

# 결정질 태양전지모듈의 외부 응력에 따른 장기적 내구성 예측

김경수, 강기환, 유권종  
한국에너지기술연구원 태양광발전연구센터

## The Durability Estimation of Crystalline PV Module according to Mechanical Stress

Kyung-Soo Kim, Gi-Hwan Kang, Gwon-Jong Yu  
Korea Institute of Energy Research(KIER)

**Abstract :** In this paper, we studied the long term durability estimation for crystalline photovoltaic module while exposing to mechanical stress. Solar cell and PV module have many different kinds of stresses from cell to module fabrication. For this reason, some solar cell shows micro crack that decrease crystallization. In here, we expose artificial mechanical load on surface of PV module. Through this, the periodic external force on PV module might give an negative effect. The further analysis is described in the following paper.

**Key Words :** Photovoltaic Module, Mechanical Load Test, Durability

### 1. 서론

태양전지모듈은 개개의 태양전지를 직렬로 연결하여 전면의 투명유리 후면의 Back Sheet 그리고 EVA Sheet를 구성 재료로 하여 라미네이션 공정을 통하여 접합된다. 일반적인 태양전지의 두께는 약 200um 수준이며 최근에는 160um 까지 생산 및 공급이 진행을 앞두고 있다.

태양전지모듈이 제조되어 완성되기 까지 태양전지는 다양한 응력 스트레스를 받게 되는데 이에 는 개별 태양전지의 I-V측정, Tabbing, Lamination 공정 등으로 나타나는 현상으로 그림 1과 같이 마이크로 크랙과 태양전지 파손으로 나타난다.

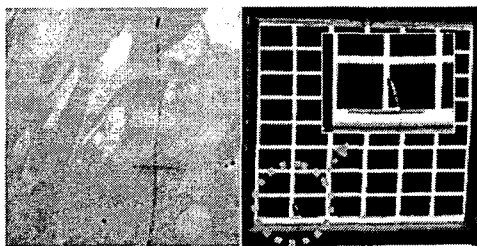


그림 1. 태양전지의 마이크로 크랙(좌), 파손(우)

세계 최대의 태양전지 제조회사인 Q-Cell 사에서 발표한 자료에 의하면 모듈을 구성하는 태양전지의 낮은 병렬 저항은 일사량 감소에 따른 출력 감소와 이에 따른 효율의 감소를 일으키며 낮은 일사량에서 15%까지도 차이가 있음을 보고한 적이 있다.

본 논문에서는 태양전지모듈의 표면에 균일한 응력을 가하면서 모듈의 전기적 특성을 Dark I-V로 분석하고 주기적 응력 발생에서의 모듈의 장기적 내구성에 대하여 예측하고자 하였다.

### 2. 실험

본 실험을 위하여 5 inch 태양전지를 직렬 연결하여 제조된 80W급 태양전지모듈을 이용하였으며 모듈 전체의 크기는 가로 54cm, 세로 123cm로 KS C IEC 61215 의 기계적 하중시험에 따른 실험 방법으로 최소 0Pa에서 최대 3100Pa 까지 응력을 변화하여 Dark I-V를 측정하였다. 응력 변화에 따라 모듈은 그림 2와 같이

그림 2는 Dark I-V를 측정하기 위한 시스템의 구성도로 Keithly 2430 SourceMeter와 PV모듈 그리고 I-V 측정 프로그램으로 구성되어있다.

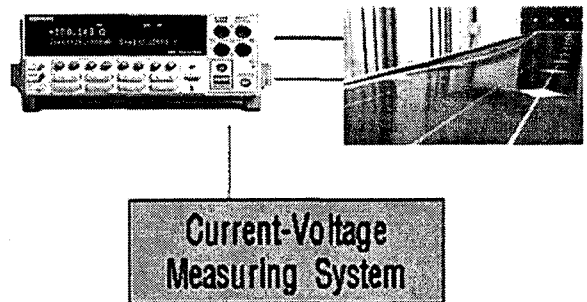


그림 2. Dark I-V 측정 시스템 개요

그리고 태양전지모듈의 전기적 출력 특성을 측정하기 위하여 최대 모듈 사이즈 2m x 2m까지 측정가능하며 방사균일도 ±2%, 방사안정도가 ±2%인 A급 솔라 시뮬레이터 (Pasan IIIb)를 사용하였으며 측정조건은 측정 온도 25℃, AM 1.5, 방사조도 1kW/m<sup>2</sup>조건에서 기준셀을 이용하여 I-V특성을 측정하였다.

### 3. 결과 및 검토

태양전지모듈의 표면에 응력을 0kg, 116kg, 206kg으로

증가 시키면서 동시에 Dark I-V를 측정하였다. 전압을 0V에서 25V까지 변화시키면서 측정한 결과 20V 이상에는 커브가 일치됨을 확인할 수 있었으나 낮은 전류 영역인 0.5A 이하에서는 응력 변화에 따른 커브 특성에 차이가 있음을 알 수 있었다. [그림 3참조]

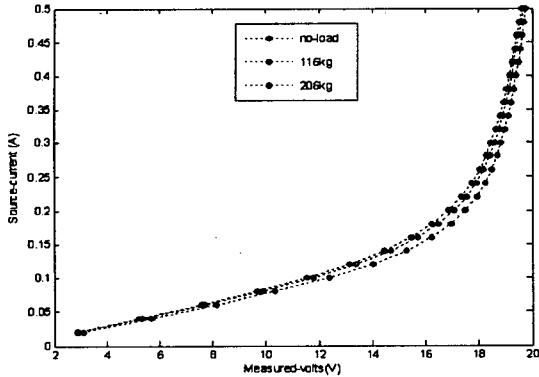


그림 3. 응력 변화에 따른 PV모듈의 Dark I-V 측정 결과

일반적으로 태양전지의 전기적 특성은 아래의 수식으로 표현되어지며 이를 토대로 응력 변화에 따른 병렬 저항 성분의 변화를 측정하였다.

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

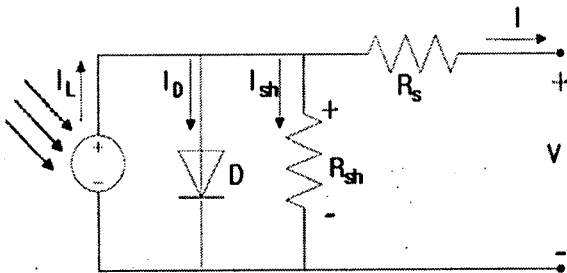


그림 4. 태양전지의 등가회로

작은 응력이 없는 경우 병렬 저항은 약 125이며 116kg의 표면 응력에서는 118 그리고 206kg에서는 115로 응력 증가에 따른 병렬 저항이 감소됨을 확인할 수 있었다. 병렬저항의 감소는 태양전지의 접합(Junction)에서의 비결정성분의 증가와 누설 전류의 증가 및 마이크로 크랙의 발생을 나타내어 주는 것으로 모듈이 외부에 설치되어 받게 되는 비, 바람, 눈 등에 의한 주기적인 물리적 응력 발생에 따라 장기적 내구성에 영향이 있을 것으로 사료된다.

그리고 기계적 강도 시험 후 태양전지모듈의 최대출력을 측정하여 시험에 따른 모듈의 마이크로 크랙 등으로 인한 출력 변화율을 그림 5에 나타내었다. 대부분의 경우 모듈 표면의 흰 현상으로 최대 4%까지도 출력 감소가 나타나는 것으로 측정되었다.

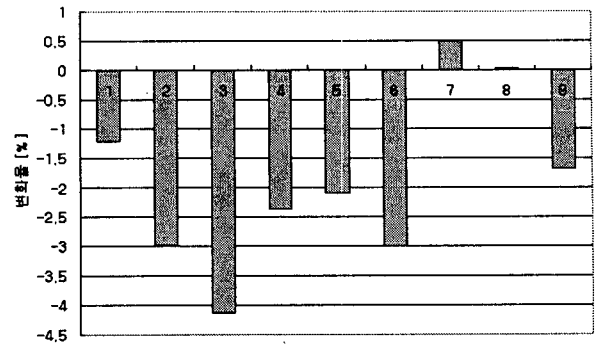


그림 5. 기계적 강도 시험 후 최대 출력 변화율

#### 4. 결론

본 논문에서는 태양전지를 생산하고 태양전지모듈을 제작하고 외부에 설치되어 받게 되는 다양한 변동 응력 상황에서 발생하는 전기적 특성 변화를 예측하고자 실험하였다. 모듈 표면에 응력을 발생시킬 수 있는 시스템을 구성하고 0kg에서 206kg까지 변화시켜 Dark I-V 측정하였다. 결과로부터 마이크로 크랙의 발생여부를 추측할 수 있었으며 초기 병렬 저항이 125에서 115로 감소됨을 확인하였다. 이는 모듈이 외부에 설치되어 받게 되는 비, 바람, 눈 등에 의한 주기적인 물리적 응력 발생에 따라 장기적 내구성에 영향이 있을 것으로 사료된다.

#### 참고 문헌

- [1] G.H.Kang, K.S.Kim, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "Analysis of Photovoltaic module's Phenomenon of aging with Acceleratin Test ", Proceeding of KIEE Annual Summer Conference, 2006.
- [2] G.H.Kang, K.S.Kim, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "The Effect of Environmental Changes on Photovoltaic Module's Optical and Electrical Output Power Characteristics", Proceeding of KSES Spring Annual Conference, 2007.
- [3] K.S.Kim, G.H.Kang, G.J.Yu, "The analysis of photocatalyst-treated photovoltaic module's electrical and optical characteristics depending on environmental condition", Proceeding of KSES Autumn Annual Conference, 2007.
- [4] K.S.Kim, G.H.Kang, G.J.Yu, "The analysis of optical characteristics of glasses for PV module application", Proceeding of KSES Spring Annual Conference, 2008.