

# 태양전지모듈의 기계적 하중시험에 따른 전기적 특성 분석

김경수\*, 강기환, 유권종

\*한국에너지기술연구원(kskim@kier.re.kr)

## The Analysis of Electrical Characteristics of PV Module according to Mechanical Load Test

Kim, Kyung-Soo\*, Kang, Gi-Hwan, Yu, Gwon-Jong

\*Korea Institute of Energy Research(KIER), Photovoltaic Research Center(kskim@kier.re.kr)

### Abstract

---

In this paper, we analyze electrical characteristics of photovoltaic module according to mechanical load test. Using the equipment for giving load on the surface of module, dark current-voltage is measured. By varying load from 0kg to 206kg, slight different I-V curve is detected. From this, reduced shunt resistance is roughly calculated and micro crack is assumed to be happened. system Through this experiment, periodic external force on PV module might give an negative effect. The detailed analysis is described in the following paper.

Keywords : 태양전지모듈(Photovoltaic Module, Solar Cell Module),  
기계적 하중시험(Mechanical Load Test), 내구성(Durability)

---

### 1. 서 론

태양전지모듈을 태양빛을 받아 전기에너지로 변환하는 태양전지를 기본 재료로 하여 대계의 경우 전면의 투명유리와 후면의 Back Sheet 그리고 완충재로써 EVA Sheet 를 사용하여 고온상태에서 집합과정을 거쳐 제조된다.

예측되는 태양광시스템의 발전용량은 개개

의 태양전지모듈의 출력의 합으로 구성되며 시스템건설시 태양전지의 종류, 설치방법, 일사량, 기후 등의 종합적인 데이터를 기본으로 하여 연간 발전량 등을 미리 가늠할 수 있다. 그러나 태양전지모듈이 전력생산을 목적으로 외부에 설치되면 시공과정에서의 부적합 요소, 온도변화에 의한 재료에 가해지는 스트레스, 자외선, 물리적 충격, 입사량 변동 등에 의하여 예상되는 발전량과 장기적

내구성에 대한 차이가 나타날 수 있다.

특히, 설치 전 모듈 제조과정에서 설치 후 모듈 표면에 가해지는 물리적인 충격의 종류인 우박, 비, 눈, 바람 등의 주기적인 변동 스트레스 요소 등에 의해서 태양전지에 가해지는 응력으로 크랙 등이 발생할 수 있다.

표 1은 적설량에 따른 눈의 밀도를 나타낸 것으로 눈이 많이 내리는 지역에서의 모듈 표면에 가해지는 응력이 기후 조건에 매우 클 수 있음을 가늠케 한다.

표 1. 적설량과 눈의 밀도

적설량 [cm]	눈의 밀도 [kg/m <sup>3</sup> ]
50	50
100	150
150	300

그림 1은 태양전지모듈에 대하여 바람, 눈 및 얼음에 의한 하중에 대한 기계적 내구성을 조사하기 위한 방법으로써 IEC 61215 기준으로 모듈의 기계적 하중시험을 실시 중 시간에 따른 모듈에 가해지는 응력의 변화를 나타낸 것이며 그림 2는 최대 응력에 도달 전 모듈이 프레임과 이탈되는 현상을 나타낸 것이다.

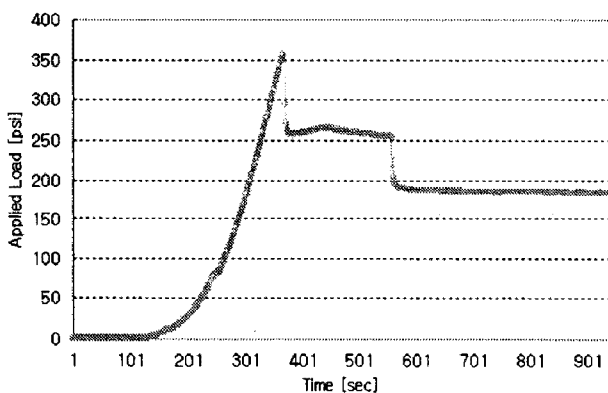


그림 1. 모듈 표면 응력변화 그래프

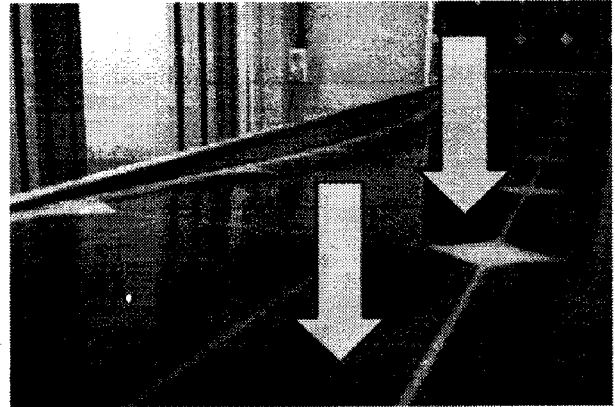


그림 2. 태양전지모듈 프레임 이탈 사진

본 연구에서는 자연적인 응력 변화 요인을 태양전지모듈에 가하여 이에 따른 미세 크랙 등의 현상을 전기적으로 관찰하고 예상되는 현상을 분석코자 하였다.

## 2. 실험 방법 및 실험 장치 설명

태양전지모듈의 기계적 하중 시험에 따른 전기적인 영향을 평가하기 위하여 사용된 실험 시료의 사양, 세부 시험 방법은 다음과 같다.

### 2.1 시험 시료 사양 및 실험 방법

본 연구에는 5inch 크기의 Q-Cell사의 단결정 태양전지를 직렬 연결하여 제조된 80W급 태양전지모듈을 이용하였다.

5inch 결정질 태양전지모듈 (가로 : 54cm 세로 : 123cm)의 current-voltage 커브를 모듈 표면에 가해지는 응력 변화에 따라 측정하는 시스템의 구조는 그림 3과 같다.

모듈표면에 가해지는 응력은 최소 0kg에서 최대 206kg인 약3100Pa로 IEC 61215 기계적 하중 시험의 기준 응력인 2400Pa보다 700Pa을 더 높여 실험을 하였다.

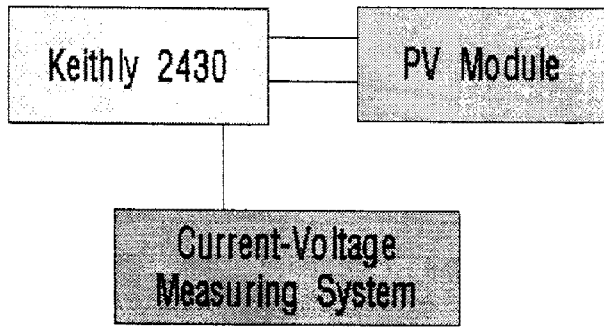


그림 3. Dark I-V 측정 시스템 개요

## 2.2 이론적 고찰

그림 3은 본 실험에서 모듈 표면에 응력발생 장치의 개략적으로 나타낸 것이다. 아래 수식은 모듈 표면에 응력이 가하여 졌을 때 모듈이 변형되어 굴곡을 이루는 원의 반지름을 나타낸 것으로 지지대의 거리의 제곱에 비례하며 모듈의 변형에 반비례하는 특징을 갖고 있다.

$$R = \frac{l^2}{12 \cdot w_{\max}}$$

$w = \max$  imum enlogation of glass

$l =$  distance between the support

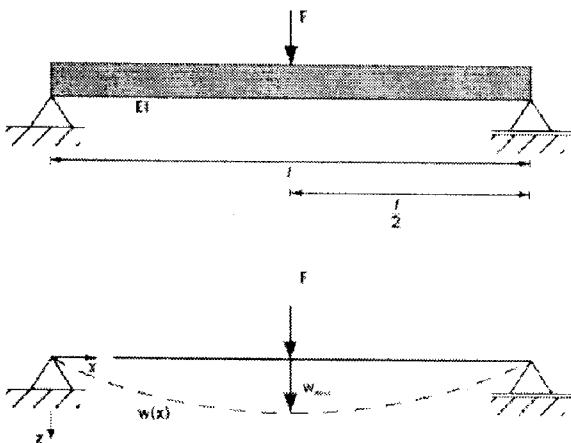


그림 4. 응력 발생 장치 개략도

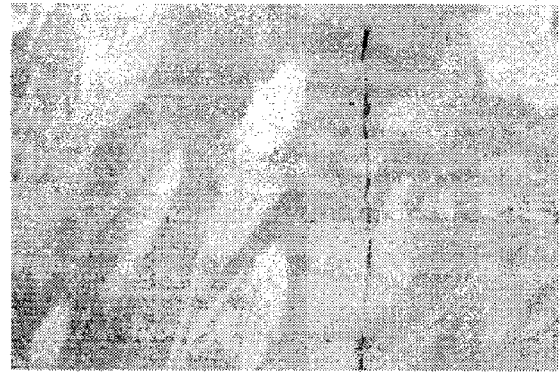


그림 5. 태양전지의 마이크로 크랙

## 3. 실험 결과 및 고찰

태양전지모듈 표면에 가해지는 기계적 응력에 따른 dark I-V 특성을 측정한 결과는 다음과 같다.

### 3.1 태양전지모듈의 전기적 특성 변화

태양전지모듈의 dark I-V를 표면에 가해지는 응력을 0kg, 116kg과 206kg으로 단계적으로 변화시키면서 측정한 결과가 그림 6에 나타나있다. 20V 이상에서는 유사한 특성의 커브를 보임을 알 수 있다.

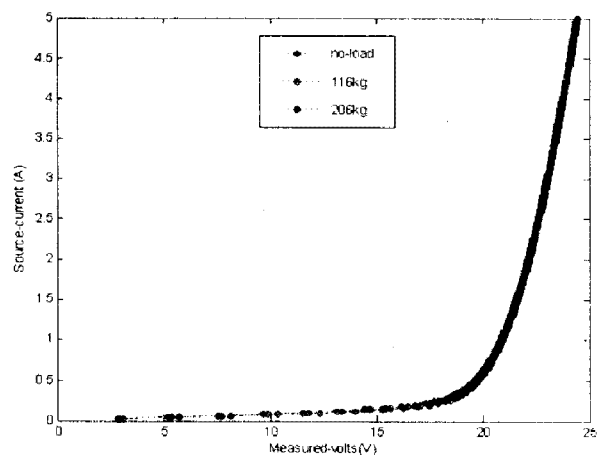


그림 6. 응력변화에 따른 Dark I-V 커브

그림 7은 전류범위를 0.5A로 낮추어 표현한 것으로 그림에서와 같이 낮은 전류범위에서 응력의 증가에 병렬저항 성분이 줄어들음을

확인할 수 있었다.

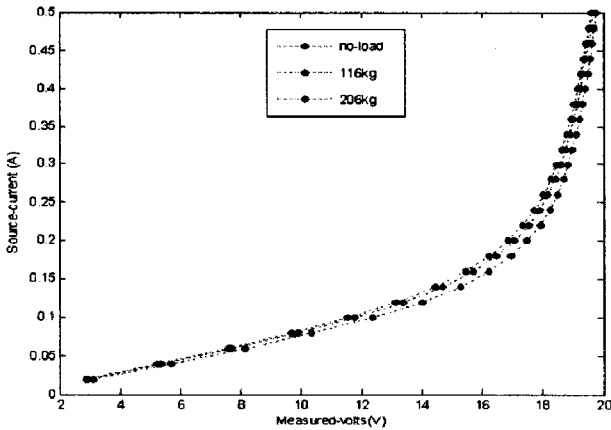


그림 7. 응력변화에 따른 Dark I-V 커브

일반적인 태양전지의 다이오드 식은 그림 8에서와 같이 직렬저항( $R_s$ )과 병렬저항( $R_{sh}$ )를 이용하여 도식화하여 다음의 수식으로 유도된다.

$$I = I_L - I_0 \exp\left[\frac{q(V - IR_s)}{nkT}\right] - \frac{V + IR_s}{R_{SH}}$$

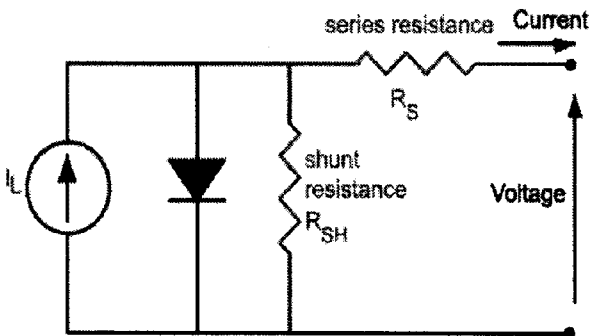


그림 8. 태양전지의 등가회로

작용 응력이 없는 경우 병렬저항은 약  $125\Omega$ , 작용 응력이  $116\text{kg}$ 에서  $118\Omega$ ,  $206\text{kg}$ 에서는  $115\Omega$ 로 응력 증가에 따라 병렬저항 성분이 작아지는 것을 알 수 있다.

병렬저항 성분의 증가는 크게 태양전지의 P-N 접합(junction)의 결함도와 태양전지 테두리의 분리(edge isolation) 및 누설전류의

상태를 가늠하는 잣대로써 본 실험을 통하여 육안으로 확인하기 힘든 마이크로 크랙이 발생하였음을 유추 알 수 있다.

그리고 병렬저항 성분의 감소는 모듈의 fill factor의 감소로 이어져 모듈의 장기적 내구성에 영향을 줄 것으로 예상된다.

추후 모듈 표면의 장기적 응력 발생 요인에 따른 전기적 내구성에 대하여 분석할 예정이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 태양전지모듈의 프레임으로부터 유리와 접합 부위가 분리되는 현상을 확인하여 모듈의 구조적인 안정성과 태양전지에 영향을 주는 정도를 정량적으로 얻기 위하여 모듈 표면에 응력을  $0\text{kg}$ 에서  $206\text{kg}$ 까지 변화시켜 Dark I-V를 측정하였다.

이를 통하여 미세 균열(micro crack)이 발생여부를 유추하였으며 작용 응력이 없는 경우 병렬저항은 약  $125\Omega$ , 작용 응력이  $116\text{kg}$ 에서  $118\Omega$ ,  $206\text{kg}$ 에서는  $115\Omega$ 로 응력 증가에 따라 병렬저항성분이 작아지는 것을 알 수 있다.

추후 모듈 표면의 장기적 응력 발생 요인을 살펴보고 모듈 표면에 가해지는 응력 변화에 따른 전기적 특성변화와 내구성에 대하여 분석할 예정이다.

#### 참고 문헌

- [1] John H.W, "Long Term Photovoltaic Module Reliability", PV and Solar Program Review Meeting 2003
- [2] G.H.Kang, G.J.Yu, H.G.Ahn and D.Y.Han, "Consideration of Electrical Properties in Field-aged Photovoltaic Module", KIEEME, vol.17, no.12, p.1289, 2004.
- [3] G.H.Kang, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "The Effect of Electrical Properties with

Degradation of EVA sheet and Electrode in Photovoltaic Module", Proceeding of KIEEME Annual Summer Conference, 2005.

- [4] G.H.Kang, K.S.Kim, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.- Ahn and D.Y.Han, "Analysis of Photovoltaic module's Phenomena of aging with Acceleration Test", Proceeding of KIEE Annual Summer Conference, 2006.
- [5] G.H.Kang, K.S.Kim, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.- Ahn and D.Y.Han, "Analysis of Maximum Output Power Characteristics of Crystalline Silicon Photovoltaic Module by Change of Environmental Effects", Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol.27, No 3, 2007.
- [6] G.H.Kang, K.S.Kim, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.- Ahn and D.Y.Han, "The effects of environmental changes on photovoltaic module's optical and electrical output power characteristics", Proceedings of the Korean Solar Energy Society Spring Annual Conference, 2007.
- [7] K.S.Kim, G.H.Kang, and G.J.Yu "The analysis of photocatalyst-treated photovoltaic module's electrical and optical characteristics depending on environmental condition", Proceedings of the Korean Solar Energy Society Autumn Annual Conference, 2007.