

정원등(lanterns)용 태양전지셀의 온도특성 변화연구

(A study on characteristic variation of solar cells for lanterns as a temperature change)

한국 조명 기술 연구 소

이세현* · 박창용 · 조미령 · 신상욱 · 황명근 · 양승용

(Se-Hyun Lee* · Chang-Yong Park · Mee-Ryoung Cho · Sang-Wuk Shin · Myung-Keun Hwang · Seong-Yong Yang)

Abstract

In this paper, I try to measure the electrical characteristics of PV cell for lanterns with solar simulator and simulated with PCID software. I keep my eye on the characteristics variation of PV cell as a temperature change. Therefore, I try to increase a temperature of controlled block from 10°C to 50°C while measuring the PV cell. As a result, A variation caused by voltage have an effect on the efficacy of PV cell. Hence, it is an important variable when a designer plan to make a solar cell for lanterns.

1. 서 론

최근 고유가시대를 맞이하여 정부에서는 에너지절약 정책의 하나로 “신·재생에너지 기술개발 및 이용보급 계획(2003~2012)”을 발표하여 2012년까지 국가 전체 에너지 소비량의 5 %이상을 신·재생에너지원으로 대체 하려는 계획을 수립/추진 중에 있다. 특히, 태양광을 이용한 에너지절약은 국가가 수립한 3대 중점 추진항목 중의 하나로서, 현재 기술연구개발 및 보급화가 활발히 진행 중에 있다.

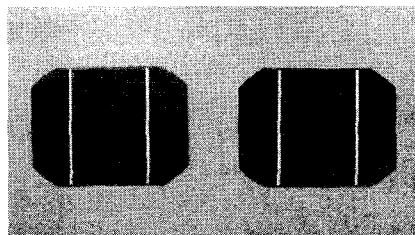
반면, 국내조명산업은 국가 전체에너지 소비량의 20 %이상을 담당하는 거대한 에너지소비원 중의 하나로서, 최근 국가 에너지절약정책과 맞맞추어 신광원(LED, OLED 등) 및 에너지절약기술(CDM 등)이 활발히 연구 되고 있다. 특히, 태양전지셀이 적용된 조명기기 제품(태양전지 정원등/가로등)이 최근들어 국내시장에 많이 등장하였으며, 에너지절약정책과 맞물리어 앞으로 그 시장이 상당히 증가할 것으로 예상된다. 미국에서는 태양전지셀이 적용된 조명기기 제품에 대한 규격을 2005년도에 자국내에 적용한 상태이며, 이를 IEC(IEC System for Conformity Testing and Certification of Electrical Equipment)에서 시행토록 규정하고 있는 실정이다.

이에 본 논문에서는 정원등 및 가로등용 태양전지셀의 온도변화에 따른 전기적특성을 추이하여 그 결과를 분석함으로써 태양전지셀이 적용된 정원등 및 가로등 설계시 활용할 수 있도록 하였다.

2. 본 론

2.1. 시료선정

실리콘 태양전지셀(Solar Cell)은 4가원소인 진성반도체의 실리콘 결정체에 3가원소(최외각전자 3개, 붕소, 갈륨, 인듐 등)를 첨가하여 제작한 P형반도체와 5가원소(최외각전자 5개, 안티몬, 비소, 인 등)를 첨가하여 만든 N형반도체를 접합한 PN접합 반도체라고 할 수 있다. 물론 PN접합 양단에 전극을 붙여야 하며 N형반도체 상단에 반사방지막을 만듦으로서 최종적인 태양전지셀이 완성된다. 이러한 실리콘 태양전지셀은 단결정과 다결정으로 구분하는데 효율면에서는 단결정셀이 우수하나, 가격면에서 다결정셀이 저렴하므로 시장에서는 특수한 경우를 제외하고 통상 다결정셀이 많이 사용된다.



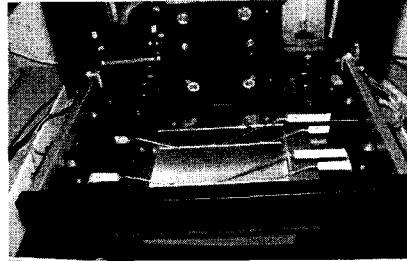
[그림 1] 선정된 측정시료(2개)

따라서 본 실험에서는 국내에서 가장많은 수요를 가지는 125mm×125mm 다결정 실리콘 태양전지셀을 측정대상 시료로 선정하였으며, 측정시료의 효율분석은 시뮬레이션과 실측(real measurement)으로 각각 구분하여 실험을 진행하였다. 이렇게 선정된 시료를 그림 1에 나타내었다.

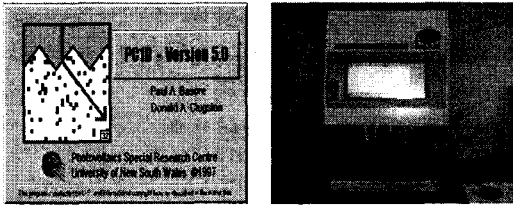
2.2. 실험방법

실험은 크게 두가지로 진행하였다. 첫 번째는 시뮬레이션을 통해 태양전지셀의 온도별 전기적 특성을 분석하였으며, 다른 하나는 측정장비를 활용하여 실제로 측정을 실시한 후, 전기적 특성을 분석하였다.

시뮬레이션에 이용된 소프트웨어는 "PCID"로서 현재 국내 실리콘 태양전지셀 생산기업에서 활용하고 프로그램이며, 측정장비는 스위스 PASAN 社에서 제작한 CT 801 모델을 활용하여 측정을 실시하였다. 이러한 소프트웨어와 측정장비를 그림 2에 나타내었다.



[그림 3] 온도모듈위 셀 측정모습



(a) 소프트웨어 (b) 측정장비

[그림 2] 태양전지셀 시뮬레이션과 실측장비

먼저 시뮬레이션 조건은 선정된 측정시료와 동일한 면적인 148.0 cm^2 으로 설정하였으며, 두께는 시료두께와 동일한 $300 \mu\text{m}$ 로 설정하였다. 또한 온도변화는 측정장비 특성을 고려하여 $10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 사이에서 8개점을 선정하였다. 이러한 태양전지셀의 시뮬레이션 조건을 표 1에 나타내었다.

[표 1] 시뮬레이션 조건

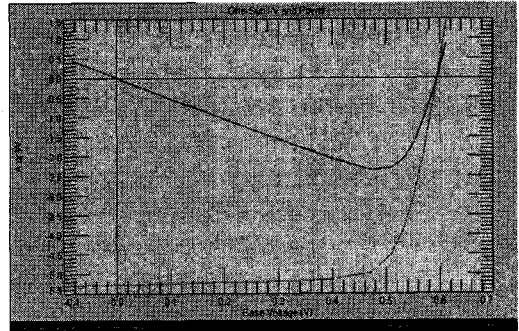
구분	설정값
cell area	148 cm^2
cell thickness	$300 \mu\text{m}$
front surface texture depth	$3.0 \mu\text{m}$
bulk recombination	$\text{Tau n} = \text{Tau p} = 7.208 \mu\text{s}$
background doping	$1.513 \times 10^{16} \text{ cm}^3$
temperature	$10^\circ\text{C}, 18^\circ\text{C}, 25^\circ\text{C}, 30^\circ\text{C}, 35^\circ\text{C}, 40^\circ\text{C}, 45^\circ\text{C}, 50^\circ\text{C}$

태양전지셀의 온도별 측정은 선정된 시료를 온도모듈을 이용하여 온도를 충분히 가/감열하여 안정화된 이후 측정하였으며, 조사된 방사량은 $1 \text{ sun}(100\text{mW}/\text{cm}^2)$ 을 기준으로 시료표면에 방사하였다. 이러한 측정모습을 그림 3에 나타내었다.

2.3. 실험결과

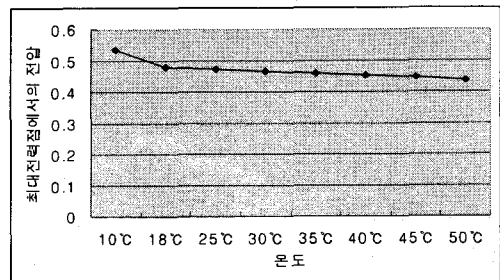
2.3.1 시뮬레이션 결과

태양전지셀의 온도별 특성 시뮬레이션은 온도변수를 제외한 다른 변수들은 고정하고 온도만 변경하면서 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 4는 설계된 태양전지셀을 25°C 에서 시뮬레이션한 결과로서, 최대전력점에서의 최대효율은 15.82% 로 나타났다. 이는 선정된 시료의 효율을 감안하여 유사한 특성을 시뮬레이션하기 위함이다.



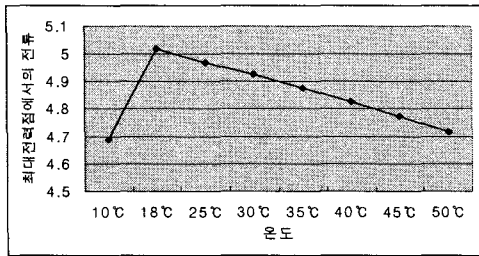
[그림 4] 설계된 태양전지셀의 시뮬레이션

그림 5는 설계된 태양전지셀의 최대전력점에서의 온도에 따른 전압특성변화를 나타내었다. 10°C 에서 시뮬레이션된 전압이 0.5337 [V] 인 반면, 50°C 에서 시뮬레이션된 전압이 0.4371 [V] 로서 약 22%의 전압감소가 발생하였다.



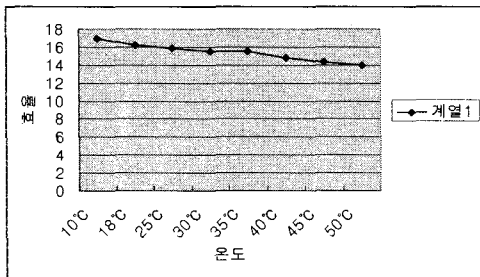
[그림 5] 최대전력점에서의 전압변화

그림 6은 최대전력점에서의 온도에 따른 전류특성변화를 나타낸 자료로서, 10 °C에서는 4.689 [A]로 시뮬레이션된 전류는 18 °C에서 5.018 [A]로 시뮬레이션되어 0.329 [A]의 전류차이를 나타내었다. 이후 온도가 50 °C까지 증가할수록 지속적으로 전류값이 감소하여 50 °C에서는 4.715 [A]로 시뮬레이션 되어 0.303 [A]의 전류차이를 나타내었다.



[그림 6] 최대전력점에서의 전류변화

이에 따라 설계된 태양전지셀의 효율변화를 그림 7에 나타내었으며, 시뮬레이션 결과 10 °C에서 16.91 %로 가장 높은 효율을 보였고, 온도가 증가할수록 효율로 지속적으로 감소하여 50 °C에서 가장 낮은 효율인 13.93 %를 나타내었다. 이는 40 °C의 온도변화를 통해 태양전지셀의 효율이 다양으로 변화한다는 중요한 결과로서, 태양전지(PV) 정원등 설계시 국내 지역별 환경변수 설계에 유용한 변수로 활용할 수 있다. 이러한 시뮬레이션 결과 값들을 표 2에 정리하였다.



[그림 7] 온도에 따른 효율변화

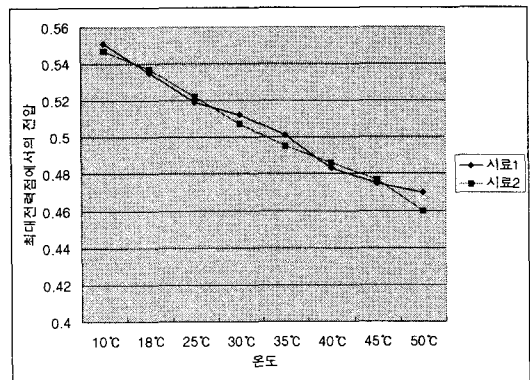
[표 2] 시뮬레이션 결과값

구분	V _{mpp} [V]	I _{mpp} [A]	Eff [%]
10°C	0.5337	4.689	16.91
18°C	0.4782	5.018	16.21
25°C	0.4713	4.967	15.82
30°C	0.4655	4.925	15.49
35°C	0.4591	4.877	15.46
40°C	0.4522	4.826	14.75
45°C	0.4448	4.772	14.34
50°C	0.4371	4.715	13.93

2.3.2 실측 결과

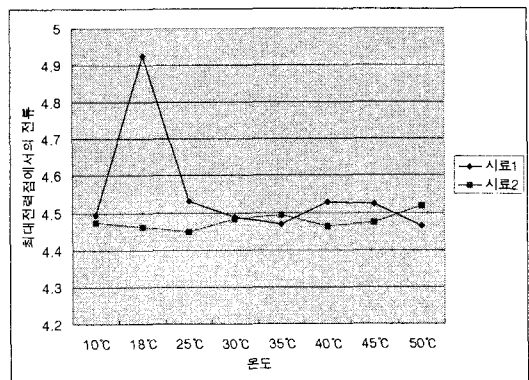
선정된 태양전지셀의 온도별 특성평가는 온도센서가 장착된 온도제어형 판넬(이하 온도모듈)을 솔라셀 시험기에 장착하여 온도모듈위에 태양전지셀을 놓음으로서 실험을 진행하였다. 측정의 정밀도를 높이기 위하여 희망온도까지 가/감된 온도에서 충분한 에이징 시간을 두었으며, 또한 동일한 성능의 태양전지셀 2개로 실험을 진행함으로써 오차를 줄이려 하였다.

그림 8은 이러한 태양전지셀의 최대전력점에서 변화하는 전압특성을 나타낸 도표로서, 10 °C와 50 °C에서의 전압변화 값은 대략 0.08 [V]정도로 나타났다.



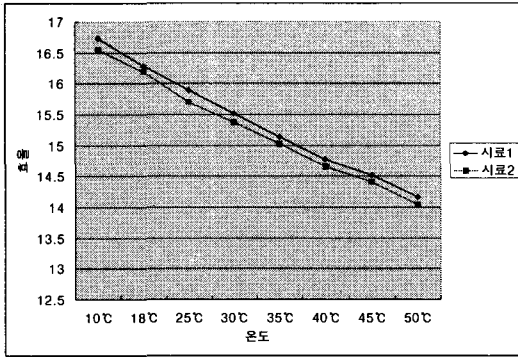
[그림 8] 최대전력점에서의 전압변화

그림 9는 선정된 태양전지셀의 최대전력점에서 측정되어진 전류변화를 나타낸 도표로서, 온도에 따른 전류 변화 값이 거의 변화하지 않고 있다. 이는 시뮬레이션된 전류 값과 상반되는 결과로서 실측되는 태양전지셀은 온도에 따라 전류값의 변화가 거의 발생하지 않는다는 결과이다.



[그림 9] 최대전력점에서의 전류변화

그림 10은 선정된 태양전지셀의 온도에 따른 효율변화를 나타낸 도표로서, 10℃에서 16.93%이었던 효율값이 50℃에서 14.17%를 나타내어 2.56%의 효율감소를 나타내었다.



[그림 10] 온도에 따른 효율변화

이러한 효율 값의 변화는 전류값의 변화 때문이기 보다는 태양전지셀의 전압값 변화에 기인된 것으로서, 온도에 따라 태양전지셀의 내부 직/병렬 저항값이 변화하고 이에 따라 전압값이 변화하여 최종적으로 태양전지셀의 효율값에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이러한 실측된 태양전지셀의 특성값들을 표 3에 정리하였다.

[표 3] 실측 결과값

구분		V_{mpp} [V]	I_{mpp} [A]	Eff [%]
10℃	시료 I	0.551	4.495	16.73
	시료 II	0.547	4.475	16.55
18℃	시료 I	0.535	4.926	16.29
	시료 II	0.537	4.461	16.19
25℃	시료 I	0.519	4.532	15.89
	시료 II	0.522	4.450	15.69
30℃	시료 I	0.512	4.489	15.52
	시료 II	0.507	4.484	15.37
35℃	시료 I	0.501	4.469	15.13
	시료 II	0.495	4.493	15.02
40℃	시료 I	0.483	4.528	14.77
	시료 II	0.486	4.465	14.66
45℃	시료 I	0.475	4.523	14.52
	시료 II	0.477	4.474	14.41
50℃	시료 I	0.470	4.464	14.17
	시료 II	0.460	4.518	14.04

3. 결론

본 논문은 현재 국내에 시판되고 있는 태양전지 정원 등 및 가로등에 적용되는 태양전지셀을 대상으로 온도에 따른 특성변화를 시뮬레이션 프로그램과 실제 측정

장비를 활용하여 비교·분석하였다. 그 결과 시뮬레이션과 실측자료사이에 다른 점(오차)들이 관측되었으며, 실측자료를 토대로 하여 시뮬레이션 조건을 분석/변경함으로써 그 오차를 줄이려고 시도하였다.

실험결과 다음의 사항이 확인되었으며, 국내환경에 적합한 정원등/가로등 설계시 환경변수에 적용될 중요한 자료라 판단된다.

설계된 태양전지셀의 효율변화에 영향을 미치는 주요한 요소는 전류 및 전압의 온도에 따른 지속적인 감소로서 이는 태양전지 시뮬레이션 프로그램인 PCID의 시뮬레이션 조건에 기인된 결과로서, 실측결과와 비교하여 그 오차를 줄이도록 시뮬레이션 한다면 실제 측정을 하지 않더라도 실측결과와 유사한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

실측된 태양전지셀의 효율변화에 영향을 미치는 주요한 요소는 태양전지셀의 전류값보다 전압값의 변화에 기인하여 효율변화를 발생하며, 이는 온도에 따라 태양전지셀의 내부 직렬저항 및 병렬저항값이 변화하여 발생한 전압강하 때문으로 판단된다. 따라서 온도에 따라 태양전지셀의 저항값 변화를 특히, 내부직렬저항값의 변화를 최소화 한다면 온도에 따른 효율변화를 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

고유가시대를 맞이하여 국내 에너지정책 역시 많은 변화를 맞이하고 있으며, 이에 발맞추어 정부에서는 태양광을 이용한 에너지 소비를 전체 에너지 소비량의 수 퍼센트까지 끌어올리겠다는 야심찬 계획을 추진 중에 있고, 국내조명분야 역시 이러한 에너지 절약정책에 부합하는 고효도 LED 및 OLED 연구개발이 활발히 추진 중에 있다. 이와 결부하여 차후 에너지 절약의 한 분야로서 태양전지 정원등/가로등이 에너지절약에 앞장서는 제품이 될 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) 이재형, 임동건, 이준신, "태양전지원론", 흥릉과학출판사, p.343-351, 2005.2.
- (2) IEC "IEC 60904-1 Photovoltaic devices - Part 1 : measurement of photovoltaic current-voltage characteristics" 1987.12
- (3) IEC "IEC 60891 Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices" 1987.04
- (4) IEC "IEC 60904-9 Photovoltaic devices : Part 9 : Solar simulator performance requirements" 1995.09