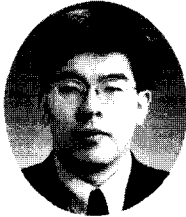


마이크로시스템 기술의 소개



김 용 권*



백 창 욱**

1. 서 론

마이크로시스템 기술은 육안으로는 보이지 않는 작은 전기기계소자를 제작하는 기술을 일컫는다. 마이크로시스템 기술은 MEMS(Microelectromechanical Systems)라고도 불리우며 여러 학문 분야와 응용 분야에 자주 쓰이고 있다. 마이크로시스템 기술을 개략적으로 정의하면 아주 작은 기계 구조물을 제작해서 응용할 수 있는 모든 분야에 응용하는 것이라고 할 수 있다.

마이크로시스템 기술이란 반도체 공정, 특히 집적회로 기술을 응용한 미세 가공 기술을 이용하여 $\mu\text{m}(1/1000\text{mm})$ 단위의 초소형 센서나 구동기 및 전기 기계적 구조물을 제작 실험하는 분야이다. 미세 가공 기술에 의하여 제작된 미세 기계는 mm 이하의 크기 및 μm 이하의 정밀도를 구현할 수 있다. 1970년대 반도체 제작 기술 및 주변회로를 내장한 집적화된 센서를 개발하기 시작하여, 1980년대 초반에는 스프링, 외관보(수영장의 스프링 보드 같은 구조) 등의 미세 기계 요소 등을 제작하였다. 1980년대 후반에는 마이크로 집게, 모터, 기어 등의 기관

에서 분리된 미세 구조물을 제작하였으며, 1990년대에 이르러서는 센서, 논리회로 및 구동기가 집적화된 형태로 발전되고 있다.

마이크로시스템 기술의 장점은 초정밀 미세 가공을 통하여 소형화, 고성능화, 다기능화, 집적화가 가능하며 안전성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다는 것이다. 아울러, 일체화된 집적 시스템의 구현 가능성으로 조립 필요성이 감소되며, 일괄공정으로 제작되므로 값싸게 양산할 수 있다. 그림 1은 미국 샌디아 국립연구소(Sandia National Laboratories)에서 제작된 마이크로 톱니바퀴 위에 진드기가 올라간 모습을 전자주사현미경으로 찍은 모습이다. 그림 1에서 가운데의 톱니바퀴의 크기는 $100\sim 200\mu\text{m}$ 정도이고, 이는 사람 머리카락 하나 또는 두 개의 굵기에 해당한다.

현재 연구중인 응용 분야로는 자기 헤드, 프린터 헤드 등의 정보화 기기 분야, 세포 조작, 진단 및 수술, 인공장기 등의 의료 기기 분야, 센서, 자율 제어 시스템과 같은 제어계측 기기 분야, 광섬유통신, 광 스위치, 가변 초점 거울, 마이크로 렌즈 등의 광학 기기 분야, 필터, 노즐, 밸브, 모터 등의

* 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 부교수

** 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 조교수

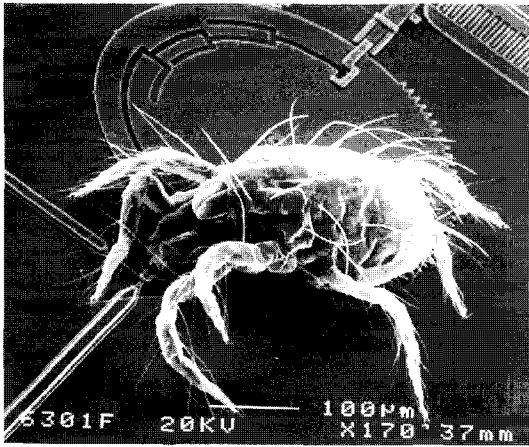


그림 1 MEMS 기술로 제작한 톱니바퀴

극소형 기계 등을 들 수 있다. 무인 우주선이나 미사일 등에 응용하는 우주 산업, 군수 산업 등에서의 중요도가 커지고 있으며, 자동차 및 각종 가전 제품으로의 응용은 이미 시작되었다. 앞으로 출현할 마이크로시스템 기술 제품은 기존 기술로는 제작하기 어렵고 마이크로시스템 기술이 있어야만 생산이 가능한 제품이며, 이런 제품은 새로운 시장을 창출하며 높은 가격으로 판매될 수 있다.

마이크로시스템 기술은 정보 통신, 자동차, 항공, 방위, 의료, 생명공학 등 다양한 산업 제품의 핵심기술이다. 마이크로시스템 기술로만 제작되어 응용되는 제품은 극히 일부이지만, 마이크로시스템 기술을 이용해서 제품의 기능을 향상시키거나 새로운 제품을 창출하는 예는 쉽게 들 수 있다. 마이크로시스템 기술은 다른 분야의 기술에 접목하여 커다란 상승효과를 낼 수 있는 기반기술이다.

2. 본론

2.1 화상표시장치

크기가 수십 μm 인 마이크로 미러를 화상의 화소 수만큼 제작해서 개별적으로 마이크로 미러(micro mirror)를 구동하면 화상을 구성할 수 있다. 그림 2와 같이 마이크로 미러를 화소 수만큼 제작한다. 예를 들어, SVGA급이면 800×600 개를 제작한다. 표면 마이크로머시닝 기술을 이용하며 제작하고

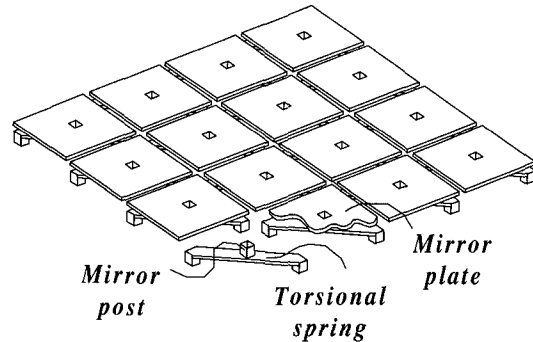


그림 2 화상표시장치용 마이크로 미러 어레이

마이크로 미러의 재질은 알루미늄이다. 미러는 정전력 또는 압전력에 의해서 회전하거나 기울어진다. 그림 2는 정전력에 의해서 구동하는 텍사스 인스트루먼트사에서 개발한 마이크로 미러의 예이다. 미러 판은 빛을 반사하고 미러 판 아래의 회전 스프링이 비틀어지면 미러 판이 이에 의해 기울어진다. 이에 따라 미러 판에 반사한 빛의 경로가 바뀌며, 스크린에 한 점이 밝게 되며 각 미러들을 제어하면 화상을 이루게 된다. 현재 마이크로 미러 어레이를 이용한 프로젝터가 시판되어 판매되고 있다.

2.2 광통신

마이크로 미러, 렌즈, 빔 스플리터, 광 도파로, 광섬유 장착대 등을 마이크로머시닝 기술로 제작하면 광통신의 광 스위치, 광신호 교환기, 광신호 감쇄기 등에 응용할 수 있다. 그림 3은 4×4 마이크로 광신호 교환기(Micro Optical Cross Connect)의 개념도를 보이고 있다. 크기가 빔 직경의 두 배 정도인 마이크로 미러(대개 $100 \sim 200 \mu\text{m}$)를 2차원적으로 배열하고 미러를 개별 구동하여 광신호를

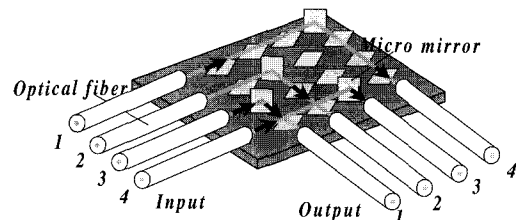


그림 3 마이크로 광신호 교환기의 개념도

특집기사

반사시키려는 미러만을 누워있는 상태에서 일으켜 세워 입력 광섬유로부터의 광신호를 출력 광섬유로 반사시켜 보낸다. 따라서, n개의 입력 광섬유 신호 각각을 n개의 출력 광섬유로 1:1로 보낼 수 있어 자유로이 신호를 교환할 수 있다.

2.3 정보저장장치

정보저장 장치는 고 기록 밀도화, 소형화, 고속화가 요구되고 있어서, 마이크로시스템 기술로 제작된 미세 구동기가 정보저장 장치에 응용되고 있다. 자기 헤드나, 광픽업 헤드, 광자기 헤드, 탐침을 움직이는 미세 구동기는 고 기록밀도 정보저장 장치에는 필수적인 핵심 소자로 인식되어 있다. 예를 들어, 광정보 기록기기의 경우, 광 트랙 피치는 1 μ m 내외이므로 트랙 추종을 위해서는 마이크로미터 이하의 제어가 필요하다. 2차 구동기를 마이크로 미러를 이용해 제작하여서 레이저 빔이 트랙을 따라가도록 제어한다. 이 때 마이크로 미러는 충분한 변위각과 빠른 동특성이 요구되는데, 마이크로 미러를 약간 회전시켜 광 경로를 변화시켜서 트랙을 추종하도록 할 수 있다.

2.4 밀리미터파 소자

밀리미터파는 주파수가 수~수십GHz 대역의 파를 일컬으며, 무선 정보통신에서 사용되며, 앞으로 사용될 주파수 영역이다. 미세 구동기 또는 마이크로 구조물을 이용하면 신호 전송선, 마이크로 인덕터, 가변 정전용량 소자, 마이크로 스위치 등을 제작할 수 있다. 이들을 적절히 이용하면 LC 공진기, 위상 변조기, 중심 주파수 가변 필터, 전압조절 공진기 등을 소형으로 성능이 좋게 일괄공정으로 제작할 수 있다. 그림 4는 가변 정전용량 소자의 개념도이고, 가동 전극과 고정 전극에 전압을 인가하면 정전력에 의해 가동 전극이 기관 쪽으로 가까워진다. 두 전극 사이의 거리가 변화함에 따라 정전용량 값이 변화하고 이에 따라 필터의 중심 주파수가 변화한다. 이를 이용하여 중심 주파수를 변화시킬 수 있는 중심 주파수 가변 필터를 제작할 수 있다.

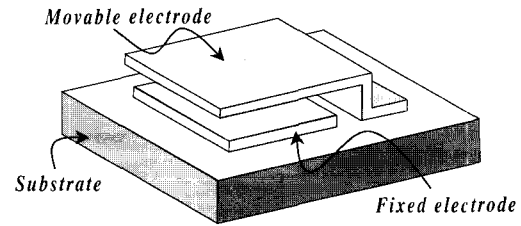


그림 4 마이크로 가변 정전용량 소자의 개념도

2.5 LOC 기술

마이크로 밸브, 펌프, 유체 통로 등을 하나의 칩 위에 제작해서 시료의 분리, 반응, 분석 측정을 손바닥만한 크기의 기기로 할 수 있게 해서 의료나 생명 공학에 응용하는 LOC(Lab-on-a chip) 기술이 있다. 이 기술로 화학, 의학 실험실용 동전 크기의 칩 위에 구현한다고 생각하면 된다. 그러면 작은 크기이기 때문에 성능이 좋아지고 반응 시간이 줄어들며 실험의 재현성과 편이성이 좋아져서 실험 초보자도 쉽게 실험할 수 있게 된다. LOC 기술은 DNA칩, 단백질칩, 마이크로 분석시스템, 마이크로 화학시스템 등에 응용한다. LOC 기술은 유전자 분석의 핵심기술로서 수많은 응용에 사용되고 있다. 그림 5는 LOC의 일례이다. 항원항체 반응을 이용하여 알고자하는 생체가 있는지를 알아내는 시스템이다. 별도로 제작된 서로 다른 항원이 배열된 칩을 반응실에 적재한다. 유체 입구 1, 2를 통하여 시료 및 항체를 흘리고, 세척액으로 정해진 순

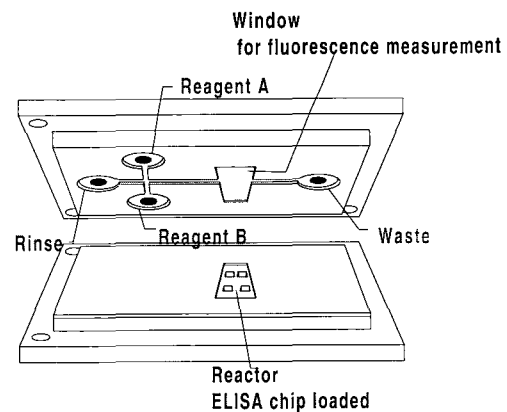


그림 5 LOC의 일 예. 마이크로 항원항체 반응 시스템의 개념도

서대로 처리한다. 발견하려는 생체가 있다면 항원 항체 반응에 의하여 흡착되고 항체에 붙인 형광포 리표가 발광하게되어 생체 유무를 알 수 있게된다.

이외에도 마이크로시스템 기술로 요소 부품을 제작해서 전기, 전자, 기계, 항공, 자동차, 방위, 의료, 생명공학 분야에 응용하는 제품을 제작할 수 있다.

3. 결 론

마이크로시스템 기술은 미세 구조물을 제작하는 기술이며, 이는 종래의 기계 가공 기술에 버금가는 21세기의 가공 기술로 자리 매김하리라고 생각한다. 마이크로시스템 기술로 제작되는 미세 구조물은 마치 성능 좋은 컴퓨터가 제작되면 다양한 소프트웨어가 개발되듯이 매우 다양하게, 그리고 상상하기조차 힘든 곳에도 응용되리라고 생각한다. 따라서, 여러 분야의 지식과 기술이 없이는 제대로 활용되는 마이크로시스템 기술 응용 제품을 제작

할 수 없기 때문에 다른 분야와의 협동 연구 및 정보 교환이 매우 중요한 분야이기도 하다.

참 고 문 헌

1. P. F. van Kessel, L. J. Hornbeck, R. E. Meier, and M. R. Douglass, "A MEMS-based projection display(*Invited Paper*)," *Proc. IEEE*, Vol. 86, No. 8, 1998, pp.1687~1704
2. M. E. Motamedi, "Micro-opto-electro-mechanical systems," *Optical Eng.*, Vol. 33, No. 11, 1994, pp.3505~3517
3. J. Jason Yao, "RF MEMS from a device perspective(*Topical Review*)," *J. Micromech. Microeng.*, Vol. 10, No. 4, 2000, pp.9~33
4. C. H. Mastrangelo, M. A. Burns, and D. T. Burke, "Microfabricated devices for genetic diagnostics (*Invited Paper*)," *Proc. IEEE*, Vol. 86, No. 8, Aug. 1998, pp.1769~1787 