

# 생물산업 시장동향

## 나노 테크놀로지 연구 및 업체 동향

박 민 식

삼성벤처투자 바이오메디칼팀 차장/공학박사

### 1. 개 요

1960년 미국의 노벨 물리학상 수상자인 리처드 파인만 박사는 원자나 분자 크기로부터 물질의 성질을 조절하고, 그 당시 만들어진 것보다 만분의 일의 크기의 기계적 구조를 만들 수 있으며 이러한 개념이 미래의 산업을 주도할 것으로 예측한 이후 나노 과학과 기술 발전은 1980년에서 최근까지 20년 동안 집중되어 오고 있다. 나노 기술은 물질을 나노( $10^{-9}$ m) 크기 수준에서 조작 분석하고 이를 제어할 수 있는 과학과 기술을 총칭하며, 크게는 나노 소자, 나노 소재, 나노 시스템, 나노 공정등으로 나누어 볼 수 있다. 세계 시장규모는 그림 1에서 보듯이 2000년 76억불 정도로 추산되며, 2010년에는 약 500

억불 정도로 예상되어 연평균 52%의 급속한 성장이 예상된다. 나노 기술의 실용화를 시간적으로 살펴보면, 그림 2에서 보듯이 재료, 전자 제품들을 시작으로 의료, 환경, 에너지 분야로 실용화가 전개될 것으로 예상되며, 2005년경에 성장기에 진입하여 2010년을 전후로 본격적인 성장이 예상된다.

나노 기술의 특성상 세계적으로 현재 학문간 경계가 없는 학제간(Interdisciplinary) 한 연구가 진행되고 있으며, 기존의 기술분야들을 횡적으로 연결함으로써 새로운 기술영역을 구축하고자 각국이 노력을 기울이고 있다. 나노 세계를 실현하는 방법으로는 Top-down 방식과 Bottom-up 방식의 두가지로 나누어 질 수 있으며, Top-down 방식은 미세화, 정밀화를 나노 미터의 극한까지 추구하는 것으로, 대표적인 예로 반도체 집적

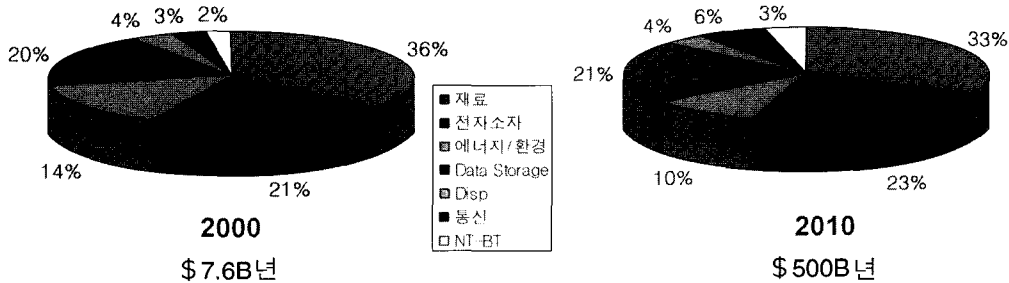


그림 1. 나노 기술 세계 시장 규모.

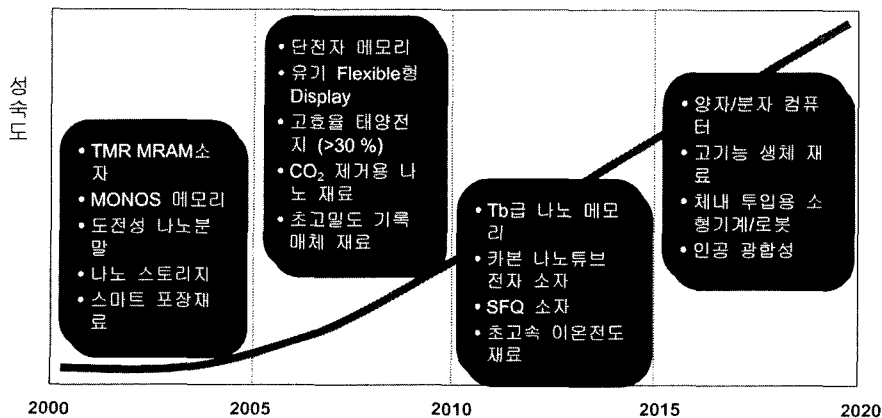


그림 2. 실용화 예상 시기.

표 1. 나노 기술의 범위

	기술 내용	주요 활용 분야
나노 재료	초미세 입자재료의 특이성 응용기술	나노촉매, 나노박막, 미세분리막재료, 나노탄소물질 등
	신구조, 신조성 재료 이용 인공물질 창출	탄소나노튜브, 자성재료, 고탄성재료, 저마찰제, 복합재료 등
	분자재료 이용 기능성분자 창출	자기조립분자 물질, 생체세라믹재료, 생체자기물질, 의약품달용 재료, 분자 인지재료 등
나노 소자	기존 Si소자의 한계를 극복할 수 있는 신개념 소자	단전자소자, 분자소자, 생체전자소자, 광소자 등 (정보 처리속도, 저장 용량, 전송 속도 혁신 가능)
나노 공정	100nm 이하의 크기를 제작, 가공하는 초미세 공정	나노패터닝, 나노배선, 나노식각, 나노분석, 유기/무기 나노 복합화기술, 나노표면 개질 등
나노 시스템	나노 기술을 이용한 초소형시스템	나노 전기화학시스템, 양자컴퓨터, 초병렬정보처리시스템, 나노 측정기기, 나노 의료기기 등

표 2. 응용 가능 분야

분 야	주요 활용 가능 품목
전 자	1 Tera bit급 고집적 반도체(메모리, Tr.), 휴대용 슈퍼컴퓨터
재 료	분자단위로 설계된 고기능성·고성능·고효율 소재
의 약	선택성 신의약, 인체적합 약물전달체계 확립
농 업	하이브리드 시스템의 합성피부, 유전자 분석 조작
에너지	고성능 배터리, 청정연료의 광합성, 양자태양전지
안 보	나노구조 전자장치, 무인전투차량, 초소형 정찰기

회로(IC)의 고집적화를 들 수 있다. 현재의 집적화 속도로는 5~10년 후 기존 기술의 한계가 예상되어 나노 기술 개발이 필연적이다. Bottom-up 방식은 원자나 분자를 하나 하나씩 조합하거나, 조직이나 배열을 정밀하게 제어하여 새로운 기능을 발현시키는 것을 말하며, 대표적인 예는 Xe 원자 배열을 통한 글자 제작을 들 수 있으나, 현재의 반도체 제작과 같은 저가의 대량 생산 공정 개발이 문제이며, 생명체가 DNA에 의해 미리 주어진 정보에 따라 임의의 구조를 교묘하고 효율적으로 성장시키는 것과 같은 「자기조직화」메커니즘 활용이 필수적이다. 나노 기술의 범위 및 응용가능 분야를 표 1, 2에 나타내었다.

## 2. 기술개발 동향

### (1) 미국

미국은 나노 기술이 정보통신, 바이오 기술과 더불어 21세기를 주도할 핵심기술로 판단하고 정부차원에서 체계적으로 대비하고 있으며, 일본, 독일과 같은 주요국들도 미국과 같은 인식 하에 2000년부터 정부 주도로 본격적인 투자를 착수하여 새로운 성능을 가진 나노 소재의 개발이 가능하며, 이에 필요한 기술적 분야가 태동되고 있음을 확인하였고, 2001년도 「국가 나노기술 과제(National Nanotechnology Initiative: NNI)」에 착수하여 5개 부분: 구성된 기초연구, 원대한 도전, 우수 센터 및 네트워크, 연구 인프라 구축, 사회적 연계 및 인력 으로 생물산업

나누어 지원하고 있다. 바이오 기술(BT)과 함께 나노 기술(NT), 정보기술(IT)을 중점 지원하기로 하고 2001년에 4억 2천만 달러를 투입하였다. 주요 연구 동향으로는 차세대 정보처리 기술 확보를 위한 나노 관련 재료, 공정 기술, 소자 구조 개발, 나노 전자를 효과적으로 modeling 하는 소프트웨어 개발, 나노 크기의 반도체 및 기타 전자 소재, 표면에 관련한 나노 기술 개발, 나노 크기에서 동작하는 전기회로 배열(array) 제작기술 및 자기조립기술(Self-Assembly) 을 이용한 와이어링, 나노 제작 기술, 나노 전자, 나노 크기(Nanoscale)의 광전자·자기저장 기술을 산학연 공동으로 개발하고 있다.

### (2) 일본

일본은 21세기의 핵심 기술인 IT, BT, NT 분야 중에서 미국을 앞설 수 있는 유망 분야로 나노 기술을 지목하고 2000년 12월 총리주재 과학기술회의에서 4대 집중 연구분야의 하나로써 나노 기술 선정 나노 융합물질 개발과 나노 단위 제조기술 기반 구축을 2001년 중점사업으로 지정하여 정부와 대기업이 나노 기술 분야 연구개발 주도하고 있으며, 일본 정부는 2001년 약 4억 달러를 나노 기술에 지원하였다. 히타치 중앙연구소와 NEC 기초 연구소의 경우 각각 장기 연구의 25%, 50%를 나노 기술에 투입하고 있으며, NTT 아쯔기 연구소, 후지쯔 양자 소자 연구소, SONY, 후지 필름 등도 일정 부분을 나노 기술에 투자하고 있다. 이들 회사들의 주요 기술 개발 분야는 초전도체, 나노-바이오 기술, 양자 연산 및 바이오 정보학, 단전자 트랜지스터(SET), 나노 리소그래피, CNT-FED, 양자정보 기술 등이며, 일본이 추진하고 있는 나노기술 중 강점 분야로는 나노분석 및 조작을 위한 주사탐침현미경(STM), 단전자소자와 같은 나노전자공학, 탄소나노튜브·나노구조체·나노분말과 같은 나노소재, 연산 나노과학 등을 꼽을 수 있고, 몇몇의 나노 구조화된 제품을 생산하는 일본기업들은 이미 상당한 시장을 확보하고 있다.

**(3) EU**

소재, 소자를 위한 「원자 및 분자의 직접 제어」로 나노 기술을 정의하고, EU내에서의 나노 기술 연구는 국가별 프로그램, 유럽 협력 네트워크, 대기업 등 다양한 방법으로 진행하고 있으며, 2000년 전체 유럽 정부가 나노기술에 투자한 규모는 1억 8,400만 달러, EU 단독으로는 2,900만 달러를 지원하였다. 독일은 에너지, 환경, 정보 및 건강 4대 분야에 연구개발 초점을 맞추고 있으며, 특히 나노 기술을 이용한 instrumentation에 주력하고 있으며, 특히 나노기술을 생물 특성(Animated Nature)을 가진 공정과 무생물 특성(Unanimated Nature)을 가진 공정으로 구별하여 생물 특성을 가진 공정은 자기구성 조직체, 성장하는 기능 단위 등을 이해하여 그 지식을 생명과학 연구 또는 새로운 소재 개발에 적용하는 것으로, 무생물 특성을 가진 공정은 작은 구조체 혹은 새로운 소재의 기초 요소를 계속해서 가공하여 나노미터 크기가 되도록 하는 것으로서, 전자공학, 광전자공학, 센서기술에 기여할 수 있을 것으로 보고 개발하고 있다. 프랑스의 CNRS(Centre National de la Recherche Scientifique)는 약 40개의 물리연구소, 20개의 화학연구소에 나노 입자 및 나노 구조화 소재에 관한 연구 프로그램을 진행하면서 나노 기술의 집중분야로는 분자전자공학, 밴드갭(band gap)이 큰 반도체 및 나노자성, 촉매, 나노필터, 처방문제, 농화학, 인성이 큰 나노 콘크리트 등이 있다.

**(4) 국내 기술개발 동향**

나노 기술 연구기반 구축을 위하여 과학기술부와 산업자원이 중심이 되어 나노입자 제어기술, 초미세표면과학연구, 극미세구조기술 개발, 분자과학 연구, 테라급 나노소자 개발, 소재(분석) 환경 공정 생체과학 소재/시스템, 고기능 나노복합체 개발 등에 중점을 두고 있으며 정부가 지원하는 나노 기술 관련 연구과제들은 기초기술 개발로부터 응용단계에 걸쳐 있는 반면, 응용 단계에 가까운 개발 연구 이후의 과제들에는 산업체들이 부분적으로 참여하고 있다. 나노 기술은 전자소자를 중심으로 국내에서도 빠른 속도로 산업화되고 있는 추세이다.

WTEC가 분류, 분석한 세계의 나노기술 수준을 바탕으로 국내 기술수준을 분석한 결과(가중치 합)는 표 3과 같다(기술 수준을 6단계로 구분). 나노 구조체 합성, 바이오 나노, 벌크 나노소재 분야는 미국, 일본, EU가 비슷한 기술력을 보유하고 있으며, 일본은 대표 면적 소재 분야, EU는 나노 소자 분야에서 상대적 열세를 보이며, 전체적으로는 미국이 일본과 EU에 비해 우위를 점하고 있다. 우리의 기술력은 선진국에 비해 약 25% 수준이며, 논문, 특허 등에서는 약 5% 정도로 절대적으로 열세에 놓여 있는 형편이지만, 세계 최고 수준의 반도체 공정 기술을 확보하고 있으므로 이를 나노 기술 개발에 최대한 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 1980년대부터 일기 시작한 소재, 부품에 관한 중요성 인식이 재료 관련 전공자의 풍부한

**표 3. 국가별 나노 기술 수준**

분야	나노 구조체 합성	바이오 나노	대표 면적 소재	나노 소자	벌크 나노 소재	합 계
미 국	32	29	33	37	33	164
일 본	34	28	25	34	30	151
E U	33	27	30	27	32	149
한 국	10	6	6	10	10	42
합 계	109	90	94	108	105	506

**표 4. 국가별 정책 및 중점 분야**

국가	정부정책	산업정책	상업화 분야	중점분야
미국	나노기술 개발에 관한 통합조정(NNI)	정부-산업계 연계 강화 (다부처 참여)	거대자기저항 나노구조화 촉매 나노분말	나노소재 나노전자 환경·에너지
일본	종합나노기술 개발 프로그램	정부지원위주 (경제산업성 중심)	원통나노분말	나노전자소자 나노소재
EU	EU 및 국가별 프로그램 운용	제품지향적 기술지향적 과제 지원	-	에너지·환경 정보기술 생명 과학
한국	국가나노기술 프로그램 준비중	정부지원 위주	-	나노전자소자
중국	정부지원 중심 (과학기술부)	-	나노분말	나노소재 나노전자소자
대만	인력개발 중심	-	-	나노전자소자
호주	공업과학지원부 중심의 지원	-	바이오센서 나노분말	분자공학 바이오 -MEMS 나노 소재
싱가폴	국가과학기술 위원회 중심	-	-	나노소재

공급으로 이어졌기 때문에 이들을 나노 기술 전문인력으로 활용할 수 있는 환경이 조성되어 나노 소재 분야에서도 큰 기대가 가능할 것으로 생각된다.

종합적으로 국가별 정부 정책, 산업 정책 상업화 분야, 중점 분야를 표 4에 나타내었다. 상업화 분야란 현재 및 가까운 장래에 실현될 수 있는 분야이며, 중점 분야는 장기적으로 개발이 집중적으로 될 분야로 볼 수 있다. 단기적으로는 소재에 치중되어 있으며, 장기적으로는 소자에 집중되어 있음을 알 수 있다.

**3. 관련 업계 동향**

나노 기술 분야별 개발 현황 및 국내의 업체 동향을 표 5에 나타내었다.

표 5. 나노 기술 분야별 업체 분류

나노 소재	Nano particle, Nano power, 촉매제	Argonide, Nanocore, Nanomat Inc., Nano Material Research Corporation, Ntech Corporation, Nanopeirce, Xenolix, 나노 신소재, Nanophase Technology, 나노세라믹스, 나노, 나노텍, 태평양, ULVAC, 나노폴, 석경화학
	Carbon Nanotube	Physical Science Inc(PSI), Carbolex, Carbon Nanotechnologies Inc., 맷사이언스텍
	기능성 Nano 소재	듀폰, Hybrid Plastics, Triton system
	Nanofiber	Espin, Nanotex, 나노테크닉스
	기타(Nanofilter, nanocomposite)	Zyvex, Advanced Coating Division, 한국 콜마, Nanopac
나노 소자	테라비트급 메모리, 단전자소자, Microelectronics	삼성전자, LG전자, 현대전자, IBM, HP, Bell Lab, Micron Technology, Infinion, Bell Lab, 후지쯔, NEC, 히다치
	FED, STM tip	nanolab
	연료전지	맨해탄사이언스, 소니, NEC, 삼성종합기술원
나노 공정 및 장비	Nano-photolithography	ASML, SVGL, 니콘, 캐논
	계측, Thin film	Nanowave, 3 <sup>rd</sup> Tech, IBM, Nanometrics, Nanotechnology Sytems

국내 대기업이 개발중인 나노 기술 관련 과제들의 내역은 다음과 같다.

(1) 삼성전자

관련 분야	과제명 / 목표	투자 규모	투자 전략	현 황
Micro PDA, Digital Camera	Low Power Micro & Nano Storage System / 저전력 대용량 Micro Storage개발	기간 : 1998.4~2001.12 투자 : 2001년 21억원	자체 개발	진행중
Memory	MRAM용 TMR array 개발 / 소재 및 단위공정 개발	기간 : 2000.1~2001.12 투자 : 2001년 20억원	자체개발/ 21C 프론티어 연구개발 사업 참여	"
	16Gb급 Single Charging MONOS 메모리 / 구조 및 단위공정 개발	기간 : 2000.1~2003.11 투자 : 2001년 16억원	"	"
	테라비트급 탄소나노튜브메모리소자 개발 / 재료 및 공정개발	기간 : 2000.8~2003.6 투자 : 2001년 9억원	"	"
	나노 공정 -Pyroelectric Emission Lithography / 차세대 에미터 및 공정 개발	기간 : 2001.2~2003.10 투자 : 2001년 5억원	자체개발	"

(2) 현대전자

관련 분야	과제명 / 목표	투자 규모	투자 전략	현 황
Spintronics	MRAM용 MR소자/소재 및 단위공정 개발	기간 : 2000.1~2006.12 투자 : 2001년 50억원	자체개발, 21C 프론티어 연구개발사업 참여정부사업 참여	진행중

(3) LG전자

관련 분야	과제명 / 목표	투자 규모	투자 전략	현 황
정보저장	NDSS (Nano Data Storage System)	기간 : 5년 투자 : 2001년 10억원	Feasibility 연구는 자체기술로 진행중이며, 추후 LG전자 내 타 연구소와 연계하여 연구수행 예정	진행중
나노소자	테라비트급 탄소나노튜브 메모리 개발	기간 : 10년 투자 : 2001년 7억원	자체 기술 개발 과기부 21C 프론티어 연구개발사업 참여	"
NFO/NFR Nano 포토닉스	TB급 정보저장 장치 개발	기간 : 3년 투자 : 2001년 10억원	LG전자 DM(연)에서 전체 시스템 총괄, LG전자기술원에서는 소자 및 미디어를 개발하며, 연세대학교 및 KAIST와 공동연구 수행	"
Nano Particle	광촉매	기간 : 5년 투자 : 2001년 4억원	Hybrid 나노 입자 개발을 위해 학계와 공동연구 수행	"
Nano Particle	ECD	기간 : 4년 투자 : 2001년 4억원	자체 개발	"

#### 4. 결어

세계적으로 나노 산업은 태동기에 있으며, 아직까지 기술 개발이 시작된 단계이며, 일부 분야에서만 기존산업과 연계하여 산업화를 이루고 있는 실정이다. 국내에서는 최근 정부 차원에서 나노 기술을 지원하기 위한 계획이 수립되고 올해부터 본격적인 지원이 이루어질 전망이다. 이에 힘입어서 기술을 가진 국내 연구자들을 중심으로 나노 신기술을 바탕으로 한 창업이

본격화될 것으로 전망된다. 국내 나노 업체들은 크게 대기업 중심으로 개발중인 나노 전자 소자와 벤처 기업을 중심으로한 나노 소재로 크게 나누어 질 수 있으며, 대기업에서 개발중인 테라급 메모리와, 연구 기관의 인프라를 구축하기 위한 반도체 장비 업체 또한 다른 하나의 나노 기술 업체로서의 큰 발전이 예상된다. 국내 반도체의 세계적인 경쟁력을 고려해 볼 때, 반도체 장비 업체 및 나노 신소재 분야에서 경쟁력을 가진 업체가 속속 출현할 것으로 기대된다.