

Annealing 온도에 따른 bulk heterojunction 유기태양전지의 특성분석

김영훈¹, 김민성^{1,2}, 박성규¹, 강정원², 한정인¹

¹전자부품연구원 디스플레이연구센터

²단국대학교 전자컴퓨터공학과

Analysis of Thermal Annealing Effect on the Power Conversion Efficiency of Heterojunction Organic Photovoltaics

Y. H. Kim¹, M. S. Kim^{1,2}, S. K. Park¹, J. W. Kang², J. I. Han¹

¹Information Display Research Center, Korea Electronics Technology Institute

²Department of Electronics and Computer Engineering, Dankook University

Abstract - 열처리 조건이 이종접합 유기태양전지(heterojunction organic photovoltaics)의 power conversion efficiency(PCE)에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 본 연구에서는 열처리 온도와 열처리 시간을 변수로 다양한 조건하에서 유기태양전지를 제작하고 AM1.5G 조건에서의 효율 변화를 관찰하였다. 열처리 온도는 90°C에서 170°C까지 변화시키며 태양전지의 특성변화를 측정하였으며, 유리 기판 상에 제작된 태양전지의 경우에 150°C의 열처리 온도에서 가장 우수한 효율을 나타내었다.

1. 서 론

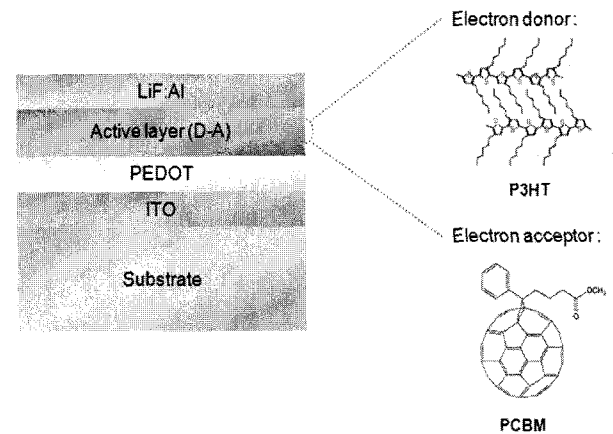
최근 유기물 반도체를 이용한 유기태양전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1-5]. 유기태양전지는 기존의 실리콘이나 화합물 반도체와 비교해 볼 때 공정이 매우 단순하기 때문에 향후 가격이 매우 저렴한 태양전지를 개발함에 있어 매우 유리하고 또한 공정 온도가 150°C 이하로 매우 낮아 고분자 기판을 이용한 플렉서블 태양전지 개발에도 활용할 수 있다. 박막형 유기태양전지에서는 기존의 p-n 접합 형식인 실리콘 태양전지와는 달리 주로 이종접합 구조를 많이 채택하고 있는데 이는 유기물에서의 전자 및 전공의 이동도가 실리콘에 비해 매우 작기 때문이다. 광자에 의해 여기된 exciton이 전극을 통해 collect되기 위해서는 재결합이 이루어지기 전에 exciton이 전자와 홀로 분해되어 전극을 통해 빠져나가야 하지만 유기물은 이동도가 매우 낮기 때문에 p-n 접합 구조를 이용할 경우 효율은 매우 낮을 수 밖에 없다. 따라서 박막형 유기태양전지에서 효율을 높이기 위해서는 이종접합 구조를 사용해야 하며 최근 이 구조를 활용한 태양전지에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 이종접합 구조를 가진 유기태양전지를 열처리를 통하여 효율을 향상하고자 하였다. 특히 열처리 조건인 온도를 조절하여 최대의 변환 효율을 얻을 수 있는 조건을 확보하고자 하였다.

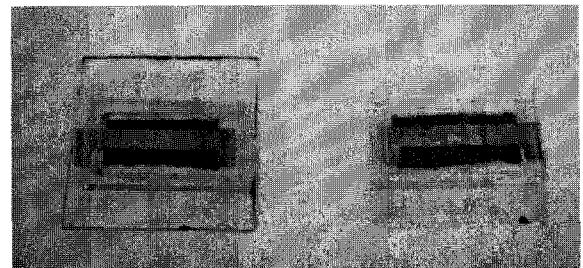
2. 본 론

2.1 소자의 구조 및 제작방법

그림 1에서는 heterojunction organic photovoltaic의 구조를 나타내고 있다. Indium-tin-oxide(ITO)가 증착된 유리기판 및 플라스틱 기판 상에 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate)) 박막을 스핀코팅으로 형성하고 열처리하였다. 이후 PEDOT:PSS 상부에 electron acceptor 및 donor 역할을 하는 [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester(PCBM)와 poly(3-hexylthiophene)(P3HT)를 스핀 코팅하고 질소 분위기에서 1시간 동안 건조시켰다. 이후 전극 역할을 하는 LiF:Al 박막을 thermal evaporation을 이용해 순차적으로 증착하고 glove box에서 glass encapsulation을 하였다 (그림 2).



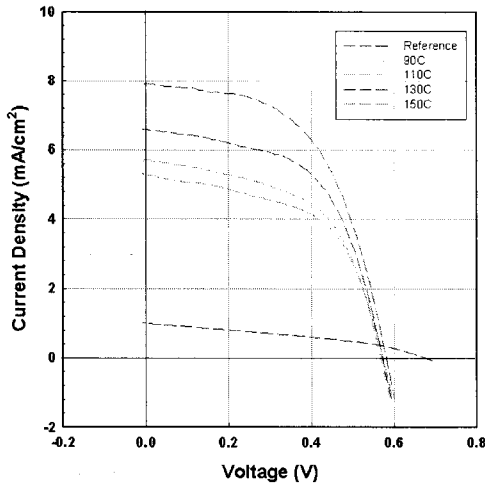
〈그림 1〉 이종접합 유기태양전지(bulk heterojunction organic photovoltaics)의 구조



〈그림 2〉 유리 기판 및 플라스틱 기판에 제작된 유기태양전지

2.2 유리 기판에서의 열처리 온도에 따른 효율 변화

그림 3에서는 AM1.5G illumination하에서의 유기태양전지의 J-V(current density-voltage) 특성을 보여주고 있다. 여기서 열처리 온도는 각각 90°C, 110°C, 130°C 및 150°C로 설정하였으며 열처리 시간은 모두 동일하게 20분으로 고정하였다. 표 1에서 알 수 있듯이 열처리 온도가 증가함에 따라서 변환 효율이 점차 증가하는 경향을 보였으며 150°C에서 열처리한 소자가 가장 높은 효율 변환 특성을 나타내었다 (2.52%). 또한 열처리 온도가 증가할수록 J_{sc} 는 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었고 V_{oc} 는 약 0.57V로 일정한 값을 유지하였다. 하지만 열처리 온도가 170°C에서는 소자의 특성이 급격히 떨어졌다.



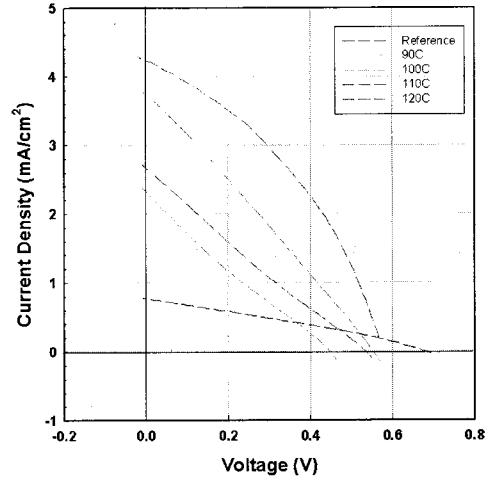
〈그림 3〉 열처리 온도에 따른 유기태양전지의 J-V 특성 변화

〈표 1〉 열처리 온도에 따른 유기태양전지의 전기적 특성 변화 (유리)

Annealing temp.(°C)	J _{sc} (mA)	V _{oc} (V)	Fill factor	Efficiency (%)
RT	1.03	0.68	0.34	0.24
90	5.30	0.57	0.56	1.69
110	5.70	0.57	0.56	1.80
130	6.58	0.57	0.56	2.12
150	7.91	0.58	0.55	2.52
170	0.05	1.32	0.25	0.02

2.3 플라스틱 기판에서의 열처리 온도에 따른 효율 변화

그림 4 및 표 2에서는 열처리 온도에 따른 플라스틱 기판 상에 제작된 유기태양전지의 J-V 특성을 보여주고 있다. 여기서 열처리 온도는 각각 90, 100, 110, 120, 130°C로 설정하였으며 열처리 시간은 모두 20분으로 동일하게 적용하였다. 유리 기판상에 제작된 태양전지와 비슷하게 열처리 온도에 따라서 변환 효율의 향상이 관찰되었다. 열처리 온도 120°C에서 변환 효율이 0.92%로 가장 우수한 특성이 나타났다. 하지만 130°C 이상에서는 효율이 급격히 떨어졌는데 이 이유는 유기박막 자체보다는 플라스틱 기판의 변형으로 인한 전극 및 유기박막의 특성 저하에서 기인하는 것으로 판단된다. 그리고 전반적으로 유리 기판에 제작된 태양전지의 특성보다 낮은 변환 효율이 관찰되었는데 이는 투명전도막인 ITO의 상대적인 높은 저항과 surface roughness 때문이다.



〈그림 4〉 열처리 온도에 따른 유기태양전지의 J-V 특성 변화

〈표 2〉 열처리 온도에 따른 유기태양전지의 전기적 특성 변화 (플라스틱)

Annealing temp.(°C)	J _{sc} (mA)	V _{oc} (V)	Fill factor	Efficiency (%)
RT	0.78	0.68	0.29	0.15
90	3.73	0.55	0.27	0.55
100	2.32	0.45	0.23	0.24
110	2.67	0.53	0.23	0.33
120	4.22	0.58	0.38	0.92
130	0.50	0.07	0.26	0.01

3. Conclusions

본 연구에서는 열처리 조건이 이중접합 유기태양전지 변환 효율에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 다양한 열처리 온도를 변수로 두고 소자를 제작하고 특성을 분석해본 결과, 온도가 증가함에 따라서 변환 효율 등 태양전지의 특성이 향상되는 것으로 확인되었다. 하지만 특정 온도 이상에서는 유기박막의 변형 또는 플라스틱 기판에 제작된 태양전지의 경우 기판의 변형 때문에 특성이 급격히 저하되는 것이 관찰되었다.

[References]

- [1] A. P. Smith et. al., Chem. Mater., 16, 4687 (2004).
- [2] B. A. Gregg et. al., J. Phys. Chem. B, 107, 4688 (2003).
- [3] C. J. Barbec et. al., J. Appl. Phys., 85, 6866 (1999).
- [4] S. Gunes et. al., Chem. Rev., 107, 1324 (2007).
- [5] J. Cremer et.al., Chem. Mater., 18, 5832 (2006).