11
첨단
도시
C05

자연광과인공광의상호보상일체형조명시스템개발연구보고서 2012

국토해양부 한국건설교통개발평가원

첨단도시개발사업 제1차년도 최종보고서

R&D 11첨단도시C05

자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 개발 연구보고서

2012. 5. 17.

주관연구기관 : 지솔라 주식회사
위탁연구기관 : 한국기술교육대학교
산학협력단

국 토 해 양 부
한국건설교통개발평가원

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "첨단도시개발"과제 (세부과제 "**자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 개발에 관한 연구**")의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 05. 17.

주관연구기관명 : 지솔라 주식회사

주관연구책임자 : 김 진 옥 박사

연 구 원 : 탁 현 열 주임연구원

" : 이 상 현 선임연구원

" : 권 기 균 책임연구원

" : 노 병 대 위촉연구원

" : 이 상 각 "

" : 윤 재 용 "

" : 유 승 준 "

위탁연구기관명 : 한국기술교육대학교산학협력단

위탁연구책임자 : 정 종 대 교수

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>R&D
11첨단도시C05</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.05.18-
2012.05.17</td><td>단 계
구 분</td><td>1 / 1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">첨단도시개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템
개발에 관한 연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">김 진 옥</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 명
내부 : 명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 천원
기업 : 천원
계 : 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 4명
외부 : 6명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 105,000 천원
기업 : 35,000 천원
계 : 140,000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">지솔라 주식회사
부설연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명:한국기술교육대학교
산학협력단</td><td colspan="2">연구책임자 : 정 종 대 교수</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>104</td></tr>
<tr><td colspan="6">기존의 램프인 형광등이나 새로운 LED에 태양광을 집속하여 전송, 확산시키는 자연광 조명장치를 조합하여, 주간 조명시설이 필요한 사무실 공간이나 지하공간에 자연광과 인공광을 상호 보상하여 조명할 수 있는 일체형 조명장치를 개발하였다. 이를 위하여 태양광 집광장치, 자연광 유도장치, 자연광 분배장치, 상호보상장치 및 자연광 분산조명장치에 대한 핵심기술을 개발하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">주광조명, 태양광, 엘이디, 형광등, 상호보상</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">daylighting, solar light, LED,
fluorescent lamp, compensation</td></tr>
</table>

요 약 문

본 연구에서는 '**자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 개발**'을 다음과 같이 수행하였다.

1. 기존의 램프인 형광등이나 새로운 LED에 태양광을 집속하여 전송, 확산시키는 자연광 조명장치를 조합하여, 주간 조명시설이 필요한 사무실 공간이나 지하공간에 자연광과 인공광을 상호 보상하여 조명할 수 있는 일체형 조명장치를 개발하였다. 이를 위하여 태양광 집광장치, 자연광 유도장치, 자연광 분배장치, 상호보상장치 및 자연광 분산조명장치에 대한 핵심기술을 개발하였다.

2. 주간 조명에너지를 자연광으로 대체함으로써 에너지를 절약할 수 있도록 자연광과 인공광원(LED, T5)을 결합한 일체형 상호보상 조명시스템을 개발하였다. 소비전력 50W급, 4000루멘의 인공광(LED, T5)램프를 집속된 고휘도 태양광과 접속할 수 있는 일체형 램프를 개발하여, 자연광에 상호보상 적용시험하며 발광면 휘도편차 <10% 이내로 개발하였다. 이를 위하여 자연광의 조도에 반응하는 상호보상 콘트롤러를 개발하고, 태양 집속광을 생산하는 자체 추적식 캐서그레인 파라볼릭 집광기를 개발하였다. 그리고 대역폭 400~750nm, 투과율 75% 이상의 액상 가시광 필터를 개발하고, 전송직선거리 100m 미만, 직경 100mm 경량 광도파관과 광도파관 장착형 옵티컬 커플러를 개발하여 광 도파관으로 부터 자연광을 분배하여 50W급 상호보상 조명장치 여러 개 구동하는 상호보상 일체형 조명 시스템을 개발하였다.

3. 본 연구에서 인공광(LED,형광등)과 태양의 고밀도 자연광을 동일 조명기구에서 상호보완적으로 운용할 수 있도록 하였다. 자연광 집광 및 유입방법 및 광 확산체계와 LED 램프에서 가장 큰 어려움인 소자의 냉각 등 융합적인 연구를 통하여, 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템을 실용화 개발하고, 핵심 요소기술에 대한 특허출원 1건을 수행하였다. '자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템'의 요소기술에 대한 문헌조사 및 핵심요소 기술에 대한 기초연구와 각각의 부품에 대한 개발 연구와 자연광 집광부에 대한 연구를 실시하였다. 광도파관 및 광분배관 연구개발과 상호보상 장치 연구개발을 수행하였다. 그리고 자연광과 인공광의 상호보상 조명시스템 실험 및 핵심요소 장치 연구개발을 수행하였다.

4. 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 실험 및 성능개선 연구를 실시하였다. 자연광 집광부, 액체 열 필터부 및 상호보상부에 대해 창의적으로 개발한 결과를 특허출원하여 지적재산권을 확보하였다. 본 과제는 총 연구기간이 3년이었으나, 1년 만에 종결하게 되어 당초의 종합계획에 따른 연구를 충분히 수행하지 못한 아쉬움이 남아 있으나, 시작이 반이라는 말처럼, 국가 연구자금으로 자연광과 인공광을 상호 보상하는 일체형 조명장치를 개발함으로써, 주간 조명에너지를 절약하고 인간친화적인 자연광 조명시스템을 연구 개발할 수 있는 기회를 준 국토해양부에 심심한 감사를 드린다.

SUMMARY

This R&D is the development of mutual compensated illumination system with the artificial lamp and natural solar light. By this research, the essential technologies have been developed for the following systems. First, parabolic reflecting type of con-focusing of solar light into 5cm^2 from 20,000cm^2. Second, cylindrical optical 100mmΦ transmission tube with optical waveguide fiber of 1~5mm^2 for deliberating natural light energy into room or office. Last, mutual compensated lamp system with natural solar light and artificial lamps. Specially, solar thermal energy absorption with dynamic cooling liquid filter has been fabricated for protection of damage of light transmission media at light concentrated focal area. With these results of this R&D, the saving effect for day-illumination energy and human-kind lighting environment can be realized at present for wide application to lightings for building offices and under ground parking areas.

CONTENTS

§ 1. Concept of R & D ----------1

§ 2. Trends of R & D ----------6

§ 3. Contents and Results of R & D----------13

§ 4. Level of Realization and Contribution----------81

§ 5. Utilization Plan of R & D Results ----------84

App: Materials of Natural Light Technology----------89

References----------104

목 차

제1장. 연구개발과제의 개요----------1

1. 연구개발 배경
2. 연구개발 목적
3. 연구개발 필요성

제2장. 국내의 기술개발 현황----------6

1. 국내 연구개발 현황
2. 관련기술 산업동향
3. 관련기술 특허동향
4. 연구개발과제 수행방향
5. 해외기술 개발동향

제3장. 연구개발 수행내용 및 결과--------13

1. 연구개발 수행내용
2. 연구개발 수행범위
3. 연구개발 추진전략 및 방법
4. 연구개발 수행결과

제4장. 목표달성도 및 관련분야의 기여도---81

1. 목표의 달성도
2. 관련분야의 기여도

제5장. 연구개발결과의 활용계획----------84

1. 연구결과의 활용계획
2. 기대성과 및 파급효과
3. 추가 연구 사항

부록. 자연광이용 조명기술자료----------89

참고문헌----------104

제1장. 연구개발과제의 개요

본 과제는 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 개발에 관한 연구이며, 연구개발의 배경 및 개요는 다음과 같다.

1. 연구개발의 배경

가. 인공광(Artificial Light)과 자연광(Natural Soar Light)

예전에는 그림-1과 같이 야간에 동식물 기름이나 화석연료인 석유로 등불을 밝히고 생활하였다. 발명왕 에디슨이 전구를 발명한 이후, 유리 전구 속에 있는 텅스텐 필라멘트에 전기를 공급하여 열과 빛을 발생하는 백열전등이 오랫동안 사용되어 왔다.



그림-1. 호롱불, 촛불, 석유램프

유리관 안의 알곤가스와 수은증기를 고전압으로 방전시켜 자외선을 발생하여 형광물질을 2차적으로 여기하여 백색광을 발생시키는 절전형 형광등과 방전등이 그림-2와 같이 조명기구로 주로 사용되어 왔으며, 각종 기술을 응용하여 인간 친화적 삼 파장 조명기술이 실용화 되었다. 그림-3과 같이 최근에는 반도체의 발달로 LED(Light Emitting Diode)가 RGBY(Red Green Blue Yellow)조합으로 여러 가지 색깔의 구현이 가능하게 되었으며, 이러한 LED가 절전형 조명등으로 각광을 받고 있다. 이상과 같은 백열등, 형광등 및 LED를 사람이 만든 인공광(Artificial Light)이라고 부른다.





그림-2.　인공광(백열전구, 형광등, 방전등)




그림-3.　LED (인공광)

한편 철근 콘크리트를 이용한 건축기술의 발달로 도시의 고층빌딩의 사무공간과 고층아파트의 주거 공간이 확장되어 그림-4와 같이 낮에도 조명을 하게 되었다. 주야간 조명 전기의 사용량이 전체 전기 사용량의 20%까지 증가되었다. 이에 각종 창문이나 다양한 채광기술을 통하여 건축물 내에 태양의 직사광선이나 산란광으로 구성된 자연광(Natural Light)을 활용하고자 하는 건축조명기술 연구가 국내외에서 활발하게 연구되어 실용화 되고 있다.

본 과제의 내용은 낮에 조명이 필요한 지하공간이나 생활공간에 해가 떠 있는 낮 동안에 태양광을 반사판으로 집속하고 광 도파관을 통하여 건물 내에 유도하여 주간 조명이 필요한 장소에 광 분산 램프로 조명하는 것이다. 즉 태양 빛인 자연광과 전기로 조명하는 인공광을 상호 보상하여 조명공간의 목적에 따라 인간 친화적으로 조명하고, 주간 조명전기의 사용 비용을 절감하는 것이 본 과제의 목적이다.



그림-4. 도시 고층빌딩의 주간 조명

2. 연구개발의 목적

본 과제 '자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 개발에 관한 연구'의 목적은 인간 친화적 조명환경 제공, 주간 조명 전기 에너지의 절감, 첨단 조명기술의 선도, 관련 조명산업의 활성화 및 국가 경제의 자립도 구축에 그 목적이 있다. 다음 그림-5와 같이 태양광은 넓은 파장대를 구성하고 있어 지구환경의 조성에 중요한 역할을 하고 있다. 파장이 짧은 자외선은 지구 대기층에서 대부분 산소와 반응하여 오존층을 형성하고 나머지 잔류 자외선이 지구표면에 도달하여 살균 등 광화학작용을 한다. 자외선보다 파장이 긴 '빨주노초파남보'는 가시광이고, 서로 합쳐져 백색광이 되어 인간의 눈으로 그 빛을 식별할 수 있다. 이러한 태양광이 이세상의 온갖 물체에 흡수되거나 반사되어 눈으로 물체를 구별할 수 있게 한다. 가시광보다 파장이 긴 적외선은 근적외선과 원적외선으로 분류된다. 주로 태양열은 근적외선으로 지구에 도달하고 있으며 지구상의 동식물 그리고 인간이 활동할 수 있는 온도를 유지시켜준다. 그림-5의 분리된 가시광이 자연광 조명에 활용된다.

3. 연구개발의 필요성

가. 경제·산업적 측면

미국의 DOE의 통계는 전체 전기에너지 소모량에서 조명에 소요되는 전기에너지 비중을 20%로 보고하고 있다. 최근 고효율 LED의 등장과 고성능 조명기술이 급속히 발전하고 있다.

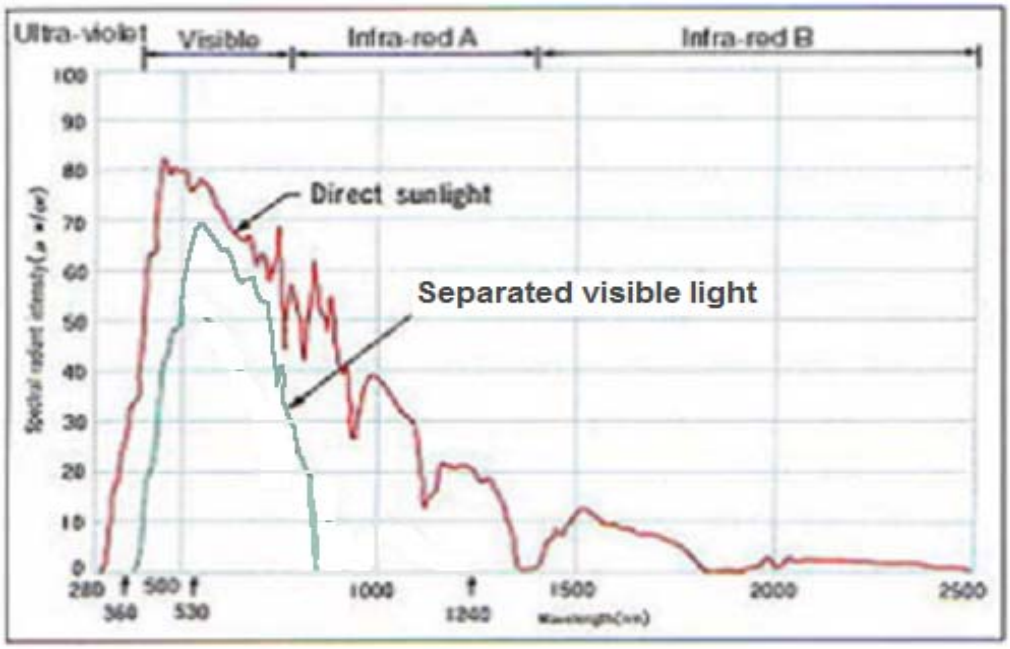


그림-5. 태양광 에너지 스펙트럼
(자연광 조명 이용영역 : Separated Visible Light)

본 과제는 주간 조명이 요구되는 장소에서 조명에 소요되는 전기량을 절약할 수 있는 자연광과 인공광을 상호 보상하는 조명시스템을 개발하는 것이다. 먼저 형광등에 대해서 자연광 조명기술을 적용하고, 다음에 LED 조명에 자연광 기술을 적용하여 자연광 에너지의 활용을 통한 전기에너지 절약 효과를 이루고자 한다. 신재생에너지인 새로운 태양광 직접 응용분야의 창출을 통한 경제적 효과를 제고하여, 파생되는 일산화탄소 저감, 에너지 절약, 녹색성장 등을 유도한다.

나. 사회문화적 측면

원자력 발전의 위험성으로 대체 에너지의 개발 및 신재생에너지의 활용을 통한 전기에너지의 절감이 범세계적으로 이슈가 되고 있다. 정부에서도 저탄소 녹색성장을 국가경제의 주된 정책으로 채택하여 추진하고 있으며, 이의 일환으로 조명 분야에서 백열등, 형광등 및 방전등을 LED로 단계적으로 교체하는 정책을 시행하고 있다. 이에 신재생에너지 활용, 전기에너지 절감 및 LED조명 보급에 부응하는 자연광을 이용한 조명기술의 선도적인 개발이 필요하다. 또한 자연 친화적인 조명기술의 개발을 위해 국내외에서 다양한 연구가 진행되고 있으나 본 과제에서 목적하는 바와 같이 다수의 램프를 단일

시스템으로 구동하는 기술은 흔하지 않으며 특히 실용성에 중점을 둔 저가의 시스템은 찾기 어렵다. 이에 본 기술 개발을 통하여 창출되는 태양광 에너지를 직접 이용한 자연광 상호보상 조명이 필요하다.

다. 기술적 측면

건축물의 대형화와 지하시설의 확장으로 창문 없는 사무실이나 지하 시설이 증가하여 주간 조명이 필수적인 건축물이 많아지고 있다. 또한 LED의 백색광 실현에 따라 조명 분야의 발전은 비약적으로 발전하여 기존의 백열등과 형광등 위주였던 조명시장이 점차 LED 조명으로 바뀌고 있다. LED의 효율은 백열전구에 비해서 높으나 형광등과의 차이는 크지 않다. 이론적으로 전력 1 W의 전력은 555 nm의 파장에서 683 루멘의 빛을 발할 수 있으나 일반적으로 사용되는 LED의 경우에는 60 ~ 80루멘 정도로(고효율 LED는 100루멘) 실제적인 광 효율은 5 ~ 12 % 정도이다. 그러나 형광등이 갖지 못한 장점인 절전과 장수명이 현재의 조명으로 자리 잡도록 하는 원동력이 되었다. 또한 LED는 점광원 형태이며 구조적으로 방사각이 좁음으로 상대적으로 높은 휘도로 인한 시각적 피로를 초래하는 원인이 되고 있으나 디퓨저의 개발로 광 확산도가 높아지고 있어 형광등 형태의 조명기구는 면광원과 유사한 조명방법으로 눈의 피로를 줄이고 기존의 시설을 이용할 수 있는 장점을 갖는다. 종전까지 조명은 주로 야간에 필요한 것이었으나 건물의 대형화로 자연채광이 되지 않는 공간이 증가함에 따라 주간에도 빛이 들지 않는 실내공간이 많아지고 또 지하 구조물이나 터널같이 상시조명이 요구되는 곳이 확장되고 있어 자연채광에 대한 관심이 날로 증가하고 있다.

제2장 국내외 기술개발 현황

1. 국내 연구개발 현황

본 과제와 관련된 연구개발 현황은 다음과 같다. 경희대는 옵티칼 파이버 집광기와, 평판형 및 경사형 채광시스템을 연구하였고, 에너지기술연구원은 원형 프레넬 집광형 주광 조명시스템 성능평가 연구를 하였다. 친환경 건물 설비용 자연광 및 LED 광원의 하이브리드 이용기술 연구, 첨단 건물용 프레넬 집광 프리즘 배관형 자연채광기술 연구 및 프레넬 채광에 대한 시뮬레이션 해석모델을 연구하였다.

지하 공간에 있어 Perimeter Occupied Zone에 대한 채광덕트 개발에 관한 연구 (김희서, 단국대, 조명전기설비학회 논문지 13권 4호, 1999)는 채광덕트를 이용하여 지하공간에 적용하여 수치해석 및 축소모형 실험을 하였다. 첨단 고성능 채광시스템의 통합화 설계 기술 개발 (김정태, 경희대, 특정 연구개발 사업 보고서, 2006)에서 평판형 및 경사형으로 광선반형 채광시스템을 개발하고 성능을 평가하였다. 자연채광을 위한 화이버 광학 집광기의 설계 개발 및 성능 평가 (한현주, 경희대, 한국태양에너지학회논문집 Vol.27, No.4, 2007)에서는 태양추적식 자연광 채광시스템을 위하여 4개의 30cm 소형 접시형 반사경과 화이버 광학집광기를 설계 개발하고 솔라셀 광추적 프로그램 개발하여 시뮬레이션 하였다. 한편 휠코리아에서는 파라볼릭 추적식 소구경 집광기, 광케이블과 확산기 방식 기술로, 별개의 야간 조명을 위한 시설이 추가로 요구되어 경제성 부족하며, 광 파이프 구경 250~400mm으로 대구경이다. 고효율 산광장치 및 하이브리드 조명시스템 개발 (에이비엠건설, 지식경제부 2008-2009)에서 집광장치, 광섬유, 광가이드, LED 및 조명제어 실험하였다. 원형 프레넬 집광형 주광 조명시스템 성능평가 (강은철 외, 한국에너지기술연구원, 한국태양에너지학회논문집, Vol.31, No.1, 2011)에서 다수의 소형렌즈 집광부, 광섬유 전송부, 광섬유 다발 산광부 및 산광판을 이용한 자연채광 시스템에 대하여 실험 분석하였다. 친환경 건물설비용 자연광 및 LED 광원의 하이브리드 이용기술 연구(한국에너지기술연구원, 한수빈)은, 자연광과 LED광원의 최적결합 메커니즘연구, 일체화 설비의 시뮬레이션 및 하이브리드 조명의 시험 및 종합 시험평가 체제 구축 연구를 수행하였다. 첨단 건물용 프레넬 집광 프리즘 배관형 자연채광기술 (이의준, 한국에너지기술연구원, 한국에너지공학회 춘계학술발표회, 2002. 과학기술부 국가지정연구)에서는 프레넬 프리즘 자연채광 시스템의 시뮬레이션 해석모델 개발 및 신뢰성을 검증하였다.

본 연구개발과 연관되는 국책과제는 다음과 같이 국토해양부 첨단도시 개발사업으로 친환경 고효율 LED 조명기구 개발과, 교육과학기술부 해외기술정보사업으로 광섬유형 채광 및 조명기술 연구 및 일반기본연구로 자연광 및 LED광원의 하이브리드 이용기술 연구가 수행되었다.

2. 관련기술 산업 동향

(1) 국내 기술 및 산업 동향

가) 국내 시장 현황 및 예측

지식경제부 신재생에너지 2030 R&D 전략(2007.11)에서 2012년도에 2조5천억원, 2020년도에 3조원 및 2030년도에 8조원의 태양광 국내시장을 예상하고 있다. 이 시장은 주로 태양광발전 분야이나, 전체 전기에너지 사용량의 20%가 조명분야이기 때문에, 자연광 이용의 잠재적 조명시장은 5%정도로 예측할 수 있다.

나) 국내 주요 관련 업체

국내 주요 관련 업체로서 에이비엠 건설, 힐코리아, 선텍코리아, 찬성에너지, 엔에스넷, 에프엘씨, 지쏠라, 쏠라비젼, KPPC, 듀라홀딩스, 글로우 및 디자인씨드 등에서 자연광 조명장치에 대하여 수입 판매하거나 주변기술 연구를 수행하고 있다.

다) 국내 전문가 및 연구기관 현황

발표된 논문, 연구보고서 및 공개된 특허를 통해 알 수 있는 자연광 조명기술에 대한 국내 전문가 및 연구기관은 경희대학교, 단국대학교, 경남대학교, 한양대학교, 해양대학교, 한국기술교육대학교, 에너지기술연구원, 전자부품연구원 조명기술연구소 및 광기술연구원 등이다.

라) 국내연구 인프라 수준

주요 인프라 기술로서 광섬유 기술수준은 60%, 집광기술 수준은 80%이고, 광분배기술 수준은 60%, 광 디스플레이 수준은 60% 수준이며, 열 차단

기술 수준 40% 및 건축물 적용기술 수준 60% 이다. 따라서 국내 연구 자연광 조명에 대한 종합 인프라 수준은 선진국 대비 평균 60% 수준으로 볼 수 있다.

마) 국내 기술개발 수준

일부 기업에서 광섬유를 이용한 채광시스템인 일본의 히마와리 제품과, 스웨덴의 파란스 제품을 수입하여 판매 중이다. 에너지기술연구원에서 프레넬 채광 시스템을 중심으로 해석 평가모델 구축 등 기초응용 연구 수준의 연구를 하고 있다. 본 기관에서는 미 오크리지 국립연구소의 접시형 태양광 집광 시스템인 HLS 시스템을 분석하고 열 필터시스템으로 특성화하여 실증연구를 하고자 한다. 자연광 이용 조명기술은 외국의 기술을 100으로 볼 때 국내 기술개발은 60 수준으로 볼 수 있다.

3. 관련 기술 특허 동향

가. 국내외 관련 특허 동향

국내외 관련 선행 특허동향은 다음과 같다. 특허-343626은 자연광과 인공광을 혼합하는 방법에 대한 것으로, 광전송관에서 스위칭하는 방식이고, 실용-170477은 추적된 태양광을 내측거울로 반사하여 전송하는 방식에 관한 것이다. 출원-109214는 LED 색상 조명패널에 광섬유 가닥을 배열하여 색감을 조절하는 방식이고, 특허-951737은 접시형 반사판으로 집광하고 반사경으로 조명하는 것에 대한 것이다. 출원-021119는 깔때기형 반사판으로 광섬유에 집광하고 분배하는 광 파이프형 채광방식이다. 광파이프에 의한 태양광 집광 전송장치 (강훈철, 20-0170477)에서 태양광 추적형 내측 거울형 파이프로 디퓨저에 전송하였다.

고휘도 자연광 인공광 복합 조명장치(에너지기술연구원, 10-0343626)에서 한쪽에 고휘도 인공광을 발생하고 다른 쪽의 자연광을 중간 전환 스위칭 조절하였다. 태양광 집광 채광기의 집광효율 측정장치 (한국조명기술연구소, 10-0813994)에서 발생광량과 태양광 집광량의 차이를 측정하는 자세가변 위치조절 측정장치를 개발하였다. 하이브리드 조명장치 (박민기, 전자부품연구원, 10-2010-0109214)에서 태양광 광섬유 전송, 보조 LED 색상 조정하여 조명하였다. 자연채광장치 및 이를 이용한 하이브리드 조명시스템 (오세대, 10-0951737)에서 파라볼라 접시형 집광장치와 반사경으로 집속 평행광을 만

들어 반사판으로 조명하였다. 광파이프 태양광 채광장치 및 분배 집광장치(정재헌, 10-2011-0021119)에서 깔때기형 채광모듈, 광섬유 다발 광전송, 태양광 분배 및 집광장치를 특허 출원하였다.

나. 본 과제의 특허출원 방향

본 과제에서는 태양광을 파라볼라 캐서그레인 집광방식으로 실용-0170447이나 특허-951737과 상이한 집광방식이며, 집광 시 초점에 발생하는 고온의 열을 흡수하기 위해 액체형 적외선 필터를 사용하여 광 도파관이나 광섬유의 광 전송장치를 보호한다. 물론 태양광 집광 시간과 효율을 높이기 위하여 집광장치가 해바라기처럼 태양을 향하여 움직이는 추적시스템은 매우 다양하여 실용-170477이나 특허-813994와는 다른 방식이 적용되도록 하였다. 또한 자연광 조명 부문에서 출원109214의 광전송관 내에서의 스위칭 방식이나 출원-109214의 평면 배열형 분산 방식이 아닌, 옵티칼 화이버를 이용한 분산 배치 방식을 본 과제에서는 사용하였다.

다. 국내 특허건수와 점유율

국내 관련 특허건수가 총669건 검색되었다. 검색어 '태양광 조명'으로 검색한 결과 특허/실용이 365건, 상표 74건 및 디자인 55건으로 점유율이 73.8%로 높았다. '자연광 조명'으로 검색한 결과 실용/특허가 118건, 상표가 1건 및 디자인 1건으로 점유율이 17.9%이다. '하이브리드 조명'으로 검색한 결과 실용/특허가 38건 및 상표가 10건이 검색되어 점유율이 7.2%이었다. 끝으로 '상호보상 조명'으로 검색한 결과 특허/실용이 7건으로 점유율이 1%로 낮았다. 이상의 특허 검색결과를 보면 '태양광 조명'이 점유율이 높아 활발하게 출원되고 있는 반면, 상호보상 조명은 1%로 새롭게 시작되는 지적재산권 분야이다. 본 연구에서 외국 특허건수를 포함하여 구체적인 선행기술 동향을 조사하였다.

4. 연구개발과제의 수행방향

(1) 국내 연구개발 현황

국내에서 국가과제로 연구된 내용을 건설교통평가원과 과학기술지식정보원(www.kictep.re.kr와 www.ntis.go.kr) 에서 제공하는 과제 검색 서비스를 이용

하여 최근의 관련 국가과제 연구 사항을 검색한 결과는 다음과 같다.

국토해양부 첨단 도시개발 사업으로 중부전기전자에서 수행한 과제는 첨단 미래형 건축물에 적용 가능한 친환경 고효율 LED 조명기구에 대한 개발 연구이다. 해외기술정보사업으로 경남대학교에서 광섬유형 태양광 채광 및 조명기술 정보조사 과제를 수행하여 향후 조명기술의 발전방향을 제시하였다. 교육과학기술부 기본연구로 수행되고 있는 에너지기술연구원의 친환경 건물설비용 자연광 및 LED광원의 하이브리드 이용 기초기술연구를 하고 있다. 본 과제에서는 실용화 가능한 T-5형 형광등이나 LED 인공광원과 자연광의 상호보상 일체형 조명시스템을 개발하는 것으로 실용성에 중점을 두었다.

(2) 연구개발과제의 수행방향

본 과제는 '자연광과 인공광(LED,형광등)의 상호 보상 일체형 조명시스템 개발'로서 자연광 집광 방식에서, 파라볼라 접시형 집광 방식으로 경제성에 중점을 두었다. 광파이프에 의한 전송과 옵티컬 화이버를 조합한 구조는 장거리 전송과 다수개의 램프에 분배가 가능한 방식이다. 본 연구개발에서 적용한 파라볼릭 집광기는 임의의 장소에 설치가 가능하여 신설 건축물 뿐 만 아니라 기존 건축물에도 용이하게 설치할 수 있는 특징이 있다. 상호보상 일체형 등기구는 T-5 형광등 및 LED에 자연광을 조합한 것으로서 자연광의 분포가 균일하게 되도록 발광점 분산방식을 적용하여 조명 품질을 향상시키도록 하였다. 집광 초점 부분에 발생하는 열을 효과적으로 제거하기 위하여 액상필터에 축적된 열을 냉각수 순환방식을 적용하였을 때 집광 면적을 크게 할 수 있어 여러 개의 램프를 한 개의 집광장치로 구동 할 수 있는 장점이 있다. 본 과제에서는 시장에 진입하기 쉽게 인공광 부분은 형광등(T-5)과 LED를 공히 적용하도록 한 신개념의 조명시스템을 개발하였다.

5. 해외 기술개발 동향

가. 주요국가의 시장규모

전 세계 조명시장은 규모는 2010년도 기준 500억$ 이며, 자연광 이용은 주간조명에 해당하므로 표-1과 같이 조명시장의 25%인 125억$를 자연광의 최대 조명시장으로 예상할 수 있다. 자연광 시장과 기존의 인공광 시장의 융합 정도에 따라 자연광 시장의 규모가 결정된다.

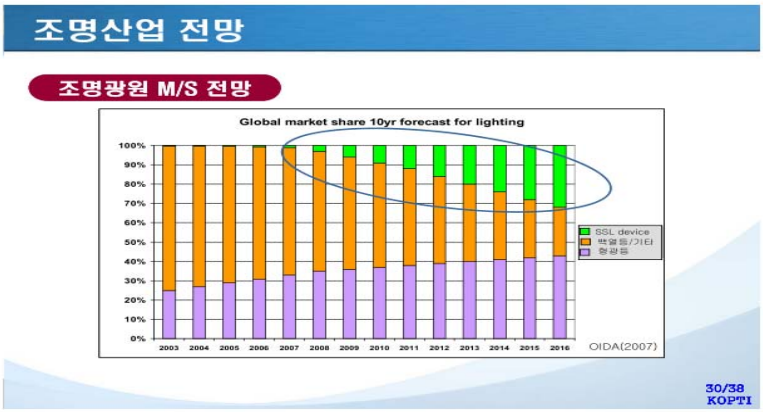


표-1. 조명산업 전망

나. 세계시장을 선도하는 주요업체

국제적으로 스웨덴의 파란스 데이라이팅(PD), 일본의 라포레 엔지니어링(LE) 및 미국의 썬라이트 다이렉트(SD) 등이 자연광 조명시장을 다음과 같이 선도하고 있다.

스웨덴의 파란스 데이라이팅(PD)은 집광율 8000x의 옥상 및 벽면 설치형 프레넬 렌즈 채광 패널, 추적기, 번들 광케이블, 스폿형 및 배열형 조명기 등으로 구성되어 있다. PD 설치 사례는 파란스 본사, 빅토리아 쇼핑몰, 말뫼 기술박물관, 른드 대학세미나실, 소데르탈레 병원, 고틀랜드 위스비 컨퍼런스 센터 등이고 조사방식은 2 x 2 배열 방식이다. PD 시스템 1조의 가격은 3,000달러 수준이다.

일본의 라포레 엔지니어링의 히마와리 (HM) 자연광 조명장치는 투명아크릴 돔, 색집광율 10000x 수차렌즈, 추적기, 아사히 글래스 실리카 대구경 광케이블, 광조사장치로 구성되어 있다. HM 조명장치의 설치사례는 개인주택, 북해도 종합복지관, 아모리현청사, 오카자키 합동청사, 토요하시지하도, 치바현 농업시험장, 미야자키시청, 북해도대학 연구실, 유가쿠칸 고등학교, 포레스토 테라스 모리빌딩 등 40여개의 시설에 설치되어 스포트 및 다운라이트 방식으로 조명하고 있다. 표준 12렌즈식 히마와리 1조의 가격은 1천만원 수준이다.

미국의 썬라이트 다이렉트사(SD)의 HLS(Hybrid Lighting System)은 집광율 9000x의 집광기와 추적기, 대구경 광섬유 광분배기와 제어시스템 및 광조사기로 구성되어 있으며 50%의 전달 효율을 갖는다. HLS의 설치사례는 월마트, Aveda사, 샌디애고 주립대학 등으로 주로 스포트 라이트 방식으로

조명하고 있다. HLS 1조의 가격은 2011년도 기준 4,200달러이고, 2020년에 1,600달러로 예상하고 있다. 이외에도 독일의 Solux사가 광도파관형 자연광 상호보상 조명장치를 개발하였다.

다. 주간 조명에너지의 절약을 통한 조명 시장의 선도적 역할

앞에서 연구개발 개요, 연구개발 실적, 국내외 관련기술 및 산업동향, 특허동향, 및 정부지원정책 동향에서 살펴 본 바와 같이, 에너지 절약 정책은 세계적인 추세이며 국내에서도 국가의 우선 정책의 하나로 추진되고 있다. 전체 전기 발전량의 20%가 조명에너지로 사용되고 있어, 주간 조명에 자연광을 이용할 수 있도록 실용화 하는 본 연구는 전기 에너지 절약에 중요한 한 부분이 될 수 있다. 이에 자연광과 인공광(LED, 형광등)의 상호보상 일체형 조명시스템의 개발의 수행이 첨단도시개발 과제로 시의 적절하게 수행되었다고 볼 수 있다. 1년 동안의 성공적인 과제수행을 통하여, 국내외 조명시장과 세계시장에서 선도적인 역할을 할 수 있는 계기가 되었다. 다음 표와 같은 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템의 개발에 대한 표-2의 SWOT 분석과 같이, 강점과 기회를 살리고 약점과 위협을 보강해야한다. 그리고 관련 법 규정을 개정하여 탄력을 받은 연구개발의 결과물을 통하여 조명시장의 선도적 역할에 도전한다.

구분	강점, S	약점, W
내부 요인	자연광 이용에 대한 비전 보유 자연광 집광 기초기술 확보 자연광 전송 기초기술 확보 자연광 조명 기초기술 확보 신재생 에너지 복합기술 보유 협동 개발 체제 구축 완료	자연광 조명 개발 보유재원 부족 자연광 조명에 대한 인식과 홍보부족 자연광 조명 건축물 적용 사례 부족 자연광 조명 초기 설비비 부담 대형건물 자연광 집광 전략 미비 다양한 건축물 자연광 분배전략 미비
외부 환경	기회, O	위협, T
	정부 에너지 절감 정책 추진 정부 신재생 에너지 활용 추진 정부 LED 조명 정책 추진 시장 자연광 활용 관심 증가 학계, 연구계, 산업계 기초연구 추진 수요자 관심도 증가	신규 시설비 부담 LED 관련 비용 고가로 현실화 장애 건축물 자연광 조명설비 규정 불비 기존 조명설비 시장의 저항 건설 및 소유자에 대한 홍보 미흡 자연광 설비 생산 투자의지 부족

표-2. SWOT 분석

제3장. 연구개발 수행내용 및 결과

1. 연구개발의 수행내용

본 '자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 개발'은, 기존의 램프인 형광등이나 새로운 LED에 태양광을 집속하여 전송, 확산시키는 자연광 조명장치를 조합하여, 주간 조명시설이 필요한 사무실 공간이나 지하공간에 자연광과 인공광을 상호 보상하여 조명하여 전기에너지를 절약할 수 있는 일체형 조명장치를 개발하였다. 이를 위하여 태양광 집광장치, 자연광 유도장치, 자연광 분배장치, 상호보상장치 및 자연광 분산조명장치에 대한 핵심기술을 개발하고자 하는 것으로 선정된 건축물에 본 과제에서 개발된 조명시스템을 설치하여 실증실험을 통해 성능을 검증하여 실용화 연구개발 하였다.

2. 연구개발의 수행범위

본 연구의 개발범위는 다음과 같다. 먼저 태양광을 집광하고 다음에 조명이 필요한 장소까지 전송하고, 현장에서 자연광과 인공광과 상호 보상하여 조명하는 것이 본 연구과제의 개발 범위이다. 태양광의 스펙트럼은 380 ~ 4000 nm에 분포하며 이중 가시광의 영역은 400 ~ 750 nm로 파장 영역에서 가시광이 차지하는 비중은 1/5이며 1 m^2의 면적에 조사되는 광량은 1000 W/h이며 이 중 가시광의 비율은 48%이다. 즉 빛을 응집할 때 가시영역을 벗어나는 적외선의 비율이 50%이상으로 이는 회로를 구성하는 전체 광학계에 큰 열적 부담으로 작용하게 된다. 따라서 열적 부담을 줄이며 필요한 가시광선만을 응집하기 위해서 적외선 분리장치가 제작되었다. 집광을 위하여 접시 또는 캐서그레인형 반사판이 설계 제작되고, 광전송을 위하여 파이프형 및 광섬유형 광도파관이 필요하고, 광 조사를 위하여 실내용 광확산 조명장치가 설계 제작되었다.

본 개발 연구에서는 자연광과 인공광원(LED, T5)을 결합한 일체형 상호보상 조명시스템을 개발하여 주간 조명에너지를 자연광으로 대체함으로써 에너지를 절약하는 방안을 구축하였다. 소비전력 50W/h급, 4000루멘의 인공광(LED, T5)램프를 집속된 고휘도 태양광과 접속하여, 발광면 휘도편차 <10% 이내인 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템을 개발하였다.

이를 위하여, 내장형 조도 Sensor 및 자연광의 조도에 반응하는 상호보상 콘트롤러와, 태양 집속광을 생산하는 자체 추적식 캐서그레인 파라볼릭 집광기를 개발하였다. 대역폭 400 ~ 750 nm, 투과율 75 % 이상의 액상 가시광 필터를 개발하고, 전송효율 95%와 직선거리 100 m 미만, 직경 100 mm인 경량 광도파관을 개발하였다. 엘보 부분에서 투과 손실율 10 %미만인 옵티컬 커플러를 개발하고, 광 도파관으로 부터 자연광을 분배하여 50 W/h급 인공광(LED,형광등)과 태양의 고밀도 자연광을 다수개의 동일 조명기구에 유도하여 인공광과 상호보완적으로 운용할 수 있는 일체형 조명시스템을 개발하였다. 일몰과 일조량 변화에 대비한 상호보상형 연동체계구성 및 건축물 적용기술개발을 통한 건축물 시범적용을 수행하였다. 자연광 집광 및 유입방법 및 광 확산 체계와 LED 램프에서 가장 큰 어려움인 소자의 냉각 등 융합적인 연구를 통하여, 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템을 실용화 개발하고, 핵심 요소기술에 대한 특허출원 1건과, 본 결과물을 실제의 건물에 설치하여 실증실험을 실시하였다. 이러한 액상 가시광필터, 상호보상 콘트롤러, 광도파관, 광 결합기 등 광 집광 및 광전송의 요소기술 개발을 통해 자연광(T-5, LED)과 인공과의 상호보상 일체형 조명시스템의 개발하고, 이러한 자연광 이용기술을 통해 주간 조명에너지의 20%이상을 절감하였다.

최종 목표의 설정 근거는 태양광과 LED(형광등)를 결합한 상호보상 조명체계로 조명에너지를 절약하는 방안을 마련하였다. 단일 조명기구를 통하여 두 가지의 광원을 교차 운용하도록 하여 조명의 품질을 향상시키고 에너지 소모를 줄일 수 있게 되었다. 그리고 설비비의 부담으로 인한 LED조명의 기피현상을 완화시켜 정부정책으로 추진하고 있는 LED조명의 보급 활성화를 기하였다.

3. 연구개발 추진전략 및 방법 (1차년도: 종결)

구분	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행기간 (주)	해당기관
1	■ 기초문헌 조사분석 및 개발방향 설정 - 연구 보고서 및 논문 - 특허 선행조사	- 특허정보원등을 활용하여 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 관련 핵심 요소기술에 대한 미국, 일본, 스웨덴, 독일 등의 기초문헌조사 분석 및 개발방향 설정.	5	주관 위탁
2	■ 대구경 및 캐서그레인 광집광시스템 개발 ■ 태양 자동추적 구동 시스템 개발	- 산학연 전문가와 협조체제를 구축하여 집광 반사판의 베이스를 강도가 높고 제작이 용이하며 열 및 습기의 내후성이 높은 재료를 선택하고 제작가공이 경제적인 방법을 선택 - 표면 반사율이 높고 내구성이 길어 잘 파손되지 않는 glass 소재를 구하고 집광 초점이 작은 광학적 특성이 좋은 소재으 정밀가공 체제 구축. - 국내 추적기술 보유 학교 및 산업체와 정보기술 교류체제를 구축하여, 구동력이 높아 여유도가 있으며 민감도가 높고 댐핑력이 있고 규모가 작은 에피메리스 구동 S/W 가능한 자동추적제어장치 개발체제 구축.	10	주관
3	■ 상호보상 디밍 신호처리기 기초조사 ■ 광기술 전문가 활용	- 한국기술교육대학교와 다학제간 연구진 구성. - 조명기술연구소 및 고등광기술 연구원등과 협력체제를 구축하여, 인간친화적 조명성능을 확보하기위해 조명 및 감성 품질을 확보하기위해 다양한 조명기술 적용체제 구축.	10	위탁 기관
4	■ 액상 가시광 필터 및 냉각시스템 개발 ■ 열회수 재활용 개발	- 표준연구원등 광학측정 시험연구기관을 활용하여 가시광을 잘 투과하면서 적외선을 흡수할 수 있는 액상 필터를 탐색 또는 제조. - 냉각율이 높은 열역학적 구조 및 기능 탐색 적용. 공주공대, 한기대의 열역학 전문가 방문 토론을 통하여 학술적 및 산업적 응용기술 활용 체제 구축.	10	“
5	■ 특허출원 및 연차보고서 작성	- 기술적, 행정적 연구사업 진행결과 점검 - 국내외 특허를 면밀히 검토하여 창의성 있고 차별화된 원천기술 및 응용기술로 지적재산권 확보체제 구축. -연차보고서 작성 및 행정처리의 실무능력자 활용체제 구축.	5	주관 위탁

세부 추진방법으로는, 조명기술 및 광기술 연구소와 협조체제를 구축하고, 전기제품 시험검사소 전기전자부품연구소를 활용하여, 상호보상 일체형 조명

시스템의 구성하고 구조와 성능을 분석 시험하는 개발체제를 구축하였다. 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 관련 핵심 요소기술에 대한 미국, 일본, 스웨덴, 독일 등의 기초문헌조사를 특허정보원 등을 통해 분석하여 세부적인 개발방향을 설정하였다. 산학연의 조명기술 및 열역학기술 전문가와 협조체제를 구축하여 집광반사판의 베이스를 강도가 높고 제작이 용이하며 열 및 습기의 내후성이 높은 재료를 선택하고 제작가공이 경제적인 방법을 선택하고, 표면 반사율이 높고 내구성이 길어 잘 파손되지 않는 유리 소재를 구하며, 집광 초점이 작은 광학적 특성이 좋은 소재를 구하여 정밀 가공하였다. 국내 학연의 추적기술 전문가와 협조체제를 구축하고, 산업체의 추적부품을 활용하여, 구동력이 높아 여유도가 있으며 민감도가 높고 댐핑력이 있으며 콤팩트한 에피메리스 구동 S/W 가능한 자동 추적제어장치를 개발한다. 한국기술교육대학교와 다학제간 연구진를 구성한다. 조명연구소 고등 광 기술원등의 도움을 받아 인간친화적 조명성능을 감성 품질을 확보하기위해 다양한 조명기술 보유자의 전문성을 활용하고, 가시광을 잘 투과하면서 적외선을 흡수할 수 있는 액상 필터를 검색하여 우리 실정에 맞는 소재를 개발한다. 천안 인근의 공주공대, 한기대의 열역학 전문가를 방문하고 토론을 통하여 학술적 및 산업적 응용기술을 활용하여 냉각율이 높은 열역학적 구조 및 기능의 액상 필터 냉각장치를 개발한다. 특허정보원등을 활용하여 국내외 관련 특허를 면밀히 검토하고, 창의성 있고 차별화된 원천기술 및 응용기술로 지적재산권을 확보한다. 연차보고서 작성 및 행정처리에 조직 내의 실무능력자를 차출하여 활용하였다.

4. 연구개발 수행결과

가. 연구개발 추진내용 요약

1차년도(종결)에는 관련기술에 대한 선행기술조사, 대구경 1차 집광부, 캐서그레인 2차 집광부 , 태양추적 구동 제어부 및 투과율 75% 액상 가시광 필터 개발하였다. 그리고 특허를 1건 출원 하였다. 이에 대한 자세한 내용은 다음과 같다.

나. 선행 특허기술 동향

국내 선행기술 특허 동향은 다음과 같다. 첨단 건물용 프레넬 집광 프리즘 배관형 자연채광기술 (이의준, 한국에너지기술연구원, 한국에너지공학회 춘계학술발표회, 2002. 과학기술부 국가지정연구)에서는 프레넬 프리즘 자연채

광 시스템의 시뮬레이션 해석모델 개발 및 신뢰성을 검증하였다. 친환경 건물설비용 자연광 및 LED 광원의 하이브리드 이용기술 연구(한국에너지기술연구원, 한수빈)은, 자연광과 LED광원의 최적결합 메커니즘연구, 일체화 설비의 시뮬레이션 및 하이브리드 조명의 시험 및 종합 시험평가 체제 구축 연구를 수행하였다.

원형 프레넬 집광형 주광 조명시스템 성능평가 (강은철 외, 한국에너지기술연구원, 한국태양에너지학회논문집, Vol.31, No.1, 2011)에서 다수의 소형 렌즈 집광부, 광섬유 전송부, 광섬유 다발 산광부 및 산광판을 이용한 자연채광 시스템에 대하여 실험 분석하였다.고효율 산광장치 및 하이브리드 조명시스템 개발 (에이비엠건설, 지식경제부 2008~2009)에서 집광장치, 광섬유, 광가이드, LED 및 조명제어 실험하였다. 한편 휠코리아에서는 파라볼릭 추적식 소구경 집광기, 광케이블과 확산기 방식 기술로, 별개의 야간 조명을 위한 시설이 추가로 요구되어 경제성 부족하며, 광 파이프 구경 250-400mm으로 대구경이다. 자연채광을 위한 화이버 광학 집광기의 설계 개발 및 성능 평가 (한현주, 경희대, 한국태양에너지학회논문집 Vol.27, No.4, 2007)에서는 태양추적식 자연광 채광시스템을 위하여 4개의 30cm 소형 접시형 반사경과 화이버 광학집광기를 설계 개발하고 솔라셀 광추적 프로그램 개발하여 시뮬레이션하였다.

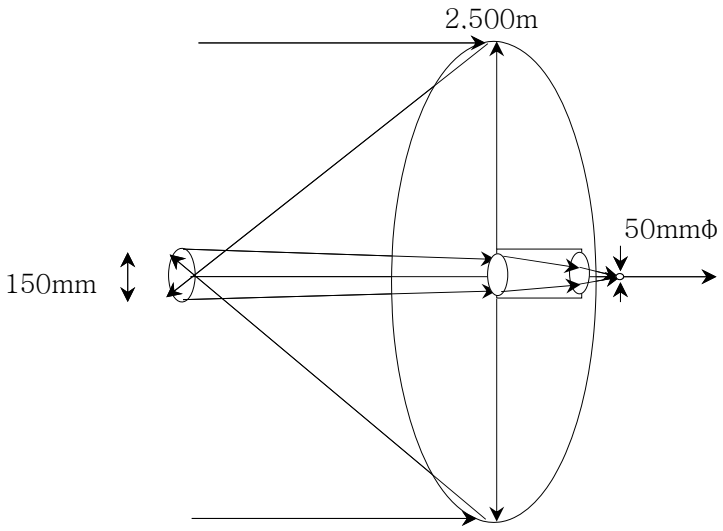
첨단 고성능 채광시스템의 통합화 설계 기술 개발 (김정태, 경희대, 특정연구개발사업 보고서, 2006)에서 평판형 및 경사형으로 광선반형 채광시스템을 개발하고 성능을 평가하였다. 지하 공간에 있어 Perimeter Occupied Zone에 대한 채광덕트 개발에 관한 연구 (김회서, 단국대, 조명전기설비학회 논문지 13권 4호, 1999)는 채광덕트를 이용하여 지하공간에 적용하여 수치해석 및 축소모형 실험하였다. (주)유양디엔유는 스마트 LED 조명의 구동을 위한 하이브리드 발전 시스템 및 그 시스템의 전력제어방법 101081323, 동국중전기(주)는 하이브리드 발전장치가 구비된 가로등주 100863235, 월드탑텍(주)은 하이브리드 태양광 가로등 101025222, 쓰리엠이노베이티브 프로 퍼티즈 컴퍼니는 태양광 가시성 디스플레이를 위한 수동형 및 하이브리드형 주광-결합 백라이트를 출원 또는 등록하였다.

(주)홍보컴퍼니는 태양광을 이용한 하이브리드 조명장치 100970152, 전자부품연구원은 하이브리드 조명장치 101050109, 김지성은 태양광과 풍력을 이용한 가로등 10-2009-0054625, (주)KPPC는 태양광과 엘이디를 이용한 하이브리드 램프시스템 1010881406, (주)자유코퍼레이션은 하이브리드형 자

연채광 조명시스템 1010394630을 출원 또는 등록하였다. 김현진은 엘이디와 태양광을 이용한 하이브리드 선라이트 시스템 10-2010-0039134, 태창엔이티(주)는 하이브리드 가로등 101023104, 제너럴엘렉트릭 컴퍼니는 하이브리드 간섭코팅램프 및 방법 10-2012-7003265, (주)에타는 하이브리드 추적형 태양광 가로등 200373968을 출원 또는 등록하였다. (주)휠코리아는 식생을 위한 하이브리드 인공조명장치 10-2010-0069874, 이데미쓰 고산 가부시키가이샤는 조명장치용 하우징 구조체 및 그의 제조방법 10-2008-7004261, 금호전기(주)는 하이브리드 조명장치 101056515, 김연구는 태양광과 풍력을 이용한 가로등 100996358을 등록 또는 출원하였다.

다. 자연광 집광 시스템 설계제작 실험결과

1). 집광율 (목표: 500대1, 달성 2500대1)



길이비 2500 : 150 : 50 = 50: : 3 : 1 면적비 2500 : 9 : 1

그림-6. 집광율 데이터

2). 구동오차 (목표: 0.5도, 달성 5도)



그림-7. 양축 추적 센서파트 (한국릴레이)

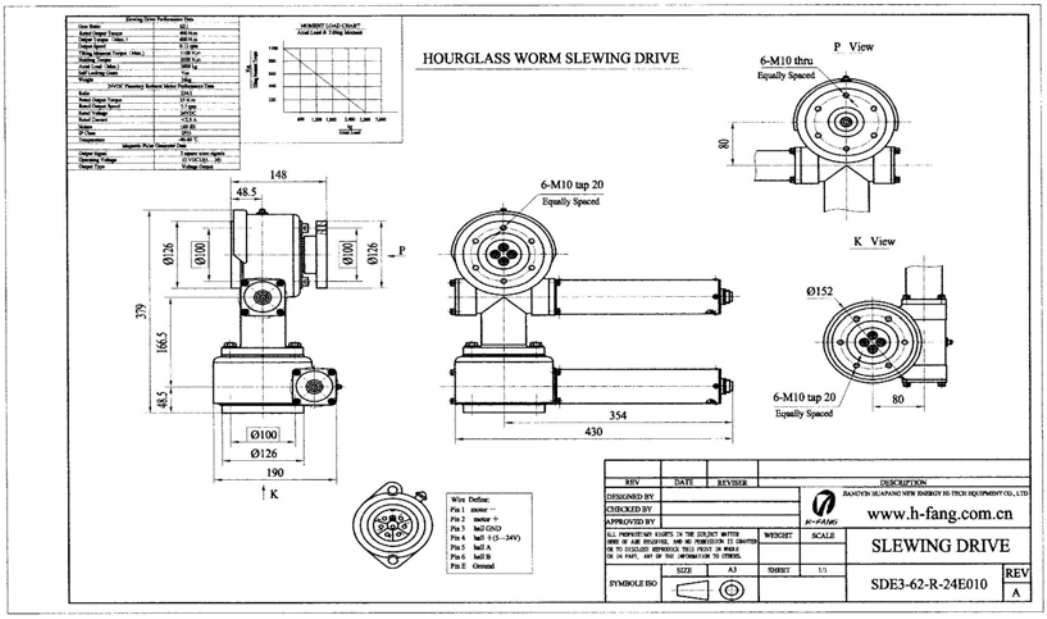


그림-8. 양축 추적 구동 감속기어 특성

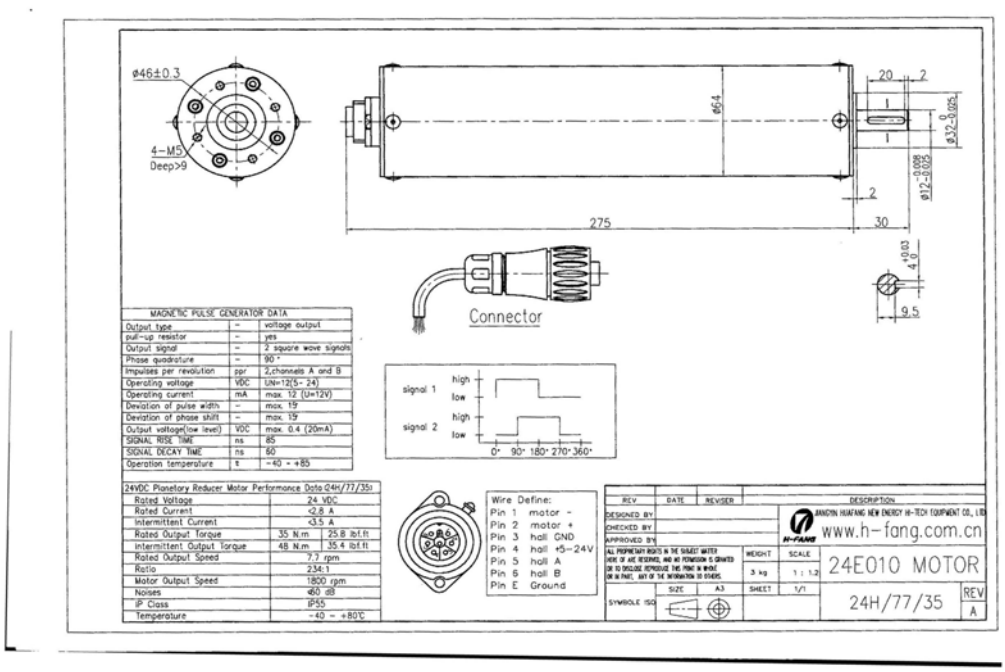


그림-9. 양축 추적 구동모타 특성

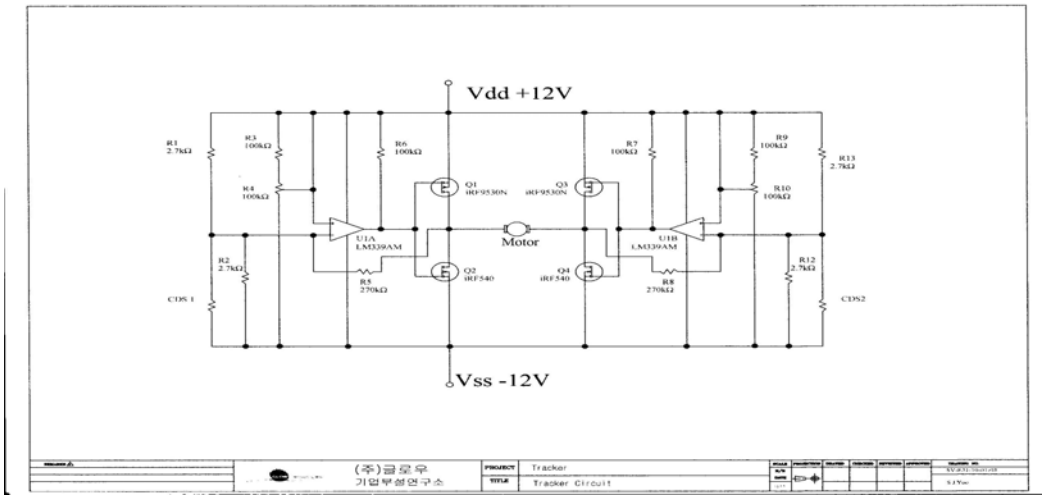


그림-10. 양축 구동 회로 (DC24V, 3A, 차동회로)

3) 특허출원 (목표: 1건, 달성 1건), 4월 16일 출원(10-2012-0039265)

특허출원 제목: 액체 가시광 필터,

내용: 적외선 차단(>620nm), 자외선 차단(<270nm), 가시광 통과 (280-610nm)

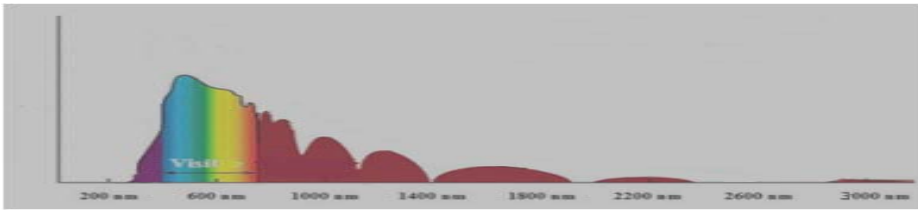


그림-11.태양광 스펙트럼 분포: 가시광 영역 필터링

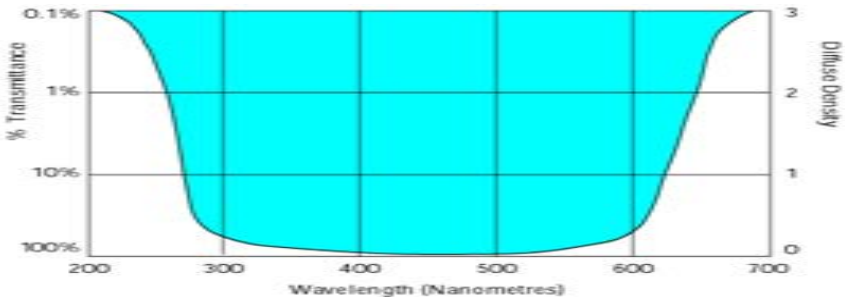


그림-12. CuSO4 수용액 가시광 필터의 광학적 특성데이타

라. 연구개발 추진 결과-1

연구내용	추진 실적-1	산출 결과물
▪ 대구경(캐서그레인) 집광시스템 개발 ▪ 태양 자동추적 구동시스템 개발	▪ 대구경 1차 집광용 파라볼릭 집광 System 제작 - 2건 -재질: FRP, STS-303 ▪ 양축구동시스템 프레임 제작- 2건 - Elevation: 0 ~ 180 도 - Azimuth : 0 ~ 360 도	▪ 대구경 1차 집광용 파라볼릭 집광기 설계도 (첨부 캐드도면 참조) ▪ 대구경 1차 집광용 파라볼릭 집광기 제작 실물 (첨부 사진 참조)
상호보상 조명장치 개발 방향설정 ▪ 상호보상 디밍 신호 처리기 기초실험	▪ 매주 금요일 세미나실시(진행점검) ▪ LED 전력드라이버 회로분석-1건 ▪ LED광과 형광등의 태양광 상호보 상 변환회로검토 -1건	▪ 조명용 LED 선정연구-1건 ▪ LED 드라이버 기초 연구-1건 ▪ LED광과 태양광 상호보상 기초연구-1건 ▪ (이상 3건 첨부자료 참조)
▪ 기타	▪ 액상필터 자료수집- 1건 ▪ 위탁연구: 상호보상 조명시스템 (한국기술교육대학교)	▪ LED 드라이버 자체제작 - 1건 ▪ 태양광 에뮬레이터 - 1건

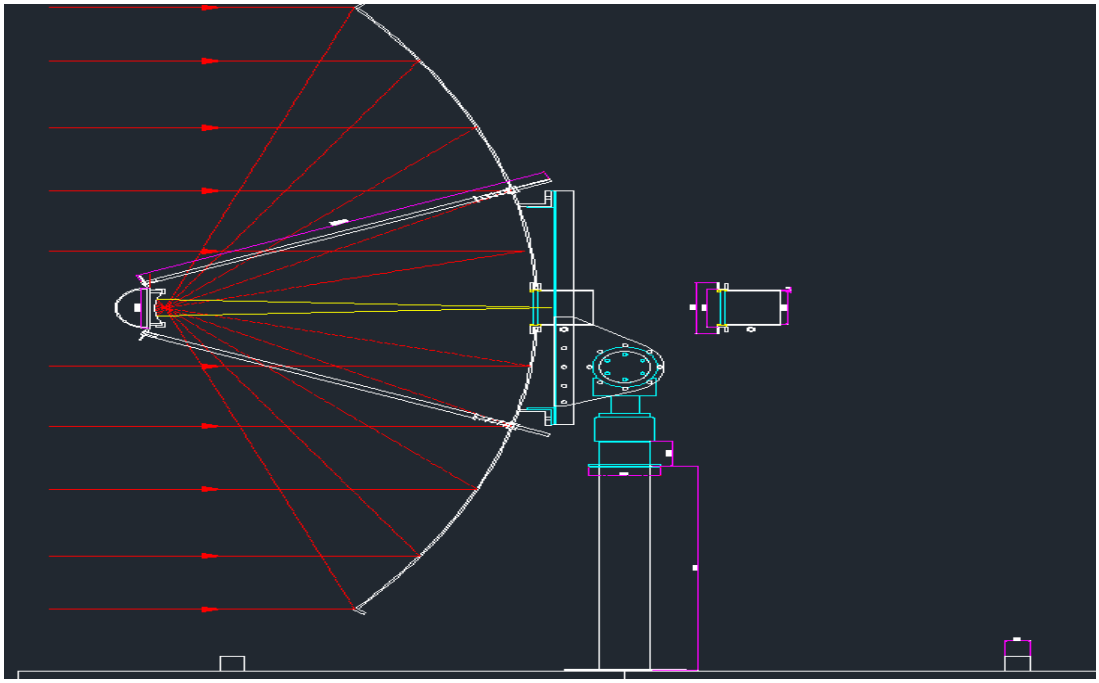


그림-13. 대구경 1차 집광기 제작 설계도 - 전체

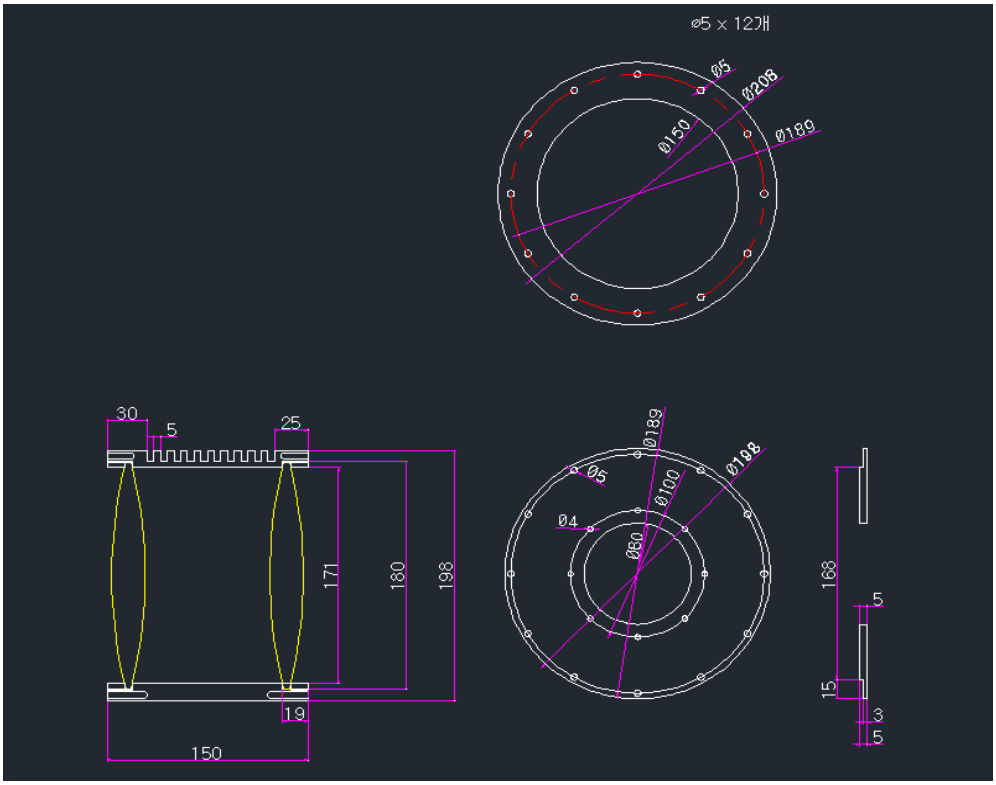


그림-14. 2차 집광기 설계도

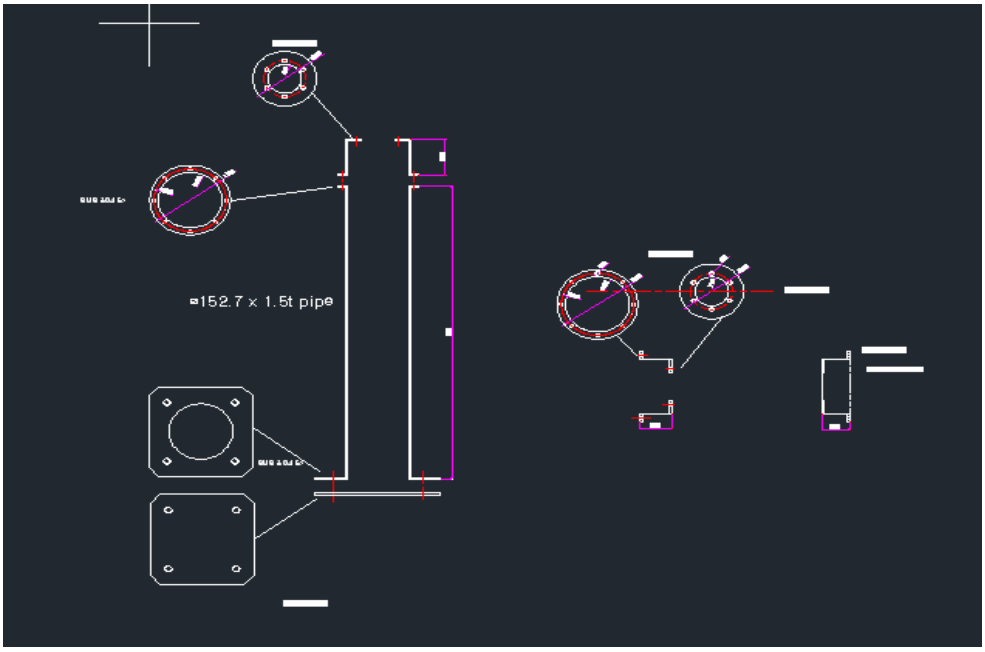


그림-15. 대구경 1차 집광기 및 구동장치 거치대 프레임 설계도

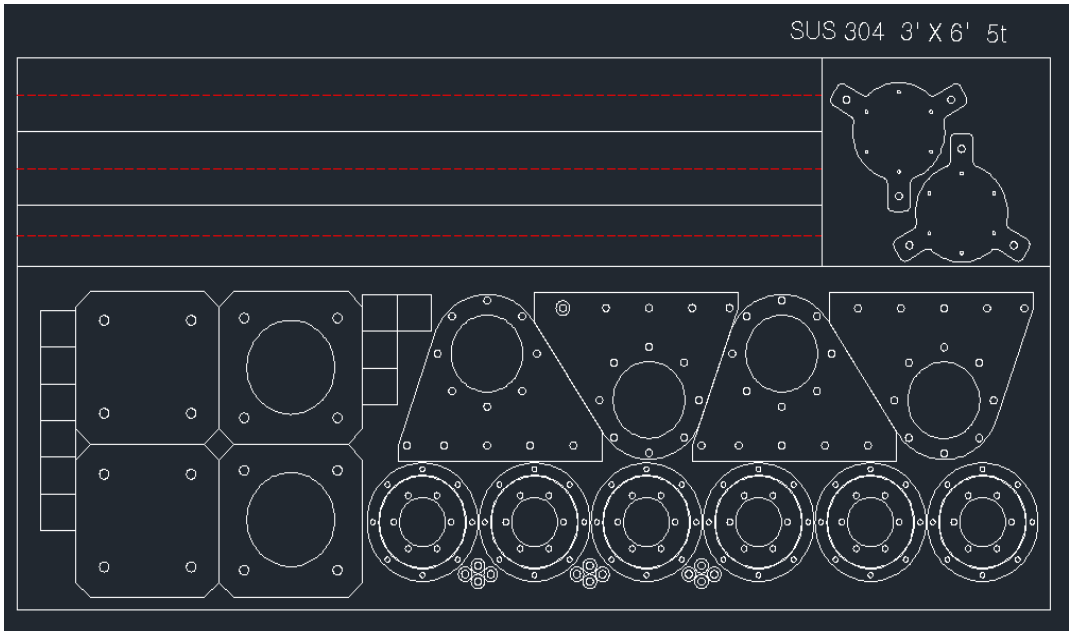


그림-16. 대구경 1차 집광기 거치대 프레임 구조물 설계도

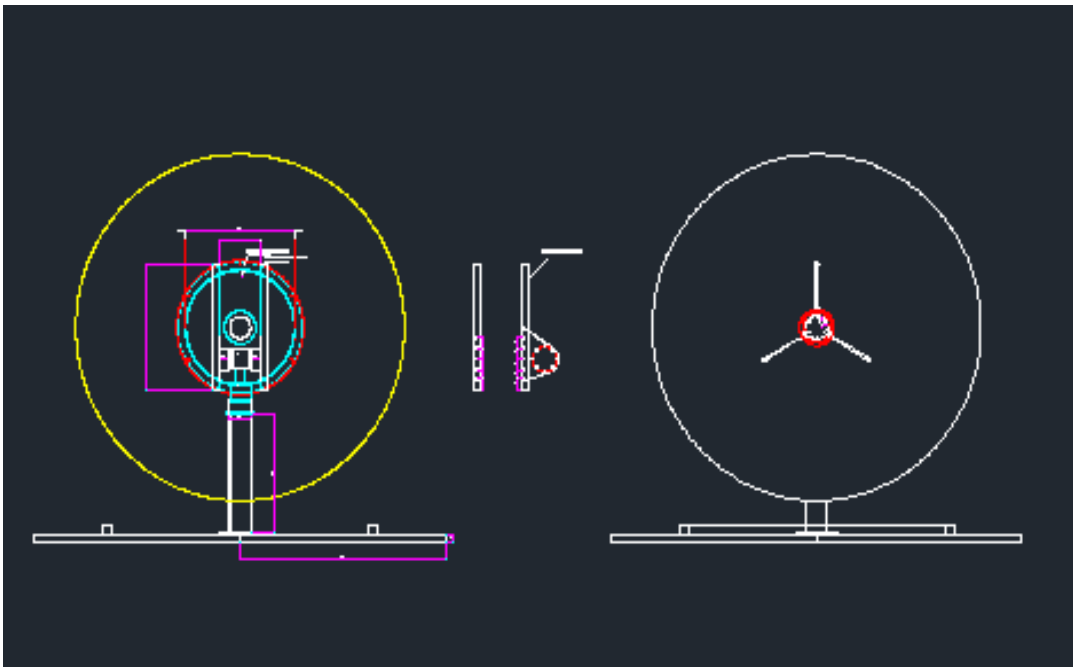


그림-17. 대구경 1차 집광기 파라볼라 지지대 설계도

마. 연구개발 추진 결과-2

계획	추진실적-2	산출 결과물
▪ 캐서그레인 2차집광기 개발	▪ 2차 집광용 2중 렌즈 집광 System 제작 - 1건 재질: STS-303, Glass -	▪ 2차 집광용 2중 렌즈 집광기 실물 (첨부 사진 참조)
▪ 태양 추적 장치 시스템 개발	▪ 무정전 양축구동 전원장치- 2건 - 모터 24V, 2.4A 양축 -2건 - 양축센서, 회로 -1건 - 축전지, 챠저 12V 18A -2건	▪ 태양 추적장치 모터 및 전원 장치 실물 (첨부 사진 참조)
▪ 액상 가시광 필터 냉각기 개발	▪ CuSO4 10% 액상필터 하우징-1건 - 냉각기 ~0℃ -1건	▪ 액상 가시광 필터 하우징 및 냉각기 실물 (첨부 사진 참조)
▪ 상호보상 조명장치 구현을 위한 광 분배방식 기초연구	▪ 태양광 시뮬레이터 제작 -1건 ▪ 광케이블 상호보상램프 원형제작 -1건	▪ 광케이블 원형 상보상램프-1건 ▪ 모의 태양광 제작물 -1건
▪ LED전력제어기술 자료조사 기초실험	▪ Buck 컨버터 설계를 위한 시뮬레이션 -1건	▪ 정전류형 LED드라이버 시험제작 실험결과물 - 1건
▪ 기타	▪ 조명용 LED 정보수집 기초실험 - 1건 ▪ 위탁연구: 상호보상 조명시스템 (한국기술교육대학교)	▪ LED 형광등 재료 자료조사 - 1건 ▪ 태양광 에뮬레이터 - 1건




그림-18. 2차 집광기 사진



그림-19. 자연광 집광 추적장치

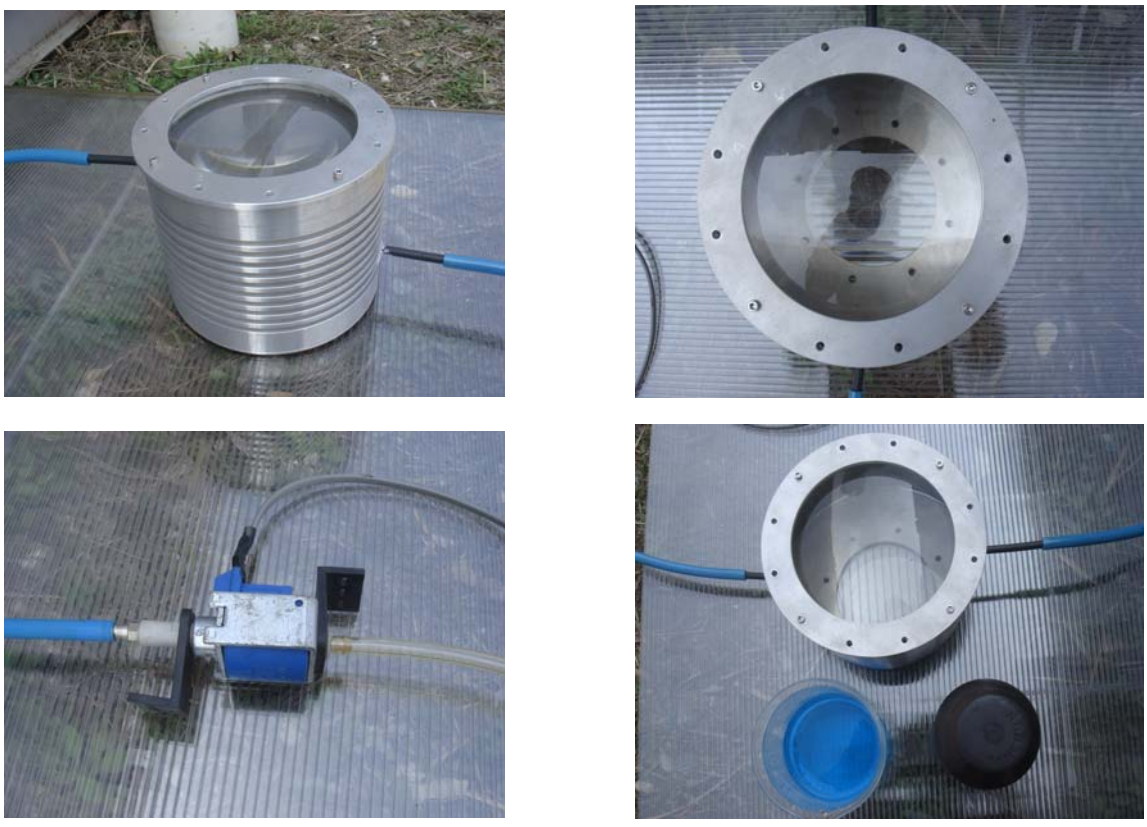


그림-20. 액상 필터 유체 냉각장치 하우징

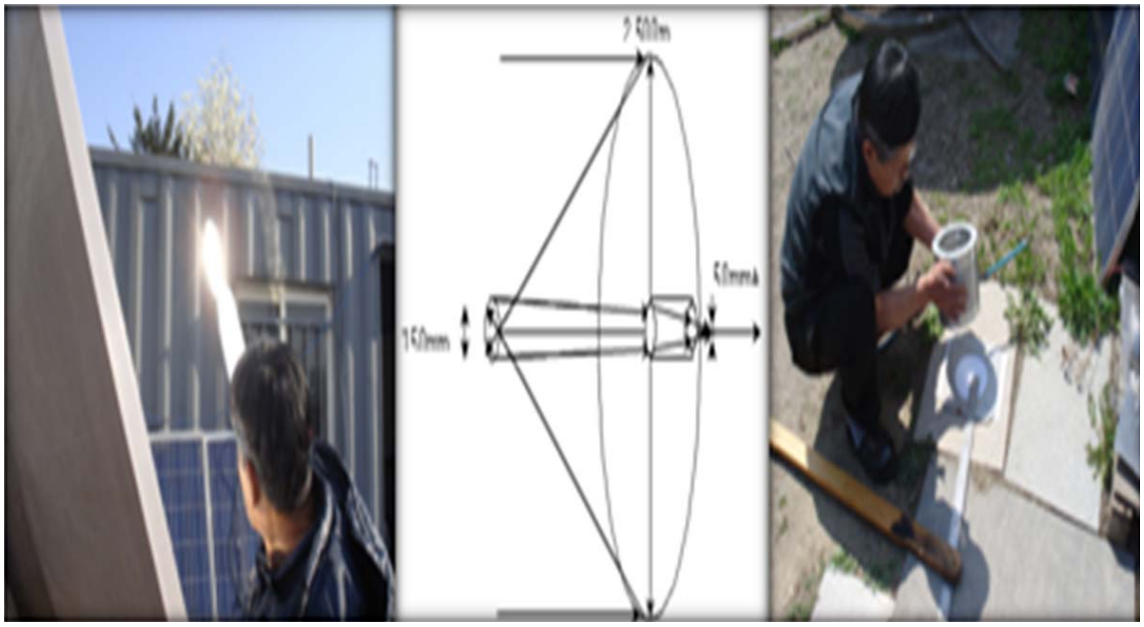


그림-21. 자연광 집광율 측정

(목표: 500대1, 달성 2500대1)



그림-22. 액상 필터 유체 냉각장치



그림-23. 자연광 집광장치



그림-24. 자연광 집광 실험



그림-25. 자연광 1차 집광 실험 장면



출 원 번 호 통 지 서

특 허 청 장

그림-26. 액상 태양광 적외선 흡수 필터링 방법

(특허 출원 10-2012-0039265)

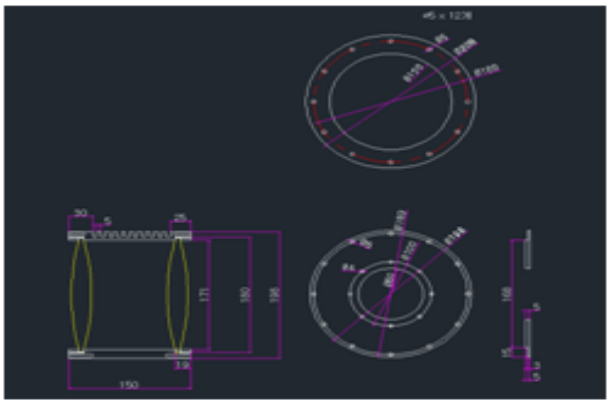


그림-27. 액상 태양광 적외선 흡수 필터 설계도

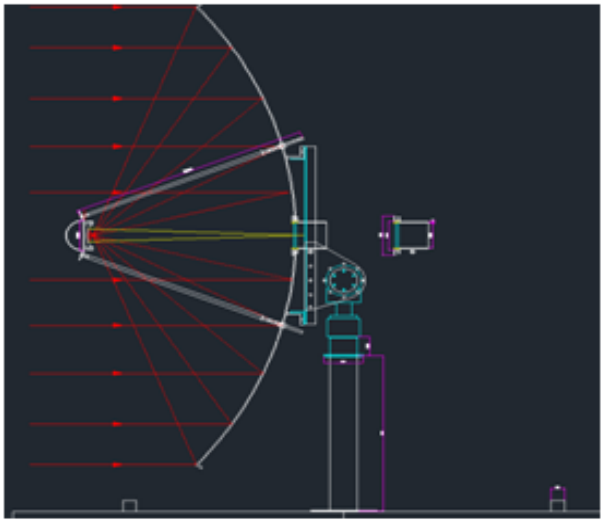


그림-28. 자연광 집광 추적장치 설계

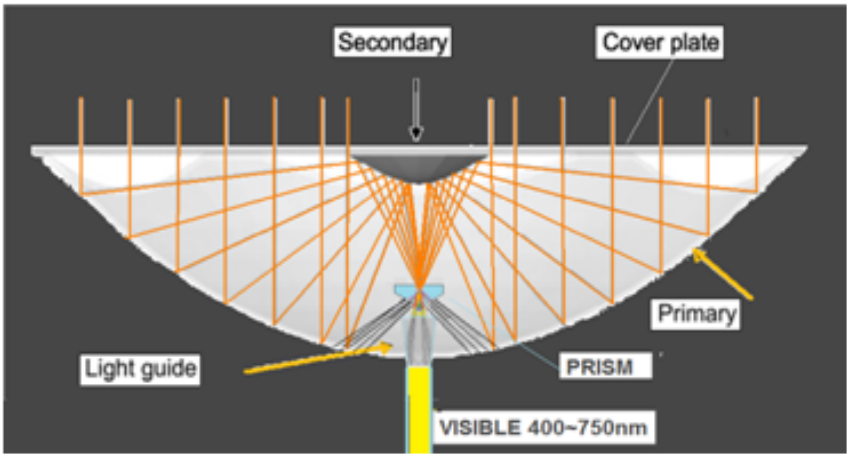


그림-29. 자연광 1차 및 2차 집광 시스템



그림-30. 자연광 집광 추적장치 제작

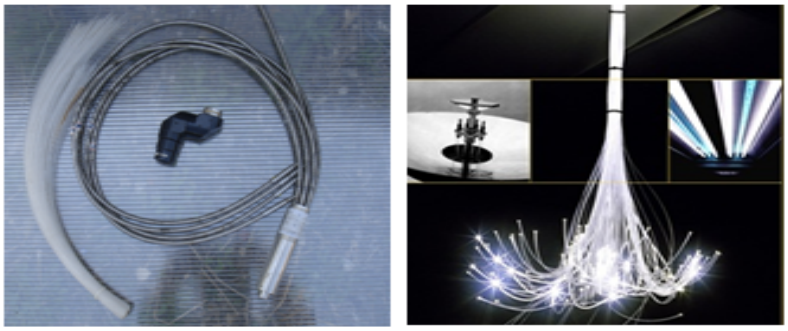


그림-31. 옵티칼 화이버 프로화일 및 회전관절

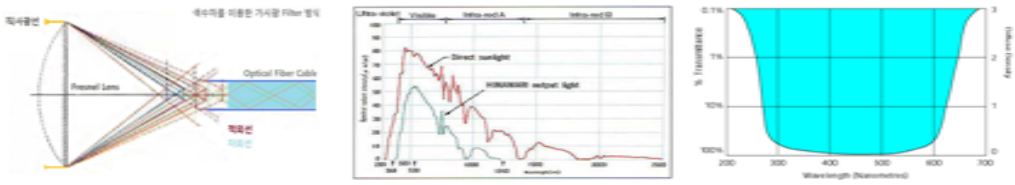


그림-32. 고집광 태양광으로부터 IR 제거



그림-33. 실린더형 광도파관 (D:100mmϕ, L:4m)

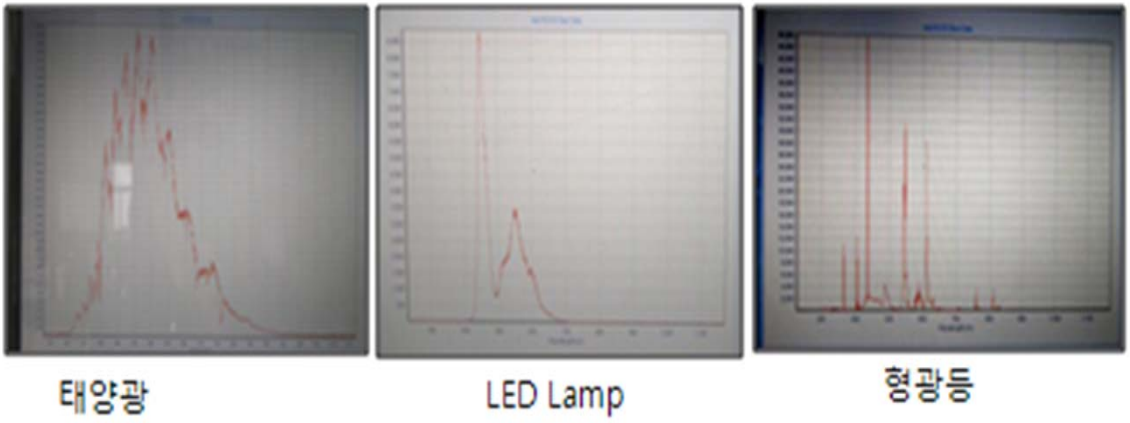


그림-34. CCD 분광계 측정 데이터

바. 위탁연구 연구개발 추진실적

- 상호보상 조명시스템 광분배 및 전력제어 기초실험

- 한국기술교육대학교, 정종대 교수

1) 조명용 LED와 광섬유를 조합하고 광을 부드럽게 필터링하기 위한 하우징 장착 사진

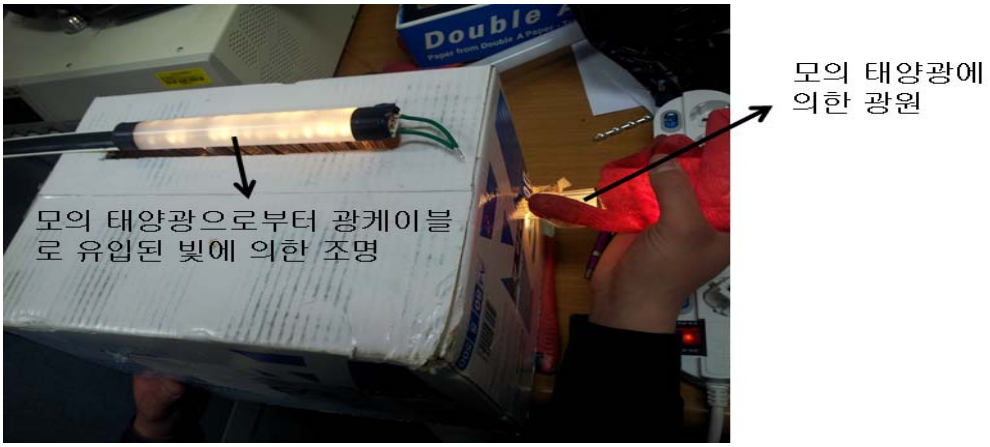


그림-35. 모의 태양광 광케이블 디퓨져 조명

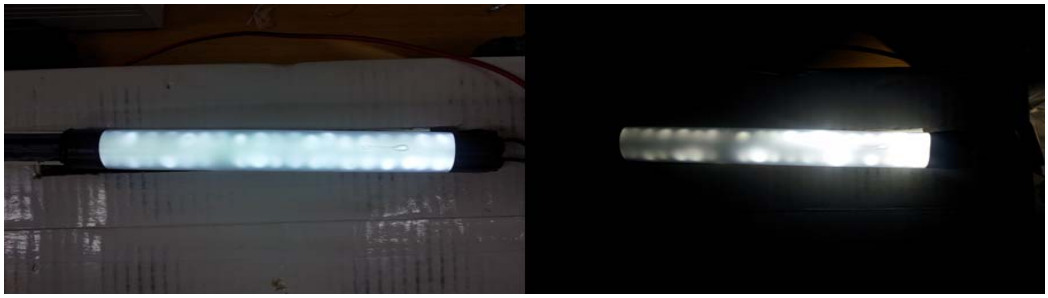


그림-36. 모의 태양광을 백색광 상호보상 램프의 발광상태 사진

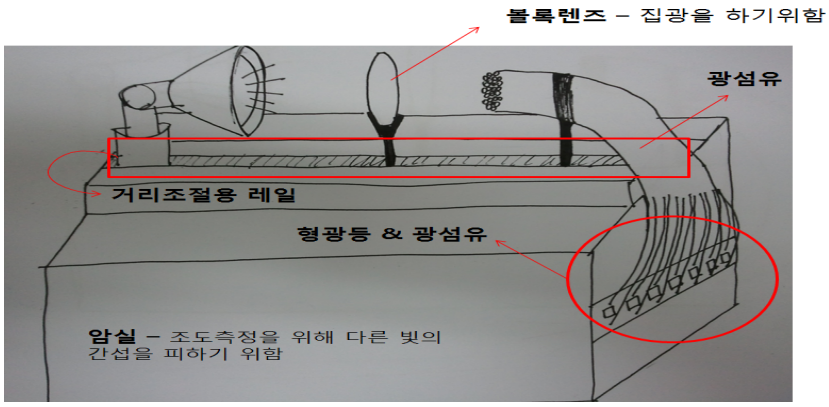


그림-37 태양광 시뮬레이터 제작: 100W급 백색램프 설치 모양도



그림-38. 태양광 시뮬레이터 제작: 100W급 백색램프 하우징 모양도

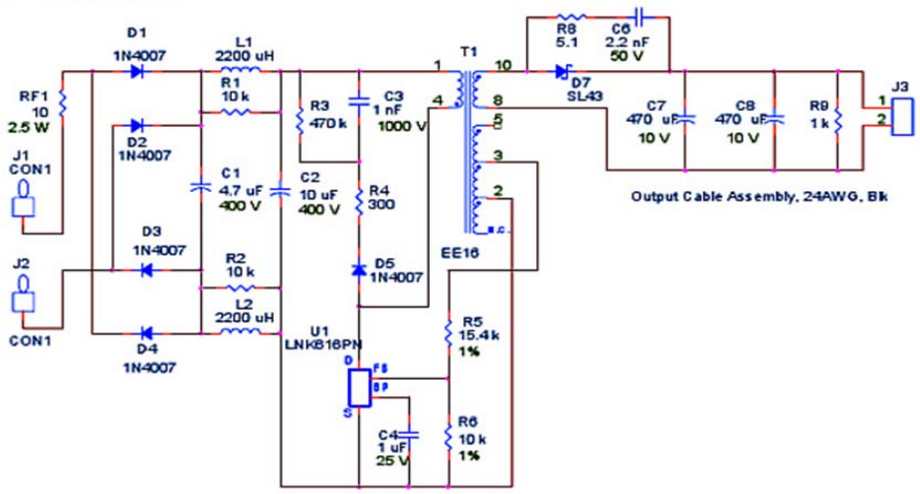


그림-39. 상호보상용 LED 전력제어기 회로도

사. 상호보상 실험 내용 및 결과

1) 광량 측정부 - CDS의 저항값을 MCU의 A/D Converter로 입력을 받아 현재 실내의 광량을 측정하였다.

- CDS의 저항 값이 선형적으로 변하는 것이 아니기 때문에 CDS의 저항을 일정하게 유지시키는 방법으로 광량을 조절하였다.

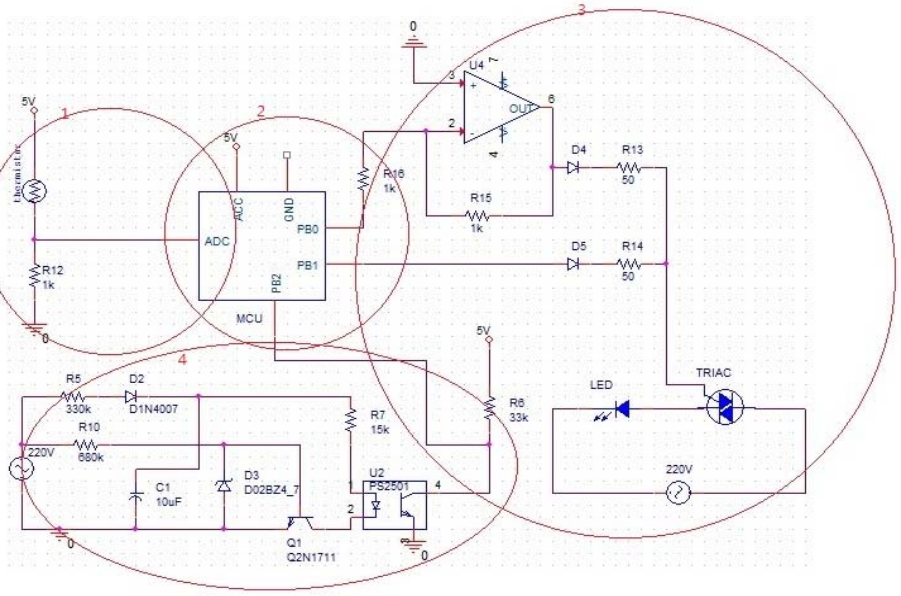


그림-40. 자연광 & 인공광 상호보상회로

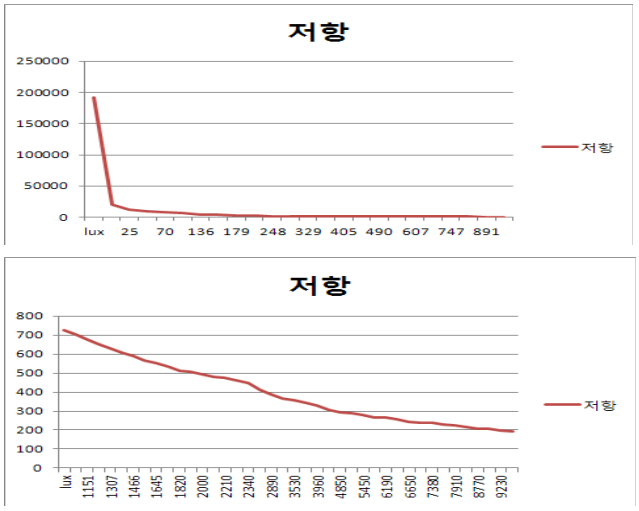


그림-41. 광량에 따른 CDS 센서 저항 데이터

(위: 비선형 측정 데이터, 아래: 선형화 보정 데이터)

LUX	저항	LUX	저항
4	192000	1095	728
25	20000	1151	704
44	12000	1228	676
70	9000	1307	652
100	8300	1381	630
136	6400	1466	608
149	4760	1549	589
179	3620	1645	568
200	2900	1728	551
248	2400	1820	536
281	2020	1960	511
329	1740	2000	508
365	1540	2100	493
405	1460	2210	480
438	1390	2270	474
490	1260	2340	463
553	1150	2470	450
607	1060	2890	411
679	996	3220	387
747	933	3530	367
820	877	3730	356
891	828	3960	345
945	797	4270	330
973	784	4850	307

표-3. 광량에 따른 CDS 센서 측정 데이터

2) 제어부 : 마이크로 프로세서 유닛(MCU)을 이용하여 각 부로부터 데이터를 입력받고 주어진 데이터를 이용한 계산을 통해 적절한 출력을 발생시켜 조명을 제어하였다.

3) 조명 구동부 : MCU의 출력 핀을 통하여 TRIAC을 제어하기 위한 펄스를 발생, 이를 통해 LED를 ON/OFF 제어하여 실내의 광량을 조절하였다.

4) ZeroCrossDetector : 상용전원(AC220V)의 영점을 찾기 위한 회로.

Zero Cross Detector를 통한 상승엣지, 하강엣지 검출 TRIAC의 ON/OFF 타이밍 계산에 이용하였다.

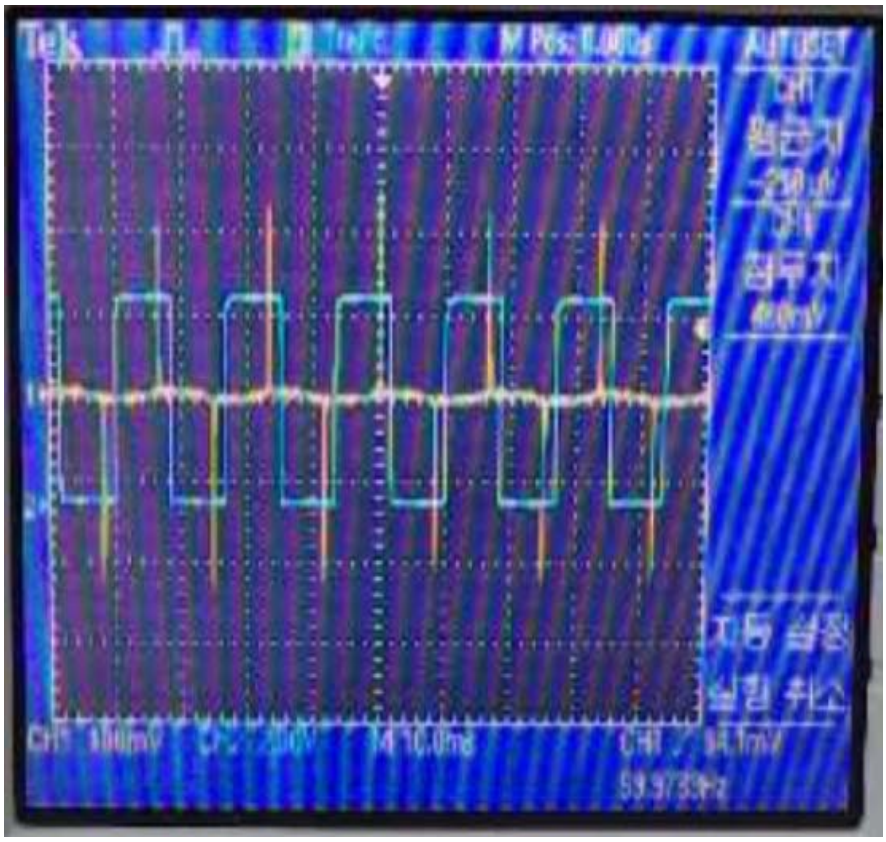


그림-42. 제로크로싱 트라이악 입력파형

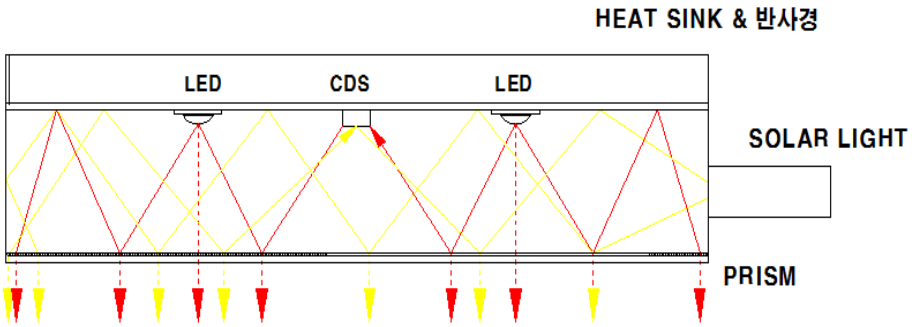


그림-43. 실내용 자연광 & 인공광 조명광 프로파일

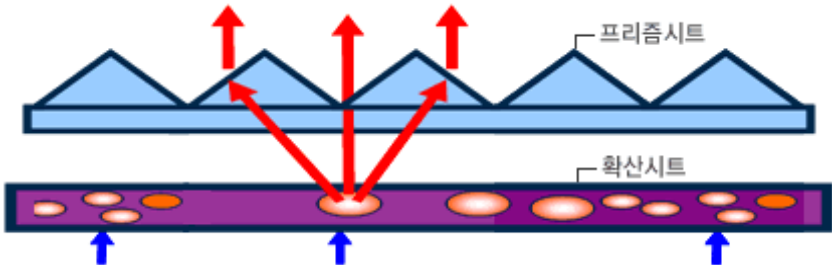


그림-44. 실내용 자연광 & 인공광 디퓨저 시스템



그림-45. 자연광 LED 조명장치 플랫폼

아. 위탁연구:

"<u>자연광과 인공광의 상호보상연구</u>" 회로도 및 실험 데이터

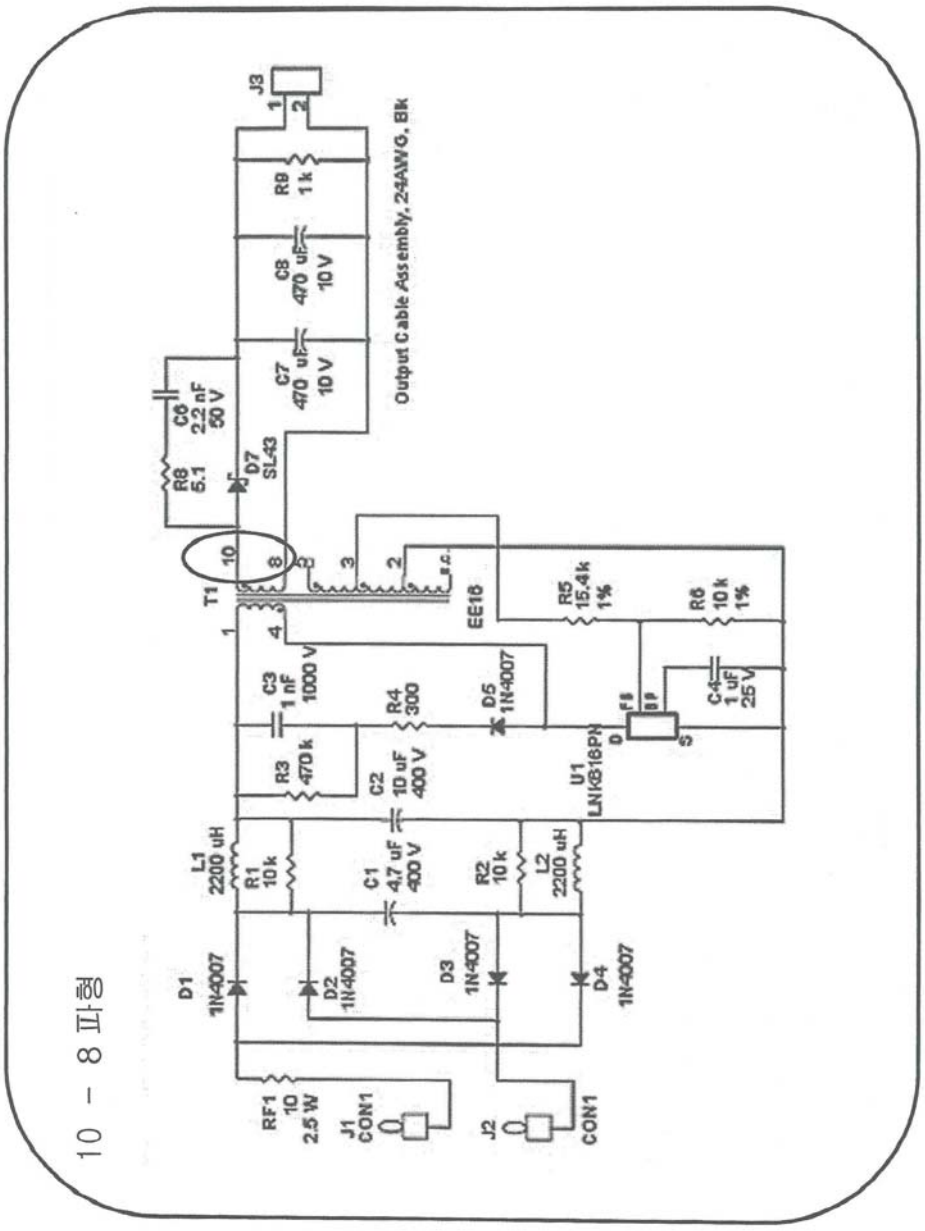


그림-46. 상호보상 어답터 회로도.

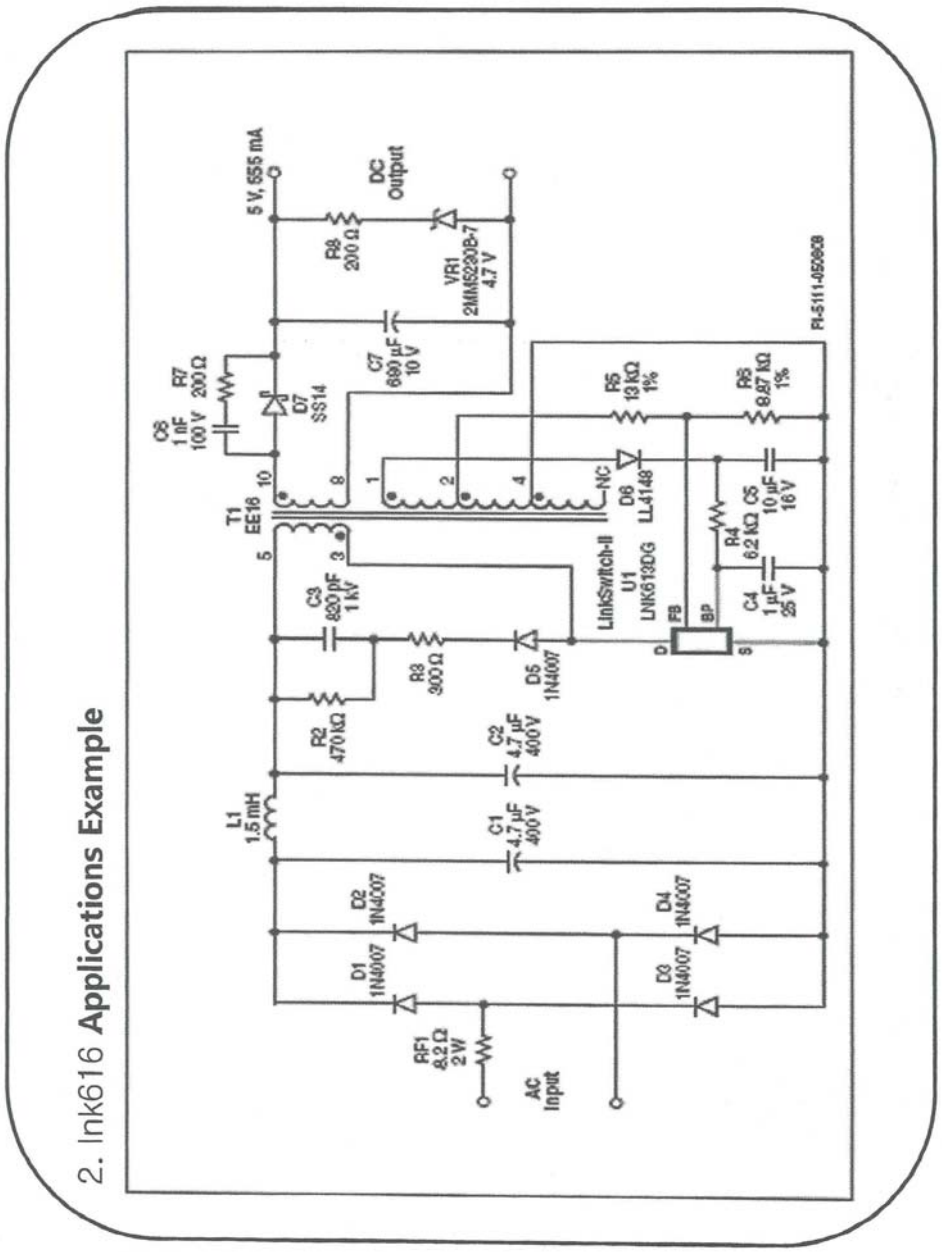


그림-47. 전압조정 응용 어답터 회로

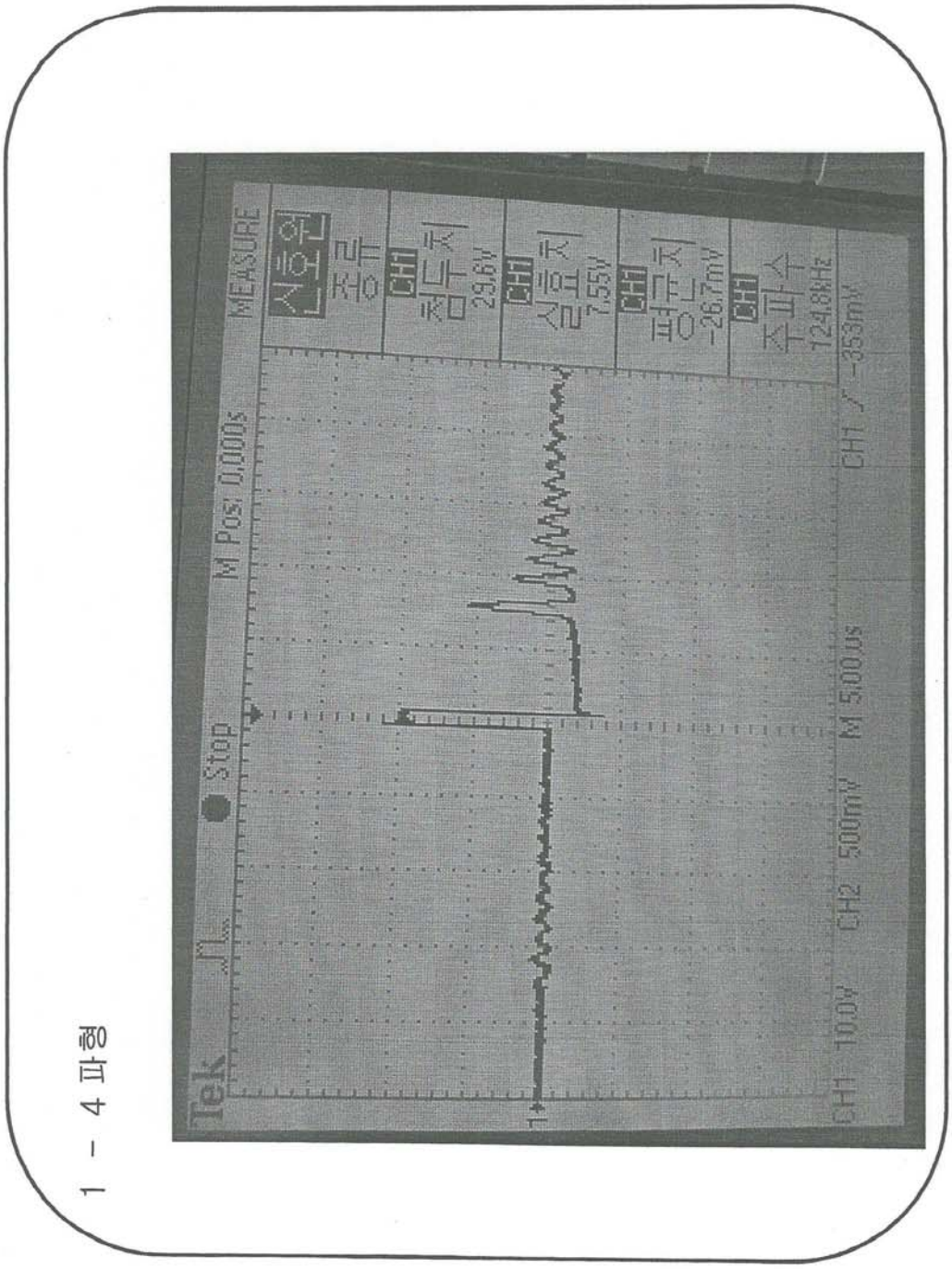


그림-48. 어답터 1차 광응답 파형

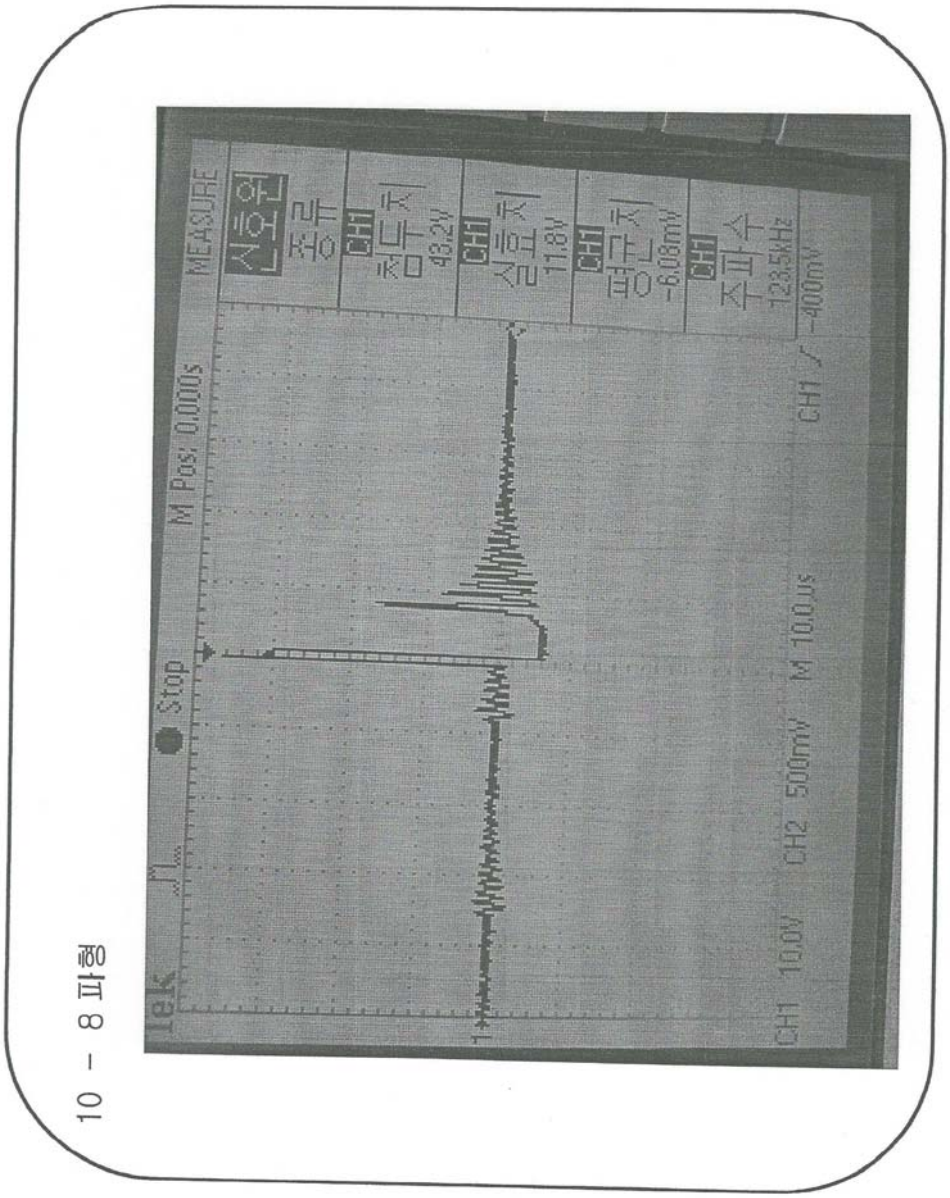


그림-49. 2차 응답 신호 특성

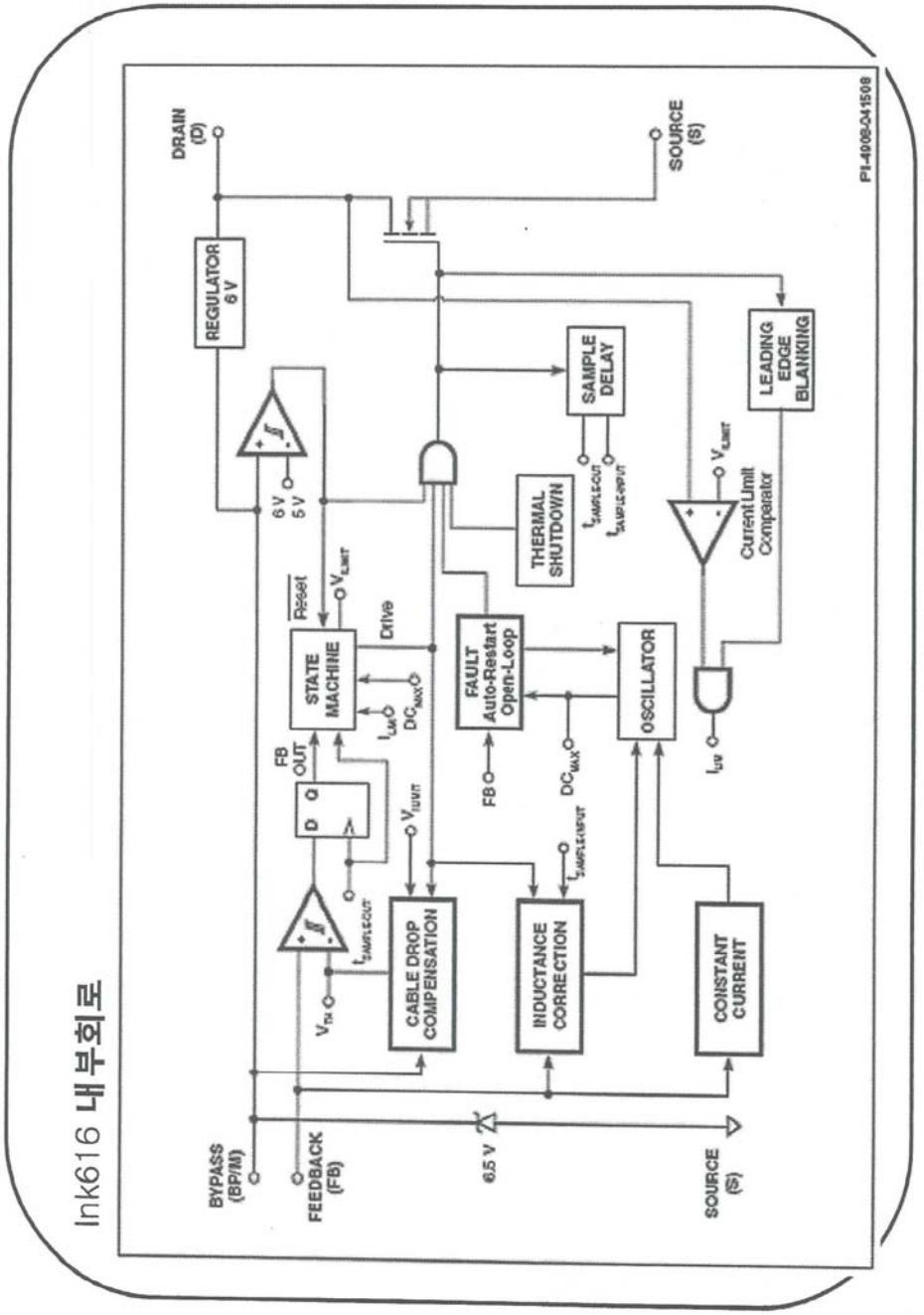


그림-50. 상호보상 내부회로 블럭도

그림-51. 전원장치용 SMPS 최종 출력파형

그림-52. 인공광 형광등 상호보상 시뮬레이션 장치

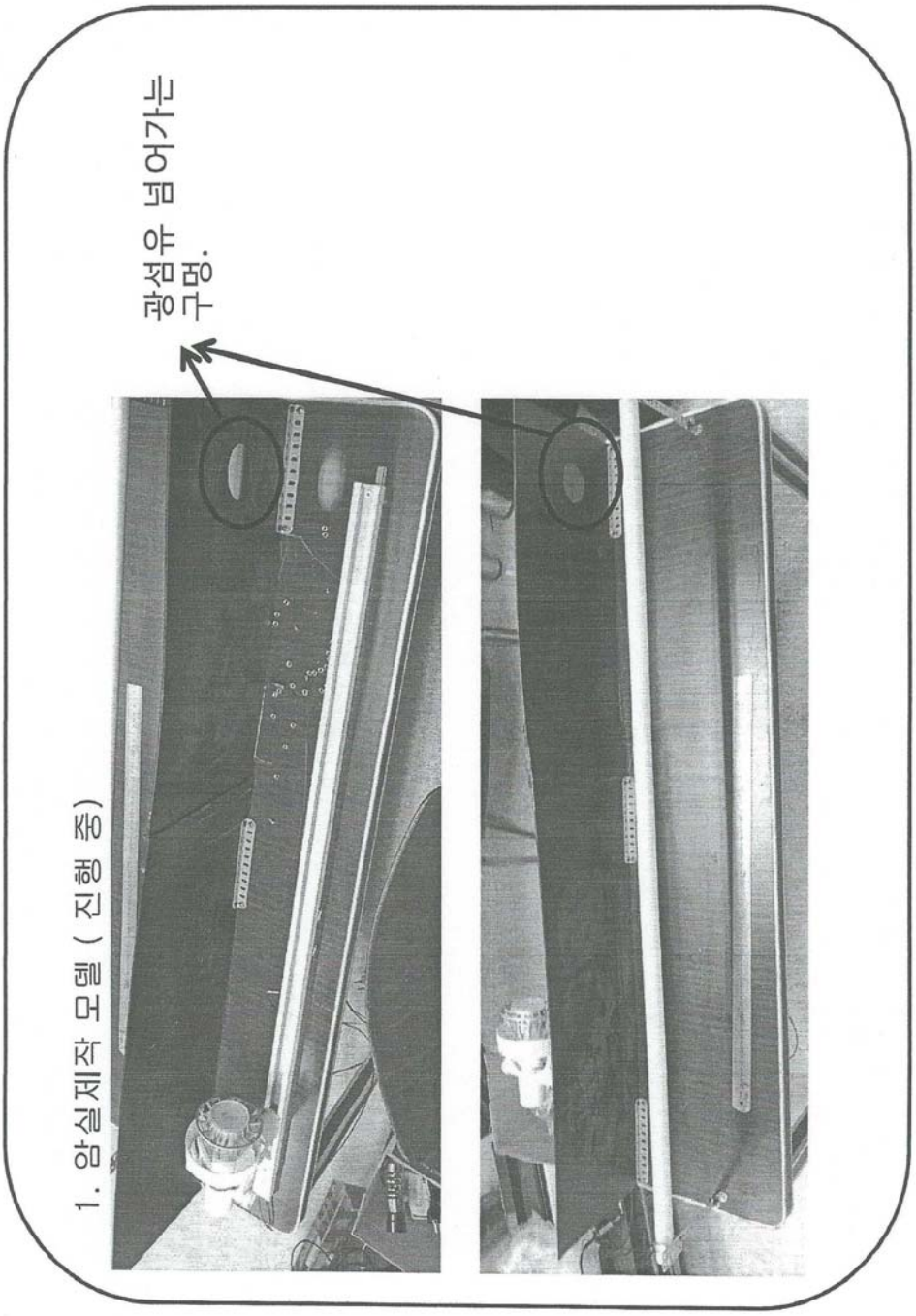


그림-53. 광섬유 연계형 조명기구 장치

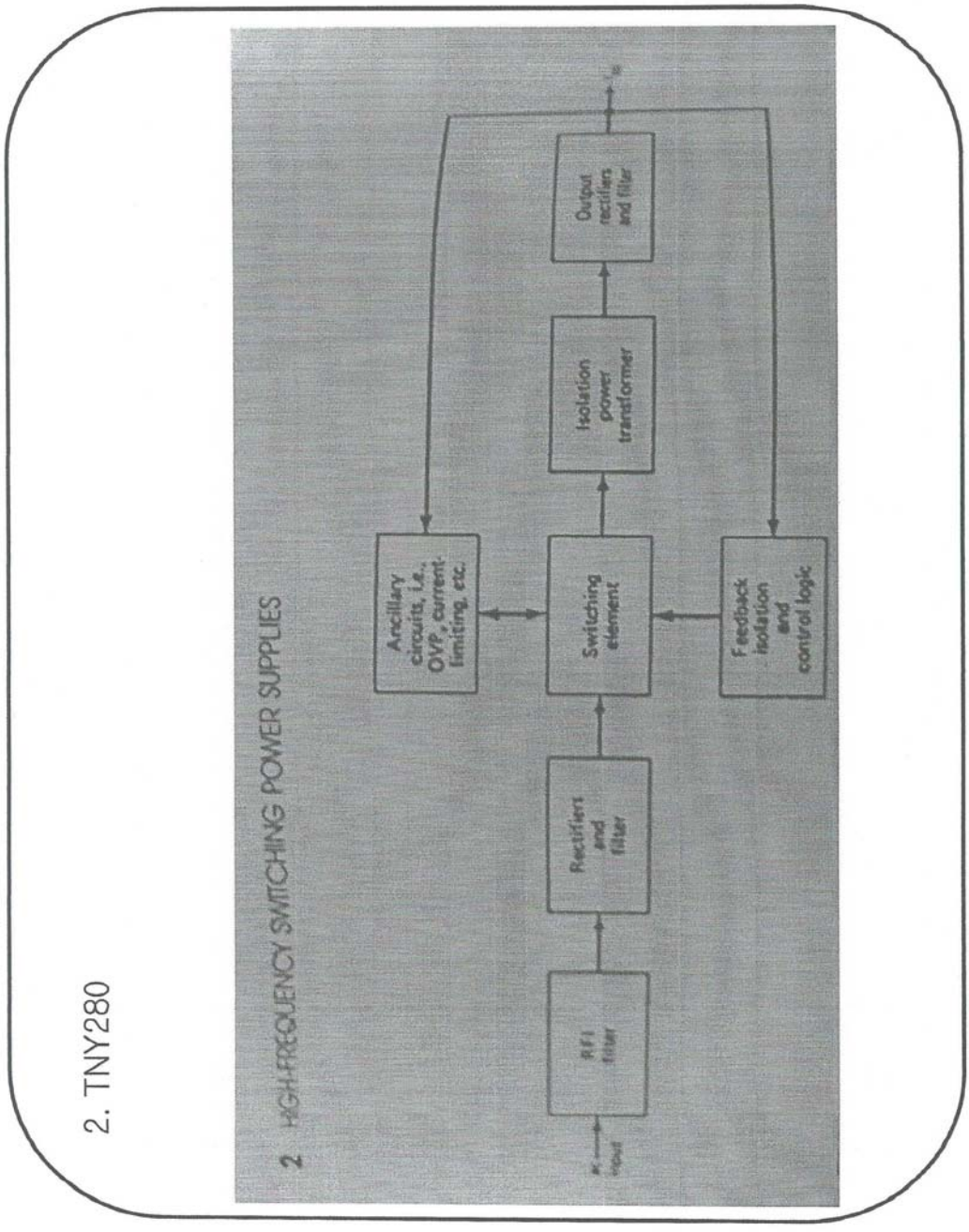


그림-54. 고주파 스위칭 파워 공급장치 블럭도

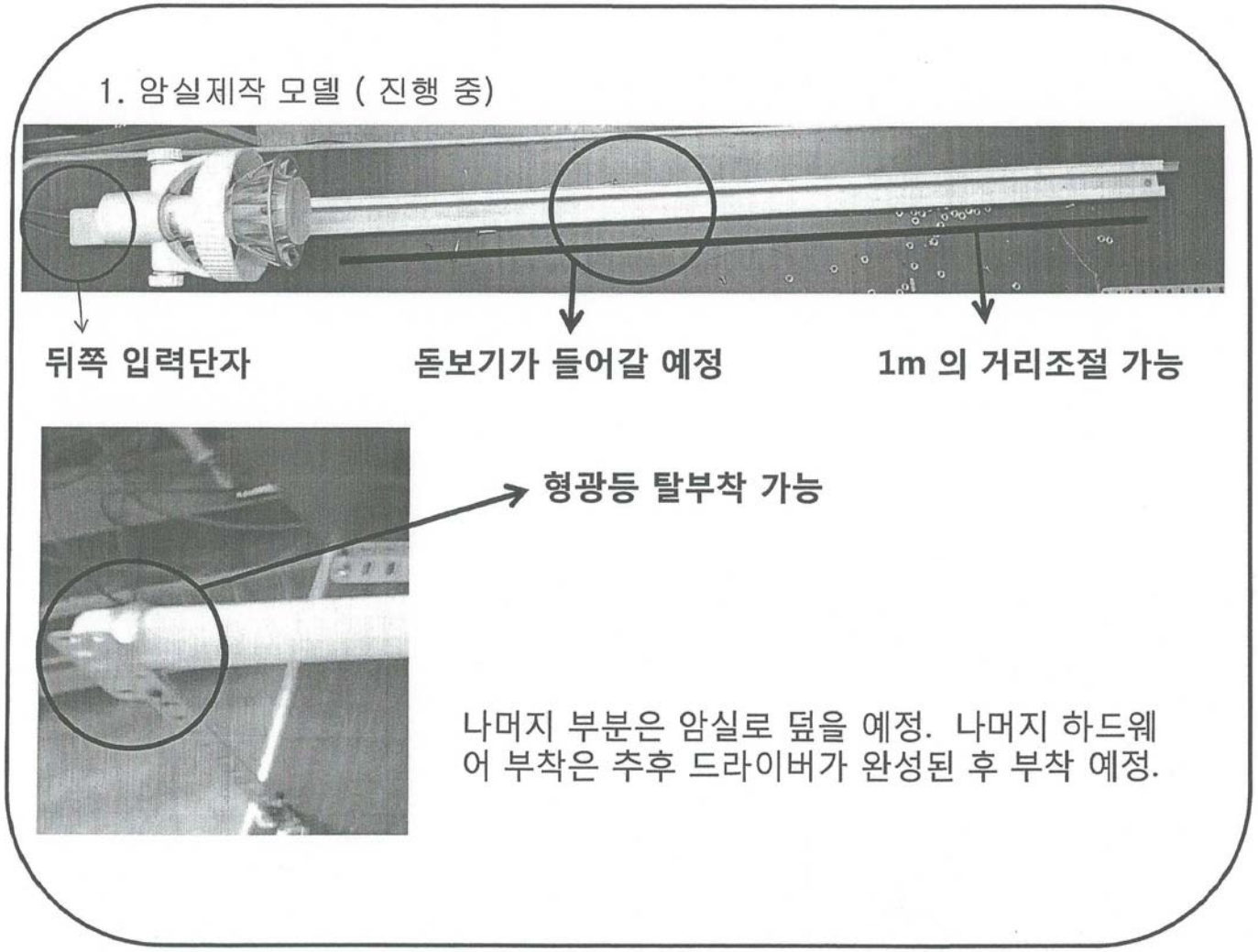


그림-55. 형광등형 LED 장착 조명모듈

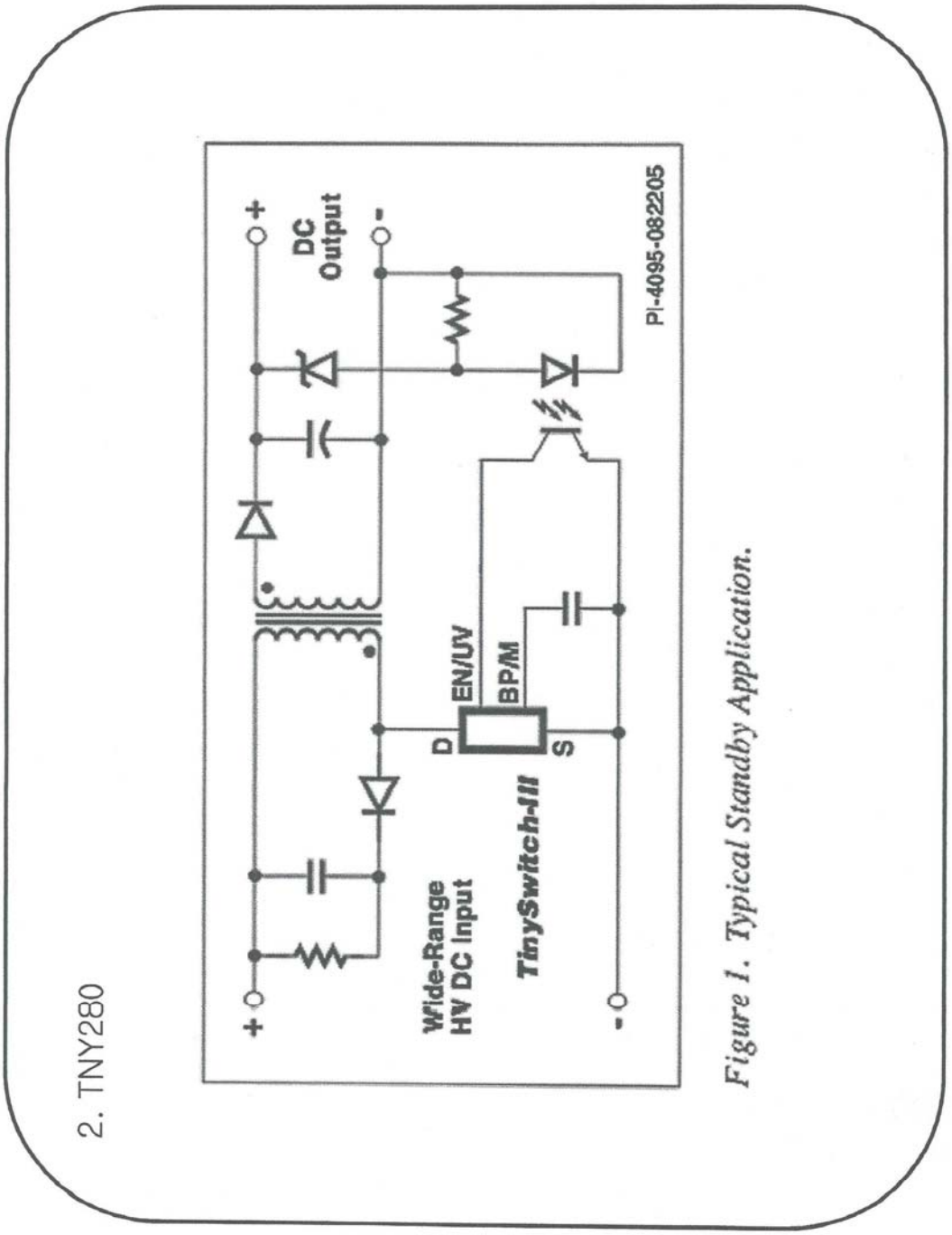
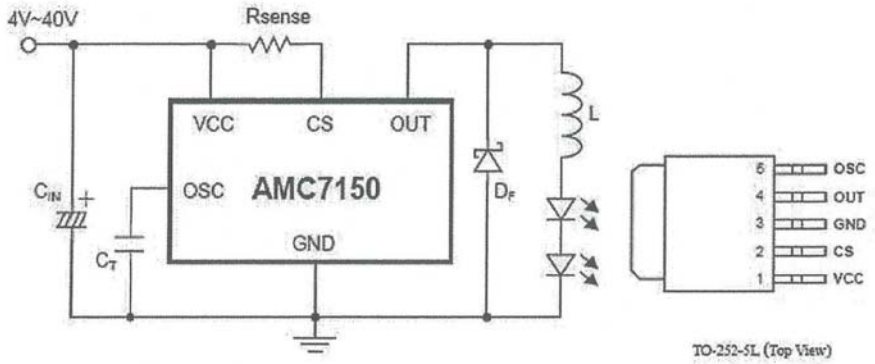


그림-56. LED 조명 SW 용 IC 연결도

4. amc7150



- amc7140과는 다르게 SMPS 타입, 효율이 좋아짐

- amc7140의 최대 출력은 700mA 이지만 amc7150은 1.5A 까지 출력 가능.

- amc7140과 마찬가지로 PWM 조절하여 밝기 조절 가능.

그림-57. LED 밝기 조절용 DC조절장치 회로도

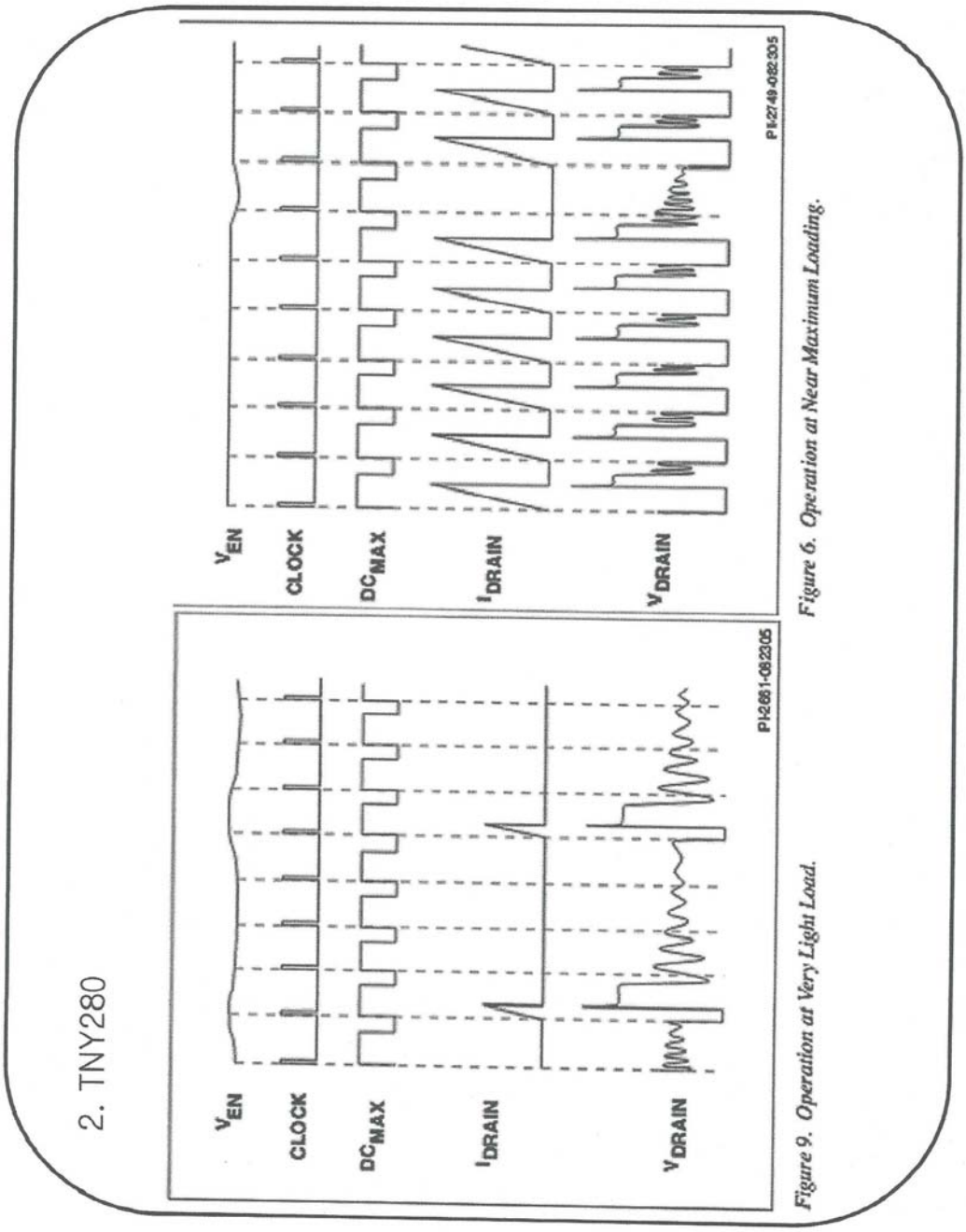


그림-58. 최저 최대 부하에 따른 측정신호

2. 제작한 정전류원 자료

▶SMPS

제품 카테고리 : Linear and Switching Power Supplies

제품 : Switching

출력 전력 정격 : 50 W

입력 전압 : 90 VAC to 260 VAC

출력 수 : 1

출력 전압(채널 1) : 24 VDC

출력 전류(채널 1) : 2.1 A

장착 스타일 : PCB

치수 : 127 mm L x 76.2 mm

그림-59. 제작한 정전류원 자료

2. 제작한 정전류원 자료 – 정전류원 모듈 (제작)

스위치 턴-온 시간

$$t_{ON} = D \cdot T_s = \frac{D}{f} \quad \text{Where } D(Dutycycle) = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}}$$

정해진 전류최대치와 스위치 턴-온 시간에 의해

$$L = \frac{V_{CC} - V_{Rsense} - V_{SAT} - V_{LED}}{I_{PK}} \cdot t_{ON}$$

그림-60. 정전류원 모듈제작

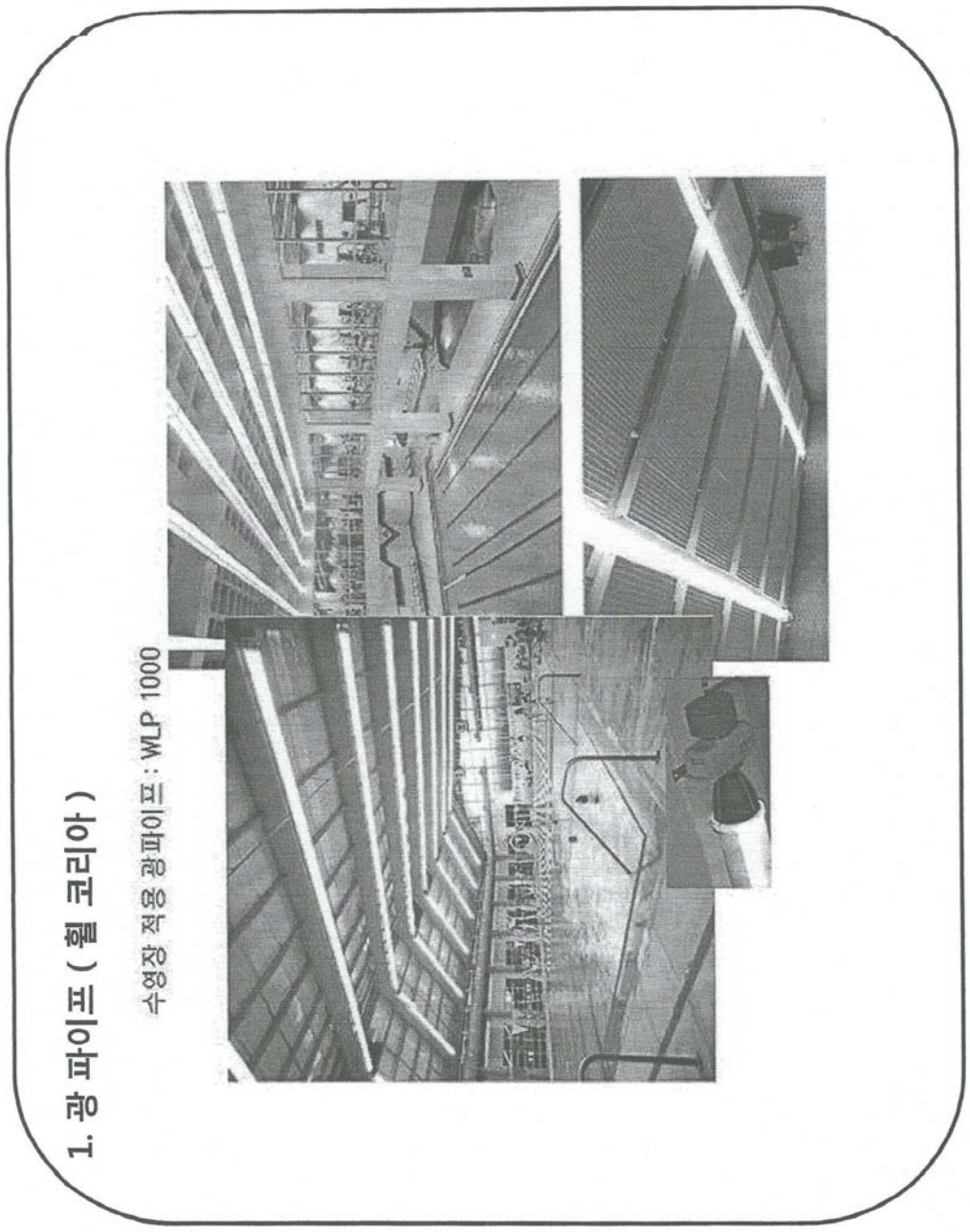


그림-61. 확산용 광파이프 설치도 (휠코리아)

그림-62. 형광등 확산용 광파이프(휠코리아)

2. 제작한 정전류원 자료

▶PWM

- 외부 PWM제어를 지원하는 LED 드라이버용 모듈
- PWM 조정으로 20단계의 밝기 < 듀티비율 > 조절이 가능
- 온도측정센서 적용으로 방열판의 온도 감시가 가능하여 과열로 인한 LED 손상을 방지

제 품 사 양

- 입력전압 : 8V ~ 28V
- 출력전류 : 20mA
- PWM 전압 : 5V
- PWM 주파수 : 100Hz
- 온도설정범위 : 50 ~ 75도
- 밝기조절단계 : ON ~ OFF 20단계
- 입력전원의 극성 바뀜에 의한 쇼트 방지 회로 내장

그림-63. 상호보상용 정전류원 사양-1

2. 제작한 정전류원 자료 – 정전류원 모듈 (제작)

Inductor

- 인덕터는 스위치 온 구간 동안 에너지가 저장되고 오프 구간 동안 Freewheel Diode 에 의해 방전된다. Current Ripple을 감소시키기 위해서는 전류 연속모드에서 동작하는 충분한 값의 L값을 산정해야 한다.

$$\int_0^{T_s} v_L dt = \int_0^{t_{ON}} v_L dt + \int_{t_{ON}}^{T_s} v_L dt = 0 \qquad T_s = t_{ON} + t_{OFF}$$

정상상태에서 인덕터 전압의 V-S Balance에 의한 수식

그러므로

$$\frac{t_{ON}}{t_{OFF}} = \frac{V_{LED} + V_F}{V_{CC} - V_{Rsense} - V_{SAT} - V_{LED}}$$

그림-64. 정전류원 모듈 회로 방정식

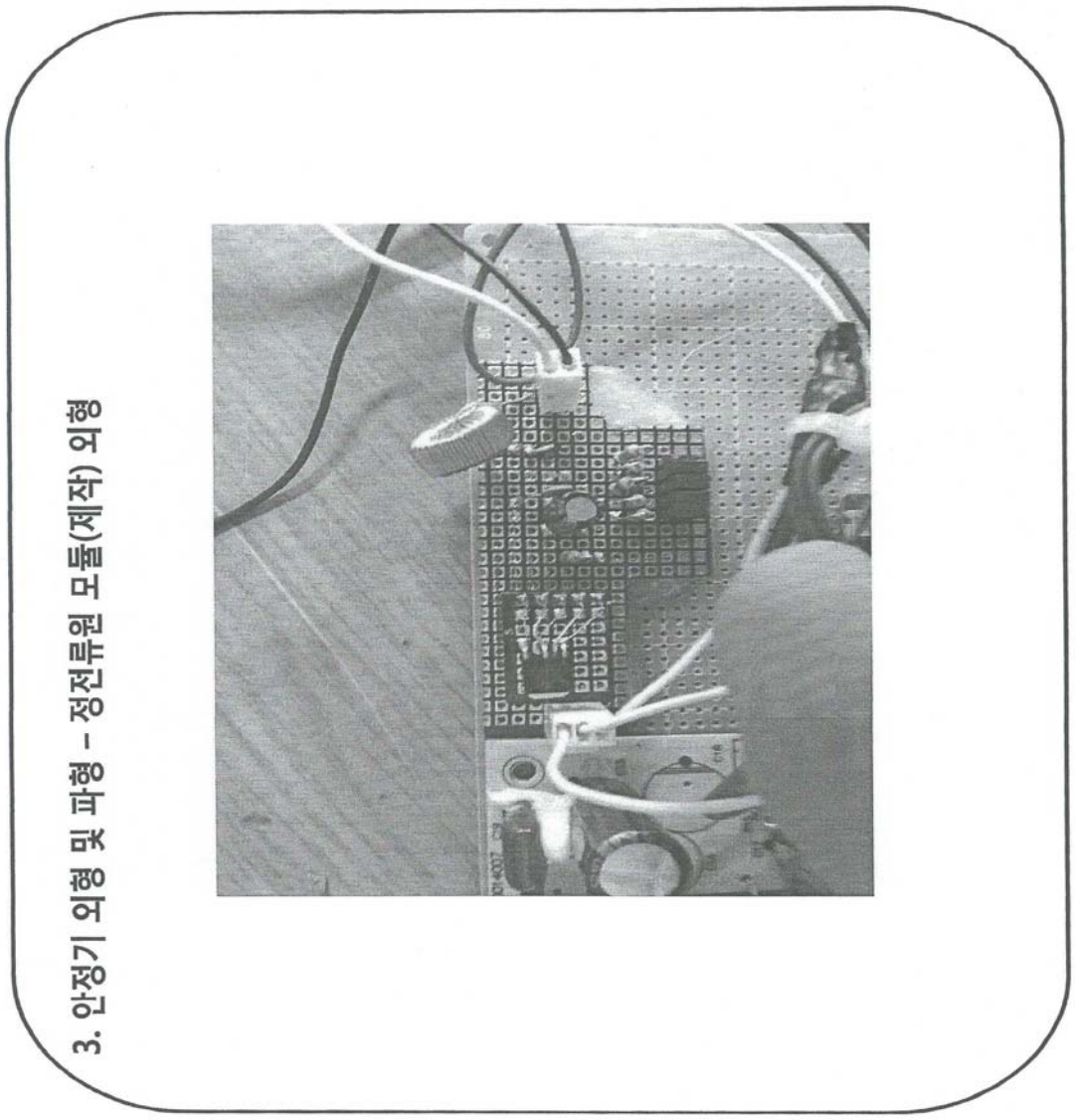


그림-65. 정전류원 모듈 보드 제작

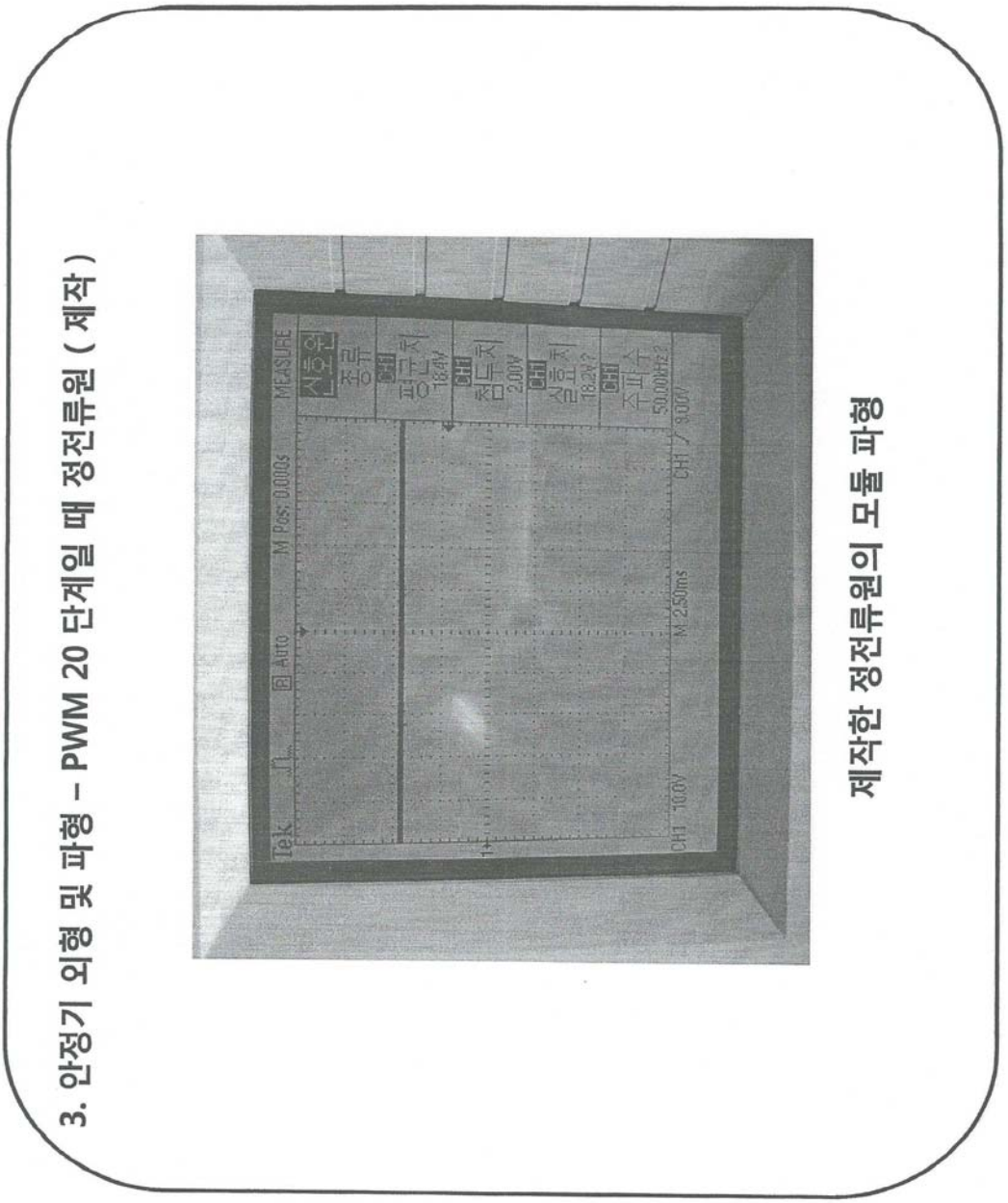


그림-66. 상호보상 안정기 20단계 스코프 파형

2. 제작한 정전류원 자료 – 정전류원 모듈 (제작)

I_{PK} = 1.6A

t_{ON} = D ·Ts = 0.85 / 100 = 0.0085

$$L = \frac{V_{CC} - V_{Rsense} - V_{SAT} - V_{LED}}{I_{PK}} \cdot t_{ON}$$

V_{CC} = 24 V

V_{Rsense} = 330 mV

V_{SAT} = 1 V

t_{ON} = D ·Ts = 0.0085

DATASHEET 참고값

V_{LED} = 18.5 V

I_{PK} = 1.6 A

설계하고자 하는 값

그림-67. 정전류원 모듈 제작 설계식

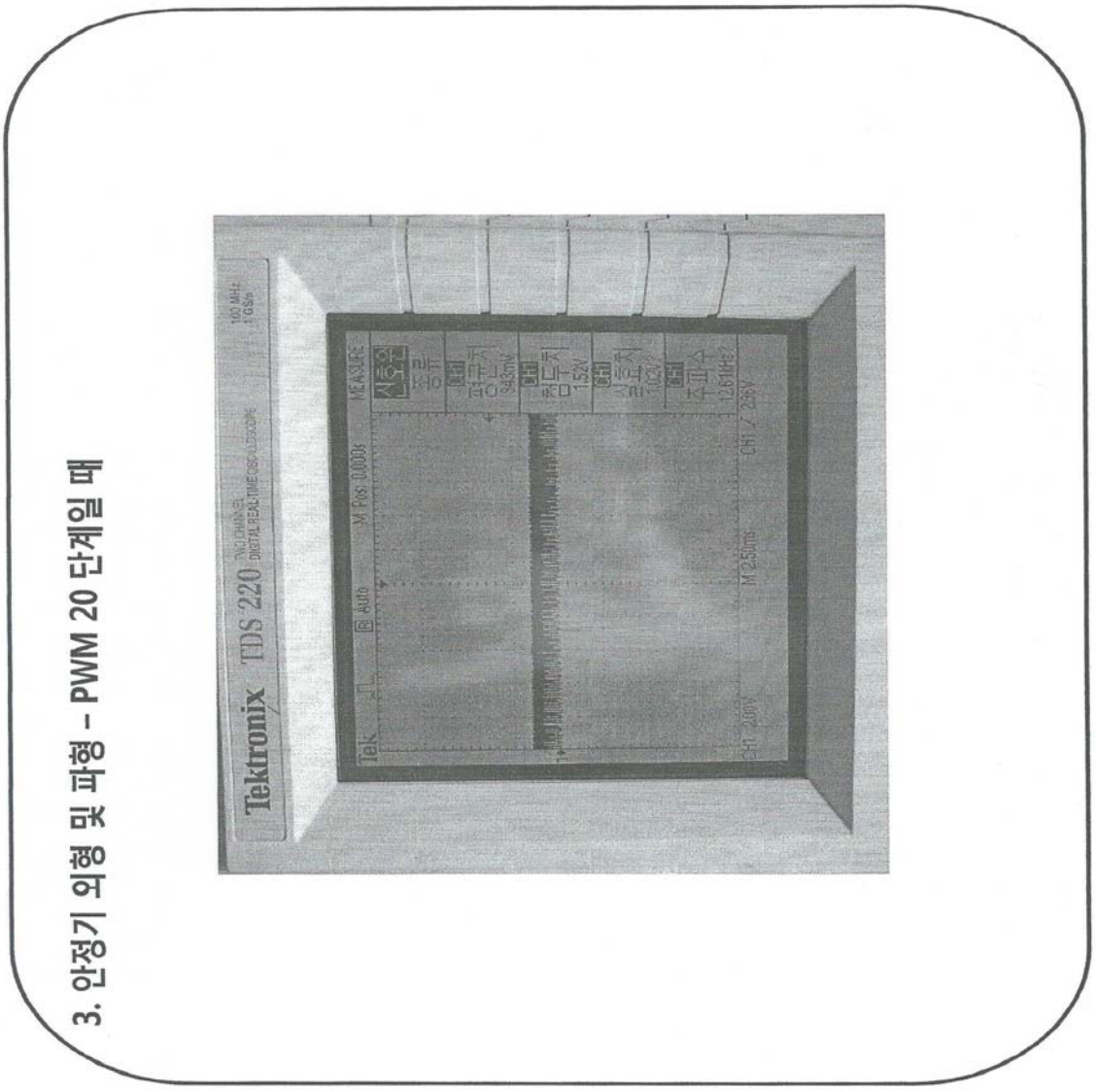


그림-68. 안정기 PWM 오실로스코프 파형

2. 제작한 정전류원 자료 – 정전류원 모듈 (제작)

$$L = \frac{V_{CC} - V_{Rsense} - V_{SAT} - V_{LED}}{I_{PK}} \cdot t_{ON}$$

$$L = \cdot \frac{24 - 0.33 - 1 - 18.5}{1.6} \cdot 0.0085$$

$$= 0.022153$$

$$= 220\ \mu H$$

그림-69. 정전류원 모듈 인덕턴스 설계치

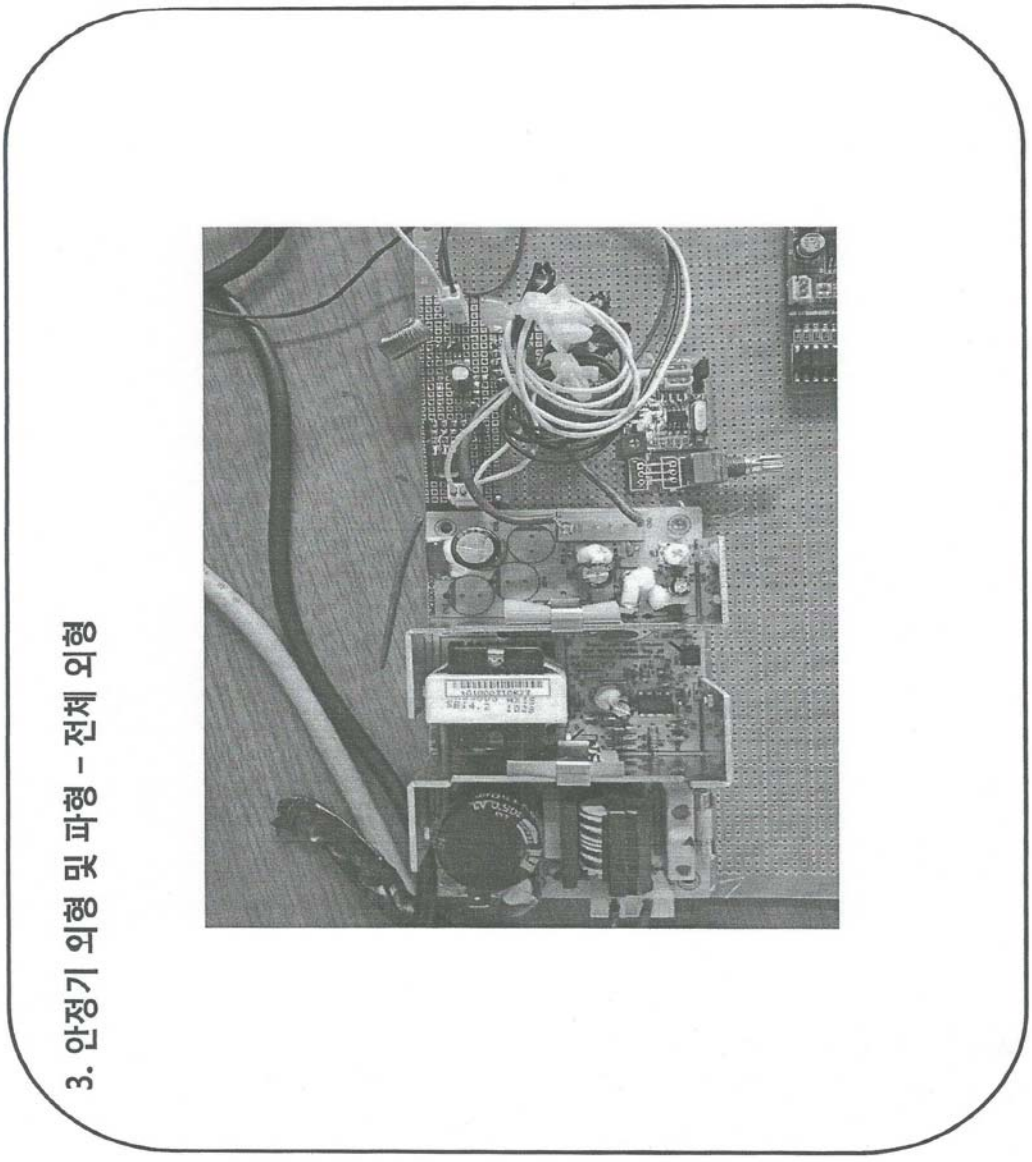


그림-70. 상호보상 안정기 회로 조립 실장 사진

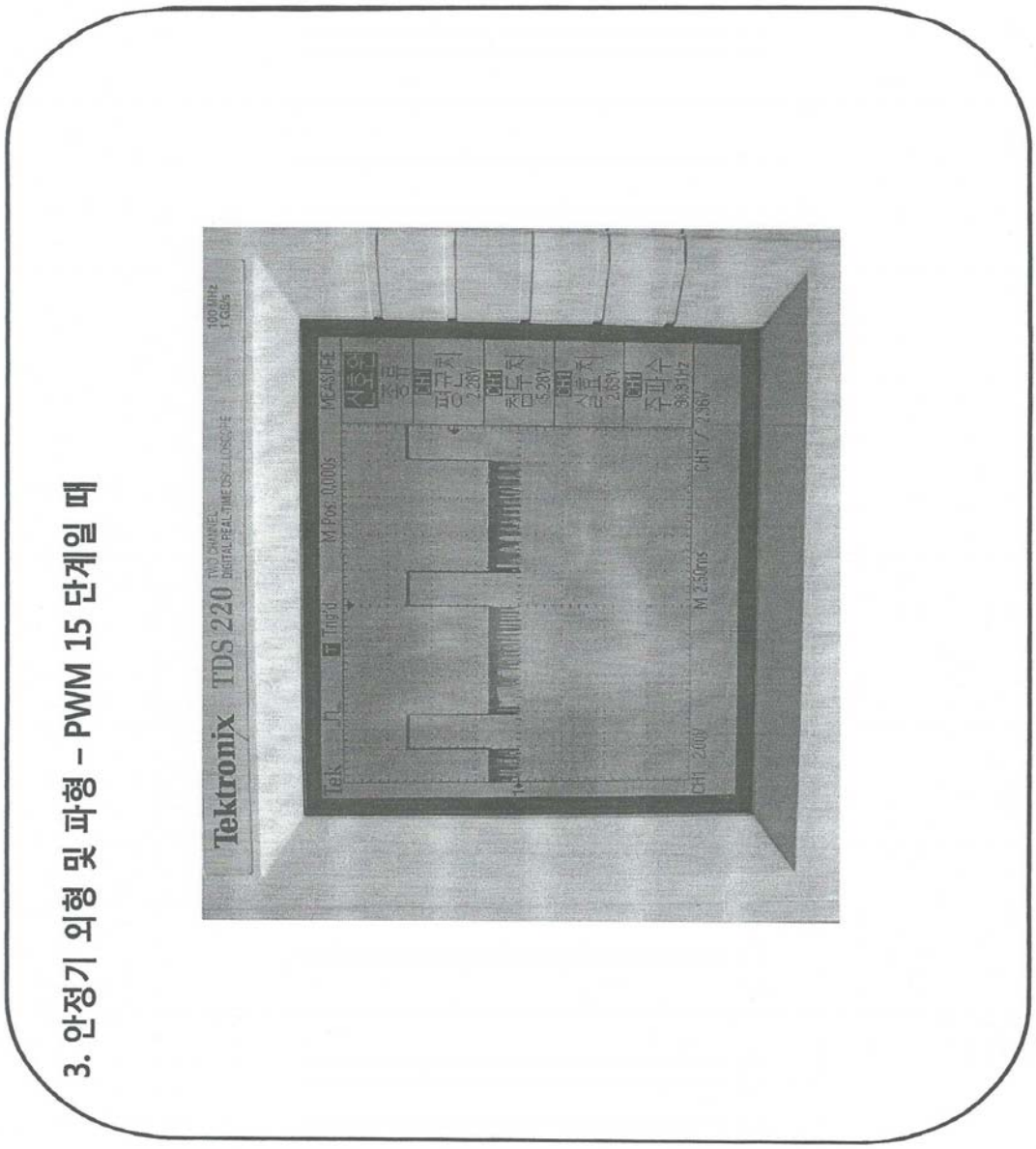


그림-71. 상호보상 안정기 15단계 스코프 파형

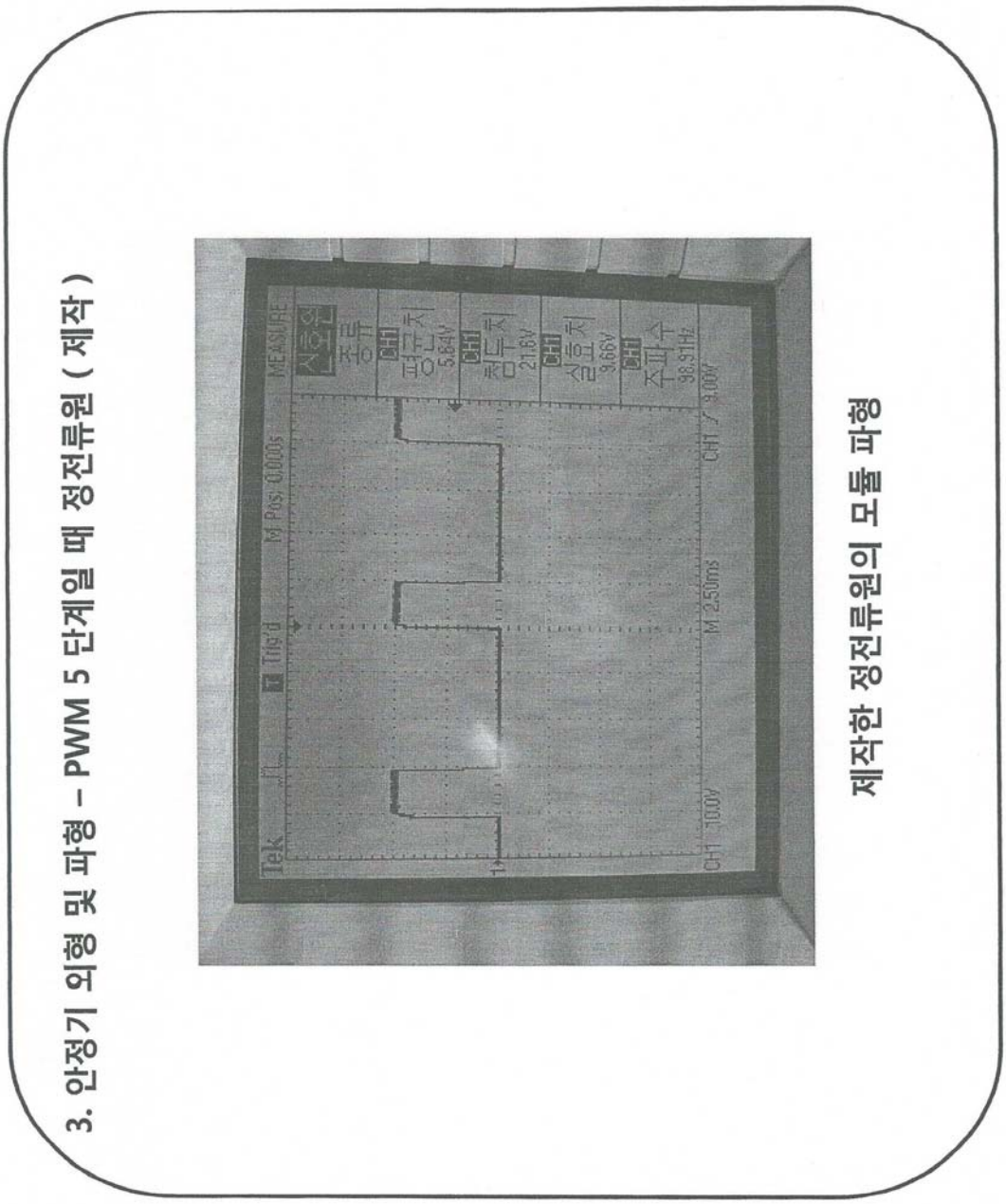


그림-72. 상호보상 안정기 5단계 정전류원 스코프 파형

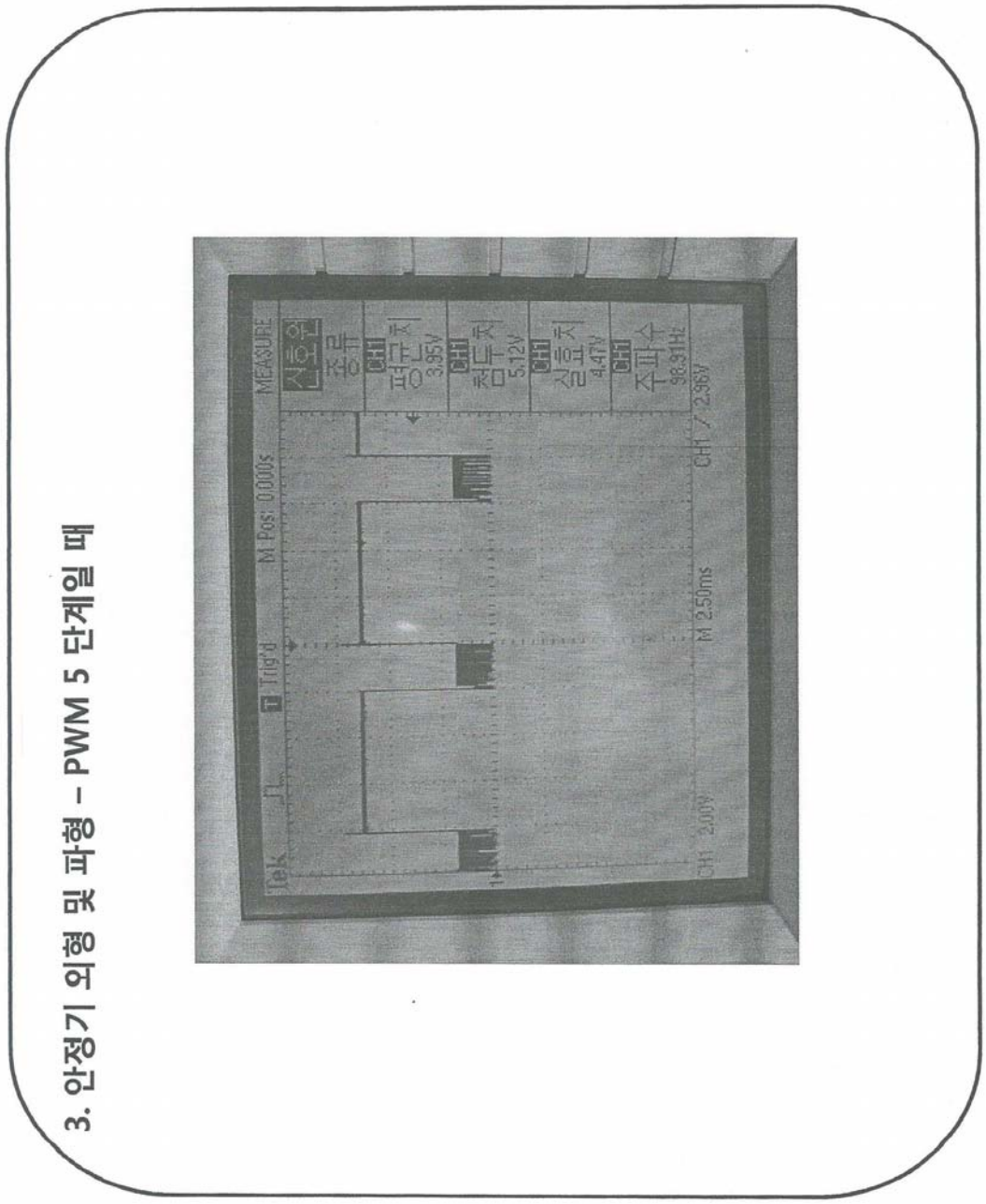


그림-73. 상호보상 안정기 5단계 스코프 파형

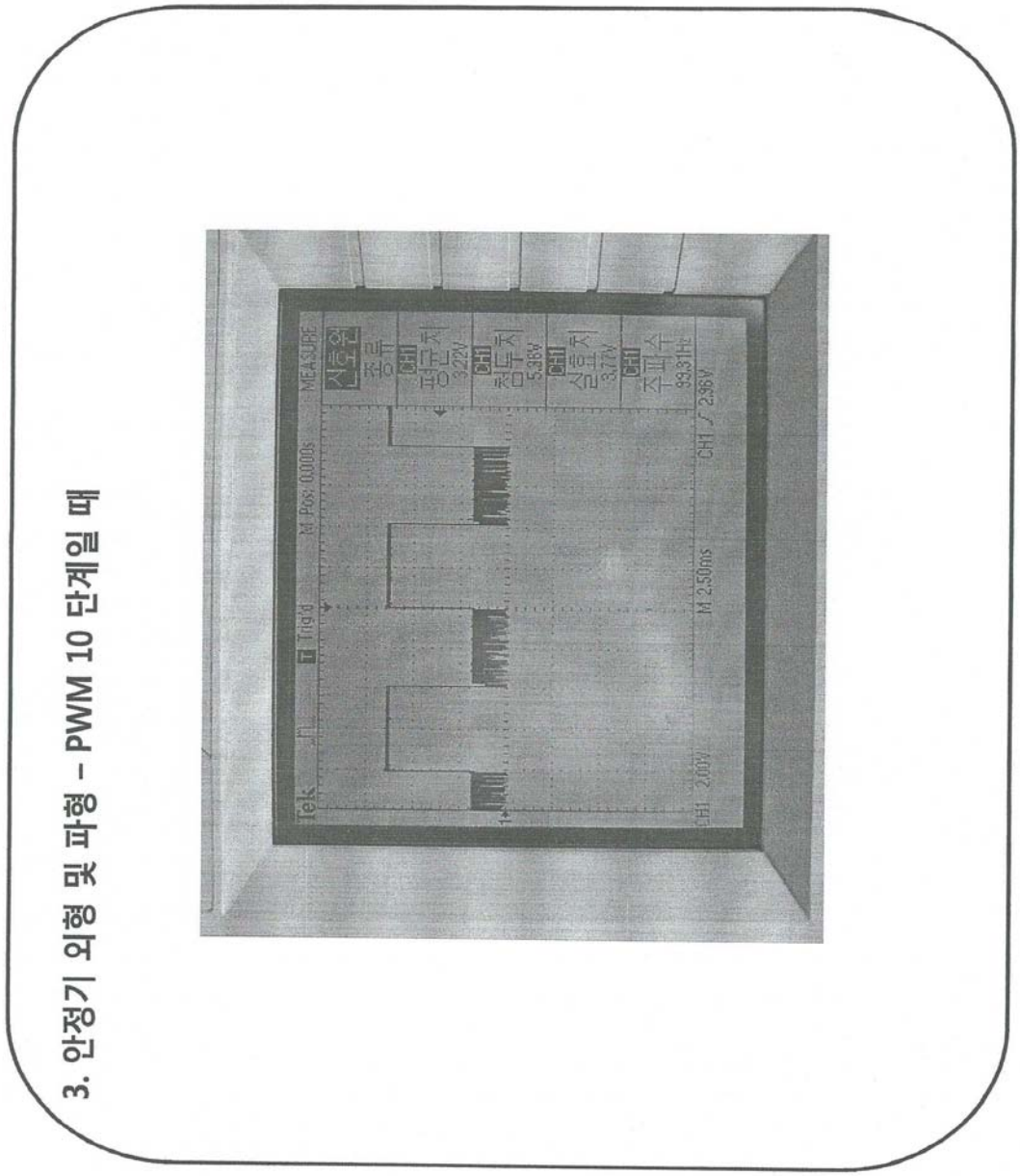


그림-74. 안정기 PWM 10단계 스코프 파형

설계식

- 출력 저항 : $R = \frac{V_o}{I_o} = 70.17\Omega$

- 듀티 비 : $D = \frac{V_o}{V_s} = 0.128$

- 인덕터 전류 : $I_L = I_o = 0.57A$

- 인덕터의 인덕턴스 값 :

$$L = \frac{V_o(V_s - V_o)}{\Delta I_o \times F \times V_s} = 0.024H$$

- 캐패시터의 캐패시턴스 값:

$$C = \frac{1-D}{8L\times\left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right)\times F^2} = \frac{1-0.9}{8\times 727.97\times 10^{-6}\times\left(\frac{0.9}{9}\right)\times 25000^2} = 72.66nF$$

그림-75. 상호보상 회로 캐패시턴스 설계식

그림-76. 상호보상 안정기 PWM 10단계 스코프 파형

그림-77. 상호보상 안정기 전기적특성 설계사양

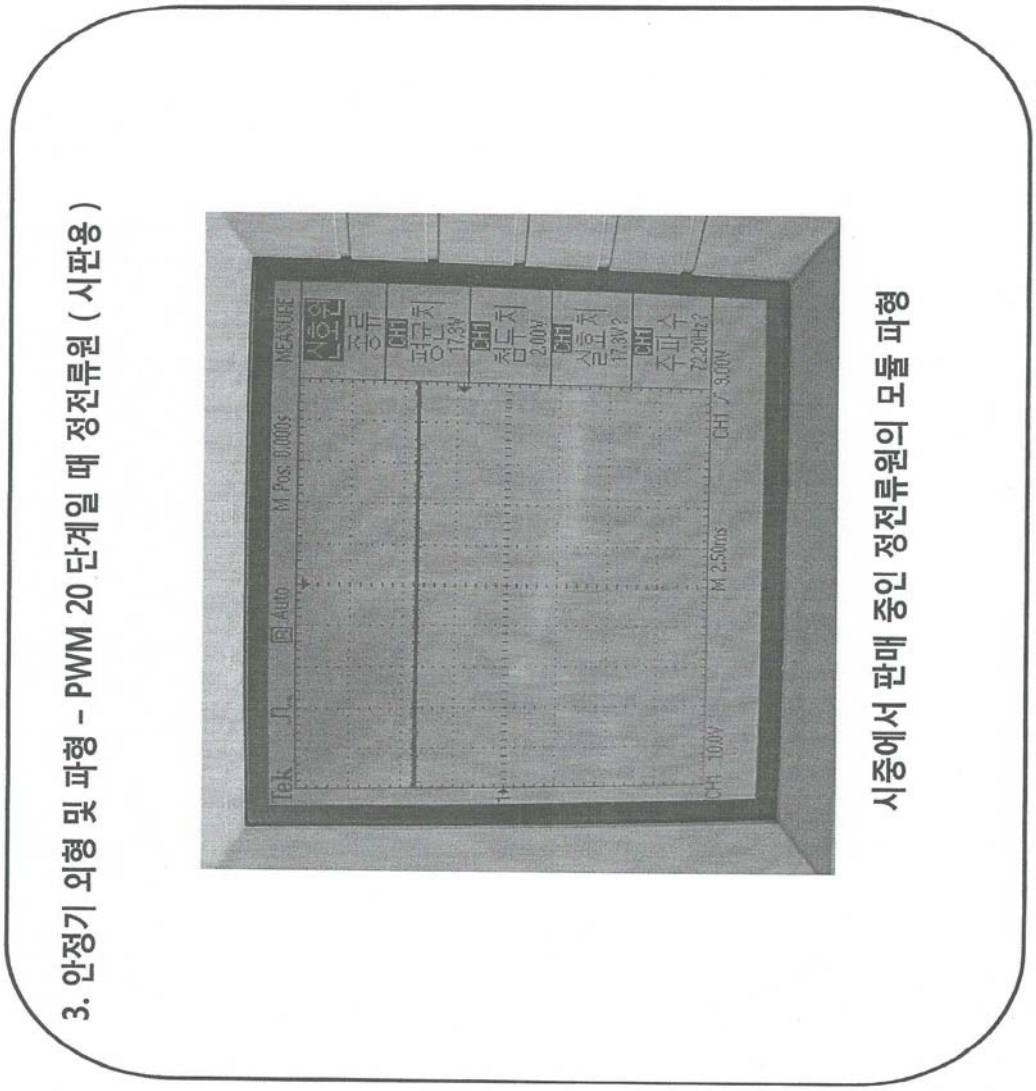


그림-78. PWM 20단계 정전류원 스코프 파형

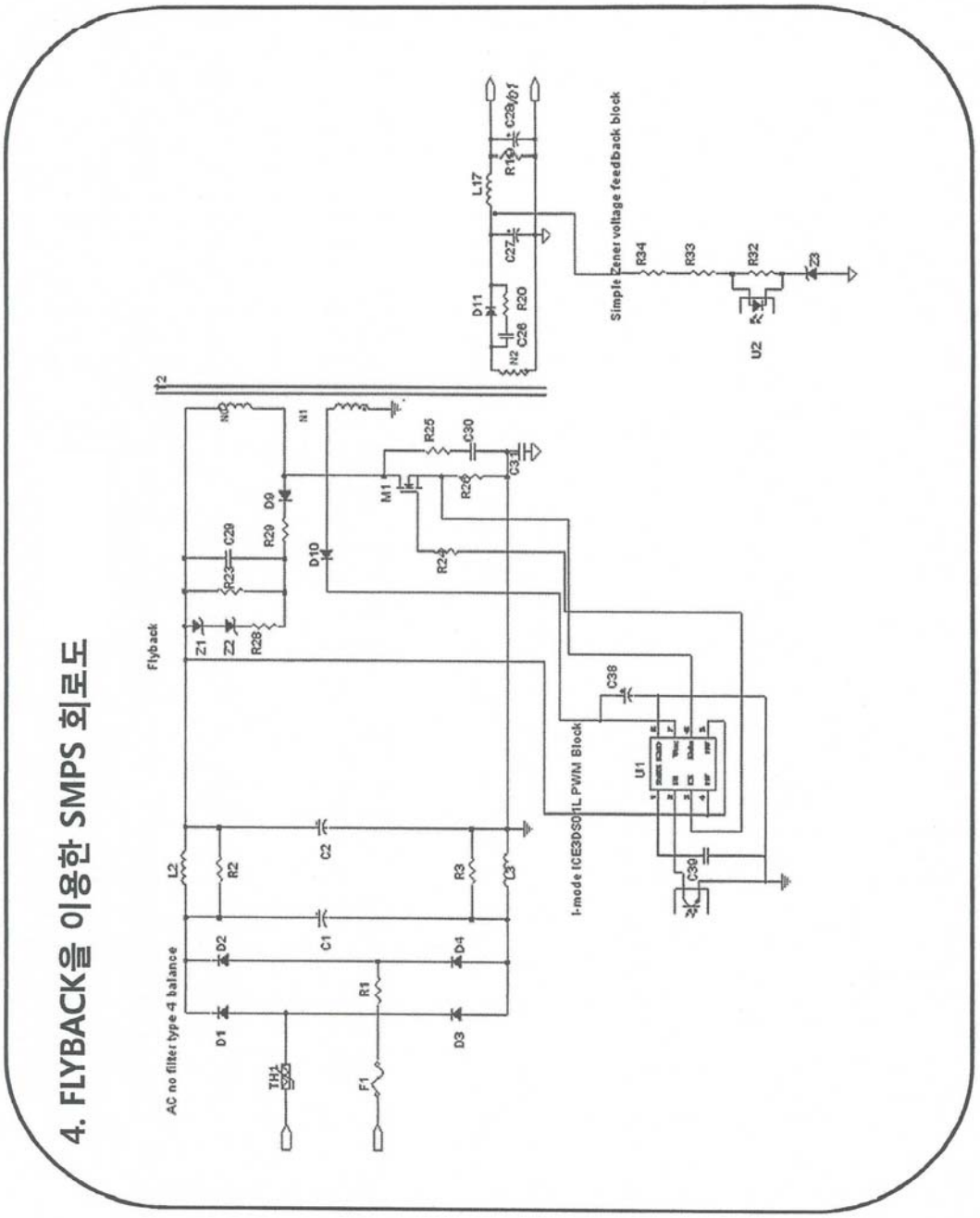


그림-79. 플라이백 SMPS 회로도

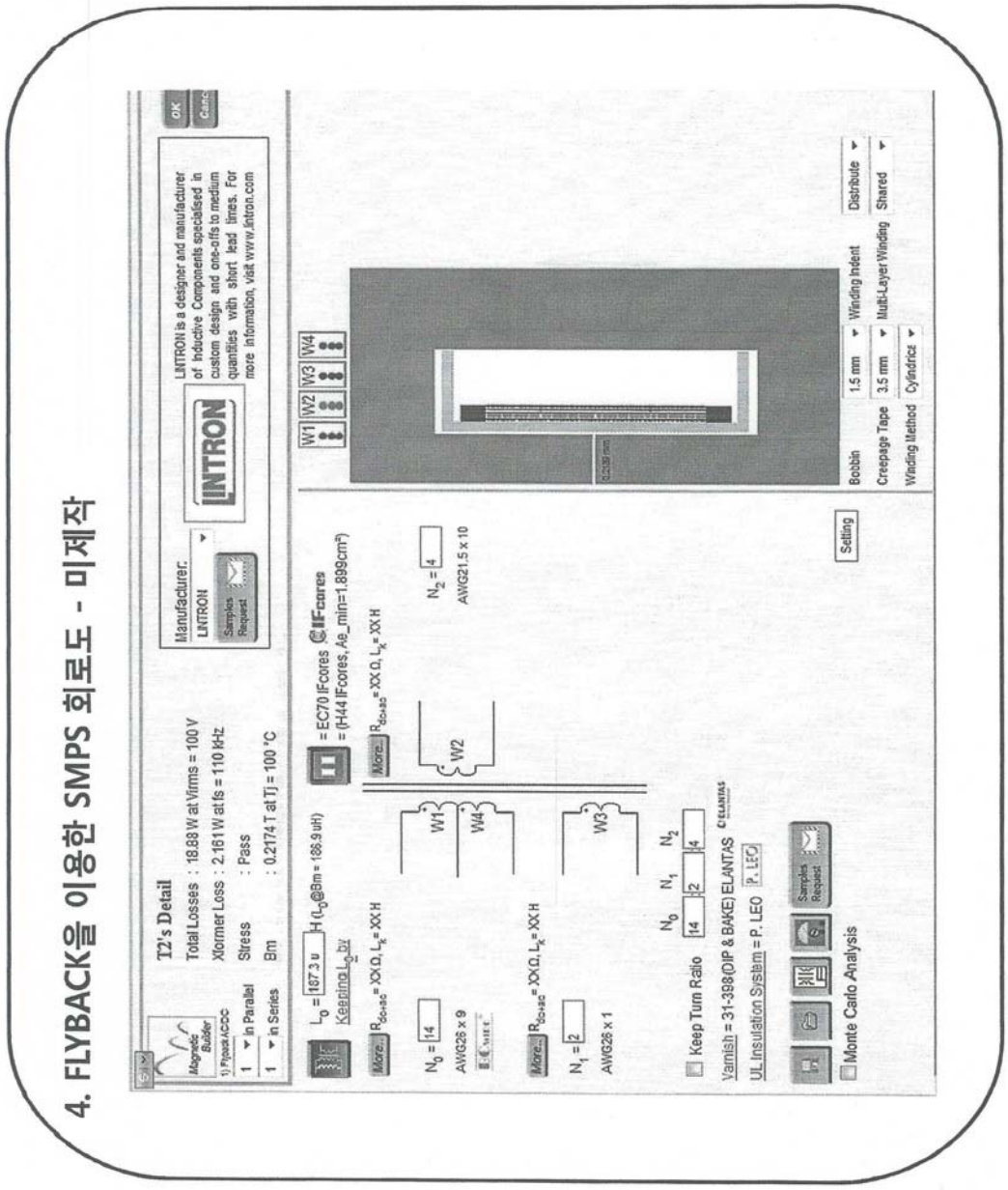


그림-80. 플라이백 SMPS 제작 회로도

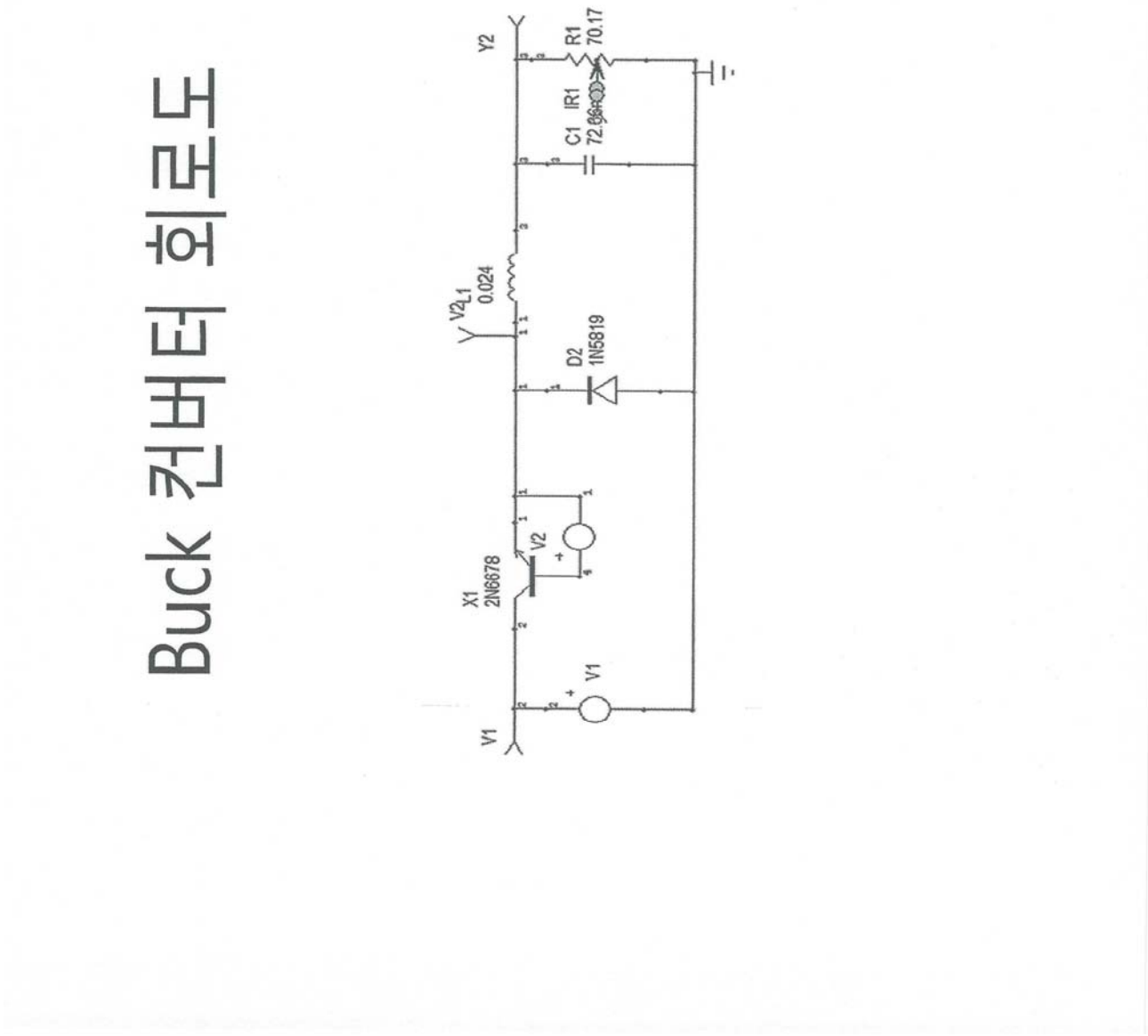


그림-81. 벅컨버터 회로도

그림-82. 자연광 인공광 상호보상 시스템 설계사양

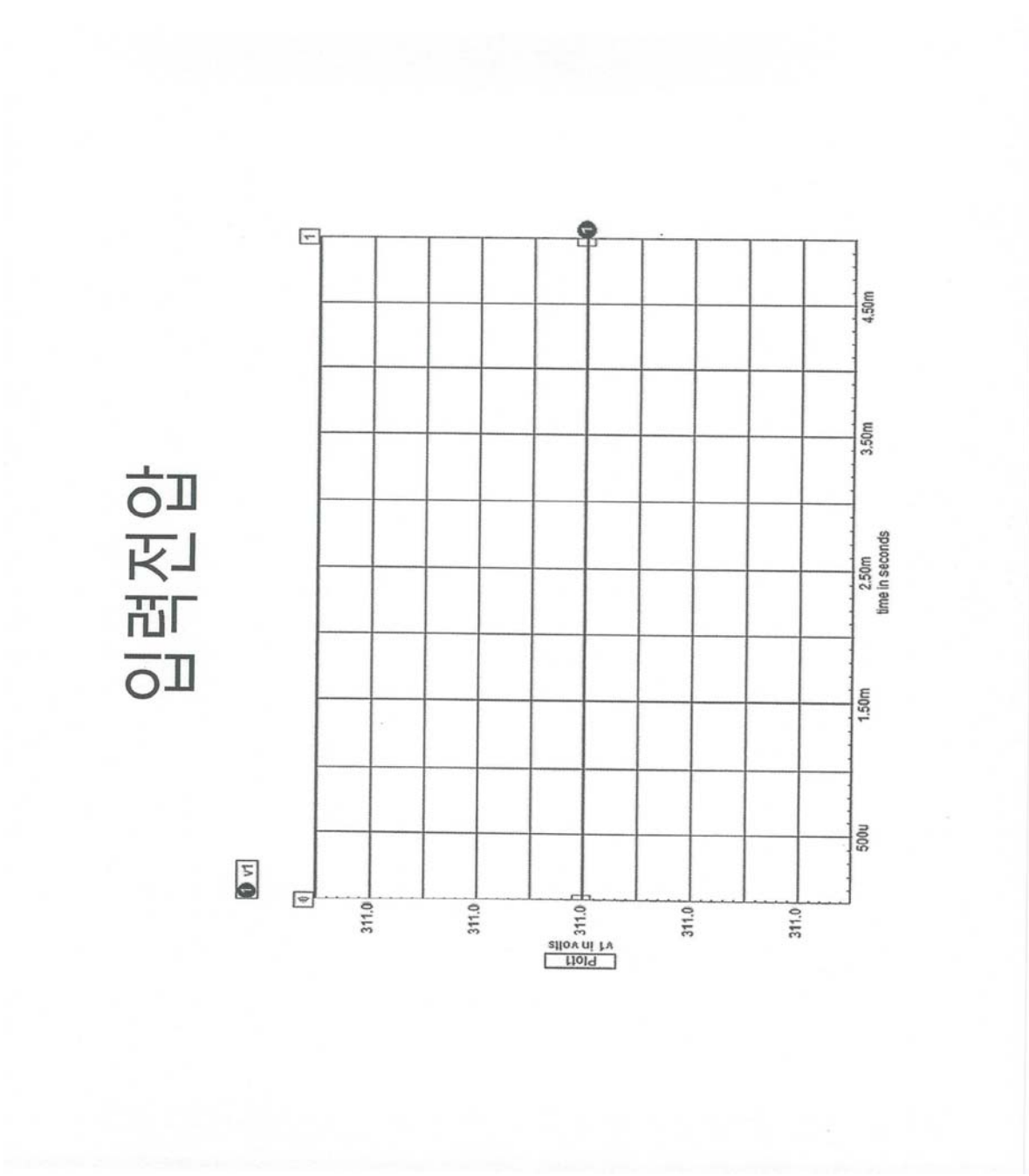


그림-83. 자연광 인공광 상호보상 시스템 입력전압

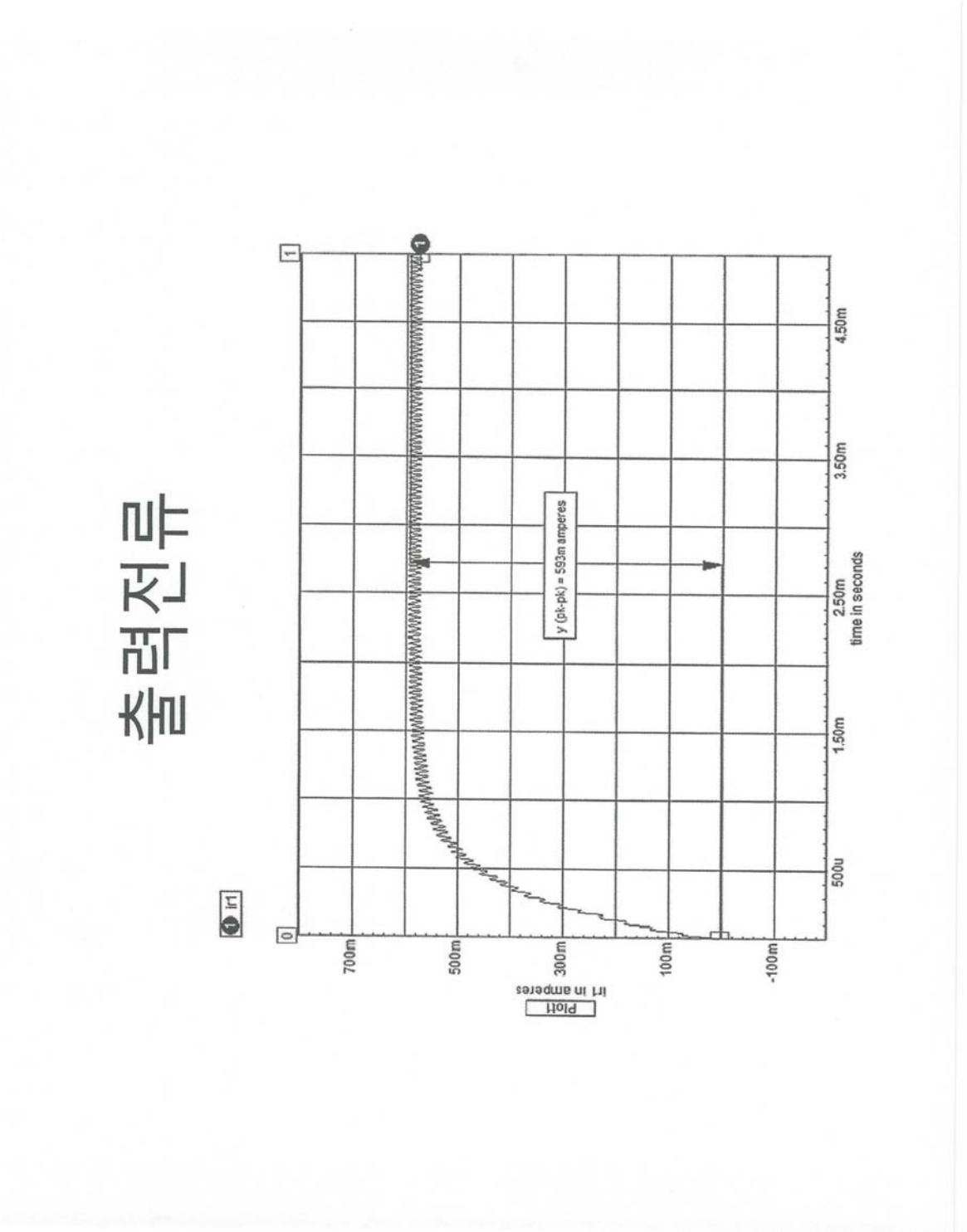


그림-84. 자연광 인공광 상호보상 시스템 출력전류

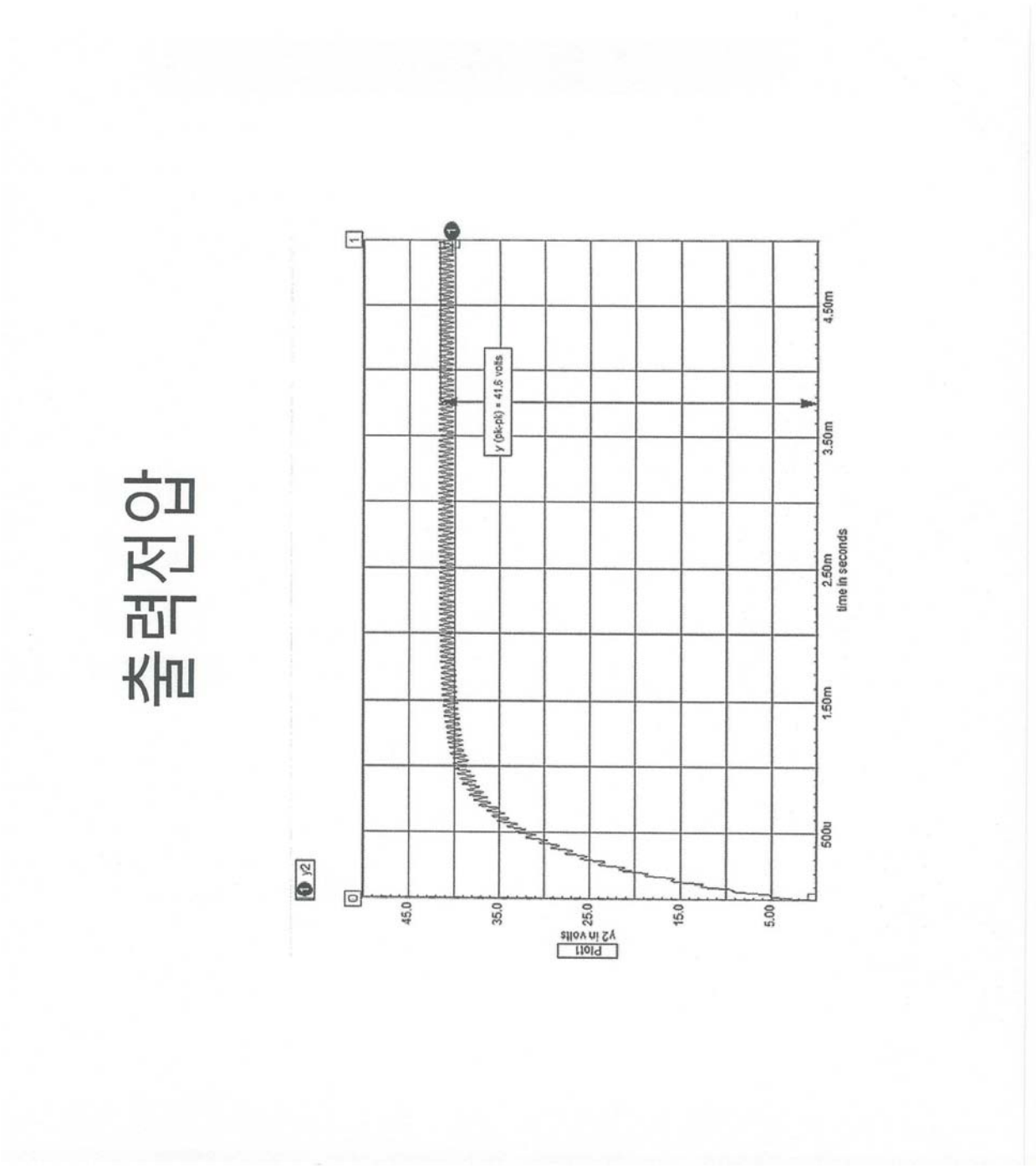


그림-85. 자연광 인공광 상호보상 시스템 출력전압

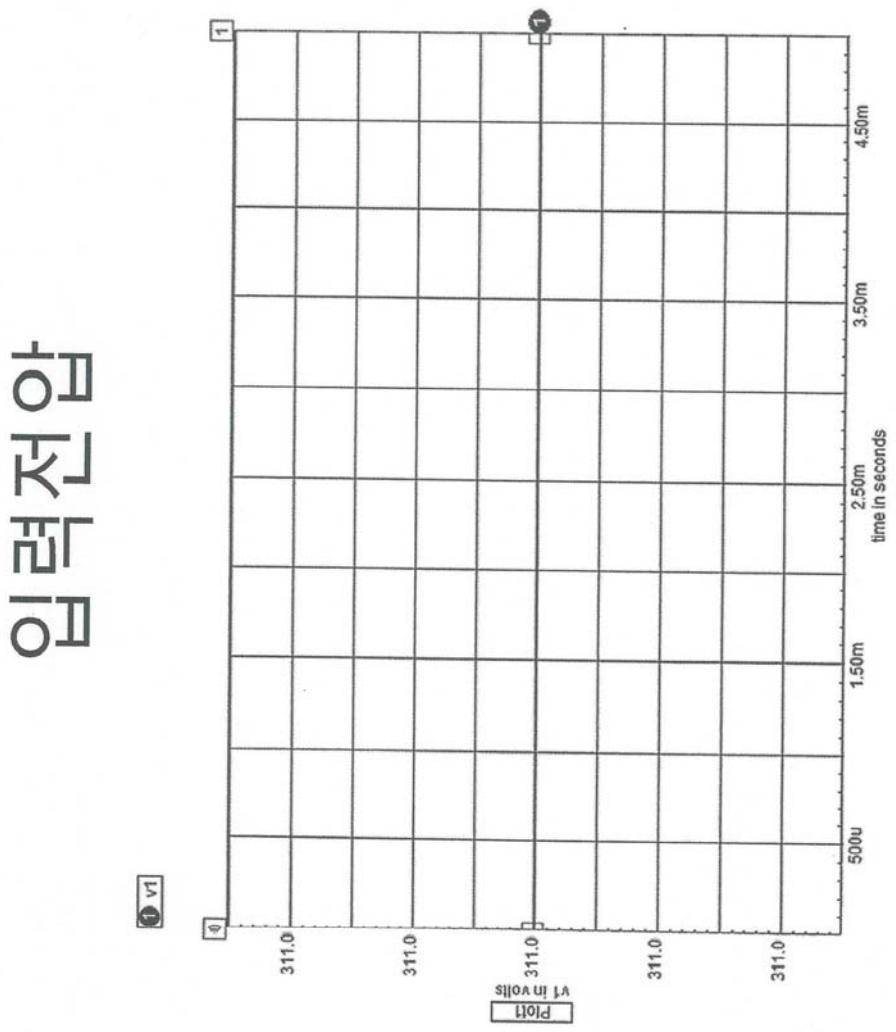


그림-86. 자연광 인공광 상호보상 시스템 입력전압

○ 자료출처-1: 전자회로 및 부품 사양 (위탁연구)

LED 드라이버란?

http://kin.naver.com/qna/detail.nhn?d1id=11&dirId=1118&docId=108213887&qb=TEVEIOuTnOudvOydtOuyhA==&enc=utf8&section=kin&rank=2&search_sort=0&spq=0&pid=goDsPF5Y7uosst/jU%2BVssc--024073&sid=TolAZvcniU4AAHqAo3U

디바이스마트 LED 드라이버

http://www.devicemart.co.kr/goods/view.php?seq=13803

DC LED 드라이버 모듈

http://www.ledparts.co.kr/index.html?brandcode=004001000001&ref=naver_open&nv_pchs=p9roCyE5RMOQrSD6FfX%2B%2FgxAP8eKaQgUxY%2BeGMdkR5ZHB20Kogl7LQ%3D%3D

LED 형광등

http://www.smartled.co.kr/shop/main/index.php

LED 조명 만드는 요령

http://cafe.naver.com/ledshinkwang.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=748&

LM317을 이용한 정전류 드라이버

http://www.google.co.kr/#sclient=psy&hl=ko&newwindow=1&source=hp&q=lm317+%EC%A0%95%EC%A0%84%EB%A5%98%ED%9A%8C%EB%A1%9C&pbx=1&oq=%EC%A0%95%EC%A0%84%EB%A5%98%ED%9A%8C%EB%A1%9C&aq=2m&aqi=g1g-m4&aql=&gs_sm=c&gs_upl=29211939010112234118115121010121437128591O.7.4.1.111310&fp=1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.,cf.osb&cad=b

엘레파츠 정전류 led드라이버

http://www.eleparts.co.kr/front/productdetail.php?productcode=003013004002000015&sort=ASC

○ 자료출처-2: 전자회로 및 부품 사양 (위탁연구)

http://www.leesvision.com/kor/products/led01/led.htm (LED 조명)

http://www.taeheung-pipe.com/bbs/board.php?bo_table=product&page=2(형광등 커버)

http://www.whilkor.com/light/s-3.php (광파이프)

http://blog.daum.net/topfiber/15688795 (광섬유 조명)

http://www.maitech.co.kr/shop/list.php?ca_id=1010 (투광등)

http://www.lampland.co.kr/main/main.asp (led 램프)

http://www.enlspace.com/product/read.php?tbl=list&cat=0000&seq=8&page=1&s_sel=&s_key=&s_cat= (광파이프)

http://blog.naver.com/ydjjinhur?Redirect=Log&logNo=40115894108 (광파이프 조명)

여러 가지 LED 종류 많음 - 서울반도체 LED

http://www.acriche.com/kr/product/prd/zpowerLEDp4.asp

디바이스마트 LED 분류

http://www.devicemart.co.kr/goods/search.php?sort_field=&sort_type=&page=1&cate1=001&cate2=001007&cate3=&cate4=&search_url=search&search_key=name&search_text=&search_price_start=&search_price_end=&r_start_date=&r_end_date=&x=73&y=13

LED 조명 사이트(형광등)

http://www.lampkorea.co.kr/siteFILE/shop_list.asp?CATE1=164&srchstr=L%20E%20D%20%C7%FC%20%B1%A4%20%B7%A5%20%C7%C1

BLU LED 포함 - 파워 라이텍

http://www.powerlightec.com/

LG 이노텍

http://ledlighting.lginnotek.com/kor/products/pkg.jsp

제4장. 목표달성도 및 관련분야의 기여도

1. 목표의 달성도

목 표	달 성 도 (%)	내 용
▪ 상호보상 일체형 조명시스템 선행기술 조사분석 및 개발방향 설정. ▪ 대구경 및 캐서그레인 집광시스템개발	100	상호보상 조명시스템 특허·논문·보고서 조사 분석 및 개발방향 설정. ▪ 대구경 1차 집광부 개발 ▪ 캐서그레인 2차 집광부 개발
▪ 태양광 자동추적 및 제어시스템 개발. ▪ 액상가시광필터 및 냉각시스템 개발. ▪ 일체형상호보상 조명장치 효율향상	100	▪ 태양추적 구동드라이버 및 자동제어부 개발 ▪ 투과율 75% 액상 가시광 필터 개발. ▪ 특허출원 및 연차보고서 작성.

○ 성과 목표 / 성과지표 달성도

	세세부과제(공동과제)명 (연구목표, 분야)		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치	달성평점 (평점 1~5)
							목표수준		측정방법	검증방법		
							목표치	달성치				
성과 질적 목표 점검	1	과제명 -자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템 개발 연구목표 -대구경 집광시스템 개발 및 상호보상장치 개발	1-1	선행기술 조사분석	①	자료 검색건수	30건	34건	건수 리스트	발표	0.3	5
	2		1-2	집광율	②	집광 면적비	500:1	2500:1	집광 면적비	발표	0.3	5
	3		2-1	구동오차	③	각도오차	0.5도	(0.5도	각도오차	발표	0.2	(3)
	4		2-1	.특허	④	출원건수	1건	(1건)	출원/등록 건수	출원 서류	0.2	(5)
	종합점수 = Σ (성과목표별 달성평점 ×가중치)										1	4.6

		목표	목표건수	달성건수	증빙	인정건수	달성율 (%)	가중치	달성평점
양적 지표 점검	사업연계지표	특허출원/등록	1	(1)	발표	(1)	(100)	0.5	(50)
		시제품제작	2	(2)	발표	(2)	(100)	0.5	(50)
		:							
	종합점수 = Σ (성과별달성율×가중치)							1	(100)

2. 관련분야의 기여도

가 관련분야의 기여도

본 과제는 태양광 신재생에너지를 활용한 주간 조명에 관한 연구로서 조명산업과 건축설계 분야가 관련산업이다. 우선 먼저 주간 조명 전기에너지를 절약함으로서 전기발전 산업과 간접적인 기여로 총발전양 여유도에 영향을 준다. 그리고 최근에 그린에너지 절약의 일환으로 이산화탄소 발생 감소에 대한 경제 정책이 세계적인 이슈로 등장하고 있어 자연광의 조명으로 인한 에너지 절약으로 직간접적인 기여가 있다. 특히 LED 조명의 전 세계적 추세에 부응하여 자연광 상호보상 조명이 시의 적절하게 적용하였다.

나. 관련법령, 정부 정책 및 담당기관

국가 에너지 기본계획 하에 에너지 이용 합리화법과 신·재생에너지 기본계획이 있다. 지경부의 신재생에너지 보급제도 규정에 공공건물의 신재생에너지 설치 의무화와 공공 민간건물 신도시 신재생에너지 보급 확대와 2020 그린홈 100만호 사업이 있다. 신재생 에너지의 태양광 항목에 태양광 발전에 대한 태양전지의 기술개발 및 이용을 규정하고 있는데, 이 항목에 직접 조명에 사용하는 자연광의 이용에 대한 항목이 추가되어 있다. 지경부의 에너지 효율기술개발과 국토부의 건물 부분에 신축 공동주택과 신축업무용 건물에 에너지 사용 기자재로 백열등과 형광등 기구를 LED로 교체하도록 하고 있다. 이 부분에 자연광 이용 조명에 대한 내용이 부각되고 있다. 지식경제부의 '그린에너지 사업화' 등 정부가 녹색성장과 신재생에너지 활용을 통한 CO_2저감으로 지구환경 보존 및 관련 산업 활성화로 국제경쟁력강화 추진하는데 있어서, 자연광과 인공광을 상호보상 일체형으로 조명함으로서 주간에 조명하고 있는 공공장소나 신축건물에 적용하여 에너지를 절약하도록 제반 규정을 보강할 필요가 있다.

다. 정부지원 정책사업 종류와 현황

지식경제부에서 2015년까지 조명광원의 30%를 LED로 전환한다는 'LED 조명 15/30 프로젝트'를 추진 중이며, 태양광, 풍력, 조력 등 신재생에너지의 활용으로 기존의 조명에 소요되는 전기에너지 절약으로 국가 기반 경쟁력

강화하기로 하였다. 해외에서 시작되어 국내에 파급되는 에너지 절감 대책에 부응으로 본 개발 사업의 중요성이 부각되고 있다. 한국에서도 국제적 추세에 부응하여 머지않아 백열등을 포함한 형광등의 사용을 제한할 것으로 예상되며, 그 대안으로서 LED와 태양광 조명 시장이 급격하게 부상할 것이다. 이에 ‘ 자연광과 LED, 형광등 인공광의 상호 보상형 일체형 조명시스템’의 개발의 확산이 필요하다.

라. 해외 시장 예측 및 발전전망

호주 뉴질랜드에서 201년부터 백열등 사용을 전면 금지하기로 하고, 미국 캐나다에서 2012년부터 100W 이상의 백열등 사용금지 및 2014년부터 40W 급 이상의 백열등 사용금지와, EU 소속 27개 회원국에서 2012년까지 백열등 사용금지 법안에 합의하였다고 한다. LED 조명시장과 태양광 시장에 근거하여 자연광 조명시장을 예측하면 다음 표-4와 같다.

출처: 에너지관리공단, 신성장동력기획단(지경부) LED시장의 20% 예측

구 분	2008년	2013년	2018년
세계시장규모(억$)	40	70	100
국내생산규모(천억원)	5	40	50
수출액규모(억$)	2	10	16
고용창출(천명)	1.5	10	12
부가가치(천억원)	3	12	13

표-4. 자연광 상호보상 일체형 조명시스템 시장 규모

제5장. 연구개발결과의 활용계획

1. 연구결과의 활용계획

연구결과의 예상되는 활용분야는 고밀집 빌딩의 사무실 공간 조명, 고등교육기관 및 관공서 실내공간 조명, 고밀집 아파트 실내조명, 공장등 기타 산업 현장의 작업공간과 지하공간을 조명하는데 적용한다. 현장적용 방안으로 실제 건물에 설치하여 건물과 상호 인터페이스 방안을 구축하고, 현장 조건에 따라 모델화된 결과물을 제품화하여 실용화하고, 각 요소별로 미래원천기술 확보하여, 자연광과 인공광을 조합한 신 조명 산업을 창출한다. 그리고 후속 연구로서 인간 친화적 조명기술을 다변화하여 작업의 종류와 거주하는 사람의 환경에 따라 조명조건을 가변 할 수 있는 고기능 제품으로 업그레이드하여 다양한 수요처를 창출한다. 이에 따른 본제품의 모델별 용도별로 대량생산 체제를 구축하여 사업화하고, 요소기술에 따라 다양한 국내 및 세계시장에 진출하기 위하여 적합한 기관을 선정하여 기술 이전하여 사업을 확장해 나간다. 후속연구로서 부품의 표준화와 공정의 자동화 및 시스템의 소규모화를 통하여, 성능이 우수하고 가격이 현실성 있는 제품을 개발하여, 시장을 확산해 나가며 모든 주택에서 사용가능하게 필수품화 하도록 한다.

연구결과물의 활용을 위하여 건축물에 직접 시범적용한 후, 건설업체와 건축물에 적용하기 위한 기술적 검토와 표준절차를 개발한다. 물론 정부의 법, 시행령, 시행규칙 및 지자체의 조례에 자연광 조명의 에너지절약 항목을 추가하여 보강하여야 한다. 그리고 양산에 따른 부품의 자동화 생산 및 외주가공에 대하여 관련 기업과 협력 체제를 구축한다. 본 결과물의 수요에 따른 대량 생산 체제를 구축하여 공장을 설립하여 사업화 하고 유통망을 구축하여 국내외에 판매 수출한다.

앞에서 논의된 미국의 썬라이트 다이렉트(SD), 일본의 라포레엔지니어링(LE) 및 스웨덴의 파란스 데이라이팅(PD)은 우리보다 선도 주자로서 앞서가고 있지만, 그들의 기술을 구체적으로 분석연구하고, 우리의 고유한 창의성을 추가하여 성능과 디자인 및 가격 면에서 그들과 비교우위를 확보할 수 있도록 하며, 우선 국내에서 활성화 되도록 유도하는 신재생에너지 기본계획 및 에너지이용 합리화 의 자연광 이용 등 제도의 개선이 반영되었다.

해외시장에 진입하기위하여, 우선 먼저 세계 곳곳에서 개최예정인 전시회나 출품회에 적극적으로 참여하여, 국제적인 수준으로 발돋음 한다. 그리고 수요가 예상되는 현지 소비자의 니즈에 충족할 수 있도록 해외 네트워크를 풀가동하여 업그레이드 된 자연광 이용 조명 제품을 출시하여 판촉한다.

해외시장에 진출하기 전에 국내시장에서 평가를 받아 업그레이드 한 후, 해외의 각종 전시회에 출품하여 본 결과물을 홍보하고 수출계약 상담을 수행한다. 필요에 따라 스탠드형 자연광 조명장치 등 현지 시장의 요구를 반영하여 그들의 문화와 생활양식에 맞는 모델을 창출하여 해외브랜드를 설립하여 공격적으로 해외시장에 진출한다. 이에는 신재생에너지의 태양광에 자연광 이용 조명을 추가하여야 하며, 에너지이용 합리화 사업의 일환인 LED의 보급 활성화에 자연광 조명 항목을 추가하였다.

2. 기대성과 및 파급효과

본 연구개발의 기술적, 경제적 및 사회문화적 효과는 다음과 같다.

1) 하루 전체 발전량의 약 20%인 1,400만 kW/h가 조명에너지이다. 주간 4시간 자연광 이용으로 조명에너지의 17%가 절약 예상되므로, 하루에 240만 kW/h의 전기에너지 절약효과가 있다. CO_2 배출량으로 환산하면 0.425kg x 240만 kW x 365일 = 37만 톤/년이 감소된다.
2) 중장기 국내 조명시장의 10%를 자연광 상호보상 조명으로 대체하는 효과가 있다. LED 상호보상 조명 대 형광등 상호보상 조명의 가격비율이 5 대 1로 산정하면, 형광등의 자연광 상호보상 일체형 램프의 시장 진출이 급증하여 자연광 이용에 대한 인식이 확산되어 에너지 절약이 생활화 될 수 있다.
3) 백열등과 형광등의 LED램프로 교체사업은, 비용과 품질문제로 진척이 늦어지고 있다. T5형광등용 상호보상 조명은 중간단계로 조기실현이 가능하다. 전체 조명원의 약 70%는 형광등으로 980만 kW(40W 기준 2450만개)이나 상호보상을 실시하고 병행하여 단계적으로 LED의 기술수준과 생산가의 현실화로 기존의 백열등 및 방전등의 교체율을 높여나갈 수 있다.
4) 자연광 상호보상 조명시장을 LED조명시장의 20%로 예측하여, 2013년에 세계시장 70억불, 국내시장 40억불로 추정 되며, 이중에 자연광 해외시장을 10%로 예상 할 때, 시장개척을 위한 한 축으로 본 과제의 결과물이 활용될 수 있으며, 고용창출과 관련 산업의 활성화가 수반될 것이다.
5) 생활공간과 사무 공간 및 작업공간에 자연광과 인공광의 상호보상 조명을 통해 삶의 질을 개선하는 인간 친화적 서비스의 제공효과가 있다.

3. 추가 연구 사항

본 과제의 결과물에 대한 경제성(LCC) 분석을 위한 eQUEST 프로그램을 확보하고, 관련 전문가의 자문을 받아 연구 결과물의 경제성을 분석하여야 한다.

자연광의 분배는 번들 형태의 옵티칼 파이버를 분기하여 LED 램프 주변에 분산하여 조립함으로 균일한 조도를 얻을 수 있도록 구성해야 한다. 형광등과 자연광을 결합한 복합조명 램프는 50W형 T5 형광등 2개를 한 세트로 한 형광등 기본 세트에 번들 형태의 옵티칼 파이버를 분기하여 램프 주변에 분산하여 조립함으로 균일한 조도를 얻을 수 있도록 구성한다. 두 가지 램프를 공히 광파이버 컨넥터를 부착하여 외부에서 유입된 태양광을 램프 구조물에 결합시킬 수 있도록 하며 외부 집광 장치가 없는 경우에는 기존의 램프와 동일한 방식으로 운영되게 하여 유용성을 높인다. 자연광 상호보상 램프는 LED의 방열을 고려하여 아래 그림과 같이 알루미늄 압출 금형을 이용하여 LED 램프를 고정하며 전력인가의 편리성을 위하여 교류로 직접 구동되는 AC 구동형으로 선정한다. 직관형 형광등과 유사한 크기로 4W LED 12 ~ 24개를 결합하여 50W형과 112W형을 기본으로 설정한다. 자연광과 인공광의 상호보상 일체형 조명시스템의 성능보완과 자연광과 인공광의 타 조명시스템에 대한 적용성을 검토하여 본 연구의 개발결과의 확장성을 검토해야 한다. 50W급 T-5 형광등과 LED와 자연광의 상호보상 일체형 램프를 각각 시험하고 성능을 보완한다. 개발된 핵심기술이 적용된 제품 실증 실험 평가를 통한 검증을 실시해야 한다.

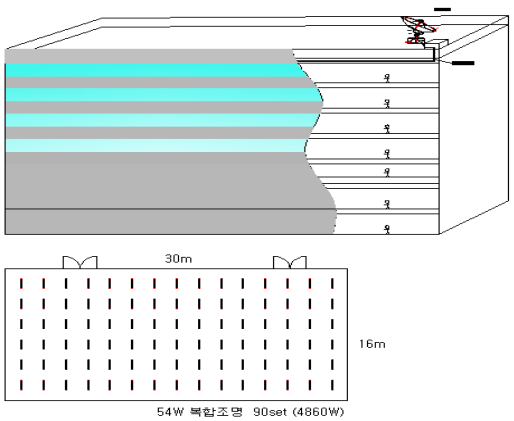


그림-87 **건물 설치 실증 계획 개념도**

완성된 전체시스템 예상가격을 단위 조명기구로 분산했을 경우의 대량생산한 본 제품의 가격은, 형광등 상호보상 램프가 5만원, LED 상호보상 램프가 25만원으로 책정한다. 정부의 에너지절약 시책에 부응하여 관공서의 LED 교체 시행과 지방자치단체의 조명 에너지 정책에 반영하여, 지하주차장 및 빌딩사무실 공간에 본 연구 결과물의 확산을 유도하며, 중앙 일간지와 인터넷 TV등 메스컴을 통하여 활발한 홍보를 수행하여 확산 한다.

구분	건축물 구조 전체 적용 방안	에너지 사용 계획	수행 주체
자연광 집광	건축물의 옥상에 집광장치 설치 (구조역학,방풍,방수,미관)	태양광 집광 배율 500x 면적 2.5m^2, 높이 3m 액체열 90%흡수필터	제조사 시공사
자연광 분배	건축물의 환기 덕트 및 실링 내부를 통해 배관 (열관류율, A/S, 미관)	에너지 손실: 10% 이내 (PC, 쿼츠, 우레탄 단열 열전도율 0.023-0.038) 허용 열관류율: 5~10%	제조사 시공사
자연광 조명	조명등 위치선택 및 조명도 설정 (조명각도, 휘도, 색감)	LCC분석: 25% 절감 야간: T-5 54W (LED 54W) 조명. 자연광 조명: 평균 6시간 주간	제조사 설치사 건물주

표-5. 자연광 집광 및 분배의 건축물 구조 및 전체에너지 사용 계획안

표-5에서 건축물 구조 에너지 사용계획 중 25%를 조명에너지로 사용 계획하고, 수행주체는 제조사, 시공사, 건물주이며, 필요에 따라 감리사, 건축허가 및 준공 지방자체 담당자, 조명 및 건축 전문가를 구성하여 시행체계에 따라 상호 협의 시행한다. 전체 에너지 중 상시조명의 경우 조명에너지를 25%로 계획하고, 냉난방 32%, 사무실 장비 11%, 온수 6%, 조리 2%, 냉장고 4%, 기타 20% 에너지를 사용한다. 높이 2.5m, 폭 2.5m의 태양광 집광장치를 건물 구조역학, 방수, 방풍 및 미관을 고려하여 태양 볕이 잘 드는 건물 옥상 또는 지면의 공간에 설치한다. 5-10cm 직경의 광전송관을 환풍기 덕트 공간을 활용하여 열관류율 5~10%로 단열 설치하고 주거 공간 내부로 유도한다. 그리고 실링 내부를 통하여 분기하고 일체형 조명등기구는 미관과 조명기준(KS)에 적합하도록 하여 조명공간에 매립형으로 배치한다. 주간에 태양광이 좋을 때는 자연광으로 조명하고 흐린 날에는 인공광을 자동으로 조명수준을 상호 보상토록 하며, 야간에는 인공광으로 조명한다. 평균적으로 하루에 자연광 조명 시간은 6시간, 인공광은 18시간이 조명된다. 예를 들어 100개의 54W 램프(형광등, LED)에 대한 1일 24시간 조명 에너지를 산출하

면, 인공광은 129.6 kWh가 사용되는 데, 자연광을 상호 보상할 경우 97.2kWh가 사용되어, 1일 32.4kWh의 조명 전기에너지가 절감되는 효과가 있다. 이렇게 자연광의 활용으로 조명에너지의 25%가 절감되는 것으로, 확대하면 전체 전기에너지의 5%를 절감할 수 있음을 의미한다. (전체 전기에너지의 20%가 조명에너지로 산정). 건축물에 대한 자연광 집광, 분배, 조명에 대한 보다 정확한 에너지 분석을 위해 DOE 2.1 등 전문적인 프로그램을 활용하고 국내의 주택건설 및 공공시설 건축 전문가의 자문이 필요하다.

일체형 복합조명 시스템 상호보완 연동체계구성 및 건축물 적용기술개발에서 상호 보상형 연동체계를 건축물에 적용하기 위한 방안을 구축해야 한다. 최종결과물에 대한 실증 장소를 정하여 사무실 공간에 설치하여 실증실험을 해야한다. 개발물과 특정건물의 적합성검토, 집광장치의 옥상 또는 외부 취부방법 검토, 계절별 최대풍속에 대비한 안전 대책 수립, 태양의 이동 방향에 따른 추적장치 배치 및 광도파관 건물외부에서 내부로 연결 시 열관류율 및 방수 대책 수립. 건물 배치도에 적합한 광분배관 실링 설치 위치 판정 및 시공의 최소거리를 확보하되 구조강도를 유지하고 미관 확보, 상호보상 일체형 램프 매설 및 현가 기법 선택 및 시공, KS 규격에 따른 조도 확보 방안을 위한 조명장치 수 및 본포 시뮬레이션 등을 보강한다.

※부록. 자연광 이용 조명기술 자료 (해외)

1. 라포레 엔지니어링 히마와리 시스템 (일본)



App-1. 히마와리 집광기(소구경 렌즈 돔식 배열, 광섬유 전송)

Type	Number of lenses	Lens size(mm)	Light receiving area(cm2)	Dome diameter (mm)	Height (mm)	Weight (kg)	Number of cables	Total luminous flux(lm)	Electric power supply	Power consumption
XD-50S /12AS	12	95	851	520	810	14	2	3,840	AC85V~264V	2W

Type	Number of lenses	Lens size(mm)	Light receiving area(cm2)	Dome diameter (mm)	Height (mm)	Weight (kg)	Number of cables	Total luminous flux(lm)	Electric power supply	Power consumption
XF-160S /198AS	198	95	14,035	1,630	2,500	628	33	53,790	AC85V~264V	15W
XF-110S /90AS	90	95	6,379	1,170	2,045	346	15	24,450	AC85V~264V	12W
XD-100S /36AS	36	95	2,552	1,000	1,475	88	6	11,520	AC85V~264V	5W

App-2. 히마와리 조명시스템 종류

Standard light fittings
Special designs can be customized on request.

Spot-light

Color : White
Dimensions : W 110mmØ x H167mm
Hand-adjustable lighting direction and angle
Can be fitted on any existing wall or ceiling



Down-light

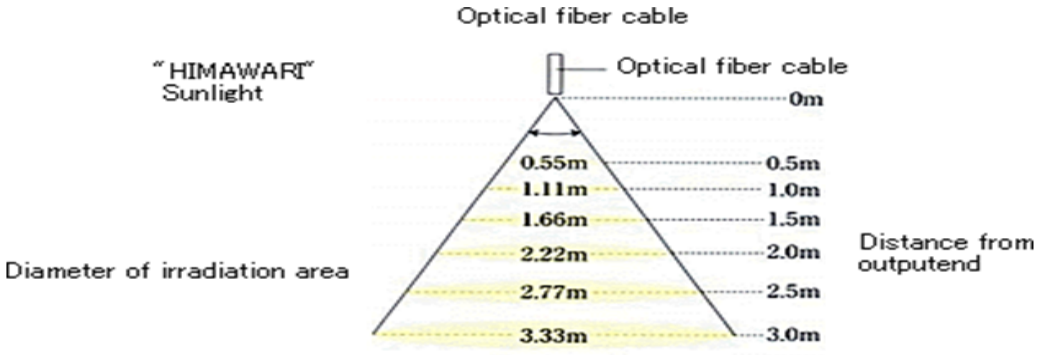
Model : NA
Color : White
Dimensions : W 130mmØ x H 90 mm
Minimum ceiling clearance: 300mm



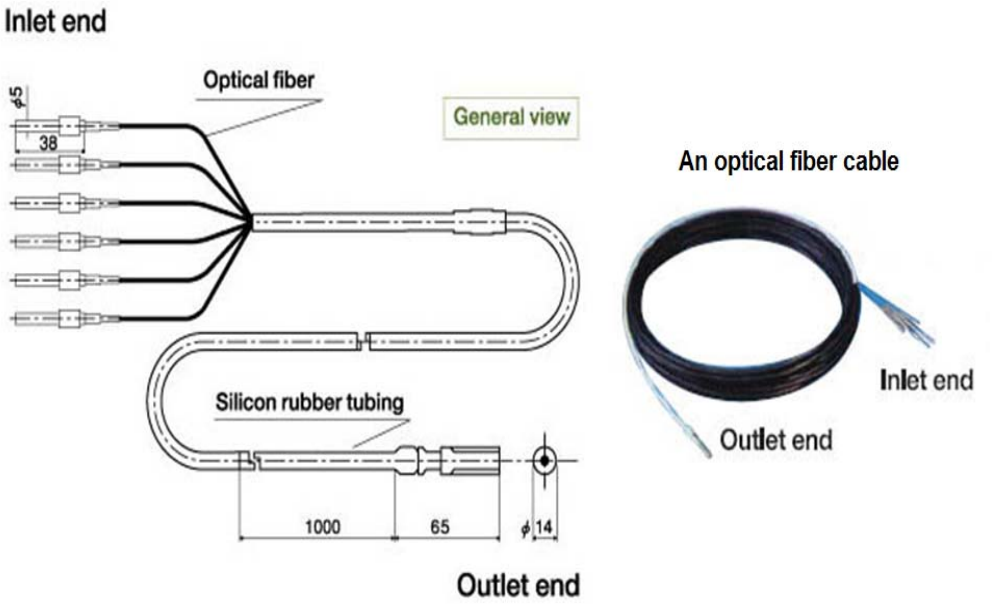
App-3. 표준 조명장치 피팅(스포트, 다운)

Light distribution
The light is dispersed at an emission angle of 58°.
A circle of about 2.2m in diameter (3.8 m^2) is illuminated at an average of 500 lux at 2m from a cable terminal.

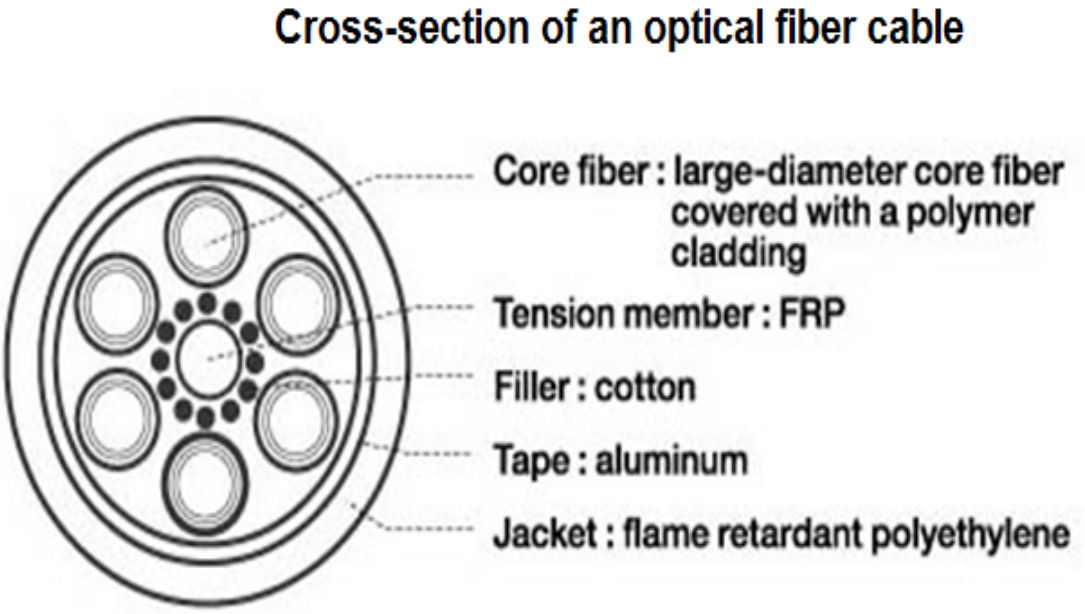
(As a guide)
Standard illuminance in a room;
1000 lux : sewing, manual-arts etc.
500 lux : reading and dining
200 lux : conversation, relaxation



App-4. 광섬유 케이블 광전송장치



App-5. 광섬유 케이블 광분배 조명장치



App-6. 광섬유 6축 케이블 단면도

2. Parans 자연광 조명장치 (스웨덴)



App-7. 파란스 자연광 조명사례 사진

Model : C
Color : Chrome plated
Dimensions : W 30mmØ x H 10 mm
Minimum ceiling clearance: 200mm
Displaying the source of light in a spot.

Modle : ND
Color : (Frame) White
(Reflector) Chrome
Dimensions : W 85mmØ x H 73mm
Minimum ceiling clearance: 250mm



App-8. 파란스 자연광 조사장치

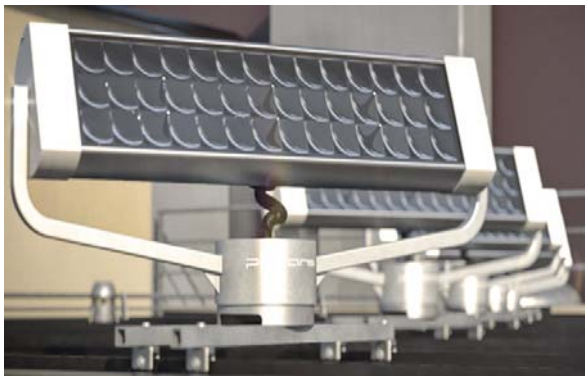
Optical fiber output data (in case 98,000 lux sunshine)				
Distance (m)	Average Illuminance	Illuminance (center)	Illuminant diameter (m)	Illuminant area (㎡)
0.5	7,967	11,154	0.554	0.241
1.0	1,990	2,786	1.109	0.966
1.5	884	1,238	1.663	2.172
2.0	497	696	2.217	3.860
2.5	318	445	2.772	6.035
3.0	221	309	3.326	8.688

Fiber core size	1.0mm
Number of cores	6 cores
Fiber length	15 m
Luminous flux per cable	1,920 lumen ※
Illuminant angle	58°

※The unit of light intensity (luminous flux) is called Lumen
1 lumen represents the quantity of light needed to illuminate 1 ㎡ at a brightness of 1 lux.

App-9. 파란스 자연광 전달용 옵티칼 화이버

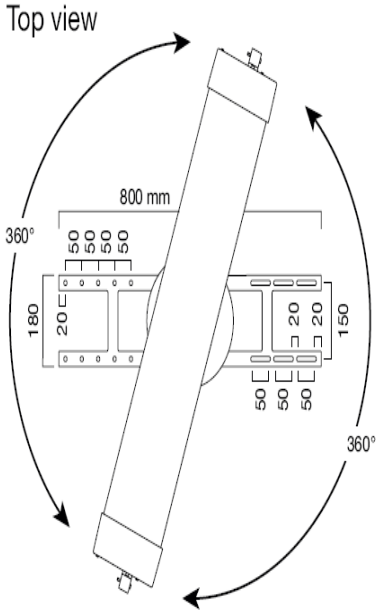




App-10. 자연광 실내조명 & 실외 집광기

SP3 - receiver	
Dimensions	1140 x 570 x 270 mm
Weight	32 kg
Power supply	AC 100 – 240 V, 50-60 Hz
Power consumption	0 - 10 W
Operating temperature	-20°C – 40°C
Light output	5500 +/- 300 lm*
Materials	Aluminium, Tempered glass Zinc/nickel steel, Acrylic

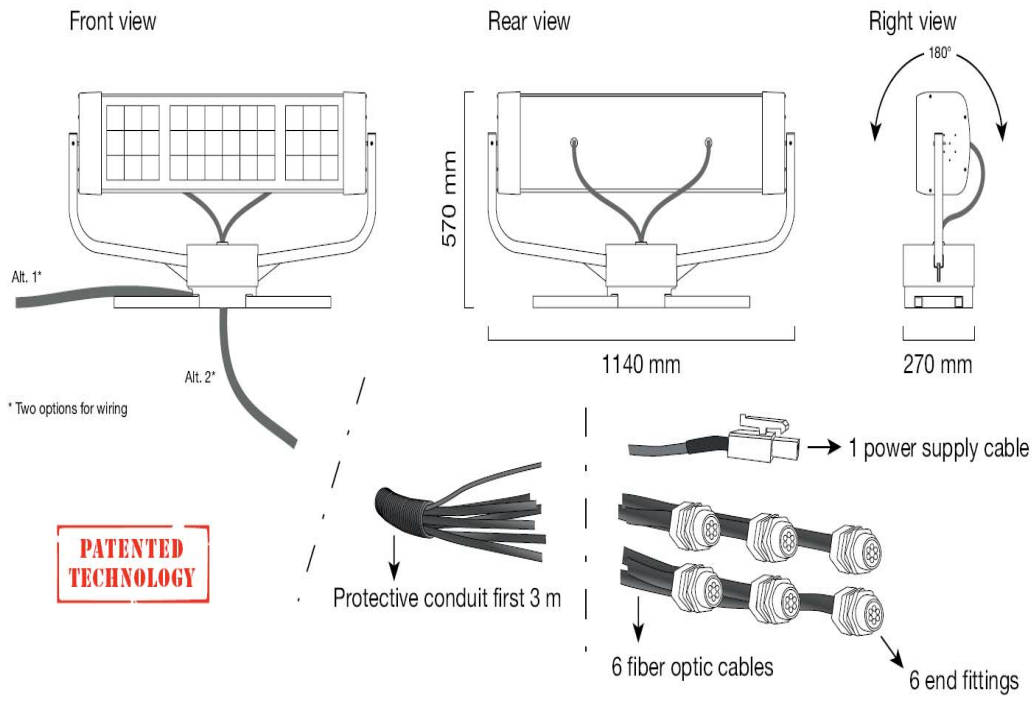
* All values based on solar illuminance of 100 000 Lux



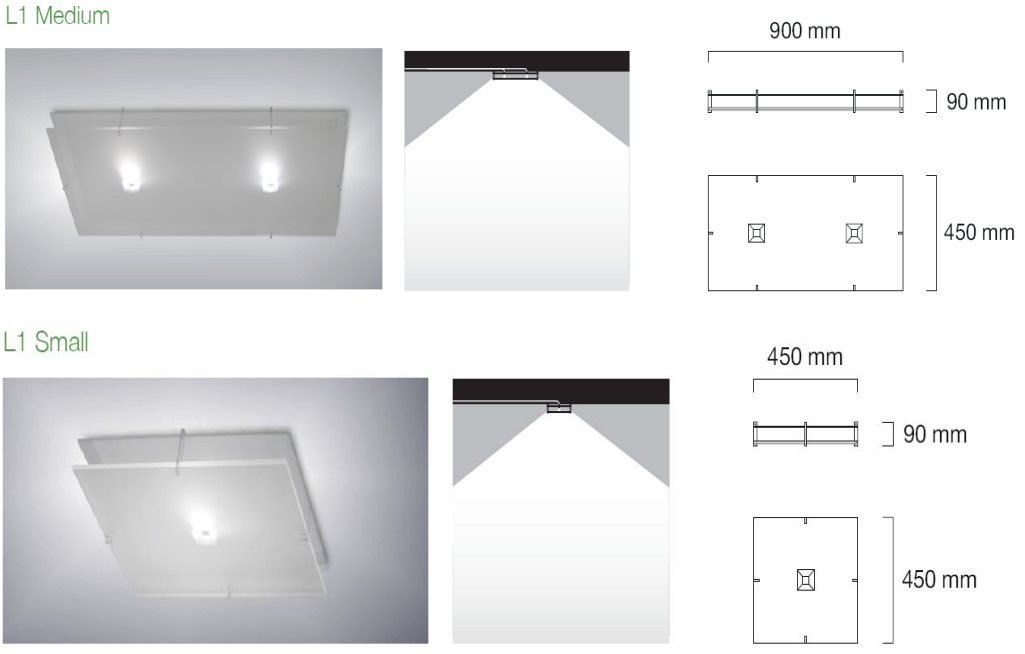
App-11. 추적식 자연광 집광장치

Cabling	C05	C10	C 15	C 20
Length	5 m	10 m	15 m	20 m
Fiber optic cable	6 pcs	6 pcs	6 pcs	6 pcs
Power supply cable	1 pcs	1 pcs	1 pcs	1 pcs
Protective conduit length	first 3 m	first 3 m	first 3 m	first 3 m
Protective conduit diameter	42 mm	42 mm	42 mm	42 mm
Protective conduit Internal diameter	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
Fiber optic cable diameter	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
End fitting diameter	18 mm	18 mm	18 mm	18 mm
Material fiber optic	Acrylic	Acrylic	Acrylic	Acrylic
Material protective coating	PE	PE	PE	PE
Material protective conduit	PA6	PA6	PA6	PA6
Light transmission	95,5 %/m	95,5 %/m	95,5 %/m	95,5 %/m
Approximate light output	4150 lm	3300 lm	2600 lm	2100 lm
Approximate light output, each cable	700 lm	550 lm	430 lm	350 lm
Light spreading angle	approx 60°	approx 60°	approx 60°	approx 60°
Maximum bend radius	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

App-12. 규모별 자연광 집광장치



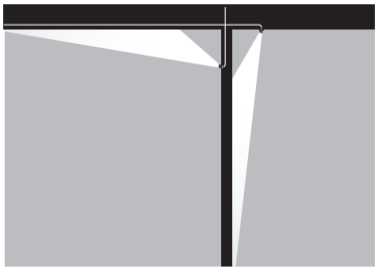
App-13. 자연광 전송 및 분배 광섬유 장치

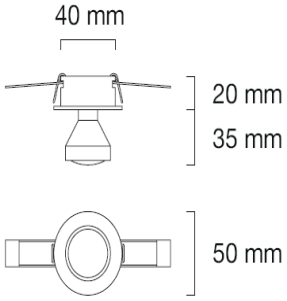


App-14. 자연광 실내 광조명 장치

L3 Spotlight







Luminaires	L1 Small	L1 Medium	L3 Spotlight
Dimensions	450 x 450 x 90 mm	450 x 900 x 90 mm	50 x 50 x 55 mm
Weight	3,6 kg	7,2 kg	53 g
Material	Acrylic	Acrylic	Aluminium, Glass
Luminaires for each receiver	6	3	6
Light output, 5 m cable	700 lm	1400 lm	700 lm
Light output, 10 m cable	550 lm	1100 lm	550 lm
Light output, 15 m cable	430 lm	860 lm	430 lm
Light output, 20 m cable	350 lm	700 lm	350 lm

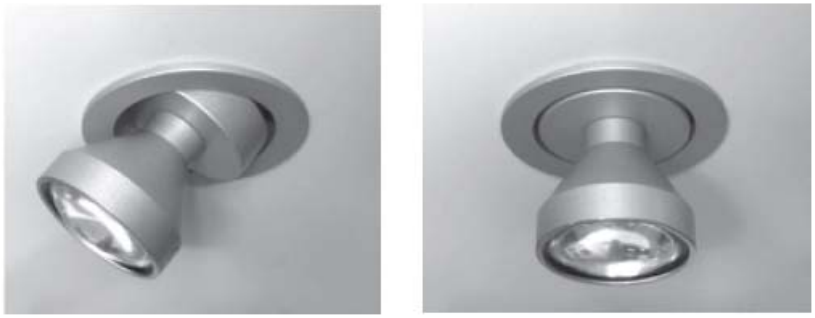
App-15. 자연광 실내 광조명 장치



App-16. 프레넬 자연광 집광 장치



App-17. 프레넬 자연광 집광 장치



The Parans L3 Spotlight creates a 30° light beam, which can be used to highlight or illuminate.

App-18. 자연광 실내 조사 장치

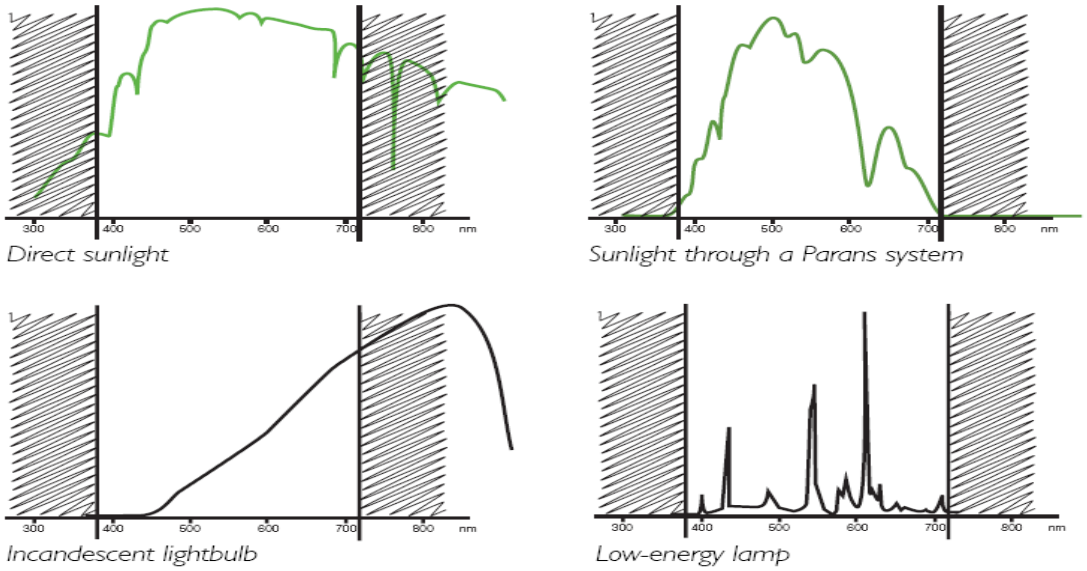


App-19. 파란스 자연광 조명 설치 사례



The Parans LI Luminaire spreads part of the light and creates a square light beam, resembling the light falling through a window.

App-20. 자연광 조명 프로파일



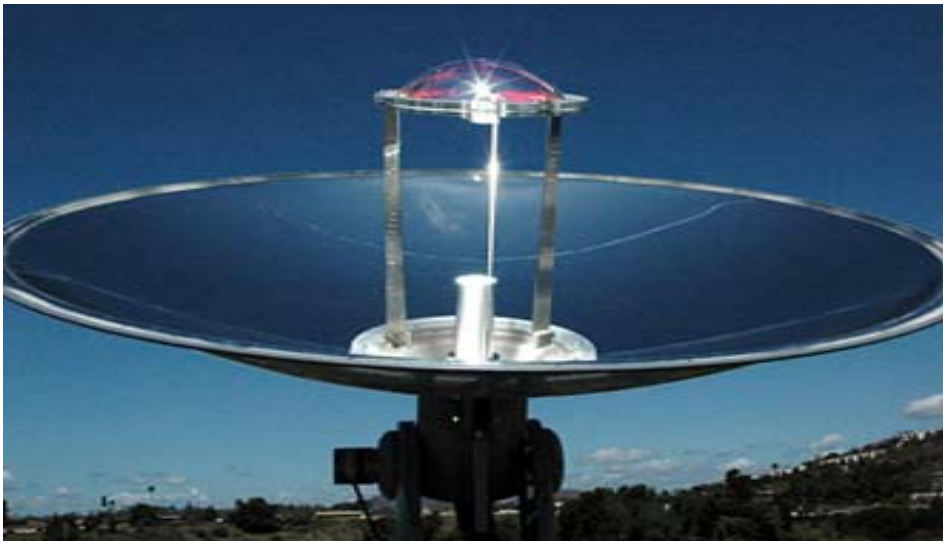
App-21. 자연광 조명 스펙트럼 분포

3. Technical LED's LED Color Chart

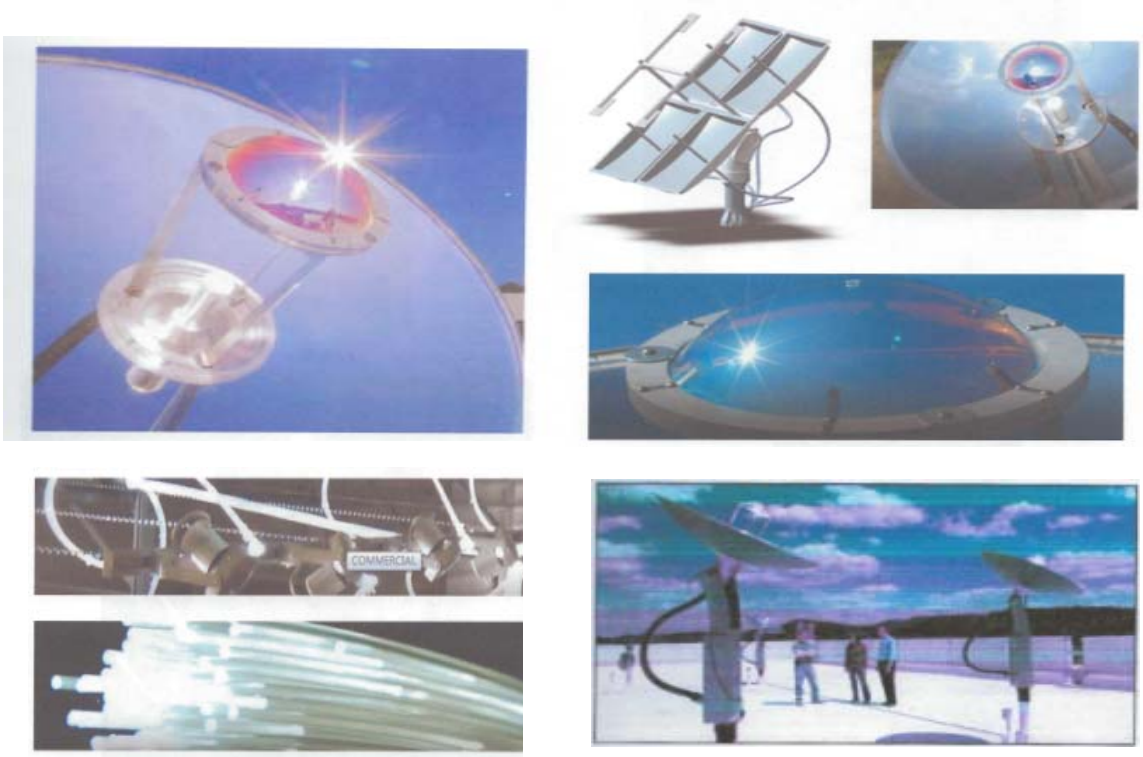
Wavelength (nm)	Color Name	Fwd Voltage (Vf @ 20ma)	Intensity 5mm LEDs	Viewing Angle	LED Dye Material
940	Infrared	1.5	16mW@50mA	15°	GaAIAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Arsenide
880	Infrared	1.7	18mW@50mA	15°	GaAIAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Arsenide
850	Infrared	1.7	26mW@50mA	15°	GaAIAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Aluminum Arsenide
660	Ultra Red	1.8	2000mcd@50 mA	15°	GaAIAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Aluminum Arsenide
635	High Eff. Red	2.0	200mcd @20mA	15°	GaAsP/GaP - Gallium Arsenic Phosphide / Gallium Phosphide
633	Super Red	2.2	3500mcd@20m A	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
620	Super Orange	2.2	4500mcd@20 mA	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
612	Super Orange	2.2	6500mcd@20 mA	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
605	Orange	2.1	160mcd @20mA	15°	GaAsP/GaP - Gallium Arsenic Phosphide / Gallium Phosphide
595	Super Yellow	2.2	5500mcd@20m A	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
592	Super Pure Yellow	2.1	7000mcd@20 mA	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
585	Yellow	2.1	100mcd @20mA	15°	GaAsP/GaP - Gallium Arsenic Phosphide / Gallium Phosphide
574	Super Lime Yellow	2.4	1000mcd@20m A	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
570	Super Lime Green	2.0	1000mcd@20m A	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
565	High Efficiency Green	2.1	200mcd@20m A	15°	GaP/GaP - Gallium Phosphide/Gallium Phosphide
560	Super Pure Green	2.1	350mcd@20m A	15°	InGaAIP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
555	Pure Green	2.1	80mcd@20mA	15°	GaP/GaP - Gallium Phosphide/ Gallium Phosphide
525	Aqua Green	3.5	10,000mcd@20 mA	15°	SiC/GaN - Silicon Carbide / Gallium Nitride
505	Blue Green	3.5	2000mcd@20 mA	45°	SiC/GaN - Silicon Carbide / Gallium Nitride
470	Super Blue	3.6	3000mcd@20 mA	15°	SiC/GaN - Silicon Carbide / Gallium Nitride
430	Ultra Blue	3.8	100mcd@20m A	15°	SiC/GaN - Silicon Carbide / Gallium Nitride

App-22. Technical LED's LED Color Chart

4. 썬-다이렉트 자연광 이용시스템(미국)



App-23. 자연광 집광시스템.



App-24. 썬-다이렉트 자연광 집광시스템.

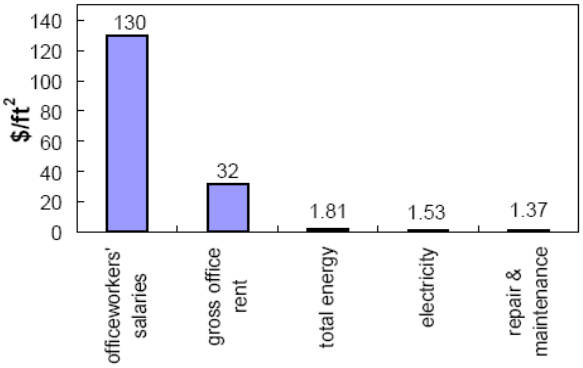
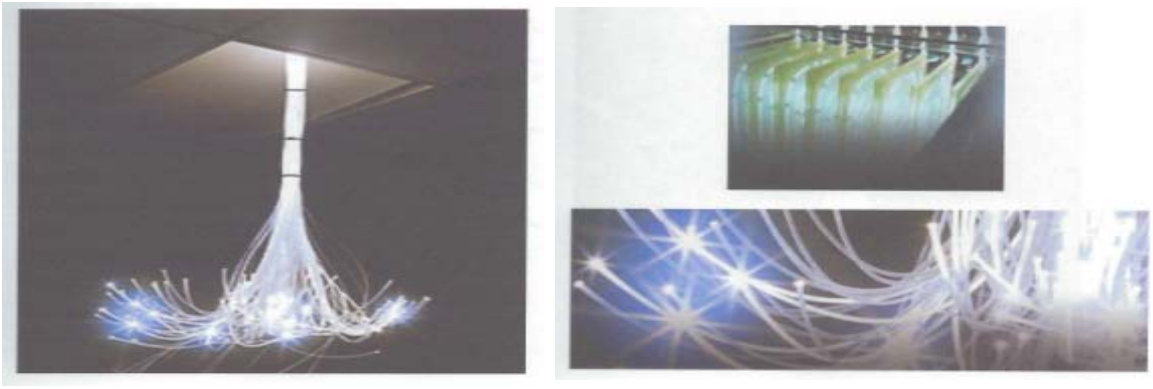
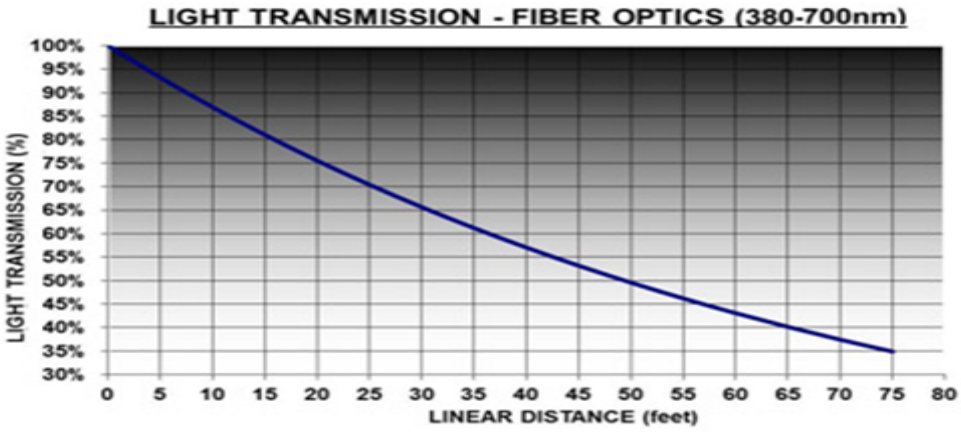


Figure 1. Approximate operating costs for an office building with 1990 data in \$/rentable ft^2/yr (Romm and Browning 1994)

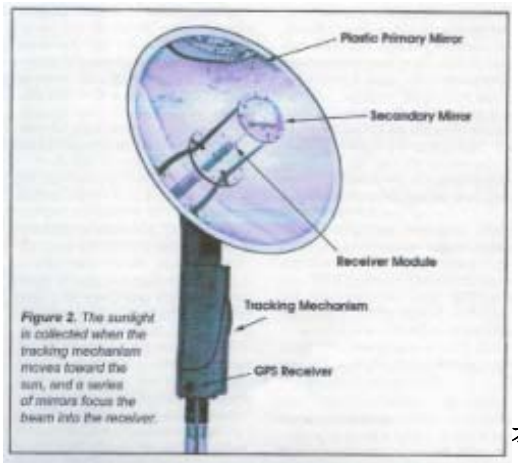
App-25. 자연광 집광시스템 운전비용 데이터.



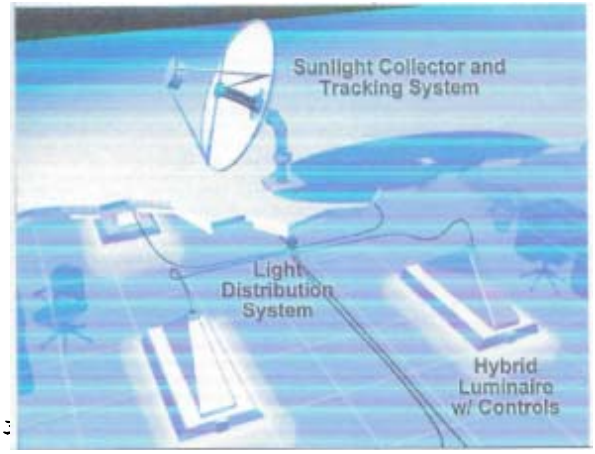
App-26. 자연광 광섬유 조명 사진



App-27. 광섬유 자연광 전송 데이터



집



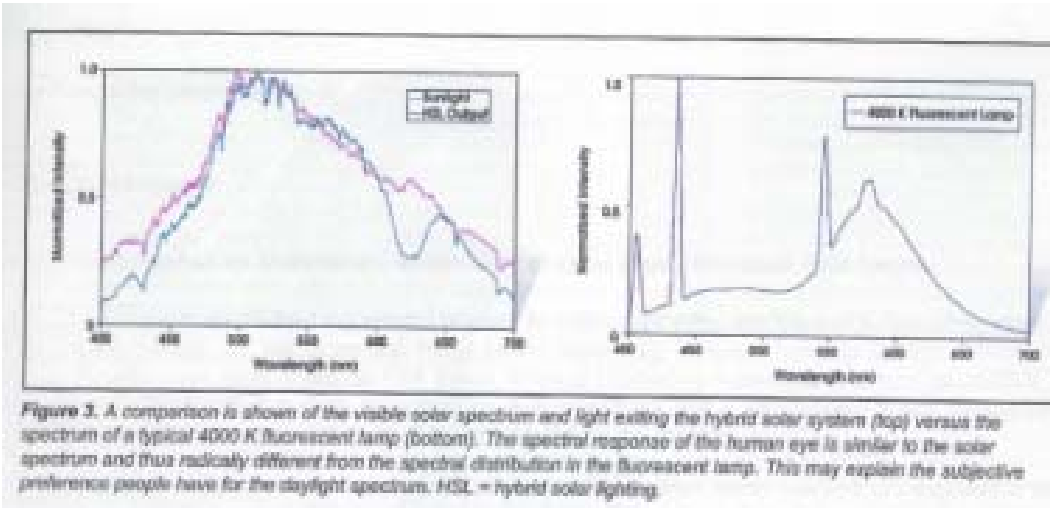
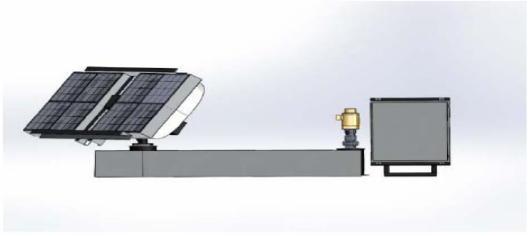
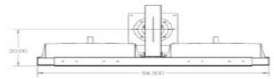


Figure 3. A comparison is shown of the visible solar spectrum and light exiting the hybrid solar system (top) versus the spectrum of a typical 4000 K fluorescent lamp (bottom). The spectral response of the human eye is similar to the solar spectrum and thus radically different from the spectral distribution in the fluorescent lamp. This may explain the subjective preference people have for the daylight spectrum. HSL = hybrid solar lighting.

App-29. 자연광 및 전송광 스펙트럼 데이타





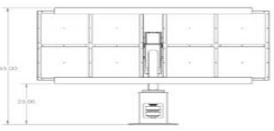


Figure 1 TR5 Collector



Figure 2 TR5 Azimuth Drive

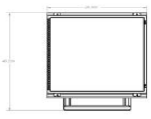


Figure 3 TR5 PLC Based Control Box

App-30. 자연광 집광시스템 모델

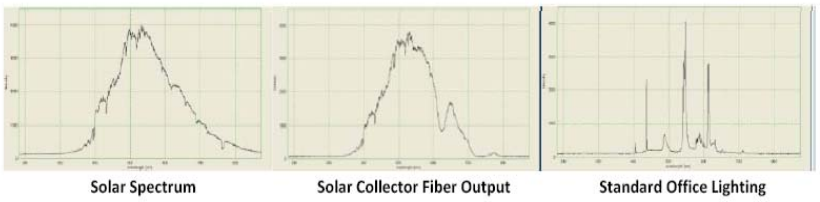
Fiber Length (Ft.)	Collector Output (Lumens)
25	57,500
35	50,000
45	42,500

Electrical Requirements	
Voltage	100-120 VAC or 200-250 VAC
Frequency	48-62 Hz
Circuit Breaker	10 A

ARCHITECTURAL CONSIDERATIONS	
Max. Roof Pitch	0.25 inch per 10ft
Max.Penetration	Recommended for 2-3 floors only
Solar Exposure	Minimal obstructions
Mount Positioning	Centrally located to illumination area
Mounting Requirements	Tied to building structure
Max. Wind Load	2,500 ft-lbs/collector

ENVIRONMENTAL	
Operating Temp. Range	-40°C to 50°C
Humidity	0% to 100%
Max. Operating Wind Speed	25 mph
Max. Survivable Wind Speed	60 mph

App-31. 광섬유 광전송시스템 사양



Optical Characteristics	
Optical Fiber Dia.	3mm
Optical Fiber Bundle Dia.	2.50 in.
Optical Fiber Bundle Bend Radii	12 in.
Light Dispersion Angle	60°

App-32. 자연광 집광시스템 광학적 특성

※ 참고 문헌

1) 지하 공간에 있어 Perimeter Occupied Zone에 대한 채광덕트 개발에 관한 연구 (김희서, 단국대, 조명전기설비학회 논문지 13권 4호, 1999)
2) 첨단 건물용 프레넬 집광 프리즘 배광형 자연채광기술 (이의준, 한국에너지기술연구원, 한국에너지공학회 춘계학술발표회, 2002. 과학기술부 국가지정연구)
3) 자연채광을 위한 화이버 광학 집광기의 설계 개발 및 성능 평가 (한현주, 경희대, 한국태양에너지학회논문집 Vol.27, No.4, 2007).
4) 첨단 고성능 채광시스템의 통합화 설계 기술 개발 (김정태, 경희대, 특정연구개발사업 보고서, 2006).

5) 원형 프레넬 집광형 주광 조명시스템 성능평가 (강은철 외, 한국에너지기술연구원, 한국태양에너지학회논문집, Vol.31, No.1, 2011).
6) 고효율 산광장치 및 하이브리드 조명시스템 개발 (에이비엠건설, 지식경제부 2008~2009).
7) 광파이프에 의한 태양광 집광 전송장치 (강훈철, 20-0170477).
8) 고휘도 자연광 인공광 복합 조명장치(에너지기술연구원, 10-0343626).
9) 태양광 집광 채광기의 집광효율 측정장치 (한국조명기술연구소, 10-0813994).
10) 하이브리드 조명장치 (박민기, 전자부품연구원, 10-2010-0109214).

11) 자연채광장치 및 이를 이용한 하이브리드 조명시스템 (오세대, 10-0951737)
12) 광파이프 태양광 채광장치 및 분배 집광장치(정재헌, 10-2011-0021119).
13) Life Cycle Cost (LCC) 분석 방법론의 전산화에 관한 연구 (김경업외, 대한건축학회논문집 18권5호, 통권163호, 2002. 05).
14) LCC 기법을 통한 자연채광의 경제성 분석에 대한 연구 (김정태 외, 한국생태환경건축학회 논문집 Vol.6, No.1, 2006. 03).
15) 공동주택의 LED조명 적용에 따른 조도 및 에너지 효율 분석 (이진숙 외, 대한건축학회 논문집, 제27권 제4호, 통권 270호, 20011년 04).
16) 광섬유형 태양광 채광/조명 기술 (박현국, 해양대학교, 태양전지용 세라