



Title	Diffusion of Excitons in Polymers and Effects of UV Irradiation on Polymer/Inorganic Hybrid Solar Cells
Author(s)	Leow, Cheah Li
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/52069">https://hdl.handle.net/11094/52069</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name (Leow Cheah Li)	
Title	Diffusion of Excitons in Polymers and Effects of UV Irradiation on Polymer/Inorganic Hybrid Solar Cells (ポリマー中の励起子拡散およびポリマー/無機ハイブリッド太陽電池における紫外線照射効果)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>Polymer/inorganic hybrid photovoltaics (HPVs) are promising candidates for the next-generation solar cells because of their low production cost and light weight, which are considered essential for greatly decreasing the cost of electricity generated by solar energy. The devices made of zinc oxide nanorods (ZnO-NRs) as an acceptor material and poly(3-hexylthiophene) (P3HT) as the donor material are one of the most widely studied structures of HPVs. The ZnO-NRs layer has high expectation because it can form the ideal interdigitated structure for organic photovoltaics. The high aspect ratio of ZnO-NRs can provide not only a larger surface area for exciton dissociation but also a continuous pathway for efficient electron transport. However, despite these possible advantages of the HPVs having a ZnO-NR layer, their reported efficiency is still low. To improve the efficiency of HPVs made of polymers and ZnO-NRs, it is essential to gain deep insights about the carrier generation and carrier transportation processes and also factors limiting the efficiency on the basis of the fundamental properties of the polymers and ZnO-NRs.</p> <p>In HPVs, the exciton diffusion length of polymer (<math>L_D</math>) is of great importance. Due to the low dielectric constant of polymers, photogenerated excitons can dissociate only at the donor/acceptor interface. This means that only the excitons photogenerated in the region within the distance of <math>L_D</math> from the interface can contribute to photocurrent. Hence, information about <math>L_D</math> is very important for designing the structure of HPVs. <math>L_D</math> values were experimentally studied using 4 kinds of representative polymers. The <math>L_D</math> values of the polymers were determined to be 5 to 12 nm, depending on the structures, from the analysis of the quenching of fluorescence from the polymers by <math>C_{60}</math>, which formed a planar interface with the polymer layers. The efficiency of photovoltaics made of these polymers showed the tendency to increase with the increase of the <math>L_D</math> value because more excitons can reach the interface for charge separation.</p> <p>ZnO-NRs best suited to HPVs are expected to be aligned perpendicularly to the substrate with a spacing of <math>2 \times L_D</math> so that all the excitons generated in the gaps of the nanorods can reach the surface of nanorods. Such a structure of ZnO-NRs having a length of about 300 nm, diameter of about 25 nm was successfully synthesized by optimizing the parameters of the chemical bath deposition method.</p> <p>Surface of ZnO-NRs formed was contaminated by organic materials which were used for the deposition. These contaminants impede the exciton dissociation and electron injection processes at the ZnO-NRs/P3HT interface. Normally, these contaminants are removed by heat treatment at about 400-500 °C, which restricts the choice of substrates. We found that utilizing the photocatalytic ability of ZnO, organic contaminants can be removed by UV-irradiating the ZnO-NRs layer at room temperature before depositing a polymer layer on it.</p> <p>Properties of organic solar cells having a metal-oxide interlayer, which is usually made of assembly of small particles, show improvement by UV irradiation, which is known by the name of the light-soaking effect. The effect is attributed to desorption of molecular oxygen from the surface of metal oxides by UV irradiation. We found that HPVs having a ZnO-NRs/P3HT junction also show improvement in the properties by UV irradiation, and that its effect on the photocurrent-voltage characteristics is very different from that of the conventional light-soaking effect. The difference is attributed to the fact that, in the case of HPVs, oxygen molecules existing at the ZnO-NRs/P3HT are very harmful for the charge separation at the interface, whereas the electrons injected into ZnO-NRs can be transported to the electrode easily due to the nanorod structure, leading to different light soaking effect of the HPVs from the effect observed with conventional OPVs.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( Leow Cheah Li )			
	(職)		氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授	松村 道雄
	副 査	教 授	宮坂 博
	副 査	教 授	平井 隆之
	副 査	招へい教授	大西 敏博 (太陽エネルギー化学研究センター)
	副 査	准教授	池田 茂 (太陽エネルギー化学研究センター)

### 論文審査の結果の要旨

酸化亜鉛 (ZnO) ナノロッドは広い接合界面を形成しやすく、また、電子移動度が高いことなどから、ポリマーと組み合わせたハイブリッド型太陽電池の無機材料としての利用が期待されている。しかし、ポリマー/無機ハイブリッド型太陽電池の原理には不明な点が多く、その理解を深めることは、この型の太陽電池を実現するために不可欠である。

本論文では、まず、ポリマー/無機ハイブリッド型太陽電池について概観するとともに、論文で取り上げるポリマー/ZnOナノロッド接合型太陽電池の作製法等を説明し、具体的研究課題を提示している。その上で、以下の研究成果について論述している。

ポリマー/ZnOナノロッド接合型太陽電池は、ポリマーが光吸収して生じる励起子がZnOナノロッドとの界面において電荷分離することにより発電するため、素子構造を最適化するためには、励起子の拡散長を知ることが必要である。ポリマー膜厚とポリマー膜からの蛍光の電子アクセプター層による消光の度合いとの関係を、新たに導入した理論式を用いて解析し、代表的な4種類のポリマー材料についての励起子拡散長を決定することに成功した。また、それに適した構造のZnOナノロッドを合成するための条件を決定した。

ZnOナノロッド表面には、合成のために用いた有機物が多く残留している。その除去のために、ZnOナノロッドの光触媒作用を利用することを検討し、紫外線照射により、有機残留物が室温においても有効に除去できることを明らかにした。また、ZnOナノ粒子を含んだ有機系太陽電池では、紫外光を照射すると、光電流が飛躍的に増大する現象が知られていた。ポリマー/ZnOナノロッド接合型太陽電池においては、それと類似しているが、詳細においてはかなり異なる挙動が見られた。この特有の現象が、ZnOナノロッドの結晶面上に吸着した酸素分子が、紫外光で脱離することによって生じることを明らかにした。

これらの成果は、ポリマー/無機ハイブリッド型太陽電池についての応用につながる基本的理解を深めるものであり、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。