

## 바이오 칩 (Bio Chip)

權 寧 守

東亞大學校 電氣工學科 助教授

### I. 서 론

최근 electronics의 발전이 너무나 빨리 진전되므로 세계 경제의 활성화가 electronics를 중심으로 전개되고 있다고 과대하게 표현하기도 한다. 이와 같은 electronics 사회의 근원이 되는 중심 technology는 두말할 필요없이 VLSI 기술이다.

현재 IC산업을 lead하고 있는 1M부터 4M DRAM은 이미 생산화 되고 있으며 개발은 16M, 연구는 64M를 목표로 진행중이다. 이와 같은 초고집적 기술은 초미세 가공 기술의 진보에 의하여 비로서 가능하게 되었으며, 소자의 기본 구조는 submicron에서 quarter micron으로 변화되고 있다.

한편 초격자의 경우에 원자의 size order로 조성 원자를 제어한 초미세 구조를 가진 결정 성장도 가능하게 되어 초고주파 저잡음 증폭기 및 고성능 laser에 응용되고 있다. 그런데, 이와 같은 기술을 돌이켜 보면, 종래의 초미세화 기술은 electronics에 있어서 전자적 기능의 향상을 목표로 하여 온 것이 대부분이었다. 보다 작게 함으로써, 전기적 성능을 향상시키려는 효과를 기대하는 것이었다.

그러나 어느 기술의 발전이든 그 한계성은 있게 마련이어서 다가오는 2000년 경에는 MOS(metal oxide semiconductor)형 transistor 집적 회로(ULSI)의 선폭은  $0.5 \sim 0.25 \mu\text{m}$  정도로 되어 집적도는  $10^9$  transistor/chip가 되므로<sup>[1]</sup> 더 이상의 기술 발전이 곤란할 것으로 예상이 되며, Si 결정의 doping 농도에 대한 한계성이 예측되고 있다. 즉 Si에 5가인 P 또는 3가인 Al 원자를 첨가하여 n형 반도체 및 p형 반도체가 되지만, 그 농도는  $10^{13} \sim 10^{20}/\text{cm}^3$ 의 범위에서 제어되고 있다.<sup>[2]</sup> 따라서  $0.1 \mu\text{m}^3$ 의 소자인 경우에 원자 수는 10개가 되어 반도체로서의 기능이 상실되어 버

리게 된다.<sup>[3]</sup>

또한 고집적화 이외에도 회로의 동작 속도, 고밀도화로 인한 발열, 절연 내압, 전자(carrier)의 통계적 fluctuation 등의 문제점이 있다.<sup>[4]</sup> 따라서, electronics 분야에서 원자·분자의 level 연구의 필요성이 대두되기 시작하였다. 극도(極度)로 정교(精巧)한 제작 장치를 이용하여 반도체 결정의 원자층 level의 control이나 인공적 구조의 형성등이 연구실에서 이루어지고 있다. 이것은 micro한 구조를 제어함으로써 새로운 전자 현상을 발현시킬 수 있다는 기대감 때문일 것이다.

최근 다음 세대를 위한 꿈의 소자로 알려져 있는 분자소자<sup>[4,5]</sup>, 바이오 칩<sup>[6]</sup> 등이 여러 방면에 걸쳐 화제가 되고 있으며, 이들에 대한 기대감에 힘입어 연구 또한 활성화되고 있다. 분자소자에 대해서는 이미 기술<sup>[4]</sup> 하였으므로 여기서는 바이오 칩의 개념, 연구 현황, 바이오 칩 연구를 위한 approach 방법 등에 대하여 생각하여 보기로 한다.

### II. 바이오 칩 연구의 배경

Electronics의 진전에 의해 transistor, IC, LSI, VLSI, ULSI로 디바이스의 미소화가 이루어져 오고 있는데 대하여 다른 한편에서는 앞에서 언급한 바와 같이 미세가공 기술의 한계 및 소자 자신의 물리 한계가 대두되기 시작하기에 이르렀다. 이와 같은 추세로부터 분자 level로서 디바이스를 설계하여 이것을 조합하고 디바이스를 구성하여, 분자 배선을 하는 방법 즉, 분자를 집합시켜서 디바이스를 만드는 극한상태의 디바이스를 만들려고 하는 idea가 탄생하게 되었던 것이다. 즉 분자소자, 바이오 칩 이라는 분자의 단위 또는 영역을 대상으로 하는 분자 electronics,

bio electronics의 연구이다.

그런데 분자 소자(분자 디바이스)의 개념은 F. L. Carter<sup>[7]</sup>에 의하면 유기화합물이 가진 이방성(異方性)을 이용하여 반도체 디바이스의 기능을 증가하는 분자 소자를 만들려고 하는 것으로 스위칭 소자의 가능성을 시사하는 것이 대부분이었다. 그 후 분자 디바이스는 분자가 가진 다양한 기능을 활용하여 반도체 디바이스와 등가인(대등한) 소자로서 위치를 차지하게 되었다.

이와 같은 분자 소자의 가장 큰 특징으로서는 고밀도성을 들 수 있다. 분자집합체를 배열할 때 그 size는 10~100nm 정도로서 3차원의 경우 약  $10^{18}$  소자수/cm<sup>3</sup> 정도의 고밀도가 된다.<sup>[2,3]</sup> 실제로 디바이스 자체는 유기 분자의 1~10<sup>3</sup>배 정도로 생각할 수 있기 때문에 집적도는 집적 회로의 10<sup>2</sup>~10<sup>4</sup>배가 예상된다. 따라서 분자소자에 대한 기대감과 관심이 집중하게 되었던 것이다.

한편 바이오 칩은 분자 소자에 이용되는 분자를 생체 분자인 단백질로 대체한 경우에 상당한 용어로서 분자 소자에 포함되는 개념으로 생각할 수도 있다. 이와 같은 생체 기능의 이용 방법을 biomimetic<sup>[8]</sup> 이라고 한다.

분자 소자, 바이오 칩은 기능을 가진 소자이기 때문에 기능 디바이스의 개념으로도 사용되고 있다. 그러나 분자 소자는 반도체 디바이스에 상당한 증가회로를 가진 소자<sup>[4,7]</sup> 인데 비하여, 기능 디바이스는 계산기 디바이스로서의 역할만을 한정하지 않고 센서 등을 포함하는 넓은 용도에 대응할 수 있는 소자를 의미한다고 할 수 있을 것이다.

기능 디바이스 재료인 분자 기능 재료가 가진 성질 가운데 특징<sup>[9]</sup> 적인 것으로 구성 요소인 각 분자 내에 전자의 상태가 국재화하며, 각 분자는 약한 결합으로 연결되어 있다는 것과, 화학적, 물리적인 다양성이 풍부하다는 것이다. 앞에서 기술한 바와 같이 분자 소자가 가진 초고집적성의 가능성은 분자 재료에서의 전자상태가 국재화한다는 특징에 기인한다고 설명할 수 있다. 또한 분자 재료의 특징인 화학적·물리적 다양성은 기능의 다양화로 이어진다고 할 수 있다. 따라서 기능 디바이스 재료로서 분자 재료가 사용되는 것은 필연적이며, 기능 디바이스 성공의 열쇠는 분자재료의 다양성을 어떻게 교묘하게 이용하느냐에 달려 있다고 할 수 있을 것이다.

이와 같은 기능에는 정보 및 에너지의 변환, 전달, 정보의 수용, 기억, 스위칭 등이 있다. 특히 생물의

경우에는 생명 현상의 기본 단위인 세포로부터 고차의 정보 처리를 이용하는 뇌에 이르기까지, 이와 같은 기능이 여러 계층 서로 어울려서 구성된 거대한 기능 system<sup>[9,10]</sup>을 구성하고 있다고 알려져 있다. 따라서, 기능 디바이스 연구에 있어서 생체 분자가 가진 다양성을 적극적으로 이용하려 하는 것은 당연하다 할 것이다. 이와 같은 관점으로 부터 생체의 기본 소자인 생체막의 기능, 바이오 칩 등 연구의 필요성 및 배경이 이해될 것으로 생각된다.

### Ⅲ. 바이오 칩의 개념

단백질 분자를 이용하여 분자 소자를 만들려는 개념이 확립된 이후 초기에는 바이오 칩이라는 용어가 여러 전문 분야에 신선함과 충격을 주었지만, 10여년 이 지난 오늘날에 이르러서도 바이오 칩은 아직 개념의 정립이 되어 있지 않으며, 바이오 칩의 소자로서 성공하였다는 보고도 없다. 원래 분자 소자의 경우는 종래의 반도체 디바이스를 대신하여 고밀도 디바이스를 만들려고 하는 것이 하나의 목표이었다. 이 경우에 100 Å 정도의 분자 order의 미세가공 기술을 필요로 하는 어려운 문제점을 생물이 가지고 있는 자기조직화 기능을 이용하여 이 문제를 해결하려고 하는 idea로부터 바이오 칩의 개념이 탄생되었다고 할 수 있다.<sup>[4,10,11]</sup>

일반적으로 바이오 칩은 생체막 단백질이 가진 선택성 및 자기 조직화, 배향국재화 기능 등을 assembly 방법으로서 만들어진 소자 및 단백질 고분자의 특이한 기능을 모델화하여 스위칭 및 기억 요소로 한 소자를 가르키는 것으로 정의할 수 있을 것이다. 그런데 이와 같은 바이오 칩을 실현하기 위해서는

(1) 생체막 단백질의 구조 및 분자의 상호 관계, 반응 기구 등을 화학적으로 밝혀 생체 기능 소자의 설계도를 만드는 방법

(2) 단백질 고분자가 가진 기능을 축출하여 필요에 따라 단순화하여 생체와 유사한 기능을 가진 고분자를 합성하는 방법등을 들 수 있다.

한편 McAlear<sup>[11]</sup>가 제안하고 있는 바이오 칩은 “생체 관련 물질을 사용한 집적 회로 형성 기술과 논리 디바이스”를 의미하고 있다. 이들의 최종 목표로서는 바이오컴퓨터의 개발에 두고 있으며 이를 위한 4단계의 개발 계획을 제창하고 있다. 이들을 열거하면 다음과 같다.

(1) 집적 회로 형성에 단백질을 이용한 lithography 기술의 개발

(2) 생체 관련 물질로 부터 만들어진 분자 스위칭 mechanism의 해명 및 개발

(3) 100 Å 정도의 초미세 이론 및 스위칭 디바이스의 개발

(4) 바이오컴퓨터로의 전개

이들 가운데 (1)의 경우 즉, lithography를 이용한 것은 비교적 구체화<sup>[12]</sup> 되었지만 그 이외의 것은 개념의 제안 단계에 불과한 것으로 현재 많은 연구자들이 바이오 칩의 실현을 위한 연구를 진행중이다.

#### IV. 바이오 칩의 연구 현황

생체 분자나 생체 기능 가운데 분자 소자로서 이용이 가능한 것이 상당히 많이 존재하는데 이들을 이용한 새로운 전자 디바이스를 소위 바이오 칩이라고 한다는 것은 이미 기술하였다. 그런데 바이오 칩의 경우, 종래의 전자 소자가 전혀 가지고 있지 않던 새로운 기능을 base로 한다는 데 특징이 있다는 것이다. 즉 바이오 칩의 조립에는 self-assembly, self-organizing이라 하는 새로운 구축 기술을 기본으로 하고 있다는 점이 하나의 point이다. 이것은 바이오 칩이 초미세 소자이므로 외부에서 가공하는 것이 불가능하므로 소자 재료가 자기 스스로 조립하여 스스로 조직화하는 것을 이용하는 방법을 의미하는 것이다.<sup>[4,9]</sup> 일례로써 cytochrome C<sub>3</sub> 및 cytochrome C 등의 전자 전달체 단백질을 전자 재료로 이용하려고 하는 연구가 행하여 지고 있다.<sup>[13]</sup> Cytochrome C<sub>3</sub>는 산화 상태와 환원 상태에서 현저한 도전성의 이방성이 관측되었으며 그 차이는 10<sup>6</sup>배 정도로 알려지고 있다. 따라서 이와 같은 현상을 이용함으로써 단백질 박막에 도전성을, 부여시키는 것이 가능할 것으로 생각된다. 또한 cytochrome C를 화학수식 전극으로 반응시키거나 cytochrome C를 콘덴서의 소재로써 이용하려는 연구도 이루어 지고 있다. 즉 polyamino acid로 코팅한 전극에 cytochrome C를 흡착시킨 전기-광 변환 소자로서 전극에서의 전극반응에 따라 cytochrome C의 산화·환원 반응을 일으켜 cytochrome C의 흡광도를 변화시키는 것이다. Cytochrome C의 경우에 산화·환원 반응이 전자의 수용·방출에 상당하는 것이므로 콘덴서 및 메모리 소자로서 응용이 가능한 것이다. 이것은 cytochrome C가 바이오 콘덴서(bio condenser)로서 가능하다는 것을 의미하는 것이다. 그림 1에 cytochrome C의 전위 응답의 일례를 나타내었다.

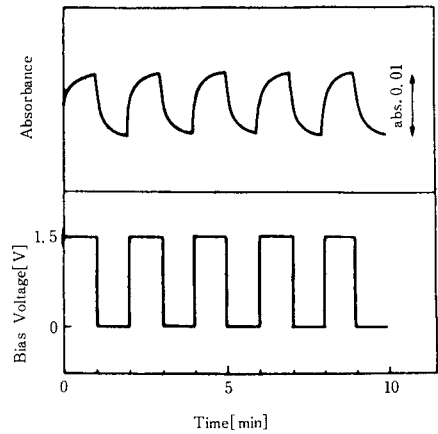


그림 1. Cytochrome C의 전위응답 예

한편, bacteriorhodopsin<sup>[10,13,14]</sup>는 cis-trans의 스위칭 기능에 주목되는 소재의 하나이다. 예를 들면 Langmuir-Blodgett (LB)<sup>[14,7]</sup> 기술을 이용하여 bacteriorhodopsin의 적층막·누적막을 제작하여 광에 의한 전위의 생성 등 광응답에 대한 많은 연구가 이루어 지고 있다. 또한 bacteriorhodopsin을 포함한 지질 2분자막과 이온감응성 전계효과 트랜지스터 (ISFET)를 조합한 광스위칭 모델 소자의 연구도 행하여 지고 있다. 이 경우 광에 의한 FET의 gate 전압이 상승하는 현상이 확인되고 있으며, 이를 구체적인 스위칭 디바이스로 하기 위한 응용 연구로 이어지고 있다.

바이오 칩은 미국의 Gentronix 회사의 McAlear<sup>[11]</sup> 등이 제창한 것으로 집적도는 현재의 LSI보다 10만 배~10억배 정도이며, 열발생이 없는 초미세 소자가 가능하다고 알려져 매스컴 및 전문 학회지에 화제가 되었으며, GE, 웨스팅하우스, RCA, 펠립스 등 유명 전기 maker도 주목을 하기에 이르렀다. 특히 1980년대 초기 바이오 관계 주식이 미국의 증권 시장의 흐름을 바꾸었다고 한다. 그런데 바이오 칩은 McAlear의 moleton<sup>[11,15]</sup>으로부터 시작하였다고 흔히 말들을 하고 있다. Moleton은 그림 2에 나타낸 것처럼 세포 융합을 응용한 monoclonal 항체 (antibody)와 항원 (antigen), 효소 (enzyme), peptide 계면 (interface), 분자(전자)스위치로 구성되어 있다. 이 소자는 ATP (adenosine triphosphate 酸)등의 효소의 움직임에 의하여 소자 주변에 존재하는 아미노산, 당류, 지질 등을 원료로 하여 자기 스스로 회로망을 만들고 있지만, 동작 원리에 대해서는 구체적으로 밝혀지지 않

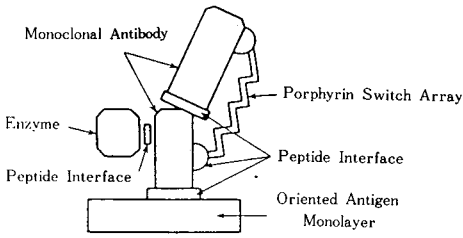
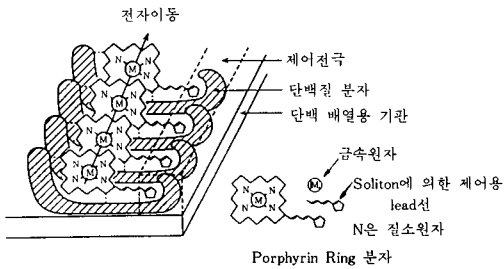


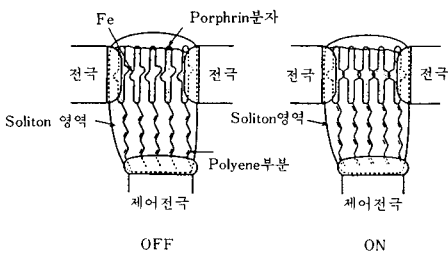
그림 2. 생체소자 Moleton

고 있다. 여기서 이용하는 분자(전자)스위치는 porphyrin ring을 가진 단백질 분자를 주전극 사이에 배치한 구조이다.

그림 3처럼 제어 전극으로 부터 신호가 발생하면 soliton이 polyene 부분을 전파하여 porphyrin의 구조를 변화시킴으로써 전극사이를 on, off하게 된다.<sup>11, 2, 16</sup> 그러나 이러한 분자 전자 스위치를 실현하기 위해서는 단백질 분자의 설계, 분자 level의 박막화 기술이 필요하게 된다. 또한 바이오 칩의 실현을 위해서는 단백질의 설계, 박막화 기술 이외에도 많은 문제점이 지적되고 있다. 예를 들면 효소 반응 속도가 수 ms ( $10^{-3}$ 초)<sup>9</sup> 이므로 현재의 디바이스와는 비교가 되지 않으며 환경에 민감하여 반응의 안정성, 지속성 등이 부족한 것 등이 있다.



(a) 개념도



(b) 스위치 동작기구

그림 3. 바이오 칩의 예

## V. 바이오 칩의 Approach 기술

바이오 칩을 실현하기 위해서는 단백질 분자 등의 기능을 추출하여 소자 재료로서 합성·재구축하는 기술의 개발이 중요하다는 것은 이미 기술하였다. 따라서 단백질 공학, 분자 설계법, 집적화 기술 등 분자 혹은 분자집합체의 합성, 재구성의 방법, 소위 process 기술은 매우 중요하기 마련이다.

생체의 경우 4 종류의 염기(塩基) 조합의 배열 방법에 따라 DNA (deoxyribo nucleic acid)에 의한 유전자 정보가 단백질의 생성을 제어하고 있다. 따라서 DNA를 인공적으로 제조함으로써 여러 종류의 단백질이 자유 자재로 합성될 수가 있는 것이다. 이와 같이 제작된 DNA를 이용하여 필요한 기능을 가진 새로운 단백질을 창출하는 것이 단백질 공학이다.<sup>9,17</sup>

바이오 칩의 설계에 단백질 공학이 중요하며 유효하다고 Ulmer<sup>18</sup>가 지적하여 관심의 대상이 되었는데 바이오 칩의 실현을 위해서는 분자 level의 assembly가 필요하며 종래의 lithography 방법 등의 집적화 기술로서는 그 구성이 곤란하다. 그러나 단백질 분자는 DNA에 축적된 정보에 따라 스스로 조합이 가능한 자기조직능력, 자기수복능력이 있으므로 micro level의 assembly model이 용이하다. 생물이 가지고 있는 자기조직화의 기능을 분자 소자, 바이오 칩을 만드는데 이용하려고 하는 것이 Ulmer의 idea이다. 필요한 기능의 단백질 분자 및 분자화합물의 설계도를 DNA에 저장함으로써 소망의 기능을 가진 분자 재료가 self assembly 되게 된다. 특히 복잡한 전기회로를 구성하는 2차적인 결정 및 바이오 칩 자체의 자기조직화도 이 방법에 의해서 가능하다고 알려져 있다. 따라서 이와 같은 idea의 구체화를 어떻게 실현하느냐가 앞으로의 과제일 것이다.

최근 계산기의 고속화, 대형화와 더불어 분자거동에 관한 고정도(高精度) 수치 해석이 이루어져서 분자의 3차원 구조 및 성질에 관한 대규모 data base<sup>19</sup> 개발 및 분자 설계가 가능하게 되었다. 분자 설계를 위한 대규모 data base에 관해서는 분자화합물의 정보 관리, 구조 결정, 합성 반응 설계, 분자 설계 등이 연구되고 있다.

그런데 생체계의 경우 지질 2분자막<sup>20</sup>이 생체막의 골격을 형성하여 생명 현상 유지의 중요한 기능을 담당하는데, 지질 2분자막은 유기 박막으로서 매우 얇은 초박막으로 알려져 있다. 이러한 생체막의 분자 구조를 적당히 설계하여 LB막의 기술을 이용하

면 수평면상(水平面上)에 단분자막과 LB막 형성과 정에서 분자의 자기조직화 특성에 의하여 고도의 층상질서구조(層狀秩序構造)를 가진 분자집합체(分子集團體)를 얻을 수 있다는 것이 널리 알려져 있다.<sup>[20]</sup> 이때 분자 구조의 설계가 적절하다면 생체 기능과 동일한 기능을 가진 유기 박막이 생성되어 생체 기능을 모방한 분자 소자, 바이오 칩의 재료가 얻어지게 된다.

Langmuir-Blodgett(LB)막은 유기 분자가 막면(膜面)에 수직으로 질서있게 배열된 것으로서 1층(단분자층)의 두께가 분자의 길이에 상당하며, 막내(膜內)에서는 분자가 평행하게 나란히 배열되어 있으므로 이러한 단분자층을 몇층이라도 필요한 층수만큼 누적이 가능한 것이다. 유기 분자로서 3차원의 분자소자, 바이오 칩을 구축하기 위해서는 앞으로 몇가지의 새로운 방법이 필요할 것이지만, 1차원의 경우에는 분자 order의 두께로서 분자의 규칙적 배열에 의한 초박막이 LB막으로 실현되고 있는 것이다.<sup>[21]</sup> 예를들면 그림 4와 같이 paraffin계 탄화수소의 한쪽 끝부분을 산화하여 -COOH라고 하면, 이 끝부분이 친수성이 되어 이러한 분자를 수면위에 전개하면 그림 4에서와 같이 친수성 부분을 수면에 다른 부분(소수성)을 공기중으로 향하여 분자가 서서 있게 된다. 여기서 먼저 분자를 물에 용해되지 않은 용매중에 녹여서 수면위에 그 용액을 전개하면 잠시후 용매는 증발하여 버리고 분자만이 수면위에 남아서 그림 5와 같이 수면위에 불규칙적인 배열을 하게 된다. 이러한 상태에서 barrier를 이동시켜서 수면을 축소시켜 가면 분자는 점점 규칙적으로 수면에 병렬로 나란히 배열하게 되어 그림 5와 같이 수면위에 단분자막이 형성되게 된다. 이와 같이 분자들이 서로 접근하면 van der Waals force가 생기어 분자막은 고체화하게 된다. LB막의 누적 방법에 의한 분자집합체(유기박막)의 형성 process는 그림 5와 같이 수면위에 단분자막을 일정한 표면 압력으로 압축하면서 막면을 통과하여 기판을 수직으로 상·하 움직여서 단분자막을 기판 위에 옮겨 붙게하는 것이 가장 기본적인 LB막의 제작 방법이다.<sup>[21]</sup>

필자의 연구실에서는 생명 현상의 해명 혹은 유기 초박막의 기능성을 전자 소자로서 활용하려고 하는 전자 디바이스의 관점에서 LB막의 응용 연구<sup>[21,22]</sup>를 진행하고 있다. 아직 분자 소자, 바이오 칩의 연구 단계에는 미치지 못하고 있으나 100 Å 전후의 size에서 발현되는 새로운 여러 전기 현상을 검출하고 있다.

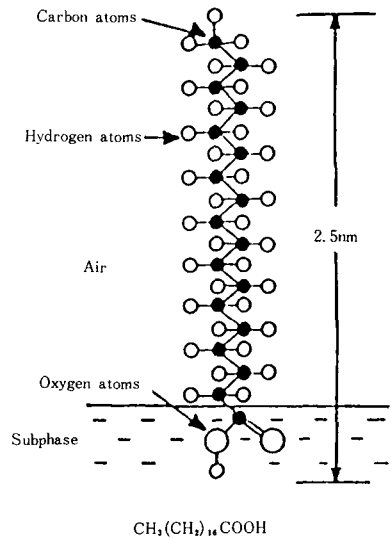


그림 4. 유기분자의 일예 (스테아린산)

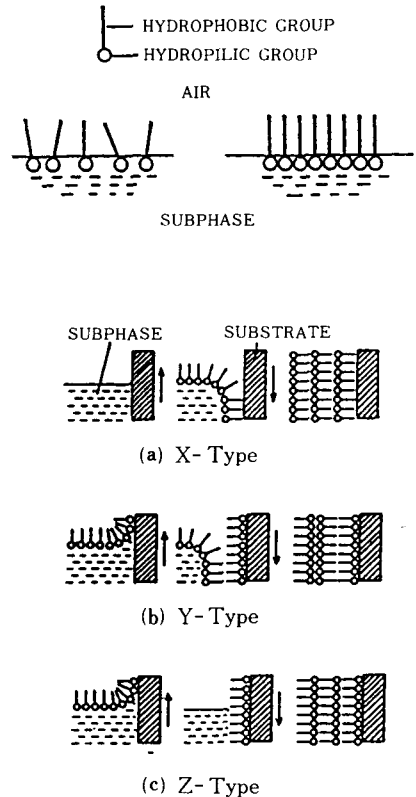


그림 5. 유기분자와 LB막의 누적 방법

Å order의 유기물 초박막에서 나타나는 새로운 전기 특성 및 가능성이 분자 level의 특성이라는 것을 어떤 방법으로 어떻게 증명, 구체화시키느냐가 앞으로의 연구 과제일 것으로 생각된다. LB 초박막에서 발견되는 새로운 전기 현상은 동일한 size의 분자 소자, 바이오 칩이 구축되었을 때에도 관측될 것으로 기대되어 흥미로우며 앞으로 이 분야의 연구가 기대된다.

## VI. 결 론

이상 바이오 칩의 발생 배경, 개념 및 연구 현황에 대하여 논의하였다. 특히 생명 현상의 해명을 위한 생물 과학 분야에서의 바이오 칩에 대한 approach는 idea 자체에 많은 문제점<sup>[23,24]</sup>이 있지만 주목할 만하다고 생각된다. 그러나 현실적으로 바이오 칩의 실현을 위한 구체적인 방법에는 아직 미치지 못하는 것이 이 분야의 세계적인 추세라고 할 수 있다.

오늘날의 첨단 산업 시대에서 국제 경쟁력을 가늠하는 가장 중요한 요소 그것은 기술의 우위성이다. 끊임없는 연구 개발과 신기술에 도전하여 더 이상 선진국의 모방이 아닌 독창적인 기술창조가 이루어지는 날 그날이 선진국을 이기는 날이다. 그런 날을 위하여 다가오는 21세기 기술 선진국으로의 도약을 위하여, 이제야말로 우리 실정에 맞는 순수한 우리 기술을 개발할 때가 되었다고 생각된다.

끝으로 분자 소자, 바이오 칩의 연구는 아직도 시작에 불과하다. 대망의 2000년대의 기술 선진국이 되기 위해서는 이 분야의 연구개발 환경을 조성하여 우리 실정에 맞는 우리 기술을 개발할 수 있는 기틀이 마련되기를 기대하여 본다.

## 참 고 문 헌

- [1] 권영수, 강도열, “신기능소자개발의 행방 (I), (II), (III),” 대한전기학회지, 제37권 제8호, p. 51, 제37권 제9호, p. 26, 제37권 제11호, p. 41, 1988.
- [2] 권영수, 강도열, “바이오칩” 전기설비, 제7권 제3호, p. 14, 1990.
- [3] 권영수, “미래의 전자소자” 전기설비, 제6권 제8호, p. 14, 1989.
- [4] 권영수, “분자소자” 전자공학회지, 제16권 제5호, p. 434, 1989.
- [5] NRL Memorandum Report no. 3960, 1979. NRL Memorandum Report no. 4335, 1980.
- [6] J. H. McAlear, Omni, Dec. 1981., IEEE Computer Society, MEDCOMP, p. 82, 1982.
- [7] F.L. Carter, ed “Molecular Electronic Devices,” Pro. 1981, Workshop on MED, 1982, Marcel Dekker, Inc. N.Y.
- [8] “바이오테크놀로지-辭典,” pp. 40~43, シーエムシー-1986.
- [9] 권영수, 강도열, “바이오컴퓨터” 전기설비, 제6권 제11호, p. 16, 1989.
- [10] “分子メモリの調査研究” 工業技術院, 纖維高分子 材料研究所, 研究報告 No141, 1984.
- [11] J.M. McAlear et al “NRL Workshop on MED,” Apr. 1983, 1981 Symp on VLSI Technology, Digest of Tech. Papers, p. 82, 1981.
- [12] A. Barraud et al, Solid State Tech., vol. 22, August. p. 120, 1979. Thin Solid Films, vol. 68, p. 91, p. 99, 1980.
- [13] 輕部征夫, “New Bio Technology”, 新OHM文庫, p. 80, オーム社, 1986.
- [14] 大野, “酵素機能と精密有機合成”, シーエムシー, p. 257, 1984.
- [15] 品川, “Bio Computer,” 共立出版社, 1987. 相澤, “バイオエレクトロニクス”, シーエムシー, 1984.
- [16] 森泉, “Bio Electronics,” 工業調査會, p. 126, 1987.
- [17] K.M. Ulmer, Science, vol. 219, p. 666, 1984.
- [18] K.M. Ulmer, MED, p. 213, 1982.
- [19] M. Saito et al, J. Chem, Phys, vol. 82, p. 3716, 1985.
- [20] 鬼頭, “生體膜成分の構造と機能,” 學會出版センター, p. 127, 1984.
- [21] 권영수, 강도열, 히노다로, “Langmuir-Bloджет트막과 미래의 Electronics 소자,” 전기·전자재료학회지, 제2권, pp. 1~13, 1989.
- [22] 권영수, 강도열, 히노다로, “LB초박막 Hetero 구조에서 내장전계의 발생,” 전기학회 논문지, 제37권 제11호, p. 772, 1988. 權寧守, 日野太郎, 串田正人, “超薄膜 MIM素子の發生電壓,” 日本電氣學會論文誌, vol. 109-A, no. 7, p. 287, 1989.
- [23] K. Tanaka et al, Phys. Rev., vol. B32, p. 2731, 1985.
- [24] R.C. Haddon and A.A. Lamola, Proc. Natl. Acd. Sci. USA., vol. 82, p. 1874, 1985

筆者紹介



權 寧 守

1950年 1月 17日生

1973年 2月 영남대학교 전기공학(학사)

1976年 2月 경북대학교 전기공학(석사)

1988年 3月 일본 동경공업대학 전자물리공학(박사)

1983年 4月~1988年 3月 동경공업대학 연구원

1990年 1月~1990年 2月 동경공업대학 연구교수

1988年 3月~현재 동아대학교 전기공학과 조교수

주관심분야: 기능성 유기초박막, 분자소자, 바이오 칩

Langmuir-Blodgett(LB)법에 의한 초박막의 전자물성 등



發 展

金星일렉트론株式會社

代表理事 文 正 換

CADENCE KOREA

代表理事 崔 世 烈

雙龍洋灰工業株式會社

代表理事 禹 德 昶