

学校编码: 10384 分类号_密级_

学号: 20520110153734 UDC__

厦 门 大 学

博 士 学 位 论 文

一维 TiO_2 纳米材料的制备、改性及其在
染料敏化太阳能电池中的性能研究

Preparation and Modification of One-dimensional TiO_2
Nanomaterial and Its Properties in Dye Sensitized Solar Cell

郑 大 江

指导教师姓名: 林 昌 健 教授

林 志 群 教授

专 业 名 称: 物 理 化 学

论文提交日期: 2015 年 03 月

论文答辩时间: 2015 年 04 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: __

评阅人: __

2015 年 04 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

**Preparation and Modification of One-dimensional TiO₂
Nanomaterial and Its Properties in Dye Sensitized Solar Cell**



A Dissertation Submitted for the Degree of

Doctor of Philosophy

By

Dajiang Zheng

Supervised by

Prof. Changjian Lin

Prof. Zhiqun Lin

Department of Chemistry

Xiamen University

April, 2015

厦门大学博硕士学位论文摘要库

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()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()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

厦门大学博硕士学位论文摘要库

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

厦门大学博硕士学位论文摘要库

中文摘要	I
英文摘要	III
第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 太阳能电池工作原理	1
1.3 太阳能电池的发展历史和现状	4
1.4 染料敏化太阳能电池 (DSSC)	5
1.5 一维 TiO ₂ 纳米材料在 DSSC 中的应用	10
1.6 电化学频谱技术在 DSSC 中的应用	15
1.7 本论文的研究思路和主要内容	23
参考文献	24
第二章 实验材料和表征技术	45
2.1 主要试剂与材料	45
2.2 常用仪器和设备	45
2.3 电极制备和电池组装	46
2.4 材料的表征和电池性能的测试	48
参考文献	49
第三章 TiO₂ 纳米管阵列光阳极的优化及其染料敏化太阳能电池的 构效研究	51
3.1 引言	51
3.2 钛基底 TiO ₂ 纳米管阵列的制备, 后处理及电池组装	52
3.2.1 TiO ₂ 纳米管阵列的制备	52
3.2.2 TiO ₂ 纳米管阵列的后处理	52
3.2.3 染料敏化太阳能电池的组装和测试	52
3.3 结果与讨论	53

3.3.1 不同阳极氧化时间对 TiO ₂ 纳米管阵列长度和性能的影响	53
3.3.2 不同温度热处理对 TiO ₂ 纳米管阵列形貌和性能的影响	56
3.3.3 TiCl ₄ 后处理对 TiO ₂ 纳米管阵列形貌和性能的影响.....	60
3.3.4 热处理过程中氟离子残留对 TiO ₂ 纳米管阵列形貌和性能的影响.....	63
3.4 本章小结	73
参考文献	74
第四章 Ag/TiO₂ 纳米管阵列复合电极制备及在染料敏化太阳能电池	
中的等离子效应研究	79
4.1 引言	79
4.2 钛基底 TiO₂ 纳米管阵列的制备, 后处理及电池组装	80
4.2.1 TiO ₂ 纳米管阵列的制备.....	80
4.2.2 TiO ₂ 纳米管阵列的后处理	80
4.2.3 DSSC 的组装和测试	80
4.3 结果与讨论	80
4.3.1 脉冲电沉积纳米 Ag 颗粒对 DSSC 性能的影响	81
4.3.2 交流电沉积纳米 Ag 颗粒对 DSSC 性能的影响	89
4.3.3 水热反应制备 Ag/TiO ₂ 纳米管阵列复合电极	92
4.4 本章小结	100
参考文献	100
第五章 不同结构的透明 TiO₂ 纳米管阵列薄膜对染料敏化太阳能电	
池性能的影响	103
5.1 引言	103
5.2 透明 TiO₂ 纳米薄膜的制备及电池的组装	104
5.2.1 FTO 上纯钛薄膜的制备	104
5.2.2 透明二氧化钛纳米结构的制备	104
5.2.3 染料敏化太阳能电池的组装.....	104
5.2.4 样品的表征和测试	104
5.3 结果与讨论	105
5.3.1 不同直流溅射参数对沉积纯钛薄膜的影响.....	105

5.3.2 阳极氧化参数对制备透明二氧化钛纳米管的影响	106
5.3.2.1 含 HF 水体系	106
5.3.2.2 含 NH_4F 丙三醇体系	107
5.3.2.3 含 NH_4F 乙二醇体系	109
5.3.3 透明 TiO_2 纳米管阵列在 DSSC 中的应用	114
5.3.3.1 不同膜层厚度的透明 TiO_2 纳米管阵列对组装成的 DSSC 的性能影响	116
5.3.3.2 经不同前处理制备的透明 TiO_2 纳米管阵列膜对 DSSC 的性能影响	117
5.3.3.3 不同温度下阳极氧化制备的透明纳米管阵列对 DSSC 的性能影响	118
5.3.3.4 不同温度热处理对纳米管阵列及组装成的 DSSC 的性能影响	120
5.3.3.5 氟钛酸铵后处理对透明 TiO_2 纳米管阵列膜及 DSSC 的性能影响	122
5.3.3.6 表面溅射处理对透明 TiO_2 纳米膜层及 DSSC 性能的影响	124
5.4 本章小结	135
参考文献	136
第六章 Au/TiO₂ 纳米棒阵列光阳极的制备、等离子共振效应及对应的染料敏化太阳能电池性能研究	139
6.1 引言	139
6.2 高比表面积 Au/TiO ₂ 纳米棒阵列复合电极的制备及 DSSC 的组装和测试	139
6.3 结果与讨论	141
6.4 本章小结	161
参考文献	161
第七章 总结与展望	165
博士期间发表的论文	168
致 谢	170

Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and Motivation	1
1.2 Operating Principle of Solar Cells	1
1.3 History and Development of Solar Cells	4
1.4 Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)	5
1.5 One-Dimensional TiO₂ Nanomaterials Applied in DSSC	10
1.6 Electrochemical Spectrum Technologies Applied in DSSC	15
1.7 Objectives and Main Contents of the Thesis	23
References	24
Chapter 2 Experimental Materials and Characterization Techniques	45
2.1 Main Reagents and Materials	45
2.2 General Instruments and Equipments	45
2.3 Electrodes Preparation and Solar Cell Assembly	46
2.4 Characterization of Materials and Test of Solar Cell Performace	48
Reference	49
Chapter 3 The Optimization of TiO₂ Nanotube Arrays as Photoanodes and Appied in DSSC	51
3.1 Introduction	51
3.2 Preparation of TiO₂ Nanotube Arrays from Titanium Substrate, Post-treatment and Solar Cell Assembly	52
3.2.1 Preparation of TiO ₂ Nanotube Arrays	52
3.2.2 Post-treatment of TiO ₂ Nanotube Arrays.....	52
3.2.3 Assembly and Test of DSSC.....	52
3.3 Results and Discussion	53

3.3.1 Preparation of TiO ₂ Nanotube Arrays by Different Anodic Oxidation Time	53
3.3.2 Post-treatment of TiO ₂ Nanotube Arrays by Different Temperature	56
3.3.3 Post-treatment of TiO ₂ Nanotube Arrays by TiCl ₄	60
3.3.4 Effect of the Morphology of TiO ₂ Nanotube Arrays on Performance of DSSC by Residual F ⁻ ion.....	63
3.4 Summary	73
Reference	74

Chapter 4 Preparation of Ag/TiO₂ Nanotube Arrays Composite

Photoanodes and Applied in DSSC	79
4.1 Introduction	79
4.2 Preparation of TiO₂ Nanotube Arrays from Titanium Substrate, Post-treatment and Solar Cells Assembly.....	80
4.2.1 Preparation of TiO ₂ Nanotube Arrays	80
4.2.2 Post-treatment of TiO ₂ Nanotube Arrays.....	80
4.2.3 Assembly and Test of DSSC.....	80
4.3 Results and Discussion	80
4.3.1 Preparation of Ag/TiO ₂ Composite Photoanodes by Pulse Electrodeposition Ag Nanoparticles on the TiO ₂ Nanotube Arrays and Applied in DSSC	81
4.3.2 Preparation of Ag/TiO ₂ Composite Photoanodes by AC Electrodeposition Ag Nanoparticles on the TiO ₂ Nanotube Arrays and Applied in DSSC	89
4.3.3 Preparation of Ag/TiO ₂ Composite Photoanodes by Hydrothermal Reaction and Applied in DSSC	92
4.4 Summary	100
Reference	100

Chapter 5 Preparation of Transparent TiO₂ Nanotube Arrays with

Different Structure and Applied in DSSC	103
5.1 Introduction.....	103
5.2 Preparation of Transparent TiO₂ Nanostructure Films and Solar Cell Assembly	104

5.2.1 Preparation of Pure Titanium films on the FTO	104
5.2.2 Preparation of Transparent TiO ₂ Nanostructure Films on the FTO	104
5.2.3 Assembly of DSSC.....	104
5.2.4 Characterization and Test of DSSC	104
5.3 Results and Discussion.....	105
5.3.1 Deposition Pure Titanium Film by Different DC Sputtering Parameters..	105
5.3.2 Preparation of Transparent TiO ₂ Nanotube Arrays by Different Anodic Oxidation Parameters	106
5.3.2.1 Water System Containing HF	106
5.3.2.2 Glycerol System Containing NH ₄ F	107
5.3.2.3 Ethylene Glycol System Containing NH ₄ F.....	109
5.3.3 Transparent TiO ₂ Nanotube Arrays Applied in DSSC	114
5.3.3.1 Assembly DSSC Using Different Thickness TiO ₂ Nanotube Arrays.....	116
5.3.3.2 Assembly DSSC Using Transparent TiO ₂ Nanotube Arrays with Different Pre-treatment.....	117
5.3.3.3 Assembly DSSC Using Transparent TiO ₂ Nanotube Arrays by Anodic Oxidation in Different Temperature.....	118
5.3.3.4 Assembly DSSC Using Transparent TiO ₂ Nanotube Arrays with Post-treatment by Different Temperature.....	120
5.3.3.5 Assembly DSSC Using Transparent TiO ₂ Nanotube Arrays with Post-treatment by Ammonium Fluoride Titanate	122
5.3.3.6 Assembly DSSC Using Transparent TiO ₂ Nanotube Arrays with Post-treatment by Sputtering a Titanium Film	124
5.4 Summary	135
Reference.....	136

Chapter 6 Preparation of Au/TiO₂ Nanorod Arrays with Local

Surface Plasma Resonance Effect and Applied in DSSC	139
6.1 Introduction	139
6.2 Preparation of Au/TiO₂ nanorod arrays composite electrodes with High specific surface area and Assembly DSSC	139
6.3 Results and Discussion	141

6.4 Summary	161
Reference.....	161
Chapter 7 Summary and Outlook.....	165
Published papers	168
Acknowledgement.....	170

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts 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 for delivery details.