

Nano Highway

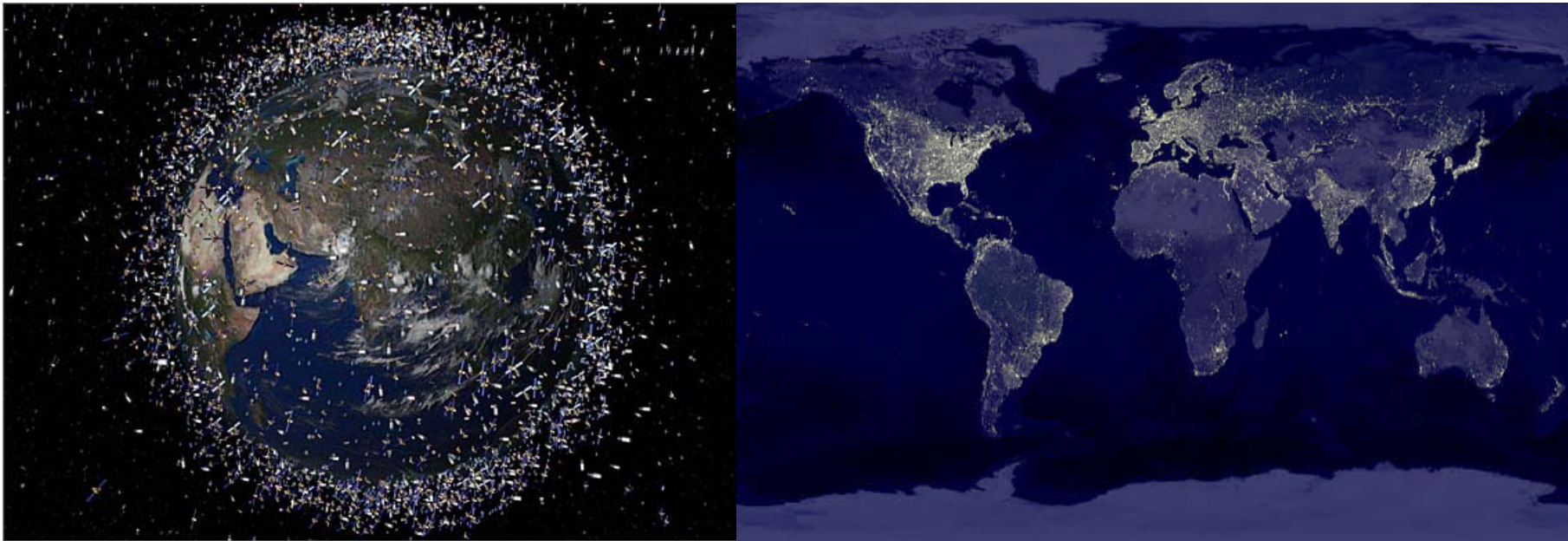
Dong June Ahn

*Department of Chemical & Biological Engineering
Korea University*

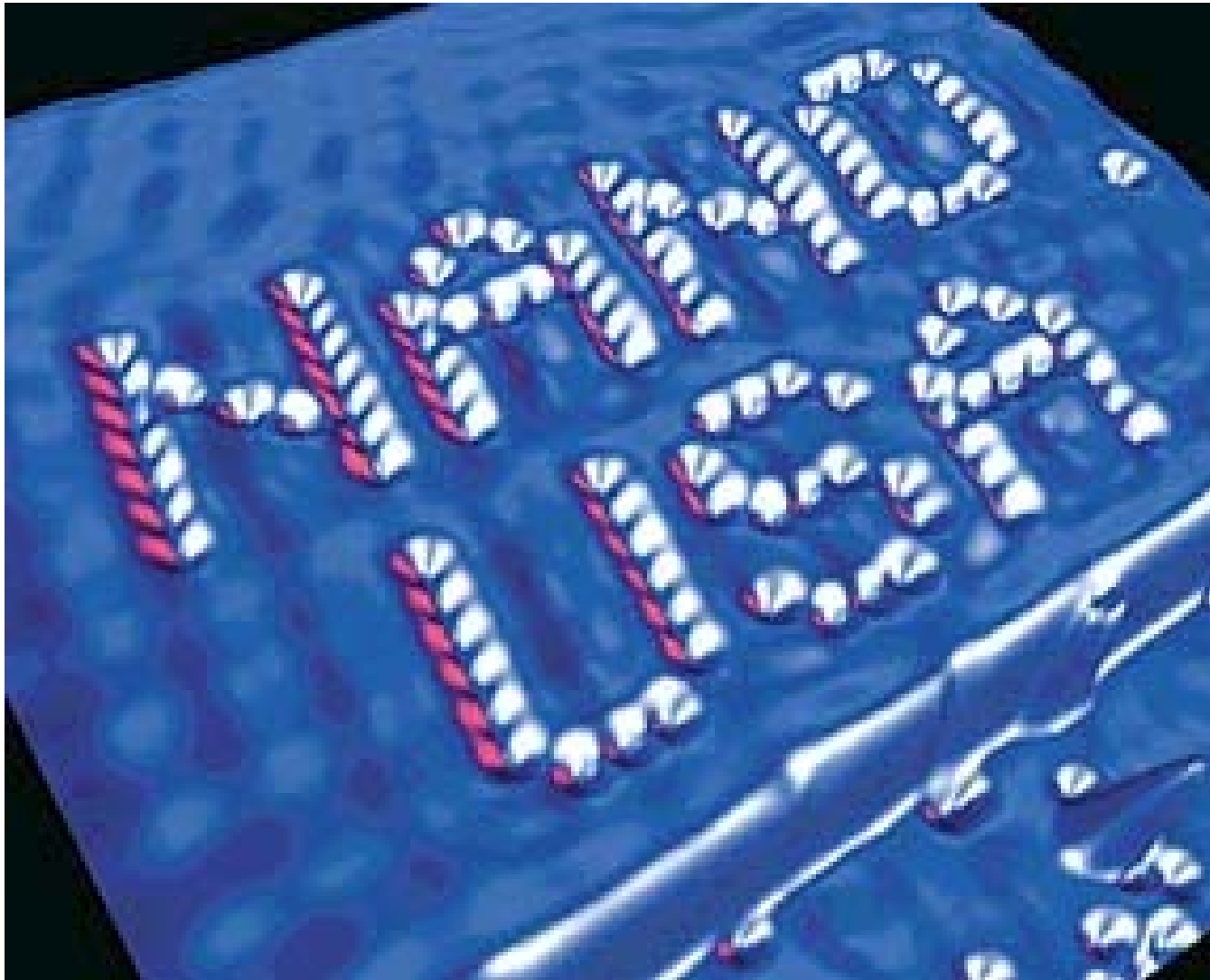
Highway



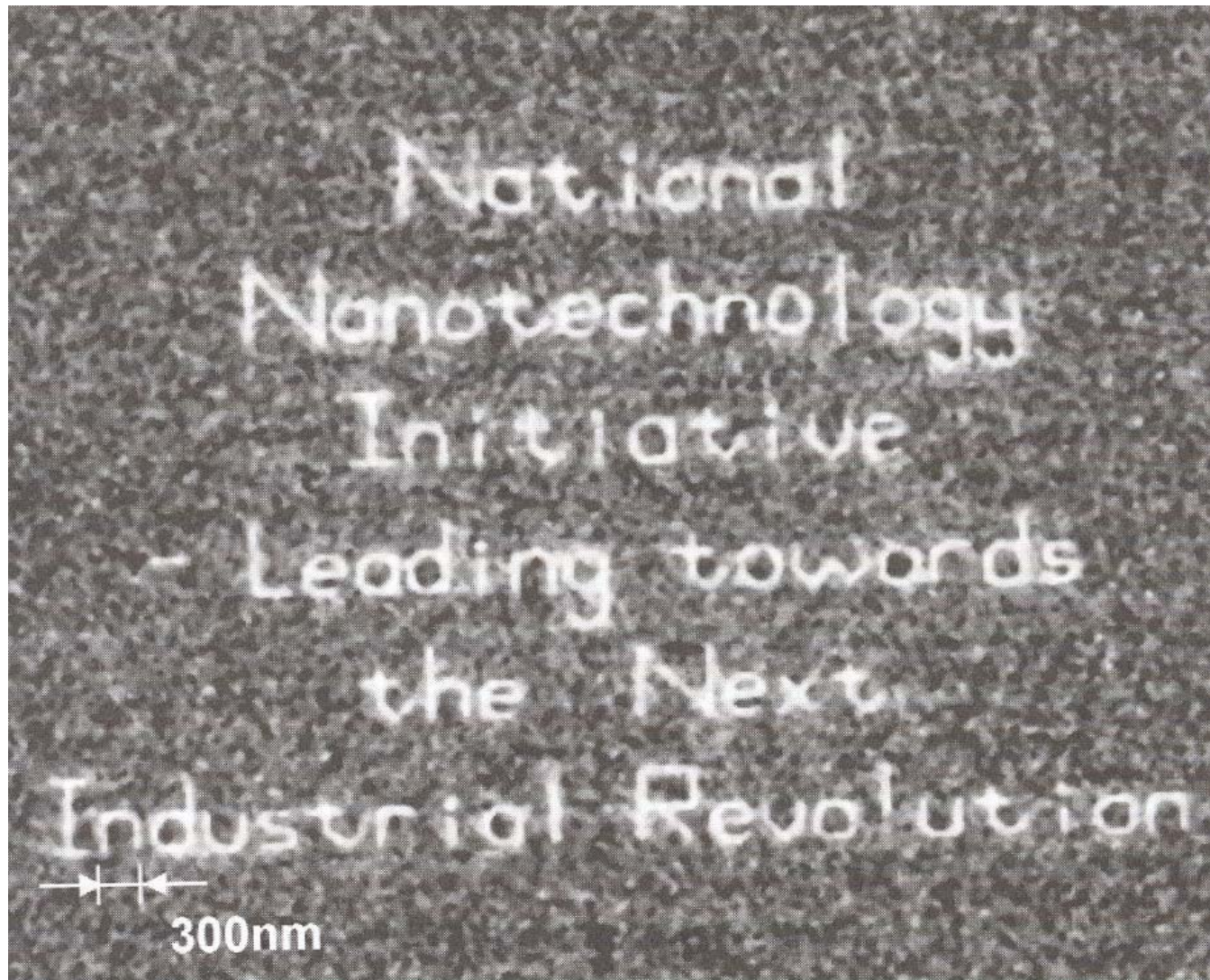
Information Highway



Highway for Knowledge Convergence



IBM (2000)



Northwestern University (2000)

일상 생활속의 나노

신기술의 아이콘

여러 학문의 나노

나노화학
나노광학
나노전자
나노재료
나노의학
나노바이오
나노식품
나노기계
나노화공

...

(예) 고려대 학부/대학원 나노 교과목

<학부>

화공생명: 나노화학공정, 나노재료과학
신소재: 나노소재개론, 나노세라믹스, 나노입자공학
전기전자전파: 나노공학
화학: 나노화학
생명과학: 생체나노공학
교양: 바이러스:나노세계의 강자, 생활속의 나노기술

<대학원>

화공생명: 나노공학
신소재: 나노바이오텍, 유기나노소재화학,
나노전자소자, 나노 및 마이크로 리소그래피
전기전자전파: 나노소자특론, 나노기술특론
나노소자측정론, 탄소나노튜브의 화학, 나노반도체 설계
물리학과: 나노광학특수연구, 반도체 나노구조

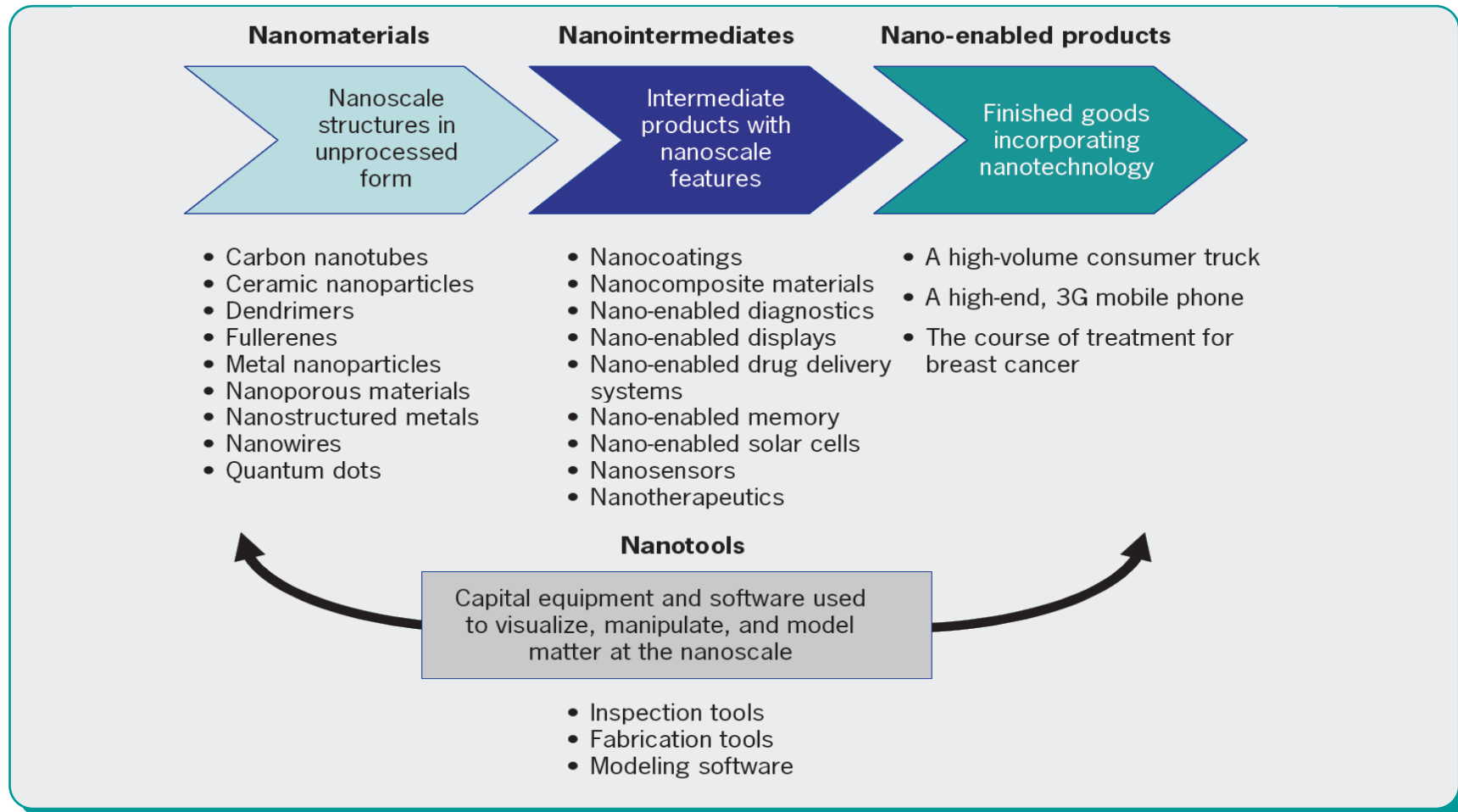
학술 논문

학술 잡지

“Nano” is nearly everywhere.

Ubiquitous “Nano”

Nanotechnology Value Chain



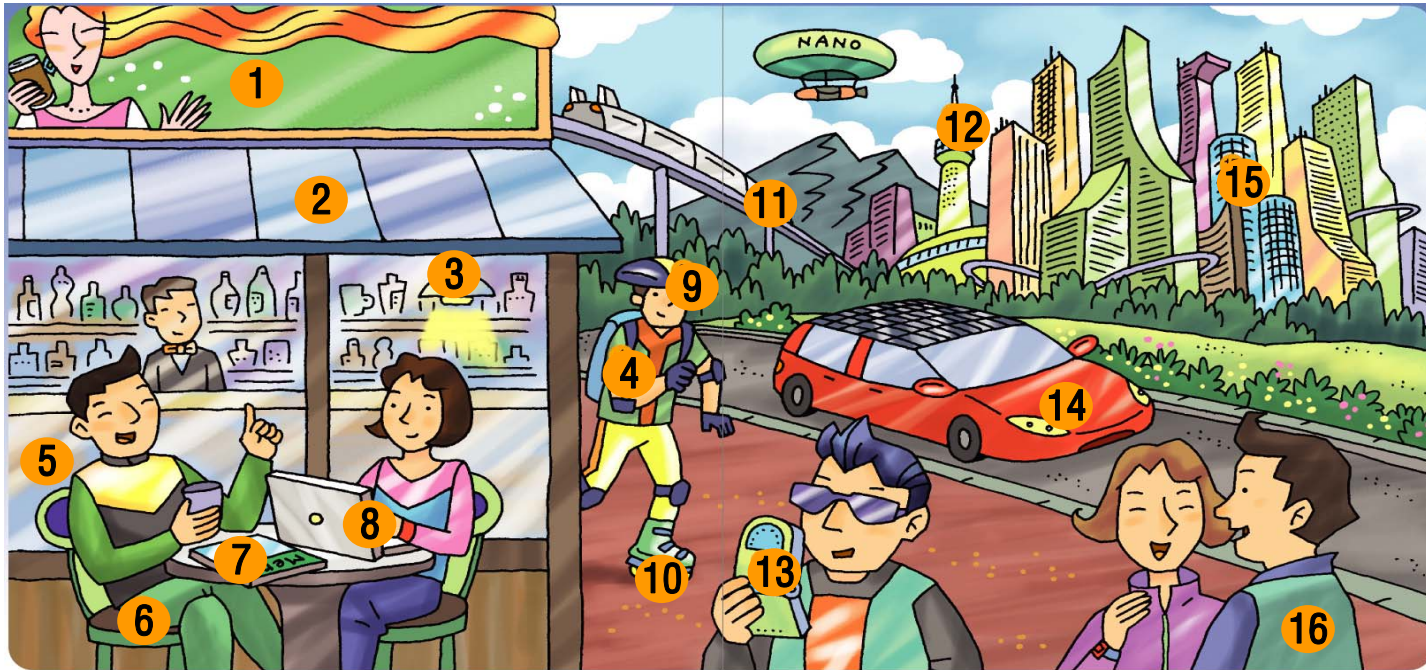
Lux Research Inc, The Nanotech Report, 4th Ed.(2006)

나노기술과 관련 기술과의 연관성



나노기술연구협의회, 나노융합산업조합, 나노넷(www.nanonet.info)

생활속 나노의 미래상



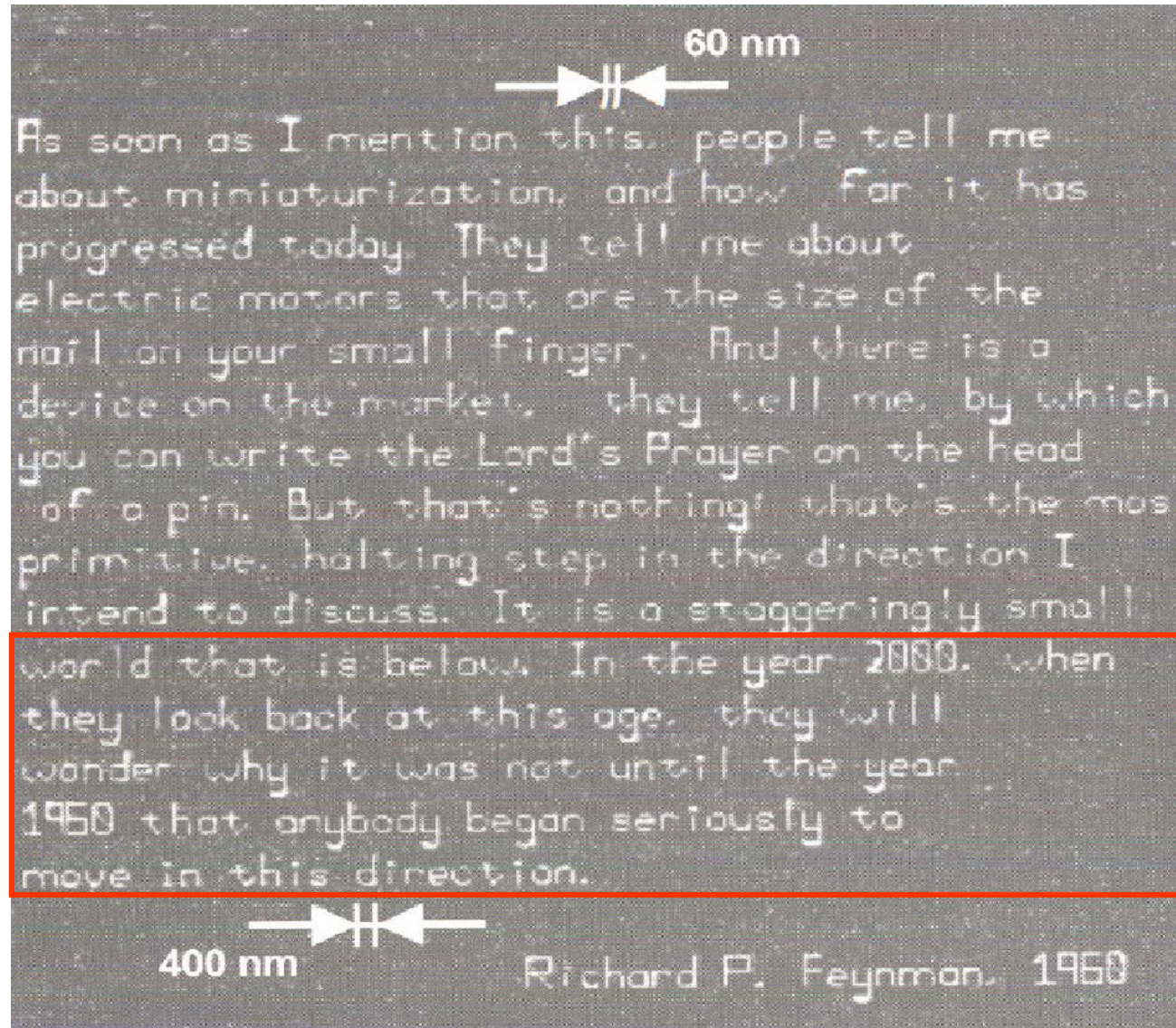
- | | | |
|----------------------------|---------------------------|----|
| 1 디스플레이용 유기 LED | 착용자와 밀착상태를 유지하는 헬멧 | 9 |
| 2 빛을 전기로 변환시키는 광전지 필름 | 깃털같이 가볍지만 강한 탄소나노소재프레임 | 10 |
| 3 조명용 LED | 진동을 방지하는 압력 매트 | 11 |
| 4 맥박과 호흡을 측정할 수 있는 인텔리전트 옷 | 부식방지용 나노입자 페인트 | 12 |
| 5 빛의 양을 조절하는 열-크롬 유리 | 컴팩트 데이터 메모리에 적용된 나노마그네틱소재 | 13 |
| 6 생체적합소재를 이용한 고관절 | 연료전지 자동차 | 14 |
| 7 전자장치로 구성된 메뉴판 | 자동세척 및 긁힘 방지용 유리창 | 15 |
| 8 나노튜브가 적용된 디스플레이 | 얼룩방지 코팅이 된 옷감 | 16 |

나노기술연구협의회, 나노융합산업조합, 나노넷(www.nanonet.info)

D.J. Ahn, Korea University

“Nano” evolves...

as a “**common**” scientific language
as a “**common**” technology
as an **emerging** business platform



Written by Hong & Mirkin (2000)

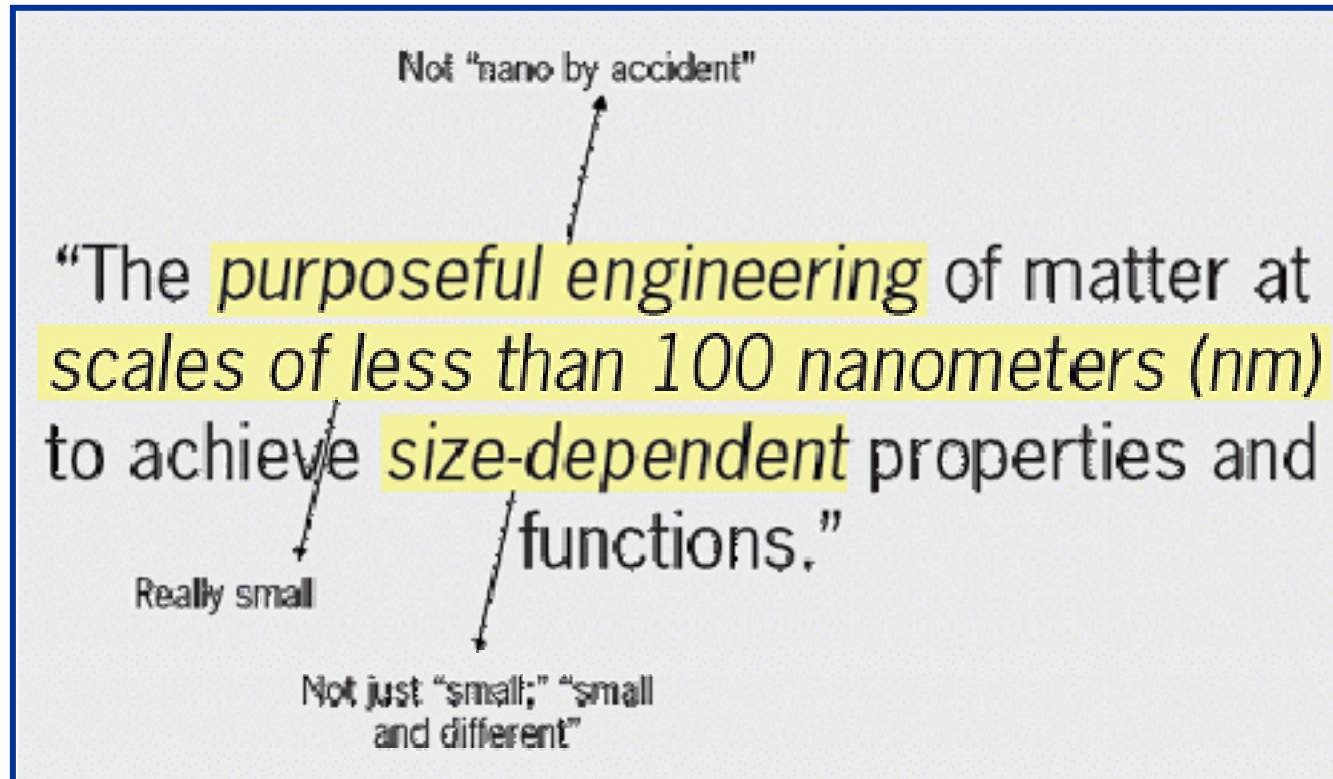
Mr. Feynman's Dream

“There's Plenty of Room at the Bottom.”

핀 머리 지름 약 1.6mm를 2만5000배 확대하면 브리태니커 백과사전을 모두 펼쳐 놓은 넓이와 같습니다. 즉, 반대로 백과사전에 기록된 모든 것을 2만5000분의 1로 축소해 기록하면 되는 것이지요. 그것이 가능할까요? 눈의 해상력은 1/120인치 정도로, 그것은 대략 백과사전 인쇄의 작은 점 하나의 지름과 같습니다. 이를 25000분의 1로 축소하면 지름이 약 80옹스트롬(1옹스트롬=100억분의 1미터)이지요. 보통의 금속은 80옹스트롬 지름 안에 원자 32개가 들어갈 수 있습니다. 다시 말하면, 그 안에 약 1000개의 원자를 담을 수 있음을 뜻합니다.

저는 어떻게 그 작은 크기에 실용적으로 기록할 수 있는지는 모릅니다. 하지만 컴퓨터가 매우 크다는 것은 압니다. 방을 몇 개씩 차지합니다. 왜 그것들을 더 작게 만들 수 없는 것일까요? 왜 우리는 더 작은 전선으로, 더 작은 원소로 만들 수 없는 것일까요? 작다고 할 때 저는 매우 작은 것을 말합니다. 예를 들면 전선을 10개 또는 100개의 원자 직경으로 될 수 있고, 회로는 가로 수천 옹스트롬 정도로 만들어 질 수 있어야 합니다.

They say “Nano” is...



PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.kkf-split.hr/periodni/en/>

PERIOD	GROUP	RELATIVE ATOMIC MASS (1)																GROUP IUPAC	GROUP CAS		
1	1 IA	1 1.0079																	2 VIII A	2 4.0026	
		H																		He	
		HYDROGEN																		HELIUM	
2	2 IIA	3 6.941	4 9.0122													5 10.811	6 12.011	7 14.007	8 15.999	9 18.998	10 20.180
		Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
		LITHIUM	BERYLLIUM													BORON	CARBON	NITROGEN	OXYGEN	FLUORINE	NEON
3		11 22.990	12 24.305													13 26.982	14 28.086	15 30.974	16 32.065	17 35.453	18 39.948
		Na	Mg													Al	Si	P	S	Cl	Ar
		SODIUM	MAGNESIUM													ALUMINIUM	SILICON	PHOSPHORUS	SULPHUR	CHLORINE	ARGON
4		19 39.098	20 40.078	21 44.956	22 47.867	23 50.942	24 51.996	25 54.938	26 55.845	27 58.933	28 58.693	29 63.546	30 65.39	31 69.723	32 72.64	33 74.922	34 78.96	35 79.904	36 83.80		
		K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
		POTASSIUM	CALCIUM	SCANDIUM	TITANIUM	VANADIUM	CHROMIUM	MANGANESE	IRON	COBALT	NICKEL	COPPER	ZINC	GALLIUM	GERMANIUM	ARSENIC	SELENIUM	BROMINE	KRYPTON		
5		37 85.468	38 87.62	39 88.906	40 91.224	41 92.906	42 95.94	43 (98)	44 101.07	45 102.91	46 106.42	47 107.87	48 112.41	49 114.82	50 118.71	51 121.76	52 127.60	53 126.90	54 131.29		
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
		RUBIDIUM	STRONTIUM	YTRIUM	ZIRCONIUM	NIObIUM	MOLYBDENUM	TECHNETIUM	RUTHENIUM	RHODIUM	PALLADIUM	SILVER	CADMIUM	INDIUM	TIN	ANTIMONY	TELLURIUM	IODINE	XENON		
6		55 132.91	56 137.33	57-71	72 178.49	73 180.95	74 183.84	75 186.21	76 190.23	77 192.22	78 195.08	79 196.97	80 200.59	81 204.38	82 207.2	83 208.98	84 (209)	85 (210)	86 (222)		
		Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
		CAESIUM	BARIUM	Lanthanide	HAfNIUM	TANTALUM	TUNGSTEN	RHENIUM	OSMIUM	IRIDIUM	PLATINUM	GOLD	MERCURY	THALLIUM	LEAD	BISMUTH	POLONIUM	ASTATINE	RADON		
7		87 (223)	88 (226)	89-103	104 (261)	105 (262)	106 (266)	107 (264)	108 (277)	109 (268)	110 (281)	111 (272)	112 (285)								
		Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub								
		FRANCIUM	RADIUM	Actinide	RUTHERFORDIUM	DUBNIUM	SEABORGIUM	BOHRIUM	HASSIUM	MEITNERIUM	UNUNNIUM	UNUNUNIUM	UNUNBIUM								

 Metal	 Semimetal	 Nonmetal
 1 Alkali metal	 16 Chalcogens element	 17 Halogens element
 2 Alkaline earth metal	 18 Noble gas	
 Transition metals		
 Lanthanide		
 Actinide		

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)
 Ne - gas Fe - solid
 Ga - liquid Tc - synthetic

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
 Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements having no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.
 However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

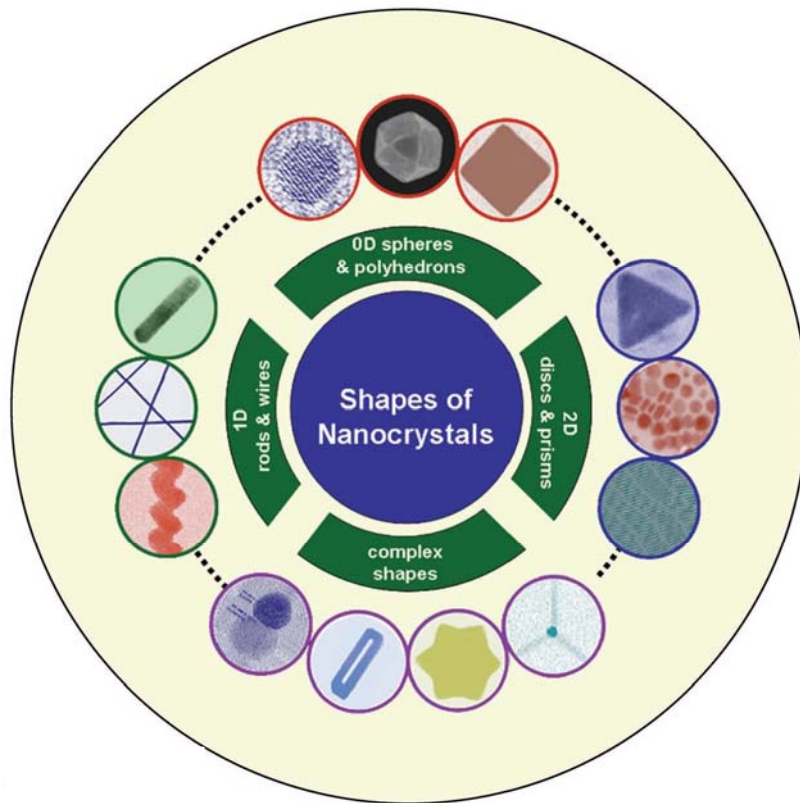
Editor: Aditya Vardhan (adivar@netlinx.com)

LANTHANIDE														Copyright © 1998-2003 EniG. (eni@kkf-split.hr)									
57 138.91	58 140.12	59 140.91	60 144.24	61 (145)	62 150.36	63 151.96	64 157.25	65 158.93	66 162.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93	70 173.04	71 174.97									
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu									
LANTHANUM	CERIUM	PRASEODYMIUM	NEODYMIUM	PROMETHIUM	SAMARIUM	EUROPIUM	GADOLINIUM	TERBIUM	DYSPROSIUM	HOLIUM	ERBIUM	THULIUM	YTTERIUM	LUTETIUM									
ACTINIDE																							
89 (227)	90 232.04	91 231.04	92 238.03	93 (237)	94 (244)	95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (252)	100 (257)	101 (258)	102 (259)	103 (262)									
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr									
ACTINIUM	THORIUM	PROTACTINIUM	URANIUM	NEPTUNIUM	PLUTONIUM	AMERICIUM	CURIUM	BERKELIUM	CALIFORNIUM	EINSTEINIUM	FERMIUM	MENDELEVIUM	NOBELIUM	LAWRENCIUM									

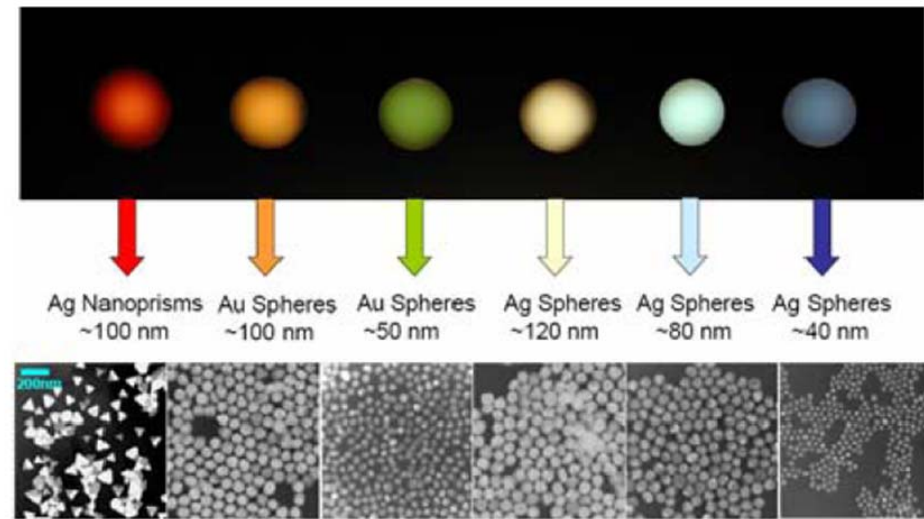
Atom vs. Molecule vs. "Nano"

Scales & Nano

- Size & Shape Dependences -



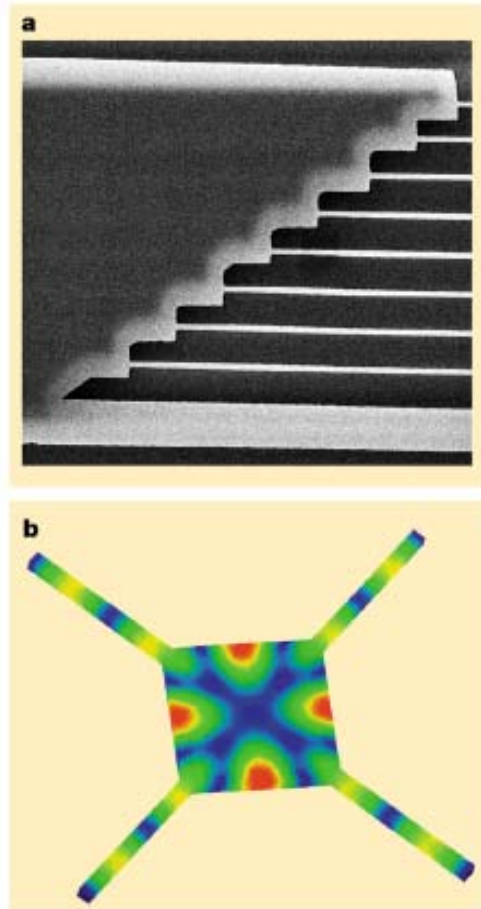
Cheon (2006), and others



Mirkin (2005), and others

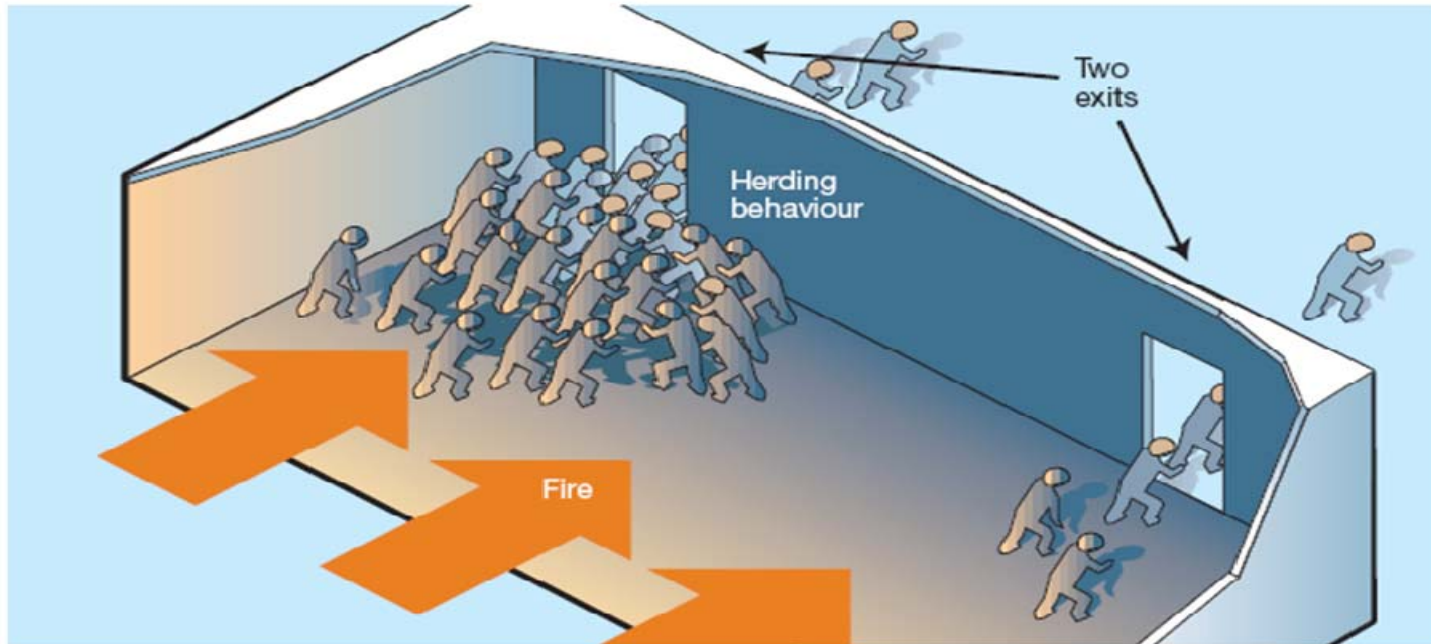
Scales & Nano

- Quantum Thermal Conduction -




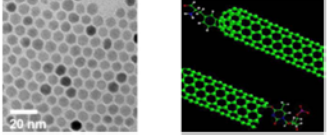
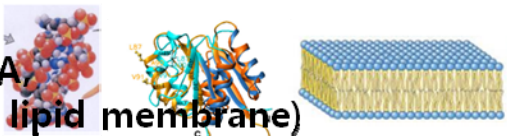
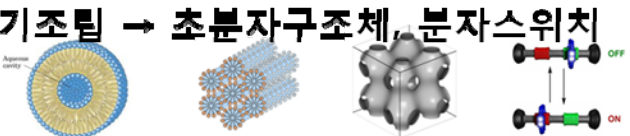
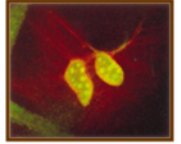
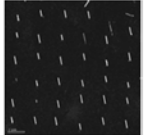



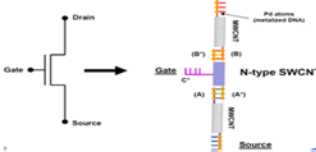


Schwab & Roukes, Nature (2000)

Fire !!



Vicsek, Nature (2000)

Hierarchy

자연계	나노계
<p>원자, 분자</p> 	<p>나노입자 (0,1,2 dimension)</p> 
<p>생체기능 유닛 (예 : duplex DNA, folded protein, lipid membrane)</p> 	<p>나노자기조립 → 초분자구조체, 분자스위치</p> 
<p>세포 (예: muscle cell)</p> 	<p>나노아키텍토닉스 (Nano-Architectonics)</p> <p>대면적 아키텍처</p> 
<p>조직 (예: muscle tissue)</p> 	<p>3차원 아키텍처</p> 
<p>기관 (예: stomach)</p> 	<p>기능성 소자 아키텍처</p> 
<p>시스템 (예: digestive system)</p> 	<p>나노집적 매크로시스템 (Nano-Integrated Macro System)</p>
<p>생물체 (예: human)</p> 	<p>나노 지능체 (Intelligent Nano Organism)</p>

知識의 溫故知新

Continuum

+

Quantum

+

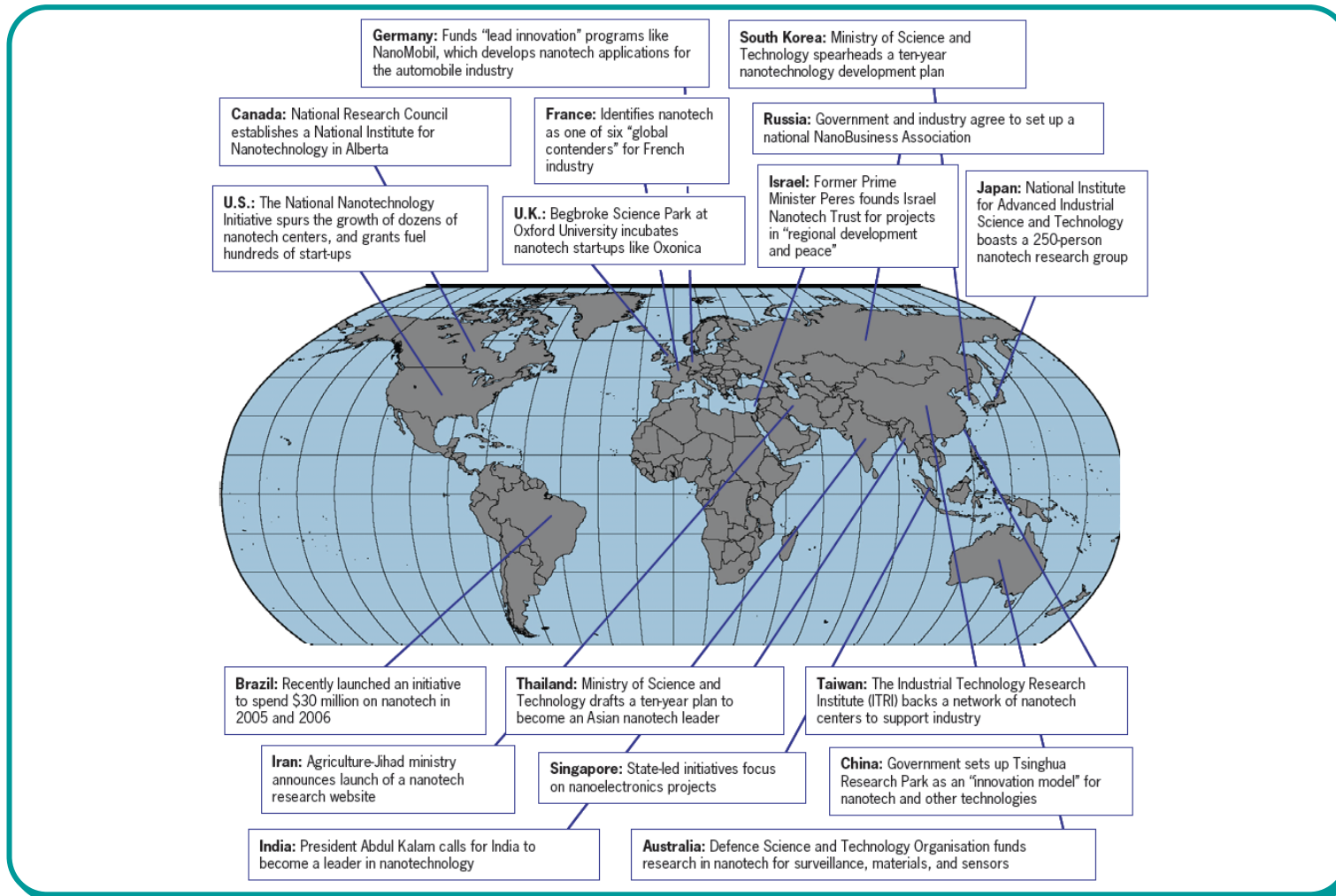
Statistics

+

System

전세계적 경쟁

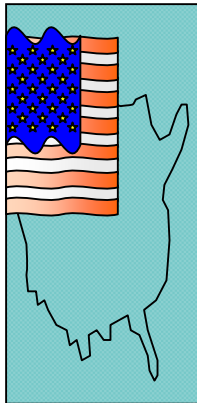
현재 60여개국이 나노기술개발 추진



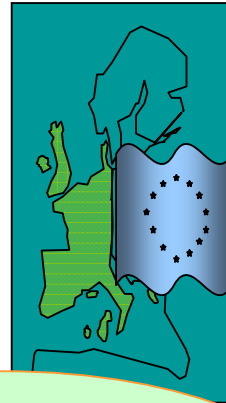
Lux Research Inc, The Nanotech Report, 4th Ed. (2006)

D.J. Ahn, Korea University

● 미국, 일본, EU 등 주요국은 종합계획 수립 및 법 제정을 통해 매년 투자를 확대하고 있음

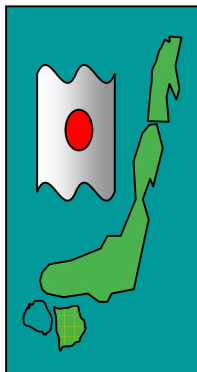


- 2000년 대통령 연두교서를 통해 21세기 국가 중점 연구과제로 나노기술을 선정
- '01년 4억 6,400만불
-> '05년 10억 8백만불 투자
- '04.12월 제 2기 NNI 구상 발표



- '05년 4월 제7차 프레임워크 프로그램의 “나노기술 재료 생산” 부문에 48억 3,200만 유로 책정

미국 클린턴 대통령
"美 의회 도서관의 모든 정보를 한개의 칩에 수록"

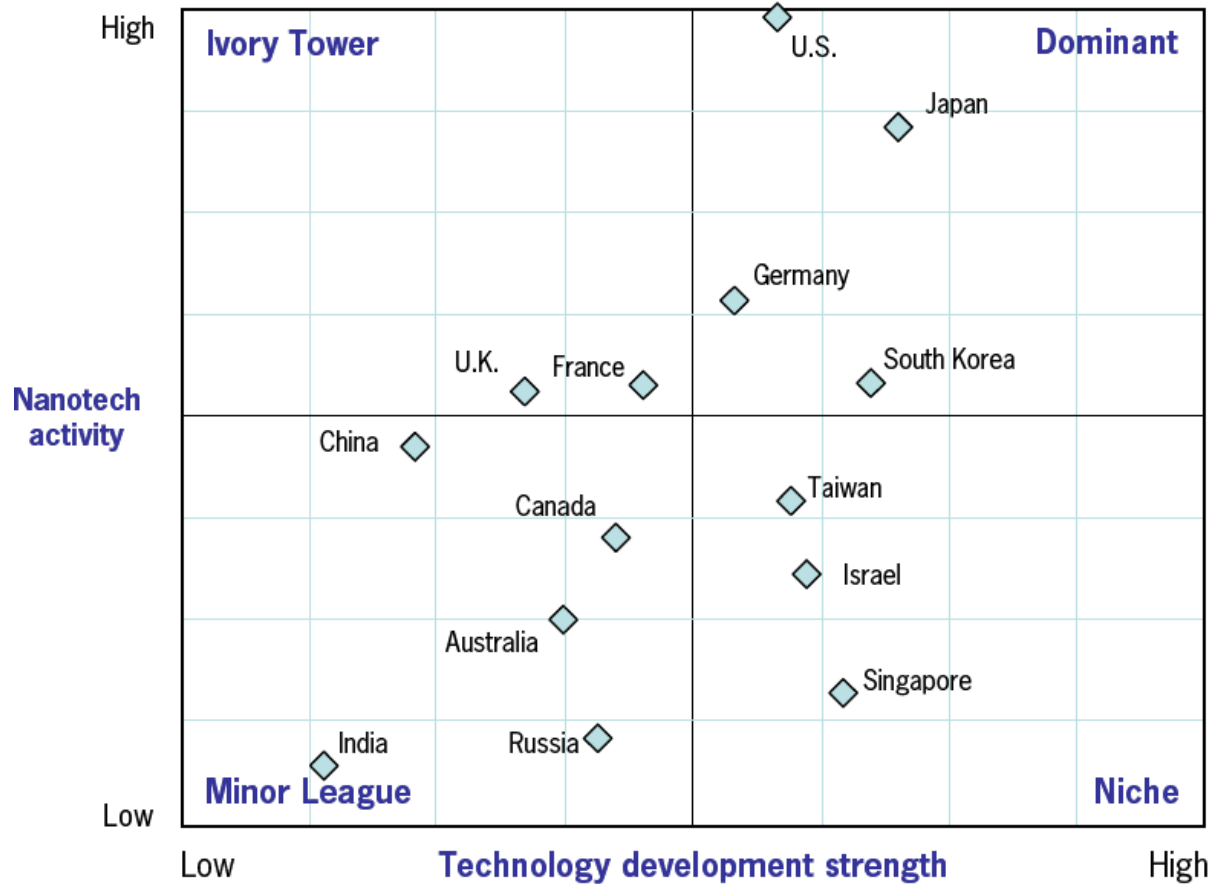


- '01.3월 「나노테크놀로지 육성계획 (n-plan 21)」 발표
- '01년 3억 9,600만불
-> '04년 9억 4,000만불 투자



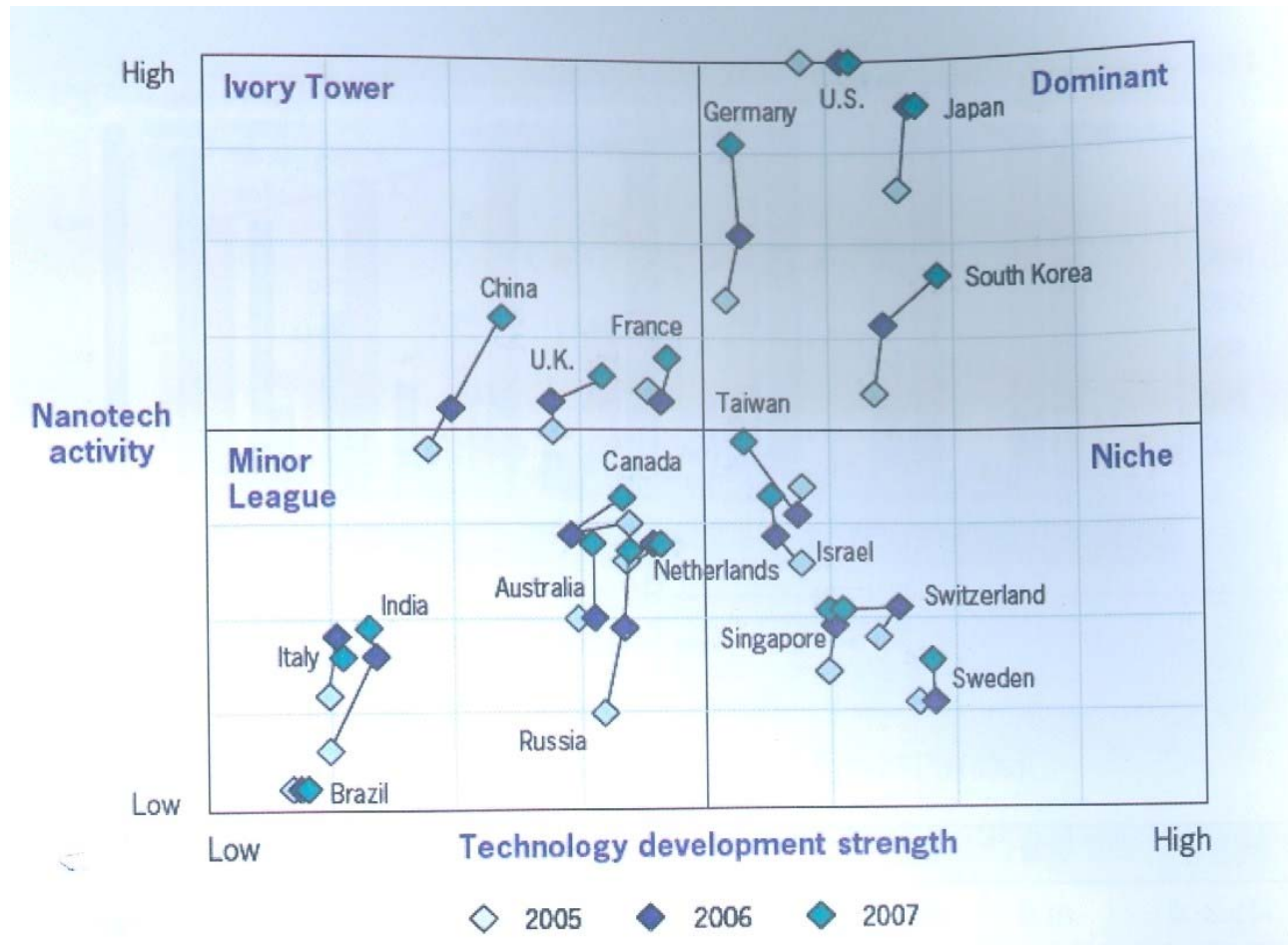
- '01년 7월 「나노기술종합발전계획 수립」
- 10년간 1.5조 원 투자
- 세계 5대 나노기술대국 목표
- '05년 12월 제2기 「나노기술종합발전계획 수립」
- 세계 3대 기술국 목표
- 세계 최고 수준의 30대 기술 확보

한국의 위치 (2005)



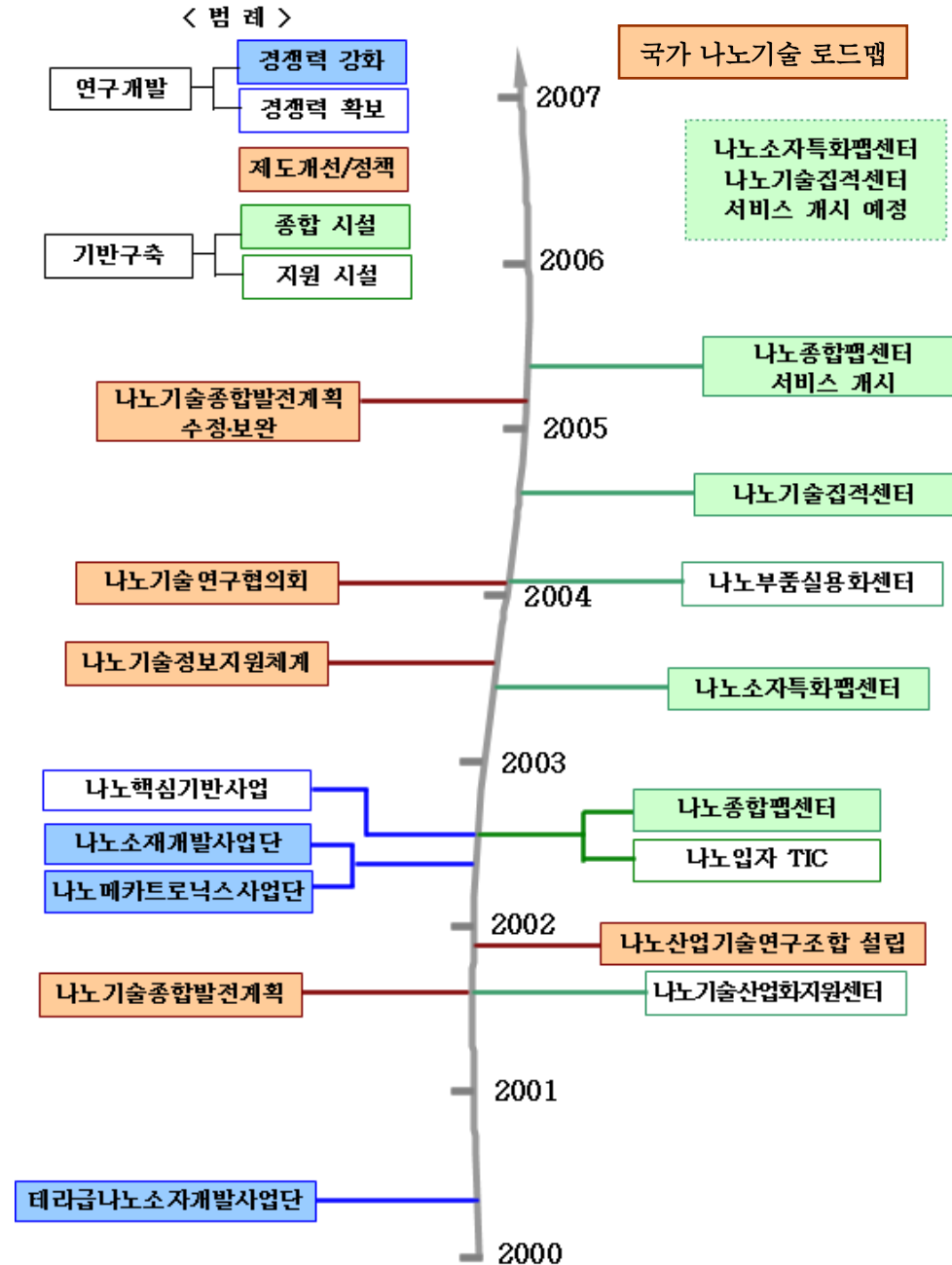
**Lux Capital (2005.9) – Ranking the Nations :
Nanotech’s Shifting Global Leaders**

세계적 경쟁 (2005-2007)



**Lux Capital (2007) – Ranking the Nations :
Nanotech’s Shifting Global Leaders**

한국의 나노기술 정책



2001년

2005년

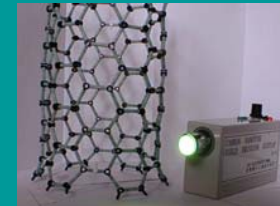
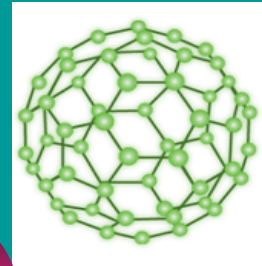
	2001년	2005년
정책	나노기술종합발전계획 수립('01. 7) 나노기술전문위원회 신설('01. 12)	나노기술개발촉진법('02. 12) 나노기술개발촉진법시행령('03. 6) 2기 나노기술종합발전계획수립
정부투자	1,052억원	2,772억원 (2.7배 증가)
연구인력	1,015명	3,900명(2004) (3.8배 증가)
나노관련 기업수	78개(벤처 : 33개)	214개(벤처 : 126개)
나노관련 학과수	3개	33개(11배 증가)
SCI 논문	408건(세계 8위)	1,128건(2004년) (2.8배, 세계 5위)
한국의세계 특허출원	-	979건('90 ~ 2003년) (세계 5위)
기술수준 (선진국대비)	25%	66%

- 2001년에 선진국 대비 기술수준이 25%이었으나 2005년도에는 66%에 이를 만큼 괄목한 성과를 이루었음

나노소자:77%

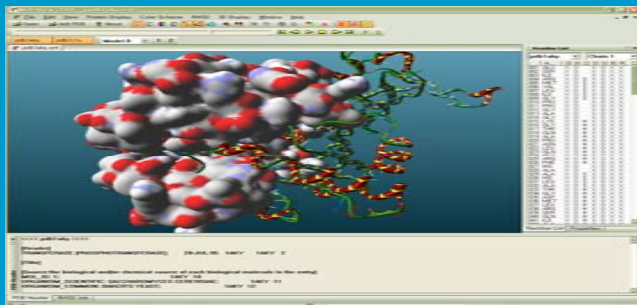


나노소재:66%

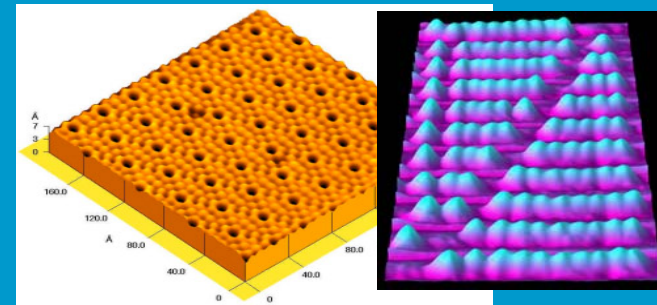


우리나라 나노
기술력 : 66%

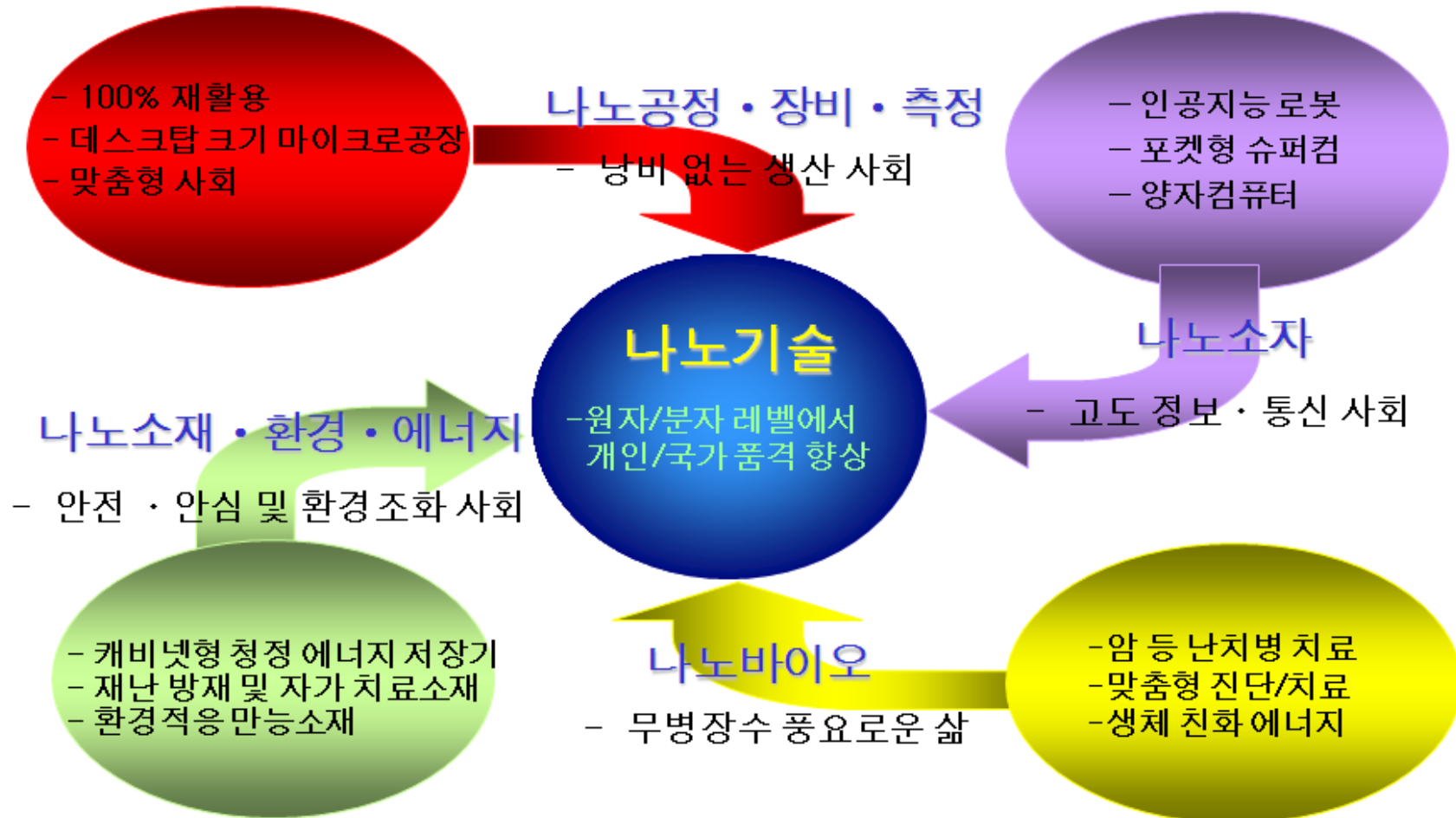
나노바이오:56%



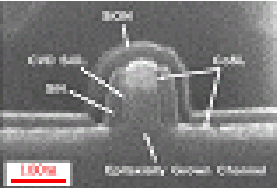
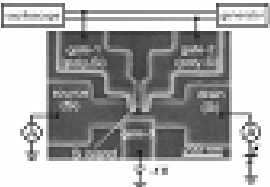
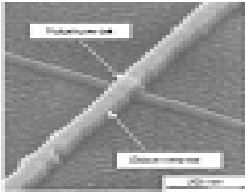


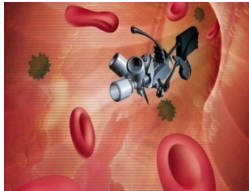


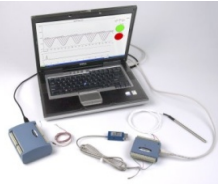
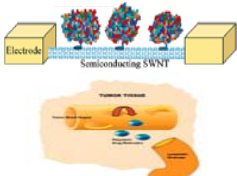


공정/장비:65%



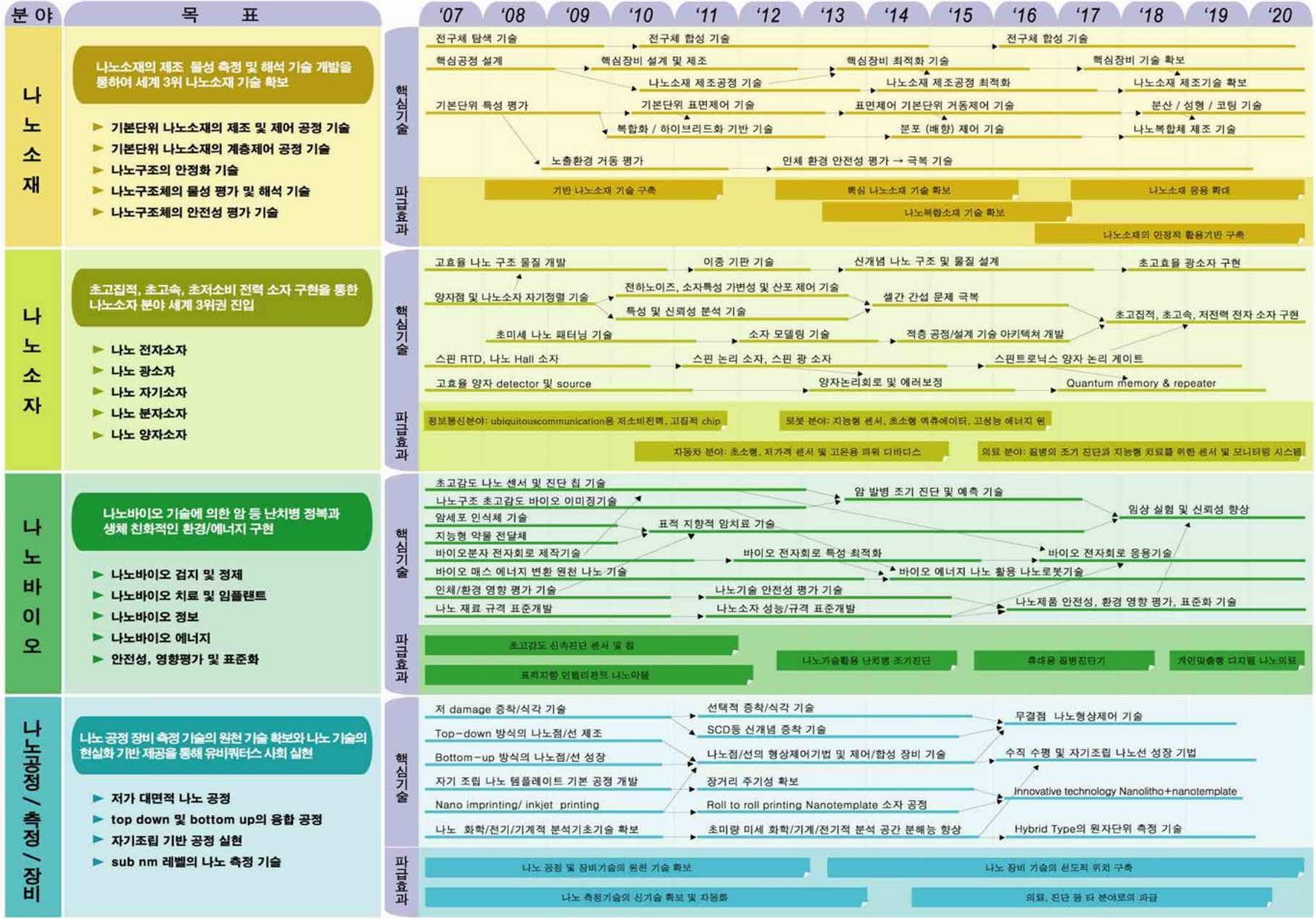
한국 나노기술의 미래 시나리오



한국 나노기술의 Top Brand 전략

단위사업	전략기술분야	2007 현재	2010	2015	분야별 목표, Vision
제조기반	나노소자	 <p>나노 CMOS기술</p>	 <p>저차원 나노 소자기술</p>	 <p>단전자/단원자 소자기술</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #ffff00;"> <p>2015년 선진 3대국 기술경쟁력 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> - IT, BT, ET 등 타기술과의 융합 및 시너지로 신기술 선점 - 인간 삶의 질 향상 </div> <ul style="list-style-type: none"> • 비교우위를 갖는 최소 30개 이상의 최고수준 실용화 기술 확보 • 신기술의 상품화 촉진을 통한 산업경쟁력 강화 • 2014년 세계 나노 관련 시장에서 20% 수준 점유 (5천억불 수준)
	나노소재	 <p>소재의 물성개선 (초고경도 렌즈코팅)</p>	 <p>고성능 소재개발 (초소형 로봇용 소재)</p>	 <p>혁신소재개발 (나노 로봇용 소재)</p>	
	측정 및 공정장비	 <p>공정 장비 미세화 측정 신 기술 개발</p>	 <p>공정 (양산화, 미세화) 측정 (복합장비, 자동화)</p>	 <p>공정 (저가, 대면적, 자기조립) 측정 (의료/진단, 유비쿼터스)</p>	
	나노융합	 <p>초고감도 신속진단과 표적지향 치료 Protocol</p>	<p>“癌”진단 NT</p>  <p>난치병 조기진단 나노기술</p>	<p>“나”를 위한 NT</p>  <p>개인맞춤형 나노의료</p>	

국가 나노 기술 지도



한국의 나노기술 투자계획

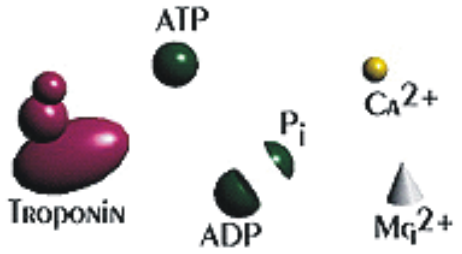
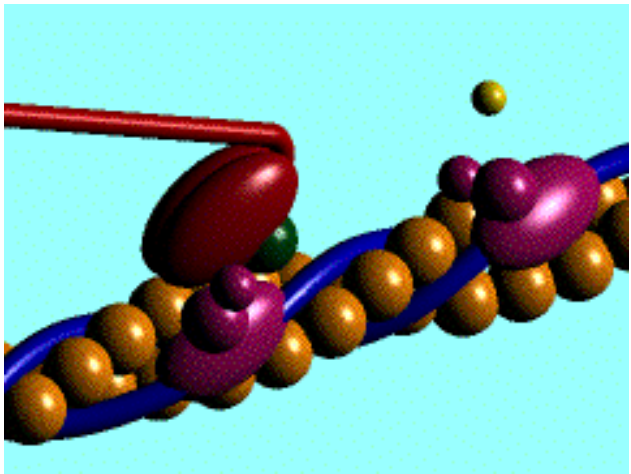
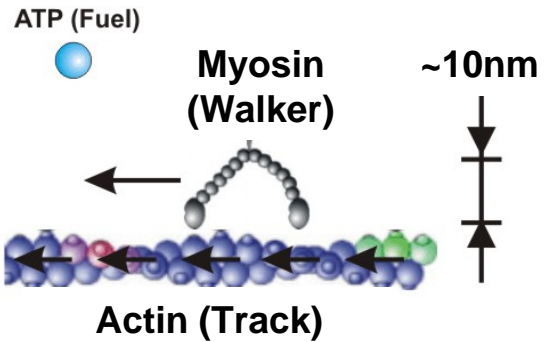
(단위 : 억원)

구분	연구개발	기반구축	인력 및 제도 개선	계
1단계('06~'10)	1조 4,330	5,370	660	2조 360
2단계('11~'15)	1조 9,620	7,580	990	2조 8,190
계	3조 3,950	1조 2,950	1,650	4조 8,550

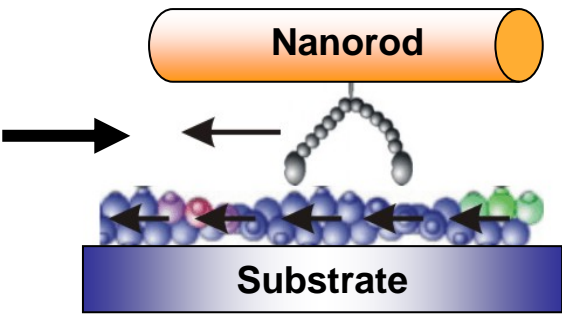
2009년 한국 10대 과학기술 연구성과 후보 리스트

나로우주센터(나로호), 나노신소재 그래핀 대면적 합성, 최고효율 플라스틱 태양전지,
나노 제올라이트 촉매, 스핀트랜지스터, 지방줄기세포 이용 개 복제,
차원변환 현상 규명, 한국인 30대 남성 유전자 지도 완성, 연구용 원자로 설계기술,
간질 등 뇌기능 이상유발 메커니즘, 임상적용가능 역분화 줄기세포
초소형 고감도 인공곤충 눈, 도넛모양 나노구조체, 생체분자구조 초고속 측정법,
대장균 이용 유전체 진화 경로 규명, 나노렌즈 합성, 바이러스 배터리,
나노기술 이용 고용량 고효율 2차 전지, 세포내 화학물질 정보영상 나노인공위성 기술,
형광 복제건, 탄소나노튜브-DNA 복합체 전기특성, 흉터조직서 줄기세포 분리,
아미노산 분리 전환 기술, 파킨슨병 진행원리 규명, 인간 면역유전자 보유 복제돼지,
초고속 추적 망원경, 동맥경화 발생억제 메커니즘, 두개의 태양 발견,
고온건조 스트레스 저항성 식물체 생체방어기작, 암세포 노화측정 물질,
수소분리용 다공성 나노 물질, 이산화탄소 저발생 수소연료전지, 열전소자

Actomyosin (Protein Motors)

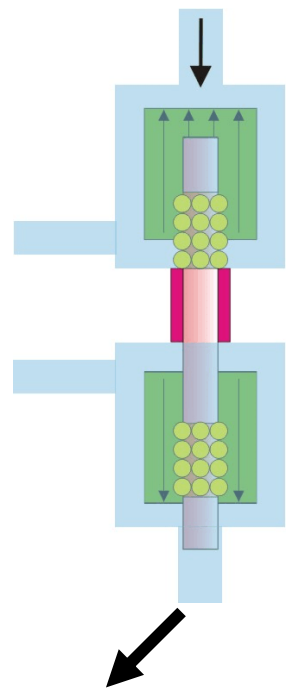


Nano-Assembly



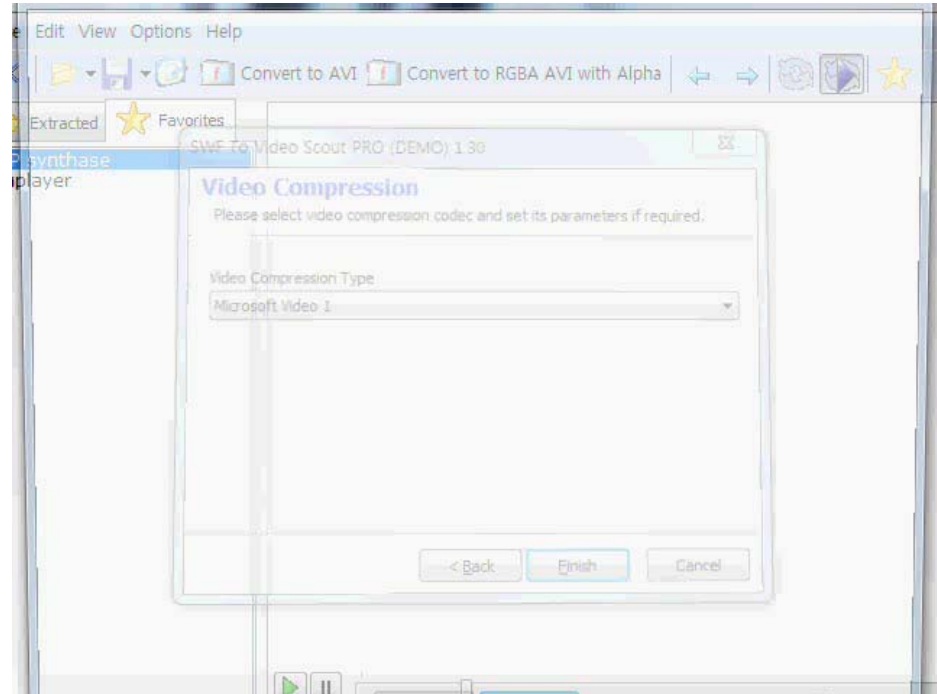
Per Prof. Hong

Hybrid Nano-Engine





Masasuke Yoshida
Tokyo Institute of Technology
Graham Johnson



Molecular Biology of the Cell, 4th Edition
By Alberts, Johnson