

[논문] 태양에너지  
*Solar Energy*  
Vol.18, No.2, 1998

## 루프형 양방향 열 다이오드 시스템의 열 성능에 관한 실험적 연구

천원기, 김 신

제주대학교 에너지공학과

## Experimental Study on the Thermal Performance of a Loop-Type Bidirectional Thermo-Diode System

**Won Gee Chun, Sin Kim**

*Department of Nuclear and Energy Engineering Cheju National University*

### 요약

일반적으로 열 다이오드(thermo-diode)란 임의의 한 방향으로만 열 전달이 가능하도록 설계된 열 전달 기구이나, 열 흐름이 원하는 방향으로 이루어지는 양방향 열 다이오드를 사용한다면 겨울철 난방과 여름철 냉방부하 감소에 모두 효과적으로 적용될 수 있다. 본 연구에서는 루프형 양방향 열 다이오드를 응용한 태양열 이용 시스템을 설계·제작하였으며, test cell을 이용한 옥외 실험을 수행하여 실용 가능성을 확인하였다.

## Abstract

In general, the thermo-diode is a device designed to allow heat to be transferred only in one direction. However, the bidirectional thermo-diode devised to change the heat flow in the desired direction can be used for the reduction of the heating load in winter as well as the cooling load in summer. In this study, a solar heating system using loop-type bidirectional thermo-diodes is designed and set up, also it is successfully applied to an outdoor test cell for the verification of its usefulness.

## 1. 서 론

열 다이오드(thermo-diode)란 전기공학 분야에서 쓰이는 “다이오드”와 그 의미가 유사한 것으로서 한쪽 방향으로 열 흐름을 허용하고 다른 방향으로 열 전달 기구를 말한다. 가장 단순한 형태의 열 다이오드는 역시 열 사이폰이다. 열 사이폰의 높은 열 효율 덕분에 많은 연구가 이루어져 왔는데, 열 파이프를 이용한 열 다이오드를 최적의 조건하에서 작동시키면 폐쇄 루프 열 다이오드의 열 전달율이 구리 fin의 300배에 이를 수 있는 것으로 알려져 있다.

태양에너지 이용에 흔히 열 다이오드가 채택된다. 열 다이오드는 열 전달 효율이 높기 때문에 에너지 보존과 관련된 응용에 제일의 후보자로서 열 회수 시스템과 에너지 보존 장치에 사용되어 왔다.

열 다이오드의 작동 및 그 기본원리와 많은 연구 논문이 발표되어 이 분야에의 꾸준한 관심을 보여주고 있다. Welander<sup>1)</sup>는 루프형 열 다이오드의 작동 불안정성에 관하여 이론적 연구를 수행하였으며, Madejski와 Mikielewicz<sup>2)</sup>는 루프형 열 다이오드의 “액체 핀(liquid fin)”으로서의 역할에 관하여 그 효

율성을 연구하였다. Creveling 등<sup>3)</sup>은 실험적으로 물을 작동유체로 하여 루프형 열 다이오드의 작동 안정성을 조사하였으며, 그 결과 어떤 조건하에서는 루프 내의 작동유체의 유동이 상당히 불안정해질 수 있음을 발견하였다.

한편, 암모니아를 작동유체로 알루미늄으로 제작한 열 파이프를 이용하여 Groll 등<sup>4)</sup>은 순방향과 역방향일 경우의 열 수송량을 비교하였으며, 그 결과 약 300배까지의 차이가 남을 입증하였다. Chen<sup>5),6),7)</sup>은 루프형 열 다이오드의 최적화와 이의 태양열에의 응용에 관하여 이론적으로 다루었다. Jones<sup>13)</sup>는 난방용으로 액체식 열 다이오드를 제안하고 다이오드의 동력학적 거동을 실험적으로 그리고 이론적으로 연구하였다. Jones는 그의 실험에서 New Mexico주 Los Alamos에서 겨울철 3달 동안 평균 열 효율이 50% 정도 된다는 결과를 얻었다.

본 연구에서는 태양열의 효과적인 이용을 위하여 루프형 양방향 열 다이오드(loop-type bidirectional thermo-diode)를 제작하고 test cell을 통한 적용성을 시험하였다. 또한 열 흐름의 방향을 변경하기 위한 설계를 시도하고 실험적으로 조사하였다. 특히, 본 시스템은 태

양열 이용 극대화를 위해 기후의 변화에 대응하여 시스템이 작동하도록 열 흐름의 방향과 태양 열의 흡수 정도 등의 효율적인 조절을 꾀하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시스템 요건

본 연구에서는 태양열의 이용을 극대화하고 동시에 시스템의 실용성을 확보하기 위해 다음의 요건을 만족하는 시스템을 개발하고자 한다.

- 난방이 필요한 때에는 태양열의 집열이 용이하도록 집열부의 표면이 태양을 향하게 하고(혹은 태양에 최대한 노출되도록 하고) 열 흐름의 방향도 실외에서 실내로 향하도록 한다.
- 동절기 야간의 경우에는 집열부의 표면이 방사율이 낮은 특성을 갖도록 하고 열 흐름의 방향도 실내의 열 손실이 최소화 될 수 있도록 하여 난방부하를 줄일 수 있게 한다.
- 하절기 주간의 경우, 집열부의 표면은 동절기 야간의 경우와 같으나 열 흐름의 방향이 반대가 되도록 한다.
- 시스템을 모듈 형태로 제작하여 다른 모듈과의 접속이 간단하고 조립이 용이하도록 한다.

이상의 요건을 만족시키기 위해 우선 시스템이 Fig. 1과 같은 형태의 루프형 열 다이오드의 조합으로 구성되도록 하여 모듈화를 꾀하였다. 그리고 Fig. 2에 기본 개념이 나타나 있는 것처럼 마이크로프로세서를 설치함으로써 광다이오드나 태양전지 등의 광센서와 열

전대나 온도계 등의 온도센서에서 감지된 자료를 분석하여 실내의 온도가 최적의 조건을 유지할 수 있도록 하였다. 즉, 태양열 흡열판(absorber panel)은 난방 혹은 냉방이 요구되는 조건에 따라 전자 제어판의 제어를 받아, 태양열 흡수율이 최고 혹은 최저가 되도록 조절된다.

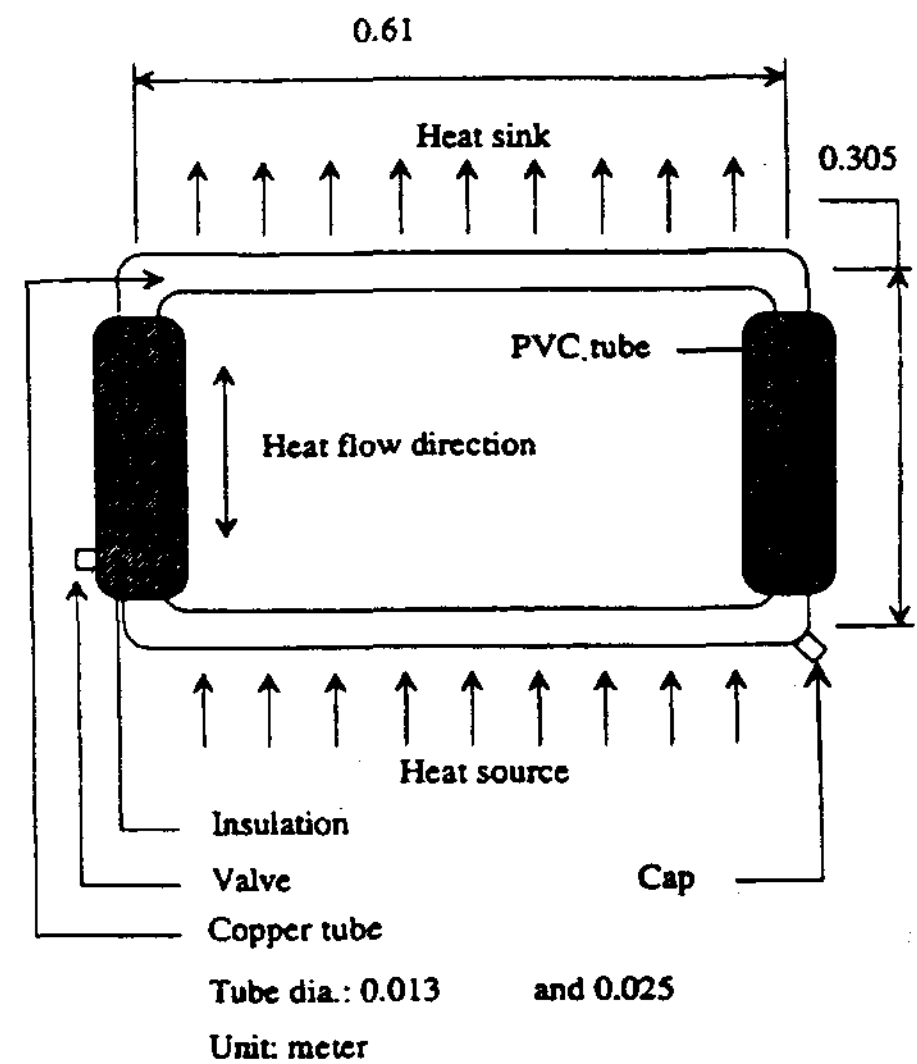


Fig.1. Fluid filled rectangular loop thermal diode

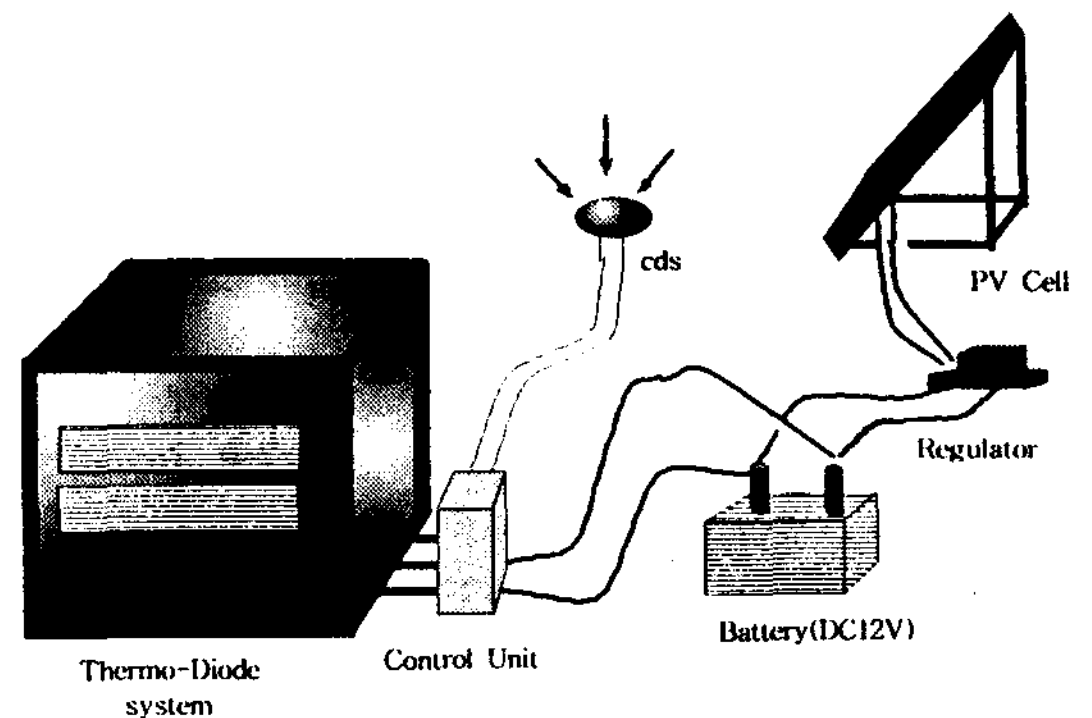


Fig. 2. System configuration

## 2.2. 루프형 양방향 열 다이오드

본 시스템은 여러 개의 사각형 형태의 루프 다이오드(Fig. 1)로 구성된 양방향 열 다이오드로 구성되어 있다. 이 다이오드는 두 개의 수직 평판과 이에 부착된 유체로 채워져 있는 여러 개의 루프로 구성되어 있다. 한편 루프는 수평부와 경사부로 나눌 수 있는데, 수평부는 열 전달효율을 높이기 위해 평판(흡열판 혹은 방열판)과 용접되어 있다. 루프의 수평부는 구리나 알루미늄 같은 열전도도가 높은 금속으로 만들어져 있으며, 수평부를 연결하는 경사부는 열 전도도가 낮은 물질의 얇은 관으로 되어 있다. 수평부와 경사부를 연결하는 연결 부분은 관이 자유롭게 회전할 수 있도록 되어 있으며, 작동유체가 누수되는 것을 방지하도록 설계·제작되어 있다. 루프의 수평 부분과 연결된 평판은 겨울철 낮 시간에는 태양열의 흡열판으로 그리고 여름 밤 시간에는 방열판의 기능을 수행한다. 양방향 열 다이오드는 열 흐름의 방향을 조절할 수 있기 때문에 일년 내내 효율적으로 건물의 실내 기온 조절에 적용될 수 있다.

이와 같이 하나 또는 다수의 루프의 기울기를 변화시켜 그 열 흐름의 방향을 바꿀 수 있는 루프형 양방향 열 다이오드는 여러 이점이 있으나 적용성의 극대화를 위해서는 루프 제작에 있어 여러 요소의 결합의 단순성 및 루프내의 유체의 관로 수두 손실의 최소화에 대한 고려가 절대적으로 필요하다. 특히, 열 다이오드 루프 연결에 있어 단순성과 기밀성을 도모하기 위해 본 시스템에 적합한 연결 조인트를 선정하여 사용하였다. 그리고 Chen<sup>5)</sup>이 제시한 방식에 따라 루프를 설계하여 규모를 최적화 하였다.

본 연구에서는 루프형 양방향 열 다이오드를 이용한 태양열 이용 시스템을 제작하고, 아울러 실용성을 입증하기 위해 test cell을 이용한 적용 실험을 수행하였다.

## 2.3. 시스템 제작

본 시스템은 크게 집열부, 방열부, 연결 조인트, 전체 지지 어셈블리, 그리고 제어장치 등으로 구성되어 있다. 다음은 각 구성부의 제작에 대한 설명이다.

### 2.3.1. 집열부 제작

집열부에서는 태양열이 최대한 효과적으로 흡수되고, 집열된 열이 손실되지 않고서 방열부로 열전달이 이루어지도록 하는 것이 중요하다. 따라서 집열부 제작은 집열 효율을 높이고 외기로의 열손실을 최소화하는데 중점을 두었다. 특히 집열부는 흡열패널이 회전하여 태양광을 차단할 수 있는 흡열패널 회전식을 채택하였다. 그 밖에 흡열패널, 유리, 통풍막 그리고 집열부 몸체 등이 집열부를 구성한다.

회전식 흡열 패널은 흡열판과 동관으로 구성된다. 태양으로부터 직접 열을 흡수하는 흡열판은 구리로 제작된 튜브(동관)와 밀착되어 작동유체에 열을 전달하게 된다. 따라서 동관과 흡열판 사이가 비어 있으면 접촉 열저항이 커지게 되어 그만큼 손실이 발생하므로 동관과 흡열판은 단단히 밀착시킬 필요가 있다. 우선 흡열판(3mm 동관) 중심에 홈을 만들어 동관(외경: 0.5inch)을 덧댄 후, 용접제(95% Tin, 5% Antimony)로 용접하였다. 그리고 반대편에 다시 폭이 좁은 동관을 덧댄 후 리벳팅하여 흡열판과 동관과의 열전달 면적이 최

대가 될 수 있도록 하였다.

흡열판의 표면은 깨끗이 세척하여 불순물을 제거하고 선택흡수막(selective coating) 도료를 살포하여 태양열 흡수율을 높였다. 회전식 흡열판의 뒤쪽 면은 단열재로 처리하여 태양광 차단이 필요한 경우 태양광 흡수를 줄이고, 또한 흡열시 열손실을 줄일 수 있도록 하였다.

집열부 몸체는 틀, 유리덮개, 통풍막, 집열부 측면덮개로 구성되는데, 구조재로는 알루미늄이 쓰였다. 유리 덮개는 집열부에 모아진 태양열이 자연대류에 의해 외기로 빠져나가지 못하게 하는데 있어서 중요한 역할을 수행한다. 그리고, 통풍막(absorber window)은 하절기 태양열의 과다한 유입으로 인한 집열부의 과열을 방지하기 위해 설계되었다. 하절기에 통풍막을 열어 놓으면 아래쪽 통풍구를 통해 유입된 찬 공기가 위쪽 통풍구로 빠져나가면서 집열부 내의 축적된 열을 빼앗아가게 되어 집열부의 과열을 막는다. 또한 위쪽 통풍막은 여름철 태양 고도가 높은 점을 감안하면 햇빛 가리개 역할도 할 수 있다. 동절기에는 통풍막을 닫아 집열부 내에서의 자연대류를 억제시키며 유리나 측면을 통해 열이 빠져나가는 것을 방지한다.

집열부의 열적 독립을 위해 측면과 뒷면은 5mm 합판과 30mm 단열재(스티로폼)를 사용하여 마무리하였다. 제작의 용이성을 높이기 위해 집열부뿐만 아니라 시스템 대부분의 몸체는 알루미늄을 이용하여 제작하였다. 유리 덮개 및 대부분의 구성품은 독립 제작하여 조립 및 분해가 수월하도록 하였다.

모터의 동력을 흡열판으로 전달하기 위해 각각의 흡열판에 감속기를 설치하여 적정속도를 유지하도록 했으며, 흡열판의 회전각을 제

어하기 위해 마이크로 스위치를 사용하였다. 동절기에 보다 많은 태양열을 집열하기 위해 흡열판의 경사각(collector slope angle)은 정면에서 20도 가량 위쪽을 향하게 했다. 태양광의 흡열판 입사각이 90도가 될 때 최대 집열 효율을 얻을 수 있고, 그리고 우리나라 겨울철 태양 방위각이 45도 근처인 것을 감안하며 45도 경사가 가장 좋겠지만, 그렇게 할 경우 흡열패널 하나가 차지하는 면적이 커져 실제 집열 면적이 줄어들게 된다. 즉 흡열패널이 위쪽을 향하게 되면 패널과 패널 사이에 간격을 두어 위쪽 패널의 그림자가 아래쪽 패널을 가리지 않게 해야 되는데, 그 각이 커질 경우 그 간격 또한 넓어져 전체적으로 집열면적을 줄이는 결과를 가져오게 된다. 여기에서 적정비를 찾는 것 또한 중요하므로 효율성 제고를 위해서는 추후 지속적인 연구가 있어야 할 것이다. 하절기 태양열 차단시는 단열면이 정면을 향하도록 설정하였다. 단열면은 우선 태양광 반사의 목적을 가지며, 집열부 내로 들어온 열이 흡열판으로 전달되는 것을 막는 역할도 수행한다.

### 2.3.2. 방열부 제작

방열부는 방열판의 상하 위치(높이)를 바꿈으로써 시스템의 열전달 방향을 결정하는 중요한 부분이다. 즉 방열판과 흡열판의 상대적 높이 차에 따라 열을 획득할 것인가 열을 방출할 것인가가 결정된다. 방열판이 흡열판보다 높은 위치에 있으면 열은 실내로 투입되고, 그 반대의 경우로 방열판이 흡열판보다 낮은 위치에 있으면 열은 실외로 빠져나간다. 방열부의 상하이동도 집열부와 마찬가지로 DC모터를 이용한다.

방열패널은 흡열패널과 동일한 방법의 fin 형으로 제작하였다. 흡열판은 한쪽 면을 단열재로 감싸 흡열된 열이 빠져나가지 않게 설계되었으나, 방열판은 양쪽 면을 모두 공기 중에 노출시켜 열대류 면적을 넓혔다. 방열판의 표면도 흡열판의 표면과 같이 열전달 성능의 중요한 인자로서 작용한다.

방열판에서는 자연대류와 복사에 의해 실내로 열을 전달하게 되는데, 깨끗한 구리표면의 경우 복사율(emissivity)이 매우 낮아 열전달 기여도 또한 대류에 비해 매우 낮다. 따라서 복사율이 높은 물질을 선택하여 방열판 표면에 얇게 도포하였다. 구입의 용이성이나 경제적 측면에서 유리한 유성 페인트를 사용하였다.

### 2.3.3. 연결 조인트

시스템이 루프를 구성하기 위해 집열부 동관과 방열부 동관의 연결이 필요하다. 유연성과 내구성이 강한 폴리우레탄 튜브를 이용하여 집열부와 방열부의 동관을 서로 연결하였다. 방열부의 상하이동시 튜브가 찌그러들어 관로의 단면을 줄여 유체의 흐름을 막을 수 있으므로 적당한 유연성을 가진 폴리우레탄 튜브는 적합한 소재라 할 수 있다. 또한 연결 튜브는 열 흡수로 인한 유체의 부피 팽창 압력을 흡수할 수 있어야 한다.

동관과 튜브의 연결은 회전 엘보우(swivel elbow)를 사용하였다. 집열부 및 방열부 모두 회전 자유도를 요구하는 만큼 두 부분에 모두 회전 엘보우를 이용하여 회전 자유도를 확보하였다. 흡열판 회전식은 흡열판의 회전 자유도를 요구할 뿐만 아니라 방열부의 상하이동시 연결부분의 회전도 고려해야 하므로 폴리

우레탄 튜브와 회전 엘보우의 결합은 아주 이상적이라 할 수 있다. 회전 엘보우는 밀폐가 뛰어나고 소재가 가벼운 플라스틱 재질의 것을 사용했다.

### 2.3.4. 전체 지지 어셈블리

흡열판과 방열판간의 사이를 20cm로 두고 높이 100cm × 폭 130cm × 깊이 20cm의 직육면체형 알루미늄 샤시를 사용하여 지지 어셈블리를 제작하였다. 실제 설치시 비하중 벽면으로 대치할 것이지만 어느 정도의 하중을 해결할 수 있도록 집열부와 방열부 연결시 구조적으로 안정성을 확보하도록 고정시켰다. 집열부 어셈블리와 방열부 어셈블리를 각각 지지어셈블리 앞뒤 쪽에 붙여 전체를 구성하였다. 집열부와 방열부 사이의 지지 어셈블리 빈 공간은 단열재로 채워 시스템 외부요인으로 인한 열의 이동을 차단하였다.

지지어셈블리의 폭도 시스템 설계의 중요한 인자 중 하나다. 본 시스템이 기존의 건물 벽체를 대체할 경우 그 폭의 벽체의 보다 넓어서는 안되며, 또한 폭이 넓어지면 연결관의 길이가 길어지고 이것은 루프내 유체의 흐름을 방해하는 마찰 손실 요인으로 작용하여 시스템의 성능을 떨어뜨리게 된다. 그러나 너무 짧게 할 경우 자동화와 관련되어 설치되는 장치(DC모터, 회전판 등)들이 필요로 하는 공간을 폭에서 소화하지 못하고 시스템 위쪽이나 아래쪽 혹은 측면으로 나아가 설치되면 시스템 정면에서 집열(집광)면적을 줄이는 결과를 초래할 수 있다.

### 2.3.5. 제어 장치



본 실험 장치는 동절기 난방 및 하절기 냉방부하를 줄이는데 그 목적이 있다. 따라서 난방과 냉방 두 가지의 동작모드를 가지게 된다. 이 두 가지 동작모드(난방 혹은 냉방)를 결정하기 위해 전자제어를 도입하여 자동으로 수행토록 하였다. 또한 전자제어와 모터 구동을 위한 전력을 태양전지를 이용하여 공급함으로써 완전한 독립 시스템(stand-alone system)이 되도록 구성하였다.

동작 모드는 일사량과 실내 적정온도에 의해 결정된다. 일사량과 온도는 광전관(cds)과 온도계를 이용하여 측정하였고, 여기서 검출된 신호를 비교하여 난방모드 및 냉방모드를 결정하게 된다. 난방 모드시 흡열판이 태양을 향하도록 회전함으로써 집열부로 태양광이 유입되고 방열부는 높은 위치로 이동하게 된다. 이때 바람막이(통풍막)도 닫히게 된다. 하절기 냉방 모드시 태양열의 유입을 막기 위해 흡열판은 단열면이 정면을 향하게 하고 통풍막은 열어 집열부의 과열을 막는다. 방열부는 아래로 내려와 열 다이오드 순방향 열전달이 실외 측을 향하게 한다.

패널 제어회로는 네 가지 출력을 갖는데, 방열판의 상승 혹은 하강, 흡열판의 정회전 혹은 역회전을 제어하도록 되어 있다. 집열부의 통풍막은 방열부의 상하이동에 따라 개폐를 동작시킨다. 이 제어회로의 동작조건은 Table 1과 같다.

실내온도 측정을 위해 중온용 온도계를 사용하였으며, 실내 적정 설정 온도와 비교하여 그 우위를 결정한다. 일사량의 경우도 비슷하며, 다만 일사량 측정을 위한 센서로 광전관(cds)을 사용하였다. 이 네 가지 입력자료(실내온도, 실내적정 설정온도, 일사량, 기준 일사량)를 OP AMP 비교기를 통해 비교치를 구하고 그 다음 IC 논리회로를 이용하여 그 동작 여부를 결정하게 된다.

Table 1. Control condition of the brain circuit

Indoor Temp.( $T_i$ ) and Ref. Value( $T_r$ )	Solar Flux Density( $I$ ) and Ref. Value( $I_r$ )	Air Window	Absorber Plate	Radiator Plate
$T_i < T_r$	$I > I_r$	close	black	upward
	$I < I_r$	close	reflective	upward
$T_i > T_r$	$I > I_r$	open	reflective	downward
	$I < I_r$	open	reflective	downward

### 3. 실험 및 고찰

조립 및 분해가 가능한 조립식 패널을 이용하여 Fig. 3과 같은 test cell(이동식 소형건물)을 만들어 옥외에 설치하여 실측 실험을 수행하였다. 조립식 패널은 50mm의 스티로폼

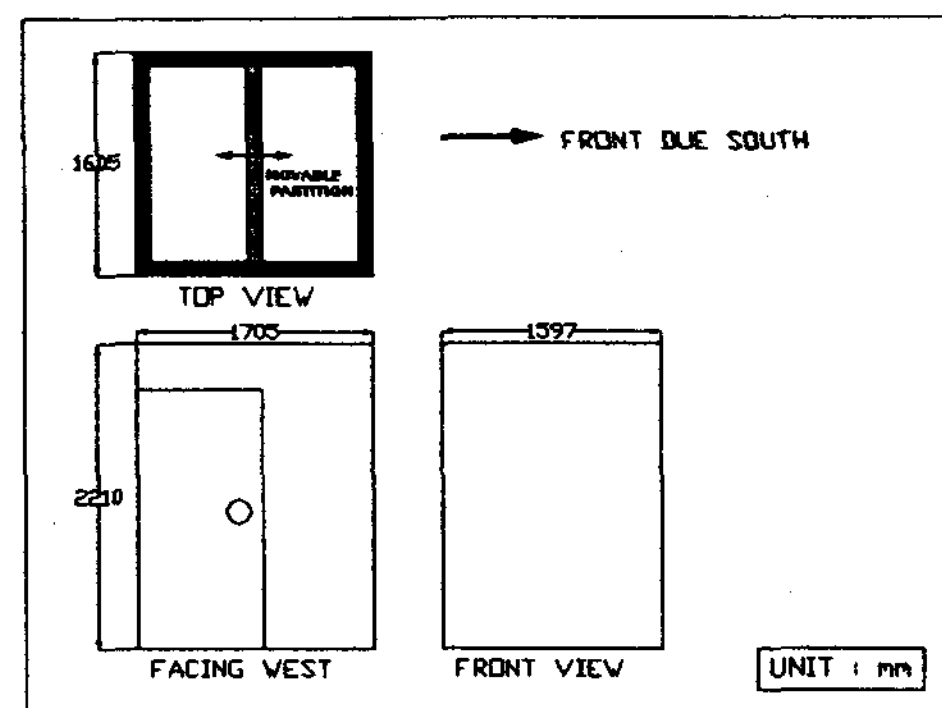


Fig. 3. Dimensions of the test cell

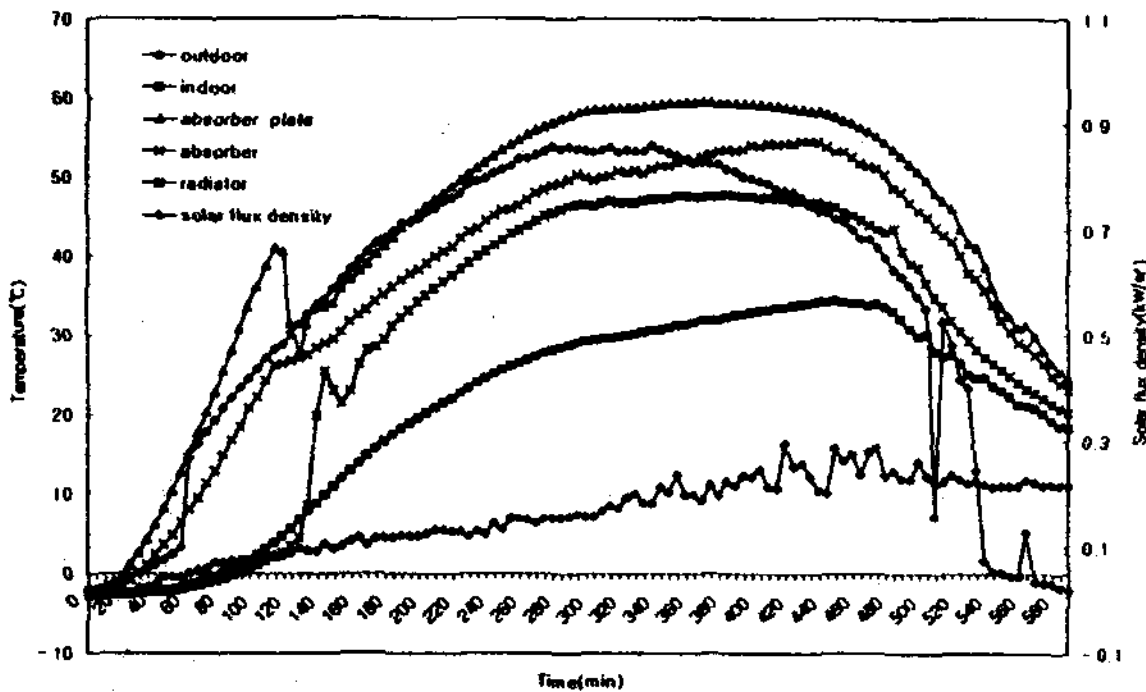


Fig. 4. Result of the outdoor test

에 얇은 철판을 덧대어 제작하였다. test cell 내측에는 이동식 칸막이가 있어 내적을 조절함으로써 cell의 난방 부하를 조절할 수 있도록 되어있다. cell의 전체 크기는 1605×1705×2210mm이다. 본 연구에서는 동일한 두 개의 test cell을 제주대학교 공과대학 건물의 옥상에 설치하여 열 다이오드의 옥외 실증 실험을 하였다. 열 다이오드 시스템은 남쪽 벽면에 설치되어 태양을 향하게 하였고 이에 따라 센서 및 자료 획득을 위한 일사량계도 같이 설치되었다.

태양 복사열 측정을 위한 일사량계와 각 부분의 온도 측정을 위한 열전대도 설치하여 휴대용 자료획득장치와 연결하여 자료를 수집·기록하였다. 나머지 한 cell은 빈 채로 두어 열 다이오드를 설치한 cell과 자료를 비교하였다.

Fig. 4는 루프형 열 다이오드의 옥외 실측 결과를 보여주고 있다. 실험을 시작한지 1시간 30분 가량 지난 다음에 급격히 흡열판의 온도가 상승하다 CP (circulation point)를 만나면서 다시 하락하는 루프형 열 다이오드의 특징을 뚜렷하게 보여주고 있다. 이 때를 기점으로 흡열판의 온도는 서서히 증가하는 반

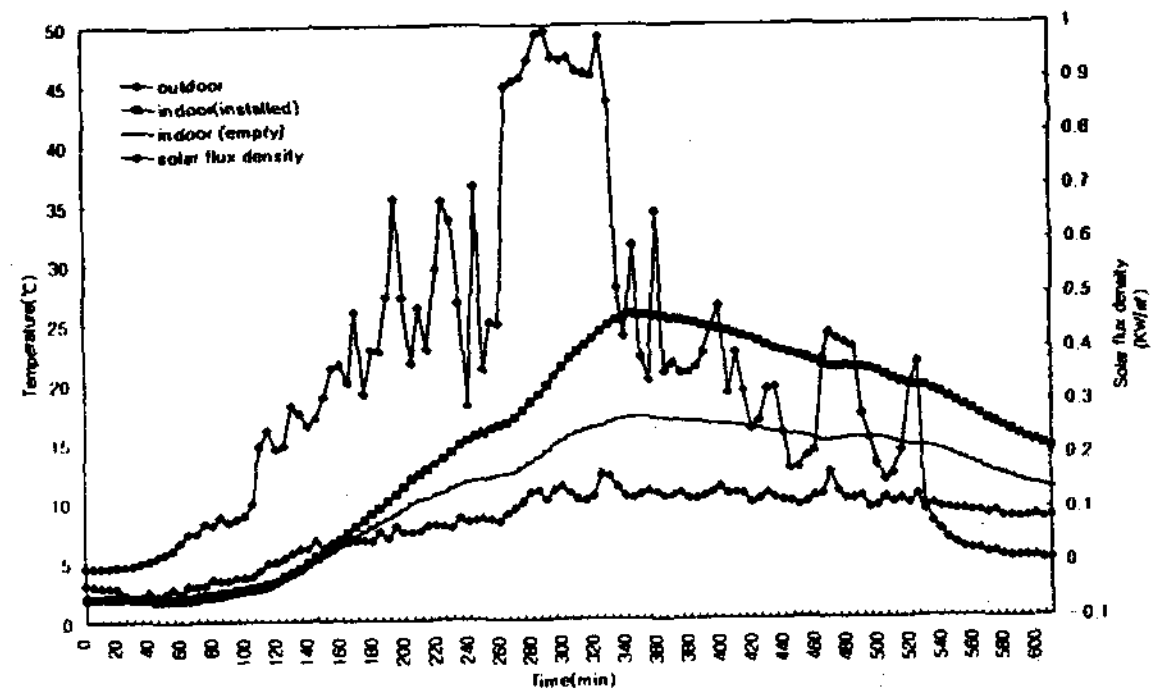


Fig. 5. Indoor temperature comparison of the two test cells

면 방열판의 온도는 매우 빠르게 상승하고 있다. 그 후로는 방열판과 흡열판의 온도가 대략 10°C를 차이를 유지하면 서서히 증가한다.

또한 일사량은 실험 6시간 이후부터 줄기 시작했으나 열 다이오드의 모든 부분의 온도는 그 보다 2시간 가량을 더 상승하다 하락하고 있다. 이것은 열 다이오드가 시스템을 통하지 않은 열전달을 허용하지 않고 있다는 반증이며, 또한 방열부가 fin 형으로 제작되어 유체의 양이 매우 적음에도 불구하고 이런 결과를 보여주는 것은 루프형 열 다이오드가 예상보다 큰 축열용량을 갖고 있다고 볼 수 있는 것이다. 한편, 외기와 최고 20°C의 온도차를 보이는 실내온도는 test cell의 열용량이 그리 크지 않아 거의 열 다이오드의 온도 추세를 따르고 있다.

Fig. 5는 열 다이오드 시스템이 설치된 test cell과 빈 채로 둔 cell의 내부 온도 변화를 보여 주고 있다. 모듈이 설치된 cell의 실내 온도는 외기 온도보다 최대 15°C 이상 높고 빈 test cell의 온도와는 비교하면 10°C 가량 차이를 보여주고 있다. 일사조건이 그다지 좋지 않은 것을 감안하며 두 test cell의 온도는 상당한 차이를 보여 주고 있다고 할 수 있다.



이와 같은 옥외 실증 실험은 루프형 열 다이오드 시스템의 열 성능을 확인해 주었으며, 또한 그 실용성에 한발 더 다가설 수 있도록 하였다. 특히 이번 실험은 태양열이 충분히 건물 난방에도 적극적으로 이용될 수 있음을 분명히 보여주었다는 점에서 그 의미가 크다 하겠다.

#### 4. 결 론

본 연구는 그 열흐름의 방향과 태양 복사열의 집열 등의 조절이 가능한 열 다이오드식 태양열 이용 모듈의 개발을 위하여 수행되었으며, 이를 통하여 액체식 열 다이오드에 대한 작동 메커니즘을 고찰하고 이를 적용한 태양열 이용 시스템의 효율적 작동과 그 가능성을 확인하였다. 우선, 기존의 열 다이오드 시스템은 "다이오드"란 말 그 자체가 의미하듯 어느 주어진 한 방향으로만 열흐름이 가능하도록 설계되어 필요에 따라 그 열흐름을 차단할 수는 있어도 대부분 그 열흐름의 방향(순방향)을 역전시킬 수는 없도록 설계되어 왔다. 이는 그 제작의 어려움과 함께 열 다이오드의 순방향 열흐름의 효율성을 극대화하기 위해서였다. 그러나, 이는 기존의 자연형 및 설비형 시스템에 대한 고정관념의 틀을 벗어나지 못하는 데에도 그 원인이 있으며 태양열을 보다 더 효율적이며 능동적으로 활용하기 위해서는 기계적인 분야 뿐만 아니라 다른 분야의 에너지 관련 소재를 복합적으로 활용하는 시스템의 개발이 필요하다. 본 연구에서 개발한 양방향 열 다이오드 태양열 이용 시스템은 이러한 측면에서 기계분야 및 전기·전자 분야의 다양한 재료를 복합적으로 결합시켜 시스템을 구성하였으며, 태양열 이용의 극대화를

위하여 그 작동 메커니즘의 최적화를 도모하였다. 이 시스템은 또한 모듈 개념을 적용하여 제작 및 설치의 간편성과 시스템의 확장성을 제고하여 저가로 대량 생산이 가능하며, 학교, 우체국사, 사무실 건물 등 공공건물 뿐만 아니라 일반 주택과 농, 어촌의 저장 창고 및 이동식 군용 창고 등에도 그 적용성이 상당히 높을 것으로 판단된다. 또한, 한 장소에 설치했다가 다른 장소에 수송하여 단시간에 창고 등의 건물이나 임시 숙소의 외피(envelope)로 조립할 수 있으며, 전술했듯이, 여러 개의 모듈을 서로 연결하고 간단한 IC회로나 마이크로프로세서로 일괄 제어할 수 있도록 하면 항상 최적의 작동 상태를 유지할 수 있을 것이다. 특히, 온도 및 태양 복사열 감지기가 부착된 주 모듈(master module)은 다양한 기상 조건하에서 최적의 상태로 다른 모듈을 작동시키는 역할을 수행하도록 설계될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. P. Welander : J. Fluid Mech., 29(1967), 17, 30.
2. J. Madejski and J. Mikielewicz : Int. J. Heat Mass Transfer, 14(1971), 357, 363.
3. H. F. Creveling et al. : J. Fluid Mech., 67(1975), 65, 84.
4. M. Groll et al. : J. Spacecraft, 16(1979), 195, 202.
5. K. Chen : Solar Energy, 34(1985), 407, 416.
6. K. Chen : J. Heat Transfer, 107(1985), 826, 832.
7. K. Chen : J. Solar Energy Eng., 110(1988), 299, 305.
8. G. F. Jones : J. Solar Energy Eng., 108(1986), 163, 171.

# Experimental Study on the Thermal Performance of a Loop-Type Bidirectional Thermo-Diode System

**Won Gee Chun, Sin Kim**

*Department of Nuclear and Energy Engineering Cheju National University*

## **Abstract**

In general, the thermo-diode is a device designed to allow heat to be transferred only in one direction. However, the bidirectional thermo-diode devised to change the heat flow in the desired direction can be used for the reduction of the heating load in winter as well as the cooling load in summer. In this study, a solar heating system using loop-type bidirectional thermo-diodes is designed and set up, also it is successfully applied to an outdoor test cell for the verification of its usefulness.