있다.



〈그림 6〉 인가 전압 대비 선형 특성

**2.3.2 동특성 측정**

저주파수 특성에서는 2차 진동자 특성을 나타내는데 x, y 축 모두 약 113 Hz에서 1차 공진이 발생하였다. 설계치보다 줄어든 것은 공정 편차 상 고종횡비 건식 식각 공정 시 각도를 미세한 음각이 되도록 한 탓에 아래쪽 선폭이 위쪽보다 줄어들어 스프링 상수가 줄어들었기 때문이다. y 축의 경우 일반적인 2차 진동자 주파수 특성과는 조금 다른 특성이 나타났는데 기준에 없던 감쇄 요소가 발생하고 있음을 보여준다.



〈그림 7〉 주파수 특성

**2.3.2 축간 간섭 및 외란 특성**

저주파 영역에서는 측정 시스템에서 계측가능한 약 1% 미만의 축간 간섭이 나타났으나 두 축의 공진주파수가 거의 같기 때문에 공진점 부근에서 간섭이 급격히 증가하여 수십 %까지 증가하는 현상이 나타났다. 한편 외란 간섭 효과를 평가하기 위해 구동기를 구동축 방향과 중력방향에 일치하도록 세웠다 반대로 뒤집어 휴대용 현미경으로 그 변위 차를 관찰한 결과 중력에 의한 진폭은 5um 이내로 나타났으며 보다 정확한 실험을 위해 센서를 제작 중이다.

**3. 결 론**

새로운 구조의 도입을 통해 탐침형 정보저장장치의 핵심 요소인 2축 구동기의 휴대기기 응용가능성을 확인하였다.

**[참 고 문 헌]**

[1] E. Eleftheriou, T. Antonakopoulos, G. K. Binnig, G. Cherubini, M. Despont, A. Dholakia, U. Dürig, M. A. Lantz, H. Pozidis, H. E. Rothuizen, and P. Vettiger, "Millipede—a MEMS-based scanning-probe data-storage system", IEEE Trans. Magnetics, V. 39, N. 2, pp. 938-2003, 2003.  
 [2] C. H. Kim, H. M. Jeong, J. U. Jeon, Y. K. Kim, "Silicon micro XY-stage with a large area shuttle and no-etching holes for SPM-based data storage", J. MEMS, V. 12, N. 4, pp. 470-478, 2003  
 [3] K. I. Lee, J. W. Cho, M. H. Byun, S. H. Kim, Y. J. Choi, and J. K. Shin, "Development of a media actuator for probe-based data storage", Current Appl. Phys. V. 6s1, pp. e130-e136, 2006  
 [4] M. A. Lantz, H. E. Rothuizen, U. Drechsler, W. Haberle, and M. Despont, "A vibration resistant nanopositioner for mobile parallel-probe storage applications", J. MEMS, V. 16, N. 1, pp. 130-139, 2007