

프레넬 렌즈를 이용한 집광 시 단결정 실리콘 태양전지의 전기적 특성

강경찬*, 강기환**, 유권종**, 허창수*
 *인하대학교 전기공학과, **한국에너지기술연구원

Electrical Characteristics of Mono Crystalline Silicon Solar Cell for Concentrating PV System using Fresnel Lenses

Kyungchan Kang*, Gi-Hwan Kang**, Gwon-Jong Yu**, Chang-Su Huh*
 *Inha University, **Korea Institute of Energy Research

Abstract - Silicon feed stock shortage have acted as major restraints for growth of photovoltaic industry. Concentrating photovoltaic (CPV) system will reduce the use of silicon PV materials. This paper presents the application possibility of mono-crystalline silicon solar cell, which has increased in market share, for PV concentrator. We measured the power of solar cell using sun simulator and I-V curve tracer and compared the results. The comparison of results showed that the concentrated solar cell generated the power more approximately 7 times than without concentration in spite of non-heat sink. If CPV technology included heat sink combines already developed PV tracking system, it will have a merit economically.

리해 실험하였다. 그림 2에서 보는 것과 같이 초점 거리를 달리 두어 집광비를 변화시킬 수 있는 장치를 구성하여 실험하였다. 실험에 사용된 프레넬 렌즈는 크기 $24 \times 18 [cm^2]$, 배율은 최대 7배율이다. 집광에 의하여 상승하는 온도를 측정하기 위해 열화상 카메라를 사용하였다.

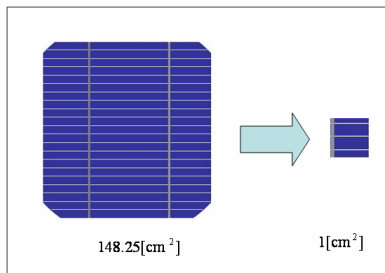
1. 서 론

현재 주로 사용하고 있는 화석에너지는 환경오염 및 지구온난화의 주원인으로 인식되고 있으며 국제적으로 점차 규제가 구체화되고 있어 친환경적인 신재생에너지의 개발과 보급의 확대가 절실히 요구되고 있다. 신재생에너지 중 태양광 분야는 우리나라의 풍부한 일사량과 반도체와 디스플레이의 뛰어난 기술로 볼 때 우리나라에 적합하고 희망적인 분야라 할 수 있다. 그러나 현재 태양전지의 대부분을 차지하고 있는 실리콘의 가격이 상승하고 수급이 어려워 보급화에 난항을 겪고 있고, 기술 수준도 선진국에 비교할 때 아직 미비한 상태이다. 그러나 집광형 태양광 시스템(Concentrating PV System)과 같은 분야는 선진국에서도 아직 초기 단계로 큰 기술의 격차가 없다. 따라서 본 논문에서는 태양전지의 주원료인 실리콘의 양을 줄일 수 있는 태양전지의 집광 가능성에 대해 실험을 통하여 특성을 분석함으로써 궁극적으로 집광형 모듈개발을 위한 기초 연구를 수행하였다.

2. 본 론

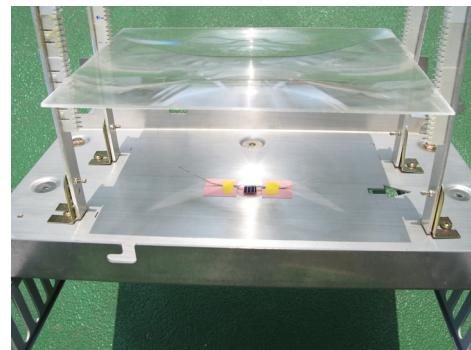
2.1 실험방법

본 실험에서는 태양전지의 종류 중 변환효율이 좋고, 신뢰성이 높아 전 세계적으로 가장 보편적으로 사용되고 있는 단결정 실리콘 태양전지(mono crystalline silicon solar cell)를 사용하였고, 집광기는 투명성, 내구성, 무독성 그리고 경량 등의 특성이 보장된 프레넬 렌즈(Fresnel Lenses)를 사용하였다.¹⁾ 태양전지의 전기적 특성을 측정하기 위해 사용된 장비는 인공광원을 이용하는 Balval사의 Pasan Sun SimulatorⅢb와 EKO사의 MP160 I-V Curve Tracer를 사용하였다. 실내에서의 시료레이션 값과 옥외의 발전량을 측정하여 값을 비교하였다.



<그림 1> mono c-si solar cell

Pmax값이 1.95~1.99[Wp]인 단결정 실리콘 태양전지를 그림 1과 같이 $1 [cm^2]$ 크기로 사용하였고, 습기나 먼지 등의 외부 환경요인으로부터 태양전지를 보호할 수 있도록 Lamination한 것과 하지 않은 시료를 분



<그림 2> 실험장치

2.2 결과 및 고찰

Sun Simulator를 사용하여 STC(Standard Test Condition : AM 1.5, $25.0 [^\circ C]$, 일사강도 $1 [kW/m^2]$)조건에서 태양전지를 측정한 결과 비 집광시 태양전지 면적 $1 [cm^2]$ 에 해당하는 Pmax값인 0.013[W], Fill Factor (이하 FF, 곡선율)는 76.04%로 측정되었다. Lamination 공정이 처리된 시료는 보다 우수한 0.019[W]가 나왔다. 또한 집광했을 때와 하지 않았을 때의 일사량을 0.2, 0.4, 0.6, $0.8 [kW/m^2]$ 로 변화를 주며 측정할 경우와 렌즈를 이용해 초점 거리를 바꾸며 집광비를 달리하여 측정할 경우를 비교하여 관찰하였다.

초점거리에 따라 집광비가 달라지면서 표 1에서 보는 것과 같이 고 집광시에 출력값은 상승하지만 FF는 현저하게 나빠져 집광된 에너지를 효율적으로 사용할 수 없음을 알 수 있었다. 일사량 변화에 따른 발전 특성은 표 2, 3과 그림 3, 4에서 보는 것과 같이 비 집광시 일사량에 따른 Pmax값은 선형적으로 변하였고, FF는 거의 변화가 없었으며 집광시에는 일사량이 감소하면서 점점 FF가 좋아져 효율적으로 발전하는 것을 알 수 있었다.

<표 1> 집광 시 초점 거리에 따른 발전 특성

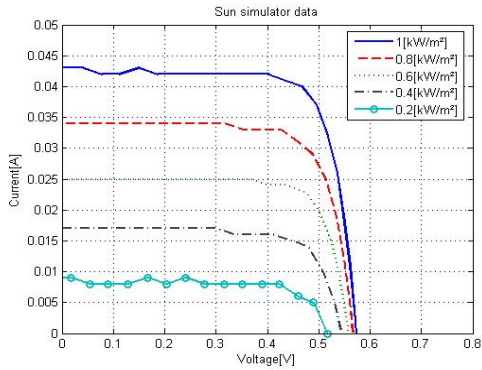
	Pmax[W]	Efficiency[%]	FF[%]
1sun	0.013	13.45	76.62
9cm	0.308	307.68	54.25
11cm(약7배집광)	0.448	448.18	38.39
13cm	0.344	344.00	38.24
15cm	0.272	271.90	47.75

<표 2> 비 집광 시 일사량 변화에 따른 발전 특성

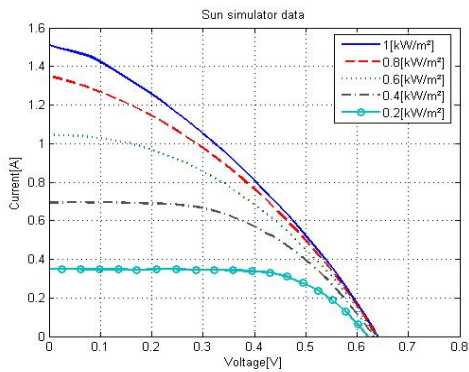
	Pmax[W]	Efficiency[%]	FF[%]
$0.2 [kW/m^2]$	0.003	16.14	73.69
$0.4 [kW/m^2]$	0.007	17.03	74.85
$0.6 [kW/m^2]$	0.011	17.83	75.96
$0.8 [kW/m^2]$	0.014	18.05	75.69
$1.0 [kW/m^2]$	0.019	18.52	76.08

<표 3> 약 7배 집광시 일사량 변화에 따른 발전 특성

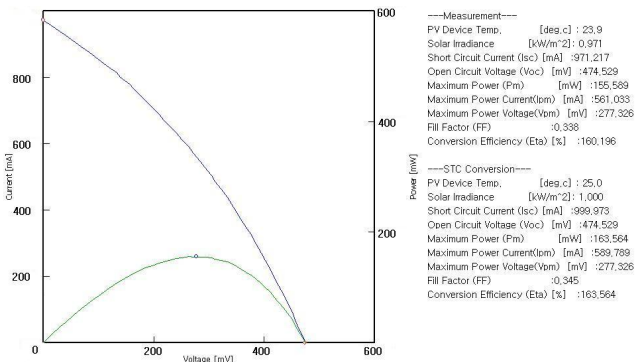
	Pmax[W]	Efficiency[%]	FF[%]
0.2[kW/m ²]	0.143	711.31	66.47
0.4[kW/m ²]	0.229	571.65	52.00
0.6[kW/m ²]	0.274	457.12	40.60
0.8[kW/m ²]	0.308	384.43	35.28
1.0[kW/m ²]	0.328	327.91	33.26



<그림 3> 비 집광시 일사량에 따른 I-V curve

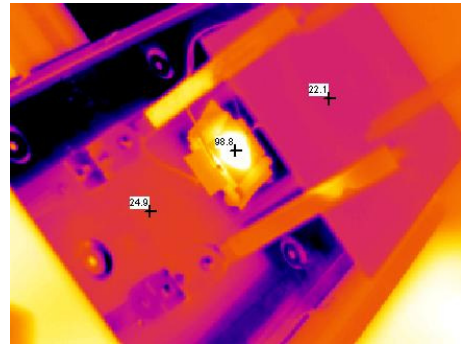


<그림 4> 집광시 일사량에 따른 I-V Curve

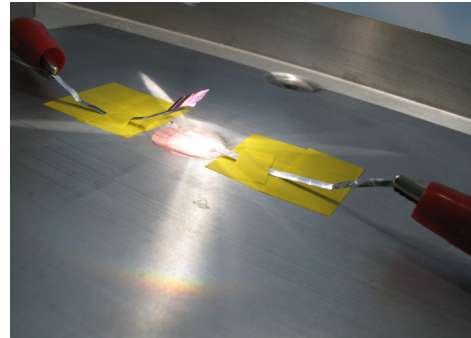


<그림 5> 옥외 집광시 I-V Curve 및 측정 데이터

같은 시료를 가지고 옥외에서 실제 태양광을 이용하여 약 7배 집광하여 측정하여 나온 값을 STC조건으로 환산하여 시뮬레이션 한 값과 비교하니, 온도 상승과 직렬 저항등의 증가로 인해²⁾ 출력값은 0.163[W]로, 이는 시뮬레이션 값 0.328[W]에 훨씬 못 미치는 값이고, FF도 34.5%로 I-V Curve의 특성이 나빠짐을 알 수 있다. 그리고 집광부의 온도 측정을 위해 외부온도 22.6[°C], 일사량 0.987[kW/m²]인 날에 전극을 단락시킨 채 집광부의 온도 상승을 열화상 카메라로 촬영해 측정해보니 그림 6에서 보는 것과 같이 집광부의 온도는 약 100[°C]까지 상승하였고, 그림 7에서 보는 것과 같이 Lamination 하지 않은 시료는 Soldering 된 리본이 셀에서 떨어지는 현상이 발견되었다.



<그림 6> 집광부 및 주변온도



<그림 7> 떨어진 리본

3. 결 론

프레넬 렌즈를 이용한 집광시 면적 당 입사하는 에너지가 커지기 때문에 이론적으로 출력값이 상승하는 것은 자명하나 Sun Simulator에 의해 얻은 값에 비하여 실제 태양광으로 발전했을 경우는 온도 등 여러 가지 환경적인 요인에 의해 상승 폭이 이론적인 값에 미치지 못한다.³⁾ 그러나 적은 일사량에 오히려 FF가 좋아져 효율이 증가하는 것으로 보아 흐린 날에도 효과적으로 발전할 수 있으리라 판단되며, 효과적인 방열 장치 등을 시스템에 함께 구성하거나 각 태양전지 특성에 맞는 최적의 집광비를 산출하는 방법등으로 효율을 개선할 수 있는 여지가 많다.

그러나 프레넬 렌즈를 이용해 태양광을 집광할 때 집광된 초점을 조그만 태양전지 면적에 잘 맞춰야 하는 어려움이 있으며, 실제 모듈화 하여 발전할 경우 경사각과 방위각이 주기적으로 변하기 때문에 태양을 추적하는 시스템이 필수적으로 필요하다. 그리고 다수의 태양전지를 직·병렬로 연결하여 모듈을 구성하려면 기존의 비 집광형 모듈과 다른 Lamination공정이나 Soldering기법 등 집광형에 적절한 설계조건에 대한 연구가 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] K. Ryu et al., "Concept and design of modular Fresnel lenses for concentration solar PV system", Solar Energy, Volume 80, Issue 12, December 2006, Pages 1580-1587
- [2] 황우성 외, "집속형 태양전지 모듈 설계", 한국태양에너지학회 춘계 학술발표대회는문집, 2006. 04
- [3] E. Radziemski, "The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells", Renewable Energy, Volume 28, Issue 1, January 2003, Pages 1-12