

고기능 초미세 광·열유체 마이크로부품 기술개발 현황



최 두 선

(KIMM 지능형정밀기계연구부)

'81 - '85 영남대학교 기계공학과 (학사)
'87 - '89 영남대학교 기계공학과 (석사)
'98 - '02 연세대학교 기계공학과 (박사)
'89 - '90 (주) LG 이노텍 연구원
'90 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



황 경 현

(KIMM 선임연구부장)

'72 - '76 서울대학교 기계공학과 (학사)
'76 - '78 한국과학기술원 기계공학과 (석사)
'83 - '86 Ohio State Univ. 기계공학과 (박사)
'82 - '83 North Carolina State 조교
'78 - 현재 한국기계연구원 책임연구원



신 보 성

(KIMM 지능형정밀기계연구부)

'81 - '85 부산대학교 정밀기계공학과 (학사)
'85 - '87 부산대학교 기계공학과 (석사)
'98 - '02 KAIST 기계공학과 (박사)
'87 - '90 육군사관학교 교수부 시간/전임강사
'90 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 사업개요

21세기 지식기반 시대에 필요한 초미세 광·열유체 복합동력시스템 기술은 1990년 중반 미국 등 기술 선진국에서 연구 개시 이후 기술 개발 속도가 급속히 빨라지고 있는 분야로서, 산업화 측면에서는 아직 초기화 단계에 머물고 있는 실정이지만 기술의 발전 방향과 첨단 산업구조의 변천 등에 근거하여 유추해 볼 때 본 산업분석 대상 기술은 향후 10년 이내에 신규 산업군 형성과 차세대 고부가가치 제품개발에 핵심적인 역할을 담당할 것으로 전망된다.

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 <차세대 신기술 개발 사업> 중 <고기능 초미세 광·열유체 마이크로부품 기술 개발 사업>으로서 아래 그림 1과 같이 초미세 마이크로부품을 정의하였다.

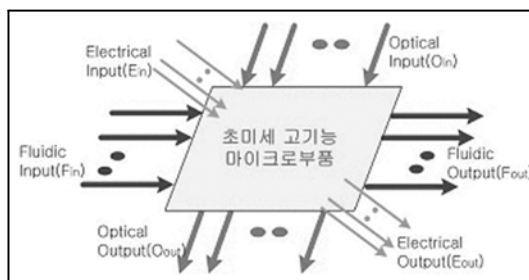


그림 1. 초미세 마이크로부품의 정의

초미세 마이크로 부품은 초미세 광·유체·전기적 입출력을 가지는 하나의 독립적인 마이크로부품으로 나타낼 수 있다. 즉, 하나의 마이크로부품

내에서 초미세 광 및 열유체 정보를 연계·접속, 분배·단속, 제어·변조, 반응·변환하는 기능을 수행하며, 이상과 같은 모든 기능들이 하나의 초미세 마이크로부품 내에서 완료될 수 있도록 하는 것이다.

2. 기술개발의 중요성

2.1 기술적 중요성

초미세 광·열유체 마이크로부품 기술은 현재 본격적 산업화가 진행되지 않은 신기술 분야로서 국내 비교우위 산업인 반도체, 가전·전자, 정보통신, 컴퓨터, 자동화, 의료·환경, 생명 산업과 전통 기계 산업과의 기술연계 및 복합제품 개발을 통해 세계 최고수준의 차세대 첨단 산업 기술의 확보 및 특화발전이 가능하다. 또한 현재 기존 제품에 사용되고 있는 일부 부품의 대체개발을 목적으로 관련 기술의 산업화 응용을 시도하는 단계에 있으며 대량 생산이 가능한 신규산업 부문의 발굴 및 개발 투자는 아직 초기단계로 평가되고 있다. 향후 10년 이내에 고기능 초미세 광기계 및 열유체 마이크로부품의 응용분야에서 완전히 새로운 제품의 출현 가능성이 높으며, 이 경우 새로운 산업 부문의 형성이 전망된다. 특히 기존의 첨단산업과의 연계 개발이 가능할 경우, 기술융합에 따른 상승작용에 의해 대규모 신규 산업군의 형태로 확대 발전될 가능성이 많으며 세계 시장규모 또한 급속히 증대될 것으로 전망된다.

Battelle, SEMI, SPC, NEXUS 등 국외 기술 및 시장 분석 전문기관의 자료에 의하면 고기능 초미세 마이크로부품 기술이 첨단성, 신규성, 가능성 및 경제성 측면에서 미래 첨단 제품의 극소화·고기능화 개발에 가장 경쟁력 있는 핵심기술로 평가되고 있으며, 미국, 일본, 유럽 등 기술 선진국에서는 자국 비교우위 산업을 기반으로 국가적 차원의 대규모 기술개발사업을 추진

하고 있다. 기술관련 시장은 EU NEXUS(Network of Excellence)의 경우 2002년까지 년 18% 규모로 성장하여 최대 400억\$ 규모로 발전될 것으로 전망하고 있으며, 미국의 조사기관인 Frost & Sullivan은 2002년까지 최소 63억\$의 규모로 예측하고 있다. 그러나 고기능 초미세 마이크로부품 기술은 아직 본격적인 산업화가 전개되지 않은 미래 지향적 기술인 관계로 현 예상보다 훨씬 큰 규모의 시장을 형성할 가능성도 있으나, 산업체의 단기 제품개발 투자의 위험성도 함께 내포되어 있어 미래 첨단 산업을 위한 정부의 장기적인 기술투자가 요구된다. 특히, 미국에서는 고기능 초미세 마이크로부품 기술이 모험산업 기술로 분류되어 DARPA에서만 연간 1억불정도의 정부자금을 투입하여 대규모 선행기술 개발사업을 추진하고 있다.

2.2 경제·산업적 중요성

우리나라의 기술적 위치를 평가하기 위한 객관적 자료로서 최근 14년 간 제품 극소화 기술 전반에 걸친 국외특허 2,875건의 조사 분석 결과는 아래 그림 2와 같으며, 국가별로 보면 미국과 일본이 관련 기술 분야에서 치열한 선다툼을 하고 있음을 알 수 있다.

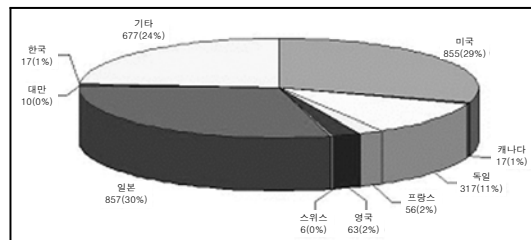


그림 2. 제품 극소화 기술에 관한 각국의 특허 보유 현황

이는 1980년대 MEMS기술이 탄생과 함께 제품 극소화 기술이 본격화 된 이래로 미국, 일본 및 유럽의 선진국에서는 정부 주도 하에 제품의

극소화를 위한 대형 국가과제를 진행하여 온 결과로 생각할 수 있으며, 우리나라에서는 1995년부터 비로소 선도기술개발사업에서 처음으로 정부 주도하의 제품 극소화 기술분야의 기술개발 사업을 추진하기 시작하였다. 현재는 앞서 언급한 선도기술개발사업이외에 21C 프론티어 사업 및 본 차세대 신기술 개발사업 등으로 1999년부터 정부주도의 기술개발 사업이 추가적으로 시행되고 있다.

한편 세부기술 구성을 보면 초미세 마이크로부품에 관한 기술이 전체 제품의 극소화 관련 특허의 53%를 차지하고 있으며, 특히 초미세 마이크로부품 중 기계·열·유체·광 부품이 차지하는 비율은 89%에 이르고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 기술개발 사업이 목표로 하고 있는 초미세 광기계 부품 및 초미세 열·유체 부품에 관한 기술 개발은 제품 극소화 기술 전체의 47%에 해당하는 비중을 차지하고 있다고 할 수 있겠다.

초미세 마이크로부품 기술은 이제 막 기술의 초기단계를 벗어나 발전기로 접어들고 있는 상태라고 할 수 있을 것이며, 현재 초미세 마이크로부품 기술이 본격적으로 시장을 형성하기 시작하는 단계라고 할 수 있다. 따라서, 초미세 마이크로부품 기술이 본격적으로 시장을 형성하기 직전인 지금, 우리나라도 정부주도하의 집중적인 투자에 바탕을 두고 빠른 시일 안에 세계 수준의 기술을 습득하여 광기계 및 열·유체 초미세 마이크로부품 분야의 세계 시장에 조기 진입할 수 있어야 하겠다.

3. 고기능 초미세 광·열·유체 마이크로부품 기술개발의 최종 목표

향후 10년동안 수행될 본 사업의 최종목표는 차세대 고부가가치 제품 개발이 가능한 초미세 광·열·유체 동력시스템의 마이크로 부품 설계/생산 및 시스템 집적 기술 개발로서 그 단계별 개발목표는 표 1과 같다.

1단계에서 개발하게 될 초미세 마이크로부품 핵심 공통기반기술로는 SI 핵심요소 개발 기술, 물성 및 신뢰성 평가 기술, 기능성 소재 공통가공기술 등이 있고, 2단계의 단위 및 복합부품은 표 2와 같으며 3단계 광·열·유체 마이크로시스템은 분광기와 발전기를 대상으로 하고 있다.

위와 같은 사업의 목표 달성을 위하여 본 과제에서는 총 19개 과제와 국내외 14개 기관들을 제 1, 2, 3 세부과제로 나누어 연구를 수행중이며, 각 세부과제는 표 3과 같은 최종 기술개발 목표와의 연계성을 가지고 있다.

3.1 초미세 광·열·유체 부품 접속·조립 시스템 개발

초미세 마이크로 부품을 실제 제작하고 상품화하는데 있어 가장 중요한 기술은 제품을 완성하기 위한 가공(fabrication), 조립(assembly), 접합(joining), 조작(manipulation) 기술이다. 이것은 기존의 반도체 집적기술에서 요구하는 수준의 기술보다 훨씬 높은 수준의 기술을 요구하는 것이다. 기존의 MEMS 기술에서는 실리콘의 단일 재료를 이용하여 식각(lithography)과 에칭(etching) 기술을 이용한 하나의 기판 위에 제조하는 방식인 단일제조(monolithic microfabrication)의 방법을 사용하여 조립과 접합의 기술의 중요성이 크게 요구되지 않았다. 그러나 보다 복잡하고 다양한 기능의 사회적 요구와 함께 광·기계 및 열·유체의 복합 기능을 가진 새로운 MEMS 제조 기술은 하나의 재료가 아닌 복합재료의 사용이 요구되며 양립하지 않는 각각에 필요한 기능을 가진 복잡한 형태의 소자(micro-device)들을 가공한 뒤 이것을 하나로 합쳐 새로운 복합부품을 만드는 기술(hybrid microfabrication)이다. 이러한 복합기술을 위해서는 가공, 조립, 접합의 기술을 포함하는 초미세 마이크로시스템 SI 핵심 요소기술 개발이 필수적이며 향후 미래 산업에서의 중요성은 점점

더 높아져 가고 있다.

초미세 마이크로부품 기술은 기존의 정밀 메카트로닉스 기술을 기반으로 한 기계-전자 복합 시스템의 소형화, 경량화, 다기능화, 고속화, 고신뢰도, 저전력 소모, 가격의 저렴화를 이룸으로써, 기전 복합 시스템의 경박 단소화를 촉진시키는 원동력이 되리라 예상하고 있다. 그러나 여기서 중요한 것은 기존의 전자요소만으로 구성된

시스템과 광·기계·열·유체·전자 복합 시스템과의 차이점이다. 따라서 다양한 기능성과 소형화의 요구에 대응하기 위한 초미세 마이크로부품 기술 개발에서의 SI 핵심기술은 기존의 기전접속 시스템의 기술에서 보다 유연하고 고정도를 갖는 기술을 개발함으로써 요소 집적이 유리하면서도 신제품의 창출과 상용화에 이바지함과 더불어 다른 분야로의 기술 확산에 큰 기여를 할

표 1. 단계별 기술 개발 목표

단계	기술 개발 목표
1단계	초미세 광·열유체 마이크로부품 핵심 공통기반기술 개발
2단계	초미세 광·열유체 마이크로 단위 및 복합부품 개발
3단계	고기능 초미세 광·열유체 마이크로시스템 개발

표 2. 초미세 광·열유체 마이크로 단위 및 복합부품

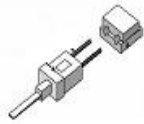
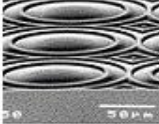

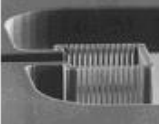


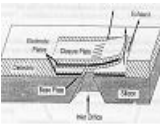

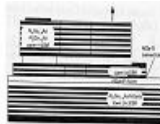


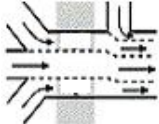
단위 부품	연결 · 접속				
	커넥터	렌즈 군	커넥터	필터	
복합 부품	분배 · 단속				
	단속기	감쇠기	밸브	분배기	
복합 부품	제어 · 변조				
	필터	분석기	제어기	혼합기	

표 3. 최종목표 달성을 위한 세부과제의 연계성

제1세부과제	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 개발 총괄 및 세부과제 연계기술 개발 - 초미세 부품간의 접속·조립 및 시스템 통합 기술 개발
제2세부과제	<ul style="list-style-type: none"> - 광·열유체 마이크로부품 설계를 위한 기본 물성치 제공 - 핵심 부품에 대한 고정도성, 내구성, 부품수명 평가 기술 - 접속 및 조립 시스템의 신뢰성 평가 기술 개발
제3세부과제	<ul style="list-style-type: none"> - 기능성 소재의 미세 공통 가공 기술 개발 - 금속, 폴리머 소재의 2½차원 미세 형상 가공 기술 개발 - 고기능성 광·열유체 마이크로부품 제작 기술 개발

것으로 기대된다.

초미세 광·열유체 부품 접속·조립 시스템 개발의 최종 목표는 가공, 조립, 접합, 조작 등의 기술을 이용한 초미세 광·열유체 마이크로시스템의 SI 핵심요소 기술 개발로서 초미세 광·열유체 부품의 접속·조립 시스템 개발을 목표로 하고 있다.

표 4에 초미세 광·열유체 마이크로시스템의 SI 핵심요소 기술개발의 세부 연구개발목표와 연구내용을 정리하였다.

3.2 초미세 광·열유체 기능성 소재의 물성 및 신뢰성 분석 기술 개발

초미세 광·열유체 부품의 특징은 그 크기가 마이크로미터 정도이고, 사용되는 소재의 미세형상

가공법이 확립되어 있는 것이다. 이와 같은 재료의 특성을 파악하기 위해서는 치수효과나 미세 가공이력을 고려한 미소 박막재료의 시험을 행할 필요가 있고, 계측분해능 문제 외에도 시험편의 제작이나 그 취급방법에 있어서도 문제점이 제기된다. 종래의 재료는 먼저 재료의 큰 덩어리를 만들고 제거가공이나 변형가공을 가해서 형상을 만든다. 이와는 달리 초미세 광·열유체 부품은 재료제작이나 형상가공 등을 동시에 진행한다. 따라서 이들 초미세부품 소재의 물성을 측정하는 경우에는 부품 요소별로 제작공정, 재료이력과 미세치수·형상에 입각한 재료시험이 행해져야만 한다는 점이 종래의 재료시험법과는 크게 다른 점이다.

최근에는 국제적인 규격으로 제품에 관한 신뢰성을 평가하는 기준이 규정되어 있어서, 국제적

표 4. 연구개발목표 및 연구내용

연구개발목표		연구내용
1차년도	초미세 광·열유체 핵심부품 해석/설계 및 공정기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 초미세 광·열유체 핵심부품 공정기술 개발 - 미세 접합 및 조립 공정 설계기술 개발 - 광 폴리머 다층박막 구조 기초 공정 개발 - 마이크로벤치 설계 기반기술 개발 - 미세 manipulator 모델링 및 형상 측정기법 개발 - 광격자 소자의 접속 및 조립 기술 개발
2차년도	초미세 광·열유체 부품 접합·조립 기구설계 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 접합·조립 Micro positioning & alignment 기술개발 - 마이크로 측정 및 제어장치 개발 - 접합공정 모델링 및 다층 광도파 설계/제작공정 개발 - 마이크로 부품 집적화 기술 개발 - 비접촉 3차원 형상 측정 및 제어기술 개발 - 광격자부품 초정밀 광학정렬 제어 기술 개발
3차년도	초미세 광·열유체 부품 접합·조립 스테이션 시제품 제작 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 미세 접합·조립 스테이션 운영 및 평가기술 개발 - Micro positioning & alignment 시스템 통합기술 개발 - 동종/이종 소재 접합기구 및 접합부 평가기술 개발 - 마이크로벤치 설계 및 평가기술 개발 - 미세 manipulator 해석 및 기구구조 개념설계 - 광분배기 설계 및 제작기술 개발

인 전자제품 규격인 IEC(International Electromechanical Committee)에서는 62005-2에 근거하여 광 접촉 장치의 신뢰성을 평가하는 실험에 관한 규정을 제시하고 있다. 향후 이러한 기준들이 엄격하게 적용될 것으로 예측되므로 우수한 품질의 제품이라도 국제적인 신뢰성 평가 방법과 규격이 확보되지 않는 경우 국제시장에서의 입지가 더욱 축소될 것으로 예측된다. 이러한 관점에서 초미세 광·열유체 부품의 신뢰성 검증 및 소재 물성 평가 기술의 확보는 제품 개발의 시기에도 필수적인 부분이라고 할 수 있다. 측정된 소재 물성치는 해석을 통한 제품 제조 과정을 예측하는데 기본 자료로 이용되어 제품 설계 기간을 단축하고 시행착오를 줄일 수 있다. 또한 신뢰성 검증 과정을 거치면서 개발된 제품의 문제점을 정확히 파악하고 개선 방법을 제시해 줌으로써, 차후의 제품 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

앞서 언급한 바와 같이, 기능성 소재의 물성평

가 및 신뢰성 검증 기술은 부품의 소형화로 인한 특이성(Size Effect)과 동 분야의 국제적인 요구에 부응하기 위하여 향후 평가기술개발이 반드시 필요한 분야라고 할 수 있으나, 고정밀도와 재현성, 환경인자의 정적 유지 성능 등을 갖춘 고가의 장비가 필요하다는 난점을 가지고 있다. 더구나, 장비를 외국에서 수입하려고 하여도 선진국에서조차 이 분야에 관한 장비 개발이 완료된 상황이 아니어서 막대한 금액을 지불하고도 요구되는 특성을 측정하기가 어려운 실정이다. 따라서, 기능성소재 물성평가 및 신뢰성 검증 기술 개발과 함께 관련 장치의 개발은 21세기 고도 정보화 사회의 기반인 차세대 정보시스템 핵심측정·평가 기술의 근간을 제공하며, 장기적 안목에서의 미래 첨단기술의 기반기술의 선점 및 특화를 통하여 고품질, 고부가가치 초미세 광·열유체 부품소재의 개발 및 평가분야에서 독자적인 신기술 확보가 가능할 것으로 판단된다. 초미세 광·열유체 기능성 소재의 물성 및 신뢰성

표 5. 연구개발목표 및 연구내용

연구개발목표		연구내용
1차년도	초미세 광·열유체 기능성 소재 물성측정 및 시험기 설계기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 광기능성 소재 마이크로 인장시험기 및 Indentor 설계 - 기능성 소재(Polymer, Plastic, Glass등) 물성 측정 - 소재 물성측정 시험용 시험편 제작 기술 및 표준화 - 초미세 핵심 광·열유체 소자 표준화 분석
2차년도	초미세 광·열유체 미세 물성 분석 시험기 제작기술	<ul style="list-style-type: none"> - 광기능성 소재 인장시험기 및 Indentor 제작 - 기능성 소재의 광학적/열적/전기적 특성측정 - 기능성 소재 물성 측정 데이터베이스 구축 - 초미세 광·열유체 핵심소자 표준화 기술개발
3차년도	미세분석시스템 특성평가 및 신뢰성 평가기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 광기능성 소재 미세분석시스템 규격화 및 시험기법 개발 - 재료 및 공정에 따른 기능성소재 물성치 DB 통합구축 - 마이크로 광·열유체 부품 신뢰성 평가 기술개발

분석 기술 개발의 세부 연구개발목표와 연구내용을 표 5에 정리하였다.

3.3 초미세 광·열유체 기능성 소재의 공통 가공 기술 개발

초미세 광기능성 소재 가공기술은 전자, 재료, 의약, 에너지 등 다양한 기술분야에 응용되고 있고 이로 인하여 인류문명의 혁명적 변화가능성을 예고하고 있다. 또한, 최근 정보기술 (IT), 바이오기술 (BT) 에 이어 21세기 세계 각국의 국가경쟁력을 좌우할 새로운 전략분야로 초미세 가공기술이 등장되고 있으며, 미국, 일본, 독일은 초정밀 부품의 응용기술 개발을 위한 나노기술로 확장하려는 시도와 함께 21세기 기술개발

의 핵심분야로 설정하여 범국가 차원의 개발계획을 마련하여 이에 대응하고 있다.

우리나라의 경우는 기술의 필요성을 충분히 인식하고는 있지만 나노기술의 기반 기술인 마이크로 기술조차 확립되어 있지 못한 실정으로 현재는 물론 앞으로도 선진국에의 기술 종속화가 심히 우려되고 있어 국가 경쟁력 향상의 차원에서 정부주도의 투자 및 개발이 시급한 실정이다.

초미세 마이크로부품의 제조 및 보편화·상용화에 있어서 형상정밀도, 3차원화 기술, 기능의 고효율화 등을 확보하는 것이 중요하다. 그러므로, 고기능성 광·열유체 마이크로 부품 기반가공기술은 실리콘 뿐 아니라, 기능성 소재, 폴리머에 대한 초미세 절단, 연마, 처리가 가능한 기술이어

표 6. 연구개발목표 및 연구내용

연구개발목표		연구내용
1 차 년 도	초미세 광·열유체 기능성 소재 공통가공 기초기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 레이저 식각 시스템 및 초음파가공기 설계/제작 - 고효율 초미세 광·열유체 부품 검사 알고리즘 개발 - 광기능성 소재 Hot Embossing 공정 기술 개발 - 레이저 직접 묘화 기술 개발 - 초미세 광모듈 제작을 위한 투과 평면 가공기술 개발 - X-선을 이용한 마이크로렌즈 제작 공정 개발
2 차 년 도	초미세 광·열유체 기능성 소재 공통가공 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 레이저 스캐닝 메카니즘 설계 및 제작기술 개발 - 레이저 식각 시스템 제어 프로그램 개발 - 초미세 부품 측정을 위한 고해상도 시스템 개발 - PDMS를 이용한 미세 유체 채널 제작 기술 개발 - 레이저를 이용한 3차원 미세 구조물 형성 기술 개발 - 초미세 광모듈 제작을 위한 반사 평면 가공기술 개발
3 차 년 도	초미세 광·열유체 기능성 소재 복합가공시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 마이크로 부품 가공용 레이저 식각 시스템 개발 - 초음파가공에 의한 2,3차원 마이크로 형상 가공 기술개발 - 초미세 광·열유체 부품 초정밀 측정 시스템 개발 - 초미세 열유체 부품 가공기술 개발 - UV-embossing 및 Hot Embossing 공정의 최적화 - 나노 광학소자를 이용한 광학 평면 평가 기술 개발

야 하며, 기존의 가공기술과의 연계로 초미세 마이크로 부품의 제조에 있어서 응용 및 실현 가능성이 높은, 공통적이면서도 미래지향적인 미세 가공 기술의 개발이 요구된다. 또한, 초미세 마이크로 부품 가공의 전·후처리로서 초미세 소재의 표면 처리 가공을 위한 공정 기술과, 초미세 가공된 마이크로부품의 가공 품질 및 성능 평가를 위한 측정 시스템 개발도 필수적이다.

초미세 광·열유체 기능성 소재의 공통 가공 기술 개발의 세부 연구개발목표와 연구내용을 표 6에 정리하였다.

4. 파급효과 및 활용방안

초미세 고기능 마이크로부품 기술개발 사업을 통하여 미래 국가 주력 산업의 확대발전과 경쟁력 향상에 필요한 고기능 극미세 마이크로 핵심 부품(기계·광학·열유체 및 동력부품)의 설계·가공 기술과 초미세 부품간의 접속·조립 기술 등을 확보함으로써 차세대 첨단 산업기술의 기반을 구축할 수 있다. 즉, 고기능 초미세 마이크로 부품의 설계 및 생산기술에 관한 신 기계기술 개발을 통하여 미래 고부가가치 첨단산업을 위한 차세대 핵심기술을 선점하고, 국내 기계산업에 새로운 지식과 신기술을 보급함으로써 기 보유 기술과 자원을 기반으로 미래 신 시장 개척과 기존 시장의 확대를 추구할 수 있는 첨단 산업영역으로의 발전적 전화 유도가 가능하다. 또한, 본 사업에서의 성과는 반도체, 광학, 전기, 전자, 기능성 소재 등 첨단 기술과 기계기술과의 접목을 통한 차세대 고부가가치 신 기계기술을 창출하는 것으로서 국내 기계산업의 경쟁력을 제고할 수 있다. 특히, 미래 고부가가치 첨단산업과의 연계기술 개발을 통해 기존 기계산업의 전문성, 부가가치 및 수요 확대가 가능하다.

마지막으로, 국내 기계산업과 미개발 국가 수출주도 산업과의 기술적 연계 구축을 통해 미래 고부가가치 제품의 시장 및 경쟁력 증대를 꾀할

수 있으며, 전 산업부문으로 기술 응용 및 파급이 가능할 것으로 전망된다. 고기능 초미세 마이크로부품 관련 전문화 기술개발 활동과 함께 국내외 산학연간의 기술협력 및 연계 활동의 주신장력을 병행함으로써 보유 기술의 전문화와 시장의 국제화를 유도하고 국가 산업기술 경쟁력 강화를 위한 국내외 기술공조체계 구축이 가능하다. 아울러, 고기능 초미세 마이크로부품 기술을 근거로 하여 미래 고부가가치 산업분야에서 극소형 첨단제품 개발에 필요한 핵심 설계 및 생산기술과 공통 기본공정 및 시설 지원을 담당할 지역벤처를 설립 육성하고 기존 기계산업체들과 타 산업체들 간의 기술 및 시설 연계를 통한 전문 산업체군의 특성화 조직 구성이 가능하다.

참고 문헌

- [1] 2010년의 산업기술예측과 장기발전전략, 연구보고 98-15-084, 산업자원부
- [2] 초소형 정밀기계 기술 개발 2단계 기획사업 보고서, 한국과학기술원, 1998.
- [3] U.S. Microelectromechanical System(MEMS) Markets, Frost & Sullivan, 1997.
- [4] Optics & MEMS, Naval Research Laboratory, Washington, DC, U.S.A., 1999.
- [5] Market Analysis for Microsystems: 1996-2002, A NEXUS Task Force Report, 1998.
- [6] IEEE Optical MEMS Conference, 1987~2000.
- [7] IEEE MEMS Conference, 1987~2000.
- [8] 한국 MEMS 학술대회, 1999~2000.
- [9] 마이크로시스템 개발사업 연구개발계획서, 1999.