

3. 특집 : MEMS기술

MEMS 기술의 개요

Reviews on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)



최 창 경

Chang Kyung Choi

- Micro/Nano-Scale Fluidics and Energy Transport Laboratory
Mechanical, Aerospace and Biomedical Engineering
University of Tennessee, Knoxville, TN 37996-2210
- Tel. (865) 974-1167 E-mail: cchoi2@utk.edu



도 덕 희

Deog Hee Doh

- Micro/Nano- Flow Visualization Laboratory
Division of Mech. & Info. Eng.
Korea Maritime University, Busan, Korea
- Tel. (051)-410-4364 E-mail: doh@mail.hhu.ac.kr

1. 개 요

약 30여년전의 반도체 혁명 이후 지금까지는 칩(chip) 위에 얼마나 많은 개수의 트랜지스터를 집적시킬 수 있는가에 주안점이 되어 왔지만 앞으로는 개수보다는 칩의 기능성에 주안점이 될 것이라고 한다. 즉, 반도체칩이 연산을 할 뿐 아니라 센서와 액추에이터, 통신장치가 되어 감지(sense)하고, 작동(actuate)하고, 통신(communicate)할 수 있게 되는 것이며, 이를 가능하게 하는 것이 마이크로머신 기술이다. 마이크로머신 기술은 미국에서는 MEMS(micro electro mechanical system), 유럽에서는 마이크로시스템(microsystem), 일본에서는 마이크로머신(micromachine), 마이크로메카트로닉스(micro mechatronics) 등으로 불리고 있다. 마이크로머신 기술은 시스템 뿐 만 아니라 마이크로구조물, 센서, 액추에이터, 마이크로 로봇 등을 포함하는 광범위한 분야에 걸쳐 응용되고 있으며, 어떤 초소형 대상물을 지칭하는 것 외에도 초소형 대상물을 만드는 가공기술을 표현하는 의미도 포함하고 있다. 이와 같은 연유로부터 MEMS란

크기가 1마이크론에서 1mm에 이르는 반도체 공정을 이용한 일괄 공정을 통해 입체적으로 제작되는 전자전기 시스템을 의미한다. 반도체 집적회로 공정에 뿌리를 둔 것으로 얇고 두꺼운 막의 공정과 재료들에 기초한 MEMS 기술은 소형화는 물론 집적화, 저전력 및 저가격 등 대부분의 전자, 기계 및 부품들이 궁극적으로 추구하는 목표를 모두 만족시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다. 소형화로 인해 현미경에 의하지 않고서는 형태를 알 수 없을 정도로 작은 기계가 공상소설의 영역을 벗어나 이제 현실 공학의 새로운 분야로 정착되면서 개미와 같은 마이크로 로봇을 인공적으로 만들어서 미소한 운동이나 작업을 시키려한다. 즉, 개미의 눈이나 촉각에 해당하는 각종 센서, 뇌나 신경에 해당하는 논리회로, 팔과 다리에 대응하는 마이크로 메카니즘, 그것을 움직이게 하는 마이크로 액추에이터를 하나의 시스템으로 구성될 수 있다. 마이크로 머신의 아이디어가 제창된 초기에는 혈관내를 돌아다니면서 환부를 치료할 수 있는 기계에 대한 구상도 있었지만 지금 기존의 기계를 단순히 축소해야 마이크로 머신이 되리라는 생각은 이제 과거의 것이 되었으며,

MEMS란 마이크로 머신이 느끼고 생각하며, 운동하는 시스템이라는 개념으로 정착되어 가고 있다.

MEMS에서의 관심은 중요치수(feature size)가 마이크로미터 단위인 기계전자 시스템인데 정교한 손목시계는 밀리머신(milli-machine)이라고 본다. 분자생물학에서의 바이오시스템(biosystem)에 비견될 기계는 나노머신(nano-machine)이라고 구별할 수 있을 것이다. 최근, 바이오산업분야의 전 세계적 혁신에 힘입어 NEMS(nano electro mechanical systems)으로의 변신을 예고하고 있다.

MEMS기술의 실용사례로서 정보기기 관련 시스템의 센서나 프린터 헤드와 같은 중요 부품, 생명공학, 미세 유체 및 화학분석, 운송 및 항공, 광학, 그리고 로봇 등과 같은 산업 분야에서 구조, 부품 및 시스템 제조를 위한 핵심 기술로 활용되고 있다. MEMS기술의 첫 응용사례로서 1970년대에 이방성 에칭을 이용한 여러 가지 장치가 고안되었고 이를 이용한 3차원 구조를 가진 광학 장치, 잉크젯, 홀로그래피 등이 연구되었는데 이처럼 반도체 기판 자체를 에칭하여 마이크로 크기의 3차원 구조를 머시닝(machining)한다는 점에서 MEMS기술이라는 개념이 정착되기 시작하였다. 기존의 다른 첨단 기술에 비해 역사가 비교적 짧지만 다른 기술과의 융합과 접목을 통해 기존 시장을 효과적으로 대체하거나 새로운 시장을 창출할 무한한 잠재력때문에 기술 선진국인 미국, 유럽 및 일본 등은 국가적 차원에서 대형 연구개발 사업을 추진함과 기술력 획득에 많은 투자를 하고 있으며 우리나라를 비롯한 여러 국가들도 엄청난 투자를 하고 있는 실정이다.

시설과 인력 자원 확보를 위해 엄청난 돈을 투자하는 MEMS 산업은 기술과 경험이 집약된 산업으로 새로 형성되는 단계를 넘어서서, 자신들이 개발한 특허와 연구 노하우를 더욱 발전시키기 위해 많은 국내 기업들은 많은 외국 선진국과의 국제 공동 연구 및 국제적인 인적 교류를 활발히 시도하고 있다. 이런 산학연의 협력과 지원체제 구축, 엄청난 규모의 공동 연구센터 건립, 그리고 전문인력 양성에 많은 전략적인 정부지원 등으로 빠른 시간내에 선진 기술력을 획득하는 것이 가장 우선적으로 필요한 것이라 사료된다.

한편, MEMS 및 NEMS 부품에서 고려되어야 할 사항들이 있는데, '체적과 무게는 치수의 세제곱

에 비례'하고 '면적과 강성은 치수의 제곱'에 비례하므로 잘 움직이고 있는 기존의 기계시스템을 그대로 작게만 한다고 해서는 잘 움직이지 않거나 효율이 떨어질 수 있음에 유의해야 한다. 또한, MEMS 및 NEMS부품을 상호 간에 연결할 때 연결 부품을 오히려 본체보다 커져 버리는 경우와 소형이 됨으로 인한 취급성과 조립성이 떨어져 생산성이 저하된다는 점을 개선한다면 기존의 기계시스템의 메커니즘을 그대로 소형화(micro-fabrication) 함으로 인한 기존의 기계기술의 혁명을 가져올 수 있을 것으로 예견되고 있다.

2. MEMS 기술 동향

2.1 기술 개요

MEMS는 마이크로($1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$) 단위의 작은 부품과 시스템으로 설계, 제작 및 응용되어, 이렇게 만들어지 장치는 아주 좁은 장소에도 사용되어질 수 있기 때문에 자동차 엔진 또는 생체 내부에서 들어가서 여러 가지 기능을 할 수 있다. MEMS는 전자 및 기계 부품들로 구성되어 있고 MEMS기술 출현 초기에는 여러 가지 반도체 공법과 소재를 이용하여 실리콘 웨이퍼 위에 3차원 구조물을 만드는 방식이었으며 이후 LIGA (lithographie, galvanofarming, abforming) EDM (electro discharging machining) 등 다양한 제작 공법과 소재들을 사용하고 있다. 이러한 MEMS 기술들은 일괄공정으로 초소형 부품들을 대량 생산해낼 수 있을 뿐 아니라 시스템 제조 시에 전자 회로 등을 같이 내장할 수 있어서 결과적으로 더욱 소형화 시킬 수 있는 장점이 있다. MEMS가 특별히 주목 받는 소자인 것은 대량 생산이 가능한 칩 규모의 소자이면서, 저렴한 비용으로 대량 생산이 가능하다는 것이다. 또한, 기존의 센서, 밸브 및 노즐보다 정밀하고 신뢰성이 높은 작동을 하고 동작이 빠른 것이 요구되는 응용분야에서 극도로 작게 만들 수 있다는 것이다. MEMS 기술로 만들어진 시스템은 수 밀리미터라고 할지라도 그 자체로 완전한 시스템일 수 있고, 사진식각술 (photolithography), CMOS (complementary metal oxide semiconductors), 그리고 기타 가공기술로 저렴하게 대량 생산할 수 있는 단일 칩 형태의 MEMS는 애플리케이션에 따라 액추에이터/센서 및 스마

표 1 마이크로 머시닝에 사용되는 재료들

| 명칭 | 용도 | 프로세스 | 특성 |
|--------------------------|-------|--------|-------------------------|
| 폴리이미드(Polyimide) | 구조재 | 반도체 | 유연, 뛰어난 막형성 |
| W(텅스텐) | 구조재 | 반도체 | 고온의 전기적 상호 연결 |
| Mo(몰리브덴) | 구조재 | 반도체 | 취약하지 않다. |
| Ni(니켈) | 구조재 | 전기도금 | Magnetic transducing |
| Cu(구리) | 구조재 | 전기도금 | 낮은 전기 저항 상호 연결 |
| Au(금) | 구조재 | 전기도금 | LIGA 프로세스, 두꺼운 구조 제작 가능 |
| 수정 | 액츄에이터 | 이방성 에칭 | 압전성 있고, 절연물로 쓰인다. |
| ZnO(산화아연) | 액츄에이터 | 반도체 | 압전성 있다. |
| PZT (Pb(Zr, Ti)O3) | 액츄에이터 | 후막 | 큰 압전성을 가진다. |
| TiNi(티타늄니켈) | 액츄에이터 | 반도체 | 형상 기억 합금으로 쓰인다. |
| Si3N4(질화실리콘) | 윤활막 | 반도체 | 높은 내마모성이 요구시 |
| DLC(Diamond-Like Carbon) | 윤활막 | 반도체 | 높은 내마모성이 요구시 |

트 구조의 노드, IC와 안테나, 프로세서와 메모리, 상호접속 망(통신 버스), IO(input-output) 시스템 등을 통합할 수 있다. 앞서서도 언급했듯이, 반도체 소자 제작 기술에서 파급된 MEMS 기술은 막대한 초기 투자비, 제작공정, 장시간의 공정개발, 양산 체제로 양질의 제품 대량생산, 저비용으로 고성능 제품 개발, 뛰어난 신뢰성 및 재현성, 저전력으로 고속 동작, 그리고 폭 넓은 응용분야 등의 측면에서 상당한 유사성을 가지고 있으나, 2차원적으로 집적화의 반도체 소자와는 차별화 되는 특수한 첨단 제작공정이 필요하다.

2.2 MEMS 가공 기술 및 소재

MEMS 기술을 구체화 하는 주요 가공기술에는 몸체 미세가공(bulk micromachining), 표면 미세가공(surface micromachining), 그리고 나노 머시닝(nanomachining) 등이 있으며, 이외에 레이저 미세가공(laser micromachining), LIGA 및 EDM(일명, 방전 미세가공) 등이 있다. Surface micromachining은 모재의 표면에 장치를 쌓아 올리는 것이며 이 기법은 상대적으로 모재와 무관하게 이루어지므로 모재를 변경시키는 가공 기법에 있어서는 쉽게 적용할 수 있고 그 예로써 전용 제어 회로가 있다. 이 것은 기본적으로 얇은 장치에 사용할 수 있고 이것은 모재에 얇은 필름만이 적용될 수 있기 때문이다. 하지만 최근에는 좀 더 두꺼운 필름 공법이 사용되고 있다. Bulk micromachining은 반응성이온 식각법 (RIE: reactive ion etching) 등으로 깊게 식각하거나

양극접합이라고 부르는 방법으로 유리와 경합시킴으로써 입체적인 구조체를 제작하는데, 구조의 자유도가 크다는 특징이 있다. 두께가 두꺼운 구조물은 포장하기는 어렵지만 가공하기는 쉽다. 포장은 강성 지지대에 접촉함으로써 패키징 된다. 나노머시닝은 원자 수준의 나노 구조체를 제작한다. 식각법 등으로 나노 영역에 이르는 미세구조를 실현할 수 있지만, 주사형 터널 현미경(scanning tunneling microscope: STM)의 프로브 등으로 가공하는 것도 가능하다. 극단적으로 미세한 구조를 제작함으로써 높은 공간분해 성능과 고감도, 고속응답 등의 특징을 가진 시스템을 실현할 수 있다. 한편, LIGA는 1980년대 독일의 Karlsruhe Nuclear Research Center와 Fraunhofer Institute for Microstructure Technology에서 X-ray 석판술(lithography)을 이용하여 개발한 기술로 반도체 가공기술보다 3차원 가공과 High-aspect-ratio 구조체 제작에 더 유리한 장점을 가지고 있다. 그러나 X-ray 석판술을 위해서는 2~2.3GeV의 에너지를 얻을 수 있는 싱크로트론(synchrotron)이 필요하기 때문에 널리 응용되지는 못하고 있다.

2.3 MEMS 기술 분야의 주요 현안

MEMS는 다양한 응용분야에서 발전되어왔고, 특별히 그 범위를 한정하기 어려운 소자들 외에 가속도계, 마이크로 자이로, 이미지 센서에서부터 채널/노즐, 거울 어레이(array)에 이르기까지 상당히 넓은 폭으로 확대되어 있다. 지금까지 이런 것들

이 가능하게 된 것은 MEMS 기술이 새로운 제품을 만들고 이것에 의한 새로운 시장을 형성할 수 있는 능력이 있기 때문이다. 센서와 액츄에이터는 MEMS의 기본적인 두 가지 형태로서 전자는 그 자체로서 주변 환경을 측정하는 것이고 후자는 이동부분이 있는 없는 간에 간단한 동작을 하거나 공급을 하면서 외부에 반응을 하게 된다. 이런 기술에 바탕을 두고 이미 성공적으로 개발된 제품으로는 잉크젯 프린터의 마이크로 노즐, 에어백 시스템의 가속도계, 그리고 혈압 측정용 압력 센서가 있다. 또 다른 시장을 형성하게 될 제품으로는 광 스위치용 거울 어레이, 휴대전화의 릴레이, 그리고 바이오 칩이 있다.

일반적으로 첨단 제품은 막대한 설비 투자와 연구개발 투자가 필요하기 때문에 대량생산이 전제가 되어야 하지만, 다품종 소량으로도 채산성을 맞출 수 있는 것이 앞으로 비즈니스의 성패를 결정할 것으로 보인다. 집적회로의 경우에는 표준화와 공통화가 쉽기 때문에 공장 구축 및 다품종 소량생산도 어느 정도 가능하다. 이에 비해 MEMS에서는 처리등이 다양하고 게다가 장비 설계가 처리와 관계되기 때문에, 집적회로와 같이 설계 규칙에서 구별하여 처리를 블랙박스하고 시스템과 회로의 설계를 분리하는 것이 어렵다. 그러나 MEMS의 경우에도 표준화/공통화 하는 방향, 혹은 처리의 자유도를 크게 하는 방향으로 다품종 소량 공급을 할 필요가 있다고 사료된다. 다품종 소량생산 이슈와 관련해서 채산성을 높이기 위해서는 제조설비와 시제품 제작 설비 등을 공유하고 기존 설비를 효과적으로 활용하여 비용을 절감할 필요가 있다.

MEMS 기술 분야의 주요 현안으로서 막대한 설비 및 연구개발 투자를 요하는 MEMS 산업에서 제품 형태의 다양성에 따른 대량생산의 어려움과 소량생산에 의한 채산성 문제, 그리고 비즈니스 측면에서 이러한 문제점들을 극복할 수 있는 MEMS 전문 제조공장 구축 등을 들 수 있으며, 개척할 분야가 무한한 관계로 다른 분야의 다양한 정보와 기술을 융합해 단기간에 효율성이 높은 연구개발이 가능하도록 네트워크화 등으로 정보를 공유, 축적하여 이용하고 대학과 산업계가 연계하는 개방형 협동작업으로 21세기 고부가가치를 창출할 수 있도록 노력하면서 학문간의 벽을 허무는 것이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

3. MEMS 기술의 응용 사례

3.1 수중 초음파이용 다이버폰

수심 30m에 최대 100m까지 하프 듀플렉스(Half Duplex) 전송방식으로 통화할 수 있는 어른 손바닥 크기의 다이버폰 시제품이 개발된 적이 있다. MEMS 기술을 이용하여 개발된 다이버폰은 65KHz대역의 주파수의 초음파 센서를 이용해 음성통화를 할 수 있는 것으로 통화방식은 통화를 원할 때 버튼을 눌러 말하는 방식이다. 다이버폰은 마이크와 이어폰·초음파 센서·아날로그 보드·배터리로 구성되어 있고, 다이버들은 보통 물속에서 의사소통을 수신호로 하지만 다이버 폰을 이용하면 완벽한 의사소통이 가능해진다.

3.2 초소형 펌프

마이크로 펌프는 미소 유량 제어가 가능하여 각종 분석 시스템이나 세포 융합 시스템, 약물 주입기 등 생화학 및 의공학 분야에 응용되고 있다. 종류는 구조, 운동방식, 또는 구동 방식에 따라 나뉜다. 구동부의 박막 유무에 따라 박막형/비박막형 펌프로 구분되고 박막형 펌프에는 운동방식에 따라 노즐/디퓨저 혹은 밸브를 갖는 왕복 운동형 펌프와 연동 운동으로 펌핑을 하는 연동형 펌프가 있다. 구동 방식에 따라 정전형, 압전형, 열공압형, 상변화형, 전자기형, 버블형, 전기 연동형, 전기삼투압형 펌프로 구분된다.

3.3 초소형 밸브

유체가 일정한 방향으로 흐르도록 만들거나, 유량을 조절하기 위해 초소형 밸브가 이용되는데, 수동형 밸브와 능동형 밸브로 나뉘어 진다. 구동부가 필요없는 수동형 밸브는 간단한 구조의 체크 밸브나 압력에 따라 유량이 조절되는 밸브로 이용되는 반면, 능동형 밸브는 정확한 유량 조절이 필요한 경우에 이용된다. 능동형 밸브의 경우 구동 방식에 따라 열공압형, 상변화형, 전자기형, 열팽창형, 압전형, 정전형 밸브로 구분된다.

3.4 차세대 패키징 기술 개발

MEMS 기술에서의 패키징은 기기를 배치하고 다른 외부환경으로부터 기기를 보호하기 위한 방법

들을 일컫는데 차세대 패키징 기술개발을 위해서 flexible 패키징 기술과 국부 가열을 통한 패키징 기술 개발이 필요하다. MEMS 혹은 전자기기가 그 단단한 외형에서부터 벗어나도록 하는 것은 휴대용기기(portable device)에서 입을 기기(wearable device)로의 전환을 이끄는 주요한 엔진이 될 것이므로 가능한 한 얇은 실리콘 칩을 생산하고 이를 굽힘성 있는 기판(flexible printed circuit board)에 실장하는 것이 필요해진다. 폴리실리콘으로 제작된 센서를 flexible 기판에 실장하는 기술이 개발되었으며(Fig. 1), 현재는 사람의 피부와 같은 flexible sensor matrix 제작 기술과, flexible RF-ID(Radio frequency identification)(Fig. 2)를 생산하기 위한 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

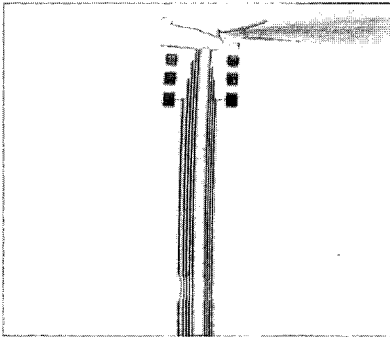


Fig. 1 Flexible Micro-electrode

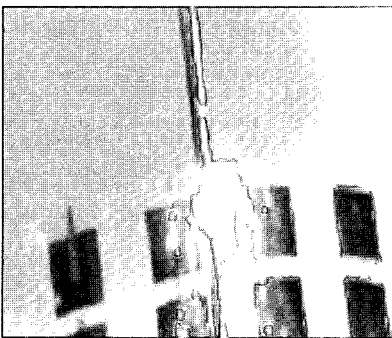


Fig 2. Surface micromachined flexible sensors

3.5 초소형 주사기 및 약물 주입 장치

기존의 주사기는 환부와 멀리 떨어져 있는 곳에 약물을 주입하여 혈관을 따라 전신으로 약효가 발현되기 때문에 약물 소비가 많고 치료 속도도 느린

반면에 초소형 주사기는 혈과 내시경의 말단에 부착되어 혈관 내 환부에 전기적 신호에 의해서 직접적인 약물을 투여하게 되어 약물 소비를 크게 줄이면서 치료 효과도 향상시킬수 있다.

MEMS 기술로 집적된 손목 시계형 인슐린 주입 장치가 개발되어 초소형 바늘 다발로 통증을 없애고, 혈당 센서와 제어 회로에 의해 일정한 량이 마이크로 펌프에 의해 주입이 가능하게 된다.

3.6 DNA 칩

유전자 기능 분석, 유전병 진단, 유전자 치료, 동식물 검역, 생태학 연구, 신약 개발등에 엄청난 파급 효과를 가지고 온 DNA 칩은 MEMS 기술과 컴퓨터 처리 기술을 적용하여 수십만개의 DNA를 아주 작은 공간에 집적하여 수백개 이상의 유전자를 동시에 고속으로 검색할 수 있게 되었으며 비용도 획기적으로 줄이게 되었다. 제작 및 검출 방법에 따라 크게 초소형 핀 배열 방식 칩, 잉크젯 배열 방식 칩, 사진 식각공정 칩, 그리고 전기적 배열 방식 칩으로 구분되어진다.

3.7 Lab on a chip

하나의 칩위에 일반 실험실에서 이루어지는 각종 작업들을 실행할 수 있도록 개발된 것으로 시료의 공급, 분리, 혼합, 검출 장치를 모두 내장하고도, 그 크기와 무게는 각각 수 cm와 수십~수백 g을 넘지 않는다. 많은 연구와 산업 전반에 소형화, 집적화, 그리고 자동화라는 특성 때문에 잠재적 효과와 이익은 막대하다고 기대된다. 이 칩이 제어 가능한 부피는 물 한 방울의 십만 분의 일에 해당한다.

4. MEMS 시장현황과 동향

지금까지는 기존의 산업분야에 MEMS 기술을 굳이 이용하고자 하는 것은 "소형화"된다는 측면보다 오히려 가격(비용) 측면에서 유리하기 때문이라는 점에 두고 있다는 것이 옳은 관점이었다. 하지만 최근에는 Nano기술, Bio기술, 및 IT기술 등의 분야에서의 혁신적인 기술발달에 힘입어 개요에서 기술한 바와 같이 "소형화"함으로써 연구개발이 가능하게 되는 산업분야(혈관로봇)에까지 그 영역이 확대되고 있다.

MEMS 시장은 1970년대에 몸체가공공정에 의

표 2 응용분야에 따른 MEMS 기술

| 응용분야 | MEMS 기술 |
|------------|---------------------------------------|
| 센서 | 속도계, 가속도계, 유량계, 습도계, 압력계, 온도계 |
| 정보분야 | HDD 헤드, AFM 또는 STM을 이용한 정보기억소자 |
| 의료 및 생명 공학 | 내시경, 세포 또는 DNA 조작기 |
| 유체소자 | 마이크로 펌프, 마이크로 밸브, 마이크로 성분 분석기, 유체논리소자 |
| 광학 및 영상 | 마이크로 미러, 광 도파관, 광 커플러, TV Projector |

한 압력센서가 생산되면서부터 대동하기 시작했다. 현재 이들 압력센서는 생체 내에서 사용되는 혈압 모니터링에서부터 자동차 엔진의 흡기압 측정까지 다양한 용도에 사용되고 있는데 MEMS의 이용의 시장분야는 다양하여, 의학 및 운송분야에서부터 산업 및 소비성 시장에 이른다. 시장의 인프라는 변하지 않지만, 새로운 것들이 다양하게 창안되고 있는 기술이기 때문에, 20여년의 짧은 역사에도 불구하고 MEMS 산업은 새로운 비즈니스 창출, 고용증대 및 신규 산업 부문으로의 애플리케이션 다양화 등을 통해 앞으로도 계속해서 거대한 시장을 형성할 것으로 전망되고 있다. 반도체, 기계, 재료 및 전자 등 각종 첨단 공학기술의 집합체인 MEMS 제품에는 시판가격이 5~20달러 정도의 비교적 단순한 센서를 비롯하여 밸브 및 노즐 등이 출시되어 있지만, 앞으로 1~2년 내에 매우 다양한 종류의 새로운 제품이 양산되어 관련업계의 판도가 크게 달라질 전망이다.

MEMS 분야에 대한 벤처 캐피탈들의 관심이 높아지면서 지난 2000년에는 새로운 MEMS업체들에게 약 5억4,000만 달러를 지원하였는데, 이중 81%를 통신용 MEMS 업체들에 투자한 것으로 나타났다. 더구나 전반적인 경기침체에도 불구하고 벤처 캐피탈들은 2001년 1/4 분기에만 2000년 전체와 맞먹는 5억 1,000만 달러의 자금을 지원했는데 역시 통신분야에 대한 관심이 높아서 이 중 97%가 이 부문에 투자된 바 있다. 이러한 적극적인 투자에 힘입어 MEMS 업체들의 생산 설비 확충과 전문화가 이루어지고 있으며, MEMS 분야의 기술개발, 상용화 및 장치 이용을 촉진하기 위해 회원사간 신뢰성 높은 산업 데이터를 공유할 목적으로 미국 내에서는 MIG(MEMS Industry Group), 유럽에서는 NEXUS 등과 같은 조직을 결성하기도 하였다.

MEMS 제품 개발과 판매에 대해서는 가능한 한 공급적인 측면에서 살펴볼 필요가 있을 것 같다. 제조를 기대했던 MEMS 회사들이 생산 대신에 소자

를 구매하게 되고 이런 회사들의 수입이 연구 조성금과 장비 판매로 형성된 경우가 많았다. 이런 단적인 예로 바이오 칩 분야가 그렇다. 2000년에 바이오 칩 회사의 수입은 3억 달러를 능가하였으나, 실제 바이오 칩 판매로 형성된 것은 17%이하였으며, 회사의 수입은 주로 연구조성금, 라이선스 수입비용, 그리고 칩이 사용되는 장비의 판매에 의존했다.

한편 광 스위치를 포함한 통신부문 관련 MEMS의 수요가 빠르게 증가하여 많은 통신분야 업체들이 관련 생산시설을 갖춘 업체들을 매입하고 있으며, 기존 반도체 생산업체들도 MEMS 제조 서비스에 뛰어들고 있는 상황이다. 게다가 MEMS 생산설비 설치비용은 반도체 설비의 1/10 정도 밖에 들지 않아서 MEMS 분야의 설비투자는 계속될 것으로 보인다. 이와 함께 MEMS 전용 생산 및 계측 장비의 신제품도 최근에 많이 출시되었는데, 대표적인 생산장비 업체로는 Alcatel Vacuum Technology, Karl Suss, Surface Technology Systems, Ultratech Stepper, Xactix 등이 있으며, 계측장비 업체로는 Veeco 및 Zygo 등을 들 수 있다.

앞으로 20년 내에 MEMS 산업을 촉진할 기술적 요인에는 생체호환(biocompatible) 재료와 기능 합성을 통한 MEMS의 통합 성능이 포함되며, 고성능 모델링 및 시뮬레이션 도구의 개발과 MEMS에 특화된 장비업체 성장 등도 MEMS의 미래에 영향을 미칠 중요한 기술적 요인이 될 것으로 보인다. 또한 도전해야 할 주요 기술적 과제로는 MEMS 제조장치의 수적 증가, 품질 및 다양성 문제, MEMS 제조공장 시험 서비스의 가용성, MEMS와의 인터페이스를 위한 재생 가능한 회로 및 MEMS 장치 설계 라이브러리 창출, 그리고 MEMS 장치의 마케팅 시간 감소를 위한 인프라 구축 등을 들 수 있다.

5. 맺음말

최근 IT기술의 발달에 힘입어 모든 산업 및 과학 기술 분야에 대한 유비쿼터스망(ubiquitous network)의 구현에 관한 관심이 쏠리고 있다. 유비쿼터스란 전자공간과 기계물리공간이 연결되는 영역으로 볼 수 있다. MEMS 기술은 모든 기기들에 대한 초소형화를 통하여 전자공간과 물리공간의 교점영역 제공이 가능하게 하므로 진정한 유비쿼터스 사회구축에 대단히 중요한 교두보로 여겨지고 있다. 다시 말하면, MEMS 기술은 21세기의 유비쿼터스 사회구현을 이루게 하고 이를 통하여 보다 많은 사람들이 쉽게 정보를 습득하도록 하고, 인간의 삶을 환경과 보다 친숙하도록 하여 인간에게 첨단 복지사회를 현실화 시켜줄 것으로 전망된다.

뿐만 아니라, MEMS 기술은 모든 제품의 소형화, 저가격화, 고부가가치화를 통해 전산업 분야에 새로운 기회를 제공할 것이고, 특히 정보 인프라와의 결합을 통해 엄청난 시너지 효과를 발휘할 것으로 전망된다.

현재 전세계적으로 다양한 MEMS 응용제품이 출시되는 초기 시장단계를 거치고 있으며, 앞으로는 MEMS 기술과 VLSI(very large scale semiconductor integrated chip)의 접목으로 응용분야의 급격한 확대와 시장 규모의 비약적인 성장이 예상되고 있다. MEMS 산업은 새로운 비즈니스 창출, 고용증대 및 신규 산업 부문으로의 애플리케이션 다양화 등을 통해 앞으로 5년 이내에 약 100억 달러 규모의 거대한 시장을 형성할 것으로 전망되고 있다. 이러한 MEMS 산업의 성장을 가속화하기 위해서는 표준화를 통해 기본적인 라이브러리를 설정하여 MEMS 제품을 설계할 수 있도록 하고, 이를 기반으로 분업화를 통한 생산기술 확보와 신기술 개발이 함께 이루어져야 할 것이다.

앞으로 기존 기계 부품들이 MEMS 공정을 거쳐야 하는 시대가 본격적으로 도래하면 MEMS가 국가 기술산업의 근간이 될 것이고, MEMS 공정을 거친 부품이 없이 우리나라가 4대 차세대 중점기술 육성분야로 선정한 IT(정보기술), ET(환경기술), BT(생명공학기술), 그리고 NT(나노기술)의 발전은 기대할 수도 없다는 지적이 나오고 있다. 다행스럽게도 MEMS 기술을 이용한 광부품 개발 업체인 엠투엔을 비롯하여 인텔리마이크론스, 엠에스에스 등 국내 30여 개의 MEMS관련 벤처기업들이

MEMS기술연구조합을 통하여 국내 MEMS기술을 민간 주축으로 산업화 단계로 끌어 올리고 있는데 참여사간 공동 커뮤니티 활동을 통하여 MEMS기술 촉진, 응용시장 개척 및 활성화가 이루어지고 있다.

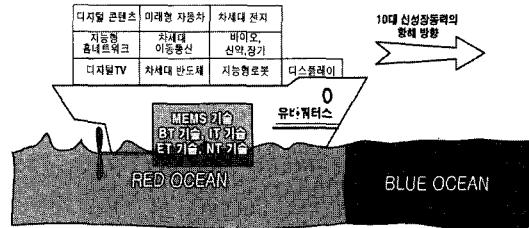


Fig. 3 How to sail RED Ocean to BLUE Ocean

한편, 최근 블루오션 전략(blue ocean strategy)에 대하여 세간의 관심을 끌고 있는데 이는 경쟁이 없는 푸른 대양으로 나아가라는 블루오션 전략의 메시지는 치열한 비즈니스 환경에서 지쳐가고 있는 많은 경영자들에게 신선한 아이디어를 던져주고 있다. 블루오션의 핵심적인 사상은 '가치 혁신'이다. 그리고 가치 혁신의 기본 철학은 경쟁자를 옆두에 둔 경쟁이나 혁신을 넘어서 '고객으로 돌아가라'라는 것이다. Fig. 3에 2005년 현재 산업자원부가 추진하고 있는 10대 신성장동력분야가 나타나 있다. 블루오션의 반대 개념에 해당되는 레드오션(red ocean)에서는 누구나 동일하게 기술경쟁을 치열하게 하다보면 서로가 보이지 않는 기술전쟁 속에서 피를 흘리게 된다는 개념이다.

오늘날 전 세계의 정보화 가속으로 인하여 웬만한 제조기술기반의 산업은 모두가 레드오션에서 항해하게 될 것이라는 것은 쉽게 예측될 수 있다. 레드오션으로부터 벗어나 블루오션으로 갈 수 있는 방법은 MEMS 기술, IT기술, ET기술, BT기술, NT기술이 아닌가 한다.

해양산업분야에서의 블루오션에 해당되는 개념 상품이 있다면 WIG선(wing-in-ground effect ship)이 아닌가 한다. 21세기 전 세계가 하나의 경제권으로 되는 상황에서 대량의 물류를 신속하게 수송할 수 있는 필요성이 예측되는 상황에서 WIG선의 실용화는 전 세계의 경제권을 하나로 묶는 교두보 역할을 할 수 있기 때문이다. WIG선의 실용성과 효율성을 향상시키기 위해서는 기계부품의 고성능화와 함께 초소형화를 달성해야 하는데 MEMS 기술은 그 역할이 클 것으로 예상된다.