

## 광기전소자에 이용되는 ZnPc의 주파수 응답

신은철, 안준호, 오현석, 장경욱\*, 송민종\*\*, 김태완  
홍익대학교

### Frequency Response of ZnPc using Photovoltaic Cell

Eun Chul Shin, Joon Ho Ahn, Hyun-Suk Oh, Kyung-Uk Jang, Min-Jong Song, Tae Wan Kim  
Hongik Univ., Kyungwon Col.\*, Kwnagju Health Col.\*\*

**Abstract :** 과학문명의 발전으로 인간은 점차 보다 윤택한 삶을 영위하기 위해 노력하고 있다. 하지만 지구의 유한한 자원, 특히 화석연료만으로는 폭발적으로 늘어가는 에너지의 소비는 인류의 안락함을 보장해 줄 수 없게 되었다. 이에 따라 인간의 삶에 비한다면 무한한 태양에너지를 효율적으로 활용하는 것은 무엇보다 중요한 일이라 할 수 있다. 그러나 현재 활용되고 있는 무기 태양전지는 30%에 못 미치는 에너지 변환 효율은 아직 미래의 에너지로 활용하기 위해서 많은 연구와 개발이 필요한 분야이다. 또한 무기재료를 이용한 광기전소자는 비싼 가격으로 인하여 대중적으로 이용하기에는 어려움이 뒤따르고 있다. 하지만 유기재료를 소재로 이용한 광기전소자는 상대적으로 저렴한 가격과 유연한 소자의 제작에 유리한 점 때문에 많은 연구자들의 관심을 끌고 있다. 본 연구에서는 광기전소자의 개발에 널리 활용되는 ZnPc를 이용하여 주파수 응답 특성을 살펴봄으로써 재료가 가지고 있는 전기적인 특성을 살펴보았다.

**Key Words :** ZnPc, Frequency Response, Photovoltaic Cell

### 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(C<sub>60</sub>)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.

본 연구에서는 유기 태양전지에 이용되는 ZnPc의 임피던스 특성을 살펴보았다. 임피던스 분석은 절연체에 바이어스 전압을 인가하고 주파수에 따른 전기적인 특성을 살펴보는 방법으로 오래된 역사를 가지고 있으며, 유기물 고분자에 관한 임피던스 연구는 몇몇 연구결과를 가지고 있다.

1995년 Nguyen은 PPV를 이용한 주파수에 따른 용량성분을 분석하였고, 그에 따른 컨덕턴스, tan δ 등을 분석하였다.[4] 또한 Cole-Cole 반원을 통해 각각 계면과 벌크 내 RC 병렬로 연결된 회로와 이것이 직렬로 연결된 등가회로를 제시하였다.

Li 등은 LED(light-emitting diodes)와 LEC(light-emitting chemical-cell)의 비교를 통해 LED의 등가회로를 제시하면서 ITO의 저항 R<sub>0</sub>를 직렬로 연결한 RC 병렬 회로로 제시하였다.[5]

또 Jonda는 논문에서 PVK 등의 고분자와 Alq<sub>3</sub>를 이용하여 각각 단층과 복층의 임피던스를 측정하고 Cole-Cole 반원 분석을 통해 임피던스의 전압에 관한 의존성을 나타내고, 등가회로를 통해 전극과 유기물간의 접촉저항으로 해석하고, 각각 R<sub>0</sub>와 RC의 병렬 회로의 직렬 회로로 보았다.[6]

또한 복층에서는 두 개의 Cole-Cole 반원을 나타내고 각각 접촉 저항과 병렬 회로의 고분자 층, Alq<sub>3</sub>층의 직렬회로로 보았다. 그리고 Berleb은 NPB와 Alq<sub>3</sub>의 복층 소자에서 Alq<sub>3</sub>의 두께를 변화시키면서 용량성을 측정하여, 전이전압 이상에서는 Alq<sub>3</sub>층만의 용량성을 보이고, 전이전압

이하에서는 NPB와 Alq<sub>3</sub>층의 용량성이 나타남을 보였다.

## 2. 실험

실험은 ITO의 세척 - 진공열증착을 이용한 유기태양 전지 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<sup>-6</sup>의 고진공에서 열증착하였다. 유기물의 증착은 0.5~1 Å/s의 속도로 증착하였으며, 소자의 활성영역은 3×5 mm이다.

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

일반적으로 교류회로에서 정현적으로 변동하는 전압은

$$e = E_m \sin \omega t \quad (\text{식 1})$$

로 나타낼 수 있다.

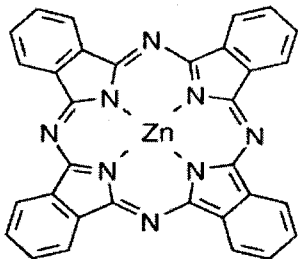


그림 1. 실험에 사용된 ZnPc의 분자 구조.

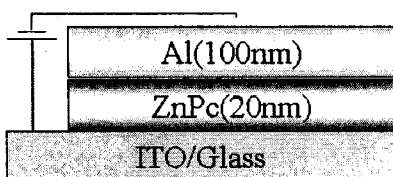


그림 2. 실험에 사용된 유기 광기전소자의 구조.

임피던스는 교류에서 전류의 흐름을 제한하는 것으로 나타나는데, Z로 표시되며, 이를 직교좌표로 표현하면,

$$Z = R + jX = Z' + jZ'' \quad (\text{식 2})$$

로 표현할 수 있다.

유기 광기전소자는 소자의 양단의 전극과 그 사이에 절연체를 삽입한 구조이다. 따라서 소자의 유도성 성분은 없는 것으로 가정할 수 있고, ZnPc의 내부는 저항성분과 용량성분이 각각 병렬로 구성되었다고 할 수 있다. 또 전극과 절연체 사이의 접촉 저항을 가정할 수 있다.

따라서 접촉저항을 나타내는 하나의 직렬연결과 내부저항성분과 용량성분이 병렬로 연결된 등가회로를 만들 수 있으며, 이를 통해 ZnPc의 임피던스 특성을 살펴보았다.

## 4. 결론

유기 광기전 소자에 사용되는 ZnPc를 이용하여 주파수 응답 특성을 살펴보았다. 본 연구를 통하여 유기 광기전 소자에 사용되는 고분자 유기물의 임피던스 및 전기적 특성을 통하여 기본적인 물성과 계면에서의 특성을 알 수 있었다.

## 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.
- [4] T.P. Nguyen, V.H. Tran, "Dielectric properties of poly(phenylene-vinylene) thin films", Materials Sci. and Eng. B31, pp. 255-260, 1995.
- [5] Yongfang Li, Jun Gao, Gang Yu, Yong Cao, Alan J. Heeger, "ac impedance of polymer light-emitting electrochemical cells and light-emitting diodes: a comparative study", Chem. Phys. Lett. Vol.287, pp. 83-88, 1998.
- [6] Christoph Jonda and Andrea B.R. Mayer, "Investigation of the Electronic Properties of Organic Light-Emitting Devices by Impedance Spectroscopy", Chem. Mater. Vol. 11, pp. 2429-2435, 1999.