

극저온 냉동기를 이용한 시편의 열물성 측정 장치 및 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR MEASURING THERMAL PROPERTY OF TEST PIECE USING CRYOGENIC REFRIGERATOR)



2019.05.

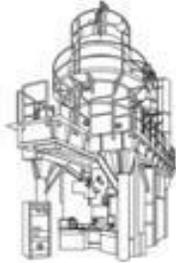
01 한국기초과학지원연구원(KBSI)은

1988년에 설립된 정부출연연구기관으로 연구시설장비 및 분석과학기술 관련 연구개발, 연구지원 및 공동 연구를 수행하고 있으며, 세계 최첨단 연구장비와 우수연구 인력인프라를 바탕으로 국내외 연구자들이 모여들어 우수한 융합연구 성과를 창출하는 글로벌 플랫폼 역할을 지향하는 연구기관입니다.

HVEM

초고전압투과전자현미경

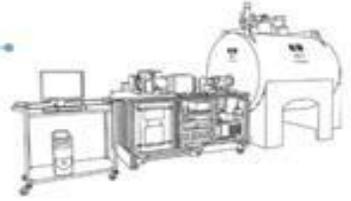
나노구조체의
원자구조 분석



15 T FT-ICR MS

초고분해능 질량분석기

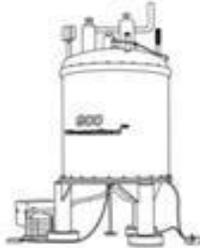
대기 미세먼지 및
극지방 토양 유래
복합유기물, 원유,
천연물, 대사체 시료분석



900 MHz Cryogenic NMR

고자기장 자기공명장치

생체 단백질 구조 분석 및
신약개발 연구



HR-SIMS

고분해능 이차이온질량분석기

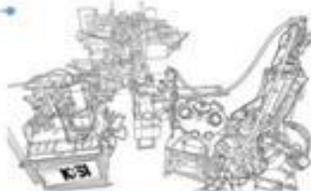
암석 생성 연대 측정
방사성핵종 분석



AISAS

차세대 융복합 in-situ 나노분석시스템

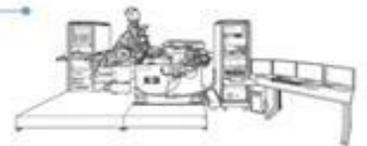
나노물성 및 신소재
in-situ 분석



Nano-SIMS

초미세 이차이온질량분석기

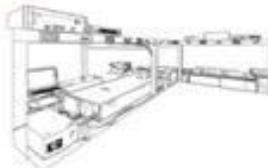
첨단소재의 미량원소
이미징 분석



FMLS

펨토초 다차원 레이저 분광시스템

분자의 동적인 구조 변화를
펨토초 실시간으로 관찰



7 T Human MRI

7 T 휴먼 MRI 시스템

질환진단, 뇌과학 연구
(뇌종양, 알츠하이머 등)



Bio-HVEM

생물전용
초고전압투과전자현미경

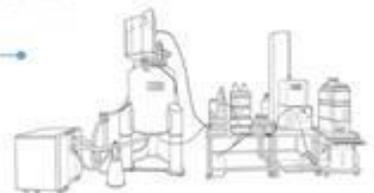
분자수준 생체물질의
3차원적 역동성 연구



SPE-800 MHz NMR-MS System

SPE-800 MHz 핵자기 공명 분광기
- 질량 분석기 시스템

대사체, 천연물, 신약
연구분야에서 대사물질
확인 및 대사기전 규명



02 한국기초과학지원연구원(KBSI) 스피공학물리학연구팀은

전자석 및 초전도자석을 이용하여 고자기장 환경을 구축하고, 이를 활용하여 자기 및 열 관련된 물성을 극저온(1.5K)에서 고온(1,000K)까지 측정하여 물질의 새로운 물리현상을 이해하고 신소재 개발에 기여하고 있습니다.

주요업무/ 수행연구

- MPMS, PPMS를 이용한 자기적 물성측정 분석 지원
- 극저온에서 고온까지 물질의 열전도도, 열확산도, 비열 및 팽창율 측정 분석 지원
- 전자기 물성측정장비 개발
- 고온초전도 무냉매 NMR장비 개발
- 전자석 및 초전도자석을 이용한 고자기장 발생기술 및 극저온 냉각기술 개발
- 자기장 환경에서 물질의 저항, 비열, 교류 자화율 측정을 통한 물질 특성 연구
- 나노소재 합성기술 개발 및 열전달 향상 응용기술 연구

연구인력 소개

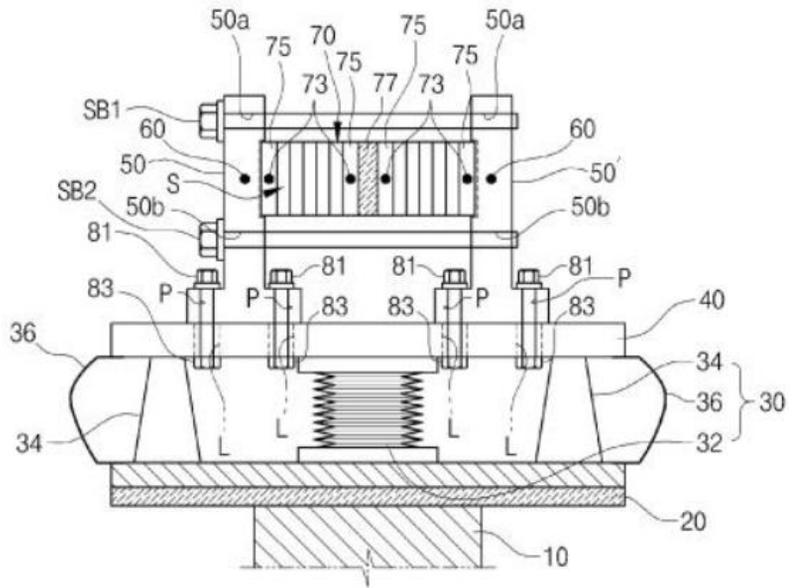
번호	성명	담당업무
1	이계행	- 스피공학물리학연구팀 업무 총괄 - 열물성 분석지원 및 분석기술 개발 - 방열필러용 무기물 나노소재 개발
2	박승영	- MPMS, PPMS를 활용한 전기 및 자기 물성 분석지원 - 전기자기 물성 측정 분석기술 및 장비 개발 - 스피트로닉스 관련 연구
3	이승복	- 헬륨액화실 운영 및 관리
4	조영훈	- 분석과학연구장비개발사업 총괄 - 극저온 고자기장 물성 측정 - 스피트로닉스 관련 연구
5	최연석	- 물성측정장비 개발 - 열물성 분석지원 및 요소기술 개발 - 극저온 열/물질 전달 및 초전도 응용
6	방준혁	- 전자기 물성측정장비 개발 - 소재 물성 시뮬레이션
7	백윤기	- 실용화 과제개발
8	이상갑	- 무냉매 고온초전도자석 핵자기공명(NMR) 장비 개발 - 고체 NMR 표준분석기술 개발 - NMR 및 전자스핀공명 기반 희박스핀계의 스핀동역학 연구
9	장재영	- 무냉매 고온초전도 자석 핵자기공명장비 개발 - 물성측정 장비용 초전도 자석 개발 - 초전도 자석 특성해석 및 평가 기술
10	황영진	- 무냉매 고온초전도 자석 핵자기공명장비 개발 - 전자기 물성측정 장비 개발 - 초전도 자석 / 유한요소해석 연구
11	김명수	- 극저온 냉동기를 이용한 냉각기술 개발 - 극저온 열물성 측정 및 분석 기술 개발
12	안준태	- 헬륨액화기 운영 및 극저온 시스템 개발
13	이아연	- MPMS, PPMS를 활용한 전기 및 자기 물성 분석지원
14	이지성	- 전기자기 물성 측정 분석기술 및 장비 개발
15	정수열	- 열 물성 분석실 운영 - 열 물성 분석법 개발

03 “극저온 냉동기를 이용한 시편 물성 측정 장치”

제안기술의 혁신성

“열전도도, 비열, 열접촉저항” 측정 가능

- 열전도도 측정 :
온도조절용 히터에 의해 흡열원의 흡열 온도가 조절 → 시편조립체의 온도가 조절 → 발열용 히터가 발열 → 제어부가 다층 구조 시편의 공급 열량에 따른 온도 변화를 측정 → 다층 구조 시편의 단면적 및 길이를 이용하여 열전도도 측정
- 비열 측정 :
온도조절용 히터에 의해 흡열원의 흡열 온도가 조절 → 시편조립체의 온도가 조절 → 발열용 히터가 발열 → 제어부가 시간에 따른 다층구조 시편의 온도 변화를 측정 → 온도 분포가 길이방향으로 선형이 될 때까지의 시간을 구하여 비열 측정
- 열접촉저항 측정 :
온도조절용 히터에 의해 흡열원의 흡열 온도가 조절 → 시편조립체의 온도가 조절 → 발열용 히터가 발열 → 제어부가 시편 조립체와 좌, 우측 시편 홀더의 접촉면의 온도 차이 측정 → 열접촉저항 측정



<그림> 극저온 냉동기를 이용한 시편의 열물성 측정장치 구조

03 “극저온 냉동기를 이용한 시편 물성 측정 장치”

제안기술의 유용성

“온도 범위 제한”

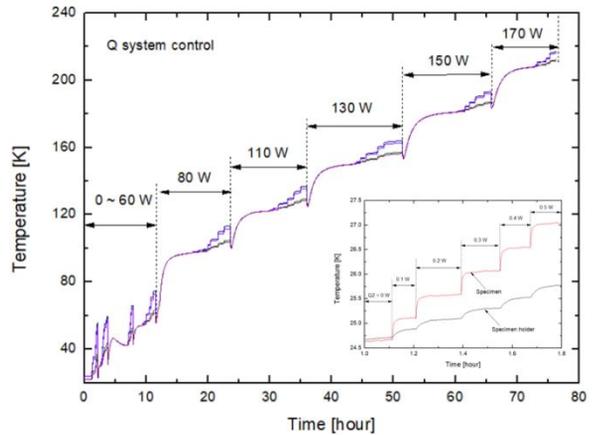
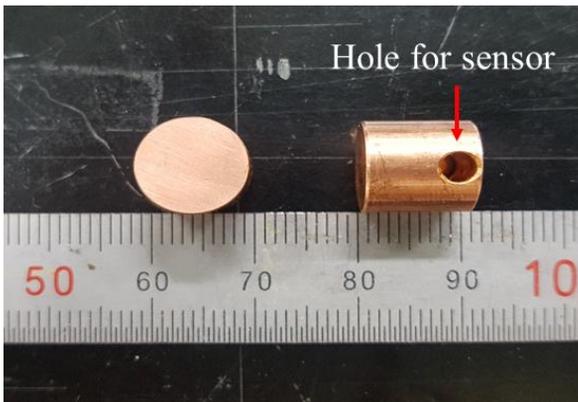
- 써멀 어댑터의 하부에 설치되어 열을 흡수하도록 극저온 냉동기로 구성되며 온도조절용 히터가 내장되어 있는 흡열원을 포함하여 구성됨으로써, 종래의 극저온 유체(액체헬륨, 액체질소)를 흡열원으로 사용하는 방식에 비해 측정 온도 범위의 제한이 적음

“시편의 접촉압력 조절”

- 시편 조립체의 양단을 고정한 상태에서 수평으로 접촉 압력을 작용하며 이 접촉 압력을 조절할 수 있도록 구성된 좌, 우측 시편 홀더를 포함하여 구성됨으로써 접촉압력을 조절할 수 있음

“시편 조립체 수평 배치”

- 발열용 히터를 중심으로 복수의 다층구조 시편 및 복수의 시편측 온도센서가 대칭구조를 이루며 수평으로 배치되어 있는 시편 조립체와, 시편 조립체의 양단을 고정한 상태에서 수평으로 접촉 압력을 작용하며 이 접촉 압력을 조절할 수 있도록 구성하여 종래의 수직 방향으로 설치될 때 발생할 수 있는 중력 영향을 없앨 수 있음



<그림> 시편 물성 측정 장치 및 실험 결과표

03 “극저온 냉동기를 이용한 시편 물성 측정 장치”

제안기술의 차별성

“진동 측정오차 최소화”

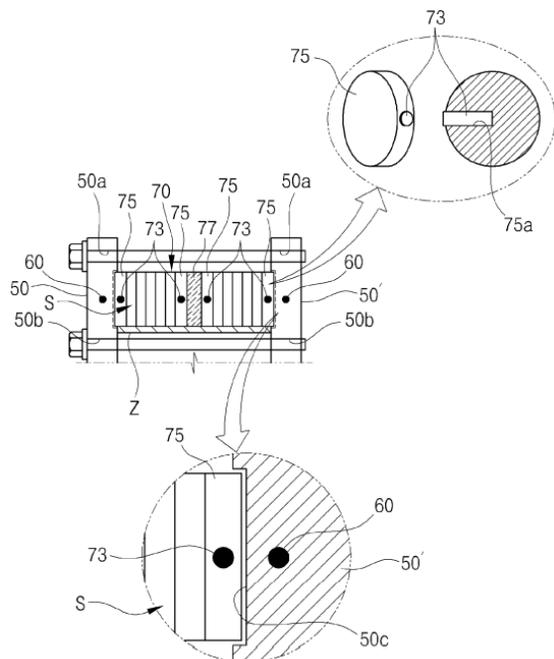
- 흡열원의 중심부 상부에 타단부가 결합되어 전달되는 진동을 줄이는 주름관, 흡열원의 상부에 타단부가 결합되어 진동을 흡수하는 복수의 진동 흡수 패드, 써멀 어댑터의 좌/우측 하부에 각각 일단부가 결합되며 흡열원의 좌/우측 상부에 각각 타단부가 결합되어 열을 전달하는 써멀 링크 포함함으로써 시편의 진동 전달 최소화

“온도 측정 정확도 및 온도 조절 향상”

- 온도센서 지그의 온도센서 설치홈에 시편측 온도센서가 설치되는 구조를 통해 시편 온도 측정 정확도가 향상됨
- 흡열원은 써멀 어댑터의 하부에 설치되어 열을 흡수하도록 구성되며 온도 조절용 히터가 수평으로 내장되어 있으므로, 측정시간의 제약이 없으며 측정온도 범위의 제한이 적어 다층구조 시편에 대한 온도조절이 용이함

“대칭성 및 접촉면적 균일성 향상”

- 좌/우측 시편 홀더의 측면 각각에 시편 조립체의 양단부가 삽입되어 고정되는 슬롯이 형성되어 있어 다층구조 시편의 대칭성 및 접촉면적의 균일성을 향상시킬 수 있음
- 좌/우측 시편 홀더는 정면에서 볼 때 “⊥”형상으로 형성되어 써멀 어댑터 사이에 공간 발생을방지하여 열전달성을 향상시킴



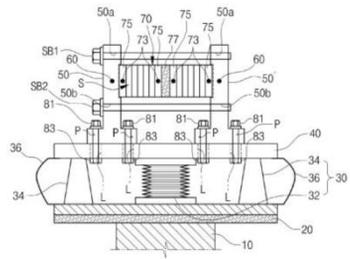
<그림> 시편 조립체가 좌, 우측 시편 홀더 사이에 장착된 상세한 구성

04 요약

I. 제안기술 개요

기술의 내용	기술의 동향	제품화 및 시장전망
--------	--------	------------

- 극저온 냉동기를 흡열원으로 사용하여 시편의 열전도도, 비열 및 열 접촉저항의 열물성을 측정하는 장치 및 방법



[국내]
- 전기·전자·제어 등 다양한 기술이 결합되어 발전하고 있으며, 국내 업체는 중소기업 위주로 구성되어 있고 핵심 원천 기술이 열위에 있어 수입 제품에 의존하고 있음

[해외]
- 물성측정 기술은 생명과학(바이오, 의료 연구 개발), 환경(환경 이슈 증가), 화학 산업 성장(연구 개발 투자, 공정용 수요)에 의해 꾸준히 증가할 것으로 예상됨

- 실험실용 측정 및 분석기기 시장의 경우 연평균 5.1%의 성장이 예상됨

- 바이오, 환경, 화학 산업에서 시장이 성장할 것으로 예상되며 분리 분석기기류 (HPLC, GC 등)의 시장이 상대적으로 크게 증가할 것으로 예상됨

(단위: 천만 원당)

구분	시장규모					성장률(%) (2012-2017)	
	2013	2014	2015	2016	2017		
국내 시장	실험실용 측정기기	9,729	8,347	12,598	12,975	13,364	5.1%
	연구 측정기기	2,859	2,333	3,521	3,626	3,795	3.6%
세계 시장	실험실용 측정기기	6,823	5,510	8,407	8,659	8,918	5.1%
	연구 측정기기	9,729	10,225	10,746.8	11,294.8	11,870.8	5.1%

상용화단계	일반	<input type="checkbox"/> 아이디어	<input type="checkbox"/> 연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발	<input type="checkbox"/> 개발완료 (시제품)	<input type="checkbox"/> 제품화
핵심키워드	한글	극저온 냉동기	열물성 측정	열전도도	비열	열접촉저항
	영문	Cryogenic Refrigerator	Thermal Property	Thermal conductivity	Specific Heat	Thermal contact resistance

II. 기술개발자 정보

기관명	한국기초과학지원연구원	부서	스핀공학물리연구팀
성명	최연석	직급	책임연구원
전화	042-865-3913	이메일	ychoi@kbsi.re.kr

III. 특허정보

특허현황	사업화 대상 기술 관련특허 등록 1건, 총 1건				
구분	상태	등록일자	등록번호	발명의 명칭	
대상1	등록	2017.01.04	KR 10-1694993	극저온 냉동기를 이용한 시편의 열물성 측정 장치 및 방법	

05 관련 지식재산권

I. 서지사항

- 한국등록특허 10-1694993 B1 (2017.01.04)
- 존속기간(예상)만료일 2036.08.08
- 출원 히스토리



- 청구항구성 독립항 1항, 종속항 9항
- 대표청구항

발열용 히터를 중심으로 복수의 다층구조 시편 및 복수의 시편측 온도센서가 대칭구조를 이루며 수평으로 배치되어 있는 **시편 조립체**;

상기 시편 조립체의 양단부를 고정된 상태에서 수평으로 접촉 압력을 작용하며 이 접촉 압력을 조절할 수 있도록 구성되며 상기 시편측 온도센서와 수평을 이루는 시편홀더측 온도센서가 각각 설치된 **좌, 우측 시편 홀더**;

상기 좌, 우측 시편 홀더의 하부에 결합되어 열을 전도할 수 있도록 구성된 **써멀 어댑터**;

상기 써멀 어댑터의 하부에 설치되어 열을 흡수하도록 극저온 냉동기로 구성되며 온도조절용 히터가 내장되어 있는 **흡열원**; 및

상기 복수의 시편측 온도센서 및 시편홀더측 온도센서로부터 온도 감지 신호를 입력받아 열전도도, 비열 및 열 접촉저항 중의 하나 이상을 측정하도록 구성된 **제어부**를 포함하며;

상기 **시편 조립체**는

상기 **발열용 히터**가 중심에 배치되며,

상기 발열용 히터와 상기 좌, 우측 시편 홀더 사이에 상기 **다층구조 시편**이 배치되며,

상기 다층구조 시편의 좌, 우 양측에는 중심에 설치홈이 형성된 **온도센서 지그**가 배치되며,

상기 온도센서 지그의 설치홈에는 상기 **시편측 온도센서**가 삽입설치되며;

상기 좌, 우측 시편 홀더에는 각각 상기 **시편홀더측 온도센서**가 삽입설치되며,

상기 좌, 우측 시편 홀더의 내측면 각각에는 상기 시편 조립체의 양단부가 삽입되어 고정되는 **슬롯**이 형성되는, 극저온 냉동기를 이용한 시편의 열물성 측정 장치

II. 권리구성의 범위

- 제안기술은 **독립항 1항, 종속항 9항**으로 구성되어 있음
- 발열용 히터를 중심으로 복수의 다층구조 시편 및 복수의 시편측 온도센서가 대칭구조를 이루며 수평으로 배치되어 있는 시편 조립체와 시편측 온도센서, 시편홀더측 온도센서, 제어부 등의 핵심내용을 청구항에서 주장하였음

III. 권리의 적절성

- 선행기술은 존재하나, 제안기술의 권리의 무효화 가능성이 낮음
- 특허의 소유권은 한국기초과학지원연구원이 100% 보유함으로써, 기술이전과 실시권 허여 가능
- 제안기술은 열전도도, 비열, 열접촉저항을 측정하는데 있어 명확하고 구체적이며 적절하게 권리를 구성함

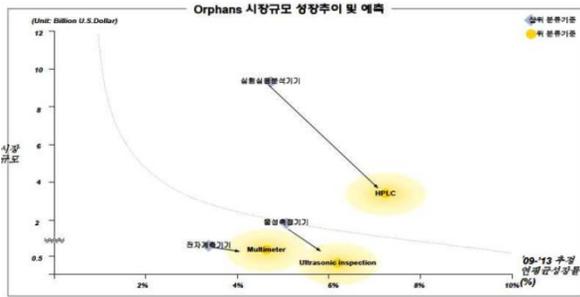
IV. 권리의 안정성

- 제안기술은 등록특허로서, 한국에서 등록유지 중이며, 2016년에 출원되어 권리존속기간은 17년 이상 남아있음
- 사업화시 제품 응용에 요구되는 특허는 추가적으로 확보 필요하다면 개별적인 특허 조사가 필요하며, 향후 권리 무효화 가능성이 낮은 것으로 판단되며 그 권리의 안정성은 높음

06 시장성

I. 국내외 동향

- 전기·전자·제어 등 다양한 기술이 결합되어 디지털 및 복합화 된 제품으로 발전하고 있으며, 국내 업체는 중소기업 위주로 구성되어 있고 핵심 원천 기술이 열위에 있어 수입 제품에 의존하고 있음
- 물성측정(물질의 물리, 화학용 측정 기구)은 QC(Quality Control)와 국제 품질규격 강화가 성장 요인으로 작용하고 있으며 분석기기 시장은 생명과학(바이오, 의료 등 연구 개발 투자), 환경(환경 이슈 증가), 화학 산업 성장(연구개발 투자, 공정용 수요)에 의해 꾸준히 증가할 것으로 예측 됨



<시장규모 성장추이 및 예측>

후방산업	측정 및 시험기기	전방산업
IT, BT, NT 산업 나노 산업	실험실용 측정 분석기기 전자 계측기기 물성 측정 시험기기	PC·방송·통신 산업 정보 산업 바이오 산업, 화학, 금속, 1차산업, 2차산업

<전방/후방 연관 산업구조>

II. 시장동향

- 실험실용 측정 및 분석기기 시장의 경우 연평균 5.1%의 성장이 예상되는데 바이오, 환경, 화학 산업에서 시장이 성장할 것으로 예상되며 분리 분석기기류 (HPLC, GC 등)의 시장이 상대적으로 크게 증가할 것으로 예상됨
- 물성 측정기기 시장의 경우 연평균 5.2% 이상의 성장이 예측되며, 제품 품질관리와 국제 품질규격 강화가 성장 요인으로 작용할 것으로 예상됨

(단위: 억원/백만달러)

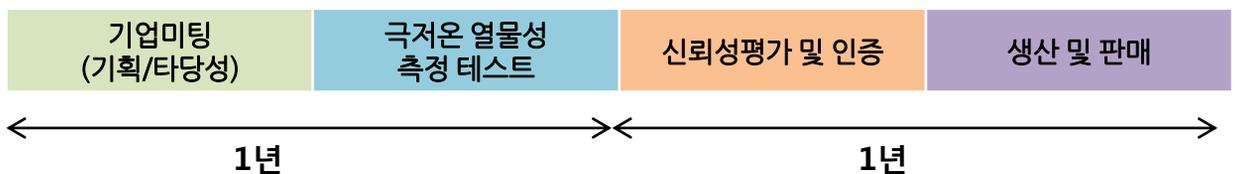
구분	시장규모						성장률(%) (2012~2017)	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
국내 시장	실험실용 측정시험기기	9,729	8,347	12,598	12,975	13,364	13,764	5.1%
	전자 측정기기	2,859	2,333	3,521	3,626	3,735	3,847	3.6%
	물성측정기기	6,823	5,570	8,407	8,659	8,918	9,186	5.1%
세계 시장	실험실용 측정시험기기	9,729	10,225	10,746.8	11,294.8	11,870.8	12,475	5.1%
	전자 측정기기	2,859	2,962	3,068.9	3,179.4	3,293.9	3,412	3.6%
	물성측정기기	6,823	7,171	7,536.8	7,921	8,325	8,749.5	5.1%

<측정 및 시험기기 시장 현황과 전망>

07 사업화 가능성

I. 사업화 기간 및 비용 적절성

- 제안기술로 사업화를 이루기 위해 실제 적용 및 구현에 따라 달라질 수 있겠으나 보통 총 2년으로 사업화가 가능할 것으로 예상됨



<그림> 사업화 추진 계획도

- 사업 추진 기간 동안 활용할 인력, 재료비, 설비비용, 분석료 등 약 2억 원의 소요 비용이 적절함