

CuPc/C₆₀를 이용한 유기 광기전 소자에서 유기층의 두께에 따른 특성

한원근
홍익대학교

Organic Photovoltaic Effects Depending on the Layer Thickness

Wone Keun Han
Hongik University

Abstract : Organic photovoltaic effects were studied in a device structure of ITO/CuPc/Al and ITO/CuPc/C₆₀/BCP/Al. A thickness of CuPc layer was varied from 10 nm to 50 nm, we have obtained that the optimum CuPc layer thickness is around 40 nm from the analysis of the current density-voltage characteristics in CuPc single layer photovoltaic cell. From the thickness-dependent photovoltaic effects in CuPc/C₆₀ heterojunction devices, higher power conversion efficiency was obtained in ITO/20nm CuPc/40nm C₆₀/Al, which has a thickness ratio (CuPc:C₆₀) of 1:2 rather than 1:1 or 1:3. Light intensity on the device was measured by calibrated Si-photodiode and radiometer/photometer of International Light Inc(IL14004).

Key Words : Photovoltaic, CuPc, C₆₀

1. 서론

Becquerel에 의해 광기전 효과가 발견된 이후[1], 대체 에너지원으로 태양에너지는 지구 표면 1m² 당 약 1kW에 해당하는 에너지를 얻을 수 있는 무한 에너지원이며 에너지 변환에 있어 무공해, 무소음의 친환경적이고 직접적인 전기 에너지로의 변환이 가능한 장점을 가지고 있다. 그 중에서도 가장 상업적으로 성공한 약 24%의 효율을 가진 단결정 Si를 이용한 태양전지 [2]에 비해 수 %를 초과하지 못하는 매우 낮은 변환 효율에도 불구하고 유기물을 이용한 광기전 소자 (photovoltaic cell) 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 가격이 저렴하고 박막 형성 용이 및 구부릴 수 있는 기판에 소자를 구현할 수 있는 등의 무한 응용의 장점을 가지고 있기 때문에 차세대 태양전지로 연구가 활발히 진행되고 있다[3-4]. 1986년 Tang[5]이 약 1%의 변환 효율을 얻은 이후에 유기물이나 고분자를 이용한 유기 광기전 소자의 전력 변환 효율이 지속적으로 급속히 증가되고 있다.

따라서 본 연구에서는 유기 광기전 소자로서의 CuPc 단층 구조 및 CuPc/C₆₀ 이종접합의 두께 비율에 따른 광기전 특성 그리고 엑시톤 억제층을 사용한 소자의 효율 향상 효과를 연구하였다.

2. 실험

양(+) 전극으로는 삼성 코닝사의 ~15Ω/□의 표면 저항과 170nm 두께의 인듐-주석-산화물 (Indium-Tin-Oxide : ITO) 기판을 다음과 같이 patterning하여 사용하였다. 광기전(PV) 소자는 n형 주계로 CuPc(copper phthalocyanine)와 p형 받개로 C₆₀(fullerene)을 이용하여 제작하였다.

유기물들은 0.5~1Å/s의 비율로 약 10⁻⁶ torr의 압력 하에서 연속적으로 열증착하였다. 그림 1은 실험에 이용한 소자의 구조이다. (a)는 CuPc의 두께를 10nm에서 50nm까지 가변한 단층 구조이며, (b)는 CuPc를 20nm로 고정하여 C₆₀와의 이종접합 비율을 1:1, 1:2, 1:3로 한 경우의 소자 구조를 나타내고 있다. 그리고 Al 전극(150nm)은 1.0×10⁻⁵ torr 압력에서 증착하였다. 광기전(PV) 소자의 면적은 새도우 마스크를 이용하여 0.3×0.5 cm²로 하였다.

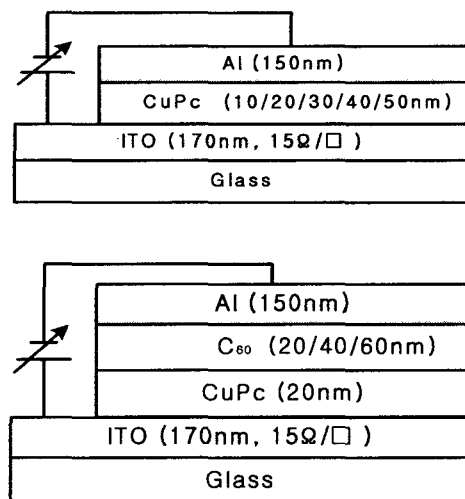


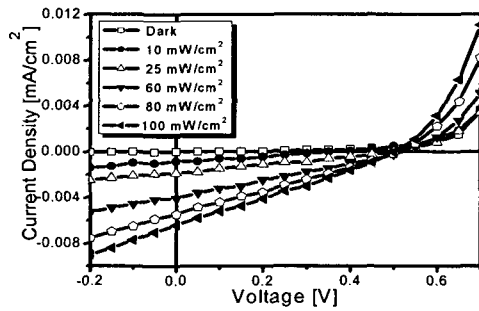
그림 1. Device structures of (a) CuPc single layer, and (b) CuPc/C₆₀ heterojunction layer.

광기전 효과는 Keithley 236 source-measure unit을 이용하여 측정하였고, 광원으로는 500W Xenon 램프 (ORIEL)를 이용하였다. 조사된 빛의 세기는

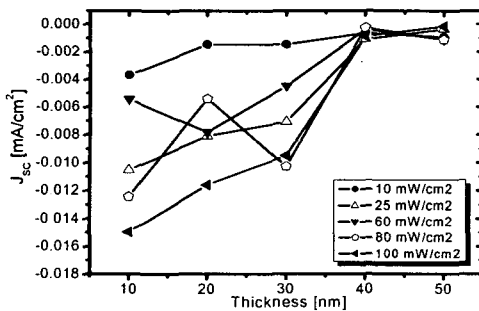
International light 사의 radiometer/photometer와 Si-photodiode를 이용하여 측정하였다. 모든 측정은 실온의 주위 조건 하에서 이루어졌다.

3. 결과 및 검토

그림 2 (a)는 CuPc 두께를 10nm에서 50nm까지 가변한 경우 최대 변환 효율을 갖는 ITO/CuPc (40nm)/Al 소자에 광원에 따른 전압-전류 특성 곡선이다. (b)와 마찬가지로 빛의 세기가 증가함에 따라 단락 전류 밀도가 증가함을 알 수 있으며 개방 전압 (open-circuit voltage) V_{oc} 는 양극으로 사용한 ITO와 음극으로 사용한 Al의 일함수 차에 해당하는 약 0.5V로 거의 일정하였다. 그림 2 (b)에서 ITO/CuPc/Al의 CuPc 단층 구조에서 CuPc의 두께가 10nm에서 50nm로 두꺼워질수록 단락 전류 밀도(short-circuit current density) J_{sc} 의 크기가 커지는 것을 알 수 있었으며 CuPc의 두께가 CuPc 단층 구조에서는 30nm 이상이 되어야 정류 역할을 하는 것으로 나타났다.



(a) ITO/CuPc (40nm)/Al



(b) short-circuit current density-thickness.

그림 2. (a) current density-voltage characteristics ITO/CuPc (40nm)/Al. and (b) short-circuit current density-thickness characteristics of CuPc single layer device.

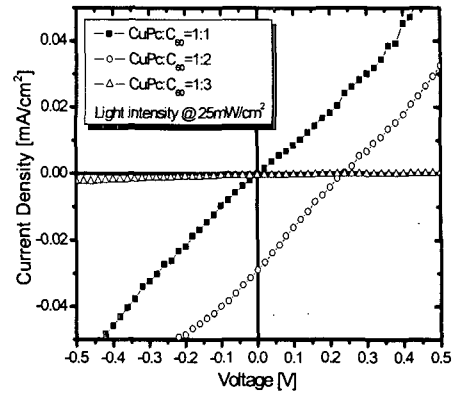


그림 3. Current density-voltage characteristics of ITO/CuPc/C₆₀/Al device depending on thickness ratio of CuPc/C₆₀ heterojunction under 25mW/cm².

그림 3은 광원이 25mW/cm²인 경우 CuPc의 두께가 20nm, C₆₀의 두께를 20nm, 40nm, 60nm의 CuPc:C₆₀의 이종접합 비율을 1:1, 1:2, 1:3인 경우 전압-전류 특성 곡선을 나타낸 것이다.

4. 결론

ITO/CuPc/Al의 CuPc 단층 구조 소자에서 CuPc의 두께를 10nm에서 50nm까지 가변해 본 결과 약 40nm 부근에서 변환 효율이 최대가 된다는 것을 살펴보았다. ITO/CuPc/C₆₀/Al의 이종 접합을 이용, CuPc:C₆₀의 두께 비율이 매우 중요하며 두께 비율이 1:2인 경우가 1:3인 경우보다 변환 효율이 약 35배로 향상되어 나타났다. 또한 BCP를 엑시톤 억제층을 사용함으로써 엑시톤 억제층을 사용하지 않은 소자에 비해 광원의 세기가 커질수록 큰 변환 효율을 얻었다.

참고 문헌

1. A. E. Becquerel, Comt. Rend. Acad. Sci., Vol. 9, p.561, 1839.
2. M. Green, K. Emery, K. Buecher, D.L King, S. Igrai, Prog. Photovolt. : Res. Appl., Vol. 5, p. 51, 1997.
3. K. Ziemelis, Nature, Vol. 393, p. 619, 1998.
4. M. Murgia, F. Biscarini, M. Cavallini, C. Taliani, and G. Ruani, Synth. Met., Vol. 121, p. 1533, 2001.
5. C. W. Tang, Appl. Phys. Lett., Vol. 48, p. 183, 1986.