

‘고위험 고수익’ R&D, 이렇게 하면 성공한다!

— 테라급나노소자개발사업단 예상경제효과 압도적 ‘1위’

글 | 이조원 _ 테라급나노소자개발사업단장 jwlee@nanotech.re.kr

10년 후면 영어와 한국어가 실시간으로 자동 통역되는 통역기가 등장하며, 컴퓨터의 키보드나 마우스 등은 음성으로 대체되고, 인간과 대화를 나누는 로봇이 등장하여 인간의 허드렛일 대부분을 대신할 것으로 예상된다. 이러한 인공지능형 시스템을 구현하기 위해서는 현재보다 1천배 이상의 성능 즉, 테라급의 CPU와 메모리가 필요하다. 현재 실리콘 반도체소자는 45nm가 시장에 출시되고 있으나, 2016년 이후 22nm 이하는 특성 불균일 및 열 발생과 같은 기술적 한계 때문에 불가능할 것으로 여겨지고 있다.

경제효과 22조 원 기대, 연구비 투자 대비 173배

2000년 교육과학기술부 21세기프론티어연구개발사업의 일환으로 출범한 테라급나노소자개발사업단은 기존 기술개발의 연장선에서는 이러한 기술적 한계를 돌파할 수 없음을 예측하고 기존 기술과는 다른 현상 및 원리에 기초한 새로운 나노기술에 의해서만이 테라급트랜지스터를 개발할 수 있다고 판단하였다. 이러한 기술적 한계에 대한 도전은 우리에게 위협이자 새로운 기회로서 나노소자 연구뿐만 아니라 주요 공정 및 장비를 총력적으로 개발할 수 있는 계기가 되었다.

프론티어사업은 10년 이상의 장기적인 개발기간이 필요한 ‘고위험, 고수익’의 특성을 갖고 있다. 따라서 단기적 수익창출은 어렵지만, 일단 성공하게 되면 막대한 부를 창출할 수 있다. 테라급나노

소자개발사업단은 이러한 프론티어사업의 취지에 따라 철저한 사전기획과 기술환경변화에 따른 신속한 대응력, 철저한 현장중심적 사업관리의 3박자를 통해 막대한 부를 창출할 ‘대박’을 터트렸다.

2008년 12월, 과학기술정책연구원(STEPI)의 성과분석결과 2000년 7월부터 2010년 3월까지 9년 9개월 동안 교육과학기술부 산하 16개 프론티어연구개발사업을 통해 얻게 될 직접경제효과가 30조원을 넘을 것으로 예측됐다. 이 중 ‘테라급나노소자개발사업단’에서 22조 원을 차지했고, 22조 원 가운데 16조9천억 원이 동사업단에서 개발한 ‘차세대 낸드플래시메모리’ 개발에 따른 기대효과였다.

환경변화에 따른 단계별 R&D 추진

사업단은 매 단계별로 과감하고 도전적인 경영목표를 내걸고, 참여연구원 모두와 워크숍을 통해 경영방침을 공유하며, 신속한 환경변화에 따라 신속성 있는 R&D를 추진하였다. 1단계에는 ‘The First, The Best’를 필두로, 세계 최초 및 세계 최고의 기술을 확보하고자 선진기술의 변화추이를 상시 모니터링하고 SWOT분석과 기술격차분석을 통해 과제목표가 기술변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 무빙 타겟 개념을 도입하였다. 1단계 사업을 완료한 시점에서 불과 3년 만에 세계 최초 기술 11개, 세계 최고 기술 9개를 발굴하여 세계 최고의 경쟁력을 확보하였다.

2단계에는 'To Lead the World'를 경영목표로 세우고, 세계 최고의 기술을 선도하고자 하였다. 이를 위해 정부 출연금 1억원 당 논문(SCI) 및 특허출원 각 1건 이상을 확보토록 하였다. 또한 수요자 중심의 기술개발 체제를 구축하여 연구기획 및 과제선정 단계부터 실용화를 전제로 계획을 수립하였다. 또 총괄과제인 프로젝트모델개발(PMD) 과제를 통해 중간성과에 대해서도 기술사업과 기술 판매로 연계될 수 있도록 함으로써 사업성과의 극대화를 꾀하였다. 핵심역량강화를 위해 동일분야의 세계 최고의 연구자와 1:1 공개 기술포럼도 개최하였다.

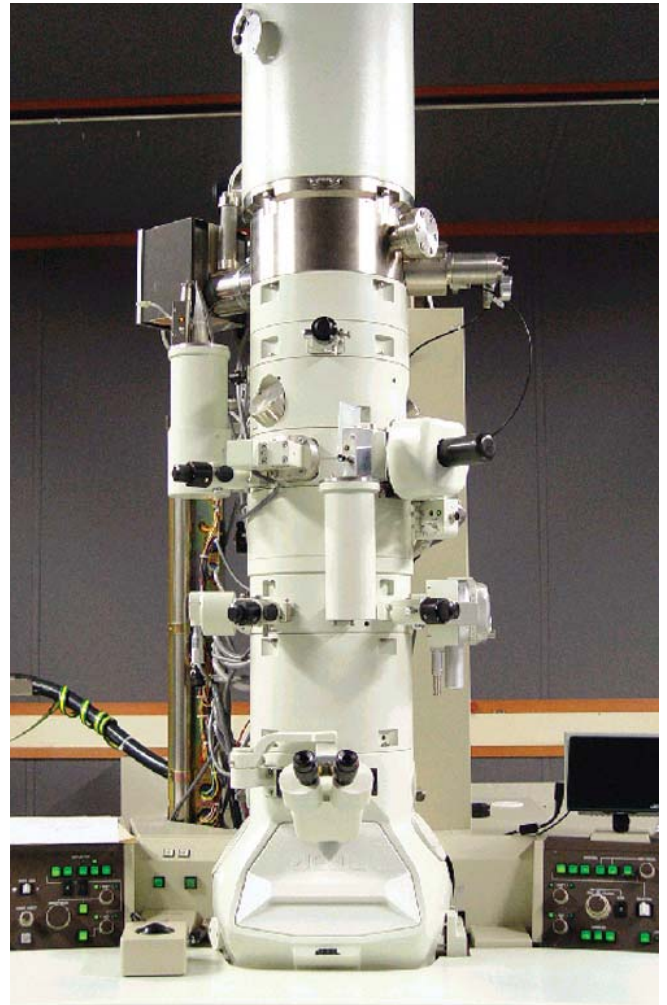
3단계에는 'To Change the World'를 경영목표로, 최종 목표달성을 향한 스퍼트 관리와 함께 세계유명학회장에서 전략 워크숍을 실시하여, 선진기술을 벤치마킹한 결과를 토대로 현장에서 바로 목표를 업그레이드할 수 있도록 하였다. 이밖에도 '2020 나노소자 융합기술 연구회'를 운영하여 '2020 나노테크놀로지'를 위한 상상력 돌파'라는 사고혁신 프로그램을 자체적으로 만들어 국가적 차원에서 2020년을 대비한 나노분야의 연구개발 방향에 대해서도 논의하고 있다.

사업단의 기본전략은 2010년경 우리가 경쟁력을 갖출 수 있는 분야를 예측하고, 우선적으로 선택하여 집중하는 것이었다. 이를 위한 사업단의 '예측경영' 전략이 성공한 사례는 다음과 같다. 국내 기술의 불모지였던 화합물 반도체 초고속 소자의 국가적인 기술 인프라를 구축한 점이다. 4년여 전부터 실리콘 반도체 기술의 한계 직면에 따른 대안 기술로 화합물 반도체 기술이 부각되고 있는데, 만약 사업단이 기술 환경변화를 예측하지 못해 미리 투자하지 않았다면 해외로부터 기술이전을 받는데 막대한 예산이 투입될 수밖에 없었을 것이다.

광배선 기술도 마찬가지로 사업초기 우리나라에 없는 기술을 2010년 이후 필요할 것이라는 기술 예측에 따라 사업 착수와 함께 시작하여 국가적 기술 인프라를 구축하였다. 향후 2012년경 본격적인 시장형성이 예상되고 있어 사업단의 기술예측이 정확했음을 보여줬다.

PMS를 통한 체계적인 과제관리

사업초기부터 목표 및 위기관리를 위해 프론티어사업단 중 최초로 과제목표관리시스템(PMS)을 자체 개발하였다. 본 시스템은 온



AIPEL 장비

테라급나노소자개발사업단의 투자 연구비 및 성과 (단위 : 백만원)

투자 연구비 (2000.7~2009.3 현재)			성과	
정 부	민 간	소 계	이전(예상)기술의 경제효과	투자대비
81,570	43,470	125,040	21,675,032	73배

라인상에서 실시간으로 과제를 관리하며, 사업단장을 포함한 누구나 진척상황, 연구팀들의 동향 및 문제점 등을 실시간으로 한눈에 파악할 수 있어 조기 대책 수립이 가능한 조기경고시스템으로도 활용된다.



낸드플래시 메모리

연구책임자가 진척도나 성과 등을 입력하면서 가짜 정보를 올렸다가는 큰 코 다친다. 온라인상의 맹점을 보완하기 위해 모든 연구팀은 분기마다 연구현장에서 설계검토(DR) 회의를 통해 과제관리를 받기 때문이다. DR을 통해 향후 발생할 수 있는 문제점을 사전 발굴하여 대응함으로써 시행착오를 최소화하고 차기 단계로의 진행여부, 연구방향의 변경 등을 검토하고 있다.

연구의 자율성과 독립성 적극 활용

사업단은 연구의 자율성과 독립성을 최대한 보장하기 위해 법인화된 기관이다. 이 점을 적극 활용하여 절차는 간소화하되, 합리적이고 투명한 인력과 예산 관리가 가능했다. 연구비는 과제의 성과와 특성(실용화 가능성 및 파급효과가 큰 과제 우선지원)에 따라 철저히 배분하였다.

전국에 분산되어 있는 400여 명의 연구원들이 하나의 목표로 장기간 연구를 수행해야 하므로 조직력 강화는 필수적이다. 이를 위해 과제책임자에게 전폭적인 권한을 위임하고, 전체 참여연구원 워크숍에 타운미팅 제도를 도입하여 '열린토론'과 '열린조직'을 실현함으로써 실무적 문제해결 및 즉각적 의사결정을 내릴 수 있도록 하였다.

'차세대 낸드플래시'의 핵심기반기술 개발

2006년 9월 삼성전자는 '세계 최초 40nm 32G 낸드플래시'를 개발하여 국내는 물론 세계를 깜짝 놀라게 했다. 이 세계 최고의 기술 탄생의 핵심은 낸드플래시 메모리의 고집적화의 난제를 해결한, 바로 사업단에서 개발한 'MANOS(Metal/ Al₂O₃/SiN/SiO₂/Si)'라는 신구조 개발을 통해 가능했다. 이 연구성과는 '2006년 최고 과학기술 뉴스(한국과학기술단체총연합회, 2006. 12)', 'CTO가 뽑은 2006년 산업기술계 최대 이슈(산기협, 2006. 12)', '지난 40년 간 한국을 바꿔놓은 최고의 과학기술 업적(매일경제, 2007. 4)'으로 선정되어 기술의 우수성을 인정받았다.

차세대 나노소자의 핵심기술인 10nm 이하의 양자점 패턴을 기판에 만드는 원자이미지 투사 전자빔 리소그래피(AIPEL) 원천기술은 세계 최초의 기술이자 세계에서 단 하나뿐인 장비로 연구팀에서 직접 명명한 기술이다. 이 연구가 시작된 10년 전에는 우리나라가 자체 보유한 전자빔 리소그래피 장비기술은 전무한 상태로, 양자점·선 제작 기술도 확실하지 않았다. 이러한 상황에서 '볼 수 있는 것은 만들 수 있다'는 믿음과 미래기술로 자리매김할 확신이 있었기에, 오랜 기간이 걸리는 연구임에도 불구하고 10년이 채 되지 않아 기술개발의 성과를 이루어낼 수 있었다.

또한 향후 실리콘 반도체를 대체할 하나의 방안으로 대두되고 있는 단전자트랜지스터(SET)의 NAND 및 NOR 로직회로 온칩 나노집적공정 기술을 개발하여 반도체의 집적도를 크게 향상시키면서도 소비전력을 수십 배 이상 획기적으로 줄일 수 있게 되었다. 이 결과는 미국응용물리학회지 2008년 3월호 표지논문으로 선정되고, '네이처 나노테크놀로지'(2008. 3. 2)에서는 '리서치 하이라이트'로 소개되기도 하였다.

반도체가 나노스케일에 이르면, 미세한 물리적·전기적 손상도 허용치 않는다. 사업단은 세계 최초로 무손상 중성빔 원자층 식각 기술을 개발했으며, 2007년판 국제 반도체기술 로드맵(ITRS)은 향후 추진해야 할 식각기술로 중성빔 기술과 원자층 식각기술을 처음으로 언급하였다. 이는 우리가 개발한 기술이 세계의 선도기술이 된 일찍이 유례가 없는 사건이다.

슈퍼 인텔리전트 시대의 세계 최강자 꿈꾸다!

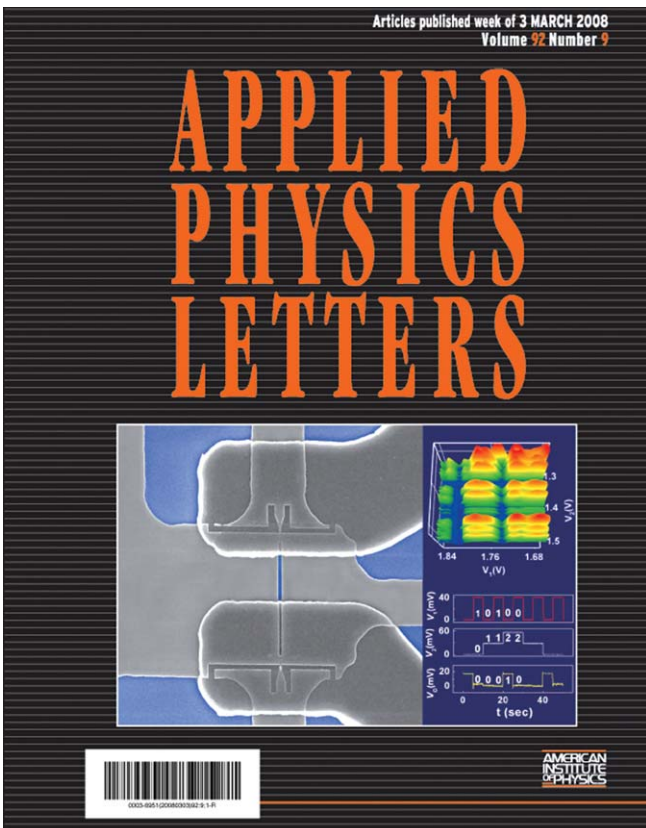
미국 유명 PC잡지인 'PC 월드'는 2008년 1월, 향후 25년 이내에 PC가 완전히 사라진다고 발표했다. 현재의 컴퓨터가 명령만을 수행한다면, 수천 배나 빠르고, 수천 분의 1로 전력을 덜 소모하고도 크기가 작은 나노컴퓨터는 명령을 생각할 수 있는 형태로 진화하여 사용자들과 의사소통도 하고 다양한 현상을 예지할 수 있게 된다. 따라서 인텔리전트 PC가 아닌, 전혀 다른 PC들이 등장하여 슈퍼 인텔리전트 시대를 맞게 된다는 것이 핵심 내용이다.

사이먼 세 박사는 2030년경 나노소자와 직접적으로 관련된 인공지능 포켓형 슈퍼컴퓨터 및 가정용 의료기기 등의 전 세계 시장 규모가 10조 달러에 이를 것이라고 발표하였다(2008. 9, 일본 SSDM). 나노소자개발로 이어질 또 하나의 대박 산업이 우리를 기다리고 있는 것이다.

이런 일이 현실화되기 위해서는 초고속, 초고집적 및 초절전의

인식 및 추론 가능 나노소자 개발이 우선시되어야 한다. 그러나 넘어야 할 산들이 너무 많다. 일례로 나노소자 제조상의 한계를 돌파하기 위해서는 기존의 탑다운 기술이 아닌 자연이 수십억 년간 축적해 온 보텀업 기술을 적극적으로 도입해야 한다.

우리는 현재 선진국의 막강한 자본 및 기초기술을 앞세운 무차별적 나노소자 기술 공세와 중국을 비롯한 후발국의 저렴한 생산비를 앞세운 맹렬한 추격 속에 샌드위치가 되었다. 향후 5~10년간 국가적인 차원에서 어떻게 대응하느냐에 따라 슈퍼 인텔리전트 시대의 핵심이 되는 나노소자 패권국으로 등장할지, 패자국이 될 지 판가를 날 것이다. 그러나 범국가적인 차원에서 나노소자 기술에 대한 강력한 지원이 이루어진다면, 슈퍼 인텔리전트 시대의 세계 최강자로 등극하는 꿈은 반드시 이루어질 것이다. ㉔



APL 논문표지

기술리더의 마인드

'세계에서 1등 가는 사람과 1등 가는 기술을 해야한다!'는 이조원 단장의 기술마인드이다. 도산 안창호 선생이 주장한 '무실역행(務實力行)'을 본받아 사업단에서 세계최고의 권위자 20명 이상을 배출하여 나노소자분야의 기술리더를 양성하고 연구그룹을 만들려 하고 있다.

또한, 이조원 단장은 기술리더의 모습을 넘어 자신이 고등학생 때 읽었던 소설 '로드 짐'의 주인공을 예로 들어 사회적 책임감 역시 강조하고 있다. 이 단장은 "주인공이 배를 탔다가 난파되자 승객들이 탄 배를 포기한다. 그러나 천신만고 끝에 배가 안전하게 어느 섬에 도착한 것을 알게 되고 자신의 비겁함을 회개하며 억압받는 원주민들의 편에 서서 유럽인 약당들과 싸우다 스스로 목숨을 내놓는다"고 말했다. 과학자의 연구업적은 사회 안에서 조화를 이루며 최선을 다할 때 빛나게 되는 것이다.



글쓴이는 한양대학교 금속공학과 졸업 후 펜실베이니아주립대에서 금속과학 석사·박사학위를 받았다. 국방과학연구소 연구원, 카네기메론대학교 연구원, 삼성종합기술원 신소재연구실장 및 프로젝트 매니저 등을 지냈다.