

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 20520071151015

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

半导体量子点/半导体纳米棒(管)阵列光伏电池

Photovoltaic Cells Based on Semiconductor Quantum

Dots/Nanorods (Nanotubes) Array

张桥保

指导教师姓名: 林仲华 教授

周剑章 副教授

专 业 名 称: 应 用 化 学

论文提交日期: 2010 年 6 月

论文答辩时间: 2010 年 6 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( 林仲华 )  
课题(组)的研究成果,获得( 林仲华 )课题(组)  
经费或实验室的资助,在( 林仲华 )实验室完成。

(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

## 目 录

中文摘要.....	I
英文摘要.....	VI
第一章 绪论.....	1
1.1 半导体太阳能电池的原理及基本概念.....	2
1.1.1 半导体太阳能电池的原理.....	2
1.1.2 半导体太阳能电池的几个基本概念.....	2
1.2 太阳能电池研究进展.....	4
1.2.1 晶体硅太阳能电池研究进展.....	5
1.2.2 薄膜太阳能电池的研究进展.....	5
1.2.3 有机太阳能电池的研究进展.....	6
1.2.4 染料敏化半导体纳米晶太阳能电池.....	7
1.3 一维宽禁带纳米材料和半导体量子点在光伏电池中的应用.....	13
1.3.1 一维纳米材料在光伏电池中的应用.....	13
1.3.2 半导体量子点的特征, 制备及在光伏电池中的应用.....	15
1.4 本论文的设想与研究内容.....	19
参考文献.....	21
第二章 实验.....	31
2.1 主要试剂.....	31
2.2 电极.....	32
2.3 实验条件.....	32
2.4 实验仪器.....	32
第三章 CdS 敏化 ZnO 纳米棒电极的制备及光电化学性能.....	35
3.1 ZnO 纳米棒阵列的制备及其光电化学性能研究.....	36
3.1.1 ZnO 纳米棒阵列电极的电化学制备.....	36
3.1.2 ZnO 纳米棒阵列的表面形貌.....	36
3.1.3 ZnO 纳米棒阵列膜的谱学表征.....	37
3.2 CdS 量子点敏化 ZnO 纳米棒电极的制备及其光电化学性能.....	40

3.2.1 CdS量子点敏化ZnO 纳米棒电极的制备	40
3.2.2 CdS量子点敏化ZnO纳米棒电极的表面形貌	40
3.2.3 CdS量子点敏化ZnO纳米棒电极的谱学表征	42
3.2.4 CdS 量子点敏化ZnO 纳米棒电极的光电性能	45
3.2.5 CdS量子点敏化ZnO纳米棒复合电极光电增强机理	48
<b>3.3 CdS 纳米颗粒敏化 ZnO 纳米棒阵列电极的制备及表征</b>	<b>49</b>
3.3.1在加氨水条件下CdS/ZnO 纳米棒阵列复合电极的制备及表征	49
3.3.2 改变镉盐在无需加入氨水条件下制备CdS 颗粒敏化ZnO纳米棒复合电极及光电性能研究	54
3.3.3 CdS 纳米颗粒敏化ZnO 纳米棒复合电极光电增强机理	60
<b>3.4 不同颗粒尺寸的 CdS 敏化 ZnO 纳米棒阵列复合电极的光电性能比较</b>	<b>60</b>
3.4.1不同颗粒尺寸CdS敏化ZnO纳米棒复合电极的电流密度-电极电位曲线的比较	60
3.4.2 不同颗粒尺寸CdS敏化ZnO纳米棒复合电极的光电流谱	61
<b>3.5 CdS 量子点敏化 ZnO 纳米棒阵列光伏电池的组装及性能测试</b>	<b>62</b>
3.5.1 光伏电池的组装	62
3.5.2 光伏电池性能测试	63
3.5.3 影响电池光电性能的因素研究	64
3.5.4 颗粒尺寸对电池光电性能的影响	66
3.5.5 光电增强的原因	67
<b>本章小结</b>	<b>68</b>
<b>参考文献</b>	<b>70</b>
<b>第四章 PbSe 量子点的合成及其在光伏电池中的应用</b>	<b>75</b>
<b>4.1 硒化铅量子点的制备及表征</b>	<b>76</b>
4.1.1硒化铅量子点的制备过程	76
4.1.2硒化铅量子点XRD表征	77
4.1.3 PbSe量子点的近红外吸收表征	78
4.1.4不同生长时间的对PbSe量子点尺寸大小的影响	78
4.1.5不同生长温度对PbSe量子点尺寸大小的影响	80
4.1.6 不同Pb/OA摩尔比对PbSe量子点颗粒尺寸的影响	81
4.1.7不同生长温度及时间对PbSe量子点颗粒尺寸及形貌的影响	82
4.1.8不同成核温度及生长温度对PbSe量子点形貌及颗粒尺寸影响	84

<b>4.2 PbSe 量子点敏化 TiO<sub>2</sub> 纳米管阵列电极的制备</b> .....	<b>85</b>
4.2.1 TiO <sub>2</sub> 纳米管阵列的制备.....	85
4.2.2 PbSe量子点敏化TiO <sub>2</sub> 纳米管阵列电极的制备.....	86
4.2.3 PbSe量子点敏化TiO <sub>2</sub> 纳米管阵列电极的表面形貌.....	87
<b>4.3 PbSe 量子点敏化 TiO<sub>2</sub> 纳米管阵列光伏电池的组装及性能测试</b> .....	<b>88</b>
4.3.1光伏电池的组装.....	88
4.3.2光伏电池的性能测试.....	89
4.3.3电池性能的改进.....	89
4.3.4电池的能带图.....	90
<b>本章小结</b> .....	<b>91</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>92</b>
<b>第五章 n-ZnO 纳米棒/p-CuSCN 发光二极管的构建</b> .....	<b>96</b>
<b>5.1 ZnO/CuSCN 复合膜的制备及表征</b> .....	<b>97</b>
5.1.1 ZnO/CuSCN复合膜的制备.....	97
5.1.2 ZnO/CuSCN复合膜的表面形貌.....	97
5.1.3 ZnO/CuSCN复合膜的谱学表征.....	98
<b>5.2 n-ZnO/p-CuSCN 异质结发光二极管的构建及电致发光性能</b> .....	<b>101</b>
5.2.1 ZnO纳米棒/CuSCN发光二极管的构建.....	101
5.2.2 ZnO纳米棒/CuSCN发光二极管电致发光性能.....	102
5.2.3 ZnO纳米棒/CuSCN发光二极管电致发光增强机理.....	103
<b>本章小结</b> .....	<b>105</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>106</b>
<b>作者在攻读硕士学位期间发表的论文</b> .....	<b>108</b>
<b>致谢</b> .....	<b>110</b>

## Contents

<b>Abstract in Chinese</b> .....	<b>I</b>
<b>Abstract in English</b> .....	<b>VI</b>
<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Fundamentals and Basic concept of Semiconductor Solar Cells</b> .....	<b>2</b>
1.1.1 Fundamentals of Semiconductor Solar Cells· .....	2
1.1.2 Some basic concept of Semiconductor Solar Cells· .....	2
<b>1.2 The research progress of solar cells</b> .....	<b>4</b>
1.2.1 The research progress of crystalline silicon solar cells.....	5
1.2.2 The research progress of thin film solar cells .....	5
1.2.3 The research progress of organic solar cells .....	6
1.2.4 The research progress of dye-sensitized semiconductor nanocrystal solar cells .....	7
<b>1.3 One-dimensional wide-band-gap nanomaterials and semiconductor quantum dots for photovoltaic cells</b> .....	<b>13</b>
1.3.1 One-dimensional nanomaterials for photovoltaic cells.....	13
1.3.2 Characteristic, preparation and application in photovoltaic cells of semiconductor quantum dots.....	15
<b>1.4 Plan and research content of the dissertation</b> .....	<b>19</b>
<b>References</b> .....	<b>21</b>
<b>Chapter 2 Experimental</b> .....	<b>31</b>
<b>2.1 Reagents and materials</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2 Electrodes</b> .....	<b>32</b>
<b>2.3 Experimental conditions</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4 Instruments</b> .....	<b>32</b>
<b>Chapter 3 Preparation of CdS sensitized ZnO nanorods array electrodes and fabrication of photovoltaic cells</b> .....	<b>35</b>

---

<b>3.1 Preparation and Photochemical properties of ZnO nanorods array electrodes</b> .....	<b>36</b>
3.1.1 Electrochemical preparation of ZnO nanorods array.....	36
3.1.2 Morphology of ZnO nanorods array electrodes.....	36
3.1.3 Sepctral characterization of ZnO nanorods array.....	37
<b>3.2 Preparation and Photochemical properties of CdS quantum dots sensitized ZnO nanorods electrodes</b> .....	<b>40</b>
3.2.1 Preparation of CdS quantum dots sensitized ZnO nanorods electrodes.....	40
3.2.2 Morphology of CdS quantum dots sensitized ZnO nanorods electrodes.....	40
3.2.3 Sepctral characterization of CdS quantum dots sensitized ZnO nanorods electrodes.....	42
3.2.4 Photochemical properties of CdS quantum dots sensitized ZnO nanorods electrodes.....	45
3.2.5 The photoelectric enhancement mechanism of CdS quantum dots sensitized ZnO nanorods electrodes.....	48
<b>3.3 Preparation and Characterization of CdS nanoparticles sensitized ZnO nanorods array electrodes</b> .....	<b>49</b>
3.3.1 Preparation and characterization of CdS/ZnO nanorods composite electrodes with the addition of ammonium hydroxide.....	49
3.3.2 Preparation of CdS nanocrystals sensitized ZnO nanorods composite electrodes changing chromium salts with no addition of ammonium hydroxide and study of photoelectric properties.....	54
3.3.3 The enhancement mechanism of photochemical properties of CdS nanoparticles sensitized ZnO nanorods array electrodes.....	60
<b>3.4 The contrast of photochemical properties of different size CdS sensitized ZnO nanorods composite electrodes</b> .....	<b>60</b>
3.4.1 Comparison of the curve of current density to voltage of different size CdS sensitized ZnO nanorods array composite electrodes.....	60
3.4.2 The photocurrent spectra of different size CdS sensitized ZnO nanorods array composite electrodes.....	61
<b>3.5 Fabrication and characterization of photovoltaic cells based on CdS quantum dots sensitized ZnO nanorods electrodes</b> .....	<b>62</b>
3.5.1 Fabrication of photovoltaic cells.....	62
3.5.2 Characterization of photovoltaic cells.....	63
3.5.3 Factors influencing photoelectric properties of the cells.....	64
3.5.4 Impact of the partical size on the photoelectric properties of the cells.....	66
3.5.5 Reasons for the enhancement of photocurrent of the cells.....	67



<b>Conculsion</b> .....	<b>68</b>
<b>References</b> .....	<b>70</b>
<b>Chapter 4 Preparation of PbSe quantum dots and their application in photovoltaic cells</b> .....	<b>75</b>
<b>4.1 Preparation and characterization of PbSe quantum dots</b> .....	<b>76</b>
4.1.1 Synthetic process of PbSe quantum dots .....	76
4.1.2 XRD characterization of PbSe quantum dots.....	77
4.1.3 NIR characterization of PbSe quantum dots.....	78
4.1.4 The impact of different growth time on the size of the PbSe quantum dots .....	78
4.1.5 The impact of different growth temperature on the size of the PbSe quantum dots.....	80
4.1.6 The impact of different molar ratio of Pb to OA on the size of the PbSe quantum dots .....	81
4.1.7 The impact of different growth temperature and time on the size and morphology of the PbSe quantum dots .....	82
4.1.8 The impact of different nucleation and growth temperature on the morphology and size of PbSe quantum dots .....	84
<b>4.2 Preparation and characterization of PbSe quantum dots sensitized TiO<sub>2</sub> nanotube array</b> .....	<b>85</b>
4.2.1 Preparation of TiO <sub>2</sub> nanotube array.....	86
4.2.2 Preparation of PbSe quantum dots sensitized TiO <sub>2</sub> nanotube array .....	86
4.2.3 Morphology of PbSe quantum dots sensitized TiO <sub>2</sub> nanotube array electrodes .....	87
<b>4.3 Fabrication and Characterization of photovoltaic cells based on PbSe quantum dots sensitized TiO<sub>2</sub> nanotube array electrodes</b> .....	<b>88</b>
4.3.1 Fabrication of photovoltaic cells .....	88
4.3.2 Characterization of photovoltaic cells .....	89
4.3.3 The improvement of cell properties .....	89
4.3.3 The energy band of the cell.....	90
<b>Concusions</b> .....	<b>91</b>
<b>References</b> .....	<b>92</b>

---

<b>Chapter 5 Fabrication of n-ZnO/p-CuSCN light-emitting diodes</b> .....	<b>96</b>
<b>5.1 Preparation and characterization of ZnO nanorod/CuSCN composite films</b> .....	<b>97</b>
5.1.1 Preparation of ZnO nanorod/CuSCN composite films.....	97
5.1.2 Morphology of ZnO nanorod/CuSCN composite films .....	97
5.1.3 Spectral characterization of ZnO nanorod/CuSCN composite films.....	98
<b>5.2 Fabrication and electroluminescent properties of n-ZnO nanorod/p-CuSCN light-emitting diodes</b> .....	<b>101</b>
5.2.1 Fabrication of ZnO nanorod/CuSCN light-emitting diodes.....	101
5.2.2 Electroluminescent properties of ZnO nanorod/CuSCN light-emitting diodes .....	102
5.2.3 Electroluminescent enhancement mechanism of ZnO nanorod/CuSCN light-emitting diodes .....	103
<b>Conclusions</b> .....	<b>105</b>
<b>References</b> .....	<b>106</b>
<b>Publications</b> .....	<b>108</b>
<b>Acknowledgement</b> .....	<b>110</b>

## 摘要

### 半导体量子点/半导体纳米棒（管）阵列光伏电池

我们社会的能源是以煤，石油和天然气为基础。工业材料杂志在 2003 年指出可供人类使用的石化燃料存量，石油约只可再使用 40 年，天然气约可再使用 60 年，而煤炭则可再使用 200 年，因而这些燃料在不久的将来即将消耗殆尽。随着社会的发展，人类对能源的需求越来越大。如果大量使用石化燃料，除了燃料会被耗尽以外，化石燃料在燃烧的过程中产生大量的二氧化碳，其浓度在大气中的快速增长已经影响到了气候，同时对人类的生存环境的影响也与日俱增。能源的短缺和环境恶化将成为人类即将面临的越来越突出的问题，寻找清洁和可再生的能源已成为世界共同关注的问题。光伏太阳能电池作为一种可再生的清洁能源，可以把太阳能直接转换成电能且不释放出二氧化碳，结构简单，携带方便，同时太阳能取之不尽，用之不竭，无需成本，分布广泛。再者，一年中太阳照射到地球表面的能量约为  $3.2 \times 10^{24}$  焦耳，超过一万倍全球人类目前消耗的能量，也就是说，如果地球表面被转换效率为 10% 的光伏太阳能电池覆盖 0.1%，其产生的能源可供目前全人类的需求。因此，太阳能电池的研制和开发日益得到人类的重视。

传统的单晶硅物理光伏电池和无机薄膜半导体光伏电池，由于材料价格昂贵，制作过程能耗大，使生产成本居高不下。有机光伏电池效率普遍较低，染料敏化纳米晶太阳能电池，虽然转换效率高，但是染料价格较贵，并且当前要同时制作固态长寿命电池还存在技术上的问题。因此寻找新型复合材料及光伏电池的结构，有望进一步提高光伏电池的效率。半导体量子点以其特殊的化学和物理化学特性，而被应用于太阳能电池。在太阳能电池中，半导体量子点作为敏化剂有许多优点：一是通过改变量子点的尺寸可以改变对光的吸收波长，从而能提高和太阳光的整体匹配程度；二是半导体量子点由于量子限域效应而有大的消光系数，有利于提高光电转换效率；三是当半导体量子点吸收光子的能量大于其禁带

能的三倍时，有可能产生激子倍增的效应，如果设法将光生激子分离成光生载流子，则有望显著提高光电转换效率，因此无机量子点敏化有望成为一种取代有机染料分子而实现高效太阳能电池的途径。

本论文的工作着重利用了连续式离子层吸附与反应法和化学浴沉积法，及旋涂法直接修饰量子点到一维的半导体纳米棒（管）阵列电极上，并构建了量子点敏化纳米棒(管)阵列的光伏电池。同时在与本课题组博士师姐合作的条件下采用电化学方法构建了 ZnO 纳米棒/CuSCN 异质结发光二极管，主要进行了一下三方面的研究工作：

(1)采用电化学的方法制备了一维 ZnO 纳米棒阵列膜，采用连续式离子层吸附与反应法和化学浴沉积法制备了 CdS 量子点和纳米颗粒修饰的 ZnO 纳米棒阵列电极，研究了其光电化学性能，构建了 CdS 量子点和纳米颗粒敏化 ZnO 纳米棒阵列光伏电池，并研究了其光电转换效率。

(2)采用有机金属相合成法制备了粒径可控及单分散性很好的 PbSe 量子点，构建了 PbSe 量子点敏化 TiO<sub>2</sub> 纳米棒阵列光伏电池，并研究其光电转换效率。

(3)此部分在与本课题组郭洪辉博士合作的情况下采用电化学方法制备了 ZnO 纳米棒/CuSCN 复合膜，构建了 n-ZnO/p-CuSCN 异质结发光二极管，研究了其电致发光性能和发光机理  
研究取得以下结果：

1) 利用不同的方法分别制备了 ZnO 纳米棒阵列电极、CdS 量子点敏化 ZnO 纳米棒阵列复合电极和 CdS 纳米颗粒敏化 ZnO 纳米棒阵列复合电极，研究了其光电化学性能。

(1)利用简单的恒电位阴极还原法在 ITO 基底上一步制备了较为均匀覆盖，且取向一致的 ZnO 纳米棒阵列薄膜。其直径大约为 150 nm，排列紧密。ZnO 纳米棒具有六方纤锌矿型的晶体结构，在 ITO 基底上有很好的沿 C 轴取向的生长优势。光电化学实验表明沉积电流为-0.25 mA/cm<sup>2</sup> 沉积 60 min 所得样品的光电性能最好。

(2) 利用连续离子层吸附反应法和化学浴沉积法分别制备了 CdS 量子点和 CdS 纳米颗粒敏化的 ZnO 纳米棒阵列复合电极。TEM 表明制备的量子点尺寸在 3-6 nm 之间，且均匀的覆盖在 ZnO 纳米棒阵列表面，有利于形成有效的异质结，

为光生载流子的分离提供条件。化学浴制备的 CdS 纳米颗粒尺寸在 18 nm 左右。CdS 敏化后的复合电极比单纯 ZnO 纳米棒阵列电极的光电化学性能有很大程度的提高。对比 CdS 量子点与 CdS 纳米颗粒敏化 ZnO 纳米棒复合电极的光电性能, 得出 CdS 量子点敏化的复合电极光电化学性能最好。其主要原因是量子点由于其量子尺寸效应导致禁带宽度增大并且光生电荷主要靠界面分离, 从而使光生电子比较容易从量子点的导带注入到宽禁带的半导体上, 同时由于量子点与 ZnO 纳米棒接触面积增大和量子点体相传输途径减小, 有利于光生电荷的分离和传输, 使光电流增大。当粒径大到一定程度时, 由于能带调整而不利于光生载流子的分离, 因而光电流相对较小。

2) 分别构建了 CdS 量子点和 CdS 纳米颗粒敏化 ZnO 纳米棒阵列光伏电池, 并研究了其光伏特性

(1) 以 CdS 量子点敏化 ZnO 纳米棒复合电极作为光阳极, 镀铂的 FTO 作为阴极, 以碘电对作为氧化还原电对, 构建了三明治型量子点敏化太阳能电池。CdS 量子点敏化 ZnO 纳米棒光伏电池比单纯 ZnO 纳米棒及单纯 CdS 量子点所组成的光伏电池的光电转换效率都有了明显的提高。同时研究了不同 ZnO 沉积时间及不同 CdS 量子点的沉积次数对电池性能的影响, 得出 ZnO 纳米棒沉积时间为 60 min, CdS 量子点沉积次数为 15 次时光电转换效率最高, 其值为 0.89%, 高于目前文献报道的基于此类材料的光伏电池的效率。

(2) 比较不同颗粒尺寸 CdS 敏化 ZnO 纳米棒光伏电池的光电转换效率, 得出 CdS 量子点敏化的复合电极光电转换效率最高。能带图表明 CdS 量子点更容易把光生电子注入到 ZnO 纳米棒导带中, 减少了光生电子复合的机率, 从而有利于提高光电转换效率。

3) PbSe 量子点的制备及 PbSe 量子点敏化 TiO<sub>2</sub> 纳米管阵列光伏电池的构建

(1) 利用有机金属相合成法通过分别控制成核温度、生长温度、铅/油酸的摩尔比和生长时间, 合成了不同颗粒尺寸(5-15 nm 之间)及不同形貌(球形, 多面体及立法体)的 PbSe 量子点。TEM 表明合成了 PbSe 量子点尺寸分布均一, 结晶度好。近红外表征表明合成的量子点的近红外吸收可以通过不同成核温度和不同生长温度来调控。

(2) 采用旋涂的方法把 PbSe 量子点修饰到 TiO<sub>2</sub> 纳米管表面, 以 PbSe QD/TiO<sub>2</sub>

纳米管复合电极作为光阳极，FTO/Pt 作为阴极，以碘电对作为氧化还原电对，构筑量子点敏化太阳能电池。室温下旋涂 8 次得到的复合电极组成的电池性能最好。然而所得电池性能仍然较低，其主要原因可归结为量子点表面的保护剂油酸分子对电子传输起阻碍的作用。为了提高电池性能，通过用短链的乙二硫醇分子交换掉 PbSe 量子点表面的油酸分子，从而大大的提高了电池的性能，其转换效率在 AM 1.5 模拟太阳光下达到 0.04%。

#### 4) ZnO 纳米棒/CuSCN 复合膜的制备以及 ITO/ZnO/CuSCN/Au 发光二极管的构建

(1) 以 ZnO 纳米棒/ITO 为工作电极，在 ZnO 纳米棒膜上用恒电位阴极还原法，制备了 ZnO 纳米棒/CuSCN 复合膜。暂态光电流实验说明制备的复合膜出现了尖锐的前后峰，表明 ZnO 纳米棒在电沉积了 CuSCN 后，表面态增多，复合物的荧光光谱及拉曼光谱也进一步证明了这一点。

(2) 主要采用电化学方法构建 ITO/ZnO/CuSCN/Au 发光二极管，其  $I-V$  特性曲线图说明 n 型 ZnO 纳米棒与 p 型 CuSCN 之间形成了 p-n 异质结。ITO/ZnO/CuSCN/Au 发光二极管在较低的正向偏压 (7 V) 下开始检测到电致发光信号，电致发光谱带覆盖了从 350 nm 到 600 nm 的波段，主要是由 400 nm 附近弱的紫外峰和 530 nm 附近强的可见发光构成，与 ITO/ZnO/Au 发光二极管相比有较大的差别，这是由于 CuSCN 的电沉积使 ZnO 纳米棒的表面态增多引起的。发光强度与 ITO/ZnO/Au 发光二极管相比明显增强，原因主要是在相同的偏压下 ITO/ZnO/CuSCN/Au 发光二极管的电流显著增大，以及 CuSCN 作为良好的空穴传输材料，较好地平衡了发光二极管中电子和空穴的注入速率。

## **Abstract**

### **Photovoltaic Cells Based on Semiconductor Quantum**

#### **Dots/Nanorods (Nanotubes) Array**

The energy of our society is based on coal, oil and natural gas. Industrial Materials mentioned in 2003 that the remaining amount of fossil fuels available to humans are as follows, oil for 40 years, natural gas 60 years, and for coal it is 200 years, thus we would run out of these fuels in the near future. With the development of the society, people's demand for energy is getting greater and greater. If fossil fuels are widely used, besides depleting, the carbon dioxide produced in the process of combustion will have an effect on the climate due to its rapid increase in concentration in the atmosphere, and at the same time it will have damaged the living environment of human beings day by day. The shortage of energy and renewable energy has become issues followed closely by the world. As a kind of reproducible and clean energy, photovoltaic cells, with their simple structure and convenience to carry are able to convert solar energy into electrical energy without releasing carbon dioxide. In the meanwhile solar energy is inexhaustible, without cost and widely distributed. What is more, the energy irradiating from the sun to the surface of the earth is about  $3.2 \times 10^{24}$  Joules, in excess of ten thousand times more energy consumed by people at present. In other words, if 0.1% of the earth surface were covered by photovoltaic cells with converting efficiency of 10%, the energy they generated would supply the demand of all people on earth. Accordingly, the design and development of solar cells have been taken seriously by humans.

As a result of their expensive materials and energy consumption, traditional monocrystal silica physical and inorganic thin film semiconductor photovoltaic cells have been in a high state of production cost. Organic photovoltaic cells have commonly low efficiency. While dye-sensitized nanocrystal photovoltaic cells though

with a high converting efficiency has a relatively high price because of the dye and meanwhile fabrication of long stability all-solid state solar cells are still involve various of technical problems. Therefore, the search for new composite materials and design of photovoltaic cell structure would make further improvement on the efficiency of the photovoltaic cells. Semiconductor quantum dots are utilized in solar cells for its special chemical and physical chemical properties. The usage of semiconductor quantum dots as sensitizing agents in solar cells has lots of advantages. First, we could change the absorption wavelength by altering the size of the quantum dots, so then the total degree of congruence with sunlight would be enhanced. Second, semiconductor quantum dots have high coefficient of light extinction because of quantum confinement effect, and it is beneficial to improve the photoelectric conversion efficiency. Third, when the phonon energy absorbed by semiconductor quantum dots was three times higher than the forbidden gap energy, multiple electron generation would probably happen. If we tried to separate the photo-induced excitons to photo-induced carriers, we would expect remarkable enhancement of the photoelectric conversion efficiency. Consequently, inorganic quantum dots sensitization promises to be a method to replace organic dye molecules to make high-performance solar cells.

This thesis mainly utilizes successive ionic layer adsorption and reaction, chemical bath deposition and spin-coating, directly modifying quantum dots onto unidimensional semiconductor nanorods array electrodes, and fabricating quantum dots sensitized nanorods array photovoltaic cells. Meanwhile, under the condition of cooperating with my doctor senior sister, we use electrochemical method fabricate the ZnO nanorods/CuSCN heterojunction LEDs. Three major aspects of work has been carried out as follows:

First, unidimensional ZnO nanorods array films were prepared by electrochemical methods. Successive ionic layer adsorption and reaction and chemical bath deposition were used to prepare CdS quantum dots and nanocrystal modified ZnO nanorods array electrodes, and their photochemical properties were investigated. CdS quantum dots and nanocrystals sensitized photovoltaic cells were fabricated and



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库