

실리콘 태양전지 열화특성 분석연구

(The characteristics research of silicon solar cell Degradation)

최석준* · 신상욱 · 이세현 · 노재엽 · 권기태 · 이정근 · 서정진 · 이규승 · 황명근

(Seok-Joon Choi · Sang-Wuk Shin · Se-Hyun Lee · Jae-Yup Rho · Ki-Tae Kwon · Jeong-Keun Lee, Jeong-Jin Seo · Gyu-Seoung Lee · Myung-Keun Hwang)

한국조명기술연구소

Korea Institute of Lighting Technology

Abstract

In this paper, We observed degradation of general poly-cristalline silicon solar cell by light and heat. This is very important to define solar cell's characteristics. So we test eight cells that made of poly-cristalline silicon. We expect to the result of this experiment is useful for researching and measuring solar cell's characteristics.

1. 서 론

최근 들어 환경오염, 지하자원 고갈 등의 문제로 신재생에너지에 대한 관심이 고조되고 있다. 그 중 대표 주자로 꼽히고 있는 것이 태양광 발전시스템이며, 태양광 발전시스템 중에서도 실리콘 태양전지를 가장 많이 사용하고 있는 것이 현실이다. 실리콘 태양전지는 현재 여타 태양전지 셀에 비해서 높은 변환효율을 나타내고 있으며, 상대적으로 가격도 저렴하여 상용으로 판매되는 대다수의 모듈이 실리콘 태양전지를 사용하고 있다.

태양광 발전시스템을 포함한 신재생 에너지로 발전되고 있는 전력량은 아직 전체 생산 전력량의 1%정도로 미미한 편이다. 하지만 앞으로 정부의 녹색성장 전략과 미래의 환경보전을 위해서는 지속적으로 개발, 보급해 나아가야 할 필요가 있다. 다시 태양광 발전시스템으로 돌아와서 이것을 보급시키기 위해서 가장 중요한 문제는 첫째로 가격 문제이다. 가격문제에서는 정부의 보조금 정책 등으로 어느 정도 해결을 보고 있는 중이다. 둘째로 발전 효율 문제이다. 발전 효율도 산업계, 학계, 연구기관들의 연구결과로 지속적으로 향상되고 있다. 셋째로는 내구성이다. 설치된 태양광 발전시스템이 내구성이 약해 설치하지 얼마 되지 않았는데도 고장이 나거나 성능이 떨어진다면 다시 첫 번째 비용적인 문제로 돌아가게 된다.

내구성은 셀, 혹은 모듈의 열화와 직결되는데, 이들의 열화 원인에는 빛과 열이 대표적이라고 볼 수 있다. 이 논문에서는 모듈화 되기 이전 실리콘 셀의 열화특성을 시험하였으며 온도에 의한 열화, 광 조사에 의한 열화를 동시에 진행하였다. 이 연구를 통해 어떤 원인이 셀에 더 타격을 주는 지에 대해 더욱 명확해져 앞으로 태양광 발전시스템 개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 본 론

2.1 시험 순서

태양전지 내구성 시험은 다음과 같은 절차로 이루어졌다.

- ① 초기특성시험
- ② 200℃ 전기로에서 30분간 가열
- ③ 특성시험(셀온도 25℃)
- ④ 60℃에서 49시간 방치
- ⑤ 특성시험(셀온도 25℃)
- ⑥ 60℃에서 17시간 방치
- ⑦ 특성시험(셀온도 25℃)

①단계에서 ③단계 까지는 열에 의한 열화를 알 수 있으며 ③단계에서 ⑦단계 까지는 빛에 의한 열화 정도를 알 수 있다.

2.2 시험 장비

- 1) 항온항습 챔버
 - 온도범위 : -40 ~ 180℃
 - 습도범위 : 10 ~ 98%
 - 온도정밀도 : ± 0.5%
 - 습도정밀도 : ± 5%
 - 사용용적 : 2,040L
 - 소비전력 : 18.5kW
- 2) 솔라시뮬레이터
 - 적용규격 및 등급 : IEC 60904-4, A등급
 - 광균일도 : ± 1%
 - 광안정도 : ± 1%
 - 광펄스간격 : 4 ms
 - 스펙트럼분포 : AM 1.5
 - 시험가능 셀 크기 : 100mm×100mm ~ 150mm×150mm

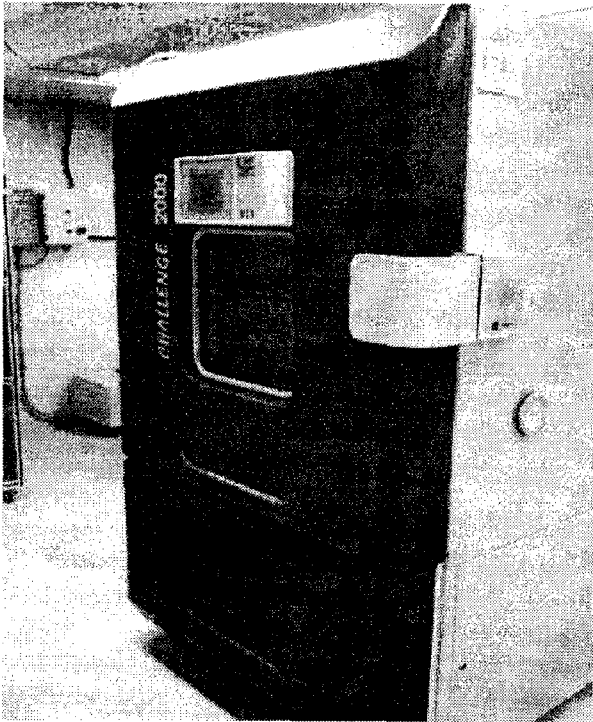


그림 1. 내구성 시험용 항온항습챔버

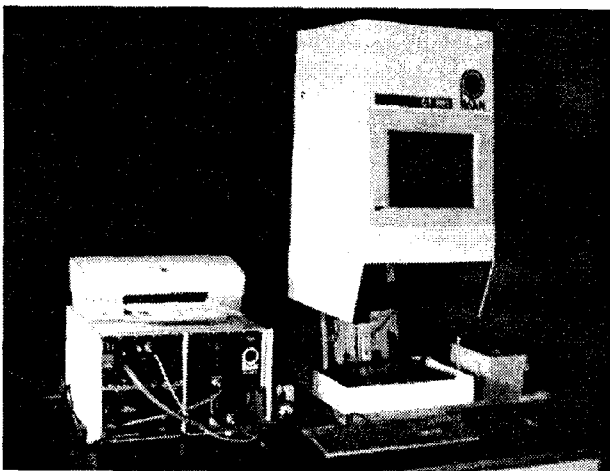


그림 2. 태양전지 I-V 특성 측정용 솔라 시뮬레이터

2.3 시험 조건

1) 광조사

60℃로 유지되고 있는 챔버 안에는 할로겐 램프를 이용하여 각 셀의 중심부에 $350 \text{ W/m}^2 \pm 5\%$ 의 빛을 조사하였다. 조사강도는 일사량계를 이용하였고 각 위치별 조사강도는 다음과 같다.

표 1 각 위치별 광조사량

챔버 내부방향		
위치1 : 343	위치2 : 358	위치3 : 346
위치4 : 355	위치5 : 346	위치6 : 365
위치7 : 359	위치8 : 359	위치9 : 354

챔버 도어방향

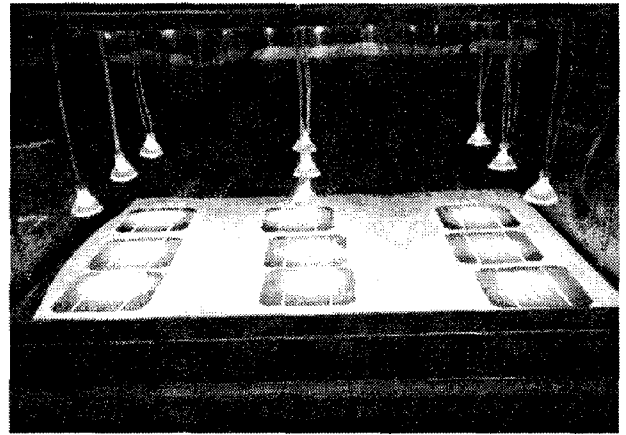


그림 3. 광 조사 장치

2) 측정시료

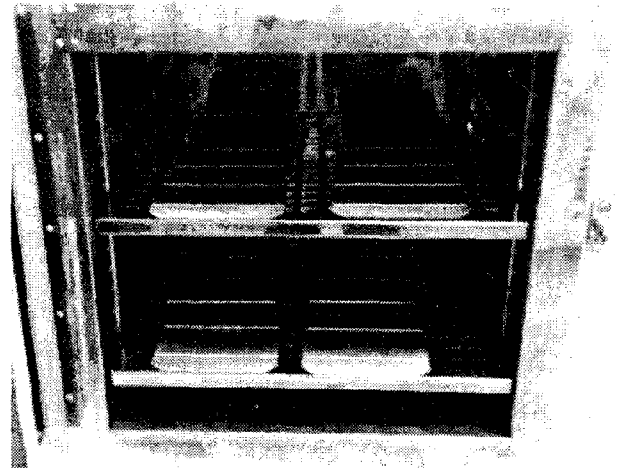


그림 4. 측정 시료 및 200℃ 가열용 전기로

측정시료는 S사의 6인치 실리콘 셀을 사용하였으며 총 4가지 모델을 각 2장씩 사용하였다. 셀 면적은 243.4 cm^2 으로 적용하였으며, 측정시 셀 온도는 모두 25℃에 맞추었다.

3) 시험환경

측정은 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $30 \pm 5\%$ 의 암실에서 진행하였으며, 챔버에서 꺼내어 측정을 완료하는 시간은 30분 이내로 진행하였다.

2.3 시험결과

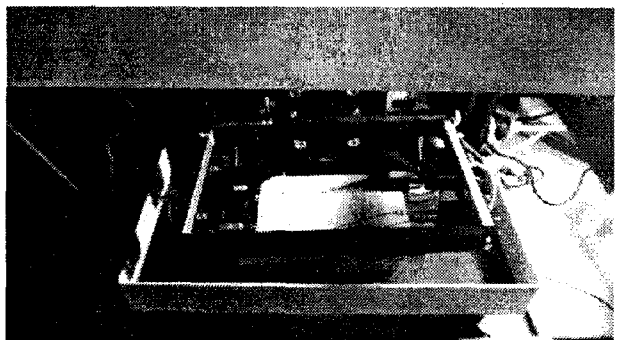


그림 5. 셀 특성 측정 모습

시험 결과는 아래와 같으며 단계는 위 2.1의 시험 순서의 단계를 의미한다.

표 2 측정결과 1. 효율(%)

시료명 단계	a-1	a-2	b-1	b-2
①	15.57	15.57	15.61	15.70
③	15.56	15.63	15.65	15.69
⑤	15.42	15.44	15.47	15.48
⑦	15.41	15.41	15.46	15.49
시료명 단계	c-1	c-2	d-1	d-2
①	15.53	15.46	15.76	15.72
③	15.49	15.48	15.78	15.76
⑤	15.21	15.26	15.69	15.66
⑦	15.21	15.25	15.71	15.64

표 3 시료의 평균 효율 및 변화량

효율(%)	평균	최대	최소
①	15.62 %	15.76 %	15.46 %
③	15.63 %	15.78 %	15.48 %
⑤	15.45 %	15.69 %	15.21 %
⑦	15.45 %	15.71 %	15.21 %
변화량(%)	평균	최대	최소
③	0.10%	0.39%	-0.26%
⑤	-1.03%	-0.38%	-2.06%
⑦	-1.07%	-0.32%	-2.06%

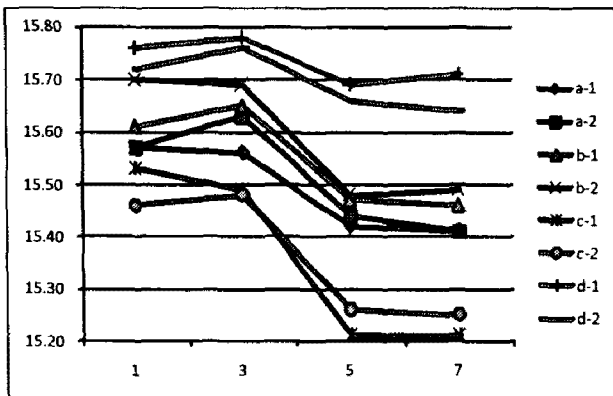


그림 6. 측정결과 1. 효율

측정결과 200℃에서 30분간 열화 시킨 경우 변화량이 평균 0.10%로 ⑤단계, 60℃에서 350W/m²의 조사

광에 노출시켰을 때의 평균 변화량 -1.03%에 비해서 현저히 낮음을 볼 수 있다.

이는 빛이 셀에 미치는 영향이 온도가 셀에 미치는 영향보다 훨씬 큼을 의미한다고 볼 수 있으며, 그 변화량은 그림 7에서 두드러지게 나타난다.

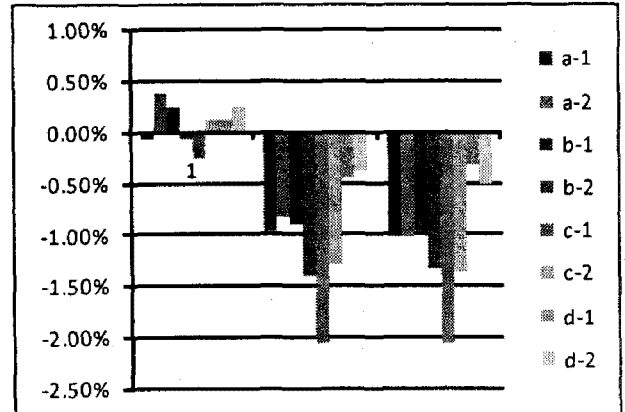


그림 7. 각 시료별 효율 변화량(%)

표 4 측정결과 2. 전력량(W)

시료명 단계	a-1	a-2	b-1	b-2
①	3.791	3.791	3.799	3.823
③	3.788	3.805	3.809	3.818
⑤	3.753	3.757	3.765	3.768
⑦	3.752	3.752	3.763	3.770
시료명 단계	c-1	c-2	d-1	d-2
①	3.779	3.762	3.837	3.826
③	3.771	3.767	3.840	3.836
⑤	3.701	3.714	3.820	3.813
⑦	3.702	3.712	3.824	3.808

표 5 시료의 평균 전력량 및 변화량

효율(%)	평균	최대	최소
①	3.801	3.837	3.762
③	3.804	3.840	3.767
⑤	3.761	3.820	3.701
⑦	3.760	3.824	3.702
변화량(%)	평균	최대	최소
③	0.09%	0.37%	-0.21%
⑤	-1.04%	-0.34%	-2.06%
⑦	-1.07%	-0.34%	-2.04%

[5] 이재형 외 2, "태양전지 원론",
 홍릉과학출판사, pp. 2~420, 2005

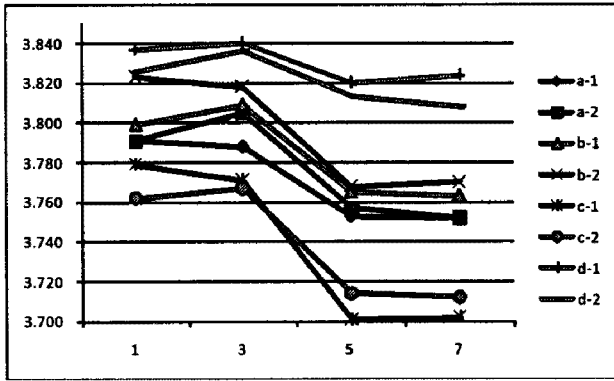


그림 8. 측정결과 2. 전력

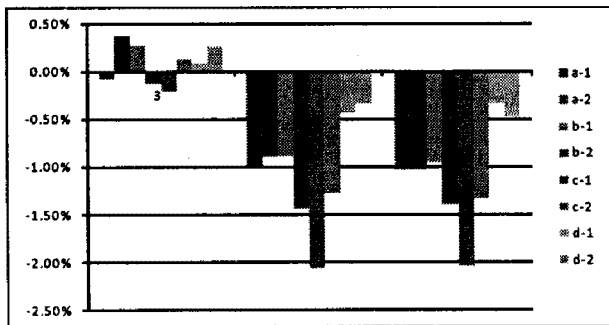


그림 9. 각 시료별 전력 변화량(%)

열과 빛에 의한 변화량 차이는 전력에서도 볼 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 실리콘 셀의 빛과 열에 의한 열화 특성을 시험하여 각 요인중에서 어떤 요인이 열화에 더 영향을 미치는 지에 대하여 알아보았다. 열에 의한 변화량을 평균 0.1%정도 효율이 상승한 반면 빛에 의한 변화량을 1%정도 효율이 감소하였다. 일반적으로 측정오차를 감안한다면 열에 의한 변화량은 거의 없는 것으로 봐도 무방하다고 볼 수 있으며, 대부분 빛에 의해서 열화가 된다고 결론지을 수 있다.

[참고 문헌]

- [1] Tsuno Y. 외 2, "A Method for Spectral Response Measurements of Various PV Modules", 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, pp. 2723~2777, 2008
- [2] Pravattoni M. 외 5, "Spectral Response Measurements of Multi-Junction PV Modules at the European Solar Test Installation Laboratories and their Usage in Clear Day Outdoor Characterisation", 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, pp. 2908~2912, 2008
- [3] Bremner S.P. 외 2, "Limiting Efficiency of an Intermediate Band Solar Cell Under Concentrated AM1.5 Spectrum", 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, pp. 37~40, 2008
- [4] Dieter K 외 1, "반도체 소자분석 개정3판", Wiley, pp. 1~754, 2008