

나노 및 MEMS 기술의 특성에 따른 연구개발 패러다임과 추진전략의 변화

조영호

한국과학기술원 바이오시스템학과 · 기계공학과

1. 제품의 경박단소화와 공학적 도구의 극미세화

최근 정보, 바이오, 항공/우주, 환경 및 군수 산업분야에서의 고부가가치 첨단제품의 발전동향(그림 1)을 살펴보면, 크기의 경박단소화를 통해 제품 성능(속도, 기능, 용량)의 극대화는 물론 가격 및 전력소모의 극소화를 동시에 추구하고 있음을 알 수 있다. 이러한 제품크기의 극소화 동향은 고화질 대화면 디스플레이, 이동통신 단말기, 광통신 소자 및 시스템, 고밀도 대용량 저장기 등의 정보기술(IT: Information Technology) 분야, 유전체 및 단백질 분석기, 세포증식기, 생체 대사작용 및 반응기, 약물 전달기 등의 바이오기술(BT: Bio Technology)분야, 초소형 인공위성 및 위성 광통신 등의 우주기술(ST: Space Technology)분야 그리고 원격 기상관측 및 환경오염 분석 등의 환경기술(ET: Environment Technology)분야에 이르기까지 미래 고부가가치 산업분야 전반에 걸쳐 파급되고 있다. 따라서 극미세 기술은 제품 크기의 경박단소화를 통해 고성능(고속, 다기능, 대용량)화, 저렴화, 저전력화(그림 2)를 동시에 추구함과 동시에 이에 소요되는 자원과 에너지의 극소화를 이룰 수 있다는 점에서 매우 중요한 의미를 지닌다. 특히 극미세 기술인 나노 및 MEMS 기술은 공학적 도구의 극미세화를 통해 단위 물질 및 물리현상의 분석과 제어될 가능케 함으로써 극미세 영역에서의 새로운 정보기술(IT), 바이오기술(BT), 우주기술(ST) 및 환경기술(ET)의 확대발전과 NT와 IT-BT-ST-ET간의 새로운 융합기술 창출을 주도하고 있다.

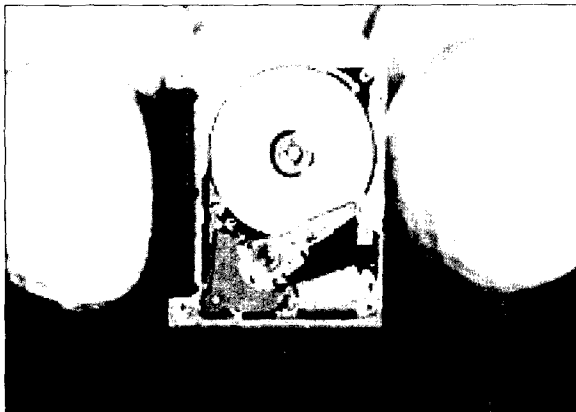


그림 1. 첨단제품의 경박단소화 동향: 초소형 하드디스크 (IBM).

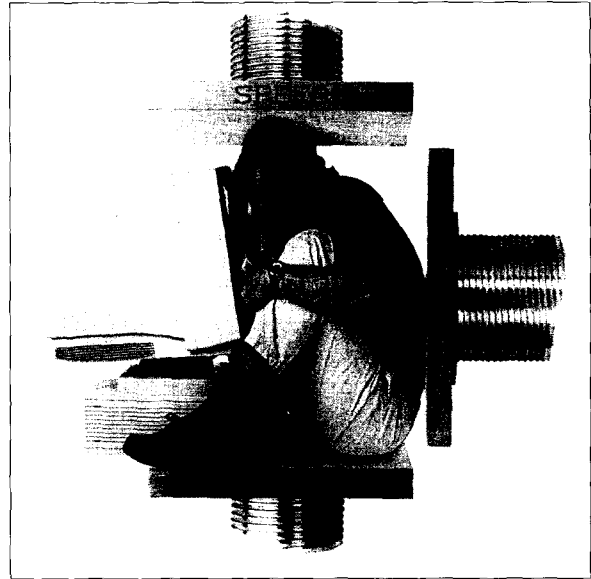


그림 2. 제품의 경박단소화 목적 및 효과 [Analog Devices]: 제품의 크기축소를 통한 성능 및 경쟁력 극대화 (고속화, 저렴화, 저전력화).

역사적으로 볼 때, 20세기 반도체 기술은 전자부품의 경박단소화를 가능케 한 극미세기술로서 1960년대부터 지금까지 전자제품의 고속화, 저렴화 및 저전력화를 주도해 왔다. 이어 1980년대 중반 반도체 기술을 응용한 MEMS(Micro Electro Mechanical System)기술(그림 3)이 탄생하였으며, 이는 기계 및 광학 부품 등 비전기적 부품의 경박단소화를 주도함과 동시에 마이크로미터 단위에서의 기전복합 부품(그림 4)의 집적화를 가능케 하였는데 과학기술적 의미가 있다. 2000년대에 진입하면서 나노미터(10⁻⁹m) 크기인 원자·분자수준에서 물질 및 관련현상을 규명하고 극미세 구조 및 구성요소를 조작·제어하는 기술인 나노기술에 관한 관심이 고조되었고, 이를 통해 새로운 특성의 물질과 소자 및 시스템을 창출하기 위한 시도가 진행되었다. 현재 나노기술에 관하여는 세계적으로도 통일된 기술정의나 명확한 기술개발의 방향설정이 정립되어 있지 않은 상태이나, 극미세기술의 발전성과 수요 그리고 미래 산업분야에 미치는 파급효과에 관한 예상은 근거로 향후 기회선점과 비교우위 확보를 위한 초기 기술투자 경쟁이 시작되고 있다.

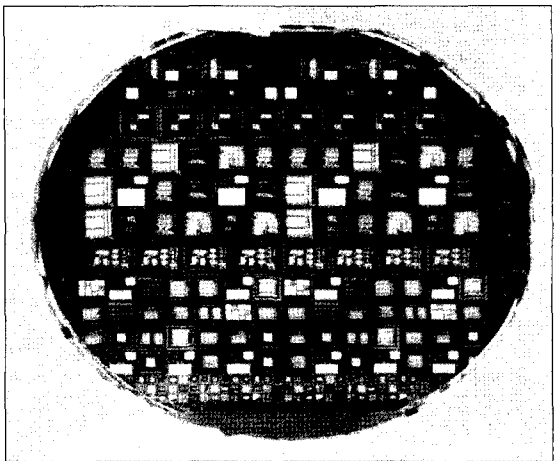


그림 3. MEMS기술: 반도체기술을 응용한 기계 및 광 부품 등 비전기적 부품의 경박단소화와 집적화.

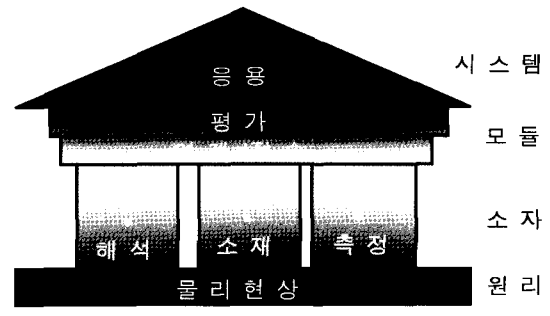


그림 5. MEMS기술의 구성도.

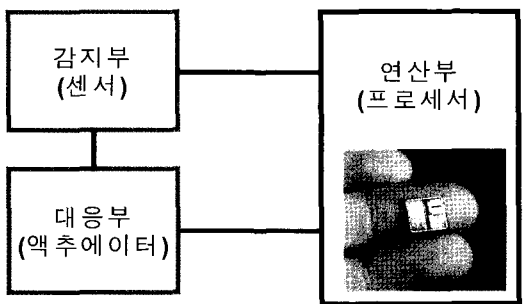


그림 4. 기계전자 복합제품의 기능별 구성: 전자부품으로 구성된 연산부와 기전복합부품으로 구성된 감지부 및 대응부.

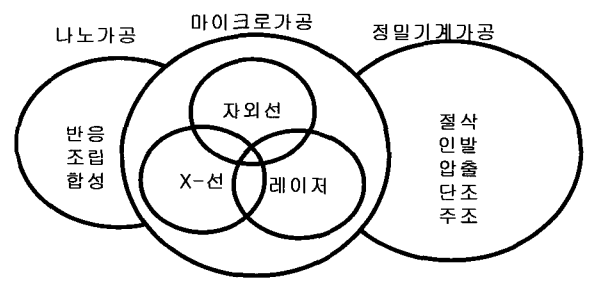


그림 6. 극미세 가공기술의 비교.

여기서 유의해야 할 점은 MEMS기술(그림 5)과 나노기술(표 1)의 특성과 차이점을 인식하는 것이다. 이러한 기술특성의 정확한 인식은 향후 극미세 기술 분야에서의 경쟁력 향상과 산업화에 유리한 고지 선점, 그리고 핵심기술 확보를 준비할 수 있는 기회획득에 중요한 기반이 된다. 먼저 가공기술(그림 6) 관점에서 보면, 기존의 정밀가공기술(precision machining)이 기계적 도구 혹은 방법에 의한 모재(bulk materials)의 절삭 및 성형 공정에 중점을 두었다면, MEMS제작을 위한 마이크로가공기술(micro machining)은 광학적 도구를 이용하여 박막소재(film materials) 상에 물체의 치수와 형상을 정의한 후 물리화학적 방법에 의한 선택적인 식각 및 성장 공정에 중점을 두고 있다는 것이다. 반면 나노가공기술(nanoprocess)은 나노영역에서의 분자 혹은 원자 간의 자발적인 결합력과 관련 현상을 이용한 물질의 조립 및 합성 공정에 중점을 두고 있다. 따라서 부품의 기하학적 특징과 가공공정의 경제성 측면에서 보면, 정밀가공기술은 mm이상 크기의 3차원적인 부품의 소품종 소량생산, 마이크로가공기술은 mm~ μ m 크기의 2 내지 2.5차원적인 부품의 다품종 대량생산 그리고 나노가공기술은 수백 nm이하 크기의 0 내지 3차원적인 구조물의 다품종 소량생산에 유리한 측면이 있다.

한편 MEMS 기술과 나노기술간의 상호보완적 측면을 살펴 보면 다음과 같다. 먼저 MEMS기술은 나노기술 개발을 위한 극미세 물질 및 현상의 특성분석 과정에 필요한 극미세 공학적 도구를 제공하며, 나노기술에서 발견한 극미세 소재 및 물질의 현상학적 특징에 관한 지식은 MEMS의 설계 및 해석 과정(그림 5)에 매우 중요한 근간을 제공한다. 또한 MEMS 소자는 나노소자 구성에 필요한 주변환경과 나노소자 동작에 부수적으로 필요한 극미세 기계, 광학, 전자소자를 제공하고 나노소자와 이들 마이크로소자들간의 연계접속 등 하드웨어적인 기본틀(그림 7)을 제공한다.

극미세화 기술 중 MEMS기술(그림 5)과 나노기술(표 1)의 개발목적은 공히 극미세 영역에서의 물질과 현상의 기본 원리와 특성을 규명하고 이러한 지식을 기반으로 과학기술의 새로운 영역을 창출하여 새로운 과학기술적 지식과 도구를 개발 활용함으로써 기존 제품의 경쟁력 향상과 IT, BT, ST, ET 등 광범위한 산업기술 분야에서 21세기의 신(新)산업혁명을 주도할 핵심 기술을 발굴하는데 있다. 따라서 학문적으로 볼 때, 이들 두가지 극미세 기술은 과학과 공학간의 학제적 미개척 분야에 관한 도전적이고도 새로운 방향에서의 기술개발 시도를 요구하고 있어, 물리, 화학, 생물, 의학 등 기초과학과 전자, 재료, 기계 등 응용공학간의 근원적인 결합이 필수적으로 요구되며, 지금까지의 전통적인 학문분야와는 달리 특정 단일 분야의 단독 연구로는 경쟁력 확보가 어려울 것으로 예상된다. 따라서 극미세 기술의 학제성과 기술 융합적 성격은 기존 학문분야간의 경계의 소멸과 초분야적 재결집을 필요로 함

과 동시에 폭넓은 전문성과 실험적 경험을 개발하기 위한 새로운 교육방법과 창의적이고 학제적인 인재양성을 필요로 한다.

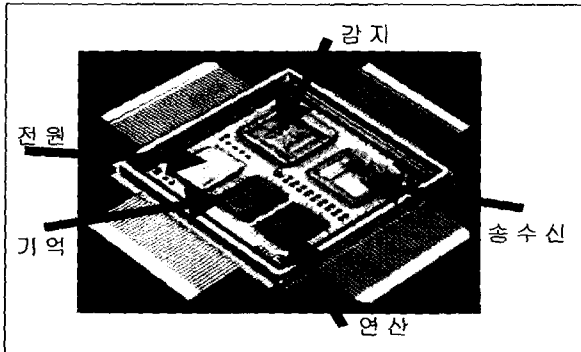


그림 7. 마이크로시스템 기본틀(Platform): 극미세 복잡소자간의 연계 및 집적.

표 1. 나노기술영역 및 기술분류도
[출처: 국가나노기술종합발전계획, 과학기술부].

대분류	중분류	소분류
나노공정 (nano-processing)	화학적 방법	진구제합성, 자기조립, 용액화학(졸겔), 화학증착, 화학증기응축, 식각
	물리적 방법	물리증착, 열분해, 증발-응축, 이크, 식각
	기계적 방법	기계적 합금화, 강전단변형, 분쇄(극미분쇄)
	광학적 방법	리소그라피, 광합성
	생체적 방법	자기복제, 생체모사공정
기타	기계화학적 공정(MCP)	
나노구조 (nano-structuring)	0차원 구조체	양자점, 나노분말, 나노석출체(분산체)
	1차원 구조체	양자선, 나노튜브, 극미세사
	2차원 구조체	양자우물, 나노박막(단층, 다층, 단일/복합), 층상화합물, 표면개질
	3차원 구조체	블록(지밀체, 다공체), 자기조립체, 복합체
	기타	분산체(자성유체 등), 경사구조체
나노기능 (nano-functions)	기계적 기능	고강도, 고경도, 고인성, 저마찰, 고탄성, 분리
	전자적 기능	단전자 거동, 전자방출
	자기적 기능	스핀거동, 정보저장
	화학적 기능	분자검진, 촉매, 분리막, 수송전달체
	광학적 기능	형광, 발광, 분광, 비선형 광학기능
	열적 기능	열차폐성, 난연성, 내열성
생체적 기능	분자인식	
나노부품 및 시스템 (nano-components & systems)	나노소자	단전자소자, 나노CMOS, 스핀소자, 나노광소자, 분자소자, 생체소자
	나노센서	화학나노센서, 바이오센서, 자기나노센서, 광센서, 역학센서
	lab-on-a-chip	바이오칩, DNA 칩
	NEMS	나노구동기
에너지시스템	태양전지, 연료전지, supercapacitor	
나노기반 (nano-infrastructure)	측정정비개발	계어시스템(위치 등)
	나노측정	분광·구조결합 포함 및 성분 분석
	진산모사	나노수준 모사(물성, 기능, 공정)
인력 양성	연구체 및 산업체에 종사할 인력 양성, 재교육	

2. 과학기술 혁명과 패러다임의 변화

근래 반도체-MEMS-나노기술로 이어지는 극미세화 기술의 미래 발전방향을 예측해 보기 위해, 역대 기술혁명의 특성과 기술발전의 흐름을 분석해 보기로 한다. 예로부터 인류의 과학기술 개발노력은 다양한 에너지(그림 8)의 변환과 활용 능력 향상을 통해 생활의 편의성과 만족감을 극대화하는데 집중되어 왔다. 이러한 에너지의 제어와 활용(그림 8) 측면에서 역대 기술혁명의 특성을 살펴보면, 먼저 19세기 산업혁명은 주로 열 및 기계적 에너지를 동력의 매체로 한 에너지의 변환과 활용에 필요한 도구와 기술의 발명 즉 기계기술이 기술 원동력으로 작용하였으며, 20세기 전자혁명은 전기적 에너지를 정보 매체로 한 전자정보의 처리와 활용에 필요한 도구와 기술의 발명 즉 반도체기술을 이용한 전자소자의 경박단소화와 이를 통한 제품의 성능, 가격, 전력소모 특성의 획기적인 개선이 기술적 근간이 되었다. 여기서 미래 제3의 산업시대는 광 및 바이오 에너지의 정보화 활용 도구와 기술의 발명이 과학기술적으로 중요한 의미를 내포하고 있음을 주지할 필요가 있다. 따라서 극미세 기술에 의한 기계, 열, 전기, 광학, 바이오 소자의 극소화 개발을 통해 광 및 바이오 정보의 고정도 제어 및 저손실 가공에 필요한 공학적 도구와 방법의 확보가 미래 산업의 기술경쟁력 확보에 중요한 지점이 될 수 있다.

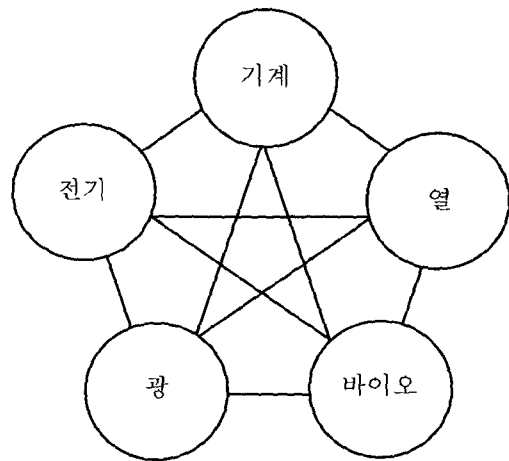


그림 8. 다양한 극미세 에너지의 제어와 활용.

이러한 관점에서 볼 때, 최근 급증하고 있는 IT 산업분야에서의 광자의 고정도 제어와 저손실 가공을 위한 극미세 광소자(그림 9, 10)개발과 BT 산업분야에서의 바이오 분자의 분석과 유전자 물질정보 분석을 위한 극미세 바이오 소자(그림 11, 12, 13)개발과 극미세 바이오 물질의 발현과 합성에 관한 나노바이오(그림 14, 15, 16, 17)기술의 급속한 성장을 예사롭게 볼 수가 없다.



그림 9. 극미세 프리즈넬 렌즈.

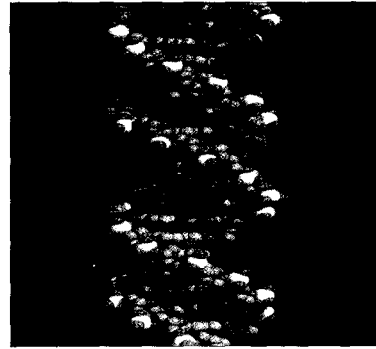


그림 13. DNA 칩을 이용한 유전정보의 분석.

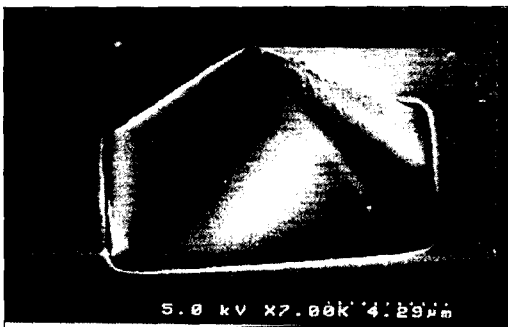


그림 10. 고집적 광자장기용 근접광 프로브.

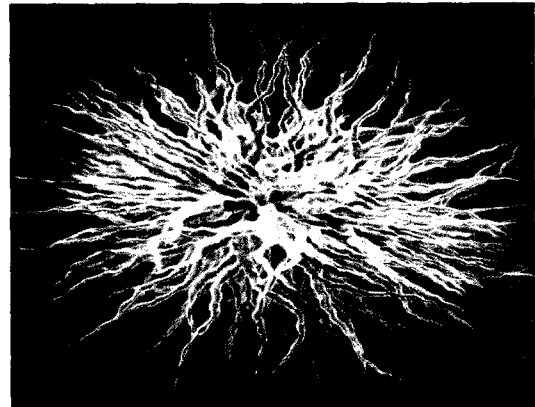


그림 14. 유전체 분석 및 치료(Genomics).

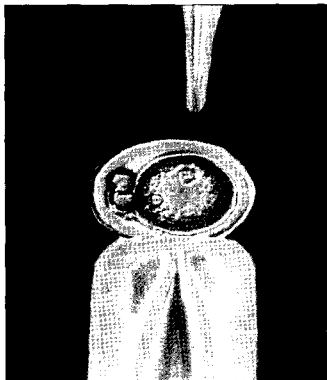


그림 11. 극미세 탐침을 이용한 세포단위 생체취급.



그림 15. 바이오 물질 및 대사 과정 연구(Metabolomics).

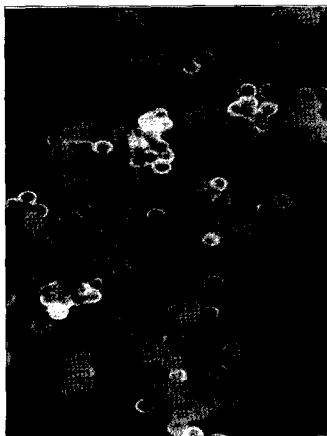


그림 12. 극미세 바이오 물질 분석.



그림 16. 단백질 발현 및 합성 연구(Proteomics).

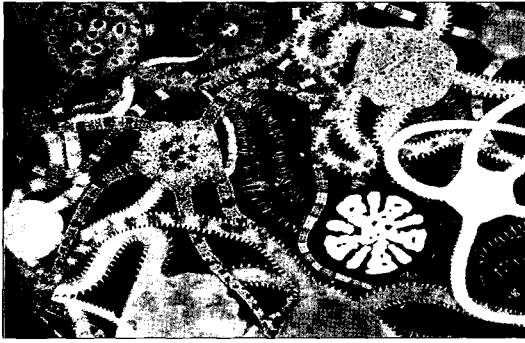


그림 17. 세포 및 조직 배양(Cellomics).

3. 극미세 기술개발의 추진전략과 성공요소

최근 기술선진국들은 기술융합형 극미세 기술분야에서의 범국가적 연구개발사업 추진을 통해 미래 고부가가치 산업 분야에서의 경쟁력 우위확보에 주력하고 있다. 우리나라에서도 최근 국가선도기술개발사업, 차세대기술개발사업, 프론티어사업, 창의적연구진흥사업 및 국가지정연구실사업 등을 통해 MEMS기술과 나노기술 등 극미세 기술개발에 투자를 시작하고 있다. 이러한 기술융합형 극미세 기술의 경쟁력 확보를 위해서는 연구개발, 인력양성, 인프라구축 등 3대 핵심기반(그림 18)이 필요하고, 이를 기초로 관련 응용산업 분야간의 연계성과 상호작용(그림 19)을 고려한 응용제품 개발노력이 요구된다.

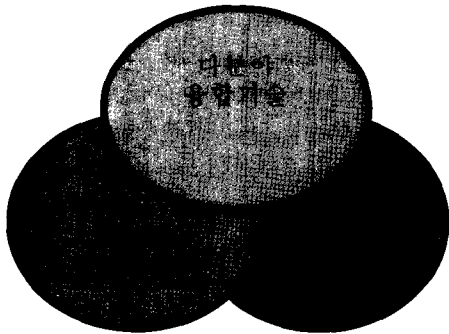


그림 18. 기술융합형 극미세기술의 3대 핵심기반.

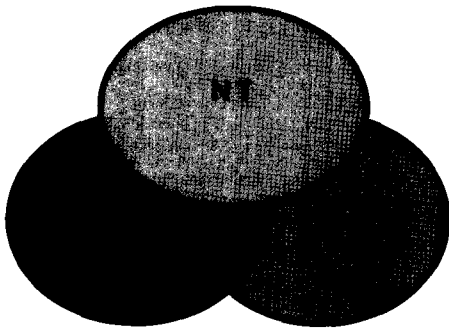


그림 19. 응용 산업분야간의 연계성과 상호작용.

3.1. 연구개발

미래 고부가가치 첨단제품 시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 새로운 제품의 선행개발을 통한 초기 신규시장의 선점이 요구된다. 특히 극미세 기술분야에서의 기술개발 목표는 기존시장의 저가진입을 위한 획일적인 제품개발에 두기보다 신규시장의 조기진입을 위한 다양한 제품개발에 두는 것이 바람직하다. 이에 급변하는 첨단 산업 및 기술시장의 환경변화에 능동적으로 대처할 수 있는 유동적인 기술개발 전략수립이 필요하다. 최근 기술선진국의 연구개발 투자가 종래 학문분야 위주에서 기술분야 위주로 전환되었으며, 연구개발 조직의 구성은 종래 수직 종속구조에서 수평 연계구조로 전환된 이유도 여기에 있다. 이러한 기술개발 체계 하에서 각 연구개발 주체의 경쟁력은 외부 자원조달과 기술활용 능력은 물론 궁극적으로 독자기술 및 전문성 우위확보 여부에 따라 좌우된다. 즉 독자기술이 없으면 최상의 연구팀과의 공동 연구개발 그룹형성에 참여하기조차 힘들어 질 것이다.

최근 극미세 기술과 연계된 IT-BT-NT 융합기술의 발전은 일시적인 유행이라고 보기에는 전 세계적인 투자의 규모와 관심이 너무나 지대하다. 또한 최근 기술투자의 회수효과는 안정적인 시장 보다 오히려 전망이 불투명하고 위험부담이 있는 신규시장에서 발생되고 있다. 이에 기존시장의 유지 보다 신규시장의 창출을 위한 혁신적 기술 돌파구를 마련하는 것이 중요하며, 이를 위하여서는 산·학·연 연합팀을 구성하고 연구 그룹별 전문성 개발과 역할분담 체계를 구체화하여 학문분야 중심의 지엽적 해법 추구 형태에서 탈피하여 다분야간 기술융합을 통한 총체적 기술대안 제시와 관련 시스템-소재-공정-소재-분석 기술간의 체계성과 연계성 확립에 주안점을 두어야 할 것이다.

3.2. 인력양성

기술융합형 극미세기술 분야에서는 신규 연구리더 배출과 전문인력 양성, 그리고 기존 인력의 훈련 및 재교육 등을 통하여 관련 연구개발에 필요한 전문인력과 미래 산업체가 필요로 할 기술인력을 배출하는 노력이 필요하다. 이를 위하여서는 우선 극미세기술 분야의 교육내용과 방향을 올바르게 정립하는 작업이 선행되어야 한다.

극미세 영역에서 발생하는 과학기술적 문제해결을 위해서는 기존문제의 풀이 능력 위주의 교육에서 새로운 문제의 발견 및 해결능력 위주로 교육방향의 전환이 요구된다. 극미세 분야 교육의 내용 또한 기존 이론 및 해석 도구의 습득 위주에서 실험 및 검증도구의 실험도구의 체험 위주로 전환이 필요하며, 극미세 기술분야에서의 전문성 개발을 위해서는 경력이나 기억력의 배양보다 미지의 세계에 대한 호기심과 창의력 그리고 새로운 기술에 대한 적응성과 흡수력을 배양하는 것이 중요하다. 특정 전문기술의 깊이와 함께 관련 주변기술의 폭을 동시에 볼 수 있는 안목을

배양하는 것이 중요하다. 이는 기술융합형 극미세 기술 분야에서의 새로운 문제해결을 위해서는 단일기술을 수직적으로 적용한 지엽적 단일해법 보다 복합기술의 결합을 통한 총체적 대안제시가 필요하기 때문이다.

이러한 극미세 기술의 학제적 특성을 감안할 때, 관련 인력 양성은 다수학과의 관련분야가 공동으로 참여하는 학제적 교육프로그램의 설치나 신설학과 설립이 효과적이며, 실질적인 학제적 교육을 위해서는 기존 학과와는 독립적인 교육공간과 시설을 설치하고 새로운 교과목 개발이 필요하다. 또한 교육 프로그램의 내용과 질에 따른 경쟁 유도도 타 대학, 기업, 연구소 등의 외부강사 초빙, 그리고 인력 수요에 따른 훈련 및 활용 계획의 연계성과 유동성 확보, 재학생 보다는 졸업생 혹은 수요자(기업체, 연구소)에 의한 평가시스템 구축 등을 통한 교육의 경쟁력 및 활용성 향상이 중요하다. 그리고 타 국내의 교육 프로그램 간 상호 학점 인정제도의 확립과 부전공 혹은 복수전공 제도의 도입 그리고 전문교육 프로그램 내 우수 연구리더 양성 기능의 강화가 요구된다.

3.3. 인프라구축

극미세 기술개발은 극미세 영역에서의 새로운 현상의 발견과 규명 그리고 이를 활용할 수 있는 구체적 응용 아이디어를 신속하게 검증할 수 있는 고가의 연구기자재가 필요하다. 따라서 국가나노종합플랫폼 등 극미세 기술개발을 위한 종합적 인프라구축은 고가 연구시설의 공동활용 및 고급공정의 서비스 제공을 통한 기술개발 및 기술저변 확대, 그리고 벤처 및 소규모 기업체의 기술개발 기회를 제공할 수 있다는 점에서 매우 중대한 사안이다. 이러한 인프라는 연구개발 지원 서비스에 목적이 있으므로 인프라 운영주체와 연구개발 주체는 반드시 분리하되 상호 역할분담과 협력차원에서 연계됨이 바람직하다. 또한 나노 및 MEMS 시설 인프라 간의 연계이외에도 기관위주의 산발적 시설 인프라 설치를 지양하고 극미세기술과 고성능 기술간의 연계성 검토와 새로운 극미세 소자의 제품화 응용에 관한 기동성 향상을 지원할 국내 시설인프라 간의 연계성 확립이 취약한 상태이다. 또한 특수용도의 전문장비는 관련 전문연구팀이 설치 활용하되 반드시 외부의 장비활용을 지원할 수 있는 제도적인 방안마련이 필요하며, 국가인프라는 시설과 공정의 수요와 활용에 관한 실적과 운영의 개방성과 공정성 유지가 필수적이며, 기술개발 동향변화 및 수요에 따른 시설장비의 설치/제거의 신속성과 점진적이고 지속적인 보완확충이 요구된다.

4. 현안 및 대책

기술융합형 극미세 기술의 성숙과 발전을 위해서는 현재

극미세 기술이 내포하고 있는 발전요인과 국내 현안 그리고 장애요인에 관한 심도 있는 고찰과 이에 관한 적극적인 대응이 요구된다.

먼저 극미세 기술분야의 발전요인으로 기술의 신규성과 혁신성을 들 수 있다. 즉 극미세 기술 개발을 통하여 미지의 극미세 영역에서의 새로운 과학기술영역 개척과 신기술 발굴이 가능하며, 새로운 원리발견과 이를 응용한 혁신 기능 및 고부가가치 신제품 창출의 가능성이 존재한다. 또 다른 발전요인으로는 타 첨단기술과의 연계 보완성과 확대발전 가능성을 들 수 있다. 이는 극미세 기술이 정보기술(IT), 바이오기술(BT), 환경기술(ET) 등 미래 첨단기술과의 상호 연계·보완작용을 통해 상승적 기술발전을 형성할 수 있으며, 기존 제품의 고성능화, 고부가가치화 및 기술적 한계극복을 통해 현 기술시장의 확대발전과 미래 고부가가치 기술 시장 신규개척에 관한 양면적 기여가 가능하다. 특히 반도체 기술 등 고성능기술과의 접목을 통한 기존 시장과 부가 가치의 증대와 함께 새로운 극미세 기술의 산업화에 대한 소비자들의 거부감 해소에 긍정적으로 작용할 수 있다는 측면에서 매우 긍정적인 발전요인을 내포하고 있다. 한편 제작기술 측면에서의 극미세 기술의 발전적 요인으로는 첨단 고부가가치 제품의 경박단소화 요구에 부응할 수 있다는 것이다. 즉 극미세 기술은 최근 제품의 극소화 개발추세에 따른 극미세 제조공정 기술에 관한 생산비용 절감과 생산성 증대를 꾀할 수 있다. 또한 극미세 기술은 자원의 경제적 활용과 환경성 측면에서도 유리한 발전적 요인을 지니고 있다. 이는 극미세 기술에 의한 자원의 절감, 물류비용의 감소, 유해 및 폐기물의 감소를 꾀할 수 있기 때문이다.

극미세 기술은 이러한 발전적 요인으로 인해 성공의 기회가 많은 반면, 이러한 기회를 획득하는데 걸림돌로 작용할 국내 현안과 발전 장애요인에 대한 고려와 대비책 마련이 시급히 요구된다. 먼저 국내 학제적 연구환경의 미성숙을 들 수 있다. 극미세 기술의 특성상 단위 연구그룹에 의한 단독 기술개발 수행을 지양하고 분야를 초월한 공동목표 설정과 다분야간 협동연구가 필요하다. 지금까지 복수 전문 연구팀 간의 기술교류와 역할분담을 토대로한 진정한 의미에서의 학제적 연구경험이 부족하고 이를 고려한 보상체계와 역할분담 체제하에서의 학제적 연구환경과 공동 기술개발 환경이 확립되어있지 못하다. 또한 연구개발상의 장애요인으로서 극미세 기술 개발의 위험성과 장기성을 들 수 있다. 극미세 기술개발은 High-risk, High-return 성격이 다분하고 기존시장의 폐쇄성과 신규 상품화와 이들의 시장 진입 가능성이 불확실하므로 높은 위험 부담율과 장기적인 연구개발 및 검증기간을 요하므로 연구개발 투자가 위축되기 쉽다. 한편 극미세 기술을 위한 전문인력 양성에 관한 장애요인으로는 현 국내 대학의 학제적인 교육체계와 운영시스템의 미성숙을 들 수 있다. 극미세 기술개발을 위해서는 극미세 영역에서의 물질 및 현상에 관한 과학적 기초지식과

이를 토대로 한 학제적인 공학기술이 결합된 종합적이고도 전문성 있는 교육이 요구되므로, 현 학과 및 학문분야 위주의 교육시스템과 운영체계에서 탈피하여 효과적이고 집중화된 극미세 기술 교육과 관련 전문인력 양성체제를 구축하여야 하는 현실적인 과제가 남아있다. 이러한 측면에서 볼 때, 최근 미국 버클리대에서 거의 반세기 만에 신설한 바이오엔지니어링 (Bioengineering) 학과와 KAIST에서 바이오 과학과 정보, 전자, 기계공학간의 학제적 인력양성을 위하여 신설한 바이오시스템 (BioSystems) 학과 등은 향후 국내 기술융합형 극미세 기술분야에서의 학제적 전문인력 양성 프로그램의 개발과 교육체계 구축에 선도적인 모델을 제공할 수 있을 것으로 사료된다. 끝으로 극미세 기술개발을 위한 시설 및 인프라 장애요인으로는 고가의 종합적인 전문시설과 함께 전문시설간의 연계가 필요하다는 것이다. 극미세 기술개발에는 고가시설이 요구되고 국내 연구기관과 소규모 기업체들은 대규모 초기설비투자 능력이 부족하다. 한편 대학에서는 학문분야간 균등투자 및 평준화 발전의식에 의해 새로운 분야의 시도기회와 신기술 개발에 관한 창조적인 역량생성이 턱없이 부족하다. 또한 국내 연구기관별로 시설의 분산설치 및 고가장비의 중복투자가 발생할 경우, 이로 인해 국가적 투자효율 저하와 연구기관별 시설운영에 소요되는 시간과 경비의 중복지출은 물론 기술개발 집중력이 둔화될 우려가 있으며, 기관별 보유장비의 개방성 부족으로 인해 국내 시설장비의 경쟁적 구축과 비경제적 활용의 위험이 존재한다. 따라서 국가적인 차원에서 독립적이고 종합적인 전문시설을 설치함과 동시에 이들 상호간의 연계성 확립을 통해 새로운 개발기술의 검증은 물론 개발기술의 산업화의 기동성 향상이 요구되고 있다.

기술융합형 극미세 기술 분야의 발전과 성숙을 위해서는 이러한 연구개발, 인력양성, 시설구축에 관한 새로운 시도들이 필요할 뿐만 아니라 이러한 시도들 간의 연계성과 보완적 기능 확립이 중요하며, 무엇보다 중요한 것은 이러한 새로운 시도들을 시작하고 추진할 수 있는 새로운 생각과 사고의 틀을 형성하는 것이라 사료된다.

..... 저자 소개



《조영호(曹永昊)》

- 1957년생.
- 미국 버클리대 공학박사(1991).
- 미국 Berkeley Sensor and Actuator Center, Research Assistant(1987 ~1990) 및 Post-doctoral Research Associate(1991).
- KAIST 기계기술연구소 연구원(1991-1994).
- 현재 KAIST 바이오시스템학과 및 기계공학과 부교수, 과학기술부 창의적연구진흥사업 디지털나노공동연구단 단장, 대한기계학회 마이크로머신(MEMS)분과회장, 한국 MEMS 학술대회 운영위원 및 프로그램 위원, IEEE MEMS Conference 국제운영위원 및 프로그램 위원, 2003년 IEEE MEMS Conference 대회장, IEEE Optical MEMS Conference 프로그램 위원, 국가과학기술위원회 기획조정위원.