

# 마이크로머시닝 기술의 의학 및 생물학 응용

Application of MEMS to biologic system mainly categorized into bio-electronics and micro-medical systems. Bio-electronics concerns on the biocompatible electronic device, in-vivo sensors, the sensors based on biological materials, biological materials for electronics and optics, the concepts and materials inspired by biology and useful for electronics, the algorithm inspired by biology, artificial sense, and the biologic-inorganic hybrids. Micro-medical systems are utilized into the drug delivery systems, micro patient monitoring systems, micro prosthesis and artificial organs, cardiology-related prosthesis, analysis systems, and the minimal invasive surgery tools based on the micromachining technology.

Keywords : Micro-Electro Mechanical System (MEMS), Bio-electronics, Conservative System, Micro-medical systems

## I. 서 론

공학의 발달은 새롭고 보다 편리한 장치를 우리에게 제공함으로써 인류의 생활을 윤택하게 하였다. 이러한 발달은 주로 생산량의 증대를 겨냥한 양적인 팽창을 주 목적으로 하였으나, 최근에 와서 보다 효율적인 장치의 개발을 위해서 생명체의 특성을 응용하려는 시도가 부쩍 증가하고 있다. 생명체의 특성과 장점을 이용하여 각종의 기계나 전기, 전자 장비를 개발하려는 시도는 지구상의 생명체가 수억년을 진화(evolution)해 오면서 체득한 독특한 생존 방식이 가장 효율적(optimal)이라는 것에 기본을 두고 있다. 특히, 오랜 시간의 진화과정을 통해서 생명체의 생존 방법이나 형태가 바뀌어 가고 있음에도 불구하고 거의 변화하지 않고 보존

장 준 근, 김 용 권\*  
서울대학교 정밀기계설계공동연구소,  
서울대학교 전기공학부\*

(conservative system)되고 있는 단백질(protein)이나 조직(organelle)들이 많이 존재하고 있으며, 이는 생명체의 유지, 적응에 핵심적인 역할을 하는 것으로 믿어지고 있다. 이러한 핵심기관들을 직접적으로 이용하거나, 이들 기관들의 기능을 모사하려는 시도가 다각도로 이루어지고 있다. 아울러, 바이오테크놀로지 분야가 비약적으로 발달하면서 단일 세포(single cell)나 단백질들을 각각 조작해야 하는 등 현미경적인 미소세계(microscopic world)에 활용이 가능한 새로운 장비들의 필요성도 지속적으로 증가하고 있다.

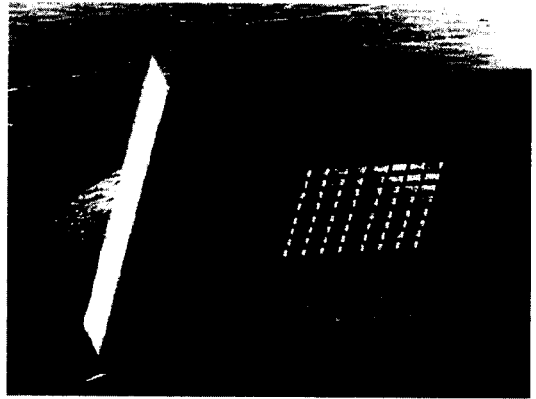
이러한 시도와 필요성들은 마이크로머시닝 기술(micro electro mechanical system : MEMS)이 비약적으로 발달하면서 점차 그 개발의 활기를 띄게 되었다. 특히, 우리가 활용하고자 하는 생명체의 최소 생존 단위인 단일 세포는 그 크기가 대략 수  $\mu\text{m}$ 로 MEMS 분야에서 다루는 일반적인 크기와 같은 치수를 가지게 되어 마이크로머시닝 기술의 응용이 더욱 활발해 지게 되었음은 쉽게 짐작할 수 있다. 이러한 마이크로 머시닝이나 MEMS 기술은 생물학 및 의학전반에 있어서 커다란 변혁을 가져다 줄 것으로 기대되고 있으며, 실제로 필자를 포함하는 많은 연구자들은 마이크로머시닝에 관련한 연구를 시작하면서 마이크로머시닝을 인체에 삽입하여 질병을 치료하는 상상을 하곤 한다. 마이크로머시닝의 의학과 생물학에의 응용은 크게 세 단계로 나누어 발전하게 된다. 그 발전단계는 다음과 같다.

(1) 도구로서의 마이크로머시닝의 의학응용(Application of micromachined-new device in biomedical science) - 이 단계는 마이크로 머시닝을 이용한 새로운 장치나 도구를 의학과 의공학에 활용하는 것을 말한다. 초소형 세포조작기(micro cell manipulator)나 마이크로 내시경(micro endoscope), 혹은 라파라스코프(micro laparoscope)등으로 새로운 수술방법이 제안되는 것등이 이 단계에 속한다. 실제로, 현대 의학과 생명공학에는 새로운 장비에 의한 새로운 수술방법, 치료 방법들이 널리 보급되고 있는 추세이다. 국내에서도 이와 관련한 활발한 연구가 진행되고 있는 실정이다.

(2) 생체에 이식되는 마이크로머시닝의 의학응용(Implantation of micromachine into human body) - 생체 내에 이식되는 인공장기(artificial organ)나 인슐린펌프(implantable insulin pump)등이 여기에 속한다. 초소형 마이크로머시닝이 생체 내에 삽입되기 위해서는 혈액적합성(blood compatibility), 조직적합성(tissue compatibility), 면역반응의 억제(suppression of immune response)등의 새로운 문제를 해결하여야 하는 어려움이 존재한다. 새로운 이식형 약물전달 시스템(drug delivery system)의 구현이나 인공조직(artificial tissue), 인공장기(artificial organ)등은 무궁무진한 활용도를 가진 마이크로머시닝의 의학응용분야이다.

(3) 생체와 복합되는 마이크로머시닝의 의학응용(Hybridization of micromachine with human body) - 바이오 마이크로머시닝(biomicromachine) 연구자의 최종의 목표는 개발된 마이크로머시닝과 생체가 하나가 되는 것이다. 즉, 기계와 생명체가 유기적으로 결합하여 정해진 작업을 효율적으로 수행하도록 하려는 것이 의학과 의공학에 응용되는 마이크로머시닝의 정수라고 할 수 있다. 이러한 분야의 연구는 크게 두 가지의 방향을 가지고 추진되고 있다. 즉, 마이크로머시닝을 생체 내에 이식하였을 때 원활한 기능의 수행을 위해서는 생체의 신호를 적절히 수용하는 기능(sensor part)과, 생체 내에서 동력을 직접 공급받아야 한다는 것이다. 즉, 생체와의 신호전달을 위한 센서(sensory part)와 동력의 생성을 위한 전동기류(energy source part)에 해당하는 부분에 생체의 세포나 조직을 이용해보려고 하는 시도가 조심스럽게 진행되고 있다. 실제로, 미국에서는 모세관형 전기영동기(capillary electrophoresis)의 센서로 생쥐의 난자를 이용하여 기존의 전기센서(electrical sensor)에 비해서 약 100배 이상의 분석력을 가지는 시스템을 개발했다는 보고가 나오기도 하였다. 이 분야의 마이크로머시닝과 관련한 연구는 기계와 생체의 hybrid를 만들어보려는 시도로서 기계의 정확성과 생체의 복잡성과 다양성을 모두 활용하려는 목적에서 다양하게 추진 중에 있다.

이러한 발달 단계를 통해서 발전하고 있는 마이크로머시닝 기술의 생물학 및 의학응용 분야는 실로 방대하다고 할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 생체시스템을 응용한 마이크로머시닝 기술을 중심으로 bio-electronics의 전반에 대해서 간략하게 살펴보고자 한다. 또, 마이크로머시닝 기술의 응용이 기대되는 초소형 의료기기의 활용과 전망에 대하여 기술하고, 국내에서 개발중인 대표적인 의학 및 생물학 응용 마이크로머시닝 기술에 대해서 간단히 소개하고자 한다.



(그림 1) Neuron cell connector

## II. Bio-Electronics

생명체의 생존 논리를 새로운 전자장비의 개발에 이용하려는 bio-electronics는 진화를 통해서 보존된 conservative system의 기본 요소를 전기, 전자 장비에 응용함으로써 보다 우수한 기기를 실현함을 최종의 목표로 삼고 있다. 특히, 기존의 전기전자 기술과 일반적인 C-MOS 공정을 뛰어넘는 다양한 형태의 마이크로머시닝 기술이 1980년대 후반부터 적극 응용되면서 bio-electronics가 체계적으로 발달하게 되었다. Bio-electronics에서 다루는 분야와 대표적인 예를 들어보면 다음과 같다.

### 1. 생체 적합성 전기, 전자 장비(Biocompatible electronic device)

절단된 신경세포를 연결하여 생체를 재건(reconstruction)할 수 있게 하는 nerve cell connector, 또 신경세포의 신호를 기록하거나 흥분 자극을 생성하는 nerve cell signal recording device, nerve cell stimulating device등이 대표적인 예이다. 그림 1은 미국의 Stanford 대학에서 개발중인 nerve cell connector이다. 어레이 형태로 배열된 작은 구멍들을 통해서 절단된 신경세포의 연결이 가능하도록 하고 있다.

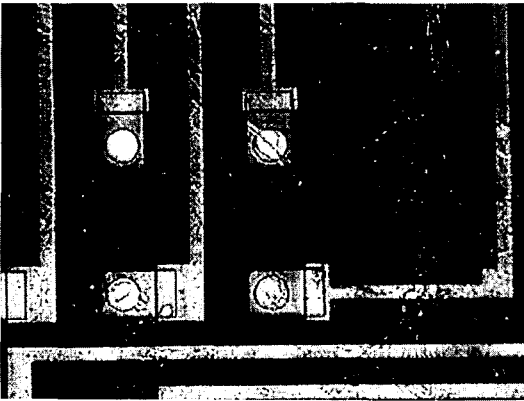
### 2. 생체 이식형 센서(In-vivo sensors)

생체에 이식되는 작은 센서들로서 생체적합성

(biocompatibility)과 조직 적합성(tissue compatibility)을 만족시켜야 함이 매우 중요하며 이를 위해서 생체에 노출되는 전극에 단백질이나 효소를 코팅(immobilized enzymes on electrode)하거나, 세포막(plasma membrane)의 2중 지질막 구조를 모사한 modified lipid membranes으로 센서의 외면을 감싸기도 한다. 이 분야의 기술은 생물공학, 표면화학을 전공하는 연구자들의 꾸준한 도움으로 비약적으로 발전하고 있다.

### 3. 생체 재료를 이용한 센서(Sensors based on biological materials)

조절(control)이 가능한 생체요소를 이용하여 센서나 electronic device를 만드는 것으로, 가장 대표적인 예가 bacteriorhodopsine의 특성을 이용하여 개발하고 있는 대형 저장장치(storage device)이다. 이 분야의 연구는 미국 Syracuse 대학에서 가장 활발하게 진행하고 있으며, 500원짜리 동전만한 크기의 bacteriorhodopsine storage device에 수십 GByte의 기억용량을 이미 실현하고 있다. 또 그림 2는 기판위에 배열된 신경세포를 보여주는데 신경세포를 이용한 살아있는 컴퓨터 등의 개발에 기본 요소로 활용될 것이다. 이를 위해서는 전기장치와 생명체를 원활하게 연결해 주기 위한 표면 처리(surface modification)가 매우 중요하다.



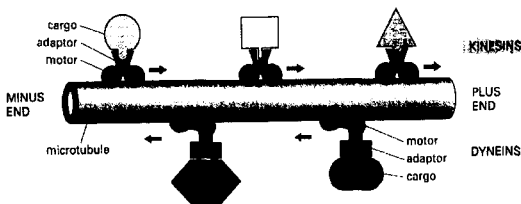
〈그림 2〉 기관위에 배양된 신경세포

4. 전기, 전자기기나 광학을 위한 생체 재료 (Biological materials for electronics and optics)

각종 센서나 기기류의 성능향상 및 신 기능 획득을 위해서 이용되는 생체재료로서 세포외기질 (extracellular matrix), bacteriorhodopsin 등이 대표적이다.

5. 생체에서 영감을 받은 개념과 소재의 전자기기 응용 (Concepts and materials inspired by biology and useful for electronics)

생체의 생리적 현상 (physiologic response)을 이용해서 새로운 형태의 전자기기를 개발하는 것으로 단백질의 형질변화 (conformational change)를 이용한 protein-based computer, 신경세포를 이용해서 사람의 두뇌 (brain)에 가까운 연산처리장치를 개발하고자 하는 neuronal computer, 거대 단백질의 구조를 모사하여 보다 가볍고 기계적 성질



〈그림 3〉 세포골격상의 방향성 물질전달의 기본 개념

이 우수한 소재를 개발하는 supramolecular structures 등이 있다. 그림 3은 세포내의 세포골격에서의 물질전달의 기본 개념을 설명하는 것으로 다양한 소자에서 방향성을 가지는 물질의 전달의 기본 원리로 활용되고 있다.

6. 생체를 본딴 알고리즘 (Algorithm inspired by biology)

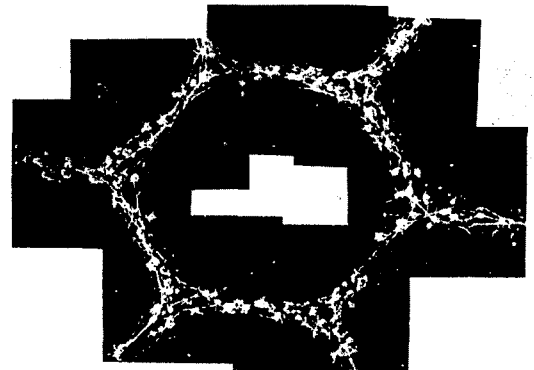
사람의 판단양태를 이용한 fuzzy logic이나 parallel computing이 대표적이다.

7. 인공 감각 (Artificial sense)

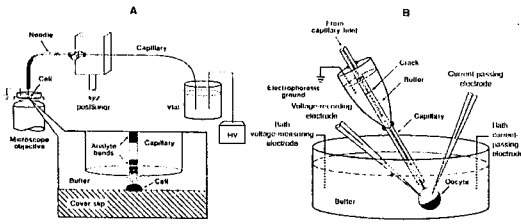
사람의 오감을 전기-전자기기로 대체하려는 시도가 이루어져서 인공시각 (electronic eyes), 인공 후각 (artificial noses), 인공미각 (electronic tongue) 등이 재활의학 (rehabilitation medicine)에 응용되고 있으며, 식품공학에도 다양하게 활용되고 있다.

8. 생체-무기체 합성 (Biologic-inorganic hybrids)

가장 새롭게 시도되는 형태의 bio-electronics로 신경세포 (nerve cell)나 체세포 등을 전극 위에 일정한 형태 (morphology)를 가지도록 부착 (biomolecular function with cells/tissues on electrode array)하여 기존 장비의 감도 (sensitivity)를 높이는 것으로 앞으로 다양한 활용이 예상된다. 그림 4는 기관위에 배양한 신경세



〈그림 4〉 신경세포를 이용해 구성한 신경망



(그림 5) 난자를 이용한 capillary electrophoresis의 개념도

포를 특정한 패턴으로 형성한 신경세포망을 보여 준다. 신경세포를 이용한 진짜 neural network인 것이다. 그림 5는 생체를 진단, 측정 시스템에 성공적으로 합성한 전형적인 예로서, 검사하고자 하는 용액내의 칼슘이온의 농도 측정에 생쥐의 난자(oocyte)를 이용해서 약 100배 이상의 분해능을 가질 수 있었다. 이는 칼슘농도에 민감하게 반응하는 난자의 특성을 활용한 것으로서 이와 유사한 생체 합성 시스템이 다양하게 개발 될 것으로 기대된다.

### III. Microsystems in Medical Applications

마이크로머싱 기술의 응용분야로 매우 중요하며, 기술의 상징성으로 인하여 과급효과가 가장 광범위하게 나타나는 것이 의학(medical science)과 관련한 부분이다. 의료기기등과 관련한 마이크로머싱의 응용분야는 거대한 시장(market)과 다양한 기술(diverse technology)이 그 특징이다. 이러한 특징 때문에 선진국의 대학이나 연구소의 기술개발 동향이나 성격들이 저마다 색다른 개성(inhomogeneous)을 가지고 시도되고 있음이 매우 흥미롭다.

의학에 응용되는 마이크로머싱은 주로 약물전달(drug delivery), 환자 감시(on-line monitoring), 채외진단(in-vitro diagnosis), 그리고 비관혈적 수술기구(minimal invasive surgery tool)로 집약 될 수 있다. 아주 작은 양의 약물을 전달하기 위한 micropump등이 개발되어 있으며,

Debiotech에서 개발한 piezoelectric micropump는 임상실험 단계에 도달해 있다.

DNA의 진단을 위해서 개발된 DNA-chip은 손톱만한 센서를 이용해서 엄청난 양의 유전자적인 정보(genetic information)를 제공한다. 수 마이크로미터의 패턴(pattern)의 형태로 DNA의 기본 구조들을 고정화(immobilization)한 후에, 이들 고정화된 DNA-fragment의 반응성을 관찰하는 것을 기본 구조로 하는 DNA-chip은 감염질환(infectious disease), 유전질환, 암의 치료(cancer therapeutic management)에 널리 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 DNA-chip은 미국의 Affymetrix사에서 이미 상용화하였으며, HIV등의 virus를 진단하는데에도 널리 이용되고 있다. 아울러, 진단과 치료시에 환자에게 최소의 고통을 줄 수 있도록 고안된 새로운 장비들이 속속 나오고 있는데, 이러한 minimal invasive diagnosis, surgery tool의 개발에도 마이크로머싱 기술이 널리 이용되고 있다. 현재 활발하게 개발되고 있는 의학응용 마이크로시스템을 분류해보면 다음과 같다.

#### 1. 약물전달 시스템(Drug delivery systems)

지금까지의 단순 약물전달의 수준을 넘어서는 기능적 약물전달이 마이크로머싱으로 개발된 micropump, microvalve를 이용해서 가능하게 되었다. 또, 효소를 미세구조에 고정화하는 기술을 이용한 다양한 hormone patches들이 상용화되어 있으며, external and internal pumps는 반도체 공정을 이용하여 대량생산하여 경쟁력을 가지고 있으며, 생체의 상태를 감지하여 필요한 약물의 정확한 양을 방출하는 생체이식형 smart pill도 시도되고 있는데, 체장의 상태에 따라서 인슐린을 분비하는 마이크로펌프가 개발중이다.

#### 2. 환자 감시 장치(Patient monitoring)

국부적인 환자의 감시가 마이크로머싱 기술로 가능하게 되었는데, glucose monitoring이 그 좋은 예이다. 또, 시계의 바닥에 혈압계등을 이식한 후에 환자를 24시간 감시하는 환자감시장치(on-

line monitoring of blood parameters and pressure)등이 개발되고 있으며, dialysis control 등에도 마이크로센서를 도입한다.

3. 삽입기구 및 인공장기(Prosthesis and artificial organs)

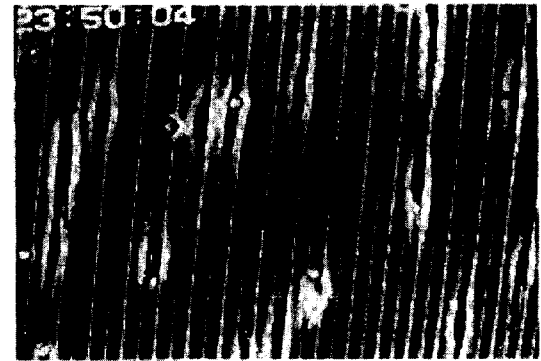
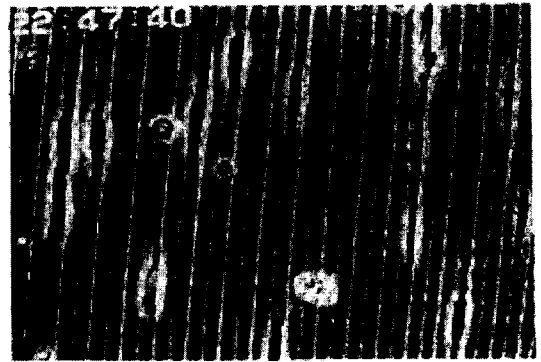
신경의 연결을 위한 신경연결 connector(신경과 : neurology), 부러진 골격의 빠른 접합을 돕는 미소 전극 이식형 bone-plate (정형외과 : orthopaedics)등의 다양한 보철기구, 삽입기구들이 MEMS 기술을 이용해서 개발되었으며, 인공심장, 인공췌장, 인공감각(artificial sense)등의 다양한 분야에 필수적인 기술로 응용이 기대된다.

4. 심혈관계 관련 의료기기(Cardiology-related prosthesis)

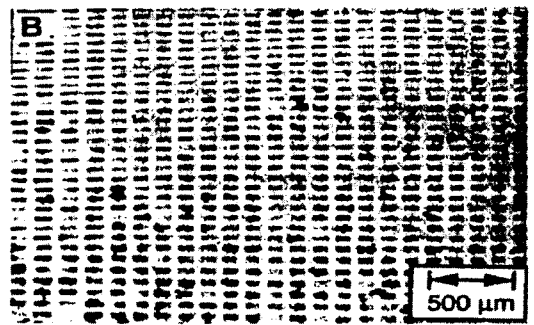
마이크로머시닝 기술이 가장 먼저 응용된 의료기기로는 심박동 보조기(pacemaker), 심실세동기(defibrillators)를 들 수 있다. MEMS기술로 이러한 장비들이 소형화되고 보다 긴 수명을 가지게 되어 환자의 원활한 일상 복귀가 가능하게 되었다. 아울러, 혈관내의 구조를 분석, 진단하기 위한 다양한 catheter들이 마이크로머시닝 기술을 이용해서 개발되고 있으며 대표적인 예는 혈관확장용 카테타(angioplasty catheters), 관혈적 혈관진단기구(intravascular diagnosis tools), 혈관내초음파(intravascular ultrasound catheter)등이 있다.

5. 각종 분석 기기(Analysis systems)

의학에서 이용되는 다양한 분석장비들이 마이크로머시닝 기술을 이용해서 소형화, 집적화되고 있다. 유전자를 증폭하여 원하는 형질을 대량 생산할 수 있는 polymer chain reaction(PCR) 장비가 개발되고 있으며, 유전자의 진단과 치료(genetic test and therapy)를 위한 DNA-chip이 상용화 되었다. 그림 6은 마이크로그루브를 이용해서 세포의 이동속도(migration speed)를 측정함으로써 암세포를 구별하는 실험장치를 보여준다. 또한 그림 7은 하나의 간세포(hepatocyte)를 이용한 인슐린 측정 센서를 만들기 위하여 각각의 간세포들을 마



<그림 6> 마이크로 그루브를 이용한 암세포의 분리



<그림 7> 마이크로패턴상에 부착된 간세포

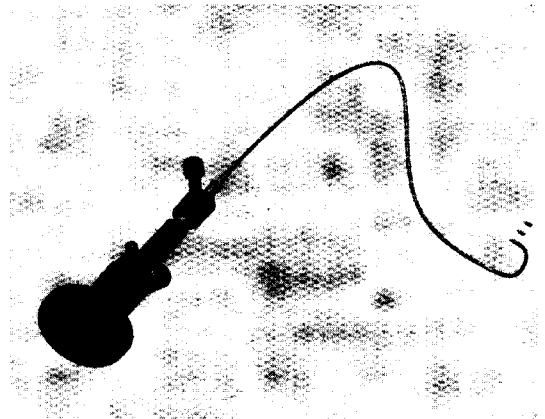
여준다.

### 6. 비관혈적 수술 기기 (Minimal invasive surgery)

상기한 마이크로머시닝 기술을 모두 통합하여 개발중인 것으로 환자의 수술부위, 입원기간을 최소화하는 마이크로내시경(micro endoscope), 마이크로복강경(micro laparoscope)등이 이에 해당하는 분야이다. 특히, 이러한 첨단 수술기구들은 원격진단, 치료를 가능하게 하는데에 핵심요소가 되며, 현재에 가장 널리 연구개발되고 있는 의료용 마이크로머신으로 가장 큰 부가가치를 창출하게 될 것으로 예상된다.

또, 이러한 의학응용 마이크로시스템들은 크게 두가지의 분류로 나뉘어서 개발되고 있다. 마이크로머시닝 기술을 이용한 대량생산으로 저가격의 일회용 진단장비를 개발(low-cost and single-use device produced in high volume)하는 것으로 주로 센서류나 electrode들이 이에 속한다. 이는 기존의 반도체산업의 성공 배경을 그대로 따라 가고 있는 것으로 볼 수 있다. 그런데, 의료용 마이크로시스템에서만 나타나는 재미있는 연구개발 방향이 있는데, 환자감시장치나 비관혈적 수술기기등과 같이 마이크로머시닝 기술을 이용해서 새로운 기능을 기존의 장비에 부가함으로써 기존 장비의 부가가치를 극대화함으로써 첨단 의료기기로 개발(high added value and reusable products manufactured in low volume)하려는 것이 바로 그것이다. 그러나, 이러한 두가지의 개발방향이 별개로 존재하는 것은 아니며, 서로 보완적으로 개발될 때에만 실효성이 있을 것이다.

서울대학교등에서 공동 개발중이다. 이는 관상동맥질환이나 뇌혈관질환등의 처치를 위한 복잡한 수술을 대신할 것으로 기대되고 있다. 즉, 심장수술을 위해서 가슴을 절개할 필요 없이 다리의 대동맥을 통해서 초소형 작동형 내시경을 삽입하여 진단, 수술을 할 수 있을 것이다. 특히, 마이크로로봇형의 작동기를 이용하여 혈관내, 기관지내, 관절내등의 아주 좁은 공간에서 주위 조직에 상처를 주지 않고 진단, 처치, 약물전달등을 할 수 있는 새로운 비관혈적 수술기구(non-invasive surgery machine)로 개발 되고 있어 다양한 활용이 기대된다. 초소형 작동형 내시경의 선단부에는 마이크로펌프, 초소형 초음파 센서등이 장착될 것이며, 이를 disposable하게 조립할 수 있도록 하여 소독이 손쉽도록 고안되었다. 이러한 초소형 작동형 내시경은 마이크로머시닝 기술을 의료분야에 응용하는 가장 대표적인 예라고 할 수 있으며, 기술 개발의 성공에 따른 막대한 기술 파급 효과 및 부가가치가 기대된다.



〈그림 8〉 초소형 작동형 내시경의 상상도

## IV. 국내의 개발 현황

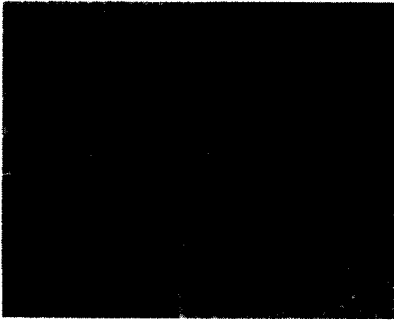
### 1. 초소형 작동형 내시경(Micro active endoscope)

마이크로머시닝 기술을 이용하여 외경 2 mm 이하의 초소형 작동형 내시경을 주식회사 메디슨과

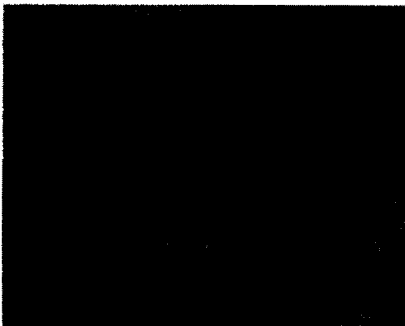
### 2. 초소형 세포 융합기

마이크로머시닝 기술을 이용하여 세포를 일대일로 융합시키는 초소형 세포 융합기가 서울대학교등에서 개발 중이다. 세포를 전기적으로 융합시키는 장치는 이미 개발되어 있었으나 이런 장치에서는 원하는 조합의 일대일 융합뿐만이 아니라 원하

지 않는 조합의 융합까지도 일어나므로 세포 융합 후 원하는 조합의 융합된 세포만을 선별하는 작업이 필수적이었다. 그리고, 장치의 크기가 커서 융합에 필요한 전계를 얻으려면 값비싼 고전압 전원이 필요하였다. 개발 중인 초소형 세포융합기는 세포를 일대일로 전극 사이에 위치시켜놓고, 펄스 전계를 가하면 두 세포에 구멍이 생기고, 이것이 아물면서 하나로 된다(그림 9 참조). 이 때 세포의 크기는  $30\mu\text{m}$  정도이고 전극 간의 간격은  $50\mu\text{m}$  정도이어서 원하는 전계 약  $1.25\text{ kV/cm}$ 를 10V의 전원으로 얻을 수 있다. 그림에서는 펄스 전계를 가한 후 17분 경에 완전히 하나의 세포로 융합된 세포를 보이고 있다.



(a) 펄스 전계를 가한 직후.



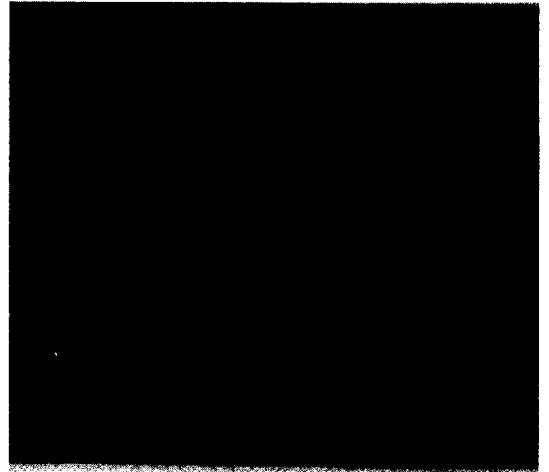
(b) 펄스 전계를 가하고 17분이 지난 후 세포가 하나로 융합되었다.

〈그림 9〉 초소형 세포 융합기를 이용한 일대일 세포 융합

### 3. 단일 세포 바이오 센서를 위한 미세 패턴의 제작

마이크로머시닝 기술을 세포공학 분야에 적용하는 데 있어서 주목을 받는 것 중의 하나가 개별적인 세포의 상태와 반응을 분석하는 것이다. 마이크로머시닝 기술을 이용하여 생체 세포 크기 수준의 센서 등을 제작하므로써 단위 세포의 반응성 측정 및 진단에 응용하거나 세포 단위 자체로의 공학적인 응용이 가능하다.

그림 10은  $100\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ 의 fibronectin 단백질 패턴 위에 혈관 내피 세포를 선택적으로 점착시켜 배양한 예이다. 패턴의 크기를 줄여 나감으로써 각 패턴에 개별적인 세포를 배양할 수 있으므로 정규화된 세포 반응을 얻을 수 있다.



〈그림 10〉  $100\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ 의 fibronectin 단백질 패턴 위에 혈관 내피 세포를 선택적으로 점착시켜 배양한 예.

## V. 결 론

생체의 특성을 이용하거나, 생명공학에 활용이 가능한 마이크로머시닝 기술의 생물학 및 의학 응용은 그 한계를 제한할 수 없을 정도로 넓고 방대하다. 이러한 기술의 개발은 신기술 개발과 부가가치의 창조 뿐 아니라 국민복지생활수준의 향상이



라는 측면에서도 매우 중요하다고 할 수 있다. 아울러, 우리가 가지고 있는 무한한 상상력을 현실로 바꿀 수 있는 좋은 시험장이 될 수 있다. 그러나, 국내외의 현실상 학제간 공동연구의 난점과 일반 공학자들의 생체에 대한 무지는 이러한 상상을 한갓 푸른 꿈에 머물게 할 처지에 이르게 되었다. 그러나, 다행스럽게도 최근 1-2년 사이에 이러한 의료용 마이크로머신(micromachines for biomedical application)에 대한 연구가 대학과 정부를 중심으로 서서히 확대되어가고 있어 이에 대한 기대가 다시 증가되고 있다. 이러한 연구의 확대는 새로운 의료기술개발이라는 시대적 요구와 함께 맞물려 그 추진력을 얻고 있어 무척 다행스럽다고 할 수 있다.

마이크로머시닝의 생체 및 의학응용은 기존의 MEMS 연구분야에 생물학, 세포공학(cell engineering), 조직공학(tissue engineering), 단백질공학(protein engineering), 의공학, 생화학, 의학, 기계공학, 재료학, 물리학, 유기화학등의 다양한 지식이 접목될때에만 가능하므로 다양한 전공을 가진 전문가들의 학제간 연구가 절실하며, 꾸준한 기초연구를 통해서 연구의 기반을 다지는 것이 연구의 역사가 일천한 우리가 기술선진국들과 어깨를 나란히 하는 지름길일 것이다.

참 고 문 헌

[1] C. Axelrad, J.C. Eloy, D. Colas, and A. Gouinguene, "Industrial applications of microtechnologies in europe", The Proceedings of The First International Micromachine Symposium, (1995) pp.37-46.

[2] S. Tanaka, "Pacemakers and implantable

cardioverter defibrillators", The Proceedings of The First International Micromachine Symposium, (1995) pp.11-21.

[3] H-M. Chen, H-S. Gao, M. Chen, M-Y. Kuo, and T-Z Wu, "Detection of HIV specific antibodies and meth-amphetamine with flow through piezoelectric immunosensor", The Proceedings of The Fourth World Congress on Biosensors, (1996) pp.139.

[4] I. Willner, "Bioelectronics and optobioelectronics monolayer devices", The Proceedings of The Fourth World Congress on Biosensors, (1996) pp.48.

[5] I. Giaever and C.R. Keese, "An electrical method to continuously monitor morphology and motion of cells in culture", The Proceedings of The Fourth World Congress on Biosensors, (1996) pp.49.

[6] J.R. Sheats, H. Antoniadis, M. Hueschen, W. Leonard, J. Miller, R. Moon, D. Roitman, and A. Stocking, "Organic electroluminescent devices", Science, Vol. 273, (1996) pp.884-888.

[7] I.A. Akasay, M. Trau, S. Manne, I. Honma, N. Yao, L. Zhou, P. Fenter, P.M. Eisenberger, and S.M. Gruner, "Biomimetic pathways for assembling inorganic thin films", Science, Vol.273, (1996) pp.892-898.

[8] K.M. Blackwood, "Device applications of side-chain ferroelectric liquid crystalline polymer films", Science, Vol.273, (1996) pp.909-912.

## 저 자 소 개



張 準 根

1967年 9月 16日生

1990年 2月 서울대 기계설계학과 공학사

1992年 2月 서울대학교 대학원 의용생체공학협동과정 공학석사

1995年 2月 서울대학교 대학원 의용생체공학협동과정 공학박사

1995年 2月~현재 서울대학교 정밀기계설계공동연구소 특별연구원

1995年 2月~현재 서울대학교 의학연구원 의공학연구소 특별연구원

주관심 분야: 세포공학, 마이크로머신, 인공장기



金 容 權

1960年 10月 23日生

1983年 2月 서울대학교 전기공학과 공학사

1985年 2月 동 대학원 공학석사

1990年 3月 동경대학교 대학원 공학박사

1990年 4月~1992年 1月 히타치 제작소 중앙연구소(동경 소재) 연구원

1992年 2月~1996年 9月 서울대학교 공과대학 전기공학과 조교수

1996年 10月~현재 동 대학 전기공학부 부교수

주관심 분야: 미세전기기계, 전기기계