

비정질 탄소박막의 광발열 특성 연구

Photothermal characteristics of amorphous carbon thin films

오 현 곤*, 조 경 아*, 김 상 식*

Hyungon Oh*, Kyoungah Cho*, Sangsig Kim*

Abstract

In this study, we fabricate amorphous carbon thin films on silicon substrates by DC sputtering method and investigate the optical property and photothermal characteristics. A representative amorphous carbon thin film has a absorption value of 97% at a wavelength of 1000 nm and shows a temperature increase of 3 °C from 21.1 °C to 24.1 °C during white light irradiation. In addition, the amorphous carbon film has a heating rate four times higher than that of the substrate during light irradiation for 50 sec.

요 약

본 연구에서는 실리콘 기판 위에 DC 스퍼터링 방법을 이용하여 비정질 탄소박막을 제작하고, 흡광특성과 광발열 특성을 조사하였다. 비정질 탄소박막은 1000 nm 파장에서 97%의 흡광도를 보였으며, 백색광이 조사됨에 따라 비정질 탄소박막의 온도는 21.1 °C에서 24.1 °C로 상승하여 약 3 °C의 온도가 증가하였다. 또한, 백색광이 50초 동안 조사되는 동안 비정질 탄소박막에서는 기판에 비해 4배 빠른 온도상승속도로 온도가 증가하였다.

Key words : solar thermal energy, amorphous carbon, photothermal, Infrared absorption, sputtering method

1. 서론

최근 신재생에너지에 대한 관심이 커지면서 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]-[3]. 이 중에서도 태양열과

태양광발전은 태양으로부터 오는 복사에너지를 이용하는 발전시스템들로, 최근에는 이들의 발전 시스템을 하나로 병합하여 발전효율을 향상시키려는 연구가 시작되었다 [4]. 이 병합발전시스템은 기존의 태양광 모듈인 PV(Photo Voltaic)과 그 후면에서 발생하는 열을 열원으로 이용하는 PVT(Photo Voltaic Thermal)의 열병합발전시스템이다.

* Dept of Electrical Engineering, Korea University

★ Corresponding author

E-mail:sangsig@korea.ac.kr, Tel:+82-2-3290-3245

※ Acknowledgment

This work was supported in part by the Mid-career Researcher Program (No. NRF-2016R1E1A1A02920171), the Technology Development Program to Solve Climate Changes (NRF-2017M1A2A2087323), the Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes (2017K000533) and the Brain Korea 21 Plus Project in 2017 through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning and the Korea University Grant.

Manuscript received Feb. 23, 2018; revised Mar. 14, 2018 ; accepted Mar. 14, 2018

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이 열병합발전시스템의 효율을 향상시키기 위해서는 PV의 성능향상과 더불어 태양광발전의 효율이 중요하다. PV의 후면에서 발생하는 열이 태양열발전에 효율적으로 쓰일 수 있기 위해서는 PV에서 미활용 되는 적외선 영역의 태양에너지를 활용하는 방법이 있다. 본 연구에서는 적외선 영역의 흡수가 뛰어난 비정질 탄소박막을 제작하고, 태양광과 유사한 백색광을 조사하여 비정질 탄소박막의 광발열특성을 살펴보고자 한다.

II. 본론

1. 실험방법

본 연구에서의 비정질 탄소박막은 실리콘 기판위에 DC 스퍼터링 방법으로 제작하였다. 비정질 탄소박막의 DC 스퍼터링 공정에서는 graphite 타겟 (99.999%)을 이용하였으며, 공정온도는 400도이었다. 증착분위기는 아르곤과 질소를 혼합하여 (Ar:N₂=20:20 sccm) 조성하였으며, 1 mTorr의 증착압력에서 300 W의 파워로 40분간 증착하였다. 제작된 탄소박막은 350 nm 두께를 가지는 것을 알파스텝을 통해 확인하였다. 그리고 탄소박막에 의한 광발열특성을 확인하기 위하여 실리콘 기판 한 부분에만 탄소박막을 증착하였다. 한 부분에 탄소박막이 증착된 실리콘 기판에 램프를 10분 동안 조사하면서 IR 카메라를 통해 온도 변화를 측정하였다. 램프는 태양광과 유사한 백색광인 KOVEA KF-102 장비를 사용하였고, FLIR A645SC 장비를 사용하여 실시간 온도변화를 측정하였다. 또한, 비정질 탄소박막의 흡광도는 Carry 5000 장비로 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

그림 1은 적외선 영역인 1000에서 3000 nm 파장 범위에서의 비정질 탄소박막의 흡광도이다. 비정질 탄소박막은 1000 nm 파장에서 97%의 흡광도를 가지는 것으로 나타났으며, 파장이 증가함에 따라 흡광도는 다소 감소하여 3000 nm 파장에서는 약 80%의 흡광특성을 나타내었다.

적외선 영역에서의 광흡수가 우수한 비정질 탄소박막에 백색광을 조사하였을 때의 광발열 특성은 그림 2의 열영상 이미지로부터 관찰된다.

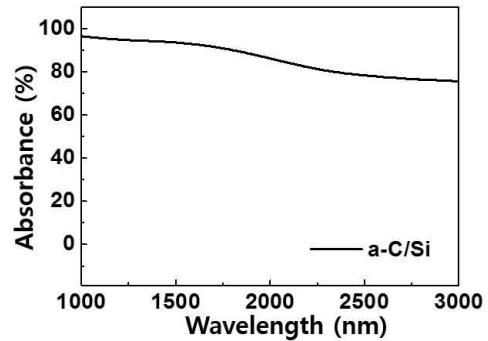


Fig. 1. Absorbance of an amorphous carbon film in the infrared spectral range

그림 1. 파장에 따른 비정질 탄소박막의 흡광도 그래프

그림 2 (a)는 백색광을 조사하기 전의 열영상 이미지로, 실리콘 기판과 증착된 비정질 탄소박막의 온도에는 거의 차이가 없으나, 백색광을 조사한 후의 상태인 (b)와 (c)에서는 기판과 비정질 탄소박막의 두 영역에서의 온도차이가 확연하게 보인다.

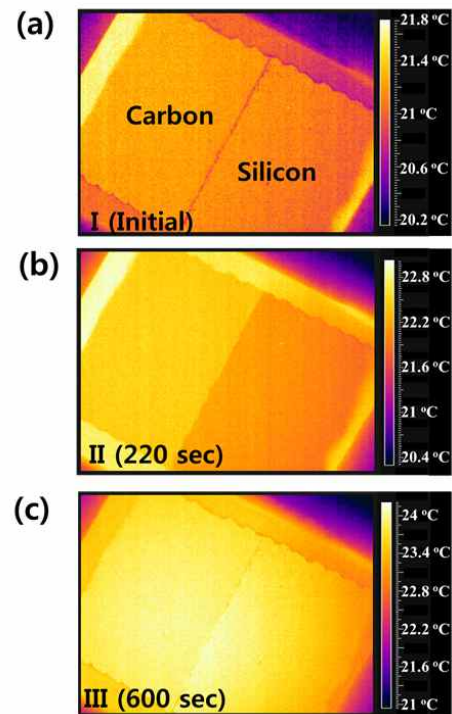


Fig. 2. Thermal profile images of amorphous carbon in (a) I section (before the lamp irradiation), (b) II section (after the lamp irradiation for 220 sec), (c) III section (after the lamp irradiation for 600 sec).

그림 2. 백색광 조사에 따른 비정질 탄소박막의 열영상 이미지 (a) I 구간 (백색광 조사전), (b) II 구간 (백색광 조사 220초 후), (c) III 구간 (백색광 조사 600초 후)

이러한 열영상 이미지를 통해 비정질 탄소박막과 실리콘 기판부분에 대한 평균 온도값을 추출하였다.

백색광을 조사하였을 때 시간에 따른 비정질 탄소박막의 온도변화 그래프를 그림 3에 나타내었다.

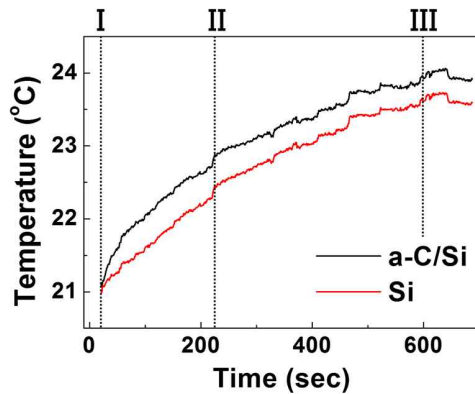


Fig. 3. Temperature profiles of the amorphous carbon as a function of irradiation time.

그림 3. 백색광 조사 시간에 따른 비정질 탄소박막의 온도변화 그래프

초기상태(I 구간)에서부터 백색광을 조사한 후 220초(II 구간)가 되는 시점에서 실리콘 기판의 온도는 6.4×10^{-3} °C/sec의 기울기를 가지며 선형적으로 상승하였고, 비정질 탄소박막에서는 온도가 상승함에 있어 두 단계를 거치는 것으로 나타났다. 즉, 비정질 탄소박막에서는 초기상태에서 백색광 조사 50초까지는 온도 상승 속도가 27.9×10^{-3} °C/sec이었고, 백색광 조사 50초 이후부터 220초까지의 온도 상승 속도는 12.9×10^{-3} °C/sec이었다. 이것은 시간이 지나감에 따라 비정질 탄소박막의 발열 속도가 감소하면서 나타난 영향으로 사료된다. 백색광 조사 후 온도상승 속도는 실리콘 기판에 비해 초기에는 4배, 그 후에는 2배로 증가하여, 백색광 조사에 의해 비정질 탄소박막에서 광발열이 활발히 일어난다는 것을 알 수 있다. 한편, 백색광을 조사한 후 220초(II 구간)에서 600초(III 구간)사이의 온도상승속도는 비정질 탄소박막에서는 3.2×10^{-3} °C/sec이고, 실리콘 기판에서는 2.8×10^{-3} °C/sec로 근소한 차이이긴 하나 여전히 비정질 탄소박막에서의 온도상승속도가 큰 것을 알 수 있다. 또한, 백색광이 III 구간까지 조사됨에 따라 비정질 탄소박막의 온도는 초기온도인 21.1 °C에서 24.1 °C까지 3 °C의 온도상승을 보였고, 그에 비해 비정질 탄소박막이 없는 실리콘 기판의 온도는 2.7 °C의 온도변화가 관측되었다. 이러한 비정질 탄소박막 유무에 따른

0.3 °C 이상의 온도차이는 비정질 탄소박막의 광발열 특성을 나타낸다.

III 결론

본 연구에서는 실리콘 기판위에 DC 스퍼터링 방법을 이용하여 비정질 탄소박막을 제작하고, 적외선 영역에서 비정질 탄소박막의 고흡광 특성을 확인하였다. 또한, 백색광을 조사하여 실리콘 기판과 비정질 탄소박막의 온도를 비교하여 비정질 탄소박막의 발열 특성을 확인하였다. 본 연구결과로 부터 비정질 탄소박막이 태양열 발전소자의 효율 향상 물질로서 활용가능하다는 것이 증명되었다.

References

- [1] K. Aitola, K. Domanski, J. P. C. Baena, K. Sveinbjörnsson, M. Saliba, A. Abate, M. Grätzel, E. Kauppinen, E. M. J. Johansson, W. Tress, A. Hagfeldt, G. Boschloo, "High Temperature-Stable Perovskite Solar Cell Based on Low-Cost Carbon Nanotube Hole Contact," *Adv. Mater.* 29, 1606398, 2017. DOI:10.1002/adma.201606398
- [2] M. M. Savino, R. Manzini, V. D. Selva, R. Accorsi, "A new model for environmental and economic evaluation of renewable energy systems: The case of wind turbines," *Applied Energy* 189, 739, 2017. DOI:10.1016/j.apenergy.2016.11.124
- [3] K. M. Powella, K. Rashida, K. Ellingwooda, J. Tuttlea, B. D. Iversonb, "Hybrid concentrated solar thermal power systems: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80, 215, 2017. DOI:10.1016/j.rser.2017.05.067
- [4] M. Sardarabadi, M. Hosseinzadeh, A. Kazemian, M. P. Fard, "Experimental investigation of the effects of using metal-oxides/water nanofluids on a photovoltaic thermal system (PVT) from energy and exergy viewpoints," *Energy* 138, 682, 2017. DOI:10.1016/j.energy.2017.07.046