

열에너지 조절 가능한 일반 건축용
창호시스템 개발

(Development of heat energy controllable
window systems for civil architecture)

2008. 1.

첨단융합건설연구단

제 출 문

첨단융합건설연구단장 귀하

본 보고서를 “열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발 (Development of heat energy controllable window systems for civil architecture)” 의 기획보고서로 제출합니다.

2008년 1월 24일

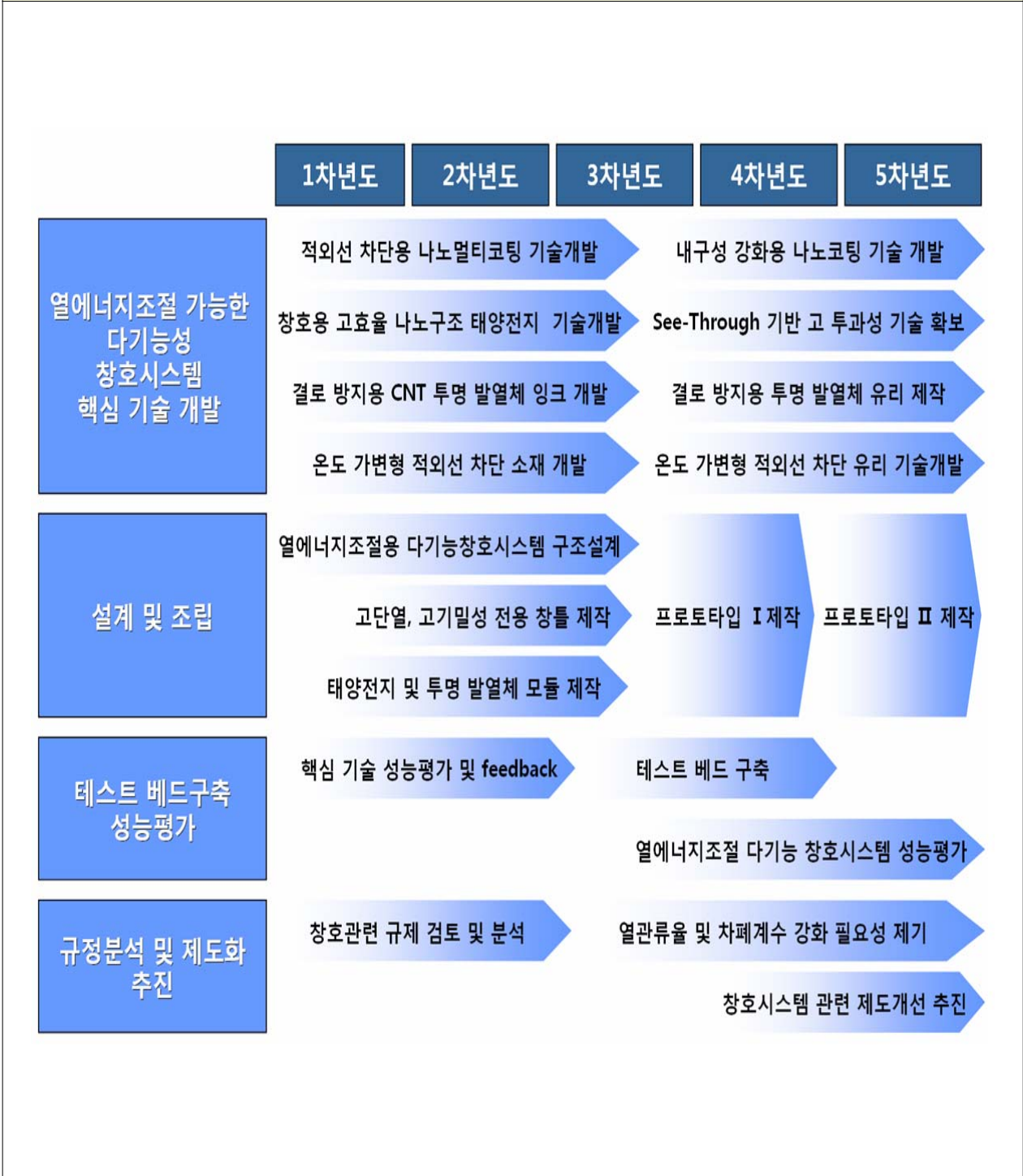
- 연구 기관 명 : 전자부품연구원
- 연구 기간 : 2007. 7. ~ 2007.8.
- 연구 책임 자 : 조진우
- 참여 연구원
 - 연구 원 : 장세홍
 - 연구 원 : 서문석
 - 연구 원 : 이시무
 - 연구 원 : 김양규
 - 연구 원 : 조남수
 - 연구 원 : 강재식
 - 연구 원 : 윤용상
 - 연구 원 : 박 찬

요 약 문

과 제 명		열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발
연구개발 필요성	사회경제 적 필요성	국내 건축물 부문의 에너지소비량은 국가 총에너지 소비량의 약 25%에 해당하는 연간 약 17조원을 상회하는 비용이 소모되고 있으며 지속적인 증가 추세에 있음. 특히, 창호는 벽체에 비해 8배 ~ 10배 이상 낮은 단열특성을 가지기 때문에 창호를 통한 열손실량은 전체 건물 열손실량의 40% 이상을 차지할 정도를 심각함. 창호 단열성능 2배 향상 시, 30%이상의 건물 에너지 절감이 가능하며 따라서, 창호의 단열성능 개선을 통한 에너지 절약방안 마련이 매우 시급함.
	기술융합 의 필요성	종래의 창호관련 기술개발은 설계 및 구조변경(복층유리, 삼중유리, 창틀변경 등) 등 간접적인 방식으로 접근하였으며 소재개발 및 타 분야 기술과의 융합을 통한 새로운 대체기술 개발은 미미한 실정임. 나노기술은 나노미터 크기의 범주에서 조작·분석하고 제어함으로써 물리적, 화학적, 생물학적 새로운 특성을 갖는 물질개발이 가능한 새로운 기술 분야이며, 이러한 소재 혁명적(radical), 파괴적(disruptive), 변혁적(transformative) 성격의 나노기술 접목을 통해 현재의 창호가 직면한 낮은 단열효율에 대한 직접적 해결방안 제시는 물론 전혀 새로운 기능을 부가함으로써 파괴적 개념의 새로운 창호 개발 또한 가능할 것으로 기대됨.
최종목표		본 기획의 목적은 고단열성 유지, 냉방부하 절감, 무공해 발전, 결로방지 등 다양한 기능이 융합된 열에너지 조절 가능한 차세대 다기능성 창호시스템을 개발하는 것임. 『열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발』
핵심융합기술		<ul style="list-style-type: none"> - 고투과/고단열 멀티나노코팅 및 결정화기술 - 내구성향상을 위한 나노복합소재 개발 - 창호용 나노구조 적층 박막형 고효율 태양전지 개발 - 창호용 태양전지의 고 투과성 확보기술 - 탄소나노튜브 복합체를 이용한 투명 발열체 제조기술 - 온도 가변형 투과율 조절 소재 개발 및 증착기술

구분		연구개발목표	세부 연구개발내용
연도별 주요 연구 내용	1차년도	열에너지 조절형 다기능 창호시스템 설계 및 에너지/환경 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> - 다기능 창호시스템 설계 - 선진 고단열 코팅유리의 코팅막 분석 및 코팅막 구성별 특성 비교 - 실리콘 박막 두께와 특성에 따른 제막 조건 확보 - 액체 CNT 물성확보 및 유연학적 특성 파악 - VO₂ 박막 증착조건 최적화 및 특성 평가
	2차년도	표준 매뉴얼 확보 및 멀티나노구조 증착기술 최적화	<ul style="list-style-type: none"> - 특성 분석을 통한 최적 다층 성막 구성 선정 - 다층박막 최적화를 통한 Lab-scale 샘플 제작 및 평가 - 투명 전도막 소재 및 공정기술 확립 - 제막 조건과 투명 전도막 조건에 따른 단위셀 제작 및 평가 - CNT를 함유한 복합체 형성 기술 개발 - 표준 매뉴얼 확보
	3차년도	성능 평가용 프로토타입 제작/평가 및 지원 제도 정책개발	<ul style="list-style-type: none"> - On-line 테스트를 통한 데이터 수집 및 분석 - 시제품 생산 및 평가를 통한 최종 recipe 확정 - 셀 분리/연결 방식 개발을 통한 고 투명 모듈 제조 기술개발 - 투명 발열체의 물리적/전기적 특성 평가 및 분석 - 성능 평가용 프로토타입 제작 및 평가
	4차년도	테스트베드 구축 및 실용화기술 보완	<ul style="list-style-type: none"> - 스페이서 평가 및 최적 조건 선정 - 복층구조 내 열 저항 및 장기기밀성 평가 - 태양전지 특성 저하 방지를 위한 표면처리 및 모듈 형성 기술개발 - 저항 변화에 따른 투명도 확보 기술 개발 - 탈색제의 첨가를 통한 가시광선 투과율 증가 - Test bed를 통한 상용화 기술 보완 및 개선
	5차년도	열에너지 조절형 다기능 창호시스템 시제품 제작 및 보급률 활성화 방안 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 복층유리 일체형 시스템 제작 및 성능평가 - 태양전지 회로 구성 및 모듈 제작 - 투명 발열체 회로 구성 및 모듈 제작 - 온, 습도 센서 회로시스템 연결 - Dopant가 미치는 재료의 물성 변화 원리 규명 - 보급률 활성화 방안 제시

기술 개발 로드맵



연구개발추진전략		<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 요소기술 전문기관 및 원천기술 보유 기관과의 연구네트워크 구축하고 최종 기술개발 성과물의 상용화, 양산화를 위한 국내 산업 기반기술 확보 및 네트워크 구축 - 상용화 기술의 보급 활성화를 위한 제도 및 정책 연계 방안 추진 				
연구개발소요예산 (단위: 천원)		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
		2,000,000	1,800,000	2,100,000	1,900,000	2,100,000
연구개발 기대효과	기술적 성과	<ul style="list-style-type: none"> - 멀티나노코팅 고단열 유리의 후가공 가능성 확보에 따라 건축물은 물론 자동차, 선박, 비행기 등 확대 적용가능 - 차세대 스마트 윈도우 개발에 대한 원천기술 확보 - 그린빌딩, 제로에너지하우스 등 고효율 건축물의 요소기술로써 적용 가능 				
	경제적 성과	<ul style="list-style-type: none"> - 신축 및 리모델링 건물에 적용 시 기존 건물에 비해 30% 에너지 절감효과 창출 - 복층유리를 멀티나노코팅 창호로 대체 시 약 700억원/년, 전체가구의 30% 대체 시 6,000억원/년 의 난방비용 절감 - 2020년 누적 설치된 박막 태양전지량 2.1GW 에너지를 발전하여 연간 3,000억 이상의 에너지 절감 효과 - 화석연료 사용 제한에 따른 지구 온난화 문제 해결 				
	산업 정책적 성과	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 스타 마크 등 해외 에너지강화 기준 선도 - 에너지와 관련한 성능부분은 열관류율 시험방법 개정 - 국가 에너지 및 지구환경 부하저감을 위한 대응방안 마련 - 신재생에너지 관련 산업의 실질적 활성화 촉진 - 건물 외피부분의 ESCO 사업에 대한 실질적 활성화 유도 				
활용방안		<ul style="list-style-type: none"> - 신축 및 리모델링 건축물의 고효율 창호시스템으로 활용 - 자동차, 항공기 등의 유리창이 있는 곳에 적용 - 에너지 공급원이라는 새로운 개념의 창호로 활용 - 난방, 성에 제거 및 결로 방지가 필요한 곳에 활용 				

연구개발 핵심어					
핵심어	핵심어1	핵심어2	핵심어3	핵심어4	핵심어5
국문	고 단열 코팅유리	나노 태양전지	투명 발열체	온도 가변형 코팅 소재	결로 방지
영문	high adiabatic coating window	nano solar cell	transparent heating element	Temperature variable coating material	preventing dew condensation

목 차

1. 연구개발 필요성	1
가. 사회경제적 필요성	3
나. 타 분야 기술 융합의 필요성	7
다. 정부지원 타당성	11
2. 시장동향 분석	17
가. 주요 제품시장 파악	17
나. 제품시장별 니즈	22
다. 시장수요 예측	25
라. 시장동향 분석 시사점	28
3. 연구개발동향 분석	33
가. 논문 분석	33
나. 특허 분석	40
다. 이종 분야의 연구개발동향	47
(1) 국내 연구개발 동향	49
(2) 국외 연구개발 동향	54
라. 건설산업 분야의 연구개발동향	60
(1) 국내 연구개발 동향	61
(2) 국외 연구개발 동향	67
마. 연구개발 동향분석의 시사점	77
바. 중복성 분석	79
4. 연구목표 및 내용	83
가. 최종 연구목표	83
나. 핵심 융합기술	87
다. 최종 성과평가지표	90
라. 연도(단계)별 연구목표 및 내용	92
(1) 1차년도	92
(가) 연구목표	92
(나) 연구내용 및 범위	93
(다) 성과평가지표	95

(2) 2차년도	96
(가) 연구목표	96
(나) 연구내용 및 범위	97
(다) 성과평가지표	99
(3) 3차년도	100
(가) 연구목표	100
(나) 연구내용 및 범위	101
(다) 성과평가지표	103
(4) 4차년도	104
(가) 연구목표	104
(나) 연구내용 및 범위	105
(다) 성과평가지표	106
(5) 5차년도	107
(가) 연구목표	107
(나) 연구내용 및 범위	107
(다) 성과평가지표	109
마. 기술로드맵	110

5. 연구개발 추진전략 111

가. 연구개발 추진체계	111
나. 해외 연구 네트워크 활용 방안	114
(1) 해외 공동연구 방안	114
(2) 국제 컨소시엄 활용방안	118
다. 과제관리 및 보상방안	119
(1) 과제관리 방안	119
(2) 보상방안	121
라. 연구성과의 활용을 위한 제도적 개선방안	122

6. 추정연구개발예산 126

가. 총괄 연구개발 예산	126
나. 비목별 연구개발 예산	127
다. 비목별 연구개발예산 편성 기준	128
(1) 인건비	128
(2) 직접비	129
(3) 간접비	129
라. 산정근거	130

7. 연구결과 활용방안 및 기대효과	135
가. 연구결과 활용방안	135
나. 기대효과	136
(1) 기술적 성과	137
(2) 경제적 성과	138
(3) 기술의 가치	142
(4) 산업정책적 성과	149
8. 참고 문헌	151
부록 (과제제안 요구서)	155
부록 (과제공모 추진방안)	159
부록 (제안공모 과제제안 요구서)	160
부록 (기술개발 전·후 기술수준 비교)	167

표 목차

표 1.1. 주거용 건물의 에너지소비 원단위	2
표 1.2. 창호의 발전단계 별 특징	8
표 3.1. 논문 분석을 위한 세부 기술 분야별로 키워드	34
표 3.2. 특허 분석을 위한 세부 기술 분야별로 키워드	40
표 3.3. 분야별 나노기술산업의 국내 시장 전망	50
표 3.4. 은나노 기술 적용 제품의 국내 시장 규모	52
표 3.5. 국내 제조사별 로이유리 물성	64
표 3.6. 미국 ASHRAE 창호프레임의 단열성능	68
표 3.7. 창호 제품의 단열성능 일례	69
표 3.8. 국외 제조사별 로이유리 물성	71
표 3.9. 제안 연구개발과제의 중복성 검토	80
표 3.10. 단열 및 에너지절감형 창호관련 기 수행 과제 리스트	81
표 3.11. 박막형 태양전지 관련 기 수행 과제 리스트	82
표 5.1. 건축법의 창호 에너지성능 관련 규정	122
표 5.2. 지역별 건축물 부위의 열관류율표	122
표 5.3. 국내·외 창호 단열성능 비교	123
표 7.1. 상업화 소요 비용	142
표 7.2. 추가적 R&D 비용	142
표 7.3. 공장 구축비용	143
표 7.4. 공정 개발비용	143
표 7.5. 상업화 소요기간	144
표 7.6. 영업 이익률	144
표 7.7. 예상 시장규모	144
표 7.8. 기술가치 평가시스템 평가결과	145
표 7.9. 생산유발계수표	146
표 7.10. 산업연관표 분류 중 건설관련 부문	147
표 7.11. 건설 관련 산업분류별 간접성 성과 승수	148

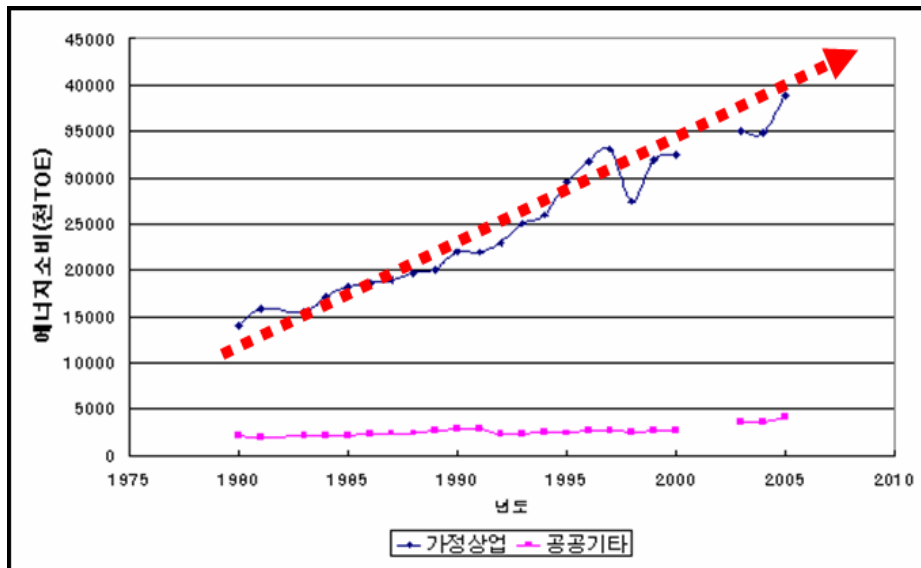
그림 목차

그림 1.1. 건축물 에너지소비량 추이도	1
그림 1.2. 창호 열성능(K값) 향상에 따른 에너지절감율(주택부문) 분석결과	2
그림 1.3. 전 세계 에너지 수요 전망	3
그림 1.4. 건축물 부위별 열에너지 손실량 비교	5
그림 1.5. 열에너지조절 가능한 차세대 다기능 창호의 개발 방향	9
그림 1.6. 국제 유가 추이 및 석유 소비국 순위	16
그림 2.1. 세계 판유리 시장 추이현황과 용도별 점유비율	18
그림 2.2. 세계 건축용 시장 추이현황	18
그림 2.3. 세계 복층유리 시장 추이현황	18
그림 2.4. 국내 판유리 및 복층유리 시장 추이현황	19
그림 2.5. 국내 로이유리 시장 추이현황	19
그림 2.6. 태양전지 세계시장	20
그림 2.7. 국내의 태양전지 보급현황	20
그림 2.8. 세계 자동차 등록 대수 예상	21
그림 2.9. 국내 판유리 시장 예측	25
그림 2.10. 국내 복층유리 시장 예측	26
그림 2.11. 국내 로이유리 시장 예측	26
그림 2.12. 2030년 태양전지 market share	27
그림 2.13. 태양전지 모듈 단가 로드맵	27
그림 2.14. 세계 발열 유리 및 국내 발열 유리 시장 예측	28
그림 2.15. 카본블랙, 탄소섬유 면상 발열체	31
그림 3.1. 로이유리에 대한 연도별 SCI 논문 게재 결과	34
그림 3.2. 로이유리에 대한 국가별 논문 실적	35
그림 3.3. 로이유리에 대한 SCI 논문 주요 발표처	35
그림 3.4. 박막 태양전지에 대한 연도별 SCI 논문 게재 결과	36
그림 3.5. 박막 태양전지에 대한 국가별 논문 실적	37
그림 3.6. CNT에 대한 연도별 SCI 논문 및 학술발표 결과	38
그림 3.7. 온도 변화형 물질에 대한 연도별 SCI 논문 게재 결과	39
그림 3.8. 로이유리에 대한 연도별 특허 결과	41
그림 3.9. 로이유리에 대한 국가별 특허 결과	41
그림 3.10. 태양전지에 대한 연도별 특허 결과	43
그림 3.11. 태양전지에 대한 국가별 특허 결과	43
그림 3.12. CNT에 대한 연도별 특허 결과	44
그림 3.13. CNT에 대한 국가별 특허 결과	45
그림 3.14. 면상 발열체에 대한 연도별 특허 결과	45
그림 3.15. 면상 발열체에 대한 국가별 특허 결과	46

그림 3.16. 온도 변화형 물질에 대한 연도별 특허 결과	46
그림 3.17. 온도 변화형 물질에 대한 국가별 특허 결과	46
그림 3.18. 크기에 따른 연구 분야 내용	47
그림 3.19. 나노기술을 이용한 제품 예	48
그림 3.20. 나노기술 세계 시장 전망	48
그림 3.21. 국가별 나노기술 경쟁력 비교	49
그림 3.22. 은나노를 이용한 전자제품들	51
그림 3.23. 은나노를 적용한 생활 용품들	51
그림 3.24. 은나노 잉크와 이를 이용한 RFID 소자	52
그림 3.25. 건축용 은나노 제품 및 실내 오염물질 방출 내용	53
그림 3.26. 일반 페이트와 초소수성 Lotusan 페인트 효과 비교	54
그림 3.27. 나노기술을 이용한 태양전지 개발 예	56
그림 3.28. 고 기밀성 단열창호의 단열성능 분포	62
그림 3.29. 고효율 결정질 실리콘 태양전지	74
그림 3.30. 해외 선진업체의 차세대 태양전지 개발 현황	75
그림 3.31. Kaneka 사의 a-Si/uc-Si 박막 태양전지	76
그림 3.32. CSG Solar 사의 poly-Si 박막 태양전지	76
그림 3.33. 창호용 박막 태양전지	77
그림 4.1. 열에너지 조절이 가능한 친환경 다기능 창호의 개략도	83
그림 4.2. 멀티나노코팅 유리의 태양열 차단효과 비교	84
그림 4.3. 고효율·투과 태양전지 창호 예	85
그림 4.4. CNT를 이용한 투명 발열유리 예	85
그림 4.5. 온도 가변형 적외선 차단 예	86
그림 4.6. 기술 로드맵	110
그림 5.1. 연구개발 추진체계	111
그림 5.2. 국내 신재생에너지 보급 정책 유형	125
그림 7.1. 고효율 멀티나노코팅유리 적용 시 시장 향상 예측	139
그림 7.2. 고효율 멀티나노코팅유리 적용에 따른 에너지 절감효과	139
그림 7.3. 향후 복층유리 시장에 대한 태양전지 시장 예측	141
그림 7.4. 태양전지 사용 시 에너지 절감 효과	141
그림 7.5. 기술가치 평가 결과	145
그림 7.6. 신기술 적용 효과	150

1. 연구개발 필요성

- 최근, 지속적인 경제발전과 인구증가에 따른 대도시의 도시기능 확대에 인하여 건축이 매우 활발해지고 있으며 특히, 도심 재개발 등으로 인한 대형·고층 건물의 건설로 인한 건물의 냉난방, 조명, 급탕 등을 위한 각종 설비의 증가와 함께 에너지소비량 역시 급격히 증가하고 있음.



<그림 1.1. 건축물 에너지소비량 추이도>

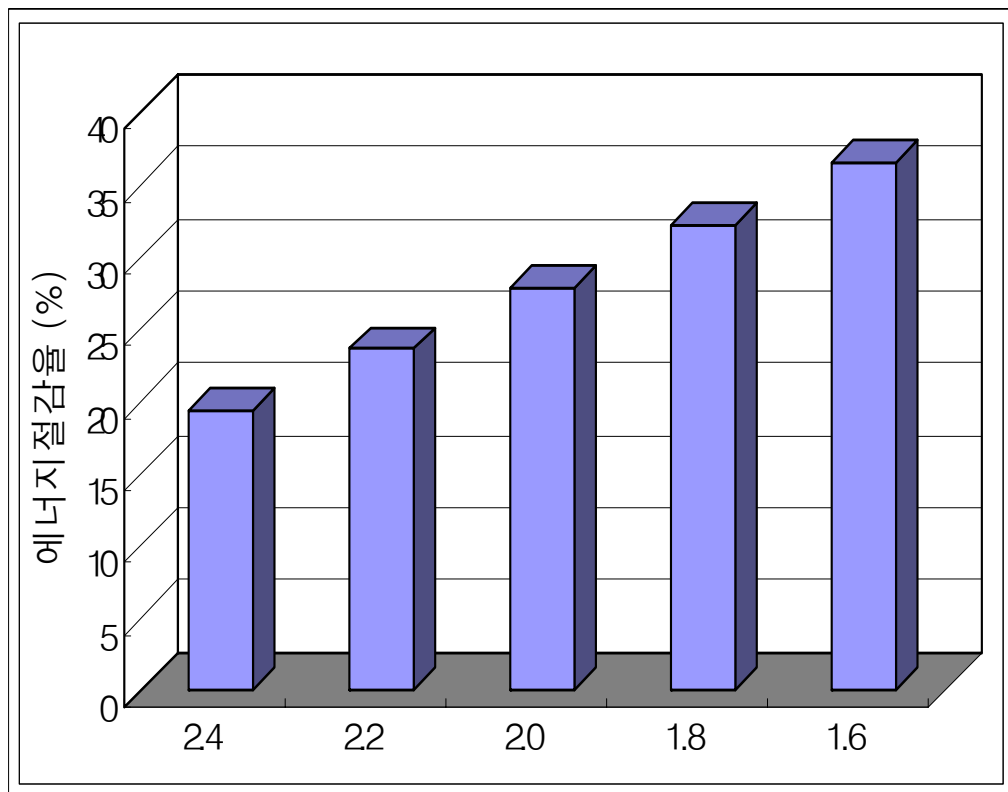
- 또한, 규제 완화 및 웰빙트렌드를 반영하여 신규, 재건축 아파트를 중심으로 전국적인 붐을 일으키고 있는 발코니 확장 시공에 의해 아파트 거실과 외부 공간이 창호를 중심으로 직접적으로 맞닿는 구조로 변경되고 있으며 감성공학적, 인간친화형 디자인에 의해 창호의 크기 또한 점차 대형화되면서 창호를 통한 에너지손실 및 결로 발생으로 인한 건물의 수명단축 문제가 매우 심각한 수준으로 대두되고 있음.
- 건물부문의 에너지 소비량은 연간 약 17조원을 상회하는 수준으로 국가 총 에너지 소비량의 25% 이상을 차지하고 있으며 지속적인 증가추세가 예상되고 있음. 특히, 유가 100달러시대의 진입이 임박한 가운데 대부분의 에너지를 수입에 의존하고 있는 우리나라에서는 고효율 신재생에너지의 개발 또는 파격적인 에너지 절감방식 도입 등 적절한 에너지 관리방법을 통한 에너지 절약방안 마련이 국가적 차원에서 시급히 해결해야 할 주요 현안으로 부각되고 있음.

<표 1.1. 주거용 건물의 에너지소비 원단위>

[Mcal /년 m²]

한국	일본	미국	영국	독일
186	40	108	120	146

- 적절한 에너지관리를 통한 에너지절약은 에너지의 수입의존도를 감소시키는 이점 이외에도 에너지소비 감소를 통해 환경공해를 줄여 줌으로써 화폐로서 계산하기 힘든 외부 경제효과를 얻는 이점 등 파급효과가 매우 크기 때문에 증가하는 건물부분의 에너지소비를 둔화시키기 위한 에너지 절약 방안 연구는 필연적이며 시급한 상황이라 할 수 있음.



<그림 1.2. 창호 열성능(K값) 향상에 따른 에너지절감율(주택부문) 분석결과>

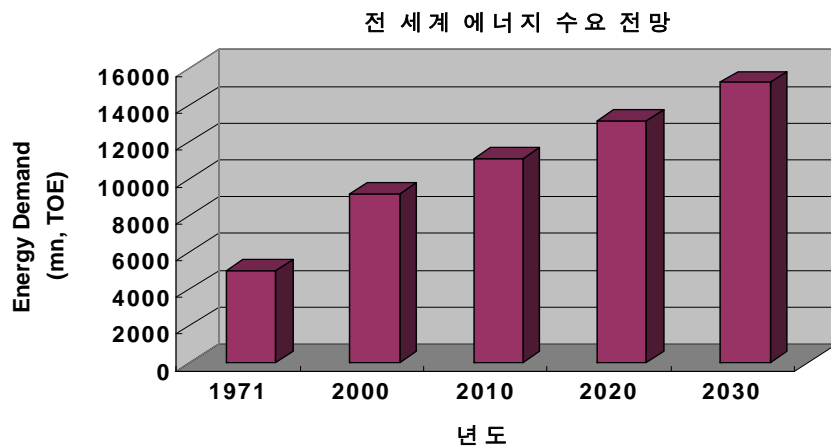
가. 사회경제적 필요성

- ☞ 국내 건물부문의 에너지소비량은 국가 총에너지 소비량의 약 25% 정도로 연간 약 17조원을 상회하는 에너지비용이 소모되고 있으며 지속적인 증가 추세에 있음. 특히 창호는 벽체에 비해 8~10배 이상 낮은 단열특성을 가지기 때문에 창호를 통한 열손실량은 전체 건물 열손실량의 20~45%를 차지할 정도를 심각함.
- ☞ 세계 각국은 교토 의정서를 통해 CO₂ 배출량을 점진적으로 감소시키기로 합의함.
- ☞ 최근 들어 주거용 건물의 발코니 확장 합법화로 창면적의 증대 및 열적 완충공간의 감소에 따라 에너지 손실 증대는 물론 결로 발생 등 문제가 심각한 수준임.
- ☞ 창호 단열성능 2배 향상 시 건물 에너지 절감율 30% 달성이 가능하며 따라서, NT-IT융합기술을 이용한 창호의 단열성능 개선 및 에너지 절약방안 마련이 시급함.

□ 에너지 절약을 위한 시대적 요구

○ 원유생산 한계/에너지 수요 증가 가속화 및 고유가 고착화

- IEA의 'World Energy Outlook 2002'에 따르면, 에너지 수요는 연평균 1.7%씩 증가, 2030년에는 2000년과 비교하여 66% 증가할 것으로 전망됨.
- 세계 인구의 증가, 경제 성장과 생활수준의 향상에 따른 1인당 에너지 소비 증가는 에너지 수요 증가의 주된 원인임.
- 최근, 중국, 인도 등 고성장을 하고 있는 신흥공업국을 중심으로 에너지 수요 증가로 인해 '04년의 경우 중국이 전체 원유수요 증가의 30% 기여함.



<그림 1.3. 전세계 에너지 수요전망>

* 출처: IEA, 'World Energy Outlook 2002', 2003

- 공급 측면에서는 이라크전 등 원유생산을 둘러싼 정치·외교적 분쟁의 증가, 기후적 요인(예:허리케인)에 의한 정유시설 파손, 정유업체들의 설비투자 미비 등으로 증가량이 미미할 것으로 예상됨.
- 세계 메이저 정유업체들은 ‘10년까지 추가 정유시설 구축 계획이 없는 것으로 보고되고 있는 상황임.
- British Petroleum에 따르면 원유 매장량은 약 1조 1500억 배럴로서 ‘03년 원유 사용량을 기준으로 할 때 향후 41년간 사용가능한 양으로 파악되고 있어 향후 고유가 추세는 지속될 전망이다.

○ 지구 온난화와 환경오염에 대한 우려 증가

- 화석연료의 사용으로 인한 CO₂ 배출량 증가는 지구온난화의 주범으로, 세계 각국은 교토 의정서(Kyoto Protocol)을 통해 CO₂ 배출량을 점진적으로 감소 시킨다는 계획을 세우고 있음.
- 지난 120년간 지구평균온도는 약 0.8도 증가하였으며, 이로 인해 기상이변 및 자연재해 위험이 크게 높아지고 있음,
- 화석연료에 의한 CO₂ 배출 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 자동차 등 운송 부분이지만, 전력 생산(화력 발전)의 경우에도 전체 CO₂ 배출량의 약 8%를 차지하는 주요 배출원임. (미국의 경우 전체 전력 생산량의 71%가 화석연료 사용을 통한 화력발전에만 의존하고 있음)
- 우리나라는 OECD 가입국이자 세계 11위의 온실가스 배출국
 - . 연간 CO₂ 배출량 410백만 톤(CO₂톤)/년
(10년간 증가율 75.5%, 연평균 증가율 6.5%로 세계 선두그룹)
 - . 1인당 CO₂ 배출량 세계 30위, 연간 8.76톤(CO₂톤)/1인
(세계 평균 3.88톤(CO₂톤)/1인 대비 2.3배 수준)

□ 신재생에너지(태양전지)의 해외 의존도 심화

○ 국내 태양전지 산업의 영세성

- 규모면에서 해외 주요업체에 비해 극히 영세 및 대규모 설비를 갖춘 해외 기업들에 비해 소재 및 셀 수급 열악한 상황임.

○ 소재, 장비 의존성 및 기술격차 심화

- R&D 수준은 선진국 대비 60% 수준
- 보급을 위한 양산기술은 외국에 전면 의존
- 해외 의존성은 막대한 자금을 투입해 개발된 국내 기술의 무용화를 초래. 이로 인한 타 제조업과 마찬가지로 노동집약적 국가들과의 경쟁에서 장기적으로 도태될 수밖에 없음.

□ 고효율 창호소재의 필요성

○ 건축물에서 창호는 가장 큰 열손실 발생부위로 에너지 효율화의 우선 대상

- 창호는 벽체 단열성능에 비해 8배 ~ 10배 낮은 성능 특성을 가지며 창호를 통한 열손실량은 전체 건물 열손실량의 20~45% 정도를 차지할 정도를 차지함. (현행 단열 기준 벽체의 단열성능 K값 0.47 W/m²K, 창문 3.84 W/m²K)
- 창호 열성능 2배 향상 시 건물에너지 절감율 30% 달성
- 건물 외피에 대한 창면적 비의 증가로 에너지성능 향상에 큰 장애요인 부각 (외피에 대한 창면적비는 최근 50%를 초과하여 증가하는 추세)
- 창을 통한 에너지의 손실을 줄이고, 창을 통한 과도한 태양에너지 유입으로 인한 불쾌감의 증대, 유해 자외선에 의한 실내 가구 및 의류의 탈색, 더불어 냉난방에너지 및 비용증가 문제에 대한 새로운 해결책 요구됨.



<그림 1.4. 건축물 부위별 열에너지 손실량 비교>

○ 발코니 확장의 합법화 및 전창 건물의 증가에 따른 결로 방지 등 다기능성

- 주거용 건물의 발코니 확장 합법화로 창면적의 증대 및 열적 완충공간의 감소

에 따른 결로 발생 문제가 심각한 수준이며 단순 내장재의 회손 뿐만 아니라 열적 손실을 발생하고 구조체 수명에 영향을 미치는 중요한 하자 요인인 동시에 실내공기질의 악화를 초래하는 주범임.

- 결로는 에너지문제와 하자 외에 거주공간의 질적 향상을 위한 필수요소이며 창호의 결로 방지를 위해 최근 적용이 검토되고 있는 3중창, 4중창 등은 초기 건축비의 과다 투자와 시공성 및 현장 적용성이 낮아 효율적 대응방안이 되지 못하고 있음. 대체 기술 개발 시급함.
- 결로 방지를 위해 일부 열선을 포함한 유리창이 개발되었으나 과도한 전기에너지소비로 인해 사실상 실용화는 실패하였으며 창호 고유의 기능이 확보하면서 추가 에너지소비가 발생하지 않는 조건에서의 결로 방지를 위한 기술개발이 필요함.
- 창문의 결로 방지를 위한 투명 발열체 및 발열체의 에너지를 PV로 연계하는 개발기술이 상용화 될 경우, 파급 효과와 보급률이 매우 높을 것으로 예상됨. (건설사의 실질적 수요가 급증하나 대응기술이 매우 미흡한 분야임.)

○ NT-IT융합기술을 통한 창호에서의 결로 문제 해결 시급

- 결로는 실내외 온도차, 환기부족, 입지조건, 단열재 불량, 열교발생 등에 의해 발생하며 최근 들어, 창호의 면적이 증대되고 발코니 확장이 합법화되면서 창호를 통한 결로 현상이 심각한 문제로 대두됨.
- 결로는 실내오염과 불쾌감을 조성하고 건축물의 노후화를 가속시키는 가장 치명적인 유해요인으로 분류되고 있으며 통기구 설치 및 단열 보강 등으로 해결할 수 있으나 창호의 경우에는 시야감 확보 특성상 완벽한 결로 방지 방안이 제시되지 못하고 단지, 이중창 구조를 이용해 결로 현상을 완화하는 수준의 미봉책이 대안으로 사용되고 있음.
- 창호의 구조변경, 창틀의 단열 강화 등 기존의 방식으로는 결로 방지에 한계가 있으며 NT-IT 융합기술을 활용한 새로운 소재개발 및 시스템 도입을 통해 결로 문제를 원천적으로 차단할 수 있는 방안을 마련해야 함.

나. 타 분야 기술 융합의 필요성

- ☞ 종래의 창호기술개발은 설계 및 구조변경(복층유리, 삼중유리, 창틀개선 등) 등 간접적인 방식으로 접근하였으며, 소재개발 및 타 분야 기술과의 융.복합을 통한 시너지효과를 창출할 수 있는 새로운 대체기술 개발은 미미한 실정임.
- ☞ 나노기술은 나노미터 크기의 범주에서 조작·분석하고 제어함으로써 물리적, 화학적, 생물학적 새로운 특성을 갖는 물질개발이 가능한 새로운 기술 분야이며, 이러한 소재 혁명적(radical), 파괴적(disruptive), 변혁적(transformative) 성격의 나노기술 접목을 통해 현재의 창호가 직면한 낮은 단열효율에 대한 직접적 해결방안 제시는 물론 전혀 새로운 기능을 부가함으로써 파괴적 개념의 새로운 창호 개발 또한 가능할 것으로 기대됨.

1) 기존 기술의 한계성

- 창호는 건축물을 구성하는 가장 중요한 구성요소중 하나로, 기본 소재로는 유리를 사용하고 있으며 시야감 확보, 채광성 및 환기성이라는 복합적인 기능을 동시에 만족시켜야 하기 때문에 대체 소재의 개발이 매우 어려운 기술 분야임. 또한, 최근 들어 에너지절감, 공해방지 등이 사회적 문제로 대두되고 있으며 웰빙, 친환경에 대한 관심이 고조되면서 기존의 기본적인 기능 이외에 단열성, 인간친화형, 감성공학적 디자인 등 새로운 기능들이 추가로 요구되고 있음.
- 종래의 창호기술은 시야감 확보라는 창호의 기본적인 기능성에 제한이 되어 유리 이외의 새로운 대체 소재를 개발하지 못하고 단지 설계 및 구조변경(복층유리, 삼중유리, 창틀변경 등) 등 간접적인 방식을 통해 기밀성, 단열성 등을 해결하고자 연구되어 왔음. 소재개발 및 타 분야 기술과의 융.복합을 통한 시너지효과를 창출할 수 있는 새로운 원천기술 및 대체기술의 개발은 매우 미미한 실정임.
- 지금까지 창호의 발전단계를 살펴보면 단순히 시야감 확보를 위한 맑고 투명한 유리에서 출발하여 에너지절감, 다양한 색채구현 등 점차 다양한 기능이 요구되는 방향으로 발전하고 있으나, 아직까지는 설계 및 구조변경 등 간접적인 방식을 통한 문제해결을 시도하고 있으며 소재개발 및 타 분야 기술과의 융합을 통한 새로운 대체기술 개발이 시도되지 못하고 있는 실정임.

<표 1.2. 창호의 발전단계 별 특징>

	시야감 & 채광성 위주 단순기능	에너지 절감형 유리	친환경 다기능 유리	
연도	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대
개념	투명유리	색상유리	기능성유리	에너지 절감형 다기능유리
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 내.외부 연결 기능 - 시야감 확보 - 채광성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> - 건물의 미적 요소 가미 - 시야감 확보 - 제한적 색상유리 	<ul style="list-style-type: none"> - 건물의 미관성 중시 - 에너지 절감 이슈 - 에너지 절감형 반사유리 - 로이유리 	<ul style="list-style-type: none"> - 교토 의정서 선언 - 친환경 개념 도입 - 고 단열 창호 관심 고조 - 색상 다양화 - 고효율 다 기능성 창호
한계	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 개념 無 - 단순 투명유리 	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 개념 無 - 제한적 색상 유리 	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 개념 도입 - 단순 기능성 코팅유리 	<ul style="list-style-type: none"> - 창호 단열성능 기준 낮음 - 내구성, 취급성 문제 - 홍보 및 인식 부족 - 보급을 저하

2) 융합기술의 필요성

- 종래의 기술개발은 각각의 요소기술 내지 원천기술에 대해 집중적으로 이루어졌고, 융.복합에 의한 시너지효과가 발생하는 부문에 대해서는 상대적으로 기술개발이 미흡함.
- 즉, 건물에너지에 영향도가 매우 큰 창문의 경우, 유리의 에너지성능에 대한 기술개발은 로이유리에 집중되었고, PV시스템의 경우 박막형 투명전지 분야가 별도로 연구 개발이 추진됨. 따라서 로이유리와 박막형 태양전지 기술의 융복합화를 통해 창문의 에너지효율화를 극대화하기 위한 기술개발이 필요하며, 해당 기술의 융.복합화를 통해 최종 성과물은 기술 및 제품측면에서 경제성과 현장 적용을 확보할 수 있음.
- 실제로 2004년 4월 이후 공공건축물의 건축 시 건축공사비의 5%를 신재생에너지 설비에 의무적으로 투자하여야 하는 법안이 시행되고 있으나 구체적인 기술적 대안이 마련되어 있지 않아 실질적인 신재생에너지 활용과 보급이 이루어지지 못하고 있음.
- 건물에서 BIPV시스템의 적용성 및 효율성은 건물 외피의 50%를 점유하는 창문 부위가 효율적이나 창 고유의 기능과 역할을 확보하면서 창유리에 PV시스템을 일체화하는 기술개발은 매우 미흡한 실정임.

- 창 유리부위에 대한 BIPV 시스템 최적화를 위해서는 유리물성에 대한 기술개발과 박막형 투명 태양전지 기술의 융합이 필수적임.
- 창의 결로 발생 방지를 위한 발열기술은 투명전극 기술과 PV에 의한 신재생에너지 활용이 융합되어야 경제성을 지닌 상용화가 가능함.
- IT(Information Technology), NT(Nano Technology), BT(Bio Technology) 등 첨단기술 분야를 중심으로 새롭게 불고 있는 융합기술의 바람을 통해 전통산업에서 첨단산업에 이르기 까지 다양한 분야에서 고기능성 신제품들이 개발되고 있으며 새로운 시장을 창출하고 선도하는 미래형 기술로 자리를 굳히고 있음. 건축분야에 있어 IT-NT기술의 융합화는 타 기술 분야에 비해 다소 늦은 감이 있으나 무한한 잠재력을 갖고 파급효과가 매우 클 것으로 기대되고 있으며 특히, 창호 분야에 있어서 융합기술의 접목은 기존의 건축기술이 갖는 기술적 한계성을 극복하고 새롭게 요구되고 있는 다양한 기능들을 실현할 수 있는 차세대 미래형 창호 개발에 초석이 될 것으로 기대하고 있음.



<그림 1.5. 열에너지조절 가능한 차세대 다기능 창호의 개발 방향>

3) 융합기술 접목을 통한 기대효과

○ 나노기술은 물질을 나노미터 크기의 범주에서 조작·분석하고 이를 제어함으로써 새롭거나 개선된 물리적 화학적 생물학적 소재·소자 또는 시스템을 창출하는 과학기술로 정의됨. 이러한 나노기술의 혁명적(radical), 파괴적(disruptive), 변혁적(transformative) 성격에 주목하여 전 세계 60여개 국가들은 나노기술에 많은 투자를 하고 있으며 나노기술을 접목한 융합기술을 이용한다면 창호에 요구되는 다기능성을 충족함은 물론 전혀 새로운 기능을 부가함으로써 파괴적 개념의 창호 개발 또한 가능할 것으로 기대되고 있음.

○ 나노융합기술 접목에 따른 구체적 기대효과

- 멀티 나노박막 코팅기술을 접목한 고 단열성 창호 개발

: 멀티 나노코팅 기술을 접목하여 적외선 차단이 용이한 차세대 고 단열 창호를 개발하고 전체 가구 창호의 30%를 대체할 경우 연간 6,000억원의 난방비 절감이 예상되며 신축 및 리모델링 건물의 경우 기존 건물에 비해 30% 이상의 에너지 절감효과가 있을 것으로 기대됨.

- 나노 투명발열체를 이용한 결로 방지효과

: 투과성이 80% 이상인 동시에 발열성이 우수한 나노 투명 발열체를 개발하여 창호에 적용함으로써 창호 내·외부 온도차에 의해 발생하는 결로를 원천적으로 차단함으로써 쾌적한 환경 조성 및 건물 노화방지 기대됨.

- 초소수성 나노입자를 이용한 방오 효과

: 로터스 효과에 의한 건물 청결성 유지 및 수명 연장 효과 기대됨.

- 은나노 입자, 광촉매 나노입자 등을 이용한 오염물질 분해효과

- 나노박막 적층구조를 이용한 태양전지의 효율성 및 투과성 극대화

: 멀티 나노박막구조를 이용한 박막형 태양전지의 광 변환효율 극대화 통해 투과성이 우수한 창호용 태양전지 개발이 가능하며 상기 결로 방지용 나노 투명 발열체의 구동에 필요한 전력공급을 자체적으로 해결 가능함.

다. 정부지원 타당성

- ☞ 정부가 국가경제 전반에 파급효과가 큰 프로젝트를 중심으로 연구개발 보조금을 지원하는 것은 새로운 시장이 창출될 수 있다는 일종의 신호 역할을 함으로써 기업의 연구개발 투자의지를 고취시킬 수 있고, 학계 및 연구기관의 연구개발 활동을 증진시킴으로써 향후 관련 분야의 응용기술 개발비용을 낮출 수 있을 것임.
- ☞ 독일, 영국 및 일본 등의 해외 사례의 경우, 정부주도의 top-down 방식의 단열 창호 개발 및 법규화로 인해 에너지 절감, 공해저감에 탁월한 효과를 지닌 로이 유리창호 사용률이 전체 창호 대비 70% 이상을 차지하고 있으나 국내의 경우 아직 2%에 머무르고 있으며 기업의 현실상, 자체적인 연구개발 만으로는 기술적 종속성을 벗어나기 어렵고 특허 및 기술침해에 대한 대비책을 세우기에도 역부족이 상황임.
- ☞ 태양전지 기술력이 앞선 일본에서조차도 제조업체들이 양산을 하고 많은 수익을 창출하고 있음에도 불구하고 세계시장 선도를 위해 경제산업성에서 NEDO개발 기구를 만들어 2010년까지 연구소와 학교, 제조업체들이 하나의 컨소시엄을 구축, 와트당 1불 이하의 고효율 태양전지를 개발하기 위해 정부의 지원 아래 공동연구를 지속하고 있음.
- ☞ 탄소나노튜브(CNT)를 이용한 새로운 적용에 대한 연구개발은 개발 완성에 따른 새로운 시장을 창출할 수 있음에도 불구하고, 과도한 초기 연구개발비 및 개발 기간의 장기화에 따른 문제로 인하여 기업 주도하에 연구개발이 진행되기 어려운 상황임.
- ☞ 열에너지 절감 기술개발은 기존의 단순한 제품개발 수준에서 벗어나 건축물의 냉·난방 비용 절감, 신재생 대체에너지 발전, 오염방지, 결로 방지 등 수 많은 기능들을 제공함으로써 환경보존 및 에너지절감이라는 매우 중요하고 시급한 차세대 범국가적 산업분야 임에도 불구하고 기업의 특성상 충분한 경제성이 확보되지 못하고 제도 및 법규가 뒷받침되지 않은 상황에서 독자적으로 기술개발을 추진하기는 어려움.

1) 정부지원의 정책적 필요성

- 정부가 연구개발 보조금을 지급하는 것은 이를 통해 기업을 비롯한 연구기관의 연구개발 활동이 증진되기를 기대하기 때문이며 사적 수익률보다는 사회적 편익, 국가 경제 전반적인 파급효과가 높은 연구개발 프로젝트를 중심으로 보조해야 한다는 정책방향을 지향하고 있음.
- 기업이 이미 연구개발을 늘리고자하는 의사가 있음에도 불구하고 유동성의 부족과 금융시장의 미발달 등 여러 가지 이유로 이를 실행하고 있지 못하는 상태라면 정부의 보조금이 촉매 역할을 할 수 있음.

- 특히, 연구개발 활동에 상당한 수준의 규모의 경제가 존재할 것으로 예상될 경우, 정부의 보조금은 이를 달성하는데 도움을 줌으로써 연구개발 투자유인을 높일 수 있으며 금융시장이 덜 발달되어 있는 상황에서는 정부에서 연구개발 보조금을 받았다는 사실 자체가 기업에 대한 인식에 영향을 주어 연구개발을 위한 자금 조달을 용이하게 할 수 있음.
- 또한, 정부가 자체적 수요조달을 염두에 둔 프로젝트를 추진하거나 특정 분야의 육성을 위한 지원금을 지급할 경우 이는 새로운 시장이 창출될 수 있다는 일종의 신호 역할을 함으로써 기업의 연구개발 투자의지를 고취시킬 수 있으며 굳이 새로운 시장이 아니더라도 정부가 기반기술을 육성하는 의지를 보여줄 경우, 기업은 앞으로 관련 분야의 응용기술 개발비용이 낮아질 것을 예상하고 투자를 늘릴 수 있음.

2) 세부기술별 정부지원 타당성 검토

□ 멀티나노코팅 고 단열 유리 개발에 대한 정부지원 타당성

- 독일, 영국 및 일본 등의 해외 사례의 경우, 정부주도의 top-down 방식의 단열 창호 개발 및 법규화로 인해 에너지 절감, 공해저감에 탁월한 효과를 지닌 고 단열 로이유리 창호 사용률이 전체 창호 대비 70% 이상을 차지하고 있는 실정을 감안한다면 국내는 약 2%로써 향후 고유가 고착화로 인한 **에너지비용 증가 및 환경오염에 의한 지구온난화에 대한 정부차원에서의 적극적인 대책마련이 시급함.**
- 세계적인 창호 회사인 생고뱅, 아사히 등이 로이유리 기술 및 특허를 선점하고 세계 시장을 독점하고 있는 상황이며 국내에서도 상당부분 수입에 의존하고 있는 실정으로 단열창호 개발에 대한 관심이 상대적으로 낮았던 국내 창호산업의 현실을 고려할 때, **기업의 자체적인 연구개발 만으로는 기술적 종속성을 벗어나기 어렵고 특허 및 기술침해에 대한 대비책을 세우기에도 역부족인 상황**이며 정부지원을 통한 원천기술 확보 및 상용화를 통해 창호산업의 국내는 물론 해외시장의 선점기반 마련으로 건설 산업에 미치는 파급효과 측면에서 정부 차원에서의 대폭적인 지원이 필요함.
- 창호를 이루는 구성요소, 즉 국내 유리, 복층 및 창틀을 개발 및 상업화 생산을 수행하는 기업은 다수 존재하나 이를 유기적으로 연결하여 융합 형태로 제품화 하지는 못하였음. 기존 정부 주도형 국책과제가 기초연구에 치중하였다

면, 사업화 경험과 자체연구개발 역량을 보유한 기업은 본 제안과제의 핵심 원천기술인 고효율 로이유리 개발, 고단열 복층화 기술 및 고기밀 창호시스템 등 각각의 요소기술 개발과 보급이 가능함. 이를 위한 정부의 연구개발 보조금 지원으로 본 기획의 요소과제인 "멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발"은 융합 상품의 대량 보급화 기반을 마련할 것으로 기대됨.

□ 창호용 나노구조 박막태양전지 개발에 대한 정부지원 타당성

- 태양전지는 현재 100달러에 임박한 고유가 정책 및 환경오염으로 인한 지구온난화 등 각종 문제를 극복할 수 있는 무공해 자원으로 선진 기술력을 가진 독일이나 일본은 이미 국가적인 차원에서 개발자들에게는 연구비 지원, 소비자들에게는 세금감면, 정부 보조금 지원 등과 같은 혜택을 부여함으로써 태양전지 산업을 활성화 시켜왔으며 현재 태양전지 관련 선진 기술력과 세계 시장을 대부분 지배하고 있음.
- 기술력이 앞선 일본에서 조차도 제조업체들이 양산을 하고 많은 수익을 창출하고 있음에도 불구하고 세계시장 선도를 위해 경제산업성에서 NEDO개발기구를 만들어 2010년까지 연구소와 학교, 제조업체들이 하나의 컨소시엄을 구축, 와트당 1불 이하의 태양전지를 개발하기 위해 정부의 지원 아래 공동연구를 지속하고 있음.
- 선국진과 달리 태양전지 연구와 개발이 뒤쳐진 우리나라로서는 단시간 내에 기술력을 확보해 가격경쟁력을 갖추어야 하지만 현재 기술력을 갖춘 인프라가 제대로 구축되지 않았으며 일부 연구소와 학교에서 기초연구를 진행하는 수준임.
- 단지 몇몇 기업들이 태양전지 제조에 일부 투자를 시작하고 있으나 선진업체들의 대량생산 및 효율 향상으로 인해 와트당 가격 경쟁력을 따라갈 수 없고 특별한 기술력도 갖추고 못한 상황에서 선뜻 투자를 진행하지 못하고 있으며 대기업에서 조차도 태양전지 투자를 저울질하고 있는 실정임.
- 또한, 기업에서 시간과 비용을 투자를 한다고 하더라도, 기존의 제품과 비교해서 가격경쟁력을 따라갈 수 없기 때문에 일부 재원이 탄탄한 기업들은 기존의 기술력을 인정받은 해외선진업체들의 인프라를 그대로 도입하여 양산을 시도하고 있는 실정임.
- 본 과제에서 제안하는 태양전지는 아직 우리나라에선 연구경험이 없는 창호용 나노구조 박막형 태양전지이며 기존의 상업용으로 판매되는 태양전지보다 훨씬 우수한 변환효율을 만들어내는 것이 목표이기 때문에 아직 인프라가 구축되지

많은 기업에서 새로운 기술을 연구하여 개발한다는 것은 많은 시간과 비용이 투자되기 때문에 기업의 생존이 위협되는 리스크가 큰 사업이라고 할 수 있음.

- 따라서 단기간 안에 see-through 태양전지에 대한 기술력을 확보하고 시장 점유율을 갖기 위해서는 나노구조를 이용한 태양전지 개발 경험과 창호 시스템에 대한 전문성을 가진 기관이 공동으로 연구를 진행해야 함.

□ CNT를 이용한 고투명 투명 발열체 개발에 대한 정부지원 타당성

- 선진국들은 기존의 불투명하고 전력소모가 높은 면상 발열체로는 발열 창호 시스템에 적용하기 어렵기 때문에 투명 면상 발열체 개발을 위한 대단위 프로젝트 형태로 연구개발을 시도하고 있으며 독일의 프라운호퍼 연구소는 독일 정부 지원으로 연구를 시작하였음.
- 투명 면상발열체의 개발은 건물의 창호 시스템뿐만 아니라, 자동차, 선박 및 항공기와 같은 다양한 기간산업의 생산품에 사용할 수 있어서 그 파급효과가 매우 큰 범국가적사업으로 발전이 가능함.
- 현재 국내 대표적인 몇몇 연구소 및 학교를 중심으로 탄소나노튜브(CNT)에 대한 기본적인 연구가 진행 중인 상황에서 기업이 독자적으로 탄소나노튜브를 이용한 투명면상발열체를 개발하기에는 빠른 개발을 통한 시장점유를 목표로 하는 기업체의 성격상, 사업성은 있으나 아직은 무리가 많은 개발사업 중 하나로 판단됨. 선진국의 경우에도 이와 같은 문제로 인하여 주로 각 나라별 정부 주도하여 기업체, 학계, 연구소의 컨소시엄형태로 기술 개발을 하고 있음.
- 탄소나노튜브(CNT)를 이용한 새로운 적용에 대한 연구개발은 개발 완성에 따른 새로운 시장을 창출할 수 있음에도 불구하고, 과도한 초기 연구개발비 및 개발 기간의 장기화에 따른 문제로 인하여 기업 주도하에 연구개발이 진행되기 어려운 상황임.
- 따라서 탄소나노튜브(CNT)를 이용한 투명 면상발열체 창호 개발은 창호를 개발하는 기업체 단독으로 개발을 하기에는 시간적, 경제적 문제를 가지고 있어 반드시 정부지원을 통해 단기간 내에 원천기술을 확보함으로서 국가 경쟁

력을 키울 수 있기 때문에 반드시 정부지원을 통한 기술 개발을 필요로 하는 사업임.

3) 열에너지 조절형 창호시스템 기술적 특성에 따른 정부지원 타당성

□ 융합 기술적 특성

- 본 기획과제에서 제안하는 [열에너지 조절 가능한 건축물용 지능형 유리/창호 시스템]은 부품.소재에서부터, 공정개발, 장비구축에 이르기까지 각각의 분야가 매우 유기적으로 연결되어 있는 하이브리드 형태의 제품으로써 어느 한, 두 가지 기술 분야만 단독으로 개발되어서는 제대로 기능을 발휘하기 어려운 융합 기술적 특성을 가지고 있음. 특히, 기존의 전통적인 건축기술과 달리 IT, NT 등 첨단 기술영역이 접목되면서 새로운 기능을 부가하고 신뢰성 인증, 정부지원 및 정책적 제도 개선 등을 통해 새로운 시장을 개척해야하는 제품 특성을 고려할 때 정부의 적극적인 지원이 필요함.

□ 컨소시엄구성의 필연성

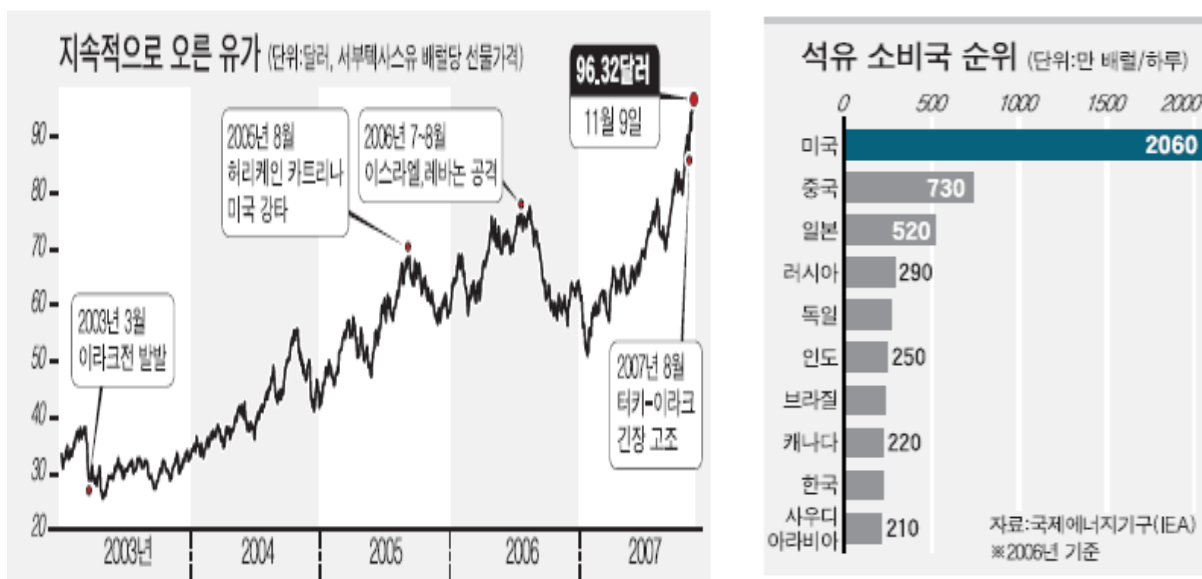
- 본 기획과제에서 제안하는 대상기술은 다양한 기술이 접목될 때 목표 달성이 가능하며 각각의 핵심기술들은 유기적인 연관성은 높으나 기술영역이 매우 상이하기 때문에 특정 기업 또는 연구기관에서 독점 보유하여 자체적으로 수행하기 어려움. 향후 많은 수요가 예상되나 아직까지 국내외에서 아무도 완벽한 기능을 갖는 하이브리드 형태의 지능형 창호시스템을 개발하지 못했기 때문에 개발에 대한 위험 부담이 큼. 따라서 연구인력, 장비를 비롯한 각종 인프라를 상호 공유하면서 연구개발을 함께 진행할 수 있도록 정부 차원에서의 대폭적인 지원이 필요함.

□ 사회적, 경제적 파급효과 큼

- 본 제안기술은 제품의 성능을 향상시키거나 대체하는 기존의 단순한 제품개발 수준에서 벗어나 건축물의 냉.난방 비용 절감, 신재생 대체에너지 발전, 오염방지, 결로 방지 등 수 많은 기능들을 제공함으로써 환경보존 및 에너지절감이 라는 인류의 숙원사업을 해결할 수 있을 것으로 예상되며 사회적, 경제적 파급효과 또한 매우 클 것으로 기대됨.
- 그림 1.6.에서 알 수 있듯이 석유 소비량에 있어 전 세계 9위를 차지하고 있는 대한민국의 경우, 대부분의 에너지를 수입에 의존하고 있으며 특히, 유가

100달러 시대를 맞이하면서 이미 국내 경제가 위기상황에 직면하고 있는 현실을 고려할 때 “열에너지 조절형 지능형 창호 시스템” 개발은 매우 시급함.

- 상기에서 언급하였듯이 열에너지 절감과 관련된 기술개발은 매우 중요하고 시급한 차세대 범국가적 산업분야 임에도 불구하고 기업의 특성상 충분한 경제성이 확보되지 못하고 제도 및 법규가 뒷받침되지 않은 상황에서 독자적으로 기술개발을 추진하기는 어려움이 있으며 따라서, 정부지원을 통해 산,학,연을 중심으로 기술개발 및 상용화를 통한 시장 주도권 확보가 매우 시급함.



출처: 중앙일보 2007. 11.

<그림 1.6. 국제 유가 추이 및 석유 소비국 순위>

2. 시장동향 분석

- 국내에서 생산되는 창호는 관련업체들의 노력에 의하여 그 성능이 향상되어 온 것은 사실이나, 일반적으로 유통되는 창호의 전반적인 성능 수준은 아직 선진외국에 비해 미흡한 실정임.
- 또한, 설계자 및 건축주의 창호의 에너지성능에 대한 인식이 아직 낮은 실정 이어서 고기능성 창호의 적용은 일부 상업용 건축물을 제외하고는 극히 미비한 실정이며 성능 향상을 위한 기술개발비 확보가 어려움에 따라 주로 선진 기술의 도입에 의한 단순 재생산의 차원에 머무는 경우가 대부분임.
- 따라서, 본 기획과제를 통하여 창호의 열효율 향상뿐 아니라 에너지 자립에 대한 국내 원천 및 요소기술 획득을 통하여 고효율 창호의 보급/ 활성화를 이루고자 함.

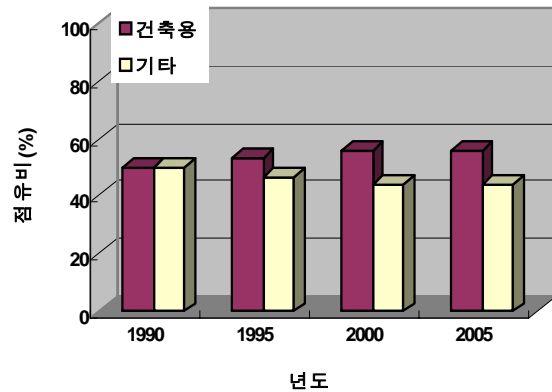
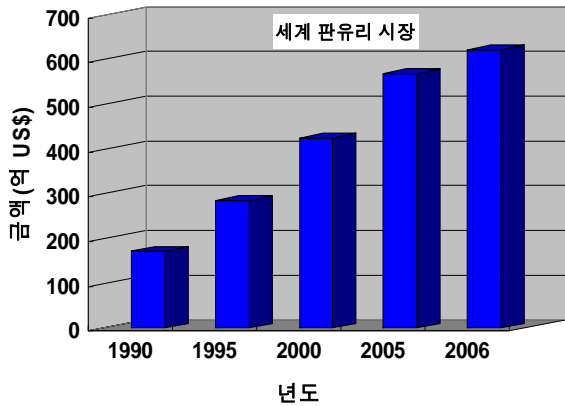
가. 주요 제품시장 파악

- ☞ 세계 판유리 시장은 2006년 621억불 정도였고, 그중 에너지 절감을 위해 사용되는 복층유리는 전체 건축용 시장의 16% 정도로 계속 증가 추세에 있음.
- ☞ 국내 판유리 시장은 07년은 1.15조원 (면적: 95.45백만 m²) 규모 정도가 될 것이며, 이중 로이유리 시장은 124억원 (면적: 103.0만 m²) 규모로 예측됨.
- ☞ 평균 성장률 50% 이상으로 예상되는 세계 태양전지 시장은 06년 1.4 GW, 110억 달러 규모였으며 이중 90% 이상을 결정질 실리콘 타입이 차지하고 있고 창호로 사용가능한 실리콘 박막 태양전지의 경우 8%, CIS/CIGS 박막 태양전지가 1% 정도의 시장을 점유하고 있음.
- ☞ 탄소나노튜브(CNT)를 이용한 발열체 시장과 온도 가변형 물질을 이용한 시장은 아직 형성되고 있지 않으나 향후 이를 이용한 물질 및 창호 시스템이 도입 될 것으로 예측되고 있음.

□ 저방사 코팅유리 시장현황

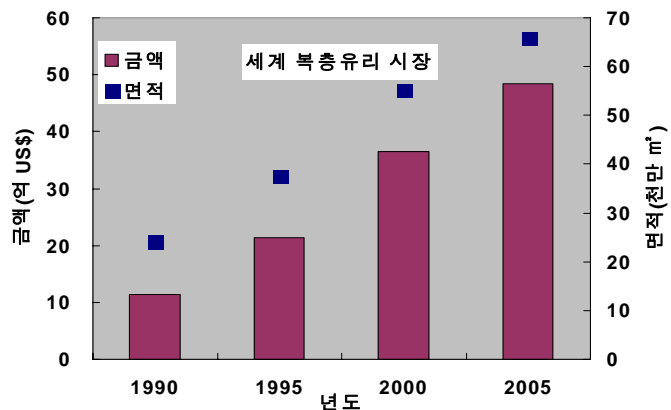
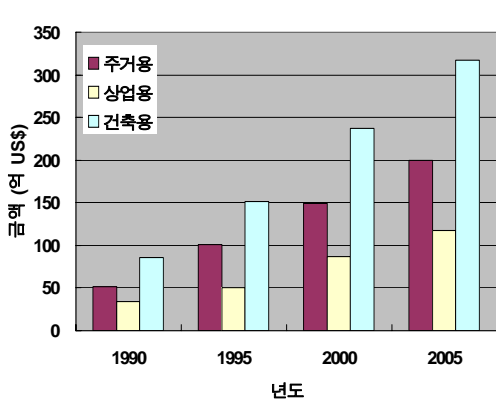
○ 세계 시장동향

- 세계 판유리 시장의 1990년 171억불에서 06년 621억불로 크게 증가되고 있으며, 이중 건축용 유리 시장은 05년 56% 정도로 많은 부분을 차지하고 있음. (출처: Flat Glass to 2005, Freedonia Market Report 2001.6, 미국 시장의 건축용 비율을 세계 시장에 적용, Pilkington and the flat glass industry)



<그림 2.1. 세계 판유리 시장 추이현황과 용도별 점유비율>

- 건축용 시장은 주거용 건축시장과 상업용 건축시장으로 구분되고 05년 주거용으로 199억불과 상업용으로 117억불 시장규모를 가졌음. (출처: Flat Glass to 2005, Freedonia Market Report 2001.6)

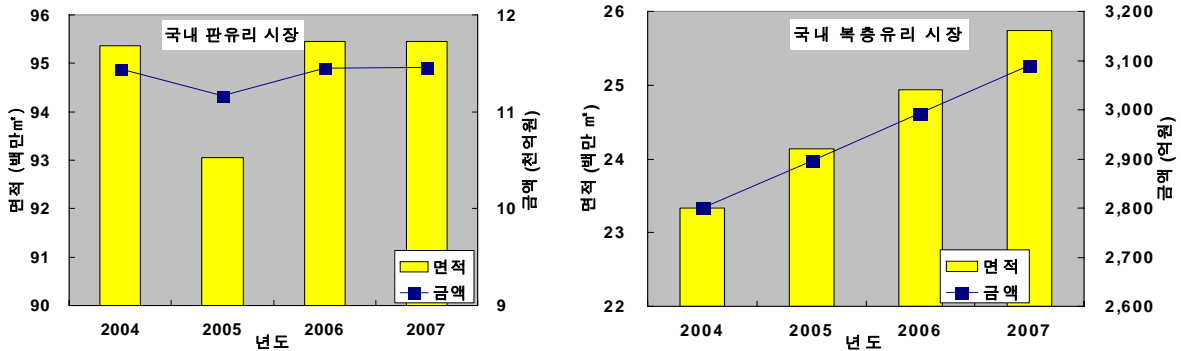


<그림 2.2. 세계 건축용 시장 추이현황> <그림 2.3. 세계 복층유리 시장 추이현황>

- 에너지 절감을 위해 단일 유리보다는 복층유리 사용증대가 점차적으로 늘어나면서 05년 기준으로 전체 건축용 시장의 16% 정도를 차지하고 있음.
- 2000년 미국 로이유리(Low-E Glass) 생산능력은 연간 4,450만m²이며, 이중 10%정도는 타 지역에 수출되고, 미국 내 총 시장현황은 4,000만m²로 건축용 판유리 수요의 12.8%를 차지함.

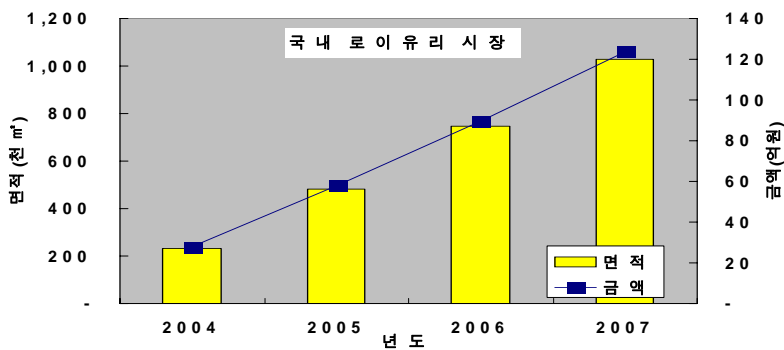
○ 국내 시장동향

- 국내 판유리 시장은 04년 1.14조원 (면적: 95.35백만 m²) 규모였고, 05년은 1.11조원 (면적: 93.04백만 m²) 규모로 약간 축소하였으나, 06년 1.15조원 (면적: 95.44백만 m²) 규모로 약간 증가 되었으며 07년은 1.15조원 (면적: 95.45백만 m²) 규모 정도가 될 것으로 예측됨.



<그림 2.4. 국내 판유리 및 복층유리 시장 추이현황>

- 국내 로이유리 시장은 04년 28억원 (면적: 23.3만 m²) 규모였고, 05년은 58억원 (면적: 48.3만 m²) 규모였으며 06년 90억원 (면적: 74.8만 m²) 규모로 약간 증가 되었으며 07년은 124억원 (면적: 1,030만 m²) 규모 정도가 될 것으로 예측됨.



<그림 2.5. 국내 로이유리 시장 추이현황>

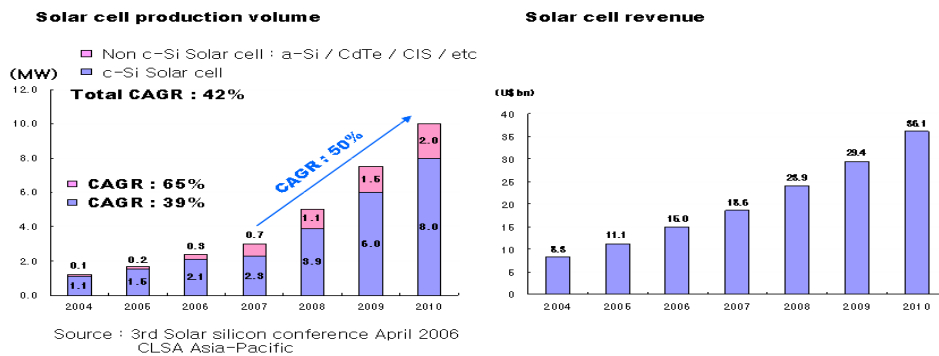
□ 태양전지

○ 세계 시장동향

- 세계 태양전지 시장은 06년 1.4GW, 110억 달러 시장규모에서 10년 10 GW, 360억 달러의 규모로 성장할 것으로 예측됨. 특히 07년 이후에도 연평균 성장률

50% 정도로 급속하게 성장할 것으로 예측됨.

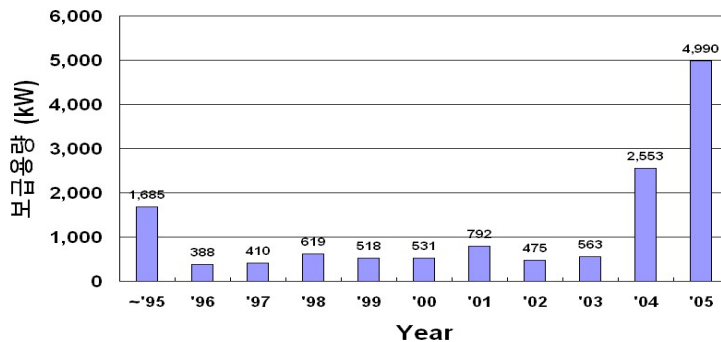
- 독일의 경우, 06년 설치 용량 기준으로 전체 시장의 약 47%인 660MW 정도였고, 일본은 24% 인 330MW 규모를 형성하였음.
- 현재 태양전지 시장의 90% 이상을 결정질 실리콘 타입이 차지하고 있는데, 98년 이후부터는 다결정 형태가 단결정 형태보다 더 많이 생산 및 판매되고 있고, 실리콘 박막형의 일본의 Sharp, Kaneka, Fuji, 미국의 Uni Solar, 독일의 CSG Solar 등이 양산설비를 갖추고 시장에 제품을 공급하고 있음.
- 한편, 창호로 사용가능한 실리콘 박막 태양전지의 경우 8%, CIS/CIGS 박막 태양전지가 1% 정도의 시장 점유율을 있음.



<그림 2.6. 태양전지 세계시장>

○ 국내 시장동향

- 국내의 경우, KPE에서 30MW 정도의 규모를 갖추고 결정질 실리콘 태양전지를 생산하고 있으나, 최근 여러 기업에서 반도체, 디스플레이 산업의 인프라를 바탕으로 상대적으로 기술 및 제품 경쟁력 확보 가능성이 높은 실리콘 박막 태양전지에 대한 사업화를 적극적으로 검토하고 있음.

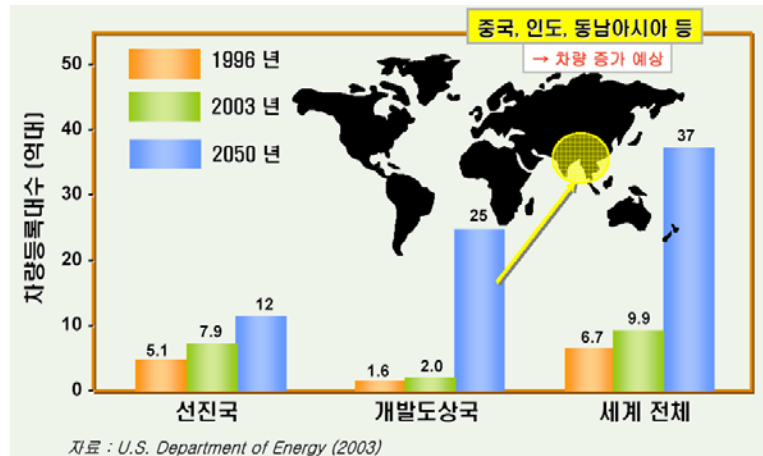


<그림 2.7. 국내의 태양전지 보급현황>

□ CNT를 이용한 투명 발열체

○ 세계 시장동향

- CNT를 이용한 발열체 시장은 아직 형성되지 않고 있으나, 주로 카본블랙과 카본섬유를 이용한 불투명한 발열체 시장으로만 존재하고 있으며 바닥재장판, 족자, 액자 라지에터, 침대 매트 커버, 책상(탁상)용 스크린, 사우나 찜질복, 파티션, 버티컬, 블라인드, 벽난로, 식기 건조기, 자동차, 의료용 침구 및 밴드 등 최첨단 웰빙 상품에 사용하고 있음.
- 특히 불투명한 발열체의 큰 시장은 자동차에 사용되는 것으로 50년에는 37억대의 자동차 생산시장에 사용될 예정임.



<그림 2.8. 세계 자동차 등록 대수 예상>

○ 국내 시장동향

- 국내 발열체 시장은 주로 메탈 계열을 이용한 발열체와 카본블랙을 이용한 발열체 시장이 전부이며, 05년의 경우 약451개 업체 9,300억원 규모를 형성하고 있으며 발열 매트만의 국내시장 규모는 06년 7,000억원의 시장이 형성되어 있음. (출처: 통계청. 2005, 2006)

□ 온도 가변형 적외선 차단 물질

- 세계적으로 온도 가변형 물질을 이용한 시장은 형성되고 있지 않으며, 향후 10년 이내에는 이를 이용한 물질 및 창호 시스템이 도입될 것으로 예측되고 있음.

나. 주요 제품시장별 니즈

- ☞ 선진국에서는 건축물의 열효율을 높이기 위해 로이유리의 사용을 정책적으로 증가해왔고, 환경부하 및 에너지 절감을 위해 이미 상당부분 고성능 로이유리로 대체하고 있는 실정임.
- ☞ 실리콘 박막 태양전지를 건물의 창호로 사용하기 위하여 효율을 높이면서 투과율을 개선하는 방향으로 제품을 생산하고 있음.
- ☞ CNT를 이용한 투명 발열체를 창호에 적용하여 추운 날씨에 외부와 내부 온도 차에 의한 열손실을 줄이고, 결로 문제를 해결하여 환경을 개선하는 효과를 볼 수 있으며, 차세대를 대비한 적외선차단 신물질 개발함으로써 향후 유리시장을 선점해야 할 필요가 있음.

□ 저방사 코팅유리

- 주거용 창호시장은 조망권 확보를 위한 고 투과성을 필요로 하고 있으며, 상업용 창호시장은 초고층화와 기밀성으로 인한 결로 방지 및 냉·난방 부하 감소와 주위 환경과의 조화를 이루는 방향으로 시장의 니즈가 커지고 있음.
- 선진국에서는 건축물에서의 열효율을 높이기 위해 로이유리의 사용을 정책적으로 증가해왔고, 환경 및 에너지 절감을 위해 고성능 로이유리로 대체하고 있는 실정임.
- 국내에서 생산되는 창호는 관련업체들의 노력에 의하여 그 성능이 향상되어온 것은 사실이나, 일반적으로 유통되는 창호의 전반적인 성능 수준은 아직 선진국에 비해 미흡하여 성능개선의 필요성이 꾸준히 요구되고 있음.
- 또한, 국가적 차원에서 에너지 절감을 위한 고효율 로이유리 사용에 대한 인식은 증가되고 있으나, 설계자 및 건축주의 창호의 에너지성능에 대한 인식이 아직 낮은 실정으로 고효율 로이유리의 의무사용에 대한 법률상 근거 마련의 필요성이 요구되고 있음.
- 선진국 대비 국내의 로이유리의 성능 개선을 위해 선진 기술의 도입에 의한 단순 재생산의 차원에 머물고 있어 국내 원천 및 요소기술 획득을 위한 기술 개발비 확보를 위한 국가적 차원의 연구개발 재정 지원 및 선진국과 유사하게 법규화를 필요로 하고 있음.

○ 로이유리 시장에서 세계적인 우수 생산제품들과 경쟁을 하기 위해서는 아래와 같은 기술핵심요건을 필요로 하고 있음.

- 다양한 색상 재현

- 코팅막 소재에 대한 특성 및 성막 두께에 대한 정밀한 제어 필요

- 균질도(uniformity)나 이색 현상 등을 제거하기 위한 멀티 나노코팅 설계 및 제조기술 확보

- 중소 복층제작업체의 유통을 위한 내구성 확보

- 후가공(강화) 가능

- 고성능을 위한 복층 신뢰성 확보

□ 창호용 태양전지

○ 태양전지는 저가화 또는 고효율화의 방향으로 기술개발이 진행되고 있음. 즉, \$/Wp(단위출력 파워 당 가격)를 낮추는 방향으로 각각 종류별 태양전지의 특성에 맞게 기술이 발전함.

○ 최근에는 실리콘 원재료의 공급 부족 현상이 발생함에 따라 결정질 실리콘 태양전지의 생산에 차질이 발생하여 원재료 공급에 문제가 없고 상대적으로 저렴하게 제조가 가능한 실리콘 박막 태양전지에 대한 관심이 집중되어 설비투자 등 사업화 추진 노력이 가속화 되고 있음.

○ 선진국의 각 기업들은 현재 태양전지 시장의 대부분을 차지하는 결정질 실리콘 태양전지에 대규모 투자를 해왔으나, 최근에는 실리콘 박막 태양전지에 대한 투자규모를 늘려가고 있는 상태임. 특히 일본의 Sharp, Kaneka, 독일의 CSG Solar, Ersa Solar, 미국의 Uni Solar 등은 2007년 이후에 실리콘 박막 태양전지의 생산규모를 현재의 2배 이상으로 증가시키려는 노력이 진행 중임.

○ 특히, 독일의 schott solar와 일본의 kaneka solar를 중심으로 실리콘 박막 태양전지를 건물의 창호로 사용하기 위하여 효율을 높이면서 투과율을 개선하는 방향으로 제품을 생산하고 있음.

□ CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체

- 추운 날씨에 외부와 내부 온도차에 의한 열손실을 줄이기 위해 창호시스템의 기밀성 증대 및 높은 열관율을 갖는 창호 프레임으로 니즈가 증가되고 있으나, 온도차에 의한 유리의 결로 현상을 제거해야 하는 니즈가 크게 대두됨.
- 창호의 결로 현상에 따른 창호 시스템의 노후화 속도가 빨라지고, 곰팡이나 기타 오염물질에 따른 공기 오염의 증가로 인하여 환경개선 비용 및 의료비 증가를 줄이고자 하는 니즈가 매우커지고 있음.
- 창호의 결로 문제를 해결하기 위해서는 발열 기능이 추가되어야 하나, 창호의 특성상 투명도가 확보되어야 하며 추가적인 전력소모가 매우 낮거나 자체 동력원을 가짐으로서 추가 전력을 필요로 하지 않는 발열 시스템의 확보되어야 함.
- 일본은 창호에 투명 발열체를 적용한 결과 전력소모가 높아서 전력소모를 줄이는 방향으로 진행하고 있으며, 독일은 Fraunhofer 연구소에서 창호 시스템에 적용하기 위해 CNT를 이용한 투명 발열체 개발을 진행하고 있음.

□ 온도 가변형 적외선 차단 물질

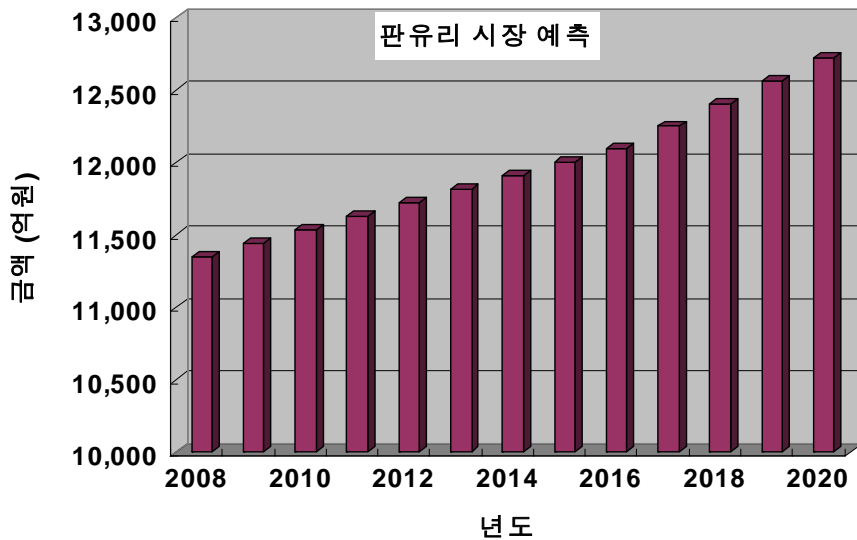
- 로이유리의 장점에도 불구하고 기술적으로 효율 향상에 대한 물질 특성상의 bottle-neck이 존재함으로서 창문을 통한 에너지 소모가 계속 존재할 것으로 예측하고 있음.
- 향후 유리시장을 선점하기 위한 적외선 차단 신 물질 개발을 선진국에서는 진행하고 있으므로 국내도 차세대를 대비하기 위한 적외선 차단 신 물질 개발의 니즈가 있음.

다. 시장수요 예측

- ☞ 국내 판유리 시장은 08년 11,348억 원 정도 규모로 예측되며, 매년 1% 이상의 성장세를 나타낼 것임. 로이유리는 매해 4% 정도의 성장률을 가짐으로서 2020년에는 2,698억원 규모로 성장할 것으로 예상됨.
- ☞ 태양전지 모듈가격이 하락하고 실리콘 박막 태양전지 시장이 커지면서 창호 적용이 가능한 박막실리콘 태양전지 시장도 점차적으로 확대될 것으로 예상됨.
- ☞ 발열 유리 시장은 2010년부터 서서히 형성될 것으로 예측되며, 세계적으로는 2010년 시장이 1.8억 US\$ 규모가 되고 매해 4% 이상의 성장을 나타낼 것임.

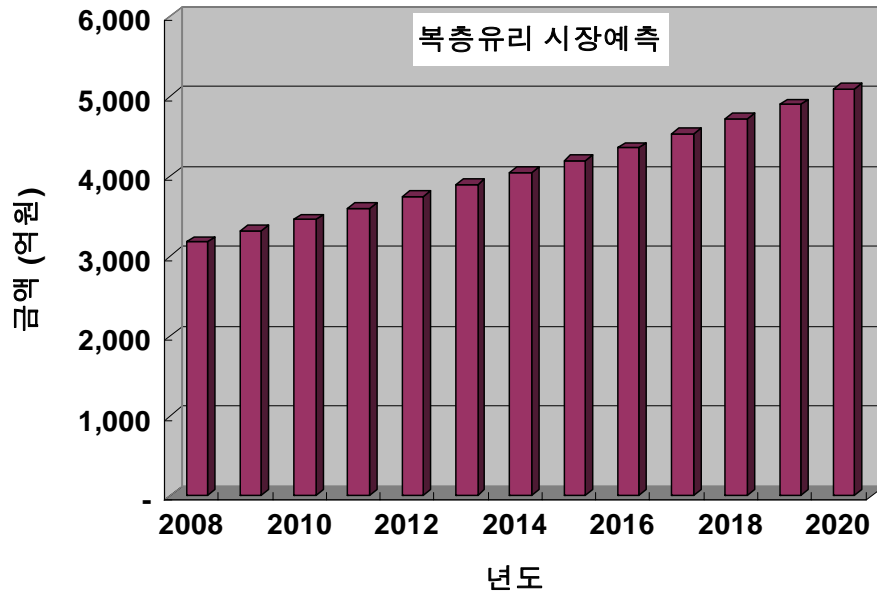
□ 국내 저방사 코팅유리 시장 전망

- 국내 판유리 시장은 08년 11,348억원 규모정도로 예측이 되고 있고, 매년 1% 이상의 성장세를 가질 것으로 예측되고 있어서 2020년에는 12,725억 원 정도로 예측되고 있음.



<그림 2.9. 국내 판유리 시장 예측>

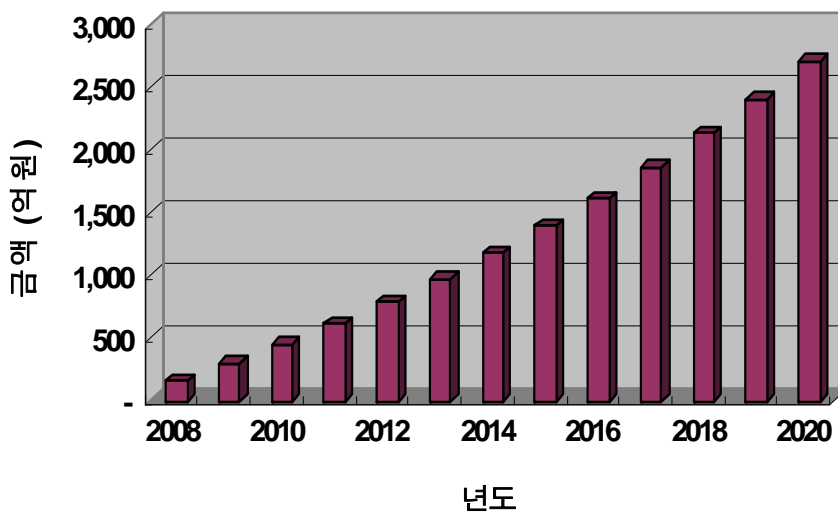
- 복층 유리 시장은 국내 판유리 시장 대비 04년 복층시장 24% 기준으로 매년 1%씩 성장을 할 것으로 예측되어 08년 3,178억원 규모일 것으로 예측되고 있으며, 2020년에는 4,901억원 규모로 성장할 것으로 예측되고 있음.



<그림 2.10. 국내 복층유리 시장 예측>

- 국내 로이유리 시장은 복층유리 시장 대비 04년 로이유리 적용률 1% 기준으로 08년 159억원의 규모 정도로 미미하지만, 매해 4% 정도의 성장률을 가짐으로서 2020년에는 2,698억원 규모로 성장할 것으로 예측되고 있음.

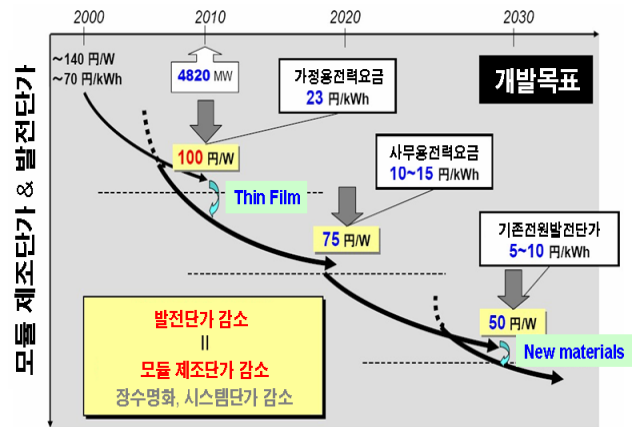
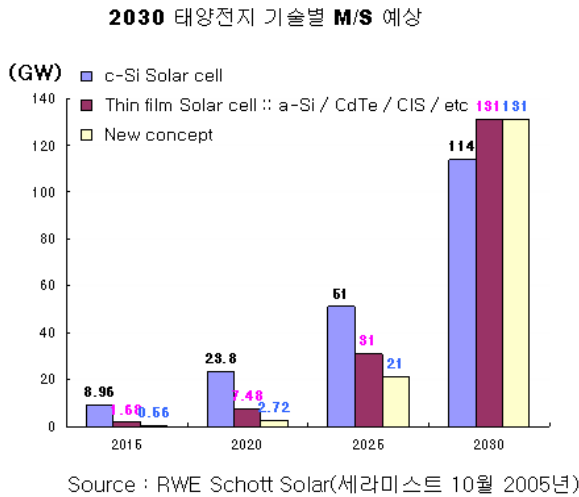
저방사 단열유리 시장예측



<그림 2.11. 국내 로이유리 시장 예측>

□ 창호용 태양전지

- 대규모 생산라인 증설과 생산량 확대에 따른 가격하락, 고유가/환경이슈 등에 의한 시장의 잠재 수요를 자극함으로써 폭발적 시장이 형성될 것으로 예상
- LCD 인프라를 중심으로 실리콘 박막 태양전지 시장이 활성화되기 때문에 현재 90% 이상 시장 점유율을 차지하고 있는 단결정 실리콘 태양전지 시장을 2030년에 추월할 것으로 예측됨.
- 태양전지 모듈가격이 하락하고 실리콘 박막 태양전지 시장이 커지면서 창호형 적용이 가능 박막실리콘 태양전지 시장도 점차적으로 확대될 것으로 예상

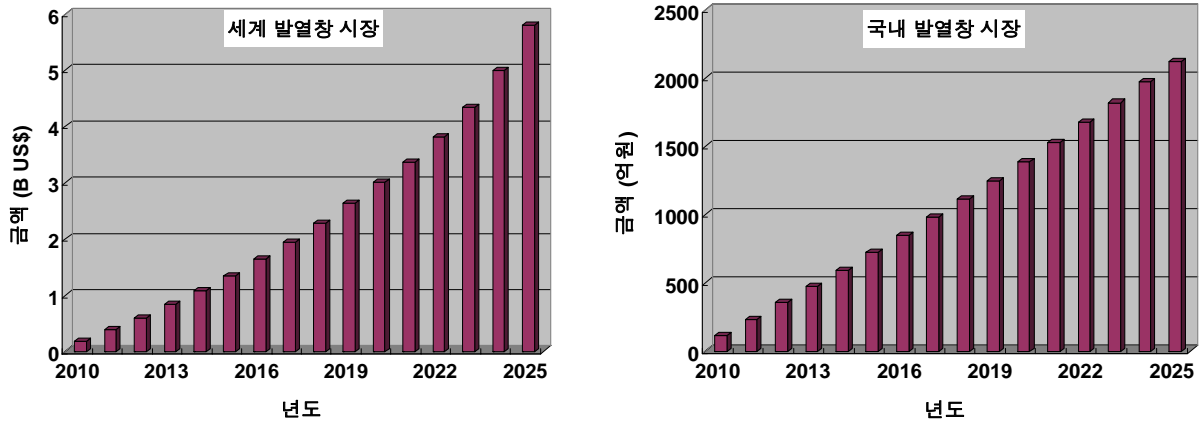


<그림 2.12. 2030년 태양전지 market share> <그림 2.13. 태양전지 모듈 단가 로드맵>

□ CNT를 이용한 투명 발열체

- 결로 방지를 위한 발열 유리는 아직까지 생산이 되고 있지 못하고 있으나, 에너지 절감 및 환경에 대한 인식이 점차 확대됨에 따라 시장이 형성될 것으로 예측하고 있음.
- 발열 유리 시장은 2010년부터 서서히 형성될 것으로 예측되고 있으며, 세계적으로는 2010년 시장이 1.8억 US\$ 규모가 되고 매해 4% 이상의 성장률을 통하여 2025년에는 57억 US\$ 정도일 것으로 예측되고 있으나, 더 빠르게 성장할 것으로 예측하고 있음. (자료: 자료: Pilkington and the Flat Glass Industry 2006)

- 국내 발열 유리 시장 규모도 2010년부터 시작될 것으로 예측되며 초기 시장은 115억원 규모로 매우 영세하다가 2025년에는 2,100억 규모 이상으로 증가할 것으로 예측됨.



<그림 2.14. 세계 발열 유리 및 국내 발열 유리 시장 예측>

라. 시장동향 분석 시사점

- ☞ 친환경 건축 소재 시장을 획기적으로 확대할 수 있으며 에너지 자립 환경을 강화한 건축물을 통해 친환경 이미지를 부각함으로써 건물 가치가 상승함
- ☞ 에너지 효율이 좋은 고성능 창호의 실질적 수요가 증가하고 있으며, 상업용 건물이나 주상복합건물 등에서는 창호가 대형화되는 추세이기 때문에 열관리 효율이 뛰어난 차세대 창호 시장창출 가능성이 높음
- ☞ 에너지 절감을 홍보하고 선도하는 행정복합도시, 혁신도시, 기업도시 등 공공 건설 부문을 대상으로 하는 시범사업 분야 시장 창출 가능.

□ 지방사 코팅유리

- 고효율 및 다기능성 창호시스템의 소비자 니즈 증가
 - 전망 확보 및 고급화된 실내 환경 요구
 - 초고층화 및 기밀화된 건축구조에서 쾌적한 주거환경 요구 증대
 - 건축물의 land mark 성향 및 주위 환경과의 조화를 이룬 건축 외장재 선호
 - 최근 확장형 발코니 및 주상복합건물의 확대에 따라 창호를 통한 에너지측면의 검토가 절실히 요구됨.
 - 건축물 유지관리 측면의 에너지절약과 국제환경단체의 CO₂ 규제와 관련하여

고효율 창호에 대한 니즈 높아짐.

○ 에너지 자립 및 친환경 건설소재를 위한 신재생 에너지의 관심 집중

- 전기가 발생하는 지점에서 직접공급 가능으로 전력손실 최소화
- 태양전지 설치를 위한 부지 확보와 별도 구조물 건립비용 없음.
- 건축물과 조화를 통한 미적 측면 우수함.
- 친환경적 노력에 대한 이미지 부각을 통한 건물 가치 상승

○ 로이유리 내구성 개선을 통한 가공 대리점 활성화

- 국내 로이유리 적용률 저조의 한 원인은 취약한 로이유리의 내구성임.
- 이로 인한 가공성 한계로 일부 대리점을 통해서만 유통됨.

○ 창호의 단열 요구 성능의 단계적 강화

- 건축물에서 열적으로 가장 취약한 부위인 창호의 열성능을 향상시키는 것은 건축물 에너지절약을 추진하기 위한 가장 중요한 요소 중의 하나임.
- 단열 법규의 강화 및 에너지효율 등급제도 등 국가에너지 정책은 시장의 에너지 효율화 제품의 보급 촉진에 가장 강력한 영향을 미치고 있음.

○ 기술개발 및 공정개선을 통한 경쟁력 강화

- 고효율 에너지제품이 정부 차원의 지원 또는 적용 의무 항목으로 지정 받기 위한 충분히 입증된 성능 및 경제성 제공
- 시장 경제 체계에서 해당 제품이 무리 없이 생산, 소비될 수 있는 시장 메커니즘 형성

□ 창호용 태양전지

- 태양전지는 저가화 또는 고효율화의 방향으로 기술개발이 진행되고 있고, 실리콘 원재료의 공급 부족 현상이 발생함에 따라 결정질 실리콘 태양전지의 생산에 차질이 발생하여 원재료 공급에 문제가 없고 상대적으로 저렴하게 제조가 가능한 실리콘 박막 태양전지에 대한 관심이 집중 되고 있으며 선진 업체들도 결정질 실리콘 태양전지 투자보다는 실리콘 박막 태양전지에 더 많은 투자를 하고 있음.

- 이는 실리콘 박막 태양전지가 결정질 실리콘 태양전지에 비해 대면적화가 가능하고 값싸게 생산할 수 있기 때문에 건물 자체에 적용이 가능하여 창호로서 활용가능성이 크다고 할 수 있음.
- 그러나 기존의 See-Through 실리콘 박막 태양전지는 투과율이 10% 이하이며 효율이 6% 이하이기 때문에 현재 창호로서 적용하기는 부족한 면이 존재. 따라서 창호로서 사용 가능한 박막실리콘 태양전지를 개발하기 위해서는 효율을 개선하고, 투과도를 향상시키는 기술개발이 선행 되어야 할 것으로 판단 됨.

□ CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체

○ 면상 발열체 시장동향 분석 결과

- 면상 발열체는 다양한 분야에서 사용되고 있으며 금속 발열체를 이용한 발열체의 경우 소비 전력이 큰 문제와 금속 발열체의 패턴이 단락되면 사용할 수 없는 문제점과 유연성이 부족하여 가공이 쉽지 않은 문제로 사용이 점차 줄어들어 가고 있는 실정임.
- 반면에 카본은 열과 내구성이 강하며 열전도도가 좋고 열팽창계수가 낮은 가벼운 특징이 있고, 카본은 금속 발열체를 에칭하는 것보다 제작이 쉽고 가격이 저렴하여 카본을 이용한 면상 발열체로 점차 생산품이 바뀌고 있음.
- 카본블랙 후막 발열체의 경우에는 원적외선 방사특성은 금속 박판 발열체보다 우수하나, 발열체에서는 두께 균일성, 단일 발열체의 크기가 제한과 장시간 사용 시 바인더가 거의 휘발되어 후막 발열체에 균열이 발생하여 전기저항이 급격히 증가하여 발열특성이 현저히 저하하는 문제가 발생하고 있음.
- 카본블랙 및 탄소 섬유를 이용한 면상 발열체는 불투명한 제품에는 사용할 수 있으나, 투명도를 확보해야 하는 창호 시스템에는 적용할 수 없는 문제를 가지고 있음. 이들을 이용하여 투명 면상 발열체를 복합물질로 만드는 경우 발열 효율 감소와 전력소모의 과다 및 사용 안정성 문제가 발생하고 있음.



<그림 2.15. 카본블랙 후막 면상 발열체(좌측) 카본블랙 고분자 면상 발열체 (중간) 탄소 섬유 면상 발열체 (우측)>

- 면상 발열체를 이용한 폭넓은 응용제품 개발로 그 시장 규모는 수천억 원 이상으로 세계시장 규모를 감안할 때 원적외선 면상 발열체 기술의 고부가가치성과 부품·소재 산업에서의 중요성이 부각되고 있으나, 국내에서 면상 발열체 원천기술을 확보한 기업은 몇몇 기업에 국한되어 있으며, 발열소자나 제조기술을 일본이나 미국에 의존하고 있는 실정으로 면상 발열 소재의 수입에 따른 무역역조현상이 발생하고 관련 기업들의 영세성과 제품의 신뢰성 부족으로 기술 및 해외경쟁력 수준이 뒤떨어진 상태임.
- 그러므로 국내업체들은 원천 기술개발을 통해 제품을 생산 공급하고 신뢰성의 향상과 성능 보완을 해야 하며, 정부차원에서도 기술개발 지원과 규격 제정 등의 적극적인 지원이 필요할 때라 여겨짐.

□ 온도 가변형 적외선 차단 소재

○ 온도 가변형 물질 시장동향 분석 결과

- 로이유리의 장점에도 불구하고 기술적으로 효율 향상에 대한 물질 특성상의 bottle-neck을 넘어서기 위한 기술을 가진 창호의 시장이 형성될 것으로 사료됨.
- 향후 유리시장을 선점하기 위한 선진국의 대형 판유리 제조업체에서는 적외선 차단 신 물질 개발을 서두르고 있고, 향후 이러한 물질을 통한 공정 비용 절감 및 효율을 극대화 하는 제품을 양산하려고 하고 있음.

□ 차세대 창호제품에 대한 수요 증가

- 에너지효율적인 고성능 창호의 실질적 수요가 증가하고 있으나 구체적 대응기술은 미흡한 실정
- 특히 첨단기술과의 융.복합화를 통해 보급 가능한 수준의 경제성 확보와 현장 적용성 증대 등 시너지효과를 창출할 필요가 있음.
- 종래의 개별 요소기술 내지 원천기술에 대해 요소기술간 또는 요소기술과 원천기술과의 다중 융.복합화를 통해 일체화된 상용화 기술 및 제품 개발이 필요함.

□ 신 시장 창출 가능성 높음

- 신축 및 리모델링 건축물의 고효율 창호시스템으로 활용
 - 연간 1조 7천억 원 이상의 창호 관련 시장에 활용
 - 50만 명 이상 수용 규모의 행정복합도시, 혁신도시, 기업도시 등 공공건설부문에 우선적 활용
- 커튼월 구조의 전창 내지 부분 창호시스템으로 활용
 - 상업용 건물, 주상복합건물 등 창호 크기의 대면적화 추세로 인해 점차 단열에 취약한 구조를 갖는 건축물을 대상으로 한 차세대 창호시장 창출
- 기타 유리재료가 활용되는 산업분야
 - 자동차, 선박, 비행기 등 수시로 열악한 외부환경에 노출되어 에너지절감을 위한 단열성 확보가 취약하거나 자체적으로 장시간 안정적인 전력공급이 어려운 운송 수단 등을 대상으로 하는 시장 창출
- 공공기관, 제로타운 등 에너지 절감을 홍보하고 선도하는 공공성 건축물을 대상으로 하는 시범사업 분야 시장 창출

3. 연구개발동향 분석

- 본 연구과제에서 논문과 특허 분석 대상 기술은 열에너지 조절이 가능한 건축 물용 창호시스템에 적용 및 가능한 것에 대해 실시하였음.
 - 반사유리나 컬러유리를 은으로 코팅하여 열의 이동을 최소화시켜주는 에너지 절약형 유리인 로이유리(low emissivity glass)를 조사하였음.
 - 창호에 장착하여 설치공간을 줄일 수 있는 박막형의 태양전지에 국한하였음.
 - 탄소나노튜브(CNT)를 이용한 투명 발열체는 조사결과 아직까지 창호에 적용되지 못한 관계로 창호의 발열을 위한 면상 발열체와 CNT에 대해 조사하였음.
 - 미래 소재인 온도 가변형 물질에 대한 부분은 온도 변화형 물질과 적외선 차단 물질 및 바나듐 산화막(VO₂)에 대하여 조사를 하였음.
- 논문정보 및 특허정보 분석은 세부 기술 분야별로 로이유리와 태양전지와 면상 발열체와 CNT와 온도 변화형 물질에 대해 조사하였음.
 - 논문은 미국의 민간학술정보 전문기관인 ISI(Institute for Scientific Information)에서 구축한 web of science DB와 KISTI의 DB를 활용하여 조사
 - 특허는 한국, 미국, 일본, 유럽을 대상으로 KIPRIS, WIPS 등의 특허데이터베이스를 통해 실시하였음.

가. 논문 분석

- ☞ SCI 논문 발표 수치와 이미 상용화 된 로이유리 시장 상황을 토대해 볼 때 로이유리 관련 연구는 순수 학문 연구 보다는 제조업체를 중심으로 한 비공개 기술 연구 비중이 클 것으로 추정됨
- ☞ 전체적으로 태양전지의 효율은 실험 단계에서 약 15% 수준에 머물고 있음. 박막 증착법의 차이로 인한 저가 생산은 가능할 수 있으나, 성능 향상에는 직접적인 영향은 크지 않은 것으로 보임
- ☞ CNT에 대한 논문은 대학교를 중심으로 발표되고 있으며 응용에 대한 내용이 대다수를 차지하고 있으나 투명면상 발열체에 대한 논문은 발표되지 않고 있음
- ☞ 상온 부근의 온도에서 사용할 수 있는 온도 가변형 적외선 차단 재료는 주로 Vanadium dioxide에 대해서 중점적으로 이루어지고 있고, 현재 기준온도의 조절을 위한 첨가제로 W, Ti등에 대한 연구가 활발함.

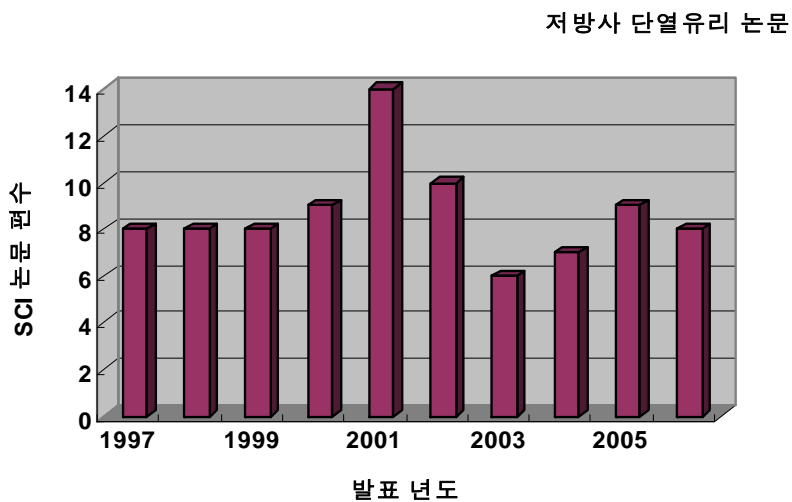
- 논문 분석을 위해 각 세부 기술 분야의 검색을 위하여 아래표와 같은 키워드를 이용하여 조사하였음.

<표 3.1. 논문 분석을 위한 세부 기술 분야별로 키워드>

기술 분야		키워드
저방사 단열유리	국문	고단열유리, 저방사유리, 로이, 로이유리, 적외선 차단
	영문	Low-e, Low emissivity, IR filter, IR cut
태양전지	국문	태양전지, 박막 태양전지, 실리콘 박막 태양전지
	영문	Solar cell, Thin film solar cell, Silicon thin film
CNT 투명 발열체	국문	탄소나노튜브, 면상 발열체, 투명 발열체
	영문	Carbon nanotube, CNT, Surface heat, Plate heat, Film heat
온도 변화형 물질	국문	온도 가변형, 온도 변화형, 써모크로믹, 적외선, 바나듐 산화막
	영문	Thermochromic, Infrared, Vanadium oxide, VO ₂

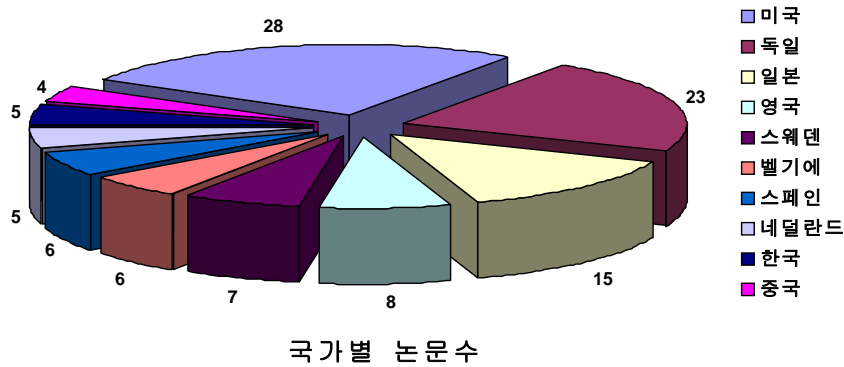
□ 저방사 코팅유리(로이유리)

- 최근 10년간의 논문수로 볼 때 매년 8건 정도의 SCI 논문이 발표 되고 있음.



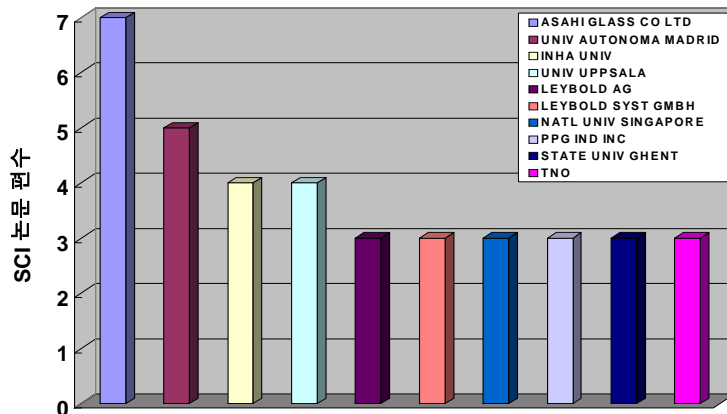
<그림 3.1. 로이유리에 대한 연도별 SCI 논문 게재 결과>

- SCI 논문 발표 수치와 이미 상용화 된 로이유리 시장 상황을 토대해 볼 때 로이유리 관련 연구는 순수 학문 연구 보다는 제조업체를 중심으로 한 비공개 기술 연구 비중이 클 것으로 추정됨.
- 로이유리 관련 SCI 논문수는 미국, 독일, 일본이 가장 많음. 독일의 경우에는 독일 정부의 건축물 단열 성능 개선 정책 등의 영향으로 연구가 활성화 되어 있음. 일본은 로이유리 제조업체와 대학들에 의한 연구가 진행되고 있음. 미국에서는 로이유리에 대한 직접적인 연구보다는 박막특성, SnO₂의 전도성 및 방사율등 학문적인 연구 결과들이 주로 발표되고 있음.



<그림 3.2. 로이유리에 대한 국가별 논문 실적>

- 로이유리 관련 논문들의 대부분은 내습성과 내스크래치성 개선에 대한 연구 결과들이 대부분이고, 주로 업체와 대학교에서 논문을 발표하고 있음.

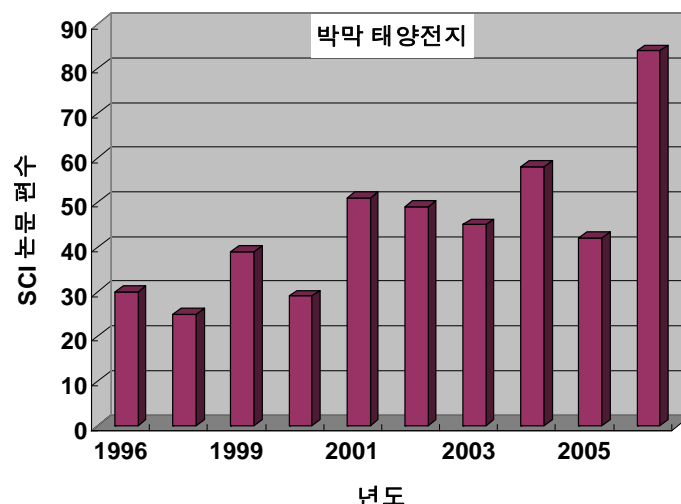


<그림 3.3. 로이유리에 대한 SCI 논문 주요 발표처>

- 연구 결과를 방법론적으로 나눠 보면 다음과 같음. silver 막 대신에 silver alloy(Cu, Au)를 사용, dielectric layer 대체를 통한 개선(amorphous diamond-like carbon(DLC), Oxygen-free layer, 등등)하는 형태임.
- 로이유리를 구성하는 silver층은 핸드폰이나 무선 인터넷 등에 필요한 전자파의 투과를 방해함. 가장 최근(2006년)에는 전자파 투과율을 높이기 위한 연구 결과가 발표됨. (Mats Gustafsson, et. al, IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 54, no.6, 1897,2006) 로이 유리가 상용화 될수록 전자파 투과율 개선 연구에 대한 니즈가 증가 할 것으로 기대됨.
- 후처리를 통해 제조된 로이유리의 형태를 바꾸는(주로 bending) 연구가 1997년 이후 2건 보고되고 있음. 위와 같은 연구는 결과에 따라 로이유리의 시장 확대에 큰 영향을 미칠 것으로 기대됨. 하지만 열에 약한 silver막과 유리와 다층박막간의 접착력 등의 문제로 괄목할 만한 결과는 발표 되지 않음.

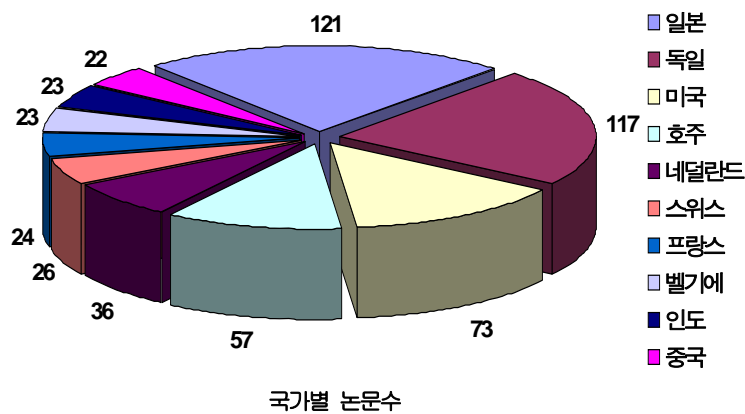
□ 박막 태양전지

- 최근 10년간 총 550여 편, 연평균 50여 편의 SCI 논문이 발표되고 있음.
- 2006년에 들어 논문수가 급격히 증가. 연구의 대부분은 효율, 최대전압, 안정성의 향상을 중점적으로 하고 있음.



<그림 3.4. 박막 태양전지에 대한 연도별 SCI 논문 게재 결과>

- 국가별로는 일본, 독일, 미국이 중심이 되어 연구를 하고 있음. 일본의 경우 고품질, 저가형 microcrystalline Silicon Wafer의 제작에 중점을 두고 있음. 독일은 박막의 두께에 중점을 두고 있으며, 최근에는 Flexible solar cell에 대한 연구가 시작되었음. 미국은 박막의 두께에 대한 연구가 주로 이루어지고 있고, 독일과 마찬가지로 Flexible solar cell에 대한 논문이 발표되고 있음.



<그림 3.5. 박막 태양전지에 대한 국가별 논문 실적>

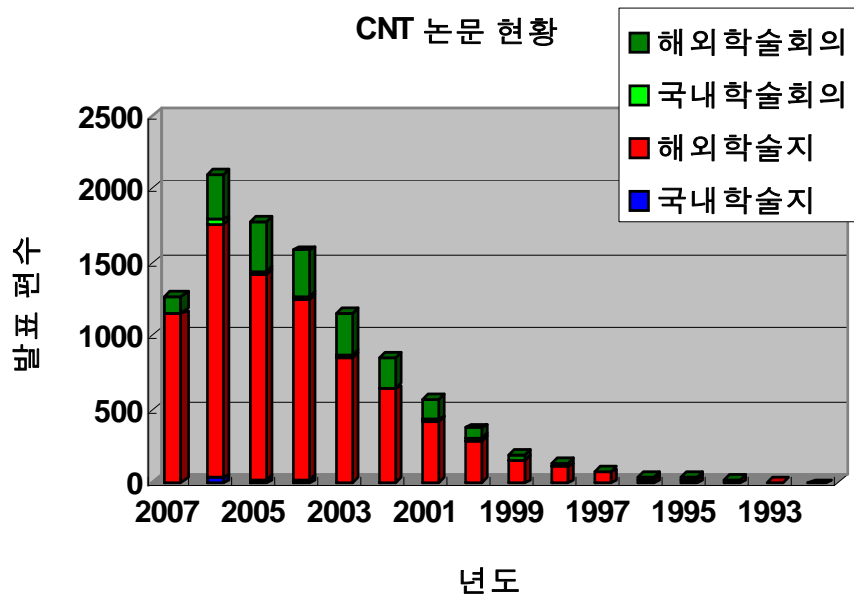
- 태양전지의 성능 향상에 대한 방법 연구로서 hetero-junction (multi-junction) solar cell의 stability, voltage 향상에 대한 연구가 활발함. single-junction에 비하여 효율이 높게 나타나는 것으로 분석됨.
- 전체적으로 태양전지의 효율은 실험 단계에서 약 15% 수준에 머물고 있음. 박막 증착법의 차이로 인한 저가 생산은 가능할 수 있으나, 성능 향상에는 직접적인 영향은 크지 않은 것으로 보임.
- 단결정 실리콘 태양전지는 UNSW, SunPower, Sanyou, BP solar 등등의 기관에서 연구결과를 발표하고 있으며 UNSW에서 소면적에서 24.7 %의 최고효율 결과를 발표하였으며 대면적에서는 SunPower에서 21.5 % 최고효율 발표하였음.
- 다결정 실리콘 태양전지는 FhG-ISE, Univ. of Konstanz, Photowatt, BP Solar, UNSW, Georgia Tech, Sharp 등의 기관에서 연구결과를 발표하고 있으며, FhG-ISE에서 20.3 %의 최고효율 결과를 발표함.
- 단결정 실리콘 태양전지의 모듈가격의 감소를 위해 두껍고 값싼 Si 기판위에

박막 실리콘을 증착하는 연구는 AstroPower, Sharp에서 진행하고 있으며 AstroPower에서 16.6 % 최고효율 결과를 발표함.

- 50 μm 이하의 박막 실리콘 태양전지는 UNSW, FhG-ISE, ANU, Kaneka, University of Stuttgart, Mitsubishi, Pacific Solar 등에서 연구를 진행 중이며, Glass 기판을 사용하고 실리콘 두께가 2 μm 이하인 태양전지의 최고 효율은 10.1 %로 Kaneka에서 발표함.

□ CNT를 이용한 투명 발열체

- CNT에 대한 논문은 1992년도부터 발표되기 시작하여 2000년을 기점으로 기하급수적으로 증가하고 있는 추세임.
 - 대부분이 대학교를 중심으로 논문이 발표되고 있으며, 응용에 대한 부분 내용이 대다수를 차지하고 있고 기업체의 경우는 아주 소수에 불과한 실정임.
 - 주요 논문 발표국은 일본, 한국, 미국 순으로 발표를 하고 있음.



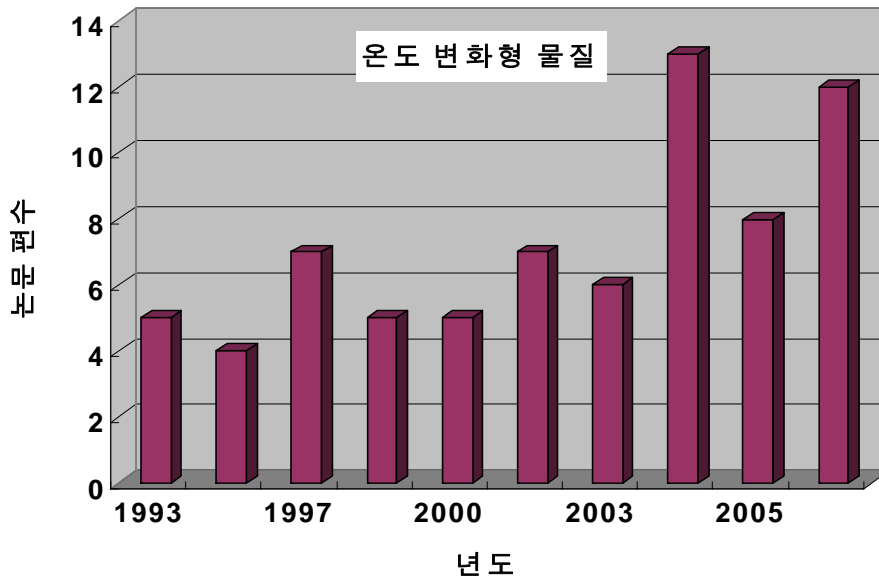
<그림 3.6. CNT에 대한 연도별 SCI 논문 및 학술발표 결과.>

- 면상 발열체에 대한 논문은 발표되지 않고 있음.
 - 발열에 대한 연구는 백년 이전부터 연구가 되어 있어서 최근 10년 동안에는 연구에 대한 테마로서 가치가 없어 연구 진행이 없는 것으로 사료됨.

- 따라서 면상 발열체 시장 상황을 토대해 볼 때 로이유리 관련 연구는 순수 학문 연구 보다는 제조업체를 중심으로 한 비공개 기술 연구 비중이 클 것으로 추정됨.

□ 온도 가변형 적외선 차단 소재

- 1998년에 처음 이에 관련된 논문이 발표되었고, 2003년 적외선 반사/투과 기준 온도를 섭씨 29도까지 낮추면서 연구가 크게 늘어남.



<그림 3.7. 온도 변화형 물질에 대한 연도별 SCI 논문 게재 결과>

- 현재 상온 부근의 온도에서 사용할 수 있는 온도 가변형 적외선 차단 재료는 주로 Vanadium dioxide에 대해서 중점적으로 이루어지고 있고, 현재 기준온도의 조절을 위한 첨가제로 W, Ti등에 대한 연구가 활발함.
- 국가별로는 미국, 일본, 중국이 활발히 연구 중임. 하지만 Vanadium dioxide의 경우에는 영국이 큰 비중을 차지. 미국의 경우 Vanadium dioxide뿐 아니라 다른 재료의 Thermochromic 특성에 대해서도 폭넓게 연구를 진행 중임. 일본은 Zinc oxide와 같은 다른 무기물들에 대한 연구를 진행되고 있음. 중국의 경우 주로 유기물이나 고분자 관련 연구가 큰 비중을 차지함.

나. 특허 분석

- ☞ 저방사 코팅유리(로이유리)에 고기능 사양이 요구됨에 따라, 로이유리 관련 기술의 경우 1990년대 이후부터 높은 출원 빈도를 나타내고 있으며 출원 국가별로는 한국 28건, 일본과 유럽이 각각 136건, 미국이 314건으로 원천기술 특허보유에 대한 해외 종속성이 심각한 상황임.
- ☞ 태양전지 관련 기술의 경우 1992년부터 높은 출원 빈도를 나타내고 있으며 한국과 유럽이 각각 46건과 40건으로 저조한 출원율을 보이고 있고, 일본은 242건으로 전체 출원건수 중 약 56%를 차지하고 있음.
- ☞ CNT에 대한 특허는 주로 CNT를 응용한 소자, 센서, 디스플레이 부품 및 합성물질에 대한 내용 면상 발열체의 경우 주요 특허 내용들은 대부분이 카본입자나 카본섬유를 이용한 제품응용에 집중되어 있음.
- ☞ 온도 변화형 물질 및 이를 이용한 제품에 대한 특허는 많은 편은 아니었으나, 1999년을 기점으로 다소 증가하는 추세를 보임.

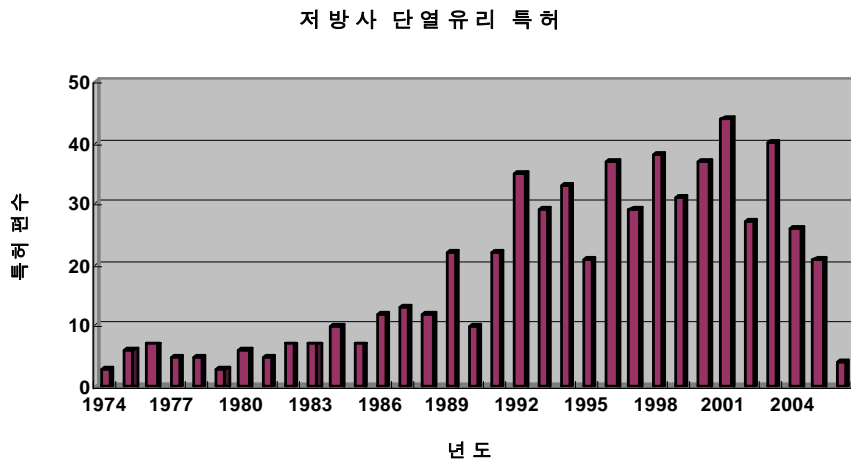
○ 특허 분석을 위해 각 세부 기술 분야의 검색을 위하여 아래표와 같은 키워드를 이용하여 조사하였음.

<표 3.2. 특허 분석을 위한 세부 기술 분야별로 키워드>

기술 분야		키워드
저방사 단열유리	국문	단열유리, 로이, 로이유리, 적외선 차단, 저방사, 저방사 유리
	영문	Low-e, Low emissivity, IR filter, IR cut
태양전지	국문	태양전지, 박막 태양전지, 실리콘 박막 태양전지
	영문	Solar cell, Thin film solar cell, Silicon thin film
CNT 투명 발열체	국문	탄소나노튜브, 면상 발열체, 투명 발열체
	영문	Carbon nanotube, CNT, Surface heat, Plate heat, Film heat
온도 변화형 물질	국문	온도 가변형, 온도 변화형, 써모크로믹, 적외선, 바나듐 산화막
	영문	Thermochromic, Infrared, Vanadium oxide, VO ₂

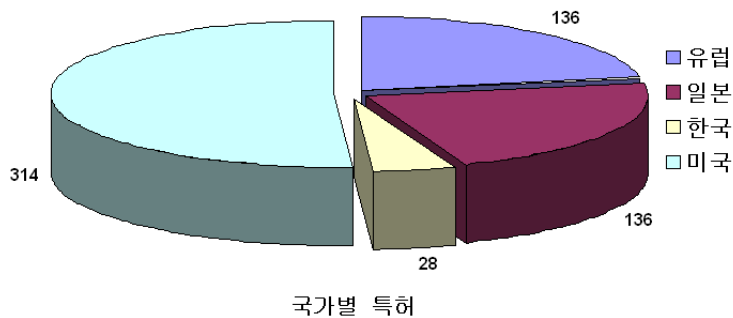
□ 저방사 코팅유리(로이유리)

- 전체적으로 1970년대 중반을 전후하여 관련 기술들이 출원되기 시작하였고, 이어 1990년대 이전까지 조금씩 증가하는 추세를 보임.
- 점차 저에너지의 고기능 사양이 요구됨에 따라, 로이유리 관련 기술의 경우 1990년대 이후부터 높은 출원 빈도를 나타내고 있음.



<그림 3.8. 로이유리에 대한 연도별 특허 결과>

- 출원 국가별로 한국 28건, 일본과 유럽이 각각 136건으로 나타났으며, 미국이 314건으로 가장 많은 출원을 하였음.
- 로이유리 관련 기술의 총 출원건수가 614건임을 감안하면 미국은 약 50%정도의 출원빈도를 차지하는 것으로 한국이 약 5%인 것과 대조를 이루고 있고, 일본과 유럽의 경우 미국의 절반수준으로 평균수준의 출원율을 보이고 있음.

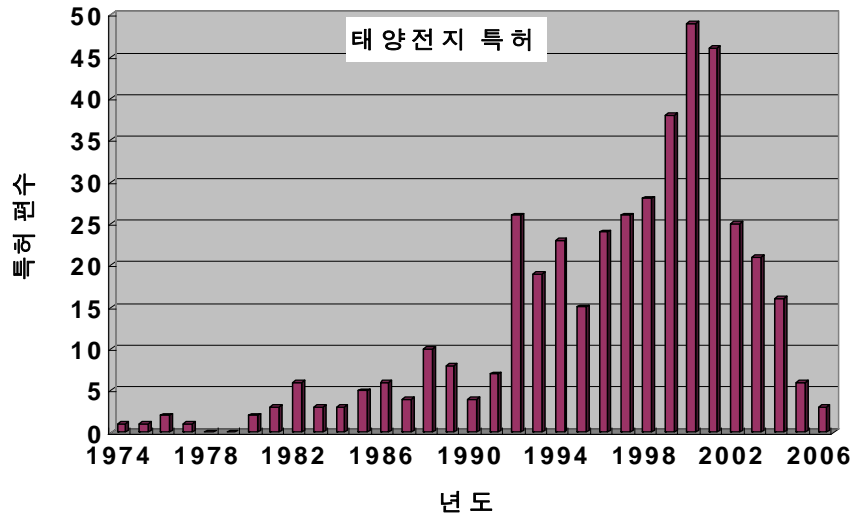


<그림 3.9. 로이유리에 대한 국가별 특허 결과>

- 각 국가별 출원된 특허의 주요 출원인에 따른 분석을 해보면 다음과 같음.
 - 한국의 경우 전체 28건 중 모든 출원인이 1건 내지 3건을 출원하고 있는 등 국내에서 로이유리 관련 기술에 대해 높은 관심도를 보이는 출원인이 없는 실정임.
 - 미국의 경우 Guardian이 47건으로 가장 많은 출원을 하였고, 이어 PPG 28건, Saint-Gobain 21건, Cardinal CG 16건 등의 순으로 나타났고, 개인 출원인들과 비교하여 주요 출원인이 차지하는 비중은 다소 높음.
 - 일본의 경우 Nissan Motor가 11건으로 가장 많은 출원을 하였고, 이어 Central Glass와 Nippon Sheet Glass가 각각 8건, Asahi Glass 7건 등의 순으로 나타났으며, 주요 출원인의 출원비중이 그다지 높지 않으나, 개인 출원인들과 비교하여 주요 출원인이 차지하는 비중은 다소 높음.
 - 유럽의 경우는 출원빈도가 다소 저조하기는 하나, 1990년대 중반을 전후하여 관심도가 다소 증가했음.
- 출원인별로 좀 더 구체적으로 살펴보면, 로이유리 관련 기술분야에서는 Guardian이 75건으로 가장 많이 출원하였고, 이어 PPG 44건, Saint Gobain Vitrage 35건, C.R.V.C 23건 등의 순으로 나타났음.

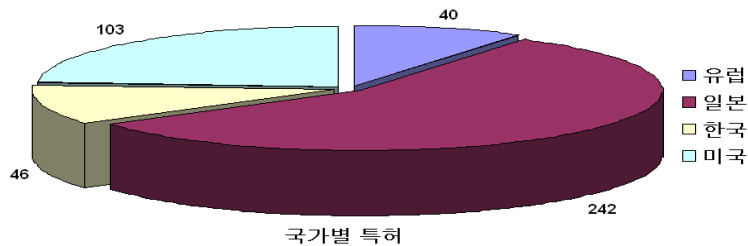
□ 박막 태양전지

- 1980년대 중반을 전후하여 관련 기술들이 출원되기 시작하였고, 이어 1990년대 이전까지 조금씩 증가하는 추세를 보임.
- 점차 저에너지의 고기능 사양이 요구됨에 따라, 태양전지 관련 기술의 경우 1992년부터 높은 출원 빈도를 나타내고 있음.



<그림 3.10. 태양전지에 대한 연도별 특허 결과>

- 한국과 유럽이 각각 46건과 40건으로 저조한 출원율을 보이고 있으며, 일본은 242건으로 전체 출원건수 중 약 56%를 차지하는 등 높은 관심도를 보이고 있으나, 미국은 103건으로 평균 수준이었음.



<그림 3.11. 태양전지에 대한 국가별 특허 결과>

- 각 국가별 출원된 특허의 주요 출원인에 따른 분석을 해보면 다음과 같음.
 - 한국의 경우 장진이 11건으로 가장 많은 출원을 하였고, 이어 삼성SDI 6건, 이준신 4건, 삼성전자 3건 등의 순으로 나타났다. 이와 같이 내국인의 출원 빈도수가 높게 나타났음.
 - 미국의 경우 Astropower, Canon, Fuji Electric, Sharp 및 Siemens가 각각 5건으로 가장 많은 출원을 하였고, 내국인보다 외국인의 출원빈도가 다소 높게 나타났음.
 - 일본의 경우 Sharp가 35건으로 가장 많은 출원을 하였고, Kanegafuchi Chem. 24건, Fuji Electric과 Mitsubishi가 각각 17건, Mitxui Toatsu

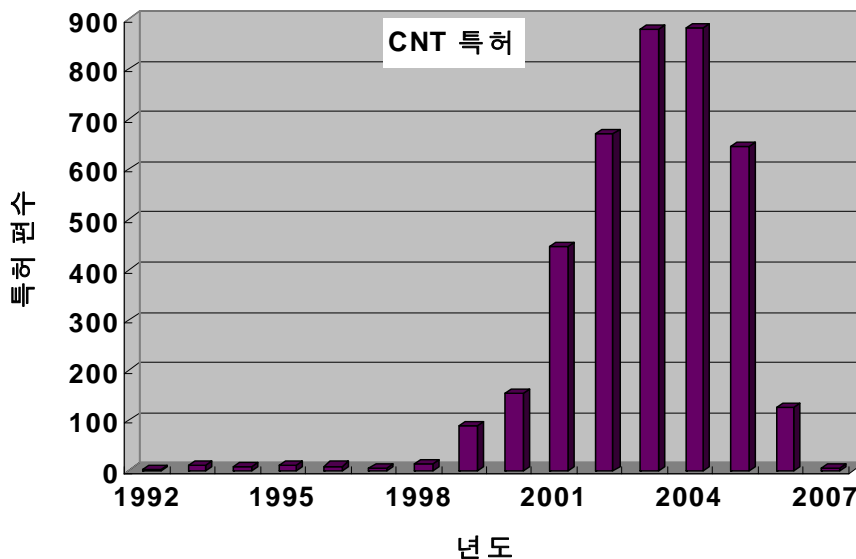
Chem. 16건, Canon 15건 등의 순으로 나타났으며, 모두 내국인의 출원빈도가 외국인의 출원빈도에 비해 높게 나타나 관련 기술에 대한 일본의 관심도가 높음을 암시하고 있음.

- 유럽의 경우 전체 38건 중 모든 출원인이 1건 내지 3건을 출원하고 있는 등 유럽에서 태양전지 관련 기술에 대한 관심도는 낮은 것으로 나타났음.

○ 출원인별로 좀 더 구체적으로 살펴보면, 태양전지 관련 기술분야에서는 Sharp가 39건으로 가장 많은 출원을 하였고, 이어 Kanegafuchi Chem. 24건, Fuji Electric 22건, Canon 20건 등의 순으로 나타나는 등 태양전지 관련 기술에 대한 일본의 높은 관심도 및 집중도를 알 수 있음.

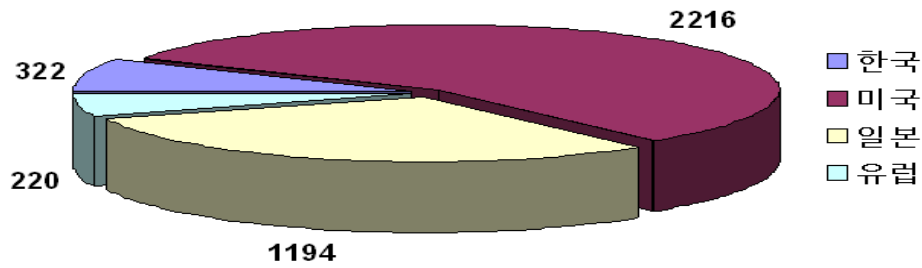
□ CNT를 이용한 투명 발열체

○ CNT에 대한 특허는 1999년도부터 기하급수적으로 증가하다가 2005년부터 다소 줄고 있는 추세이고, 주로 CNT를 응용한 소자, 센서, 디스플레이 부품 및 합성물질에 대한 내용이었음.



<그림 3.12. CNT에 대한 연도별 특허 결과>

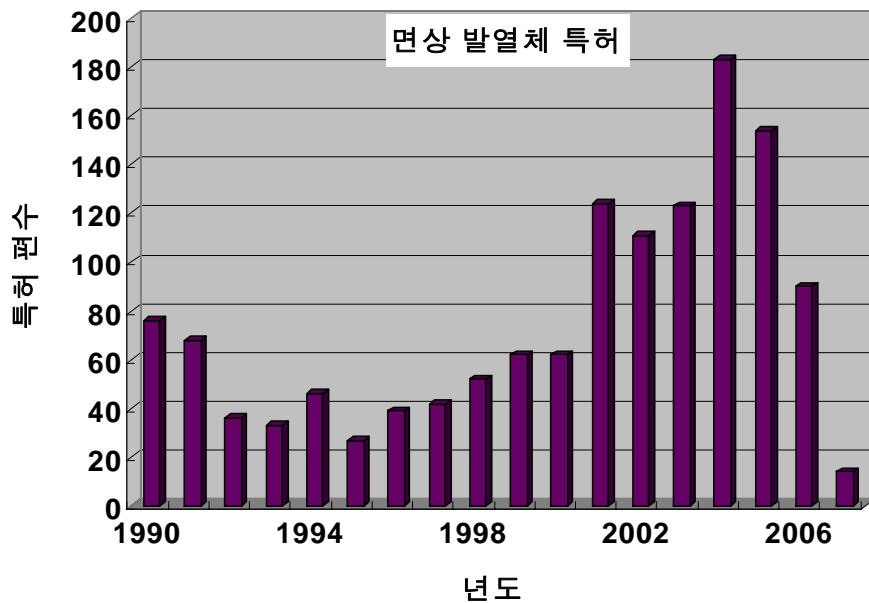
○ CNT에 대한 국가별 특허 동향을 보면 미국, 일본, 한국, 유럽 순으로 나타났으며, 미국 특허의 경우는 일본인과 한국인이 대부분을 차지하고 있었고, 일본의 특허는 주로 자국민들이 많은 출원을 하였음.



국가별 특허 동향

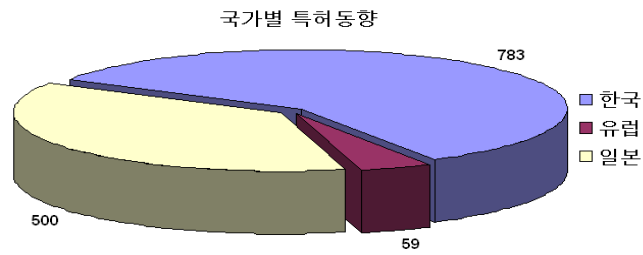
<그림 3.13. CNT에 대한 국가별 특허 결과>

- 면상 발열체의 경우 특허출원이 일정기간을 두고 리듬을 타는 형태로 나타나고 있었고, 주요 특허 내용들은 대부분이 카본입자나 카본섬유를 이용한 제품 응용에 집중되어 있었음.



<그림 3.14. 면상 발열체에 대한 연도별 특허 결과>

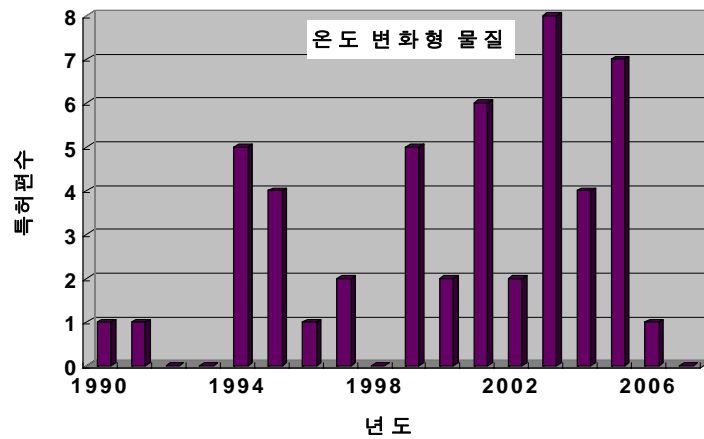
- 면상 발열체에 대한 국가별 특허 동향을 보면 한국, 일본, 유럽 순으로 나타났으며, 한국 특허의 경우는 대부분이 한국인이 있었고, 일본의 특허는 주로 자국민들이 많은 출원을 하였음.



<그림 3.15. 면상 발열체에 대한 국가별 특허 결과>

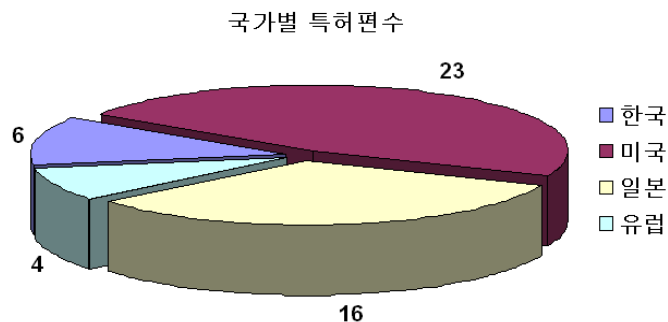
□ 온도 가변형 적외선 차단 소재

- 온도 변화형 물질 및 이를 이용한 제품에 대한 특허는 많은 편은 아니었으나, 1999년을 기점으로 다소 증가하는 추세를 보였음.



<그림 3.16. 온도 변화형 물질에 대한 연도별 특허 결과>

- 온도 변화형 물질을 이용한 특허는 미국에 가장 많았으나, 대부분이 유럽에 출원된 특허와 동일하였음.



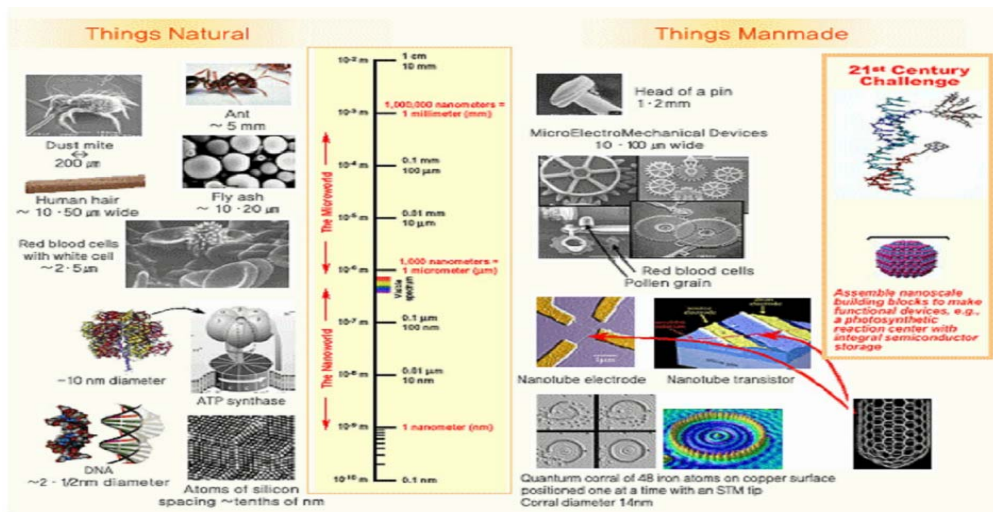
<그림 3.17. 온도 변화형 물질에 대한 국가별 특허 결과>

다. 이종 분야의 연구개발 동향

- ☞ 나노기술이란 물질을 원자나 분단 단위로 조작해 새로운 특성과 기능을 갖는 소재, 소자, 시스템을 창출해내는 것으로 인류 문명을 혁명적으로 바꿀 미래의 첨단 기술 중 하나로 각광받고 있으며, 세계시장규모가 2000년 76억불 정도, 2010년에는 약 5000억불 정도로 예측되고 연평균 52%의 급속한 성장이 예상됨.
- ☞ 우리나라는 2001년 "나노기술종합발전계획"을 수립하여 연구개발, 인력양성, 시설구축 등에 적극 투자함으로써, 나노기술산업 관련 해외 전문 조사기관인 Lux Research사에 의해 2006년 나노기술 4대 강국으로 손꼽히는 수준에 도달하였음.
- ☞ 나노기술 연구분야는 나노소자 분야인 전자통신 분야가 약 50%정도의 비중을 차지하고 있으며, 나노소재 및 제조 분야에 대한 연구도 활발히 진행 중이고, 최근 바이오 산업에 대한 인식이 증대되어 연구 비중이 높아지고 있는 추세임.
- ☞ 최근의 나노기술 연구 분야는 타 기술과의 융 복합화가 가속되는 방향으로 연구 개발이 진행되고 있으며 은나노 입자의 오염물질 제거효과, 로터스 효과를 이용한 방오성 향상 등 나노기술을 건축분야에 적용하려는 시도들이 진행되고 있음.

□ 나노기술의 개요

- 나노(Nano)는 난쟁이를 뜻하는 고대 그리스어 “나노스(nanos)”에서 유래했으며 1nm는 10억분의 1m이며 이는 머리카락 굵기의 8 ~ 10만분의 1, 수소원자 10개를 나란히 늘어놓을 정도의 크기임.
- 나노기술이란 물질을 원자나 분단 단위로 조작해 대략 1 ~ 100nm크기를 갖는 미세 구조를 만들어 새로운 특성과 기능을 갖는 소재, 소자, 시스템을 창출해내는 것을 말함.



<그림 3.18. 크기에 따른 연구 분야 내용>

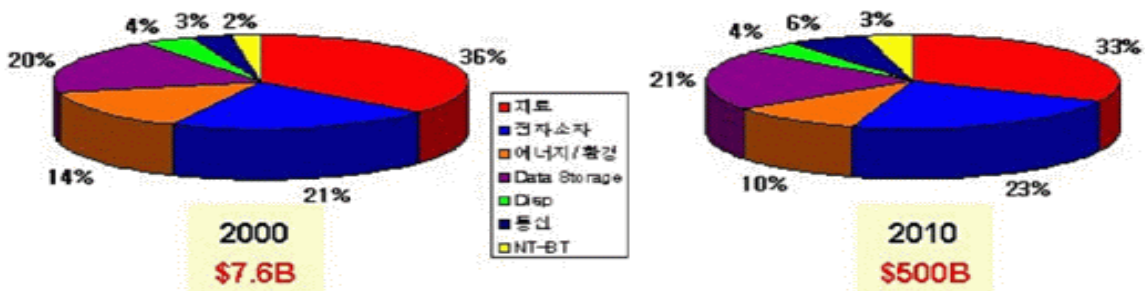
- 나노기술은 거의 모든 산업에 응용 할 수 있어 인류 문명을 혁명적으로 바꿀 미래의 첨단 기술 중 하나로 각광받고 있으며 이 기술의 발전으로 인해 환경, 의료, 생명, 공학, 신소재 등에서 상상을 초월한 변화가 이루어짐.



<그림 3.19. 나노기술을 이용한 제품 예>

□ 나노의 세계시장 규모

- 나노소자, 나노소재, 나노시스템, 나노공정 등으로 나누어 세계 시장규모가 2000년 76억불 정도로 추산되며 이후 2010년에는 약 5000억불 정도로 예상되어 연평균 52%의 급속한 성장이 예상됨.



* 자료 : 국내 관련 전문기업 주관적 전망, 2004. 11.

<그림 3.20. 나노기술 세계 시장 전망>

(1) 국내 연구개발 동향

- 우리나라는 2001년 7월 "나노기술종합발전계획"을 수립하여 연구개발, 인력 양성, 시설구축에 적극 투자하여 그 결실을 맺고 있음.
- 선진국 대비 기술력은 2001년 25% 수준에서 2005년 66% 수준으로 향상된 것으로 조사되었으며, SCI 논문 및 특허 수는 세계 5위를 점유하고 있음.
- 그 결과 우리나라는 나노기술산업 관련 해외 전문 조사기관인 Lux Research 사에 의해 2006년 나노기술 4대 강국으로 손꼽히는 수준에 도달하였음.



<그림 3.21. 국가별 나노기술 경쟁력 비교>

- 국내의 나노기술 연구 분야는 선진국과 동일하게 전 분야에 대해 폭넓게 연구를 진행하고 있음.
- 나노소자 분야인 전자통신 분야가 약 50% 정도의 비중을 차지하고 있음.
- 다음으로는 나노소재 및 제조 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 나노 바이오 분야는 낮은 비중의 연구가 진행되고 있으나, 최근에는 바이오 산업의 인식이 증대되어 2005년부터 높아지고 있는 추세임.
- 항공우주와 수송기계 및 국방/기타 분야 등에도 연구를 소규모로 진행
- 최근의 나노기술 연구 분야는 타 기술과의 융 복합화가 가속되는 방향으로 연구 개발이 진행되고 있음.

- 국내의 나노기술은 연구 결과를 주요 산업에 활용되고 있음.
 - 경제적으로 환산하면 2005년 현재 약 35조원(전체 산업규모의 2.4%)였음.
 - 2010년에는 104조원(전체 5.5%), 2020년까지 22.6% 연평균 성장률을 나타내어 593조에 달하는 등 비약적인 증가가 예측됨. (KISTEP, 2005년도 나노기술영향평가보고서)
- 국내 나노 관련 기업수가 2001년 78개(벤처 33개)에서 2005년 214개(126개)로 크게 증가하고 있음.

<표 3.3. 분야별 나노기술산업의 국내 시장 전망>

(단위 : 십억 원)

연 도	2000	2005	2010	2015	2020	연평균 증감율	
						'01-10	'11-20
전자통신	5,069	18,277	56,449	151,484	333,465	27.3	19.4
의 료	238	726	2,792	6,978	14,694	27.9	18.1
환경/에너지	333	813	2,724	6,255	14,673	23.4	18.3
생명공학	730	1,342	3,103	5,873	10,920	15.6	13.4
소재/제조	2,591	9,486	22,113	45,473	97,869	23.9	16.0
항공우주/ 수송기계	692	2,389	8,876	26,625	66,176	29.1	22.2
국방/기타 ¹⁾	500	2,354	8,853	22,277	55,227	33.3	20.1
합 계	10,153	35,387	104,910	264,966	593,024	26.3	18.9

*주1) 기타는 행정/금융/사업서비스 등을 포함.

□ 나노기술 응용 제품 및 동향

○ 은나노 (Nano Ag) 입자

- 은나노는 다른 화학 항균제와는 달리 순수한 은의 초미립자이므로 자연 친화적인 천연 항균/제균제로 인체에 무독성, 무자극성임.
- 또한, 은나노는 여러 산업 분야에 적용이 가능할 뿐 아니라 대량생산이 가능하며, 은 처리가 된 면과 되지 않은 면과의 기온 차이가 나는 것을 이용하여 항온 및 단열에도 이용할 수 있음.
- 은은 뛰어난 전기 전도성을 가지고 있으며 정전기 발생 방지에도 큰 역할을 할뿐더러 우수한 자외선 차단 기능을 가지고 있어 섬유, 화장품, 선글라스

스 등에도 응용이 가능함.

- 은나노의 가장 대표적인 적용분야로, 최근 웰빙 바람을 타고 은나노를 응용한 냉장고, 에어컨, 가습기, 세탁기, 청소기, 공기청정기 등의 다양한 제품이 개발되고 있음.

하우젠	트롬 세탁기	매직스테이션MX40	은나노 공중팬	은나노 믹서기
				

<그림 3.22. 은나노를 이용한 전자제품들>

- 생활용품으로는 일회용 밴드, 치약, 비누, 티슈, 화장품을 비롯하여 의약품, 의료기, 위생용품 등 다양한 영역에서 은나노 기술 적용.

	나노실버 기저귀	나노실버 젖병	항균노리개	회전젖병솔	은매트
유아용품					
	나노실버 깔창	나노실버 행주	나노실버 도마	변기커버	정수기
위생용품					
	항균 포대기	항균공기청정기	항균벽지	항균탈취제	항균 정수필터
항균용품					
	에스이어-귀마개	천년 의향기-파마약	휘링-핸들커버	유닉스-드라이기	크린홈-물티슈
기타용품					

<그림 3.23. 은나노를 적용한 생활 용품들>

- 전체 생활 가전 중 60 ~ 80% 이상이 은나노 제품 추세임을 감안할 때 은나노 제품 중 가전제품의 시장 규모는 매우 크며 가능한 많은 제품에 은나노 기술을 적용하려는 기업들의 노력이 점차 증가, 확산됨에 따라 우리가 생활하면서 접하게 되는 많은 제품과 식, 음료 등에 은나노 기술이 적용되리라 예상할 수 있음.

<표 3.4. 은나노 기술 적용 제품의 국내 시장 규모>

단위 : 천대

년도 \ 품목	2002년		2003년		2004년		2005년	
	생산량	수출량	생산량	수출량	생산량	수출량	생산량	수출량
휴대용전화기	107,031	92,518	133,907	118,051	184,149	164,592	201,024	180,876
LCD	133,846	153,431	139,510	154,918	230,117	248,296	232,032	253,824
자동차용카바	12,146	65	12,340	69	11,508	82	12,552	444
치약	35,800톤	3,298톤	33,818톤	3,014톤	34,341톤	2,043톤	45,888톤	1,582톤

(2005년 예상은 2005년 1월 기준 조사량과 연평균 성장률 조합 반영)

○ 은나노 잉크(Nano Ag Ink)

- 은나노 잉크는 전도성을 띤 나노 크기의 입자를 분산시킨 잉크
- 전자소재로 120℃ 정도의 저온에서 소성이 가능하고 가격이 낮은 PET 필름 등에도 회로 형성이 가능해 저가 생산이 가능함.
- 디스플레이 및 RFID, 연성회로기판(FPCB)의 전극이나 회로를 잉크젯 방식으로 인쇄하는 데도 필요한 핵심 물질로 사용함.



<그림 3.24. 은나노 잉크와 이를 이용한 RFID 소자>

○ 건축자재용 은나노

- 두통, 천식, 아토피성 피부염 등 알레르기성 질환에 걸리는 경우를 새집 증후군이라고 하며 이 증후군은 건축 내장재로부터 방출되는 포름알데히드, 유기용제, 가스 및 먼지 등의 환경오염물질을 비롯하여 일상생활에서 배출되는 가스 상 물질들을 차단, 제거하기 위하여 은나노 기술이 사용됨.

- 기존의 건축 자재들은 아름다운 외관을 위한 마감재에 주력했으나 이제는 친환경 자재를 통한 건강한 집 만들기엔 노력을 기울이고 있으며 도료, 바닥재, 시멘트, 벽지, 접착제 등에 은나노 성분을 첨가한 제품들이 출시됨.



< 광촉매 코팅제 >

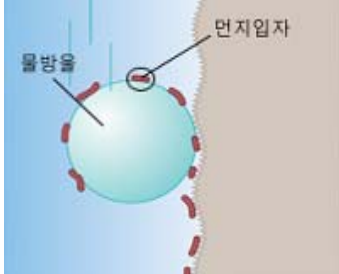




<집안 실내의 오염물질 방출 내용>

<그림 3.25. 건축용 은나노 제품 및 실내 오염물질 방출 내용>

○ 나노 신소재

- 나노기술을 이용한 나노소재 및 응용제품을 2000년에 최초로 개발, 양산화에 성공.
- 화학적 방법으로 제조한 ITO, ATO, 유전체, TiO₂(광촉매), Ag/Pd 등의 기능성 금속 또는 금속산화물 나노 미립자와 화합물 전구체 및 이를 이용한 타겟 등을 제조함.
- 로터스(Lotus)의 잎이 물이나 먼지 입자를 제거하는 자정능력 (self-cleaning ability)을 뜻하는 ‘로터스 효과(Lotus Effect)’를 모방한 분무형 코팅이 독일 BASF社 소속의 화학자에 의해 개발됨. Sto Lotusan 페인트는 로터스 효과를 성공적으로 응용하여 개발된 미세 실리콘 수지 페인트로 연꽃잎과 같이 항상 건조하여 청결한 외관을 유지할 수 있음.

기존의 외관용 페인트	초소수성 Lotusan 페인트
 <p>기존의 외관용 페인트 표면은 연꽃잎과 같은 미세구조를 지니지 않으며, 때문에 물은 쉽게 스며들고, 먼지 입자는 부착되어 남아있음.</p>	 <p>Lotusan 페인트는 먼지 입자 및 물과의 접촉 면을 90% 이상 감소시키는 균일한 미세 표면구조로 외관 면의 먼지를 완벽하게 제거하며, 뛰어난 소수성과 비 투과성 표면 확보</p>
 <p>비가와도 오염이 닦이지 않으며 시간이 경과 할수록 외관의 오염이 눈에 띄게 선명해짐. 건축물의 몰딩, 요철 부분에 쌓이는 먼지, 물자국의 오염발생 심각함.</p>	 <p>Lotusan 페인트는 빗방울이 외관의 먼지를 안고 떨어져 오염 없이 청결하고 건조한 표면을 반영구적으로 유지함. 특히, 건물 요철 부분의 오염방지에 탁월한 효과 보임</p>

<그림 3.26. 일반 페인트와 초소수성 Lotusan 페인트 효과 비교>

(2) 국외 연구개발 동향

□ 나노소재 분야

- 기술적 접근이 용이하고 상당한 기술 축적이 이루어진 나노 분말소재 분야는 연구 결과 현재 초기 상업화 단계에 있음.
 - 물성의 정밀 제어 및 성능 개선에 대한 연구와 경제적인 제조법, 응용기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 나노선, 나노튜브, 나노막대 등의 1차원 나노소재 분야에 대한 연구 활발
 - 탄소나노튜브(CNT) 이외에도 산화아연, 나노 선 등 다양한 소재들을 1차원

형태로 제조하는 방법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음.

- 이들 1차원 나노소재는 소자로서의 응용가능성이 매우 높기 때문에 물성의 측정 및 제어에 관한 연구가 활발하며 소자 제작을 위한 다양한 시도들이 이루어지고 있음.

○ 소자 제작과 직접적인 연관성이 큰 2차원 나노 박막소재는 자기소자 등 소자 제작 공정을 연구하는 범위에 포함되어 진행되고 있음.

○ 나노 복합소재 분야는 고분자 기지에 무기물 나노 입자, 나노 막대(선, 튜브), 나노 판을 분산시켜 기계적 강도를 높이거나 내열성을 증가, 물질이동(산소, 수분 등) 차단 능력의 향상, 전기 및 열의 전도도 향상 등에 관한 연구가 진행 중임.

○ 현재 다양한 형태의 나노소재들이 개발되고 있지만 전체적으로 나노소재 기술은 산업화 개시 내지 진입 단계임.

- 나노 분말소재 분야가 산업화 진척도가 가장 높음.

- 의약, 첨단소재 및 화학제품, 정보통신 부품, 에너지 관련 제품, 자동차 등에 적용되고 있음.

- 나노 분말소재가 갖는 높은 흡착성, 촉매성, 광학특성 등을 활용하고 있음.

○ 나노소재에 관한 특허는 많은 분야에서 다양하게 출원되고 있음.

- 소재측면에서는 탄소나노튜브, 형태측면에서는 나노 분말 연구결과가 많음.

- 응용측면에서는 제약(의약) 등의 분야 연구결과가 많음.

- 탄소나노튜브의 경우는 일본이 한국 다음으로 활발히 연구하고 있음.

□ 환경 및 에너지 분야

○ 촉매용 나노기술은 국내외적으로 나노 세공형 촉매, 나노 결정형 촉매, 나노 분산형 촉매, 초분자 촉매에 대한 기술이 개발되고 있음.

○ 태양전지용 나노기술은 크게 염료감응 태양전지 기술과 유기고분자 태양전지 기술로 나눌 수 있음.

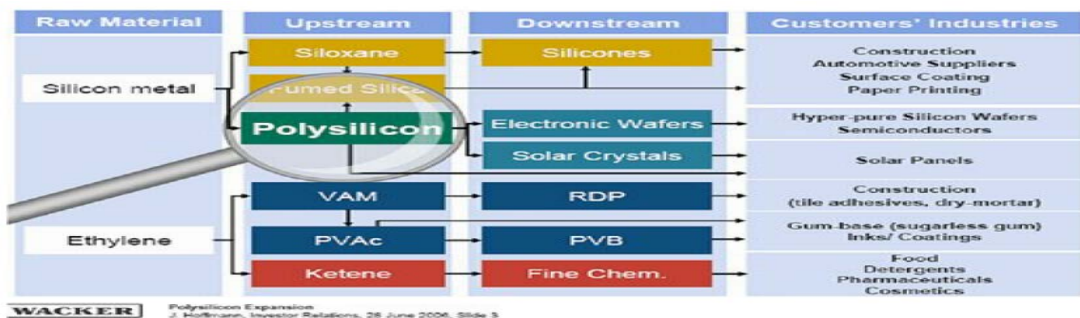
- 염료감응 태양전지 기술은 고 효율화를 위한 나노소재 전극개발, 셀 제작 및 모듈화 등 상용화를 위한 분야에 연구가 활발히 이루어지고 있음.

- 유기고분자 태양전지 기술은 주로 효율 향상을 위한 기초연구에 치중함.

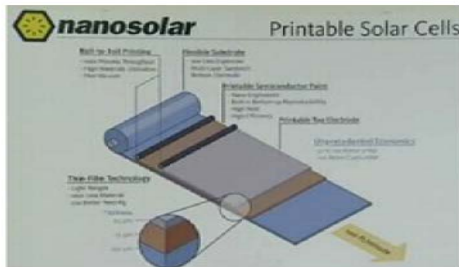
- 태양전지 분야에서는 염료감응 태양전지가 스위스, 미국을 중심으로 산업화 모색단계에 있으며, 국내에서는 기술개발 단계에 있음.

○ 태양전지용 나노기술을 적용 하는 대표적인 연구 개발을 하고 있는 업체는 아래와 같은 기업들임.

- 나노솔라 : Titania-dye sensitized nano particles(20 ~ 40nm)
- Hitachi-Maxell : Titania- dye sensitized
- Nanosys : CdSe, PbS Quantum dots(<10nm)
- Evident Technologies : CdSe, PbS Quantum dots(<10nm)



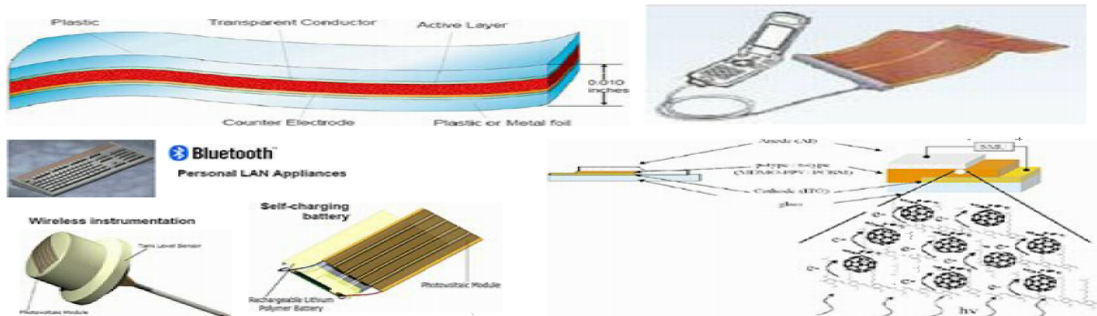
자료 : Wacker Jefferies International European Alternative Energy & Cleantech Conference, 17 October 2006, London Ewald Schindlbeck, President WACKER POLYSILICON Wacker Chemie AG -Positioned for Sustained Profitable Growth



Technology	Silicon Wafer Cells	Vacuum-based Thin Film	Nanosolar Roll-Printed Thin Film
Process:	Silicon wafer processing	High vacuum (e.g. sputtering)	Roll-to-roll printing
Process Control:	Fragile wafers	Narrow process windows	Built-in bottom-up reproducibility
Process Yield:	Robust	Fragile	Robust
Materials Utilization:	30%	30-60%	Over 97%
Energy Payback:	3 years	1.7 years	< 2 months
Throughput/CapEx	1	2-5	10-25

자료 : 나노솔라, CNN

코나카 개발 중 제품들



자료 : Konarka From light to power November 2003 William Beckenbaugh

<그림 3.27. 나노기술을 이용한 태양전지 개발 예>

- 수소에너지용 나노기술은 개질반응에 의한 수소생산 나노 촉매 기술, 광촉매 및 PEC 셀을 이용한 수소생산 기술, 수소저장을 위한 나노소재 제조 기술 개발 연구에 치중하고 있음.
- 이차전지용 나노기술은 기존 상용화된 전지 소재의 한계성을 뛰어넘는 새로운 소재를 개발하기 위해 나노 설계, 나노 합성, 나노 코팅기술이 집중 연구하고 있음.
- 초고용량커패시터 나노기술은 국내외적으로 고전적인 소재의 경우는 이미 산업화가 달성된 상태에서 업체 중심의 나노소재에 대한 연구 개발 및 제품화가 이루어지고 있음.
- 연료전지용 나노기술은 PEMFC/ DMFC/DLFC 분야에서 활성을 높이거나 반응면적을 넓히기 위한 나노 촉매 전극 제조기술 개발에 주력하고 있으며, SOFC 분야에서는 나노 전해질막, 계면특성 향상을 위한 나노기술 적용이 이루어짐
- 촉매용 나노소재 분야에서는 현재 많은 수의 기업들이 사용 가능한 소재 개발에 박차를 가하고 있음.
 - 시장 잠재력과 이와 관련된 소재시장의 활성화에 기인한다고 볼 수 있으나 아직 상업화 수준에 이르지 못하여 개발의 여지가 많이 남아 있음.
 - 나노촉매 관련 제품을 연구개발 중에 있거나 이미 상품을 시장에 내 놓은 기업으로는 Akzo Nobel, Altair Nanotechnologies, Argonide, Carbon Nanotechnologies, Degussa, DuPont, Exxon Mobil, Kerr-McGee, Millennium Chemical, Nanophase Technologies, Nyacol, Rhodia and TAL Materials 등이 있음.

□ 나노가공 및 측정 분야

- 나노 리소그래피 장비 기술은 반도체 선평 제조공정 기술과 맞물려 지난 수십년간 비약적인 연구발전을 하였음.
 - 생산성, 안정성, 범용성 등 장점을 발판으로 반도체 공정뿐만 아니라 디스플레이, MEMS, BT 분야의 제품 생산에 이르기까지 폭넓게 적용하는 연구개발을 하고 있음.
 - 나노 리소그래피와 관련 장비기술 개발도 활발하게 진행되고 있음.
- 탐침을 이용하는 공정 기술은 1982년 스위스 IBM 연구소 G.K. Binnig과 H.

Rohrer에 의해 주사형 터널링 현미경(STM)이 발명된 이후 탐침을 이용한 정보저장 기술과 아울러 공정에 응용하는 연구가 진행됨.

- AFM oxidation lithography와 NSOM 기술, AFM를 이용한 기계화학적 방법 등이 다양하게 연구되고 있음.
 - 연구개발을 위하여 AFM 장비 기술과 탐침제작 기술이 지속적으로 발전해 가고 있음.
 - SPM 리소그래피 기술과 나노 manipulation 기술 및 나노탐침을 이용한 대면적 고속 나노패터닝을 위해서 탐침을 병렬로 정렬하여 이들을 독립적으로 구동할 수 있는 장치 및 장비 기술의 개발을 하고 있음.
- 나노 측정 기술과 관련하여 이미징 기술과, 전자기적 물성 측정, 기계적 물성 측정으로 구분하여 연구개발이 추진되고 있음.
 - 미국의 NIST(National Institute of Standards and Technology), 영국의 NPL(National Physical Laboratory), 미국 Illinois대와 Northwestern대, 일본 리츠메이칸대 등에서 많은 연구를 진행하고 있음.
- 나노 전산모사 기술은 양자역학기반 계산 기술, 동시적 다중스케일 해석 기술, 계층적 다중 스케일 해석 기술 등으로 미국 IBM, 루이지애나대, CalTech 등에서 연구가 활발히 진행되고 있음.

□ 나노소자 분야

- 나노소자 기술은 현재 초기 연구개발 단계이며, 상당기간 각 개별 기술의 발전을 추구하는 단계를 거칠 것으로 판단되며, 각 소자기술간 융합기술이 추구될 전망이다.
- 우선적인 기술개발 방향은 기존에 형성된 시장 확대 및 침투를 목표로 하여 나노소자를 개발하고 있음.
 - 이러한 기술에는 나노 CMOS 기술, 화합물 반도체 양자점 발광소자 기술, 양자점 원적외선 수광소자 기술, 나노 자기소자 기술 및 LED의 효율 향상에 기여하는 PBG 기술 등이 있음.
- 또한, NT 기반 IT 및 BT 등 융합기술을 통해 신규 시장창출을 위한 연구개발을 시도하고 있음.
 - THz 나노광소자 기술, 나노분자소자, DNA 소자기술 등이 대표적인 예임.

- 우선적으로 바이오시장을 그 목표로 하고 있고, 이 기술들은 대기업은 물론 중소 벤처기업을 중심으로 기술의 실용화기 상당히 진척되고 있음.

○ 나노 CMOS 기술은 기존 시장점유율을 유지하거나 확대하기 위하여 전 세계의 반도체회사들이 매우 활발히 연구를 진행하고 있음.

- 화합물 반도체 양자점 발광소자 기술, 양자점 원적외선 수광소자 기술, 나노 자기소자 기술 및 LED의 효율 향상에 기여하는 PBG 기술, THz 나노 광소자 기술, 나노 분자소자 기술, DNA 소자 기술 등은 벤처기업의 형태로 기업화되고 있음.

□ 나노 바이오 분야

○ 나노 바이오 융합기술의 응용제품 연구개발 초기 단계에 있음.

- 연구용 분석기기, 휴대용 측정기기, 진단 및 연구용 DNA 칩, 단백질 분석 칩 등이 주류를 이루고 있음.
- 점차 임상 및 진단, 식품, 농업, 환경모니터링 분야 등으로 확대될 것임.
- 시장조사기관인 Frost & Sullivan에서는 나노 바이오 기술과 관련한 시장을 2015년경에 1,800억 달러가 될 것으로 전망함.

○ 현재 나노 바이오센서 및 칩을 이용한 바이오분자 감지에 있어서 레이블링이 필요 없는 비표지 검사 및 감지기술, 신약개발 주기의 감소를 위한 체외 약물 효능검증을 위한 세포조작이 가능한 세포기반 LOC(lab-on-a-chip)의 연구가 증가하고 있음.

- 나노 입자를 이용한 치료 기술, 칩을 이용한 약물 스크리닝 기술, 마이크로 니들을 이용한 약물전달 기술, 고감도 단백질 및 DNA 분석 기술 등을 활용한 연구가 진행되고 있음.

○ X-Ray/CT 조영제에 대한 연구는 비이온성이면서 이온성과 같거나 더욱 뛰어난 효과를 나타내는 조영제 개발을 위한 노력이 진행되고 있음.

- MRI 조영제는 최근 안정성이 높은 킬레이트제의 제조 및 나노 입자에 표적 지향적 결합인자를 도입하고 다양한 킬레이트 사슬을 도입하여 표적 지향형 조영제의 개발을 위한 연구들이 진행되고 있음.

라. 건설산업 분야의 연구개발동향

- ☞ 로이유리의 국내 상황은 해외에 비해 기술력이나 보급 면에서 상당히 뒤쳐진 상태이며, 전면적 유통을 위해선 내구성의 획기적 개선이 이루어져야 함. 뿐만 아니라 공정개선을 통한 소프트 코팅유리의 원가 개선 및 다층박막을 이용한 다양한 색상 및 코팅막 물성을 개선이 필수적임.
- ☞ 현재 선진국의 창호수준은 기밀등급 0등급의 고 기밀성을 기본으로 창의 프레임을 통한 열교 차단기술, 복층유리에 삽입되는 간봉의 에너지효율 극대화, 로이유리의 방사율 성능개선, 복층유리 내 단열가스 충전 등에 집중되어 있음.
- ☞ 실리콘 박막 태양전지는 선진국에 비해 초기단계라고 할 수 있고, 몇몇 학교와 연구소에서 기초연구가 진행 중일 뿐, 창호에 적용 가능한 실리콘 박막 태양전지 관련 연구/개발은 전무한 상태임.
- ☞ 결정질 실리콘 태양전지의 경우 박막형 태양전지에 비해 효율은 높으나 실리콘 원재료가 차지하는 비중이 높아 생산단가가 높다는 단점이 있는데, 이를 해결하기 위해 최근에는 실리콘 웨이퍼의 두께를 감소시키고 저가 공정을 적용하여 생산단가를 낮추려는 노력이 진행 중임.

- 로이유리는 유리위에 산화막(SnO_2 , ITO 등) 또는 전도성 금속막(Ag, Al 등)을 코팅하여 이 전도막에 의한 복사 차단 효과를 이용하여 실내 열을 유출시키지 않고 다시 실내로 반사시키는 원리임.
- 이러한 코팅막은 크게 하드 코팅법(CVD)과 소프트 코팅법(Sputtering) 두 공정에 의해 제조하고 있음.
- 하드코팅은 전구체의 고온 화학반응에 의해 코팅막이 기판과 화학적 결합을 이루는 코팅 법으로서, 코팅막이 강하고 균일한 대면적 코팅이 가능하다는 장점에 의해 초기 로이유리의 주종을 이루었음.
- 소프트코팅은 진공하에서 전장에 의해 발생한 플라즈마로 인해 금속 타겟이 스퍼터링되고, 이 입자들이 기판에 쌓이면서 코팅이 되는 PVD법으로서, 하드 코팅법보다 열적 성능이 뛰어나고 다양한 광학특성을 나타내어 최근 로이유리 제품군의 대세로서 시장을 주도하고 있음.

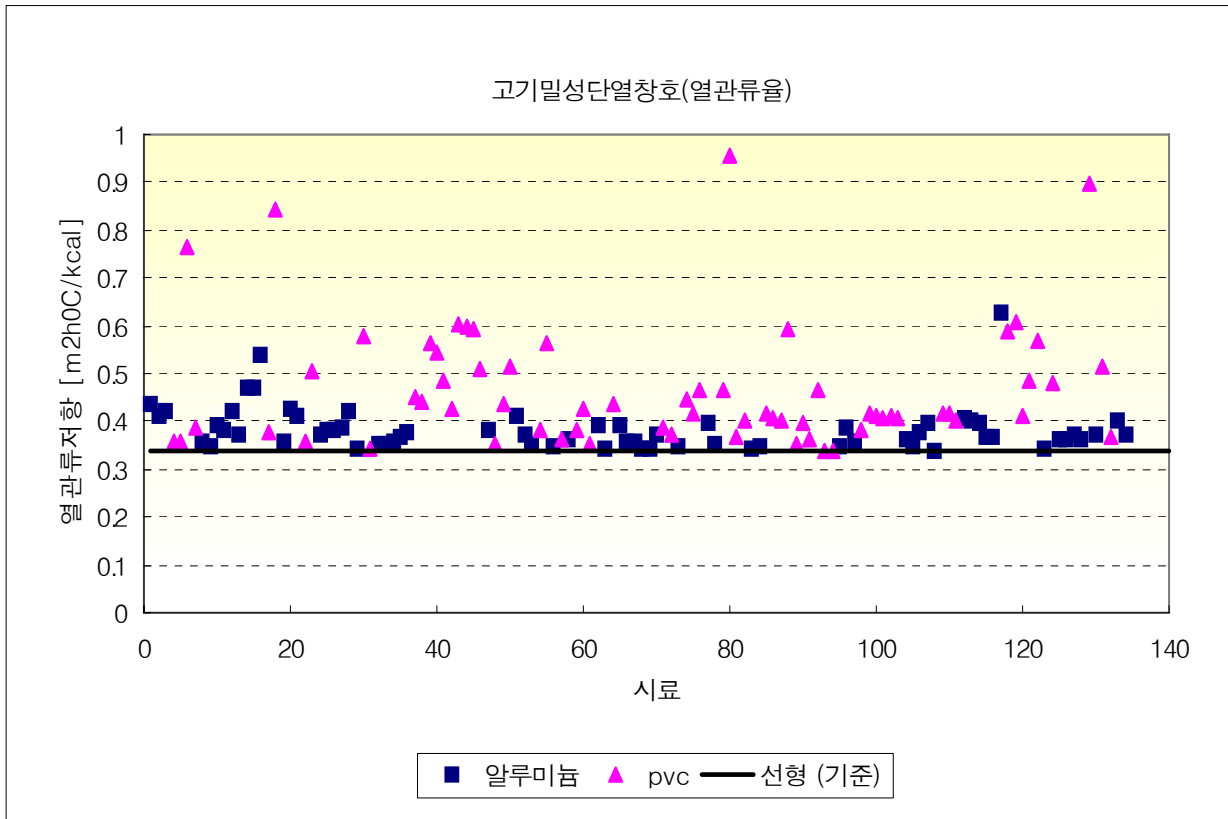
(1) 국내 연구개발 동향

□ 창호성능 관련 국가기준에 따른 연구개발 동향

- 창은 건물의 에너지성능에 직접적인 영향을 미침에도 불구하고, 종래에는 관련 국가 기준에 따라 최소 성능을 만족하는 수준에서 기술개발이 이루어짐.
- 건축법에 의한 외피 열손실방지 및 에너지절약설계 기준 취약
 - 창호의 단열성능 기준 : 건축법 “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙” 제21조 지역별, 부위별(외기에 면한 수준) 열관류율값

□ 고효율 에너지기자재 인증제도에 의한 고선은 창호 기술동향

- 산업자원부 고시 “고효율 에너지기자재 보급촉진에 관한 규정”에 근거하여 1998년 7월 “고기밀성 단열창호” 인증제도 시행
- 고 기밀성 단열창호의 인증 성능기준은 KS F 2278 규정에 의한 열관류율이 $3.42 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 이하(열관류저항은 $0.292 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ 또는 $0.34 \text{ m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C/kcal}$ 이상), KS F 2292 규정에 의한 기밀성 등급의 통기량이 $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ 이하로 규정
 - 2006년 5월 현재 약 30개 업체, 220개의 창호제품이 인증 획득
 - 그러나, 현행 고 기밀성 단열창호의 인증 성능기준은 선진국 성능에 비해 매우 낮은 수준이고, 2008년 시행예정인 2단계 에너지절약설계기준 창호 성능에 비해서도 낮기에 수정 보완이 필요함.



<그림 3.28. 고기밀성 단열창호의 단열성능 분포>

□ 창호 성능 개선 연구개발 동향

○ 창호의 연차별 기술개발 동향

- PVC Sash 보급(1980년대)

1차, 2차의 거듭된 Oil-Shock와 더불어 기존 알루미늄 sash 대비 기밀, 단열성능이 주요 품질 기준으로 자리 잡음

- System창 보급(1990년대)

고단열/ 고기밀 창호인 System창호의 보급과 더불어 90년대 중반 이전의 단순한 미서기 형태에서 벗어나 독일식/ 미국식 고 단열 창호의 도입 및 Curtain wall 기술의 보급으로 상업용 건물의 새로운 변화 추구

- 고단열, 고기밀, 차음성등의 다기능 창호 개발(2000년대)

고전적인 paradigm인 단열, 기밀성능 위주의 기준에서 벗어나 쾌적하고 건강한 주거환경을 추구함에 따라 에너지, 친환경등의 다기능 창호 도입

○ 고효율 대기능 창호 개발을 위한 기술동향

- 열교차단(Thermal break) 성능 up-grade

기존의 알루미늄의 단열성을 높이기 위해 Azon 또는 Polyamide를 사용하였으나 해외업체의 경우 이러한 frame 사이에 단열재를 추가하여 단열성능을 높임. 또한 기존의 알루미늄 및 sus 위주의 Spacer 경우, edge 부위에서 열교현상으로 인한 열손실 증가 및 결로 방지를 위해 warm-edge 개발 중

- 차음성능 및 기밀성능 개선

Multi-glazing(삼중복층) 및 유리와 유리사이에 차음성능을 갖는 특수필름을 접합하여 방음 및 고 기밀성의 창호 설계 및 구조 개발 중

○ 초 단열 슈퍼윈도우 기술개발 동향

- 슈퍼윈도우 관련 기술개발의 목표는 열관류율을 $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 이하로 낮추는 것이며, 이를 위해 열교차단 frame 설계, 결합부위의 단열, 기밀성능 개선 및 단열간봉에 대한 성능향상, 아르곤 가스충전 등을 통한 단열성 개선이 이루어짐. 유리부위는 로이코팅 내지 로이필름을 적용한 삼중유리 구조를 취함.
- 슈퍼윈도우의 기술개발 수준은 아직 상용화 단계에 이르지 못했으며, 현재 mock-up 제작과 lab 수준의 성능평가가 이루어지고 있음.

□ 코팅유리 업체의 기술개발 동향

○ 기능성 로이유리 제품으로 전환 및 기술개발 진입

- 로이유리에 있어서 국내시장은 해외시장에 비하면 기술력이나 보급 면에서 상당히 뒤쳐진 상태임.
- 소프트로이유리는 1980년 대 후반, 한글라스가 국내 최초로 양산 설비를 도입하면서 시작된 이래 Eslite LE79가 주력이었으나, 2000년 대 생고뱅(SGG)사에 인수된 후로는 생고뱅사의 자회사인 중국의 SGH사의 Eslite LE85 및 태양광차폐기능을 보강한 Everlite를 수입하여 국내 판매하고 있으나, 이는 모두 싱글 로이급으로서 고단열 성능을 얻기에는 한계가 있음.
- 이후, SGH사로부터 수입한 더블 로이급 Everlite Super를 판촉 중임.
- 2005년 코팅사업을 시작한 케이씨씨(KCC)는 Eslite 및 Everlite급인 E-Glass, 국내 최초로 더블로이인 E-Max를 개발하여 시장 진입단계에 있으나 아직 효율 및 내구성 한계로 인하여 유통에 어려움을 겪고 있음.

- 양사가 모두 자체 생산 및 수입을 통해 국내시장에 더블로이 제품을 공급하게 됨으로써 국내 로이유리 시장도 본격적인 고성능화 시대를 열고 있음.

<표 3.5. 국내 제조사별 로이유리 물성>

제조사	제품명	막구성	투과율	차폐계수	열관류율 (W/m ² K)
					Air
한글라스	Eslite LE85	금속막	75	0.70	1.8
	Everlite Super	금속막			
케이씨씨	E-Glass EVI181	금속막	71	0.64	1.8
	E-Max MVP175	금속막	65	0.60	1.7

*로이유리를 적용한 6mm-12Air-6mm (24mm) 복층유리에 대한 값임

○ 내구성 향상을 통한 보급 확대

- 한글라스는 생고뱅(SGG)사의 기술력을 적용하는 중국 SGH사 제품을 수입하는 것에 의해 로이유리의 내구성을 극복하려 하고 있고, (주)KCC는 내구성 로이유리(Durable low-e) 기술부분에서 국내 경쟁사에 비해 앞서 있다 할 수 있으나 아직 해외 업체에 비해서는 기술이 낙후된 실정이며, 결국 전면적 유통을 위해서는 현재보다도 더욱 획기적인 내구성 개선이 이루어져야 하는 상황임.

○ 공정개선을 통한 소프트코팅유리의 원가 개선

- 국내 소프트로이유리 제조업체의 코팅유리 양산 설비인 스퍼터링 기기가 모두 해외 장비업체에서 도입되어 가동되는 실정임.
- 정밀진공설비에 대한 이해도와 코팅공정별 생산성 및 가동률을 향상시킬 수 있는 공정 최적화에 지속적으로 노력을 경주하고 있음.
- 또한, 생산성 향상을 위해 새로운 코팅 부대설비의 도입도 적극 추진하고 있는 상황임.

○ 다층박막을 이용한 다양한 색상 및 코팅막 물성개선에 주력

- 국내 상업용 및 주거용이 초고층화 되면서 풍부한 경험과 기술을 지닌 해외 설계사들에 의해 디자인 되는 경향을 보임.
- 그로인한 해외 경쟁사의 고효율 로이유리제품이 국내 시장에서 꾸준히 증가
- 해외 제품의 국내시장 잠식을 막기 위해 기존 제품들의 물성개선 연구 지속

○ 초 단열 슈퍼윈도우 기술개발 동향

- 슈퍼윈도우 관련 기술개발의 목표는 열관류율을 $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 이하로 낮추는 것이며, 이를 위해 열교차단 frame 설계, 결합부위의 단열, 기밀성능 개선 및 단열간봉에 대한 성능향상, 아르곤 가스충전 등을 통한 단열성 개선이 이루어짐. 유리부위는 로이코팅 내지 로이필름을 적용한 삼중유리 구조를 취함.
- 슈퍼윈도우의 기술개발 수준은 아직 상용화 단계에 이르지 못했으며, 현재 mock-up 제작과 lab 수준의 성능평가가 이루어지고 있음.

□ 가공 업체의 기술개발 동향

○ 품질경쟁력을 위한 생산자 네트워크화

- 90년대 복층유리 제조는 소규모 영세업체를 통해 이루어짐.
- 이후 고품질의 복층유리 공급을 위한 기술 및 품질측면에서 엄선된 복층유리 제조업체와 코팅유리 생산자간 기술 공유를 통한 품질보증 확대

○ 복층유리 고 단열을 위한 제조기술 개선

- 창호를 구성하는 프레임 재질 및 복층 핵심소재(열교차단재 및 스페이서)의 단열성 증진을 위한 최적 조합 연구
- 소규모 진공장비업체를 통한 진공복층유리 기술개발 추진
- 알루미엔씨의 삼중 복층유리용 일체형 스페이서 개발 및 판매
- 창호업체를 중심으로 발코니확장법 개정(2005년 12월) 이후 기존 발코니용 창을 대체할 수 있는 고 단열 이중창 창호시스템 제품화

□ 정부 연구기관을 통한 원천 및 요소기술 적용 연구

- 한국에너지기술연구원(KIER)
 - 그린빌딩 시범인증 성과분석 및 국제협력방안 연구
 - 그린빌딩 기술개발 및 보급정책 기획연구
 - 그린빌딩 성능평가 및 설계기술개발연구
- 산업자원부(MOCIE)
 - 에너지관리공단이 지원하는 ‘그린빌딩 보급촉진을 위한 기획연구’에서 비 주거용 기준(시안) 개발
- 한국건설기술연구원
 - 「기후변화협약 대응 건축물 에너지절약 중장기 대책연구」에서 그린빌딩 인증기준(등급기준) 개발 추진 및 주거용 기준(시안) 개발

□ 태양전지 업계의 기술개발 동향

- 국내에서는 KPE가 30 MW/yr 규모의 단결정 & 다결정 실리콘 태양전지를 생산하고 네스코 솔라에서 1 MW/yr 규모의 단결정 실리콘 태양전지 생산설비 갖추고 있으며 대부분 단결정 & 다결정 실리콘 태양전지 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 실리콘 박막 태양전지는 선진국에 비해 초기단계라고 할 수 있으며 몇몇 학교와 연구소에서 기초연구가 진행됨.
- 한국과학기술원에서 a-Si:H 박막 태양전지를 연구를 오래 동안 수행해 오고 있으며, 태양전지의 열화특성 개선 등을 통한 고 효율의 태양전지를 개발
- 한국에너지기술연구원은 1990년대 후반부터 nc-Si:H 및 a-Si:H/nc-Si:H 태양전지 연구를 시작하여 태양전지 제조에 필요한 장치를 자체적으로 보유하고 있음.
- 최근 한국철강을 비롯하여 여러 기업에서 반도체, 디스플레이 산업의 인프라를 바탕으로 상대적으로 기술 및 제품 경쟁력 확보 가능성이 높은 실리콘 박막 태양전지에 대한 사업화를 적극적으로 검토하고 있음.
- 국내에서는 창호 적용이 가능한 실리콘 박막 태양전지 생산이 전무한 상태이며 차세대 아이템으로 반도체, 디스플레이 산업의 인프라를 바탕으로 상대적으로 기술 및 제품 경쟁력 확보 가능성이 높은 실리콘 박막 태양전지에 대한 사업화를 적극적으로 검토하고 있는 단계임.

(2) 국외 연구개발 동향

□ 첨단기술과 융합된 고성능 창호시스템 기술개발

- 주요 선진국은 건축물 에너지성능 향상을 위한 조치로서 우선적으로 창호의 에너지성능 향상 방안에 집중적인 기술개발 추진
- 기술개발과 함께 보급 촉진을 위한 범국가적 조직을 구축하여 현재 열관류율 $1.2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 에 근접하는 크립톤 주입 복층로이유리 창호제품이 출시되고 있음.
- 현재 선진국의 기술개발 수준은 기밀등급 0등급의 고 기밀성을 기본으로 창의 프레임을 통한 열교 차단기술, 복층유리에 삽입되는 간봉의 에너지효율 극대화, 로이유리의 방사율 성능개선, 복층유리 내 단열가스 충전 등에 집중되어 있음.
- 최근 에어로젤을 이용한 고 단열 충전재 개발과 투명 박막태양전지 구성 등 첨단 기술의 융합이 시도되고 있는 단계이나 아직까지 상용화 기술 수준은 이르지 못함.

<표 3.6. 미국 ASHRAE 창호프레임의 단열성능>

(U-factors_vertical orientation, 단위: W/m² K)

프레임 재료	열교 차단재 ^{a)} 종류	operable			fixed			curtainwall ^{e)}		
		single ^{b)}	double ^{c)}	triple ^{d)}	single ^{b)}	double ^{c)}	triple ^{d)}	single ^{f)}	double ^{g)}	triple ^{h)}
Al (열교차단재 미적용)	all	13.51	12.89	12.49	10.90	10.22	9.88	17.09	16.81	16.07
Al (열교차단재 적용)	metal	6.81	5.22	4.71	7.49	6.42	6.30	-	9.26	8.57
	insulated	-	5.00	4.37	-	5.91	5.79	-	9.26	8.57
Al-clad wood / reinforced vinyl	metal	3.41	3.29	2.90	3.12	2.90	2.73			
	insulated	-	3.12	2.73	-	2.73	2.50			
Wood/ vinyl	metal	3.12	2.90	2.73	3.12	2.73	2.38			
	insulated	-	2.78	2.27	-	2.38	1.99			
Insulated fiberglass / vinyl	metal	2.10	1.87	1.82	2.10	1.87	1.82			
	insulated	-	1.82	1.48	-	1.82	1.48			
Structural glazing	metal							10.22	7.21	5.91
	insulated							-	5.79	4.26

* a) 열교차단재 폭: 9.5mm e) 커튼월 창 두께: 6.4mm

b) single 창 두께: 3mm f) single 창 두께: 6.4mm

c) double창 두께: 19mm g) double창 두께: 25.4mm

d) triple 창 두께: 34.9mm h) triple 창 두께: 44.4mm

<표 3.7. 창호 제품의 단열성능 일례>

(U-factors, 단위: W/m² K)

창 종류	glass only		작동창				고정창				커튼월		
	종양	모서리	AL 열교차단재		플라스틱	목재	AL 열교차단재		플라스틱	목재	AL 열교차단재		구조용 창호
			미적용	적용			미적용	적용			미적용	적용	
단일창													
3.2mm 글라스	5.91	5.91	7.24	6.12	5.14	5.05	6.42	6.07	5.55	5.55	6.93	6.30	6.30
6.4mm acrylic/polycarb	5.00	5.00	6.49	5.43	4.51	4.42	5.60	5.25	4.75	4.75	6.11	5.48	5.48
3.2mm acrylic/polycarb	5.45	5.45	6.87	5.77	4.82	4.73	6.01	5.66	5.15	5.15	6.52	5.89	5.89
복층창													
6.4mm 공기층	3.12	3.63	4.93	3.70	3.25	3.13	3.94	3.56	3.19	3.17	4.47	3.84	3.59
12.7mm 공기층	2.73	3.36	4.62	3.42	3.00	2.87	3.61	3.22	2.86	2.84	4.14	3.51	3.26
6.4mm 공기층(Ar)	2.90	3.48	4.75	3.54	3.11	2.98	3.75	3.37	3.00	2.98	4.28	3.65	3.40
12.7mm 공기층(Ar주입)	2.56	3.24	4.49	3.30	2.89	2.76	3.47	3.08	2.73	2.70	3.99	3.36	3.11
복층창(e=0.2 재료 코팅)													
6.4mm 공기층	2.56	3.24	4.49	3.30	2.89	2.76	3.47	3.08	2.73	2.70	3.99	3.36	3.11
12.7mm 공기층	1.99	2.83	4.05	2.89	2.52	2.39	2.99	2.60	2.26	2.24	3.50	2.87	2.63
6.4mm 공기층(Ar주입)	2.16	2.96	4.18	3.01	2.63	2.51	3.13	2.74	2.40	2.38	3.65	3.02	2.77
12.7mm 공기층(Ar주입)	1.70	2.62	3.83	2.68	2.33	2.21	2.75	2.36	2.03	2.01	3.26	2.63	2.38
복층창(e=0.1 재료 코팅)													
6.4mm 공기층	2.39	3.12	4.36	3.17	2.78	2.65	3.32	2.93	2.59	2.56	3.84	3.22	2.97
12.7mm 공기층	1.82	2.71	3.92	2.77	2.41	2.28	2.84	2.45	2.12	2.10	3.36	2.73	2.48
6.4mm 공기층(Ar주입)	1.99	2.83	4.05	2.89	2.52	2.39	2.99	2.60	2.26	2.24	3.50	2.87	2.63
12.7mm 공기층(Ar주입)	1.53	2.49	3.70	2.56	2.22	2.10	2.60	2.21	1.89	1.86	3.11	2.48	2.23
삼중창													
6.4mm 공기층	2.16	2.96	4.11	2.89	2.51	2.45	3.10	2.73	2.38	2.33	3.58	2.97	2.65
12.7mm 공기층	1.76	2.67	3.80	2.60	2.25	2.19	2.76	2.39	2.05	2.01	3.24	2.63	2.31
6.4mm 공기층(Ar주입)	1.93	2.79	3.94	2.73	2.36	2.30	2.90	2.54	2.19	2.15	3.39	2.77	2.46
12.7mm 공기층(Ar주입)	1.65	2.58	3.71	2.52	2.17	2.12	2.66	2.30	1.96	1.91	3.14	2.53	2.21
삼중창(e=0.2 재료 이중코팅)													
6.4mm 공기층	1.65	2.58	3.71	2.52	2.17	2.12	2.66	2.30	1.96	1.91	3.14	2.53	2.21
12.7mm 공기층	1.14	2.19	3.31	2.15	1.84	1.78	2.23	1.86	1.54	1.49	2.70	2.09	1.77
6.4mm 공기층(Ar주입)	1.31	2.32	3.45	2.27	1.95	1.90	2.37	2.01	1.68	1.63	2.85	2.24	1.92
12.7mm 공기층(Ar주입)	0.97	2.05	3.18	2.03	1.72	1.67	2.08	1.71	1.39	1.35	2.55	1.94	1.62
삼중창(e=0.1 재료 이중코팅)													
6.4mm 공기층	1.53	2.49	3.63	2.44	2.10	2.05	2.57	2.20	1.86	1.82	3.05	2.43	2.11
12.7mm 공기층	1.02	2.10	3.22	2.07	1.76	1.71	2.13	1.76	1.44	1.40	2.60	1.99	1.67
6.4mm 공기층(Ar주입)	1.19	2.23	3.36	2.19	1.87	1.82	2.27	1.91	1.58	1.54	2.75	2.14	1.82
12.7mm 공기층(Ar주입)	0.80	1.92	3.05	1.90	1.61	1.56	1.93	1.57	1.25	1.21	2.40	1.79	1.47
사중창(e=0.1 재료 이중코팅)													
6.4mm 공기층	1.25	2.28	3.40	2.23	1.91	1.86	2.32	1.96	1.63	1.59	2.80	2.19	1.87
12.7mm 공기층	0.85	1.96	3.09	1.94	1.65	1.60	1.98	1.62	1.30	1.26	2.45	1.84	1.52
6.4mm 공기층(Ar주입)	0.97	2.05	3.18	2.03	1.72	1.67	2.08	1.71	1.39	1.35	2.55	1.94	1.62
12.7mm 공기층(Ar주입)	0.68	1.83	2.96	1.82	1.54	1.48	1.84	1.47	1.16	1.11	2.31	1.69	1.38
6.4mm 공기층(Kr주입)	0.68	1.83	2.96	1.82	1.54	1.48	1.84	1.47	1.16	1.11	2.31	1.69	1.38

□ 코팅유리 업체의 기술개발 동향

○ 멀티나노코팅기술을 이용한 복합기능을 갖는 제품개발 확대

- 1980년대 로이유리 양산을 위한 스퍼터링 기술이 정립되면서 2000년대까지 단일 Ag막을 적용한 싱글로이 제품 유통
- 최근 Ag막을 복수로 적용시켜 다층박막간의 간섭현상에 의해 고투과율은 유지하면서 다양한 색상 구현 및 단열성능 극대화와 태양광차폐성능 등의 복합 기능을 요구하는 시장의 수요에 따라 더블로이유리가 점점 영역을 확대해가고 있음.
- 더블로이유리의 코팅막 두께 및 구성은 제조사마다 다르지만 대개 100~200 nm 정도이며, 약 7~10층 정도로 구성됨.
- 로이유리가 일반화된 북미 및 유럽에서는 선진 유리메이커에 의해 다양한 더블 로이유리 제품들이 이미 제품화됨.
- 생고뱅(Saint-Gobain Glass, SGG)사의 경우 Planitherm 시리즈 중 열적 성능을 극대화시킨 Planitherm Ultra 가 있으며, 피피지(PPG)사는 전통적인 Sungate 시리즈에서 더블로이 제품인 Solarban 시리즈를 출시 판매 중
- 비라콘(Viracon)사도 기존 싱글로이급의 VE 시리즈에서 Solarscreen 2000(VE 2M) 이라는 더블로이급을 보유하고 있으며 아사히글라스(Asahi Glass, AGC) 사도 싱글 로이인 Sunlenu에서 출발하여 더블 로이인 Sunbalance 시리즈를 출시하여 주력 제품으로 시장력을 키우고 있음.
- 비라콘사 같은 경우는 코팅막은 10여 종에 불과하나, 총 15가지의 원판을 각 코팅막에 조합하여 100여 가지에 이르는 제품을 공급하고, 피피지사 역시 자사가 보유한 다양한 색상의 원판을 활용하여 수가지 밖에 되지 않는 코팅막의 한계를 극복하고 있음.
- 이렇듯 코팅뿐 아니라 다양한 원판 적용에 의해서도 로이 특성 외 태양광 차폐성을 갖는 고성능 제품이 가능함.

<표 3.8. 국외 제조사별 로이유리 물성>

구분	제조사	제품명	막구성	투과율	차폐계수	열관류율 (W/m ² K)	
						Air	Argon
프랑스	SGG	Planitherm Total 1.3	금속막	75	0.75	1.8	1.5
		Planitherm Total	금속막	77	0.70	1.7	1.3
		Planitherm Ultra	금속막	78	0.69	1.6	1.3
미국	PPG	Sungate500	산화막	74	0.71	2.0	
		Sungate100	금속막	73	0.59	1.8	
		Solarban60	금속막	70	0.44	1.6	
일본	AGC	Sunlenu	금속막	69	0.59	1.8	
		Sunbalance	금속막	60	0.39	1.6	
미국	Viracon	VE1-85	금속막	76	0.63	1.8	
		VE1-2M	금속막	70	0.44	1.7	

*로이유리를 적용한 6mm-12Air-6mm (24mm) 복층유리에 대한 값임

○ 보급 활성화를 위한 지속적 코팅막 내구성 향상 기술개발

- 고성능 창호소재 저변화의 가장 큰 장애는 코팅막 자체의 내구성 문제로 인해 국외 코팅유리 제조업체에게는 성능 향상보다도 더욱 시급하게 여겨지는 사항으로 해결책을 찾기 위한 부단한 연구개발이 이루어지고 있음.
- 아사히글라스사에서는 소프트로이유리의 특수 보호막 코팅에 의해 내습성을 증진시켜 저장성을 대폭 개선시킨 바 있음(미국등록특허 제5,993,617호).
- 가디언(Guardian)사는 'Silacoat'라는 독창적 기술을 개발하여 자사 소프트로이유리에 전면 적용함으로써 내구성을 개선시켰음을 공표한 바 있음.
- 또한, 피지사의 경우는 기존 Sungate에 PPO(Permanent Protective Overcoat)라는 나노 단위의 특수 코팅막을 적용시킴으로써 내화학적, 내스크래치성을 개선시킨 로이유리를 적극 홍보하고 있음.
- 그러나, 로이유리는 여전히 특수 가공 조건을 만족하는 가공업체에 의해서만 유통이 되고 있는 현실이며, 이것이 로이유리의 보급화에 큰 걸림돌로서 작용함.

- 후가공(강화, 반강화 및 곡가공)이 가능한 열처리가능 코팅막 개발에 주력
 - 최근 건축물의 초고층화 경향으로 내풍압성 및 안전성을 중시하여 일반유리의 3~5배 내충격 강도를 갖는 강화유리와 또한, 디자인요소를 적용함으로써 다양한 형태의 곡가공유리가 시장에서 꾸준히 증가함.
 - 소프트로이유리의 코팅막은 낮은 내열성으로 인해 약 600℃의 강화조건에서 코팅막이 파괴되는 문제점이 나타남.
 - 이러한 단점을 보완하기 위해 Ag 보호막으로 상하부에 희생막(sacrificial layer)과 다양한 유전체막으로 코팅막의 구성과 두께 조절을 통하여 후 강화가능 로이유리(temperable low-e)에 대한 기술개발에 초점을 맞춤.
 - 가디언사는 90년 초 BOC SuperE-III 기본구조를 확장하여 LE 시리즈 제품을 생산 중임.
 - 생고뱅사 및 피피지사는 독자적인 코팅막 개발을 통하여 각각 Planitherm 시리즈와 Solarban 시리즈를 개발/ 판매를 확충하고 있음.
 - 이러한 원천기술을 응용하여 자동차용 heatable windshield의 기술 또한 메이저 제조업체 및 연구소를 통해 이루어지고 있는 상황임.

□ 가공 업체의 기술개발 동향

- 고성능 복층구조의 기술 개발
 - 통상적으로 적용되는 24mm 로이복층유리의 경우, 열관류율이 현재는 1.6~1.8 W/m².K 정도이나, 복층유리의 공기층을 일반 공기(0.024 W/m.K) 대신 아르곤(0.016 W/m.K)을 주입하게 되면 열관류율은 약 1.4 W/m².K까지 도달 가능하고, 크립톤(0.009 W/m.K)은 약 1.2 W/m².K까지 가능한 수준임.
 - 일본판유리(Nippon Sheet Glass, NSG)사는 진공복층유리를 개발하여 열관류율을 0.6~0.8W/m².K로 로이복층유리 대비 약 60% 이상 열효율을 증가시킴.
 - 그러나, 이러한 열저항이 높은 크립톤이나 진공복층유리는 제품 크기 및 신뢰성에 대한 문제 외 가격 또한 상업화하기에는 적절치 못한 단점이 있음.
 - 현실적으로 아르곤 주입 복층유리는 상당히 대중화되었으며, 코팅막 고성능화와 함께 창호의 열손실을 최소화할 수 있는 대안으로 꼽히고 있음.
- 창호 부자재의 고내구성 및 단열성 극대화

- 고 단열 프레임 제조 기술
 - 프레임의 열차단재(thermal break) 개발 및 적용 기술.
 - 단열형 프레임 제작 기술 (프레임 재료의 내구성 및 단열성 추진).
- 기능성 프레임의 개발
 - 환기 결합형 창호 프레임 개발
 - 다양한 형태의 커튼월 소재 및 구조 개발
- 고 기밀성 창호의 개발
 - 침기 차단재(weatherstripping) 및 차단 구조의 개발 및 적용 기술

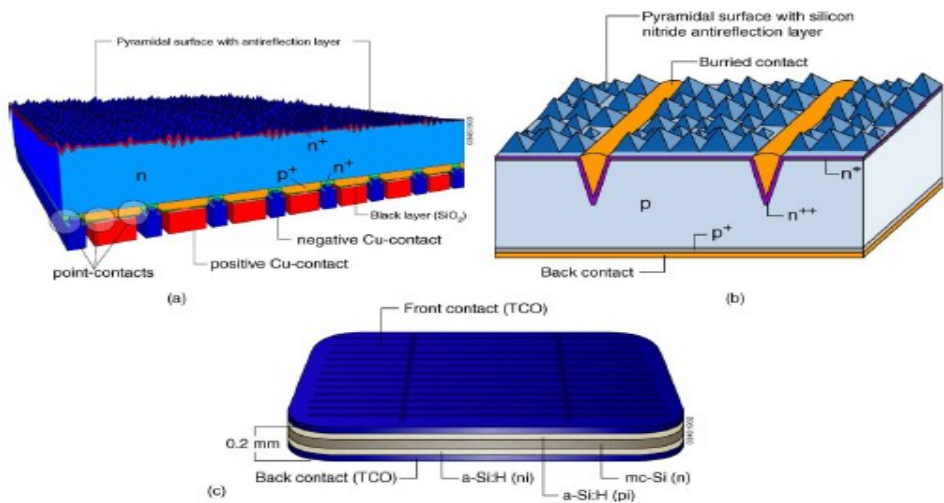
□ 태양전지 국외 연구개발 동향

○ 초저가형 제품 개발 전략

- 결정질 실리콘 태양전지는 원재료 비용을 낮추기 위해 최근에는 생산단가가 높은 단결정 실리콘 대신 대부분 다결정 실리콘을 이용한 태양전지가 생산, 판매되고 있음. 다결정 실리콘 웨이퍼의 저가, 고속 제조 방법의 개발, 전극 구조 및 표면 요철 조절 등 가격은 낮추면서 단결정 실리콘 태양전지에 가까운 효율을 얻기 위한 연구개발이 진행되고 있음.
- 결정질 실리콘 태양전지의 경우 박막형 태양전지에 비해 효율은 높으나 실리콘 원재료가 차지하는 비중이 높아 생산단가가 높다는 단점이 있는데, 이를 해결하기 위해 최근에는 실리콘 웨이퍼의 두께를 감소시키고 저가 공정을 적용하여 생산단가를 낮추려는 노력이 진행 중임.

○ 광 변환율 고 효율화 & 안정화 개발 전략

- SunPower, BP Solar, Sanyo와 같은 업체에서는 20%가 넘는 태양전지를 개발하여 생산, 판매하고 있음. SunPower 사 태양전지의 경우, 모든 전극을 후면 Point 접합 구조로 형성함으로써 전면 전극 형성에 의한 빛 손실문제를 제거하여 21.5%의 효율을 구현함. BP Solar의 태양전지는 레이저 가공을 통한 Buried Contact 구조를 적용하여 빛 흡수를 최대화하고 전면 전극 면적을 최소화함으로써 20.5%의 효율을 구현함. 또한, Sanyo 사의 태양전지의 경우, n-type 단결정 실리콘 웨이퍼의 양면에 얇은 비정질 실리콘 박막을 적용함으로써 20.1%의 효율을 구현함.



(a) SunPower A-300 (b) BP Solar Saturn (c) Sanyo "HIT" Solar Cell

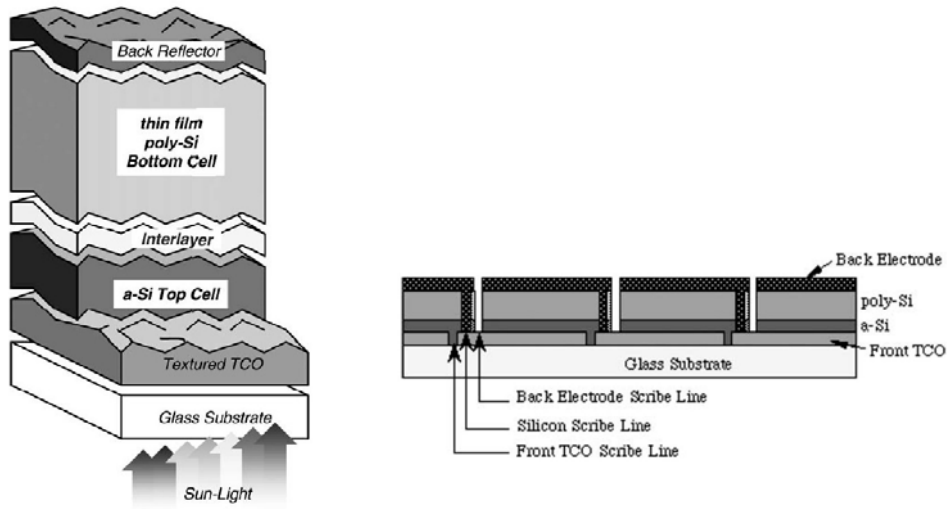
<그림 3.29. 고효율 결정질 실리콘 태양전지>

- 비정질 실리콘 박막 태양전지는 250 °C 정도의 낮은 온도에서 균일한 대면적 공정이 가능하나 광학적 밴드갭이 1.7 eV 정도로 태양광 스펙트럼 세기의 정점 근처에 있기 때문에 높은 에너지 변환효율이 예상되나 Staebler-Wronski 효과로 알려진 광열화 특성 때문에 태양광에 노출되면 시간이 지남에 따라 특성이 저하되는 문제가 있음. 따라서 광열화 특성을 개선하고 막 특성을 개선하여 효율을 개선하려는 연구가 진행 중. 일본의 Kaneka에서 이러한 연구를 진행하여 소면적 cell에서 10% 이상의 효율을 내고 있으며 MHI, sanyo electric 등등의 많은 업체에서 많은 연구가 진행되고 있음.
- 비정질 실리콘 박막 태양전지의 광열화 특성을 더 개선하고 효율을 증가시키기 위한 방법으로 다중접합 구조를 적용하는데 이는 광학적 밴드갭이 서로 다른 광흡수층을 갖는 단위 셀들을 차례로 적층함으로써 광범위한 파장대의 빛을 흡수하여 태양전지의 효율을 극대화할 수 있도록 설계 제작되는 태양전지임. 최근에는 비정질 실리콘 박막 태양전지와 마이크로결정질 실리콘 박막 태양전지가 이중접합 구조로 형성되는 "Micromorph" 태양전지가 이상적인 밴드갭 조합을 이루어 광 스펙트럼을 가장 효과적으로 활용할 수 있고, 직렬연결에 따른 개방전압의 증가 및 소자 구조의 최적화를 통한 광열화 현상의 최소화가 가능해 가장 주목받고 있음. 일본의 Kaneka, sharp, MHI에서 주로 연구를 진행하고 있으면 Kaneka가 소면적에서 12%의 효율을 달성함.

- 결정질 실리콘 박막 태양전지는 비정질 실리콘 박막을 열처리 공정을 통해 결정화한 후 비정질 실리콘 박막 태양전지와 비슷한 공정을 거쳐 제조되는 태양전지로서 이는 비정질 실리콘 박막에 비해 우수한 박막 특성을 갖는 다결정 실리콘 박막을 이용하기 때문에 결함 농도가 낮고 열화 현상이 없다는 장점이 있고, n-type 또는 p-type 다결정 실리콘 박막의 낮은 저항으로 인해 비정질 실리콘 박막 태양전지에서 하부 전극으로 사용되는 투명 전도막을 사용하지 않고 셀 간 직렬연결을 구현할 수 있다는 장점이 있음. 다결정 실리콘 박막 태양전지는 CSG Solar에서 개발한 태양전지가 대표적인데 유리 기판에 반사방지막, p-type 실리콘 박막, n-type 실리콘 박막, Al 전극이 형성되어 있는 구조임. 1m × 1m 이상의 대면적 모듈에서 7-8%의 효율 달성

	Widely distributed products		Next-generation products
	Mono-crystal/Multi-crystal silicon	Amorphous silicon	Thin-film tandem
Structure			
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> • High volume of Si needed • High conversion efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> • Si volume at 1/35 that of polysilicon • Low conversion efficiency • Mainly used in consumer products (calculators, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Si volume at 1/100 that of polysilicon. • Bendable • Slim-line/ light
Challenge	<ul style="list-style-type: none"> • Stable supplies of Si materials • Thinner films and reduction in mill-ends in order to reduce silicon use 	<ul style="list-style-type: none"> • Increasing efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> • Increasing efficiency
Participating companies	<ul style="list-style-type: none"> • Sharp (mono: 19%; multi: 17%) • Kyocera (multi: 17%) • Sanyo Electric (mono, HIT: 19%) • Other overseas manufacturers <p>(Conversion efficiency is below the level of the above three)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kaneka (10%) • MHI (9%) • Sanyo Electric 	<ul style="list-style-type: none"> • Sharp (11%) • Kaneka (12%) • MHI (11%+)

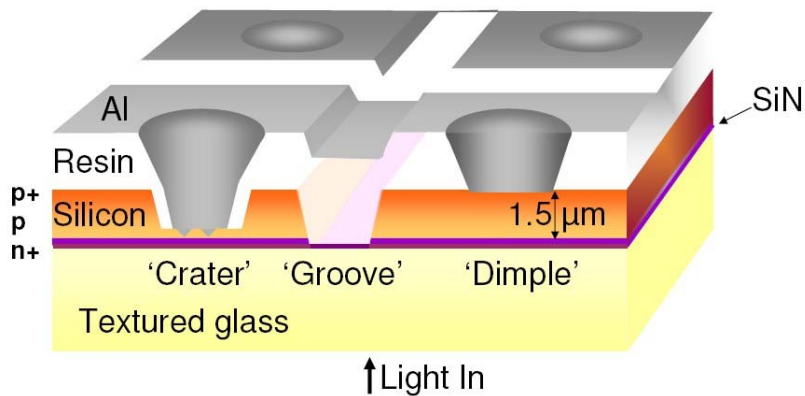
<그림 3.30. 해외 선진업체의 차세대 태양전지 개발 현황>



(a) 셀 구조

(b) 모듈 단면 구조

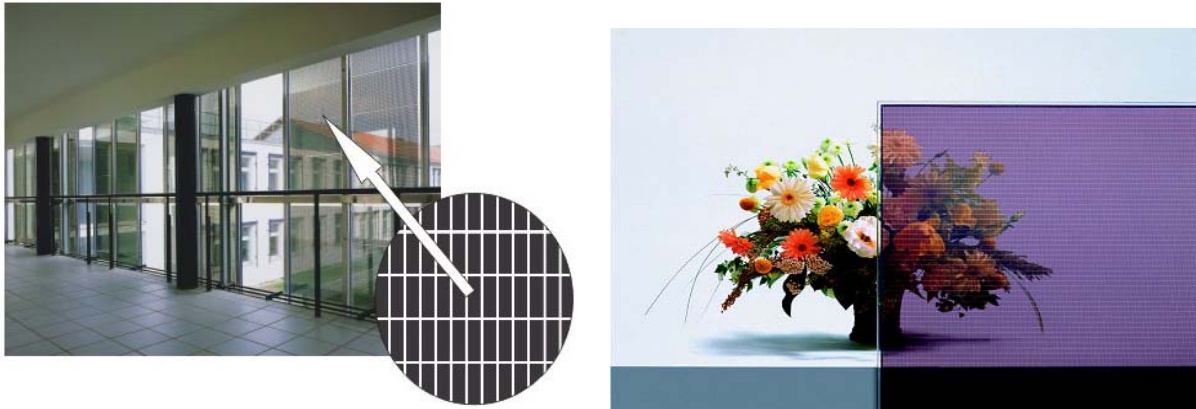
<그림 3.31. Kaneka 사의 a-Si/uc-Si 박막 태양전지>



<그림 3.32. CSG Solar 사의 poly-Si 박막 태양전지>

○ 창호용 박막 태양전지 개발 전략

- schott(독), Kaneka(일) 등 해외 선진업체들도 건축물의 창호용으로 사용 가능한 태양전지를 기존의 비정질 실리콘 박막 태양전지를 이용하여 모듈의 단위 cell을 보다 세밀하게 분리하여 투과율을 높이는 방향으로 생산하고 있음. 따라서 태양전지 모듈의 초기효율이 7-8%이지만 투과도를 높이기 위해 셀 면적이 감소하게 되어 5~6%의 효율을 가짐.



(a) schott사(독)의 See-Through 태양전지 (b) Kaneka(일)의 See-Through 태양전지

<그림 3.33. 창호용 박막 태양전지>

마. 연구개발 동향분석의 시사점

- ☞ 국내 창호의 성능은 과거에 비해 많이 향상되었으나, 선진국의 기술개발 수준 및 건축물 에너지 절약을 위한 요구 수준 등에는 아직도 못 미치고 있는 실정임.
- ☞ 최근 고유가 상황으로 인해 고성능 창호의 보급 활성화가 가능한 사회적, 제도적 토대가 형성되었고, 건설사의 실질적 수요가 증가하고 있으나 구체적 대응기술은 여전히 미흡한 상태임.
- ☞ 따라서 요소기술간 융합 또는 요소기술과 원천기술과의 융·복합을 통해 시너지 효과를 창출할 수 있는 새로운 기술개발을 통해 상용화 기술을 선도할 경우 파급효과가 매우 클 것으로 판단됨.
- ☞ 건축물의 에너지 절감을 위해서 창호의 기능을 유지하면서 에너지를 발생할 수 있는 실리콘 박막 태양전지 개발을 통해 기존의 See-through 태양전지보다 투과율을 높이면서도 효율을 개선하는 연구는 원천성을 가지고 있을 뿐 아니라 대외 경쟁력도 확보할 수 있음.

□ 첨단기술과 융합된 고성능 창호시스템

- 국내 창호는 과거에 비해 최근 그 성능이 급격히 향상된 것은 사실이나, 선진국에 기술개발 수준 및 건물에너지절약을 위한 요구 성능에 현저히 낮은 수준임.

- 특히 이중창, 삼중창 등의 단순 열저항 증가만으로는 창 의 단열성능을 높이는 데 한계가 있으며, 동시에 현장 적용성과 경제성 측면에서 상용화가 어려움.
- 국내의 창호 관련 기술은 선진기술의 도입 내지 단순 재생산 수준에서 산업구조가 발전하였으나 현재 기술은 성능개선에 한계 도달
- 창 의 단열성능 향상과 고부가가치 창출이 가능한 융.복합 기반기술 및 원천기술의 국내 확보로 현재 창호의 기능 및 성능을 향상시킬 수 있는 기술적 여건 조성
- 고성능 창호의 보급 활성화가 가능한 사회적, 제도적 토대가 형성되었고, 건설사의 실질적 수요가 증가하고 있으나 구체적 대응기술은 미흡한 실정
- 창이 지닌 에너지절감효과와 삶의 질 향상을 고려하여 고 단열, 고품능의 창호시스템 기술개발이 필요
- 지금까지는 선진국 기술을 답습하는 수준이나 최근 우리나라가 확보한 첨단기술과의 융.복합을 통해 국제적 환경변화에 대응한 새로운 기술개발을 통해 상용화 기술을 선도할 경우 파급효과가 매우 클 것으로 판단됨.
- 지금까지 개별 요소기술이나 원천기술 중심의 개발 단계에서 벗어나 요소기술 간 융합 또는 요소기술과 원천기술과의 융.복합을 통해 시너지효과를 창출하여야 하며, 개발 기술의 전개는 상용화 기술에 필요한 제반 여건을 고려할 필요가 있음.

□ 창호용 고효율 박막 태양전지

- 현재까지 태양전지의 용도는 주로 발전용으로 사용하였으나 건축물의 에너지 절감을 위해서 창호의 기능을 유지하면서 에너지를 발생할 수 있는 태양전지 사용이 대세가 됨. 이러한 창호형 용도로서 사용되고 있는 비정질 박막 태양전지는 유리기판을 사용하기 때문에 대면적이 용이하고 자체 투과율 뿐 아니라 셀 분리를 통한 투과율 향상이 가능하기 때문에 독일의 schott와 일본의 Kaneka에서 제작하고 있으나 초기 단계이고 셀의 세밀한 분리로 인해 초기효율이 2% 정도 감소하기 때문에 투과율을 높이는데 한계가 있음. 특히 국내에서는 실리콘 박막 태양전지 투자 초기 단계이기 때문에 기존의 See-through 태양전지보다 투과율을 높이면서도 효율을 개선하는 연구는 원천성을 가지고 있을 뿐 아니라 대외 경쟁력 확보에 필수적이라 할 수 있음.

바. 중복성 분석

- ☞ 중복성 여부에 대한 조사방식은 “국가연구개발사업종합관리시스템”에서 제공하는 중복성 검사엔진을 이용하였으며 검사 기간은 1999 ~ 2006년까지 수행된 국가과제를 대상으로 하였고, 창 또는 창호, 박막형 태양전지와 관련되어 지금까지 수행된 국가과제 중에서 단열 및 고 효율화에 대한 단어를 key word로 한정하였음.
- ☞ 총 15개의 창호 관련 과제가 검색되었으며 소재 개발을 이용한 열에너지 절감형 창호 개발 과제가 4개, 구조 및 설계 변경을 이용한 에너지 절감형 창호개발과제가 11개로 소재 개발 보다는 창호의 구조 변경을 통해 내부 열에너지방출을 차단하려는 연구개발 과제가 주를 이루었고, 본 연구과제와는 기술적으로 매우 상이한 내용이었음.
- ☞ 박막태양전지 연구는 본 연구개발에서 제안하는 투광성이 확보된 창호용 고효율 박막태양전지와는 기술개발 내용이 상이하며 구조 또한 다른 방식이므로 기능적인 측면에서 연관성은 있으나 중복성은 낮음.

(1) 중복성 분석의 기준 및 방향

- 본 연구개발과제에서는 현재의 창호시스템에 제기되고 있는 문제점으로서 열 에너지손실과 결로에 취약한 구조적 문제 및 소재의 한계성에 대해 집중적으로 논의 하였으며 이를 해결하기 위한 방안으로서 에너지 절감형 다기능 창호 시스템을 제안함.
- 제안된 기술과 관련하여 건설교통기술연구개발사업, 산업자원부, 정보통신부, 과학기술부, 에너지관리공단 등 기타 부처의 연구개발사업으로 수행되었거나 수행 중인 과제와의 중복성 여부를 조사함
- 중복성 여부에 대한 조사방식은 “국가연구개발사업종합관리시스템”인 www.kordi.go.kr에서 제공하는 중복성 검사엔진을 이용하였으며 검사 기간은 1999 ~ 2006년까지 수행된 국가과제를 대상으로 하였고, 창 또는 창호, 박막형 태양전지와 관련되어 지금까지 수행된 국가과제 중에서 단열 및 고 효율화에 대한 단어를 key word로 한정함.

<표 3.9. 제안 연구개발과제의 중복성 검토>

기술 분야		키워드	중복성 판단		
			관련	유사	중복
단열창호	국문	단열유리, 로이, 로이유리, 적외선 차단, 저방사, 저방사 유리	15개	1개	無
	영문	Low-e, Low emissivity, IR filter, IR cut window			
박막태양전지	국문	박막 태양전지, 실리콘 박막 태양전지, 창호용, See-Through형	12개	2개	無
	영문	Solar cell, Thin film solar cell, Silicon thin film			
CNT 투명 발열체	국문	면상 발열체, 투명 발열체	無	無	無
	영문	Surface heat, Plate heat, Film heat			

(2) 기존 과제와의 차별성

□ 열에너지 절감형 고단열 창호시스템 관련 국가지원 과제 분석

○ 특징 및 개요

- 총 15개의 관련 과제가 검색되었으며 소재 개발을 이용한 열에너지 절감형 창호 개발 과제가 4개, 구조 및 설계 변경을 이용한 에너지 절감형 창호개발과제가 11개로 소재 개발 보다는 창호의 구조 변경을 통해 내부 열에너지 방출을 차단하려는 연구개발 과제가 주를 이룸.

○ 본 연구개발과제와의 연관성

- 검색된 기 수행 과제들은 구조 및 설계 변경을 통한 간접적인 방식의 열에너지 절감형 창호 개발과 관련된 내용을 다루고 있으며 그 외에 유사성이 높은 과제로는 “고기능 단열필름용 금속증착필름 개발” 과 “초 단열 슈퍼윈도우 기술개발” 을 들 수 있으나, 이 역시 근적외선을 차단할 수 있는 투광성 단열필름을 창호에 접착하여 열에너지손실을 절감한다는 기능성에선 유사하다 할 수 있으나 박막코팅 나노기술을 이용하여 창호에 직접 적외선 차단막을 멀티코팅 하고자 하는 본 연구과제와는 기술적으로 매우 상이한 내용임.

<표 3.10. 단열 및 에너지절감형 창호관련 기 수행 과제 리스트 >

No.	기술분류	사업명	과제명	내용	규모(백만)	연도	수행기관
1	소재개발	공통핵심기술개발	태양광의 투과량 조절용 창호(smart window)개발	0.3um 이하 광편광입자이용 가시광영역 평균투과율 변화	302	1999/2001	유병석
2	소재개발	에너지자원기술개발	광촉매를 이용한 창호성능 향상을 위한 선행연구	단열성능개선, 결로방지, 자성성	110	2003/2004	에너지기술연구원
3	소재개발	국제공동연구사업	나노복합체에어로젤의 제조 및 응용기술 개발		108	2000/2003	서동진
4	소재개발	중소기업기술혁신개발	고기능 단열필름용 금속증착필름 개발	스퍼터링 window film 대체 금속증착필름개발, 니켈, E-beam	120	2004/2005	동진에프램티
5	구조/설계	에너지절약기술개발	기밀 및 단열성능향상을 위한 미서기용 창호시스템 개발	기밀성능, 단열성능,미서기 창호	126	2000/2002	에너지기술연구원
6	구조/설계	에너지절약기술개발	고효율 보급형 단열창호 개발		315	1999/2001	유병석
7	구조/설계	중소기업기술이전지원	에너지절약형 다기능 환기창의 성능평가 및 최적설계기술	에너지절약형 다기능 환기창	52	2002/2003	라이디텍
8	구조/설계	에너지자원기술개발	기능성복합창호시스템기술	효율적환기기능 창호시스템 개발	191	2004/2007	건설기술연구원
9	구조/설계	산학연공동기술개발	에너지절감 및 주거환경 개선을 위한 진공 복층유리개발	smart chip의 진공기술이용 건축구조물의 냉, 난방에너지 절감, 결로방지	48	2005/2006	한국기유화시험원
10	구조/설계	산학연공동기술개발	단열 및 기밀 성능향상을 위한 창호개발		36	2001/2002	에너지기술연구원
11	구조/설계	산학연공동기술개발	태양광 발전을위한 창문형 Solar-Light System 개발		29	2001/2002	호남대학교
12	구조/설계	공통핵심기술개발사업	에너지절약형 창유리 개발		17	1999/2001	대학
13	구조/설계	산학연공동기술개발	진공창의 밀봉기술개발		16	1999/2000	에너지기술연구원
14	구조/설계	한국에너지기술연구원	제로에너지 타운 조성운영 사업	태양전지, 풍력,열교방지형 창호기술	1,200	2001/2004	에너지기술연구원
15	구조/설계	에너지자원기술개발	초단열 슈퍼윈도우 기술개발	로이유리, 단열간봉이용 열관류율 1.5w/m ² K이하 초단열 윈도우 상용화	200	2004/2007	동양강철

□ 박막형 태양전지관련 과제 분석

○ 특징 및 개요

- 실리콘 태양전지 연구는 삼성 SDI을 축으로 포톤반도체, 에이텍이 저가·고효율 결정질 실리콘 태양전지 상용화 기술개발을 수행했으며 네스코솔라를 중심으로 결정질 실리콘 태양전지의 고 효율화를 위한 전극개발을 수행함.
- 박막태양전지 연구는 한국과학기술원을 중심으로 전자부품연구원에서 저가 고 효율 실리콘계 적층형 박막태양전지 개발을 수행했으며 한국에너지기술연구원을 중심으로 Kaist, 목포대, 영남대, 신라대에서 CIGS 박막 태양전지 미니 모듈 개발을 수행함.

○ 본 연구개발과제와의 연관성

지금까지 기 수행된 연구과제들은 비정질 실리콘을 중심으로 한 박막형 태양전지가 주를 이루고 있으며 고 효율화와 안정화를 목적으로 개발되고 있음. **본 연구개발에서 제안하는 투광성이 확보된 창호용 고효율 박막태양전지와는 기술개발 내용이 상이하며 구조 또한 다른 방식**이므로 기능적인 측면에서 연관성은 있으나 중복성은 낮음.

<표 3.11. 박막형 태양전지 관련 기 수행 과제 리스트 >

No.	기술분류	사업명	과제명	내용	규모(백만)	연도	수행기관
1	박막실리콘	신기술실용화	전이막을 이용한 Si박막 태양전지		59	2001/2003	㈜신종
2	박막실리콘	대체에너지기술개발	용액성장법에 의한 고효율 초저가 다결정 박막 Si태양전지 개발		668	2000/2003	㈜삼성SDI
3	박막실리콘	미래에너지확보사업	복합CVD를 이용한 다결정 규소박막 태양전지 개발		495	2001/2003	한국에너지기술연구원
4	박막실리콘	한국에너지기술연구원	다결정 박막 태양전지 개발	다결정 Si 박막 성장기술 개발	597	2001/2003	한국에너지기술연구원
5	박막실리콘	대체에너지기술개발	저가 고효율실리콘계(proto crystalline Si/uc-Si-H)적층형 박막태양전지	단일접합 비정질 실리콘 태양전지 개발	325	2004/2006	한국과학기술원
6	다결정실리콘	분산형 발전시스템개발사업	다결정 실리콘박막태양전지 개발	적층형 다결정 실리콘 박막 태양전지	246	2001/2005	한국에너지기술연구원
7	화합물	에너지기술확산기반구축	탠덤구조용 I-III-VI화합물 wideBandgap박막태양전지기술개발	초고효율저가박막태양전지국산화	401	2005/2008	한국에너지기술연구원
8	화합물	지역혁신인력양성	SEL법에 의한 고효율 Cu-III-VI계 박막태양전지개발		108	2003/2006	목포대학교
9	ZnO투명전극	신재생에너지기술	저가 고안정화 ZnO유리기판상용화 기술개발	에너지 효율 청호용 투명전도성박막	673	2004/2007	고려대
10	박막CIS계	대체에너지기술개발	CIS계 박막 태양전지의 실용화요소기술 개발		100	2000/2001	한국에너지기술연구원
11	유기박막	대체에너지기술개발	다층박막 이중접합 구조를 이용한 유기 태양전지의 효율향상연구	광감응성이 큰 p형 유기반도체와 n형 유기반도체의 이중접합구조/도핑 효과	19	2001/2003	인하대학교
12	나노결정	국책연구개발사업	나노결정의 양자효과를 이용한 고효율 박막 태양전지 개발		90	2002/2003	한국과학기술원

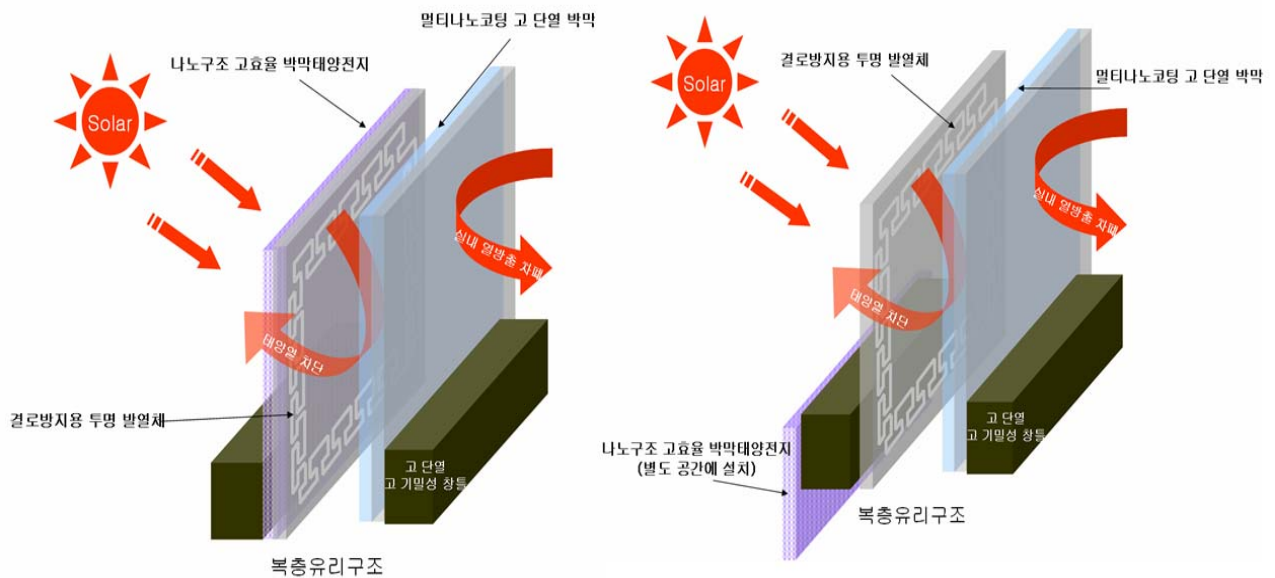
4. 연구목표 및 내용

가. 최종 연구목표

☞ 본 연구과제의 최종 목표는 고 단열성 유지, 냉방부하 절감, 자가발전, 결로 방지 등 다양한 기능이 융합된 차세대형 창호로서 『나노코팅기술을 이용한 일반 건축용 에너지 절감 창호 시스템 개발』임.

『열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발』

- 멀티나노코팅 고 단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합
- 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발
- CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발
- 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발
- 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발



〈상업용, 주상복합형 건축물 적용〉

〈일반 가정용 건축물 적용〉

〈그림 4.1. 열에너지 조절이 가능한 친환경 다기능 창호의 개략도〉

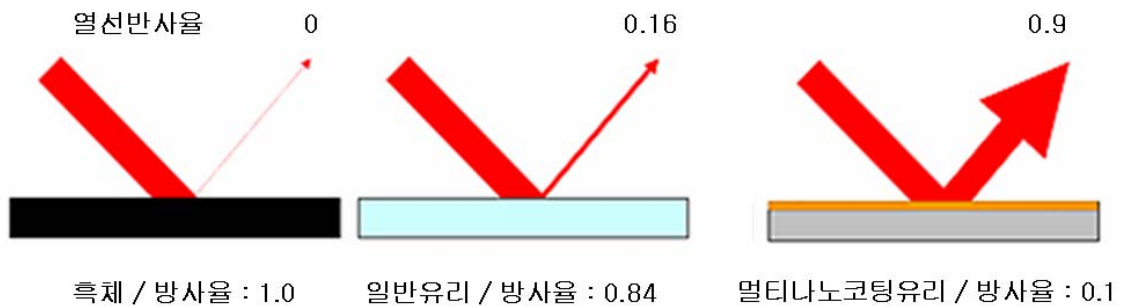
□ 멀티나노코팅 고 단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

○ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 Test-Bed를 통한 실용화 검증

- * 로이유리 (6mm 단판유리 기준) 설계 및 제작
 - 가시광투과율 : $\geq 70\%$
 - 내습성 : $\Delta E_{nbs}(\text{색상차}) \leq 1.5$ / $0.4\text{mm pin-hole} \leq 3EA$
 - 내스크래치성 : 스크래치 폭 $\leq 10\mu\text{m}$
- * 복층유리 시스템 개발(24mm 복층유리 기준)
 - 가시광투과율 : $\geq 65\%$
 - 열관류율 : $\leq 1.4\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$
 - 차폐계수 : ≤ 0.40
 - 내구성 : 이슬점 $\leq -30^\circ\text{C}$

○ 고기밀/고수밀 창틀 설계 및 창호시스템 제작

- 기밀성능 : 2등급 이하 (KSF2292)
- 수밀성능 : 50등급 이상 (KSF2293)



<그림 4.2. 멀티나노코팅 유리의 태양열 차단효과 비교>

□ 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발

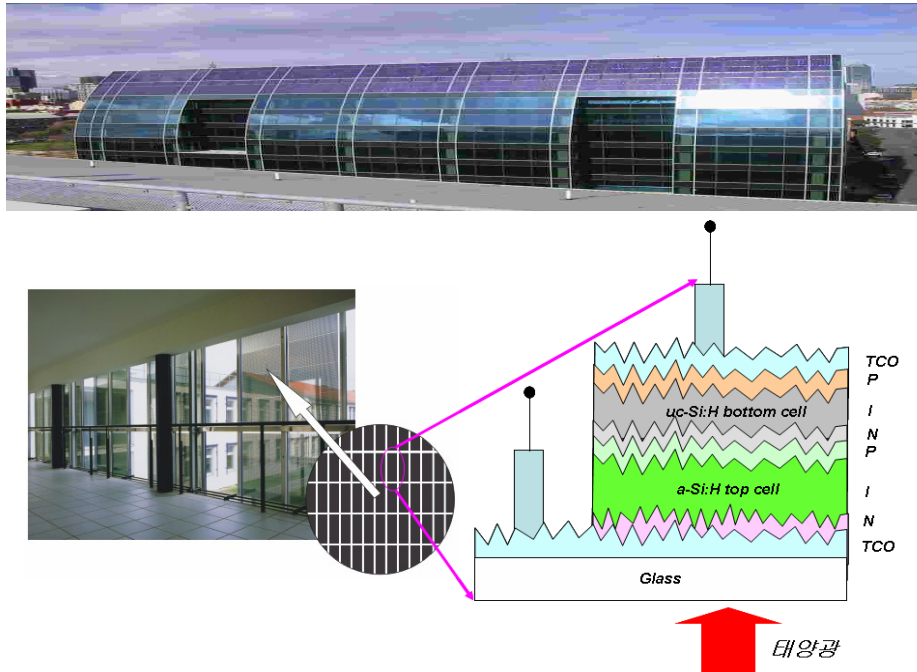
창호의 높은 투명성과 청정성을 유지하면서 태양광에너지를 전기에너지로 변환하여 사용할 수 있는 미래형 창호 소재 개발

○ 고효율·고투과 나노구조 태양전지 기술 개발

- 적층형 나노구조
- 투명 전도막 소재 및 공정 기술

○ 고효율·고투과 대면적 태양전지 모듈 개발

- 투과율 : $\geq 12\%$ @ 400 ~ 800 nm
- 태양전지 모듈 변환효율 : $\geq 8\%$ @ effective aperture area

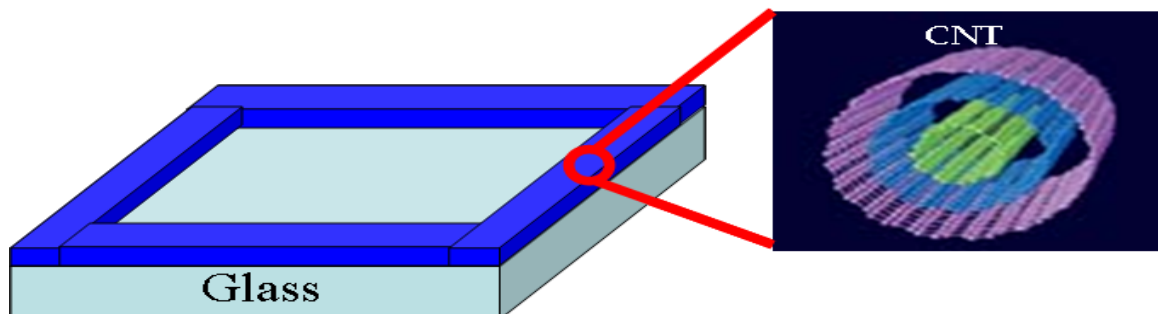


<그림 4.3. 고효율·투과 태양전지 창호 예.>

□ CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발

○ 투명성이 확보되면서 결로 방지용 발열 유리 기술 개발.

- CNT 소재 면 발열 유리 기술 개발
 - 가시광 투과율: $\geq 70\%$
 - 소비 효율: $\leq 40 \text{ Wh/m}^2$
 - 면 저항: $\leq 50 \Omega/\square$ @ 1 m^2 , $\Delta T = 30^\circ\text{C}$



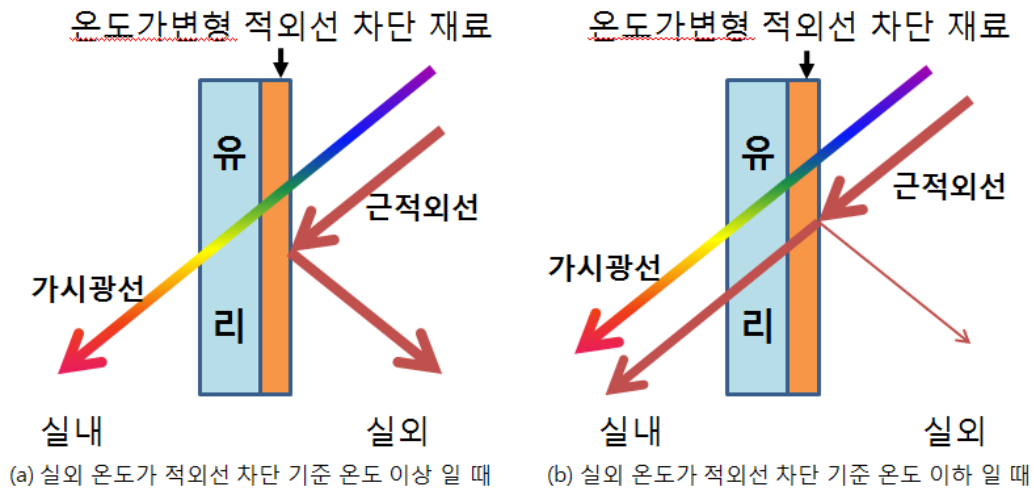
<그림 4.4 CNT를 이용한 투명 발열유리 예.>

- 투명 발열체용 CNT 복합체 제조 및 양산기술 개발
 - CNT를 함유한 복합체 형성 기술 개발
 - CNT 복합체 표면 처리 및 후처리 공정기술 개발
 - 투명 발열체용 CNT 복합체 양산기술 개발

□ 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발

차세대 단일 창호로 적용 가능한 온도 가변형 적외선 차단 소재 개발

- 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 및 코팅기술 개발
 - 적외선 차단 기준 온도: 20 ~ 30℃
 - 근적외선 투과율 : $\leq 10\%$ @ $\lambda=1.0\mu\text{m}$ ($T_{\text{out}} > T_{\text{기준}}$)
 $\geq 70\%$ @ $\lambda=1.0\mu\text{m}$ ($T_{\text{out}} < T_{\text{기준}}$)
 - 가시광 투과율: $\geq 70\%$



<그림 4.5. 온도 가변형 적외선 차단 예>

□ 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발

- 에너지/환경 대응형 고성능, 다기능 창호시스템의 요소기술 및 융복합기술에 대한 효과 및 성능평가
- 요소기술 및 융복합기술의 효율적 보급 및 활성화를 위한 표준 매뉴얼 개발
- 고성능, 다기능 창호시스템의 표준화 및 지원 제도, 정책 개발

나. 핵심 융합기술

- ☞ 나노 복합소재를 이용한 내구성 향상, 다기능 코팅 유리 개발
- ☞ 멀티나노코팅기술을 접목한 고 투과, 고 단열, 친환경 특성 구현
- ☞ 창호용 See-Through 타입 고효율 태양전지용 나노구조 적층박막 제조기술 개발
- ☞ 탄소나노튜브 복합체 기술을 접목한 결로 방지용 투명 발열체 개발
- ☞ 온도에 따른 적외선 차단 특성을 갖는 박막 증착 기술 개발

○ 본 연구과제에서는 고단열성 유지, 냉방부하 절감, 자가발전, 결로 방지 등 다양한 기능이 융합된 에너지 절약형 차세대 다기능성 창호시스템을 개발하고자 하며 이러한 다기능 창호시스템 개발하기위한 세부 기술들 중 목표의 성공에 가장 핵심역할을 하는 융.복합기술이 무엇이고 어떤 수준까지 개발할 것인지 제시 함.

□ 열에너지 조절이 가능한 다기능성 창호시스템 개발을 위한 핵심기술

○ 냉·난방비 절감을 위한 고효율 로이유리 개발

- 고 투과/고 단열 멀티나노코팅기술 개발

(열관류율 $\leq 1.4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, 차폐계수 : ≤ 0.40)

- 내구성 향상을 위한 멀티나노코팅 소재 개발(스크래치 폭 $\leq 10\mu\text{m}$)
- 멀티나노코팅 유리 고 기밀성 접합기술

○ 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발을 위한 핵심 융합기술

- 고효율 태양전지 제조기술 확립 (모듈 광변환 효율 $\geq 8\%$)
 - 적층형 나노구조 확립
 - 안정화 효율 향상을 위한 나노박막 증착 조건 최적화
 - 고효율 향상과 대면적 적용이 가능한 Glass 텍스처링 연구
- 고 투과성 태양전지 제조기술 확립 (투과율 $\geq 12\%$)
 - See-Through 방식 최적화
 - 고효율을 유지하면서 투과율 향상을 위한 셀 분리/연결방식 기술 연구
 - 투명 전도막 소재 및 공정기술 확립

○ CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발을 위한 핵심 융합기술

- 냉방부하 절감 및 결로 방지를 위한 발열유리 개발
- 저전력 소모용 CNT 발열체 개발
- 고 투과성 CNT 발열체 개발

○ 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발을 위한 핵심 융합기술

- 온도에 따른 적외선 차단 특성이 변하는 소재 개발 및 박막 증착 기술 개발
- 근적외선의 차단/반사율이 높은 재료 개발 및 박막 증착 기술 개발

○ 열에너지 조절형 다기능 창호시스템의 상용화를 위한 핵심 융합기술

- 고효율 로이유리의 내구성 향상 및 에너지절감효과 극대화 방안 기술개발
- 박막형 투명 태양전지를 구성한 유리의 물성 특성 및 에너지 성능평가 개발
- 결로 방지용 투명전극을 구성한 다기능 창호시스템의 최적화 기술개발
- 온도 가변형 IR 차단용 유리의 물성 특성 및 에너지 성능평가 개발

□ 개발과제 목표 성공을 위한 핵심융합기술

○ 나노 코팅기술 접목을 통한 친환경, 다기능 특성 구현

- 기존의 마이크론 레벨의 코팅기술은 구조제어 수준으로, 내마모성, 내녹리성, 내식성, 장기안정성 등의 특성 향상에서 한계가 있으며 나노 크기 수준으로 표면, 미세구조, 계면구조, 나노기공, 나노입자 등을 포함한 구조를 정밀 제어하고, 나노코팅을 통해 근원적으로 물질의 기능과 성능을 향상시킬 수 있음.
- 나노코팅기술은 내열, 내환경, 내마모성 등이 요구되는 분야뿐만 아니라 신기능의 창조, 재료보호, 저비용 등을 위한 기반기술로 활용 가능성이 높으며, 지속적 기술 개발을 통해 에너지 절약, 환경부하 저감 등의 분야에 많은 활용이 가능함.

- 가시투과성을 확보하면서 고 단열 및 고 차폐성을 지닌 코팅막 소재에 대한 특성 및 성막 두께에 대한 나노미터급의 정밀한 제어가 필요하기 때문에 다층 구조 설계 및 simulation, 제조기술과 대면적 uniform sputtering 기술 등이 핵심임.

○ 탄소나노튜브 복합체 기술 접목을 통한 투명 발열 기능 구현

- 탄소나노튜브는 물리적, 기계적, 화학적, 전기적 성질이 다른 재질에 비하여 우수하고, 고분자와 복합체를 손쉽게 구성할 수 있기 때문에 세계적으로 연구개발이 활발히 진행되고 있는 분야임.
- 소량 첨가물 형태로 사용 시 기존 물질의 특성을 크게 향상시키며, 대량 생산이 가능한 나노 물질임.
- 탄소나노튜브를 사용하는 경우 기존 대비 발열 효율이 높고 투명성을 확보할 수 있기 때문에, 발열 유리, 시설 원예 난방시스템, 자동차, 비행기, 선박용 window heater 등에 활용하려는 노력이 진행 중임.

○ 나노 복합소재를 이용한 다기능 코팅 유리 구현

- 나노복합소재는 서로 다른 이종소재를 물리적 또는 화학적 방법으로 나노 수준에서 합체화, 혼성화한 소재로, 기존의 단순 복합체나 filler의 개념을 뛰어넘은 매우 정교한 cluster 단위의 무기물 또는 금속상을 유기물상에 3차원적으로 분산하여, 유기물과 무기물/금속화합물 사이에 물리적, 화학적 결합을 형성시킬 수가 있기 때문에 분자차원의 복합화라고 할 수 있으며, 물성의 향상 효과가 rule of mixture를 상회하는 상승효과를 나타내는 기능성 신 물질임.
- 소재의 나노 배열, 분산, 복합재의 응용 등을 통해 전도체, 광 기능체 등의 기능을 발현시키는 연구가 진행되고 있으며, 이를 활용하여 다기능성 코팅 유리의 제작도 가능함.

다. 최종 성과평가지표

과제명	연구 목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
고 단열 창호 시 스 템 및 통합	고투과	가시광투과율: $\geq 70\%$ @6mm 단판	KSL2514	주거용 가시성 확보
	내습성	ΔE_{nbs} (색상차) ≤ 1.5 , 0.4mm pin-hole $\leq 3EA$ @6mm 단판	50℃, 90%RH 1일 보관 기준	장기 보관성 평가 지표
	내스크래치성	스크래치 폭 $\leq 10\mu m$ @6mm 단판	0.3mm 세척브러쉬 사용 세척기준	취급성 평가 지표
	고 투과	가시광투과율 : $\geq 65\%$ @ 24mm 복층	KSL2514	주거용 가시성 확보
	고 단열	열관류율 : $\leq 1.4W/m^2.K$ @ 24mm 복층	ASHRAE	고효율 소재 지표
	고 차폐	차폐계수 : ≤ 0.4 @ 24mm 복층	ASHRAE	고효율 소재 지표
	복층구조 내구성	내구성 : 이슬점 $\leq -30^\circ C$ @ 24mm 복층	KSL2003	복층유리 내구성 지표
	Test bed 사업추진	Test bed, 종합성능평가	Test bed 결과, 성능평가 결과	실용화 추진 및 보급 확대
태양 전지	모듈 개발	효율 : $\geq 8\%$ @ effective aperture area	광 변환효율측정	태양전지 평가요소
	투과율 조절기술개발	투과율 : $\geq 12\%$, @ 400 ~ 800 nm, 판유리	투과율 측정	태양전지 창호 가능성 평가요소

과제명	연구 목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
투명 발열체	고 투과	CNT 투명 발열체 가시광투과율: $\geq 70\%$	KSL2514	주거용 가시성 확보
	고효율	면 저항 : $\leq 50 \Omega/\square$	4-point	균등한 발열
	저 전력 소모	소비 효율: $\leq 40 \text{ Wh/m}^2$	I-V	저 전력소모
적외선 차단 소재	고 투과	가시광 투과율: $\geq 70\%$	KSL2514	주거용 가시성 확보
	고 단열	근적외선 투과율 : $\lambda=1.0\mu\text{m}$ $\leq 10\% @ (T_{\text{out}} > T_{\text{기준}})$ $\geq 70\% @ (T_{\text{out}} < T_{\text{기준}})$	FTIR	고효율 소재
	고효율	적외선 차단 기준온도: 20 ~ 30°C	Temperature curve	고효율 소재
창호 시스템	에너지환경 성능평가	창호 단열성능(K) : $\leq 1.4\text{W/m}^2.\text{K}$ @ 24mm 복층	ASHRAE	단열성능
		결로저감 : Avg TDR rate ≤ 0.18 국부 TDR rate ≤ 0.2	KSF2295	결로 발생 확률 저감기능
성능 평가	표준메뉴얼 개발	상용화 표준설계 지침, 표준 시방지침, 표준 운전 및 운용지침	표준메뉴얼	개발성과 보급 및 상용화
	지원제도 및 정책 개발	국가 제도에 대한 반영, 신규 지원정책 개발	제도 개선, 정책 개발	시장 확대 지원

라. 연도(단계)별 연구목표 및 내용

(1) 1차년도 (2008 ~ 2009)

(가) 연구목표

『열에너지 조절형 다기능 창호시스템 설계 및 에너지/환경 성능평가』

□ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

○ 고 단열/ 고 차폐 기능성 코팅막 목표 선정 및 특성평가 완료

- 가시광투과율 : $\geq 60\%$ (24mm 복층 기준)
- 차폐계수 : ≤ 0.55
- 열관류율 : $\leq 1.6\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

□ 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지

○ Glass 텍스처링 기술개발 및 단위 셀 제작 평가

- 유리기판 투과율 : $\geq 90\%$ @ 400 ~ 800 nm
- 유리기판 반사율 : $\leq 10\%$ @ 400 ~ 800 nm
- Roughness : 500 nm \pm 100 nm
- 셀 변환효율 : $\geq 8\%$

□ CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체

○ 발열체 제조용 CNT 기술 개발

- 발열체에 적합한 CNT 기술 개발
- 액체 CNT 잉크 제조 기술 개발
- 액체 CNT의 물리적 특성평가 및 개선
- 액체 CNT의 화학적 특성평가 및 개선

□ 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재

○ Vanadium dioxide(VO_2) 박막 증착조건 최적화 및 특성 평가

- Semiconductor-Metal Transition(SMT) Material bulk 시편 제작

- 재료를 유리에 박막 증착하는 기술 개발
- VO₂의 SMT 특성 평가

□ 열에너지 조절형 다기능 창호시스템 실용화 및 기반기술 개발

- 고성능, 다기능 창호시스템의 에너지 및 환경 성능평가
 - 고 단열 나노멀티코팅 박막의 단열 및 에너지 성능 평가
 - Simulation을 통한 단열 스페이서 재료 및 단면 최적화

(나) 연구내용 및 범위

- ☞ 고 단열/ 고 차폐 기능성 선진제품 코팅막 분석 및 구성별 특성 비교
- ☞ 제막 조건과 텍스처링 조건에 따른 단위 셀 제작
- ☞ 발열체 제조용 CNT 정제기술 및 표면처리 기술 개발
- ☞ VO₂ 박막 증착조건 최적화 및 특성 평가
- ☞ 고성능, 다기능 창호시스템의 에너지 및 환경 성능평가

□ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

- 선진기술 동향 및 제품분석
- 특허 조사 및 기술 차별전략 수립
- 선진제품 샘플 테스트
- 고 기밀성 창틀 설계 및 소재 선정
- 기초공정 자료 확립
 - 고성능 로이유리 선진제품의 코팅막 분석 및 코팅막 구성별 특성 비교
 - Lab-scale 코팅실험을 통한 고 단열/ 고 차폐 로이유리 recipe 완성
- 고 단열 및 고 차폐 로이유리 개발 및 독자 코팅막 기술 확보
 - 타사 로이유리 관련 특허 분석 및 권리범위 해석
- 코팅막 구성
 - 유리/유전체/열선반사금속층/유전체/열선반사금속층/보호층

- 창조용 See-Through 타입 나노구조 태양전지
 - 선진기술 동향 및 제품분석
 - 특허 조사 및 기술 차별전략 수립
 - 실리콘 박막 두께와 특성에 따른 제막 조건 확보
 - Sand blaster에 의한 텍스처링 조건 확보
 - 제막 조건과 텍스처링 조건에 따른 단위 셀 제작 및 평가

- CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체
 - CNT 정제기술 및 표면처리 기술 개발
 - 액체 CNT 분산 기술 개발
 - 액체 CNT로써의 기본 물성 확보
 - 분산정도 및 안정성 평가를 위한 측정방법 개발
 - 액체 CNT의 유변학적 특성 조절

- 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재
 - 박막 증착용 타겟으로 사용할 SMT Material bulk 시편 제작
 - Float glass에 온도 가변형 적외선 차단 재료 박막 증착
 - 4 Probe를 이용한 상전이온도(적외선차단기준온도)의 측정
 - FTIR 이용 적외선/가시광선의 투과/반사율 측정

- 열에너지 조절가능한 다기능성 창조시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발
 - 고성능, 다기능 창조시스템의 에너지 및 환경 성능평가
 - 고효율 로이유리의 내구성 향상 및 성능향상 방안
 - Simulation을 통한 단열 스페이서 재료 및 단면 최적화
 - 박막형 투명 태양전지를 위한 유리의 물성 특성 및 에너지 성능평가
 - 액체 CNT의 안정성 평가 및 유리에 적용 평가
 - 온도 가변형 적외선 차단용 유리의 물성특성 및 에너지 성능평가

(다) 성과평가지표

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
고 투과	가시광투과율 : $\geq 60\%$	KSL2514	주거용 가시성 확보
고 단열	열관류율 : $\leq 1.6W/m^2.K$	ASHRAE	고효율 소재 지표
고 차폐	차폐계수 : ≤ 0.55	ASHRAE	고효율 소재 지표
단위 셀 제작	효율 : $\geq 8\%$	효율측정	태양전지 평가요소
텍스처링 기술 개발	유리기판투과율 : $\geq 90\%$	@ 400 ~ 800 nm 투과율 측정	텍스처링 평가요소
텍스처링 기술 개발	유리기판 반사율 : $\leq 10\%$	@ 400 ~ 800 nm 투과율 측정	텍스처링 평가요소
CNT 순도	CNT purity : $\geq 95\%$	SEM/TGA	CNT 발열재료 확보
분산 균일도	분산 균일도 $\geq 90\%$	DLS	CNT 발열재료 확보
침전도	유지시간 : $\geq 70, \geq 24Hrs$ @ 25°C	굴절시형기	CNT 발열재료 확보
VO ₂ bulk 시편 제작	monoclinic→tetragonal 상전이	XRD, 4 probe	상 변화 확인
시편의 박막 증착	monoclinic 상 확인 박막 두께 $\leq 200nm$	XRD SEM, Ellipsometer	박막 두께 지표
물성 평가	상변화 온도 $\cong 68C$, tetragonal 상에서의 적외선($\lambda=1.0\mu m$)투과율 $\leq 20\%$	4 Probe, FTIR	물성 변화 및 투과율 측정 지표
에너지환경 성능평가	단열, 에너지 효율, 결로 저감, IR 차단	열관류율, 냉난방 부하, 에너지 효율, 결로 저감	실용화, 상용화

(2) 2차년도 (2009 ~ 2010)

(가) 연구목표

『표준 메뉴얼 확보 및 멀티나노구조 증착기술 최적화』

□ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

○ 내구성 개선 소재별 적합성 및 특성평가 완료

- 가시광투과율 : $\geq 60\%$ (24mm 복층 기준)
- 차폐계수 : ≤ 0.50
- 열관류율 : $\leq 1.5\text{W/m}^2\cdot\text{K}$
- 내습성 : ΔE_{nbs} (색상차) : ≤ 1.5 / 0.4mm pin-hole : $\leq 3\text{EA}$
- 내스크래치성 : 스크래치 폭 : $\leq 10\mu\text{m}$

□ 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지

○ 실리콘 제막 기술 개선 및 투명 전도막 기술 개발을 통한 단위 셀 효율 개선

- 투과율 : $\geq 70\%$ (@ 400 ~ 800 nm)
- 전기전도도 : $\geq 1 \times 10^3 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
- 셀 변환효율 : $\geq 9\%$

□ CNT를 이용한 경로 방지용 투명 발열체

○ CNT 복합체 개발 및 발열체 제조 기술 개발

- 고분자 기지내 CNT 분산 기술 개발
- 복합재에 적합한 CNT 소재의 최적 분말 개발
- CNT-복합재의 물리화학적 특성평가
- 후처리 공정기술 개발

□ 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재

○ Dopant 첨가된 VO_2 박막 증착 기술 개발

- Dopant가 첨가된 VO_2 의 균일한 박막 증착 기술 확보
- Dopant의 종류에 따른 VO_2 박막의 적외선 차단 특성 분석
- Dopant의 양에 따른 VO_2 박막의 적외선 차단 특성 분석
- SMT현상 이해를 통한 VO_2 이외 재료의 온도가변형 적외선 차단가능성 조사

□ 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준메뉴얼 개발

○ 에너지, 환경 성능평가 및 보급 활성화를 위한 표준메뉴얼 개발

- 고단열 창호의 단열 및 에너지 성능 평가
- 창호용 단위 셀 태양전지 성능 평가
- CNT 발열체의 결로 방지 성능 평가
- Dopant 변화된 SMT의 단열 및 에너지 성능 평가
- 단열 스페이서 재료 및 단면, 형상 등 최적화 설계/제작

(나) 연구내용 및 범위

- ☞ 내구성 개선을 위한 적용 소재별 적합성 및 특성평가 완료
- ☞ 실리콘 제막기술 개선 및 투명 전도막 기술개발을 통한 단위 셀 효율 개선
- ☞ CNT를 함유한 복합체 형성 기술 개발 및 물리적/전기적 특성 평가
- ☞ Dopant 첨가된 VO₂ 박막 증착 기술 개발
- ☞ 표준설계 지침 및 표준시방 기준 개발
- ☞ 에너지, 환경 성능평가 및 보급 활성화를 위한 표준메뉴얼 개발

□ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

- 창틀 소재의 기밀성 및 단열 특성 평가
- 구성 성막 별 적정 소재 선정
- 신규 소재의 성막 및 물리/ 화학적 특성 분석
- 특성 분석을 통한 최적 다층 성막 구성 선정
 - 소재 별 특성 및 이의 다층 성막 특성 파악
 - 기초 광학물성 측정(ellipsometer), 다층박막 시뮬레이션(essential Macleod), 코팅(sputtering), 물성분석(4-point probe, spectrophotometer, FT-IR, AFM 등) 등 정밀분석을 통한 성막 조건의 정보 획득 및 적합성 평가
- 내구성(장기 보관성 및 취급성) 영향 인자에 따른 특성 파악
 - 로이유리의 유통 구조 및 대리점의 현황 파악을 통한 내구성 영향 인자 파악
 - 영향 인자별 다층박막과의 상호 메카니즘 분석
- 다층박막 최적화를 통한 Lab-scale 샘플 제작 및 평가
 - 상기 기초물성을 바탕으로 최적의 sputtering 조건 확립
 - Lab-scale 샘플 제작 및 평가를 통한 데이터 feed-back 및 recipe 확정

- 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지
 - 실리콘 박막 제막 조건 개선과 특성평가
 - 투명 전도막 소재 및 공정기술 확립
 - 제막 조건과 투명 전도막 조건에 따른 단위 셀 제작 및 평가

- CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체
 - CNT를 함유한 복합체 형성 기술 개발
 - 복합체내의 CNT 분산성 개발
 - CNT 복합체의 물리적/전기적 특성 평가 및 분석
 - 발열체의 구조변화에 따른 기본 물성 확보
 - 안정성 평가를 위한 측정방법 개발
 - 특성 향상을 위한 잔류 불순물 제거 기술 개발

- 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재
 - Dopant의 종류 및 첨가 비율에 따른 VO_2 bulk 시편의 제작
 - Doped VO_2 bulk 시편의 XRD, SEM, 4 probe 등을 이용한 특성 평가
 - 순수한 VO_2 bulk 시편과 Doped VO_2 bulk 시편간의 물성 차이 확인 및 규명
 - SMT현상이 일어날 수 있는 VO_2 외 재료의 물성 평가
 - Doped VO_2 박막 증착 및 물성 평가

- 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발
 - 에너지, 환경 성능평가 및 보급 활성화를 위한 표준매뉴얼 개발
 - 고효율 로이유리의 내구성 향상 및 극대화 방안
 - 단열 스페이서 재료 및 단면, 형상 등 최적화 설계/제작
 - 창호용 태양전지 단위 셀용 유리의 물성 특성 및 에너지 성능평가
 - 발열체 CNT의 결로 방지 성능 평가
 - Dopant 변화된 SMT의 단열 및 에너지 성능 평가
 - 표준설계 지침 및 디테일 개발
 - 표준시방 기준 개발
 - 표준 유지관리 및 운용기준 개발

(다) 성과평가지표

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
고 투과	가시광투과율 : $\geq 60\%$	KSL2514	주거용 가시성 확보
고 단열	열관류율 : $\leq 1.5W/m^2.K$	ASHRAE	고효율 소재 지표
고 차폐	차폐계수 : ≤ 0.50	ASHRAE	고효율 소재 지표
내습성	ΔE_{nbs} (색상차) : ≤ 1.5 0.4mm pin-hole : $\leq 3EA$	50°C, 90%RH 1일 보관 기준	장기 보관성 평가 지표
내스크래치성	스크래치 폭 $\leq 10 \mu m$	0.3mm 세척브러쉬 사용 세척기준	취급성 평가 지표
단위 셀 제작	효율 : $\geq 9\%$	효율측정	태양전지 평가요소
투명 전도막 공정조건 확립	투과율 : $\geq 70\%$ (@ 400 ~ 800 nm)	투과율 측정	투명 전도막 평가요소
투명 전도막 공정조건 확립	전기전도도 : $\geq 1 \times 10^3$ $\Omega^{-1}cm^{-1}$	전기전도도 측정	투명 전도막 평가요소
CNT 길이 확보	CNT length : $\leq 10 \mu m$	SEM, AFM	복합체 구성 지표
소비 전력 확보	전력 소모 : $90 Wh/m^2$	I-V	발열체 지표
전기적 특성확보	면 저항: $\leq 300 \Omega / \square$	4-point	발열체 지표
VO ₂ 박막 상전이	monoclinic \leftrightarrow tetragonal 상전이	XRD, 4 probe	상 변화 확인
Doped VO ₂ 박막 물성 평가	박막 두께 $\leq 150nm$ 상전이 온도 $\leq 30^\circ C$ tetragonal 상에서의 적외선($\lambda=1.0 \mu m$)투과율 $\leq 15\%$	SEM, Ellipsometer 4 Probe, FTIR	박막 두께 측정 지표
에너지환경 성능평가	단열, 에너지 효율, 결로 저감, IR 차단	열관류율, 냉난방 부하, 에너지 효율, 실용화, 결로 저감	상용화, 상용화
표준메뉴얼 개발	상용화 표준설계 지침, 표 준 시방지침, 표준 운전 및 운용지침	표준메뉴얼	개발성과 보급 및 상 용화

(3) 3차년도 (2010 ~ 2011)

(가) 연구목표

『성능 평가용 프로토타입 제작/평가 및 지원제도 정책개발』

□ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

○ 시제품 생산을 위한 양산 recipe 확립

- 가시광투과율 : $\geq 60\%$ (24mm 복층 기준)
- 차폐계수 : ≤ 0.45
- 열관류율 : $\leq 1.4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$
- 색균일도(uniformity) ΔE_{ab} : ≤ 3.0

□ 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지

○ See-Through타입 나노구조 태양전지 모듈 제작을 통한 나노박막 최적구조 확립과 투과율 조절을 위한 공정기술 개발

- 투과율 : $\geq 10\%$ (@ 400 ~ 800 nm)
- 셀 변환효율 : $\geq 10\%$
- 모듈 변환효율 : $\geq 7\%$ (@ effective aperture area)

□ CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체

○ 투명도가 향상된 CNT 발열체 개발 및 접착력 개선 개발

- 투명도 : $\geq 50\%$
- 면 저항: $\leq 200 \ \Omega/\square$
- 전력 소모 : 50 Wh/m^2
- 표면 처리 공정 조건 개발

□ 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재

○ 고성능 온도 가변형 적외선 차단 재료 개발

- 상전이 온도의 제어 방안 연구
- 상전이 전/후 적외선 투과율 차이 극대화 연구

- 적외선 선택적 투과 기능 개선을 위한 VO₂ 박막 미세 구조 제어 연구
- SMT 현상 이해를 통한 VO₂ 외 재료의 온도 가변형 적외선 차단 가능성 조사

□ 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발

- 성능 평가용 프로토타입 설계, 제작 및 지원 제도, 정책 개발
 - 단열 스페이서 Mock-up 제작 및 성능평가
 - 전체 가시광 투과율(See-through 태양전지 기준 $\geq 10\%$)
 - 차폐계수 : ≤ 0.45
 - 열관류율 : $\leq 1.4W/m^2.K$
 - 모듈 광 변환효율 : $\geq 7\%$
 - 투명 발열체 면 저항: $\leq 200 \Omega/\square$
 - 전력 소모 : $50 Wh/m^2$
 - 고성능, 다기능 창호시스템에 대한 지원 제도 및 정책 개발

(나) 연구내용 및 범위

- ☞ 시제품 생산을 위한 양산 recipe 확립
- ☞ See-Through타입 나노구조 태양전지 모듈 제작 및 나노박막 최적구조 확립
- ☞ 면 발열체의 투명도 확보 기술 및 패턴 구조 향상
- ☞ 고성능 온도 가변형 적외선 차단 재료 개발
- ☞ 프로토타입 제작/성능평가 및 feedback
- ☞ 고성능, 다기능 창호시스템에 대한 지원 제도 및 정책 개발

□ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

- On-line 테스트를 통한 데이터 수집 및 분석
 - gas trim 및 magnet shiming등 uniformity 영향 분석
 - 공정조건(power, voltage, ampere 및 reactive gas 분율) 영향 분석
 - 증착속도, 굴절률, 광학계수 등의 변화량 파악
- 시제품 생산 및 평가를 통한 최종 recipe 확정
 - 최적 공정조건 확립을 통한 시제품 생산
 - 시제품의 Lab 내구성 평가
 - 시제품의 가공 대리점 현장 평가 및 feed-back

- 문제점 파악 및 해결 방안 도출
- 고성능 및 고내구성 로이유리 최종 recipe 도출
- 고 단열 창호 시스템 조립
 - 24mm 복층구조 열에너지 절약형 다기능성 창호시스템 제작
- 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지
 - 실리콘 박막 적층 구조 변경에 의한 태양전지 효율개선
 - 태양전지 전극 및 구조 설계 기술개발
 - 셀 분리/연결 방식 개발을 통한 고 투명 모듈 제조 기술개발
- CNT를 이용한 투명 발열체
 - 면 발열체의 투명도 확보 기술 개발
 - 투명도에 따른 CNT 분산성 향상 개발
 - 투명 발열체의 물리적/전기적 특성 평가 및 분석
 - 유리 표면 처리 기술 개발
 - CNT 발열체의 패턴 구조 향상 개발
 - CNT 발열체 흡착도 특성 평가 및 분석
- 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재
 - 두 종류 이상 dopant 첨가된 VO_2 bulk 및 박막의 물성 및 기능 변화 분석
 - VO_2 미세구조 제어를 통한 VO_2 박막 시편의 물성 변화 분석
 - SMT현상이 일어날 수 있는 VO_2 외 재료 탐색 및 물성 평가
- 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발
- 성능 평가용 프로토타입 제작
 - 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 규격 설계
 - CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열 창호 규격 설계
 - 복층구조 다기능성 창호시스템 프로토타입 제작
 - 프로토타입 조립용 창틀 제작
 - 태양전지 회로 구성 및 모듈 제작
 - 투명 발열체 회로 구성 및 모듈 제작
 - 성능 평가 및 feedback
 - 고성능, 다기능 창호시스템에 대한 지원 제도 및 정책 개발

(다) 성과평가지표

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
고 투과	가시광투과율 : $\geq 60\%$	KSL2514	주거용 가시성 확보
고 단열	열관류율 : $\leq 1.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	ASHRAE	고효율 소재 지표
고 차폐	차폐계수 : ≤ 0.45	ASHRAE	고효율 소재 지표
균일도	ΔE_{ab} (색상차) : ≤ 3.0	ASTM C 1376	생산품의 균일도 지표
내습성	ΔE_{nbs} (색상차) : ≤ 1.5 0.4mm pin-hole : $\leq 3EA$	50℃, 90%RH 1일 보관 기준	장기 보관성 평가 지표
내스크래치성	스크래치 폭 $\leq 10\mu\text{m}$	0.3mm 세척브러쉬 사용 세척기준	취급성 평가 지표
태양전지 셀 개발	광 변환효율 : $\geq 10\%$	광 변환효율측정	태양전지 평가요소
태양전지 모듈개발	광 변환효율 : $\geq 7\%$ (@ effective aperture area)	광 변환효율측정	태양전지 평가요소
투과율 조절기술개발	투과율 : $\geq 10\%$ (@ 400 ~ 800 nm)	투과율 측정	태양전지 상호 가능성 평가요소
투명도	가시광투과율 : $\geq 50\%$	KSL2514	가시성 확보
소비 전력	전력 소모 : $50\text{Wh}/\text{m}^2$	I-V	발열체 지표
전기 특성	면 저항: $\leq 200\ \Omega/\square$	4-point	발열체 지표
내구성 측정	Fracture Stress = 100MPa	Residual Stress	내구성 측정 지표
VO ₂ 구조 분석	Monoclinic \leftrightarrow tetragonal 상 전이 확인 VO ₂ 입도 측정	XRD, 4 probe, SEM	상 변화 확인
VO ₂ 박막 증착	박막 두께 $\leq 150\text{nm}$	SEM, Ellipsometer	박막 두께 측정 지표
VO ₂ 박막 물성 평가	상전이온도 $\leq 27^\circ\text{C}$ tetragonal 상에서의 적외선($\lambda=1.0\mu\text{m}$)투과율 $\leq 12\%$	4 Probe, FTIR	온도별 물성 변화 측정 투과율 측정 지표
지원제도 및 정책 개발	국가 제도에 대한 반영, 신규 지원정책 개발	제도 개선, 정책 개 발	시장 확대 지원

(4) 4차년도 (2011 ~ 2012)

(가) 연구목표

『테스트베드 구축 및 실용화기술 보완』

- 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합
 - 복층유리 구성을 위한 부자재 최적화 연구 및 시제품 평가 완료
 - 내구성 변화 : (복층유리 가속내구성 3류 기준)
방사율 변화 : ≤ 0.02
이슬점 : $\leq -30^{\circ}\text{C}$
 - 실란트와 스페이서의 접착성 : 100%CF
- 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지
 - 적층형 태양전지 모듈 효율개선 및 유리 접합기술 확보
 - 투과율 : $\geq 12\%$ (@ 400 ~ 800 nm)
 - 셀 광변환효율 : $\geq 10\%$
 - 모듈 광변환효율 : $\geq 8\%$ (@ effective aperture area)
- CNT를 이용한 경로 방지용 투명 발열체
 - 저항 변화형 CNT 투명 발열체 개발
 - 투명도 : 70%
 - 면 저항: $\leq 100 \Omega/\square$
 - 전력 소모 : 50 Wh/m^2
- 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재
 - 고성능 온도가변형 적외선 차단 coating 유리의 실용화를 위한 기반 연구
 - 대면적 VO_2 박막 증착 연구
 - 저비용 증착 공정을 이용한 VO_2 박막 물성 평가
 - VO_2 박막의 탈색을 통한 가시광선 투과도 개선 가능성 조사
 - SMT 현상 이해를 통한 VO_2 외 재료의 온도가변형 적외선 차단 가능성 조사
- 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발
 - 다기능성 창호시스템에 대한 상용화 기술 보완 및 개선

(나) 연구내용 및 범위

- ☞ 복층유리 구성을 위한 부자재 최적화 연구 및 시제품 평가
- ☞ 적층형 태양전지 모듈 효율개선 및 유리 접합기술 개발
- ☞ 저항 변화에 따른 투명도 확보 기술 개발 및 안정성 향상
- ☞ 고성능 온도가변형 적외선 차단 coating 유리의 실용화를 위한 기반 연구
- ☞ Test bed를 통한 실용화 기술 보완 및 개선

□ 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

○ 고단열 유리& 창틀 밀봉을 위한 실란트 최적 조건 선정

- 밀봉 단열성 평가
- 실란트의 유의성 평가를 통한 최적 부자재 선정

○ 복층구조내 열저항 가스 주입에 따른 장기기밀성 평가 및 최적화

- 열저항 가스별 단열성 평가
- 열저항 가스의 장기기밀성 평가

○ 시스템 통합 및 테스트베드를 통한 실용화 검증

- 일정 규모 이상의 Test bed 구축 및 실용화 검증 추진(설계, 제작, 시공 등)

□ 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지

- 실리콘 박막 적층 구조 변경에 의한 태양전지 효율개선
- 태양전지 전극 및 구조 설계개선을 통한 태양전지 효율개선
- 셀 분리/연결 방식 개선을 통한 고 투명 모듈 제조 기술개발
- 창호소재 적용을 위한 태양전지 모듈의 프레임 형성 기술개발
- 태양전지 특성 저하 방지를 위한 표면처리 및 모듈 형성 기술개발

□ CNT를 이용한 경로 방지용 투명 발열체

- 저항 조절된 CNT 복합체 개발
- 저항 변화에 따른 투명도 확보 기술 개발
- 저항 변화에 따른 투명 CNT 발열체 개발
- 발열체의 구조변화에 따른 기본 물성 확보
- 안정성 평가를 위한 측정방법 개발
- 안정성 향상을 위한 기술 개발

□ 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재

- VO₂ 박막 증착 면적의 증가에 따른 성능 변화 분석 및 개선
- 대면적 증착법의 적용 및 최적 증착법 결정
- 다양한 탈색제의 첨가에 따른 VO₂ 박막 물성 변화 분석
- SMT현상이 일어날 수 있는 VO₂ 외 재료 탐색 및 물성 평가

□ 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발

- 다기능성 창호시스템에 대한 경제성 및 에너지효과 등 종합 성능평가
- 다기능성 창호시스템에 대한 상용화 기술 보완 및 개선

(다) 성과평가지표

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
복층구조 내구성	방사율 변화 : ≤ 0.02 이슬점 : ≤ -30℃	KSL2003	복층유리 내구성 지표
부자재 선정	실란트-스페이서의 접착성 : 100%CF	KSF4910 KSF2621	복층유리 내구성 지표
태양전지 셀 개발	광 변환효율 : ≥ 10%	광변환 효율측정	태양전지 평가요소
태양전지 모듈개발	광 변환효율 : ≥ 8% (@ effective aperture area)	광변환 효율측정	태양전지 평가요소
투과율 조절기술개발	투과율 : ≥ 12% (@ 400 ~ 800 nm)	투과율 측정	태양전지 창호 가능성 평가요소
투명도	가시광 투과율 : 70%	KSL2514	가시성 확보
전기적 특성 확보	면 저항: ≤ 100 Ω/□	4-point	발열체 지표
소비 전력 확보	전력 소모 : 50 Wh/m ²	I-V	발열체 지표
VO ₂ 박막 증착	monoclinic 상 확인	XRD, 4 probe	박막 두께 측정 지표
VO ₂ 박막 물성 평가	박막 두께 ≤ 150nm, 상전이 온도 ≤ 25℃, tetragonal 상의 IR(λ=1.0μm)투과율 ≤ 10%, 가시광선 투과율 ≥ 70%	SEM, Ellipsometer, 4 Probe, FTIR	온도별 물성 변화 측정 투과율 측정 지표
Test bed 사업추진	Test bed, 종합성능평가	Test bed 결과, 성능평가 결과	시장 확대

(5) 5차년도 (2012 ~ 2013)

(가) 연구목표

『열에너지 조절형 다기능 창호시스템 시제품 제작 및 보급률 활성화방안 제시』

□ 열에너지조절 가능한 지능형 창호시스템 평가

○ 열에너지조절 가능한 지능형 창호시스템 시제품 제작 및 평가

- 복층유리 일체형 시스템 구축을 통한 시험 성능평가
 - 창호시스템 조립용 고 단열, 고 기밀성 창틀 제작
 - 나노멀티코팅 복층유리 밀봉
 - 태양전지 회로 구성 및 모듈 제작
 - 투명 발열체 회로 구성 및 모듈 제작
 - 온, 습도 센서 회로시스템 연결
 - 온도 가변형 차세대 적외선 차단 박막 증착 및 모듈 제작

○ 고성능, 다기능 창호시스템의 지원 제도 및 정책 개발

○ 고성능, 다기능 창호시스템 Test bed를 통한 실용화 검증 및 종합성능평가

(나) 연구내용 및 범위

- ☞ 열에너지조절 가능한 지능형 창호시스템 시제품 제작 및 성능평가
- ☞ 열에너지 조절형 다기능 창호시스템의 Test bed 실용화 검증 및 종합성능평가
- ☞ 열에너지 조절형 다기능 창호시스템의 지원 제도 및 정책 개발

□ 열에너지 조절형 다기능 창호시스템 시제품 제작 및 평가

○ Prototype 고 단열 창호 제작 및 성능평가

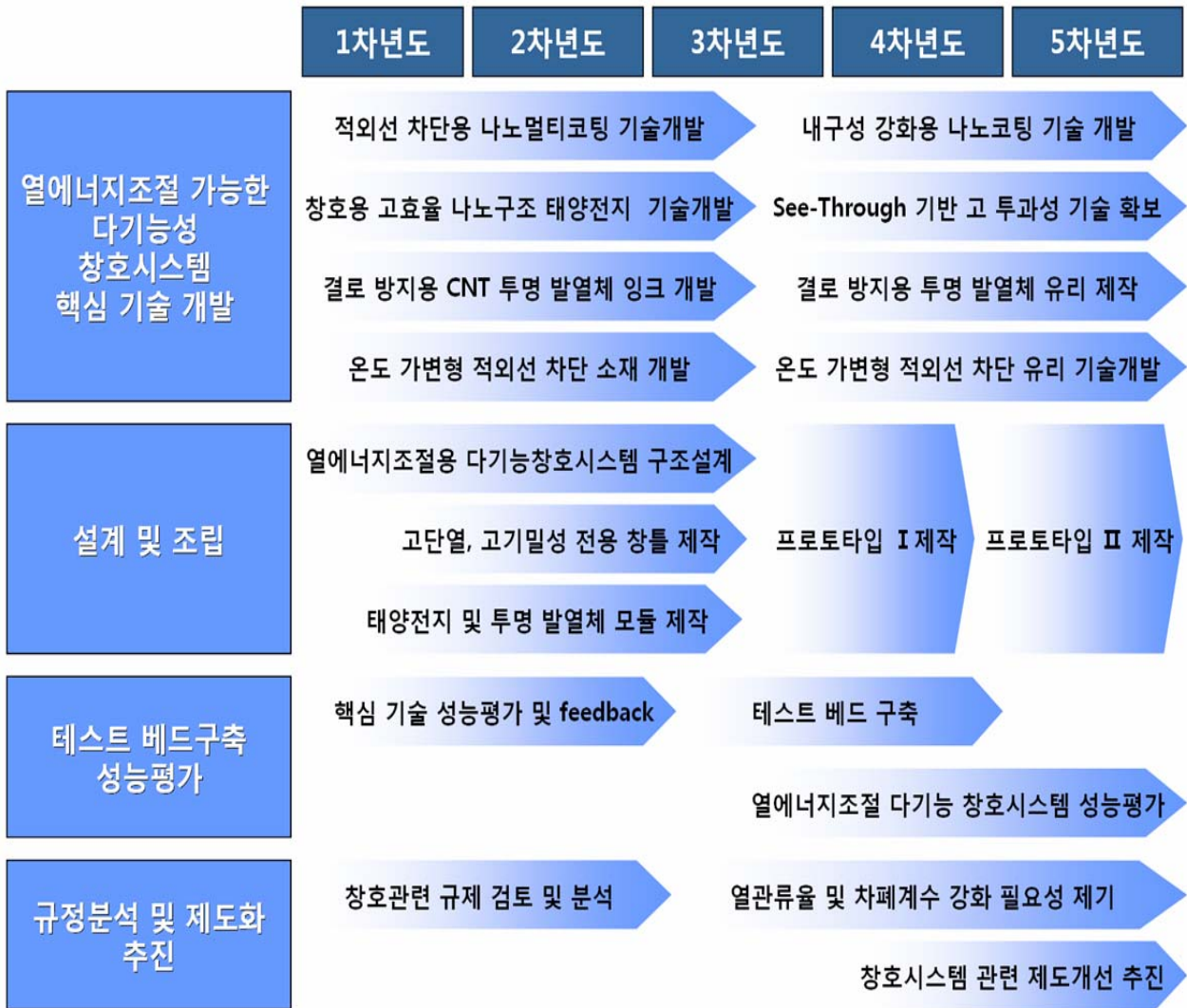
- 나노멀티코팅 유리 (6mm 단판유리 기준)
 - 가시광투과율 : $\geq 70\%$
 - 내습성 : $\Delta E_{nbs}(\text{색상차}) \leq 1.5$ / $0.4\text{mm pin-hole} \leq 3EA$
 - 내스크래치성 : 스크래치 폭 $\leq 10\mu\text{m}$
- 복층유리 시스템 (24mm 복층유리 기준)
 - 가시광투과율 : $\geq 65\%$

- 열관류율 : $\leq 1.4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$
- 차폐계수 : ≤ 0.40
- 유리 기판 태양전지 프로토타입
 - 가시광 투과율 $\geq 12\%$
 - 모듈 광변환 효율 $\geq 8\%$ (@ effective aperture area)
- 결로 방지 CNT 투명 발열체
 - 투명도 : 70%
 - 면 저항: $\leq 50 \ \Omega/\square$ @ $1 \ \text{m}^2$, $\Delta T= 30^\circ\text{C}$
 - 전력 소모 : $40 \ \text{Wh/m}^2$
- 온도 가변형 적외선 차단 소재
 - 대면적 유리에서의 박막 증착 실험 및 시스템 완성
 - SMT 재료의 적외선 차단 현상 규명
 - Dopant가 미치는 재료의 물성 변화 원리 규명
- 고성능, 다기능 창호시스템에 대한 지원 제도 및 정책 개발
 - 에너지절약설계기준, 주택성능등급 표시제도, 고효율에너지기자재 등 관련 제도에서 고기능, 고성능 창호시스템의 성능항목 신설 및 가산점 부여 방안
 - 보급 활성화를 위한 단계별 지원제도 개발
- 열에너지 조절형 다기능 창호시스템의 Test bed 실용화 검증 및 종합성능 평가
 - 일정 규모의 Test bed 구축 및 실용화 검증 추진(설계, 제작, 시공 등)
 - Test bed에 대한 경제성 및 에너지효과 등 종합 성능평가
 - Test bed를 통한 상용화 기술 보완 및 개선

(다) 성과평가지표

연구목표	측정지표	측정 방법	선정 사유
고 투과	가시광 투과율 : $\geq 70\%$ @ 6mm 단판, $\geq 65\%$ @ 24mm 복층	KSL2514	주거용 가시성 확보
고 단열	열관류율 : $\leq 1.4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ @ 24mm 복층	ASHRAE	고효율 소재 지표
고 차폐	≤ 0.40 @ 24mm 복층	ASHRAE	고효율 소재 지표
내습성	ΔE_{nbs} (색상차) ≤ 1.5 , 0.4mm pin-hole $\leq 3\text{EA}$ @ 6mm 단판	50°C, 90%RH 1일 보관 기준	장기 보관성 평가 지표
태양전지 효율	$\geq 8\%$ (@ effective aperture area)	효율측정	태양전지 평가요소
태양전지 투과율	$\geq 12\%$ @ 400 ~ 800 nm	투과율 측정	태양전지 창호 가능성 평가요소
고투과	가시광 투과율 : 70%	KSL2514	주거용 가시성 확보
저 전력 소모	면 저항 : $\leq 50 \Omega/\square$ @ 1 m^2 , $\Delta T = 30^\circ\text{C}$	4-point	전력소모 체크
저 전력 소모	소비 효율 : 40 Wh/m^2	I-V	전력소모 체크
VO ₂ 구조 분석	Monoclinic \leftrightarrow tetragonal 상전이 현상 확인	XRD, 4 probe	상변화 확인
VO ₂ 박막 증착	박막 두께 $\leq 100\text{nm}$ @ 30cm X 30cm	SEM, Ellipsometer	박막 두께 측정 지표
VO ₂ 박막 물성 평가	상 전이 온도 $\leq 25^\circ\text{C}$, 가시광선 투과율 $\geq 70\%$, tetragonal 상에서의 적외선($\lambda=1.0\mu\text{m}$)투과율 $\leq 10\%$ 가시광선 투과율 $\geq 70\%$ @ 30cm X 30cm	4 Probe, FTIR	온도별 물성 변화 측정 투과율 측정 지표
내구성 평가	Fracture Stress = 80MPa @ 30cm X 30cm	Residual Thermal Stress Calculation	내구성 측정 지표

마. 기술로드맵

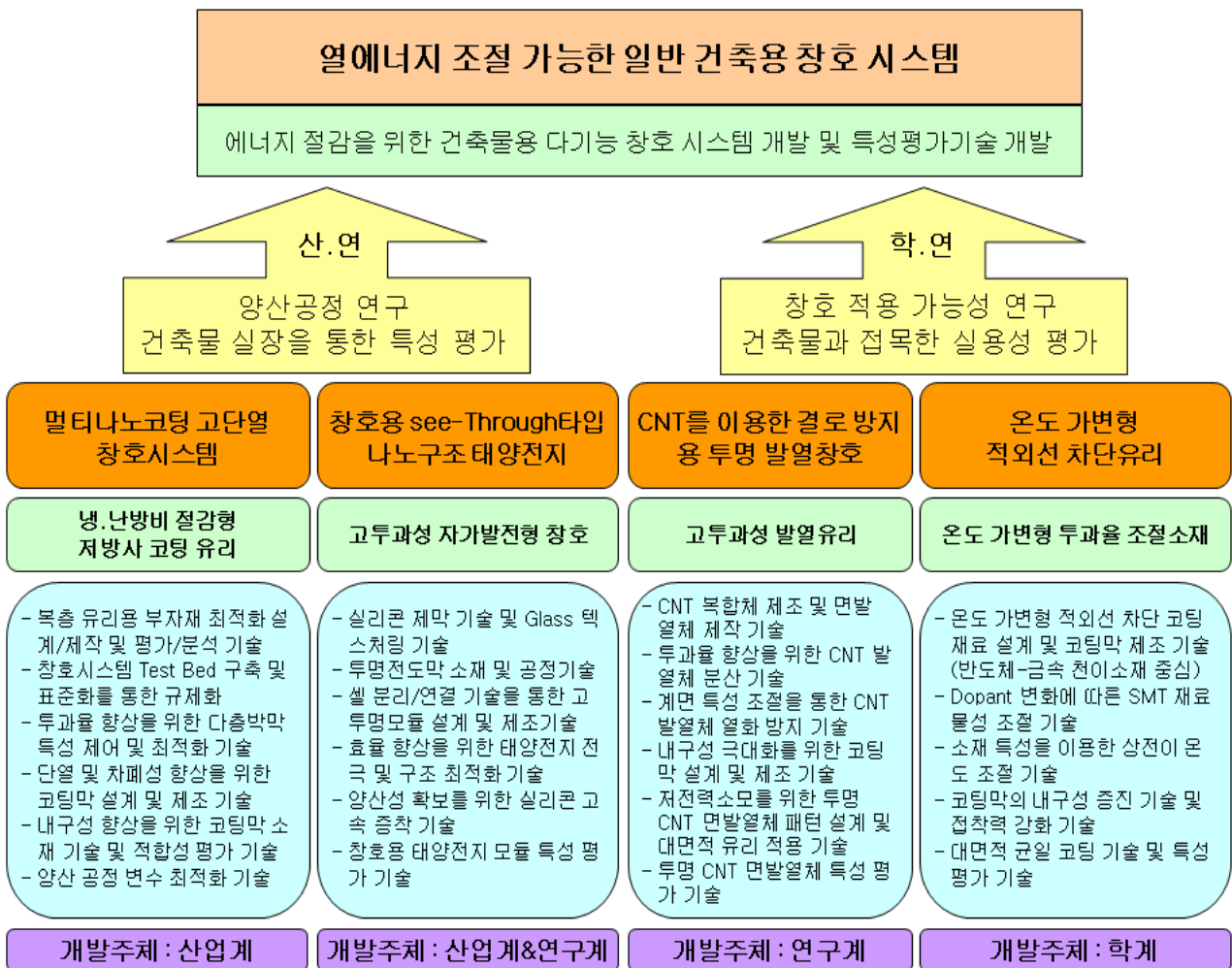


<그림 4.6. 기술 로드맵>

5. 연구개발 추진전략

가. 연구개발 추진체계

- 국내외 요소기술 전문기관 및 원천기술 보유 기관과의 연구네트워크 구축
- 최종 기술개발 성과물의 상용화, 양산화를 위한 국내 산업 기반기술 확보 및 네트워크 구축
- 국내 산업력 미흡 분야에 대한 국외 전문기관 공동연구 및 기술제휴 추진
- 상용화 기술의 보급 활성화를 위한 제도 및 정책 연계 방안 추진



<그림 5.1. 연구개발 추진체계>

- 산학연 역할분담을 통한 열에너지 조절 가능한 다기능 창호 시스템 개발
 - 산업체는 고 효율화 및 양산 공정 기술, 대면적화 기술, 실장연구를 통한 성능 개선 등에 역량을 집중하여 개발
 - 연구계는 여러 분야의 첨단 기술을 접목함으로써 성능이 더욱 향상된 새로운 창호시스템에 대한 연구와 실생활 적용가능성, 특성 평가 등의 분야에 대한 기술 개발
 - 학계는 새로운 아이디어에 대한 feasibility 연구 및 기초 연구를 통한 새로운 가능성 모색 등의 기능을 수행
 - 각 세부 과제별로 산학연의 역할을 설정하여 추진해야하나 개발의 주체는 위의 추진체계에 표시한 것처럼 상품화의 근접성 및 용이성에 따라 산업계가 맡아서 하는 것이 좋을 것으로 판단됨.
- 멀티나노코팅 고 단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합 (개발주체 산업계)
- 냉·난방비 절감을 위한 고효율(고 투과/고 단열/고 차폐/고 내구성) 로이유리
 - 투과율 향상을 위한 다층박막 특성 제어 및 최적화 기술
 - 단열 및 차폐성 향상을 위한 코팅막 설계 및 제조 기술
 - 내구성 향상을 위한 코팅막 소재 기술 및 적합성 평가 기술
 - 양산 공정 변수 최적화 기술
 - 복층유리용(기밀/수밀/단열) 부자재 최적화설계/제작 및 평가/분석기술
 - 창호시스템 Test Bed 구축 및 표준화
 - 고성능, 다기능 창호시스템의 Test bed를 통한 실용화 검증
- 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발 (개발주체 산업계&연구계)
- 창호기능을 유지하면서 태양광에너지를 전기에너지로 변환하여 사용할 수 있는 미래형 창호
 - 실리콘 제막 기술 및 Glass 텍스처링 기술
 - 투명 전도막 소재 및 공정 기술
 - 셀 분리/연결 기술을 통한 고 투명 모듈 설계 및 제조 기술
 - 효율 향상을 위한 태양전지 전극 및 구조 최적화 기술

- 양산성 확보를 위한 실리콘 고속 증착 기술
- 창호용 태양전지 모듈 특성 평가 기술

□ CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발 (개발주체 연구계)

○ 난방부하 절감 및 결로 방지를 위한 저 전력 소모형 투명 발열유리

- CNT 복합체 제조 및 면발열체 제작 기술
- 투과율 향상을 위한 CNT 발열체 분산 기술
- 계면 특성 조절을 통한 CNT 발열체 열화 방지 기술
- 내구성 극대화를 위한 코팅막 설계 및 제조 기술
- 저 전력소모를 위한 투명 CNT 면발열체 패턴 설계 및 대면적 유리 적용 기술
- 투명 CNT 면발열체 특성 평가 기술

□ 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발 (개발주체 학계)

○ 창호기능을 유지하면서 특정온도 이상에서 적외선을 차단하는 유리

- 온도 가변형 적외선 차단 코팅 재료 설계 및 코팅막 제조 기술
(반도체-금속 천이소재 중심으로)
- dopant 변화에 따른 SMT 재료 물성 조절 기술
- 소재 특성을 이용한 상전이 온도 조절 기술
- 코팅막의 내구성 증진 기술 및 접착력 강화 기술
- 대면적 균일 코팅 기술 및 특성 평가 기술

□ 열에너지 조절가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발 (개발주체 산업계&연구계)

○ 고성능, 고기능 창호시스템의 상용화를 위한 최종 성능 평가 및 규격화/법제화를 추진

- 고성능, 다기능 창호시스템의 에너지 및 환경 성능평가 기술
- 개발성과의 효율적 보급 활성화를 위한 표준 매뉴얼 제정
- 고성능, 다기능 창호시스템의 지원 제도 및 정책 개발

나. 해외 연구 네트워크 활용 방안

- ☞ 신소재 부문 : 라이프니쯔 연구소
- ☞ 코팅 및 표면처리 기술분야 : 프라운호퍼 연구소 (코팅 및 표면공학)
- ☞ 고효율 유리 분야 : AIST (Material Research Institute for Sustainable Development)
- ☞ 국내외 요소기술 전문기관 및 원천기술 보유기관과의 연구 네트워크를 구축하여 산업 기반기술을 확보함.

(1) 해외 공동연구 방안

□ 신소재 부문 공동연구 추진방안

○ 기관명 : 라이프니쯔 연구소(Leibniz-Institut fuer Neue Materialien)

○ 국 가 : 독일

- 주 소 : Leibniz-Institut für Neue Materialien gGmbH

Im Stadtwalt, Gebäude D2 2
66124 Saarbrücken, Germany

- 개요 : 1987년 설립. 화학적 나노공학분야의 세계적 선두주자로서, 학제간 기초연구를 실제 제품화하는데 주력. 주 대상고객은 연구자와 산업계 사업자이며, 빠르고 성공적인 기술이전이 신소재 라이프니쯔 연구소의 강점

- 연간 예산 규모 : 약 15백만 유로

- 인력 : 약 180명 (연구원 100명)

○ 최근 주요 연구내용

① CVD / PVD 기술

- 화학적 가스증기침전을 통한 ZrO_2 - 와 $ZrCn$ -박막 (Thin ZrO_2 - and $ZrCn$ -Coatings by Chemical Vapour Deposition)

- 마찰 공학적 플라즈마 CVD 박막

- 가스증기에서 나노구조의 TiO_2 막

- 화학적 가스증기침전을 통한 $MgAl_2O_4$ -박막 (Thin $MgAl_2O_4$ -Films by Metal-

Organic Chemical Vapour Deposition (MO-CVD))

- 플라즈마 CVD 막 (Plasma CVD Films)
- 화학적 가스증기침전을 통한 세라믹 박막
- 가스 센서 사용을 위한 나노와이어 (Nanowires based Gas Sensors)

② 유리와 광학기술

- 자기 스스로 깨끗해지는 표면-광촉매를 통해 항상 깨끗하게 유지
(Self-cleaning Surfaces - Always Clean by Photocatalysis)
- 금속의 녹 및 마모 방지 (Tarnish and Wear Protection for Metal)
- 엠보싱을 통한 마이크로구조 생성 (Production of Optical Micropatterns by Embossing)
- 광중합적 세라믹 나노입자 반사 방지막
(Antireflective Coatings by polymerizable Ceramic Nanoparticles)
- 전기크롬 창 (Electrochromic windows)

③ 생명과학 / Biomimetic

- Superparamagnetic Fluids
- Microbicidas Coatings

④ Nanomere

- 나노성분을 통한 긁힘 방지막
(Antiadhesive coatings with excellent abrasion resistance)
- Mould release coatings for polymer processing
- 청소가 쉬운 투과형 코팅(Transparent easy-to-clean coatings)
- Bulk nanomers for optical applications
- Thermoplastic nanocomposites
- Low friction coatings based on nanocomposites
- 투과형 하드 코팅 (Transparent hard coatings)
- 폴리머(중합체)를 위한 투과형 자외선 강화 코팅
(Transparent UV-curable hard coatings for polymers)

□ 코팅 및 표면처리 기술분야

- 기관명 : 코팅 및 표면공학 프라운호퍼 연구소
(Fraunhofer Institut Schicht- und Oberflächentechnik)
- 국가 : 독일
 - 주소 : Fraunhofer Institut Schicht- und Oberflächentechnik
Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig, Germany
 - 개요 : 1990년 설립. 유럽에서 박막 및 표면공학의 선두역할을 하며, 신제품을 위한 혁신적인 기술개발 및 기술이전을 통해 중소기업을 지원. 표준적이고 경제적이며 품질을 보장할 수 있는 박막 및 표면공학 기술을 산업현장에 투입하는데 주력
 - 연간 예산 규모 : 약 9.5백만 유로
 - 인력 : 약 96명 (연구원 84명)
- 최근 주요 연구내용
 - ① Mechanical and Automotive Engineering
 - Development of Multilayer Coatings against Particle Erosion
 - A New Process for Electroplating on Magnesium
 - Dynamic Characterization of Piezoresistive Sensor Systems for Adaptronic Applications
 - ② Tools
 - cBN Combination Coatings for Cutting Tools
 - Influence of the Doping Elements V, W, Ti on the Properties of CrN Coatings
 - Boron-Based duplex Coatings for Hot Forming
 - Rodentics[®] : Self-Sharpning Tools Modeled on Nature
 - ③ Energy, Glass and Facade
 - Deposition of Silicon and Silicon Nitride Films by Hot Wire-CVD

(HW-CVD)

- Detailed Analysis of Silver-Based Low-E Layer Systems
- Simulation of Plasma Deposition Processes

④ Optics, Information and Communication

- Transparent Scratch Protection for Metal and Plastic Surface
- Investigating the Scratch Resistance of Thin Coating Systems on Glass
- New Measurement Process for Photocatalytic Activity
- Broadband IR Reflector for Solar Receivers Based on Rugate Technology
- Highly-ionized Plasmas with High-Power Pulse Magnetron Sputtering

⑤ Life Science and Ecology

- Use of Microplasma in Microsystem Technology
- Coating and Modifying Leather Using Dielectric Barrier Discharges at Atmospheric Pressure

⑥ Services and Competencies

- Increased Repeatability of Hardness Measurements Using New Calibration Procedure
- Structure of an RFA Array for the Large-Area Plotting of Plasma Curves
- Modular Atmospheric-Pressure Plasma Sources with Controlled Gas Supply

□ 고효율 유리 분야

○ 기관명 : AIST Material Research Institute for Sustainable Development

○ 국가 : 일본

○ 최근 주요 연구내용

- A High-performance catalyst for purification of Exhaust Gases
- Successful Development of a Thin Film for Switchable Mirror. That Can Be Switched Between Reflective and Transparent State
- Development of a Highly Functional Catalyst for Purification of Industrial Exhaust Gases
- Development of a high strength Fe-Cr alloy without a brittle sigma

phase using a novel powder method

- Multifunctional films with low-emittance and photocatalytic properties to energy -efficient-windows
- Development of an environmentally conscious hard Metal FeAl-WC
- New Method for Producing Bulk Metallic Glasses
- Electrically conductive DLC coatings by plasma based ion implantation
- AIST-NSG Joint Research to Develop Glass for Automatic Control of Solar heat (AIST: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, NSG: Nippon Sheet Glass)
- Roof Box Made from Noncombustible Magnesium alloys
- Polytype Control of SiC Heteroepitaxial Film by Pulsed-Laser Deposition

(2) 국제 컨소시엄 활용 방안

- 국내외 요소기술 전문기관 및 원천기술 보유 기관과의 연구네트워크 구축
 - 국제 공동연구 관련 양해각서(MOU) 체결
 - 원천기술의 융.복합 핵심기술 공동개발 추진
- 최종 기술개발 성과물의 상용화, 양산화를 위한 국내외 산업 기반기술 확보 및 네트워크 구축
 - 국내외 산업계간 기술 네트워크 구축
- 국내 산업력 미흡 분야에 대한 국외 전문기관 공동연구 및 기술제휴 추진

다. 과제관리 및 보상방안

- ☞ 연구개발을 성공적으로 달성하기위하여 중간평가 및 최종평가의 시기, 평가방식, 평가자, 위반사항 제재 등 다양하고 효율적인 관리방안을 제시하였음.
- ☞ 연구개발비 내에서 및 전체 사업 총괄관리비에서 보상지원 방안과 성공 가산점제 도입
- ☞ 기술사업화 시 성공사례비 명목으로 일정 인센티브 지급 방안 등을 제시하였음.

(1) 과제관리 방안

- 연구개발과제에서 제시된 개발목표를 성공적으로 달성하고 효과적인 관리를 위하여 중간평가 및 최종평가의 시기, 평가방식, 평가자 등 다양한 관리방안이 제시되어야하며 본 기획보고서에서는 각종 정부지원사업에서 시행되고 있는 운영요령을 파악하고 본 과제 성격에 가장 적합한 과제관리 방안을 제시하고자 함

□ 중간평가 방법

- 주관기관 책임자로부터 진도보고서를 접수받은 경우 계속수행의 타당성을 검증하기 위한 중간평가를 실시하며 중간평가는 현장실태조사 또는 평가위원회 평가로 실시하되 진도보고서 제출 시 주관기관의 장이 선택한 방법으로 적용함을 원칙으로 함. 단, 프로젝트형사업의 경우와 센터에서 과제의 원활한 수행을 위하여 필요하다고 판단한 경우에는 평가위원회에서 실시할 수 있음.
- 진도보고서 제출시한은 협약 체결 시 정하며 특별한 사유가 없는 한 연차별 협약기간 종료 1개월 이전으로 하며 사업의 특성 등을 감안하여 별도 조정이 필요한 경우 협약체결 시 사업별로 달리 적용할 수 있음.

□ 발표회 개최

- 관리기관의 장은 주관연구기관으로 하여금 연구개발과제 수행기간 중에 발생하는 성과 및 연구개발 과제 수행결과에 대하여 대외에 발표하거나 홍보를 하게 할 수 있으며 이 경우 주관연구기관의 장은 발표 및 홍보의 시기, 방법에 등에 대하여 관리기관의 장과 협의하여 결정함. 다만, 관리기관의 장은 대외 발표가 바람직하지 아니하다고 판단되는 연구개발내용에 대해서는 발표대상 및 발표내용을 제한할 수 있음.

- 관리기관의 장은 필요한 경우 연구개발사업에 대한 종합발표회 또는 분야별 발표회를 개최할 수 있으며 이 경우 주관기관의 장은 발표회 개최에 적극 협조해야함.

□ 연구개발 보고서

- 관리기관의 장은 매년 최종연구개발결과보고서의 목록 및 요약집을 발간하여 관련 연구기관, 산업계, 하계 등에 배포할 수 있으며 연구개발결과보고서 등 연구개발정보의 보급, 활용촉진을 위해 연구개발정보관리 전담기관을 지정하여 연구개발경과 배포 및 연구개발 데이터베이스 구축, 운영을 하게 할 수 있음.

□ 위반사항의 제재

- 연구 개발자, 연구기관, 참여기업 또는 실시기업에 대하여 다음 각호의 기준을 반영한 협약에 따라 특정연구개발사업에의 참여를 제한할 수 있으며 다만, 정당한 사유가 있는 자에 대해서는 그러하지 아니함.

- 연구개발의 결과가 극히 불량한 경우 : 3년
- 정당한 절차 없이 연구내용을 누설하거나, 유출한 경우 : 2년
- 정당한 사유 없이 연구개발과제의 수행을 포기한 경우 : 3년

- 협약의 해약

- 연구개발과제수행계획서에 허위사실을 기재하였거나 과제 수행 등과 관련하여 재산상의 이익을 취득 또는 제공한 경우
- 다년도 협약을 체결한 경우 당해 연구개발과제의 평가결과가 “불량” 이하인 경우
- 협약 체결 후 3개월 이내에 연구개발에 착수하지 않은 경우
- 정부 등 출연금을 연구개발 목적 외의 용도로 사용한 경우

(2) 보상방안

□ 정부 연구사업 관리제도의 개선

○ 연구개발비 내에서의 지원

- 기술개발에 참여하는 연구원들의 사기 진작을 위해 전체 연구개발 비 중 내부 인건비의 10% 정도를 참여 연구원 인센티브로 지급함. 다만, 동기 부여와 평가에 의한 형평성을 고려하여 절반 정도인 5%는 과제 기간 중 담당 연구원의 참여율 비율로 계산하여 차등 지급하고 나머지 5%는 매년 외부 과제 평가를 통하여 우수 판정을 받은 과제에 한하여 참여 연구원에게 인센티브로 지급함.

○ 전체 사업 총괄관리비에서 지원

- 매년 연구과제에 대한 평가를 통하여 우선순위를 배정하고 상위 10% 이내에 해당하는 우수과제에 대해서는 일정 금액의 인센티브를 제공하여 기술개발 참여 연구원들의 개발 의지를 함양함. 또는, 금전적인 보상이 아니더라도 해외 우수 연구기관이나 관련 시설을 견학할 수 있는 기회를 제공함으로써 연구과제에 대한 참여의지를 높임.

○ 성공 가산점제 도입

- 연구개발과제 성공 시 담당 참여 연구원에게 일정 가산점을 부여하고 향후 가산점을 받은 연구원이 타 연구과제 제안 시 가산점에 의한 우선권을 부여하는 포인트제도 도입

□ 참여기업을 통한 보상

○ 성공 사례비

- 연구개발 아이템이 기술개발에 성공하여 사업화가 추진된다면 성공 사례비 명목으로 일정 부분의 인센티브를 지급함. 매출 발생 시 정액 또는 정률 등을 어떻게 결정할 것인지, 기술이전의 형태를 취할 것인지, 단순한 성공 보상의 형태를 취할 것인지 관리지침에서 일정한 가이드를 주고 연구개발 사업 초기에 계약에 의해 성공 보수에 관한 부분을 명확히 명시하여야 함.

라. 연구성과의 활용을 위한 제도적 개선방안

- ☞ 국내 소비 에너지의 98%를 수입에 의존하고 있는 현실을 고려할 때 창호 단열성능 관련 규정 기준 강화가 시급함.
- ☞ 고효율 에너지기자재 인증 성능기준도 선진국에 비해 매우 낮은 수준이기에 보완이 요구됨.
- ☞ 태양전지 보급률 확대를 위한 지속적인 정부의 지원 시책 필요함.

□ 국내창호 에너지성능 관련 규정 기준 강화 시급함

< 표 5.1. 건축법의 창호 에너지성능 관련 규정 >

관련법	창호관련 내용	대상 건축물	비고
건축물의 열손실 방지 [건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조]	지역별 창 및 문의 요구 열관류율 명시	모든 건축물	의무 적용 사항
에너지절약계획서 제출 [규칙 제22조]	- 외피 평균열관류율에 따른 차등 점수 배정 - 1층 출입문 방풍구조 - 기밀성창호 설치	계획서 제출 대상 건축물	선택적 적용사항

< 표 5.2. 지역별 건축물 부위의 열관류율표(제21조 관련)>

(단위:W/m².K, 괄호안은 Kcal/m²h °C)

건축물의 부위		지역			
		중부지역	남부지역	제주도	
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	주택	3.0 이하	3.3 이하	4.2 이하
		주택 외	3.2 이하	3.7 이하	4.4 이하
	외기에 간접 면하는 경우	주택	4.3 이하	4.7 이하	6.0 이하
		주택 외	4.6 이하	5.3 이하	6.3 이하

< 표 5.3. 국내.외 창호 단열성능 비교 >

구분	창호의 요구 열관류율 (단위:W/m ² .K)		
	중부	남부	제주
한국 현행 건축법 (2001. 6. 1일 시행)	3.84	4.19	5.23
일본 차세대 에너지절약기준	2.33	3.48	4.65
독일	1.5 ~ 2.0		
영국	2.2 ~ 2.0		
프랑스	2.24		
미국	2.2~2.9		
아일랜드	2.2		
노르웨이	1.6		
러시아	1.8		
네델란드	1.2		

○ 국내의 창호 관련 단열성능에 대한 기준은 3.84W/m².K로 유럽은 물론 미국, 일본 등 해외 여러 국가들에 비해서 매우 높은 열관류율을 기준으로 하고 있으며 국내 에너지 소비의 98%를 수입에 의존하고 있는 국내 현실을 고려할 때 창호의 단열성능에 대한 기준 강화는 매우 시급한 상황임.

○ 에너지 효율적인 건축자재 및 시스템을 보급하기 위해서는 새로운 시스템을 보급 장려하기 위한 직·간접적인 제도적 유인 및 지원이 필수적이며 우선적으로 에너지 효율적인 창호에 대한 올바른 정보를 소비자에게 제공하여야 함. 에너지 절약적인 창호의 채택이 국가적으로 뿐만 아니라 개인적 차원에서 경제성을 확보할 수 있다는 것을 제시하고 국내 산업의 수준을 고려한 창호의 성능 목표치를 설정하여야 하며, 제반 기준 및 제도가 이 목표치를 유도·장려할 수 있도록 상호 유기적으로 연관되어 추진되어야 함.

□ 고효율 에너지기자재 인증제도에 의한 고선은 창호 기술동향

○ 산업자원부 고시 “고효율 에너지기자재 보급촉진에 관한 규정”에 근거하여 1998년 7월 “고 기밀성 단열창호” 인증제도 시행

- 고 기밀성 단열창호의 인증 성능기준은 KS F 2278 규정에 의한 열관류율이 3.42 W/m²·K 이하(열관류저항은 0.292 m²·K/W 또는 0.34 m²·h·°C/kcal 이상), KS F 2292 규정에 의한 기밀성 등급의 통기량이 3 m³/h·m² 이하로 규정
 - 현행 고 기밀성 단열창호의 인증 성능기준은 선진국 성능에 비해 매우 낮은 수준이고, 2008년 시행예정인 2단계 에너지절약설계기준 창호 성능에 비해서도 낮기에 수정 보완이 필요함.

□ 태양전지 보급률 확대를 위한 정부 지원 시책 필요

- 신재생에너지 관련하여 현재 정부에서는 어떤 규제보다는 환경, 자원고갈 등과 같은 당면문제를 대체하는 방안을 간구 중이기 때문에 공공기관 신축 시 의무적으로 태양광 설치, 정부 보조금 지급 등과 같은 방법을 통해 육성책을 마련하고 있는 중임.
- 왜냐하면 일본의 new sunshine, 독일의 solar roof 프로젝트 등과 같이 이미 선진국에서는 정부의 지원을 통해 태양광 사업의 주도적인 역할을 하고 있으며 생산과 세계시장을 80%이상 차지하고 있음. 우리나라에서는 조금 늦은 감이 있지만 현재 지원과 프로젝트를 통해 선진국 대열에 들어가려는 노력을 하고 있음.

① 태양광 주택 보급사업

- 태양광 발전에 대한 기업의 안정적 투자환경을 조성하고, 향후 중장기 수출전략 분야로 육성하기 위해 2012년까지 태양광 주택 10만호 보급
 - 설치비의 70%이내에서 무상보조 지원)
 - 04' 년 310호(63억), 05' 년 907호(160억), 06' 년 3,600호(490억)

② 융자지원사업

- 신재생에너지 설비설치 및 생산시설, 운전자금 지원
 - 사업자당 150억, 지원비율 90%(대기업80%)
 - 연리 3.75%(변동금리), 5년 거치 10년 분할
 - 운전자금: 5억 원 이내, 1년 거치 2년 분할
 - 보조금지원대상 제외
 - '05년까지 총 융자 4,989억 중 태양광 14.7%(341억)

③ 공공기관 의무화 제도 개요

- 공공기관이 신축하는 연면적 3,000m² 이상의 건축물에 대해 건축 공사비의

5% 이상을 신재생에너지 설비 설치 의무화

- 적용범위

- 대상기관의 범위: 국가기관, 지방자치단체, 정부투자기관 등 공공기관
- 대상건축물의 규모: 연면적 3,000m² 이상의 신축건축물
- 대상건축물의 용도: 공공용 시설(군사시설 제외), 문화 및 집회시설, 의료 시설, 교육기관(학교제외) 및 복지시설, 운동시설, 묘지시설, 관광휴게시설, 판매 및 영업시설, 숙박시설, 위락시설, 업무시설.

④ 소득세 또는 법인세 공제

- 신재생에너지시설 설치 투자 시 당해 투자금액의 100분의 10에 상당하는 금액을 과세연도의 소득세 또는 법인세에서 공제

⑤관세 경감

- 5개 분야(태양열, 태양광, 풍력, 수소, 연료전지, 바이오) 40개 품목에 대해 관세 경감(65/100)



<그림 5.2. 국내 신재생에너지 보급 정책 유형>

6. 추정 연구개발예산

가. 총괄 연구개발 예산

[단위 : 천원]

총연구개발비명세				
연 도	세부연구과제	정부출연금	기업부담금	합계
1차년도 (2008 ~ 2009)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	500,000	166,667	666,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	325,000	108,333	433,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	375,000	125,000	500,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	100,000	33,333	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	200,000	66,667	266,667
	소계	1,500,000	500,000	2,000,000
2차년도 (2009 ~ 2010)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	450,000	150,000	600,000
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	300,000	100,000	400,000
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	300,000	100,000	400,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	100,000	33,333	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	200,000	66,667	266,667
	소계	1,350,000	450,000	1,800,000
3차년도 (2010 ~ 2011)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	560,000	186,667	746,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	355,000	118,333	473,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	330,000	110,000	440,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	100,000	33,333	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	230,000	76,667	306,667
	소계	1,575,000	525,000	2,100,000
4차년도 (2011 ~ 2012)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	500,000	166,667	666,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	325,000	108,333	433,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	300,000	100,000	400,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	100,000	33,333	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	200,000	66,667	266,667
	소계	1,425,000	475,000	1,900,000
5차년도 (2012 ~ 2013)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	560,000	186,667	746,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	355,000	118,333	473,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	330,000	110,000	440,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	100,000	33,333	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	230,000	76,667	306,667
	소계	1,575,000	525,000	2,100,000
총계		7,425,000	2,475,000	9,900,000

- 주) 1. 대기업 1개 업체+중소기업 6개 업체 참여 기준.
 2. 정부출연금 75%, 기업부담금 25% 기준에서 현금, 현물 포함하여 계산함.

나. 비목별 연구개발 예산

[단위 : 천원]

비목별 연구개발비명세					
연 도	세부연구과제	인건비	직접비	간접비	합계
1차년도 (2008 ~ 2009)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	64,000	597,667	5,000	666,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	64,000	357,333	12,000	433,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	60,000	425,000	15,000	500,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	20,000	107,833	5,500	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	45,000	212,167	9,500	266,667
	소계	253,000	1,700,000	47,000	2,000,000
2차년도 (2009 ~ 2010)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	64,000	531,000	5,000	600,000
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	64,000	324,000	12,000	400,000
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	60,000	325,000	15,000	400,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	20,000	107,833	5,500	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	45,000	212,167	9,500	266,667
	소계	253,000	1,500,000	47,000	1,800,000
3차년도 (2010 ~ 2011)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	64,000	677,667	5,000	746,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	64,000	397,333	12,000	473,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	60,000	365,000	15,000	440,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	20,000	107,833	5,500	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	45,000	252,167	9,500	306,667
	소계	253,000	1,800,000	47,000	2,100,000
4차년도 (2011 ~ 2012)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	64,000	597,667	5,000	666,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	64,000	357,333	12,000	433,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	60,000	325,000	15,000	400,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	20,000	107,833	5,500	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	45,000	212,167	9,500	266,667
	소계	253,000	1,600,000	47,000	1,900,000
5차년도 (2012 ~ 2013)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	64,000	677,667	5,000	746,667
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	64,000	397,333	12,000	473,333
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	60,000	365,000	15,000	440,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	20,000	107,833	5,500	133,333
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	45,000	252,167	9,500	306,667
	소계	253,000	1,800,000	47,000	2,100,000
총계		1,265,000	8,400,000	235,000	9,900,000

다. 비목별 연구개발 예산의 편성 기준

(1) 인건비

[단위 : 명, 천원]

세부연구과제별 인건비 산정 근거					
연 도	세부연구과제	인력수	인력구성	평균 인건비	총 예산
1차년도 (2008~2009)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	20,000	60,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	2명	책임급:1, 선임급:0, 원급:1	10,000	20,000
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	15,000	45,000
	소계	16명	책임급:5, 선임급:6, 원급:5	15,400	253,000
2차년도 (2009~2010)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	20,000	60,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	2명	책임급:1, 선임급:0, 원급:1	10,000	20,000
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	15,000	45,000
	소계	16명	책임급:5, 선임급:6, 원급:5	15,400	253,000
3차년도 (2010~2011)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	20,000	60,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	2명	책임급:1, 선임급:0, 원급:1	10,000	20,000
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	15,000	45,000
	소계	16명	책임급:5, 선임급:6, 원급:5	15,400	253,000
4차년도 (2011~2012)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	20,000	60,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	2명	책임급:1, 선임급:0, 원급:1	10,000	20,000
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	15,000	45,000
	소계	16명	책임급:5, 선임급:6, 원급:5	15,400	253,000
5차년도 (2012~2013)	멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 통합	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발	4명	책임급:1, 선임급:2, 원급:1	16,000	64,000
	CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	20,000	60,000
	온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발	2명	책임급:1, 선임급:0, 원급:1	10,000	20,000
	열에너지 조절가능한 창호시스템 성능평가 및 표준 개발	3명	책임급:1, 선임급:1, 원급:1	15,000	45,000
	소계	16명	책임급:5, 선임급:6, 원급:5	15,400	253,000
총계		80명 (책임급:25, 선임급:30, 원급:25)			1,265,000

(2) 직접비

[단위 : 명, 천원]

직접비 세부 비목								
연 도	연구기자재 및 시설비	재료비 및 전산처리비	시작품 제작비	여비	수용비 및 수수료	기술정보 활동비	연구활동비	총계
1차년도 (2008~2009)	360,000	1,110,000	0	48,000	45,000	47,000	90,000	1,700,000
2차년도 (2009~2010)	190,000	1,080,000	0	48,000	45,000	47,000	90,000	1,500,000
3차년도 (2010~2011)	230,000	1,205,000	135,000	48,000	45,000	47,000	90,000	1,800,000
4차년도 (2011~2012)	175,000	1,185,000	10,000	48,000	45,000	47,000	90,000	1,600,000
5차년도 (2012~2013)	115,000	1,170,000	285,000	48,000	45,000	47,000	90,000	1,800,000
총계	1,070,000	5,750,000	430,000	240,000	225,000	235,000	450,000	8,400,000

(3) 간접비

[단위 : 명, 천원]

간접비 세부 비목						
연 도	간접경비	연구개발 준비금	지적재산권 출원등록비	과학문화활동비	연구실 안전관리비	총계
1차년도 (2008~2009)	27,000	0	20,000	0	0	47,000
2차년도 (2009~2010)	27,000	0	20,000	0	0	47,000
3차년도 (2010~2011)	27,000	0	20,000	0	0	47,000
4차년도 (2011~2012)	27,000	0	20,000	0	0	47,000
5차년도 (2012~2013)	27,000	0	20,000	0	0	47,000
총계	135,000	0	100,000	0	0	235,000

라. 산정 근거 (1차년도)

[단위: 천원]

연도	구분	근거	금액	비율(%)	
1차년도 (2008 ~ 2009)	인건비	책임급 5 Man/Year, 선임급 6 Man/Year, 원급 5 Man/Year	253,000	12.7	
	직접비	기자재	Multi chamber sputter system Weatherometer/내습내광/냉열반복 시험기 Burn-wet scrubber/Gas cabinet (SiH4용) Arc 방전 CNT 성장장치 Target 제조용 Furnace, Target 건조 설비 인공기상-일사 에너지/풍압 제어시스템 장기 내구성 시험장치, 외부 장비 시험료 기자재 임차(FE-SEM, EDX, AFM 등)	360,000	18.0
		시작품			0
		재료비	Si-alloy planer target Zn-alloy planer target Ag-alloy planer target wafer glass 반도체용 고순도 가스 반도체 grade solvent CNT 구매 (Single & Multi wall) 화공약품(첨가제, 시약 등) Metal source V2O4 target Vanadium metal target Quartz-Crystal Substrate 상용화 적용성 증대를 위한 mock-up 재료 요소기술별 성능 및 경제성 예측 시뮬레이션	1,110,000	55.5
			여비 (국내/국외)	48,000	2.4
			수용비/수수료	45,000	2.3
			기술정보 활동비(정보 DB 사용료, 도서 등 정보자료 구입)	47,000	2.4
			연구 활동비	90,000	4.5
간접비	간접비/특허 출원비	47,000	2.4		
계		2,000,000	100		

- 산정 근거 (2차년도)

[단위: 천원]

연도	구분	근거	금액	비율(%)	
2차년도 (2009 ~ 2010)	인건비	책임급 5 Man/Year, 선임급 6 Man/Year, 원급 5 Man/Year	253,000	14.1	
	직접비	기자재	AC power supply Secondary Neutral Mass Spectrometer Ion beam cleaner Burn-wet scrubber/Gas cabinet(Dopant source용) Ion beam cleaner Optical 단차 측정기(1차분) Sheet Resistance Measurement System Stylus Profilometer, 방사율 측정기 기자재 임차(FE-SEM, EDX, AFM 등)	190,000	10.6
		시작품			0
		재료비	ZnSn planer target Zn-alloy planer target Ag-alloy planer target Gas,ITO target, glass metal source 및 화공약품 초자류 Tungsten metal target WO3 target r-cut Sapphire Substrate 에너지/환경부하 저감효과 실증실험 재료 융복합 기술별 성능 및 경제성 예측 시뮬레이션	1,080,000	60.0
			여비 (국내/국외)	48,000	2.7
			수용비/수수료	45,000	2.5
			기술정보 활동비(정보 DB 사용료, 도서 등 정보자료 구입)	47,000	2.6
			연구 활동비	90,000	5.0
간접비	간접비/특허 출원비	47,000	2.6		
계		1,800,000	100		

- 산정 근거 (3차년도)

[단위: 천원]

연도	구분	근거		금액	비율(%)	
3차년도 (2010 ~ 2011)	인건비	책임급 5 Man/Year, 선임급 6 Man/Year, 원급 5 Man/Year		253,000	12.0	
	직접비	기자재	FE-SEM Mini tempering furnace Solar simulator I-V measurement system Optical 단차 측정기(2차분) UV/VIS Spectrophotometer FT-IR Spectrometer 인공-결로 발생 및 제어장치 기자재 임차(FE-SEM, EDX, AFM 등)	230,000	11.0	
		시작품	ZnSn rotatable target, Zn-alloy rotatable target, Si-alloy rotatable target	100,000	4.8	
			Solar cell pannel 제작	10,000	0.5	
			대형 유리기판, DC power supply	10,000	0.5	
			W doped Vanadium metal target, VO2 deposited Glass Substrate	5,000	0.2	
			Standard manual 개발 및 제작	10,000	0.5	
		재료비	TiOx planer target 및 TiOx target ITO planer target NiCr-alloy planer target 및 Ni-alloy target 화공약품 및 Metal 전극 재료 ITO target 및 기판 Amorphous Si Substrate 융복합 기술별 성능 예측 시뮬레이션 및 최적화 에너지/환경부하 저감효과 실증실험 재료	1,205,000	57.4	
		여비 (국내/국외)		48,000	2.3	
		수용비/수수료		45,000	2.1	
		기술정보 활동비(정보 DB 사용료, 도서 등 정보자료 구입)		47,000	2.2	
		연구 활동비		90,000	4.3	
		간접비	간접비/특허 출원비		47,000	2.2
		계			2,100,000	100

- 산정 근거 (4차년도)

[단위: 천원]

연도	구분	근거		금액	비율(%)	
4차년도 (2011 ~ 2012)	인건비	책임급 5 Man/Year, 선임급 6 Man/Year, 원급 5 Man/Year		253,000	13.3	
	직접비	기자재	Nanoindentation System Gas distribution Silant / butyl auto sealing Laser scriber 잉크전사 시스템(1차분) Sputtering System 현장 성능평가용 원격 계측시스템 기자재 임차(FE-SEM, EDX, AFM 등)		175,000	9.2
		시작품	standard manual 개발 및 제작비		10,000	0.5
		재료비	Spacer 및 Silica gel Auto bending, Silicone, Butyl Gas, 기판 세척용 화공약품, Metal target Fab. 공정비 Mixing powder 및 건조기 첨가제 및 분산제 V2O3 target 및 powder, Aluminum metal Target Cr metal Target 융복합 기술별 성능/경제성/적용성 예측 시뮬레이션 에너지/환경부하 저감효과 실증실험 재료		1,185,000	62.4
		여비 (국내/국외)		48,000	2.5	
		수용비/수수료		45,000	2.4	
		기술정보 활동비(정보 DB 사용료, 도서 등 정보자료 구입)		47,000	2.5	
		연구 활동비		90,000	4.7	
		간접비	간접비/특허 출원비		47,000	2.5
	계			1,900,000	100	

- 산정 근거 (5차년도)

[단위: 천원]

연도	구분	근거		금액	비율(%)	
5차년도 (2012 ~ 2013)	인건비	책임급 5 Man/Year, 선임급 6 Man/Year, 원급 5 Man/Year		253,000	12.0	
	직접비	기자재	잉크전사 시스템(2차분) 현장 에너지성능 원격 계측시스템 기자재 임차(FE-SEM, EDX, AFM 등)		115,000	5.5
		시작품	성능평가 Test bed 구축, C-Mag 이용 line test, 대면적 창호시스템 제작		250,000	11.9
			Solar cell 과 스마트 창호 시스템 제작		10,000	0.5
			발열유리 제작		10,000	0.5
			Test bed 구축, 대면적 VO2 증착 유리 제작		5,000	0.2
			성능평가 Test bed 구축, 대공간 창호시스템 제작		10,000	0.5
			재료비	Spacer / Silica gel / Auto bending Silicone 및 Butyl ITO target 및 세척용 화공약품 Fab. 공정비 Mixing powder 화공약품(첨가제, 유연제 등) W-Ti-V target/powder Al-Cr doped V metal Target TiO2 Substrate 에너지/환경부하 저감효과 실증실험 재료		1,170,000
		여비 (국내/국외)		48,000	2.3	
		수용비/수수료		45,000	2.1	
		기술정보 활동비(정보 DB 사용료, 도서 등 정보자료 구입)		47,000	2.2	
		연구 활동비		90,000	4.3	
		간접비	간접비/특허 출원비		47,000	2.2
		계			2,100,000	100

7. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

가. 연구결과 활용방안

- ☞ 신축 및 리모델링 건축물의 고효율 창호시스템으로 활용
- ☞ 상업용 및 주거용, 주상복합 건물의 냉난방 부하를 줄이기 위해 적용
- ☞ 난방, 성에 제거 및 결로 방지가 필요한 곳에 활용
- ☞ 에너지 공급원이라는 새로운 개념의 창호로 활용
- ☞ 자동차, 항공기 등의 유리창이 있는 곳에 적용
- ☞ 자동차의 사이드 미러, 성에 제거가 가능한 앞 유리 및 뒷 유리에 사용

- 조망성을 요구하는 주거용 건축물(공동주택)을 대상으로 고성능 로이유리를 적용한 경우의 냉난방 부하 해석을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용해 실시한 결과 창호의 열성능 강화에 따른 난방용 에너지 소비량은 열관류율 값을 3.2 kcal/m²hr °C에서 2.5와 2.0 kcal/m²hr °C로 강화할 경우 각각 13%와 20% 정도 감소하는 것으로 분석됨으로서 건물의 신축 및 리모델링 건축물의 고효율 창호시스템으로 활용
 - 연간 1조 7천억 원 이상의 창호 관련 시장에 활용
 - 50만 명 수용 규모의 행정복합도시, 혁신도시, 기업도시 등 공공건설부문에 우선적 활용
 - 상업용 및 주거용 건축물에 폭 넓게 적용
- 커튼월 구조의 전창 내지 부분 창호시스템으로 활용
 - 상업용 건물 및 주상복합 건물의 냉난방 부하를 줄이기 위해 적용
- 기타 유리재료가 활용되는 산업분야에 활용
 - 자동차, 항공기 등의 유리창이 있는 곳에 적용
- 에너지 공급원이라는 새로운 개념의 창호로 활용
 - 건물의 벽체에 고효율 태양전지를 붙여 에너지 공급원으로 사용
 - 미래형 자동차의 에너지 공급원으로 사용
 - 우주선의 주 동력원 및 항공기의 보조 에너지 발전기로 사용
- 난방, 성에 제거 및 결로 방지가 필요한 곳에 활용
 - 바닥재 장판, 족자, 액자 라지에터, 침대 매트 커버, 책상(탁상)용 스크린, 사우나 찜질복, 파티션, 버티컬, 블라인드, 벽난로 등에 사용.

- 식기 건조기, 음식물 쓰레기 건조기, 정수기 등에 사용
 - 자동차의 사이드 미러, 성에 제거가 가능한 앞 유리 및 뒷 유리에 사용
 - 의료용 침구 및 밴드 등 최첨단 웰빙 상품에 사용
- 에너지 및 환경부하 저감을 위한 우리나라의 실천적 대응방안으로 활용
- 지구 온난화 예방에 기여함.
 - 정부의 에너지 절약 정책에 반영
- 나노 코팅 기술은 내열, 내환경, 내마모성 등이 요구되는 분야뿐만이 아니라 신기능의 창조, 재료보호, 저비용 등을 위한 기반기술로 활용
- 지속적 기술 개발을 통해 에너지 절약, 환경부하 저감 등의 분야에 활용
- 다른 이종소재를 물리적 또는 화학적 방법으로 나노 수준에서 합체화, 혼성화 하여 기존의 단순 복합재나 filler의 개념을 뛰어넘은 나노 복합소재에 활용
- 기능성 신물질을 통해 전도체, 광기능체 등의 기능 발현 연구에 활용

나. 기대효과

<p>☞ 기술적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 멀티나노코팅 고 단열 유리의 후 가공에 따라 자동차용 확대 적용 - 그린빌딩, 제로에너지하우스 등 고효율 건축물의 요소기술 적용 - 투명 전극의 특성 개선을 통한 디스플레이 투명 전극으로 적용
<p>☞ 경제적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 신축 및 리모델링 건물에 적용 시 30% 에너지 절감효과 창출 - 복층유리를 멀티나노코팅 창호로 대체 시 약 700억원/년, 전체가구의 30% 대체 시 6,000억원/년 의 난방비용 절감 - 2020년 누적 설치된 박막 태양전지량 2.1 GW 에너지를 발전하여 연간 3,000억 이상의 에너지 절감 효과 - 화석연료 사용 절감에 따른 CO2 배출권 확보 가능
<p>☞ 산업정책적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 스타 마크 등 해외 에너지강화 기준 선도 - 신규 산업 네트워크 구축에 따른 고용인력 창출 - 국가 에너지 및 지구 환경부하 저감을 위한 실천적 대응방안 마련 - 신재생에너지 관련 산업의 실질적 활성화 촉진 - 건물 외피부문의 ESCO 사업에 대한 실질적 활성화 유도

- 신재생에너지의 구체적 활용방안 도출, 보급 활성화 기반 구축
- 첨단 원천기술의 융·복합 및 상용화로 지속가능한 기술개발의 기반 구축
- 창호 부문의 세계시장 진출과 첨단 기술력 선점

(1) 기술적 성과

□ 멀티나노코팅 적용 고효율 창호시스템 개발

○ 제조기술 능력 향상 요소

- 고효율 창호시스템의 핵심기술인 다층박막 설계 및 제조기술, 복층 부자재의 최적화 설계기술 확립
- 내구성 코팅막 설계 및 제조기술 확립
- 코팅기술의 해외 의존도 감소

○ 성능 개선 요소

- 단열성능 약 20% 개선 효과
기존 로이유리 적용 복층유리의 열관류율 $1.7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 대비 본 연구개발을 통한 멀티나노코팅 적용 복층유리의 열관류율 $1.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 로써 단열성능 개선
- 고투과 및 차폐성능
차폐 기능이 냉방, 난방, 자연채광의 관점에서 서로 상충함에도 이의 최적화를 통해 자연채광을 유지하면서 차폐성능을 극대화함
- 내구성 증대
기존 로이유리의 낮은 내구성으로 가공, 장기보관 및 유통에 제약적이었으나 내습성 및 내스크래치성의 혁신적 개선으로 인해 고성능 멀티나노코팅 유리의 유통 및 보급 활성화 촉진
- 결로 저항성

○ 기술파급효과 요소

- 멀티나노코팅유리의 후가공 가능에 따라 자동차용으로 확대 적용 가능
- 차세대 스마트 윈도우 개발의 원천기술 확보
- 그린빌딩, 제로에너지하우스 등 고효율 건축물의 요소기술로써 적용

□ 고효율·투과 태양전지

○ 제조기술 능력 향상 요소

- 고효율 태양전지의 핵심 기술인 박막 증착기술 및 구조 설계 기술 확립
- 고효율을 유지하면서 투과도를 향상시키기 위한 셀 분리/연결 기술 확립
- 고효율·투과 태양전지를 생산하기 위한 투명 전도막 증착기술 확립

○ 성능 개선 요소

- 기존의 See-Through 태양전지 효율 4~5%에서 8%이상으로 100% 이상 향상
- 기존의 See-Through 태양전지 투과도 10 %에서 12 %이상으로 20% 향상

○ 기술파급효과 요소

- 차세대 스마트 윈도우 개발의 원천기술 확보
- 그린빌딩, 제로에너지하우스 등 고효율 건축물의 요소기술로써 적용
- 투명 전극의 특성 개선을 통한 디스플레이 투명 전극으로 적용
- 박막 특성 개선을 통한 반도체 소자 제작공정에 적용

(2) 경제적 성과

○ 신축 및 리모델링 건물에 적용 시 기존 건물에 비해 30% 에너지 절감효과

- 주거용 신/개축 건물 적용 시 에너지 절감량 : 13.5 백만TOE/년
- 2007년 건축물 총에너지수요 45 백만 TOE 전망
- 에너지 고효율 창호기술의 융·복합에 따른 최대 에너지 절감율 30% 적용 시
: 45 백만 TOE/년 x 30% = 13.5 백만 TOE/년 절감 예상
: 13.5 백만 TOE/년 x 300,000원/TOE = 4조원/년 에너지 수입 대체효과 발생

○ 고효율 멀티나노코팅유리 적용 시 시장점유율 향상

- 2005년 국내 로이유리 중 수입 로이유리 시장점유 비율 약 30% 차지
- 2010년 이후 연간 15%의 수입대체 시, 2020년 약 400억원의 수입대체 효과



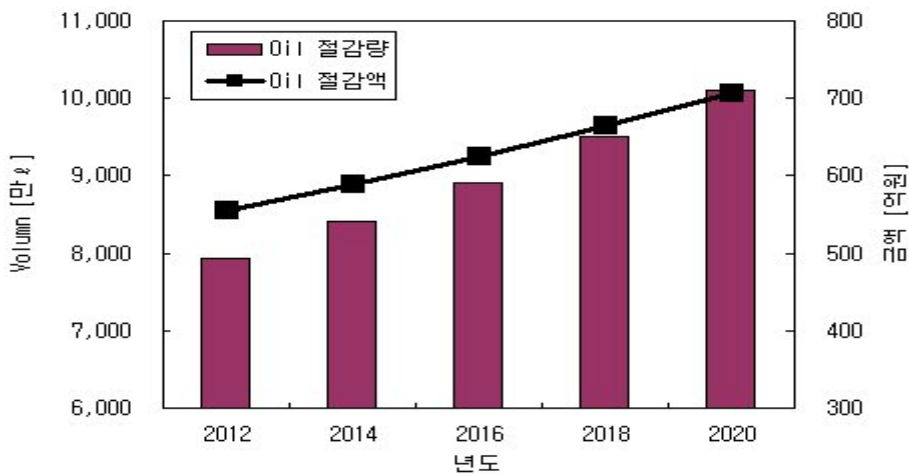
<그림 7.1. 고효율 멀티나노코팅유리 적용 시 시장 향상 예측>

○ 에너지 절감 극대화

- 연간 에너지 소비 약 50% 절감 효과:

이는 국내 기후조건과 유사한 독일경우, 창호의 열관류율 $0.1W/m^2.K$ 감소 시, 난방기간(10월~3월) 동안 약 창호 m^2 당 1.2ℓ Oil 절감효과가 있는 것으로 보고됨.

- 따라서, 국내 복층유리 시장이 2020년 약 3,800만 m^2 으로 추정. 이에 100% 고효율 멀티나노코팅유리가 적용된다면, 연간 약 700억원의 난방비용 절감 효과 기대되며 국내 전체 가구의 30%가 멀티나노코팅 창호로 대체된다면 연간 약 6,000억원의 난방비를 절감할 수 있음.



<그림 7.2. 고효율 멀티나노코팅유리 적용에 따른 에너지 절감효과>

○ 창호 시스템 공사기간 단축효과

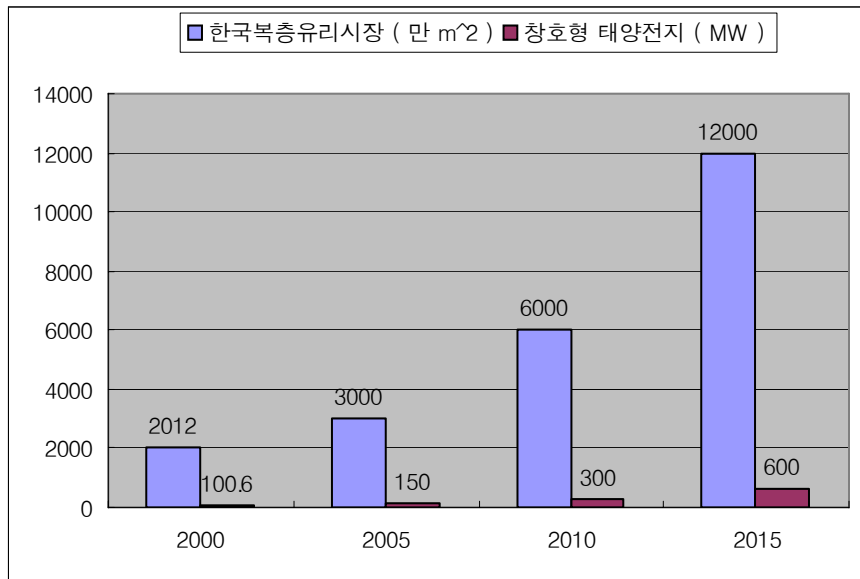
- 복층유리 단창과 비교 시, 같은 부재수를 가지게 되는 기존 창호시스템과 동일한 공사기간 가짐. 즉, 창호의 성능향상을 위한 추가적인 공사기간이 필요하지 않는 효과를 가짐.
- 복층유리 2중창공법과 비교 시, 기존공법은 유리성능의 보완을 위한 추가적인 부재 필요함에 따라, 부재수의 상승과 설치인력의 증가 및 공사기간 증대가 각 구성요소별로 나타남. 이는 본 연구개발의 성능적 특징인 단열효과의 증대에 따라 기존공법의 보완에 필요한 공사기간이 부가된 점으로, 공사기간의 단축에 큰 효과 있음.

○ 박막태양전지 적용 시 광범위한 응용분야를 갖는 시장 친화적 기술

- 실리콘 웨이퍼에 비해 저렴한 기판 소재 사용으로 저가화 가능
- LCD 공정과 유사하여 대면적 공정 개발로 생산성 향상
- 결정형 실리콘 대비 제조 공정 단순으로 단기간에 양산화용이
- 관련 장비의 국산화로 기술의 해외의존도를 크게 낮춰 경쟁력 강화 가능
- 가시광선 투과성으로 인해 건물일체형으로 적용 가능하여 보급화 가능
- 소비자의 요구에 따라 디자인 변형이 비교적 자유로움
- 높은 온도특성으로 인해 저위도 국가일수록 높은 수요 잠재력 가짐

○ 태양전지 시장 점유율 향상

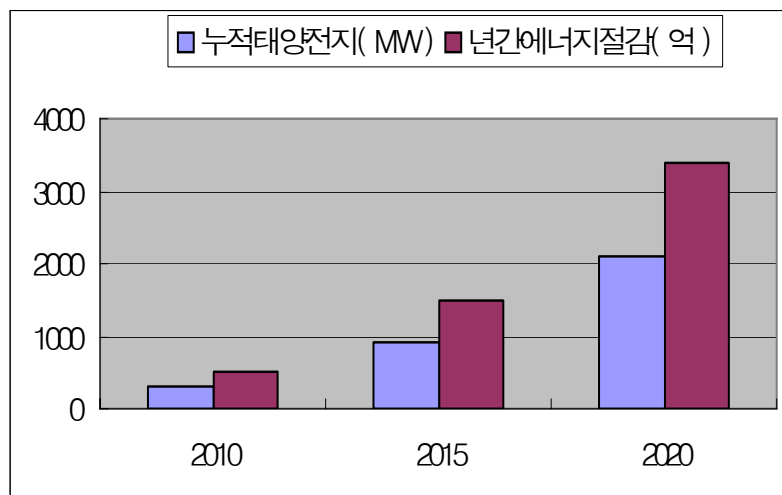
- 효율 개선을 통한 태양전지 시장 확대 및 창호형으로서 새로운 시장 창출
- 국내 복층유리 시장이 매년 15~20%씩 성장한다고 예측 할 때 그중 10%만 태양전지를 이용하여 창호형으로 적용할 때 2015년에는 600 MW 태양전지 시장 확보. 이는 2012년 1.2 GW 누적 태양전지 시장을 볼 때 엄청난 규모라 할 수 있음.
- 고효율 태양전지 개발을 통한 일사량이 많은, 특히 중동지역에 대규모 태양전지 활로 가능함.



<그림 7.3. 향후 복층유리 시장에 대한 태양전지 시장 예측>

○ 태양전지를 이용한 신재생에너지의 활용을 포함하면 에너지절감 효과 증가

- 국내 복층유리 시장이 2010년 약 6,000만m²으로 추정. 이에 10 %의 태양전지를 설치 할 경우. 300 MW/년 에너지를 공급함으로써 태양전지 설치 후 2020년 누적 설치된 태양전지량이 2.1 GW 에너지를 발전하여 3,000억 이상의 에너지 절감 효과(태양전지 사용 시간 : 3시간/일, 전기세 : 150원/kwh)



<그림 7.4. 태양전지 사용 시 에너지 절감 효과>

(3) 기술의 가치

□ 상업화 소요비용

<표 7.1. 상업화 소요 비용>

(단위 : 천원)

구 분		사업화 품목		
		고효율 멀티나노코팅유리	박막형 태양전지	복층 및 창호시스템
소 요 비 용	추가적 R&D 비용	500,000	400,000	500,000
	공장 구축 비용	11,000,000	8,500,000	6,500,000
	공정개발 비용	500,000	300,000	200,000
	소계	12,000,000	9,200,000	7,200,000
	합 계	28,400,000		

□ 산출근거

○ 추가적 R&D 비용

<표 7.2. 추가적 R&D 비용>

(단위 : 천원)

구 분		사업화 품목		
		고효율 멀티나노코팅유리	박막형 태양전지	복층 및 창호시스템
소 요 비 용	시험 비용	200,000	200,000	200,000
	평가 비용	100,000	100,000	100,000
	추가 비용	200,000	100,000	200,000
	소계	500,000	400,000	500,000
	합 계	1,400,000		

- 시험비용

- 고효율 멀티나노코팅유리 다층박막코팅 제작
- 박막형 태양전지 cell/module 제작
- 복층 및 창호시스템 제작

- 평가 비용

- 고효율 멀티나노코팅유리 대면적 성능 측정
- 박막형 태양전지 대면적 성능 측정
- 복층 및 창호 결합 성능 측정

○ 공장 구축 비용

<표 7.3. 공장 구축 비용>

(단위 : 천원)

구분		사업화 품목		
		고효율 멀티나노코팅유리	박막형 태양전지	복층 및 창호시스템
		Soft coating line	Cell/module line	복층 제조 line
소요 비용	공장 건축 비용	1,000,000	1,000,000	1,000,000
	설비 비용	9,500,000	7,000,000	5,000,000
	기타 비용	500,000	500,000	500,000
	소계	11,000,000	8,500,000	6,500,000
	합계	26,000,000		

- 공장 건축 비용
- 설비 비용
 - 고효율 멀티나노코팅유리 생산 라인 (Glass size : Max.2.54M*3.65M)
 - 박막형 태양전지 cell/module 제작 생산 라인 (25MW급)
 - 복층 및 창호시스템 제작 라인
- 기타 비용
 - 부대비, 간접비 등

○ 공정 개발비용

<표 7.4. 공정 개발비용>

(단위 : 천원)

구분		사업화 품목		
		고효율 멀티나노코팅유리	박막형 태양전지	복층 및 창호시스템
소계		500,000	300,000	200,000
합계		1,000,000		

□ 상업화 소요기간

<표 7.5. 상업화 소요기간>

(단위 : 년)

구 분	상업화 소요기간		
	추가적 R&D 기간	공장 구축 기간	공정개발 기간
열조절 지능형 창호시스템	1	1	1
계	3		

□ 영업 이익율

<표 7.6. 영업 이익율>

(단위 : %)

구 분	영업 이익율
1차년도	13
2차년도	15
3차년도	16
4차년도	17
5차년도	18

- 산출근거

2007년 7월 KCC 판유리부문 영업 이익률 기준

□ 예상 시장규모 (상업화 이후)

<표 7.7. 예상 시장규모>

(단위 : 억원)

구 분	전체규모	점유율(%)	예상 매출액
1차년도	4,780	19	890
2차년도	5,680	32	1,840
3차년도	6,480	43	2,760
4차년도	7,250	50	3,640
5차년도	7,960	56	4,470

- 계산기준

구 분	복층유리시장	고효율 멀티나노코팅유리시장		태양전지시장		개발품시장
	면적[만m2]	면적[만m2]	금액[억원]	면적[만m2]	금액[억원]	금액[억원]
1차년도	3,376	68	210	68	680	890
2차년도	3,487	174	510	139	1,330	1,840
3차년도	3,600	288	810	216	1,950	2,760
4차년도	3,713	408	1,110	297	2,530	3,640
5차년도	3,827	536	1,400	383	3,070	4,470

□ 기술가치 평가시스템 평가결과

<표 7.8. 기술가치 평가시스템 평가결과>

구 분	잔존가치 발생기간 고려	잔존가치 발생기간 미 고려
잠재적 사업이익의 현재가치 추정금액	923,802백만 원	337,384백만 원
기술 기여 이익	241,848백만 원 ~ 278,771백만 원	88,395백만 원 ~ 101,890백만 원
기술가치 산정액	109,414백만 원 ~ 127,876백만 원	32,687백만 원 ~ 39,435백만 원

The screenshot shows the Techvalue website interface. At the top, there's a navigation bar with '기술가치평가', 'R&D 의사결정', '평가지원정보', '평가의뢰', and '기술평가포럼'. The main header features the 'Technology System' logo and the text '이용자가 직접 신속하고 효율적으로 기술의 가치를 자가평가하는 시스템'. Below this, there's a breadcrumb trail: '기술가치평가 > 일반응 > 기술가치산정'. A sub-menu includes '이용자정보', '기술개요', '수익발생기간', '추정시장규모예측', '원가구조추정', '산업특성', and '기술가치산정'. The '기술가치산정' section contains a table with the following data:

구분	잔존가치 발생기간 고려	잔존가치 발생기간 미 고려
잠재적 사업이익의 현재가치 추정금액	923,082 백만원	337,384 백만원
기술 기여 이익	241,848 백만원 ~ 278,771 백만원	88,395 백만원 ~ 101,890 백만원
기술가치산정액	109,414 백만원 ~ 127,876 백만원	32,687 백만원 ~ 39,435 백만원

Below the table are buttons for '이전', '완료', '저장', and '취소'. At the bottom, there's a footer with 'techvalue' logo, 'KISTI Korea Institute of Science and Technology Information', and contact information: '서울특별시 동대문구 경향리동 286-9', '서울특별시 청량우체국 사서함 285호 Tel, 02-3299-6045 Fax, FAX 3299-6057', and 'Copyright since 2001 한국과학기술정보연구원 기술정보분석팀'.

<그림 7.5. 기술가치 평가 결과>

□ 타 산업으로 파급되는 경제적 간접성과 추정 로직

- 최종 도출된 유망프로그램은 기존시장침투형 기술과 원가절감형 기술유형으로 구분하여 간접성과를 추정함. 간접성과는 스타밸류시스템(STAR-Value System)에 의해 계산된 경제적 직접성과에 한국은행의 산업연관표(I/O table)를 이용한 간접성과승수를 곱하여 타 산업으로 파급되는 경제적 효과로 도출됨.
- 간접성과 승수는 산업연관표상 생산유발계수를 이용함. 생산유발계수는 최종수요가 1단위 증가했을 때 이를 충족시키기 위하여 각 산업부문에서 직·간접으로 유발되는 산출되는 계수를 의미함. 즉, 프로젝트의 경제적 성과가 산업별로 발현되면 생산유발계수에서 직접적으로 유발되는 부분을 제외한 타 분야의 계수 부분이 간접적으로 유발되는 성과가 되는 것임.
- 산업연관표상 열(row)합계는 특정 산업부문의 생산물에 대한 최종수요 1단위 발생에 따라 전 산업 부문에서 유발되는 직·간접 생산유발효과를 나타내며 생산유발계수의 대각요소는 각 산업부문에서 최종수요 1단위를 충족시키기 위하여 직·간접으로 필요한 자부문의 생산효과를 나타냄.
- 그러므로 타 산업부문에 파급되는 간접효과만을 추정하기 위해서는 각 산업 자신의 직접유발계수인 대각원소 값을 제거하여(R_1-r_{11} , R_2-r_{22} , R_3-r_{33}) 순수한 타 산업으로 파급되는 승수(multiplier)값 도출함(표 7.1. 표 7.5. 표 7.6. 표 7.7. 참조)

<표 7.9. 생산유발계수표>

	1산업	2산업	3산업	행합계
1산업	r_{11}	r_{12}	r_{13}	S_1
2산업	r_{21}	r_{22}	r_{23}	S_2
3산업	r_{31}	r_{32}	r_{33}	S_3
열합계	R_1	R_2	R_3	

- 건설업은 타산업의 건설수요에 따라 생산 활동이 이루어지는 파생산업으로, 생산 결과는 실물로 나타나지만 건설행위 자체는 일종의 서비스 제공행위이고 여러 부문에서 개발된 신소재, 신공법, 신기술이 실용화되는 종합산업으로, 각 분야마다 여러 전문공사로 분화되어 각종 자재와 전문 인력이 사용되기 때문에 관련 산업이

많고 생산유발효과도 큰 산업이기에 간접성과 부분이 타 산업보다 큰 특징을 가짐.

- 산업연관표에서 사용하는 산업분류는 통계청의 표준산업분류와는 다르며 28개 대분류, 77 중분류, 168 소분류, 404 기본 분류의 형태(2000년 기준, 산업연관분석해설)로 나누어 산업을 분류하고 있음. 본 보고서에서는 “건설연구개발 성과분석 연구”에서 실시한 설문조사 결과에 따라 도출된 건설과 관련된 표준산업분류에 의거하여 기재한 프로젝트의 산업분류를 산업연관표상 산업분류와 비교하여 건설에 해당하는 분류에 대한 간접성과 승수를 도출하여 간접성과를 추정함.

<표 7.10. 산업연관표 분류 중 건설관련 부문>

통합 대분류(28부문)	통합 중분류 (77부문)	통합 소분류 (168부문)	기본부문 (404부문)
02. 광산품	08. 비금속광물	018. 기타 비금속 광물	045. 기타 비금속 광물
05. 목재 및 종이제품	24. 목재 및 나무제품	052. 나무제품	121. 건축용 목제품
07. 석유 및 석탄제품	28. 석유제품	060. 기타 석유제품	147. 기타 석유정제품
08. 화학제품	35. 기타 화학제품	071. 염료, 안료 및 도료	165. 도료
09. 비금속 광물제품	40. 시멘트 및 콘크리트 제품	080. 콘크리트 제품	186. 레미콘
	41. 기타 비금속 광물 제품	081. 기타 비금속 광물 제품	187. 콘크리트 제품
11. 금속제품	45. 금속제품	090. 건설용 금속제품	192. 아스팔트 제품
12. 일반기계	46. 일반목적용 기계 및 장비	096. 산업용 운반기계	216. 구조물용 금속제품
	47. 특수목적용 기계 및 장비	098. 기타 일반목적용 기계	229. 산업용 운반기계
13. 전기 및 전자기기	48. 전기기계 및 장치	100. 농업 및 건설기계	235. 기타 일반목적용 기계
	50. 영상, 음향 및 통신기기	103. 기타 전기장치	239. 건설 및 광물 처리기계
14. 정밀기기	53. 정밀기기	108. 통신 및 방송기기	253. 기타 전기장치
			112. 의료 및 측정기기
18. 건설	61. 건축 및 건축보수	131. 건축보수	276. 자동조정 및 제어기기
	62. 토목건설		132. 교통시설건설
24. 부동산 및 사업서비스	68. 부동산	150. 부동산	316. 건축보수
	69. 사업서비스	151. 사업관련 전문서비스	317. 도로시설
			360. 부동산 관련서비스
			362. 건축공학 관련서비스
			363. 기타 공학 관련서비스
			364. 소프트웨어 개발공급
152. 기계장비 및 용품임대	365. 컴퓨터관련 서비스		
154. 기타 사업서비스	366. 기계장비 및 용품임대		
		371. 기타 사업서비스	

(출처: 한국은행 경제통계국, 2007)

- 표준산업분류의 1,121개 세세분류 및 442개 세분류와 산업연관표의 404개 기본부문을 대응작업은 산업연관표의 404개 기본부문 분류 중 세부적으로 표현이 어려운 경우에는 상위 통합 소분류(168부문) 또는 통합 중분류(77부문)로 대체함.
- 분석결과에 따른 프로젝트 산업분류별 간접성과승수는 “건설연구개발 성과분석 연구”의 연구결과를 반영함(연세대학교 외 2006).

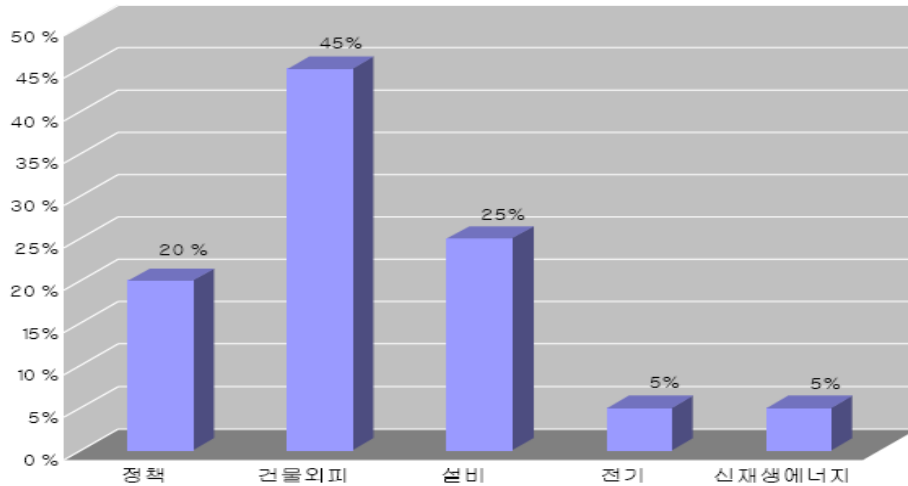
<표 7.11. 건설 관련 산업분류별 간접성 성과 승수>

산업분류	내용	간접성과 승수	산업분류	내용	간접성과 승수
045	기타 비금속 광물	1.298055	317	도로시설	1.271571
121	건축용 목제품	2.005377	360	부동산관련서비스	0.071392
147	기타 석유정제품	1.196706	362	건축공학관련서비스	0.776986
165	도료	1.994773	363	기타 공학관련서비스	0.545615
186	레이콘	1.524988	364	소프트웨어 개발 공급	0.598809
187	콘크리트제품	1.665813	365	컴퓨터 관련 서비스	1.341566
192	아스팔트제품	1.805944	366	기계장비 및 용품임대	0.611747
216	구조물용 금속제품	2.090459	371	기타 사업서비스	0.572049
229	산업용 운반기계	1.660469	081/168	기타 비금속광물제품	1.485357
235	기타 일반목적용 기계	1.873249	129/168	주택건축	1.509380
239	건설 및 광물처리기계	1.918513	130/168	비주택건축	1.441831
253	기타 전기장치	1.784758	132/168	교통시설건설	1.390867
267	무선통신 및 방송장비	1.852516	133/168	기타 토목건설	1.398495
276	자동조정 및 제어기기	1.735915	154/168	기타 사업서비스	0.587635
277	측정 및 분석기기	1.704364	61/77	건축 및 건축보수	1.445665
316	건축보수	1.392438	62/77	토목건설	1.385422

- “열에너지 조절 가능한 건축물용 지능형 유리/창호시스템”은 기타 비금속 광물(1.298), 건축보수(1.392), 기타 비금속광물제품(1.485), 기타사업서비스(0.572), 그리고 주택건축(1.509)에 해당함으로 간접효과 승수는 $6.256 (= 1.298 + 1.392 + 1.485 + 0.572 + 1.509)$ 임(표 7.9 참조).
- 따라서 간접효과를 포함한 경제적 성과는 직접효과의 잔존가치를 포함한 최저 금액인 109,819백만 원에 간접효과 금액인 687,028백만 원을 합한 796,847백만 원이고 투자효과(ROI)는 29.08로 나타남.

(4) 산업정책적 성과

- 선진기술 답습에서 창조시스템 관련 세계기술 및 시장을 선도하는데 기여.
- 국가 에너지 및 지구환경 부하 저감을 위한 실천적 대응방안
- 신재생에너지 관련 산업의 실질적 활성화 촉진을 유도하는 성과가 발생
- 건물 외피부문의 ESCO 사업에 대한 실질적 활성화 유도
- 국내 관련 산업력 제고 및 지속가능한 개발의 기반 구축
- 신규 산업 네트워크 구축에 따른 고용인력 창출
- 보급 가능한 경제성을 지닌 고부가가치 기술의 상용화 실현
- 에너지 스타 제도는 미국 환경성(EPA)에서 주관하는 것으로 에너지 관련 업체 및 산업의 자발적 참여를 통하여 에너지 절약을 도모하고자하는 제도임. 에너지 스타 마크는 에너지 절약 제품의 새로운 기준으로 작용하고 있으며 에너지 스타의 평가기준은 에너지 절약성 뿐만이 아니라 온실가스 저감을 위한 기능에 의미를 부여함.
- 창호에 대한 국내 관련 기준 및 제도 중 현재까지 추진되고 있는 창호 표준화 사업은 치수 체계의 표준화에만 치중한 바 있으며, 에너지와 관련한 성능부분은 열관류율 시험방법 개정 이외에는 특별히 추진된 바가 없음.
- 이번 “열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호 시스템 개발” 과제를 통해 창호의 열성능 관련 규격의 정비뿐만 아니라 고효율 에너지 기자재의 사용 촉진, 건축물에서의 합리적 에너지 절감 유도 등을 제공할 수 있음.
- 원유가격의 상승과 온실가스 의무 감축국가로서의 협약체결 등에 의해 정부의 에너지 절약 정책이 강화되기 때문에 창호의 열성능 개선은 건축물에서 가장 쉽게 접근할 수 있는 에너지 효율화 수단이고, 가장 큰 절감 효과를 얻을 수 있는 방안임.



<그림 7.6. 신기술 적용 효과>

- 건물 에너지 절약을 위한 신기술 적용 효과는 대략 <건물외피> <설비> <정책> <전기> <신재생에너지> 순으로 추정되고 있으며 이중 45%를 차지하는 건물외피 시스템 중 건물외피 단열기술은 24%로 초단열(진공)판넬, 고단열재, 불투명 에어로젤 단열재 등이 해당되며, 21%를 차지하는 고효율 창호 기술에는 로이유리, 3중 유리, 가변차폐유리, 투명 투광단열재, 진공유리 등이 해당됨.
- 미국 LBL(Lawrence Berkeley Laboratory)의 WINDOW 및 FRAME 등과 같은 창호 성능 해석 툴(프로그램)의 개발이 국내에서도 이루어질 수 있는 계기를 제공할 뿐만 아니라 소비자가 창호를 합리적으로 선택할 수 있는 정보 제공 시스템의 개발도 촉진할 수 있을 것임.
- 국내 고 단열 코팅유리의 실제적 보급률이 극히 미미하였으나, 고유가 시대의 도래, 기후변화협약에 의한 국가 에너지 절약 정책 강화를 위한 중장기적 창호 성능 향상 목표치 설정 및 정부의 지원, 보급 활성화를 위한 제도적 지원 등이 확립될 것임.

8. 참고문헌

- 1) 이승언, 창호 관련 국내외 기술 및 제도 현황, 한국그린빌딩협의회논문지, Vol.8, No1, pp.10~19, 2001.3
- 2) 한국지인, 월간 Window, 2005.3~4
- 3) 이영근 외, 건축부재 창호의 열관류율에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 5권 1호, pp. 127~134, 1989
- 4) 박효순 외, 공동주택의 발코니개조가 건물에너지효율등급에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 2006
- 5) 김정일 외, 창문의 열성능 개선에 관한 연구, 대한건축학회학술발표논문집, 제21권 2호, 2001.10
- 6) 건설교통부, 기후변화협약대응 건축물의 에너지절약 중장기대책연구, 1999
- 7) 김곤, 웰빙시대의 건강한 빛, 대한건축학회, 2005.5
- 8) 박선호 외, 초에너지절약형 건물 3L House의 주요 적용 기술, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 통권9호, 2005.11
- 9) Pilkington 보고서, Glass Industry Growth Drivers for 21st Century, 2001
- 10) Flat Glass to 2005, Freedonia Market Report, 2001.6
- 11) Russell J.Hill, Steven J.Nadel, "Coated Glass Application and Markets", VACT, p70(1999)
- 12) 조규수, 열교차단 스페이서가 설치된 고성능 복층유리, 대림기술정보, 2003-12
- 13) 이미진외 3명, Mock-up 실험을 통한 통기성 커튼월의 단열 및 결로방지 성능평가, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2006-06
- 14) K.Gibbons, High Rate Sputter Deposition of TiO₂ Using Closed-Loop Feedback Control, ATCP, ociety of Vacuum Coaters, 1998.04. p19~23
- 15) L.Lyne Smith, Taking A Broad Look, Study Assesses Future Industry Growth, Changes,Glass Magazine, 1999.01
- 16) T.Johnson, Low-E Glazing Design Guide, Butterworth-Heinemann, 1991
- 17) 한국건설기술연구원, 건물에너지 원단위 및 환경부하 설정연구(1,2,3), 1997~2000
- 18) 한국건설기술연구원, 건물외피의 열성능 향상을 위한 평가시스템 개발 및 제도연구에 관한 최종보고서, 통상산업부, 1997. 2.
- 19) 건설교통부, 관람집회시설 등 건축물의 에너지절약 설계기준 연구, 1995.
- 20) 건설교통부, 건설교통기술 연구개발 기본계획, 1995.
- 21) 건설교통부, 건설기술백서, 1999.
- 22) 건설교통부, 기후변화협약대응 건축물의 에너지절약 중장기대책연구, 1999.
- 23) 한국건설기술연구원, 건축물 에너지절약설계기준집, 1999.
- 24) 국립기술품질원, 창호설계 표준화에 관한 연구, 대한주택공사 주택연구소, 1998.

- 25) 에너지관리공단, 일본의 에너지이용합리화를 위한 중장기계획 수립 지침, 1999.
- 26) 에너지관리공단, 에너지 절약형 건축설계점검프로그램 개발, 1994.
- 27) 대한주택공사, 주택통계편람, 1997.
- 28) 에너지경제연구원, 기후변화협약 대응 실천 계획 수립을 위한 연구 최종보고서, 1998.
- 29) 김성실, 윤용진, 조수, 박효순, 이훈, 창외 틈새바람이 건물의 난방부하에 미치는 영향, 대한건축학회 논문집, 16권3호, 2000. 3.
- 30) 오피스 빌딩의 성에너지, 일본 공기조화 위생공학회, 1995
- 31) 공기조화 위생공학 편람, 일본 공기조화 위생공학회, 1995
- 32) 산업자원부·에너지경제연구원, “2010 에너지비전 에너지정책방향과 발전전략”, 2002.12
- 33) 산업자원부·에너지관리공단, “대체에너지보급 관련 자료집”, 2002.6
- 34) 건설교통부, “건축물의 에너지절약 중장기 대책 연구”, 1999.12
- 35) 건설교통부, “공공건축물의 표준화 시공지침 개발 연구” 1999.9
- 36) 건물의 에너지단위 기준(안) 연구에 관한 연구, 산업자원부, 1999
- 37) 건물에너지절약을 위한 제도 개선 연구, 산업자원부, 2000
- 38) 에너지 절약형건물의 성능인증기준 제도 및 보급촉진방안 연구, 산업자원부, 2001
- 39) 住宅·建築 省エネルギー機構, 省エネルギー ‘98, 1998
- 40) 建設省, 建設白書 - 次世代に向けて-, 1998
- 41) 住宅·建築 省エネルギー機構, 建築環境·省エネルギー講習テキスト, 1999
- 42) 住宅·建築 省エネルギー機構, 事務所建築の省エネルギー基準と計算の手引, 1980
- 43) 住宅·建築 省エネルギー機構, 次世代省エネルギー基準セミナーテキスト, 1999
- 44) 住宅·建築 省エネルギー機構, 建築物の省エネルギー基準と計算の手引, 1998
- 45) 住宅·建築 省エネルギー機構, 住宅の新省エネルギー基準と指針, 1992
- 46) 住宅·建築 省エネルギー機構, 住宅の次世代省エネルギー基準と指針, 1999

- 47) ASHRAE Fundamentals, 1997.
- 48) ASHRAE, ASHRAE HANDBOOK- HVAC Applications, 1995
- 49) ANSI/ASHRAE, Energy-Efficient Design of New Low-Rise Residential Buildings, Standard 90.2, 1993.
- 50) ANSI/ASHRAE, Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, Standard 90.1, 1989.
- 51) Energy Code for Commercial and High-Rise Residential Buildings Codification

- of ASHRAE/IES 90.1-1989, Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
- 52) Energy Code for New Low-Rise Residential Buildings Codification of ASHRAE 90.2-1993 Energy Efficient Design of New Low-Rise Residential Buildings.
 - 53) ANSI/ASHRAE, A Method of Determining Air Change Rates in Detached Dwellings, Standard 136, 1993.
 - 54) Clarke, J. A. (2001), Energy Simulation in Building Design 2nd, Butterworth-Heinemann, pp. 256-261.
 - 55) Hensen, J. L. M (1999), A comparison of coupled and decoupled solutions for temperature and air-flow in a building, in ASHRAE Transactions, vol. 105:2, pp 962-969
 - 56) Hensen, J. L. M. (2004), Integrated building airflow simulation, in Advanced Building Simulation, A. Malkawi & G. Augenbroe, eds., Spon Press, New York, pp. 87-118.
 - 57) Display Bank 시장자료, 2006
 - 58) BCC report, 2004
 - 59) 나노산업기술연구조합, 2006
 - 60) "나노기술비즈니스 서밋" 기조연설, 일본 Nanotech 2007
 - 61) 탄소나노튜브 분산 기술, 기술동향 보고서, KIST 2005
 - 62) 정전분산 고분자, TCI Report, KIST 2006
 - 63) 탄소나노튜브, 부품소재정보망, KIST 2007
 - 64) 남궁 정, 탄소나노튜브 수요분야 분석과 잠재성 예측, 포항산업과학연구원 2003
 - 65) 이영기외, 탄소나노튜브 기술 동향, 위덕대학교 인터넷IT공학부 2003
 - 66) 나노복합재료의 시장동향, KITECH 2004
 - 67) 김선희, 에너지·환경분야의 나노 테크놀러지, 한국전기연구원 2005
 - 68) CARBON NANOTUBES: MATERIALS FOR THE FUTURE, Micro Technology Nano Network 2006
 - 69) H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. F. Curl and R. E. Smalley, Nature, 318, 162 (1985)
 - 70) S. Iijima, Nature, 354, 56 (1991)
 - 71) R. E. Smalley, Acc. Chem. Res., 25, 98 (1992)
 - 72) T. W. Ebbesen and P. M. Ajayan, Nature, 358 220 (1992)
 - 73) M. Endo, K. Takeuchi, S. Igarashi, K. Kobori, M. Shiraishi and H. W. Kroto, J. Phys. Chem. Solids., 54, 1841 (1993)

- 74) D. S. Bethune, C. H. Kiang, M. S. de Vries, G. Gorman, R. Savoy, J. Vazquez and R. Beyers, *Nature*, 363, 605 (1993)
- 75) T. W. Ebbesen, H. Hiura, J. Fujita, Y. Ochiai, S. Matsui and K. Tanigaki, *Chem. Phys. Lett.*, 209, 83 (1993)
- 76) G. H. Yaylor, J. D. Fitzgerald, L. Pang and M. A. Wilson, *J. Cryst. Growth*, 135, 157 (1994)
- 77) R. A. Jishi, D. Inomata, K. Nakao, M. S. Dresselhaus and G. Dresselhaus, *J. Phys. Soc. Japan*, 63, 2252 (1994)
- 78) T. W. Ebbesen, *Ann. Rev. Mater. Sci.*, 24, 235 (1994)
- 79) M. Endo, K. Takeuchi, K. Kobori, K. Takahashi, H. W. Kroto and A. Sarkar, *Carbon*, 33, 51 (1995)
- 80) M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus and R. Saito, *Carbon*, 33, 883 (1995)
- 81) M. M. J. Treacy, T. W. Ebbesen and J. M. Gibson, *Nature*, 381, 678 (1996)
- 82) C. Journet, W. K. Maser, P. Bernier, A. Loiseau, M. Lanydelachapelles, S. Lefrant, P. Deniard, R. Lee. and J. E. Fischer, *Nature*, 388, 756 (1997)
- 83) R. E. Smalley, *Rev. Mod. Phys.*, 69, 723 (1997)
- 84) M. Terrines, N. Grobert, J. Olivares, J. P. Zhang, H. Terrones, K. Kordatos, W. K. Hsu, J. P. Hare, P. D. Townsend, K. Prassides, A. K. Cheetham, H.W. Kroto and D. R. M. Walton, *Nature*, 388, 52 (1997)
- 85) Jisoon Ihm and Hyounng Joon Choi, *Nature*, 391, 466 (1998)
- 86) Z. F. Ren, Z. P. Huang, J. W. Xu, J. H. Wang, P. Bush, M. P. Siegal and P. N. Provencio, *Science*, 282, 1105 (1998)
- 87) H. M. Cheng, F. Li, G. Su, H. Y. Pan, L. L. He, X. Sun and M. S. Dresselhaus, *Appl. Phys.*, 72, 3282 (1998)
- 88) S. Fan, Y. Zhang, J. kong and H. Dai, *Science.*, 283, 512 (1999)
- 89) 산업기술혁신을 위한 유망기술, 과학기술정책관리연구소 1998
- 90) Moeschler, Infrared surface heating element, GUNTHER GRUPPE, 2006
- 91) 고유가시대 난방문제 해결책: 면상발열체, 부품소재 가을호 2006

[부록] 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발
1. 연구개발 목표	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 고단열성 유지, 냉방부하 절감, 무공해 발전, 결로 방지 등 다양한 기능이 융합된 열에너지 조절 가능한 차세대 친환경 다기능성 창호시스템을 개발 ◦ 중점 추진분야 <ul style="list-style-type: none"> - 고투과/고단열 멀티나노코팅 및 결정화기술 - 내구성 향상을 위한 나노복합소재 개발 - 창호용 태양전지의 고효율, 고투과성, 고효율 태양전지 개발 - 탄소나노튜브 복합체를 이용한 투명 발열체 제조기술 - 온도 가변형 투과율 조절 소재 및 증착기술 개발 ◦ 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 멀티나노코팅 고 단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합 - 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발 - CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발 - 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발 - 열에너지 조절형 다기능 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발 	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 국내 건물부문의 에너지소비량은 국가 총에너지 소비량의 약 25% 정도로 연간 약 17조 원을 상회하는 에너지비용이 소모되고 있으며 지속적인 증가 추세에 있음. 특히 창호는 벽체에 비해 8~10배 이상 낮은 단열특성을 가지기 때문에 창호를 통한 열손실량은 전체 건물 열손실량의 20~45%를 차지할 정도를 심각함. ◦ 세계 각국은 교토 의정서를 통해 CO₂ 배출량을 점진적으로 감소시키기로 합의함. <ul style="list-style-type: none"> - 화석연료의 사용으로 인한 CO₂ 배출량 증가로 지난 120년간 지구평균온도는 약 0.8도 증가하였으며, 이로 인해 기상이변 및 자연재해 위험이 크게 높아지고 있음, - 우리나라는 OECD 가입국인 동시에 세계 11위의 온실가스 배출국 ◦ 최근 들어 주거용 건물의 발코니 확장 합법화로 창면적의 증대 및 열적 완충공간의 감소에 따라 에너지 손실 증대는 물론 결로 발생 등 문제가 심각한 수준임. <ul style="list-style-type: none"> - 창면적의 증대 및 열적 완충공간의 감소에 따른 결로 발생 문제가 심각한 수준이며 단순 내장재의 회손 뿐만 아니라 열적 손실을 발생하고 구조체 수명에 영향을 미치는 중요한 하자 요인인 동시에 실내공기질의 악화를 초래하는 주범임. - 결로는 에너지문제와 하자 외에 거주공간의 질적 향상을 위한 필수요소이며 창호의 결로 방지를 위해 최근 적용이 검토되고 있는 3중창, 4중창 등은 초기 건축비의 과다 투자와 시공성 및 현장 적용성이 낮아 효율적 대응방안이 되지 못하고 있음. 대체 기술 개발 시급함. ◦ 창호 단열성능 2배 향상 시 건물 에너지 절감율 30% 달성이 가능하며 따라서, NT-IT융합기술을 이용한 창호의 단열성능 개선 및 에너지 절약방안 마련이 시급함. <ul style="list-style-type: none"> - 창호는 벽체 단열성능에 비해 8배~10배 낮은 성능 특성을 가지며 창호를 통한 열손실량은 전체 건물 열손실량의 20~45% 정도를 차지할 정도를 차지함. 	

- 건물 외피에 대한 창면적비가 최근 50%를 초과로 에너지성능 향상에 큰 장애요인 부각
 - 종래의 창호기술개발은 설계 및 구조변경(복층유리, 삼중유리, 창틀개선 등) 등 간접적인 방식으로 접근하였으며, 소재개발 및 타 분야 기술과의 융.복합을 통한 시너지효과를 창출할 수 있는 새로운 대체기술 개발은 미미한 실정임.
 - 나노기술 접목을 통해 현재의 창호가 직면한 낮은 단열효율에 대한 직접적 해결방안 제시는 물론 전혀 새로운 기능을 부가함으로써 파괴적 개념의 새로운 창호 개발 또한 가능할 것으로 기대됨.
 - NT-IT 융합기술을 통한 에너지 조절형 고성능/다가능 창호시스템의 실용화 기술개발을 위해서는 각각의 요소기술 및 융.복합 기술에 대해 에너지/환경부하 효과 및 정량적 성능평가가 필요하며, 이를 토대로 개발성과의 실질적 보급 이행을 높이기 위한 표준 메뉴얼 개발과 지원정책 개발이 필요함. 또한 건설 환경의 특성을 고려하여 개발기술의 Test Bed 실증 시범화 적용사업을 통해 상용화 및 성장 동력화 기반을 구축하여야 함.
- 기술동향
- 주요 선진국은 건축물 에너지성능 향상을 위한 조치로서 우선적으로 창호의 에너지성능 향상 방안에 집중적인 기술개발 추진
 - 기술개발과 함께 보급 촉진을 위한 범국가적 조직을 구축하고 있으며, 현재 열관류율 1.2 W/m²·K에 근접하는 크립톤 주입 복층로이유리 창호 제품이 출시되고 있음.
 - 현재 선진국의 기술개발 수준은 기밀등급 0등급의 고 기밀성을 기본으로 창의 프레임을 통한 열교 차단기술, 복층유리에 삽입되는 간봉의 에너지효율 극대화, 로이유리의 방사율 성능개선, 복층유리 내 단열가스 충전 등에 집중되어 있음.
 - 최근 에어로젤을 이용한 고 단열 충전재 개발과 투명 박막태양전지 구성 등 첨단 기술의 융합이 시도되고 있는 단계이나 아직까지 상용화 기술 수준은 이르지 못함.
 - 로이유리가 일반화된 북미 및 유럽에서는 선진 유리메이커에 의해 다양한 더블 로이유리 제품들이 이미 제품화됨.
 - 생고뱅(Saint-Gobain Glass, SGG)사의 경우 Planitherm 시리즈 중 열적 성능을 극대화시킨 Planitherm Ultra 가 있으며, 피피지(PPG)사는 전통적인 Sungate 시리즈에서 더블로이 제품인 Solarban 시리즈를 출시 판매 중
 - 비라콘(Viracon)사도 기존 싱글로이급의 VE 시리즈에서 Solarscreen 2000(VE 2M) 이라는 더블로이급을 보유하고 있으며 아사히글라스(Asahi Glass, AGC)사도 싱글 로이인 Sunlenue에서 출발하여 더블 로이인 Sunbalance 시리즈를 출시하여 주력 제품으로 시장력을 키우고 있음.
 - 한글라스는 생고뱅(SGG)사의 기술력을 적용하는 중국 SGH사 제품을 수입하는 것에 의해 로이유리의 내구성을 극복하려 하고 있고, (주)KCC는 내구성 로이유리(Durable low-e) 기술부분에서 국내 경쟁사에 비해 앞서 있다 할 수 있으나 아직 해외 업체에 비해서는 기술이 낙후된 실정이며, 결국 전면적 유통을 위해서는 현재보다도 더욱 획기적인 내구성 개선이 이루어져야 하는 상황임.

3. 연구개발내용

세부과제 1 : 멀티나노코팅 고 단열 창호시스템 개발 및 시스템 통합

- 멀티나노코팅 고단열 창호시스템 개발 및 Test-Bed를 통한 실용화 검증
 - * 복층유리 시스템 (24mm 복층유리 기준)
 - 가시광투과율 : ≥ 65%

- 열관류율 : $\leq 1.4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$
- 차폐계수 : ≤ 0.40
- 내구성 : 이슬점 $\leq -30^\circ\text{C}$

- 고기밀/고수밀 창틀 설계 및 창호시스템 제작 (제안공모과제)
 - 기밀성능 : 2등급 이하(KSF2292)
 - 수밀성능 : 50등급 이상(KSF2293)

세부과제 2 : 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전지 개발

- 고효율·고투과 대면적 태양전지 모듈 개발
 - 투과율 : $\geq 12\%$ @ 400~800 nm
 - 태양전지 모듈 변환효율 : $\geq 8\%$ @ effective aperture area
- 고효율·고투과 나노구조 태양전지 기술 개발 (제안공모과제)
 - 적층형 나노구조
 - 투명 전도막 소재 및 공정 기술

세부과제 3 : CNT를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 개발

- 투명성이 확보된 결로 방지용 발열 유리 개발
 - 가시광 투과율 : $\geq 70\%$
 - 소비 효율 : $\leq 40\text{Wh/m}^2$
 - 면 저항 : $\leq 50\ \Omega/\square$ @ 1m^2 , $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
- 투명 발열체용 CNT 복합체 제조 및 양산기술 개발 (제안공모 과제)
 - CNT를 함유한 복합체 형성 기술 개발
 - CNT 복합체 표면 처리 및 후처리 공정기술 개발
 - 투명 발열체용 CNT 복합체 양산기술 개발

세부과제 4 : 온도 가변형 차세대 적외선 차단 소재 개발

- 차세대 적외선 차단 소재 및 코팅기술 개발
 - 적외선 차단 기준온도 : $20\sim 30^\circ\text{C}$
 - 근적외선 투과율 : $\leq 10\%$ (실외온도 > 기준온도)
 $\geq 70\%$ (실외온도 < 기준온도)
 - 가시광 투과율 : $\geq 70\%$

세부과제 5 : 열에너지 조절 가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발

- 에너지/환경 대응형 고성능, 다기능 창호시스템의 요소기술 및 융복합기술에 대한 효과 및 성능평가
- 개발 요소기술 및 융복합기술의 효율적 보급 활성화를 위한 표준 매뉴얼 개발
- 고성능, 다기능 창호시스템의 표준화 및 지원 제도, 정책 개발

4. 연구개발 추진방법

추진전략

◦ 단계별 목표

- 1단계 ('08년 ~ '11년)
 - 요소기술 개발 및 성능 평가용 프로토타입 설계, 제작

- 2단계('12년 ~ '13년)

·시스템 통합 및 다기능 창호시스템의 test bed를 통한 실용화 검증

- 일반 건축용 에너지 절감 창호시스템 핵심기술 연구개발의 원활한 수행과 연구결과의 책임성 부여를 위하여 산,학,연 으로 구성된 연구단 구성
- 초고층 복합빌딩 시스템(건설교통 R&D 혁신 로드맵 참조) 및 “건설생산성 향상을 위한 건설자재 표준화” 등 관련 과제와 연계하여 연구성과를 실제로 구현하는 Test-Bed 구축은 주요 건설사의 공동참여 추진

□ 추진체계

- 나노기술을 이용한 창호 시스템 개발 특성에 맞추어 건축용 창호 전체를 생산하는 산업체와 창호시스템의 성능평가 및 정책 개발을 할 수 있는 전문 연구기관과 창호용 태양전지 개발은 산업체와 전문 연구기관과 발열창호 개발은 전문 연구기관과 온도 가변형 투과율 소재 개발은 학계가 추진하는 형태의 산·학·연 중심의 연구진을 구성
- 본 연구는 요소기술 기술개발뿐만 아니라 각 요소기술의 확장 가능성을 염두에 두고 개발하여 향후 타 산업의 기반기술로 활용이 가능하도록 추진
- 건설교통 R&D 및 건설자재 표준화 등 중장기 전략과 연계하고, 기술개발성과의 실제 구현을 위한 Test Bed 구축은 주요 건설사의 공동참여체계로 추진

5. 사업기간 및 소요예산

- 사업기간 : 2008 ~ 2013 (5년)
 - 1차년도 사업기간 : 2008 ~ 2009 (12개월)
- 사업예산 (기업 출자분 포함) :
 - 1차년도 사업비 : 20억원
 - 총사업비 : 99억원(추정)

6. 기 타

- 기업참여시 기업부담금은 “건설교통기술연구개발사업운영규정”의 기준 적용
- 총사업비는 정부예산 사정에 따라 변경될 수 있음
- 과제는 총괄과제와 세부과제로 구성되어야 하며, 반드시 산·학·연 구성을 해야 함.
- 연구신청자는 RFP에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되 과제의 목적 달성에 필요하다고 판단되는 경우, 연구내용의 일부를 가감할 수 있음.

[부록] 과제공모 추진방안

연구단 과제명	세부과제명	개발기술	공모방식		제안공모과제 선정사유
			연구단 컨소시 엄 공모	제안 공모	
열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발	1세부) 멀티나노코팅 고 단열 창호시스템 개발 및 시 스템 통합	멀티나노코팅 고 단열 창호시스 템 개발 및 Test-bed를 통한 실 용화 검증 고기밀/고수밀 창틀 설계 및 창 호시스템 제작	○	○	- 시제품 제작에 관한 기술로 다른 기술 개발 과의 연계성이 낮아 독립적 연구수행체계로 별도 추진하여도 연구목표의 원활한 달성이 가능한 요소기술 개발임
	2세부) 창호용 See-Through 타입 나노구조 태양전 지 개발	고효율·고투과 대면적 태양전지 모듈 개발 고효율·고투과 나노구조 태양전 지 기술 개발	○	○	- 박막형 태양전지 관련 분야의 연구 인력, 장비 등의 infra가 잘 갖추어진 기관을 선 정하여 추진할 필요가 있는 요소 기술 개발 임.
	3세부) CNT를 이용한 곁로 방 지용 투명 발열체 개발	투명성이 확보되면서 곁로 방지 용 발열 유리 기술 개발 투명 발열체용 CNT 복합체 제조 및 양산기술 개발	○	○	- CNT 복합체 제조 및 양산을 추진할 수 있는 기관이 진행해야 원활한 목표달성을 할 수 있는 요소기술 개발임.
	4세부) 온도 가변형 적외선 차단 소재 개발		○		
	5세부) 열에너지 조절 가능한 다기능성 창호시스템 성능평가 및 표준매뉴얼 개발		○		

[부록] 제안공모 과제제안요구서(RFP)

연구과제명 (제안공모과제 1)	고기밀/고수밀 창틀 설계 및 창호시스템 제작
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고기밀/고수밀 창틀 설계 및 창호시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> ● 기밀성능 : 2등급 이하 (KSF2292) ● 수밀성능 : 50등급 이상 (KSF2293)
2. 연구개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발코니 확장의 합법화 및 전창 건물의 증가에 따른 결로 방지 필요 <ul style="list-style-type: none"> ● 주거용 건물의 발코니 확장 합법화로 창면적의 증대 및 열적 완충공간의 감소에 따른 결로 발생 문제가 심각한 수준이며 단순 내장재의 회손 뿐만 아니라 열적 손실을 발생하고 구조체 수명에 영향을 미치는 중요한 하자 요인인 동시에 실내공기질의 악화를 초래하는 주범임. ● 결로는 에너지문제와 하자 외에 거주공간의 질적 향상을 위한 필수요소이며 창호의 결로 방지를 위해 최근 적용이 검토되고 있는 3중창, 4중창 등은 초기 건축비의 과다 투자와 시공성 및 현장 적용성이 낮아 효율적 대응방안이 되지 못하고 있음. 대체 기술 개발 시급함. ● 따라서, 결로 방지를 위해 고기밀/수밀성 창호의 개발이 필요함. ○ 산업자원부 고시“고효율 에너지기자재 보급촉진에 관한 규정”에 근거하여 1998년 7월“고 기밀성 단열창호”인증제도 시행 ○ 고 기밀성 단열창호의 인증 성능기준은 KS F 2278 규정에 의한 열관류율이 3.42 W/m²·K 이하(열관류저항은 0.292 m²·K/W 또는 0.34 m²·h·°C/kcal이상), KS F 2292 규정에 의한 기밀성 등급의 통기량이 3 m³/h·m² 이하로 규정 ○ 현행 고 기밀성 단열창호의 인증 성능기준은 선진국 성능에 비해 매우 낮은 수준이고, 2008년 시행예정인 2단계 에너지절약설계기준 창호 성능에 비해서도 낮기에 수정 보완이 필요함.
3. 연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 고기밀/수밀성 창호 조사 및 기술 분석 ○ 고기밀성 (2등급 이하) 창호 프레임 설계

- 고수밀성 (50등급 이상) 창호 프레임 설계
- 고기밀/수밀성 목표에 부합되는 창호 부자재 개발
- 고단열 유리&창틀 밀봉을 위한 실란트 최적 조건 선정
 - 밀봉 단열성 평가
 - 실란트의 유의성 평가를 통한 최적 부자재 선정
- 복층구조내 열저항 가스 주입에 따른 장기기밀성 평가 및 최적화
 - 열저항 가스별 단열성 평가
 - 열저항 가스의 장기기밀성 평가

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 본 제안공모과제에서 수행하는 ‘고기밀/고수밀 창틀 설계 및 창호시스템 제작’은 연구단 성과물의 Test-Bed를 위한 것으로 연구단 및 1세부과제 연구기관과 유기적으로 연계하여 연구수행
- 본 과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여 연구를 추진해야 함

□ 추진체계

- 본 제안공모과제의 수행기관으로 선정된 연구기관은 향후 연구단 내 1세부 연구기관의 협동연구기관으로 편입 예정
- 본 과제는 연구단 전체 연구내용, 성과, 연구진 등과의 유기적인 연계성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부연구책임자에 적극 협조하여야 함

5. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

- 사업기간 : 2008 ~ 2013 (5년)
 - 1차년도 사업기간 : 2008 ~ 2009 (12개월)
- 사업예산 (기업 출자분 포함) :
 - 1차년도 사업비 : 0.9억원
 - 2차년도 사업비 : 0.8억원
 - 3차년도 사업비 : 1.0억원
 - 4차년도 사업비 : 0.7억원
 - 5차년도 사업비 : 1.1억원
 - 총사업비 : 4.5억원(추정)

7. 기 타

<p>연구과제명 (제안공모과제 2)</p>	<p>고효율·고투과 나노 구조 태양전지 기술 개발</p>
<p>1. 연구개발 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고효율 태양전지 핵심기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ● 적층형 나노구조 형성 기술 개발 ● 고효율 향상과 대면적 적용이 가능한 Glass 텍스처링 기술 개발 ● 태양전지 변환 효율 $\geq 8\%$ ○ 고투과성 태양전지 제조기술 확립 <ul style="list-style-type: none"> ● 투과율 향상을 위한 셀 분리 및 연결방식 개발 ● 투명 전도막 소재 및 공정 기술 개발 ● 투과율 $\geq 12\%$
<p>2. 연구개발 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 태양전지는 현재 100달러에 임박한 고유가 정책 및 환경오염으로 인한 지구온난화 등 각종 문제를 극복할 수 있는 무공해 자원으로 선진 기술력을 가진 독일이나 일본은 이미 국가적인 차원에서 개발자들에게는 연구비 지원, 소비자들에게는 세금감면, 정부 보조금 지원 등과 같은 혜택을 부여함으로써 태양전지 산업을 활성화 시켜왔으며 현재 태양전지 관련 선진 기술력과 세계 시장을 대부분 지배하고 있음. ○ 기술력이 앞선 일본에서조차도 제조업체들이 양산을 하고 많은 수익을 창출하고 있음에도 불구하고 세계시장 선도를 위해 경제산업성에서 NEDO개발기구를 만들어 2010년까지 연구소와 학교, 제조업체들이 하나의 컨소시엄을 구축, 와트당 1불 이하의 태양전지를 개발하기 위해 정부의 지원 아래 공동연구를 지속하고 있음. ○ 선국진과 달리 태양전지 연구와 개발이 뒤쳐진 우리나라로서는 단 시간 내에 기술력을 확보해 가격경쟁력을 갖추어야 하지만 현재 기술력을 갖춘 인프라가 제대로 구축되지 않았으며 일부 연구소와 학교에서 기초연구를 진행하는 수준임. 일부 업체들이 태양전지 제조에 일부 투자를 시작하고 있으나 선진업체들의 대량생산 및 효율향상으로 인해 와트당 가격 경쟁력을 따라갈 수 없고 특별한 기술력도 갖추고 못한 상황에서 선뜻 투자를 진행하지 못하고 있으며 대기업에서조차도 태양전지 투자를 저울질하고 있는 실정임. ○ 또한, 기업에서 시간과 비용을 투자를 한다고 하더라도, 기존의 제품과 비교해서 가격경쟁력을 따라갈 수 없기 때문에 일부 재원이

탄탄한 기업들은 기존의 기술력을 인정받은 해외선진업체들의 인프라를 그대로 도입하여 양산을 시도하고 있는 실정임.

- 본 과제에서 제안하는 태양전지는 아직 우리나라에선 연구경험이 없는 창호용 나노구조 박막형 태양전지이며 기존의 상업용으로 판매되는 태양전지보다 훨씬 우수한 변환효율을 만들어내는 것이 목표이기 때문에 아직 인프라가 구축되지 않은 기업에서 새로운 기술을 연구하여 개발한다는 것은 많은 시간과 비용이 투자되기 때문에 기업의 생존이 위협되는 리스크가 큰 사업이라고 할 수 있음.
- 따라서 단기간 안에 see-through 태양전지에 대한 기술력을 확보하고 시장 점유율을 갖기 위해서는 나노구조를 이용한 태양전지 개발 경험과 창호 시스템에 대한 전문성을 가진 기관이 공동으로 연구를 진행해야 하며 나노구조 박막태양전지 제조 경험이 많고 인프라가 갖춰진 기업 및 연구소가 공동으로 컨소시엄을 형성하여 정부의 지원 아래 see-through형 태양전지를 개발 한다면 단시간 내에 기술력 확보를 할 수 있기 때문에 태양전지 관련 국가 경쟁력을 키울 수 있을 것으로 판단됨.

3. 연구개발 내용

- 텍스처링/실리콘 박막 기초 연구 및 소면적 단위 셀 제작 평가
 - 선진기술 동향 및 제품분석
 - 특허 조사 및 기술 분석
 - 실리콘 박막 기초 제작 조건 연구
 - Sand Blaster에 의한 텍스처링 기초 실험 및 분석
 - 소면적 단위 셀 제작 및 평가
- 단위 셀 효율 개선을 위한 투명전도막 소재 및 실리콘 박막 특성 향상
 - 실리콘 박막 공정 조건에 따른 박막 특성 평가
 - 투명 전도막 소재 및 공정 기초 연구
 - 소면적 단위 셀 특성 개선 기술 연구
- 나노박막 형성기술 확보 및 투과율 조절 기술 개발
 - 태양전지 효율개선을 위한 적층 구조 설계
 - 태양전지 전극 및 구조 설계 및 시뮬레이션
 - 고투명 모듈용 셀 분리/연결 방식 설계
- 모듈 효율개선을 위한 유리 접합기술 기초연구

	<ul style="list-style-type: none"> • 적층 구조 변경에 따른 태양전지 효율 변화 시뮬레이션 • 태양전지 전극 및 구조 설계 개선안 도출 • 셀 분리/연결 방식 개선안 도출 • 태양전지 모듈 프레임 소재 및 형성 기술 조사 • 태양전지 표면처리 기초 기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양전지 회로 구성 및 모듈 제작 • 유리 기판 태양전지 프로토타입 제작 및 평가 • 가시광 투과율 $\geq 12\%$ @ 400~800 nm • 모듈 광변환 효율 $\geq 8\%$ (@ effective aperture area)
4. 연구개발 추진방법	
<input type="checkbox"/> 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 요소기술 전문기관 및 원천기술 보유 기관과의 연구네트워크 구축 ○ 최종 기술개발 성과물의 상용화, 양산화를 위한 국내 산업 기반기술 확보 및 네트워크 구축 ○ 상용화 기술의 보급 활성화를 위한 제도 및 정책 연계 방안 추진 ○ 본 과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여 연구를 추진해야 함
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 제안공모과제의 수행기관으로 선정된 연구기관은 향후 연구단 내 1세부 연구기관의 협동연구기관으로 편입 예정 ○ 본 과제는 연구단 전체 연구내용, 성과, 연구진 등과의 유기적인 연계성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구 단장 및 세부연구책임자에 적극 협조하여야 함
5. 연구기간 및 지원예산	
<input type="checkbox"/> 전 체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업기간 : 2008 ~ 2013 (5년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 사업기간 : 2008 ~ 2009 (12개월) ○ 사업예산 (기업 출자분 포함) : <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 사업비 : 1.4억원 - 2차년도 사업비 : 1.4억원 - 3차년도 사업비 : 1.5억원 - 4차년도 사업비 : 1.4억원 - 5차년도 사업비 : 1.5억원 - 총사업비 : 7.2억원(추정)
7. 기 타	

<p style="text-align: center;">연구과제명 (제안공모과제 3)</p>	<p style="text-align: center;">투명 발열체용 CNT 복합체 제조 및 양산기술 개발</p>
<p>1. 연구개발 목표</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - 결로 방지 등 다양한 기능이 융합된 열에너지 조절 가능한 차세대 친환경 다기능성 창호시스템에 접목될 수 있는, CNT 복합체를 이용한 결로 방지용 투명 발열체 제조 및 양산 기술을 개발함.
<p>2. 연구개발 필요성</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - 신규, 재건축 아파트를 중심으로 전국적인 붐을 일으키고 있는 발코니 확장 시공에 의해 아파트 거실과 외부 공기가 창호를 중심으로 직접적으로 맞닿는 구조로 변경되고 있으며 감성공학적, 인간친화형 디자인에 의해 창호의 크기 또한 점차 대형화되면서 창호를 통한 에너지손실 및 결로 발생으로 인한 건물의 수명단축 문제가 매우 심각한 수준으로 대두되고 있음. - 결로는 에너지문제와 하자 외에 거주공간의 질적 향상을 위한 필수요소이며 창호의 결로 방지를 위해 최근 적용이 검토되고 있는 3중창, 4중창 등은 초기 건축비의 과다 투자와 시공성 및 현장 적용성이 낮아 효율적 대응방안이 되지 못하고 있음. 대체 기술 개발 시급함. - 결로 방지를 위해 일부 열선을 포함한 유리창이 개발되었으나 과도한 전기에너지소비로 인해 사실상 실용화는 실패하였으며 창호 고유의 기능이 확보하면서 추가 에너지소비가 발생하지 않는 조건에서의 결로 방지를 위한 기술개발이 필요함. - 창문의 결로 방지를 위한 투명 발열체 및 발열체의 에너지를 PV로 연계하는 개발기술이 상용화 될 경우, 과급 효과와 보급률이 매우 높을 것으로 예상됨. (건설사의 실질적 수요가 급증하나 대응기술이 매우 미흡한 분야임.) - 나노 투명발열체를 이용한 결로 방지효과 : 투과성이 70% 이상인 동시에 발열성이 우수한 나노 투명 발열체를 개발하여 창호에 적용함으로써 창호 내,외부 온도차에 의해 발생하는 결로를 원천적으로 차단하여 쾌적한 환경 조성 및 건물 노화방지 기대됨. - 투명 면상발열체의 개발은 건물의 창호 시스템뿐만 아니라, 자동차, 선박 및 항공기와 같은 다양한 기간산업의 생산품에 사용할 수 있어서 그 과급효과가 매우 큰 범국가적사업으로 발전이 가능함.
<p>3. 연구개발 내용</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ CNT를 함유한 복합체 형성 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 투명 면발열체의 CNT 전도성네트워크 구조 최적화 기술

- 복합체 형성을 위한 CNT 코팅액의 유변학적 특성 제어 기술
- CNT 복합체 표면처리 및 후처리 공정기술 개발
 - CNT 코팅액의 물리화학적 분산 안정성 확보 및 평가기술
 - CNT 및 대상 기관의 표면처리 및 후처리 공정에 의한 박막의 부착 안정성 확보기술
- 투명 발열체용 CNT 복합체 양산기술 개발
 - 투명 발열체용 CNT-고분자 코팅액 양산기술 개발
 - 투명 발열체의 고내구성, 신뢰성 확보 기술

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 국내외 요소기술 전문기관과의 연구네트워크 구축을 통한 투명발열체용 CNT 복합체 제조 조건 확립 및 양산 기술 확보
 - 최종 개발 성과물의 상용화, 양산화를 위한 기반기술 확보
 - 유리기관 부착안정성 검증을 위한 test bed 구축 협력 및 검증 참여
 - 상용화 기술의 보급 활성화를 위한 제도 및 정책 연계 방안 추진
 - 본 과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고 그에 적합한 추진전략 및 일정계획을 수립하여 연구를 추진해야 함

- 추진체계
- 본 제안공모과제의 수행기관으로 선정된 연구기관은 향후 연구단 내 3세부 연구기관의 협동연구기관으로 편입 예정
 - 본 과제는 연구단 전체 연구내용, 성과, 연구진 등과의 유기적인 연계성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부연구책임자에 적극 협조하여야 함

5. 연구기간 및 지원예산

- 전 체
- 사업기간 : 2008 ~ 2013 (5년)
 - 1차년도 사업기간 : 2008 ~ 2009 (12개월)
 - 사업예산 (기업 출자분 포함) :
 - 1차년도 사업비 : 1.0억원
 - 2차년도 사업비 : 0.8억원
 - 3차년도 사업비 : 0.9억원
 - 4차년도 사업비 : 0.8억원
 - 5차년도 사업비 : 1.0억원
 - 총사업비 : 4.5억원(추정)

7. 기 타

[부록] 기술개발 전·후 기술수준 (최종 성과평가지표) 비교

과제명	연구 목표	측정지표	측정 방법	선정 사유	현재 기술수준		목표치 설정근거 (※ 기대효과 등의 측면에서 설명)				
					제조사	제품명	복층구조	가시광 투과율	열관류율 ASHRAE여름	차폐계수	
고 단열 창호 시스템 및 통합	고투과	가시광투과율 : $\geq 70\%$ @6mm 단판	KSL2514	주거용 가시성 확보	Guardian	NP61	6+12+6	61	1.7	0.47	
	내습성	ΔE_{obs} (색상차) ≤ 1.5 , 0.4mm pin-hole $\leq 3EA$ @6mm 단판	50℃, 90%RH 1일 보관 기준	장기 보관성 평가 지표	SGG	Planitherm ultra	6+12+6	78	1.6	0.69	
	내스크래치 성	스크래치 폭 $\leq 10\mu\text{m}$ @6mm 단판	0.3mm 세척브러쉬 사용 세척기준	취급성 평가 지표	PPG	Solarban 60	6+13+6	70	1.6	0.44	
	고투과	가시광투과율 : $\geq 65\%$ @ 24mm 복층	KSL2514	주거용 가시성 확보	Viracon	VNE 1-63	6+13+6	62	1.6	0.32	
	고 단열	열관류율 : $\leq 1.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ @ 24mm 복층	ASHRAE	고효율 소재 지표	KCC	MVP175	6+12+6	65	1.7	0.44	
	고 차폐	차폐계수 : ≤ 0.4 @ 24mm 복층	ASHRAE	고효율 소재 지표	개발 목표	-	6+12+6	65 이상	1.4 이하	0.4 이하	
	복층구조 내구성	내구성 : 이슬점 $\leq -30\text{℃}$ @ 24mm 복층	KSL2003	복층유리 내구성 지표	<ul style="list-style-type: none"> - 고효율 인증 창호 성능기준 : $\leq 2.631.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ - 건축법 단열기준 : $\leq 3.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ - 상기 단열성능은 열저항 Gas 주입, 고성능 로이, 고단열 스페이서의 조합을 통해 구현된 것임. - 차폐계수를 낮추면 가시광선 투과율이 낮아지는 기술적인 한계가 있으며, 개발목표는 고성능 로이유리 개발을 통해 달성함 						
						이슬점 $\leq -10\text{℃}$ @ 24mm 복층	이슬점이 낮을 수록 내구성 증가 겨울 확한기의 외부 온도 기준				

과제명	연구 목표	측정지표	측정 방법	선정 사유	현재 기술수준	목표치 설정근거 (※기대효과 등의 측면에서 설명)															
태양 전지	Test bed 사업추진	Test bed, 종합성능평가	Test bed 결과, 성능평가 결과	실용화 추진 및 보급 확대	N/A	융복합 기술의 실용화 달성을 위한 현장 적용성 증대 및 에너지절감 효과 타당성 검증															
	모델 개발	효율 : $\geq 8\%$ @ effective aperture area	광 변환효율측정	태양전지 평가요소	<table border="1"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th>국내수준</th> <th>세계수준</th> <th>개발목표</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>효율 (%)</td> <td>-</td> <td>6 (일본/Kaneka)</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>투과율 (%)</td> <td>-</td> <td>10 (일본/Kaneka)</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>power /m² (W)</td> <td>-</td> <td>50 (일본/Kaneka)</td> <td>65</td> </tr> </tbody> </table>	항목	국내수준	세계수준	개발목표	효율 (%)	-	6 (일본/Kaneka)	8	투과율 (%)	-	10 (일본/Kaneka)	12	power /m ² (W)	-	50 (일본/Kaneka)	65
	항목	국내수준	세계수준	개발목표																	
효율 (%)	-	6 (일본/Kaneka)	8																		
투과율 (%)	-	10 (일본/Kaneka)	12																		
power /m ² (W)	-	50 (일본/Kaneka)	65																		
투과율 조절기술개발	투과율 : $\geq 12\%$, @ 400 ~ 800 nm, 판유리	투과율 측정	태양전지 상호 가능성 평가요소	<ul style="list-style-type: none"> - 5G (1.1m x 1.3m) 이상의 대면적 태양전지 모듈에서 8% 이상의 효율을 얻는 것은 세계 최초임. - 높은 효율(단위면적당 높은 power)을 유지하면서 상호 적용을 위한 적정 투과율을 확보하는 것이 필요함. 																	
투명 발 열 체	고 투과	CNT 투명 발열체 가시광투과율: $\geq 70\%$	KSL2514	주거용 가시성 확보	N/A	주거용 상호로 사용하기 위해서는 투과율이 최소 60% 이상이 필요함 ~ 60 % @ touch panel polymer film															
	고효율	면 저항 : $\leq 50 \Omega/\square$	4-point	균등한 발열	N/A	대면적에 사용하기 위해서는 면저항이 작아야함 ~ 100 Ω/\square @ touch panel polymer film															
	저 전력 소모	소비 효율: $\leq 40 \text{ Wh/m}^2$	I-V	저 전력소모	N/A	태양전지 발생 전력을 사용하기 위한 설정으로, 에너지 소모가 낮을수록 좋음 $\geq 250 \text{ W @ Carbon black material}$															

과제명	연구 목표	측정지표	측정 방법	선정 사유	현재 기술수준	목표치 설정근거 (※기대효과 등의 측면에서 설명)
적외선 차단 소재	고 투과	가시광 투과율: $\geq 70\%$	KSL2514	주거용 가시성 확보	N/A	주거용 창호로 사용하기 위해서는 투과율이 최소 60% 이상이 필요함
	고 단열	근적외선 투과율 : $\lambda=1.0\mu\text{m}$ $\leq 10\% @ (T_{\text{out}} > T_{\text{기준}})$ $\geq 70\% @ (T_{\text{out}} < T_{\text{기준}})$	FTIR	고효율 소재	N/A	가시광 투과율 요구 범위 내에서 근적외선 투과율 변화량이 클수록 좋음. 현재까지 문헌에 발표된 결과는 $13\sim 15\% @ (T_{\text{out}} > T_{\text{기준}})$ 임.
	고효율	적외선 차단 기준온도: $20 \sim 30^\circ\text{C}$	Temperature curve	고효율 소재	N/A	냉난방 기기 사용 온도 범위 내에서 적외선 차단이 이루어져야함
창호 시스템 성능 평가	에너지환경 성능평가	창호 단열성능(K) : $\leq 1.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K} @ 24\text{mm}$ 복층	ASHRAE	단열성능	고효율인증 창호 : $\leq 2.631.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 건축법 단열기준 : $\leq 3.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	세계 최고수준의 보급형 고효율 창호 \Rightarrow 단열성, 기능성을 향상한 융복합기술 상용화
		결로저감 : Avg TDR rate ≤ 0.18 국부 TDR rate ≤ 0.2	KSF2295	결로 발생 확률 저감가능	Avg TDR rate : ≤ 0.2 Max TDR rate : ≤ 0.24	단열성 및 기능성 기술개발로 결로발생 확률저감 \Rightarrow 하자요인 제거, 사회비용편익 \Rightarrow 삶의 질 향상
표준메뉴얼 개발	표준메뉴얼 개발	상용화 표준설계 지침, 표준 시방지침, 표준 운전 및 운용지침	표준메뉴얼	개발성과 보급 및 상용화	N/A	융복합 기술의 실용화 촉진을 위한 현장 적용성 증대

과제명	연구 목표	측정지표	측정 방법	선정 사유	현재 기술수준	목표치 설정근거 (※기대효과 등의 측면에서 설명)
	지원제도 및 정책 개발	국가 제도에 대한 반영, 신규 지원정책 개발	제도 개선, 정책 개발	시장 확대 지원	N/A	현행 최소 성능 이상의 고성능, 다기능 창호시스템 보급촉진

■ 열관류율 0.2 W/㎡.K 낮출때 에너지 절감효과

50만 세대 기준 연간 절감액 : 약 335.8억원

산출근거 : 독일, 10월~3월까지, 열관류율 0.1 W/㎡.K 감소시 [건설기술연구원 DOE 분석 결과 참조]

- 유입열량 : 연간 2.57Mcal/㎡ 절감 (DOE 분석 결과치)
- 105.6㎡(32py)일 경우 : 271.4Mcal/년 (= 105.6㎡ × 2.57Mcal/㎡.년)
- 보일러 등유 연간 절감량 : 30.3ℓ/년 (= 271.4Mcal/년 ÷ 8.9Mcal/ℓ)
- [보일러 등유 1ℓ 당 발열량 : 8.9 Mcal, 보일러 5개월 가동 기준]
- 0.2W/㎡.K 낮출때 보일러 등유 절감량 : 30.3 X 2 = 60.6ℓ/년.세대
- 1세대 연간 절감액 : 67,169원/세대 = 60.6ℓ/년 × 1,108.4원/ℓ
- [보일러 등유 : 1108.4원/ℓ - '08.3.28일 기준]

■ 국내 복층유리 시장이 2010년 약 6,000만㎡으로 추정됨.

- 복층 유리의 10%를 태양전지로 설치 할 경우를 가정해보면, 연간 약 300MW의 에너지를 공급할 수 있음
- 2020년경에는 누적 설치된 태양전지 발전량이 2.1GW가 되어 약 3,000억원/년 이상의 에너지 절감 효과를 볼 수 있음.
(태양전지 사용 시간 : 3시간/일, 전기세 : 150원/kwh)