

Photovoltaic module의 발전 온도에 따른 EVA 광 특성 연구

우성철*, 정태희**, 민용기***, 강기환****, 안형근*****, 한득영*****,

*건국대학교 대학원 전기공학과(scwooku@nate.com),
**건국대학교 대학원 전기공학과(come1986@empas.com),
***건국대학교 대학원 전기공학과(yk_solar@naver.com),
****한국에너지기술연구원 태양광연구단(ghkang@kier.re.kr),
*****건국대학교 전기공학과 (hkahn@konkuk.ac.kr),
*****건국대학교 전기공학과 (dyhan@konkuk.ac.kr),

A Study on EVA Optical Characteristics By Generation Temperature of PV module

Woo Sung-Cheol*, Jung Tae-Hee**, Min Youn-Ki***,
Kang Ki-Hwan****, Ahn Hyeung-Ken*****, Han Deuk-Young*****,

*Dept. of Electrical Engineering, Graduate School, Konkuk University(scwooku@nate.com)
**Dept. of Electrical Engineering, Graduate School, Konkuk University(come1986@empas.com)
***Dept. of Electrical Engineering, Graduate School, Konkuk University(yk_solar@naver.com)
****Photovoltaic Research Group, Korea Institute of Energy Research(ghkang@kier.re.kr)
*****Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University(hkahn@konkuk.ac.kr)
*****Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University(dyhan@konkuk.ac.kr)

Abstract

Photovoltaic modules are well known to be one of the most eco generation of electricity. But usually study solar cell. Otherwise, PV modules are also important in power generation. We have to check other subsidiary materials. In this work benefit of using optically superior encapsulation materials(EVA) in generation temperature is demonstrated. Optical characterization of three EVA products demonstrates reduced transmission in the visible ray region of the solar spectrum. It will have a decisive effect to the module efficiency. Test is shown reduction of reflectance and transmittance. Reflections is dependent on the low iron glass. It can be seen between a specific wavelength(240~350nm) about 1%. Transmittance in the entire ray region of light is markedly reduced to depending on the temperature rise. The graph is shown optical properties on EVA. Transmission was reduced. about 1%.

Keywords : EVA (Ethylene Vinyl Acetate), 태양전지모듈(Photovoltaic Module), 온도(Temperatuer), 투과율(Transmittance), 반사율(Reflectance)

기 호 설 명

R	: Reflectance (%)
T	: Transmittance(%)
λ	: Wavelength (nm)
θ	: 광 입사각 ($^{\circ}$)

1. 서 론

Photovoltaic module은 태양광 에너지를 전기로 변환하는 태양전지를 직렬로 연결하여 외부 환경 변화에 영향이 없이 발전하기 위한 안정화 시킨 구조적 장치이다. 전체적 공정을 보면 그림1에서 보듯이 Silicon을 결정 형태인 Ingot을 만들고 얇게 자른 Wafer에 적절한 불순물을 침투시키고, metal 전극을 입히는 공정 Screen printing을 통해 원하는 고효율의 Solar cell을 생산하게 된다.

이번 논문에서 주로 다루고 있는 EVA(Ethylene Vinyl Acetate)는 module을 구성하는 재료로 Glass/EVA/Solar Cell/EVA/Back sheet 순서로 적층(Lamination)하게 되며, 충진제 역할로 Solar cell을 외부의 습기 침투 및 공기 접촉에 의한 부식을 방지하고, 자연환경의 영향(자외선, 온도변화, 바람, 적설, 결빙, 우박 등)으로부터 보호하고, 적층시 충격완화를 목적으로 한다. 또한 모듈의 내구성은 최소 20년이상 구현이 되어야 하므로, 장기간 충진제(EVA)의 성능에 모듈의 내구성 또한 좌우된다.[1][2]

모듈에 있어서 광 투과율(Transmittance)과 반사율(Reflectance)은 모듈 효율에 있어서 직접적인 영향이 있다. 광이 입사되는 유리의 투과율이 낮을 경우 실제 모듈 내부 Solar cell에 입사되는 광이 적어져 출력을 저하시키고, EVA 또한 투과율이 직접적 영향이 있으므로, 실제 발전시 모듈 내부 온도에 따른 투과율 및 반사율의 상호 관계를 확인 할 필요성이 있다고 사료된다.[3]

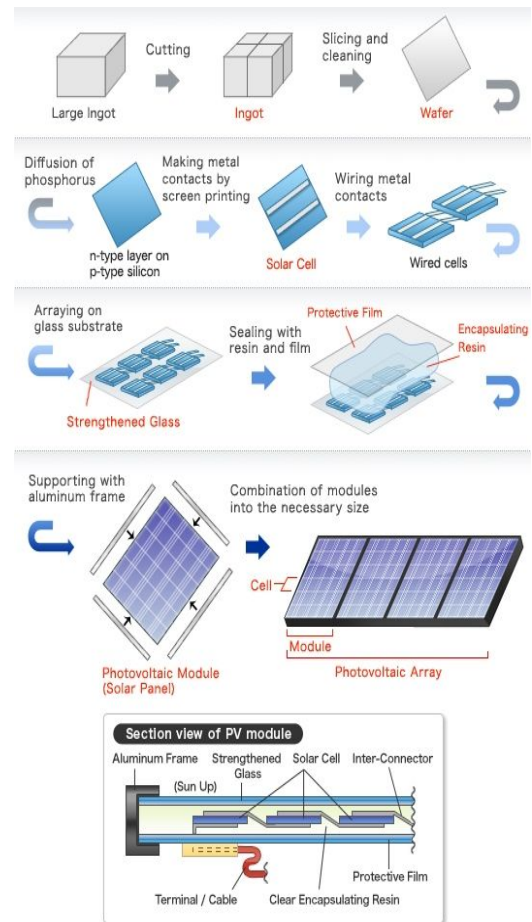


그림 1. PV module 생산 공정

2. 본 론

2.1 Glass 및 EVA의 온도에 따른 반사율

2.1.1 이론적 접근

실제 태양전지로 입사되는 태양광선은 다양한 파장을 가지고 있다. 그림2에 보면 파장(λ)을 분석한 그래프에서 다양한 태양전지의 분광반응도(Spectral response)가 차이가 있다는 것을 알 수 있다.[4]

모듈에서 입사하는 광은 Glass에서 반사가 일어나게 되는데 그림2와 식1,식2를 보고 반사율을 정의하고, 입사각(θ)와 매질에 따라 결정되게 된다.[5][6]

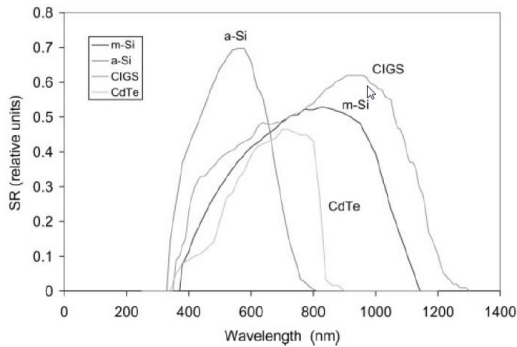


그림 2. Spectral Responses of different PV materials

재료에 따른 반사율의 특징은 다양하다. Glass의 type에 따라 다르며, 구조에 따라서도 다르다. 기존에 제시되었던 논문을 바탕으로 Glass의 특성이 반사율에 미치는 영향도 분석해 보려고 한다.[7]

$$R = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2} \right)^2 + \left(\frac{n_1 \cos \theta_2 - n_2 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_2 + n_2 \cos \theta_1} \right)^2 \right] \quad (1)$$

for $\theta = 0^\circ$

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (2)$$

입사각(θ)가 0° 라는 가정에서 식2와 같이 정리되고, 이것은 STC 조건(25°C , 1.5AM , $1\text{kW}/\text{m}^2$)을 기초로 한다.

2.2 실험방법

실험은 50mm X 50mm 저철분 5T 유리와 EVA(3개사) 상용 제품, 후면에 유리를 동일한 조건에서 적층(Lamination)하였으며, 시료의 온도를 변화시키면서 각각 반사율 및 투과율을 측정하였다. 원인 분석을 위해 유리의 반사율 및 투과율 또한 비교 하였다.

동일한 시료를 각 2개씩 측정하여 실험을 진행하였으며, 동일한 공정으로 제작하여 가교도(Cross linking)를 동일하게 하였으며,

측정은 3회 이상 실시하여 실험의 정확도를 높였다.

본 실험에 사용된 Lamination 장비는 LM 480i (Nishinbo, Japan)를 사용하였다. 장비의 조건은 표 1에 제시하였다. 과장에 따른 측정은 반사율 및 투과율은 Spectrometer로 하였다.

표 1. Laminator 공정 조건

공정	세부 조건	Plate 온도
Pumping Time	6 min	120°C
Slow Press	200mmHg	120°C
Standard Press	100mmHg	120°C
Fast Press	100mmHg	120°C
Curing	5 min	145°C

3. 결과 및 고찰

3.1 온도에 따른 반사율

실험을 실시한 시료 3개에서 동일한 경향을 보였다. 그림3를 보면 초기치 25°C 대비 온도 상승에 있어서 반사율은 특정 파장 대역($240\sim 350\text{nm}$)에서 약 1%내의 감소하는 특징을 보였다. 이는 실험에 사용한 저철분 유리(Low Iron Glass)의 온도에 따른 반사율 그래프 그림4에서도 확인 할 수 있었다.

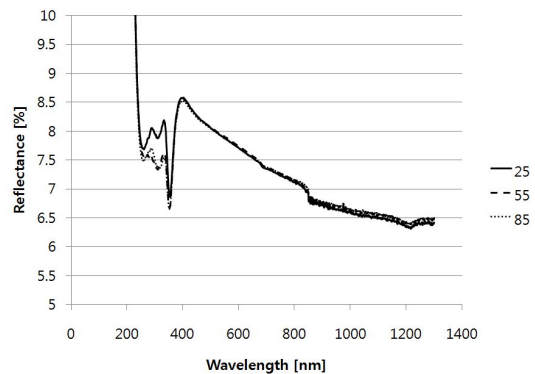


그림 3. 온도($^\circ\text{C}$)에 따른 시료(유리/EVA/유리) 반사율(Reflectance)

3.2 온도에 따른 투과율

Glass와 EVA에서 온도 상승에 따른 투과율 저하가 그림 5, 6을 보면 확인할 수 있다.

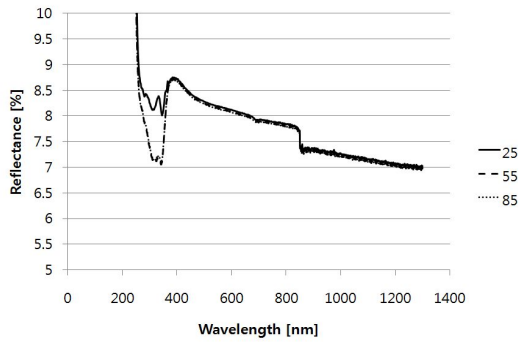


그림 4. 온도(°C)에 따른 유리 반사율(Reflectance)

반사율과 다르게 유리의 온도는 투과율에 미치는 결과가 미미하다는 것을 확인할 수 있다. 또한 투과율 저하에 결정적인 요인으로 EVA의 특성인 것을 확인할 수 있었다.

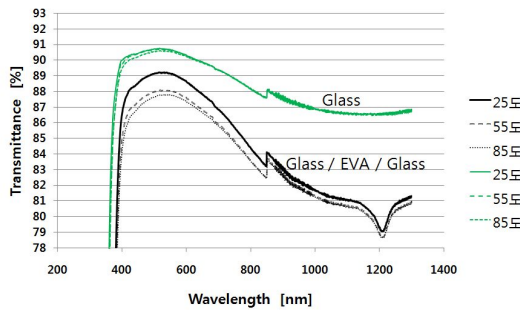


그림 5. Glass 와 적층시료의 투과율 비교

그림 5에서 유리의 파장과 온도에 따른 투과율 변화는 전 영역에서 0.1% 이내로 동일한 형태를 보였으며, 적층시킨 Glass/EVA/Glass 시료는 25도 대비 85도에서 최대 1.4% 이내로 감소하는 경향을 보였다.

또한 기존에 EVA의 광 특성으로 보고된 파장 1200[nm]부근에서 저하되는 특징과 380[nm]에서 cut-off되는 특징을 확인할 수 있었다.

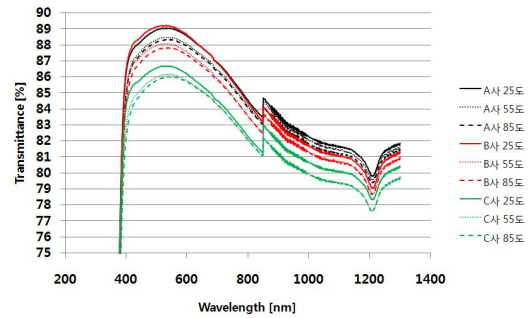


그림 6. 온도(°C)에 따른 시료(Glass/EVA/Glass)의 투과율(Transmittance)

총 3가지 종류의 Fast-cure 방식의 EVA를 비교 분석하는데 그림 6을 보면 회사별 투과율 변화가 명확한 것을 확인할 수 있다. 또한 변화율 차가 큰 시료와 적은 시료로 구분이 된다. Solar cell 발전에 있어서 영향이 큰 400[nm]~800[nm] 파장에서 투과율 저하가 크다는 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

기존 참고문헌을 바탕으로 실험을 설계하고 파장이 실제 발전에 기여하는 영역이 다르므로 실제 발전시 모듈의 온도상승(85°C 이상)에 따른 반사율 및 투과율의 경향을 파악하려고 했다. 상용화 된 EVA 3개 제품으로 실험했으며, 실험결과에서 보듯이 발전시 내부온도가 상승함에 있어서 투과율이 다소 차이는 있으나 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. 이것은 태양전지모듈에 있어서 출력 저하 현상을 설명할 수 있는 하나의 변수로 고려된다.

후 기

본 연구는 2008년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

(No : 2008-N-PV-P-01-3-020-2008)

참 고 문 헌

1. 강경찬, 이진섭, 강기환, 허창수, 유권중, “태양전지모듈용 EVA Sheet의 특성 평가 방법” 한국태양에너지학회, 춘계학술 발표대회 논문집, 2008,04
2. 신준오, 정태희, 김태범, 강기환, 안형근, 한득영, “Heat Shocking에 의한 결정질 실리콘 Solar Cell의 출력특성” 한국태양 에너지학회, 추계학술발표대회 논문집, vol.29, No.2, 2009,11,19
3. M. Born, E. Wolf, “Principles of Optics, 7th Ed, Cambridge University Press, United Kingdom 2005
4. Zhao Ruo Fei, “Photovoltaic Encapsulant Optical Property Study” DuPont R&D Center, 2009,05,05
5. K. Emery, “Measurement and Characterization of Solar Cells and Modules” In Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, pp 721 ~ 745. 2003
6. Dayan Paez, Michael Allshouse, Qinyuan Liu, “Modeling Thermal Transients in Solar Wafers” Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technolog.
7. K. McIntosh, J. Cotsell, J. Cumpston, A. Norris, N. Powell, B. Ketola, “An Optical Comparison of Silicone Encapsulants for Conventional Silicon PV Modules”, 34th IEEE PVSC, pp.544-549, 2009