

나노소자 개발 동향

한지형, 정학기, 정동수

군산대학교 전자정보공학부

목 차

I. 서론	III. 나노소자 기술개발 및 동향
II. 나노소자의 종류	3-1. 국내동향
2-1. MOSFET	3-2. 국외동향
2-2. 탄소나노튜브(Carbon Nanotube)	IV 결 론
2-3. SET(Single Electron Transistor)	참고문헌
2-4. Spintronics	

I. 서론

나노기술이란 Nanometer(nm) 범위(10-9m)에서 재료, 소자, 시스템을 창조하는 기술이라 정의하며 기존의 이론(고전역학)이 아닌 새로운 이론(양자역학)이 적용된다. 1nm는 머리카락 굵기의 10만분의 1에 해당하며, 원자 3-4개가 모인 정도이다. 나노기술은 1959년 노벨상 수상자인 Feynman이 “원자/분자 레벨로 제어하여 부품을 만드는데 제한이 없다”라고 말한 역사적인 예언이 효시가 되었다. 그는 전 세계의 모든 정보가 2백 분의 1인치 크기의 정육면체에 기록할 수 있는 날이 올 것이라고 예언하였다. 1981년 IBM의 Binnig와 Rohler에 의한 전자 주사현미경의 발명에 따른 원자 및 분자 조작 가능성 제시는 나노기술 연구에 기록제가 되었으며 그 이후 1985 전자 하나하나를 제어할 수 있는 Single Electron Transistor가 개념화 되었다. 1990년에는 IBM 연구소의 Eigler 박사가 나노구조를 제어하고 측정하는 눈과 손이라 할 수 있는 매우 정교한 금속탐침으로 극저온에서 원자 하나하나를 움직여 원하는 위치에 배열하는데 성공하였다. 따라서 언젠가는 상온에서도 원자 및 분자를 마음대로 메었다 붙였다 할 수 있고, 어느 물질이든지 원하는 구조 및 화합물을 만들 수도 있을 것이다. 예를 들면, 숯으로부터 다이아몬드를 만들 수 있음을 의미한다. 그러나 상온에서 레고 블록을 조립하는 것처럼 원자 하나, 분자 하나를 끼워 맞추는 것은 원자의 요동과 열역학 제

2법칙에 위배되어 불가능하다. 그렇지만 이론적인 가설은 흔히 실제와는 동떨어진 경우가 종종 있어 나노기술에 의해 전혀 생각지도 못했던 과학기술이 등장할 수도 있는 것이다. 기존 물질의 화학성분을 변화시키지 않고 눈에 보이지 않는 나노수준에서 조작하면 기존의 눈에 보이는 μm 단위에서 나타나지 않는 전혀 새로운 특성들의 구현이 가능하고, 이를 통해 물리적, 화학적, 전기적, 기계적 특성 향상이 가능할 것이다. 나노기술은 산업 전반에 걸쳐 응용될 것으로 예측되나 그중에서도 Electronics 분야에서 제일 먼저 실용화가 이루어질 것으로 보인다. 2002년 ITRS(International Technology Road map for Semiconductor)에 따르면 2010년 25nm, 2016년 13nm 게이트길이를 갖는 Si 트랜지스터 시제품이 출시되는 것으로 되어 있다. 반도체는 현재 100nm를 밑도는 크기까지 와 있으며 10nm정도까지는 패턴을 그릴 수도 있다. 그러나 초미세 트랜지스터 제작은 Lithography 기술, 소자 기술, 배선 기술, 그리고 양산 기술 등 모든 것이 조화를 이루어야 가능한 종합 예술이라 할 수 있다. 그러나 지금은 이들 기술 구현이 매우 불투명한 상태이다. ITRS에서 지적한 바와 같이 Lithography 기술의 한계, 열적 및 양자역학적 Fluctuation 에 따른 소자 작동의 물리적 한계, 소비 전력의 한계, 특성 Fluctuation 에 의한 한계, 설비 투자의 한계 등 극복할 방법조차 알려지지 않은 기술들이 너무나 많다. 지금이야말로 반도체의 역사 중에서 가장 높은 장벽으로 가로막혀 있다고 할 수 있

다. 그러나 이미 20년 이상 MOSFET (Metal Oxide semiconductor Field Effect Transistor)의 미세화 한계에 대해서 많은 지적들이 있어왔지만 반도체 연구자들은 Moore의 법칙을 지속시키기 위한 기술개발에 지금까지 한번도 좌절한 적이 없었다. 더욱이 향후 적어도 10년은 이대로 미세화가 진행될 것이라는 견해가 지배적이다. 그럼에도 불구하고 Moore의 법칙을 지속시킬 수 없는 시기가 점점가까이 다가오고 있다는 것은 사실이다. Computing 시스템들은 향후 15년 이내에 keyboard 없이 마치 하인을 부리듯 일상어로 컨트롤이 가능하게 되고(음성메시지를 입력하면 디지털 문자화), 심지어 뇌파로도 조정이 가능하게 되며, 이들을 언제/어디서나/무엇이든지 초고속으로 이용할 날이 도래할 것이다. 지금까지는 컴퓨터의 성능을 어떻게 하면 극대화시킬 것인가가 키워드였으나, 사용자 인터페이스에 감성공학을 적용한 컴퓨터들은 단순한 반응이 아닌 사용자의 감성까지도 파악하여 사용자의 취향을 반영하는, 이른바 컴퓨터가 인간을 편리하게 이끄는 세상이 올 것이다. 더욱이 최근 출시된 개인별 바이오칩도 한 점의 분석이나 몸에 내장하는 형태로 발전할 것이다. 이 칩에는 개인의 의료 정보 DB자료와 함께, 개인 증명과 의료시 필요한 DNA 청사진 원본 등 각종 자료가 포함되며, 이 칩은 음성패턴 인식처럼 개인의 자동차, 집, 컴퓨터 등에 접속하는 데 사용될 것이다. Computing 시스템들이 음성인식, 감성 및 인지능력, 초고속 통신 및 연산 등의 기능을 충족시키기 위해서는 메모리, 연산 속도, 소비전력 등이 현재 출시된 제품 성능에 비하여 수천배 이상의 성능을 갖는 테라급 소자(1 테라 비트 메모리란 기억 용량으로 영자신문 기준 8백40만쪽에 해당)가 필요하다. 한 예로 1만자 정도의 실시간 인식/외국어 자동번역을 위해서는 100 GIPS의 성능과 1 테라급의 메모리가 필요하고, DTV급 실시간 영상 인식을 위해서는 1000 GIPS의 성능이 필요하다. 따라서 21세기 우리가 꿈꾸는 정보화 시대를 열기 위해서는 테라급 나노소자 개발이 필수적이다 [1][2].

II. 나노소자의 종류

나노 소자의 종류를 알아보고 각각의 나노소자의 특징을 알아볼 것이다.

2-1. MOSFET

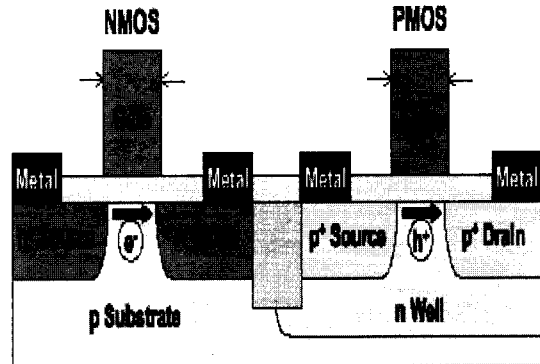


그림 1. CMOS 구조

MOSFET에서의 나노기술이 가장 먼저 적용되는 부분은 게이트 절연막의 극박막화와 게이트길이 미세화이다. AMD는 2001년 IEDM에서 게이트 길이 15nm의 CMOS를 보고하였다. 따라서 MOSFET의 미세화는 15nm까지 가능하다는 것을 의미한다. 그러나 미세화와 함께 트랜지스터의 각종 기생 성분이 크게 증가하게 되어 그것이 저소비전력화의 걸림돌이 되고 있다. 물론 이 전부터 기생성분은 존재했었지만 소자 특성에 미치는 정도가 크지 않았으므로 얇은 접합형성이나 Silicide 기술의 도입이라는 기존 구조의 개량으로 대처할 수 있었다. 이에 대해 100nm 이하가 되면 기생성분의 영향이 두드러져 MOSFET의 기본 기술이라고 할 수 있는 게이트 SiO_2 막이나, 벌크 Si 구조를 변경할 필요가 생겼다. CMOS 기술은 과거 40여년 동안 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 지금까지 집적도에 따른 다른 명칭이 주어지고 있다. 소규모 집적회로(SSI), 중규모 집적회로(MSI), 대규모 집적회로(LSI), 초대규모 집적회로(VLSI) 및 극초대규모 집적회로(ULSI) 이 모든 집적회로의 등장으로 경제에 지대한 영향을 미치고 있지만, 기본적인 소자 및 공정 기술은 변하지 않고 있다[3].

2-2. 탄소나노튜브(Carbon Nanotube)

탄소나노튜브는 1991년 일본 NEC 부설 연구소의 이치마 스미오 박사가 전기 방전법을 이용하여 흑연 음극 상에 형성시킨 탄소 생성물을 분석하는 과정에서 처음으로 발견하였다. 우연히 발견된 탄소 동소체, 탄소나노

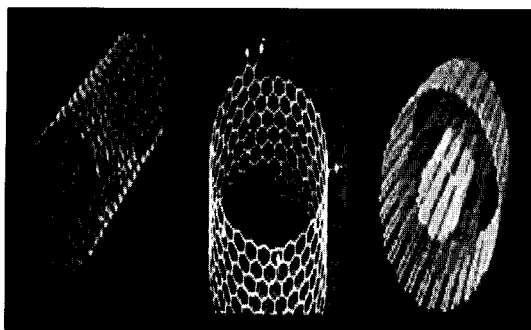


그림 2. 탄소나노튜브 구조

튜브는 하나의 탄소가 다른 탄소 원자와 육각형 벌집 무늬로 결합되어 돌돌 말린 튜브 형태를 이루고 있다. 튜브의 직경이 나노미터 수준인 자연계에서 가장 가는 튜브이며, 그 지름이 머리카락의 10만분의 1에 달한다. 또한 다이아몬드보다 강한 물질로 알려져 있다. ‘머리카락보다도 훨씬 가늘면서, 다이아몬드보다 강하다.’ 이 두 가지 장점만으로도 탄소나노튜브는 상당히 매력적인 물질이다. 탄소나노튜브는 그 구조가 하나의 튜브로 이루어진 싱글 월, 두 개의 튜브가 겹쳐진 더블 월, 그 이상의 튜브로 이루어진 멀티 월 구조가 있으며, 또한 뿔 형상을 이루고 있는 나노 혼도 존재한다. 이런 구조 별로, 또한 커팅하는 길이 별로 탄소나노튜브는 그 성격이 달라지는 이른바 ‘천의 얼굴’을 가진 물질이라고 할 수 있다.

2-3. SET(Single Electron Transistor)

최근 출시된 개인별 바이오 칩은 앞으로 몸 안에 삽입할 수 있는 형태로 발전할 것이다. 이 칩에는 개인 의료 정보 DB자료, 개인 증명, 의료시 필요한 DNA 청사진 원본 등도 포함되며 음성패턴 인식처럼 개인의 자동차·집·컴퓨터 등에 접속하는 데도 사용될 것이다. 그런데 만약 몸 속에 삽입한 칩이 작동시 발열량이 1000 Watt가 넘는다면. 따라서 앞으로는 지금까지 추구해 왔던 IC들의 초고집적과 초고성능화 뿐만 아니라 초저소비전력이 무엇보다도 중요하게 된다. 현재 사용되고 있는 CMOS는 스위칭(0과 1의 상태)에 1만 ~ 10만 개 정도의 전자가 사용된다. 전자의 수는 소비전력과 비례하므로 전자가 많으면 전류는 그만큼 크다. 만약 CMOS를 전자 1개로 제어하는 SET로 대체할 수 있다면 소비전력은 단숨에 10만분의 1이 된다. SET는 기본적으로 MOSFET와 같이 게이트, 소스 및 드레인으로 구성되나 단지 Channel 대신에 똑같은 역할을하는 Island가 있다는 것이 다를 뿐이다.

SET의 작동원리를 살펴보면, Island에 전자가 있으면 다음 전자는 Coulomb 반발력으로 소스에서 Island로 Tunnel을 할 수 없다. 이것을 Coulomb Blockade 효과라 한다. 그러나 게이트 전압을 조정하면 전자 한개 한개의 움직임을 제어할 수 있다. 단 Island의 Charging 에너지가 열 에너지보다 커야하며 만약 작다면 열에 의한 Noise 때문에 Coulomb Blockade 효과가 없어진다.

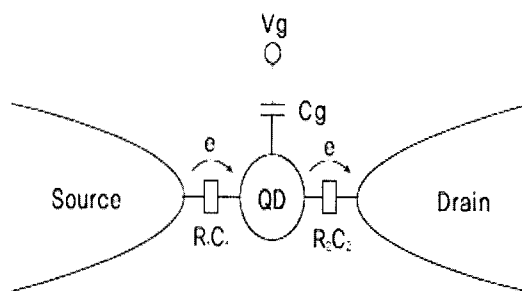


그림 3. Single Electron Transistor

그러므로 Island의 크기를 수 nm 이하로 하여 Charging 에너지를 열 에너지보다 크게 하든지 혹은 작동온도를 극저온으로 하지 않으면 Coulomb Blockade 효과가 나타나지 않는 것이 지금까지의 SET의 문제였다. SET 현상을 응용한 초절전 및 초고집적 메모리 등의 연구가 진행되고 있다. 이 메모리는 양자점(나노 크기의 실리콘 미립자)을 Floating Gate로, MOSFET Channel을 센서로 사용한다는 점에서 기존의 비휘발성 Flash 메모리의 극한 형태로 볼 수 있다. 메모리 작동은 기존의 Flash 메모리와는 달리 Coulomb Blockade 효과를 이용해 전자 한개 한개를 양자점에 저장하는 방법이다. 따라서 메모리에 필요한 전자의 숫자를 대폭 감소할 수 있어 초저소비전력 소자가 가능하다. 더욱이 양자점에 저장되는 전자의 숫자를 0, 1, 2, 3,... 제어할 경우 각각의 제어 게이트 Threshold Voltage가 양자화 된다. 이를 이용하면 하나의 양자점을 가지고도 Multi-level 정보저장이 가능하고, 단위소자 자체도 나노크기여서 테라급 이상으로 초고집적화가 가능하다. 이렇듯 SET 메모리는 테라급 이상까지 초고집적이 가능하고, DRAM만큼 속도가 빠르고, 전원이 꺼져도 데이터가 지워지지 않는 비휘

발성이며 또한 10년 이상 정보를 유지할 수 있다. 이는 컴퓨터를 끄자마자 데이터를 잃어버리는 DRAM과는 비교할 수 없을 정도의 장점이 된다. 이러한 새로운 메모리 칩을 사용하면 컴퓨터를 거의 순간적으로 Booting할 수 있고, 하드디스크 드라이브에 저장된 정보를 탐색하기 위해 걸리는 시간을 없애준다. 아마도 이 메모리는 21세기형 PC의 새로운 개척자가 될 것이다

2.4. Spintronics

Spintronics는 전자의 자기적 방향을 의미하는 Spin과 반도체로 대표되는 전자소자기술(Electr-onics)을 합성한 신조어이다. 현재의 전자소자기술은 반도체 내의 전하를 전기장을 통해 제어하여, 전하의 양이 많고 적음이 하나의 신호로써 이용되지만, Spintronics에서는 전하가 지닌 Spin 방향의 Up/Down을 구분하여 이를 또 하나의 신호로 이용할 수 있다는 점에서 다양한 응용이 가능하다. 지난 20세기가 전자의 전하를 이용한 반도체 기술로 정보화 사회를 이끌었다면, 21세기에는 전자의 Spin 정보를 이용한 Spintronics 기반의 IT 산업발전이 점쳐지고 있다. Spintronics와 관련하여 연구력이 집중되고 있는 분야는 정보저장기술 분야이다. HDD의 고집적화를 위한 재생헤드와 비휘발성 메모리 소자인 MRAM(Magnetic Random Access Memeory)이 그 대표적인 예이다. MRAM의 경우 기존의 DRAM을 능가하는 성능과 더불어 비휘발성 특성을 가지고 있어, 차세대 메모리로서 크게 주목받고 있으며, 전 세계적으로 개발 경쟁이 치열한 분야가 되었다. MRAM은 Hysteresis 특성을 응용하여 비트를 Write하는 초소형의 자기센서 어레이라고 볼 수 있다. MRAM의 장점이라면 기존 비휘발성 메모리에 비해 빠른 속도(수년 내에 10ns 정도 가능)와 초소형화의 가능성이라고 하겠다. 현재 MRAM 연구의 이슈는 박막 두께의 정밀한 제어, 얇은 절연층, 자기적 특성을 유지하면서 허용 전류밀도가 107 A/cm^2 이상 되는 금속재료, Write시의 소비전력 감소 등의 개발이다. MRAM은 SRAM만큼 빠르고, 비휘발성이고, 저전력 소모가 가능하여 SRAM + DRAM + Flash를 통합한 Unified 메모리로서 각종 소형 디지털 정보가전 기기에 사용될 수 있다. 또한, 컴퓨터에 내장된다면 Booting 과정이 필요 없는, 전원을 켜는 즉시 사용이 가능한 컴퓨터(Instant-on-Computer)도 가능하게 된다. 이외의

Spintronic와 관련하여서는 스핀트랜지스터(Spin Transistor)나 자성반도체(Magnetic Semiconductor)와 관련된 연구도 점차 주목받고 있는 상황이다.

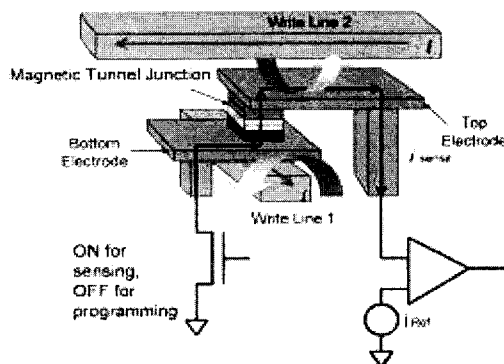


그림 4. MRAM의 구조

III. 나노소자 기술개발 및 동향[4]

3-1. 국내동향

정부는 나노기술(NT)산업을 발전시켜 국가의 성장동력으로 삼겠다는 야심찬 계획을 세워 2001년 '나노기술 종합발전계획'을 수립했다. 이 계획에 따르면 2005년까지 나노기술개발을 위한 주요 인프라 구축을 완료하고 2010년까지 나노기술 선진 5대국 기술경쟁력 확보해 비교우위를 갖는 최소 10개 이상의 최고기술을 보유하겠다는 것이다. 지난해만 정부 9개 부처가 총 2121억원을 투입해 연구개발, 인력양성 및 연구인프라 구축 등 3대 사업을 본격적으로 추진하였으며, 올해는 프린터 및 나노핵심기술(과기부), 차세대신기술(산자부), 선도기반기술개발사업(정통부) 등 대형사업을 통해 테라비트 나노소자, 고기능 나노소재, 나노메카트로닉스, EUVL 리소그래피, 양자역학적 나노선 접, 50nm급 회로설계 핵심기술 등을 개발한다는 계획을 적극적으로 추진하고 있다. 이렇게 의욕적으로 출발한 한국의 나노산업의 수준을 정확히 나타낼 수는 없지만 나노기술 연구에 천문학적인 액수를 쏟아붓고 있는 미국과 일본에 비하면 겨우 25% 수준인 것으로 알려지고 있다. 한편 나노기술 개발과 관련하여 연구개발, 전문인력, 연구시설의 측면에서 주요 현황을 살펴보면 모든 면에서 선진국과 비교하

여 매우 열악한 상황에 있다. 먼저 연구개발부분을 보면 정부지원 중심의 연구개발이 진행되고 있으나, 연구수준 및 분야, 규모 면에서 미흡한 상황이다. 특히 우위 확보가 가능한 부문에서조차 연구개발투자가 미흡하다. 전문인력을 보면 전문적인 연구원이 매우 부족하며, 세계적 전문인력 500명 이내에 포함될 수 있는 전문가는 10명 내외이다. 유사분야에서 전환·활용이 가능한 인력도 1,000명 내외의 규모로 향후 급격하게 증가할 국내 인력수요에 절대 미흡한 상황이다. 또한 연구시설과 관련하여서도 나노기술 개발에 필요한 필수장비도 절대 부족한 상황이다. 그나마 있는 장비도 시설·장비의 공동활용 경험이 부족하여 공동 이용이 제대로 되지 못하고 있다. 이에 대해 나노 전문가들은 한국의 나노산업은 태동기에 진입해 있다고 평가할 수밖에 없다. 최근에는 디스플레이 등 나노소자, 나노측정장비, 나노분말, 탄소 나노튜브, 등에서 성과가 조금씩 보이고 있다. 또 연구개발 투자가 확대됨에 따라(955억원에서 1589억원) 논문, 특허 등에서 성과가 나타나고 있으며 일부 세계적인 연구성과 도출되고 있다. 지난해 국외논문 발표에서 세계 6위를 기록하고 최근 5년간 SCI급 논문이 연평균 62% 증가하고 있다는 것은 성과가 아닐 수 없다. 그러나 이런 나노기술 개발의 주요 성과가 아직까지 산업화에 연결되지 못하고 있다는 지적도 많다. 특히 지금까지 개발된 나노관련 기술이 민간 연구개발로의 유인효과가 낮고 기술의 특성 또는 연구단계에 따른 기타 기술로의 연계가 미흡하며 NT의 상품화 산업화 전략이 부재해 체계적인 전문인력 양성사업 추진이 저조한 것이 또 다른 문제로 대두하고 있는 실정이다.

3-2. 국외동향

미국에서는 2000년 클린턴 대통령이 연두교서에서 나노기술을 차세대 경쟁력확보를 위한 핵심기술로 선언함으로써, 국가나노기술개발예안(National Nano Initiatives, NNI)이 추진되었고 이는 국가과학기술위원회(NSTC)의 주관하에서 정부부처간 공동연구사업으로 이루어지고 있다. 따라서 미국이 세계시장에서 최고의 경쟁력을 유지하기 위해서 기초연구는 물론이고 장기핵심기술개발, 연구인프라구축, 나노기술의 사회적 연계 강화 및 인력의 교육훈련 등 다양한 분야까지 준비하고 있는 것이다. 이에 일본도 미국의 NNI와 유사한 프로그

램으로 N-Plan 21을 수립하고 나노기술관련 예산을 증액하여 일본의 강점분야와 산업적 파급효과가 큰 분야에 집중투자하고 있는 실정이다. 5-10년후 실용화·산업화를 염두에 둔 니즈-지향형 연구개발 및 혁신적 기반기술연구에 치중하고 있으며 나노기술의 비전공유 및 산·학·관/학제간 네트워크 구축을 위한 국가차원의 나노기술전략 추진이 가장 핵심된 내용이다. 이미 일본의 히타치 중앙연구소는 장기연구의 25%를 나노기술에 집중투입하고 있으며, 그 밖의 NEC, NTT, SONY 등도 매출의 일정부분을 나노기술에 투자하고 있다. 미국과 마찬가지로 일본기업들도 컴소시엄을 구성하여 공동연구를 기초로 개발투자에 주력하고 있는 전략으로 추진중에 있으며, 이는 빠른시간내에 응용분야개척을 통해 시장선점하고자 하는 의지로 판단된다. 유럽에서는 나노기술을 현재 기술의 연장선상에 있는 기술로 인식하고 기존기술과의 접목을 통해 기술단계를 높이는 것을 목표로 하고 있고 도달가능한 범위에 있는 기술개발을 우선적으로 목표하고 있는 점이 미국이나 일본과는 차이가 있다. 그리고 집중투자하고 있는 분야도 에너지·환경분야, 생명과학 또는 유전공학분야이며, EU 국가 중에서도 독일이 5개의 우수연구센터를 설립하는 등 가장 적극적이다. 앞서서 살펴본 바와 같이 나노기술분야의 국내외 기술수준을 비교해 보면, 정성적인 면이나 정량적인 면에서 선진국에 비해 현격한 차이를 보여주고 있다. 이는 우리나라가 나노기술에 관심을 갖게 된 것은 불과 수년 전이었으며, 본격적으로 기술 개발에 돌입한 것도 4~5년 전에 지나지 않기 때문이다. 현재 우리나라의 기술 경쟁력은 극히 일부 분야를 제외하고는 선진국에 뒤져 있는 것이 현실이다 이에 핵심연구분야를 선택집중하여 산·학·연이 체계적이며 효율적인 연구개발을 수행한다면 수년 안에는 선진국과의 경쟁도 가능하며 10년 정도 이후에는 적지 않은 분야에서 선진국의 기술을 추월할 수도 있을 것으로 보이고 있다. 따라서 기술의 실용화 시기와 중요성을 고려한 개발의 우선순위 결정 및 연구자원의 집중이 중요하며, 현재의 자원을 효율적으로 활용하는 현실성있는 방안 도출이 필요하다. 또한 아웃소싱을 통해 외국의 기초기술을 습득하여 우리 기술화하는 것도 기술수준을 높일 수 있는 효과적인 방법이 될 수가 있다. 특히 후발주자로서의 자본과 인력이 부족한 상황에서는 정책적인 발전계획을 수립하여 협력하여 나가는 것도 중요하지만, 그 구체적인 방법으로 특허정보라는

객관적이고 표준화된 자료를 활용하여 나노기술의 연구 개발 및 경쟁력을 분석할 필요가 있다.

IV. 결론

나노소자를 개발하기 위한, 나노기술(Nanotechnology, NT)은 물질의 크기가 대략 수 100nm일 때 나타나는 새로운 현상 및 특성을 이용하는 기술이다. 즉 나노미터(10억분의 1미터)크기의 나노 구조체를 합성하거나 조작하여 전기적, 기계적 성능이 월등한 소재를 개발하거나, 빠르고 저렴한 소자를 제작하는 것이라고 할 수 있다. 차세대 성장산업으로 부각되고 있는 나노기술이 기술지식 집약적인 고부가가치 산업이기 때문에 선진국들은 앞 다투어 이 분야의 기술개발을 추진하고 있다. 향후 나노기술은 정보통신, 생명공학, 재료, 환경 등과 융합되어 모든산업의 기술혁신을 주도해 나갈 것으로 전망되고 있으며, 기존의 반도체의 집적도나 속도의 한계를 극복할 수 있는 새로운 기술개발이 가능하리라 본다. 연구개발한 나노기술의 권리 선점을 위한 안전장치로 특허출원이 반드시 필요한 것이다. 또 타기술문헌정보에 비해 객관적이고 표준화된 특허정보를 분석함으로써 보다 확실한 기술테마를 발굴하고 산업이용척도를 가늠할 수 있으므로, 연구방향모색이나 투자효율성 문제해결에 도움을 줄 수 있다. 여기에서 살펴보고자 하는 나노소자기술은 이러한 나노기술을 사용하여 향후 5~10년 내에 봉착할 기존의 반도체 기술의 한계를 극복하는 소자 기술이라고 정의할 수 있다.

참고문헌

- [1] 이조원, "나노소자 기술의 전망", 전자공학회지, Vol. 28, No. 1, pp22-24, 2001.
- [2] 이조원, "나노소자 기술개발 동향 및 전망", http://bric.postech.ac.kr/trend/biostat/2003/20030828_3.pdf
- [3] 윤한섭, 궤계달, 김철주, 박상식, 엄기홍, 장의구, 정하기, "반도체소자원리" 진샘미디어, pp349-350, 2008.
- [4] 반응병, "나노기술의 특허동향", 2005.

저자소개

한지형(Ji Hyung Han)



2008. 2월 군산대학교 전자정보공학부 졸업(BS)

2008. 3월~군산대학교 대학원 전기전자 제어공학부 석사과정

※ 관심분야: 반도체소자설계 및 시뮬레이션

정학기(Hak Kee Jung)



1983. 아주대학교 전자공학과(BS)

1985. 연세대학교 전자공학과(MS)

1990. 연세대학교 전자공학과(Ph.D)

1995. 일본 오사카대학 객원연구원

2004. 호주 그리피스대학 객원연구원

2006. 한국해양정보통신학회 편집이사

2007. 한국해양정보통신학회 상임이사

※ 관심분야: 반도체소자설계 및 시몬테카르로 시뮬레이션

정동수(Dong-Soo Jeong)



1975. 한국항공대학교 통신공학전공(BS)

1982. 전북대학교 전자공학전공(MS)

1988. 전북대학교 전자공학전공(Ph.D)

1982~현재. 군산대학교 공과대학 전자정보공학부 교수

※ 관심분야: 교환 및 통신시스템 전자응용시스템