

기획기사 **Cover Story**

## 국내기업의 나노기술 산업화 성공노하우

특별 리포트 | **Special Report**  
글로벌 파트너링

KOTRA 김상철 처장

인사이드 인터뷰 | **INSIDE Interview**  
국내 나노융합산업 어디까지 왔나?

KIMM 정준호 실장


정책동향  
지식경제부 세계최초 "제품융합지수" 개발

조합소식  
산업탐방 / 회원사 동향 / 사무국 일정·행사

행사 **Review**

Nano Korea 2010 with IEEE 2010



The background of the page is a photograph of a large industrial refinery or chemical plant at dusk. The sky is a mix of blue and purple, and the facility is illuminated with warm lights. Overlaid on this background are several large, 3D molecular models. Each model consists of a central white rod with three spheres of different colors (orange, green, and blue) attached to it. The spheres are semi-transparent and have a glowing effect. The text is positioned in the upper left quadrant of the image.

나노융합산업연구조합은 국내외 나노 관련 인력, 기업 등의 현황 분석 및 중장기 발전계획 수립, 국가간 나노기술연구개발 협력체제 구축 및 국제 학술 토론회 개최, NT기술관련 교육·인력양성, 기술동향 파악 및 정보교류의 장 마련, 학·연·산 연구주체간 협동연구 촉진을 위한 정책연구, 관련 학술 및 기술활동 성과 홍보·공유에 주력하여 활동하고 있습니다.

기획기사 Cover Story



04

국내기업의 나노기술 산업화 성공노하우

대주전자재료(주)

# CONTENTS

18 산업탐방  
(주)큐디솔루션

19 회사 동향  
대유신소재  
실트론  
에스엔유프리시전

22 사무국 일정/행사

23 행사 Review  
Nano Korea 2010 with IEEE 2010

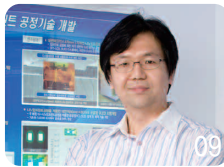


06

특별 인터뷰 Special Report

글로벌 파트너링

KOTRA 김상철 처장



09

인사이드 인터뷰 INSIDE Interview

국내 나노융합산업  
어디까지 왔나?

KIMM 정준호 실장



14

정책동향

지식경제부 세계최초  
"제품융합지수" 개발



표지이미지

## Vol.7\_October 2010

- 발행처 나노융합산업연구조합
- 편집 및 광고 경영기획팀 유현웅
- T. 02-2057-8512 F. 02-2057-8509 E. yhw@kontrs.or.kr
- ※ 본지에 게재된 내용 및 자료는 나노융합산업연구조합의 소유이며 무단복제 및 배포 전체를 금합니다.

# 국내기업의 나노기술 산업화 성공노하우

나노기술의 꿈을 나노소재로 실현하는 대주전자재료

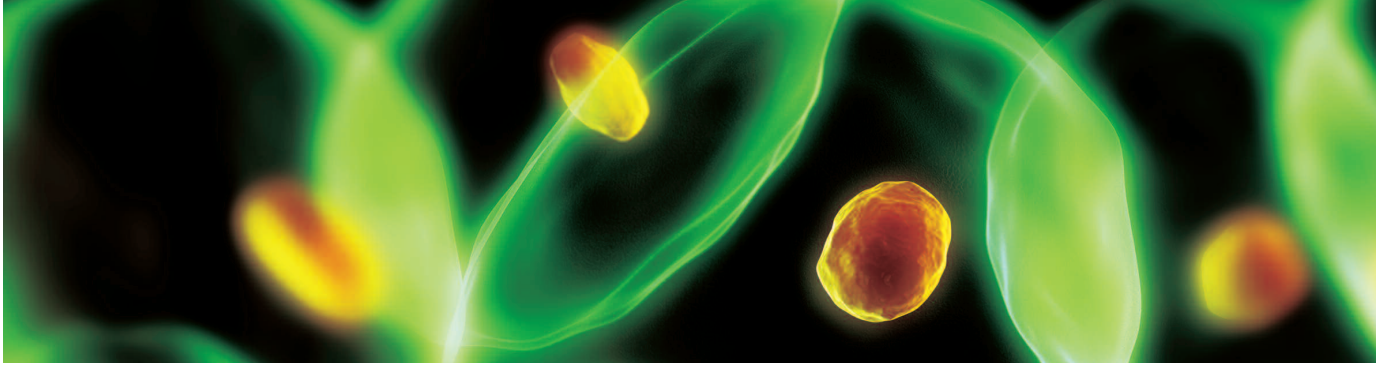


《 대주전자재료 임일지 대표이사 》

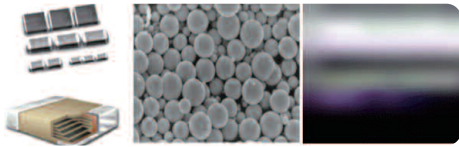
## 대주전자재료(주)는 1981년 설립된 이후, 30여년간 기술 기반

이 취약한 전자재료의 개발에 과감하게 뛰어들어 수입에만 의존해 오던 전자재료들을 국산화하면서 국가 전자산업의 발전에 크게 기여해 오고 있다. 회사 전체 직원은 약 200명이고, 연구인력이 약 70명으로 연구개발을 중점적으로 투자하고 있는 작지만 강한 전자재료 전문 기업이다.

회사 설립 초기에 콘덴서, 저항기, 인덕터 등의 전자부품용 코팅도료를 국산화하기 시작하면서 전자재료 시장에서의 점유율을 급격히 상승시키고 있으며, 현재는 중국으로 생산기지를 이전하여 **수동부품용 액상, 분체 절연재료 부문에서 세계시장 점유율 1위를 고수하고 있다.** 80년대 후반부터 국내 기업체로는 최초로 전자재료용 도전성 페이스트 개발을 성공시켜 그동안 100% 수입에 의



존해오던 칩부품용 실버 분말 및 페이스트를 국산화하고 있으며, 적용 분야를 지속적으로 확대하여 다양한 칩부품, 저항기, EMI 차폐, 반도체 패키징용 페이스트 제품을 양산하면서 국내 및 세계 시장에 공급하고 있다. 디지털 산업의 성장과 더불어 백색 가전산업이 위축되면서 회사의 주력제품도 디스플레이, 반도체 산업에 적용되는 소재로 급격히 전환됨에 따라 도전성 페이스트와 PDP용 글래스 분말이 주력 제품으로 급격히 성장하게 되었다.

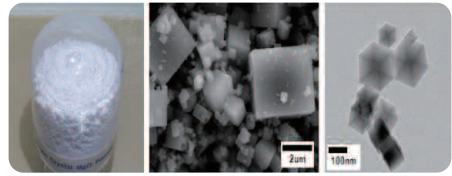


〈칩부품(좌측), 실버 분말(중앙), 실버 페이스트(우측)〉

현재, 회사의 지속성장을 위해서 나노, 에너지, 차세대 디스플레이 분야의 소재를 전략품목으로 선정하여 중장기적인 개발을 추진하고 있으며, 세부적으로는 금속 및 세라믹 나노분말, 태양전지용 전극재료, LED용 형광체 및 실리콘 봉지제, OLED 소재를 중점 개발하고 있다. 특히, 고품질의 다양한 나노분말의 양산화를 위하여 신공법인 기상합성공정을 도입하게 되었으며, 2007년에 지경부로부터 우수제조기술연구센터(ATC, 과제명- 전자재료용 나노분말의 기상합성기술 개발)로 지정되어 기상합성기술에 대한 연구개발에 집중하게 되었다.

최근에 대주전자재료의 오성민 박사팀에서 신공법인 기상법으로 산화마그네슘(MgO) 나노분말의 양산화에 성공하였으며, 실제 제품에 적용하기 위한 독자적인 도핑 기술도 개발하여 현재 PDP 제조사들에 독점 공급하고 있다. 이 **기상법 산화마그네슘 단결정 나노분말 합성기술**은 세계최고 수준의 기술로써 2009년도에 대한민국10대신기술로 선정되었고, 나노코리아 2010어워드에서 대상인 국무총리상을 수상받

**기도 하였다.** 일반적으로 금속 및 세라믹 나노분말의 합성은 습식화학 공정을 이용하여 제조되고 있지만, 결정성이 떨어지고 화학성분에 의한 순도 저하 및 열처리에 동반되는 응집 등으로 인하여 전기, 광학 재료로 적용시 심각한 결함이 발생하는 경우가 많다. 이를 극복하기 위하여 기상법을 도입함으로써 고순도, 결정성의 분산성이 우수한 나노분말을 합성하게 되었다.



〈산화마그네슘 단결정 나노분말(좌측), FE-SEM(중앙), TEM사진(우측)〉

이러한 기상합성공정 기술은 산화마그네슘 외에도 니켈, 실리콘, 실버 등의 나노분말 양산에도 파급 적용되어 향후 전자재료 제조공정 기술을 한단계 끌어올리면서 기존 주력산업의 경쟁력 강화와 나노용 합산업의 실용화 및 신규 시장 창출에도 기여할 것으로 기대된다.



〈나노제품의 민간 인증제도 추진 프로세스〉





《 KOTRA 김상철 처장 》

# 글로벌 파트너링 (Global Partnering), 또 다른 相生協力

지금 세계경제의 핫 이슈는 '더블딴'에 대한 우려로 요약된다. 2008년 말 미국발 금융위기로 시작된 여진이 진행 중이라는 점에서 세계경제의 미래가 아직도 가시밭길을 걷고 있다. 특히 미국을 비롯한 일본, 유럽 등 선진국의 경기가 불투명해 정부의 재정정책이 유일한 해결책으로 제시될 정도로 처방 수단이 그리 많지 않은 것이 현실이다.

그럼 글로벌 기업의 화두는 무엇일까? 경제여건이 어려울수록 기업은 자기 몸집을 가볍게 하고 리스크를 최소화하는 경향을 보인다. 이런 점에서 UC 버클리의 헨리 체스브로 교수가 제시하고 있는 개방형 혁신(Open Innovation)은 암시하는 바가 크다. 기업이 자사의 비즈니스를 공개하고 외부의 참여를 유도함으로써 기업이 안고 있는 고민을 해결해 나가는 것이 바로 핵심 내용이다.

최근 글로벌 기업은 전 세계의 우수기업, 인재, 아이디어 등을 적극 활용하는 오픈 비즈니스(Open Business)를 적극적으로 추진하고 있다. 기술이전, 아웃소싱, R&D, 마케팅, Joint Venture(JV), 지분투자, M&A 등에 이르기까지 Value Chain의 전 단계에 걸쳐 협력을 강화

하는 추세이다. 기업의 핵심역량만 보유하면서 다른 기업과의 제휴를 극대화함으로써 경쟁력을 확보한다.

하지만 대내적으로 보면 글로벌 트렌드에 부응해 가는 우리 기업의 수준이 여전히 답보 상태를 벗어나지 못하고 있다. 일부 대기업을 제외하고는 대부분의 중소기업의 경우 개방에 대한 거부감이 강하며, 이러한 면에서는 우리보다 못하다고 치부하는 중국 기업보다도 더 폐쇄적이다. 글로벌 스탠다드를 충족시키지 않고서는 세계적 기업으로의 성장은 공염불에 불과하다는 것을 더 확실하게 깨달아야 한다.

이러한 부정적인 환경 요인에도 불구하고 긍정적인 면도 있다. 부품소재가 우리 산업의 중핵으로 자리매김을 하고 있기 때문이다. 우리 수출의 40% 이상을 차지하면서 전체 무역흑자를 견인하고 있다. 반면 핵심부품의 대일 의존도는 여전히 높은 상황이며, 잠재적 경쟁국인 중국은 범용 부품소재를 중심으로 우리를 꾸준히 추격해 오고 있는 실정이다.

이와 같이 긍정적, 부정적 요인이 교차하고 있음에도 불구하고 글로벌 기업의 한국 부품소재 기업에 대한 관심은 지속적으로 증가하고



있다. 단순 아웃소싱에 그치고 있는 것이 아니라 지분참여, JV 등 글로벌 벤처 캐피탈의 한국 유망기업에 대한 투자도 늘어나고 있는 추세이다. 그만큼 우리 기업이 잠재적인 경쟁력을 갖고 있는 것으로 해석된다.

#### KOTRA, 이미 다양한 글로벌기업과 전략적 제휴 노하우 보유

KOTRA에서는 지난 수년간 글로벌 기업과의 전략적 파트너링을 꾸준히 추진해 나오고 있으며, 성과도 나타나고 있다. 특히 자동차부품 분야에서 괄목할만하다. GM과는 5년간에 걸쳐 우리 기업의 수주가 53억불을 넘어서고 있다. 아우디, 폭스바겐, PSA, 벤츠 등 유럽 완

성차 메이커는 물론이고 토요타, 닛산 등 일본 메이커와도 본격적인 협력이 진행되고 있다.

전자/통신 관련 부품분야도 성과를 보이기 시작하고 있다. 미국의 TI, Alcatel-Lucent, Ciena, Avery Dennison 등은 우리 중소기업과 공동 R&D 등 협력을 구체화하고 있는 글로벌기업들이다. 아래 표는 KOTRA가 현재 확보하고 있는 글로벌기업과 한국기업의 추진 프로젝트 현황이다.

#### 글로벌기업 vs 중소부품기업의 파트너링 추진체계 구축

이와 같은 경험을 바탕으로 KOTRA가 지경부, KIAT 등과 협력하여 "GP(Global Partnering)-Star 500(오는 2015년까지 100대 글로벌기업과 한국의 500개 부품소재 기업의 전략적 제휴 추진)" 프로젝트의 닛을 올렸다. 이는 세계 초일류기업들의 개방형 혁신 전략인 오픈 이노베이션에 대응하여 우리 기업이 이들의 Global Value Chain에 진입할 수 있도록 지원하겠다는 프로그램이다.

프로그램 추진의 기본 방향은 철저하게 글로벌기업의 수요를 견인하는 풀(Pull)형이며, 일회성이 아닌 셔틀(Shuttle)형으로 추진된다. 성

〈KOTRA 발굴 글로벌 기업 주요 유망 프로젝트(예시)〉

| 기업명                   | 주요 내용  |
|-----------------------|--|
| Applied Micro         | 대형과 광통신용 커넥터 정밀사출성형 아웃소싱상담<br>차세대 위성방송셋톱박스 시제품 생산 연구소 설치 추진                                    |
| TI                    | LG전자, 현대모비스, 한동LNC와 Automotive Vision(Sensor)<br>공동 개발 및TX Security와 차세대 DVR 공동개발 추진           |
| Motorola              | 유비쿼스사와 OEM 또는 지분투자 등 협력 가능성 검토   |
| IBM                   | 세크론(패키징 장비), 덕산하이메탈(재료), MK전자(재료),<br>세메스사, 네패스(재료)등과 볼 패키징 기술 공동개발 협의중                        |
| Dupont                | 네패스 등과 공동개발 및 공동 마케팅 추진(기술검토중)   |
| Dow Chemical          | 신물질 개발 회사 30개사에 대한 투자(M&A) 가능성 검토중   |
| GE Energy             | 한국로스트웍스 등 4개사에 대한 PQ작업 진행중   |
| Numonyx<br>(Intel자회사) | 한국 반도체 장비회사 및 소모품 공급업체 30개사의 기술 및<br>제품 검토중(사업추진 확정)   |
| Medtronic             | 바이로메드의 Drug Delivery System, MST(서울대 운영벤처<br>기업), 노마디엔 나노물질 진단장비, 사이언시티의 인공심장판막<br>등과 협력사업 추진중 |



\* GP Center : 사업의 상시적 종합관리를 위해 KOTRA, KIAT가 운영하는 전담지원센터

\*\* Project Incubator(PI) : 기업의 전략적 제휴과정의 애로 진단 및 지원(국내 유관기관 참가)

과를 가장 중시하되 이를 극대화하기 위해 글로벌기업의 수요를 정교 준하는 핀포인트(Pinpoint) 형태로 사업을 전개하여 낭비 요소를 사전에 배제하고 있는 것도 주목할 만하다. 이는 오랜 KOTRA의 비즈니스 지원 노하우에서 비롯된 것이기도 하다.

#### 성과창출 지원 백업 시스템도 중요

글로벌기업의 한국 유망기업에 대한 지분투자도 가시적으로 늘어나고 있다. GAPs(Global Alliance Programs)라는 프로그램을 통해 Qualcomm, Novartis 등이 이미 우리 기업에 투자를 하고 있으며, Solvay는 곧 투자를 개시할 전망이다. 이는 국내 혁신형 부품소재기업에 대해 글로벌 기업의 In-House VC(Venture Capital)를 끌어 들임으로써 신규기술개발투자 자금을 확보하는 수단의 일환이다.

이와 더불어 단순히 Inbound형 M&A 뿐만 아니라 경영효율화를 추진하고 있는 미국 자동차부품 기업이나 기업 승계의 어려움을 겪고 있는 일본 유망 중소기업에 대한 Outbound형 M&A를 동시에 추진함으로써 우리 기업의 기술역량을 제고시키고, 글로벌기업에 대한 마케팅

채널을 확보하는 것도 적극적으로 시도해 나갈 필요가 있다.

한편 국내에서도 기술력 있는 중소·중견기업을 세계적 기업으로 육성하기 위한 정부의 해외수요 연계형 R&D 지원 확대와 금융기관들의 다양한 금융지원 프로그램이 속속 생겨나고 있다. 이는 매우 고무적인 현상으로 KOTRA가 주도적으로 추진하고 있는 글로벌 파트너링 프로그램과 접목되어 더욱 시너지를 발휘할 것으로 기대된다.

**결론적으로 말해 기업 혁신 혹은 비즈니스의 개방은 선택이 아닌 필수이다. 보다 열린 사고를 통해 조직 내외의 요소자원들을 전략적으로 활용할 수 있는 안목을 가져야 한다.** 내 것만 가지고, 내 방식으로 살겠다는 아집을 버리고 글로벌 스탠다드에 적응하면서 때로는 이를 리딩할 수 있어야 한다. 혁신은 대부분 실패하고, 혁신하지 않는 회사는 사라지기 마련이지만 어떻게 혁신하는 것이 바람직한 것인지 방향을 제시해 주고 있는 헨리 헤스브로의 가르침은 우리에게 많은 점을 시사해 주고 있다.



# "국내 나노융합산업 어디까지 왔나?"



《 KIMM 정준호 실장 》

## 나노융합산업정의

나노란 10억분의 1을 의미하며 나노기술이란 1~100 나노미터 크기범주에서 나타나는 새로운 물질의 성질을 이용한 조작, 분석, 제어 기술을 말한다. 이러한 나노기술은 나노소재 기술, 나노공정·측정 기술, 나노일렉트로닉스 기술, 나노바이오메디칼 기술, 나노에너지·환경 기술로 나눌 수 있는데 각 기술별 정의는 다음과 같다.

나노융합산업이란 앞에서 언급한 나노기술이 핵심적으로 접목되어 기존제품이 개선 또는 혁신되거나, 전혀 새로운 나노기능에 의존하여 창출되는 산업을 일컫는다. 나노융합산업의 세계 시장규모는 2015년까지 약 3조 달러 이상으로 예상(2008년 Cientifica)되며 국내시장도 향후 2020년까지 연평균 22.6%의 높은 성장률을 기록할 것으로 전망(2005년 KISTEP)되고 있다. 우리나라의 나노기반 융합기술 수준은 세계 4위, 선진국 대비 66% 수준으로 이는 정부가 2001년 "나노기술종합발전계획" 수립 이후 지속적으로 지원한 결과라고 할 수 있다.

## 나노융합산업 육성 정책

선진국에서는 나노융합산업 육성을 위해 다양한 정책들을 시행하고 있다. 미국은 국가나노기술전략계획(NNI)을 발표하여 민간투자 활성화를 유

〈표 1〉 나노기술 분류

| 분류          | 정의   |
|-------------|--|
| 나노소재기술      | 원자 또는 분자 단위에서 설계·제어함으로써 새롭게 또는 획기적으로 개선된 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 나타내는 고기능·고성능·고효율 소재기술  |
| 나노공정·측정기술   | 나노소재 또는 소자 제조에 필요한 기본요소(building block)를 제조하거나, 이를 조립/가공함으로써 기능을 부여하는 공정기술 및 장비기술을 의미함. 또한 나노크기 영역에서 물질의 특성을 측정하고 분석할 수 있는 측정기술을 포함함 |
| 나노일렉트로닉스기술  | 나노크기에서 트랜지스터, 스위치, 저항, 커패시터, 배선을 구현·조합하여 로직회로, 마이크로프로세서, 메모리 등을 구현할 수 있는 소자기술  |
| 나노바이오메디칼 기술 | 나노기술에 근간하여 바이오, 메디컬 혹은 이들의 융합 시스템을 나노크기의 수준에서 제조, 측정, 분석, 제어, 적용하는 과학과 기술  |
| 나노에너지·환경 기술 | 나노기술이 갖는 혁신적 특성을 신재생에너지, 에너지 절감 및 효율향상, 환경감시 및 정화와 같은 에너지·환경 분야에 적용, 융합하여 신개념의 산업을 창출하고 녹색 성장을 견인함으로써 지속성장을 가능하게 하는 기술               |

도하고 있고 일본은 민간 주도의 나노비즈니스 추진협의회(NBCI)를 추진하여 나노기술산업화 전략을 수립하고 있다. EU에서는 나노기술의 산업계 확산을 위해 나노기술로드맵을 개발하여 구체적인 산업과 나노기술과의 관계를 전망하고 있으며, 러시아에서는 대통령 발의로 나노산업발전 전략을 수립하고 나노산업 진흥 전담기구인 '러시아 나노기술공사'를 설립하여 적극적인 산업화를 지원하고 있다. 우리나라에서도 2001년 7월 제1기 나노기술종합발전계획('01~'05)과 2005년 12월 제2기 나노기술종합발전계획('06~'15)을 발표하고 『2015년 나노기술 선진 3대국 기술경쟁력 확보』라는 비전을 제시하며 2001년에서 2008년간 정부는 나노기술의 개발에 1.9조 원을 투입했다. 이 예산은 R&D에 1.3조 원(71%), 인프라에 4,415억 원(23%), 인력양성에 1,012억 원(5%)이 투입되었다.

국내 나노융합산업 현황 / 나노기술관련 국가 연구개발 현황

나노기술관련 대표적인 국책사업으로는 21세기 프론티어사업으로 추진된 테라급 나노소재개발 사업단(단장 이조원박사), 나노소재기술개발 사업단(단장 서상희박사), 나노메카트로닉스기술개발 사업단(단장 이상록박사)을 들 수 있다. 테라급 나노소재개발 사업단은 2000년에 출범하여 2010년 3월에 종료된 사업으로 Tera급 나노소재 개발이 최종목표였다. 사업단 최종평가에서 '매우우수' 평가를 받았으며 프론티어 사업의 전체 취지인 실용화 전 단계 기술개발과 부합하고 동시에 과교부 소속 프론티어 사업단으로서 기초원천적인 연구성과도 달성했다고 평가되었다. 기대 효과로는 메모리분야 일등수상 및 신산업 창출을 통한 10만여명 고용효과(반도체 산업, Intelligent 가전, Robot, 3D-VR, 초미니 슈퍼컴), 반도체 세계시장 수출 증대효과('05년 13%(301억불)에서 '13년 30%(1,270억불) 이상 증가예상)를 들 수 있다. 나노소재기술개발 사업단은 세계 수준의 핵심원천기술 확보 및 실용화 기술개발을 목표로 2002년에 출범했으며 2012년 3월까지 추진된다. 기대효과로는 고강도 나노소재 채택으로 소재 사용량 감소, 구조물/제품 수명 증가, 폐기물 발생량 및 에너지 소모량 감소(기대이익 : 연간 3,000억원), 나노 촉매/기공 소재 개발로 공해물질 처리비용 절감(2010년 7,000억원), 광통신 및 디스플레이 분야 소재/부품 개발로 정보통신 인프라 구축 선도(시장대체 : 2010년 약 2조원) 등이다. 나노메카트로닉스기술개발 사업단은 값싸고, 대량으로, 고속으로 나노단위의 극미세 제품을 제조하기 위한 나노공정/장비 기술 확보 목표로 2002년에 출범했으며 2012년 3월까지 추진된다. 30nm급 나노임프린트공정장비를 상용화하여 국내외 매출이 이루어지고 있고 이를 이용한 반



도체 소자, OLED, LED 등의 나노광학소자 제품개발에도 주력하고 있다. 최근에는 차세대 이미지센서용 나노임프린트공정기술을 미국에 기술 이전한 바가 있다. 또한 나노소재인 탄소나노튜브의 고순도 분리기술 및 이를 이용한 투명전극의 상용화를 추진하여 투명히터, 투명스피커, 투명 LED사인보드 등을 세계최초로 개발하였다. 또한, 나노공정에 필수적인 나노물성측정장비를 실용화하여 매출이 발생되고 있으며 이분야에 있어 국제표준화를 주도하고 있다. 아래의 표에서는 사업단별 주요 연구 성과를 정리하였다.

앞에서 언급한 3개의 대형사업을 포함하여 2000년 이후 2010 현재까지 정부주도로 나노기술관련 연구개발에 꾸준하고 전략적인 투자(2008년 2,429억원 투자)가 이루어진 결과, 나노융합산업화를 위한 기술적, 인적 기반 및 인프라를 확보할 수 있었다고 판단된다.

〈표 2〉 나노기술관련 21세기 프론티어사업 현황

| 사업단              | 사업기간               | 예산                      | 주요개발성과  |
|------------------|--------------------|-------------------------|---|
| 테라급나노소자 개발사업단    | 2000~2010<br>(10년) | 1,400억원<br>(국비 900억원)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40나노 32기가 낸드플래시 핵심 기반 기술 개발</li> <li>• 세계최고속 15 nm NANO HEMT(fT=610 GHz) 개발</li> <li>• 나노튜브로 제조된 투명하고 유연한 트랜지스터 개발</li> <li>• 테라급 광연결 플랫폼 기술 개발</li> </ul> |
| 나노소재기술 개발사업단     | 2002~2012<br>(10년) | 1,131억원<br>(국비 898억원)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고강도 세라믹 나노복합재료 기술 개발</li> <li>• 강자성 코발트실리콘 나노선 합성법 최초 개발</li> <li>• 고효율 광원용 전계방출 나노소재 개발</li> <li>• 정보 저장 광도분자 나노소재 개발</li> </ul>                          |
| 나노메카트로닉스 기술개발사업단 | 2002~2012<br>(10년) | 1,286억원<br>(국비 1,000억원) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 nm급 나노임프린트공정의 나노소자적용기술개발</li> <li>• 반도체용 나노임프린트 장비 개발</li> <li>• 탄소나노튜브의 투명전극 및 히터 적용기술개발</li> <li>• 나노물성 측정 장비개발 및 국제 표준화</li> </ul>                   |

#### 나노융합기술관련 주요 인프라 구축 현황

현재 국내에는 총 6개의 나노융합기술 지원 대형시설 인프라가 구축되어있다. 교육과학기술부는 나노종합팹센터(대전)와 나노소자특화팹센터(수원)를 지원하고 있으며, 지식경제부는 포항과 전주 및 광주에 3개의 나노기술집적센터를 운영하고 있고 RFID/USN 센터(송도)를 구축하였다. 이와 같은 인프라는 지금까지 국내 나노융합기술 기초 원천기술개발에 있어 핵심적인 역할을 담당했으며 향후에는 각 인프라별로 특화된 나노융합기술분야의 산업화에 보다 집중할 계획이다. 각 인프라 별 중점분야와 특화분야는 표 3과 같다.

#### 나노융합기업 및 상용화 현황

2009년 12월 STEPI 보고서 "나노기업 정밀실태 및 연구개발 수요조사"에 따르면 현재 국내 나노융합기업 총수는 400개에서 450개이며 그 외의 다수 대기업 및 중견기업도 나노융합 신규 나노융합산업 진출을 위하여 연구개발을 추진 중에 있는 것으로 조사되고 있다. 나노융합기업의

〈표 3〉 나노융합기술 관련 주요 인프라 현황

| 부처      | 기관              | 주관기관          | 중점 분야                     | 특화 분야                     |
|---------|-----------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 교육과학기술부 | 나노종합팩(대전)       | KAIST         | 실리콘계 나노소자                 | 나노바이오,<br>NEMS 단위/일괄공정    |
|         | 나노소자특화팩(수원)     | 독립법인          | 화합물계(GaAs) 나노소자           | 광소자 원천공정                  |
| 지식경제부   | 포항나노기술집적센터      | 포항공대          | 포항 방사광가속기 활용<br>나노소재 개발지원 | 나노전자소재 및 측정               |
|         | 전북나노기술집적센터      | 전자부품<br>연구원   | 나노패터닝/예칭장비<br>개발지원        | 잉크젯 프린팅 기술<br>및 장비지원      |
|         | 광주나노기술집적센터      | 생산기술<br>연구원   | 나노증착/확산장비<br>개발지원         | 유리기판 태양전지<br>(DSC) 후공정 개발 |
|         | RFID/USN 센터(송도) | 한국전자<br>거래진흥원 | RFID/USN, MEMS            | RFID/USN, MEMS            |

전체 매출액 대비 나노융합제품의 비중(2008년 기준)은 평균 38.7%로 조사되었으며, 특히 중소기업 중 절반 이상은 약 50%의 매출을 나노기술 관련 제품으로 올리고 있는 것으로 분석되었다. 대기업의 경우 현재 연구개발 중이거나 10% 미만의 비중을 차지하고 있는 기업들이 많아, 현재 시장보다는 미래시장을 대비한 준비를 하고 있음을 시사하고 있다. 나노융합기업을 주력기술분야별로 분류하면 나노소재(53.9%)와 나노공정·측

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p style="text-align: center;"><b>나노소재</b></p>  <p>CNT 적용 자동차 부품 : 대진공업 등 (2006)<br/>                 고효율 나노 코팅 발열체 : 아이렌씨기술(2005)</p>  <p>다공성 탄소나노 : 이지앤(2005)<br/>                 반사방지 필름 : 두산전자BG (2006)<br/>                 나노 컬러 적층 필름 : SKC (2006)</p>  <p>CNT 필름 스피커 : 탐나노시스 (2007)<br/>                 나노 리튬이온 2차 전지 : 테트론 (2006)<br/>                 전도성 나노실버 잉크 : 엔피케이 (2006)</p> | <p style="text-align: center;"><b>나노소자</b></p>  <p>CNT전극의 LED : 탐나노시스(2008)</p>  <p>30nm64G NAND 플래시 : 삼성전자 (2007)<br/>                 RFID Tag : 잉크테크(2007)</p>  <p>투명 플렉서블 나노전력 발전 소자 : 삼성전자 (2006)<br/>                 CNT 면광원 : 나노퍼시픽(2006)</p> | <p style="text-align: center;"><b>나노섬유</b></p>  <p>디지털 날염 전용 나노잉크 : 유한김벌리(2005)</p>  <p>나노 케어셔츠 : 초박형 발상발 백금 나노를 섬 제일모직(2005)<br/>                 열체 : 탄탄 (2004)<br/>                 유에 염색 : 이 온PT(2005)</p>  <p>나노실버 PCM 적용 고성능 섬유 : 신라나노텍(2005)</p>  <p>은나노 양말 : 유니클 나노기술 원사 : 로브 에이치엔티 (2005)<br/>                 효성(2004)</p> |
|--|--|--|

국내 산업화 사례 : 나노소재, 나노소자, 나노섬유 (출처: 나노융합산업연구조합)

정(22.8%)가 나노일렉트로닉스(5.3%), 나노바이오메디칼(8.7%), 나노에너지·환경(7.3%), 기타(1.9%)에 비하여 상대적으로 많은 기업이 분포하고 있는데 이는 진입이 용이한 생활용품관련 나노융합제품과 반도체, 디스플레이 분야 대기업에 납품관계에 있는 중소기업의 비중이 높기 때문으로 분석되었다. 현재 나노융합기술 적용분야가 급속히 확대되는 추세이기 때문에 향후 나노에너지분야 및 나노바이오분야의 기업 수가 대폭 증가할 것으로 예측된다. 현재까지 국내에서 개발된 대표적인 나노융합제품을 그림 1과 2에서 분야별로 정리하였다.

### 시사점

현재 나노융합기업이 보유한 나노기술 수준은 세계 최고수준 대비 평균 2.4년(79.7%수준) 격차가 있는 것으로 조사되었다. ("나노기업 정밀실태 및 연구개발 수요조사", STEPI 보고서, 이광호, 2009년 12월) 이는 국내나노융합기업의 기술수준은 아직 추격 단계에 있어 향후 시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 추가적인 기술혁신역량 제고가 필요함을 의미한다. 또한, 최근 창업된 기업보다는 1994년 이전에 창업된 기업(37.9%)과 나노기술중합발전계획이 수립될 무렵인 2000년에서 2004년사이에 창업된 기업(31.6%)이 많은 것으로 나타나고 있는데 이는 시장 불확실성과 세계경기 침체 때문에 창업이 이루어지지 못하는 것으로 나노융합산업의 육성을 위해서는 나노융합기업의 창업을 적극적으로 장려할 수 있는 지원책이 필요하다는 것을 시사하고 있다.

### 나노바이오



캡슐형 내시경 :  
인트로메딕(2007)



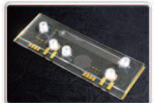
단백질 칩 : 케이맥(2005)



은나노 병충해 방제 비료 :  
클라스타인스트루먼트(2006)



피해방울 에이즈 진단  
장비 : 디지털바이오테  
크노러지(2006)



전혈 분석용 바이오 칩 :  
올메디쿠스(2005)



초소형 혈액 검사기 :  
삼성종합기술원(2007)



나노 셀레늄 배 : 울산천  
환경농업연구회(2005)



바이오 페인트 :  
애경공업(2004)

### 생활용품



은나노 살균 에어컨 :  
삼성전자(2004)



은나노 드럼세탁기 : 삼성  
전자(2004)



은나노 필터 적용 비데 :  
웅진(2005)



은나노 살균 신발 :  
금강제혁(2004)



나노플러스 치약,  
페이셜 바 : (주)나  
노라이프(2005)



나노플라즈마 살균 이온 공기청정  
기 : LG전자(2005)



바이오 페인트 :  
애경공업(2004)



나노생명캡슐 화장품 :  
태평양(2006)

### 나노의약품



독감예방 제품 '지·솔' :  
웅진케어스(2006)



나노크리스탈 코팅기술  
이용 신약 : 오스코텍  
(2005)



치과용 뼈이식재 : 오  
스코텍(2004)



나노 감기약 :  
보람제약(2004)



항암제(팍시맥 연고) : 보람제약(2004)

국내 산업화 사례 : 나노바이오, 생활용품, 나노의약품 (출처: 지식경제부)

# 지식경제부 세계최초 “제품융합지수” 개발

〈2010 산업융합 포럼』 개최 / LED-TV가 아이폰보다 융합지수가 높아〉

최근 "정보화 시대"를 지나 "융합시대"로 급속히 전환되는 가운데 엘빈 토플러가 "한국의 미래는 융합기술에 달려있다."라고 말했듯이 글로벌 위기이후 우리 경제의 새로운 돌파구로서 융합이 가장 중요한 화두로 대두되고 있다.

이에 지식경제부는 조석 성장동력실장 주재로 5.6(목) 14:00 『2010 산업융합 포럼』을 개최하였다. 동 포럼에는 신경철 유진로봇 대표, 석영철 한국산업기술진흥원 부원장, 김명희 이화여대 교수, 안현실 한국경제 논설위원 등을 비롯한 산학연 및 언론계의 융합 전문가 30여명이 참석하여 국내 산업융합의 현주소를 진단하고, 향후 정책과제 및 전략 방향 등 산업융합정책 전반에 대해 폭넓게 의견을 교환하였다.



특히 이번 포럼은 기업들의 실제 융합제품 개발 및 출시시례를 통해 현장애로를 청취하고, 융합지수 등 새로운 정책대안을 모색하는 자리로서 그간 다양한 분야에서 개최된 많은 융합포럼들이 주로 학문적 접근을 통해 산업융합에 대한 이해와 공감대를 확산하는 데 중점을 두었던 것과 차별화되는 행사였다는 데 큰 의미를 두었다.

한밭대 배성민 교수는 『융합제품의 가치평가를 위한 융합지수』 개발 결과 발표를 통해 그간 융합제품의 발전·융합정도를 측정할 수 있는 지표가 없어 우리 산업융합 현주소를 객관적으로 진단하는데 있어 한계가 있었다고 지적하고, 이를 보완하기 위한 융합지수 개발을 추진하였다. 금번에 개발한 『융합지수\*』는 융합제품에 사용된 기술의 발전정도, 기술간 융합정도 他 산업과 연계성을 점수화하여 도출하며 구체적으로 사용기술들에 대한 각종 특허 데이터를 토대로 분석하였다.

〈 융합지수 주요 평가 요소 〉

| 분류          | 정의  |
|-------------|---|
| 기술발전점수(20점) | 융합제품에 최근 특허출원된 기술을 많이 사용될수록 고득점   |
| 기술융합점수(40점) | 융합제품 제조과정에서 사용된 기술 개수가 많을수록, 서비스영역과 연계된 기술일수록 고득점<br>* 스마트폰의 경우 금융·통신·디지털 콘텐츠 등 서비스와 연계성 높음 |
| 산업연계점수(40점) | 사용기술이 특정 산업을 벗어나 여러 산업군에 폭넓게, 균등하게 사용될수록 점수가 높음   |

※ 융합지수 개발 및 사례분석은 생기원 발주 전문용역(한밭대 배성민 교수) 결과

먼저, LED-TV, 아이폰, 닌텐도 위 등 시장을 선도하는 대표적 융합제품들을 대상으로 융합지수를 측정한 결과, 우리나라의 대표적 시장선도제품인 LED-TV의 융합지수(71.71)가 아이폰(67.16)이나 닌텐도 위(60.76)보다 높은 것으로 나타났으며, 이는 LED-TV에 많은 기술이 결합되어 있고, 특히 상거래, 통신, 방송 등 서비스영역을 비롯하여 전기조명, 영상표시 등 다양한 영역과의 관련성이 매우 큰 것에 기인한 것으로 분석된다.

- ▶ LED TV 등 우리 주력산업은 융합화를 통한 신시장 창출 잠재력이 충분하며, 구글·애플의 TV시장 진출 등 위기에 대비, 상거래, 통신, 방송 등 서비스 영역과 융합을 확대해 나갈 필요가 있음.

〈표 3〉 나노융합기술 관련 주요 인프라 현황

| 순위 | 제품           | 기술발전(20) | 기술융합(40) | 산업연계(40) | 총점(100) |
|----|--------------|----------|----------|----------|---------|
| 1  | LED TV       | 11.38    | 23.99    | 36.34    | 71.71   |
| 2  | iPhone       | 11.81    | 30.52    | 24.83    | 67.16   |
| 3  | Nintendo Wii | 11.97    | 15.60    | 33.19    | 60.76   |

한편, 주요국 스마트폰의 융합정도를 비교한 결과 美·日·유럽에 비해 한국의 융합지수(53.33점)가 가장 낮은 것으로 분석되었다.

〈 주요국간 스마트폰의 융합지수 비교 〉

| 순위 | 국가 | 기술발전(20) | 기술융합(40) | 산업연계(40) | 총점(100) |
|----|----|----------|----------|----------|---------|
| 1  | 미국 | 12.99    | 30.72    | 29.77    | 73.48   |
| 2  | 일본 | 12.54    | 25.26    | 30.04    | 67.84   |
| 3  | 유럽 | 11.99    | 24.75    | 21.56    | 58.30   |
| 4  | 한국 | 13.00    | 21.03    | 19.30    | 53.33   |

한국 스마트폰의 HW적인 기술발전점수는 선진국과 동등한수준이나(13.00), 기술융합과 산업연계 측면에서 크게 미흡하다. 이는 한국의 스마트폰이 美 아이폰 등에 비해 서비스영역과 연계성이 낮고, 타산업의 연계성도 일부 산업에 집중된 데 기인하였다

- ▶ 스마트폰 사례처럼 향후 융합제품 개발시 HW기술 개발 뿐 아니라 서비스 영역을 비롯한 타 산업과의 연계성을 고려하는 것이 중요

이어, (주)헬스피아 이경수 대표와 (주)디알리 필드로봇 송영환 대표는 실제 융합제품 개발 관련 사례를 발표 하였다. 이경수 대표는 과거 당포폰을 개발하였으나 당시 관련 제도·법령상 장애로 시장출시가 지연된 경험을 소개하고, 융합 신산업 창출을 위해 법제도 시스템을 선진화할 필요가 있다고 제안하였다. 송영환 대표는 화재 진압용 소방로봇 개발사례를 소개하면서, 아직 소방장비관리규칙 등에 소방관서가 보유가능한 소방장비\*에 로 불항목이 없어 로봇시장 수요창출에 애로가 크다고 지적하였다.

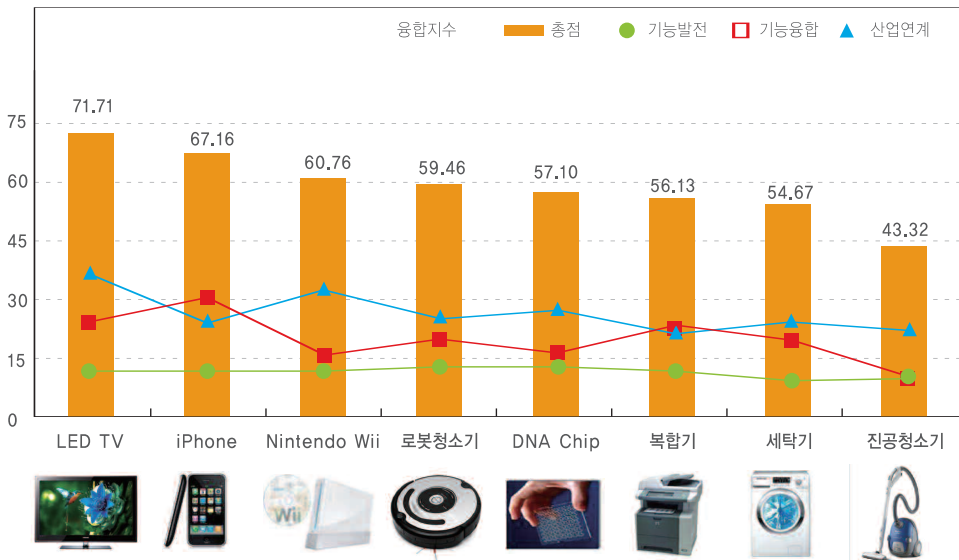
산업연구원 서동혁 팀장은 『뉴 노멀(New Normal) 시대, 산업융합 비전과 전략』이라는 주제 발표를 통해 융합은 기존 기술과 기존 제품을 바탕으로 발생함에도 불구하고, 그간 산업전략의 초점이 원천기술 개발이나 산업화



단계에만 집중되는 "정책 미스매치"가 있었다고 지적하고 향후 상용화 및 초기산업화 단계 융합산업을 주요 타겟으로 한 융합정책 추진을 제안하였다.

한편, 조석 성장동력실장은 마무리 발언을 통해 금일 제시된 건의사항들은 현재 추진중인 "산업융합 촉진법"과 "산업융합 촉진전략" 마련과정에서 정책으로 적극 반영해 나갈 것이며 앞으로도 산업융합 포럼이 기업의 현장 목소리를 청취하고, 다양한 정책과제들을 발굴하는 장으로서, 산업융합 분야에 있어 정부와 산·학·연간의 중요한 가교역할을 해주길 기대한다고 하였다.

### 전략 1 융합제품간 비교



### 전략 2 주요제품 융합지수 도출결과

(주요국간 스마트폰의 융합지수 비교)

| 순위 | 제품명          | 기술발전 (20) | 기술융합(40) | 산업연계(40) | 총점(100) |
|----|--------------|-----------|----------|----------|---------|
| 1  | LED TV       | 11.38     | 23.99    | 36.34    | 71.71   |
| 2  | iPhone       | 11.81     | 30.52    | 24.83    | 67.16   |
| 3  | Nintendo Wii | 11.97     | 15.60    | 33.19    | 60.76   |
| 4  | 로봇청소기        | 13.27     | 20.09    | 26.10    | 59.46   |
| 5  | DNA Chip     | 12.84     | 16.45    | 27.81    | 57.1    |
| 6  | 복합기(MPF)     | 12.05     | 22.46    | 21.62    | 56.13   |
| 7  | 세탁기          | 10.19     | 19.71    | 24.77    | 54.67   |
| 8  | 진공청소기        | 10.71     | 9.81     | 22.80    | 43.32   |

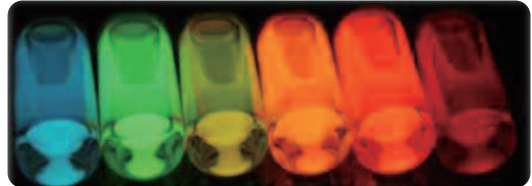
(출처 : 지식경제부 보도자료)



### 1. 기업소개

- 기업명 : (주)큐디솔루션
- 대표이사 : 송진원
- 설립일 : 2009. 3. 12.
- 주소 : 대전시 유성구 관평동 705
- 직원수 : 7
- 연매출액 : 3억원

(주)큐디솔루션은 나노소재의 성장을 이끄는 기업, 고객과 사회에 공헌하는 기업, 고수익 부가가치를 창출하는 기업으로 세계와 경쟁하는 큰 기업으로 성장하고자 노력하고 있습니다.



### 2. 주요생산품 또는 사업분야

- 양자점(Quantum dot)
- core, core/shell, multi-shell quantum dot
- 비독성 양자점(Cd free quantum dot)  
InP/ZnS
- 양자점 LED



### 3. 나노 기술개발 연구 동향

양자점은 반도체 성질을 갖으며 적외선에서 가시광선까지의 모든 파장대에서 광 흡수 및 발광이 가능하여 바이오, 의료, LED, OLED, BLU, 태양전지 등 다양한 산업의 원천소재로 응용이 가능합니다. (주)큐디솔루션은 이러한 양자점의 대량생산 기술을 개발하여 원천 특허를 출원하였으며, 최근 이슈가 되고 있는 비독성 양자점으로 카드뮴이 들어가지 않는 양자점 대량생산 기술을 확보하였습니다. 또한 양자점을 이용한 LED를 개발하고 있으며 새로운 기반기술로 많은 관심을 모으고 있습니다.

### 4. 향후 사업계획 및 양산화 계획

- 비독성 양자점의 대량양산 시스템을 구축중에 있으며, 이러한 원천기술을 바탕으로 신시장 개척을 통한 사업영역을 확대해 가고 있습니다.
- 앞으로 끊임없는 투자와 연구개발을 통하여 다양한 재료의 나노소재의 다양한 원천기술 개발을 목표로 하고있습니다.

## 대유신소재

### 알루미늄-탄소재료간 복합체 관련 특허 취득



대유신소재는 응집 방법에 의한 탄소 재료와 알루미늄 복합체의 제조 방법에 관한 특허를 취득했다고 14일 공시했다. 기존 복합체 제조 방법에 비해 공정이 단순하고 연속적이기 때문에 시간과 비용을 크게 단축시킬 수 있는 게 장점이다

이번 발명은 알루미늄과 탄소재료를 볼밀(Ball Mill)로 혼합한 후 펄스 전류를 인가해 아크(Arc) 방전을 유도하는 것을 특징으로 하는 알루미늄과 탄소재료 간 공유 결합을 형성하는 방법을 제공한다. 또 알루미늄과 탄소재료 복합체를 제조하는 방법과 이 방법으로 제조된 알루미늄과 탄소재료 복합체를 제공한다.

회사측은 "수입가공 판매에 의존하던 기존 산업구조에 소재혁신을 불러올 것"이라며 "정부에서 추진 중인 녹색산업 및 그린홈·빌딩 등과 연계해 고층건물의 방열창호, 운송장비 경량화 등 응용분야도 무한할 것"이라고 설명했다. 즉 알루미늄-탄소재료 복합체가 수입가공 판매에 의존하는 현 산업구조를 혁신적으로 개선시킬 수 있을 것으로 기대했다.

# 실트론

## 실트론 - 이천시 신공장 증설 MOU



이천시와 (주)실트론은 8월 30일 이천시청에서 (주)실트론과 LED 기판소재인 "사파이어 웨이퍼"신공장 설립에 관한 설립에 관한 투자협정을 체결했다.

이날 협약에 따라 (주)실트론은 이천시 단월동 소재에 약 9만㎡ 부지에 2010년부터 2년간 총 1천600억원, 2012년 이후 5년간 2천억원 등 총 3천600억원을 투자해 LED 기판소재인 사파이어 웨이퍼 신공장을 설립하게 된다.

이천시는 (주)실트론의 투자계획에 의한 사업이 성공적으로 추진될 수 있도록 인·허가상 행정적 지원과 함께 실트론이 안정적으로 기업경영을 할 수 있도록 불합리한 각종 규제 개선에 적극 노력하게 된다.

이번 사파이어 웨이퍼 공장증설로 1·2차 각 150명, 850여명의 고용유발 효과와 시의 세입증대 등 지역경제 활성화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

한편, 조병돈 시장은 이날 협약식에서 이번 투자협정이 지역경제 활성화와 고용창출을 기대하며, 이천시 또한 실트론의 공장 신증설 사업이 성공적으로 추진될 수 있도록 노력할 것이라고 밝혔다.

# 에스엔유프리시전

## 중국과 AM-OLED제조장비 계약



에스엔유프리시전(대표 박희재)은 중국의 유명 패널제조사로부터 능동형 유기발광다이오드(AMOLED) 패널 제조장비를 수주했다 이번에 수주한 장비는 약 77억원 상당의 2.5세대급 AM-OLED증착 장비이다.

에스엔유는 세계최초로 5세대급 AM-OLED증착장비를 개발한 회사로, 대형 AMOLED 생산에 가장 적합한 Evaporation linear source 기술력을 보유하고 있으며 이는 세계 최고 수준이다.

에스엔유 관계자는 "중국 AMOLED 제조사로부터 유기물 증착장비 협력사로 선정되면서 중국시장에서 2.5세대에 이은 5.5세대 등 대형 AMOLED 투자도 선점할 수 있는 유리한 고지를 점했다"고 말했다.

또한, 에스엔유는 삼성모바일디스플레이와 공동으로 지식 경제부 주관 5.5세대 AMOLED 양산을 위한 유기물 증착장비 개발을 진행 중이다

OLED증착기술이 OLED의 대면적화에 가장 큰 영향력을 미치는 만큼 현재의 에스엔유의 상황을 볼 때, 5.5세대급 대면적 장비의 양산화에 성공한다면 한국·중국을 포함한 전세계 OLED산업에 엄청난 파급효과를 가져올 것으로 기대되어진다.

## 사무국 일정/행사

### 나노융합산업연구조합 3차 임시 이사회 개최

2010년 나노조합의 3차 임시 이사회가 10월 9일 이회국 이사장(실트론 사장)을 비롯한 임원 12명이 참석하여 나노코리아 2010년 개최결과 및 사무국 주요업무 현안에 대해 논의 할 예정이다.

### 이란 나노 페스티벌 참가

이란과의 국가간 나노기술 협력강화를 위해 2010년 10월 25일부터 29일까지 5일간 이란에서 개최하는 이란 나노페스티벌에 참석 할 예정이다. 이번 기회를 통해 이란에서 기반을 갖추고 있는 완성차 사업이나 휴대폰 제조업 등에 타국의 제재 없이 기업들간의 협력을 확대 할 수 있는 기회가 되길 기대한다.

# 제 8회 국제 나노기술 심포지엄 및 전시회 『NANO KOREA 2010 with IEEE NANO 2010』

나노기술의 과거와 현재, 그리고 미래를 보여주는 나노코리아 2010 행사가 2010.8.18부터 3일간 일산 KINTEX에서 개최되었다. 교육과학기술부와 지식경제부가 공동주최인 나노기반 신기술 융합 트레이드 전문행사인 나노코리아는 삼성전자, LG화학, 실트론 등의 기업들뿐 아니라 벨기에, 일본, 인도 등의 국가관을 포함하여 250기관 참여하였다. 또한, 마이크로테크월드(제3회마이크로/MEMS기술전시회), 레이저가공기술특별전, 인쇄전자전시회 등 연관산업을 동시 개최하여 기술교류와 시너지를 극대화하였다.

- 행사명 : NANO KOREA 2010 with IEEE NANO 2010
- 슬로건 : Nanotechnology for Green World
- 일시/장소 : 2010. 8. 17(화) ~ 20(금) / KINTEX
- 추진조직
  - 주최 : 교육과학기술부, 지식경제부
  - 주관 : 나노코리아조직위원회, IEEE Nanotechnology Council

## I. 행사개관

금년 8회째를 맞이하는 나노코리아는 교육과학기술부와 지식경제부가 주최하고 나노융합산업연구조합, 나노기술연구협의회 및 한국과학기술정보연구원이 주관하여 개최하는 국내 유일한 나노분야 전시회이다. 03년 첫 개최이후 질적·양적으로 지속적인 성장을 거듭해온 나노코리아는 '세계 3대 나노기술전문행사'로 발전하여 매년 다양한 기술교류와 비즈니스가 이루어지고 있다.



이번 행사의 주제는 'Nanotechnology for Green World'로 인류 공동의 문제로 인식되고 있는 환경, 에너지 분야의 다양한 이슈들에 대해 나노기술적 관점에서 재조명하고, 세계 나노기술 석학들로부터 연구내용 공유는 물론 이러한 문제해결을 위한 다양한 의견을 교환 할 수 있는 자리가 되었다. 그 외 나노기술이 이종산업들과 융합을 시도함은 물론, 융합 신산업창출에 대한 방향도 논의·제시하는 자리가 되었다.



전시회 부문은 초기 49개사(기관) 78개 부스로 시작하여 금년에는 250개사 440부스로 매년 30%이상의 지속적 성장률을 보여주고 있으며 관람객도 8천 2백명(심포지엄 포함)으로 역대 최고를 기록했다. 삼성전자 LG화학, 실트론 등 국내 대기업들은 나노기술을 적용한 신기술을 대거 선보였으며 연구기관은 최신 연구결과물을, 나노분야 전문기업들은 나노기술관련 제품들을 대거 전시하였다. 동시 개최된 마이크로테크월드 및 레이저코리아 특별전시회, 인쇄전자산업전도 성공적으로 개최되었다. 그뿐 아니라 우수기술·제품 발표회인 'R&BD세미나'와 최신연구성과 발표 및 상담회인 '리서치 프론티어'도 성황리에 진행되었다.

심포지엄 부문은 세계적으로 권위있는 IEEE(Institute of Electronics Engineers)와 컨퍼런스를 동시 개최하였고 로버스 그룹스('05년 노벨화학상 수상, 그린베르크('07년 노벨물리학상 수상) 등 노벨상 수상자 2명을 포함하여 김기남 삼성전자 사장 등 나노기술 분야의 세계적인 석학들이 기조연설을 진행했다. 학술대회 논문도 매년 꾸준한 증가하여 금년에는 1100여편의 논문이 발표되는 등 나노기술 세계4위인 한국의 국제적인 위상을 다시 한 번 확인해주는 계기가 되었다.





## II. 나노코리아 2010 어워드

산업적 파급효과가 큰 제품을 출품한 기업과 나노기술분야에서 혁신적인 연구성과를 달성한 연구자에 대해 시상이 진행되었다.



〈나노코리아 2010 어워드 수상업체〉

| 구분       |        | 수상기업    | 수상내용                 |
|----------|--------|---------|----------------------|
| 나노산업기술대상 | 국무총리상  | 대주전자재료  | 전자재료용 나노분말의 기상합성공정   |
| 나노산업기술상  | 지경부장관상 | LG화학    | 마이크로 반응시스템           |
|          |        | 나노기술    | 전자기방식 나노분말 성형장치      |
|          |        | 월드튜브    | 친환경 점액형 CNT 분산액과 고형체 |
|          | 조직위원장상 | 새론테크놀로지 | 전자빔 장비               |
|          |        | 제이오     | 기상합성법에 의한 촉매공정기술     |

### ■ 주목할 만한 기업 및 아이템

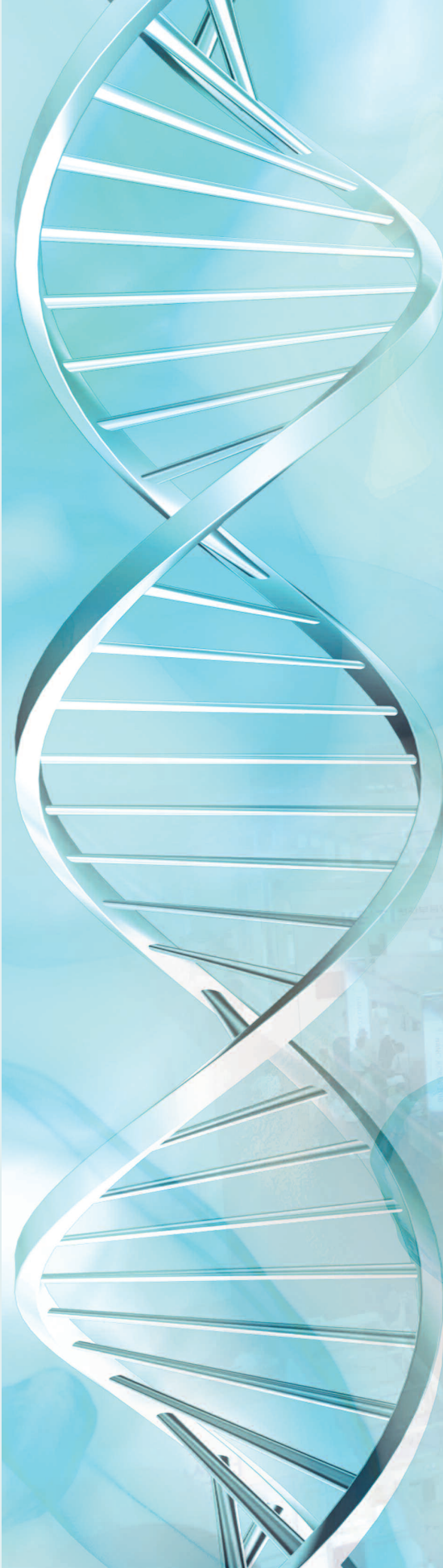
- 아모그린텍 : Hydrophobic Nano Membrane을 이용한 고효율 수처리 여과필터를 전시. 반도체, 디스플레이, 전자산업분야의 정밀여과 필터 대체 및 상업화 기대
- 큐디솔루션 : 1~10나노사이즈의 양자점전시. 자외선, 가시광선, 적외선 영역까지 발광파장이 조절 가능하며, LED, OLED, 바이오센서, 태양전지 등에 응용가능
- 나노브릭 : 광결정(Photonic Crystal)기반의 색가변 소재출품. 외부 전기장에 따라 색상이 변화하는 재료로, 색변환 전자스킨, 색변환 전자타일, 색변환 전자종이 등에 응용가능

- 엘파니 : 전도성 고분자 제조기술과 Organic nano-metal분산기술 출품. 블랜딩기술, 잉크젯기술, 인쇄기술, 패터닝기술 등과 접목가능.
- 삼성전자 : 세계 최초로 개발된 30나노급 공정을 적용한 D램과 1/4인치 광학 포맷의 500만 화소 스마트폰용 이미지 센서출품.
- 실트론 : 태양전지용 솔라웨이퍼, 고순도 산화알루미늄형성 Sapphire웨이퍼 등
- 벨기에 국가관 : it4ip(멤브레인필터), Opening Engineering(피에조시스템, MEMS), e-Xstream engineering(소재합성프로그램), AWEX(알로니아주 나노연구) 및 NanoCyl(CNT) 등 소개

〈나노코리아 2010 어워드 수상업체〉

| 구분       |                        | 수상내용               |
|----------|------------------------|--------------------|
| 나노산업기술대상 | 교과부 장관상                | 이용탁 광주과학기술원 교수     |
|          |                        | 김도현 한국과학기술원 교수     |
|          |                        | 이택희 광주과학기술원 교수     |
|          | 조직위원장상                 | 김용권 서울대 교수         |
|          |                        | 석중현 서울시립대 교수       |
|          |                        | 하시타카 마루야마 나고야대 교수  |
|          |                        | 사이드 함디위 델프트기술대학 교수 |
| 공고상·특별상  | 조직위원장상                 | 조현남 잉크테크 부사장       |
|          |                        | 이해원 한양대 교수         |
|          | 연구재단상                  | 조양구 표준과학연구원 부장     |
|          |                        | 최영진 명지대 교수         |
|          | 과학창의재단상                | 한중수 전남대 교수         |
| 전자신문사장상  | 보드엥 드 엠틴 벨기에 상무 투자 참사관 |                    |





NANO K  
KINTEX





NANO KOREA 2010 with IEEE NANO 2010

나노코리아 2010 ( IEEE 2010 ) 개최 및 기조강연 소개

기획기사

나노융합기술 인력양성 (박영아의원 기고)

정책동향

제3기 종합발전계획 추진경과 및 방향성

인사이드 인터뷰

나노 측정 및 분석 전문인력양성 교육을 마치고나서...

특별기사

CNT 그래핀 복합화로 신전자소자 탄생 이끈다

# CONTENTS

NANO KOREA 2010 with IEEE NANO 2010

나노코리아 2010 ( IEEE 2010 ) 개최  
및 기조강연 소개 | 3



기획기사

나노융합기술 인력양성 | 14  
- 박영아의원 기고 -



정책동향

제3기 종합발전계획 추진경과 및 방향성 | 18



인사이드 인터뷰

나노 측정 및 분석 전문인력양성 교육을 마치고 나서... | 21



특별기사

CNT 그래핀 복합화로 신전자소자 탄생 이끈다 | 23



Vol.7\_October 2010

- 발행처 나노기술연구협의회
  - 편집 및 광고 나노기술연구협의회 박혜선
  - T. 02-2057-8510 F. 02-2057-8509 E. nitraps@nanokorea.net
- ※ 본지에 게재된 내용 및 자료는 나노기술연구협의회의 소유이며 무단복제 및 배포 전체를 금합니다.

표지이미지



# NANO KOREA 2010 with IEEE NANO 2010

교육과학기술부의 지식경제부의 공동으로 추진해온 나노코리아가 올해로 8회를 맞아 전시 및 심포지엄을 개최하게 되었다.



올해에는 IEEE(국제전자협회)의 나노기술위원회에 의해 주관하는 IEEE NANO 컨퍼런스를 나노코리아 심포지엄으로 유치하여, 역대 최대의 규모의 심포지엄을 “Nanotechnology for Green World”의 주제로 지난 8월 17일(화)부터 20일(금)까지 4일간 한국국제전시장인 KINTEX에서 개최하게 되었다.

심포지움부문에서는 1,011편 (구두발표 235편, 포스터발표 776편) 논문발표가 진행되며, 노벨상 수상자 2명을 포함하여 13개국 75명의 강연자를 초청하여 역대 최대 규모로 개최되었으며, 참여자들에게 연구성과 발표 및 최신 연구동향에 대한 정보획득과 상호교류의 기회가 제공되었다. 또한 교류협력을 위해 일본, 영국, 인도 등과 국제협력 행사도 동시개최 되었다.

개막식 행사는 행사의 주최기관인 교과부 김창경 차관과 지경부의 김준동 신산업정책관이 참석하였으며, 국회 지식경제위원회 김영환 위원장을 비롯하여 과학기술위원회의 박영아의원님이 참석하였다.

한편 나노코리아 2010에서는 혁신적인 연구성과를 달성한 연구자들에게 연구의욕을 고취 및 나노기술발전을 유도하기 위해 나노코리아 2010 어워드를 개설하여 시상을 하게 되었다.

나노연구혁신상의 교과부장관상은 이용탁교수(광주과학기술원), 김도현교수(한국과학기술원), 이택희교수(광주과학기술원)의 3분이 수상자로 선정되었으며, 조직위원장상은 김용권교수(서울대), 석중현교수(서울시립대), 히사타카 마루야마교수(나고야대), 사이드 힝디워 교수(기술대학)4분이 수상자로 선정되었다.



앞줄 : 개막식 주요인사 뒷줄 : 수상자

(앞줄 왼쪽부터, 김학민회장, 서상기의원, 김창경차관, 임일지대표이사, 김영환의원, 조석실장, 박영아의원, 이희국이사장)

(뒷줄 왼쪽부터 Said Hamdioui교수(대리참석)Hisataka Maruyama 교수, 김용권교수, 이용탁교수, 석중현교수, 권태원대표이사, 구정희대표이사, 김도현교수, 이탁희교수, 강득주대표이사, 김상옥상무, 최정욱소장)

| 구 분     | 수상자   | 수상내용                                       |
|---------|---|--|
| 나노연구혁신상 | 이용탁교수<br>광주과학기술원                                | 선형 유효굴절율을 갖는 파라볼라형 초광대역 무반사 나노구조 개발        |
|         | 김도현교수<br>한국과학기술원                                | 반도체 실리콘 기판에 존재하는 나노스케일 결함의 해석 및 전산모사 기술 개발 |
|         | 이탁희교수<br>광주과학기술원                                | 단일 분자 기반의 나노 트랜지스터 소자 개발 및 구동 메커니즘 규명      |
|         | 김용권교수<br>서울대학교                                  | 유전율 측정을 위한 미세가공 판상 프로브 연구                  |
| 조직위원장상  | 석중현교수<br>서울시립대학교                                | CMOS/분자 메모리 내의 CMOS 결함 완화 기술 연구            |
|         | Hisataka Maruyama<br>나고야대학교                     | 광 감응 물질을 이용한 세포내부 측정용 나노도구의 주입과 레이저 조작 연구  |
|         | Said Hamdioui<br>Delft University of Technology | 촉매작용 분해법에 의한 도핑된 이중벽 탄소나노튜브의 합성 연구         |



공로상 및 특별상에는 조직위원장상으로 조현남 부사장(잉크테크), 이해원교수(한양대) 2분이 수상자로 선정되었으며, 연구재단상은 조양구부장(표준과학연구원), 최영진교수(명지대학교) 2분이 수상자로 선정, 과학창의재단장상으로는 한종수교수(전남대학교), 전자신문사장상은 보드영 드 엠틴 벨기에 상무(투자참사관)이 수상자로 선정되었다.

| 구 분         | 수상자   | 수상내용                              |
|-------------|---|-----------------------------------|
| 공<br>로<br>상 | <br>이해원교수<br>한양대학교   | 나노코리아 2010심포지엄에 기여<br>프로그램위원장 역임. |
|             | <br>조양구부장<br>표준과학연구원 | 전자현미경 및 전자광학기술분야 학연산 협력연구         |
|             | <br>최영진교수<br>명지대학교  | 국가나노기술융합발전계획, 국가나노기술지도 수립         |
|             | <br>한종수교수<br>전남대학교 | 광주/전남지역의 나노과학문화 확산                |



NANO KOREA 2010 with IEEE NANO 2010 시상식

이외에도 일반인을 위한 나노기술공개 강연등 청소년을 위한 나노교육프로그램 및 나노관련 연구기관이 주관하는 세미나, 나노포스터 발표시상등을 통해 학생들의 사기를 진작시키는등 다양하고 유익한 프로그램 진행되었다.

〈나노코리아 2010 Best Poster Awards 시상식〉



## 2010 NANO KOREA BEST POSTER AWARDS WINNERS

| No | First Author | Co-Author  | Affiliation |
|----|--------------|--|-------------|
| 1  | 김종현          | 김진수, 이명규   | 연세대         |
| 2  | 성문규          | 이태윤, 김병주, 김태현, 홍성훈   | 서울대         |
| 3  | 신채호          | K. J. Kim, Z. G. Khim, Y. S. Kim and B.-H. Sohn                  | 서울대         |
| 4  | 정창영          | 이상설, 도종글, 이재욱, 이동근, 김성수, 초한규, 라승유, 안진호                           | 한양대         |
| 5  | 이미경          | 곽건재, 용기정   | 포항공대        |
| 6  | 최만수          | M.Choi, C. Han, Y. Oh, I.-T. Kim, J.-C. An, J.-J. Lee, H.-K. Lee | 군산대         |
| 7  | 손재성          | 현태환  | 서울대         |
| 8  | 김경훈          | 홍순형, 임성철, 권혁천, 윤원규   | 한국과학기술원     |
| 9  | 김병성          | 이종원, 구태웅, 이재현, 왕동목   | 성균관대        |
| 10 | 정혜영          | 박준희, 황성필, 곽주현  | 한국과학기술원     |
| 11 | 우송관          | J.H.Bae,H.K.Kim,T.H.Kim,M.H.ParkandC.W.Yang                      | 성균관대        |
| 12 | 최현주          | J. H. Kim, S. A. Song, B. K. Jang, H. J. Lee, D. P. Kim          | 한국기계연구원     |
| 13 | 문현곤          | 장진해, 윤순섭   | 금오공대        |
| 14 | 양민호          | 최봉철, 박태정, 홍원희 이상엽  | 한국과학기술원     |
| 15 | 민병천          | 김대희, 정만호, 임재현, 신동윤, 이승백  | 한양대         |
| 16 | 김정숙          | 박유신, 남홍길, 박준원  | 포항공대        |
| 17 | 김신애          | 다스 서미트, 이호원, 김정훈, 변경민, 김성준                                       | 서울대         |
| 18 | 마울리아 아리에스토   | M.-W. Joe, B.-H. Kim, K.-R. Lee                                  | 한국과학기술연구원   |
| 19 | 최선준          | 이준혁, 오슬기, 신동균, 이승백   | 한양대         |
| 20 | 장종현          | 최대영, 박정호   | 고려대         |
| 21 | 이은교          | 이정현, 로버트 서미트, 데이비드 솔츠, 이효영                                       | 성균관대        |
| 22 | 이재철          | 김갑진, 류지수, 문경웅, 윤상준, 김기동, 이강수, 신경호, 이현우, 채석봉                      | 서울대         |
| 23 | 김경호          | 김현준, 구현철, 장준연, 김건동(고려대)  | 한국과학기술연구원   |
| 24 | 이규준          | 윤정범(인하대), 유전열(인하대), 김태원(서강대), 정명희(서강대)                           | 서강대         |
| 25 | 이지은          | 이노현, 현태환   | 서울대         |
| 26 | 최민석          | 박상진(한국과학기술연구원), 전상용(광주과학기술원)                                     | 광주과학기술원     |
| 27 | 임동권          | 전기석(한국화학연구원), 김형민(한국화학연구원),<br>남재민(서울대), 서윤동(한국화학연구원)            | 서울대         |
| 28 | 김병권          | 서대하, 송현준, 곽주현  | 한국과학기술원     |
| 29 | 김준영          | 노승욱, 이동구, 프라디프타 나약, 홍용택, 이창희                                     | 서울대         |
| 30 | 이송희          | 박종훈, 윤태현   | 한양대         |
| 31 | 펑 시아오산       | 양기선, 한아름, 장길상  | 상명대         |

# 나노코리아 2010 ( IEEE 2010 ) 기초강연 소개



기  
초  
강  
연

## Robert Howard Grubbs (로버트 그럽스)

- 미국 캘리포니아 공과대 화학과교수
- 2005년 노벨화학상 수상 : 중합소위 활성 폴리머의 생성에서의 유용한 촉매 작용을 가진 복합체의 설계와 합성에서 이룩한 획기적인 연구 성과 인정
- 주제 : Synthesis of Functional Materials Using Olefin Metathesis Catalysts and Initiators

### Synthesis of Functional Materials Using Olefin Metathesis Catalysts and Initiators (올레핀 교환 촉매와 개시제를 이용한 기능성 물질의 합성)

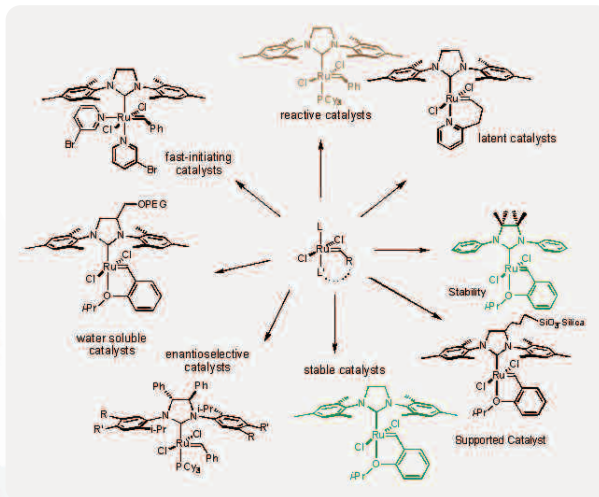
도입부에서는 금속-탄소 이중결합을 갖는 촉매가 어떻게 올레핀 교환반응을 일으키는 지 소개를 하고 합성화학에서 주요 관심사대인 새로운 탄소-탄소 결합을 어떻게 형성할 수 있는 지 보여 주었다. 이러한 목적을 위해 다양한 촉매들이 개발된 바, Grubbs 교수 연구실에서 개발 된 Ruthenium 촉매는 100 Kg 단위로 제작하고 handle할 수 있을 정도로 scalable하며, 공기 중에서도 안정하여, 범용적으로 사용할 수 있는 요건을 갖추게 되었다. 이러한 안정성을 지니고 있고 여러 작용기와 부반응을 일으키지 않으면서 올레핀 교환반응에는 매우 활성도가 높아서 여러 가지 응용성들이 확인되었는데, 이는 이러한 연구가 학문적 영역에만 머물지 않고 실지의 산업영역에서도 활용이 되는 바탕이 되었다. 예로서는 C 형 간염 치료제 제작, 곤충 페르몬 생산, 풍력발전기 날개와 같이 큰 구조체를 제작할 수 있는 고분자생산, 그리고 seed에 으로부터 친환경유화제제품들이 있다.

이윽고, 이러한 새로운 촉매의 등장은 상상력과 결합하여 새로운 형태의 블록 공중합체 그리고 고리형 고분자를 탄생시켰는데, 이는 새로운 물질이 나타내는 신기한 현상을 관찰, 이해하면서 학문적 영역을 넓힐 수도 있으며, 새로운 분야로의 응용성도 연구되고 있는데, 예로서는 새로운 구조의 micelle에 불소 동위원소를 연결하여 의료분야에서 많이 사용하는 양성자단층촬영 (PET)에 사용하였으며, brush형 고분자의 자기집합체를 형성한 후 이들을 photonic crystal로 활용할 수 있음을 보였다. 고리형 고분자는 다른 방법으로 합성이 매우 힘든 물질인데, 본 촉매는 이러한 작업을 잘 완수할 수 있으며, ring expansion 방법

이 잘 작동함을 보였다. 아울러, 이러한 나노고리는 이제까지 현미경으로 구조가 관찰된 적이 없기 때문에, 옆면에 특수형태의 분자를 결합시킨 후 AFM으로 관찰하였을 때 도넛 모양의 구조가 확인하였다. 이러한 특수 구조는 bottom up approach로 형성된 나노도넛이며 이는 특별한 광학적 그리고 물리적 물성을 보일 것으로 예측되어서 순수한 물질을 다량으로 생산하는 방법도 고안이 되었다.

Grubbs 교수의 강연은 처음 시작할 때는 우연히 관찰된 올레핀 교환반응을 이해하고자 하는 학문적 연구가 수십년의 지속적인 연구 끝에 매우 활용도가 높은 촉매의 탄생으로 이어졌으며, 이 촉매는 역시 다양한 기능을 갖는 신물질들을 만드는데 잘 활용될 수 있음을 보였다. 특히나 이러한 물질은 나노분야의 새로운 재료로서 자리매김을 하고 있다. 아울러, 이 반응은 부산물이 매우 적은 반응이어서 환경친화적이며 탄소 활용효율이 매우 높아서 Green Chemistry의 대표적인 예가 되고 있다. 이러한 과학/기술의 발전을 보면 결국 창의적 기초연구가 시간이 흐른 후 나노기술과 Green technology의 선두주자가 된다는 점을 다시 한번 입증하였다.

그림 1. 본 강연에서 제시한 각종 루테늄 분자 촉매들



\* 출처 : 박준원교수(포항공대)



기  
조  
가  
연

### 김기남

- 삼성전자 사장, 삼성종합기술원장
- 2010년 금탑산업훈장수상 : 1992년 64Mb D램 개발을 시작으로 1998년 4GB D램기술 개발에 이르기까지 4세대 연속 세계 최초 기술을 개발한데 이어 90nm 512Mb P램 기술을 개발, 삼성전자가 1993년부터 현재까지 17년째 메모리 분야 세계 1위를 지키는데 크게 기여
- 주제 : From the Future Technology Perspective

일상생활에 있어 많은 편리함을 제공하는 IT 기술은 새로운 기술과 서비스를 개발함으로써 지속적으로 발전할 것으로 기대된다. 미래의 IT 기술이 계속해서 보다 나은 편리함을 제공하기 위해서는 반도체, 디스플레이, 컴퓨터, 네트워크 분야의 기존의 기술한계를 극복할 필요가 있다.

미래에는 친환경에너지, 수자원, 대기 등의 분야에 새로운 기회가 있을 것이다. 또한 바이오 보건산업 등에 있어서는 보존적이고 개인화되고 참여중심의 진단 및 치료 방향으로의 새로운 패러다임 변화가 예측 된다. 나노기술은 정보기술과 바이오기술을 종합하여 산업간 그리고 산업내의 발전을 가속시킬 혁신의 중심에 있다.

### 1. 글로벌 메가트렌드

우리의 미래에 영향력을 미칠 수 있는 경향 중 가장 중요한 세 가지는 1) 인구변화, 2) 국제적 공조 3) 에너지와 환경 문제이다.

첫 번째는 인구변화이다. 세계 인구는 2010년 69억에서 2030년 83억으로 늘어날 것으로 기대된다. 시골에서 도시로의 이동도 가속되고 있으며 중간층 연령도 현재 29세에서 2030년 34세로 높아질 것이다. 이러한 변화는 세계의 각 지역에, 특별히 글로벌기업에 새롭고 차별화된 기회를 제공할 것이다.

두 번째 추세는 발전된 디지털 기술에 의해 가속될 국제적 공조이다. 세계무역 규모는 2030년 현재에 비해 놀랍게 증가할 것이며 이는 각 국가 간 상호의존성이 증가한다는 의미다. 글로벌기업이 조직과 운영에 유연성과 적응성이 없다면 생존이 매우 어려울 것이다.

세 번째 추세는 에너지와 환경이다. 세계적인 에너지 소비량은 현재에 비해 2030년 40% 증가할 것이다. 그 때가 되면 남반구의 거의 모든 국가는 물 부족 현상을 겪을 것이며 동시에 교역량 증가에 따른 기반시설에 보다 많은 투자가 요구될 것이다.

이러한 국제적 추세는 우리에게 불연속성, 충격, 그리고 놀라움을 주며 각 회사 또는 국가에 많은 도전과 위험요소를 제시하고 있다. 오직 선행전략 과 분석만이 이러한 혼돈의 안개 속에서 새로운 기회를 발견하게 할 것이다. 동시에 세계적 선도기업으로써 우리는 '기술혁신' 만이 지속적인 성장을 위한 가장 중요한 열쇠라고 믿는다.

## II. 미래 기술

### A. 차세대 IT

IT기술은 디지털 기술의 발전덕분에 1950년도에 시작했음에도 불구하고 현재까지 매우 빠르게 발전하고 있다. 특별히 반도체 산업은 1980년대의 혁신 이후 괄목할 성장을 이루었다. 이러한 추진력을 유지하기 위해서는 차세대의 핵심 IT 기술을 거머쥐는 것이 우리의 의무이다. 이를 위해서는 개인성(You : personalized), 편재성(Ubiquitous), 유용성(Usability), 무인성(Unmanned), 가상성(Unreal) 의 5 Us 가 중요한 요소이다. 누구라도 선도적으로 5 Us를 현실화 할 수 있다면 성공할 수 있다. 미래의 세계는 보다 안전하고 건강하며 매우 편리해 질 것이므로 기업뿐만 아니라 지상의 모든 사람들이 이러한 발전의 이익을 누릴 수 있을 것이다.

새로운 세계를 선도할 몇 개의 기술은 고속대용량 처리를 위한 고성능 컴퓨터, 사용자중심의 지능성 네트워크, 늘어나는 데이터 처리를 위한 고밀도/대용량 데이터저장, 고분해능 고속반응시간 기능을 가진 적정가의 디스플레이, 그리고 데이터의 다양성을 소화 할 수 있는 이종데이터저장 이다. 미래를 준비하기 위해 앞으로 3 단계의 서비스가 도입될 것으로 기대한다. 첫 단계로 2010년 과 2012 년 사이에는 600 Mbps 이상의 WLAN, 64 GB 이상의 저장기술 이동인터넷, 마이크로 블로깅(Blogging), SNS(Social Network Service), LBS(Location based Service) 과 같은 서비스가 보편화 될 것이다. 두 번째 단계로 2013 년과 2015년 사이에는 이동 IPTV(Internet Protocol TV), 이동방송 그리고 환경경보 서비스 접근이 용의 할 것이다. 세 번째 단계로 2015년 이후에는 이동건강감시, 개인광고 그리고 이동기관 서비스가 가능할 것이다.

### B. 바이오 및 건강

세계는 인류에 위협적으로 빠르게 노화되고 있다. 아마도 앞으로는 단순히 어떻게 오래 살 것인가 보다 어떻게 오래 건강하게 살 것인가로 관심이 바뀔 것이다. 사람들은 우리 몸의 생체과정을 생물학적으로 이해하고 의학적으로 질병을 예방하고 치료함으로써 늘어난 수명을 진정으로 즐길 수 있을 것이다. 다양한 차세대 기술 중 나노기술은 보다 나은 의료서비스를 위한 바이오와 의학 분야에서 혁신적 연구를 육성할 것이다. IT 기술에서 설명한 5 Us 와 같이, 우리 미래의 건강관리 서비스는 예측성(Predictive), 예방성(Preventive), 개별성(Personalized), 참여성(Participatory), 그리고 정확성(Precise)의 5 Ps 로 나타낼 수 있다. 보다 쉽고 적절한 비용으로 효과적인 치료가 가능하고 시간, 비용, 실패율을 줄일 수 있도록 정책의 중심이 질병을 조기에 진단하는 방향으로 집중되고 있다. 최근들어 in-vivo 진단, 분자영상(Molecular imaging), 바이오팜(Biopharm), 치료시스템(therapy system), 그리고 연결된 건강관리(Connected healthcare) 가 미래의 건강관리 시스템이 현실화되게 도와줄 수 있는 기술로 부상하고 있다. 위에서 언급된 기술들은 5 Ps 가 정착되도록 많은 기여를 할 것이다. In-vivo 진단은 분산화(decentralize) 방향으로 발전할 것이며 의학영상은 X-ray/초음파에서 광학토모그래피(Optical coherent tomography) 로 진화하고 있다. 연결된 건강관리의 경우, 병원-집에서 병원-이동 관계로 변화하고 있으며 궁극적으로 심신상관적(Holistic) 건강관리로 변화할 것이다. 치료 시스템의 경우 수술로봇, 고강도 초음파/양성자선 치료가 앞으로 중요하게 개발될 분야이며 바이오팜의 경우는 화학기반 약물에서 차세대 생물체제로 변화할 것이다.

### C. 에너지 및 환경

에너지와 환경문제는 우리 앞에 놓여있는 매우 큰 도전이다. 세계의 미래는 우리가 현재 에너지 위기를 어떻게 해결하는 가에 달려 있다. 이를 위해서는 지속성(Sustainability), 친환경(Eco-Friendly), 저탄소(Low carbon) 그리고 고효율(High efficiency)이 중요한 요소이다. 즉, 지속적이고 적절한 가격의 에너지확보 및 저탄소 및 친환경 에너지로의 빠른 전환 이다.

이산화탄소 및 환경규제가 심한 화석연료와는 다른 지속적이고 적정가격의 에너지공급을 위해 환경 친화적인 에너지 수요가 증가할 것이다. 이러한 에너지의 대표적인 예는 전기 자동차를 위한 이차전지, 에너지절약형 고신뢰성 태양전지 및 바이오전지, 스마트 그리드(Smart grid)와 같은 재생에너지, 또는 LED(light emitting diode)와 같은 고체발광이다. 동시에 우리는 물 처리 문제에 관심을 가질 필요가 있다. 수역의 인구가 깨끗한 물을 절실히 필요로 하고 있으며, 이러한 상황은 고효율 삼투압 기술을 이용한 물의 재사용, 재활용 기술을 이용하여 개선할 수 있다.

### D. 나노기술의 혁신

지금까지 다음 세대의 주요 기술인 IT, 바이오 및 건강 그리고 에너지 및 환경 기술에 대해 논의 하였으며 확실히 패러다임 변화를 가져올 나노기술의 보다 광범위한 활용을 위해 집중할 필요가 있다.

기술의 역사를 뒤돌아보면, 1950년도 까지는 유럽이 기계 및 섬유기술을 바탕으로 산업혁명을 이끌어 왔으나 1950년도에서 2000 년 사이에는 미국 과 일본이 트랜지스터, VLSI(Very large system integration) 와 같은 반도체 기술을 발전시킴으로써 IT 산업기술 선점하였다.

이와 같이 나노기술은 우리의 미래사회에 큰 영향을 미치고 기술혁신을 이끌어 나갈 주요 기술이다. 이러한 과정에서 각 국가 또는 기업을 위한 산업에서의 주도권을 잡을 수 있는 많은 기회가 있을 것이다. 다양한 나노기술이 적용될 수 있는 몇 가지 분야는 나노섬유 포토닉스(Nanotextile photonics), 나노선(Nanowire) TFT, 에너지변환, 착용센서(Wearable sensor) 등이다.

## III. Conclusion

이제까지 그래왔듯이 3차원 영상, 진정한 이동인터넷 등과 같은 새로운 서비스의 지속적인 개발이 IT 산업의 발전을 위한 원동력이 될 것이다.

다음 단계로는 에너지, 환경, 바이오, 그리고 의료산업이 놀랍게 발전할 것이며 이러한 분야에서 새로운 기회를 찾을 수 있을 것이다.

마지막으로, 새로운 기회는 새로운 현상과 이론을 도입할 나노-바이오 혁신 분야에서 발생할 것이다. 후발 주자라도 변화의 방향과 혁신을 주도한다면 기회를 잡을 수 있다. 중대한 기술도전 및 기회는 아직 우리 앞에 남아 있다. 우리 모두 지속적인 발전과 번영을 위해 같이 노력한다면 보다 현명하고, 안전하며 지속가능한 세계를 만들 수 있을 것이다.

\* 출처 : 황윤희교수(부산대)





기  
조  
강  
연

**Peter Grunberg (페테르 그륀베르크)**

- 독일 윌리히연구소 박사
- 2007년 노벨물리학상 수상 : 거대 자기저항(GMR)을 발견, 나노기술을 기반으로 한 콤팩트 하드디스크의 헤드(판독장치) 개발에 기여
- 주제 : Towards devices with lower energy consumption

**Peter Grünberg의 발표 내용**

**- Spintronics : towards devices with lower energy consumption**

노벨상 수상자인 그룬버그 교수는 약 300여명의 청중 앞에서 기조강연 발표를 하였다. 그룬버그 교수는 자신이 수십 년간 연구해온 주제인 자성체에서의 결합 문제를 설명하면서 어떻게 노벨상 수상업적인 GMR효과를 얻게 되었는지 발전 과정을 설명하였다. 더 나아가서 이러한 연구가 21세기 가장 중요한 관심사 중에 하나인 에너지 문제의 해결과 어떻게 연결될 수 있는지 설명하였다. 아래는 그룬버그 교수 강연의 요지이다.

3.5 인치 하드디스크의 에너지 소비는 약 10와트이고 노트북 컴퓨터는 약 50와트이다. 이 정도로는 큰 문제가 되지 않고 생각하겠지만 이러한 하드디스크가 아주 많이 연결되어 있을 경우에는 전체 전력 소비가 아주 커지기 때문에 문제가 된다. 예를 들어서 1만 개의 하드디스크가 연결된 경우는 100킬로와트의 전력이 필요하므로 이 정도의 전력이라면 10개 가구의 난방을 해결할 만한 에너지인데, 이는 거꾸로 말하면 그만큼 컴퓨터는 냉각이 필요하다는 얘기가 된다. 다행스럽게도 최근에 자성체 분야의 연구는 이를 해결할 수도 있는 새로운 현상 두 가지를 발견하였다. 그 중에 하나는 "전류유도 자화스위칭 current induced magnetization switching (CIMS)"이라는 것과 "스핀 전류 spin currents"라는 것으로 아래 그림 1에 설명되어 있다. CIMS는 미래의 비휘발메모리의 기대주인 MRAM에서 주요하게 사용될 수 있으면 에너지의 소비를 줄이고 소자의 동작 속도를 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다. 이 소자는 0과 1 논리 상태를 저장할 수 있는 것들로서 자화의 두 방향을 이용한 것이다.

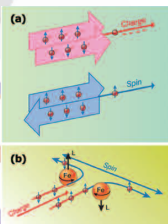


Fig. 1. 전류유도자화 스위칭에 대한 설명.

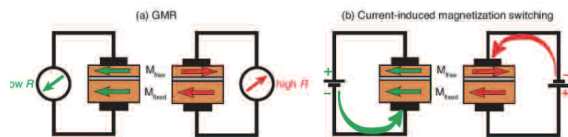


Fig. 2. GMR효과와 전류유도 자화스위칭 효과.

그림 2에서는 왼쪽에는 GMR효과, 오른쪽에는 CIMS효과를 도시적으로 보여주고 있다. 그룬버그 교수는 강연에서 이 효과들에 대해 상세하게 설명하였다. 기본적으로 전류의 흐름은 스핀흐름과는 다르다. 스핀 업과 다운인 전자가 모두 흐를 수 있는 전자의 전류에 비하여 스핀 전류의 경우에는 스핀 업 또는 다운인 전자만이 흐를 수 있고 이는 최근에 관심을 받고 있는 스핀 홀효과와 매우 관련이 깊다. 스핀-궤도 상호작용을 통해 특정한 방향만으로 스핀의 방향이 정해진 전자의 흐름이 가능해진다.

그룬버그 교수의 강연은 평생을 비쳐온 연구 분야의 현재 동향을 아울러 소개하는 귀중한 자리가 되었으며 강연을 마친 후에 조직위원장인 이조원 단장의 자성전자공학의 미래를 묻는 질문에 대해 바로 CIMS와 스핀홀효과 등이 그 대안이 될 수 있다고 대답하였다.

\* 출처 : 조월령교수(이화여대)

# 나노 융합기술 인력양성



국회의원, 정당인 **박영아**

출생 . 1960년 6월 18일 (서울특별시)

소속 . 한나라당 (국회의원)

학력 . 펜실베이니아대학교대학원 물리학 박사

경력 . 2010.06~ 국회 독도영토수호대책특별위원회 위원

2010.06~ 윤리특별위원회 위원

2010.06~ 교육과학기술위원회 위원

10여 년 전 우리는 설렘과 기쁨으로 새로운 천년을 맞이하였다. 여러 방면에서 국가비전을 제시하고자 하는 사업을 추진하였고, 사회 전반에서 의미 있는 여러 가지 행사 벌여 새 천년의 의미를 공감하였다. 과학기술계에서도 재도약 10년을 위하여 여러 가지 장기적 연구 개발을 준비하였으며, 그 중에서도 우리에게 새롭게 다가온 것이 나노과학기술이었다.

1959년 원자·분자수준에서 물질의 조작과 응용이라는 나노기술의 개념이 처음 생긴 이래, 당시 2000년 까지 많은 과학기술자들의 연구 개발을 통하여 나노기술의 유용성이 점점 가시화되었다. 이러한 연구 개발 결과에 맞추어 2000년 1월에 미국 대통령은 무게는 더 가벼우면서 철보다 수 십 배 강도가 큰 물질, 미국 국회 도서관의 모든 정보를 각설탕 크기의 조그만 소자 안에 넣을 수 있는 기술, 한 두 개의 세포 수준에서 암을 찾아 낼 수 있는 기술 등의 가능성을 역설하면서 나노과학기술의 연구개발에 엄청난 연구비를 투입하고자 하는 NNI(National Nanotechnology Initiative) 계획을 발표하였다.

우리나라도 새천년의 과학기술계의 비전 그리고 미국 NNI 계획에 영향으로, 2001년에 N·B·IT 기술 융합을 통한 삶의 질 향상과 2010년 나노기술 선진 5대국 진입의 비전을 가지고 국가 나노기술종합발전계획을 수립하였고, 2002년부터 다수의 세계 최고 나노기술 창출, 나노 응용 제품 세계시장 선점, 그리고 나노기술을 통한 에너지·환경 문제 해법 제시를 3대 목표로 제 1기 나노기술종합발전 계획을 추진하였다. 이어 2006년부터 2기 나노기술종합발전계획을 실행하여 오늘에 이르렀으며, 이러한 계획적이고 집중적인 나노기술 연구개발 투자의 결과로 현재 세계 4위권의 나노기술 R & D 경쟁력을 갖추게 되었다.

나노기술 성취에 있어서 필요한 요인은 연구 개발 투자, 전문 인력 양성과 기반 시설 인프라 구축일 것이다. 이 중에서 기반 시설 인프라는 최근에 구축이 완료되어 활용되고 있으며, 나노기술 전문인력 양성의 경우 조직적이고 계획적인 투자는 매우 미미한 형편이었다. 따라서 현재의 우리나라 나노기술 경쟁력을 이루게 한 원동력은 많은 연구개발 투자일 것이다. 이는 기존의 전문 연구개발 인력을 활용하여 이루어 진 것이며, 기존의 타 연구개발 인력이 나노기술로 전문성을 전환하여 거둔 성과로 그 결과는 대단하다고 할 것이다.

한편으로 나노기술의 특성을 살펴보자면, 모든 산업기술의 발전을 뒷받침하는 기반적 과학기술, 특정 전공 분야가 정해져 있지 않은 다 학문적 기술, 기술의 핵심성으로 인한 응용화/산업화에 근접한 기술이라 할 수 있다. 그리고 앞으로의 나노기술의 변화를 살펴보면, 나노기술은 그 자체로 독자적인 이용 분야가 한정되어 있으며, IT, BT, 그리고 ET 기술에 접목되어 그 응용성이 배가되는 융합기술로 변화가 필연적이다. 그동안 우리나라 나노기술의 경쟁력은 나노과학기술 자체의 연구 개발을 통해 이

루어진 것이며, 이는 기존의 과학기술자들이 본인의 전문성을 나노기술 분야에 활용하여 얻은 것이다. 그러나 앞으로의 나노 융합기술의 연구 개발 및 응용/산업화에서는 다양한 산·학·연의 유기적 활동이 절대적이고, 이를 수행하는 인력으로 융합기술 전문가가 필요하게 될 것이며, 이에 맞는 나노 융합기술 전문인력 양성이 준비되어야 할 것이다.

그동안 나노기술 경쟁력을 담당했던 기존의 체계는 이제 곧 한계에 도달할 것으로 예상하며, 무엇보다도 21세기 국가 과학기술 경쟁력의 기본 요인인 나노 융합기술 분야에서 고부가가치 원천기술을 확보하기 위해서는 창조적인 역량을 지닌 우수 인력의 양성이 가장 중요하다. 2010년 현재 전국에 47개 대학이 나노기술관련 학부나 대학원을 설치하였으며, 그 중 7개의 대학원은 나노협동과정을 운영하여 나노분야 인력을 양성하고 있다. 500 여명의 전임 교원이 교육을 담당하고 있으며, 석박사 과정의 총 재학생은 1300여명, 학부의 재학생은 6000여명이다(나노기술연감 2010, 교과부, 한국과학기술연구원). 이와 함께 "2010년 나노기술인력의 수요예측 전망"에 따르면 앞으로 나노분야 전체 인력의 공급 부족을 볼 수 있으며, 특히, 석·박사급의 고급 전문 인력의 경우 앞으로 상당한 부족을 예상할 수 있다. 여기서 우리가 중요하게 고려해야 할 점은 나노 융합기술 전문인력의 배출 정도이다.

우리도 이러한 나노과학기술의 융합화 변화에 맞추어 대학과 대학원에서 특성화 및 융합화의 변화를 꾀하고 있다. 일부의 대학에서는 일반적인 나노과학기술 및 나노공학을 전공으로 교육하고 있으나, 30여개의 대학과 대학원에서는 대학 나름대로 특성에 맞추어, 반도체, 폴리머, 섬유, 에너지, 환경, 생명, 의료, 그리고 IT 분야로 나노기술을 특화하여 융합적인 성격의 전공으로 교육하고 있다. 이러한 나노기술 교육의 특성화 및 융합화는 매우 바람직한 현상이다.

새천년 이후 10년 동안 우리는 나노기술의 양적 성장을 이룩하였다. 그리고 우리가 꿈꾸는 삶의 가치를 높이고 꿈을 실현하는 사회 구현의 미래 비전을 성취하기 위하여, 앞으로의 10년은 나노기술의 질적 성장, 즉, 나노 융합기술의 추진을 바탕으로 준비하여야 한다. 글로벌 과학기술 선도국 실현 목표의 중심에 자리하고 있는 나노 융합기술은 매우 중요한 추진체 역할을 담당할 것이며, 이러한 추진체의 핵심적인 요소는 나노 융합기술의 전문인력일 것이다. 따라서 미래 I·B·ET의 기술적 한계를 돌파하고 신산업 창출의 원동력을 제공하는 나노 융합기술의 핵심 전문 인력 양성은 체계적이고 조직적으로 시행할 필요가 있다. 현재 초보적으로 시행하고 있는 나노 융합기술 교육에 특성화 유도, 융합적 교육과정과 실험·실습 인프라 구축, 산·학·연 연계를 통한 현장 교육의 효율화 등이 중점적이고 지속적으로 지원된다면, 우리나라가 나노기술 강국으로 선진국 경쟁력을 확보 및 유지하는 것이 가능할 것이다.



환경 · 에너지

나노기술

의료 · 생명

정보통신

나노기술 융 · 복합화



# 제3기 종합발전 추진경과 및 추진방향



명지대학교 최영진

나노기술은 기존제품을 고성능하거나 과학기술의 새로운 영역을 창출할 수 있어 IT, BT, ET 등과 함께 21세기 산업혁명을 주도할 핵심기술로 인식되고 있다. 이에 따라 미국을 위시한 전세계 60여개 국가에서는 나노기술을 국가 중점 육성기술로 지정하여 지난 10년간 적극적인 투자를 해왔다.

우리나라도 2001년 제1기 나노기술종합발전계획을 수립한 이래, 10년간 총 2조원 규모의 예산을 나노기술분야에 투자해왔다. 특히 우리나라는 2002년 미국에 이어 세계 두 번째로 나노기술촉진법을 제정함으로써 나노기술에 대한 법적지원근거를 마련해 두고 있다. 나노기술촉진법에 따르면 나노기술종합발전계획은 과학기술 및 사회환경 변화에 따라 매 5년마다 수정보완토록 규정되어 있어, 2006년에 제2기 나노기술종합발전계획이 발표되었고, 올해는 2011년 발표를 목표로 제3기 나노기술종합발전계획을 수립 중에 있다. 본고에서는 1기 계획 및 2기 계획의 수립기조와 실제 시행되었던 프로그램들을 살펴봄으로써 3기 계획의 지향점을 도출하고, 이러한 지향점에 도달하기 위해 제3기 나노기술종합발전계획 수립 작업이 어떻게 진행되고 있는지를 기술하고자 한다.

2001년에 수립된 제1기 계획의 기조는 연구개발 저변확대와 나노기술연구개발 인프라 구축이었다. 이에 따라 당시 과학기술 부를 중심으로 나노핵심기반사업과 같이 나노분야에 특화된 연구개발 프로그램이 신규로 추진되었으며, 국가 중장기 대형 집단 연구개발 프로그램인 “프론티어개발사업단”에 나노관련 사업단이 3개나 선정되어 나노기술연구개발의 중심 역할을 할 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 나노기술연구개발을 물리적으로 뒷받침할 시설 인프라로서 나노종합팹, 나노소자특화팹, 나노기술집적 센터 등이 전국적으로 다수 구축되었다.

2006년 수립된 제2기 계획의 기초는 산업화 기반 구축으로 볼 수 있다. 1기 계획의 연장선에서 추진된 기반시설의 차질 없는 구축과 함께 그동안 축적된 기술개발결과들을 어떻게 산업적으로 활용할 것인가에 대해 계획의 초점이 맞추어졌다. 특히 나노기술이 아직 시장 형성 초기 단계에 있는 점을 감안하여 단기 상용화보다는 중장기 상용화를 위한 기반구축에 무게를 두었다. 그 결과 교육과학기술부 및 지식경제부를 중심으로 나노기술 관련 연구개발 사업들이 보다 중장기적으로 산업화를 염두에 두고 편성되기 시작했으며, 이 시기 '신성장동력 창출' 과 연관된 나노관련 여러 사업들이 타 부처에서도 편성되기 시작했다.

제1기, 2기 계획을 통해 나노기술연구개발의 인프라가 확충되고, 산업화를 위한 기반이 구축됨으로 인해 산업의 곳곳에서 나노기술 산업화의 맹아들이 자라나고 있으나, 국가전략상의 중요도에 비해 여전히 나노기술의 산업적 가시성(visibility)은 의심을 받고 있다. 이는 나노기술이 가지고 있는 기반성으로 인해 “나노기술제품”의 이미지가 떠오르지 않는다는 점에 기인한 바가 크므로, 3기 계획에서는 이러한 나노기술의 산업적 가시성을 확보하는 방향이 주된 방향 중의 하나로 자리 잡아야 할 것이다. 그러나 산업적 가시성만을 강조하다보면 나노기술이 가지고 있는 근본적 혁신성을 간과할 우려가 크다. 특히 나노기술은 오늘날 인류가 맞닥뜨리고 있는 자원/에너지 고갈 및 환경오염 문제를 해결할 수 있는 유일한 대안기술로서, 이에 대한 국가차원의 역량 집중이 필요하다. 이러한 점에서 볼 때 3기 계획은 “시장·사회 수요 해결 기반 구축”을 기조로 삼는 것이 적절하고, 이를 구체화시키기 위해 현재부터 약 10년 동안 경제·사회 분야에서 생각할 수 있는 수요중심의 아젠다를 선정하고, 이를 해결하기 위한 학제간 융합기술의 중심으로서 나노기술을 부각시킬 필요가 있겠다.

〈표 1〉 시기별 나노기술융합발전계획의 기조 변화

| 시기               | 중심기조              |
|------------------|-------------------|
| 제 1기 (2001~2005) | R&D 기반 구축         |
| 제 2기 (2006~2010) | 산업화 기반 구축         |
| 제 3기 (2010~2014) | 시장·사회 수요 해결 기반 구축 |

제3기 나노기술융합발전계획은 지난 4월30일 킥오프 회의를 개최한 이래, 100여명의 산학연 전문가가 각각 나노소재, 나노소재, 나노바이오, 나노공정측정장비, 나노에너지·환경 등 5개의 R&D 분과와 기반시설, 인력양성, 경제·사회·제도개선 등 3개의 비 R&D 분과로 나뉘어 총 31차례의 회의를 거치며, 9월초 현재 1차 초안을 준비 중에 있다. 제2기 계획에 비해 작업추진 체계에 변화가 있다면, 에너지·환경문제가 주요 국정이슈로 떠오름에 따라 나노소재 분야에 한 부분으로 들어있던 나노에너지·환경부분을 따로 분리하여 독립분과로 격상시켰으며, 인력양성의 중요성이 강조됨에 따라 인력양성 분과를 제도분과에서 독립시켰다는 점이다.

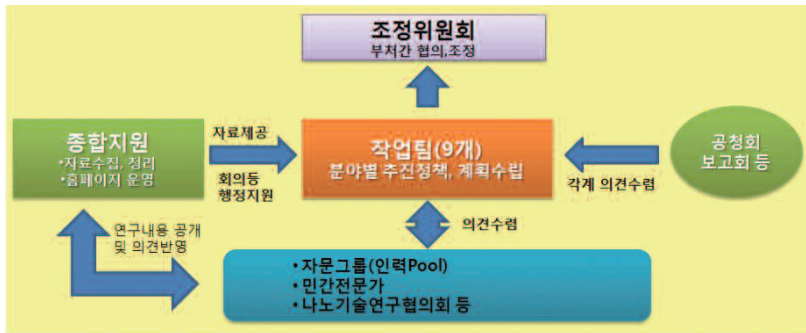
〈표 2〉 2, 3기 작업추진체계 비교표

| 구분       | 2기 계획   | 3기 계획              |
|----------|---------|--------------------|
| R&D 분과   | 나노소자    | 나노소자               |
|          | 나노소재    | 나노소재<br>나노에너지·환경   |
|          | 나노바이오   | 나노바이오              |
|          | 나노공정/장비 | 나노공정측정장비           |
| 비 R&D 분과 | 연구기반시설  | 연구기반시설             |
|          | 인력 및 제도 | 인력양성<br>경제·사회·제도개선 |

또한 각 분과의 팀장 및 간사로 구성된 총괄팀에는 각 부처의 나노기술관련 중장기계획 수립 담당자를 참여시킴으로써 각 부처의 계획이 종합발전계획에 반영될 수 있도록 하였다.

3기 계획은 9월중에 초안을 완성하고, 자문위원회의 검토를 거쳐 10월 중 공청회를 통해 각계의 의견을 수렴한 후, 11월 중 각 부처의 의견을 조정하여 12월에 국가과학기술위원회에 보고할 예정이다. 본 작업의 과정과 결과는 인터넷상 (<https://www.kontrs.or.kr/plan/index.jsp>)에서 언제든지 열람이 가능하며, 언제든지 온라인을 통해 의견을 개진할 수 있다.

〈그림 1〉 제3기 나노기술종합발전계획 수립 추진체계



2기 계획은 나노기술육성을 위한 전방위적인 계획이 백사전식으로 나열되어 실제 실행계획으로 반영되기 어려운 구조를 가지고 있었기에, 3기 계획에서는 먼저 나노기술이 해결해야 할 문제들을 제시하고 분과간의 장벽을 뛰어넘어 이를 어떻게 해결할 것인지에 대한 방향을 제시함으로써 국가연구개발 투자의 전략성을 강화하려는 노력을 하고 있다. 이는 매우 고단하고 어려운 작업임에 틀림없으나, 우리나라 나노기술개발 정책의 진일보를 위해서는 필연적으로 거쳐야 할 과정으로 여겨지며, 이런 어려운 속에서도 묵묵히 자신의 역할을 해나가고 있는 100여명의 작업팀원들에게 감사의 박수를 보낸다.



# 나노측정 및 분석 전문인력양성 심화교육을 마치면서 새롭게 시작하기 -TEM 알아보기

부산대학교 나노과학기술대학 나노융합기술학과 박사과정 박세정



나노 구조물을 제작하고 구조를 분석하기 위해서 TEM 연구는 XRD, SEM과 마찬가지로 필수 요소로 자리 잡고 있다. 특별히 TEM은 기초 단계에서 시작해서 준 전문가 수준의 단계-TEM 오퍼레이터와 충분한 의논이 되고, 요구되는 정확한 데이터를 얻기-까지 가기 위해서 연구 당사자인 내가 절실한 필요성을 가지고 접근해야하지만 TEM 분석 그룹에 속해있지 않는 한 TEM에 관한 지식을 온전히 얻기란 쉬운 과정이 아니었다. 대부분 샘플 준비 과정부터 실수나 정보 및 지식의 부족이 태반이었다. 아쉽게도 대학원 교육과정에 포함되어 있지 않았기 때문에 웬만한 열정이 아니면 TEM에 대한 열망은 꿈으로 남거나 아니면 그냥 기본 데이터로서만 충족하는 결과에 만족해야만 했을 것이다. 그리고 논문을 대하는 내 자세에서도 '어 TEM 찍었네... 음...' 하면서 간단히 넘겨버리는 부분에 그쳤을지도 모른다.

이런 점에서 이번 교육은 내가 필요로 했던 부분들을 충족시켜주는 매우 반가운 소식이었다. 이론/ 실습/ 심화 과정의 총 13일에 걸친 대장정이었고 등록비, 출장비를 고려해볼 때 만만히 놀다가 오고, 쉽게 듣고만 오기엔 너무 부담이 큰 과정이었다. 그래서였을지도 모른다. 역시 사람은 돈을 들이고 볼 인가 싶을 만큼 이번 교육에 내가 부은 열정은 사실 남다르다. 여타 여러 교육을 참가해봤지만 길어야 90분 내외로 장비나 분석 이론을 가르치고 전달하는데 집중하고 있어서 막상 내가 논문에서 주어진 정보를 어떻게 해석하고 적용해야 할지는 수박 겉핥기식으로 끝나는 교육이 많았고, 특히 나의 지식이 부족해서 강의의 집중도가 떨어졌던 반면, 이번 교육은 수차례 경험과 논문을 통한 알팍한 정보를 가지고 있었기 때문에 나노 연구자들에게 필요한 기본 장비들의 이론부터 적용까지 남다르게 접근했던 것 같다.

기본 장비마다 하루에 3-4시간으로 집중적으로 이론 교육을 받았는데 기본 이론부터 강사로 오신 교수님, 박사님의 해박한 경험은 어떤 논문의 데이터보다 매우 값졌다. 타인의 경험이 나에게 지식이 되었고, 실험에 임하는 기본자세부터 고치는 계기가 되었다. 포항나노기술집적센터에서의 실습 5일은 그야말로 이론이 왜 실습으로 가야하는지 알려주는 부분이었다. 모든 장비를

내가 작동할 수 없지만 특별히 샘플 준비과정에서 오퍼레이터와 내가 함께 어떤 고민과 접근을 같이 해야 하는지 알게 되었다. 그리고 최소한 오퍼레이터와 내가 서로 동상이몽을 하게 하지 않는 귀한 경험을 가졌다. 그 교육 후에 장비를 바라보는 내 시선과 자세, 화면에서 나타나는 모든 정보를 소홀히 할 수 없게 되었다. 마지막 심화과정에서는 내가 그동안 접했던 논문에서 TEM을 이용한 분석 내용이 가져다 준 의문점을 해소하는 오아시스 같은 것이었다. 신기삼 교수님의 열정은 강원도 그 첫 날 강의와 다르지 않았다. 그 분은 우리가 (어떤 면에서 내가) 어떤 자로서 TEM에 접근할 것이 물어보셨다. 짧은 기간 안에 오퍼레이터는 될 수 없지만 오퍼레이터를 흡족하게 하는 의뢰인은 될 수 있을 것 같아서 의뢰자로서의 기본 상식 및 대화의 접근법(?)을 배웠다. 그리고 매일 TEM 실에서의 실습 및 관람(?)은 TEM 의뢰자가 해야 할 기본 수칙들을 충분히 가르쳐 주었으며, 특별히 책에는 없지만 꼭 알아둬야 할 정보들도 많이 얻었다. TEM의 이론과 실습시간은 지금 이순간부터 내 연구에 TEM을 어떤 식으로 적용시켜야하는 확실하게 알고 사용할 수 있도록 도와주는 중요한 계기가 되었다. 게다가 교수님의 여러 조언들은 앞으로 박사를 마치고 연구원으로 내가 가져야할 자세도 알려주었다.

13일의 대장정을 마치면서 누구보다 내가 받은 혜택은 말로 표현할 수 없다. 교육을 마친 그 날 당장 나는 다시 한 번 더 5일간 배웠던 내용을 정리하는 열정을 불살랐다. 미제였던 내 과제를 어떻게 헤쳐 나가야 하는지 방향도 대략 잡은 것 같다. 여전히 내가 채워야할 부분들이 남았지만 이 교육을 받기 전보다는 좀 더 수월해졌다. 최소한 기초적인 실수는 하지 않게 될 것이고, TEM을 더 애용하는 의뢰자가 될 것이다. 마지막으로 TEM 분석을 적은 논문에서 기본 내용조차 파악하지 못하고 접근했던 안타까웠던 내 과거를 되풀이 하지 않게 된 것 같다.

교육을 받도록 지원해주신 황윤희 교수님, 알찬 교육을 담당해주신 나노기술협의회와 포항나노직접센터 관계자 여러분, 마지막으로 열정적인 수업을 해주신 신기삼 교수님과 유정훈 박사님께 감사드립니다.





# CNT 그래핀 복합화로 신전자소자 탄생 이끈다



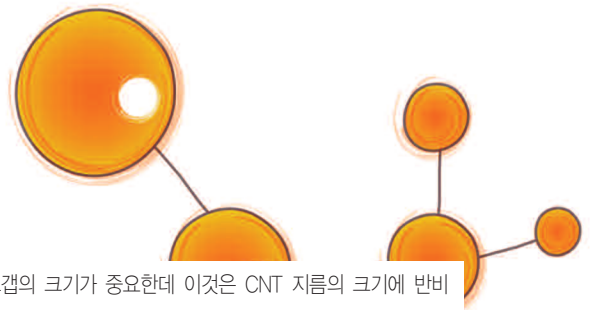
한국과학기술원(KAIST) 신소재공학과 교수 전석우

탄소나노튜브(CNT : Carbon Nano Tube)와 그래핀(Graphene)은 2000년대 들어 가장 주목받는 나노소재로 특히 CNT는 오늘날 전세계적인 나노연구를 촉발시켰던 만형과 같은 소재이다. 실리콘과 같은 4족 원소인 탄소로 구성된 탄소나노튜브와 그래핀은 실리콘 반도체의 성능을 훨씬 뛰어넘는 우수한 반도체 특성뿐만 아니라 뛰어난 기계적, 열적 특성으로 인하여 이를 상용화 및 대량 생산하기 위한 연구와 기술 개발이 한창이다. CNT와 그래핀은 탄소의 동위체로 SP2 결합을 근간으로 벤젠고리 형태의 면상 그물망 구조를 가진 카본이 그래핀이고 특정한 주기성을 가지고 튜브 형태를 갖는 것이 바로 탄소나노튜브(CNT)다.

CNT와 그래핀은 그 구조가 가지는 특성상 1차원 나노선의 형태나 2차원 면소재로 존재하더라도 결합이 매우 낮은 상태로 존재할 수 있는 물질이며 이로 인하여 놀라운 전기적 성질과 기계적 성질을 갖게 된다. CNT는 직경이 1nm(나노미터: 1미터의 10억분의 1) 이하에서 수 $\mu$ m에 이르기까지 튜브의 원주방향을 따라 배열된 탄소의 주기성이 특정 조건에 맞으면 전자 밴드갭(electronic bandgap)이 형성되어 반도체의 성질을 나타내게 된다. 반도체 소자에 적용하기 위해서는

밴드갭의 크기가 중요한데 이것은 CNT 지름의 크기에 반비례한다. (1nm의 지름에서 대략 0.8 eV 정도의 크기를 가짐) CNT의 중요성은 나노물질이 가지는 양자적 특성에서 기인하는 것으로 1차원의 진정한 나노선인 CNT에는 전자나 홀이 이동할 수 있는 전도 패스가 제한됨으로 전하간의 상호작용이나 원자들의 격자 진동 등에 의한 방해가 거의 없는 상태에서 실리콘의 ~100배에 달하는 전하이동도를 가진다. 특히 반도체가 구동하는 상온에서의 특성은 현재까지 알려진 어떠한 물질보다도 우수하다. 이러한 우수한 특성을 기존의 박막 트랜지스터의 반도체물질로 사용한다면 현재의 반도체 소자들의 구동속도가 수 GHz에서 정제되어 있는데 이를 THz 영역으로 끌어올릴 수 있게 돼 미래의 고속 전자소자 및 건강 진단 시스템 구현에 핵심적인 소재로 응용될 수 있다.

1차원의 선구조의 CNT와 달리 2차원의 면구조를 갖는 그래핀은 CNT와 유사한 양자적인 특성을 갖고 반도체로서의 작동원리도 유사하나 기존의 실리콘 반도체 공정에서 적용한 상당수의 공정이 새로운 기술개발의 필요 없이 적용이 가능하다는 커다란 장점을 가지고 있다. 그러나 한 가지 근본적인 문제가 있는데 그래핀이 반도체라기보다는 세미메탈에 가까



운 밴드갭을 갖지 않는 물질로 실제적인 그래핀 반도체의 구현을 위해서는 밴드갭 조정, 기판 최적화, 유전체 물질의 개발 등이 선행되어야 한다. 또한 그래핀은 연구조를 가짐으로 인하여 CNT보다 손쉽게 기계적 특성의 측정이 가능하였는데 컬럼비아대학 그룹은 그래핀의 이론 강도가 130 GPa에 이르는 실험적으로 증명하여 세계에서 가장 강한 물질이라는 이름을 그래핀에 붙여 주게 되었다. 이러한 특성을 바탕으로 그래핀은 복합소재에도 매우 유용한 물질이 될 것으로 기대된다.

CNT의 이론적, 실험적인 발전수준에 비해 상용화까지는 여러가지 넘어야 할 큰 문제점들이 있다. 이미 백여개의 CNT 기반 박막트랜지스터를 연결한 IC를 구현한 결과가 2008년 네이처지에 보고된 바가 있지만 이 정도 수준의 소자는 실리콘에서는 이미 오래전에 구현됐고 제작에 필요한 경제성 면에서도 비교할 수 없는 큰 차이가 있다. 이것은 CNT라는 소재가 가지는 나노물질이라는 장점이 또한 단점으로 작용하는 것으로 가장 근본적인 2가지 문제점 중 하나는 CNT를 제작할 때 평면상에서 우리가 원하는 위치, 방향, 밀도를 유지하며 정렬하기 어렵다는 점이다. 또한 탄소 배열의 주기성으로 인해 균일하지 못한 밴드갭의 크기와 심지어 상당수는 반도체 특성이 아닌 도체 특성의 CNT가 동시에 형성된다는 것이다. 그러나 딱딱한 보통의 반도체 물질과 달리 유연성과 투명성을 동시에 가질 수 있는 반도체 소재로서의 CNT의 매력은 많은 연구자들로 하여금 기존의 실리콘 반도체 기술과 경쟁이 아닌 새로운 분야로의 적용에 끊임없는 노력을 기울이게 한다.

현재 그래핀의 물성은 이론적인 관점에서 상당히 예측되고 계산되고 있으나 실험적인 부분에서는 여전히 많은 연구가 필요하다. 그래핀이라는 소재의 존재가 최초로 인류에 의해

발견된 것이 5년을 조금 넘은 현시점에서 그래핀 소재를 만드는 방법은 스킵티에이프를 이용한 원시적인 박리 방법을 벗어나 재료공학의 최첨단 기술과 이론을 접목한 새로운 시도들이 진행되고 있다. 특히 금속 표면에서 결정화되는 화학 기상증착(CVD, chemical vapor deposition)을 기반으로 한 그래핀 제작기술은 한국의 과학자들이 선도적인 위치를 차지하고 있으며 이미 100in<sup>2</sup> 이상의 표면에 단일 층에 가까운 우수한 그래핀 제작이 이루어지고 있다. 하지만 이러한 그래핀 조차도 반도체 소자에 사용할 수 있는 특성을 구현하기에는 성장과정에서 생기는 입계 경계선의 문제와 전기적 밴드갭의 형성에서 여전히 많은 연구가 필요한 실정이다. 최근 미국의 IBM에서 수백 GHz로 작동하는 고주파 소자 제작에 성공한 연구 결과는 CNT보다 훨씬 빠르게 진행되는 그래핀 연구 경향을 대변한다. 이외에도 대 면적 단일 층 막 연구 외에 그래핀 조각을 이용하는 복합체와 전극 관련 연구도 주목받는 분야다. 그래파이트를 산화시킨후 환원시켜 대량생산하는 그래핀은 원래 그래핀으로부터 예상되는 것에 비해 물성이 크게 떨어지므로 고품질 그래핀 조각 형성 방법에도 여러 가지 연구가 진행되고 있으며 CNT와의 복합화를 통한 CNT에서 제안된 여러 응용분야에 적용 가능할 것으로 예상된다.

현재 CNT연구는 다른 도체소자가 가지지 못한 CNT의 장점인 저온 용액공정에 의한 대면적 유연성 소자제작에 전극 및 반도체 물질로의 응용, 높은 전도성으로 인하여 높은 투명 전극응용, 높은 기계적 강도와 열전도 특성을 바탕으로 복합체로의 응용, 나노소재의 높은 비표면적과 전하특성을 이용한 필터, 격막분야의 응용으로 크게 요약된다. 초기 실리콘 반도체 연구에서 고순도 소재와 적절한 불순물 조절이 오늘날, 반도체 산업의 초석이 되었듯이 각 응용분야에 맞는 소재의 적절한 물성 조절과 저비용 양산 제조법의 개발이 중요한 지속적 과제로 남을 것이다. 그래핀 소재 역시 지난 20년간의

CNT연구를 벤치마킹해 매우 빠르게 진행되고 있으며 오히려 응용의 측면에서는 투명전극이라는 분야에서 앞서가는 경향을 보이고 있다. 그래핀은 현재 CNT에서 제안된 거의 모든 분야에서 중복돼 그 발전이 예측된다. 앞으로 각 소재가 가지는 단점을 어느 쪽이 먼저 해결 하느냐가 매우 중요하나 한 쪽의 기술발전은 다른 쪽의 기술발전과 직결되어 상승효과가 크게 나타날 것이다. 인류에게 진정한 1차원과 2차원의 나노 소재를 제공한 CNT와 그래핀은 이들의 유기적 계층 구조의 제작과 연결로 새로운 전자소자나 복합소재의 탄생을 조심스럽게 예측하게 한다.

카본 나노 소재는 우리주변에 충분히 존재하는 탄소를 바탕으로 하는 소재로 지속가능한 성장과 친환경적인 요소들을 다분히 갖추고 있어 미래 성장 동력사업의 중심소재가 될 것

은 쉽게 예상할 수 있다. 하지만 초기 CNT 연구자들이 장밋빛으로 내어놓은 시장 전망치는 CNT 응용연구가 10년을 훌쩍 넘은 현시점에서 실제로 크게 상업화된 제품의 부족으로 인해 나노관련 연구자들에게 울가미로 다가오고 있다. 앞으로는 관련 연구자들이 과거의 경험을 바탕으로 조금 더 현실적인 연구 목표를 설정하여 노력한다면 그래핀과 CNT는 진정한 미래 나노소재로서 우리의 삶을 크게 변화시킬 것이다. 카본나노소재가 미래 소재산업에 끼칠 영향은 IT분야에서 아이폰이 단기간에 우리 생활에서 휴대전화기가 가지는 생활의 편의성에 대한 인식 자체를 바꿔놓은 사례를 볼 때 어떻게 더 크게 진화할지 예단하기는 어렵다. 그러나 각 시대를 소재의 시대로 구분하는 역사 구분에서 카본나노소재가 다가올 세대를 대표하는 소재로 부상할 수 있으리라는 가능성을 상상하며 이 글을 맺는다

\* 본 글은 신소재 경제신문에 기고되었던 글의 내용을 요약 수정하여 작성되었습니다..



