

기획기사 | Special Report

## 나노 융합기술 R&D 및 산업화

컬럼 | Column

나노산업 강국을 기대하며...

〈서울대학교 한민국 교수〉

인사이드 인터뷰 | INSIDE Interview

나노산업의 침병, 나노소재 산업

〈KIST 박종구 본부장〉

정책동향

2008년도 나노기술발전 시행계획

조합소식

산업탐방 / 회원사 동향 / 사무국 일정 · 행사

나노라이프

美 "NSTI nanotech 2008"

Conference & Trade Show 참관기

미리보는 행사

나노코리아 2008



Samsung AP S3C6400

## 상상해봐 모바일 컨버전스의 아우토반 삼성AP

모바일 컨버전스의 성패는 AP의 속도와 효율적인 저전력 관리가 결정합니다. ARM1176 기반의 초고속 667MHz 성능과 64비트 AXI 버스 지원, 멀티미디어 코덱 채용, WVGA 디스플레이 지원 등 상상만하던 꿈의 멀티미디어 세상을 현실로 만들어 주는 삼성 AP S3C6400 - 이제, 초고속 삼성 Application Processor와 함께 모바일 컨버전스의 블루오션에 제일 먼저 도착하십시오.

[www.samsungsemi.com](http://www.samsungsemi.com)



표지 이미지

Vol. 1 \_ 2008. August

창간사 나노산업기술연구조합 이사장 이희국	02
축사 나노기술연구협의회 회장 김학민	03
정책동향 2008년도 나노기술발전 시행계획	20
산업탐방 세메스 주 대주전자재료 주	24
회원사 동향 광주 나노기술집적센터 나노소재특화밸런스터 실트론 엔비로테크(주) 한화석유화학(주) 한화나노텍(주)	26
사무국 일정/행사	28
나노라이프 美 "NSTI nanotech 2008" Conference & Trade Show 참관기	29
미리보는 행사 나노코리아 2008	31



**04 컬럼 Column**  
**나노산업 강국을 기대하며...**  
서울대학교 한민구 교수



**06 인사이트 인터뷰 INSIDE Interview**  
**나노산업의 침병, 나노소재 산업**  
KIST 박종구 본부장

## 기획기사 Special Report

### > 나노 융합기술 R&D 및 산업화



**08 나노 바이오 기술 R&D 및 산업화**  
서울대학교 박영준 교수



**11 나노 과학기술 사업화와 新성장동력**  
효성기술원 성장모 원장



**14 나노융합기술 R&D 및 산업화**  
나노소재특화밸런스터 고철기 대표



**16 나노융합기술 R&D 및 산업화, 나노임프린트(Nanoimprint) 기술을 중심으로..**  
한국기계연구원 나노기계연구본부 이응숙 본부장

## 산·학·연·관 협력의 중심에서 나노기술의 산업화를 촉진하는 촉매제로서 역할을 다하겠습니다.



나노산업기술연구조합 이사장 이희국

나노산업 기술연구조합 임·회원사 및 산·학·연 전문가 여러분 안녕하십니까? 저는 나노산업 기술연구조합 이사장으로서 “나노인사이드”를 창간하게 됨을 매우 뜻깊게 생각합니다.

돌이켜 보면 국내 나노기술발전은 정부를 중심으로 산업계, 학계, 연구계 전문가들이 결집하여 2001.7 제1기 「나노기술종합발전계획」에 의한 나노기술산업화의 중장기 계획수립으로 연구개발, 인프라 구축, 인력양성 등 3대 중점분야를 선정하고 나노분야에 지속적인 투자를 통한 미래신산업창출 비전을 제시하고자 하였습니다. 그 결과 2005년 무렵에는 나노기술개발을 전략적으로 추진하고 있는 전 세계 60여 개 이상의 국가들 가운데 “세계 5위” 수준의 기술력을 보유한 국가로 주목을 받기도 했습니다.

현재 NT분야는 제2 도약의 단계로 들어선 것 같습니다. 초기단계인 2000년에서 2005년까지는 나노 기술개발을 시작할 시점으로 정부 주도로 없었던 기반을 닦기 위해 탐색과 연구개발, 인프라 구축 등에 집중 노력해 온 반면 2006년 이후부터는 민간의 참여가 확대되고 그간의 성과와 기반을 토대로 기존 산업과의 연계·촉진, 시장창출, 사회적 영향 등 “인류의 삶의 질” 제고를 연계할 단계로 진일보 한 것 같습니다.

나노조합은 이러한 발전과 변화에 발맞추고 더욱 발전시켜나가기 위해 그간 각 계의 수요와 요구가 많았음에도 추진되지 못했던 “국내 나노기술 산업화 동향 정보”에 대해 금년부터 체계적인 정보제공·기술교류 활동을 지원하고자 “나노인사이드”를 창간하게 되었습니다.

“나노인사이드”는 국내 나노기술의 산업화 동향을 중심으로 다양한 정보 콘텐츠를 구성하여 독자 분들께 친숙하게 다가가고자 합니다. 또한 “나노인사이드”는 나노기술의 산업화 촉진에 촉매제 역할을 수행코자 합니다. 초기에는 많은 어려움이 있을 것으로 예측합니다만 국내 나노분야에 종사하고 계신 산·학·연 관계자분들의 많은 협조와 적극적인참여를 통하여 “나노인사이드”는 지속적이고 내실있게 발전할 수 있을 것으로 기대합니다.

“나노인사이드”가 첫발을 내딛는 지금, NT분야의 유용한 동향자료가 될 수 있도록 최선의 노력을 다할 것을 약속드리며 국가적으로 목표로 하고 있는 “2015년 나노기술(NT) 선진 3대 강국 진입” 달성을 위해 우리 조합이 충실히 그 역할을 다하겠습니다.

끝으로, 금번 창간호 발행을 위해 물심양면 도와주시고 지원해주신 여러분들께 감사의 말씀을 드리며, 원고를 집필해 주신 산·학·연 전문가 여러분께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

앞으로도 “나노인사이드”에 대해 애정어린 관심과 성원 그리고 참여를 요청드리고자 합니다. 감사합니다



# 산·학·연·관의 중심에서 매개체 역할을 다하기를... 나노인사이드(NANO INSIDE) 창간을 진심으로 축하드립니다.



나노기술연구협의회 회장 김학민

우리나라 나노기술의 연구와 발전을 위해 매진하고 계시는 산·학·연·관 전문가 및 연구자 여러분  
안녕하십니까?

나노인사이드(NANO INSIDE)의 창간을 빌어 인사드립니다. 저는 나노기술연구협의회 회장 김학민  
입니다.

먼저 나노산업기술연구조합 임원사 및 회원사, 사무국장을 비롯한 직원 여러분께 <나노인사이드  
(NANO INSIDE)>의 창간을 진심으로 축하드립니다.

어느새 협의회 회장을 맡은 지 벌써 만년이 되어 갑니다.

그간 나노업계와 조합을 보면서 많은 기술정보와 연구 성과들이 뉴스화 되거나 보도되는 사례들을 많이  
보아왔습니다. 나노기술의 국내·외 산업동향, 신제품·신기술 정보 등 2000년대 초반 우리나라의 나  
노기술의 태동기와는 비교 할 수 없을 정도인 것 같습니다. 특히 최근 들어서는 新 정부 조직개편 이후  
신산업에 대한 정책 및 업계의 고충에 대한 정보 수요가 증가하고 있는 것 같습니다.

이러한 상황에 발 맞추어 기업인에게는 국내 나노산업 현황을 조망할 수 있는 생생한 정보를 전달하고  
연구자에게는 나노기술의 최신 연구동향과 기술정보를 접할 수 있는 기회를 제공하며 또한, 정부의 정  
책을 반영하여 우리나라 나노산업의 발전을 위한 정책방향을 제공하는 산업정보지인 <나노인사이드>의  
창간은 아주 의미 있다고 생각합니다.

나노기술은 우리나라 과학기술의 미래에 의미를 부여하였고, 희망을 안겨 주는 핵심적 기술입니다. 지  
금도 실용화 되고 있는 소재를 볼 때 그 가능성은 무궁무진 하다고 생각합니다.

<나노인사이드>는 이러한 국내 나노산업발전의 역사의 한 가운데서 업계동향, 신기술·제품 정보, 행사  
소식, 해외동향 등을 폭넓게 제공하고, 산업화로 촉진시키는 매개체 역할을 수행 할 것으로 생각합니다.

이러한 것들이 쉽지 않은 것이라 생각합니다. 수 많은 정보지들이 휴간과 폐간의 가운데서 근간  
을 잃지 않고 발행해 나가기를 소원하며, 사무국장을 비롯한 사무국 직원 여러분께 진심어린 격려의 박  
수를 보냅니다.

또한, 적극적으로 참여해 주시고 항상 도움을 아끼시지 않는 조합의 임원사 및 회원사 여러분의 발전과  
건승을 기원합니다.

# 나노산업 강국을 기대하며...

서울대학교 한민구 교수

**현** 관 속을 청소하는 나노로봇, 암세포만을 골라서 공격하는 나노약물 미사일 등 첨단나노기술이 우리나라의 산업발전을 선도하고 고령화 시대에 대비한 삶의 질을 향상시켜줄 수 있는 꿈을 갖고 체계적인 나노기술개발을 시작한 지도 7년이 지났다. 미국, 일본, 유럽 등 거의 모든 선진국들이 나노기술 개발에 앞장들어서 막대한 연구개발투자를 한 결과 세계 곳곳에서 나노기술 제품이 실용화되어 시장에 나타나고 있다. 나노제품은 이미 냉장고 속, 옷장 속, 화장대 위 등 우리 생활 곳곳에 침투해 있다. 이제는 나노기술이 아니라 나노산업이라고 해도 전혀 무리가 없는 수준이 되어가고 있다. 지금의 기술개발 속도라면 전문가들이 예측한 2015년경 2조 달러 규모의 나노산업 시장 창출과 함께 가히 혁명적인 변화를 불러올 나노산업 혁명의 단계에 접어들 것이 분명해 보인다. 특히 IT, BT, ET 등 다른 산업과의 융합을 위한 원천기반기술로서의 중요성 때문에 나노기술이 더욱 큰 주목을 받고 있다. 선진국들이 지난 7년여 짧은 기간 동안에 나노기술 예산을 두세 배 늘려왔고 계속해서 늘리고 있는 이유가 여기에 있다. 든든한 과학기술 기반을 갖고 있는 선진국들에 뒤지지 않는 나노기술을 개발하기 위하여 그동안 정부와 대학, 연구소, 기업이 함께 부단히 노력해 왔다. 나노기술 개발을 시작할 당시 미국의 25% 수준이었던 기술력이 70% 수준을 넘어서고 있으며 세계 4위의 기술력을 가진 것으로 평가되고 있다. 논문 수, 특허 수가 보여주는 정량적인 수치 외에 세계적인 나노기술을 기반으로 제품을 양산하고 있는 삼성전자나 하이닉스 같은 대기업(메모리반도체는 실제로 나노기술 제품임)을 보유하고 있으며 270개가 넘는 기업들이 세계적인 제품을 개발하기 위해 오늘도

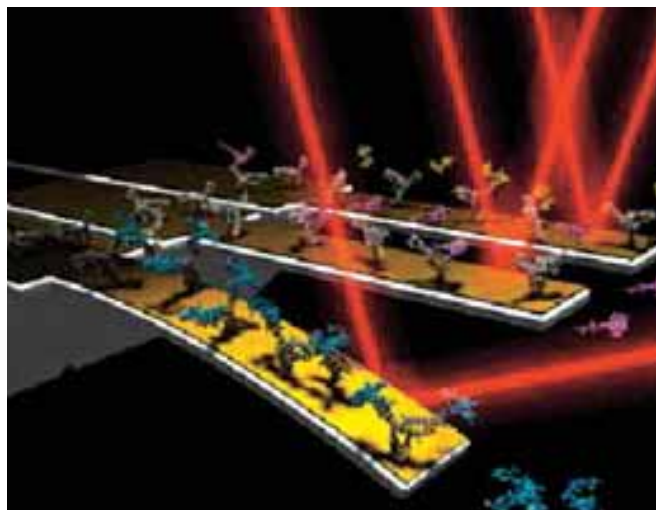
노력하고 있다. 그러나 극단적인 기술중심의 산업인 나노산업에 있어서 미국의 70% 수준이나 세계 4위의 기술력이 우리의 목표를 가능하는 기준일 수는 없다. 오히려 차세대 메모리 같은 나노소자 산업에서 세계 1위가 되는 산업을 일으키며, 나노산업의 기반이 될 나노소재 기술을 세계 수준으로 발전시켜 연관산업 부문에서 세계 1위 제품들이 쏟아져 나올 수 있게 하는 것이 우리의 목표가 되어야 한다. 모두가 알고 있는 것처럼 우리는 세계 시장에 영향을 미칠 만한 천연자원을 갖고 있지 못하고, 먹을 것을 걱

정하지 않아도 될 만큼 넉넉한 넓은 면적의 농토를 갖고 있지 못하다. 오로지 기술력만으로 우리의 결점을 극복해갈 수 밖에 없다. 나노산업 혁명 시대에서 기술주도국의 하나로 살아남기 위한 우리만의 전략과 노력이 있어야겠다. 나노기술은 여러 면에서 우리에게 대단히 큰 기회임이 분명하며 본인은 머지않은 장래에 기회가 현실이 될 것으로 확신한다. 나노기술은 자원을 가장 효율적으로 사용하는 기술이기 때문에 현재의 기술에 비해 자원의존도가 훨씬 적다. 따라서 우리의 약점이 상대적으로 적은 영향을 미칠 것이다. 나노기술은 초정밀 가공을 바탕으로 하는 공정기술의 성격이 짙다. 지난 40여 년간 세계를 놀라게 우리의 산업발전 바탕에 '손재주'로 표현되는 공정기술에 있었다. 더 깊이 들여다보면 공정기술은 손재주가 아니고 '고도의 집중력'이 손재주로 나타난



것이다. 집중력이 요체인 양궁 경기에서 'perfect gold'라는 말을 탄생시킨 것처럼 우리는 나노산업에서 성공하는데 필요한 고도의 집중력을 발휘할 수 있는 능력을 갖고 있다. 우리가 나노기술을 개발하는데 있어서 유리한 점만 있는 것은 아니다. 나노기술은 궁극적으로 원자나 분자를 다루는 기술이므로 기초학문의 역

할이 대단히 중요하다. 기초학문 진흥을 위하여 장기적이며 획기적인 투자 증대가 필요하다. 이런 측면에서 기초부문의 연구비를 50% 늘리겠다는 정부의 의지는 대단히 시의적절해 보인다. 기초학문의 발전과 함께 중요한 것이 창의력이다. 학문적 지식을 바탕으로 남보다 먼저 새로운 아이디어를 짜내고 실현시키는 것이 중요하다. 창의적인 발명이 시장창출의 열쇠가 될 것이다. 특히 일회성이 아닌 동일분야에서 지속적인 지식창출 능력이 시장지배력을 보장해 줄 것이다. 따라서 기초학문 진흥을 위한 지속적인 투자와 함께 창의력 개발에 많은 노력을 경주하여야 할 것이다. 기초학문 외에 우리의 기술력이 취약한 기반기술 개발에도 투자를 늘려야 할 것이다. 앞에서 우리의 강점이 공정기술에 있음을 언급하였다. 나노공정을 수행하기 위해서는 도구에 해당하는 '눈'과 '손'이 있어야 한다. '맨눈'과 '맨손'으로 원자나 분자를 보고 만지는 것은 불가능하다. 나노기술 개발의 도구인 주사탐침현미경(SPM), 나노조작기(manipulator), 전산모사(computer simulation) 등 나노기술 개발의 바탕이 되는 기술부문에 과감한 투자를 할 필요가 있다. 남의 눈과 손을 써서는 남을 앞설 수 없다. 도구 경쟁에서 이기야 궁극적으로 공정기술 경쟁에서 승리할 수 있기 때문이다. 나노산업의 육성을 위하여 마지막으로 강조하고 싶은 것은 '기업가 정신'이다. 나노기술이 큰 시장을 열게 될 것이라고 많은 전문가들이 예측하고 있지만 어떤 시장이 될지는 아무도 모른다. 지금까지 기업가 정신은 불가능해 보였던 것을 가능한 것으로 만들어왔고 과학기술자의 상상력을 현실로 만들어왔다. 나노기술의 꿈을 나노산업으로 이어줄 주체가 기업가이며 그 동력이 기업가 정신이다. 오늘도 대학 연구소의 많은 연구실에서 수많은 아이디어가 나오고 그 가능성을 확인하고 있을 것이며 많은 수의 특허와 논문으로 이어질 것이다. 이 모두가 나노산업을 이끌 기업가들을 위한 토양이다. 아무리 비옥한 토양이 있어도 씨를 뿌리고 새싹을 가꾸며 열매를 수확하는 농부가 없으면 농업이 불가능한 것처럼, 나노기술을 나노산업으로 이끌 도전 정신을 가진 기업가 없이는 저 많은 논문, 특허는 나노산업으로 이어지지 못하고 단순한 지식으로 남을 뿐이다. 270여개 업체를 수



십 수 백 배 늘릴 많은 기업가들이 나타나기를 기대한다. 불굴의 기업가 정신이 살아나고 그 정신이 성공신화로 이어질 수 있도록 다양한 환경을 조성하는 노력을 우리 모두가 함께 하여야 함은 물론이다. '올 것은 오고야 만다'는 해리포터에 나오는 말처럼 나노산업 혁명은 결국 올 것이다. 중요한 것은 우리의 선택이다. 선택의 여지가 없는 별로 우리의 입장에서 가진 자가 되기 위한 노력을 배가할 수 밖에 없다. 나노기술 개발 경쟁에서 승자가 되기 위하여, 정부는 나노기술 개발을 위하여 투자를 더욱 적극적으로 늘려야 하고, 연구계는 경쟁주체들보다 창의적인 성과를 더욱 빨리 만들어 내야 하며, 산업계는 하루라도 빨리 새로운 시장을 선점하기 위한 나노제품 개발에 노력하여야 한다. 이러한 노력을 바탕으로 또 다른 반도체 성공신화가 나노산업에서 줄지어 나타날 것이며 제2기 나노기술융합발전계획에서의 목표인 세계 3위 나노기술국으로 발전 할 것이다. 우리 앞으로 다가오는 나노산업 혁명의 물결속에서 대한민국이 세계의 나노산업을 주도하고 우리나라의 경제도약에 밑거름이 되고 삶의 질 향상에 나노기술로 기여할 수 있게 되기를 희망한다. 🌐



# 나노산업의 침병, 나노소재 산업

KIST 박종구 본부장

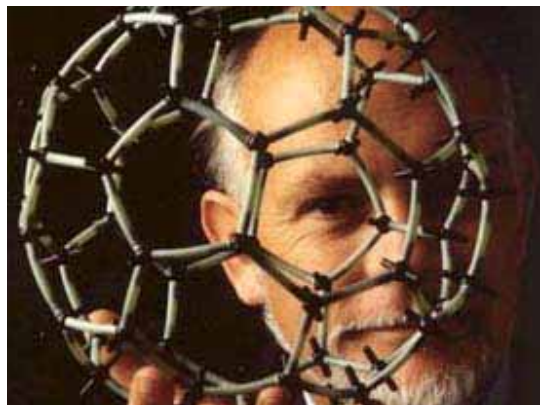
2000년 미국의 NNI(National Nanotechnology Initiative) 발표로 불붙은 세계적인 나노기술 개발 경쟁이 두 번째 라운드로 접어들고 있다. 첫 번째 라운드가 세계가 나노기술의 가능성에 주목한 시기였다면 두 번째 라운드는 나노기술의 가치에 주목하는 시기라고 할 수 있다. 첫 단계에서의 주된 관심의 대상은 나노구조체를 제조하는 방법과 나노구조체가 갖는 특별한 성질들이었다. 대략 5년여의 짧은 기간 동안에 많은 발전이 있었으며 여기에는 화학, 물리학 기반이 크게 기여하였다. 두번째 단계는 나노구조체의 대량합성 및 응용 등 기술적, 산업적 가치를 확인하는 것에 초점이 맞춰져 있다. 나노기술 개발의 핵심인 나노구조체를 합성하고 그 물성을 이용하는 것은 곧 나노소재 기술 혹은 (일본의 경우처럼) '나노소재 공정 기술' 영역으로 볼 수 있을 것이다. 원자나 분자를 개별적으로 제어하여 나노소재나 나노부품을 직접 제조하는 것이 나노기술의 꿈이기는 하지만 산업적인 요구조건(경제성)과는 거리가 있다. 원자나 분자를 직접 다루기보다는 이들을 취급가능한 크기로 조립(assembly), 성장(growth), 증착(deposition)시킨 나노구조체를 활용하는 것이 현실적이다. (집을 지을 때 사용하는 벽돌에 비유하여 이때의 나노구조체를 '나노 구축단위(building block)'라고 한다.) 1단계의 기술개발을 통하여 원천나노소재에 해당하는 나노 구축 단위의 제조 및 물성에 관한 많은 지식이 축적되었으며 나노분말 등 상업화에 접어든 기술들도 있다. 현재의 2단계는 나노 구축단위 자체에 대한 기술 개발보다는 나노 구축단위를 활용하는 기술을 개발하는 것을 주된 목표로 하고 있다. 나노기술 개발을 시작할 때 대표적 적용사례 중의 하나로 제시하였던 거대자기저항(GMR, giant magnetoresistance) 현상은 2007년 노벨물리학상으로 이어질 만큼 큰 산업적 성과를 거두었다. 1996년 노벨화학상 대상이었던 풀러렌(fullerene, C60)은 아직 이렇다 할 산업적 진전은 없지만 같은 범주에서 다루지는 탄소나노튜브(CNT, carbon nanotube)는 이제 킬로그램 당 수 만원 수준의 양산제조 기술로 발전함으로써 고강도 혹은 높은 전기전도도를 갖는 고분자 나노복합재료 산업의 발전을 견인할 전망이다. 점토 결정판을 분산시킨 고분자 나노복합재료는 맥주용기 등 음식물의 포장재, 자동차 외장판 등 구조용 소재로 이미 활용되고 있다. 나노소재 세계시장은 Lux Research의 평가로 2005년 벌써 300억 달러




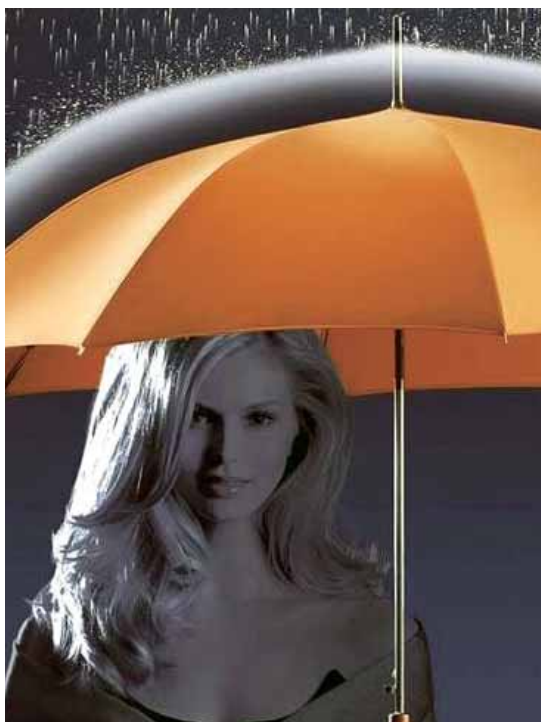
시장규모에 이르렀다(DG Bark/BASF의 평가로는 2001년에 이미 540억 유로 규모 시장 형성). 나노소재의 가치는 GMR에서 입증되었듯이 우리가 이미 알고 있는 소재(니켈, 구리, 망간 등의 값싼 소재 MR 특성이 전혀 없음)의 구조를 나노화하는 것(다층 구조화)만으로도 완전히 새로운 특성(GMR)을 나타내며 같은 기능(MR)을 내는 기존 재료(예 망간-아연 페라이트 단결정)에 비하여 현저히 값이 싸다는 점이다. 나노소재의 성능은 수 십, 수 백 배로 개선되는 반면 가격은 수 십, 수 백 분의 일로 낮아지면 기존 소재는 하루아침에 설 땅을 잃게 된다. 나노소재의 가치를 나타내는 또 다른 예는 CNT의 한 응용에서 찾을 수 있다. 터치 스크린 등 디스플레이 소자의 투명전극을 구성하는 핵심소재인 인듐정확하는 산화인듐은 적은 부존량 때문에 급증하는 수요를 채울 수 없어서 디스플레이 장치의 가격을 인상시키는 요인이 되고 있다. 인듐 성분을 전기전도도가 구리의 15배 이상인 CNT로 대체하면 문제해결이 가능해질 것이다. 나노제품에 사용되고 있는 나노소재 기술을 기능적인 측면에서 보면 기존 기능을 나노소재의 기능으로 보완 내지 상당한 수준으로 개선하는 단계인 나노 기능 활용(nano-enabled) 단계에 해당한다. 기존 공정(마이크



론 공정을 크게 바꿀 필요가 없으므로 쉽게 채택할 수 있기 때문이다. 이러한 nano-enabled 제품의 단계는 다음 단계인 나노소재의 특수한 기능을 살린 제품디자인, 나노소재의 제품화에 필요한 공정이 개발되어 나노기능을 직접 이용하는 단계(nano-dominated)로 옮겨갈 전망이다. 예를 들어 나노입자의 특성을 그대로 살리는 제품을 제조하기 위해서는 나노입자를 응집되지 않게 고밀도로 분산시킬 수 있는 공정기술을 개발하여야 한다. 이러한 기술로 열리게 될 새로운 시장의 예로는 나노양자점을 이용한 위조방지 인쇄, 나노입자를 이용한 암 정복(진단 및 치료) 등을 들 수 있다. Nano-dominated 제품이 본격적인 시장을 형성할 즈음에 나노산업이 성숙되는 시점이 될 것이다. 현재 GMR과 같이 nano-dominated 제품에 속하는 경우도 있지만 시장에 진출하고 있는 나노제품들의 대부분은 nano-enabled 성격의 제품들이다. 나노-마이크로 하이브리드 제품이라고 해도 좋을 것이다. 마이크로소재 기술에 나노소재 기술을 접목하는 것만으로도 300억 달러 이상의 시장이 창출되는 것은 나노소재의 기반성, 경제적 가치를 증명해주는 것이다. 나노소재의 채택이 가속화되고 nano-dominated 제품의 시장진입이 늘어남에 따라 시장은 급격히 팽창할 전망이다. DG Bark/BASF는 2010년 세계시장을 2,200억 유로로 예측하고 있다. 그 중 37%가 초박막 소재, 28%가 나노입자 및 나노복합소재, 22%가 평판 나노구조체이며 나머지가 나노구조체의 측정, 조정 및 표면공정이다. 예측하는 기편마다 큰 차이가 있긴 하지만 나노소재의 세계시장 규모가 급격히 팽창할 것이라는 데 이견이 없는 것 같다. 우리는 고도성장기 이후 신소재 문제로 쓰러진 경험을 해왔고 아직까지 그 그늘에서 벗어나지 못하고 있다. 2000~2006년 사이 누적 대일본 무역적자는 1,039억 달러이었으며 그 중 76.4%인 794억 달러를 부품·소재



가 차지하고 있다. 국가적인 신소재 개발 노력으로 전반적인 소재 수입액은 줄어들고 있지만 신제품 제조에 필요한 첨단소재의 해외 의존도는 여전히 높다. 나노산업 시대가 본격적으로 도래할 때 우리는 같은 실수를 반복하지 않아야 한다. 어느 시대를 불문하고 소재기술은 그 당시 산업의 바탕이었다는 점과 나노산업 시대 역시 예외일 수는 없다는 점을 잊지 말아야 한다. 부품소재 산업에서 겪었던 애로를 나노산업 시대에서는 되풀이하지 않기 위하여 원천·나노소재 기술을 확보하는데 주력할 필요가 있다. 원천·나노소재 기술과 함께 간과하지 말아야 할 점은 소재공정 기술의 중요성이다. 소재공정이 중요한 이유는 이미 알고 있는 소재의 기능도 나노공정(나노구조화)을 거침에 따라 새로운 물성을 나타내기 때문에 공정기술인 동시에 원천·나노소재의 특성을 갖기 때문이다. 이러한 이유 때문에 (나노분말소재의 특허법 분석에 의하면) 선진국의 주요 업체들이 분산 공정, 코팅공정 등 다양한 나노분말 소재공정에 관한 특허를 우리나라에 출원하고 있다. 나노소재 기술은 현재 나노기술의 산업화를 주도하고 있다. 이미 나노산업 시대의 기반으로서의 첨병역할을 하고 있는 셈이다. 국내에서 발표되고 있는 나노제품 통계를 보면 나노소재 분야가 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 소재(기반)를 든든히 한다는 점에서 매우 고무적인 일이다. 나노바이오 소재, 나노약물 등 나노소재 기반의 우수한 성과들이 발표되고 있어서 우리의 전망을 매우 밝게 하고 있다. 우리의 강점인 정밀공정 기술과 접목되어 세계적인 산업적 성과가 많이 나타날 것 기대한다. 



## 나노 융합기술 R&D 및 산업화

기존 기술의 한계를 극복하기 위한 대안으로 1990년도 말부터 나노기술(NT)은 그 대안으로 제시되었다. 최근 전 세계 60여개국 이상의 나라에서는 나노기술 개발과 나노기술을 산업에 접목시키기 위해 다양한 노력들이 활발히 전개되고 있는 상황이다. 우리는 여기서 나노기술의 산업화 관점에서 몇 가지 질문을 던져 본다. 나노기술(NT)은 과연 어떤 형태로, 어디까지 발전할 것인가? 우리는 무엇을 하였으며 어떻게 대응해야 하는가? 나노기술(NT) 부문에서 최근의 이슈는 무엇인가? 등의 본질적 질문에 대해 본지에서는 조명해보도록 하겠다.

## 나노 바이오 기술 R&D 및 산업화

서울대학교 박영준 교수

### 1. 바이오 의료와 에너지 혁명

가. 바이오 의료는 인간 수명을 연장하는, 에너지는 인간 생존의 보장하는 두개의 축

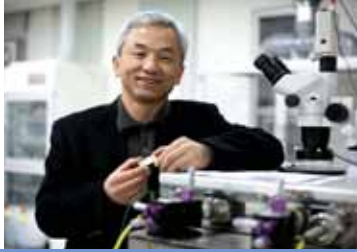
20세기가 반도체를 중심으로 하는 정보혁명의 시기였다면, 21세기는 나노, 물질의 혁명에 기초한 바이오 의료혁명의 시대라고 한다. 단순한 과학과 기술의 진전 뿐만 아니고, 빠르게 늘고 있는 고령화 인구의 증가와 이들이 건강과 생명 연장에 투자할 수 있는 능력이 증가하고 있다는 점을 고려한 것이다. 필자는 여기에 에너지 혁명의 시대를 같이 고려해야 한다고 주장한다. 아시아를 중심으로 하는 전 세계적인 산업화가 에너지 고갈과 CO<sub>2</sub> 배출에 의한 온난화로 대변되는 환경문제를 야기하고 있으며, 이러한 범 지구적인 문제가 인류의 지속 가능성을 위한 다른 혁명을 요구하기 때문이다. 이러한 과학기술의 변화와 함께 인간의 삶의 변화, 자본주의 시장경제의 수정을 요구할 지도 모른다. 수도를 틀면 물이 나오듯이, 우리에게 '틀기만 하면' 에너지를 무한정 쓸 수 있다는 습관이 붙어 있다. 산업혁명 이후, 약 300년 된 서구 자본주의가 가져다 준 습관 때문이다. 출퇴근을 수십 km를 예상로 하는 교통 체계를 만든 미국을 예를 들 필요가 없이 지난 한세대 동안 우리나라의 에너지 소비 또한 눈부실 만큼 증가하고 있다. 그러나 최근 유가 폭등에서 볼 수 있듯이, 비록 단기적으로는 투기 세력의 개입 요인이 있다하더라도, 메가 트렌드는 고유가 시대를 향해가고 있다. 이러한 환경에서 과연 틀면 나오는 습관에 의존하는 자본주의 경제가 계속 지속되어 나갈 것인가가 인류가 직면하고 있는 가장 큰 숙제이다. 바이오 퓨얼 등, 청정 에너지로 인식되고 있는 신에너지 혁명이 지구의 에너지, 생태계를 어떻게 변화시킬지는 확실하지 않다. 예를 들어, 배출되는 CO<sub>2</sub>를 미생물에게 투입해서 CO<sub>2</sub> trapping 하거나, 사용가능한 C와 O<sub>2</sub>로 분리하는 신개념이 지구의 환경 시스템을 어떻게 변화시킬지 모르기 때문이다. 다른 한편으로 과학의 발전 그리고 자본주의는 '인간의 수명 연장'을 큰 투자처로 만들려고 하고 있다. 인간의 욕망이 지향하는 투자처를 찾아서 끊임없이 진화하는 자본주의가 '바이오 의료 혁명'을 또 하나 성장 엔진으로 사용하고 있다. 그러나 이 두개의 상이해 보이는 과학 기술군이 같은 시각에서 보아야 한다는 점을 이해해야 한다. 에너지 혁명의 예고와 인간의 수명,



건강 증진을 추구하는 바이오의료 혁명이 기술적으로나, 인간의 윤리 및 가치관과 연관되어 있기 때문이다.

### 나. 나노 과학기술

이러한 관점에서 새로운 성장 엔진을 찾아야 하는 우리나라의 경우 유리한 관점에 서있다. 2001년 시작한 '나노 과학기술 특별법'에 기초해서, 현재 국민 1인 GNP당 나노분야 투자가 세계 5위 안에 드는 나라가 되었다. 그리고 다분야의 융합 그리고 응용에 따라서 융합이 다양하게 일어나고 있다. 또한 2007년 나노 코리아의 전상품목이 30% 이상 증가한 것에서 알 수 있듯이, 나노 기술을 이용한 산업화가 일어나기 시작하였다. 나노 과학기술의 가장



큰 특징은 '자기 조립'을 이용한 나노 크기의 물질의 특별한 특성들을 이용한 다는 점이다. 나노 크기이므로, 큰 스케일에서 나타나지 않았던 수 많은 특징들을 발견하고 이용하는 것이다. 대표적인 특징이 나노 크기의 입자(혹은 막대)가 가지는 큰 표면적 때문이다. 표면이 크므로, 금 색깔이 크기에 따라서 빨간 색으로 변한다든가, 빛, 혹은 전자기 방출 특성이 금의 표면에 붙어 있는 분자에 따라서 특별하게 변하는 특성을 이용해서 암 분자 탐색에 사용할 수도 있고, 여러 단백질을 다량으로 동시에 검출하는 시스템에 사용할 수 있다. 또한 나노 튜브의 전기, 열적 기계적인 특성이 특별해서 강도를 높이는 컴퍼지트 재료에 사용할 수 있다든가, 나노로 만들어진 타이타늄 산화 나노 알갱이가 광촉매 역할이 증대되어, 여러가지 태양전지나 화학공정에 사용할 수가 있다. 이러한 자기조립의 특성을 응용할 수 있는 분야는 참으로 무한하다고 할 수 있다. 이러한 과학 기술적인 토양에서 신에너지 정책과 바이오 의료혁명을 주도하는 것은 단순히 '상용화 요구'를 넘어서 국가의 미래, 그리고 인류의 미래를 결정할 정도로 중요한 과제이다.

## 2. 바이오 의료 혁명

### 가. 개인의료 시대의 도래(personalized medicine)

21세기 바이오 혁명은 '개인 의료 맞춤 시대'의 도래로 요약할 수 있다. 의료 행위는 크게 세가지, 즉 '예측, 진단, 치료'로 구성된다. 마치 일기예보처럼 우리의 경제 활동, 일상생활에 대비하듯이, 의료행위는 병인의 예측, 그리고 단기적인 진단, 그리고 치료에 의해서 구성된다. 청진기에 의한 의사의 아날로그적인 진단, 그리고 수 천 년된 맥박에 의한 동양의학의 예측 및 진단에 벗어나, 개인의 건강지표가 디지털 정보화 하면서, '정보의 공유'가 일어나기 시작했다. 앞으로 한 세대가 지나기 전에, 의사와 환자, 혹은 의사와 개인환자가 아날로그 같이 정보를 공유하면서, 가장 최적화된 치료 방법을 찾는 의료행위가 현재의 병원 내에서 그리고 슈퍼컴퓨터 환경 내에서 일어날 것이다. 이러한 환경의 변화의 한가운데 인간(아니 모든 생물)의 게놈 정보가 있다. SNR(한개 유전자 변위만 알아내면 모든 질병의 상관 관계를 알 것)이라는 예측과는 다르게, 게놈 자체에서도 구조적인 변화를 이해해야 질병을 포함한 인종간의 효소 변화(예를 들면 인종 간 녹말 효소의 차이, 알레르기 감수성 차

이)를 알 수 있다는 알게 되었다. 이러한 발견들에 의해서 인간 개개인(혹은 동·식물까지에도)의 게놈을싼 가격으로 읽어내는 필요성이 대두하게 되었다.

### 나. 1000\$ 게놈과 인터넷 회사의 참여

1000\$ 게놈읽기는 싸고 빠르게 약 40여개가 되는 유전 정보를 읽어내는 기술의 상징적인 단어이다. '1000\$ 게놈 프로젝트'는 개인의 유전 정보를 1000불 이내로 디지털 신호로 변환해 주는 비즈니스와 이 비즈니스에 의해서 발생할 수 있는 수 많은, 바이오 의학적, 그리고 사회정보의 변화를 나타내는 일종의 아이콘이다. 최근 구체적으로 등장하는 몇 개의 회사를 예를 들어보자. 999불에 60만 변이와 14개 질환 선조정보를 제공하는 23andMe, Inc(구글이 투자한 온라인 회사), 100만 변이와 17개 질환, 선조 정보를 제공하는 DeCodeMe, 그리고 금년부터 1만개 변이와 20개 질환연결을 연결하는 정보를 2500\$에 제공하겠다는 Affymetrix의 Navigenics회사를 들 수 있다. 물론 현재는 기술적인 장벽, 그리고 개인의 유전 정보의 보호, 그리고 이러한 유전 정보가 결혼 등 우성, 열성 정보로 활용될 수 있는 윤리적 문제 때문에 비교적 수면아래에 있기는 하지만, 인류의 역사에서 보아왔듯이 과학 혁명이 윤리적 문제 때문에 지연될 수는 있어도 중단되지는 않을 것이다.

### 다. 응용

가장 큰 응용은 인간 질병의 예방이다. 또한 암 진단과 치료, 건강 식품개발, 바이오 에너지 개발, 바이오 퓨얼 개발에 적용, 개인 암호, 개인별 인식에의 적용 등 분야는 무한대이다. 또한 한 앞에서 언급했듯이 쉽게 알아낸 개인의 유전 정보가 개인의 질병 예측을 넘어서, 성향에 의 광범위한 응용, 능력 심지어 유전적 우, 열을 탐색하는데 사용된다면 인류의 윤리적인 저항에 부딪히게 될 가능성 또한 크다.

### 라. 한국의 기회

중, 장기적(2050년)으로 볼 때, 한국이 바이오 혁명에서 상당 부분 주도권을 행사할 가능성이 크다. 여기에는 크게 지난 30년 반도체를 중심으로 하는 IT 주도권을 쥐는 과정에서 생긴 노하우와 인력, 그리고 자본, 둘째, 과거 50년간 축적된 생명과학, 의학 및 우수 인재의 축적 셋째, 아시아를 중심으로 하는 우수한 시장과 인프라가 있다는 점이다. 특히 최근 일고 있는 의·약학 분

야의 인재 쓸림이 역설적으로 우리나라 바이오 의료 분야를 선도 하는데 큰 장점으로 작용할 것이다. 따라서 이러한 강점을 현재의 좌표로 이용하고, 방향과 주변여건(특히 R&D 분야에서의 선진국과 비즈니스 전략과 IP)을 이용한다면 바이오 혁명을 주도하든지, 아니면 상당한 부분의 주도권을 행사할 수 있을 것이다.



### 3. 에너지 혁명

최근 배럴 당 200\$로 대변되는 에너지 위기가 실제 우리 경제를 압박하고 있다. 에너지 위기를 극복하기 위한 모델로 유럽 모델을 고려할 필요가 있다.

#### 가. 태양 전지

실리콘 물질에 기반하는 실리콘 베이스 태양 전지와 박막형 태양 전지 두 분야 모두 한국이 주도권을 쥐게 될 것이다. 현재 투자에 있어서 세계 5위권을 달리고 있는 것을 보면 쉽게 예측할 수 있다. 특히 박막형 태양 전지 분야는 TV 등 모니터에서 사용되는 LCD 기술 및 장비와 상당 부분 유사하므로, 감가상각이 끝난 장비를 태양전지로 전환함으로써, 주도권을 행사할 수 있는 가능성이 크다. 또한 非반도체 분야인 값싼 유기물질로 만든 태양전지의 효율 증가, 그리고 다량 생산기술을 나노물질이나, 소자원리로 구현할 수 있다면, 태양전지를 장착한 비닐에 응용, 비닐 농업 생산 뿐만 아니라, 건물, 자동차 등에 광범위하게 사용될 수 있을 것이다.

#### 나. 바이오 퓨얼(바이오 메탄올)

최근 바이오 퓨얼, 즉 옥수수 등에서 채취하는 바이오 연료가 역으로 식량 문제를 더욱 크게 하는 어려움이 지적된 바 있다. 그러나 식량원을 사용하는 대신, 줄기 등, 바이오 쓰레기를 이용하는 기술들이 미래 방향이 될 것이다. 특히 CO<sub>2</sub> 등 산업 폐기물을 광 에너지 등을 이용해서 다시 쓸모 있는 탄소와 산소로 분해하는 미생물 기술이 속속 등장하고 있다. 나노 기술을 이용한 분해 효율의 증대, 광 수집 능력의 확대 등이 기대되는 분야이다.

#### 다. 에너지 그리드

현재 석유를 중심으로 하는 산업 그리고 조세체제를 서서히 체계적으로 개선하는 작업이 필요하다. 특히 수소나, 가스 등을 통한 공급 체계, 특히 자동차의 에너지 공급 체계를 서서히 新에너지 체계로 전환해 나가기 위한 신에너지 그리드 정책을 추진할 필요가 있다. 이를 '국가 신에너지 그리드 이니셔티브'로 이름 지을 수 있다. 국가 신에너지 그리드 이니셔티브는 비 석유 에너지의 공급 방안(수소, 도시가스의 수소 변환, 저장)등을 포괄적으로 다루어야 한다. 특히, 건물의 벽면 등에 태양전지 물질을 채택해서 건물자체

가 에너지를 만들어 내고 축적, 재사용하는 포괄적인 생태계를 구축할 수가 있다. 우리나라와 같이 에너지 공급 체계가 진행되는 중국, 러시아, 동남아 등을 잠재 시장으로 가지고 있다. 그리고 건설 산업기반과 IT기반을 가지고 있으므로, 큰 가능성이 있다.

### 4. 상용화를 넘어서 혁명을 주도(Leverage의 확보)


#### 가. 의료 테스트 베드를 도입

고령화 사회에서 초래되는 의료비의 상승은 양날의 칼과 같이 의료 산업의 촉진제 역할과 동시에 국민 가계에 부담을 준다. 미국의 NIH 보고서의 중요 제안에서는 '의료 테스트 베드 도입을 추진하고 있다. 타 분야에 비해서 의료 분야의 IT를 비롯한 신기술 도입이 느리다는 문제를 지적하고 있다. 의료 분야의 신기술 도입의 지체는 의료 시스템의 법적, 제도적인 측면과 상관관계가 있다. NIH가 추천하는 21세기형, 의료 테스트 베드는 전자, 표준화 도입, 의료 연구의 국제적인 협력을 위한 파일럿 프로그램의 도입, 그리고 구매 효율화 시스템 도입을 권장하고 있다. 이러한 예는 우리에게 많은 시사점을 주고 있다. 한국형 의료 테스트 베드는 현재 의료 보험제도의 21세기형 전환을 위한 '장기 선진 의료 프론티어 합약체 구성', 그리고 합약체의 장기적 R&D정책, 그리고 병원 및 FDA에의 검증 등을 통한 시장 개척 등을 포함할 수 있다.

#### 나. 에너지 아이콘을 도입

에너지 특별법으로 에너지, CO<sub>2</sub> 절감을 국가적 아젠다로 설정하기를 추천한다. 예를 들면, 에너지 아이콘 제도를 도입, 에너지를 절감하거나, CO<sub>2</sub> 절감 혹은 감소를 초래하는 기술, 장비, 생필품에는 아이콘 표시와 함께, 세제 혜택, 국가 조달에 혜택을 주는 제도를 마련할 수 있다. 마치 KS 표준제도를 도입함으로써 한국의 제조기술을 한단계 끌어올린 것과 마찬가지로 효과를 노릴 수 있을 것이다.

#### 다. 국가 R&D정책을 상용화보다는 미래 혁명 주도로를 비전으로

원천기술을 '상용화'하는 비전은 당연히 국가의 지속적인 성장동력을 확보하기 위해서 필요한 아젠다이다. 그러나 국민에게 미래 비전을 제시하는 국가 R&D정책으로는 충분하지 못하다. 차라리 '상용화'보다는 미래 에너지, 혹은 바이오 의료 분야의 혁명을 주도할 수 있는 '아이콘'을 비전으로 제시하는 것이 좋다. 국가 R&D 정책 역시 '핵심 역량'을 개척, 개발하는 방향으로 역량을 집중하고 이 핵심 역량들이 사회, 인류, 그리고 경제 시장으로 연결될 수 있는 '생태계' 조성에 집중하도록 한다. 국가적 R&D 생태계 조성으로 핵심 기술군의 확보, 핵심역량을 중심으로 하는 기술간 합종, 기술-마케팅, 기술-자본 Alliances가 비교적 쉽게 일어날 수 있도록 하는 정부의 지배구조를 합리적으로 만드는 것이 시급하다. 원천 핵심 역량을 조성하는 섹터별 구성으로는, 대학에서는 원천 과학기술의 발명 및 개발, 국책 연구소에서는 산업화를 위한 스케일링 기술, 그리고 응용기술, 그리고 대단위 국가 기반 기술에 집중하는 것이 바람직하다. 그리고 대학 및 국책연구소를 중심으로 주위에 원천기술-산업화 클러스터를 조성하는 것이 필요하다. 현재 국가에서 진행되어 온, 산업화 클러스터의 획기적인 전기 마련을 위해서, IP, 마케팅, 자본의 유입 제도의 개선, 표준화 주도, 외국과의 연계를 원활하게 할 수 있는 투자와 인력 집중, 심지어 특별구를 마련할 수 있다. 



# 나노 과학기술 사업화와 新성장동력

효성기술원 성장모 원장

.....



최근 들어 한국의 미래경쟁력을 위하여 신성장 동력을 찾고자 하는 노력이 상당히 강조되고 있으며 나노과학기술이 부품소재분야에서 신성장동력 산업의 중요한 역할을 담당하고 있음을 알 수 있다. 특정 기술이 신성장 동력산업으로 꽃 피우기 위하여 선정되기 위한 기준을 살펴보면, 막연한 정보보다는 구체적 목표 산

업이나 시장이 정의되어야 하며 미래 시장규모가 상대적으로 클수록 가능성이 높다. 그리고 기술자립의 중요성이 커야 하는 이유는 선진국이나 중국 같은 국가 경쟁시장에서 차별화를 가지는 것이 신성장 동력산업에서 필수적이기 때문이다. 이러한 특성의 나노기반기술은 사업화 및 상품화 수요 가능성이 높으며 창의적인 시장창출을 리드 할 수 있고 고용창출과 부가가치가 높은 경쟁력 있는 신산업으로 탄생할 것이다. 이러한 관점으로 나노과학 기술의 사업화 조건과 신성장동력에 미치는 영향을 선진국의 경우에 비추어 살펴보고 한국의 미래 나노산업에 대한 전략을 함께 생각해 보고자한다. 2000년 이후 시작된 나노기술 재료분야에 대한 국가적 투자는 미국, 유럽, 아시아, 일본을 중심으로 민간 투자를 포함해 2007년까지 10조원 이상이며 지속적인 투자가 이루어지고 있다고 한다. 나노 과학기술은 거의 모든 제조업 영역을 망라해도 좋을 만큼 융합기술로 채택될 새로운 소재, 부품, 프로세스, 디바이스의 신산업과 사업화가 창출되는 것으로 인정받고 있다. 일본에서는 지난 7년 동안 국가중점투자 5개중의 하나로 나노기술을 중시하였는데 이제는 투자효과를 검증하고 나노기술 산업창출에 대한 국제적 대안을 찾고자 노력하고 있으며 한국

〈표〉에서 나타난 바와 같이 1996년부터 2006년까지 미국에서 새롭게 생성된 나노벤처 회사는 230여개이며 이를 뒷받침하는 벤처캐피털이 60여개가 존재하는 미국만의 특이한 민간 중심의 나노기술 산업화초기를 엿볼 수 있다. 투자비용을 살펴보면 1조 3천억원 정도의 순수한 벤처캐피털 투자가 된 것은 특이하며 이를 우리는 심각히 받아들이고 배워야 할 점이다. 왜냐하면 이러한 추세는 미국의 실리콘 밸리나 보스턴 128산업도로에서 벤처캐피털 중심으로 IT 관련 소프트웨어와 하드웨어, 바이오 신산업이 창출되던 성공역사가 있었으므로 나노기술이 새로운 산업으로 부상하는 필수적 조건이라 할 수 있겠다.



도 거의 비슷한 고민을 하고 있을 것이다. 일본 정부는 재료과학, 물리학, 소재산업에서의 글로벌 경쟁력을 바탕으로 나노기술 소재분야에서 세계를 선도하고 있다고 평가하지만 미국이나 유럽보다 사업화, 장기적 전략 (표준화 등)과 구체적 산업 시나리오가 부족하다고 보고하였다.

Table III-1. New nanotechnology-based firms and venture capital investment (1995-2006) by state,<sup>1</sup>

State	New nano firms	with VC	Sum of VC to nano firms (in million \$)
Alabama	2	0	0
Arizona	5	1	40
Arkansas	2	0	0
California	43	13	447
Colorado	6	1	32
Connecticut	2	0	0
Delaware	1	0	0
Florida	7	1	4
Georgia	2	2	41
Illinois	6	6	54
Iowa	1	1	2
Kansas	2	0	0
Kentucky	1	0	0
Maryland	3	1	11
Massachusetts	25	7	244
Michigan	12	2	27
Minnesota	7	2	5
Missouri	5	1	20
New Jersey	7	2	50
New Mexico	10	2	48
New York	13	2	37
North Carolina	5	2	8
Ohio	5	1	18
Oklahoma	3	0	0
Pennsylvania	12	4	87
Rhode Island	2	0	0
Tennessee	6	0	0
Texas	17	4	91
Utah	1	0	0
Virginia	7	0	0
Washington	2	2	10
Wisconsin	4	3	38
Wyoming	2	0	0
Total	230	80	1324

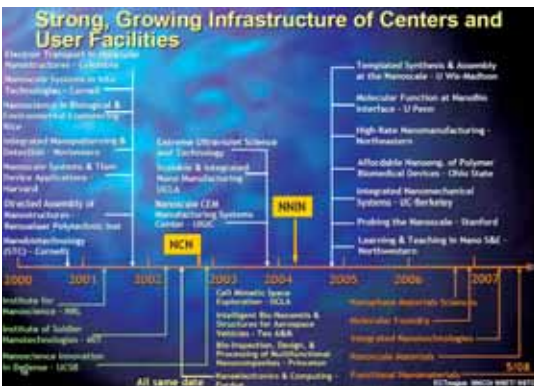
〈표1〉 미국 각주에서 나노기술에 투자한 벤처 캐피털회사와 생성된 나노관련회사 리스트 (1995년-2006년)

2008년 5월에 발표된 미국의 국가과학기술위원회 보고서 “미래의 제조업”에서 미국정부는 나노기술에 기반을 두고, 미국의 미래 제조업을 어떻게 탈바꿈시켜 글로벌 표준화를 통하여 차세대 제조업을 미국 중심으로 재편하겠다는 야심찬 목표를 발표하였다. 이 내용은 나노기술 사업화를 성공적으로 추구하는 우리에게 시사하는 바가 크므로 간략히 요약하고자 한다.

특히 2번째의 나노 매뉴팩처링은 지난 5-6년간 꾸준히 <표>에 나타난 바와 같이 범국가적으로 선택과 집중을 통하여 대학과 국가출연연구기관중심의 센터를 조성하여 연구개발에 투자를 해 온 결과이다. 이제는 이러한 인프라를 기반으로 미국의 중소대기업의 참여를 유도하여 세계적 표준을 가진 나노 제조산업을 리드하고자 하는 것이 목표이다.

국가과학기술위원회에서는 연구개발을 통하여 3가지 부문의 미래제조업을 육성한다는 의지를 밝히고 있다

- 01 | 미래의 수소경제 사회를 이끌어 갈 수 있는 수소기술을 위한 제조업 연구개발
- 02 | 나노스케일의 소재, 부품, 시스템 등을 수용할 수 있으며 유연성, 신뢰성 있는 대량생산능력을 갖춘 나노 매뉴팩처링 연구개발
- 03 | 혁신적인 제품과 프로세스를 통하여 신속하고 비용예측 가능한 제조업 기술개발을 주도하는 인텔리전트 종합 제조업 연구개발을 제시하고 있다



<표> 지난 8년간 투자된 미국의 나노과학기술 관련 연구센터 체계

미국 대통령 직속 美경쟁력 강화위원회는 2006년에 발표하기를 제조업기반의 미래 경제사회를 건설하기 위해 기반기술과 세계적수준의 제조업 장차개발에 투자하기로 결정하였고 136조원 연구개발 기금 중, 27조원은 기반기술, 또 다른 27조원은 응용기술, 76조원은 개발비용, 4조 5천억원은 연구시설과 제조장치에 투자되었다고 보고하였다. 이에 따라 민간부문에서는 212조원의 투자, 대학과 비영리기관에서는 20조원의 투자가 이루어졌다.

미래의 제조업 근간이 되는 나노제조업을 어떤 방향으로 리드할 것이며 어떠한 문제점들이 대두될 것인가? 이에 대한 국가과학기술위원회 보고서는 아래의 몇가지로 요약이 된다.

- 01 | 미래의 나노제조업은 어떤 형태로 발전될 것이며 이를 창조하기위하여 어떤 과정을 거치는 지, 그리고 최종 나노제조업은 어떻게 형성될지 예측을 해보자.
- 02 | 이러한 미래의 나노제조업은 현재의 제조업기반에 프로세스, 시스템 측면에서 어떻게 영향을 끼칠 것인가?
- 03 | 새로운 나노제조업을 성공적으로 이끌기 위해 필요한 인력의 기술적 스킬은 무엇이며 이를 위한 교육적 인프라는 어떻게 구성해야 하는가?
- 04 | 나노제조업에 기반을 둔 회사의 미래 모습은 어느 정도 크기이며 각 산업분야에서 분포는 어떠한 형태로 이루어질까?
- 05 | 나노제조업의 목표는 저가 다량생산과 고가 소량생산인데 새로운 산업은 이를 수용하기위해 변환이 유연성 있게 될 수 있을까?
- 06 | 나노스케일의 나노제조업에 따른 환경문제를 어떻게 정의를 내리고 대처할 것인가?

궁극적으로 새로운 나노제조업을 창조하여 어떠한 혜택을 볼 수 있으며 최적화 과정을 거쳐 어떻게 정착할 수 있는 가라는 근본적인 질문을 던지고 있다. 그러나 이 보고서는 미래의 나노



제조업 사업화에 대한 자신감을 가지고 특히 국제 표준화를 강조하고 있다. 나노제조업이 글로벌하게 성공하기 위해서는 소

재의 표준화, 합성, 분석, 정보관리, 커뮤니케이션의 표준화에 대해 지금부터 미국 주도로 추진해야 함을 적극적으로 표명하고 있다. 그리하여 연구원, 제조업자, 소비자가 모두 유연성 있고 신뢰성 있는 화학적, 물리적, 생물학적 특성을

Electrical and Electronics Engineers (IEEE), the American Society for Testing and Materials (ASTM) International 등의 기관을 중심으로 국가적 차원에서 표준화를 진행하고 있다. 한편 민간부문에서는 Du Pont, P&G, Donaldson 등 대기업 중심의 나노기술 융합에 의한 신제품이 제4세대 연구개발 방식인 네트워크 연구 또는 Connect & Develop 방식으로 활발하게 산업간, 산학연간 등으로 융합되고 있음을 주시해야 할 것이다. (표3 참조)

결론적으로 한국의 미래 나노기술 사업화와 나노제조업 성공 전략은 무엇일까? 최근 정부 중심으로 추진하고 있는 신성장동력 산업목표는 CNT기반 복합소재/융합부품, 나노계측/공정 장비, 나노코팅/나노필름 등으로 제안하고 있는데 이들을 타산업과의 연계, 글로벌시장을 기본으로 한 사업화 방향으로 리드해야 할 것이다. 가장 중요한 실행 성공전략 중 하나는 벤


〈표3〉 제4세대 연구개발 방식인 P&G 회사의 연구개발 모델인 Connect & Develop 방식을 설명함 (Harvard Business Review, 2007)

### Connect + Develop

	Vision	Previous
Scope	- Acquire 50% of ideas externally	< 25% of Innovation Externally Sourced
Focus	- Ready-to-Go Technology - Ready-to-Go Products - Disruptive Technologies - Commercial Connections	Mostly Technology Leads That We Reduce to Practice
Culture	- Open innovation : Maintain internal mastery, but internal and external ideas compete	Culture Rewarded Internal Innovation
Knowledge	- Manage Know-How and Know-Who	Manage Know-How
Rewards	- Shared Risk/Reward Agreements with external sources	P&G Pays and Owns Everything
P&G Intellectual Property	- License, Sell, and Donate Where Appropriate	Keep It Within P&G

Figure 1. Procter & Gamble is shifting an increasing of its R&D into the external, virtual world.

자유로이 비교할 수 있는 표준화를 제시하고 있다. 그리고 디자인 엔지니어와 소비자는 동일한 표준화된 나노소재를 사용하고 응용하는 것이 필수적이라고 강조한다. 이러한 작업을 위해 이미 the International Organization for Standardization (ISO), the American National Standards Institute (ANSI), the American Society of Manufacturing Engineering (ASME), the Institute of

초기기업의 활성화와 중소·대기업의 적극적 참여유도를 위한 정책배려와 인프라가 될 것이다. 끝으로 미국이나 일본의 사례를 연구하여 미래 나노 제조업 기반을 위한 초등학교, 대학원의 일관성 있는 교육과정, 교육자/테크니션을 위한 교육, 나노과학기술의 신성장동력 산업화 가능성에 대한 일반 국민의 호응을 얻을 수 있는 과학문화운동이 정책적으로 수립 시행되어야 할 것이다. 



## 나노융합기술 R&D 및 산업화

나노소재특화팩센터 고철기 대표

미래학자들이 나노융합기술에 주목하고 있다. 그 기반이 되는 나노기술은 화학, 재료, 전자, 의학과 바이오산업 등 다양한 분야로 적용되고 있으며, 2015년의 관련시장 규모는 1조 달러를 넘어설 것으로 전망 된다<sup>1)</sup>. 나노기술이 새로운 성장동력으로써 미래의 기술간 융합화를 주도하고 현재까지의 과학기술적 한계를 극복하는 해결책(Key) 역할을 맡게 되었다. 따라서 한 국가의 나노기술의 발전 정도에 따라 미래상품개발과 기업의 시장 주도권이 크게 좌우될 것이다. 미국의 경우 국립과학재단(National Science Foundation)의 2002년도 보고서에서 앞으로 20년간 추구해야 할 미래지향적 기술을 'NBIC 융합기술'이라고 정의하였다<sup>2)</sup>.

NBIC 융합기술은 나노기술(NT), 바이오기술(BT), 정보기술(IT) 그리고 인지과학기술(CS : Cognitive Science)의 융합을 말한다. 이러한 융합기술로 창출될 신산업 분야로는 크게 건강/의료 관련 나노 바이오 신산업, 유비쿼터스, 엔터테인먼트, 교육산업 그리고 에너지·환경(Green Nano Eco) 산업 등을 들 수 있다. 나노 바이오 신산업 중에서도 바이오 테크놀로지의 응용분야 중 헬스케어 분야가 차세대 기술의 핵심분야로 부상할 것으로 예측하고 있다. 이 분야가 발전하려면 먼저 나노, 바이오 분야의 기초 학문이 철저히 연구되고 이를 바탕으로 의료분야에 응용을 목적으로 한 연구가 뒤따라야 한다. 특히 의료분야 응용을 위해서는 연구개발에 엄격한 실험과 검증이 필요하므로 최소한 10년 이상을 계획하는 것이 보통이며 미국에서도 나노테크놀로지가 의료 분야에 응용되어 일반 임상에 쓰이기까지는 10년 이상이 걸릴 것이라고 한다<sup>3)</sup>. 유비쿼터스, 엔터테인먼트와 교육산업은 통신방송 융합 환경 하에서 동영상 및 음향 등을 제공하는 현재의 멀티미디어형 서비스가 가능하고, 유비쿼터스망에 연동되어 실시간으로 오감전달이 가능하여 직접 만나서 대화하는 것처럼 느끼는 '실감 통신' 인프라가 요구된다. 실감통신에 필요한 통신 인프라, 단말기 기술, 영상 및 체감소자 등에 나노융합기술이 소요될 것으로 예측된다. 에너지·환경 (Green Nano Eco) 산업은 국내에선 이미 대기업을 비롯한 많은 중소기업들이 태양광 발전 분야에 진출하거나 투자를 늘렸고 풍력발전 및 조류 발전 등을 위한 플랜트건설에 진출하겠다고 최근 밝힌 바 있다<sup>4)</sup>. 미래사회는 청정에너지인 수소 및 태양광을 연료로 쓰게 되면서 그린에너지 시대로 진입할 것으로 예측된다. 이러한 그린에너지 기술에는 그린 나노 융합기술이 핵심이며 그린 나노 융합기술이 빠르게 상용화되고 있어 기업 투자는 계속 늘어날 것으로 예측할 수 있다. 나노기술을 접목하여 부품소재의 국산화율을 10% 개선하여 휴대폰 같은 시스템의 국산화율을 높이는 산업은 나노융합기술을 IT와 접목한 사례로 볼 수 있다. 부품소재산업은 전체 산업 중 고용 유발효과가 가장 높은 산업으로 알려져 있다<sup>5)</sup>. 정보통신 부품소재 국산화율이 10% 개선되는 경우 한국경제의 성장률이 1.1% 높아지고 신규 고용인력이 21만명 발생한다고 2005년 한국은행 보고서는 밝히고 있다. 이와 같이 융합기술은 경제적인 측면에서도 중요하지만 유비쿼터스화, 에너지 소비의 효율화, 환경오염물질 배출 감소 등 미래사회의 변화에 대응할 수 있는 핵심 기반기술이자 사회기반기술로서 인간의 삶의 질 향상에도 기여할 것이다. 그렇다면, 우리가 이러한 나노융합기술의 산업화를 주도하고 세계적인 기술표준을 선도하면서 국제 경쟁력을 갖추기 위해서는 어떤 것들이 필요할까? 나노융합기술의 R&D 및 산업화 지원방안을 위하여 정부는 R&D 시스템을 성장 동력확보를 통한 경제성장과 고

1) "한국의 나노기술개발현황", 정성기 | KISTEP

2) NBIC 융합기술 : NT, BT, IT, CS의 융합(Cognitive Science) 인지신경과학, 인지심리학을 포함하는 인지과학 기술

3) "대전지역 바이오융합기술로드맵 최종연구보고서", 대전전략산업기획단

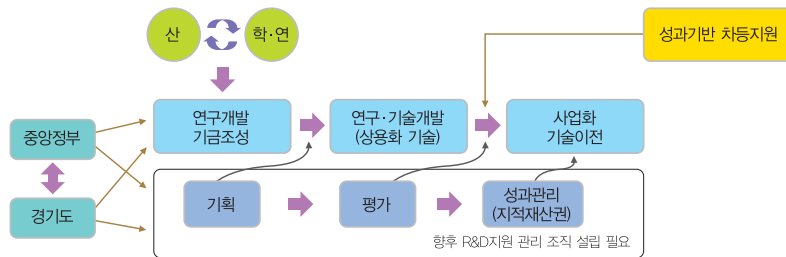
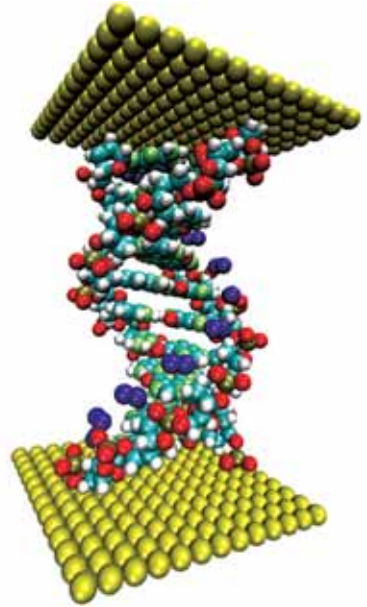
4) "태양전지, 경쟁 패러다임 바뀌는가" LG경제연구원

5) "나노테크 활용기술의 모든 것" 대영사, 2007

6) "경기도 첨단 R&D 육성 및 배치방안", 경기개발연구원




융합들에 기여하도록 전략기술개발을 중심으로 재편하고 특히 나노융합기술이 기존 산업구조를 고도화하고 새로운 산업을 창출하는 경제성장의 원동력(핵심요소)이라는 공감대 하에 관련 투자를 지속적으로 늘려가고 있는 추세이다. 현재 일반적으로 R&D 시책은 비교적 단기간 내에 다양한 분야에 걸친 사업을 추진해오고 있으나 분야별로 틀리지만 짧게는 3~5년, 길게는 5~10년 후에 연구개발 및 산업화를 통해 투자수익을 기대하는 것이 현실이다. 그러나 융합기술의 산업화가 단기간에 이뤄지기 어렵다는 사실은 쉽게 짐작된다. 실제로 많은 융합기술들이 개발됐지만 실제적인 제품이나 서비스로 완성되지 못하고 사라졌다. 무엇보다도 정부가 나노융합기술의 연구개발 및 산업화 지원을 위한 과감한 투자가 필요하다. 또한 전략산업 또는 지역 특화산업의 기술혁신 제고에 역량을 집중하고, 지역의 과학기술역량 강화를 위한 중앙 및 지방정부의 투자 협력이 반드시 필요하다. 또 하나의 공격적인 연구개발을 위한 융합기술의 산업화 핵심은 전문 인력양성이다. 융합기술은 단순한 기술의 조합이 아니기 때문에 여러 가지 학문의 지식을 수용하고 창의적인 사고를 통해 새로운 기술을 창조할 수 있는 고급 전문인력이 절실히 요구된다. 또한 융합기술에 대한 공감대 형성과 시너지 효과 창출을 위한 정부 각 부처 간 협의·조정·조정 필요성이 증대되고 있다. 21세기 융합시대에 지속적이고 국가 경쟁력 제고를 위해 필요한 범부처적인 융합기술의 정의 범위 주제별 역할 등에 대한 가이드라인이 필요하며 제도 확립이 시급히 요구되는 시점이다.



나노융합기술의 R&D 지원 시스템®



위에서 보는 것처럼 나노융합기술의 R&D 지원을 위해서는 중앙정부와 지방정부가 함께 연구개발 자금 조성을 위한 대출제도 지원이나 산업은행이나 신용보증재단 등의 국책은행을 통한 투자가 선행될 수 있는 지원시스템이 구축되어야 한다. 또한 상용화기술이 사업화되기 전에는 평가시스템 도입과 철저한 분석을 통해 신뢰가 가능하고 효율성이 있는 기업에 성과를 기반으로 하여 차등 지원되고 보다 많은 사람들이 혜택을 받을 수 있는 제도도 마련이 되어야 할 것이다. 지난 1990년대에 세계 메모리(DRAM) 시장 점유율이 50%에 육박하였던 일본이 투자를 주춤하고 있는 사이 선두를 우리나라에게 내어주고 현재 20% 수준에 머물고 있는 현실을 바라볼 때 투자 없이는 성과도 없다는 것을 잊지 말아야 할 것이다. 

# 나노융합기술 R&D 및 산업화, 나노임프린트(Nanoimprint) 기술을 중심으로...

한국기계연구원 나노기계연구본부 이용숙 본부장

## 1. 세계적으로 주목받는 '나노임프린트 기술'

산업기술의 발달에 따라, 생산기술은 초미세화, 초정밀화, 지능화, 융복합화 등으로 발전하고 있다. 특히 초미세화는 밀리미터크기에서 마이크로미터 더 나아가 나노급 형상구조물을 갖는 다양한 종류의 제품을 요구하기에 이르렀다. 나노기술이란 나노 크기( $\text{nm} \cdot 10^{-9}\text{m}$ ), 즉 10억분의 1m, 머리카락 굵기 10만분의 1 수준의 미시 세계에서 물질 현상을 규명하고, 구성 요소를 조작·제어해 기존 제품의 성능을 획기적으로 향상시키거나 기존에 없는 새 성능을 창출하는 기술이다. 세계적인 시장조사업체인 렉스리서치(Lux Research)사는 '나노 테크놀로지 가치 사슬 진단(Sizing Nanotechnology Value Chain)'이라는 보고를 통해 2014년 나노 기술 시장 규모를 2조6000억 달러(2400조원)로 전망했다. 반도체, 전자소재, 정보통신, 환경, 에너지 등 거의 모든 산업의 패러다임을 바꿀 것이란 예측이다. 하지만 나노 시장이 본격적으로 열리기 위해서는 기존의 기술을 기반으로 하여 융합된 나노 생산 기술이 있어야 한다. 융합기술이란 단순히 기술 간의 혼합이 아닌 첨단 기술 간의 융합으로 현재의 과학기술의 한계를 극복하고 나아가 커다란 시장을 형성할 수 있는 신산업 창조의 가능성이 보아야 의미가 있다. 그 대표적인 예로 나노 임프린트 기술을 들 수 있다. 일반적인 나노급 초미세 구조물의 생산 기술로서는 물리화학적인 에칭방법이나 레이저, FIB등의 고에너지원을 이용하는 방법이 있다. 나노임프린트 기술은 나노패턴의 금형을 이용한 성형기술로서 대량으로 값싸게 생산할 수 있으며, 이를 구현하기 위해서는 나노스케일에서의 물리현상을 고려한 재료기술, 스탬프(금형제작기술, 점착방지막기술, 에칭기술, 측정분

석기술이 필요하며 나노미터급 정밀제어기술은 필수적으로 기계, 전자, 재료, 물리, 화학기술의 융합기술이다. 따라서, 나노임프린트 리소그래피 기술은 차세대 나노공정기술의 근간이 되는 핵심 원천기술로서 2003년도국제반도체기술(ITRS) Roadmap에 차세대 노광기술로 등재된 세계적으로 주목받는 기술이다.

## 2. 노광공정기술을 대체할 나노임프린트 공정

나노임프린트 공정(nanoimprint lithography·NIL)기술은 현재 반도체 제조 공정의 표준 기술로 자리 잡은 노광공정(露光·optical)을 대체할 나노 응용 메모리, 차세대 디스플레이 제작의 핵심 기술로 떠오르고 있다. 고가의 칩뿐 아니라 휴대폰 센서 같이 가격이 저렴한 제품의 정밀도를 저렴한 가격에 획기적으로 증대시킬 것이란 기대를 모으고 있다. 분야를 가리지 않고 제조업 전반에 나노기술을 채용할 수 있게 되는 것이다. 미국 과학재단(NSF)은 "나노임프린트 기술은 10년 안에 3000억~3500억 달러 규모의 시장으로 성장할 것"이라고 밝혔다. 반도체 제조공정의 표준기술로 자리 잡은 노광공정 기술은 필름에 사진을 찍는 것과 같은 원리다. 반도체 재질 기판 위에 자외선에 반응하는 감광제를 입힌 다음 노광장비(스테퍼 또는 스캐너)를 통해 자외선을 조사하여 웨이퍼 위에 반도체 패턴을 만든다. 보통 볼펜으로 종이 위에 찍은 한 점 안에 50만개 이상의 트랜지스터를 넣을 수 있는 수준까지 발전했다. 하지만 노광 장비는 매우 고가이다. 삼성전자가 최근 수입한 노광 장비는 1대에 300억원이 넘는다. 반도체 라인 하나를 완성하려면 이런 장비가 보통 20대가 필요하다. 최소 6000억원이 노광장비 구입에 지출되는 셈이다. 현재 세계 반도체 제조장비 시장은 네덜란드 ASML, 디스플레이 제조 장비는 일본 캐논이 독주하고 있다. 노광 방식은 집적도를 높이는 데 근본적인 한계가 있다. 렌즈를 정밀하게 만드는 제조 기술의 한계가 있고, 자외선도 자체 파장을 가지고 있어 무한정 정밀도를 높이기 어렵다. 따라서 최근에는 공기보다 굴절률이 더 큰 물 등을 사용(액침공정)해 집적도(Half Pitch DRAM)를 45nm 수준으로 높이는 연구가 진행되고 있다. ASML과 캐논은 파장이 일반 자외선보다 적은 극(極)자외선(extreme ultraviolet·EUV)을 사용하는 공정을 개발하고 있다. 2010년 이후 채택될 전망이다. 32nm, 22nm 수준에 도전하고 있다. 하지만 노광 방식은 아무리 고가 장비를 써도 10nm의 수준에 도달





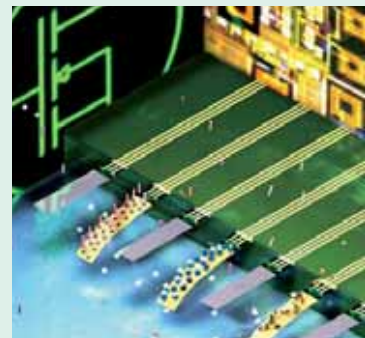
하기 어렵다. 파장을 갖는 자외선의 축소 또는 반사가 불가피해 웨이퍼에 찍히는 상(象)이 왜곡된다. 가격도 기하급수적으로 늘어난다. 193nm 수준의 장비는 대당 1000만 달러 수준이지만 물을 이용한 방식(액침 공정)은 3000만 달러, 극자외선 방식 장비는 6000만달러를 넘을 것으로 예상된다. 이런 비효율적인 면 이외에 기존의 노광 장비에서는 차세대 디스플레이나 바이오산업에서 요구되고 있는 곡면에 대한 패턴 성형이나 플렉시블한 다양한 기판에 적용이 불가능한 단점이 있다. 이런 한계를 단순히 넘어설 수 있는 가장 유력한 Next Generation Lithography 기술이 나노 임프린트 공정 기술이다. 나노 임프린트 기술은 1995년 미국 프린스턴대학 교수이자 나노텍스의 설립자인 Chou 교수가 전자광선을 이용해 일종의 스탬프(stamp)를 만든 다음 열을 가하면 변형 가능한 수지에 눌러본 결과 기존의 어떤 방식보다 정밀한 반도체를 만들 수 있다는 실험으로 발전하였다. 일종의 인장 반지(signet ring)와 비슷한 원리로 기판 위의 고분자 박막에 나노패턴의 스탬프를 놓고 압력을 가해 회로 패턴을 찍는 것이다. 당시 Chou 교수가 성공한 반도체의 집적도는 25nm 수준이었는데 현재 6nm 수준까지 끌어 내렸다. 나노 임프린트 방식은 복잡한 노광 부품이 필요 없고 집적도도 획기적으로 향상되는 장점이 있다. 종류는 크게 가열식과 자외선식으로 나뉜다. 가열식은 열 변형이 가능한 고분자 수지 표면을 고온에서 눌러 성형하는 방법으로 단층 구조물 패턴이 가능한 광학, 디스플레이, 바이오 제품에 주로 활용되고 있다. 자외선식은 저점성 광경화성(자외선을 쏘이

면 굳어지는 성질) 수지를 사용해 성형하는 방식이다. 상온과 1기압 정도의 저압에서 공정이 가능하기 때문에 대량 생산이 가능한 장점이 있다.

### 3. 기술력 향상과 산업화를 위한 연구소·대학·산업계 동향

서울대 이흥희 교수 등은 고분자의 free volume contraction과 소성변형만을 이용하여 상온에서 임프린트 할 수 있는 room-temperature imprint lithography와 capillary force lithography 기법을 제안하였다. 한국기계연구원(KMM)에서는 2003년 대면적 EPSElementwise patterned stamp를 사용한 저 진공/대기환경에서의 UV-NIL 공정을 제안한 바 있다. 특히 대기환경에서 EPS를 사용한 UV-NIL을 구현하기 위해 웨이퍼 척에서 균일한 압력을 부가할 수 있는 공정기술을 개발하였으며, 8인치 이상의 웨이퍼의 임프린트 공정을 구현하기 위해 대면적 스탬프를 사용한 step-and-repeat 기법을 개발하였다. 최근 Flat panel display 적용을 위한 2세대급의 유리 기판에 임프린트가 가능한 공정 기술을 개발하여 시험 평가 중이다. 국내 NIL 장비회사 중 하나인 NND(주)와 고려대 이현 교수 등은 임프린트 후 잔여층을 최소화 및 균일화할 수 있는 공정기술을 제안했으며, (주)휴먼은 롤 프레스 방식에 의한 임프린트 장비를 출시하였고,

ETRI, LG전자기술원 부산대 나노과학대에서는 thermal-type과 UV-type NIL공정을 사용한 광소자 및 부품 적용기술개발에 주력하고 있다. DMS와 ADP 엔지니어링 등의 국내 디스플레이 장비 회사에서 기존의 LCD 또는 OLED 생산에 임프린트 기술을 적용하려는 연구가 진행 중이다. Chou 교수 등은 2001년에는 새로운 개념의 NIL 기법인 laser-assisted direct imprint (LADI)을 개발하였다. 이 기법은 308nm 파장의 Single 20ns excimer laser를 사용하여 실리콘(silicon) 웨이퍼(wafer) 또는 웨이퍼 위에 코팅된 레지스트를 순간적으로 녹여 임프린트하는 방법이다. 이와 유사한 방식으로 고분자에 적용한 Nanosecond laser-assisted nanoimprint lithography (LA-NIL)에서는 고분자 레지스트에 100 nm 선 폭과 90 nm 깊이의 나노구조물을 임프린트 하였다. 2003년



nanoimprint and nanoprnt technology (NNT) conference에서는 5nm 라인과 14nm 피치를 구현한 결과를 제시하였다. 2004년에 미시간 대학의 Cheng 등은 combined nanoimprint and photo-lithography(CNP)를 제안했는데 이는 투명한 스탬프 표면에 선택적으로 metal 층을 남겨 동으로써 임프린트 후 노광과정을 거쳐 잔여층을 제거하거나 마이크로 크기의 패턴을 전사할 수 있는 기법이다. 일본은 2000년부터 연구결과가 발표되기 시작했는데 일본 동경과학대학의 Taniguchi 등은 다이아몬드 NIL을 제안하여 기존의 thermal-type NIL에서 Si 스탬프 대신 다이아몬드 스탬프를 사용함으로써 스탬프의 내구성을 크게





항상시켰으며, Igaku 등은 2002년 hydrogen silsequioxane(HSQ)을 레지스트로 사용한 상온 임프린트 기법을 제안하여 HSQ를 스핀코팅한 후 50~100°C로 prebaking하고 상온에서 1~40 Mpa의 가압력으로 임프린트를 수행하였고, 2004년 Hiroshima등은 UV 임프린트 공정과 같은 저압에서 발생하기 쉬운 기포들을 감소시키기 위해 저 증기압 (0.1056 Mpa at 23°C) 기체를 레지스트와 스탬프사이에 불어 넣는 방법을 이용하여 스탬프와 레지스트 사이에 채워진 저증기압 기체는 스탬프의 가압력에 의해 쉽게 액체상태로 바뀌면서 부피가 1/200로 줄어들어 기포발생에 의한 결함을 최소화하였다. 2000년부터 스웨덴의 Lund 대학, 스위스의 PSI, 독일의 Wuppertal 대학 등에서 다양한 연구결과들이 발표되기 시작하였다. Lund대학의 Heidari등은 thermal-type NIL기법을 사용하여 6inch 웨이퍼에 대한 100nm 선폭의 나노임프린트를 수행하였으며, PSI의 Heydermann 등과 Wuppertal 대학의 Schulz 등은 thermal-type NIL에서 고분자 레지스트의 흐름거동과 결함분석을 실험적으로 연구하

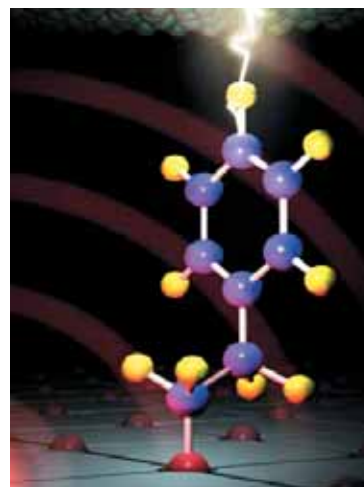
여 발표하였다. Wuppertal 대학과 Micro Resist Technology, EVGroup은 공동으로 EVGroup의 hot embossing system인 EV520HE 를 사용한 4인치 웨이퍼에 대한 나노임프린트 연구 결과를 EIPBN 2001과 SPIES Microlithography 2001에서 발표하였다.

#### 4. 나노임프린트 기술로 새로운 제품 시장 창출 기대

Business Communications사의 최근 보고서에 따르면, 나노패터닝 장비와 스탬프, 포토레지스트와 그 밖에 다른 재료시장이 2억 9천 2백 74만 달러에 이를 것으로 전망했다. 세계 패터닝 시장은 향후 5년 동안 44.6%의 연간 평균 성장률이 예상 되고, 나노 임프린트 기술은 전체 시장의 74%로 대부분을 차지하고 있으며, 2010년까지 84%에 이를 것으로 예상된다. Lithography 분야는 2013년 나노임프린트가 32nm half pitch DRAM에 적용 되면 그 파급효과는 매우 클 것으로 예상된다. 현재 디스플레이 관련 업체에서 차세대 디스플레이 또는 LCD 생산의 단가를 낮추기 위한 방법으로 임프린트 공정에 대한 연구가 진행 되고 있으며 향후 양산에 이와 같은 공정이 적용될 경우 BCC가 예상한 것 보다 더욱 큰 시장이 열릴 것으로 예상된다. 그 외에도 광학소자 및 patterned media와 같은 저장 매체에 대한 적용기술 연구가 활발히 진행되고 있어, 새로운 제품 시장의 창출될 것으로 예상되고 있다.

#### 5. 나노기술의 산업화를 위한 나노임프린트 기술개발의 향후 전략

일반적으로 연구결과가 바로 양산 공정에 적용되기 위해서는 연구 현장과 산업현장 간의 간격을 줄여 줄 수 있는 중간단계의 개발 과정이 더 필요하다. 예를 들면, 이론과 현실의 간격 Proto Type 장비와 Commercial Type 장비의 차이, 단독 공정개발과 전후 공정이 집적된 시스템기술과의 간격 등이다. 이 간격을 줄이기 위해서는 연구단계에서보다 더 많은 시간과 예산이 소요되므로 관심 있는 기업의 적극적인 참여가 필요하게 된다. 이러한 간격을 줄이기 위한 한국기계연구원의 전략을 소개한다.





### 1) 개발기술의 기술이전 및 보급

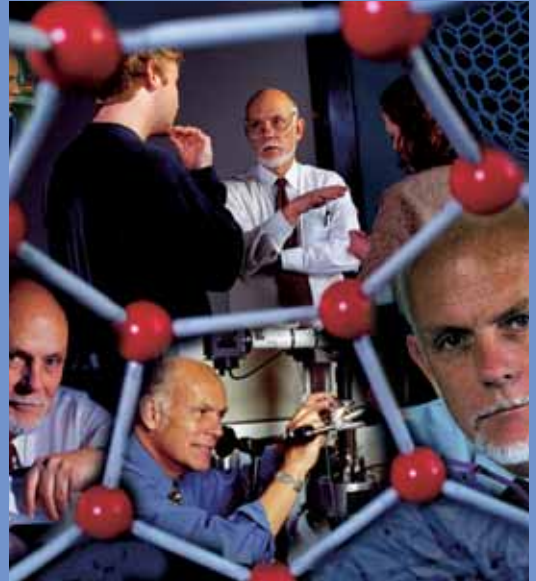
개발된 공정기술 구현에 필수적인 장비들을 국내 반도체 관련 3개 장비회사들로 기술 이전하여 2005년 11월말에 상용화하여 차세대 성장 동력 전시회에 출품하였고, 그 당시 출품된 기계는 다중패턴스탬프를 사용한 자외선 나노임프린트장비(비엔피 사이언스), 자외선 나노임프린트용 광경화 수지의 디스펜싱 장비(주)두리기술), 그리고 나노스탬프 표면 코팅장비(주)소코나) 등이다. 이러한 장비들은 실제 공정에서는 나노스탬프 표면 코팅 장비를 활용하여 소수성 표면 코팅을 한 스탬프 표면에 디스펜싱 장비를 사용하여 광경화 수지 액적을 도포한 후 자외선 나노임프린트장비에 장착하여 패턴을 수행하는 데 필수적인 장비이다. 그 외 부분기술 이전 및 공동연구과제 수행등 수요기업 확대에 노력하고 있다.

### 2) Nano Imprint Lithography Network 강화

현재 나노임프린트 공정의 핵심 요소기술인 스탬프 제작, 점착방지막처리, 레진 디스펜싱, 임프린트 시스템등의 관련 기술확보와 더불어 관련 기업의 발굴육성으로 기계연구원(KIMM)을 중심으로 한 NIL(Nano Imprint Lithography) Network을 구축하고 있다(그림). 이와 더불어 국내 4개기관 공동주최로 제1회 Asian Symposium for Nano Imprint Lithography (ASNIL2008)을 개최하였고, 향후 이를 기반으로 나노임프린트의 일관공정 기술확보로 세계 일류화 상품의 개발을 위한 고품격 연구를 수행해 나갈 계획이다. 특히, 대기업의 적극적인 참여 없이는 나노임프린트 기술의 양산적용기술 개발에 한계가 있으므로 관련기업과의 기술교류에 많은 힘을 쏟고있다.

### 3) 다양한 적용분야 발굴

나노임프린트 공정은 기존 노광 공정에 의한 마이크로/나노 패턴 형성에 비해 약 1/10 정도의 공정 비용이 소요되고, 특히 장비에 있어서 고가의 렌즈 및 광원 대신에 나노패턴이 형성된 스탬프만을 이용하여 직접성형을 수행하므로 장비 제작 단가를 크게 낮출 수 있다. 이런 비용적인 면 이외에 기존의 노광 장비에서는 수행이 불가능한 곡면에 대한 패턴 성형이나 플렉시블한 다양한 기판에 적용 가능한 장점이 있다. 이와 같은 장점에 비하여 단점으로 지적되는 부분은 임프린트 공정에서 스탬프와 기판이 직접적으로



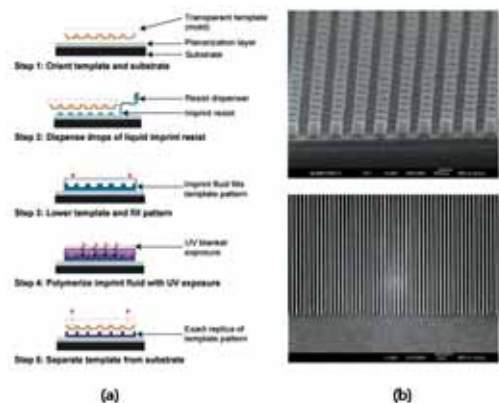
접촉을 함으로써 overlay 정렬에 어려운 점이 있으며, 노광 장비의 마스크에 해당하는 스탬프를 계속적으로 움직여 성형을 하므로 생산성 측면에서 노광장비에 미치지 못하고 있다. 이와 같은 단점은 지속적인 기술 발전으로 기존 노광 공정에 준하는 수준으로 발전 될 것으로 예상되며, overlay 정렬이 필요 없는 다양한 응용분야로의 적용분야 발굴을 위해 노력중이다.

	2004	2005	2010	AAGR 2005~2010
Nano-imprint	19,395	34,26	245.04	48.2
Scanning Probe	8,400	12,00	42,70	28.9
Nanostencil	0,000	0,00	0,00	—
Other	<0,100	<0,10	5,00	—
Total	27,795	46,26	292,74	44.6

〈참고 1〉 나노임프린트 시장 전망 by BCC inc. (\$ Millions)



〈그림 1〉 나노임프린트 리소그래피 Network (2006년도)



〈참고 2〉 나노임프린트 공정 및 결과 사진

## 정책동향

교육과학기술부, 지식경제부, 환경부, 농림수산업부, 보건복지가족부, 방위사업청 등 6개 부처가 참여한 '2008년도 나노기술발전실행계획'이 지난 4월 발표되었다. 본 실행계획에서는 2015년까지 나노기술 선진 3대국 진입이라는 비전을 가지고, 국가 나노기술의 개발 전략 강화, 나노 인프라의 활용성 증대 및 핵심 전문인력 양성, 창의적인 기초·원천기술개발 강화 및 나노기술 기반의 융합기술 연구개발 지원 확대, 나노기술에 대한 이해도 향상과 안전성 확보 등 4대 중점추진 방향을 설정하였다. 이와 관련, 2008년 나노기술발전 실행계획의 중점추진 방향과 부처별 중점추진 계획을 상세히 살펴보도록 하겠다.

### 01 | 국가 나노기술의 개발 전략 강화

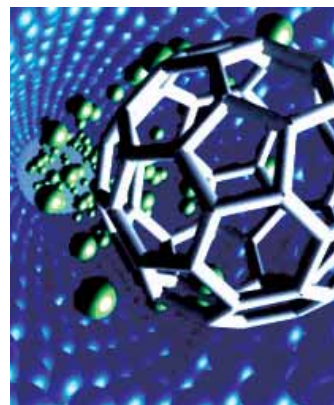
2020년까지 나노기술의 미래 발전경로를 예측하는 「국가 나노기술 지도」를 수립하여 향후 연구개발사업 추진에 전략적으로 활용하기로 하였다. 2006년 7월부터 90여명의 전문가가 참여하여 1년 6개월에 걸쳐 작성한 국가 나노기술 지도는 나노기술을 나노소재/환경/에너지, 나노소자, 나노바이오, 나노공정/장비/측정 등 4대 분야로 분류하여 세부기술 수준에서 2020년까지의 기술발전 경로를 예측하였으며, 이는 지난 4월 국가과학기술위원회에서 심의·확정되었다. 한편, 나노기술의 산업화 실태 및 애로요인을 조사·분석함으로써 제2기 나노기술산업화 전략을 수립하고, 이에 따라 나노기술의 산업화를 촉진하는 구체적인 방안들을 실천에 옮기기로 하였다. 또한 나노기술이 차세대 국방전력에 핵심적인 영향을 미칠 것으로 판단하여, 국방 나노기술 종합계획을 수립하고 국방 나노기술 확보를 위한 연구개발 사업비 투자를 확대하기로 하였으며, 첨단산업분야의 국가중점표준 및 소급성 확보를 위한 측정기술 개발을 추진하고, 나노물질의 안전성평가 기준 확립을 위한 측정기술개발연구를 본격적으로 추진하며, 나노 측정장비 및 소재에 대한 표준을 확보하는데 주력하기로 하였다.

## 02 | 나노 인프라의 활용성 증대 및 핵심 전문인력 양성

기 구축된 나노종합팩/특화팩을 수요자 관점에서 서비스 모델을 혁신하고, 재정건전성 확보 등 경영혁신방안을 적극 추진하고, 나노기술집적센터(포항, 광주, 전주) 및 나노부품 실용화 센터 구축을 완료하여 산업화 촉진의 인프라를 구축하며, 신규로 국방 나노응용 특화연구센터 설립을 추진하기로 하였다. 또한 나노기술 관련 정보지원을 강화하기 위해 나노기술정책 지원센터 등을 지정·추진하는 방안을 검토하기로 하였으며, 최신 나노기술정보 통합연구, 나노위클리 및 국가나노기술연감 등의 발간을 통한 정보공유를 촉진하기로 하였다. 한편, 나노기술지도에 따른 기술분야별 인력수급 현황을 분석함으로써 나노인력의 수급방안을 제시하기로 하였으며, BK21사업, 특성화 연구중심대학 육성 등을 통해 나노기술 분야 전문 인력 양성을 추진하고, 수요자 중심의 교육프로그램 개발 및 산업 현장인력에 대한 재교육을 실시하며, 나노기술 발전의 기반이 되는 나노 측정·분석 분야의 고급 전문인력을 양성하기로 하였다.

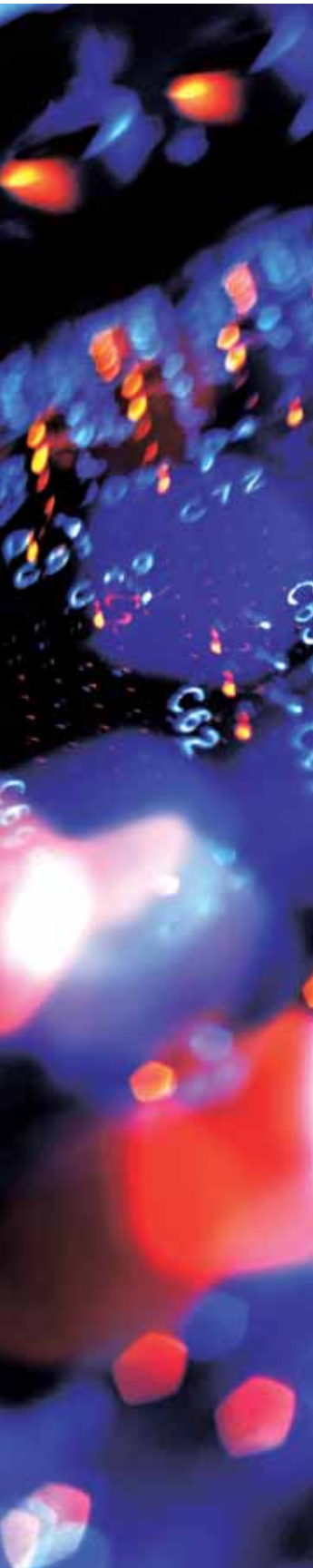
## 03 | 창의적인 기초·원천기술개발 강화 및 나노기술 기반의 융합 신기술 연구개발 지원 확대

나노기술개발사업 등 탐색적/발아형 기초·원천연구를 강화하여 나노기술을 기반으로 하는 핵심 원천기술 개발을 추진하며, 대학 중심의 창의적인 개인 및 소규모 기초연구 지원을 확대하기로 하였다. 한편 산업계의 수요를 반영한 수요지향적인 나노기반 전략기술개발사업을 추진할 예정이며, 공공적 수요에 대응하여 공공장소 유해 물질의 실시간 감지를 위한 초소형 환경 나노센서 개발 등 유망 환경기술 개발에 대한 지원을 확대할 예정이다. 또한 투자 위험도가 높은 혁신적 융합신기술(NT-IT, NT-BT 융합) 개발에 대한 지원을 확대할 예정이며, 미래 원천기술 확보를 목적으로 나노기반 융합신기술 분야의 미래유망 원천기술개발사업을 발굴·지원하는 체제를 구축하고자 한다. 특히 나노기술기반 이중 기술간 개방형 공동협력 연구 지원을 강화하기 위하여 융합 가능한 분야의 전문가 네트워킹을 활성화하고 공동협력 연구를 촉진하는 개방형 지원체계 확립하고, 다양한 분야의 전공자와 연구주체가 참여하는 나노기반 융합기술 공동협력연구에 대한 지원 강화하며, 글로벌 역량을 갖춘 나노기술인력 양성의 강화를 위해 국제적인 융합연구 프로그램의 참여 및 협력연구를 활성화하고자 한다.



### 나노기술에 대한 이해도 향상과 안전성 확보

나노기술 연구성과의 홍보 및 확산을 위하여 나노코리아(NANO KOREA) 2008 전시회 및 심포지엄을 8월 중에 개최할 예정이며, 나노바이오기술을 주제로 한 제5회 한미나노포럼 개최('08.4월, 제주도)를 지원하였다. 또한 나노교재 편찬을 지원하고 있으며, 나노기술 이해도를 대 학정규수업에 연계 실시하는 것을 지원할 예정이다. 한편 나노물질의 안전성 기반 구축을 위하여 국가연구개발사업 추진 시 나노기술영향평가를 확대 실시하는 방안을 추진할 예정이며, 의약품/식품/의료기기 등에 사용되는 나노물질의 독성평가 기술개발 및 안전관리 연구를 추진하기로 하였다. 또한 나노물질의 상품화를 대비한 독성평가기반을 사전에 구축하기 위한 구체적인 방안을 마련할 예정이며 OECD 나노작업반 등 국제활동에 적극 참여할 계획을 가지고 있다.



## »2008년도 투자계획

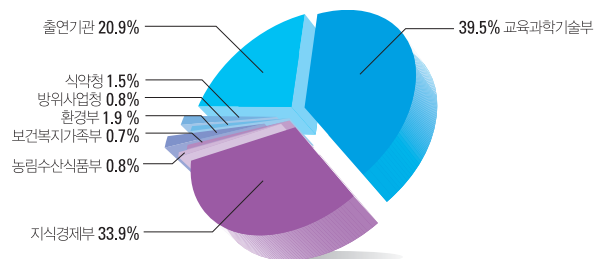
정부는 '08년도 나노기술 분야에 총 2,700억원을 투자할 계획을 수립하였는데, 이는 '07년도 2,814억원에 비해 4.0% 감소된 것으로 교육과학부의 특화팩센터 구축 사업이 종료된 것이 주된 감소 요인이 되었다. 투자 주체로 보면 교육과학기술부(1,067억원, 39.5%)와 지식경제부(916억원, 33.9%), 출연 연구기관(564억원, 20.9%) 순이며, 기타 부처가 차지하는 비중은 6% 수준에 불과하다.

### • 2008년도 정부투자 계획

( '08.3월 현재 단위: 백만원)

구 분	R&D	인프라	인력양성	계
교육과학기술부	87,578	5,500	13,596	106,674
지식경제부	64,475	25,668	1,417	91,560
농림수산식품부	2,108	100		2,208
보건복지가족부	1,910			1,910
환경부	5,000			5,000
방위사업청	2,278			2,278
식약청	4,000			4,000
출연기관	40,378	15,025	1,000	56,403
계	207,727	46,293	16,013	270,033

### • 기관별 투자계획

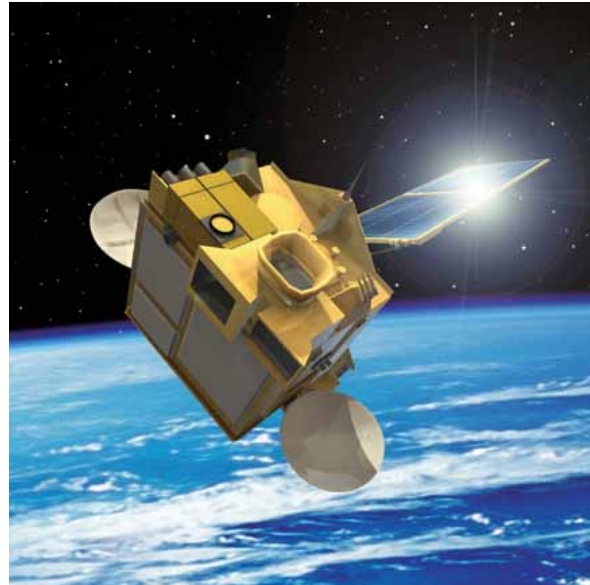


### • '07년도 실적 대비 '08년도 계획 비교

(단위: 백만원)

구 분	'07년 실적	'08년 계획	증감율
교육과학기술부	119,756	106,674	△10.9
지식경제부	95,611	91,560	△4.2
농림수산식품부	2,002	2,208	10.3
보건복지가족부	1,910	1,910	-
환경부	4,353	5,000	14.9
방위사업청	840	2,278	171.2
식약청	1,205	4,000	233.9
출연기관	55,702	56,403	1.3
계	281,379	270,033	△4.0



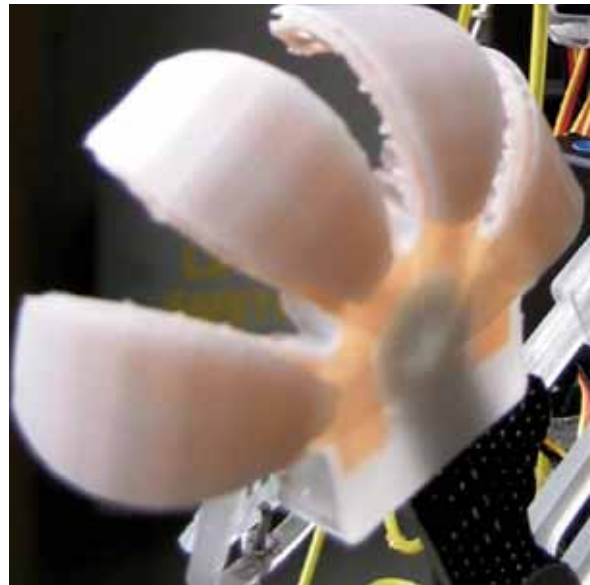


부문별로는, 연구개발에 2,077억원(76.9%), 인프라에 463억원 (17.1%), 인력양성에 160억원(6.0%)을 투자할 예정인데, 이는 전년 대비 각각 1.6% 증가, 24.1% 감소, 0.4% 증가한 것이다.


#### • 부문별 투자실적 및 계획

(단위: 억원)

구 분	'07년 실적	'08년 계획	증감율
R&D	2,044.7	2,077.3	1.6
인프라	609.6	462.9	△24.1
인력양성	159.4	160.1	0.4
계	2,813.7	2,700.3	△4.0



#### » 부처별 중점추진 계획

교육과학기술부에서는 나노소재, 테라급 나노소자, 나노메카트로닉스 등 21세기 프론티어 신기술분야의 전략적 개발을 지속적으로 추진하며, 미래기술 발굴을 위한 창의적·탐색형 핵심 원천기술개발 강화할 예정이다. 또한 나노기술 분야에 특성화 된 연구중심대학을 육성함으로써 미래 한국을 이끌어갈 핵심 고급 인력을 양성할 계획이다. 지식경제부에서는 산업계의 수요를 반영한 “나노기반 전략기술개발사업”과, 산업화 지원인프라를 활용한 현장 인력 양성사업을 추진할 예정이다. 또한 나노기술 산업화 실태 및 애로요인을 조사 분석함으로써 나노기술 산업화 촉진 방안을 도출할 계획을 가지고 있다. 그 밖에 식품의약품안전청에서는 나노물질의 상품화를 대비한 독성평가기반 사전 구축사업을, 환경부에서는 나노기술의 환경노출평가 및 안전성 확보기술 개발을 추진하고 있으며, 방위사업청에서는 국방나노기술 종합계획 수립을 추진 중이다. 



## 세메스(주)

### 기업소개



**기업명** 세메스(주)  
**대표이사** 이승환  
**설립일** 1993년 1월 4일  
**주소** 충남 천안시 직산읍 모시리 제4산업단지 8-2BL  
**직원수** 750명 이상  
**매출액** 3,014억원 (2007년 기준)

1993년 1월 충남 천안에 설립된 세메스는, 14년간의 짧은 연혁에도 불구하고, 반도체와 FPD 2개의 사업을 축으로 하는 명실상부한 종합 장비 메이커로 입지를 다져 왔다. 또한, 2004년 차세대 TFT LCD 장비생산을 목적으로 충남 아산에 제 3공장을 건설하였으며, 현재는 천안 제 4산업단지 내 약 3만평 부지에 통합 신공장을 건설, 글로벌 종합장비업체로의 도약을 준비하고 있다. 1998년 5천만불에서 2006년에는 2억 5천만불 규모의 매출을 달성함으로써, 연평균 22%의 높은 성장률을 기록하였고, 2015년에는 20억불 규모의 매출 달성을 통한 세계 Top 10의 초일류 장비 메이커로 도약을 위해 노력하고 있다. 세메스의 첨단 기술력과 독자 개발장비는 이미 고객으로부터 그 품질을 인정 받고 있으며, 이런 제품 경쟁력을 바탕으로, 사업영역을 해외 시장으로 점차 확장해 나가고 있다.



### 주요 생산품

#### Semiconductor Equipment

- 1) IRS (Single Wafer Wet Clean/Etch)
- 2) NANOSPIN (Photo Track)
- 3) EXPION (HDP-CVD System)
- 4) OPTIMUS (Oxide Etcher)

#### Flat Panel Display Equipment

- 1) Photo Full Line
- 2) Etcher/Stripper
- 3) Cleaner
- 4) Silicon Dispenser

#### New Technology

- 1) OLED Evaporation System
- 2) CNT Mass Production System
- 3) CNT PECVD System

### 나노관련 기술 · 제품 개발 및 연구동향

당사에서는 나노기술 관련하여 CNT 분말 대량 기상합성 장치(고정층/유동층 타입) 및 반도체/디스플레이용 기판합성장치를 개발 중에 있다. 고정층 대량 기상합성장치의 경우 다양한 촉매 및 공정기술을 확보하여 CNT의 직경 조절이 가능하며, 유동층 대량 기상합성장치의 경우는 수십 um의 촉매에 대해 유동매체 없이 유동화기술 및 연속 공정 구현을 위한 장비 개발을 완료하였으며, 이에 따른 MWNT의 합성 기술(년간 수십톤 규모) 및 직경조절에 초점을 맞추고 있으며, 응용처에 맞는 CNT 확보를 위해 국내 CNT 수요처와 평가를 지속적으로 추진하고 있다. 기판 합성장치의 경우 반도체 소자적용을 위해 저온 합성 및 나노패터닝에 적용 가능한 공정확보를 위해 연구 개발 중이다.

### 향후 사업계획 및 양산화 계획

현재 당사 장비의 사업화를 위해 국내 다수의 CNT 수요처와 소재 테스트 및 규격화를 진행하고 있으며, 1~2년내에 적용이 되며 수요가 증가할 것으로 판단된다.



## 대주전자재료(주)

### 기업소개

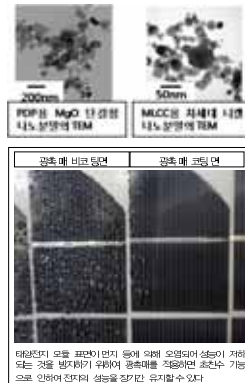
1981년 국내 최초의 전자재료 전문기업으로 설립되어 2004년 대주전자재료(주)로 코스닥에 상장되었으며, 현인원 160여명중 연구인력이 40%에 달하며, 매출액 약 420억원 대비 연구개발비용이 20%이상으로 연구개발에 전념하고 있다. 사업 초기에는 수동 칩부품에 적용되는 에폭시 도료 등을 주로 생산하였으며, 90년대에는 칩부품에 적용되는 금속분말 및 도전성 페이스트를 개발하여 그동안 수입에만 의존하던 고부가가치의 전자재료 양산에 성공하면서 본격적으로 전자재료 전문기업으로 기반을 다지게 되었다. 2000년대에는 디스플레이, 정보통신 산업의 급진장에 대응하여 디스플레이용 소재인 유리재료 및 EMI 차폐 도료의 국산화에 성공하였으며, 2002년 PDP용 격벽재료의 개발을 인정받아 대한민국 10대 신기술 대상을 받았다. 디스플레이용 재료의 개발범위를 확대하여 2008년에 단일 공장규모로는 세계 1위의 형광체 공장을 준공하였으며, 차세대 OLED 재료의 개발에도 박차를 가하고 있다. 21세기 국내·외 전자, 정보, 통신산업의 급격한 성장과 더불어 첨단 나노소재에 대한 수요도 다양하게 요구되고 있고, 본 사에서도 전자재료용 나노재료를 차세대 성장동력분야로 집중육성하고 있다. 특히, 기존 나노분말의 제조공정인 습식화학공정의 단점을 보완하기 위하여 첨단 기상합성공정을 도입하여 칩부품 및 디스플레이용 금속, 세라믹 나노분말을 연구개발하고 있으며, 전자재료 분야에서 세계 일류기업으로의 성장성을 인정받아 2007년 산자부 우수제조기술연구센터(센터명: 전자재료용 나노분말 우수제조기술연구센터)로 지정되었다.

### 주요 생산품 및 적용분야

- 금속 분말 및 도전성 페이스트 (Ag, Ni, Pd, Ag/Pd, Ru, Pt) : 칩부품 및 콘덴서용 전극 재료, 미세패턴용 감광성 전극재료, EMI 차폐 재료, 태양전지 전극 재료 등.
- 유리재료 (glass powder & frit) : PDP용 유전체 및 격벽 재료, FED용 실링재료, 칩부품용 유리재료 등.
- 형광체 : BLU, PDP, LED용 형광체
- 나노재료 : PDP용 산화마그네슘 단결정 분말, MLCC용 니켈 나노분말, 광촉매 촉(태양전지 및 건축물의 자기정화기능, 공기정화기) 등.

### 연구개발동향 및 전망

전자재료 분야에 있어서, 현재 상용화되고 있는 금속 및 세라믹 분말은 수  $\mu\text{m}$ 의 범위에 있으며, 향후 5년 이내에 수백 nm 범위의 분말이 주요한 소재로 급격히 성장되면서 수십 nm의 분말도 일부 신제품에 적용될 것으로 전망된다. 금속나노분말에 있어서, 잉크젯용 소재로 기대되는 은 나노분말에 대한 연구가 각광을 받고 있지만, 적층세라믹칩콘덴서(MLCC)의 내부전극용 니켈분말 시장이 비교적 크게 형성되고 있으며, 현재 300 - 400nm급 분말이 주요 시장을 형성하고 있지만, 2-3년 이내에 100-200nm의 분말에 대한 수요가 급격히 성장할 것으로 기대되며, 이를 위하여 본 사에서는 50 - 200nm급의 분말에 대한 개발에 집중하고 있다. 세라믹 나노분말에 있어서는, 많은 연구자들이 반도체 CMP용 슬러리에 대한 연구개발에 집중하고 있으며, 본 연구그룹에서는 PDP의 방전 효율, 안정성 및 화질 등을 개선하기 위한 소재로 MgO 단결정 나노분말(평균입径 50 - 600nm)을 기상합성공정을 이용하여 개발하고 있다. 현재 MgO 단결정 나노분말 소재는 1-2년 이내에 상용화되어 세계 시장일류상품에 포함될 것으로 기대된다. 또한, 이산화티타늄 광촉매는 탁월한 공기정화 기능으로 인하여 나노소재의 대표적인 소재로 연구가 진행되고 있었지만, 최근 건축물 외장판넬 등에 친수 코팅하여 표면에 부착되는 오염물질을 비가오면 씻겨내려 자연적으로 표면을 정화시키는 자기정화효과를 응용하려는 연구 개발이 폭넓게 진행되고 있다. 본 연구그룹에서도 태양전지 모듈에 코팅하여 자기정화기능을 부여함으로써 표면 오염에 의한 태양전지의 성능저하를 방지하는 것에 대한 연구를 진행중이다.



## 광주 나노기술집적센터

디스플레이/반도체 분야 나노 공정·장비 국산화를 앞당기는  
“World Best Nano Technology Center”



디스플레이·반도체 공정·장비분야 차세대 기술개발을 위한 대형 나노 인프라인 광주 나노기술집적센터가 본격서비스를 시작했다. 광주 나노센터는 OLED Display 및 유기 광원, Flexible Display, 유기 태양전지, 박막 태양전지 분야 등의 나노박막 증착·확산 공정 및 장비 개발을 목표로 클린룸 1,425㎡(Class 100 : 165㎡, Class 1,000 : 592㎡, Class 10,000 : 440㎡, 초정밀가공 : 228㎡), CUB 1299㎡, 사무실 및 기타 1,243㎡ 등 총 3,967㎡ 규모의 인프라를 갖추고 있다. 또한, 차세대 디스플레이·반도체 나노공정과 장비의 국산화를 위해, Organic evaporator, CVD, Dry etcher 등 나노박막 증착 및 확산 공정을 위하여 국제적 수준의 나노 공정, 장비 총 49종 50대의 인프라가 구축되고 있다. 국내·외 나노관련 산·학·연 연계협력 네트워크를 구축하기 위하여 디스플레이/반도체 분야 국내외 연구기관인 SNF(Stanford Nanofabrication Facility), Nano Tech Institute at UTD, 미국 장비회사인 BMR Tech. Corp. 등과 MOU 체결을 하였으며, 국내의 부족한 나노기술 분야의 전문 인력 양성을 위해 노력하고 있다. 향후, 광주 나노센터는 첨단 나노 R&D 장비의 공동 활용에 의한 기업 지원 서비스 강화할 것이며, 국내 디스플레이/반도체 중소 장비 기업의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 선도기술 개발 지원의 연구 거점으로 활성화 시켜 나갈 것이다. 특히, 나노기술이 주력산업과 접목을 가속화하고 기술 장벽을 극복할 수 있도록 기업중심의 연구개발 여건이 본격 조성됨에 따라 선진국과 나노기술 격차를 좁힐 수 있는 계기를 마련할 것이다.

## 나노소자특화팩센터

경남대학교 산학협력단과 MOU 체결

나노소자특화팩센터는 경남대학교 산학협력단과 지난 5월 19일 나노과학기술분야의 기술교류 및 공동연구의 적극적인 협력관계를 구축하기 위한 상호협력에 관한 양해각서(MOU)를 체결했다. 나노소자특화팩센터 고철기 대표이사와 경남대학교 최덕철 단장은 나노과학기술 분야의 인력양성 및 상호기술교류에 관한 기관 간 협력방안을 논의하고 나노소자특화팩센터 연구시설 및 공동이용에 관한 의견을 교환하였다. 이번에 체결된 약정은 특히 센터의 수준 높은 장비 및 시설을 활용한 나노기술 현장실습에 대해 양기관 간 협력하기로 하는 등 학점인정현장실습교육 프로그램의 수립을 포함하고 있다. 현재 부산대와의 학점인정현장실습교육을 실시하고 있는 센터는 이번 경남대와의 MOU를 발판으로 나노기술 현장실습교육을 통한 전문가 양성 교육프로그램을 더욱 강화해 나갈 계획이다.



## 실트론

이희국 실트론 사장, 국가과학기술위원 위촉



이희국 실트론 사장(나노조합 이사장)이 새 정부 출범과 함께 5월 6일 청와대에서 국가과학기술위원으로 위촉되었다. 국가과학기술위원은 과학기술계를 대표하는 명망있는 전문가로, 과학기술 관계부처 간 정책의 연계와 투자 효율성 제고를 위해 대통령을 위원장으로 하는 과학기술정책의 최고 의사결정 기구인 국가과학기술위원회 산하의 민간위원이다. 이희국 사장은 위촉식 당일 이명박 대통령으로부터 위촉장을 직접 전달받았으며, 과학기술 발전과 신성장동력 창출에 앞장설 계획이다. 한편 이날 위촉장을 받은 인사는 윤종용 삼성전자 대표이사 부회장, 서남표 한국과학기술원 등 총 13명이다.



## 엔바로테크(주)

### '나노 유리프리티를 이용한 태양광 전지용 전극 제조기술' 신기술 인증 마크 획득



엔바로테크(주)(대표이사 김두화)는 지난 4월29일 지식경제부와 한국산업기술협회가 주관한 2008년 제1회 신기술인증서 수여식에서 신기술 인증마크(NET마크: New Excellent Technology)를 획득했다. 이번에 선정된 인증 신기술은 한국산업기술진흥협회가 지식경제부 기술표준원의 권한을 위탁받아 105개 신청기술에 대해 1차 서류면접심사, 2차 현장 심사, 이해 관계자의 의견수렴 및 3차 종합심사를 거쳐 최종 선정했다. 이날 엔바로테크는 나노 유리프리티를 이용한 태양광 전지용 전극 제조기술로 인증마크를 획득했다. 이 기술은 독자적으로 개발한 나노 금속 파우더와 유리프리티를 이용한 기술 태양광전지의 광전 변환 효율 및 내구성을 향상시킨 전극 페이스트 재료제조기술로서 현재 상용화된 결정질 태양광전지의 전극재료는 물론 박막 무기 도료의 바인더, 이차전지 전극의 무기 바인더, 전자부품(인덕터, 저항체, 콘덴서, 수정진동자 등), 전극의 무기 바인더 등 다양한 전자재료 분야에 적용이 가능하다.

## 한화석유화학(주)

### 한화석유화학(주) 일진나노텍(주) 지분인수, 탄소나노튜브(CNT) 사업 본격 진출

한화석유화학(대표이사 허원준)이 탄소나노튜브(Carbon Nanotube, CNT) 사업에 본격 진출한다. 이를 위해 한화석유화학은 국내 유수의 CNT 전문업체인 일진나노텍 지분 67%에 대한 주식양수도 계약을 체결하여 최대주주로서 경영권을 획득하였다. 한화석유화학(주)은 이번 계약을 계기로 본격적인 CNT 사업 진출을 위한 발판을 마련하였으며, CNT 제조 원천 기술과 함께 고품질 CNT를 자체 조달하여 향후 CNT를 적용한 다양한 고부가가치 첨단 응용소재 분야에 조기 진출 예정이다. 현재 국내외 유수의 기업들이 CNT를 응용한 다양한 고부가가치 제품들을 개발 중에 있으며, CNT를 적용한 고강도 금속 및 플라스틱 컴포지트, 전도성 투명필름, 다양한 전자 정보 기기들에서 발생하는 정전기 제거 및 전자파 차폐용 소재, LCD에 적용되는 BLU(Back Light Unit), 조명, X-ray 기기 및 CNT 잉크를 활용한 트랜지스터 등 광범위한 분야에서 상업화 제품들을 개발되고 있다. 한화석유화학(주)은 이러한 CNT 응용소재 관련 세계 시장이 2011년에 최소 2조원 이상 될 것으로 추산하고 있으며, 나노기술 분야를 차세대 신수증 사업 분야 중 하나로 선정하고, 이를 위한 미래 유망사업 발굴을 통해 사업을 더욱 확대 발전시켜 나갈 계획이다.



## 한화나노텍(주)

### 한화나노텍(주) 새롭게 출범, CNT 전문업체인 일진나노텍 인수

국내 탄소나노튜브(Carbon Nanotube, CNT) 전문업체인 일진나노텍이 한화나노텍으로 새롭게 출범했다. 지난 5월 한화석유화학이 일진나노텍 지분 67% 인수를 마무리하였고, 6월 초 한화그룹 계열사로 편입되었다. 한화석유화학이 일진나노텍을 인수하면서 사명을 한화나노텍(대표이사 최규동)으로 변경하였고, 향후 추가 투자를 통해 CNT 양산 체계 구축하여 가격 경쟁력이 있는 고액 맞춤형 CNT 생산에 주력할 계획이다.

## 사무국 일정/행사

### 한국·독일·일본 나노 협력 MOU 체결

나노코리아 조직위원회(공동위원장 이희국 실트론 사장, 김학민 나노기술연구협의회 회장, 양병태 한국과학기술정보연구원 원장)는 지난 4월30일 유성 리베라호텔에서 한국과 독일, 일본이 참여하는 제2차 국제 마이크로테크 위원회를 열고, 오는 8월 개최되는 '국제마이크로테크 월드' 및 '나노코리아 2008' 행사에 적극 협력하기로 하는 MOU(양해각서)를 교환했다. 국제 마이크로테크 위원회에는 KAIST 나노디지털공동연구단 조영호 소장과 일본 파나소닉의 마사오 아라카와 디렉터, 다카히로 마쓰이 ICS 컨벤션 디자인 이사, 독일의 우베 클라인케스 IVAM 마이크로테크놀로지 네트워크 이사 등이 참석하여 다양한 협력방안을 논의했다.



### '2008 나노정책 포럼' 성황리 개최 "나노 융합기술 R&D 및 산업화 지원방안"



나노산업기술연구조합·나노기술연구협의회·나노종합팹센터는 5월 8일(목) 나노종합팹센터에서 나노융합기술의 중요성을 홍보하고 연구성과의 확산을 위해 "2008 나노정책포럼"을 개최했다. 이번 포럼에서는 교육과학기술부의 국방 나노기술 확보를 위한 연구개발비 투자 확대 및 나노기술의 안전성 확보 등의 내용이 포함된 "2008년도 나노기술발전시행계획"을 발표하였고, 서울대학교 박영준 교수, 효성기술원의 성창모 원장의 나노융합기술에 대한 강연이 열렸다. 특히, 100여명의 청중과 배태민 과장(교과부), 이응숙 본부장(기계연), 박영준 교수(서울대), 성창모 원장(효성기술원), 고철기 대표(특화팹)가 참가한 패널토의에서는 나노융합기술과 산업화 연계 지원방안에 대한 열띤 토의가 진행되어 관심을 끌었다.

### 2008년도 R&D중간조직활성화사업 대상선정 "산·학·연·관 협력체제 구축 및 구심체 역할 수행"

우리조합은 '07년도에 이어 '08년도에도 지식경제부·한국산업기술재단 주관 'R&D 중간조직활성화사업' 사업대상에 선정되었다. 본 사업은 산업계 주도의 R&D 중간조직인 연구조합, 협회, 단체, 학회의 산학연간 협력 네트워크를 구축하고 상호교류 및 성과확산 활동을 활성화하기 위한 사업이다. 특히, 나노조합은 나노기술(NT)의 산업화 촉진을 위한 S/W적 산·학·연 협력기반을 구축하기 위한 사업내용을 제안하여 사업대상에 선정되었다. 올해 주요 세부 사업내용을 살펴보면 ①원천적 연구개발 아이템 발굴을 위한 탐색 연구동아리 사업 ②R&D 교류협력 촉진을 위한 정보교류 및 성과확산 사업 ③나노 산업의 비전 창출 및 예측을 위한 포럼 개최 ④나노 산업정보 및 동향 파악 및 확산사업 ⑤ 나노산업화 비전 제시를 위한 "나노기술산업화전략(안)" 수정·보완 등 그간 나노기술의 연구성과를 가시화하고 시너지 효과를 극대화하기 위한 5개 세부사업이 활발하게 진행될 예정이다.



## 美“NSTI nanotech 2008” Conference & Trade Show 참관기

나노기술 관련 세계 최대 컨퍼런스인 NSTI Nanotech이 미국 보스턴 하인즈 컨벤션센터에서 6월 1일부터 5일까지 5일간 개최 되었다. 국내에서는 지식경제부의 지원 하에 나노조합이 중심이 되어 석경A·T를 비롯한 5개의 나노 전문기업이 전시회에 참여하여 소기의 성과를 거두었고 최신 나노기술 동향 파악을 위해 다수의 국내 산·학·연 전문가가 컨퍼런스에 참관하였다.



올해로 11회째를 맞은 美 NSTI 행사는 나노기술 관련 세계 최대 규모의 컨퍼런스으로 약 60개국 이상이 참여하고, 전시는 약 10개국 이상 참여로 약 4천여명의 나노관련 인사들이 정보교류하는 행사이다. 금번 행사에서는 CleanTec와 TechConnect Summit을 병행 개최 하여 다양성과 규모의 확대는 추구한 반면 질적 수준 및 나노분야의 정체성은 다소 약화되었다는 평가이다. 컨퍼런스는 기초부문과 상업화 부문이 혼재하였고, 전시는 주력인 측정·분석장비 분야가 60%이상의 비중을 차지하였다. 국내에서는 석경A·T, 바이오니아, 실박스, 엠아이텍, 유니젯 5개의 나노 전문기업이 전시 부문에 참가하여 해외 수요업체들과 실질적 협의를 성사시키는 등 긍정적 성과를 거두었다.

### 01 > 행사개관

금번 미국 NSTI Nanotech 행사는 NSTI가 주관하여 11회째 개최되어 오는 행사로 전 세계 나노기술 관련 학술행사 중 가장 큰 규모의 행사이다. '98년부터 개최된 이 행사는 나노기술 관련 다양하고 폭넓은 분야를 다루어 세계 나노기

술의 학문적 교류를 주도해 오고 있다. 컨퍼런스 부문은 나노기술의 전반적인 분야를 대상으로 주로 기초 및 신기술 부문을 다루어 세계 각국의 관련 전문가들이 아이디어 탐색 및 정보교류를 위해 모일 수 있게 구성기획하고 있다. 또한, 금번 행사에서는 전 세계적으로 관심을 끌고 있는 환경·에너지 분야를 주제로 "CleanTechnology"와 기술 사업화 연계를 위한 "TechConnect Summit"를 동시 개최하였다.

### 02 > NSTI Nanotech 2008 Trade Show 주요 트렌드 및 동향

전체적으로는 측정·분석·가공 분야가 주류를 이루었으며, 주요 제품으로는 AFM, FT-IR, Raman, SEM/TEM, mixer, fluidizer 등, 정밀도 및 편리성이 향상된 제품들이 출시되었다. 기존 장비시장을 선점하고 있는 미국, 일본, EU 등이 강세가 보이는 점이다. 금번 행사에서는 기존 유사 행사의 트렌드와는 달리 소재분야는 작은 부분 출품된 가운데 대부분은 나노파우더를 중심으로 한 2차 가공재료 및 관련 응용제품들이 출품되었고 CNT 컴포지트, 은나노 등에서는 국내 기업들이 강세였고 해외 기업의 경우 CNT 응용품 및 다양한 나노파우더 등이 많이 출품되었다. 나노 소자·바이

오 부문의 기업들은 거의 찾아보기 힘들었던 반면 첨단 장비 기술이 뒷받침 되어야 하는 MEMS/NEMS 관련 기업들은 상대적으로 소규모 출품되어 해외 업체에서 일부 두각을 보였다. 미국의 Veeco 社, 일본의 Horiba 社, 독일의 Raith 社, 네덜란드의 ASML 社 등, 출품한 측정·분석·가공 장비 업체들은 나노기술 연구개발 시장 선점을 위해 치열한 경쟁을 하고 있었다. 국내 기업의 경우 석경A·T, 바이오니아, 실빅스, 엠아이텍, 유나젯 5개 참가업체가 나노소재 및 장비를 출품하여 각광을 받았으며, 활발히 비즈니스 연계활동을 전개하였다.

### 03 >> 시사점


NSTI가 주관하는 금번 행사의 성격을 감안할 때 미국은 나노기술분야에 있어 기술적 주도권을 지속적으로 유지할 것으로 예측된다. 대학 연구소, 인적자원, 자본 및 기초 기술력 등을 바탕으로 기술적 우위의 지속과 탐색·교류의 Hub로서 역할을 강화해 나갈 것이다. 따라서, 기술적 열세인 우리로서는 적극적 참여를 통한 기술습득 및 정보교류 등의 활동을 점진적으로 확대할 필요성이 있다. 또한, 이미 기술 선진국들(미, 일, EU)이 높은 진입장벽을 형성하고 있는 장비 분야는 향후에도 지속적인 수요가 예측됨에 따라 기술격차



감소 노력을 통한 시장공략이 필요하다. 국내 나노관련 장비 업체들은 주요장비 및 관련 핵심부품에 대한 대외 의존도가 여전히 높은 상황으로 관련기술의 연구개발 확대 및 국산화 노력이 시급하다고 볼 수 있다. 최근 나노기술의 산업화 근접에 대한 공감대는 확대되고 있으나 개발된 기술과 제품에 대한 수요자 측의 채택이 원활히 되고 있지 않아 시장형성은 더딘 상황이다. 기업은 기 개발된 기술과 제품에 대한 새로운 마케팅 전략과 전개를 통해 다양한 응용처 발굴 및 정부의 병행된 제도적 지원 필요하고, 국내 나노분야 성공기업 발굴 및 홍보활동의 점증적 전개가 필요하다고 생각된다.

## 美 "NSTI nanotech 2008" 주요 출품 제품

### 측정·분석 장비부문

제품명	Raman Microscope	Synthesis Equipment	Inkjet Printer	Mixer
제조사	Witec(獨)	First Nano(美)	Unijet(韓)	Thinky(日)
외 형				
특 징	- AFM, NSOM 전환 가능	- 3" 쿼츠 - CNT 등 소재 합성	- 4개 DPN 헤드 - 9축 모션구동 - 각 노즐 독립위치 제어	- um 수준의 고른 혼합 - 경량, 짧은 작업시간

### 소재부문

제품명	Nano Powder	CNT	Nano Powder	CNT & Product
제조사	IBUtec(獨)	First Nano(美)	Suckyung A·T(韓)	Arkemart(佛)
제품명				
특 징	- 금속산화물 나노 파우더 - 10~100nm 분포	- CNT의 패턴성장 - Single wall-CNT 성장	- 토너외침자: SO <sub>2</sub> - 전도성 잉크: Ag - ZnO: UV 차단	- Multi Wall-CNT - 고탄성, 고강도, 저경량



## 나노-마이크로 융합기술의 모든 것을 한눈에, 『나노코리아 2008』 8월 27일 경기도 KINTEX에서 개막

21세기 신산업 혁명을 주도할 나노기술의 오늘과 미래를 볼 수 있는 **제8회 국제나노기술 심포지엄 및 전시회(NANO KOREA 2008)**가 오는 **8월 27일부터 29일까지, 3일간 일산KINTEX**에서 개최된다. 이번행사는 'Nanotechnology for the Sustainable World(지속가능한 세상을 위한 나노기술)'라는 주제로 지식경제부와 교육과학기술부가 공동 주최하며 나노산업기술연구조합, 나노기술연구협의회, 한국과학기술정보연구원이 공동으로 주관한다.

나노기술연구성과확산 및 산업화촉진을 목적으로 '03년부터 추진된 본 행사는 국내 나노기술관련 산·학·연·관의 적극적인 지지와 참여를 바탕으로 현재 대한민국을 대표하는 나노기술행사로 성장하였으며 일본, 미국 등과 함께 세계 3대 나노기술행사 중 하나로 매년 국제적인 주목을 받고 있다. 행사는 크게 최신나노기술의 현황과 상품화 동향을 한번에 살펴볼 수 있는 전시회와 나노기술분야 연구개발동향을 발표하는 심포지엄으로 구성되어 있으며, R&BD 기술거래 투자 설명회 등 20여개의 다양한 행사로 구성되어 있다.

### 역대 최대 규모로 '마이크로테크월드 특별전시회'와 동시개최

금년 나노코리아 전시회는 역대최대규모인 10개국 250개 기관(기업) 350부스규모로 개최될 예정이다. 삼성 LG그룹 등 IT전자분야 대기업을 비롯하여 한화석유화학, 케이피엠테크, 잉크테크, 석경에이티 등 첨단 나노소재기업과 SEMES, 엠아이텍 등 나노공정 및 측정분석분야 전문기업이 최신 나노기술 및 제품을 출품하며, KIST, KETI, KMM, 프론티어사업단, 국가나노기술랩센터 등 정부출연기관 및 연구소등의 나노기술 연구성과가 선보일 예정이다. 해외의 경우 일본, 독일의 국가관 참여를 중심으로 미국, 스위스, 호주, 싱가포르 등이 나노기술국제교류와 협력을 위한 활동을 전개할 전망이다. 특히, 나노코리아조직위원회에서는 올해 한-일-독의 MOU체결('08.4.30)을 통해 3개국이 공동으로 추진하는 '국제마이크로테크월드 특별전시회 및 컨퍼런스'를 나노코리아에 유치하였다. 이에 전시출품범위가 마이크로분야까지 확대되어 마이크로센서 등 소자와 공정장비분야 등이 추가되는 만큼 나노분야와의 시너지 창출 등 타 산업과의 기술이전 및 국제규모의 신기술 경영장으로 한층 발전된 행사가 될 것으로 기대된다. 나노-마이크로 기술수요자와 공급자를 연결시켜주는 R&BD 기술거래 투자설명회도 주목할 만하다. 이 행사는 투자설명회를 통한 기술거래 및 이전, 투자유치를 촉진하는 기회를 제공하기 위해 기획된 것으로 전시기간동안 나노코리아 전시장 내 오픈강연장 및 별도로 마련된 회의실에서 개최된다. 최근 신사업 창출을 기획하는 대기업/중견기업과 우수기술보유 벤처/중소기업간 기술협력 등의 움직임이 활발해 지고 있는 만큼 이번 행사를 통해 기술거래, 라이선싱, M&A, 투자 등 신사업 상담거래가 증기될 전망이다.



① 테이프커팅  
② 행사장 전경  
③ 전시장투어



④ R&BD 세미나  
⑤ 기조강연  
⑥ 나노코리아 시상식  
⑦ 포스터세션  
⑧ 대중강연

## 나노기술 최신연구성과 발표 및 공개강좌, 시상식 등 다양한 프로그램

나노기술 연구개발의 최신성과에 관한 소식은 심포지엄 및 컨퍼런스를 통해 얻을 수 있다. KINTEX 2층 회의실에서 개최되는 나노기술심포지엄과 마이크로테크 컨퍼런스에서는 키시테루오 이사장(일본물질재료연구기구, NIMS), 금동화 원장(한국과학기술연구원), Bhattacharya교수(미국 Michigan 대), Yoshiyasu ITOH(Toshiba), 고병천부사장(삼성전기), Dr. Anton Mindl(ELMOS SEMICONDUCTOR) 등 세계 주요 인사를 포함한 50여명 초청연사의 강연과 발표가 진행되며, 전시회장 내 마련된 포스터세션을 통해 신진연구자들의 약250여편의 논문도 발표될 예정이다. 행사마지막날인 8월 29일에는 '나노기술을 이용한 암정복', '식품과 농업의 나노과학' 등 일반인을 위한 공개강좌와 8월 28일, 29일, 2일간 중고등학생을 대상으로 하는 청소년나노교육프로그램도 진행되어 일반인의 나노기술 이해를 돕기 위한 자리도 함께 마련된다. 이밖에도 제5회째를 맞이하는 나노코리아 시상식에서는 우수한 연구실적을 발표한 개인에게 주어지는 나노연구혁신상과 우수한 제품 및 기술을 개발한 기업(기업)에게 주어지는 나노산업기술상이 국무총리상 교육과학기술부장관상, 지식경제부 장관상 등 11개의 상이 수여된다.

## 나노관련 국내외 주요인사와 산업관계자가 한자리에...

나노기술의 중요성이 날로 부각됨에 따라 나노관련 주요인사를 비롯하여 현업종사자 및 연구자, 나노기술의 적용을 통한 신산업 창출을 꾀하는 기업종 관계자들의 행사참여가 확대될 전망이다. 나노코리아조직위원회에서는 올해 35개국 8,000여명이 행사에 참여 할 것으로 예상하고 있으며 다양한 업종의 방문객 유치를 극대화하기 위해 각종 매체를 활용한 프로모션을 적극적으로 진행하고 있다.

행사참여는 공식홈페이지([www.nanokorea.or.kr](http://www.nanokorea.or.kr))를 통해 사전등록예약이 가능하다.

행사문의 \_ 나노코리아조직위원회 사무국

담당 \_ 고통희 주임 Tel. 02-577-1598 Fax. 02-6442-8509 Email [ntrago@nanokorea.net](mailto:ntrago@nanokorea.net)



디지털 시대를 이끌어가는  
Siltron은 언제나 맑음입니다!



# foundation of digital

실트론은 세계 경제 성장을 주도하는 반도체 산업의 주춧돌입니다.

실트론은 세계 최고를 향한 끊임없는 기술개발 노력으로

반도체 웨이퍼 사업과 더불어 미래 과학 기술 발전을 이끌어갈

전자 소재 분야의 새로운 진로를 개척하고 있습니다.

디지털 세상을 움직이는 힘의 원천, 대한민국에는 실트론이 있습니다.





AKEI Endorsed  
Exhibition

www.nanokorea.or.kr

# NANO KOREA 2008

제 6 회 국 제 나 노 기 술 심 포 지 엄 및 전 시 회

*Nanotechnology  
for the Sustainable World*

**8.27(수) - 8.29(금), 3일간**  
**고양시 KINTEX**

주 최 지식경제부, 교육과학기술부

주 관 나노코리아조직위원회 나노산업기술연구조합, 나노기술연구협의회, 한국과학기술정보연구원

후 원 경기도, 전자신문사, 한국 과학문화재단

| 문 의 처 | 나노코리아조직위원회

전시회 사무국 T.02-577-1598/82 F.02-2057-8509 E.nanokorea@nanokorea.or.kr | 심포지엄 사무국 T.02-573-6207 F.02-573-6208 E.symposium@nanokorea.or.kr

나노산업기술연구조합  
Nano Technology Research Association

(우)137-140 서울시 서초구 우면동 66-2 세신우면종합상가301호  
T. 02-2057-8507-8 F. 02-2057-8509 E. nanokorea@nanokorea.net

지식경제부  
Ministry of Knowledge Economy

한국산업기술재단  
Korea Industrial Technology Foundation