

웨어러블 메디컬 디바이스용 보조전력 데이터 분석

홍순호¹, 정해창¹, 강호승², 손선영^{1,3*}

¹상지대학교 반도체물리전자학과 학부생

²상지대학교 신에너지공학과 석사과정

³상지대학교 전기전자공학과 교수

201971025@sj.sangji.ac.kr, 201971022@sj.sangji.ac.kr, syshon@sj.sangji.ac.kr

Data Analysis of Auxiliary Power for Wearable Medical Devices

Soonho Hong¹, Haechang Jeong¹, Hoseung Kang², Sunyoung Shon³

¹Dept. of Semiconductor physics electronics, Sangji University

²Dept. of Semiconductor Energy Engineering, Sangji University

³Dept. of Electrical Electronic Engineering, Sangji University

요 약

본 연구는 웨어러블 디바이스 보조전력으로서 유기태양전지를 사용하기 위한 방안을 제시한다. 유기태양전지의 다층구조에서 광활성층과 금속전극 사이에 버퍼층으로서 PC70BM 층을 삽입함으로써 기대되는 전력변환효율의 향상을 소개한다. 또한 이러한 버퍼층의 두께를 조절하여 이에 대한 효과를 확인한다. 수집된 데이터를 분석하여 최적의 버퍼층 두께를 추출하고 이러한 과정에서 최대 값을 초과한 두께에서 발생하는 전력변환효율 감소 또한 확인할 수 있다.

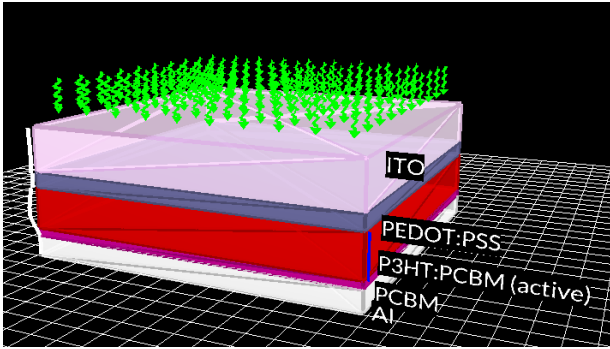
1. 서론

최근 미래에너지 자원의 대체재로서 태양광 에너지와 같은 지속 가능한 에너지가 주목받고 있으며, 이 중에서도 유기물을 사용한 유기태양전지는 저렴한 제작 비용, 간단한 가공성, 가볍고 유연한 기판 위에 제작하여 사용할 수 있다는 장점으로 인해 다양한 연구가 진행되고 있다.[1] 이러한 장점을 활용하여 웨어러블 디바이스의 보조전력으로서 연구가치가 있다. 외부에서 에너지를 얻는 방식의 보조전력은 웨어러블 디바이스의 특성상 유용하기 때문이다.[2] 이러한 연구 측면에서 볼 때, 유기태양전지의 첫번째 목표는 전력변환효율향상이다. 이 때문에 높은 효율 및 안정성을 가진 장치를 제작하기 위해 도너(donor)와 억셉터(acceptor)가 일반적으로 광활성층(active layer)로서 사용된다. 또한 효율을 높이기 위해 많은 연구에서 도너와 억셉터를 혼합하여 제작하는 벌크 이종접합(Bulk heterojunction, BHJ)를 사용한다. 이때 광활성층의 전하 추출 및 전하의 이동성을 향상시켜 효율을 극대화 하기 위하여 정공수송층(Hole transport layer, HTL) 및 전자수송층(electron transport layer, ETL)과 같은 버퍼층(buffer layer)를 전극과 광활성층 사이에 추가하는 방법을 사용하기도 한다.

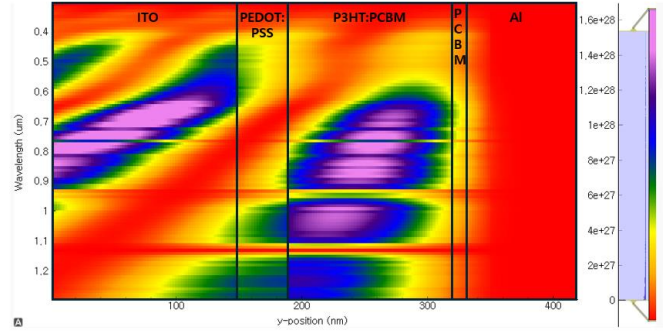
본 연구에서는 이러한 유기태양전지의 장점을 활용하여 웨어러블 메디컬 디바이스로서 활용방안을 제시한다. 이때 다양한 버퍼층의 종류 중, 전하추출 및 주입향상, 광활성층으로 사용되는 P3HT:PC70BM의 열처리(annealing)과정에서 발생하는 수직 상분리(vertical phase separation)의 문제를 해결하기 위해 PC70BM을 버퍼층으로 사용할 것이다.[3] 또한 버퍼층의 두께가 유기태양전지에 주는 영향을 조사하기 위해 두께변화를 주어 실험을 진행하였다. 사용한 버퍼층의 효과를 확인하기 위한 디바이스 시뮬레이션은 Oghma nano 시뮬레이션 프로그램을 통해 진행되었다.

2. 데이터 측정

시뮬레이션 측정 전 측정데이터의 조건을 PCBM 버퍼층의 두께별로 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30nm로 설정 후 진행하였다. 버퍼층 이외의 조건은 (그림 1)과 같이 ITO(Indium tin oxide) (150nm) / PEDOT:PSS (40nm) / P3HT:PCBM (140nm) / Al (70nm)의 구성으로 동일하며 버퍼층은 광활성층으로 사용된 P3HT:PCBM과 금속전극으로 사용된 Al 사이에 삽입되었다.

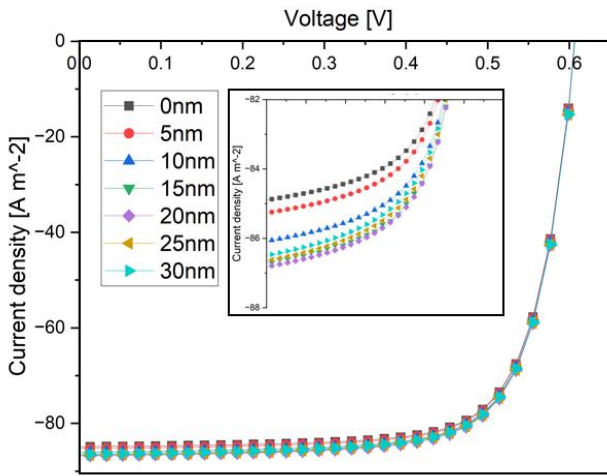


(그림 1) 시뮬레이션에 사용된 디바이스의 구성.



(그림 3) 디바이스 포톤 분포 이미지

3. 데이터 분석



(그림 2) 버퍼층 두께조건 변화에 따른 J-V 그래프

PCBM thickness	$J_{sc}/mA\ cm^{-2}$	V_{oc}/V	FF	PCE(%)
0	84.89	0.60	0.74	3.80
5	85.26	0.60	0.73	3.81
10	86.08	0.60	0.73	3.84
15	86.70	0.60	0.73	3.87
20	86.81	0.60	0.73	3.87
25	86.64	0.60	0.73	3.86
30	86.49	0.60	0.73	3.85

<표 1> 버퍼층 두께조건 변화에 따른 특성

(그림 2)와 <표 1>은 측정된 데이터 결과를 나타낸 것이다. 데이터 분석 결과, 20nm의 두께까지 J_{sc} 및 PCE가 서서히 증가하는 반면, 그 이상으로 두께가 증가할수록 감소하는 추세를 나타낸다. 이러한 효율의 감소는 active layer에서 생성된 엑시톤(exciton)의 확산거리의 한계로 인하여 전하의 이동이 원만하게 진행되는 것에 방해받을 것으로 확인된다.[4]

추가적으로, (그림 3)은 제작된 디바이스의 포톤 분포(photon distribution)를 나타낸 이미지이다. 이미지를 통하여 각 층에서 나타나는 특정파장의 흡수지역을 시각적으로 파악할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 유기태양전지의 전력변환효율 향상을 위하여 버퍼층으로 PCBM 층을 삽입하였으며 이를 통한 효율향상을 예측했다. 버퍼층의 삽입으로 효율은 증가했으나 버퍼층의 두께에 따라 다른 효과를 나타내었다. 효율의 최대값은 3.87%로 20nm의 두께일 때로 확인되었다. 또한 최대값을 초과한 두께를 삽입할 경우 오히려 효율이 저하되는 현상을 발견하였다. 추후에는 PCBM 이외의 다른 버퍼층 물질들을 활용하여 각 물질의 버퍼층 두께를 최적화 할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신산업진흥원 지원(H1201-24-1001, 2024 디지털트윈 융합 의료혁신 선도사업) 및 한국연구재단(NRF-2022R1F1A1074752) 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] J. Ajayan, D. Nirmal, P. Mohankumar, M. Saravanan, M. Jagadesh, L. Ariva-zhagan, "A review of photovoltaic performance of organic/inorganic solar cells for future renewable and sustainable energy technologies", *Superlattices Microstruct* 143 (2020).
- [2] Universitat de les Illes Balears, IEEE Circuits and Systems Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2017 12th IEEE International Conference on Design & Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS): DTIS 2017: Proceedings: April 4th-6th 2017, Palma de Mallorca, Spain. n.d.*
- [3] B.T. De Villers, C.J. Tassone, S.H. Tolbert, B.J. Schwartz, "Improving the re-producibility of P3HT:PCBM solar cells by controlling the PCBM/ cathode inter-face", *Journal of Physical Chemistry C* 113 (2009) 18978–18982.
- [4] O. V. Mikhnenko, P.W.M. Blom, T.Q. Nguyen, "Exciton diffusion in organic semiconductors", *Energy Environ Sci* 8 (2015) 1867–1888.