

# 태양전지모듈의 EVA sheet 열화와 전극부식이 전기적 특성에 미치는 영향

강기환, 박지홍\*, 유권중, 안형근\*, 한득영\*

한국에너지기술연구원, 건국대학교\*

## The Effect of Electrical Properties with Degradation of EVA sheet and Electrode in Photovoltaic Module

Gi-Hwan Kang, Chi-Hong Park\*, Gwon-Jong Yu, HyungKeun Ahn\*, Deuk-Young Han\*

Korea Institute of Energy Research, Konkuk University\*

**Abstract :** In this paper, degradation in field-aged PV modules including degradation of interconnect, discoloration of encapsulant and hot spot have been observed and analyzed. From the results, photovoltaic module installed for 15 years shows around 13~20% drop of electrical properties due to the interconnect degradation and PV module passed 19 years has been found to drop of around 20% mainly by the encapsulant discoloration. Fill factor of the electrode oxidized photovoltaic module has been dropped by the amount of 6~10% due to the change of irradiance. It is because maximum voltage(Vmp) decreases according to the increase of irradiance.

**Key Words :** Photovoltaic module, Field aged, Degradation, EVA sheet, Electrode

### 1. 서론

태양전지모듈이 외부환경에 노출되어 발전하게 되면, 자외선 및 온도, 습도 등 환경변화에 따라서 구성재료로 사용되는 EVA sheet 또는 태양전지 표면 전극 등이 열화되어 시간이 지날수록 전기적 성능을 감소시키게 되며, 수명을 단축시키게 된다.

EVA sheet의 열화는 자외선에 의해 백화현상이 발생하여 광 투과율을 감소시키며, 습기의 노출에 의한 표면전극의 부식은 특정 셀에 열화현상이 가속되어 전기적 성능이 감소하게 된다.

본 논문에서는 이러한 결정질 실리콘 태양전지모듈을 대상으로 하여 EVA sheet의 열화와 전극부식의 원인을 분석하였으며, 이때 전기적 성능의 감소와 특성저하 원인을 분석하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 실험방법

본 실험에서 사용된 시료는 국내에 장기간 설치되어 운전중인 태양전지모듈에서 노화가 진행된 태양전지모듈을 수집하여 전자현미경을 사용하여 EVA sheet와 전극부식의 노화 원인을 분석하고, Solar Simulator를 사용하여 EVA sheet와 전극부식 현상에 대한 전기적 특성의 저하 원인을 분석하였다.

실험 대상으로 사용된 태양전지모듈은 제주 마라도에서 약 15년 동안 사용된 태양전지모듈로써, 1991년 Kyocera사에서 제조된 LA361K48 모델의 48W급 다결정 실리콘 태양전지모듈과 1986년 Showa ARCO Solar사에서 제조된 GL130/M65모델의 42W급 단결정 실리콘 태양전지모듈이다.

#### 2.2 분석 장치

본 실험에서 태양전지모듈의 EVA sheet와 전극부식의 노화 원인을 분석하기 위하여 Videoscope System (Somotech)을 사용하였으며, 전기적 성능을 분석하기 위하여 Sun Simulator(PasanIIIb)를 사용하였다. 또한, EVA sheet의 열화와 전극부식 시료에 부하가 연결되어 운전중일 때 열점 특성을 관찰하기 위하여 Infrared Thermal Imaging System(ThermaCAMS60, FTIR)을 사용하여 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 노화 원인 분석

그림 1은 본 연구에서 사용된 태양전지모듈의 최대출력 특성을 보여주고 있다. 10개의 시료에서 2개의 시료는 36.0W, 38.3W로써 초기 출력보다 약 20% 이상의 출력 감소 특성을 나타내었으며, 나머지 8개의 시료는 41.8~44.1W로써 13% 이하의 출력 감소 특성을 나타내었다.

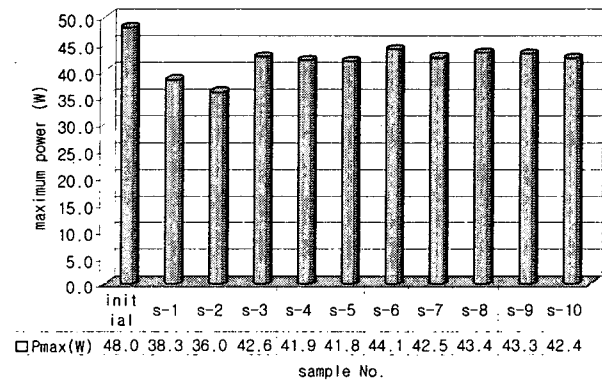


그림 1. 대상 시료의 최대출력 특성 비교

태양전지모듈에서 EVA sheet는 저철분 강화유리와 태양전지, 태양전지와 후면 sheet 사이에서 태양전지를 외부환경에서 보호하기 위하여 완충재료로써 사용된다. 그러나 EVA sheet는 장기간 자외선에 노출될 경우 과산화물의 광 분해에 의해 변색되어 태양전지에 도달하는 태양 빛의 광 투과율을 감소시키게 되며, 광 투과율 감소에 의해 전기적 성능을 감소시키게 된다.

태양 빛에 의해 전기를 생산하는 태양전지는 반도체 소자로서, 태양전지 표면에는 전류의 흐름을 원활하게 하기 위하여 얇은 전극으로 형성되어있다. 표면에 형성된 얇은 전극은 silver paste로써, 습기에 노출될 경우 치명적인 전극 부식의 원인이 된다.

본 연구에서 확인된 전극 부식현상은 시료 10매중 2매로써, 그림 2에서 보는바와 같이 후면 Back sheet의 미세한 crack 현상에 의해 EVA sheet가 풍화되어 결국 태양전지 표면에 습기가 침투되었으며, 이러한 현상이 전극 부식의 원인으로 분석되었다.

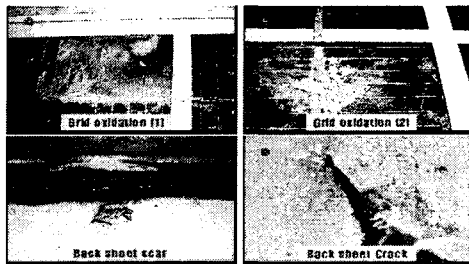


그림 2. 태양전지 표면 전극의 부식 현상

태양전지모듈에서 자외선 노출에 의한 EVA sheet의 변색현상과 습기 침투에 의한 전극 부식현상은 일반적으로 태양전지모듈 제조공정에서 lamination 공정조건에 따라 문제점을 해결할 수 있는데, 본 연구에서 얻은 결과에서는 외부에서 물리적인 요인에 의해 노화현상이 발생된 것으로 분석되었다.

### 3.2 전기적 성능 분석

본 연구에서 얻은 EVA sheet 변색 시료의 경우 태양전지 표면에 도달하는 광 투과율의 감소로 그림 3에서 보는 바와 같이 태양전지모듈의 I-V 출력특성은 초기 42W에서 33.5W로 약 20%의 전기적 출력 감소현상을 나타내었다.

그림 4는 전극부식 시료와 태양전지 셀 자체의 노화로 인하여 발생된 I-V 출력 특성을 보여주고 있다.

실험결과에서 전극부식 시료의 I-V 특성은 태양전지 셀 자체가 노화된 시료보다 곡선율과 최대출력이 높게 나타났다. 이러한 결과는 인공광원법에 의해 순간적으로 빛을 가하여 25℃, 1,000kW/m<sup>2</sup>의 광원에서 시험하기 때문에 전극부식 시료가 전기적 특성에 크게 영향을 주지 않는 것으로 볼 수 있으나, 부하가 연결되어 전기를 생산할 경우 그림 5에서 보는바와 같이 전극부식 시료를 포함하여 주변에 함께 구성된 태양전지까지 열점 현상이 가속되어

결국 태양전지모듈의 수명을 단축시키는 요인으로 작용하게 된다.

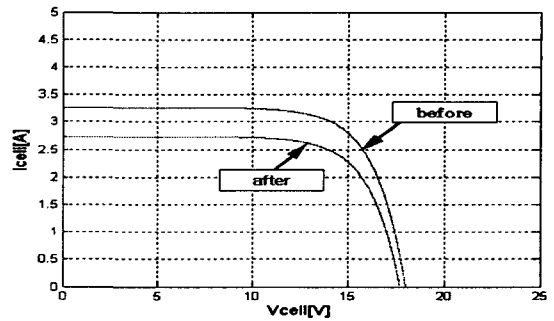


그림 3. EVA sheet 변색 시료의 I-V curve

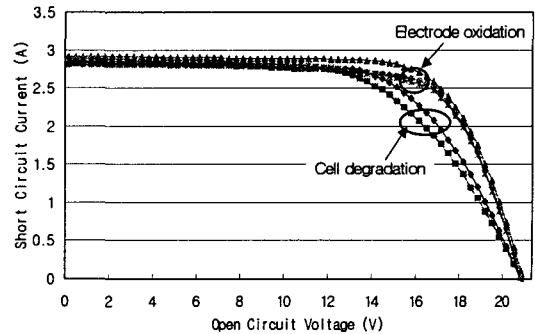


그림 4. 전극 부식 시료의 I-V curve

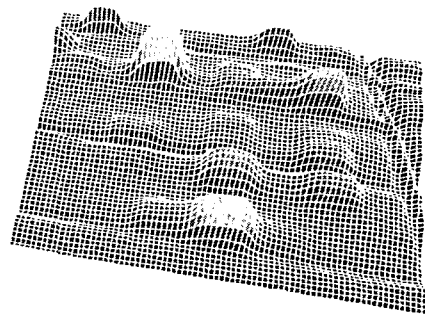


그림 5. 전극부식 시료의 열점 온도 특성

그림 6과 그림 7은 전극부식 시료와 외부에 전혀 노출되지 않은 시료를 대상으로 Solar simulator의 조사강도를 1,200W/m<sup>2</sup>에서 500W/m<sup>2</sup>까지 변화시키면서 I-V 특성의 변화를 비교하였다.

전극부식 시료의 경우 조사강도가 높을수록 외부에 전혀 노출되지 않은 초기 정상 시료에 비해 곡선율이 급격하게 감소하는 현상을 확인할 수 있었다.

그림 8은 조사강도에 따른 곡선율의 변화율을 비교분석하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 전극부식 시료의 경우 곡선율은 1,000W/m<sup>2</sup>을 기준으로 했을 때 -6%~10%의 변화를 볼 수 있으며, 정상 시료의 경우 -2%~3%의 변화를 확인할 수 있었다.

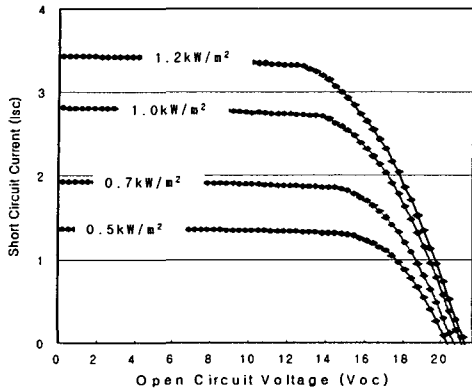


그림 6. 조사강도에 따른 I-V curve(노화시료)

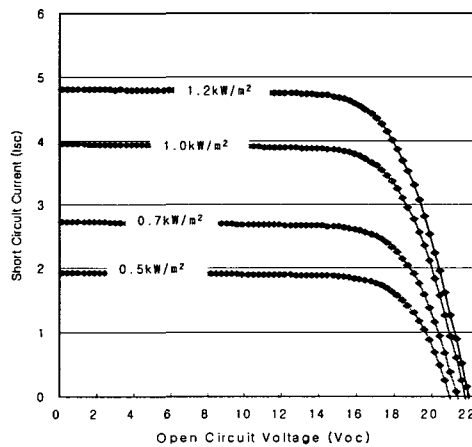


그림 7. 조사강도에 따른 I-V curve(정상시료)

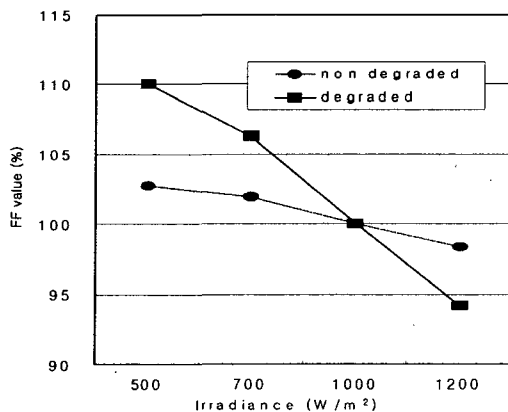


그림 8. 조사강도에 따른 Fill factor 변화

그림 9는 조사강도에 따라서  $V_{max}$ 와  $I_{max}$ 가 정상시료와 비교할 때 어떠한 변화를 보여주고 있는지를 시험해보았다. 그림에서 보는바와 같이 정상시료의 경우  $V_{max}$ 와  $I_{max}$ 는 조사강도의 증가에 따라 증가하는 현상을 알 수 있었으며, 전극부식 시료의 경우 조사강도의 증가에도 불구하고  $V_{max}$ 가 감소하는 현상을 확인할 수 있었으며, 이러한 결과는 곡선율의 감소와 전기적 성능 저하 원인으로 분석되었다.

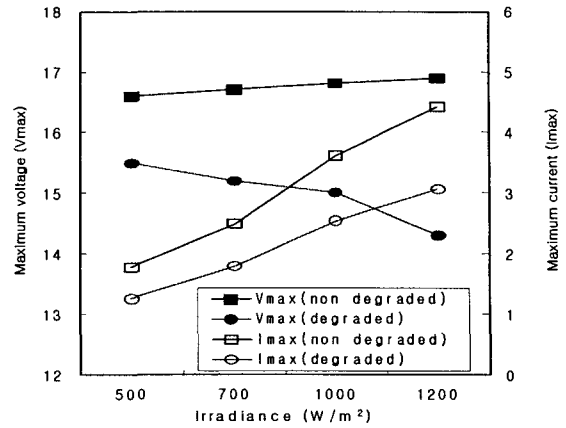


그림 9. 조사강도에 따른 최대전압, 전류 특성

#### 4. 결론

본 논문에서는 태양전지모듈의 EVA sheet 변색원인과 전극부식 원인을 조사분석하고, 정상시료와 비교 실험하여 전기적 성능의 저하 원인을 분석하였다.

EVA sheet의 변색현상은 자외선에 의해 과산화물이 광분해하여 변색되는 현상으로서, 이때 태양전지 표면에 도달하는 광 투과율 감소에 의해 전기적 특성이 저하되는 현상임을 알 수 있었으며, 전극부식 현상은 외부의 물리적 요인으로부터 태양전지모듈 내부에 습기가 침투하므로써 태양전지 표면전극이 산화하여 전기적 특성이 저하되는 현상임을 알 수 있었다.

전극부식에 의해 노화된 태양전지모듈의 경우 일사강도의 변화에 따라 -6~10%의 급격한 곡선율의 변화를 나타내었으며, 일사강도의 증가에도 불구하고  $V_{max}$ 가 감소하므로써 Fill factor를 떨어뜨리고, Fill factor의 감소는 전기적 성능의 저하 원인으로 분석되었다.

#### 참고 문헌

- [1] M.A.Quintana, D.L.King, F.M.Hosjng, J.A.Kratochvil, R.W.Johnson, B.R.Hansen, N.G.Dhere and M.B.Pandit, "Diagnostic Analysis of Silicon Photovoltaic Module after 20-Year Field Exposure", 28th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Anchorage, P. 1420, 2000.
- [2] G.H.Kang, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "Consideration of Electrical Properties in Field-aged Photovoltaic Module", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 17, No.12, p.1289, 2004.
- [3] Antonio Parretta, Mariano Bombace, Giorgio Graditi and Riccardo Schioppo, "Optical degradation of Long Term, field aged c-Si photovoltaic modules", Solar Energy Materials & Solar cells, Vol.,86, p.349, 2005.
- [4] 電気安全環境研究所, "太陽電池評價技術の研究開発", 平成13年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書, p. 47, 平成14年3月.