



바이오 칩(Bio-Chip)

글 ■ 김 경 천 / 부산대학교 기계공학부, 교수 e-mail ■ kckim@pusan.ac.kr
 ■ 김 형 훈 / 부산대학교 대학원 분자생물학과, 석사과정 e-mail ■ biohkim@pusan.ac.kr

이 글에서는 먼저 바이오 칩의 분류, DNA칩, 단백질칩 그리고 lab-on-a chip에 대해 설명하고 끝으로 바이오 칩의 시장규모 및 향후 전망에 대해 소개한다.

○ 개 요

21세기에는 농업혁명, 산업혁명, 정보혁명의 시대를 거쳐 바이오 혁명의 시대가 도래하였다고 한다. 바이오테크 혁명은 인간을 비롯한 생물체의 게놈분석을 바탕으로 생명체의 설계도라 할 수 있는 DNA 염기서열이 밝혀짐에 따라서 유전자와 관련 질병을 극복할 수 있고, 생명유지에 보다 유리한 유전자의 복제가 가능해졌다.

바이오테크 혁명을 이끌기 위한 기반 기술로는 유전자 분리 및 재조합 기술, 유전자 이식 기술, 게놈데이터 베이스 구축기술, 생

물 정보학 기술 등 바이오 인포매틱스와 바이오 MEMS, 마이크로 플루이딕스 기술 등 다양한 기술이 요구되고 있으며, 바이오칩(Bio-Chip) 기술도 이에 유용하게 사용될 수 있는 신기술로서 기대를 모으고 있다.

○ 바이오 칩의 분류

바이오 칩이란 유리, 실리콘, 혹은 나일론 등의 재질로 된 작은 기판 위에 DNA, 단백질 등의 생물분자 들을 집적시켜 놓은 것을 말하며, 마이크로 어레이 칩(microarray chip)과 마이크로 플루이딕스 칩(micro-

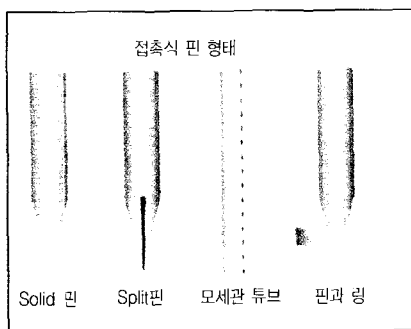


그림 1 Microarray용 Pin type

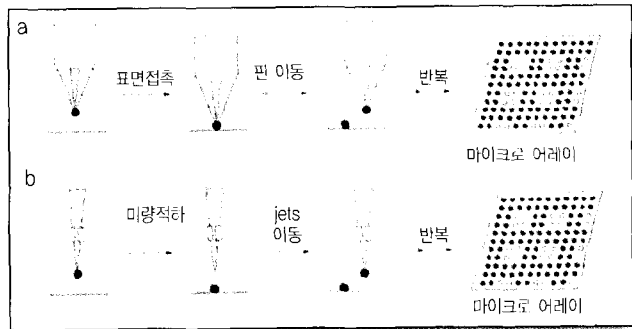


그림 2 Pin Microarray

fluidics chip)으로 나뉠 수 있다.

마이크로 어레이 칩은 수천~수만 개의 DNA 또는 단백질 등을 일정 간격으로 배열하여 붙이고, 분석대상 물질을 처리하여 그 결합 양상을 분석할 수 있는 바이오 칩을 말하는데 DNA칩, 단백질칩이 대표적이다. 한편 마이크로 플루이드스 칩은 'Lab-on-a-chip'이라 불리기도 하는데, 미량의 분석대상 물질을 흘려보내면서 칩에 집적되어 있는 각종 생물분자 혹은 센서와 반응하는 양상을 분석할 수 있는 바이오 칩으로 최근에는 분석물질의 분리, 합성, 정량분석 등이 가능한 칩이 개발되고 있다.

○ DNA 칩

DNA 칩은 붙이는 유전물질의 크기에 따라 cDNA 칩과 oligonucleotide 칩으로 나누어질 수 있다. cDNA 칩은 최소 500bp(염기쌍) 이상의 유전자가 붙여져 있

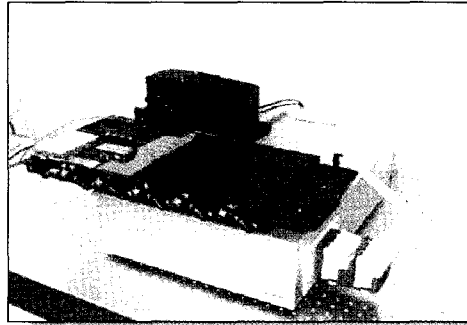


그림 4 Microarrayer

고 oligonucleotide 칩에는 약 15~25개의 염기들로 이루어진 oligonucleotide가 붙여져 있다.

Pin microarray

1995년 미국 stanford 대학 생화학과에서 처음 개발되었으며, 유전자 발현 측정을 목적으로 만들었다. 지금은 돌연변이를 검색할 수 있도록 oligonucleotide를 같은 방법으로 붙인 칩도 개발되었다.

Pin의 방식은 모양에 따라 네 가지로 나눌 수 있으며, 보통 직경 100~200 μ m 정도의 크기로 DNA를 심을 수 있다. 현재 split pin과 pin and ring 방식이 보편적으로 사용되고 있다.(그림 1, 2)

cDNA microarray chip을 만들고 검색하는 과정은 다음과 같다.(그림 3)

먼저 알려진 유전자나 EST를 PCR 방법으로 증폭한다. 증폭된 유전자는 분리정제 과정을 거쳐서 96-well이나 384-well plate에 담아진다. 고밀도로 이들 유전자를 현미경을 glass slide 위에 심는 역할은 특별히 제작된 microarrayer라는 기계가 담당한다.(그림 4)

DNA microarrayer의 원리는 XYZ plotter와 비슷하며 미세하게

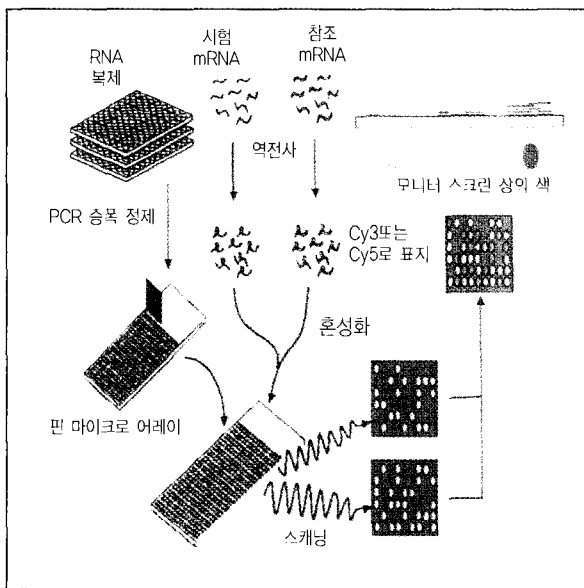


그림 3 cDNA microarray chip 생산 및 검색 과정 : Duggan at al., 1999의 변형

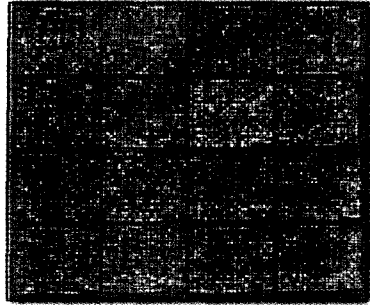


그림 5 유전자 발현 검색결과

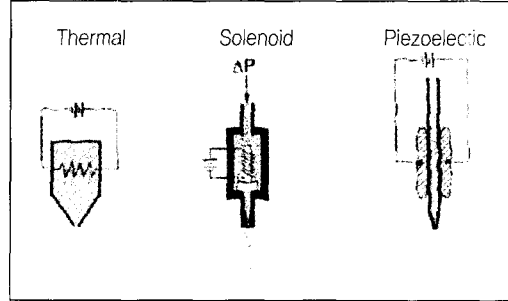


그림 6 biojet head의 종류

제작된 pin이 DNA를 plate로부터 담아서 glass slide로 컴퓨터가 지정한 똑같은 장소에 옮기는 것이다. 이렇게 개발된 cDNA micro-array chip은 레이저 형광 스캐너를 이용하여 유전자 발현 결과를 검색한다. 특정 유전자에 발현하는 DNA를 특정 장소에 집적해 놓아서 발현된 위치만 보아도 그 결과를 예측할 수 있다.(그림 5)

미국 실리콘 밸리의 Affymatrix 사에서는 컴퓨터 칩을 만들기 위해 사용하는 photolitho-graphy라는 기술을 사용하여 수십만 개의 다른 염기(nucleotide)들을 하나의 유리 위에 직접 합성하는 데 성공하였다. 초기에 1.28 cm² 안에 65,000개의 다른 oligonucleotide를 가진 칩을 만드는 데 성공하였고 현재는 400,000개의 다른 oligonucleotide를 가진 칩을 만들 수 있게 되었다.

Inkjet microarray chip

잉크젯의 원리를 이용하여 DNA칩을 만드는 방법은 잉크젯 프린터와 매우 유사한 원리를 이용한다. 카트리지에 DNA가 들어 있어서 열 또는 전기적인 힘으로 DNA를 고형체 위에 뿌리게 되는 것이다. 이 방법은 정량적인 제작과 많은 수의 DNA 칩을 동시에 제작할 수 있는 장점이 있다.

지금까지 뿌리는 방법은 thermal, solenoid 그리고 piezoelectric 등 세 가지 방법이 있다.(그림 6)

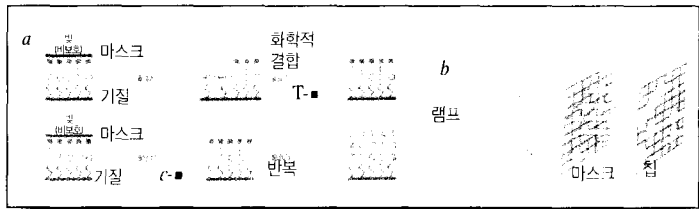


그림 7 Photolithography를 이용한 DNA 칩 제작

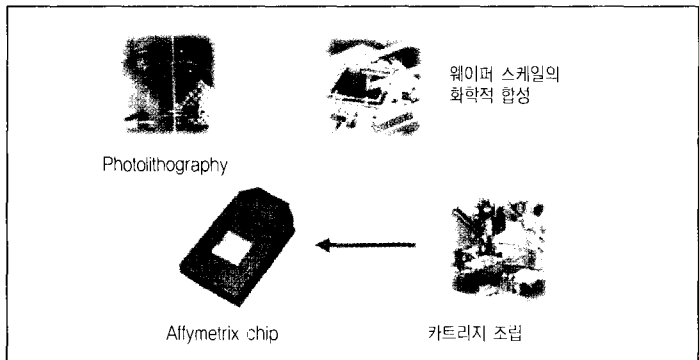


그림 8 Affymatrix chip 제작과정

Photolithography chip

Photolithography 기술은 유리표면에 집적되어 있는 염기들에는 각각의 염기들이 다른 염기들과 합성할 수 있게 보조체가 붙어 있다. 하지만 이들 보조체는 평소에 빛에 민감한 화학 물질로 덮여 있어 염기들이 붙을 수 없도록 되어 있는데, photomask를 위에 놓고 빛을 쏘이면 구멍이 난 곳에만 빛이 들어가 우리가 원하는 위치의 염기들만 보호체가 제거된다. 이것을 염기가 들어 있는 용액 속에 넣으면 보호체가 없는 염기들만 다른 염기와 합성된다. 이러한 과정을 100cycle 정도 반복한 것이 Affymetrix 칩이다.(그림 7, 8)

Electroarray chip

DNA가 '-' 전하를 띠는 성질을 이용하여 칩의 표면에 있는 특정 위치에 '+' 전기를 넣어서 그 위치에 원하는 유전자를 붙게 만드는 방법이다.

미국의 Nanogen 사에서 개발된 이 방법은 10,000개의 DNA를 붙일 수 있다. 이 기술의 장점은 전기를 이용하여 특정 위치

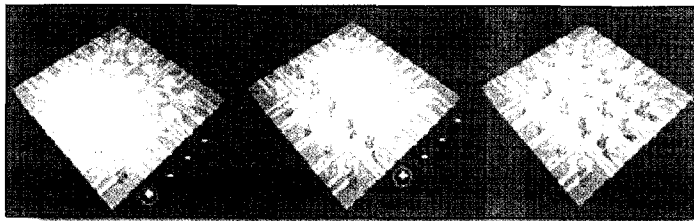


그림 9 Electro addressing

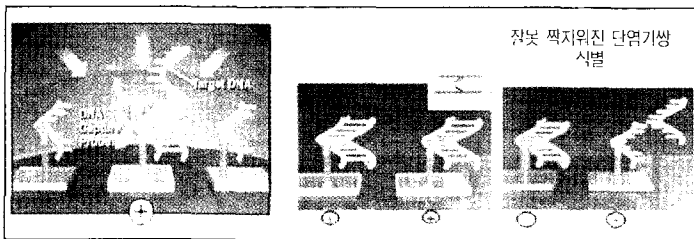


그림 10 전기적 힘을 이용한 농축과 Electronic stringency 조절

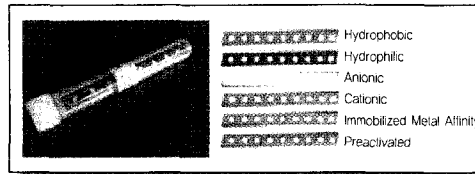


그림 11 Ciphegen 사의 6가지 종류의 ProteinChip

에 target DNA를 끌어들이므로써 결합시간을 단축할 수 있다는 것이다.(그림 9)

또한 전기적 힘을 역이용하면 반대로 특정 DNA를 떨어뜨릴 수도 있다.(그림 10)

단백질칩

단백질은 생명현상을 표현하는 최종 매개체이며, 유전자가 가진 정보보다 많은 양의 정보를 표현할 수 있다. 한 유전자를 통해서 단백질이 합성되고 단백질-단백질 상호작용에 의해 발생하는 변형과정의 차이, 세포 내 분포의 차이 등에 따라 다양한 기능을 가진 단백질이 발견되고 있다. 의약품의 95% 이상이 단백질을 타겟으로 하고 있으며, 특정

단백질이나 리간드와 특이적으로 상호작용하는 생체분자의 기능이나 역할을 밝히고, 단백질 기능분석 및 네트워크 분석으로 얻어진 자료를 바탕으로 고전적인 방법으로는 불가능하였던 질병에 대한 치료 및 예방법을 개발하는 연구 (proteomics)는 생명과학, 보건 및 의료분야 등에서의 주된 과제이다. 단백질 칩은 Proteomics 외에도 진단 및 바이오센서 분야



와 고속 탐색 기술 분야 등 다양한 분야에서 그 연구가 활발히 진행되고 있다.

단백질 칩 개발기술은 생물, 화학, 전자, 재료, 기계공학 등 여러 학문이 연계된 첨단 기술의 총체로서 단백질 공학 및 나노바이오 기술, 표면처리 및 단백질 패터닝 기술, 미세가공 및 MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) 기술, microfluidics 기술, 바이오센서 기술, 생물정보학 등이 상호 접목되어야 한다.

단백질 probe 제작 및 표면처리 기술

단백질 칩은 감지해야 하는 단백질이나 항체들이 다양하므로 칩 표면에 antibody, peptide, ligand, aptamer 등 여러 probe들을 개발하여 이를 표면에 고정시키는 기술과 고체 표면에의 고정화에 따른 생물학적 활성의 상실, 비특이적 표면 고정화, 상대적으로 낮은 생체활성 물질의 표면농도, 표면이탈에 따른 분석신호의 소멸 등의 기술적 어려움을 해결하는 연구가 필요하다.

특정 단백질을 DNA microarray의 경우와 같이 spotting하여 유리 슬라이드 등의 고체 표면에 고정할 때는 amine 결합이 가장 보편적으로 이용되는 반면, 금속표면에 단백질을 고정화하는 경우는 마이크로스탬핑(microstamping) 등의 패터닝이 용이한 자가조립(self assembly) 방법이 많이 이용되고 있다.

Protein microarray

DNA칩과는 달리 단백질은 자체의 불안정성, 3차원적 구조로 인한 배열에 따른 공간적 장애, 각 spot들 사이의 교차 오염의 가능성 등 문제점들이 많아 단백질을 고체표면에 고정시킬 때 서로 분리해 주어야 한다. 단백질 칩용 기판으로는 유리 슬라이드, 다공성 겔 패드(Porous gel pad) 슬라이드,

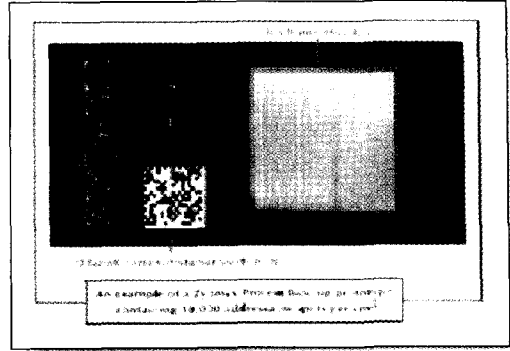


그림 12 Zyomyx 사 단백질칩의 prototype

플라스틱 재질을 이용한 마이크로 웰(Microwell) 등이 대표적으로 사용되고 있다.

단백질칩의 측정 기술

최근 MALDI(Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization)-TOF(Time-Of-Flight) MS(Mass Spectrometry)의 기술혁신으로 고속화 단계에 접어들었음에도 불구하고 낮은 재현성, 알칼리성 단백질과 고분자 단백질의 저분리능, 불완전한 자동화 등의 여러 한계점을 안고 있는 2차원적 전기영동법에 의존하고 있는 실험실이 많이 있다. 이 때문에 자동화된 대량 분석법이 요구되는데 SELDI(Surface-Enhanced Laser Desorption/Ionization)-TOF 방법을 적용한 질량분석기와 SPR(Surface Plasmon Resonance) 기기가 유리하다.

1) MALDI-TOF과 SELDI-TOF방식의 MS

MALDI-TOF 방법은 분자량이 비교적 큰 시료와 매트릭스가 혼합된 결정에 순간적으로 레이저를 조사하여 이온화시킨 후, 이온들을 TOF MS를 통과시켜 검출기까지 도달하는 시간을 측정하여 분자량을 얻는 방법이다. 이 방법은 핵산 및 단백질의 분해에 의한 서열분석, 미량의 생화학 및 석유화학

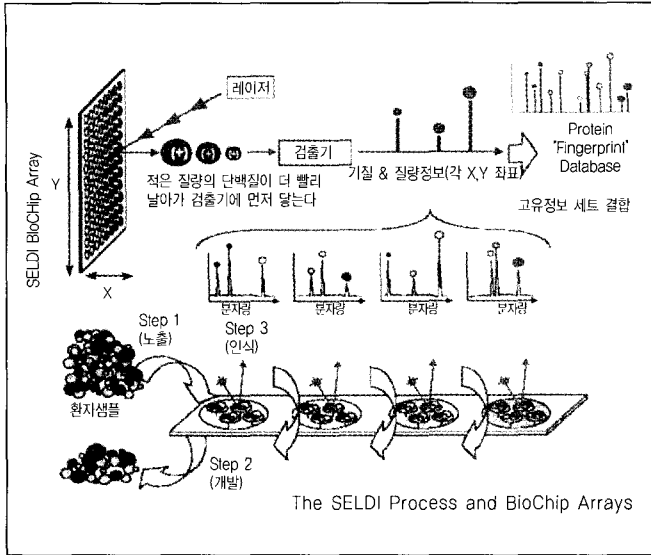


그림 13 SELDI-TOF MS 방식에 의한 단백질질 측정법

는 방법이다.(그림 13)

SELDI-TOF MS는 생체 시료를 protein chip상에서 특별한 레이블 단계가 필요 없이 직접 분리, 검출, 분석이 가능한 장점이 있다. SELDI의 검출 범위는 1~250KDa 이고, 검출한계는 1 femtomole 이며, 10분 이내 결과를 얻을 수 있다.

2) Surface Plasmon Resonance(SPR)

방사성 물질이나 형광물질을 이용한 표식 없이도 단백질 등 생체물질의 결합 친화도를 높은 민감도로 측정할

수 있는 기술로 사용될 수 있는 유용한 방법 중 하나는 생체분자의 상호작용 특히 분자인식을 검출하는 방법으로서 우수한 감도를 인정받고 있는 SPR이다. SPR은 광이 두 매질의 경계면에서 전반사 될 때 계면에 있는 금속층 전자들에 의한 표면플라즈몬의 진동이 계면근처의 유전상수에 의해 영향을 받아 유전층의 두께나 굴절률 변화에 민감

수 있는 기술로 사용될 수 있는 유용한 방법 중 하나는 생체분자의 상호작용 특히 분자인식을 검출하는 방법으로서 우수한 감도를 인정받고 있는 SPR이다. SPR은 광이 두 매질의 경계면에서 전반사 될 때 계면에 있는 금속층 전자들에 의한 표면플라즈몬의 진동이 계면근처의 유전상수에 의해 영향을 받아 유전층의 두께나 굴절률 변화에 민감

혼합물의 분자량 측정에 이용된다. MALDI-TOF 방법은 femtomole에서 picomole 수준의 분석이 가능하고, 버퍼나 염에서 변성하기 쉬운 시료의 분석이 용이한 장점이 있으나, 약한 이온화 기법으로 조사된 레이저 에너지가 결정화된 매트릭스를 통해 시료로 전달되어 이온화되므로 적당한 매트릭스의 선정 및 최적의 결정화가 실험 결과에 매우 중요한 영향을 미치게 된다. SELDI 방법은 미국 Los Altos에 있는 Molecular Analytical Systems(MAS)사에서 원천 기술을 갖고 있는데, 크로마토그래픽 표면 처리를 한 protein micro-array 위에서 직접 시료 단백질의 정제과정을 거친 후, 표적 단백질을 레이저로 탈착 이온화하여 일정한 거리를 날아가는데 걸리는 시간을 측정하여 질량을 결정하

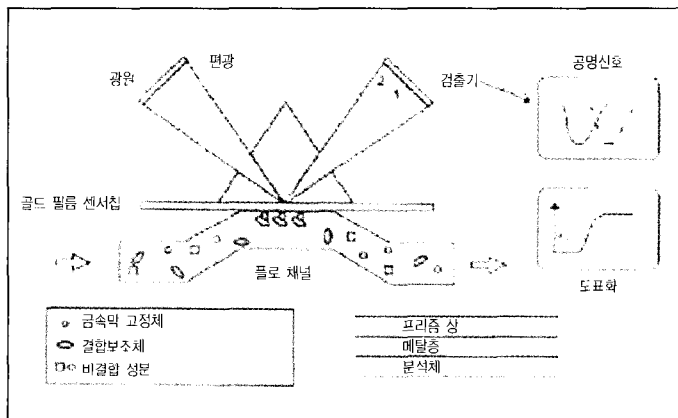


그림 14 SPR의 측정 원리



하게 반응하는 현상이다. 이때 계면에 위치한 분자들의 상호작용의 결과로 주어지는 유전상수의 변화와 관련된 공명각 변화를 통해 분자인식 유무를 정밀하게 검출할 수 있다. 이 방법은 별도의 형광표식과정 처리가 없이도 광학적 원리만으로 분자들간의 상호작용 계측이 가능하다는 장점을 가지고 있다.(그림 14)

최근 생명과학분야에서 주목받는 proteomics 연구 즉, 단백질의 기능을 분석하는 데 이러한 SPR 시스템은 매우 유용하다. $1\text{ng}/\text{mm}^2$ 의 질량변화까지 검출할 수 있어 $\text{pM}(10^{-12}\text{M})$ 수준까지 측정 가능한데 분자량으로는 10Da 의 저분자에서부터 세포수준까지 측정할 수 있다. 신약개발에 필수적인 저분자의 검색과 새로운 단백질 발견, 면역센서에 사용되는 분석방법 개발, 세포내 물질들간의 조절기작 연구 등 다양한 생화학적인 연구를 수행할 수 있다. 가장 큰 장점은 기존의 분석법이 형광 물질이나 방사선 물질의 표식이 필요한 반면 이 방법은 이러한 과정을 생략할 수 있어 label-free 면역분석이 가능하다는 데 있다. 최근 연구결과에 의하면 SPR을 이용한 현미경의 구현도 가능하게 될 것으로 보인다. 이외에도 grating이나 평판 waveguide를 이용하여 프리즘과 같은 접촉광학계의 도움 없이도 SPR 현상을 유도할 수 있다.

○ Lab-on-a-chip

최근 들어 대량생산과 디바이스의 소형화 등 여러 측면의 이점 때문에 MEMS 기술을 각 산업분야에 적용하려는 움직임이 거세게 일고 있다. 생물/의학분야도 예외는 아니어서 micro-fluidics 기술을 이용한 다양한 소재와 제품이 연구되고 양산되고 있으며, 이 분야를 Bio-MEMS라고 부르기도 한다.

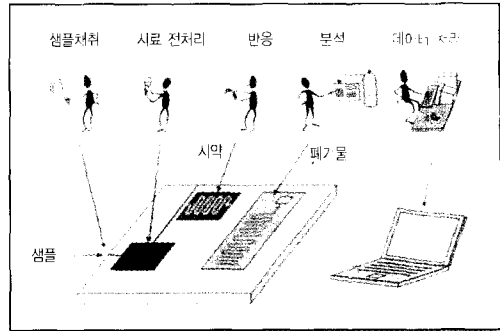


그림 15 Lab-on-a chip 처리 공정

기존의 생물 및 생명공학 기술이 고가의 macro scale의 장비들을 요구하는 기술이었다면 MEMS 기술을 이용한 바이오 칩은 미소규모의 검색장비라고 할 수 있다. 이런 바이오 칩이 나오게 된 배경은 기존의 DNA assay나 immunoassay 기술로는 포스트 게놈시대의 쏟아져 나오는 유전정보나 단백질정보에 대처할 수 없어 보다 혁신적인 방법의 모색에서 출발했다고 볼 수 있다. 궁극적인 바이오 칩의 목적은 시료의 분리, 정제, 혼합, labeling, assay, 세척 등이 모두 하나의 칩 안에서 이루어지는 칩 위의 실험실(Lab-on-a-chip)의 형태이다. 일련의 시료전처리 과정, 반응진행, 결과물 검출 등이 일반인 사용할 수 있을 정도로 자동화되고 간편화 되도록 한 것이다. 이와 관련하여 대두된 것이 μ -TAS(Total Analysis System) 개념이다. 현재의 Lab-on-a-chip을 구현하기 위해 MEMS 기술, μ -TAS 기술, 소량의 유체를 다루기 위한 microfluidics 기술 등이 접목되어 발전되면서 소형화, 집적화되고 있다.

Lab-on-a-chip의 제작

최근 LOC(Lab-On-a-Chip)의 제작 동향은 네 가지가 주류를 이루고 있다. 실리콘, 유리, 폴리머 형 그리고 두 가지 이상의

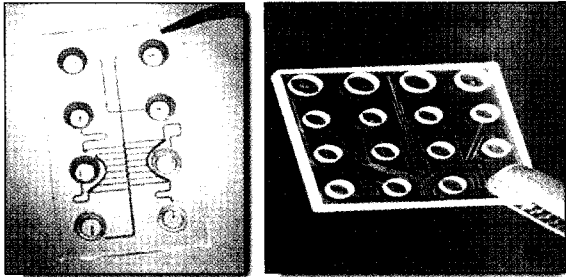


그림 16 PDMS를 이용하여 제작한 Lab-on-a-chip

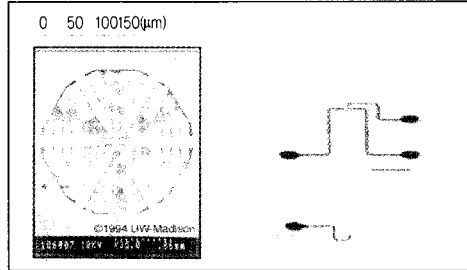


그림 17 마이크로 고속 스텝핑 모터(좌)와 마이크로 전기 영동 디바이스(우)

조합으로 이루어진 하이브리드 형이 있다. 실리콘 타입의 경우는 복잡한 3차원 구조의 제작이 용이하며, 각 공정의 노하우가 많이 알려져 있다. 뿐만 아니라 MOS 트랜지스터를 비롯한 각종 소자들을 칩 안에 집어넣을 수가 있어서 진정한 의미의 LOC를 구현할 수 있다.

실리콘을 이용한 것은 금속막 히터 등에 파괴나 변형이 되기 쉽고, 불투명하기 때문에 형광물질의 검출 등에 제한이 따른다. 그래서 최근에 각광받고 있는 것이 폴리머형 칩이다. 주로 PMMA(polymethylmethacrylate), PDMS(polymethylsiloxane), polycarbonate, polypropylene 등 MEMS 분야에서 많이 사용하는 고분자 재료를 이용한다. 제조단가가 매우 저렴하고 대량생산이 용이하며, 다양한 구조를 손쉽게 만들 수 있는 장점이 있는 반면, 열적 안정성에 문제가 있을 수 있으며, 재질에 따라서는 소수성을 가지고 있어 유체의 흐름에 영향을 미칠 수 있기 때문에 친수성 표면처리가 필요한 경우도 있다.

LOC는 일반적으로 생화학물질의 분석시 사용되는

자동분석장치의 시료 전처리 과정에 필수적인 펌프, 밸브, 반응기, 추출기, 분리시스템 등의 기능이 작은 크기의 칩내부에 집적 되어야 하는 이유 때문에 최근 나노테크놀로지(nanotechnology 또는 nanofabrication)의 발전으로 가능해졌다. 나노테크놀러지는 광학식각(photolithography), 화학식각(chemical etching), 물질고정(material deposition), micromachining 등의 제조 공법과 이 모든 것을 하나로 묶을 수 있는 디자인, 소프트웨어가 융합된 기술이라고 할 수 있다.

Lab-on-a-chip의 설계 및 구성

LOC는 실제 실험실에서 실행되는 일련의 과정과 동일한 순서로 반응이 진행된다. 샘플

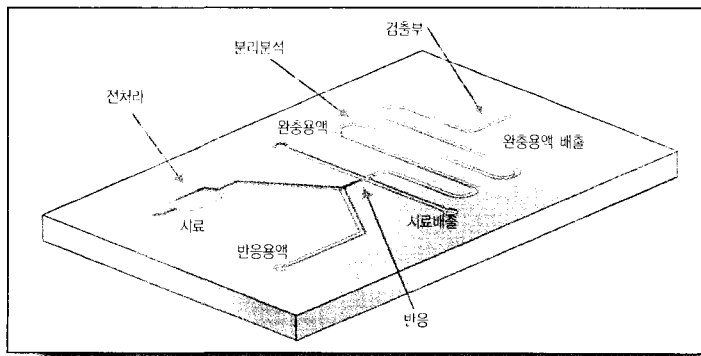


그림 18 LOC의 개념도

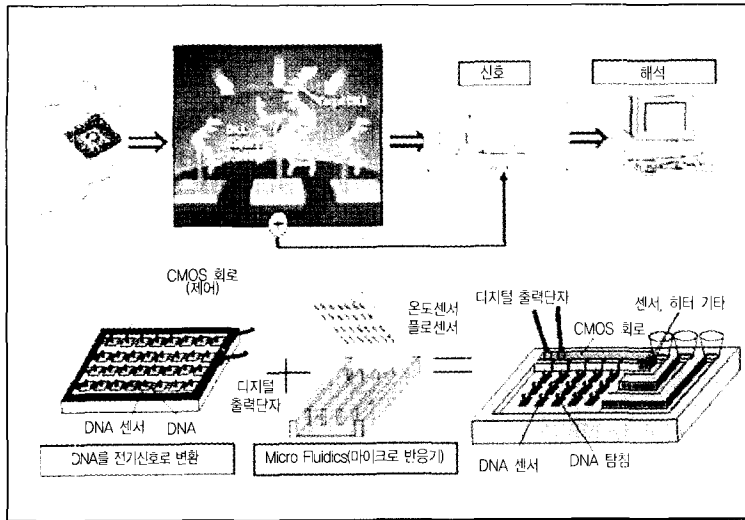


그림 19 Lab-on-a-chip 형태의 DNA 칩

링, 화학방응 무인화학/생물 작용제 탐지/식별, 식품·의약품 안정성 평가, 소형 화학 공장, 고속 신약탐색, 의약 진단 시약, individual drug(개 개인의 유전적 차이를 고려하여 각 개인에게 맞는 약)개발, 단백질 기능분석을 통한 질병의 진단 및 치료 연구 (proteo-mics) 등 그 응용분야가 매우 다양하다.

플의 전처리과정에서는 반응 물질을 외부로부터 유입하여 칩 내부로 흘러들어가도록 하는 microfluidic inter-connect와 채널이 설계되어야 하며, 반응물질을 서로 섞어주는 역할을 하는 mixer, 칩상에서 PCR(Polymerase Chain Reaction)과 같은 화학반응을 진행시키기 위한 반응기 내의 히터와 온도 센서, 그리고 각각 결과물들을 분리하고 유체를 흐르게 하기 위한 펌프와 밸브 등이 칩내에 집적 되게 된다.

Lab-on-a-chip의 응용분야

LOC는 모든 장비의 반드시 필요한 기능만을 갖추면서 단순성, 휴대성, 저가성, 적은 양의 시료처리 등을 만족하는 가장 이상적인 제품이라 할 수 있다. 앵글로드가 쓴 '휴대용 기기의 혁명'이라는 보고서에 의하면, LOC는 분석·처리 과정의 집적화 및 소형화로 한 종류에 5억 달러의 엄청난 비용이 드는 신약 개발비용을 현격히 낮출 수 있다고 한다. 그밖에 바이오 칩의 응용분야는 환경오염 물질 분석, 화학·생물 공정 모니터

○ 바이오 칩의 시장 규모 및 향후 전망

앞에서 검토된 바대로 Bio-chip은 의료, 환경, 화학 및 생물 공정, 식품, 그리고 정보통신 등 다양한 분야에서 쏟아져 나오는 정보를 연구하고 분석하는 도구로 사용될 수 있으며 그 중요성은 말할 필요도 없을 정도이다. 또한, 대상 시스템의 다양성, 여러 기술의 복합성, 다품종 소량 생산이란 시장의 특이성을 가지며, 새로운 아이디어가 시장 개척에서 특히 중요시되고 있다. 그래서, 정보통신 기술이 잘 발달 되어 있고, 우수한 연구 인력을 잘 갖추어진 우리나라 여건에 가장 적합한 분야 중 하나로서 활발한 연구와 산업화가 시도되고 있다.

2003년 인간 유전체의 정밀한 최종 지도가 발표되면, 이 정밀지도는 모든 생물학과 의학 등의 텍스트가 되고 이를 기준으로 하여 관련 분야의 학문과 산업의 재정비가 이루어 질 것으로 예상된다. 또한, 인간 외의 타생물체의 연구에도 활발한 연구가 진행 될 것이며, 이러한 연구결과를 이용할 수 있는

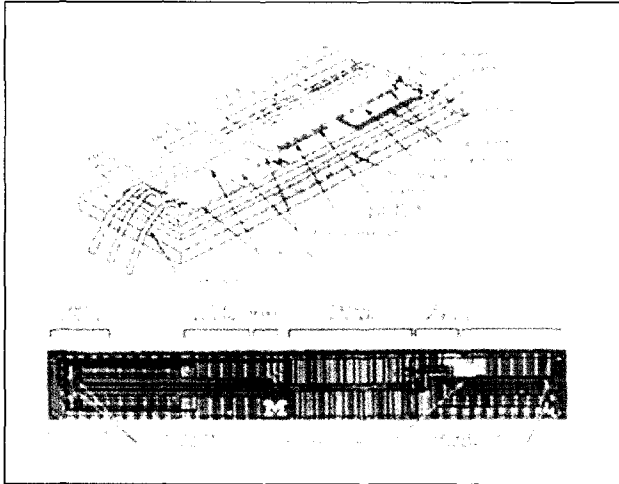


그림 20 미시간 대학의 DNA Lab-on-a-chip

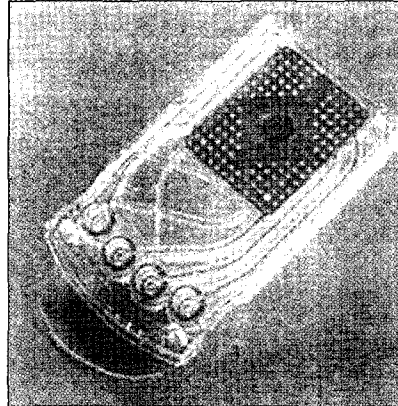


그림 21 Nanogen 사의 NanoChip™: Nanogen 사는 NanoChip™만으로 한 분기 만에 545,000달러의 수익을 올렸다.

산업분야도 대폭 확대됨에 따라 바이오 칩의 수요도 폭발적으로 늘어날 것으로 보인다.

SRI 등을 비롯한 시장전문조사기관에 따르면 바이오 칩으로 대표적인 DNA 칩의 시장 규모를 2004년에 20억 달러 정도로 잡고 있으며, 국내 특허청에서는 1998년에 3,000만 달러에서 매년 40%씩 증가하여 2010년에는 150억 달러에 이를 것으로 예상하고 있다. 여기에 휴먼 게놈 프로젝트의 후속 작업이 될 프로테오믹스 프로젝트가 진행되면 단백질 칩 시장도 2010년 이후에는 크게 열릴 것으로 전망되고 있다.

D&MD 보고서에서 나온 Bio-chip 자료에서 시장 동향을 보면 2006년까지 DNA 분야는 33%, LOC 분야는 102%라는 놀라운 시장 확대를 예측하고 있다. Cahners In-Stat/MDR에서 나온 최신 자료에서도 MEMS 기술의 의료 분야에서의 시장 규모를 12억 달러로 예상하고 있으며, 역시 매년 10% 이상의 고성장을 기록할 것으로 예상되고 있다. 또한 장수명, 내장형, 실시간 분석이 가능한 시스템이 구현될 경우 그 산업

수요는 기하급수적으로 확대될 것이다.

2002년 1월 다보스 포럼에서도 생명과학과 컴퓨터 등 정보기술과의 만남의 위력을 예측하고 다음 세기에 걸쳐 1,000조 달러라는 어마어마한 부를 창출할 것으로 내다 보았으며, 그 핵심 제품 중 하나가 바로 이 '바이오 칩'이 될 것이다. 또한 앞으로 새로운 기술로 대두되고 있는 나노기술이나 환경기술도 이러한 바이오 칩과 융합되어 상호 보완적으로 발전하면서 신상품이나 적용 분야를 점점 넓혀 나아갈 것으로 예상된다. 미국은 현재 바이오칩 시장을 조기에 선점하기 위해 관련 기업(벤처 및 대기업)과 대학 및 연구소가 긴밀한 파트너십을 형성하고 있다. 우리도 미국 등 선진국과의 경쟁/협조를 통하여 바이오칩의 세계시장 진출을 적극 모색해야 할 것이며, 이를 위하여 대학·연구기관·기업·병원 등과 공동 연구 체제를 구축하고, 정부는 이에 대한 R&D 투자를 지원하는 한편, 이를 뒷받침할 수 있는 유전정보 등 관련 인프라 구축에 시급히 나서야 할 것이다.