

유무기 하이브리드 태양전지의 제조와 특성에 관한 연구

안준호, 진성환, 홍순형
KAIST(한국과학기술원)

Study on Fabrication and Properties of organic and inorganic hybrid photovoltaic cells

Joon Ho Ahn, Sung Hwan Jin and Soon Hyung Hong
KAIST(Korea Advanced Institute of Science and Technology)

Abstract : 최근 유가 상승의 영향으로 많은 연구자들의 관심이 풍부하고 무한한 태양에너지의 활용에 많은 관심이 쏟아지고 있다. 하지만 현재 상용화된 실리콘 태양전지는 실리콘의 정제 및 제조 단가가 생산 비용에 많은 부분을 차지하여 시장진입에 어려움을 겪고 있다. 또한 실리콘의 생산과 가공이 반도체나 디스플레이 분야에서도 반드시 필요하기 때문에 그에 따른 생산량이 전체 소비를 따라 가지 못하여 나타나는 공급 부족 현상도 상당 기간 지속되었다. 이러한 상황에서 실리콘을 대체할만한 태양전지의 개발과 함께 휴대성이 뛰어난 태양전지의 개발이 많은 관심을 끌고 있다. 본 연구에서는 기존의 유기 태양전지에 CNT를 혼합한 유무기 하이브리드 태양전지를 제조하고 그에 따른 광학적 특성과 전기적 특성을 살펴보았다.

Key Words : 유무기 하이브리드 태양전지, CNT, Organic Photovoltaic Cells

1. 서론

최근 급격히 상승하는 유가 상승은 그동안 미뤄오던 대체에너지 개발에 대한 관심을 유발시켜 많은 관심을 끌고 있다. 하지만 현재 상용화된 실리콘 태양전지는 시장의 90% 이상을 차지하고 있지만, 실리콘의 정제와 가공에 따른 높은 생산단가로 인하여 화석연료 및 다른 에너지에 비해 상당히 높은 단가를 형성할 수 밖에 없는 것이 현실이다. 이에 따라 비정질 실리콘을 사용한 태양전지와 CdS, CdTe 등 화합물을 이용한 태양전지의 개발로 실리콘 태양전지를 대체하려 하고 있지만, 아직 효율면에서 상당히 부족한 것이 현실이다.

또 이러한 실리콘 태양전지를 대체할 태양전지의 개발과 함께 최근에 발전하고 있는 IT기술을 활용하여 휴대가 가능하고, 착용할 수 있는 태양전지의 개발 또한 함께 이루어지고 있다. 이러한 태양전지의 개발을 위해 사용되는 기술들은 1990년대 식물의 광합성 과정을 모사한 Gratzel[1]에 의해 개발된 염료감응형 태양전지와 C.W. Tang[2]이 개발한 유기태양전지가 가장 활발히 연구되고 있는 분야 중에 하나이다.

그 중 유기태양전지는 염료감응형보다 훨씬 낮은 효율로 인하여 그동안 연구가 상당히 뒤쳐져 있었으나, 최근 효율 5%의 달성으로 상용화에 한걸음 다가서면서 많은 관심을 끌고 있다. 유기태양전지의 장점은 다른 태양전지와 다르게 다양한 소재와 형태로 제작이 가능하고, 휴대성이 뛰어나며, 생산과정이 단순하다는데 있다. 또한 고분자를 이용한 페인트 형태나 스프레이, 프린트 형태로 대량생산에 적합한 제조공정을 가지고 있는 것이 장점이다.

하지만 그에 못지 않게 해결해야 할 많은 과제를 안고

있는데, 그 중 첫 번째가 바로 낮은 효율의 극복이다. 현재 유기태양전지는 약 5%의 효율이 발표된 최고의 효율이지만, 대부분 실험실에서 제작한 태양전지가 효율 5%를 달성하기는 쉽지 않고 대량생산의 경우 그보다 낮은 효율을 가진 태양전지를 생산하게 된다는 점에서 아직 개발해야 할 부분이 상당히 많다. 또한 유기재료의 특성 상 산소 및 수분에 취약한 문제 또한 극복해야 할 문제이다. 그리고 열에 약하기 때문에 태양광 조사로 인하여 열산화되는 문제를 극복하지 않으면 시장진입이 매우 어렵다는 단점도 함께 존재한다.

최근에는 이러한 낮은 효율이라는 단점을 극복하기 위해 Tandem 구조를 도입한 태양전지가 등장하고, 손쉽게 태양전지로 활용하기 위한 페인트형, 프린트형, 스프레이형 등의 태양전지의 개발이 속속 이루어지고 있다.

그러나 낮은 효율의 극복을 위하여서는 유기물질이 가지고 있는 낮은 전기전도도 및 이동도, 높은 에너지 갭 등을 향상시키지 않으면 태양전지 시장을 형성하기 어려울 것으로 판단된다.

이에 대한 개선 방향으로 최근에는 결정성이 좋고, 광활성층과 잘 혼합되는 재료의 개발이 우선되어야 할 것이다. 최근 가장 많이 사용되고 있는 P3HT와 PCBM 등이 그러한 예인데, 향후 더 뛰어난 성능을 가진 재료의 개발이 기대되고 있다.

또한 새로운 고분자 재료의 합성과 함께 유기재료에 무기재료를 혼합하여 유기재료의 장점과 무기재료의 장점을 이용한 유무기 하이브리드 태양전지도 많은 관심을 끌고 있다. 이에 활용되는 무기재료는 다양하지만, 그 중에서도 나노기술을 활용하여 나노막대, 나노튜브 등을 활용하여 기존의 유기재료가 가지고 있는 낮은 전하이동성의 문제를 해결하기 위해 많은 노력들이 이루어지고 있다.

본 논문에서는 MEH-PPV 기지에 높은 전도도와 결정성을 가지는 CNT를 혼합하여 태양전지를 제조하였다. CNT는 최근 다양한 특성으로 인하여 많은 사람들의 관심을 끌고 있지만, 아직 그 활용에 대해 제한적이었다. 그러나 연구성과가 나타나기 시작하면서 CNT를 활용한 다양한 응용제품의 개발이 시작되기 시작하였다.

본 연구에서는 CNT를 고분자 기지에 잘 혼합하여 CNT의 뛰어난 특성을 살려 넓은 광흡수 스펙트럼을 갖고, MEH-PPV의 밴드갭을 낮추고, 높은 전하 이동도를 갖는 태양전지의 개발을 위해 유무기 하이브리드 태양전지를 제조하였고, 그에 따른 광학적, 전기적 특성을 살펴보았다.

2. 실험

본 연구에 사용된 광흡수층은 MEH-PPV로 시그마 알드리치사에서 구입하여 사용하였다.

먼저 MEH-PPV와 CNT를 혼합하기 위하여 각각 두 재료를 ODCB 또는 Chloroform에 18시간 동안 용해시킨 후, 잘 혼합하였다. 혼합 후 스핀 코팅 하였고, 스퍼터링을 통하여 Si를 증착하여 소자를 제작하였다. 그림 1은 소자의 제조 과정을 그림으로 나타내었다.

본 실험에서는 먼저 MEH-PPV와 CNT의 혼합이 잘 이루어지게 하기 위하여 ODCB와 Chloroform을 사용하여 용해도를 비교하였다. 그리고 MEH-PPV와 CNT혼합한 MEH-PPV 광기전 소자의 광학적 특성을 UV-vis를 통해 살펴보았다. 그리고 I-V 특성을 통해 소자의 유기태양전지로의 가능성을 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 제조된 소자의 광 스펙트럼을 나타낸 그림이다. CNT의 함량이 증가함에 따라 광흡수 피크가 낮은 장대로 변화하는 것을 볼 수 있었다.

그림 3에서는 제조된 소자의 I-V특성을 통해 광변환효율을 살펴보았다.

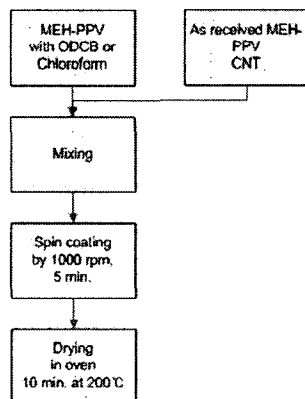


그림 1. 유무기 하이브리드 태양전지 제조과정.

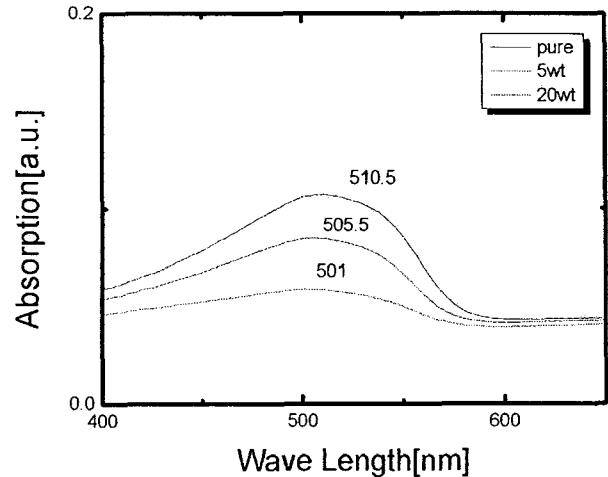


그림 2. MEH-PPV/CNT 유무기 하이브리드 태양전지의 광 스펙트럼.

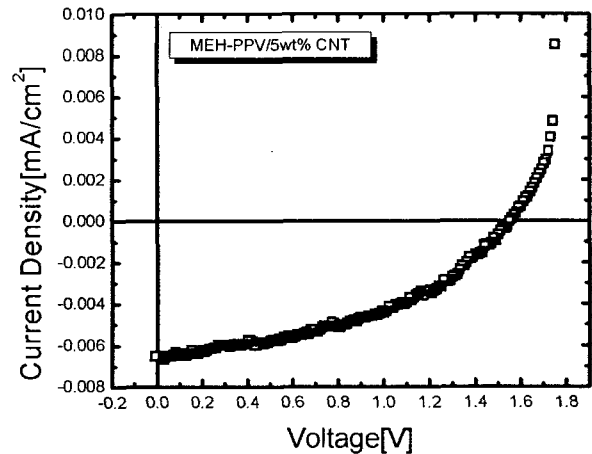


그림 3. MEH-PPV/CNT 유무기하이브리드 태양전지의 I-V특성.

V_{oc} 는 1.55eV, I_{sc} 는 0.0065 mA/cm², FF는 0.438, 그리고 효율은 0.0044%를 보여주었다.

4. 결론

본 연구에서는 최근 연구되고 있는 유무기 하이브리드 태양전지의 제조 및 광학적, 전기적 특성에 대해 살펴보았다. MEH-PPV와 CNT를 혼합한 본 소자는 약 0.0044%의 낮은 효율을 나타내었다. 이는 고분자 기지에 CNT가 잘 혼합되지 못한 결과라 사료되며, 이의 개선을 통해 충분한 효율의 상승을 나타낼 수 있을 것이라 생각된다.

참고 문헌

- [1] B. O'Regan, M. Gratzel, "A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films", Nature, Vol. 353, pp.737-740, 1991.
- [2] C.W. Tang, "Two-layer organic photovoltaic cell", APL, Vol. 48, No. 2, pp. 183-185, 1886.