

## 비스-카바졸 유기염료를 이용한 염료감응태양전지

김효정\*, 변여진\*\*, 남정은\*, 김대환\*, 강진규\*

\*대구경북과학기술원(hjkim@dgist.ac.kr), \*\*계명대학교 화학과

### Organic Sensitizers based on Bis-carbazole for Dye-Sensitized Solar Cells

Kim, Hyojeong\*, Byun, Yeo Jin\*\*, Nam, Jung Eun\*, Kim, Dae-Hwan\*, Kang, Jin-Kyu\*

\*Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST)(hjkim@dgist.ac.kr),  
\*\*Keimyung University

#### Abstract

Dye-sensitized solar cells (DSSCs) have received considerable attention as the most promising candidates for renewable energy systems in recent years. Among these, organic dyes which have many advantages such as large absorption coefficients, customized molecular design for desired photophysical and photochemical properties, inexpensiveness and environment-friendliness, are suitable as photosensitizers for DSSCs.

We have studied on the design and synthesis of two organic dyes (BECZ 1 and BECZ 2) with a 9-ethyl-9H-carbazole core for dye-sensitized solar cells (DSSCs). Two organic dyes comprised of two 9-ethyl-9H-carbazole moiety as electron-donor, two types of cyanoacrylic acid moiety acting as acceptor. In addition, n-ethyl unit introduced for increasing the solubility and the donating power. The obtained organic dyes were comprehensively characterized by NMR, GC-MS, FAB-MS and UV/Vis spectroscopies. DSSCs sensitized by the dyes BECZ1 and BECZ2 produced  $\eta$  value 3.31% and a  $\eta$  value 3.21%.

Keywords : 염료감응태양전지(Dye-sensitized solar cells), 유기염료(Organic dye), 카바졸(Carbazole)

#### 1. 서 론

염료감응태양전지(DSSCs)는 화학반응을 이용한 전지로서 태양광에 반응하는 광감응 염료가 태양광을 흡수하면서 전기를 생산하는 시스템이다. 10~20nm 크기의 산화물 표면에 유기 염료를 흡착해 수십  $\mu\text{m}$  필름을 만들

고 전극화 한다. 염료감응태양전지는 값싼 유기염료와 나노기술을 이용하여 저렴하면서도 고도의 에너지 효율을 갖도록 개발된 태양전지로 실리콘을 사용하는 기존의 태양전지에 비해 제조단가를 낮출 수 있으며, 태양광 외에 별도의 연료 공급이 필요 없으며 2차적인 환경오염을 유발시키지 않아 새로운

친환경 기술로 각광을 받고 있다. 나노입자 (TiO<sub>2</sub>) 두께를 조절함으로써 투명성을 확보하고 가시광선을 투과시킬 수 있으며 염료의 종류에 따라 다양한 색 구현이 가능하여 건물의 유리창이나 자동차 유리에 그대로 붙여 사용할 수도 있는 건물통합형발전(BIPV)에도 사용된다.

염료감응 태양전지에서 사용되고 있는 염료에는 크게 유기염료와 유기금속염료로 나눌 수 있다. 유기염료는 유기금속염료에 비해 금속을 사용하지 않으므로 자원적인 제약이 없고 가시광선 영역에서 높은 흡광효율을 가지며 저가합성이 가능하고 다양한 구조의 염료를 디자인하기가 용이하다는 장점을 가지고 있어 연구가 많이 진행되고 있다.

본 연구에서는 electron donor(D) 물질로 잘 알려진 carbazole을 사용하였고 용해도 증가 및 회합방지를 위해 carbazole의 amine 부분에 ethyl기가 달려있는 9-ethyl carbazole을 사용하였으며, 이 화합물이 금속산화물에 잘 흡착될 수 있도록 anchoring(A) 그룹으로 -COOH을 도입하여 BECZ1, BECZ2를 합성하였다. 합성한 product는 NMR과 GC-MS, FAB-MS를 통해 구조를 확인하였고, donor-acceptor 구조에 따른 유기염료의 광전변환효율을 측정하였다.

## 2. 유기염료 합성

### 2.1 실험방법

유기염료(BECZ1, BECZ2)는 그림1의 과정으로 합성되었다. 9-ethyl carbazole을 FeCl<sub>3</sub>을 이용하여 두 개의 carbazole 분자가 연결된 bis화합물로 합성하였고 합성된 화합물을 Vismayer-Heck 반응을 시행하여 카바졸의 6-, 6'-위치에 각각 한 개와 두개의 알데하이드가 결합된 화합물을 합성하였다. 마지막으로 Knoevenagel condensation반응으로 두 염료를 합성하였다. 합성의 모든 과정은 NMR과 GC-MS, FAB-MS로 확인하여 진행하였다.

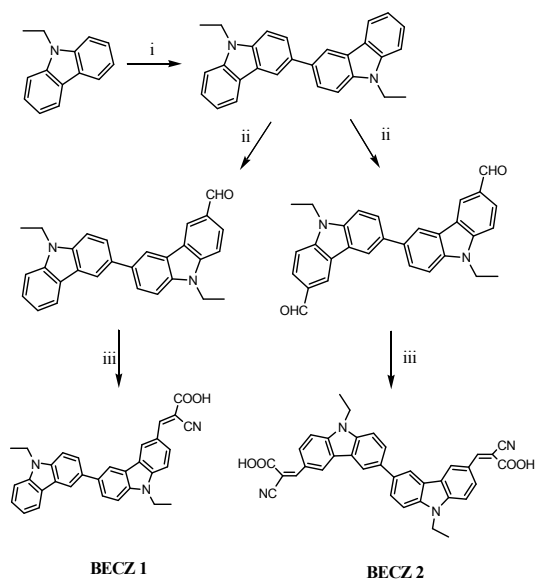


그림 1. 유기염료의 합성 과정

(i) FeCl<sub>3</sub>, CHCl<sub>3</sub>, rt, 3h; (ii) POCl<sub>3</sub>, 1,2-dichloroethane, reflux12h; (iii) Cyanoacetic acid, piperidine, CHCl<sub>3</sub>, reflux12h.

### 2.2 실험결과

합성된 염료는 ethanol용매에서 흡광도를 측정하였다. 흡수영역은 200~400nm의 파장대에서 나타났으며 BECZ1, BECZ2 모두 293 nm에서 최대 흡광도를 가졌다. 그러나 가시선 영역의 파장을 비교했을 때, 각각 355nm, 378nm로 anchor수의 차이로 BECZ2가 23nm 장파장이동을 하였다(그림 2).

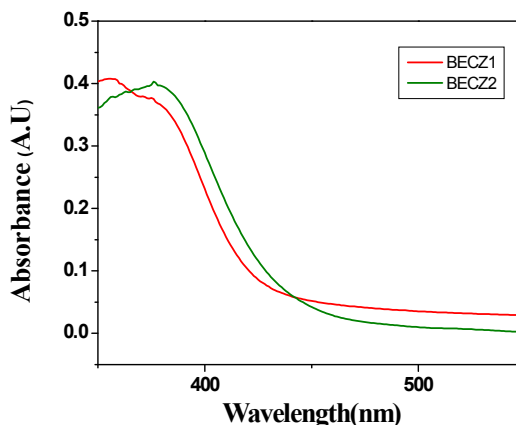


그림 2. 가시선영역의 흡광스펙트럼

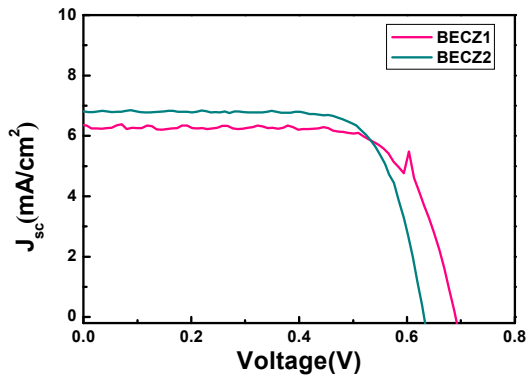


그림 3. DSSCs의 전류-전압특성

두 염료의 흡광계수를 보면 BECZ2가 BECZ1보다 두 배 이상 높게 나타났으나 염료감응 태양전지에 적용하였을 때 효율은 BECZ1은 3.31%, BECZ2는 3.21%로 비슷한 값을 나타내었다(그림 2, 표1).

표 1. 유기염료의 흡광 및 DSSC 특성

Dye	BECZ1	BECZ2
$\epsilon_{\max}(M^{-1}CM^{-1})$	$1.36 \times 10^4$	$3.25 \times 10^4$
$\lambda_{\max}(nm)$	293	293
TiO <sub>2</sub> layer	double	
$V_{oc}(V)$	0.690	0.632
$J_{sc}(mA/cm^2)$	6.36	6.81
FF	75.57	74.59
$\eta(\%)$	3.31	3.21

### 3. 결론

염료감응 태양전지용 유기염료로 두 개의 카바졸(D)분자를 연결하여 D-D-A와 A-D-D-A의 구조로 합성하고 특성을 확인하였다.

동일한 D-A구조의 유기염료에서 mono형의 카바졸 유기염료(효율 2.43%)<sup>4</sup>보다 bis형태의 유기염료의 효율이 보다 증가

하였으며 두 개의 anchor가 있는 BECZ2가 TiO<sub>2</sub>에 보다 강하게 흡착되어 높은 효율을 보일 것으로 기대하였으나 양쪽에 위치한 anchor로 인해 전자의 이동이 분산되어 두 염료 모두 3%대의 효율로 비슷한 값을 가져 비스-카바졸 화합물의 경우 anchor수에 따른 효율은 큰 차이가 없음을 확인하였다.

### 후 기

본 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 대구경북과학기술원 일반사업(차세대 융복합기술 개발)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 고재중, 이종찬, 염료감응 태양전지용 고효율 염료 개발, 고분자과학과 기술, 제 17권, 4호, 2006년 8월, p.436, 443.
2. K. Srinivas, C. R. Kumar, M. A. Reddy, K. Bhanuprakash, V. J. Rao, L. Giribabu, D- $\pi$ -A organic dyes with carbazole as donor for dye-sensitized solar cells, Synthetic Metals, 161, 2011.
3. D. Kim, J. K. Lee, S. O. Kang, J. Ko, Molecular engineering of organic dyes containing N-aryl carbazole moiety for solar cell, Tetrahedron, 63, 2007.
4. Tzi-Yi Wu et al., Synthesis and Characterization of Organic Dyes Containing Various Donors and Acceptors, Int. J. Mol. Sci. 2010, 11, 329-353.