

# EVA(Ethylene Vinyl Acetate) 수지가 태양전지의 장기적인 수명에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

김선용\*

\*유한대학교 금형설계과

## Experimental study on the effects of EVA(Ethylene Vinyl Acetate) for solar cell's long-term life

Seon Yong Kim\*

\*Department of Tool & Mold, Yuhan University

### Abstract

In this study, analysed the characteristics of power drop and surface damage in solar cell through high temperature and humidity test in the 3 case of EVA(ethylene vinyl acetate) and 2 case ribbon thickness. The solar cells were tested during the 500hr in 85°C temperature and 85% relative humidity conditions, that excerpted standard of PV Module(KS C IEC-61215). Through the EL(Electroluminescence) shots, specimen's surface have partialy damaged. Before and after high humidity and high temperature test, ribbon thickness 200 $\mu$ m EVA1 case power drop rate was 8.463%, EVA2 case was 6.667%, EVA3 case was 6.373%. In the ribbon thickness 250 $\mu$ m EVA1 case power drop rate was 6.521%, EVA2 case was 8.517%, EVA3 case was 6.019%. EVA3 case was the lowest power and FF(fill factor) drop rate at the 2 case of ribbon thickness, because EVA3 is laerger than EVA1 and EVA2 in thickness, elongation and tensile strength.

**Keywords :** Solar cell, EVA(ethylene vinyl acetate), High temperature and high humidity, EL(electroluminescence)

## 1. 서론

세계적으로 산업의 고도성장으로 인하여 에너지 수요가 급증하고 있으며, 화석 연료에 의존한 에너지 생산을 이산화탄소 배출량 규제 등을 통하여 규제하고 있으며 이에 따라 신재생에너지원의 개발 및 보급에 대한 관심이 높아지고 있다[1,2].

이러한 태양전지 모듈에 대한 품질 인증은 IEC 및 한국에너지 기술연구원, 한국산업 기술 시험원과 같은 시험공인기관의 인증이 일반적으로 적용되고 있다. 장기 신뢰성 측면에서는 태양전지 모듈은 제조업체의 10

년 보증은 STC(standard test condition : 수직복사 E=1000W/m<sup>2</sup>, 전지온도 T=25°C $\pm$ 2°C, 공기질량 Air Mass = 1.5)하에서 전력 90%, 25년 보증은 STC하에서 전력 80%를 만족시켜야 하는 상황이다[3].

결정질 실리콘의 태양전지를 구성하고 있는 대표적인 구성은 cell, ribbon(solder 합금, copper), Ag paste, EVA(Ethylene Vinyl Acetate), glass, backsheet 등으로 구성되어 있다. TUV RHeinland에 의한 연구 및 조사에 의하면 10년 이상된 태양광 발전 시스템에서 경년에 의하여 플라스틱의 일종인 EVA가

†본 연구는 2013년 유한대학교의 『학술연구비』의 지원으로 연구되었습니다.

†Corresponding Author : Prof. Seon-Yong Kim, E-mail : seyokim@yuhan.ac.kr

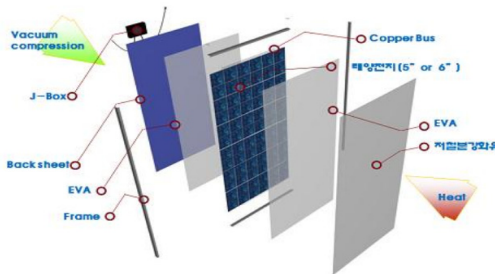
Received August 24, 2015; Revision Received December 11, 2015; Accepted December 15, 2015.

장기간 태양광에 노출되어 변색되는 갈색효과가 발생되어 효율이 저하된다는 연구 보고가 있다. 하지만 EVA와 태양전지의 효율과의 상관 관계에 대한 명확한 규명이 이루어지지 못하고, EVA 수지가 계속해서 사용되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 3가지 종류의 EVA 수지를 사용하여 solar cell 시편을 제작하였고, 제작된 시편에 대하여 장기 신뢰성 수명 평가중의 하나인 고온고습 시험을 수행하여 solar cell의 효율에 영향을 미치는 EVA 수지와와의 상관관계를 규명하였다.

## 2. 실험 방법

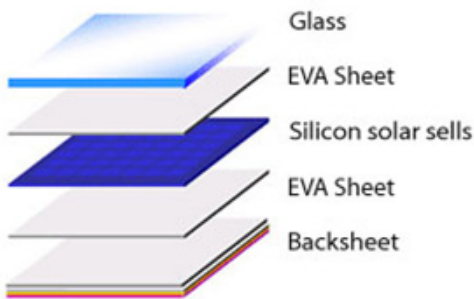
### 2.1 실험 시편

상용화된 PV(photovoltaic) 모듈은 Fig. 1과 같이 bare cell의 전면 및 후면 전극 위에 ribbon을 tabbing하여 solar cell을 제작하고, 모듈화하기 위하여 전면에 glass, EVA, solar cell, backsheet를 차례대로 배열한 후 라미네이션(lamination) 공정을 통해 제작된다.



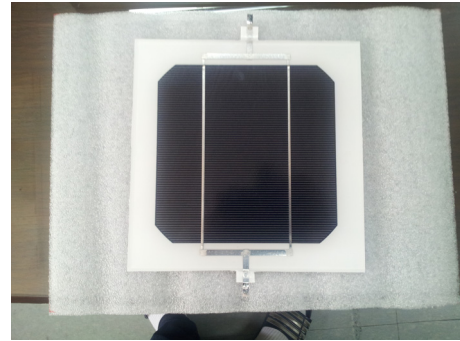
[Figure 1] Structure of PV module

Solar cell의 장기적인 신뢰성 평가를 위해 Fig. 2와 같이 단일 셀로 구성된 모듈을 제작하였다. 사용된 셀은 S社의 단결정(single-crystalline) 셀이다.



[Figure 2] Schematic of one cell module

장기 신뢰성에 EVA가 미치는 영향을 비교하기 위하여 3가지 type의 EVA와 리본(ribbon) 두께 200 $\mu$ m, 250 $\mu$ m의 두 가지를 적용하여 각각 7ea씩 총 42ea를 제작하였다. 시편 제작에 사용된 EVA는 태양전지 제작에 실제로 사용되고 있는 국내외 제품들을 사용하였다. Fig. 3은 제작된 시편 형상을 나타낸다.



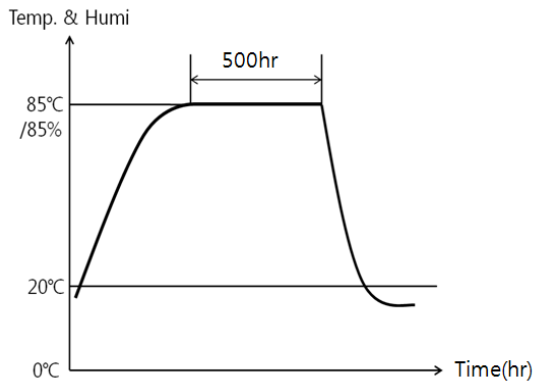
[Figure 3] One cell module

<Table 1> Specifications of EVA

Specification	EVA1	EVA2	EVA3
thickness (mm)	0.5	0.45	0.6
elongation to break (%)	480	480	4,100
tensile strength (MPa, MD)	22	22	32
volume resistivity ( $\Omega$ -cm)	$2.2 \times 10^{14}$	$2.2 \times 10^{14}$	$1.2 \times 10^{15}$
light transmittance (%)	91	91	86
lamination (150 $^{\circ}$ C, min)	15	15	15

### 2.2 고온고습 시험

고온고습 시험의 조건은 현재 PV 모듈에서 사용되고 있는 KSC-IEC 61215 규격을 이용하여 Fig. 4와 같이 온도 85 $^{\circ}$ C, 습도 85%RH에서 500hr 동안 수행하였다[4].



[Figure 4] High temperature and high humidity test

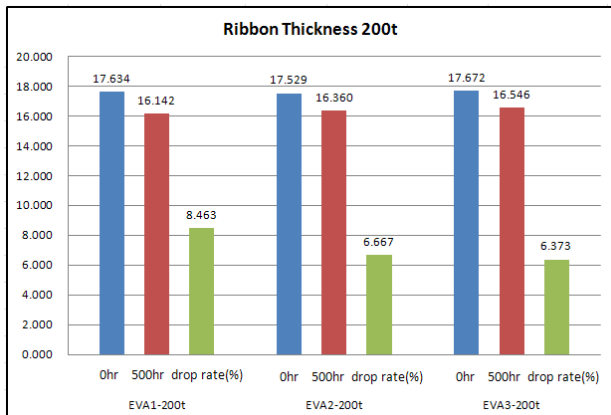
고온 고습 시험 500hr 후 시편의 특성 변화를 관찰하기 위하여 McScience社 K3000 Lab 160 장비를 사용하여 I-V 값을 측정하고 식 (1)을 적용하여 효율을 계산하였다.

$$Ef(\%) = \left( \frac{P_{max}}{(Input\ Power \times Area)} \right) \times 100 \quad (1)$$

### 3. 결과 및 고찰

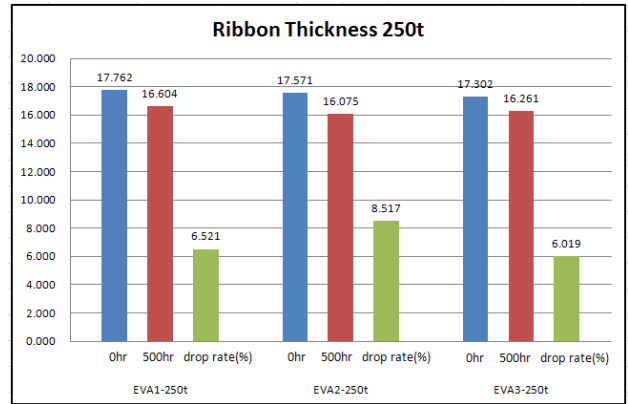
#### 3.1 효율 저하

I-V 특성값을 측정하였고, 단결정 cell의 면적은  $237.3cm^2$ 을 수식(1)에 적용하여 효율을 계산하였다. 고온고습 시험 500hr 수행 후 효율은 Fig. 5와 같이 리본 두께 200t( $200\mu m$ )의 경우 초기 효율 대비 EVA1은 8.463%, EVA2는 6.667%, EVA3는 6.373%의 감소율을 보였다.



[Figure 5] Power drop rate(ribbon thickness 200t)

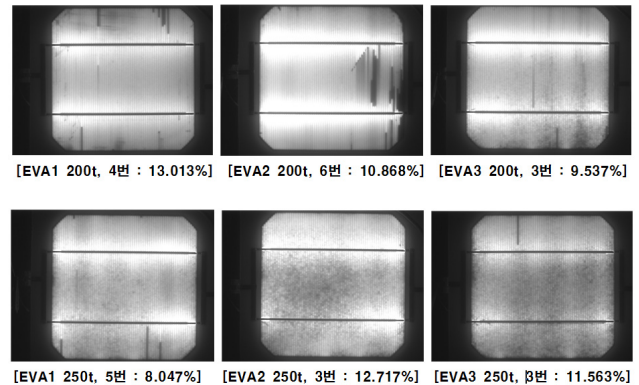
Fig. 6은 고온고습 시험 500hr 수행 후 리본 두께 250t( $250\mu m$ )의 효율 저하 결과이다. 초기 효율 대비 EVA1은 6.521%, EVA2는 8.517%, EVA3는 6.019%의 감소율을 보였다.



[Figure 6] Power drop rate(ribbon thickness 250t)

#### 3.2 Electroluminescence 촬영

고온고습 시험 500hr 수행 후 EL 촬영을 통하여 시편의 표면 변화를 측정하였다. Fig. 7은 시편의 종류 별 효율 저하가 가장 큰 경우의 EL 촬영 사진을 나타낸다.



[Figure 7] EL images

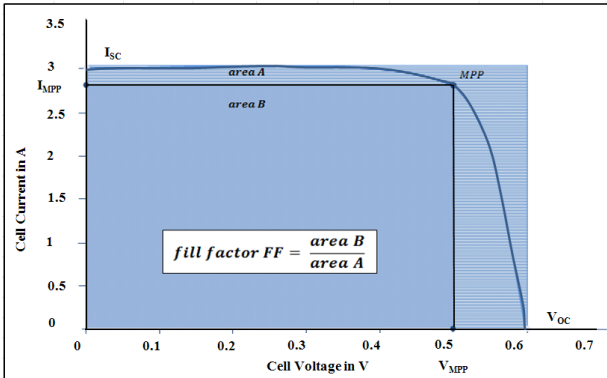
EL 촬영을 통하여 cell에 발생하는 crack, gridfinger 단선과 cell 내부의 손상 등의 복합적인 요인으로 인하여 효율 저하를 가져왔다고 판단된다.

#### 3.3 Fill Factor 분석

정량적인 평가를 위한 표준시험조건에서 빛을 받아 전류를 생산하고 전압을 발생시켜 동작하는 것을 그래프로 나타내면 Fig. 8과 같다. 최대전력점(MPP, maximum power point)은 태양전지가 최대전력으로

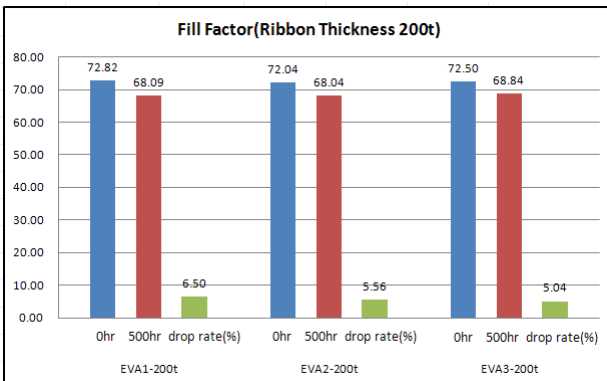
작동하는 I-V 곡선 상의 점이다. 이 점에서, 전력  $P_{MPP}$ , 전류  $I_{MPP}$  그리고 전압  $V_{MPP}$ 가 지정된다. 또한 I-V 곡선의 곡선율인 FF를 이용하여 이론 출력 대비 실제 출력의 비로 성능을 평가한다[5].

모듈 내부의 전기적 성능 저하를 분석하기 위하여 I-V 특성 곡선을 통한 Fill Factor(FF)를 비교하였다.



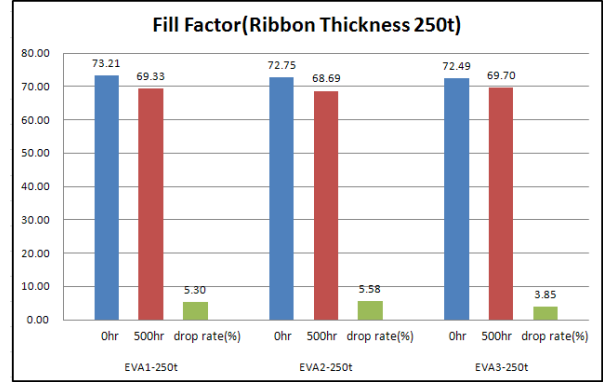
[Figure 8] I-V characteristic curve for the crystalline silicon solar cell

고온고습 시험 500hr 수행 후 FF는 Fig. 9와 같이 리본 두께 200t(200 $\mu$ m)의 경우 초기 FF 대비 EVA1은 6.50%, EVA2는 5.56%, EVA3는 5.04%의 감소율을 보였다.



[Figure 9] FF variation before and after high temperature and high humidity test (ribbon thickness 200t)

Fig. 10은 고온고습 시험 500hr 수행 후 리본 두께 250t(250 $\mu$ m)의 FF 감소율을 나타낸다. 초기 FF 대비 EVA1은 5.30%, EVA2는 5.58%, EVA3는 3.85%의 감소율을 보였다.



[Figure 10] FF variation before and after high temperature and high humidity test (ribbon thickness 250t)

#### 4. 결론

본 연구에서는 EVA의 종류와 Ribbon 두께를 달리 하여 각 조건별 7ea씩 시편을 제작하였으며, 제작된 시편에 대하여 고온고습(85 $^{\circ}$ C/85RH) 시험을 500hr 진행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) Ribbon 두께 200 $\mu$ m의 경우 EVA1 8.463%, EVA2 6.667%, EVA3 6.373%의 순으로 효율 저하율을 나타내었다.

2) Ribbon 두께 250 $\mu$ m의 경우 EVA2 8.517%, EVA1 6.521%, EVA3 6.019%의 순으로 효율 저하율을 나타내었다.

3) Ribon의 두께가 두꺼울수록 EVA2의 경우만 효율 저하가 더 컸으며, EVA1과 EVA3의 경우는 효율 저하가 낮았다.

4) Ribbon 두께 200 $\mu$ m, 250 $\mu$ m 두 가지 모두 EVA3의 경우가 효율 저하율이 가장 낮았으며, FF 분석 결과도 가장 낮았다. 이는 EVA3의 두께, 신장률, 인장강도가 EVA1, EVA2보다 더 크기 때문인 것으로 판단된다.

향후, 더 많은 연구를 진행한다면 EVA 적용의 최적 조건을 찾을 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 실험 결과를 통하여, 장기적인 신뢰성을 고려하여 태양 전지 제작시 EVA를 적용함에 있어서 보다 효율적인 선택의 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. References

- [1] Lee, J. G., Kim, Y. D., Yoon, S. Y.(2010)  
"Renewable energy system design"  
Hong-Rung publishing company :2-3.
- [2] Song, J. H., Lee, S. J. Kim, G. J.(2014),  
"Performance test evaluation technic for  
BIPV(Building Integrated Photovoltaics)"  
Korean Institute of Electric and Electronic  
Material Engineers, 27(10):22.
- [3] Lee, H. H.(2012), "Photovolataic power for  
low carbon, green growth." Kidari Company  
Co., Ltd. :112.
- [4] Korean Standards Service Network(2006),  
"KSC-IEC 61215: Crystalline silicone  
terrestrial photovoltaic(PV) modules-Design  
qualification and type approval." Korean  
Standards Service Network :23-24.
- [5] Kang, M. S.(2014), "A study on the  
efficiency degradation characteristics of solar  
cells according to the ribbon thickness and  
composition" Chung-Ang University Graduate  
School :21.

## 저자 소개

### 김 선 용



- 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 인하대학교 대학원 기계공학과 (공학석사, 박사)
- 현재 유한대학교 금형설계과 정교수
- 관심분야 : 파괴역학, CAD/CAM/CAE, 신재생에너지, 사출성형해석, 사출금형설계 등