

유·무기 하이브리드 재료를 이용한 플렉서블 태양전지 섬유의 개발

송 준형¹⁾, 김 주용¹⁾, 박 정현²⁾, 김 구영²⁾, 김 영관²⁾

Development of a flexible solar cell fiber by using an organic-inorganic hybrid materials

Junhyung Song¹⁾, Jooyong Kim¹⁾, Junghyun Park²⁾, Guyoung Kim²⁾ and Youngkwan Kim²⁾

Key words : Solar cell fiber(태양전지 섬유), Organic-inorganic(유·무기), Flexible(플렉서블)

Abstract : An organic-inorganic hybrid solar cell fibers with characteristics such as formability, low-cost and tailorability was developed by deposition of C60 and CuPc on fiber surface. In spite of some variation according to the temperature of ITO deposition, the maximum open circuit voltage of 0.39V was attained at 150°C(1000end). The resulting solar cell showed the performances $I_{sc}=0.482$, $V_{oc}=0.320$, $FF=0.285$ and $\eta_e=0.044\%$ which are comparable to one of other types of solar cells in literature.

Nomenclature

η_e : power conversion efficiency, %
Isc : short-circuit current, mA
Voc : open-circuit voltage, V

subscrip

CuPc : copper(II) phthalocyanine
C60 : fullerene
BCP : bathocuproine
ITO : indium tin oxide
IPA : isopropyl alcohol

비하여 조금 낮은 효율을 가지지만 낮은 생산 비용과 친환경성, 유연성, 투명성 등의 많은 장점으로 각광받고 있다. 태양전지의 응용분야로는 처음 만들어진 초기에는 주로 우주용으로 사용되었으나 이 후 전기를 필요로 하는 무인등대나 오지 주민의 응급 필수용 라디오나 백신용 저장고의 전원 공급용으로 점차 사용범위가 확대되기 시작하고 있다. 유기-무기 플렉서블 소재의 경우 습기와 산소의 침입에 대한 저항성을 가져 습기의 침투를 $10^{-8} \text{ gm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 보다 적게하여 캡슐화와 장기 안정성의 문제를 해결한다면 앞으로 지능형 의류에의 소재로 그 파급효과는 매우 클 것으로 예상된다.

1. 서론

지구상에서 사용되는 대부분의 화석연료는 지구 온난화와 관련해 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위한 대표적인 재생에너지로 태양에너지, 수력에너지, 풍력에너지, 조력에너지 등이 있는데, 그 중 태양전지는 무공해이고 자원의 무한함 등의 장점을 가지고 있으며 화석연료로 인한 환경오염과 에너지 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 에너지원 중 하나이다. 최근 연구가 활발한 유기 태양전지는 무기 태양전지에

2. 실험

2.1. 시료

본 실험에 사용된 섬유는 약 800°C의 Tg를 가지며, 직경 12 μm(300Tex)를 가지는 유리섬유로 (주)한국오웬스코닝의 제품을 사용하였다. C60과

-
- 1) 송실대학교 섬유공학과
E-mail : jkim@ssu.ac.kr
Tel : (02)820-0820 Fax : (02)817-8346
 - 2) 홍익대학교 유기소재 및 정보소재 연구센터
E-mail : kimyk@hongik.ac.kr
Tel : (02)3142-3750 Fax : (02)3142-0335

CuPc 그리고 엑시톤 블로킹 층(EBL)으로 사용된 BCP는 (주)Aldrich 에서 구입하여 정제 없이 그대로 사용하였다.

2.2. 열증착을 통한 태양전지 소자 및 태양전지 섬유 제작

태양전지 제작에 앞서 ITO가 코팅된 유리기판의 세척을 위해 아세톤에 침지하여 sonicator로 15분간 처리하였다. 뒤이어 끓는 IPA에 10분간 다시 처리하고 난 뒤 N₂가스로 건조시켰다. 전자주계로 사용된 CuPc는 20nm, 전자받계로는 C₆₀이 40nm로 열 증착 하였으며, 엑시톤 블로킹 층(EBL)으로 사용된 BCP가 15nm, 전극(-)으로 사용된 Al을 150nm의 두께로 연이어 증착하여 (2.1×10⁻⁶ Torr) bi-layer구조의 태양전지 소자를 제작하였다.(Fig. 1) 태양전지 섬유의 제작에 있어서는 유리섬유 표면의 먼지를 제거하기

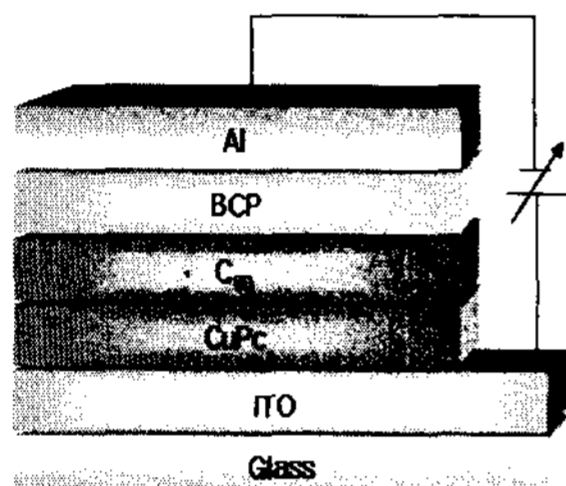


Fig.1 A bi-layer device structure of the solar cell

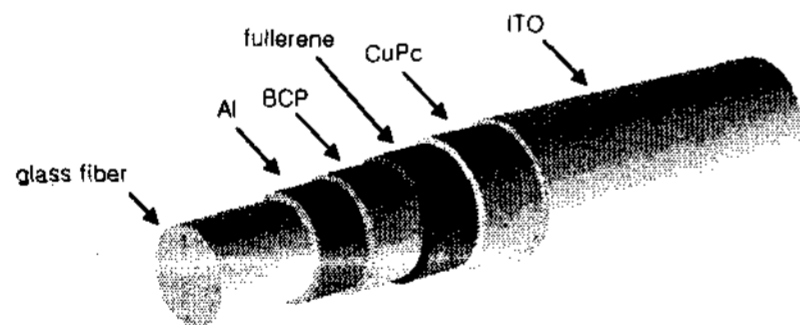


Fig. 2 Schematic illustration of the solar cell fiber

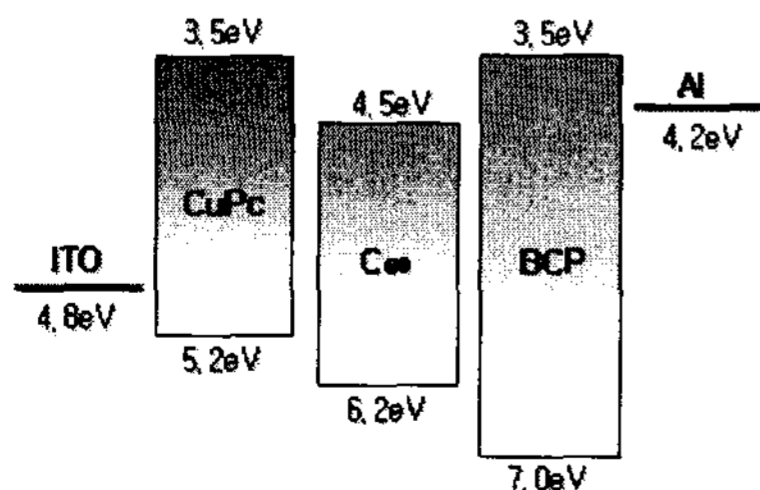


Fig. 3 Energy level diagram of the solar cell fiber developed

위해 Air Blower를 사용하였다. 제작방식은 태양전지 소자와 동일하게 하였고, 구조는 Fig. 2 과 같이 증착순서를 Fig. 1 과 반대로 하였다. 마지막으로 전극(+)으로 사용 될 ITO가 스퍼터링을 통하여 170nm의 두께로 온도에 따라 증착되어 태양전지 섬유를 완성하였다. Fig. 3는 제작된 태양전지의 energy level diagram을 보여준다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 4은 100mW/cm²의 광원 하에서 유리기판위에 제작된 태양전지 소자의 I-V curve를 보여준다. 결과 Isc=0.482, Voc=0.320, FF=0.285, η_e=0.044%의 에너지 전환효율을 나타낸다. Fig.5 은 태양전지를 섬유에 적용한 것으로 머리카락과 그 크기를 SEM 이미지로 비교한 것이다. 삽입 된 그림은 태양전지 섬유에 증착이 된 ITO를 보여준다. ITO는 온도에 따라 각각 상온, 150°C, 300°C에서 증착되었으며(Fig. 6), 증착온도 150°C에서 가장 좋은 저항치 282Ω/cm(1000end)를 보였다. 어두운 상태에서 태양전지 섬유는 0.17V의 Voc를 보인 반면, 20mW/cm² 하에서는 최대 0.39V 까지의 Voc를 보였고, 전류의 측정은 불안정하였다. 300°C에서 ITO를 증착한 태양전지 섬유는 그 Voc를 측정할 수 없었다. 이는 태양전지 섬유에 증착된 여러 층 중에서 비교적 열에 약한 BCP가 손상을 입은 것으로 추정된다.

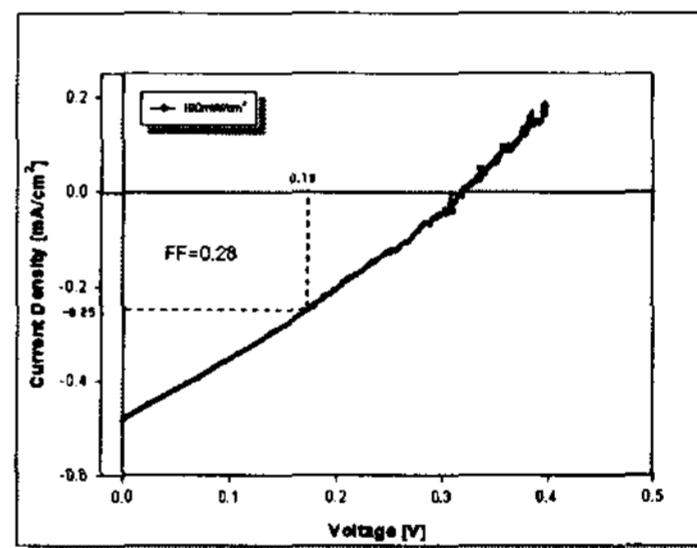


Fig. 4 I-V characteristics of ITO/CuPc/C₆₀/BCP/Al devices under 1.5G illumination of 100mW/cm²

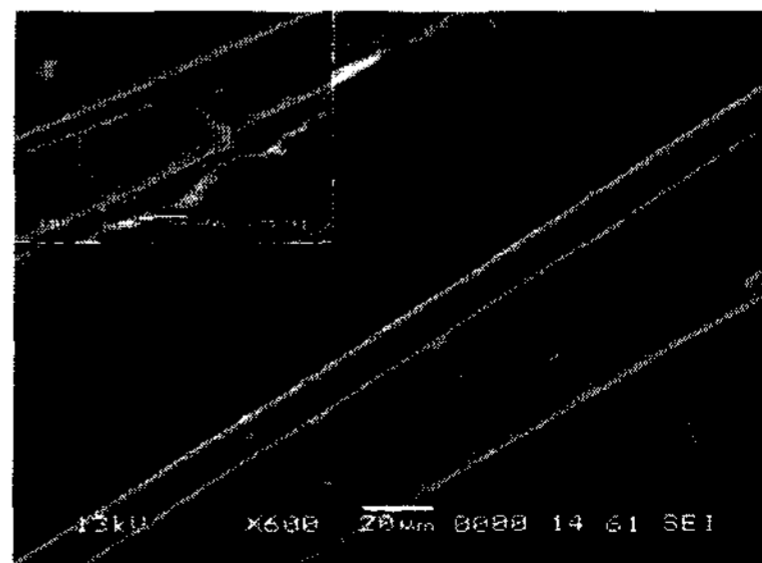


Fig. 5 Comparison of the solar cell fiber made with an actual hair. Inset: ITO deposited glass fiber

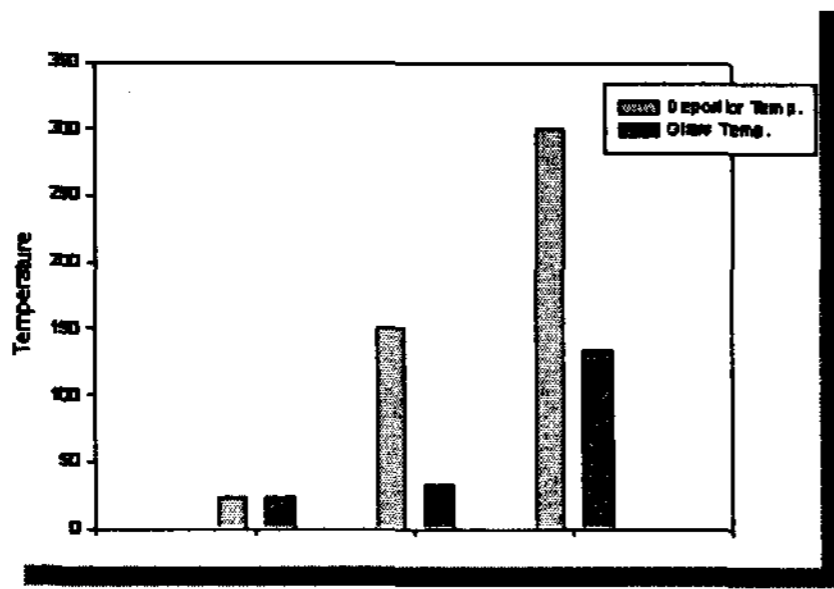


Fig. 6 Comparison between inside temperature of depositor and glass temperature

4. 결론

태양전지의 광여기 전하이동(photo-induced charge transfer)의 원리를 이용하여 유 무기 하이브리드 태양전지를 섬유에 적용하여 태양전지 섬유를 구현하였다. 섬유의 섬도가 작아짐에 따라 그 효율의 측정은 점점 어려워졌지만, 12 μm 의 유리섬유에서 최대 0.39V의 개방전압을 얻을 수 있었다.

References

- [1] P. Peumans and S. R. Forrest, 2001, "Very-high-efficiency double-heterostructure copperphthalocyanine/C60 photovoltaic cells", Appl. Phys. Lett., p79, 126-128.
- [2] Sung Woo Hur, Hyun Seok Oh, Young Cheul Oh, Dong Hoe Chung, Joon Ung Lee, Jong Wook Park, and Tae Wan Kim, 2005, "Organic photovoltaic effects using CuPc and C60 depending on layer thickness", synth. Met., 154, p49-52.