

마이크로 전자석과 자기변형박막을 이용한 마이크로 액추에이터의 제작

서지훈*¹⁾, 양상식¹⁾, 정종만²⁾, 임상호²⁾
 아주대학교 전자공학부¹⁾, 한국과학기술연구원 박막기술연구센터²⁾

The Fabrication of Micro Actuator Used Micro Electro-Magnet and Magnetostrictive Thin Film

Jee Hoon Seo*¹⁾, Sang Sik Yang¹⁾, Jong Man Jeong²⁾, Sang Ho Lim²⁾
 School of Electronics Eng. Ajou University¹⁾, Research Center for Thin film Technology, KIST²⁾

Abstract - In this paper, the fabrication of a micro actuator with a micro electromagnet and an actuator diaphragm is presented. The micro electromagnet consists of a magnetic core and a micro inductive planar coil. The actuator diaphragm is the p+ silicon diaphragm on both sides of which magnetostrictive materials are deposited by sputtering. The micro electromagnet is fabricated by sputtering, evaporating, etching and electroplating. The magnetic flux density of the micro electromagnet is measured by using the gauss meter. The deflection of the actuator diaphragm is measured by using the laser vibrometer and optic microscope.

박막을 구동시키는 전자석을 소형화하여 구동기와 결합한 후 특성을 시험하였다.

2. 구조 및 동작 원리

2.1 구조

그림 1은 마이크로 전자석과 결합된 액추에이터의 구조를 나타낸다. 전자석의 전체 크기는 8 mm×8 mm 이고 core의 재료로는 투자율이 높은 NiFe 50:50 wt. %를 사용하였다. coil의 재료로는 Cu를 전기 도금 장치 안에서 전기 도금을 하였다. 코어와 코일의 절연층으로는 스퍼터링으로 증착된 산화막을 사용하였다. 액추에이터는 마이크로머시닝으로 제작된 p+ 다이아프램이다.

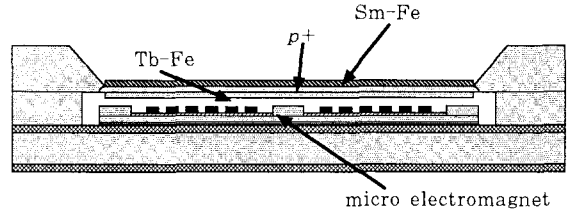


Fig.1 The structure of the actuator with microelectromagnet.

1. 서 론

마이크로 머신의 핵심 부품인 액추에이터로는 압전 재료 등 여러 가지 재료들이 사용되거나 검토되고 있으나, 액추에이터의 출력이 작거나 디바이스 설계가 복잡한 단점을 가지고 있기 때문에 이의 해결을 위하여 거대자기 변형박막을 구동체로 사용하려는 노력이 활발하게 진행되어 왔다. 자기변형은 외부에서 자기장이 형성될 때 자기 모멘트들이 한쪽 방향으로 정렬을 하게됨에 따라 변위가 일어나는 현상을 이용한 것이다.[1] 마이크로 액추에이터의 구동에는 여러 가지 방법이 있는데, 정전 구동인 경우, 큰 변위를 얻으려면 높은 인가 전압이 필요하고, 외란에 의하여 두 전극이 붙는 경우가 발생할 수 있다는 단점이 있다. 또, 열공압 방식 구동의 경우에는 큰 변위를 얻을 수는 있으나, 반복 구동의 주기가 길며, 챔버 내에 발생하는 고온으로 인하여 응용 범위에 제한이 있다. 자기 변형 구동의 경우는 에너지 밀도가 높고, 변형에 요구되는 반응 시간이 짧으며, 사용 시간과 횟수에 따른 특성의 열화가 거의 없다는 장점을 가지고 있다.

2.2 동작 원리

마이크로 전자석의 평판 코일에 전류를 흘리면 오른 나사의 법칙에 의해 NiFe 코어에 원형의 자기장이 발생된다. p+박막 위에 RF 스퍼터링으로 증착된 액추에이터는 원형 형태의 자기장에 의해 자기 변형이 일어나서 막이 움직이게 된다. 그림 2는 액추에이터가 움직이는 원리이다. 액추에이터 최적의 변위를 측정하기 위해 spacer의 높이를 조절할 수 있게 설계하였다.

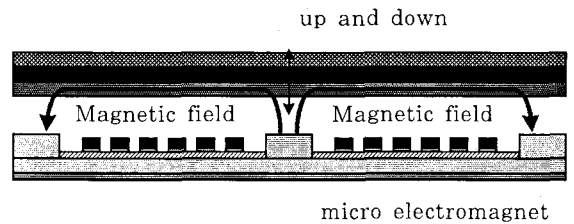


Fig. 2. The principle of the actuating.

Quandt 와 Honda 등은 자기 변형 박막을 이용하여 외팔보 혹은 박막 형태의 액추에이터에 관한 연구를 수행하였다[2-3]. Quandt 등은 50 μm 두께의 실리콘 외팔보 구조에 자장을 수평 방향으로 인가하여 변위를 측정하였다[2]. 자화 정도에 따라서 늘어나는 성질을 갖는 10 μm 두께의 TbDyFe 자기 변형 박막을 증착한 외팔보의 최대 변위는 200 μm이었다. 또, 박막 형태의 액추에이터 변위는 FEM 시뮬레이션 방법으로 계산되었다. Honda 등은 폴리이미드 외팔보 구조에 1 μm 두께의 Tb-Fe 와 Sm-Fe을 증착하고, 수평 방향으로 1000 Oe 크기의 자장을 인가하였을 때, 외팔보의 최대 변위가 270 μm이었다[3]. 이런 큰 변위를 가지게 하기 위해서는 큰 자장이 필요하게 되고 부피가 큰 전자석을 사용하여 변형을 관찰하였다. 이것은 MEMS에 적용하기에는 큰 제약이 된다. 이에 본 연구에서는 자기 변형

3. 제작 공정

3.1 마이크로 평판 전자석의 제작

그림 3은 마이크로 자석의 제작도이다. $525 \pm 10 \mu\text{m}$ 실리콘을 1100°C 에서 7000\AA 의 산화막을 기른 다음, 전기 도금을 위한 전극을 만들기 위해 Cr/Au를 증착시킨다[4]. 전자석의 아래판 코어가 될 부분을 전기 도금을 하기 위해 PR로 몰드를 형성한다. 전기 도금 장치에 넣고 NiFe를 $5 \mu\text{m}$ 을 도금한 뒤, 코어와 코일 사이를 절연시키기 위해 절연 물질인 SiO_2 를 진공 상태에서 스퍼터링 한다. 코일의 전극 부분을 패터닝한 다음 전극 패드 부분을 제외한 나머지 부분에 절연막인 SiO_2 를 증착한다. Cu 전기 도금을 하기 위한 전극으로 Cr/Au를 증착 한다. 절연층 위에 코일을 전기 도금 하기 위해 Thick PR로 몰드를 형성한 뒤, Cu 전기 도금을 수행하여 $20 \mu\text{m}$ 의 코일을 형성한다. 한번에 높이 올리게 되면 코일의 중앙부가 가장자리에 비해 훨씬 낮아지기 때문에 평탄도가 떨어진다. 이 평탄도를 높이기 위해서 시간을 나누어 여러 번 전기 도금을 수행한다. 위쪽의 코어를 형성하기 위해 코일 부분을 PR로 코일을 코팅한 다음 전기 도금 장치에 넣고 NiFe를 도금하여 마이크로 평판 코일을 가지는 마이크로 전자석을 완성한다.

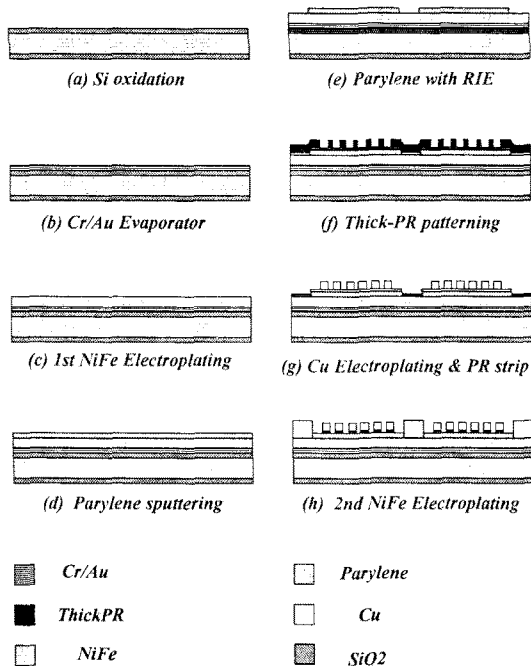


Fig. 3. The process of micro electromagnet.

3.2 액추에이터의 제작

그림 4은 마이크로 액추에이터의 제작 공정이다. $525 \pm 10 \mu\text{m}$ 실리콘을 1100°C 에서 7000\AA 의 산화막을 기른 후 확산할 부분을 사진식각공정으로 패터닝한다. 고농도 붕소 확산을 시킨 뒤, 뒷면에서 정렬 홈을 이용하여 정렬한다. PR로 패턴을 하여 TMAH에 넣어 etching을 수행한다. TMAH에서 Doping concentration이 10^{20} 이상이면 식각률이 급속도로 감

소하는 기술을 이용하여 두께 $6 \mu\text{m}$ 의 다이어프램을 형성한다. BOE에 넣어 산화막을 제거한 다음 다이어프램의 앞면에 플라즈마 분위기에서 양의 변위를 가지는 Tb-Fe를 $1.2 \mu\text{m}$ 를 sputtering으로 증착한다. 다이어프램의 뒷면에는 음의 변위를 가지는 Sm-Fe를 $1.2 \mu\text{m}$ 를 증착한다.

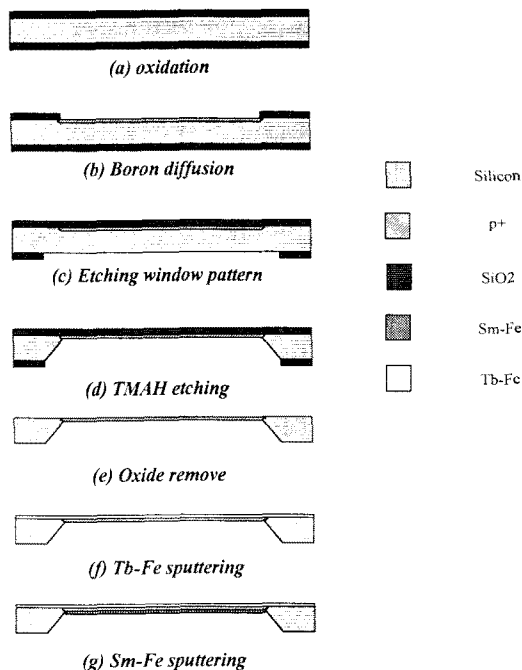


Fig. 4. The fabrication of the Actuator.

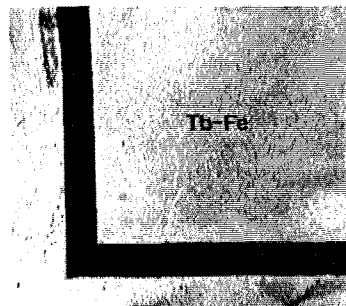


Fig. 5. The photo of the giant magnetostrictive actuator.

그림 5는 제작된 거대 자기 변형 박막의 사진이다. 보이는 곳은 뒷면에 Sm-Fe를 증착하고 나서의 모습이다.

4. 결 론

본 논문에서는 전기 도금을 이용해서 마이크로 전자석을 제작했다. 추후에 제작된 마이크로 전자석은 자속 측정계로 전류에 따른 자속 밀도를 관찰한다. 제작된

거대자기 변형 박막 액추에이터와 결합하여 변위를 관찰할 예정이다. 전류의 크기에 따른 액추에이터의 변위는 레이저 변위계로 측정한다.

(참 고 문 헌)

- [1] S. H. Lim, Y. S. Choi, S. H. Han, S. R. Lee, H. J. Kim, T. Shima and H. Fujimori, "Magnetostriction of Tb-Fe(B) Thin Films fabricated by RF Magnetron Sputtering," *IEEE Trans. on Magn.*, 32 (5) p. 4770, 1996.
- [2] E. Quandt, K. Seemann, "Fabrication of Giant Magnetostrictive Thin Film Actuators," *Proc. IEEE MEMS 95*, 1995, pp. 273-277.
- [3] T. Honda, K. I. Arai, and M. Yamaguchi, "Fabrication of Actuators using Magnetostrictive Thin Films," *Proc. IEEE MEMS 94*, Oiso, Japan, 1994, pp. 51-56.
- [4] F. Cardot, J. Gobet, M. Bogdanski and F. Rudolf, "Microfabrication of High-Density Arrays of Microelectromagnets with on-chip electronics," *The 7th International Conference on Solid-state Sensors and Actuators*, 1993, pp. 32-35.