반사판을 이용한 고정식 집광형 복합 Panel에 대한 연구

A study on the fixed-concentrating hybrid panel using reflector

김완태*, 김규조*, 김승환*, 허창수*
(Wan-Tae KIM*, Kiu-Jo KIM*, Seung-Whan KIM*. Chang-Su HUH*)

Abstract

Although for its great amount and cleanness solar energy has been studied a lot as a substitute one, it is limitedly being utilized in heating water and partly in special usage for high cost of installing solar cell in Korea.

Consider domestic shortage of natural energy resources and environmental issue by the Climate Agreement treated in 1994, it is urgently needed to study the practical application of solar energy as a substitute one.

Therefore in order to increase the efficiency of solar cell and decrease its price, this study treats the course of designing and manufacturing the panel that connects sunlight by fixing reflector.

Key words : reflector(반사판), concentrating(집광), hybrid(복합), panel(패널), solar energy(태양에너지)

1. 서론[1)]

태양에너지는 그 막대한 양과 청정성으로 인하여 대체에너지원으로 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 에너지 부존 자원이 부족한 국내의 실정과 1994년 발표된 기후협약에 의한 환경문제 등을 고려할 때 대체에너지에 대한 연구와 실용화가 절실히 요구되고 있다. 태양은 지구의 일백구배 크기로 이곳으로부터 1억 5천만 km떨어진 곳에 위치해 수소 73%, 헬륨 24%정도로 이루어진 기체덩어리로서 초당 3.8 $\times 10^{23}$KW의 에너지를 우주로 방출하는 거대한 화염이다. .지구는 태양으로부터 지표면 1m^{2}당 7백W의 에너지를 받게 되는데, 이는 다시 말해 지구 전체에 도달하는 태양에너지의 양이 태양자신이 방사하는 에너지량의 22억분의 1이고 그 에너지량 (약1.2$\times 10^{14}$KW)은 전 인류의 소비에너지량(약1.2$\times 10^{10}$KW)의 약 1만배에 달하는 것이다. 그러나 세계적으로 태양에너지 이용은 주택의 난방 및 급탕 시스템, 온수기, 농·수산물 건조기, 저가의 집열기 및 소규모 태양광발전등에 국한하여 소규모로 이용되고 있으며 국내의 경우에는 주로 태양전지로 이루어진 모듈을 통해 태양의 광적인 면을 이용하는 태양광 이용 기술과 집열기를 통해 태양의 열적인 면을 이용하는 태양열 이용 기술을 들 수 있고, 외국의 경우 상기한 두 기술을 개선한 태양에너지 복합 기술에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있으며 이것은 평판형 광·열 복합 Panel을 사용하여 태양으로부터 동시에 두 가지의 에너지를 얻을 수 있는 기술로 전기를 생산하고 열을 생산하는데 이용된다. 이에 본 연구는 반사판을 이용하여 태양광을 집속시킴으로서 Solar Cell을 통한 태양에너지의 변환효율 증가시키고 향후 장치의 폐열을 열적인 측면에 활용하여 총체적으로 태양에너지의 변환 효율을 증가시킬 수 있는 태양에너지 변환기기에 관한 것이다.

* 인하대학교 전기공학과
(인천 광역시 남구 용현동 인하대학교,
Fax: 032-863-5822
E-mail : g1992020@inhavision.inha.ac.kr)

2장. Panel 설계

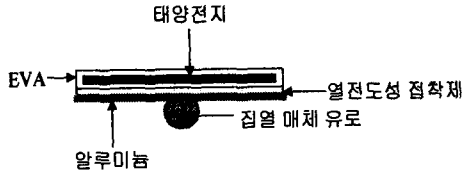

그림 2-1 셀의 냉각을 위한 액체식 평판형 Heat sink의 단면도

Panel의 구조는 일정 간격을 두고 배치된 광변환에 사용되는 반도체인 다수개의 Solar Cell과, 상기 Solar Cell의 양측단에 일정각도로 설치되어 태양광을 Solar Cell에 집속 시키도록 하는 반사판과, Solar Cell 에 접촉하도록 설치되어 태양전지에서 발생되는 열을 흡열하므로서 Solar Cell의 온도를 하강시켜 그 변환 효율을 극대화시키는 흡열판으로 구성되어 있으며, 이는 태양에너지를 집속할 수 있는 집속기를 이용하여 Solar Cell의 변환 효율을 증가시키고, 적절한 냉각 구조 및 열의 이용으로 광집속에 따른 태양 전지의 온도상승 방지와 향후 폐열을 이용할수 있는 집광형 태양광 Panel이다.

2-1 Si Cell의 냉각 구조 설계(Heat Sink 개발)

본 연구에서는 Cell의 냉각을 위한 구조로서 액체식 평판형 Heat Sink를 상정했다. 그림 2-1은 Cell의 냉각을 위한 액체식 평판형 Heat Sink의 단면도를 나타낸 것이다. 이 구조는 동판을 집열판으로 하여 단결성 실리콘 태양전지 소자를 집열판 위에 열전도성 접착재를 이용하여 접합시킨 구조이다. 이것은 태양전지가 취한 열 에너지를 집열판을 통하여 집열매체가 취득하게 하여 태양전지 온도에 따라 변하는 광전변환효율을 증가시킨다. 동시에 양호한 선택 흡수막으로서의 역할을 하여 향후 우리는 이 열을 온수 및 난방에 이용할 수 있도록 고려할 것이다.

2-2. 집속비 산정

그림 2-2에서 선분 AB는 수평면 수광부의 폭이며, 반사판이 위치하는 시작점은 수광부의 가장자리 A와 B이다. 각각의 반사판 요소의 수광부 표면에 대한 경사각 θ와 각각의 반사판 요소들의 폭 W 는 집속기 개구부에 수직으로 입사하는 광선 ($\delta=0$) 과 반사판 요소의 하위 극단 가장자리에 부딪히는 광선은 반사후에 수광부의 가장자리 B에서 만나고, 허용반각(acceptance half-angle) δ 에서 반사판 요

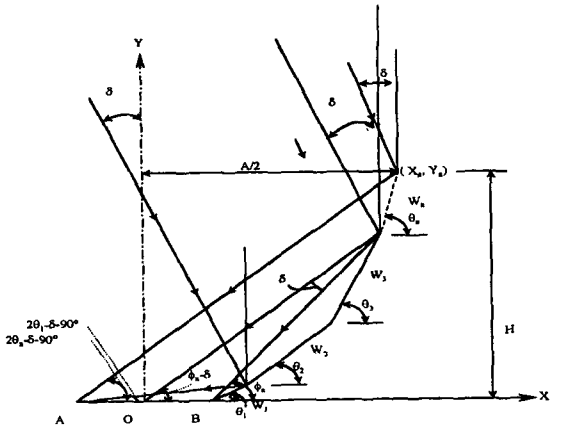

그림 2-2. Geometrical constraint imposed by the one-reflection criterion for driving the design of a nontracking linear solar concentrator with a flat horizontal absorber

소의 상위 극단 가장자리에 부딪히는 광선은 반사후에 수광부의 가장자리 A에서 만나는 방법으로 결정된다. 반사판 요소의 경사각에 강요되는 이 조건은 δ와 집속기에 수직인 각도 사이로 집속기로 입사되는 모든 태양조사가 반사판 요소로부터 반사 후에 단반사로 수광부에 전달된다.

n 번째 반사판 요소의 수광부 표면에 대한 경사각이 θ_n이라면, A 점에서 수광부와 만나는 반사된 광선의 기울기는 ($2\theta_n-\delta-90^\circ$)가 된다. 따라서 첫 번째 반사판 요소의 경사는 주어진 δ 에 대해 $90^\circ > \theta_1 > 45^\circ+\delta$ 범위가 될 수 있다. $\tan\theta_1=\alpha_1$, $\tan(2\theta_1-\delta-90^\circ)=\beta_1$ 이라 하면, 다음과 같은 반사판의 경사각과 반사광의 관계식이 성립한다.

$$\alpha_1=\frac{\beta_1+\tan\delta}{1-\beta_1\tan\delta}+\sqrt{1+\left(\frac{\beta_1+\tan\delta}{1-\beta_1\tan\delta}\right)^2}$$

$$W_1=\frac{X_1-X_0}{\cos\theta_1}$$

단, X_0 는 하위 반사판 요소의 가장자리의 X 좌표, X_1 은 상위 반사판 요소의 가장자리의 X 좌표이며 X_1은 다음과 같다.

$$X_1=\frac{1}{\alpha_1-\beta_1}(\alpha_1X_0+\beta_1X_0)$$

이와 같은 방법으로, n 번째 반사판 요소에 대해서는 다음과 같은 일반화된 관계식이 성립한다.

$$\alpha_n = \frac{\beta_n + \tan\delta}{1-\beta_n\tan\delta} + \sqrt{1+\left(\frac{\beta_n+\tan\delta}{1-\beta_n\tan\delta}\right)^2}$$

$$\beta_n = \tan(2\theta_n - \delta - 90^\circ)$$

$$W_n = \frac{X_n - X_{n-1}}{\cos\theta_n}$$

$$X_n = \frac{1}{\alpha_n - \beta_n}(\alpha_n X_{n-1} + \beta_n X_0 - Y_{n-1})$$

$$Y_n = \beta_n(X_n + X_0)$$

따라서 집속비 (concentration ratio)는 다음과 같이 산출된다.

$$C = \frac{aperture\ width}{absorber\ width} = \frac{2X_n}{2X_0}$$

본 연구에서는 집속비가 2 이하의 저 집속이고, 또한 제작시의 공정의 간단화를 위해 그림 2-3와 같이 반사판 요소를 하나만 사용하여 V-trough 형태의 집속기를 설계하였다.

그림 2-4는 반사판의 경사각도에 따른 집속비의 변화를 나타낸것으로서 우리는 이 결과를 이용해 Panel 반사판의 경사각도를 75.5도로 결정하고 그 때의 집속비를 2로 결정하였다

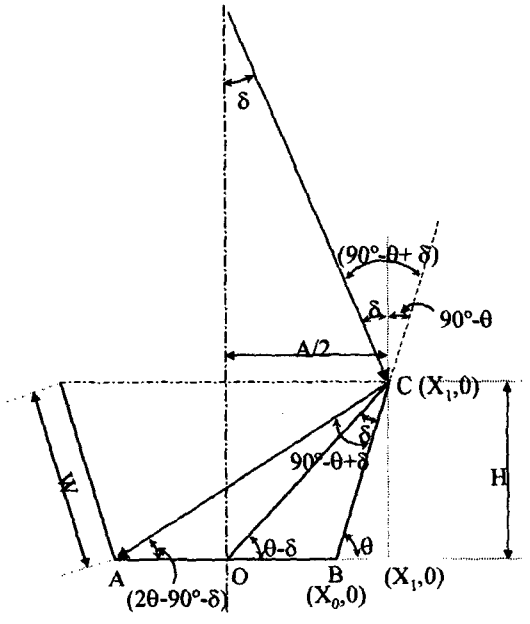

그림 2-3 V-trough 형태의 집속기 설계

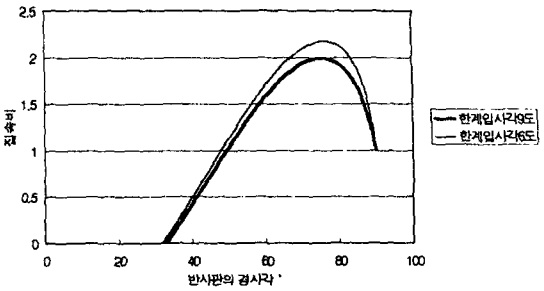

그림 2-4 반사판의 경사각에 따른 집속비의 변화

2-3 Pannel 경사각도 결정

모듈의 경사각도를 계산하기 위해서 우리는 먼저 인천지역에서의 최근 5년간의 수평면 일사량을 조사하고 월을 기준으로 그것을 평균하여 매달의 평균 일일 수평면 일사량을 계산하였다.

그리고 그 수치를 Roberts에 의해 만들어진 방법에 따라 모듈의 경사각도에 따른 그 달의 평균 peak hour/day를 구하여 보았다. 그리고 그 결과 모듈을 위한 가장 좋은 경사각도는 보통 각각의 경사에서의 가장 수치가 낮은 달을 고른 다음 그 중에서 가장 높은 값을 가지는 경사각도를 택하면 된다.

이 방법으로 우리는 모듈의 경사각도가 25도에서 30도 사이가 가장 좋다는 것을 알아냈다

또한 최적의 일사강도를 얻기 위해 계절별로 경사각도를 조절하고자 계절별에 따른 경사각도를 결정하였다. 그 결과 봄에서는 20도, 여름에는 15도이하, 가을에는 35도, 겨울에는 65도의 경사각도가 최적인 것으로 결정했다.

3장. Panel 제작

3-1은 본 연구에서 제작한 반사판을 이용한 Panel의 측면도이다. 그림 3-1에서 1. 유리덮개, 2. 반사판, 3. 태양전지, 4. 흡열판, 5. 열매개체, 6. 단열재이다.

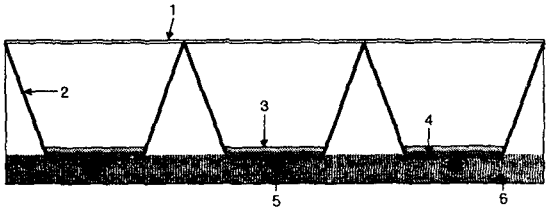

그림 3-1 복합 패널의 측면도

4장 . 결론

본 연구에서 제작한 Panel은 반사판을 이용하여 태양광을 집속하여 태양광이 부족한 지역이나 계절에도 Panel의 전지적 효율을 증가시킨다. EH한 시작한 Panel은 Solar Cell과 흡열판을 함께 사용하기 때문에 온도상승을 저지하여 Cell의 변환 효율을 상승시킨다. 향후 연구에서 우리는 Solar Cell에서 발생하는 전기적 에너지와 더불어 흡열판에서 발생하는 열을 동시에 이용할 수 있는 System을 설치하여 총체적으로 태양에너지의 이용률을 증가시킬 수 있는 연구를 계속하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 에너지기술 학술진흥사업의 일부로서 에너지 관리공단의 일부지원에 의해 수행되었음

참고문헌

1. TAKUMI TAKASHIMA et al, New proposal for photovoltaic-thermal solar energy utilization method, Solar Energy, Vol. 52, No. 3, pp.241 - 245, 1994

2. C. H. cox, III and P. RAGHURAMAN, Design considerations for flat-plate-photovoltaic/thermal collectors, Solar Energy, Vol. 35, no. 3, pp. 227 - 241, 1985

3. D. J. MBEWE. H. C. CARD and D. C. CARD, A model of silicon solar cells for concentrator photovoltaic and photovoltaic/thermal system design, Solar Energy Vol. 35, No. 3, pp. 247 - 258, 1985

4. D. W. DE VIES et al, Design of a photovoltaic/thermal combi panel momentary output model, outdoor experiment

5. TORU FUJISAWA and TATSUO TANI, Binary utilization of solar energy with photo-voltaic-thermal hybrid collector

6. YASUSHI MORITA et al, Moment performance of photovoltaic /thermal hybrid panel, 電子論D, 119 券 1号, 平成 11年

7. TORU FUJISSAWA et al, Consideration on photovltaic thermal binary utilization for residential building, T IEE Japan, Vol. 119 - 8, No. 3

8. JAHN A. DUFFIE and WILLIAM A. BECKMAN, Solar engineering of thermal processes, Copyright© 1991 by John Wiley & Sons, Inc.

9. RICHARD C. NEVILLE, Solar energy. conversion, © 1995 Elsevier Science B. V.

10. DONALD RAPP, PH. D., Solar Energy, © 1981 by Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, N. J. 07632

11. D. J. Mbewe. H. C. Card and D. C. Card "A model of silicon solar cells for concentrator photovoltaic and photovoltaic/thermal system design" .Solar Energy Vol. 35,, No. 3, pp 247-258, 1985. printed in the USA

12. 기상청 "기상월보" 1994-1998,

14. Simon Roberts, "solar electricity" Prentice Hall(1991) p.368-390