



반도체 기반 바이오-정보-나노 융합기술의 미래

계량측정표준과장 전유태
02) 509-7229

1. 서언

최근 반도체 기술을 기반으로 한 바이오-정보-나노 융합기술이 새로운 산업기술 분야의 하나로 발전하고 있다. 바이오-정보-나노 융합기술(BINT: Bio-Information-Nano Technology)이란 세포, 단백질, 유전체 등 극미세 생명체와 생명현상을 탐구하기 위한 바이오기술(BT: Bio Technology)과 많은 양의 정보를 신속하게 처리하고 분석하고 표현하기 위한 정보기술(IT: Information Technology) 그리고 나노미터(10억분의 1미터)크기의 극미세 물질과 현상을 다루는 나노기술(NT: Nano Technology)이 상호 융합된 복합기술을 의미한다. 본론에서는 BINT 융합기술이라는 새로운 산업기술이 형성된 동기와 배경 그리고 관련 기술의 산업응용 사례와 발전동향을 소개한다.

2. 본론

BINT 융합기술 분야는 먼저 바이오기술(BT)과 나노기술(NT)간의 단남이 이루어진 상태에서 나노-바이오 융합기술(NBT)과 정보기술(IT)과의 단남을 통

해 형성되었으며, 특히 우리나라의 강점기술인 반도체 기술을 기반으로 한 바이오-정보-나노(BINT)융합기술의 발전동향에 주목할 필요가 있다

2.1 바이오기술과 나노기술의 만남

먼저 바이오기술과 나노기술이 만나게 된 동기를 살펴보자. 근래 의료 및 바이오 분야에서는 질병의 진단과 치료를 위해 세포, 단백질, 유전체 등 생명체를 구성하고 있는 미세 바이오 물질과 생명현상에 관한 근본적인 이해가 필요하게 되었다. 이에 의료 및 바이오 분야에서는 반도체 기술을 기반으로 기계, 광, 유체부품을 아주 작게 제작할 수 있는 MEMS(Micro Electro Mechanical System)를 이용하여 미세 바이오 물질들을 검출, 분석, 합성할 수 있는 극미세 도구가 필요하게 되었고, 이러한 극미세 도구를 개발하는 과정에서 세포, 단백질, 유전체 등 생명체 미세 구조와 비슷한 크기의 나노기술로 접근하게 되었다.

바이오기술이 나노기술로 접근하는 과정에서 유전체, 단백질, 세포의 분석을 통해 질병을 진단할 수 있는 바이오칩이라는 제품이 개발되었다. 현재 질병진단을 위한 바이오칩 관련 제품으로는 유전자 검색을 위하여 다수의 DNA를 고밀도로 형성한 DNA칩, 특



정 단백질과 반응할 수 있는 각종 단백질을 고밀도로 형성하고 상호 반응에 의한 생체 분자를 고속 대량으로 분석하기 위한 단백질칩, 그리고 극미량의 생물학적 시료를 처리하고 조절하기 위한 극미세 펌프, 밸브, 추출기, 분리기, 반응기와 처리된 시료를 검출하고 분석할 수 있는 극미세 센서들을 일체형으로 집적시킨 미세 바이오실현실, 즉 랩칩(Lab-on-a-chip) 등을 들 수 있다

한편 나노기술에서 바이오기술로 접근하려는 시도도 동시에 진행되었다. 나노기술 분야에서 극미세 입자들을 결합하여 기능성 화장품 등에 필요한 새로운 특성의 나노물질들을 합성하거나 극미세 섬유와 나노구조물을 형성하고 조립하는 기술을 필요로 하였다. 나노분야에서 이러한 나노물질의 합성과 조립을 추구하는 과정에서 유전체, 단백질, 세포 등 생명체 내에서 이루어지고 있는 미세 바이오 물질의 자발적 결합력을 응용하려는 시도를 통해 바이오 기술로 접근하게 되었다. 이처럼 나노기술이 바이오기술로 접근하는 과정에서 개발된 제품들로는 생물학적 물질을 이용한

자기조립(self-assembly)형 나노소재와 나노소자 그리고 이를 이용하여 스스로 조립되고 동작하는 나노 분자기계와 나노로봇 등을 들 수 있다.

2.2 나노-바이오기술과 정보기술의 만남

나노기술과 바이오기술의 만남을 통해 이루어진 나노-바이오 융합기술은 또 다시 정보기술과의 필연적인 만남으로 이어진다. 먼저 나노-바이오분야에서는 미세 바이오 물질을 신속히 분석하고 처리하기 위하여 전자기술을 이용한 생체영상기기와 생체신호분석기 그리고 컴퓨터기술을 이용한 대용량 바이오정보 처리분석기가 필요하게 됨에 따라 정보기술과의 필연적인 만남이 이루어지게 되었다.

한편 정보분야에는 생명체의 구조와 원리를 모사한 새로운 개념의 정보기기, DNA 등 생명체에서 이루어지는 대용량 정보의 저장, 처리, 분석 기능을 모사한 고성능 정보 저장기와 연산기, 그리고 미세 바이오 물질의 기능과 상호 작용에 관한 전산모사기 등을 개발하는 과정에서 바이오기술로 접근하게 되었다.

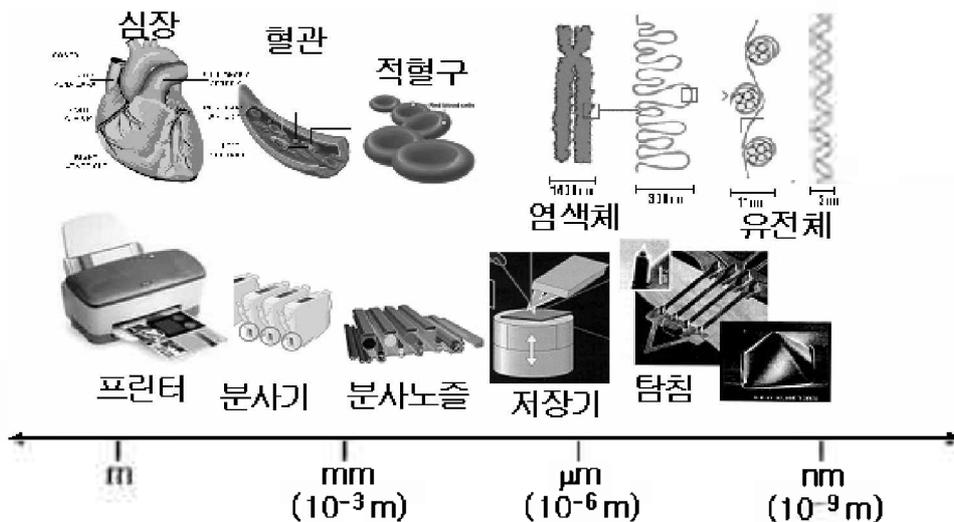


그림 1. 바이오기술과 정보기술의 관심 영역 및 부품크기의 극미세화.



2.3 반도체 기반의 바이오-정보-나노 융합기술

궁극적으로 나노-바이오-정보기술이 서로 만나게 된 결정적인 동기는 각 기술들의 관심과 대상물체의 크기(그림 1)가 모두 마이크로미터(백만분의 일 미터)에서 나노미터(십억분의 일 미터) 사이의 극미세 영역으로 접근하고 있었다는 데 있다. 이러한 나노-바이오-정보 융합기술 분야에서 극미세 물질과 부품을 다룰 수 있는 제품을 개발하기 위하여, 지금까지 전자부품의 경박단소화를 이룬 반도체 기술을 이용하게 되었다. 이에 반도체 기술은 바이오-정보-나노 융합기술(BINT)에 의한 새로운 제품 창출과 정보 및 바이오산업에서의 신제품 및 새로운 시장을 개척을 통해 다양한 양상으로 발전하고 있다.

여기서 BINT 융합기술에 의한 제품개발 시도와 관련 산업제품 개발사례를 소개한다. 먼저 정보산업 분야에서의 BINT 융합기술에 의한 새로운 개념의 정보기기 개발사례를 살펴보자. 최근 초당 수 조번의 동시 연산이 가능한 DNA 연산 능력을 활용한 DNA 컴

퓨터와 DNA의 4가지 염기조합(A, G, T, C)과 단백질 모터를 이용하여 단위 입방센티미터 내에 음악 CD 1조장 분량의 데이터를 저장할 수 있는 고밀도 저장기(그림 2) 등이 제안되었다. 이러한 개념적인 제품 제안에 비해 보다 현실적인 제품 개발사례로서는 액틴(actin)과 미오신(myosin)이라는 두 종류의 단백질들이 움직임을 만들어 내고 있는 생체근육의 구조와 원리를 공학적으로 모사한 실리콘 근육칩(그림 3)을 들 수 있다. 반도체 기술을 응용하여 실리콘으로 제작된 근육칩(그림 3)은 5.5 마이크로미터의 섬세한 움직임을 12 나노미터의 정확도로 초당 7천2백회 만들어 낼 수 있다. 이러한 근육칩은 극미세 광 및 바이오 부품들과 이들의 동작을 제어하기 위한 신경신호 및 신경회로당, 그리고 관련 신호를 처리, 분석, 전달할 수 있는 소자들과 결합되어 새로운 개념의 정보기기(초고속 광통신기, 고밀도 광분배기, 고화질 망막 화상기, 고밀도 저장기 등)를 개발하는 데 필요한 고정도 구동기에 관한 핵심기술을 제공한다.

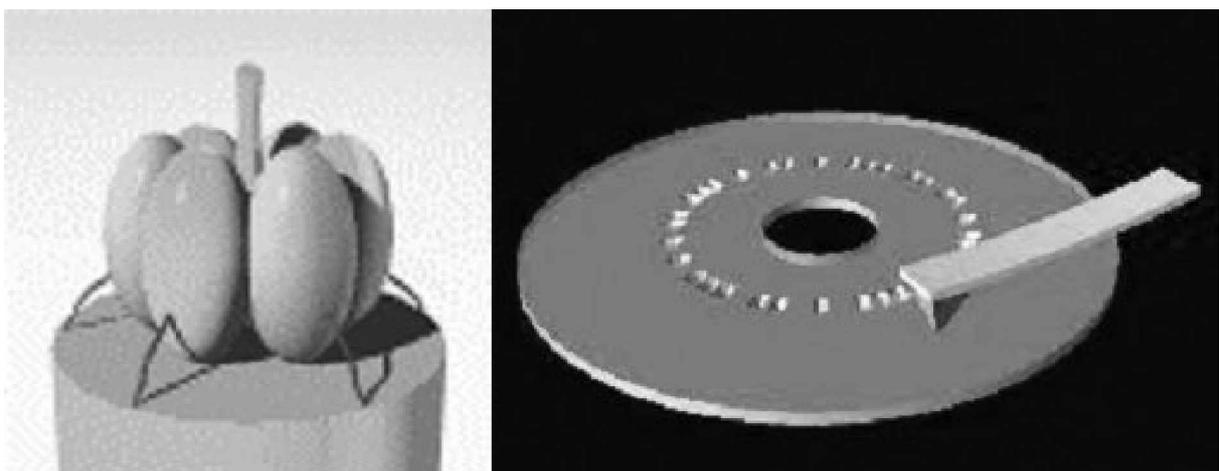


그림 2. 단백질 모터[미국 코넬대]와 고밀도 저장기의 개념도

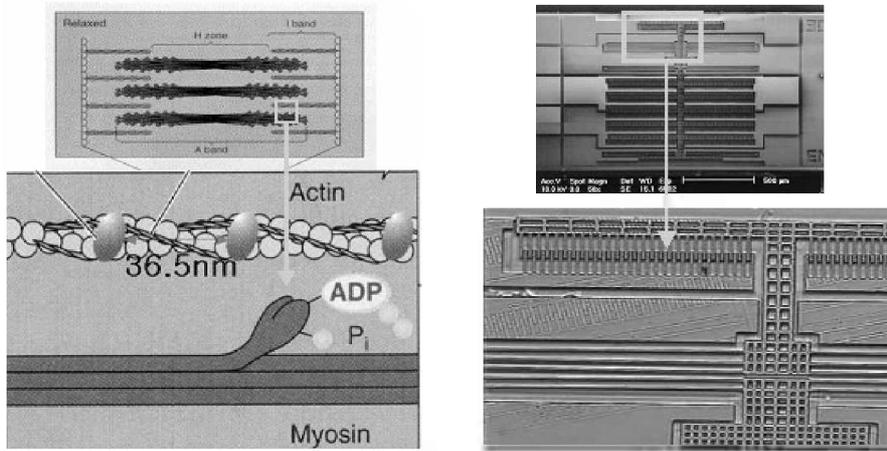


그림 3. 생체근육과 실리콘으로 제작된 고정도 근육칩 구동기 [KAIST]

한편 바이오산업에서의 BINT 융합기술은 신약개발과 첨단 의도기기 개발에 응용되고 있다. 미세 바이오물질을 검출하고 분석하며 관련 정보를 저장하거나 외부로 송수신 할 수 있는 BINT 복합기능칩(그림 4)은 극소량의 생체시료를 단시간 내에 정확하게 분석하여 관련 정보를 생성할 수 있는 휴대용 건강검진기와 질병 진단기에 응용된다. 또한 BINT 융합기술은 유전자 구조와 기능 분석을 위한 유전자 분석기, 유전적인 결함을 치료할 수 있는 유전자 치료기, 유전자 정보를 이용한 단백질의 합성, 세포 배양 및 조직 복제가 가능한 세포배양기, 그리고 개인별 체질에 따라

약물을 합성하고 조절할 수 있는 맞춤형 제약기 등의 제품을 통해 인간의 건강과 삶의 질을 높이는 데 기여할 수 있다. 특히 하나의 신약개발에 소요되는 시간이 평균 10년 정도이고 성공 확률이 1/5000 수준인 제약 산업에서 BINT 복합기능칩을 이용한 기술개발 기간과 경비의 절감은 치열한 신약개발시장에서 핵심적인 기술 경쟁력을 제공하며, 현재 BINT 복합기능칩을 이용한 심혈, 항암, 중추신경, 호흡기, 대사계, 면역계의 약물과 백신 개발 그리고 에이즈, 암 등의 난치질환 유전자 치료제 개발 등이 진행되고 있다.

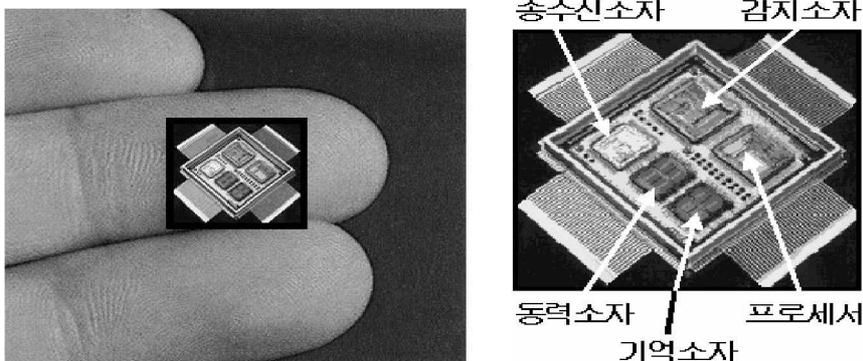


그림 4. 반도체 기술을 기반으로 한 바이오-정보-나노(BIN) 복합기능칩



최근 Motorola, HP, Hitachi 등 기존의 거대 전자 업체들이 반도체 기술을 기반으로 한 BINT 융합기술 제품개발에 뛰어들면서 전 세계적으로 기술경쟁이 치열해지고 있다. BINT 융합기술 시장과 관련하여, 진단시약의 시장 규모는 현재 20억원 규모에서 2010년에는 2,400억원 규모로 급속한 성장을 이룰 것으로 예상하고 있으며, 초소형 의료용 진단기 및 영상기 등 정밀의료기기의 세계시장 규모는 2010년 34조원에 이를 것으로 예측된다. 또한 가정용 및 휴대용 의료진단기 시장규모도 지속적 성장세를 보여 2020년 305조원 규모의 큰 시장을 이룰 것으로 예상된다.

3. 맺음말

반도체 기술을 기반으로 한 BINT 융합기술은 BT, IT, NT 등 관련 첨단기술별 발전은 물론 NT-BT,

BT-IT, IT-NT 등 일차 융합기술, 나아가 이들 융합 기술 상호간의 연계를 통한 이차 융합기술 등 첨단기술들 간의 융합을 통한 상호 상승발전에 더 큰 가능성을 지니고 있다. 즉 나노-정보 융합기술에 의해 제작된 극미세 도구들은 나노-바이오 융합분야에서의 새로운 지식 탐구를 가능케 하고, 이를 통해 밝혀진 바이오 지식은 다시 바이오-정보 융합분야에서 새로운 제품 및 산업기술 획득을 가능하게 한다. 또한 BINT 융합기술은 새로운 개념의 정보기기와 질병의 진단분석 및 신약 개발에 이르기 까지 바이오 및 정보 산업분야에서의 새로운 제품개발에 응용되고 있으며, 넓고 다양한 분야에서의 새로운 산업지형 형성은 물론 이로 인한 생활의 변화와 삶의 질 향상을 꾀하고 있다. 따라서 반도체 기반의 BINT 융합기술은 반도체 기술의 응용분야 확대발전과 바이오, 정보, 나노 등 관련 첨단·단기술 봉우리들을 잇는 광대한 산맥을 형성할 것으로 예상된다. **표준**