



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

B81B 7/02 (2006.01)

B06B 1/08 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

B81B 7/00 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2007-0064975

(43) 공개일자

2007년06월22일

(21) 출원번호 10-2005-0125625

(22) 출원일자 2005년12월19일

심사청구일자 없음

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자
조종두
서울 강남구 도곡1동 현대파크빌라 401호
범현규
서울 양천구 신정동 327 목동신시가지아파트 1302-1003
유천열
인천 연수구 동춘동 동아아파트 115동 1001호

(74) 대리인
이은철
유완식

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체

(57) 요약

본 발명은 MEMS 공정에 의해 제작되되 플레이트를 기준으로 상하에 대응되는 자기변형박막과 서로 인접하는 자기변형박막을 서로 다른 면적의 재질로 증착하여 원격조정기의 공명주파수를 이용하여 전방으로 또는 후방으로 선택 이동이 가능한 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체에 관한 것으로, 그 구성은 소정 재질의 플레이트와; 상기 플레이트의 하단면에 일정 간격으로 수직 형성된 복수의 보행수단과; 상기 플레이트의 상단면에 일정 간격으로 형성되되 포지티브 및 네거티브 자기변형박막들이 교대로 형성되어 외부에서 인가되는 AC 자기장에 따라 자기 변형하는 제 1 자기변형박막들; 및 상기 플레이트의 하단면인 각 보행수단 사이에 형성되되 상기 제 1 자기변형박막들의 각 박막과 대응하는 위치에 서로 다른 성질의 자기변형박막이 교대로 형성되어 외부에서 인가되는 AC 자기장에 따라 자기 변형하는 제 2 자기변형박막들;을 구비한다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

마이크로 로봇에 있어서:

소정 재질의 플레이트;

상기 플레이트의 하단면에 일정 간격으로 수직 형성된 복수의 보행수단;

상기 플레이트의 상단면에 일정 간격으로 형성되되 포지티브 및 네거티브 자기변형박막들이 교대로 형성되어 외부에서 인가되는 AC 자기장에 따라 자기 변형하는 제 1 자기변형박막들; 및

상기 플레이트의 하단면인 각 보행수단 사이에 형성되되 상기 제 1 자기변형박막들의 각 박막과 대응하는 위치에 서로 다른 성질의 자기변형박막이 교대로 형성되어 외부에서 인가되는 AC 자기장에 따라 자기 변형하는 제 2 자기변형박막들;을 구비한 것을 특징으로 하는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체.

청구항 2.

청구항 1에 있어서,

상기 제 1 자기변형박막들과 제 2 자기변형박막들로 소정 주파수를 갖는 AC 자기장을 전송하여 자기변형박막들을 상하로 변형시키는 원격조정기를 더 구비한 것을 특징으로 하는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체.

청구항 3.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 플레이트는 반도체기판 또는 폴리이미드필름인 것을 특징으로 하는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체.

청구항 4.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제 1 자기변형박막들 또는 제 2 자기변형박막들은, TbDyFe, Tb-Fe, Sm-Fe, 및 Terfenol 재질 중에서 선택 사용되는 것을 특징으로 하는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체.

청구항 5.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제 1 자기변형박막들 또는 제 2 자기변형박막들은, 인접하는 각 박막과는 외부로부터 인가되는 AC 자기장에 자기 변형하는 공명주파수가 서로 다르게 형성된 것을 특징으로 하는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체.

청구항 6.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제 1 자기변형박막들 또는 제 2 자기변형박막들은, 상하좌우로 인접하는 각 박막과는 면적과 재질이 서로 다르게 형성된 것을 특징으로 하는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체.

청구항 7.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 자기변형박막들은 스퍼터링 방식에 의해 플레이트 상에 증착 형성되는 것을 특징으로 하는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 마이크로 전자기계 시스템(MEMS; Micro Electro Mechanical System)에 관한 것으로, 특히 MEMS 공정에 의해 제작되 소정 주파수의 AC 자기장에 의해 전후 이동이 가능한 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체에 관한 것이다.

일반적으로, MEMS란 마이크로 시스템, 마이크로 머신, 마이크로 메카트로닉스 등으로 혼용되고 있으며, 직역하면 초소형 전자기계적 시스템이다.

아직까지 정식으로 논의되어 선정된 단어는 없지만 현재 선도기술 사업으로 진행되고 있는 기술개발 과제명은 초소형 정밀기계 기술 개발이라 부르고 있다.

현미경에 의하지 않고서는 형태를 알 수 없을 정도로 작은 기계가 공상소설의 영역을 벗어나 이제 현실공학의 새로운 분야로 정착되었다.

한마디로 말해 개미와 같은 마이크로 로봇을 인공적으로 만들어서 미소한 운동이나 작업을 시키려고 하는 것이다. 즉 개미의 눈이나 촉각에 해당하는 각종 센서, 뇌나 신경에 해당하는 논리 회로, 팔과 다리에 대응하는 마이크로 메커니즘, 그것을 움직이게 하는 마이크로 액추에이터를 하나로 하는 시스템을 일컫는다.

크기는 수 mm에서 수 nm까지에 이르며, 수 cm크기라 해도 마이크로 머신이라고 불리는 경우도 종종 있다.

상기 MEMS의 가장 중요한 소재로 자기변형 재료가 사용되고 있으며, 자기변형재료는 외부에서 인가되는 자기장에 의해 치수의 변화(주로 길이의 변화를 일컬음)가 발생하는 재료를 말한다.

1842년 Joule에 의해 처음으로 자기변형 현상이 이론적으로 정립되었으며, 1960년대 희토류 금속(rare earth elements)과 자기 천이금속(magnetic transition metals)과의 합금을 통해 상온에서 10^{-3} 정도의 큰 자기변형을 갖는 Terfenol이 개발되었다. 1980년대 미국의 MEMS에서 작은 인가 자기장 하에서도 큰 변형을 보이는 Terfenol-D가 개발되어 상업적인 성공을 거두었다.

최근에는 MEMS 기술의 발전과 더불어 자기변형재료를 이용하는 MEMS소자(주로 미소 작동기)의 제작 및 설계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 자기변형복합재료에 관한 연구 빠르게 증가하고 있다.

Honda 등[T. Honda, K. I. Arai, M. Yamaguchi, "Fabrication of magnetostrictive actuators using rare-earth (Tb,Sm)-Fe thin films", Journal of Applied Physics, Vol. 76, No. 10, pp. 6994-6999, 1994.]은 Sm-Fe, Tb-Fe 등의 자기변형박막을 폴리이미드(polyimide) 기판 위에 적층한 외팔보(cantilever beam)를 제작하고 외부 자기장과 외팔보의 횡방향 변위사이의 관계를 실험적으로 관찰함으로써 미소 작동기의 구동원으로써 자기변형 재료의 응용성을 검증하였다.

Quandt 등[E. Quandt, B. Gerlach, K. Seemann, "Preparation and applications of magnetostrictive thin films", Journal of Applied Physics, Vol. 76, No. 10, pp. 7000-7002, 1994.]은 50 μ m 두께의 실리콘 박막 위에 두께 10 μ m의 TbDyFe 박막을 증착한 외팔보를 제작하였다.

Quandt 와 Ludwig[E. Quandt, A. Ludwig, K. Seemann, "Giant magnetostrictive multilayers for thin film actuators", in Proceedings of Transducers '97, 1997, pp. 1089-1092.]는 스퍼터링 방법을 이용하여 TbFe/FeCo 다층 자기변형 박막을 제작하고 이러한 다층 자기변형 박막이 단층 박막에 비해 상대적으로 낮은 자기장에서도 포화 자기변형이 발생함을 실험적으로 보였다.

또한 다층 자기변형 박막을 이용한 외팔보형 작동기와 자기변형 마이크로 펌프를 제작하고 각각의 작동성능을 평가하였다. 이외에도 Quandt와 Seemann[E. Quandt, K. Seemann, "Magnetostrictive thin film microflow devices", in Proceedings of Micro System Technology 96, 1996, pp. 451-456.]는 미소 유량제어 소자를 개발하였으며, Claeyssen[F. Claeyssen, N. Lhermet, J. Betz, K. Mackay, D. Givord, E. Quandt, H. Kronmiller, "Linear and rotating magnetostrictive micro motors", in Proceedings of Actuators 98, 1998, pp. 372-375] 등은 마이크로 모터를 제작하였다.

도 1 및 도 2는 상기 Quandt와 Claeyssen에 의해 개발된 초소형 리니어 모터 및 초음파 모터를 각각 도시한 것으로, 자기변형 MEMS 소자를 나타냈다.

도시한 바와 같이 종래의 초소형 리니어 모터 및 초음파모터는 외부에서 인가되는 주파수에 반응하여 일방향으로만 구동되었다.

상기 MEMS소자에 적용되는 자기변형 재료는 취성이 매우 크고, 고주파수 대역에서 발생하는 와류손실이 크며, 원하는 정도의 자기변형을 얻기 위해서는 비교적 높은 자기장이 요구되는 단점을 가지고 있다.

이러한 단점들은 자기변형재료의 응용을 상당히 제한하는데 이것은 열경화성 수지(주로 폴리머 바인더)를 이용한 자기변형복합재료를 구성함으로써 극복될 수 있다. 즉 자기변형복합재료의 대부분을 구성하는 열경화성 수지에 의해 기계적 인성이 향상되고, 자기변형재료의 부피가 감소함으로써 와류손실과 요구되는 인가 자기장의 크기가 줄어들게 된다.

1990년대 중반이후 자기변형 복합 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 자기변형 복합재료의 기계적 해석을 위한 해석 모델에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

이러한 연구는 압전재료나 형상기억합금이 이용되는 복합재료의 거동 해석을 위해 개발된 해석적 모델링(analytical modeling) 기법과 유사한 방법으로 진행되고 있다.

최근 국내에서도 자기변형 박막의 제작 및 응용에 관해 연구개발이 이루어지고 있으나 프랑스, 일본 등의 연구노력에 비해 매우 미약한 실정이다.

Lim 등[S. H. Lim, S. H. Han, H. J. Kim, Y. S. Choi, Jin-Woo Choi, C. H. Ahn, "Prototype Micro actuators Driven by Magnetostrictive Thin Films", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 34, No. 4, pp. 2042-2044, 1998.]은 외팔보 형태의 미소 자기변형 작동기를 제작하고 동작성능을 실험적으로 측정하였다.

또한 그들은 Sm-Fe 박막과 Sm-Fe-B 박막을 제작하고 자기적 성질 및 자기변형에 미치는 B의 영향을 고찰하였다.

일본 프랑스 및 미국과 같은 해외 선진국에서는 자기변형재료의 관한 연구가 폭넓게 이루어지고 있으나, 이의 산업적 응용에 있어서는 아래와 같은 문제점을 갖고 있다.

먼저 자기변형 MEMS 소자에 대한 연구는 매우 활발히 진행되고 있으나, 이들 대부분은 자기변형 현상의 구동원리를 미소 구조물에 적용한 것으로 자기변형의 응용에 대한 개념 검증의 단계에 머무르고 있다. 즉 구체적인 응용사례 및 상용화에 성공한 예는 아직까지 보고되지 않았다.

이것은 자기변형 MEMS 소자의 개발에 대한 새로운 아이디어의 창출이 빈약했거나 또는 자기변형 MEMS 소자의 설계 및 제작을 위한 수치 모델링 기법 등이 여러 연구자에 의해 제안되었지만 자기변형 MEMS 소자의 기하학적 특성 및 비선형적인 자기변형 현상을 적절히 고려할 수 있는 효율적인 설계도구로서의 제 역할을 수행할 수 없었기 때문이기도 하다.

자기변형 복합 재료에 관한 연구 역시 매우 활발히 진행되고 있지만, 압전재료나 형상기억합금이 사용되는 복합재료의 거동해석을 위해 많은 연구가 수행된 것을 통해서도 알 수 있듯이 자기변형 복합재료를 기능성 재료로써 효율적으로 이용하기 위해서는 기계적 거동 예측을 위한 유한 요소 모델링 기법의 개발이 필수적으로 요구되나 지금까지의 대부분의 연구는 해석적 모델의 개발에 국한되어 왔으며 수치 모델링에 관한 연구는 아직까지는 보고되지 않은 것으로 파악된다.

외국과 비교할 때 자기변형 재료에 대한 국내의 연구는 매우 미약하며 주로 자기변형 박막 또는 자기변형 복합재료의 제조에만 머무르고 있는 실정이다. 즉 자기변형 MEMS 소자의 개발, 자기변형 복합재료의 모델링에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 초소형 이동체의 플레이트를 기준으로 상하에 대응되는 자기변형박막을 서로 다른 면적의 재료로 증착 형성하고, 원격조정기에서 발생된 소정 주파수의 자기장에 대한 서로 다른 공명주파수를 이용하여 전후로 이동되는 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체를 제공하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은 원격조정기에서 발생된 소정 주파수의 자기장에 대한 서로 다른 공명주파수를 이용하여 전방으로 또는 후방으로 선택 이동이 가능한 자기변형 현상을 이용한 초소형 이동체를 제공하는 데 있다.

발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 기술적 수단은, 마이크로 로봇에 있어서: 소정 재료의 플레이트; 상기 플레이트의 하단면에 일정 간격으로 수직 형성된 복수의 보행수단; 상기 플레이트의 상단면에 일정 간격으로 형성된 포지티브 및 네거티브 자기변형박막들이 교대로 형성되어 외부에서 인가되는 AC 자기장에 따라 자기 변형하는 제 1 자기변형박막들; 및 상기 플레이트의 하단면인 각 보행수단 사이에 형성된 상기 제 1 자기변형박막들의 각 박막과 대응하는 위치에 서로 다른 성질의 자기변형박막이 교대로 형성되어 외부에서 인가되는 AC 자기장에 따라 자기 변형하는 제 2 자기변형박막들;을 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 마이크로 로봇은, 상기 제 1 자기변형박막들과 제 2 자기변형박막들로 소정의 공명주파수를 전송하여 자기변형박막들이 상하로 변형되도록 하여 보행수단을 통해 전방 또는 후방으로 이동되도록 하는 원격조정기를 더 구비한 것을 특징으로 한다.

구체적으로, 상기 플레이트는 반도체기판 또는 폴리이미드필름인 것을 특징으로 하며, 상기 자기변형박막들은 TbDyFe, Tb-Fe, Sm-Fe, 및 Terfenol 재료 중에서 적어도 2종 이상이 선택 사용되는 것을 특징으로 한다.

상기 제 1 자기변형박막들은 서로 인접하는 박막과 면적이 상이하며, 상기 제 2 자기변형박막들은 서로 인접하는 박막과 면적이 상이하며, 상기 플레이트를 통해 서로 대응하는 제 1 자기변형박막과 제 2 자기변형박막은 면적이 서로 다른 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 자기변형박막은 인접하는 박막과는 면적과 재질이 상이하며, 상기 자기변형박막들은 스터링 방식에 의해 플레이트 상에 증착 형성되는 것을 특징으로 한다.

이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 살펴보고자 한다.

도 3은 본 발명에 의한 자기변형박막을 이용한 초소형 이동체를 도시한 도면으로, 플레이트(10), 보행수단(20), 제 1 자기변형박막들(30), 제 2 자기변형박막들(40) 및 원격조정기(50)로 구성되어 있다.

상기 플레이트(10)는 반도체 기판(Si Substrate) 또는 폴리이미드 필름(Poly-imide Film)이고, 보행수단(20)은 상기 플레이트(10)의 하단면에 일정 간격으로 수직 형성된 플레이트(10)와 동일 재료로 형성하는 것이 바람직하고, 제 1 자기변형박막들(30; Magnetostrictive thin film)은 상기 플레이트(10)의 상단면에 일정 간격으로 증착 형성된 포지티브 및 네거

티브형 자기변형박막들이 교대로 형성되어 외부의 원격조정기(50)로부터 송출되는 소정 주파수의 AC 자기장에 따라 자기 변형하도록 구성되어 있고, 제 2 자기변형박막들(40)은 상기 플레이트(10)의 하단면인 각 보행수단(20) 사이에 증착 형성되며 상기 제 1 자기변형박막들(30)의 각 박막과 대응하는 위치에 서로 다른 성질의 자기변형박막이 교대로 형성되어 외부의 원격조정기(50)로부터 송출되는 AC 자기장에 따라 자기 변형하도록 구성되어 있다.

아울러, 상기 원격조정기(50)는 상기 제 1 자기변형박막들(30)과 제 2 자기변형박막들(40)로 소정 주파수의 AC 자기장을 전송하고, 서로 다른 공명주파수를 갖는 자기변형박막들(30, 40)이 AC 자기장에 선택적으로 자기변형되어 길이가 변형됨에 따라 자기변형박막들(30, 40)은 인접하는 박막들과 상하로 번갈아가며 변형되어 보행수단(20)을 통해 전방 또는 후방으로 이동된다.

아울러, 상기 제 1 자기변형박막들(30) 또는 제 2 자기변형박막들(40)은, 인접하는 각 박막과는 외부로부터 인가되는 AC 자기장에 자기변형하는 공명주파수가 서로 다르게 설정되어 있다. 예를들어 32번 박막을 기준으로 31번과 33번의 박막은 자기변형하는 공명주파수가 서로 다르다. 물론, 이 경우에 31과 33의 박막은 공명주파수가 서로 동일할 수도 있다.

그리고, 상기 자기변형박막들(30, 40)은 TbDyFe, Tb-Fe, Sm-Fe, 및 Terfenol 재질 중에서 적어도 2종 이상이 선택 사용되며, 상기 제 1 자기변형박막들(30) 또는 제 2 자기변형박막들(40)은 서로 인접하는 박막들(31-32-33)(41-42-43)과 서로다른 면적을 갖도록 형성하는 것이 바람직하며, 상기 제 1 자기변형박막들(30)과 제 2 자기변형박막들(40)은 상기 플레이트(10)를 통해 서로 대응하는 박막(31-41, 42-42, 33-43)끼리 면적이 서로 다르며, 상기 자기변형박막들(30, 40)은 스퍼터링 방식에 의해 플레이트 상에 증착 형성되는 것이 바람직하다.

일반적으로 MEMS에서의 대부분의 액추에이터(actuator)는 정자기에너지를 이용하는 경우가 일반적이고, 자기 에너지를 활용하기 위해서는 외부 자기장에 의해서 길이가 변하는 자기변형(자왜; magnetostriction) 효과를 이용하는데, 자기변형 효과를 이용하는 경우 가장 큰 장점은 자기장에 의해서 원격 조절이 가능하다는 점이다. 원격 제어가 가능하다는 것은 MEMS에서 널리 쓰이는 압전기(piezoelectricity) 등과 대비하여 볼 때 비교할 수 없는 이점이 된다.

원격제어가 중요하게 고려되는 분야는 MEMS의 중요한 응용 분야인 생체, 의료 등이 있는데 이 분야의 연구에 있어서 원격 제어가 필수적이라는 것은 두말할 나위가 없다.

원격조절이 가능하다는 것은 동시에 국소적 제어가 힘들다는 문제점을 야기시키게 되는데, 압전기(piezoelectricity)와 같이 전기적으로 제어를 하는 경우는 원하는 부위만 선택적으로 동작을 제어할 수 있는 반면에, 원격으로 조절하는 경우 외부 자기장의 영역에 있는 모든 자기변형 물질이 같은 자기장에 노출되어 국소적 제어가 곤란하다. 이 문제를 해결하기 위해 유한요소해석을 통한 동작 부위의 공명 주파수를 각기 다르게 설계하면 외부 인가 자기장의 주파수에 따라서 각 동작 부위들이 선택적으로 반응을 하게 된다. 따라서 원격으로도 국소적 제어가 가능한 것이다.

본 발명에서는 자기변형재료(또는 자왜재료; magnetostrictive materials)가 주로 박막 형태로 응용되는 미소 감지기(micro sensor) 및 미소 작동기(micro actuator)의 설계를 위하여 3차원 유한요소 모델링 기술의 개발, 자기변형 복합재료의 설계 및 기계적 특성해석을 위한 유한요소 모델의 구성 등과 같은 요소도 상당히 중요하다.

아울러, MEMS의 제작은 복잡한 포토리소그래피나 3차원 스테레오그래피 등의 공정을 요구하기 때문에 제작 후 문제점을 보완하는 방식의 접근은 매우 비용이 크므로, 직접 시료를 제작하기 전에 실제 동작이 예측 가능한 유한요소 해석을 이용한 설계의 중요성이 매우 큰 분야이다. 특히 MEMS의 응용 분야 중 점차 그 중요성이 증대되고 있는 생체, 의료 분야의 응용에 있어서 원격 조절이 가능하기 위해서는 자기변형 물질을 이용한 MEMS의 제작이 요구되는데, 현재까지의 유한요소 해석법으로는 자기변형물질의 비선형적인 동작으로 인해서 정확한 예측이 곤란한 상황이다.

이에 따라, 정 자기변형 해석을 위한 3차원 유한요소 해석 모델을 개발하였다.

미소 작동기로서 응용을 위해서는 일반적으로 자기변형 박막이 지니고 있는 포화 자기변형(saturation magnetostriction) 또는 이에 가까운 큰 변형이 발생할 수 있도록 외부 자기장을 인가하게 되고 이로 인해 자기변형 이력현상(magnetostrictive hysteresis)이 발생하게 된다. 따라서 자기변형 MEMS 소자의 설계를 위해서는 자기변형 이력을 고려할 수 있는 기능이 반드시 요구된다. 아울러 대변형으로 인한 기하학적 비선형을 고려할 수 있는 기능 역시 요구된다.

또한, 자기변형 MEMS 소자의 해석을 위해서는 기계-자기 연성 해석이 요구되는 데, 지금까지의 자기변형 해석을 위해 제안된 유한요소 모델들은 주로 절점 위주의 유한요소(node-based element) 해석을 기본으로 하고 있다. 그러나 자기장 해석의 경우 이러한 유한요소 모델링은 몇 가지 단점을 지니고 있는 것으로 알려져 있다.

즉, 첫째로 발산정리를 만족하지 못하는 물리적으로 타당하지 않은 해석 결과를 얻을 수 있으며, 둘째로 경계조건의 정의하기 어려우며, 마지막으로 모서리(edges)나 구석(corners)에서 자기장의 특이성(singularities)이 발생하기 때문에 해석 영역이 이러한 구조를 갖는 경우 어려움이 발생하게 된다. 이러한 어려움 때문에 벡터 유한요소(vector finite element)가 개발되었으며 성공적인 해석 사례가 보고되었다. 이에 본 발명에서는 자기장 해석에서는 벡터 요소를 사용하며 응력 해석을 위해서는 통상적인 유한요소를 사용하는 혼용기법을 개발하여야 한다.

대부분의 자기변형 MEMS 소자는 2차원 형상을 지니고 있기 때문에 응력 해석만을 고려하거나 간접적으로 자기-기계 연성 효과를 고려할 경우에는 대부분 2차원 유한 요소모델 또는 축대칭 유한요소 모델을 이용하여 해석이 충분하다. 그러나 직접적으로 자기-기계 연성 효과를 고려할 경우에는 3차원 유한요소 해석이 필요하게 된다.

그리고, 고주파수 영역에서의 동적 해석을 위한 3차원 유한요소 해석 모델에 대해 살펴보면, 자기변형 현상을 이용하는 마이크로 모터 및 마이크로 펌프와 같은 자기변형 MEMS 소자는 일반적으로 고주파수 영역에서 동작하게 된다. 따라서 자기변형 MEMS 소자의 설계자들은 와류손실 등과 자기적 손실, 기계적 진동 및 감쇠와 같은 기계적 거동을 이해하여야 한다.

본 발명에서는 고주파수 영역에서의 자기적 해석 및 기계적 해석을 수행할 수 있는 유한요소 모델을 개발하고, 개발된 자기변형 MEMS 소자 해석용 3차원 유한요소 해석 코드의 검증에 의해 자기 변형 MEMS 소자를 제작한 것이다.

이러한 검증이 필요한 이유는 미소 자기변형 현상에 관한 이론적 연구 결과가 매우 빈약하며, 이론적 해석 대상의 기하학적 형태 또한 매우 한정적이기 때문에 효율적인 검증 수단이 되지 못하기 때문이다.

또한, 선행 연구자들의 실험적 연구 역시 유한요소 모델의 검증에 필요한 충분한 자료를 제공하지 않기 때문에 직접적인 검증수단으로서의 역할을 하지 못한다. 이러한 이유로 본 발명에서는 자기변형 유한요소 해석의 효과적인 신뢰도 검증을 위한 자기변형 MEMS 소자를 제작한다.

상기 자기변형 MEMS 소자를 제작할 경우 자기변형박막을 스퍼터링(sputtering) 방식에 의해 MEMS 소자의 플레이트 상에 증착 형성하는 것이 바람직하다.

이와 같은 모델링과 과정을 통해 본 발명의 자기변형박막을 갖는 마이크로 이동체를 개발하였고, 자기변형박막의 정확한 자기변형계수(magnetostrictive coefficient) 측정은 자기변형 현상을 응용하는 MEMS 작동기의 설계에 있어 매우 중요하다.

자기변형계수는 측정하고자 하는 자기변형 박막이 증착된 외팔보의 휨 방향 변위를 측정함으로써 측정할 수 있는데 이것은 외팔보의 휨 방향 변위가 자기변형계수에 선형적으로 의존하기 때문이다.

최근까지 외팔보의 휨 방향 변위를 자기변형계수, 탄성계수, 포와송 비 등의 함수로 보다 정확하게 표현하려는 이론적인 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 그러나 이러한 대부분의 연구는 '자기변형 박막의 두께가 기판(substrate)에 비해 훨씬 작기 때문에 자기변형 박막의 탄성에너지는 무시할 수 있다'고 가정하고 있다.

그러나 이러한 가정의 타당성은 지금까지 전혀 검증된 바가 없으며, 이에 본 출원인은 문헌에 나타난 자기변형 박막에 대해 자기변형 박막의 탄성에너지가 고려된 이론식을 적용하여 자기변형계수를 계산하고, 이를 탄성에너지가 무시된 경우의 자기변형계수와 비교함으로써 앞서 언급된 가정의 타당성을 고찰하였다.

본 발명을 통해 '자기변형 박막의 두께가 기판에 비해 훨씬 작기 때문에 자기변형 박막의 탄성에너지는 무시할 수 있다'는 일반적인 가정은 항상 옳지 않다는 결론을 내릴 수 있었고, 아래의 표 1과 도 4 및 도 5는 해당 연구개발에 대한 대표적인 결과를 나타낸다.

【표 1】

	TbDyFe / Si	Tb-Fe / Polyimide	Sm-Fe / Polyimide
ξ	20	2	2
ζ	0.52	19.5	10.3
η	9.8	45.4	29.9

β	0.6392	0.6634	0.6634
---------	--------	--------	--------

단, ξ 는 박막과 기판의 두께의 비, ϵ 는 박막과 기판의 탄성에너지의 비, η 는 자기변형 상수의 계산오차이다.

도 4 및 도 5는 자기변형계수의 측정에 미치는 자기변형박막의 탄성에너지의 영향에 관한 결과를 나타낸 도면으로, 외팔보에서 반도체 기판(Si) 상에 TbDyFe 재질의 자기변형박막을 증착하고, 폴리이미드 기판 상에 Tb-Fe 재질의 자기변형박막을 증착하며, 폴리이미드 기판 상에 Sm-Fe 재질의 자기변형박막을 각각 증착한 후 실험하여 도 5와 같은 자계와 자기변형계수의 결과를 얻은 것이다.

상기 표 1에서 자기변형박막을, TbDyFe, Tb-Fe 및 Sm-Fe 재질로 증착 형성하여 실험하였지만, 본 발명에서는 자기변형박막으로 상기 3종 외에 Terfenol 재질을 사용하여도 무방하다.

도 6 및 도 7은 본 발명에 의해 제안된 자기변형을 위해 제안된 유한 요소를 설명하기 위해 도시한 도면으로서, 도 6은 보 요소(beam element)를 도시한 것이고, 도 7은 판 요소(plate element)를 나타낸 것이다.

여러 개의 자기변형박막으로 구성되는 다층박막 자기변형 외팔보의 변위 해석을 위한 일차원 보 요소(beam element)를 제안하였다.

이 요소를 통해 등가 자기변형응력(equivalent magnetostrictive stress)의 개념을 이용하여 자기변형의 이방성을 직접적으로 고려할 수 있으며, 또한 자기변형 박막의 휨에 미치는 기판의 휨 강성을 고려할 수 있다. 또한 보 요소로는 고려할 수 없는 평면 외 변형(out of plane deformation)과 보의 굽힘에 미치는 외팔보의 폭의 영향을 고려하기 위해 일차원 보 요소에 적용된 개념을 이차원으로 확장한 판 요소를 도 7과 같이 제안한 것이다.

도 8a 및 도 8b는 자기변형 MEMS소자의 해석을 위해 개발된 유한요소를 이용하여 수행된 해석 결과를 보여준다.

이와 같이 다양한 형태를 지닌 자기변형 시료의 마이크로 패턴에 따른 주파수 특성 분석을 개발된 유한요소 해석법의 결과와 비교 분석하여, 유한요소해석법의 해에 대한 신뢰성을 확보한다. 또한, 다양한 형태의 미세 패턴에 대한 주파수 특성을 연구하여, 외부에서 인가한 자기장의 주파수 특성에 따라서 국소적으로 자기변형 현상이 발생할 수 있도록 한다.

발명의 효과

따라서, 본 발명에서는 초소형 이동체를 MEMS 공정에 의해 제작되되 플레이트를 기준으로 상하에 대응되는 자기변형박막과 서로 인접하는 자기변형박막을 서로 다른 면적의 재질로 증착하되 원격조정기에서 발생하는 자기장에 대한 서로 다른 공명주파수를 이용하여 전방으로 또는 후방으로 선택 이동이 가능한 이점이 있다.

또한, 본 발명에서는 자기변형을 이용한 MEMS에서 유한요소 해석을 통한 설계 기법을 기초로 초소형 이동체를 제작함으로써 제품의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 및 도 2는 종래의 자기변형 MEMS 소자 중 초소형 리니어 모터 및 초음파 모터를 각각 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명에 의한 자기변형 초소형 이동체를 도시한 도면이다.

도 4 및 도 5는 본 발명에 의한 자기변형계수의 측정에 미치는 자기변형박막의 탄성에너지의 영향에 관한 결과를 나타낸 도면이다.

도 6 및 도 7은 본 발명에 의해 제안된 자기변형을 위해 제안된 유한 요소를 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명에 의한 자기변형 MEMS소자의 해석을 위해 개발된 유한요소를 이용하여 수행된 해석 결과를 보여주는 그래프이다.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

10: 플레이트(반도체기판 또는 폴리이미드)

20: 보행수단

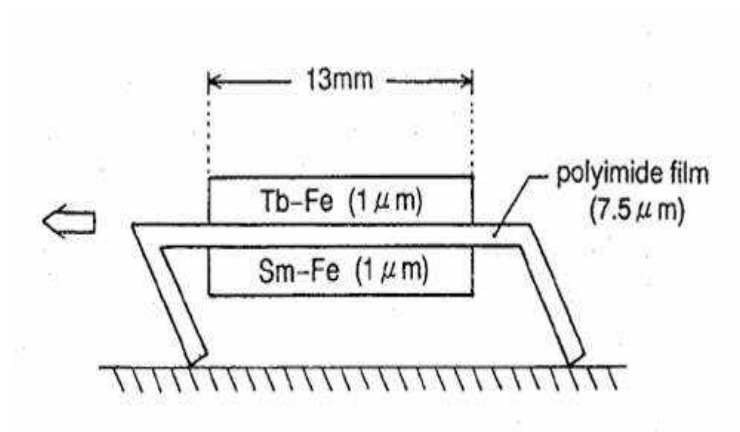
30: 제 1 자기변형박막들

40: 제 2 자기변형박막들

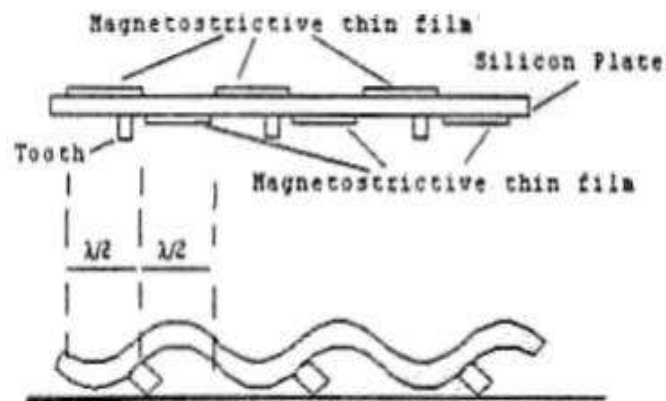
50: 원격조정기

도면

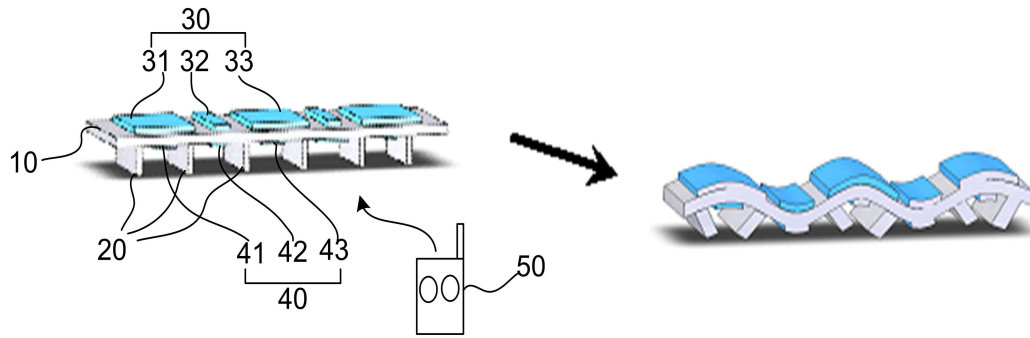
도면1



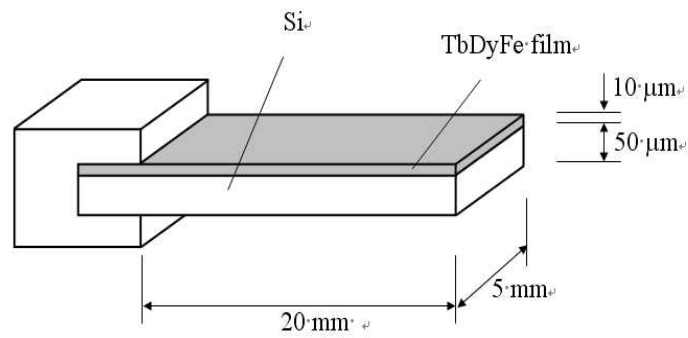
도면2



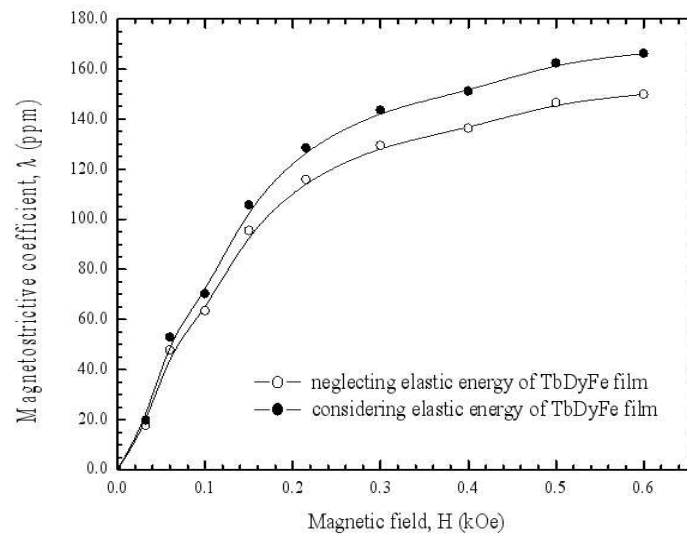
도면3



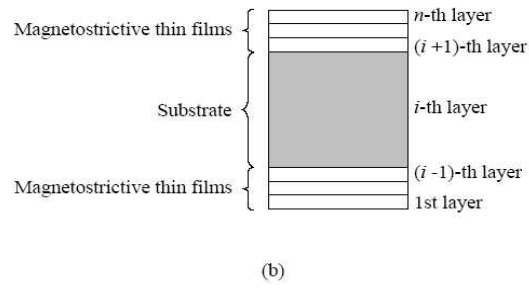
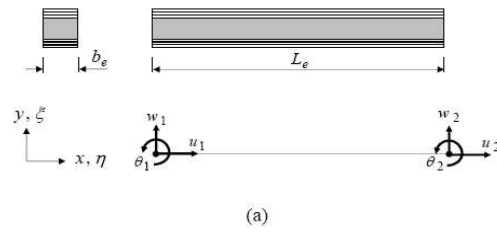
도면4



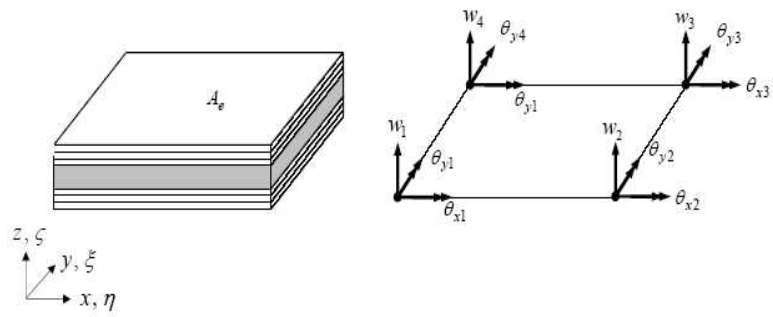
도면5



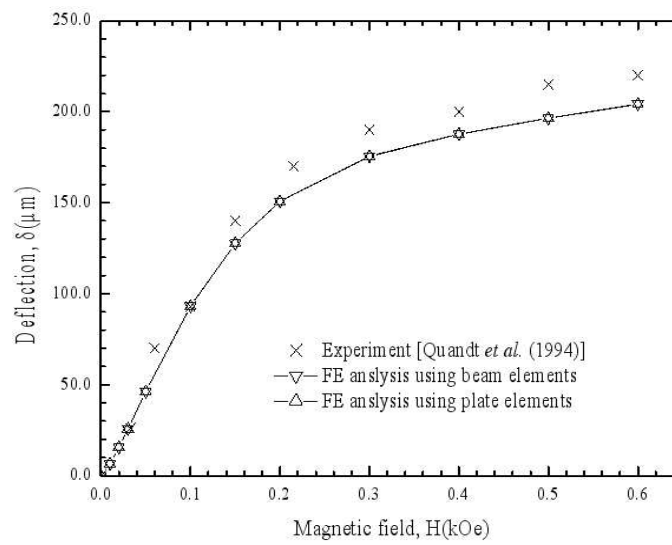
도면6



도면7



도면8a



도면8b

