

초소형 정밀기계 기술

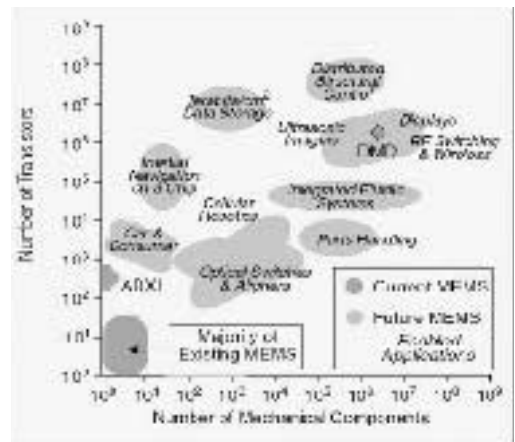
차세대 MEMS 기술의 응용

1. 개요

초소형 정밀기계 기술 즉 MEMS(Micro Electronic Mechanical Systems) 기술은 시스템뿐만 아니라 마이크로 구조물(micro structures), 센서(sensors), 액츄에이터(actuators), 마이크로 기계(micro machines) 또는 마이크로 로봇(micro robots) 등을 포함하는 광범위한 분야에 걸쳐 응용되고 있으며, 어떤 초소형 대상물 자체를 지칭하는 것 이외 초소형 대상물을 만드는 가공기술을 표현하는 의미까지 포함하여 이 용어를 사용하고 있다.

초소형 정밀기계기술에서 다루고 있는 크기의 기본 단위는 마이크로미터(0.001mm)로 사람 머리카락의 직경이 약 100 마이크로미터(0.1mm) 내외인 것을 고려할 때 초소형 기계나 초소형 부품들은 대개 이 머리카락의 직경 정도의 크기를 가지며, 머리카락 속에 모터나 기어 등이 들어있다고 생각할 수 있다.

2. 응용 분야



〈그림 1〉 차세대 MEMS 기술의 응용 분야

〈그림 1〉에서 보듯이 MEMS 기술의 응용 분야는 점차적으로 소형화 다기능화 및 복잡화 되는 경향을 보이고 있다.

MEMS 기술이 응용되는 분야는 〈표 1〉에서와 같이 크게 4가지로 분류할 수 있으며, 여기에서는 센서와 액츄에이터에 대한 응용에 초점을 두고 살펴 보았다.

	Transportation	Communications	Analytical and Medical	Other
MEMS Structures	Infrared Imagers	Optical & RF Signal Guides	Micro-Filters-Channels &-Mixers	
MEMS Sensors	Pressure, Acceleration & Angular Rate	Power Sensors		Many
MEMS Actuators	Aerodynamic Flow Control	Displays, Optical Switches, & RF Switches & Filters	Micro-Pumps & - Valves	
MEMS Systems			Point of Care Analytical Systems	Data Storage

〈표 1〉 차세대 MEMS 기술의 응용 분야 분류

가. 센서로의 응용

MEMS 센서 중에서 상업적 성공을 거둔 것은 관성 센서와 압력 센서라 할 수 있다. 그러나 새로운 센서들이 최근에 제안되고 있고 이에 관한 신규 시장도 형성되고 있는 상황이다.

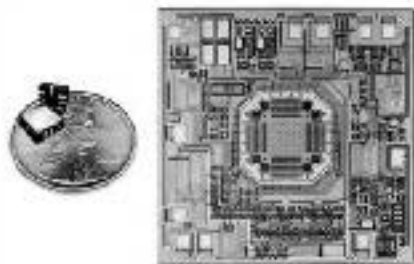
(1) 관성센서(inertial sensor)

관성센서는 모든 동작을 전기적 신호로 변환하는 것으로서 여러 가지 응용 분야를 갖고 있다. 동작하는 기기들이 관성센서의 도움이 필요하며, 가속도계는 경사, 충격과 진동을 측정하는데 사용된다.

단방향 가속도계는 운동가속이나 정지가속 중 하나를 측정하는데 사용되며 쌍방향 가속도계는 두 가지 모두를 측정하는데 사용된다. 가장 성공적으로 사용되고 있는 관성센서는 에어백 시스템에 적용되고 있는 가속도 센서인데, 이는 각종 스포츠 장비뿐만 아니라 의학분야에 사용되는 소자에도 적합하며 또한, 산업현장에서는 가속도계를 장비의 진동측정에 사용하고 있다. 이 경우, 기계의 진동과 회전을 진단하고 기계적 문제점을 찾아내는데 사용할 수 있다.

또한 소비자 전자분야에 확실한 응용분야가 예상되는데, 가속도계는 HDD, PDA, 휴대폰 입력단의 진동을 검출하는데 사용되고, 캠코더의 진동조정기의 상태를 보상하는데 사용될 전망이다.

가정용 제품분야도 가속도계의 또 다른 시장으로서, 식기세척기에서는 평형상태를 검출하는데 사용되고 전자레인지에서는 위판과 조합되어 사용될 전망이며, 이 경우에 에너지의 보존과



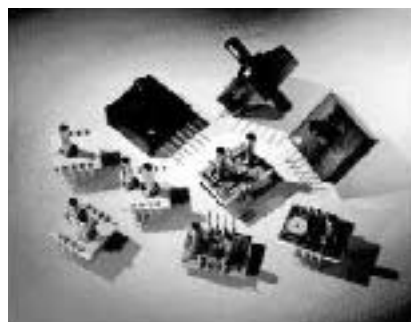
〈그림 2〉 마이크로 가속도계

가열체의 안전상태 등을 보다 우수하게 조정하여 요리상태를 감시하는데 사용되며, 또한 가속도계는 끓고 있는 팬의 진동상태와 끓는 점에 도달한 열의 상태를 조절하여 넘치지 않도록 하는데 사용된다.

(2) 압력센서(pressure sensor)

기본적인 압력센서 시장이 존재한다는 것이 MEMS 압력센서의 발전 가능성을 갖게 하고 있으며, 습도센서는 전단응력을 이용하여 개발되고 있다. 가장 성공적인 형태의 압력센서는 동일한 압력과 같은 자동화 시스템을 측정하는 분야와 혈압 측정 분야에 사용되는 것이다. 압력센서는 HVAC 시스템과 가정용 제품 분야에서 산업 공정제어와 농업분야에 까지 폭넓게 응용되고 있다.

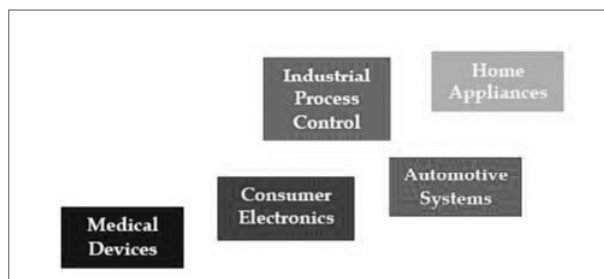
(3) 기타 센서로의 응용 분야



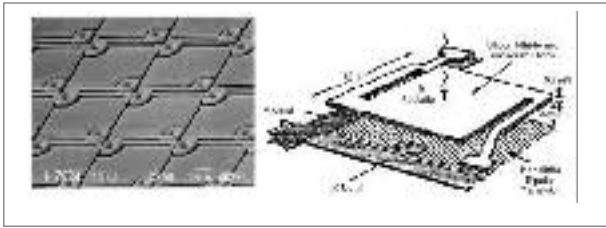
〈그림 3〉 마이크로 압력 센서

기타 센서와 관련된 시장형성이 될 분야로는 습도센서, 적외선 센서, 바이오센서 및 화학센서 분야가 있으며, 몇몇 분야는 아직까지 개발단계에 있지만 머지않은 시일 내에 양산이 가능할 것으로 예상된다.

Hygrometrix의 습도센서는 산업공정제어 분야뿐만 아니라, 가정용 제품에 사용하기 위한 적용단계에 있고, 또한 HVAC 시스템은 사무실과 자동차의 습도 검출에 유용할 것으로 보인다. Melexis의 적외선 센서는 IR을 이용한 귀 온도계와 헤어드라



〈그림 4〉 기타 센서의 응용 분야



〈그림 5〉 Honeywell의 마이크로볼로미터

이어, 의료 드라이어 및 마이크로웨이브와 같은 소비성 분야에 사용되고 있다.

Infineon의 바이오센서인 FingerTip은 컴퓨터 자판을 찾는데 사용되며, 향후 휴대폰, 신용카드 및 자동차 등에 유용할 것으로 보이며 자동차의 경우에 이 센서는 엔진을 시동하기 위한 지문인식으로 사용될 수 있다.

Carvoton은 화학센서인 ORNL의 cantilever 센서를 인증 받았다고 발표하였으며, 가정용 또는 산업 분야에서 무선 분석기를 통한 환경 또는 기기공정의 원격 검출이 가능한 소자가 될 것으로 기대된다.

〈그림 4〉는 기타 센서의 응용 분야를 보여주고 있고, 〈그림 5〉는 적외선 센서로 응용되어지는 Honeywell의 마이크로볼로미터를 나타낸 것이다.

나. 액츄에이터로의 응용

(1) 채널/노즐

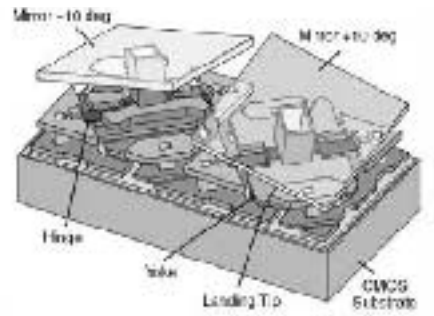
마이크로유체 어레이는 채널, 밸브, 펌프, 챔버 및 노즐의 매우 작은 혼합체 형태로 되어 있으며, 유체를 전기장이나 다른 방법에 의해 추진시키는 역할을 한다. 축소된 마이크로어레이는 물 한 방울의 오백만 분의 일 정도로 매우 작은 양인 picoliter를 측정하고 공급할 수 있으며, 대표적인 예가 잉크젯 프린터에의 응용이고 바이오칩도 그중의 하나이다.

(2) 거울 어레이

울 어레이는 단일 칩 형태로 제조가 가능하며 다양한 시장에 사용될 수 있다. 가장 기대되는 응용분야는 광 네트워크에 사용될 광 스위치이고, 이러한 소자의 평균판매가는 거울 어레이의 크기에 비례하여 1,000~10,000달러 정도이다. 또한 가장 성공적인 상업적 용도로서 TV의 이동식 프로젝트에 사용되고 있다. 기타 착용성 디스플레이와 바코드 스캐너에도 활용되고 있다.

마이크로 거울은 평판 디스플레이, 광 연결기, 광 어레이, 스캐너 등 여러 분야에 쓰이고 있는 소자로서, 동작 전력을 줄이고, 설계가 간단하고 큰 규모의 어레이 제작이 용이한 장점이 있다.

〈그림 6〉은 TI에서 제작한 DMD를 나타내고 있다.



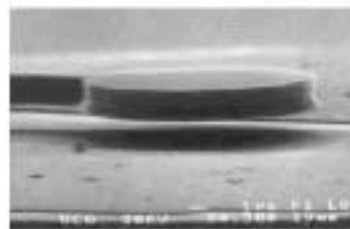
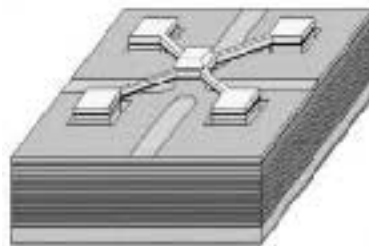
〈그림 6〉 Digital micromirror display(DMD)

(3) 파장 가변 레이저

파장가변 레이저는 모든 광 스위칭에 매우 중요한 부품으로서, Bandwidth9, Iolon, Nortel networks 등의 회사에서 광 네트워크에 사용될 다양한 레이저 제작을 진행하고 있다. Nortel은 최근에 파장가변레이저의 제품을 제시하고 있고, 이 레이저는 두개의 거울을 사용하는데 멤브레인 위에 곡선의 거울이 장착되어 있다. 멤브레인의 움직임에 따라서, 멤브레인과 거울 사이의 거리가 변화하고 이에 의해 파장이 선별된다.

(4) 릴레이

고효율의 스위칭 기능을 얻기 위해서 MEMS 형태의 마이크로 릴레이가 필요하며, Colibrys, Cronos Integrated Microsystems, Honeywell, Measurement Specialities 및 Motorola와 같은 회사들이 릴레이를 개발하고 있다.

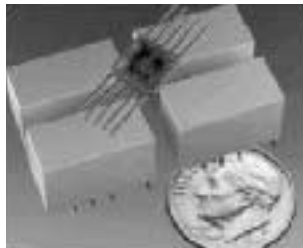


〈그림 7〉 파장 가변 레이저

릴레이의 첫 번째 상업적 응용은 휴대폰에 사용되었으며, 휴대폰 안테나에 high band와 low band 사이의 스위칭용으로 MEMS 릴레이가 사용될 것으로 보여지며, 또한 휴대폰의 송신/수신 기능에 MEMS 릴레이가 사용될 것으로 보인다.

또 다른 잠재적인 시장은 소비성 전자제품, 전화통신, 그리고 자동차 분야이고, 적어도 8개의 회사에서 이 영역에 생산개발을 하고 있다. Motorola는 릴레이를 Allgon의 휴대폰 안테나에 사용하고 있다.

릴레이는 초기에 약 5달러 정도의 가격으로 일억 개에 해당하는 시장이 전망되며, 생산 규모가 증가함에 따라 평균판매가는 1달러까지 하락할 것으로 보인다.

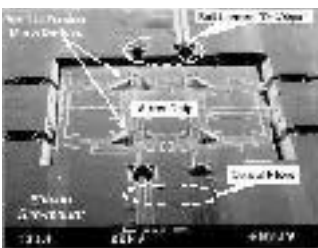


〈그림 8〉 마이크로 릴레이

(5) 광 스위치

광통신망의 발전에 따라 광 스위치의 많은 수요가 요구되며, MEMS 기술을 광 스위치에 이용함으로써 소형화, 저가격화 및 우수한 특성을 구현할 수 있다.

광 스위치는 광섬유를 물리적으로 상하로 움직여서 빛이 나가는 방향을 바꾸어 주어 스위칭 역할을 하게 되는, 광섬유를 움직이는 마이크로 기구로서 SCOFSS(Small Cantilevered Optical Fiber Servo System)이라는 장치가 있다. 이것은 직경이 140 μ m인 광섬유를 길이 5 μ m 정도 자유롭게 하고 한끝을 정전력으로 움직여서 광섬유의 한 끝 가까이에 놓인 스크린 상의 정해진 위치에 빛을 맞추는 서보시스템으로서, 광섬유의 일부에 일렉트레트(electret, 영원히 대전되어 있도록 처리된 플라스틱) 피막을 부착해서 그 피막안의 전하와 아래에 놓은 위치제어용 전극위의 전하가 반발력이나 흡인력을 발생하는 것이다. 이 힘은 비교적 작지만 광섬유의 무게는 지지부에서 지지하고 있으므로 광섬유의 방향을 자유로이 바꿀 수 있다. 〈그림 9〉는 수직 비틀림 거울(vertical torsion mirror)을 이용한 광 스위치의 구조를 나타내고 있다.



〈그림 9〉 Vertical torsion mirror를 이용한 광 스위치

3. 결론

MEMS 연구는 미소영역에서의 작동원리 및 물리적 현상에 관한 심층적 이해와 미소재료의 물성에 관한 실험적 분석 및 자료 축적을 통해 마이크로미터 영역에서의 새로운 작동원리의 발굴, 과학과 공학간의 기술적 연결고리 발견, 과학과 기술의 융합지역에서의 신기술 창출 및 새로운 연구 분야의 개척에 기여할 것이다.

이러한 미소 물리현상의 원리와 검증된 구현방법의 제시는 고부가가치 기전복합제품에서 필요로 하는 핵심부품의 성능과 부가가치 향상을 통해 제품의 경쟁력 향상을 꾀함은 물론, 21세기 첨단 산업분야에서 요구되는 정보의 검색, 기록, 저장, 표시 기술의 고도화와 극소형, 고성능, 고속, 저전력 소모형 첨단 제품 개발에 기술적인 돌파구를 제공하는데 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

MEMS의 대상 시장은 전자, 정보통신, 생명공학, 자동차 등 거의 모든 산업 분야에 걸쳐 있으며, 이를 크게 응용분야에 따

상용 및 산업분야	자동차용 로봇용 반도체 장치	가속도센서, 자이로, 압력센서 컨트롤러 프로브카드
바이오 및 의료분야	바이오 센서 바이오 칩 의료기구	혈당측정센서 DNA, Lab, 프로틴 내시경, 주사용 부품
통신 및 광학분야	MOEMS 통신부품 통신기기	광 스위치 RF 스위치 차세대 무선통신용
소비자 가전분야	가전기기 컴퓨터	마이크로 미러 디스플레이 잉크젯 프린터 헤드, 칩 냉각기 대용량 데이터 저장장치
기타분야	방위산업분야 우주분야	항공 레이더, 전자전장비용 센서 위성용 부품

〈표 1〉 차세대 MEMS 기술의 응용 분야 분류

라 나타내면 가속도, 자이로, 압력, 온도 센서 등의 자동차 분야와 미소 반사경, 미소렌즈, 미소레이저, 감광소자, 광신호 분리기, 광단속기, 정보검출기, 초정밀 조립기 등의 정보통신 분야 또, 고해상도 잉크젯 프린터 헤드, 고해상도 마이크로 디스크 플레이, 하드디스크 등의 초정밀 헤드 등의 컴퓨터/OA 기기 분야와 초소형 박막전지, 각종 제조장비 및 시설용 센서와 가정용 전기제품 등의 센서 및 구동부(손떨림 방지 캠코더용 자이로 센서 등) 등의 전자·가전 및 설비 분야 그리고 일회용 분석기, 초소형 내시경, 혈압센서, LOC 등의 의료 및 환경 분야 등에서 폭넓게 응용될 것으로 전망된다.

글 _ 소대섭 · 나노정보분석실 선임연구원 · dasus@kisti.co.kr