

# 유기 광기전력 소자의 엑시톤 억제층 특성

오현석, 이호식, 박용필, 이원재\*, 김태완\*\*  
동신대학교, \*경원대학교, \*\*홍익대학교

## Properties of the Exciton Blocking Layer in Organic Photovoltaic cell

Hyun Seok Oh, Won Jae Lee\*, Tae Wan Kim\*\*, Ho Shik Lee\*\*\*, Yong Phil Park\*\*\*  
Dongseoul College, \*Kyungwon Univ., \*\*Hongik Univ., \*\*\*Dongshin Univ.

**Abstract** : Photovoltaic effects in organic solar cell were studied in a cell configuration of ITO/PEDOT:PSS/CuPc(20nm)/C<sub>60</sub>(40nm)/BCP/Al(150nm) at room temperature. Here, the BCP layer works as an exciton blocking layer. The exciton blocking layer must transport electrons from the acceptor layer to the metal cathode with minimal increase in the total cell series resistance and should absorb damage during cathode deposition. Therefore, a proper thickness of the exciton blocking layer is required for an optimized photovoltaic cell. Several thicknesses of BCP were made between C<sub>60</sub> and Al. And we obtained characteristic parameters such as short-circuit current, open-circuit voltage, and power conversion efficiency of the device under the illumination of AM 1.5.

**Key Words** : Photovoltaic effects, Organics, Exciton blocking layer, power conversion efficiency

### 1. 서론

유기 광기전력 소자는 무기 소자보다 비교적 낮은 온도에서 제작이 가능하고 제조 공정이 간편하며 소재의 가격이 상대적으로 저렴하다는 장점이 있다. 또한 박막형성이 쉽고 대면적화가 용이하며, 고분자소재의 경우에는 휘어지는 소자의 개발도 가능하다는 장점들이 있다[1],[2]. 그러나 우수한 특성을 가진 유기 태양 전지의 가장 큰 단점은 전력 변환 효율이 유기 반도체 접합 태양 전지의 경우 아직 3~4%에 불과하다는 것이다[2],[3]. 따라서, 전력 변환 효율을 높이기 위한 많은 연구들이 진행되고 있으며, 본 연구에서는 ITO/PEDOT:PSS/CuPc/C<sub>60</sub>/Al의 구조를 가진 유기 광기전 소자에 BCP를 엑시톤 억제층으로 삽입하여 그 전기적 특성 및 광기전 특성을 연구하였다. 엑시톤 억제층은 전자받개 층으로부터 음전극으로 전자를 수송하고, 엑시톤의 재결합을 방지하면서, 음전극의 증착과정 중에 일어나는 유기물 층의 손상을 방지하는 역할도 한다. 유기 광기전 소자의 직렬저항 증가를 최소화 하면서도 엑시톤 억제층의 역할을 수행하여야 하므로, 최적의 광기전력 효과를 가진 소자를 만들기 위해서는 적절한 두께의 엑시톤 억제층을 두어야한다[3],[4]. C<sub>60</sub> 층과 Al 층 사이에서 BCP 두께를 변화시키면서, AM 1.50인 조건아래 단락전류, 개방전압, 그리고 전력변환효율 등의 특성 파라미터를 구하였다[5],[6].

### 2. 실험

양극으로 사용된 ITO 기판은 표면 저항이 15 [ $\Omega/\square$ ]로 염산과 질산을 이용하여 너비 5mm로 patterning하였

다. PEDOT:PSS는 4000 rpm에서 1분간 스핀 코팅하였다. 증착기내의 증착시 진공도가  $8 \times 10^{-6}$  torr 상태에서 CuPc는 20[nm], C<sub>60</sub>은 40[nm], 그리고 BCP는 두께를 가변하여 제작하였다. 음전극으로 사용된 Al은 너비 3 [mm], 두께 100[nm]로 BCP위에 증착하여 흡광 면적은 15 [mm<sup>2</sup>]이다.

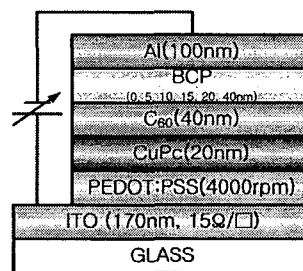


그림 1. 유기태양전지소자의 구조.

그림 1은 엑시톤 억제층으로 사용한 BCP층의 두께가 이에 미치는 영향과 최적화된 두께를 알아보기 위한 소자의 구조이며, CuPc(20nm)/C<sub>60</sub>(40nm)의 이중접합 구조에 BCP층을 0, 5, 10, 15, 20 그리고 40[nm]로 가변하여 제작하였다. 유기 광기전력 소자의 전기적 특성 및 광기전 특성 측정은 아래 그림 2의 도식도와 같이 이루어진다. 그림에서와 같이 광원으로는 500W xenon 램프로 광원을 소자에 조사하고, 그 광원의 세기를 photometer로 측정한다. 그리고 광원의 세기는 소자와 xenon 램프 사이에 AM 1.50 필터와 optical density filter 6종을 holder에 삽입, filter를 이용하여 투과율을 가변시켜 광원의 세기를 조절한다. Optical density filter는 투과율이 각각 10,

20, 50, 63, 80 그리고 100%인 Earling사의 제품(N/D QTZ, 25.4D, D0.1/D0.2/D0.3/D0.7/D1.0)을 사용하였다. 소자와 optical density filter holder는 검은 테스트용 박스 안에 설치하여 외부로부터의 광원에 영향을 받지 않도록 실험 조건을 조성하였다. 자체 제작한 SMU 프로그램을 이용하여 소자의 전기적 및 광기전 특성을 측정하였다 [12].

### 3. 결과 및 검토

단락 전류 밀도( $J_{sc}$ )는 유기 광기전력 소자에서 전력 변환 효율에 가장 직접적인 영향을 미치는 변수이다. 그림 6은 BCP 두께에 따른 단락 전류 밀도와 전력 변환 효율 특성을 나타낸 것이다.

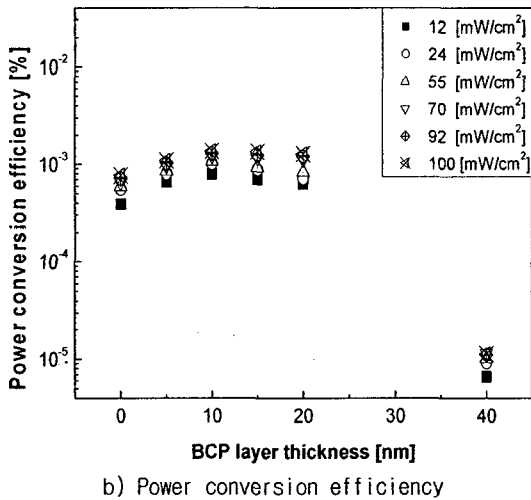
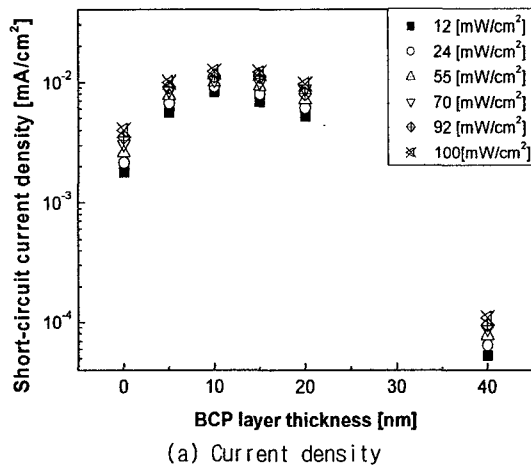


그림 6. BCP 두께에 따른 (a) 단락 전류 밀도 및 (b) 전력 변환 효율.

Figure 6. (a) current density, and (b) power conversion efficiency depending on BCP layer thickness, respectively.

광원의 세기가  $100[mW/cm^2]$ 인 경우, BCP가 두께가  $20[nm]$ 일 때까지 BCP가 없는 소자보다 단락 전류 밀도와 전력 변환 효율이 향상되었다. 또한 BCP의 두께가  $10[nm]$

에서 단락 전류 밀도와 전력 변환 효율이 최대이며  $20[nm]$ 의 두께를 초과하면서 단락 전류밀도와 전력 변환 효율이 지수 함수적으로 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 금속을 증착하면서 발생하는 BCP층의 열화로 인하여 BCP의 HOMO와 LUMO( $3.5eV$ ) 사이에 형성되는 결함 준위(defect states)가  $C_{60}$  층에서 음전극으로의 전자 수송을 증가시키기 때문이라 사료된다.

### 4. 결론

실험을 통하여 엑시톤 억제층으로 사용한 BCP의 두께가  $20[nm]$ 를 초과하게 되면  $C_{60}$ 와 BCP 사이에 이러한 결함 준위가 형성되지 않는 영역이 발생되어  $C_{60}$ 층에서 음전극으로의 전하 이동이 감소하게 된다. 이에 따라 BCP의 두께가 두꺼워질수록 광기전력 소자의 특성 또한 지수 함수적으로 감소되는 것을 알 수 있었다. 또한 엑시톤 억제층을 적용한 소자와 적용하지 않은 소자간에 광기전 특성위 차이가 발생하는데, 이는 엑시톤 억제층을 적용하지 않은 소자의 경우, 금속 증착시 발생하는 뜨거운 AI 원자로 인해  $C_{60}$ 층이 손상을 입어  $C_{60}$ 층에서 AI 층으로의 전자의 이동이 감소되어 나타나는 현상으로 판단된다. 따라서 엑시톤 억제층의 효과에 대해 정리해 보면 다음과 같다.

1. 엑시톤의 재결합을 방지한다.
2. 뜨거운 금속 원자에 의한 결함 준위가 BCP의 LUMO 아래에 형성되어 결함 준위로  $C_{60}$ 에서 음전극으로의 전자의 이동을 향상.
3. 금속 증착 동안 뜨거운 금속 원자부터 유기층을 보호한다.

### 참고 문헌

- [1] Holger Spanggaard, Frederik C. Krebs, "A brief history of the development of organic and polymeric photovoltaics", Elsevier, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 83, p. 125-146, 2004.
- [2] 이정훈, 김태완, 설창, "유기태양전지의 연구개발 동향", 전기전자재료, 17권, 7호, p12, 2004
- [3] P. Peumans, V. Bulovic, and S. R. Forrest, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 76, p. 2650, 2000.
- [4] P. Peumans, and S. R. Forrest, *J. Appl. Phys.*, Vol. 79, No. 7. p. 3693, 2003.
- [5] Holger Spanggaard, Frederik C. Krebs, *Solar Energy Materials & Solar cells*, Vol. 83, 2004.
- [6] Chenming Hu, Richard M. White, *Solar cells from basics to advanced system*, McGraw-Hill Book company, 1983.
- [7] 허성우, 오현석, 이준웅, 이성일, 한원근, 김태완., "CuPc와  $C_{60}$ 을 이용한 유기 광기전력 소자에서 유기층의 두께에 따른 특성 연구", 전기전자재료학회, 2004춘계학술대회논문집, p254, 2004