

태양광 모듈용 내오염성 필름의 열처리 온도에 따른 특성 분석

Characterization of Anti-pollution Film according to the Annealing Temperature for PV Module

유 승 철* · 최 원 석* · 임 윤 식** · 김 정 현***
(Seung-cheol Yoo · WonSeok Choi · Yoonsik Lim · Junghyun Kim)

Abstract - The purpose of this study is to improve the efficiency of anti-pollution film for PV module. The anti-pollution coating process was performed on a glass substrate, which is the same material as the glass substrate for the PV module. We coated the anti-pollution film on the glass substrate by spray coating. After coating process, annealing process was performed during 1 hour at 200°C, 300°C, and 400°C. And then we analyzed the surface characteristics according to the annealing temperature of the film. Annealing process can also improve the durability of the coated film. And then we analyzed the anti-pollution characteristics, particle size of anti-pollution film, light transmittance. The particle size of anti-pollution film was analyzed with FE-SEM. The light transmittance was analyzed with UV-Visible spectroscopy including integrating sphere.

Key Words : Anti-pollution film, PV module, Annealing temperature, Optical properties, Particle size

1. 서 론

태양광발전은 태양의 빛 에너지를 전기에너지로 변환시켜 전기를 생산하는 에너지원이 무한한 친환경 발전기술로써 전 세계적으로 신재생에너지 보급 확산과 맞물려 급증하고 있는 추세이다.

태양광 발전은 풍력, 지열, 조류 발전 등의 신재생 에너지 원 중에서 가장 친환경적인 발전 방식이다[1-3]. 태양광 모듈은 대부분 옥외에 설치되어 있으며 장기간의 자연환경에 노출되어 야생동물의 배설물, 먼지, 황사, 적설 등 다양한 오염물질이 태양광 모듈 표면에 부착되고, 이는 태양광의 입사량이 감소되어 오염되지 않는 태양광모듈에 비해 평균 9.5%의 발전효율이 감소한다[4, 5]. 현재 광촉매를 사용하여 태양광 모듈의 표면 자기세정 코팅기술이 개발되었으나 에너지 원 즉 빛 없이는 촉매작용이 일어나지 않아 세정이 되지 않고, 내구성, 경도 및 낮은 광투과율의 문제점이 있다[6, 7]. 태양광의 고도가 낮아졌을 때, 태양광의 입사량을 증가시키기 위하여 커버글라스의 표면에 요철(anti-glare) 구조를 형성시키는 텍스처링 처리를 하는데, 이는 표면에서 반사되는 태양광의 일부를 태양전지의 내부로 재입사시켜 표면 반사

율을 낮추고 태양광모듈의 발전 효율을 증가시키게 된다. 그림 1은 텍스처링의 원리를 설명한 그림이다.

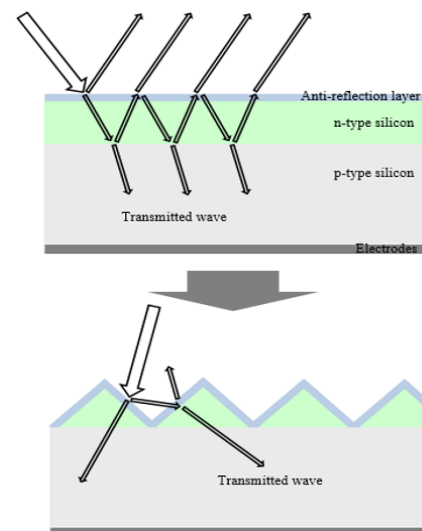


그림 1 텍스처링의 원리

Fig. 1 Principles of texturing

따라서 본 논문에서는 내오염성 코팅을 통한 태양광 모듈용 커버글라스의 효율 증가뿐만 아니라 입사량을 증가시키기 위한 연구를 하였다. 태양광 모듈용 커버글라스와 소재가 같은 유리 기판에 스프레이코팅 방식으로 내오염 코팅을 수행한 후 열처리 공정을 진행하였다. 열처리는 소성로에서 진행하였고 열처리 온도는 200°C, 300°C, 400°C로 변화시켜 열처리 온도에 따른 내오염성 코팅막의 입자크기를 비교하고 이에 따른 광투과율을 분석하였다.

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Hanbat National University, Korea

E-mail : wschoi@hanbat.ac.kr

* Dept. of Electrical Engineering, Hanbat National University, Korea

** Yeosu Institute of Technology, Korea

*** Dept. of Advanced Materials Engineering, Hanbat National University, Korea

접수일자 : 2018년 2월 14일

최종완료 : 2018년 2월 22일

2. 태양광 필름의 열처리 온도에 따른 특성 실험

2.1 실험방법

시편은 태양광 모듈용 커버글라스와 같은 소재의 유리 기판으로 제작하였다. 코팅공정을 진행하기 전에 유리 기판을 아세톤(Acetone), 메탄올(Methanol) 그리고 증류수(DI water) 순으로 각각 10분 동안 초음파 세척기를 사용하여 세척한 후 질소 가스로 건조하였다. 사용된 내오염성 코팅용액은 이산화규소(Silicon Dioxide), 리튬(Lithium), 칼륨(Kalium)등이 포함되어 있는 무기질 용액으로써, 물질의 점성은 1~3 cP(centi poise)이고, 밀도는 1.1 g/cm³이며, 비중은 약 1.13±0.05로 유리, 금속 및 세라믹 등의 다양한 기판에 코팅이 가능하다.

코팅용액은 스프레이코팅(Spray coating) 방식으로 코팅되었고, 열처리하는 소성로에서 200℃, 300℃, 400℃의 열처리 온도로 각각 1시간 동안 수행하였다.

광투과율 특성 분석은 자외선-가시광선 분광광도계(UV-visible Spectrophotometer; S-3100, Scinco)를 사용하였고, 입자의 크기 분석은 전자주사현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope; S-4800, Hitachi)을 사용하였다. 그림 2는 실험 및 분석에 사용된 장비와 사양이다.

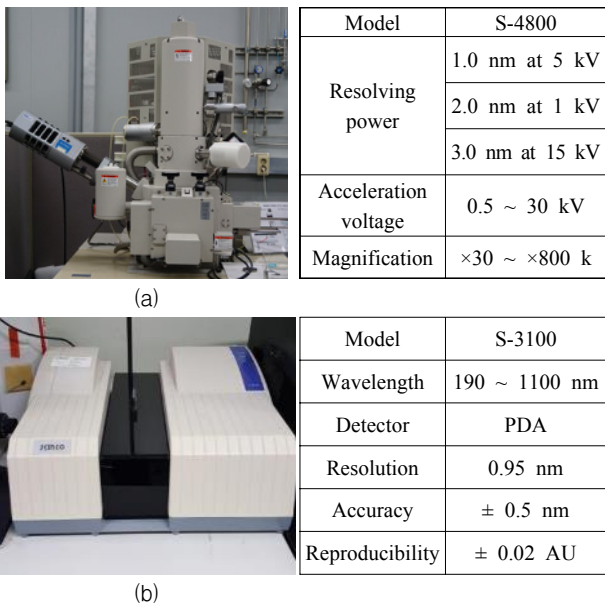


그림 2 분석에 사용된 장비 (a) FE-SEM, (b) UV-visible Spectrophotometer

Fig. 2 Equipment used for analysis (a) FE-SEM, (b) UV-visible Spectrophotometer

2.2 결과 및 고찰

그림 3의 (a-1, 2)는 스프레이코팅 후 200℃에서 열처리한 내오염성 코팅막 입자의 크기를 분석한 FE-SEM 이미지이다. 200℃로 열처리한 코팅막의 입자 크기 분석 결과 입자의 평균 크기는 약 0.97 μm로 측정되었다.

그림 3의 (b-1, 2)는 스프레이코팅 후 300℃에서 열처리

한 내오염성 코팅막 입자의 크기를 분석한 FE-SEM 이미지이다. 300℃로 열처리한 코팅막의 입자 크기 분석 결과 입자의 평균 크기는 약 1.12 μm로 측정되었다. 200℃로 열처리한 입자의 크기보다 약 0.15 μm 커진 것을 확인하였다.

그림 3의 (c-1, 2)는 스프레이코팅 후 400℃에서 열처리한 내오염성 코팅막 입자의 크기를 분석한 FE-SEM 이미지이다. 400℃로 열처리한 코팅막의 입자 크기 분석 결과 입자의 평균 크기는 약 1.66 μm로 측정되었다. 200℃로 열처리한 입자의 크기보다 약 0.69 μm 커진 것을 확인하였다.

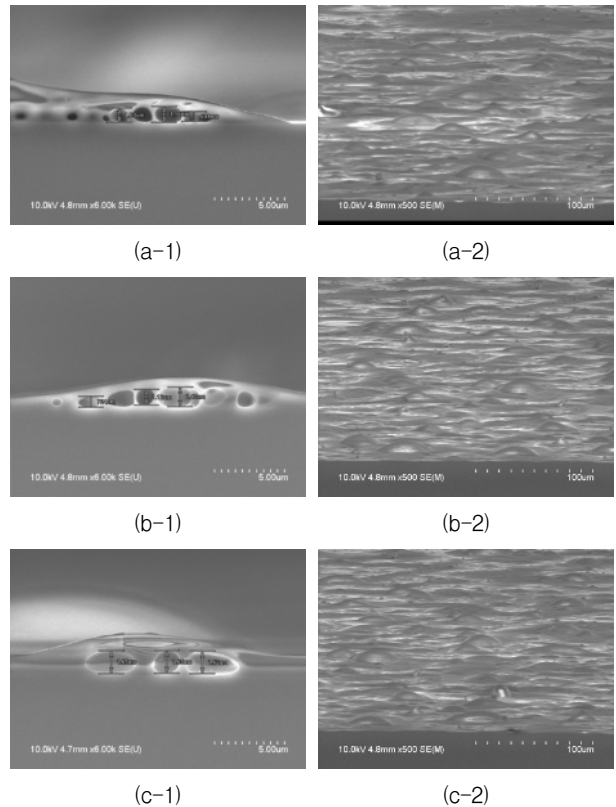


그림 3 열처리 온도에 따른 FE-SEM 이미지 (a-1, 2) 열처리 온도 200℃, (b-1, 2) 열처리 온도 300℃, (c-1, 2) 열처리 온도 400℃

Fig. 3 The FE-SEM image according to the annealing temperature (a-1, 2) annealing temperature at 200℃, (b-1, 2) annealing temperature at 300℃, (c-1, 2) annealing temperature at 400℃

실험결과 열처리 온도가 200℃, 300℃, 400℃로 증가할수록 내오염성 코팅막의 입자 크기가 커진 것을 확인하였고, 이는 태양광 모듈 표면의 난반사를 감소시키고 태양광의 입사량을 증가 시켜 태양광모듈의 효율이 증가될 것으로 기대된다.

열처리 온도에 따른 입자의 평균 크기를 그림 4에 그래프로 나타내었다.

본 실험에서는 400~900 nm 파장 구간을 측정하여 열처리 온도에 따른 평균 광투과율을 분석하였는데, 이는 실리콘 태양 전지는 빛의 파장이 파장 구간 400~900 nm 일 때 광전

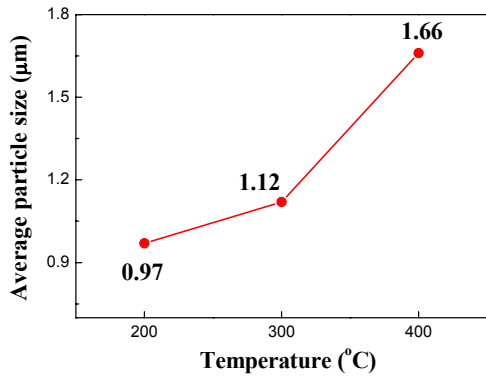
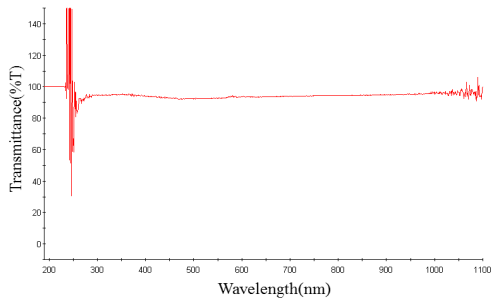
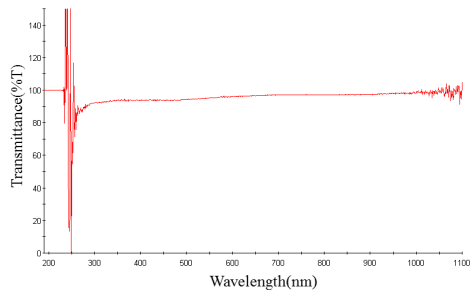


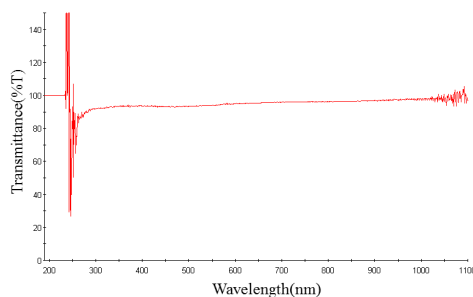
그림 4 열처리 온도에 따라 입자의 평균 크기
 Fig. 4 The Average size of particle according to the annealing temperature



(a)



(b)



(c)

그림 5 열처리 온도에 따른 광투과율 (a) 열처리 온도 200°C, (b) 열처리 온도 300°C, (c) 열처리 온도 400°C
 Fig. 5 Light transmittance according to the annealing temperature (a) annealing temperature at 200°C, (b) annealing temperature at 300°C, (c) annealing temperature at 400°C

효율이 가장 높기 때문이다. 스프레이코팅 후 열처리 온도 200°C, 300°C, 400°C에서의 광투과율은 각각 93.76%, 95.92%, 95.09%로 측정되었고, 가장 높은 광투과율은 열처리 온도가 300°C일 때의 95.92%로 측정되었다. 측정된 광투과율의 결과는 그림 5에 나타내었다.

3. 결 론

본 연구에서는 태양광 모듈용 커버글라스와 같은 소재의 유리 기판 위에 스프레이코팅 방식으로 내오염성 코팅한 후 열처리 온도에 따른 내오염성 코팅막의 특성을 분석하였다. 열처리의 온도가 200°C, 300°C, 400°C로 증가할수록 입자의 크기가 약 0.97 μm, 1.12 μm, 1.66 μm로 커진 것을 확인하였으며 광투과율은 열처리 온도 300°C에서 95.92%로 가장 우수한 것을 확인하였다. 또한 광투과율은 열처리 온도의 증가에 따른 입자의 크기 증가에 미세한 영향을 받는다는 것을 확인하였고, 입자의 크기가 증가함에 따라 광투과율의 증가에는 한계가 있다고 생각된다. 이러한 결과를 바탕으로 본 논문의 연구내용을 태양광 모듈용 커버글라스에 적용하였을 경우 태양광 모듈의 입사량을 증가시켜 발전효율을 향상시킬 수 있을 것이라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 한국전력공사 전력산업기초연구개발사업(R17XA05-01)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

- [1] V. V. Tyagi, Nurul A. A. Rahim, N. A. Rahim, and Jeyraj A./L. Selvaraj, "Progress in solar PV technology: Research and achievement," *Renew. Sust. Energ. Rev.*, vol. 20, pp. 443-461, 2013.
- [2] F. Cao, K. Chen, J. Zhang, X. Ye, J. Li, S. Zou, and X. Su, "Next-generation multi-crystalline silicon solar cells: Diamond-wire sawing, nano-texture and high efficiency," *Sol. Energ. Mat. Sol. C.*, vol. 141, pp. 132-138, 2015.
- [3] P. G. Jordan, "The Solar Labor Market - Efficiencies and Productivity," *Solar Energy Markets*, pp. 111-126, 2014.
- [4] H. Jaerberlin and J. D. Graf, 1998, "Gradual Reduction of PV Generator Yield due to Pollution," 2nd World Conference on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Austria.
- [5] Hyunil Kang, Seung Kwon Shin, Hyungchul Kim, Yonnsik Lim, Youngsik Yoo, Yeun-Ho Jung, Junghyun Kim, Won Seok Choi, "Characteristic Analysis of Functional Nano-coating Films Synthesized according to the Annealing Ambient and Fabrication of Anti-pollution PV Module", *Trans.*

Korean Inst. Electr. Eng., vol. 64P, pp. 182-186, 2015.

[6] M. Wu, Y. N. Lin, H. Guo, T. Ma, and A. Hagfeldt, "Highly effective Pt/MoSi₂ composite counter electrode catalyst for dye-sensitized solar cell," *J. Power Sources*, vol. 263, pp. 154, 2014.

[7] J. T. Park, J. H. Kim, and D. Lee, "Excellent anti-fogging dye-sensitized solar cells based on superhydrophilic nanoparticle coatings," *Nanoscale*, vol. 6, pp. 7362, 2014.

저 자 소 개



유 승 철 (Seung-cheol Yoo)

2018년 한밭대학교 전기공학과 졸업(석사), 현재 한밭대학교 전기공학과 박사과정

E-mail : aizimhk@naver.com



최 원 석 (WonSeok Choi)

2006년 성균관대 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사), 2006~2007년 플라즈마 응용 표면기술연구센터 박사후연구원, 2007년~현재 한밭대학교 정보기술대학 전기공학과 부교수



임 윤 식 (Yoonsik Lim)

1998년 성균관대 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사), 1993년 에너지관리공단 근무, 1998년~현재 여주대학교 전기과 부교수

E-mail : elecys@yit.ac.kr



김 정 현 (Junghyun Kim)

2009년 한국과학기술원 기계항공시스템학부 공학박사. 2009~2011년 University of St. Andrews, Research Fellow 2011년~현재 한밭대학교 공과대학 신소재공학과 부교수

E-mail : jhkim2011@hanbat.ac.kr