

| |
|----------------------|
| 발 간 등 록 번 호 |
| 12-B553050-000019-01 |

정책연구-(2014-14)

첨단 소재산업의 국제경쟁력 제고를 위한 기술개발 전략방안

(Technology Development Strategy of Advanced Materials
for Global Competitiveness)

연구기관 : 나노기술연구협의회

연구책임자 : 이 해 원

2015. 5. 14.

제 출 문

국가과학기술자문회의 지원단장 귀하

본 보고서를 “첨단 소재산업의 국제경쟁력 제고를 위한 기술개발 전략방안” 최종보고서로 제출합니다.

2015년 5월 14일

- 주관연구기관명 : 나노기술연구협의회
- 연구기간 : 2014.12.26. ~ 2015.05.14.
- 주관연구책임자 : 이 해 원
- 참여전문가
 - 전 문 가 : 강 용 목(동국대학교, 교수)
 - 전 문 가 : 김 기 범(서울대학교, 교수)
 - 전 문 가 : 신 경 호(KIST, 기술정책연구소장)
 - 전 문 가 : 안 희 준(한양대학교, 교수)
 - 전 문 가 : 윤 완 수(성균관대학교, 교수)
 - 전 문 가 : 윤 의 준(서울대학교, 교수)
 - 전 문 가 : 장 준 연(KIST, 차세대반도체연구소장)
 - 전 문 가 : 장 호 원(서울대학교, 교수)
 - 전 문 가 : 최 준 환(KIMS, 책임연구원)
 - 전 문 가 : 최 철 진(KIMS, 분말세라믹연구본부장)
- 참여연구원
 - 연 구 원 : 최 진 호
 - 연 구 원 : 박 지 숙
 - 보 조 원 : 이 의 훈

목 차

| | |
|--|-----|
| 제1장 연구의 배경 및 목적 | 1 |
| 제1절 첨단소재 연구개발 기획의 배경 | 1 |
| 제2절 나노기반 첨단소재의 중요성 | 3 |
| 제3절 연구의 목적 및 방법 | 6 |
| 제2장 나노기반 첨단소재의 현황 및 이슈 | 8 |
| 제1절 경제적 환경 및 기술변화 | 8 |
| 제2절 국내외 산업 동향 | 10 |
| 제3절 나노기반 첨단소재 개발의 당면 이슈 | 32 |
| 제3장 나노기반 첨단소재 개발의 성과 및 한계 | 34 |
| 제1절 나노소재 R&D 투자현황 | 34 |
| 제2절 주요성과 | 39 |
| 제3절 한계 및 시사점 | 48 |
| 제4장 나노기반 첨단소재 육성 전략 | 51 |
| 제1절 기본방향 | 51 |
| 제2절 7대 전략분야별 추진 전략 | 53 |
| 1. 고기능성 나노섬유 | 57 |
| 2. 저전력 고효율 차세대 컴퓨팅 소재 | 62 |
| 3. 웨어러블 일렉트로닉스용 나노기반 첨단소재 | 67 |
| 4. 초경량 고강도 나노기반 첨단소재 | 74 |
| 5. 나노자성소재(탈희유소재) | 78 |
| 6. 사물인터넷(Internet of Things)용 나노센서 | 84 |
| 7. 고효율 화학전지용 나노기반 첨단소재 | 89 |
| 제3절 나노기반 첨단소재 육성전략 | 96 |
| 제5장 결 론 | 100 |
| 참고문헌 | 101 |

표 목차

| | |
|--|----|
| <표 1> 세계 나노융합산업 시장현황 및 전망 | 4 |
| <표 2> 소재산업의 제조업내 비중 (2012년) | 10 |
| <표 3> 소재산업의 무역현황 (2013년) | 11 |
| <표 4> 소재기술의 기술무역현황 (2013년) | 11 |
| <표 5> 소재분야의 국가 R&D 투자현황 (2011~2013년) | 12 |
| <표 6> 소재분야의 기업 R&D 투자현황 (2011~2013년) | 12 |
| <표 7> 한국의 소재분야 논문현황 (2009~2013년) | 13 |
| <표 8> 미국등록특허에서 소재분야 특허현황 (2009~2013년) | 13 |
| <표 9> Materials Genome Initiative 개요 | 16 |
| <표 10> 원소전략 프로젝트 연구거점 연구그룹 구성 | 17 |
| <표 11> 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 22 |
| <표 12> 부처별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 23 |
| <표 13> 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 24 |
| <표 14> 연구수행 주체별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 26 |
| <표 15> 연구수행 주체별 부처별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 (2013년) | 27 |
| <표 16> 연구수행 주체별 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 (2013년) | 28 |
| <표 17> 우리나라 소재산업 연구개발비 추이 | 29 |
| <표 18> 우리나라 자원별 소재산업 연구개발비 (2013년) | 31 |
| <표 19> 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 32 |
| <표 20> 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 34 |
| <표 21> 부처별 나노소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 35 |
| <표 22> 연구개발 단계별 나노소재분야 국가연구개발사업 투자현황 | 36 |
| <표 23> 소재분야 주요사업별 미래산업소재 분야 R&D 투자현황 (2013년) | 36 |
| <표 24> 연구수행 주체별 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 (2013년) | 37 |

| | |
|--|----|
| <표 25> 나노소재분야의 기업 R&D 투자현황 (2011~2013년) | 38 |
| <표 26> 우리나라 소재산업 연구개발비 추이 | 38 |
| <표 27> 한국의 나노소재분야 논문수 현황 | 40 |
| <표 28> 한국의 나노소재분야 특허수 (미국등록특허기준, 2008~2012년) | 42 |
| <표 29> 주요 국가의 나노소재분야 특허수 (미국등록특허기준, 2008~2012년) | 42 |
| <표 30> 미국·유럽·일본·한국 특허청에 출원된 나노소재분야 특허수 추이 (공개특허 기준) | 43 |
| <표 31> 연도별 부가가치액 (2006~2011년) | 44 |
| <표 32> 나노소재산업의 기술 수준 | 46 |
| <표 33> 최근 나노소재산업의 무역실적 (2011~2014.09) | 47 |
| <표 34> 30대 미래기술 | 55 |
| <표 35> 나노섬유 제품의 시장 규모 | 58 |
| <표 36> 국외 양자기술 개발 동향 | 63 |
| <표 37> 양자 기술의 활용 개념 및 예상제품 | 66 |
| <표 38> 웨어러블 일렉트로닉스용 하드웨어 및 소프트웨어 | 68 |
| <표 39> 희토류 자성재료의 시장 전망 | 79 |
| <표 40> 희토류 Free 신자성물질 설계 기술 확보의 세부과제 | 81 |
| <표 41> 희토류 Free 신자성물질 합성 및 제조기술 확보 | 81 |
| <표 42> 분석공정의 일원화를 통한 실시간 통합분석 시스템 구축 | 82 |

그림 목차

| | |
|--|----|
| <그림 1> 첨단소재가 타기술분야의 성장에 미치는 기여율(%) 추이 | 1 |
| <그림 2> 나노기술의 발전 단계 (구조적 관점) | 3 |
| <그림 3> 나노기술의 발전 단계 (활용 관점, 산업적 관점) | 4 |
| <그림 4> 소재기술의 지속적인 혁신을 통한 시장의 다양 | 9 |
| <그림 5> 과거 현재 미래 과학기술 관련 주력산업 | 10 |
| <그림 6> Materials Genome Initiative의 개념과 기본 취지 | 15 |
| <그림 7> MGI의 첫해인 2012년에 미국 각 부처별 외부연구 규모 비교 | 16 |
| <그림 8> 일본 WPI MANA 센터의 기능 모식도 | 18 |
| <그림 9> 소재분야 국가연구개발사업 투자액 및 비중 | 22 |
| <그림 10> 부처별 소재분야 국가연구개발사업 투자액 현황 (2013년) | 23 |
| <그림 11> 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자액 비중 추이 | 24 |
| <그림 12> 부처별 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자액 (2013년) | 25 |
| <그림 13> 연구개발 주체별 소재분야 국가연구개발사업 투자비중 추이 | 26 |
| <그림 14> 우리나라 소재산업 연구개발비 현황 추이 | 29 |
| <그림 15> 우리나라 소재산업 재원별 연구개발비 현황 추이 | 30 |
| <그림 16> NTIS에서 소재 키워드로 검색된 국가연구개발 과제(1036개)를 이용한 통계 | 33 |
| <그림 17> 소재분야 국가연구개발사업 투자액 및 비중 | 34 |
| <그림 18> 부처별 나노소재분야 국가연구개발사업 비중 | 35 |
| <그림 19> 나노소재·부품 요소별 경쟁력 변화 추이 (미국=100) | 47 |
| <그림 20> 나노소재산업 경쟁력 현황 및 전망 (2013~2018년) | 50 |
| <그림 21> 나노기반 첨단소재산업 육성 전략 | 51 |
| <그림 22> 나노전략 제품 및 기술분야 | 54 |
| <그림 23> 나노섬유의 활용 응용 분야 | 57 |
| <그림 24> 고기능성 나노섬유의 비전 및 추진전략 | 59 |
| <그림 25> 양자정보통신 핵심요소기술 및 연구개발 내용 | 62 |

| | |
|--|----|
| <그림 26> 양자컴퓨터의 단계별 연구내용 | 65 |
| <그림 27> 웨어러블 일렉트로닉스의 주요 구성요소 | 67 |
| <그림 28> 웨어러블 일렉트로닉스 응용제품 | 68 |
| <그림 29> 웨어러블 전자소자의 분류 및 핵심 기술 | 72 |
| <그림 30> 웨어러블 전자소자 시장규모 | 72 |
| <그림 31> 웨어러블 일렉트로닉스 세계시장 | 73 |
| <그림 32> 플렉서블 디스플레이 및 인쇄전자 시장규모 | 73 |
| <그림 33> 초경량 고강도 나노기반 첨단소재의 비전 및 추진전략 | 75 |
| <그림 34> 초경량 고강도 나노기반 첨단소재의 공급사슬 | 76 |
| <그림 35> 희토류 자성소재 특허 현황 | 79 |
| <그림 36> 나노자성소재의 비전 및 추진전략 | 80 |
| <그림 37> 희토류 자성소재 개발 추진체계 | 82 |
| <그림 38> 사물인터넷의 응용분야 및 요구되는 스마트 센서의 종류 | 84 |
| <그림 39> 사물인터넷용 센서 종류별 기술개발 수준 | 85 |
| <그림 40> 사물인터넷용 나노센서의 비전 및 추진전략 | 86 |
| <그림 41> 사물인터넷용 나노센서의 공급사슬 | 88 |
| <그림 42> 차세대 이차전지 활용 · 응용분야 | 89 |
| <그림 43> 리튬이차전지 산업동향 (2014년) | 91 |
| <그림 44> 고효율 화학전지용 나노기반 첨단소재의 비전 및 추진전략 | 92 |
| <그림 45> 고효율 화학전지용 나노소재 개발 추진체계 | 94 |
| <그림 46> 고효율 리튬이차전지의 공급사슬 | 95 |
| <그림 47> Market/Product driven R&D planning | 96 |

요 약 문

첨단 소재산업의 국제경쟁력은 국가경쟁력을 가늠하는 척도이며, 특히 나노기반의 첨단소재 기술은 미래 기술 집약 사회에 부합하는 첨단소재개발의 핵심적인 기술이다.

첨단소재 개발은 부품에 비하여 많은 시간과 투자비용이 들지만 성공했을 경우 부가가치가 매우 큰 만큼, 자체적으로 단기간 개발가능성이 높은 품목과 장기적으로 외국기술을 도입하는 것이 효율적인 품목에 대한 차별적 투자전략이 필요하다. 그리고 시장 환경의 빠른 변화로 인한 기술획득에도 시간을 줄이고 위험을 줄이기 위한 개방형 소재개발 체계 구축도 필요한 실정이다.

기술력이 우수한 중소 소재기업들의 글로벌 진출 지원 정책은 매우 중요하며, 해외 수요기업이 원하는 규격을 맞추기 위한 공동 R&D 지원, 다양한 형태의 전략적 제휴 지원도 국가 소재산업의 경쟁력 제고를 위해 필요한 정책이라 할 수 있다.

본 보고서에서는 우리나라가 첨단소재분야에서 세계적 강국이 되기 위한 나노기술이 접목된 첨단소재의 미래육성전략을 제시하고 나노소재분야 글로벌 환경 분석 및 문제점을 파악하였다. 또한 나노소재 분야 기술 분석과 7대 중점 연구 분야를 도출하였고, 중점 나노소재 분야 발전전략 및 방안을 제안하였다.

S U M M A R Y

The international competitiveness of advanced materials industry is a measure of national competitiveness, especially advanced materials based on nanotechnology are the key in materials development to meet the needs of future technology-intensive society.

Though the development of advanced materials takes a lot of time and the cost is quite high compared to the component, it has a great value added. It is necessary to have different investment strategy for short-term development items and for items likely to be imported from overseas in long-term point of view. Also, an open development framework for developing materials and techniques is being needed due to the rapid changes in the market environment for reducing the risk and time required situation.

The global expansion support policy for excellent small materials companies is very important. Overseas demand enterprise joint R&D support to meet the desired specifications can be necessary because of the various types of strategic alliances supports for the competitiveness of the national materials industry.

This report proposes a future strategy of Korea to become the world's top power in the field of nanomaterials in preparation for the advanced materials and studies global environment analysis as well as issues. In addition, this report contains technical analysis of nanomaterials, draws 7 priority research fields, and suggests both development strategies and plans for the priority research fields.

제1장 연구의 배경 및 목적

제1절 첨단소재 연구개발 기획의 배경

1. (첨단소재개발의 중요성) 최근 첨단소재기술은 우리 경제성장의 핵심동력으로 자리매김.

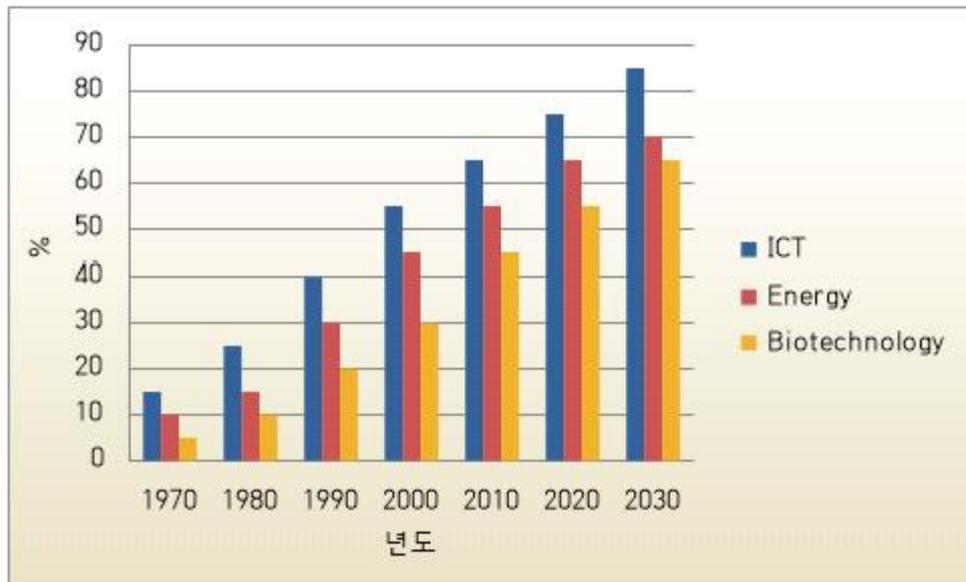
□ 완제품 조립·가공기술이 세계적으로 평균화되면서, 소재가 제품의 부가가치와 산업경쟁력을 판가름하는 핵심요소로 등장하여, 소수의 선진국이 핵심기술력으로 독과점 체제 구축함.

○ 제품원가 중 소재 비중(%) : 태양전지(82%), LCD(55%), 리튬이차전지(53%)

○ LCD 액정은 독일의 머크가 세계시장의 50%, 아라미드섬유는 미국의 듀폰사가 50%, 고어텍스는 미국의 Gore사가 90%를 차지

□ 첨단소재가 ICT, 에너지, 바이오 등 경제 성장에 미치는 기여율이 갈수록 증가할 것으로 예상됨.

○ 많은 新산업, 新기술이 신소재의 선행기술에 의존적임.



<그림 1> 첨단소재가 타기술분야의 성장에 미치는 기여율(%) 추이

* 출처 : Sandford L. et al, The Advanced Materials Revolution, Wiley (2009)

2. 첨단소재는 선진국이 주도하는 미래 첨단산업

- 미국, 일본, 독일 등은 Full-Set형 산업구조에서 이미 80년대에 핵심 부품·소재 중심의 산업구조로 전환
 - 일본의 경우, 전체 제조업 생산의 1/3을 소재산업이 담당
- 기술산업 선진국으로 도약하기 위해서는 첨단소재 산업의 발전 없이는 실현 불가

3. (원천기술 부족) 스마트기기, 바이오 등 미래산업을 뒷받침할 소재분야 원천기술의 부족으로 인하여 부가가치 창출에 한계

- 新성장동력 창출, 친환경·고령화·에너지 문제 해결 등과 관련하여 기반이 될 첨단소재 개발 수요는 확대 전망
- 그러나 소재산업 규모의 확대에도 불구하고, 첨단 융·복합분야 핵심소재의 우리나라의 역량은 선진국에 비해 미비
 - 반도체, LCD 등 첨단 융·복합 분야 핵심소재는 대부분 일본에 의존
 - 대일 수입비중('10년 기준) : TAC필름(99.5%), 액정(80.1%), 반도체제조용금선(83.2%)

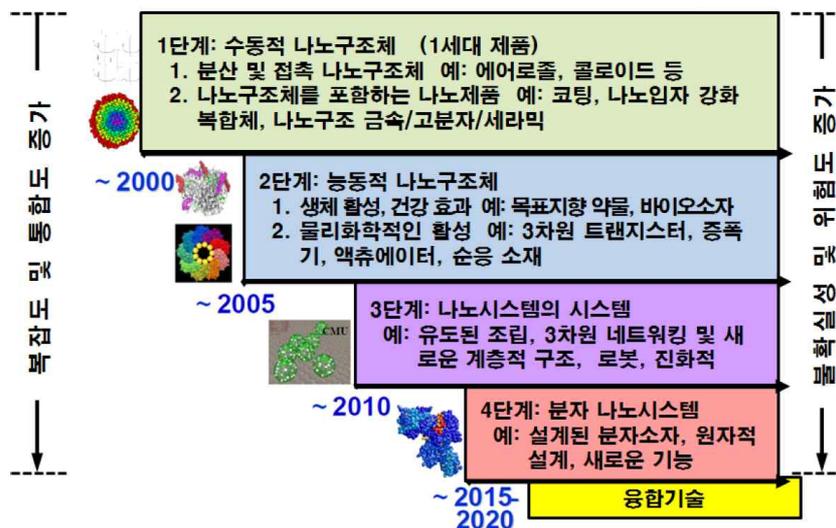
4. (미래성장 동력 뒷받침) 그간 소재관련 정부 R&D 투자는 꾸준히 증가하였으나 투자의 전략성 부재, 사업화 연계 부족으로 인하여 성과 미흡

- 창조경제 실현과 미래성장동력을 뒷받침할 소재분야 R&D에 대한 국가수준의 투자방향 제시 필요
- 창조경제 실현을 위하여 시행되는 정부 중장기 정책*의 성공적 추진을 뒷받침하기 위해 기반이 될 핵심 첨단소재기술 확보 필요
 - 13대 미래성장동력(미래부), 13대 창조경제 산업엔진(산업부)

제2절 나노기반 첨단소재의 중요성

1. 나노기반 첨단소재의 중요성 증대

- 나노기반 첨단소재는 여타 소재 기술과는 달리 크기의 제어를 통해 소재의 성질을 변화시키는 기술로서, 나노 영역(주로 100 나노미터 이하의 크기 영역)에서 크기 변화에 따라 물성이 민감하게 변화하는 현상을 이용하는 기술
- 나노기반 첨단소재를 통해 나노 크기 영역에서 물질의 배열을 바꾸는 것이 가능해지면 나노 분말 상태에서는 흰색을 띠지만 규칙적으로 쌓으면 오팔 결정이 되는 실리카 등에서 나타나듯이 광학적 성질을 비롯한 다양한 물리적 성질의 제어가 가능
- 또한 같은 소재이지만 나노 영역으로 크기를 줄였을 때 광촉매 특성이 발현되는 이산화티타늄의 예에서 확인되듯 임계점 이하로 크기로 소재를 만들 수 있는 나노 소재 기술이 있다면 이를 통해서도 간단하게 소재 물성의 극대화가 가능
- 소재의 조성 및 결정 구조의 변화를 통해 소재 특성을 극대화하는 연구가 이미 포화 상태에 도달했음을 고려할 때, 나노기술은 미래 기술 집약 사회에 부합하는 소재의 개발을 위한 핵심적인 기술이라 사료됨.
- 구조적 관점에서의 나노소재기반의 나노구조체는 현재 2단계 수준에 진입하고 있으며, 첨단소재로의 다양한 분야에 활용 가능



<그림 2> 나노기술의 발전 단계 (구조적 관점)

* 출처 : M.C. Roco, C.A. Mirkin, and M.C. Hersam: Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020 - Perspective and Outlook (WTEC Panel Report), Springer (2010)

2. 나노기반 첨단소재 시장의 확대

- 나노기반 첨단소재의 세계 시장 규모는 이미 4조 달러를 넘어섰으며 기존 산업 전반에 걸쳐 나노기반 첨단소재의 활용성이 증대되어 해당 시장 확대가 가속되고 있음.

<표 1> 세계 나노융합산업 시장현황 및 전망

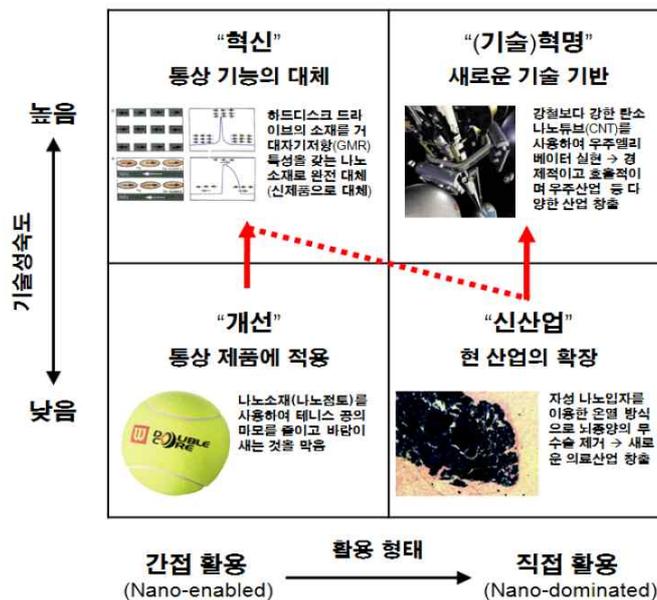
(단위 : 백만 달러)

| 구분 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | CAGR |
|------------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 세계시장 합계 | 628,183 | 718,096 | 835,428 | 995,546 | 1,235,321 | 1,646,541 | 1,974,938 | 2,390,368 | 21.0% |
| 나노소자 | 148,143 | 173,281 | 210,135 | 272,918 | 398,347 | 655,410 | 875,039 | 1,176,125 | 34.4% |
| 나노소재 | 17,278 | 23,518 | 32,011 | 43,571 | 55,330 | 70,262 | 93,449 | 123,810 | 32.5% |
| 나노바이오 | 207,467 | 234,644 | 269,531 | 306,442 | 349,332 | 398,371 | 453,181 | 516,209 | 13.9% |
| 나노에너지·환경 | 189,158 | 215,810 | 247,557 | 290,665 | 341,276 | 411,368 | 478,283 | 558,249 | 16.7% |
| 나노공정·측정·장비 | 65,867 | 70,843 | 76,194 | 81,950 | 91,036 | 101,130 | 109,948 | 119,750 | 8.9% |

* 출처 : BCC Research(2011/1, 2011/7), RNCOS(2011/1) 등 2018년은 CAGR에 따른 예측

3. 나노기반 첨단소재의 사업화 미흡

- 지난 10여년간 국가 차원의 나노기반 첨단소재 육성을 통해 우리의 기술개발력은 세계 4위에 위치하고 있지만 R&D 투자 대비 기술사업화 성과는 세계 43위로 저조
- 세계 시장 선점형 “핵심 원천기술” 확보가 부족하기 때문에 나노기반 첨단소재 분야 산업의 기술 경쟁력은 상대적으로 낮음. 지속적 혁신과 와해적 혁신을 통한 소재의 개발을 통한 신산업을 활성화해야 함.



<그림 3> 나노기술의 발전 단계 (활용 관점, 산업적 관점)

* 출처 : 나노소재분야의 신산업 창출 전략수립, 나노융합 2020 사업단 (2015)

4. 비교우위 중점연구분야 발굴 및 전략적 추진 필요

- 우리나라가 경쟁력 우위에 있는 산업분야와 연관된 나노소재 연구 아이템을 발굴하고 각 아이템별로 단기, 중기, 장기적인 발전 전략을 수립하는 것이 요구됨
- 나노기반 첨단소재의 기술 수명주기 단축과 기술, 비즈니스, 산업 간 컨버전스의 가속 등에 따라 나노기반 첨단소재의 기술개발 방향성을 정하기에 불확실성이 높아 이에 대응하기 위한 시장 수요형 R&D 추진 필요

제3절 연구의 목적 및 방법

1. 첨단 나노소재시대에 대비하여 우리나라가 해당분야에서 세계 최고 강국이 되기 위한 국가나노소재 미래전략 제시

- 세계 최고가 될 수 있는 첨단 나노소재 기술 도출 및 나노소재 분야 대형 성과 창출을 위한 추진 전략 방안 제안
- 성공적인 나노소재 기술, 인프라, 나노기술 개발정책, 나노산업육성 정책이 수립되는 기초·근간 자료를 제시
- 우리나라 첨단 나노소재의 발전과정을 종합적으로 검토·분석하여 기술혁신 모델을 창출하기 위한 기반을 마련

2. 나노소재 분야 글로벌 환경 분석 및 문제점 파악

- 문헌조사, 전문가 자문, 논문·특허 정보 분석을 통하여 나노소재 분야의 메가트렌드, 정책, R&D, 산업 동향을 분석
- 기술도입이 아닌 나노소재의 원천기술학보에 따른 기술의 발전형태 분석
- 나노소재 기술의 사업화 장애요인 분석
- 국가연구개발사업의 문제점과 한계 분석 및 시사점 도출

3. 나노소재 분야 기술 분석 및 중점 연구분야 도출

- 산·학·연 전문가 자문 및 문헌조사를 통하여 연구계·산업계 중점 나노소재 기술 조사 및 미래예측 자료 조사 분석
- 문헌조사 및 관련 분야 전문가를 활용하여 해외 주요국 및 나노소재 분야 글로벌 기업 발전 전략과 비즈니스 모델 분석
- 국내 나노소재 관련 기업 기술 및 문제점을 분석하고 나노소재 경제 시대 견인을 위한 미래 중점 전략분야 도출

4. 중점 나노소재 분야 발전 전략 및 방안 제시

- 나노소재 분야 전문가 TF를 구성하여 중점전략 나노소재 분야별 발전 전략 및 공급사슬 도출
- 기술트리로부터 출발하는 기술지도 전개가 아닌 국내 주요산업에 부가가치를 창출하는 핵심나노기술에 대한 기술지도 전개 및 R&D 정책전략 제시
- 미래 신산업 창출을 할 수 있는 첨단 나노소재 기술 선별
- 국내 성공사례 분석을 통한 첨단 나노소재 기술의 사업화 연계 강화 방안 제시
 - 시장수요가 명확하고 사업화 가능성 높은 첨단 나노소재 제시
 - 부처 연계형, 현장 수요형, 글로벌 시장 연계형 과제 기획 및 방향 제시
- 향후 첨단 나노소재 분야의 최적의 육성정책 수립을 위한 방안 제시

제2장 나노기반 첨단소재의 현황 및 이슈

제1절 경제적 환경 및 기술변화

1. 경제적 환경 변화

- 고부가가치 나노기반 첨단소재시장의 일본, 독일 등 선진국 독과점 심화
 - 첨단소재의 무기화를 통한 국가경쟁력이 하락하고, 관련 산업의 이익률 급감
- 중국, 인도, 동남아시아 등 신흥국가들의 낮은 인건비에 따른 원가경쟁력 하락
- 시장의 글로벌화 및 글로벌 경제위기
 - 중국 등 신흥시장 급성장 및 FTA로 인한 마켓 글로벌화가 본격화 됨
 - 전세계적으로 시장 경쟁력 확보를 위한 저가 고효율 제품개발이 부각
- IT, 디스플레이, 자동차, 선박 등 국내 주력산업분야의 국가 경쟁력 약화 가능성 높음
- 주력 산업분야에서의 고용 정체·감소 경향
 - 2006년 이후 생계형 노령인구 고용을 제외한 생활용 직업으로서의 고용은 정체되거나 감소하는 추세로 신규 고용 창출이 가능한 미래 신산업 관련 기술 개발이 절실히 요구되고 있음.
- 경제성장률과 잠재성장률 동반 하락으로 장기 저성장 기조 고착화 우려
 - 경제성장률(%) : ('71~'80)9.1→('81~'90)9.8→('91~'00)6.6→('01~'10)4.2→('11~'13)2.8
 - GNI(만불) : ('07)2.2→('08)1.9→('09)1.7→('10)2.1→('11)2.2→('12)2.3
- 고용 없는 성장 장기화 우려
 - 수출·제조업 중심 성장, 대기업 낙수 효과 미흡 등으로 고용률 정체
 - 산업 구조 변화, 해외생산확대 등으로 고용창출 효과 감소

2. 기술적 환경 변화

□ 소재의 한계 성능 돌파를 통해 신산업 창출 가능 소재들의 개발 가속화

- 기존 소재의 성능을 획기적으로 개선할 수 있는 소재 개발과 공정 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 관련 장비 기술 필요
 - 유기반도체 소재를 적용한 OLED의 상업화 및 시장 확대
 - 기존의 증착, 리소그래피 공정을 대체할 수 있고 획기적인 원가절감이 가능한 인쇄공정 적용 가능성 증대
 - 3D 프린팅 등 신기술 개발에 따라 금속, 화학, 세라믹, 섬유 및 복합 소재의 적용 가능영역 확대
- 기존 소재의 성능을 지속적으로 개선하여 세계시장을 선도한 아라미드 소재는 나일론 생산으로부터 축적된 know-how를 통하여 이룩한 좋은 예가 됨.



<그림4> 소재기술의 지속적인 혁신을 통한 시장의 다양

□ 에너지 효율 향상 기술 및 신재생에너지 개발 필요성 증대

- 대기오염 및 수질오염을 정화하고 근본적으로 오염원의 발생을 줄일 수 있는 차세대 소재의 개발 필요
- 화석연료 고갈 및 원자력 발전의 위험성 증가에 따른 신재생에너지 개발 수요 확대
 - 신재생에너지, 스마트 그리드, 전력저장용 에너지 저장소재

□ 미래 신산업 창출을 위한 기술개발 전략 변화

- 중진국 함정에 벗어나기 위한 세계시장 선도형, 수요 선도형, 미래성장동력 연관 기술 개발로 국가 R&D 지원 추세가 변하고 있음.



<그림 5> 과거 현재 미래 과학기술 관련 주력산업

* 출처 : 2010 과학기술연감, 교육과학기술부 (2011)

제2절 국내외 산업 동향

1. 국내외 나노기반 첨단소재산업의 현황

- [소재의 산업규모] 2012년 기준 국내 소재산업의 사업체수는 7,298개사(제조업내 비중 11.4%), 고용은 월평균 37.6만 명(13.7%), 부가가치액은 105조 원(21.9%), 생산액은 281조 원(18.6%)에 이르고 있음.
- 제조업에서 소재산업의 사업체수 비중은 11.4%에 불과하지만, 부가가치액과 생산액은 각각 21.9%, 18.6%의 높은 비중을 보이고 있음.

<표 2> 소재산업의 제조업내 비중 (2012년)

| 산업분류 \ 구분 | 제조업 (A) | 부품-소재(B) | 소재(C) | 비중 (C/A) |
|-------------|-----------|-----------|---------|----------|
| 사업체수(사) | 63,907 | 24,837 | 7,298 | 11.4% |
| 월평균종사자수(명) | 2,753,684 | 1,419,122 | 376,282 | 13.7% |
| 부가가치액(십억 원) | 480,713 | 316,337 | 105,504 | 21.9% |
| 생산액(십억 원) | 1,511,495 | 668,291 | 281,553 | 18.6% |

주) 종업원 10인 이상 사업체 대상

* 출처 : 통계청(광업제조업통계조사), 산업통상자원부(소재부품통계·종합정보망 <http://www.mctnet.org>)

- [소재의 무역규모] 2013년도 소재산업의 수출은 854억 달러(제조업내 비중 15.3%), 수입은 634억 달러(12.3%), 무역수지는 220억 달러의 흑자를 기록하고 있음.
 - 반면에 일본과의 소재 무역수지는 2012년 -119억 달러, 2013년 -100억 달러, 2013년 3/4분기까지 -64억 달러로 여전히 적자를 이루고 있음.

<표 3> 소재산업의 무역현황 (2013년)

(단위 : 백만 달러)

| 산업분류 \ 구분 | 전산업 (A) | 부품·소재 (B) | 소 재(C) | 비중(C/A) |
|-----------|---------|-----------|--------|---------|
| 수출 | 559,632 | 263,042 | 85,462 | 15.3% |
| 수입 | 515,586 | 165,537 | 63,460 | 12.3% |
| 수지 | 44,047 | 97,505 | 22,002 | - |

* 출처 : 산업통상자원부(소재부품통계·종합정보망 <http://www.mctnet.org>)

- [소재의 기술무역] 2013년도 소재기술의 기술수출은 9백만 달러, 기술도입은 2.28억 달러, 기술무역수지는 -2.19억 달러를 보이고 있음.
 - 소재분야의 상품무역수지는 흑자인 반면에 기술무역수지는 적자를 보이고 있으며 전체 기술무역수지의 4.2%에 해당함.

<표 4> 소재기술의 기술무역현황 (2013년)

(단위 : 백만 달러)

| 구분 | 기술수출 | | | 기술도입 | | | 기술무역수지 | | |
|-----|---------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|
| | 금 액 | 전년대비 증감율 | 구성비 | 금 액 | 전년대비 증감율 | 구성비 | 금 액 | 전년대비 증감분 | 구성비 |
| 전 체 | 6,845.7 | 28.9 | 100.0 | 12,038.4 | 8.9 | 100.0 | -5,192.7 | -9.6 | 100.0 |
| 소 재 | 9.7 | -83.3 | 0.1 | 228.9 | 26.5 | 1.9 | -219.2 | 78.2 | 4.2 |

* 출처 : 미래창조과학부, 기술무역통계조사보고서 (2014)

- [정부의 R&D투자] 2013년도 소재분야의 정부 R&D투자는 6,024억 원으로 정부 R&D예산의 3.86%에 해당함
 - 전년도에 5,619억 원(정부 전체R&D예산 대비 비중 3.86%) 비해 약 405억 원이 증가하였음
 - 최근 7년간(2007~2013년) 동안의 연평균 증가율은 10.8%로 정부 R&D예산 증가율(10.1%)보다 높은 수준임

<표 5> 소재분야의 국가 R&D 투자현황 (2011~2013년)

(단위 : 억 원)

| 연도 \ 구분 | 전체(A) | 소재(B) | 비중(B/A, %) |
|------------------------|---------|-------|------------|
| 2011 | 136,107 | 5,174 | 3.80 |
| 2012 | 146,795 | 5,619 | 3.83 |
| 2013 | 156,204 | 6,024 | 3.86 |
| 연평균증가율 (2006~2011년) | 10.6% | 9.1% | - |

* 2013년 조사·분석 대상 총 투자액 16조 9,139억 원 중 인문사회계 연구사업을 제외한 15조 6,204억 원(A)을 대상으로 함

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발 사업 조사·분석 원시자료, 각 년도

- [기업의 R&D투자] 2013년 소재분야의 기업체가 투자한 R&D 금액은 4.4조 원으로 제조업 전체 R&D 투자액의 9.5%를 차지하고 있음
 - 전년도 4조 원(기업전체R&D투자액대비 비중 10.5%)에 비해 4,414억 원이 증가한 것으로 조사됨

<표 6> 소재분야의 기업 R&D 투자현황 (2011~2013년)

(단위 : 억 원)

| 연도 \ 구분 | 기업(A) | 제조업(B) | 소재산업(C) | 비중(C/B, %) |
|---------|---------|---------|---------|------------|
| 2011 | 381,833 | 334,254 | 38,465 | 8.7 |
| 2012 | 432,229 | 379,604 | 40,007 | 10.5 |
| 2013 | 465,599 | 412,540 | 44,421 | 9.5 |

* 출처 : 미래창조과학부, 연구개발 활동조사 보고서, 각 년도

- [소재의 논문현황] 2013년 소재분야 한국의 논문수(SCI)는 5,404편(세계 3위)으로 한국 전체 논문수에서 10.6%를 차지함
 - 최근 10년(2004~2014), 한국의 소재분야 논문수는 연평균 8.1% 증가

<표 7> 한국의 소재분야 논문현황 (2009~2013년)

| 구분 | | 연도 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 연평균 증가율(%) (2004~2013) |
|----------|--------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------|
| | | | | | | | | |
| 전 분야 | 한국 논문수 (A) | | 37,742 | 41,481 | 45,588 | 49,374 | 51,051 | 8.6 |
| | • 세계 순위 | | 12 | 11 | 11 | 10 | 12 | - |
| | • 세계 점유율(%) | | 3.2 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | |
| 소재 분야 | 한국 논문수 (B) | | 3,434 | 3,593 | 4,480 | 4,734 | 5,404 | 8.1 |
| | (비율= B/A, %) | | 9.1 | 8.7 | 9.8 | 9.6 | 10.6 | - |
| | • 세계 순위 | | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | |
| | • 세계 점유율(%) | | 6.1 | 6.3 | 7.2 | 7.2 | 7.3 | |

* 출처 : Web of Science, NSI DB에서 추출

- [소재의 특허현황] 2013년 소재분야 한국의 미국 등록 특허수는 345건(세계 4위)으로 한국 전체 미국등록특허에서 2.4%를 차지함
 - 최근 10년(2004~2014), 한국의 소재분야 미국 등록 특허수는 연평균 8.2% 증가

<표 8> 미국등록특허에서 소재분야 특허현황 (2009~2013년)

| 구 분 | | 연 도 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 연평균 증가율(%) (2004~2013) |
|----------|--------------|-----|-------|--------|--------|--------|--------|------------------------------|
| | | | | | | | | |
| 전 분야 | 특허등록수 (A) | | 8,762 | 11,671 | 12,262 | 13,233 | 14,548 | 14.1 |
| | • 세계 순위 | | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | - |
| | • 세계 점유율(%) | | 5.2 | 5.3 | 5.5 | 5.2 | 5.2 | |
| 소재 분야 | 한국 특허등록수 (B) | | 140 | 212 | 259 | 292 | 345 | 8.2 |
| | (비율= B/A, %) | | 1.6 | 1.8 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | - |
| | • 세계 순위 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| | • 세계 점유율(%) | | 3.2 | 3.2 | 3.9 | 4.0 | 4.4 | |

* 출처 : 한국특허정보원 특허정보진흥센터, 미국특허청 (USPTO)¹⁾

1) http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_utl.htm

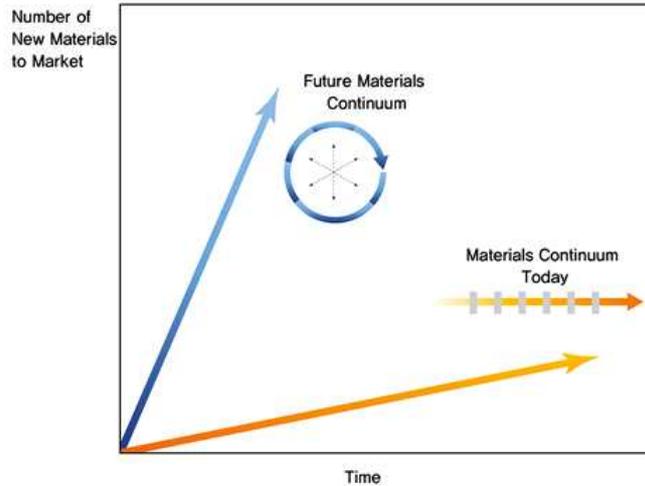
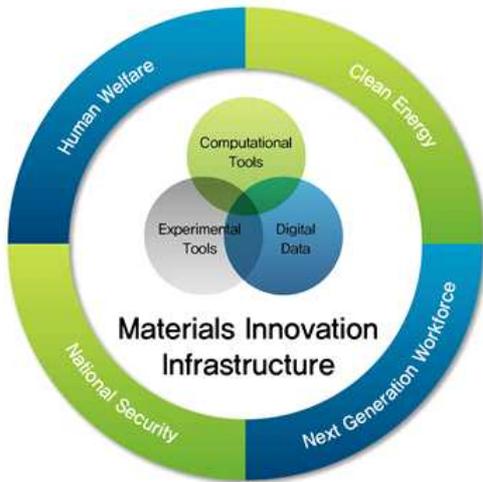
2. 국내외 정책동향

가. 해외 소재 정책동향

- 미국 : 2011년 오바마 대통령에 의해 제창된 Materials Genome Initiative에 따라 새로운 연구방법론을 바탕으로 창의소재 연구 정책 수립 및 지원 시작
- 일본 : 2012년부터 ‘신원소전략 프로젝트’에 따라 대규모 창의소재 연구 추진
- EU : EuMat의 지도 아래 새로운 소재 연구 개발 플랫폼을 제안하고 대규모창의소재 개발 연구 진행

□ 미국

- 미국은 소재 개발의 창조성, 시급성 및 효율성을 증대하기 위해 2011년 MGI (Materials Genome Initiative)를 제안하였으며, 이를 통해 첨단 신소재의 발견에서부터 상용화까지의 기간과 비용의 획기적인 축소 추진
 - 소재개발의 창조성, 시급성 및 효율성을 증대함으로서 미국이 지속적으로 소재 강국의 위상을 유지하며, 급속도로 취약해지고 있는 제조업 분야에서 미국의 국가 경쟁력을 개선하기 위함.
 - MGI는 첨단 신소재의 발견에서부터 상용화까지의 기간과 비용을 대폭 축소할 수 있는 방안을 제시함.
 - 첨단 신소재를 보다 신속하고 경제적으로 발견, 개발, 제조 및 조합하기 위해 필요한 인프라와 교육을 제공하여 개발 시간 단축을 목표
 - 지난 10년간 미국 정부 산하에 미국연구위원회 (National Research Council)의 비상설프로그램인 ICME (Integrated Computational Materials Engineering)를 통하여 소재산업을 중심으로 한 개방형 융합연구에 대한 가능성을 집중적으로 점검하였으며, 이의 운영방안 및 활용방안 등을 모색하였음.
 - MGI를 통하여 보다 빠르고 효율적으로 미국이 요구하는 새로운 소재를 창출·공급할 수 있도록 신연구개발방법론(전산재료과학 등)과 실험/평가의 융합연구를 진작할 연구개발 프로그램을 개발하여 새로운 재료연구의 패러다임을 정착하고자 함.
 - 이를 위하여 소프트웨어와 데이터베이스 등 전산모사도구를 기반으로 한 소재혁신 인프라 (Materials Innovation Infrastructure)를 구축하고자 2012년 1억 달러 규모의 예산을 추가로 투입



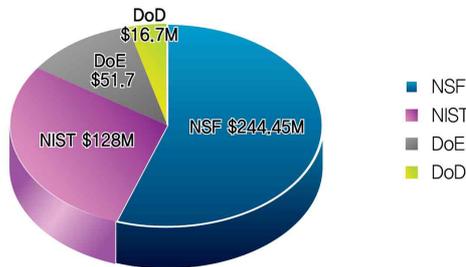
<그림 6> Materials Genome Initiative의 개념과 기본 취지

* 출처 : 미국 국가과학기술위원회(NSTC), Material Genome Initiative Strategic Plan, 2014

- 첨단소재기술 개발을 통해 국가안보 / 국민 건강과 복지 / 청정에너지 / 차세대 성장 동력과 같은 국가적 차원의 목적을 달성하고자 추진함.
- Materials Genome Initiative Project를 위해서 미국과학재단 (NSF)에서 소재분과 (Division of Materials Research, DMR)를 중심으로 수학자연과학단과 공학단이 같이 참여하여, 계산재료과학과 재료공정/평가가 함께 상승효과를 내는 것을 목표로 하는 새로운 프로그램인 DMREF (Design Materials to Revolutionize and Engineer our Future)를 2012년 1월 시작함.
- 첫 해인 2012년 10월 현재까지, 6천8백만 달러의 MGI에 대한 신규연구 투자가 NSF를 포함하여 에너지부 (DOE), 국방부 (DOD), 미국국립표준기술연구소 (NIST) 등을 통해 지원이 이루어짐.
- 이외에도 2012년도 예산에 약 4조 5천만 달러를 지원하고 있으며, 급속하게 지원 규모가 늘어날 것으로 예상됨.
 - 에너지부 (DOE): 차세대 물질 설계 지원 소프트웨어 개발
 - 국가과학재단 (NSF): 21세기 과학엔지니어링 사이버 인프라 개발 프레임워크 (Cyber-infrastructure Framework) 구축
 - 국가표준기술연구원 (NIST): 컴퓨터 모델링 및 시뮬레이션을 위한 표준인프라, 참고 데이터베이스 등을 개발

<표 9> Materials Genome Initiative 개요

| 구분 | 주요 내용 |
|-------|---|
| 비전 | <ul style="list-style-type: none"> • 미국 국내 산업기반의 강화에 기여할 재료 혁신의 새로운 시대를 창조 - 새로운 재료를 현재보다 훨씬 작은 비용으로 두 배 이상 빠르게 개발하고, 제조하며, 산업화하는 특별한 기회를 제공 |
| 현안 이슈 | <ul style="list-style-type: none"> • 재료의 연구개발이 과학적인 직관과 시행착오적인 실험에 많이 의존하고 있기 때문에 재료의 발견에서 산업화까지 긴 시간소요 |
| 목표 | <ul style="list-style-type: none"> • 재료 혁신 인프라 개발 : 새로운 소재 개발 시뮬레이션 tool 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 계산도구(computational tools) 개발 - 실험도구 개발 - 물질 분야 디지털 데이터 개발 • 새로운 재료로 국가적 목표 달성 <ul style="list-style-type: none"> - 국가적으로 중요한 청정에너지, 국가안보, 인류 안녕, 차세대 성장동력과 같은 분야의 이슈들을 해결할 수 있는 새로운 물질 개발 추진 • 차세대 재료 개발 인력 배양 <ul style="list-style-type: none"> - 재료혁신 인프라를 바탕으로 집중적인 교육, 인력개발은 물론 새롭고 통합적인 접근 방법을 통한 국가 기술경쟁력 제고에 기여 |



Total \$440 M in 2012

<그림 7> MGI의 첫해인 2012년에 미국 각 부처별 외부연구 규모 비교

* 출처 : 미국 국가과학기술위원회 (NSTC), Material Genome Initiative Strategic Plan (2014)

- 기존의 NNI (National Nanotechnology Initiative) 와 결부하거나 연속하여 연구 및 사회기반을 전략적으로 사용함.
- 정부외의 산학기관의 연구를 동시에 수행하여 MGI의 파급성 및 교육성을 증대하고 있음.
- 미국의 MGI를 통한 연구투자전략은 미국의 기본 연구력 강화를 목표로 연구조직 확립 등 인프라를 구축하기 위한 투자, 다양한 연구기관의 기존 연구능력을 활용하여 기업 (Lockheed Martin, GE, GM, etc) 과 대학교 및 연구기관의 수요와 참여를 유도하는 Bottom-up 방식의 과제 공모를 주로 진행함.
- 넓은 분야에서의 Bottom-up 방식의 과제공모가 아닌 대 분야 혹은 중 분야에서의 과제공모를 통하여 연구투자의 효율을 증대함.
- MGI의 2012년도 1차 시범대상 분야는 국방, 에너지 저장재료 및 경량화재료, 바이오 소재 개발 등임.

□ 일본

- 일본은 중국과의 희토류 자원 분쟁을 통해서 대체소재 및 소재창제에 대한 연구를 본격화함.
 - 일본은 자석의 희토류, 투명전극의 인듐, 초경합금제인 텅스텐 등을 대체하기 위해 전략중점 과학기술 프로젝트로 추진한 원소전략 프로젝트는 1단계의 5개년 (2007~2011년) 과제 진행
- 1단계 ‘원소전략 프로젝트’의 성과를 토대로 고기능재료의 특성·기능 발현의 열쇠를 쥐는 희소원소를 대체할 수 있는 혁신기술 창출을 위하여, 다분야 융합연구를 주축으로 新원소전략 프로젝트를 2012년부터 추진
 - 기술의 혁신성과 실용 가능성이라는 2가지 목적을 동시에 달성하기 위하여 국내 연구 그룹 간 연계를 강화하고 학문분야를 재구성함으로써 완전히 새로운 연구방법론 제시
 - ‘원소전략 프로젝트 연구거점 형성’을 통해 전자궤도/원자배열 제어그룹, 재료구조 제어·창제그룹 및 구조해석·사용·성능평가그룹으로 구성된 새로운 재료연구의 틀을 구축하였으며, 이는 전산재료과학, 재료공정, 특성평가를 동시에 수행하는 미국의 MGI와 유사함.

<표 10> 원소전략 프로젝트 연구거점 연구그룹 구성

| 구분 | 주요 연구 내용 |
|----------------------------|--|
| 전자궤도·원자 배열 등 제어그룹 (전자론 그룹) | <ul style="list-style-type: none"> • 원자결합력·격자결함에 의한 구조특성, 유전성, 수송 특성, 촉매반응 등 재료의 기능 발현원리를 탐색 • 원자궤도·분자궤도에 근거하는 전자상태에 대한 이해를 목표로 전산모사 등의 정량적 기술로부터 물성예측·설계 연구 |
| 재료구조제어·창제 그룹 (재료창제 그룹) | <ul style="list-style-type: none"> • 전자론 그룹의 제안을 받아들이면서 목적으로 하는 기능을 소유하는 최종 재료의 구조설계, 제조 프로세스 개발 등을 실시하며, 다른 연구 그룹과의 긴밀한 협조체계 유지 |
| 구조해석·사용 성능평가 그룹 (해석 평가 그룹) | <ul style="list-style-type: none"> • 신규재료의 실용적인 특성에 대한 평가를 통해 디바이스화, 부품화의 전망과 문제점을 종합적으로 검토하고, 그 결과를 전자론 그룹 및 재료창제 그룹에 피드백 하여 다음 연구 스텝을 제안 |

* 출처 : 일본 문부과학성 웹사이트(http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/24/06/1323106.htm)

- 新원소전략 프로젝트는 현재 일본의 강점분야, 국내 산업수요, 혁신적 연구를 통한 발전 가능성을 고려하여 전자재료·구조재료·자석재료·촉매전지재료 4개 지원분야를 도출
- 新원소전략 프로젝트는 이상의 4개 지원분야별로 연구거점을 선정하여 총 10년간 (2012~2021년)동안 지원하며, 2012년도에는 22.5억 엔을 지원함.
- 일본 문부성은 세계에서 일본의 연구의 선도성을 지속적으로 유지하기 위한 대형거점 연구사업으로서 World Premier International Research Center Initiative (WPI)²⁾ 프로그램을 2007년부터 추진하고 있음.

2) World premier international research center initiative

- WPI는 6개 거점연구사업으로 구성되어 있으며, 이중 소재 관련분야가 절반을 차지하고 있음. 특히 NIMS (National Institute of Materials Science)의 MANA (International Center for Materials Nano-architectonics)는 현재의 분야별 실험연구개발 방식에서 벗어나 재료설계를 통한 재료개발로의 패러다임 전환을 주장함.
- 2010년도 MANA 만에 대한 전체 투자연구금액은 61억 엔을 상회하며 3개의 소재 연구센터에 대한 총 연구금액은 180억 엔에 달함.
- WPI MANA 센터³⁾
 - 나노구조소재와 그 집합체에 대한 이해를 바탕으로 재료의 극한 기능을 추출하여 이용함으로써, 소재개발의 새로운 패러다임을 제시
 - 나노구조화 소재기술을 통한 다학제 간 연구 진흥
 - 세계 톱레벨 연구자들이 모이는 “Melting pot” (융합단지) 기능 수행
 - 탁월하고 혁신적인 젊은 과학자들의 육성
 - 전세계 나노기술센터의 네트워크 구성
 - 나노재료, 나노시스템, 나노파워, 나노생명 분야 등 4개의 주요 연구영역을 설정. 핵심 기술로 이론모델링설계, 원자분자조작법, 자기조립제어, 화학나노조작, 전자계 유도소재 제어 기술을 활용



<그림 8> 일본 WPI MANA 센터의 기능 모식도

* 출처 : 일본 NIMS 홈페이지(www.nims.go.jp/mana/)

3) 홈페이지 : <http://www.nims.go.jp/mana/index.html>

- 일본의 소재 관련 정책은 정부 주도의 중앙집중식, Top-down 방식의 지원체계 확립하고 있음.
 - 이러한 Top-down 방식의 지원체계는 경제산업성과 문부과학성을 중심으로 이루어지고 있으며, 실제 지원정책은 경제산업성 산하의 NEDO와 AIST, 문부과학성 산하의 NIMS와 이화학연구소를 통해 집행되고 있음.
 - 미국과는 달리 강한 연구투자정책의 폐쇄성은 일정분야에서 비교적 적은 비용으로 기술의 선도화를 달성하는 데 효율적일 수 있으나, 다양하고 창의적이고 도전적인 연구분야에서는 한계를 보일 수 있음.

□ EU

- EU는 나노 기반 첨단소재 연구를 집중 지원하고 있음.
 - 유럽의 경우 첨단소재 기술에 관련한 유럽연합 (EU) 회원국의 기업, 연구소, 대학, 금융기관, 규제기관 등이 공동으로 참여하는 협회형 (associational governance) 조직체인 EuMat (European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies)의 '소재·공정 모델링 기술 플랫폼'은 전략적 연구영역 (Strategic Research Area, SRA)으로 도출된 4개의 집중연구그룹 (focus group)의 하나로 선정되어 (2004년 11월) 150M EUR의 막대한 연구개발 예산이 투입되었음.
 - 2012년 7차 EU Framework 프로그램의 나노과학, 나노기술, 소재 및 생산기술에 관련한 NMP (Nanoscience, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies) 프로그램에서도 소재 전산모사기술은 여러 스케일에서 소재설계 개념에 기초하여 미세조직과 특성의 관계를 이해하고 제어하기 위한 필수적인 도구로 모든 소재 연구분야의 연구주제로 포함되어 있음.
- 제7차 프레임워크 프로그램 (FP7 '07~'13, 505.2억 유로)에서는 협동 프로그램으로 NMP (Nanoscience, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies)를 가동하고 있음.
 - 나노 및 소재분야에 34.67억 유로를 투자 계획
 - 제6차 프로그램 (FP6 '02~'06, 13억 유로)보다 2.7배 증액
 - 유럽사회의 지식집약적 산업을 육성하고 고부가가치 제품 생산을 목표로 세부연구 개발과제(총 225개)를 지원
- FP7이 2013년 종료됨에 따라 EU가 새롭게 추진하는 Horizon 2020 (2014~2020년)에서는 6대 '기반기술 및 산업기술 분야 리더십 강화' 분야의 하나로 '첨단소재'가 선정하여 육성
 - '첨단 소재' 부문에서는 부가가치가 높은 시장을 창출하기 위한 기능성 소재, 자체 수리형과 생체적합성 소재 등과 같은 다기능성 소재와 구조재 등에 대한 연구 추진

□ 독일

- 독일에서는 산업의 요구에 대응할 수 있는 혁신적인 재료를 설계하고 개발하기 위해서, WING framework programme을 가동하고 있음. 이 프로그램은 나노과학·계산과학·자연모사·재료·물리·화학 등의 융복합 연구를 독려하고 있음.
 - 독일은 17개 첨단기술 분야에 대하여 독일을 위한 첨단기술전략을 추진 이중 소재 및 부품산업의 핵심분야인 나노, 바이오, 마이크로시스템, 광학, 재료 기술 등에 중점적으로 투자를 계획하고 있음.
 - 또한, 교육연구부, ‘산업과 사회를 위한 소재 혁신’ 소재 개발 시뮬레이션, 기능형 경자재 제작, 새로운 전자제품 소재 개발, 고도로 견고한 소재, 나노소재 개발 지원 프로그램으로 2007년부터는 학계와 산업계의 R&D 노력을 보다 효율적으로 조정하기 위해 재료기술개발 로드맵 작성
 - 경제기술부, 2006년부터 ‘중소기업의 수익성 있는 소재 효율 개선 프로그램 (VerMAT)’ 지속 추진 및 ‘중소기업의 수익성 있는 소재효율 개선을 위한 네트워크 조성 프로그램 (NeMAT)’ 착수
- 독일의 소재정책 추진방향 및 전략⁴⁾
 - 소재 개발을 위한 새로운 기반 (Platform)
 - 소재 연구는 다분야 제휴적 (Interdisciplinary)인 특성으로 재료공학, 물리학, 화학, 공정 기술 등이 포함되며, 응용분야에 따라서는 생명공학과 엔지니어링 공학도 포함됨.
 - 원자재 연구 분야는 종전까지만 해도 새로운 소재가 개발된 후 사용분야를 모색하였지만 (Technology Push), 오늘날에는 반대로 소재의 사용자가 수요를 제기하면 여러 재료 중에서 가장 적합한 재료를 선택하는 (Market Pull) 원칙으로 바뀜.
 - 그러므로 대규모 산업체들은 시스템 개발자로서 신소재 및 부품 납품업자들과 공동으로 향후 10~15년을 위한 일명 ‘신소재 또는 기술 로드맵’을 연구기관들과의 협력하에 마련할 것임.
 - 새로운 신소재 개발의 가속화
 - 독일 연구 지원의 비전은 재료연구에서 공정기술 및 부품특성 관련 제반작업의 완전 전산화로 각 이용분야에 적합한 맞춤형 설계를 제공할 수 있게 함. 이를 통해 개발이 가속화되어 시장도입 시점이 (time-to-market) 단축될 수 있음.
 - 지난 수년간 나노기술의 혁신적인 연구 성과로 완전히 새로운 특성을 갖춘 신소재들이 개발. 그 예로 태양전지에 사용되는 반사율이 적은 특수 유리, 자정작용이 있는 신소재, 또는 의료분야에서의 응용을 들 수 있음.
 - 소재의 기능관련 점차적으로 다기능 신소재 위주로 개발되고 있음. 경량소재이면서도 교통기술 및 기계제조 분야에 사용될 수 있는 특수 구조 및 기능을 갖춘 첨단 경자재 부품 생산 및 공정을 들 수 있음.
 - 마이크로전자공학은 소형화와 복합기능형 증가 추세로 이미 현재 이용되고 있는 자재의 성능 및 내구성의 한계에 직면하고 있음.
 - 모든 소재는 열적, 물리적, 화학적, 전기적 내구성의 한계가 있음. 소재의 내구성 한계수치 증가관련 연구로 산업계의 생산효율성 증가 달성 노력 지속 필요

4) 시장선도형(First Mover) 소재부품전략, 산업통상자원부 (2013)에서 발췌

□ 중국

- 중국은 국가와 지자체의 전폭적인 지원 아래 고부가 첨단 소재 중심으로 신소재산업 육성 정책을 추진
 - 제10차 5개년 계획 (2001~2005) 기간 동안 ‘863’ 계획을 통해 획기적인 기술 성과 달성
 - 장기적인 첨단기술연구개발계획을 통해 세계 선진 수준과의 격차를 대폭 감소, 60% 이상이 세계수준에 접근했으며 25%는 수준 미달이지만 소정의 발전이 있었다고 자체 평가
 - 제10차 5개년 계획 동안 IT소재, 첨단금속소재, 전지소재, 자성소재, 고분자 신소재, 고성능 세라믹 소재와 복합소재 등 첨단 신소재 주력산업 육성
 - 프로젝트 상용화 실현 이후 달성한 매출총액은 175억 8000만 위엔, 순익은 약 16억 6000만 위엔으로 추산
- 중국은 미래 먹거리로 신소재 산업을 포함한 7대 신성장 산업⁵⁾을 전략적 신흥산업을 선정하여 육성하는 계획 발표⁶⁾
 - 목표
 - 선진 구조 소재와 복합 소재를 적극 발전시키고 신소재 공정 장비의 보장 능력을 제고
 - 자주혁신 능력과 지속가능한 발전능력을 갖춘 고성능 경량화 녹색화된 신소재 산업 혁신
 - 주요 사업
 - 신소재 선진 가공 제조 기술과 장비 개발, 고성능 복합 소재·선진구조소재·신형 기능소재 개발과 산업화 추진, 핵심 신소재 제조 설비 가공 기술 개발, 핵심 소재 산업화 시범 생산라인 구축, 신소재 사업기지 육성 발전
 - 신소재 설계·생산·응용 등 각 분야의 통합을 고려하여 과학기술 수준이 높고, 시장 비전이 좋은 핵심 신소재 개발과 산업화 추진, 주력기업 육성
 - 중점분야에 신소재 기술혁신·제품개발·분석테스트·보급응용·정보컨설팅 공공 서비스플랫폼 구축체계와 표준체계 구축
 - 발전 정책
 - 전체적인 신소재 발전 목표로 강철, 비철금속, 석유화학, 경공업, 방직, 건축자재 등 기초 원재료 산업의 경쟁력을 보다 강화함.
 - 광전자와 마이크로일렉트로닉스, 환경과 에너지, 지능과 특수기능, 초전도, 나노미터, 고성능구조 등의 소재 확보에 최선을 다함.
 - 반도체 조명 (Solid State Lighting), 신형 디스플레이, 희토류 등 고성장성, 전략성 소재 산업의 기술상, 산업상의 도약발전 (leapfrog)을 통해 생산액이 1천 억 위안에 이르는 소재산업 사슬을 구축할 계획임.

5) 7대 신성장산업은 에너지절약·환경보호, 차세대정보기술, 바이오, 첨단장비제조, 신에너지, 신소재, 신에너지 자동차로 구성되어 있으며, 20개의 세부 산업으로 분류

6) 국가전략성신흥산업발전규획 (2012.5) (十二五国家战略性新兴产业发展规划)

나. 국내 정책동향

□ 소재분야 국가연구개발사업 투자현황

- 2013년 국가연구개발사업 중 소재분야 총 투자액은 6,024억 원, 전체(15.6조 원⁷⁾)에서 차지하는 비중은 3.86%
- 전년대비 소재분야 투자액은 7.2%(405억 원) 증가, 전체 대비 소재분야 투자 비중은 전년대비 0.03%p 상승
- 2007년 이후 소재분야 국가연구개발사업 투자액의 연평균 증가율은 10.8%로 전체 투자액의 연평균 증가율(10.1%)보다 높은 수준



<그림 9> 소재분야 국가연구개발사업 투자액 및 비중

<표 11> 소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원)

| 구 분 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 연평균 증가율 |
|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 전체(A) | 87,704 | 98,363 | 113,434 | 124,898 | 136,107 | 146,795 | 156,204 | 10.6% |
| 소재(B) | 3,253 | 3,327 | 4,297 | 5,071 | 5,174 | 5,619 | 6,024 | 9.1% |
| 비중(B/A) | 3.71 | 3.38 | 3.81 | 4.06 | 3.80 | 3.83 | 3.86 | |

* 2013년 조사·분석 대상 총 투자액 16조 9,139억 원 중 인문사회계 연구사업을 제외한 15조 6,204억 원(A)을 대상으로 함

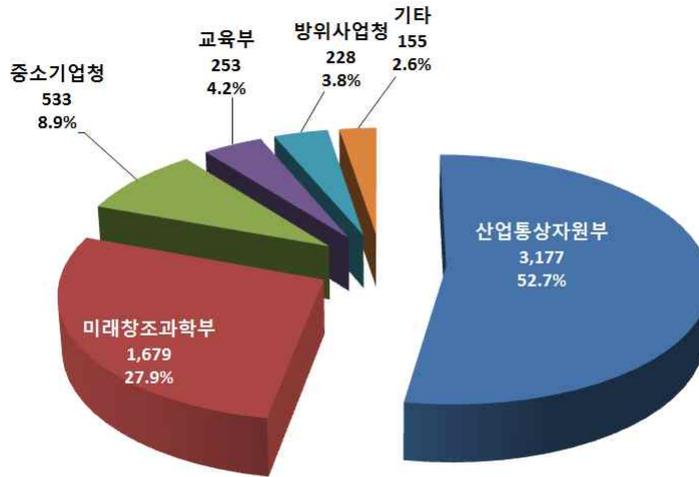
* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 각 연도

7) 기술분야 분석 대상은 국가연구개발사업 총 투자액 16.9조 원에서 인문사회계 연구사업을 제외한 15.6조 원

□ 부처별 소재분야 투자현황

- 2013년 부처별 소재분야 투자액은 산업통상자원부가 3,177억 원으로 가장 많았으며 비중은 전체의 52.7%를 차지
 - 산업통상자원부 다음으로 소재분야 투자액은 미래창조과학부 1,679억 원(27.9%), 중소기업청 533억 원(8.9%), 교육부 253억 원(4.2%) 순
 - 산업통상자원부의 투자액은 전년대비 214억 원(7.2%)이 증가하였으며 미래창조과학부와 중소기업청은 각각 71억 원(4.4%), 25억 원(5.0%) 증가

(단위: 억원, %)



* 2013년 재료 분야 정부연구비 : 6,024억원

<그림 10> 부처별 소재분야 국가연구개발사업 투자액 현황 (2013년)

<표 12> 부처별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원, 개, %)

| 구분 | | 2012 | 2013 |
|----------|---------|-------|-------|
| 투자액, 과제수 | 산업통상자원부 | 2,963 | 3,177 |
| | 미래창조과학부 | 1,608 | 1,679 |
| | 중소기업청 | 508 | 533 |
| | 교육부 | 263 | 253 |
| | 방위사업청 | 159 | 228 |
| | 기 타 | 118 | 155 |
| | 합 계 | 5,619 | 6,024 |
| 비 중 | 산업통상자원부 | 52.7 | 52.7 |
| | 미래창조과학부 | 28.6 | 27.9 |
| | 중소기업청 | 9.0 | 8.9 |
| | 교육부 | 4.7 | 4.2 |
| | 방위사업청 | 2.8 | 3.8 |
| | 기 타 | 2.1 | 2.6 |
| | 합 계 | 100.0 | 100.0 |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 각 년도

□ 연구단계별 소재분야 투자현황

- 2013년 소재분야 국가연구개발사업 기초연구 투자액은 1,335억 원, 비중은 22.2%
 - 응용연구 및 개발연구 투자액은 각각 1,197억 원(19.9%), 2,766억 원(45.9%)
 - 전년대비 기초연구 투자액은 동일한 반면, 응용연구 투자액은 146억 원(13.9%), 개발연구 투자액은 191억 원(7%) 증가
 - 기초연구 비중은 전년대비 1.6%p 감소, 응용연구는 1.2%p 증가, 개발연구는 0.1%p 증가
- 최근 4년간 연평균 증가율은 응용연구가 상대적으로 높은 수준
 - 2010년부터 2013년까지 응용연구의 연평균 증가율은 8.1%, 개발연구는 7.8%, 기초연구는 0.5%



<그림11> 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자액 비중 추이

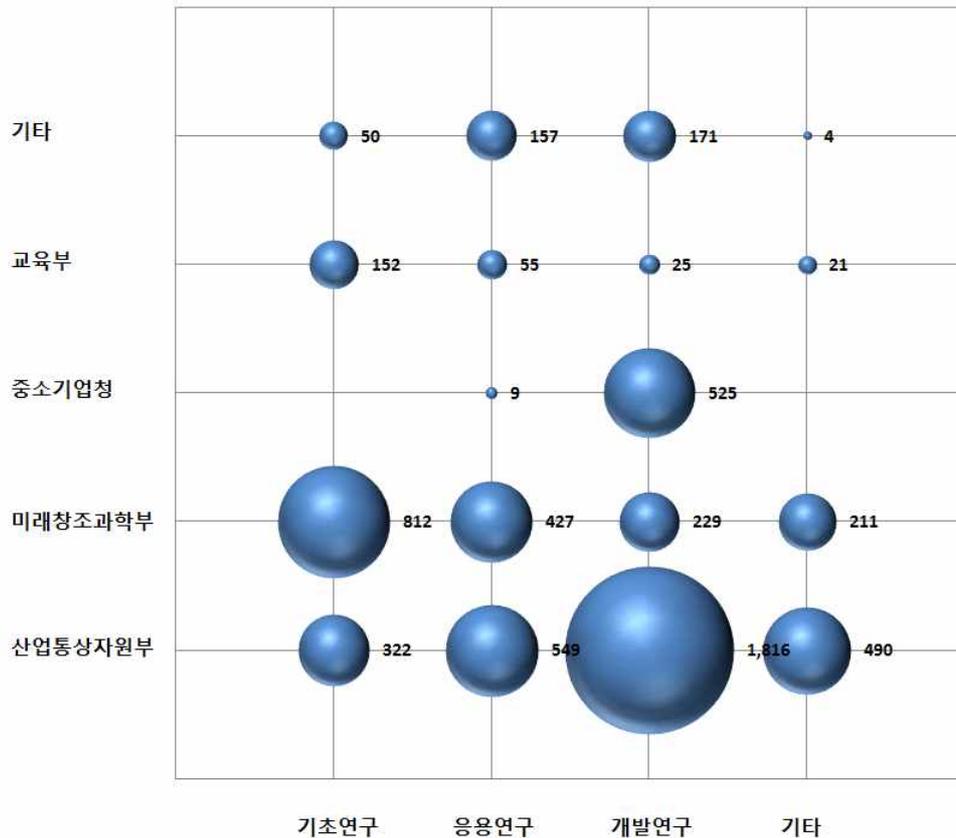
<표 13> 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원, %)

| 구분 | 투자액 | | | | 비 중 | | | | 연평균 증가율 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | |
| 기초연구 | 1,314 | 1,354 | 1,335 | 1,335 | 25.9 | 26.2 | 23.8 | 22.2 | 0.5% |
| 응용연구 | 948 | 871 | 1,051 | 1,197 | 18.7 | 16.8 | 18.7 | 19.9 | 8.1% |
| 개발연구 | 2,209 | 2,302 | 2,575 | 2,766 | 43.6 | 44.5 | 45.8 | 45.9 | 7.8% |
| 기 타 | 601 | 646 | 658 | 726 | 11.8 | 12.5 | 11.7 | 12.1 | 6.5% |
| 합 계 | 5,071 | 5,174 | 5,619 | 6,024 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 5.9% |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 각 년도

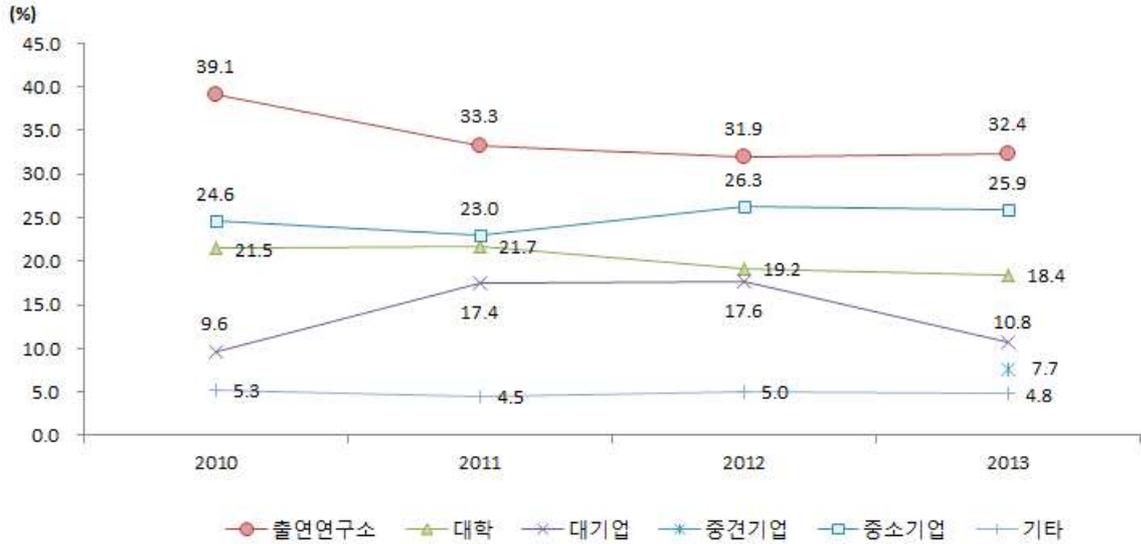
- 미래창조과학부는 기초연구에 대한 투자 비중이 상대적으로 높은 반면, 산업통상자원부와 중소기업청은 개발연구에 대한 투자 비중이 높은 수준
 - 2013년 미래창조과학부의 기초연구 투자 비중은 48.4%(812억 원), 지식경제부와 중소기업청의 개발연구 비중은 각각 57.2%(1,816억 원), 98.4%(525억 원)



<그림 12> 부처별 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자액 (2013년)

□ 연구수행 주체별 소재분야 투자현황

- 2013년 소재분야 국가연구개발사업은 출연연구소(1,949억 원, 32.4%)에 가장 많이 투자
 - 다음으로 중소기업 1,561억 원(25.9%), 대학 1,108억 원(18.4%), 대기업 650억 원(10.8%) 순
- 소재분야 국가연구개발사업 투자액 중 출연연구소의 비중은 전년대비 0.5%p 증가
 - 중소기업의 투자 비중은 0.4%p 감소하였으며, 대학은 0.8%p 감소
- 2013년 소재분야 국가연구개발사업 투자액 중 대학과 출연연구소의 주요 지원 부처는 미래창조과학부, 기업은 산업통상자원부
 - 소재분야 출연연구소와 대학 국가연구개발사업 투자액의 54.1%(1,055억 원), 52.3%(579억 원)를 미래창조과학부가 지원
 - 산업통상자원부는 대기업의 89.4%(581억 원), 중견기업의 86.3%(399억 원), 중소기업의 64.8%(1,011억 원)를 지원



* 2013년도부터 중견기업 분류가 추가되어 대기업과 중소기업의 비중에 영향을 미침

<그림 13> 연구수행 주체별 소재분야 국가연구개발사업 투자비중 추이

<표 14> 연구수행 주체별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원, %)

| 구분 | 투자액 | | | | 비중 | | | | 연평균 증가율 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | |
| 국공립연구소 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 49.1% |
| 출연연구소 | 1,981 | 1,721 | 1,792 | 1,949 | 39.1 | 33.3 | 31.9 | 32.4 | -0.5% |
| 대학 | 1,089 | 1,124 | 1,076 | 1,108 | 21.5 | 21.7 | 19.2 | 18.4 | 0.6% |
| 대기업 | 488 | 903 | 989 | 650 | 9.6 | 17.4 | 17.6 | 10.8 | 10.0% |
| 중견기업 | | | | 463 | | | | 7.7 | |
| 중소기업 | 1,245 | 1,189 | 1,477 | 1,561 | 24.6 | 23.0 | 26.3 | 25.9 | 7.8% |
| 기 타 | 268 | 235 | 282 | 290 | 5.3 | 4.5 | 5.0 | 4.8 | 2.7% |
| 합 계 | 5,071 | 5,174 | 5,619 | 6,024 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 5.9% |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 각 년도

<표 15> 연구수행 주체별 부처별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 (2013년)

(단위 : 억 원)

| 구분 | | 산업통상 자원부 | 미래창조 과학부 | 중소기업청 | 교육부 | 기 타 | 합 계 |
|-----|--------|-------------|-------------|-------|------|------|-------|
| 투자액 | 국공립연구소 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| | 출연연구소 | 757 | 1,055 | 36 | 3 | 97 | 1,949 |
| | 대학 | 197 | 579 | 55 | 225 | 52 | 1,108 |
| | 대기업 | 581 | 3 | 0 | 0 | 66 | 650 |
| | 중견기업 | 399 | 9 | 20 | 0 | 34 | 463 |
| | 중소기업 | 1,011 | 23 | 399 | 2 | 126 | 1,561 |
| | 기 타 | 231 | 9 | 23 | 22 | 5 | 290 |
| | 합 계 | 3,177 | 1,679 | 533 | 253 | 383 | 6,024 |
| 비중 | 국공립연구소 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13.0 | 87.0 | 100.0 |
| | 출연연구소 | 38.9 | 54.1 | 1.9 | 0.2 | 5.0 | 100.0 |
| | 대학 | 17.8 | 52.3 | 5.0 | 20.3 | 4.7 | 100.0 |
| | 대기업 | 89.4 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 10.2 | 100.0 |
| | 중견기업 | 86.3 | 2.0 | 4.4 | 0.1 | 7.2 | 100.0 |
| | 중소기업 | 64.8 | 1.5 | 25.5 | 0.1 | 8.1 | 100.0 |
| | 기 타 | 79.6 | 3.1 | 8.0 | 7.7 | 1.6 | 100.0 |
| | 합 계 | 52.7 | 27.9 | 8.9 | 4.2 | 6.4 | 100.0 |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, (2013)

- 소재분야 국가연구개발사업 중 대학은 기초연구, 출연연구소는 응용연구, 기업은 개발연구 중심으로 투자
 - 소재 분야에서 대학은 기초연구 투자비중이 61.7%(684억 원), 출연연구소는 응용연구 투자비중이 29.3%(571억 원)로 가장 높은 수준
 - 대기업, 중견기업, 중소기업의 개발연구 투자비중은 각각 67.9%, 80.7%, 82.0%

<표 16> 연구수행 주체별 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 (2013년)

(단위 : 억 원)

| 구분 | | 기초연구 | 응용연구 | 개발연구 | 기 타 | 합 계 |
|-----|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| 투자액 | 국공립연구소 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 |
| | 출연연구소 | 520 | 571 | 352 | 506 | 1,949 |
| | 대학 | 684 | 150 | 194 | 80 | 1,108 |
| | 대기업 | 16 | 193 | 442 | 0 | 650 |
| | 중견기업 | 9 | 68 | 373 | 12 | 463 |
| | 중소기업 | 78 | 191 | 1,280 | 12 | 1,561 |
| | 기 타 | 27 | 22 | 125 | 116 | 290 |
| | 합 계 | 1,335 | 1,197 | 2,766 | 726 | 6,024 |
| 비중 | 국공립연구소 | 29.2 | 55.4 | 15.3 | 0.0 | 100.0 |
| | 출연연구소 | 26.7 | 29.3 | 18.0 | 26.0 | 100.0 |
| | 대학 | 61.7 | 13.6 | 17.5 | 7.2 | 100.0 |
| | 대기업 | 2.4 | 29.6 | 67.9 | 0.0 | 100.0 |
| | 중견기업 | 1.9 | 14.8 | 80.7 | 2.6 | 100.0 |
| | 중소기업 | 5.0 | 12.2 | 82.0 | 0.7 | 100.0 |
| | 기 타 | 9.4 | 7.5 | 43.0 | 40.1 | 100.0 |
| | 합 계 | 22.2 | 19.9 | 45.9 | 12.1 | 100.0 |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서 (2013)

□ 기업 총 연구개발비

- 2013년 소재산업 기업의 총 연구개발 투자액은 전년대비 4,414억 원(11.0%) 증가한 4조 4,421억 원
 - 전체 기업 연구개발비 중 소재산업 기업이 차지하는 비중은 9.5%로 전년대비 0.2%p 상승하였으며 제조업 대비 비중도 10.8%로 0.3%p 상승
 - 2008년 이후 소재산업 연구개발비 연평균 증가율은 12.5%로 기업 전체(12.4%) 및 제조업(12.4%) 연평균 증가율보다 다소 높은 수준
- 소재산업 업종별로는 화합물(의약품 제외) 산업 연구개발비가 2조 6,569억 원으로 전체 소재산업 연구개발비의 59.8%를 차지
 - 다음으로 고무 및 플라스틱 7,248억 원(16.3%), 제1차 금속 산업 6,195억 원(13.9%), 비금속광물 3,169억 원(7.1%), 섬유제품 1,239억 원(2.8%) 순



<그림 14> 우리나라 소재산업 연구개발비 현황 추이

* 출처: 미래창조과학부, 연구개발활동조사 보고서, 각 년도

<표 17> 우리나라 소재산업 연구개발비 추이

(단위: 억 원)

| 구분 | | 2008년 | 2009년 | 2010년 | 2011년 | 2012년 | 2013년 |
|------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 기업 | | 260,001 | 281,659 | 328,032 | 381,833 | 432,229 | 465,599 |
| 제조업 | | 229,984 | 243,345 | 287,373 | 334,254 | 379,604 | 412,540 |
| 소재산업 | | 24,675 | 26,779 | 30,887 | 38,465 | 40,007 | 44,421 |
| 금액 | ■ 섬유제품 | 743 | 743 | 816 | 1,215 | 1,158 | 1,239 |
| | ■ 화합물(의약품 제외) | 13,024 | 14,548 | 17,336 | 23,321 | 22,839 | 26,569 |
| | ■ 고무 및 플라스틱 | 4,353 | 3,595 | 5,068 | 5,392 | 5,422 | 7,248 |
| | ■ 비금속광물 | 1,437 | 2,372 | 2,081 | 2,368 | 3,250 | 3,169 |
| | ■ 제1차금속 | 5,117 | 5,519 | 5,586 | 6,168 | 7,339 | 6,195 |
| 비중 | ■ 섬유제품 | 3.0 | 2.8 | 2.6 | 3.2 | 2.9 | 2.8 |
| | ■ 화합물(의약품 제외) | 52.8 | 54.3 | 56.1 | 60.6 | 57.1 | 59.8 |
| | ■ 고무 및 플라스틱 | 17.6 | 13.4 | 16.4 | 14.0 | 13.6 | 16.3 |
| | ■ 비금속광물 | 5.8 | 8.9 | 6.7 | 6.2 | 8.1 | 7.1 |
| | ■ 제1차금속 | 20.7 | 20.6 | 18.1 | 16.0 | 18.3 | 13.9 |

* 출처: 미래창조과학부, 연구개발활동조사 보고서, 각 년도

□ 재원별 기업 연구개발비⁸⁾

- 2013년 소재산업 기업이 사용한 연구개발비 중 정부재원 연구개발비는 3,989억원
 - 2008년 이후 소재산업 기업 정부재원 연구개발비의 연평균 증가율은 12.4%
 - 민간재원 연구개발비는 3,667억 원 증가한 4조 410억 원으로 전년대비 10.0% 증가
 - 공공재원 및 외국재원 연구개발비는 각각 12억 원, 9억 원
- 정부·공공재원이 차지하는 비중은 2013년 전체 소재산업 연구개발비의 9.0%로 전년대비 0.9%p 상승
 - 소재산업에서 정부·공공재원이 차지하는 비중(9.0%)은 기업 및 제조업 전체에서 정부·공공재원이 차지하는 비중(각각 5.6%, 5.0%)보다 높은 수준
- 세부 산업별로는 섬유제품 산업의 정부·공공재원 의존도가 상대적으로 높은 수준
 - 섬유제품 산업의 정부·공공재원 비중은 23.0%로 가장 높았으며, 다음으로 제1차 금속 산업 10.3%, 화합물(의약품 제외) 산업 9.4%, 비금속광물 산업 7.6%, 고무 및 플라스틱 산업 4.7% 순



<그림 15> 우리나라 소재산업 재원별 연구개발비 현황 추이

* 출처 : 미래창조과학부, 연구개발활동조사 보고서, 각 년도

8) 정부 재원 = 중앙정부+지방자치단체+국공립연구소+국공립대학+출연기관
 공공 재원 = 사립대학+기타비영리법인, 민간 재원 = 정부투자·재투자기관+민간기업

<표 18> 우리나라 자원별 소재산업 연구개발비 (2013년)

(단위 : 억 원)

| 구분 | | 총연구개발비 | 정부재원 | 공공재원 | 민간재원 | 외국재원 |
|----|---------------|---------|--------|------|---------|-------|
| 금액 | 기업 | 465,599 | 25,914 | 172 | 438,449 | 1,065 |
| | 제조업 | 412,540 | 20,561 | 112 | 391,046 | 820 |
| | 소재산업 | 44,421 | 3,989 | 12 | 40,410 | 9 |
| | ■ 섬유제품 | 1,239 | 284 | 0 | 954 | 0 |
| | ■ 화합물(의약품 제외) | 26,569 | 2,488 | 8 | 24,065 | 8 |
| | ■ 고무 및 플라스틱 | 7,248 | 339 | 2 | 6,908 | 0 |
| | ■ 비금속광물 | 3,169 | 242 | 1 | 2,926 | 0 |
| | ■ 제1차금속 | 6,195 | 636 | 1 | 5,557 | 1 |
| 비중 | 기업 | 100.0 | 5.6 | 0.0 | 94.2 | 0.2 |
| | 제조업 | 100.0 | 5.0 | 0.0 | 94.8 | 0.2 |
| | 소재산업 | 100.0 | 9.0 | 0.0 | 91.0 | 0.0 |
| | ■ 섬유제품 | 100.0 | 23.0 | 0.0 | 77.0 | 0.0 |
| | ■ 화합물(의약품 제외) | 100.0 | 9.4 | 0.0 | 90.6 | 0.0 |
| | ■ 고무 및 플라스틱 | 100.0 | 4.7 | 0.0 | 95.3 | 0.0 |
| | ■ 비금속광물 | 100.0 | 7.6 | 0.0 | 92.3 | 0.0 |
| | ■ 제1차금속 | 100.0 | 10.3 | 0.0 | 89.7 | 0.0 |

* 출처 : 미래창조과학부, 연구개발 활동조사 보고서 (2013)

제3절 나노기반 첨단소재 개발의 당면 이슈

□ 원천소재 기술 개발의 국가정책 방향 재설정

- 지금까지 소재기술이 산업부의 부품·소재 응용개발 연구 중심으로 투자되었고, 일부 산업원천 기술 확보 측면에서 투자됨
 - 연구개발단계별 투자비중 (% , '13) : 기초 22.2, 응용 19.9, 개발 45.9, 기타 12.1

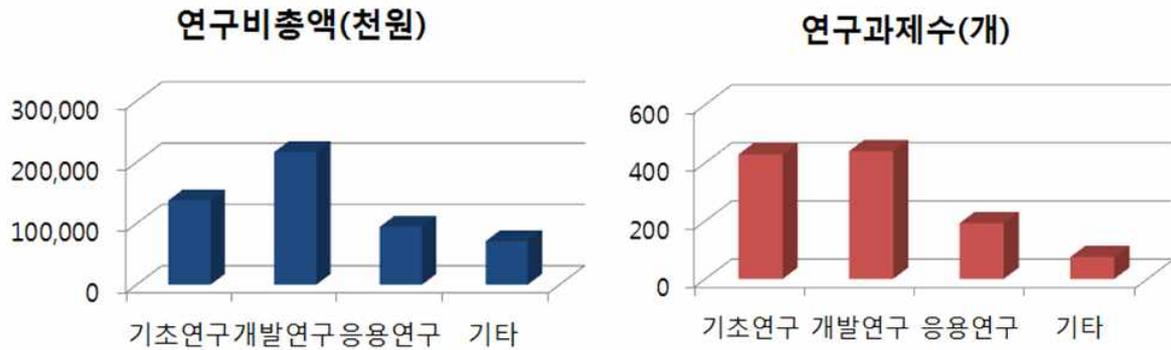
<표 19> 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원, %)

| 구 분 | 투자액 | | | | 비중 | | | | 연평균 증가율 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | |
| 기초연구 | 1,314 | 1,354 | 1,335 | 1,335 | 25.9 | 26.2 | 23.8 | 22.2 | 0.5% |
| 응용연구 | 948 | 871 | 1,051 | 1,197 | 18.7 | 16.8 | 18.7 | 19.9 | 8.1% |
| 개발연구 | 2,209 | 2,302 | 2,575 | 2,766 | 43.6 | 44.5 | 45.8 | 45.9 | 7.8% |
| 기 타 | 601 | 646 | 658 | 726 | 11.8 | 12.5 | 11.7 | 12.1 | 6.5% |
| 합 계 | 5,071 | 5,174 | 5,619 | 6,024 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 5.9% |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 각 년도

- 소재분야에 기초연구는 소규모로 많은 과제가 산발적으로 진행되고 있어 집단 연구 체계로 연구효율성을 향상시킬 필요가 있음
 - 2012년 현재 소재분야 국가연구개발사업은 기초연구과제 (429개 과제, 총연구비 약 1,377억 원), 응용연구 (192개 과제, 총연구비 약 944억 원), 개발연구(440개 과제, 약 2164억 원)로 이루어짐
- 기 추진된 소재 R&D 사업은 응용·개발 연구 및 인프라 확충을 목표로 하여, 단기성과 위주의 추격형 연구로 수행됨



<그림 16> NTIS에서 소재 키워드로 검색된 국가연구개발 과제(1036개)를 이용한 통계

* 출처 : NTIS(<https://www.ntis.go.kr/>) 검색결과 (2013)

- 기초·원천연구의 낮은 성공확률로 R&D 전 주기에서 고위험·고수익 (high risk, high return)의 원천소재 개발을 전략적으로 지원할 수 있는 종합적인 체계가 필요함
 - 기획 및 평가기능의 단기성과 위주로 정부연구개발사업의 창조성을 저하시키는 원인으로 작용
- 소재기술 개발 기간·비용의 혁신적 단축을 위한 R&D 방식 개혁에 대응필요
 - 원천기술개발부터 상용화까지 전주기적 대응 및 기술혁신 주기 단축 필요
 - 단위 기술개발 중심의 기존 소재 R&D 체계로는 원천기술개발에서 제품 상용화까지의 사업화 전 주기에서 수동적 대응이 불가피함.
 - 원천소재 기술개발로 사업화까지 기간단축과 질 높은 연구성과 획득을 위한 개방형 혁신연구방법 도입이 시급
- 국가 소재기술 R&D 구심점 확보 필요
 - 부처별 특성을 뛰어넘어 원천소재기술 개발을 촉진할 새로운 소재 R&D 혁신 시스템이 필요
 - 기술획득 기간이 길고 산업 수명이 긴 소재산업의 특성을 고려하여 장기적 투자 필요
 - 단기적 성과 접근으로는 이니셔티브 확보 불가

제3장 나노기반 첨단소재 개발의 성과 및 한계

제1절 나노소재 R&D 투자현황

1. 나노소재분야 국가연구개발 사업 투자 현황

- 2013년도 나노소재분야의 정부 R&D 투자는 6,024억으로 정부 R&D예산의 3.86%에 해당함
 - 전년도 5,619억 원(정부 전체 R&D예산 대비 비중 3.86%)에 비해 약 405억 원이 증가
 - 최근 7년간(2007~2013년) 동안의 연평균 증가율은 10.8%로 정부 R&D예산 증가율(10.1%)보다 높은 수준



<그림 17> 소재분야 국가연구개발사업 투자액 및 비중

* 출처 : 소재기술백서 2014

<표 20> 소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원, %)

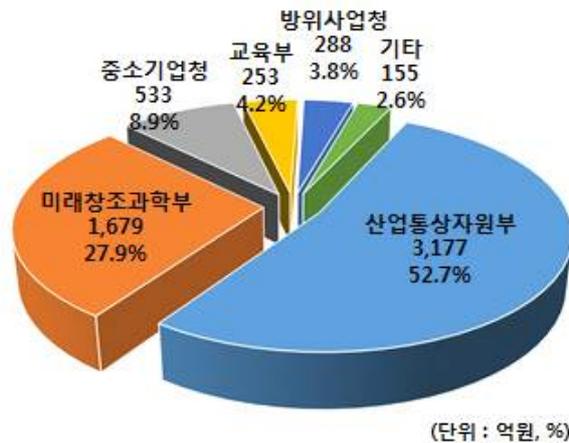
| 구 분 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 연평균 증가율 |
|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 전체(A) | 87,704 | 98,363 | 113,434 | 124,898 | 136,107 | 146,795 | 156,204 | 10.6% |
| 소재(B) | 3,253 | 3,327 | 4,297 | 5,071 | 5,174 | 5,619 | 6,024 | 9.1% |
| 비중(B/A) | 3.71 | 3.38 | 3.81 | 4.06 | 3.80 | 3.83 | 3.86 | |

* 2013년 조사·분석 대상 총 투자액 16조 9,139억 원 중 인문사회계 연구사업을 제외한 15조 6,24억 원을 대상으로 함

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석보고서, 각 년도

2. 부처별 나노소재분야 투자 현황

- 2013년 부처별 나노소재분야 투자액은 산업통상자원부가 3,177억 원으로 가장 많았으며 비중은 전체의 52.7%를 차지
 - 산업통상부 다음으로 나노소재분야 투자액은 미래창조과학부 1,679억 원(27.9%), 중소기업청 533억 원(8.9%), 교육부 253억 원(4.2%) 순
 - 산업통상자원부의 투자액은 전년대비 214억 원(7.2%)이 증가하였으며 미래창조과학부와 중소기업청은 각각 71억 원(4.4%), 25억 원(5.0%) 증가



<그림 18> 부처별 나노소재분야 국가연구개발사업 비중

<표 21> 부처별 나노소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원, %)

| 구분 | | 2012 | 2013 |
|-----|---------|-------|-------|
| 투자액 | 산업통상자원부 | 2,963 | 3,177 |
| | 미래창조과학부 | 1,608 | 1,679 |
| | 중소기업청 | 508 | 533 |
| | 교육부 | 263 | 253 |
| | 방위사업청 | 159 | 228 |
| | 기 타 | 118 | 155 |
| | 합 계 | 5,619 | 6,024 |
| 비중 | 산업통상자원부 | 52.7 | 52.7 |
| | 미래창조과학부 | 28.6 | 27.9 |
| | 중소기업청 | 9.0 | 8.9 |
| | 교육부 | 4.7 | 4.2 |
| | 방위사업청 | 2.8 | 3.8 |
| | 기 타 | 2.1 | 2.6 |
| | 합 계 | 100.0 | 100.0 |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 각 년도

3. 연구단계별 나노소재분야 투자현황

- 2013년 소재분야 국가연구개발사업 기초연구 투자액은 1,335억 원, 비중은 22.2%
 - 응용연구 및 개발연구 투자액은 각각 1,197억 원(19.9%), 2,766억 원(45.9%)
 - 전년대비 기초연구 투자액은 동일한 반면, 응용연구 투자액은 146억 원(13.9%), 개발연구 투자액은 191억 원(7%) 증가
 - 기초연구 비중은 전년대비 1.6%p 감소, 응용연구는 1.2%p 증가, 개발연구는 0.1%p 증가
- 최근 4년간 연평균 증가율은 응용연구가 상대적으로 높은 수준
 - 2010년부터 2013년까지 응용연구의 연평균 증가율은 8.1%, 개발연구 7.8%, 기초연구 0.5%
- 미래창조과학부는 기초연구에 대한 투자 비중이 상대적으로 높은 반면, 산업통상자원부와 중소기업청은 개발연구에 대한 투자 비중이 높은 수준
 - 2013년 미래창조과학부의 기초연구 투자 비중은 48.4%, 산업통상자원부와 중소기업청의 개발연구 비중은 각각 57.2%(1,816억 원), 98.4%(525억 원)

<표 22> 연구개발 단계별 나노소재분야 국가연구개발사업 투자현황

(단위 : 억 원, %)

| 구분 | 투자액 | | | | 비중 | | | | 연평균 증가율 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | |
| 기초연구 | 1,314 | 1,354 | 1,335 | 1,335 | 25.9 | 26.2 | 23.8 | 22.2 | 0.5% |
| 응용연구 | 948 | 871 | 1,051 | 1,197 | 18.7 | 16.8 | 18.7 | 19.9 | 8.1% |
| 개발연구 | 2,209 | 2,302 | 2,575 | 2,766 | 43.6 | 44.5 | 45.8 | 45.9 | 7.8% |
| 기 타 | 601 | 646 | 658 | 726 | 11.8 | 12.5 | 11.7 | 12.1 | 6.5% |
| 합 계 | 5,071 | 5,174 | 5,619 | 6,024 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 5.9% |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 각 년도

<표 23> 소재분야 주요사업별 미래산업소재 분야 R&D 투자현황(2013년)

(단위 : 억 원)

| 세부사업명 | 부처명 | 정부사업예산 투자액(A) | 미래산업소재 | |
|----------------|-----|------------------|---------|---------|
| | | | 투자금액(B) | 비중(B/A) |
| 뿌리산업경쟁력강화지원 | 산업부 | 146.6 | 144.6 | 98.60% |
| 그레핀소재부품상용화기술개발 | 산업부 | 40 | 20.9 | 52.30% |
| 슈퍼소재융합제품산업화 | 산업부 | 170 | 50.4 | 29.70% |
| 나노융합2020 | 범부처 | 153 | 42.5 | 27.70% |
| 산업소재핵심기술개발 | 산업부 | 716 | 106.4 | 14.90% |
| 재료연구소연구운영비지원 | 미래부 | 342 | 36.6 | 10.70% |
| 소재부품기술개발 | 산업부 | 3,206 | 300.5 | 9.40% |
| 나노·소재기술개발 | 미래부 | 271 | 22.7 | 8.40% |
| 탄소밸리구축 | 산업부 | 273 | 22.3 | 8.20% |
| 첨단메디컬섬유소재개발 | 산업부 | 107 | 7 | 6.60% |
| 소재부품기술기반혁신 | 산업부 | 534 | 13.6 | 2.50% |
| 총 합계 (평균) | | 5958.6 | 767.5 | 12.88% |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서 (2013)

4. 연구수행 주체별 나노소재분야 투자현황

- 2013년 나노소재분야 국가연구개발사업은 출연연구소(1,949억 원, 32.4%)에 가장 많은 투자를 함
- 나노소재분야 국가연구개발사업 투자액 중 출연연구소의 비중은 전년대비 0.5%p 증가
 - 중소기업의 투자 비중은 0.4%p 감소하였으며, 대학은 0.85%p 감소
- 2013년 나노소재분야 국가연구개발사업 투자액 중 대학과 출연연구소의 주요 지원 부처는 미래창조과학부, 기업은 산업통상자원부
 - 나노소재분야 출연연구소와 대학 국가연구개발사업 투자액의 54.1%(1,055억 원), 52.3% (579억 원)를 미래창조과학부가 지원
 - 산업통상자원부는 대기업의 89.4%(581억 원), 중견기업의 86.3%(399억 원), 중소기업의 64.8%(1,011억 원)를 지원
- 나노소재분야 국가연구개발사업 중 대학은 기초연구, 출연연구소는 응용연구, 기업은 개발연구 중심으로 투자
 - 나노소재분야에서 대학은 기초연구 투자비중이 61.7%(684억 원), 출연연구소는 응용연구 투자비중이 29.3%(571억 원)로 가장 높은 수준
 - 대기업, 중견기업, 중소기업의 개발연구 투자비중은 각각 67.9%, 80.7%, 82.0%

<표 24> 연구수행 주체별 연구개발 단계별 소재분야 국가연구개발사업 투자현황 (2013년)
(단위 : 억 원, %)

| 구분 | | 기초연구 | 응용연구 | 개발연구 | 기 타 | 합 계 |
|-----|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| 투자액 | 국공립연구소 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 |
| | 출연연구소 | 520 | 571 | 352 | 506 | 1,949 |
| | 대학 | 684 | 150 | 194 | 80 | 1,108 |
| | 대기업 | 16 | 193 | 442 | 0 | 650 |
| | 중견기업 | 9 | 68 | 373 | 12 | 463 |
| | 중소기업 | 78 | 191 | 1,280 | 12 | 1,561 |
| | 기 타 | 27 | 22 | 125 | 116 | 290 |
| | 합 계 | 1,335 | 1,197 | 2,766 | 726 | 6,024 |
| 비중 | 국공립연구소 | 29.2 | 55.4 | 15.3 | 0.0 | 100.0 |
| | 출연연구소 | 26.7 | 29.3 | 18.0 | 26.0 | 100.0 |
| | 대학 | 61.7 | 13.6 | 17.5 | 7.2 | 100.0 |
| | 대기업 | 2.4 | 29.6 | 67.9 | 0.0 | 100.0 |
| | 중견기업 | 1.9 | 14.8 | 80.7 | 2.6 | 100.0 |
| | 중소기업 | 5.0 | 12.2 | 82.0 | 0.7 | 100.0 |
| | 기 타 | 9.4 | 7.5 | 43.0 | 40.1 | 100.0 |
| | 합 계 | 22.2 | 19.9 | 45.9 | 12.1 | 100.0 |

* 출처 : 미래창조과학부, 국가연구개발사업 조사·분석 보고서(2013)

5. 기업체의 R&D 투자 현황

- 2013년 나노소재분야의 기업체가 투자한 R&D 금액은 4.4조 원으로 제조업 전체 R&D 투자액의 9.5%를 차지하고 있음
 - 2012년도 4조 원(기업전체 R&D 투자액대비 비중 10.5%)에 비해 4,414억 원이 증가한 것으로 조사
 - 2008년 이후 나노소재산업 연평균 증가율은 12.5%로 기업 전체(12.4%) 및 제조업 (12.4%) 연평균 증가율보다 다소 높음
 - 나노소재 산업 업종별로는 화합물(의약품 제외) 산업 연구개발비가 2조 6,569억 원으로 전체 나노소재산업 연구개발비의 59.8% 차지
 - 다음으로 고무 및 플라스틱 7,248억 원(16.3%), 제1차 금속산업 6,195억 원(13.9%), 비금속광물 3,169억 원(7.1%), 섬유제품 1,239억 원(2.8%) 순으로 나타남

<표 25> 나노소재분야의 기업 R&D 투자현황 (2011~2013년)

(단위 : 억 원)

| 연도 \ 구분 | 기업(A) | 제조업(B) | 소재산업(C) | 비중(C/B, %) |
|---------|---------|---------|---------|------------|
| 2011 | 381,833 | 334,254 | 38,465 | 8.7 |
| 2012 | 432,229 | 379,604 | 40,007 | 10.5 |
| 2013 | 465,599 | 412,540 | 44,421 | 9.5 |

* 출처 : 미래창조과학부, 연구개발 활동조사 보고서, 각 년도

<표 26> 우리나라 소재산업 연구개발비 추이

(단위 : 억 원, %)

| 구분 | 2008년 | 2009년 | 2010년 | 2011년 | 2012년 | 2013년 | |
|------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 기업 | 260,001 | 281,659 | 328,032 | 381,833 | 432,229 | 465,599 | |
| 제조업 | 229,984 | 243,345 | 287,373 | 334,254 | 379,604 | 412,540 | |
| 소재산업 | 24,675 | 26,779 | 30,887 | 38,465 | 40,007 | 44,421 | |
| 금액 | ■ 섬유제품 | 743 | 743 | 816 | 1,215 | 1,158 | 1,239 |
| | ■ 화합물(의약품 제외) | 13,024 | 14,548 | 17,336 | 23,321 | 22,839 | 26,569 |
| | ■ 고무 및 플라스틱 | 4,353 | 3,595 | 5,068 | 5,392 | 5,422 | 7,248 |
| | ■ 비금속광물 | 1,437 | 2,372 | 2,081 | 2,368 | 3,250 | 3,169 |
| | ■ 제1차금속 | 5,117 | 5,519 | 5,586 | 6,168 | 7,339 | 6,195 |
| 비중 | ■ 섬유제품 | 3.0 | 2.8 | 2.6 | 3.2 | 2.9 | 2.8 |
| | ■ 화합물(의약품 제외) | 52.8 | 54.3 | 56.1 | 60.6 | 57.1 | 59.8 |
| | ■ 고무 및 플라스틱 | 17.6 | 13.4 | 16.4 | 14.0 | 13.6 | 16.3 |
| | ■ 비금속광물 | 5.8 | 8.9 | 6.7 | 6.2 | 8.1 | 7.1 |
| | ■ 제1차금속 | 20.7 | 20.6 | 18.1 | 16.0 | 18.3 | 13.9 |

* 출처 : 미래창조과학부, 연구개발 활동조사 보고서, 각 년도

제2절 주요성과

1. 과학기술적 성과

□ 나노소재분야 논문수 현황

- 2012년 한국의 나노소재분야의 논문수는 4,492편(세계 3위, 세계 점유율 7.2%)으로 국가 전체 논문수 47,066편(세계순위 10위, 세계점유율 3.7%)의 9.5%를 차지하고 있음.
 - 최근 5년(2008~2012) 동안의 나노소재분야 논문수의 연평균 증가율은 9.0%로 국가 전체 논문수 증가율 8.2%보다 높게 나타남.
- 2010년 발표된 나노소재분야 논문의 1편당 피인용수는 5.7편(세계 5위)으로 국가 전체 논문의 1편당 피인용수 4.7편(세계 13위)보다 높게 나타남.
- 2012년도 나노소재분야 논문을 가장 많이 발표한 국가는 중국(17,823편)·미국(9,181편)·한국(4,492편)·일본(4,085편)·독일(3,847편) 순으로 나타남.
- 최근 5년 (2008~2012년) 동안 한국의 나노소재분야 논문수의 연평균 증가율은 9.0%로 세계 연 평균 증가율(4.4%)의 약 2배 수준임.
- 2010년 발표된 나노소재분야 논문에서 피인용수가 많은 국가는 미국(75,478회)·중국(66,973회)·독일(24,930회)·일본(20,846회)·한국(20,050회, 5위) 순으로 나타남.
- 2010년 발표된 나노소재분야 논문의 1편당 피인용수가 많은 국가는 싱가포르(11.9회)·네덜란드(10.4회)·미국(8.8회)·스위스(8.4회)·독일(7.0회) 순이며, 한국은 11위(5.7회)로 나타남.

<표 27> 한국의 나노소재분야 논문수 현황

(단위 : 편, 회, %)

| 구분 | | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 연평균 증가율 | |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|
| 국가 전체 (한국) | 논문수 | 논문수 | 34,344 | 37,730 | 41,385 | 45,435 | 47,066 | 8.2% |
| | | 논문수(세계) | 1,126,674 | 1,180,127 | 1,218,725 | 1,291,190 | 1,275,415 | 3.1% |
| | | 세계순위 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | - |
| | | 세계 점유율(%) | 3.1% | 3.2% | 3.4% | 3.5% | 3.7% | 4.9% |
| | 피인용수 | 피인용수 | 301,255 | 255,596 | 192,495 | 100,765 | 20,275 | - |
| | | 피인용수(세계) | 11,851,532 | 9,389,122 | 6,352,405 | 3,193,344 | 640,236 | - |
| | | 세계순위 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 0.0% |
| | | 세계 점유율(%) | 2.5% | 2.7% | 3.0% | 3.2% | 3.2% | 5.6% |
| | 논문1편 당 평균 피인용수 | 1편당 피인용수 | 8.8 | 6.8 | 4.7 | 2.2 | 0.4 | - |
| | | 1편당 피인용수(세계) | 10.5 | 8.0 | 5.2 | 2.5 | 0.5 | - |
| | | 세계 대비비율(%) | 83.4% | 85.2% | 89.2% | 89.7% | 85.8% | 0.7% |
| | 국내 나노 소재 분야 | 논문수 | 논문수 | 3,185 | 3,418 | 3,538 | 4,465 | 4,492 |
| 논문수(세계) | | | 52,682 | 55,858 | 55,790 | 61,983 | 62,596 | 4.4% |
| 세계순위 | | | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | - |
| 세계 점유율(%) | | | 6.1% | 6.1% | 6.3% | 7.2% | 7.2% | 4.4% |
| 피인용수 | | 피인용수 | 28,649 | 24,720 | 20,050 | 11,247 | 1,963 | - |
| | | 피인용수(세계) | 473,311 | 401,198 | 281,613 | 150,233 | 28,454 | - |
| | | 세계순위 | 6 | 6 | 5 | 4 | 5 | - |
| | | 세계 점유율(%) | 6.1% | 6.2% | 7.1% | 7.5% | 6.9% | 3.3% |
| 논문1편 당 평균 피인용수 | | 1편당 피인용수 | 9.0 | 7.2 | 5.7 | 2.5 | 0.4 | - |
| | | 1편당 피인용수(세계) | 9.0 | 7.2 | 5.1 | 2.4 | 0.5 | - |
| | | 세계 대비비율(%) | 100.1% | 100.7% | 112.3% | 103.9% | 96.1% | -1.0% |

* 출처 : 소재기술백서 2013

□ 나노소재 세부분야 별 논문 현황

- 2012년도 금속소재 분야 논문을 많이 발표한 국가는 중국(5,184편), 미국(1,355편), 일본(1,164편), 한국(818편) 등의 순으로 나타남.
 - 최근 5년간 한국의 금속소재 분야 논문수는 연평균 1.4% 증가
- 세라믹 소재 분야 논문을 가장 많이 발표한 국가는 중국(1,245편), 한국(441편), 미국(433편), 일본(408편) 등의 순으로 나타남.
 - 최근 5년간 한국의 세라믹소재 분야 논문수는 연평균 14.0% 증가함.

- 고분자소재 분야 논문을 가장 많이 발표한 국가는 중국(4,505편), 미국(2,510편), 일본(1,456편), 독일(1,206편), 한국(1,078편) 등의 순으로 나타남.
 - 최근 5년간 한국의 소분자소재 분야 논문수는 연평균 4.7% 증가
- 표면기술 분야 논문을 가장 많이 발표한 국가는 중국(4,505편), 미국(2,510편), 일본(1,456편), 한국(1,078편) 등의 순으로 나타남.
 - 최근 5년간 한국의 표면기술 분야 논문수는 연평균 21.5% 증가
- 용복합소재 분야 논문을 가장 많이 발표한 국가는 중국(17,620편), 미국(12,368편), 한국(5,038편), 독일(4,53편), 일본(4,357편) 등의 순으로 나타남.
 - 최근 5년간 한국의 용복합소재 분야논문수는 연평균 14.0% 증가함.

□ 나노소재분야 특허 현황

- 나노소재분야에서 한국의 미국등록특허건수는 292건으로 전체의 4.2%를 차지하고 있음
- 최근 5년 (2008~2012년), 한국의 나노소재분야 미국등록특허수의 연평균 증가율은 20.2%로 세계 연평균 증가율(16.1%)보다 높음.
- 미국등록특허 상위 국가는 미국(2,691건), 일본(1,997건), 독일(700건), 한국(292건), 프랑스(189건)의 순으로 나타남. 전체 특허수에서 미국과 일본은 38.6%, 28.7%를 차지하고 있음.
- 상위 4개 국가의 나노소재분야 특허수의 연평균 증가율은 미국 11.9%, 독일 17.6%, 일본 18.0%, 한국 20.2%로 가장 높은 증가율을 나타냄.
- 나노소재분야에서 미국등록특허의 피인용수 상위 국가는 미국(7,732회), 일본(3,072회), 독일(925회), 한국(343회)의 순으로 나타남.
- 나노소재분야에서 주요 국가의 인용도 지수(=피인용수/특허건수)를 살펴보면 미국은 0.78, 일본은 0.49, 한국은 0.42의 값을 가짐.
- 나노소재분야에서 특허의 질적수준을 측정하는 영향력지수(Patent Impact Index)를 살펴보면 미국과 한국의 영향력지수는 각각 1.38, 0.76으로 나타남.
- 나노소재분야에서 특허건수와 영향력지수를 이용한 양·질적 측면 모두를 고려한 지표인 기술력 지수(TS, Technology Strength)를 살펴보면 미국과 일본은 각각 3,210.6, 1,345.2로 나타남.
 - 한국은 163.7로 미국·일본과는 상당한 격차가 있음
- 나노소재분야에서 특허 패밀리(family)수를 살펴보면 미국은 5.8, 일본은 5.7, 한국은 5.0으로 나타남.
- 나노소재분야에서 주요 국가의 ‘특허 1건당 인용한 논문수’를 살펴보면 미국은 13편, 일본은 3.6편, 한국은 5.4편으로 나타남.
 - 한국의 ‘특허 1건당 인용한 논문수’는 꾸준히 증가(연평균 20.8%)

<표 28> 한국의 나노소재분야 특허수 (미국등록특허기준, 2008~2012년)

| 국적 \ 연도 | | 2003~2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 연평균 증가율 |
|-----------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 전체(A) | | 27,051 | 3,829 | 4,206 | 6,353 | 6,396 | 6,964 | 16.1% |
| 미국인 특허등록수 | | 12,369 | 1,719 | 1,846 | 2,643 | 2,609 | 2,691 | 11.9% |
| 외국인 특허등록수 | | 14,682 | 2,110 | 2,360 | 3,710 | 3,787 | 4,273 | 19.3% |
| | 한국(B) | 700 | 140 | 140 | 212 | 259 | 292 | 20.2% |
| | (비율=B/A) | 2.6% | 3.7% | 3.3% | 3.3% | 4.0% | 4.2% | - |

* 출처 : 소재기술백서 2013

<표 29> 주요 국가의 나노소재분야 특허수 (미국등록특허기준, 2008~2012년)

| 국적 \ 연도 | 2003~2007 (합계) | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 연평균 증가율 |
|-----------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 미국 | 12,369 | 1,719 | 1,846 | 2,643 | 2,609 | 2,691 | 11.9% |
| 일본 | 7,045 | 1,043 | 1,136 | 1,776 | 1,886 | 1,997 | 17.6% |
| 독일 | 2,863 | 361 | 348 | 638 | 565 | 700 | 18.0% |
| 한국 | 700 | 140 | 140 | 212 | 259 | 292 | 20.2% |
| 프랑스 | 650 | 77 | 97 | 135 | 140 | 189 | 25.2% |
| 네덜란드 | 357 | 60 | 116 | 173 | 120 | 140 | 23.6% |
| 영국 | 421 | 51 | 51 | 78 | 84 | 88 | 14.6% |
| 스위스 | 315 | 50 | 55 | 79 | 107 | 131 | 27.9% |
| 캐나다 | 331 | 40 | 59 | 66 | 106 | 110 | 21.8% |
| 이탈리아 | 319 | 39 | 67 | 76 | 75 | 92 | 23.9% |
| 전체 | 27,051 | 3,829 | 4,206 | 6,353 | 6,396 | 6,964 | 16.1% |

* 출처 : 소재기술백서 2013

□ 나노소재 세부별 특허현황

- 최근 10년간(2003~2013년) 미국·유럽·일본·한국 특허청에 출원된 나노소재 세부별 특허의 연도별 출원건수는 다음과 같음.

<표 30> 미국·유럽·일본·한국 특허청에 출원된 나노소재분야 특허수 추이(공개특허 기준)

| 구분 | 분야 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-----------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 미국 특허청 | 금속 | 1,180 | 1,147 | 1,154 | 1,253 | 1,200 | 1,172 | 1,163 | 1,291 | 1,022 | 436 |
| | 세라믹 | 288 | 328 | 375 | 412 | 405 | 456 | 437 | 361 | 232 | 108 |
| | 고분자 | 6,906 | 6,773 | 6,994 | 7,019 | 7,030 | 6,783 | 6,934 | 6,687 | 5,318 | 2,262 |
| | 표면기술 | 2,256 | 2,426 | 2,825 | 2,896 | 3,035 | 2,978 | 2,907 | 3,056 | 2,218 | 967 |
| | 분말야금 | 360 | 375 | 331 | 378 | 390 | 376 | 386 | 346 | 279 | 114 |
| | 소성가공 | 1,537 | 1,471 | 1,636 | 1,802 | 1,741 | 1,760 | 1,764 | 1,681 | 1,365 | 450 |
| | 총합계 | 12,527 | 12,520 | 13,315 | 13,760 | 13,801 | 13,525 | 13,591 | 13,422 | 10,434 | 4,337 |
| 유럽 특허청 | 금속 | 847 | 968 | 959 | 969 | 942 | 970 | 1,077 | 1,248 | 1,238 | 209 |
| | 세라믹 | 317 | 280 | 303 | 357 | 316 | 321 | 309 | 320 | 272 | 67 |
| | 고분자 | 4,527 | 4,825 | 5,065 | 4,832 | 4,673 | 4,538 | 4,697 | 4,608 | 4,569 | 552 |
| | 표면기술 | 1,227 | 1,304 | 1,322 | 1,332 | 1,331 | 1,222 | 1,361 | 1,452 | 1,348 | 294 |
| | 분말야금 | 211 | 263 | 247 | 252 | 254 | 233 | 317 | 290 | 283 | 61 |
| | 소성가공 | 738 | 742 | 732 | 749 | 723 | 721 | 784 | 790 | 765 | 187 |
| | 총합계 | 7,867 | 8,382 | 8,628 | 8,491 | 8,239 | 8,005 | 8,545 | 8,708 | 8,475 | 1,370 |
| 일본 특허청 | 금속 | 3,914 | 3,838 | 3,715 | 3,423 | 3,407 | 3,224 | 3,419 | 3,518 | 3,189 | 1,492 |
| | 세라믹 | 1,215 | 1,137 | 1,129 | 896 | 1,009 | 903 | 921 | 851 | 745 | 322 |
| | 고분자 | 13,725 | 13,781 | 13,485 | 13,081 | 13,163 | 12,418 | 12,137 | 12,151 | 10,776 | 4,959 |
| | 표면기술 | 5,663 | 5,950 | 5,953 | 5,493 | 5,694 | 5,145 | 5,162 | 5,036 | 4,368 | 2,089 |
| | 분말야금 | 989 | 914 | 891 | 904 | 903 | 835 | 766 | 779 | 779 | 345 |
| | 소성가공 | 2,597 | 2,555 | 2,259 | 2,215 | 2,189 | 2,017 | 1,937 | 2,004 | 1,704 | 777 |
| | 총합계 | 28,103 | 28,175 | 27,432 | 26,012 | 26,365 | 24,542 | 24,342 | 24,339 | 21,561 | 9,984 |
| 한국 특허청 | 금속 | 777 | 929 | 1,064 | 1,186 | 1,260 | 1,525 | 1,933 | 2,386 | 2,407 | 722 |
| | 세라믹 | 232 | 200 | 281 | 319 | 287 | 332 | 443 | 527 | 412 | 120 |
| | 고분자 | 3,077 | 3,587 | 3,890 | 3,667 | 3,668 | 4,011 | 4,677 | 4,957 | 5,073 | 1,759 |
| | 표면기술 | 1,041 | 1,258 | 1,438 | 1,557 | 1,566 | 1,960 | 2,382 | 2,869 | 2,839 | 985 |
| | 분말야금 | 167 | 201 | 200 | 236 | 229 | 272 | 337 | 361 | 364 | 173 |
| | 소성가공 | 725 | 797 | 999 | 1,318 | 1,253 | 1,488 | 1,693 | 1,783 | 1,912 | 766 |
| | 총합계 | 6,019 | 6,972 | 7,872 | 8,283 | 8,263 | 9,588 | 11,465 | 12,883 | 13,007 | 4,525 |

* 출처 : 소재기술백서 2014

2. 산업기술적 성과

- (나노소재산업의 위상 변화) 2001년 지원정책 이후, 나노소재분야는 급속한 발전을 통해 우리 경제의 주축으로 성장
 - (금속재료) 수요산업별 메가트렌드 및 경기동향이 다름에 따라 산업별 민관 공동 R&D 정책수립
 - (세라믹) 정보전자재료용 세라믹나노소재, 공정방비 중심으로 장/단기형 과제 중심으로 지원
 - (섬유소재) 2012년 슈퍼섬유, 스마트 섬유, 에코섬유 등 3대 주요 분야에서 140개 과제 발굴
 - (화학공정) 석유화학단지 효율성 강화, 핵심 전략나노소재 발굴 및 지원강화 등 석유화학 신르네상스를 위한 산업 경쟁력 강화 및 대책 수립 시행과 탄소기반 나노소재 발전전략 등 중장기 화학소재 원천기술 확보를 위한 청사진 마련
- (세계시장 선도) 2001~2010년간 총 231개의 나노소재 품목이 세계일류상품이 선정되는 등 세계시장을 선도하는 나노소재출현
 - 리튬이차전지, LCD 기판 유리, 사파이어 기판 등은 정부 R&D 지원과 민간의 적극적 투자로 국내업체가 글로벌 시장을 선도
- 나노소재분야 기업체의 생산액은 2006년 155.8조 원에서 2011년에는 85.6% 증가한 289.1조 원을 기록
 - 분야별로는 화합물 및 화학제품 관련 소재(101.7%), 제1차금속소재(89.7%), 고무 및 플라스틱소재(55.3%), 비금속광물소재(83.8%) 등이 생산 증가를 주도
 - 나노소재분야 기업체의 부가가치액은 2006년 64.4조 원에서 2011년에는 53.6% 증가한 98.9조 원을 기록

<표 31> 연도별 부가가치액 (2006~2011년)

| 구분 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 연평균 증가율 | 11년/06년 | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|-------|
| | | | | | | | | 증가율 | 기여율 |
| 소재 | 64.4 | 70.0 | 81.8 | 70.9 | 89.9 | 98.9 | 9.0 | 53.6 | +100 |
| 섬유제품 | 3.5 | 3.1 | 3.5 | 3.5 | 4.0 | 4.3 | 4.4 | 24.1 | +2.4 |
| 화합물 및 화학 | 26.4 | 30.3 | 33.8 | 29.4 | 37.5 | 45.2 | 11.3 | 71.0 | +54.3 |
| 고무 및 플라스틱 | 9.8 | 10.2 | 11.0 | 9.6 | 11.1 | 12.7 | 5.3 | 29.6 | +8.4 |
| 비금속 광물 | 3.7 | 3.9 | 5.0 | 6.4 | 7.9 | 7.4 | 14.9 | 100.0 | +10.7 |
| 제1차 금속 | 21.0 | 22.4 | 28.5 | 22.0 | 29.5 | 29.4 | 6.9 | 39.6 | +24.1 |

* 출처 : 산업통상자원부(종합정보망, <http://innonet.net>)

- 나노소재와 관련된 중핵기업수는 2004년도 155기에서 꾸준히 증가하여 2010년도에는 87.1% 증가한 290개 기록
 - 2010년 기준으로 중핵기업 중 부품분야 59.7%, 나노소재분야 40.3%로 부품분야 기업이 높은 비중을 차지
 - ※ 중핵기업 : 매출 2천억 원 이상, 수출 1억 불 이상인 기업
- 3년간(2009~2011년) 총 24,506명 일자리 창출(10억 원당 취업유발효과는 19.2명, 고용유발효과는 15.6명)성과를 냄.
- R&D 투자 당해연도(t기)와 차년도(t+1기)의 고용자수를 비교해보면 전체적으로 볼 때 고용증가 기업의 수가 고용감소 기업의 수보다 많음.
 - 나노소재·부품 기업에 대한 정부 R&D 투자의 1년 후 고용변화는 업체 평균 14.9명 증가로 나타났음
 - R&D 자금투입의 고용효과는 종업원 수 기준의 기업규모가 큰 기업일수록 더 큰 것으로 나타났는데, 이는 주관기관 유형별 고용효과가 중소기업 11.6명, 중견기업 16.6명, 대기업 24.4명으로 나타난 데서도 확인 할 수 있으며, 투입자금을 자금규모로 정규화하여 비교한 결과에서도 강건하게 나타남.
- 우리나라의 나노소재 수출은 프랑스, 이탈리아 등을 추월하여 2001년 3.4%(10위)에서 2010년 5.0%(5위)로 도약
- 국내 소재·부품산업의 생산기술, 가격경쟁력 향상으로 선진국들과의 기술 경쟁력 격차가 점차 축소
- 화학공정관련 신소재 개발을 통해 글로벌 경쟁력을 확보하고 세계 시장점유 5위 달성
 - 대단위 화학공정 상용화기술 개발을 통해 습득된 기술을 바탕으로 동남아 등 자원 강국 등에 수출 활성화
 - 경량화 및 고감성, 기능성 핵심나노소재로 화학소재가 각광받고 있어 국내 화학 소재 시장규모는 2010년 6조 원에서 2020년 27조 원으로 확대될 것으로 전망
 - 디스플레이 및 반도체의 460조 원의 시장에서의 나노소재기술 확보는 강력한 소재 강국으로의 자리매김이 가능하고 수입 의존도가 높던 핵심 나노소재에 대한 수출 국으로 전환
- (금속소재) 최고 기술수준 보유국인 일본 대비 국내 기술수준은 82.6%로 일본>미국>유럽에 이은 세계 4위 수준으로 일본과의 기술격차 1.9년

- (세라믹소재) 최고 기술수준 보유국인 일본 대비 한국의 기술수준이 약 84% 수준
 - 세라믹 분야는 전통적 기술 강국인 일본과 미국에 비하여 원천기술력은 여전히 미비하나 최근 국내 세라믹 산업 및 R&D에 대한 지원 확대 및 그린소재시장 등 신시장의 확대에 의해 기술력이 점차적으로 상승하고 있음.
- (섬유소재) 한국의 기술수준은 일본>미국>유럽>한국>중국 순이나 중국이 한국과의 기술격차를 좁혀가고 있음.
 - 산업용 섬유분야는 최고 수준인 미국, 일본 대비 원천기술에서 다소 부족하나 최근 극한 물성의 첨단나노소재개발에 주력하며 경쟁력을 확보해나가고 있는 추세이며 생활용, 의류·패션용 섬유소재 분야는 유럽, 일본, 미국등과 비교하여 크게 뒤쳐지지 않으나 급속히 성장하고 있는 중국의 추격을 받고 있음.
 - 한국(2011년 83.5%→2013년 85%), 중국(2011년 69.2%→2013년 72.9%)

<표 32> 나노소재산업의 기술 수준

| 구분 | 상세구분 | 기술수준 | | | | | 최고기술수준 보유국 |
|------|------|------|------|-----|------|------|------------|
| | | 한국 | 미국 | 일본 | 유럽 | 중국 | |
| 나노소재 | 금속재료 | 82.6 | 98.1 | 100 | 97.8 | 73.7 | 일본 |
| | 화학공정 | 84.1 | 98.6 | 100 | 95.9 | 72.7 | 일본 |
| | 세라믹 | 83.9 | 97.9 | 100 | 93.5 | 73 | 일본 |
| | 섬유의류 | 85 | 99 | 100 | 98.4 | 72.9 | 일본 |
| | 생산기반 | 85.1 | 94.8 | 100 | 98.4 | 74 | 일본 |

* 출처 : 한국산업기술평가관리원, '2013년도 산업기술수준조사 보고서' (2013)

- 2014년 1~9월 중 나노소재산업의 수출은 전년 동기 대비 3.2% 증가한 658.3억 달러, 수입은 4.1% 증가한 496.4억 달러를 기록
 - 2014년 들어 엔저 지속, 중국경제 회복 미흡 등에도 불구하고 미국, 유럽, 일본 등 선진국 경기 회복에 힘입어 소폭 증가세 시현
- 동기간 중 나노소재산업의 무역수지는 162.1억 달러 흑자를 기록하여 전년 동기의 161.0억 달러 흑자에 비해 흑자폭이 1.1억 달러 증가
 - 나노소재 무역흑자는 2006년 57.6억 달러를 기록한 뒤에 2007년에 29.6억 달러, 2011년부터 200억 달러를 상회하기 시작하였고 2014년 1~9월에도 흑자가 전년 동기 대비 소폭 증가하는 추세를 유지하고 있음

<표 33> 최근 나노소재산업의 무역실적 (2011~2014.9)

(단위 : 백만 달러, %)

| 구분 | | 2011 | | 2012 | | 2013 | | 2014.1~9 | |
|----|-------|---------|------|---------|------|---------|------|----------|-----|
| | | 금액 | 증가율 | 금액 | 증가율 | 금액 | 증가율 | 금액 | 증가율 |
| 수출 | 전 산 업 | 555,214 | 19.0 | 547,870 | -1.3 | 559,632 | 2.1 | 425,113 | 2.9 |
| | 소재·부품 | 255,297 | 11.5 | 253,411 | -0.7 | 263,042 | 3.8 | 203,222 | 4.0 |
| | 소 재 | 91,607 | 24.0 | 87,750 | -4.2 | 85,462 | -2.6 | 65,851 | 3.2 |
| | 부 품 | 163,690 | 5.5 | 165,661 | 1.2 | 177,580 | 7.2 | 137,370 | 4.4 |
| 수입 | 전 산 업 | 524,413 | 23.3 | 519,584 | -0.9 | 515,586 | -0.8 | 396,234 | 3.6 |
| | 소재·부품 | 168,540 | 11.5 | 162,490 | -3.6 | 165,537 | 1.9 | 125,423 | 2.2 |
| | 소 재 | 71,362 | 15.6 | 65,937 | -7.6 | 63,460 | -3.8 | 49,642 | 4.1 |
| | 부 품 | 97,178 | 8.7 | 96,553 | -0.6 | 102,076 | 5.7 | 75,781 | 1.0 |
| 수지 | 전 산 업 | 30,801 | | 28,285 | | 44,047 | | 28,879 | |
| | 소재·부품 | 86,757 | | 90,921 | | 97,505 | | 77,799 | |
| | 소 재 | 20,245 | | 21,813 | | 22,002 | | 16,210 | |
| | 부 품 | 66,513 | | 69,108 | | 75,503 | | 61,589 | |

* 출처 : 산업통상자원부(소재·부품종합정보망 <http://www.mctnet.org>)



<그림 19> 나노소재·부품 요소별 경쟁력 변화 추이 (미국=100)

* 출처 : 소재·부품기업 종합 실태조사(한국산업기술진흥원, 미국=100)

제3절 한계 및 시사점

1. 한계 및 원인분석

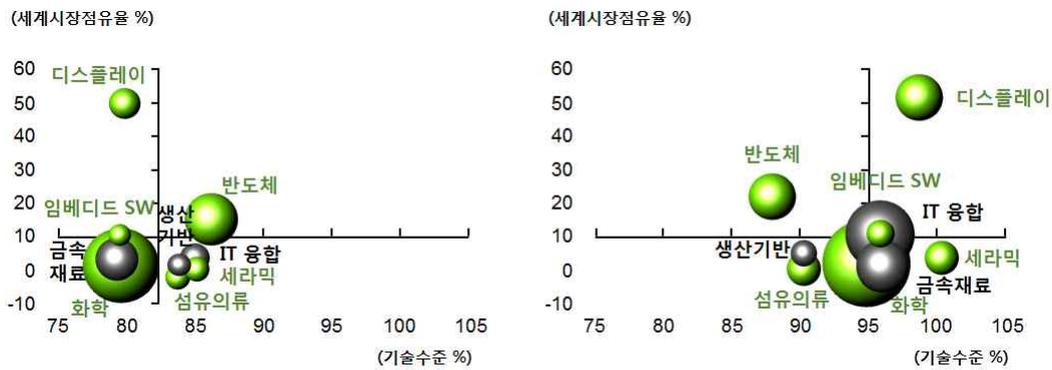
- 우리나라의 나노소재 관련 분야 중 화학, 금속재료 등은 수출규모면에서는 타 세부 산업에 비해 크나, 세계시장 점유율은 오히려 열위
 - 화학 (2013→2018년) : 수출규모(1,400억 불→1,700억 불), 세계시장 점유율(3.5%→4.0%)
 - 금속재료 (2013→2018년) : 수출규모(490억 불→690억 불), 세계시장점유율(4.5%→6.0%)
- 섬유재료, 생산기반 등 상대적으로 세계시장 확장이 더딜 것으로 예측
 - 세계시장 점유율(2013→2018년): 섬유재료(2.0%→2.1%), 생산기반(4.0%→4.6%)
- 고부가가치 첨단 소재분야에서의 영역확장이 매우 부진
 - 리튬전지, LED등 주요 대일수입품목의 수입의존도가 개선되고 있는 상황이지만, 첨단 나노소재분야의 경쟁력이 취약하여, 대일 무역적자는 지속적으로 늘어나고 있음
 - 한일 무역적자 중 첨단 나노소재 비중(%): (2013년)30.9→(2005년)33.3→(2007년)35.4→(2009년) 42.5→(2012년)46.7
- 세라믹관련 나노소재 분야는 최고 기술수준 보유국인 일본 대비 한국의 기술 수준이 약 84% 수준으로 이는 세라믹분야의 국내 연구 인프라가 상대적으로 취약한 것이 주요 원인
- 수송기기, 전기전자, 에너지 등에 활용 가능한 나노소재는 최첨단 전기전자 분야 이외에도 자동차나 철강, 조선, 에너지 등 주력산업과 밀접한 관계를 가지고 있으나, 전체적으로는 국내 공급부족 및 대외의존도가 가장 높아 기술 경쟁력이 취약함.
- 정부의 대·중소기업간의 공정거래 질서확립과 중소기업의 사업영역을 보호하기 위한 동반성장이라는 정부정책을 추진하고 있지만 대기업과 중소기업간의 순이익차이가 갈수록 벌어지는 양극화가 심화되고 중소기업의 대기업 종속화가 가속되면서 나노소재를 생산하고 있는 중소기업의 경쟁력이 약화
- 범용소재는 세계수준의 경쟁력을 갖춘 반면, 핵심소재는 선진국과의 4~7년 격차(선진국 기술의 약 60%)
 - 첨단 핵심소재 기술은 개발 성공확률이 낮고, 장기간이 소요되는 특성을 갖고 있어, 장기적인 지원과 인프라 구축이 필요

- 독자적 개발능력과 외부 환경 변화에 따른 경쟁력 저하로 인해 핵심 나노소재의 상당 부분을 선진국에서 수입에 의존하고, 소재생산을 위한 전주기 공정능력이 떨어져 첨단 나노소재 수입에 의한 단순 가공하는 산업구조를 유지함으로써 장기적인 산업 체질 약화가 우려됨
- 글로벌 경쟁 패러다임이 개별기업에서 기업군 및 기업환경 중심의 생태계 경쟁으로 변화
 - 친환경 녹색사회 도래로 나노소재의 공급사슬(Value Chain) 전반의 그린화 요구
 - 한-중-일 삼각 무역체계(New Trade Triangles)가 중국 중심으로 재편됨에 따라 우리나라의 입지가 위협받을 우려
- 첨단 산업소재는 국내 제조업 생산액의 36.4%를 점유하는 전후방 효과가 매우 큰 기간산업이나, R&D 지원 비율은 매우 낮은 상태임

2. 시사점

- 세계시장 선점형 “핵심 원천기술” 확보가 부족하고, 특히 나노소재 분야에 대한 기술 경쟁력이 보완될 필요가 있어, 이를 위한 미래 핵심나노소재 경쟁력 확보를 위한 선택과 집중이 필요
 - 원천기술 개발을 담당하는 국내 나노소재기업과 나노소재를 구매하는 국내외 수요기업과의 공동 R&D 활성화 필요
 - 나노소재 R&D 로드맵 부재 및 Bottom-up 방식에 의한 기술과제 발굴로 First Mover형 신소재개발을 통한 시장 선점효과를 기대하기 어려움.
 - 중장기적 로드맵에 의한 글로벌 시장에 대한 진출 전략 수립 및 선점효과 등을 지속시킬 수 있는 종합적 사업계획이 병행되어 추진 필요
 - 완제품 시장에서의 위상이 지속적으로 확대되고 있으나, 고부가가치 첨단 나노소재 분야에서의 영역확장이 매우 부진
- 나노소재의 기술 수명주기 단축과 기술, 비즈니스, 산업 간 컨버전스의 가속 등에 따라 나노소재의 기술개발 방향성을 정하기에 불확실성이 높아 이에 대응하기 위한 시장수요형 R&D 추진 필요
 - 기존기술의 함께 극복을 위한 IT(정보기술), BT(생체기술), NT(나노기술), 인지감성 등 기술간 융복합과 함께 하드웨어, 소프트웨어 간 융합 등을 통해 새로운 가치 창출을 위한 경쟁이 심화되기 있으며 이를 타개할 전략이 필요

- 나노소재는 특히 미래 신산업 창출의 핵심으로 여겨지고 있으나, 투자에 대한 위험이 너무 높아 기업 수준에서 진입하기에 힘들어, 국가 차원의 질적 고도화를 통한 시장 선도자로서의 나노소재 산업 육성 필요
 - 2011년 기준 소재산업에서 종업원수가 10~49명인 사업체의 비중은 79.5%(5,648개사), 50~299명인 사업체수 비중은 18.8%(1,334개사), 300인 이상은 1.7%(123개사)로서 중소기업 비중이 98.3%에 육박함
- 선진국을 중심으로 제조업 부활 정책이 강화되고 중국 등 신흥국의 빠른 산업화로 제조업의 글로벌 경쟁이 심화



<그림 20> 나노소재산업 경쟁력 현황 및 전망 (2013~2018년)

제4장 나노기반 첨단소재 육성 전략

제1절 기본방향

1. 비전 및 목표

“나노기반 첨단소재 세계 3위 달성을 위한 창조적 산업 생태계 조성”



<그림 21> 나노기반 첨단소재산업 육성 전략

- 첨단소재는 우리나라 경제성장의 핵심 동력으로 자리매김하고 있으며 나노기반 첨단소재 산업의 발전 없이는 기술산업 선진국으로 도약이 불가함
- 산업의 요구에 전략적으로 대응하기 위해 기술수준이 높고 신규시장 창출이 기대되는 핵심 첨단 나노소재를 개발하고 산업화 추진을 통해 소재전문 강소기업을 육성해야함
- 나노기반 첨단소재를 중심으로 기술, 비즈니스, 산업 간 컨버전스 가속화를 통해 전략적 기술개발 방향을 설정하고 창조적 산업 생태계 조성함

2. 추진 방안

- 나노기반 첨단소재산업 육성을 위한 7대 중점 연구분야 추진
 - 우리나라가 경쟁력 우위에 있는 신산업분야와 연관된 나노기반 첨단소재 중 7대 중점 연구 분야를 발굴하고 각 아이템별로 단기, 중·장기적인 발전 전략 수립을 통해 미래 첨단 나노소재 세계 3위 강국 달성을 위한 핵심 경쟁력을 확보함.
- 기술사업화 역량 강화
 - 산업계 수요가 반영된 실용화 연구로서 기업 수요조사를 통해 사업화 유망 원천기술을 발굴하고 핵심소재 원천기술의 상용화 기술개발을 통해 기술사업화 및 기업 역량강화를 목표로 하는 개방형·결실형 프로그램 추진
- 산업성과 창출형 연구환경 조성
 - 기술사업화 중심 평가 제도를 도입하여 대학에서 상용화 과제 추진 시 논문, 특허가 아닌 기술이전 사업화 실적으로 평가하고 성과배분 및 인센티브를 강화하는 등 산업성과 창출형 연구환경 조성
- 첨단 나노소재 전문기업 지원을 위한 나노펀드 조성
 - 세제, 금융, 기술사업화 등을 종합적으로 지원하기 위한 “첨단 나노소재산업 육성 펀드”를 조성하고 경쟁력 강화
- 나노기반 첨단소재 안전성 인증제 도입
 - 나노소재에 대한 시장의 불신을 종식시키기 위해 규제 & 안전성 정보 등을 제공하고 첨단 나노소재의 경쟁력 및 인지도 강화
- 공공 나노 IP bank 설립
 - 공공 나노 IP bank를 설립 및 법제화하여 대학 및 출연연 보유 IP를 인수하여, 나노기반 첨단소재 특허포트폴리오를 구축하고 기업에 이전하며, 이전된 기술로 개발된 제품에 한하여 중소기업 적합제품으로의 지정을 추진함.
- 첨단소재 육성전략 공동협의체 구성
 - 기업, 연구소, 대학, 금융기관, 규제기관 등의 산업화 주체들이 참여하는 협의체를 구성하여 첨단소재 산업육성을 위한 정보 공유 및 네트워크를 구축함.
- 나노기반 첨단소재 공공서비스 플랫폼 구축
 - 나노기반 첨단소재 산업화 촉진을 위한 데이터베이스 구축 및 서비스

제2절 7대 전략분야별 추진 전략

우리나라가 경쟁력 우위에 있는 산업분야와 연관된 나노기반 첨단소재 중 7대 중점 연구 분야를 발굴하고 각 아이템별로 단기, 중·장기적인 발전 전략 수립을 통해 미래 첨단 나노소재 세계 3위 강국 달성을 위한 핵심 경쟁력을 확보함.

□ 나노기반 첨단소재산업 육성을 위한 7대 중점 연구 분야 선정 근거

- 나노기술연구협의회에 소속된 관련분야 전문가 및 산업계 기술 전문가들을 대상으로 “과급력이 크고 기술력의 집결이 요구되며 생산대비 고부가가치를 창출” 할 수 있는 나노기반 첨단소재에 대한 선정 기준을 조사한 결과 아래와 같은 내용으로 정리됨.
 - 재료연구에서 공정기술 및 부품특성 관련 제반작업의 완전 전산화로 각 이용분야에 적합한 맞춤형 설계를 제공할 수 있고 이를 통해 개발이 가속화되어 시장도입 시점이 (time-to-market) 단축될 수 있을 것
 - 모든 소재는 열적, 물리적, 화학적, 전기적 내구성의 한계가 있으므로 소재의 내구성 한계수치 증가관련 연구를 통해 산업계의 생산효율성 증가가 가능할 것
 - 교통, 건설, 기계제조 분야 등에서 요구되고 있는 특수 구조 및 기능을 갖춘 첨단 나노소재로서 자재의 성능 및 내구성의 한계를 돌파할 수 있는 경량 고강도 부품 생산 및 응용 공정개발이 가능할 것
 - 웨어러블, IoT 등 소형화 및 복합기능화 추세에 맞춰 실시간 센싱, 네트워킹, 정보처리 등 상호 정보 교환이 가능하여 사용자 만족도를 극대화 시킬 수 있을 것
 - 첨단산업에 필수적으로 사용되고 있지만 매장량이 편중되어 있는 희토류 자원 무기화에 대응할 수 있는 새로운 대체소재 제공이 가능할 것
 - 차세대 정보통신을 위한 새로운 양자정보통신 기술로서 초고속 연산을 활용하여 다양한 기초·응용연구분야에서 새로운 돌파구를 제시 할 수 있을 것
 - 대기오염 및 수질오염을 정화하고 근본적으로 오염원의 발생을 줄일 수 있고 화석연료 고갈 및 원자력 발전의 위험으로부터 자유로울 수 있도록 에너지 저장 및 활용을 극대화 할 수 있을 것

□ 나노기반 첨단소재산업 육성을 위한 7대 중점 연구 분야 도출

- 나노기반 첨단소재 7대 중점 연구 분야는 미국, 일본, 유럽, 중국 등 나노기술 선진국들의 중점관심(육성)분야를 분석하고 국내에서 도출된 제 2기 국가나노기술지도, 제 3기 국가나노기술종합발전계획의 중점 기술분야를 대상으로 모집단으로 구성하였으며 우리나라의 나노기술 수준 및 산업화 역량을 감안하여 산업화 측면에서 성숙한 기술 분야, 산업화의 기반이 구축되어 시장수요가 있는 기술분야를 검토대상으로 하였음.



<그림 22> 나노전략 제품 및 기술분야

* 출처 : 제2기 국가나노기술로드맵

<표 34> 30대 미래기술

| No. | 분야 | 30개 미래기술 |
|-----|--------------|--------------------------|
| 1 | 나노기반 소자기술 | 저장용량 획기적 개선된 나노기억소자 |
| 2 | | 초고속, 저전력사용 나노 CMOS 로직소자 |
| 3 | | 고감도 초소형 나노센서 |
| 4 | | 나노물질 또는 나노구조 기반 나노전자소자 |
| 5 | | 나노 유연소자 |
| 6 | | 나노 광전소자 |
| 7 | 나노 바이오 | 농수산 고도화 기술 |
| 8 | | 나노 웰빙 제품 생산 기술 |
| 9 | | 개인 맞춤형 나노진단 |
| 10 | | 신개념 지능형 나노치료제 |
| 11 | | 생체분자 나노분석 및 제어 |
| 12 | 에너지. 환경 | 저비용, 고효율 나노태양전지 |
| 13 | | 고성능, 고효율, 급속충전 나노구조 이차전지 |
| 14 | | 고성능 나노구조 연료전지 |
| 15 | | 고내구성 나노구조 분리막 |
| 16 | | 나노구조 연전소자 |
| 17 | | 극미소 전원 |

| No. | 분야 | 30개 미래기술 |
|-----|------------------------|--------------------------|
| 18 | 나노소재 | 나노소재 대량생산 |
| 19 | | 탄소나노튜브 및 그래핀 등 기능성 탄소소재 |
| 20 | | 저비용 인쇄전자용 나노소재 |
| 21 | | 에너지 하베스팅 나노소재 |
| 22 | | 나노생체모방 기술 |
| 23 | | 나노촉매 및 다공성 물질 |
| 24 | 공정 측정 장비 | 자원 회수 기술 및 대체물질 |
| 25 | | 대면적 유연전자소자 제조기술 |
| 26 | | 기능성 나노구조물 직접 패터닝 기술 |
| 27 | | 나노구조체 성능 평가, 나노공정용 측정 기술 |
| 28 | | 고품위 나노박막 공정 기술 |
| 29 | | 멀티스케일 전산모사 기술 |
| 30 | 스마트 코팅, 자기조립, 바이오 접합기술 | |

* 출처 : 제 3기 국가나노기술종합발전계획

- 첨단 나노소재 7대 중점 연구 분야는 창조경제시대의 NT 유망 산업전망에 따른 중점 나노전략제품 및 기술 분야 중 가장 대표적인 기술로서 세계 경제적 환경 및 기술변화, 해외 추진전략, 나노기반 첨단소재 개발의 당면 이슈 등을 고려하였고, 우리나라의 기술 수준과 산업화 역량이 적어도 ‘세계 3위 수준’ 이상이며 동시에 시장수요가 있는 나노전자소자, 나노센서, 나노기능성소재, 나노섬유 분야를 포함 하였음.
- 나노기반 첨단소재산업 육성을 위해 국내 기술 전문가들이 요구하는 선정근거를 통해 발굴된 7대 중점전략 연구 분야는 아래와 같음.
 - ① 고기능성 나노섬유
 - 비전 : 전기전자 에너지용과 생체 및 의료용 나노섬유의 세계적 기술경쟁력 확보
 - 시장 규모 : 2017년 약 30조 원 이상 시장형성 예상
 - ② 저전력 고효율 차세대 컴퓨팅 소재
 - 비전 : 양자 원천기술 확보를 통한 양자컴퓨터, 양자소자, 양자센서, 양자암호통신 등 양자정보통신 플랫폼구축과 신산업창출 및 주도, 양자기술 개발
 - 시장 규모 : 세계 시장규모는 2020년에는 6조 500억 원에 이를 전망
 - ③ 웨어러블 일렉트로닉스용 나노기반 첨단소재
 - 비전 : 웨어러블 패브린 전지, 센서 등 웨어러블 스마트기기사업 주도
 - 시장 규모 : 관련 세계 시장규모는 2018년에는 최대 30조 원으로 예상

④ 초경량 고강도 나노기반 첨단소재

- 비전 : 경량소재의 경쟁력강화와 이중경량신소재 개발 기술 선점으로 수송, 건축, 우주 등 新시장 개척
- 시장 규모 : 2025년 예상 매출 11조 원 기대

⑤ 나노자성소재(탈희유소재)

- 비전 : 희유원소의 대체 또는 최소화한 나노기능성소재 산업화 주도로 자성소재 선도국 도약
- 시장 규모 : 세계 영구자석 시장은 2015년 현재 약 13조 원 규모로 연간 11% 이상 고속성장 예상

⑥ 사물인터넷(Internet of Things)용 나노센서

- 비전 : 보건/환경/안전 분야의 네트워크 기반의 고성능 나노센서 산업화로 세계시장 선점
- 시장 규모 : 글로벌 센서시장 규모는 2020년 1400억 달러 도달 예측

⑦ 고효율 화학전지용 나노기반 첨단소재

- 비전 : 고효율 에너지 저장시스템의 원천기술확보를 통한 관련 산업을 주도하고 新산업 창출
- 시장 규모 : 리튬이차전지 시장 규모는 2020년 64조 원으로 성장할 전망

1. 고기능성 나노섬유

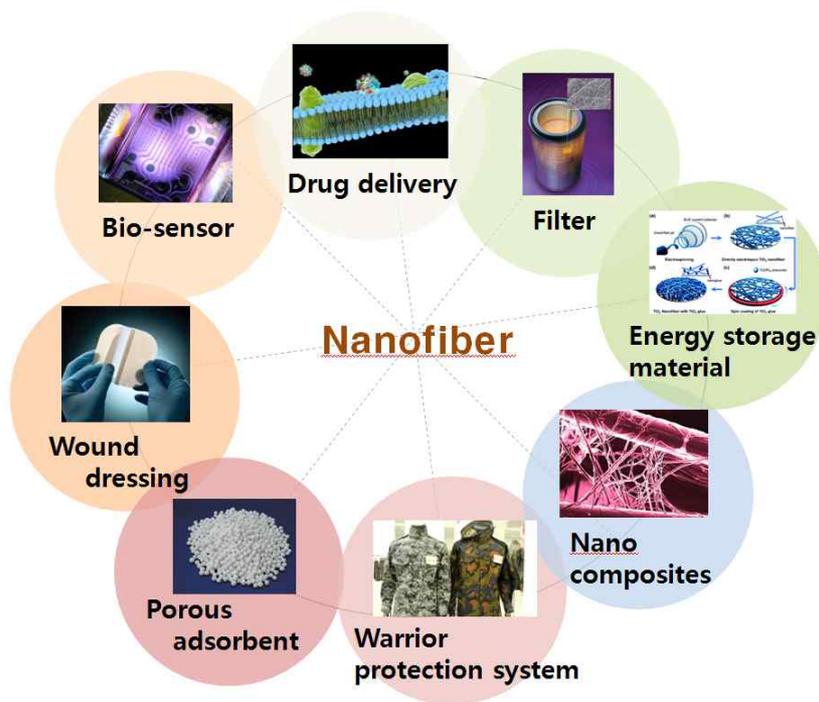
□ 추진배경

○ 첨단산업의 필수 소재 나노섬유

- 나노섬유란 기존의 섬유 제조기술에 나노기술을 접목하여 기능 및 성능이 크게 향상되거나 복합기능을 나타낼 수 있는 섬유소재를 총칭함.
- 나노섬유 소재는 섬유의 굵기가 수십 내지 수백 나노미터로서 기존의 마이크로 섬유소재와는 다른 특수한 기능 및 성능을 가져 IT, BT, ET, ST 등과 같은 첨단 소재와 융합되어 새로운 기능을 창출할 수 있음.
- 중요 연구 분야로는 나노섬유 제조기술 개발, 유기, 무기 및 금속 나노 입자와의 융·복합 나노섬유 제조기술 개발, 나노가공 기술 개발, 타 첨단산업과의 융합기술 개발 등이 있음.

○ 나노섬유 산업 육성 필요성

- 나노섬유가 본격적으로 개발되어 첨단소재로서 기존의 기능성을 quantum jump 시킬 경우 첨단산업의 필수 소재로 사용되어 전반적인 산업구조를 고도화시킬 수 있는 매우 중요한 소재이므로 risky research임에도 불구하고 반드시 육성해야 함.
- 특히 우리나라는 나노섬유 실용화 및 상업화 기술 개발의 메카로서 세계적으로 앞선 대량생산 기술을 가지고 있으며, 이러한 장점을 활용하면 미래의 나노섬유 시장을 선점하거나 석권할 수 있음.
- 최근 나노섬유의 다양한 특성이 알려지면서 그 활용 방안에 대한 연구가 더욱 활발해지고 있음.



<그림 23> 나노섬유의 활용·응용 분야

□ 환경분석

○ 시장 현황 및 전망

- 세계 산업용 나노섬유 시장 규모는 2014년 4.2조 원에서 2017년 까지 5.2조 원으로 연평균 7.9%의 성장을 할 전망이고, 세계 의류용 나노섬유 시장규모는 2014년 14.7조 원에서 2017년 19.6조 원으로 연평균 10%의 성장을 할 것으로 전망됨 세계 총 나노섬유 시장은 2017년 30.5조 원으로 규모가 커질 전망이다

○ 나노섬유 제품에 대한 시장 성장 지속 요인

- 나노섬유 재료의 고유한 특성으로 인해 수요가 지속적으로 증가함
- 경제적으로 효율적인 제조과정이 도입됨에 따라 단가가 낮아짐
- 새로운 응용 분야들이 상용화단계에 접어들고 있음
- 나노섬유에 관한 연구 및 개발 활동들이 빠른 속도로 성장하고 있음

<표 35> 나노섬유 제품의 시장 규모

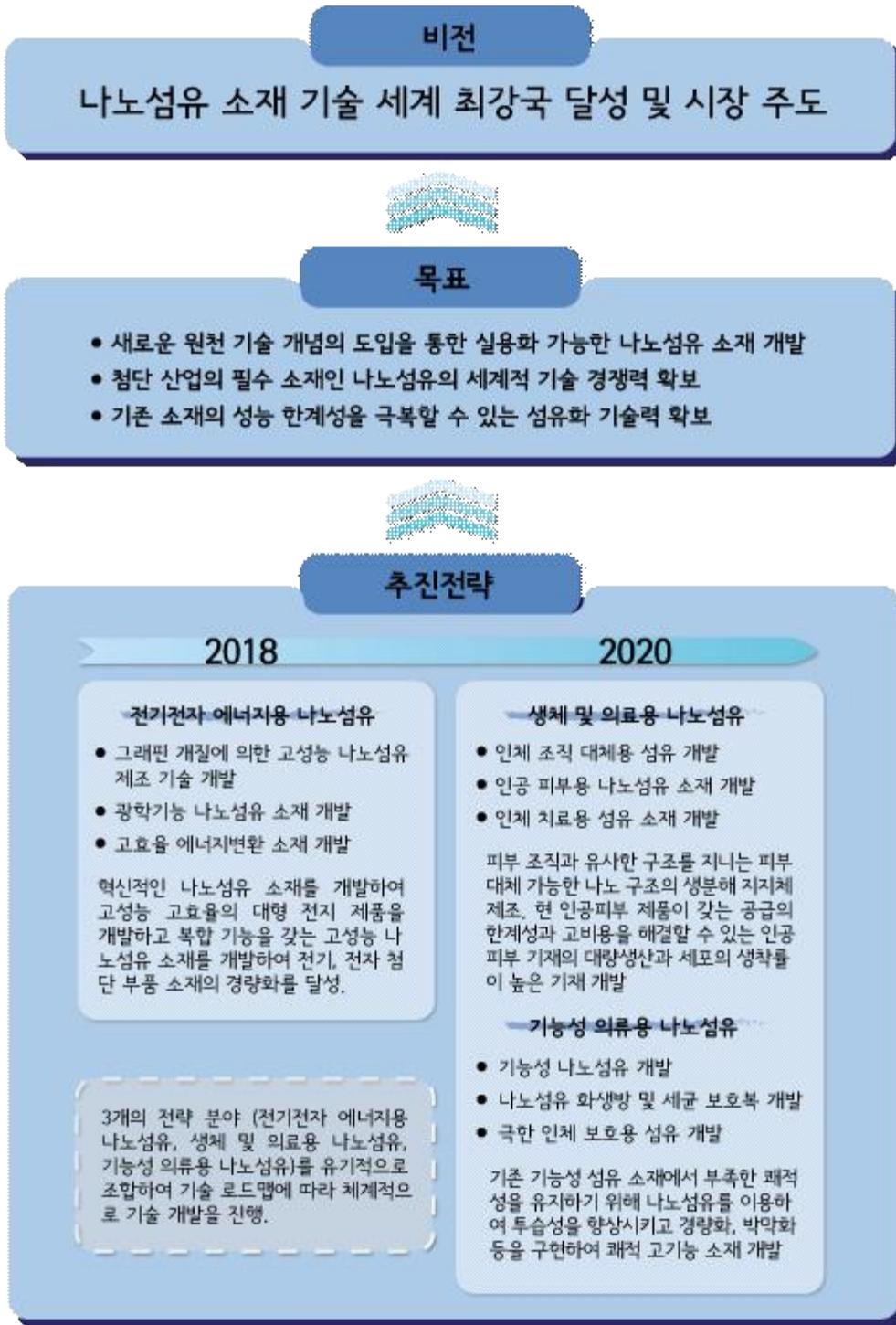
(단위 : 억 원)

| 구분 | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2017 | GAGR |
|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 국 내 | 의류용 | 18,115 | 20,470 | 23,131 | 26,138 | 29,536 | 42,617 | 13% |
| | 산업용 | 6,822 | 7,739 | 8,807 | 10,040 | 11,468 | 14,851 | 9% |
| 국 외 | 의류용 | 100,636 | 110,700 | 121,770 | 133,947 | 147,341 | 196,110 | 10% |
| | 산업용 | 29,170 | 31,902 | 34,866 | 38,080 | 41,586 | 52,241 | 7.9% |
| Total | | 154,743 | 170,811 | 188,347 | 208,205 | 229,931 | 305,819 | 10.4% |

○ 사업화 동향

- 나노섬유 제조 원천기술 개발은 미국에서, 응용제품 개발 및 대량생산 기술은 우리나라에서 주도적으로 이루어져 가고 있으며 최근 일본, 유럽 등에서도 나노섬유 개발에 대한 관심이 높아져 용도개발 및 양산화 기술 개발이 이루어지고 있음.
- 나노섬유 관련 U.S. 특허 출원을 살펴보면, 2000년에 6개의 특허가 출원되기 시작해서 2010년 44건, 2011년 64건, 2012년 74건의 특허가 출원되어 최근에는 특허의 연평균 성장률 (CAGR)이 27.5%로 매우 빠른 특허 출원 성장률을 보이고 있음.
- 총 171건의 U.S. 특허 출원 국가를 살펴보면 한국을 포함한 12개국의 나라에서 출원되었으며 미국 114건 (66.7%), 유럽 13건 (7.6%), 아시아-태평양 지역 41건 (24.0%), 나머지 지역 3건 (1.7%)로 한국의 나노섬유 세계시장 석권을 위해 더 많은 특허 출원이 필요할 것으로 보임.

□ 비전 및 목표, 추진전략



<그림 24> 고기능성 나노섬유의 비전 및 추진전략

□ 세부추진기술

- 전기전자에너지용 나노섬유
 - 현재 전자 제품의 고성능화로 2차 전지의 경량화와 고에너지 밀도에 의한 고용량화가 요구되는데 나노섬유 소재로 이러한 신에너지 소재를 개발
 - 그래핀 개질에 의한 고성능 나노섬유 제조 기술 : 그래핀이 지닌 우수한 전기전도도, 높은 비표면적 등의 물리화학적 특성을 이용하여 전자소자, 투명전극, 나노 필터 등의 용도로 활발한 연구를 펼치고 있으며, CNT 관련 기술은 선진국에서 주도하여 왔으므로 기술 선점을 위하여 기술 개발이 필요함.
 - 광학기능 나노섬유 소재 : 굴절률 제어 나노 섬유 기술과 광설계 기술을 융합하여 차세대 디스플레이 소자로 사용 가능한 소재 기술 개발이 필요함.
 - 고효율 에너지변환 소재 : 환경 문제를 개선하기 위하여 에너지 산업에서 고효율의 에너지변환소재 제조 기술을 확보하는 것이 필요함. 고성능 고효율의 대형 전지 제품을 개발하고 복합 기능을 갖는 나노섬유를 개발한다면 세계 시장을 선점할 수 있을 것이라고 판단됨.
- 생체 및 의료용 나노섬유
 - 인체조직 대체용 섬유 : 나노섬유는 집합체가 형태학적으로 세포의 기질과 유사한 구조를 가지므로 인체의 조직이나 장기의 기능을 치료 및 대체할 수 있을 것으로 기대됨.
 - 인공피부용 나노섬유 소재 : 피부 조직과 유사한 구조를 지니는 피부 대체 가능한 나노 구조의 생분해 지지체 제조 현 인공피부 제품이 갖는 공급의 한계성과 고비용을 해결할 수 있는 인공피부 기재의 대량생산과 세포의 생착률이 높은 기재 개발이 필요함.
 - 인체치료용 섬유 소재 : 생체 적합성 고분자로 전기 방사된 나노섬유 웹은 매우 작은 직경과 공극을 갖기 때문에 높은 비표면적을 갖는 매트릭스를 제공할 수 있음. 통기성이 좋고, 세균으로부터 상처를 보호하고 체액이 스며들지 않기 때문에 제거가 용이하여 상처보호용 wound dressing에 매우 탁월한 효과가 있으므로 향후 중요한 응용분야가 될 것임.
- 기능성 의류용 나노섬유
 - 기능성 나노섬유 : 가교 결합을 통해 섬유기질에 직접 적용하는 나노 섬유를 만들면 세탁에 대한 내구성이 높아지고, 쾌적한 온도와 습도, 형태를 유지할 수 있는 스마트 섬유를 만들 수 있음. 이는 섬유 산업 전범위에 부가가치를 부여할 수 있으므로 파급 효과가 클 것임.

- 나노섬유 화생방 및 세균 보호복 : 나노섬유 패브릭은 미세입자나 박테리아 등은 통과시키지 않으면서 내부의 땀 등을 배출할 수 있는 호흡성을 가지며, 막의 외부에서 액체가 들어오지 못하도록 제조가 가능함. 나노섬유 패브릭을 직/편물에 lamination시켜 투습·발수기능을 갖는 소재를 제조할 수 있음. 이런 소재는 각종 특수 환경 분야에서 쓰이는 섬유 제품을 만드는 데 이용 가능함.
- 극한 인체보호용 섬유 : 산업현장에 따라 차단성, 보호성을 높이 요구하는 기능성 섬유소재의 수요가 증가하게 됨. 하지만 차단성이 높은 섬유소재는 쾌적성이 부족하다는 단점이 존재함. 나노 섬유를 이용하여 투습성을 향상 시키고 경량화, 박막화를 구현하여 쾌적한 고기능 섬유소재 개발 필요함.

□ 추진체계

- 단기(3년) 추진 기술로 고효율 에너지 변환소재, 광학기능 나노섬유 소재, 그래핀 개질에 의한 고성능 나노섬유 제조 기술을 선정. 현재까지 실험실적으로 개발되었으나 실용화에 실패한 기술의 문제점을 분석 보완하여 혁신적인 소재를 개발
- 장기(5년) 추진 기술로 인체조직 대체용 섬유, 인공피부용 나노섬유 소재 개발, 인체 치료용 섬유소재, 기능성 나노섬유, 나노섬유 화생방 및 세균 보호복, 극한 인체보호용 섬유를 선정
- 학교는 나노섬유 분야의 기초 연구에 집중하고, 나노섬유 분야의 고급인력을 양성함

□ 기대효과

- 경제적 기대효과
 - 나노섬유의 활용분야나 시장규모는 아직 산업화 초기 단계이나, 그 성장 가능성을 예측해 볼 때, 기존 시장의 대체재 또는 신규 용도의 제품 창출이 크게 발전되어 2017년 약 30조 원 이상(연평균 10.4%)의 시장을 형성할 것으로 예상
 - 나노섬유 소재가 탄화, 활성화 등의 공정을 통하여 활성탄소 나노소재로 전환되어 연료전지 등에 적용되기 시작하면 경제적 효과가 예상보다 더욱 커질 것으로 전망됨.
- 기술적 기대효과
 - 지속적인 기술 개발로 상기한 다양한 수요 창출이 이루어진다면 우리나라가 미국, 일본 등 선진국보다 많은 특허등록과 세계 최초의 대량 생산기술 개발, 관련 업종의 동반성장으로 우리나라 산업 전반에 걸쳐 중대한 파급효과를 미칠 것으로 기대됨.

2. 저전력 고효율 차세대 컴퓨팅 소재

□ 추진배경

○ 연구개발의 추진배경

- 21세기는 나노기술 시대에서 양자기술 시대로의 기술 패러다임 전환기

- 나노기술을 뛰어넘는 새로운 패러다임의 양자기술이 등장하고 있으며, 新기술 선점을 위한 국가간 경쟁이 치열한 상황
- 나노기술은 단순히 거시세계의 기술의 정밀화, 세밀화를 목적으로 하는 반면, 양자기술은 양자중첩, 양자얽힘과 같은 독특한 양자현상을 바탕으로 새로운 응용분야 창출을 목적으로 하는 新기술

- 양자기술을 활용하여 정보를 처리하는 새로운 개념의 양자정보통신 기술 등장

- 안전한 통신이 가능한 양자암호통신, 기존 소자·센서의 정밀도 한계를 뛰어넘는 양자 소자·센서, 초고속 정보처리를 위한 양자컴퓨터가 대표적
- 1024비트 기반 RSA 공개키 암호 해독에, 현존 최고 수준의 슈퍼컴퓨터는 3,000년이 필요하지만, 300 큐비트 양자컴퓨터는 수 분 소요 예상

○ 연구개발의 목적

- 양자컴퓨터 핵심기술 및 큐비트 소자 원천기술 개발을 통한 양자기반기술 고도화

- 양자컴퓨터 핵심기술 : 양자광학 및 원자물리 기반기술 개발을 통한 양자컴퓨터 핵심 기술 확보하고 이를 이용하여 10 큐비트 양자컴퓨터 개발
- 큐비트 소자 원천기술 개발 : 다이아몬드 결함기반 양자소자 및 반도체공정/나노포토닉스 큐비트 소자 원천기술 개발을 통한 Large-scale 양자컴퓨터 핵심기술 확보



<그림 25> 양자정보통신 핵심요소기술 및 연구개발 내용

□ 환경분석

○ 국내외 주요동향

- 정보통신 전략위원회(위원장: 국무총리, 2014. 12)에서 국가 전략기술로서 양자기술을 확보하기 위해 2020년까지 양자정보통신 글로벌 선도국가 진입을 위한 ‘양자정보통신 중장기 추진전략(안)’을 심의·확정하고 양자정보통신 관련 핵심기술 개발, 연구기반 조성, 지속성장 기반 마련 등을 전략적으로 추진하기로 함.
- 미국, 유럽, 일본 등 기술선진국은 물론 중국, 호주 등 신흥국도 양자기술을 국가 전략기술로 인식하고 범정부차원의 계획을 수립하여 연구개발 중

○ 주요 연구개발 사업 내용

- 국내 연구는 대부분 이론중심의 소규모 연구이며 주요 연구 방향은 큐비트 및 양자게이트 제어 기술, 양자오류수정 기술, 이종 큐비트간 양자인터페이스 기술 등 양자컴퓨터 기반기술을 탐색하는 수준
- 반면 외국에서는 Large-scale 양자컴퓨터 구현을 위한 큐비트 소자 집적화 기술을 개발하고 양자컴퓨터 및 큐비트 소자 원천 기술을 활용한 다양한 양자소자·센서 응용기술 개발 중

<표 36> 국외 양자기술 개발 동향

| 구분 | 국외 양자기술 관련 프로젝트 현황 |
|-----|--|
| 미국 | <ul style="list-style-type: none"> • NSF는 양자기술 연구에 연간 8조 원 지원 • (기업) Google은 양자컴퓨터 연구에 지금까지 1,000억 원 투자 • (기업) Microsoft는 Bohr 연구소등 세계 유수의 연구소와 공동연구 • (기업) IBM은 뇌과학과 양자컴퓨터에 3조 원 규모의 투자 계획 발표 |
| 캐나다 | <ul style="list-style-type: none"> • 정부 주도로 대학에 IQST, IQC 등 양자 전문연구소 설립 • (기업) D-Wave는 2007년부터 양자시뮬레이터 개발을 주장하고 있으며, 이후 美 CIA, 아마존 등으로부터 1,500억 원 가량의 투자 유치 |
| 유럽 | <ul style="list-style-type: none"> • 영국은 2015년부터 양자컴퓨터, 양자통신, 양자소자·센서를 포함한 양자기술에 5년간 5,000억 원 지원 • 특히, 영국은 양자컴퓨터의 주요 파생기술을 이용한 양자소자·센서가 게임체인저(Game changer)가 될 것으로 판단하고 5년 이내 양자소자·센서의 상용화를 목적으로 연구개발 진행 |
| 기타 | <ul style="list-style-type: none"> • 중국은 국가적으로 양자컴퓨터 연구를 지원하고 있으며, 2013년에만 90여개의 양자 원천기술 프로젝트에 투자 • 호주는 2002년부터 양자컴퓨터 연구에 투자하고 있으며, 지금까지 약 1,400억 원 투자 |

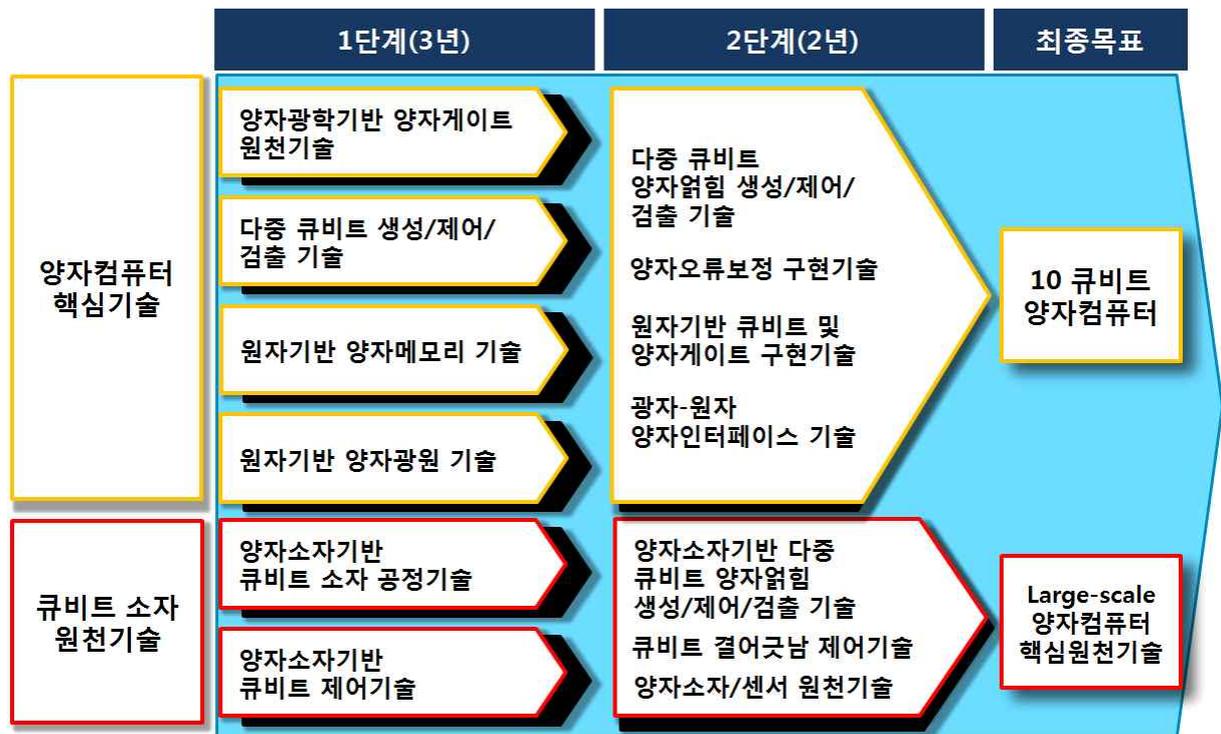
□ 비전 및 목표, 추진전략

- 연속적인 연구 성과물 도출을 위한 원천·응용기술 융합연구 체계 구축
 - 기술적 파급효과가 큰 양자컴퓨터 등 양자 원천기술과 단기적으로 활용도가 높은 양자소자·센서 등 양자 응용기술을 병행 개발하여 연구성과물을 연속적으로 도출
- 효율적인 국내 양자연구 인프라 활용을 위한 연구개발 체계 구축
 - 국내외 양자기술 관련 대학 교수 및 출연연구소 연구원, 관련 기업 전문가 등 내·외부를 구분하지 않는 ‘개방형 연구개발 체계’ 구성
 - 과제 수행 기관이 보유하고 있는 연구인프라와 지식을 공동으로 활용하기 위한 긴밀한 협조체제 구축
 - 경제적, 사회적 파급효과가 큰 세계적인 수준의 핵심원천기술을 지속적으로 조사·분석하기 위한 ‘산학연 기술자문위원회’ 를 운영
 - 연구의 방향성을 지속적으로 제고하고, 양적 성장 전략을 과감히 탈피하여 질적 성과 중심의 연구 추진

□ 세부추진기술

- 선형광학기반 양자게이트 기술 개발
 - 범용 양자컴퓨터에 사용되는 Hadamard 게이트, 파울리 게이트 등 단일 큐비트 게이트와 C-NOT(Controlled-NOT) 게이트와 같은 두 개 큐비트 게이트 원천기술 확보
- 다중 큐비트 생성, 제어 및 측정 기술 개발
 - 실용적인 양자컴퓨터 구현을 위해서는 많은 수의 큐비트를 효과적으로 생성 및 제어하고 이를 측정하는 기술이 필요함.
- 다중 큐비트간 양자얽힘 생성, 제어 및 측정 원천기술 개발
- 양자오류보정(Quantum Error Correction) 구현기술 개발
 - 높은 정확성을 가지는 양자연산을 위한 양자오류보정 구현기술 개발을 통해 결함 허용 양자컴퓨터 (Fault-Tolerant Quantum Computer) 구현
- 원자기반 양자메모리 기술 개발
 - 양자메모리는 빛의 속도로 움직이는 광자 큐비트를 정지상태의 원자 큐비트로 저장한 후, 원하는 시점에 다시 광자 큐비트로 변환시키는 기술로 광자기반 양자컴퓨터와 장거리 양자통신 구현에 필수적인 양자메모리 원천기술 개발
- 원자기반 양자광원 기술 개발
 - 원자의 자발적인 사광자 혼합 (Spontaneous Four-Wave Mixing) 과정을 통한 좁은 선폭의 양자얽힘 광자쌍 생성 기술 개발
 - 양자메모리 기반 결정론적인(deterministic) 단일광자 광원 개발

- 원자기반 큐비트 및 양자게이트 구현 기술 개발
 - 단일 원자 기반 또는 리드버그 원자양상블 (Rydberg superatom)을 활용한 큐비트 구현 플랫폼 원천기술 확보 및 다중 큐비트 확장 기술 개발
 - 광자/원자 양자인터페이스 기술 개발
 - 원자/광자 양자얽힘 생성, 제어 및 측정 연구를 통한 광자-원자 양자인터페이스 기술 개발
 - 원자기반 양자노드와 광자기반 양자채널을 활용한 양자네트워크 원천기술 개발
- 추진체계
- 1단계 연구 사업에서는 양자컴퓨터 핵심기술 및 큐비트 소자 원천기술 개발을 통해 국제적인 원천기술 획득함.
 - 2단계 연구 사업에서는 원천기술을 바탕으로 10 큐비트 양자컴퓨터를 개발하고, 큐비트 소자 기반 Large-scale 양자컴퓨터 핵심원천기술을 개발함.
 - 또한, 2단계 사업에서는 기술이전이 가능한 기업체들과 큐비트 소자 원천기술 기반 양자소자·센서에 대한 공동연구를 적극 추진함.

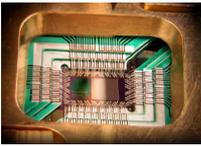
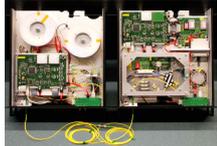


<그림 26> 양자컴퓨터의 단계별 연구내용

□ 기대효과

- 차세대 정보통신기술로서 양자정보통신 기반기술 확보
 - 양자컴퓨터, 양자소자·센서, 양자암호통신 기술 개발을 통한 차세대 양자정보통신 (Quantum ICT) 생태계 구축
 - 양자컴퓨터 기반 초고속 정보처리 구현을 통한 정보화시대의 패러다임 변화 주도
 - 양자기술을 이용하여 차세대 양자암호통신 기술 개발을 촉진하고, 이를 통해 안전한 정보통신 인프라 구축에 기여
 - 양자기술을 활용하여 양자소자·센서 분야에서 새로운 응용산업을 창출하고 IoT 기반 기술로 활용
 - 양자컴퓨터의 초고속 연산을 활용하여 소재·생화학·유전학·양자화학 등 다양한 기초·응용 연구 분야의 새로운 돌파구 제시

<표 37> 양자 기술의 활용 개념 및 예상제품

| 활용분야 | 양자컴퓨터 | 양자소자·센서 | 양자시뮬레이션 | 양자통신 |
|-------|--|---|---|---|
| 활용 개념 | 양자컴퓨터의 초고속 연산의 다양한 분야 적용 | 고전센서의 정밀도 한계를 극복하는 차세대 소자·센서 | 양자 현상 시뮬레이션을 통한 기초응용 연구지원 | 도청이 근본적으로 불가능한 초고속 보안통신 |
| 예상 제품 |  (양자컴퓨터) |  (CSAC, Diamond 양자소자) |  (양자시뮬레이터) |  (양자암호) |

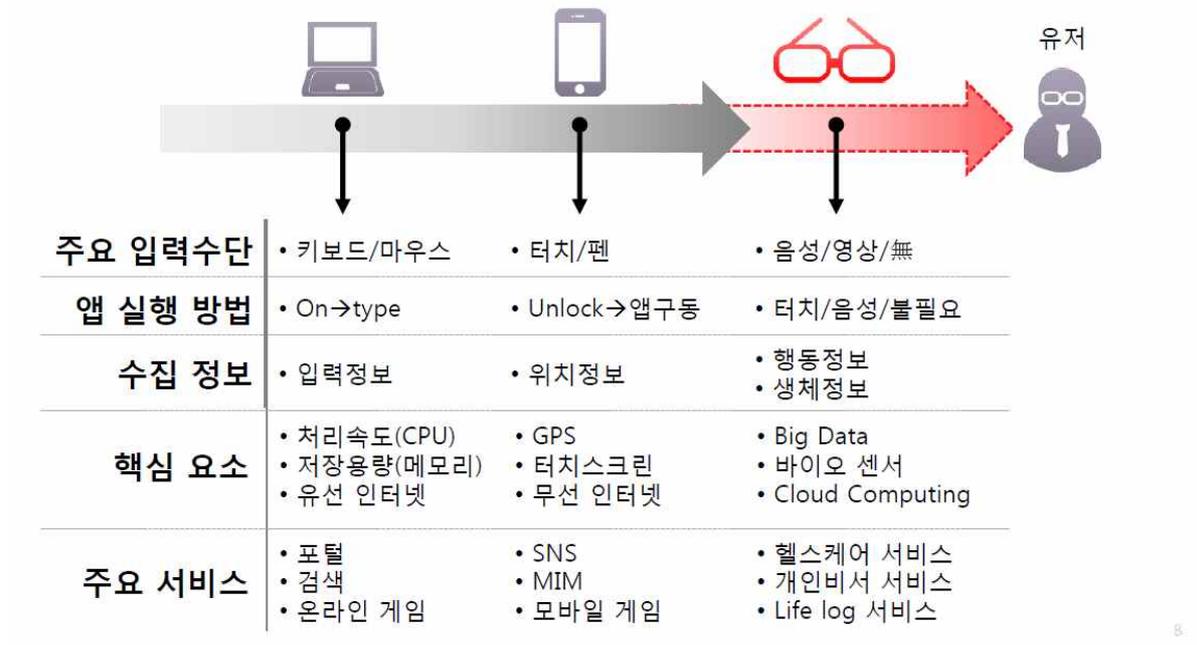
- 양자기술의 시장성·경제성
 - 양자기술 시장은 현재 도입기 상태로 수요가 적고 비용이 많이 요구되는 단계이나 경쟁자 수가 적고 초반 시장점유율 확대 가능성이 매우 높음.
 - 양자기술 세계 시장규모는 2015년 3조 7000억 원에서 연평균 10.4%씩 성장하여 2020년에는 6조 500억 원에 이를 전망
 - * 출처 : Market Reserach Media, "Quantum Technology Market Forecast 2015~2020" (2012)
 - 양자기술은 기존 정보통신 기술과 융합하여 新시장 창출, 창조경제 구현에 일조할 수 있는 유망한 기술로 예상
 - Google, Microsoft, IBM, D-Wave 등이 양자기술 개발단계이며, 조기 연구개발을 통해 양자기술의 First-Mover에 속할 가능성이 높음.

3. 웨어러블 일렉트로닉스용 나노기반 첨단소재

□ 추진배경

○ 연구개발 추진 배경

- 지금까지의 전자기기는 사용자가 정보를 입력하고 전자기기/소자가 정보를 처리하는 기술 중심으로 발전되어 왔으나, 미래사회의 전자기기는 사용자의 편의성, 휴대성이 극대화된 인간중심의 기술로 발전하는 패러다임이 받아들여지고 있음.
- 웨어러블 디바이스는 스마트 기기의 트렌드가 ‘휴대’에서 ‘착용’으로 바뀌기 때문에, 사용 환경에 제약이 없으며, 행동정보, 생체정보의 끊임없는 life log가 가능함. 또한 오감을 통한 실시간 알림을 통해 즉각적인 반응을 유도할 수 있다는 장점이 있음.



<그림 27> 웨어러블 일렉트로닉스의 주요 구성요소

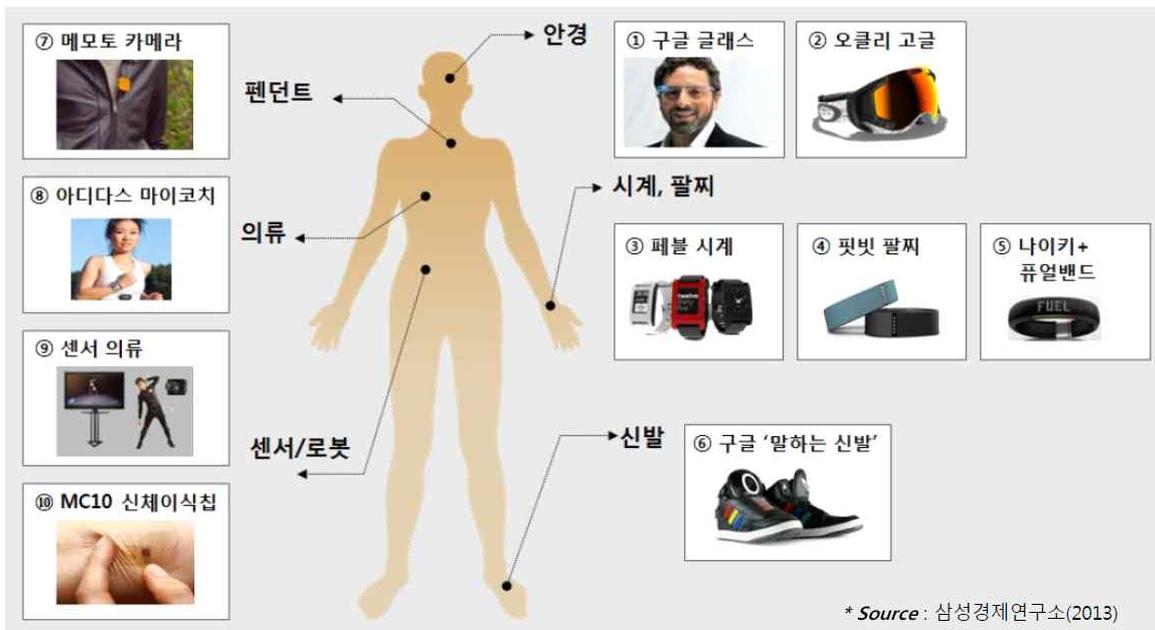
- 특히 최근에는 삼성과 애플의 양자구도로 확립된 스마트폰 시장에서 추가적인 혁신 기술로서 웨어러블 디바이스와 스마트폰을 동기화 하여 다양한 정보를 실시간으로 확인할 수 있는 기술이 주목을 받음.
- 웨어러블 디바이스 기술 개발은 하드웨어와 소프트웨어를 포함하는 다양한 분야에서 직·간접적으로 활발한 기술개발을 촉진할 것으로 예상함. 신체에 착용하는 형태로 컴퓨팅 기능을 수행할 수 있는 모든 것을 지칭하며, 전산, 센싱, 에너지 저장 등이 가능한 모든광/전자기반 소자를 포함함.

<표 38> 웨어러블 일렉트로닉스용 하드웨어 및 소프트웨어

| 하드웨어 | 소프트웨어 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 디스플레이 : 플렉서블, 투명 디스플레이 • 배터리 : 박막형, 초소형 고용량 • 바이오센서 : 체온, 혈압, 혈당, 맥박, 동공추적 | <ul style="list-style-type: none"> • 빅데이터 : context aware • 음성인식 : 개인비서 앱 • 증강현실 |

○ 연구개발의 목적

- 신체에 착용하는 형태로 컴퓨팅 기능을 수행할 수 있는 전산, 센싱, 에너지 저장 등이 가능한 모든 광/전자 기반 소재 및 소자 기술 개발
- 웨어러블 디바이스의 형태는 크게 다음과 같이 구분할 수 있음. 머리착용형은 주로 안경 형태로 촬영, 검색, 내비게이션, 통화 등의 기능을, 손목, 손가락, 팔 착용형으로는 시계 또는 밴드가 주를 이루며, 통화, 문자, 운동량 측정, 촬영 등 기능을 담당함 의복형태는 운동량 또는 신체정보를 측정하여 헬스케어 또는 의료에 응용을 목적으로 함



* Source : 삼성경제연구소(2013)

<그림 28> 웨어러블 일렉트로닉스 응용제품

□ 환경분석

○ 국내외 연구개발 사업 현황

- 웨어러블 디바이스 기술은 미래 산업기술을 선도할 중요 기술로 주목받고 있으나, 세계적으로 기술 진입/초기 단계로서 연구위험 및 투가 규모가 크므로 기업 주도 연구개발보다 국가 주도형 개발 사업으로 추진이 필요함.

- 산업통장자원부가 2013년 발표한 200대 유망 미래핵심 소재 및 부품 로드맵에 따르면, 미래 화학, 전자, 금속, 세라믹, 융합 소재 및 부품 산업 전반에 걸쳐 16 가지 이상 wearable & flexible electronics 관련 기술이 포함되어 있음.
- 올해 플렉서블 디스플레이 및 wearable 이차전지는 산업핵심기술개발사업 및 소재 부품 핵심소재 기술개발사업 통해 기초연구 지원을 시작하고 있으며, 사업체의 연구 개발 참여를 유도하고 있음.
- 국내 주요 연구 과제가 대학 중심의 기술 단위별 기초 연구 위주로 진행되고 있으며, 아직까지 기업 및 산업체 주도 핵심 제품군의 선택 및 기술개발 연구는 이루어지지 못하고 있음.
 - 부분 요소 기술을 개발하는 연구가 주로 이루어지는 상황
 - 실제 요소 기술을 종합하여 전체 system을 아우르는 종합적인 연구가 필요함.

- **[구글 글래스]**

- 구글 글래스는 기존 제품들에 비해 초경량으로 디자인 되었으며, 구글이라는 브랜드 네임과 더불어 증강현실을 적용하여 큰 관심을 불러일으킴. 그러나 테스트 그룹을 대상으로 예판된 증강현실을 이용한 원치않는 광고와 개인정보 침해 등의 문제로 회의적인 미디어의 반응이 나옴.
- 구글은 글래스를 넘어 2013년 ‘스마트 콘택트렌즈’ 를 3년 이내에 시제품을 개발 하겠다고 발표함. 스마트 콘택트렌즈는 증강현실을 눈앞에서 보여주는 기기로 디스플레이, 안테나, 무선 통신, 데이터 연산칩을 콘택트렌즈상에 구현해야 함.

- **[스마트 워치] 아이워치, 갤럭시 기어, LG워치**

- 삼성전자와 LG는 작년 애플보다 먼저 스마트 워치를 출시하면서 시장 선점을 노리고 있으며, 올해 애플도 아이워치를 출시함. 스마트폰과 결합한 보완재로써 전통적 wearable 대체제로 받아들여지고 있음. 전화 수신/발신, 이메일, 문자, SNS 실시간 확인 등의 스마트폰 기능의 간단한 작동과 함께, 운동량 및 심박수 등 헬스케어용 인터페이스를 탑재하여 스마트폰과 차별화된 새로운 기능을 추가하고자 하였음.
- 그러나 아직까지 착용감 및 디자인에 제약이 있고, 충분치 않은 배터리 용량이 극복되어야 할 문제점으로 대두됨.

- **[피트니스 밴드] 나이키+퓨어밴드**

- 피트니스 밴드는 중소기업을 포함하여 10종 이상 제품이 출시되어 있으며, 대부분 하루 동안 이동 거리, 운동시간, 수면시간과 질, 칼로리 소모 등을 기록하고, 일부 기기들은 심박동수를 측정하여 스마트폰으로 데이터를 전송하여 수치를 분석하는 시스템임.

○ 주요 연구 개발 동향

- 시장에서의 웨어러블 디바이스 연구는 기존 소자의 단순 조합으로 착용가능 악세서리 형태의 제품을 개발하는 단계임. 연구소 및 대학에서는 유연성 강화, 고성능화, 인체 신호 센싱 및 치유 기능 강화 등으로 직접적으로 신체와 상호작용할 수 있는 전자소자를 개발하고자 하는 연구가 기초 소재에서부터 응용까지 활발히 이루어지고 있음.
- 웨어러블 디바이스 연구는 기존 전자소자가 구현하지 못한 기계적 유연성을 부여하면서도, 전자소자의 성능은 유지해야 하므로, 새로운 광/전자 나노소재의 개발에서부터 이를 이용하여 유연기판에 전자소자를 구현하는 공정, 새로운 소재 조합을 이용한 전자소자의 구현 및 성능향상, 그리고 마지막으로 단위소자들의 시스템화를 이용한 플랫폼 형성 기술에 걸쳐 광범위한 분야에서 연구가 이루어져야 함.
- 현재 각 개발 소재에 대한 연신특성 평가 및 향상, 또는 단위 전자소자의 기계적, 광전기적 특성과의 상관관계 탐색 및 향상 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 단계이며, 웨어러블 플랫폼으로의 연구 성과 또는 시제품은 아직까지 구현되지 못하고 있는 실정임.

□ 비전 및 목표, 추진전략

○ 연구의 추진전략

- 웨어러블 디바이스의 가장 중요성은 사용자의 착용감 및 사용편의성 그리고 안전이 보장되어야 할 것으로 여겨짐.
- 현재 발표되고 있는 제품군들에서는 사용 편의성 측면에서 지속가능한 전원 공급을 위한 연구개발이 시급한 것으로 판단됨. 또한 fashion 과의 연개가 관련사업에서의 확대에 매우 중요한 요소가 될 것으로 예상되고 있음.
- 보다 우수한 착용감 및 사용 편의성을 위하여 기존 소자의 조립 수준을 뛰어넘을 수 있는 소재 및 소자 개발이 요구됨. 특히 신축성이 우수한 전자소재 및 소자, 유연 반도체 기술, 고용량 유연 배터리 기술은 파급효과가 매우 클 것으로 보임. 또한 이러한 웨어러블 디바이스의 내구성 확보를 위한 보호막 또는 포장 기술의 개발 또한 향후 연구개발이 필요한 것으로 예상됨.
- 향후 관련기술 개발에 있어 무엇보다 안정성 검증이 가장 중요할 것으로 보임. 웨어러블 디바이스 제품의 신체/피부 접촉 부작용에 대한 연구가 이루어질 것으로 보이며, 인체 친화용 소재를 이용한 소자 개발을 위한 연구가 진행될 가능성이 있음.
- 사회적으로는 웨어러블 디바이스 산업의 활성화를 위해서는 사회적으로 개인정보 보호 및 제도적인 뒷받침이 필요함. 웨어러블 디바이스가 생활 전반에서의 개인의 신체 정보뿐만 아니라 개인 경험을 쉽게 수집, 정보화 할 수 있는 만큼 이에 대한 안전한 관리체계 수립이 중요해질 것으로 예상됨.

□ 세부추진기술

○ 나노소재기술

- 연신특성이 있는 금속전극 기술 (stretchable electrode)

- 기존 금속 소재는 얇은 박막의 경우 구부림 (bending)은 가능하나 실제 웨어러블 소자에 필요한 연신 (stretchable) 특성은 없음. 따라서 금속 나노입자 또는 탄소나노튜브 등의 전도성 나노소재를 연신이 가능한 rubber 고분자와 composite 하는 형태로 연신 가능 전도성 전극기술

- 유연, 투명 전극기술

- 투명전극은 디스플레이의 핵심소자인 발광다이오드 또는 태양전지 등에 반드시 필요한 전극으로써, 원자단위 두께를 가지는 그래핀이나 금속 나노와이어 또는 탄소나노튜브와 같은 일차원 전도성 나노소재의 네트워크를 유연기판위에 형성하는 유연, 투명전극기술

- 고성능 유연 반도체 기술

- 박막 무기물을 이용한 반도체, 유기/고분자 하이브리드 반도체, 2차원 Van der Waals 반도체를 이용한 전하 고이동도의 유연 반도체 기술

○ 유연전자소자 프린팅 공정기술

- 잉크공정 기술

- 잉크소재는 나노소재의 분산성을 향상시키고 안정적 프린팅이 가능한 조성화, 잉크소재의 소성 온도를 낮추기 위한 기술

- 프린팅 기술

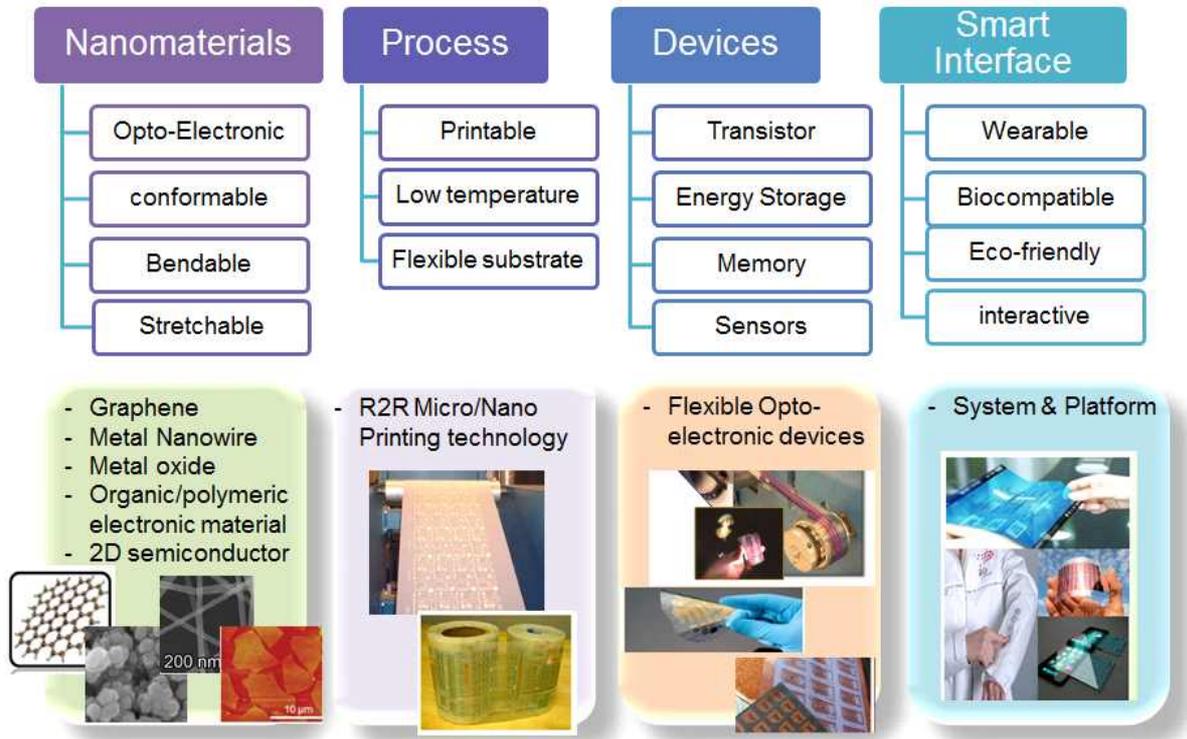
- 고해상도 프린팅 공정 기술, Roll to roll compatible 저온 소결공정기술

- 소자기술

- 신체에 부착하는 유연소자인 Electronic tattoo, 착용형 에너지 하베스팅 소자, 착용형 디스플레이용 유연 소자 기술

□ 추진체계

- 웨어러블 디바이스 연구는 기존 전자소자가 구현하지 못한 기계적 유연성을 부여하면서도, 전자소자의 성능은 유지해야 하므로, 새로운 광/전자 나노소재의 개발에서부터 이를 이용하여 유연기판에 전자소자를 구현하는 공정, 새로운 소재 조합을 이용한 전자소자의 구현 및 성능향상, 그리고 마지막으로 단위소자들의 시스템화를 이용한 플랫폼 형성기술등 광범위한 분야에서 동시적, 협업적 연구가 이루어져야 함. 주요 요소기술별 추진체계는 아래와 같음.

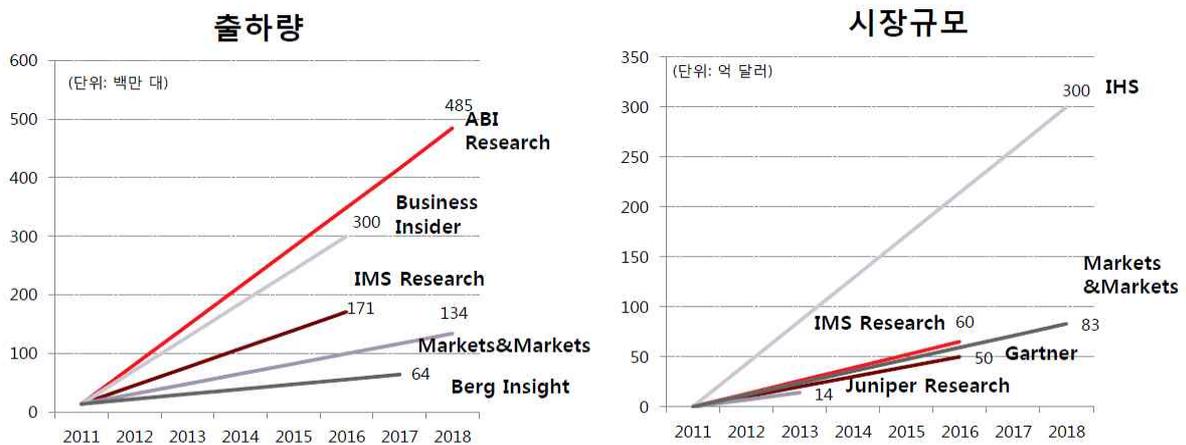


<그림 29> 웨어러블 전자소자의 분류 및 핵심 기술

□ 기대효과

○ 기대효과 및 활용분야

- 전세계 웨어러블 디바이스 시장규모는 통계업체에 따라 편차가 있으나 2018년 기준으로 83억 달러에서 최대 300억 달러 (IHS Global 예측)로 예상됨. 출하량은 최대 485백만 대로 예상되고 있음 (출처: KT 경제경영연구소, 2014)

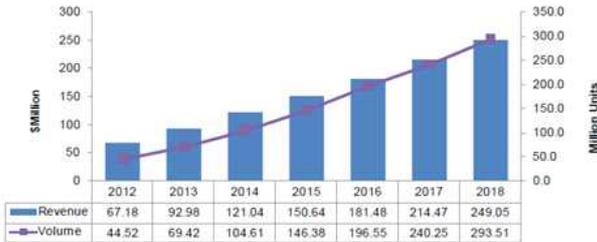


<그림 30> 웨어러블 전자소자 시장규모

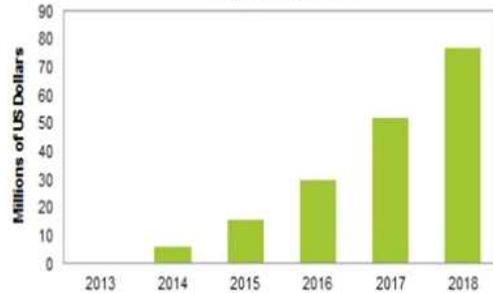
- 세부 기술 및 부품 시장을 살펴보면, 웨어러블 센서 시장은 markets and markets社 예상에 따르면 2012년부터 증가하여 2018년 2.5억 달러 수익이 예상되고 있음.

- 현재 웨어러블 패브릭 전지는 상용화되지 않았으므로 대규모 시장이 창출되어 있지는 않으나 웨어러블 기기 시장이 빠르게 팽창하면서 여기에 사용되는 플렉시블 배터리 시장의 확대에도 속도가 붙을 것이라는 전망이다. 시장조사기관 IHS 테크놀로지는 올해 웨어러블 기기용 배터리 시장 매출은 본격적으로 늘어나 600만 달러 규모로 성장할 것으로 기대하고 있음. 향후 몇 년간 빠른 속도로 성장해 2018년에는 2014년 대비 1200% 가까이 늘어난 7700만 달러에 이를 것으로 보임.

Global Wearable Devices Sensing Components Market Revenue (\$million) & Volume (Million Units), 2012 ~ 2018



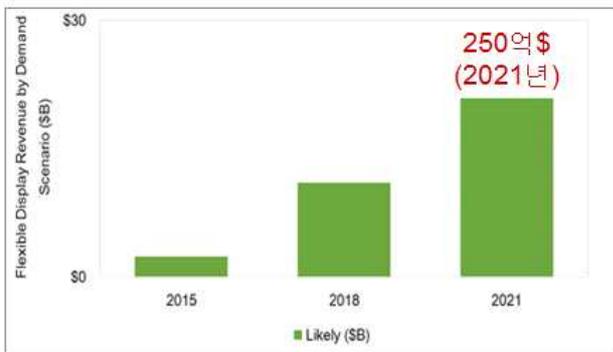
Global Revenue Forecast for Batteries Used in Wearable Electronics (Millions of US Dollars)



<그림 31> 웨어러블 일렉트로닉스 세계시장

- 플렉서블 디스플레이의 경우 더욱 큰 시장을 형성할 것으로 예상됨. HIS 디스플레이 서치의 예상치에 따르면 2018년 약 100억 달러 이상 수익을 예상하고 있으며, 2021년까지 250억 달러로 수익이 증대될 것으로 예상하고 있음.
- 웨어러블 디바이스의 주요 제조 공정으로 주목받고 있는 인쇄전자 관련 부품 및 소자 시장은 현재 전극의 스크린 인쇄를 기반으로 하는 digitizer, 터치패널 등 기능성 필름 시장에서 수익이 발생하기 시작했으며, 점차 적용범위가 확대될 가능성을 보임. IDTechEX社에 따르면 인쇄전자 소자 시장은 2018년 100억 달러에서 2025년 150억 달러로 확대될 것으로 예상됨.

❖ Flexible display (HIS 디스플레이 서치)



❖ Printed Electronics (IDTechEx)



<그림 32> 플렉시블 디스플레이 및 인쇄전자 시장규모

4. 초경량 고강도 나노기반 첨단소재

□ 추진배경

- 이산화탄소 배출 규제 강화와 대응
 - 이산화탄소 배출규제 강화에 따라 연비개선 경쟁이 치열
 - 주요 선진국들 연비목표 설정 및 달성을 위한 정부 차원의 R&D 추진
- 경량소재 적용을 통한 수송기기 경량화
 - 철강부품의 경량소재 대체를 통해 획기적인 경량화 달성
 - 고급차량 마그네슘, 알루미늄, 탄소복합재료 적용으로 중량 대폭 감량
- 미래 경량화 방향은 다양한 경량소재를 혼합 적용
 - 단일 경량소재 집중방식에서 다양한 소재 혼합방식으로 경량화 전환 중
 - 융합 경량신소재 개발은 수송기기 산업 전 분야의 경쟁력 선점으로 귀결

□ 환경분석

- 이종소재 용·복합 기술 국내·외 현황
 - 유럽, 정부 R&D 전략으로 이종소재 용·복합 기술을 코어 기술로 선정. 9개국 38개 업체가 참여한 자동차 경량화 프로젝트 진행 중
 - 일본, 경량화 핵심기술로 우수한 복합기능을 가지는 이종소재의 용·복합 기술 선정. 정부 주도하에 기술 개발 진행 중
 - 국내, 1990년대 철강소재/비철금속 접합 연구 시작. 2000년 중반 접합특성 향상 위한 공정기술 개발
 - 최근 금속-비금속간의 접합 연구 진행하였으나, 용·복합 신기술 및 신소재 개발 연구 미흡
 - 국내 자동차 업체, 이종소재 복합화를 통한 고기능성 부품개발 수행. 공급자-수요자간의 네트워크 부족으로 제품 적용 미비
- 수송기기용 용·복합 경량 신소재 시장 전망
 - 강화되는 환경관련 규제로 단일 경량소재의 집중적용 방식으로는 대응 불가능
 - 초경량화 및 다양한 상품·시장 대응을 위해 이종소재 혼용된 멀티경량소재 적용이 불가피
 - 경량소재 용·복합 기술이 자동차·철도·항공 산업을 주도하며, 향후 기계·전자·건설·조선·우주 산업으로 대폭 확대될 전망
 - 금속/금속, 금속/비금속간의 이종소재 합금화/접합/표면처리/평가기술 등의 용·복합 원천기술 개발이 세계 시장을 선도할 전망
- 미래 경량화 방향은 다양한 경량소재를 혼합 적용
 - 단일 경량소재 집중방식에서 다양한 소재 혼합방식으로 경량화 전환 중
 - 융합 경량신소재 개발은 수송기기 산업 전 분야의 경쟁력 선점으로 귀결

□ 비전 및 목표, 추진전략

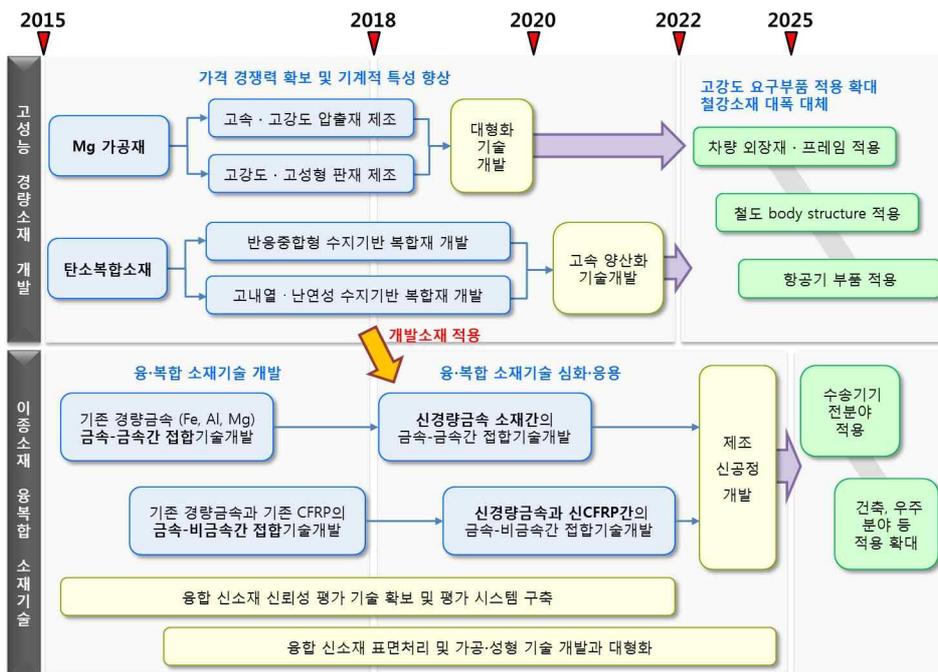


<그림 33> 초경량 고강도 나노기반 첨단소재의 비전 및 추진전략

□ 세부추진기술

- 고강도 마그네슘 가공재 경쟁력 강화기술 확보
 - 고속·고강도 마그네슘 압출재 제조
 - 고속압출을 통한 가격경쟁력 강화와 더불어 新압출 공정 개발을 통한 고강도화
 - 고강도·고성형성 마그네슘 판재 제조
 - 성형성 향상을 통한 제조공정 비용 감소와 더불어 합금 및 후처리 기술개발을 통한 고강도화
- 고성능·저가 탄소복합소재 대량생산 기술
 - 반응중합형 수지기반 탄소복합소재 대량생산 기술
 - 고속 중합 가능한 열가소성 수지 및 반응성 액상 성형 기술을 통한 수송기용 탄소 복합재 제조 기술 개발
 - 고내열·난연성 수지기반 탄소복합소재 대량생산 기술
 - 내열성과 난연성을 동시 보유한 속경화형 열경화성 수지 개발 및 이를 적용한 탄소 복합소재 고속 성형 기술 개발
- 이종경량소재간 접합을 통한 융·복합 소재기술 개발
 - 고기능 융합 경량 新소재 개발
 - 합금화, 접합 기술을 통한 초강도, 초경량, 신기능, 복합기능을 가지는 융합 경량 新소재 개발
 - 융합 경량 신소재의 평가기술 및 표면처리기술 개발
 - 개발된 융합 경량 신소재의 신기능 특성 평가기술 확보 및 고효율 표면처리기술 개발

□ 추진체계



<그림 34> 초경량 고강도 나노기반 첨단소재의 공급사슬

□ 기대효과

- 고기능성 이종소재 접합관련 핵심 요소기술 선점과 더불어 융합 경량신소재 및 이와 연계된 新공정에 대한 원천기술 확보
- 다양한 경량금속 및 복합재료를 제조하고 이를 접합, 표면처리, 가공, 제품화까지 하는 전주기적 산업 생태계 조성
- 융·복합 기술을 이용한 초경량화를 통해 연료비 및 환경비용 절감과 함께 친환경 기업 및 국가 이미지 형성
- 고부가가치 소재 융복합화 기술 개발을 통해 자동차, 철도, 선박, 항공의 세계 시장에서의 점유율 확대 및 융합 경량신소재 新시장 선점
- 수송기기와 더불어 건축, 우주 등 폭넓은 시장으로 확대를 통해 산업 매출 및 신규 고용 대량 창출

5. 나노자성소재(탈희유소재)

□ 추진배경

- 고성능 모터의 핵심소재 영구자석
 - 희토류 자성소재는 페라이트 자석과 함께 영구자석 시장을 양분하고 있으며, 잔류 자속밀도, 보자력 측면에서 현존하는 가장 뛰어난 자성소재로서, IT기기, 풍력발전, 전기자동차 등 전 범위 산업분야의 근간이 되는 국가전략소재
 - 특히 미래형 자동차에 사용될 고효율/고성능 모터시장의 엄청난 시장 확대가 예상되며, 자동차수요가 폭발적으로 늘어날 것으로 전망되는 중국시장을 포함한 아시아 시장이 세계시장을 선도할 것으로 예상
- 중국의 희토류 자원 무기화
 - 희토류 금속의 전세계 생산량 중 중국이 97% 이상을 차지하고 있으나, 자원을 무기화하여 생산 및 수출을 엄격하게 통제하고 있어 전세계적으로 희토류 자원 확보를 위한 경쟁이 치열
 - 이러한 희토류 금속의 수급 불안정성을 해결하고 대중국 의존성을 탈피하기 위해 희토류를 사용하지 않는 새로운 자성소재를 개발하기 위하여 일본을 비롯한 선진국에서는 국가차원의 대규모 연구개발 지원이 이루어지고 있음.
- 희토류 Free 자성소재 원천기술 확보
 - 희토류 free 자성소재 연구는 일본의 “원소전략프로젝트”, 미국의 “Materials Genome Project” 등이 진행되고 있음.
 - 그러나 연구초기 단계로서 국내에서 조기에 연구를 추진할 경우 원천기술을 확보할 수 있는 가능성이 높은 분야로서 전략적이고 체계적인 R&D 투자 및 사업화 전략이 필요

□ 환경분석

- 사업화 현황 및 시장전망
 - 전세계 영구자석 시장은 2015년 현재 약 13조 원 규모이며, 그 중에서 NdFeB 자석과 같은 희토류 자성재료가 약 8조 원을 차지하고 있으며, 페라이트 자성재료가 4조 원으로 뒤따르고 있으며, 향후 연간 11% 이상의 고속성장이 예상됨.
 - 희토류 자석의 경우 중국이 전세계 Nd자석 생산량의 약 60% 이상을 점유하고 있으며, 고급재는 일부 리딩기업이 주도하고 있으며, 중저급재는 100여개 이상의 중국 중소기업에 의해 생산
 - 일본은 고급재 위주의 희토류 자성재료 산업구조를 가지고 있으며, TOP3 업체가 산업을 주도하고 있으며, 세계시장의 40% 점유하고 있음.
 - 국내는 희토류 산업의 기반이 부족하여 희토류 자성재료의 산업구조가 취약한 상황이며, 페라이트 자성재료는 쌍용머티리얼, 태평양금속 등 일부 기업에서 생산하고 있음.

<표 39> 희토류 자성재료의 시장 전망

| 구분 | | 2011 | 2013 | 2015 | 2021 | 2025 | 2028 |
|-------|------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 해외 시장 | 금액 (천만 달러) | 2,443 | 2,636 | 2,927 | 4,036 | 5,000 | 5,871 |
| 국내 시장 | 금액 (억 원) | 5,525 | 9,750 | 19,500 | 33,981 | 42,096 | 49,431 |

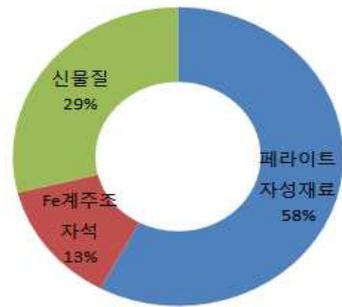
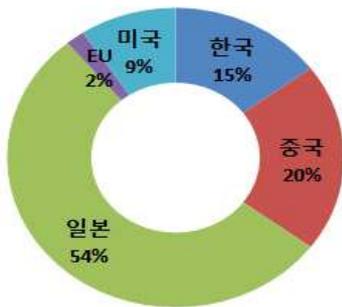
* 출처 : Magnetic Materials - A Global Strategic Business Report 10/10 (2010)

○ 국내외 R&D 동향

- 일본의 비희토류계 자성재료 관련 연구는 2007년부터 국가주도하에 본격적으로 수행되기 시작하였으며, 2009년부터 수행된 정부과제를 통해 BCT 구조를 가지는 Fe₁₆N₂ 강자성체 물질의 개발 및 제조에 성공하였으며, 미국의 경우 NdFeB 자석을 대체 신규 자석의 연구를 2010년부터 에너지성(DOE) 주도로 수행하고 있음.
- 국내의 비희토류계 자성재료 R&D는 페라이트 자석의 경우, 쌍용머티리얼 등 제조업체의 자체 R&D 이외에 국가 차원의 연구는 미미한 상황이며, 재료연구소 등 일부 국내 연구기관에서 MnAl 등 비희토류계 영구자석에 대한 기초연구를 진행하고 있음.

○ 국내외 특허동향

- 희토류 Free 자성소재는 2000년 이후 일본을 중심으로 연구가 시작되었으며, 총 특허의 54%를 일본이 점유, 중국과 미국은 비교적 최근에 관련 연구가 시작되어 특허점유율이 낮음.
- 한국의 경우 15%의 희토류 Free 자성소재의 특허 점유율을 보이고 있으나 일본이나 미국과는 달리 희토류 자성소재의 대체를 위한 신물질에 대한 특허보다 기존 페라이트 자성재료의 특성개선에 관한 특허가 대부분임.

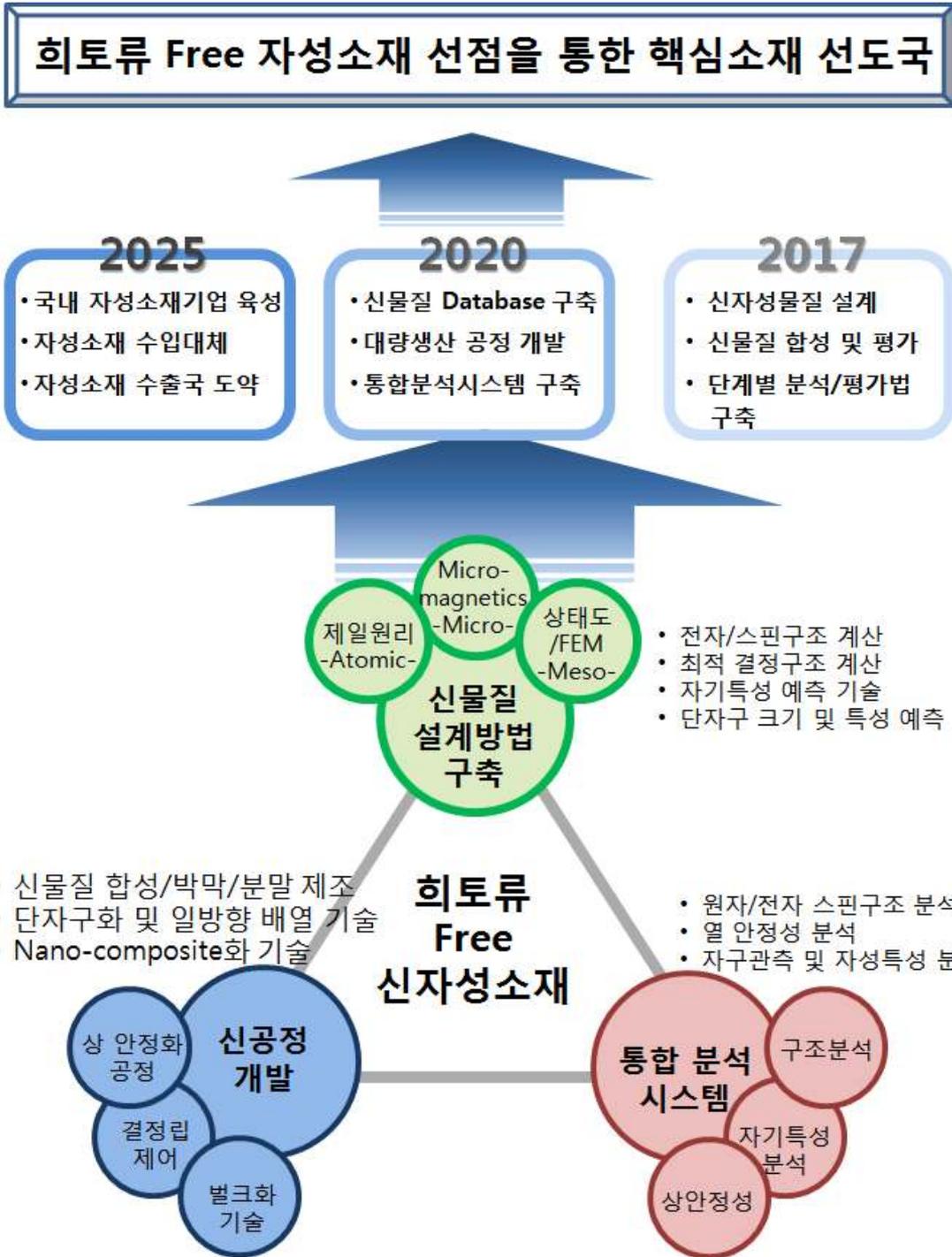


<희토류 Free 자성소재 국가별 출원현황>

<희토류 Free 자성소재 특허내용>

<그림 35> 희토류 자성소재 특허 현황

□ 비전 및 목표, 추진전략



<그림 36> 나노자성소재의 비전 및 추진전략

□ 세부추진기술

○ 희토류 Free 신자성물질 설계 기술 확보

- 고자기특성을 나타내는 양자론적 및 결정학적 원리를 파악하여 이를 다기능 전산 모사법으로 구현하여 비실험적 방법으로 고특성 영구자석 후보물질을 탐색하고 Database 구축

<표 40> 희토류 Free 신자성물질 설계 기술 확보의 세부과제

| 세부과제기술 | 세부과제목표 | 특징 및 필요성 | 구분 |
|-------------------|--|---|---------|
| Intrinsic 자기특성 예측 | <ul style="list-style-type: none"> 원자단위의 전산모사를 통한 결정 구조, 화학결합에 따른 자기특성 예측 | <ul style="list-style-type: none"> 새로운 물질설계에 있어서 후보 물질을 비실험적 방법으로 압축하여 개발기간 단축 | 제일 원리 |
| Extrinsic 자기특성 예측 | <ul style="list-style-type: none"> Micro-meso 단위의 전산모사법을 통해 후보물질의 미세구조 및 열역학적 합성가능성을 판단 | <ul style="list-style-type: none"> 원자단위에서 예측된 후보물질의 실제 합성가능성을 확인하고, 미세구조에 따른 최적 자기특성을 예측 | 열역학 FEM |

○ 희토류 Free 신자성물질 합성 및 제조기술 확보

- 박막 혹은 분말형태의 물질을 합성하여 자기특성을 평가하고, 상용화를 위한 희토류 Free 자성소재의 대량생산을 위한 제조기술 개발

<표 41> 희토류 Free 신자성물질 합성 및 제조기술 확보

| 세부과제기술 | 세부과제목표 | 특징 및 필요성 | 구분 |
|--------------------|--|---|----------------|
| Fe계 및 Mn계 신자성물질 합성 | <ul style="list-style-type: none"> 후보물질을 실제 합성하고, 자기특성을 측정하여 신자성소재 가능성 검증 | <ul style="list-style-type: none"> Lab. 단위의 박막 또는 분말 형태로 제조하여 가장 우수한 신물질 제조 자기spin이 가장 우수한 Fe 및 Mn원소를 기반으로 한 소재 합성을 우선 진행 | CVD 분말 합성 (단기) |
| 대량생산 기술 | <ul style="list-style-type: none"> 차세대 희토류 Free 자성소재로서의 가능성이 확인된 물질을 대상으로 대량생산을 위한 新공정 개발 | <ul style="list-style-type: none"> 실제 실용화를 위해서는 Pilot scale의 대량생산설비를 통한 양산검증이 필수 | 용해대량 합성법 (중장기) |

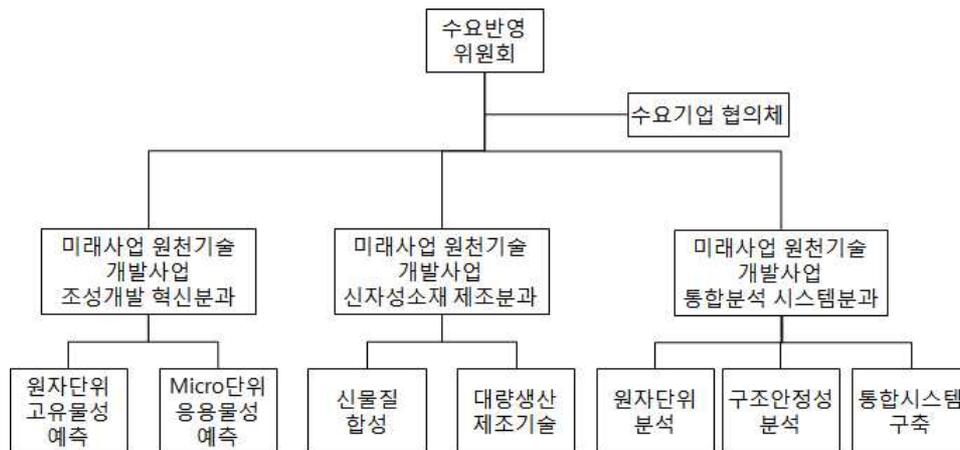
○ 분석공정의 일원화를 통한 실시간 통합분석 시스템 구축

- 고특성 신자성소재의 개발을 위한 multi-scale 분석법의 수직일원화 시스템을 구축하고, 분석하되 고유 및 응용물성을 Database 화

<표 42> 분석공정의 일원화를 통한 실시간 통합분석 시스템 구축

| 세부과제기술 | 세부과제목표 | 특징 및 필요성 | 구분 |
|------------------|--|---|------------------|
| 전자 및 원자단위 분석법 구축 | <ul style="list-style-type: none"> 전자 및 spin구조를 비롯해 개발 물질의 결정구조를 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 원자단위 전산모사를 통해 예측 결과와 실제 합성물질의 분석 결과를 상호 분석하여, 전산 모사의 정확도 향상 | 방사능 가속기 X-선 회절 |
| 열적 안정성 및 자기특성 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 자성소재의 미세조직에 따른 자기 특성 평가를 통해 고특성 자성 소재의 최적조직 도출 도출 결과를 feedback 하여 소재 합성 및 제조공정 개선에 활용 | <ul style="list-style-type: none"> 자성소재의 특성은 온도, 미세조직 등 외부요인에 의한 영향을 크게 받으므로 고유특성의 발현을 위한 최적 조건 도출이 필요 | 피스바 우어, VSM, MFM |
| 통합분석 시스템 구축 | <ul style="list-style-type: none"> 고유물성을 기반으로 한 응용물성 예측기법을 개발 | <ul style="list-style-type: none"> 통합분석 시스템으로 고유물성을 최단시간에 분석하고 이를 통해 응용물성을 예측하여 소재개발 기간 단축 | 특성 예측 |

□ 추진체계



<그림 37> 희토류 자성소재 개발 추진체계

□ 기대효과

- 희토류 Free 자성소재 개발을 통한 신시장·신산업 창출
 - 고특성 영구자석 시장은 풍력발전, 전기차 등 미래 친환경 산업의 발달에 따라 매년 20% 이상 성장중이며 국내 시장의 규모 추산시 최소 2500톤 / 4000억 규모. 이를 비 희토류 자석으로 치환한다고 가정시 연 5000억 이상의 국내 자석시장 주도 가능
 - 자성소재를 사용하는 대형가전제품, 친환경자동차, 녹색 에너지 관련 산업의 성장을 견인하고 자성소재 가공산업의 추가 수요 발생

- 고틱성 희토류 Free 자성소재 기술·산업 기반 마련
 - 로봇, 사무기기, 가전제품 등에 사용되는 모터의 핵심 소재로 비희토류 기반의 다양한 조성을 활용하여 소재에서 산업장비까지 연결되는 Value chain 조성
 - 새로운 조성의 자성소재 설계를 통해 신물질에 대한 다수의 원천특허 및 표준화의 확보가 가능하며 높은 자석특성(보자력, 최대 자기 에너지곱)을 지닌 자석 마련으로 자성소재 산업 자체에 커다란 기술 진보 가능
- 자성소재 수입국에서 수출국으로의 입지 마련
 - 현재 고틱성 자석의 대부분을 차지하는 희토자석은 대부분이 중국과 일본에서 생산되는 상황이며 안정적인 소재 공급으로 국내의 전기전자, 자동차 산업의 경쟁력 상승
 - 전량 수입하는 희토류 대신 국내에서 대량생산 가능한 철 및 전이금속 이용시 미래산업 핵심소재 소재의 자립화가 가능하며 자성소재 수입국에서 수출국으로의 전환 기반 마련

6. 사물인터넷(Internet of Things)용 나노센서

□ 추진배경

- 차세대 핵심 기술 사물인터넷 (Internet of Things)
 - 사물인터넷은 인간과 사물, 서비스 세 가지 분산된 환경 요소에 대해 인간의 명시적 개입 없이 상호협력적으로 센싱, 네트워킹, 정보처리 등 지능적 관계를 형성하는 사물 공간 연결망을 의미. 기계와 기계간에 이뤄지는 통신이라는 뜻에서 M2M (Machine to Machine) 으로서도 명명
 - 웨어러블 디바이스, 스마트홈 네트워크, 커넥티드카 등 차세대 IT제품들은 기본적으로 기기간 연결을 통한 사용자 만족도를 극대화시키는 개념에서 사물인터넷의 대표적인 전형임.
 - 사물인터넷시대에서 가장 주목해야 할 부분은, 소수 대형기업들이 IT산업을 지배 하면서 네트워크 플랫폼을 포함해서 차세대 IT산업의 표준화를 정립하는 것이 매우 쉬워졌다는 점이며, 사물인터넷의 개념이 IT산업에 빠른 속도로 접목될 것으로 전망
- 사물인터넷용 스마트센서의 필요성
 - 사물인터넷에서는 온도, 습도, 열, 가스, 조도, 초음파, 움직임, 소리 등의 신호를 다양한 신호를 감지하고 추적하는 스마트 센서의 수요가 엄청나게 크기 때문에, 스마트 센서 시장이 급속도로 성장할 것으로 기대
 - 인터넷을 통해 사람과 사물, 사물과 사물 간 실시간으로 전달 및 공유하기 위해서는 실시간 상호 정보 교환이 가능한 스마트 센서 제조 및 활용 기술에서 경쟁우위를 획득한 사업자들이 향후 사물인터넷 시장의 주도권 확보를 모색할 수 있을 것임.



<그림 38> 사물인터넷의 응용분야 및 요구되는 스마트 센서의 종류

* 출처 : Yoleddevelopment

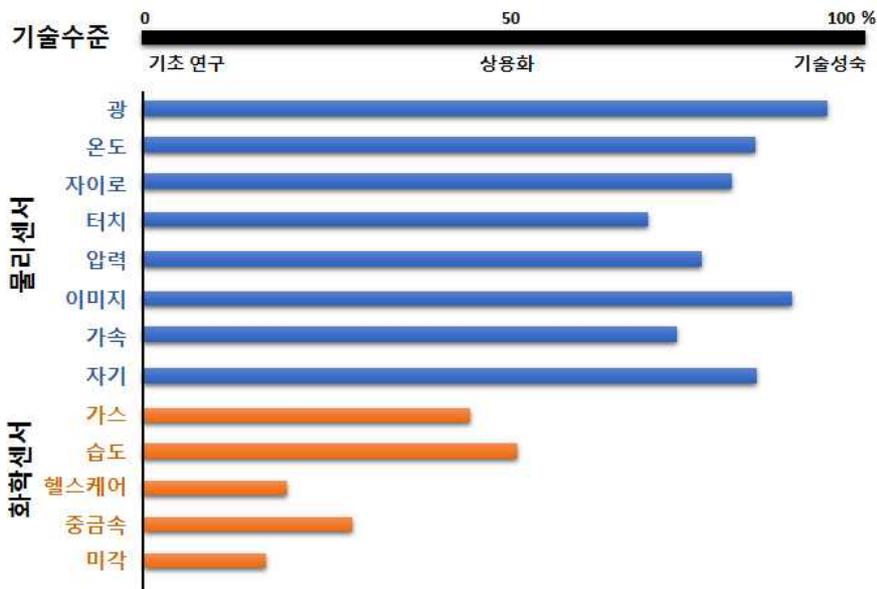
□ 환경분석

○ 사물인터넷용 스마트 센서 시장 규모 및 전망

- 센서 기술은 사물인터넷 고도화를 위해 절대적으로 필요하지만 우리나라 센서 경쟁력은 IoT 관심에 비해 떨어짐. 2013년 기준 우리나라 글로벌 시장 점유율은 1.7%로 미국(31.8%), 일본(18.6%), 독일(12.2%)은 물론이고 중국(2.9%)에도 뒤쳐짐. 글로벌 센서시장 규모는 2012년 796억 달러에서 올해 2015년에는 1050억 달러로 증가함. 2020년에는 사물인터넷의 확대에 의해 1417억 달러에 도달할 것으로 예측
- 주요 스마트 센서(대분류 8대 센서)의 시장 단계는 도입기(레이더, 관성, 광학, 바이오/의료), 성장기(물체 형상 인식, 자기 IC, 압력, 영상)로 분류됨. 현재 우리나라의 스마트 센서 관련 국내기술 수준은 중위권이며 시장 단계는 도입기 또는 성장기로 보여짐.

○ 국내 스마트 센서 시장 현황

- 국내 기업의 국내 센서시장 점유율은 23% 수준으로 대부분의 품목을 수입하고 있음. 8대 핵심 센서제품 중 스마트폰 이미지 센서(약 50%), 가스 및 수질 측정용 화학센서와 광학센서(각 5~10%)를 제외한 자기, 영상, 레이더 등의 제품은 전량 수입하고 있음. 2012년 수입 규모만 42억 달러에 달함.
- Bosch, Novasensor, Honeywell, Areescale, Analog Device 등 글로벌 기업들이 국내 스마트 센서 시장을 주도하고 있음. 물리센서는 자동차, 휴대폰에 주로 응용되고 있으며, 화학센서는 물리센서에 비해 기술 수준이 낮아 관련 원천기술 확보를 위한 연구개발이 더욱 요구되고 핵심 기술 확보에 따른 시장점유율 증대가 크게 기대되는 블루오션 분야



<그림 39> 사물인터넷용 센서 종류별 기술개발 수준

* 출처 : 전자부품연구원 센서현황 조사, IT 융합을 위한 지능형 센서 산업 동향

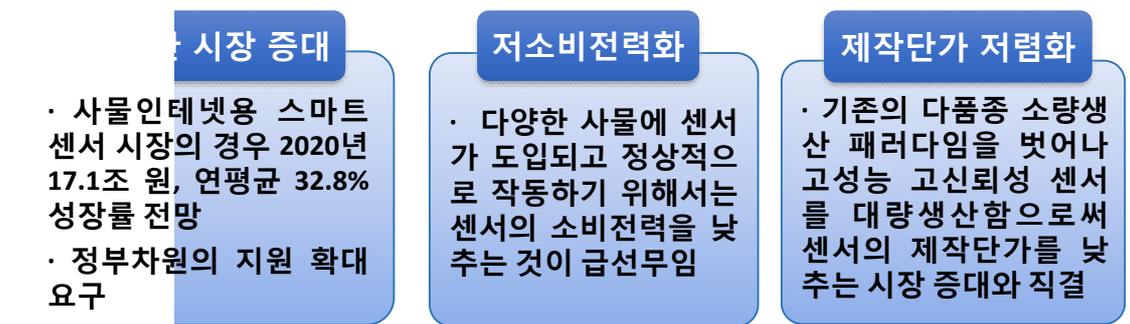
□ 비전, 목표 및 추진전략

사물인터넷용 나노·바이오센서 강국



| 센서 제품 전략적 상용화 | 사물인터넷 체계 구축 | | | | |
|---|---|----------|--------------|---|---|
| <p>스마트 리빙을 위한 응용분야별 나노 센서 제품의 전략적 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> · 실내/실외 주거용 스마트 환경 센서 · 헬스케어용 스마트 진단 센서 · 식품 농수산물용 스마트 푸드 센서 · 웨어러블 기기용 스마트 촉각 센서 | <table border="1"> <tr> <th>통신 기술 확보</th> <th>정보 안전화 기술 확보</th> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> · M2M 통신망을 통한 신호 전달 및 전달된 신호 처리 기술 확보 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> · 개인 정보의 보안 강화 및 정보 유출에 따른 개인 안전 침해 방지 시스템 개발 </td> </tr> </table> | 통신 기술 확보 | 정보 안전화 기술 확보 | <ul style="list-style-type: none"> · M2M 통신망을 통한 신호 전달 및 전달된 신호 처리 기술 확보 | <ul style="list-style-type: none"> · 개인 정보의 보안 강화 및 정보 유출에 따른 개인 안전 침해 방지 시스템 개발 |
| 통신 기술 확보 | 정보 안전화 기술 확보 | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> · M2M 통신망을 통한 신호 전달 및 전달된 신호 처리 기술 확보 | <ul style="list-style-type: none"> · 개인 정보의 보안 강화 및 정보 유출에 따른 개인 안전 침해 방지 시스템 개발 | | | | |

Nanosensors for Internet of Things



<그림 40> 사물인터넷용 나노센서의 비전 및 추진전략

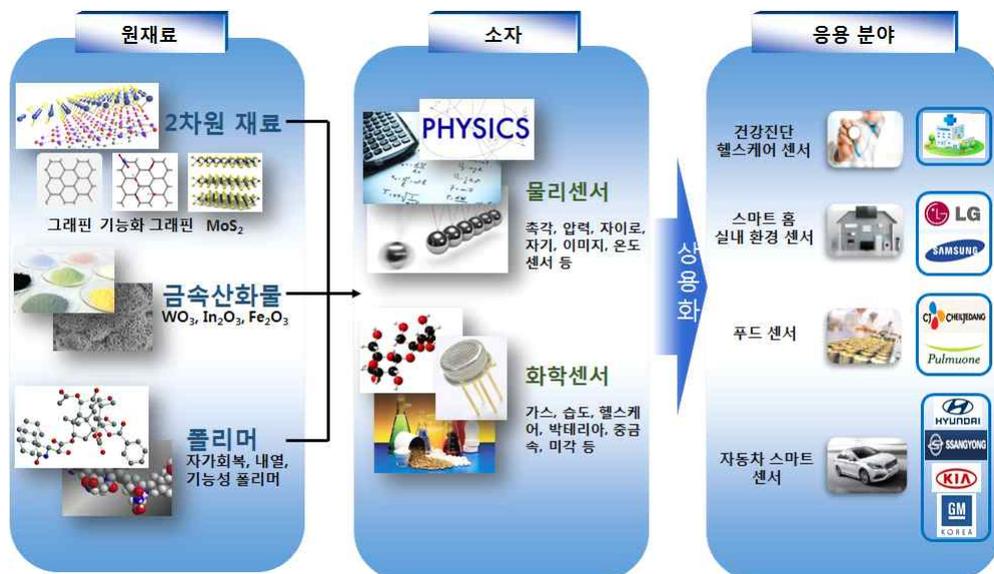
□ 세부추진기술

- 스마트 리빙용 실내/실외 환경 가스 센서
 - 거주환경 주변의 고농도의 미세먼지, 악취물질발생, 강, 하천, 바다 등의 수질오염 등 인체나 생태계에 악영향을 주는 환경가스 및 실내에서 발생하는 유해가스들을 사전에 방지하거나 줄이기 위한 실시간 환경 센서의 개발
 - 감도, 선택성, 안정성 향상 기술 및 저소비전력화 기술 개발 동시 진행 필수
- 헬스케어용 자가진단 센서
 - 저소비전력, 초소형, 반복사용이 가능하며 휴대폰과 연동 가능한 실시간 자가 건강 진단용 센서로서 천식, 결핵, 폐암 등 호흡기 질환 진단을 위한 호흡 분석기용 건강 진단 센서 및 근육의 움직임 또는 피부 노폐물의 감지에 기반한 바이오 진단 센서의 개발
 - 선택성 향상 및 소형화 기술, 저비용 대량생산, 반복사용, 저소비전력 구동가능한 자가진단 센서 기술 개발
- 스마트 푸드 센서
 - 음식 가공 및 보존 시에 발생된 식중독 및 대장균을 감지하여 음식으로 인한 예기치 못한 사고를 예방하고 하루 동안 섭취하는 음식의 칼로리를 계산하거나, 음식 불균형을 초래하는 잘못된 식단을 감지하여 사용자에게 정보 전달하는 센서의 개발
 - 미량의 균에 예민한 감지 물질 확보와 유해균 탐지 기술, 음식 섭취량의 정량화 기술 개발
- 웨어러블 스마트 촉각 센서
 - 촉각 센서는 터치 유무를 판단하는 기존의 터치 센서보다 외부 터치 또는 압력에 대해 더욱더 민감하게 반응하는 센서로서 웨어러블 전자기기 산업이 활성화되기 시작하면서 다양한 응용분야에 걸쳐 촉각 센서가 요구되며 있으며, 기존의 옷감에 적용 가능한 웨어러블 스마트 촉각센서의 개발
 - 고민감도, 저비용 대면적 생산성, 고내구성, 저소비전력 구동 가능한 촉각센서 기술 개발
- 스마트 자동차용 센서
 - 이산화탄소를 감지하여 실내 공기를 쾌적하게 유지해 운전자의 졸음 운전을 방지하고, 자동차내에 유입되는 유해 가스를 감지하여, 외부 공기를 실내로 유입되는 것을 차단하거나, 내부 발생 유해가스의 경우는 공기 순환 모터를 작동하여 공기를 외부와 순환 시키는 스마트 자동차용 센서의 개발
 - 저소비전력, 고신뢰성, 고선택성 및 목표 감지 가스에 대한 정량분석이 가능한 자동차용 가스센서 기술 개발

□ 추진체계

○ 추진 방안

- 장·단기 연구를 병행 추진하여 현재 기술수준이 낮은 약점을 극복하고, 단기적인 수요 및 장기적인 목표 모두 충족할 수 있도록 연구개발 추진
 - (단기) 스마트 센서의 구동관련 신뢰성 판별 기술을 확보하여 실제 소자 연구개발 및 자체평가 진행
 - (장기) 응용제품별 요구사항에 맞추어 적합한 기능화 및 상용화 위한 평가 시스템 및 제품에 적용 위한 플랫폼 구축
- 학연은 역할을 분담하여 기업의 생산 공정과 연결된 과제를 수행
 - 연구소는 시장성이 있으며 산업체 요구에 부합하는 상품별 규격을 설정하고 신뢰성 평가 시스템 및 품질관리 시스템을 개발
 - 학교는 기술 및 스마트 나노센서의 응용제품별 신뢰성 평가기술 개발



<그림 41> 사물인터넷용 나노센서의 공급사슬

□ 기대 효과

○ 경제적 기대효과

- 네트워크 사업자 시스코는 향후 10년 간 공공 부문에서의 사물인터넷 도입 효과가 총 4조 6,000억 달러에 달할 것으로 전망
- 전세계의 도시 지역에서만 약 1조 9,000억 달러의 경제적 잠재 가치가 창출될 것으로 전망

○ 기술적 기대효과

- 사물인터넷 스마트 센서 기술은 주로 도시 지역 운영 및 중앙 정부 정책 추진에 크게 기여할 것으로 예상되며, 빅 데이터와 연계한 데이터 분석 및 예측 능력 향상을 통해 가장 먼저 효과를 발휘할 것으로 기대

7. 고효율 화학전지용 나노기반 첨단소재

□ 추진배경



<그림 42> 차세대 이차전지 활용·응용 분야

* 출처 : 미래창조과학부 (2015)

○ 고효율 차세대 이차전지

- 세계 이차전지 시장은, 기존 소형 IT기기용 리튬 이차전지와 더불어 전기자동차 (xEV) 및 에너지저장용(EES) 중대형 이차전지 시장이 성장을 견인할 전망
- 이러한 IT 기기의 발달 및 중대형 이차전지의 필요성 증대로 고용량/고출력 이차전지 및 핵심 구성 소재에 대한 수요와 그에 따른 급속 충전 기술 개발에 대한 요구(need) 급증
- 전기자동차용 에너지저장 시스템은 친환경 자동차(Green car) 산업의 핵심 기술로, 자동차에서 요구하는 출력과 에너지 밀도, 안정성이 확보된 고효율 이차전지 개발을 위한 혁신적 기술이 요구됨.
- 특히, 유럽을 시작으로 전기자동차용 아이들링 정지(Idle Stop & Go, ISG) 기술 분야에서 고효율 이차전지의 약진이 예상되고 있음.
- 전력용 에너지저장 시스템은 전기를 대규모로 저장하여 필요할 때 사용하는 기술로, 계절성 수요 급증과 정해진 지역 내의 매 시간마다 변하는 전력 부하와 공급 사이의 밸런스에 따라 변하는 빠른 출력에 기술적으로 대응 할 수 있는 고성능 이차전지 및 에너지저장 소재 개발 필요

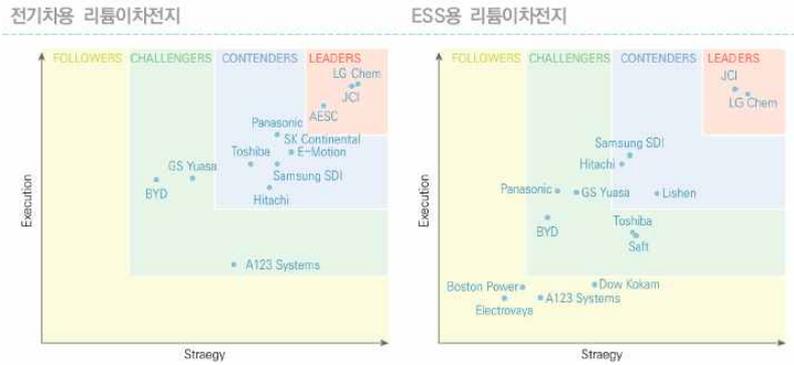
○ 나노 융합 에너지저장 소재의 필요성

- 나노 입자는 다양한 분야의 기술 또는 산업과 융합하여 고부가가치 산업을 창출할 가능성이 높은 소재로 다양한 응용 분야가 있으며, 에너지저장 소재는 그 중 성장성이 가장 높은 응용 영역 중 하나임.
- 이차전지 전극용 나노소재는 이차전지 시스템에서 에너지저장을 직접적으로 담당하는 양극 및 음극을 구성하는 소재 중 입자 크기가 나노 수준인 물질을 지칭하며, 기능성 나노소재와 마이크로-나노복합체로 크게 구분됨.
- 나노소재는 입자 크기가 작아 에너지저장 소재 입자 내부로의 에너지 전달 이온(리튬 이차전지의 경우, 리튬 이온) 이동경로가 비약적으로 짧아짐과 동시에 매우 높은 비표면적을 가지고 있기 때문에, 나노소재가 전극 물질로 적용된 이차전지는 매우 높은 출력 특성을 나타냄.
- 이차전지 산업에서 나노기술이 큰 기여를 할 수 있는 제품은 단기적으로 모바일 디바이스용 고용량/고출력 소형 전지이며, 중장기적으로 전기자동차 및 대용량 에너지저장 장치에 대응할 수 있는 차세대 리튬 또는 Post 리튬 이차전지 시스템이 될 것으로 예상
- 전기자동차 및 에너지저장용 이차전지는 현재의 IT기기용 소형 이차전지보다 고출력 및 장수명 특성이 요구되고 있어, 전극 활물질 및 전극의 나노 구조화와 모듈 최적화 기술 개발을 통하여 해당 요구 특성을 달성할 수 있을 전망
- 따라서 원천 나노소재 선행개발을 통해 이차전지 고출력화·장수명화 기술을 상용화 함으로써, 소재 국산화 및 차세대 이차전지 시장 주도

□ 환경분석

○ 국내 시장현황 및 전망

- 2013년 기준 삼성SDI가 IT기기용 이차전지를 포함한 세계 시장점유율 28%로 1위를 차지하고 있으며, LG 화학이 18%로 2위를 기록
- 향후 본격적인 성장이 예상되는 중대형 전지 부문에서도 한국 기업들이 선전 중이며, 특히 LG화학은 GM, 포드, 현대기아차, 르노 등을 포함한 10여개의 기업과 전기자동차용 중대형 전지 납품계약을 체결하였고 삼성SDI는 BMW, 폭스바겐 등과 중대형전지 공급 계약 완료

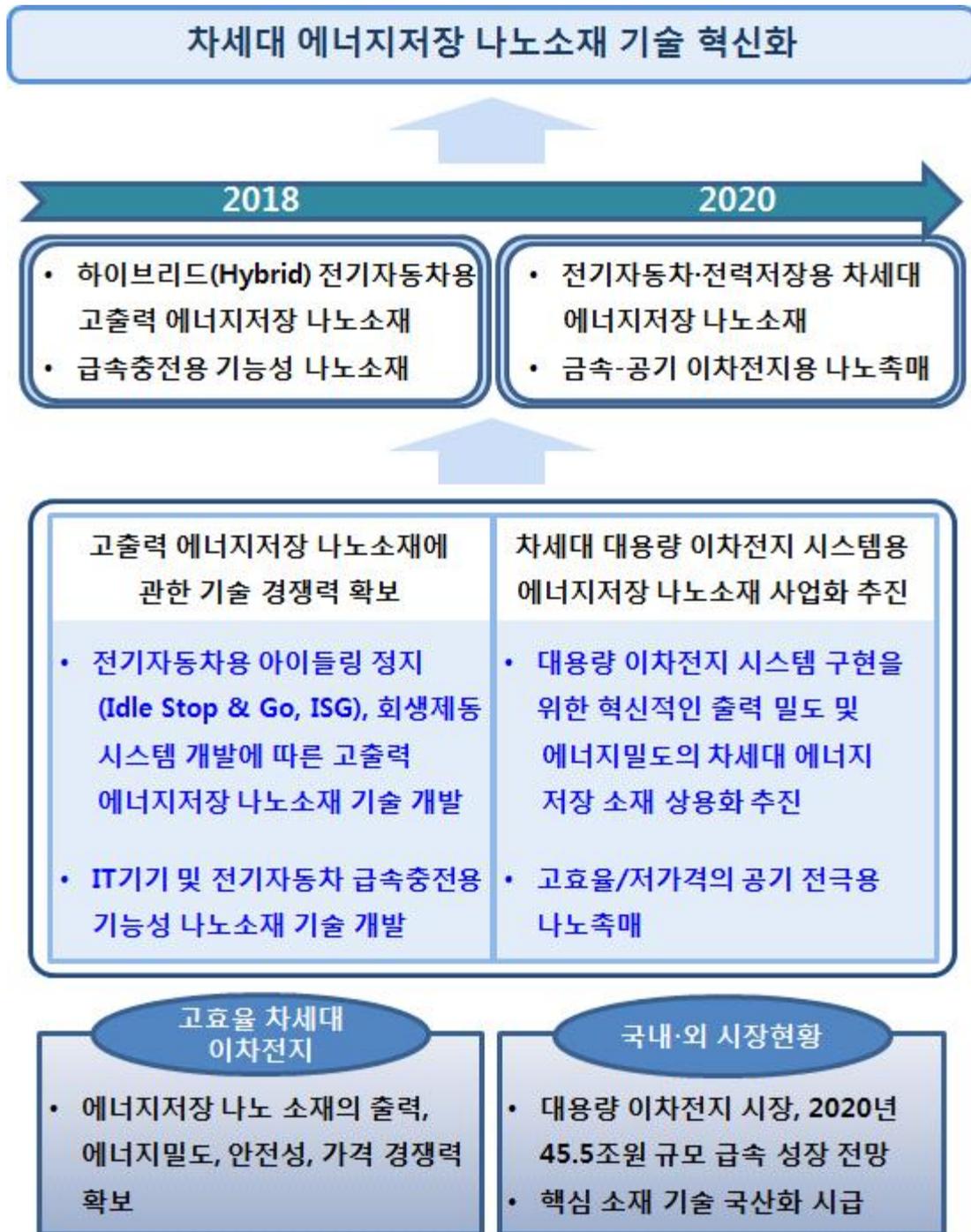


<그림 43> 리튬이차전지 산업동향 (2014년)

* 출처 : 한국수출입은행 해외경제연구소, 2014

- 상대적으로 전력용 에너지저장 시스템(ESS) 보급이 늦었던 우리나라도 최근 들어 산업 단지, 주거단지 등 대규모 전력 소비 영역 위주로 ESS 설치를 의무화하는 제도를 추진
- Post 리튬이차전지, 금속-공기 전지, 리독스 흐름(Redox flow) 전지 등 국내 차세대 이차전지의 경우, 아직 사업화와는 다소 거리가 있는 기술 및 성능으로 인해 삼성 SDI, LG화학 등 셀 제조 기업에서는 기술가능성만 검토 중이며, 주로 출연(연) 및 대학을 중심으로 소재 위주의 핵심기술 연구 단계에 있음. 리튬이차전지 대비 높은 가격 및 유사하거나 낮은 성능 등으로 기존의 리튬이차전지 대비 시장성이 아직 높지 않는 것으로 평가되고 있음.
- 한편 국내 이차전지 산업의 경우 리튬이차전지 원천기술 및 소재부분에서는 일본 기업의 50~70% 수준으로 평가되며, 이차전지 제조 분야에서 경쟁력을 지속적으로 유지하기 위해 핵심소재의 국산화 및 차세대 이차전지 개발이 시급
- 국외 시장현황 및 전망
 - 세계 이차전지 시장은 전기자동차 및 에너지저장용 중대형 이차전지 시장이 성장을 견인할 전망이며, 23조 원 규모의 리튬이차전지 시장 규모는 2020년 64조원으로 성장할 전망
 - 친환경 자동차로 주목받고 있는 전기자동차의 리튬이차전지 시장은 2014년 5.9조원에서 2020년 15.8조 원으로 연평균 20%씩 성장할 전망
 - 현재 ISG 기술 세계 전체 시장규모는 약 211억 엔 규모로 추정되며, 2020년에는 11.8배로 급증한 2,490억 엔 규모로 성장할 것으로 예상됨
 - 에너지저장용 리튬이차전지 시장은 2013년 1.4조 원에서 2015년 5.3조 원, 2020년 29.7조 원 규모로 급성장할 전망
 - 미국·일본·유럽 등은 기 보유하고 있는 이차전지 분야의 원천기술 관련하여 경쟁국과의 공동연구도 회피하는 등 핵심기술 보호를 강화하고 있으며, 기 보유한 지식재산권에 대한 권리행사도 적극적임
 - 이처럼 나노소재 분야는 원천기술이 선진국에 편중돼 있어, 이차전지에 신규 기능을 부여해 줄 수 있는 나노소재를 개발하고 상품화하는 데에 많은 장애로 작용되는 실정임

□ 비전 및 목표, 추진전략



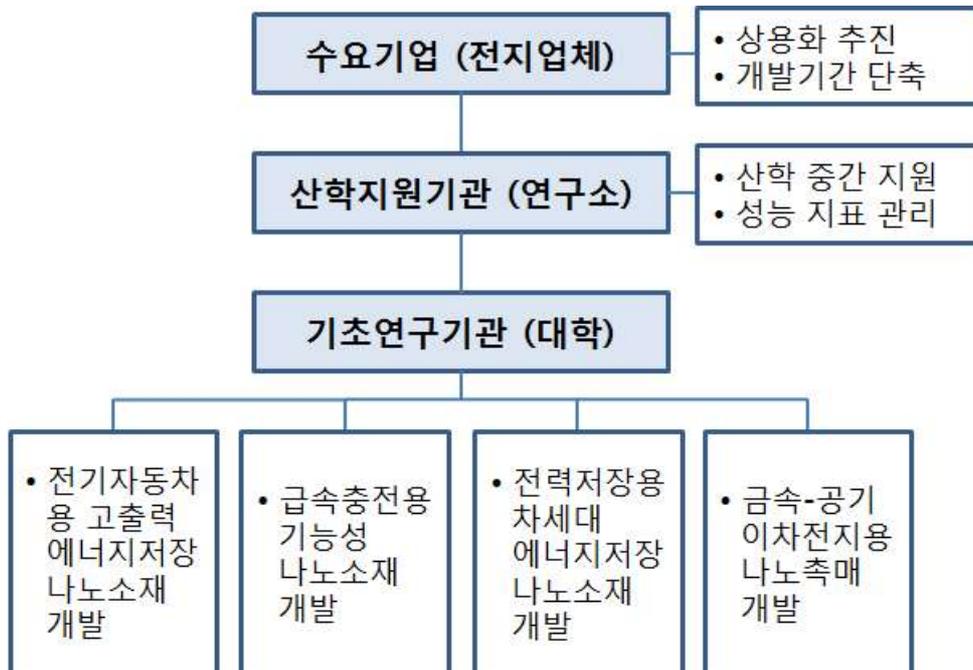
<그림 44> 고효율 화학전지용 나노기반 첨단소재의 비전 및 추진전략

□ 세부추진기술

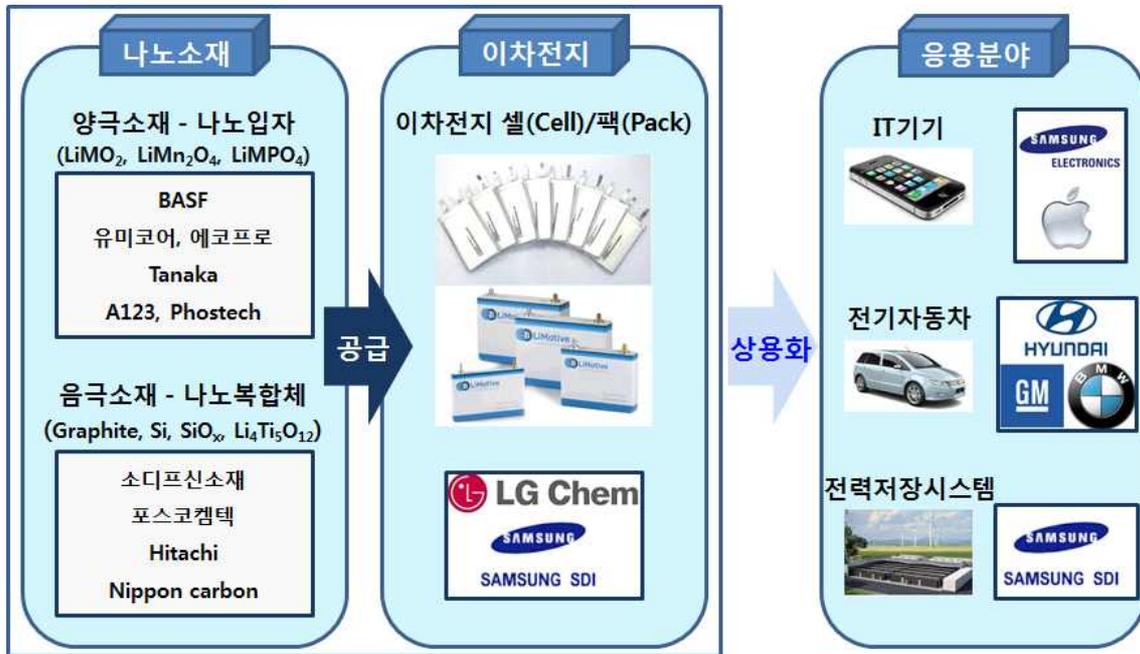
- 하이브리드(Hybrid) 전기자동차용 고출력 에너지저장 나노소재
 - 친환경 녹색산업의 핵심 제품인 전기자동차의 상품성과 경제성을 높이기 위한 고출력 이차전지 선행 개발이 핵심
 - 하이브리드 전기자동차의 가솔린 주행 중 발생하는 에너지를 회수하여 이차전지에 저장하므로, 차량 연비 향상을 위해 이차전지의 높은 출력 특성 필요
 - 전기자동차용 아이들링 정지(Idle Stop & Go, ISG), 회생제동 시스템 개발에 따른 고출력 에너지저장 나노소재 개발 필요
- 급속충전용 기능성 나노소재
 - IT기기 및 전기자동차 급속 충전에 대한 사용자 요구에 대응하기 위한 이차전지 기술 혁신이 필요
 - IT기기는 수 분, 전기자동차는 2~3시간 내 완전 충전을 가능하게 하는 기능성 나노소재 개발 필요
- 전기자동차용 차세대 에너지저장 나노소재
 - 전기자동차의 가격과 주행거리를 현 내연기관 수준으로 확보하기 위해, 혁신적인 출력 밀도와 에너지밀도의 차세대 에너지저장 소재 개발이 필요
 - 리튬 이차전지의 경우 현재 전기자동차의 1회 충전 후 주행거리가 150 Km 수준에 머물고 있으며, 이를 400 Km 이상 높이기 위해 에너지 밀도가 혁신적으로 높은 신규 나노구조 전극 소재 개발이 필요
- 전력저장용 차세대 에너지저장 나노소재
 - 전력저장용 ESS 시스템이 경제성을 갖기 위해서는 \$100/kWh 수준(셀 기준)에 도달할 필요가 있음(미 EPRI 예측). 현재의 리튬 이차전지는 \$200/kWh 수준(셀 기준)이 가격 한계로 예측되며 \$100/kWh에 도달할 수 있는 저가형 이차전지용 에너지저장 소재 개발이 필요
 - 나트륨·마그네슘 이차전지, 리독스 흐름전지와 같이, 기존 리튬이차전지 대비 저가 및 장수명 특성 구현 가능한 차세대 이차전지용 나노소재 개발 필요
- 차세대 금속/공기 이차전지용 나노촉매
 - 금속(리튬, 아연 등)/공기 이차전지는 기존 상용화된 리튬이차전지와 차별화된 매우 높은 에너지밀도를 가지는 차세대 친환경 이차전지 시스템
 - 리튬/공기 전지의 높은 비가역 문제를 해결, 상용화하기 위한 고효율/저가격의 공기 전극용 나노촉매 개발 필요

□ 추진체계

- 단기(3년) 사업화 추진 기술로 하이브리드(Hybrid) 전기자동차용 고출력 에너지저장 나노소재와 급속충전용 기능성 나노소재를 선정, 기존 이차전지용 나노소재 기술의 적용 및 개선을 통한 목표 달성
- 장기(5년 이상) 사업화 추진 기술로 전기자동차·전력저장용 차세대 에너지저장 나노소재와 차세대 금속/공기 이차전지용 나노촉매를 선정, 혁신적인 차세대 이차전지 시스템 개발과 신규 나노소재 도출을 병행
- 수요기업인 전지업체는 개발단계부터 부품소재기업과의 공동연구개발 및 학계, 연구계의 원천기술개발 등을 유기적으로 관리·지원함으로써 개발기간을 단축시키고, 이를 통해 세계 최고 수준의 이차전지 나노소재 기술 경쟁력 확보 및 사업화 추진
- 연구소는 사업화 기준이 되는 명확한 소재 성능 지표 산출 및 관리를 통해 산학연 사이의 상호 지원·연계 강화
- 대학은 리튬이차전지 및 차세대 이차전지용 에너지저장 나노소재 기초 연구 집중 및 에너지 소재 분야 고급인력 양성



<그림 45> 고효율 화학전지용 나노소재 개발 추진체계



<그림 46> 고효율 리튬이차전지의 공급사슬

□ 기대효과

- 산학연을 중심으로 고효율 리튬이차전지·차세대 이차전지의 원천기술 확보 및 대면적 전극 설계 생산 기반 노하우를 통해 에너지 해외 의존 독립
- 원천 나노소재 기술 도출을 통해 높은 출력·에너지저장 효율, 우수한 수명 특성 및 저가격의 미래형 리튬이차전지를 구현하여, 가정용 에너지저장 시장뿐만 아니라 전력망용 대용량 에너지저장 시장까지 향후 주도할 수 있는 기술이 될 수 있을 것으로 전망
- 리튬이차전지를 활용한 에너지저장 시스템은 2013년 1.4 GWh에서 2020년 20.6GWh로 연평균 46.7% 성장하여 ESS 방식 중에서 가장 높은 성장세를 기록할 전망. 금액적으로는 2020년에 174억 달러의 리튬 이차전지 수요가 ESS 시장에서 창출(Navigant Research, 2011)될 것으로 예상됨
- 차세대 이차전지는 경제적, 안정적, 친환경적인 장점을 바탕으로 일정 수준 이상의 전기화학 특성을 확보한다면, 소형부터 대형 전지 시장까지 선점 할 수 있을 것으로 기대
- 특히, 차세대 이차전지 중에서도 가장 에너지 밀도가 높을 것으로 기대되는 금속/공기 전지 등은 시장 형성단계에 진입하지 못하고 현재 연구 초기 단계에 머물러 있지만, 적극적인 R&D 투자와 향후 확보될 리튬이차전지용 나노소재 원천기술력을 차세대 이차전지용 에너지저장 소재에 응용함으로써 기술 선점 및 세계적 기술 경쟁력 확보 가능

제3절 나노기반 첨단소재 육성전략

“나노기반 첨단소재의 창조적 산업생태계 조성”

- 전략1. 산업계 수요기반 기술사업화 역량 강화
- 전략2. 상생협력을 위한 R&D 파트너십 내실화
- 전략3. 나노기반 첨단소재산업 혁신촉진 정책 및 제도정비

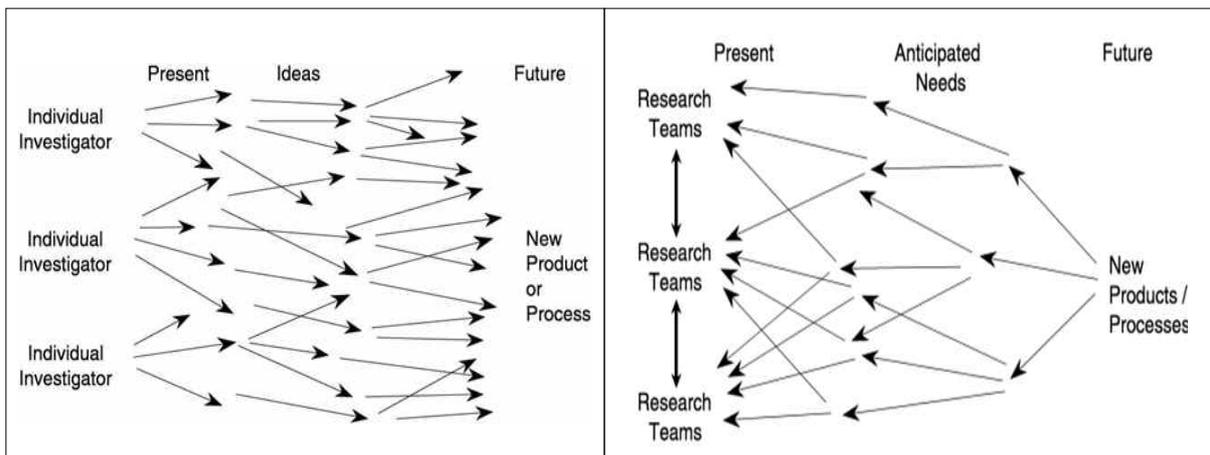
전략 1. 산업계 수요기반 기술사업화 역량 강화

□ DARPA형(시장/제품 주도형) 연구개발 기법 도입

- 상용화 연구에 DARPA형 수요기반 연구개발 모델 도입 필요
 - 기존 연구개발 기획은 개별 연구자들이 R&D 수행과 아이디어 창출을 통해 새로운 제품이나 프로세스, 서비스 등을 내놓는 방식 (Technology driven R&D planning)
 - 그러나 상용화 연구는 최종 산출물(새로운 제품이나, 프로세스, 서비스 등)을 미리 염두 해 두고 필요한 요소기술을 확보하는 DARPA형 연구개발 모델이 더 적합
 - 부족한 요소기술을 아웃소싱을 통해 확보함으로써 연구개발 기간 단축 등의 긍정적 효과 기대

<Technology driven R&D planning>

<Market/Product driven R&D planning>



<그림 47> Market/Product driven R&D planning

□ 기업 수요 연계형 연구개발 강화 (Bridge Program)

- 산업계 수요기반 실용화 연구로 기업의 기술수요를 반영한 연구개발 추진
 - 기업 수요조사를 통해 사업화 유망 원천기술을 발굴하고, 추가적인 융·복합 상용화 연구 수행을 통한 기술사업화 촉진
 - 수요기업이 구체적인 사업화 아이টে을 제안하고, 기술 개발 목표 제시
 - 원천기술의 상용화 기술개발을 통해 기술사업화 및 기업 역량강화를 목표로 하는 개방형·결실형 프로그램 추진
 - 외부 전문기관의 사업성 평가자료(기술가치 평가, 시장분석, 수요기업 분석, 기술 이전 가능성, 상용화 가능성 등)를 활용하여 연구개발 과제를 선정

전략 2. 상생협력을 위한 R&D 파트너십 내실화

□ 기술가치 평가 모델 도입

- 나노기반 첨단소재는 대표적인 파급효과가 큰 고부가가치형 산업으로 대·중·소기업 간 긴밀한 협력이 반드시 필요하나 사업화에 있어 가장 큰 장애요인은 대기업이 중소기업의 혁신 기술에 대한 정당한 평가와 보상을 하지 않는데 있음
 - 최근 대·중·소기업 간의 공동개발기획, 개발자금 지원, 특허 공유, 구매 지원 등 복합된 형태의 공동 R&D 프로그램이 추진 중
 - 공동 R&D를 통한 기술적 성과의 소유와 활용면에서 문제가 발생할 여지가 있으며 협상력이 약한 중소기업이 불리
 - 대기업이 중소기업의 기술을 무단 사용하거나 탈취하는 사례가 있어 공동 R&D 저해 요인으로 작용
 - 기술가치 평가 모델 도입하고, 국내외의 인지도 높은 컨설팅 기관에 의뢰하여 중소기업 보유기술에 대한 적절한 평가를 수행

□ 산업성과 창출형 연구환경 조성

- 기술사업화 중심 평가제도 도입
 - 연구자의 경우 상용화 연구는 간접비, 논문 성과 보다 기술이전 실적을 중심으로 평가
 - 과제평가의 경우 연구목표 달성도, 기술이전 성공여부, 기술료 계약 금액 등을 기준으로 평가하되 기업 의견 반영
 - 개인평가의 경우 기술이전 실적을 중심으로 평가
 - 대학의 상용화 연구도 기술이전 성과 등 사업화 실적을 중심으로 평가

- 성과배분 및 인센티브 강화
 - 기술이전을 활성화하기 위해 인사 평가 시 가점제 강화
 - 기술 상용화 연구단 소속 연구자에 대한 인센티브 강화
 - 연구 수행 초기 평가 유예, 기술료 수입 인센티브 제공, 안정적 연구비 지원 등

□ 첨단소재 육성전략 공동협의체 구성

- 기업, 연구소, 대학, 금융기관, 규제기관 등의 산업화 주체들이 참여하는 공동협의체 구성
- 연구자 중심, 기업체 중심, 혹은 인프라 중심의 기존 조직 기능의 통합을 통한 시너지 창출
- 첨단소재 산업육성을 위한 정보 공유 및 네트워크 구축
- 기업의 수요가 큰 첨단소재 관련 기술정보 및 동향분석 자료 제공
- 이슈 테마별 나노기반 첨단소재 전문기술세미나 공동개최, 공동 기술개발 수요 탐색 및 발전 로드맵 제시 등 정보공유
- 개발된 기술의 산업화를 위한 각 분야의 솔루션을 제공함으로써 산업화 가속
- 유사 사례 : 미국 펜실베니아 Nanomaterials Commercialization Center

□ 첨단소재 공공서비스 플랫폼 구축

- 나노기반 첨단소재 관련 정보 확산을 위한 데이터베이스 구축 및 서비스
- 분산되어 있는 첨단 나노기반 첨단소재의 데이터를 구축하여 중소기업 및 산업주체들의 정보 접근을 용이하게 함
- 기존 나노소재의 데이터베이스화, 신규개발 나노소재의 정례적 업데이트 (등록, 분류) 및 유료 정보제공 서비스 (소재물성, 개발자, 관련 IP 등)
- 유사 사례 : 독일 소재 데이터베이스

전략 3. 나노기반 첨단소재산업 혁신촉진 정책 및 제도정비

□ 상용화 연구개발사업 강화

- 대학 및 출연(연)의 성과확산을 지원할 정부 R&D 프로그램 신설
 - 정부 연구개발사업에 제안서를 제출하여 경쟁·수주하는 방식이 아닌 대학·출연(연)과 기업이 연구개발 내용을 정하고 정부가 검토하여 지원 여부를 결정하는 방식의 R&D 프로그램 신설
 - 상용화 가능성이 높고 기업의 직접적인 수요가 있는 연구 수행
 - 대학, 출연(연) 보유기술 중 추가연구개발(2~5년)을 통해 상용화 가능성이 높은 분야에 대한 지원을 통해 기술사업화 성공률을 높이고, 기술료 수입의 일부를 R&D 자원으로 재투자하는 선순환 구조 확립

- 중소기업의 기술상용화 연구를 전담하여 지원하고, 중견기업 및 대기업의 기술 상용화에 필요한 추가역량 지원 연구도 수행
- 대량생산을 위한 공정, 비용절감 기술, 신소재 기술 등을 개발
- 중점 상용화 연구과제의 경우 논문 등 과학적 성과보다, 기술료 수입, 기술가치 평가 등 기술사업화 실적으로 평가

□ 공공 나노 IP bank 설립

- 대학 및 개인 보유 IP를 인수 유지하는 공공 나노 IP bank를 설립 및 법제화
- 대학 및 연구소에서 보유중인 특허를 전문기관에 기술 가치 평가를 의뢰하여 우수등급을 받은 IP들을 선별하여 인수함
- 양도 받은 IP는 기술실시를 원하는 나노 IP bank의 회원사 (국내 중소기업)에게 무상 혹은 최소의 비용으로 통상실시권을 부여함
- 기술이전을 통해 개발된 제품은 중소기업적합제품으로의 지정을 추진함
- 나노소재기술은 아이디어에서 산업화까지 오랜 시일이 소요되는 특징이 있으므로 공공 나노 IP bank를 통한 IP의 보호 및 발굴이 필요함 (ex. 아라미드 원천기술의 경우 1974년 특허 등록 후 1987년부터 기술개발이 되고 현재 첨단섬유소재로 다양한 분야에 이용되고 있음)

□ 나노기반 첨단소재 안전성 인증제 도입

- 나노소재에 대한 시장의 불신을 종식시키기 위해 규제 & 안전성 정보 등을 제공하고 첨단 나노소재의 경쟁력 및 인지도 강화
 - 산업화가 예상되는 나노기반 첨단소재 관련 위해성과 유해성 측면에서 해외의 규제 현황 및 안전성 관련 정보를 지속적으로 제공함
 - 나노제품의 유효성과 안전성을 동시에 인증하기 위해 기술표준에 기반을 둔 정부 중심의 나노마크 인증제 도입

□ 첨단소재 전문기업 지원을 위한 나노펀드 조성

- 세계, 금융, 기술사업화 등을 종합적으로 지원하기 위한 “첨단소재산업 육성 펀드”를 조성하고 경쟁력을 강화함
 - 민간·정부투자분에 대한 조기 수익성 확보 및 지속적인 투자 분위기 조성
 - 소재전문 중소기업들을 대상으로 첨단 나노소재 개발에 대한 보조금 지급
 - 대학 및 연구기관들이 보유한 첨단 나노소재의 기술이전을 활성화하기 위한 기술 상용화 적극 투자
 - 조성된 나노펀드를 중심으로 수요가 급격히 증대되는 spin-off, Licensing 등 적극적인 운영을 위한 지주회사 설립
- 중소기업의 첨단 나노소재 제품에 대한 정부 구매로 초기 시장 창출
 - 정부 공공 구매로 초기시장을 창출하고 이후 민간 시장으로 확대

제5장 결 론

- 나노기반 첨단소재 기술은 우리 경제성장의 핵심동력으로 자리매김을 하고 있으며 기술·산업 선진국으로 도약하기 위해서는 첨단 나노소재 산업의 발전 없이는 실현이 불가함. 미국, 일본, 독일 등은 Full-Set형 산업구조에서 이미 80년대에 핵심 부품·소재 중심의 산업구조로 전환하고 있음.
- 소재 관련 정부 R&D 투자는 꾸준히 증가하였으나 투자의 전략성 부재, 사업화 연계 부족으로 인하여 가시적 성과가 미흡하며, 특히 스마트기기, 바이오 등 미래산업을 뒷받침할 소재분야 원천기술의 부족으로 인하여 부가가치 창출에 한계를 지님.
- 나노소재의 기술 수명주기 단축과 기술, 비즈니스, 산업 간 컨버전의 가속 등에 따라 나노소재의 기술개발 방향성을 정하기에 불확실성이 높아 이에 대응하기 위한 시장수요형 R&D 추진 및 이를 위한 미래 핵심나노소재 경쟁력 확보 등을 포괄하는 창조적 산업 생태계 조성이 요구됨.
- 창조적 산업생태계 조성을 위한 방안으로 공공 나노 IP bank 설립, 나노기반 첨단 소재 육성 전략 협의체 구성, 나노기반 첨단소재 공공서비스 플랫폼 구축, 나노기반 첨단소재산업 육성을 위한 7대 중점 연구분야 추진이 필요함.
 - 공공 나노 IP bank 설립 : 공공 나노 IP bank를 설립 및 법제화하여 대학 및 출연연구소 보유 IP를 인수하여, 나노기반 첨단소재 특허포트폴리오를 구축하고 기업에 이전하며, 이전된 기술로 개발된 제품에 한하여 중소기업적합제품으로의 지정을 추진함
 - 나노기반 첨단소재 육성전략 협의체 구성 : 기업, 연구소, 대학, 금융기관, 규제기관 등의 산업화 주체들이 참여하는 협의체를 구성하여 첨단소재 산업육성을 위한 정보 공유 및 네트워크를 구축함.
 - 나노기반 첨단소재 산업화 촉진을 위한 데이터베이스 구축 및 서비스
 - 나노기반 첨단소재산업 육성을 위한 7대 중점 연구분야 추진
 - 고기능성 나노섬유
 - 저전력 고효율 차세대 컴퓨팅 소재
 - 웨어러블 일렉트로닉스용 나노기반 첨단소재
 - 초경량 고강도 나노기반 첨단소재
 - 나노자성소재(탈희유소재)
 - 사물인터넷용 나노센서
 - 고효율 화학전지용 나노기반 첨단소재
- 창조적 산업생태계 조성을 통하여 첨단소재의 국제 경쟁력을 제고함으로써 나노기반 첨단소재 분야 세계 3위 달성이 가능할 것으로 예상됨.

참고문헌

1. 재료연구소 (2005) 부품소재산업 발전과정 조사
2. 재료연구소 (2006) 부품소재중핵기업발전대책
3. Magnetic Materials (2010) A Global Strategic Business Report
4. 교육과학기술부 (2010) 과학기술연감
5. 교육과학기술부 (2011) 제3기 나노기술종합발전계획
6. 재료연구소 (2013) 소재기술백서 2013
7. 한국산업기술평가관리원 (2013) 산업기술수준조사 보고서
8. 미래창조과학부 (2013) 국가연구개발사업 조사·분석 보고서
9. NSTC (2014) Material Genome Initiative Strategic Plan
10. 미래창조과학부 (2014) 제2기 국가나노기술지도 총괄보고서
11. 산업통상자원부 (2014) 소재부품산업 R&BD 중점투자전략
12. 재료연구소 (2014) 주력산업 고도화를 위한 전략형 소재 기술개발
13. 재료연구소 (2014) 소재RD효율화
14. 재료연구소 (2014) 소재기술백서 2014
15. 나노융합2020사업단 (2015) 나노소재분야의 신산업 창출 전략수립