

ZnPc를 이용한 유기태양전지의 주파수 응답 특성

안준호, 이호식*, 박재준**, 이원재***, 장경욱***, 서대식, 김태완*, 이준웅****
연세대, 홍익대*, 중부대**, 경원전문대***, 광운대****

Frequency response of Photovoltaic Cell using ZnPc

Joon Ho Ahn, Ho Sik Kim*, Jae-Joon Park**, Won-Jae Lee***, Kyung-Uk Jang***, Dae-Sik Seo, Tae Wan Kim* and Joon-Ung Lee****

Yonsei Univ, Hongik Univ.*, Joonbu Univ.** , Kyungwon Col.***, Kwangwoon Univ.****

Abstract : Organic photovoltaic properties were studied in ZnPc/C₆₀ heterojunction structure by varying the organic layer thicknesses and exciton blocking layer(EBL). Current density-voltage characteristics of organic photovoltaic cells were measured using Keithley 236 source-measure unit, a 500W xenon lamp (ORIEL 66021) for a light source and Agilent 4294A impedance analyzer in the range of 40 Hz ~ 1 MHz. From the analyses of current-voltage characteristics such as short-circuit current density, open-circuit voltage and power conversion efficiency, optimum thickness of the organic layer were obtained and frequency response such as electrical conductance.

1. 서론

과학문명의 발전으로 인해 인간의 평균 수명은 점차 늘어 이제는 얼마나 사느냐보다도 어떻게 살아가느냐가 더 중요한 시대가 되고 있다. 하지만 지구의 유한한 자원, 특히 화석연료만으로는 폭발적으로 증가하는 인류의 생활을 안락하게 보장해 줄 수 없는 것이 현실이 되었다. 이에 따라 인간의 삶에 비한다면 무한한 태양에너지를 효율적으로 활용하는 것은 무엇보다 중요한 일이라 할 수 있다.

유기태양전지는 현재 상용화되어 사용되는 무기태양전지에 비해 저가로 제작할 수 있다는 장점으로 인해 많은 관심의 대상이 되고 있다. 또한 대면적 제작이 가능하다는 점과 유연한 소자를 제작할 수 있다는 점에서 그 미래에 대한 기대가 크다. 1986년 Tang[1]에 의해 약 1%의 전력변환 효율을 기록한 태양전지는 2001년에는 Peumans[2] 등에 의해 약 3.6%까지 보고되었다. 또한 고분자에 풀러린(C₆₀)를 첨가한 재료에서 발견된 광여기전하이동현상을 태양전지에 이용하면서 급격한 발전을 이루게 되었다[3]. 하지만 아직 유기태양전지는 무기태양전지에 비해 에너지 전환 효율이 크게 못 미치고 있는 실정이다. 이에 유기태양전지에 사용되는 재료의 기초물성에 관한 연구가 더욱 필요한 실정이라 할 수 있다.

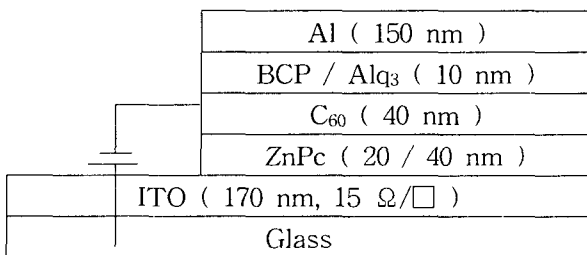


그림 1. 실험에 사용된 소자의 구조.

2. 실험

실험은 ITO의 세척 - 진공열증착을 이용한 유기태양전지 제작 - 측정 순으로 진행하였다.

ITO glass의 준비과정은 크게 세 가지 단계로 나누어 진행하였다. 먼저 원형의 ITO glass를 소자 제작에 알맞은 크기(2×2 cm)로 절단하고, 두 번째로 실험에 이용될 수 있도록 ITO를 식각하여 패터닝하였다. 마지막으로 암모니아, 과산화수소, 증류수를 적당한 비율로 섞어 솔루션 용액으로 약 80℃에서 한 시간가량 교반하였다.

진공열증착은 5×10⁻⁶의 고진공에서 열증착하였다. 유기물의 증착은 0.5~1 Å/s의 속도로 증착하였으며, 소자의 활성영역은 3×5 mm이다.

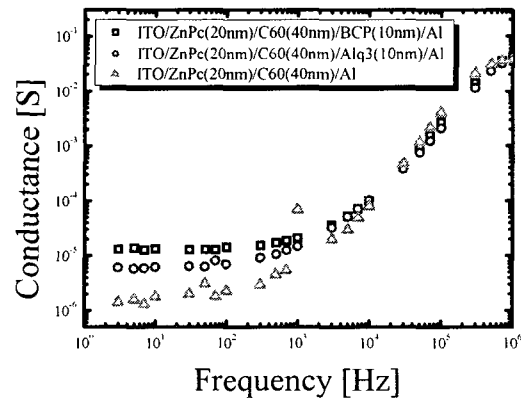


그림 2. 엑시톤 억제층의 변화 시, 주파수에 따른 전기전도도의 변화.

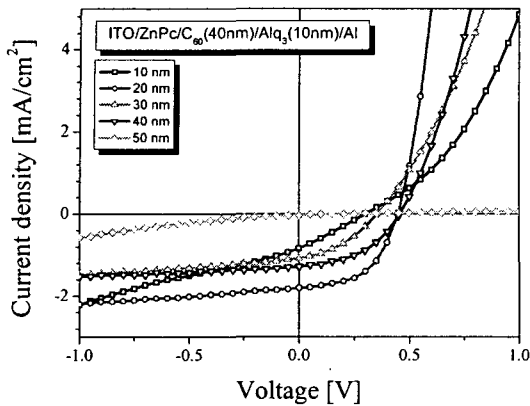


그림 3. ZnPc 두께 변화(10, 20, 30, 40, 50 nm) 시, ITO/ZnPc/C₆₀(40nm)/Alq₃(10nm)/Al 소자의 전류밀도-전압 특성.

광기전 효과의 측정은 Keithley 236 source measure 장치를 이용하여 측정하였고, 광원으로는 Oriel 66021의 500W Xenon 램프를 이용하였다. 조사된 빛의 세기는 International light사의 radiometer/photometer를 이용하여 측정하였다. 또 Agilent 4294A 임피던스 분석기를 이용하여 40 Hz ~ 100 MHz의 주파수 범위에서 유기태양전지의 전기전도도에 관한 주파수 응답을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에 사용된 유기태양전지의 구조는 ITO/ZnPc/C₆₀/EBL(BCP/Alq₃)/Al의 구조로 제작하였다. 먼저 엑시톤 억제층으로 BCP와 Alq₃를 사용하였다. 엑시톤 억제층은 인접한 엑시터 층에서 음극쪽으로 전자를 수송하는 반면에 음극쪽에서 재결합하여 더 낮은 에너지 갭에서 엑시톤을 효과적으로 억제하는 역할을 한다.

그림 2는 엑시톤 억제층의 변화 시, 주파수에 따른 전기전도도의 변화를 살펴보았다. 낮은 주파수 영역에서는 억제층의 변화에 따라 엑시톤 억제층이 존재하지 않을 때 < Alq₃ < BCP 순으로 전도도가 높은 것을 알 수 있었다. 하지만 높은 주파수 영역으로 변화하면 전기전도도는 사용된 재료와 상관없이 비슷한 값을 보이게 되는 것을 알 수 있는데, 이는 높은 주파수 영역에서 빠른 주파수의 변환으로 계면에 전하가 축적되고, 이러한 용량성분의 증가는 저항성분의 감소로 이어져 급격한 저항의 감소로 인해 전도도의 증가를 나타내는 것으로 생각된다.

따라서 엑시톤 억제층을 사용하는 것이 유기광기전력의 효과를 증가시키는데 도움을 주는 것을 확인할 수 있었다.

그림 3은 유기태양전지에 ZnPc 층을 도입하여 소자를 제작, 빛을 조사하여 얻은 전압-전류 특성이다. 두께가 20 nm일 때 가장 좋은 채움인자(Fill Factor)를 나타내는 것을 알 수 있었다. 두께별로 살펴보면, J_{sc}와 V_{oc} 모두 10 <

30 < 40 < 20 nm 순으로 나타나 ZnPc 층을 사용하였을 때, 특별한 경향성을 나타내지 않는다는 것을 확인하였고, 가장 적합한 두께는 20 nm임을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 ITO/ZnPc/C₆₀(40nm)/EBL(BCP,Alq₃)/Al 소자 구조의 유기태양전지의 엑시톤 억제층 변화와 ZnPc 층의 변화에 따른 전기전도도와 전류밀도의 변화를 살펴보았다.

전기전도도는 엑시톤 억제층이 존재하였을 때가 존재하지 않았을 때보다 전도도가 높게 나타났고, 주파수의 변화에 따라 낮은 주파수 영역에서는 Alq₃ < BCP로 나타났고, 높은 주파수 영역에서는 용량성분의 증가로 저항성분이 급격히 감소하는 모습을 관찰할 수 있었다.

또한 ZnPc 층의 두께 변화를 통한 전류밀도를 측정 한 결과, 20 nm의 ZnPc 층의 두께가 가장 높은 채움인자(Fill Factor)를 보여주었다.

참고 문헌

- [1] C.W. Tang, "Two-layer organic photovoltaic cell", Appl. Phys. Lett. Vol. 48, No.2, p.183, 1986.
- [2] P. Peumans, V. Bulovic and S.R. Forrest, "Efficient photon harvesting at high optional intensities in ultrathin organic double-heterostructure photovoltaic diodes", Appl. Phys. Lett., Vol. 76, No. 19, p.2650, 2000..
- [3] N.S. Sariciftci, L. Smilowitz, A. J. Heeger and F. Wudl, "Polymer Photovoltaic Cells : Enhanced Efficiencies via a Network of Internal Donor-Acceptor Heterojunctions", Science 258, p.1474, 1992.